



ภาควิชาวิศวกรรม  
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อ ระบบกระจายเสียงไร้สาย  
 Wireless Broadcasting System

- ชื่อนักศึกษา
- |                          |              |          |
|--------------------------|--------------|----------|
| 1. นายคุณธรรม ภัทรกุล    | รหัสประจำตัว | 45035293 |
| 2. นายธนระวีร์ เพ็ญปัญญา | รหัสประจำตัว | 45035299 |
| 3. นายนิวัฒน์ สุกณี      | รหัสประจำตัว | 45035303 |
| 4. นางสาวสุพรรณิ ศิริมาก | รหัสประจำตัว | 45035322 |

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม  
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์  
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม 1. อาจารย์อมรรชัย ชัยชนะ  
 2. ผศ.กิตติพงศ์ มะโน

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์	
2. อาจารย์สุชิน อจหาญ	
3. ผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	
4. อาจารย์พิชญ์สินี มงคลขจิต	
5. อาจารย์อมรรชัย ชัยชนะ	

วันเดือนปีที่สอบ วันอังคารที่ 30 มีนาคม พ.ศ. 2547 เวลา 15.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ ราตรี)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ขอสงวนสิทธิ์ให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ปริญญาบัตร

ระบบกระจายเสียงไร้สาย

WIRELESS BROADCASTING SYSTEM



นายคุณธรรม ภัทรกุล  
นายธนรัชต์ เพ็ญปัญญา  
นายนิวัตร สกฤณี  
นางสาวสุพรรณิ ศิริมาก

ม.ค.  
ค.ย.  
๒๕๔๖

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 51050  
วัน,เดือน,ปี 29 ส.ย. 2547

b.....  
i.....

ปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ระบบกระจายเสียงไร้สาย

Wireless Broadcasting System

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล เครื่องรับเครื่องส่งในระบบ FM และการมอดูเลตสัญญาณดิจิทัลแบบ FSK
2. เพื่อออกแบบวงจรการทำงานต่างๆ ของระบบกระจายเสียงไร้สาย
3. เพื่อสร้างระบบกระจายเสียงไร้สาย
4. เพื่อทดลองการทำงานของระบบกระจายเสียงไร้สาย
5. เพื่อนำระบบกระจายเสียงไร้สายไปใช้ปฏิบัติงานได้จริง

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้ความเข้าใจการเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล เครื่องรับเครื่องส่งในระบบ FM และการมอดูเลตสัญญาณดิจิทัลแบบ FSK
2. ได้วงจรการทำงานต่างๆ ของระบบกระจายเสียงไร้สาย
3. ได้ระบบกระจายเสียงไร้สาย
4. ได้ผลการทดลองการทำงานของระบบกระจายเสียงไร้สาย
5. ได้ระบบกระจายเสียงไร้สายไปใช้ปฏิบัติงานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ระบบกระจายเสียงไร้สาย	
นักศึกษา	นายคุณธรรม	ภัทรกุล
	นายธนระชัย	เพ็ญปัญญา
	นายนิวัตร	สกุณี
	นางสาวสุพรรณิ	ศิริมาก
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ
	ผศ.กิติพงศ์	มะโน
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ปีการศึกษา	2546	

### บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึง โครงการเกี่ยวกับระบบกระจายเสียงไร้สาย ซึ่งควบคุมการทำงานจากระบบโดยเครื่องส่ง ทางด้านเครื่องส่ง สัญญาณเสียงจะส่งในระบบสเตอริโอมีติเพ็ล็กซ์ ส่วนการควบคุมเครื่องรับจะใช้หลักการเข้ารหัสความถี่คู่ (DTMF) และส่งออกไป โดยการผสมสัญญาณไปกับความถี่คลื่นพาห้อย่อยซึ่งอาศัยหลักการของการส่งวิทยุในระบบเอสซีเอ (SCA)

ทางด้านเครื่องรับ สัญญาณควบคุมพื้นที่นั้นจะถูกถอดรหัสสัญญาณการเข้ารหัสความถี่คู่ออกมาเพื่อใช้ในการควบคุมเครื่องรับโดยจะควบคุมเครื่องให้ทำงานเปิด-ปิดได้จากเครื่องส่ง

<b>Thesis Title</b>	Wireless Broadcasting System	
<b>Students</b>	Mr. Kunatum	Patharagool
	Mr. Thanarat	Phenpanya
	Mr. Niwat	Sakunee
	Miss Supanee	Sirimark
<b>Advisor</b>	Asst.Prof.Peerawut	Suwanjan
<b>Co-Advisors</b>	Mr.Amornchai	Chaichana
	Asst.Prof.Kitipong	Mano
<b>Education Level</b>	Bachelor of Science in Industrial Education	
<b>Program in</b>	Telecommunication Engineering	
<b>Academic Year</b>	2003	

### ABSTRACT

This thesis presents the use of wireless broadcasting system. All of the system can be controlled by the transmitter. The transmitter transmits signal in stereo multiplex. The control signal is entered by DTMF code and sent by modulation of DTMF signal to the sub-carrier frequency which is the principle of SCA transmission. For the receivers, the control signal changes from DTMF code to control the receiver and makes it possible to control the on-off switch in each part. All of the receiver parts can be controlled by DTMF code of the transmitter.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลือในการให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ และสถานที่ต่างๆ ในการปฏิบัติงานจากคณาจารย์ประจำ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ห้องสมุด คณะวิศวกรรมศาสตร์ หอสมุดกลาง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ร่วมมือ ร่วมใจ และให้กำลังใจ และที่สำคัญที่สุด คือ บิดา มารดาที่ให้ชีวิต ให้กำลังใจที่ดีที่สุด และงบประมาณในการทำโครงการและปริญญานิพนธ์ ครั้งนี้ จึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่กล่าวมาข้างต้นด้วยความจริงใจอย่างสุดซึ้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ชัดความสามารถของ โครงการงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 หลักการส่งวิทยุกระจายเสียงเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์	3
2.2.1 ความหมายของระบบสเตอริโอมัลติเพล็กซ์	3
2.2.2 การมัลติเพล็กซ์สัญญาณ	3
2.2.3 การส่งการกระจายเสียงระบบเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์	4
2.2.4 หลักการทำงานของเครื่องส่งเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์	9
2.3 ระบบการสอดแทรกคลื่นพาห่อย่อยในการส่งกระจายเสียงระบบเอฟเอ็ม	15
2.3.1 ลักษณะทั่วไปของระบบการสอดแทรกคลื่นพาห่อย่อย	15
ในการส่งกระจายเสียงระบบเอฟเอ็ม	
2.3.2 การส่งและรับระบบการสอดแทรกคลื่นพาห่อย่อยใน	17
การส่งกระจายเสียงระบบเอฟเอ็ม	
2.3.3 การพิจารณาเกี่ยวกับการรบกวน	19
2.4 การเข้ารหัสความถี่คู่	21
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์	23
2.5.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5.2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์	24
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	28
3.1 หลักการออกแบบ	28
3.2 วงจรทางด้านเครื่องส่ง	29
3.2.1 วงจรผสมสัญญาณ	30
3.2.2 วงจรควบคุมเสียงทุ้มแหลม	31
3.2.3 วงจรสเตอริโอแมตติเฟอ์	31
3.2.4 วงจรเข้ารหัสความถี่คู่	38
3.2.5 วงจรเครื่องส่ง	39
3.2.6 วงจรขยายกำลัง	43
3.2.7 สายอากาศ	43
3.3 วงจรทางด้านเครื่องรับ	45
3.3.1 วงจรปรับความถี่	45
3.3.2 วงจรควบคุมการเปิด-ปิด	46
3.3.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	48
3.3.4 วงจรขยายสัญญาณเสียง	49
3.3.5 วงจรตั้งเวลา	49
3.4 ส่วนประกอบต่างๆ	51
3.4.1 ก่อ่งเครื่องส่ง	51
3.4.2 ก่อ่งแหล่งจ่ายไฟ	52
3.4.3 ก่อ่งเครื่องรับ	53
3.4.4 ขาดังต่ำโพง	55
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	56
4.1 กล่าวนำ	56
4.2 การทดลองและผลการทดลองวงจรทางด้านเครื่องส่ง	56
4.2.1 วงจรการเข้ารหัสความถี่คู่	56
4.2.2 วงจรสเตอริโอแมตติเฟอ์	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.3 การทดลองและผลการทดลองระบบกระจายเสียงไร้สาย	60
4.3.1 ขั้นตอนการทดลอง	60
4.3.2 ผลการทดลอง	61
บทที่ 5 บทสรุป	62
5.1 สรุป	62
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	63
5.3 แนวทางการพัฒนา	63
บรรณานุกรม	64
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	65
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	68
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	84
ภาคผนวก ง แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม	98
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	102
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	109
ประวัติผู้แต่ง	159

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ของบริษัท Intel และบริษัท Atmal	24
4.1 ผลการทดลองวัดสัญญาณเสียง ณ บริเวณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม	61
ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรตั้งเวลา	85
ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมเสียงทึ่มແຫລມ	86
ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรผสมสัญญาณ	87
ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรสเตอริโอเมตริกซ์	88
ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรเข้ารหัสความถี่คู่	88
ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรมอดูเลเตอร์ได้คู่	89
ค.7 รายการอุปกรณ์ของวงจรกำเนิดความถี่สัญญาณเสียงนำและคลื่นพาห้อย่อย	90
ค.8 รายการอุปกรณ์ของวงจรขยายผลรวม	90
ค.8 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรขยายผลรวม	91
ค.9 รายการอุปกรณ์ของวงจรกำเนิดความถี่ 67 kHz	91
ค.10 รายการอุปกรณ์ของวงจรขยายสัญญาณเสียง	92
ค.11 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการเปิด-ปิด	93
ค.12 รายการอุปกรณ์ของวงจรเครื่องส่ง	94
ค.12 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรเครื่องส่ง	95
ค.13 รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายไฟ	96
ค.14 รายการอุปกรณ์ของวงจรปรับความถี่	96
ค.14 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรปรับความถี่	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ระบบสเตอริโอของเครื่องขยายเสียง	4
2.2 หลักการส่งกระจายเสียงโดยมัลติเพล็กซ์สัญญาณซ้ายและขวา ส่งไปกับคลื่นพาห์อันเดียวกัน	5
2.3 สเปคตรัมของสัญญาณที่ส่งตามหลักการของรูปที่ 2.2	6
2.4 แผนผังการทำงานของเครื่องส่งเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์	8
2.5 การรวมสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม	12
2.6 ขอบเขตความถี่ของสัญญาณมัลติเพล็กซ์	13
2.7 การถอดสัญญาณมัลติเพล็กซ์ด้วยวงจรมอดูเลเตอร์	14
2.8 การใช้แถบความถี่ของสัญญาณในระบบเอฟเอ็มโมโน	16
2.9 การใช้แถบความถี่ของสัญญาณในระบบเอฟเอ็มโมโนร่วมกับเอสซีเอ	16
2.10 การใช้แถบความถี่ของสัญญาณในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอ	16
2.11 การใช้แถบความถี่ของสัญญาณในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอร่วมกับเอสซีเอ	17
2.12 แผนผังการทำงานโดยสังเขปของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงระบบสเตอริโอ โฟนิคกับเอสซีเอ	18
2.13 แผนผังการทำงานโดยสังเขปของเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มสเตอริโอ ที่สามารถเลือกรับสัญญาณเอสซีเอได้	19
2.14 ความกว้างของแถบความถี่ของคลื่นสัญญาณที่ส่งระบบเอสซีเอทั้ง 3 สถานี	20
2.15 การเข้ารหัสของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม	22
2.16 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	25
2.17 สถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	27
3.1 แผนผังการทำงานของระบบกระจายเสียงไร้สาย	28
3.2 แผนผังการทำงานของเครื่องส่ง	29
3.3 วงจรผสมสัญญาณ	30
3.4 วงจรควบคุมเสียงทึ่มແລ່ມ	31
3.5 แผนผังการทำงานของวงจรผลิตสัญญาณสเตอริโอ	32
3.6 วงจรขยายสเตอริโอเมตริกซ์	33
3.7 วงจรมอดูเลเตอร์ได้ผล	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.8 วงจรกำเนิดความถี่สัญญาณเสียงนำร่องและคลื่นพาห้อย่อย	35
3.9 วงจรขยายผลรวม	36
3.10 วงจรสเตอริโอโมดูลิเฟอ์กซ์	37
3.11 แผนผังการทำงานของวงจรเข้ารหัสความถี่คู่	38
3.12 วงจรเข้ารหัสความถี่คู่	38
3.13 วงจรเครื่องส่ง	42
3.14 วงจรขยายกำลัง	43
3.15 สายอากาศไดโพล	44
3.16 วงจรปรับความถี่	46
3.17 วงจรควบคุมการเปิด-ปิด	47
3.18 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	48
3.19 วงจรขยายสัญญาณเสียง	49
3.20 วงจรตั้งเวลา	50
3.21 ส่วนประกอบของกล่องเครื่องส่ง	51
3.22 ด้านบนของกล่องเครื่องส่ง	51
3.23 ด้านข้างของกล่องเครื่องส่ง	52
3.24 ด้านหลังของกล่องเครื่องส่ง	52
3.25 ส่วนประกอบของกล่องแหล่งจ่ายไฟ	52
3.26 ด้านหน้าของกล่องแหล่งจ่ายไฟ	53
3.27 ด้านหลังของกล่องแหล่งจ่ายไฟ	53
3.28 ส่วนประกอบของกล่องเครื่องรับ	53
3.29 ด้านหน้าของกล่องเครื่องรับ	54
3.30 ด้านหลังของกล่องเครื่องรับ	54
3.31 ด้านข้างของกล่องเครื่องรับ	54
3.32 ส่วนประกอบของขาตั้งลำโพง	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเข้ารหัสความถี่คู่	56
4.2 สัญญาณความถี่เสียงนำร่อง 19 kHz	57
4.3 สัญญาณความถี่เสียงนำ 18.98 kHz ที่มีการผ่านวงจรจูนเพื่อให้ได้สัญญาณแอนะล็อก	57
4.4 สัญญาณคลื่นพาห่อย่อย 38 kHz	58
4.5 สัญญาณคลื่นพาห่อย่อย 38 kHz ที่มีการผ่านวงจรจูนเพื่อให้ได้สัญญาณแอนะล็อก	58
4.6 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลเตอร์ได้คู่	59
4.7 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรสเตอริโอมีคติกเพ็คกิ้ง	59
4.8 สเปกตรัมความถี่ 87 kHz	60
4.9 การต่อสายนำสัญญาณจากสายอากาศเข้าเครื่องส่ง	60
ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องส่งระบบกระจายเสียงไร้สาย	66
ก.2 ภาพด้านหลังของเครื่องส่งระบบกระจายเสียงไร้สาย	66
ก.3 ภาพด้านหน้าของเสาเครื่องรับ	67
ก.4 ภาพด้านหลังของเสาเครื่องรับ	67
ข.1 วงจรเข้ารหัสความถี่คู่	69
ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์เข้ารหัสความถี่คู่	69
ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์เข้ารหัสความถี่คู่	70
ข.4 วงจรควบคุมการเปิดปิด	70
ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์ควบคุมการเปิดปิด	71
ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์ควบคุมการเปิด-ปิด	72
ข.7 วงจรขยายสัญญาณเสียง	72
ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์ขยายสัญญาณเสียง	73
ข.9 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรพิมพ์ขยายสัญญาณเสียง	73
ข.10 วงจรเครื่องส่ง	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.11 แผ่นวงจรพิมพ์เครื่องส่ง	75
ข.12 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์เครื่องส่ง	76
ข.13 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	77
ข.14 แผ่นวงจรพิมพ์แหล่งจ่ายไฟ	78
ข.15 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์แหล่งจ่ายไฟ	79
ข.16 วงจรแสดงผล	80
ข.17 แผ่นวงจรพิมพ์แสดงผล	81
ข.18 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์แสดงผล	82
ข.19 วงจรปรับความถี่	83
ข.20 แผ่นวงจรพิมพ์ปรับความถี่	83
ข.21 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์ปรับความถี่	83
ง.1 ผังงานโปรแกรมการตั้งเวลาเปิด-ปิด	99
จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องส่งระบบกระจายเสียงไร้สาย	104
จ.2 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องรับระบบกระจายเสียงไร้สาย	105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันระบบกระจายเสียงที่ใช้ในการประชาสัมพันธ์ข่าวสารภายในอาคาร หน่วยงาน หรือสถาบันต่างๆ ส่วนใหญ่จะเป็นระบบกระจายเสียงตามสาย ซึ่งปัญหาที่พบบ่อยคือ ทำให้ สิ้นเปลืองสายนำสัญญาณ และคุณภาพเสียงไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากค่าความต้านทานภายในสายที่ เพิ่มขึ้นตามระยะทางในการเดินสายนำสัญญาณ ทั้งยังทำให้การเดินสายในบางพื้นที่ทำได้ ยากลำบากทำให้เกิดความไม่สวยงามแก่ตัวอาคาร และในการใช้งานหากเกิดการชำรุดเสียหายของ สายแล้วจะยากลำบากต่อการตรวจสอบบำรุง

ดังนั้นจึงได้พัฒนาเป็นระบบกระจายเสียงไร้สายขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น แต่ ระบบกระจายเสียงไร้สายที่ใช้หลักการแพร่กระจายเสียงโดยมีการมอดูเลตสัญญาณเสียงแบบ แอนะลอกจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนจากคลื่นความถี่ข้างเคียง ทำให้สัญญาณเสียงที่ได้ไม่ชัดเจน จึงได้เกิดแนวความคิดที่จะพัฒนาและศึกษาาระบบกระจายเสียงไร้สายจากระบบกระจายเสียงไร้สาย เดิมที่เป็นการมอดูเลตสัญญาณเสียงแบบแอนะลอกให้เป็นการมอดูเลตสัญญาณเสียงแบบดิจิทัล

### 1.2 ขีดความสามารถของโครงการ

โครงการนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. สามารถตั้งเวลาเปิด-ปิดการทำงานของระบบกระจายเสียงไร้สายได้ที่เครื่องส่ง
2. สามารถเคลื่อนย้ายจุดที่จะใช้งานได้ตามความเหมาะสมของสถานที่และการใช้งาน
3. สามารถครอบคลุมพื้นที่การรับ-ส่งได้กว้างประมาณ 1 ตารางกิโลเมตร โดยใช้กำลังส่ง 5 วัตต์
4. สามารถต่ออุปกรณ์กำเนิดเสียงเข้าที่เครื่องรับได้โดยตรงทั้งหมด 5 ช่องสัญญาณ
5. สามารถสร้างเครื่องรับจำนวน 5 เครื่อง และขยายเครื่องรับได้จำนวนทั้งหมด 16 เครื่อง
6. สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องรับจากเครื่องส่งได้
7. ความถี่ใช้งานอยู่ในย่าน VHF ที่ความถี่ 87 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปฏิญานิพนธ์ ชี้ความสามารถของโครงการ และเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วยเนื้อหาของทฤษฎีและหลักการต่างๆ ที่เกี่ยวกับระบบกระจายเสียงไร้สาย ซึ่งประกอบด้วยหลักการส่งวิทยุกระจายเสียงเอฟเอ็มสเตอริโอ มัลติเพล็กซ์ และการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล รวมทั้งการส่งสัญญาณดิจิทัลโดยใช้คลื่นพาห้

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ แผนผังการทำงานของโครงการ ผังวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงการ ตลอดจนการออกแบบและการสร้างส่วนประกอบต่างๆ เช่น วงจรทางด้านสถานีส่ง และวงจรทางด้านสถานีรับ วงจรเข้ารหัส และถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ โครงสร้างของชิ้นงาน พร้อมทั้งการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ โดยละเอียด

บทที่ 4 ประกอบด้วย การทดลองและผลการทดลองของวงจรส่วนภาคเปิด-ปิดเครื่องรับ วงจรภาคขยายเสียง วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก การวัดความแรงสัญญาณของเครื่องส่ง

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงการ ปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางในการแก้ไข รวมทั้งแนวทางการพัฒนา

ภาคผนวก ก แสดงภาพเครื่องต้นแบบ การติดตั้ง การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ขณะใช้งานจริง

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดวงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้งานในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง แสดงแผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรมทั้งหมดที่สร้างขึ้น เพื่อประกอบการทำงานของโครงการ

ภาคผนวก จ เป็นคู่มือการใช้งานระบบกระจายเสียงไร้สาย

ภาคผนวก ฉ แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญาบัตรฉบับนี้ เป็นทฤษฎีและหลักการทำงานที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงาน ซึ่งประกอบด้วยหลักการส่งวิทยุกระจายเสียงเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ และการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล รวมทั้งการส่งสัญญาณดิจิทัลโดยใช้คลื่นพาห้

#### 2.2 หลักการส่งวิทยุกระจายเสียงเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์

##### 2.2.1 ความหมายของระบบสเตอริโอมัลติเพล็กซ์

สเตอริโอ (Stereo) หมายถึง ระบบที่สามารถแยกทิศทางของเสียงได้ เพื่อเป็นการจำลองมิติให้คล้ายกับการฟังจากของจริง เมื่อเราฟังดนตรีจากระบบสเตอริโอ 2 ทิศทางจะสามารถแยกตำแหน่งของเครื่องดนตรีได้ว่าเสียงของเครื่องดนตรีชิ้นนั้นๆ มาจากทิศทางใดซ้ายขวาหรือกึ่งกลาง แต่สำหรับระบบสเตอริโอ 4 ทิศทางแล้ว เราจะได้มิติของเสียงเพิ่มขึ้นสามารถแยกตำแหน่งของทิศทางได้รอบตัว ทำให้เพิ่มรรถรสในการฟังได้มากยิ่งขึ้น

มัลติเพล็กซ์ (Multiplex) หมายถึง การส่งสัญญาณหลายๆ สัญญาณรวมกันมาเป็นการผสมสัญญาณต่างๆ ลงบนคลื่นพาห้เดียวกัน แล้วส่งไปยังปลายทาง เมื่อถึงปลายทางด้านเครื่องรับได้ใช้วิธีแยกสัญญาณต่างๆ ให้ออกมาตามที่ต้องการ เปรียบเทียบได้กับเราเอาสิ่งของหลายอย่างใส่หีบห่อเดียวกันแล้วส่งไปยังปลายทาง เมื่อถึงจุดหมายเราก็เอาหีบห่อแยกเอาสิ่งของเหล่านั้นออกมาใช้งานตามความประสงค์

การส่งกระจายเสียงระบบสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ หมายถึง การนำสัญญาณซีกซ้าย (L) และสัญญาณซีกขวา (R) นำมัลติเพล็กซ์รวมๆ กัน ไปกับคลื่นพาห้ส่งกระจายคลื่นไปยังเครื่องรับทางเครื่องรับจะมีขบวนการแยกเอาสัญญาณซีกซ้าย และสัญญาณซีกขวาออกมาจากคลื่นพาห้อีกครั้ง

##### 2.2.2 การมัลติเพล็กซ์สัญญาณ

1) การมัลติเพล็กซ์สัญญาณทางเวลา (Time Division Multiplex) เป็นการส่งสัญญาณต่างๆ รวมกันมาตามลำดับของเวลา เช่น การส่งสัญญาณภาพของโทรทัศน์ขาวดำธรรมดา เมื่อส่งสัญญาณไปหนึ่งเส้นก็สอดด้วยสัญญาณอื่นๆ แล้วเริ่มต้นใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การมัลติเพล็กซ์สัญญาณทางความถี่ (Frequency Division Multiplex) เป็นการส่งสัญญาณต่างๆ รวมกันมาในเวลาเดียวกัน ไม่เรียงตามลำดับเวลาแต่ใช้ความต่างทางความถี่ ในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ก็ใช้การมัลติเพล็กซ์แบบนี้ เพราะสัญญาณสีเกาะมาพร้อมกับสัญญาณขาวดำ ในเวลาเดียวกันในการส่งกระจายเสียงระบบสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ ก็ใช้การมัลติเพล็กซ์แบบนี้ด้วยเช่นกัน

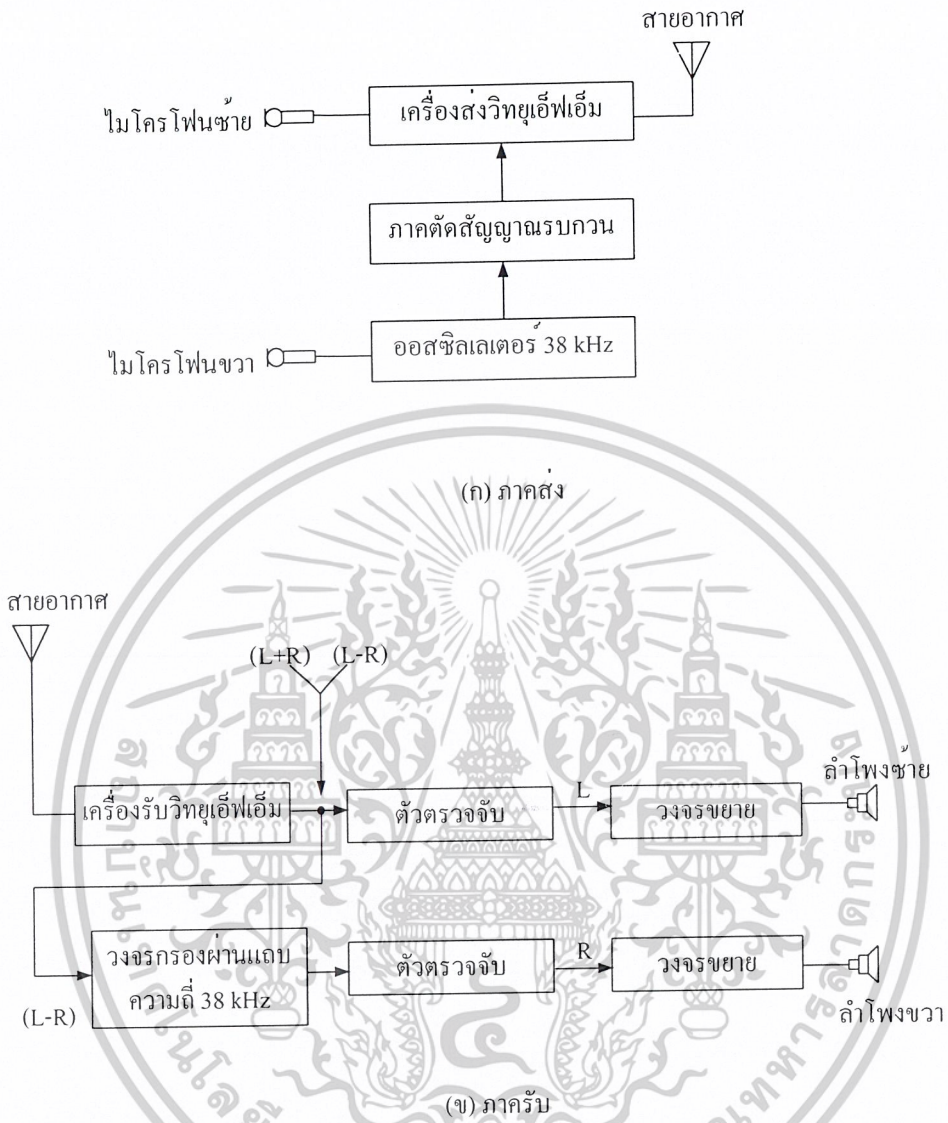
### 2.2.3 การส่งกระจายเสียงระบบสเตอริโอมัลติเพล็กซ์

ในรูปที่ 2.1 แสดงระบบสเตอริโอของเครื่องขยายเสียง จะเห็นว่ามิดั้วรับสัญญาณเสียงมีอยู่ 2 ชุด คือ ไมโครโฟนรับสัญญาณเสียงทางซีกซ้ายและไมโครโฟนรับสัญญาณเสียงทางซีกขวา สัญญาณเสียงจากไมโครโฟนทั้งสองจะถูกส่งไปยังเครื่องขยายเสียงซึ่งแยกเป็นซ้ายและขวา ในที่สุดสัญญาณเสียงจากไมโครโฟนซีกซ้ายจะถูกขยายออกสู่ลำโพงทั้งสองด้านซึ่งเป็นจุดที่สามารถรับฟังเสียงที่เป็นสเตอริโอมากที่สุดหรือเป็นตำแหน่งที่ผู้ฟังสามารถแยกทิศทางของเสียงได้ดีที่สุด



รูปที่ 2.1 ระบบสเตอริโอของเครื่องขยายเสียง

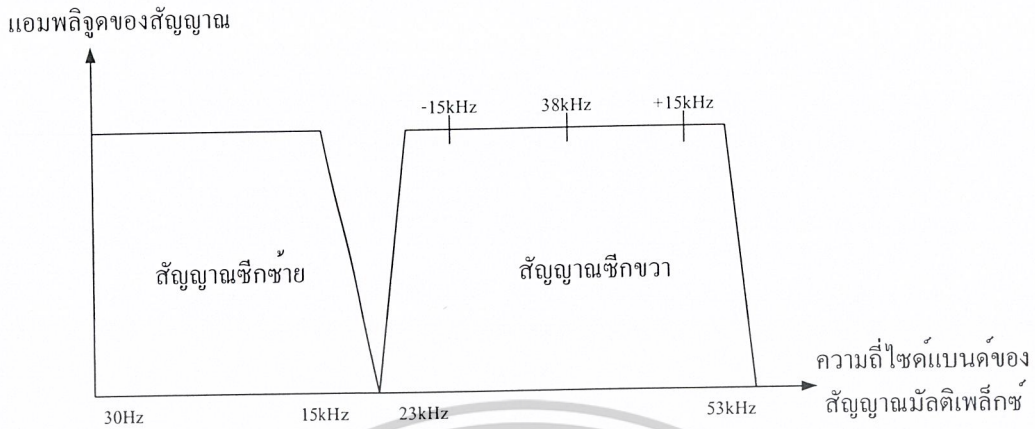
รูปที่ 2.1 เป็นแผนผังแสดงหลักการส่งกระจายเสียงระบบสเตอริโอที่มีการมัลติเพล็กซ์สัญญาณเสียงซ้ายและขวาเข้าด้วยกันแล้วส่งไปกับคลื่นพาห์อันเดียวกัน



รูปที่ 2.2 หลักการส่งกระจายเสียงโดยมัลติเพล็กซ์สัญญาณซ้ายและขวา  
ส่งไปกับคลื่นพาห์อันเดียวกัน

รูปที่ 2.2 เป็นผังการทำงานของหลักการส่งกระจายเสียงระบบสเตอริโอที่มีการมัลติเพล็กซ์สัญญาณเสียงซีกซ้ายและซีกขวาเข้าด้วยกันแล้วส่งไปกับคลื่นพาห์อันเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 สเปกตรัมของสัญญาณที่ส่งตามหลักการของรูปที่ 2.2

ด้านเครื่องส่ง ไมโครโฟน L จะรับสัญญาณเสียงซีกซ้ายแล้วส่งเข้าไปมอดูเลตกับคลื่นพาห์ในเครื่องส่งเอฟเอ็มโดยตรง ส่วนไมโครโฟน R จะรับสัญญาณเสียงซีกขวาแล้วส่งเข้าไปมอดูเลตกับความถี่ 38 MHz โดยใช้วิธีการมอดูเลตแอมพลิจูด จากนั้นจึงทำการคัดแยกคลื่นพาห์ย่อยออก ผลการคัดแยกคลื่นพาห์ย่อยออกจะทำให้มีเฉพาะสัญญาณเสียงที่ทำการมอดูเลตกับคลื่นพาห์ย่อยแล้วเท่านั้น ที่ปรากฏออกไปเป็นสัญญาณเอาต์พุตได้ ซึ่งการมอดูเลตสัญญาณโดยทั่วไปจะมีสัญญาณคลื่นพาห์ปรากฏเป็นสัญญาณที่ออกทางเอาต์พุตตลอดเวลา

สัญญาณที่ถูกมอดูเลตและถูกกำจัดคลื่นพาห์ย่อยออกแล้วนั้นจะถูกส่งเข้าไปทำการมอดูเลตความถี่กับคลื่นพาห์ที่ใช้ในการส่งออกอากาศอีกครั้งหนึ่ง มอดูเลตกับสัญญาณซีกซ้ายที่เข้ามามอดูเลตความถี่โดยตรง ดังได้มีการอธิบายก่อนหน้านี้

วิธีการนี้เป็นการมัลติเพล็กซ์สัญญาณซีกซ้ายและซีกขวาเข้าด้วยกันแล้วส่งไปกับคลื่นพาห์ที่ใช้ในการส่งออกอากาศเพียงความถี่เดียว โดยที่สัญญาณเสียงซีกซ้ายและซีกขวาจะไม่กวนกัน

สเปกตรัมของสัญญาณมัลติเพล็กซ์ กำหนดให้สัญญาณเสียงที่เข้ามาทางไมโครโฟนซีกซ้ายและขวา มีความถี่ตั้งแต่ 30 Hz ถึง 15 Hz ดังนั้น ไฮด์แบนด์ของสัญญาณมัลติเพล็กซ์จึงแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกเริ่มจาก 30 Hz ถึง 15 Hz เป็น ไฮด์แบนด์ที่เกิดจากสัญญาณเสียงซีกซ้าย ส่วนอีกช่วงเป็นสัญญาณเสียงซีกขวา ซึ่งมอดูเลตกับคลื่นพาห์ย่อย 38 kHz จะทำให้ความถี่ด้านต่ำ 23 kHz (38 kHz-15 kHz) และความถี่ด้านสูง 53 kHz (38 kHz+15 kHz) จากรูปที่ 2.3

ด้านเครื่องรับ ภาครับจะรับสัญญาณเอฟเอ็มเข้ามา แล้วส่งให้วงจรตรวจจับย่านกว้าง (Wideband Detector) ทำหน้าที่คืนรูปออกมาเป็นสัญญาณซีกซ้ายและซีกขวา สัญญาณเสียงนี้จะถูกส่งไปขยายเพื่อออกสู่ลำโพงซ้าย แต่เนื่องจากส่วนที่เป็นสัญญาณขวามีความถี่อยู่ในช่วง 23 kHz ถึง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

53 kHz เป็นความถี่เหนือเสียงที่มนุษย์ไม่ได้ยิน (ความถี่อยู่ในย่าน โซนิกหรือซูปเปอร์โซนิก) ฉะนั้นผู้ฟังจึงไม่ได้ยินสัญญาณเสียงซิกขวาทางลำโพงซ้าย

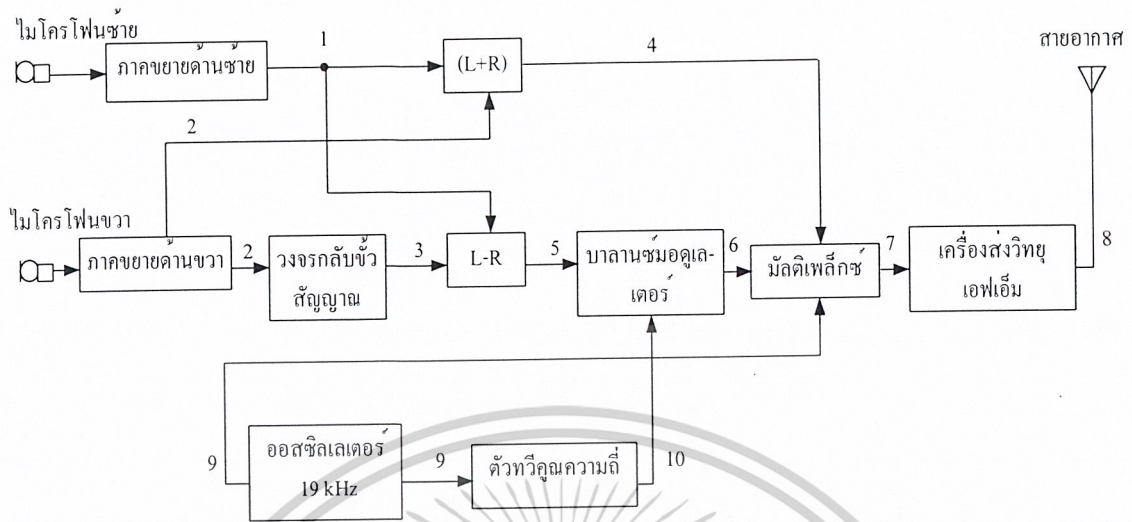
สัญญาณซิกซ้ายและขวาที่ได้จากตรวจจับย่านกว้าง ส่วนหนึ่งจะแยกไปเข้าวงจรกรองความถี่ต่ำ (Band Pass Filter) 38 kHz ที่วงจรนี้จะทำหน้าที่กรองความถี่ให้ผ่านเฉพาะความถี่ของสัญญาณเสียงซิกขวา (23 kHz ถึง 53 kHz) เพื่อส่งไปยังวงจรตรวจจับ (Detector) เพื่อทำการตรวจจับสัญญาณเสียงซิกขวาซ้ำอีกครั้งให้คืนรูปออกมาเป็นสัญญาณเสียงซิกขวา ซึ่งมีความถี่ในช่วง 30 Hz ถึง 15 kHz ส่งไปเข้าวงจรขยายเสียงออกสู่ลำโพงขวาต่อไป

วิธีการตามผังการทำงานตามรูปที่ 2.3 นี้ จะทำให้เราสามารถทำการส่งกระจายเสียงในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ได้ ในทางด้านกรรับก็สามารถแยกสัญญาณเสียงซิกซ้ายและสัญญาณเสียงซิกขวาได้ดีโดยไม่กวนกัน

ระบบการส่งกระจายเสียงแบบเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ที่เหมาะสม และได้รับการคัดเลือกให้ใช้เป็นมาตรฐานในการส่งกระจายเสียงที่ใช้กันในทุกวันนี้ มีสาระสำคัญที่ให้ผลดีในการใช้งานดังนี้

1. ส่งกระจายเสียงด้วยเครื่องส่งจำนวนหนึ่งเครื่อง และใช้คลื่นพาห้ความถี่เดียวในการส่งออกอากาศโดยมีแบนด์วิดท์ที่เข้ากันได้กับระบบเอฟเอ็มธรรมดา
2. เป็นระบบเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ที่สามารถให้เครื่องรับเอฟเอ็มแบบธรรมดาสามารถรับฟังสัญญาณได้ด้วย โดยเสียงที่รับฟังได้จะออกมาในแบบโมโนโฟนิก (Mono Phonic) ไม่มีการแยกทิศทางของเสียงและไม่มีการรบกวนกันระหว่างสัญญาณคุณภาพของเสียงที่ได้จะต้องสมบูรณ์เหมือนการรับฟังจากสถานีเอฟเอ็มธรรมดา โดยไม่ต้องมีการตัดแปลงแก้ไขเพิ่มเติมที่เครื่องรับแต่ประการใด
3. เครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์นั้น นอกจากจะมีการรับคลื่นจากสถานีเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ ซึ่งจากประการนี้จะทำให้สามารถแยกสัญญาณเสียงซิกซ้ายและสัญญาณเสียงซิกขวาได้แล้ว จะต้องสามารถรับฟังจากสถานีวิทยุเอฟเอ็มธรรมดาได้ด้วย โดยเสียงที่รับฟังได้จะออกมาในแบบโมโนโฟนิก
4. เครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มธรรมดา ที่รับสัญญาณจากสถานีเอฟเอ็มสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ ถ้าต้องการรับฟังเสียงที่เป็นระบบสเตอริโอสามารถทำได้โดยการแก้ไขตัดแปลงหรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางอย่างเข้าไปในวงจรเครื่องรับเอฟเอ็มธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แผนผังการทำงานของเครื่องส่งเอฟเอ็มสเตอริโอ มัลติเพล็กซ์

จากรูปที่ 2.4 หมายเลขต่างๆ คือ

- หมายเลข 1 เป็นคลื่นความถี่เสียงรูปไซน์ที่ออกจากวงจรขยายสัญญาณซ้าย (L)
- หมายเลข 2 เป็นคลื่นความถี่เสียงรูปไซน์ที่ออกจากวงจรขยายสัญญาณขวา (R)
- หมายเลข 3 เป็นสัญญาณเสียง R ที่มีการผ่านวงจรกลับขั้วสัญญาณ (Inverter) แล้วกลายเป็นสัญญาณ  $-R$  สัญญาณที่ได้จะเป็นรูปไซน์เหมือนเดิม แต่จะมีเฟสต่างไปจากสัญญาณ R 180 องศาเท่านั้น
- หมายเลข 4 เป็นรูปคลื่นที่เกิดจากการรวมตัวกันระหว่างสัญญาณ L และสัญญาณ R เป็นสัญญาณ  $L+R$
- หมายเลข 5 เป็นรูปคลื่นที่เกิดจากการรวมกันระหว่างสัญญาณ L และสัญญาณ  $-R$  มาเป็นสัญญาณ  $L-R$
- หมายเลข 6 เป็นสัญญาณที่เกิดจากสัญญาณเสียง  $L-R$  มอดูเลตเข้ากับสัญญาณคลื่นพาห้อย่อยแล้วถูกระงับ (Suppressed) ไปด้วยในตัว กลายเป็นสัญญาณคลื่นพาห้อย่อย  $L-R$  ( $L-R$  Subcarrier)
- หมายเลข 7 เป็นสัญญาณการมัลติเพล็กซ์รวมกันระหว่างสัญญาณ  $L+R$  และคลื่นพาห้อย่อย  $L-R$  (ในที่นี้ไม่ได้แสดงสัญญาณ 19 kHz ไว้)
- หมายเลข 8 เป็นสัญญาณคลื่นพาห้ที่ใช้ในการส่งออกอากาศ เพราะถูกมอดูเลตในระบบเอฟเอ็ม ความถี่ของสัญญาณจึงเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณมัลติเพล็กซ์ที่เข้ามามอดูเลตด้วย
- หมายเลข 9 เป็นสัญญาณความถี่ 19 kHz ซึ่งใช้เป็นสัญญาณเสียงนำ (Pilot tone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 10 เป็นสัญญาณความถี่ 38 kHz ซึ่งเกิดจากการนำเอาสัญญาณ 19 kHz มาทวีความถี่ให้สูงขึ้นอีกเท่าตัว เพื่อใช้เป็นคลื่นพาห่อย่อยสำหรับมอดูเลตกับสัญญาณ L-R

สัญญาณที่กำกับด้วย 2L ในหมายเลข 7 เป็นการแสดงให้เห็นผลบวกของสัญญาณ L+R และ L-R ผลลัพธ์ที่ได้เป็นสัญญาณเสียงซีกซ้ายหรือ  $(L+R)+(L-R)=2L$

สัญญาณที่กำกับด้วย 2R เป็นการแสดงให้เห็นผลลบของสัญญาณ L+R และ L-R ผลลัพธ์ที่ได้เป็นสัญญาณเสียงซีกขวาหรือ  $(L+R)-(L-R)=2R$

#### 2.2.4 หลักการทำงานของเครื่องส่งเอฟเอ็มสเตอริโอแมตติเพล็กซ์

จากรูปที่ 2.4 ไมโครโฟนซ้าย (MIC.L) และไมโครโฟนขวา (MIC.R) จะรับสัญญาณเสียงเข้ามาขยายที่วงจขยายเสียง และส่งสัญญาณซีกซ้าย (L) และซีกขวา (R) ไปรวมกันเป็นสัญญาณ L+R (ที่ภาค L+R) สัญญาณ L+R ที่ได้จะถูกส่งต่อไปยังภาคแมตติเพล็กซ์ เพื่อเตรียมแมตติเพล็กซ์รวมกับสัญญาณอื่นๆ

สัญญาณส่วนหนึ่งจากภาคขยายสัญญาณเสียงทางซีกขวา จะถูกส่งไปที่ภาคกลับขั้วสัญญาณ (Inverter) ด้วย เพื่อกลับเฟสสัญญาณ R ไปจากเดิมอีก 180 องศา กลายเป็นสัญญาณ -R แล้วส่งไปรวมกับสัญญาณที่มาจากภาคขยายเสียงที่ภาค (L-R) สัญญาณที่รวมกันนี้จะกลายเป็นสัญญาณ L-R ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังภาคมอดูเลเตอร์ได้ดุล (Balance Modulator) เพื่อมอดูเลตกับคลื่นพาห่อย่อย 38 KHz ที่เข้ามา

คลื่นพาห่อย่อย 38 kHz นั้นจะได้มาจากความถี่คลื่นไซน์ 19 kHz จากภาคออสซิลเลเตอร์ ซึ่งถูกส่งเข้ามาคูณความถี่ขึ้นอีกสองเท่า ( $19 \text{ kHz} \times 2 = 38 \text{ kHz}$ ) ที่ภาคทวีคูณความถี่สองเท่า (Frequency Doubler) ความถี่ 38 kHz ที่ได้นี้จะถูกใช้เพื่อเป็นคลื่นพาห่อย่อยเพื่อส่งไปมอดูเลตกับสัญญาณเสียง L-R ที่ภาคมอดูเลเตอร์ได้ดุล

ภาคมอดูเลเตอร์ได้ดุลนอกจากทำหน้าที่มอดูเลตสัญญาณเสียง L-R ทางขนาดของคลื่นพาห่อย่อยแล้ว (การมอดูเลตแอมพลิจูด) ยังทำหน้าที่กำจัดคลื่นพาห่อย่อยไม่ให้ไปปรากฏออกไปเป็นสัญญาณเอาต์พุตเพียงสัญญาณเดียวอีกด้วย และสัญญาณ L-R จะถูกส่งไปเป็นสัญญาณเอาต์พุตของภาคมอดูเลเตอร์ได้ดุล

จึงเรียกสัญญาณที่ทำการมอดูเลตรวมกันระหว่างสัญญาณคลื่นพาห่อย่อย 38 kHz และสัญญาณเสียง L-R นี้ว่า สัญญาณคลื่นพาห่อย่อย L-R (L-R Subcarrier) และสัญญาณนี้จะถูกส่งไปยังภาคแมตติเพล็กซ์เพื่อแมตติเพล็กซ์รวมกันไปกับสัญญาณอื่นๆ

นอกจากนี้ภาคออสซิลเลเตอร์ต้องทำการแยกส่งความถี่ 19 kHz สำหรับการนำมาใช้เป็นสัญญาณเสียงนำไปยังภาคแมตติเพล็กซ์เพื่อแมตติเพล็กซ์สัญญาณ 19 kHz รวมไปกับสัญญาณอื่นๆ อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าที่ภาคมัลติเพล็กซ์จะเป็นที่รวมของสัญญาณต่างๆ คือ

- 1) สัญญาณเสียง L+R จากภาค (L+R)
- 2) สัญญาณคลื่นพาห่อย่อย L-R จากภาคมอดูเลเตอร์ได้คูณ
- 3) สัญญาณเสียงนำ 19 kHz จากภาคออสซิลเลเตอร์

สัญญาณทั้ง 3 นี้สามารถมัลติเพล็กซ์เข้าด้วยกันได้ โดยไม่มีการแทรกแซงกันได้เพราะแต่ละสัญญาณมีขอบเขตความถี่ต่างกันนั่นเอง

สัญญาณรวมมัลติเพล็กซ์นี้จะถูกส่งมอดูเลตกับคลื่นพาหุที่นำไปใช้ในการส่งออกอากาศในระบบเอฟเอ็ม ในภาคส่งนี้ก็เหมือนกับเครื่องส่งเอฟเอ็มธรรมดาทั่วไปที่ใช้ส่งในย่านความถี่กระจายเสียง 88 MHz ถึง 108 MHz ที่มีการส่งสัญญาณเสียงต่างๆ ถึง 3 สัญญาณออกไปยังเครื่องรับก็เพื่อจุดประสงค์ดังต่อไปนี้

1) **สัญญาณ L+R** สัญญาณนี้จะเป็นผลรวมของสัญญาณซีกซ้ายและซีกขวาเป็นสัญญาณเสียงแบบโมโนโพนิก ที่ต้องส่งสัญญาณนี้ก็เพื่อใช้สำหรับการรับของเครื่องรับเอฟเอ็มธรรมดาให้รับฟังจากสถานีที่ส่งในระบบสเตอริโอมัลติเพล็กซ์ได้ เครื่องรับเอฟเอ็มธรรมดาก็จะรับเอาเฉพาะสัญญาณนี้ไปเป็นสัญญาณเสียงออกลำโพง เสียงที่ได้ครบทั้งสัญญาณซีกซ้ายและซีกขวารวมกัน ไม่มีการแยกทิศทางของเสียง และคุณภาพเสียงจะเหมือนกับการรับฟังจากสถานีวิทยุธรรมดาทั่วไป

2) **สัญญาณคลื่นพาห่อย่อย L-R** เหตุที่นำสัญญาณ L-R ไปมอดูเลตกับคลื่นพาห่อย่อย 38 kHz ก่อน ก็เพราะต้องการส่งสัญญาณ L-R รวมกันไปด้วยกับสัญญาณ L+R โดยไม่ต้องทำให้สัญญาณทั้งสองมีการแทรกแซงกัน วิธีการนี้เป็นกลวิธีในการมัลติเพล็กซ์สัญญาณเข้าด้วยกันเปรียบเสมือนกับต้องการส่งน้ำมันเบนซินและน้ำมันก๊าดซึ่งต่างก็เป็นน้ำมันด้วยกัน แต่ต่างชนิดกันไปยังจุดหมายปลายทางโดยไม่จำเป็นต้องใส่น้ำมันทั้งสองรวมกันไปในถังเดียวกัน ถ้าทำโดยการเอาน้ำมันเบนซินใส่ลงไปในถังก่อน (เหมือนกับการที่เอาสัญญาณ L+R มอดูเลตกับคลื่นพาหุหลักที่ใช้ในการส่งออกอากาศ) จากนั้นจึงหาขวดที่มีขนาดเล็กกว่าถังมาบรรจุน้ำมันก๊าดและปิดฝาขวดให้แน่น (ทำนองเดียวกับเอาสัญญาณ L-R มอดูเลตกับคลื่นพาห่อย่อย) แล้วเอาขวดน้ำมันก๊าดใส่ลงในถังน้ำมันเบนซินอีกที ด้วยวิธีนี้ทำให้สามารถเอาน้ำมันเบนซินและน้ำมันก๊าดใส่รวมไปในถังเดียวกันได้โดยน้ำมันทั้งสองชนิดไม่ผสมปนกัน (เช่นเดียวกับสัญญาณ L+R และสัญญาณคลื่นพาห่อย่อย L+R (L+R Subcarrier) จะไม่มีการแทรกแซงกัน) เมื่อส่งไปถึงปลายทางเพียงยกขวดน้ำมันก๊าดขึ้นก็สามารถแยกน้ำมันทั้งสองชนิดออกจากกันได้โดยง่าย ดังนั้นจึงสามารถเอาสัญญาณเสียง L-R และ L+R ที่ส่งไปมาแปลงสภาพให้แยกเป็นสัญญาณซีกซ้ายและซีกขวา (L และ R) ปรากฏทางด้านเครื่องรับได้โดยการนำสัญญาณทั้งสองมาบวกหรือลบกัน ซึ่งแสดงด้วยพีชคณิตดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำสัญญาณ (L+R) และ (L-R) มาบวกกัน

$$(L + R) + (L - R) = 2L \quad (2.1)$$

เพราะฉะนั้นจะได้สัญญาณเสียงซีกซ้าย =  $2L$

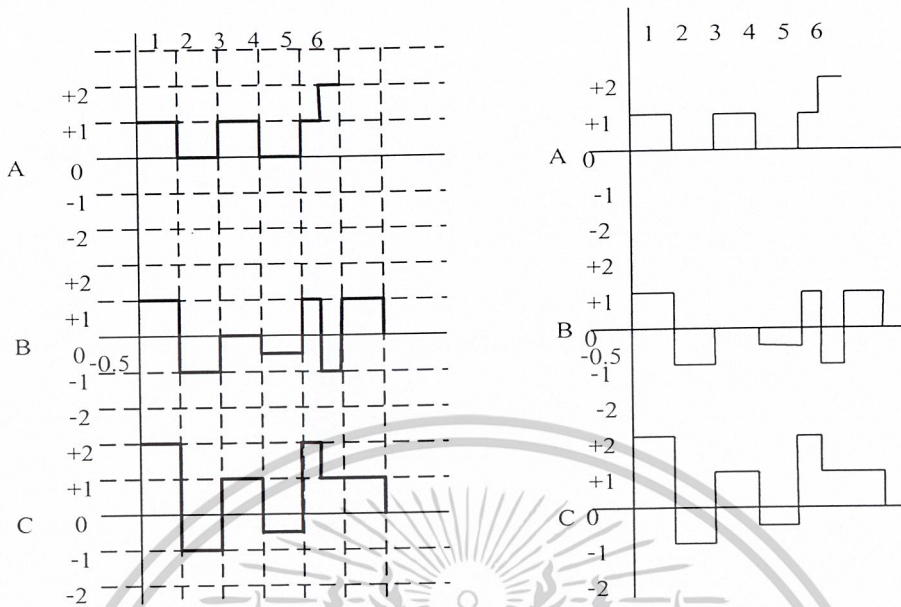
เมื่อนำสัญญาณ L+R และ L-R มาลบกันจะได้

$$(L + R) - (L - R) = 2R \quad (2.2)$$

เพราะฉะนั้นจะได้สัญญาณเสียงซีกขวา =  $2R$

3) สัญญาณเสียงนำร่อง 19kHz เนื่องจากสัญญาณเสียง L-R ที่ส่งมายังเครื่องรับเป็นสัญญาณเสียงที่มอดูเลตมาพร้อมกับคลื่นพาห้อย่อย 38 kHz ฉะนั้น ในการนำมาเสริมหรือหักล้างกับสัญญาณ L+R ในวงจรถอดรหัสสัญญาณสเตอริโอ (Stereo Decoder) เพื่อทำให้เกิดเป็นสัญญาณเสียงซีกซ้ายและสัญญาณเสียงซีกขวานั้น จึงจำเป็นต้องมีสัญญาณ 38 kHz ที่มีเฟสสัมพันธ์กันกับคลื่นพาห้อย่อยที่มอดูเลตกับสัญญาณ L+R เพื่อช่วยให้วงจรถอดรหัสทำงานแยกสัญญาณได้ จึงต้องมีการส่งสัญญาณ 19 kHz เมื่อมาถึงเครื่องรับก็สามารถทำให้เป็นความถี่ 38 kHz ได้โดยง่าย ด้วยการใช้วงจรทวีคูณความถี่ขึ้นมาอีกสองเท่าและเนื่องจากความถี่ 19 kHz ซึ่งสัญญาณเสียงนำ นี้ได้เป็นต้นกำเนิดของสัญญาณคลื่นพาห้อย่อยทางด้านเครื่องส่ง ความถี่ 38 kHz ที่ได้จะมีเฟสที่สัมพันธ์กับสัญญาณคลื่นพาห้อย่อย L-R ตลอดเวลา

การผสมสัญญาณหรือการรวมกันระหว่างสัญญาณทั้งสองที่ทำให้เกิดเป็นสัญญาณรูปร่างที่ใหม่ขึ้น เช่น การรวมกันระหว่างสัญญาณ L และสัญญาณ R แล้วทำให้เกิดรูปคลื่นสัญญาณ L+R ขึ้นนั้น ใช้หลักการเสริมหรือหักล้างกันระหว่างสัญญาณ โดยใช้วิธีบวกลบธรรมดาจะเข้าใจได้ง่ายถ้าใช้สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมมาแทนรูปคลื่นไซน์ ดังในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การรวมสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม

ตามรูปที่ 2.5 เป็นตัวอย่างการรวมสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมระหว่างสัญญาณ A และสัญญาณ B ผลลัพธ์ของการรวมจะทำให้เกิดเป็นรูปคลื่นสัญญาณ C

เราแบ่งสัญญาณออกเป็น 6 ลูกคลื่น ตามหมายเลขที่อยู่เหนือสัญญาณ A

ลูกคลื่นที่ 1 สัญญาณ A มีค่า = +1

สัญญาณ B มีค่า = +1

ฉะนั้น ผลลัพธ์ที่สัญญาณ C =  $1 + 1 = 2$

ลูกคลื่นที่ 2 สัญญาณ A มีค่า = 0

สัญญาณ B มีค่า = -1

ฉะนั้น ผลลัพธ์ที่สัญญาณ C =  $0 - 1 = -1$

ลูกคลื่นที่ 3 สัญญาณ A มีค่า = +1

สัญญาณ B มีค่า = 0

ฉะนั้น ผลลัพธ์ที่สัญญาณ C =  $1 - 0 = 1$

ลูกคลื่นที่ 4 สัญญาณ A มีค่า = 0

สัญญาณ B มีค่า = -0.5

ฉะนั้น ผลลัพธ์ที่สัญญาณ C =  $0 - 0.5 = -0.5$

ลูกคลื่นที่ 5 แบ่งลูกคลื่นออกเป็น 2 ช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงครึ่งแรก

สัญญาณ A มีค่า = +1

สัญญาณ B มีค่า = +1

ฉะนั้น ผลลัพธ์ที่สัญญาณ C = 1 + 1 = 2

ช่วงครึ่งหลัง

สัญญาณ A มีค่า = +2

สัญญาณ B มีค่า = -1

ฉะนั้น ผลลัพธ์ที่สัญญาณ C = 2 - 1 = 1

ลูกคลื่นที่ 6 สัญญาณ A มีค่า = 0

สัญญาณ B มีค่า = +1

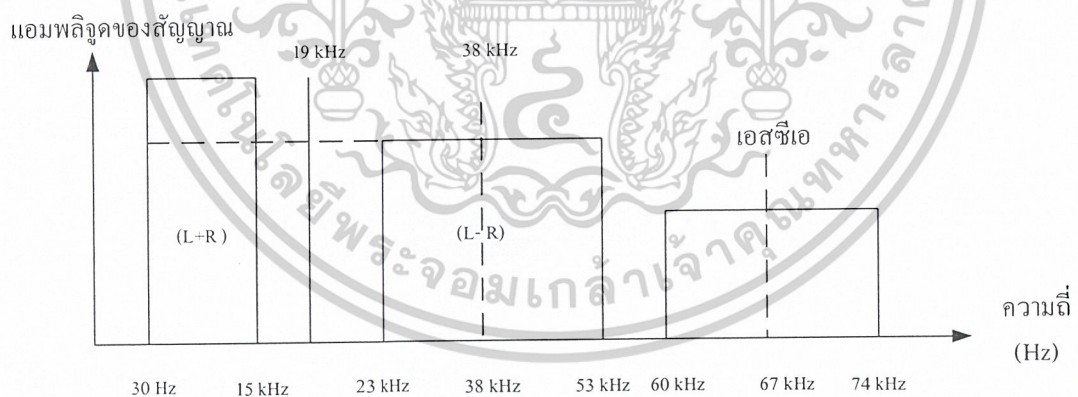
ฉะนั้น ผลลัพธ์ที่สัญญาณ C = 0 + 1 = 1

ขอบเขตความถี่ของสัญญาณมัลติเพล็กซ์ซึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 2.6 แยกออกเป็นดังนี้

สัญญาณ (L+R) หรือสัญญาณ M = 30 Hz + 15 kHz

สัญญาณเสียงนำ = 19 kHz

สัญญาณคลื่นพาห้อย L-R หรือสัญญาณ S = 23 kHz - 53 kHz



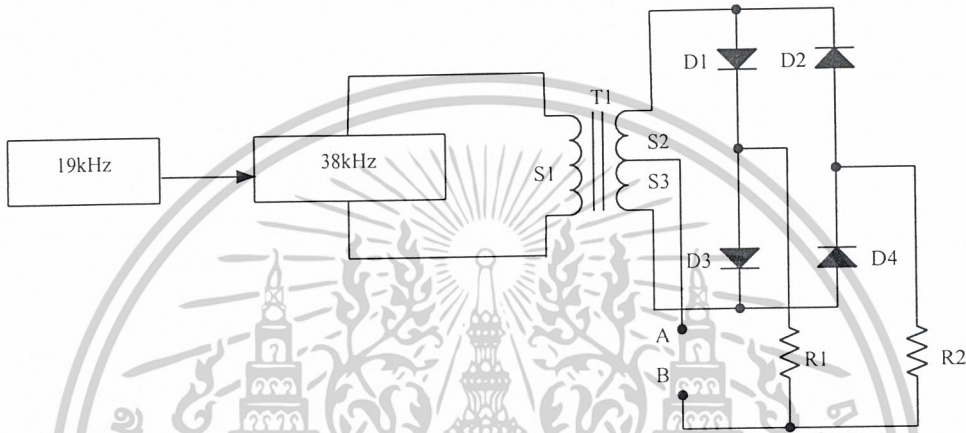
รูปที่ 2.6 ขอบเขตความถี่ของสัญญาณมัลติเพล็กซ์

สัญญาณเสียงนำ 19 kHz อยู่ระหว่างสัญญาณ (L+R) และคลื่นพาห้อย (L-R) โดยมีไซค์แบนด์ด้านสูงและด้านต่ำข้างละ 4 kHz เพื่อกัน ไม่ให้เกิดการรบกวนระหว่างช่องสัญญาณที่ต้องการกับช่องสัญญาณอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แถบความถี่ช่วง 60-74 kHz เป็นของระบบ SCA ย่อมาจาก Subsidiary Communication Authorization อ่านว่า ซับซีไดอะรี คอมมูนิเคชั่น ออโตโรเซชั่น (หรือหนังสือบางเล่มระบุว่าย่อมาจากคำว่า Subsidiary Carrier Authorization)

ตัวอย่างวงจรง่ายๆ ที่แสดงให้เห็นถึงหลักการการทำงานของวงจรถอดรหัสว่าสามารถถอดสัญญาณมัลติเพล็กซ์ให้แยกเป็นสัญญาณซีกซ้ายและขวาได้อย่างไร



รูปที่ 2.7 การถอดสัญญาณมัลติเพล็กซ์ด้วยวงจรเรียงมอดูเลเตอร์

รูปที่ 2.7 เป็นการนำเอาวงจรรวมมอดูเลเตอร์มาใช้ในการถอดแยกสัญญาณ L และ R วงจรนี้มีหลักการทำงานโดยมีการแยกเอาสัญญาณเสียงนำ 19 kHz ที่มีมัลติเพล็กซ์มาเข้ากับสัญญาณรวมมาเข้าวงจรที่มีความถี่สองเท่าเป็นสัญญาณ 38 kHz แล้วส่งเข้ามาที่ S1 ของวงจรส่วนสัญญาณเสียงมัลติเพล็กซ์จะถูกป้อนเข้าทางจุด A และ B

การทำงานของวงจร เมื่อมีสัญญาณเสียงเข้ามาที่จุด A และจุด B จะทำให้ D1 กับ D2 นำกระแสไหลสวนทางกัน ทำให้มีกระแสไหลออกที่เอาต์พุต เมื่อสัญญาณเสียงที่เข้ามาที่จุด A และ B มีทิศทางการกลับขั้ว D3 กับ D4 จะนำกระแส สัญญาณที่ได้ L และ R จะกลับขั้วไปมาตลอดเวลา

อธิบายสรุป คือ เมื่อมีสัญญาณเข้ามา ไดโอดทั้ง 4 ตัว คือ D1-D4 จะทำหน้าที่เสมือนหนึ่งสวิตช์ไฟฟ้าเปิด-ปิดไปตามความถี่ 38 kHz ทำให้เกิดสัญญาณ L และ R ตกคร่อมที่ R1 และ R2

## 2.3 ระบบการสอดแทรกคลื่นพาห้อยู่ในการส่งกระจายเสียงระบบเอฟเอ็ม (SCA System : Subsidiary Carrier Authorization)

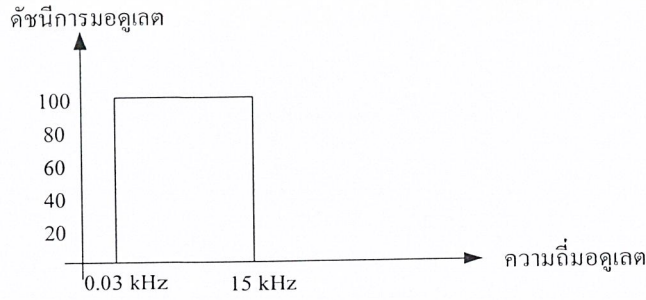
### 2.3.1 ลักษณะทั่วไปของระบบการสอดแทรกคลื่นพาห้อยู่ในการส่งกระจายเสียงระบบเอฟเอ็ม (เอสซีเอ)

เอสซีเอ หมายถึง การส่งกระจายเสียงในระบบเอฟเอ็มซึ่งสอดแทรกข่าวสารหรือรายการที่นอกเหนือไปจากรายการปกติหนึ่งรายการหรือหลายรายการควบคู่ไปพร้อมกับการส่งกระจายเสียงของระบบเอฟเอ็ม โดยไม่ก่อให้เกิดการรบกวนระหว่างข่าวสารหรือรายการซึ่งกันและกัน รายการของเอสซีเออาจจะเป็นสัญญาณเสียงพูดหรือเสียงดนตรีเหมือนกับรายการปกติหรืออาจจะเป็นรหัสตัวเลขหรือสัญญาณอื่นใดก็ได้

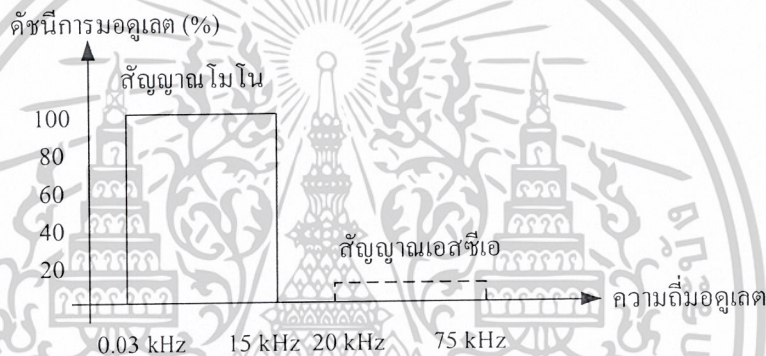
การส่งกระจายเสียงในระบบเอฟเอ็มโมโนจะใช้ความกว้างแถบคลื่นประมาณ 180 kHz การส่งกระจายเสียงในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอมีลติเพล็กซ์ จะใช้ความกว้างแถบคลื่นประมาณ 256 kHz ส่วนการส่งกระจายเสียงในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอมีลติเพล็กซ์ร่วมกับเอสซีเอ จะใช้ความกว้างแถบคลื่นประมาณ 300 kHz

สำหรับสัญญาณเอสซีเอที่จะนำไปผสมกับสัญญาณในระบบเอฟเอ็มนั้น จำเป็นจะต้องมีแอมพลิจูด และแบนด์วิดท์อยู่ในขอบเขตจำกัด เพื่อป้องกันมิให้เกิดการรบกวนกับรายการเอฟเอ็มในภาคปกติและสัญญาณของสถานีที่ใช้ความถี่ข้างเคียง การรับฟังรายการของเอสซีเอ เครื่องรับวิทยุจะต้องมีอุปกรณ์แยกสัญญาณเอสซีเอด้วย จึงสามารถรับฟังรายการเอสซีเอได้ เช่นเดียวกันกับเครื่องรับวิทยุระบบเอฟเอ็มโมโนที่ไม่สามารถแยกสัญญาณระบบสเตอริโอมีลติเพล็กซ์ได้เนื่องจากไม่มีวงจรแยกสัญญาณสเตอริโอมีลติเพล็กซ์

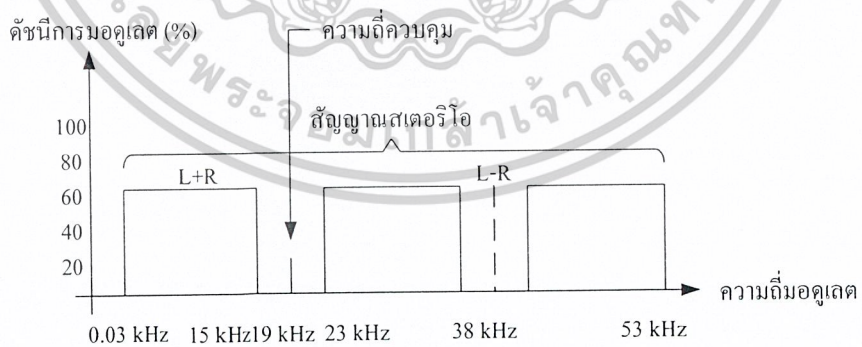
ในรูปที่ 2.8, 2.9, 2.10 และ 2.11 แสดงถึงความแตกต่างของแถบความถี่ในการส่งกระจายเสียงในระบบเอฟเอ็มโมโน, เอฟเอ็มสเตอริโอมีลติเพล็กซ์, เอฟเอ็มโมโนบวกกับเอสซีเอ และเอฟเอ็มสเตอริโอมีลติเพล็กซ์บวกกับเอสซีเอ ตามลำดับ ซึ่งจากรูปที่ 2.8 ช่วงความถี่ของสัญญาณข้อมูลข่าวสาร (Modulating Frequency) มีขนาดความกว้างของแถบคลื่นไม่เกิน 15 kHz



รูปที่ 2.8 การใช้แถบความถี่ของสัญญาณในระบบเอฟเอ็ม โมโน

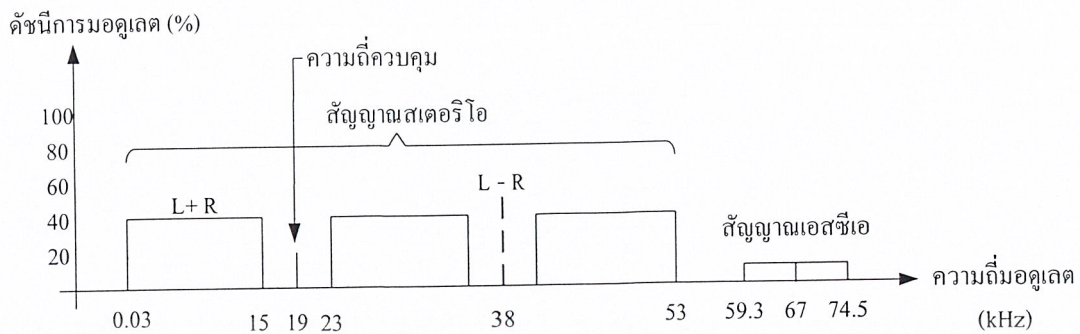


รูปที่ 2.9 การใช้แถบความถี่ของสัญญาณในระบบเอฟเอ็ม โมโนร่วมกับเอสซีอี



รูปที่ 2.10 การใช้แถบความถี่ของสัญญาณในระบบเอฟเอ็ม สเตอริโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การใช้แถบความถี่ของสัญญาณในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอรวมกับเอสซีเอ

รูปที่ 2.11 แสดงระบบเอฟเอ็มสเตอริโอ ซึ่งความกว้างของแถบความถี่เพิ่มขึ้นเป็น 53 kHz โดยมีคลื่นพาห่อยุ่ความถี่ 38 kHz เป็นตัวทำให้เกิดการแยกสัญญาณออกเป็นซีกซ้ายและซีกขวา โดยคลื่นพาห่อยุ่ความถี่ 19 kHz ซึ่งกำหนดขึ้นภายในเครื่องส่งความถี่ 19 kHz นี้และยังนำมาใช้เป็นความถี่นำ เพื่อให้เครื่องรับทราบว่าเป็นระบบสเตอริโอมัลติเพล็กซ์และยังใช้ในการแยกสัญญาณซีกซ้ายและสัญญาณซีกขวาในเครื่องรับอีกครั้งหนึ่ง

### 2.3.2 การส่งและรับสัญญาณระบบการสอดแทรกคลื่นพาห่อยุ่ในการส่งกระจายเสียงระบบเอฟเอ็ม(เอสซีเอ)

#### 1) การส่งสัญญาณระบบเอสซีเอ

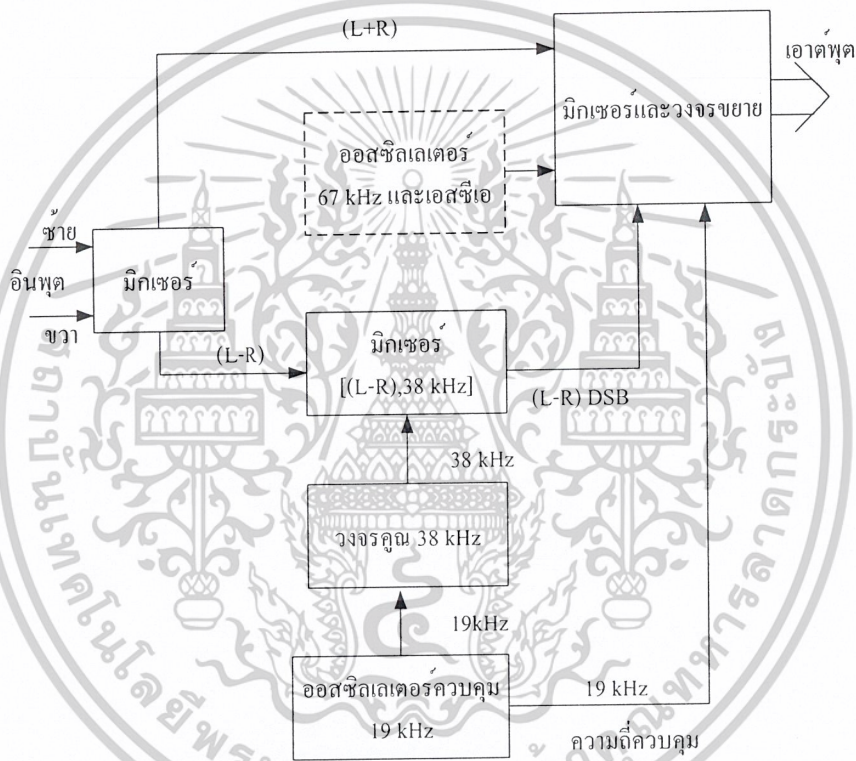
ในการส่งวิทยุกระจายเสียงระบบเอฟเอ็ม มีอยู่ 2 แบบ คือ โมโนโฟนิคและแบบแยกเสียงซ้ายขวา (Stereophonic) สำหรับสัญญาณของเอสซีเอนั้นสามารถสอดแทรกได้ทั้ง 2 ระบบ แต่จะแตกต่างกันตรงความถี่ของคลื่นพาห่อยุ่เท่านั้น ในระบบโมโนโฟนิคมีความสามารถสอดแทรกจำนวนคลื่นพาห่อยุ่ของเอสซีเอได้มากกว่ากรณีของระบบแยกเสียงซ้ายขวา

ในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอ โดยปกติจะสอดแทรกคลื่นพาห่อยุ่ของเอสซีเอได้เพียงหนึ่งหรือสองช่องสัญญาณเท่านั้น หากเกินกว่านี้จะทำให้ความกว้างของแถบความถี่ของคลื่นวิทยุมากเกินไป อาจก่อให้เกิดการรบกวนต่อช่องสัญญาณของสถานีที่ใช้ความถี่วิทยุข้างเคียงได้ เมื่อได้ทำการสอดแทรกสัญญาณเอสซีเอร่วมกับสัญญาณกระจายเสียงหลักนั้น จะต้องมีการจำกัดขนาดและความแรงของสัญญาณกระจายเสียงหลักและสัญญาณเอสซีเอด้วย เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน

ในการส่งกระจายเสียงระบบเอฟเอ็มแบบโมโนโฟนิค, ระบบแยกเสียงซ้ายขวา และโมโนโฟนิคบวกกับเอสซีเอ และระบบแยกเสียงซ้ายขวากับเอสซีเอจะใช้อุปกรณ์การส่งที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กัน โดยระบบที่มีเอสซีเอรวมอยู่ด้วยจะมีอุปกรณ์สร้างเอสซีเอ (SCA Generator) เพิ่มเข้ามา ดังแสดงในแผนผังการทำงานของระบบแยกเสียงซ้ายขวาวกกับเอสซีเอ ดังรูปที่ 2.12 บล็อกที่แสดงด้วยเส้นประแสดงถึงส่วนของอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้ามาเหนือจากระบบการส่งเอฟเอ็มสเตอริโอปกติ รายการที่ส่งโดยระบบเอสซีเอจะถูกผสมด้วยคลื่นพาห้อย่อยขนาดความถี่ 67 kHz แล้วส่งพร้อม กับสัญญาณสเตอริโอซึ่งเป็นรายการกระจายเสียงเอฟเอ็มนำเข้าไปผสมกับคลื่นพาห้หลักในเครื่องส่งแล้วจึงแพร่กระจายคลื่นออกทางสายอากาศ



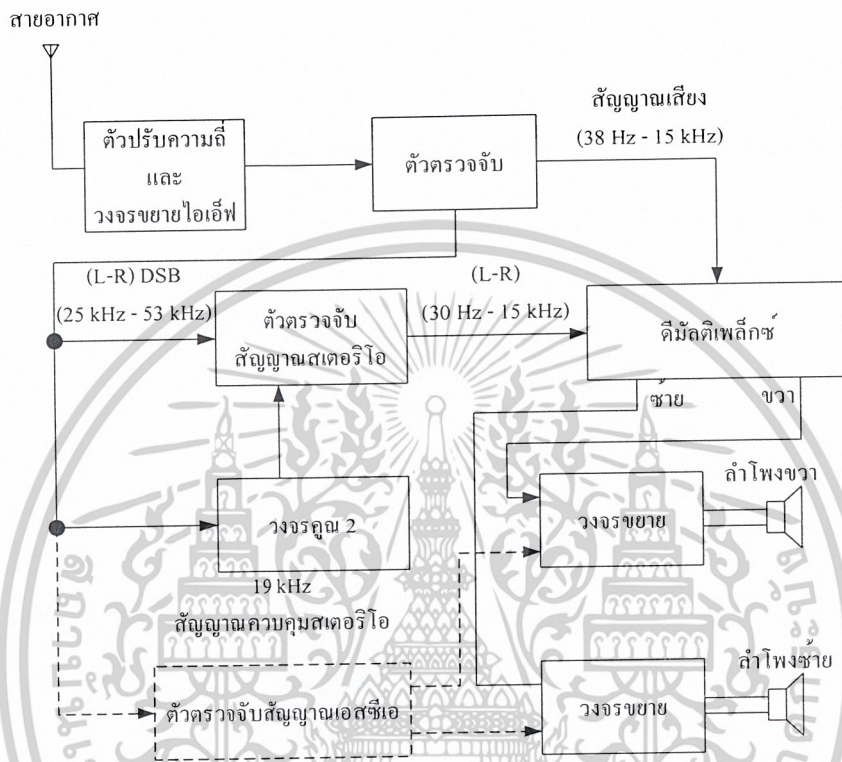
รูปที่ 2.12 แผนผังการทำงาน โดยสังเขปของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงระบบแยกเสียงซ้ายขวาวกกับเอสซีเอ

2) การรับสัญญาณระบบการสอดแทรกคลื่นพาห้อย่อยในการส่งกระจายเสียงระบบเอฟเอ็ม (เอสซีเอ)

การรับสัญญาณของสถานีวิทยุกระจายเสียงระบบเอฟเอ็ม ก็เช่นเดียวกัน โดยจะมีการรับอยู่ 2 แบบ คือ โมโนโฟนิคและระบบแยกเสียงซ้ายขวา หากเครื่องรับวิทยุต้องการรับฟังสัญญาณเสียงในระบบเอสซีเอนั้น จะต้องมียุกรณ์แยกสัญญาณเอสซีเอ จึงจะสามารถรับฟังรายการหรือข่าวสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของระบบเอสซีเอได้ ดังแสดงให้เห็นผังการทำงานของเครื่องรับวิทยุซึ่งมีอุปกรณ์แยกสัญญาณเอสซีเอ ในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แพนผังการทำงานโดยสังเขปของเครื่องรับวิทยุเอฟเอ็มสเตอริโอที่สามารถเลือกรับสัญญาณเอสซีเอได้

ในเครื่องรับระบบเอสซีเอ สัญญาณเอสซีเอซึ่งรวมกับสัญญาณสเตอริโอจะถูกแยกโดยภาคแยกสัญญาณเอสซีเอ (SCA Detector) ดังแสดงในบล็อกเส้นประ ภาคนี้จะแยกคลื่นพาห์ 67 kHz ออกจากสัญญาณ L-R และสัญญาณเสียงนำ 19 kHz ให้เหลือเพียงสัญญาณข่าวสารหรือสัญญาณข้อมูลที่นำมาผสมในสัญญาณรายการเอสซีเอ แล้วจึงนำสัญญาณที่ได้ขยายออกที่ลำโพงของเครื่องรับ

### 2.3.3 การพิจารณาเกี่ยวกับการรบกวน

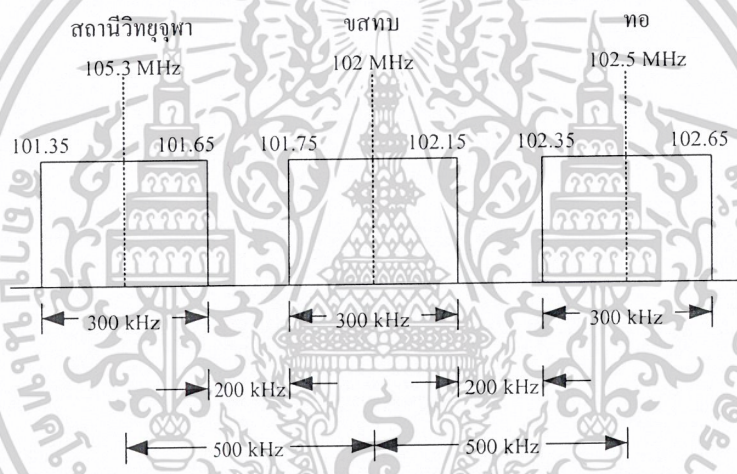
#### 1) การรบกวนข้างเคียง

สถานีวิทยุกระจายเสียงระบบเอฟเอ็ม ในกรุงเทพมหานคร (ประมาณ 40 สถานี) ทุกสถานีจะมีความถี่ข้างเคียงที่ห่างกัน 500 kHz สถานีเอฟเอ็มสเตอริโอที่ส่งรายการเอสซีเอด้วยความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว้างแถบความถี่หรือแบนด์วิดท์ ประมาณ 300 kHz  $((2 \times 75) + (2 \times 74.5)) = 299$  kHz) และสถานีซึ่ง ออกอากาศในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอที่ไม่มีการส่งรายการเอสซีเอจะใช้ความกว้างของแถบความถี่ ประมาณ 256 kHz  $((2 \times 75) + (2 \times 53)) = 256$  kHz) จากตัวเลขดังกล่าวจะเห็นว่า จะไม่เกิดการรบกวน กันระหว่างสถานีวิทยุเอฟเอ็มที่ทำการส่งคลื่นเอสซีเอกับสถานีที่อยู่ข้างเคียง

ในอนาคตอาจเป็นไปได้ว่าสถานีวิทยุเอฟเอ็มต่างๆ อาจส่งคลื่นเอสซีเอด้วย ดังนั้นการใช้ ตัวเลขดังกล่าวข้างต้นประกอบการพิจารณา พบว่าไม่เกิดการรบกวนกันระหว่างสถานีที่อยู่ข้างเคียง ตัวอย่าง เช่น สถานีวิทยุ ขสทบ., สถานีวิทยุจุฬา และสถานีวิทยุ ทอ. การส่งคลื่นด้วยระบบเอสซีเอ อาจใช้การพิจารณาข้างต้น แสดงความกว้างของแถบความถี่ของคลื่นทั้ง 3 สถานีขณะที่ส่งเอสซีเอ ด้วยว่าจะไม่เกิดการรบกวนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ความกว้างของแถบความถี่ของคลื่นสัญญาณ ที่ส่งระบบเอสซีเอทั้ง 3 สถานี

ในกรณีของสถานีวิทยุในต่างจังหวัด ปัญหาการรบกวนระหว่างสถานีที่ใช้ความถี่ข้างเคียง ไม่ ต้องพิจารณาถึง เนื่องจากในแผนความถี่วิทยุเอฟเอ็มของประเทศได้กำหนดให้สถานีในต่างจังหวัด ใช้ความถี่ห่างกันอย่างน้อย 750 kHz

2) การรบกวนกันเองภายในระบบ

โดยที่การส่งคลื่นระบบเอสซีเอ หมายถึง การผสมคลื่นอีกชุดหนึ่ง (หรือหลายชุด) เพิ่มจาก การผสมคลื่นเอฟเอ็มตามปกติในช่องความถี่เดียวกัน คลื่นผสมดังกล่าวจึงมีช่วงความถี่อยู่ไม่ห่าง กันนัก ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดการรบกวนกันเองในสถานีส่งระหว่างคลื่นความถี่หลักกับคลื่นเอสซีเอ (Crosstalk) จึงอาจเกิดขึ้นได้หากไม่มีการควบคุมที่ดีพอ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรณีที่คลื่นความถี่หลัก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นชนิดเอฟเอ็มสเตอริโอโหมดที่เพี้ยนซึ่งต้องใช้ความกว้างความถี่ถึง 30 kHz-53 kHz การรบกวนกันเองจึงยังเป็นไปได้มาก

เกี่ยวกับเรื่องนี้ ในกรณีของสหรัฐอเมริกา, เอฟซีซี (Federal Communication Commission) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่กำหนดและควบคุมการใช้วิทยุของหน่วยงานเอกชนของประเทศ ได้กำหนดไว้ว่า ในกรณีของระบบเอฟเอ็มโมโน ความถี่ของคลื่นผสมในระบบเอสซีเอทีไอจะอยู่ในระหว่าง 20-75 kHz โดยไม่จำกัดว่าจะใช้ชุดคลื่นผสมเอสซีเอทีไอชุด (กีรยการ) และผลรวมของความแรงในการผสมคลื่นเอสซีเอทีไอจะต้องสูงไม่เกิน 30% และตัวสัญญาณรบกวนของเอสซีเอทีไอที่เข้าไปในช่องความถี่ของสัญญาณโมโนจะต้องมีความแรงของสัญญาณ โมโน โฟนิกไม่น้อยกว่า 60 dB

กรณีของสถานีวิทยุแบบเอฟเอ็มสเตอริโอ ความถี่คลื่นผสมเอสซีเอทีไอ จะจำกัดอยู่ในระหว่าง 53-75 kHz ความแรงในการผสมคลื่นเอสซีเอทีไอจะต้องไม่เกิน 10% (ของผลรวมคลื่นผสมทั้งหมดของสถานี) และสัญญาณทั้งหมดของเอสซีเอทีไอที่เลยเข้าไปในช่องสัญญาณสเตอริโอจะต้องมีความแรงต่ำกว่าสัญญาณสเตอริโอไม่น้อยกว่า 60 dB (เช่นเดียวกับกรณีของสถานีโมโน โฟนิก)

เพื่อป้องกันปัญหาการรบกวนกันเองดังกล่าว สถานีส่งที่มีการส่งคลื่นระบบเอสซีเอทีไอจะต้องรับผิดชอบในการดำเนินการทางเทคนิคให้เป็นไปตามที่หน่วยงานรับผิดชอบของแต่ละประเทศได้กำหนดไว้ หรือไม่ให้เกิดการรบกวนดังกล่าวขึ้น โดยอาจถือเอาตามรายงานของคณะกรรมการที่ปรึกษาการวิทยุระหว่างประเทศ (CCIR) หรือปฏิบัติมาก่อนหน้าในประเทศอื่นในกรณีในประเทศนั้นๆ ยังไม่มีการกำหนดในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเอสซีเอทีไอ

## 2.4 การเข้ารหัสความถี่คู่

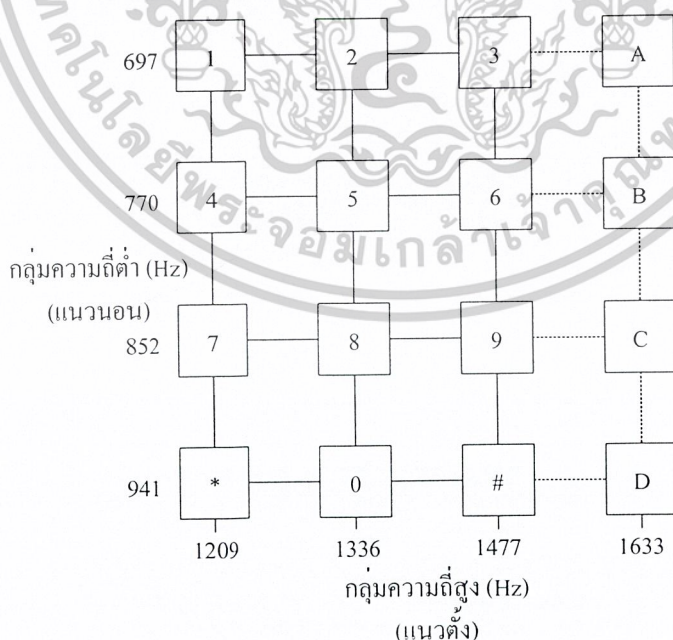
DTMF (Dual Tone Multi Frequency) เป็นการเข้ารหัสความถี่คู่ของหมายเลขโทรศัพท์และเรียกว่าโทรศัพท์กดปุ่ม (Touch Tone) ระบบ DTMF ดีกว่าระบบพัลส์ คือลดเวลาของการหมุนหมายเลขของผู้ใช้โทรศัพท์ให้มีช่วงเวลาในการหมุนเลขหมายน้อยลง ซึ่งระบบของ DTMF จะประกอบด้วยคู่ความถี่ และจะส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์โดยใช้คู่ความถี่ดังกล่าวในคู่ความถี่ดังกล่าวในคู่ความถี่นั้นจะมีความถี่สูง (High Band) และความถี่ต่ำ (Low Band) รวมกันไป โดยเมื่อส่งไปยังชุมสาย ชุมสายจะถูกถอดรหัสเป็นเลขหมายอีกครั้งหนึ่ง ระบบ DTMF จะลดเวลาการหมุนได้ดีกว่าระบบพัลส์หรือแบบหมุนถึง 10 เท่า และมีการผิดพลาดน้อยมาก ซึ่งส่วนมากการผิดพลาดของระบบเกิดจากสายโทรศัพท์ยาวเกินไป

โทรศัพท์แบบกดปุ่มหรือ DTMF ใช้หลักการสร้างความถี่ต่อกันไปลักษณะเมตริกซ์ 4×4 ดังรูปที่ 2.15

ซึ่งการทำงานเมื่อกดปุ่มต่างๆ จะให้ความถี่ออกมาดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 1 จะได้ความถี่ 697 Hz กับ 1209 Hz  
 หมายเลข 2 จะได้ความถี่ 697 Hz กับ 1336 Hz  
 หมายเลข 3 จะได้ความถี่ 697 Hz กับ 1477 Hz  
 หมายเลข 4 จะได้ความถี่ 770 Hz กับ 1209 Hz  
 หมายเลข 5 จะได้ความถี่ 770 Hz กับ 1336 Hz  
 หมายเลข 6 จะได้ความถี่ 770 Hz กับ 1447 Hz  
 หมายเลข 7 จะได้ความถี่ 852 Hz กับ 1209 Hz  
 หมายเลข 8 จะได้ความถี่ 852 Hz กับ 1336 Hz  
 หมายเลข 9 จะได้ความถี่ 852 Hz กับ 1477 Hz  
 หมายเลข 0 จะได้ความถี่ 941 Hz กับ 1336 Hz  
 เครื่องหมาย \* จะได้ความถี่ 941 Hz กับ 1209 Hz  
 เครื่องหมาย # จะได้ความถี่ 941 Hz กับ 1477 Hz  
 อักษร A จะได้ความถี่ 697 Hz กับ 1633 Hz  
 อักษร B จะได้ความถี่ 770 Hz กับ 1633 Hz  
 อักษร C จะได้ความถี่ 852 Hz กับ 1633 Hz  
 อักษร D จะได้ความถี่ 941 Hz กับ 1633 Hz



รูปที่ 2.15 การเข้ารหัสของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



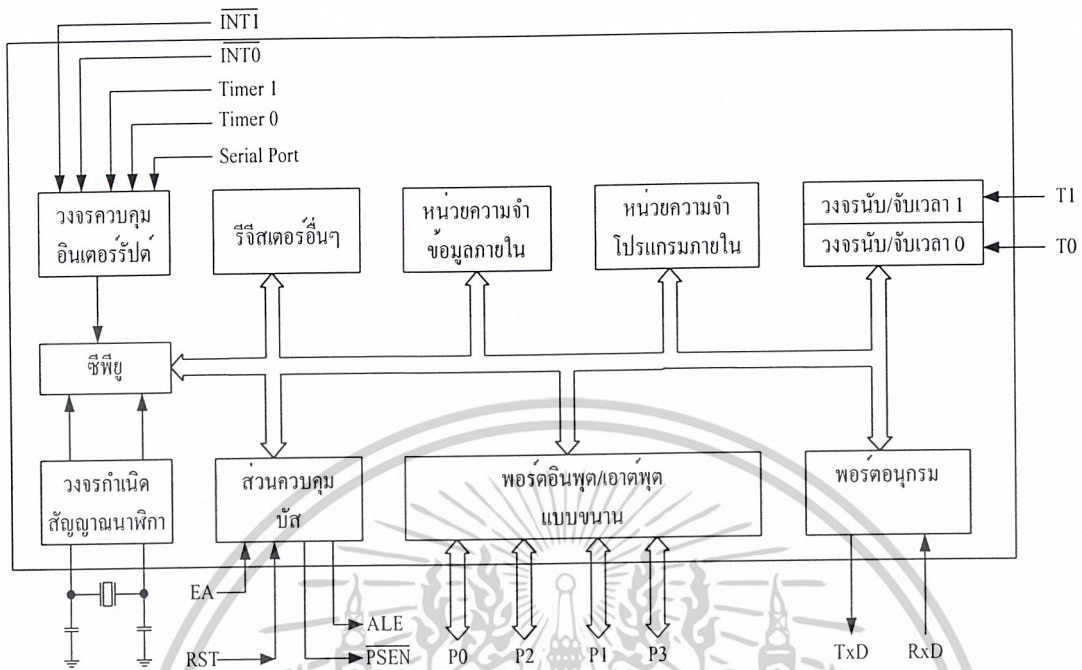
ตารางที่ 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ของบริษัท Intel และบริษัท Atmel

เบอร์	หน่วยความจำโปรแกรม ภายใน	หน่วยความจำข้อมูล ภายใน	วงจรรีบ/จับเวลา 16 บิต
8031	-	128 ไบต์ (RAM)	2
8032	-	256 ไบต์ (RAM)	3
8051	4 กิโลไบต์ (ROM)	128 ไบต์ (RAM)	2
8751	4 กิโลไบต์ (EPROM)	128 ไบต์ (RAM)	2
8752	8 กิโลไบต์ (EPROM)	256 ไบต์ (RAM)	3
AT89C1051	1 กิโลไบต์ (FLASH)	64 ไบต์ (RAM)	1
AT89C2051	2 กิโลไบต์ (FLASH)	128 ไบต์ (RAM)	2
AT89C51	4 กิโลไบต์ (FLASH)	128 ไบต์ (RAM)	2
AT89C52	8 กิโลไบต์ (FLASH)	256 ไบต์ (RAM)	3
AT89C55	20 กิโลไบต์ (FLASH)	256 ไบต์ (RAM)	3
AT89S8252	8 กิโลไบต์ (FLASH)	256 ไบต์ (RAM) 2 กิโลไบต์ (EEPROM)	3
AT89S53	12 กิโลไบต์ (FLASH)	256 ไบต์	3

### 2.5.2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ จะประกอบขึ้นด้วยเกตชนิดต่างๆ เช่น AND, OR, NOT ซึ่งเกตเหล่านี้จะนำเอาออกมาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรบวกเลข, วงจรเลื่อนข้อมูล, วงจรถอดรหัสคำสั่ง และวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา เป็นต้น

ในรูปที่ 2.16 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้



รูปที่ 2.16 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1) หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU) ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Logic Unit: ALU) และส่วนควบคุม (Control Unit : CU) ในส่วนของหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์จะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การบวก, ลบ , คูณ หรือหารข้อมูล แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ต้องการ และส่วนควบคุมจะทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ, สัญญาณติดต่อกับอุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออกรวมทั้งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ และส่วนควบคุมบัสด้วย ซึ่งซีพียูจะทำการสร้างสัญญาณควบคุมโดยการถอดรหัสคำสั่งที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรถ่ายเก็บสัญญาณนาฬิกา เพื่อให้ทุกๆ ส่วนทำงานประสานกันอย่างถูกต้อง

2) หน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจดจำข้อมูล ซึ่งในการนำข้อมูลเข้าและออกจากหน่วยความจำ เราจำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของหน่วยความจำ (Address) ในการนำข้อมูลเข้าไปเก็บในหน่วยความจำ เรียกว่า “การเขียนข้อมูล” และการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำ เรียกว่า “การอ่านข้อมูล” ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งจะมีขนาด 8 บิต ดังนั้นแต่ละ

ตำแหน่งของหน่วยความจำจะสามารถเก็บข้อมูลซึ่งมีค่าระหว่าง  $00000000_2$  ถึง  $11111111_2$  หรือ 00H ถึง 0FFH ในการติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่ม คือ

1.1) ตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ซึ่ง MCS-51 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลได้สูงสุดชนิดละ 65,536 ตำแหน่ง (64 kBytes) ดังนั้นการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้สายสัญญาณกำหนดตำแหน่งทั้งหมด 16 เส้น ( $2^{16}$  เท่ากับ 65,536)

- ข้อมูลที่อ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำในตำแหน่งที่เราต้องการ

- สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล ซึ่งวงจรลอจิกคำสั่งจะทำการสร้างสัญญาณควบคุมจากคำสั่งที่อ่านเข้ามาจากหน่วยความจำโปรแกรม

1.2) อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (Input/Output Device) เป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือนำข้อมูลออกจาก MCS-51 ทำให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต ได้แก่

- พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบขนาน มีทั้งหมด 4 พอร์ต ใช้รับส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้าหรือออกจาก MCS-51 หรือจำนวนรอบของสัญญาณที่ต่ออยู่ภายนอกตัว MCS-51 ก็ได้ สามารถตั้งค่าเริ่มต้นของการนับและอ่านค่าการนับได้โดยซีพียู เมื่อเป็นวงจรจับเวลาจะใช้หลักการเดียวกับวงจรมับเพียงแต่จะกำหนดค่าสูงสุดของการนับไว้ ซึ่งค่าสูงสุดของการนับจะคำนวณมาจากค่าเวลาที่ต้องการจับเวลานั้นเอง

- วงจรมับ/จับเวลา ทำงานได้ 2 หน้าที่ คือ ใช้เป็นวงจรมับหรือจับเวลา เมื่อเป็นวงจรมับจะทำการนับจำนวนรอบของสัญญาณนาฬิกาภายใน MCS-51 หรือจำนวนรอบของสัญญาณที่ต่ออยู่ภายนอกตัว MCS-51 ก็ได้ สามารถตั้งค่าเริ่มต้นของการนับและอ่านค่าการนับได้โดยซีพียู เมื่อเป็นวงจรจับเวลาจะใช้หลักการเดียวกับวงจรมับเพียงแต่จะกำหนดค่าสูงสุดของการนับไว้ ซึ่งค่าสูงสุดของการนับจะคำนวณมาจากค่าเวลาที่ต้องการจับเวลานั้นเอง

- พอร์ตอนุกรม ซีพียูจะอ่านและเขียนข้อมูลกับพอร์ตอนุกรมเป็นแบบ 8 บิต แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก MCS-51 เรียงไปที่ละบิตออกจากขา TXD และในการรับข้อมูลก็จะรับเข้ามาทีละบิตทางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้ซีพียูอ่านไปใช้งานต่อไป

ใน MCS-51 มีพอร์ตให้ใช้งานได้หลายแบบทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่างๆ ได้มากมาย การจะนำพอร์ตไปใช้งานได้จะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุม จากโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น เราสามารถแยกส่วนต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อยๆ ได้ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.17 ซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมภายในของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บทที่ 3

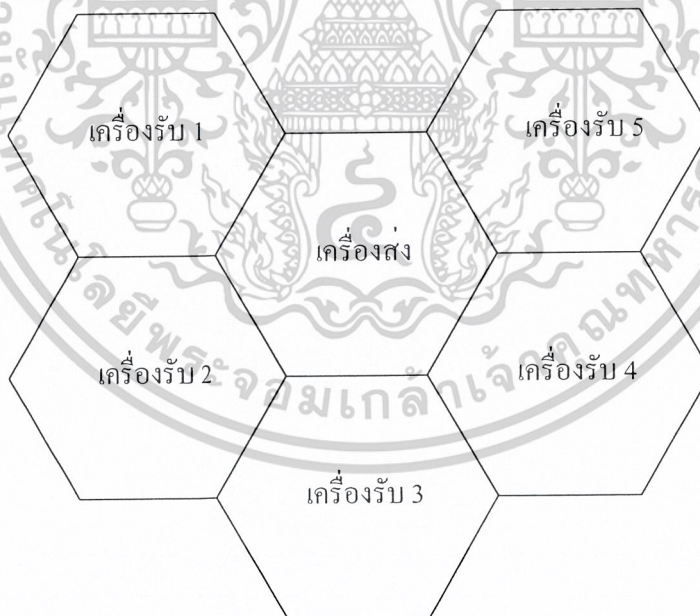
### การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

#### 3.1 หลักการออกแบบ

การออกแบบระบบกระจายเสียงไร้สายนี้ มีหลักการเหมือนกับเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง และเครื่องรับวิทยุ ซึ่งเครื่องรับสามารถทำการติดตั้งได้ในระบบไร้สายไปตามจุดต่างๆ โดยที่ไม่ต้องเดินสายนำสัญญาณให้ยุ่งยากและไม่เป็นระเบียบ เมื่อติดตั้งและปรับแต่งเรียบร้อยแล้ว การควบคุมทั้งหมดจะอยู่ที่เครื่องส่ง ซึ่งทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงออกอากาศไปยังเครื่องรับที่อยู่ตามจุดต่างๆ

หลักการออกแบบโครงงานนี้จะมีส่วนประกอบใหญ่ๆ ของระบบ 2 ส่วน คือ

1. เครื่องส่งจำนวน 1 ตัว
2. เครื่องรับจำนวน 5 ตัว



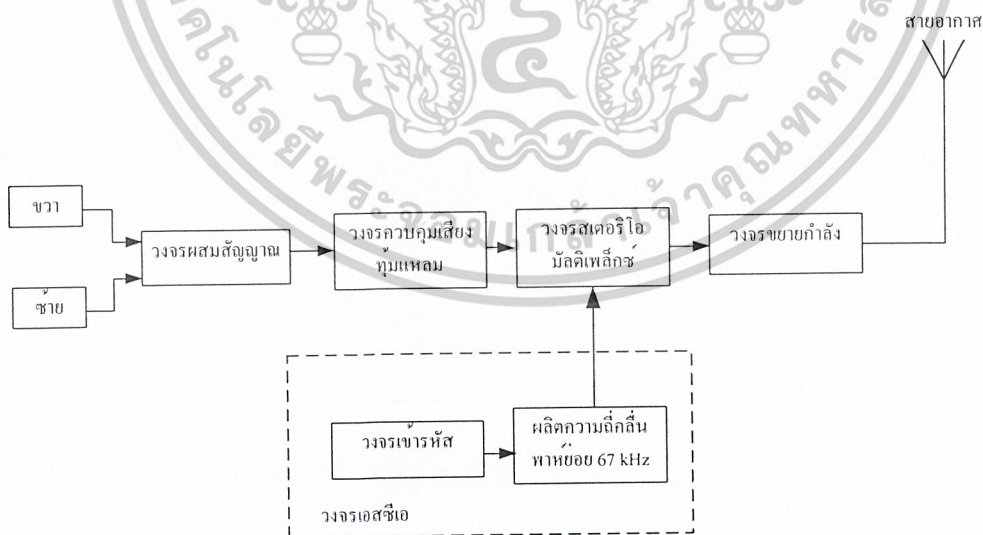
รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของระบบกระจายเสียงไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 วงจรทางด้านเครื่องส่ง

ในส่วนของเครื่องส่ง จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงออกอากาศในระบบเอฟเอ็มสเตอริโอ มัลติเพล็กซ์ ซึ่งระบบเสียงที่ใช้ส่งในระบบนี้จะเป็นระบบสเตอริโอที่ให้คุณภาพเสียงที่ดีและมีการเข้ารหัสเสียงควบคุมพื้นที่ในการใช้งาน จึงไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพเสียงทางช่องสัญญาณเสียง ในขณะที่เข้ารหัส โครงสร้างของระบบการทำงานของเครื่องส่งประกอบด้วยวงจรต่างๆ ตามแผนผังการทำงานดังรูปที่ 3.2 ซึ่งจะประกอบด้วยวงจรต่อไปนี้

- 1) วงจรผสมสัญญาณ
- 2) วงจรควบคุมเสียงทึ่มແຫລມ
- 3) วงจรสเตอริโอ มัลติเพล็กซ์
  - วงจรสเตอริโอเมตริกซ์
  - วงจรมอดูเลเตอร์ได้คุด
  - วงจรกำเนิดความถี่เสียงนำและความถี่คลื่นพาห้อย่อย
  - วงจรขยายรวมสัญญาณ
- 4) วงจรเข้ารหัสความถี่คู่
- 4) วงจรขยายกำลัง
- 5) สายอากาศ



รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แรงดันไฟฟ้าที่ใช้กับวงจรคือ 9 โวลต์ โดยเพื่อให้สะดวกกับการใช้งานจึงใช้แบตเตอรี่ขนาด 9 โวลต์

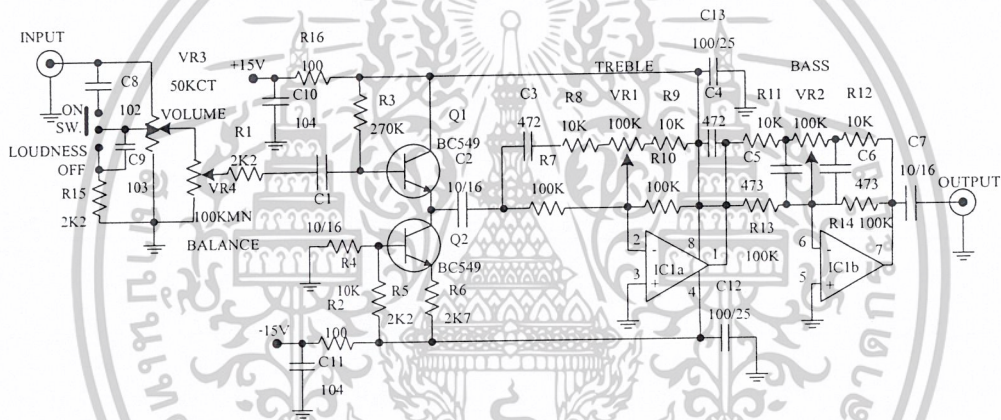
### 3.2.2 วงจรควบคุมเสียงทึ่มแหลม

#### 1) การออกแบบและการสร้าง

ในการออกแบบวงจรควบคุมเสียงทึ่มแหลมจะใช้ไอซีเบอร์ LF353 NE5532N เป็นตัวควบคุมเสียงทึ่มแหลม ซึ่งจะเป็นไอซีที่เป็น OP-AMP โดยที่ใช้ไอซีเบอร์ LF353 NE5532N จำนวน 2 ตัว ตัวที่ 1 ใช้สำหรับควบคุมเสียงทึ่ม และตัวที่ 2 ใช้สำหรับควบคุมเสียงแหลม

#### 2) การทำงาน

วงจรควบคุมเสียงทึ่มแหลม แสดงได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมเสียงทึ่มแหลม

หลักการทำงานของวงจรควบคุมเสียงทึ่มแหลม คือ ทรานซิสเตอร์ TR1 และ TR2 ทำหน้าที่เป็นวงจรแมตซ์ซึ่งระหว่างอินพุตและวงจรซูปเปอร์โทน โดยที่ Q1 จะต่อเป็นแบบขาคีมิตเตอร์ ต่อร่วมกับ Q2 โดย Q2 เป็นวงจรกำเนิดกระแสคงตัว (Constant Current Source) ไอซี 1 (IC 1 a) จะทำหน้าที่เป็นวงจรกำเนิดเสียงแหลม ส่วนไอซี 2 (IC 2 b) ทำหน้าที่เป็นวงจรปรับเสียงทึ่ม

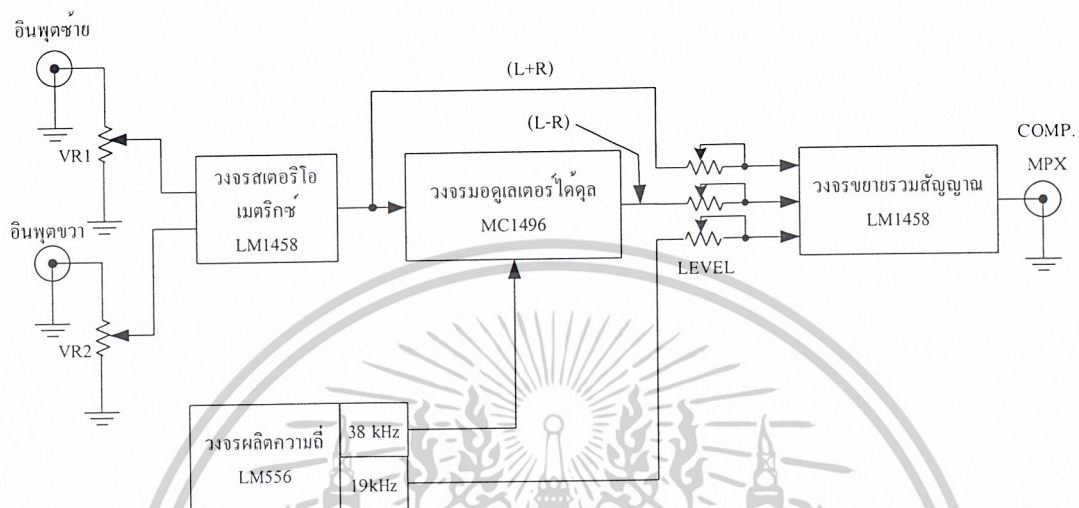
### 3.2.3 วงจรสเตอริโอแมตติเฟล็กซ์

#### 1) การออกแบบและการสร้าง

หลักการออกแบบวงจรสเตอริโอแมตติเฟล็กซ์คือ วงจรสเตอริโอแมตติเฟล็กซ์จะประกอบด้วยวงจรต่างๆ ดังนี้ คือ วงจรสเตอริโอเมตริกซ์, วงจรมอดูเลเตอร์ได้คูล, วงจรผลิตความถี่เสียงนำและคลื่นพาห้อย และวงจรขยายรวมสัญญาณ โดยวงจรสเตอริโอแมตติเฟล็กซ์นี้จะรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณมาจากวงจรควบคุมเสียงทึ่มแหลมเพื่อมาทำการมัลติเพล็กซ์ ซึ่งแผนผังการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.5



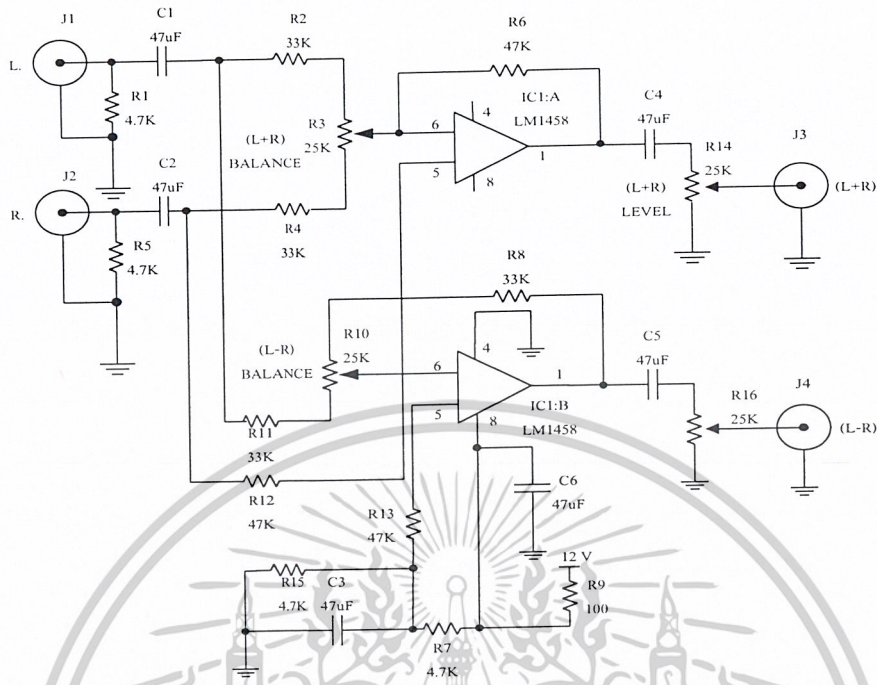
รูปที่ 3.5 แผนผังการทำงานของวงจรสเตอริโอมัลติเพล็กซ์

## 2) การทำงาน

จากแผนผังการทำงานรูปที่ 3.5 สามารถแบ่งการทำงานออกเป็นวงจรต่างๆ ดังนี้คือ

### 2.1) วงจรสเตอริโอเมตริกซ์ มีหลักการทำงานดังนี้

สัญญาณเสียงซีกซ้ายและซีกขวาจะป้อนเข้ายังวงจรเมตริกซ์ที่ทำงานด้วยไอซี LM1458 ภายในไอซีประกอบด้วยออปแอมป์ (Op-Amp) จำนวน 2 ตัว โดยออปแอมป์ ตัวที่ 1 ในไอซีจะทำหน้าที่เป็นตัวบวกสัญญาณตามรูปแบบทางพีชคณิต เป็นการรวมลูกคลื่นของสัญญาณซีกซ้ายและซีกขวาเข้าด้วยกัน ซึ่งใช้สำหรับเป็นสัญญาณหลัก (Main Channel) ดังนั้น สัญญาณขาออกที่ได้จึงเท่ากับสัญญาณขาเข้าของแต่ละอินพุต และเอาต์พุตที่ได้นี้ จะเป็นผลบวกทางพีชคณิต (L+R) ของสัญญาณเสียงซีกซ้ายและซีกขวา



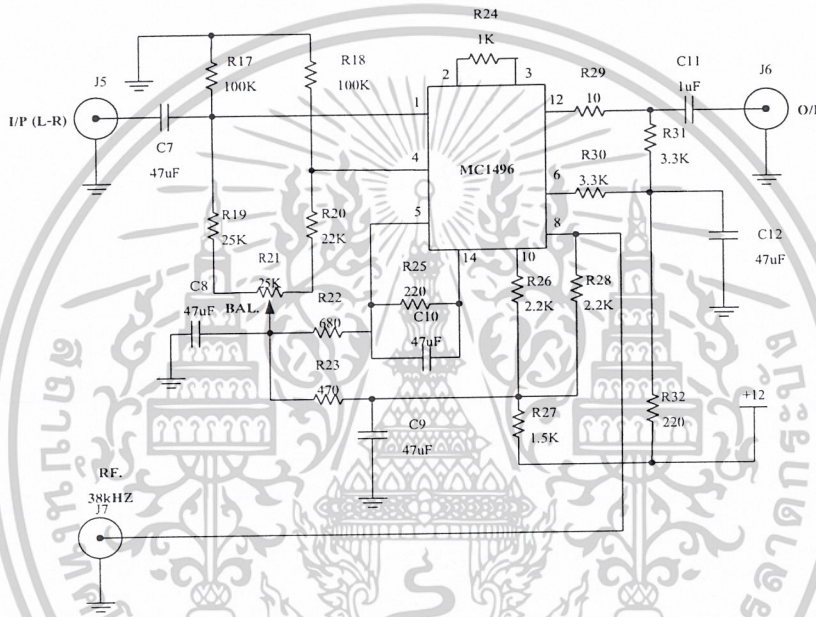
รูปที่ 3.6 วงจรขยายสเตอริโอเมตริกซ์

จากการทำงานของวงจรในรูปที่ 3.6 สัญญาณเสียงซีกซ้ายและซีกขวา จะเข้ามาทาง J1 และ J2 โดยผ่าน C1 และ C2 ซึ่งทำหน้าที่ถ่ายทอดสัญญาณเสียงเข้าไปยัง R2 และ R4 ซึ่งเป็นตัวต้านทานขาเข้า (Input Resistance) ของสัญญาณ (L-R) และในขณะเดียวกันสัญญาณเสียงที่ถ่ายทอดผ่าน C1 และ C2 จะเข้ามายัง R11 และ R12 ซึ่งเป็นตัวต้านทานขาเข้าของช่องสัญญาณ (L-R) ด้วยเช่นกัน ส่วน R3 เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ต่อระหว่าง R2 และ R4 ใช้สำหรับปรับแต่งให้อัตราการขยายสัญญาณของสัญญาณซีกซ้ายและซีกขวาเท่ากัน ในอัตราส่วนของสัญญาณทั้งสองเท่ากับ 1 ต่อ 1 ในทางอุดมคติ ถ้า R2 และ R4 มีค่าเท่ากัน R3 จะปรับที่ตำแหน่งกึ่งกลางพอดี ส่วน R6 เป็นตัวจัดให้วงจรออปแอมป์มีอัตราขยายเท่ากับ 1 (Unity Gain) ส่วน IC1-b เป็นตัวขยายสัญญาณความแตกต่าง (L-R) มี R8, R10 และ R11 ต่ออยู่ในส่วนของวงจรที่ปรับค่าได้ ซึ่งทำหน้าที่คล้ายกับ R2, R3 และ R4 สัญญาณซีกซ้ายถูกส่งเข้ามาโดยผ่านทาง R12 และ R13 วงจรนี้สร้างขึ้นได้จาก R14, R7 และ C3 ใช้สำหรับให้ไบอัสที่ค่าครึ่งหนึ่งของแรงดันแหล่งจ่ายแก่ออปแอมป์ทั้งคู่ อัตราการขยายสัญญาณที่เข้ามาทางขาไม่ผกผัน (Non Inverting) ขา 3 ของ IC1-b จะเท่ากับ 2 ถ้า R11 เท่ากับ R8 โดยที่ R10 ตั้งอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลาง R12 และ R13 จะเป็นตัวแบ่งครึ่งสัญญาณอินพุตที่เข้ามา ส่วน R10 เป็นตัวปรับแต่งเพื่อให้สัญญาณอินพุตซีกซ้ายและสัญญาณออกของ IC1-b ต้องเท่ากับศูนย์ ซึ่งในทางอุดมคติแล้วเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องให้สัญญาณ (L-R) เท่ากับศูนย์ สัญญาณเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุตของทั้งสองจะเท่ากัน สัญญาณ (L+R) จะออกทางขา 7 ของ IC1-a ผ่าน R7 ปรับระดับ (L+R) เพื่อส่งไปยังภาครวมสัญญาณต่อไป สัญญาณ (L-R) ที่ได้ออกทางขา 1 ของ IC1-b ผ่าน R9 เพื่อให้ระดับ (L-R) ส่งไปยังภาคมอดูเลเตอร์ได้ถูกต้องไป

2.2) ภาคมอดูเลเตอร์ได้คุณมีหลักการทำงานดังนี้

วงจรมอดูเลเตอร์ได้คุณเป็นการมอดูเลตสัญญาณ (L-R) เข้ากับสัญญาณความถี่คลื่นพาห้อย่อย 38 kHz โดยได้เอาต์พุตเป็นสัญญาณของรหัสคลื่นพาห้อย่อยออกให้มากที่สุด



รูปที่ 3.7 วงจรมอดูเลเตอร์ได้คุณ

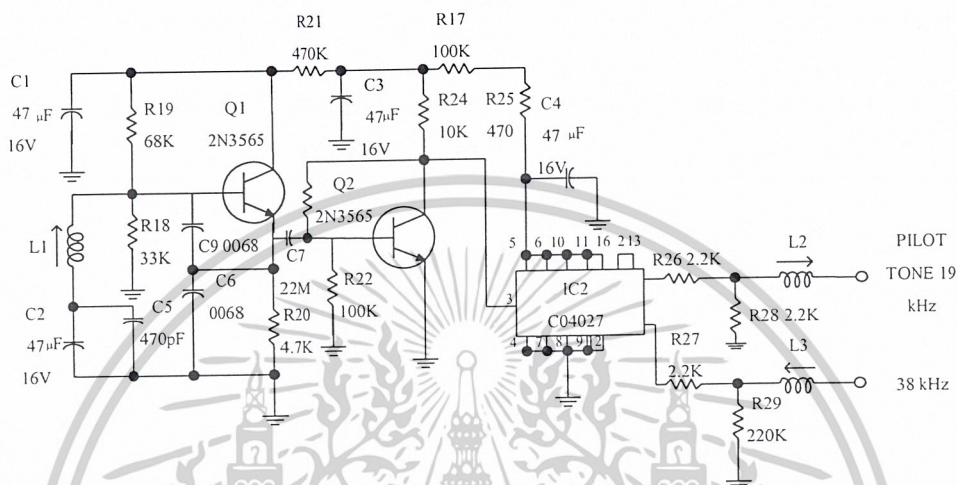
ในรูปที่ 3.7 แสดงวงจรมอดูเลเตอร์ได้คุณ โดยมี IC3 ทำหน้าที่เป็นมอดูเลเตอร์ได้คุณที่ทำให้สัญญาณ (L-R) คลื่นพาห้อย่อย ซึ่งเป็นหนึ่งของสัญญาณมัลติเพล็กซ์ที่เอาต์พุตของ IC3 จะเป็นสัญญาณผลต่างและผลรวมของความถี่ 2 ชุด ที่เข้ามาเป็นอินพุตที่ขา 1 (สัญญาณเสียง L-R) ขา 8 (38 kHz) และ IC3 ทำงานโดยไม่ให้สัญญาณอินพุตตัวหนึ่งตัวใดไปปรากฏออกที่ขาเอาต์พุตเพียงสัญญาณเดียว โดย R3 เป็นตัวควบคุมระดับสัญญาณเสียง (L-R) ที่ผ่าน R35 เข้าไปยังขา 1 ของ IC3 ตัวต้านทาน R41-R47 ต่อกันเป็นวงจรที่ใช้ในการปรับค่าไบอัสกระแสตรง C22 ที่ต่อกับขากลางประมาณ 10 Ω ซึ่งค่านี้อาจเพิ่มให้สูงขึ้นได้ถึง 22 kΩ ถ้าระดับสัญญาณที่ขา 12 ของ IC3 มีค่าสูงขึ้น สัญญาณที่ได้ออกขา 12 เพื่อไปเข้าวงจรขยายผลรวมต่อไป

การปรับแต่งได้คุณเป็นการจัดค่าไฟตรงบนตัวไอซีให้มีการตัดคลื่นพาห้อย่อย 38 kHz

ออกให้ได้มากที่สุด (ถ้ามีสัญญาณเสียง (L+R) 1 kHz และคลื่นพาห้อย่อย 38 kHz เข้ามาผสม ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนนี้จะมีสัญญาณรวม 37 kHz และ 39kHz เท่านั้น ที่ปรากฏทางเอาต์พุต ถ้ามีสัญญาณเสียง 10 kHz เข้ามา จะได้สัญญาณเสียงรวม 28 kHz และ 48 kHz ปรากฏเป็นสัญญาณออกที่เอาต์พุต)

### 2.3) วงจรสัญญาณเสียงนำร่องและวงจรผลิตความถี่คลื่นพาห้อย่อย



รูปที่ 3.8 วงจรกำเนิดความถี่สัญญาณเสียงนำร่องและคลื่นพาห้อย่อย

ในรูปที่ 3.8 แสดงวงจรกำเนิดความถี่สัญญาณเสียงนำและคลื่นพาห้อย่อย ซึ่งสัญญาณ 38 kHz ได้จากวงจรกำเนิดความถี่ 76 kHz โดยใช้ไอซีเบอร์ CD4027 ซึ่งมีฟลิปฟล็อปอยู่ภายในสองชุดเป็นชุดหารความถี่ลงมา

ฟลิปฟล็อปชุดที่หนึ่งจะหารความถี่ 76 kHz ลงมาเป็น 38 kHz และฟลิปฟล็อปอีกตัวหนึ่งจะหารความถี่ 38 kHz ลงมาเป็นความถี่ 19 kHz สัญญาณ 38 kHz และ 19 kHz ทั้งคู่นี้ต่างก็เป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม จึงต้องให้มีการผ่านวงจรจูนเสียงก่อน เพื่อแลกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณคลื่นรูปไซน์

ทางด้านเครื่องส่งจะต้องกำเนิดสัญญาณเสียงนำ 19 kHz และคลื่นพาห้อย่อย 38 kHz ในที่นี้ Q1 เป็นตัวออสซิลเลเตอร์ที่ให้อัตราสัญญาณเอาต์พุต 76 kHz ค่าความถี่ของวงจรหาได้จากวงจรข่าย (Network) ที่ประกอบขึ้นจาก C7-C10 และค่าตัวเหนี่ยวนำ L1 ซึ่งสามารถปรับค่าได้ เพื่อให้ได้ค่าความถี่ออสซิลเลเตอร์ 76 kHz อย่างแท้จริง

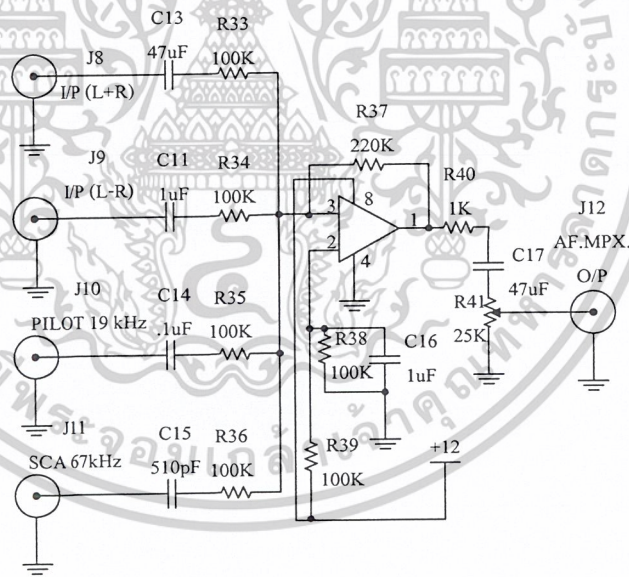
สัญญาณออสซิลเลเตอร์จะถูกส่งผ่าน C13 ไปยัง Q2 ซึ่งเป็นตัวขยายบัพเฟอร์ และ R22-R24 เป็นตัวที่ให้อิสต์แก่ Q2 ในขณะที่ C12 และ R17 เป็นตัวกรองสัญญาณ เพื่อขจัดความถี่ 76 kHz ออกจากสาย B+ ขบวนการพัลส์ลบที่ขาคอลเลกเตอร์ของ Q2 จะถูกส่งไปยัง IC2 ซึ่งจะมีฟลิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟลอปอยู่ภายในสองตัว ตัวหนึ่งจะหาร 2 ที่ความถี่ 76 kHz ไปเป็นความถี่ 38 kHz ส่วนที่ตัวฟลิปฟลอปอีกตัวหนึ่งจะหาร 2 ที่ความถี่ 38 kHz อีกครั้งไปเป็นความถี่ 19 kHz สัญญาณความถี่ที่ได้เหล่านี้จะเป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม แต่เนื่องจากเราต้องการคลื่นรูปไซน์ จึงต้องมีวงจรกรองความถี่ฮาร์มอนิกเสียงก่อน เพื่อให้ความถี่หลักมูล (Fundamental Frequency) เท่านั้นที่ผ่านวงจรกรองความถี่ไปได้ โดยมีวงจรกรองความถี่อยู่ 2 ชุด คือ ชุด L2, C15 และ C16 สำหรับกรองความถี่ 38 kHz และชุด L3, C17 และ C18 สำหรับกรองความถี่ 19 kHz R30 จะเป็นตัวส่งผ่านคลื่นไซน์ 38 kHz (ค่าประมาณ 1 Vp-p) เข้าไปยัง IC3 ซึ่งเป็นภาคมอดูเลเตอร์ R31 เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ ใช้สำหรับควบคุมระดับสัญญาณเสียงนำ 19 kHz ที่ผ่าน C19 ไปยังวงจรรวมสัญญาณคลื่นพหุขั้วย่อย ทำได้โดยการปรับ L2 และ L3

2.4 วงจรขยายผลรวมสัญญาณ

วงจรนี้จะรวมสัญญาณ (L+R), (L-R), คลื่นพหุขั้วย่อยและสัญญาณเสียงนำเข้าด้วยกันจะได้เอาต์พุตเป็นสัญญาณสเตอริโอโมด์พิเท็กซ์ซ์



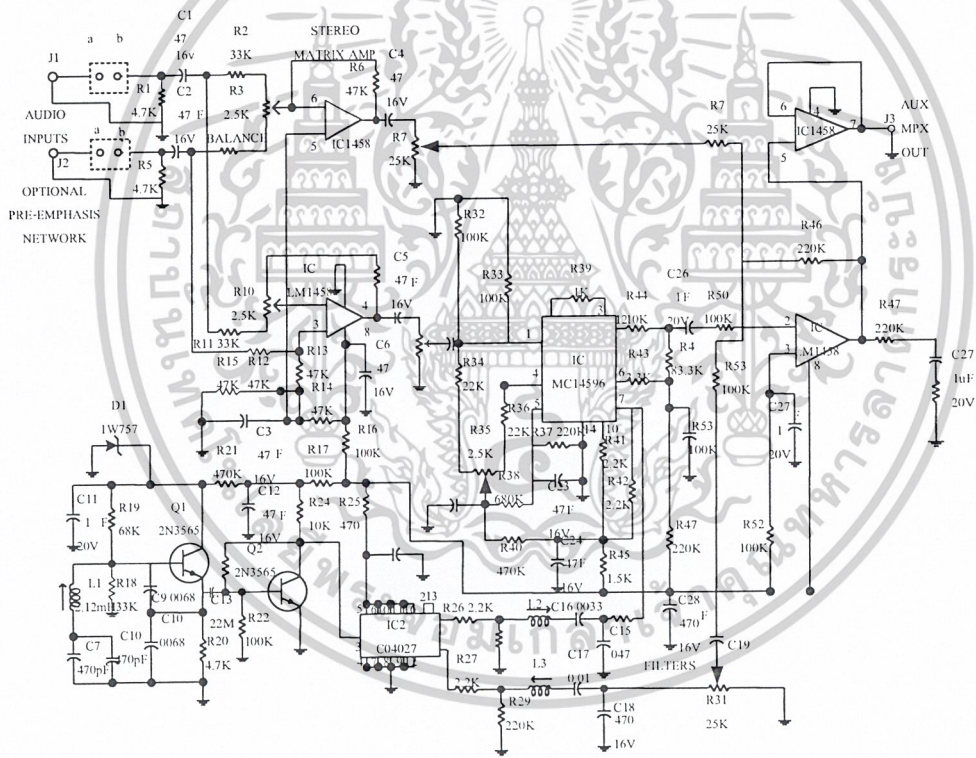
รูปที่ 3.9 วงจรขยายผลรวม

ในรูปที่ 3.9 แสดงวงจรขยายผลรวม โดยใช้ IC4 ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายผลรวมซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดแรก IC4-a ต่อเป็นวงจรขยาย โดยสัญญาณทั้งหมดมารวมเข้าที่ขา 2 และได้เอาต์พุตออกมาที่ขา 1 ผ่าน R64 เป็นตัวปรับควบคุมการเบี่ยงเบนสัญญาณเอฟเอ็ม และอีกชุดหนึ่งจะต่อไปเข้าชุดที่ 2 ของ IC4-b ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกันชน (Buffer) ในกรณีต้องการนำสัญญาณที่ได้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปต่อกับเครื่องส่งชุดอื่นๆ และทำหน้าที่ควบคุมการเบี่ยงเบนของความถี่เพื่อส่งไปยังเครื่องส่งต่อไป

IC4 เป็นวงจรเอาต์พุตที่มีอัตราขยายสัญญาณรวมเท่ากับ 2 มี R52, C27 และ R53 เป็นตัวให้ไบอัสแก่อปแอมป์ที่ค่าครึ่งหนึ่งของแรงดันจ่ายไฟ สัญญาณเสียง (L+R) จากขากลางของ R7 จะส่งผ่าน C20 มายัง R49 สัญญาณคลื่นพาห้อย (L-R) จะส่งผ่าน C26 มายัง R50 และสัญญาณเสียงนำ (Pilot tone) จาก R31 จะผ่านมายัง R51 สัญญาณทั้งสามจะถูกขยายเป็นสัญญาณออกทางขา 1 ของ IC4 ที่ IC4-b เป็นจุดสัญญาณออก AUX เพื่อส่งไปยังวงจรเครื่องส่งอีกครั้ง

เมื่อนำวงจรสเตอริโอเมตริกซ์ วงจรมอดูเลเตอร์ได้คูล วงจรกำเนิดความถี่เสียงนำและคลื่นพาห้อย และวงจรขยายผลรวม มารวมกันแสดงดังรูปที่ 3.10



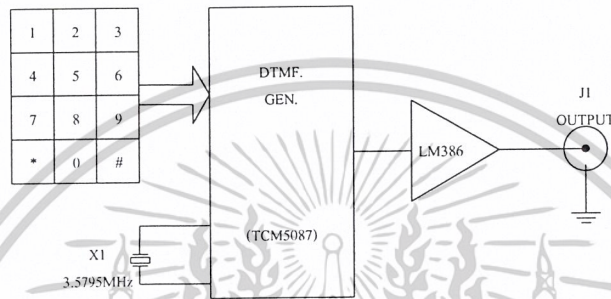
รูปที่ 3.10 วงจรสเตอริโอเมตริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 วงจรเข้ารหัสความถี่

#### 1) การออกแบบและการสร้าง

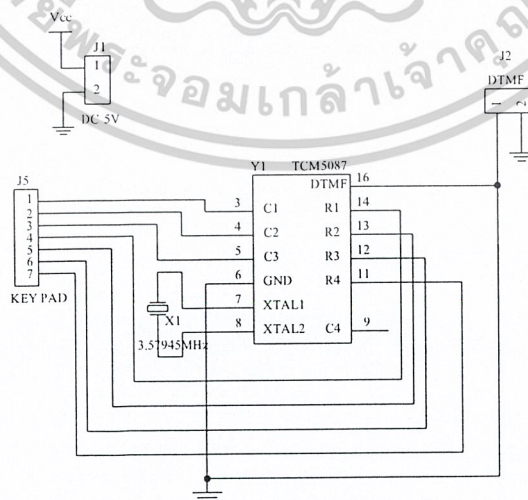
วงจรเข้ารหัสที่นำมาใช้ในการส่งนี้ เป็นหลักการของวงจรเข้ารหัสความถี่ซึ่งเป็นตัวกำหนดรหัสโดยจะใช้หมายเลข หรือสัญลักษณ์บนคีย์บอร์ด เป็นตัวกำหนดรหัสของพื้นที่ต่างๆ ที่ใช้งาน แผนผังการทำงานของวงจรมีแสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แผนผังการทำงานของวงจรเข้ารหัสความถี่

#### 2) การทำงาน

สัญญาณอินพุตจากปุ่มกด 7 สัญญาณจะเข้าที่ขา 3, 4, 5, 11, 12, 13 และ 14 ของไอซีเบอร์ TCM5087 โดยที่ขา 7 และ 8 ของไอซีจะมีการต่อกับคริสตอลเพื่อผลิตความถี่ 3.57945 MHz ให้กับไอซี สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จาก ไอซีจะออกที่ขา 16 ผ่าน C2 ไปยังวงจรกำเนิดความถี่ 67 kHz



รูปที่ 3.12 วงจรเข้ารหัสความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณอินพุตจากวงจรเข้ารหัสความถี่จะผ่านมายัง R4 ซึ่งเป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ เพื่อทำการปรับค่าความถี่อินพุตที่ได้จากวงจรเข้ารหัสความถี่ สัญญาณอินพุตจะเข้าที่ขา 7 ของ ไอซี XR2206 ที่ขา 4 ของไอซีมีการต่อไฟ DC 12 V เพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้กับไอซี XR2206 ที่ขา 13 และ 14 มีการต่อ R8 ร่วมกัน สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากไอซีนี้จะออกที่ขา 2 โดยที่ขา 1 มีการต่อร่วมอยู่กับกราวด์ของคอนเนคเตอร์

### 3.2.5 วงจรเครื่องส่ง

#### 1) การออกแบบและการสร้าง

หลักการออกแบบวงจรเครื่องส่งคือ การนำเอาสัญญาณที่ได้จากวงจรมอดูเลตเชิงเลขทาง ความถี่มาทำการมอดูเลตสัญญาณให้ได้สัญญาณเอฟเอ็มที่สามารถส่งออกอากาศได้ แต่ก่อนที่จะ ส่งออกอากาศนั้นจะต้องมีการขยายกำลังสัญญาณให้มีสัญญาณที่แรงขึ้น พอที่จะส่งออกอากาศได้ โดยสัญญาณที่ได้จากวงจรเครื่องส่งนี้จะถูกส่งไปยังวงจรขยายกำลังต่อไป

#### 2) การทำงาน

จากวงจรที่แสดงอยู่ในรูปที่ 3.13 สัญญาณเสียงซีกซ้ายและขวาจะเข้ามาทาง J1 และ J2 โดย C1 และ C2 จะทำหน้าที่ถ่ายทอดสัญญาณเสียงเข้าไปยัง R2 และ R4 ซึ่งเป็นตัวต้านทานขาเข้าของ สัญญาณ L+R และในขณะเดียวกันสัญญาณเสียงที่ถ่ายทอดผ่าน C1 และ C2 จะเข้ามายัง R11, R12 ซึ่งเป็นตัวต้านทานขาเข้าของช่องสัญญาณ L-R ด้วยเช่นกัน

R3 เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ต่อระหว่าง R2 และ R4 ใช้สำหรับปรับแต่งให้อัตราส่วน แขนงของสัญญาณ L และ R เท่ากันในอัตราส่วนของสัญญาณทั้งสองเท่ากับ 1:1

ถ้า R2 และ R4 มีค่าเท่ากับ R3 จะต้องถูกปรับให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางพอดี ส่วน R6 เป็น ตัวจัดคิ่ววงจรขยายออพแอมป์มีอัตราขยายเท่ากับ 1

IC1-b เป็นตัวขยายสัญญาณความแตกต่าง L-R มี R8, R10 และ R11 ต่ออยู่ในรูปของ โครงข่ายที่ปรับค่าได้ ซึ่งทำหน้าที่คล้ายกับ R2, R3 และ R4 สัญญาณซีกขวาจะถูกส่งผ่านเข้ามาโดย ผ่านทาง R12 และ R13 โครงข่ายที่สร้างขึ้นจาก R14, R15 และ C3 ใช้สำหรับให้ไบอัสที่ค่าครึ่งหนึ่ง ของแรงดันแหล่งจ่ายแก่ออพแอมป์ทั้งคู่

อัตราขยายสัญญาณที่เข้ามาทางขา 3 ของ IC-b จะเท่ากับ 2 ถ้า R11 เท่ากับ R8 โดยที่ R10 ตั้งอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลาง R12 และ R13 จะเป็นแบ่งครึ่งสัญญาณอินพุตที่เข้ามา ส่วน R10 เป็น ตัวปรับแต่งเพื่อให้สัญญาณอินพุตซีกซ้ายและขวาเท่ากัน สัญญาณออกของ IC-b จะต้องเท่ากับศูนย์

Q1 เป็นตัวออสซิลเลเตอร์ที่ให้สัญญาณเอาต์พุต 76 kHz ค่าความถี่ของวงจรหาได้จาก โครงข่ายที่ประกอบขึ้นจาก C7-C10 และค่าอินดักเตอร์ L1 ซึ่งเป็นตัวปรับค่าได้เพื่อให้ได้ค่าความถี่ ออสซิลเลเตอร์ 76 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณออสซิลเลเตอร์จะถูกส่งผ่าน C13 ไปยัง Q2 ซึ่งเป็นตัวขยายบัฟเฟอร์ และ R22-R24 เป็นตัวที่ไบอัสแก่ Q2 ในขณะที่ C12 และ R17 เป็นตัวกรองสัญญาณเพื่อขจัดความถี่ 76 kHz ออกจากสาย B+ ขบวนการพัลส์ลับที่ขาคอลเล็กเตอร์ของ Q2 จะถูกส่งไปยัง IC2 ซึ่งมีฟิลิปฟลอปอยู่ภายในสองตัว ตัวหนึ่งจะหาร 2 ที่ความถี่ 76 kHz เป็นความถี่ 38 kHz ส่วนฟิลิปฟลอปอีกตัวจะหาร 2 ที่ความถี่ 38 kHz อีกครั้ง เป็นความถี่ 19 kHz สัญญาณความถี่ที่ได้เหล่านี้จะเป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมเนื่องจากว่าต้องการคลื่นรูปไซน์ จึงต้องมีวงจรกรองความถี่ฮาร์โมนิกเสียก่อน เพื่อให้ความถี่หลักมูล (Fundamental frequency) เท่านั้นที่ผ่านวงจรกรองไปได้ โดยมีวงจรกรองอยู่สองชุด ชุดที่หนึ่ง L2, C15 และ C16 สำหรับกรองความถี่ 38 kHz และชุดที่สอง L3, C17 และ C18

สำหรับความถี่ R30 จะเป็นตัวส่งผ่านคลื่นรูปไซน์ 38 kHz เข้าไปยัง IC3 ซึ่งเป็นการมอดูเลเตอร์ R31 เป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ใช้สำหรับควบคุมระดับสัญญาณความถี่เสียงนำ 19 kHz ที่ผ่าน C19 ไปยังวงจรรวมสัญญาณ การปรับแต่งเฟสของสัญญาณความถี่เสียงนำและสัญญาณคลื่นพาห้อย่อยทำได้โดยการปรับที่ L2 และ L3

IC3 ทำหน้าที่เป็นมอดูเลเตอร์ได้คู่ที่ทำให้เกิดสัญญาณ (L-R) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสัญญาณมัลติเพล็กซ์ที่เอาต์พุตของ IC3 จะเป็นผลต่างและผลรวมของความถี่ 2 ชุดที่เข้ามาเป็นอินพุตที่ขา 1 (สัญญาณเสียง L-R) และขา 8 (38 kHz) และ IC3 จะทำงานโดยที่ไม่ให้สัญญาณอินพุตตัวหนึ่งตัวใดปรากฏออกไปทางขาเอาต์พุตโดยลำพังเพียงสัญญาณเดียว R9 เป็นตัวควบคุมระดับสัญญาณเสียง (L-R) ที่ผ่าน R21 เข้าไปยังขา 1 ของ IC3 ตัวต้านทาน R32-R36 ต่อกันเป็นโครงข่ายที่ใช้ในการปรับค่าดีซีไบอัส C22 ที่ต่อกับขากลางของ R35 เป็นตัวให้สัญญาณ AC ผ่านลงกราวด์ไป R44 เป็นตัวต้านทานที่ช่วยในการจัดระดับสัญญาณมีค่าประมาณ 10 โอห์ม ซึ่งค่านี้อาจเพิ่มให้สูงขึ้นได้ถึง 2.2 กิโลโอห์ม ถ้าระดับสัญญาณที่ขา 12 ของ IC3 มีค่าสูงขึ้น

IC4 เป็นวงจรเอาต์พุตที่มีอัตราขยายสัญญาณรวมเท่ากับ 2 เท่า มี R52, C27 และ R53 เป็นตัวไบอัสแก่ออปแอมป์ที่ค่าครึ่งหนึ่งของแรงดันจ่ายไฟ สัญญาณเสียง L+R จากขากลางของ R7 จะส่งผ่าน C20 มายัง R49 สัญญาณคลื่นพาห้อย่อย L-R จะส่งผ่าน C26 มายัง R26 มายัง R50 และสัญญาณเสียงนำจาก R31 จะผ่านมายัง R51 สัญญาณทั้งสามจะถูกขยายเป็นสัญญาณรวมออกทางขา 1 ของ IC4 ที่ IC4-b เป็นจุดสัญญาณออก AUX เพื่อใช้เป็นจุดทดสอบสัญญาณมัลติเพล็กซ์

สัญญาณมัลติเพล็กซ์จะถูกส่งผ่าน C29 และ R54 มายังคาปาซิเตอร์ที่เปลี่ยนค่าไปตามแรงดัน Q3 และอุปกรณ์อื่นๆ ต่อรวมกันทำงานสร้างความถี่ที่ 88 MHz

สัญญาณมัลติเพล็กซ์จาก R4 จะถูกส่งเข้าไปมอดูเลตที่ D2 ซึ่งเป็นตัวปรับการมอดูเลตของออสซิลเลเตอร์ R64 เป็นตัวควบคุมระดับสัญญาณที่เข้าไปมอดูเลตเพื่อให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์เบี่ยงเบนได้สูงสุด  $\pm 75$  kHz จากค่าสัญญาณซิกซายและขวาที่เข้าไปมอดูเลตซึ่งมีค่าประมาณ 0.5

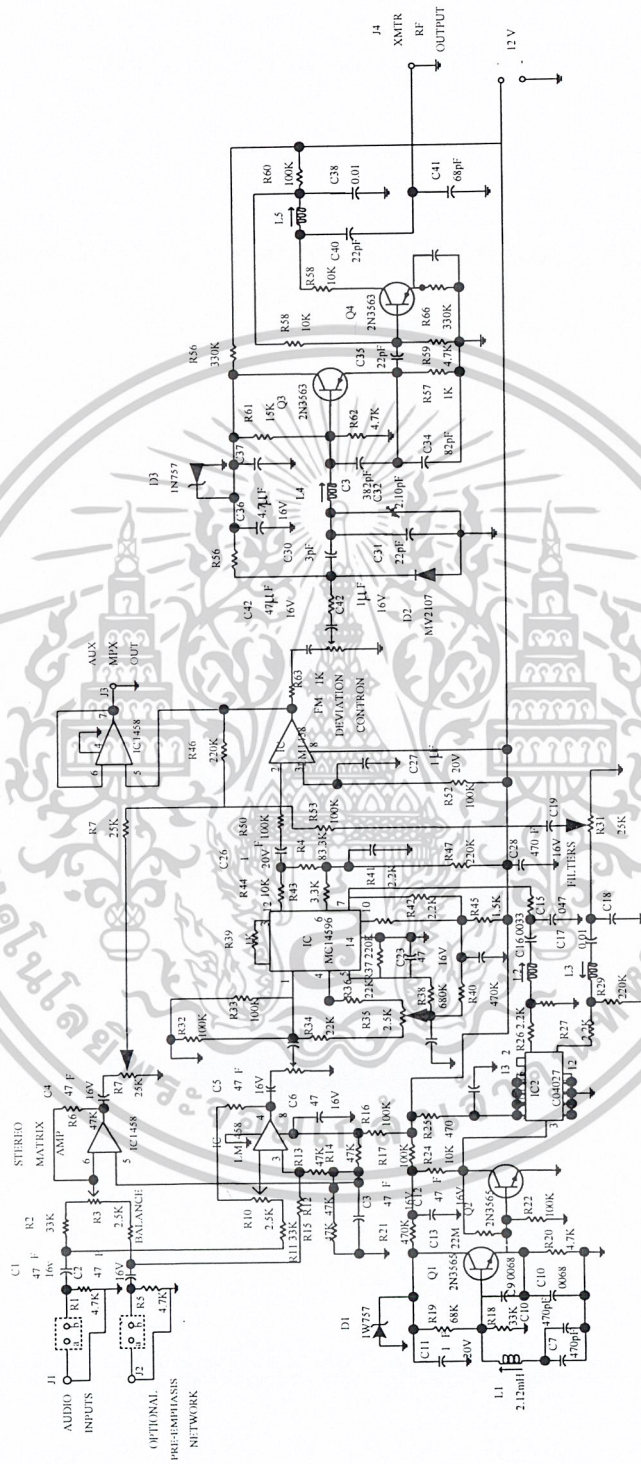
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vp-p D2 ต่อเชื่อมกับวงจรออสซิลเลเตอร์โดยการต่อผ่าน C30 เมื่อทำให้ค่าความจุของ D2 เปลี่ยนแปลงไป จะเป็นการมอดูเลตสัญญาณลงบนความถี่ที่ได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์ Q3 ซึ่งมี C32 เป็นตัวปรับแต่งให้ได้ความถี่ 88 MHz

Q4 เป็นบัฟเฟอร์อัตราขยาย ที่มีจุดประสงค์ในการกันออสซิลเลเตอร์ออกจากผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโหลดที่อาจจะมีสาเหตุมาจากสายอากาศ R65 จะเป็นตัวไม่ให้เกิดการออสซิลเลตความถี่ UHF ที่ไม่ต้องการ L5, C40 และ C41 เป็นวงจรแมทซ์สำหรับโหลด 50 โอห์มทางเอาต์พุตระดับสัญญาณที่ออกจากวงจรแมทซ์ซึ่งมีค่า 100-120 mVrms ที่โหลด 50 โอห์ม หรือประมาณ 1/4 วัตต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 วงจรเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.6 วงจรขยายกำลัง

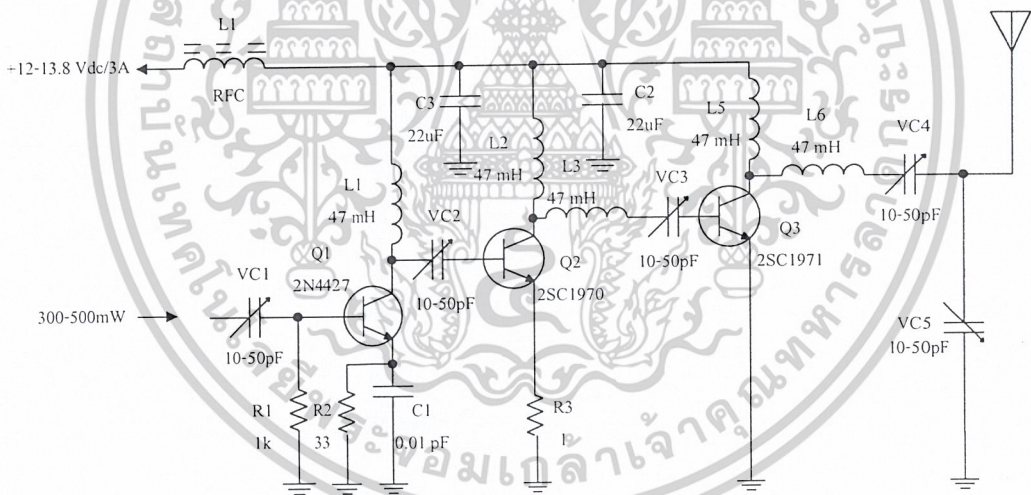
#### 1) การออกแบบและการสร้าง

หลักการออกแบบวงจรขยายกำลังคือ การนำเอาสัญญาณที่ได้จากวงจรมอดูเลเตอร์มาทำการขยายเพื่อให้มีกำลังส่งมากขึ้น สามารถส่งออกไปได้ไกล และเพื่อลดสัญญาณรบกวนจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ ก่อนที่จะทำการส่งออกอากาศโดยสายอากาศ

#### 2) การทำงาน

หลักการทำงานของวงจรขยายกำลังคือ สัญญาณอินพุตอาร์เอฟจะถูกขยายสัญญาณให้แรงขึ้นโดยทรานซิสเตอร์ Q1 และอุปกรณ์ร่วมซึ่งทำหน้าที่เป็นภาคขยายสัญญาณอาร์เอฟในแบบคลาสซี (Class C) สัญญาณเอาต์พุตของภาคขยายอาร์เอฟนี้จะผ่านวงจรจูนก่อนที่จะถูกส่งเข้าไปขยายให้มีกำลังแรงขึ้นในภาคขยายกำลังขับสัญญาณอาร์เอฟโดยทรานซิสเตอร์ Q2 สัญญาณจาก Q2 นี้จะมีการขยายสัญญาณอาร์เอฟให้มีกำลังแรงขึ้นก่อนที่จะส่งออกอากาศ วงจรขยายกำลังแสดงได้ดังรูปที่

3.14



รูปที่ 3.14 วงจรขยายกำลัง

### 3.2.7 สายอากาศ

#### 1) การออกแบบและการสร้าง

สายอากาศชนิดไดโพลจัดเป็นตัวถูกขับ หรือไดรเวนอีลีเมนต์ (Driven Element) ซึ่งหมายถึงอีลีเมนต์ส่วนที่ต่อตรงกับสายนำสัญญาณ สายอากาศไดโพลชนิดแนวตั้งจะแพร่หรือรับคลื่นได้เท่ากันในทุกทิศทางตามระนาบแนวนอน ทำให้มีรูปแบบการแพร่คลื่นเป็นวงกลม ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระนาบแนวตั้งของสายอากาศชนิดนี้จะไม่แพร่หรือรับคลื่นตลอดตามแนวสายอากาศ ทำให้รูปแบบการแพร่คลื่นเป็นลักษณะเลขแปด

การคำนวณหาขนาดของไดโพล คือ

ที่ความถี่ 87 MHz ; ค่า  $\lambda = 3 \times 10^8 / 87 \times 10^6 = 3.448$  เมตร

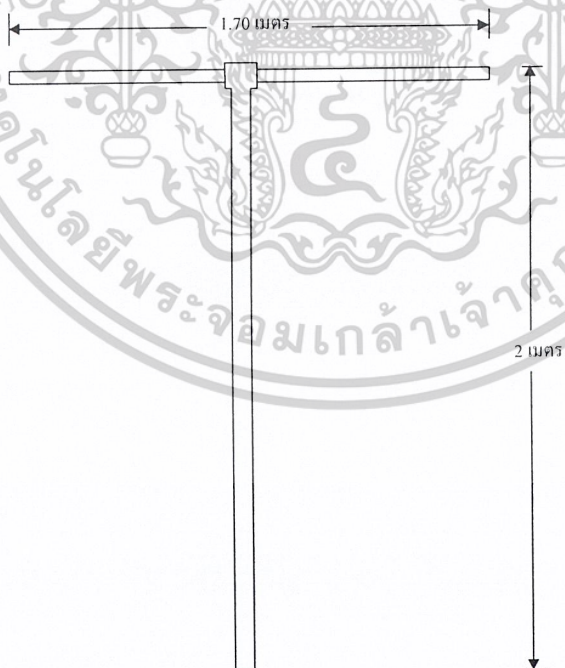
ดังนั้น  $\lambda/2 = 1.724$  เมตร

ในการใช้งานจริง ไดโพลต้องสร้างให้มีขนาดสั้นกว่าที่คำนวณเล็กน้อย เพราะวีสนามไฟฟ้าที่รั่วกินมาในแต่ละปลายของไดโพลจะไปเพิ่มความยาวทางไฟฟ้าให้ยาวขึ้น

ค่า  $V_c$  ของท่ออลูมิเนียมขนาดต่างๆ

- $\varnothing 3/8$  นิ้ว ค่า  $V_c = 0.94$
- $\varnothing 1/2$  นิ้ว ค่า  $V_c = 0.92$
- $\varnothing 5/8$  นิ้ว ค่า  $V_c = 0.903$
- $\varnothing 3/4$  นิ้ว ค่า  $V_c = 0.89$

สายอากาศไดโพลที่คำนวณได้แสดงดังรูปที่ 3.15 ซึ่งมีความยาวของอิตีเมนต์เท่ากับ 1.70 เมตร และความสูงของสายอากาศไดโพลนี้เท่ากับ 2 เมตร



รูปที่ 3.15 สายอากาศไดโพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 วงจรทางด้านเครื่องรับ

ทางด้านเครื่องรับเมื่อสัญญาณที่รับมาจะต้องมีการปรับความถี่ของวงจรให้ตรงกับทางเครื่องส่ง จากนั้นจึงมีการผ่านเข้าไปยังวงจรต่างๆ โครงสร้างของระบบการทำงานของเครื่องรับประกอบด้วยวงจรต่างๆ ซึ่งจะประกอบด้วยวงจรดังต่อไปนี้

- 1) วงจรปรับความถี่
- 2) วงจรควบคุมการเปิด-ปิด
- 3) วงจรแหล่งจ่ายไฟ
- 4) วงจรขยายสัญญาณเสียง
- 5) วงจรตั้งเวลา

#### 3.3.1 วงจรปรับความถี่

##### 1) การออกแบบและการสร้าง

วงจรปรับความถี่จะเป็นวงจรแรกที่ได้รับสัญญาณจากสายอากาศ การออกแบบวงจรปรับความถี่คือ ใช้ไอซีเบอร์ TDA7000 เป็นตัวที่ทำหน้าที่เป็นภาครับของวิทยุเอฟเอ็ม ซึ่งวงจรปรับความถี่นี้จะรับสัญญาณมาจากสายอากาศ เพื่อมาทำการปรับความถี่ให้ได้ความถี่ที่เหมาะสมก่อนที่จะทำการส่งไปยังวงจรดีมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่

##### 2) การทำงาน

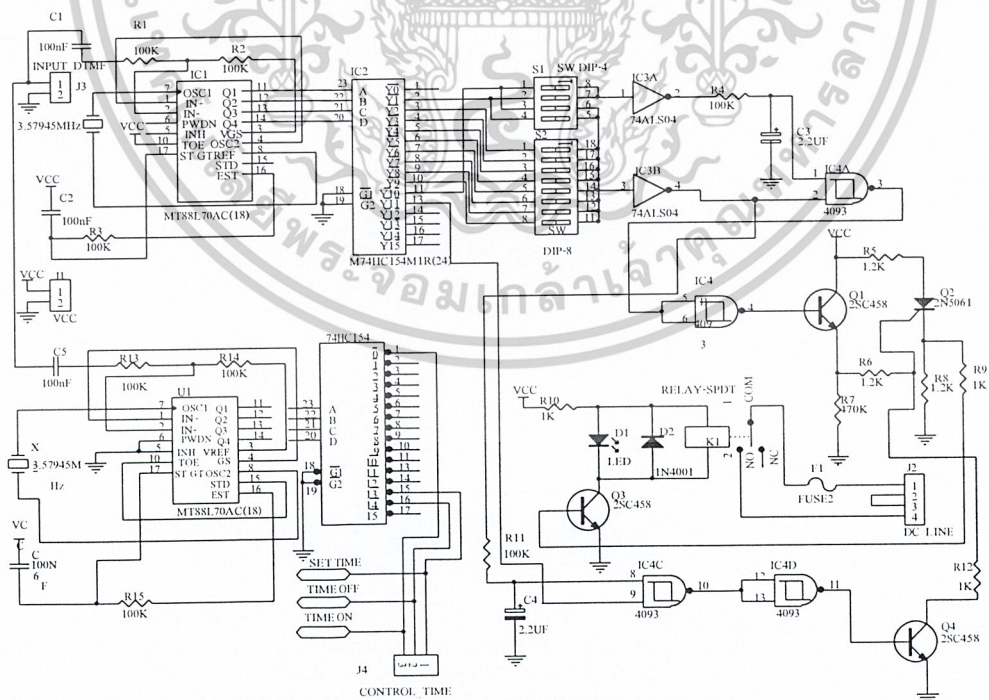
เสาอากาศทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณผ่าน C1 ไปยังวงจรกรองความถี่ผ่านคือ L1 ส่งเข้าขา 13 และ 14 ของไอซีเบอร์ TDA7000 ทำหน้าที่เป็นภาครับของวิทยุเอฟเอ็ม ส่วน C2 ทำหน้าที่ในการดีคัปปลิ่งสัญญาณ C5-C10 ทำหน้าที่กรองความถี่ให้กับวงจรขยาย ขา 6 เป็นขาที่ใช้ในการปรับหาสถานี โดยมี C11, VC1 และ L2 ต่อร่วมกันเพื่อทำหน้าที่ในการเลือกหาสัญญาณที่ต้องการ ขา 16 ต่อกับไฟลบ ส่วนขา 5 ต่อกับไฟบวก โดยผ่าน R1 และ C3 ซึ่งทำหน้าที่กรองแรงดันส่วน C4 ทำหน้าที่เบี่ยงสัญญาณความถี่สูงลงกราวด์ ขา 2 เป็นเอาต์พุต โดยมี R2 และ C12 ทำหน้าที่ในการแก้การเน้น (de-emphasis) สัญญาณผ่าน C13 ส่วน VR1 ทำหน้าที่เป็นตัวปรับเสียงผ่าน C15 มายังจุดเอาต์พุต ซึ่งที่จุดเอาต์พุตนี้จะต้องต่อกับวงจรดีมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่ รูปวงจรปรับความถี่แสดงได้ดังรูปที่ 3.16



ทรานซิสเตอร์ Q3 ทำงาน ทำให้ LED สว่าง และหน้าสัมผัสของรีเลย์จะมีการเปลี่ยนจาก NC ไป NO เป็นผลให้เครื่องรับทำงาน

เมื่อต้องการปิดเครื่องรับสัญญาณการเข้ารหัสความถี่จะถูกป้อนมายังไอซีอครหัสความถี่คู่เบอร์ MT88L70 เพื่อทำการถอดรหัสความถี่คู่ โดยที่ไอซีตัวนี้จะมีการต่อคริสตอลซึ่งกำเนิดความถี่ 3.57945 MHz สัญญาณถอดรหัสความถี่คู่ที่ได้จากไอซีจะไปเข้าไอซีเบอร์ M74HC154 เพื่อทำการควบคุมการเปิด-ปิดของเครื่องรับ โดยสัญญาณ ออกที่ขา 13 ของไอซี สัญญาณที่ได้จากขา 13 นี้จะเป็นลอจิก 0 ผ่าน NOT GATE เป็นลอจิก 1 ไปเข้า NAND GATE ซึ่งอีกสัญญาณลอจิก 1 จะได้จาก IC3B จากนั้นเมื่อผ่าน NAND GATE แล้วจะได้ลอจิก 0 เพื่อป้อนให้กับ IC4D เพื่อเปลี่ยนจากลอจิก 0 เป็นลอจิก 1 อีกครั้ง เพื่อป้อนให้กับทรานซิสเตอร์ Q4 ทำงาน จากนั้นเอสซีอาร์ Q2 ได้รับความดันไฟลบจาก Q4 จะทำให้เอสซีอาร์หยุดการทำงาน เป็นผลให้รีเลย์มีการเปลี่ยนหน้าสัมผัสจาก NO เป็น NC เครื่องรับจึงมีการปิดการทำงาน

การควบคุมเวลาเปิด-ปิดเครื่องรับ คือ เมื่อมีสัญญาณมาเข้าที่ไอซีอครหัสความถี่คู่เบอร์ MT88L70 จะมีการถอดรหัสความถี่คู่และส่งสัญญาณที่ถอดรหัสแล้วนี้ไปเข้าไอซีเบอร์ M74HC154 เพื่อทำการควบคุมเวลา โดยที่สัญญาณที่ออกที่ขา 1 ของไอซีจะเป็นการตั้งเวลาเปิด สัญญาณที่ออกที่ขา 16 จะเป็นการตั้งเวลาปิด และสัญญาณที่ออกที่ขา 15 จะเป็นการตั้งค่าเวลา



รูปที่ 3.17 วงจรควบคุมเปิด-ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

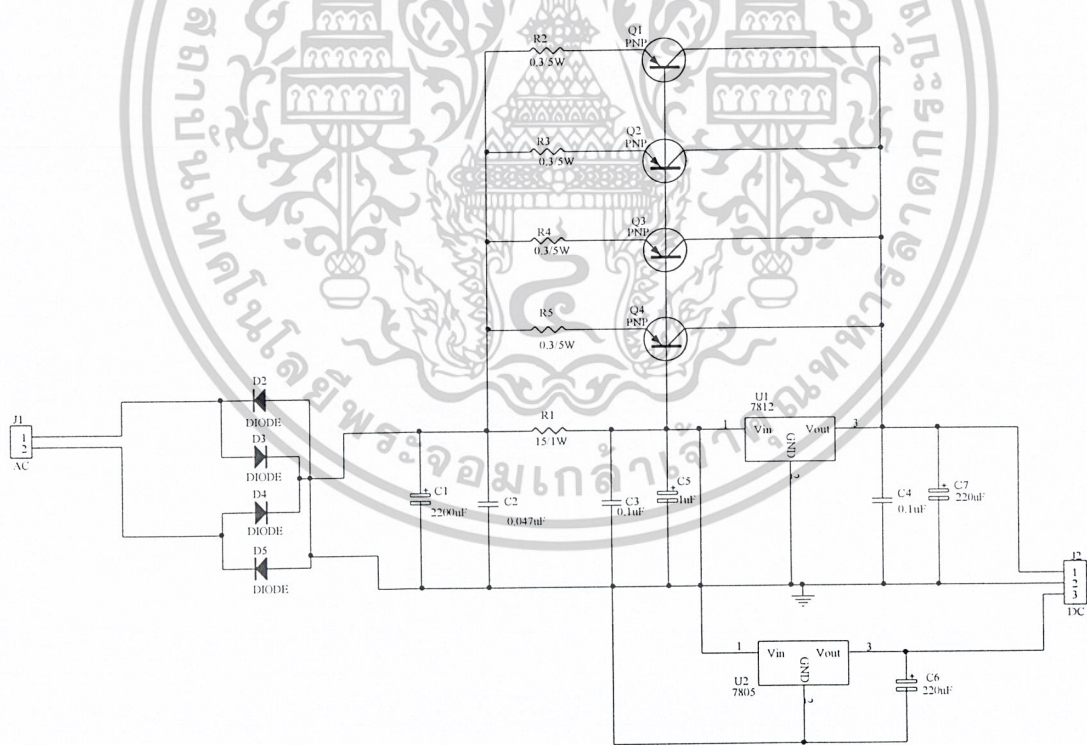
### 3.3.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

#### 1) การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟจะใช้หลักการของการนำไดโอดมาต่อร่วมกันเป็นวงจรบริดจ์ และมีการนำทรานซิสเตอร์ชนิด PNP มาต่อร่วมภายในวงจร โดยที่วงจรแหล่งจ่ายไฟนี้จะทำหน้าที่จ่ายไฟกระแสตรงให้กับเครื่องส่ง เพื่อเป็นไฟเลี้ยงวงจรทั้งหมด

#### 2) การทำงาน

วงจรแหล่งจ่ายไฟแสดงดังรูปที่ 3.18 หลักการทำงานคือ ทางด้าน J1 จะเป็นคอนเนคเตอร์ทางด้านไฟกระแสสลับ ซึ่งมีการต่อกับไดโอดจำนวน 4 ตัว โดยที่เรียกไดโอดทั้ง 4 ตัวนี้ว่าวงจรบริดจ์ซึ่งทำหน้าที่เป็น โครงข่ายผลิตไฟกระแสสลับ จากนั้นจึงส่งผ่านไปยัง C1 ผ่านไปเข้าวงจรโครงข่ายที่ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ Q1, Q2, Q3 และ Q4 ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ที่ต่อร่วมกับ U1 ซึ่งเป็นไอซีเบอร์ 7812 ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรง ซึ่งสัญญาณเอาต์พุตไฟกระแสตรงจะออกที่ J2



รูปที่ 3.18 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

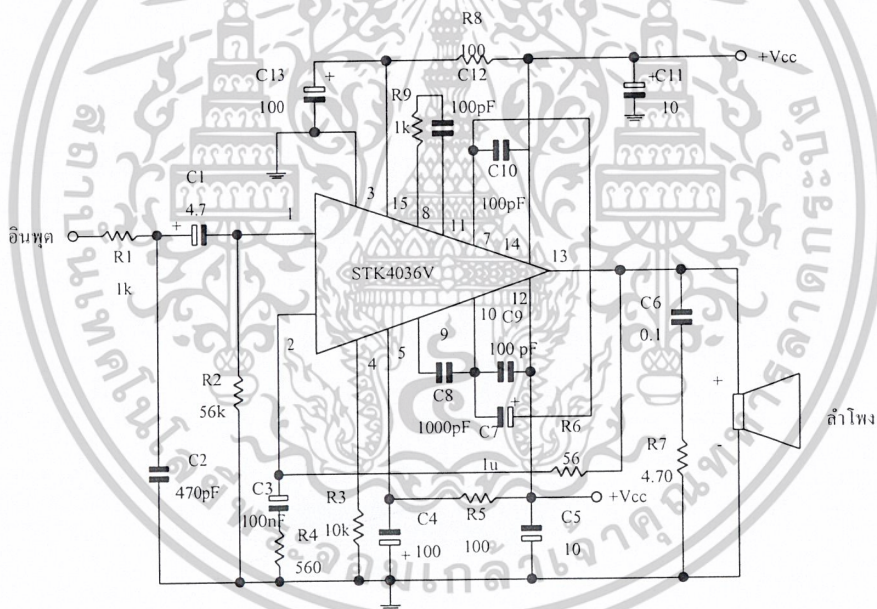
### 3.3.4 วงจรขยายสัญญาณเสียง

#### 1) การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบวงจรขยายสัญญาณเสียงทำได้โดยการนำไอซีเบอร์ STK4036V เป็นตัวขยายสัญญาณเสียง โดยที่วงจรขยายสัญญาณเสียงนี้จะรับสัญญาณเสียงเข้ามาทำการขยายให้มีระดับสัญญาณเสียงที่ชัดเจน

#### 2) การทำงาน

การทำงานของวงจรขยายสัญญาณเสียงคือ สัญญาณอินพุตได้ผ่าน R 1 kΩ ผ่าน C เข้าขา 1 ของไอซี ที่ขา 5 และขา 12 ของไอซี มีการต่อไฟ +Vcc เช่นเดียวกับที่ขา 3 และขา 14 ที่ต้องได้รับไฟเลี้ยง +Vcc สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรนี้จะออกที่ขา 13 ของไอซี และผ่านเข้าที่ลำโพงเพื่อทำการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณเสียงออกไป วงจรขยายสัญญาณเสียงแสดงได้ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 วงจรขยายสัญญาณเสียง

### 3.3.5 วงจรตั้งเวลา

#### 1) การออกแบบและการสร้าง

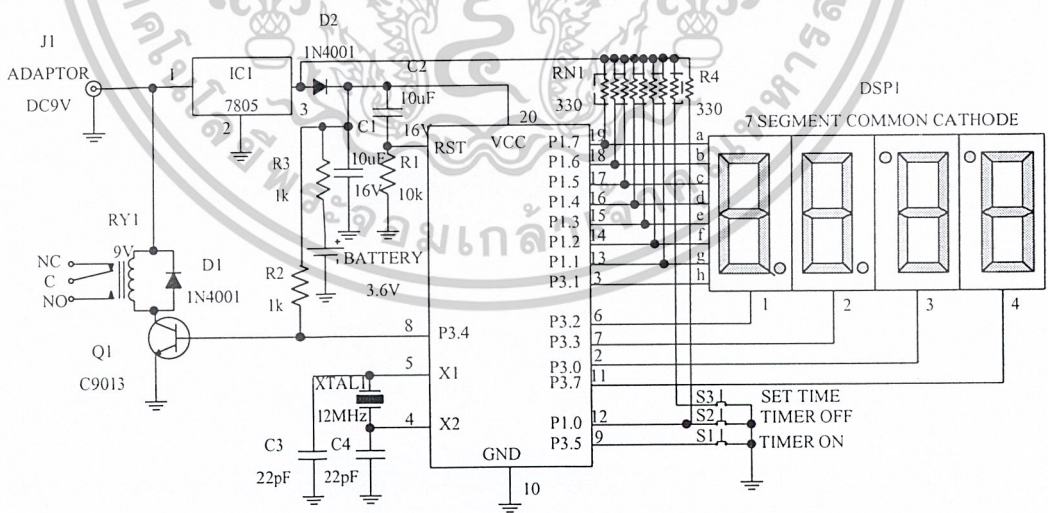
วงจรตั้งเวลานี้สามารถเป็นทั้งนาฬิกาบอกเวลามาตรฐาน (ชั่วโมง, นาที) และสามารถตั้งเวลาเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ 1 ช่อง นอกจากนี้เมื่อเกิดไฟฟ้าดับค่าเวลาที่ตั้งไว้จะยังคงอยู่ไม่ถูกลบหาย เพราะมีแบตเตอรี่แบคอัพช่วยป้องกันข้อมูลหาย เครื่องตั้งเวลานี้ออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งเวลาเปิดและปิดตามเวลามาตรฐานที่กำหนดไว้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยสามารถทำการตั้งเวลาให้เปิดและปิดทุกๆ วัน และสามารถเรียกดูค่าเวลาเปิดและค่าเวลาปิดที่ตั้งไว้ได้

การทำงานของวงจรจะใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C1051 เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมด ด้วยการเขียนโปรแกรมควบคุมและทำการบันทึกลงในตัวไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์

**2) การทำงาน**

วงจรสมมุติของเครื่องตั้งเวลา แสดงไว้ในรูปที่ 3.20 สำหรับการทำงานในส่วนที่สำคัญคือ ค่าเวลาจะถูกจำไว้ตลอดแม้จะไฟฟ้าดับ การทำงานในส่วนนี้จะอาศัยแบตเตอรี่แบบคัพแบบชาร์จได้แรงดันแบตเตอรี่นี้ประมาณ 3.6-4 โวลต์ โดยมีตัวต้านทาน R3 ทำหน้าที่จำกัดกระแสของแบตเตอรี่เพื่อไม่ให้แรงดันไหลเข้าออกมากเกินไป แรงดัน 5 โวลต์ จากภาคจ่ายไฟจะไหลผ่านไดโอด D2 และไหลผ่านตัวต้านทาน R3 เข้าไปประจุแรงดันให้กับแบตเตอรี่แบบคัพอยู่ตลอดเวลา เมื่อขณะไฟฟ้าดับแบตเตอรี่แบบคัพจะจ่ายแรงดันผ่าน R3 ไปป้อนให้กับไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เพียงตัวเดียว และป้อนให้กับตัวต้านทาน R2 ที่ต่อพ่วงกับขาเบสของ Q1 ด้วย ส่วนตัวต้านทานเน็ตเวิร์กจะไม่ได้รับแรงดันแบบคัพเนื่องจากมีไดโอด D2 ต่อกลับทิศทางกันอยู่ เหตุผลที่ไม่ต้องการให้ตัวต้านทานเน็ตเวิร์กได้รับแรงดันแบบคัพเพราะว่าจะเป็นการสิ้นเปลืองแรงดันจากแบตเตอรี่มากเกินไป



รูปที่ 3.20 วงจรตั้งเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนสวิทช์ S1, S2, S3 นั้นจะต่ออยู่ที่พอร์ต P3.5, P1.0 และ P3.1 สวิทช์ S3 จะต่อขาร่วมกับจุด h ของตัวแสดงผลได้โดยไม่มีปัญหา แหล่งจ่ายไฟที่จะป้อนให้กับวงจรจะใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอกที่เป็นไฟตรง (DC) แรงดันประมาณ 9 โวลต์ กระแสอย่างน้อย 200 มิลลิแอมป์ ซึ่งภายในวงจรจะมี IC1 ทำหน้าที่ควบคุมค่าแรงดันให้คงที่เท่ากับ 5 โวลต์ เพื่อเป็นไฟเลี้ยงแจกจ่ายให้ภายในวงจรอีกที ส่วนรีเลย์จะทำหน้าที่เป็นหน้าสัมผัสของสวิทช์แบบ 2 ทาง (มีด้าน NC และ NO) ให้เลือกใช้งานได้ตามความเหมาะสม

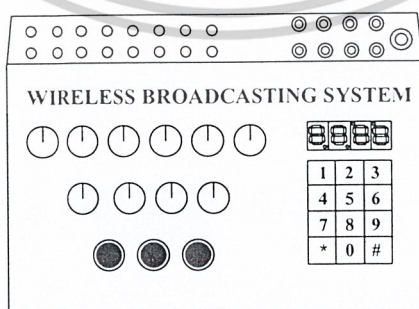
### 3.4 ส่วนประกอบต่างๆ

#### 3.4.1 กล่องเครื่องส่ง

ส่วนประกอบของกล่องเครื่องส่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.21, 3.22, 3.23 และ 3.24

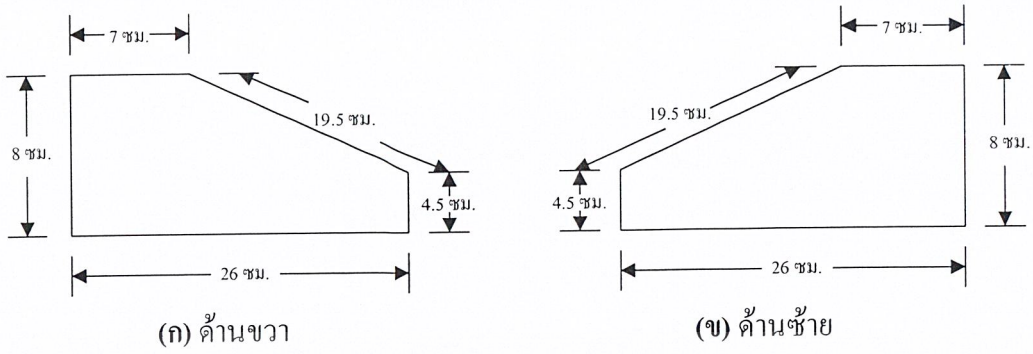


รูปที่ 3.21 ส่วนประกอบของกล่องเครื่องส่ง

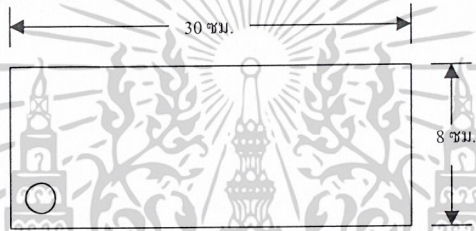


รูปที่ 3.22 ด้านบนของกล่องเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



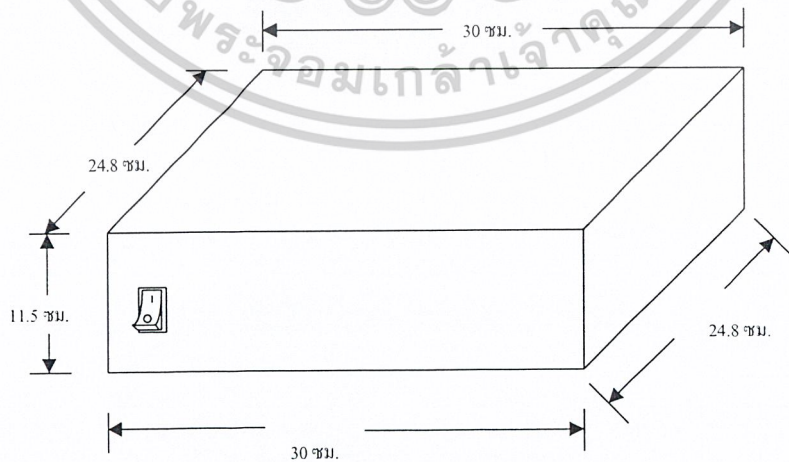
รูปที่ 3.23 ด้านข้างของกล่องเครื่องส่ง



รูปที่ 3.24 ด้านหลังของกล่องเครื่องส่ง

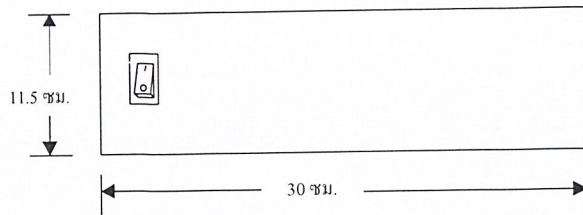
### 3.4.2 กล่องแหล่งจ่ายไฟ

ส่วนประกอบของกล่องแหล่งจ่ายไฟแสดงได้ดังรูปที่ 3.25, 3.26 และ 3.27



รูปที่ 3.25 ส่วนประกอบของกล่องแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



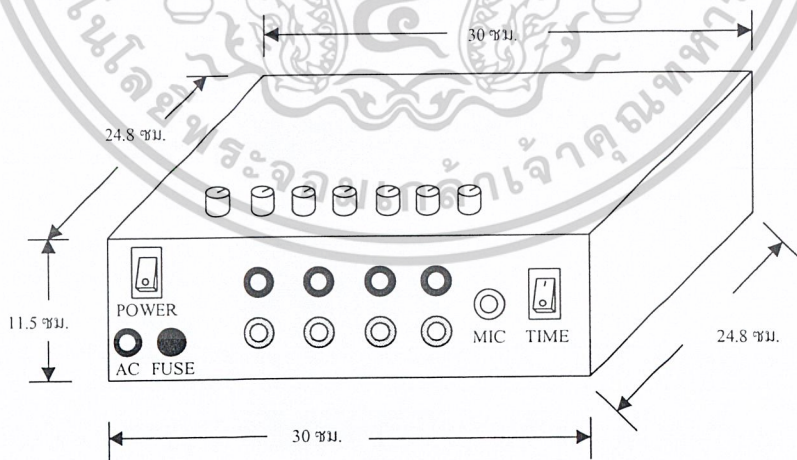
รูปที่ 3.26 ด้านหน้าของกล่องแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 3.27 ด้านหลังของกล่องแหล่งจ่ายไฟ

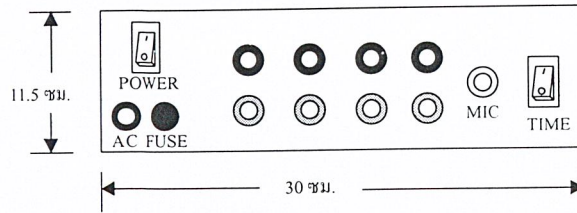
### 3.4.3 กล่องเครื่องรับ

ส่วนประกอบของกล่องเครื่องรับแสดงได้ดังรูปที่ 3.28, 3.29, 3.30 และ 3.31

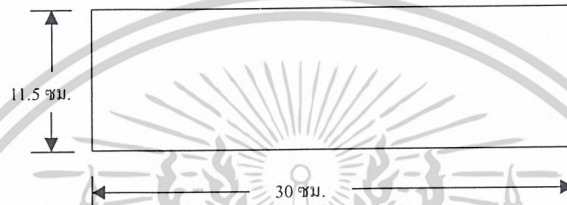


รูปที่ 3.28 ส่วนประกอบของกล่องเครื่องรับ

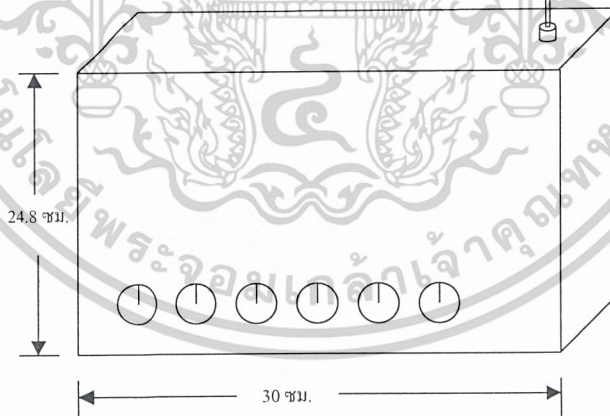
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.29 ด้านหน้าของกล่องเครื่องรับ



รูปที่ 3.30 ด้านหลังของกล่องเครื่องรับ

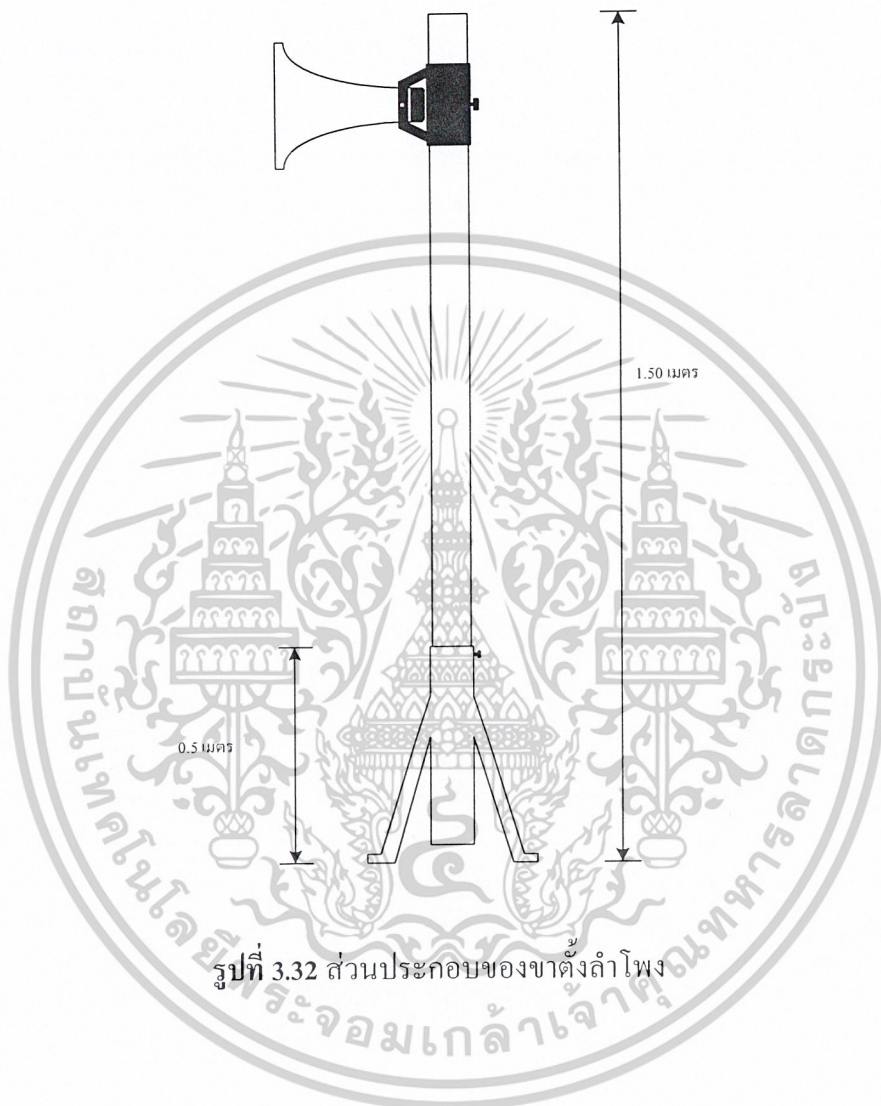


รูปที่ 3.31 ด้านข้างของกล่องเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.4 ขาตั้งลำโพง

ส่วนประกอบของขาตั้งลำโพงแสดงได้ดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 ส่วนประกอบของขาตั้งลำโพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองของวงจรส่วนต่างๆ ในระบบกระจายเสียงไร้สาย เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่เป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยการใช้เครื่องมือวัดทำการตรวจสอบผลของรูปสัญญาณ การทำงานในแต่ละส่วนของวงจรที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นการทดลองในแต่ละส่วน ได้ดังนี้

#### 4.2 การทดลองและผลการทดลองวงจรทางด้านเครื่องส่ง

##### 4.2.1 วงจรเข้ารหัสความถี่คู่

###### 1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.12

1.2) ทำการกดปุ่มพิมพ์ตัวเลขเพื่อทำการส่งสัญญาณไปยังไอซี TCM5087

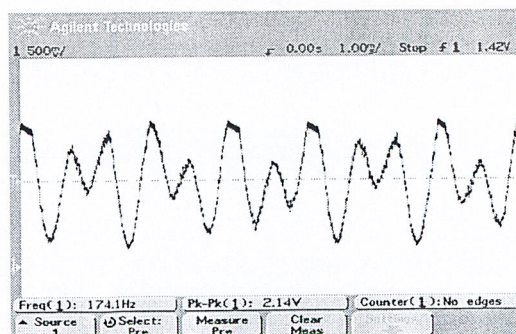
1.3) ทำการวัดสัญญาณการเข้ารหัสความถี่คู่ที่ขา 16 ของไอซี TCM5087 โดย

ออสซิลโลสโคป

1.4) ทำการบันทึกสัญญาณ

###### 2) ผลการทดลอง

จากการทดลองจะได้สัญญาณการเข้ารหัสความถี่คู่ที่มีความถี่ 174.1 Hz แร้งดันสูงสุด 2.14 Vp-p ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเข้ารหัสความถี่คู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

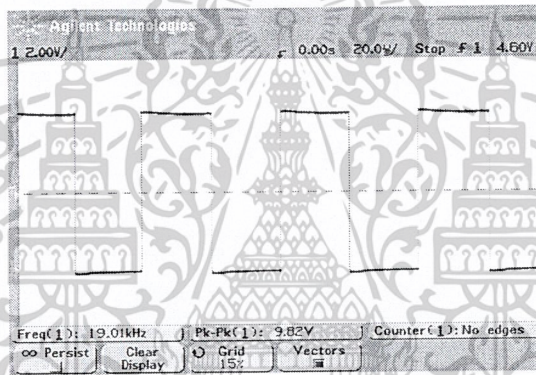
#### 4.2.2 วงจรสเตอริโออิมัลติเพล็กซ์

##### 1) ลำดับขั้นตอนการทดลองวัดสัญญาณความถี่เสียงนำร่อง 19 kHz

- 1.1) ทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.10
- 1.2) ทำการป้อนสัญญาณเสียงอินพุตเข้าที่ J1 และ J2
- 1.3) ทำการวัดสัญญาณที่ L2 โดยออสซิลโลสโคป
- 1.4) ทำการบันทึกสัญญาณความถี่เสียงนำร่อง 19 kHz

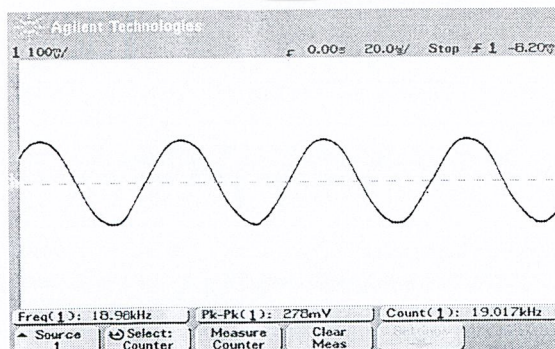
##### 2) ผลการทดลองวัดสัญญาณความถี่เสียงนำร่อง 19 kHz

จากการทดลองวัดสัญญาณความถี่เสียงนำร่อง 19 kHz จะได้สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มีความถี่ 19.01 kHz และแรงดันสูงสุด 9.82 Vp-p ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 สัญญาณความถี่เสียงนำร่อง 19 kHz

นำสัญญาณเอาต์พุตความถี่เสียงนำร่อง 19 kHz ที่เป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมมาทำการผ่านวงจรจนเพื่อให้ได้สัญญาณแอนะล็อก ดังรูปที่ 4.3



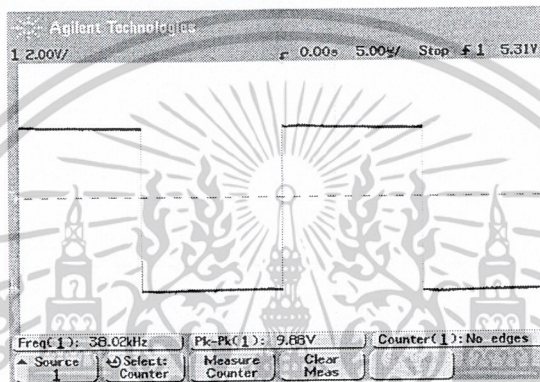
รูปที่ 4.3 สัญญาณความถี่เสียงนำ 18.98 kHz ที่มีการผ่านวงจรจนเพื่อให้ได้สัญญาณแอนะล็อก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3) ลำดับขั้นการทดลองวัดสัญญาณคลื่นพหุหัย 38 kHz

- 3.1) ทำการวัดสัญญาณที่ L3 โดยออสซิลโลสโคป
- 3.2) ทำการบันทึกสัญญาณคลื่นพหุหัย 38 kHz

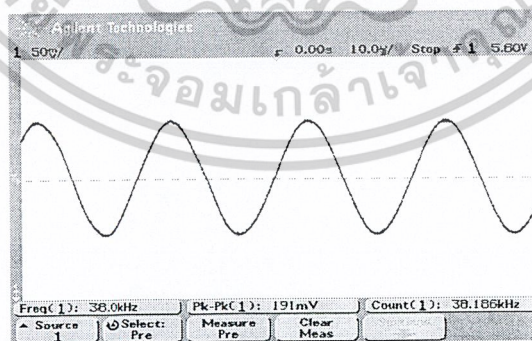
### 4) ผลการทดลองวัดสัญญาณคลื่นพหุหัย 38 kHz

จากการทดลองวัดสัญญาณคลื่นพหุหัย 38 kHz จะได้สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มีความถี่ 38.02 kHz และแรงดันสูงสุด 9.88 Vp-p ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 สัญญาณคลื่นพหุหัย 38 kHz

นำสัญญาณคลื่นพหุหัย 38.02 kHz ที่เป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมมาทำการผ่านวงจรจูนเพื่อให้ได้สัญญาณแอนะล็อก ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 สัญญาณคลื่นพหุหัย 38 kHz ที่มีการผ่านวงจรจูนเพื่อให้ได้สัญญาณแอนะล็อก

### 5) ลำดับขั้นการทดลองวัดสัญญาณมอดูเลเตอร์ได้จุด

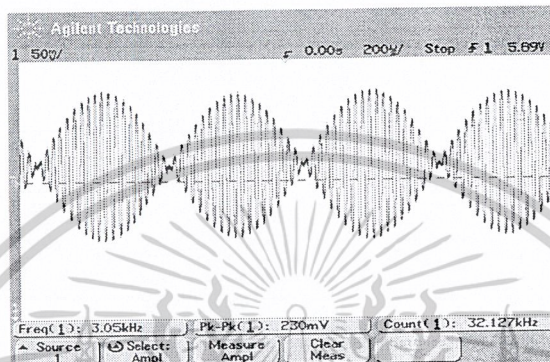
- 5.1) ทำการวัดสัญญาณที่ขา 12 ของไอซี MC14596 โดยออสซิลโลสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2) ทำการบันทึกสัญญาณมอดูเลเตอร์ได้คูล

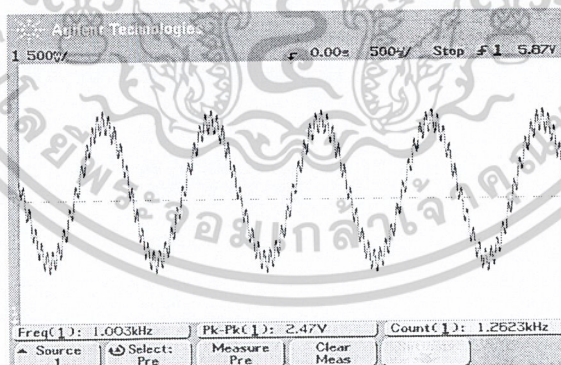
6) ผลการทดลองวัดสัญญาณมอดูเลเตอร์ได้คูล

จากการทดลองวัดสัญญาณมอดูเลเตอร์ได้คูล จะได้สัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ 3.05 kHz แรงดันสูงสุด 230 mVp-p ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลเตอร์ได้คูล

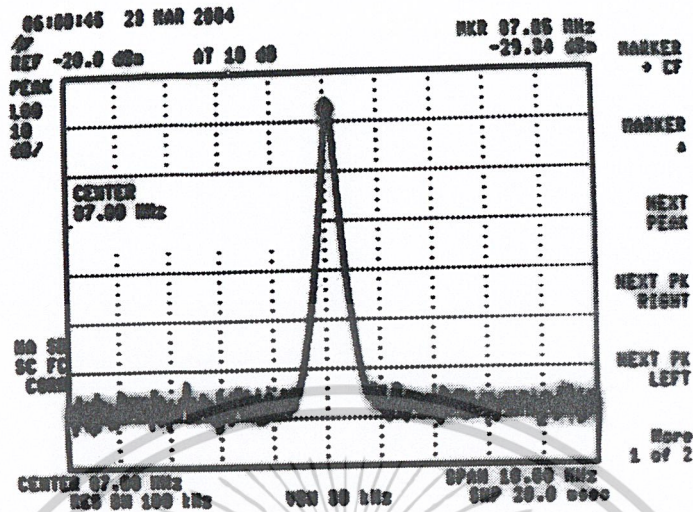
สัญญาณเอาต์พุตของวงจรสเตอริโอโมดูลิเพิลิกซ์ ซึ่งมีความถี่ 1.003 kHz 2.47 Vp-p แสดงได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรสเตอริโอโมดูลิเพิลิกซ์

ระบบกระจายเสียงไร้สายนี้ได้ใช้ความถี่อยู่ในช่วง 87 MHz ซึ่งสามารถวัดสเปกตรัมได้ดังรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

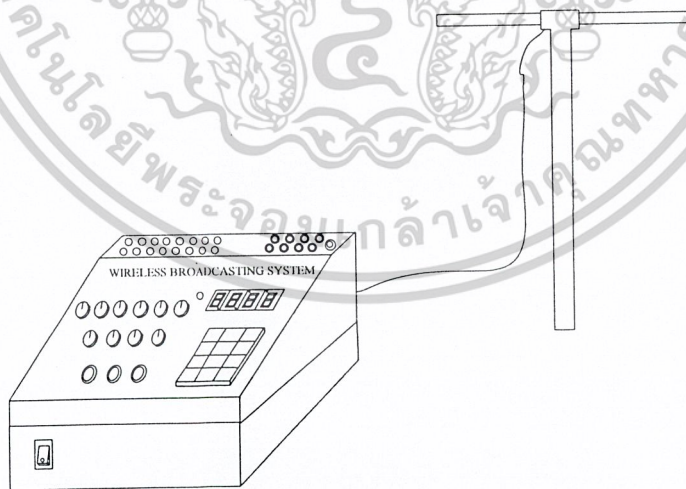


รูปที่ 4.8 สเปกตรัมความถี่ 87 kHz

### 4.3 การทดลองและผลการทดลองระบบกระจายเสียงไร้สาย

#### 4.3.1 ขั้นตอนการทดลอง

- 1) ทำการต่อสายนำสัญญาณจากสายอากาศเข้าที่เครื่องส่ง ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การต่อสายนำสัญญาณจากสายอากาศเข้าเครื่องส่ง

- 2) ทำการเปิดสวิทซ์แหล่งจ่ายไฟ

- 3) ทำการต่อสายนำสัญญาณเข้าที่ช่องนำสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4) ทำการเปิดสวิตซ์เครื่องรับ
- 5) ทำการเลือกเครื่องรับที่ต้องการใช้งาน
- 6) ทำการตั้งเวลาทำงานให้เครื่องรับ
- 7) สังเกตความชัดเจนของสัญญาณเสียงที่เครื่องรับ

#### 4.3.2 ผลการทดลอง

ความชัดเจนของสัญญาณเสียง ณ จุดต่างๆ บริเวณรอบคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และ บริเวณภายในสถาบัน โดยตั้งเครื่องส่ง ณ ห้อง ค.329 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม แสดงได้ดัง ตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวัดสัญญาณเสียง ณ บริเวณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

จุดที่	สถานที่ตั้งเครื่องส่ง	สถานที่ตั้งเครื่องรับ	ระยะทาง (เมตร)	คุณภาพเสียง
1	ห้อง ค.329	ห้อง ค.328	5	ชัดเจน
2	ห้อง ค.329	ห้อง ค.326	16	มีสัญญาณรบกวนเล็กน้อย
3	ห้อง ค.329	ห้อง ค.330A	5	ชัดเจน
4	ห้อง ค.329	ห้อง ค.330B	10	ชัดเจน
5	ห้อง ค.329	ห้อง ค.332	16	มีสัญญาณรบกวนเล็กน้อย
6	ห้อง ค.329	หน้าห้องน้ำชั้น 4	20	มีสัญญาณรบกวนปานกลาง
6	ห้อง ค.329	หน้าห้องน้ำชั้น 3	20	มีสัญญาณรบกวน
7	ห้อง ค.311	หน้าห้องภาควิชาครุ- ศาสตร์วิศวกรรม	20	ชัดเจน
8	ห้อง ค.311	บันไดข้างห้อง ค.312	5	ชัดเจน
9	ห้อง ค.311	ห้อง ค.301	50	ไม่ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุป

#### 5.1 สรุป

ระบบกระจายเสียงไร้สายที่เสนอในปฏิญานีพนธ์ฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาและสร้างระบบกระจายเสียงไร้สาย โดยมีจุดประสงค์ในการสร้างคือทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงออกอากาศไปยังเครื่องรับที่อยู่ตามจุดต่างๆ ซึ่งเครื่องรับสามารถทำการติดตั้งได้ในระบบกระจายเสียงไร้สายไปตามจุดต่างๆ โดยที่ไม่ต้องเดินสายนำสัญญาณให้ยุ่งยากและไม่เป็นระเบียบ เมื่อติดตั้งและปรับแต่งเรียบร้อยแล้ว การควบคุมทั้งหมดจะอยู่ที่เครื่องส่ง ซึ่งทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงออกอากาศไปยังเครื่องรับที่อยู่ตามจุดต่างๆ

หลักการออกแบบระบบกระจายเสียงไร้สายนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของเครื่องส่งและส่วนของเครื่องรับ โดยใช้หลักการมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK และมีการส่งกระจายเสียงโดยใช้ความถี่ 87 MHz มีการตั้งเวลาเปิด-ปิดเครื่องรับโดยควบคุมจากเครื่องส่ง มีการขยายจำนวนเครื่องรับได้ 16 เครื่อง และกำลังส่งของเครื่องส่งเท่ากับ 5 วัตต์

จากการออกแบบวงจรของระบบกระจายเสียงไร้สาย วงจรมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK ไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากสัญญาณเสียงเป็นข้อมูลที่มีจำนวนมาก และระบบกระจายเสียงไร้สายนี้จำเป็นต้องมีการส่งกระจายเสียงแบบเวลาปัจจุบัน (Real Time) ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนการมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK เป็นการมอดูเลตแบบ FM แทน

จากการทดลองส่งกระจายเสียง ณ จุดต่างๆ ของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ผลการทดลองปรากฏว่าเครื่องรับสามารถรับสัญญาณเสียงได้ดีพอสมควรในระยะทางใกล้ๆ มีสัญญาณรบกวนเล็กน้อยเมื่อระยะทางไกลขึ้น โดยระยะทางที่ไกลที่สุดที่สัญญาณชัดเจนคือ 20 เมตร ดังนั้นระบบกระจายเสียงไร้สายนี้จึงเหมาะสำหรับสถานที่ต่างๆ ที่ต้องการประชาสัมพันธ์ข่าวสารภายใน

อย่างไรก็ตาม ระบบกระจายเสียงไร้สายที่ได้จัดทำขึ้นมานี้ยังมีข้อบกพร่องอยู่บ้าง คณะผู้จัดทำได้รวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้น แนวทางแก้ไข และแนวทางการพัฒนา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหา วงจรแหล่งจ่ายไฟไม่สามารถจ่ายกระแสให้กับเครื่องส่งได้เพียงพอ

แนวทางแก้ไข ใช้ทรานซิสเตอร์ MJ2955 มาต่อขนานเข้ากับวงจรแหล่งจ่ายไฟ เพื่อให้ได้กระแสมากขึ้น

2. ปัญหา ไม่สามารถมอดูเลตสัญญาณแบบ FSK ได้ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและซับซ้อน

แนวทางแก้ไข ทำการมอดูเลตสัญญาณแบบ FM แทน

3. ปัญหา เมื่อใส่วงจรตั้งเวลาเปิด-ปิดเข้าไปในเครื่องส่ง เครื่องส่งจะไม่สามารถส่งออกอากาศได้ เนื่องจากเกิดสัญญาณรบกวนกัน

แนวทางแก้ไข ตัดวงจรตั้งเวลาเปิด-ปิดออกจากเครื่องส่ง

## 5.3 แนวทางการพัฒนา

1. ระบบกระจายเสียงไร้สายสามารถใช้การมอดูเลตแบบดิจิทัลได้ โดยนำการมอดูเลตแบบ QPSK มาใช้

2. ก่อตั้งเครื่องรับควมมีขนาดที่เล็กกะทัดรัด เพื่อสะดวกในการขนย้ายมากยิ่งขึ้น

3. ควรทำให้เครื่องรับมีเสถียรภาพมากขึ้น โดยให้เครื่องรับสามารถรับความถี่ได้อย่าง

ถูกต้อง

4. พัฒนาสายอากาศให้มีอัตราขยายสัญญาณสูงขึ้น

5. เพิ่มกำลังส่งของเครื่องส่งให้มากขึ้น เพื่อให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้มากขึ้น

6. เพิ่มความไวของเครื่องรับให้สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

เกรียงไกร ประพฤติธรรม และคณะ. “ระบบกระจายเสียงไร้สาย”. ปรินซ์นิพนธ์วิศวกรรม  
อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม,  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2537

โชคชัย เศษสุวรรณ และคณะ. “ระบบการส่งข้อมูลในช่องสัญญาณกระจายเสียงแบบเอฟเอ็ม-เอส  
ซีเอ”. ปรินซ์นิพนธ์วิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2538

นุกุลกิจ เศษคำนิล และคณะ. “ระบบกระจายเสียงไร้สายแบบ 8 พื้นที่”. ปรินซ์นิพนธ์วิศวกรรม  
อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม,  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2538

บรรเจิด ตันติกัลยาภรณ์. นักเลงเครื่องส่ง. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด เม็ดทรายพรีนติ้ง. 2540

พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. วงจรพัลส์และสวิตซิ่ง. กรุงเทพฯ : เอช.เอ็น.กรุ๊ปจำกัด. 2539

แผนกหนังสือพิเศษด้านอิเล็กทรอนิกส์. รวมโครงการอิเล็กทรอนิกส์โทรศัพท์และอินเทอร์เน็ต.  
กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด เม็ดทรายพรีนติ้ง. 2539

สุชาติ กังวารจิตต์. หลักการทำงานเครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร. กรุงเทพฯ : เอช.เอ็น.  
กรุ๊ปจำกัด. 2541

Philips ECG. ECG Semiconductors Master Replacement Guide. 1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องส่งระบบกระจายเสียงไร้สาย



รูปที่ ก.2 ภาพด้านหลังของเครื่องส่งระบบกระจายเสียงไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 ภาพด้านหน้าของเสาเครื่องรับ



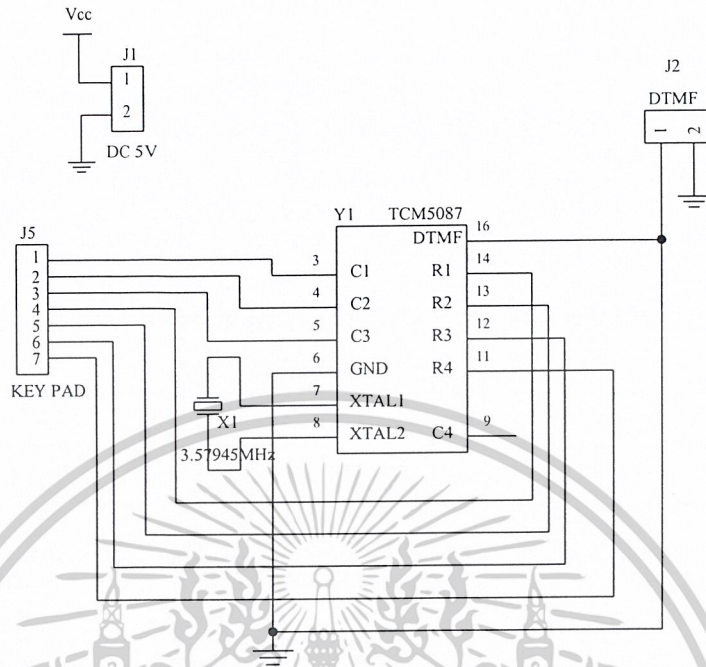
รูปที่ ก.4 ภาพด้านหลังของเสาเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

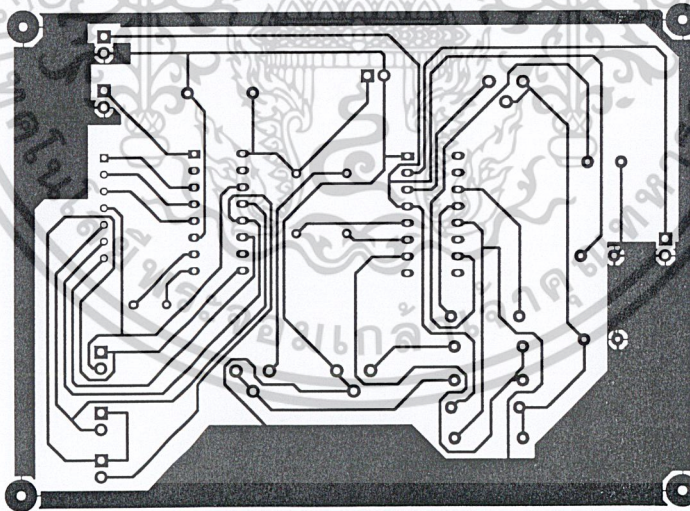


ภาคผนวก ข  
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

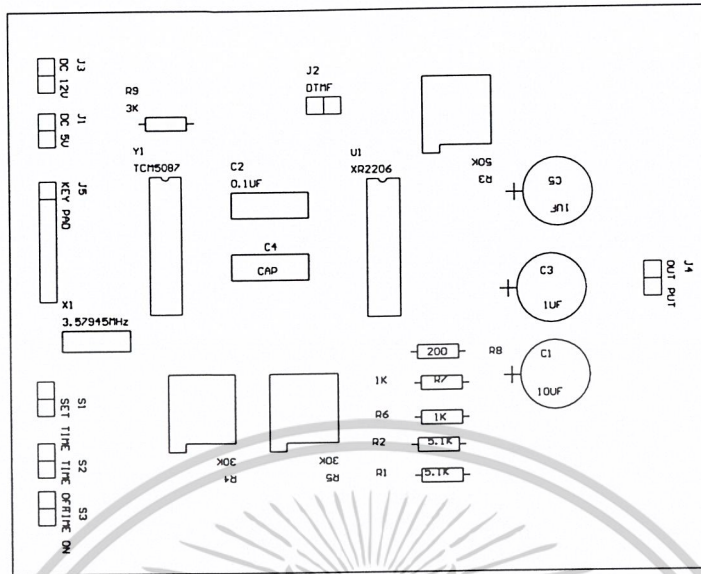


รูปที่ ข.1 วงจรเข้ารหัสความถี่

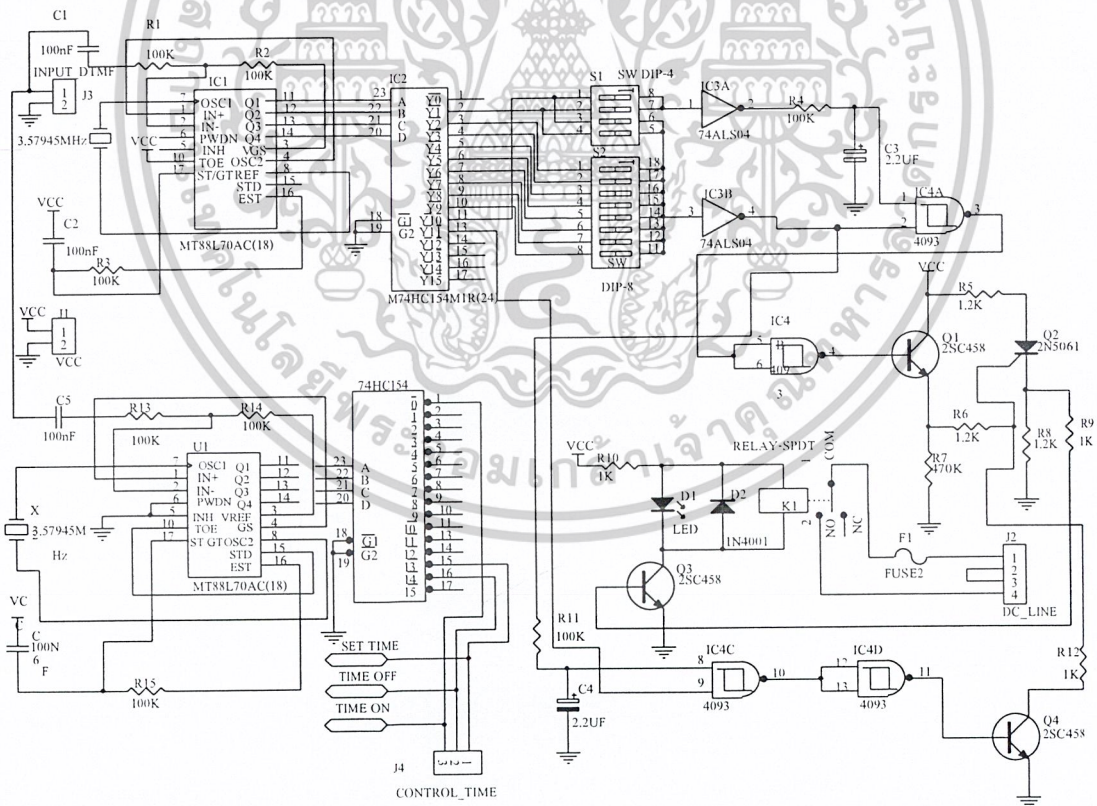


รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์เข้ารหัสความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

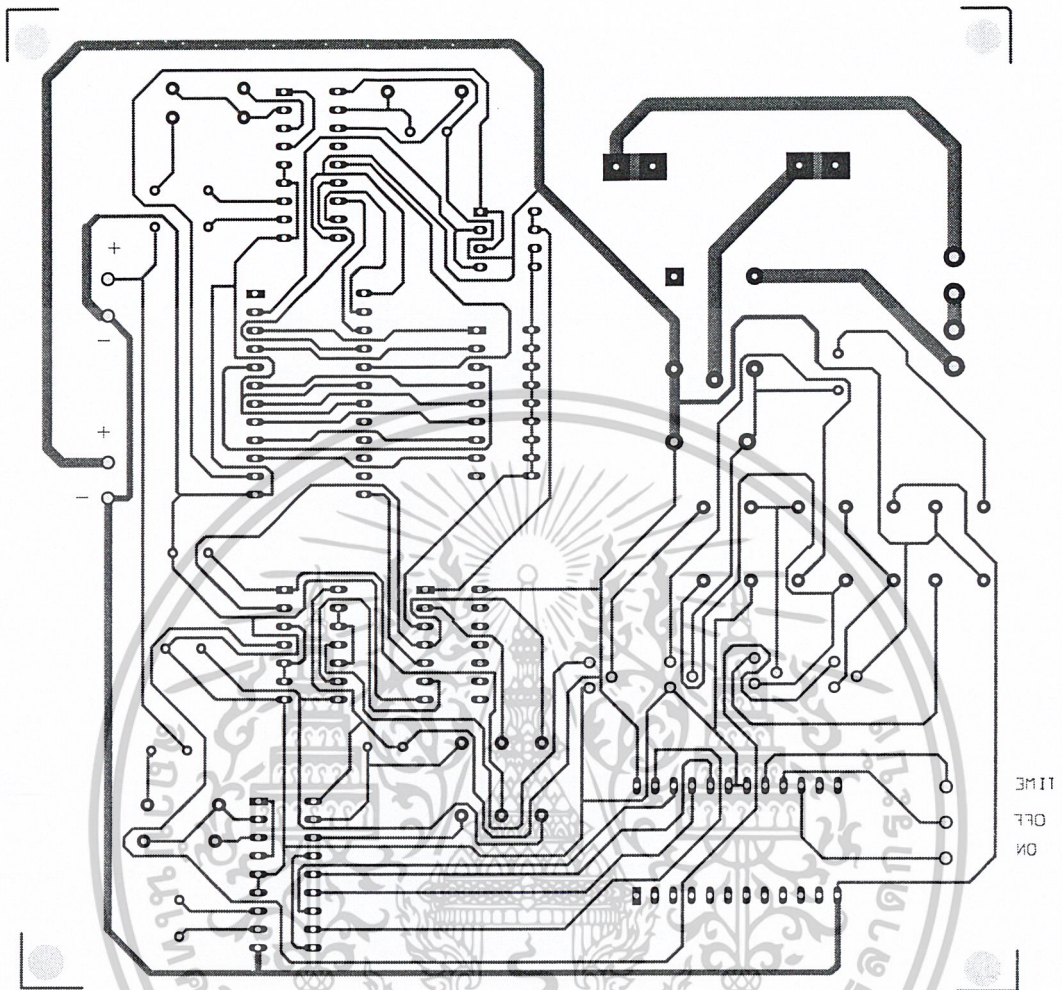


รูปที่ ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผงวงจรพิมพ์เพื่อหาค่าความถี่



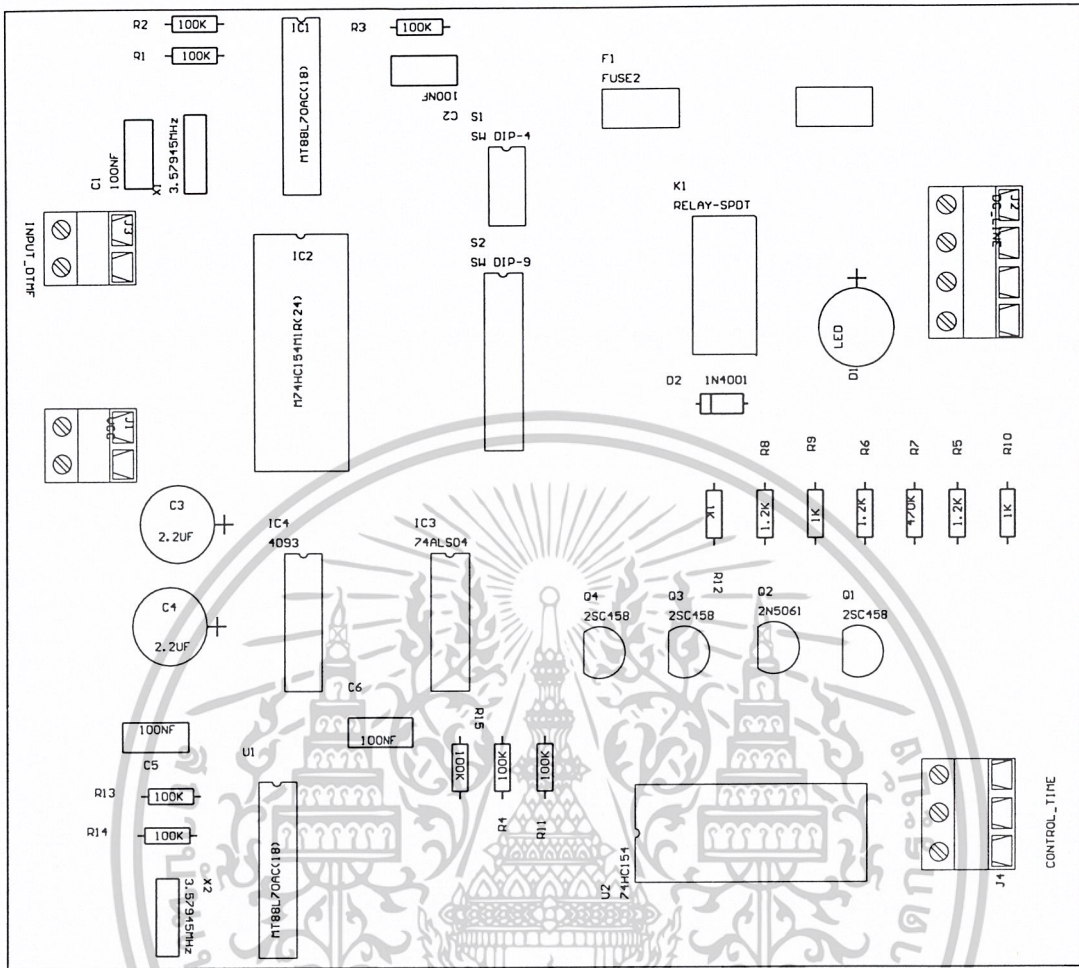
รูปที่ ข.4 วงจรควบคุมการเปิดปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

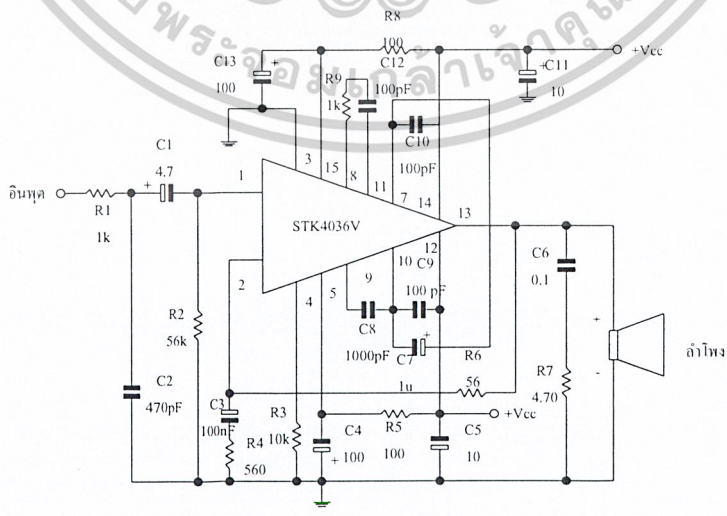


รูปที่ ข.5 แผงวงจรพิมพ์ควบคุมการเปิด-ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

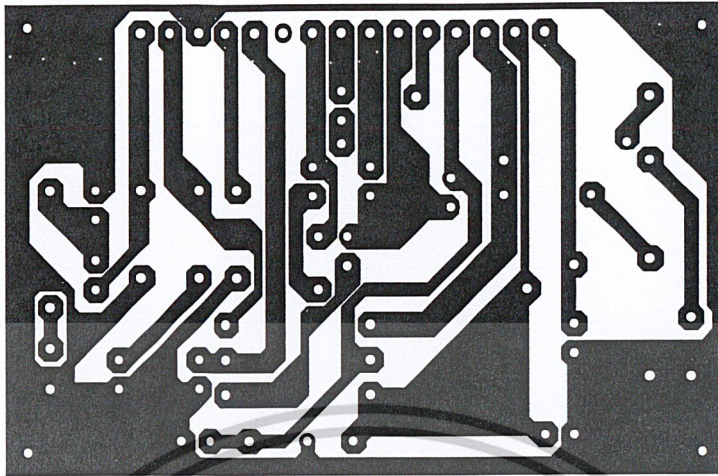


รูปที่ ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์ควบคุมการเปิด-ปิด

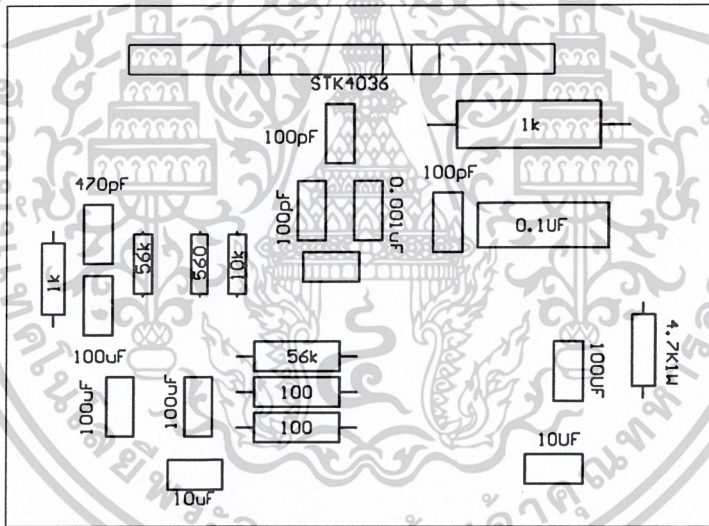


รูปที่ ข.7 วงจรขยายสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

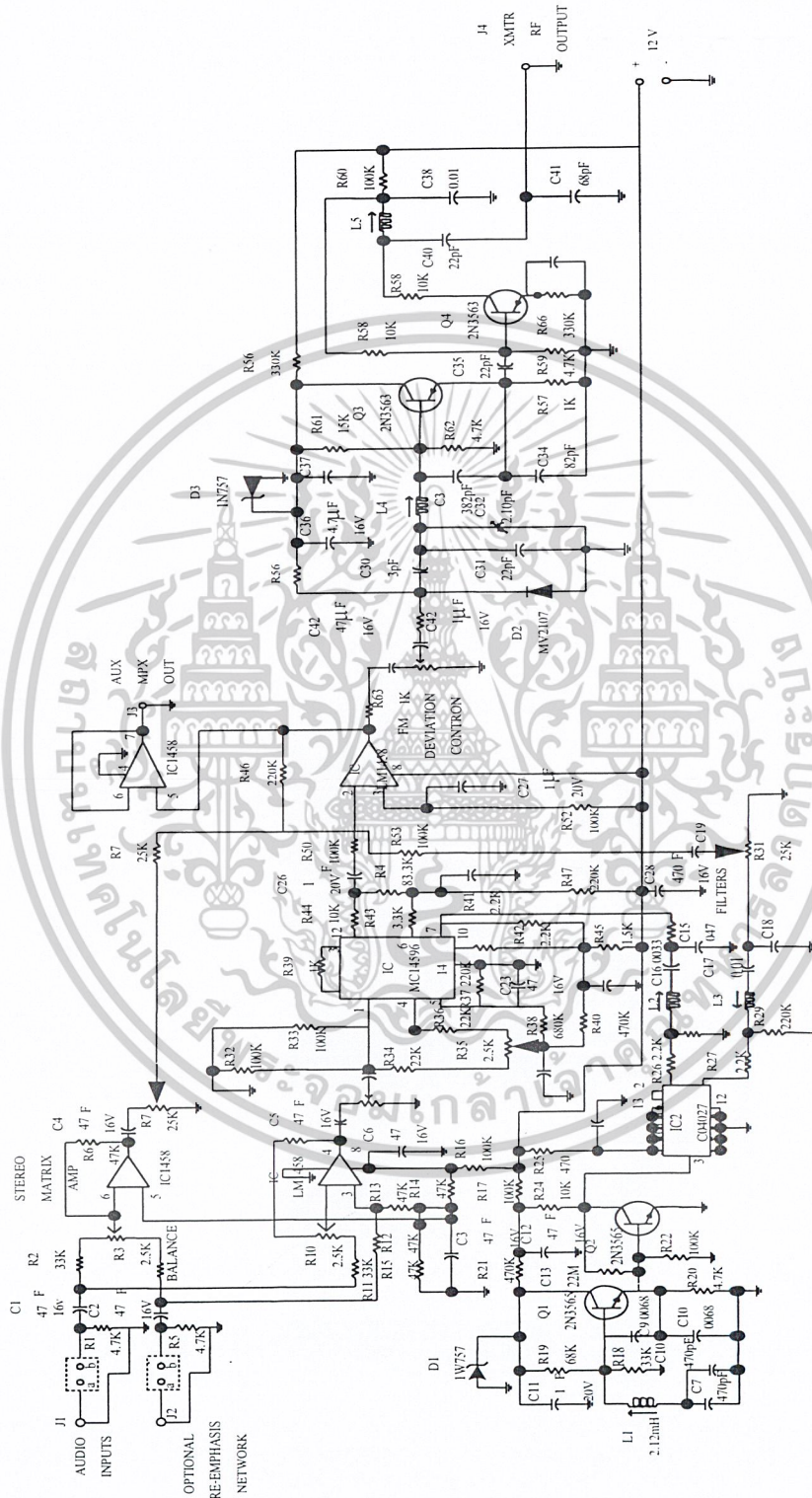


รูปที่ ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์ขยายสัญญาณเสียง



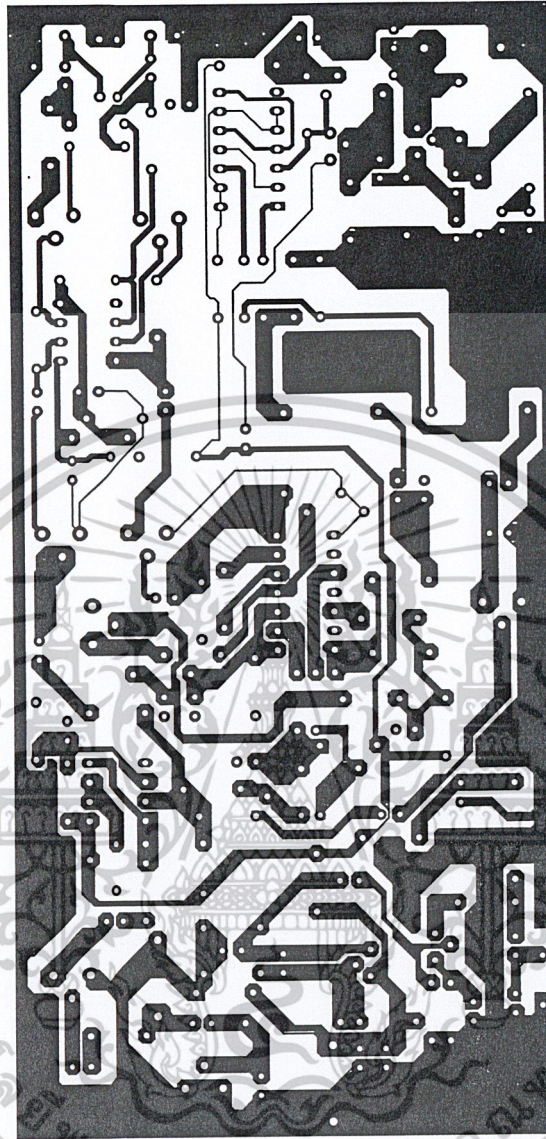
รูปที่ ข.9 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรพิมพ์ขยายสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



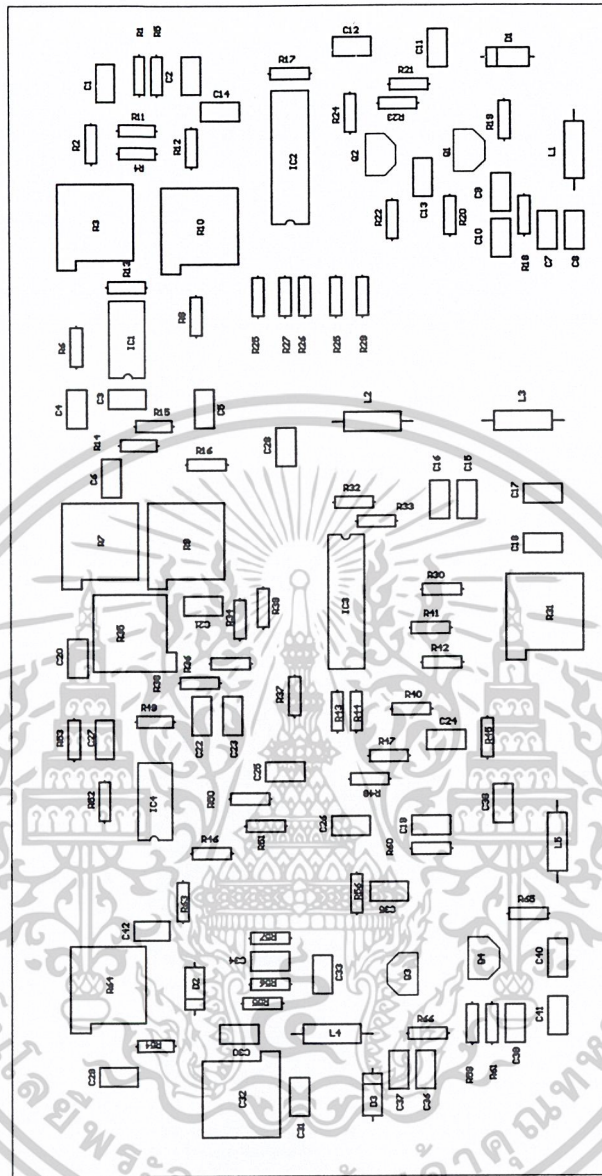
รูปที่ ข.10 วงจรเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



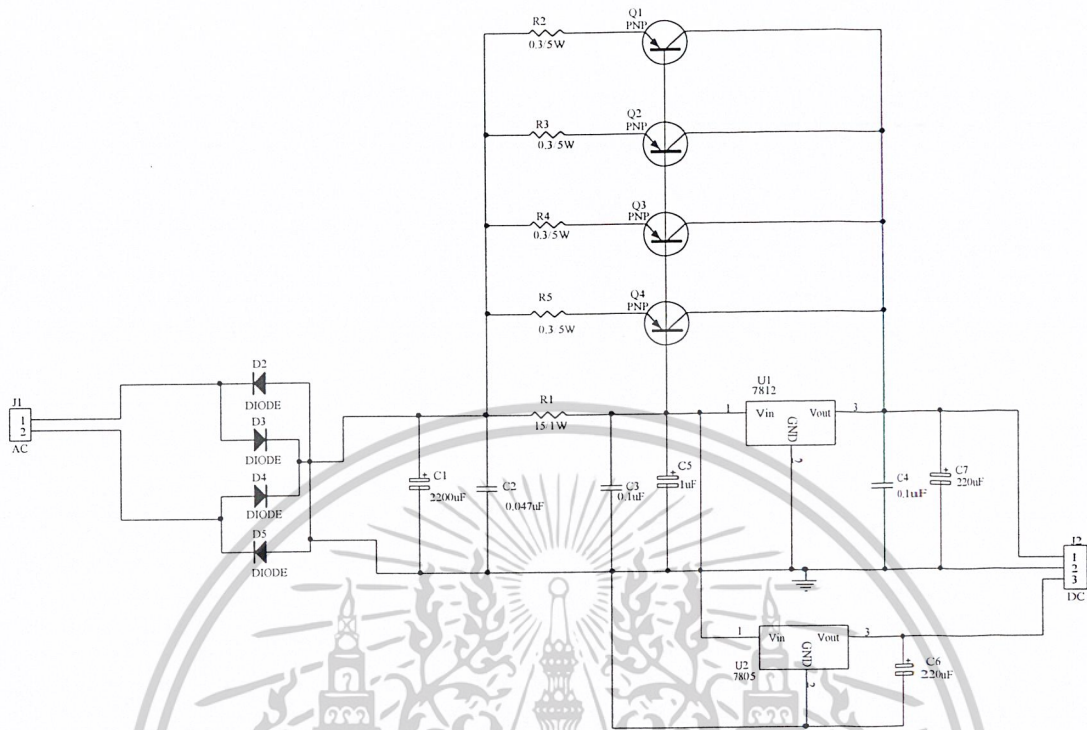
รูปที่ ข.11 แผ่นวงจรพิมพ์เครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



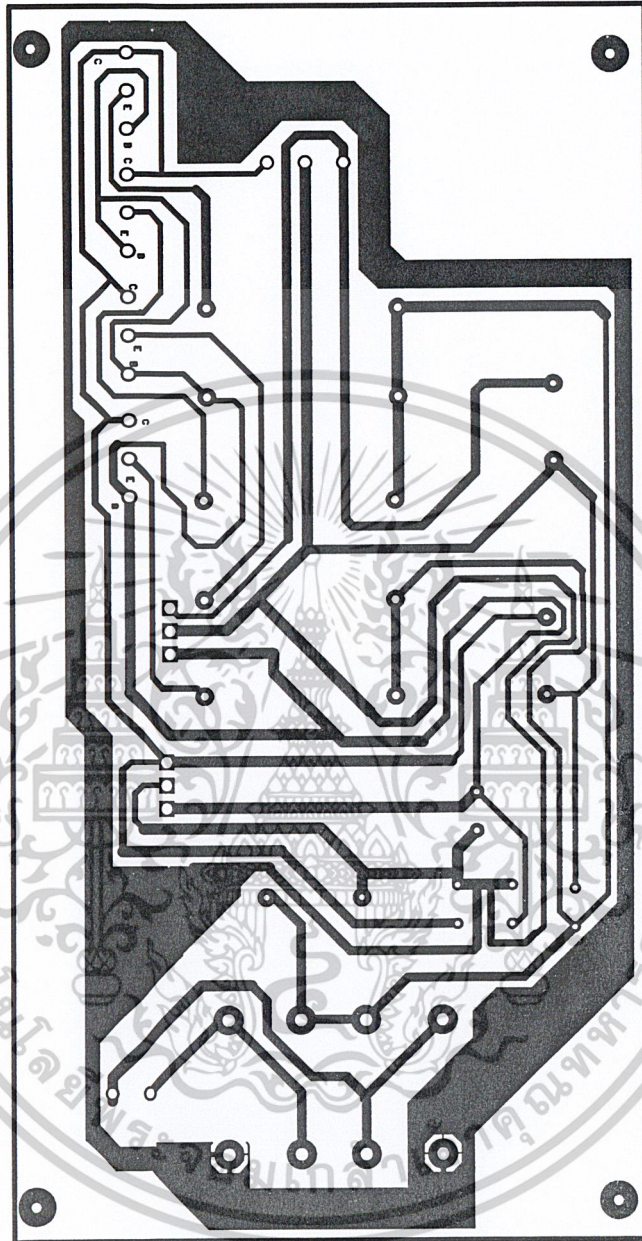
รูปที่ ข.12 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์เครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



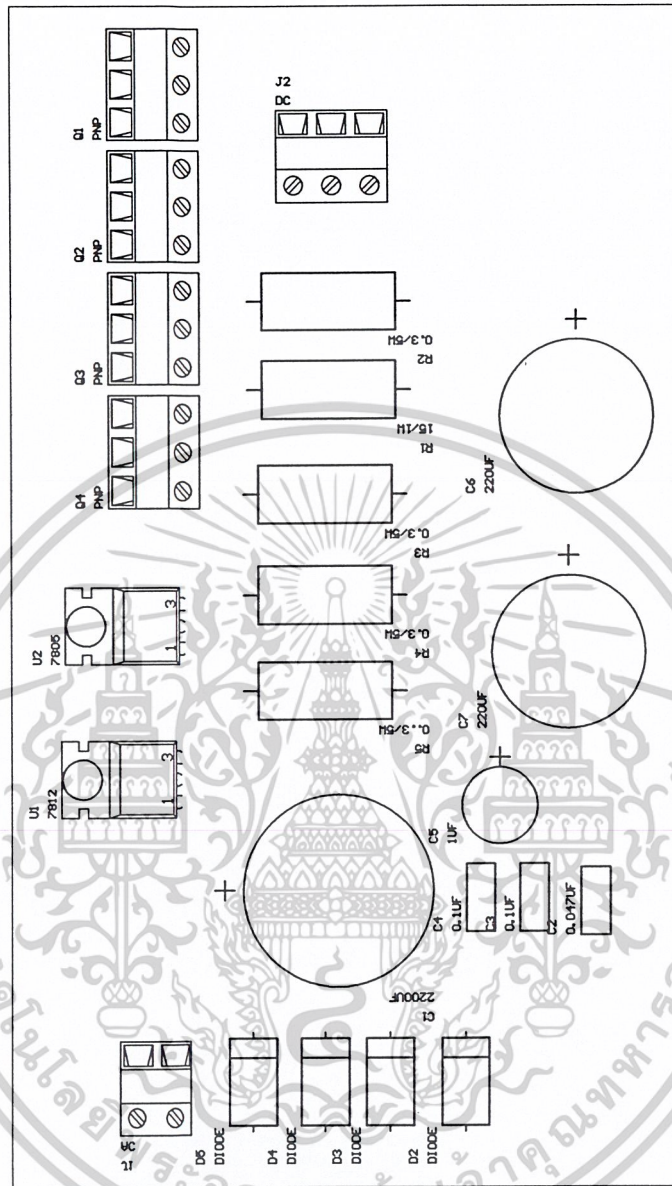
รูปที่ ข.13 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



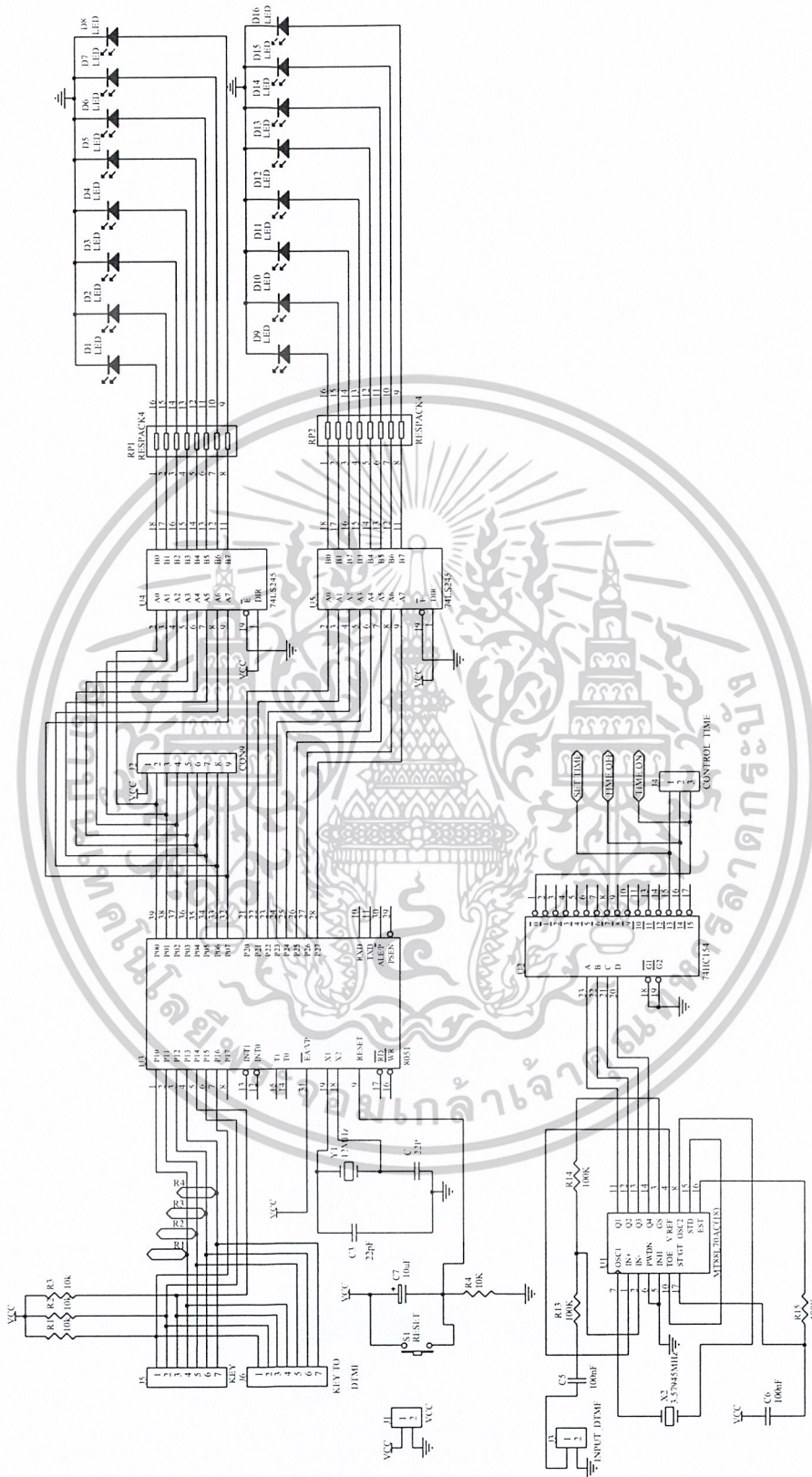
รูปที่ ข.14 แผ่นวงจรพิมพ์แหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



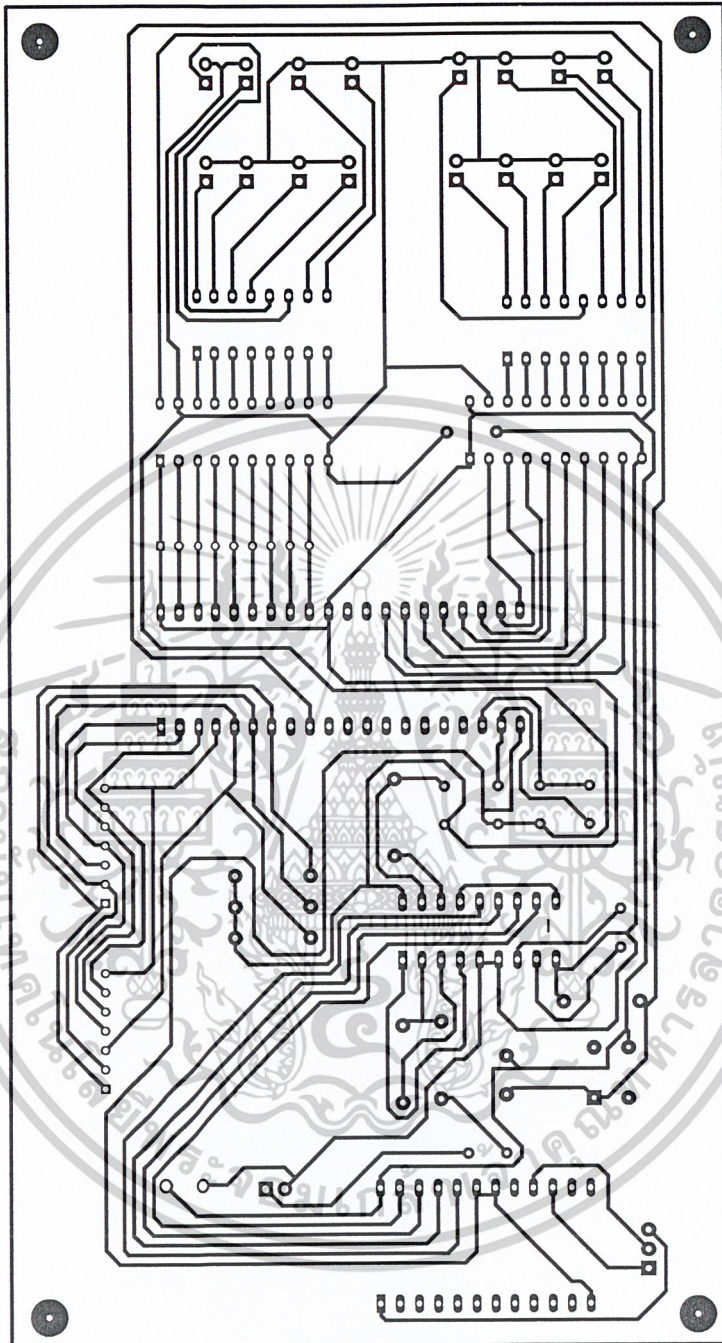
รูปที่ ข.15 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์แหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



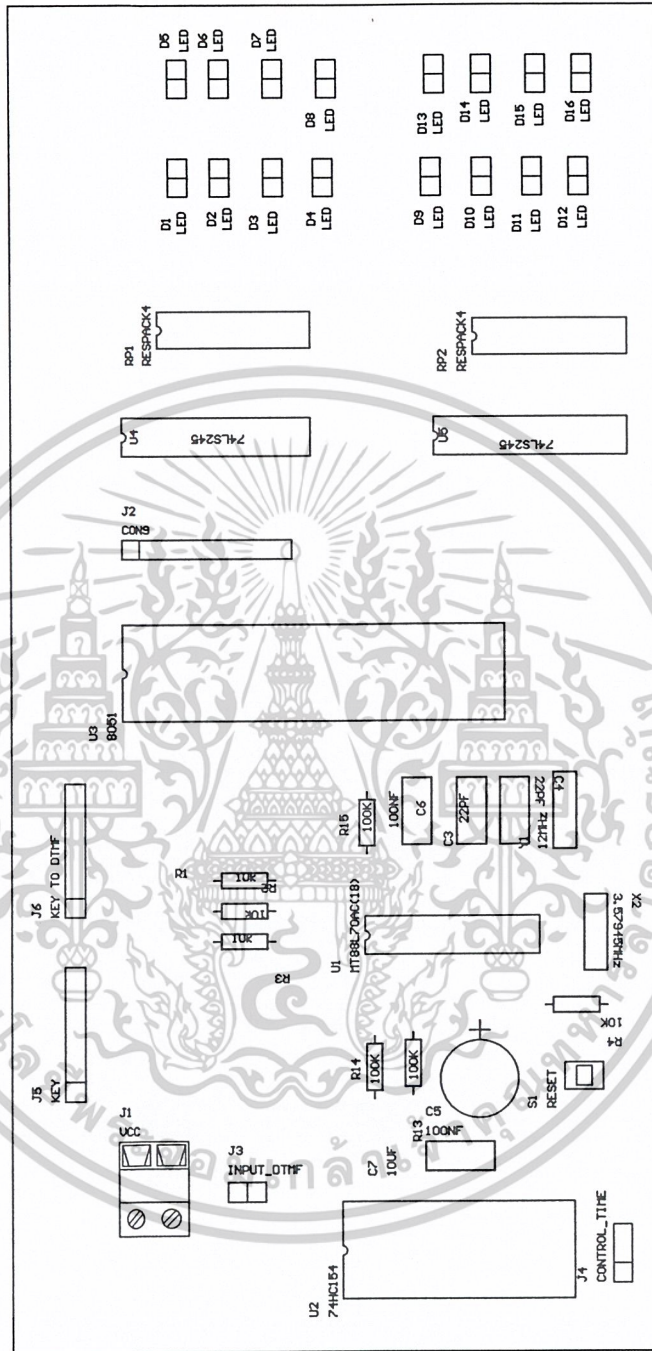
รูปที่ ข.16 วงจรแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



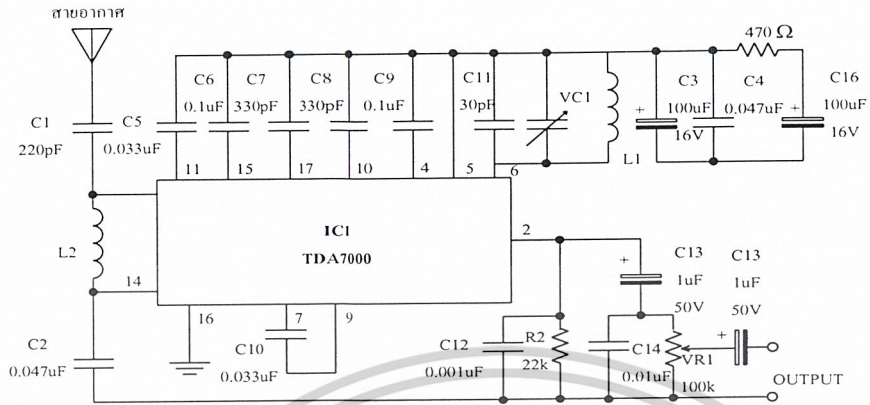
รูปที่ ข.17 แผ่นวงจรพิมพ์แสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

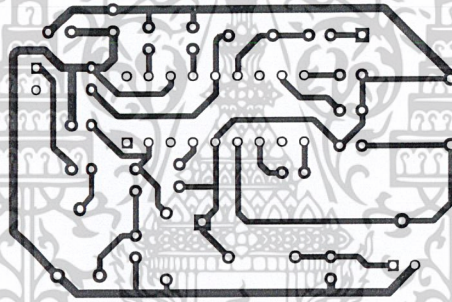


รูปที่ ข.18 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์แสดงผล

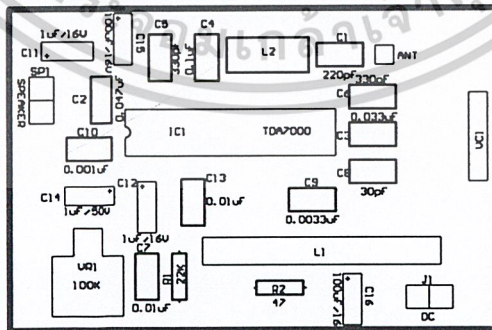
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.19 วงจรปรับความถี่



รูปที่ ข.20 แผ่นวงจรพิมพ์ปรับความถี่



รูปที่ ข.21 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์ปรับความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรตั้งเวลา

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	7805	1 ตัว
IC2	AT89C1051	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1	C9013	1 ตัว
D1, D2	1N4001	2 ตัว
DSP1	เซเว่นเซกเมนต์แบบคู่ (คอมมอนแคโทด)	2 ตัว
XTAL1	คริสตอล 12 MHz	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	10 $\mu$ F 16 V อิเล็กโทรไลต์	1 ตัว
C2	1 $\mu$ F 16 V อิเล็กโทรไลต์	1 ตัว
C3, C4	22 pF 50 V เซรามิก	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	10 k $\Omega$ 1/4 W	1 ตัว
R2, R3	1 k $\Omega$ 1/4 W	2 ตัว
R4	330 $\Omega$	1 ตัว
RN1	ตัวต้านทานเน็ตเวิร์ก 9 ขา 330 W	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
S1, S2, S3	สวิตช์กดติดป้อนยัดขนาดเล็ก	3 ตัว
RY1	รีเลย์ 9 V 1 คอนแทก	1 ตัว
J1	แจ๊คอะแดปเตอร์ตัวเมียขาลง PCB	1 ตัว
SOCKET	ซ็อกเก็ตไอซี 20 ขา	1 ตัว
BATTERY	แบตเตอรี่ 3.6 V (Ni-CD)	1 ก้อน
CONNECTOR	ตัวผู้ 3 ขา	1 ตัว
CONNECTOR	ตัวเมีย 3 ขา	1 ตัว
เสาธง PCB	แบบเหล็ก ยาวประมาณ 2 เซนติเมตร	4 ตัว
สายไฟเดี่ยว	เส้นใหญ่ (คละสี)	3 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมเสียงทู้มแหลม

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	LF353 NE5532N	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1, Q2	BC549	2 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1, C2, C7	10 $\mu$ F 16 V	3 ตัว
C3, C4	0.0047 $\mu$ F 50 V	2 ตัว
C5, C6	0.047 $\mu$ F 50 V	2 ตัว
C8	0.001 $\mu$ F 50 V	1 ตัว
C9	0.01 $\mu$ F 50 V	1 ตัว
C10, C11	0.1 $\mu$ F 50 V	2 ตัว
C12, C13	100 $\mu$ F 50 V	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1, R5, R15	22 k $\Omega$ 1/4 W	3 ตัว
R2, R16	100 $\Omega$ 1/4 W	2 ตัว
R3	270 k $\Omega$ 1/4 W	1 ตัว
R4, R8, R9, R11, R12	10 k $\Omega$ 1/4 W	5 ตัว
R6	27 k $\Omega$ 1/4 W	1 ตัว
R7, R10, R13, R14	100 k $\Omega$ 1/4 W	4 ตัว
R15	33 k $\Omega$ 1/4 W	1 ตัว
VR1, VR2	100 k $\Omega$	2 ตัว
VR3	50 KACT	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรผสมสัญญาณ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	TA7137	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1, D2	1N4148	2 ตัว
L1	LED 5 mm	2 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1, C8	4.7 $\mu$ F 16 V	2 ตัว
C2, C3	0.033 $\mu$ F 50 V	2 ตัว
C4	30 pF	1 ตัว
C5	47 $\mu$ F 16 V	1 ตัว
C6	100 $\mu$ F 16 $\mu$ V	1 ตัว
C7	3.3 $\mu$ F 16 V	1 ตัว
ตัวต้านทาน		
R1, R4, R6, R8, R12	10 k $\Omega$	5 ตัว
R2, R3, R5, R7, R9, R14	1 k $\Omega$	6 ตัว
R10	18 k $\Omega$	1 ตัว
R11	1 k $\Omega$	1 ตัว
R13	56 k $\Omega$	1 ตัว
VR1, VR2, VR3, VR4	5 k $\Omega$ -10 k $\Omega$	4 ตัว
VR5	10 k $\Omega$ SW.	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรสเตอริโอเมตริกซ์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	LM1458	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1, C2, C3, C4, C5	47 $\mu$ F	5 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1, R5, R7, R15	4.7 k $\Omega$	4 ตัว
R2, R4, R8, R11	33 k $\Omega$	4 ตัว
R6, R12, R13	47 k $\Omega$	3 ตัว
R9	100 $\Omega$	1 ตัว
VR3, VR10, VR14, VR16	25 k $\Omega$	4 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
CONNECTOR	2 ขา	4 ตัว

ตารางที่ ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรเข้ารหัสความถี่

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC	เบอร์ TCM5087	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C2	0.1 $\mu$ F	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R9	3 k $\Omega$	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J1, J2	CONNECTOR 2 ขา	2 ตัว
J5	CONNECTOR 7 ขา	1 ตัว
X-TAL	คริสตอลความถี่ 13.57945 MHz	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรมอดูเลเตอร์ได้ชุด

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC	MC1496	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C7, C8, C9, C10	47 $\mu$ F	1 ตัว
C11	10 $\mu$ F	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R17, R18	100 k $\Omega$	1 ตัว
R19, R21	25 k $\Omega$	1 ตัว
R20	22 k $\Omega$	1 ตัว
R22	680 $\Omega$	1 ตัว
R23	470 $\Omega$	1 ตัว
R25, R32	220 $\Omega$	2 ตัว
R24	1 k $\Omega$	1 ตัว
R26, R28	2.2 k $\Omega$	2 ตัว
R27	1.5 k $\Omega$	1 ตัว
R29	10 $\Omega$	1 ตัว
R30, R31	3.3 k $\Omega$	2 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
CONNECTOR	2 ขา	3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 รายการอุปกรณ์ของวงจรกำเนิดความถี่สัญญาณเสียงนำและคลื่นพาห้อย่อย

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	XR2206	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	10 $\mu$ F	1 ตัว
C2, C3	1 $\mu$ F	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1, R3, R4	1 k $\Omega$	3 ตัว
R2	5.1 k $\Omega$	1 ตัว
R5	200 $\Omega$	1 ตัว
R6	10 k $\Omega$	1 ตัว
VR1	50 k $\Omega$	1 ตัว
VR2, VR3	100 k $\Omega$	2 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
SW	กดติดปล่อยดับ	1 ตัว

ตารางที่ ก.8 รายการอุปกรณ์ของวงจรขยายผลรวม

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC	เบอร์ MC1458	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C11, C16	1 $\mu$ F	2 ตัว
C13, C17	47 $\mu$ F	2 ตัว
C14	0.1 $\mu$ F	1 ตัว
C15	510 pF	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R33, R34, R35, R36,	100 k $\Omega$	4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.8 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรขยายผลรวม

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
R38, R39	100 k $\Omega$	2 ตัว
R37	220 k $\Omega$	1 ตัว
R40	1 k $\Omega$	1 ตัว
VR41	25 k $\Omega$	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
CONNECTOR	2 ขา	5 ตัว

ตารางที่ ค.9 รายการอุปกรณ์ของวงจรถ้าเน็คความถี่ 67 kHz

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC	XR2206	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1, C3	10 $\mu$ F อิเล็กโตรไลต์	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1, R2	5.1 k $\Omega$	2 ตัว
R7	1 k $\Omega$	1 ตัว
R8	200 $\Omega$	1 ตัว
VR3	50 k $\Omega$	1 ตัว
VR4, VR5	30 k $\Omega$	2 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J3, J4	CONNECTOR 2 ขา	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.10 รายการอุปกรณ์ของวงจรขยายสัญญาณเสียง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC	เบอร์ STK4036V	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	4.7 $\mu$ F	1 ตัว
C2	470 pF	1 ตัว
C3	100 nF	1 ตัว
C4, C13	100 $\mu$ F	2 ตัว
C5, C11	10 $\mu$ F	2 ตัว
C6	0.1 $\mu$ F	1 ตัว
C7	1 $\mu$ F	1 ตัว
C8	1000 pF	1 ตัว
C9, C10, C12	100 pF	3 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1, R9	1 k $\Omega$	2 ตัว
R2, R6	56 k $\Omega$	2 ตัว
R3	10 k $\Omega$	1 ตัว
R4	560 $\Omega$	1 ตัว
R5, R8	100 $\Omega$	2 ตัว
R7	470 $\Omega$	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
SP	ลำโพง	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค. 11 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการเปิด-ปิด

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
<b>วงจรรวม</b>		
IC1	MT88L70A	2 ตัว
IC2	M74HC154	2 ตัว
<b>อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ</b>		
Q1, Q3, Q4	ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC458	3 ตัว
Q2	เอสซีอาร์เบอร์ 2N5061	1 ตัว
D1	LED	1 ตัว
D2	1N4001	1 ตัว
<b>ตัวเก็บประจุ</b>		
C1, C2, C5, C6	100 nF	4 ตัว
C3, C4	2.2 $\mu$ F	2 ตัว
<b>ตัวความต้านทาน</b>		
R1, R2, R3, R4, R11, R13, R14, R15	100 k $\Omega$	8 ตัว
R5, R6, R8	1.2 k $\Omega$	3 ตัว
R9, R12, R10	1 k $\Omega$	3 ตัว
R7	470 k $\Omega$	1 ตัว
<b>อุปกรณ์อื่นๆ</b>		
X1, X2	X-TAL 3.57945 MHz	2 ตัว
S1	DIP SWITCH 4 ขา, 8 ขา	2 ตัว
IC3A, IC3B	NOT GATE 74ALS04	2 ตัว
IC4A, IC4B, IC4C, IC4D	NAND GATE 4093	4 ตัว
F1	FUSE	1 ตัว
K1	RELAY-SPDT	1 ตัว
J1, J3	CONNECTOR 2 ขา	2 ตัว
J2	CONNECTOR 4 ขา	1 ตัว
J4	CONNECTOR 3 ขา	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.12 รายการอุปกรณ์ของวงจรเครื่องส่ง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
<b>วงจรรวม</b>		
IC1	LM1458	4 ตัว
IC2	C04027	1 ตัว
IC	MC14596	1 ตัว
<b>อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ</b>		
D1, D3	1N757	2 ตัว
D2	MV2107	1 ตัว
Q1, Q2	2N3565	2 ตัว
Q3, Q4	2N3563	2 ตัว
<b>ตัวเก็บประจุ</b>		
C1, C2, C3, C4, C5, C6, C12, C24, C42	47 $\mu$ F	9 ตัว
C7, C28	470 pF	2 ตัว
C9, C10	0.038 $\mu$ F	2 ตัว
C11, C26, C27, C43	1 $\mu$ F	4 ตัว
C15	0.47 $\mu$ F	1 ตัว
C16	0.033 $\mu$ F	1 ตัว
C17, C38	0.01 $\mu$ F	2 ตัว
C31	22 pF	1 ตัว
C34	82 pF	1 ตัว
C36	4.7 $\mu$ F	1 ตัว
C40	22 pF	1 ตัว
C41	68 pF	1 ตัว
C30	3 pF	1 ตัว
C32	Variable 210 pF	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.12 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรเครื่องส่ง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
<b>ตัวเหนี่ยวนำ</b>		
L1, L2, L3, L5	2.12 mH	4 ตัว
<b>ตัวความต้านทาน</b>		
R1, R5, R20, R59, R62	4.7 k $\Omega$	5 ตัว
R2, R11, R18	33 k $\Omega$	3 ตัว
R3, R7	2.5 k $\Omega$	2 ตัว
R6, , R12, R13, R14, R15	47 k $\Omega$	5 ตัว
R19	68 k $\Omega$	1 ตัว
R21, R25, R40	470 k $\Omega$	3 ตัว
R16, R17, R22, R32,	100 k $\Omega$	9 ตัว
R33, R50, R52, R53, R60		
R24, R44, R58	10 k $\Omega$	3 ตัว
R26, R27, R41, R42	2.2 k $\Omega$	4 ตัว
R29, R37	220 k $\Omega$	2 ตัว
R31	25 k $\Omega$	1 ตัว
<b>ตัวต้านทาน</b>		
R36, R34	22 k $\Omega$	2 ตัว
R39, R63, R57	1 k $\Omega$	2 ตัว
R43, R46	3.3 k $\Omega$	2 ตัว
R45	1.5 k $\Omega$	1 ตัว
R38	680 k $\Omega$	1 ตัว
R56, R66	330 k $\Omega$	2 ตัว
R61	15 k $\Omega$	1 ตัว
VR10, VR35	2.5 k $\Omega$	2 ตัว
<b>อุปกรณ์อื่นๆ</b>		
J1, J2	CONNECTOR 2 ขา	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.13 รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายไฟ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
<b>วงจรรวม</b>		
U1	7812	1 ตัว
U2	7805	1 ตัว
<b>อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ</b>		
D2, D3, D4, D5	1N4001	4 ตัว
Q1, Q2, Q3, Q4	PNP	4 ตัว
<b>ตัวเก็บประจุ</b>		
C1	2200 $\mu$ F	1 ตัว
C2	0.047 $\mu$ F	1 ตัว
C3, C4, C5	0.1 $\mu$ F	3 ตัว
C6, C7	220 $\mu$ F	2 ตัว
<b>ตัวความต้านทาน</b>		
R1	15/1 W	1 ตัว
R2, R3, R4, R5	0.3/5 W	4 ตัว
<b>อุปกรณ์อื่นๆ</b>		
J1, J2	CONNECTOR 2 ขา	2 ตัว

ตารางที่ ค.14 รายการอุปกรณ์ของวงจรปรับความถี่

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
<b>วงจรรวม</b>		
IC	TDA7000	1 ตัว
<b>ตัวเก็บประจุ</b>		
C1	220 pF	1 ตัว
C2, C4	0.047 $\mu$ F	2 ตัว
C3, C16	100 $\mu$ F 16 V	2 ตัว
C5, C10	0.033 $\mu$ F	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.14 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรปรับความถี่

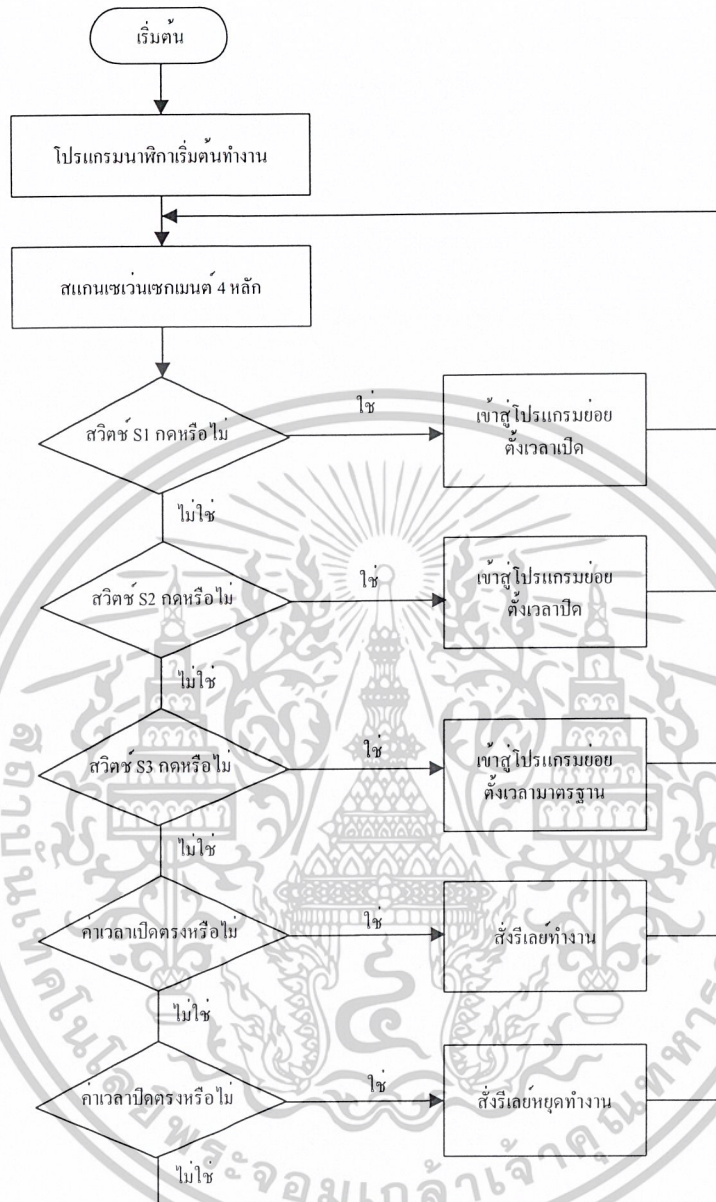
ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
<b>ตัวเก็บประจุ</b>		
C6	0.1 $\mu$ F	1 ตัว
C7, C8	330 pF	2 ตัว
C9, C14	0.01 $\mu$ F	2 ตัว
C11	30 pF	1 ตัว
C12	0.001 $\mu$ F	1 ตัว
C13, C15	1 $\mu$ F 16 V	2 ตัว
VC1	ทรินเมอร์แบบพลาสติกครอบ	1 ตัว
<b>ตัวความต้านทาน</b>		
R1	47 $\Omega$	1 ตัว
R2	22 k $\Omega$	1 ตัว
VR1	100 k $\Omega$	1 ตัว
<b>อุปกรณ์อื่นๆ</b>		
หลอดทองแดง	เบอร์ 22	1 ตัว
L1, L2	คอยล์	2 ตัว
SOCKET	ซ็อกเก็ตไอซี 18 ขา	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง  
แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 ฟังงาน โปรแกรมการตั้งเวลาเปิดปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรมควบคุมการตั้งเวลาเปิดปิด

```

ORG    0000H
LJMP   MAIN

MAIN:
MOV    SP,#21H
MOV    P1,#11111111B
MOV    P3,#10101101B
MOV    IE,#10000010B
MOV    TMOD,#01H
MOV    TH0,#3CH
MOV    TLO,#0B0H
MOV    R0,#00
MOV    R1,#00
MOV    R2,#00
MOV    R3,#00
MOV    R4,#00
MOV    R5,#00
MOV    R6,#00
MOV    R7,#00
MOV    15H,#0AAH
MOV    16H,#0AAH
MOV    17H,#0AAH
MOV    18H,#0AAH
CLR    02H

ORG    000BH
SERV_TIMER0:
PUSH  ACC
MOV    TH0,#3CH
MOV    TLO,#0B0H
INC    R2
CJNE  R2,#20,LL4
MOV    R2,#00
JB    01H,LL1
CPL   P3.1
CPL   00H

LL1:
INC    R3
CJNE  R3,#60,LL4
MOV    R3,#00
INC    R4
MOV    A,R4
ADD   A,#00
DA    A
MOV    R4,A
CJNE  R4,#60H,LL2
MOV    R4,#00
INC    R5
MOV    A,R5
ADD   A,#00
DA    A
MOV    R5,A
CJNE  R5,#24H,LL2
MOV    R5,#00

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LL2:	MOV	A, 15H
	CJNE	A, 04, LL3
	MOV	A, 16H
	CJNE	A, 05, LL3
	SETB	P3.4
	SETB	02H
LL3:	JNB	02H, LL4
	MOV	A, 17H
	CJNE	A, 04, LL4
	MOV	A, 05, LL4
	CLR	P3.4
	CLR	02H
LL4:	POP	ACC
	RETI	
START:	SETB	TR0
	CLR	P3.1
	CLR	00H
	CLR	01H
Z1:	LCALL	CONVERT
	LCALL	DISPLAY
	JB	P3.1, Z2
	JNB	00H, Z2
	JNB	00H, Z2
	LJMP	SET_TIME
Z2:	JB	P3.5, Z3
	LJMP	SHOW_TIMER_ON
Z3:	SETB	P1.0
	JB	P1.0, Z1
	LJMP	SHOW_TIMER_OFF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ  
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# คู่มือการใช้งาน ระบบกระจายเสียงไร้สาย



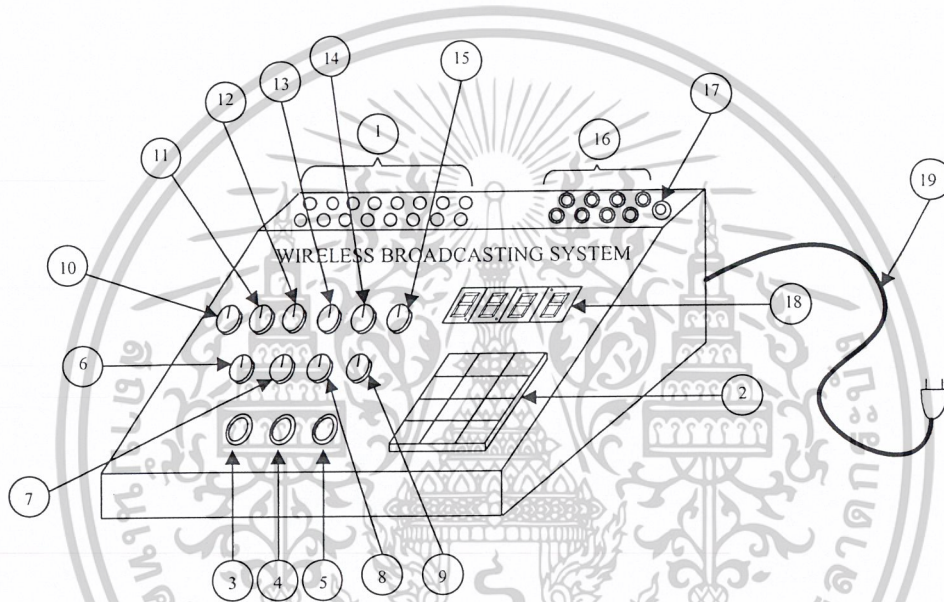
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่จะลงมือใช้งานเครื่องส่งระบบกระจายเสียงไร้สาย ควรทำการศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจเพื่อผลการกระจายเสียงที่ถูกต้อง และเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องส่งระบบกระจายเสียงไร้สาย

## 2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



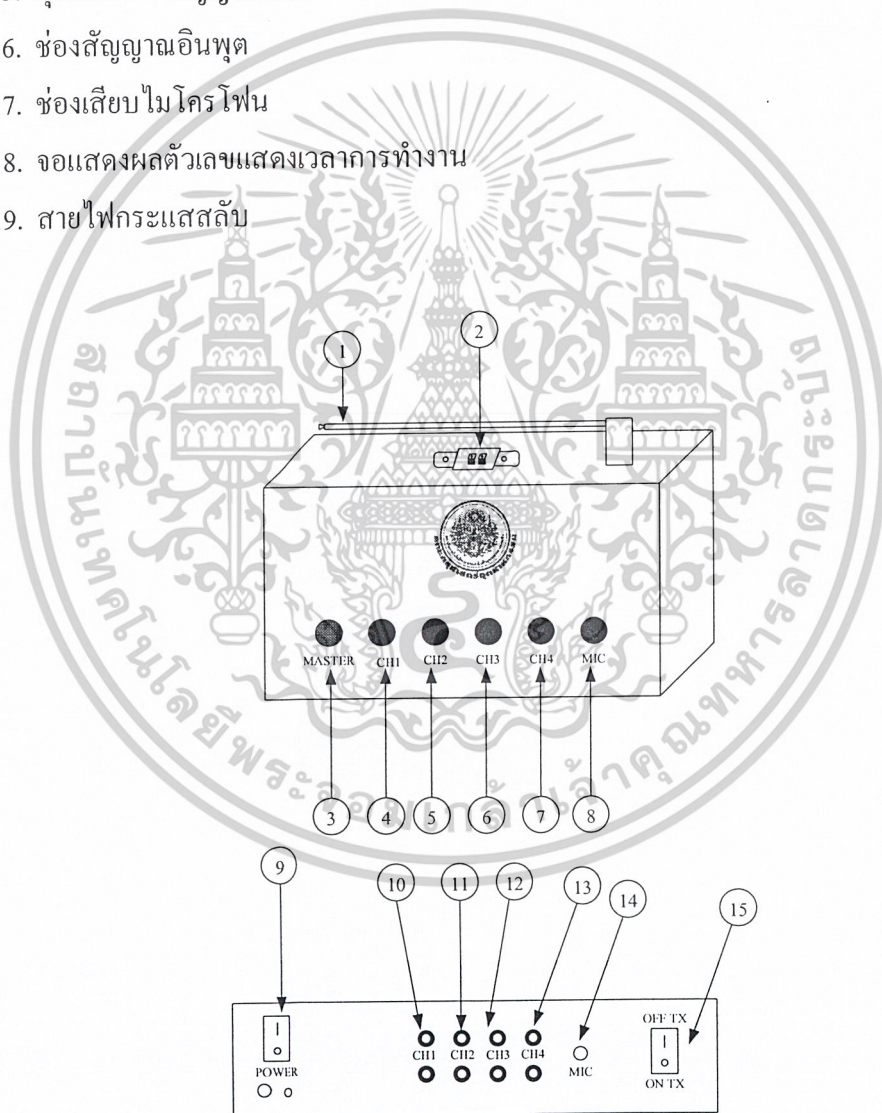
รูปที่ จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องส่งระบบกระจายเสียงไร้สาย

จากรูปที่ 1 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1. หลอดแอลอีดีแสดงสถานะทำงานของเครื่องรับ
2. แป้นพิมพ์
3. ปุ่มตั้งเวลาทำงาน
4. ปุ่มปิดการตั้งเวลา
5. ปุ่มเปิดการตั้งเวลา
6. ปุ่มปรับเสียงหุ้ม
7. ปุ่มปรับเสียงแหลม
8. ปุ่มปรับความสมดุลของเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ปุ่มปรับระดับความดังเสียง
10. ปุ่มปรับช่องสัญญาณที่ 1
11. ปุ่มปรับช่องสัญญาณที่ 2
12. ปุ่มปรับช่องสัญญาณที่ 3
13. ปุ่มปรับช่องสัญญาณที่ 4
14. ปุ่มปรับช่องสัญญาณไมโครโฟน
15. ปุ่มปรับช่องสัญญาณหลัก
16. ช่องสัญญาณอินพุต
17. ช่องเสียบไมโครโฟน
18. จอแสดงผลตัวเลขแสดงเวลาการทำงาน
19. สายไฟกระแสสลับ



รูปที่ จ.2 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องรับระบบกระจายเสียงไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1. สายอากาศ
2. ช่องเสียบสายลำโพง
3. ปุ่มปรับช่องสัญญาณหลัก
4. ปุ่มปรับช่องสัญญาณอินพุตที่ 1
5. ปุ่มปรับช่องสัญญาณอินพุตที่ 2
6. ปุ่มปรับช่องสัญญาณอินพุตที่ 3
7. ปุ่มปรับช่องสัญญาณอินพุตที่ 4
8. ปุ่มปรับช่องสัญญาณอินพุตไมโครโฟน
9. สวิตช์เปิด-ปิด
10. ช่องสัญญาณอินพุตที่ 1
11. ช่องสัญญาณอินพุตที่ 2
12. ช่องสัญญาณอินพุตที่ 3
13. ช่องสัญญาณอินพุตที่ 4
14. ช่องสัญญาณอินพุตไมโครโฟน
15. สวิตช์เลือกใช้งานเครื่องส่งหรือเครื่องรับ

### 3. การติดตั้งและการใช้งาน

- 3.1 เปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟ
- 3.2 ต่อสายไฟกระแสสลับเข้ากับปลั๊กไฟ 220 โวลต์
- 3.3 ต่ออินพุตเข้าที่ช่องเสียบสัญญาณอินพุต
- 3.4 ต่อไมโครโฟนเข้ากับช่องเสียบไมโครโฟน
- 3.5 ตั้งเวลาโดยปุ่ม SET TIME เวลาจะขึ้นที่จอแสดงผลเวลาการทำงาน
- 3.6 ทำการเปิดการตั้งเวลาโดยปุ่มเปิดการตั้งเวลา
- 3.7 เลือกเครื่องรับที่ต้องการใช้งาน โดย
  - เครื่องรับที่ 1 กด 01
  - เครื่องรับที่ 2 กด 02
  - เครื่องรับที่ 3 กด 03
  - เครื่องรับที่ 4 กด 04
  - เครื่องรับที่ 5 กด 05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องรับที่ 6 กค 06
  - เครื่องรับที่ 7 กค 07
  - เครื่องรับที่ 8 กค 08
  - เครื่องรับที่ 9 กค 09
  - เครื่องรับที่ 10 กค 10
  - เครื่องรับที่ 11 กค 11
  - เครื่องรับที่ 12 กค 12
  - เครื่องรับที่ 13 กค 13
  - เครื่องรับที่ 14 กค 14
  - เครื่องรับที่ 15 กค 15
  - เครื่องรับที่ 16 กค 16
- 3.8 ปรับสัญญาณอินพุตของ CH.1 ที่ปุ่มปรับ CH.1
- 3.9 ปรับสัญญาณอินพุตของ CH.2 ที่ปุ่มปรับ CH.2
- 3.10 ปรับสัญญาณอินพุตของ CH.3 ที่ปุ่มปรับ CH.3
- 3.11 ปรับสัญญาณอินพุตของ CH.4 ที่ปุ่มปรับ CH.4
- 3.12 ปรับสัญญาณอินพุตของไมโครโฟนที่ปุ่มปรับไมโครโฟน
- 3.13 ปรับเสียงทุ้มที่ปุ่มปรับ BASS
- 3.14 ปรับเสียงแหลมที่ปุ่มปรับ TREBLE
- 3.15 ปรับความสมดุลเสียงที่ปุ่มปรับ BALANCE
- 3.16 ปรับระดับความดังเสียงที่ปุ่มปรับ VOLUME
- 3.17 เมื่อใช้งานเสร็จแล้ว ให้ทำการปิดสวิทช์ และถอดสายสัญญาณอินพุตต่างๆ ออกจากตัวเครื่องให้เรียบร้อย

#### 4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้งานเครื่องส่งระบบกระจายเสียงไร้สาย สามารถตรวจสอบแนวทางแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้จากตารางข้างล่างนี้

อาการ	สาเหตุและ/หรือวิธีแก้ไข
ไม่มีเสียงที่เครื่องรับ	ตรวจสอบพิวส์, ไม่ได้เปิดสวิทช์กำลังที่หน้าเครื่อง, ปรับระดับความดังของเสียงที่ปุ่มปรับระดับเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

### 5.1 การดูแลรักษา

- ถอดปลั๊กไฟทุกครั้งหลังใช้งานเสร็จ
- เช็ดทำความสะอาดตัวเครื่องด้วยผ้านุ่ม อย่าใช้สารใดๆ ที่เป็นตัวทำละลายเพราะอาจทำให้ตัวเครื่องเป็นรอยเสียหาย

### 5.2 ข้อควรระวัง

- เครื่องส่งไม่ควรอยู่ในบริเวณที่ชื้นแฉะ เพราะอาจทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรภายในได้
- ไม่ควรสัมผัสตัวระบายความร้อนด้านหลังเครื่องส่ง เพราะอาจได้รับบาดเจ็บได้

## 6. ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
การแสดงเครื่องรับ	ใช้แอลอีดีเป็นตัวแสดงผล
ส่วนแสดงผล	จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนขนาด 4 หลัก ความสูง 1 นิ้ว
แหล่งจ่ายพลังงาน	ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์
ความถี่ใช้งาน	87 MHz
รูปแบบการมอดูเลต	มอดูเลตแบบ FM
สายอากาศ	ไดโพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฉ

รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# DATA SHEET

## TDA7000 FM radio circuit

Product specification  
File under Integrated Circuits, IC01

May 1992

Philips  
Semiconductors



# PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**FM radio circuit****TDA7000****GENERAL DESCRIPTION**

The TDA7000 is a monolithic integrated circuit for mono FM portable radios, where a minimum on peripheral components is important (small dimensions and low costs).

The IC has an FLL (Frequency-Locked-Loop) system with an intermediate frequency of 70 kHz. The i.f. selectivity is obtained by active RC filters. The only function which needs alignment is the resonant circuit for the oscillator, thus selecting the reception frequency. Spurious reception is avoided by means of a mute circuit, which also eliminates too noisy input signals. Special precautions are taken to meet the radiation requirements.

The TDA7000 includes the following functions:

- R.F. input stage
- Mixer
- Local oscillator
- I.F. amplifier/limiter
- Phase demodulator
- Mute detector
- Mute switch

**QUICK REFERENCE DATA**

Supply voltage range (pin 5)	$V_P$	2.7 to 10 V
Supply current at $V_P = 4.5$ V	$I_P$	typ. 8 mA
R.F. input frequency range	$f_{rf}$	1.5 to 110 MHz
Sensitivity for -3 dB limiting (e.m.f. voltage) (source impedance: 75 $\Omega$ ; mute disabled)	EMF	typ. 1.5 $\mu$ V
Signal handling (e.m.f. voltage) (source impedance: 75 $\Omega$ )	EMF	typ. 200 mV
A.F. output voltage at $R_L = 22$ k $\Omega$	$V_o$	typ. 75 mV

**PACKAGE OUTLINE**

18-lead DIL; plastic (SOT102HE); SOT102-1; 1996 July 24.

FM radio circuit

TDA7000

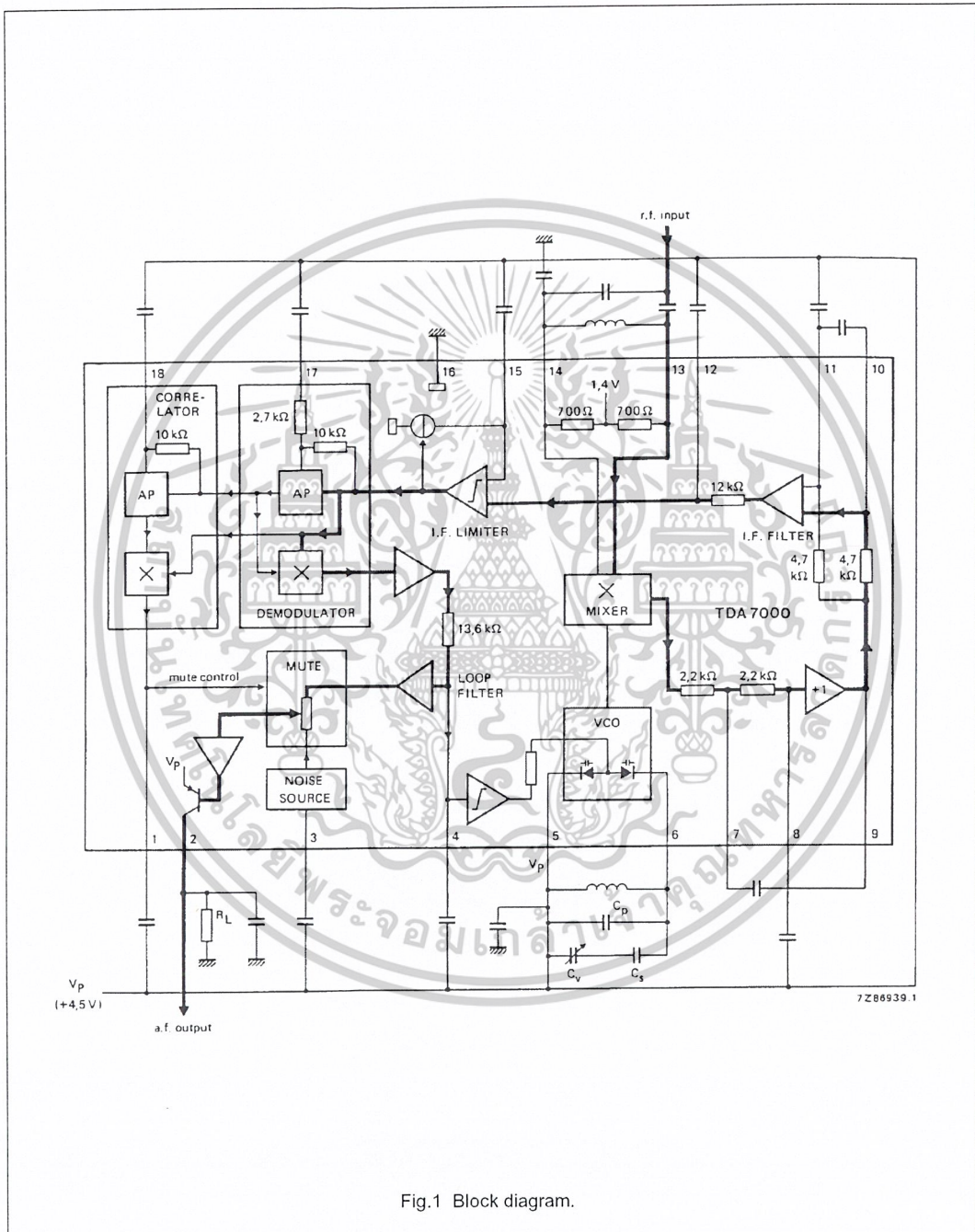


Fig.1 Block diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

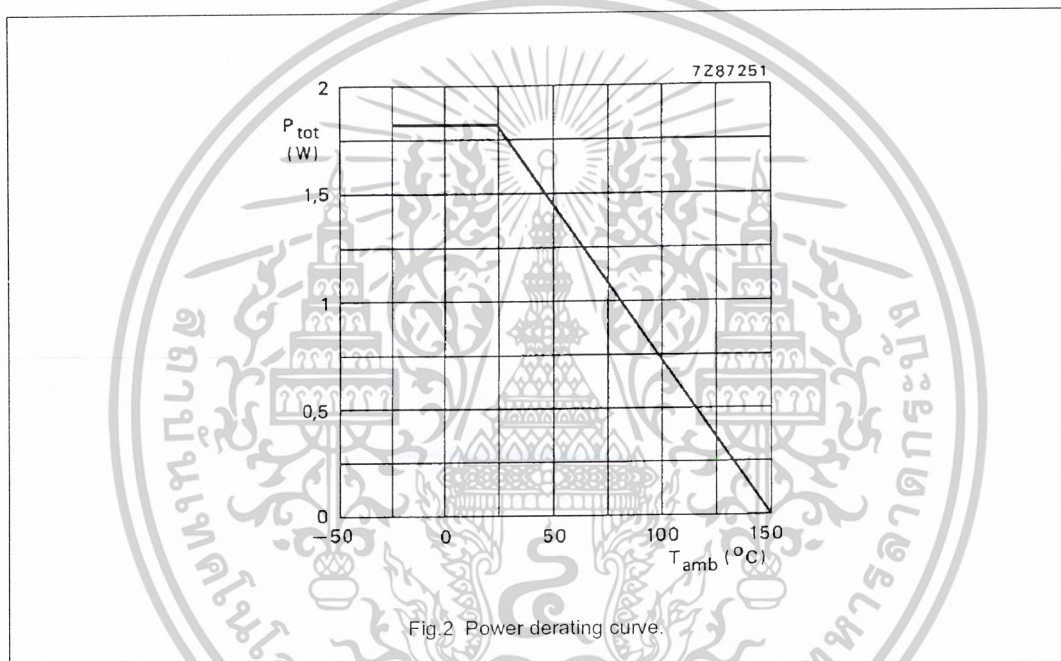
## FM radio circuit

TDA7000

**RATINGS**

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

Supply voltage (pin 5)	$V_P$	max.	12 V
Oscillator voltage (pin 6)	$V_{6-5}$	$V_P - 0,5$ to $V_P + 0,5$ V	
Total power dissipation		see derating curve Fig.2	
Storage temperature range	$T_{stg}$		-55 to +150 °C
Operating ambient temperature range	$T_{amb}$		0 to +60 °C

**D.C. CHARACTERISTICS** $V_P = 4,5$  V;  $T_{amb} = 25$  °C; measured in Fig.4; unless otherwise specified

PARAMETER	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Supply voltage (pin 5)	$V_P$	2,7	4,5	10	V
Supply current at $V_P = 4,5$ V	$I_P$	-	8	-	mA
Oscillator current (pin 6)	$I_6$	-	280	-	$\mu$ A
Voltage at pin 14	$V_{14-16}$	-	1,35	-	V
Output current at pin 2	$I_2$	-	60	-	$\mu$ A
Voltage at pin 2; $R_L = 22$ k $\Omega$	$V_{2-16}$	-	1,3	-	V

## FM radio circuit

TDA7000

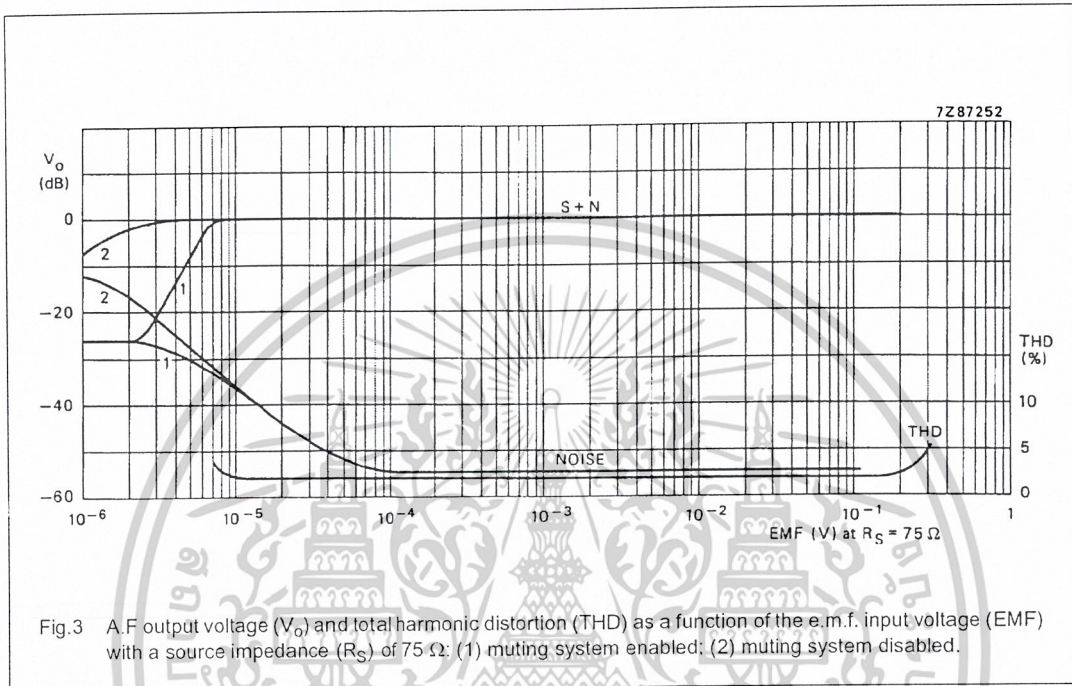
## A.C. CHARACTERISTICS

$V_P = 4.5\text{ V}$ ;  $T_{\text{amb}} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ; measured in Fig.4 (mute switch open, enabled);  $f_{\text{rf}} = 96\text{ MHz}$  (tuned to max. signal at  $5\text{ }\mu\text{V}$  e.m.f.) modulated with  $\Delta f = \pm 22.5\text{ kHz}$ ;  $f_m = 1\text{ kHz}$ ; EMF =  $0.2\text{ mV}$  (e.m.f. voltage at a source impedance of  $75\text{ }\Omega$ ); r.m.s. noise voltage measured unweighted ( $f = 300\text{ Hz}$  to  $20\text{ kHz}$ ); unless otherwise specified.

PARAMETER	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Sensitivity (see Fig.3) (e.m.f. voltage) for -3 dB limiting: muting disabled	EMF	-	1.5	-	$\mu\text{V}$
for -3 dB muting	EMF	-	6	-	$\mu\text{V}$
for S/N = 26 dB	EMF	-	5.5	-	$\mu\text{V}$
Signal handling (e.m.f. voltage) for THD < 10%; $\Delta f = \pm 75\text{ kHz}$	EMF	-	200	-	mV
Signal-to-noise ratio	S/N	-	60	-	dB
Total harmonic distortion at $\Delta f = \pm 22.5\text{ kHz}$	THD	-	0.7	-	%
at $\Delta f = \pm 75\text{ kHz}$	THD	-	2.3	-	%
AM suppression of output voltage (ratio of the AM output signal referred to the FM output signal) FM signal: $f_m = 1\text{ kHz}$ ; $\Delta f = \pm 75\text{ kHz}$ AM signal: $f_m = 1\text{ kHz}$ ; $m = 80\%$	AMS	-	50	-	dB
Ripple rejection ( $\Delta V_P = 100\text{ mV}$ ; $f = 1\text{ kHz}$ )	RR	-	10	-	dB
Oscillator voltage (r.m.s. value) at pin 6	$V_{6-5(\text{rms})}$	-	250	-	mV
Variation of oscillator frequency with supply voltage ( $\Delta V_P = 1\text{ V}$ )	$\Delta f_{\text{osc}}$	-	60	-	kHz/V
Selectivity	$S_{+300}$	-	45	-	dB
	$S_{-300}$	-	35	-	dB
A.F.C. range	$\Delta f_{\text{rf}}$	-	$\pm 300$	-	kHz
Audio bandwidth at $\Delta V_o = 3\text{ dB}$ measured with pre-emphasis ( $t = 50\text{ }\mu\text{s}$ )	B	-	10	-	kHz
A.F. output voltage (r.m.s. value) at $R_L = 22\text{ k}\Omega$	$V_{o(\text{rms})}$	-	75	-	mV
Load resistance at $V_P = 4.5\text{ V}$	$R_L$	-	-	22	$\text{k}\Omega$
at $V_P = 9.0\text{ V}$	$R_L$	-	-	47	$\text{k}\Omega$

## FM radio circuit

## TDA7000



Conditions:  $0 \text{ dB} = 75 \text{ mV}$ ;  $f_{\text{IF}} = 96 \text{ MHz}$ .  
 for S + N curve:  $\Delta f = \pm 22.5 \text{ kHz}$ ;  $f_m = 1 \text{ kHz}$ .  
 for THD curve:  $\Delta f = \pm 75 \text{ kHz}$ ;  $f_m = 1 \text{ kHz}$ .

**Notes**

1. The muting system can be disabled by feeding a current of about  $20 \mu\text{A}$  into pin 1.
2. The interstation noise level can be decreased by choosing a low-value capacitor at pin 3. Silent tuning can be achieved by omitting this capacitor.

FM radio circuit

TDA7000

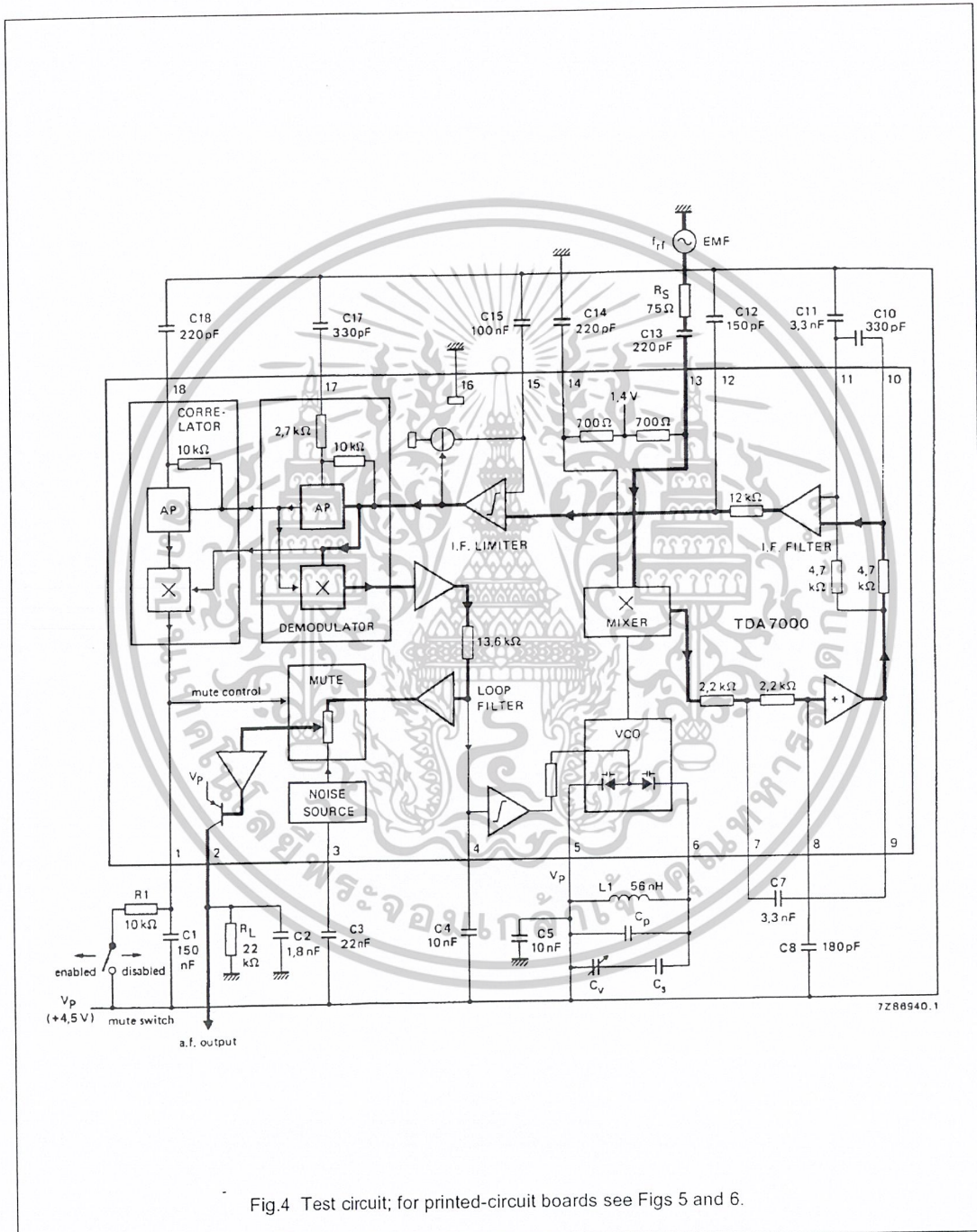


Fig.4 Test circuit; for printed-circuit boards see Figs 5 and 6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## FM radio circuit

## TDA7000

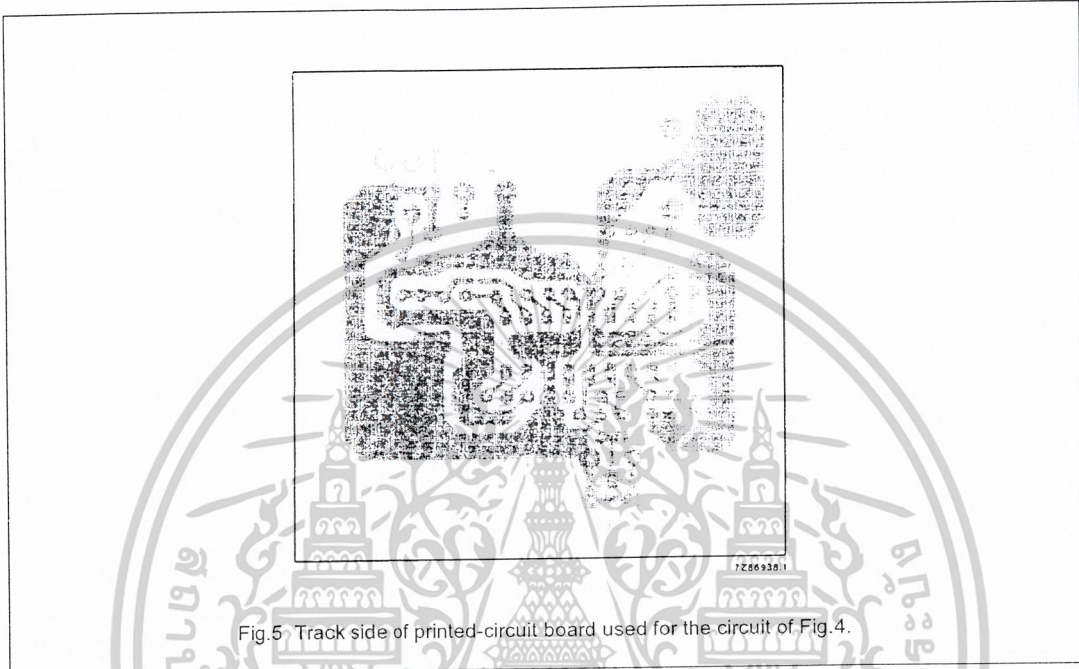


Fig.5 Track side of printed-circuit board used for the circuit of Fig.4.

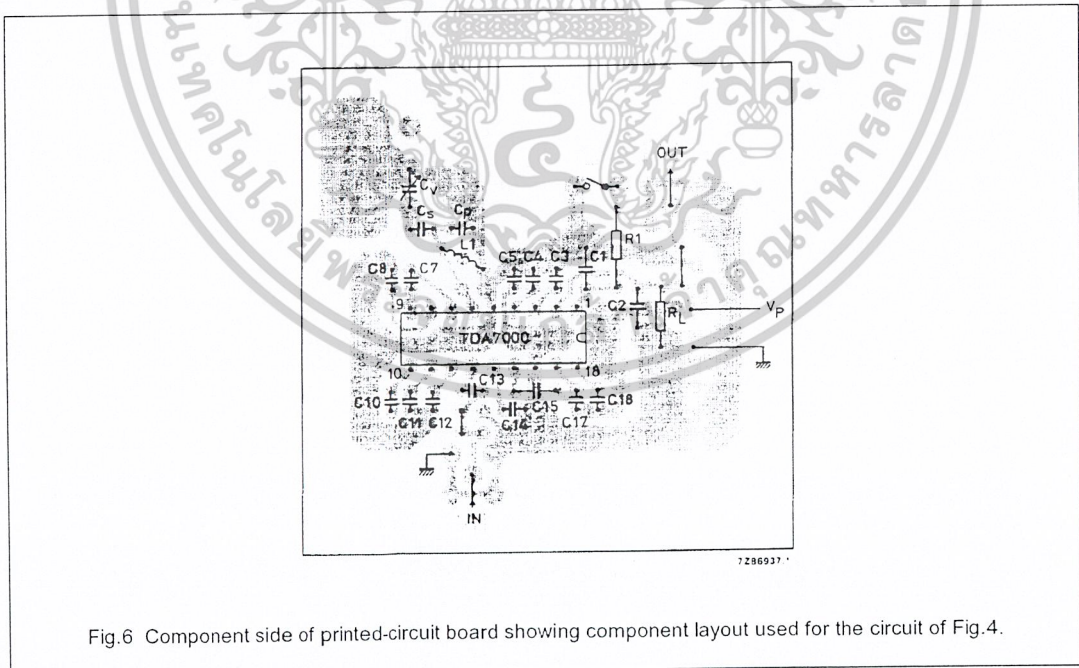


Fig.6 Component side of printed-circuit board showing component layout used for the circuit of Fig.4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

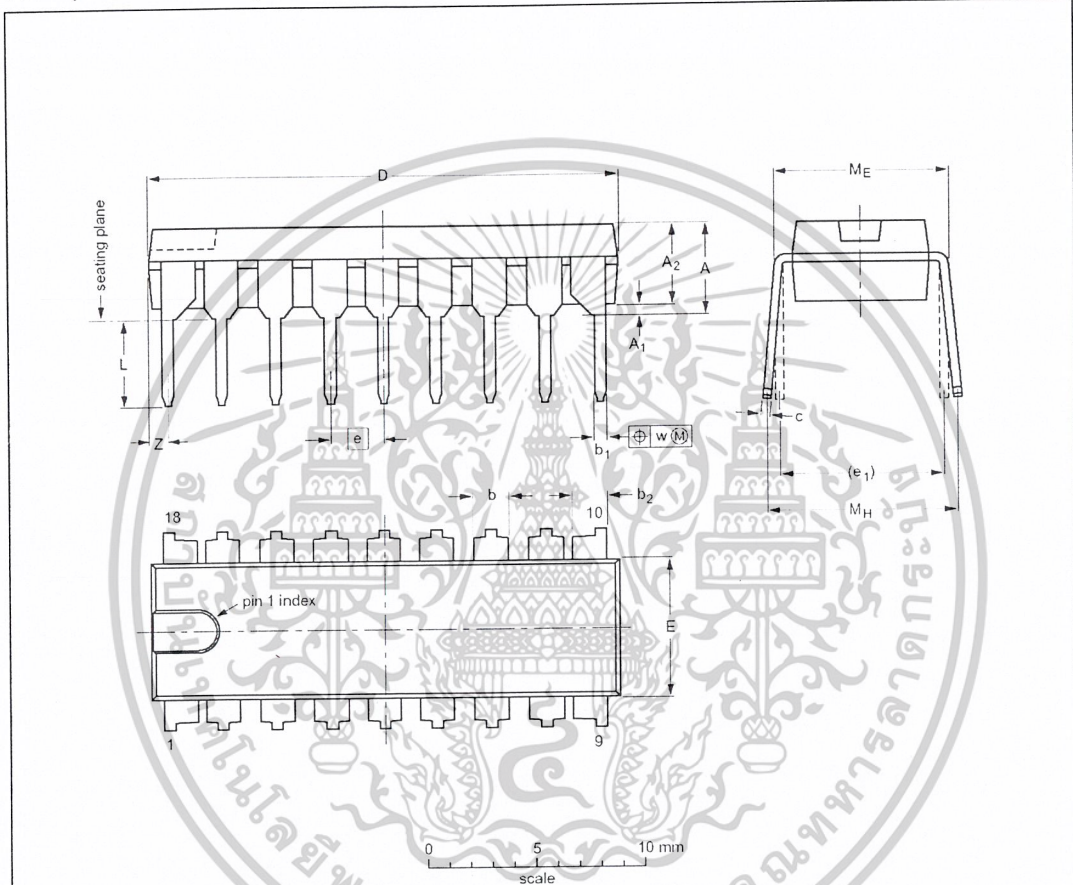
FM radio circuit

TDA7000

PACKAGE OUTLINE

DIP18: plastic dual in-line package; 18 leads (300 mil)

SOT102-1



DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

UNIT	A max.	A <sub>1</sub> min.	A <sub>2</sub> max.	b	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	c	D <sup>(1)</sup>	E <sup>(1)</sup>	e	e <sub>1</sub>	L	M <sub>E</sub>	M <sub>H</sub>	w	Z <sup>(1)</sup> max.
mm	4.7	0.51	3.7	1.40 1.14	0.53 0.38	1.40 1.14	0.32 0.23	21.8 21.4	6.48 6.20	2.54	7.62	3.9 3.4	8.25 7.80	9.5 8.3	0.254	0.85
inches	0.19	0.020	0.15	0.055 0.044	0.021 0.015	0.055 0.044	0.013 0.009	0.86 0.84	0.26 0.24	0.10	0.30	0.15 0.13	0.32 0.31	0.37 0.33	0.01	0.033

Note

1. Plastic or metal protrusions of 0.25 mm maximum per side are not included.

OUTLINE VERSION	REFERENCES			EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ		
SOT102-1					93-10-14 95-01-23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## FM radio circuit

## TDA7000

**SOLDERING****Introduction**

There is no soldering method that is ideal for all IC packages. Wave soldering is often preferred when through-hole and surface mounted components are mixed on one printed-circuit board. However, wave soldering is not always suitable for surface mounted ICs, or for printed-circuits with high population densities. In these situations reflow soldering is often used.

This text gives a very brief insight to a complex technology. A more in-depth account of soldering ICs can be found in our "IC Package Databook" (order code 9398 652 90011).

**Soldering by dipping or by wave**

The maximum permissible temperature of the solder is 260 °C; solder at this temperature must not be in contact with the joint for more than 5 seconds. The total contact time of successive solder waves must not exceed 5 seconds.

The device may be mounted up to the seating plane, but the temperature of the plastic body must not exceed the specified maximum storage temperature ( $T_{stg\ max}$ ). If the printed-circuit board has been pre-heated, forced cooling may be necessary immediately after soldering to keep the temperature within the permissible limit.

**Repairing soldered joints**

Apply a low voltage soldering iron (less than 24 V) to the lead(s) of the package, below the seating plane or not more than 2 mm above it. If the temperature of the soldering iron bit is less than 300 °C it may remain in contact for up to 10 seconds. If the bit temperature is between 300 and 400 °C, contact may be up to 5 seconds.

**DEFINITIONS**

<b>Data sheet status</b>	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
<b>Limiting values</b>	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
<b>Application information</b>	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

**LIFE SUPPORT APPLICATIONS**

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

**SANYO****STK4036X**

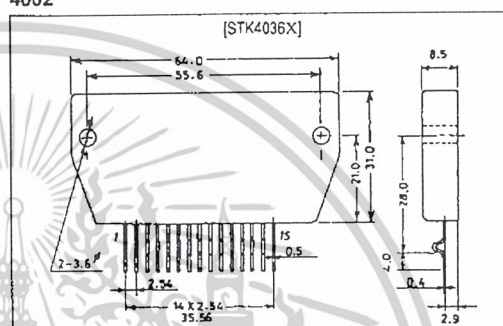
**AF Power Amplifier (Split Power Supply)**  
**(50W min, THD = 0.008%)**

### Features

- Small-sized package permitting audio sets to be made slimmer
- The STK4028X series are available for output 30W to 100W and are pin-compatible.
- Facilitates thermal design of slim stereo sets.
- The use of a current mirror circuit, cascode circuit provides low distortion (0.008%/100kHz-LPF ON).
- Possible to design electronic supplementary circuits (pop noise muting at the time of power ON/OFF, load short protector, thermal shutdown)

### Package Dimensions

unit: mm  
4062



### Specifications

Maximum Ratings at  $T_a = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Symbol	Conditions	Rating	Unit
Maximum supply voltage	$V_{CC\text{ max}}$		$\pm 52.0$	V
Thermal resistance	$\theta_{j-c}$		1.8	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Junction temperature	$T_j$		150	$^\circ\text{C}$
Operating substrate temperature	$T_c$		125	$^\circ\text{C}$
Storage temperature	$T_{stg}$		-30 to +125	$^\circ\text{C}$
Available time for load short-circuit	$t_s$	$V_{CC} = \pm 36.5\text{V}, R_L = 8\Omega, f = 50\text{Hz}, P_O = 50\text{W}$	2.0	s

Recommended Operating Conditions at  $T_a = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Symbol	Conditions	Rating	Unit
Recommended supply voltage	$V_{CC}$		$\pm 36.5$	V
Load resistance	$R_L$		8	$\Omega$

**SANYO Electric Co., Ltd. Semiconductor Business Headquarters**  
 TOKYO OFFICE Tokyo Bldg., 1-10, 1 Chome, Ueno, Taito-ku, TOKYO, 110 JAPAN

D0296HA(ID) / D1793HO / D279MO / 8298MO / 1075MY,TS No. 1668-1/5

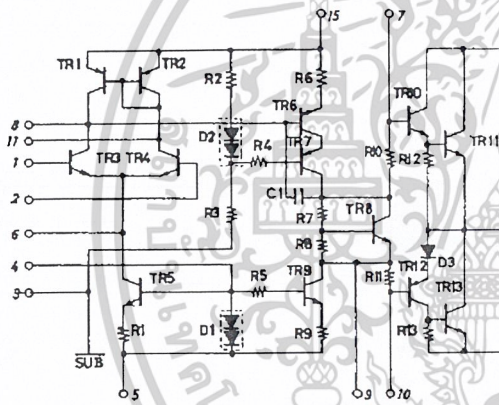
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STK4036X

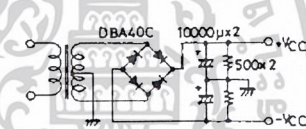
**Operating Characteristics** at  $T_a = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = \pm 36.5\text{V}$ ,  $R_L = 8\Omega$  (noninductive load),  $f = 1\text{kHz}$ ,  $R_g = 600\Omega$ , 100kHz-LPF on

Parameter	Symbol	Conditions	min	typ	max	Unit
Quiescent current	$I_{CCO}$	$V_{CC} = \pm 42\text{V}$	15	-	120	mA
Output power	$P_{O(1)}$	$f = 20\text{Hz to } 20\text{kHz}$ , THD = 0.008%	50	-	-	W
	$P_{O(2)}$	$V_{CC} = \pm 31.5\text{V}$ , THD = 0.04%, $R_L = 4\Omega$	55	-	-	W
Total harmonic distortion	THD	$P_O = 1.0\text{W}$	-	-	0.008	%
Frequency response	$f_L, f_H$	$P_O = 1.0\text{W}$ , $+0, -3\text{dB}$	-	20 to 50k	-	Hz
Input impedance	$r_i$	$P_O = 1.0\text{W}$	-	55	-	k $\Omega$
Output noise voltage	$V_{No}^{**}$	$V_{CC} = \pm 42\text{V}$ , $R_g = 10\text{k}\Omega$	-	-	1.2	mVrms
Neutral voltage	$V_N$	$V_{CC} = \pm 42\text{V}$	-70	0	+70	mV

**Equivalent Circuit**

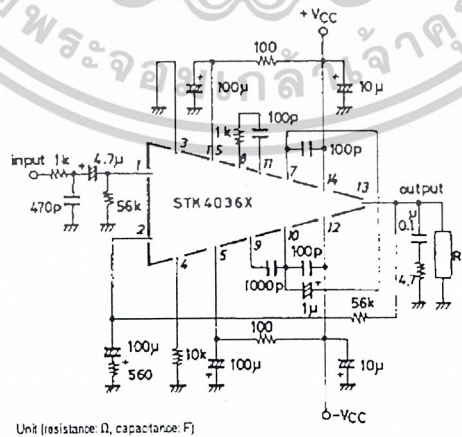


Note: For Power supply at the time of test, use a constant-voltage power supply unless otherwise specified.  
 \* For measurement of the available time for load short-circuit and output noise voltage, use the specified transformer power supply shown below.  
 \*\* The output noise voltage is represented by the peak value on rms scale (VTVM) of average value indicating type. The noise voltage waveform includes no flicker noise.



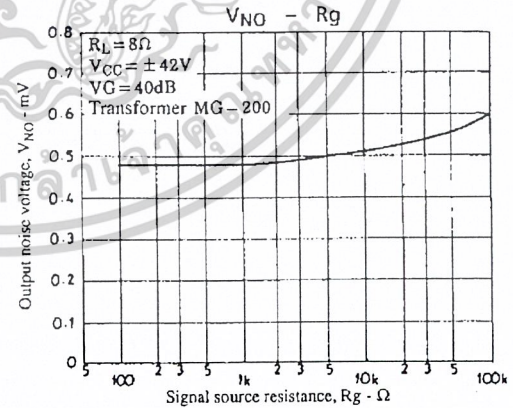
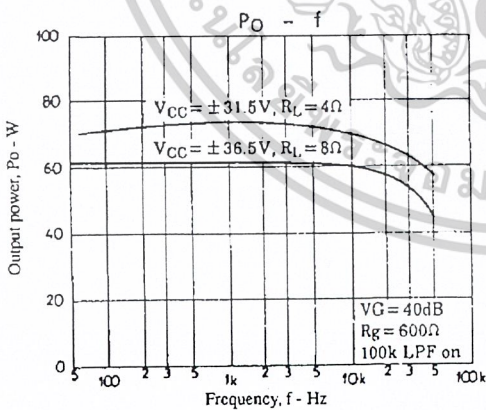
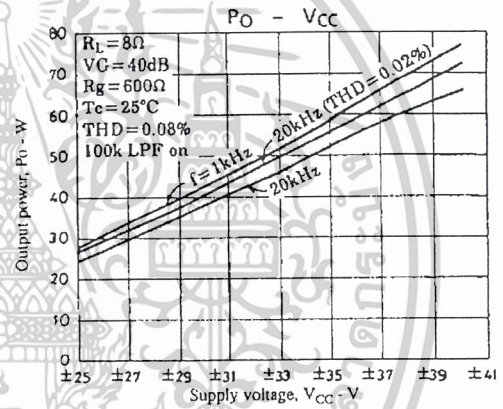
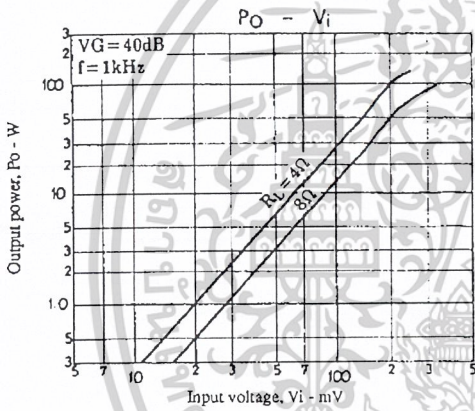
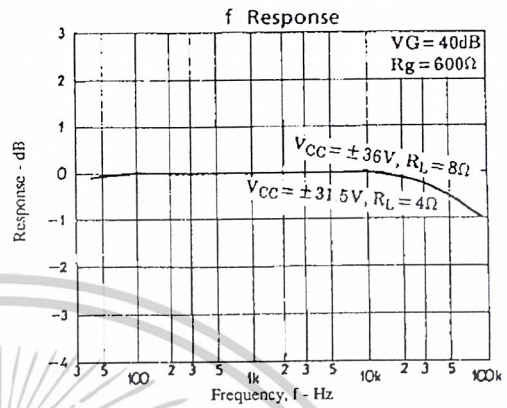
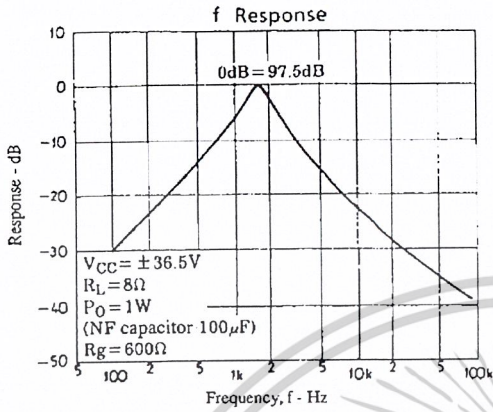
Specified Transformer Power Supply (Equivalent to MG-200)

**Sample Application Circuit: 50W min AF Power Amplifier**



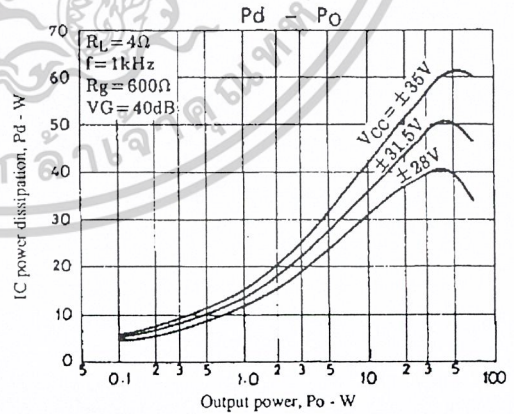
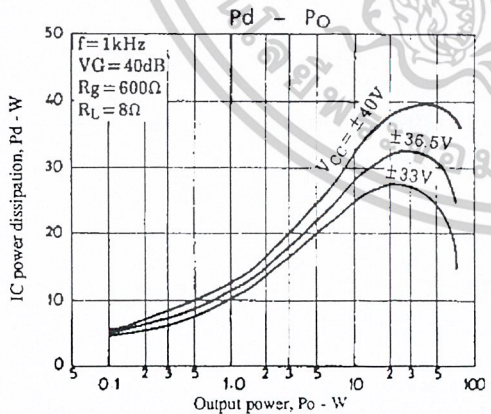
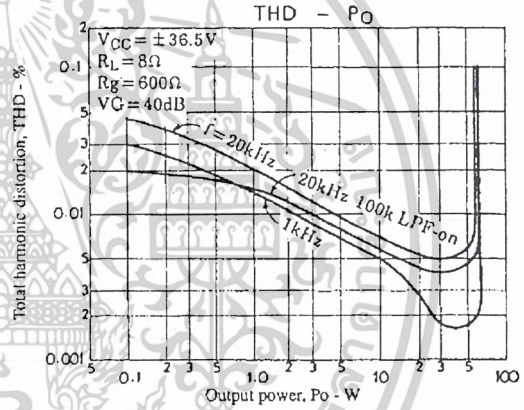
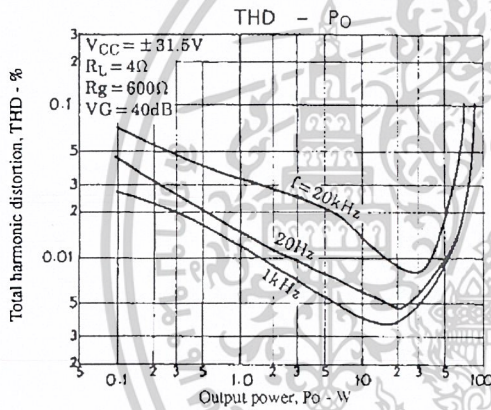
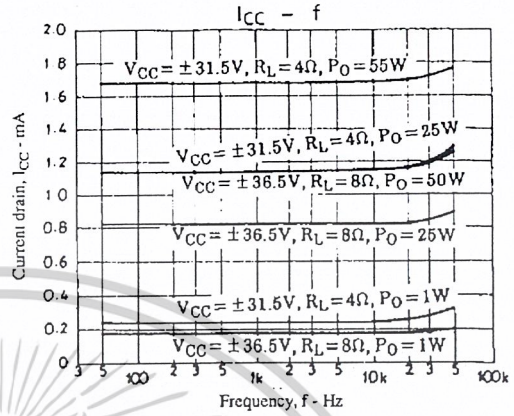
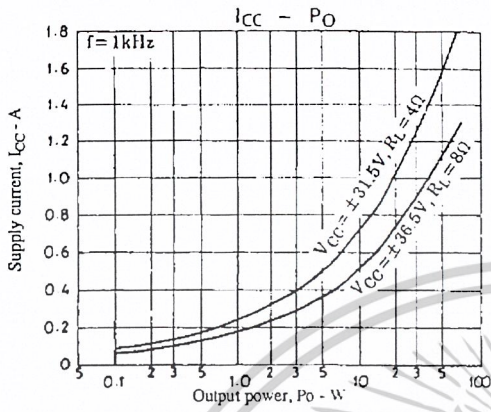
Unit (resistance:  $\Omega$ , capacitance: F)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



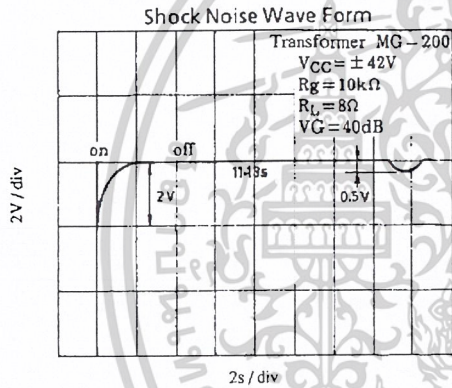
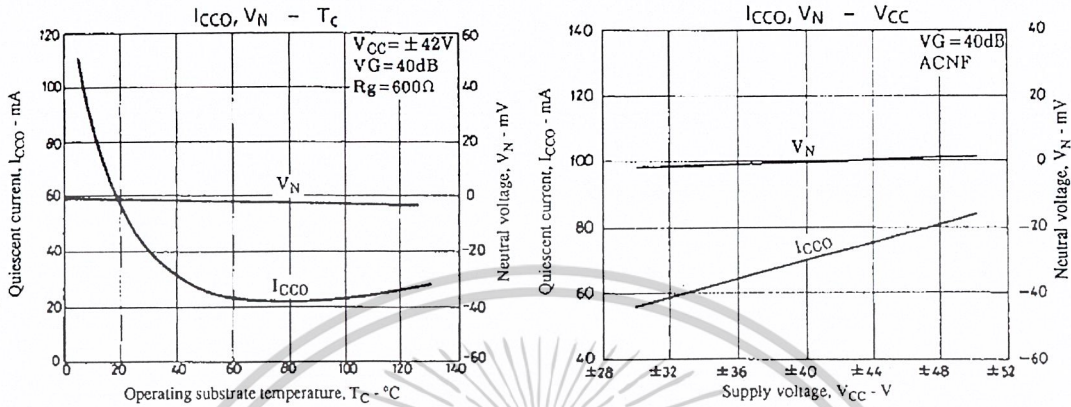
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STK4036X



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

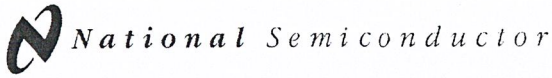
STK4036X



- No products described or contained herein are intended for use in surgical implants, life-support systems, aerospace equipment, nuclear power control systems, vehicles, disaster/crime-prevention equipment and the like, the failure of which may directly or indirectly cause injury, death or property loss.
- Anyone purchasing any products described or contained herein for an above-mentioned use shall:
  - ⓐ Accept full responsibility and indemnify and defend SANYO ELECTRIC CO., LTD., its affiliates, subsidiaries and distributors and all their officers and employees, jointly and severally, against any and all claims and litigation and all damages, cost and expenses associated with such use;
  - ⓑ Not impose any responsibility for any fault or negligence which may be cited in any such claim or litigation on SANYO ELECTRIC CO., LTD., its affiliates, subsidiaries and distributors or any of their officers and employees, jointly or severally.
- Information (including circuit diagrams and circuit parameters) herein is for example only; it is not guaranteed for volume production. SANYO believes information herein is accurate and reliable, but no guarantees are made or implied regarding its use or any infringements of intellectual property rights or other rights of third parties.

This catalog provides information as of December, 1996. Specifications and information herein are subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



August 2000

LM1458/LM1558 Dual Operational Amplifier

## LM1458/LM1558 Dual Operational Amplifier

### General Description

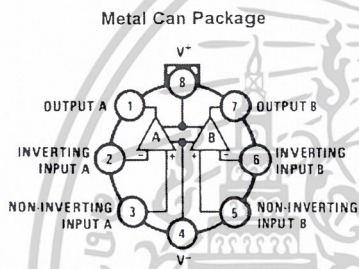
The LM1458 and the LM1558 are general purpose dual operational amplifiers. The two amplifiers share a common bias network and power supply leads. Otherwise, their operation is completely independent.

The LM1458 is identical to the LM1558 except that the LM1458 has its specifications guaranteed over the temperature range from 0°C to +70°C instead of -55°C to +125°C.

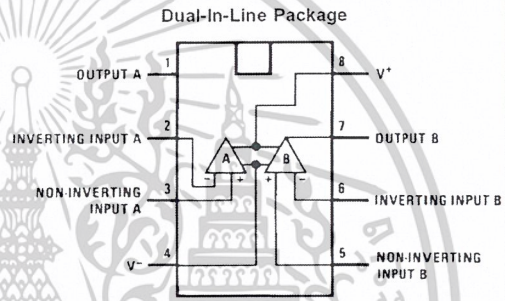
### Features

- No frequency compensation required
- Short-circuit protection
- Wide common-mode and differential voltage ranges
- Low-power consumption
- 8-lead can and 8-lead mini DIP
- No latch up when input common mode range is exceeded

### Connection Diagrams



Top View  
Order Number LM1558H,  
LM1558H/883 or LM1458H  
See NS Package Number H08C



Top View  
Order Number LM1558J/883, LM1458M,  
LM1458MX or LM1458N  
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Absolute Maximum Ratings** (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

(Note 5)

Supply Voltage	
LM1558	±22V
LM1458	±18V
Power Dissipation (Note 2)	
LM1558H/LM1458H	500 mW
LM1458N	400 mW
Differential Input Voltage	±30V
Input Voltage (Note 3)	±15V
Output Short-Circuit Duration	Continuous

Operating Temperature Range	
LM1558	-55°C to +125°C
LM1458	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	260°C
Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 seconds)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.	
ESD tolerance (Note 6)	300V

**Electrical Characteristics** (Note 4)

Parameter	Conditions	LM1558			LM1458			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$		1.0	5.0		1.0	6.0	mV
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		80	200		80	200	nA
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		200	500		200	500	nA
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.3	1.0		0.3	1.0		M $\Omega$
Supply Current Both Amplifiers	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_S = \pm 15\text{V}$		3.0	5.0		3.0	5.6	mA
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_S = \pm 15\text{V}$ $V_{OUT} = \pm 10\text{V}$ , $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$		50	160		20	160	V/mV
Input Offset Voltage	$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$			6.0			7.5	mV
Input Offset Current				500			300	nA
Input Bias Current				1.5			0.8	$\mu\text{A}$
Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm 15\text{V}$ , $V_{OUT} = \pm 10\text{V}$ $R_L \geq \text{k}\Omega$	25			15			V/mV
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 15\text{V}$ , $R_L = 10\text{ k}\Omega$ $R_L = 2\text{ k}\Omega$	±12	±14		±12	±14		V
		±10	±13		±10	±13		V
Input Voltage Range	$V_S = \pm 15\text{V}$		±12		±12			V
Common Mode Rejection Ratio	$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	70	90		70	90		dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	77	96		77	96		dB

**Note 1:** "Absolute Maximum Ratings" indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits.

**Note 2:** The maximum junction temperature of the LM1558 is 150°C, while that of the LM1458 is 100°C. For operating at elevated temperatures, devices in the H08 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W, junction to ambient or 20°C/W, junction to case. For the DIP the device must be derated based on a thermal resistance of 187°C/W, junction to ambient.

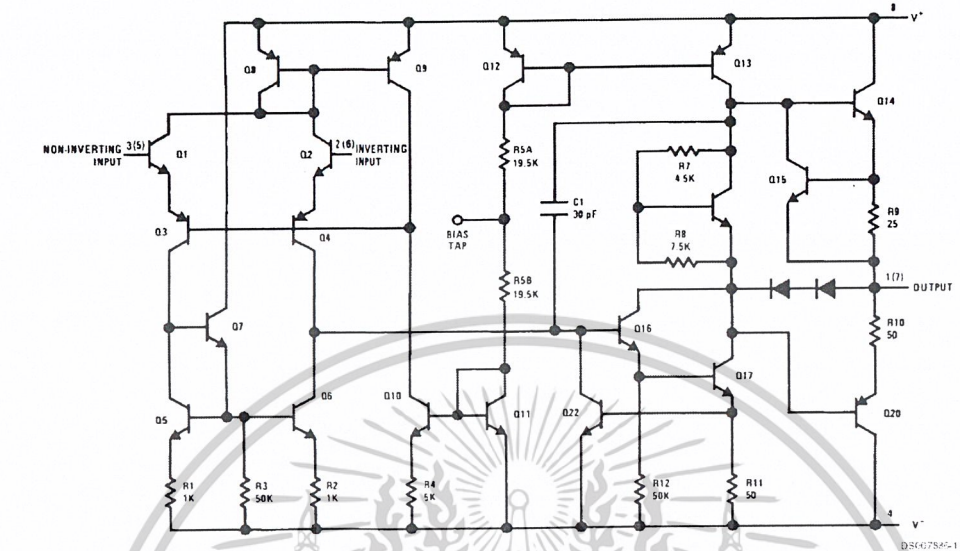
**Note 3:** For supply voltages less than ±15V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

**Note 4:** These specifications apply for  $V_S = \pm 15\text{V}$  and  $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq 125^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified. With the LM1458, however, all specifications are limited to  $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$  and  $V_S = \pm 15\text{V}$ .

**Note 5:** Refer to RETS 1558V for LM1558J and LM1558H military specifications.

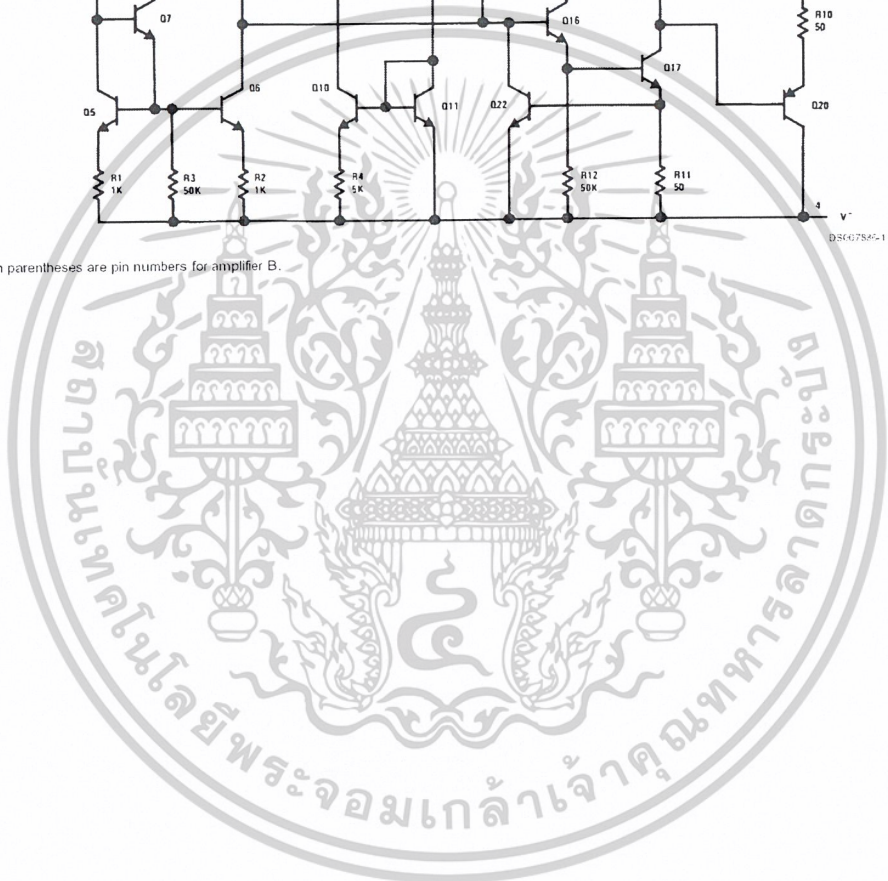
**Note 6:** Human body model, 1.5 k $\Omega$  in series with 100 pF.

Schematic Diagram



Numbers in parentheses are pin numbers for amplifier B.

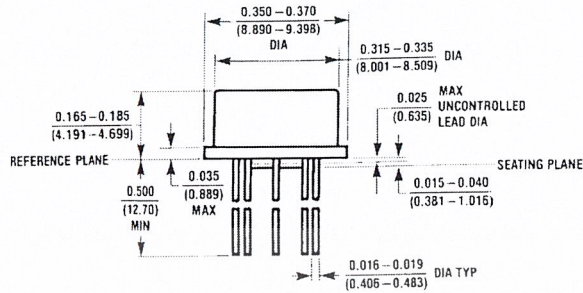
DS40784-1



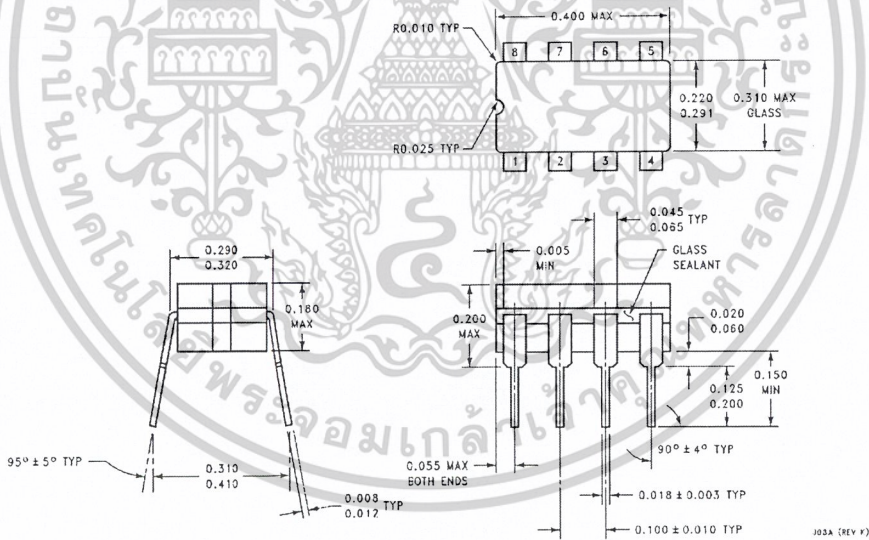
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM1458/LM1558

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted



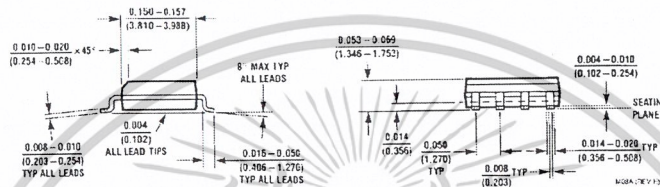
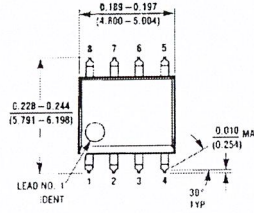
**Metal Can Package (H)**  
 Order Number LM1558H, LM1558H/833 or LM1458H  
 NS Package Number H08C



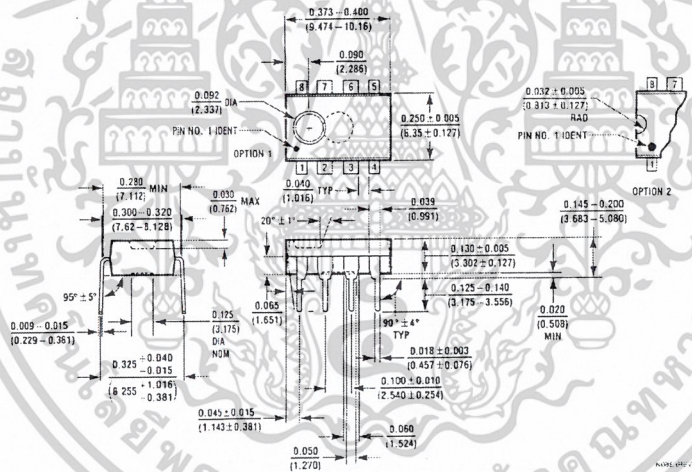
**Small Outline Package (M)**  
 Order Number LM1458M or LM1458MX  
 NS Package Number M08A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Small Outline Package (M)  
Order Number LM1458M or LM1458MX  
NS Package Number M08A



Molded Dual-In-Line Package (N)  
Order Number LM1458N  
NS Package Number N08E


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Notes

## LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

 **National Semiconductor Corporation**  
Americas  
Tel: 1-800-272-9959  
Fax: 1-906-737-7618  
Email: support@nsc.com  
www.national.com

**National Semiconductor Europe**  
Fax: +49 (0) 180-530 85 86  
Email: europe.support@nsc.com  
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9503 6208  
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171  
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

**National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group**  
Tel: 65-2644466  
Fax: 65-2504466  
Email: ap.support@nsc.com

**National Semiconductor Japan Ltd.**  
Tel: 81-3-5639-7560  
Fax: 81-3-5539-7507

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### TP5089 DTMF (TOUCH-TONE) Generator

#### General Description

The TP5089 is a low threshold voltage, field-implemented, metal gate CMOS integrated circuit. It interfaces directly to a standard telephone keypad and generates all dual tone multi-frequency pairs required in tone-dialing systems. The tone synthesizers are locked to an on-chip reference oscillator using an inexpensive 3.579545 MHz crystal for high tone accuracy. The crystal and an output load resistor are the only external components required for tone generation. A MUTE OUT logic signal, which changes state when any key is depressed, is also provided.

#### Features

- 3.5V–10V operation when generating tones
- 2V operation of keyscan and MUTE logic
- Static sensing of key closures or logic inputs
- On-chip 3.579545 MHz crystal-controlled oscillator
- Output amplitudes proportional to supply voltage
- High group pre-emphasis
- Low harmonic distortion
- Open emitter-follower low-impedance output
- SINGLE TONE INHIBIT pin

#### Block Diagram

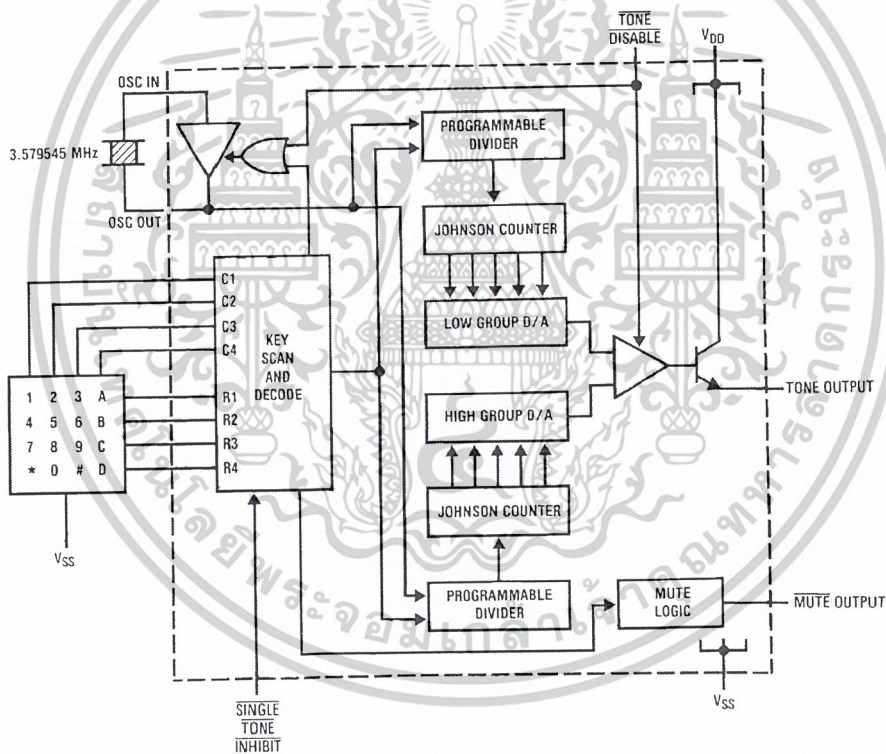


FIGURE 1

TL/H/5057-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage ( $V_{DD} - V_{SS}$ ) 15V  
 Maximum Voltage at Any Pin  $V_{DD} + 0.3V$  to  $V_{SS} - 0.3V$

Operating Temperature  $-30^{\circ}\text{C}$  to  $+60^{\circ}\text{C}$   
 Storage Temperature  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$   
 Maximum Power Dissipation 500 mW

**Electrical Characteristics** Unless otherwise noted, limits printed in **BOLD** characters are guaranteed for  $V_{DD} = 3.5V$  to  $10V$ ,  $T_A = 0^{\circ}\text{C}$  to  $+60^{\circ}\text{C}$  by correlation with 100% electrical testing at  $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ . All other limits are assured by correlation with other production tests and/or product design and characterization.

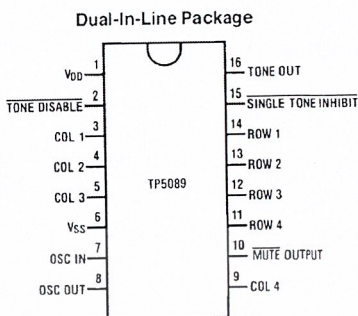
Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Minimum Supply Voltage for Keysense and MUTE Logic Functions		2			V
Minimum Operating Voltage for generating tones		<b>3.5</b>			V
Operating Current Idle Generating Tones	Mute open $R_L = \infty$ $V_{DD} = 3.5V$		2 1.1	<b>25</b> <b>2.5</b>	$\mu\text{A}$ mA
Input Resistors COLUMN and ROW (Pull-Up) SINGLE TONE INHIBIT (Pull-Down) TONE DISABLE (Pull-Up)		25 120	50		k $\Omega$ k $\Omega$
Input Low Level				<b>0.2 V<sub>DD</sub></b>	V
Input High Level		<b>0.8 V<sub>DD</sub></b>			V
MUTE OUT Sink Current (COLUMN and ROW Active)	$V_{DD} = 3.5V$ $V_O = 0.5V$	<b>0.4</b>			mA
MUTE Out Leakage Current	$V_O = V_{DD}$		1		$\mu\text{A}$
Output Amplitude Low Group	$R_L = 240\ \Omega$ $V_{DD} = 3.5V$	<b>190</b>	250	<b>340</b>	mVrms
	$R_L = 240\ \Omega$ $V_{DD} = 10V$	<b>510</b>	700	<b>880</b>	mVrms
Output Amplitude High Group	$R_L = 240\ \Omega$ $V_{DD} = 3.5V$	<b>270</b>	340	<b>470</b>	mVrms
	$R_L = 240\ \Omega$ $V_{DD} = 10V$	<b>735</b>	955	<b>1265</b>	mVrms
Mean Output DC Offset	$V_{DD} = 3.5V$ $V_{DD} = 10V$		1.3 4.6		V V
High Group Pre-Emphasis		<b>2.2</b>	2.7	<b>3.2</b>	dB
Dual Tone/Total Harmonic Distortion Ratio	$V_{DD} = 4V$ , $R_L = 240\ \Omega$ 1 MHz Bandwidth		-23	<b>-22</b>	dB
Start-Up Time (to 90% Amplitude)			3	5	mS

Note 1:  $R_L$  is the external load resistor connected from TONE OUT to  $V_{SS}$ .

Note 2: Crystal specification: Parallel resonant 3.579545 MHz,  $R_S \leq 150\ \Omega$ ,  $L = 100\ \text{mH}$ ,  $C_O = 5\ \text{pF}$ ,  $C_1 = 0.02\ \text{pF}$ .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Connection Diagram



Top View  
 Order Number TP5089N  
 See NS Package N16A

Symbol  
 MUTE Output

### Description

The MUTE output is an open-drain N-channel device that sinks current to V<sub>SS</sub> with any key input and is open when no key input is sensed. The MUTE output will switch regardless of the state of the SINGLE TONE INHIBIT input.

SINGLE TONE INHIBIT Input

The SINGLE TONE INHIBIT input is used to inhibit the generation of other than valid tone pairs due to multiple row-column closures. It has a pull-down resistor to V<sub>SS</sub>, and when left open or tied to V<sub>SS</sub> any input condition that would normally result in a single tone will now result in no tone, with all other functions operating normally. When tied to V<sub>DD</sub>, single or dual tones may be generated, see Table II.

### Pin Descriptions

Symbol	Description
V <sub>DD</sub>	This is the positive voltage supply to the device, referenced to V <sub>SS</sub> . The collector of the TONE OUT transistor is connected to this pin.
V <sub>SS</sub>	This is the negative voltage supply. All voltages are referenced to this pin.
OSC IN, OSC OUT	All tone generation timing is derived from the on-chip oscillator circuit. A low cost 3.579545 MHz A-cut crystal (NTSC TV color-burst) is needed between pins 7 and 8. Load capacitors and a feedback resistor are included on-chip for good start-up and stability. The oscillator stops when column inputs are sensed with no valid input having been detected. The oscillator is also stopped when the TONE DISABLE input is pulled to logic low.
Row and Column Inputs	When no key is pushed, pull-up resistors are active on row and column inputs. A key closure is recognized when a single row and a single column are connected to V <sub>SS</sub> , which starts the oscillator and initiates tone generation. Negative-true logic signals simulating key closures can also be used.
TONE DISABLE Input	The TONE DISABLE input has an internal pull-up resistor. When this input is open or at logic high, the normal tone output mode will occur. When TONE DISABLE input is at logic low, the device will be in the inactive mode, TONE OUT will be at an open circuit state.

TONE OUT

This output is the open emitter of an NPN transistor, the collector of which is connected to V<sub>DD</sub>. When an external load resistor is connected from TONE OUT to V<sub>SS</sub>, the output voltage on this pin is the sum of the high and low group sine-waves superimposed on a DC offset. When not generating tones, this output transistor is turned OFF to minimize the device idle current.

Adjustment of the emitter load resistor results in variation of the mean DC current during tone generation, the sine-wave signal current through the output transistor, and the output distortion. Increasing values of load resistance decrease both the signal current and distortion.

### Functional Description

With no key inputs to the device the oscillator is inhibited, the output transistor is pulled OFF and device current consumption is reduced to a minimum. Key closures are sensed statically. Any key closure activates the MUTE output, starts the oscillator and sets the high group and low group programmable counters to the appropriate divide ratio. These counters sequence two ratioed-capacitor D/A converters through a series of 28 equal duration steps per sine-wave cycle. The two tones are summed by a mixer amplifier, with pre-emphasis applied to the high group tone. The output is an NPN emitter-follower requiring the addition of an external load resistor to V<sub>SS</sub>. This resistor facilitates adjustment of the signal current flowing from V<sub>DD</sub> through the output transistor.

The amplitude of the output tones is directly proportional to the device supply voltage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)

TABLE I. Output Frequency Accuracy

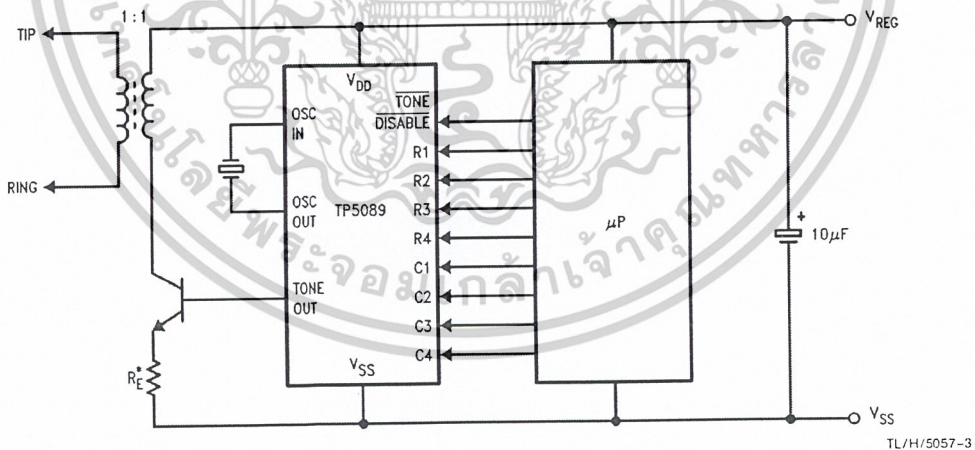
Tone Group	Valid Input	Standard DTMF (Hz)	Tone Output Frequency	% Deviation from Standard
Low Group $f_L$	R1	697	694.8	-0.32
	R2	770	770.1	+0.02
	R3	852	852.4	+0.03
	R4	941	940.0	-0.11
High Group $f_H$	C1	1209	1206.0	-0.24
	C2	1336	1331.7	-0.32
	C3	1477	1486.5	+0.64
	C4	1633	1639.0	+0.37

TABLE II. Functional Truth Table

SINGLE TONE INHIBIT	TONE DISABLE	ROW	COLUMN	TONE OUT		MUTE
				Low	High	
X	0	O/C	O/C	0V	0V	O/C
X	X	O/C	O/C	0V	0V	O/C
X	0	One	One	$V_{OS}$	$V_{OS}$	0
X	1	One	One	$f_L$	$f_H$	0
1	1	2 or More	One	—	$f_H$	0
1	1	One	2 or More	$f_L$	—	0
1	1	2 or More	2 or More	$V_{OS}$	$V_{OS}$	0
0	1	2 or More	One	$V_{OS}$	$V_{OS}$	0
0	1	One	2 or More	$V_{OS}$	$V_{OS}$	0
0	1	2 or More	2 or More	$V_{OS}$	$V_{OS}$	0

Note 1: X is don't care state.

Note 2:  $V_{OS}$  is the output offset voltage.



\*Adjust  $R_E$  for desired tone amplitude.

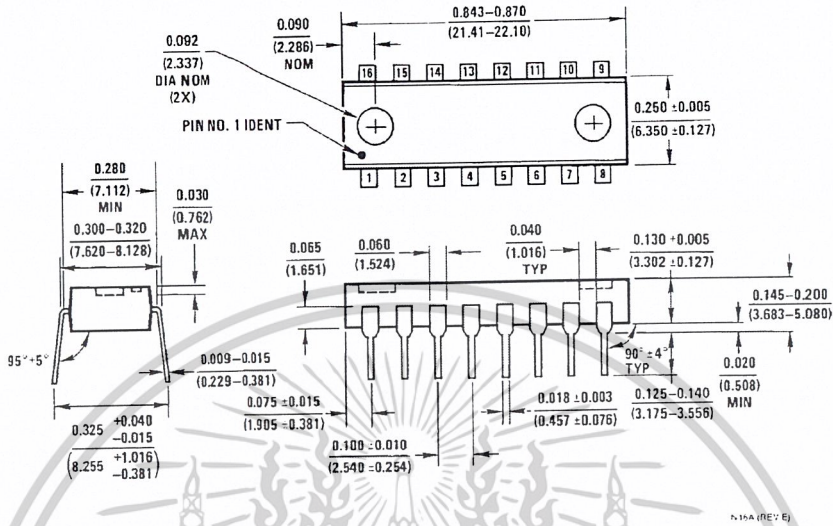
FIGURE 2. Typical Application

TL/H/5057-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters)

Lit. # 113986



Molded Dual-In-Line Package (N)  
Order Number TP5089N  
NS Package N16A

N16A (REV E)

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

**National Semiconductor Corporation**  
1111 West Bardin Road  
Arlington, TX 76017  
Tel: (1800) 272-9959  
Fax: (1800) 737-7018

**National Semiconductor Europe**  
Fax: (+49) 0-180-530 85 86  
Email: cnjwge@tevm2.nsc.com  
Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85  
English Tel: (+49) 0-180-532 78 32  
Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58  
Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80

**National Semiconductor Hong Kong Ltd.**  
13th Floor, Straight Block,  
Ocean Centre, 5 Canton Rd.  
Tsimshatsui, Kowloon  
Hong Kong  
Tel: (852) 2737-1600  
Fax: (852) 2736-9960

**National Semiconductor Japan Ltd.**  
Tel: 81-043-299-2309  
Fax: 81-043-299-2408

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO<sup>2</sup>-CMOS **MT8870D/MT8870D-1**  
Integrated DTMF Receiver



ISSUE 5

March 1997

**Features**

- Complete DTMF Receiver
- Low power consumption
- Internal gain setting amplifier
- Adjustable guard time
- Central office quality
- Power-down mode
- Inhibit mode
- Backward compatible with MT8870C/MT8870C-1

Ordering Information	
MT8870DE/DE-1	18 Pin Plastic DIP
MT8870DS/DS-1	18 Pin SOIC
MT8870DN/DN-1	20 Pin SSOP
-40 °C to +85 °C	

**Applications**

- Receiver system for British Telecom (BT) or CEPT Spec (MT8870D-1)
- Paging systems
- Repeater systems/mobile radio
- Credit card systems
- Remote control
- Personal computers
- Telephone answering machine

**Description**

The MT8870D/MT8870D-1 is a complete DTMF receiver integrating both the bandsplit filter and digital decoder functions. The filter section uses switched capacitor techniques for high and low group filters; the decoder uses digital counting techniques to detect and decode all 16 DTMF tone-pairs into a 4-bit code. External component count is minimized by on chip provision of a differential input amplifier, clock oscillator and latched three-state bus interface.

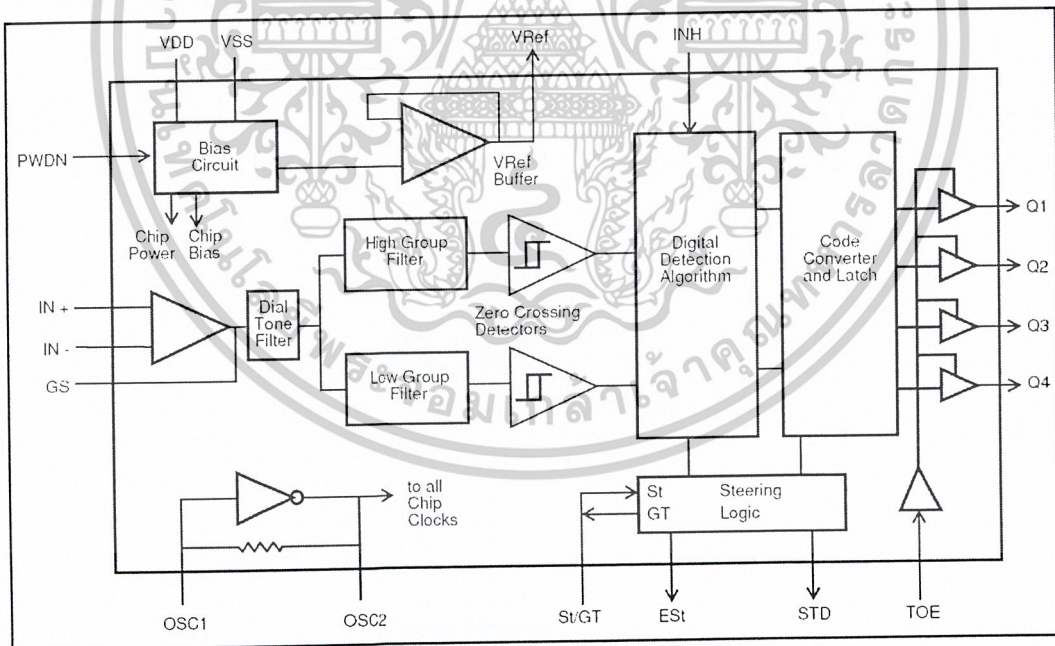


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

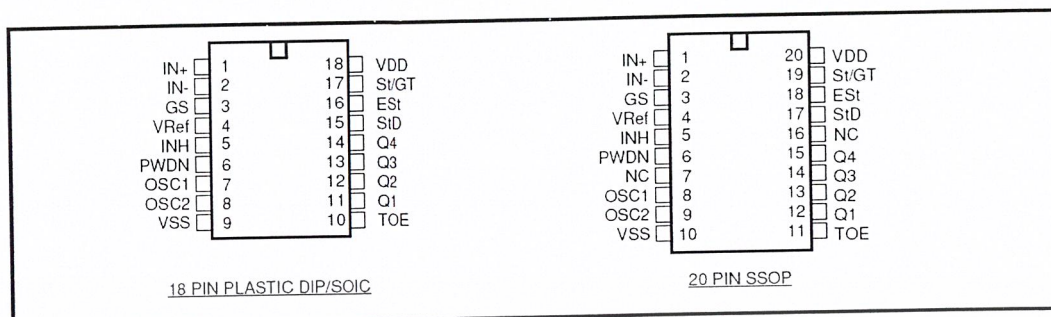
MT8870D/MT8870D-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

Figure 2 - Pin Connections

## Pin Description

Pin #		Name	Description
18	20		
1	1	IN+	<b>Non-Inverting Op-Amp (Input).</b>
2	2	IN-	<b>Inverting Op-Amp (Input).</b>
3	3	GS	<b>Gain Select.</b> Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	4	V <sub>Ref</sub>	<b>Reference Voltage (Output).</b> Nominally V <sub>DD</sub> /2 is used to bias inputs at mid-rail (see Fig. 6 and Fig. 10).
5	5	INH	<b>Inhibit (Input).</b> Logic high inhibits the detection of tones representing characters A, B, C and D. This pin input is internally pulled down.
6	6	PWDN	<b>Power Down (Input).</b> Active high. Powers down the device and inhibits the oscillator. This pin input is internally pulled down.
7	8	OSC1	<b>Clock (Input).</b>
8	9	OSC2	<b>Clock (Output).</b> A 3.579545 MHz crystal connected between pins OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit.
9	10	V <sub>SS</sub>	<b>Ground (Input).</b> 0V typical.
10	11	TOE	<b>Three State Output Enable (Input).</b> Logic high enables the outputs Q1-Q4. This pin is pulled up internally.
11-14	12-15	Q1-Q4	<b>Three State Data (Output).</b> When enabled by TOE, provide the code corresponding to the last valid tone-pair received (see Table 1). When TOE is logic low, the data outputs are high impedance.
15	17	StD	<b>Delayed Steering (Output).</b> Presents a logic high when a received tone-pair has been registered and the output latch updated; returns to logic low when the voltage on St/GT falls below V <sub>TSI</sub> .
16	18	EST	<b>Early Steering (Output).</b> Presents a logic high once the digital algorithm has detected a valid tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause EST to return to a logic low.
17	19	St/GT	<b>Steering Input/Guard time (Output) Bidirectional.</b> A voltage greater than V <sub>TSI</sub> detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than V <sub>TSI</sub> frees the device to accept a new tone pair. The GT output acts to reset the external steering time-constant; its state is a function of EST and the voltage on St.
18	20	V <sub>DD</sub>	<b>Positive power supply (Input).</b> +5V typical.
	7, 16	NC	No Connection.

4-12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## MT8870D/MT8870D-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

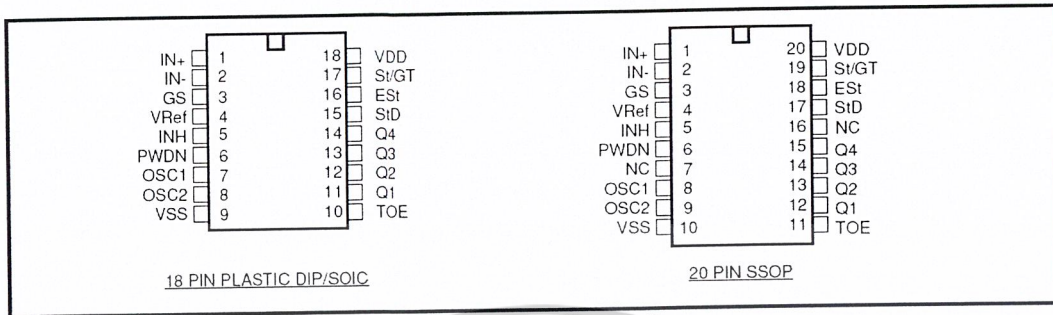


Figure 2 - Pin Connections

### Pin Description

Pin #		Name	Description
18	20		
1	1	IN+	<b>Non-Inverting Op-Amp (Input).</b>
2	2	IN-	<b>Inverting Op-Amp (Input).</b>
3	3	GS	<b>Gain Select.</b> Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	4	V <sub>Ref</sub>	<b>Reference Voltage (Output).</b> Nominally V <sub>DD</sub> /2 is used to bias inputs at mid-rail (see Fig. 6 and Fig. 10).
5	5	INH	<b>Inhibit (Input).</b> Logic high inhibits the detection of tones representing characters A, B, C and D. This pin input is internally pulled down.
6	6	PWDN	<b>Power Down (Input).</b> Active high, Powers down the device and inhibits the oscillator. This pin input is internally pulled down.
7	8	OSC1	<b>Clock (Input).</b>
8	9	OSC2	<b>Clock (Output).</b> A 3.579545 MHz crystal connected between pins OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit.
9	10	V <sub>SS</sub>	<b>Ground (Input).</b> 0V typical.
10	11	TOE	<b>Three State Output Enable (Input).</b> Logic high enables the outputs Q1-Q4. This pin is pulled up internally.
11-14	12-15	Q1-Q4	<b>Three State Data (Output).</b> When enabled by TOE, provide the code corresponding to the last valid tone-pair received (see Table 1). When TOE is logic low, the data outputs are high impedance.
15	17	StD	<b>Delayed Steering (Output).</b> Presents a logic high when a received tone-pair has been registered and the output latch updated; returns to logic low when the voltage on St/GT falls below V <sub>TSt</sub> .
16	18	ESt	<b>Early Steering (Output).</b> Presents a logic high once the digital algorithm has detected a valid tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause ESt to return to a logic low.
17	19	St/GT	<b>Steering Input/Guard time (Output) Bidirectional.</b> A voltage greater than V <sub>TSt</sub> detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than V <sub>TSt</sub> frees the device to accept a new tone pair. The GT output acts to reset the external steering time-constant; its state is a function of ESt and the voltage on St.
18	20	V <sub>DD</sub>	<b>Positive power supply (Input).</b> +5V typical.
	7, 16	NC	No Connection.

## MT8870D/MT8870D-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

condition is maintained (Est remains high) for the validation period ( $t_{GTP}$ ),  $v_c$  reaches the threshold ( $V_{Tst}$ ) of the steering logic to register the tone pair, latching its corresponding 4-bit code (see Table 1) into the output latch. At this point the GT output is activated and drives  $v_c$  to  $V_{DD}$ . GT continues to drive high as long as Est remains high. Finally, after a short delay to allow the output latch to settle, the delayed steering output flag (StD) goes high, signalling that a received tone pair has been registered. The contents of the output latch are made available on the 4-bit output bus by raising the three state control input (TOE) to a logic high. The steering circuit works in reverse to validate the interdigit pause between signals. Thus, as well as rejecting signals too short to be considered valid, the receiver will tolerate signal interruptions (dropout) too short to be considered a valid pause. This facility, together with the capability of selecting the steering time constants externally, allows the designer to tailor performance to meet a wide variety of system requirements.

### Guard Time Adjustment

In many situations not requiring selection of tone duration and interdigital pause, the simple steering circuit shown in Figure 4 is applicable. Component values are chosen according to the formula:

$$t_{REC} = t_{DP} + t_{GTP}$$

$$t_{ID} = t_{DA} + t_{GTA}$$

The value of  $t_{DP}$  is a device parameter (see Figure 11) and  $t_{REC}$  is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C of 0.1  $\mu$ F is

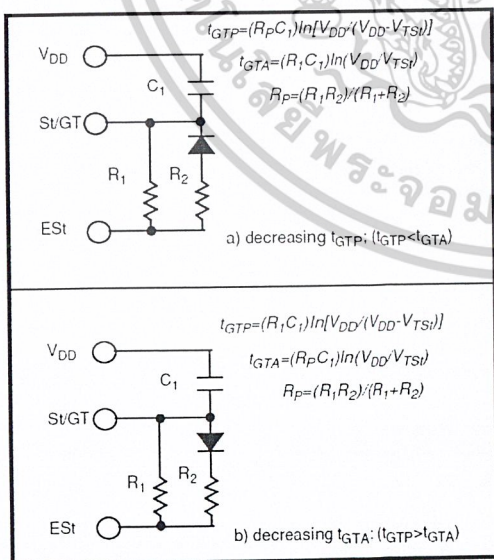


Figure 5 - Guard Time Adjustment

Digit	TOE	INH	Est	Q <sub>4</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>
ANY	L	X	H	Z	Z	Z	Z
1	H	X	H	0	0	0	1
2	H	X	H	0	0	1	0
3	H	X	H	0	0	1	1
4	H	X	H	0	1	0	0
5	H	X	H	0	1	0	1
6	H	X	H	0	1	1	0
7	H	X	H	0	1	1	1
8	H	X	H	1	0	0	0
9	H	X	H	1	0	0	1
0	H	X	H	1	0	1	0
.	H	X	H	1	0	1	1
#	H	X	H	1	1	0	0
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	0
C	H	L	H	1	1	1	1
D	H	L	H	0	0	0	0
A	H	H	L	undetected, the output code will remain the same as the previous detected code			
B	H	H	L				
C	H	H	L				
D	H	H	L				

Table 1. Functional Decode Table

L=LOGIC LOW, H=LOGIC HIGH, Z=HIGH IMPEDANCE  
X = DON'T CARE

recommended for most applications, leaving R to be selected by the designer.

Different steering arrangements may be used to select independently the guard times for tone present ( $t_{GTP}$ ) and tone absent ( $t_{GTA}$ ). This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on both tone duration and interdigital pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk off and noise immunity. Increasing  $t_{REC}$  improves talk-off performance since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short  $t_{REC}$  with a long  $t_{DO}$  would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 5.

**Power-down and Inhibit Mode**

A logic high applied to pin 6 (PWDN) will power down the device to minimize the power consumption in a standby mode. It stops the oscillator and the functions of the filters.

Inhibit mode is enabled by a logic high input to the pin 5 (INH). It inhibits the detection of tones representing characters A, B, C, and D. The output code will remain the same as the previous detected code (see Table 1).

**Differential Input Configuration**

The input arrangement of the MT8870D/MT8870D-1 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source ( $V_{Ref}$ ) which is used to bias the inputs at mid-rail. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 10 with the op-amp connected for unity gain and  $V_{Ref}$  biasing the input at  $1/2 V_{DD}$ . Figure 6 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor  $R_5$ .

**Crystal Oscillator**

The internal clock circuit is completed with the addition of an external 3.579545 MHz crystal and is normally connected as shown in Figure 10 (Single-Ended Input Configuration). However, it is possible to configure several MT8870D/MT8870D-1 devices employing only a single oscillator crystal. The oscillator output of the first device in the chain is coupled through a 30 pF capacitor to the oscillator input (OSC1) of the next device. Subsequent devices are connected in a similar fashion. Refer to Figure 7 for details. The problems associated with unbalanced loading are not a concern with the arrangement shown, i.e., precision balancing capacitors are not required.

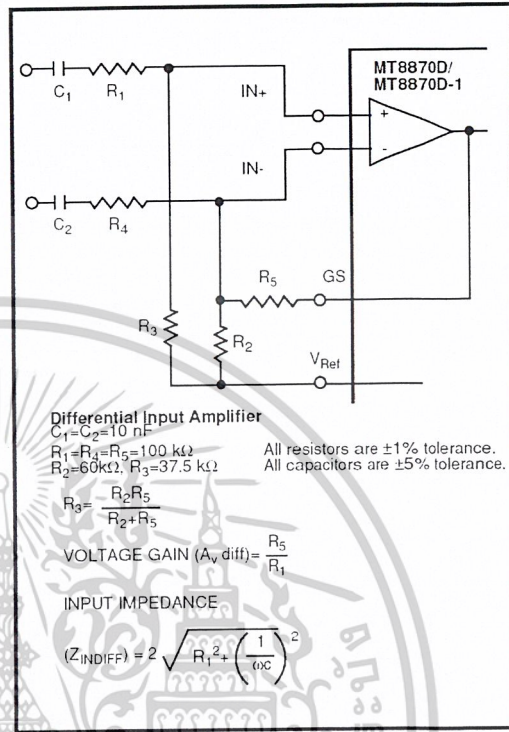


Figure 6 - Differential Input Configuration

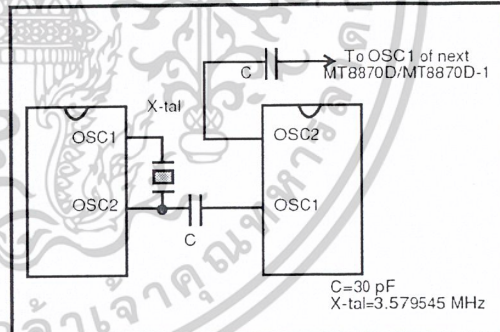


Figure 7 - Oscillator Connection

Parameter	Unit	Resonator
R1	Ohms	10.752
L1	mH	.432
C1	pF	4.984
C0	pF	37.915
Qm	-	896.37
$\Delta f$	%	$\pm 0.2\%$

Table 2. Recommended Resonator Specifications

Note: Qm=quality factor of RLC model, i.e.,  $1/2\pi\sqrt{R_1 C_1}$ .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8870D/MT8870D-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

Applications

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

The circuit shown in Fig. 9 illustrates the use of MT8870D-1 device in a typical receiver system. BT Spec defines the input signals less than -34 dBm as the non-operate level. This condition can be attained by choosing a suitable values of R<sub>1</sub> and R<sub>2</sub> to provide 3 dB attenuation, such that -34 dBm input signal will correspond to -37 dBm at the gain setting pin GS of MT8870D-1. As shown in the diagram, the component values of R<sub>3</sub> and C<sub>2</sub> are the guard time requirements when the total component tolerance is 6%. For better performance, it is recommended to use the non-symmetric guard time circuit in Fig. 8.

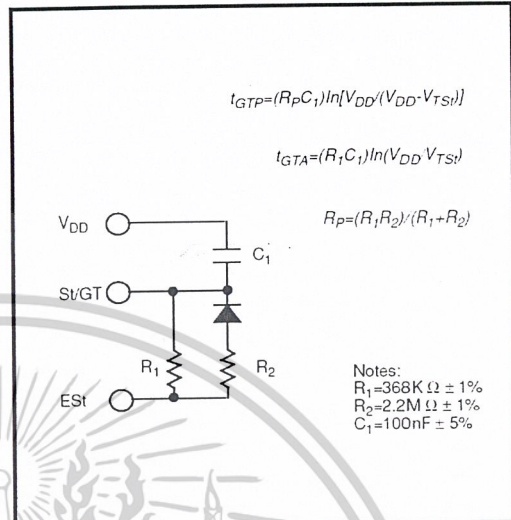


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

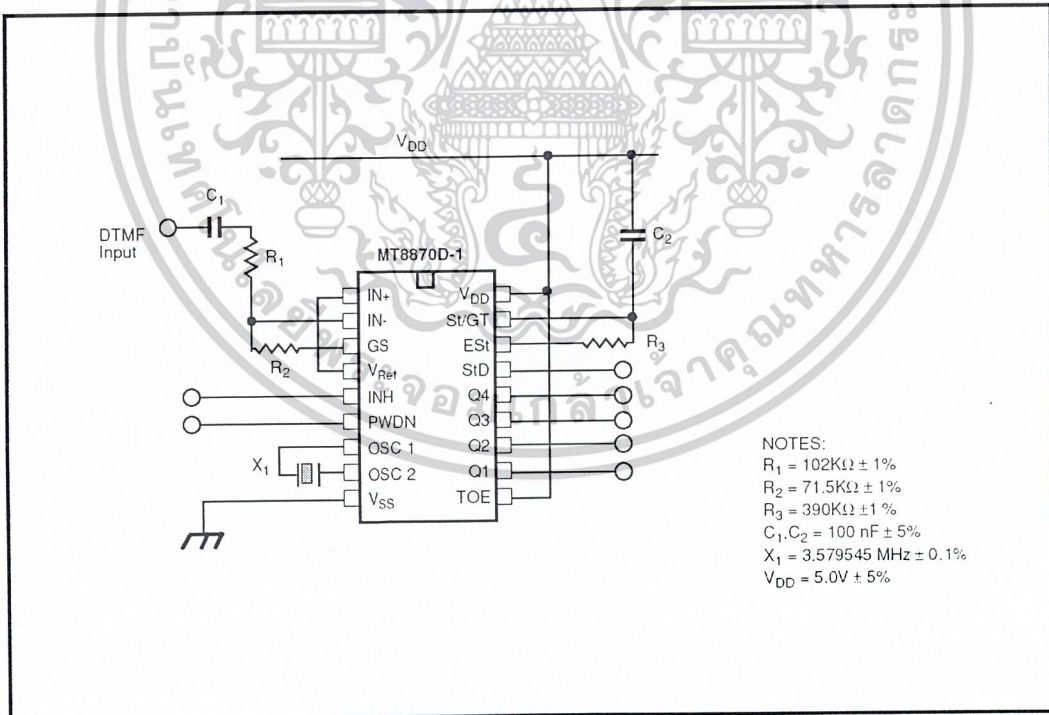


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO<sup>2</sup>-CMOS MT8870D/MT8870D-1

## Absolute Maximum Ratings†

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	DC Power Supply Voltage	V <sub>DD</sub>		7	V
2	Voltage on any pin	V <sub>I</sub>	V <sub>SS</sub> -0.3	V <sub>DD</sub> +0.3	V
3	Current at any pin (other than supply)	I <sub>I</sub>		10	mA
4	Storage temperature	T <sub>STG</sub>	-65	+150	°C
5	Package power dissipation	P <sub>D</sub>		500	mW

† Exceeding these values may cause permanent damage. Functional operation under these conditions is not implied. Derate above 75 °C at 16 mW/°C. All leads soldered to board.

Recommended Operating Conditions - Voltages are with respect to ground (V<sub>SS</sub>) unless otherwise stated.

	Parameter	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	DC Power Supply Voltage	V <sub>DD</sub>	4.75	5.0	5.25	V	
2	Operating Temperature	T <sub>O</sub>	-40		+85	°C	
3	Crystal/Clock Frequency	f <sub>c</sub>		3.579545		MHz	
4	Crystal/Clock Freq. Tolerance	Δf <sub>c</sub>		±0.1		%	

‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

DC Electrical Characteristics - V<sub>DD</sub>=5.0V±5%, V<sub>SS</sub>=0V, -40°C ≤ T<sub>O</sub> ≤ +85°C, unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions		
1 2 3	S U P P L Y	Standby supply current	I <sub>DDO</sub>	10	25	μA	PWDN=V <sub>DD</sub>		
		Operating supply current	I <sub>DD</sub>	3.0	9.0	mA			
		Power consumption	P <sub>O</sub>		15		mW	f <sub>c</sub> =3.579545 MHz	
4 5 6 7 8 9	I N P U T S	High level input	V <sub>IH</sub>	3.5		V	V <sub>DD</sub> =5.0V		
		Low level input voltage	V <sub>IL</sub>			1.5	V	V <sub>DD</sub> =5.0V	
		Input leakage current	I <sub>IH</sub> /I <sub>IL</sub>		0.1		μA	V <sub>IN</sub> =V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub>	
		Pull up (source) current	I <sub>SO</sub>		7.5	20	μA	TOE (pin 10)=0, V <sub>DD</sub> =5.0V	
		Pull down (sink) current	I <sub>SI</sub>		15	45	μA	INH=5.0V, PWDN=5.0V, V <sub>DD</sub> =5.0V	
		Input impedance (IN+, IN-)	R <sub>IN</sub>		10		MΩ	@ 1 kHz	
10	Steering threshold voltage	V <sub>TSI</sub>	2.2	2.4	2.5	V	V <sub>DD</sub> = 5.0V		
11 12 13 14 15 16	O U T P U T S	Low level output voltage	V <sub>OL</sub>			V <sub>SS</sub> +0.03	V	No load	
		High level output voltage	V <sub>OH</sub>	V <sub>DD</sub> -0.03				V	No load
		Output low (sink) current	I <sub>OL</sub>	1.0	2.5			mA	V <sub>OUT</sub> =0.4 V
		Output high (source) current	I <sub>OH</sub>	0.4	0.8			mA	V <sub>OUT</sub> =4.6 V
		V <sub>Ref</sub> output voltage	V <sub>Ref</sub>	2.3	2.5	2.7		V	No load, V <sub>DD</sub> = 5.0V
		V <sub>Ref</sub> output resistance	R <sub>OR</sub>		1			kΩ	

‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## MT8870D/MT8870D-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

**Operating Characteristics** -  $V_{DD}=5.0V\pm 5\%$ ,  $V_{SS}=0V$ ,  $-40^{\circ}C \leq T_O \leq +85^{\circ}C$ , unless otherwise stated.  
**Gain Setting Amplifier**

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>†</sup>	Max	Units	Test Conditions
1	Input leakage current	$I_{IN}$			100	nA	$V_{SS} \leq V_{IN} \leq V_{DD}$
2	Input resistance	$R_{IN}$	10			$M\Omega$	
3	Input offset voltage	$V_{OS}$			25	mV	
4	Power supply rejection	PSRR	50			dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR	40			dB	$0.75 V \leq V_{IN} \leq 4.25 V$ biased at $V_{Ref}=2.5 V$
6	DC open loop voltage gain	$A_{VOL}$	32			dB	
7	Unity gain bandwidth	$f_C$	0.30			MHz	
8	Output voltage swing	$V_O$	4.0			$V_{pp}$	Load $\geq 100 k\Omega$ to $V_{SS}$ @ GS
9	Maximum capacitive load (GS)	$C_L$			100	pF	
10	Resistive load (GS)	$R_L$			50	$k\Omega$	
11	Common mode range	$V_{CM}$	2.5			$V_{pp}$	No Load

**MT8870D AC Electrical Characteristics** -  $V_{DD}=5.0V \pm 5\%$ ,  $V_{SS}=0V$ ,  $-40^{\circ}C \leq T_O \leq +85^{\circ}C$ , using Test Circuit shown in Figure 10.

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>†</sup>	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-29		+1	dBm	1,2,3,5,6,9
			27.5		869	mV <sub>RMS</sub>	1,2,3,5,6,9
2	Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
3	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
4	Frequency deviation accept		$\pm 1.5\% \pm 2 Hz$				2,3,5,9
5	Frequency deviation reject		$\pm 3.5\%$				2,3,5,9
6	Third tone tolerance				-16	dB	2,3,4,5,9,10
7	Noise tolerance				-12	dB	2,3,4,5,7,9,10
8	Dial tone tolerance				+22	dB	2,3,4,5,8,9,11

† Typical figures are at 25 °C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

**\*NOTES**

1. dBm= decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2. Digit sequence consists of all DTMF tones.
3. Tone duration= 40 ms, tone pause= 40 ms.
4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies.
5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.
6. Tone pair is deviated by  $\pm 1.5\% \pm 2 Hz$ .
7. Bandwidth limited (3 kHz ) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz)  $\pm 2\%$ .
9. For an error rate of better than 1 in 10,000.
10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
11. Referenced to the minimum valid accept level.
12. Guaranteed by design and characterization.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO<sup>2</sup>-CMOS MT8870D/MT8870D-1

**MT8870D-1 AC Electrical Characteristics** -  $V_{DD}=5.0V\pm 5\%$ ,  $V_{SS}=0V$ ,  $-40^{\circ}C \leq T_O \leq +85^{\circ}C$ , using Test Circuit shown in Figure 10.

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>‡</sup>	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-31		+1	dBm	Tested at $V_{DD}=5.0V$ 1,2,3,5,6,9
			21.8		869	mV <sub>RMS</sub>	
2	Input Signal Level Reject		-37			dBm	Tested at $V_{DD}=5.0V$ 1,2,3,5,6,9
			10.9			mV <sub>RMS</sub>	
3	Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9,13
4	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9,13
5	Frequency deviation accept		$\pm 1.5\% \pm 2$ Hz				2,3,5,9
6	Frequency deviation reject		$\pm 3.5\%$				2,3,5,9
7	Third zone tolerance			-18.5		dB	2,3,4,5,9,12
8	Noise tolerance			-12		dB	2,3,4,5,7,9,10
9	Dial tone tolerance			+22		dB	2,3,4,5,8,9,11

<sup>‡</sup> Typical figures are at 25 °C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

## \*NOTES

1. dBm= decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2. Digit sequence consists of all DTMF tones.
3. Tone duration= 40 ms, tone pause= 40 ms.
4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies.
5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.
6. Tone pair is deviated by  $\pm 1.5\% \pm 2$  Hz.
7. Bandwidth limited (3 kHz ) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz)  $\pm 2\%$ .
9. For an error rate of better than 1 in 10,000.
10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
11. Referenced to the minimum valid accept level.
12. Referenced to Fig. 10 input DTMF tone level at -25dBm (-28dBm at GS Pin) interference frequency range between 480-3400Hz.
13. Guaranteed by design and characterization.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# MT8870D/MT8870D-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

**AC Electrical Characteristics** -  $V_{DD}=5.0V\pm 5\%$ ,  $V_{SS}=0V$ ,  $-40^{\circ}C \leq T_o \leq +85^{\circ}C$ , using Test Circuit shown in Figure 10.

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>‡</sup>	Max	Units	Conditions	
1	T I M I N G	Tone present detect time	$t_{DP}$	5	11	14	ms	Note 1
2		Tone absent detect time	$t_{DA}$	0.5	4	8.5	ms	Note 1
3		Tone duration accept	$t_{REC}$			40	ms	Note 2
4		Tone duration reject	$t_{\overline{REC}}$	20			ms	Note 2
5		Interdigit pause accept	$t_{ID}$			40	ms	Note 2
6		Interdigit pause reject	$t_{DO}$	20			ms	Note 2
7	O U T P U T S	Propagation delay (St to Q)	$t_{PQ}$		8	11	$\mu s$	$TOE=V_{DD}$
8		Propagation delay (St to StD)	$t_{PSID}$		12	16	$\mu s$	$TOE=V_{DD}$
9		Output data set up (Q to StD)	$t_{QStD}$		3.4		$\mu s$	$TOE=V_{DD}$
10		Propagation delay (TOE to Q ENABLE)	$t_{PTE}$		50		ns	load of 10 k $\Omega$ . 50 pF
11		Propagation delay (TOE to Q DISABLE)	$t_{PTD}$		300		ns	load of 10 k $\Omega$ . 50 pF
12	P D W N	Power-up time	$t_{PU}$		30		ms	Note 3
13		Power-down time	$t_{PD}$		20		ms	
14	C L O C K	Crystal/clock frequency	$f_C$	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
15		Clock input rise time	$t_{LHCL}$			110	ns	Ext. clock
16		Clock input fall time	$t_{HLCL}$			110	ns	Ext. clock
17		Clock input duty cycle	DC <sub>CL</sub>	40	50	60	%	Ext. clock
18		Capacitive load (OSC2)	C <sub>LO</sub>			30	pF	

<sup>‡</sup> Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

**\*NOTES:**

- Used for guard-time calculation purposes only.
- These, user adjustable parameters, are not device specifications. The adjustable settings of these minimums and maximums are recommendations based upon network requirements.
- With valid tone present at input,  $t_{PU}$  equals time from PDWN going low until EST going high.

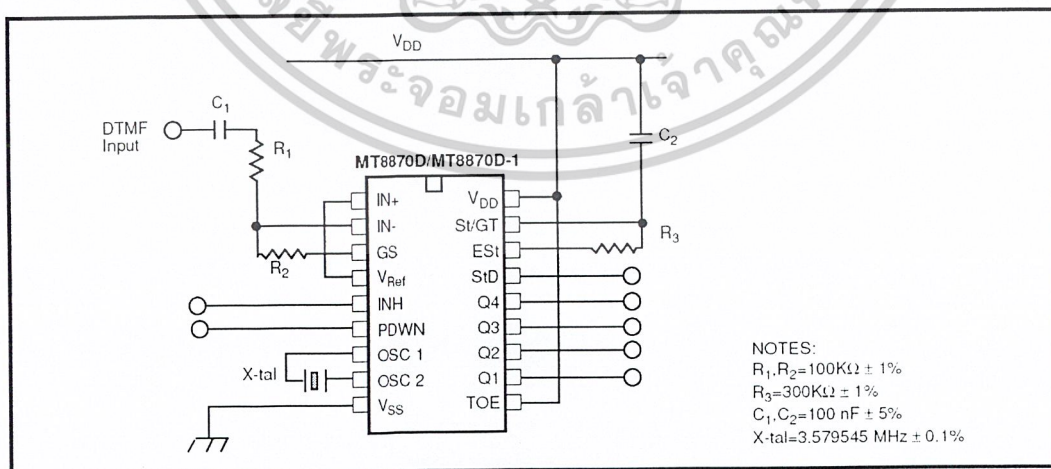


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

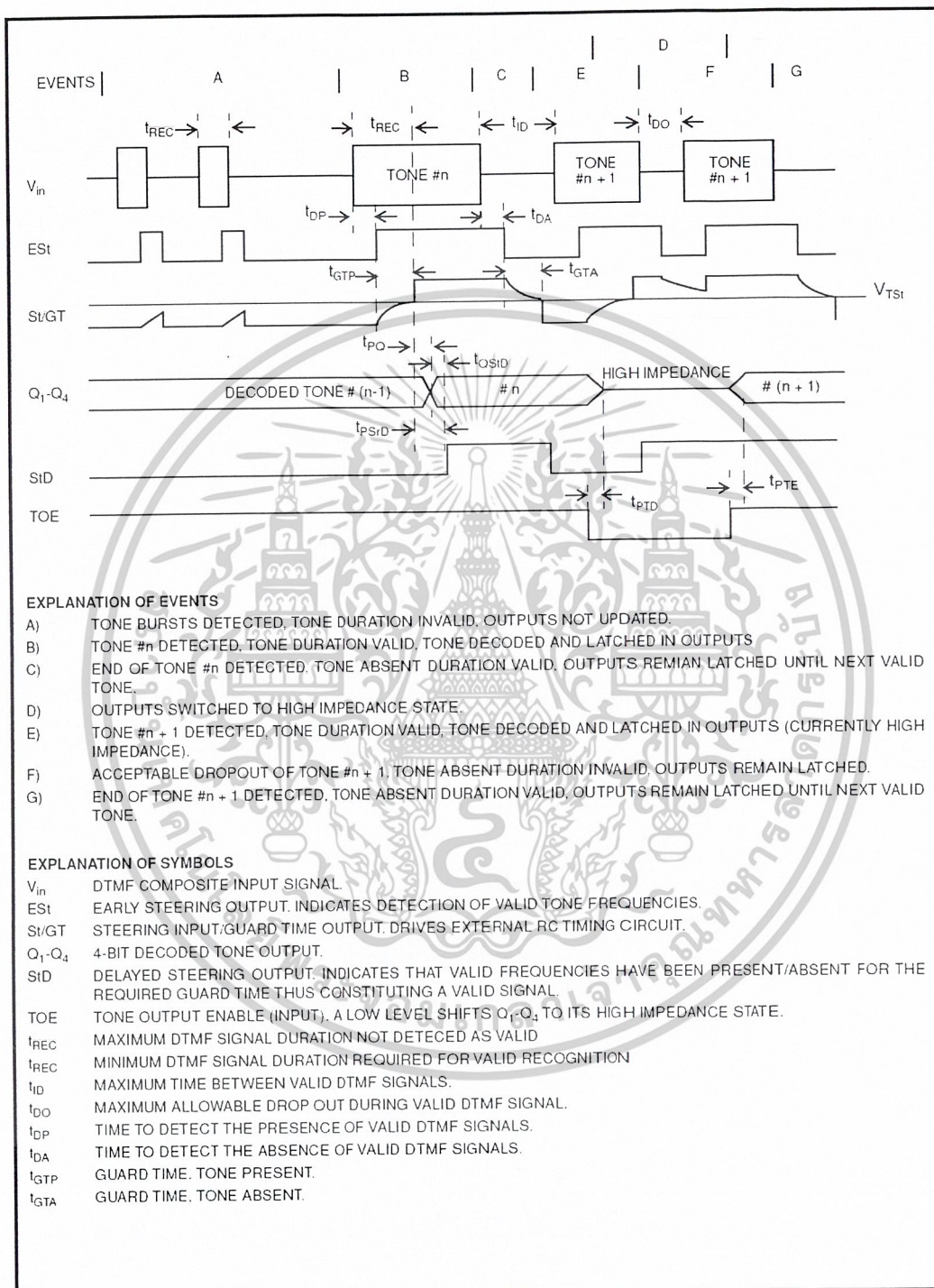
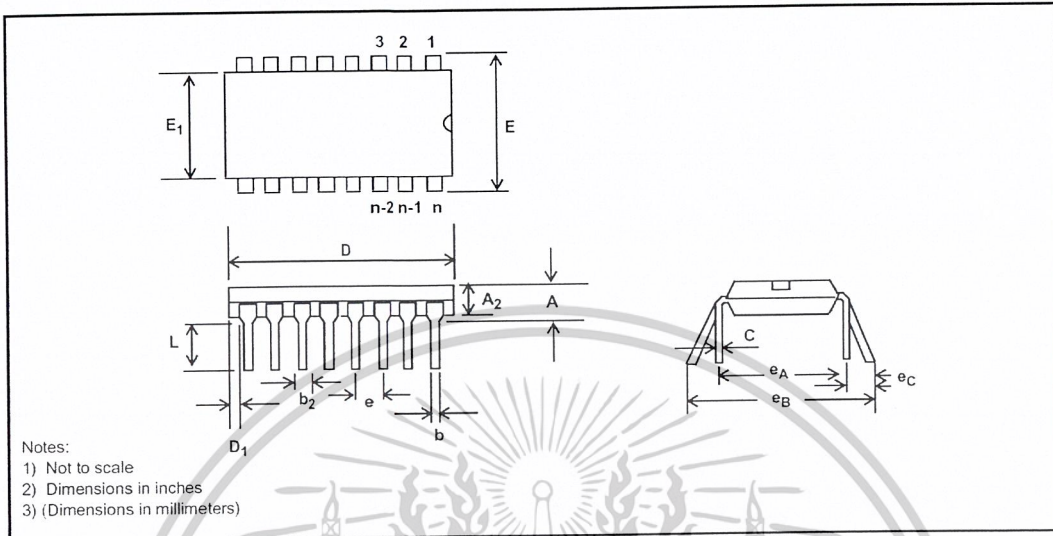


Figure 11 - Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Package Outlines



Plastic Dual-In-Line Packages (PDIP) - E Suffix

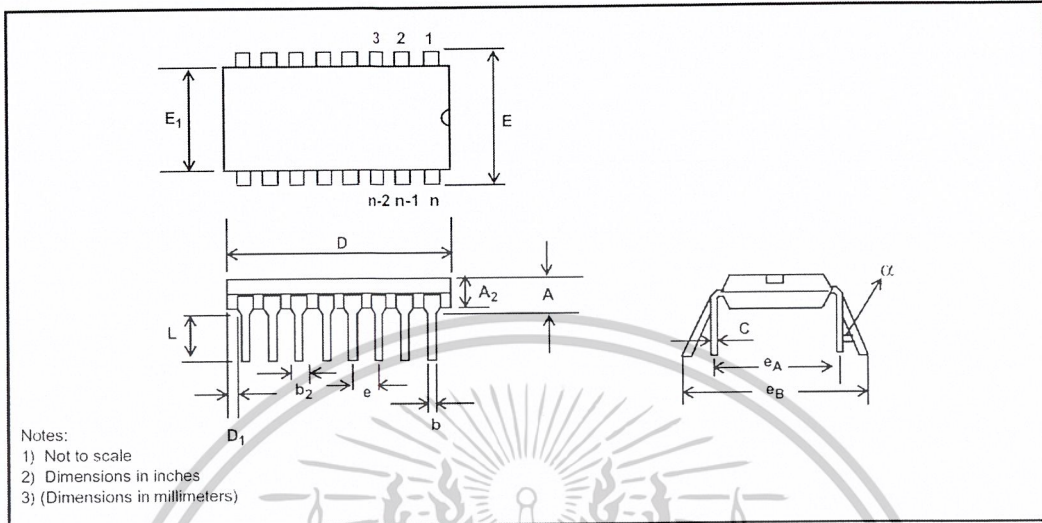
DIM	8-Pin		16-Pin		18-Pin		20-Pin	
	Plastic		Plastic		Plastic		Plastic	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)
A <sub>2</sub>	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)
b	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)
b <sub>2</sub>	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)
C	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)
D	0.355 (9.02)	0.400 (10.16)	0.780 (19.81)	0.800 (20.32)	0.880 (22.35)	0.920 (23.37)	0.980 (24.89)	1.060 (26.9)
D <sub>1</sub>	0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)	
E	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)
E <sub>1</sub>	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)
e	0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)	
e <sub>A</sub>	0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)	
L	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)
e <sub>B</sub>		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)
e <sub>C</sub>	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)

NOTE: Controlling dimensions in parenthesis ( ) are in millimeters.

General-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Package Outlines



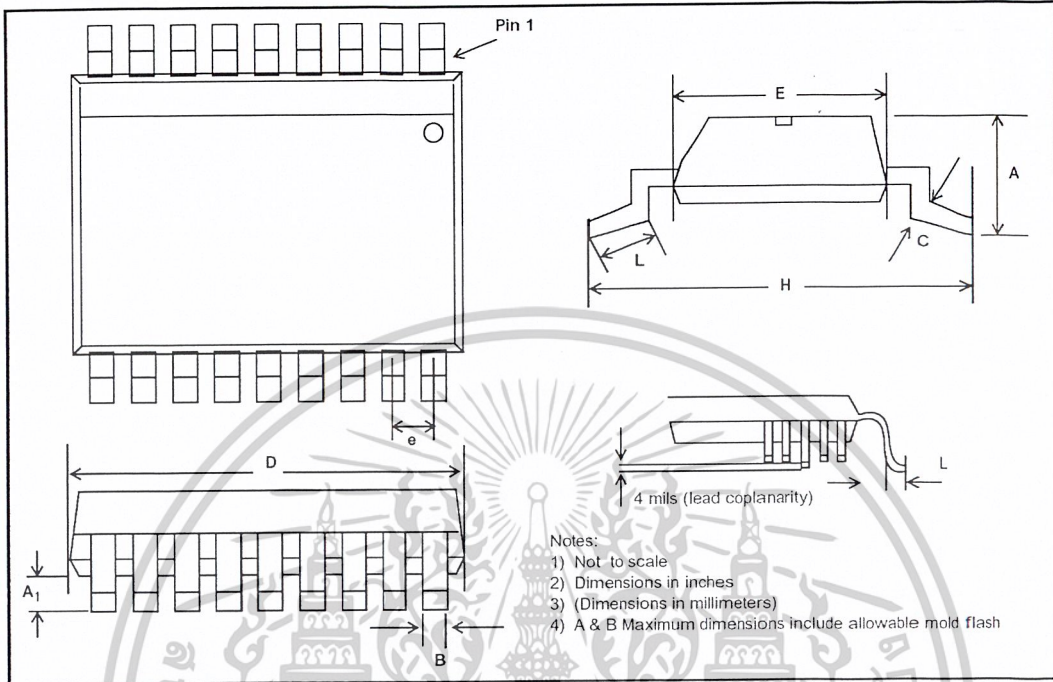
Plastic Dual-In-Line Packages (PDIP) - E Suffix

DIM	22-Pin		24-Pin		28-Pin		40-Pin	
	Plastic		Plastic		Plastic		Plastic	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.210 (5.33)		0.250 (6.35)		0.250 (6.35)		0.250 (6.35)
A <sub>2</sub>	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)
b	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)
b <sub>2</sub>	0.045 (1.15)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)
C	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)
D	1.050 (26.67)	1.120 (28.44)	1.150 (29.3)	1.290 (32.7)	1.380 (35.1)	1.565 (39.7)	1.980 (50.3)	2.095 (53.2)
D <sub>1</sub>	0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)	
E	0.390 (9.91)	0.430 (10.92)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)
E <sub>1</sub>	0.330 (8.39)	0.380 (9.65)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)
E <sub>1</sub>			0.246 (6.25)	0.254 (6.45)				
e	0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)	
e <sub>A</sub>	0.400 BSC (10.16)		0.600 BSC (15.24)		0.600 BSC (15.24)		0.600 BSC (15.24)	
e <sub>A</sub>			0.300 BSC (7.62)					
e <sub>B</sub>				0.430 (10.92)				
L	0.115 (2.93)	0.160 (4.06)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)
α		15°		15°		15°		15°

Shaded areas for 300 Mil Body Width 24 PDIP only

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Package Outlines



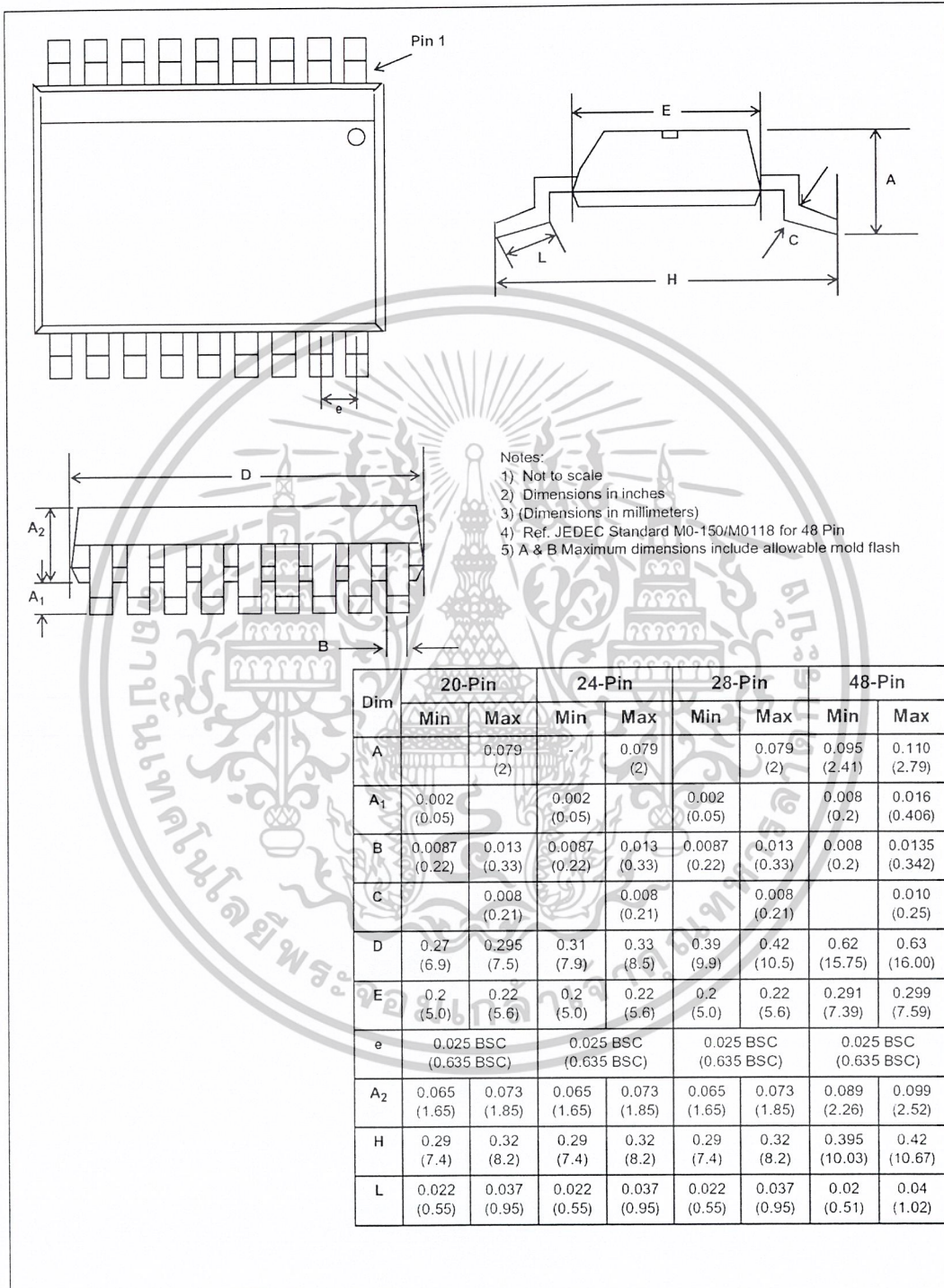
DIM	16-Pin		18-Pin		20-Pin		24-Pin		28-Pin	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)
A <sub>1</sub>	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)
B	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.030 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)
C	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)
D	0.398 (10.1)	0.413 (10.5)	0.447 (11.35)	0.4625 (11.75)	0.496 (12.60)	0.512 (13.00)	0.5985 (15.2)	0.614 (15.6)	0.697 (17.7)	0.7125 (18.1)
E	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)
e	0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)	
H	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)
L	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)

Lead SOIC Package - S Suffix

NOTES: 1. Controlling dimensions in parenthesis ( ) are in millimeters.  
2. Converted inch dimensions are not necessarily exact.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Package Outlines

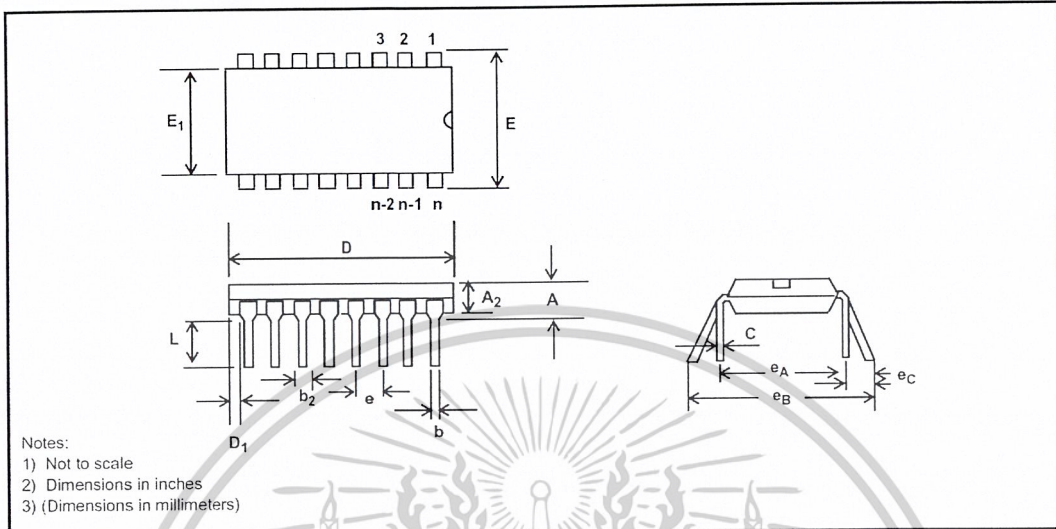


Small Shrink Outline Package (SSOP) - N Suffix

General-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Package Outlines



Plastic Dual-In-Line Packages (PDIP) - E Suffix

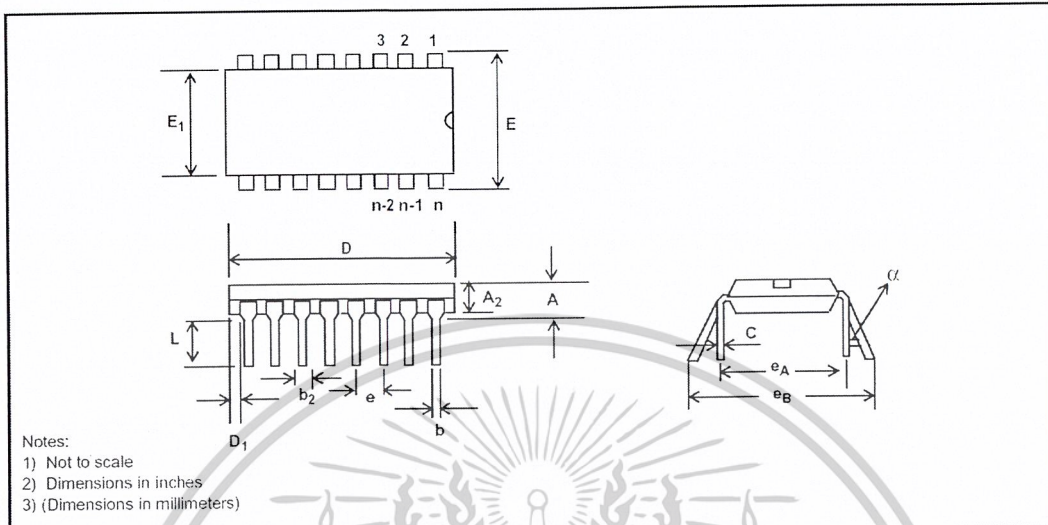
DIM	8-Pin		16-Pin		18-Pin		20-Pin	
	Plastic		Plastic		Plastic		Plastic	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)
A <sub>2</sub>	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)
b	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)
b <sub>2</sub>	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)
C	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)
D	0.355 (9.02)	0.400 (10.16)	0.780 (19.81)	0.800 (20.32)	0.880 (22.35)	0.920 (23.37)	0.980 (24.89)	1.060 (26.9)
D <sub>1</sub>	0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)	
E	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)
E <sub>1</sub>	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)
e	0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)	
e <sub>A</sub>	0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)	
L	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)
e <sub>B</sub>		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)
e <sub>C</sub>	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)

NOTE: Controlling dimensions in parenthesis ( ) are in millimeters.

General-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Package Outlines



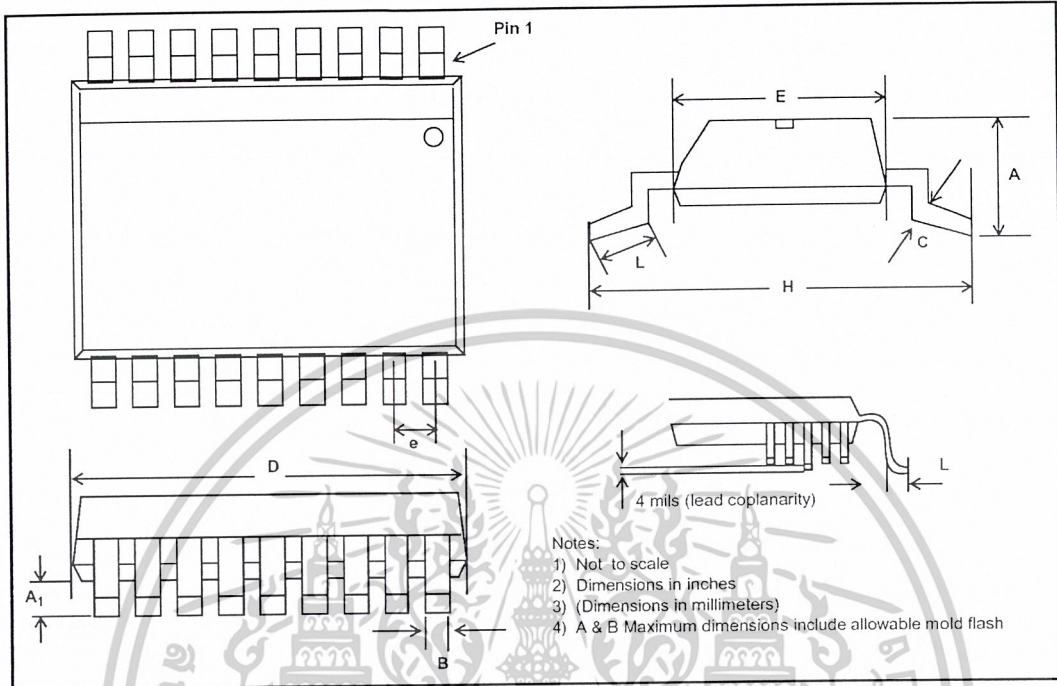
Plastic Dual-In-Line Packages (PDIP) - E Suffix

DIM	22-Pin		24-Pin		28-Pin		40-Pin	
	Plastic		Plastic		Plastic		Plastic	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.210 (5.33)		0.250 (6.35)		0.250 (6.35)		0.250 (6.35)
A <sub>2</sub>	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)
b	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)
b <sub>2</sub>	0.045 (1.15)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)
C	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)
D	1.050 (26.67)	1.120 (28.44)	1.150 (29.3)	1.290 (32.7)	1.380 (35.1)	1.565 (39.7)	1.980 (50.3)	2.095 (53.2)
D <sub>1</sub>	0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)	
E	0.390 (9.91)	0.430 (10.92)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)
E			0.290 (7.37)	0.330 (8.38)				
E <sub>1</sub>	0.330 (8.39)	0.360 (9.65)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)
E <sub>1</sub>			0.246 (6.25)	0.254 (6.45)				
e	0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)	
e <sub>A</sub>	0.400 BSC (10.16)		0.600 BSC (15.24)		0.600 BSC (15.24)		0.600 BSC (15.24)	
e <sub>A</sub>			0.300 BSC (7.62)					
e <sub>B</sub>				0.430 (10.92)				
L	0.115 (2.93)	0.160 (4.06)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)
α		15°		15°		15°		15°

Shaded areas for 300 Mil Body Width 24 PDIP only

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Outlines



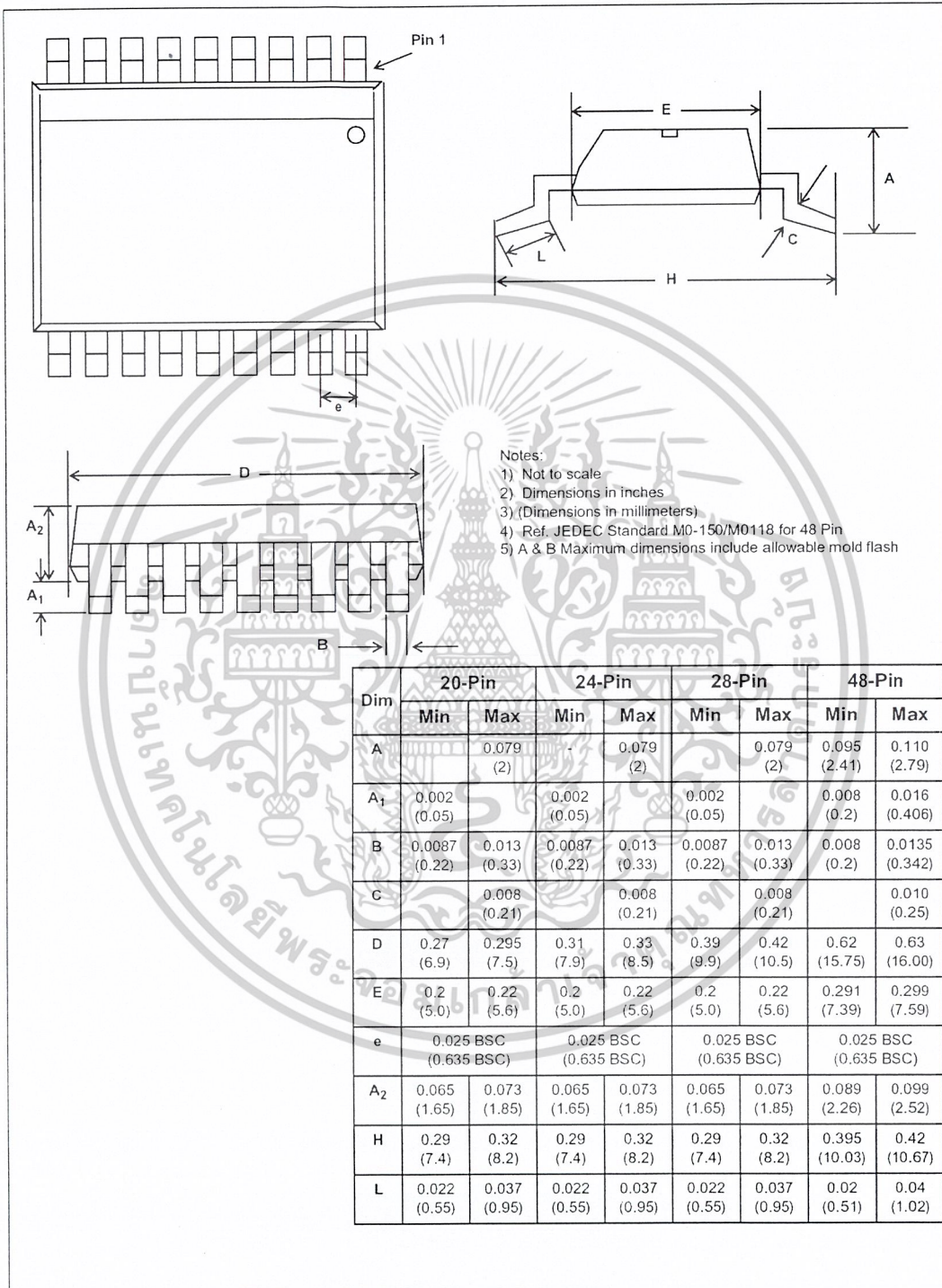
DIM	16-Pin		18-Pin		20-Pin		24-Pin		28-Pin	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)
A <sub>1</sub>	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)
B	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.030 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)
C	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)
D	0.398 (10.1)	0.413 (10.5)	0.447 (11.35)	0.4625 (11.75)	0.496 (12.60)	0.512 (13.00)	0.5985 (15.2)	0.614 (15.6)	0.697 (17.7)	0.7125 (18.1)
E	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)
e	0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)	
H	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)
L	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)

Lead SOIC Package - S Suffix

NOTES: 1. Controlling dimensions in parenthesis ( ) are in millimeters.  
2. Converted inch dimensions are not necessarily exact.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Outlines

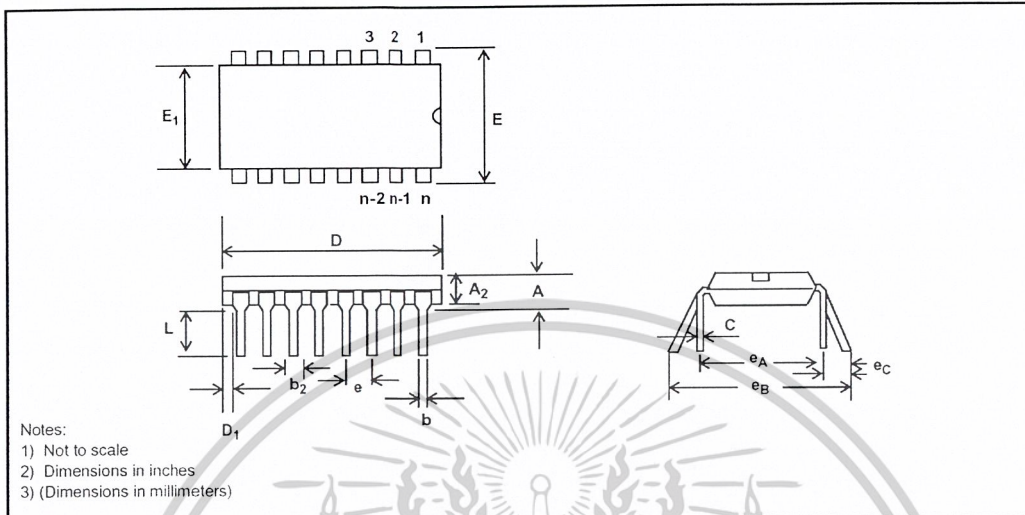


Small Shrink Outline Package (SSOP) - N Suffix

General-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Package Outlines



Plastic Dual-In-Line Packages (PDIP) - E Suffix

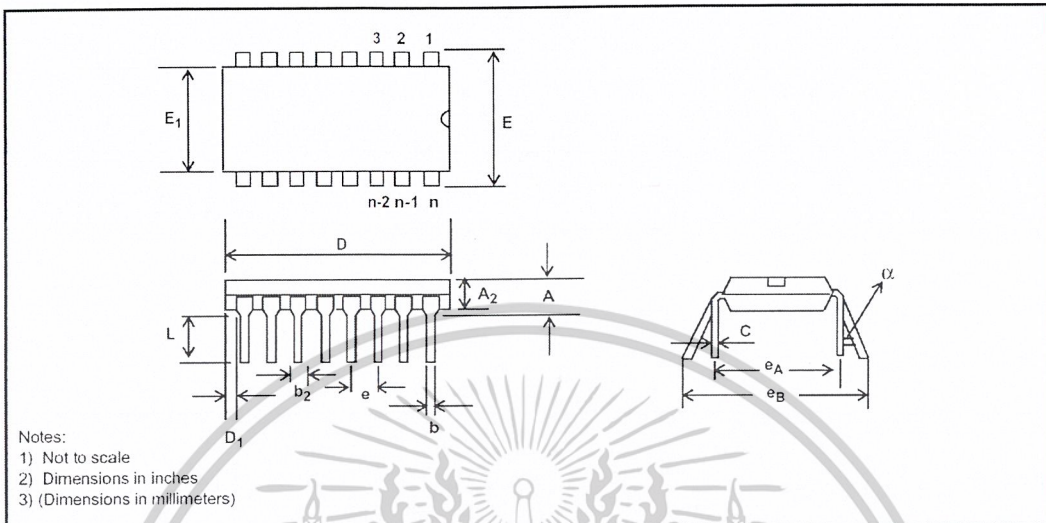
DIM	8-Pin		16-Pin		18-Pin		20-Pin	
	Plastic		Plastic		Plastic		Plastic	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)
A <sub>2</sub>	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)
b	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)
b <sub>2</sub>	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)
C	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)
D	0.355 (9.02)	0.400 (10.16)	0.780 (19.81)	0.800 (20.32)	0.880 (22.35)	0.920 (23.37)	0.980 (24.89)	1.060 (26.9)
D <sub>1</sub>	0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)	
E	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)
E <sub>1</sub>	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)
e	0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)	
e <sub>A</sub>	0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)	
L	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)
e <sub>B</sub>		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)
e <sub>C</sub>	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)

NOTE: Controlling dimensions in parenthesis ( ) are in millimeters.

General-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Package Outlines



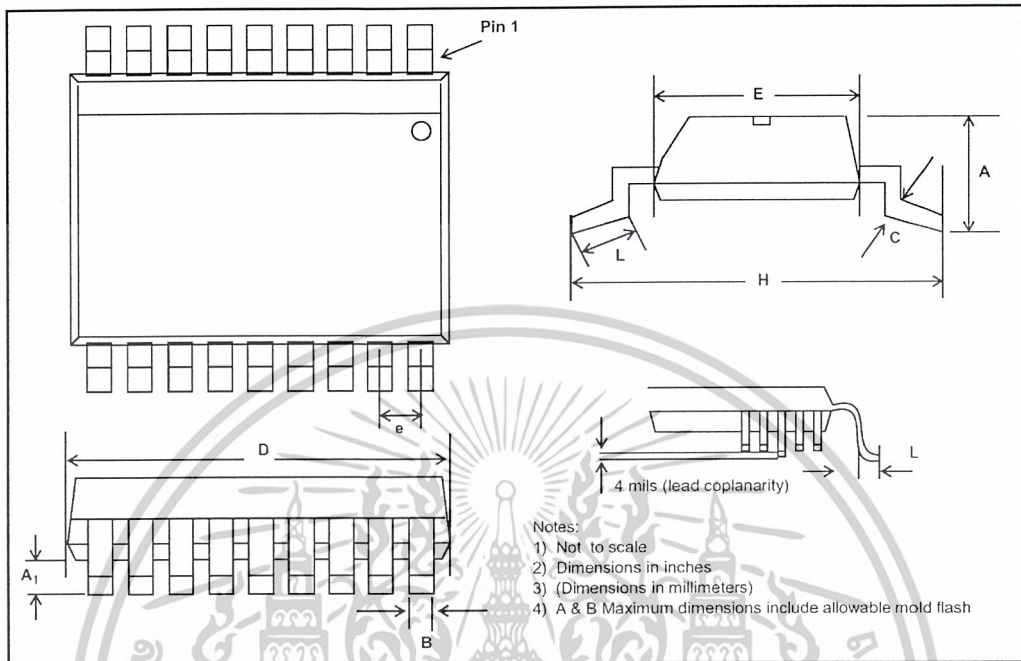
Plastic Dual-In-Line Packages (PDIP) - E Suffix

DIM	22-Pin		24-Pin		28-Pin		40-Pin	
	Plastic		Plastic		Plastic		Plastic	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.210 (5.33)		0.250 (6.35)		0.250 (6.35)		0.250 (6.35)
A <sub>2</sub>	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)
b	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)
b <sub>2</sub>	0.045 (1.15)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)
C	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)
D	1.050 (26.67)	1.120 (28.44)	1.150 (29.3)	1.290 (32.7)	1.380 (35.1)	1.565 (39.7)	1.980 (50.3)	2.095 (53.2)
D <sub>1</sub>	0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)	
E	0.390 (9.91)	0.430 (10.92)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)
E <sub>1</sub>			0.290 (7.37)	.330 (8.38)				
E <sub>1</sub>	0.330 (8.39)	0.380 (9.65)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)
E <sub>1</sub>			0.246 (6.25)	0.254 (6.45)				
e	0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)	
e <sub>A</sub>	0.400 BSC (10.16)		0.600 BSC (15.24)		0.600 BSC (15.24)		0.600 BSC (15.24)	
e <sub>A</sub>			0.300 BSC (7.62)					
e <sub>B</sub>				0.430 (10.92)				
L	0.115 (2.93)	0.160 (4.06)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)
α		15°		15°		15°		15°

Shaded areas for 300 Mil Body Width 24 PDIP only

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Package Outlines



DIM	16-Pin		18-Pin		20-Pin		24-Pin		28-Pin	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)
A <sub>1</sub>	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)
B	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.030 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)
C	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)
D	0.398 (10.1)	0.413 (10.5)	0.447 (11.35)	0.4625 (11.75)	0.496 (12.60)	0.512 (13.00)	0.5985 (15.2)	0.614 (15.6)	0.697 (17.7)	0.7125 (18.1)
E	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)
e	0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)	
H	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)
L	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)

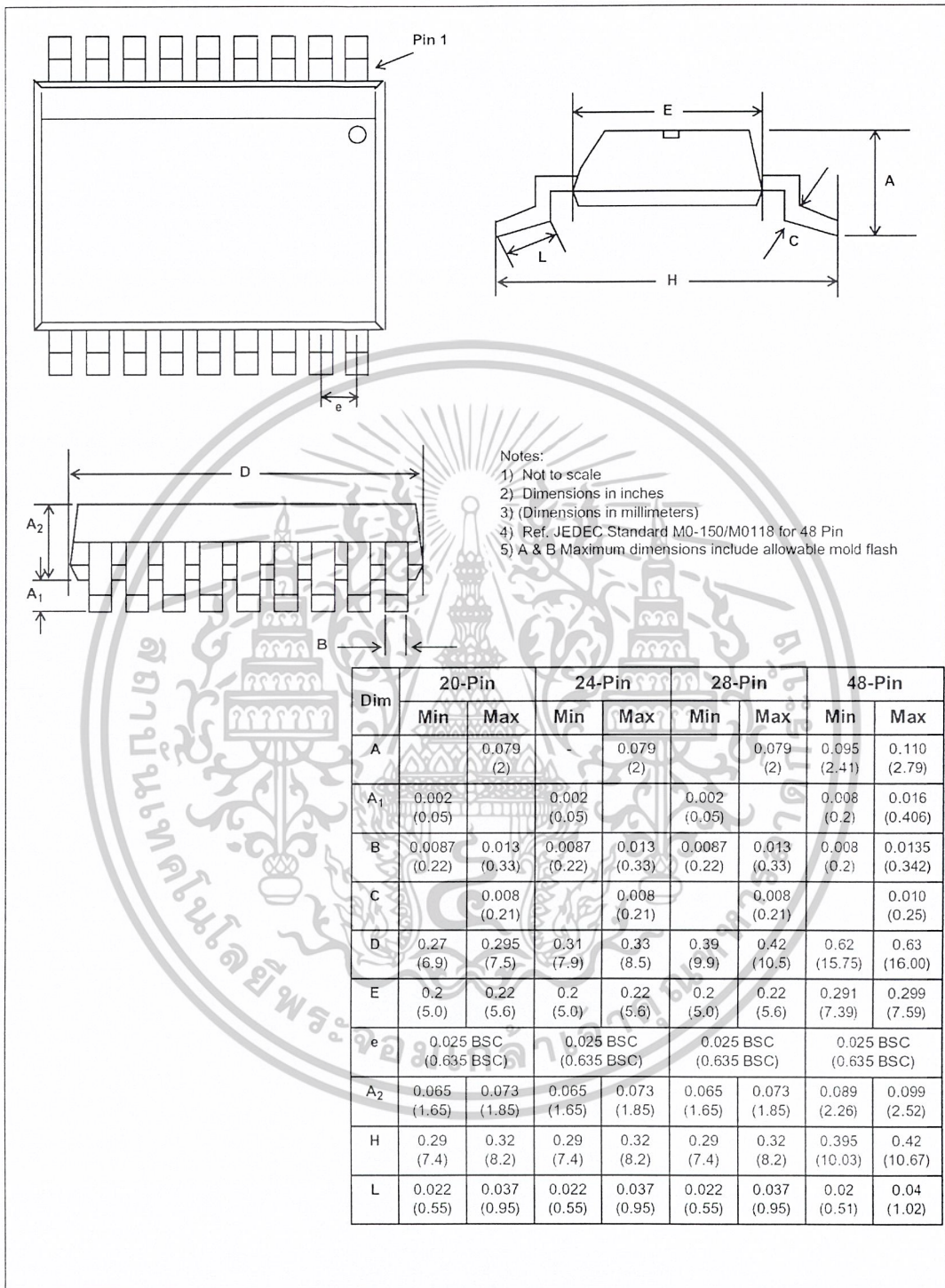
Lead SOIC Package - S Suffix

NOTES: 1. Controlling dimensions in parenthesis ( ) are in millimeters.  
 2. Converted inch dimensions are not necessarily exact.

General-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Package Outlines



Small Shrink Outline Package (SSOP) - N Suffix

General-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล

นายคุณธรรม กัทรรกุล

วัน เดือน ปีเกิด

2 ธันวาคม พ.ศ. 2524

ภูมิลำเนา

19/91 หมู่ที่ 7 ตำบลพลูตาหลวง อำเภอสัตหีบ  
จังหวัดชลบุรี 20180 โทรศัพท์ 0-3823-

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา

โรงเรียนอัสสัมชัญระยอง

มัธยมศึกษาตอนต้น

โรงเรียนอัสสัมชัญระยอง

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ

วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ

ปริญญาตรี

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นายธนรัชต์ เพ็ญปัญญา
วัน เดือน ปีเกิด	6 ตุลาคม พ.ศ. 2524
ภูมิลำเนา	67/28 หมู่ที่ 5 ถ.เพชรเกษม ตำบลวังก์พง อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 77120 โทรศัพท์ 0-3257-2396
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนรัษฎาวิทยา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนรัษฎาวิทยา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับรางวัล	รางวัลชมเชยประกวดสิ่งประดิษฐ์นวัตกรรมปี 2543 ประกาศนียบัตรพนักงานวิทยุสมัครเล่นขั้นต้น
คติพจน์	จงพยายามในสิ่งที่คุณทำ แล้วจะประสบผลสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นายนิวัฒน์ สุกุณี
วัน เดือน ปีเกิด	13 กันยายน พ.ศ. 2524
ภูมิลำเนา	67/28 หมู่ที่ 5 ตำบล โสธร อำเภอเมืองฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000 โทรศัพท์ 0-6662-4064
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดโสธร
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนพุทธโสธร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	เข้มแข็งแต่ไม่แข็งกระด้าง อ่อนหวานแต่ไม่อ่อนแอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นางสาวสุพรรณิ ศิริมาก
วัน เดือน ปีเกิด	31 สิงหาคม พ.ศ. 2524
ภูมิลำเนา	6/4 หมู่ที่ 12 ตำบลห้วยใหญ่ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี 20260 โทรศัพท์ 0-3823-9489
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านนอก
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนผืนแก้มวิชาสอน
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	อยู่อย่างสงบ ดีกว่าคบคนพาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้