สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

**ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม**

**คณะครุศาสตร์วิศวกรรม**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**ใบรับรองปริญญานิพนธ์**

**หัวข้อปริญญานิพนธ์** เครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา

CAR STOLEN WARNING PAGER


**ชื่อนักศึกษา**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. นาย ทนงศักดิ์ | เหล่าคงถาวร | รหัสประจำตัว | 39031211 |
| 2. นาย วิกรม | เสนาทอง | รหัสประจำตัว | 39031227 |
| 3. นาย สัญชัย | นิโสย | รหัสประจำตัว | 39031233 |
| 4. นาย ธรรมรักษ์ | มธุรส | รหัสประจำตัว | 39031249 |


**หลักสูตร** ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

**อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์**

1. อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์
2. ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
3. อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ

TO30134

| คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ | | ลายมือชื่อ |
|---|---|---|
| 1. อาจารย์พีระวุฒิ | สุวรรณจันทร์ | ..... |
| 2. ผศ.วิสุทธิ์ | อธิพรธรรม | ..... |
| 3. อาจารย์ประเสริฐ | เคนพันค้อ | ..... |
| 4. อาจารย์ไพบูลย์ | พวงวงศ์ตระกูล | ..... |
| 5. อาจารย์ปิยะ | จิตธรรมมาภิรมย์ | ..... |

วันเดือนปีที่สอบ วันที่ 1 พฤษภาคม 2541 เวลา 10.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

เลขหมู่ 2541
เลขทะเบียน 30134
วัน, เดือน, ปี 18 ส.ค. 2541

ภาควิชารับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 1 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ปริญญานิพนธ์

## เครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา

## CAR STOLEN WARNING PAGER

นายทนงศักดิ์ เหล่าคงถาวร
นายวิกรม เสนาทอง
นายสัญชัย นิโสย
นายธรรมรักษ์ มธุรส

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริญญานิพนธ์**

**เรื่อง** เครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา

CAR STOLEN WARNING PAGER

**ผู้จัดทำ**

1. นายทนงศักดิ์ เหล่าคงถาวร
2. นายวิกรม เสนาทอง
3. นายสัญชัย นิโสย
4. นายธรรมรักษ์ มธุรส

**อาจารย์ที่ปรึกษา**

ลงนาม.....

(อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

ลงนาม.....

(ผศ. วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

ลงนาม.....

(อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ)

**หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม**

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริญญานิพนธ์**

**เรื่อง** เครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา

CAR STOLEN WARNING PAGER

**วัตถุประสงค์**

1. เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องรับ-ส่งวิทยุย่านความถี่ 27 เมกะเฮิรตซ์
2. เพื่อศึกษาระบบเตือนภัยรถยนต์แบบสั่นสะเทือน
3. เพื่อออกแบบระบบเตือนภัยรถยนต์
4. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องต้นแบบ และนำไปสร้างใช้งานจริงได้
5. เพื่อนำไปใช้ในการป้องกันการโจรกรรมรถยนต์ได้

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. เข้าใจการทำงานของเครื่องรับ - ส่งวิทยุ
2. เข้าใจระบบเตือนภัยรถยนต์แบบสั่นสะเทือน
3. สร้างระบบเตือนภัยรถยนต์ได้
4. สามารถนำไปพัฒนาให้เกิดประโยชน์ต่อไปได้ในอนาคต
5. สามารถป้องกันการโจรกรรมรถยนต์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I

# เครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา


นายทนงศักดิ์ เหล่าคงถาวร

นายวิกรม เสนาทอง

นายสัญชัย นิโสย

นายธรรมรักษ์ มธุรส

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

ผศ. วิสุทธิ์ อธิพรธรรม

อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ



ปีการศึกษา 2540



**บทคัดย่อ**

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอโครงงานเรื่อง เครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา เป็นการป้องกันรถยนต์หายขณะที่เจ้าของไม่อยู่ที่รถ หรืออยู่ในสถานที่ที่ไม่สามารถได้ยินเสียงไซเรนเตือนจากรถ โดยการนำสัญญาณจากชุดป้องกันขโมยมอดูเลทกับเครื่องส่งแบบ FM ความถี่ 27 เมกะเฮิรตซ์ พร้อมทั้งการเข้ารหัสส่งไปยังเครื่องรับ เครื่องรับจะเลือกรับรหัสที่ตรงกับทางเครื่องส่ง และสามารถแสดงผลเป็นตัวอักษร และเสียง

เครื่องส่งมีกำลังส่ง 2 วัตต์ เครื่องรับสามารถรับได้ดีในรัศมี 700 เมตร และเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์ สามารถใช้ได้กับชุดป้องกันขโมยทั่วไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# CAR STOLEN WARNING PAGER

MR.TANONGSAK LAOKONGTHAVORN
MR.WIKORM SANATHONG
MR.SANCHAI NISOI
MR.THARMMARAK MATUROT

**ADVISORS**

MR.PEERAWUT SUWANJAN
Assist.Prof.WISUIT ATIPORNTUM
MR.PRASERT KENPANKHO

**1997**

## ABSTRACT

This thesis presents the project of a Car Stolen Warning Pager. It can presents stealing a car when an owner is absent or can not hear the sound of siren from his car. The Car Stolen Warning Pager takes a signal from shock sensor to be modulated by Frequency Modulation system at 27 MHz and sent code to receiver by transmitter. If the transmitted code is the same as the code of receiver, it will display message (alphabet) and sound

The transmitter has the transmitter's power at 2 Watts and the receiver can work efficiently in range of 700 meters. The Car Stolen Warning Pager can be used with a general shock sensor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความสามัคคี และความเข้าใจกันอย่างดีภายในกลุ่มเป็นประการแรก รวมถึงพระคุณของบิดา และมารดาที่ให้กำเนิด อบรมเลี้ยงดู และอุปการะผู้จัดทำเป็นอย่างดีจนเติบโต และประสบความสำเร็จในชีวิต

อีกทั้งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ และสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาของ อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ ผศ. วิสุทธิ์ อธิพรธรรม อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ และคณาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนอำนวยความสะดวกในเรื่องวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้ และสถานที่ในการปฏิบัติงาน

นอกจากนี้แล้วขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม (สมทบ) รุ่นที่ 18 และพี่ๆ น้องๆ ที่ให้ความเป็นห่วงเป็นใย และช่วยเหลือกันด้วยดีมาตลอด ซึ่งคณะผู้จัดทำขอจดจำ และระลึกถึงไว้ ณ ที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VII |
| สารบัญภาพ | VIII |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์ | 1 |
| 1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน | 1 |
| 1.3 เนื้อหาโดยสังเขป | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ | 3 |
| 2.1 กล่าวนำ | 3 |
| 2.2 ส่วนประกอบที่สำคัญของชุดป้องกันขโมยรถยนต์ | 3 |
| 2.3 เครื่องส่ง FM | 4 |
| 2.4 เครื่องรับ FM | 5 |
| 2.5 เครื่องรับชนิดแปลงความถี่ 2 ครั้ง | 6 |
| 2.6 วงจรพื้นฐานของเครื่องรับ-ส่งวิทยุ | 7 |
| 2.6.1 วงจรขยายความถี่วิทยุ | 7 |
| 2.6.2 วงจรมิกเซอร์ | 9 |
| 2.6.3 วงจรขยายความถี่กลาง | 10 |
| 2.6.4 วงจรโลคอลออสซิลเลเตอร์ | 11 |
| 2.6.5 วงจร AGC (Automatic Gain Control) | 13 |
| 2.6.6 วงจรลิมิเตอร์ | 18 |
| 2.6.7 วงจรมิวส์ หรือสเควลซ์ | 18 |
| 2.6.8 วงจรดีเทกเตอร์ | 20 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| 2.6.9 ฟอสเตอร์- ซีลีย์ดิสคริมิเนเตอร์ | 22 |
| 2.6.10 เรโชดีเทกเตอร์ | 25 |
| 2.6.11 ควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์ | 26 |
| 2.6.12 วงจรดีมอดูเลเตอร์ชนิด PLL | 28 |
| 2.7 หลักการเข้ารหัส และถอดรหัส DTMF | 29 |
| 2.8 ไอซีกำเนิดเสียงเพลงเบอร์ UM66T | 37 |
| **บทที่ 3 การออกแบบ และการทำงาน** | 41 |
| 3.1 ชุดป้องกันขโมยรถยนต์ | 41 |
| 3.2 เครื่องส่งวิทยุ | 43 |
| 3.3 เครื่องรับวิทยุ | 45 |
| 3.4 การเข้ารหัส | 48 |
| 3.5 การถอดรหัส | 49 |
| 3.6 ภาคแสดงผล | 50 |
| 3.6.1 แบบตัวหนังสือ | 50 |
| 3.6.2 แบบเสียง | 51 |
| 3.6.3 แบบสั่นสะเทือน | 51 |
| 3.7 การนำชุดป้องกันขโมยทั่วๆ ไป มาประยุกต์ใช้กับเครื่องส่ง | 52 |
| **บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง** | 54 |
| 4.1 การทดลองชุดป้องกันขโมยรถยนต์ | 54 |
| 4.1.1 การทดลองตัวตรวจจับการสั่นสะเทือน | 54 |
| 4.1.2 การทดลองชุดเซ็นทรัลล็อค | 54 |
| 4.2 การทดลองชุดเข้ารหัส และถอดรหัส DTMF | 55 |
| 4.3 การทดลองเครื่องป้องกันขโมยแบบพกพา | 56 |
| 4.3.1 การทดลองการรับที่ระยะทางต่างๆ ในที่โล่งแจ้ง | 56 |
| 4.3.2 การทดลองการรับในพื้นที่ต่างๆ ที่มีสิ่งกีดขวาง | 57 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| **บทที่ 5 บทสรุป และแนวทางพัฒนา** | 59 |
| 5.1 บทสรุป | 59 |
| 5.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา | 59 |
| 5.3 ปัญหา และแนวทางแก้ไข | 60 |
| 5.4 แนวทางการพัฒนาโครงงาน | 61 |
| **ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา** | 62 |
| **ภาคผนวก ข รายการอุปกรณ์** | 68 |
| **ภาคผนวก ค วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์** | 74 |
| **ภาคผนวก ง รายละเอียดข้อมูลไอซี** | 85 |
| **บรรณานุกรม** | 104 |
| **ประวัติผู้แต่ง** | 105 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตาราง | หน้า |
|---|---|
| **ตารางที่ 2.1** ค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ | 32 |
| **ตารางที่ 2.2** การเลือกใช้งานไอซีเบอร์ UM66T | 40 |
| **ตารางที่ 4.1** ตารางผลการทดลองการเข้ารหัส และถอดรหัส DTMF | 56 |
| **ตารางที่ 4.2** ตารางผลการรับที่ระยะทางต่างๆ ในที่โล่งแจ้ง | 56 |
| **ตารางที่ 4.3** ตารางผลการทดลองที่จุดทดสอบ ณ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง | 57 |
| **ตารางที่ 4.4** ตารางการทดลองที่จุดทดสอบ ณ บริเวณลานจอดรถแฟลต 1 การเคหะคลองจั่น | 58 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


| รูปภาพ | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ 2.1 แผนผังการทำงานของชุดป้องกันขโมยรถยนต์ | 4 |
| รูปที่ 2.2 แผนผังการทำงานของเครื่องส่ง FM | 5 |
| รูปที่ 2.3 แผนผังการทำงานของเครื่องรับ FM | 6 |
| รูปที่ 2.4 แผนผังการทำงานของเครื่องรับชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชัน | 7 |
| รูปที่ 2.5 ตัวอย่างวงจรขยาย RF ชนิดต่างๆ | 8 |
| รูปที่ 2.6 ตัวอย่างมิกเซอร์ของภาคส่ง และภาครับ | 9 |
| รูปที่ 2.7 วงจรมิกเซอร์ที่ใช้ JFET | 10 |
| รูปที่ 2.8 วงจรขยายความถี่กลางที่ใช้หม้อแปลงจูนระหว่างสเตจ | 11 |
| รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนแปลงความถี่ผลึกแร่ต่ออุณหภูมิ | 12 |
| รูปที่ 2.10 ตัวอย่างวงจรออสซิลเลเตอร์ | 13 |
| รูปที่ 2.11 วงจรโอเวอร์โทนออสซิลเลเตอร์ | 13 |
| รูปที่ 2.12 วงจรผลิตไฟ AGC | 15 |
| รูปที่ 2.13 การเปลี่ยนแปลงอัตราการขยายของทรานซิสเตอร์ที่กระแสอีมิตเตอร์ในค่าต่างๆ | 16 |
| รูปที่ 2.14 AGC ต่างๆ ในเครื่องรับชนิดซุปเปอร์เฮมเทอโรดายน์ | 16 |
| รูปที่ 2.15 ลักษณะการควบคุมอัตราการขยายของเครื่องรับโดย AGC | 17 |
| รูปที่ 2.16 วงจรลิมิตเตอร์ขจัดนอยส์ทางแอมปลิจูดของสัญญาณ FM | 18 |
| รูปที่ 2.17 วงจรสเควลซ์แบบใช้พาหะบังคับ | 19 |
| รูปที่ 2.18 วงจรสเควลซ์ของเครื่องรับ FM แบบใช้นอยส์บังคับ | 19 |
| รูปที่ 2.19 ระบบสเควลซ์แบบเลือกค่าคงตัวเวลาได้สองค่า | 20 |
| รูปที่ 2.20 วงจรสโลปดีเทกเตอร์ | 21 |
| รูปที่ 2.21 ดีเทกเตอร์ชนิดดับเบิลจูน | 22 |
| รูปที่ 2.22 วงจรฟอสเตอร์-ซีเลย์ดิสคริมิเนเตอร์ และมุมเฟสที่ความถี่ต่างๆ | 23 |
| รูปที่ 2.23 วงจรเรโชดีเทกเตอร์ | 25 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| รูปภาพ | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ 2.24 วงจรควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์ | 27 |
| รูปที่ 2.25 แผนผังของวงจรดีมอดูเลตชนิด PLL | 28 |
| รูปที่ 2.26 แป้นกดของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม | 29 |
| รูปที่ 2.27 ขาของ MT 8870 | 30 |
| รูปที่ 2.28 โครงสร้างภายในของ MT 8870 | 31 |
| รูปที่ 2.29 ความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่ | 31 |
| รูปที่ 2.30 แผนภูมิเวลาของ MT 8870 | 33 |
| รูปที่ 2.31 วงจรตรวจสอบสัญญาณ และแสดงการกำหนดเวลาการ์ดไทม์ | 34 |
| รูปที่ 2.32 การต่อวงจรภาคอินพุต | 35 |
| รูปที่ 2.33 การต่อวงจรผลิตความถี่ | 35 |
| รูปที่ 2.34 วงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT 8870 | 36 |
| รูปที่ 2.35 ตำแหน่งขา และแผนผังการทำงานของไอซีเบอร์ UM66T | 37 |
| รูปที่ 2.36 การต่อใช้งานไอซีเบอร์ UM 66T | 38 |
| รูปที่ 3.1 แผนผังการติดตั้งชุดป้องกันขโมยรถยนต์ | 41 |
| รูปที่ 3.2 วงจรเครื่องป้องกันขโมยรถยนต์ | 42 |
| รูปที่ 3.3 วงจรเครื่องส่งวิทยุ | 44 |
| รูปที่ 3.4 วงจรเครื่องรับวิทยุ | 47 |
| รูปที่ 3.5 วงจรเข้ารหัส | 48 |
| รูปที่ 3.6 วงจรถอดรหัส | 49 |
| รูปที่ 3.7 วงจรเปรียบเทียบรหัส | 50 |
| รูปที่ 3.8 วงจรการแสดงผลแบบตัวหนังสือ | 51 |
| รูปที่ 3.9 วงจรภาคกำเนิดเสียง | 51 |
| รูปที่ 3.10 วงจรการแสดงผลแบบสั่นสะเทือน | 52 |
| รูปที่ 3.11 การต่อชุดป้องกันขโมยทั่วไปกับชุดเครื่องส่ง | 53 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| รูปภาพ | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ 4.1 วงจรเข้ารหัส DTMF | 55 |
| รูปที่ 4.2 วงจรถอดรหัส และเปรียบเทียบรหัส DTMF | 56 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันรถยนต์ได้กลายเป็นปัจจัยที่ 5 ของคนทั่วไป ซึ่งทุกคนต่างก็ต้องการความปลอดภัยให้กับรถยนต์ของตน ดังนั้นจึงได้มีการติดตั้งชุดป้องกันขโมยที่ตัวรถยนต์ซึ่งสามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป โดยที่เจ้าของรถสามารถได้ยินเสียงไซเรนดังขึ้นเมื่อเกิดความไม่ปลอดภัยแก่ตัวรถยนต์ แต่หากขณะที่เจ้าของรถยนต์ไม่ได้อยู่ในบริเวณที่สามารถจะได้ยินเสียงไซเรนดัง อาจจะทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยแก่รถยนต์ได้ แต่ในยุคปัจจุบันนี้การติดต่อสื่อสารได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในหลายๆด้าน เพราะการสื่อสารสามารถทำให้เกิดการติดต่อถึงกันได้อย่างรวดเร็วจึงได้เกิดแนวความคิดที่จะนำการติดต่อสื่อสารมาใช้ประโยชน์ในการรักษาความปลอดภัยให้กับรถยนต์ โดยการนำคลื่นความถี่วิทยุเข้ามาประยุกต์ใช้งาน ซึ่งสามารถทำให้เจ้าของรถยนต์รับรู้ได้ว่า เกิดความไม่ปลอดภัยกับรถยนต์ของท่านได้จากเครื่องรับที่สามารถพกพาติดตัวไปได้

## 1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังต่อไปนี้

1. สามารถใช้งานในรัศมี 700 เมตร ในพื้นที่โล่งแจ้ง
2. สามารถปรับความไวของการตรวจจับการสั่นสะเทือนได้
3. สามารถป้องกันความผิดพลาดของเครื่องรับได้ โดยการเข้ารหัส และถอดรหัสแบบ DTMF
4. แสดงผลเป็นตัวหนังสือ และเสียงที่เครื่องรับ
5. สามารถพกพาเครื่องรับได้ (ขนาดของเครื่องรับประมาณ 3 X 5 นิ้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อความสะดวกต่อการศึกษา และทำความเข้าใจ ในแต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ กล่าวถึงเรื่องส่วนประกอบที่สำคัญของชุดป้องกันขโมยรถยนต์หลักการพื้นฐานของเครื่องรับ-ส่งวิทยุ FM, หลักการเข้ารหัส และถอดรหัสแบบ DTMF และการใช้ไอซีกำเนิดเสียงเพลงเบอร์ UM66T

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน แบ่งเป็น ชุดป้องกันขโมยรถยนต์, เครื่องส่ง เครื่องรับ, การเข้ารหัส และการถอดรหัสแบบ DTMF, ภาคแสดงผลแบบตัวหนังสือ, แบบเสียง และแบบสั่นสะเทือน

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง กล่าวถึง การทดลองชุดป้องกันขโมยรถยนต์ โดย การทดลองตัวตรวจจับการสั่นสะเทือน และชุดเซ็นทรัลล็อค, การทดลองชุดเข้ารหัส และถอดรหัสแบบ DTMF, การทดลองเครื่องรับ-ส่งในที่โล่งแจ้ง และการทดลองเครื่องรับ-ส่ง ในพื้นที่ต่างๆที่มีสิ่งกีดขวาง

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และแนวทางพัฒนา กล่าวถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงาน ปัญหา และแนวทางแก้ไข แนวทางการในการพัฒนาโครงงาน

ภาคผนวกจะแบ่งออกเป็น 4 ภาคผนวก ประกอบด้วย

ภาคผนวก ก คู่มือการใช้เครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา

ภาคผนวก ข รายการอุปกรณ์

ภาคผนวก ค วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ง รายละเอียดข้อมูลไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎี และหลักการ

## 2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้เป็นทฤษฎี และหลักการที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงาน โดยประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญของชุดป้องกันขโมยรถยนต์ เครื่องส่ง FM, เครื่องรับFM, วงจรพื้นฐานของเครื่องรับ-ส่งวิทยุ, หลักการเข้ารหัส, หลักการถอดรหัส และไอซีกำเนิดเสียงเพลงเบอร์ UM66T ซึ่งจะได้กล่าวถึงดังต่อไปนี้

## 2.2 ส่วนประกอบที่สำคัญของชุดป้องกันขโมยรถยนต์

1. ชุดควบคุม ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมระบบทั้งหมดของการทำงานของชุดป้องกันขโมย เมื่อได้รับสัญญาณจากตัวตรวจจับการสั่นสะเทือน (Shock Sensor) ชุดควบคุมจะทำการประมวลผลการทำงาน จากนั้นจะทำการส่งสัญญาณไปยังไซเรนให้ทำงาน ชุดควบคุมสามารถทำการสั่งงานได้ด้วยเครื่องควบคุมระยะไกล

2. ตัวตรวจจับการสั่นสะเทือน (Shock Sensor) ทำหน้าที่เป็นตัวรับการสั่นสะเทือน โดยความไวของการรับนั้นสามารถปรับได้

คุณสมบัติของตัวตรวจจับการสั่นสะเทือน

ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการรับรู้ด้วยเสียงที่เกิดขึ้นกับตัวรถ ไม่รับรู้การสั่นสะเทือนที่เกิดจากฝนตก, ฟ้าร้อง, ฟ้าผ่า, หรือรถบรรทุกวิ่งผ่าน

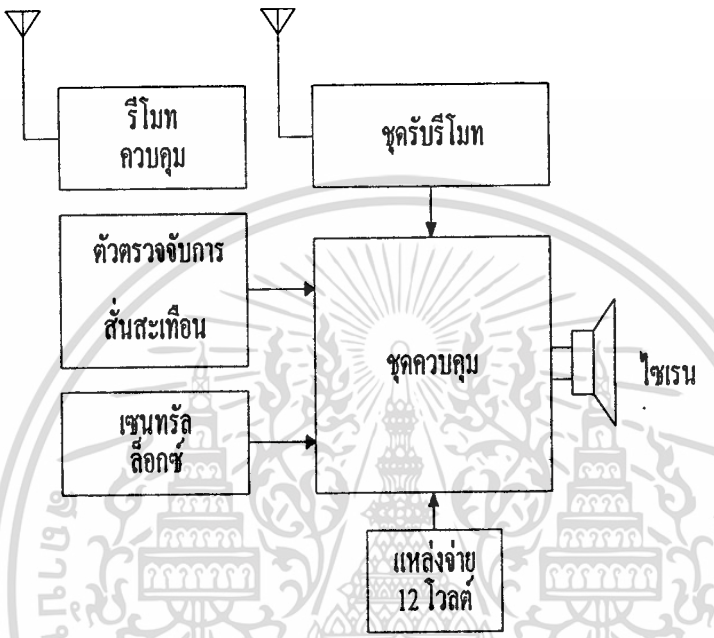
สามารถรับรู้เสียงกรีดกระจก, ทุบกระจก, เสียงกระจกแตก, เสียงขูดขีดรถที่มีเสียงดังความถี่สูง, ยกรถ, ลากรถ, ถอดล้อรถ เป็นต้น

3. เครื่องควบคุมระยะไกล (Remote Control) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการปิด-เปิดการทำงานของชุดป้องกันขโมย และชุดควบคุมการล็อคประตู ซึ่งสัญญาณจะถูกส่งมายังภาครับที่ชุดควบคุม เพื่อสั่งให้ชุดควบคุมทำงานหรือหยุดการทำงาน และสามารถที่จะค้นหาตำแหน่งของรถที่จอดอยู่ได้ด้วยเครื่องควบคุมระยะไกล โดยส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมเพื่อให้ไซเรนดังขึ้น และสามารถรู้ตำแหน่งของรถที่จอดอยู่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ชุดควบคุมการล็อคประตู (Central Lock) ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ล็อคประตู โดยรับสัญญาณมาจากชุดควบคุมทำให้มอเตอร์ที่ตัวชุดควบคุมการล็อคประตูทำงาน

5. ไซเรน ทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณเสียงเตือนที่ตัวรถยนต์




**รูปที่ 2.1** แผนผังการทำงานของชุดป้องกันขโมยรถยนต์

ลักษณะที่ดีของวงจรป้องกันขโมยรถยนต์ ควรจะเป็นดังนี้

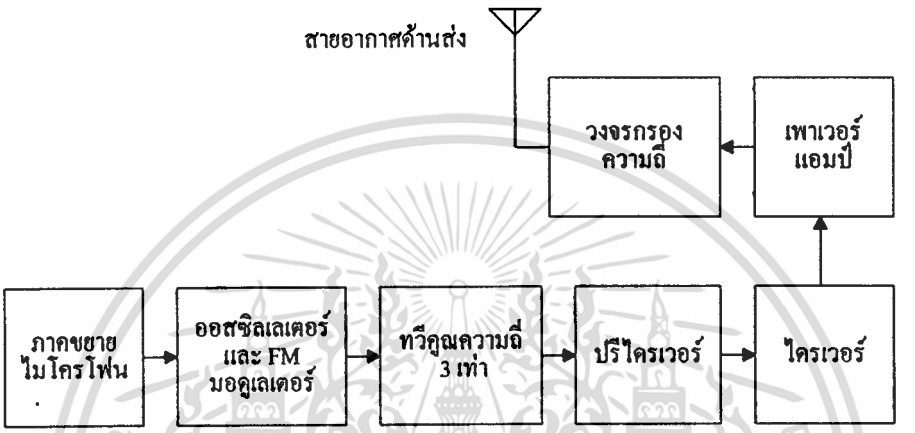
1. สามารถป้องกันส่วนปิดเปิดทั้งหมดเพื่อไม่ให้เข้าถึงภายในรถได้
2. ปิดเปิดวงจรจากภายในรถเท่านั้น
3. หลังจากมีการเตือนแล้ว ต้องหยุดเองภายในเวลาที่กำหนด
4. สามารถที่จะพ่วงลำโพงอื่นๆ นอกจากแตรได้

## 2.3 เครื่องส่ง FM ( Frequency Modulation )

การทำงานของภาคส่งนั้นเริ่มจากภาคขยายไมโครโฟน สัญญาณที่ถูกขยายนำไปทำการมอดูเลตกับความถี่วิทยุ ซึ่งถูกสร้างขึ้นจากภาคออสซิลเลเตอร์มีความถี่15.50 เมกะเฮิรตซ์ เมื่อทวีคูณความถี่เป็น 27 เมกะเฮิรตซ์ ตามที่ต้องการไปทำการขยายที่ภาคปรีไดร์เวอร์ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคไดร์เวอร์ก่อนเข้าสู่ภาคขยายความถี่วิทยุต่อไป การมอดูเลตในภาคนี้จะเป็นการมอดูเลตทางความถี่ หรือ FM ( Frequency Modulation ) เอาต์พุตที่ได้จากภาคขยายความถี่วิทยุครั้งสุดท้ายจะผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านออกสู่สายอากาศ เพื่อให้มีเฉพาะความถี่วิทยุ 27 เมกะเฮิรตซ์ เท่านั้นที่ถูกส่งออกไป และในแผนผังการทำงานในสามผังแรกใช้แรงดันไฟเลี้ยงที่ผ่านการเรกกูเลตเสียก่อน เพื่อรักษาแรงดันให้คงที่ เพื่อกำเนิดความถี่ที่เที่ยงตรง



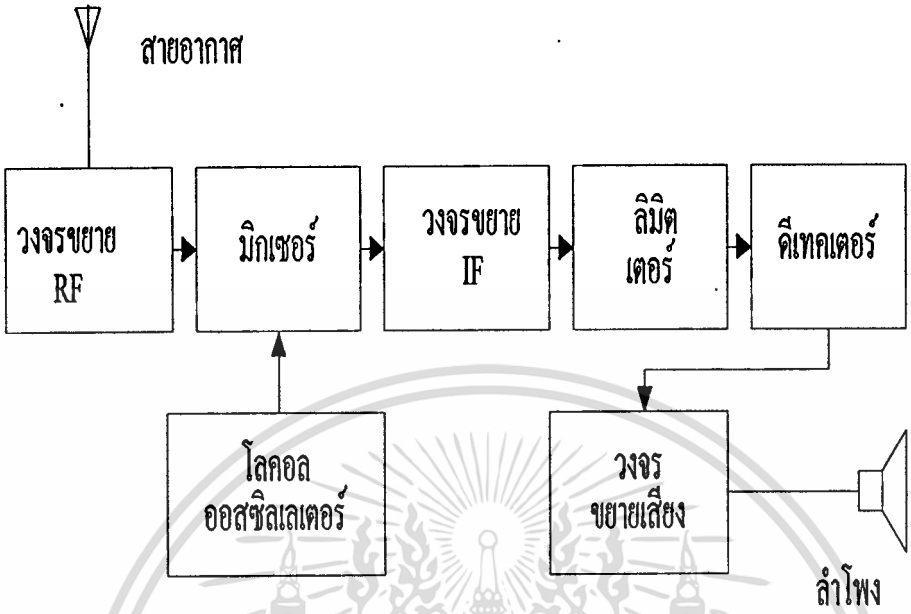

รูปที่ 2.2 แผนผังการทำงานของเครื่องส่ง FM

## 2.4 เครื่องรับ FM

แผนผังของเครื่องรับ FM มีความคล้ายกับเครื่องรับ AM มาก จะแตกต่างกัน แต่เฉพาะขบวนการดีเทกเตอร์เท่านั้น สำหรับความถี่กลางมักใช้ความถี่ 10.7 เมกะเฮิรตซ์ เพื่อกำจัดสัญญาณเงา และเพื่อให้แบนด์วิดธ์ของวงจรกว้างพอที่จะรับสัญญาณ FM ได้ ความถี่เบี่ยงเบนของสัญญาณ FM ที่ส่งมาจากเครื่องส่งจะมีค่าประมาณ ± 75 กิโลเฮิรตซ์ ดังนั้น แบนด์วิดธ์ของเครื่องรับต้องมีค่า 150 กิโลเฮิรตซ์ เป็นอย่างน้อย ปกติมักเผื่อให้กว้างอีกเล็กน้อยเป็น 180 ถึง 200 กิโลเฮิรตซ์

สมมติว่าปรับเครื่องรับไว้ที่ความถี่ 100 เมกะเฮิรตซ์ ลูกบิดหน้าปัดเลื่อนไปตรงกับความถี่ 100 เมกะเฮิรตซ์ วงจรขยายความถี่วิทยุจะจูนไว้ที่ความถี่ 100 เมกะเฮิรตซ์ ในส่วนของโลคอลออสซิลเลเตอร์นั้นจะจูนไว้ที่ความถี่ 110.7 เมกะเฮิรตซ์ เมื่อได้ทำการผ่านกรรมวิธีเฮดเทอโรดายน์ในวงจรมิกเซอร์ แล้วผลต่างของความถี่จะปรากฏที่อินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

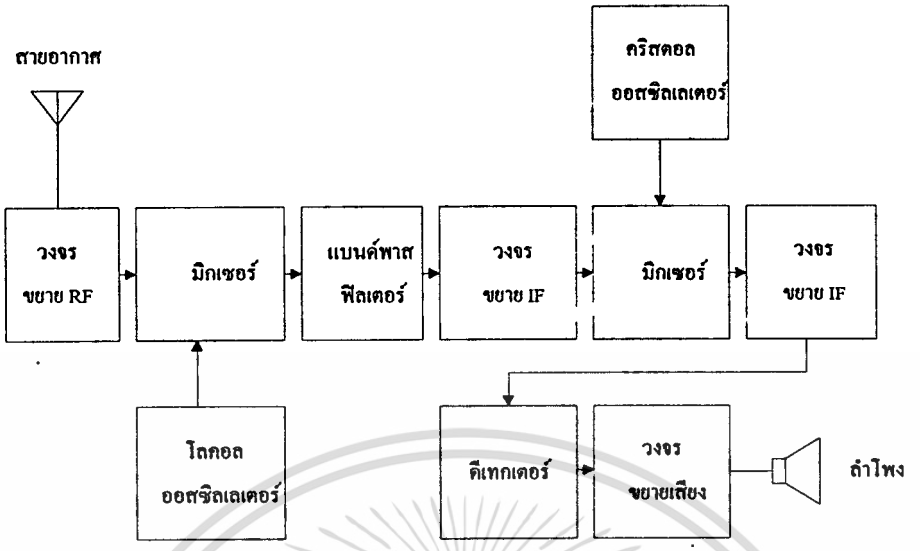



**รูปที่ 2.3 แผนผังการทำงานของเครื่องรับ FM**

## 2.5 เครื่องรับชนิดแปลงความถี่ 2 ครั้ง

การเลือกความถี่กลางนั้นต้องเลือกค่าที่พอเหมาะ คือ ไม่สูงเกินไป และไม่ต่ำเกินไป เพราะความถี่กลางต่ำๆช่วยให้ออกแบบวงจรได้เสถียรภาพดี อัตราขยายดี และแถบความถี่แคบ แต่ความถี่กลางสูงๆช่วยให้เครื่องกำจัดเงาได้ ดังนั้น เราจึงเอาข้อดีของทั้งสองมารวมกัน กล่าวคือ ใช้ความถี่กลางจำนวน 2 ค่า ซึ่งมีค่าหนึ่งสูง ค่าหนึ่งต่ำ โดยใช้การแปลงความถี่เป็น 2 ครั้ง ซึ่งเครื่องรับชนิดนี้เรียกว่าดับเบิลคอนเวอร์ชัน (Double Conversion) ดังในรูปที่ 2.4 แผนผังเครื่องรับดับเบิลคอนเวอร์ชัน โดยจะใช้มิกเซอร์จำนวน 2 ชุด โลคอลออสซิลเลเตอร์จำนวน 2 ชุด ความถี่กลาง 2 ความถี่กลางที่ 1 เลือกให้มีค่าสูง โดยส่วนมากใช้ความถี่ค่า 10.7 เมกะเฮิรตซ์ เพื่อให้ความถี่เงาหนีจากความถี่ใช้งานให้ไกล้ที่สุด จนกระทั่งอยู่นอกแบนด์วิดธ์ของวงจรขยายความถี่วิทยุ แต่ในการใช้งานของวิทยุ FM แบนด์แคบ ซึ่งมีสัญญาณความถี่กลางมักทำได้ดีที่ความถี่ต่ำ เครื่องรับส่วนมากจึงมีวงจรมิกเซอร์ตัวที่ 2 รับสัญญาณความถี่กลาง 10.7 เมกะเฮิรตซ์มาผสม เพื่อลดความถี่ลงเป็นความถี่ 455 กิโลเฮิรตซ์ เข้าสู่วงจรขยายความถี่กลาง เพื่อทำการขยายสัญญาณให้มีความแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.4 แผนผังการทำงานของเครื่องรับชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชัน

## 2.6 วงจรพื้นฐานของเครื่องรับ-ส่งวิทยุ

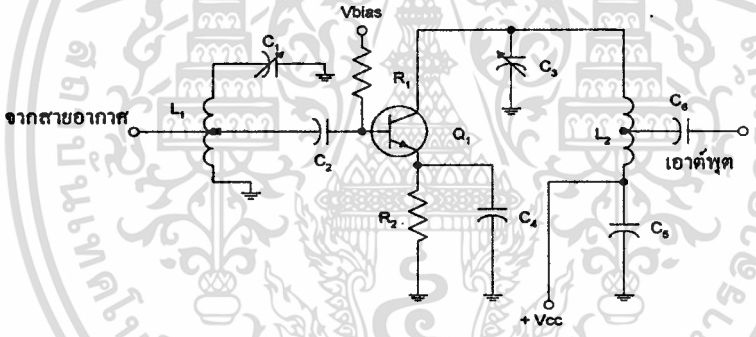
แต่ละวงจรจะมีข้อดี ข้อเสียประจำตัวมันเอง ซึ่งไม่ได้หมายความว่าภายในแผนผังของเครื่องส่งวิทยุจะมีความแตกต่างกัน แต่ความจริงมีวงจรพื้นฐานเหมือนกับที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นตัวอย่างที่ใช้ในเครื่องรับ และเครื่องส่งวิทยุว่าวงจรหนึ่งจะดีกว่าอีกวงจรหนึ่งเสมอไป นอกจากวงจรมอดูเลเตอร์ และวงจรดีมอดูเลเตอร์แล้ว ยังมีวงจรหลักๆ ที่สำคัญอีกหลายวงจร เช่น วงจรขยายทำหน้าที่ขยายสัญญาณในช่วงย่านความถี่ที่ต้องการ วงจรขยายความถี่วิทยุ วงจรขยายเสียง เป็นต้น วงจรมิกเซอร์ทำหน้าที่ผสมคลื่นสัญญาณ 2 คลื่น คือ คลื่นที่ต้องการจะผสม และคลื่นออสซิลเลเตอร์จะทำหน้าที่ในการกำเนิดคลื่นที่มีความถี่พอเหมาะในการผสมคลื่น วงจรมัลติพลายทำหน้าที่คูณความถี่วิทยุ วงจรขยายกำลังสัญญาณความถี่สูงซึ่งนิยมเรียกว่า PA (Power Amplier) วงจรจ่ายไฟ และวงจรด้านอื่นๆ เช่น วงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติ วงจรสัญญาณรบกวนลิมิเตอร์ เป็นต้น

### 2.6.1 วงจรขยายความถี่วิทยุ

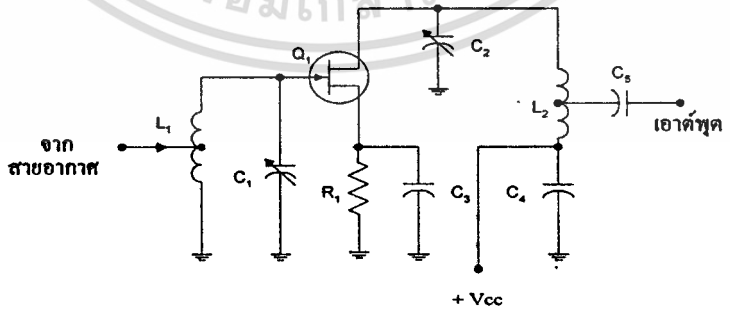
วงจรขยายความถี่วิทยุที่นิยมใช้กันมีอยู่ 3 แบบ คือ วงจรขยายอีมิตเตอร์ร่วม วงจรขยายเบสร่วม และวงจรขยายแบบคาสโคด (Cascode) แต่ในกรณีของวงจรที่ใช้ Field Effect Transistor (FET) แทนการใช้ทรานซิสเตอร์นั้น วงจรอีมิตเตอร์ร่วมจะเปลี่ยนเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอสร่วม (Common Source) และวงจรเบสร่วมจะเปลี่ยนเป็นวงจรเกตร่วม (Common Gate) ดังใน รูปที่ 2.5 เป็นรูปวงจรขยายสัญญาณอีมิตเตอร์ร่วม หรือซอสร่วม รูปที่ 2.5 (ก) เป็นวงจรที่ใช้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งไบอัสให้ทำงานอยู่ในคลาส A โดยตัวต้านทาน R1 และ R2 มีวงจรจูนทั้งทางอินพุต และทางเอาต์พุต เพื่อขยายสัญญาณที่มีความถี่อยู่ในย่านความถี่รีโซแนนซ์ของวงจรจูน (วงจรแทงค์) วงจรขยายความถี่วิทยุประเภทนี้ต้องมีการสะเทิน (Neutralize) เพื่อมิให้วงจรขยายเกิดการออสซิลเลทแทนที่จะทำงานเป็นวงจรขยาย กลับทำงานเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ ซึ่งการออสซิลเลทในที่นี้เกิดขึ้น เพราะว่ามีการป้อนกลับแบบบวกระหว่างอุปกรณ์ หรืออื่นๆ ที่ไม่ต้องการทำให้วงจรขยายเกิดการออสซิลเลทที่ความถี่สูงได้ วิธีการสะเทินวงจรทำได้โดยการป้อนกลับแบบลบ เพื่อไปหักล้างกับการป้อนกลับแบบบวก ซึ่งเกิดขึ้นในกรณีที่วงจรขยายความถี่วิทยุใช้ Junction Field Effect Transistor (JFET) ดังรูปที่ 2.24 (ข) คล้ายกัน แต่อินพุต อิมพีแดนซ์สูงกว่ามาก




(ก) วงจรขยายความถี่วิทยุที่ใช้ทรานซิสเตอร์




(ข) วงจรขยายความถี่วิทยุที่ใช้ JFET

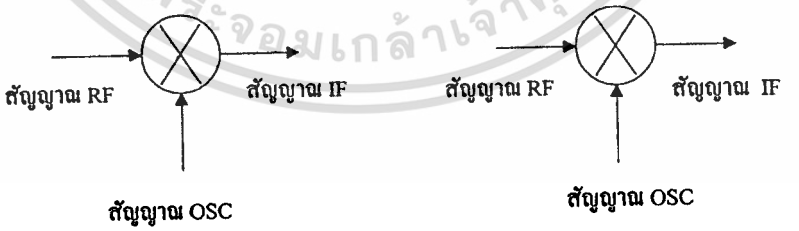
**รูปที่ 2.5 วงจรขยายความถี่วิทยุชนิดต่างๆ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.2 วงจรมิกเซอร์

หน้าที่ของวงจรมิกเซอร์นั้นทำหน้าที่นำสัญญาณ 2 ความถี่มาทำการผสมกัน และได้ความถี่ผลต่างของสัญญาณทั้งสองความถี่ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทแอกตีฟโดยใช้ทรานซิสเตอร์ หรือไอซี รวมทั้งอุปกรณ์อื่นที่ให้อัตราขยายแก่วงจรมิกเซอร์ซึ่งใช้ในการคลื่นผสมความถี่ และอีกประการหนึ่ง คือ ประเภทพาสซีฟ (Passive) โดยใช้ไดโอด ซึ่งไม่มีการขยายสัญญาณ และสามารถแบ่งวงจรมิกเซอร์ออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบสมดุลย์ (Balance) กับแบบไม่สมดุลย์ (Unbalance) วงจรมิกเซอร์ไม่เกิดปฏิกิริยาซึ่งกันและกันสัญญาณไม่เล็ดลอดระหว่างขั้ว คุณสมบัตินี้เรียกว่า การแยกระหว่างขั้ว หรือไอโซเลชั่น (Isolation) ซึ่งตามหลักการขั้วอินพุตของวงจรมิกเซอร์จะมีอยู่ 2 ขั้ว คือ ขั้วสัญญาณความถี่วิทยุกับสัญญาณออสซิลเลเตอร์ และมีขั้วเอาต์พุต คือ ขั้วสัญญาณความถี่กลาง หรือความถี่วิทยุ ดังรูปที่ 2.6 เมื่อพิจารณาในกรณีของภาครับเห็นได้ว่าการแยกระหว่างขั้วความถี่วิทยุ และขั้วออสซิลเลเตอร์นั้นจะช่วยมิให้สัญญาณออสซิลเลเตอร์ย้อนกลับออกไปสู่สายอากาศทำให้เกิดการแพร่กระจายออกไปได้ และการแยกระหว่างขั้วความถี่วิทยุกับขั้วความถี่กลาง จะช่วยมิให้สัญญาณที่มีความพอดีตรงกับความถี่กลางเล็ดลอดเข้าไปสู่วงจรขยายความถี่กลาง ในกรณีของภาคส่งพิจารณาในทำนองเดียวกัน

สำหรับวงจรมิกเซอร์แบบไม่สมดุลนั้นมีคุณสมบัติในการแยกระหว่างขั้วได้ไม่ดีเหมือนกับวงจรมิกเซอร์แบบสมดุล ดังนั้น ถ้าหากต้องการให้มีการแยกสัญญาณได้ดีต้องใช้วงจรฟิลเตอร์ช่วยในการกรองสัญญาณอีกต่างหาก




(ก) มิกเซอร์ของภาครับ (ข) มิกเซอร์ภาคส่ง

**รูปที่ 2.6** มิกเซอร์ของภาคส่ง และภาครับ

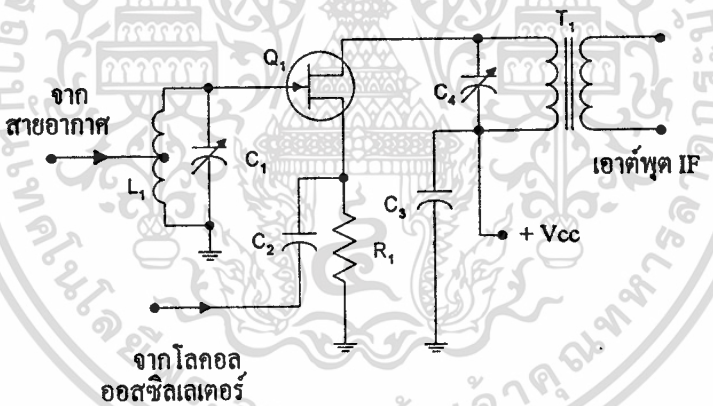
วงจรมิกเซอร์แบบไม่สมดุลแสดงไว้ในรูปที่ 2.6 ซึ่งใช้มอสเฟตโดยมีคุณสมบัติของวงจร คือ มีการแยกระหว่างขั้วออสซิลเลเตอร์กับสายอากาศค่อนข้างดี แต่ระหว่างขั้ว

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่วิทยุ และขั้วความถี่กลางไม่ค่อยดีจำเป็นต้องใช้ฟิลเตอร์ช่วยในการกรองความถี่ เพื่อกำจัดสัญญาณความถี่วิทยุมิให้เล็ดลอดเข้าสู่ขั้วความถี่กลาง ในรูปที่ 2.7 จะใช้ JFET โดยป้อนสัญญาณออสซิลเลเตอร์เข้าทางซอส และสัญญาณความถี่วิทยุเข้าทางเกต

### 2.6.3 วงจรขยายความถี่กลาง

วงจรขยายสัญญาณความถี่กลางของภาคเครื่องรับเหมือนกับวงจรขยายความถี่วิทยุ เพียงแต่มีหน้าที่การทำงานแตกต่างกัน กล่าวคือ วงจรขยายความถี่วิทยุ ทำหน้าที่ขยายสัญญาณโดยให้มีสัญญาณรบกวนต่ำ (Noise figure) ความเพี้ยนต่ำ (Intermodulation distortion) และจะทำการขยายสัญญาณให้มีความแรงมาก หรือน้อยได้ คือ จะมีช่วงไดนามิกที่กว้าง ซึ่งวงจรขยายความถี่กลางทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณ โดยคำนึงถึงการเลือกรับสัญญาณ (Selectivity) เป็นหลัก และทำให้คุณสมบัติสัญญาณรบกวนที่ต่ำความเพี้ยนต่ำจะเป็นรอง ส่วนใหญ่แล้วอัตราการขยายของวงจรขยายความถี่วิทยุมีค่าต่ำ 10 ถึง 15 เดซิเบล โดยที่อัตราขยายของวงจรความถี่กลางมีค่ามากกว่า 60 เดซิเบล

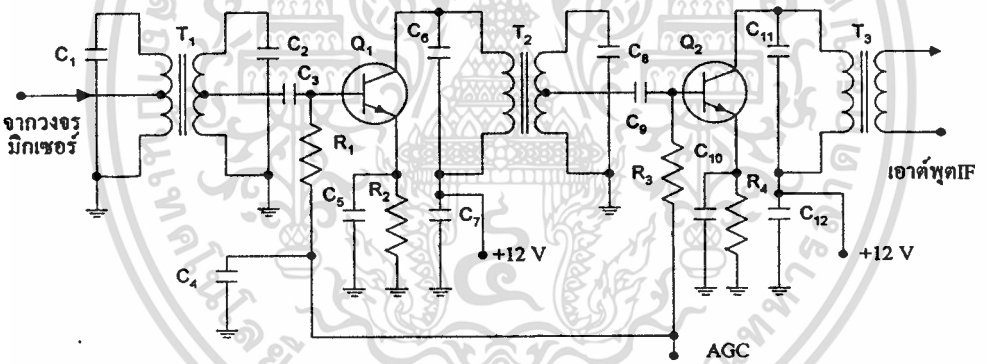



รูปที่ 2.7 วงจรมิกเซอร์ที่ใช้ JFET

วงจรขยายความถี่กลาง แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่ใช้วงจรหลายภาคร่วมกัน เพื่อเสริมกันให้ได้อัตราขยาย และการเลือกรับสัญญาณได้ตามต้องการ ซึ่งเรียกวงจรประเภทนี้ว่า ประเภทอัตราขยายแบ่งเฉลี่ย (Distributed Gain) อีกประเภทหนึ่งคือ ใช้วงจรชุดเดียวทำหน้าที่ขยาย และใช้วงจรอีกชุดหนึ่งทำการเลือกรับสัญญาณโดยเฉพาะ เช่น ฟิลเตอร์ไม่ต้องอาศัยการเสริมกันของการเลือกรับสัญญาณเรียกวงจรประเภทนี้ว่า ประเภทอัตราขยายเป็นก้อน (Lumpgain)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.8 วงจรขยายความถี่กลางประเภทแบ่งเฉลี่ยเห็นว่าใช้หม้อแปลงจูน 2 ครั้ง คือ จูนทั้งทางด้านปฐมภูมิ และทุติยภูมิต่อเชื่อมระหว่างภาค คุณสมบัติของการเลือกรับสัญญาณเลือกรับจึงขึ้นอยู่กับวงจรจูนทั้ง 3 ชุด วงจรประเภทนี้ถ้าทำงานในย่านความถี่ต่ำจะทำให้มีคุณสมบัติสามารถในการเลือกรับสัญญาณด้อยกว่าประเภทที่ใช้คริสตัลฟิลเตอร์ ในกรณีของซิงเกิลคอนเวอร์ชั่นมีวงจรคริสตอลฟิลเตอร์ และวงจรความถี่กลางต่อถัดจากวงจรมิกเซอร์ แต่ถ้าในกรณีของวงจรดับเบิลคอนเวอร์ชั่นที่หนึ่งจะเป็นคริสตอลฟิลเตอร์วงจรความถี่กลางค่าสูง และเข้าวงจรมิกเซอร์ที่สอง และผ่านเข้าวงจรเซรามิกฟิลเตอร์ กับวงจรความถี่กลางค่าต่ำตามลำดับ ในระบบเฮดทรอโรดายน์อัตราขยายส่วนใหญ่มาจากภาคความถี่กลาง ในเครื่องรับยุคแรกๆ มักใช้หลอดทรานซิสเตอร์ ซึ่งมีหม้อแปลงคัปเปิ้ลระหว่างภาค แต่ในยุคหลังๆ นี้ภาคความถี่กลางมีค่าต่ำ นิยมใช้ไอซีเพียงตัวเดียวทำหน้าที่ผลิตความถี่กลาง และดีมอดูเลตสำเร็จในตัว




รูปที่ 2.8 วงจรขยายความถี่กลางที่ใช้หม้อแปลงจูนระหว่างภาค

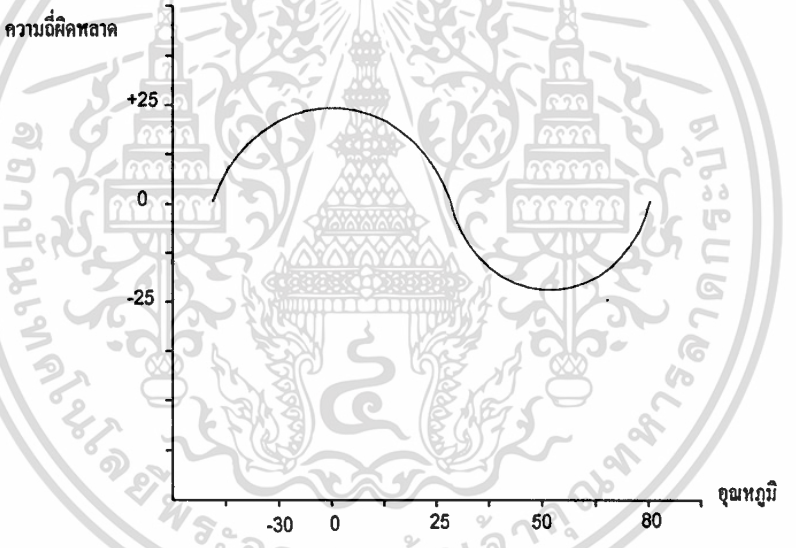
### 2.6.4 วงจรโลคอลออสซิลเลเตอร์

เครื่องรับที่ใช้แร่บังคับความถี่โดยทั่วไป มักกำเนิดสัญญาณอินเจ็กชัน โดยที่จะเลือกใช้คริสตอลออสซิลเลเตอร์ทำงานร่วมกับวงจรมัลติพลาย สำหรับเครื่องรับบางแบบใช้ระบบสังเคราะห์ความถี่ คุณสมบัติของโลคอลออสซิลเลเตอร์นี้มีความสำคัญต่อคุณภาพของเครื่องรับ โดยเฉพาะความถี่ต้องมีความเที่ยงตรง และมีเสถียรภาพดีมากกว่า 10 PPM (Part Per Million) ตลอดย่านอุณหภูมิใช้งาน ถ้าเป็นเครื่องรับธรรมดาอาจใช้แร่บังคับความถี่ธรรมดาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ธรรมดาได้ แต่ถ้าต้องการความถี่ที่เที่ยงตรงมากๆ จำเป็นต้องใช้แร่อบในกล่องโลหะ (Oven) ควบคุมอุณหภูมิได้ แต่มีข้อเสียของการอบแร่ คือเปลืองพลังงานไฟฟ้าไปส่วนหนึ่ง

วงจรออสซิลเลเตอร์ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณความถี่สูง เพื่อใช้ในการทำงานร่วมกับวงจรอื่นๆ ภายในเครื่อง เช่น ในการมอดูเลต การผสมคลื่น หรือมิกซ์ รวมทั้งใช้เป็นสัญญาณอ้างอิง วงจรออสซิลเลเตอร์แต่ละวงจรต่างมีชื่อเรียกต่างกันออกไปตามหน้าที่ ในเครื่องรับวิทยุติดตามตัวการออสซิลเลตของวงจรออสซิลเลเตอร์อาศัยหลักของการป้อนกลับแบบบวก วงจรที่ปืนตัวกำหนดความถี่อาจเป็นวงจรจูน LC หรือใช้คริสตอลได้ ค่า Q ของวงจรยิ่งมากความถี่ที่วงจรจะออสซิลเลตยิ่งคงที่ไม่มีการเลื่อนไปได้ง่าย สำหรับวงจร LC มีค่า Q น้อยกว่าคริสตอล เพราะเสถียรภาพทางความถี่ของวงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์จึงดีกว่าวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ LC ธรรมดา

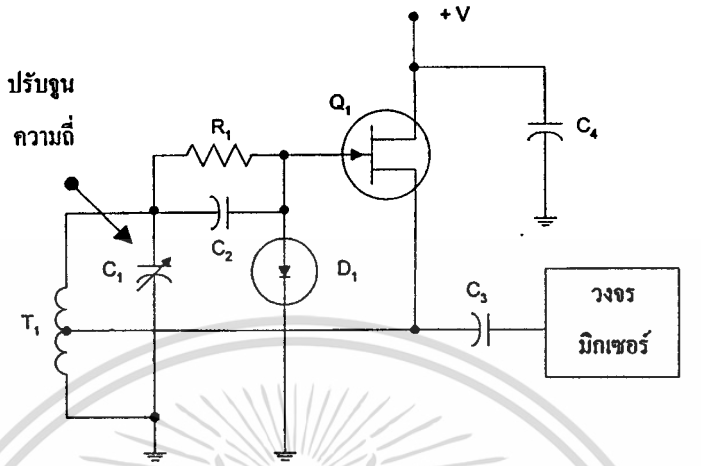



รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนแปลงความถี่ผลึกแร่ต่ออุณหภูมิ

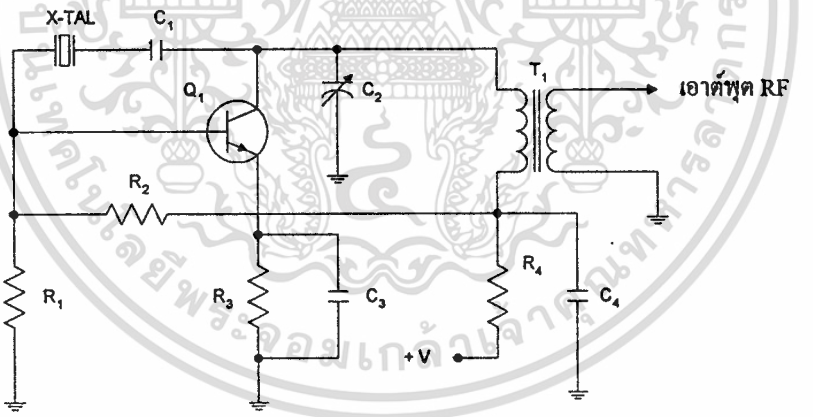
คริสตอลออสซิลเลเตอร์ส่วนใหญ่ให้กำเนิดความถี่ในช่วง 2 ถึง 20 เมกะเฮิรตซ์ หากต้องการความถี่ที่มีสูงมากกว่านี้จะต้องใช้คริสตอลทำงานแบบโอเวอร์โทนเช่น ใช้คริสตอลสั่นที่ความถี่ฮาร์มอนิกส์คี่ วงจรที่ใช้คริสตอลแบบโอเวอร์โทนนี้ สามารถทำงานได้ในช่วงความถี่ 100 ถึง 200 เมกะเฮิรตซ์ ถ้าหากต้องการความถี่สูงขึ้นไปกว่านี้ต้องใช้วิธีการคูณความถี่ (Multiplication) โดยใช้วงจรคูณความถี่ ตัวอย่างเช่น วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้คริสตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบโอเวอร์โทน แสดงไว้ในรูปที่ 2.11 ในวงจรนี้ จะเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบเพียซซึ่ง คริสตอลทำงานที่ความถี่ฮาร์โมนิกส์ที่สาม นิยมเรียกว่าโอเวอร์โทนที่สาม ($3^{rd}$ overtone)




**รูปที่ 2.10 ตัวอย่างวงจรออสซิลเลเตอร์**




**รูปที่ 2.11 วงจรโอเวอร์โทนออสซิลเลเตอร์**

### 2.6.5 วงจร AGC (Automatic Gain Control)

เครื่องรับส่วนใหญ่มักจะมี AGC เพื่อรักษาให้อัตราขยายของเครื่องรับคงที่ ไม่ว่าจะรับคลื่นได้แรงหรืออ่อนตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการผลิตไฟ AGC แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ

1. วิธีผลิตจากสัญญาณพาหะ (Carrier Dirived AGC)

2. วิธีผลิตจากสัญญาณเสียง (Audio Dirived AGC)

เครื่องรับส่วนใหญ่ใช้วิธีผลิตจากสัญญาณพาหะ ซึ่งเหมาะกับการรับสัญญาณ AM เพราะไฟ AGC จะมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับความแรงของสัญญาณพาหะ แต่สำหรับในกรณีของสัญญาณ SSB (Single Side Band) คลื่นที่ส่งมาไม่มีพาหะ เพราะได้ถูกกำจัดพาหะออกไปที่เครื่องส่งแล้ว เพราะถ้าสัญญาณจาก BFO (Band Pass Filter Oscallator) เล็ดลอดเข้าไปยังวงจรขยายความถี่กลาง หรือวงจร AGC ได้ อัตราขยายของเครื่องรับจะลดลงไปทั้งๆที่เครื่องรับอาจรับสัญญาณได้อ่อนในขณะนั้น ทำให้ AGC มิได้ทำงานตามความแรงของสัญญาณที่รับได้ เครื่องรับบางชนิดอาจใช้วิธีหยุดการทำงานวงจร AGC ในกรณีที่วงจร BFO ทำงาน ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้สัญญาณ BFO เข้าไปทำให้ AGC เกิดการทำงานผิดพลาดได้ และในกรณีนี้จะใช้วงจร AGC แบบปรับด้วยมือแทน ปุ่มปรับนี้บางทีเรียกว่า ปุ่มเกนความถี่วิทยุ

(ก) แสดงวงจรผลิตไฟ AGC จากสัญญาณพาหะสัญญาณความถี่วิทยุจากวงจรขยายความถี่กลางผ่านวงจรเรียงกระแสโดยไดโอด $D_1$ และขยายด้วยวงจร A1 ส่งกระแสไบอัสไปควบคุมวงจรขยายต่างๆ ในที่นี้ไฟ AGC จะลดลงเมื่อรับสัญญาณได้แรงขึ้น หากต้องการให้ไฟ AGC เพิ่มขึ้นเมื่อสัญญาณแรงขึ้นสามารถทำได้ โดยการกลับขั้วไดโอด $D_1$ วงจร AGC นี้มีค่าคงตัวเวลา 2 ค่า เพื่อให้การทำงานนุ่มนวลราบเรียบที่สุดไม่มีเสียงกระเพื่อม ค่าคงตัวเวลาที่เลือกใช้จะต้องให้ AGC ทำงานได้รวดเร็ว และ AGC หยุดทำงาน หรือมีการหน่วงเวลานาน

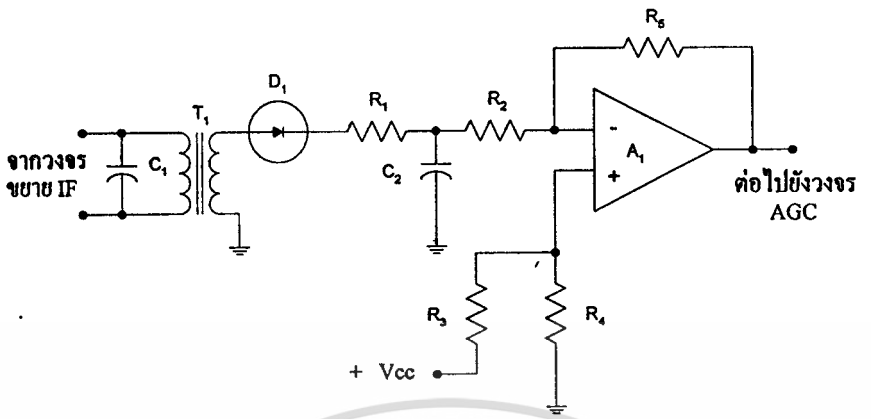
ในที่นี้ไฟ AGC เกิดจากการประจุผ่าน $R_1$ กับ C ส่วนการคายประจุจะผ่าน $R_2$ ถ้าต้องการให้ AGC ทำงานรวดเร็ว และปล่อยช้า ต้องเลือกให้ค่าของ $R_1$ มีค่าน้อยกว่า $R_2$ มากๆ

ข้อสำคัญที่สุดคือ ต้องป้องกันมิให้สัญญาณจากวงจร BFO เล็ดลอดเข้ามาที่อินพุตของวงจร AGC นี้ได้

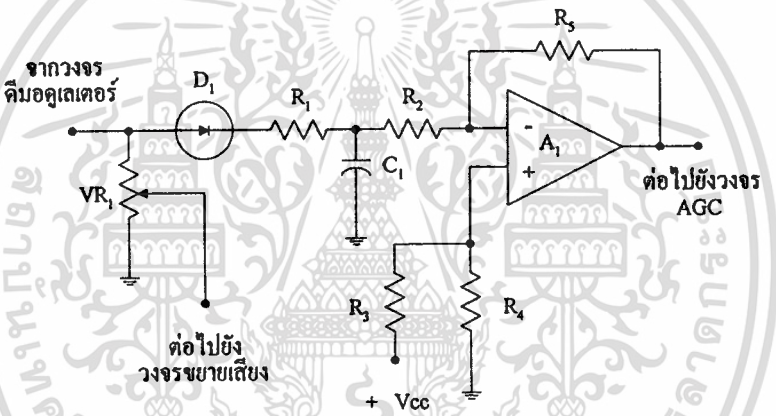
(ข) เป็นวงจร AGC ที่ผลิตไฟ AGC จากสัญญาณเสียง แต่วงจร AGC ชนิดนี้จะมีการทำงานเหมือนกับวงจร AGC ชนิดแรก เว้นแต่ในกรณีนี้เราใช้สัญญาณเสียงเป็นอินพุตแทน ค่าคงตัวเวลาที่เลือกใช้อาศัยหลักการเดียวกัน

ในที่นี้ถ้าหากไฟ AGC จะมีค่าลดลงเมื่อสัญญาณเสียงดังขึ้น ถ้าต้องการให้เป็นในทางตรงกันข้าม คือ ไฟ AGC เพิ่มขึ้นเมื่อสัญญาณแรงขึ้นสามารถทำได้โดยการกลับขั้วของไดโอด $D_1$ ได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




(ก) ชนิดที่ผลิตไฟAGC จากสัญญาณพาหะ




(ข) ชนิดที่ผลิตไฟ AGC จากสัญญาณเสียง

**รูปที่ 2.12** วงจรผลิตไฟ AGC

ในตอนต้นได้อธิบายวัตถุประสงค์ และหลักการทำงานของวงจร AGC ไว้แล้ว แต่ถ้าเกิดในกรณีที่ไม่มี AGC การรับสัญญาณจะเกิดปัญหาดังนี้

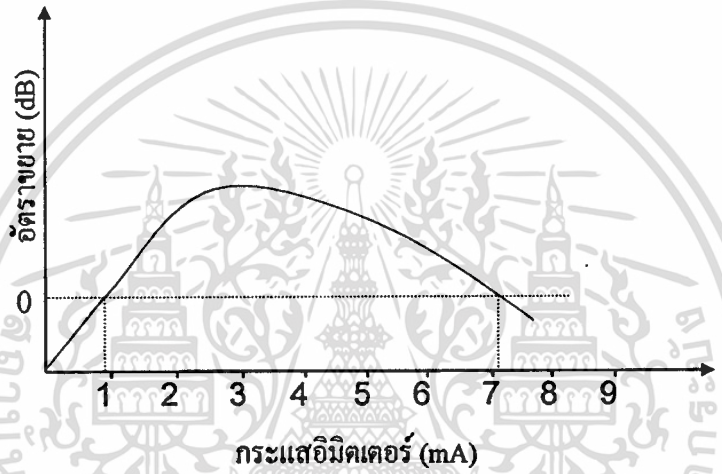
1. การรับสัญญาณจากสถานีบางสถานีจะรับได้แรง หรือบางสถานีจะรับได้อ่อนเป็นผลทำให้ต้องปรับความดังให้เข้ากับสัญญาณที่รับเข้ามา แต่ถ้ามี AGC ความดังจะคงที่แม้ว่าเปลี่ยนไปรับสถานีอื่นๆ ที่มีความแรงของสัญญาณต่างกัน

2. สัญญาณที่รับได้บางครั้งมีการจางหาย (Fading) หรือบางครั้งแรงขึ้นเอง ทั้งนี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพบรรยากาศที่คลื่นเดินทางมายังเครื่องรับวงจร AGC สามารถช่วยรักษาระดับความแรงของสัญญาณให้คงที่ แม้ในบางกรณีจะมีการจางหายของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

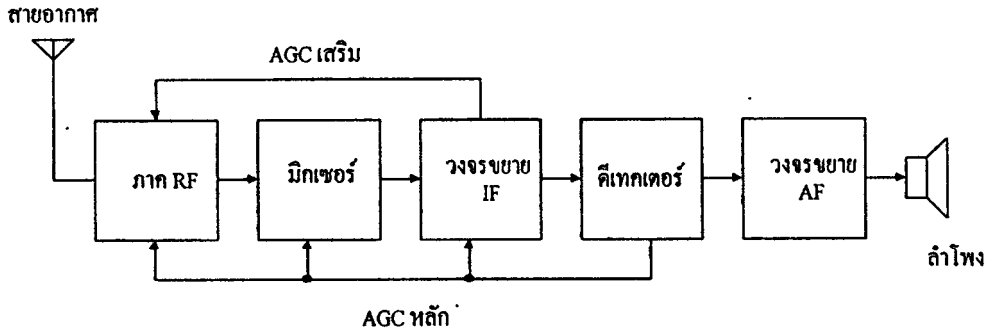
ในกรณีที่เป็นเครื่องรับวิทยุติดรถยนต์ซึ่งเคลื่อนที่ไปมา สัญญาณที่รับได้จะมีความแรงของสัญญาณไม่เท่ากัน วงจร AGC จะช่วยชดเชยให้ระดับความแรงคงที่

การควบคุมอัตราขยายของวงจรจะใช้วิธีการป้อนไฟไบอัส อาจใช้วิธีการไบอัสตรงซึ่งเรียกว่าวงจร AGC ตรง (Forward AGC) หรืออาจใช้วิธีไบอัสกลับทางซึ่งเรียกว่า AGC กลับทาง (Reverse AGC) สังเกตว่าอัตราการขยายของทรานซิสเตอร์นั้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามจุดทำงานหรือกระแสอิมิตเตอร์ ดังรูปที่ 2.13 ถ้าลดไฟไบอัสลง หรือเพิ่มไฟไบอัสขึ้น อัตราขยายของทรานซิสเตอร์จะลดลง




**รูปที่ 2.13** การเปลี่ยนแปลงอัตราการขยายของทรานซิสเตอร์ที่กระแสอิมิตเตอร์ในค่าต่างๆ

ในระบบ FM วงจรลิมิตเตอร์ทำหน้าที่เป็นตัวจำกัดขนาดของสัญญาณอยู่แล้ว ไม่จำเป็นต้องมี AGC อีก เว้นแต่ต้องการป้องกันการโอเวอร์โหลดวงจรส่วนหน้า




**รูปที่ 2.14** AGC ต่างๆ ในเครื่องรับชนิดซุปเปอร์เฮตเทอโรดายน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

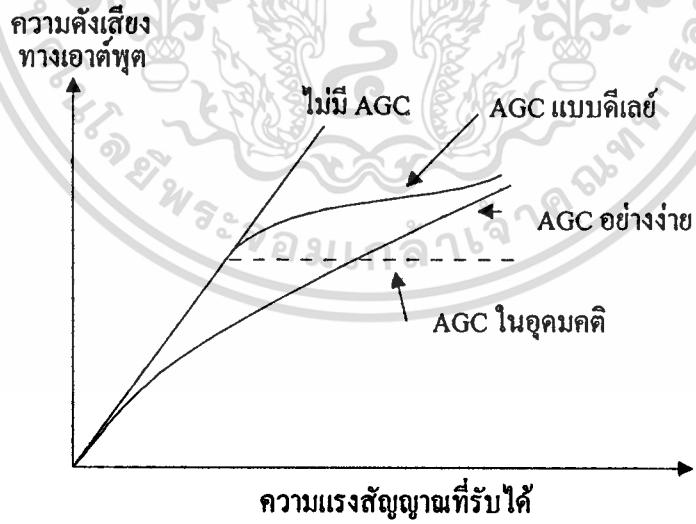
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ในรูปที่ 2.14 แผนผังของวงจรภาครับ จากรูปจะเห็นได้ว่าไฟ AGC กำเนิดได้โดยวิธีการดีเทกเตอร์ แล้วส่งไบอัสไปควบคุมอัตราขยายของวงจรขยายความถี่วิทยุ และความถี่กลางแต่ละภาค AGC ส่วนนี้เป็น AGC หลัก (main AGC) ของเครื่องรับ แต่ยังมี AGC ส่วนหนึ่งเป็น AGC เสริม (auxilialy AGC) จากวงจรขยายความถี่กลางย้อนไปควบคุมอัตราขยายของวงจรขยายความถี่วิทยุ เพื่อป้องกันการโอเวอร์โหลดของภาคความถี่วิทยุ

วงจร AGC ที่ดีควรจะมีคุณสมบัติในการทำงานดังต่อไปนี้ คือ เมื่อสัญญาณอินพุตของเครื่องรับแรงขึ้น ระดับความดังของเสียงจะมากขึ้นจนกระทั่งถึงจุดๆ หนึ่ง ซึ่งถ้าสัญญาณอินพุตแรงถึงจุดนี้จะเกิดโอเวอร์โหลด AGC จะควบคุมอัตราการขยายของเครื่องรับไว้ ไม่ให้ระดับความดังของเสียงมีค่าเพิ่มขึ้นอีก

จากรูปที่ 2.15 เป็นกราฟแสดงลักษณะการควบคุมอัตราขยายของเครื่องรับ โดย AGC ชนิดต่างๆ กัน เช่น เส้นแสดง AGC อุดมคติ (ideal AGC) AGC แบบดีเลย์ (delay AGC) กล่าวคือ AGC จะถูกหน่วงเอาไว้จนกว่าระดับสัญญาณอินพุตจะแรงขึ้นถึงระดับหนึ่ง สำหรับ AGC แบบง่าย (simple AGC ) หลักการทำงานจะใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอินพุตกับความดัง โดยจะเป็นสัดส่วนโดยตรงไม่มีการหน่วงเวลา




**รูปที่ 2.15** ลักษณะการควบคุมอัตราขยายของเครื่องรับโดย AGC

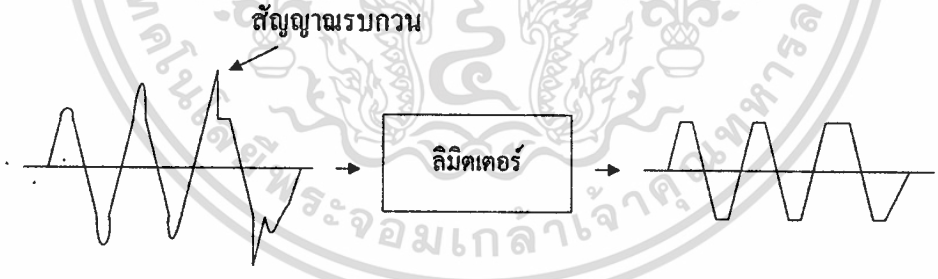
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30134

### 2.6.6 ลิมิตเตอร์ (Limitter)

สัญญาณ FM จากเอาต์พุตของวงจรขยายความถี่กลางอาจจะมีสัญญาณรบกวนปะปนมา วงจรลิมิตเตอร์จะทำหน้าที่ขลิบสัญญาณทั้งด้านบวก และด้านลบ รวมทั้งสัญญาณรบกวนจะถูกกำจัดทิ้งไป

จากรูปที่ 2.16 จะสังเกตได้ว่าความถี่ของสัญญาณ FM ก่อน และหลังลิมิตเตอร์ไม่เปลี่ยนแปลงหลักการของวงจรลิมิตเตอร์นี้คือ เมื่อป้อนสัญญาณที่มีแอมปลิจูดเกินช่วงการทำงานของวงจร จนกระทั่งวงจรขยายเกิดการอิ่มตัว หรือคัทออฟ ถ้าหากว่าสัญญาณความถี่กลางที่ป้อนเข้ามามีแอมปลิจูดน้อยมาก ทำให้เอาต์พุตจากวงจรลิมิตเตอร์มีสัญญาณรบกวนปนออกมาทางออดิโอเอาต์พุตถ้าป้อนแอมปลิจูดแรงๆ สัญญาณรบกวนจะเงียบไป ปรากฏการณ์นี้มีความสัมพันธ์กับค่าเควตติ้ง (Quieting) ของภาคออดิโอเอาต์พุต ความดังเสียง และค่าความไวของเครื่องรับ FM ด้วย เช่น สเปคจะระบุว่าสัญญาณที่ไม่ได้มอดูเลตมีแต่พาหะอย่างเดียวป้อนเข้ามาทางอินพุตของเครื่องรับ ทำให้สัญญาณรบกวนจากวงจรขยายเสียงลดลงไป 20 dB. การที่จะลดสัญญาณรบกวนให้ได้คือขยายสัญญาณอินพุตความถี่กลางให้มากๆ พอที่จะขับให้วงจรลิมิตเตอร์ขลิบสัญญาณ เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนที่ขี่มาบนสัญญาณ FM ตามหลักการของวงจรลิมิตเตอร์




**รูปที่ 2.16** วงจรลิมิตเตอร์ขจัดสัญญาณรบกวนทางแอมปลิจูดของสัญญาณ FM

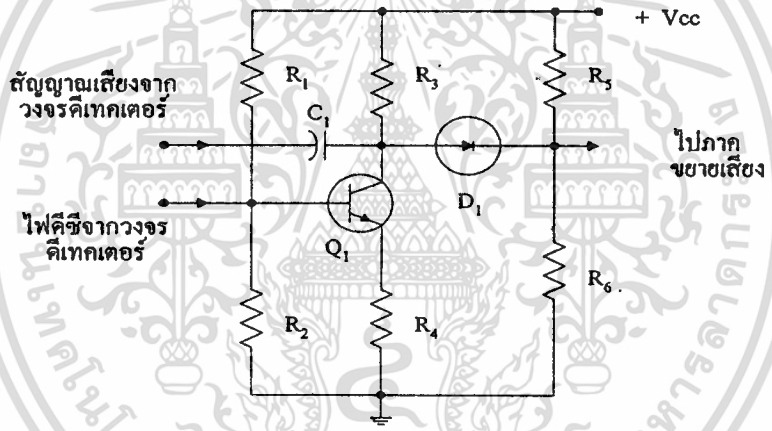
### 2.6.7 มิวต์ หรือสเควลช์ (Mute or Squale)

ในเครื่องรับที่มีความไวสูงสัญญาณอินพุตที่สายอากาศจะถูกขยายให้แรงมากขึ้น เพื่อป้อนให้วงจรดีเทกเตอร์ ในขณะที่ไม่มีสัญญาณ (ไม่มีพาหะ) ไฟ AGC ทำให้เครื่องรับที่มีอัตราขยายเต็มที่ เครื่องรับจึงขยายแต่สัญญาณรบกวนออกมา เสียงซู่ของสัญญาณรบกวนที่ออกมาจะสร้างความรำคาญต่อผู้ที่ใช้เครื่องวิทยุ การกำจัดเสียงซู่นี้เราใช้วงจรมิวต์ หรือสเควลช์ วงจรตัดเสียงซู่นี้มีหลายชนิด ในรูปที่ 2.17 การใช้แรงดันดีซีมาปิดเปิดวงจรขยายเสียง

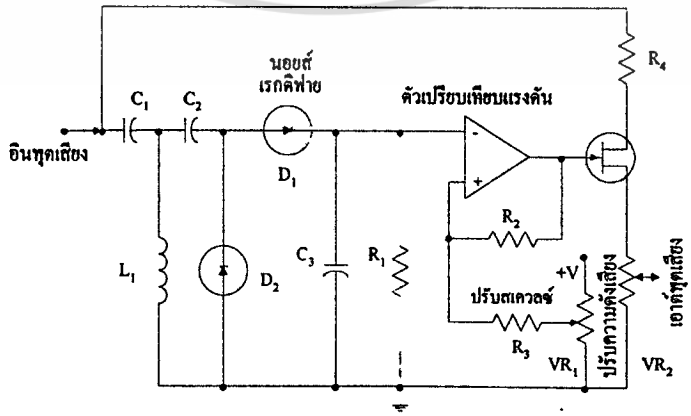
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันดีซีดังกล่าวจะมีค่าเป็นสัดส่วนผกผันกับความแรงของสัญญาณพาหะ ที่ป้อนให้แก่วงจรสวิตช์ $Q_1$ เมื่อสัญญาณมีความแรง แรงดันดีซีจะทำให้ $Q_1$ ไม่ทำงาน ดังนั้น แรงดันคอลเลคเตอร์สูงขึ้น ไดโอด $D_1$ นำกระแสสัญญาณเสียงผ่านเข้าไปในวงจรขยายได้ หากพาหะเป็นศูนย์ $Q_1$ จะทำงานทำให้ไอโอด $D_1$ หยุดนำกระแส ซึ่งเปรียบเสมือนเปิดวงจรสัญญาณรบกวนจะถูกสกัดกั้นมิให้ไปขยายออกลำโพง

ในรูปที่ 2.18 แสดงหลักการทำงานของระบบสเควลช์อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นวงจรสเควลช์แบบใช้สัญญาณรบกวนบังคับ ขบวนการขั้นต้นคือสัญญาณที่ปะปนมากับสัญญาณเสียงถูกกรองออกจากสัญญาณเสียง และผ่านวงจรเรียงกระแสเป็นไฟดีซี แล้วป้อนเข้าไปเปรียบเทียบกับระดับอ้างอิงที่ได้วงจรเปรียบเทียบ (Comparator) แล้วนำไปบังคับวงจรสวิตช์ให้เปิดปิดเส้นทางของสัญญาณเสียงที่ออกไปขยาย



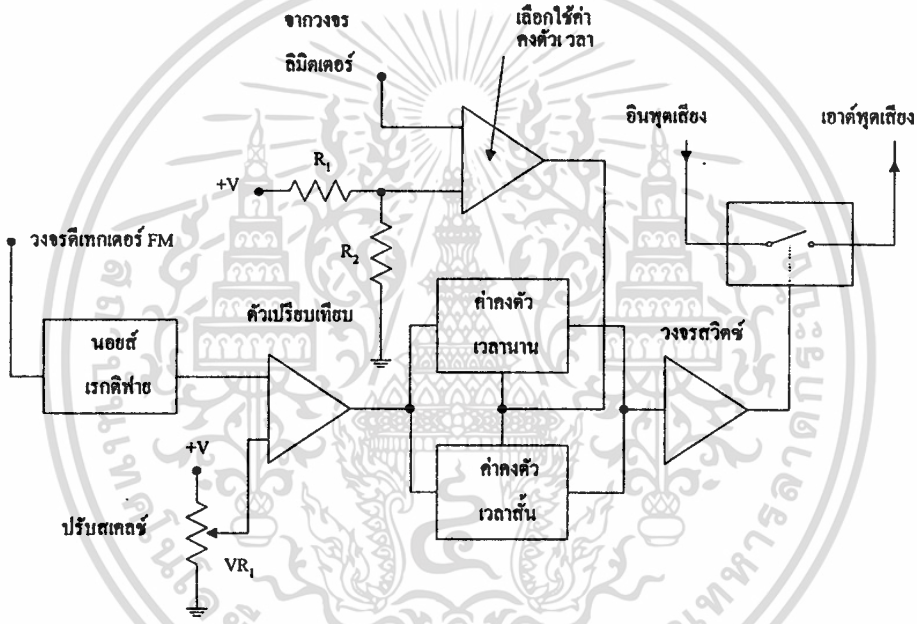

**รูปที่ 2.17** วงจรสเควลช์แบบใช้พาหะบังคับ




**รูปที่ 2.18 วงจรสเควลช์ของเครื่องรับ FM แบบใช้สัญญาณรบกวนบังคับ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรสเควลช์บางชนิดใช้เวลาค่าคงที่ (Time Constant) 2 ชุด คือ ชุดหนึ่งเร็ว กับอีกชุดหนึ่งนาน โดยเลือกใช้ค่าชุดค่าเวลาคงที่สั้นๆ เมื่อสัญญาณแรง และใช้ชุดค่าเวลาคงที่นานเมื่อสัญญาณที่รับมาอ่อน เหตุที่ต้องทำเช่นนี้เพราะว่าในกรณีที่รับสัญญาณเข้ามาอ่อน สเควลช์จะปิดๆ เปิดๆ ทำให้สัญญาณขาดตอนเป็นช่วงๆ ฟังไม่รู้เรื่อง สังเกตุว่าถ้าค่าคงตัวเวลาสั้นๆ ในตอนท้ายเวลาที่รับฟังจะมีเสียงซู่สั้นๆ แต่ถ้าค่าคงตัวเวลายาวตอนท้ายสัญญาณจะเป็นเสียงซู่เป็นเวลานาน ในรูปที่ 2.19 เป็นรูปวงจรสเควลช์แบบมีวงจรค่าคงตัวเวลา 2 ชุด ในการที่เลือกใช้ค่าคงตัวเวลาชุดใดชุดหนึ่งตามสถานการณ์นั้นจะใช้การควบคุม โดยระดับสัญญาณที่มาจากวงจรลิมิเตอร์




รูปที่ 2.19 ระบบสเควลช์แบบเลือกค่าคงตัวเวลาได้สองค่า

### 2.6.8 วงจรดีเทกเตอร์ (Detector )

**สโลปดีเทกเตอร์ (Slope Detector)**

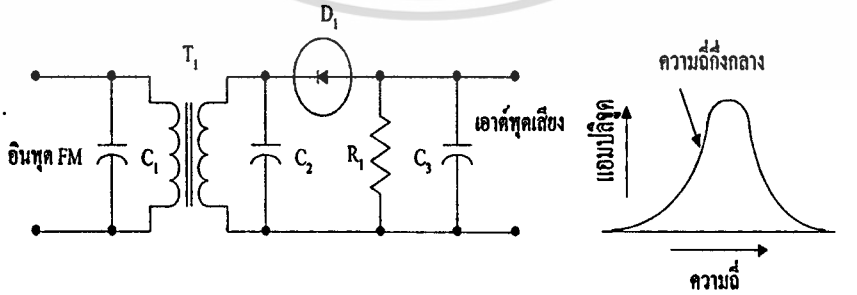
วงจรดีเทกเตอร์ FM ที่ง่ายที่สุดเรียกว่า วงจรสโลปดีเทกเตอร์ ดังในรูปที่ 2.20 (ก) ใช้วงจรเรโซแนนซ์ 2 ชุด คือ $L_1 L_2$ กับ $C_2 L_2$ โดยต้องจูนให้การตอบสนองที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งตามรูปที่ 2.20 (ข) เห็นว่าการจูนของเส้นโค้งไม่ได้จูนความถี่กลางไว้ที่ยอดเส้นโค้ง แต่ในความถี่กลางจะอยู่ในส่วนไหล่ลาด หรือสโลปของเส้นโค้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติว่าสัญญาณอินพุตความถี่กลางป้อนเข้ามาสัญญาณเอาต์พุตจะมีแอมปลิจูดอยู่ที่ค่าเฉลี่ย เมื่อผ่านการดีเทกที่ไดโอด D1 ถ้าสัญญาณความถี่กลางมีความถี่สูงขึ้น ดูจากรูปที่ 2.20 มีลักษณะเป็นเส้นโค้ง เมื่อสัญญาณความถี่กลางมีความถี่ต่ำลงแอมปลิจูดที่ป้อนให้ไดโอดและถอดออกมาได้สัญญาณที่มีค่าน้อยลง สรุปได้ว่า เมื่อความถี่ของสัญญาณความถี่กลางเปลี่ยนแปลงเป็นสัญญาณ FM เอาต์พุตที่ได้จะมีแอมปลิจูดเปลี่ยนแปลงตามความถี่ การถอดวิธีนี้เสมือนเปลี่ยนสัญญาณ FM ให้เป็นสัญญาณ AM เสียก่อน แล้วจึงถอดสัญญาณ AM ด้วยดีเทกเตอร์ซึ่งใช้ไดโอดธรรมดา วิธีมอดดูเลตแบบนี้ต้องพิจารณาจากเส้นโค้งผลตอบสนองความถี่ของวงจรขยายความถี่กลางก่อนหน้าวงจรสโลปดีเทกเตอร์ด้วย ปกติแล้วการจูนเบี่ยงไปจากความถี่เรโซแนนซ์ทำให้อัตราการขยายภาครับไม่เต็มที่ เพราะไม่จูนที่ยอด นอกจากนี้ความเป็นลิเนียร์ของส่วนลาดของเส้นโค้ง ในการเปลี่ยนสัญญาณ FM เป็น AM ไม่ค่อยจะเป็นเส้นตรง วงจรชนิดนี้จึงไม่ได้รับความนิยม

**ดีเทกเตอร์ชนิดจูน 2 ครั้ง (Double-tuned Detector)**

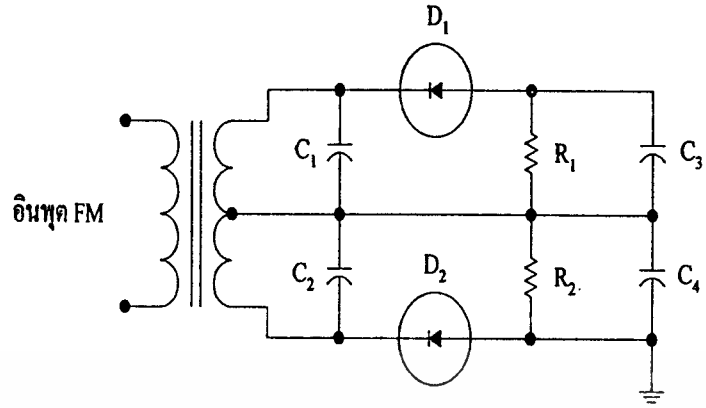
วงจรดีเทกเตอร์ชนิดจูน 2 ครั้ง ประกอบด้วยวงจรจูน 2 ชุดเช่นกัน ดูจากรูปที่ 2.20 (ก) กล่าวคือ ขดทุติยภูมิของหม้อแปลง T1 จะแยกเป็น 2 ชุด ขดที่อยู่เหนือจุดกลางจูนกับ $C_1$ ให้ความถี่เรโซแนนซ์สูงกว่าความถี่กลางเล็กน้อย ส่วนขดที่อยู่ใต้จุดกลางจะจูนกับ $C_2$ โดยให้ความถี่เรโซแนนซ์ที่ความถี่ต่ำกว่าความถี่กลางเล็กน้อย เมื่อมีสัญญาณความถี่กลางป้อนเข้าที่อินพุต สมมติว่าความถี่กลางมีความถี่อยู่กลางวงจรเรโซแนนซ์ด้านทุติยภูมิทั้ง 2 ชุดไม่จูนเรโซแนนซ์กับความถี่นี้ (เพราะวงจรเรโซแนนซ์ทั้งสองชุดนี้ได้จูนเบี่ยงไปจากความถี่กลางทางบวก และลบ) ไดโอด $D_1$ และ $D_2$ จะนำกระแสเท่าๆ กัน โดยเกิดแรงดันคร่อม $R_1$ และ $R_2$ ในทิศทางตรงข้ามทำให้เอาต์พุตเป็นศูนย์




(ก) วงจรสโลปดีเทกเตอร์ (ข) เส้นโค้งผลตอบสนองความถี่

**รูปที่ 2.20 วงจรสโลปดีเทกเตอร์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



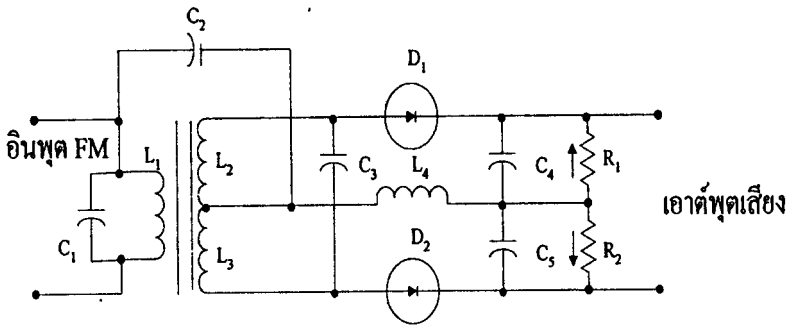

**รูปที่ 2.21** ดีเทกเตอร์ชนิดดับเบิลจูน

สัญญาณความถี่กลางมีความถี่สูงกว่าความถี่กลาง สัญญาณจะเข้าใกล้ความถี่เรโซแนนซ์ของ วงจรจูนชุดบน ดังนั้นสัญญาณในวงจรชุดบนจะแรง ไดโอด $D_1$ จะนำกระแสมากกว่า และทำให้แรงดันคร่อม $D_1$ มากกว่า $D_2$ แรงดันคร่อม $R_1$ เป็นลบที่มีค่ามากกว่าแรงดันที่คร่อม $R_2$ ซึ่งเป็นบวก เมื่อความถี่พาหะมีความถี่ต่ำกว่าความถี่กลางสัญญาณจะเข้าใกล้ความถี่เรโซแนนซ์ วงจรชุดล่างคือ ไดโอด $D_2$ รับสัญญาณแรงกว่า $D_1$ โดย $D_2$ นำกระแสมากกว่า $D_1$ ทำให้แรงดันตกคร่อม $R_2$ เป็นบวกเทียบกับกราวด์มีค่ามากกว่าแรงดันคร่อม $R_1$ ผลลัพธ์จึงได้แรงดันค่าบวก เห็นได้ว่าสัญญาณเอาต์พุตที่ได้มีค่าเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของสัญญาณเสียงที่มอดูเลตมาในสัญญาณ

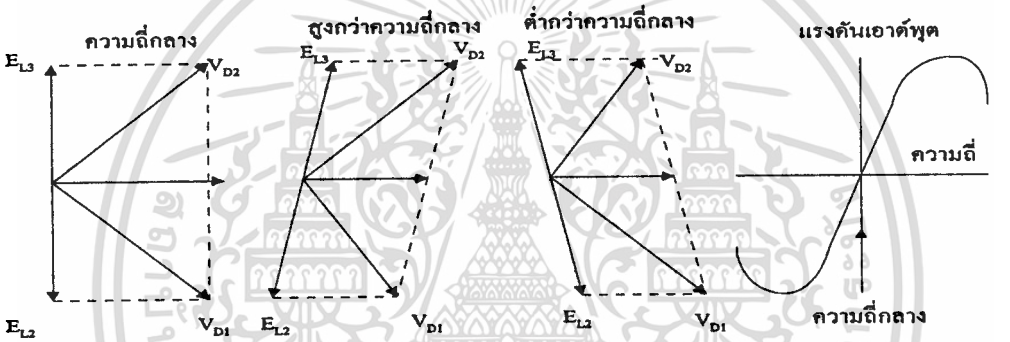
### 2.6.9 ฟอสเตอร์-ซีเลย์ดิสคริมิเนเตอร์ (Foster - Seeley Discriminator)

วงจรฟอสเตอร์ - ซีเลย์ดิสคริมิเนเตอร์ ดังรูปที่ 2.22 เป็นวงจรที่แพร่หลายมาก สัญญาณ ความถี่กลางซึ่งมีความถี่เบี่ยงเบน 75 กิโลเฮิรตซ์ ด้วยอัตราเบี่ยงเบนเท่ากับสัญญาณเสียง ป้อนเข้าที่วงจรจูน $C_1$ $L_1$ ทางด้านเอาต์พุต ประกอบด้วยไดโอด และวงจร RC ทำหน้าที่ถอดคล้ายๆ กับวงจรจูน 2 ครั้งที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อไดโอดทั้งคู่นำกระแสเท่ากันแรงดันที่ ปรากฏคร่อม $R_1$ และ $R_2$ มีค่าเท่ากัน และตรงข้ามกัน จึงหักล้างกันหมด และได้เอาต์พุต เป็นศูนย์ แต่ถ้าไดโอด $D_1$ นำกระแสมากกว่า $D_2$ เอาต์พุตจะเป็นบวก ถ้าไดโอด $D_2$ นำกระแสมากกว่า $D_1$ เอาต์พุตจะมีค่าเป็นลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




(ก) วงจรฟอสเตอร์ - ซีเลย์คริมิเนเตอร์




(ข) แรงดันเอาต์พุตที่ความถี่กลาง และความถี่ข้างเคียง

**รูปที่ 2.22 วงจรฟอสเตอร์-ซีเลย์ดิสคริมิเนเตอร์ และมุมเฟสที่ความถี่ต่างๆ**

สัญญาณที่ทำให้ไดโอดนำกระแสได้มาก หรือน้อยคือ สัญญาณความถี่กลางที่ป้อนเข้ามาที่อินพุตผ่านหม้อแปลงซึ่งประกอบด้วยขดปฐมภูมิ $L_1$ และขดทุติยภูมิ $L_2$ กับ $L_3$ แรงดันที่ตกคร่อม $L_1$ กับ $L_3$ จะมีเฟสตรงข้ามกัน ต่างกันอยู่ 180 องศา แรงดันคร่อม $L_2$ ($E_{12}$) เป็นตัวควบคุมการนำกระแสของไดโอด $D_1$ ส่วนแรงดันคร่อม $L_3$ ($E_{13}$) เป็นตัวควบคุมการนำกระแสของไดโอด $D_2$ อย่าลืมว่า $E_{12}$ กับ $E_{13}$ มีแอมปลิจูดเท่ากัน แต่เฟสตรงข้ามกัน

นอกจากนี้สัญญาณความถี่กลางถ่ายทอดผ่านเข้ามาทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงโดยผ่านทาง $C_2$ ต่อกับ $L_4$ อีกด้วย โดยแรงดันที่ปรากฏของ $L_4$ ทำหน้าที่ควบคุมการนำกระแสของไดโอดทั้ง 2 ตัว คือ $D_1$ กับ $D_2$ เกิดการถ่ายทอดผ่าน $C_2$ มายัง $L_4$ ทำให้แรงดันที่ตกคร่อม $L_4$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

($E_{14}$) จะมีเฟสต่างจากแรงดัน $E_{12}$ และ $E_{13}$ อยู่ 90 องศา ในขณะที่สัญญาณอยู่ที่ความถี่กลาง แต่ $E_{14}$ มีเฟสล้าหลัง $E_{12}$ อยู่ 90 องศา

การนำกระแสของไดโอด $D_1$ จะขึ้นอยู่กับ $E_{13}$ และ $E_{12}$ ในส่วนการนำกระแสของไดโอด $D_2$ จะขึ้นอยู่กับ $E_{13}$ และ $E_{14}$ เนื่องจาก $E_{12}$ กับ $E_{13}$ ต่างเฟสกัน 180 องศา และที่ความถี่กลาง $E_{14}$ จะต่างเฟสกันทั้ง $E_{12}$ กับ $E_{13}$ อยู่ 90 องศา ดังนั้นที่ความถี่กลาง $E_{14}$ เมื่อรวมกับ $E_{12}$ จะเท่ากับ $E_{14}$ รวมกับ $E_{13}$ ทำให้ไดโอด $D_1$ กับ $D_2$ นำกระแสเท่าๆ กันเกิดแรงดันหักล้างกันได้เอาต์พุตเป็นศูนย์

ความถี่กลางวงจรเรโซแนนซ์ทางด้านทุติยภูมิ เป็นเฉพาะตัวต้านทานได้เท่านั้นเพราะค่ารีแอกแตนซ์ XL กับ XC จะหักล้างกันพอดี เมื่อความถี่สูงขึ้น XL จะมีมากกว่า XC ดังนั้นเฟสของ $E_{12}$ กับ $E_{13}$ จะเลื่อนไป แต่ค่าทั้งสองยังคงรักษาเฟสเป็นตรงข้ามกัน 180 องศา อยู่เสมอ $E_{12}$ จะเลื่อนเฟสเข้าหา $E_{14}$ และ $E_{13}$ จะเลื่อนเฟสหนี $E_{14}$ นั่นคือ $E_{12}$ กับ $E_{14}$ เสริมกัน แต่ $E_{13}$ กับ $E_{14}$ จะหักล้างกันหมด ผลที่ได้คือ $D_1$ นำกระแสมากกว่า $D_2$ เอาต์พุตที่ได้มีค่าบวก เมื่อสัญญาณความถี่กลางแกว่งไปทางบวกสูงกว่าความถี่กลาง ซึ่งสอดคล้องกับความถี่ที่จูนได้ของชุดบน

ความถี่ต่ำกว่าความถี่เรโซแนนซ์ XC จะมากกว่า XL เฟตของ $E_{13}$ จะเลื่อนไปในลักษณะที่ $E_{13}$ เสริมกับ $E_{14}$ ทำให้ $D_2$ นำกระแสมากกว่า $D_1$ ทำให้เอาต์พุตมีค่าเป็นลบในทุกๆ ครั้งที่สัญญาณความถี่กลางแกว่งไปทางลบต่ำกว่าความถี่กลาง ทำนองเดียวกันกับชุดบนแต่จูนให้มีความถี่ต่ำกว่าความถี่กลาง

ถ้าสัญญาณที่มอดูเลตบนความถี่กลางเป็นเสียงมีความถี่ 1000 เฮิรตซ์ สัญญาณความถี่กลางจะแกว่งไปมาระหว่างความถี่กลางทางบวก และทางลบด้วยอัตรา 1000 ครั้งต่อวินาที เอาต์พุตที่ได้จากวงจรดิสคริมิเนเตอร์ จะเกิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์ที่มีค่าเป็นทั้งบวก และลบด้วยอัตรา 1000 เฮิรตซ์ นั่นคือวงจรดิสคริมิเนเตอร์ดีมอดูเลต สัญญาณที่มอดดูเลตคืนกลับมาได้เหมือนสัญญาณเดิมสม่ำเสมอ และกำจัดสัญญาณรบกวนไปในตัวด้วย

ข้อเสียของวงจรฟอสเตอร์-ซิลีย์ดิสคริมิเนเตอร์เหมือนกับวงจรดีมอดูเลต FM ที่กล่าวมาในตอนต้น กล่าวคือ มีความไวต่อการเปลี่ยนแอมปลิจูด ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่สัญญาณ FM มีสัญญาณรบกวนขี่มาบนสัญญาณสัญญาณรบกวนนี้จะถูกถอด และป้อนไปยังเอาต์พุตได้ สามารถแก้ไขได้โดยการขลิบสัญญาณ FM ทางบวก และลบเพื่อรักษาแอมปลิจูดให้คงจำได้ว่าแอมปลิจูดของสัญญาณ FM มีค่าคงที่ ส่วนข่าวสารปะปนอยู่ในรูปของการเปลี่ยนแปลงความถี่ ซึ่งวงจรที่ทำหน้าที่กำจัดแอมปลิจูดหรือขลิบสัญญาณ FM นี้เรียกว่า วงจรลิมิตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

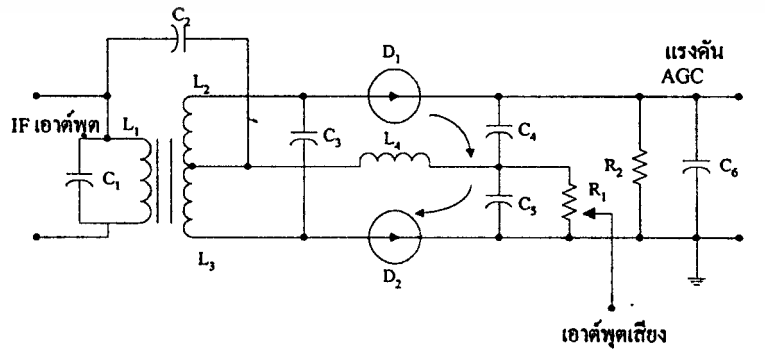
ดังนั้น ก่อนที่สัญญาณ FM (ที่มีความถี่กลาง) จะถูกดีมอดูเลตูเลต ต้องผ่านวงจรลิมิตเตอร์ก่อน เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนที่ปนมาในแอมปลิจูดของสัญญาณ FM

**2.6.10 เรโชดีเทกเตอร์ (Ratio Detector)**

วงจรเรโชดีเทกเตอร์ มีความคล้ายคลึงกันกับวงจรฟอสเตอร์-ซีลีย์ ดิสคริมิเนเตอร์มาก แต่จะแตกต่างกันตรงการต่อไดโอด $D_1$ ซึ่งจะต่อกลับทางกัน และเอาต์พุตที่ได้จะแตกต่างกับวงจรฟอสเตอร์-ซีลีย์ดิสคริมิเนเตอร์ วงจรเรโชดีเทกเตอร์นี้เป็นวงจรที่ได้รับความนิยมมาก เพราะเป็นวงจรที่ใช้ทำหน้าที่ลิมิตเตอร์จำกัดแอมปลิจูดในตัวด้วย จึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องเพิ่มวงจรลิมิตเตอร์ก่อนจะดีเทกแยกต่างหากอีก

การที่ไดโอด $D_1$ ต่อกลับทาง ซึ่งทำให้ไดโอดทั้งคู่ต่อนุกรมคร่อมอยู่กับขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลง การนำกระแสของไดโอดทั้งคู่จะขึ้นอยู่กับแรงดันที่ตกคร่อม $L_2$ กับ $L_3$ และ $L_4$ ที่ความถี่กลาง ไดโอดทั้งคู่จะนำกระแสเท่ากัน แต่ในกรณีนี้แรงดันที่ประจุแก่ $C_4$ และ $C_5$ ต่ออนุกรม เพื่อมิให้เกิดการหักล้างกันดังเช่นวงจรดิสคริมิเนเตอร์

ขอให้สังเกต $C_6$ ซึ่งเป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าสูงๆ เพื่อให้รักษาแรงดันคร่อม $R_2$ ให้คงที่ หลังจากที่ป้อนอินพุตแก่วงจรเรโชดีเทกเตอร์ แรงดันที่ประจุให้แก่ $C_6$ เป็นสัดส่วนกับค่าระดับความแรงของสัญญาณ FM โดยเฉลี่ยนอกจากนี้แรงดันคร่อม $C_4$ กับ $C_5$ แรงดันนี้จะคงที่ ถ้าสัญญาณ FM จะมีแอมปลิจูดที่เปลี่ยนแปลงฉับพลันเช่น มีสัญญาณรบกวนนี่คือเหตุผลที่วงจรเรโชดีเทกเตอร์มีภูมิต้านทานต่อสัญญาณรบกวนในตัวเองแรงดันคร่อม $C_6$ ยังใช้เป็นแรงไฟ AGC ได้อีกด้วย เพราะแรงดันตกคร่อม $C_6$ เป็นสัดส่วนกับความแรงของสัญญาณ แรงดันตกคร่อม $C_5$ รวมกับแรงดันตกคร่อม $C_4$ จะเท่ากับแรงดันตกคร่อม $C_6$ ที่ความถี่กลางได้ โดย $D_1$ และ $D_2$ นำกระแสเท่ากัน ทำให้แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุทั้งคู่จะเท่ากับแรงดันคร่อม $C_5$ ต่อมาจาก $R_1$ ซึ่งปรับค่าได้เป็นแรงดันเอาต์พุตซึ่งอาจมีไฟ DC ค่าลบปนออกมาด้วย




**รูปที่ 2.23 วงจรเรโชดีเทกเตอร์**

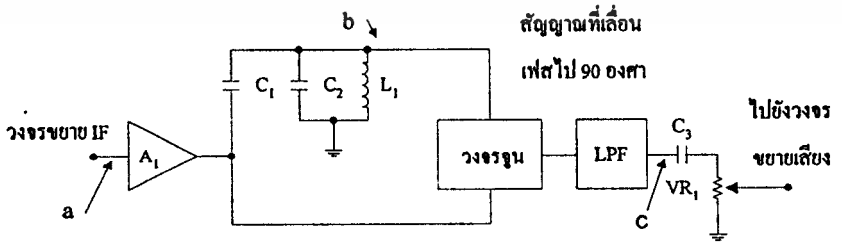
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอด $D_1$ และ $D_2$ จะนำกระแสมากน้อยสลับกัน เมื่อสัญญาณความถี่กลางแกว่งไปมาระหว่างความถี่กลาง ผลต่างของการนำกระแสจะไม่เท่ากัน จะปรากฏเป็นกระแสที่ไหลผ่าน $L_4$ เช่น เมื่อ $D_1$ นำกระแสมากกว่า $D_2$ แรงดันคร่อม $C_4$ จะมีค่ามากกว่าแรงดันคร่อม $C_5$ แต่เนื่องจากแรงดันผลรวมเท่ากับแรงดันคร่อม $C_6$ ถูกดึงเอาไว้ให้คงที่ ดังนั้นแรงดันคร่อม $C_5$ ต้องลดลงทำให้เอาต์พุตมีค่าลดลง

เมื่อไดโอด $D_2$ นำกระแสมากกว่าแรงดันคร่อม $C_5$ จะมีค่ามากกว่าดังนั้นเอาต์พุตมีค่าสูงขึ้น จะเห็นว่าแรงดันเอาต์พุตจะแกว่งไปค่าบวกหรือค่าลบ ตามการเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณความถี่กลาง เช่น เมื่อความถี่กลางสูงขึ้น แรงดันเอาต์พุตจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่กลางลดลง แรงดันเอาต์พุตมีค่าลดลง ข้อดีของวงจรเรโซดีเทกเตอร์คือ มีการจำกัดแอมปลิจูดไปในตัว และมีแรงดัน AGC ต่อไปใช้ได้เลย ไม่จำเป็นต้องใช้วงจรพิเศษเพิ่มเติมอีก

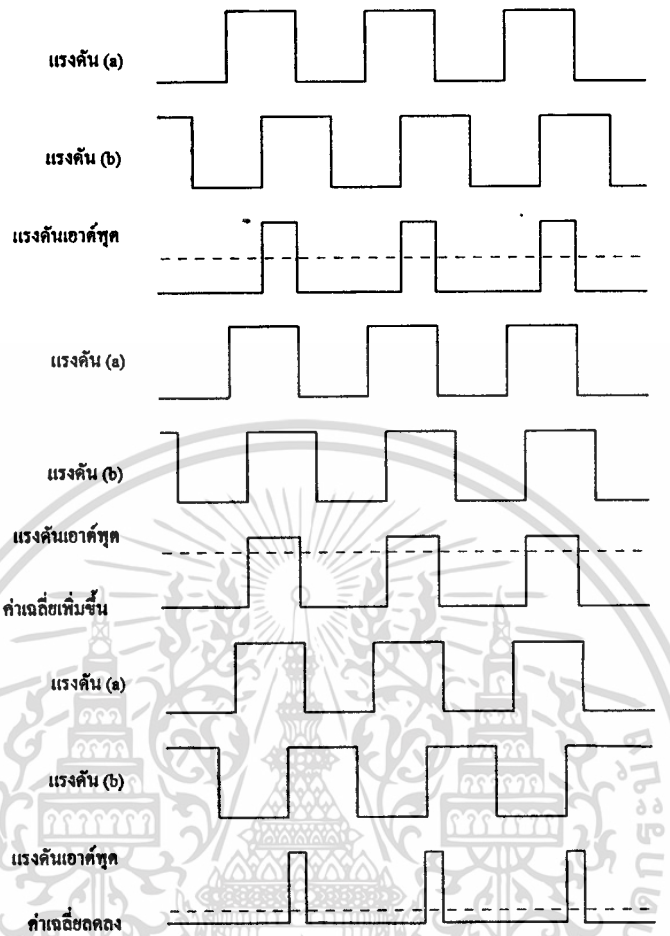
### 2.6.11 ควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์

วงจรดีเทกเตอร์ชนิดนี้อาศัยหลักการคูณระหว่างสัญญาณ FM กับสัญญาณ FM ตัวเดิมแต่เลื่อนเฟสไป 90 องศา ผลลัพธ์เป็นสัญญาณมอดูเลต (สัญญาณเสียง) ดังรูปที่2.24 (ก) กระแสที่ไหลในคอยล์จะมีเฟสต่างจากแรงดันคร่อมที่คอยล์ 90 องศา กระแสนี้จะป้อนไปให้วงจรเรโซแนนซ์ขนาน Z ซึ่งจะจูนความถี่เอาไว้ที่ความถี่กลางของสัญญาณ FM แรงดันตกคร่อมวงจรเรโซแนนซ์จะมีเฟสเลื่อนไปตามความถี่พาหะเบี่ยงเบนของสัญญาณ FM ที่ผ่านวงจรเรโซแนนซ์จะกลายเป็นสัญญาณ PM หลังจากสัญญาณ FM และสัญญาณ FM คูณกัน (ทำงานช่วงนอนลิเนียร์) ดูรูปที่ 2.24 (ข) ผลลัพธ์จากการคูณจะเป็นสัญญาณความถี่สูงกับสัญญาณความถี่ต่ำ คือ สัญญาณมอดูเลต สัญญาณแรกถูกกรองทิ้งไปโดยกรองความถี่ต่ำผ่านเอาต์พุตจึงเป็นสัญญาณเสียงตามต้องการ




(ก) การเลื่อนเฟสที่คอยล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




(ข) การเปรียบเทียบเฟส

**รูปที่ 2.24 วงจรควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์**

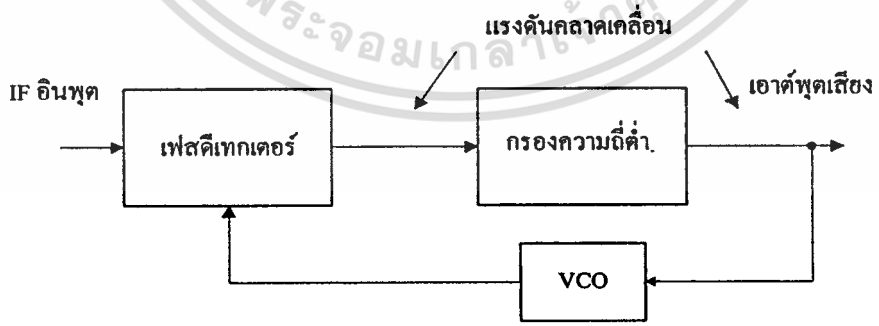
ความจริงวงจรควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์ทำหน้าที่เสมือนวงจรเทียบเฟสของสัญญาณ FM สองสัญญาณซึ่งมีเฟสต่างกัน 90 องศา ดูรูปที่ 2.24 (ข) ในที่นี้เขียนเป็นพัลซ์ เพื่อความสะดวกสัญญาณความถี่สูงจะถูกกรองทิ้งไปคงเหลือแต่สัญญาณความถี่ต่ำเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในรูปคลื่น 2.24 (ข) ซึ่งเป็นสัญญาณเสียง จากการที่ได้สังเกตจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่เบี่ยงเบนของพาหะ (เพราะเมื่อสัญญาณ FM มีความถี่ต่ำลง พัลซ์ของเอาต์พุตแคบลงค่าเฉลี่ยจะน้อยลง) นั่นคือ ค่าเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณเสียงโดยทั่วไป วงจรควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์ทำเป็นไอซี ซึ่งรวมวงจรขยายความถี่กลาง วงจรขยายลิมิตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอื่นๆไว้ด้วยในไอซีตัวเดียว โดยต่อคอยล์ซึ่งเลื่อนเฟสไว้ภายนอก และอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่ไอซีที่ใช้ทำวงจร

### 2.6.12 วงจรดีมอดูเลตชนิด PLL (Phase Locked Loop)

เราสามารถใช้วงจรเฟสล็อกลูปดีมอดูเลตสัญญาณ FM ได้ดังรูปที่ 2.25 วงจร PLL เป็นไอซีซึ่งใช้งานสะดวก วงจร PLL ประกอบด้วยเฟสดีเทกเตอร์ซิลเตอร์ชนิดโลว์พาส-ออสซิลเลเตอร์ที่ควบคุมความถี่ด้วยแรงดัน (Voltage Controlled Oscillator) ซึ่งวงจรนี้ทำการออสซิลเลตที่ความถี่อินพุตความถี่กลาง วงจรเฟสดีเทกเตอร์ทำหน้าที่เปรียบเทียบความถี่ของสัญญาณอินพุตกับสัญญาณจาก VCO แรงดันนี้จะนำไปกรองโดยฟิลเตอร์ชนิดโลว์พาสเพื่อกำจัดสัญญาณความถี่สูงๆ ที่ปะปนทิ้งไป ฟิลเตอร์ดังกล่าวนิยมเรียกว่าลูปฟิลเตอร์ เป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของวงจร PLL เช่น ช่วงความถี่ที่ลูปจะล็อก รวมทั้งช่วงเวลาที่ลูปใช้ในการล็อกความถี่กับอินพุตแรงดันคลาดเคลื่อนหลังจากกรองความถี่ด้วยโลว์พาสฟิลเตอร์แล้วนำไปควบคุมความถี่ของ VCO ตัวอย่างเช่น เมื่อความถี่ของอินพุตมีค่าเปลี่ยนไปทางบวกสูงขึ้นแรงดันคลาดเคลื่อนจะเกิดเอาต์พุตของเฟสดีเทกเตอร์ แรงดันนี้จะถูกกรอง และนำไปบังคับ VCO ให้ออสซิลเลตที่ความถี่สูงเพิ่มตามความถี่อินพุตเพื่อล็อกความถี่กับอินพุต เมื่อมีสัญญาณที่อินพุตป้อนมาเป็นสัญญาณ FM วงจร VCO จะพยายามเปลี่ยนค่าความถี่ตามการเบี่ยงเบนไปจากความถี่กลางของสัญญาณ FM ดังนั้นค่าแรงดันที่คลาดเคลื่อนจะเป็นสัญญาณที่มอดูเลตหลังจากเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณอินพุตกับ VCO แล้ว

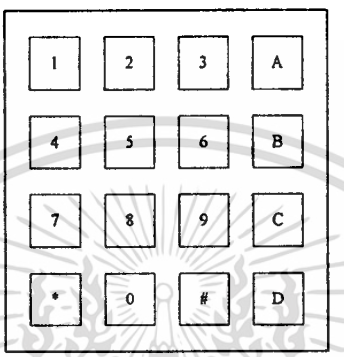



**รูปที่ 2.25** แผนผังของวงจรดีมอดูเลตชนิด PLL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 หลักการเข้ารหัส และภาคถอดรหัส DTMF (Dual Tone Multi Frequency)

สำหรับแป้นกดของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม หรือทัชโทนนั้นใช้รูปแบบการเข้ารหัสสัญญาณแบบพิเศษ ที่เรียกว่า DTMF ซึ่งอธิบายอย่างง่ายๆ คือในแต่ละแป้นกดทั้ง 12 แป้นกดของโทรศัพท์มาตราฐานที่พบเห็นโดยทั่วไปมีเพียง 12 แป้นแต่จริงๆ มีถึง 16 แป้น จะผลิตสัญญาณเอาต์พุต 2 ความถี่ที่แตกต่างกันออกมา




**รูปที่ 2.26** แป้นกดของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

**การสร้างรหัสสัญญาณ DTMF**

รูปที่ 2.26 แสดงถึงแป้นกดที่สมบูรณ์จริงๆ ซึ่งมีอยู่ 16 ปุ่มกด คือ เลข 0-9 , *, # และตัวอักษร A-D โดยที่ปุ่มกด A-D นี้ จะใช้งานเฉพาะกับอุปกรณ์สื่อสารแบบพิเศษเท่านั้น จึงไม่พบกันในโทรศัพท์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ซึ่งปุ่มกดของโทรศัพท์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปนั้นจะผลิตสัญญาณเอาต์พุตจำนวน 2 ความถี่ออกมาโดยที่ความถี่ของทั้งสองนั้นได้แสดงเอาไว้เป็นแถวและหลักดังในรูปที่ 2.26 ยกตัวอย่างเช่น ปุ่มกดเลข 5 จะอยู่ในหลักของ 1336 เฮิรตซ์ และแถวของ 770 เฮิรตซ์ ดังนั้นถ้าหากกดปุ่มหมายเลข 5 เครื่องจะผลิตสัญญาณเอาต์พุตขึ้นมา 2 ความถี่ ซึ่งจะประกอบด้วยความถี่ 1336 เฮิรตซ์ และ 770 เฮิรตซ์ออกมา ดังนั้น จะต้องมีตัวรับสัญญาณ DTMF เพื่อทำการถอดรหัสของสัญญาณออกมาเมื่อมีการกดปุ่ม ในแต่ละครั้งเพื่อให้รู้ว่ากดหมายเลขอะไร ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ใช้ไอซีเบอร์ MT8870 ของบริษัทโมโตโรล่าในการใช้ถอดสัญญาณ DTMF เพราะเป็นไอซีที่นิยมใช้กันทั่วไปหาซื้อง่าย และราคาถูก

**ตัวรับสัญญาณ DTMF**

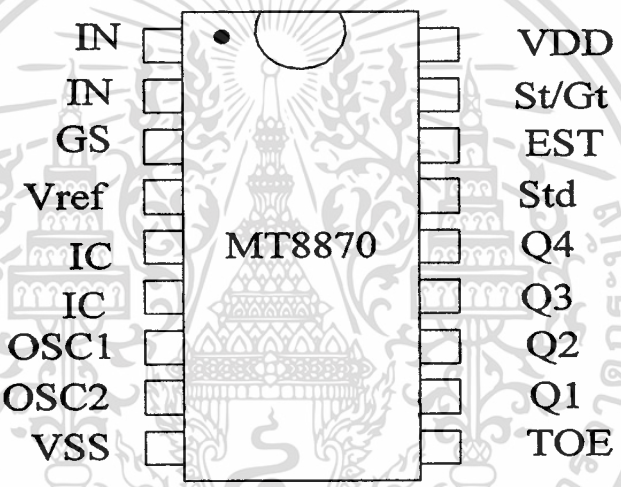
ใช้ไอซีเบอร์ MT8870 เป็นตัวถอดรหัสความถี่ที่รับได้ (ชนิด TONE หรือ DTMF) เป็นเลขฐานสอง ซึ่งไอซีเบอร์ MT8870 นี้จะใช้แปลงจากความถี่สัญญาณ DTMF ให้เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต เพื่อที่จะส่งไปให้ภาคต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**โครงสร้างของ MT8870**

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิตอล ในส่วนของวงจรกรองความถี่นั้นใช้เทคนิคของสวิตซ์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์เพื่อกรองความถี่สูง และความถี่ต่ำของวงจรถอดรหัสจะใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอล เพื่อทำการตรวจจับ และการถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ เพื่อให้ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุตจะเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเอาต์พุต

เป็นวงจรแลตช์ 3 สถานะ



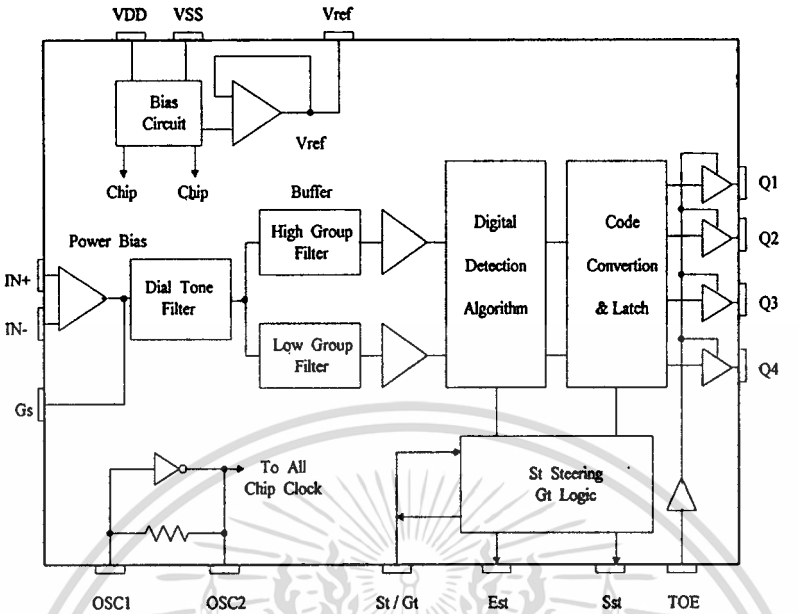

รูปที่ 2.27 ขาของ MT8870

**หน้าที่การทำงานภายใน MT8870**

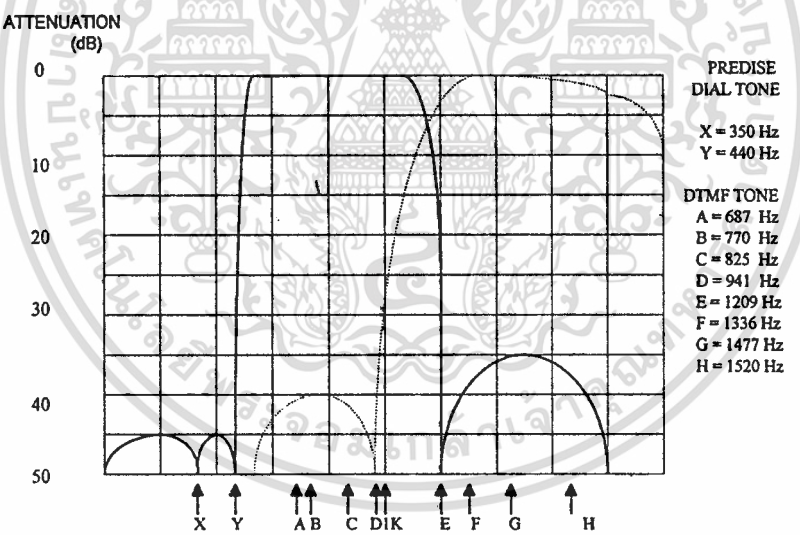
ภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

(ก) ภาคกรองสัญญาณความถี่ (Filter Section) ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูง และความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิตซ์คาปาซิเตอร์ (Six Order Switch Capacitor Band Pass Filter) ซึ่งความถี่แยกได้มี 2 ช่วงคือ ช่วงความถี่ และช่วงความถี่ต่ำ ดังรูปที่ 2.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.28** โครงสร้างภายในของ MT8870




**รูปที่ 2.29** ความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

(ข) ภาคถอดรหัส (Decoder Section) ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าไปยังวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตราฐาน DTMF หรือไม่เพื่อป้องกันไม่ให้ความถี่อื่นเข้ามาผสมได้ เมื่อทำการตรวจสอบแล้วถ้าหากพบว่าความถี่ถูกต้อง สัญญาณที่ขา EST (Early Steering) จะอยู่ในสภาวะแอคทีฟ สำหรับวงจรถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ นั้น แสดงในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

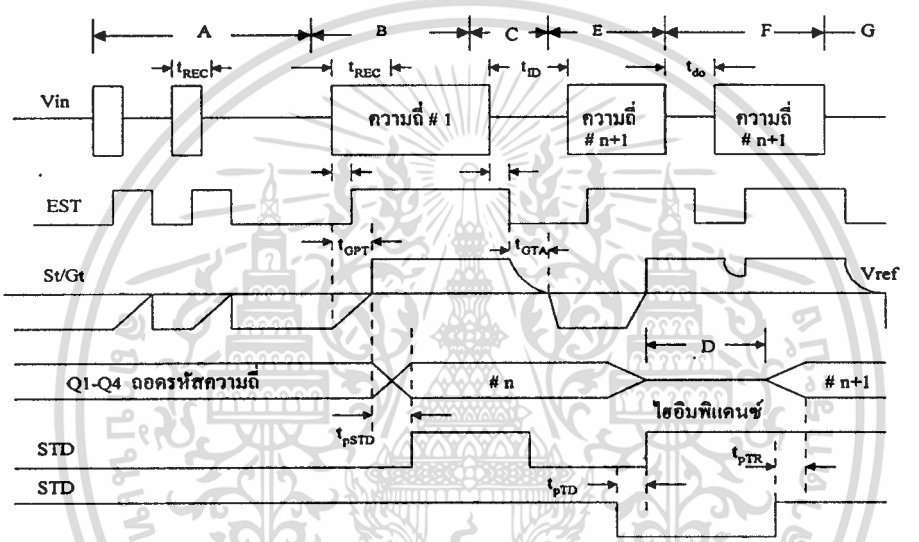
**ตารางที่ 2.1 ค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ**

| $F_{LOW}$ | $F_{HIGH}$ | NO | TOE | Q4 | Q3 | Q2 | Q1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 697 | 1209 | 1 | H | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 697 | 1336 | 2 | H | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 697 | 1477 | 3 | H | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 770 | 1209 | 4 | H | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 770 | 1366 | 5 | H | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 770 | 1477 | 6 | H | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 852 | 1209 | 7 | H | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 852 | 1336 | 8 | H | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 852 | 1477 | 9 | H | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 941 | 1336 | 0 | H | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 941 | 1209 | * | H | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 941 | 1477 | # | H | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 697 | 1633 | A | H | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 770 | 1633 | B | H | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 852 | 1633 | C | H | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 941 | 1633 | D | H | 0 | 0 | 0 | 0 |
| - | - | ANY | L | Z | Z | Z | Z |

(ค) ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit) ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปยังเอาต์พุต จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทน ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรดังนั้น วงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก ทำให้ขา $E_{st}$ มีแรงดัน 5 โวลต์ มีระยะเวลานานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF ทำให้ $V_c$ สูงขึ้น ตัวเก็บประจุจะคายประจุทำให้ $V_c$ สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต ซึ่งรายละเอียดของการทำงานดูได้จากแผนภูมิเวลาหรือไทมิ่งไดอะแกรม (Timing Diagram) ดังในรูป 2.30 จะเข้าใจได้ง่ายกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับคำว่าการ์ดไทม์ (Gard Time) นั้นหมายถึงช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามา ซึ่งจะต้องนานเท่ากับ หรือมากกว่าช่วงเวลาที่ตั้งไว้จึงจะได้การยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้อง หรือพูดได้ว่าเวลาที่ตั้งไว้ คือ การ์ดไทม์นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามาเท่ากัน หรือมากกว่าเวลาที่ตั้งเอาไว้จึงจะสามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ แต่ถ้าหากสัญญาณความถี่เข้ามาสั้นกว่าจะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป




รูปที่ 2.30 แผนภูมิเวลาของ MT8870

**อธิบายขั้นตอนการทำงาน**

A = ตรวจพบความถี่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้องเอาต์พุตไม่เปลี่ยน

B = ความถี่ # n ถูกตรวจพบ และมีคาบเวลาที่ถูกต้องความถี่ถูกถอดรหัส และแลตซ์ไว้ที่เอาต์พุต

C = จบความถี่ # n ช่วงห่างถูกต้องเอาต์พุตยังคงแลตซ์จนได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

D = เอาต์พุตเปลี่ยนเป็นไฮอิมพีแดนซ์

E = ความถี่ # n+1 ถูกตรวจพบคาบเวลาถูกต้องความถี่ถูกถอดรหัส และแลตซ์ไว้

F = ความถี่ # n+1 ช่วงห่างไม่ถูกต้องเอาต์พุตยังคงแลตซ์อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G = จบความถี่ # n+1ช่วงห่างถูกต้องเอาต์พุตยังคงแลตซ์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

**อธิบายคำศัพท์**

$V_{in}$ : สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา

$E_{st}$ : Early Steering Output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง

St/Gt : Steering Input/Guard Time Output สำหรับต่อกับ RC ภายนอก

$Q_1$-$Q_4$ : เอาต์พุต BCD ขนาด 4 บิต

Std : Delayed Steering Output ใช้แสดงว่าความถี่ที่ได้รับ หรือหายไปมีคาบเวลาที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ

TOE : Tone Output Enable (Input) ใช้ควบคุม $Q_1$-$Q_4$ ให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์

$T_{_REC}$ คาบเวลานานที่สุดตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง

$T_{rec}$ : คาบเวลาสิ้นสุดที่ต้องการ เพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง

$t_{ID}$ : เวลาสั้นสุดของสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

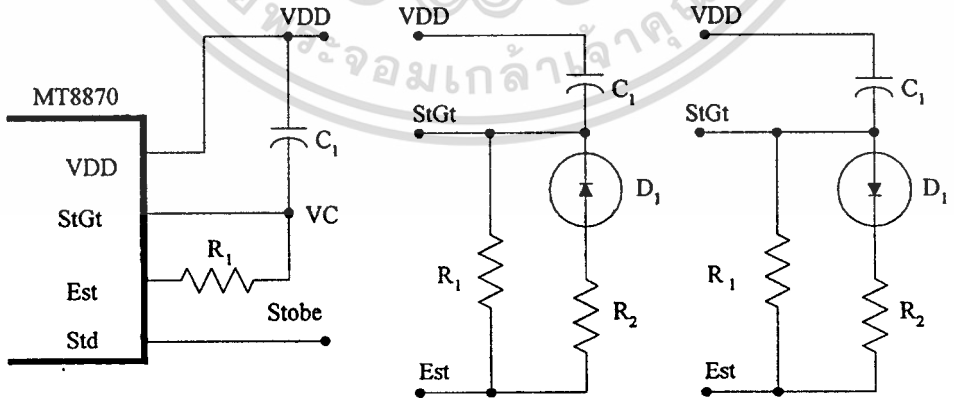
$t_{DO}$ : เวลานานที่สุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

$t_{DP}$ : เวลาที่ใช้ในการตรวจสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

$t_{DA}$ : เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

$t_{GTP}$ : การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF

$t_{GTA}$ : การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF



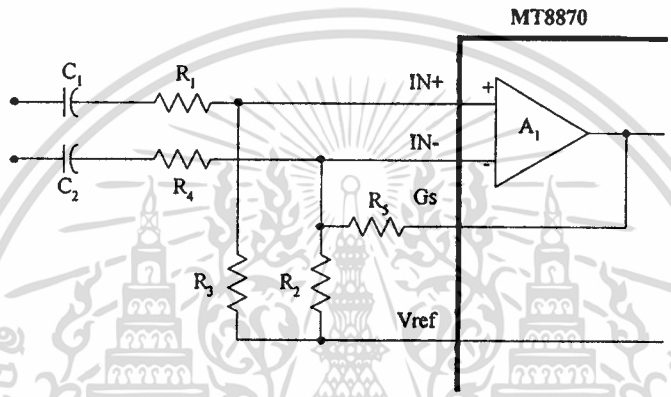

**รูปที่ 2.31 วงจรตรวจสอบสัญญาณ และแสดงการกำหนดเวลาการ์ดไทม์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ง) ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (Differential Input) ซึ่งในส่วนอินพุตของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายได้ โดยต่อวงจรภายนอกเข้าไป รูปที่ 2.32 เป็นการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุต และอิมพีแดนซ์ได้ดังนี้

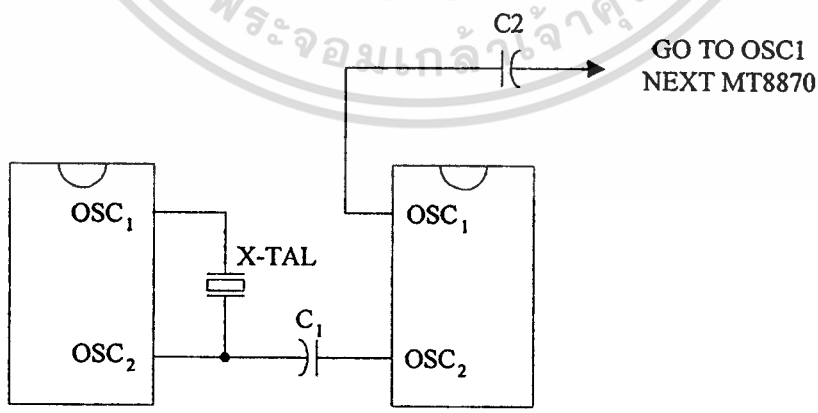
$$\text{อัตราการขยาย } (A_{v\,diff}) = \frac{R5}{R1}$$

$$\text{อินพุตอิมพีแดนซ์ } (Z_{in\,diff}) = 2\ R_1^2+(\frac{1}{Wc})^2$$




**รูปที่ 2.32 การต่อวงจรภาคอินพุต**

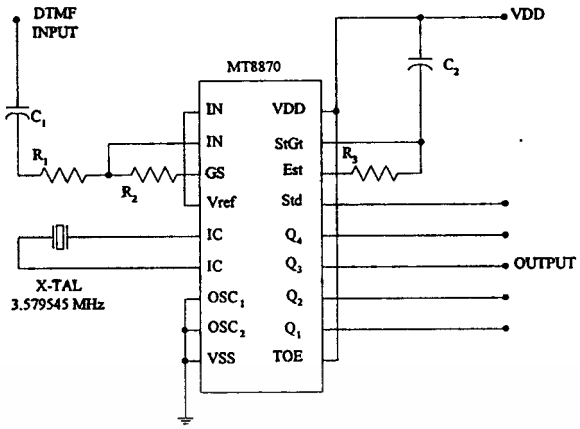
(จ) ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator) ในภาคนี้ภายในไอซีจะมีวงจรอยู่ภายใน เพียงต่อแร่คริสตอลขนาด 3.58 เมกะเฮิรตซ์ สามารถใช้งานได้ทันที การต่อวงจรกำเนิดความถี่แสดงไว้ในรูปที่ 2.33




$C_1, C_2$ = 30 pF X-TAL = 3.058 MHz

**รูปที่ 2.33 การต่อวงจรผลิตความถี่**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.34 วงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870**

## 2.8 ไอซีกำเนิดเสียงเพลงเบอร์ UM 66T

ไอซีกำเนิดเพลงเสียงเบอร์ UM66T เป็นไอซีที่ใช้สร้างวงจรกำเนิดตัวโน๊ตดนตรีต่างๆ โดยอาศัยรูปแบบของหน่วยความจำคงที่ ซึ่งประกอบไปด้วยตัวโน๊ตทางดนตรีจำนวน 64 ตัว ที่บันทึกเอาไว้ในหน่วยความจำรอม เป็นวงจรที่กินกระแสต่ำมาก โดยแรงดันที่จะทำให้วงจรนี้สามารถทำงานได้ตั้งแต่แรงดัน 1.3-3.3 โวลต์ สามารถขับลำโพงแบบไดนามิคให้มีเสียงออกมาได้โดยการใช้ทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นพีเอ็นต่อเป็นวงจรขยายภายนอกไอซี วงจรผลิตความถี่จะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานภายในสามารถเลือกได้ว่าจะให้บรรเลงเพียงครั้งเดียว หรือบรรเลงวนเรื่อยไป เมื่อวงจรเป็นลักษณะของเพาเวอร์ออนรีเซ็ตวงจรจะเริ่มทำงานโดยการบรรเลงโน๊ตเพลงเริ่มตั้งแต่โน๊ตตัวแรก สามารถขับสัญญาณเสียงดนตรีออกลำโพงเพียโซได้โดยตรง

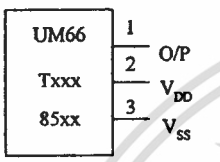
ไอซีอนุกรม UM66T เป็นไอซีแบบซีมอสแอลเอสไอ (CMOS LSI)ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้เป็นวงจรเสียงกริ่ง (Door Bell)สามารถนำเอาไปประยุกต์ใช้ในงานโทรศัพท์ หรืออื่นๆ ได้ ภายในประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญ คือ ชิ้นส่วนของรอม อันเป็นหน่วยความจำที่ถูกบันทึกเอาไว้คงที่ ไอซีเสียงเพลงนี้กินกระแสน้อยมาก เพราะใช้การผลิตด้วยเทคโนโลยีของซีมอส วงจรออสซิลเลเตอร์ และวงจรโหมดซีเล็คเตอร์ซึ่งเป็นวงจรภายในตัวไอซีจะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ให้กำเนิดเสียงในแบบต่างๆ ขึ้นโดยวงจรนี้จะมีอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ภายนอกน้อยตัวมากจะมีลักษณะเป็นชิพบรรจุอยู่ในตัวถังพลาสติกมีขาใช้งาน 3 ขา คือขา 1 เป็นขาเมโลดี้ เอาต์พุตเป็นขาที่นำเอาสัญญาณเสียงออกไปใช้งาน ขา 2 เป็นขาจ่ายไฟเข้า และอีกขาเป็นขากราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1. คุณสมบัติทางไฟฟ้า**

**ไฟเลี้ยงวงจร** ($V_{DD}$) 1.3 -3.3 โวลต์ อัตรากินกระแสกรณีที่สแตนบายด์ ($I_S$) จะมีค่าไม่เกิน 1 ไมโครแอมป์ โดยคิดที่ไฟเลี้ยงของวงจรเท่ากับ 1.5 โวลต์ และเป็นวงจรเปิดซึ่งมีอัตรากินกระแสในกรณีใช้งาน ($I_D$) ไม่เกิน 60 ไมโครแอมป์ โดยคิดที่ไฟเลี้ยงของวงจรเท่ากับ 1.5 โวลต์ และเป็นวงจรเปิดที่มีเสถียรภาพของความถี่ 12 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิขณะทำงาน ( $T_{OPT}$) อยู่ในช่วง -10 ถึง 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสะสม($T_{STG}$) -55 ถึง 125 องศาเซลเซียส

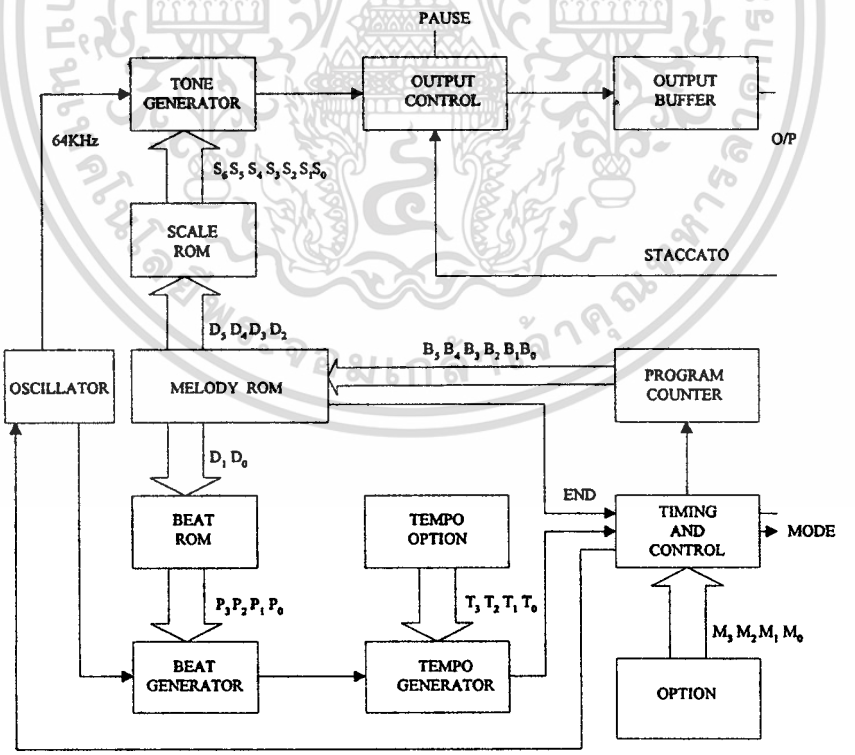
Pin Configuration BE146




Pin Description

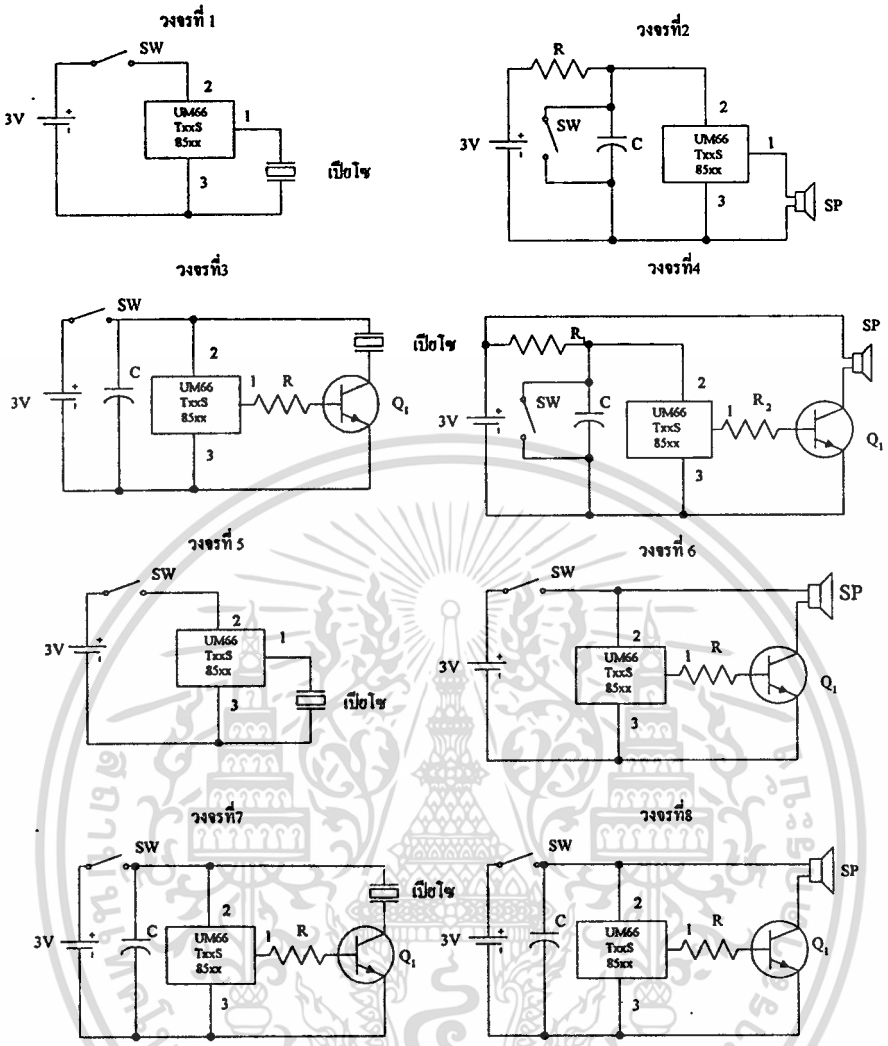
| Pin No | Designation | Description |
|---|---|---|
| 1 | O/P | Melody output |
| 2 | $V_{DD}$ | Positive power supply |
| 3 | $V_{SS}$ | Negative power supply |

Block Diagram BE147




**รูปที่ 2.35 ตำแหน่งขา และแผนผังการทำงานของไอซีเบอร์ UM 66T**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.36 การต่อใช้งานไอซีเบอร์ UM 66T

วงจรใช้งาน

1. วงจรกำเนิดโน๊ตดนตรีแบบบรรเลงเที่ยวเดียว (One Short) สำหรับขับเพียโซ

2. วงจรกำเนิดโน๊ตดนตรีแบบบรรเลงเที่ยวเดียว (One Short) สำหรับขับลำโพง

3. วงจรกำเนิดโน๊ตดนตรีแบบบรรเลงเที่ยวเดียว (One Short) สำหรับขับเพียโซ แต่ในกรณีใช้สวิตซ์แบบปกติปิด (NC Switch)

4. วงจรกำเนิดโน๊ตดนตรีแบบบรรเลงเที่ยวเดียว (One Short) สำหรับขับลำโพง แต่ในกรณีใช้สวิตซ์แบบปกติปิด (NC Switch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วงจรกำเนิดโน๊ตดนตรีแบบบรรเลงเที่ยวเดียว (One Short) สำหรับขับเพียโซ แต่ในกรณีใช้สวิตซ์แบบปกติเปิด (NO Switch)

6. วงจรกำเนิดโน๊ตดนตรีแบบบรรเลงเที่ยวเดียว (One Short) สำหรับขับลำโพง แต่ในกรณีใช้สวิตซ์แบบปกติเปิด (NO Switch)

7. วงจรกำเนิดโน๊ตดนตรีแบบบรรเลงวน (Level Hold) สำหรับขับเพียโซ

8. วงจรกำเนิดโน๊ตดนตรีแบบบรรเลงวน (Level Hold) สำหรับขับลำโพง

**2. การทำงานของไอซี**

วงจรออสซิลเลเตอร์ เป็นหน่วยเวลาหลัก สำหรับการผลิตสัญญาณเสียงดนตรีที่เรียกว่าวงจรไทม์เบส (Time Base) และยังเป็นตัวกำเนิดสัญญาณที่ใช้ในการบีทจังหวะอีกโสตหนึ่งด้วย วงจรโทนเจนเนอร์เรเตอร์จะรับความถี่ที่ได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์ซึ่งมีความถี่ 64 กิโลเฮิรตซ์ เข้าสู่การหารความถี่ การหารความถี่จะหารด้วยตัวเลขคู่จาก 64 ถึง 254 ซึ่งสำเนียงเสียงดนตรีทั้งหมดมี 14 แบบ หรือ 14 สเกล ทั้งหมดนี้จะสามารถเลือกได้จากรหัสเอนด์โค้ด (End Code) โทนเจนเนอเรเตอร์จะหารความถี่ต่างๆออกมา เพื่อบรรเลงเป็นเพลงตัวโน๊ตต่างๆ ในช่วงของสเกลที่เริ่มต้นจาก C4 ถึง C6 และช่วงของความถี่ที่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 258 เฮิรตซ์ ถึง 32768 เฮิรตซ์ วงจรบีทเจนเนอเรเตอร์เป็นการสร้างจังหวะตัวโน๊ตแบบต่างๆ ซึ่งในเรื่องของเสียงดนตรีนั้นจะมีตัวโน๊ตหลายตัว เช่น โน๊ตตัวกลม โน๊ตตัวขาว โน๊ตตัวดำ โน๊ตเขบิ๊จหนึ่งชั้น โน๊ตเขบิ๊จสองชั้น

ดังนั้น ในการออกแบบวงจรจึงได้มีการออกแบบ จึงได้มีการออกแบบเพื่อให้เกิดการ บีทขึ้น 15 แบบ คือ 1/4, 1/2, 3/4, 1, 1-1/2, 1-3/4, 2, 2-1/4,2-1/2, 2-3/4, 3, 3-1/4, 3-1/2 และ 3-3/4 อัตราที่ว่านี้คิดเทียบจากตัวโน๊ตตัวดำ หรือคิดเทียบจากค่ามาตรฐาน 1 จังหวะของห้องเพลง วงจรเมโลดี้รอมเป็นวงจรแบบมาสค์รอม (Mask Rom) ซึ่งมีความสามารถเก็บหน่วยความจำได้ 64 ตัวโน๊ต สำหรับข้อมูลทั้งหมดรวม 6 บิต โดยจะมีข้อมูลอีก 4 บิต ใช้สำหรับเป็นตัวควบคุมสเกลของตัวโน๊ต และข้อมูลอีก 2 บิต

**3. การประยุกต์ใช้งาน และแนวทางการตรวจซ่อมเบื้องต้น**

เนื่องจากไอซีตัวนี้เป็นชิพที่มีขาเพียง 3 ขา ดังนั้น การตรวจซ่อมจึงง่ายมาก โดยเริ่มจากการวัดไฟที่ขา 2 หรือขากลางว่ามีไฟมาเลี้ยงวงจรหรือไม่ ซึ่งไฟตรงจุดนี้จะมีค่าตั้งแต่ 1.3 โวลต์ไปจนถึง 3.3 โวลต์ ขา 3 ต่อกับกราวด์ หรือไฟลบแล้วจึงใช้หูฟังคริสตอล หรือ ลำโพงเพียโซ ตรวจสอบเสียงจากขา 1 ว่ามีหรือไม่ การเอาไปประยุกต์ใช้สามารถกระทำได้หลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบอย่าง เช่น เอาไปใช้ในวงจรโฮลด์สายโทรศัพท์เพื่อให้เกิดเสียงเพลงต่างๆขึ้นมา โดยเราอาจใช้ซ็อคเก็ตเสียบไว้ก่อนแล้วเปลี่ยนเพลงของการโฮลสายตามเทศกาล ข้อมูลในการเลือกเพลงจะตามท้ายเบอร์ UM66T โดยตัวตาม 2 ตัวแรก ซึ่งเป็นตัวเลขที่บอกถึงชื่อเพลง ส่วนตัวตามท้ายตัวที่ 3 จะเขียนตัว S หรือ L หากเป็นตัว S ไว้หมายถึง ตัวย่อของคำว่าวันช็อตโหมด (One Shot Mode) อันหมายถึง เพลงเที่ยวเดียวแล้วจะหยุดบรรเลง หากลงท้ายด้วย L หมายถึง คำย่อของเลเวลโฮลด์โหมด (Level Hold Mode) หมายถึงเพลงนั้นๆ เมื่อจบเที่ยว หรือจบเพลงแล้วยังคงบรรเลงวนต่อไปเรื่อยๆ โดยเพลงต่างๆทั้ง 14 เพลง หรือ 14 เสกลได้แสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

**ตารางที่ 2.2** การเลือกใช้งานไอซีเบอร์ UM66T

| | รายการเพลง |
|---|---|
| UM66T01 L/S | Jingle Bell + Santa Claus is Coming To Town + We With You a Merry X'mas |
| UM66T02. L/S | Jingle Bell |
| UM66T04 L/S | Jingle Bell + Rudolph the Rednosed Reindeer + Joy to the World |
| UM66T05 L/S | Home Sweet Home |
| UM66T06 L/S | Let Me Call You Sweetheart |
| UM66T08 L/S | Happy Birthday to You |
| UM66T09 L/S | Wedding March (Mendelssohn) |
| UM66T11 L/S | Love Me Tender , Love Me True |
| UM66T13 L/S | Easter Parade |
| UM66T19 L/S | For Elise |
| UM66T32 L/S | Coo Coo Waltz |
| UM66T33 L/S | Mary Hard a Little Lamp |
| UM66T34 L/S | The Train is Running Fast |
| UM66T68 L/S | It's a small wold |

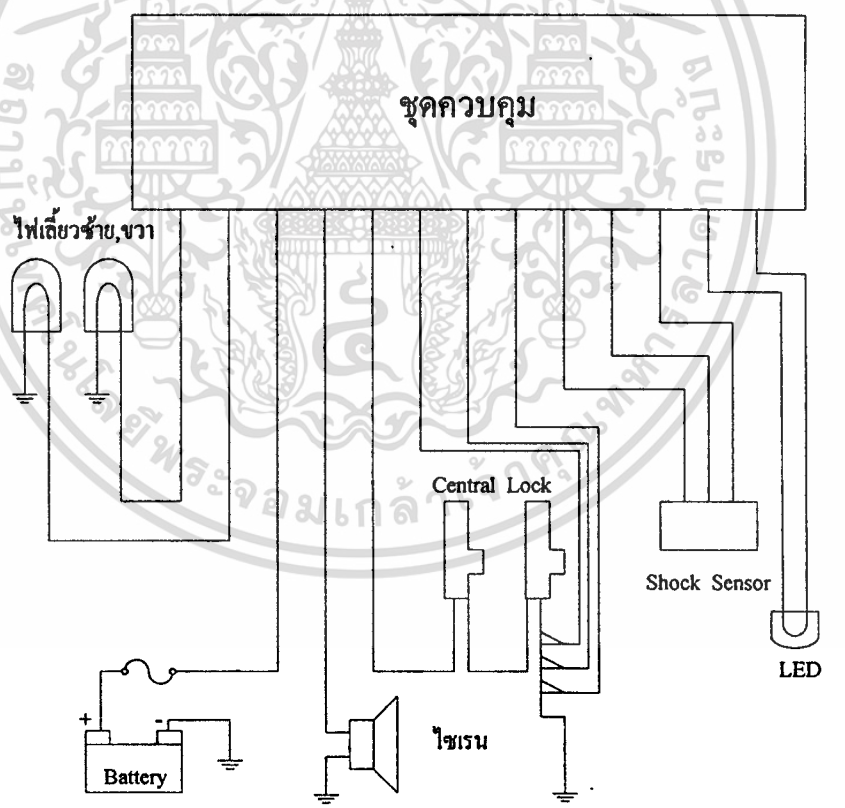
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

# การออกแบบ และการทำงาน

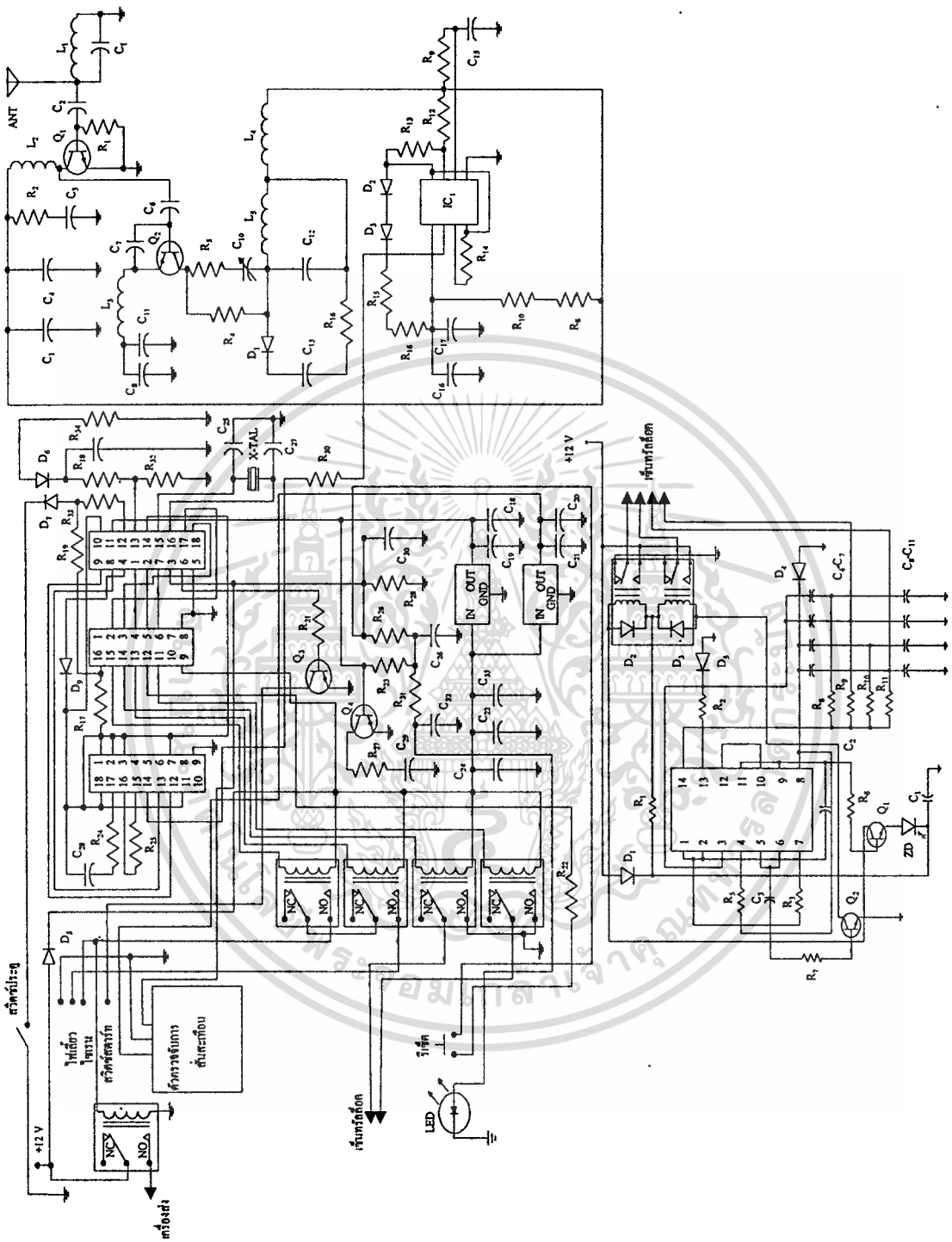
## 3.1 ชุดป้องกันขโมยรถยนต์

สำหรับการออกแบบระบบป้องกันขโมยรถยนต์ชนิดพกพาในโครงงานนี้ ได้ทำการนำเอาชุดป้องกันขโมยรถยนต์สำเร็จรูปที่ติดตั้งอยู่กับรถยนต์ทั่วๆ ไปมาประยุกต์ใช้งาน ร่วมกับวิทยุรับ-ส่ง ดังนั้น จึงได้ทำการซื้อชุดป้องกันขโมยรถยนต์แบบสำเร็จรูปมาใช้กับโครงงานนี้ โดยเลือกเอาคุณสมบัติของชุดป้องกันขโมยรถยนต์ตามขีดความสามารถของ โครงงานในส่วนของการติดตั้งชุดป้องกันขโมยดูได้จากรูปที่ 3.1




**รูปที่ 3.1** แผนผังการติดตั้งชุดป้องกันขโมยรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.2 วงจรเครื่องป้องกันขโมยรถยนต์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

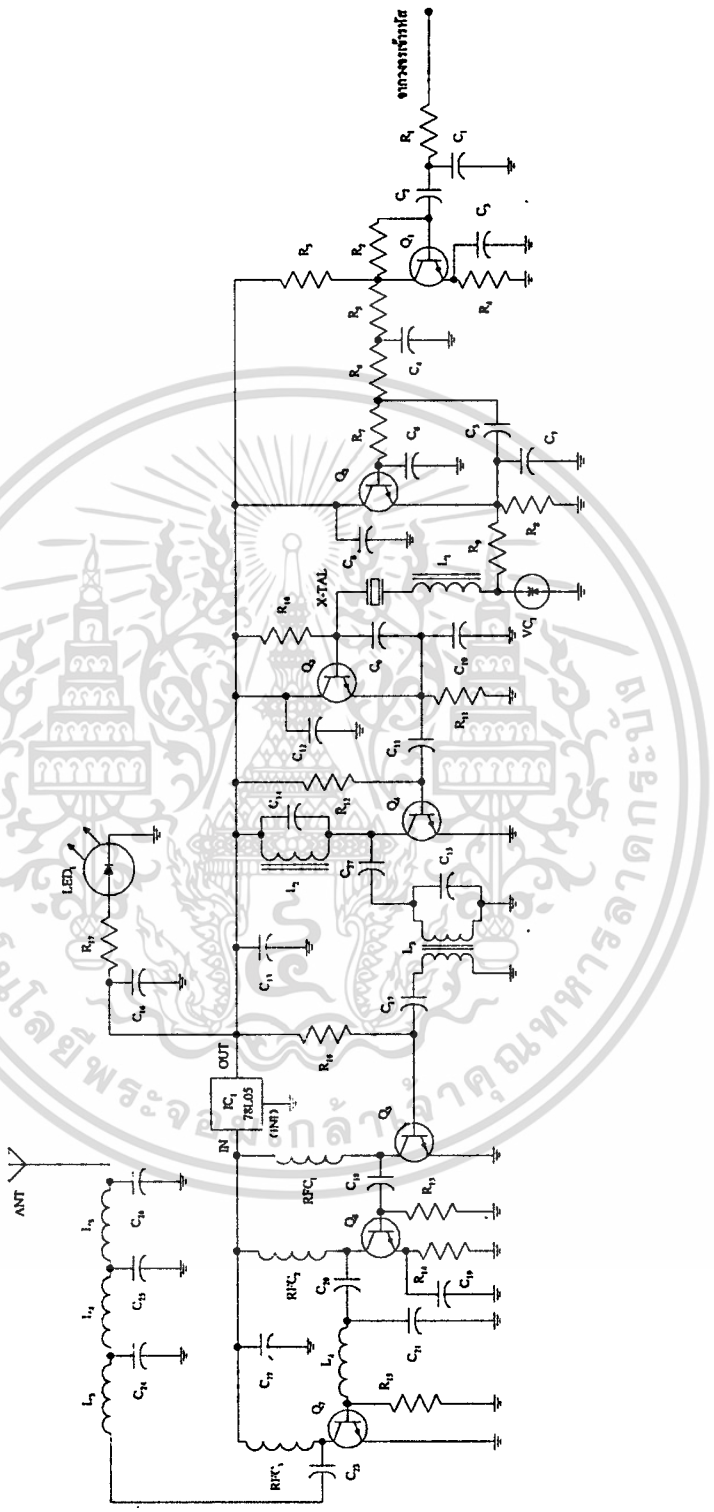
## 3.2 เครื่องส่งวิทยุ

ในการออกแบบเครื่องส่งนั้นมีปัญหายุ่งยากมากมาย ดังนั้น เพื่อความสะดวกในการประยุกต์ใช้งาน จึงได้ทำการนำเอาชุดเครื่องรับ-ส่งวิทยุสำเร็จรูปมาดัดแปลงแก้ไข เพื่อให้ได้ตรงตามขีดความสามารถของโครงงาน โดยการนำเอาเครื่องส่งวิทยุความถี่ 27 เมกะเฮิรตซ์ ทำการตัดภาครับออกจากชุดสำเร็จรูป เพราะทางด้านเครื่องส่งไม่มีความจำเป็นต้องใช้

**หลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุ**

ในส่วนของเครื่องส่งวิทยุจะเริ่มด้วยได้รับสัญญาณมาจากวงจรเข้ารหัส DTMF โดยมี $R_{17}$ เป็นตัวต้านทานไบอัส ชุด $R_1$ และ $C_1$ ทำหน้าที่กรองความถี่ DTMF ผ่าน $C_2$ คัปปลิ้งสัญญาณไปเข้าขาเบสของ $Q_1$ มี $R_3$, $R_4$ และ $C_3$ ไบอัสให้ และ $R_2$ ทำหน้าที่ป้อนกลับสัญญาณเพื่อกำหนดอัตราการขยายของ $Q_1$ สำหรับ $R_5$, $R_6$, $R_7$ และ $C_4$ ทำหน้าที่กรองความถี่ แล้วส่งมายังขาเบสของ $Q_2$ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ผลิตความถี่ 10.0416 เมกะเฮิรตซ์ โดยต่ออนุกรมกับวงจรจูน $L_1$ และ $VC_1$ ซึ่งความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตขึ้นมานี้ เปลี่ยนแปลงตามค่าความจุของ $VC_1$ ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามค่าของแรงดันสัญญาณที่เข้ามา เนื่องจากความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่กำเนิดขึ้นจากความถี่ขั้นมูลฐานในออร์เดอร์ที่หนึ่งของ คริสตอล X-$TAL_3$ มีค่าความถี่เท่ากับ 10.0416 เมกะเฮิรตซ์เท่านั้น ต้องอาศัย $Q_3$ ทำหน้าที่เป็นวงจรทวีคูณความถี่ฮาร์มอนิกที่สองของ X-$TAL_3$ ส่งความถี่ที่ได้ผ่าน $C_{11}$ มาเข้าขาเบสของ $Q_4$ ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรทวีคูณความถี่ฮาร์มอนิกที่สามของ X-$TAL_3$ โดยมีวงจรแทงก์ $L_2$ และ $C_{14}$ ทำหน้าที่จูนให้ได้ความถี่เรโซแนนซ์ที่ 27 เมกะเฮิรตซ์ แต่เอาต์พุตของ $Q_3$ ขาคอลเลคเตอร์จะมีความถี่ฮาร์มอนิกที่หนึ่ง 10.0416 เมกะเฮิรตซ์ และฮาร์มอนิกที่สอง 20.0832 เมกะเฮิรตซ์ ปะปนออกมาด้วย จึงต้องทำการกำจัดความถี่ที่ปะปนมาด้วยออกไป โดยใช้วงจรแทงก์ $L_3$ และ $C_{15}$ ต่ออยู่ในลักษณะจูน 2 ครั้ง จะได้เฉพาะความถี่ 27 เมกะเฮิรตซ์ คัปปลิ้งผ่าน $C_{17}$ ไปเข้าภาคปรีไดเวอร์ ทรานซิสเตอร์ $Q_5$ ทำหน้าที่ขยายความถี่วิทยุ ให้มีความแรงอยู่ในระดับหนึ่งเสียก่อน โดยมี $R_{16}$ ไบอัสกระแสเบสให้เอาต์พุตที่ขาคอลเลคเตอร์จะถูกคัปปลิ้งผ่าน $C_{18}$ ไปเข้าขาเบสของ $Q_6$ ทำหน้าที่เป็นไดเวอร์สังเกตได้ที่ขาอีมิตเตอร์ของ $Q_6$ จะทำการลัดวงจร $R_{14}$ และ $C_{19}$ ลงกราวด์ หมายความว่าต่อขาอีมิตเตอร์ของ $Q_6$ ลงกราวด์โดยตรง $Q_7$ เป็นเพาเวอร์เอาต์พุตทำหน้าที่ขยายสัญญาณความถี่วิทยุออกสู่สายอากาศ โดยคัปปลิ้งผ่าน $C_{23}$ และวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน $L_3$-$L_5$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.3 วงจรเครื่องส่งวิทยุ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3 เครื่องรับวิทยุ

ทางด้านเครื่องรับเหมือนกับทางด้านเครื่องส่ง คือ ใช้ชุดสำเร็จรูป เพื่อความสะดวกต่อการใช้งาน แต่ต่างกันตรงที่เครื่องรับจะทำการตัดภาคส่งออกจากชุดสำเร็จรูป โดยรูปวงจรของเครื่องรับแสดงไว้ในรูปที่ 3.4

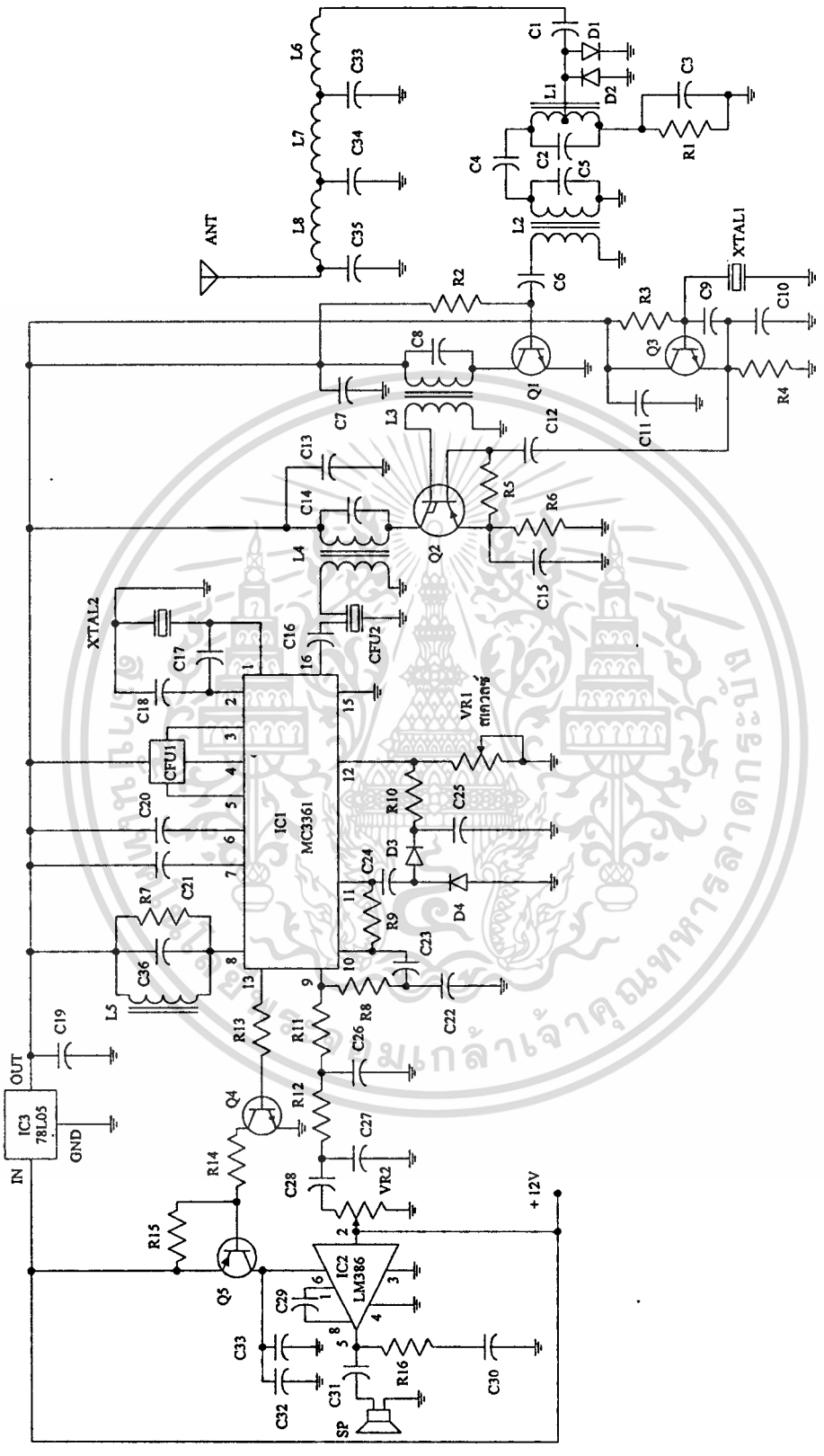
**หลักการทำงานของเครื่องรับวิทยุ**

ในส่วนของภาครับเริ่มจากความถี่วิทยุ 27 เมกะเฮิรตซ์ ที่ส่งมาจากเครื่องส่งจะเข้ามายังสายอากาศ ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ซึ่งประกอบด้วย $L_{10}$, $L_{11}$, $L_{12}$, $C_{58}$, $C_{59}$ และ $C_{60}$ เพื่อทำหน้าที่กรองเอาเฉพาะความถี่ 27 เมกะเฮิรตซ์เท่านั้น จากวงจรกรองความถี่ต่ำจะถูกส่งมายังชุดกรองความถี่วิทยุ และภาคขยายความถี่วิทยุโดยมี $C_1$ เป็นตัวเก็บประจุคัปปลิ้งสัญญาณ $D_1$ และ $D_2$ ทำหน้าที่เป็นวงจรคลิปเปอร์ และป้องกันสัญญาณที่แรงเกินไป ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อ $L_1$ และวงจรต่อไปได้ $L_1$, $C_2$, $C_5$, $L_2$ ทำหน้าที่จูนรับเฉพาะความถี่ 27 เมกะเฮิรตซ์เท่านั้น ส่วนความถี่อื่นจะถูกบายพาสลงกราวด์ไปมี $C_4$ คัปปลิ้งสัญญาณระหว่างคอยล์ทั้งสอง $C_6$ คัปปลิ้งสัญญาณที่ผ่านการจูนเฉพาะความถี่เข้าสู่ขาเบสของ $Q_1$ ซึ่งเป็นภาคขยายความถี่วิทยุ ในบางครั้งสัญญาณที่รับเข้ามาได้จะมีความแรงของสัญญาณที่ต่ำมาก จึงทำให้การขยายสัญญาณนั้นให้มีความแรงอยู่ในระดับหนึ่งเสียก่อน โดยมี $R_2$ ทำหน้าที่ไบอัสกระแสให้ขาเบส มี $L_3$ ปรับอัตราการขยายความถี่วิทยุของ $Q_1$ และปรับระดับสัญญาณ เพื่อการผสมสัญญาณในภาคมิกเซอร์ด้วย ทรานซิสเตอร์ $Q_3$ ทำหน้าที่เป็นชุดกำเนิดความถี่มูลฐาน ทำงานร่วมกับคริสตอล X-$TAL_1$, $R_3$ และ $R_4$ ต่อเป็นวงจรขยายความถี่ คอมมอนคอลเลคเตอร์ $C_9$ และ $C_{10}$ ทำหน้าที่รักษาเสถียรภาพการกำเนิดความถี่ของคริสตอล ตัวเก็บประจุ $C_2$ จะคัปปลิ้งความถี่ออสซิลเลเตอร์มาเข้าสู่ขาเกต $G_1$ ของ $Q_2$ เพื่อการผสมความถี่วิทยุที่คัปปลิ้งผ่าน $L_3$ มาเข้าขาเกต $G_2$ ของ $Q_2$ ซึ่ง $Q_2$ นี้เป็นทรานซิสเตอร์มอสเฟตแบบเกตคู่ (Dual Gate MOSFET) สัญญาณที่ออกทางขาซอสของ $Q_2$ เป็นความถี่ที่ถูกลดลงมาเป็นความถี่กลาง 10.7 เมกะเฮิรตซ์ $L_4$ ทำหน้าที่ปรับอัตราการขยาย และเรโซแนนซ์ความถี่ของ $Q_2$ ความถี่กลางนี้จะผ่าน $L_4$ เข้าสู่วงจรกรองความถี่ผ่าน $CFU_2$ เพื่อกรองเอาเฉพาะความถี่ 10.7 เมกะเฮิรตซ์เท่านั้นที่ผ่านได้ ความถี่อื่นจะถูกกันไม่ให้ผ่าน $C_{16}$ คัปปลิ้งความถี่ 10.7 เมกะเฮิรตซ์เข้าสู่ขา 16 ของ $IC_1$ ซึ่งภายในไอซีนี้จะประกอบไปด้วย วงจรมิกเซอร์ 2 ชุด จึงทำให้การออกแบบวงจรในส่วนของออสซิลเลเตอร์ในชุดหลังนี้ค่อนข้างง่าย ดังนั้นภาคมิกเซอร์ และภาคออสซิลเลเตอร์ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการผสมสัญญาณความถี่กลาง 10.7 เมกะเฮิรตซ์ เข้ากับความถี่ออสซิลเลเตอร์มูลฐานที่ได้จากคริสตอล X-TAL$_2$ ความถี่ 10.24 เมกะเฮิรตซ์ ที่ต่ออยู่กับขา 1 และขา 2 ของ IC$_1$ มี C$_{17}$ เป็นตัวรักษาความถี่ออสซิลเลเตอร์ จากนั้นจะเหลือความถี่กลาง 455 กิโลเฮิรตซ์ออกมาทางขา 3 ของ IC$_1$ เข้าสู่ชุดกรองความถี่ CFU$_1$ ซึ่งที่ชุดกรองความถี่ CFU$_1$ จะทำการกรองเอาเฉพาะความถี่ 455 กิโลเฮิรตซ์ผ่านได้เท่านั้นเข้าสู่ขา 5 ของ IC$_1$ โดยมี C$_{20}$ และ C$_{21}$ ทำหน้าที่เป็นวงจรดีคัปปลิ้ง ขดลวด L$_5$, R$_7$ ที่ต่ออยู่กับขา 8 ของ IC$_1$ ทำหน้าที่เป็นวงจรควอดราเจอร์ดีเทกเตอร์ และทำหน้าที่การถอดเอาสัญญาณ FM ออกมาทางขา 9 ผ่านวงจรกรองสัญญาณ R$_{11}$, R$_{12}$, C$_{26}$ และ C$_{27}$ แล้วนำเอาสัญญาณ FM ที่ได้มานี้ไปเข้าภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

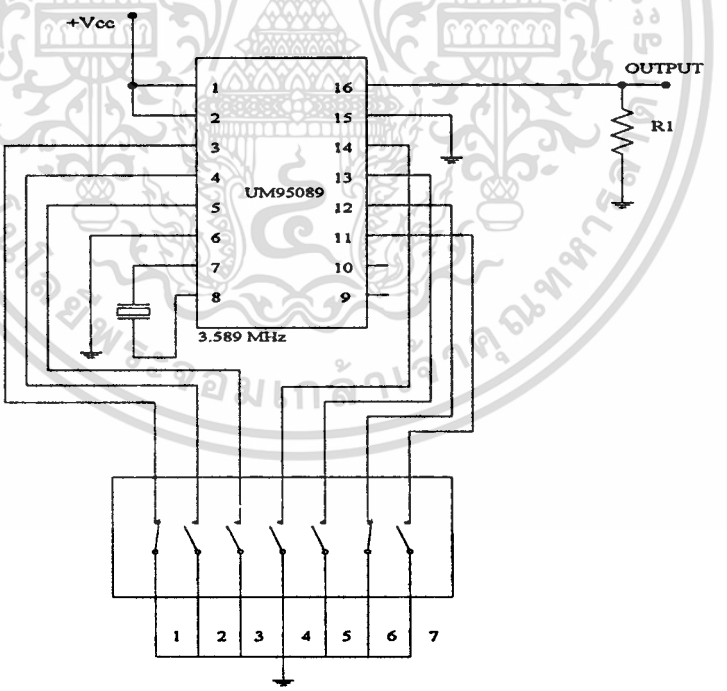



**รูปที่ 3.4 วงจรเครื่องรับวิทยุ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.4 การเข้ารหัส

สำหรับการเข้ารหัสที่ใช้กับโครงงานนี้จะใช้การเข้ารหัสแบบ DTMF โดยการใช้ไอซีเบอร์ UM 95089 เป็นตัวสร้างสัญญาณ DTMFใช้ความถี่จากคริสตอลค่า 3.5879 เมกะเฮิรตซ์ ไอซีตัวนี้มีอินพุต 8 เส้น โดยแบ่งเป็นสัญญาณทางด้านแถว 4 เส้น และทางด้านหลัก 4 เส้น รหัสความถี่ DTMF 1 ตัว เกิดจากการนำเอาสัญญาณทางด้านแถว 1 เส้น และทางด้านหลักอีก 1 เส้น โดยป้อนให้เป็นลอจิก 0 เช่น ถ้าใช้สัญญาณทางด้านแถวเส้นที่ 1 กับทางด้านหลักเส้นที่ 1 โดยทำให้สัญญาณทั้ง 2 เส้นเป็นลอจิก 0 ทำให้ได้รหัสความถี่ DTMF ออกมาเป็นเลข 1 ซึ่งในวงจรสัญญาณทางด้านอินพุตทั้ง 8 เส้นต่อเข้ากับดิฟสวิตช์ เพื่อใช้เข้ารหัสความถี่ ซึ่งในโครงงานนี้ใช้ความถี่ DTMF หมายเลข 7 คือ ทางด้านแถวเส้นที่ 1 กับทางด้านหลักเส้นที่ 3 ทำให้เป็นลอจิก 0 โดยใช้การตั้งดิฟสวิตช์ ซึ่งเอาต์พุตของไอซีจะอยู่ที่ขา 16 ความถี่ที่ออกมาจากเอาต์พุตของไอซีจะมีทั้งความถี่ทางด้านแถว และหลัก โดยจะนำเอาเอาต์พุตที่ได้นี้มามอดูเลตกับเครื่องส่งดังรูปที่ 3.5

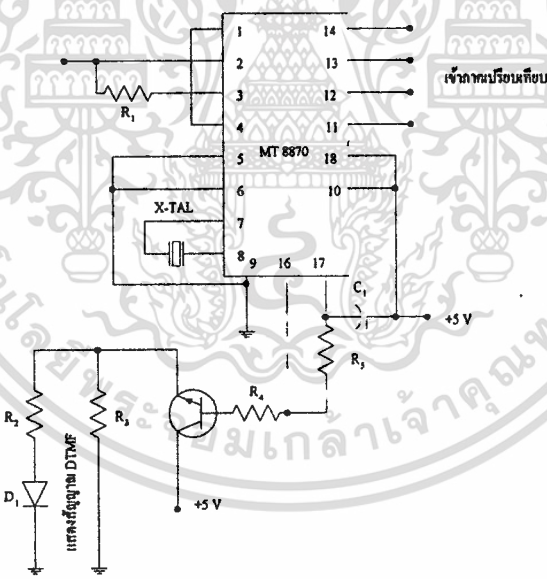



**รูปที่ 3.5** วงจรเข้ารหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.5 การถอดรหัส

ทางด้านวงจรเข้ารหัสจากรูปที่ 3.6 จะใช้ไอซีเบอร์ MT8870 ซึ่งจะทำหน้าที่ในการถอดรหัสความถี่ที่เข้ามาทางขา 2 ขา 3 โดยจะได้เอาต์พุตออกมาเป็น BCD ขนาด 4 บิต ทางขา 11 ขา12 ขา13 และ ขา 14 ที่ขา 11 จะเป็น LSB และที่ทางด้านขา 14 เป็น MSB ส่วนทางด้านขา 7 และขา 8 จะต่ออยู่กับคริสตอลขนาด 3.579 เมกะเฮิรตซ์ ส่วนทางด้านความต้านทานค่า 390 $K\Omega$ กับคาปาซิเตอร์ค่า 0.1 $\mu F$ ที่ต่ออยู่กับขา 17 นั้นมีความสำคัญมาก คือ เมื่อไอซีได้รับสัญญาณอินพุตเข้ามามันจะตรวจสอบว่าเป็นรหัสความถี่ DTMF หรือไม่ ถ้ารหัสความถี่ DTMF ถูกต้องที่ขา 16 จะมีสภาวะลอจิกเป็น 1 มีเวลานานใกล้เคียงกับความถี่ DTMF ที่เข้ามา ซึ่งจะทำให้ Vc สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ จากนั้นวงจรถอดรหัสภายไอซีจึงทำการถอดรหัส โดยรหัสที่ได้จะเป็นเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิต โดยจะนำเอาเอาต์พุตที่ได้มานี้ไปเปรียบเทียบกับวงจรเปรียบเทียบต่อไป

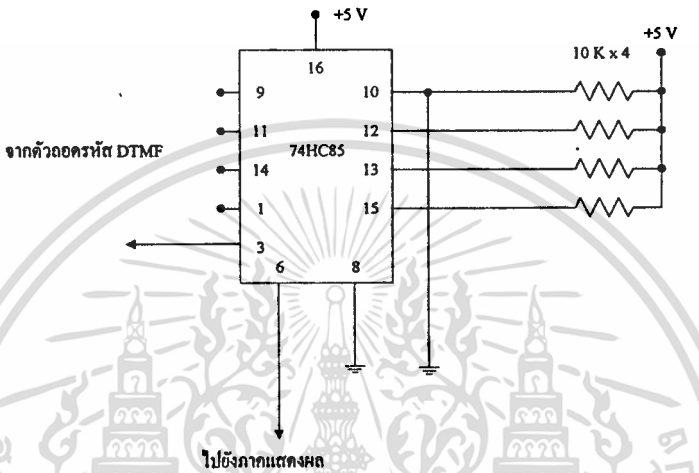



**รูปที่ 3.6** วงจรถอดรหัส

สำหรับวงจรเปรียบเทียบจะใช้ไอซีเบอร์ 74HC85 โดยวงจรเปรียบเทียบจะนำเอาค่าของเอาต์พุตที่ได้มานั้น นำมาเปรียบเทียบกับค่ารหัสที่ได้ทำการตั้งเอาไว้ จากรูปที่ 3.7 จะทำการตั้งค่าที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบ โดยใช้ดิฟไปกำหนดลอจิกให้กับขา 10, 12, 13 และ 15 ของไอซีเบอร์ 74HC85 ซึ่งค่าที่ตั้งมีค่าเท่ากับ 0111 ตามลำดับ โดยที่ขา 10 เป็น MSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และที่ขา 15 เป็น LSB และเมื่อสัญญาณ DTMF ที่ได้จากตัวถอดรหัสเข้ามาที่ขา 9 ขา 11 ขา 14 และขา 1 ของไอซีเบอร์ 74HC85 โดยที่ขา 9 เป็น MSB และที่ขา 3 เป็น LSB ถ้ามีค่าตรงกันกับรหัสที่ตั้งไว้ คือ 0111 จะทำให้ขา 6 มีลอจิกเป็น1 แต่ถ้ารหัสที่เข้ามามีค่าไม่ตรงกับรหัสที่ตั้งเอาไว้ที่ขา 6 จะมีลอจิกเป็น 0



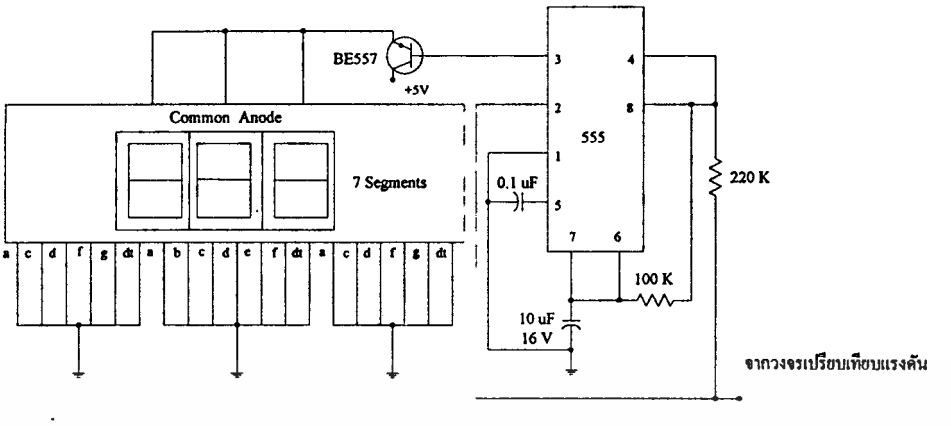

**รูปที่ 3.7 วงจรเปรียบเทียบรหัส**

## 3.6 ภาคแสดงผล

### 3.6.1 แบบตัวหนังสือ

การออกแบบภาคแสดงผลแบบตัวหนังสือแบบใช้ตัวแสดงผลแบบ 7 ส่วน มีหลักการทำงานดังรูปที่ 3.8 คือ เมื่อได้รับสัญญาณจากขา 6 ของไอซีเบอร์ 74HC85 ในวงจรเปรียบเทียบรหัสสัญญาณจะนำไปทริกให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3904 ทำงาน ซึ่งส่งผลให้รีเลย์ทำงานจึงมีแรงดันไฟไปยังขาคอมมอนอาโนดที่ตัวแสดงผลแบบ 7 ส่วน โดยที่ตัวแสดงผลแบบ 7 ส่วน ขาคอมมอนจะต่อร่วมกันอยู่ ซึ่งจะทำให้ตัวแสดงผลแบบ 7 ส่วนแสดงผลเป็นตัวอักษร S.O.S. ในการแสดงผลอักษรรูปตัว S ทำการต่อขา a, c, d, f, g และ dt ลงกราวด์ และในส่วนของการแสดงผลอักษรรูปตัว O ทำการต่อขา a, b, c, d, e, f และ dt ลงกราวด์

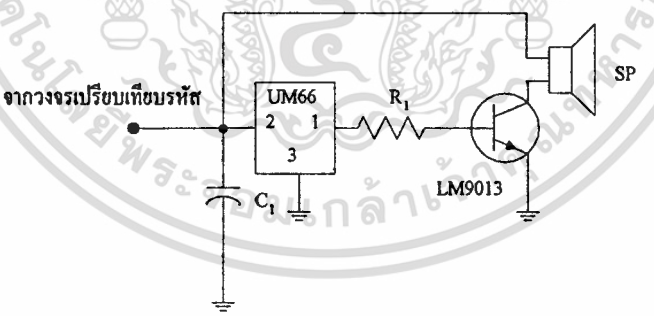
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.8 วงจรการแสดงผลแบบตัวหนังสือ**

### 3.6.2 แบบเสียง

การออกแบบภาคแสดงผลแบบเสียง จะรับสัญญาณมาจากวงจรเปรียบเทียบรหัส โดยเอาต์พุตขา 6 ของวงจรเปรียบเทียบรหัสจะต่อกับไอซีเบอร์ UM66T ซึ่งเป็นไอซี กำเนิดเสียงเพลง ซึ่งต่ออยู่กับทรานซิสเตอร์เบอร์ LM9013 และลำโพง เมื่อขา 6 ส่งสัญญาณมาทำให้ไอซี UM66T ทำงานเสียงเตือนจะถูกส่งออกไปดังในรูปที่ 3.9



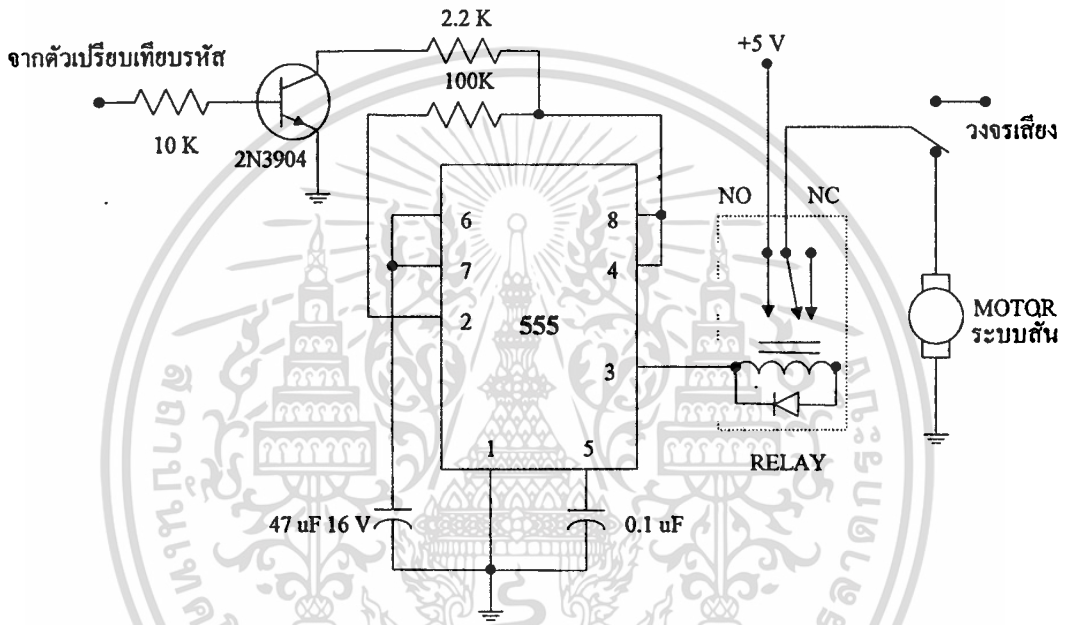

**รูปที่ 3.9 วงจรภาคกำเนิดเสียง**

### 3.6.3 แบบสั่นสะเทือน

สำหรับการออกแบบในวงจรภาคแสดงผลแบบสั่นสะเทือน จะใช้ไอซีไทม์เมอร์เบอร์ 555 ต่อเป็นวงจรโมโนสเตเบิล โดยจะทำการต่อเข้ากับรีเลย์ ซึ่งรีเลย์นี้ทำหน้าที่เป็นตัวตัดต่อแรงดันให้แก่มอเตอร์ โดยมอเตอร์จะมีหน้าที่เป็นตัวสั่นสะเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรรูปที่ 3.10 จะทำการรับสัญญาณอินพุตมาจากวงจรเปรียบเทียบรหัส โดยเมื่อสัญญาณที่เข้ามามีสภาวะเป็น 1 จะทำให้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3904 ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ถูกต่อลงกราวด์ จึงทำให้ขา 2 ของไอซีไทม์เมอร์เบอร์ 555 เป็น 1 และทำให้ที่ขา 3 ซึ่งเป็นเอาต์พุตของไอซี 555 มีสภาวะลอจิกเป็น 0 ส่งผลทำให้รีเลย์ทำงาน ดังนั้น แรงดันไฟไปเลี้ยงให้แก่มอเตอร์ ซึ่งมอเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวสั่นสะเทือนก็จะทำงาน



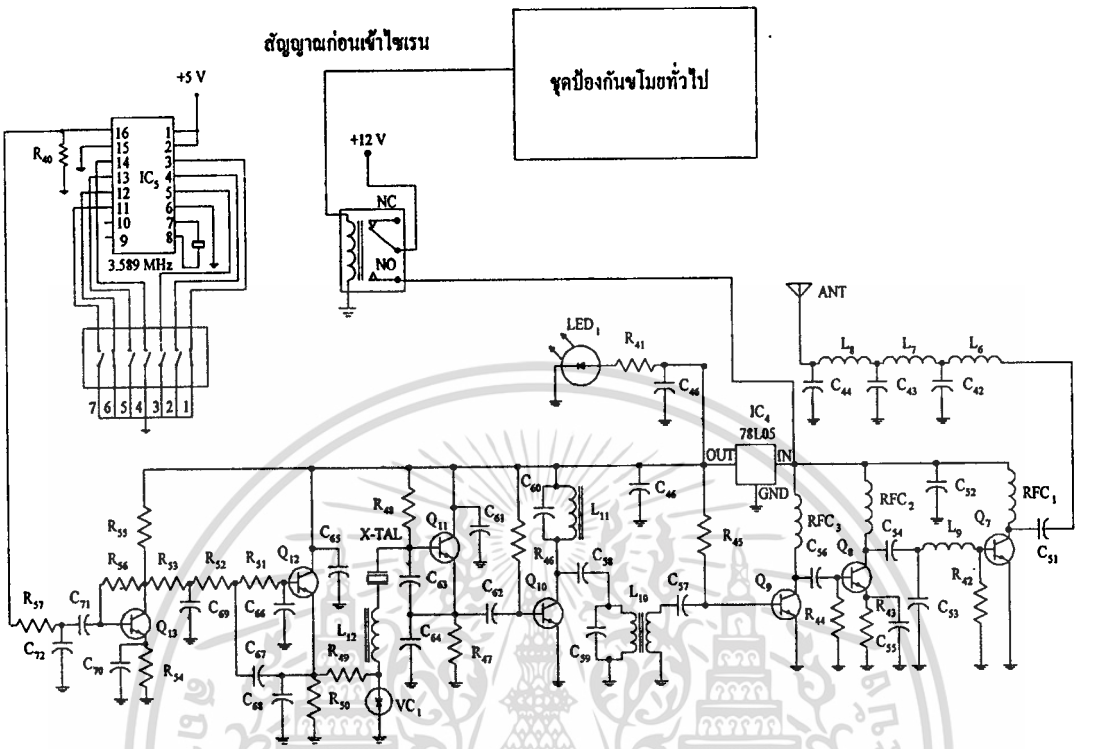

รูปที่ 3.10 วงจรการแสดงผลแบบสั่นสะเทือน

## 3.7 การนำชุดป้องกันขโมยทั่วๆ ไป มาประยุกต์ใช้กับเครื่องส่ง

สามารถนำชุดป้องกันขโมยที่มีขายอยู่ทั่วไป ซึ่งมีขีดความสามารถในรูปแบบต่างๆ มาต่อร่วมกับชุดเครื่องส่งแทนชุดป้องกันขโมยชุดที่ปรากฏอยู่ในปริญญานิพนธ์เล่มนี้ โดยการนำเอาสัญญาณที่ออกมาจากชุดกันขโมยก่อนที่จะเข้าไซเรนมาต่อเข้ากับชุดเครื่องส่งสัญญาณวิทยุ ชุดกันขโมยบางชุดอาจจะมีจุดที่มีสัญญาณต่อไปยังตัวเครื่องส่งโดยตรง โดยไม่จำเป็น ที่จะต้องใช้สัญญาณก่อนที่จะเข้าไซเรนไปต่อกับชุดเครื่องส่งวิทยุ

สำหรับส่วนอื่นๆ ที่ต่อร่วมกับชุดป้องกันขโมย ชุดเครื่องส่งสัญญาณวิทยุ และชุดเครื่องรับสัญญาณวิทยุจะเชื่อมต่อเหมือนเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.11 การต่อชุดป้องกันขโมยทั่วไปกับชุดเครื่องส่ง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# การทดลอง และผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบการใช้งานเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา โดยทดสอบสมรรถภาพในของชุดป้องกันขโมยรถยนต์ ชุดเข้ารหัส และถอดรหัสแบบ DTMF และชุดป้องกันขโมยรถยนต์แบบพกพา เพื่อทำให้ทราบสมรรถนะ และคุณสมบัติทางเทคนิคต่างๆ ของเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพาที่สร้างขึ้นมาว่ามีคุณภาพ และประสิทธิภาพอยู่ในระดับใด ตรงตามวัตถุประสงค์ และขอบเขตที่กำหนดหรือไม่ โดยในบทนี้จะทำการทดลองทั้งหมด 3 การทดสอบ โดยเป็นการทดลองทีละภาค และทดลองรวมวงจรในแต่ละภาคเข้าด้วยกันทั้งหมด ซึ่งเพียงพอต่อการทราบขอบเขตการทำงานของเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา

## 4.1 การทดลองชุดป้องกันขโมยรถยนต์

สำหรับการทดลองชุดป้องกันขโมยรถยนต์มีดังต่อไปนี้

### 4.1.1 การทดลองตัวตรวจจับการสั่นสะเทือน

ในการทดสอบจะเริ่มจากการทดลองทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือน ปรากฏว่าตัวตรวจจับสามารถตรวจจับการสั่นสะเทือนได้ โดยสังเกตเห็นได้จาก LED ที่ตัวตรวจจับการสั่นสะเทือนจะกระพริบ 1 ครั้ง ซึ่งตัวตรวจจับการสั่นสะเทือนสามารถรับแรงสั่นสะเทือนได้ 2 แบบ ในแบบแรกเมื่อถูกกระทบเบาๆ ไซเรนจะดัง 1 ครั้ง แต่ถ้าถูกกระเทือนแรงๆ ไซเรนจะดังอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาประมาณ 20 วินาที จึงหยุด และเมื่อถูกกระทบแรงๆ ไซเรนจะส่งเสียงดังอีก

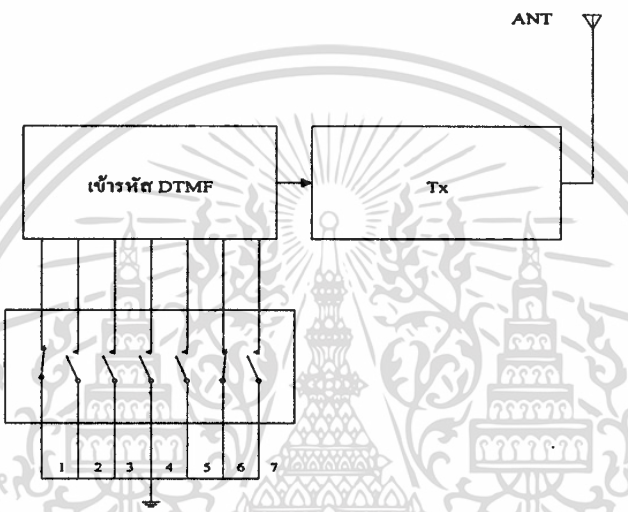
### 4.1.2 การทดลองชุดควบคุมการล็อคประตู

ทำการทดลองชุดควบคุมการล็อคประตู เริ่มจากการปิดล็อคทำให้อุปกรณ์ชุดป้องกันขโมยเริ่มทำงาน เปิดล็อคโดยไม่ได้ใช้เครื่องควบคุมระยะไกลเครื่องป้องกันขโมยจะไม่ทำงาน เพราะเครื่องป้องกันขโมยรุ่นที่ใช้จะป้องกันการเปิดประตู แต่ไม่ป้องกันการเปิดล็อค

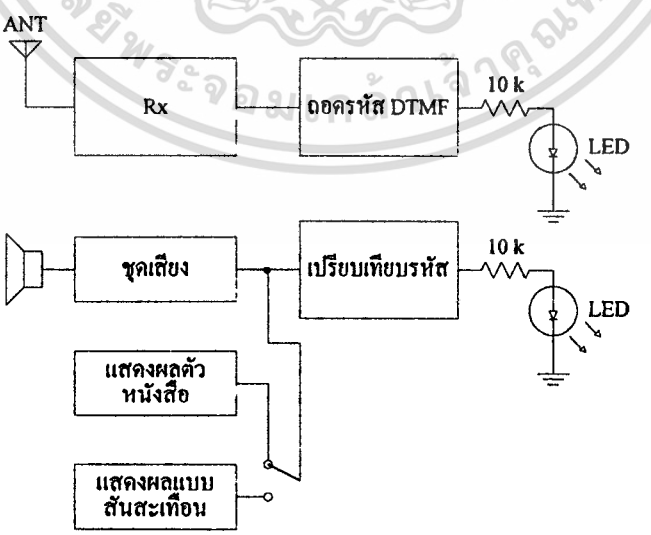
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การทดลองชุดเข้ารหัส และถอดรหัส DTMF

ในการทดลองเริ่มจากทางด้านส่งจะทำการเข้ารหัส โดยการตั้งรหัสที่ดิฟสวิทช์ให้ตรงกับรหัสทางด้านรับ และทดลองตั้งรหัสทางด้านส่งไม่ให้ตรงกับทางด้านรับ แล้วทำการบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.1 ซึ่งจะใช้ LED เป็นตัวแสดงผลดังรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2




**รูปที่ 4.1 วงจรเข้ารหัส DTMF**




**รูปที่ 4.2 วงจรถอดรหัส และเปรียบเทียบรหัส DTMF**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.1** ผลการทดลองการเข้ารหัส และถอดรหัส DTMF

| รหัสที่ส่งมา | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| รหัสที่ตั้งไว้ | | 7 | 7 | 7 | 7- | 7 | 7 | 7 | 7 |
| LED ที่ชุด DTMF | | ติด | ติด | ติด | ติด | ติด | ติด | ติด | ติด |
| LED ที่ชุดเปรียบเทียบ | | ดับ | ดับ | ดับ | ดับ | ดับ | ดับ | ดับ | ติด |
| แสดงค่าที่เป็นไบนารี | Qd | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Qc | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Qb | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | Qa | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |

## 4.3 การทดลองเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา

### 4.3.1 การทดลองการรับที่ระยะทางต่างๆ ในที่โล่งแจ้ง

ในการทดลองจะนำเอาเครื่องรับไปทดสอบที่ระยะทางต่างๆ และได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** ผลการรับที่ระยะทางต่างๆ ในที่โล่งแจ้ง

| ระยะทาง (เมตร) | ความสามารถในการรับของเครื่องรับ | |
|---|---|---|
| | รับได้ | รับไม่ได้ |
| 100 | ✓ | |
| 200 | ✓ | |
| 300 | ✓ | |
| 400 | ✓ | |
| 500 | ✓ | |
| 600 | ✓ | |
| 700 | ✓ | |
| 800 | | ✓ |
| 900 | | ✓ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ผลการรับที่ระยะทางต่างๆ ในที่โล่งแจ้ง

| ระยะทาง (เมตร) | ความสามารถในการรับของเครื่องรับ | |
|---|---|---|
| | รับได้ | รับไม่ได้ |
| 1000 | | ✓ |
| 1100 | | ✓ |
| 1200 | | ✓ |
| 1300 | | ✓ |
| 1400 | | ✓ |
| 1500 | | ✓ |

### 4.3.2 การทดลองการรับในพื้นที่ต่างๆ ที่มีสิ่งกีดขวาง

เป็นการทดลองการรับเมื่ออยู่ในพื้นที่ต่างๆที่มีสิ่งกีดขวาง เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา โดยจอดรถบริเวณลานจอดรถคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม แล้วทำการพกพาเครื่องรับไปยังสถานที่ต่างๆ โดยทำการบันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.3 และลานจอดรถแฟลต 1 การเคหะคลองจั่น โดยทำการบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลอง ณ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

| บริเวณที่จอดรถ | เครื่องรับอยู่ ณ จุดทดสอบ | ผลการทดสอบ | |
|---|---|---|---|
| | | รับได้ | รับไม่ได้ |
| คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม | หน้าห้องประชุมคุณหญิงวนิดา | ✓ | |
| คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม | ห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม | ✓ | |
| คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม | ห้อง ค. 311 | ✓ | |
| คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม | หน้าลิฟท์ชั้น 4 | ✓ | |
| คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม | หน้าลิฟท์ชั้น 5 | ✓ | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.3** (ต่อ) ผลการทดลอง ณ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

| บริเวณที่จอดรถ | เครื่องรับอยู่ ณ จุดทดสอบ | ผลการทดสอบ | |
|---|---|---|---|
| | | รับได้ | รับไม่ได้ |
| คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม | โรงอาหารคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม | ✓ | |
| คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม | หน้าตึกศูนย์วิจัย | ✓ | |
| คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม | โรงอาหารคณะเทคโนโลยีการเกษตร | ✓ | |
| คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม | บริเวณอนุสาวรีย์ ร.4 | ✓ | |
| คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม | โรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์ | | ✓ |
| คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม | โรงอาหารตึกพระเทพ ฯ | | ✓ |
| คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม | โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ | | ✓ |

**ตารางที่ 4.4** แสดงการทดลอง ณ บริเวณแฟลต 1 การเคหะคลองจั่น

| บริเวณที่จอดรถ | เครื่องรับอยู่ ณ จุดทดสอบ | ผลการทดสอบ | |
|---|---|---|---|
| | | รับได้ | รับไม่ได้ |
| ลานจอดรถแฟลต 1 | แฟลต 1 ชั้นที่ 1 | ✓ | |
| ลานจอดรถแฟลต 1 | แฟลต 1 ชั้นที่ 2 | ✓ | |
| ลานจอดรถแฟลต 1 | แฟลต 1 ชั้นที่ 3 | ✓ | |
| ลานจอดรถแฟลต 1 | แฟลต 1 ชั้นที่ 4 | ✓ | |
| ลานจอดรถแฟลต 1 | แฟลต 1 ชั้นที่ 5 | ✓ | |

จากการทดสอบการใช้งานของเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา สามารถสรุปได้ว่า ในพื้นที่โล่งแจ้ง เครื่องรับสามารถรับสัญญาณได้ดีกว่าในพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# บทสรุป และแนวทางพัฒนา

## 5.1 บทสรุป

ในการออกแบบวงจร และสร้างเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา ได้จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบการทำงาน ของเครื่องป้องกันขโมยรถยนต์ เครื่องรับ-ส่งวิทยุ FM ความถี่ 27 เมกะเฮิรตซ์ การเข้ารหัส และการถอดรหัสแบบ DTMF การแสดงผลแบบตัวหนังสือ แบบเสียง และแบบสั่นสะเทือน โดยออกแบบ และสร้างเป็นเครื่องต้นแบบ ที่สามารถใช้งานได้จริง และอยู่ภายในขอบเขตที่กำหนดไว้ ซึ่งเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพาที่สร้างขึ้นนั้น มีคุณสมบัติทางเทคนิคดังต่อไปนี้

**5.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา**

1. เครื่องป้องกันขโมยรถยนต์

1.1 ใช้ตัวตรวจจับการสั่นสะเทือน (Shock Sensor) ที่สามารถปรับความไวในการตรวจจับการสั่นสะเทือนได้ และสามารถรับแรงสั่นสะเทือนได้ 2 ช่วง คือ เมื่อถูกกระทบเบาๆ สัญญาณกันขโมยดัง 1 ครั้ง และในกรณีที่ถูกกระแทกแรงๆสัญญาณจะดังต่อเนื่อง เป็นเวลาประมาณ 20 วินาทีแล้วหยุด แต่เมื่อมีแรงกระทบ แรงๆ เข้ามาเครื่องป้องกันขโมยจะส่งสัญญาณอีก

1.2 เมื่อมีการเปิดประตูรถในขณะที่เครื่องป้องกันขโมยกำลังทำงาน ไซเรนจะส่งเสียงเตือน และส่งสัญญาณจนกว่าจะทำการปิดประตู หรือปิดเครื่องป้องกันขโมย

1.3 ไซเรน ไฟเลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวาเป็นตัวแสดงผลเมื่อวงจรป้องกันขโมยทำงาน

1.4 มีอุปกรณ์เซ็นทรัลล็อค

1.5 ใช้เครื่องควบคุมระยะไกลควบคุมการทำงานของเครื่องป้องกันขโมยรถยนต์ ซึ่งมีรัศมีควบคุมการทำงานประมาณ 100 เมตร

1.6 สัญญาณไฟเลี้ยวซ้าย และขวาจะกระพริบ 1 ครั้ง เมื่อกดเครื่องควบคุมระยะไกลให้เครื่องป้องกันขโมยรถยนต์พร้อมที่จะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 สัญญาณไฟเลี้ยวซ้าย และขวาจะกระพริบ 2 ครั้ง เมื่อกดเครื่องควบคุมระยะไกลให้เครื่องป้องกันขโมยรถยนต์พร้อมที่จะทำงาน

1.8 ชุดป้องกันขโมยจะเริ่มทำงานเมื่อ LED กระพริบ

1.9 เมื่อลืมล็อครถเป็นเวลาประมาณ 30 วินาที เครื่องป้องกันขโมยจะทำการล็อคและเริ่มทำงานเองโดยอัตโนมัติ

1.10 สามารถค้นหารถได้ โดยใช้เครื่องควบคุมระยะไกลสั่งให้เครื่องป้องกันขโมยทำงาน โดยไซเรนจะดัง 1 ครั้ง และไฟเลี้ยวกระพริบ 5 ครั้ง ทำให้สามารถค้นหาตำแหน่งของรถที่จอดได้

1.11 ย่านความถี่ใช้งาน 27 เมกะเฮิรตซ์

1.12 มีกำลังส่ง 2 วัตต์

1.13 ใช้การเข้ารหัสแบบ DTMF โดยรหัสที่ตั้งไว้ คือ เลข 7

1.14 ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์

1.15 ย่านความถี่ใช้งาน 27 เมกะเฮิรตซ์

1.16 มีรัศมีในการรับ 700 เมตร ในพื้นที่โล่งแจ้ง

1.17 ใช้การถอดรหัสโดยการเปรียบเทียบรหัส DTMF ที่เข้ามา

1.18 แสดงผลแบบตัวหนังสือโดยใช้ตัวแสดงผลแบบ 7 ส่วน แบบเสียง และแบบสั่น

1.19 ใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์

1.20 ขนาด 3 X 5 นิ้ว

จากการที่ได้ทำการศึกษา ออกแบบ สร้าง และทำการทดลองเครื่องต้นแบบของเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา ปรากฏว่าผลที่ได้รับเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง เนื่องจากสามารถทำงานได้ตามขอบเขตที่วางไว้ และยังสามารถที่จะนำไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นไปได้อีกในอนาคต

## 5.3 ปัญหา และแนวทางแก้ไข

ในระหว่างการทำปริญญานิพนธ์นั้น เกิดปัญหาและอุปสรรคขึ้น ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้ทำการจดบันทึกรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางที่ทางคณะผู้จัดทำได้ใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นไว้พอสังเขปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เครื่องรับ - ส่งวิทยุมีรัศมีในการรับ-ส่งไม่ตรงตามขีดความสามารถ เพราะว่าเครื่องส่งมีกำลังส่งเพียง 1 วัตต์ ซึ่งต่ำเกินไป ดังนั้นจึงแก้ไขโดยการเปลี่ยนกำลังส่งเป็น 2 วัตต์

2. เอาต์พุตของไอซีเบอร์ 74HC85 ซึ่งเป็นตัวเปรียบเทียบรหัสมีกระแสออกมาน้อย และมีสัญญาณรบกวนออกมาจึงทำให้รีเลย์สั่น

3. การรบกวนกันระหว่างเครื่องรับ และรีโมต เพราะความถี่ใกล้เคียงกัน แก้ปัญหาโดยลดความสูงของสายอากาศทางด้านเครื่องส่ง

4. เครื่องรับสามารถรับได้ในรัศมี 700 เมตร แต่รีโมตสามารถส่งได้ไกล 50 เมตร

## 5.4 แนวทางในการพัฒนา

ทางคณะผู้จัดทำ ได้พยายามที่จะทำปริญญานิพนธ์นี้ให้สมบูรณ์ที่สุด ตามความสามารถเท่าที่มีอยู่ภายในเวลาที่จำกัด และเครื่องมืออุปกรณ์บางอย่างที่ไม่มี หรือไม่เพียงพอต่อการใช้งาน สิ่งเหล่านี้ทำให้เกิดจุดบกพร่องขึ้นมาหลายอย่าง ซึ่งสมควรที่จะให้ผู้มีความสนใจได้ทราบถึงจุดบกพร่อง และแนวทางเพื่อแก้ไข และพัฒนาต่อไป ดังนั้น จึงได้รวบรวมแนวทางการพัฒนา เครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพาไว้ดังนี้

1. ชุดป้องกันขโมยรถยนต์สามารถที่จะเพิ่มขีดความสามารถสูงกว่านี้มาใช้ได้ ดังนี้

1.1 เพิ่มระบบตรวจจับความเคลื่อนไหวภายในรถ (Ultra Sonic Sensor) เพื่อตรวจจับผู้บุกรุกที่เข้ามาภายในรถยนต์

1.2 เพิ่มชุดที่สามารถตัดการทำงานของเครื่องยนต์ (Immobilizer Digital Code) โดยการตัดระบบสตาร์ท และระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง หากไม่ทำการขออนุญาตสตาร์ทเครื่องยนต์โดยการใส่รหัสที่ถูกต้อง

1.3 เพิ่มระบบป้องกันการคัดลอกรหัสความถี่ของสัญญาณรีโมท (Anti Clone Technology)

2. เนื่องจากเครื่องรับมีขนาดใหญ่ เพราะในวงจรใช้ไอซีเป็นจำนวนมาก เราสามารถที่จะพัฒนาชุดเครื่องรับได้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ร่วมกับไอซีถอดรหัสเบอร์ MT8888 เพราะว่าสามารถที่จะทำงานร่วมกันได้ จึงทำให้เครื่องรับมีขนาดเล็กลง

3. สามารถเปลี่ยนความถี่ของเครื่องรับ - ส่งให้สูงขึ้น เพื่อที่จะลดขนาดของสายอากาศทางด้านรับลงได้ เพื่อจะได้เกิดความสะดวกในการพกพา

4. เพิ่มระยะทางของรีโมตทางด้านเครื่องรับให้มีระยะเท่ากับรัศมีของเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก
# คู่มือการใช้งานเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การใช้งานเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพา

สำหรับในการใช้งานเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์แบบพกพานั้นจะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนดังนี้

**1. วิธีการใช้งานทางด้านส่ง**

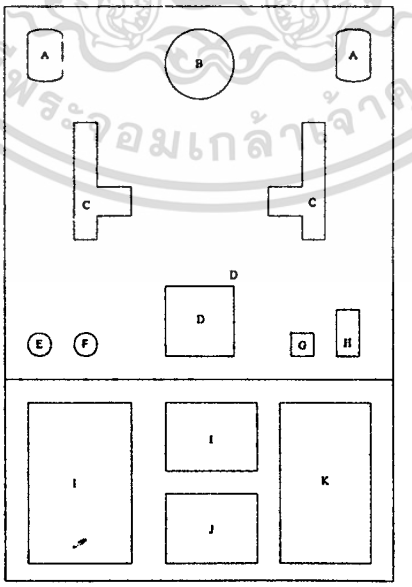
ในโครงงานนี้ด้านส่ง หมายถึงตัวรถยนต์ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องป้องกันขโมย เครื่องส่ง FM 27 เมกะเฮิรตซ์ และชุดเข้ารหัส โดยทางคณะผู้จัดทำได้ทำการจำลองตัวรถยนต์แทนด้วยกล่องไม้ และส่วนของเครื่องป้องกันขโมย พร้อมกับส่วนประกอบอื่นๆ ได้ทำการติดตั้งไว้บนแผ่นพลาสติก เพื่อความสะดวกที่จะได้เห็นเครื่องแสดงการทำงานขั้นตอนวิธีการใช้งานทางด้านส่งมีดังต่อไปนี้

1.1 เปิดสวิตช์เพาเวอร์ (ตำแหน่ง H)

1.2 รอประมาณ 7 วินาที LED แสดงสภาวะการทำงานจะกระพริบ เพื่อบอกว่าเครื่องพร้อมที่จะทำงาน (ตำแหน่ง E)

1.3 เมื่อมีการโจรกรรมเกิดขึ้นตัวตรวจจับการสั่นสะเทือน (ตำแหน่ง D) หรือตัวตรวจจับการเปิด - ปิดประตู (ตำแหน่ง G) ของเครื่องป้องกันขโมยจะทำงาน สัญญาณจะถูกส่งออกไปยังเครื่องรับ

1.4 ถ้าชุดคอนโทรลมีการทำงานผิดพลาดให้ทำการกดปุ่มรีเซ็ต (ตำแหน่ง F)




**รูปที่ ก.1 ลักษณะหน้าปัทม์ทางด้านส่ง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ทางด้านส่ง**

A : ไฟเลี้ยว (กระพริบเมื่อมีการบุกรุก)

B : ไซเรน (ส่งเสียงเมื่อมีการบุกรุก)

C : เซ็นทรัลล็อค

D : ตัวตรวจจับการสั่นสะเทือน (รับสัญญาณ 2 ช่วง)

E : ไฟแสดงสถานะการทำงาน

F : ปุ่มรีเซ็ต

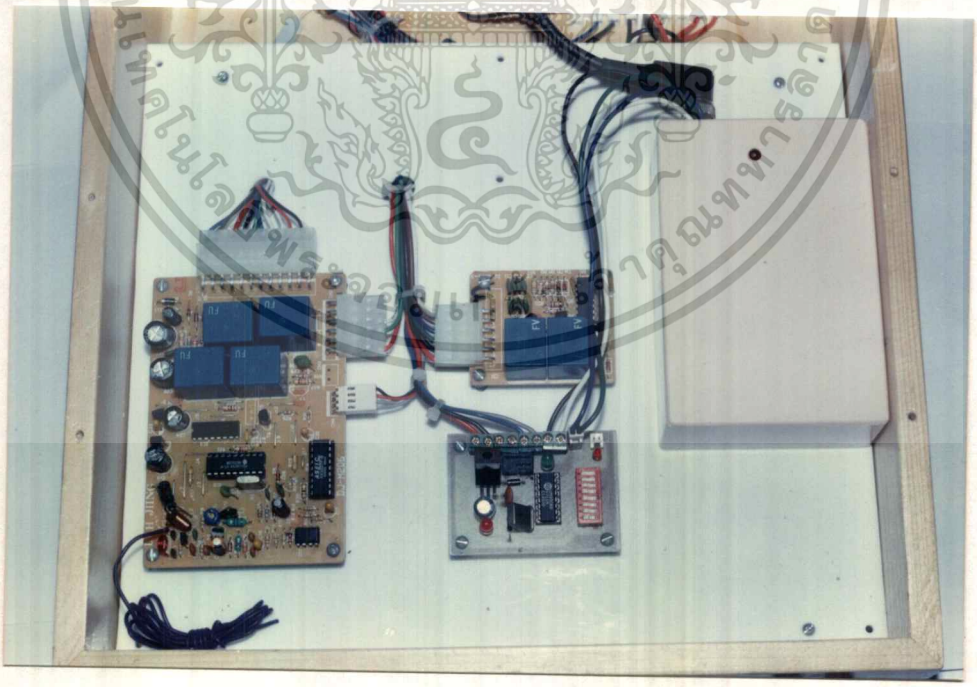
G : สวิทช์ประตู

H : สวิทช์เพาเวอร์

I : ชุดคอนโทรล

J : วงจรเข้ารหัส

K : เครื่องส่งวิทยุ



**รูปที่ ก.2 การวางอุปกรณ์ภายในกล่องของด้านส่ง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ ก.3 ชุดสำเร็จของด้านส่ง**

**2. วิธีการใช้งานทางด้านรับ**

2.1 เปิดสวิตช์เพาเวอร์ (ตำแหน่ง C)

2.2 สามารถเลือกการแสดงผลแบบเสียงหรือสั่นสะเทือน (ตำแหน่ง G)

2.3 รอรับสัญญาณจากเครื่องส่ง

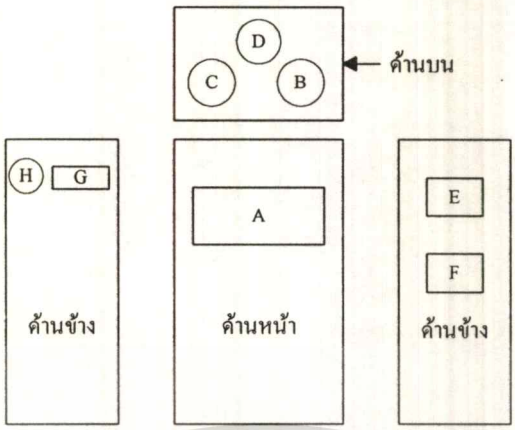
2.4 รีเซ็ตเครื่องรับ 1 ครั้ง เมื่อรับสัญญาณได้ โดยการสับสวิตช์เพาเวอร์ เพื่อทำการตรวจสอบว่าสัญญาณที่ส่งมาจริงหรือไม่ (ตำแหน่ง H)

**3. วิธีการใช้สวิตช์เครื่องควบคุมระยะไกล**

3.1 สวิตช์สีขาวเป็นสวิตช์ปิดเปิดเครื่องป้องกันขโมย (ตำแหน่ง E)

3.2 สวิตช์สีแดงเป็นสวิตช์ค้นหารถ (ตำแหน่ง F)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ ก.4** ลักษณะหน้าปัทม์ทางด้านรับ

A : แสดงผลตัวหนังสือ

B : สายอากาศ

C : เปิด-ปิดการทำงานของเครื่องรับ

D : ลำโพง

E : ปุ่มสั่งการทำงานของรีโมต

กด 1 ครั้ง เป็นการสั่งให้สัญญาณกันขโมยทำงาน

กดซ้ำอีก 1 ครั้ง เป็นการสั่งยกเลิกการทำงาน

F : ปุ่มค้นหารถ

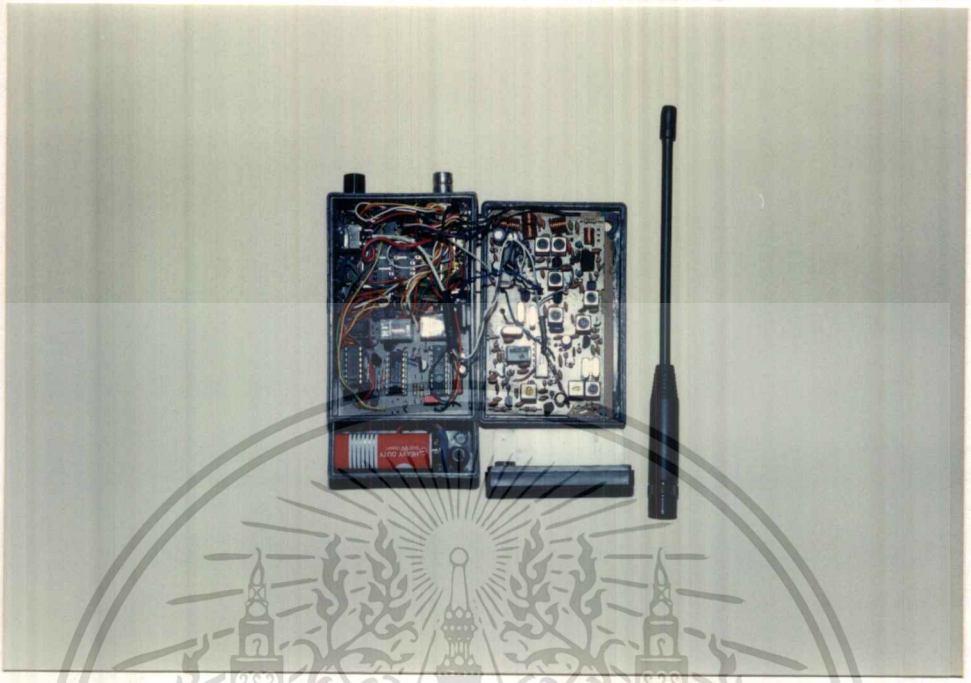
G : สวิทช์เลือกการแสดงผล

แสดงผลแบบใช้เสียง

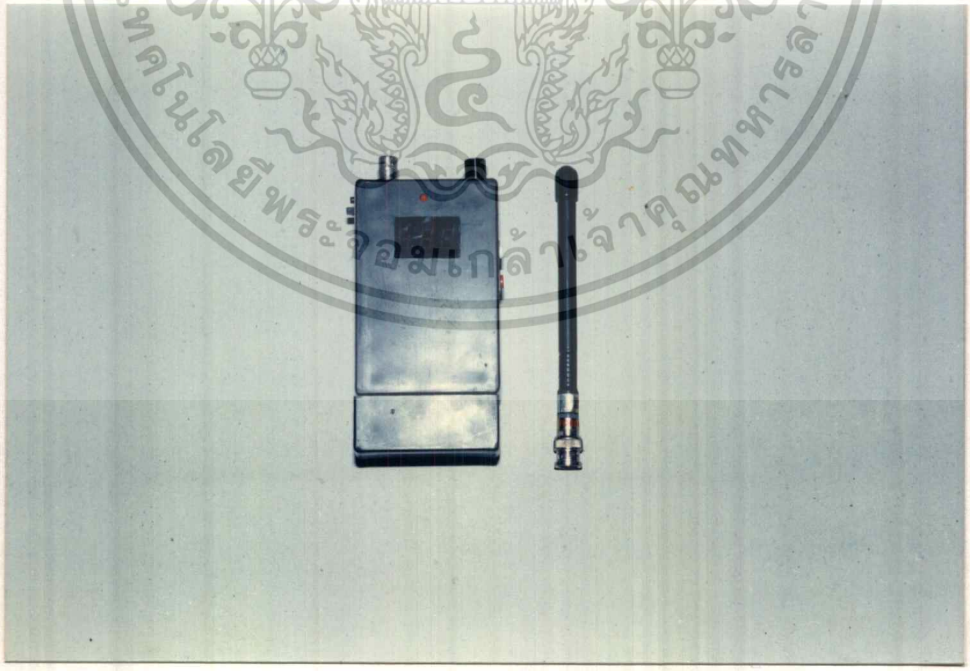
แสดงผลแบบใช้การสั่นสะเทือน

H : ปุ่มรีเซ็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 การวางอุปกรณ์ภายในกล่องด้านรับ



รูปที่ ก.6 ชุดสำเร็จของด้านรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

# รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# รายการอุปกรณ์

## 1. เครื่องส่ง

### ตัวต้านทาน

| | | |
|---|---|---|
| R1 | 10 Ω | 1 ตัว |
| R2 | 1M Ω | 1 ตัว |
| R3 | 4.7 k Ω | 1 ตัว |
| R4 | 220 Ω | 1 ตัว |
| R7 | 47 kΩ | 1 ตัว |
| R10 | 220 kΩ | 1 ตัว |
| R13 | 470 Ω | 1 ตัว |
| R15 | 100 Ω | 1 ตัว |
| R5, R16 | 22 kΩ | 2 ตัว |
| R6, R12 | 82 kΩ | 2 ตัว |
| R8, R9 | 10 kΩ | 2 ตัว |
| R11, R14, R17 | 1 kΩ | 3 ตัว |

### ตัวเก็บประจุ

| | | |
|---|---|---|
| C1 | 470 pF | 1 ตัว |
| C7 | 0.001uF | 1 ตัว |
| C9 | 47 pF | 1 ตัว |
| C10 | 33 pF | 1 ตัว |
| C21 | 270 pF | 1 ตัว |
| C25 | 330 pF | 1 ตัว |
| C27 | 5 pF | 1 ตัว |
| C22, C23 | 0.1 uF | 2 ตัว |
| C24, C26 | 180 pF | 2 ตัว |
| C11, C17, C20 | 68 pF | 3 ตัว |
| C4, C5, C16, C19 | 0.001 uF | 4 ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| C2, C3, C8, C12, C13, C16, | 0.01 uF | 6 ตัว |

**อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ**

| | | |
|---|---|---|
| Q1, Q2, Q3, Q4, Q5 | 2SC458 | 5 ตัว |
| Q6 | 2SC2053 | 1 ตัว |
| Q7 | 2SC2020 | 1 ตัว |
| X-TAL | 27.035 เมกะเฮิรตซ์ | 1 ตัว |

**2. เครื่องรับ**

**ตัวต้านทาน**

| | | |
|---|---|---|
| R1, R4 | 470 Ω | 1 ตัว |
| R2, R9 | 470 KΩ | 1 ตัว |
| R3, | 82 KΩ | 1 ตัว |
| R6 | 220 Ω | 1 ตัว |
| R7 | 33 KΩ | 1 ตัว |
| R8 | 1 KΩ | 1 ตัว |
| R10, R14 | 2.2 KΩ | 2 ตัว |
| R11, R12 | 4.7 KΩ | 2 ตัว |
| R16 | 10 Ω | 1 ตัว |

**ตัวเก็บประจุ**

| | | |
|---|---|---|
| C1, C5, C8 | 47 pF 50 V เซรามิก | 3 ตัว |
| C2, C18 | 27 pF 50 V เซรามิก | 2 ตัว |
| C3, C11, C13, C15, C19, C22 | 0 .01 µF 50 V ไมลาร์ | 6 ตัว |
| C4, C27, C33 | 5 pF 50 V เซรามิก | 3 ตัว |
| C6 | 68 pF 50 V เซรามิก | 1 ตัว |
| C7, C9 | 10 pF 50 V เซรามิก | 2 ตัว |
| C10 | 33 pF 50 V เซรามิก | 1 ตัว |
| C12 | 150 pF 50 V เซรามิก | 1 ตัว |
| C14 | 180 pF 50 V เซรามิก | 1 ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ .

| | | |
|---|---|---|
| C16 | 0.001 µF 50 V ไมลาร์ | 1 ตัว |
| C17 | 18 pF 50 V เซรามิก | 1 ตัว |
| C6, C20, C21, C24, C30 | 0.1 µF 50 V ไมลาร์ | 5 ตัว |
| C23 | 470 pF 50 V เซรามิก | 1 ตัว |
| C25, C28 | 1 µF 50 V อิเล็กโทรไลต์ | 2 ตัว |
| C31, C32 | 100 µF 16 V อิเล็กโทรไลต์ | 2 ตัว |

**อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ**

| | | |
|---|---|---|
| IC1 | MC3361 | 1 ตัว |
| IC2 | LM386 | 1 ตัว |
| IC3 | 78L05 | 1 ตัว |
| D1-D4 | 1N418 | 4 ตัว |
| Q1 | 2SC2026 | 1 ตัว |
| Q2 | 3SK74 | 1 ตัว |
| Q3, Q4 | 2SC458 | 2 ตัว |
| Q5 | BC327 | 1 ตัว |
| CFU1 | 455K เซรามิกฟิลเตอร์ | 1 ตัว |
| CFU2 | 10.7 เมกะเฮิรตซ์ | 1 ตัว |
| X-TAL1 | 16.340 เมกะเฮิรตซ์ | 1 ตัว |
| X-TAL2 | 10.240 เมกะเฮิรตซ์ | 1 ตัว |

**3. วงจรเข้ารหัส**

**ตัวต้านทาน**

| | | |
|---|---|---|
| R1 | 1 KΩ | 1 ตัว |

**ตัวเก็บประจุ**

| | | |
|---|---|---|
| C1 | 0.1 µF เซรามิก | 1 ตัว |
| C2 | 100 µF 50 V อิเล็กโทรไลต์ | 1 ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ**

| | | |
|---|---|---|
| IC1 | UM 95089 | 1 ตัว |
| IC2 | 7805 | 1 ตัว |
| D1 | 1N4001 | 1 ตัว |
| X-TAL1 | 3.579 เมกะเฮิรตซ์ | 1 ตัว |

**อื่นๆ**

| | |
|---|---|
| รีเลย์ - 12 V | 1 ตัว |
| ดิฟสวิตช์ - 8 ช่อง | 1 ตัว |

**4.วงจรถอดรหัส และเปรียบเทียบรหัส**

**ตัวต้านทาน**

| | | |
|---|---|---|
| R1 | 100 kΩ | 1 ตัว |
| R2 | 150 Ω | 1 ตัว |
| R3 | 5.6 KΩ | 1 ตัว |
| R4 | 10 KΩ | 1 ตัว |
| R5 | 300 KΩ | 1 ตัว |

**ตัวเก็บประจุ**

| | | |
|---|---|---|
| C1 | 0.1 µF เซรามิก | 1 ตัว |
| C2 | 47 µF 16 V อิเล็กโทรไลต์ | 1 ตัว |

**อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ**

| | | |
|---|---|---|
| IC1 | MT 8870 | 1 ตัว |
| IC2 | 74HC85 | 1 ตัว |
| IC3 | NE 555 | 1 ตัว |
| IC4 | 7805 | 1 ตัว |
| IC5 | UM66T19L | 1 ตัว |
| Q1, Q2 | 2SC458 | 2 ตัว |
| Q3 | 2N3904 | 1 ตัว |
| Q4 | 2SC9013 | 1 ตัว |
| X-TAL | 3.579 เมกะเฮิรตซ์ | 1 ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**อื่นๆ**

| | |
|---|---|
| รีเลย์ - 5 V | 1 ตัว |
| มอเตอร์ - 5 V | 1 ตัว |
| สวิตช์ - 3 ทาง | 1 ตัว |
| สวิตช์ - แบบกดติดกดดับ | 1 ตัว |

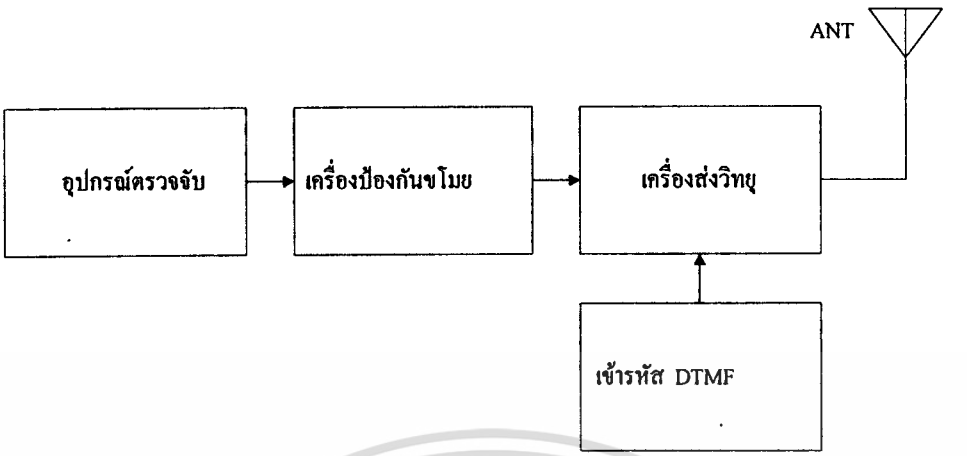


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

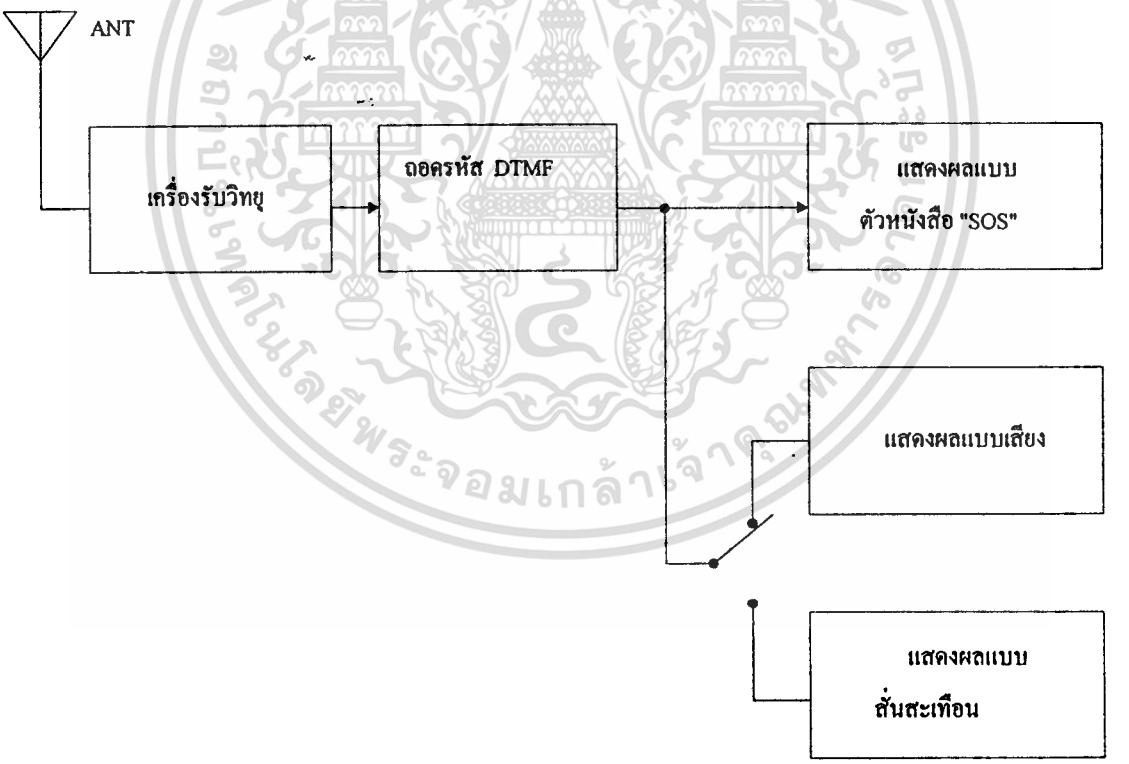
# ภาคผนวก ค

# วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

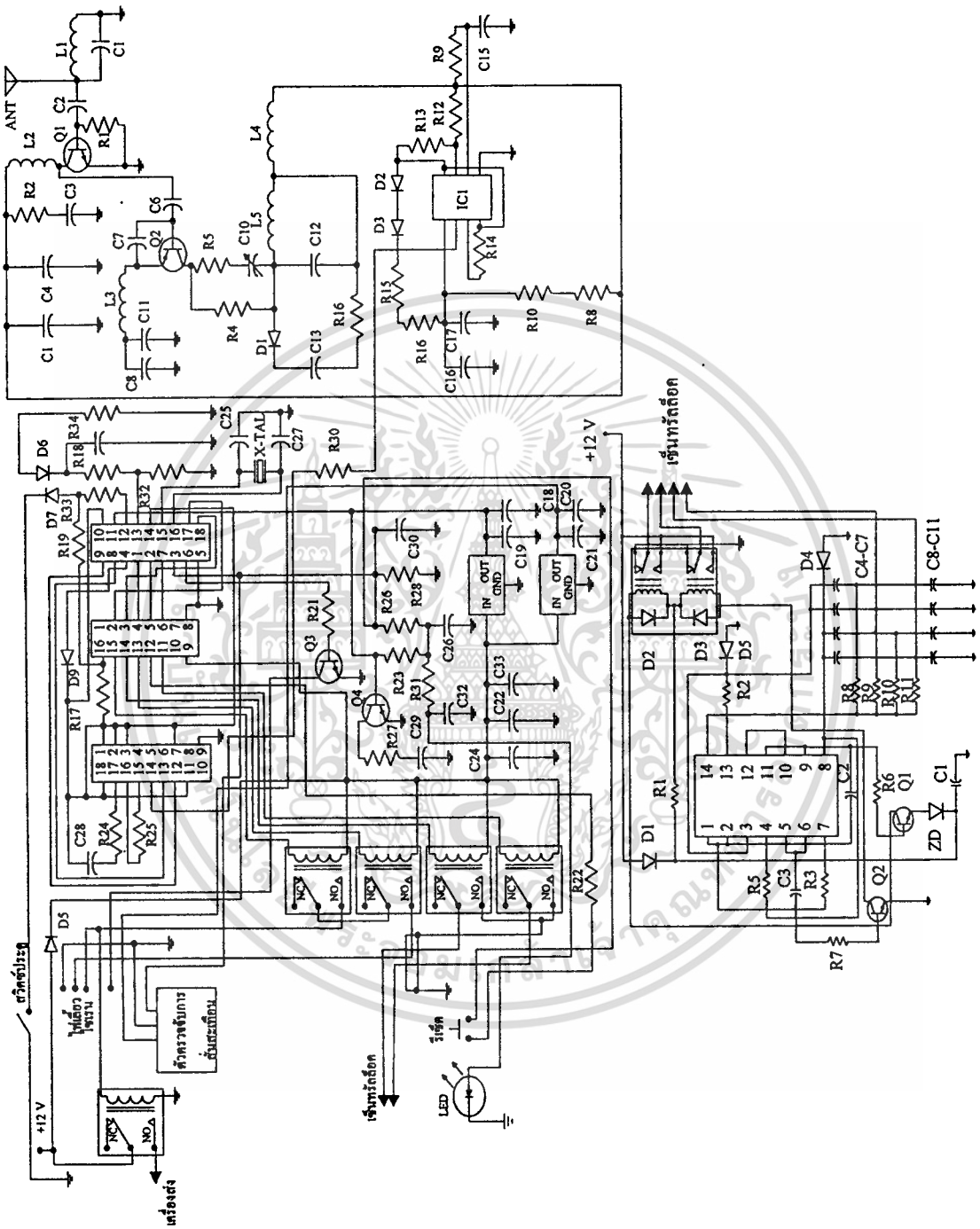



**รูปที่ ค.1 แผนผังการทำงานของทางด้านส่ง**



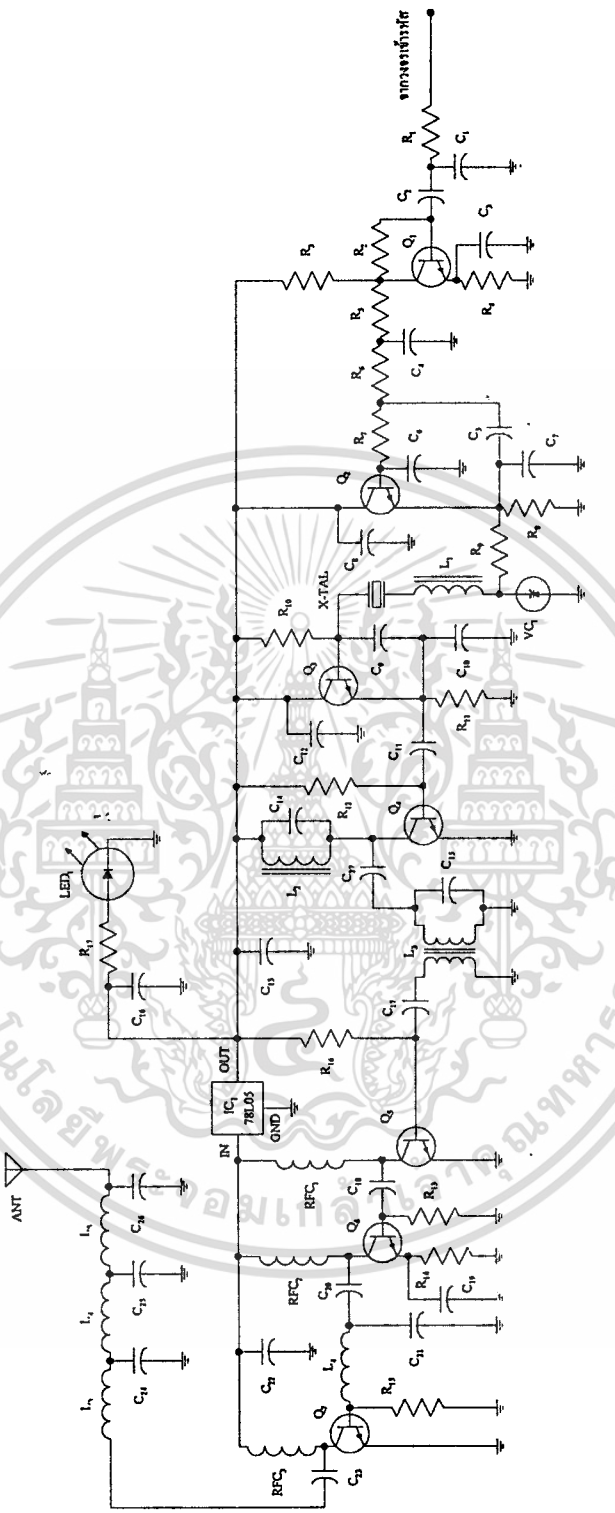

**รูปที่ ค.2 แผนผังการทำงานของทางด้านรับ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



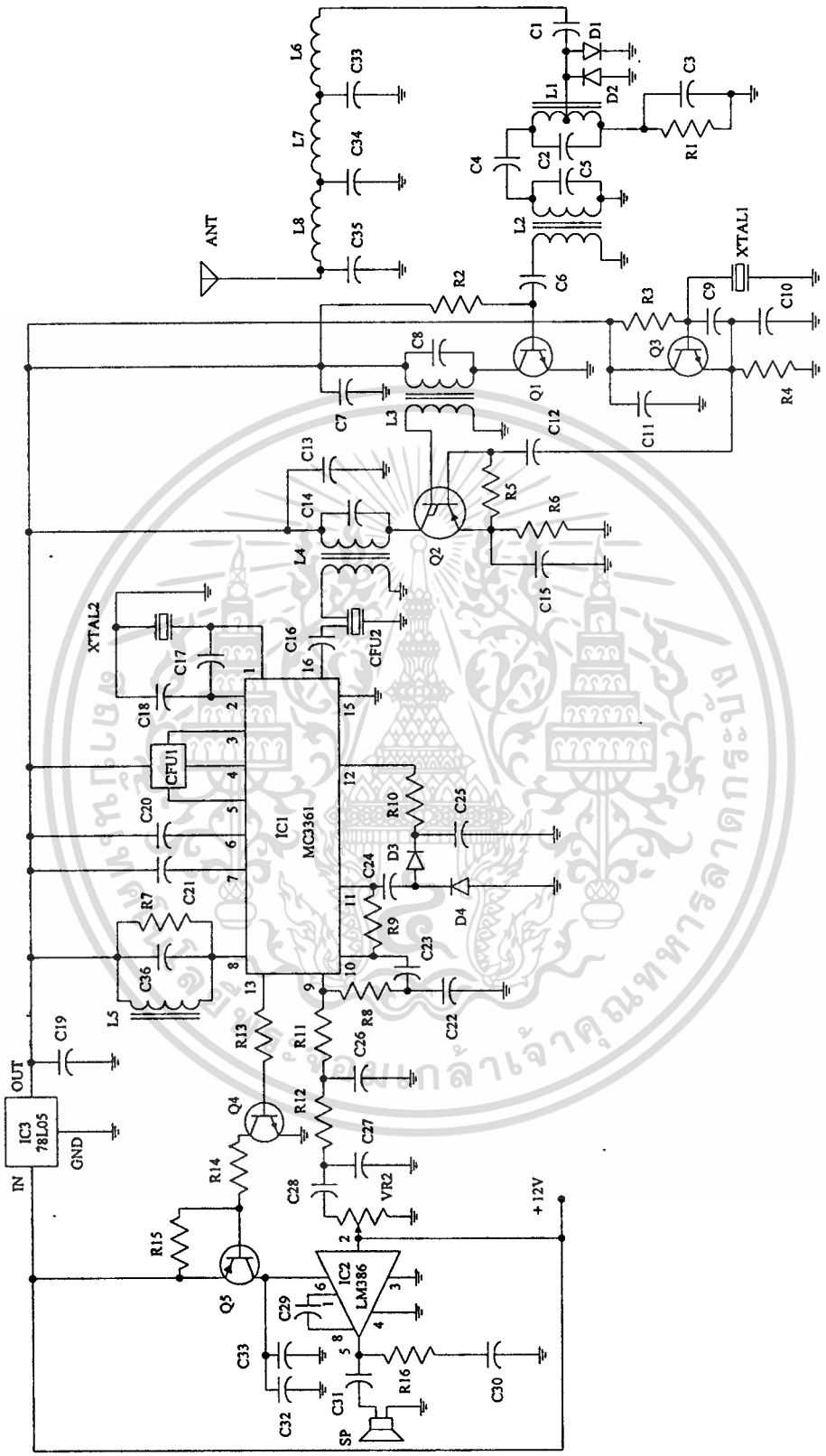

**รูปที่ ค.3 วงจรเครื่องป้องกันขโมยรถยนต์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



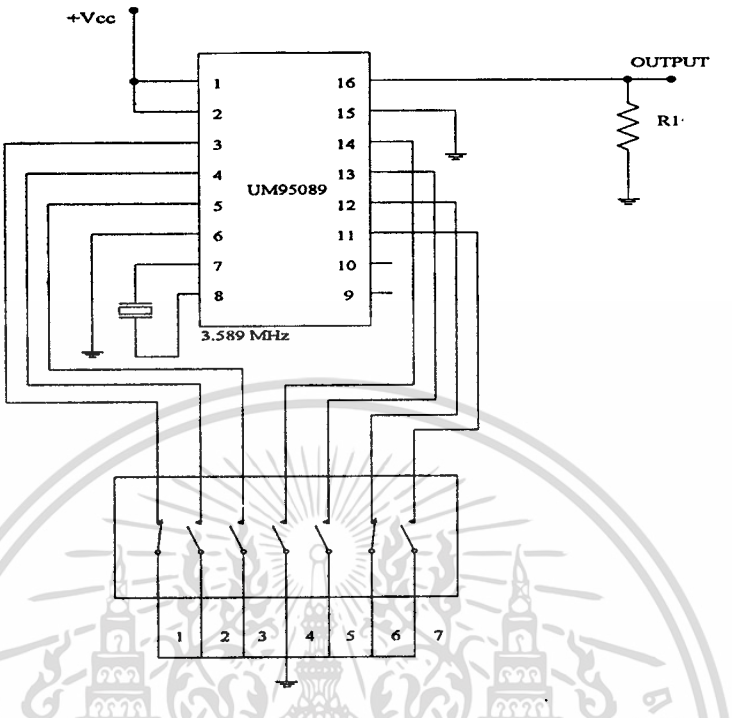

**รูปที่ ค.4 วงจรเครื่องส่งวิทยุ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

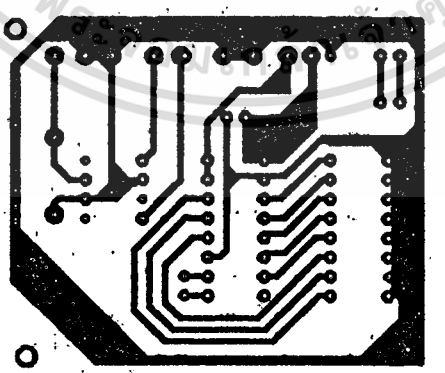



**รูปที่ ค.5 วงจรภาครับความถี่วิทยุ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

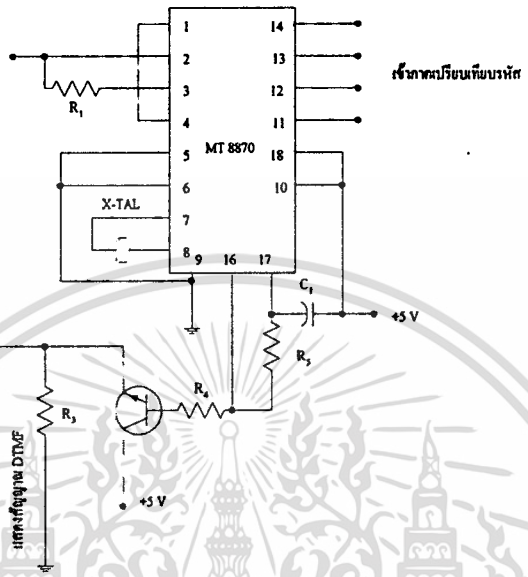



**รูปที่ ค.6 วงจรเข้ารหัส**

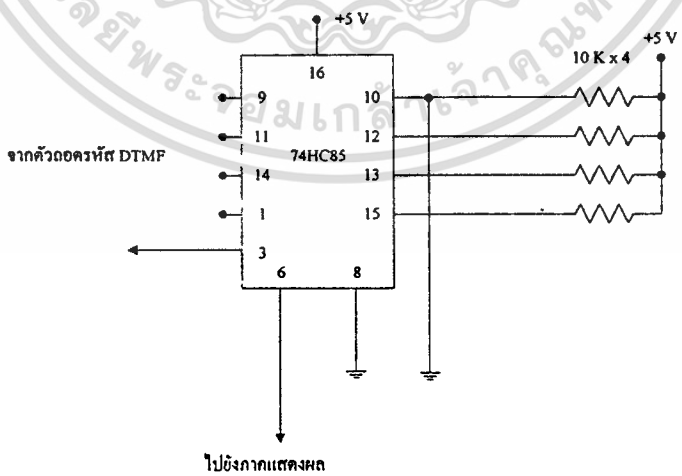


**รูปที่ ค.7 แผ่นพิมพ์ลายวงจรเข้ารหัส DTMF**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

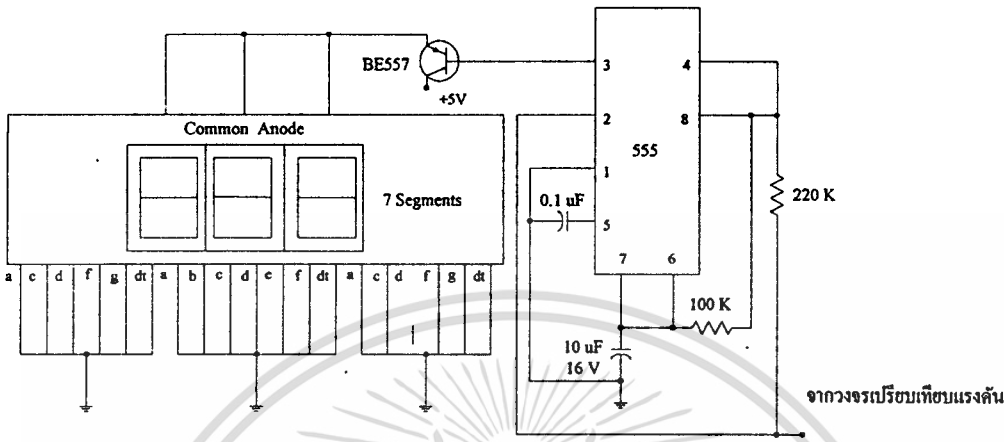



**รูปที่ ค.8 วงจรถอดรหัส**

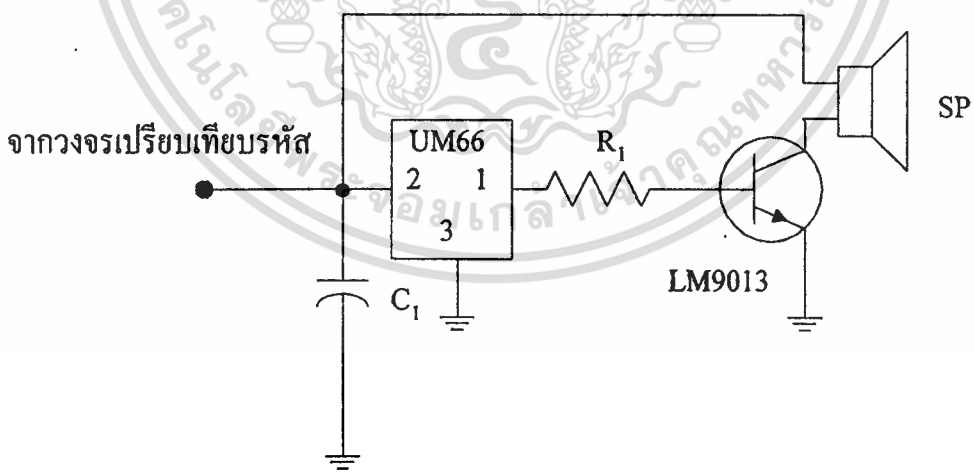



**รูปที่ ค.9 วงจรเปรียบเทียบรหัส**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

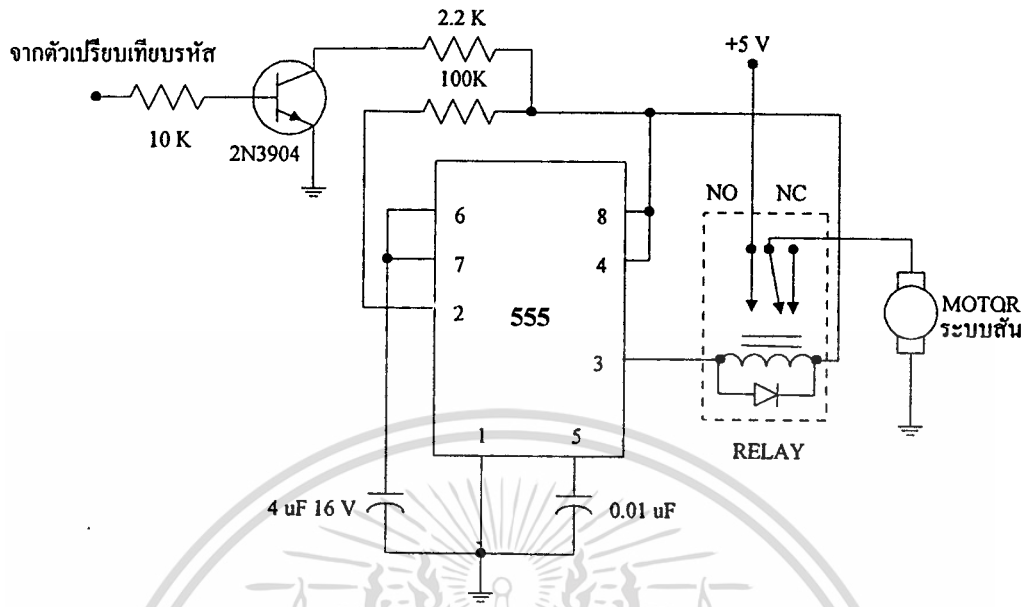



**รูปที่ ค.10 วงจรการแสดงผลแบบตัวหนังสือ**

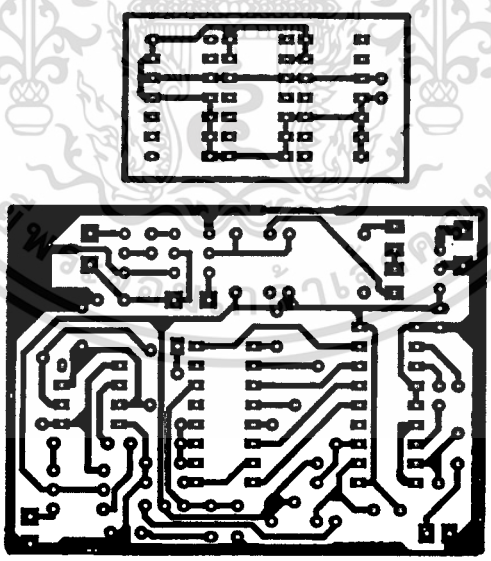



**รูปที่ ค.11 วงจรภาคกำเนิดเสียง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

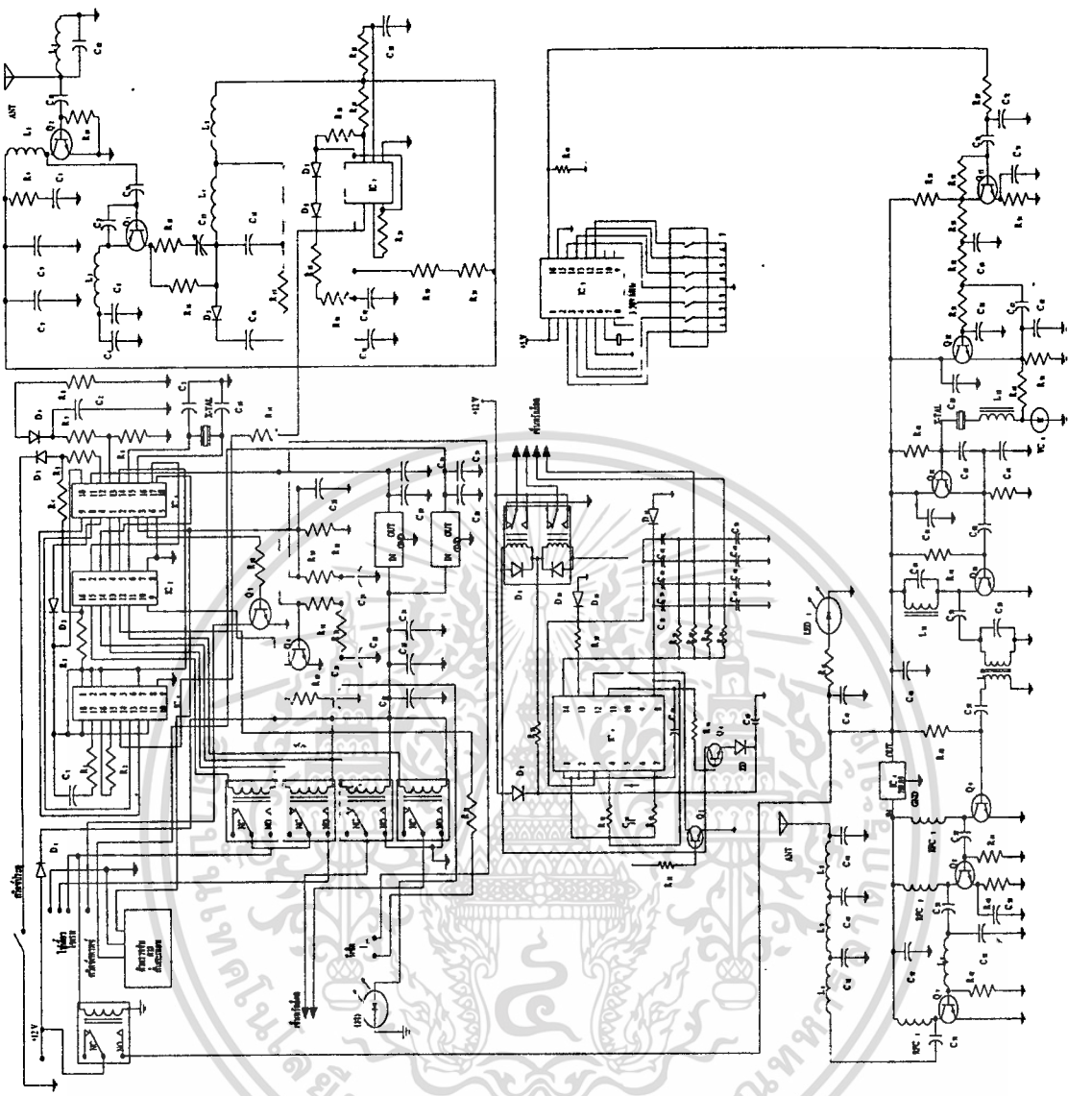



**รูปที่ ค.12 วงจรภาคแสดงผลแบบสั่นสะเทือน**



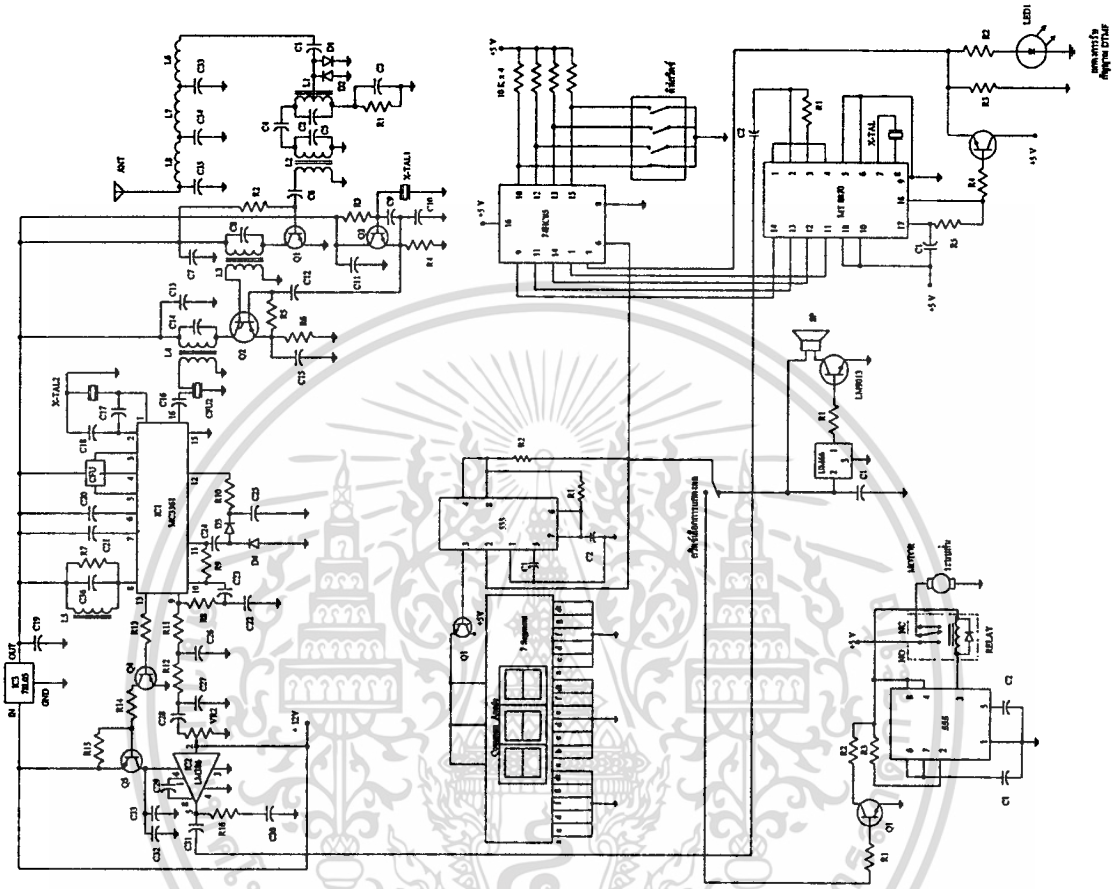
**รูปที่ ค.13 แผ่นพิมพ์ลายวงจรรวมทางด้านรับ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ ค.14 วงจรรวมทางด้านส่ง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ ค.15 วงจรรวมทางด้านรับ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ง

# รายละเอียดข้อมูลไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TP5089 DTMF (TOUCH-TONE) Generator

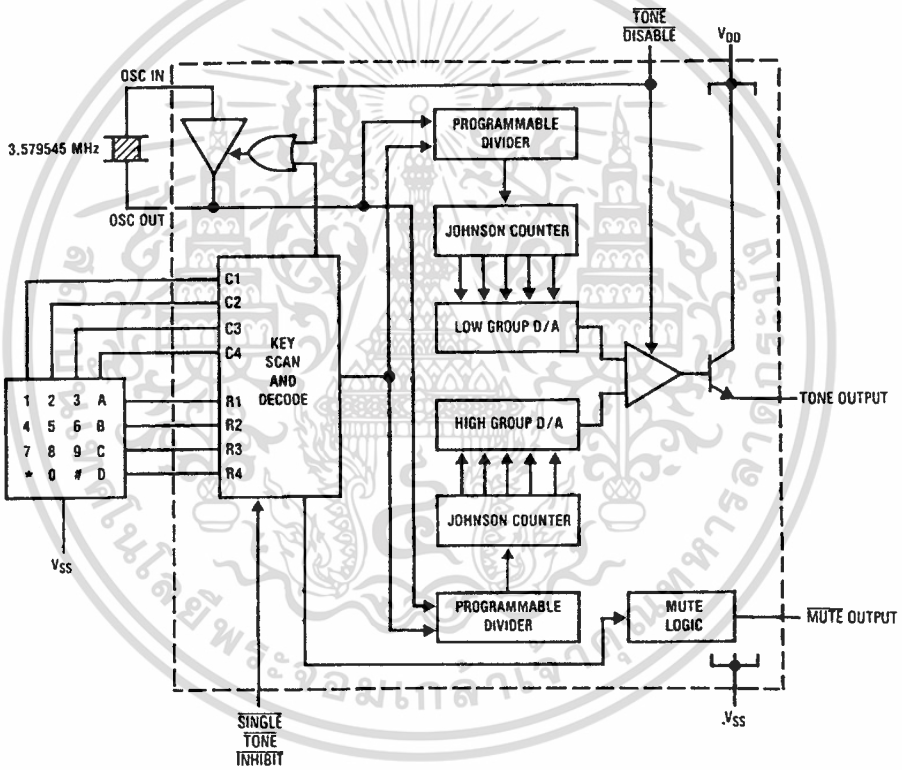
## General Description

The TP5089 is a low threshold voltage, field-implanted, 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 $\overline{\text{MUTE}}$ 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 $\overline{\text{MUTE}}$ 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
- $\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ pin

## Block Diagram




TL/H/5057–1

FIGURE 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 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 $-30°C$ to $+60°C$

Storage Temperature $-55°C$ to $+150°C$

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°C to +60°C by correlation with 100% electrical testing at $T_A$ = 25°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 $\overline{\text{MUTE}}$ Logic Functions | | 2 | | | V |
| Minimum Operating Voltage for generating tones | | **3.5** | | | V |
| Operating Current<br>Idle<br>Generating Tones | Mute open<br>$R_L = \infty$<br>$V_{DD} = 3.5V$ | | 2<br>1.1 | **25**<br>**2.5** | μA<br>mA |
| Input Resistors<br>COLUMN and ROW (Pull-Up)<br>$\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ (Pull-Down)<br>$\overline{\text{TONE DISABLE}}$ (Pull-Up) | | <br>25<br>120 | 50 | | <br>kΩ<br>kΩ |
| Input Low Level | | | | **0.2 $V_{DD}$** | V |
| Input High Level | | **0.8 $V_{DD}$** | | | V |
| $\overline{\text{MUTE}}$ OUT Sink Current (COLUMN and ROW Active) | $V_{DD} = 3.5V$<br>$V_o = 0.5V$ | **0.4** | | | mA |
| $\overline{\text{MUTE}}$ Out Leakage Current | $V_o = V_{DD}$ | | 1 | | μA |
| Output Amplitude Low Group | $R_L = 240\ \Omega$<br>$V_{DD} = 3.5V$ | **190** | 250 | **340** | mVrms |
| | $R_L = 240\Omega$<br>$V_{DD} = 10V$ | **510** | 700 | **880** | mVrms |
| Output Amplitude High Group | $R_L = 240\Omega$<br>$V_{DD} = 3.5V$ | **270** | 340 | **470** | mVrms |
| | $R_L = 240\Omega$<br>$V_{DD} = 10V$ | **735** | 955 | **1265** | mVrms |
| Mean Output DC Offset | $V_{DD} = 3.5V$<br>$V_{DD} = 10V$ | | 1.3<br>4.6 | | V<br>V |
| High Group Pre-Emphasis | | **2.2** | 2.7 | **3.2** | dB |
| Dual Tone/Total Harmonic Distortion Ratio | $V_{DD} = 4V$, $R_L = 240\Omega$<br>1 MHz Bandwidth | | −23 | **−22** | dB |
| Start-Up Time (to 90% Amplitude) | | | 3 | 5 | mS |

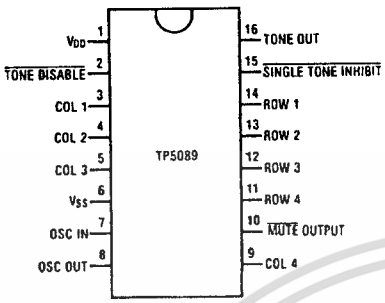
**Note 1:** $R_L$ is the external load resistor connected from TONE OUT to $V_{SS}$.

**Note 2:** Crystal specification: Parallel resonant 3.579545 MHz, $R_S$ 150 Ω, L = 100 mH, $C_O$ = 5 pF, $C_I$ = 0.02 pF.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Connection Diagram

**Dual-In-Line Package**




TL/H/5057–2

**Top View**

**Order Number TP5089N**
**See NS Package N16A**

## Pin Descriptions

| Symbol | Description |
|---|---|
| $V_{DD}$ | This is the positive voltage supply to the device, referenced to $V_{SS}$. The collector of the TONE OUT transistor is connected to this pin. |
| $V_{SS}$ | 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 $\overline{\text{TONE DISABLE}}$ 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 $V_{SS}$, which starts the oscillator and initiates tone generation. Negative-true logic signals simulating key closures can also be used. |
| $\overline{\text{TONE DISABLE}}$ Input | The $\overline{\text{TONE DISABLE}}$ input has an internal pull-up resistor. When this input is open or at logic high, the normal tone output mode will occur. When $\overline{\text{TONE DISABLE}}$ input is at logic low, the device will be in the inactive mode, TONE OUT will be at an open circuit state. |
| $\overline{\text{MUTE}}$ Output | The $\overline{\text{MUTE}}$ output is an open-drain N-channel device that sinks current to $V_{SS}$ with any key input and is open when no key input is sensed. The $\overline{\text{MUTE}}$ output will switch regardless of the state of the $\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ input. |
| $\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ Input | The $\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ 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 $V_{SS}$, and when left open or tied to $V_{SS}$ 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 $V_{DD}$, single or dual tones may be generated, see Table II. |
| TONE OUT | This output is the open emitter of an NPN transistor, the collector of which is connected to $V_{DD}$. When an external load resistor is connected from TONE OUT to $V_{SS}$, 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.<br>Adjustment of the emitter load resistor results in variation of the mean DC current during tone generation, the sinewave 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 $\overline{\text{MUTE}}$ 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 $V_{SS}$. This resistor facilitates adjustment of the signal current flowing from $V_{DD}$ through the output transistor.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Functional Description (Continued)

**TABLE I. Output Frequency Accuracy**

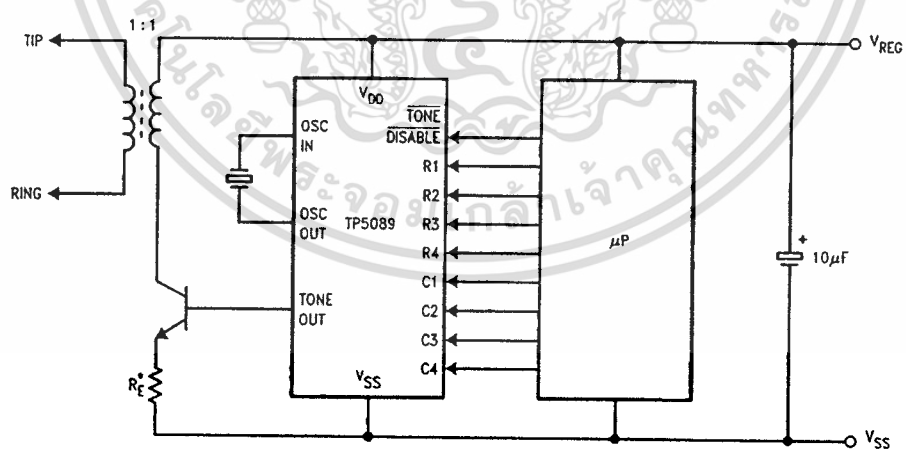
| Tone Group | Valid Input | Standard DTMF (Hz) | Tone Output Frequency | % Deviation from Standard |
|---|---|---|---|---|
| Low Group $f_L$ | R1 | 697 | 694.6 | −0.32 |
| | R2 | 770 | 770.1 | +0.02 |
| | R3 | 852 | 852.4 | +0.03 |
| | R4 | 941 | 940.0 | −0.11 |
| High Group $f_H$ | C1 | 1209 | 1206.0 | −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 | $V_{OS}$ | $V_{OS}$ | O |
| X | 1 | One | One | $f_L$ | $f_H$ | O |
| 1 | 1 | 2 or More | One | — | $f_H$ | O |
| 1 | 1 | One | 2 or More | $f_L$ | — | O |
| 1 | 1 | 2 or More | 2 or More | $V_{OS}$ | $V_{OS}$ | O |
| 0 | 1 | 2 or More | One | $V_{OS}$ | $V_{OS}$ | O |
| 0 | 1 | One | 2 or More | $V_{OS}$ | $V_{OS}$ | O |
| 0 | 1 | 2 or More | 2 or More | $V_{OS}$ | $V_{OS}$ | O |

**Note 1:** X is don't care state.

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




TL/H/5057–3

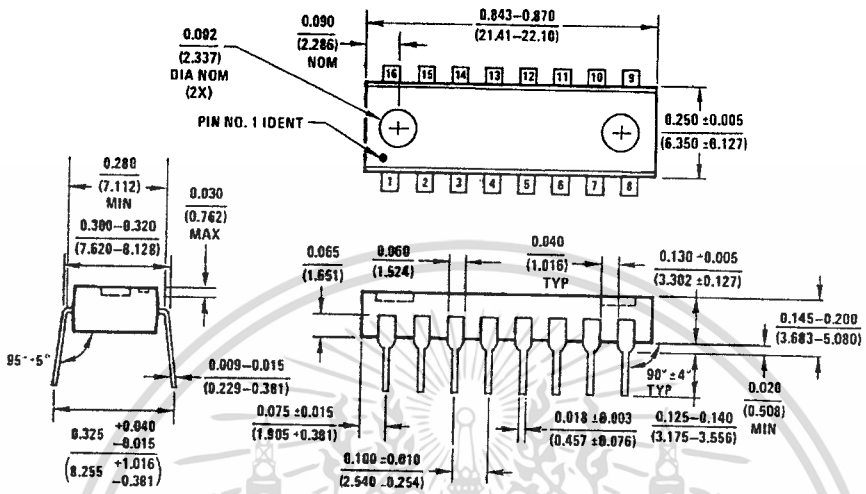
*Adjust $R_E$ for desired tone amplitude.

**FIGURE 2. Typical Application**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Physical Dimensions inches (millimeters)

Lit. # 113986




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

### 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MITEL

# ISO²-CMOS MT8870D/MT8870D-1
## Integrated DTMF Receiver

ISSUE 3 May1995

### 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

### 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

**Ordering Information**

| | |
|---|---|
| MT8870DE/DE-1 | 18 Pin Plastic DIP |
| MT8870DC/DC-1 | 18 Pin Ceramic DIP |
| MT8870DS/DS-1 | 18 Pin SOIC |
| MT8870DN/DN-1 | 20 Pin SSOP |
| MT8870DT/DT-1 | 20 Pin TSSOP |

-40 °C to +85 °C

### 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.

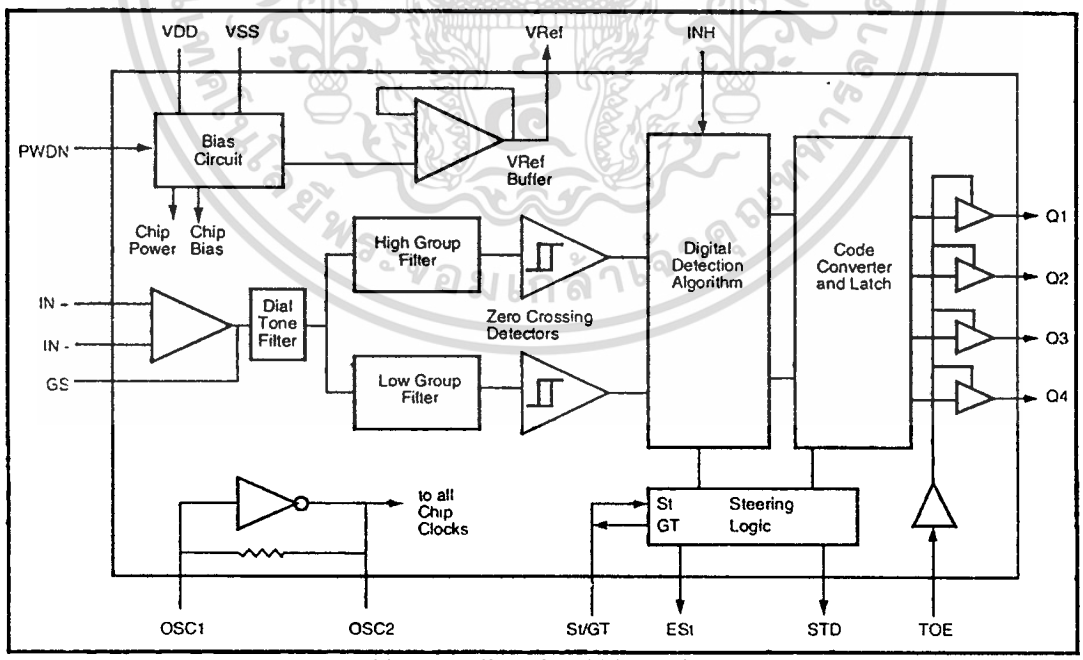



**Figure 1 - Functional Block Diagram**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

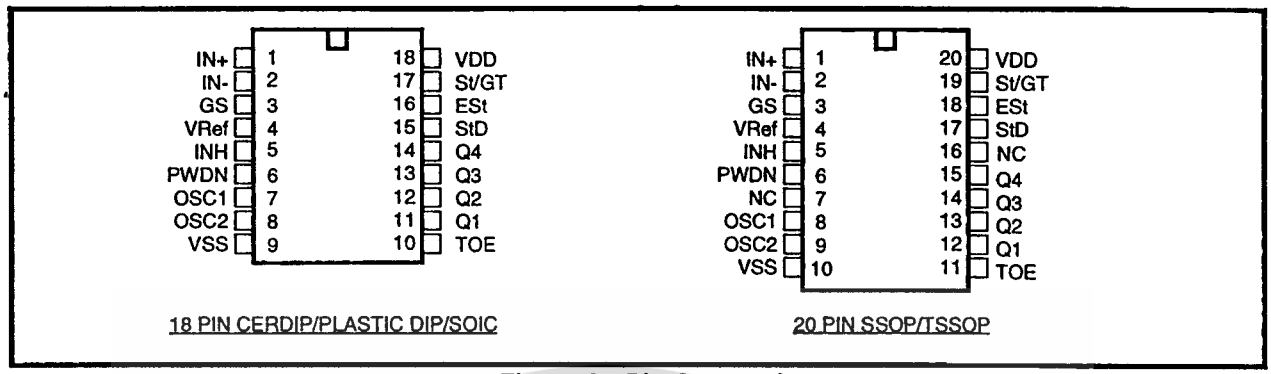



**Figure 2 - Pin Connections**

## Pin Description

| Pin # | | Name | Description |
|---|---|---|---|
| 18 | 20 | | |
| 1 | 1 | IN+ | **Non-Inverting Op-Amp (Input).** |
| 2 | 2 | IN- | **Inverting Op-Amp (Input).** |
| 3 | 3 | GS | **Gain Select.** Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor. |
| 4 | 4 | $V_{Ref}$ | **Reference Voltage (Output).** Nominally $V_{DD}/2$ is used to bias inputs at mid-rail (see Fig. 6 and Fig. 10). |
| 5 | 5 | INH | **Inhibit (Input).** Logic high inhibits the detection of tones representing characters A, B, C and D. This pin input is internally pulled down. |
| 6 | 6 | PWDN | **Power Down (Input).** Active high. Powers down the device and inhibits the oscillator. This pin input is internally pulled down. |
| 7 | 8 | OSC1 | **Clock (Input).** |
| 8 | 9 | OSC2 | **Clock (Output).** A 3.579545 MHz crystal connected between pins OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit. |
| 9 | 10 | $V_{SS}$ | **Ground (Input).** 0V typical. |
| 10 | 11 | TOE | **Three State Output Enable (Input).** Logic high enables the outputs Q1-Q4. This pin is pulled up internally. |
| 11-14 | 12-15 | Q1-Q4 | **Three State Data (Output).** 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 | **Delayed Steering (Output).**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 $V_{TSt}$. |
| 16 | 18 | ESt | **Early Steering (Output).** 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 | **Steering Input/Guard time (Output) Bidirectional.** A voltage greater than $V_{TSt}$ detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than $V_{TSt}$ 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 | $V_{DD}$ | **Positive power supply (Input). +5V typical.** |
| | 7, 16 | NC | No Connection. |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Functional Description

The MT8870D/MT8870D-1 monolithic DTMF receiver offers small size, low power consumption and high performance. Its architecture consists of a bandsplit filter section, which separates the high and low group tones, followed by a digital counting section which verifies the frequency and duration of the received tones before passing the corresponding code to the output bus.

### Filter Section

Separation of the low-group and high group tones is achieved by applying the DTMF signal to the inputs of two sixth-order switched capacitor bandpass filters, the bandwidths of which correspond to the low and high group frequencies. The filter section also incorporates notches at 350 and 440 Hz for exceptional dial tone rejection (see Figure 3). Each filter output is followed by a single order switched capacitor filter section which smooths the signals prior to limiting. Limiting is performed by high-gain comparators which are provided with hysteresis to prevent detection of unwanted low-level signals. The outputs of the comparators provide full rail logic swings at the frequencies of the incoming DTMF signals.

### Decoder Section

Following the filter section is a decoder employing digital counting techniques to determine the frequencies of the incoming tones and to verify that they correspond to standard DTMF frequencies. A complex averaging algorithm protects against tone simulation by extraneous signals such as voice while

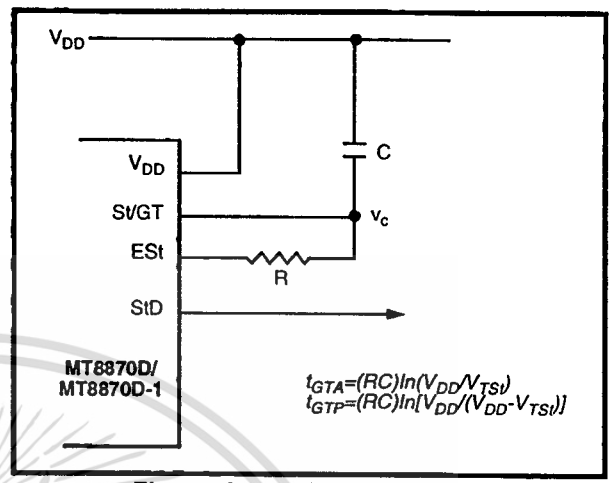



**Figure 4 - Basic Steering Circuit**

providing tolerance to small frequency deviations and variations. This averaging algorithm has been developed to ensure an optimum combination of immunity to talk-off and tolerance to the presence of interfering frequencies (third tones) and noise. When the detector recognizes the presence of two valid tones (this is referred to as the "signal condition" in some industry specifications) the "Early Steering" (ESt) output will go to an active state. Any subsequent loss of signal condition will cause ESt to assume an inactive state (see "Steering Circuit").

### Steering Circuit

Before registration of a decoded tone pair, the receiver checks for a valid signal duration (referred to as character recognition condition). This check is performed by an external RC time constant driven by ESt. A logic high on ESt causes $v_c$ (see Figure 4) to rise as the capacitor discharges. Provided signal

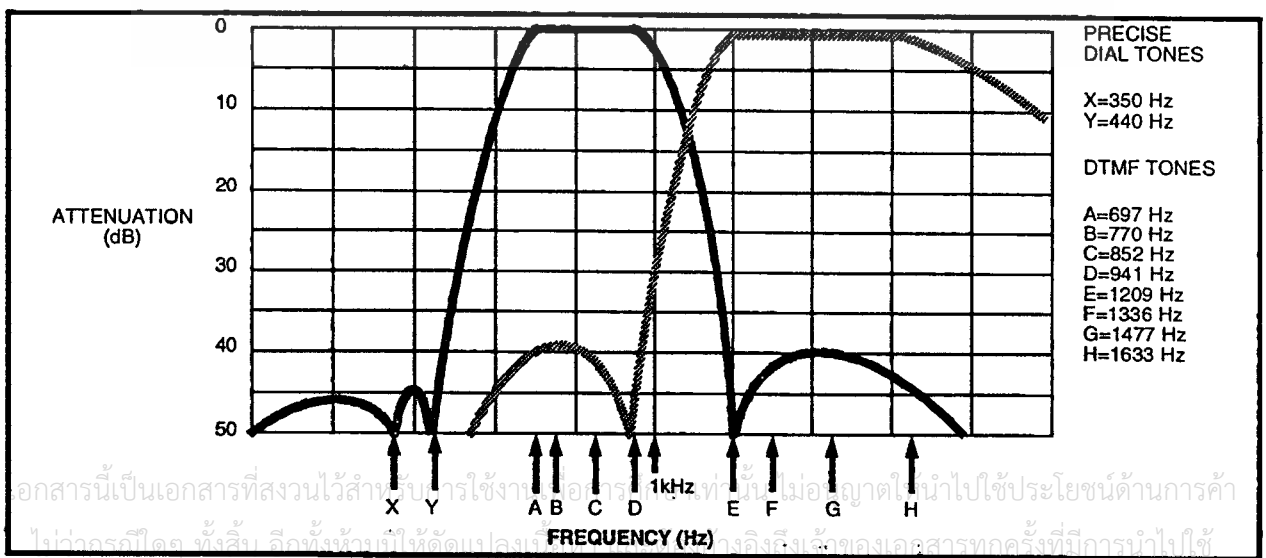



**Figure 3 - Filter Response**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

| Digit | TOE | INH | ESt | $Q_4$ | $Q_3$ | $Q_2$ | $Q_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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

## 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 µF is 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.

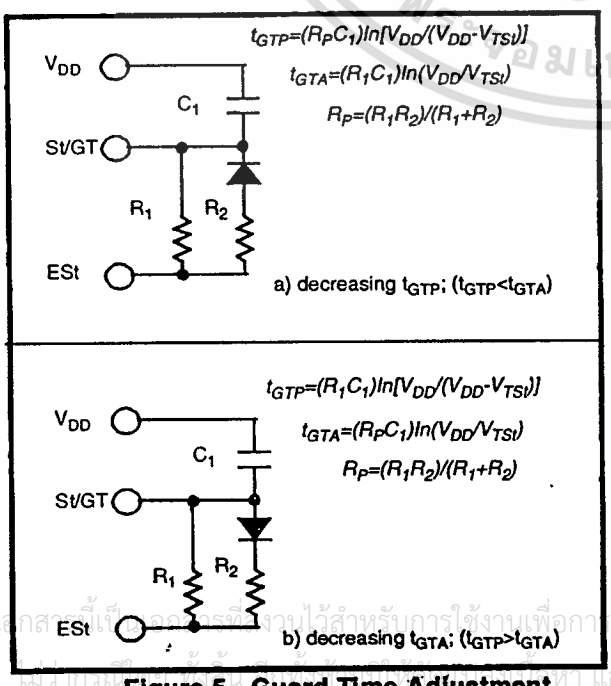



**Figure 5 - Guard Time Adjustment**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 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 $^1/_2V_{DD}$. Figure 6 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor $R_5$.

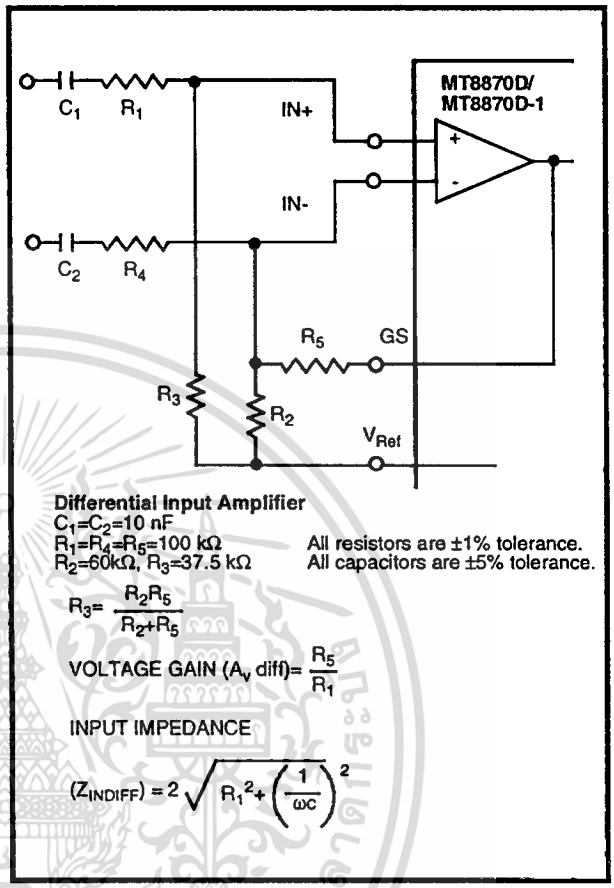



**Figure 6 - Differential Input Configuration**

### 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.

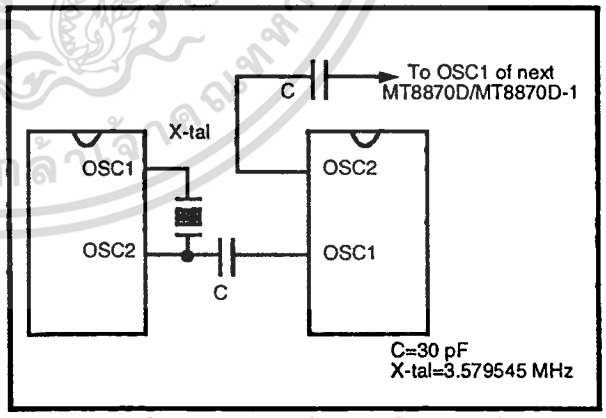



**Figure 7 - Oscillator Connection**

| Parameter | Unit | Resonator |
|---|---|---|
| R1 | Ohms | 10.752 |
| L1 | mH | .432 |
| C1 | pF | 4.984 |
| C0 | pF | 37.915 |
| Qm | - | 896.37 |
| Δf | % | ±0.2% |

**Table 2. Recommended Resonator Specifications**

Note: Qm=quality factor of RLC model, i.e., $1/2\Pi fR1C1$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์

## 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 $R_1$ and $R_2$ 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 $R_3$ and $C_2$ 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.

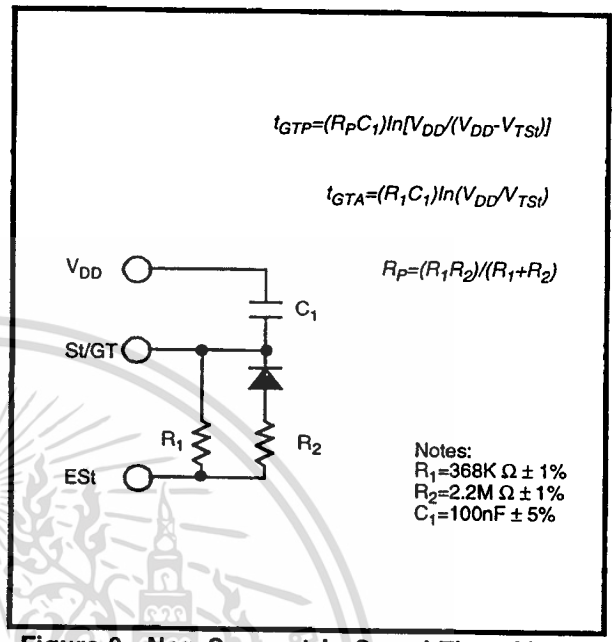



**Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit**

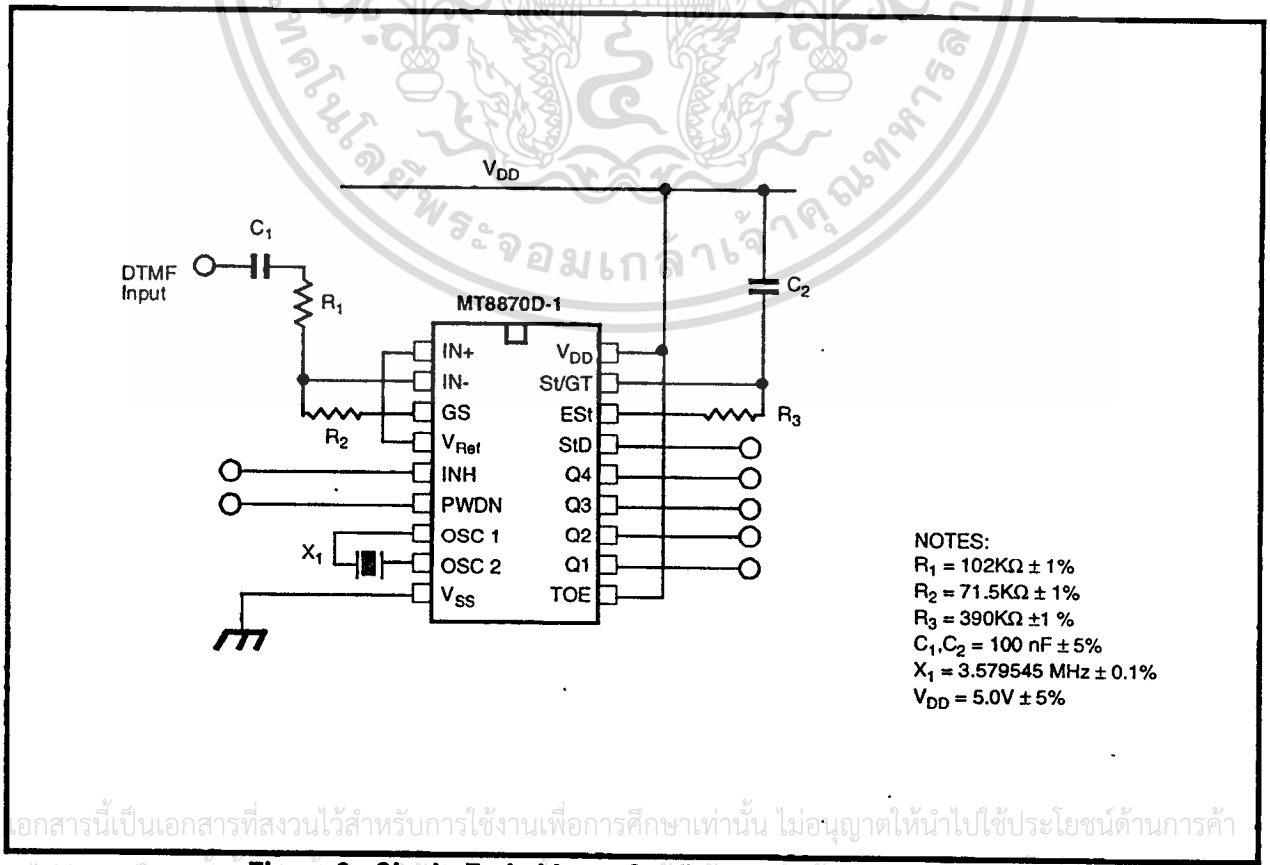



**Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รวมทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings†

| | Parameter | Symbol | Min | Max | Units |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | DC Power Supply Voltage | $V_{DD}$ | | 7 | V |
| 2 | Voltage on any pin | $V_I$ | $V_{SS}$-0.3 | $V_{DD}$+0.3 | V |
| 3 | Current at any pin (other than supply) | $I_I$ | | 10 | mA |
| 4 | Storage temperature | $T_{STG}$ | -65 | +150 | °C |
| 5 | Package power dissipation | $P_D$ | | 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 ($V_{SS}$) unless otherwise stated.

| | Parameter | Sym | Min | Typ‡ | Max | Units | Test Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | DC Power Supply Voltage | $V_{DD}$ | 4.75 | 5.0 | 5.25 | V | |
| 2 | Operating Temperature | $T_O$ | -40 | | +85 | °C | |
| 3 | Crystal/Clock Frequency | fc | | 3.579545 | | MHz | |
| 4 | Crystal/Clock Freq.Tolerance | Δfc | | ±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 - $V_{DD}$=5.0V± 5%, $V_{SS}$=0V, -40°C ≤ $T_O$ ≤ +85°C, unless otherwise stated.

| | | Characteristics | Sym | Min | Typ‡ | Max | Units | Test Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | SUPPLY | Standby supply current | $I_{DDQ}$ | | 10 | 25 | μA | PWDN=$V_{DD}$ |
| 2 | | Operating supply current | $I_{DD}$ | | 3.0 | 9.0 | mA | |
| 3 | | Power consumption | $P_O$ | | 15 | | mW | fc=3.579545 MHz |
| 4 | INPUTS | High level input | $V_{IH}$ | 3.5 | | | V | $V_{DD}$=5.0V |
| 5 | | Low level input voltage | $V_{IL}$ | | | 1.5 | V | $V_{DD}$=5.0V |
| 6 | | Input leakage current | $I_{IH}/I_{IL}$ | | 0.1 | | μA | $V_{IN}$=$V_{SS}$ or $V_{DD}$ |
| 7 | | Pull up (source) current | $I_{SO}$ | | 7.5 | 20 | μA | TOE (pin 10)=0, $V_{DD}$=5.0V |
| 8 | | Pull down (sink) current | $I_{SI}$ | | 15 | 45 | μA | INH=5.0V, PWDN=5.0V, $V_{DD}$=5.0V |
| 9 | | Input impedance (IN+, IN-) | $R_{IN}$ | | 10 | | MΩ | @ 1 kHz |
| 10 | | Steering threshold voltage | $V_{TSt}$ | 2.2 | 2.4 | 2.5 | V | $V_{DD}$ = 5.0V |
| 11 | OUTPUTS | Low level output voltage | $V_{OL}$ | | | $V_{SS}$+0.03 | V | No load |
| 12 | | High level output voltage | $V_{OH}$ | $V_{DD}$-0.03 | | | V | No load |
| 13 | | Output low (sink) current | $I_{OL}$ | 1.0 | 2.5 | | mA | $V_{OUT}$=0.4 V |
| 14 | | Output high (source) current | $I_{OH}$ | 0.4 | 0.8 | | mA | $V_{OUT}$=4.6 V |
| 15 | | $V_{Ref}$ output voltage | $V_{Ref}$ | 2.3 | 2.5 | 2.7 | V | No load, $V_{DD}$ = 5.0V |
| 16 | | $V_{Ref}$ output resistance | $R_{OR}$ | | 1 | | kΩ | |

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

# MT8870D/MT8870D-1 ISO$^2$-CMOS

## Operating Characteristics - $V_{DD}$=5.0V±5%, $V_{SS}$=0V, -40°C ≤ $T_O$ ≤ +85°C ,unless otherwise stated.

**Gain Setting Amplifier**

| | Characteristics | Sym | Min | Typ‡ | Max | Units | Test Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Input leakage current | $I_{IN}$ | | | 100 | nA | $V_{SS} \le V_{IN} \le V_{DD}$ |
| 2 | Input resistance | $R_{IN}$ | 10 | | | MΩ | |
| 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 ≤ $V_{IN}$ ≤ 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 ≥ 100 kΩ to $V_{SS}$ @ GS |
| 9 | Maximum capacitive load (GS) | $C_L$ | | | 100 | pF | |
| 10 | Resistive load (GS) | $R_L$ | | | 50 | kΩ | |
| 11 | Common mode range | $V_{CM}$ | 2.5 | | | $V_{pp}$ | No Load |

## MT8870D AC Electrical Characteristics - $V_{DD}$=5.0V ±5%, $V_{SS}$=0V, -40°C ≤ $T_O$ ≤ +85°C , using Test Circuit shown in Figure 10.

| | Characteristics | Sym | Min | Typ‡ | 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 | $mV_{RMS}$ | 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 | | ±1.5% ± 2 Hz | | | | 2,3,5,9 |
| 5 | Frequency deviation reject | | ±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 ±1.5 %± 2 Hz.
7. Bandwidth limited (3 kHz ) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz) ± 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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## MT8870D-1 AC Electrical Characteristics - $V_{DD}$=5.0V±5%, $V_{SS}$=0V, -40°C ≤ $T_O$ ≤ +85°C , using Test Circuit shown in Figure 10.

| | Characteristics | Sym | Min | Typ‡ | 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 | $mV_{RMS}$ | |
| 2 | Input Signal Level Reject | | -37 | | | dBm | Tested at $V_{DD}$=5.0V 1,2,3,5,6,9 |
| | | | 10.9 | | | $mV_{RMS}$ | |
| 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 | | ±1.5%± 2 Hz | | | | 2,3,5,9 |
| 6 | Frequency deviation reject | | ±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 |

‡: 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 ±1.5 %± 2 Hz.
7. Bandwidth limited (3 kHz ) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz) ± 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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AC Electrical Characteristics - $V_{DD}$=5.0V±5%, $V_{SS}$=0V, -40°C ≤ To ≤ +85°C , using Test Circuit shown in Figure 10.

| | | Characteristics | Sym | Min | Typ‡ | Max | Units | Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | TIMING | 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 | OUTPUTS | Propagation delay (St to Q) | $t_{PQ}$ | | 8 | 11 | µs | TOE=$V_{DD}$ |
| 8 | | Propagation delay (St to StD) | $t_{PStD}$ | | 12 | 16 | µs | TOE=$V_{DD}$ |
| 9 | | Output data set up (Q to StD) | $t_{QStD}$ | | 3.4 | | µs | TOE=$V_{DD}$ |
| 10 | | Propagation delay (TOE to Q ENABLE) | $t_{PTE}$ | | 50 | | ns | load of 10 kΩ, 50 pF |
| 11 | | Propagation delay (TOE to Q DISABLE) | $t_{PTD}$ | | 300 | | ns | load of 10 kΩ, 50 pF |
| 12 | PDWN | Power-up time | $t_{PU}$ | | 30 | | ms | Note 3 |
| 13 | | Power-down time | $t_{PD}$ | | 20 | | ms | |
| 14 | CLOCK | 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 | $DC_{CL}$ | 40 | 50 | 60 | % | Ext. clock |
| 18 | | Capacitive load (OSC2) | $C_{LO}$ | | | 30 | pF | |

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

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

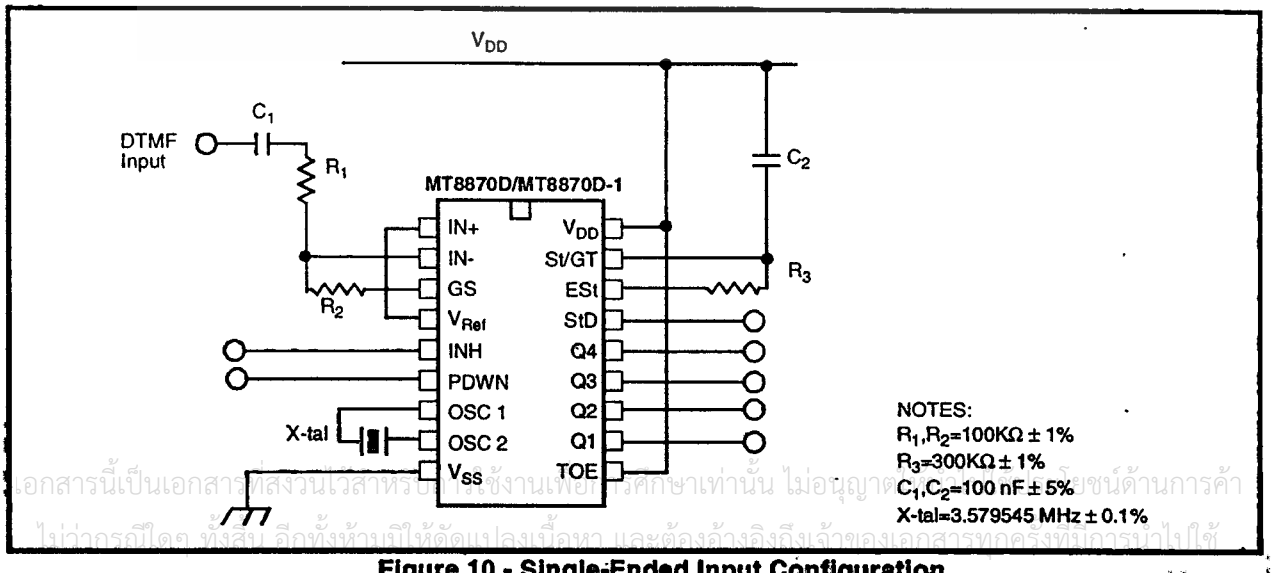
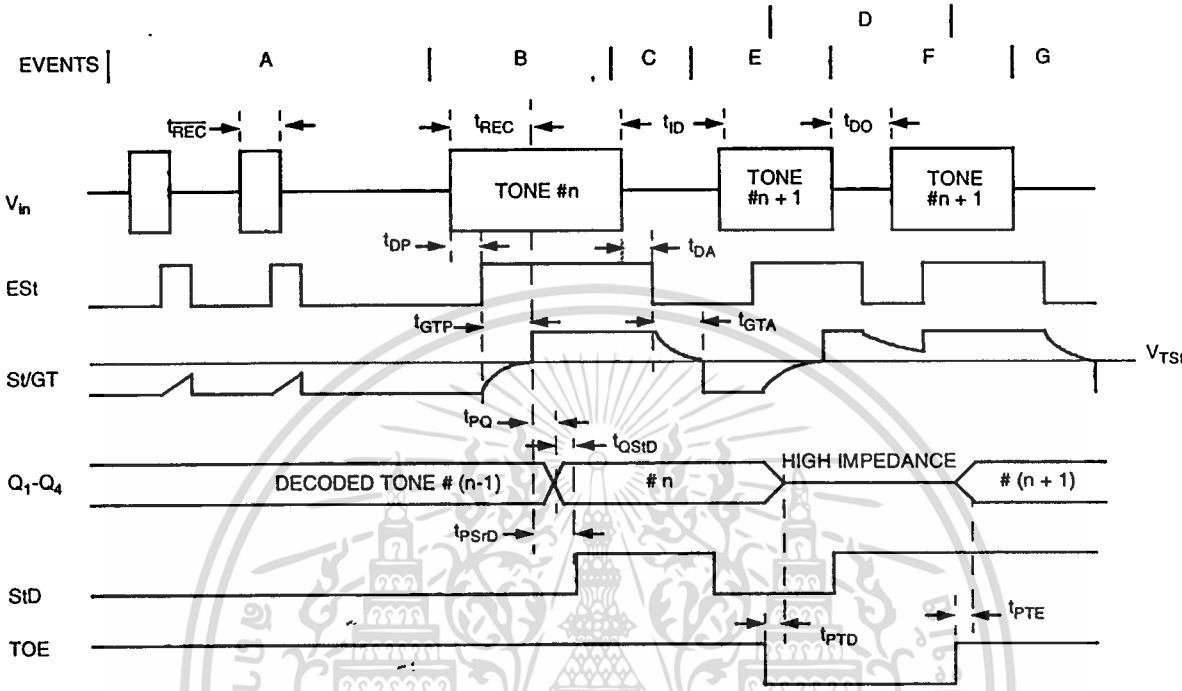



**Figure 10 - Single-Ended Input Configuration**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**EXPLANATION OF EVENTS**

A) TONE BURSTS DETECTED, TONE DURATION INVALID, OUTPUTS NOT UPDATED.

B) TONE #n DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS

C) END OF TONE #n DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMIAN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.

E) TONE #n + 1 DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS (CURRENTLY HIGH IMPEDANCE).

F) ACCEPTABLE DROPOUT OF TONE #n + 1, TONE ABSENT DURATION INVALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED.

G) END OF TONE #n + 1 DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID. OUTPUTS REMAIN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

**EXPLANATION OF SYMBOLS**

$V_{in}$ DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.

ESt EARLY STEERING OUTPUT. INDICATES DETECTION OF VALID TONE FREQUENCIES.

St/GT STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT. DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT.

$Q_1$-$Q_4$ 4-BIT DECODED TONE OUTPUT.

StD DELAYED STEERING OUTPUT. INDICATES THAT VALID FREQUENCIES HAVE BEEN PRESENT/ABSENT FOR THE REQUIRED GUARD TIME THUS CONSTITUTING A VALID SIGNAL.

TOE TONE OUTPUT ENABLE (INPUT). A LOW LEVEL SHIFTS $Q_1$-$Q_4$ TO ITS HIGH IMPEDANCE STATE.

$t_{\overline{REC}}$ MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECED AS VALID

$t_{REC}$ MINIMUM DTMF SIGNAL DURATION REQUIRED FOR VALID RECOGNITION

$t_{ID}$ MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.

$t_{DO}$ MAXIMUM ALLOWABLE DROP OUT DURING VALID DTMF SIGNAL.

$t_{DP}$ TIME TO DETECT THE PRESENCE OF VALID DTMF SIGNALS.

$t_{DA}$ TIME TO DETECT THE ABSENCE OF VALID DTMF SIGNALS.

$t_{GTP}$ GUARD TIME, TONE PRESENT.

$t_{GTA}$ GUARD TIME, TONE ABSENT.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 5485/7485 4-Bit Magnitude Comparator

| | Schottky TTL | | | | High-Speed TTL | | | | Low-Power Schottky TTL | | | | Standard TTL | | | | Low-Power TTL | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Device Type | Package C | P | M | CF | Device Type | Package C | P | M | CF | Device Type | Package C | P | M | CF | Device Type | Package C | P | M | CF | Device Type | Package C | P | M | CF |
| T.I. | SN54S85 | J-W | | | W-C | | | | | | SN54LS85 | J-W | | | W-C | SN5485 | J-W | | W-L | SN54LS85 | J-W | | | |
| | SN74S85 | J-W | N-D | | | | | | | | SN74LS85 | J-W | N-D | | | SN7485 | J-W | N-D | | SL74LS5 | J-W | N-D | | |
| FAIRCHILD | | | | | | | | | | | | | | | | 9324/93485 | 6-D | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 82S85/93S85 | F-D | | | | | | | |
| MOTOROLA | | | | | | | | | | | | | | | | MC7485 | P-L | | | | | | | |
| N.S.C. | | | | | | | | | | | DM54LS85 | J-C | | | | | J-W | | | DM54LS85 | J-W | N-D | | F-D |
| | | | | | | | | | | | DM74LS85 | J-C | | | | DM7485 | N-L | | | DM74LS85 | J-W | N-D | | F-D |
| PHILIPS | N74S85 | J-D | | | | | | | | | N74LS85 | J-D | | | | N7485 | J-P | | | | | | | |
| SIGNETICS | N74S85 | J-D | N-D | | | | | | | | N74LS85 | J-C | N-D | | | S5485 | J-P | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | N7485 | J-P | | | | | | | |
| SIEMENS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FUJITSU | | | | | | | | | | | | | | | | FLH431 | J-W | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 74LS85 | J-W | N-D | | | MB448 | J-W | N-D | | | | | | |
| HITACHI | | | | | | | | | | | HD74LS85 | J-W | N-D | | | HD7485 | J-W | P-D | | | | | | |
| MITSUBISHI | M74S85 | J-W | P-D | | | | | | | | M74LS85 | J-W | P-D | | | M5L7485 | J-W | P-D | | | | | | |
| NEC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOSHIBA | | | | | | | | | | | | | | | | TBP7485 | J-W | N-D | | | | | | |

## Electrical Characteristics SN54LS85/SN74LS85

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

| | | | |
|---|---|---|---|
| Supply voltage, $V_{CC}$ | 7V | Operating free-air temperature: SN54LS | −55°C to 125°C |
| Input voltage | 7V | temperature range: SN74LS | 0°C to 70°C |
| Interemitter voltage (see Note) | 5.5V | Storage temperature range | −65°C to 150°C |

recommended operating conditions

| | SN54LS85 MIN | NOM | MAX | SN74LS85 MIN | NOM | MAX | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Supply voltage, $V_{CC}$ | 4.5 | 5 | 5.5 | 4.75 | 5 | 5.25 | V |
| High-level output current, $I_{OH}$ | | | −400 | | | −400 | μA |
| Low-level output current, $I_{OL}$ | | | 4 | | | 8 | mA |
| Operating free-air temperature, $T_A$ | −55 | 25 | 125 | 0 | 25 | 70 | °C |

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

| PARAMETER | | TEST CONDITIONS† | | MIN | TYP‡ | MAX | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{IH}$ | High-level input voltage | | | 2 | | | V |
| $V_{IL}$ | Low-level input voltage | | | | | 0.8 | V |
| $V_I$ | Input clamp voltage | $V_{CC}$ = MIN, $I_I$ = −18mA | | | | −1.5 | V |
| $V_{OH}$ | High-level output voltage | $V_{CC}$ = MIN, $V_{IH}$ = 2V, $V_{IL}$ = 0.8V | $I_{OH}$ = −400μA | 2.7 | 3.4 | | V |
| $V_{OL}$ | Low-level output voltage | $V_{CC}$ = MIN, $V_{IH}$ = 2V, $V_{IL}$ = 0.8V | $I_{OL}$ = 4mA | | 0.25 | 0.4 | V |
| $I_I$ | Input current at maximum input voltage | A<B, A=B inputs; $V_{CC}$ = MAX, $V_I$ = 7V | | | | 0.1 | mA |
| | | all other inputs | | | | 0.3 | |
| $I_{IH}$ | High-level input current | A<B, A=B inputs; $V_{CC}$ = MAX, $V_I$ = 2.7V | | | | 20 | μA |
| | | all other inputs | | | | 50 | |
| $I_{IL}$ | Low-level input current | A<B, A=B inputs; $V_{CC}$ = MAX, $V_I$ = 0.4V | | | | −0.4 | mA |
| | | all other inputs | | | | −0.2 | |
| $I_{OS}$ | Short-circuit output current§ | $V_{CC}$ = MAX, $I_O$ = 0 | SN54LS85 | −20 | | −100 | mA |
| | | | SN74LS85 | −20 | | −100 | |
| $I_{CC}$ | Supply current | $V_{CC}$ = MAX, See Note | | | 4.4 | 20 | mA |

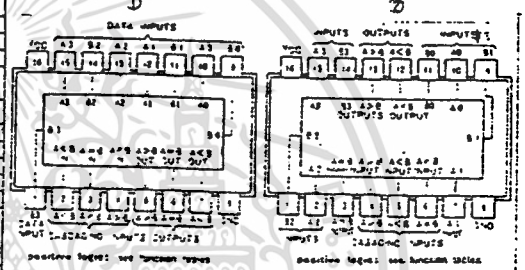
switching characteristics, $V_{CC}$ = 5V, $T_A$ = 25°C

| | FROM (INPUT) | TO (OUTPUT) | TEST CONDITIONS | | MIN | TYP | MAX | UNIT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t_{PLH}$ | Any A or B data input | A<B, A=B | $V_{CC}$ = 5V, $T_A$ = 25°C, $C_L$ = 15pF, $R_L$ = 2kΩ | NUMBER OF GATE LEVELS | 1 | 14 | 21 | ns |
| | | | | | 2 | 19 | 29 | |
| | | | | | 3 | 24 | 36 | |
| | | | | | 4 | 27 | 40 | |
| $t_{PHL}$ | Any A or B data input | A<B, A=B | | | 1 | 15 | 23 | ns |
| | | | | | 2 | 20 | 30 | |
| | | | | | 3 | 25 | 38 | |
| | | | | | 4 | 27 | 40 | |
| $t_{PLH}$ | A<B or A=B | A<B | | | 1 | 4 | 22 | ns |
| | | | | | 2 | 8 | 12 | |
| $t_{PHL}$ | A<B or A=B | A<B | | | 1 | 13 | 20 | ns |
| | | | | | 2 | 13 | 20 | |
| $t_{PLH}$ | A>B or A=B | A>B | | | 1 | 15 | 23 | ns |
| | | | | | 2 | 13 | 20 | |
| $t_{PHL}$ | A>B or A=B | A>B | | | 1 | 4 | 22 | ns |
| | | | | | 2 | 8 | 12 | |

NOTE: $I_{CC}$ is measured with outputs open, A=B grounded, and all other inputs at 4.5V.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.
‡ All typical values are at $V_{CC}$ = 5V, $T_A$ = 25°C.
§ Not more than one output should be shorted at a time.
$t_{PLH}$ = propagation delay time, low-to-high-level output
$t_{PHL}$ = propagation delay time, high-to-low-level output

## Pin Assignments (Top View)




positive logic: see function table

## Function Table

| COMPARING INPUTS | | | CASCADING INPUTS | | | OUTPUTS | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A3, B3 | A2, B2 | A1, B1 | A0, B0 | A>B | A<B | A=B | A>B | A<B | A=B |
| A3>B3 | X | X | X | X | X | X | H | L | L |
| A3<B3 | X | X | X | X | X | X | L | H | L |
| A3=B3 | A2>B2 | X | X | X | X | X | H | L | L |
| A3=B3 | A2<B2 | X | X | X | X | X | L | H | L |
| A3=B3 | A2=B2 | A1>B1 | X | X | X | X | H | L | L |
| A3=B3 | A2=B2 | A1<B1 | X | X | X | X | L | H | L |
| A3=B3 | A2=B2 | A1=B1 | A0>B0 | X | X | X | H | L | L |
| A3=B3 | A2=B2 | A1=B1 | A0<B0 | X | X | X | L | H | L |
| A3=B3 | A2=B2 | A1=B1 | A0=B0 | H | L | L | H | L | L |
| A3=B3 | A2=B2 | A1=B1 | A0=B0 | L | H | L | L | H | L |
| A3=B3 | A2=B2 | A1=B1 | A0=B0 | L | L | H | L | L | H |

'85, 'LS85

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A3=B3 | A2=B2 | A1=B1 | A0=B0 | X | X | H | L | L | H |
| A3=B3 | A2=B2 | A1=B1 | A0=B0 | H | H | L | L | L | L |
| A3=B3 | A2=B2 | A1=B1 | A0=B0 | L | L | L | H | H | L |

'LS85

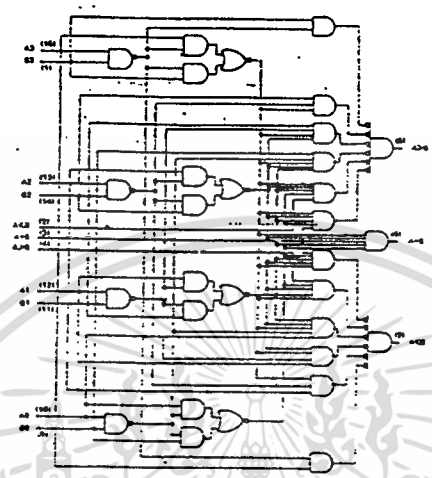
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A3=B3 | A2=B2 | A1=B1 | A0=B0 | L | H | H | L | H | H |
| A3=B3 | A2=B2 | A1=B1 | A0=B0 | H | L | H | H | L | H |
| A3=B3 | A2=B2 | A1=B1 | A0=B0 | H | H | L | H | H | L |
| A3=B3 | A2=B2 | A1=B1 | A0=B0 | L | L | L | L | L | L |

CONTINUED ON NEXT PAGE

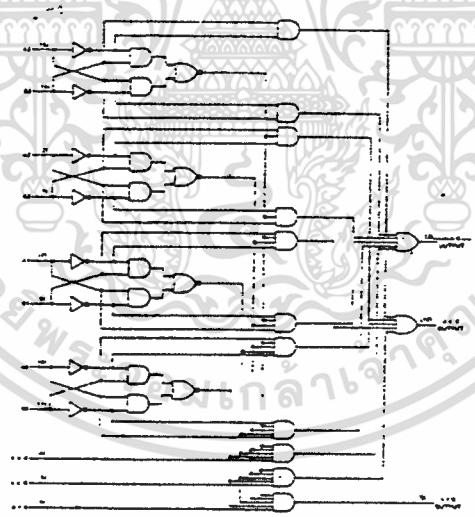
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5485/7485(CONTINUED)

Functional Block Diagrams



'85, 'S85, 'LS85 4-BIT MAGNITUDE COMPARATOR



'L85 4-BIT MAGNITUDE COMPARATOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

สุชาติ กังวาลจิตต์ **เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 387 หน้า

ธเนส ศิริไตรวัฒนาพร **เครื่องตั้งรหัสเปิดเสียงอัตโนมัติสำหรับวิทยุรับส่ง** **เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็คทรอนิกส์** 124 : 32-40, มกราคม 2536.

เจน สงสมพันธ์ และคณะ ไอซีเสียงเพลง UM66T **คู่มือไอซี 1** พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ, สถาบันอิเล็คทรอนิกส์ กรุงเทพฯ, 2534, หน้า 158-163

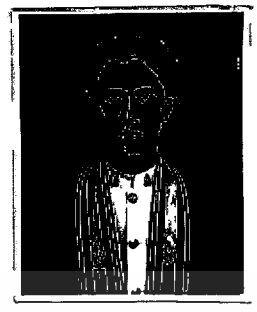
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้แต่ง

| | |
|---|---|
| ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์ | นายทนงศักดิ์ เหล่าคงถาวร |
| วันเดือนปีเกิด | 31 ตุลาคม 2518 |
| สถานที่เกิด | จังหวัดราชบุรี |
| ภูมิลำเนาเดิม | 7/3 หมู่ที่ 4 ต.กลับใหญ่ อ. บ้านโป่ง จ. ราชบุรี 70190 |
| ที่อยู่ปัจจุบัน | 1/100 การเคหะคลองจั่น แขวงบึงกุ่ม เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240 |
| โทรศัพท์ | 02-7326024 |
| **ประวัติการศึกษา** | |
| ประถมศึกษา | โรงเรียนวันมหาราช |
| มัธยมศึกษาตอนต้น | โรงเรียนกรับใหญ่ว่องกุศลกิจพิทยาคม |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช) | วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส) | วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี |
| ปริญญาตรี | สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม |
| ผลงานที่ได้รับรางวัล | - |
| ทุนการศึกษา | - |
| คติพจน์ | อุปสรรค มักมาก่อนความสำเร็จ หากเราท้อถอย เราก็จะไม่พบจุดนั้น |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้แต่ง



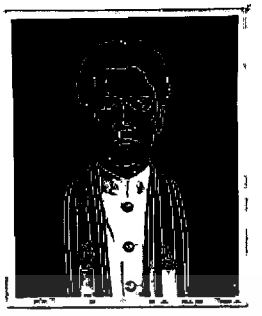
| | |
|---|---|
| ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์ | นายวิกรม เสนาทอง |
| วันเดือนปีเกิด | 17 พฤษภาคม 2518 |
| สถานที่เกิด | จังหวัดสุราษฎร์ธานี |
| ภูมิลำเนาเดิม | 9/2 หมู่ที่ 9 ต.ขนอม อ. ขนอม<br>จ. นครศรีธรรมราช 80210 |
| ที่อยู่ปัจจุบัน | 1/100 การเคหะคลองจั่น แขวงบึงกุ่ม<br>เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240 |
| โทรศัพท์ | 02-7326024 |

**ประวัติการศึกษา**

| | |
|---|---|
| ประถมศึกษา | โรงเรียนชุมชนบ้านบางโหนด |
| มัธยมศึกษาตอนต้น | โรงเรียนเมืองนครศรีธรรมราช |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช) | วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส) | วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช |
| ปริญญาตรี | สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม<br>ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม |
| ผลงานที่ได้รับรางวัล | - |
| ทุนการศึกษา | ทุนเรียนดี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 |
| คติพจน์ | จงทำความรู้จักกับตัวเองให้มากที่สุด |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้แต่ง



| | |
|---|---|
| ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์ | นายสัญชัย นิโสย |
| วันเดือนปีเกิด | 10 เมษายน 2517 |
| สถานที่เกิด | จังหวัดนครศรีธรรมราช |
| ภูมิลำเนาเดิม | 17/1 หมู่ที่ 7 ต.ท่าศาลา อ. ท่าศาลา จ. นครศรีธรรมราช 80160 |
| ที่อยู่ปัจจุบัน | 1/100 การเคหะคลองจั่น แขวงบึงกุ่ม เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240 |
| โทรศัพท์ | 075-521314 |

**ประวัติการศึกษา**

| | |
|---|---|
| ประถมศึกษา | โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ |
| มัธยมศึกษาตอนต้น | โรงเรียนท่าศาลาประสิทธิ์ศึกษา |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช) | วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส) | วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช |
| ปริญญาตรี | สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม |
| ผลงานที่ได้รับรางวัล | - |
| ทุนการศึกษา | - |
| คติพจน์ | อย่าทำอะไรเพื่อตน จนลืมความเป็นคน |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้แต่ง

| | |
|---|---|
| ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์ | นายธรรมรักษ์ มธุรส |
| วันเดือนปีเกิด | 10 กุมภาพันธ์ 2519 |
| สถานที่เกิด | จังหวัดภูเก็ต |
| ภูมิลำเนาเดิม | 65/3 หมู่ที่ 3 ต.นบปริง อ.เมือง<br>จ. พังงา 82000 |
| ที่อยู่ปัจจุบัน | 1/100 การเคหะคลองจั่น แขวงบึงกุ่ม<br>เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240 |
| โทรศัพท์ | 076-411730 |
| **ประวัติการศึกษา** | |
| ประถมศึกษา | โรงเรียนบ้านทุ่งเจดีย์ |
| มัยมศึกษาตอนต้น | โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช) | วิทยาลัยเซนต์จอห์นโปลีเทคนิค |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส) | วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต |
| ปริญญาตรี | สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม<br>ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม |
| ผลงานที่ได้รับรางวัล | - |
| ทุนการศึกษา | - |
| คติพจน์ | ดวงดาวจะไม่ฉายแสงเมื่ออยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้