



ระบบปฏิบัติการทางภาษาโดยใช้เทคนิค FDM แบบ FM
FDM – FM SOUND – LAB SYSTEM

โดย

นางสาวพรรณระวี ภูพัฒนะกุล

นางสาวรุ่งทิวา แพทย์นุเคราะห์

6/6/63

6/6/63

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปฏิบัติการทางภาษาโดยใช้เทคนิค FDM แบบ FM

FDM – FM SOUND – LAB SYSTEM

โดย

นางสาวพรรณระวี ภูพัฒนะกุล 37014281

นางสาวรุ่งทิวา แพทย์นุเคราะห์ 37014359

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน

วัน เดือน ปี..... 17. ๑๑. 2541
เลขทะเบียน..... 039024
เลขเรียกหนังสือ..... T. 202๒๕ พ 2๖๗ ๑.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

40 การฉ้อโกงใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มี 039024

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบปฏิบัติการทางภาษาโดยใช้เทคนิค FDM-แบบ FM

FDM – FM SOUND – LAB SYSTEM.

ผู้จัดทำ

1. นางสาวพรรณระวี ภูพัฒนะกุล 37014281

2. นางสาวรุ่งทิวา แพทย์นุเคราะห์ 37014359

.....เพ็ญมัทรี..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปฏิบัติการทางภาษาโดยใช้เทคนิค FDM แบบ FM

FDM-FM SOUND LAB SYSTEM

โดย นางสาว พรรณระวี ภูพัฒนะกุล 37014281

นางสาว รุ่งทิวา แพทย์นุเคราะห์ 37014359

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาระบบปฏิบัติการทางภาษา (Sound Lab) ซึ่งเป็นการติดต่อสื่อสารภายในห้องปฏิบัติการ โดยออกแบบให้แต่ละบทลูกข่ายสามารถเลือกฟังเทปที่จะส่งจากบทควบคุม และถ้าต้องการสนทนาได้ตอบกันระหว่างบทควบคุมและบทลูกข่ายสามารถทำได้โดยใช้เทคนิคDTMF พร้อมทั้งมีการแสดงหมายเลขของบทลูกข่ายที่เรียกออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ในทุกขบวนการส่งผ่านสัญญาณใช้การมอดูเลททางความถี่ที่มีความถี่คลื่นพาหะต่างกัน

ABSTRACT

This project is Sound lab system concerning about communication in sound lab which is designed for each client is able to choose 1 in 4 tape sent from the control booth. In the case of communication between the control booth and client, DTMF technique is used the number of client. Moreover displaying the decoded number of client is programmed in Pascal at the control booth. Every transmission uses Frequency Modulation which each carrier frequency is different.

สารบัญ

<u>เรื่อง</u>	<u>หน้า</u>
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 ขบวนการมอญเลท	2
2.2 ออปแอมป์	3
2.3 แอ็กทีฟฟิลเตอร์	10
2.4 การดีเทกเอฟเอ็ม	20
2.5 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	20
2.6 หลักการเลือกความถี่ของสัญญาณDTMF	23
2.7 ภาควัขนรีเลย์	24
2.8 รายละเอียดเกี่ยวกับ 8255	26
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	29
3.1 หลักการออกแบบระบบห้องปฏิบัติการทางเสียง	29
3.2 หลักการออกแบบและการทำงานของส่วนรับและส่งเสียง	32
3.3 หลักการออกแบบและการทำงานของส่วนเข้าและออก รหัสสัญญาณคู่ความถี่DTMF	40
3.4 หลักการออกแบบและการทำงานของส่วนควบคุมสวิทช์	54
3.5 หลักการออกแบบและการทำงานส่วนรับและส่งสัญญาณ เสียงพูด	56
3.6 หลักการออกแบบและการทำงานของส่วนแสดงผลออก ทางคอมพิวเตอร์	57
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	64
4.1 ผลการทดลองในส่วนของการสัญญาณเสียง	64
4.2 ผลการทดลองในส่วนของการเข้าและออกรหัสสัญญาณ คู่ความถี่DTMF	69
4.3 ผลการทดลองในส่วนสัญญาณเสียงพูด	72
4.4 ผลการทดลองส่วนของการแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์	77
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์	82
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวชนไวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สารบัญรูปภาพ

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงรูปคลื่นของสัญญาณ FM	3
รูปที่ 2.2 วงจรภายในของออปแอมป์ในไอซี	5
รูปที่ 2.3 การต่อแหล่งจ่ายไฟกับไอซี	6
รูปที่ 2.4 สัญญลักษณ์ของไอซีออปแอมป์	7
รูปที่ 2.5 แสดงการหาค่ากระแสที่อินพุท	7
รูปที่ 2.6 แสดงการหาแรงดันของออปแอมป์ที่อินพุท	7
รูปที่ 2.7 วงจรขยายกลับเฟส	8
รูปที่ 2.8 วงจรขยายไม่กลับเฟส	9
รูปที่ 2.9 วงจรบัฟเฟอร์	9
รูปที่ 2.10 วงจรขยายสัญญาณผลบวก	10
รูปที่ 2.11 แสดงกราฟการตอบสนองความถี่ของฟิลเตอร์	12
รูปที่ 2.12 แสดงกราฟการตอบสนองความถี่ของฟิลเตอร์	12
รูปที่ 2.13 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน	15
รูปที่ 2.14 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน	15
รูปที่ 2.15 แสดงการวางตำแหน่งของโพลและซีโร	17
รูปที่ 2.16 ผลจากการพล็อตด้วย Mathcad ตามสมการ 2.14	19
รูปที่ 2.17 แสดงการแปรผัน ของ Q และค่าความถี่	19
รูปที่ 2.18 บล็อกไดอะแกรมของวงจร detect FM	20
รูปที่ 2.19 แสดงแผนผังของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ พร้อมสัญญาณอินพุทและเอาต์พุท	21
รูปที่ 2.20 แสดงรูปคลื่นของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ขณะประยุกต์ใช้กับงานที่แตกต่างกัน	22
รูปที่ 2.21 การต่อทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์เบื้องต้น	24
รูปที่ 2.22 ชนิดของรีเลย์	25
รูปที่ 2.23 วงจรทรานซิสเตอร์สวิตซ์ซึ่งที่มีโหลดเป็นรีเลย์	26
รูปที่ 2.24 แสดงบล็อกไดอะแกรมและการวางตำแหน่งขาของ 8255	27
รูปที่ 3.1 แสดงการทำงานโดยรวมของระบบปฏิบัติการทางเสียง	30
รูปที่ 3.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบปฏิบัติการทางเสียง	31
รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของ XR-2206	33
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณชายนีที่มีการ ปรับค่าความถี่จากภายนอก	34

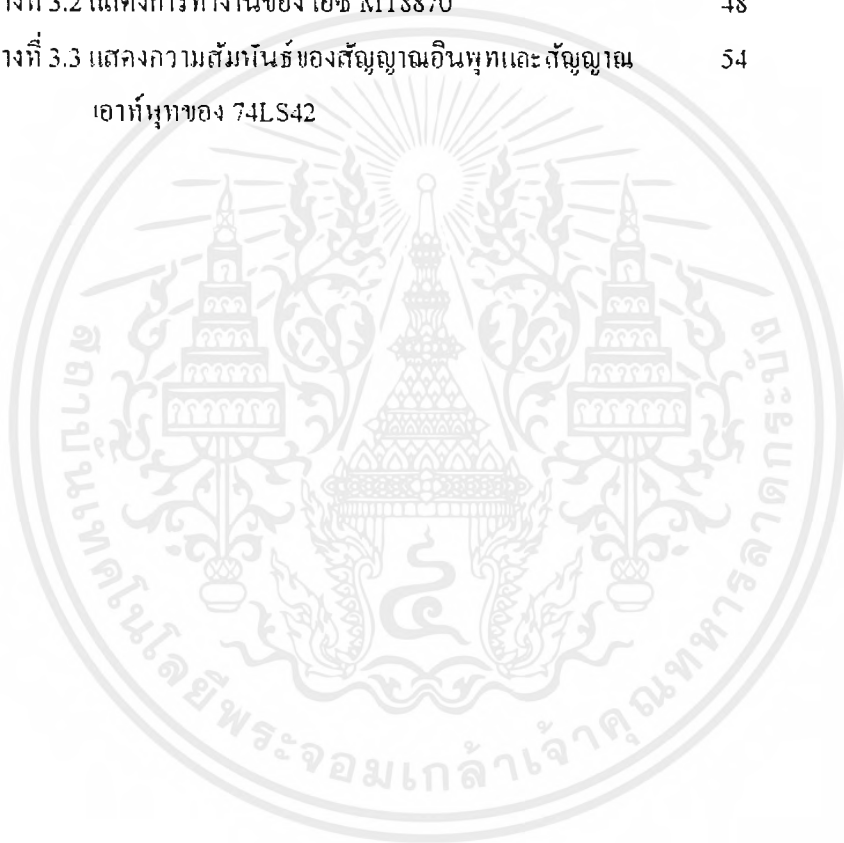
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรบัฟเฟอร์	35
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรบวกสัญญาณ	35
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์	36
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรรขยายสัญญาณ	38
รูปที่ 3.9 แสดงวงจรรวมของส่วนการดีเทคสัญญาณ	38
รูปที่ 3.10 แสดงวงจรกรองความถี่สูงผ่าน	38
รูปที่ 3.11 แสดงวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์	39
รูปที่ 3.12 แสดงวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน	39
รูปที่ 3.13 แสดงขาของไอซี MC145412	40
รูปที่ 3.14 แสดงบล็อกไดอะแกรมของไอซี MC145412	41
รูปที่ 3.15 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเวลาของไอซี MC145412	44
รูปที่ 3.16 แสดงวงจรใช้งานของไอซี MC 145412	45
รูปที่ 3.17 แสดงรายละเอียดขาของไอซี MT8870	46
รูปที่ 3.18 แสดงโครงสร้างภายในของไอซี MT8870	47
รูปที่ 3.19 แสดงแผนภูมิเวลาการทำงานของไอซี MT8870	49
รูปที่ 3.20 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณ (Steering) อย่างง่าย	50
รูปที่ 3.21 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณที่ใช้งานจริง	51
รูปที่ 3.22 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุท	51
รูปที่ 3.23 แสดงการต่อวงจรกำเนิดความถี่	52
รูปที่ 3.24 แสดงวงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870	52
รูปที่ 3.26 แสดงรายละเอียดขาของไอซี 74LS42	53
รูปที่ 3.27 แสดงความสัมพันธ์ของสัญญาณอินพุท และสัญญาณเอาต์พุทของไอซี 74LS42	54
รูปที่ 3.28 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของไมค์	55
รูปที่ 3.29 แสดงวงจรรขยายสัญญาณเสียง	56
รูปที่ 3.30 แสดงวงจรในส่วนของการแสดงผล	58
รูปที่ 3.31 แสดงวงจรในส่วนเครื่องรับทางด้านบุทควบคุม	59
รูปที่ 3.32 แสดงวงจรเครื่องส่งทางบุทควบคุม	60
รูปที่ 3.33 แสดงวงจรเครื่องรับทางบุทลูกข่าย	61
รูปที่ 3.34 แสดงวงจรเครื่องส่งทางบุทลูกข่าย	62
รูปที่ 3.35 แสดงวงจรรวมส่วนของสัญญาณเสียงเทป	63
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณเอาต์พุทของ XR 2206 ขา2 กำเนิดคลื่นพหุ 100 kHz	64

รูปที่ 4.2	แสดงสัญญาณเออาร์ฟูทของ XR 2206 ขา2 กำเนิดคลื่นพาหะ 150 kHz	64
รูปที่ 4.3	แสดงสัญญาณเออาร์ฟูทของ XR 2206 ขา2 กำเนิดคลื่นพาหะ 200 kHz	65
รูปที่ 4.4	แสดงสัญญาณเออาร์ฟูทของ XR 2206 ขา2 กำเนิดคลื่นพาหะ 250 kHz	65
รูปที่ 4.5	CH1 แสดงสัญญาณชาแนลเวฟ ป้อนที่อินพุทขา 7 ของ XR 2206 CH2 แสดงสัญญาณเออาร์ฟูทที่ผ่านการมอดูเลทแล้ว ที่ขา 2 ของ XR 2206	66
รูปที่ 4.6	CH1 แสดงสัญญาณสแควร์เวฟ ป้อนที่อินพุทขา 7 ของ XR 2206 CH2 แสดงสัญญาณเออาร์ฟูทที่ผ่านการมอดูเลทแล้ว ที่ขา 2 ของ XR 2206	66
รูปที่ 4.7	แสดงเออาร์ฟูทของวงจรบวก	67
รูปที่ 4.8	CH1 แสดงสัญญาณชาแนลเวฟ ป้อนที่อินพุทขา 7 ของ XR 2206 CH2 แสดงสัญญาณเออาร์ฟูทของ 74LS123 ที่ ขา 13	67
รูปที่ 4.9	CH1 แสดงสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลทที่ขา 2 ของ XR 2206 CH2 แสดงสัญญาณเออาร์ฟูทของ 74LS123 ที่ ขา 13	68
รูปที่ 4.10	CH1 แสดงสัญญาณเออาร์ฟูทของแบนด์พาสฟิลเตอร์ 200 kHz CH2 แสดงสัญญาณเออาร์ฟูทของ 74LS123 ที่ ขา 13	68
รูปที่ 4.11	CH1 แสดงสัญญาณชาแนลเวฟ ป้อนที่อินพุทขา 7 ของ XR 2206 CH2 แสดงสัญญาณชาแนลที่ตีเทคจากเออาร์ฟูทขา 6 ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน	69
รูปที่ 4.12	แสดงสัญญาณเออาร์ฟูทของ XR 2206 กำเนิดคลื่นพาหะ 300 kHz ทางพุทควบคุม	70
รูปที่ 4.13	แสดงสัญญาณเออาร์ฟูทของ XR 2206 กำเนิดคลื่นพาหะ 350 kHz ทางพุทถูกข่าย	70
รูปที่ 4.14	CH1 แสดงสัญญาณ DTMF ที่กำเนิดจาก MC145412 ป้อนเข้าที่ XR 2206 ขา7ทางพุทควบคุม CH2 แสดงสัญญาณDTMF ที่ผ่านการตีเทคแล้วที่เออาร์ฟูทขา6 ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านทางพุทถูกข่าย	71
รูปที่ 4.15	CH1 แสดงสัญญาณ DTMF ที่กำเนิดจาก MC145412 ป้อนเข้าที่ XR 2206 ขา7ทางพุทถูกข่าย CH2 แสดงสัญญาณDTMF ที่ผ่านการตีเทคแล้วที่เออาร์ฟูทขา6	71

	ของวงจรกรองความถี่ผ่านทางบวม	
รูปที่ 4.16	แสดงสัญญาณเอาต์พุตของ XR 2206 กำเนิด คลื่นพาหะ 400kHz ทางบวม	72
รูปที่ 4.17	แสดงสัญญาณเอาต์พุตของ XR 2206 กำเนิด คลื่นพาหะ 450kHz ทางบวม	72
รูปที่ 4.18	แสดงกราฟผลการตอบสนองของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ที่มีค่าความถี่กลาง 100 kHz	73
รูปที่ 4.19	แสดงกราฟผลการตอบสนองของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ที่มีค่าความถี่กลาง 200 kHz	74
รูปที่ 4.20	แสดงกราฟผลการตอบสนองของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ที่มีค่าความถี่กลาง 300 kHz	75
รูปที่ 4.21	แสดงกราฟผลการตอบสนองของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ที่มีค่าความถี่กลาง 350 kHz	76
รูปที่ 4.22	แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการแสดงผล	78

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขบนเป็นกคกับ ความถี่ประจำแถวหลัก	23
ตารางที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ขา MS และ โหมด การทำงาน	42
ตารางที่ 3.2 แสดงการทำงานของไอซี MT8870	48
ตารางที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ของสัญญาณอินพุตและสัญญาณ เอาต์พุตของ 74LS42	54



บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีต่างๆ ได้พัฒนาก้าวล้ำไปมากมาย ในทุกๆ ด้านทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์, การแพทย์, การสื่อสาร ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากมาต่อชีวิตประจำวันของเรา โดยเฉพาะเทคโนโลยีทางการสื่อสาร ซึ่งมนุษย์เป็นสัตว์สังคมทุกคนย่อมต้องการติดต่อสื่อสารกัน เทคโนโลยีทางการสื่อสารได้มีการพัฒนาขึ้นมาเป็นเวลานาน จากแต่ก่อนนี้คนเรามีแต่การพูดคุยกัน แล้วต่อมาเมื่อการเดินทางเพื่อการพบกันและพูดคุยกัน เริ่มเป็นเรื่องที่เสียเวลา ก็มีผู้ค้นพบโทรศัพท์ ซึ่งทำให้เราสามารถพูดคุยกันโดยไม่ต้องเดินทางไปไกล ๆ ได้ แต่ความต้องการก็ไม่ได้จบแค่นั้น เพราะว่าเมื่อความเจริญยิ่งเพิ่มมากขึ้น การติดต่อกันเพื่อทำธุรกิจกันทุกเวลานี้อาจยิ่ง ไม่ว่าจะเป็นช่วงของการเดินทาง ก็ไม่ควรจะสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ จึงมีผู้พัฒนาออกมาเป็นโทรศัพท์มือถือ ซึ่งเราสามารถพกพาไปทุกที่ และสามารถใช้ติดต่อสื่อสารแม้ช่วงของการเดินทางก็จะไม่เสียเวลา นั่นก็เป็นส่วนหนึ่ง

ในโครงการของเรา นั้น เป็นการนำเทคโนโลยีเข้าใช้ประโยชน์ทางการศึกษา เรามีสื่อต่าง ๆ มากมายที่นำเข้ามาใช้เป็นสื่อการสอน และนี่ก็เป็นหนึ่งที่ปัจจุบันนี้มีความสำคัญมาก ห้องปฏิบัติการทางภาษา ซึ่งให้ความสะดวกในการฟังเพลงที่เป็นสื่อการสอน โดยภายในห้องทั่วไปแล้วจะประกอบด้วยบุทควม สำหรับให้อาจารย์ที่ทำการสอนเป็นผู้ควบคุม สำหรับให้อาจารย์ที่ทำการสอนเป็นผู้ควบคุม และบุททุกฝ่ายสำหรับนักเรียนแต่ละคนที่ประจำในแต่ละบุท โดยบุทควบคุมจะเป็นศูนย์กลางในการกระจายข่าวสารไปยังบุททุกฝ่ายแต่ละบุทภายในห้อง โดยที่บุททุกฝ่ายจะมีหูฟังไว้สำหรับฟังในกรณีที่ไม่มีการกระจายเสียงออกทางลำโพง ซึ่งการสื่อสารกันระหว่างบุทควบคุมและบุททุกฝ่ายกระทำผ่านสายนำสัญญาณ

บุทควบคุมสามารถทำการเรียกหรือติดต่อไปยังแต่ละบุททุกฝ่ายทีละบุท เมื่อต้องการคุยด้วย โดยที่ไม่ต้องการให้บุทอื่นได้ยิน หรือทำการกระจายเสียงออกทางลำโพงเมื่อต้องการจะคุยกับทุกบุท หรือทำการติดต่อเป็นกลุ่มได้ ส่วนทางด้านบุททุกฝ่ายเมื่อต้องการติดต่อกับบุทควบคุมก็สามารถทำการกดปุ่มเรียก (call) เพื่อไปบอกให้บุทควบคุมรับรู้และทำการติดต่อตอบกลับมา

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

ในการส่งข้อมูลไม่ว่าจะอยู่ในรูปของ สัญญาณเสียงที่เป็นคำพูด หรือเสียงดนตรี ภาพหรือข้อความต่างๆ ซึ่งถูกแปลงให้อยู่ในรูปสัญญาณไฟฟ้าความถี่ต่ำแล้ว ต้องการส่งออกไปเป็นระยะทางไกล ๆ นั้น เราต้องทำการฝาก (Modulation) ข้อมูลเหล่านี้ไปกับคลื่นพาห์ (Carrier Wave) ที่มีความถี่สูงกว่า หรืออย่างน้อยก็เท่ากับความถี่ของข้อความที่จะส่งออกไป อันเป็นผลทำให้สามารถส่งข้อความได้หลายชนิดในตัวเองกัน โดยที่แต่ละสัญญาณจะไม่รบกวนซึ่งกันและกันเลย กรรมวิธีในการมอดูเลชันหรือฝากสัญญาณ ก็คือการทำให้อุณหภูมิประจําตัวของคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมด้วยสัญญาณข้อความที่จะฝากส่งออกไปและเมื่อรับสัญญาณที่เหมือนกับตอนส่งออกมา เครื่องรับจะต้องทำการตรวจสอบ (Detection) การเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติของคลื่นพาห์แล้วผลิตเป็นสัญญาณที่เลียนแบบกับสัญญาณเดิม โดยให้มีลักษณะเหมือนเดิมมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ออกมา

ในขบวนการมอดูเลต เราใช้คลื่นรูปไซน์ที่มีความถี่สูงเป็นพาหะ แล้วเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางอย่างของพาหะด้วยสัญญาณข่าวสาร โดยทั่วไปสัญญาณข่าวสารได้แก่ สัญญาณออกซิไอ (หรือเสียงพูด) สัญญาณภาพ หรือข่าวสารอื่นๆ การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของคลื่นพาหะเราเรียกว่าการมอดูเลต

คลื่นรูปไซน์ที่เราใช้เป็นคลื่นพาหะนั้น เราสามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์แทนได้ดังนี้

$$c = A \sin (\omega t + \phi)$$

ในที่นี้ c คือค่าแรงดัน (หรือค่ากระแส) ของคลื่นพาหะใด ๆ

A คือค่า แอมพลิจูด (หรือขนาด) สูงสุดของคลื่นพาหะ

ω คือความถี่เชิงมุม $= 2\pi f$

t คือเวลา

ϕ คือเฟส หรือมุมทางไฟฟ้า

f คือความถี่

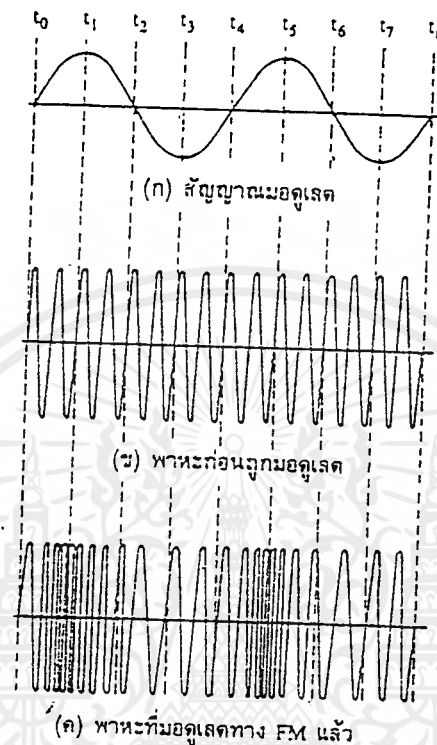
จากสมการข้างต้นจะเห็นว่า คุณสมบัติประจําตัวของคลื่น (รูปไซน์) ที่สำคัญมีอยู่ 3 ประการ ซึ่งเราสามารถเปลี่ยนแปลงหรือมอดูเลตได้ คือ แอมพลิจูด (A) ความถี่เชิงมุม (ω) หรือความถี่ (f) และเฟส (ϕ)

การมอดูเลตให้กับคลื่นพาหะแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

1. มอดูเลตทางแอมพลิจูด (Amplitude Modulation เรียกชื่อย่อว่า AM)
2. มอดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation เรียกชื่อย่อว่า FM)
3. มอดูเลตทางเฟส (Phase Modulation เรียกชื่อย่อว่า PM)

ในทางปฏิบัติสัญญาณ FM กับสัญญาณ PM จะคล้ายคลึงกันมาก บางทีเราเรียกรวม ๆ ทั้ง FM และ PM ว่า การมอดูเลตเชิงมุม (Angle Modulation) กล่าวโดยสรุป การมอดูเลตแบ่งออกเป็นจริง ๆ 2 แบบใหญ่ ๆ คือ AM กับ FM (หรือ PM)

2.1 การมอดูเลตทางความถี่



รูปที่ 2.1 แสดงการมอดูเลตทางความถี่

รูปคลื่นของสัญญาณ FM เกิดจากสัญญาณมอดูเลต ดังรูปที่ 2.1 (ก) เช่นสัญญาณเสียงซึ่งเป็นข่าวสารเข้าไปมอดูเลตลงบนสัญญาณพาหะดังรูปที่ 2.1 (ข) สัญญาณพาหะหลังจากมอดูเลตแล้วในรูปที่ 2.1 (ค) เป็นสัญญาณ FM จะเห็นว่าที่เวลา t_0 สัญญาณ FM อยู่ที่มีความถี่กลาง เมื่อสัญญาณที่เข้ามามอดูเลตมีค่าทางบวกสูงสุด ความถี่ของคลื่นพาหะจะเพิ่มขึ้นสูงสุด นั่นคือสัญญาณมอดูเลตถึงจุดสุดขั้ว (สัญญาณมอดูเลตมีขนาดสูงสุดนั่นเอง) ที่เวลา t_1

ที่เวลา t_2 สัญญาณมอดูเลตลดลงเป็นศูนย์ ความถี่ของพาหะก็จะลดลงมาที่ความถี่กลางดั้งเดิม หลังจากเวลาสัญญาณมอดูเลตมีค่าลดลงต่ำกว่าศูนย์กลายเป็นลบ พาหะจะมีความถี่ลดลงต่ำกว่าความถี่กลางและเมื่อเวลาสัญญาณมอดูเลตกลับเป็นศูนย์อีกครั้งหนึ่ง ความถี่ของพาหะก็จะกลับมายังความถี่กลางดั้งเดิมเช่นกัน ในช่วงเวลา t_4 ถึง t_5 ก็จะซ้ำแบบเดิมเรื่อยๆ ไป สรุปแล้วความถี่ของพาหะจะเปลี่ยนแปลงไปตามแอมพลิจูดของสัญญาณมอดูเลต และพาหะยังคงอยู่ที่ความถี่กลางเมื่อสัญญาณมอดูเลตเป็นศูนย์

ช่วงความถี่ที่พาหะเบี่ยงเบนไปจากความถี่กลางเรียกว่า ความถี่เบี่ยงเบน (frequency deviation)

หรือ คิวเอชดี ตัวอย่างเช่น พาหะมีความถี่ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ ลดลงต่ำสุดเป็น 99.9 เมกะเฮิร์ตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กะเฮิร์ตซ์ และเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น 100.1 เมกะเฮิร์ตซ์ สลับไปมาเช่นนี้ หมายความว่าช่วงความถี่ เบี่ยงเบนเท่ากับ ± 0.1 เมกะเฮิร์ตซ์ หรือ ± 100 กิโลเฮิร์ตซ์

อัตราการใช้แบนด์วิดท์ของสัญญาณ FM ขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต ตัวอย่างเช่น ถ้าสัญญาณที่เข้ามอดูเลตเป็นโทน (สัญญาณเสียง) ความถี่ 1000 เฮิร์ตซ์ อัตราการใช้แบนด์วิดท์ของสัญญาณ FM จะเท่ากับ 10000 ครั้งต่อวินาที ถ้าสัญญาณที่เข้ามอดูเลตเพิ่มความถี่เป็น 10 กิโลเฮิร์ตซ์ โดยคงค่าแอมพลิจูดเท่าเดิม ช่วงความถี่เบี่ยงเบนก็ยังคงเท่าเดิม คือเท่ากับ ± 100 กิโลเฮิร์ตซ์ แต่อัตราการใช้แบนด์วิดท์จะเพิ่มเป็น 10,000 ครั้งต่อวินาที นั่นคือ ความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดูเลตเป็นตัวกำหนดอัตราการใช้แบนด์วิดท์

สำหรับแอมพลิจูดของสัญญาณมอดูเลต จะเป็นตัวกำหนดความถี่ช่วงเบี่ยงเบน ตัวอย่างเช่น สัญญาณที่มีโทนแอมพลิจูดสูง จะทำให้ความถี่เบี่ยงเบนไป ± 100 กิโลเฮิร์ตซ์ สัญญาณโทนที่มีแอมพลิจูดน้อยลงจะทำให้ความถี่เบี่ยงเบนไป ± 20 กิโลเฮิร์ตซ์

กล่าวโดยสรุป สัญญาณ FM มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

1. มีแอมพลิจูดคงที่ตลอด แต่ความถี่เปลี่ยนตามสัญญาณที่เข้ามอดูเลต
2. อัตราการใช้แบนด์วิดท์ของสัญญาณพาหะ มีค่าเท่ากับความถี่ของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต
3. ช่วงความถี่เบี่ยงเบนหรือ (ดีวีเอชเอ็น) เป็นสัดส่วนกับแอมพลิจูดของสัญญาณที่เข้ามอดูเลต

2.2 ออปแอมป์ (Op-amp)

ออปแอมป์ที่เป็นไอซีเป็นวงจรรายขายที่มีอัตราขยายสูงมาก โดยปกติจะมีอัตราขยายสูงถึงหลายหมื่นหลายแสนเท่า และมีข้อเด่นก็คือเราสามารถกำหนดอัตราขยายให้กับออปแอมป์ได้โดยง่ายตามต้องการด้วยการต่อวงจรในลักษณะการป้อนกลับแบบลบ

ถ้าเรารู้ว่าออปแอมป์ที่เราใช้เป็นออปแอมป์อุดมคติต้องมีคุณสมบัติเด่นดังต่อไปนี้

1. มีอัตราขยายแรงดันเป็นอนันต์
2. มีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์เป็นอนันต์ หรือกล่าวได้ว่ากระแสเป็นศูนย์นั่นเอง
3. มีเอาต์พุตอิมพีแดนซ์เป็นศูนย์
4. มีผลตอบสนองความถี่ได้จากสัญญาณไฟตรงซึ่งความถี่เป็นอนันต์

จากคำจำกัดความของออปแอมป์ในอุดมคติทำให้เราทราบว่า ไม่ว่าสัญญาณจะเป็นอย่างไร สัญญาณนั้นก็สามารถทำให้ออปแอมป์ทำงานได้ และถ้าต่อเชื่อมออปแอมป์กับวงจรที่อื่นก็จะไม่มีผลทำให้วงจรอื่นทำงานผิดพลาดไป เนื่องจากค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์เป็นอนันต์ และเอาต์พุตอิมพีแดนซ์เป็นศูนย์

2.2.1 ออปแอมป์แบบพื้นฐาน

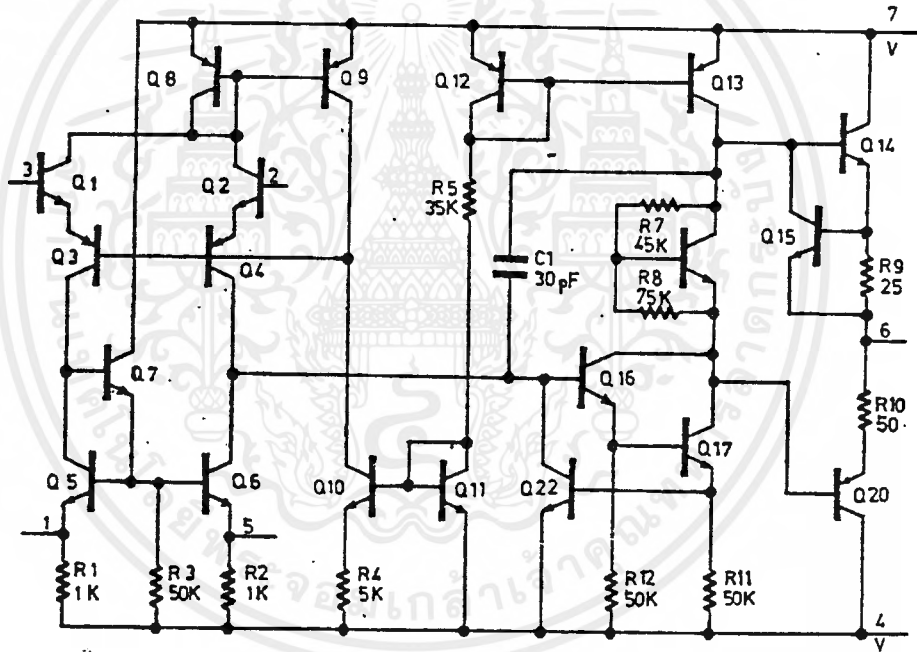
ออปแอมป์ส่วนใหญ่จะมีภาคคั่น ๆ ประกอบด้วยวงจรรายขายความแตกต่าง อาจจะ 2 หรือ 3 ภาค เชื่อมต่อกันเพื่อให้มีอัตราขยายสูง ๆ ซึ่งจำเป็นจะต้องมีแหล่งจ่ายไฟทั้งบวกและลบ วงจรรายขายความแตกต่างมีสองอินพุต ทำให้ขั้วเอาต์พุตสามารถเลือกได้ทั้งแบบมีการกลับเฟสและไม่กลับเฟส ในการคำนวณหาอัตราขยายของออปแอมป์แบบพื้นฐานนี้ เราสามารถใช้กฎของเกาส์ (กฎของเคอร์ชอฟฟ์) ได้ทั้งที่อินพุตและเอาต์พุต โดยที่อินพุตเป็นศูนย์ เนื่องจากค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์เป็นอนันต์ และเอาต์พุตอิมพีแดนซ์เป็นศูนย์

ในการใช้งานออปแอมป์มักจะมีการป้อนกลับจากขั้วเอาต์พุตมายังขั้วลบ (Inverting Input) ด้วยตัวต้านทานหรืออิมพีแดนซ์เพื่อควบคุมอัตราขยายและผลตอบสนองความถี่ให้ได้ตามที่ต้องการ

เช่นเดียวกับวงจรขยายทั่ว ๆ ไป สัญญาณที่เข้าที่อินพุตและออกมาที่เอาต์พุต จะมีการเลื่อนเฟส (นอกเหนือจากการกลับเฟส) อัตราการเลื่อนเฟสนี้จะขึ้นกับความถี่

ในการเลื่อนเฟสมากขึ้นเป็น 180 องศา เฟสค่านี้จะไปรวมกับการกลับเฟส 180 องศา ซึ่งจะทำให้เกิดการป้อนกลับแบบเสริมกัน (แทนที่จะเป็นแบบลบ) วงจรขยายในสถานะเช่นนี้จะไม่เสถียรภาพ จะเกิดออสซิลเลตที่ความถี่ที่ให้การป้อนกลับแบบเสริม การที่เฟสเลื่อนมากขึ้นที่ความถี่สูง ๆ นี้ จะจำกัดแถบความถี่ของออปแอมป์ วิธีแก้ อาจทำได้โดยเพิ่มวงจรชดเชยเฟสเข้าไป วงจรชดเชยเฟสส่วนมากจะประกอบด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ หรืออาจจะเป็นตัวเก็บประจุอย่างเดียว

2.2.2 วงจรตัวอย่างออปแอมป์



รูปที่ 2.2 วงจรภายในของออปแอมป์ในไอซี

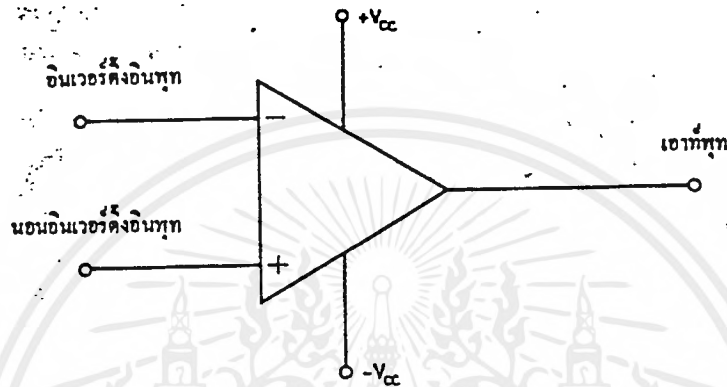
จากรูปแสดงวงจรออปแอมป์และวงจรสมมูลย์ที่ปรากฏในข้อมูลของบริษัทโมโตโรล่า วงจรนี้ประกอบด้วยวงจรขยายความแตกต่าง 2 ภาค และตามด้วยวงจรขยายความแตกต่างทั้งคู่มีอัตราเกนบั่นทอนสัญญาณอินพุตทั้งสองที่มีเฟสเดียวกัน และอัตราขยายสูงมากที่ขั้วอินพุตของวงจรภาคแรก มีการป้องกันวงจรในกรณีที่มีอินพุตแรงเกินไป (เช่นการต่อสายผิดโดยขั้วอินพุตไปต่อกับแหล่งจ่ายไฟโดยมิได้ตั้งใจ) ส่วนภาคสุดท้ายเป็นวงจรขยายที่มีอัตราขยายสูง และเลื่อนระดับแรงดันเอาต์พุตให้ใกล้เคียงกับกราวด์ นอกจากนี้ยังมีวงจรป้องกันการลัดวงจรที่เอาต์พุตอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อแหล่งจ่ายไฟเข้ากับไอซี ไอซีส่วนใหญ่มักจะใช้แหล่งจ่ายไฟ 2 จุด คือบวกและลบ เพื่อจ่ายให้กับวงจรขยายความแตกต่างค่าแรงดัน ทั้งสองมักจะเท่ากัน เช่น +9 กับ -9 โวลต์ สำหรับ ออปแอมป์ในรูปที่ 2.1 ใช้ไฟ +18 และ -18 โวลต์

ออปแอมป์ปิดกับทรานซิสเตอร์ตรงที่ขั้วกราวด์มีไดंबอกว่าให้ต่อที่ใด ดังนั้นในการต่อแหล่งจ่ายไฟ เราเอาขั้วบวกต่อเข้าด้วยกันแล้วต่อลงกราวด์หรือสายร่วม ดังรูปที่ 2.3

ในการศึกษาข้อมูลของผู้ผลิต โปรตระวังการต่อแหล่งจ่ายไฟเพราะบางที่ข้อมูลบอกเป็น V_{cc} แทนที่จะบอกเป็น $V+$ และ $V-$



รูปที่ 2.3 การต่อแหล่งจ่ายไฟกับไอซี

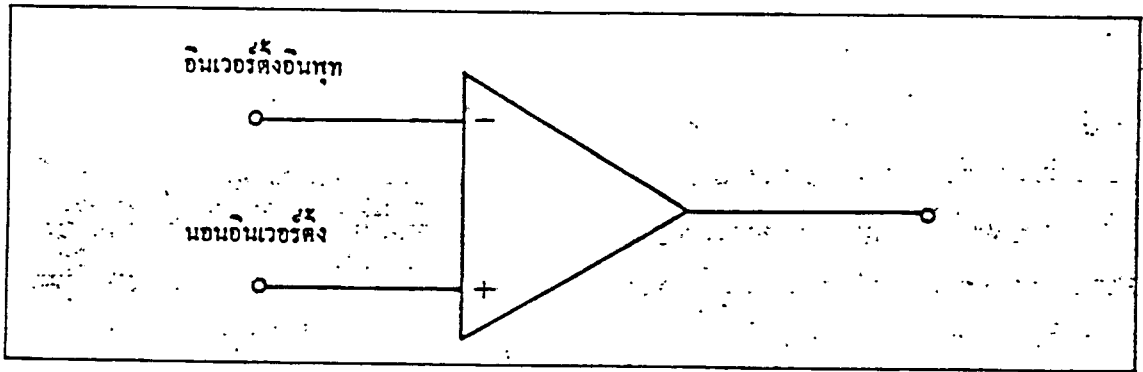
จากรูปสังเกตว่ามีตัวเก็บประจุเพื่อคัปปลิงของแหล่งจ่ายไฟ ตัวเก็บประจุทั้ง 2 ตัวนี้ จะต้องต่อให้ขั้วของไอซีมากที่สุดไม่ไร้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ และควรใช้ชนิดคิสต์เซรามิก ค่าอยู่ระหว่าง 0.001 ถึง 0.1 ไมโครฟารัด

นอกจากนี้ไอซีบางชนิดที่เป็นกระป๋องจะต่อเข้ากับขั้วใดขั้วหนึ่งของวงจร ถ้าเป็นเช่นนั้นในการบัดตัวไอซี จะต้องไม่ยึดติดกับจุดอื่นที่ไม่มีแรงดันต่างกัน เช่น ถ้ากระป๋องต่อกับขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟ 18 โวลต์ ถ้าหากยึดไอซีติดกับแท่นที่เป็นกราวด์อาจทำให้ไอซีเกิดความเสียหายได้ อย่างไรก็ตาม ไอซีบางแบบเท่านั้นที่เป็นกระป๋องโลหะบางแบบตัวกระป๋องก็ไม่ต่อกับอะไรเลย เพราะฉะนั้นการใช้งานควรพิจารณาให้แน่นอนเสียก่อน

2.2.3 รูปร่างของไอซี

รูปร่างของไอซีจะมีรูปร่างตัวถัง (Package) เป็นรูปแบบมาตรฐาน ตัวถังชนิดเซรามิกมีข้อดีกว่ากระป๋อง TO - 5 ตรงที่เซรามิกเป็นฉนวนไฟฟ้าอยู่แล้ว จึงไม่มีปัญหาการฉนวน (Insulate) ตัวถังนอกจากนี้ยังทนความร้อนได้สูงกว่าชนิดพลาสติกอีกด้วย อย่างไรก็ตามตัวถังแบบเซรามิกก็มีราคาแพงกว่า

ในการออกแบบหรือการทดสอบเกี่ยวกับไอซีควรจะใช้ต่อกับซอกเกต เพื่อความสะดวกในการเปลี่ยนซึ่งไม่ต้องบัดกรีใหม่ และไม่ทำให้ไอซีร้อน ซอกเกต (Socket) ที่ใช้ควรเหมาะสมกับรูปร่างตัวถังของไอซี



รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์ของไอซีออปแอมป์

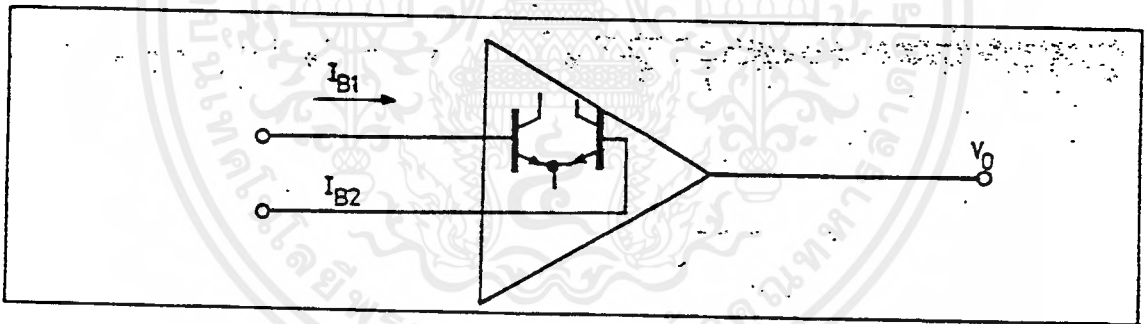
2.2.4 สเปคที่ใช้ในเครื่องของออปแอมป์

ก่อนที่จะเข้าใจการใช้งานของออปแอมป์และวิเคราะห์การทำงานของออปแอมป์เราจำเป็นต้องรู้เกี่ยวกับสเปคที่ใช้สำหรับตัวออปแอมป์

กระแสไบแอสที่อินพุท (I_B) คือกระแสอินพุทที่เข้าไปยังขาอินพุทของออปแอมป์ โดยปกติออปแอมป์มีขาอินพุท 2 ขา ดังนั้นเราจึงกำหนดเป็นกระแสเฉลี่ยและกำหนดเป็น

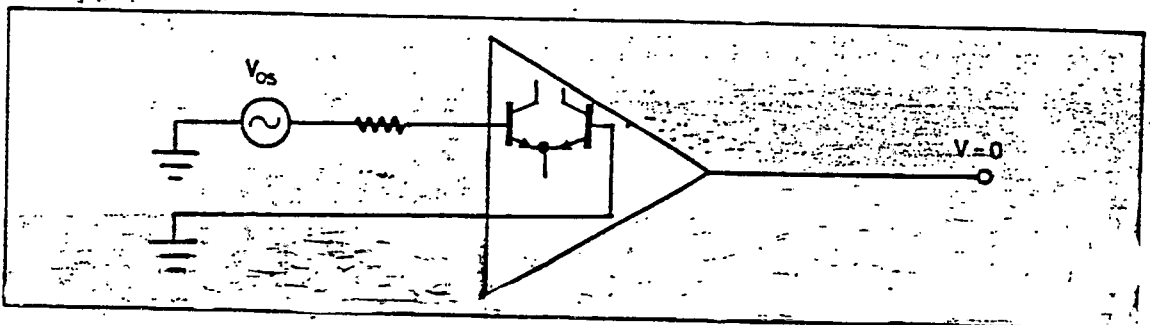
$$I_B = (I_{B1} - I_{B2}) / 2 \quad (2.1)$$

โดยปกติถ้ากระแสไบแอสนี้มีค่าน้อยมาก อยู่ในช่วง 0.05 - 100 nA



รูปที่ 2.5 แสดงการหาค่ากระแสที่อินพุท

กระแสออฟเซต ที่อินพุท (V_{OS}) คือค่าแรงดันจะต้องป้อนเข้าที่อินพุทของออปแอมป์ผ่านตัวต้านทานที่เท่ากันสองตัว เป็นผลทำให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าเป็นศูนย์ ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงการหาแรงดันของออปแอมป์ที่อินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

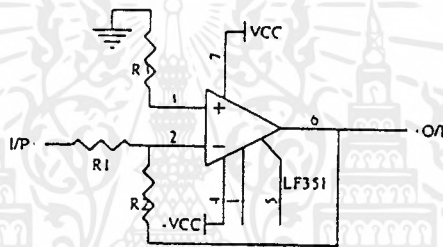
อินพุทอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) ค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์คืออัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดันอินพุท เมื่อคิดเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสอินพุท โดยปกติค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์ จะมีค่าราว ๆ 130 k Ω ถึง 30 M Ω

เอาท์พุทอิมพีแดนซ์ (Z_o) คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน เมื่อเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสเอาท์พุทโดยปกติจะมีราว ๆ 0.75 - 1000 Ω

ผลตอบสนองความถี่ คือค่าความถี่ที่ตัวออปแอมป์ยังสามารถทำงานได้ โดยทั่วไปมักกำหนดได้หลายแบบ แต่นิยมกันมากคือกำหนดด้วยความถี่กัทออฟ หรือความถี่ 3 dB

2.2.5 การประยุกต์ใช้งานออปแอมป์

การขยายกลับเฟส (Inverting Amplifier) จากที่กล่าวมาแล้วในตอนก่อนว่า เราสามารถกำหนดอัตราขยายได้ตามต้องการด้วยอัตราการป้อนกลับ และวงจร ขยายแบบกลับเฟสแสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.7

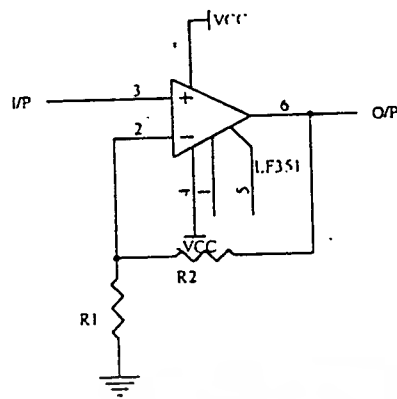


รูปที่ 2.7 วงจรขยายกลับเฟส

จากรูปที่ 2.7 อัตราขยายของวงจรสามารถคำนวณได้ด้วยค่าอัตราส่วนของ R_2 / R_1 นั่นคือแรงดันเอาท์พุทจะมีค่าเท่ากับผลคูณของ R_2 / R_1 กับแรงดันอินพุท สัญญาณเอาท์พุทที่ได้จะอยู่ในลักษณะมีเฟสกลับอินพุท เพราะเราทำการป้อนสัญญาณเข้าทางขาอินเวอร์ตอินพุท

ส่วนหนึ่งที่เราจะต้องทำคือค่า R_2 ควรจะเลือกให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าของ R_1 และ R_2 ขนานกัน เพื่อลดผลกระทบจากความถี่ของออปแอมป์ที่เกิดจากกระแสไบแอส

โดยปกติถ้าป้อนอินพุทเป็นสัญญาณไฟสลับ เอาท์พุทที่ได้ก็จะขึ้นอยู่กัอินพุท จะเห็นได้ว่าผลตอบสนองต่อความถี่ของออปแอมป์ที่มีส่วนสำคัญ ดังนั้นในการใช้งานจึงต้องระวังไม่ให้เกินขอบเขตทางด้านความถี่ โดยปกติอาจจะกำหนดค่าไว้ในรูปของผลคูณของอัตราขยายต่อความถี่ที่สูงที่สุดไว้



รูปที่ 2.8 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

2.2.6 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

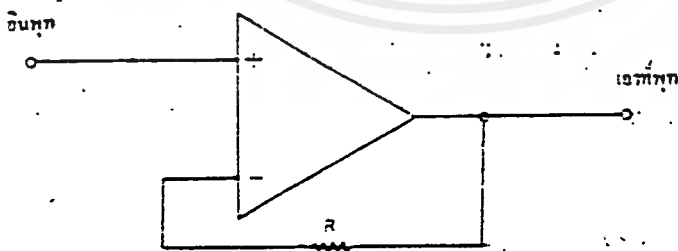
จากรูปเป็นวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส ซึ่งมีค่าความต้านทานอินพุตสูงมาก และอัตราขยายแรงดันของวงจรจะกำหนดด้วยค่าตัวต้านทาน โดยจะเท่ากับค่าอัตราส่วนระหว่าง $R_1 + R_2$ กับ R_1

สิ่งที่ทำให้วงจรนี้แตกต่างจากวงจรขยายชนิดกลับเฟส คือเอาต์พุตที่เกิดขึ้น จะมีเฟสเดียวกับสัญญาณอินพุต นอกจากนี้วงจรนี้ยังให้ค่าความต้านทานอินพุตสูงมาก

ในขณะที่อินพุตอยู่ลอย ๆ ใดๆ จะเห็นได้ว่าจะทำให้เอาต์พุตเกิดการอิ่มตัวทันที นั่นหมายความว่าระดับแรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟเลี้ยงด้านบวกทันที

2.2.7 วงจรบัฟเฟอร์

ลักษณะพิเศษของวงจรบัฟเฟอร์ คือการให้อัตราขยายเท่ากับ 1 เราอาจจะแปลกใจว่า เมื่อวงจรมีอัตราขยายเท่ากับ 1 แล้วเรานำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง สิ่งหนึ่งที่พอจะตอบได้ก็คือใช้เป็นตัวกันชน หรือบัฟเฟอร์ระหว่าง 2 วงจรที่ต้องการจะเชื่อมต่อถึงกัน



รูปที่ 2.9 วงจรบัฟเฟอร์

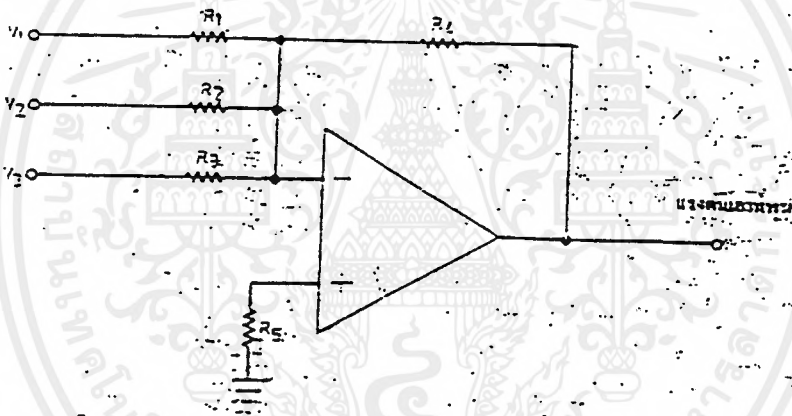
วงจรดังกล่าวนี้จะให้ค่าความต้านทานอินพุตสูงมาก ดังนั้นเมื่อต่อเป็นโหลดของวงจรอื่นก็ไม่ทำให้แรงดันเอาต์พุตของวงจรที่จ่ายแรงดันให้นั้นตกลงได้ และในทำนองเดียวกันเมื่อนำไปขับวงจรอื่น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็สามารถจ่ายกระแสไปให้วงจรอื่นได้โดยไม่ทำให้ระดับเอาต์พุตของออปแอมป์ตกเพราะเนื่องจากออปแอมป์มีค่าความต้านทานเอาต์พุตต่ำมาก

2.2.8 วงจรขยายผลบวกของสัญญาณ

วงจรขยายผลบวกแสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.10 ซึ่งก็คือวงจรขยายกลับเฟสที่ใช้ในกรณีพิเศษ วงจรนี้จะให้เฟสที่เอาต์พุตกลับกันกับอินพุต แต่แรงดันที่เอาต์พุตจะมีค่าเทียบเท่ากับผลบวกทางพีชคณิตของผลที่ได้จากการขยายสัญญาณอินพุตแต่ละอัน เช่น แรงดันเอาต์พุตเนื่องจาก V_1 จะมีค่าเป็น $V_1 R_4 / R_1$ แรงดันเอาต์พุตเนื่องจาก V_2 เป็น $V_2 R_4 / R_2$ และสำหรับ V_3 เป็น $V_3 R_4 / R_3$ หรือแรงดันที่เอาต์พุตเขียนเป็นสมการได้

$$V = (R_4 / R_1) V_1 + (R_4 / R_2) V_2 + (R_4 / R_3) V_3 \quad (2.2)$$



รูปที่ 2.10 วงจรขยายสัญญาณผลบวก

2.3 แอคทีฟฟิลเตอร์

แอคทีฟฟิลเตอร์ทำหน้าที่กรองความถี่สัญญาณ เป็นวงจรที่ประกอบด้วยภาคขยายเช่น ทรานซิสเตอร์ หรือ ไอซี และเนตเวิร์ก เลือกความถี่ (Frequency Selective Network) จำพวกต้านทาน กับตัวเก็บประจุ วงจรให้ผ่านได้เฉพาะสัญญาณในช่วงความถี่ที่กำหนด ขณะเดียวกันจะขวางกั้น (Block) หรือลดทอนสัญญาณนอกเหนือช่วงความถี่ดังกล่าวมิให้ปรากฏที่เอาต์พุต

กล่าวโดยทั่วไปฟิลเตอร์ แบ่งออกเป็นหลายรูปแบบ

1. ฟิลเตอร์ชนิดอนาล็อก (Analog) หรือชนิดดิจิทัล (Digital)
2. ฟิลเตอร์ประเภทพาสซีฟ (Passive) หรือแอคทีฟ (Active)
3. ฟิลเตอร์ย่านความถี่เสียง (Audio Frequency) หรือย่านวิทยุ (Radio Frequency)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนาล็อกฟิลเตอร์ (Analog Filter) ออกแบบมาเพื่อใช้กับสัญญาณอนาล็อก ส่วนดิจิตอลฟิลเตอร์ (Digital Filter) ใช้งานกับสัญญาณอนาล็อก (Analog) โดยอาศัยเทคนิคทางดิจิตอลมาช่วย ถ้าคำนึงถึงชิ้นส่วน (Element) ที่นำมาประกอบเป็นวงจร ฟิลเตอร์แบ่งออกเป็นประเภทพาสซีฟและแอคทีฟ ชิ้นส่วนวงจรที่ใช้ในพาสซีฟฟิลเตอร์ ได้แก่ ตัวต้านทาน , ตัวเก็บประจุ และ ตัวเหนี่ยวนำ ส่วนแอคทีฟฟิลเตอร์ประกอบด้วยตัวขยายสัญญาณจำพวกทรานซิสเตอร์หรือไอซีในรูปออปแอมป์และตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ทำงานร่วมกัน ตัวเก็บประจุ ตัวต้านทาน และ ตัวเหนี่ยวนำ ถือว่าเป็นชิ้นส่วนประเภทชิ้นส่วนพาสซีฟ การจะเลือกใช้ชิ้นส่วนชิ้นใดชิ้นหนึ่งนั้น ขึ้นกับย่านความถี่สัญญาณที่ต้องการให้วงจรฟิลเตอร์ทำงาน ยกตัวอย่าง RC ฟิลเตอร์ ใช้กับย่านความถี่เสียง (Audio Frequency) หรือใช้กับย่านความถี่ต่ำ (Low Frequency) ขณะที่ LC ฟิลเตอร์ หรืออาจจะกล่าวไปถึงคริสตอลฟิลเตอร์ เหมาะที่จะใช้กับย่านความถี่วิทยุ (Radio Frequency) หรือย่านความถี่สูง (High Frequency) และโดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื่องจากค่า Q หรือ Figure of Merit ที่สูงของตัวคริสตอล ทำให้คริสตอลฟิลเตอร์ มีเสถียรภาพที่ความถี่สูงมาก ๆ ดีกว่า LC ฟิลเตอร์ อีกด้วย

2.3.1 ข้อดีของแอคทีฟฟิลเตอร์ที่มีเหนือกว่าพาสซีฟฟิลเตอร์

ข้อดีที่เหนือกว่ามีดังนี้

ก) การปรับอัตรา การขยายและปรับความถี่เป็นอิสระต่อกัน เราสามารถจัดค่าอัตราขยายของออปแอมป์ ชดเชยกับอัตราลดทอนสัญญาณของวงจร RC หรือเพิ่มอัตราขยายของวงจรทั้งหมดด้วยการจัดค่าชิ้นส่วนอุปกรณ์ในส่วนของวงจรขยายออปแอมป์ และการปรับเปลี่ยนความถี่ก็อยู่ที่ค่า RC เท่านั้น

ข) ไม่มีปัญหา Loading จากการที่ออปแอมป์มีคุณสมบัติของอินพุตอิมพีแดนซ์สูง และเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำ วงจรแอคทีฟฟิลเตอร์อาศัยออปแอมป์ จึงไม่เกิดปัญหา Loading กับ เอาต์พุตและอินพุตของวงจร ณ จุดที่นำแอคทีฟฟิลเตอร์เข้าไปต่อ

ค) ราคาถูก แอคทีฟฟิลเตอร์มีราคาถูกกว่าพาสซีฟฟิลเตอร์ เพราะไม่ต้องอาศัยตัวเหนี่ยวนำที่มีราคาแพง และยังใช้ออปแอมป์ซึ่งปัจจุบันราคาในท้องตลาดถูกมาก

2.3.2 แอคทีฟฟิลเตอร์ตามลักษณะการทำงาน

เราแบ่ง แอคทีฟฟิลเตอร์ ตามลักษณะการทำงานเป็น 5 ชนิด

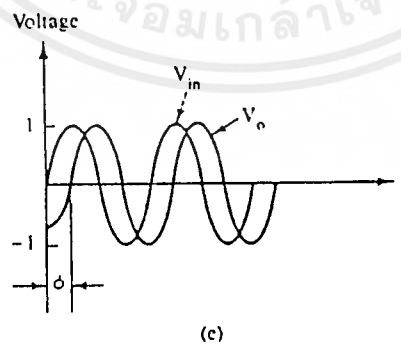
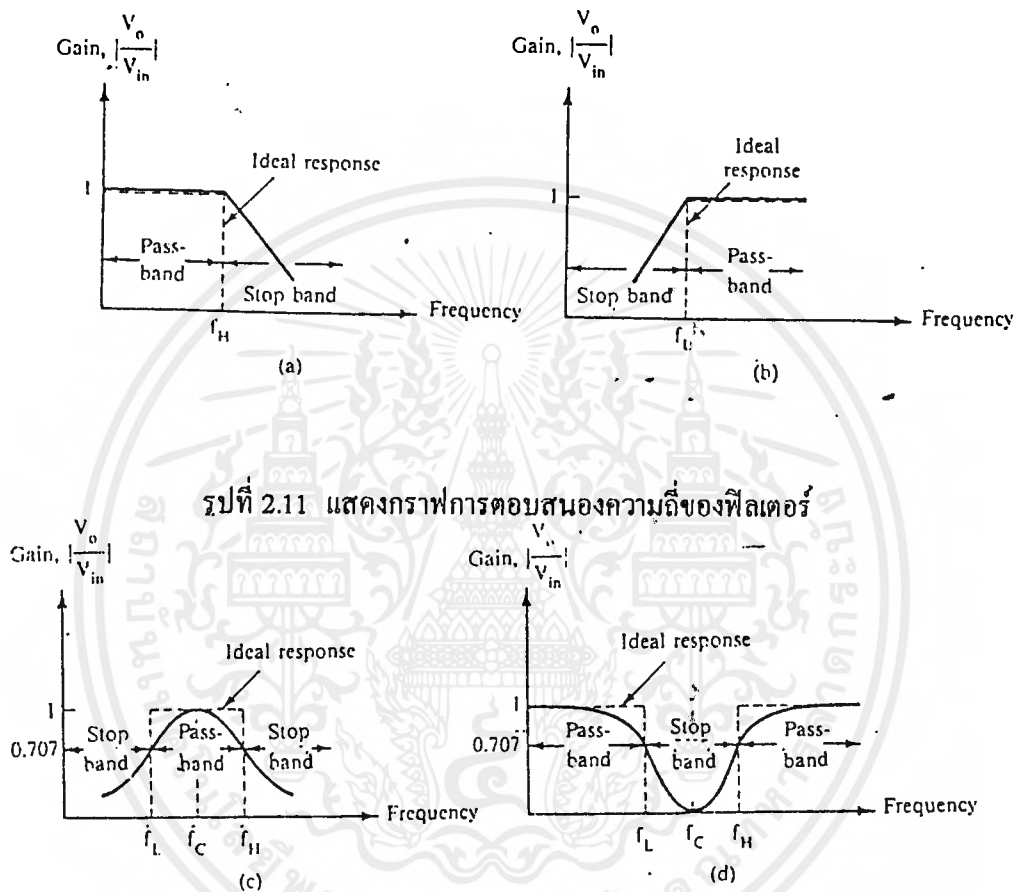
- ก. ตัวกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low Pass Filter : LPF)
- ข. ตัวกรองสัญญาณความถี่สูง (High Pass Filter : HPF)
- ค. ตัวกรองสัญญาณความถี่ช่วงผ่าน (Band Pass Filter : BPF)
- ง. ตัวกรองสัญญาณความถี่ช่วงกีดกัน (Band Reject หรือ Band Stop Filter : BSF)
- จ. ตัวกรองความถี่ผ่านทั้งหมด (All Pass Filter)

ฟิลเตอร์เหล่านี้อาศัยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ เป็นอุปกรณ์พาสซีฟ ทำงานร่วมกันกับอุปกรณ์แอคทีฟ จำพวก ออปแอมป์ อาศัยไอซีที่มีคุณสมบัติของความเร็วสูงที่มีอัตรา Slew Rate สูง และยูนิต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกนแบนด์วิธ (Unity Gain Bandwidth) สูงๆ เช่น LM-318 หรือ ไอซี L8017 จะช่วยให้คุณสมบัติด้านความถี่และด้านอัตราการขยายของฟิลเตอร์ดีขึ้น

การตอบสนองทางความถี่ของฟิลเตอร์ทั้ง 5 ชนิดแสดงในรูปที่ 2.11 เส้นทึบแสดงถึงการตอบสนองที่เป็นทางอุดมคติ ในทางทฤษฎี ส่วนกราฟแสดงการตอบสนองในทางปฏิบัติแสดงด้วยเส้นทึบ



รูปที่ 2.12 แสดงกราฟการตอบสนองความถี่ของฟิลเตอร์

รูปที่ 2.11 (a) แสดงการตอบสนองทางความถี่ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน มีขนาดของกำลังขยายของที่จากความถี่ 0 Hz ถึงความถี่คัตออฟ f_H ค่าของแบนด์วิธจึงเท่ากับ f_H ที่ f_H หรือตำแหน่งความถี่คัตออฟนั้น กำลังขยายจะลดลง 3 dB และที่ความถี่มากกว่า f_H นั่นคือที่ $f > f_H$ อัตราการขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของวงจรก็ลดลงทุกขณะอย่างต่อเนื่องตามความถี่สัญญาณอินพุตที่เพิ่มขึ้น นัยของฟิลเตอร์ช่วงความถี่ระหว่าง 0 Hz ถึง ความถี่คัตออฟซึ่งกำลังขยายของวงจรลดลง 3 dB เรียกว่า ช่วงความถี่ผ่าน และช่วงความถี่ที่สูงกว่า f_H ขึ้นไป ซึ่งเกิดการลดทอนของสัญญาณลงทุกขณะเรียก ช่วงหยุด จากการตอบสนองที่เป็นทางอุดมคติในเส้นประ แสดงให้เห็นว่าฟิลเตอร์ที่เป็นทางอุดมคติ จะมีการสูญเสียเป็นศูนย์ตลอดช่วงความถี่ผ่าน และมีค่าการสูญเสียเป็นอนันต์ในช่วงหยุด แต่สภาพความเป็นจริงในทางปฏิบัติมิได้เป็นเช่นนั้น เพราะเนตเวิร์กชนิดเชิงเส้น (Linear Network) ไม่สามารถสร้างคุณสมบัติของความต่อเนื่อง (Discontinuities) ขึ้นได้ อย่างไรก็ตามเราอาจสร้างกราฟตอบสนองทางความถี่ในทางปฏิบัติตามเส้นทึบให้ใกล้เคียงกับการตอบสนองที่เป็นทางอุดมคติตามเส้นประได้เช่นกัน โดยอาศัยเทคนิคการออกแบบวงจรเป็นพิเศษเข้าช่วย ประกอบวงจรด้วยชิ้นส่วนอุปกรณ์เช่น ตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุที่มีค่าถูกต้องแม่นยำ หรือมีค่าผิดพลาดน้อยที่สุดและใช้ออปแอมป์ ชนิดความเร็วสูง

รูปแบบของฟิลเตอร์ที่นิยมนำมาใช้กันมากในทางปฏิบัติซึ่งให้กราฟการตอบสนองประมาณใกล้เคียงทางทฤษฎี ได้แก่รูปแบบบัตเตอร์เวิร์ธ (Butterworth) , รูปแบบเชบชีเชฟ (Chebyshev) และรูปแบบ Cauer แต่ละรูปแบบมีคุณลักษณะประจำตัวแตกต่างกันออกไป ฟิลเตอร์แบบบัตเตอร์เวิร์ธ ให้คุณลักษณะของทั้งช่วงผ่าน และช่วงหยุด ที่ Flat บางโอกาสจึงเรียกว่า Flat Filter สำหรับ ฟิลเตอร์เชบชีเชฟ มีคุณลักษณะช่วงความถี่ผ่านเป็นริฟเฟิล และช่วงความถี่หยุดมีลักษณะ Flat ส่วนฟิลเตอร์แบบ Cauer ให้ทั้งช่วงผ่านและช่วงหยุด มีคุณลักษณะเป็นริฟเฟิล หากกล่าวโดยรวมระหว่างฟิลเตอร์ทั้ง 3 แบบ ฟิลเตอร์แบบ Cauer จะให้ผลการตอบสนองของช่วงหยุดดีที่สุด แต่เพื่อความสะดวกของการออกแบบวงจร เราจะใช้บัตเตอร์เวิร์ธฟิลเตอร์

รูปที่ 2.11 (b) แสดงกราฟตอบสนองทางความถี่ของตัวกรองความถี่สูง เมื่อให้ความถี่เป็นความถี่ใด ๆ และ f_L เป็นความถี่คัตออฟต่ำแล้ว ช่วงหยุดจะอยู่ที่ $0 < f < f_L$ และช่วงของของความถี่ผ่านอยู่ที่ $f > f_L$

รูปที่ 2.12 (c) แสดงการตอบสนองความถี่ของตัวกรองความถี่ช่วงผ่าน ช่วงความถี่ผ่านอยู่ระหว่างความถี่คัตออฟสองจุดได้แก่ความถี่คัตออฟสูง (f_H) และความถี่คัตออฟต่ำ (f_L) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่กำลังขยายของวงจรลดลง 3 dB และช่วงหยุดมี 2 ช่วงที่ $0 < f < f_L$ กับ $f > f_H$ โดย $f_H > f_L$ ค่าแบนด์วิธของตัวกรองวงจรผ่านเท่ากับ $f_H - f_L$ และความถี่ศูนย์กลางอยู่ที่ความถี่ f_C ปรากฏที่ตำแหน่งกึ่งกลางช่วงผ่านพอดี

รูปที่ 2.12 (d) แสดงกราฟการตอบสนองทางความถี่ของตัวกรองความถี่ก้ำกั้ว มีกราฟที่มีคุณลักษณะตรงกันข้ามกับตัวกรองความถี่ผ่าน กล่าวคือ ช่วงหยุดอยู่ระหว่างความถี่คัตออฟ 2 จุด คือ f_H กับ f_L และมีช่วงผ่าน 2 ช่วงอยู่ระหว่างความถี่ $f > f_H$ และ $0 < f < f_L$ อาจเรียกตัวกรองความถี่นี้ว่า Band-Stop Filter หรือ Band-Eliminate Filter ก็ได้ ค่าแบนด์วิธของ ช่วงหยุด เท่ากับ $f_H - f_L$ และตำแหน่งกึ่งกลางของช่วงหยุด เป็นความถี่กลาง (f_C)

รูปที่ 2.12 (e) แสดง Phase Shift ระหว่างอินพุตโวลต์เดจ v_{in} กับเอาต์พุตโวลต์เดจ v_o ของ All-Pass Filter วงจร All-Pass Filter มีคุณสมบัติในการให้สัญญาณทุกความถี่ผ่านได้เท่า ๆ กันกล่าวอีกนัยหนึ่งเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือให้ v_o เท่ากับ v_{in} ในทุกความถี่โดยปรากฏ Phase Shift ขึ้นระหว่าง v_o กับ v_{in} ในบางความถี่ แต่ค่าความถี่สูงสุดซึ่ง v_o กับ v_{in} ยังคงมีขนาดเท่ากันขึ้นอยู่กับคุณสมบัติ แบนด์วิดท์กำลังขยายเป็น 1 ของออปโตแอมป์ที่ความถี่นี้ Phase Shift ที่เกิดขึ้นระหว่าง v_o กับ v_{in} จะมีค่าสูงที่สุด

2.3.3 วงจรเลือกความถี่ผ่าน (BAND PASS FILTER)

เป็นวงจรที่ยอมให้สัญญาณความถี่บางช่วงเท่านั้นที่ผ่านออกไปได้ ส่วนสัญญาณที่มีความถี่อยู่นอกช่วงที่กำหนดจะถูกลดทอนไม่ให้ออกไปนอกช่วงที่กำหนดได้ ในกรณีที่สัญญาณอยู่ในช่วงความถี่ที่ใช้งานไม่สูงนักเราจึงทำการออกแบบวงจรเลือกความถี่ทางแอคทีฟ (Active) เพราะจะได้ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับอินดักแตนซ์ (inductance) ซึ่งอาจต้องใช้ขดลวดเหนี่ยวนำที่มีขนาดใหญ่ ใช้ค่าตัวเก็บประจุที่มีค่ามากๆ จะทำให้วงจรมีราคาแพง สร้างยากและน้ำหนักรวมมาก เราจึงหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว โดยใช้แอคทีฟฟิลเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญคือ ออปโตเรชันนอลแอมพลิฟายเออร์ (Operational Amplifier : OP - AMP) และอุปกรณ์จำพวก RC

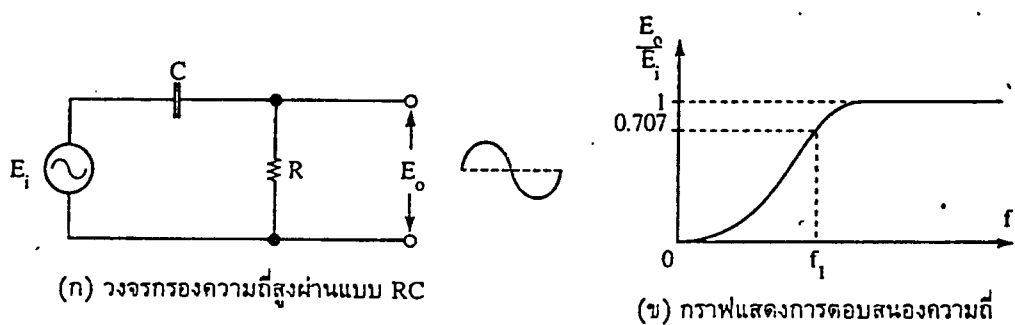
2.3.4 วงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบ RC

วงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบ RC (RC high pass filter circuit) ก็คือวงจร RC คิฟเฟอร์เรชันเตอร์นั่นเอง โดยมีการจัดรูปแบบของวงจรเหมือนกัน เพียงแต่การนำไปใช้งานโดยการจ่ายรูปคลื่นสัญญาณเข้าไปต่างกัน ถ้านำไปใช้เป็น วงจรกรองความถี่สูงผ่าน จะป้อนรูปคลื่นไซน์เข้ายังวงจร และถ้านำไปใช้เป็นวงจร RC คิฟเฟอร์เรชันเตอร์ จะป้อนรูปคลื่นสี่เหลี่ยมมุมฉากหรือรูปคลื่นพัลส์เข้าวงจร

ในรูปที่ 2.13 เป็นวงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบ RC พร้อมแสดงกราฟการตอบสนองความถี่ของวงจร เมื่อป้อนสัญญาณไซน์เข้ามายังวงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบ RC รูปสัญญาณ จะไม่เปลี่ยนแปลง จะเปลี่ยนเฉพาะความแรงและเฟสของสัญญาณเท่านั้น คุณสมบัติของวงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบ RC ตามรูปอธิบายได้ดังนี้

ถ้าสัญญาณไซน์ความถี่ต่ำป้อนเข้ามา ค่าความต้านทานต่อไฟสลับของ C (X_C) จะมีค่าสูง ด้านความถี่ต่ำไม่ให้ออกนอกเอาต์พุต ไม่มีความถี่ต่ำผ่านออกเอาต์พุต

เมื่อค่อยๆเพิ่มความถี่ของสัญญาณไซน์ให้สูงมากขึ้น ค่าความต้านทานต่อไฟสลับของ C (X_C) จะมีค่าค่อยๆลดลง ความถี่ที่สูงขึ้นสามารถผ่านออกเอาต์พุตได้มากขึ้น โดยตกคร่อมที่ R มากขึ้นจนมีระดับความแรงของสัญญาณที่ออกเอาต์พุต ถึงค่าความแรงประมาณ 0.707 ของระดับความแรงสูงสุด ที่ตำแหน่ง f_1 เรียกความถี่ที่ตำแหน่งนี้ว่าความถี่คัตออฟ หรือเรียกอีกอย่างว่าความถี่ที่ต่ำกว่า 3 dB (lower 3 dB frequency)

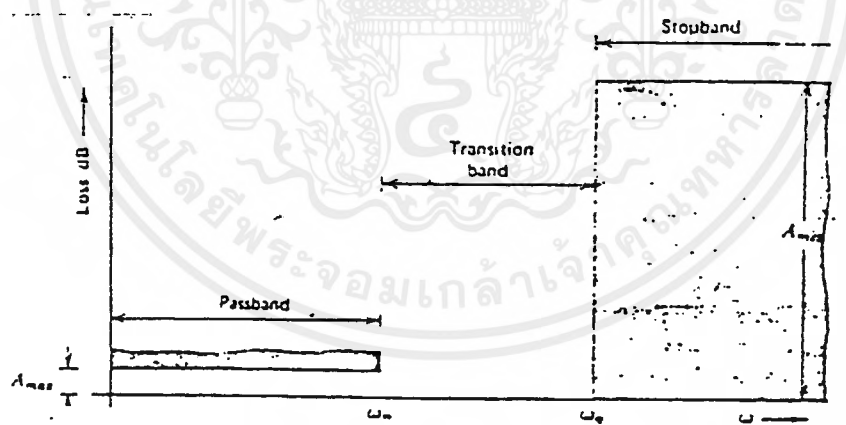


รูปที่ 2.13 วงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบ RC

ถ้าสัญญาณไชนมีความถี่สูงกว่าความถี่คัทออฟหรือสูงกว่า f_1 ป้อนเข้ามา ความต้านทานต่อไฟสลับของ C (X_C) จะมีค่าต่ำลงจนยอมให้ความถี่ดังกล่าวผ่านออกเอาท์พุทไปตกคร่อม R ได้มากกว่าค่า 0.707 ซึ่งถือว่าเป็นค่าความถี่ที่วงจรยอมให้ผ่านได้

2.3.5 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter : LFP)

วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน มีหน้าที่จะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ต่ำผ่านได้โดยพยายามให้มีการลดทอนเพียงเล็กน้อย แต่ในกรณีที่สัญญาณความถี่สูง จะเกิดการลดทอนสูง ลักษณะการทำงานจะเป็นดังรูป



รูปที่ 2.14 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

จากรูปที่ 2.14 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน จะยินยอมให้สัญญาณผ่านได้โดยมีการลดทอนน้อย มีขนาดของสัญญาณเป็น A_{max} โดยเริ่มตั้งแต่สัญญาณกระแสไฟตรง จนถึงสัญญาณความถี่ W_p (Cut-off Frequency) โดยที่ช่วงจากไฟกระแสดังกล่าวนี้เรียกว่า พาสแบนด์ (Pass Band) ความถี่สูงกว่า W_s

จะมีขนาดน้อยที่สุด คือ $A_{\min}$ เกิดจากการลดทอนมากที่สุด โดยช่วงตั้งแต่ W_s จนถึงอนันต์เราเรียกว่า ช่วงหยุด (Stop Band) และเรียกว่า W_s ว่า ความถี่ขอบของช่วงหยุด (Stop Band Edge Frequency) ส่วนช่วงความถี่ตั้งแต่ W_p จนถึง W_s นี้เรียกว่า ทรานซิชันแบนด์ (Transition Band)

ในการพิจารณาสมการของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน โดยทั่วไปมักจะพิจารณาสมการโวลท์เดจทรานสเฟอร์ฟังก์ชัน ซึ่งอาจเป็นอัตราขยาย (Gain) หรืออัตราลดทอน (Attenuation) ก็ได้จากรูปของสมการไบควอดราติก

$$H_s = \frac{C_2 s^2 + C_1 s + C_0}{D_2 s^2 + D_1 s + D_0} \quad (2.3)$$

นำเอาคุณสมบัติของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน มาพิจารณาเทอมเศษ

ที่ความถี่ $W \rightarrow 0$ จะได้ว่า ขนาดของ $H(s) = 1$

ที่ความถี่ $W \rightarrow \infty$ จะได้ว่า ขนาดของ $H(s) = 0$ โดยที่ $s = j\omega$

(กรณีทีสถานะคงตัวของสัญญาณรูปไซน์)

$$\lim_{s \rightarrow 0} |H(s)| = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{(C_2 s^2 + C_1 s + C_0)}{(D_2 s^2 + D_1 s + D_0)} = 1 \quad (2.4)$$

ดังนั้นจากสมการจะได้ว่า $C_0 = D_0$ และ

$$\lim_{s \rightarrow \infty} |H(s)| = \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{(C_2 + C_1/s + C_0/s^2)}{(D_2 + D_1/s + D_0/s^2)} = 0 \quad (2.5')$$

ดังนั้นจากสมการจะได้ว่า $C_2/D_2 = 0$ ดังนั้น $C_2 = 0$

จากผลของสมการที่ 2.3 และ 2.5' ได้ว่ารูปแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน แบบไบควอดราติกมี 2 รูปแบบ

$$H(s) = \frac{C_1 s + D_0}{D_2 s^2 + D_1 s + D_0} \quad (2.6)$$

$$H(s) = \frac{D_0}{D_2 s^2 + D_1 s + D_0} \quad (2.7)$$

สมการที่ 2.7 สามารถจัดรูปใหม่ได้

$$H(s) = \frac{b}{s^2 + a.s + b} \quad (2.8)$$

จากสมการที่ 2.8 อาศัยทฤษฎีที่นิยาม W_p และเทอม Q โดยที่

$$\omega_p = \sqrt{b} \text{ และ } Q = \sqrt{b}/a$$

นำไปแทนในสมการที่ 2.8 จะได้ว่า

$$H(s) = \frac{(\omega_p)^2}{s^2 + \omega_p.s/Q + (\omega_p)^2} \quad (2.9)$$

กราฟความถี่ตอบสนองจะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับสมการ

$$H(s) = \frac{b}{s^2 + a.s + b} \quad (2.10)$$

ซึ่งคุณสมบัติของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่คัตออฟนั้น ไม่ควรมีค่ารีโซแนนซ์ที่เกิดผลของค่า Q นั้น ถือกล่าวได้ว่า ขนาดสูงสุดของผลของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ควรจะอยู่ตรงที่ความถี่ที่ $\omega_{\max} = 0$ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องยังในการออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านได้ โดยที่ต้องเลือกค่า Q ให้เหมาะสมที่เหมาะสมที่สุด

2.3.6 ตำแหน่งของโพลและซีโรว์ของ LPF

จากสมการ 2.10 สามารถพิจารณาตำแหน่งของโพลและซีโรว์ ดังนี้

1. ไม่มีตำแหน่งของ ZERO
2. ตำแหน่งของโพลจะต้องอยู่ทางด้านซ้ายของระนาบและมีค่าตำแหน่งของ pole 2 จุด

จากข้อสรุป 2 ข้อ ดังกล่าวสามารถวางตำแหน่งของโพลและซีโรว์ได้ตามรูป



รูปที่ 2.15 แสดงการวางตำแหน่งของโพล และ ซีโรว์

ปัญหาในการเลือกค่า Q ที่เหมาะสมสำหรับวงจร LPF

จากสมการ 2.10

$$H(s) = \frac{(\omega_p)^2}{s^2 + \omega_p s / Q + (\omega_p)^2} \quad (2.11)$$

หาค่าขนาดที่สูงสุดของสมการ $H(s)$ จะได้ค่า $\omega_{\max}$

$$\frac{d |H(s)|}{d \omega} = 0$$

$$\text{แทนค่า } s = j\omega \text{ จะได้ว่า } |H(j\omega)| = \frac{(\omega_p)^2}{[(\omega_p)^2 - (\omega_{\max})^2]^2 + [\omega_p \omega_{\max}]^2} Q$$

$$\text{ดังนั้น } \frac{d |H(j\omega)|}{d \omega} = \frac{d}{d \omega} \cdot \frac{(\omega_p)^2}{\sqrt{[(\omega_p)^2 - (\omega_{\max})^2]^2 + [\omega_p \omega_{\max}]^2}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}\text{จะได้ค่า } (\omega_{\max})^2 &= (\omega_p)^2 (1 - 1/2Q^2) \\ \omega_{\max} &= \omega_p \cdot \sqrt{1 - 1/2Q^2} \quad (2.12)\end{aligned}$$

แต่จากคุณลักษณะของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่ดี ค่าความถี่ที่ได้คำนวณของสัญญาณสูงสุดต้องเป็นที่ $\omega_{\max} = 0$ จากสมการที่ 2.12 จะได้

$$\begin{aligned}\sqrt{1 - 1/2Q^2} &= 0 & ; \omega_p \neq 0 \\ Q &= 1/\sqrt{2} = 0.707 \quad (2.13)\end{aligned}$$

แน่นอนว่าในกรณีที่ค่า $Q \leq 0.707$ แล้ว $\omega_{\max}$ ก็ยังคงอยู่ที่ 0 เช่นกันตามเงื่อนไขของสมการที่ 2.13

2.3.7 ความถี่คutoff ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

จากนิยามของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน คือความถี่ตรงจุดที่ขนาดของ $|HG(\omega)|$ ตกลงมาประมาณ 70.7 % ของความถี่ที่ 0 หรือต่ำกว่า 3 dB ลงมาจากความถี่ที่เป็นศูนย์กลางนั่นเอง ดังนั้นจากข้อความข้างต้นจะได้ว่า

$$\begin{aligned}\text{ที่ค่า } \omega = \omega_c \quad |HG(\omega)| &= \frac{(\omega_p)^2}{\sqrt{[(\omega_p)^2 - (\omega_c)^2]^2 + [\omega_p \omega_c]^2}} = 1/\sqrt{2} \\ &= \frac{(\omega_p)^4}{[(\omega_p)^2 - (\omega_c)^2]^2 + [\omega_p \omega_c]^2} = 1/2\end{aligned}$$

$$2 \cdot (\omega_p)^4 = (\omega_c)^4 + 2 \cdot (\omega_p \omega_c)^2 + (\omega_p)^4 / Q + [\omega_p \omega_c]^2$$

จัดรูปสมการใหม่จะได้ดังนี้

$$\begin{aligned}0 &= (\omega_c)^4 + (\omega_c)^2 \cdot [(\omega_p)^4 / Q - 2 \cdot (\omega_p)^2] - (\omega_p)^4 \\ (\omega_c)^2 &= (\omega_p)^2 \cdot [1 - 1/2Q^2] + (\omega_p)^2 / 3 \sqrt{[1/Q^2 - 2]^2 + 4} \\ &= (\omega_p)^2 \cdot [1 - 1/2Q^2 + \sqrt{1/4Q^4 - 1/Q^2 + 2}] \end{aligned}$$

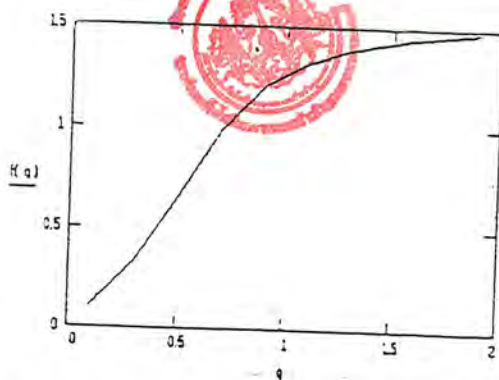
สมการที่ได้มาจะเลือกเฉพาะเครื่องหมายบวกเท่านั้น เพราะแน่นอนว่าค่า ω_c จะต้องไม่เป็นลบ สำหรับค่า Q ใด ๆ ดังนั้นจะได้ว่า

$$\omega_c = (\omega_p) \cdot [1 - 1/2Q^2 + \sqrt{1/4Q^4 - 1/Q^2 + 2}]^{1/2}$$

จากสมการที่ 2.13 หากความสัมพันธ์ระหว่าง ω_c และค่า Q ได้โดยแน่นอนว่า ค่า ω_p ใด ๆ ของวงจรหนึ่ง ๆ ย่อมมีค่าดังนั้นจะได้ว่า

$$\omega_c / (\omega_p) = [1 - 1/2Q^2 + \sqrt{1/4Q^4 - 1/Q^2 + 2}]^{1/2} \quad (2.14)$$

จากรูปด้านล่างเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ω_c กับค่า Q ตามลักษณะของสมการที่ 2.14 เมื่อค่า Q มาก ๆ จะได้ค่า ω_c ที่มากขึ้น แต่เมื่อค่า Q น้อย จะได้ค่า ω_c ที่น้อยลง



รูปที่ 2.16 ผลจากการพล็อตด้วย Mathcad ตามสมการที่ 2.14

ในหนังสือเกี่ยวกับวิชาระบบควบคุม (Control) ส่วนใหญ่ จะอ้างถึงค่า แดมป์แฟกเตอร์ (Damping Factor) โดยจะอธิบายสมการของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านในเทอมของ s และค่า ω_n (Natural Frequency) ดังนี้

$$H(s) = \frac{(\omega_n)^2}{s^2 + 2\delta\omega_n s + (\omega_n)^2} \quad (2.15)$$

เมื่อเปรียบเทียบกับสมการที่ 2.14 จะได้ว่าค่า ω_n เทียบเท่า ω_p และค่า $\delta = 0.5Q$

2.3.7 กราฟความถี่ตอบสนอง

ขนาดของทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันเป็นลักษณะกราฟเช่นเดียวกับสมการเฟสของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

จากสมการที่ 2.15 พิจารณาเฟสที่ได้โดยหาค่ามุมของสมการนี้ได้โดย

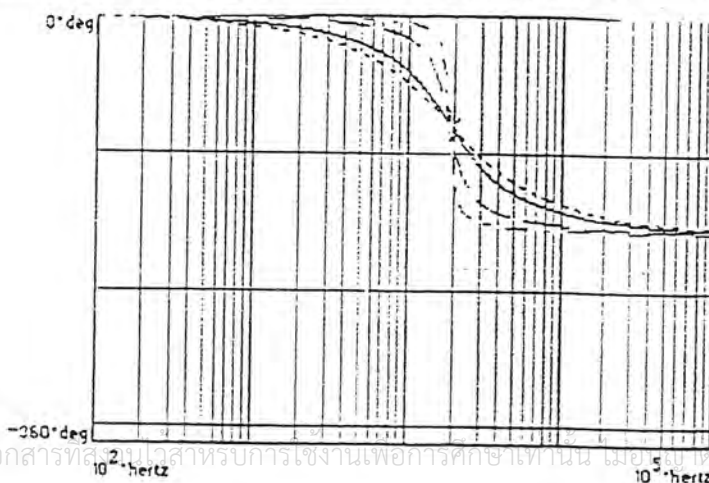
ให้ θ แทนค่ามุมของทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน $H(s)$

$$\theta = \tan^{-1}[(\omega_p)^2] - \tan^{-1} \frac{\omega_p \cdot \omega / Q}{(\omega_p)^2 - \omega^2}$$

ω_p คือค่าคงที่ ดังนั้น

$$\theta = - \tan^{-1} \frac{\omega_p \cdot \omega / Q}{(\omega_p)^2 - \omega^2} \quad (2.16)$$

สมการที่ 2.16 จะแปรผันกับค่า Q และค่าความถี่ ω และมีลักษณะของกราฟดังรูป



เส้นไพล่า $Q = 10$ เส้นประ $Q = 3$ เส้นทึบ $Q = 1$ เส้นจุด $Q = 0.707$

2.4 การ detect FM

วิธีการในการดีเทคต์ FM โดยการใช้การแปลงสัญญาณ FM ให้เป็นสัญญาณโมโนพัลส์ โดยใช้ วงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ และนำสัญญาณดังกล่าวไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำที่มีความถี่คัตออฟที่เหมาะสม ก็จะได้เอาท์พุทเป็นสัญญาณข่าวสารกลับคืนมา ซึ่งหลักการดีเทคต์สัญญาณ FM ดังกล่าวมีโครงสร้างที่ง่ายและกะทัดรัด โดยวงจรใช้เพียงวงจร โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์กับโลว์พาสฟิลเตอร์เท่านั้น



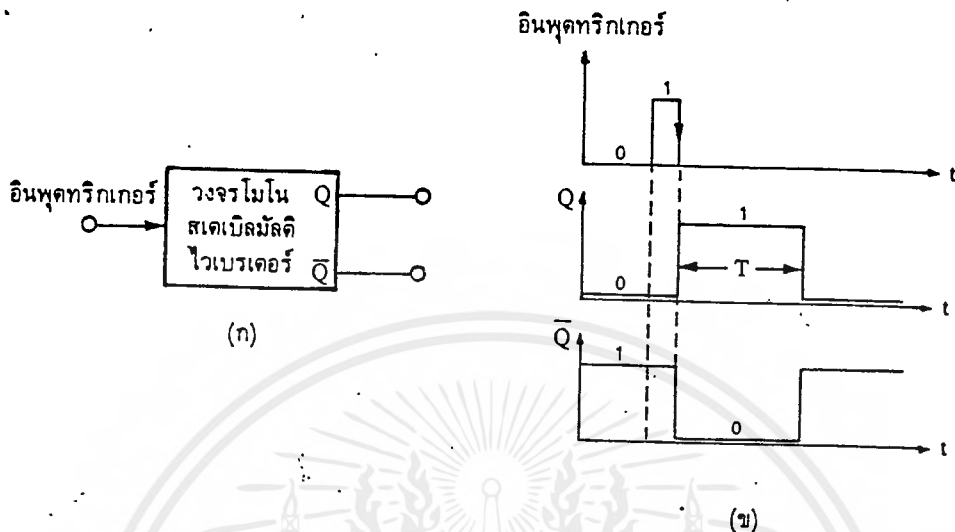
รูปที่ 2.18 บล็อกไดอะแกรมของวงจร detect FM

การมอดูเลตและดีมอดูเลต สัญญาณในระบบ FM นับวันจะได้รับความนิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากสัญญาณที่มอดแล้วมีภูมิคุ้มกันต่อสัญญาณรบกวนสูง การมอดูเลตและดีมอดูเลตก็ทำกันได้ง่ายขึ้นเนื่องจากมีผู้คิดค้น และพัฒนาหลักการในการดีเทคต์สัญญาณ FM กันอยู่เสมอ โดยปกติแล้วการดีเทคต์สัญญาณ FM แต่เดิมมักอาศัยการทำอนุพันธ์สัญญาณ FM และนำสัญญาณที่ได้มาทำการดีเทคต์เอนเวลโปลก็จะได้สัญญาณข่าวสารกลับคืนมา หรือจะเป็นวิธีการแบบ Quadrature detector ซึ่งเป็นนิยมแพร่หลายในปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ก็ยังมีข้อเสียในเรื่องของตัวเหนี่ยวนำที่จะนำมาเป็นองค์ประกอบในวงจรเลื่อนเฟส 90 องศา ทำให้ไม่สามารถสร้างเป็นวงจร IC ได้อย่างสมบูรณ์ และเมื่อไม่นานมานี้ได้มีผู้เสนอโครงสร้างการดีเทคต์ FM แบบใหม่ที่มีโครงสร้างที่สามารถนำไปสร้างเป็นวงจร IC ได้อย่างสมบูรณ์ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการ ต่างๆ ที่ได้กล่าวมายังคงจัดเป็นโครงสร้างขนาดกลางๆ ที่ไม่เล็กและไม่ใหญ่จนเกินไป จากแนวความคิดที่ต้องการทำให้ โครงสร้างการดีเทคต์ FM มีขนาดเล็กลง และง่ายต่อการทำความเข้าใจ จึงได้เสนอหลักการดีเทคต์ สัญญาณ FM โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณ FM กับโมโนพัลส์ซึ่งเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าในส่วนของโมโนพัลส์จะมีองค์ประกอบส่วนหนึ่งเหมือนกับสัญญาณ FM นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบของข่าวสารที่ถูกทำอนุพันธ์ อยู่อีกส่วนหนึ่งด้วย ดังนั้นถ้าเราสามารถเอาสัญญาณ FM มาสร้างสัญญาณโมโนพัลส์ แล้วนำสัญญาณดังกล่าวไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำก็จะทำให้ได้สัญญาณข่าวสารกลับคืนมา โดยจะใช้เพียง โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ กับวงจรกรองความถี่ต่ำเท่านั้น

2.5 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (monostable multivibrator) จะมีสถานะทางเอาต์พุตตรงกันข้ามกับสถานะปกติเมื่อมีสถานะทางด้านอินพุต ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.19 ซึ่งเป็นแผนผังของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ และสัญญาณอินพุต เอาต์พุต



รูปที่ 2.19 แสดงแผนผังของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ พร้อมสัญญาณอินพุตและเอาต์พุต

การทำงานของวงจร

จากรูปถ้าไม่มีสัญญาณทริกที่อินพุตวงจรจะคงอยู่ในสถานะคงที่ (stable state or reset state) โดยมี $Q = 0$ และ $\bar{Q} = 1$ แต่ถ้าหากขณะใดมีสัญญาณทริกที่อินพุตก็จะทำให้เอาต์พุตของวงจร เปลี่ยนเป็นสถานะตรงกันข้าม ($Q = 1$ และ $\bar{Q} = 0$) โดยจะคงอยู่ในสถานะนี้ชั่วคราว ซึ่งในที่นี้คือเวลา T ดังแสดงในรูปที่ ข (วงจรนี้จะเริ่มเปลี่ยนสถานะที่คมลบของพัลส์ทริกทางด้านอินพุต) หลังช่วงเวลา T แล้ววงจรจะกลับสู่สถานะคงที่เช่นเดิม และถ้าไม่มีสัญญาณทริกทางด้านอินพุตอีก วงจรก็จะคงสถานะนี้ตลอดไป

จากคุณสมบัติของวงจรนี้สามารถนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ได้มากมายหลายอย่างเช่น

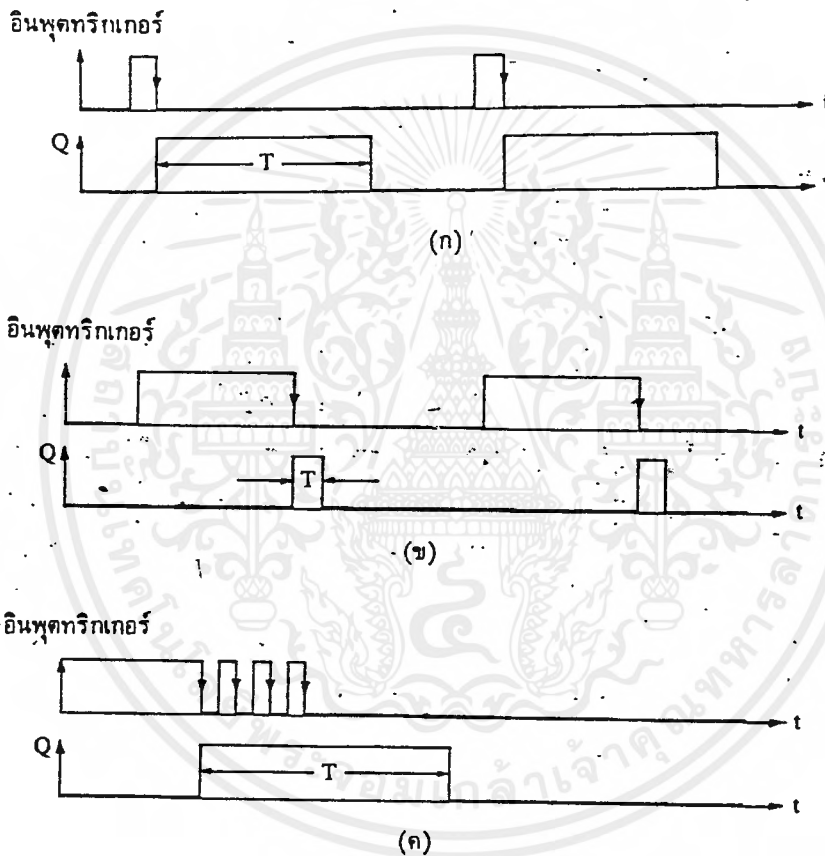
- ใช้เป็นวงจรขยายความกว้างของช่วงพัลส์ ดังแสดงในรูปที่ 2.19 ก ซึ่งเป็นรูปคลื่นที่ได้จากการใช้วงจรนี้ เป็นตัวขยายพัลส์อินพุต ให้กว้างออกเป็นช่วงเวลา T

- ใช้เป็นวงจรลดความกว้างของสัญญาณพัลส์ ดังแสดงในรูปที่ 2.19 ข จะเห็นว่าใช้สัญญาณทริกที่อินพุตด้วยสัญญาณที่มีความกว้างของพัลส์มาก แต่วงจรให้อาต์พุตที่มีความกว้างของพัลส์แคบมากกว่าเดิม และเอาต์พุตจะเปลี่ยนสถานะเป็นสถานะไม่คงที่ขณะสัญญาณอินพุตเปลี่ยนแปลงที่คมลบของพัลส์

- ใช้เป็นวงจรกำจัดพัลส์ที่ไม่ต้องการ เช่น พัลส์ซึ่งเกิดจากการปิดหรือเปิดสวิตช์ขณะที่สวิตช์เปลี่ยนตำแหน่ง จากสถานะลอจิก "1" เป็น "0" อาจจะทำให้คอนแทกเกิดการปิด-เปิด หลายครั้งก็เป็นได้ ซึ่งผลอันนี้อาจจะทำให้เกิดพัลส์หลายๆ พัลส์ขึ้น ดังนั้นถ้าต่อสวิตช์โดยตรงกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรควบคุมก็อาจจะทำให้เกิดสถานะของการเปลี่ยนแปลงจากลอจิก “1” เป็น “0” หลายครั้ง ทำให้วงจรควบคุมทำงานผิดพลาดได้ เราสามารถแก้ไขข้อบกพร่องอันนี้ได้โดยใช้วงจรโมโนสเตเบิลแบบทริกได้ครั้งเดียว (nontriggerable single shot) เพื่อเป็นการป้องกันพัลส์ที่เกิดขึ้น หลังจากพัลส์แรกไม่ให้มีผลต่อวงจรควบคุมวงจรจะรับสัญญาณทริกที่อินพุตได้ใหม่อีกครั้งหนึ่ง ต้องหลังจากช่วงเวลาไม่คงที่ (unstable state) ผ่านไปแล้ว ในที่นี้คือเวลา T ผ่านพ้นไปแล้ว



รูปที่ 2.20 แสดงรูปคลื่นของวงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ขณะประยุกต์ใช้กับงานที่แตกต่างกัน

2.6 หลักการเลือกความถี่ของสัญญาณ DTMF

การเลือกความถี่ของสัญญาณ DTMF นั้นไม่ใช่มาจากการสุ่มตัวเลข หรือกำหนดตามใจชอบ แต่มาจากการศึกษาถึงผลดี-ผลเสียอย่างรอบคอบ โดยเราจะเลือกความถี่ที่อยู่ในย่านความถี่ของสัญญาณโทรศัพท์ (300-3400 Hz) และจะต้องไม่มีโทนที่เป็นฮาร์โมนิก (Harmonic) หรือใกล้เคียงฮาร์โมนิกซึ่งกันและกัน และปกติสัญญาณความถี่ DTMF ต้องเป็นสัญญาณรูปไซน์ล้วนๆ (Pure Sine Wave) จึงมีจุดอ่อนถ้าฮาร์โมนิกที่ n เกิดไปตรงกับอีกความถี่หนึ่ง ในกรณีที่เกิดความเพี้ยนจากวงจรผลิตความถี่ ไม่ให้ความถี่เป็นสัญญาณรูปไซน์ล้วนๆจริง ความถี่ DTMF ที่เรานำมาใช้ ทดลองค้นคว้าโดย เบลเทเลโฟนซิสเต็ม (Bell Telephone System) เมื่อปี ค.ศ. 1950 ความถี่ต่างๆ ที่ใช้งานมีดังตารางที่ 2.1

ตัวอย่าง ให้หาฮาร์โมนิกที่ 2 ของความถี่สัญญาณ DTMF เลข 3

ความถี่ของเลข 3 คือ ความถี่ 697 Hz & 1477 Hz

ฮาร์โมนิกที่ 2 คือ ความถี่ 1394 Hz & 2954 Hz

จะเห็นว่า 1394 Hz มีค่าอยู่ระหว่างหลักที่ 2 และ 3

และ 2954 Hz มีค่าเกินกว่า 1633 Hz ซึ่งเกินค่าที่เราใช้งาน

	1209	1366	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

ตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขบนเป็นกดกับความถี่ประจำแถวหลัก

ตัวอย่าง จงหาค่าความถี่ที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดความผิดพลาดของสัญญาณ DTMF หาค่าผลบวกและผลต่างของสัญญาณ DTMF หมายเลข 3

ผลรวม = $697 + 1477 = 2174$ Hz มีค่าเกิน 1633 Hz

ผลต่าง = $1477 - 697 = 780$ Hz มีค่าอยู่ระหว่าง 770 Hz และ 852 Hz

ในระบบนี้จะมีความถี่แตกต่างกันทั้งหมด 8 ความถี่ ซึ่งอยู่ในระดับของคลื่นเสียง หรือจะเรียกอีกอย่างว่า ระบบ 4*4 การกดปุ่มใดปุ่มหนึ่งนั้นสัญญาณจะถูกส่งออกไป 2 ความถี่ (จากกลุ่มความถี่ต่ำ 1 ความถี่ และกลุ่มความถี่สูง 1 ความถี่) ดังตารางที่ 2.1

ข้อได้เปรียบของ DTMF

โดยรวมแล้ว เราใช้สัญญาณ DTMF แทนสัญญาณพัลส์ เนื่องจาก

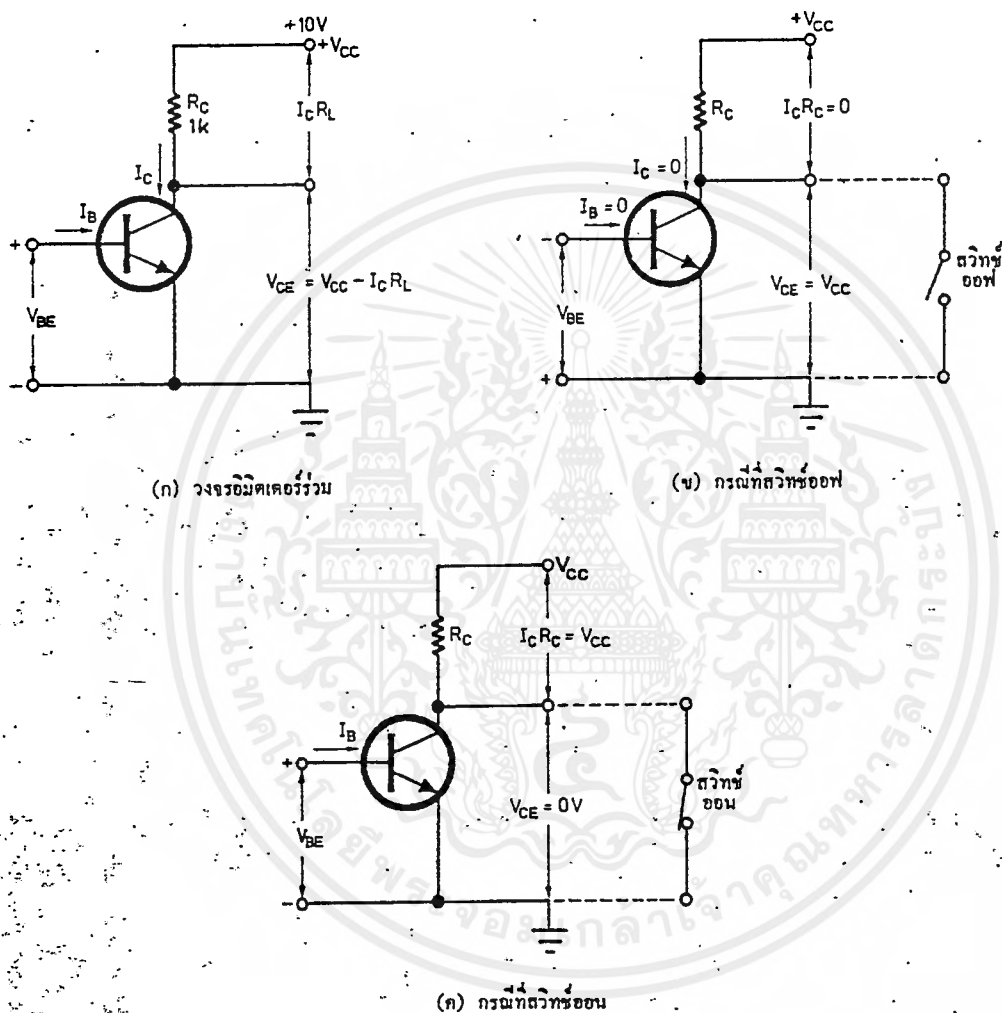
1. ลดเวลาการหมุน

เอกสารนี้เผยแพร่โดย **12. วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โยธิตะ-เสถียร** เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สามารถใช้กับสัญญาณ end-to-end หลังจากได้ทำการเรียกแล้ว (การส่งข้อมูลด้วยความเร็วต่ำ)
4. ลดความต้องการของอุปกรณ์รวมสายโคจล
5. เข้ากันได้เป็นอย่างดีกับระบบรวมสาย SPC

2.7 ภาคขับรีเลย์

2.6.1 การใช้ ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์



รูปที่ 2.21 การต่อทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์เบื้องต้น

จากรูปที่ 2.21 (ข) ถ้า $I_B = 0$ จะทำให้ $I_C = 0$ ด้วย ตามสูตร $I_C = \beta I_B$ และหาการใช้กฎของ

โอห์มหา V_{CE} จะพบว่า $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$ แต่ $I_C = 0$ ดังนั้น $V_{CE} = V_{CC}$

นั่นคือทรานซิสเตอร์จะอยู่ในสถานะที่สวิตช์ออฟอยู่ และในทำนองเดียวกัน รูปที่

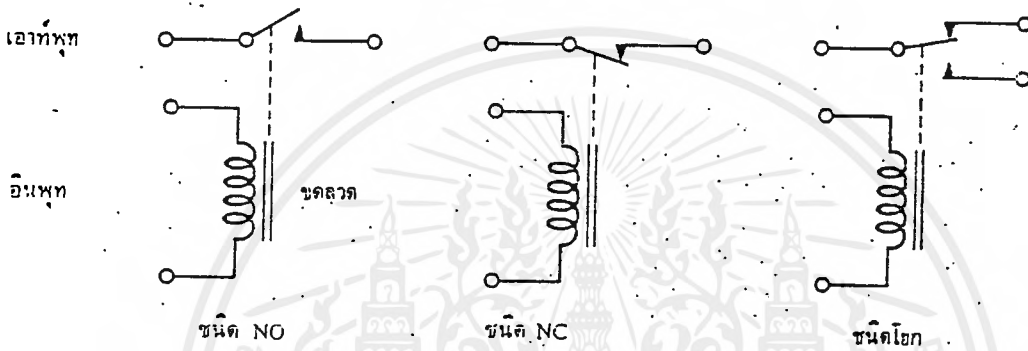
2.21 (ค) I_B มีค่าทำให้ I_C มีค่าไปด้วย เมื่อดูสมการ $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$ จะพบว่า $V_{CE} = 0$ ได้ นั่นคือสวิตช์ออนนั่นเอง

2.6.2 รีเลย์

รีเลย์เป็นอุปกรณ์สวิตช์ทางกลไฟฟ้าที่ประกอบด้วยหน่วยสร้างสนามแม่เหล็ก และกลุ่มของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าสัมผัสหรือ คอนแทค (Contact) เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าให้แก่หน่วยสร้างสนามแม่เหล็ก ซึ่งมักจะเป็นขดลวดพันรอบแกนเหล็ก ก็จะเกิดสนามแม่เหล็กไปดูดเหล็กอ่อน ที่เรียกว่า อาร์เมเจอร์ (Armature) ให้เคลื่อนที่ที่ปลายของอาร์มาเจอร์ข้างหนึ่งจะยึดติดกับหน้าสัมผัส การเคลื่อนที่ของอาร์มาเจอร์จึงเป็นการควบคุมการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัสอันนี้ ให้แยกจาก หรือแตะกับหน้าสัมผัสอีกอันหนึ่งที่ยึดติดอยู่กับที่ (การแตะและแยกจากกันของหน้าสัมผัส จะทำหน้าที่เหมือนการเปิดปิดของสวิตช์) เมื่อหยุดป้อนกระแสเข้าขดลวด อาร์เมเจอร์ก็จะดึงกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิมด้วยแรงหดตัวของอาร์เมเจอร์อีกข้างหนึ่ง ตำแหน่งของหน้าสัมผัส ขณะยังไม่ป้อนกระแสเข้าขดลวดจะเรียกว่า ภาวะปกติ (normal position) รีเลย์อาจจัดแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ตามรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 ชนิดของรีเลย์

รีเลย์ชนิดแรกเรียก NO (Normally Open) เป็นแบบที่มีหน้าสัมผัสแยกจากกันที่ภาวะปกติ และจะแตะกันเมื่อขดลวดของรีเลย์ได้รับปริมาณกระแสมากพอ

ชนิดที่ 2 เรียก NC (Normally Close) เป็นแบบที่มีหน้าสัมผัสแยกจากกันที่ภาวะปกติ และแยกจากกันเมื่อขดลวดได้รับกระแสมากพอ

ชนิดสุดท้าย เรียกมีรีเลย์ชนิดล็อก (Transformer Relay) เป็นระบบที่มีหน้าสัมผัสที่เคลื่อนที่ได้ เราเรียกว่า ขั้ว (Pole) แตะกันหน้าสัมผัสอันหนึ่งที่ภาวะปกติ เมื่อขดลวดได้รับกระแสมากพอ ขั้วจะเคลื่อนที่แยกจากหน้าสัมผัสเดิมไปแตะกับหน้าสัมผัสอีกอันหนึ่ง

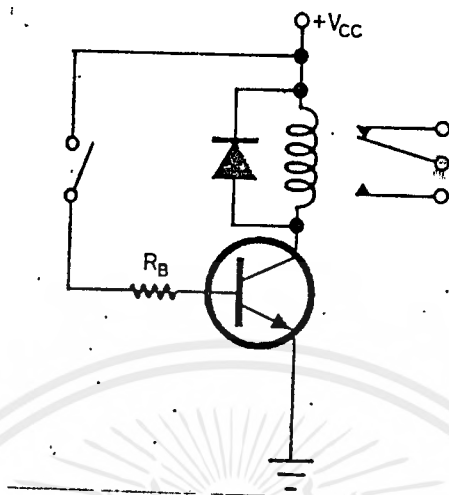
รีเลย์ที่กล่าวมานี้ เป็นแบบที่ให้กระแสไหลผ่านขดลวดไปควบคุมหน้าสัมผัสหนึ่งชุด รีเลย์บางจำพวกอาจเป็นแบบที่ให้กระแสไหลผ่านขดลวดไปควบคุมหน้าสัมผัสหลายชุดซึ่งหลายชุดของหน้าสัมผัสนี้ จะเป็นชนิดใดชนิดหนึ่งของรีเลย์ที่กล่าวมาแล้ว

รีเลย์สามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้หลายชนิด เช่นรีเลย์แบบไฟกระแสดirect รีเลย์แบบไฟกระแสลบ เป็นต้น

ในที่นี้เราจะกล่าวถึงรีเลย์แบบไฟกระแสดirect เท่านั้น เมื่อมีไฟกระแสดirect ป้อนเข้าที่ขดลวดจนถึงค่ากระแสหนึ่ง เรียก กระแสทำงาน (Operate Current) รีเลย์จะทำงานปิดหรือเปิด หน้าสัมผัสและจะอยู่ในสภาพนั้นตลอดจนกว่ากระแสต่ำกว่าค่า ๆ หนึ่ง เรียก กระแสปลดปล่อย (Release Current) จึงเปลี่ยนสถานะ เนื่องจากไฟกระแสดirect ที่ป้อนเข้าขดลวดซึ่งเป็นตัวเหนี่ยวนำ จะทำให้กระแสที่ไหลผ่านค่อย ๆ

เพิ่มขึ้นจนถึงค่ากระแสทำงาน ดังนั้นการเปิดปิดหน้าสัมผัสของรีเลย์ จะไม่เป็นแบบทันทีทันใด แต่ค่อนข้างช้า ดังนั้นถ้าต้องการให้รีเลย์ทำงานอย่างรวดเร็ว จะต้องใช้รีเลย์แบบอื่น ๆ เช่น รีเลย์แบบไฟกระแสลบบ้าง หรือรีเลย์แบบอื่น ๆ ที่เหมาะสมกับงานที่ต้องการ

ข้างข้างมากเมื่อเทียบกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รีเลย์จะไม่ใช่ในอุปกรณ์ที่ต้องการความเร็วมาก ๆ อย่างเช่น คอมพิวเตอร์ รีเลย์จะใช้กันมากในวงจรสับเปลี่ยนของโทรศัพท์ วงจรการควบคุมขึ้นลงของลิฟท์ วงจรควบคุมสัญญาณไฟจราจร อุปกรณ์บริวาร (Peripheral Devices) ของคอมพิวเตอร์ เป็นต้น



รูปที่ 2.23 วงจรทรานซิสเตอร์สวิตช์ซึ่งมีโหลดเป็นรีเลย์

ถ้าสับสวิตช์ลงก็จะเกิดกระแส I_B ไหลเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์จะทำงานนำกระแส I_C I_C จะวิ่งผ่านขดลวดภายในรีเลย์ ทำให้รีเลย์ทำงาน เมื่อสับสวิตช์ขึ้นคืนตามเดิม กระแส I_B จะถูกตัด ทำให้ $I_C = 0$ ถูกตัดออกไปด้วย แต่ขดลวดภายในรีเลย์จะพยายามรักษาระแสที่ไหลผ่านตัวมันไว้คงที่เสมอ ดังนั้น จึงต้องมีไดโอดต่อกระแส นั้น ให้ไหลกลับไปทาง V_{CC} เพราะไม่อย่างนั้น กระแส I_B จะถูกรักษาให้คงที่ โดยส่งผ่านทรานซิสเตอร์ลงกราวด์ อันจะทำให้ชั้นเบสภายในทรานซิสเตอร์ทนไม่ไหว ทะลุเสียหายได้

2.8 รายละเอียดเกี่ยวกับ 8255

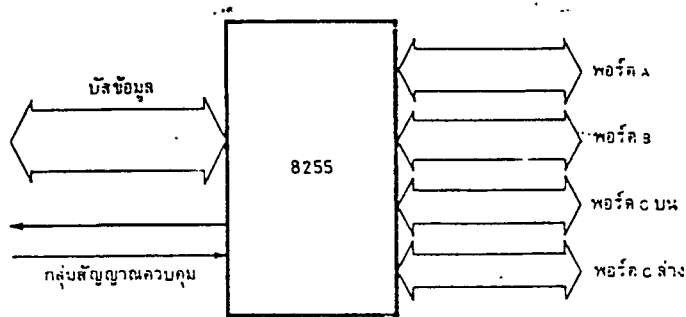
2.8.1 8255

8255 เป็นอุปกรณ์ LSI (Large Scale Integrated Circuit) บรรจุอยู่ใน Package 40 ขา แบบ DIP (Dual-In-Line Package) เริ่มผลิตโดยบริษัท อินเทล โคออปอเรตส์ ผู้ผลิตไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8080 จุดประสงค์เพื่อใช้งานร่วมกับ 8080 โดยเฉพาะแต่ในภายหลังได้มีการนำ 8255 ไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์อื่น ๆ

บล็อกกลุ่มแรกที่เราจะพูดถึงนี้ ได้แก่ บล็อกจำนวน 4 บล็อกที่อยู่ทางด้านขวาของรูป ซึ่งเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกอื่น ๆ โดยมีสาย PA0 - PA7, PB0 - PB7 และ PC0 - PC7 เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับ 8255 สายสัญญาณเหล่านี้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 I/O พอร์ต ได้แก่ พอร์ต A (PA), พอร์ต B (PB) และ พอร์ต C (PC) พอร์ตเหล่านี้แต่ละพอร์ตสามารถเป็น ได้ทั้ง พอร์ตอินพุตและเอาต์พุต และแต่ละบล็อกจะมีสายสัญญาณเชื่อมเข้ากับบัสข้อมูลภายในของ 8255

บล็อกกลุ่มถัดมา ได้แก่ GROUP A CONTROL และ GROUP B CONTROL ซึ่งจะเป็นตัวกำหนด ลักษณะการทำงานของทั้ง 3 I/O พอร์ต (8255 มีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันอยู่ 3 โหมด สามารถกำหนดได้โดยการ โปรแกรมส่ง CONTROL WORD ให้กับ 8255) จากรูปที่ 2.24 จะเห็นว่า

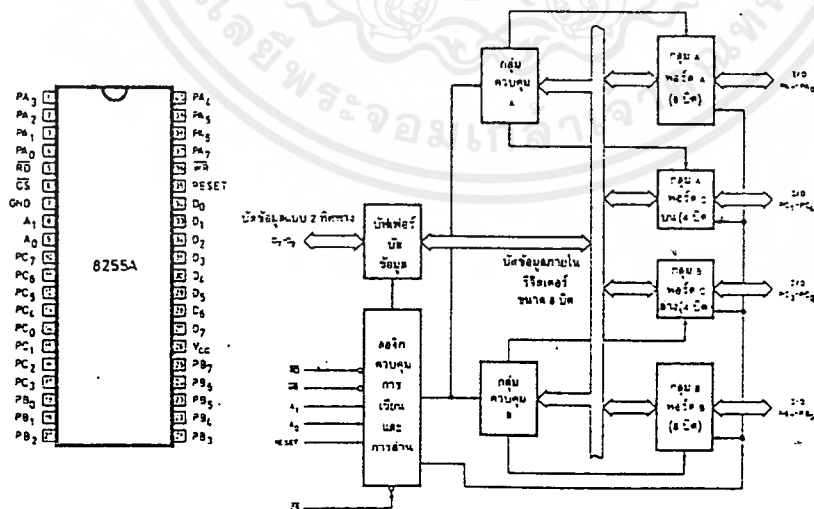
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้เพื่อการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8255A/8255A-5 PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE

- MCS-85™ Compatible 8255A-5
- 24 Programmable I/O Pins
- Completely TTL Compatible
- Fully Compatible with Intel® Microprocessor Families
- Improved Timing Characteristics
- Direct Bit Set/Reset Capability Easing Control Application Interface
- 40-Pin Dual In-Line Package
- Reduces System Package Count
- Improved DC Driving Capability

The Intel® 8255A is a general purpose programmable I/O device designed for use with Intel® microprocessors. It has 24 I/O pins which may be individually programmed in 2 groups of 12 and used in 3 major modes of operation. In the first mode (MODE 0), each group of 12 I/O pins may be programmed in sets of 4 to be input or output. In MODE 1, the second mode, each group may be programmed to have 8 lines of input or output. Of the remaining 4 pins, 3 are used for handshaking and interrupt control signals. The third mode of operation (MODE 2) is a bidirectional bus mode which uses 8 lines for a bidirectional bus, and 3 lines, borrowing one from the other group, for handshaking.



รูปที่ 2.24 แสดงบล็อกไดอะแกรมและการวางตำแหน่งขาของ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ท C นี้จะประกอบด้วยพอร์ทขนาด 4 บิต 2 พอร์ท กลุ่มหนึ่งจะถูกควบคุมโดย GROUP A CONTROL และอีกกลุ่มหนึ่งจะถูกควบคุมโดย GROUP B CONTROL

บล็อกกลุ่มสุดท้ายที่จะกล่าวถึงได้แก่ คาต้าบัสบัฟเฟอร์ และ ลอจิกควบคุมการอ่าน/เขียน ซึ่งบล็อกเหล่านี้เป็นส่วนที่ติดต่อกับ ซีพียู, คาต้าบัสบัฟเฟอร์ นี้จะเป็นบัฟเฟอร์ให้กับบัสข้อมูลของซีพียู ส่วน ลอจิกควบคุมการอ่าน/เขียน จะเป็นส่วนที่ควบคุมให้ข้อมูลเข้าหรือออกจากรีจิสเตอร์ภายในตัวที่ถูกต้อง และในเวลาที่เหมาะสม

2.8.2 รายละเอียดการจัดเรียงขาของ 8255

ในส่วนนี้เราจะพิจารณาหน้าที่ของขาแต่ละขาของ 8255 ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีประโยชน์ในการเชื่อมต่อเข้ากับระบบบัสของซีพียู สำหรับการจัดขาแสดงไว้ในรูปที่ 2.24 รายละเอียดของแต่ละขามีดังนี้

D0-D7 : เป็นสายข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตแบบสองทิศทาง (BI-Directional Bus) จะเป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างพอร์ทต่าง ๆ ของ 8255

CS (Chip Select Input) : เมื่อขานี้มีสถานะลอจิกเป็น "0" ซีพียู จะสามารถที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ 8255 ได้

RD (Read Input) : เมื่อขานี้มีสถานะลอจิกเป็น "0" และสัญญาณ CS มีลอจิกเป็น "0" ข้อมูลจาก 8255 จะปรากฏสู่ระบบบัสข้อมูลซีพียู ก็จะสามารถอ่านข้อมูลออกไปได้ (ในการตั้งชื่อของขาสัญญาณนี้จะถือเอาซีพียูเป็นหลัก)

WR (Write Input) : เมื่อขานี้มีสถานะลอจิกเป็น "0" และขาสัญญาณ CS มีลอจิกเป็น "0" ข้อมูลจากระบบบัสข้อมูลจะถูกเขียนเข้าไปยัง 8255 ได้

A0-A1 (Address Input) : จะเป็นตัวกำหนดการเลือกใช้รีจิสเตอร์ภายในของ 8255 จะกล่าวรายละเอียดในภายหลัง

RESET : เมื่อขานี้มีสถานะเป็น "1" 8255 จะอยู่ในสภาวะรีเซ็ตทุกๆ พอร์ทของ 8255 จะถูกเซ็ตให้อยู่ในโหมดอินพุต

PA0-PA7, PB0-PB7 : ขาสัญญาณเหล่านี้ถูกใช้เป็นพอร์ทอินพุต/เอาต์พุต ขนาด 8 บิต ใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ภายนอกอื่น ๆ

PC0-PC7 : ขาสัญญาณนี้ถูกใช้เป็นพอร์ทอินพุตเอาต์พุตขนาด 8 บิต เช่นเดียวกับ PA0-PA7, PB0-PB7 แต่ละกลุ่มของขาสัญญาณเหล่านี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีขนาด 4 บิตได้ กลุ่มแรกจะใช้ควบคุม PB0-PB7 และกลุ่มที่ 2 ใช้ควบคุม PA0-PA7

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

3.1 หลักการออกแบบระบบห้องปฏิบัติการทางเสียง

การออกแบบระบบการสื่อสารภายในห้องปฏิบัติการทางเสียง (Sound Lab) โดยการใช้การผสมสัญญาณเสียงไปกับสัญญาณพาหะ (Carrier) ในช่วงความถี่ 100 – 250 KHz ทางความถี่และยังสามารถพูดคุยโต้ตอบกันได้ระหว่างบุทลูกข่ายและบุทควบคุม โดยมีบล็อกแสดงการทำงานโดยรวมของระบบตามรูปที่ 3.1 และ โครงสร้างของระบบตามรูปบล็อกไดอะแกรม รูปที่ 3.2

ระบบปฏิบัติการทางเสียงนั้น ประกอบด้วย บุทควบคุมและบุทลูกข่าย โดยในส่วนของบุทควบคุมจะประกอบไปด้วย อุปกรณ์การรับ , อุปกรณ์การส่ง และ ส่วนที่แสดงผลทางคอมพิวเตอร์ สำหรับบุทลูกข่ายก็เช่นเดียวกัน จะประกอบด้วย อุปกรณ์การรับ , อุปกรณ์การส่ง และ ส่วนของสวิทช์ควบคุม ส่งผ่านสัญญาณไปทางสายส่ง โดยที่จะทำการรวมสัญญาณก่อนที่จะส่งออกไปทางสายส่ง สัญญาณที่นำมารวมกันนั้นได้มาจากการมอดูเลตสัญญาณทางความถี่ ซึ่งใช้ความถี่คลื่นพาหะที่ต่างกันจึงไม่มีการรบกวนกัน

3.1.1 อุปกรณ์ในส่วนของบุทควบคุม

ในส่วนของบุทควบคุมนั้น แบ่งออกเป็นส่วนตัวต่าง ๆ ดังนี้

3.1.1.1 ส่วนส่งสัญญาณเสียงเทป เป็นส่วนที่ใช้ในการส่งสัญญาณเสียงจากเทป จำนวน 4 ชุด โดยทำการมอดูเลตสัญญาณกับคลื่นพาหะที่มีความถี่ที่แตกต่างกัน และนำสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตมาผ่านวงจรรวมสัญญาณก่อนที่จะส่งออกไปทางสายส่ง

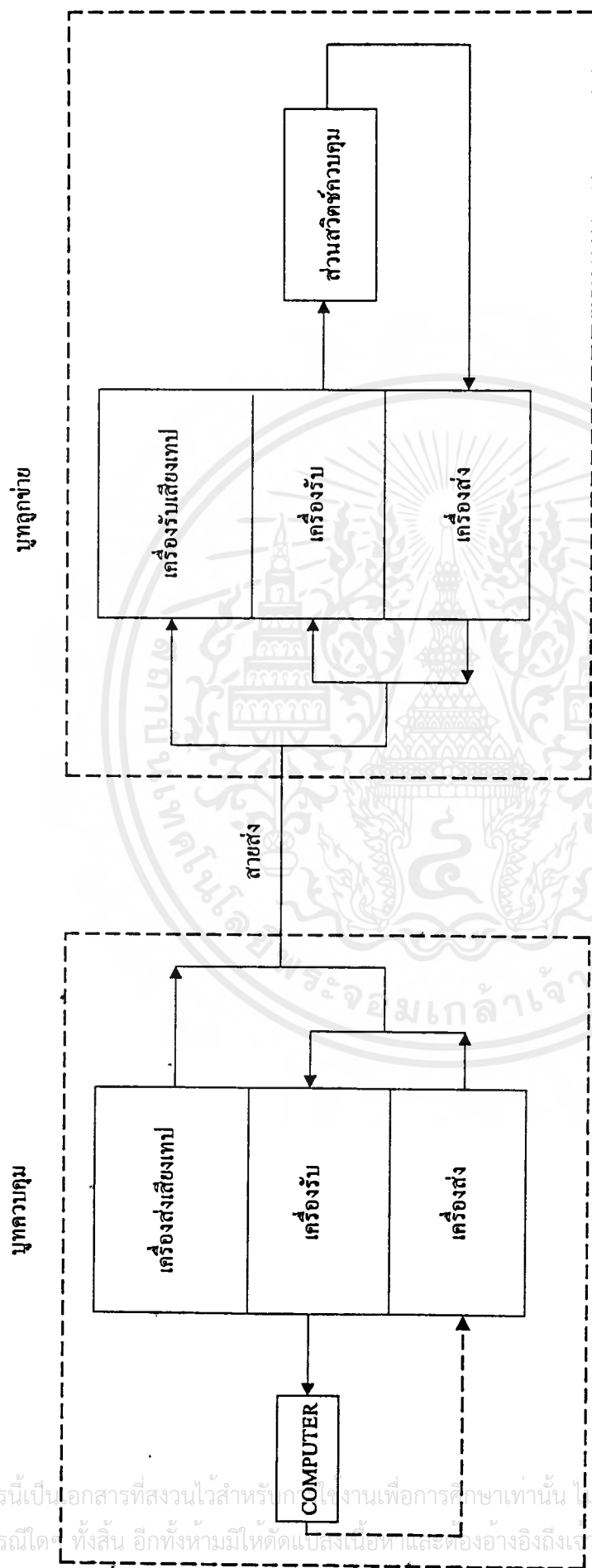
3.1.1.2 ส่วนเข้ารหัสสัญญาณคู่ความถี่ DTMF เป็นส่วนที่สร้างสัญญาณคู่ความถี่ DTMF เพื่อจะส่งรหัสของบุทลูกข่ายที่เรียกเข้ามา ซึ่งบุทควบคุมจะทราบได้จากการแสดงผลออกมาทางคอมพิวเตอร์

3.1.1.3 ส่วนถอดรหัสสัญญาณคู่ความถี่ DTMF เป็นส่วนที่รับสัญญาณคู่ความถี่ DTMF ซึ่งเป็นหมายเลขประจำบุทลูกข่ายที่เรียกเข้ามาแล้วทำการถอดรหัสออกมา และส่งผล ไปเข้าในส่วนแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์

3.1.1.4 ส่วนที่แสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์ เป็นส่วนที่รับผลจากการถอดรหัสสัญญาณ DTMF และมาผ่านไมโคร โปรเซสเซอร์แสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อให้บุทควบคุมทราบว่าบุทหมายเลขใดเป็นผู้เรียกเข้ามา

3.1.1.5 ส่วนอุปกรณ์ส่งสัญญาณเสียงพูด เป็นส่วนที่ทำการมอดูเลตสัญญาณเสียงพูดกับคลื่นพาหะแล้วส่งออกไปยังบุทลูกข่าย

3.1.1.6 ส่วนอุปกรณ์รับสัญญาณเสียงพูด เป็นส่วนที่ทำการดีมอดูเลตสัญญาณที่รับเข้ามาจากบุทลูกข่าย เพื่อให้ได้สัญญาณเสียงกลับคืนมา



รูปที่ 3.1 แสดงการทำงานโดยรวมของระบบปฏิบัติการทางเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 อุปกรณ์ในส่วนมอดูลกซ์

3.1.2.1 ส่วนรับสัญญาณเสียงเทป เป็นส่วนที่รับสัญญาณเสียงเทปเข้าซึ่งสามารถเลือกได้ว่าต้องการรับสัญญาณชุดใด และนำมาผ่านส่วนดีเทคสัญญาณเสียง เพื่อ จะได้สัญญาณเสียงกลับมา

3.1.2.2 ส่วนเข้ารหัสสัญญาณคู่ความถี่ DTMF เป็นส่วนที่สร้างสัญญาณคู่ความถี่ DTMF เพื่อจะส่งรหัสของคนไปยังบุทควบคุม เพื่อจะบอกให้บุททราบว่าคุณเองต้องการจะติดต่อกับบุทควบคุม

3.1.2.3 ส่วนถอดรหัสสัญญาณคู่ความถี่ DTMF เป็นส่วนที่รับสัญญาณคู่ความถี่ DTMF ซึ่งเป็นหมายเลขตรงกับหมายเลขประจำบุทของคน ก็จะมารับเข้ามาได้ แล้วทำการถอดรหัสออกมา ผ่าน ไปยังส่วนควบคุมการทำงานของไมค์ ทำให้รีเลย์สวิทช์แตะกับไฟ 12 โวลท์ ส่งผลให้ตัวมอดูเลททำงาน และส่งสัญญาณเสียงออกไปได้

3.1.2.4 ส่วนอุปกรณ์ส่งสัญญาณเสียงพูด เป็นส่วนที่ทำการมอดูเลทสัญญาณเสียงพูดกับคลื่นพาหะ แล้วส่งออกไปยังบุทควบคุม

3.1.2.5 ส่วนอุปกรณ์รับสัญญาณเสียงพูด เป็นส่วนที่ทำการดีมอดูเลทสัญญาณที่รับเข้ามาจากบุทควบคุม เพื่อให้ได้สัญญาณเสียงกลับคืนมา

3.1.2.6 ส่วนควบคุมการทำงานของสวิทช์ เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมสวิทช์ เพื่อใช้ในการเลือกว่า จะส่งสัญญาณคู่ความถี่ DTMF หรือส่งสัญญาณเสียงพูดออกไป ซึ่งปกติแล้วจะส่งอยู่ในตำแหน่งที่ส่งสัญญาณคู่ความถี่ DTMF โดยจะใช้วงจรรีเลย์สวิทช์ ในการควบคุม

3.2 หลักการออกแบบและการทำงานของส่วนรับและส่งเสียงเทป

3.2.1 หลักการออกแบบเครื่องส่งเสียงเทป

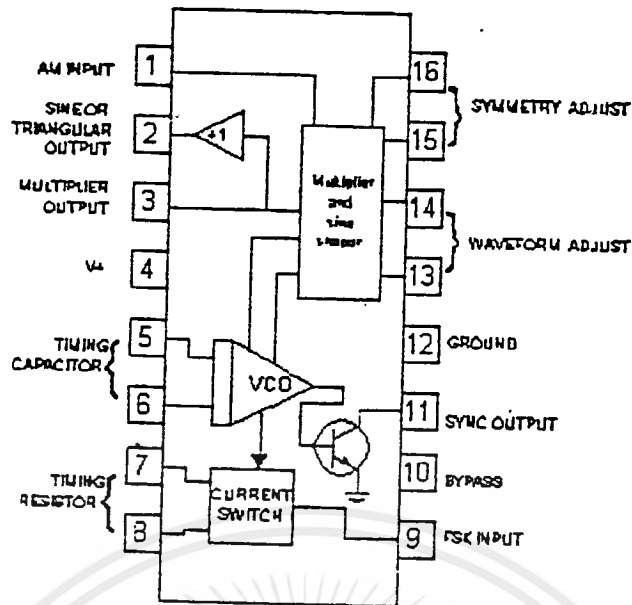
ในการส่งสัญญาณเสียงเทป 4 ชุด จากบุทควบคุมออกไปทางบุทลูกข่ายนั้น ต้องนำไปผ่านวงจรมอดูเลเตอร์ เพื่อทำการผสมสัญญาณเสียงไปกับคลื่นพาหะ สัญญาณที่ได้ออกมานั้น นำมารวมกันโดยนำไปผ่านวงจรรวมสัญญาณ ก่อนที่จะส่งออกไป

3.2.1.1 วงจรมอดูเลเตอร์

สัญญาณเสียงที่เข้มานั้น จะเข้ามาเป็นอินพุทของไอซี XR-2206 ซึ่งจะทำการมอดูเลทสัญญาณโดยใช้คลื่นพาหะที่มีค่าแตกต่างกัน

ไอซีเบอร์ XR-2206 นี้เป็น โมโนลิททิค ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ (Function Generator) มีความสามารถในการผลิตคลื่นรูปซายน์ , รูปสามเหลี่ยม , รูปสี่เหลี่ยม และ รูปแรมพ์ได้ โดยที่มีความถี่ตั้งแต่ไม่กี่เฮิรตซ์ จนถึงหลายร้อยกิโลเฮิรตซ์ โดยต่อกับวงจรภายนอกอีกเล็กน้อย นอกจากนี้ยังสามารถนำไอซีเบอร์นี้ มาควบคุมขนาดและความถี่ (A.M. & F.M.) Phase Shift หรือ Frequency Shift Keying (FSK) ได้อีก

การทำงานของแต่ละขาของไอซี XR-2206



รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของ XR-2206

ขาที่ 1 เอเอ็มอินพุต (A.M. Input) เป็นขาที่ใส่สัญญาณจากภายนอก เพื่อให้สัญญาณเอเอ็มพุทเป็นสัญญาณแบบแอมพลิจูดมอดูเลชัน (Amplitude Modulation) โดยสัญญาณจากภายนอกจะควบคุมขนาดของสัญญาณเอเอ็มพุท

ขาที่ 2 สัญญาณซายน์ และ สัญญาณสามเหลี่ยม เอ็มพุท ที่ได้จะเป็นสัญญาณซายน์ และสัญญาณสามเหลี่ยม

ขาที่ 3 มัลติเอาต์ (Multi Out) เป็นขาสำหรับกำหนดขนาดของสัญญาณเอเอ็มพุท โดยต่อขานี้ไปยังจุดอ้างอิงในการสวิง (Swing) หรือใช้เป็นออฟเซต (Offset)

ขาที่ 4 ขาไฟเลี้ยง (Power Supply) V_{CC} ซึ่งจะจ่ายไฟขนาด 5 โวลต์ ใช้กระแสประมาณ 14 มิลลิแอมป์

ขาที่ 5 และ 6 เป็นขาสำหรับใส่ตัวเก็บประจุ เพื่อใช้ในการปรับความถี่ ที่สองขานี้จะมีสวิตช์ปรับเลือกย่านความถี่ โดยที่เมื่อ C มีค่าน้อยความถี่จะมีค่ามากตาม $f = 1/RC$

ขาที่ 7 และ 8 ไทม์มิงรีจิสเตอร์ (Timing Register) เป็นขาที่ใช้ปรับความถี่ของสัญญาณเอเอ็มพุทอย่างต่อเนื่อง โดยเลือกใช้เพียงขาใดขาหนึ่งเท่านั้น

ขาที่ 9 เอฟเอสเคอินพุต (FSK Input) เป็นขาสำหรับใช้ค่า R_1 หรือ R_2 ในการใช้ความถี่เอเอ็มพุทเมื่อโวลต์แดงที่ขา 9 สูงกว่า 2 โวลต์ ควรเลือกใช้ความต้านทานที่ขา 7 เพื่อกำหนดความถี่และเมื่อโวลต์ที่ขา 9 ต่ำกว่า 1 โวลต์ วงจรจะเลือกใช้ความต้านทานที่ขา 8 ในการกำหนดความถี่

ขาที่ 10 บายพาส (Bypass) เป็นขาที่ใช้ต่อตัวเก็บประจุกับกราวด์

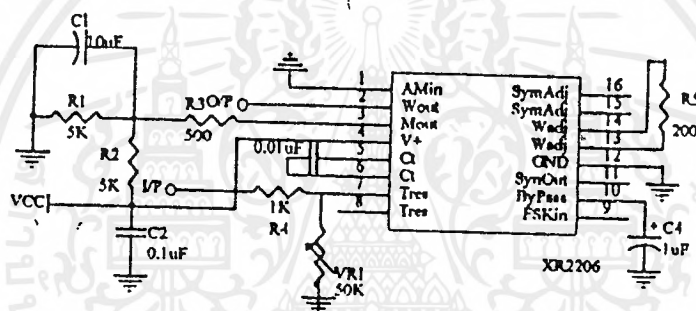
ขาที่ 11 ซิงค์เอาต์พุต (Sync Output) เป็นขาที่ให้สัญญาณเอาต์พุตแบบ โอเพนคอลเลคเตอร์ (Open - Collector) โดยสัญญาณที่ซิงค์โครไนส์ (Synchronous) กับขาที่ 2

ขาที่ 12 กราวด์ (Ground)

ขาที่ 13 และ 14 เวฟฟอร์มแอดจัสต์ (Waveform Adjust) เป็นขาที่ปรับสัญญาณเอาต์พุตที่มีลักษณะที่ สมบูรณ์

ขาที่ 15 และ 16 การปรับสมมาตร (Symmetry Adjust) เป็นขาที่ใช้ปรับสมมาตรของสัญญาณ เอาต์พุต

ในส่วนที่นำมาใช้งานนั้น ได้ใช้เป็นตัวกำเนิดสัญญาณขาอื่นที่มีการปรับความถี่จากภายนอก ดังรูป ของวงจร รูปที่ 3.4

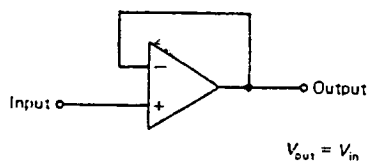


รูปที่ 3.4 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณขาอื่นที่มีการปรับค่าความถี่จากภายนอก

เมื่อเราป้อนสัญญาณเสียงเข้าไปยังขา 7 ภายในตัว ไอซีสามารถผลิตสัญญาณคลื่นพาหะ ได้ออกมาตาม ความถี่ที่เราสามารถปรับค่าได้จากภายนอก จะได้เอาต์พุตออกมาที่ขา 2 และส่งผ่านออกไปเข้ายังวงจร บัฟเฟอร์ต่อไป

3.2.1.2 วงจรบัฟเฟอร์

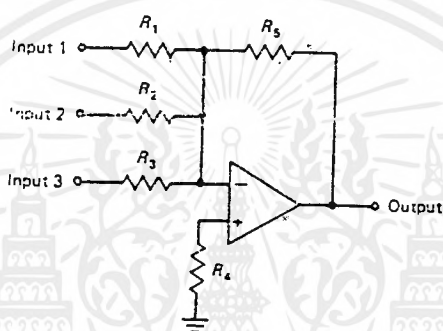
วงจรบัฟเฟอร์นั้น เป็นตัวกันชนไม่ให้สัญญาณของทั้งสองด้านของบัฟเฟอร์ไปรบกวนกัน โดยใช้ ไอซีเบอร์ LF351



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรบัฟเฟอร์

การทำงานของวงจรบัฟเฟอร์ มีอัตราการขยายเท่ากับ 1 นั่นคือ $V_{out} = V_{in}$ โดยเราจะใช้วงจรบัฟเฟอร์ต่อเข้าไปในวงจร เพื่อจะทำให้โหลดเป็นอิสระจากวงจรมัน ๆ โดยอาศัยคุณสมบัติที่ว่า ค่าเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต้องมีค่าต่ำมาก ๆ ส่วนค่าเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต้องมีค่าสูงมาก ๆ

3.1.2.3 วงจรบวกสัญญาณ (Summing Amplifier)



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรบวกสัญญาณ

วงจรบวกสัญญาณใช้ในการรวมสัญญาณจากสัญญาณเสียงที่ทำการมอดูเลตแล้ว จำนวน 4 ชุด ซึ่งมีค่าความถี่คลื่นพาหะที่แตกต่างกัน มารวมเป็นสัญญาณเพียงสัญญาณเดียว โดยที่ค่าโวลต์เดจเอาท์พุทที่ได้ นั่นคือ

$$V_o = -R_f [V_1/R_1 + V_2/R_2 + \dots + V_n/R_n] \quad (3.1)$$

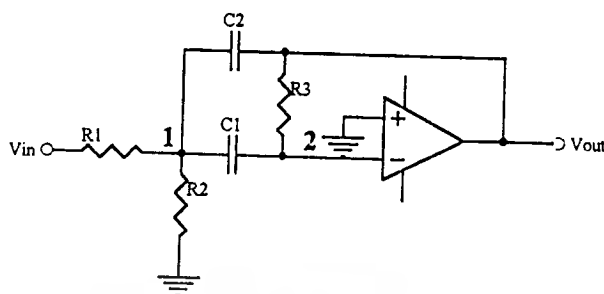
สัญญาณที่ออกจากวงจรบวกสัญญาณแล้ว จะถูกส่งออกไปยังบูทลูกข่ายแต่ละบูทได้เลือกฟัง

3.2.2 หลักการออกแบบเครื่องรับเสียงเทป

ในส่วนนี้จะอยู่ทางด้านบูทลูกข่าย เมื่อได้รับสัญญาณเข้ามา จะมาผ่านวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ สัญญาณที่ได้ออกมาจะมีโวลต์เดจที่ต่ำ จึงนำไปผ่านวงจรขยายสัญญาณก่อนที่จะนำไปผ่านในส่วนของการดีเทคสัญญาณเสียงกลับคืนมา

3.2.2.1 แบนด์พาสฟิลเตอร์

สัญญาณที่รับเข้าจะผ่านวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ ซึ่งมีค่าแบนด์วิธอยู่ในช่วง 30 kHz และมีค่าความถี่กลางเท่ากับค่าความถี่คลื่นพาหะของทางด้านส่ง คือ 100 kHz , 150 kHz , 200 kHz , 250 kHz; โดยใช้ไอซีเบอร์ LF351



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์

กำหนด $C_1 = C_2 = C$

Node ที่ 1 ;
$$\frac{V_{in} - V_1}{R_1} - \frac{V_1}{R_2} - (V_1 - V_{out})sC - (V_1 - V_2)sC = 0$$

แทน $V_2 = 0$ จะได้

$$\frac{V_{in} - V_1}{R_1} - \frac{V_1}{R_2} - (V_1 - V_{out})sC - V_1 sC = 0 \quad (3.2)$$

Node ที่ 2 ;
$$(V_2 - V_1)sC + V_2 - V_{out} = 0$$

แทน $V_2 = 0$ จะได้

$$V_1 sC = -V_{out} / R_3$$

$$V_1 = (-1 / sR_3 C) V_{out} \quad (3.3)$$

แทนสมการที่ 3.3 ใน 3.2 จะได้

$$V_{in} + \frac{(1 / sR_3 C) V_{out}}{R_1} + (1 / sR_3 C) V_{out} - [(-1 / sR_3 C) V_{out} - V_{out}]sC + (1 / R_3) V_{out} = 0$$

นำ $sCR_3R_1R_2$ คูณตลอด

$$V_{in} sCR_3R_1R_2 + R_2 V_{out} + R_1 V_{out} + sCR_1R_2 V_{out} + s^2 C^2 R_3R_1R_2 V_{out} = 0$$

$$V_{in} sCR_3R_1R_2 = -V_{out} [R_2 + R_1 + sCR_1R_2 + s^2 C^2 R_3R_1R_2]$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{-sCR_3R_2}{R_2 + R_1 + sCR_1R_2 + s^2 C^2 R_3R_1R_2}$$

นำ $C^2 R_3R_1R_2$ คูณทั้งเศษและส่วน

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{-s / CR_1}{1 / C^2 R_3R_2 + 1 / C^2 R_3R_1 + 2s / CR_3 + s^2}$$

ทรานสเฟอร์ฟังก์ชันทั่วไปของแบนด์พาสฟิลเตอร์ คือ $\frac{A\omega_0 s / Q}{s^2 + \omega_0 s / Q + \omega_0^2}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบต่อการใช้งานและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ A คือค่าอัตราขยายของออปแอมป์

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น } \omega_0^2 &= 1 / C^2 R_3 R_2 + 1 / C^2 R_3 R_1 \\ \omega_0 &= \sqrt{1 / C^2 R_3 R_2 + 1 / C^2 R_3 R_1}\end{aligned}\quad (3.4)$$

$$\omega_0 / Q = 2 / CR_3 \quad (3.5)$$

$$Q = CR_3 \omega_0 / 2 = CR_3 \sqrt{\frac{1}{C^2 R_3 R_2} + \frac{1}{C^2 R_3 R_1}}$$

$$\text{ดังนั้น } Q = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{R_3}{R_2} + \frac{R_3}{R_1}} \quad (3.6)$$

$$A \omega_0 / Q = (-1 / CR_1)$$

$$A = (-1 / CR_1) / (\omega_0 / Q) \quad (3.7)$$

นำสมการ 3.5 แทนในสมการ 3.7

$$A = (-1 / CR_1) * (CR_3 / 2)$$

$$\text{ดังนั้น } A = -R_3 / 2R_1 \quad (3.8)$$

$$\text{โดยทั่วไป } Q = f_r / BW \quad (3.9)$$

f_r : ความถี่กึ่งกลาง

BW : แบนด์วิธ

$$\omega_0 = 2\pi f_r \quad (3.10)$$

ใช้สมการที่ (3.4), (3.6), (3.8), (3.10) หาค่า R_1, R_2, R_3 จะได้

$$R_1 = Q / 2\pi f_r CA$$

$$R_2 = Q / 2\pi f_r C (2Q^2 - A)$$

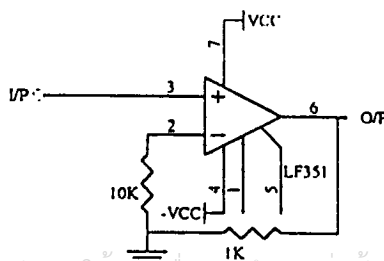
$$R_3 = 2R_1 A$$

จากสมการที่ได้นำมาคำนวณค่า R_1, R_2, R_3 โดยที่ค่า f_r เราก็ค้นหาเรียบร้อยแล้ว ค่า BW เราก็ได้กำหนดไว้แล้ว สามารถหาค่า Q ได้ นำมาแทนในสมการเพื่อหาค่า R_1, R_2, R_3 ออกมา ก็จะได้ค่า R ของแต่ละวงจรตามต้องการ

หลังจากผ่านวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์แล้ว เอาท์พุทที่ได้จะถูกส่งไปยังวงจรกรองความถี่สูงผ่าน

3.2.2.2 วงจรขยายสัญญาณ (Amplifier)

เนื่องจากสัญญาณที่ได้ออกมาจากวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์นั้นมีค่าโวลต์เคจที่ไม่สูงพอ จึงต้องนำมาผ่านวงจรขยายสัญญาณก่อน ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

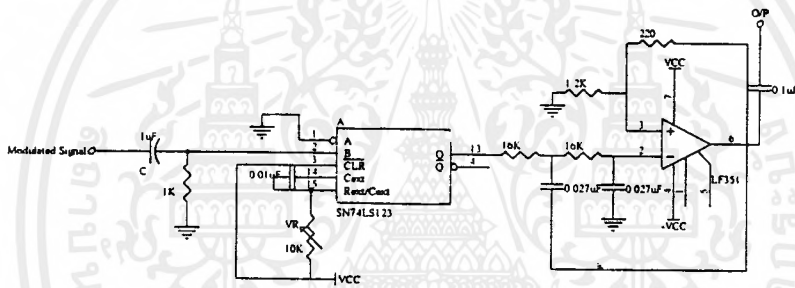
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรขยายสัญญาณ

สัญญาณอินพุตที่เข้ามาจะเข้าที่ขา 3 และเอาต์พุตที่ได้ จะมีค่าโวลต์ที่สูงขึ้นตามค่า R_1 และ R_2 ดังสมการ

$$A = R_1 / R_2 \quad (3.11)$$

ในส่วนของวงจรขยายนี้ ได้ใช้ค่า A เท่ากับ 10 เพื่อให้สัญญาณที่ได้มาสามารถผ่านวงจรดีเทคสัญญาณออกมาได้

วงจรดีเทคสัญญาณ โดยรวมนั้นเป็นการรวมกันของวงจรกรองความถี่สูงผ่าน , วงจร โมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ และวงจร กรองความถี่ต่ำผ่าน ดังรูปที่ 3.9

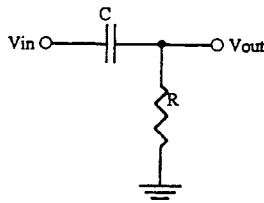


รูปที่ 3.9 แสดงวงจรรวมของส่วนการดีเทคสัญญาณ

3.2.2.3 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter)

วงจรนี้ต่อเพิ่มเข้ามาเพื่อต้องการกำจัดไฟดีซี ที่ปนอยู่มากในสัญญาณที่ออกมาจากวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์

ในวงจรนี้เราใช้เพียงตัวเก็บประจุ ต่อกับตัวต้านทานซึ่งต้องลงกราวด์

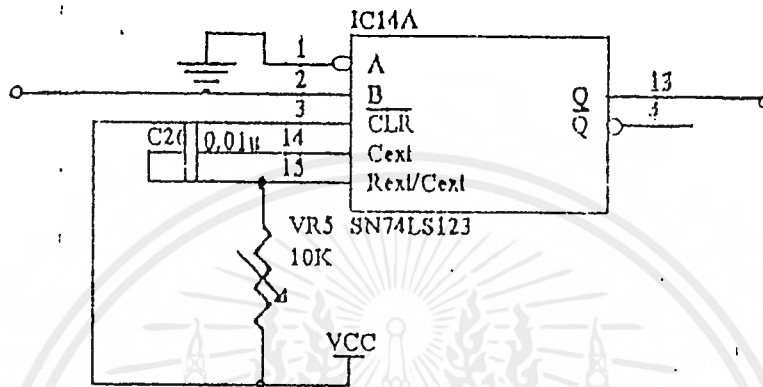


รูปที่ 3.10 แสดงวงจรกรองความถี่สูงผ่าน

3.2.2.4 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์

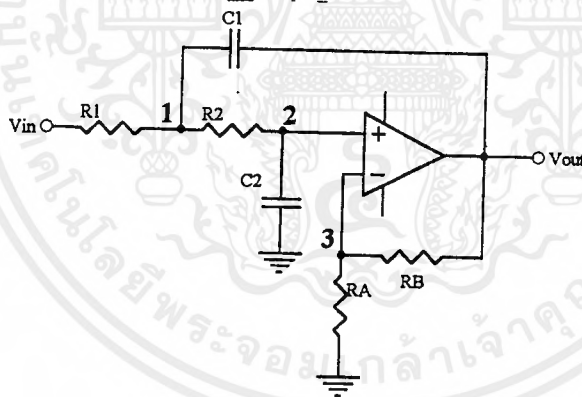
สัญญาณที่ผ่านตัวกรองความถี่สูงผ่านมาแล้วจะเข้าขา 2 ของไอซี SN74LS123 เพื่อสร้างสัญญาณโมโนพัลส์

โดยที่สัญญาณโมโนพัลส์นั้น จะมีองค์ประกอบส่วนหนึ่งเหมือนกับสัญญาณเอพเอ็มกลับมาสร้างเป็นสัญญาณเลียนแบบโมโนพัลส์แล้วนำไปผ่านวงจรกรองความถี่อีก ครั้งเพื่อให้ได้ข่าวสารที่นำมาถอดเทคนทางด้านส่งกลับคืนมา



รูปที่ 3.11 แสดงวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์

3.2.2.5 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter)



รูปที่ 3.12 แสดงวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

พิจารณา Node ที่ 3

$$\frac{V_2 - V_0}{R_B} + \frac{V_2 - 0}{R_A} = 0$$

$$V_2 \left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} \right) = V_0 / R_B$$

$$V_2 = \frac{V_0 / R_B}{\left(\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} \right)}$$

$$= \frac{V_0 \left(\frac{R_A R_B}{R_B (R_A + R_B)} \right)}{\left(\frac{R_A + R_B}{R_A + R_B} \right)} = \frac{(R_A) V_0}{(R_A + R_B)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_2 = kV_0 \quad (3.11)$$

พิจารณา Node ที่ 2

$$\frac{V_2 - V_1}{R_2} + \frac{V_2 - 0}{1/sC_2} = 0$$

$$\frac{V_2 - V_1}{R_2} + sC_2V_2 = 0$$

$$\frac{V_1}{R_2} = \frac{V_2(1 + sC_2R_2)}{R_2}$$

$$V_1 = V_2R_2(1/R_2 + sC_2) \quad (3.12)$$

พิจารณา Node ที่ 1

$$\frac{V_1 - V_{in}}{R_1} + \frac{V_1 - V_2}{R_2} + (V_1 - V_0)sC_1 = 0$$

$$V_1(1/R_1 + 1/R_2 + sC_1) - V_{in}/R_1 - V_2/R_2 = V_0sC_1 \quad (3.13)$$

แทนค่า $V_2 = kV_0$ ลงใน สมการที่ 3.12

$$V_1 = kV_0R_2(1/R_2 + sC_2) \quad (3.14)$$

แทนค่า V_1 จาก สมการที่ 3.14 และ V_2 จากสมการที่ 3.11 ลงในสมการที่ 3.13

$$kV_0R_2(1/R_2 + sC_2)(1/R_1 + 1/R_2 + sC_1) - V_{in}/R_1 - kV_0/R_2 = V_0sC_1$$

จัดเทอมใหม่

$$V_{in}/R_1 = V_0 [kR_2(1/R_1 + 1/R_2 + sC_1) - k/R_2 - sC_1]$$

$$V_{in} = R_1 [kR_2(1/R_1 + 1/R_2 + sC_1) - k/R_2 - sC_1]$$

$$\begin{aligned} V_0 &= \frac{R_1 [kR_2(1/R_1 + 1/R_2 + sC_1) - k/R_2 - sC_1]}{R_2(1/R_2 + sC_2)} \\ &= \frac{R_1 [k(s^2C_1C_2R_1R_2^2 + s(C_2R_2^2 + C_2R_1R_2 + C_1R_1R_2) + R_1 + R_2) - k - sC_1]}{R_1R_2} \end{aligned}$$

คูณ k/R_1R_2 เข้าไปในวงเล็บ

$$\begin{aligned} V_0 &= \frac{1}{V_{in}} \frac{s^2kC_1C_2R_1R_2^2 + sR_1(kC_2R_2/R_1 + kC_1 + kC_2 - C_1) + k}{s^2kC_1C_2R_1R_2 + sR_1(kC_2R_2/R_1 + kC_1 + kC_2 - C_1) + k} \\ &= \frac{1}{k} \left[\frac{1/C_1C_2R_1R_2}{s^2 + s(1/C_1R_1 + 1/R_2C_2(1 - 1/k) + 1/R_2C_1) + 1/C_1C_2R_1R_2} \right] \end{aligned}$$

$$\text{LPF } H(s) = \frac{H_0(\omega_c)^2}{s^2 + (\omega_c/Q)s + \omega_c^2}$$

$$\text{จะได้ } \omega_c = 1/\sqrt{C_1C_2R_1R_2}$$

$$\omega_c/Q = [1/R_1C_1 + 1/R_2C_2(1 - 1/k) + 1/C_1R_2]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาและวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้เพื่อการค้าหรือเพื่อวัตถุประสงค์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = \frac{1 / \sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}}{[1 / R_1 C_1 + 1 / R_2 C_2 (1 - 1/k) + 1 / C_1 R_2]}$$

$$H_0 = 1/k, \quad k = R_A / R_B$$

$$H_0 = \frac{R_A + R_B}{R_A}$$

และเราสามารถหาค่า R_A, R_B ได้

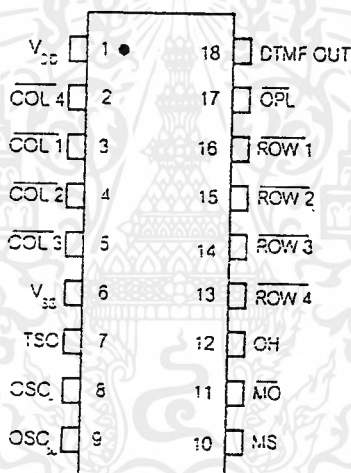
สัญญาณเอาต์พุตของวงจร เราจะได้สัญญาณเสียงความถี่เดิมกลับคืนมา

3.3 หลักการออกแบบและการทำงานของส่วนเข้าและถอดรหัสสัญญาณคู่ความถี่ดีทีเอ็มเอฟ

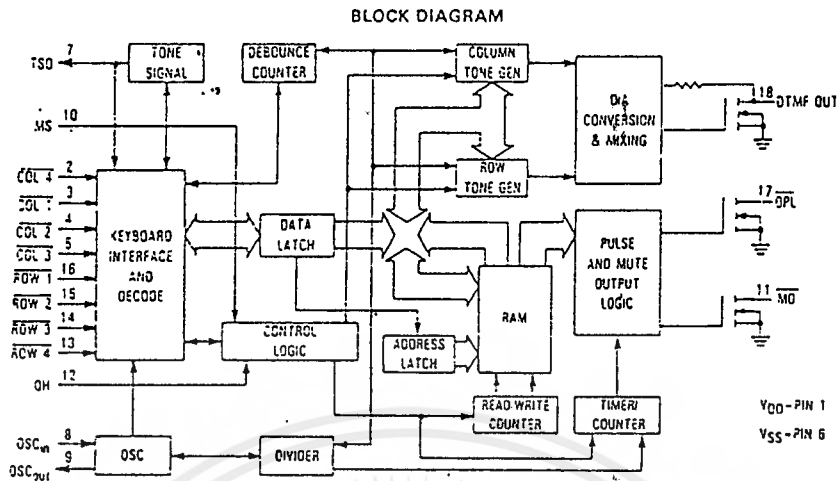
3.3.1 ส่วนการเข้ารหัสสัญญาณคู่ความถี่ดีทีเอ็มเอฟ (DTMF)

3.3.1.1 วงจรเข้ารหัสดีทีเอ็มเอฟ (DTMF)

ในการทำโครงงานนี้ ได้นำเอาไอซี MC 145412 มาใช้เป็นตัวเข้ารหัส DTMF ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงขาของไอซี MC145412



รูปที่ 3.14 แสดงบล็อกไดอะแกรมของไอซี MC145412

1) ข้อมูลทั่วไป

ไอซี MC 145412 สามารถที่จะทำงานได้ทั้งแบบพัลส์ (Pulse) และแบบโทน (Tone) โดยการเลือกค่าที่ขา MS มีหน่วยความจำ 10 ช่อง แต่ละช่องมี 18 หลัก มีการรีไดอัล (Redial) หมายเลขสุดท้ายที่โทรออก

เมื่อให้พลังงานแก่ไอซี จะมีการใช้เวลา 64 ms ในการตรวจสอบวงจรถ้าเกิดความถี่ และแบบของแป้นกด หากขา COL_n มีอิมพีแดนซ์เป็น 1 จะเป็นการบอกให้ไอซีรู้ว่าใช้แป้นกดแบบ 3*4 หากขา COL_n มีอิมพีแดนซ์เป็น 0 จะเป็นการบอกให้ไอซีรู้ว่าใช้แป้นกดแบบ 4*4¹⁾

การส่งสัญญาณหมายเลข วงจรถ้าเกิดความถี่จะทำงานหลังจากการกดปุ่มครั้งแรก 32 ms นี้ จะไม่มีการทำงานของหน่วยความจำแบบแรม (RAM) และวงจรถ่ายในไอซีทั้งหมด หลังจากนั้นขา MS จะถูกตรวจสอบหมวดการทำงาน (ว่าเป็น 10 pps, 20 pps หรือ DTMF) หลังจากนั้นการกดปุ่มใดๆ ก็จะถูกตรวจสอบ และเก็บไว้ในรีไดอัลหมายเลขสุดท้าย (Last Number Redial : LNR), ตามด้วยรหัสหยุด (Stop Code) กระบวนการนี้จะดำเนินไปเรื่อยๆ จนกระทั่งครบ 18 หลัก หากมีการใส่หลักที่ 19 ตามไป มันจะไปเขียนทับหลักที่ 1 แล้วตามด้วยรหัสหยุด เมื่อมีการส่งสัญญาณหมายเลขไอซีจะส่งข้อมูลที่มีจากหน่วยความจำออกไปจนกระทั่งเจอรหัสหยุด หรือครบ 18 หลัก

ในระหว่างการส่งสัญญาณ DTMF โดยใช้อีกกดแป้นจะมีสัญญาณ DTMF ที่น้อยที่สุดส่งออกมาคือ 60 ms จากนั้นจะส่งออกมาเรื่อยๆ ทีละ 32 ms จนกว่าจะยกมือขึ้นจากแป้นกด ขา DTMF OUT ได้ถูกออก

แบบมาให้สามารถไปขับทรานซิสเตอร์แบบ PNP ได้ ซึ่งทรานซิสเตอร์นี้จะสามารถนำไปมอดูเลตแรงดันทิพ (Tip) และริง (Ring) ที่ความถี่ DTMF ได้

ถ้าปุ่มแรกที่ถูกเป็นปุ่มรีไคลล์ หรือรีคอล (Recall) ไอซีจะดึงข้อมูลตามที่ต้องการออกมาจากหน่วยความจำ

ไอซีเบอร์นี้สามารถที่จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟภายนอกได้ แหล่งจ่ายไฟนี้ใช้สำหรับการเก็บรักษาหน่วยความจำ และการโปรแกรมในขณะที่ยังไม่ได้ยกลงโทรศัพท์ หากมีส่วนนี้ในวงจร และทำการกดปุ่มในขณะที่ยังไม่ได้มีการยกลงโทรศัพท์ วงจรกำเนิดความถี่ก็จะเริ่มทำงาน เลขหมายที่ถูกกดก็จะถูกเก็บไว้ในรีไคลล์ หมายเลขสุดท้ายเช่นเดียวกันกับการโปรแกรมขณะยกลงโทรศัพท์

2) คุณสมบัติของขาต่างๆ ของ MC145412

- V_{DD} , V_{SS} (ขา 1 และ ขา 6) - แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

กระแสไฟตรงจะถูกป้อนเข้ามายังขา 2 นี้ โดยที่ขา 1 จะเป็นค่าบวก มีค่าตั้งแต่ 1.7 - 5.5 โวลต์ ส่วนขา 6 นิยมต่อลงกราวด์

- MS (ขา 10) - Mode Select

เป็นขาที่ใช้เลือกโหมดการทำงานของไอซีว่าจะเป็นการส่งสัญญาณแบบไหน ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ขา MS และ โหมดการทำงานแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

MS	Dialing Mode
V_{CC}	20 pps Pulse Dialing
Open	10 pps Pulse Dialing
V_{SS}	DTMF Dialing

ตารางที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ขา MS และ โหมดการทำงาน

- OH (ขา 12) - On Hook

ป้อนแรงดัน V_{DD} หรือปล่อยลอยไว้ เป็นการเลือกการทำงานของไอซีให้อยู่ในโหมด

On-Hook หากต่อกับ V_{SS} เป็นการเลือกโหมด Off-Hook

- TSO (ขา 7) - Tone Signal Output

TSO กำเนิดสัญญาณความถี่ 500 MHz หลังจากที่มีการกดหมายเลข เพื่อให้ได้ทราบว่ามีการกดหมายเลข ยกเว้นเมื่อมีการกำเนิดสัญญาณ DTMF

- DTMF OUT (ขา 18) - Dual Tone Multifrequency Output

เมื่อขา MS ถูกกำหนดแรงดันเป็น V_{DD} ขา DTMF OUT จะกำเนิดสัญญาณ DTMF ตามแถว และ แนวของแป้นที่ถูกกด ขานี้มีค่าเป็นอิมพีแดนซ์ที่ภาวะสูงในโหมดพัลส์และการโปรแกรมในขณะที่ On-Hook

- OPL (ขา 17) - Outpulsing

กำเนิดสัญญาณพัลส์ 10 pps เมื่อขา MS ถูกปล่อยลอย หรือกำเนิดสัญญาณพัลส์ 20 pps เมื่อขา MS ถูกป้อนด้วยแรงดัน V_{DD} มีอัตราการเปิด/ปิดเป็น 60/40 ในโหมด DTMF เอาท์พุทเป็นอิมพีแดนซ์ ภาวะสูง ในระหว่างการโปรแกรมขณะ On-Hook จะไม่มีเอาท์พุทออกมา

- MO (ขา 11) - Mute Output

ขานี้จะเปลี่ยนสถานะเป็น 0 เมื่อขา OPL ทำงาน หรือระหว่างการกดปุ่ม Off-Hook หรือการหมุนเบอร์โทรศัพท์จากหน่วยความจำในโหมด DTMF

- Keyboard Input (ขา 2, 3, 4, 5, 13, 14, 15, 16)

การกดปุ่มที่ใช้ได้คือ การที่แถวหนึ่งถูกต่อเข้ากับแนวหนึ่งแนว หรือแถวหนึ่งแถว และแนวหนึ่งแนวถูกต่อเข้ากับกราวด์ การต่อขา 2 เข้ากับ V_{DD} เป็นการบอกให้ไอซีรู้ว่ามี การใช้แป้นกดแบบ 3*4 การเลือกแบบของแป้นกด จะถูกเลือกเมื่อมีการป้อนแรงดันให้ไอซี

- OSC_{in}, OSC_{out} (ขา 8 และ 9)

วงจรกำเนิดความถี่ภายในชิพ ต้องการคริสตัลขนาด 3.519545 MHz เพื่อการอ้างอิงความถี่ คริสตัลถูกไบอัสโดยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุภายใน

3) การใช้งาน MC 145412

- การส่งหมายเลขโดยการกดแป้น

สามารถทำได้โดยการกดเลขหมายที่ต้องการได้เลย

- การเก็บหมายเลขไว้ในหน่วยความจำ

ทำได้โดยการกดเลขหมายที่ต้องการแล้วตามด้วย [*] และ [A] โดยที่ A คือหมายเลขของช่องหน่วยความจำ

- การส่งเลขหมายจากหน่วยความจำ

ทำได้โดยการกด [*] แล้วตามด้วย [A] โดยที่ A คือ หมายเลขของช่องหน่วยความจำ

- การส่งหมายเลขสุดท้ายที่โทรออกจากหน่วยความจำ

ทำได้โดยการกด [*] แล้วตามด้วย [0]

- การเปลี่ยนระบบการส่งจากพัลส์เป็น โทน หรือจากโทนเป็นพัลส์

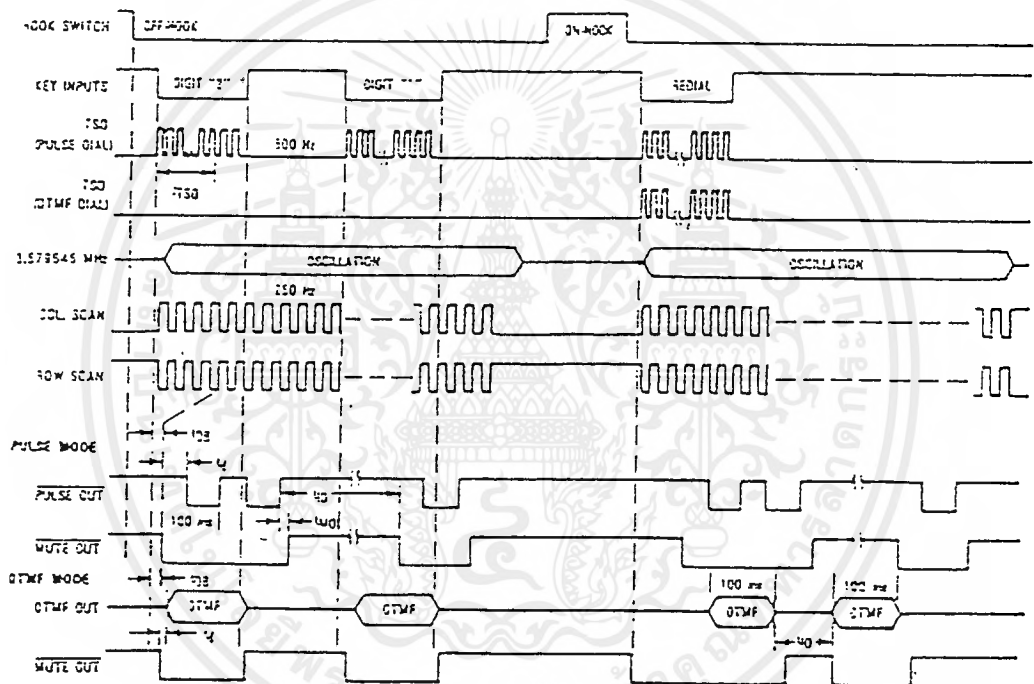
ในระหว่างการส่งสัญญาณออกไป สามารถกดปุ่ม MS เพื่อที่จะเปลี่ยนระบบการส่งได้เลย แต่หากว่าเลขหมายหลังจากที่เปลี่ยนระบบการส่ง จะไม่สามารถเข้าไปเก็บในรีดัลหมายเลขสุดท้าย

- การส่งสัญญาณ * และ # (สามารถทำได้เฉพาะในการทำงานแบบโทนเท่านั้น)

สามารถทำได้โดยการกดปุ่มที่ต้องการส่งซ้ำ 2 ครั้ง เช่น [*][*] หรือ [#][#]

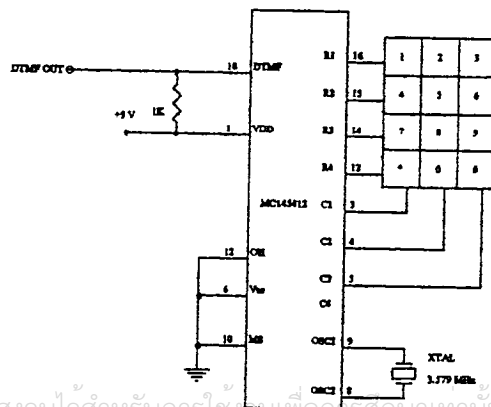
- การเรียกซ้ำอัตโนมัติ

การโทรออกจากหน่วยความจำไม่จะเป็นการโทรจากช่องที่เก็บหมายเลขไว้ หรือการโทรจากหมายเลขสุดท้ายที่โทรออก จะเป็นการเรียกซ้ำอัตโนมัติ คือเป็นการเรียกซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะมีคนมารับสาย เพื่อประโยชน์ในกรณีที่ต้องการติดต่อให้เร็วที่สุด แต่คู่สายยังไม่ว่าง และไม่ต้องการที่จะเรียกซ้ำครั้งแล้วครั้งเล่า หากไม่ต้องการที่จะให้เครื่องเรียกซ้ำอัตโนมัติก็สามารถทำได้โดยการวางหูโทรศัพท์ (Hand Set) เข้าที่เดิม



รูปที่ 3.15 แสดงไคอะแกรมของเวลาของไอซี MC145412

สำหรับวงจรใช้งาน MC145412 แสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 แสดงวงจรใช้งานของไอซี MC145412

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2 วงจรภาคส่งสัญญาณ

สำหรับในส่วนนี้ ได้เลือกใช้ไอซี XR-2206 เหมือนกับการมอดูเลตสัญญาณเสียงเทปเพื่อส่งออกไป

3.3.2 ส่วนการถอดรหัสสัญญาณคู่ความถี่ที่เอ็มเอฟ (DTMF)

3.3.2.1 ภาคถอดรหัสสัญญาณคู่ที่เอ็มเอฟ

ในที่นี้ใช้ไอซี MT 8870 ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้ถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์ชนิด. กดปุ่ม (DTMF) ให้เป็น เลขฐาน 2 ขนาด 4 บิต โดยใช้งานร่วมกับคริสตอล (Crystal) ความถี่ 3.579 MHz เท่านั้น

การถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ หมายถึง การแปลงสัญญาณความถี่ที่เกิดขึ้นจากการกดปุ่มตัวเลขที่เป็นของโทรศัพท์ ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิทัล ซึ่งไอซี MT8870 นี้ จะแปลงความถี่ โทรศัพท์นี้ให้เป็นเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิต

คุณสมบัติของ MT8870 คือ

- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ (DTMF Receiver)
- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
- สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้
- สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard Time)
- เป็นไอซีคุณภาพสูง

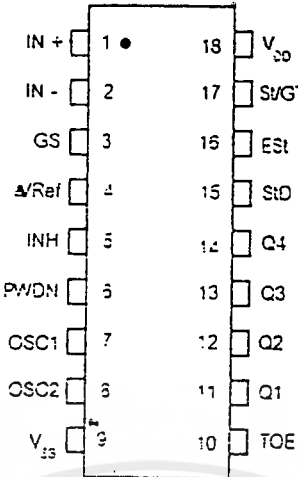
1) โครงสร้างของ MT8870

ประกอบด้วยวงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิทัล เป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี ISO² - CMOS ในส่วนของวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของสวิตช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนของวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิทัล เพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ ออกเป็นเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิต และเช็ทช่วงเวลาสัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุตเป็นออปแอมป์ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเอาท์พุตเป็นวงจรแลตซ์ 3 สถานะ รูปที่ 3.17 แสดงขาของ MT8870 และ รูปที่ 3.18 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

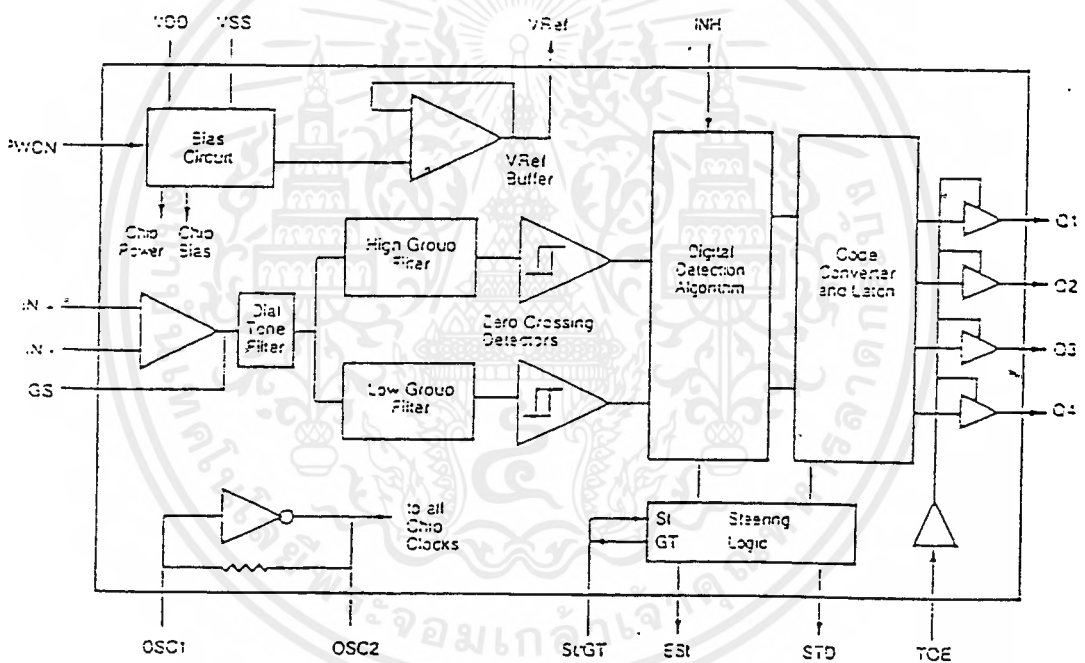
2) ฟังก์ชันการทำงานภายใน MT8870

ภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

- ภาคกรองความถี่ (Filler Section)
- ภาคถอดรหัส (Decoder Section)
- ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit)
- ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (Differential Input)
- ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)



รูปที่ 3.17 แสดงรายละเอียดขาของไอซี MT8870



รูปที่ 3.18 แสดงโครงสร้างภายในของไอซี MT8870

3) ภาคกรองสัญญาณความถี่

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ (DTMF) ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูง และช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่อันดับที่ 6 ชนิดสวิทช์คาปาซิเตอร์ (Six-Order Switched Capacitor Band Pass Filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วง (ความถี่สูงและ ต่ำ)

4) ภาคถอดรหัส

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่า ความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา EST (Early Steering) ก็จะมีแอมพลิจูดสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ นั้น แสดงได้ดังตารางที่ 3.2

F_{LOW}	F_{HIGH}	NO	TOE	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1477	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1477	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1477	#	H	1	1	0	0
697	1633	A	H	1	1	0	1
770	1633	B	H	1	1	1	0
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	H	0	0	0	0
-	-	ANY	L	Z	Z	Z	Z

ตารางที่ 3.2 แสดงการทำงานของไอซี MT8870

5) ภาควิชาตรวจสอบสัญญาณ

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุต จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควร ไมเช่นนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา EST จะเป็นลอจิกสูง ทำให้ V_c สูงขึ้น ตัวเก็บประจุจะคายประจุทำให้แรงดัน V_c สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ (Thres-hold) วงจรถอดรหัสจึงจะถอดรหัสออกเป็นตัวเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิต รายละเอียดการทำงานดูจากแผนภูมิเวลา (Timing Diagram) ดังรูปที่ 3.19 จะเข้าใจได้ง่ายกว่า

อธิบายขั้นตอนการทำงาน

- A - ตรวจพบความถี่ที่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอาต์พุตไม่เปลี่ยน
- B - ความถี่ #n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ที่ถูกถอดรหัสและแลตซ์ไว้ที่เอาต์พุต
- C - จบความถี่ #n ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตซ์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ถูกต้องใหม่
- D - เอาต์พุตเปลี่ยนเป็นอิมพีแดนซ์สูง (High Impedance)
- E - ความถี่ #(n+1) ถูกตรวจพบ คาบเวลาถูกต้อง ความถี่ที่ถูกถอดรหัสและแลตซ์ไว้
- F - ความถี่ #(n+1) หายไปช่วงห่างไม่ถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตซ์อยู่
- G - จบความถี่ #(n+1) ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตซ์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

วงจรตรวจสอบสัญญาณจะทำงานตรงกันข้าม เพื่อให้ได้ช่วงหยุดระหว่างสัญญาณอินเตอร์ดิจิต (Inter digit) ถูกต้อง ดังนั้นจึงเป็นการเสมือนว่าเป็นการตัดสัญญาณที่สั้นเกินไป เพื่อเป็นการพิจารณาสัญญาณด้วยว่าสัญญาณถูกต้อง ตัวไอซี MT8870 จะมีช่วงผิดพลาดในการขาดหายของสัญญาณ (Drop Out) สั้นด้วย เพื่อที่จะพิจารณาช่วงหยุดที่ถูกต้องของสัญญาณ ประโยชน์อันนี้รวมกับความสามารถในการเลือกค่าคงที่ในการตรวจสอบสัญญาณ (Steering Time Constant) ภายนอก จะทำให้ผู้ออกแบบเลือกคุณสมบัติในการใช้งานได้มากมายหลายแบบ

วงจรตรวจสอบสัญญาณง่าย ๆ แสดงดังรูปที่ 3.21 ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้งาน ค่าของส่วนอุปกรณ์จะถูกเลือกตามสูตรต่อไปนี้

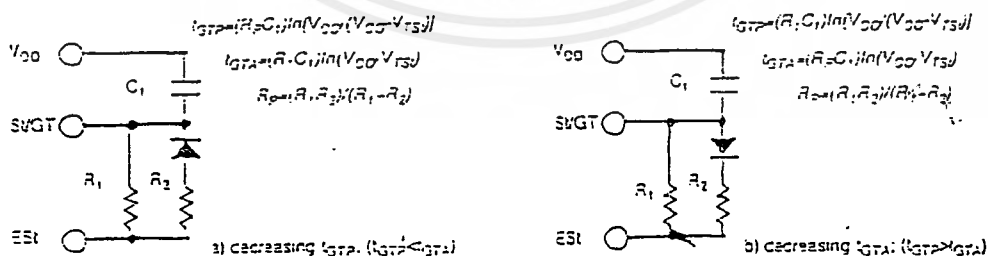
$$t_{\text{REC}} = t_{\text{DP}} + t_{\text{GTD}}$$

$$t_{\text{TD}} = t_{\text{DA}} + t_{\text{GTA}}$$

โดย t_{REC} - คาบเวลาสั้นที่สุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง
 t_{TD} - เวลาสั้นที่สุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ
 t_{DO} - เวลาราวที่สั้นที่สุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ต้องการ
 t_{DP} - เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง
 t_{DA} - เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง
 t_{GTP} - การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง
 t_{GTA} - การ์ดไทม์ของการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF

ค่าของ t_{DP} เป็นค่าพารามิเตอร์ของตัวเองอิสระ (ดูได้จากตารางแสดงคุณสมบัติ) และค่า t_{REC} เป็นค่าช่วงเวลาต่ำสุดที่ตัวไอซีจะทำการถอดรหัสสัญญาณได้ ค่าของ $C = 0.1 \mu\text{F}$ นี้ เป็นค่าที่ใช้ใช้ในการใช้งานทั่วไป

การออกแบบวงจรตรวจสอบสัญญาณมีให้เลือกแตกต่างกันหลายแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของสัญญาณโทนที่ตัวไอซีจะทำการถอดรหัส โดยสามารถเลือกช่วงเวลาการ์ดไทม์ได้อย่างอิสระ สำหรับช่วงเวลาปรากฏ (t_{GTP}) และช่วงสัญญาณหาย (t_{GTA}) ซึ่งค่าทั้งสองนี้ เป็นลักษณะสำคัญของการทำงานของไอซี ซึ่งจะทำให้เกิดการถอดรหัสหรือไม่ถอดรหัสต่อช่วงสัญญาณที่เข้ามา การปรับการ์ดไทม์ผู้ออกแบบจะเป็นคนกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามสถานะของสัญญาณ ตัวอย่างเช่น สัญญาณที่รับเข้ามามีสัญญาณอื่นปนเข้ามา (Talk Off) การออกแบบให้ t_{REC} มาก ๆ จะลดโอกาสที่จะเป็นไปได้ของโทนแปลกปลอมที่มีสัญญาณรบกวนอย่างมาก สูตรในการคำนวณแสดงดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณที่ใช้งานจริง

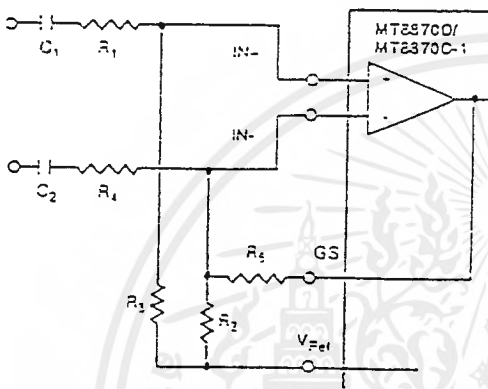
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุทของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ ที่สามารถปรับอัตราขยาย โดยต่อวงจรภายนอกเข้าไปด้วย รูปที่ 3.22 แสดงการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุท ซึ่งสามารถคำนวณอัตราขยาย ความแตกต่างของอินพุทและอิมพีแดนซ์ได้ดังนี้

$$\text{อัตราขยาย} \quad (A_{v,diff}) = \frac{R_5}{R_1}$$

$$\text{อินพุทอิมพีแดนซ์} \quad (Z_{in,diff}) = 2 \sqrt{R_1^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$



Differential Input Amplifier

$C_1 = C_2 = 10 \text{ nF}$

$R_1 = R_2 = R_3 = 100 \text{ k}\Omega$

$R_4 = 600 \text{ k}\Omega$, $R_5 = 37.5 \text{ k}\Omega$

All resistors are $\pm 1\%$ tolerance.
All capacitors are $\pm 5\%$ tolerance.

$$R_3 = \frac{R_2 R_5}{R_2 - R_5}$$

$$\text{VOLTAGE GAIN } (A_{v,diff}) = \frac{R_5}{R_1}$$

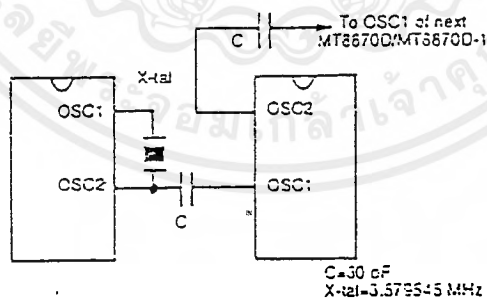
INPUT IMPEDANCE

$$(Z_{in,diff}) = 2 \sqrt{R_1^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

รูปที่ 3.22 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุท

7) ภาคกำเนิดความถี่

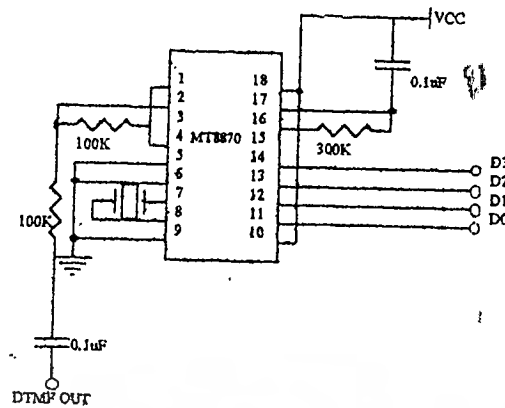
ในภาคนี้ ภายในไอซีจะมีวงจรเวลาดูภายใน เพียงแค่ต่อคริสตอลขนาด 3.579 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันที การต่อวงจรกำเนิดความถี่แสดงดังรูปที่ 3.23



$C = 30 \text{ pF}$
 $X_{tal} = 3.579545 \text{ MHz}$

รูปที่ 3.23 แสดงการต่อวงจรกำเนิดความถี่

วงจรใช้งานเบื้องต้นของไอซี MT8870 แสดงดังรูปที่ 3.24

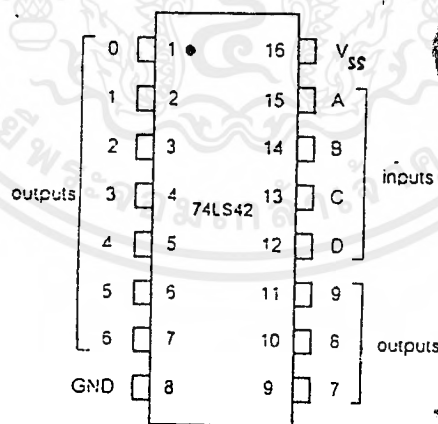


รูปที่ 3.24 แสดงวงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870

3.3.2.2 วงจรควบคุมการทำงานของไมค์

ค่าที่ได้จากวงจรถอดรหัส DTMF จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับรหัสประจำเครื่อง ถ้ารหัสที่ได้รับไม่ตรงกับรหัสประจำเครื่อง ไมค์ก็จะทำงาน แต่ถ้ารหัสที่ได้รับตรงกับประจำเครื่อง ไมค์ก็จะสามารถทำงานได้ โดยวงจรควบคุมการทำงานของไมค์แสดงดังรูปที่ 3.25

หลักการทำงานของวงจรส่วนนี้ คือ จะทำการตั้งรหัสประจำเครื่องของไมค์ที่ต้องการ โดยการกำหนดที่ขาเอาต์พุตของไอซี 74LS42 ซึ่งรายละเอียดของไอซีแสดงดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 แสดงรายละเอียดของไอซี 74LS42

การตั้งรหัสประจำเครื่องทำได้โดยการกำหนดรหัสประจำเครื่องที่ต้องการ ซึ่งในที่นี้กำหนดให้เป็นเลข 2 หลัก และเลือกไอซีเบอร์ 74LS42 (BCD to Decimal Decoder) 1 ตัวแทนเลข 1 หลัก เช่น กำหนดรหัส

ประจำเครื่องเป็น “12” จากตารางที่ 3.3 จะได้ว่าต้องเลือกใช้ขา “2” ของไอซีตัวที่ 1 และใช้ขา “3” ของไอซีตัวที่ 2

หลักการการทำงานของวงจรควบคุมการทำงานของไมค์ ดังรูปที่ 3.27

รหัสตัวเลขเป็น BCD ที่ได้จากวงจรถอดรหัส DTMF จะถูกนำไปเก็บไว้ในไอซี 74LS77 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวแลตช์ (Latch) ข้อมูลรหัสตัวเลข BCD ตามจังหวะการถอดรหัสสัญญาณ DTMF จาก MT8870 โดยจะทำให้ 74LS77 ตัวที่ 1 ทำงานโดยการแลตช์รหัส BCD ตัวที่ 1 เฉพาะเมื่อมีการถอดรหัสครั้งที่ 1 และ 74LS77 ตัวที่ 2 ทำงานโดยการแลตช์รหัส BCD ตัวที่ 2 เมื่อมีการถอดรหัสครั้งที่ 2 ตามลำดับ รหัส BCD จาก 74LS77 ทั้ง 2 ตัวจะถูกส่งไปยังไอซี 74LS42 ซึ่งเป็นตัวแปลงรหัส BCD ให้เป็นเลขฐานสิบ (Decimal) โดย 74LS42 จะให้เอาท์พุทที่มีระดับสัญญาณเป็น low ออกมา ถ้าเลขฐานสิบที่ได้ตรงกับรหัสประจำเครื่องที่ตั้งไว้ ก็จะได้สัญญาณที่เป็น low ออกมาตามขาของไอซี 74LS42 ที่เราเลือกไว้ สัญญาณนี้จะผ่านไปยังนอตเกต (NOT GATE) เพื่อเปลี่ยนสัญญาณที่เป็น low นี้ ให้มีระดับสัญญาณเป็น high ผ่านไปที่ชุดของแอนดเกตที่จะทำการตรวจสอบว่ารหัสที่ได้รับมาเป็นรหัสประจำเครื่องจริง และเมื่อได้รับสัญญาณเปิด (ในที่นี้คือการกดปุ่ม #) หรือปิด (ในที่นี้คือการกดปุ่ม *) ที่ตั้งไว้ เอาท์พุทของวงจรควบคุมนี้ก็จะเป็น high (ในกรณีที่สัญญาณเปิด) หรือ low (ในกรณีที่สัญญาณปิด) ซึ่งจะถูกส่งไปยังส่วนที่เป็นสวิตช์ เพื่อควบคุมการทำงานของไมค์ต่อไป

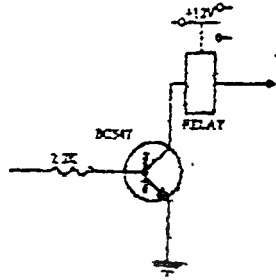
โดยที่ไอซี 74LS42 มีการทำงานดังตารางที่ 3.3

No.	BCD INPUT				DECIMAL OUTPUT									
	D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
1	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
2	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
3	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
4	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
5	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
6	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
7	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
8	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
9	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
-	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
-	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
-	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
-	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
-	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

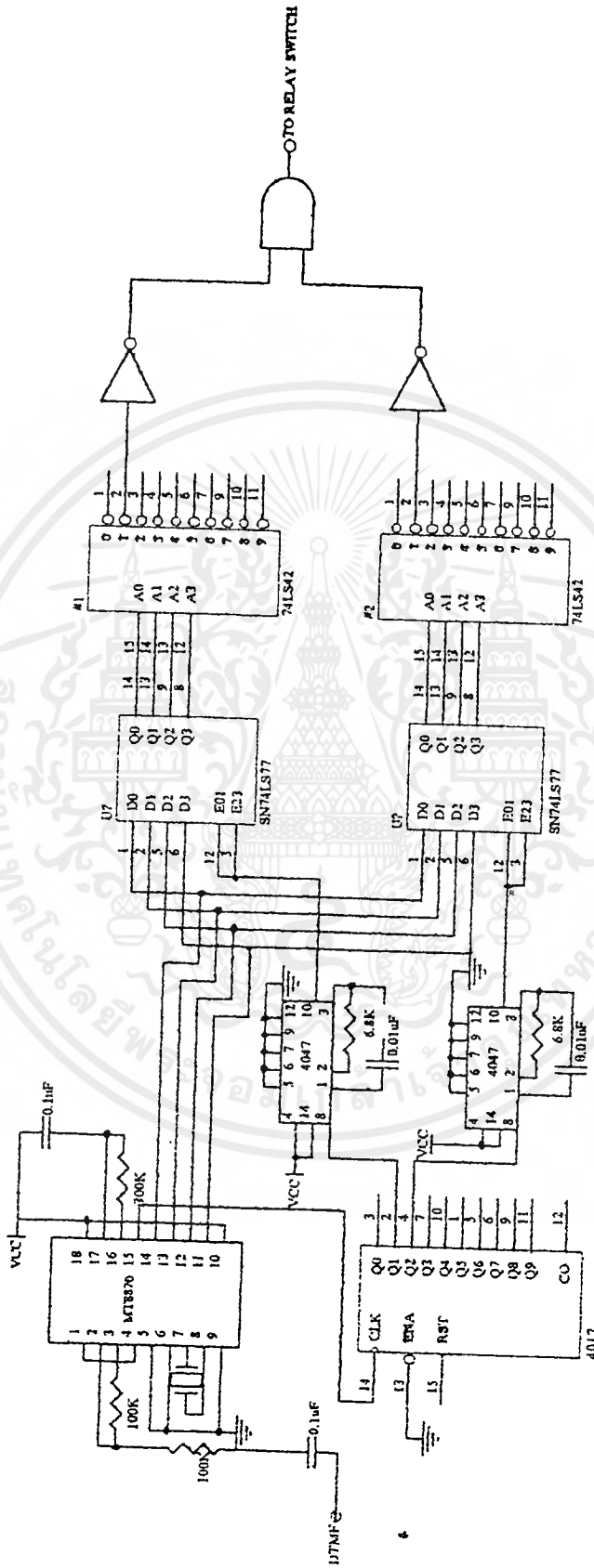
ตารางที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ของสัญญาณอินพุทและสัญญาณเอาท์พุทของไอซี 74LS42

3.4 หลักการออกแบบและการทำงานของส่วนควบคุมสวิทช์

สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรควบคุมการทำงานของไมค์ จะเป็นอินพุตให้กับส่วนควบคุมสวิทช์ โดยใช้รีเลย์สวิทช์ ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 แสดงการทำงานของรีเลย์สวิทช์



รูปที่ 3.28 แสดงวงจรควบคุมการทำงานของไมค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของวงจรส่วนนี้ คือ เมื่อมีสัญญาณ High จากวงจรควบคุมการทำงานของไมค์ เข้ามายังส่วนสวิทช์จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานโดยผ่านทางตัวต้านทาน ซึ่งทรานซิสเตอร์นี้เป็นสวิทช์เปิด-ปิดควบคุมให้รีเลย์ทำงาน โดยที่เมื่อมีไฟ 5 โวลต์เข้ามาแล้ว ขา C จะเป็น low มีผลให้สวิทช์แต่ละกัน จึงทำให้ไฟเลี้ยง ที่มีค่า 12 โวลต์ ของภาคส่งสัญญาณเสียงพูดโดยการต่อกราวด์ของ ไอซี เข้ากับกราวด์ของแบตเตอรี่ ทำให้ครบวงจรและทำให้ในส่วนของการส่งสัญญาณ DTMF ทำงาน ส่วนในกรณีที่ไม่มีสัญญาณเสียงเข้ามานั้น ก็คือไม่มีไฟเลี้ยงจ่ายให้แก่ส่วนภาคส่งสัญญาณเสียงพูด แต่มีการจ่ายให้แก่ส่วนการเข้ารหัส DTMF แทน

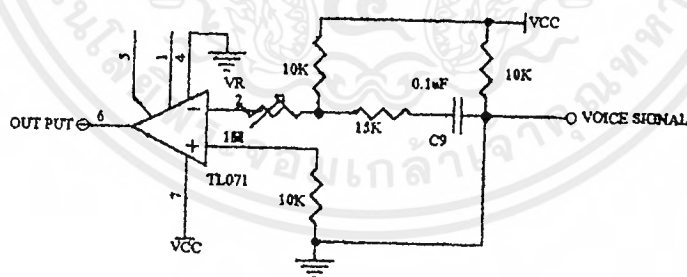
3.5 หลักการออกแบบและการทำงานส่วนรับและส่งสัญญาณเสียงพูด

ในส่วนนี้จะคล้ายกับส่วนที่ทำการรับและส่งสัญญาณเสียงพูด ซึ่งจะใช้ ทั้งทางด้านบุทลูกข่ายและบุทควบคุม ด้านละ 1 ชุด ไว้ติดต่อกัน

รายละเอียดของวงจรต่างจะเหมือนกัน คือ เมื่อมีการส่งสัญญาณเสียงพูด เข้ามาจะผ่านวงจรมอดูเลตสัญญาณเสียงพูด กับคลื่นพาหะที่มีความถี่ 300 k ของทางบุทควบคุม และ 350 k ของทางบุทลูกข่าย และทำการส่งออกไปที่ปลายทางเมื่อรับสัญญาณเข้ามาได้ก็จะผ่านวงจรดีเทคสัญญาณเสียงพูดเดิมกลับคืนมาโดยใช้วงจรดีเทคสัญญาณ ที่ประกอบด้วย วงจรกรองความถี่สูงผ่าน และเข้าไปยังวงจร โมโนสเตเบิ้ล มัลติไวเบรเตอร์ และ วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน แต่จะต่างไปตรงที่สัญญาณเสียงพูดก่อนที่จะนำไปมอดูเลตจะนำเข้ามาผ่านวงจรพรีแอมพลิฟายเออร์ก่อน

3.5.1 วงจรขยายสัญญาณเสียง (Preamplifier)

เป็นภาคที่ขยายสัญญาณที่เสียงให้เพียงพอต่อการมอดูเลต ซึ่งการมอดูเลตในระบบเอฟเอ็มนั้น ไม่ต้องการกำลังของสัญญาณเสียงที่มาทำการมอดูเลตมากนัก ดังนั้นการใช้วงจรนี้ จึงเพียงพอสำหรับการขยายเสียง



รูปที่ 3.29 แสดงวงจรขยายสัญญาณเสียง

จากรูปที่ 3.29 ทางด้านอินพุตของวงจร เป็นตัวรับสัญญาณเสียงเข้ามา มีตัวต้านทานเป็นตัวผ่านแรงดันไฟตรงให้กับวงจรขยาย ซึ่งทำงานด้วยเฟต (FET) ที่บรรจุอยู่ในตัวถังคอนเดนเซอร์ไมค์ (เพื่อจะใช้แรงดันเป็นตัวไบแอส) ถ้าใช้กับไมค์ชนิดอื่น ๆ ก็ไม่จำเป็นต้องมีตัวต้านทาน

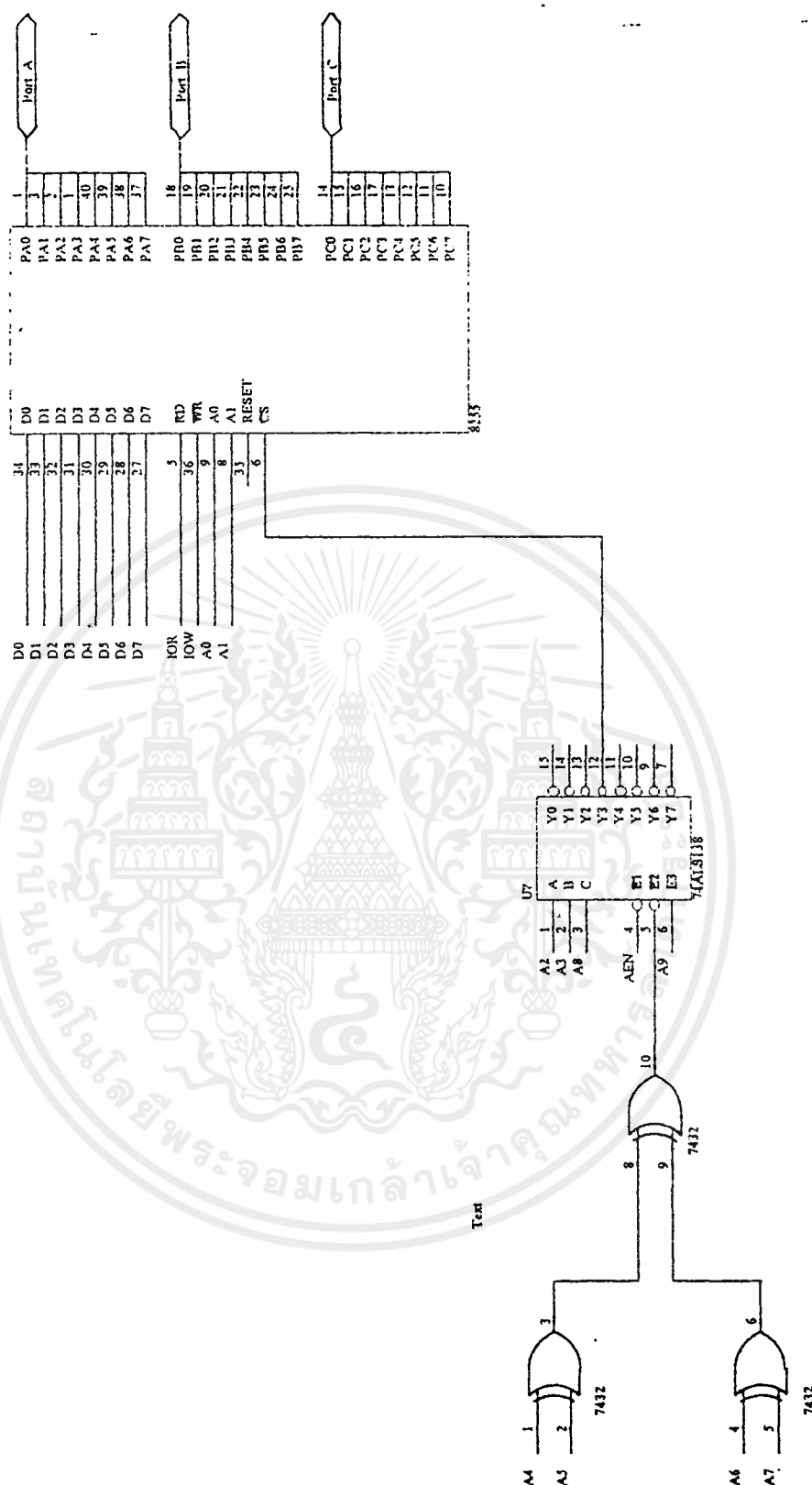
สามารถตัดออกได้ เพราะคอนเดนเซอร์ไมค์เป็นไมค์ที่ต้องจ่ายไฟให้มันจึงจะทำงานได้ ซึ่งตัวความต้านทานตัวนี้ จะเป็นตัวที่ทำหน้าที่จำกัดกระแสที่จ่ายให้กับไมค์ สัญญาณเสียงจะผ่าน C , R และ VR2 เข้ามายังขา 2 ของ IC1 โอซีตัวนี้จะถือเป็นวงจรขยายสัญญาณ (Inverting Amplifier) โดยมี R3 , R4 เป็นตัวให้ไบแอสแก่ IC1 ที่จุดกึ่งกลางการทำงาน เกนการขยายของภาคนี้ปรับแต่งได้โดยการปรับค่า VR2

ในการทำงานของ IC1 จะมีสัญญาณป้อนกลับ (Feed Back) ส่วนหนึ่งจากเอาต์พุตขา 6 เข้ามายังอินพุตขา 2 โดยผ่านทาง R5 , C3 ซึ่งต่ออนุกรมกัน เพื่อต้องการให้มีผลทางด้านความถี่ต่ำ (Bass Boost) ของ IC 1 ให้สูงขึ้นอีกเล็กน้อย (ประมาณ 6 dB) เป็นการชดเชย จุดอ่อนของคอนเดนเซอร์ไมค์ที่ตอบสนองต่อสัญญาณความถี่ต่ำได้ไม่ดีเท่าสัญญาณความถี่สูง ด้วยการจัดวงจรลักษณะนี้ ทำให้สามารถรับสัญญาณความถี่เสียงได้ดีพอ ๆ กัน ตลอดทั้งย่านความถี่เสียง ไม่ว่าจะเป็นเสียงความถี่ต่ำ หรือความถี่สูง ซึ่งถ้าหากเราไม่ได้ใส่ค่า R5 และ C3 ไว้ในวงจรก็จะยังคงทำงานได้

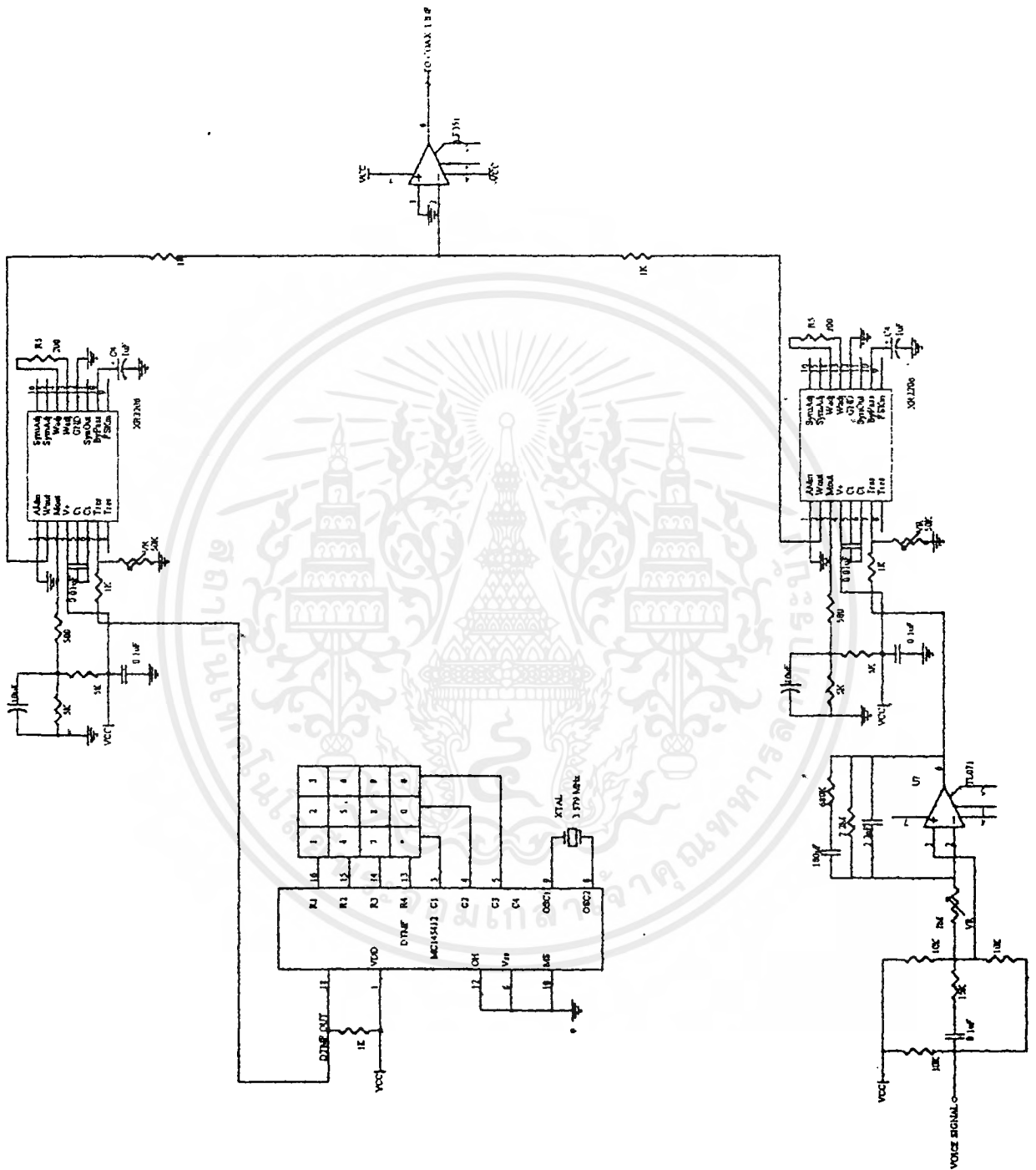
3.6 หลักการออกแบบและการทำงานของส่วนแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์

เมื่อนูทลูกข่ายใด ๆ กดหมายเลขประจำนุทของคน ในกรณีที่ต้องการติดต่อกับนุทควบคุม นั้น ค่าของรหัสที่ผ่านวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF แล้วจะมาเข้าในส่วนของวงจรนี้ ส่วนที่สำคัญก็คือส่วนของไมโครโปรเซสเซอร์ 8255 ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้ผลแสดงออกมาทางหน้าจอได้ วงจรในส่วนนี้แสดงดังรูปที่ 3.30

อินพุตของวงจรคือหมายเลขของนุทที่เป็นเลขไบนารี 4 บิต ซึ่งข้อมูลนี้จะมาออกที่พอร์ท A ส่วนพอร์ท B นั้น ได้ต่อขาสัญญาณ Strobe เอาไว้ เมื่อมีการกดปุ่ม ขานี้จะ High เราได้นำส่วนนี้ไปช่วยในการเขียนโปรแกรม โดยใช้ภาษาปาสคาลในการเขียนเมื่อมีการกดปุ่มหมายเลขจะมาปรากฏที่หน้าจอ และเมื่อนุทควบคุมต้องการติดต่อด้วยก็ทำได้โดยการกดหมายเลขนั้นกลับไป

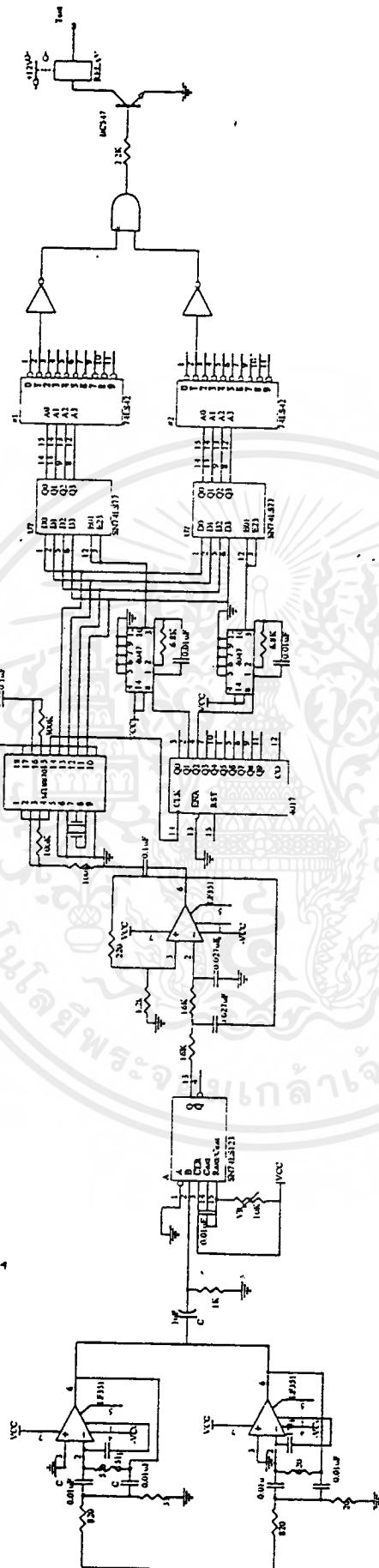


รูปที่ 3.30 แสดงวงจรในส่วนของการแสดงผล



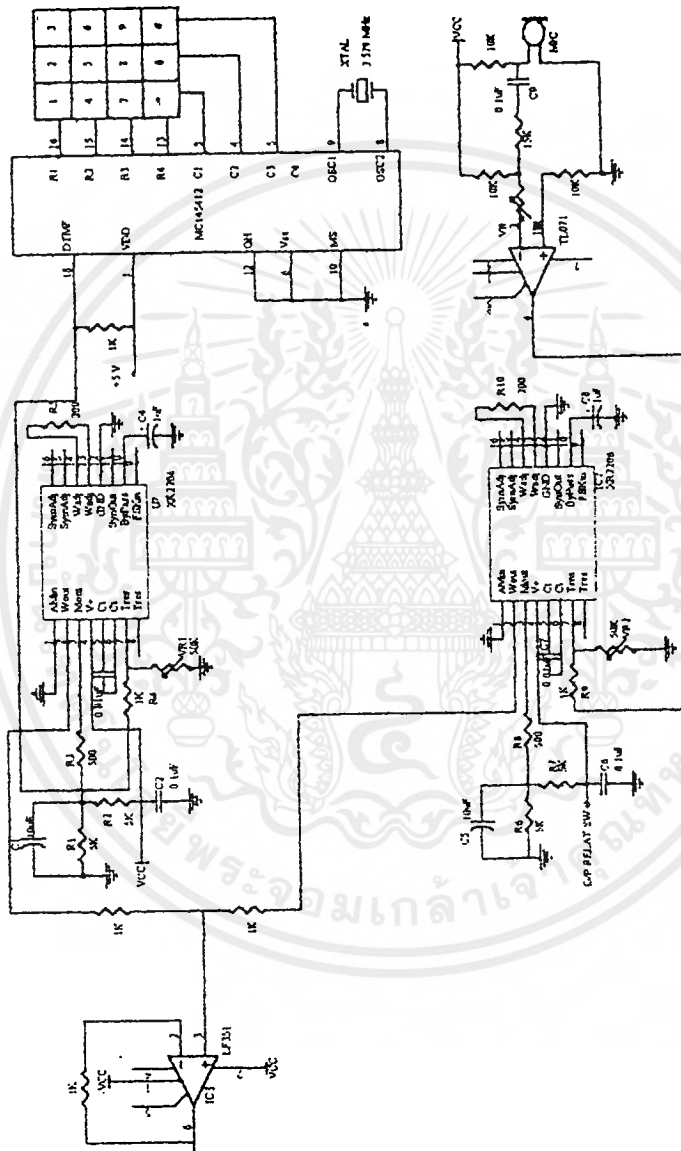
รูปที่ 3.32 แสดงวงจรเครื่องส่งทางหูควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



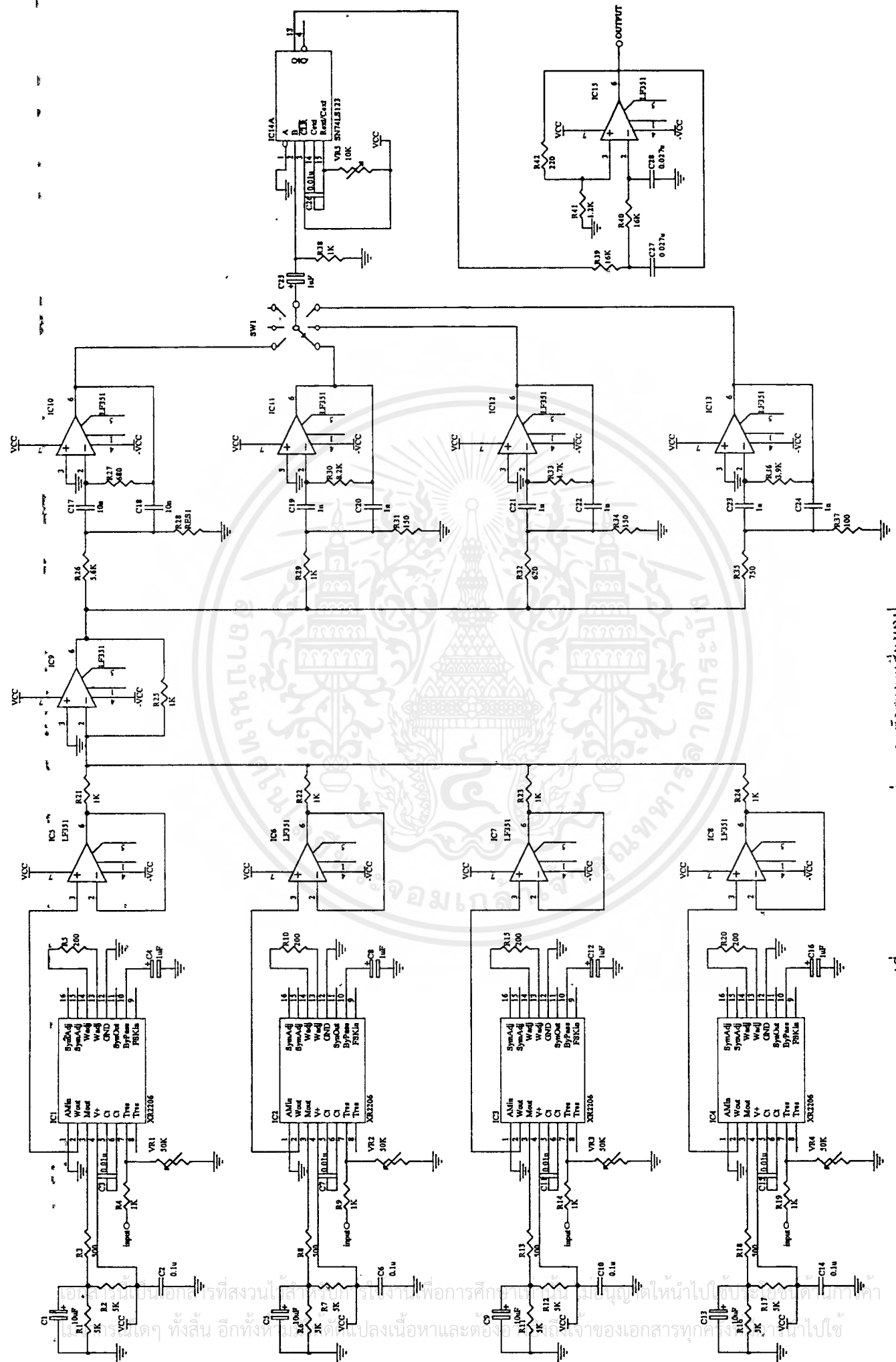
รูปที่ 3.33 แสดงวงจรเครื่องรับทางมุลูกข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.34 แสดงวงจรเครื่องส่งทางวิทยุขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.35 แสดงวงจรรวมส่วนของสัญญาณเสียงสเตอริโอ

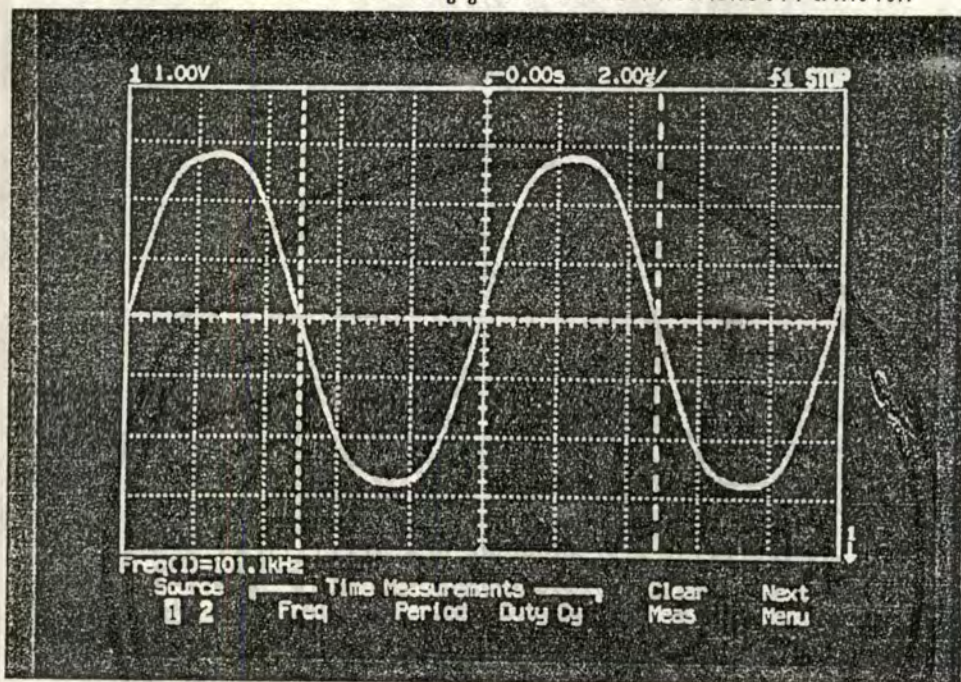
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

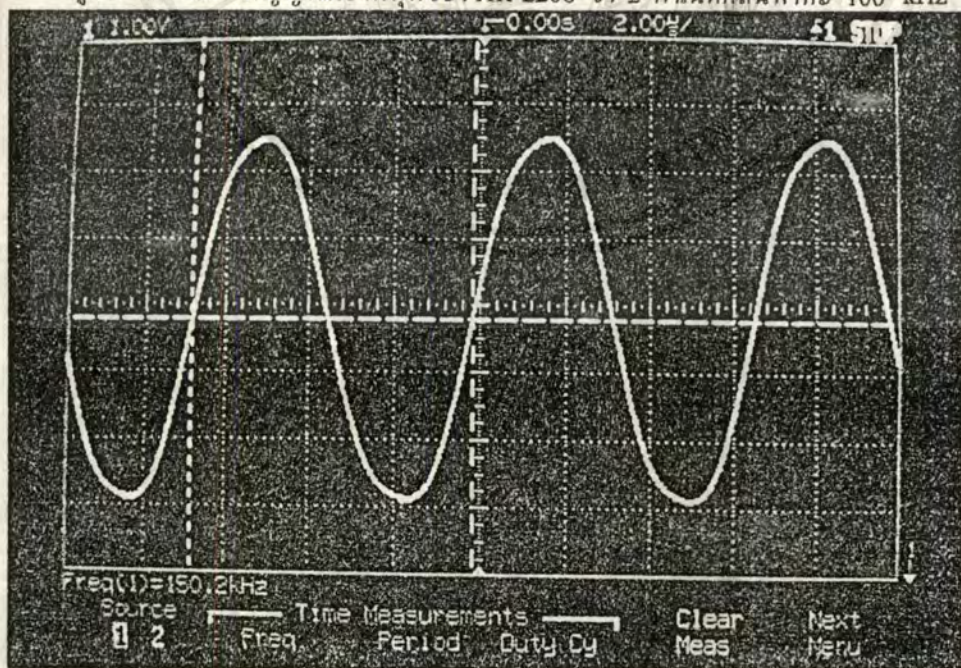
4.1 ผลการทดลองในส่วนของสัญญาณเสียง

ในการผสมสัญญาณเสียงนั้น ได้ใช้ไอซี XR-2206 โดยเราจะป้อนสัญญาณเสียงที่ต้องการมอดูเลตส่งออกไป กับ คลื่นพาหะที่สร้างภายในไอซี ซึ่งเราสามารถปรับค่าความถี่ของคลื่นพาหะได้จากวงจรภายนอก

โดยคอนแรกนั้น เรายังไม่ป้อนสัญญาณเสียงเข้าไป ก็คือการต่อขา 7 ลงกราวด์

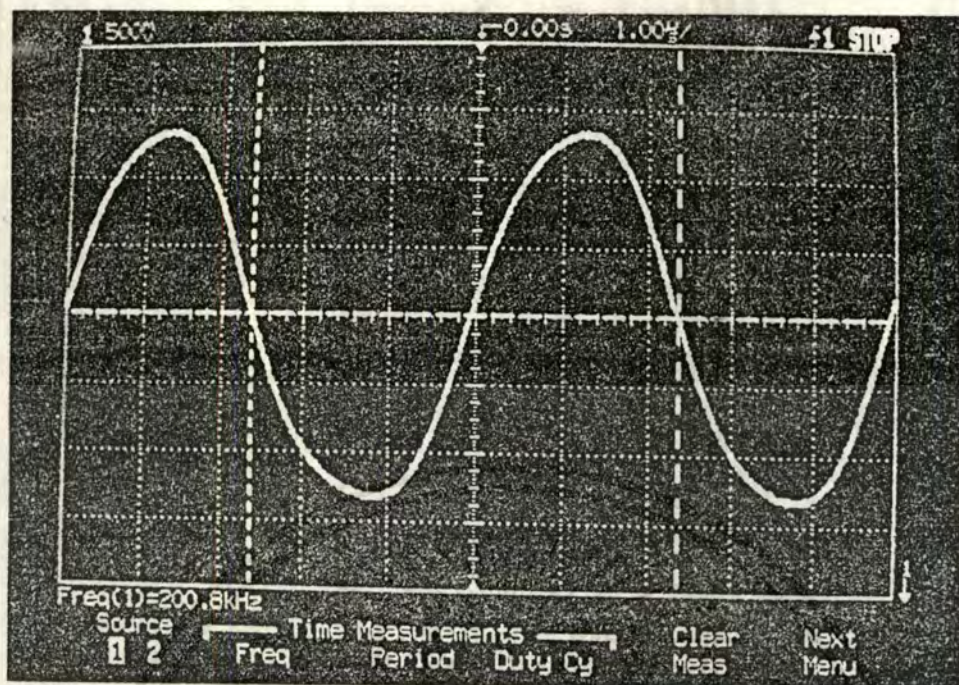


รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณเอาต์พุตของ XR-2206 ขา 2 กำเนิดคลื่นพาหะ 100 kHz

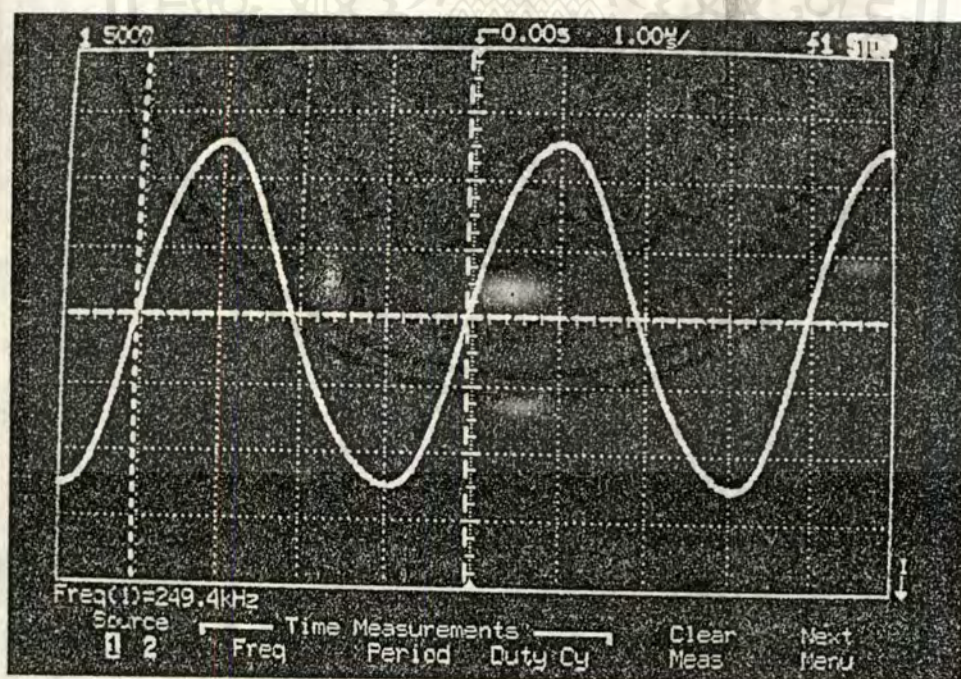


รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณเอาต์พุตของ XR-2206 ขา 2 กำเนิดคลื่นพาหะ 150 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



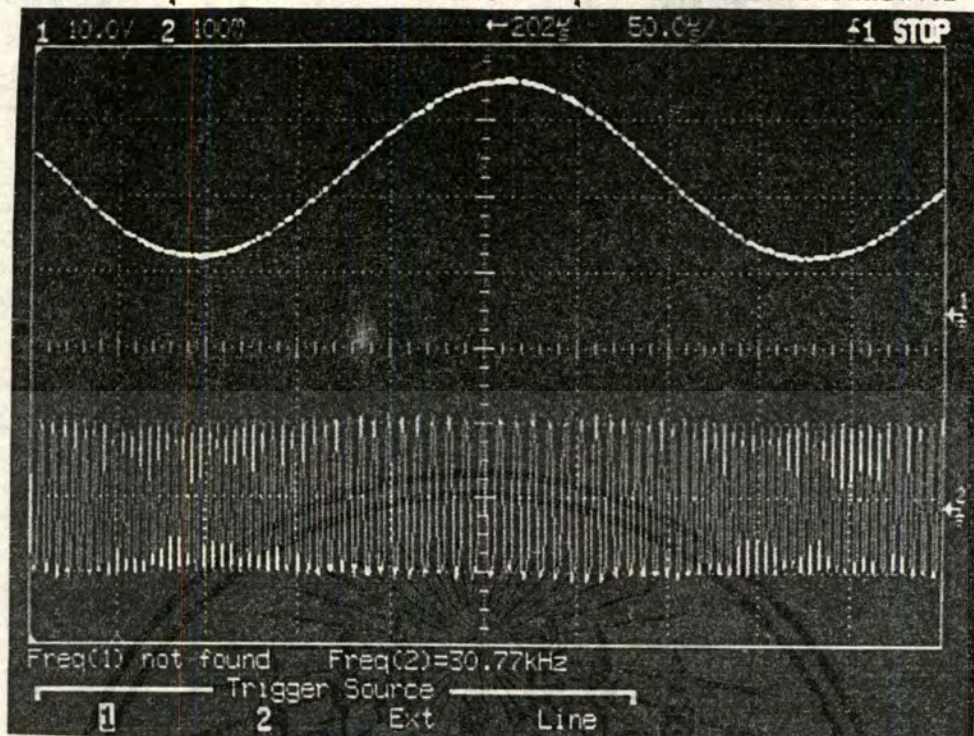
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณเอทพุทของ XR-2206 ขา 2 กำเนิดคลื่นพาหะ 200 kHz



รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณเอทพุทของ XR-2206 ขา 2 กำเนิดคลื่นพาหะ 250 kHz

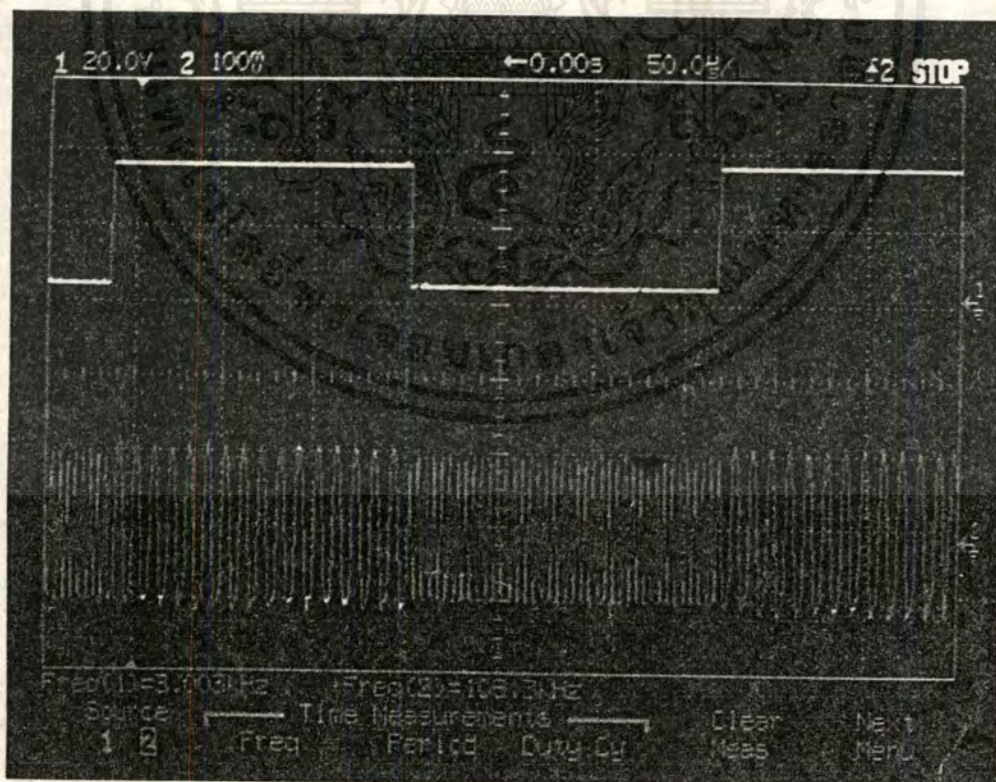
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีการป้อนอินพุตเข้าที่ขา 7 ของไอซี XR-2206 เอาต์พุตที่ขา 2 ของไอซีจะเปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 4.5 CH 1 แสดงสัญญาณไซน์เวฟ ป้อนที่อินพุตขา 7 ของ XR-2206

CH 2 แสดงสัญญาณเอาต์พุตที่ผ่านการมอดูเลตแล้วที่ ขา 2 ของ XR-2206

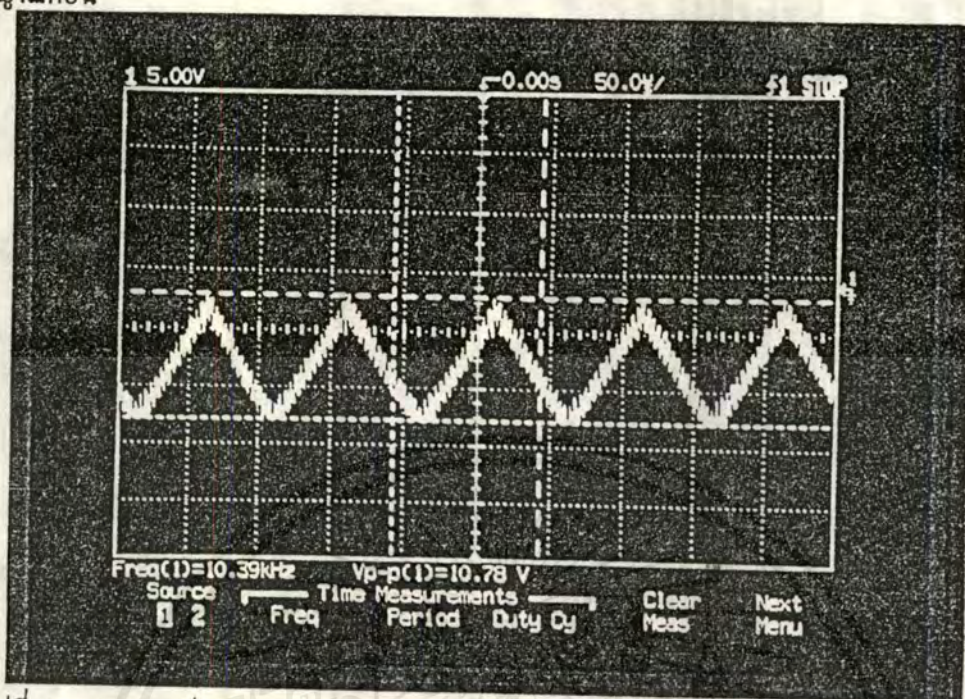


รูปที่ 4.6 CH 1 แสดงสัญญาณสแควร์เวฟ ป้อนที่อินพุตขา 7 ของ XR-2206

CH 2 แสดงสัญญาณเอาต์พุตที่ผ่านการมอดูเลตแล้วที่ ขา 2 ของ XR-2206

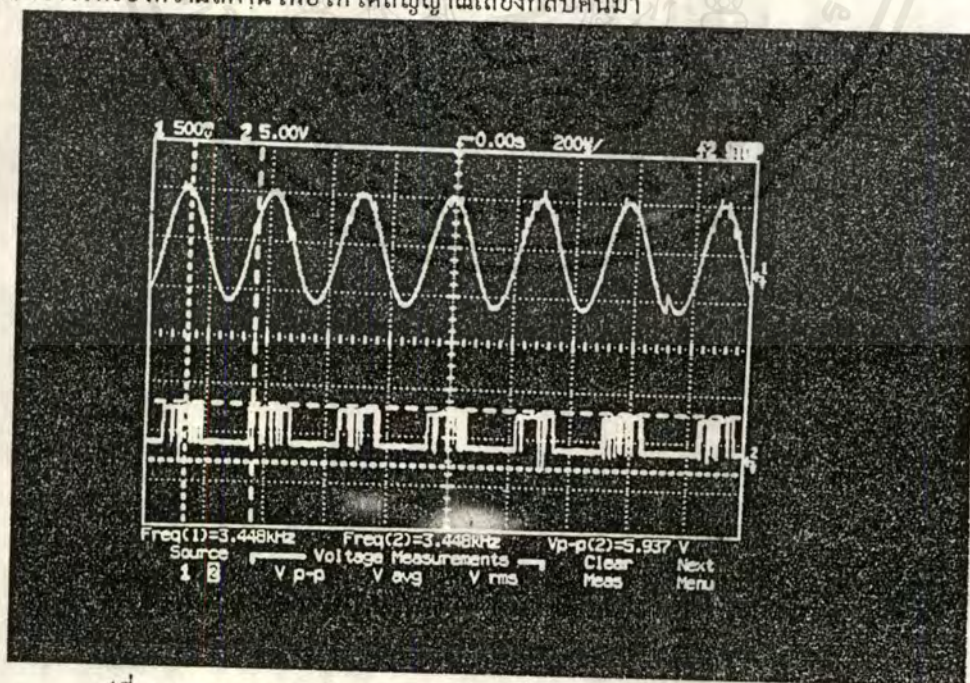
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเสียงแต่ละชุดก่อนที่จะส่งผ่านออกไปตามสายส่งจะต้องมาผ่านวงจรในการรวมสัญญาณก่อน



รูปที่ 4.7 แสดงเอาต์พุตของวงจรบวก โดยสัญญาณอินพุต คือ สัญญาณสามเหลี่ยม 10 kHz และ สัญญาณซายน์ 100 kHz

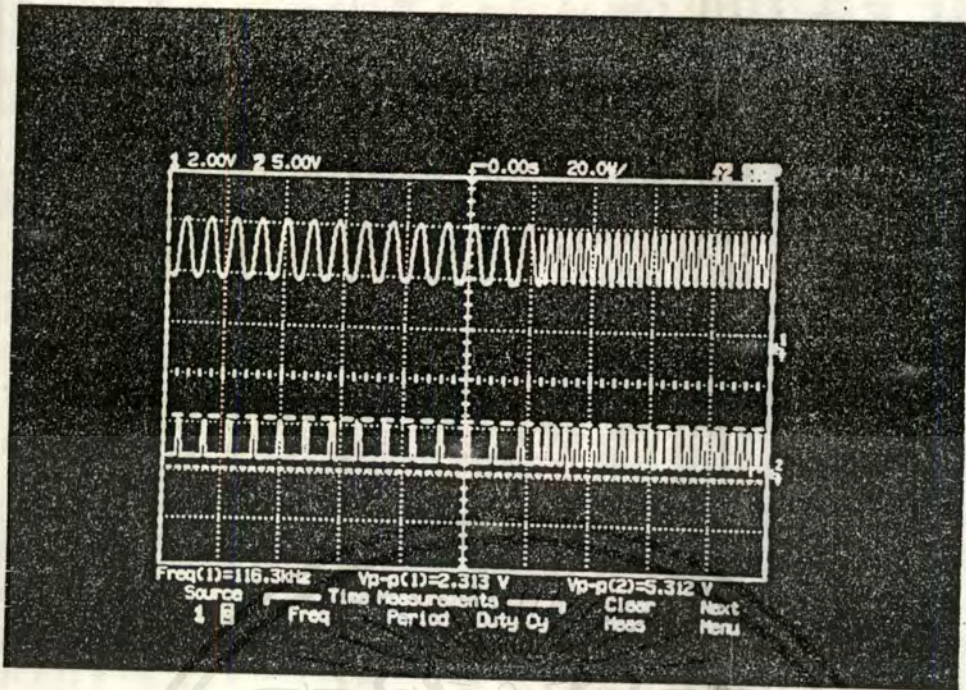
เมื่อสัญญาณผ่านไปถึงทางบวกของตัวคูณ ทางบวกของตัวคูณจะมีวงจรดีเทคสัญญาณเสียงเดิมกลับคืนมา โดยที่ส่วนของการดีเทคจะประกอบด้วยไอซี 74LS123 ซึ่งเป็น โมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์ และมาผ่าน ส่วนของวงจรกรองความถี่ผ่าน เพื่อให้ได้สัญญาณเสียงกลับคืนมา



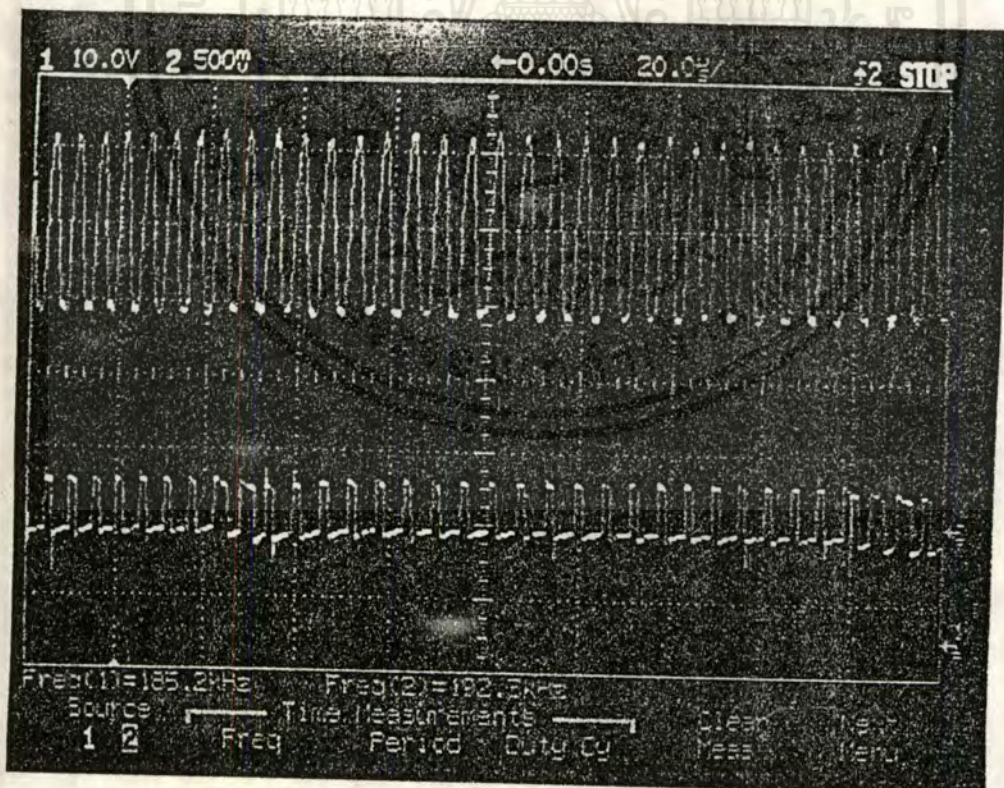
รูปที่ 4.8 CH1 แสดงสัญญาณซายน์เวฟที่ป้อนที่อินพุตของ XR-2206 ขา 7

CH 2 แสดงสัญญาณเอาต์พุตของ 74LS123 ขา i3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



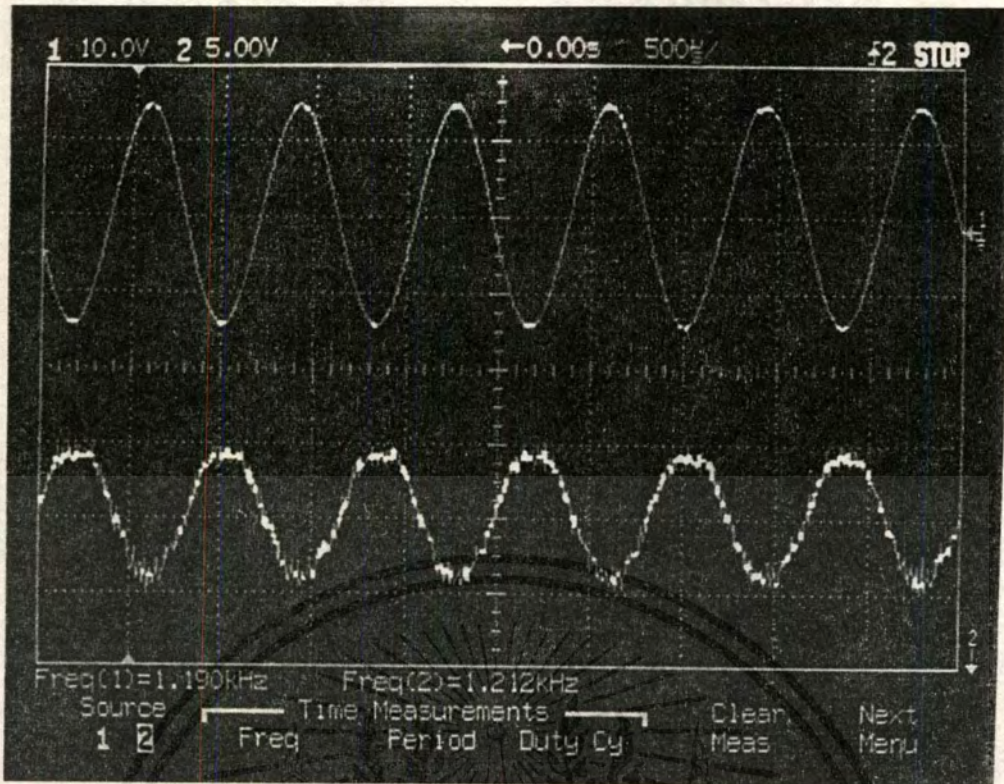
รูปที่ 4.9 CH1 แสดงสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลทที่ขา 2 ของ XR-2206
CH2 แสดงสัญญาณเอาต์พุตของ 74LS123 ขา 13



รูปที่ 4.10 CH 1 แสดงสัญญาณเอาต์พุตของแบนด์พาสฟิลเตอร์ 200 kHz

CH 2 แสดงสัญญาณเอาต์พุตของ 74LS123 ขา 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



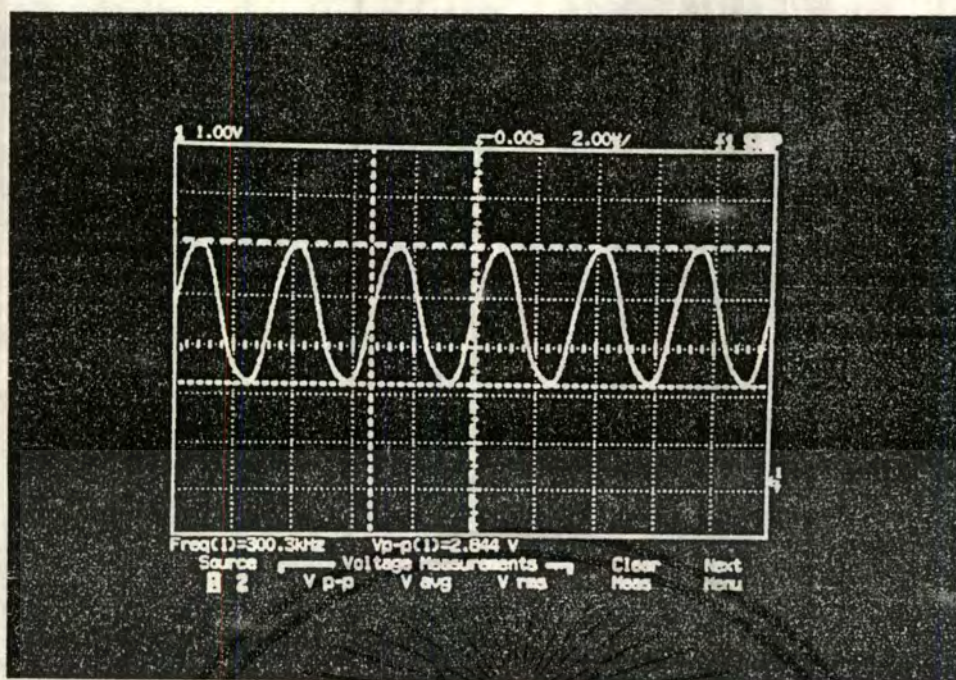
รูปที่ 4.11 CH1 แสดงสัญญาณไซน์ ป้อนที่อินพุท XR-2206 ขา 7

CH2 แสดงสัญญาณไซน์ที่คิดเทสัญญาณกลับมาจากเอาต์พุทของขา 6 ของวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน

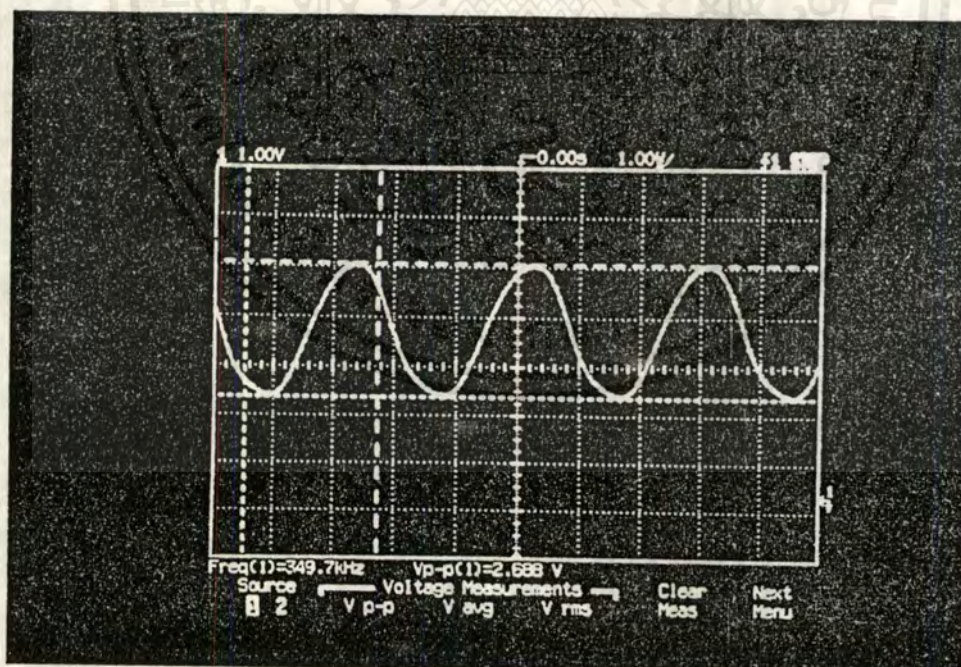
4.2 ผลการทดลองในส่วนของการเข้าและถอดรหัสสัญญาณคู่ความถี่ DTMF

สัญญาณคู่ความถี่ DTMF จะมีการเข้ารหัสทั้งทางด้านบิตควบคุมและบิตถูกช่วย โดยทางด้านบิตถูกช่วย จะใช้เมื่อต้องการติดต่อกับบิตควบคุม และ ถอดรหัสสัญญาณที่รับเข้ามาจากทางบิตควบคุมเมื่อเรียกกลับมา ส่วนบิตควบคุมก็ใช้เมื่อต้องการติดต่อกับบิตถูกช่วย และก็เช่นเดียวกันสำหรับการถอดรหัสสัญญาณจากบิตถูกช่วยที่ส่งมา

โดยที่ก่อนที่จะส่งสัญญาณคู่ความถี่ออกไปนั้น ต้องมาผ่านการมอดูเลทสัญญาณก่อน ซึ่งจะใช้ไอซี XR-2206 เหมือนกับส่วนของสัญญาณเสียง

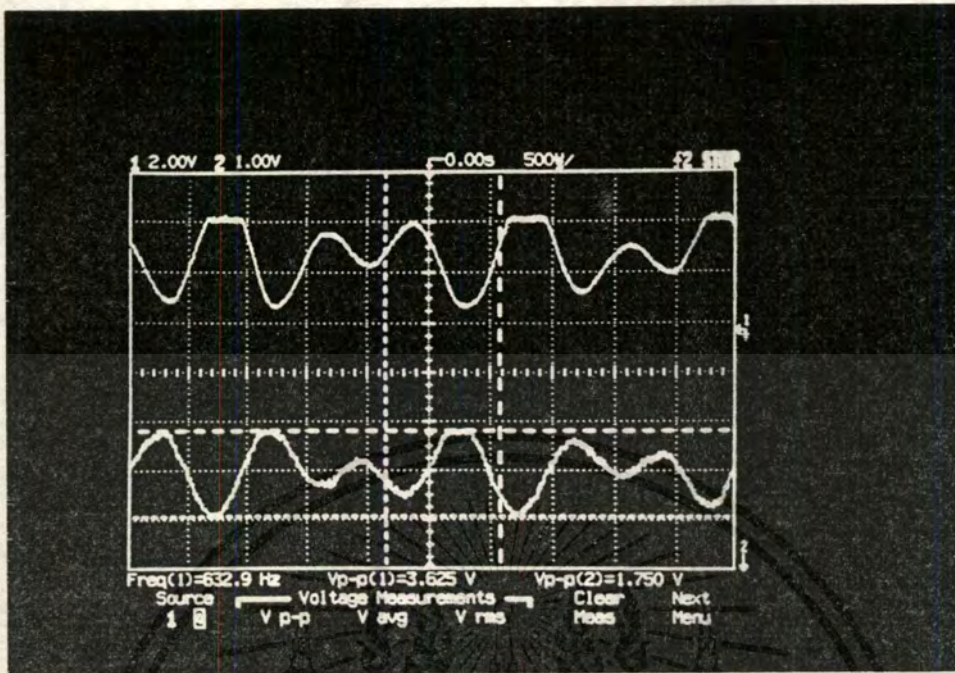


รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณเอาต์พุตของ XR-2206 กำเนิดคลื่นพาหะ 300 kHz ทางบวกควบคุม

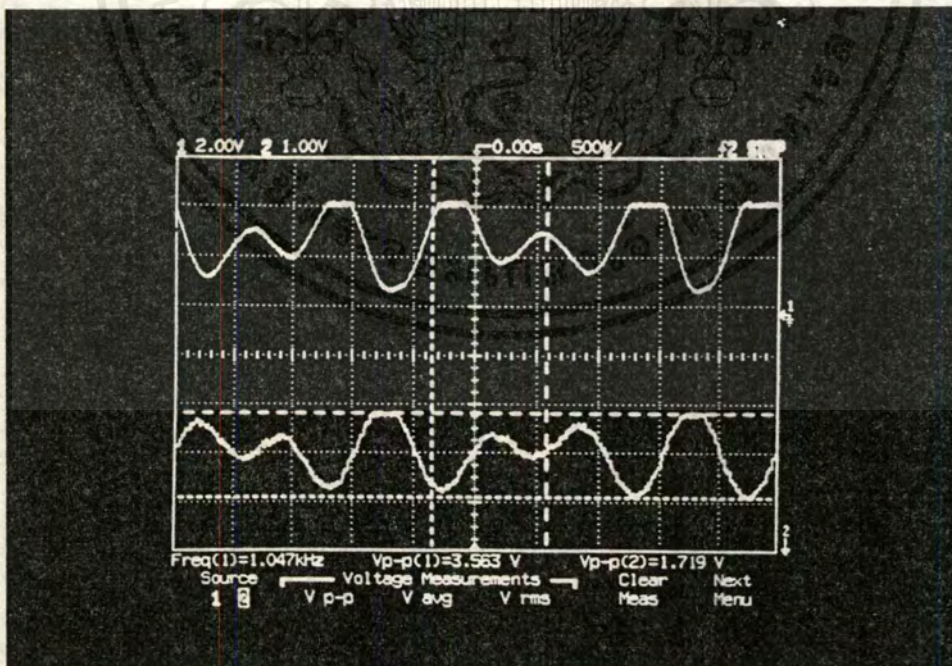


รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณเอาต์พุตของ XR-2206 กำเนิดคลื่นพาหะ 350 kHz ทางบวกถูกขยับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



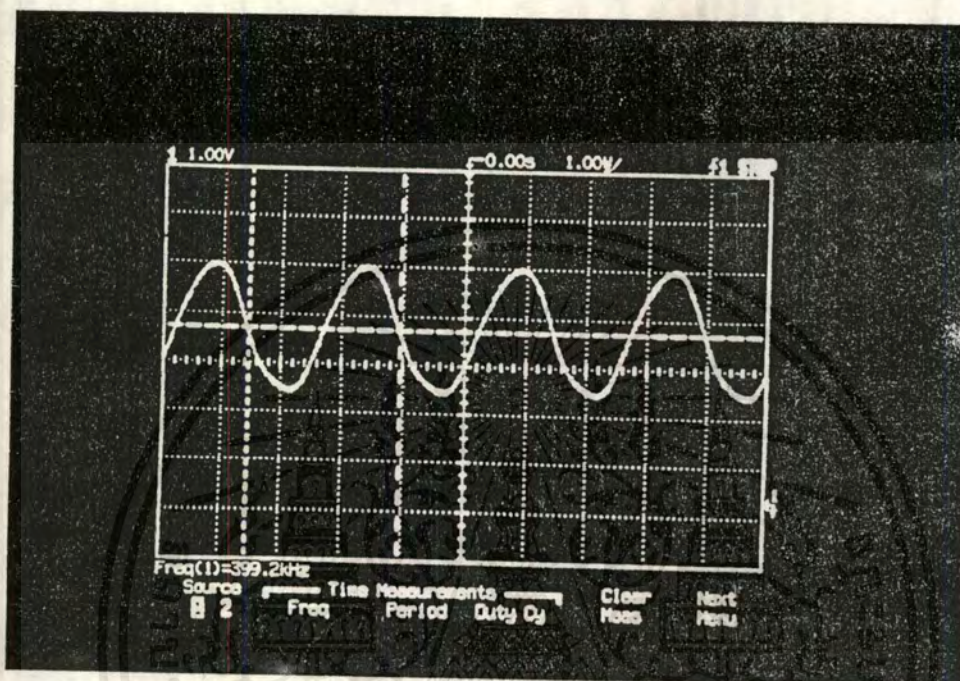
รูปที่ 4.14 CH 1 แสดงสัญญาณ DTMF ที่กำเนิดจาก MC145412 ป้อนเข้าที่ XR-2206 ขา 7 ทางบัพทควบคุม
CH 2 แสดงสัญญาณ DTMF ที่ผ่านการดีเทคแล้วที่เอาต์พุตขา 6 ของวงจรกรองความถี่ผ่านทางบัพทถูกข่าย



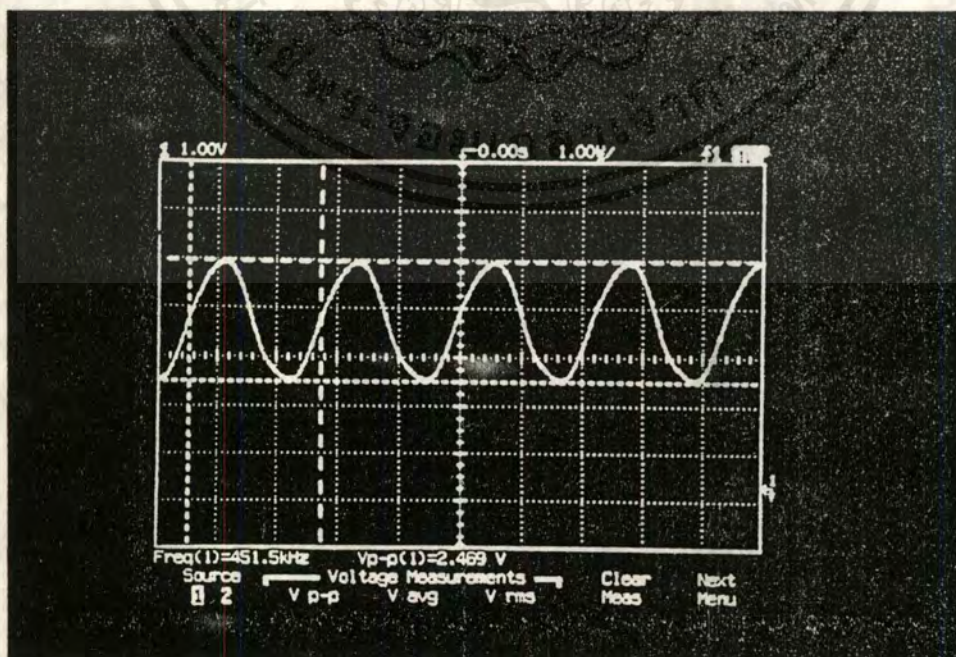
รูปที่ 4.15 CH 1 แสดงสัญญาณ DTMF ที่กำเนิดจาก MC145412 ป้อนเข้าที่ XR-2206 ขา 7 ทางบัพทถูกข่าย
CH 2 แสดงสัญญาณ DTMF ที่ผ่านการดีเทคแล้วที่เอาต์พุตขา 6 ของวงจรกรองความถี่ผ่านทางบัพทควบคุม
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองในส่วนของสัญญาณเสียงพูด

ในส่วนของสัญญาณเสียงพูดนั้น ก็มีวิธีการเช่นเดียวกับส่วนของสัญญาณเสียงทป แต่เปลี่ยนคลื่นพาหะที่ใช้ในการมอดูเลตสัญญาณ

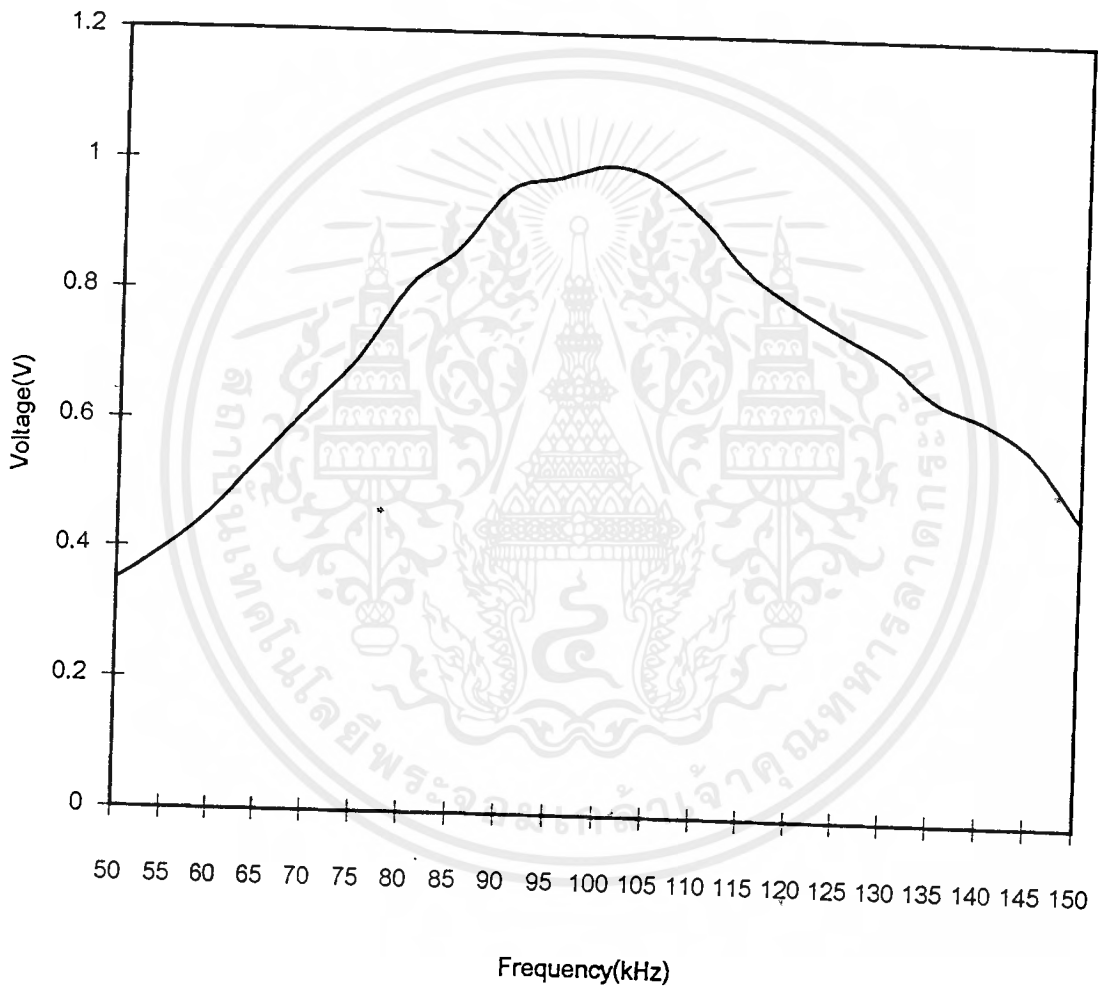


รูปที่ 4.16 แสดงสัญญาณเอาต์พุตของ XR-2206 กำหนดคลื่นพาหะ 400 kHz ทางด้านบวกควบคุม



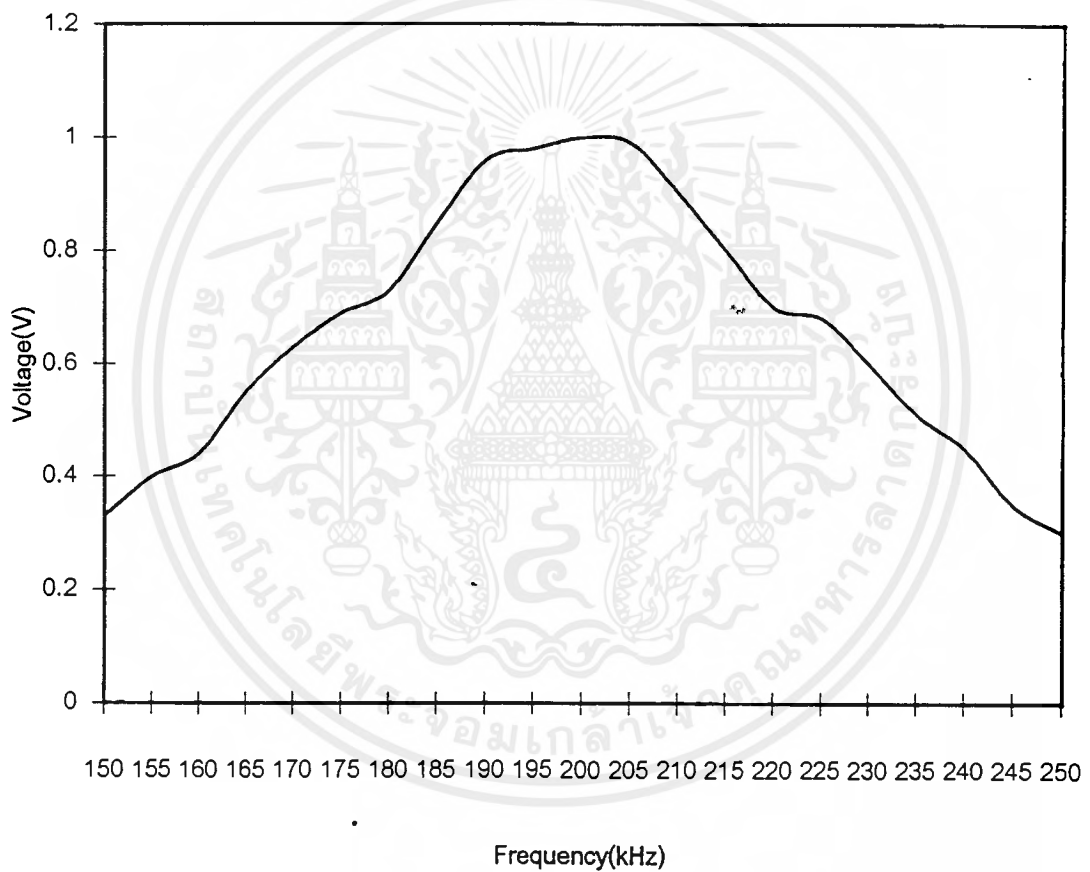
รูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณเอาต์พุตของ XR-2206 กำหนดคลื่นพาหะ 450 kHz ทางด้านบวกถูกขยับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



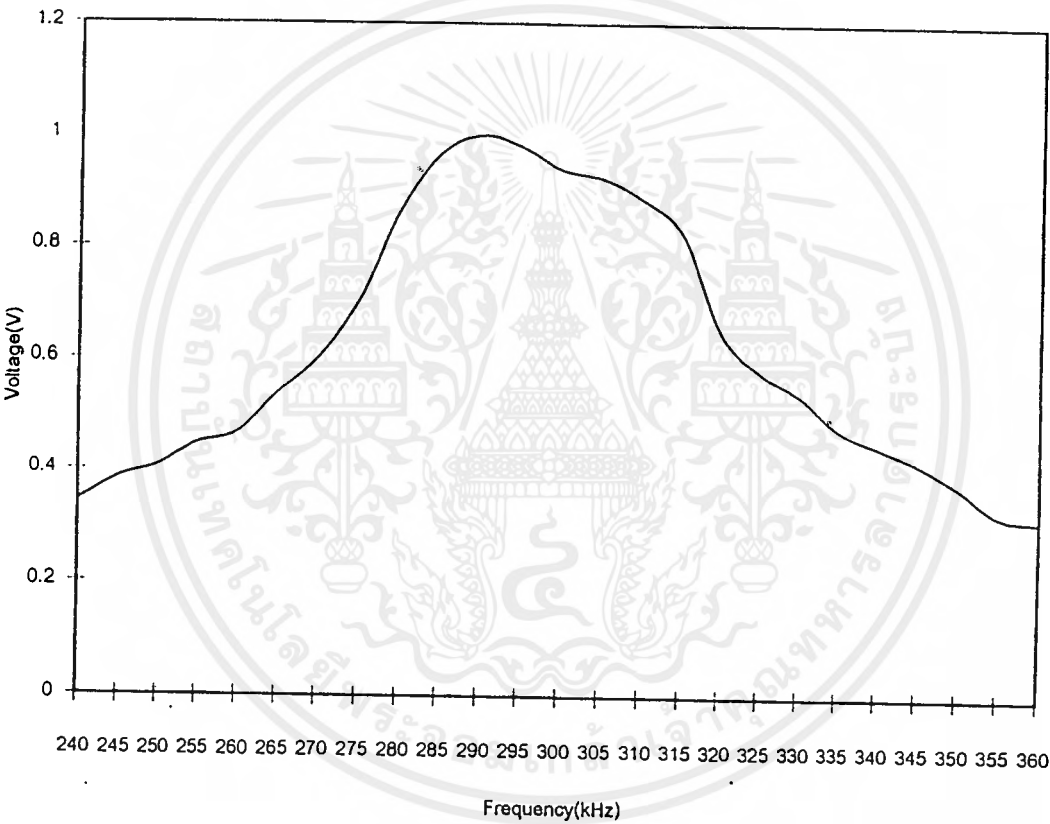
รูปที่ 4.18 แสดงกราฟผลการตอบสนองของวงจรกรองความถี่ผ่าน ที่มีค่าความถี่กลาง 100 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



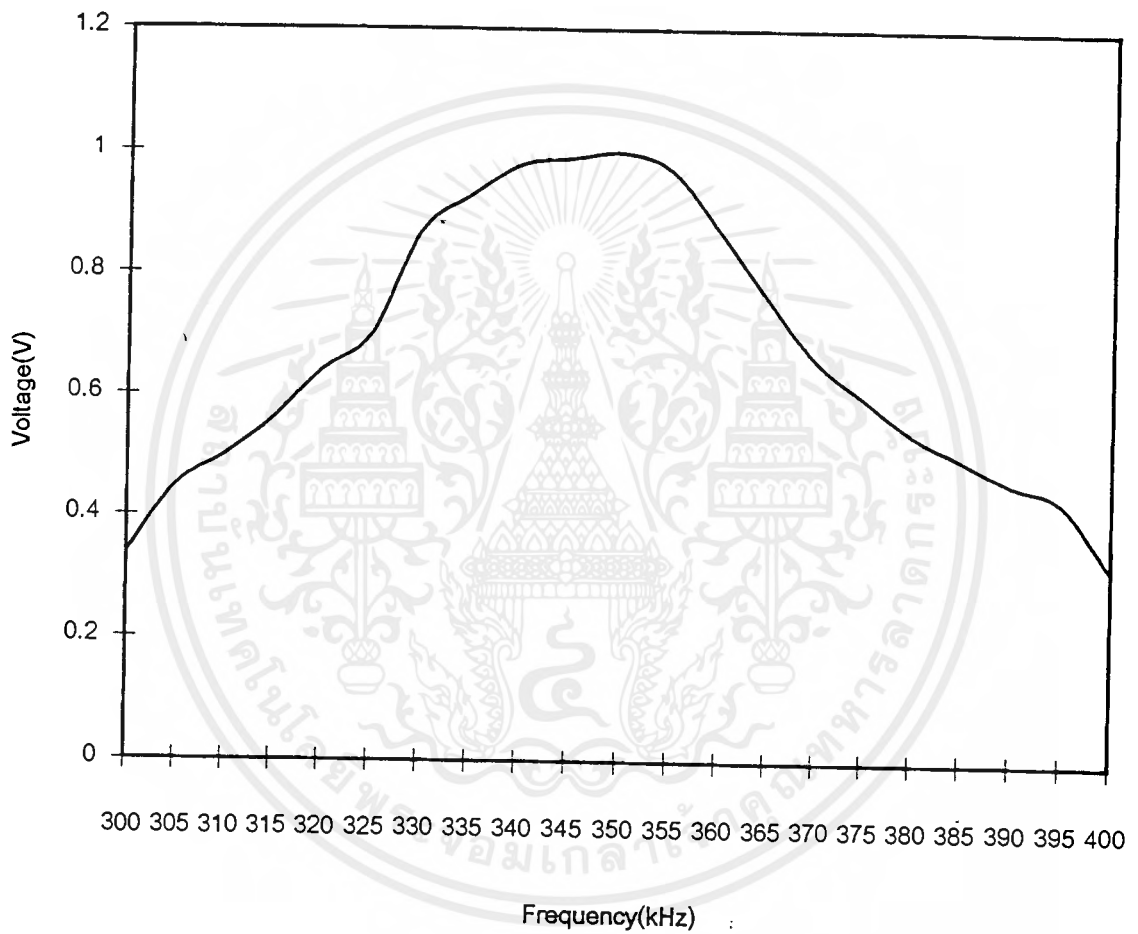
รูปที่ 4.19 แสดงกราฟผลการตอบสนองของวงจรกรองความถี่ผ่าน ที่มีค่าความถี่กลาง 200 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 แสดงกราฟผลการตอบสนองของวงจรกรองความถี่ผ่าน ที่มีค่าความถี่กลาง 300 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 แสดงกราฟผลการตอบสนองของวงจรกรองความถี่ผ่าน ที่มีค่าความถี่กลาง 350 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

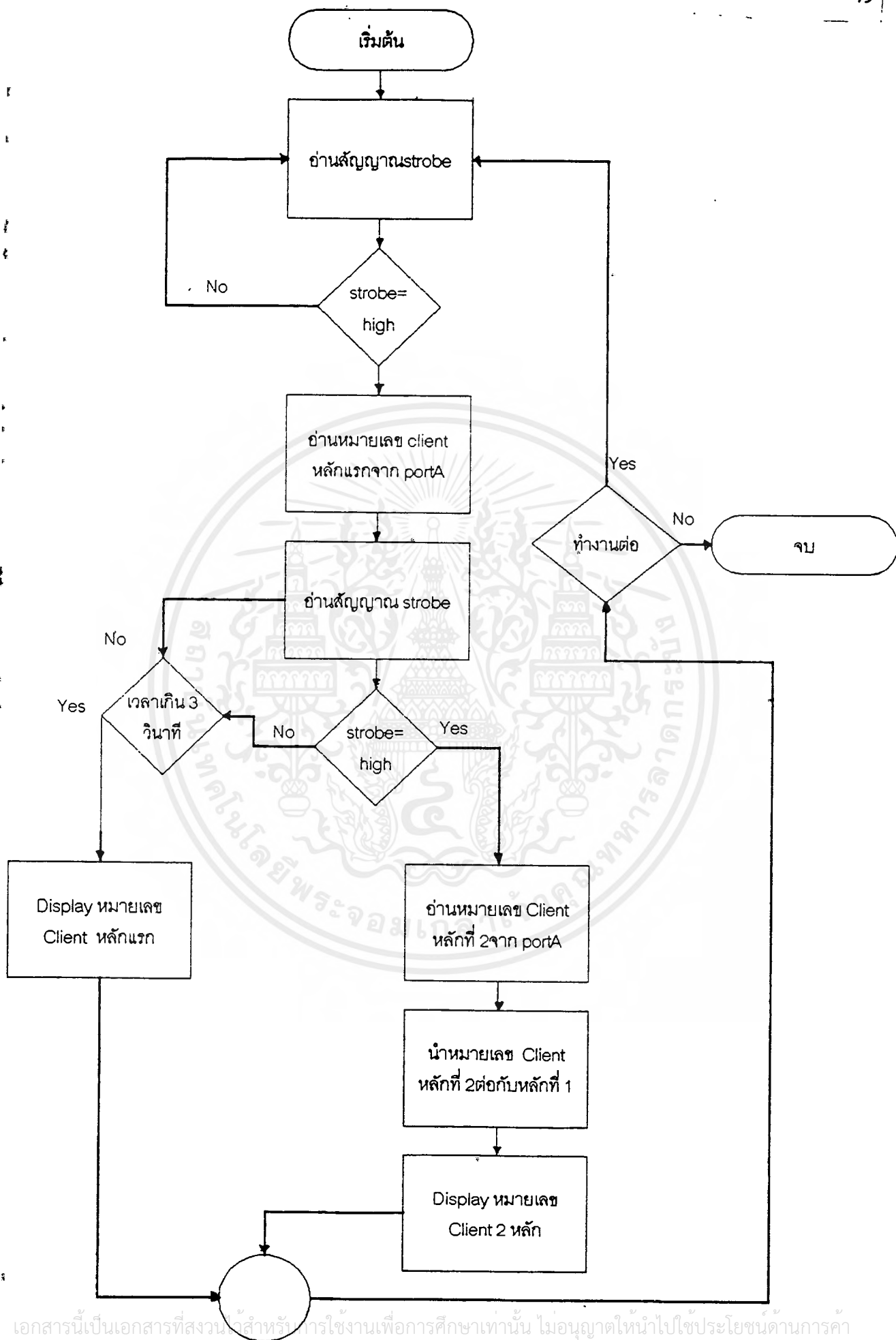
4.4 ผลการทดลองส่วนของการแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์

จากการที่บุทถูกข่ายต้องการติดต่อกับบุทควบคุม ทำได้โดยการกดคีย์ตามหมายเลขประจำบุทของตน และหมายเลขนั้นจะมปรากฏที่จอคอมพิวเตอร์ เพื่อให้บุทควบคุมได้ทราบ ทางบุทควบคุมจะมีวงจรตรรกหัสัญญาณคู่ความถึออกมาเป็นเลขไบนารี 4บิต และส่งผลไปยังไมโครโปรเซสเซอร์ 8255 และ วงจร ซึ่งทำให้เป็นการค้เทียบเข้าไปในคอมพิวเตอร์ และทำการเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาปาสคาล ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 4.22 และส่วนรายละเอียดของโปรแกรม

ภายในโปรแกรมได้ออกแบบให้กรณีที่บุทถูกข่ายกดหมายเลขเพียง 1 ตัว ก็สามารถทำงานได้โดยมันจะรออยู่ช่วงหนึ่ง แต่เมื่อไม่มีการกดค้วเลขที่ 2 ก็จะแสดงผลออกมาเพียงค่าเดียว ส่วนถ้ากด 2 ตัว ก็จะแสดงผลออกมาเป็น 2 ตัวให้เห็น และถ้าต้องการให้เริ่มต้นใหม่ ทำได้โดยการกดปุ่ม ENTER ส่วนถ้าต้องการออกจากโปรแกรม ทำได้โดยการกดปุ่ม ESC

หลังจากที่บุทควบคุมได้ทราบว่บุทถูกข่ายบุทใด เป็นผู้เรียกมาแล้ว ก็จะทำการกดหมายเลขของบุทถูกข่ายกลับไป เพื่อจะได้สามารถติดต่อกันได้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังห้ามนำไปดัดแปลงเนื้อหาและอ้างถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.22 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการแสดงผล

```
Program Sound_Lab:
```

```
Uses crt,dos;
```

```
Const
```

```
porta = $300;
```

```
portb = $301;
```

```
portc = $302;
```

```
conport = $303;
```

```
Var num1,num2,check : integer;
```

```
ch1 : char;
```

```
num1st,num2st,num3st : string;
```

```
timer : integer absolute $0040:$006c;
```

```
stop : boolean;
```

```
Begin
```

```
Clrscr;
```

```
Stop:=false;
```

```
num1:=0;
```

```
num2:=0;
```

```
num3st="";
```

```
gotoxy(35,10);
```

```
writeln("SOUND-LAB SYSTEM");
```

```
gotoxy(33,13);
```

```
write("NUMBER OF CALLED BOOTH : ");
```

```
Repeat
```

```
Repeat
```

```
check:=port[portb];
```

```
check:=check and $01;
```

```
Repeat
```

```
until (check=$01);
```

```
num1:=port[porta];
```

```
num1:=num1 and $0F;
```

```
if num1=10 then num1:=0;
```

```
timer:=0;
```

```
Repeat
```

```
check:=port[portb];
```

```
check:=check and $01;
```

```
until (check=$01) or (timer>=27.3);
```

```
If check=$01 then
```

```
Begin
```

```
num2:=port[porta];
```

```
num2:=num2 and $0F;
```

```
If num2=10 then num2:=0;
```

```
str(num1,num1st);
```

```
str(num2,num2st);
```

```
num3st=num1st+num2st
```

```
End;
```

```
if timer>=27.3 then
```

```
Begin
```

```
str(num1,num1st);
```

```
num3st=num1st
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

End;
gotoxy(80,13);
write(num3st);
gotoxy(27,15);
write('PRESS ENTER TO CONTINUE OR ESC TO EXIT');
Repeat
  ch1:=readkey;
Until (ch1=#13) or (ch1=#27);
if ch1=#27 then halt;
clrscr;
gotoxy(35,10);
writeln('SOUND-LAB SYSTEM');
GOTOXY(33,13);
write('NUMBER OF CALLED BOOTH : ');
Until stop=true;
End.

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และบทสรุป

จากการออกแบบและทดลองผลนั้น สามารถสร้างได้ตามที่ออกแบบไว้ คือ ทางบทควบคุม สามารถส่งสัญญาณเสียงออกไปทางบลูทูธง่าย และทางบลูทูธง่ายสามารถดึงสัญญาณเดิมออกมาได้ และในส่วนของกริดค็อกกัน โดยใช้สัญญาณคู่ความถี่ DTMF นั้น สามารถเข้าและถอดรหัสออกมาได้อย่างถูกต้อง ทางด้านบทควบคุมที่มีการแสดงผลของหมายเลขประจำบทที่ติดต่อมา สามารถแสดงผลออกมาให้ทราบทางคอมพิวเตอร์ได้

ระบบปฏิบัติการทางเสียงที่ออกแบบไว้นี้สามารถทำงานได้ แต่ยังมีปัญหาทางประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งควรจะได้รับพัฒนาให้มีประสิทธิภาพที่สูงกว่านี้ และจำนวนบลูทูธง่ายควรจะมีมากขึ้น เนื่องจากในการปฏิบัติงานจริงนั้นเราต้องบลูทูธง่ายจำนวนที่พอสมควร จากระบบที่ออกแบบไว้นี้ สามารถเพิ่มจำนวนได้ถึงประมาณ 100 ลูกข่าย เพราะว่าหมายเลขที่กดจากคีย์โทรศัพท์ที่สูงสุด 2 หลัก ก็คือ 99 นั่นเอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ วิวัฒน์ กิรานนท์, อาจารย์ ปราโมทย์ วาดเขียน และอาจารย์ วิชา
แสงพิสิทธ์ ที่ให้ทั้งคำปรึกษา ความรู้ ความเอาใจใส่ดูแลอย่างสม่ำเสมอตลอดมา และขอขอบคุณเพื่อน ๆ และ
น้อง ๆ ที่ให้คำแนะนำ และการช่วยเหลือ จนทำให้โครงการสำเร็จไปได้ด้วยดี

ผู้จัดทำ

22/2/41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชื่น ภู่วรรณ , “ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 2 “ กรุงเทพฯ , บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด , 2536
- [2] พันธุ์ศักดิ์ พุฒินานิตพงศ์ , “วงจรพัลส์และสวิตชิ่ง” กรุงเทพฯ , บริษัท เอ็ช.เอ็น กรุ๊ป จำกัด , 2539
- [3] ร.ต.อ. สุชาติ กังวารจิตต์ , “เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร” กรุงเทพฯ บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด , 2538
- [4] Lawrence P. Huelsman , “Active and Passive Analog Filter Design” McGraw - Hill Book Co , 1993

