

อุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์และระบบ FM  
ELECTRICAL EQUIPMENT CONTROLLER VIA TELEPHONE LINE  
AND FM SYSTEM



โดย

นายกานต์ ศรีนวลเอียด

นายจักรชัย มาลัยศรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ร.ก.

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ท.ค.ค.

๕๖๕

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน...50126...

วัน,เดือน,ปี...2 1 เม.ย. 2547

.b.....

.i.....

อุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์และระบบ FM  
ELECTRICAL EQUIPMENT CONTROLLER VIA TELEPHONE LINE  
AND FM SYSTEM

โดย

นายกานต์ ศรีนวลเอียด 42010013

นายจักรชัย มาลัยศรี 42010049

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สมเกียรติ ฤกษ์วัลญญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

อุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์และระบบ FM  
ELECTRICAL EQUIPMENT CONTROLLER VIA  
TELEPHONE LINE AND FM SYSTEM

โดย นายกานต์ ศรีนวลเอียด 42010013

นายจักรชัย มาลัยศรี 42010049

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สมเกียรติ ฤกษ์วัลบุญ

**บทคัดย่อ**

โครงการนี้เป็นการสร้างอุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆภายในบ้าน โดยการสั่งงานจากภายนอกผ่านคู่สายโทรศัพท์เข้ามายังอุปกรณ์ควบคุมซึ่งจะทำการส่งสัญญาณควบคุมไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยการส่งคลื่นวิทยุ FM โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อประโยชน์ต่อผู้ใช้งานในการเปิด/ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่บริเวณกว้าง

**Abstract**

This project presents the equipment that can controls the electrical equipment in the home. It can control from outside via the line of telephone to the control equipment and send the control signal to the electrical equipment by method of FM. This project is made for anyone to open-close the electrical equipment in wide area.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์และระบบ FM

ELECTRICAL EQUIPMENT CONTROLLER VIA TELEPHONE LINE  
AND FM SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายกานต์ ศรีนวลเอียด 42010013
2. นายจักรชัย มาลัยศรี 42010049

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สมเกียรติ ฤกษ์วีรบุญ)

## สารบัญ

บทคัดย่อ

### ABSTRACT

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ระบบใบ้สาย	1
1.2 ระบบไร้สาย	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 พื้นฐานการสื่อสาร	2
2.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	3
2.3 ระบบคลื่นพาหะที่เป็นคลื่นวิทยุ	4
2.4 การมอดูเลชั่น	4
2.5 การมอดูเลชั่นทางความถี่	4
2.6 ความถี่ข้างเคียงและดัชนีการมอดูเลชั่น	5
2.7 เครื่องส่งสัญญาณคลื่นวิทยุ	7
2.8 เครื่องรับสัญญาณ	7
2.9 ระบบเอฟเอ็ม สเตอริโอ	8
2.10 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์	10
2.11 สัญญาณพื้นฐาน	12
2.12 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์	14
2.13 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	15
2.14 การถอดรหัสสัญญาณ DTMF	20
2.15 วงจรฟลิปฟลอปแบบ T	23
2.16 การเชื่อมโยงทางแสง	24
2.17 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์	24
2.18 วงจรกรองกระแสด้วยตัวเก็บประจุ	25
2.19 วงจรรักษาระดับแรงดันแบบซีเนอร์	26
2.20 วงจรขับกำลังหรือวงจรขับเอาต์พุต	26
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	29
3.1 การทำงานของเครื่องควบคุม	29
3.2 เครื่องส่ง	29

3.3 เครื่องรับ	30
3.4 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	31
3.5 วงจรยกหู/วางหู	31
3.6 ส่วนประมวลผลด้านส่ง	32
3.7 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF	33
3.8 การบันทึกและตอบรับ	35
3.9 วงจรควบคุมเสียง	37
3.10 วงจรเครื่องส่ง FM	37
3.11 วงจรเครื่องรับ FM	38
3.12 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF	38
3.13 ส่วนประมวลผลด้านรับ	39
3.14 วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	39
3.15 Flow Chart แสดงการทำงาน	41
3.16 โปรแกรมส่วนประมวลผลทางด้านภาคส่ง	43
3.17 โปรแกรมส่วนประมวลผลทางด้านภาครับ	47
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	49
4.1 การทดลอง วัดสัญญาณในส่วนต่างๆ	49
4.2 สัญญาณที่วัดได้จากการทดลอง	50
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	57
5.1 วิธีการใช้งานเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านทางคู่สายโทรศัพท์	57
5.2 ประโยชน์และข้อดี	57

ภาคผนวก

หนังสืออ้างอิง

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของระบบสื่อสารไร้สาย	2
รูปที่ 2.2 แสดงแถบความถี่ของสัญญาณ FM	5
รูปที่ 2.3 วงจรซูเปอร์เฮตเทอโรไดน์	8
รูปที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรมเครื่องส่งระบบเอฟเอ็ม สเตอริโอ	8
รูปที่ 2.5 ช่วงความถี่ในการส่งสัญญาณในระบบเอฟเอ็ม สเตอริโอ	9
รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมเครื่องรับแบบเอฟเอ็ม สเตอริโอ	10
รูปที่ 2.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องโทรศัพท์	11
รูปที่ 2.8 Block Diagram แสดงโครงสร้างภายในของ MCS-51	16
รูปที่ 2.9 แสดงตำแหน่งขาของ MCS – 51	17
รูปที่ 2.10 แสดงวงจรถอดรหัส DTMF	20
รูปที่ 2.11 แสดง โครงสร้างภายในของ MT8870	21
รูปที่ 2.12 โครงสร้างของวงจรฟิลลิปลิปแบบ T	23
รูปที่ 2.13 ตัวเชื่อมต่อโยงทางแสง	24
รูปที่ 2.14 แสดงวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์	25
รูปที่ 2.15 แสดงผลจากวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์	25
รูปที่ 2.16 แสดงวงจรกรองกระแสด้วยตัวเก็บประจุ	25
รูปที่ 2.17 แสดงผลจากวงจรกรองกระแสด้วยตัวเก็บประจุ	26
รูปที่ 2.18 แสดงวงจรรักษาระดับแรงดันแบบซีเนอร์	27
รูปที่ 2.19 วงจรขับ LED ด้วยทรานซิสเตอร์	27
รูปที่ 2.20 วงจรขับ Inductor ด้วยทรานซิสเตอร์	27
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรม เครื่องควบคุม	29
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรม เครื่องส่ง	30
รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรม เครื่องรับ	30
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	31
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรยกหู / วางหู	32
รูปที่ 3.6 แสดงส่วนประมวลผลด้านส่ง	33
รูปที่ 3.7 แสดงอานาล็อกสวิทช์	33
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF	33
รูปที่ 3.9 แสดงตำแหน่งความถี่ของปุ่มโทรศัพท์	34
รูปที่ 3.10 แสดงวงจรการใช้งานที่ต่อร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกของ ISD2590	35
รูปที่ 3.11 แสดงวงจรควบคุมเสียง MC34114	37

รูปที่ 3.12 วงจรเครื่องส่ง FM	37
รูปที่ 3.13 วงจรเครื่องรับ FM	38
รูปที่ 3.14 แสดงส่วนประมวลผลด้านรับ	39
รูปที่ 3.15 แสดงวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	40
รูปที่ 3.16 ลำดับการทำงานของโปรแกรมส่วนประมวลผลทางด้านภาคส่ง	41
รูปที่ 3.17 ลำดับการทำงานของโปรแกรมส่วนประมวลผลทางด้านภาครับ	42
รูปที่ 4.1 สัญญาณกระตุ้นที่เข้ามาจากคู่สายโทรศัพท์	50
รูปที่ 4.2 สัญญาณจาก OPTOCOUPLER เปรียบเทียบกับสัญญาณที่ได้ จาก MONOSTABLE	50
รูปที่ 4.3 สัญญาณ DTMF หมายเลข 4 จากโทรศัพท์	51
รูปที่ 4.4 สัญญาณ DTMF หมายเลข 9 จากโทรศัพท์	51
รูปที่ 4.5 สัญญาณ DTMF หมายเลข 4 จากเครื่องรับ FM	52
รูปที่ 4.6 สัญญาณ DTMF หมายเลข 9 จากเครื่องรับ FM	52
รูปที่ 4.7 สัญญาณแคเรียร์จากเครื่องส่งในแกนเวลา	54
รูปที่ 4.8 สัญญาณแคเรียร์จากเครื่องส่งในแกนความถี่	54
รูปที่ 4.9 สัญญาณ DTMF หมายเลข # ในแกนเวลา	55
รูปที่ 4.10 สัญญาณ DTMF หมายเลข # ในแกนความถี่	55
รูปที่ 4.11 แสดงเครื่องควบคุมด้านส่ง	56
รูปที่ 4.12 แสดงเครื่องควบคุมด้านรับ	56

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงแอมพลิจูดของสัญญาณพาหะและสัญญาณไซด์แบนด์	6
ตารางที่ 2.2 ตารางค่าความจริงของวงจรลิปฟลอปแบบ T	23
ตารางที่ 3.1 การถอดรหัสสัญญาณ DTMF	34
ตารางที่ 3.2 การใช้งานและควบคุมการทำงานของ ISD2590	35
ตารางที่ 3.3 การกำหนดแอดเดรสของ ISD2590	36
ตารางที่ 4.1 ผลที่ได้จากการถอดรหัสสัญญาณ DTMF	54

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ระบบใช้สาย

เป็นระบบการควบคุมที่ต้องมีอุปกรณ์นำสัญญาณจากตัวส่ง (สถานีส่ง) ไปยังตัวรับ (สถานีรับ) อุปกรณ์การนำสัญญาณนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพาหะซึ่งอาจได้แก่ สายไฟ สายโทรศัพท์ แต่ถ้าในกรณีของสัญญาณควบคุมระยะไกลแบบใช้สายไฟ จะเห็นได้จากเครื่องใช้ไฟฟ้ารุ่นเก่า เช่นเครื่องเล่นวีดีโอ เครื่องปรับอากาศที่มีสายไฟต่อรีโมทคอนโทรลออกมาภายนอกเครื่องทำให้ไม่มีความสะดวกในการใช้งาน ปัจจุบันจึงไม่เป็นที่นิยมกันแล้วจะมีก็แต่งานบางประเภทเท่านั้น ในส่วนที่ใช้ไฟเบอร์ออฟติกอาจไม่ค่อยพบบ่อยนัก เนื่องจากไม่ได้ใช้กับงานควบคุมแต่ใช้ในการส่งสัญญาณในลักษณะการสื่อสารข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับการควบคุมในทางปลายทางแทนการส่งสัญญาณแบบธรรมดา เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบไฟธรรมดาหลายๆด้าน

#### 1.2 ระบบไร้สาย

เป็นระบบควบคุมที่ไม่ต้องมีอุปกรณ์ใดๆ เป็นตัวนำสัญญาณ โดยสัญญาณควบคุมจะเดินทางผ่านไปมาในอากาศ ชนิดของสัญญาณควบคุมที่เดินทางผ่านไปมาในอากาศได้ อาจอยู่ในรูปของสัญญาณเสียง สัญญาณแสงและคลื่นวิทยุ

ในปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้ามีความสำคัญในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมากซึ่งเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นอย่างมาก ดังนั้นหากมีวิธีช่วยให้สามารถประหยัดไฟฟ้าได้จะเป็นการดียิ่งยั้ง การลืมนิดอุปกรณ์ก่อนออกจากสถานที่ทำงาน เช่น โรงงาน นั่นก็เป็นสาเหตุอย่างหนึ่งของการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าโดยไม่จำเป็น การดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบันล้วนยึดติดกับสิ่งอำนวยความสะดวกในรูปแบบเครื่องใช้ไฟฟ้าอันทันสมัยมากมาย นับว่ามีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของมนุษย์มากยิ่งขึ้นการสื่อสารรวดเร็วมากขึ้น มนุษย์ก็สามารถเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ได้รวดเร็วยิ่งขึ้นไป การใช้คลื่นวิทยุเป็นการควบคุมระยะไกลที่ทำหน้าที่เหมือนแขนขาของมนุษย์ จึงทำให้เป็นที่นิยมแพร่หลายและเริ่มเป็นสิ่งควบคู่ไปกับเครื่องใช้ไฟฟ้าในปัจจุบัน จึงสมควรที่นักศึกษาให้ความสำคัญอย่างยิ่ง

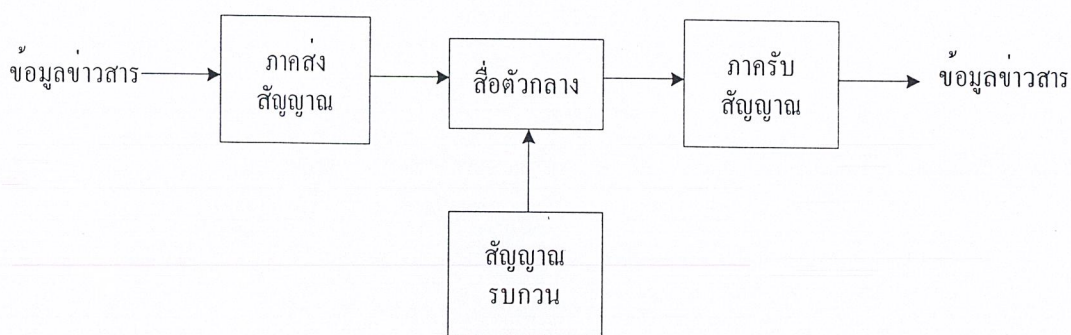
ในโครงการนี้จึงสร้างเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์ระบบ FM ซึ่งทำให้สามารถเปิด / ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้จากภายนอกได้ ในกรณีที่ลืมเปิดเครื่องเอาไว้ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าทำงานจนถึงเวลาต้องพักบ้างก็สามารถโทรศัพท์เข้ามาสั่งให้ปิดได้ ในกรณีที่ต้องการให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเปิดเครื่องรอไว้ก่อนเพื่อเตรียมพร้อมที่จะใช้งานได้เลยหรือให้ทำงานในขณะที่เราไม่อยู่ก็สามารถโทรศัพท์เข้ามาสั่งให้เปิดได้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 พื้นฐานการสื่อสาร

พื้นฐานการสื่อสารคือ พฤติกรรม ขั้นตอน และเทคโนโลยีต่างๆที่ทำให้สามารถส่งหรือแปลความหมายของข้อมูลข่าวสารได้ เป็นกระบวนการในการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารกัน แต่การสื่อสารก็มีขีดจำกัดทางด้านภาษาที่แตกต่างกัน หรืออุปสรรคด้านระยะทางที่ห่างไกลกันมากระหว่างผู้ส่งสารและผู้รับสาร ดังนั้นมนุษย์จึงได้คิดค้นและพัฒนาวิธีการและเทคโนโลยีใหม่ๆขึ้นมาเพื่อลดขีดจำกัดในด้านต่างๆของการสื่อสาร ดังเช่นการพัฒนาของการสื่อสารไร้สาย สำหรับคำว่าไร้สายนั้นแสดงให้เห็นว่าสื่อตัวกลางที่นำพาสัญญาณให้กับระบบสื่อสารนั้นไม่จำเป็นต้องใช้สาย ขอให้พิจารณาองค์ประกอบของระบบสื่อสารไร้สาย ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับการสื่อสารทุกประเภท



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของระบบสื่อสารไร้สาย

1. ภาคส่งสัญญาณ (Transmitter) คือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อที่จะแปลงข้อมูลข่าวสารหรือเสียงพูดให้เป็นสัญญาณรูปแบบที่สามารถส่งออกไปในตัวกลางหรือช่องสัญญาณ
2. สื่อตัวกลางหรือช่องสื่อสาร (Communication Channel) เป็นตัวกลางที่ให้สัญญาณสามารถส่งจากผู้ส่ง ณ สถานที่หนึ่งผ่านไปยังผู้รับในอีกสถานที่หนึ่งได้ ตั้งกลางในที่นี้ได้แก่คลื่นวิทยุ และในตัวกลางนี้มีส่วนทำให้สัญญาณที่ถูกส่งลดทอนลงไปได้ส่วนหนึ่ง
3. สัญญาณรบกวน (Noise) เป็นสัญญาณของพลังงานรูปแบบต่างๆที่มีลักษณะไม่แน่นอนเข้ามาในระบบสื่อสาร มีผลรบกวนสัญญาณข้อมูลที่ถูกส่งมาในช่องสื่อสาร บางครั้งสัญญาณรบกวนอาจเกิดขึ้นในวงจรของตัวรับสัญญาณก็ได้ สำหรับระบบสื่อสารไร้สายนั้นสัญญาณรบกวนมีอยู่ทั่วไปในอากาศ
4. ภาครับสัญญาณ (Receiver) เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบให้รับสัญญาณที่ถูกส่งออกมาทางช่องสื่อสาร และทำการแปลงสัญญาณให้กลับไปอยู่ในรูปแบบที่ผู้รับปลายทางสามารถเข้าใจได้

## 2.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetics)

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งออกเป็นช่วงย่อยๆ ดังต่อไปนี้

1. ช่วงความถี่ต่ำสุด (Extremely Low Frequencies) เป็นช่วงความถี่ 30 Hz – 300 Hz เป็นสัญญาณเสียงความถี่ต่ำสุดที่มนุษย์สามารถได้ยิน
  2. ช่วงความถี่เสียง (Voice Frequencies) เป็นช่วงความถี่ 300 Hz – 3000 Hz เป็นช่วงสัญญาณเสียงพูดปกติของมนุษย์
  3. ช่วงความถี่ต่ำมาก (Very Low Frequencies) เป็นช่วงความถี่ 3k Hz – 30k Hz เป็นช่วงที่สัญญาณเสียงของเครื่องดนตรี
  4. ช่วงความถี่ต่ำ ( Low Frequencies) เป็นช่วงความถี่ 30k Hz – 300k Hz เป็นช่วงสัญญาณที่ใช้ในการนำร่องของระบบการบินและการเดินเรือ
  5. ช่วงความถี่กลาง ( Medium Frequencies) เป็นช่วงความถี่ 300k Hz – 3M Hz ใช้สำหรับคลื่นวิทยุกระจายเสียงในระบบ AM (535 -1605 kHz) และยังใช้สำหรับการสื่อสารในระบบการบินและการเดินเรือ
  6. ช่วงความถี่สูง ( High Frequencies) เป็นช่วงความถี่ 3MHz – 30MHzใช้ในการกระจายเสียงวิทยุคลื่นสั้น ใช้ในการสื่อสารคลื่นวิทยุแบบสองทิศทาง ใช้วิทยุสื่อสารของทหารและวิทยุสมัครเล่น
  7. ช่วงความถี่สูงมาก (Very High Frequencies) เป็นช่วงความถี่ 30MHz – 300MHz เป็นช่วงความถี่ที่มีความหนาแน่นของการใช้งานมาก ได้แก่ วิทยุกระจายเสียงในระบบ FM (88 -108 MHz) มีสถานีโทรทัศน์ช่อง 2 ถึงช่อง 13 มีบางช่วงความถี่สำหรับวิทยุสมัครเล่นและยังใช้สำหรับการสื่อสารในระบบการบินและการเดินเรือ
  8. ช่วงความถี่อัลตราไฮ (Ultrahigh Frequencies) เป็นช่วงความถี่ 300MHz – 3000MHz เป็นช่วงความถี่ที่มีการใช้งานมากอีกช่วงหนึ่งเช่นกัน มีสถานีโทรทัศน์ช่อง 14 ถึงช่อง 83 และถูกใช้งานอย่างมากในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ บริการทางด้านโทรศัพท์ระบบเซลลูลาร์ มีช่องความถี่สำหรับทหาร ระบบนำร่องและระบบเรดาร์สำหรับความถี่สูงกว่า 1000 MHz หรือ 1G ขึ้นไปจะถูกเรียกว่าคลื่นไมโครเวฟ
  9. ช่วงความถี่ซูเปอร์ไฮ (Superhigh Frequencies) เป็นช่วงความถี่ 3GHz – 30GHz คือย่านความถี่ไมโครเวฟ ซึ่งถูกใช้งานอย่างมากในระบบสื่อสารของดาวเทียมและระบบเรดาร์
  10. ช่วงความถี่สูงสุด (Extremely High Frequencies) เป็นช่วงความถี่ 30GHz – 300GHz ใช้สำหรับระบบสื่อสารของดาวเทียมและระบบเรดาร์ชนิดพิเศษ เนื่องจากอุปกรณ์สื่อสารที่ใช้ในย่านความถี่นี้มีความซับซ้อนมากจึงยังมีการใช้งานในย่านนี้น้อย และสำหรับสัญญาณความถี่ที่อยู่เหนือขึ้นไปจากนี้จะถูกเรียกว่า มิลลิเมตรเวฟ
- สำหรับสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงกว่า 300 GHz จะไม่นับเป็นคลื่นวิทยุแต่จะเรียกว่า คลื่นแสง

### 2.3 ระบบคลื่นพาหะที่เป็นคลื่นวิทยุ

การสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุอาจเรียกได้ว่าเป็นการพัฒนาให้มนุษย์สามารถส่งข้อมูลหรือเสียงไปได้ไกลโดยไม่ต้องพึ่งสาย โดยธรรมชาติของคลื่นวิทยุนั้นเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ขั้นตอนคือมีการแพร่กระจายพลังงานคลื่นจากสายอากาศด้านผู้ส่ง ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางได้เร็วเท่าความเร็วของแสง นั่นคือ  $300,000\text{km/s}$  เมื่อคลื่นเดินทางมาถึงสายอากาศด้านผู้รับจะเกิดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจำนวนน้อยๆ ซึ่งหากมีการขยายและแปลงสัญญาณที่มีการส่งมาก็จะได้สัญญาณเดิมกลับมา ส่วนการส่งข้อมูลข่าวสารหรือเสียงของมนุษย์นั้นมึวิธีการก็คือนำเสียงพูดรวมเข้ากับสัญญาณคลื่นวิทยุที่สามารถแพร่กระจายได้ เราเรียกขั้นตอนดังกล่าวว่าการมอดูเลต (Modulation)

### 2.4 การมอดูเลชัน (Modulation Technique)

จากความต้องการติดต่อสื่อสารระยะไกล สัญญาณเสียงพูดของของมนุษย์ซึ่งอยู่ในช่วงความถี่ค่ามีความยาวคลื่นมากหากต้องการส่งเสียงพูดออกไปในอากาศก็จำเป็นต้องใช้สายอากาศที่มีขนาดสูงมากซึ่งไม่เหมาะสมและอาจมีสัญญาณรบกวนได้ง่ายจึงมีการคิดค้นเทคนิคที่จะทำให้เปลี่ยนความถี่ของเสียงพูดให้ไปอยู่ในอีกช่วงความถี่หนึ่งบนแถบความถี่ที่เหมาะสมสำหรับการส่งออกอากาศ การมอดูเลชันเป็นเทคนิคที่สำคัญเป็นการเปลี่ยนรูปแบบของสัญญาณหนึ่งในที่นี้คือสัญญาณพาหะให้เป็นไปตามรูปแบบของสัญญาณอีกชุดหนึ่งซึ่งมีข้อมูลหรือเสียงพูดที่ต้องการส่งสัญญาณข้อมูลหรือเสียงพูดจะถูกเรียกว่ามอดูเลตติ้งซิกแนล (Modulating Signal) ส่วนสัญญาณจะถูกเรียกว่าแคเรียร์ (Carrier) หรือมอดูเลตเวฟ (Modulated wave)

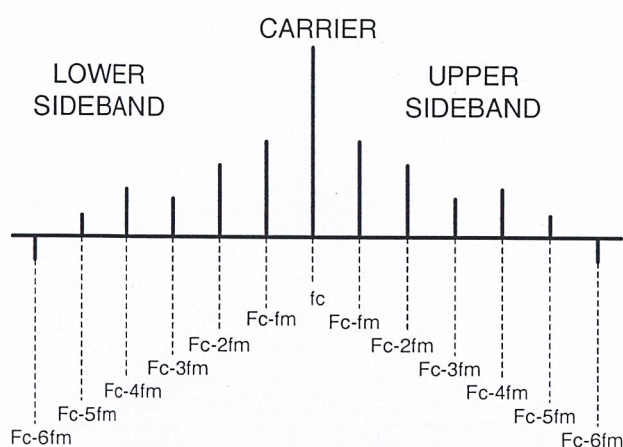
### 2.5 การมอดูเลชันทางความถี่ (Frequency Modulation)

เป็นการเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณพาหะตามการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณข้อมูล โดยที่ค่าแอมพลิจูดของสัญญาณยังคงที่ การเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณพาหะจะมีความสัมพันธ์กับค่าแอมพลิจูดของสัญญาณข้อมูล เช่นเมื่อสัญญาณข้อมูลมีแอมพลิจูดสูง สัญญาณพาหะจะมีความถี่สูงขึ้นด้วย ขณะที่ไม่มีสัญญาณข้อมูลเข้ามาทำการมอดูเลต สัญญาณพาหะจะมีความถี่กลางอยู่ค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่า เซ็นเตอร์ฟ्रीควเอนซี (Center Frequency) เมื่อมีสัญญาณข้อมูลเข้ามาก็จะทำให้เกิดความถี่เปลี่ยนแปลงสูงขึ้นเรียกว่าค่าความถี่เบี่ยงเบน (Frequency Deviation) ค่าสูงสุดของความถี่เบี่ยงเบนจะเกิดขึ้นเมื่อสัญญาณข้อมูลมีแอมพลิจูดสูงสุด ความถี่ของสัญญาณข้อมูลจะเป็นตัวกำหนดให้ทราบถึงจำนวนครั้งใน 1 วินาทีที่เกิดการเบี่ยงเบนของความถี่ขึ้นไปสูงและต่ำกว่าค่าความถี่กลางและอัตราดังกล่าวจะถูกเรียกว่าอัตราความถี่เบี่ยงเบน (Frequency Deviation Rate)

ความถี่ของสัญญาณข้อมูลจะมีผลต่ออัตราการเบี่ยงเบนทางความถี่ดังกล่าว แต่จะไม่มีผลต่อปริมาณของความถี่เบี่ยงเบนไปจากค่าความถี่กลางซึ่งขึ้นอยู่กับแอมพลิจูดของสัญญาณข้อมูลเท่านั้น

## 2.6 ความถี่ข้างเคียงและดัชนีการมอดูเลชัน

ผลจากการมอดูเลตไม่ว่าด้วยวิธีการใดจะทำให้เกิดความถี่ข้างเคียงขึ้น ในการมอดูเลตทางความถี่และทางเฟสก็เกิดความถี่ข้างเคียงที่เป็นความถี่ของผลรวมและผลต่างของสัญญาณพาหะและสัญญาณข้อมูลขึ้นเช่นกัน ตามทฤษฎีแล้วจะเกิดคู่ของความถี่ข้างเคียงขึ้นเป็นจำนวนอนันต์คู่ทั้งด้านบนและด้านล่างของความถี่กลาง ทำให้สัญญาณที่ถูกมอดูเลตทางความถี่และเฟสมีการใช้งานแถบความถี่ (Spectrum) มากกว่าสัญญาณที่มอดูเลตทางแอมพลิจูด



รูปที่ 2.2 แสดงแถบความถี่ของสัญญาณ FM

จากรูปจะเห็นว่าแถบความถี่ของสัญญาณมอดูเลตโดยทั่วไป ที่สัญญาณพาหะถูกมอดูเลตด้วยสัญญาณรูปไซน์ที่มีความถี่เดียว จะเห็นว่าความถี่ข้างเคียงจะเว้นระยะห่างจากสัญญาณความถี่พาหะและแถบความถี่ข้างเคียงด้วยกันเป็นระยะเท่าๆกัน เท่ากับความถี่สัญญาณข้อมูล และแอมพลิจูดของสัญญาณข้างเคียงไม่เท่ากัน หากสมมติว่าสัญญาณความถี่ข้างเคียงต่างๆเป็นสัญญาณรูปรูปไซน์ที่มีความถี่และแอมพลิจูดเฉพาะตัว เมื่อนำมารวมกันจะได้ผลลัพธ์เป็นสัญญาณที่ถูกมอดูเลตทางความถี่นั่นเอง

ลักษณะต่างๆของจำนวนความถี่ข้างเคียง ขนาดแอมพลิจูดของความถี่ข้างเคียง และระยะห่างระหว่างความถี่จะขึ้นอยู่กับค่าเบี่ยงเบนความถี่ ( Frequency Deviation ) และความถี่ของสัญญาณข้อมูล แม้ว่าสัญญาณมอดูเลชันทางความถี่จะมีความถี่ข้างเคียงจำนวนอนันต์ แต่ความถี่ข้างเคียงที่มีแอมพลิจูดสูงเพียงพอเท่านั้นจึงจะถือว่าเป็นสัญญาณที่มีข้อมูลอยู่ โดยปกติสัญญาณที่มีแอมพลิจูดต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ของสัญญาณพาหะที่ยังไม่ถูกมอดูเลตจะถือว่าไม่มีความสำคัญ

จากความสัมพันธ์ข้างต้น ทำให้เกิดอัตราส่วนระหว่างค่าเบี่ยงเบนความถี่กับความถี่ของสัญญาณข้อมูล ซึ่งเรียกว่า ดัชนีการมอดูเลต (Modulation Index : m)

$$m = f_d/f_m$$

เมื่อ  $f_c$  = ค่าความถี่เบี่ยงเบน

$f_m$  = ความถี่ของสัญญาณข้อมูล

ตารางแสดงแอมพลิจูดของสัญญาณพาหะและสัญญาณ ไซค์แบนด์ตามค่าดัชนีการมอดูเลชัน  
คำนวณตามฟังก์ชันเบสเชลล์

ดัชนี	พาหะ	ไซค์แบนด์															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.25	0.98	-0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.50	0.94	0.24	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.00	0.77	0.44	0.11	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.50	0.51	0.56	0.23	0.06	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.00	0.22	0.58	0.35	0.13	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.50	-0.05	0.50	0.45	0.22	0.07	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.00	-0.26	0.34	0.49	0.31	0.13	0.04	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.00	-0.40	-0.07	0.36	0.43	0.28	0.13	0.05	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.00	-0.18	-0.33	0.05	0.36	0.39	0.26	0.13	0.05	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-
6.00	-0.15	-0.28	-0.24	0.11	0.36	0.25	0.25	0.13	0.06	0.02	-	-	-	-	-	-	-
7.00	0.30	0.00	-0.30	-0.17	0.16	0.34	0.34	0.23	0.13	0.06	0.02	-	-	-	-	-	-
8.00	0.17	0.23	-0.11	-0.29	-0.10	0.34	0.34	0.32	0.22	0.13	0.06	0.02	-	-	-	-	-
9.00	-0.09	0.24	0.14	-0.18	-0.27	0.20	0.20	0.33	0.30	0.21	0.12	0.06	0.03	0.01	-	-	-
10.0	-0.25	0.04	0.25	0.06	-0.22	-0.01	-0.01	0.22	0.31	0.29	0.20	0.12	0.06	0.03	0.01	-	-
12.0	-0.05	-0.22	-0.08	0.20	0.18	-0.07	-0.24	0.17	0.05	0.23	0.30	0.27	0.20	0.12	0.07	0.03	0.01
15.0	-0.01	0.21	0.04	0.19	-0.12	0.13	0.21	0.03	-0.17	-0.22	-0.09	0.10	0.24	0.28	0.25	0.18	0.12

ตารางที่ 2.1 แสดงแอมพลิจูดของสัญญาณพาหะและสัญญาณ ไซค์แบนด์

ค่าเบี่ยงเบนความถี่และค่าความถี่ของสัญญาณข้อมูลมักจะใช้ค่ามากที่สุด เพื่อนำมาคำนวณดัชนีการมอดูเลต และนอกจากนั้นค่าดัชนีดังกล่าวก็ถูกเรียกว่าอัตราการเบี่ยงเบนด้วย

สัญญาณที่ถูกมอดูเลตทางความถี่ จะใช้แถบความถี่กว้างเท่าใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับดัชนีการมอดูเลต หากค่าดัชนีการมอดูเลตมากก็จะใช้แถบความถี่กว้างมาก ดังนั้นสามารถประหยัดแถบความถี่ได้ด้วยการจำกัดค่าของดัชนีการมอดูเลต ความกว้างของแถบความถี่สามารถหาได้จากค่าดัชนีการมอดูเลตและผลจากตารางดังสมการดังนี้

$$\text{แถบความถี่กว้างของความถี่ (BW)} = 2f_m \times \text{จำนวนของความถี่ข้างเคียงที่สำคัญ}$$

เมื่อ  $f_m$  = ความถี่ของสัญญาณข้อมูล

## 2.7 เครื่องส่งสัญญาณคลื่นวิทยุ (Transmitter)

จุดเริ่มต้นของการส่งคลื่นวิทยุนั้นประกอบด้วยการสร้างสัญญาณที่เป็นสื่อหรือพาหะที่เรียกว่า แครีเรียร์เจเนอเรเตอร์ (Carrier Generator) นำสัญญาณมามอดูเลตกับสัญญาณข้อมูลหรือเสียงแล้วจึงทำการขยายสัญญาณเพื่อส่งออกไปยังสายอากาศหรือตัวนำคลื่นเป็นสัญญาณความถี่วิทยุ (RF)

- วงจรสร้างสัญญาณพาหะ (Carrier Generator) โดยส่วนมากจะเป็นวงจรคริสตัลอสซิลเลเตอร์

(Crystal Oscillator) ซึ่งจะให้สัญญาณความถี่ที่ต้องการได้เที่ยงตรงและมีเสถียรภาพดี โดยส่วนมากมักมีการต่อวงจรขยายบัฟเฟอร์เข้าไปเพื่อแยกวงจรออสซิลเลเตอร์ออกจากโหลด เป็นการป้องกันการเปลี่ยนความถี่เนื่องจากโหลดของวงจรออสซิลเลเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงไป

- วงจรมอดูเลตสัญญาณ (Modulator) ทำการแปลงคุณสมบัติของสัญญาณพาหะให้มีลักษณะตามการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลหรือเสียงพูดที่ต้องการส่ง จากตัวอย่างข้างต้นก็เหมือนกับสวิตช์ที่ต่อลงกราวด์หรือจะเป็นวงจรมอดูเลตที่ได้กล่าวมาข้างต้น

- วงจรขยาย (Amplifier) เป็นการขยายสัญญาณในรูปแบบต่างๆในขั้นตอนที่ต่างกันตัวอย่างเช่น

วงจรขยายภาพสุดท้ายก่อนที่จะออกไปที่สายอากาศ สำหรับวงจรขยายมีการจัดออกเป็นหลายแบบ มีการเรียกเป็นคลาส (Class) ตามวิธีการไบอัสวงจรขยาย

- วงจรอิมพีแดนซ์แมตชิ่ง (Impedance Matching) เป็นวงจรที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่างวงจรขยายความถี่วิทยุ (RF Amplifier) ในแต่ละภาคเพื่อให้ได้กำลังส่งมากที่สุด การที่จะทำให้เกิดมีการถ่ายพลังงานมากที่สุดจากวงจรขยายชุดหนึ่งไปยังอีกชุดหนึ่งจะต้องมีค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรแรกเท่ากับมีค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรถัดไป วงจรอิมพีแดนซ์แมตชิ่งโดยทั่วไปเป็นวงจรของตัวนำและตัวเก็บประจุ ที่มีรูปแบบการต่อต่างๆกัน เช่น โครงข่ายรูป L และ โครงข่ายรูป T หรืออาจจะเป็นหม้อแปลงรูปโดนัทที่เป็นแกนผงเหล็กที่เรียกว่าทอรอยด์ (Toroid)

## 2.8 เครื่องรับสัญญาณ (Receiver)

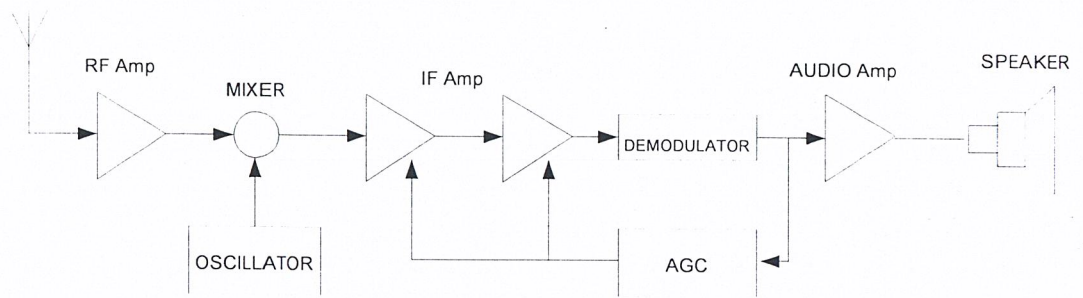
หน้าที่ของเครื่องรับสัญญาณคือ ทำการเลือกช่องสัญญาณที่ต้องการออกมาจากสัญญาณอื่นๆที่ถูกส่งออกมาในอากาศ และขยายสัญญาณกลับไปเป็นสัญญาณข้อมูลที่ส่งมาได้ โดยปกติเครื่องรับจะต้องมีปัจจัย 2 ประการที่ต้องคำนึงถึงดังนี้

1. ค่าซีเล็กติวิตี (Selectivity) หมายถึงความสามารถในการรับสัญญาณที่ต้องการโดยเลือกเอาเฉพาะช่องสัญญาณที่ต้องการช่องสัญญาณที่ต้องการเข้ามาเท่านั้น หากเครื่องรับสัญญาณมีค่าซีเล็กติวิตี (Selectivity) ที่ดีจะสามารถรับสัญญาณช่องที่ต้องการและกำจัดช่องสัญญาณข้างเคียงออกไปได้

2. ค่าเซนซิวิตี (Sensitivity) หมายถึงความสามารถในการรับสัญญาณที่ต้องการที่มีขนาดเล็กหรือสัญญาณอ่อนแล้วนำมาขยายให้ได้สัญญาณที่มีความแรงมากขึ้น โดยปกติค่าเซนซิวิตีจะแสดงถึงการ

ขยายสัญญาณด้วย นั่นคือยังมีกำลังขยายมาก ค่าเซนซิวิตีก็ยิ่งดีและจะแสดงอยู่ในรูปของค่าแรงดันของสัญญาณขาเข้าที่มีขนาดเล็กที่สุดซึ่งจะสามารถขยายสัญญาณได้มากกว่า 10 เท่าของสัญญาณรบกวน

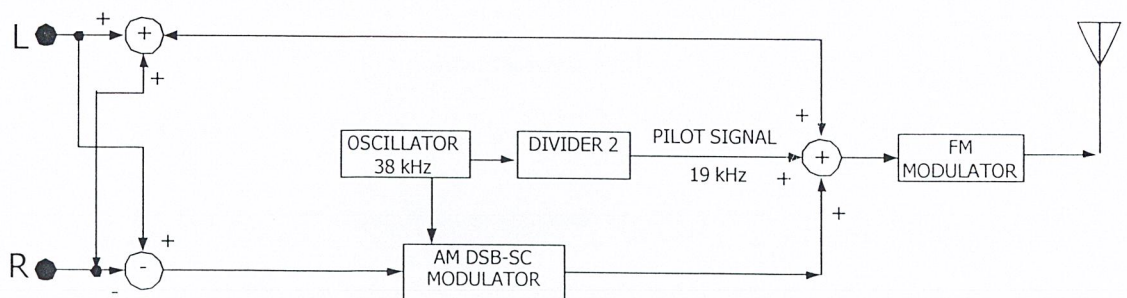
วงจรซูเปอร์เฮเทอโรโรโดนสามารถให้วงจขยายเพียงชุดเดียวก็สามารถให้ค่าซีเล็กติวิตีและค่าเซนซิวิตีที่ดีได้ วงจรหลักในเครื่องรับซูเปอร์เฮเทอโรโรโดนก็คือ วงจรมิกเซอร์ ซึ่งทำการเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณที่เข้ามา ดังไคอะแกรมวงจรซูเปอร์เฮเทอโรโรโดน



รูปที่ 2.3 วงจรซูเปอร์เฮเทอโรโดน

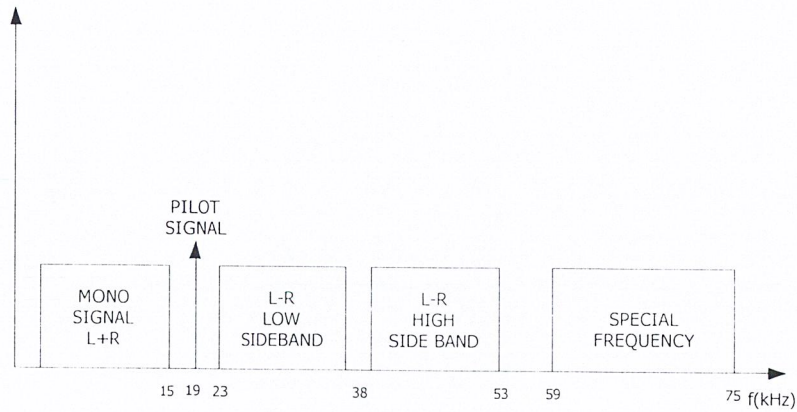
## 2.9 ระบบเอฟเอ็ม สเตอริโอ

ในระบบเอฟเอ็ม สเตอริโอ เครื่องส่งจะต้องทำการส่งสัญญาณที่เกิดจากสัญญาณ 2 ตัว คือสัญญาณด้านซ้ายและสัญญาณด้านขวาออกอากาศไปพร้อมๆกัน โดยใช้คลื่นวิทยุคือ คลื่นพาห์เพียงความถี่เดียวและจะต้องเป็นวิธีการที่ทำให้เครื่องรับวิทยุสามารถที่จะแยกสัญญาณทั้งสองนั้นออกเป็น 2 ทางได้ดั้งเดิมด้วย กระบวนการนี้ทำได้โดยการนำเอาสัญญาณด้านซ้าย (L) และสัญญาณด้านขวา (R) มารวมกันเป็นสัญญาณ L+R และมาหักล้างกันเป็นสัญญาณ L-R ดังแสดงในแผนผังตามรูป



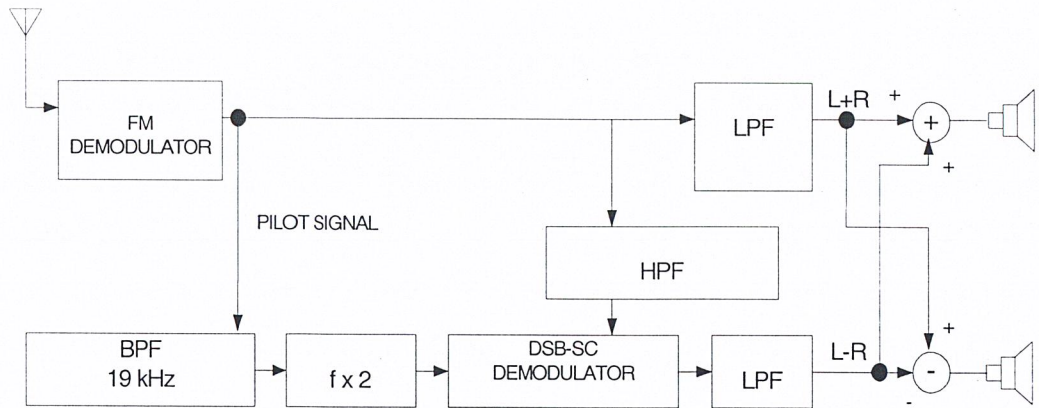
รูปที่ 2.4 บล็อกไคอะแกรมเครื่องส่งระบบเอฟเอ็ม สเตอริโอ

จากนั้นก็เอาสัญญาณ L-R ไปมอดูเลตแบบเอเอ็มชนิด ดีเอสบี เอสซี กับคลื่นพาห้ที่มีความถี่ 38 กิโลเฮิร์ตซ์ ซึ่งเรียกกันว่าคลื่นพาห้รอง (Subcarrier) เพื่อย้ายสเปกตรัมของสัญญาณ L-R ไปที่ความถี่สูงขึ้น ให้พอที่จะไม่รบกวนสัญญาณ L+R หลังจากนั้นจึงนำเอาสัญญาณทั้งสอง คือสัญญาณ L+R และสัญญาณ L-R ที่มอดูเลตกับคลื่นพาห้รองนั้นแล้วไปรวมกับสัญญาณนำร่อง (Pilot Signal) ที่เกิดจากการนำเอาคลื่นพาห้รองนั้นมาหารลดความถี่ลงครึ่งหนึ่งจากนั้นแล้วจึงนำสัญญาณที่ได้ออกมาทั้งหมดนั้นไปทำการมอดูเลตแบบเอฟเอ็ม กับคลื่นพาห้หลัก (Main Carrier) ซึ่งเป็นคลื่นความถี่ของสถานีวิทยุที่ต้องการจะใช้ส่ง ออกอากาศต่อไป สัญญาณนำร่อง 19 กิโลเฮิร์ตซ์นั้น จะถูกใช้เป็นสัญญาณอ้างอิงสำหรับเครื่องรับเพื่อที่ เครื่องรับจะได้ตั้งสัญญาณคลื่นพาห้รอง 38 กิโลเฮิร์ตซ์ขึ้นใหม่ได้อย่างถูกต้องในเวลาที่จะทำการดีมอดูเลตสัญญาณ L-R ออกจากคลื่นพาห้รองนั้น สเปกตรัมช่วงความถี่เสริม (Subsidiary Communication) นั้น เป็นช่วงความถี่ที่มีเผื่อไว้ในวัตถุประสงค์พิเศษอื่นๆนอกเหนือจากการส่งกระจายเสียงธรรมดา



รูปที่ 2.5 ช่วงความถี่ในการส่งสัญญาณในระบบเอฟเอ็ม สเตอริโอ

ในเครื่องรับวิทยุแบบเอฟเอ็ม สเตอริโอนั้นจะต้องมีวงจรพิเศษที่ใช้เพื่อแยกสัญญาณ L และ R ออกจากกันนอกเหนือจากวงจรของเครื่องรับวิทยุธรรมดา การทำงานของวงจรตามแผนผังมีดังต่อไปนี้ คือ หลังจากวงจรเอฟเอ็ม ดีมอดูเลตแล้ว เราจะได้สัญญาณที่แสดงดังรูปกลับคืนมา วงจรกรองแถบความถี่ 19 กิโลเฮิร์ตซ์ผ่าน (BPF) จะทำหน้าที่แยกเอาสัญญาณนำร่องออกมา ทวีความถี่ขึ้นเป็น 38 กิโลเฮิร์ตซ์และขยายกำลังให้เพียงพอเพื่อที่จะนำไปใช้ในการดีมอดูเลตสัญญาณ L-R ที่ถูกมอดูเลตมาแบบเอเอ็ม ชนิด ดีเอสบี เอสซี ซึ่งจะผ่านออกมาทางวงจรกรองความถี่สูงผ่าน (HPF) เพื่อที่จะได้นำเอาสัญญาณ L-R ที่ได้ ออกมาจากดีมอดูเลตไปรวมและหักล้างจากสัญญาณ L+R ที่จะผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (LPF) เมื่อนำสัญญาณ L+R และสัญญาณ L-R มารวมกันและหักล้างกันแล้วก็จะได้สัญญาณ 2L และสัญญาณ 2R ซึ่งสัญญาณทั้งสองนี้จะถูกส่งต่อไปกับวงจรขยายสัญญาณ



รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมเครื่องรับแบบเอฟเอ็ม สเตอริโอ

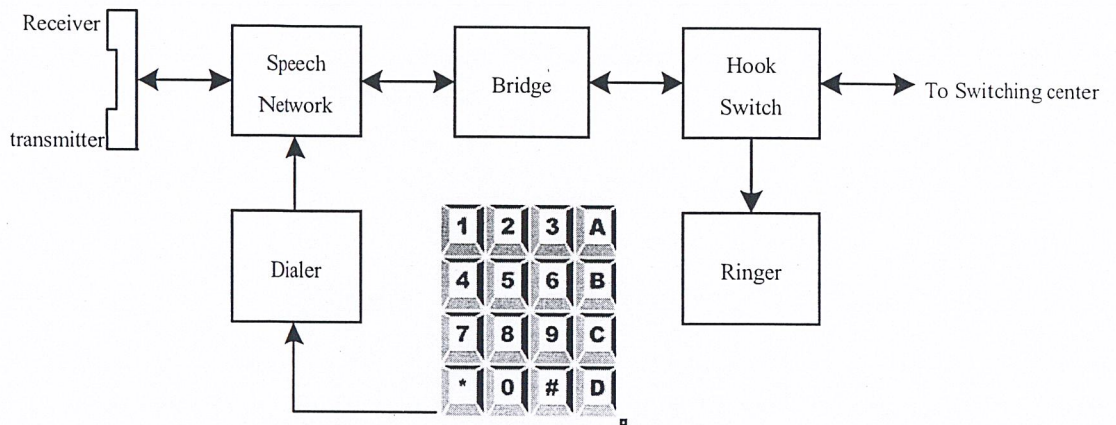
## 2.10 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

1. ระบบโทรศัพท์ คือ ระบบสื่อสารที่มีโครงข่ายชุมสายบริการระหว่างสมาชิกและผู้รู้เลขหมายสมาชิก สามารถเรียกคู่สนทนาอิสระต่างๆ โดยลดการเดินทางที่ไม่จำเป็นได้
2. การเรียกทางโทรศัพท์ คือ การเรียกผ่านระบบโทรศัพท์ ระหว่างผู้เรียกกับผู้รับ
3. ผู้เรียก คือ ผู้เริ่มต้นการเรียกจะด้วยการแจ้งให้พนักงานช่วยต่อกับผู้รับ หมุนหรือคดหมายเลขของผู้รับ เมื่อโทรศัพท์นั้นเป็นคู่สายของชุมสายอัตโนมัติ
4. ผู้รับ คือ ผู้ที่ตอบรับการเรียกทางโทรศัพท์เมื่อได้ยินสัญญาณกริ่งเรียก
5. คู่สายสมาชิก คือ คู่ตัวนำกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนมาจากเสียงพูดแจกจ่ายออกมาจากสถานีที่ติดตั้งเครื่องชุมสายโทรศัพท์ที่ท้องถิ่น ไปยังบ้านของผู้เช่าหรือสมาชิกแต่ละรายอย่างอิสระ
6. เครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ คือ เครื่องที่ทำหน้าที่ต่อสลับลำดับคู่สายระหว่างสมาชิกผู้เรียกและสมาชิกผู้รับโดยอัตโนมัติ
7. เครื่องโทรศัพท์ คือ อุปกรณ์สำหรับสมาชิกใช้พูดและฟังในการสนทนาผ่านโครงข่ายโทรศัพท์เครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์ ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 7 ประการ

1. เครื่องรับ(Receiver)
2. ส่วนส่ง(Transmitter)
3. กระดิ่ง(Ringer)
4. สปีชเน็ตเวิร์ค(Speech Network)

- 5. ฮุกสวิทช์(Hook Switch)
- 6. ไดอัลเลอร์(Dialer)
- 7. วงจรแปลงสัญญาณไฟตรง(Bridge Rectifier)



รูปที่ 2.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องโทรศัพท์

ตำแหน่งของส่วนส่งและส่วนรับ ปกติจะติดอยู่ที่ตัวพูด-หูฟัง (handset) ของเครื่องรับโทรศัพท์ ซึ่งในส่วนส่งมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกส่งไปสวิทซ์ เซ็นเตอร์ (Switching Center) แต่ส่วนรับมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณเสียง สัญญาณที่ส่วนรับนั้นจะประกอบด้วยสัญญาณแถบความถี่เสียง (Voiceband Signal) จากสวิทซ์ เซ็นเตอร์และจะคอยลดทอนการป้อนกลับจากส่วนส่ง

สำหรับ Speech Network จะมีหน้าที่แยกสัญญาณส่งและรับในเครื่องโทรศัพท์ ดังนั้นสัญญาณทั้งหมดระหว่างสวิทซ์ เซ็นเตอร์และเครื่องรับโทรศัพท์อาจจะส่งไปในคู่สายเดียวกันได้

ฮุกสวิทช์มีอยู่ 2 สถานะคือ ออน-ฮุก และ ออฟ-ฮุก ทั้งสองสถานะนี้ขึ้นอยู่กับว่า สัญญาณว่าง (Idle) หรือใช้งาน (Busy) ตามลำดับ ในสถานะออน-ฮุก จะปรากฏสัญญาณกระดิ่งเมื่อมีผู้เรียกมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าซึ่งถูกสร้างขึ้นที่สวิทซ์ เซ็นเตอร์และถูกส่งมาทำให้กระดิ่งในโทรศัพท์ทำงาน ส่วนในสถานะ ออฟ-ฮุก ปกติจะทำงานก็ต่อเมื่อเรายกหู เมื่อยกหูกระแสที่ส่งจะบอกให้อุปกรณ์สวิทซ์ เซ็นเตอร์รับรู้ว่าจะอยู่ในสถานะ ออฟ-ฮุก สวิทซ์ เซ็นเตอร์จะปิดกั้นสัญญาณกระดิ่งและเตรียมรับสัญญาณ Dial Tone ฮุกสวิทช์จะต่อสายโทรศัพท์กับ สปีชเนทเวิร์ค วงจรแปลงสัญญาณไฟตรง ทำหน้าที่ผ่านกระแสไฟตรงจากคู่สายโทรศัพท์ไปเลี้ยงวงจรโทรศัพท์ เมื่อฮุกสวิทช์อยู่ในสภาวะยกหู และทำหน้าที่ให้สัญญาณทั้งด้านบวกและด้านลบผ่านในวงจรโทรศัพท์ได้

การส่งหมายเลขโทรศัพท์สามารถกระทำได้ 2 วิธี วิธีแรกเป็นการส่งสัญญาณพัลส์ ที่แสดงถึงหมายเลขต่างๆกัน และอีกวิธีหนึ่ง เป็นการส่งสัญญาณเป็นความถี่ต่างๆกัน โดยค่าตัวเลขจะถูกแทนค่าด้วยความถี่ 2 ค่าที่มอดูเลตกัน

ในระบบสวิตซ์สัญญาณเรียกของผู้เช่าเป็นสัญญาณจังหวะไฟตรงที่เท่ากับจำนวนครั้งของการหมุนเพื่อให้แผงสวิตซ์ทำงาน จากการพัฒนาแผงสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ จึงมีระบบสัญญาณหลายความถี่ซึ่งข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบปุ่มมีลักษณะดังนี้

- 1.เวลาของการหมุนหมายเลข ได้ลดลงมาก
- 2.การหมุนหมายเลขง่ายขึ้น
- 3.สามารถเพิ่มปุ่มกดอื่นนอกจากปุ่มกดหมายเลข เพื่อส่งสัญญาณบริการประเภทอื่นๆ
- 4.เราใช้สัญญาณความถี่ของเสียง ซึ่งสามารถส่งระหว่างสถานีได้และนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้

ระบบสัญญาณโทรศัพท์แบบกดปุ่มจะใช้กรรมวิธีของ Dial Tone Multi Frequency (DTMF)

ในการส่งหมายเลขโทรศัพท์นั้น โดยทั่วไปจะมี 12 ปุ่ม แบ่งเป็น 4 แถวและ 3 คอลัมน์ ความถี่ที่ใช้ในแต่ละแถวและคอลัมน์นั้น จะมีความถี่ที่แตกต่างกัน ความถี่ทั้ง 4 แถวเรียกว่าเป็นกลุ่มความถี่ต่ำ และความถี่ทั้ง 4 คอลัมน์เรียกว่าเป็นกลุ่มความถี่สูง การที่กดปุ่มหมายเลขใดๆจะทำให้วงจรภายในผลิตความถี่ออกมา 2 ความถี่

## 2.11 สัญญาณพื้นฐาน

สัญญาณ คือ ข่าวดสารที่ใช้ติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายหรือข่าวที่ติดต่อกันระหว่างชุมสายกับชุมสาย หน้าที่ทั่วไปของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์

- 1.การเตรียมพร้อม
- 2.การส่งที่อยู่ข่าวสาร
- 3.การตรวจตรา
- 4.การส่งสัญญาณข่าวสาร

แบ่งเป็นสัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย และ ระหว่างชุมสายกับชุมสาย

### 1. สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย แบ่งเป็น

#### 1.1 สัญญาณที่ส่งจากผู้เช่าไปยังชุมสาย

- 1.1.1 Off Hook คือ สภาพผู้เช่ายกหู โทรศัพท์สายจะมีสภาพ Close Loop(Low Impedance)
- 1.1.2 On Hook คือ สภาพผู้เช่าวางหู โทรศัพท์สายจะมีสภาพ Open Loop(High Impedance)
- 1.1.3 Dialling คือ สภาพที่ผู้เช่าหมุนเลขหมายเข้าเครื่องเป็น Rotary dial สัญญาณจะเป็น Pulsing

ถ้าเครื่องเป็นแบบกดปุ่มสัญญาณที่ออกมาจะเป็นความถี่ DTMF

## 1.2 สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสาย

1.2.1 Dialing Tone คือ สัญญาณที่บอกถึงสภาพการว่างของอุปกรณ์ชุมสาย และชุมสายพร้อมจะรับ code ที่ทำการหมุนเข้ามา สัญญาณ Dialing Tone นี้เป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ 425 Hz

มอดูเลตด้วยความถี่ 50Hz ผู้เช่าจะได้ยินเมื่อทำการยกหู

1.2.2 Busy Tone คือ สัญญาณที่บอกให้ทราบว่า อุปกรณ์ชุมสายไม่ว่าง และถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนหมายเลขไปแล้วแสดงว่า ผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกไม่ว่าง สัญญาณ Busy Tone เป็นสัญญาณความถี่ 425 Hz ดัง 0.5 วินาที หยุด 0.5 วินาที สลับกันไป

1.2.3 Ring Back Tone คือ สัญญาณที่ผู้เรียกได้ยินหลังจากหมุนหมายเลขเสร็จแล้ว ที่ชุมสายโทรศัพท์แจ้งให้ทราบว่า การต่อได้สำเร็จแล้วเป็นสัญญาณ 425 Hz โดยดัง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

1.2.4 Ringing Tone เป็นสัญญาณความถี่ 25 Hz ค่าแรงดัน 70-100 Vpp โดยส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที เป็นสัญญาณที่ส่งไปให้ผู้ถูกเรียกทราบ

1.2.5 สัญญาณ tone อื่นๆ เช่น Nu Tone เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่า เลขหมายที่หมุนยังไม่มีการใช้งาน

## 2. สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสาย สัญญาณพื้นฐานมี 5 ประเภท

2.1. Seizure เป็นสัญญาณให้ชุมสายปลายทางทราบว่า คู่สายขณะนี้ถูกใช้งานอยู่ ชุมสายปลายทางจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่รับเรียกหมายของผู้เรียกที่จะส่งมา

2.2 Address Information เป็นสัญญาณบอกเลขหมาย หรือประเภทของผู้เช่า

2.3 Answer Signal สัญญาณนี้ใช้เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูรับ หน้าที่หลักของสัญญาณนี้คือ

1. เริ่มต้นคิดเงิน

2. ส่งสัญญาณคิดเงิน

3. ตัดวงจรการจับเวลาการใช้อุปกรณ์

2.4 Clear-Forward จะถูกส่งเมื่อผู้เรียกวางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้วงจรทางด้านปลายทางทำการยกเลิกการต่อวงจรต่างๆ

2.5 Clear-Back จะถูกส่งเมื่อผู้ถูกเรียกวางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้ชุมสายต้นทางเริ่มต้นจับเวลา เมื่อเวลาผ่านไป 90-120 วินาที ชุมสายต้นทางจะยกเลิกการติดต่อ พร้อมกับส่งสัญญาณ Clear-Forward ออกไปเพื่อให้ชุมสายปลายทางยกเลิกเช่นกัน

## 2.12 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

### 1. เครื่องส่ง

- ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาตคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณกระแสตรง 48 โวลต์

- เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ ศักดาจะลดลงเหลือประมาณ 8 โวลต์ พร้อมทั้งมีสัญญาณ Dial tone เมื่อรหัสสัญญาณความถี่หมายเลขโทรศัพท์แล้วสัญญาณ Dial tone จะหายไป

- ทรหัสสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์จะเป็นสัญญาณ DTMF

- ขณะที่รอการรับสายจากผู้เรียกจะมีสัญญาณตอบรับ 2 แบบ เพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่ คือ Busy Tone และ Ring Back Tone

- เมื่อผู้ถูกเรียกรับสายแล้ว สัญญาณจะอยู่ที่ระดับสัญญาณกระแสตรง 8 โวลต์ และมีการกระเพื่อมตามลักษณะความถี่เสียงและความดังของเสียงพูด

- เมื่อผู้เรียกวางหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาตคร่อมสายโทรศัพท์จะกลับไป 48 โวลต์ดังเดิม

### 2. เครื่องรับ

- ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาตคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณกระแสตรง 48 โวลต์

- เมื่อมีผู้เรียกเรียกเข้ามา จะมีสัญญาณ Ringing Tone เข้ามา ซึ่งจะตรงกับสัญญาณ Ring Back Tone

- เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูรับโทรศัพท์ ขนาดของศักดาตคร่อมสายโทรศัพท์ จะเหลือประมาณ 8 โวลต์ และจะมีการกระเพื่อมตามลักษณะความถี่เสียงและความดังของเสียงพูด

- เมื่อผู้ถูกเรียกวางหูโทรศัพท์ ขนาดของศักดาตคร่อมสายโทรศัพท์จะกลับไป 48 โวลต์ดังเดิม

## 2.13 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

### 1. กล่าวนำ

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว (Single Chip Microcontroller) คือ ไมโครคอมพิวเตอร์แบบที่มีขนาดเล็กโดยบรรจุไว้ในแผงวงจรรวม (Integrated Circuit) เพียงชิพเดียวเหมาะสำหรับควบคุมอุปกรณ์อื่นๆ โดยอัตโนมัติ โดยผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้ตามต้องการ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ชิพเดี่ยวตระกูล 51 หรือ MCS-51 ที่เลือกใช้ในโครงการนี้คือเบอร์ AT89C51 ของบริษัท ATMEL ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยความจำโปรแกรม (ROM) ภายในแบบ Flash Memory ขนาด 4 Kbytes

ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่สามารถเขียนและลบข้อมูลได้ใหม่ถึง 1,000 ครั้ง โดยที่ไม่ต้องใช้หน่วยความจำแบบ EPROM ภายนอก และสะดวกต่อการพัฒนาโปรแกรม

## 2. คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51 ผลิตโดยบริษัทATMEL เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

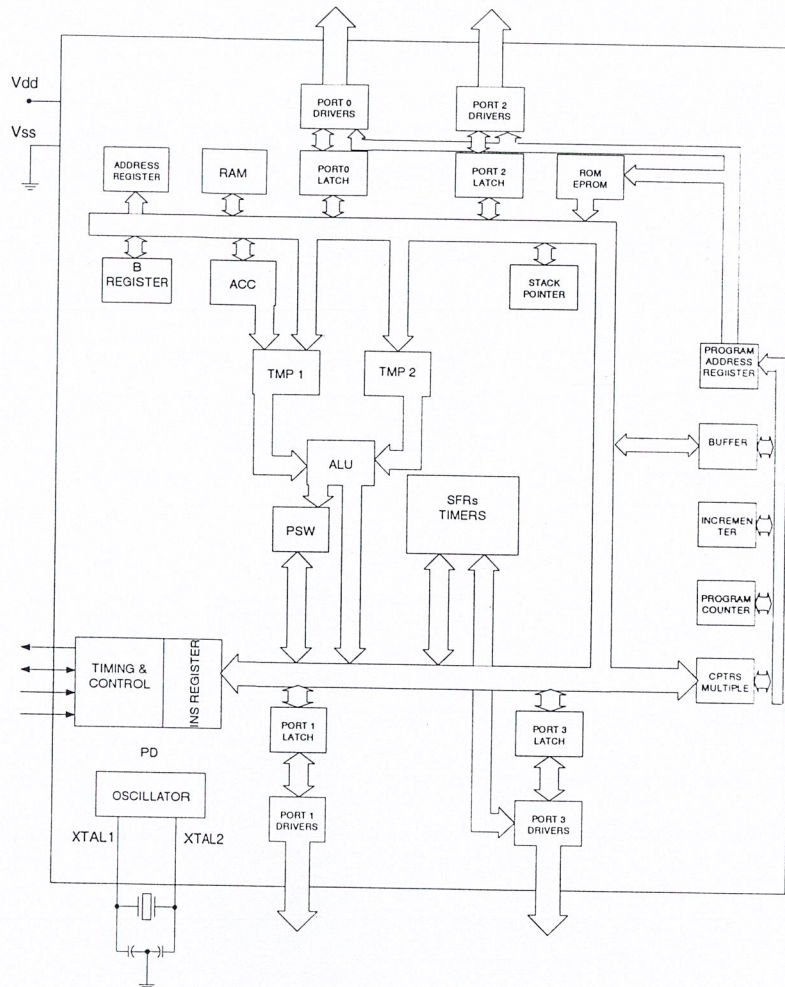
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายใน 4 Kbytes ซึ่งเพียงพอต่อการทำงานของโครงการนี้
- สามารถต่อหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลในระหว่างการทำงานของโปรแกรม (RAM) ได้ 64 Kbytes
- สามารถใช้กับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (Program Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำซึ่งใช้สำหรับเก็บชุดคำสั่งที่จะทำให้ MCS-51 ทำงานได้สูงสุด
- มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิต
- มีการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (Series) หรือUniversal Asynchronous Receiver Transmitter (UART)
- มีวงจรถ่าย Timer / Counter ขนาด 16 บิต 2 ชุด
- มีการขอขัดจังหวะการทำงานของโปรแกรม (Interrupt)
- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์เพียงชุดเดียว
- สามารถเลือกการทำงานให้อยู่ในโหมดของ Idle (การทำงานปรกติ) และ Powerdown (การประหยัดพลังงานไฟฟ้า)

จากคุณสมบัติที่กล่าวถึงทำให้ MCS-51 เป็นที่นิยมใช้ในการควบคุมระบบอัตโนมัติซึ่งบรรจุไว้ในไอซีวงจรรวมเดี่ยว (Single Chip) ขนาด 40 ขา ดังนั้นจึงสามารถออกแบบให้ระบบมีขนาดเล็ก ทำให้ตรวจสอบหาข้อผิดพลาดได้ง่าย รวมถึงการลดต้นทุนการผลิต หากจะต้องมีการผลิตเป็นจำนวนมาก

## 3. โครงสร้างของ MCS-51

โครงสร้างภายในของ MCS-51 ประกอบด้วย เกทต่างๆ เช่น AND OR NOT ซึ่งเกทเหล่านี้ จะถูกออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆเช่นวงจรถอดรหัสสร้างสัญญาณนาฬิกาโครงสร้างภายในของ MCS-51 จะประกอบด้วย ส่วนย่อยๆ

โครงสร้างของ MCS - 51 ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ



รูปที่ 2.8 Block Diagram แสดงโครงสร้างภายในของ MCS-51

1. CPU (Central processing Unit) ซึ่งมีส่วนย่อยอีก แต่ละส่วนมีหน้าที่ต่าง ๆ กัน ได้แก่ ส่วนสร้างสัญญาณควบคุม (Control Unit) ในการติดต่อกับส่วนอื่น ๆ ส่วนประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Unit)

2. หน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจดจำข้อมูล สำหรับนำข้อมูลไปเก็บไว้และอ่านเอาข้อมูลออกมาจากหน่วยความจำ

3. Input / Output Device ทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก

#### 4. การจัดการหน่วยความจำของ MCS - 51

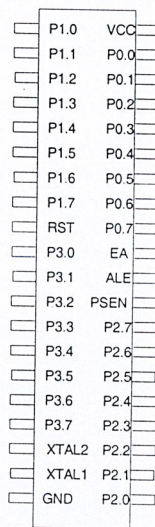
หน่วยความจำของ MCS - 51 แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

1. Program Memory เป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บโปรแกรมการทำงาน ซึ่งจะเป็น ROM (Read Only Memory) เท่านั้น แบ่งเป็นหน่วยความจำภายใน (Internal Memory) ซึ่งจะอยู่ภายใน MCS -

51 จำนวน 4 กิโลไบต์ ตำแหน่งของหน่วยความจำเนื้อที่ 0000H ถึง 0FFFH และหน่วยความจำภายนอก (External Memory) ตำแหน่งหน่วยความจำจะอยู่ที่ IFFFH ถึง FFFFH

### 5. สถาปัตยกรรมของ MCS - 51

สถาปัตยกรรมภายในของ MCS - 51 ซึ่งจะอธิบายถึงส่วนย่อย ๆ ภายใน MCS - 51 เพียงชีพเดียว และสัญญาณจากภายใน จะต้องออกมาสู่ภายนอกทางขา (Pin) ต่าง ๆ ของ MCS - 51 ที่มีอยู่ 40 ขา



รูปที่ 2.9 แสดงตำแหน่งขาของ MCS - 51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 บรรจุอยู่ในไอซีวงจรรวมแบบ Dual Inline Package (DIP) มีขาอยู่ข้างละ 20 ขา รวมทั้งหมด 40 ขานั้น จะใช้งานต่าง ๆ กันดังนี้

- Vcc ขา 40 เป็นขาที่ต้องป้อนไฟเลี้ยง + 5v
- Vcc ขา 20 เป็นขาที่ต่อกับกราวด์
- Port 0 เป็นพอร์ตขนาน 8 บิต อยู่ที่ขา 39 ถึง 32 เริ่มจากบิต 0 ถึง บิต 7 ตามลำดับ ( P0.0 - P0.7) พอร์ต 0 นี้ใช้ได้ทั้งการรับ - ส่ง ตำแหน่งและข้อมูลกับหน่วยความจำ หรือใช้เป็นพอร์ตรับ - ส่ง ข้อมูล
- Port 1 เป็นพอร์ตขนาน 8 บิต คือ ขา P1.0 - P1.7 ( ขา 1 - 8 ) ใช้ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลเท่านั้น
- Port 2 อยู่ที่ขา 21 ถึง 28 เป็นพอร์ตขนาน 8 บิต คือ ขา P2.0 - P2.7 ใช้งาน 2 ลักษณะคือ ใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอก ค่าตำแหน่งนี้เป็น 8 บิต ของค่าตำแหน่งและใช้เป็นพอร์ตรับ - ส่งข้อมูลกันภายนอก

- Port 3 คือขา P3.0 ถึง P3.7 (ขา 10 - 17) พอร์ตนี้ทำหน้าที่เป็น I/O Port และอีกหน้าที่หนึ่งคือส่งสัญญาณควบคุมออกมาและรับสัญญาณเข้าไป สัญญาณต่าง ๆ แต่ละบิตมีดังนี้
  - P3.0 / RXD(Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม
  - P3.1 / TXD(Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
  - P3.2 / INTO ( External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก
  - P3.3 / INT 1 (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก
  - P3.4 / TO (Time /n Counter 0 External Interrupt) ขารับสัญญาณเข้าไปยัง วงจร Time / Counter 0 ที่ทำหน้าที่นับจำนวน ไซเคิลของสัญญาณ TO นี้หรือสัญญาณนาฬิกา
  - P3.5 / T1 (Time / Counter 1 External Interrupt ) ขารับสัญญาณเข้าไปยังวงจร Time / Counter 1 ทำหน้าที่เหมือนกับ TO
  - P3.6 / WR (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำภายนอก
  - P3.7 / RD (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลสำหรับหน่วยความจำภายนอก
- RST ขา 9 ใช้สำหรับรีเซ็ตการทำงานของ MCS – 513
- ALE (Program Store Enable) อุปกรณ์ภายนอก จะใช้สัญญาณนี้ในการแลตซ์ข้อมูลที่ส่งออกมาทางพอร์ต 0
- PSEN (Program Store Enable ) ขาที่ 29 ใช้เมื่อต้องการอ่านคำสั่งที่จะนำไปใช้งานมาจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก
- EA ( External Access) คือขาที่ 31 เป็นขาอินพุต ที่ต่อเข้าไปยังวงจร Timing and Control เพื่อควบคุมการสร้างสัญญาณ PS
- XTAL 1 ( ขา 19 ) ขานี้จะต่อเข้ากับวงจรขยายแบบป้อนกลับเฟส ( Inverting Amplifier) ที่ประกอบด้วยวงจรออสซิลเลเตอร์ ซึ่งเป็นอินพุตเข้าสู่วงจร
- XTAL 2 (ขา 18 ) ขานี้เป็นจุดเอาต์พุตของวงจรขยายแบบกลับเฟส ที่ประกอบด้วยวงจรออสซิลเลเตอร์

## 6. การทำงานของ MCS –51

การทำงานของ MCS – 51 ผู้ใช้จะต้องเขียนโปรแกรมเป็นภาษาเครื่องซึ่งอยู่ในรูปของเลขฐาน 2 ที่เก็บไว้ในหน่วยความจำประเภท Program Memory แต่ละคำสั่งอาจประกอบด้วย 1,2 หรือ 3 ไบต์ ก็ได้ ภาคระทำตามคำสั่งนั้นโดยจะเริ่มจากการทำงานภายใน MCS – 51 เองแล้วช่วงต่อไปจะเป็นช่วงการทำงานตามคำสั่ง ( Execute Cycle) ซึ่งการทำงานดังกล่าว จะขึ้นอยู่กับสัญญาณควบคุมที่สร้างจากวงจร Oscillator ทำให้การทำงานต่าง ๆ เป็นไปตามลำดับ ที่ผู้ผลิตได้ออกแบบไว้

ในหนึ่งแมกซ์ไซเคิลคือ ช่วงเวลาตั้งแต่ S1 ถึง S6 ซึ่งจะใช้เวลา 12 คาบ ของสัญญาณออสซิลเลเตอร์ หากใช้ออสซิลเลเตอร์ความถี่ 12 MHz จะได้ว่าใน 1 แมกซ์ไซเคิลใช้เวลา 1 ไมโครวินาที ดังนั้นการทำงานใน 1 คำสั่ง ต่ำสุดจะกินเวลาเพียง 1 ไมโครวินาที

## 7. การอินเทอร์รัปต์

การอินเทอร์รัปต์ของ MCS - 51 สามารถรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้อย่างน้อย 5 ชนิด ได้แก่

- อินเทอร์รัปต์จากภายนอก 0 (External Interrupt 0)
- อินเทอร์รัปต์จากภายนอก 1 (External Interrupt 1)
- อินเทอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 0 (Timer Flag Interrupt 0)
- อินเทอร์รัปต์ของไทม์เมอร์ 1 (Timer Flag Interrupt 1)
- อินเทอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม (Serial Port Interrupt)

การอินเทอร์รัปต์แต่ละชนิดที่ MCS - 51 สามารถรับได้ แบ่งกลุ่มดังนี้

1. External Interrupt เป็นอินเทอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นจากภายนอก MCS - 51 มี 2 ชนิด คือ External Interrupt 0 และ External Interrupt 1 โดยต่อเข้ากับขา INT 0 และขา INT 1 ตามลำดับซึ่งสัญญาณอินเทอร์รัปต์ชนิดนี้ จะทำงานเพื่อสัญญาณภายนอกที่ส่งเข้ามามีสถานะลอจิกเป็น 0

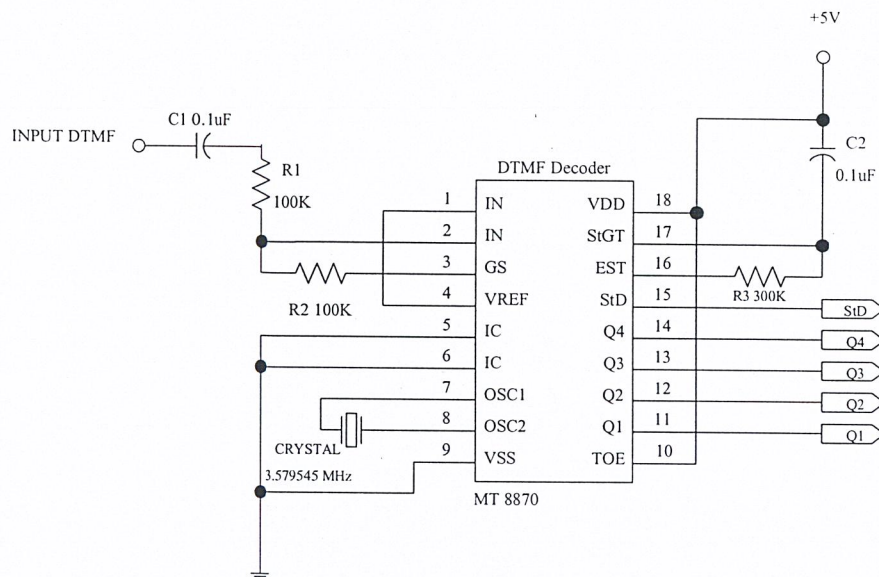
2. Timer Flag Interrupt อินเทอร์รัปต์ ของกลุ่มนี้ประกอบด้วย Timer Flag Interrupt 0 และ Timer Flag Interrupt 1 เป็นอินเทอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นจากภายในตัวเอง จะเกิดขึ้นโดยบิต TF0 หรือ TF1 ถูกเซตเมื่อไทม์เมอร์ 0 หรือ ไทม์เมอร์ 1 เกิด overflow ขึ้นทำให้เกิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์เข้าไปขัดจังหวะการทำงานของโปรแกรมที่ทำงานอยู่ขณะนั้นให้ทำงานอื่น แทน

3. Serial Port Interrupt เป็นอินเทอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นจากภายในตัวชิพเอง สัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่เกิดขึ้น ได้มาจากบิต TI หรือ RI บิตที่ควบคุมการอินเทอร์รัปต์ ทั้งสองนี้จะไม่ถูกเคลียร์โดยฮาร์ดแวร์ใน MCS - 51 เมื่อซีพียูไปทำงาน ในโปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์ เพราะการเกิดอินเทอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม อาจเกิดจากบิต RI หรือ TI ก็ได้ ดังนั้น โปรแกรมในส่วนบริการอินเทอร์รัปต์ จะต้องตรวจสอบเองว่า สัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้มาจาก บิต TI หรือ RI บิตทั้งสองจะถูกเคลียร์โดยซอฟต์แวร์เท่านั้น

การทำงานเกี่ยวกับการอินเทอร์รัปต์นั้น จะมี special Function Register ที่เกี่ยวข้องโดยตรง 2 ตัว ได้แก่ IE (Interrupt Enable) และ IP (Interrupt Priority) รีจิสเตอร์ IE สามารถควบคุมการอินเทอร์รัปต์ใน MCS - 51 ได้ทั้งหมด โดยใช้บิต EA ให้มีค่าเป็น 0 สัญญาณอินเทอร์รัปต์ทุกชนิด ที่เกิดขึ้นจะไม่สามารถ อินเทอร์รัปต์ MCS - 51 ได้สำหรับรีจิสเตอร์ IP นั้น เราสามารถจัดลำดับความสำคัญของการทำอินเทอร์รัปต์ได้โดยเซทบิตเป็น 1 สำหรับอินเทอร์รัปต์ที่มีความสำคัญสูง และเซทบิตให้เป็น 1 สำหรับอินเทอร์รัปต์ที่มีความสำคัญต่ำ แต่ถ้าไม่ได้จัดลำดับความสำคัญการทำอินเทอร์รัปต์จะเป็นไปตามลำดับ

## 2.14 การถอดรหัสสัญญาณ DTMF

สำหรับการถอดรหัสสัญญาณโทรศัพท์ เราเลือกใช้ไอซีสำเร็จรูปเบอร์ MT 8870 ในการถอดรหัสสัญญาณ DTMF เนื่องจากเป็นไอซีที่หาได้ง่าย และมีประสิทธิภาพดี เป็นที่นิยมใช้แพร่หลาย



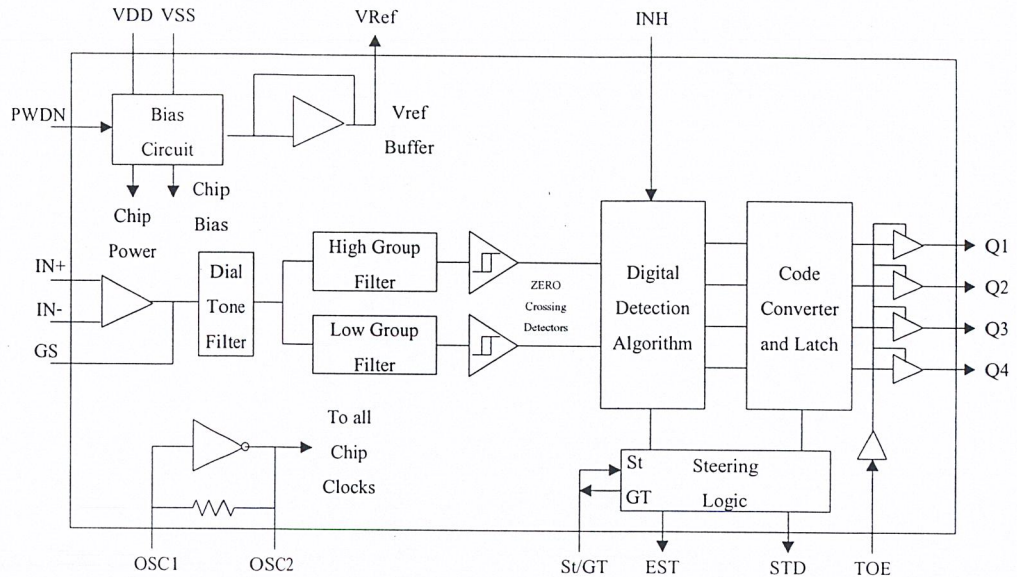
รูปที่ 2.10 แสดงวงจรถอดรหัส DTMF

### 1. รายละเอียดของ ไอซีเบอร์ MT8870

- คุณสมบัติของ MT8870 เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ DTMF (DTMF Receiver & Decoder)
  - กินไฟน้อยใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
  - สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard Time) ได้
  - สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้
  - เป็นไอซีคุณภาพสูง
  - สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้

## 2. โครงสร้างของ MT8870

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วย วงจรความถี่และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิทัล เป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี ISO<sup>2</sup> - CMOS ในส่วนของวงจรความถี่ใช้เทคนิคของสวิทช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทาง



ดิจิทัล

รูปที่ 2.11 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

เพื่อตรวจจับ และถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิตและเช็คช่วงเวลาสัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุตเป็นแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเอาท์พุตเป็นวงจร แลตซ์ 3 สถานะ ภายในโครงสร้างของ MT 8870 จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ

- ภาคกรองความถี่ ( Filter Section)
- ภาคถอดรหัส(Decoder Section)
- ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit)
- ภาคกำเนิดความถี่ ( Oscillator)

### 2.1 ภาคกรองสัญญาณความถี่

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่ผ่านอันดับ 6 ชนิด สวิทช์คาปาซิเตอร์ (Six – Order Switched Capacitor Band Pass Fitter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วงคือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ

## 2.2 ภาคถอดรหัส

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้ามาวางจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลขโดยใช้เทคนิคการนับแบบคิจิตอลและมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่ในช่วงที่ DTMF ต้องการหรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่น เข้ามาผสาน เพื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้องสัญญาณที่ขา Est (Early stering) หรือ ขา 16 ก็จะแอกทีฟ

## 2.3 ภาคตรวจสอบสัญญาณ

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มโทรศัพท์ ให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะได้รับโดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอกสัญญาณขา Est จะเป็น “High” นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามาทำให้ VC สูงขึ้นตัวเก็บประจุ VC จะคายประจุทำให้แรงดัน VC สูงขึ้นเท่าค่าเทรซโฮลด์ วงจรถอดรหัสจะถอดรหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต สำหรับการ์ดไทม์ (Gardtime) นั้นหมายถึง ช่วงคาบเวลาของความถี่เข้ามาซึ่งจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เรที่ตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับสัญญาณความถี่นั้นถูกต้อง หรือพูดได้ว่าเวลาที่เรที่ตั้งไว้โดย RC ก็คือการ์ดไทม์นั่นเอง ถ้าสัญญาณความถี่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป

## 2.4 ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุทของ MT 8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ ที่สามารถปรับตัวอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไป ซึ่งสามารถคำนวณอัตราขยายความแตกต่างของอินพุทและอิมพีแดนซ์ได้ดังนี้

$$R_3 = \frac{R_2 \times R_5}{R_2 + R_5}$$

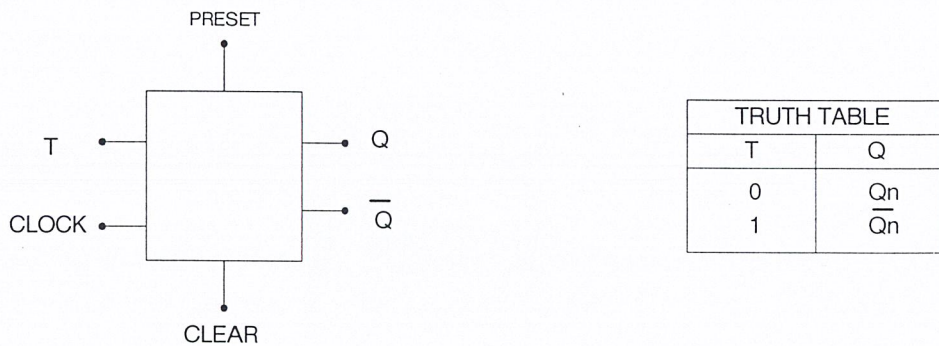
อัตราขยาย  $A_{v,dif} = \frac{R_5}{R_1}$

อินพุทอิมพีแดนซ์  $\left( Z_{dif} = 2 \sqrt{R_1^2 + \left( \frac{1}{WC} \right)^2} \right)$

สำหรับวงจรการต่อใช้งานก็กำหนดค่าต่าง ๆ มาโดยเฉพาะการทำงานสำหรับวงจรการถอดรหัส DIMF นั้นเมื่อผู้เรียกกดเลขหมาย หลังจากได้รับการตอบรับเรียบร้อยแล้วสัญญาณความถี่สองความถี่ที่ผสมกันมา จะเข้าสู่วงจรถอดรหัส DTMF เบอร์ MT 8870 ถอดรหัสแล้วจะได้เอาต์พุตออกมาเป็น 4 บิต แล้วส่งไปส่วนควบคุมต่อไป

## 2.15 วงจรฟลิปฟล็อปแบบ T

วงจรฟลิปฟล็อปแบบ T จะมีโครงสร้างที่คล้ายกับวงจรฟลิปฟล็อปแบบ D คือมีขาอินพุตแบบอะซิงโครนัส คือ Preset และ Clear (อาจมีขาใดขาหนึ่งหรือทั้งสองขาก็ได้) และขาอินพุตค็อก ซึ่งอาจจะถูกออกแบบให้ทริกด้วยสัญญาณค็อกในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งที่ได้กล่าวถึงแล้วก็ได้ ขาข้อมูลอินพุตแบบซิงโครนัส 1ขาซึ่งจะถูกเรียกเป็นขาอินพุต T(Toggle) และเอาต์พุต Q กับ  $\overline{Q}$  ซึ่งอาจมีเพียงขาใดขาหนึ่งหรือทั้งสองขาก็ได้ สำหรับไดอะแกรมและตารางความจริงของวงจรฟลิปฟล็อปแบบ T นี้จะแสดงไว้ดังรูป



รูปที่ 2.12 โครงสร้างของวงจรฟลิปฟล็อปแบบ T ตารางที่ 2.2 Truth Tableของวงจรฟลิปฟล็อปแบบ T

$Q_n$  คือ สถานะทางลอจิกของเอาต์พุต Q ก่อนที่ขาอินพุตค็อกจะถูกทริก

$\overline{Q_n}$  คือ ค่าคอมพลิเมนต์ของสถานะทางลอจิกของเอาต์พุต Q ก่อนที่ขาอินพุตค็อกจะถูกทริก

จากตารางความจริงของวงจรฟลิปฟล็อปแบบ T นี้จะเห็นได้ว่าก่อนขาอินพุตค็อกจะถูกทริกนั้น ถ้าหากขาอินพุต T ได้รับลอจิกเป็น 0 แล้วหลังจากที่ขาอินพุตค็อกของวงจรฟลิปฟล็อปแบบ T ถูกทริก จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆขึ้นกับระดับลอจิกที่เอาต์พุต Q ของวงจร (คือคงสถานะทางลอจิกของเอาต์พุตเดิมไว้) แต่ในกรณีที่ขาอินพุต T ได้รับลอจิกเป็น 1 ก่อนที่ขาอินพุตค็อกของวงจรฟลิปฟล็อปแบบ T ถูกทริก เอาต์พุต Q จะถูกทำการคอมพลิเมนต์ในทันทีที่ขาอินพุตค็อกของวงจรจะถูกทริก กล่าวคือ ในกรณีนี้สถานะทางลอจิกของเอาต์พุต Q หลังจากที่ขาอินพุตค็อกจะถูกทริก จะเป็นลอจิกที่ตรงข้ามกับลอจิกของเอาต์พุต Q ก่อนที่ขาอินพุตค็อกของวงจรถูกทริกซึ่งวงจรฟลิปฟล็อปที่ทำงานในลักษณะนี้จะมีชื่อเรียกว่า “ วงจรฟลิปฟล็อปแบบ Toggle “ หรือ “ วงจรฟลิปฟล็อปแบบ T “

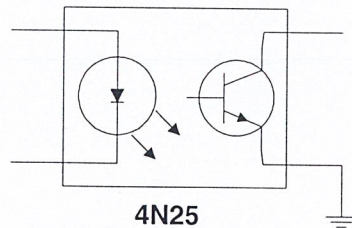
ในการต่อวงจรฟลิปฟลอปแบบ T สามารถสร้างขึ้นมาได้จากวงจรฟลิปฟลอปแบบ D โดยทำการต่อขา Q เข้ากับขา D และต่อขา Preset กับขา Clear ลงกราวด์โดยให้ขาคล็อกเป็นขาอินพุตซึ่งจะได้ขา Q เป็นขาเอาต์พุต

2.16 การเชื่อมโยงทางแสง

ตัวเชื่อมโยงทางแสง (Optocoupler) หรือตัวแยกโดยใช้แสง เป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษหลายประการ เช่น คุณสมบัติในการไอโซเลท ทำให้สามารถนำมาใช้ในการเชื่อมโยงสัญญาณต่างๆของวงจรที่มีกราวด์ต่างกัน สามารถป้องกันการรบกวนซึ่งกันและกันระหว่างภาคอินพุตและภาคเอาต์พุต

ออปโตคัพเปลอร์ เป็นอุปกรณ์เดี่ยวที่ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจจับแสง โดยที่ทั้งสองส่วนนี้จะแยกจากกันและกัน จะมีฉนวนที่โปร่งใส บางๆกั้นกลาง และชิ้นส่วนทั้งหมดจะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังทึบแสง

ทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์ (Trasister Coupler) อุปกรณ์ประเภทนี้ได้รับความนิยมมากที่สุด มีความไวระดับกลาง มีราคาถูก ตรงจุดเชื่อมต่อภายในระหว่างคอลเลคเตอร์-เบสของทรานซิสเตอร์สามารถเอาสกยาต่อภายนอกให้ทำหน้าที่เป็นโฟโตไดโอด ซึ่งมีความเร็วในการทำงานสูงยิ่งกว่าเดิม



รูปที่ 2.13 ตัวเชื่อมโยงทางแสง (Optocoupler)

2.17 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

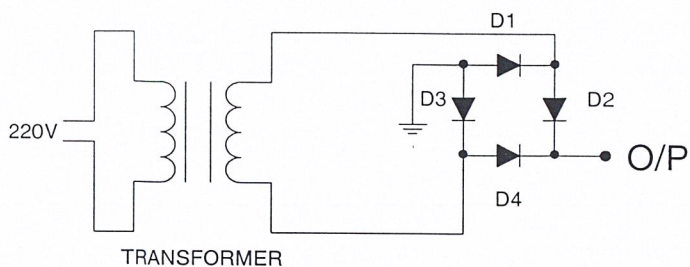
รูปแสดงวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ซึ่งเป็นแบบที่มีผู้นิยมใช้มากที่สุด เมื่อแรงดันของขดทุติยภูมิอยู่ในช่วงซีกบวก ไดโอด D2 และ D4 จะถูกไบอัสตรงเกิดกระแสไหลผ่านโหลดดังรูป เมื่อแรงดันเปลี่ยนเป็นช่วงซีกลบ ไดโอด D1 และ D3 จะถูกไบอัสตรงเกิดกระแสไหลผ่านโหลดเช่นเดียวกัน จึงทำให้แรงดันที่ตกคร่อมโหลดเป็นสัญญาณเต็มคลื่นดังรูป

ค่าแรงดันเฉลี่ยที่โหลดคือ

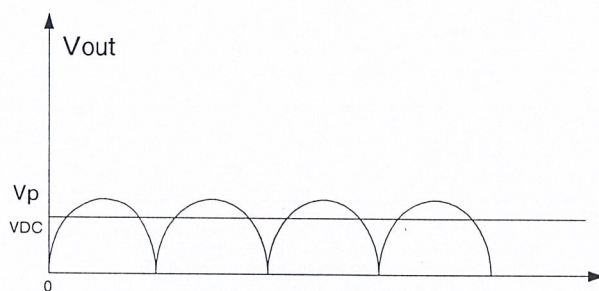
$$V_{DC} = 2V_p/3.14$$

ความถี่เอาต์พุตเป็นสองเท่าของความถี่อินพุต

$$F_{OUT} = 2F_{IN}$$



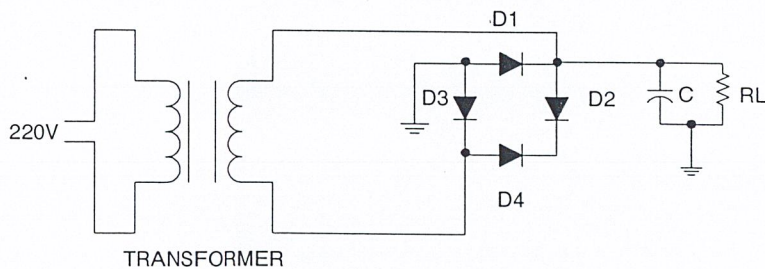
รูปที่ 2.14 แสดงวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์



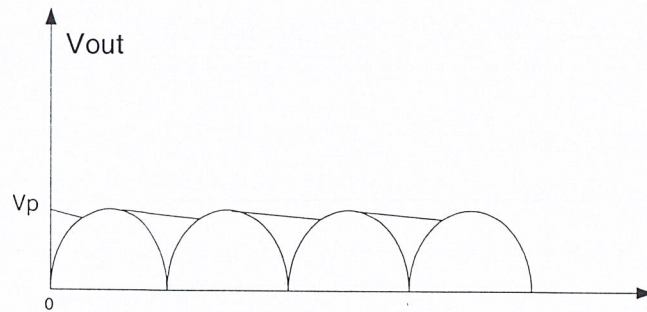
รูปที่ 2.15 แสดงผลจากวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

### 2.18 วงจรกรองกระแสด้วยตัวเก็บประจุ

วงจรกรองกระแสด้วยตัวเก็บประจุแสดงดังรูป เมื่อไดโอดนำกระแส ตัวเก็บประจุจะถูกประจุ ซึ่งการประจุนี้จะมีค่าเวลาคงตัว ( Time Constant ) ที่สั้นมากเพราะไดโอดขณะนำกระแสจะมีความต้านทานต่ำมาก เมื่อไดโอดหยุดนำกระแสตัวเก็บประจุจะคายประจุได้แก่โหลด ในความเป็นจริงเราสามารถออกแบบค่าเวลาคงตัวได้ซึ่งถ้าเราออกแบบให้เหมาะสมแล้วก็จะได้แรงดันเอาต์พุตที่เรียบเกือบเป็นเส้นตรง



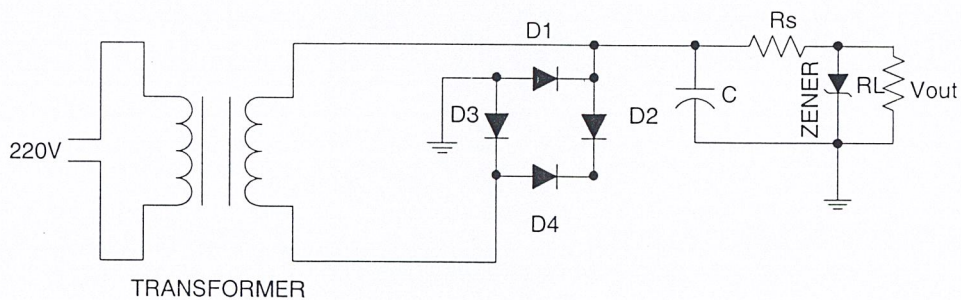
รูปที่ 2.16 แสดงวงจรกรองกระแสด้วยตัวเก็บประจุ



รูปที่ 2.17 แสดงผลจากวงจรกรองกระแสด้วยตัวเก็บประจุ

### 2.19 วงจรรักษาระดับแรงดันแบบซีเนอร์

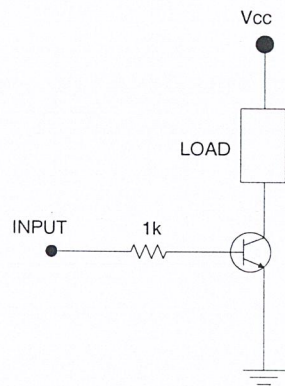
การรักษาระดับแรงดันด้วยวงจรกรองกระแสด้วยตัวเก็บประจุยังได้แรงดันไฟตรงที่เรียบไม่เพียงพอเพราะแรงดันเอาต์พุตจะตกลงเมื่อกระแสไหลผ่านโหลดมากขึ้น รวมทั้งเมื่อแรงดันไฟสลับเปลี่ยน แรงดันไฟตรงทางเอาต์พุตก็เปลี่ยนตามไปด้วย ในการแก้ปัญหาดังกล่าว วิธีหนึ่งที่ยอมรับใช้คือ วงจรรักษาระดับแรงดันแบบซีเนอร์



รูปที่ 2.18 แสดงวงจรรักษาระดับแรงดันแบบซีเนอร์

### 2.20 วงจรขับกำลังหรือวงจรขับเอาต์พุต

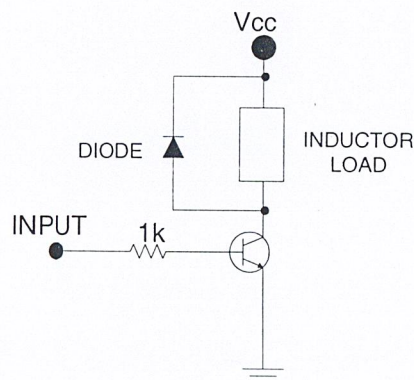
การนำสัญญาณควบคุมไปใช้ในการเปิด-ปิดให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน จำเป็นต้องอาศัยวงจรจ่ายกำลังสำหรับโหลดเพื่อจ่ายกระแสแรงดันให้กับโหลดแต่ละชนิด หากสัญญาณควบคุมถูกใช้เพียงแก่สำหรับขับ LED ให้สว่างหรือดับเพื่อแสดงสถานะการทำงาน ก็อาจนำ LED ต่อโดยตรงกับสัญญาณควบคุมได้เลย แต่ถ้าหากต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการกระแสให้กับโหลดโดยใช้สัญญาณควบคุมเป็นตัวกำหนดลักษณะการทำงานของทรานซิสเตอร์อีกทีหนึ่ง



รูปที่ 2.19 วงจรขับ LED ด้วยทรานซิสเตอร์

โหลดที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการแรงดันไฟตรง จะทำงานเมื่อสัญญาณควบคุมทางด้านขาเบสของทรานซิสเตอร์เป็น 1 ค่าของกระแสที่โหลดต้องการจะต้องไม่เกินค่ากระแสคอลเลกเตอร์ที่ควบคุมด้วยกระแสเบส ซึ่งเป็นกระแสที่ควบคุมด้วยดิจิตอลวงจรนี้สามารถใช้ได้กับโหลดที่กินกระแสไฟฟ้าได้หลายขนาดขึ้นอยู่กับอัตราขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ที่เลือกใช้ เช่นเลือกทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3055 สามารถจ่ายกระแสให้โหลดได้มากถึง 15 แอมป์

ส่วนในกรณีที่เป็นโหลดที่ต้องการแรงดันสูงอาจมีค่าตามที่โหลดต้องการได้ หากมีการเลือกใช้วงจรขับโหลดและทรานซิสเตอร์ที่เหมาะสมหรืออาจใช้ทรานซิสเตอร์กำลังสูงขับโหลดที่ต้องการค่าแรงดันสูงและกระแสหลายๆอาจต้องมีการใส่แผ่นระบายความร้อนให้กับทรานซิสเตอร์ด้วย



รูปที่ 2.20 วงจรขับ Inductor ด้วยทรานซิสเตอร์

ในกรณีที่โหลดเป็นอุปกรณ์ประเภทตัวเหนี่ยวนำ เช่น ขดลวดในรีเลย์มอเตอร์ไฟฟ้าหรือกระดิ่งไฟฟ้า เมื่อมีการป้อนไฟเข้าจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้นรอบขดลวดนั้นและขณะที่ขดลวดเริ่มหรือหยุดทำงานจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า กระทั่งที่ขดลวดและจะเกิดปรากฏการณ์ที่

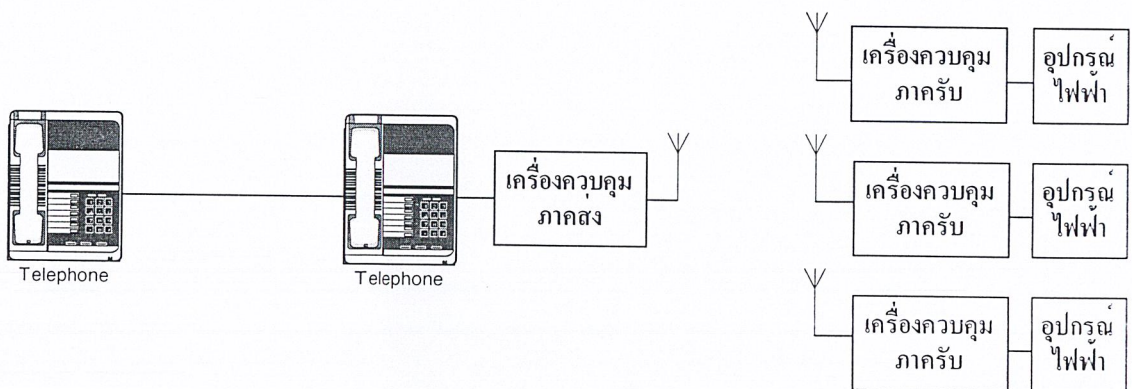
เรียกว่า Electromotive Force (EMF) หรือการไหลย้อนกลับของแรงดันไฟฟ้านั้นเองซึ่งจะมีขนาดแรงดันไฟที่สูงมากอาจเป็นอันตรายต่อวงจรควบคุมได้ วิธีการแก้ไขโดยการดิสชาร์จกระแสที่ไม่ต้องการเหล่านี้ออกไป ด้วยใช้ไดโอด ที่ต้องการควบคุมมักมีความต้องการใช้แรงดันสูงกว่า เช่น ใช้ไฟบ้าน 220V จึงมักนิยมใช้หลอดประเภทรีเลย์ เพื่อทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าอีกต่อหนึ่งนั่นเอง

### บทที่ 3

#### การคำนวณและการสร้าง

##### 3.1 การทำงานของเครื่องควบคุม

เครื่องควบคุมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนเครื่องส่งซึ่งต่อกับโทรศัพท์ และส่วนเครื่องรับซึ่งต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อผู้ใช้ต้องการเปิด / ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านทางโทรศัพท์ก็จะทำการกดเลขหมายไปยังปลายทางโดยที่โทรศัพท์ปลายทางได้ต่อกับอุปกรณ์ที่ใช้ส่งสัญญาณไปเปิด / ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาจำนวนตามที่ได้ตั้งไว้ ส่วนประมวลผลจะสั่งให้ทำการยกหูโทรศัพท์ เพื่อให้ผู้ใช้กรหัสผ่านและหมายเลขของเครื่องใช้ไฟฟ้าตามที่ได้ตั้งเอาไว้แล้วตามด้วยคำสั่งเปิดหรือปิด ภาคส่งสัญญาณ FM ก็จะทำการส่งสัญญาณไปยังเครื่องรับซึ่งต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิด เครื่องรับที่ได้รับสัญญาณหมายเลขเครื่องตรงกับของตนเองก็จะทำการเปิด / ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

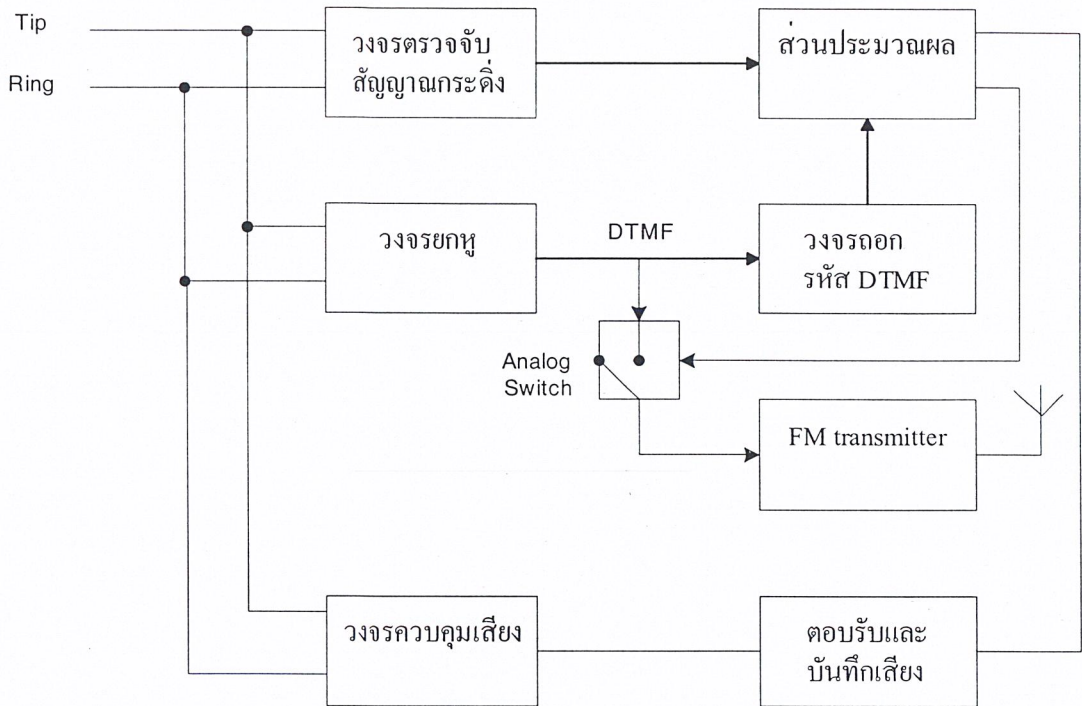


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรม เครื่องควบคุม

##### 3.2 เครื่องส่ง

เครื่องส่งประกอบด้วย วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง วงจรยกหู / วางหู ส่วนตอบรับและบันทึกเสียง ส่วนประมวลผล วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF วงจรควบคุมเสียงและภาคส่งสัญญาณ FM เริ่มแรกเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาตามจำนวนที่ตั้งเอา ส่วนประมวลผลก็จะสั่งให้ทำการยกหูโทรศัพท์โดยให้ Impedance ตกลงที่สายโทรศัพท์  $600 \Omega$  ซึ่งเป็นสถานะของการยกหูโทรศัพท์ (off hook) จากนั้นส่วนตอบรับก็จะบอกขั้นตอนของลำดับการสั่งงาน เมื่อโทรศัพท์ยกหู ถ้าไม่ต้องการสั่งงานแต่ต้องการฝากข้อความที่รอสัก 5 วินาที ก็จะเข้าสู่ระบบฝากข้อความ ถ้าต้องการสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าก็กดหมายเลขใดก็ได้หนึ่งหมายเลข

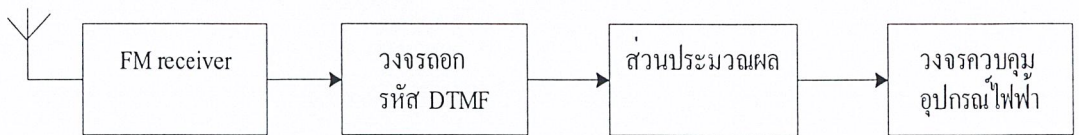
เมื่อเข้าสู่ระบบการสั่งงานจะค้องกรหัสผ่านให้ถูกต้อง แล้วกดหมายเลขอุปกรณ์ไฟฟ้าตามด้วยคำสั่งเปิดหรือปิด สัญญาณ DTMF ของหมายเลขอุปกรณ์ไฟฟ้าตามด้วยคำสั่งเปิด/ปิด จะเข้าสู่ภาคส่งสัญญาณ FM เพื่อทำการมอดูเลตสัญญาณ DTMF ไปยังเครื่องรับ



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมเครื่องส่ง

### 3.3 เครื่องรับ

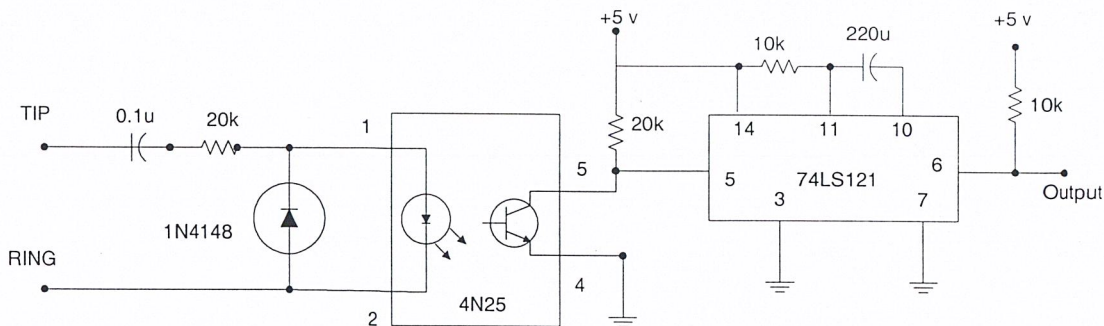
เครื่องรับประกอบไปด้วย ภาครับสัญญาณ FM วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF ส่วนประมวลผล วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อมีสัญญาณเข้ามาที่เครื่องรับวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF จะถอดรหัสออกมาเป็นสัญญาณ digital แล้วนำไปเข้าส่วนประมวลผลเพื่อตรวจสอบว่าตรงกับหมายเลขเครื่องของตนหรือไม่ ถ้าตรงก็จะส่งสัญญาณไปยังส่วนควบคุมอุปกรณ์เปิดหรือปิดตามคำสั่งที่ได้รับเข้ามา



รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมเครื่องรับ

เครื่องส่งประกอบด้วย

3.4 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

ในการทำงานเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา จะต้องมีการตรวจจับสัญญาณกระดิ่งเพื่อให้วงจรตอบรับโทรศัพท์ทราบว่ามีการโทรศัพท์เข้ามาในระบบ ซึ่งจะทำให้หน่วยประมวลผลสั่งให้ทำการต่อวงจร เมื่อมีการเรียกเข้ามาเท่ากับจำนวนสัญญาณกระดิ่งที่ตั้งไว้ ซึ่งเปรียบเสมือนการยกหูโทรศัพท์

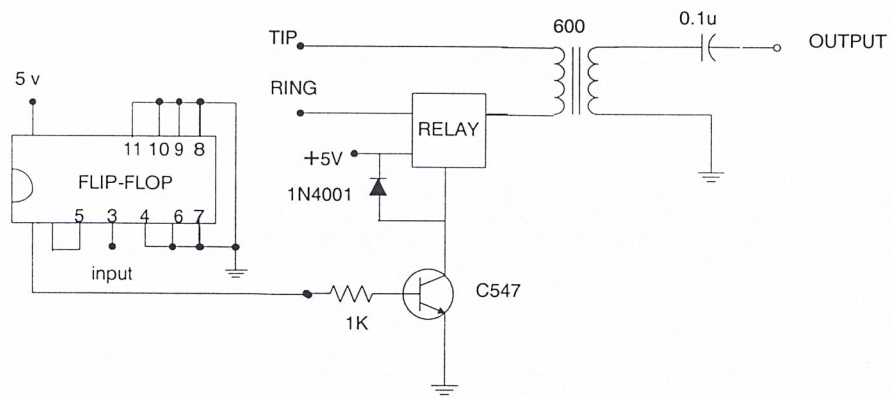
การทำงานของวงจรถวายได้ดังนี้ เนื่องจากสัญญาณกระดิ่งเป็นสัญญาณกระแสสลับและมีขนาดค่อนข้างสูง เราจึงนำสัญญาณนี้ไปใช้โดยตรงไม่ได้ จึงต้องทำการแปลงสัญญาณให้ต่ำลง เพื่อให้วงจรส่วนอื่นปลอดภัย สัญญาณกระดิ่งจะถูกลดทอนลงเมื่อผ่านตัวเก็บประจุและตัวต้านทานที่ต่อตอนต้นของวงจร จากนั้นจะผ่านไดโอดเพื่อให้สัญญาณเฉพาะด้านบวกเท่านั้นผ่านได้ และสัญญาณที่ผ่านจากไดโอดจะไปเข้าไอซี 4N25 ซึ่งเป็น Opto Coupler ทำหน้าที่แยกกราวด์ของสัญญาณกระดิ่งออกจากกราวด์ของระบบเอาท์พุทที่ได้จาก 4N25 ซึ่งจะเป็นพัลส์ที่มีความถี่เท่ากับสัญญาณกระดิ่ง เพื่อให้มีความเที่ยงตรงมากขึ้นจึงนำไปผ่านวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งเป็นไอซี 74LS121 เพื่อสร้างพัลส์ขึ้นมาใหม่ โดยความกว้างของพัลส์ซึ่งสามารถกำหนดได้จากค่า RC ที่ต่อกับไอซีโดย

$$T = 0.707RC$$

เอาท์พุทที่ได้จาก 74LS121 จะเป็นลอจิก 0 เมื่อไม่มีสัญญาณกระดิ่ง และเป็นลอจิก 1 เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งสลับกันไป ทำให้การตรวจจับสัญญาณกระดิ่งสะดวกขึ้นและถูกต้อง

3.5 วงจรยกหู/วางหู

ในส่วนที่ทำหน้าที่แทนสวิตช์ เพื่อทำการตัดต่อวงจรตอบรับโทรศัพท์กับคู่สายโทรศัพท์ การทำงานของวงจรถวายได้ดังนี้ เนื่องจากคู่สายโทรศัพท์มีความต้านทานรวมประมาณ 600 โอห์ม ขณะยกหู ดังนั้นเพื่อเป็นการแมตซ์อิมพีแดนซ์ จึงต่อหม้อแปลงขนาด 600 โอห์ม ในส่วนต้นของวงจร โดยขดลวดปฐมภูมิต่อกับคู่สายโทรศัพท์และขดลวดทุติยภูมิต่อกับบริเลย์

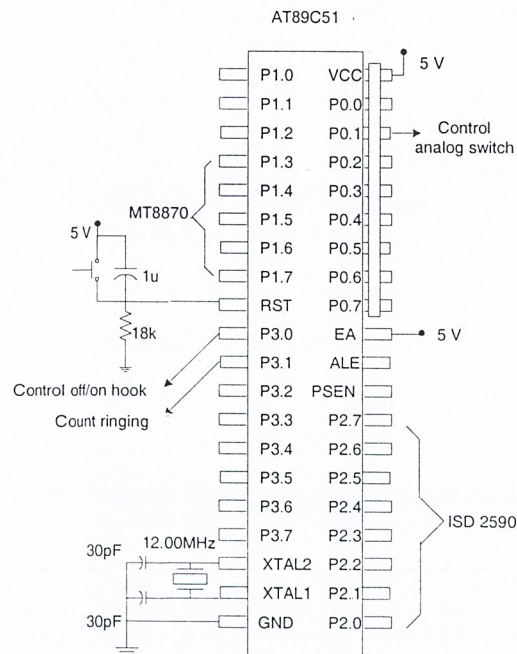


รูปที่ 3.5 แสดงวงจรยกหู / วางหู

เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาครบตามที่ตั้งไว้ ส่วนประมวลผลจะส่งสัญญาณมาที่ขาเทของทรานซิสเตอร์ ทำให้มีกระแสไหลครบวงจรและทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์ปิด ทำให้มีการต่อกันของระบบกับคู่สายโทรศัพท์ จึงเปรียบเสมือนการยกหูโทรศัพท์ หูสายโทรศัพท์จะรับรู้การยกหู/วางหู โดยการตรวจจับกระแสที่ไหลหรือหยุดของคู่สายโทรศัพท์เนื่องมาจากการยกหู/วางหูที่โทรศัพท์

สัญญาณที่ออกมาจาก MCS-51 จะผ่านฟลิปฟล็อปก่อนเนื่องจากสัญญาณจาก MCS-51 นั้นเมื่อนำไปต่อกับวงจรควบคุมรีเลย์โดยตรงจะทำได้เนื่องจากแรงดันไม่เพียงพอที่จะไปทรiggerวงจรควบคุมรีเลย์และเพื่อให้สถานะคงที่

### 3.6 ส่วนประมวลผลด้านส่ง

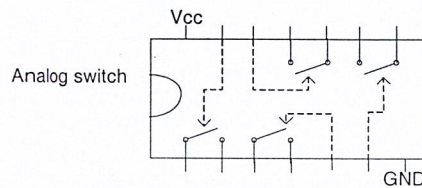


รูปที่ 3.6 แสดงส่วนประมวลผลด้านส่ง

ส่วนประมวลผลใช้ MCS-51 โดยเริ่มแรกจะรอรับสัญญาณพัลส์จากเอาต์ของวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งทาง P3.0 เมื่อมีพัลส์เข้ามาครบตามที่ตั้งเอาไว้ก็จะส่งสัญญาณออกทาง P3.1 เพื่อไปทำการยกหูโทรศัพท์ หลังจากนั้นจะรอรับสัญญาณจากขา StD ของไอซี MT8870 เพื่อเข้าสู่ระบบการสั่งงาน ถ้าไม่มีสัญญาณนั้นก็เข้าสู่ระบบฝากข้อความ

เมื่อเข้าสู่ระบบสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนประมวลผลจะเริ่มส่งแอดแควรทาง P2 ไปยังไอซี ISD 2590 เพื่อให้บอกขั้นตอนต่างๆในการสั่งงาน โดยจะรอรับสัญญาณจากวงจรถอดรหัส DTMF เริ่มแรกตรวจสอบรหัสผ่านถ้าถูกต้องก็จะส่งสัญญาณไปเชื่อมต่อกับภาคส่ง FM เพื่อจะส่งสัญญาณ DTMF ของหมายเลขอุปกรณ์ไฟฟ้าตามด้วยคำสั่งเปิด/ปิดไปยังเครื่องรับ

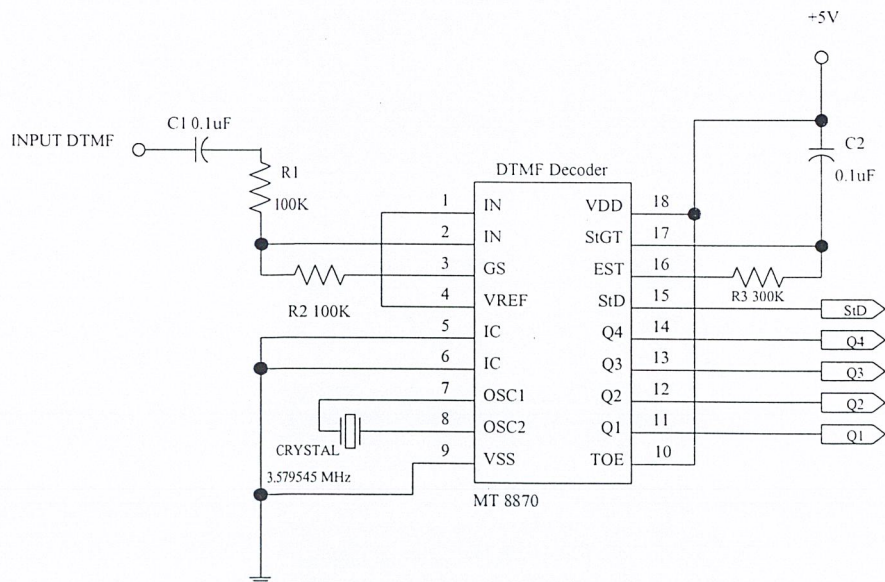
Analog Switch ในเครื่องส่งใช้เป็นสวิตช์เชื่อมต่อสัญญาณ DTMF เข้ากับส่วนของภาคส่ง FM และในเครื่องรับใช้ในการตัดช่องทางของสัญญาณที่จะไปเปิด/ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 3.7 แสดงอนาล็อกสวิตช์

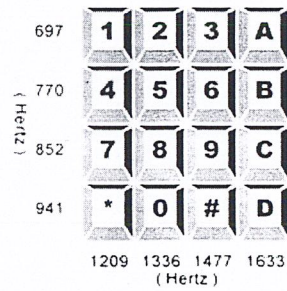
### 3.7 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

ส่วนถอดรหัสสัญญาณ DTMF ใช้ MT8870 แปลงสัญญาณกดปุ่มของโทรศัพท์ที่เข้ามาให้เป็นสัญญาณไบนารี 4 บิต ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถที่จะอ่านและนำไปประมวลผล



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

ขา STD จะมีลอจิกเป็น 1 เมื่อมีการกดคีย์และจะเป็น 0 เมื่อไม่มีการกดคีย์ ดังนั้นจึงใช้ขานี้ในการตรวจสอบการกดคีย์



รูปที่ 3.9 แสดงตำแหน่งความถี่ของปุ่มโทรศัพท์

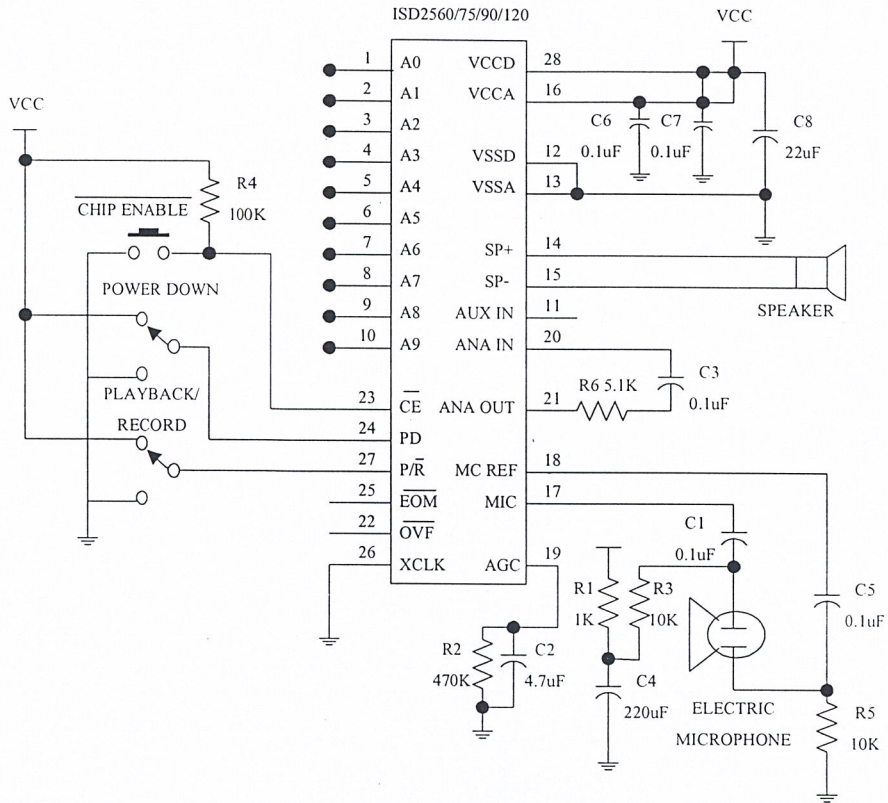
สัญญาณ ไบนารี 4 บิตที่ถอดรหัสจากปุ่มของโทรศัพท์แสดงดังในตาราง 3.1

NO	$f_{LOW}$	$f_{HIGH}$	$Q_4$	$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$
1	697	1209	0	0	0	1
2	697	1336	0	0	1	0
3	697	1447	0	0	1	1
4	770	1209	0	1	0	0
5	770	1336	0	1	0	1
6	770	1447	0	1	1	0
7	852	1209	0	1	1	1
8	852	1336	1	0	0	0
9	852	1447	1	0	0	1
0	941	1209	1	0	1	0
*	941	1336	1	0	1	1
#	941	1447	1	1	0	0
A	697	1633	1	1	0	1
B	770	1633	1	1	1	0
C	852	1633	1	1	1	1
D	941	1633	0	0	0	0

ตารางที่ 3.1 ตาราง การถอดรหัสสัญญาณ DTMF

3.8 การบันทึกและตอบรับ

ในการบอกขั้นตอนการปฏิบัติงานต่างๆและการฝากข้อความจะใช้ไอซี ISD2590 ในการบันทึกและตอบรับ



รูปที่ 3.10 แสดงวงจรการใช้งานที่ต่อร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกของ ISD2590

- ลำดับขั้นตอนในการบันทึกและเล่นกลับ แสดงดังตารางที่ 3.2

ขั้นตอนการควบคุม	หน้าที่	การปฏิบัติ
1	จ่ายไฟเลี้ยงและเลือกโหมดการบันทึกหรือเล่นกลับ	(1) PD = 0 (2) เลือกบันทึก/เล่นกลับ
2	Set จุดเริ่มต้นของการบันทึกหรือเล่นกลับ	Set ขา address A0 – A9
3A	เริ่มต้นการเล่นกลับ	PR = 1 และ CE = 0
3B	เริ่มต้นการบันทึก	PR = 0 และ CE = 0
4A	สิ้นสุดการเล่นกลับ	อัตโนมัติ
4B	สิ้นสุดการบันทึก	PD หรือ CE = 1

ตารางที่ 3.2 การใช้งานและควบคุมการทำงานของ ISD2590

- การกำหนดตำแหน่งแอดเดรสเพื่อใช้ในการบันทึกและเล่นกลับ

ISD2590 สามารถอ้างแอดเดรสเพื่อกำหนดช่วงในการบันทึกและเล่นกลับได้ โดยการควบคุมที่ขา A9 ถึง A0 โดยค่าของ A9 ถึง A0 จะถูกควบคุมโดยการกำหนดสถานะให้เป็น “ 1 ” หรือ “ 0 ” เพื่อเป็นการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของข้อความที่บันทึกหรือเล่นกลับ ดูจากตารางที่ 3.3 ซึ่งแสดงตำแหน่งของแอดเดรสต่างๆดังต่อไปนี้

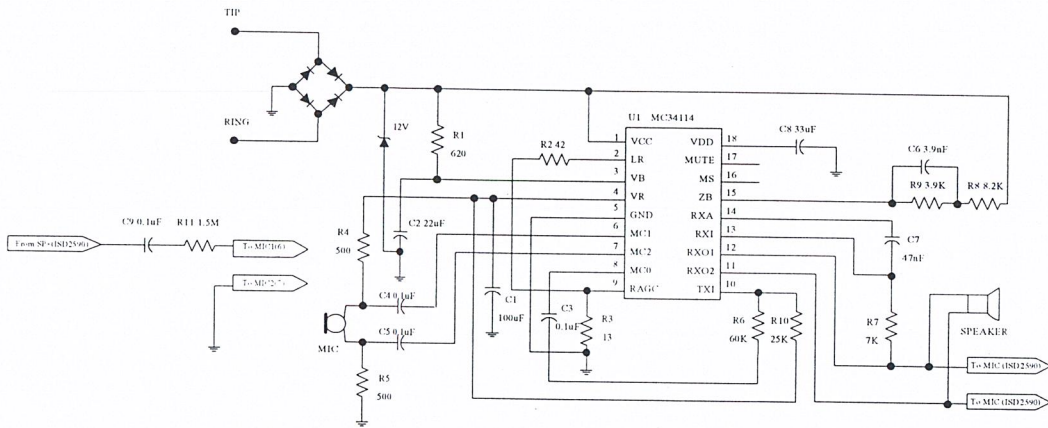
เลขฐานสิบ	เลขฐานสอง										วินาที
	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	18
240	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	36
360	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	54
480	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	72

ตารางที่ 3.3 การกำหนดแอดเดรสของ ISD2590

จากตารางที่ 3.3 ถ้ากำหนดให้แอดเดรส A9 ถึง A0 มีสถานะเป็น “ 0 ” ทั้งหมด การบันทึกการเล่นกลับจะเริ่มต้นในวินาทีที่ 0 ขา 22 สัญญาณพัลส์ “ 0 ” จะปรากฏออกทางขาเอาต์พุตนี้เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดการเล่นกลับหรือหน่วยความจำภายใน ไอซีถูกอ่านออกมาจนหมดแล้วและจะแสดงเป็นสถานะเล่นกลับ พัลส์จากขานี้จะจ่ายให้กับขาอินพุตจนกว่าจะได้รับพัลส์เพื่อทำการรีเซ็ต และเริ่มวงรอบการเล่นกลับใหม่อีกครั้ง พัลส์ที่ขานี้จะสามารถใช้เริ่มต้นการทำงานของ ISD2590 ในตัวถัดไปได้ เมื่อมีการต่อค่าคาสเคดกันอยู่หลายตัว

### 3.9 วงจรควบคุมเสียง

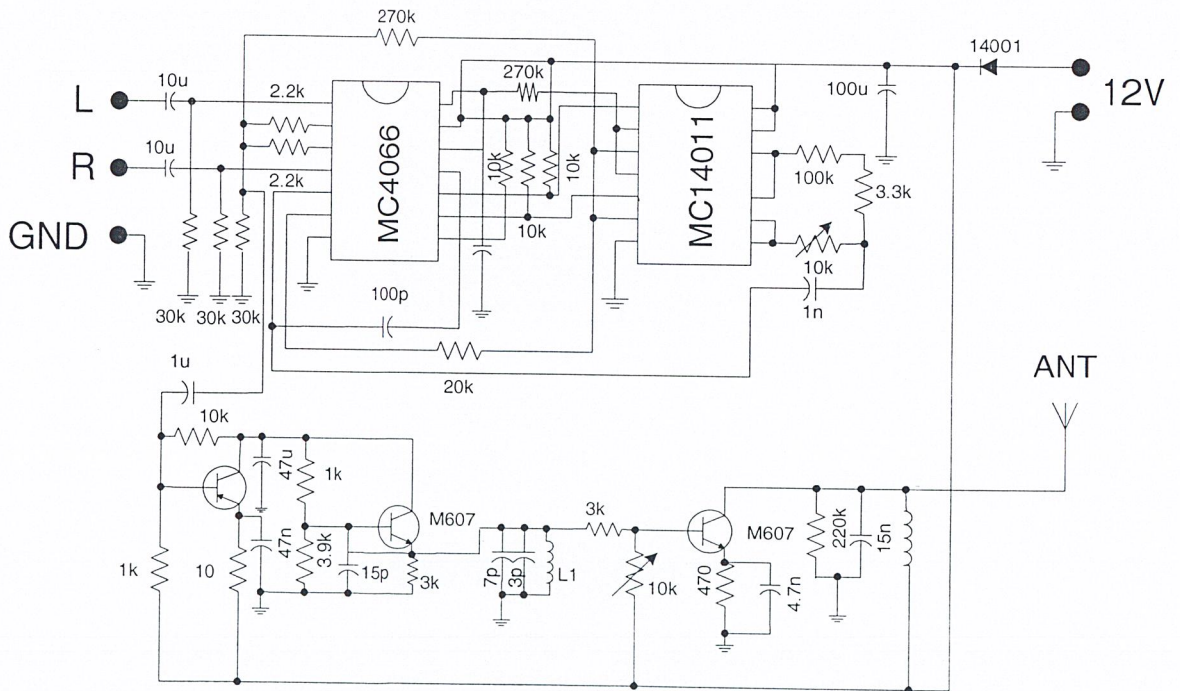
ใช้ในการควบคุมเสียงจากไอซี ISD2590 เข้าไปในคู่สายโทรศัพท์เพื่อบอกขั้นตอนต่างๆในการ  
ทำงานผ่านโทรศัพท์ และนำเสียงจากคู่สายโทรศัพท์เข้ามาบันทึกในไอซี ISD2590



รูปที่ 3.11 แสดงวงจรควบคุมเสียง MC34114

### 3.10 วงจรเครื่องส่ง FM

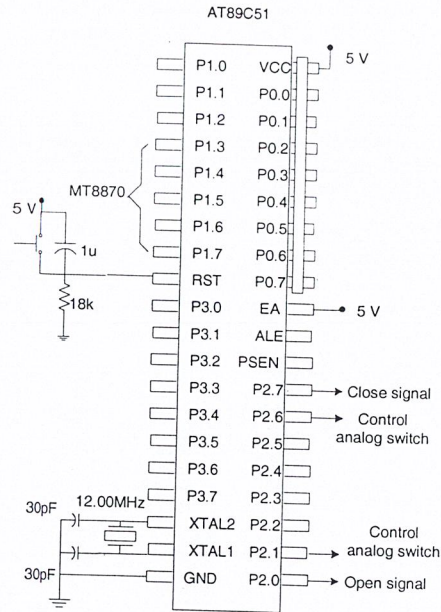
ภาคส่ง FM จะทำการมอดูเลตสัญญาณ DTMF เข้ากับสัญญาณคลื่นพาห้ความถี่ 110 MHz  
วงจรที่ใช้เป็นวงจร FM Stereo แต่นำมาใช้แบบ Mono



รูปที่ 3.12 วงจรเครื่องส่ง FM



### 3.13 ส่วนประมวลผลด้านรับ



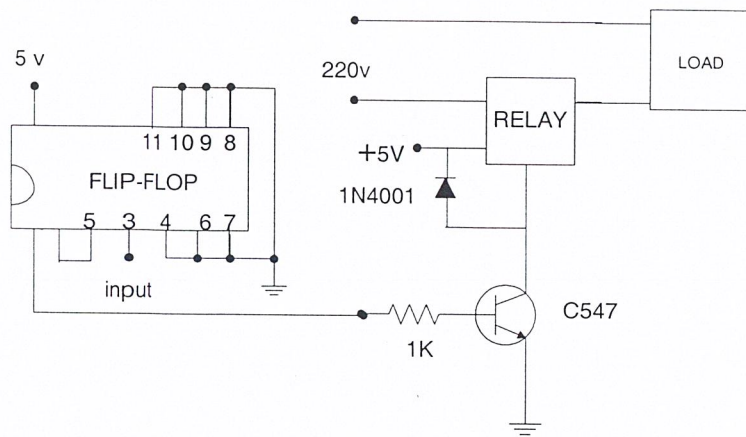
รูปที่ 3.14 แสดงส่วนประมวลผลด้านรับ

ส่วนประมวลผลใช้ MCS-51 จะรอรับสัญญาณจากวงจรถอดรหัส DTMF ซึ่งสัญญาณ DTMF ที่นำมาถอดรหัสนั้นเป็นหมายเลขอุปกรณ์ไฟฟ้าตามด้วยคำสั่งเปิด/ปิดที่ Demodulate แล้วจากภาครับ FM โดยจะตรวจสอบว่าตรงกับหมายเลขเครื่องของตัวเองหรือไม่ถ้าตรงก็จะส่งสัญญาณไปเปิด/ปิดตามคำสั่งที่ได้รับมา

ปกติแล้วเมื่ออุปกรณ์เปิดอยู่ก่อนแล้ว แล้วมีคำสั่งให้เปิดเข้ามาอีกก็จะทำให้อุปกรณ์นั้นปิด ในกรณีของอุปกรณ์ปิดอยู่แล้วก็เช่นกัน ดังนั้นจึงแก้ปัญหาโดยเมื่ออุปกรณ์เปิดอยู่ก่อนแล้วขณะเดียวกันก็จะทำการตัดช่องทางของสัญญาณที่ส่งเข้ามาเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยใช้ ในกรณีของอุปกรณ์ปิดอยู่แล้วก็เช่นกัน

#### 3.14 วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

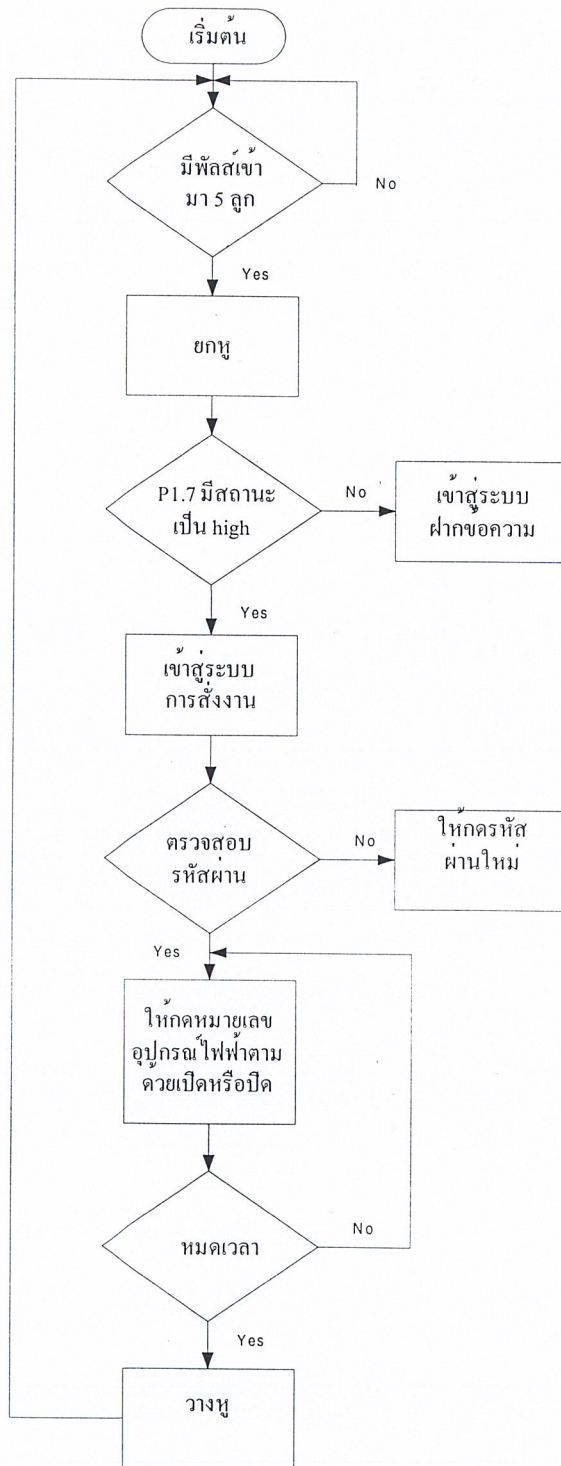
ขา P2.0 ที่ใช้ส่งสัญญาณเพื่อไปเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า และขา P2.7 ที่ใช้ส่งสัญญาณเพื่อไปปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยที่ถ้าสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าก็ส่งสัญญาณพัลส์ออกมาจากขา P2.0 เพื่อไปทริกฟลิปฟลอปให้ไปควบคุมรีเลย์เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ถ้าสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าก็ส่งสัญญาณพัลส์ออกมาจากขา P2.7 เพื่อไปทริกฟลิปฟลอปให้ไปควบคุมรีเลย์ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 3.15 แสดงวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

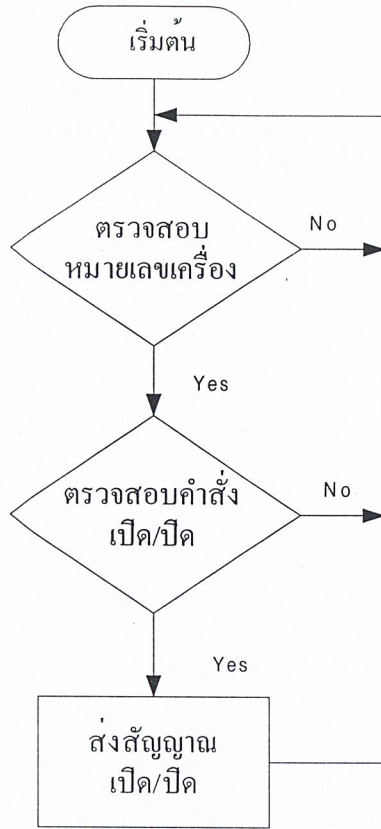
## 3.15 Flow Chart แสดงการทำงาน

ส่วนประมวลผลทางด้านภาคส่ง



รูปที่ 3.16 ลำดับการทำงานของ โปรแกรมส่วนประมวลผลทางด้านภาคส่ง

ส่วนประมวลผลทางด้านภาครับ



รูปที่ 3.17 ลำดับการทำงานของโปรแกรมส่วนประมวลผลทางด้านภาครับ

## 3.16 โปรแกรมส่วนประมวลผลทางด้านภาคส่ง

```

ORG 0000H
SETB P3.0
SETB P3.1
LJMP COUNT

ORG 000BH
LJMP BOUNDARY

ORG 0030H
COUNT: JNB B P3.3,LPB ;ตรวจสอบว่าจะฟังข้อความหรือไม่
JNB P3.0,COUNT
MOV R2,#4BH
ACALL LOOP3
MOV R2,#16H
LP3: MOV R1,#00H
LP2: MOV R0,#00H
LP1: DJNZ R0,LP1

JB P3.0,OFH ;ตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง
DJNZ R1,LP2
DJNZ R2,LP3
JNB P3.0,COUNT

OFH: CLR P3.1 ;ยกหู
SETB P3.1
MOV R2,#02H
ACALL LOOP3
CLR P3.1
SETB P0.2
SETB P0.3
MOV R2,#05H
ACALL LOOP3

CLR P0.1
ORRC: MOV R2,#1EH
LPP3: MOV R1,#00H
LPP2: MOV R0,#00H
LPP1: DJNZ R0,LPP1

JB P1.7,PB1 ;ตรวจสอบว่าจะส่งงานหรือไม่
DJNZ R1,LPP2
DJNZ R2,LPP3
LJMP PB6
LPB: LJMP PB

PB1: CLR P3.2
MOV R5,#00H ;ให้ครหัสผ่าน (address 00)
ACALL PLAYBACK

MOV R4,#04H ;กำหนดเวลายกหู
STDOP: JNB P1.7,STDOP
KANGOP: JB P1.7,KANGOP

MAIN: MOV IE,#82H
MOV TMOD,#01H
MOV TH0,#00H
MOV TL0,#0E0H
SETB TF0
SETB TR0
MOV R7,#00H
MOV R6,#96H
CLR P0.0
CLR P0.1

```

```

ACALL INA
CJNE A, #60H, STD1N

STD1P:    JB     P0.0, STD0P           ;ไป STD0P เพื่อเริ่มต้นกดใหม่
          JNB    P1.7, STD1P
KANG1P:   JB     P1.7, KANG1P
          ACALL INA
          MOV    31H, A
STD2P:    JB     P0.0, STD1P
          JNB    P1.7, STD2P
KANG2P:   JB     P1.7, KANG2P
          ACALL INA
          MOV    32H, A
STD3P:    JB     P0.0, STD1P
          JNB    P1.7, STD3P
KANG3P:   JB     P1.7, KANG3P
          ACALL INA
          MOV    33H, A
STD4P:    JB     P0.0, STD1P
          JNB    P1.7, STD4P
KANG4P:   JB     P1.7, KANG4P
          ACALL INA
          MOV    34H, A
          LJMP  STD0P

          ;RC
PB6:      SETB  P3.2
          MOV   R5, #34H           ;(address 1 2C)
          ACALL PLAYBACK
CHRC:    MOV   R2, #16H
PP3:     MOV   R1, #00H
PP2:     MOV   R0, #00H
PP1:     DJNZ  R0, PP1
          JB    P1.7, RC
          DJNZ  R1, PP2
          DJNZ  R2, PP3
          LJMP  ONH
RC:      MOV   R5, #16H           ;(address 1 68)
          ACALL RECORD
          CLR   P3.2
          LJMP  ONH

          ;ฟังข้อความที่ฝากไว้
PB:      SETB  P3.2
          MOV   R5, #16H           ;(address 1 68)
          ACALL PLAYBACK
          CLR   P3.2
LCOUNT:  LJMP  COUNT

STD1N:    CJNE  A, 31H, STD2N
          INC   R7
STD2N:    JB     P0.0, CWJ           ;ไป CWJ เมื่อครบห้าสไม์ครบ
          JNB    P1.7, STD2N
KANG2N:   JB     P1.7, KANG2N
          ACALL INA
          CJNE  A, 32H, STD3N
          INC   R7
STD3N:    JB     P0.0, CWJ
          JNB    P1.7, STD3N
KANG3N:   JB     P1.7, KANG3N
          ACALL INA
          CJNE  A, 33H, STD4N
          INC   R7
STD4N:    JB     P0.0, CWJ
          JNB    P1.7, STD4N
KANG4N:   JB     P1.7, KANG4N

```

```

                ACALL INA
                CJNE A, 34H, CWJ
                INC R7
CWJ:            MOV A, R7
                CJNE A, #04H, PB4

                SETB P0.1

PB2:            MOV R5, #3CH                ; ให้คหมายเลขอุปกรณ์ไฟฟ้าตามด้วยเปิดหรือ
                                                    ปิด

                ACALL PLAYBACK

THREE:         JB P0.0, PB3
                JNB P1.7, THREE

J:             JB P1.7, J                  ; ตรวจสอบการสั่งงาน 3 หลัก
                DJNZ R3, THREE

PB5:           MOV R5, #0FH                ; เสร็จสิ้นการสั่งงาน เริ่มต้นการสั่งงานใหม่

                ACALL PLAYBACK
                SJMP THREE4

PB3:           MOV R5, #2DH                ; เริ่มต้นการสั่งงานใหม่

THREE4:        MOV R3, #03H
                CLR P0.0
                DJNZ R4, THREE

ONH:           SETB P3.1
                MOV R2, #02H
                ACALL LOOP3
                CLR P3.1
                MOV R4, #04H
                CLR P0.2
                CLR P0.3
                LJMP COUNT

PB4:           MOV R5, #1EH                ; รหัสผ่านไม่ถูกต้อง (address 78)

                ACALL PLAYBACK
                LJMP STD0P

INA:           MOV A, P1
                ANL A, #78H
                RET

RES:           JNB P0.0, RES                ; รอให้หมด 1 ช่วงเวลา
                CLR P0.0
                RET

                ; IN R5 ; ADDRESS
                ; REG P0.6 PD
                ; P0.4 P/R
                ; P0.7 CE
                ; P0.5 EOM
PLAYBACK:      CLR P0.4
                SETB P0.5
                SETB P0.6
                SETB P0.7
                MOV R2, #01H
                CALL LOOP3
                SETB P0.4
                MOV R2, #01H
                CALL LOOP3
                MOV P2, R5
                MOV R2, #01H
                CALL LOOP3
                CLR P0.6
                MOV R2, #01H

```

```
                CALL LOOP3
                CLR  P0.7
                MOV  R2,#01H
                CALL LOOP3
                SETB P0.7
WAIT:           JB   P0.5,WAIT
                JNB  P0.5,$
                RET

RECORD:        SETB P0.4
                SETB P0.5
                SETB P0.6
                SETB P0.7
                MOV  R2,#01H
                CALL LOOP3
                CLR  P0.4
                MOV  R2,#01H
                CALL LOOP3
                MOV  P2,R5
                MOV  R2,#01H
                CALL LOOP3
                CLR  P0.6
                MOV  R2,#01H
                CALL LOOP3
                CLR  P0.7
                MOV  R2,#3CH
                CALL LOOP3
                SETB P0.7
                RET

BOUNDARY:      DJNZ R6,NP
                SETB P0.0
NP:            CLR  TF0
                RETI

LOOP3:         MOV  R1,#00H
LOOP2:         MOV  R0,#00H
LOOP1:         DJNZ R0,LOOP1
                DJNZ R1,LOOP2
                DJNZ R2,LOOP3
                RET
END
```

## 3.17 โปรแกรมส่วนประมวลผลทางด้านภาครับ

```

                ORG    0000H
                LJMP   STD0P

                ORG    000BH
                LJMP   BOUNDARY

                ORG    0030H
                CLR    P2.0
                CLR    P2.1
                CLR    P2.7
                CLR    P2.6
STD0P:         JNB     P1.3, STD0P
KANG0P:       JB      P1.3, KANG0P
MAIN:        MOV     IE, #82H
                MOV     TMOD, #01H
                MOV     TH0, #00H
                MOV     TL0, #0E0H
                SETB   TF0
                SETB   TR0
                MOV     R7, #00H
                MOV     R6, #96H
                CLR    P2.4
                ACALL  INA
                CJNE   A, #30H, STD1N

STD1P:       JB      P2.4, STD0P
                JNB   P1.3, STD1P
KANG1P:     JB      P1.3, KANG1P
                ACALL  INA
                MOV     31H, A
STD2P:     JB      P2.4, STD0P
                JNB   P1.3, STD2P
KANG2P:     JB      P1.3, KANG2P
                ACALL  INA
                MOV     32H, A
                LJMP   STD0P

STD1N:     CJNE   A, 31H, STD2N
                INC    R7
STD2N:     JB      P2.4, LONG
                JNB   P1.3, STD2N
KANG2N:     JB      P1.3, KANG2N
                ACALL  INA
                CJNE   A, 32H, CWJ
                INC    R7
CWJ:       MOV     A, R7
                CJNE   A, #02H, LONG

STDOC:     JB      P2.4, LONG
                JNB   P1.3, STDOC
KANGOC:    JB      P1.3, KANGOC
                ACALL  INA
                CJNE   A, #80H, CLOSE
OPEN:      SETB   P2.0
                ACALL  LOOP4
                CLR    P2.0
                CLR    P2.1
                SETB   P2.6
                SJMP  LONG
CLOSE:     CJNE   A, #50H, LONG
                SETB   P2.7
                ACALL  LOOP4
                CLR    P2.7
                CLR    P2.6
                SETB   P2.1

```

```
LONG:      SETB  P2.4
           LJMP  STD0P

BOUNDARY:  DJNZ  R6,NP
           SETB  P2.4
NP:        CLR   TF0
           RETI

INA:       MOV   A,P1
           ANL  A,#0F0H
           RET

LOOP4:     MOV   R2,#01H
LOOP3:     MOV   R1,#00H
LOOP2:     MOV   R0,#00H
LOOP1:     DJNZ  R0,LOOP1
           DJNZ  R1,LOOP2
           DJNZ  R2,LOOP3
           RET
           END
```

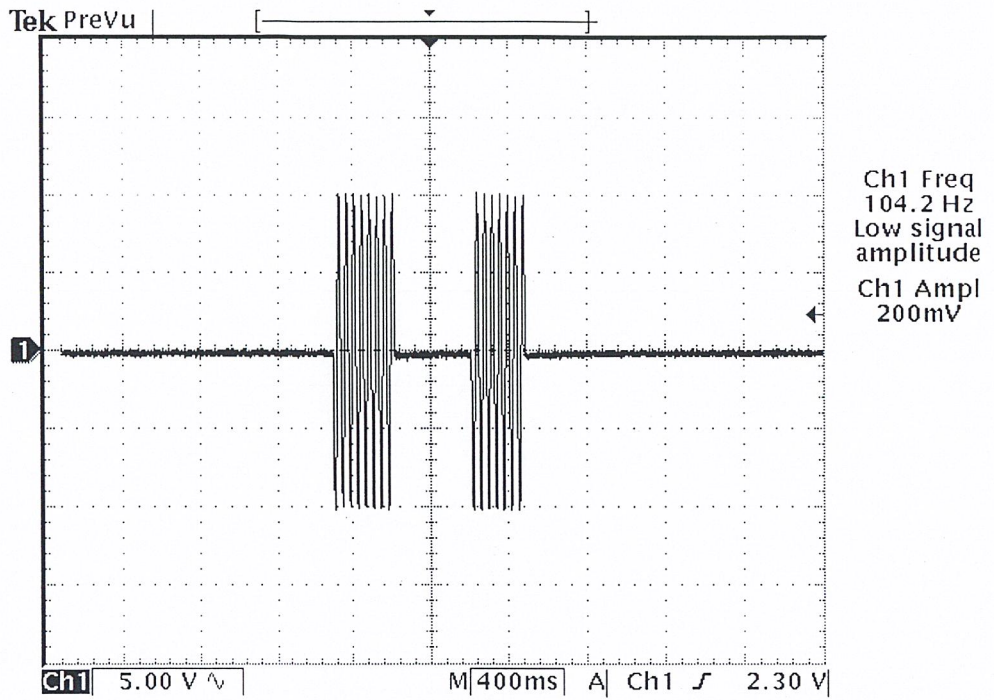
## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 การทดลอง วัดสัญญาณในส่วนต่างๆ

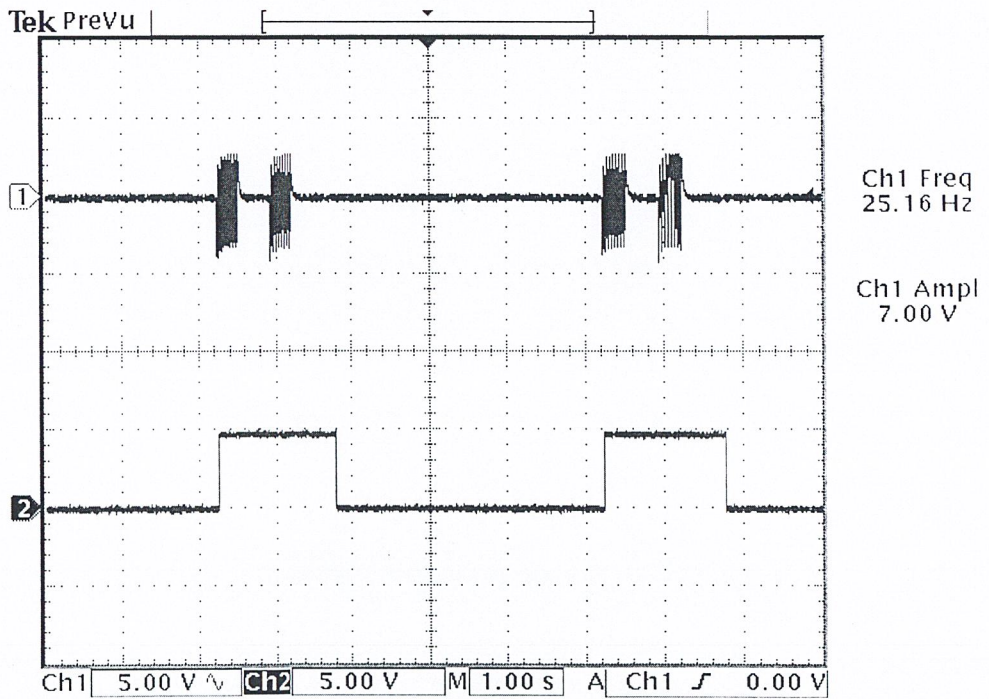
1. วัดสัญญาณกระดิ่งที่เข้ามาจากคู่สายโทรศัพท์
2. สัญญาณที่ออกมาจาก Optocoupler เปรียบเทียบกับสัญญาณที่ได้จาก Monostable
3. วัดสัญญาณ DTMF ที่ได้จากปุ่มโทรศัพท์
4. วัดสัญญาณ DTMF ที่ได้จากเครื่องรับ FM
5. วัดผลของวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF เป็นสัญญาณไบนารี 4 บิต
6. วัดสัญญาณแคเรียร์ที่ได้จากเครื่องส่งในแกนเวลาและแกนความถี่
7. วัดสัญญาณ DTMF ที่ได้จากเครื่องส่งในแกนเวลาและแกนความถี่

4.2 สัญญาณที่วัดได้จากการทดลอง



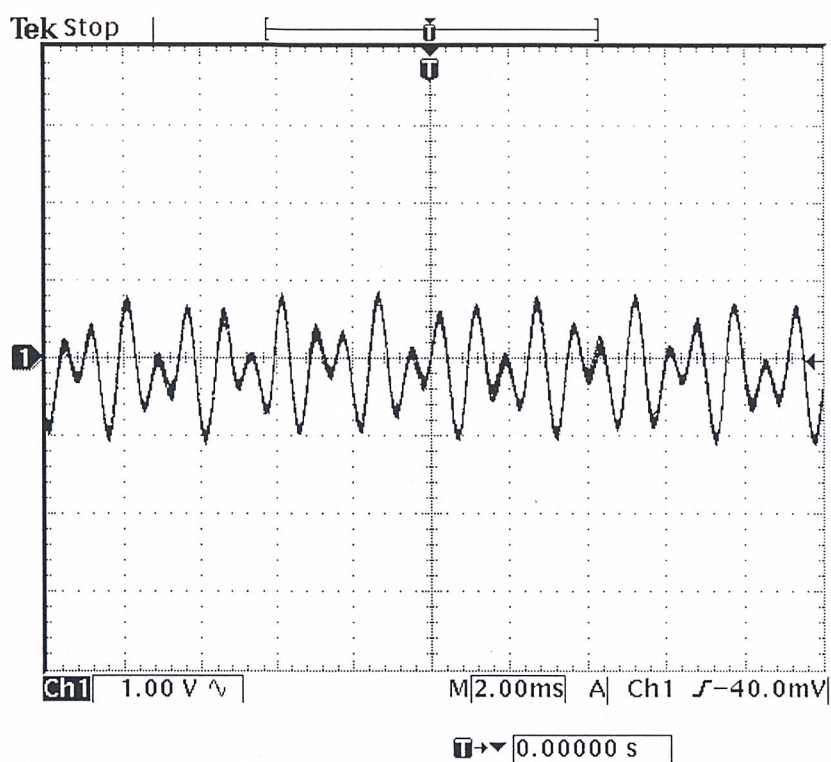
25 Jan 2003  
14:43:51

รูปที่ 4.1 สัญญาณกระดิ่งที่เข้ามาจากคู่สายโทรศัพท์

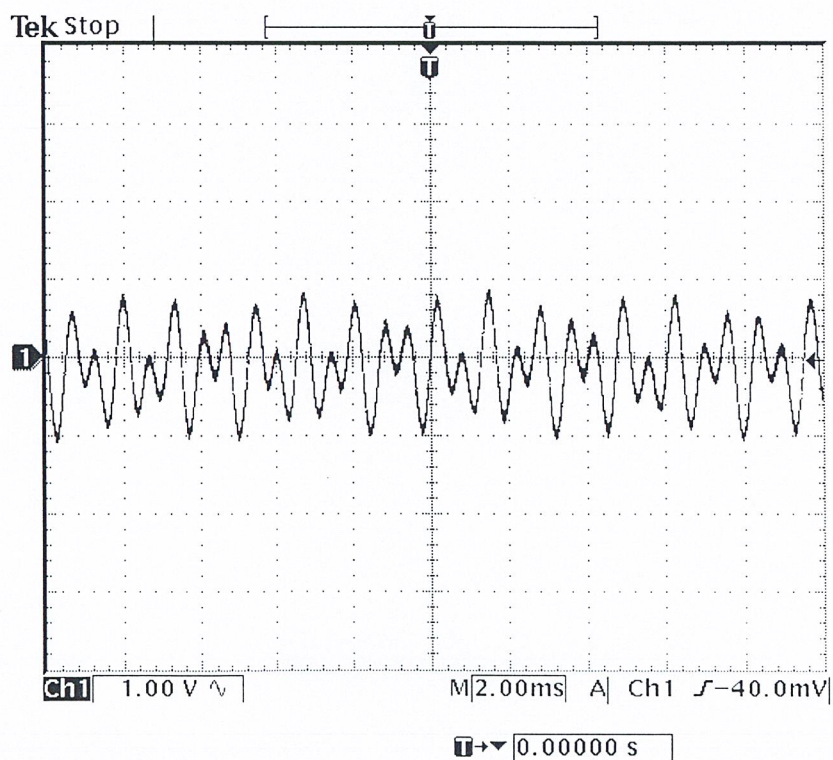


25 Jan 2003  
15:01:54

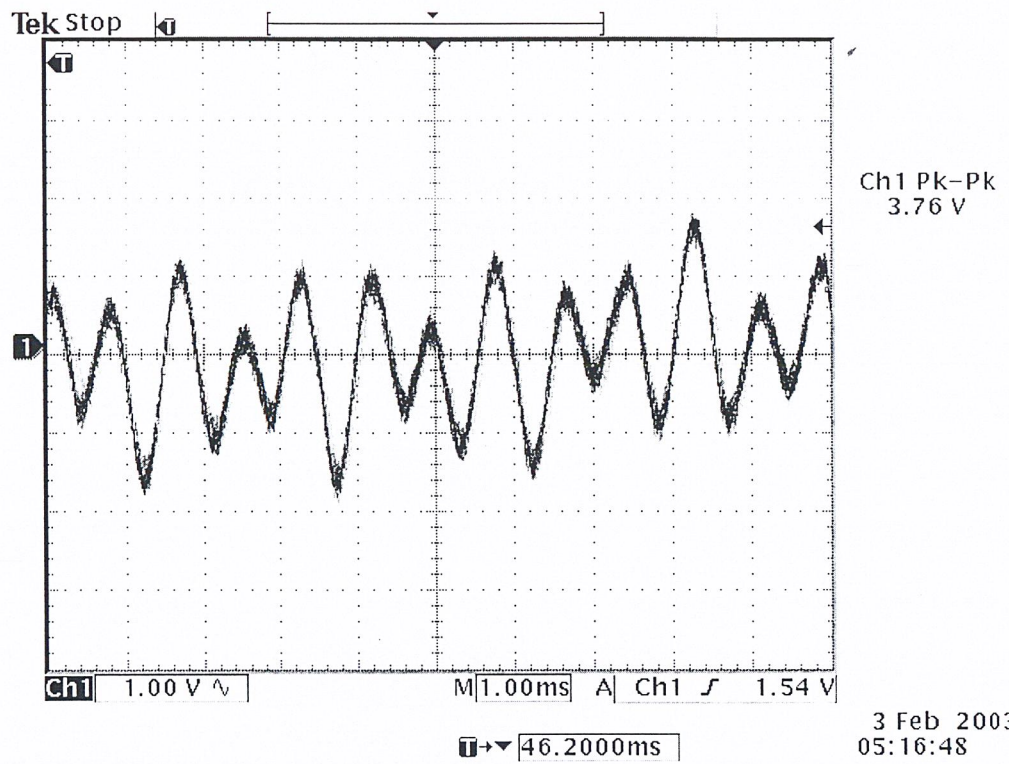
รูปที่ 4.2 สัญญาณจาก OPTOCOUPLER เปรียบเทียบกับสัญญาณที่ได้จาก MONOSTABLE



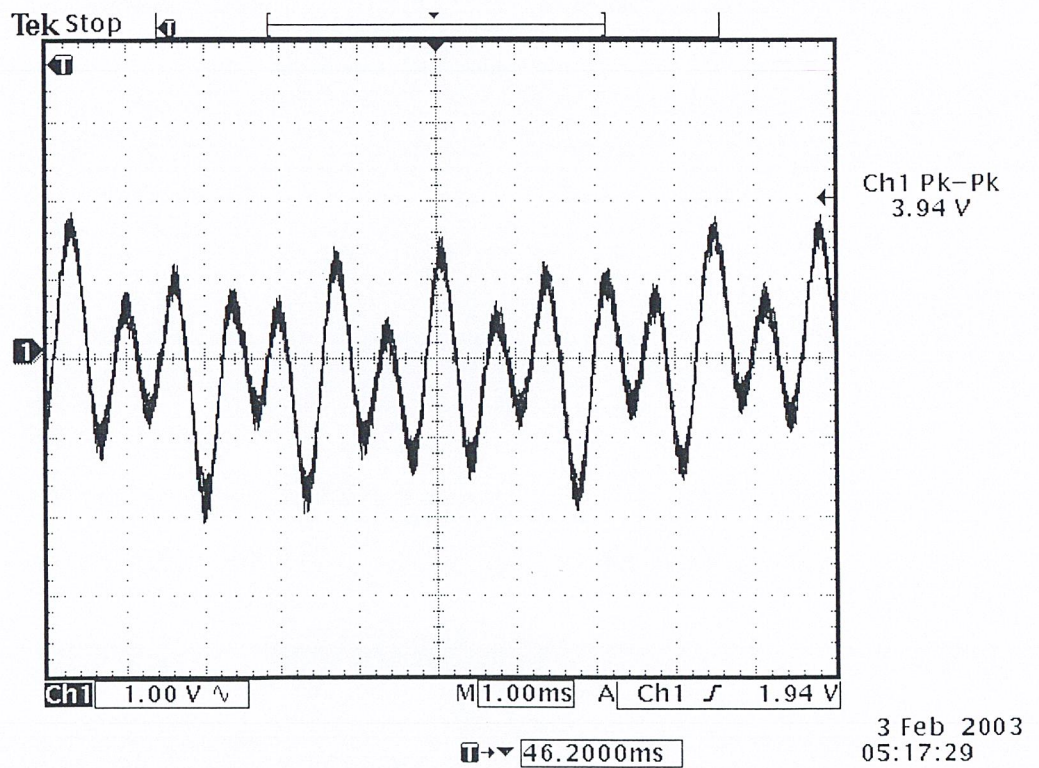
รูปที่ 4.3 สัญญาณ DTMF หมายเลข 4 จากโทรศัพท์



รูปที่ 4.4 สัญญาณ DTMF หมายเลข 9 จากโทรศัพท์



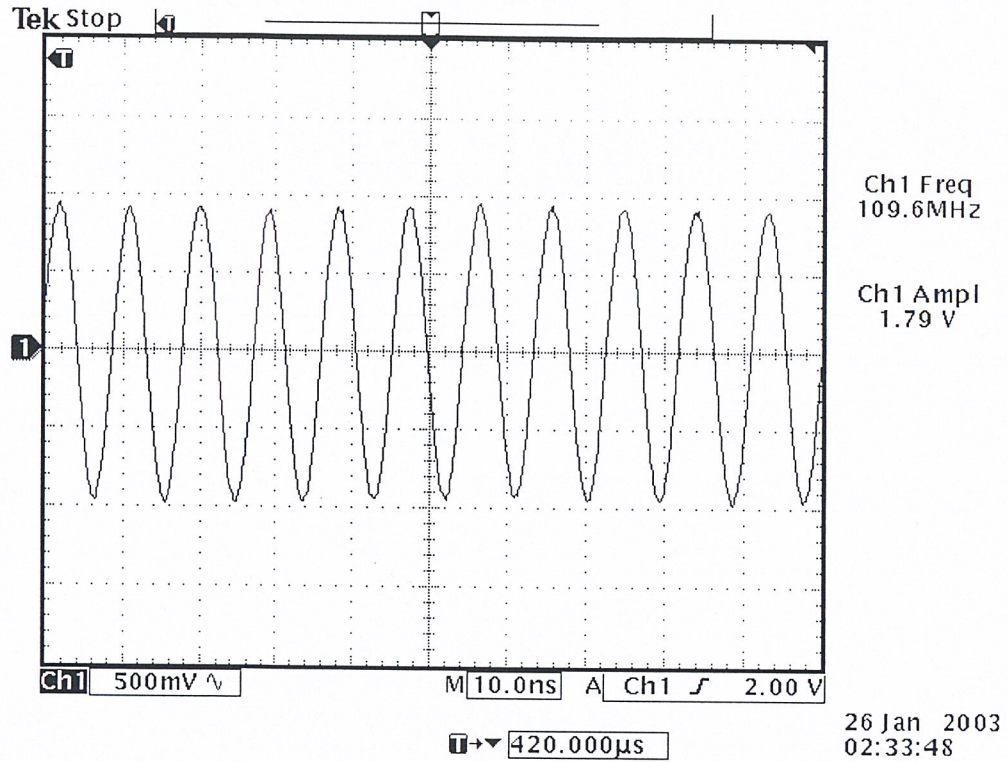
รูปที่ 4.5 สัญญาณ DTMF หมายเลข 4 จากเครื่องรับ FM



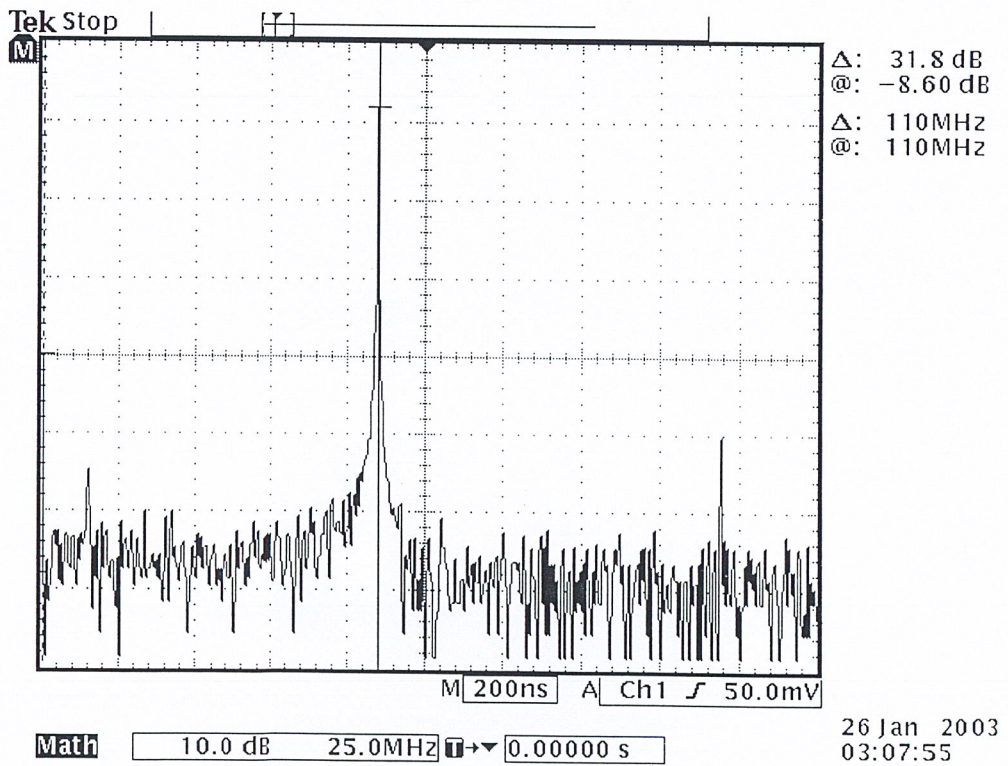
รูปที่ 4.6 สัญญาณ DTMF หมายเลข 9 จากเครื่องรับ FM

NO	$f_{\text{LOW}}$	$f_{\text{HIGH}}$	$Q_4$	$Q_3$	$Q_2$	$Q_1$
1	697	1209	0	0	0	1
2	697	1336	0	0	1	0
3	697	1447	0	0	1	1
4	770	1209	0	1	0	0
5	770	1336	0	1	0	1
6	770	1447	0	1	1	0
7	852	1209	0	1	1	1
8	852	1336	1	0	0	0
9	852	1447	1	0	0	1
0	941	1209	1	0	1	0
*	941	1336	1	0	1	1
#	941	1447	1	1	0	0

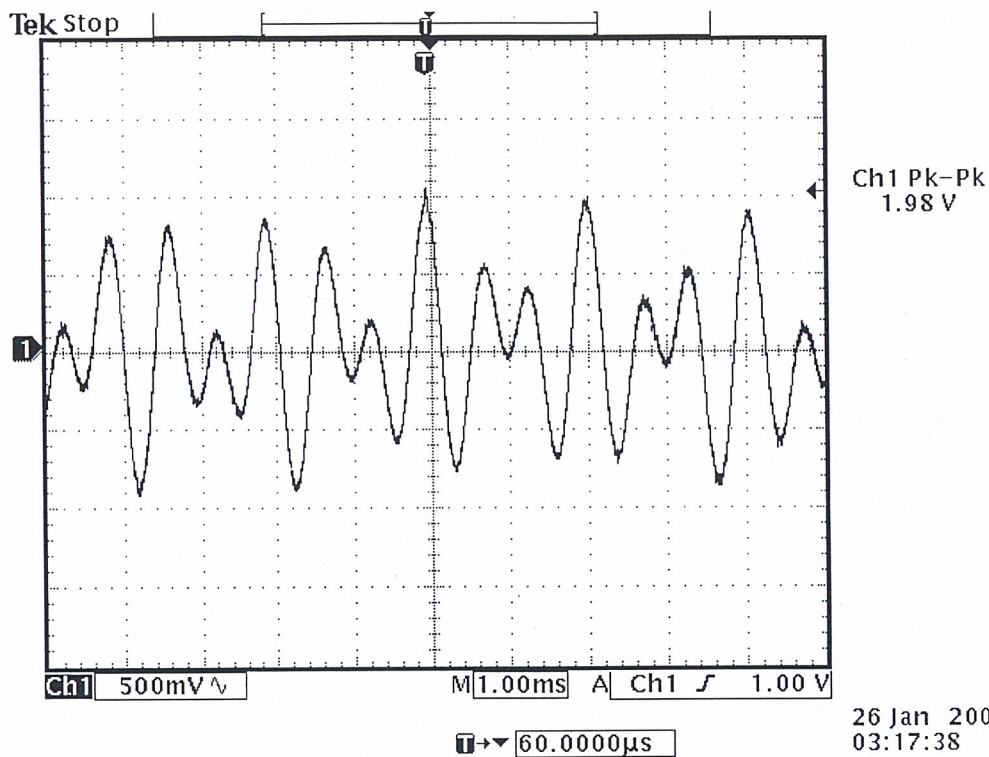
ตารางที่ 4.1 ผลที่ได้จากการถอดรหัสสัญญาณ DTMF



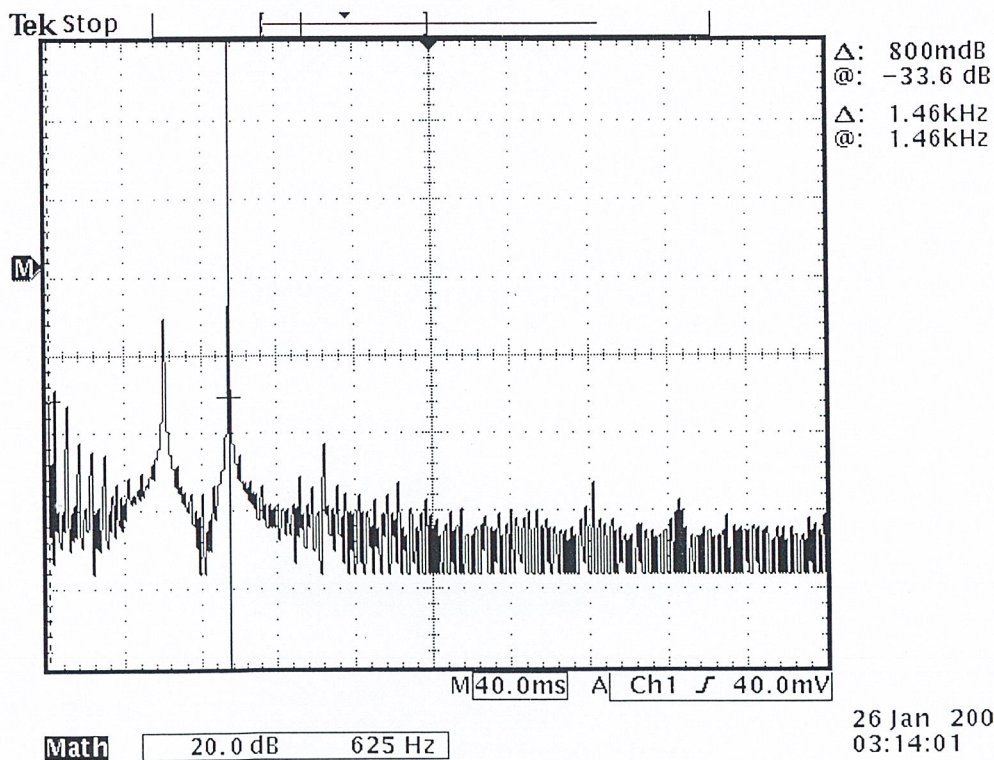
รูปที่ 4.7 สัญญาณแคเรียร์จากเครื่องส่งในแกนเวลา



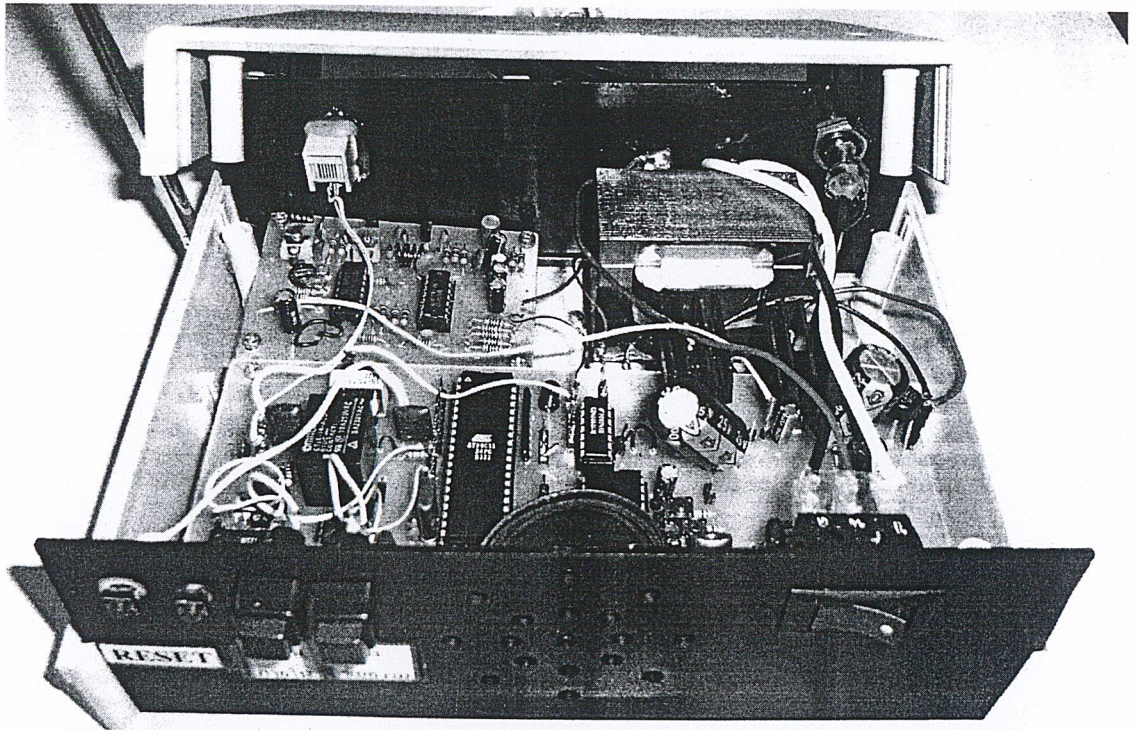
รูปที่ 4.8 สัญญาณแคเรียร์จากเครื่องส่งในแกนความถี่



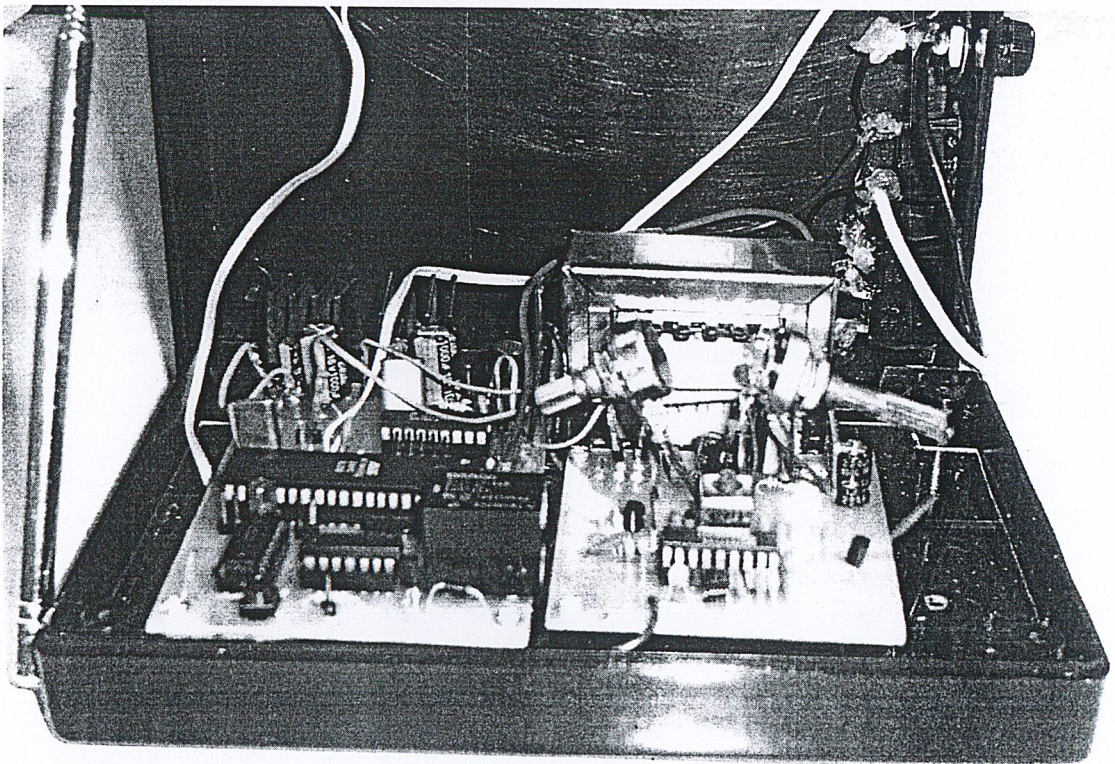
รูปที่ 4.9 สัญญาณ DTMF หมายเลข # ในแกนเวลา



รูปที่ 4.10 สัญญาณ DTMF หมายเลข # ในแกนความถี่



รูปที่ 4.11 แสดงเครื่องควบคุมด้านส่ง



รูปที่ 4.12 แสดงเครื่องควบคุมด้านรับ

## บทที่ 5

### บทวิจารณ์และบทสรุป

#### 5.1 วิธีการใช้งานเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านทางกุญแจโทรศัพท์

1. โทรติดต่อเข้ามายังเครื่องโทรศัพท์ที่ต่ออยู่กับเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้ารองจนกว่าโทรศัพท์จะทำการยกหู
2. เมื่อต่อโทรศัพท์ได้แล้ว กดหมายเลขใดก็ได้เมื่อต้องการเข้าสู่ระบบการสั่งงาน ไม่เช่นนั้นจะเข้าสู่ระบบฝากข้อความ
3. เมื่อเข้าสู่ระบบสั่งงานก็ทำตามขั้นตอนต่างๆ ตามที่เครื่องตอบรับบอก เริ่มแรกกดรหัสผ่านซึ่งเป็นหมายเลข 4 หลัก ถ้าไม่ถูกต้องจะให้กดใหม่ ถ้าถูกต้องจะให้กดหมายเลขเครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งเป็นหมายเลข 2 หลัก ตามด้วยคำสั่งเปิด/ปิด โดยเปิดกด 1 ปิดกด 0
4. หลังจากทำตามขั้นตอนต่างๆครบทุกขั้นตอนแล้ว ถ้าเวลาในการสั่งงานยังเหลือก็สามารถจะสั่งงานอุปกรณ์อื่นได้อีก
5. การตั้งรหัสผ่านทำได้โดยกด # ตามด้วยรหัสผ่านที่จะตั้ง ทำในขั้นตอนที่ให้กดรหัสผ่าน
6. ถ้าต้องการฟังเสียงที่ฝากข้อความไว้ ให้กดปุ่มที่เขียนว่า “ฟังข้อความ” ที่เครื่องควบคุมตัวส่ง
7. ตั้งหมายเลขของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้โดยกดปุ่ม “ตั้งหมายเลข” ที่ตัวเครื่องรับ โดยกด # ตามด้วยหมายเลขที่จะตั้งในขั้นตอนที่ให้กดหมายเลขเครื่องใช้ไฟฟ้า
8. สามารถควบคุมสั่งงานจากโทรศัพท์ภายในได้ โดยกดปุ่ม “ภายใน” ที่เครื่องควบคุมตัวส่งแล้วยกหูโทรศัพท์ขึ้นมาฟังขั้นตอนต่างๆเหมือนกับการสั่งงานจากโทรศัพท์ภายนอก

#### 5.2 ประโยชน์และข้อดี

ในการสั่งงานไม่จำเป็นต้องลากสายตัวนำเป็นระยะทางไกลๆ เนื่องจากใช้ระบบไร้สาย ซึ่งจะลดค่าใช้จ่ายและลดความยุ่งยากในการวางสาย เหมาะกับในพื้นที่บริเวณกว้างอย่างเช่น โรงงาน สนามกอล์ฟ

# ภาคผนวก

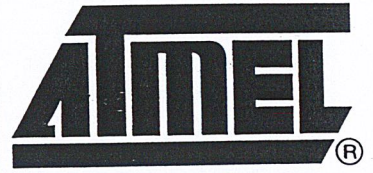
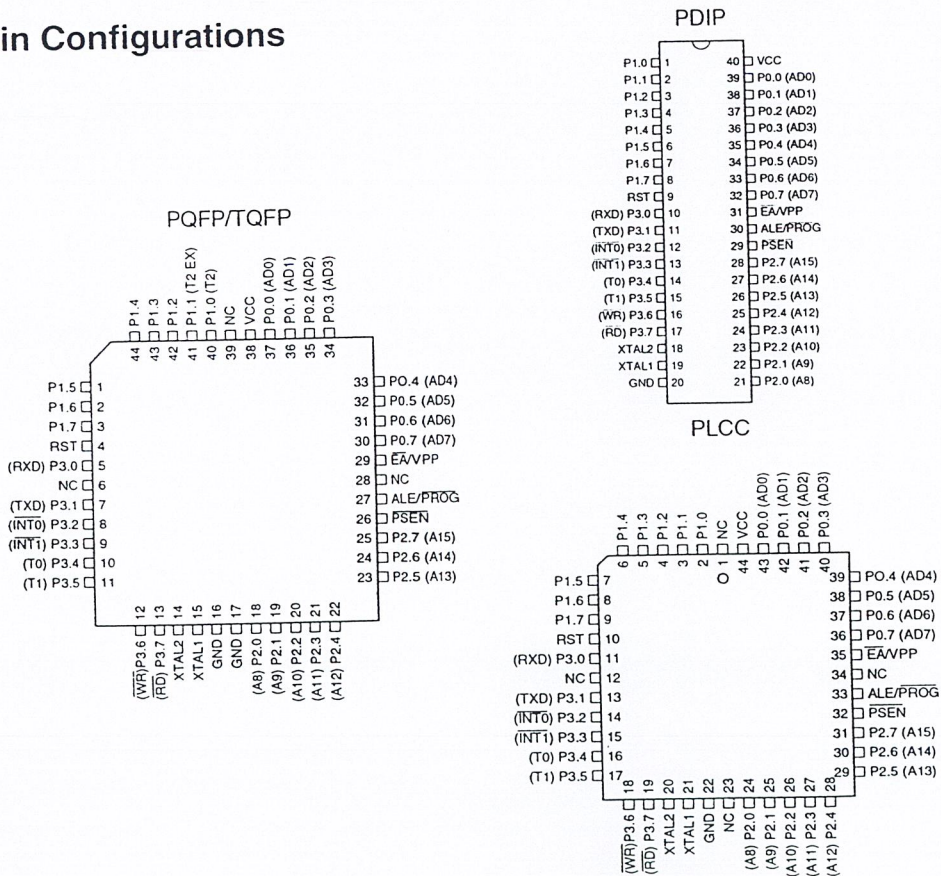
## Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes

## Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard MCS-51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

## Pin Configurations



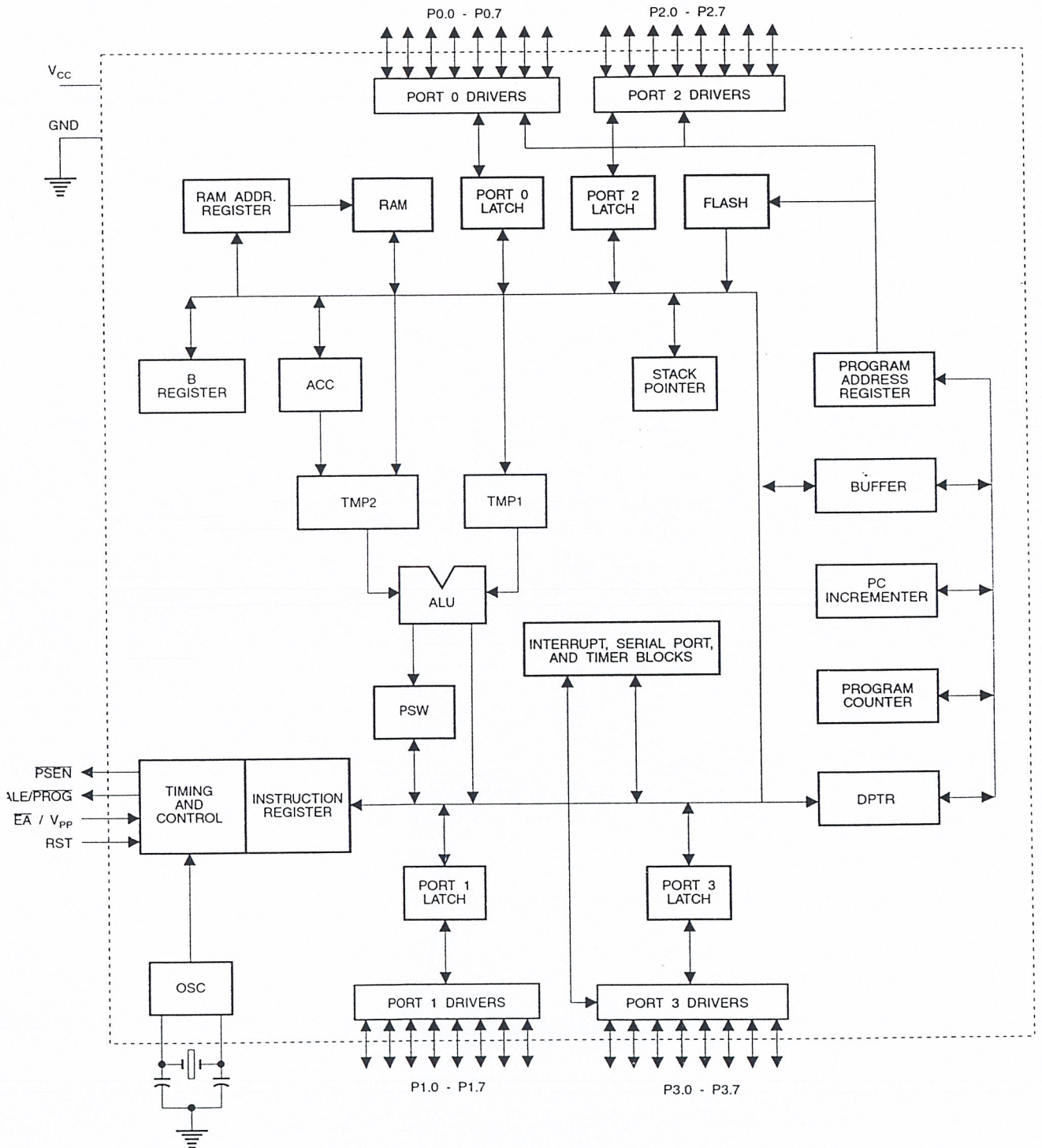
## 8-bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

AT89C51





# Block Diagram



The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power-down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

## Pin Description

### VCC

Supply voltage.

### GND

Ground.

### Port 0

Port 0 is an 8-bit open-drain bi-directional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 may also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming, and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

### Port 1

Port 1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

### Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs,

Port 2 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

### Port 3

Port 3 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{\text{WR}}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{\text{RD}}$ (external data memory read strobe)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

### RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

### ALE/PROG

Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during Flash programming.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE

# SN74LS122 SN74LS123

## Retriggerable Monostable Multivibrators

These dc triggered multivibrators feature pulse width control by three methods. The basic pulse width is programmed by selection of external resistance and capacitance values. The LS122 has an internal timing resistor that allows the circuits to be used with only an external capacitor. Once triggered, the basic pulse width may be extended by retriggering the gated low-level-active (A) or high-level-active (B) inputs, or be reduced by use of the overriding clear.

- Overriding Clear Terminates Output Pulse
- Compensated for  $V_{CC}$  and Temperature Variations
- DC Triggered from Active-High or Active-Low Gated Logic Inputs
- Retriggerable for Very Long Output Pulses, up to 100% Duty Cycle
- Internal Timing Resistors on LS122

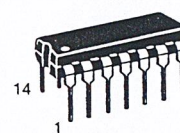
### GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
$V_{CC}$	Supply Voltage	4.75	5.0	5.25	V
$T_A$	Operating Ambient Temperature Range	0	25	70	°C
$I_{OH}$	Output Current – High			-0.4	mA
$I_{OL}$	Output Current – Low			8.0	mA
$R_{ext}$	External Timing Resistance	5.0		260	k $\Omega$
$C_{ext}$	External Capacitance	No Restriction			
$R_{ext}/C_{ext}$	Wiring Capacitance at $R_{ext}/C_{ext}$ Terminal			50	pF



**ON Semiconductor**  
 Formerly a Division of Motorola  
<http://onsemi.com>

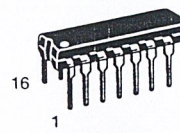
### LOW POWER SCHOTTKY



14  
1  
PLASTIC  
N SUFFIX  
CASE 646



14  
1  
SOIC  
D SUFFIX  
CASE 751A



16  
1  
PLASTIC  
N SUFFIX  
CASE 648



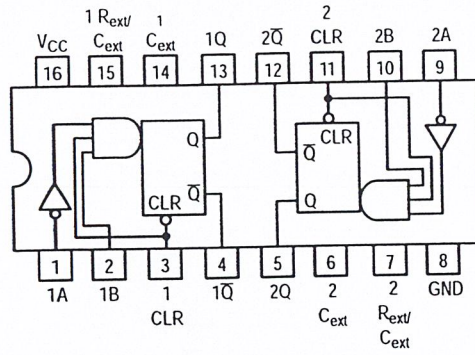
16  
1  
SOIC  
D SUFFIX  
CASE 751B

### ORDERING INFORMATION

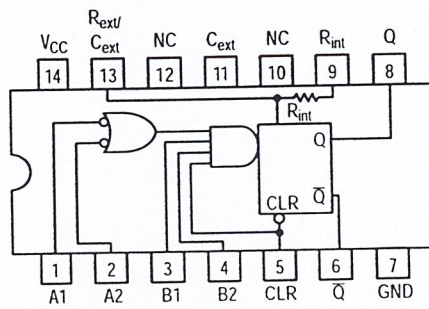
Device	Package	Shipping
SN74LS122N	14 Pin DIP	2000 Units/Box
SN74LS122D	14 Pin	2500/Tape & Reel
SN74LS123N	16 Pin DIP	2000 Units/Box
SN74LS123D	16 Pin	2500/Tape & Reel

## SN74LS122 SN74LS123

SN74LS123 (TOP VIEW)  
(SEE NOTES 1 THRU 4)



SN74LS122 (TOP VIEW)  
(SEE NOTES 1 THRU 4)



NC — NO INTERNAL CONNECTION.

**NOTES:**

1. An external timing capacitor may be connected between  $C_{ext}$  and  $R_{ext}/C_{ext}$  (positive).
2. To use the internal timing resistor of the LS122, connect  $R_{int}$  to  $V_{CC}$ .
3. For improved pulse width accuracy connect an external resistor between  $R_{ext}/C_{ext}$  and  $V_{CC}$  with  $R_{int}$  open-circuited.
4. To obtain variable pulse widths, connect an external variable resistance between  $R_{int}/C_{ext}$  and  $V_{CC}$ .



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

ISSUE 5

March 1997

**Features**

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

**Ordering Information**

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

**Applications**

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

**Description**

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

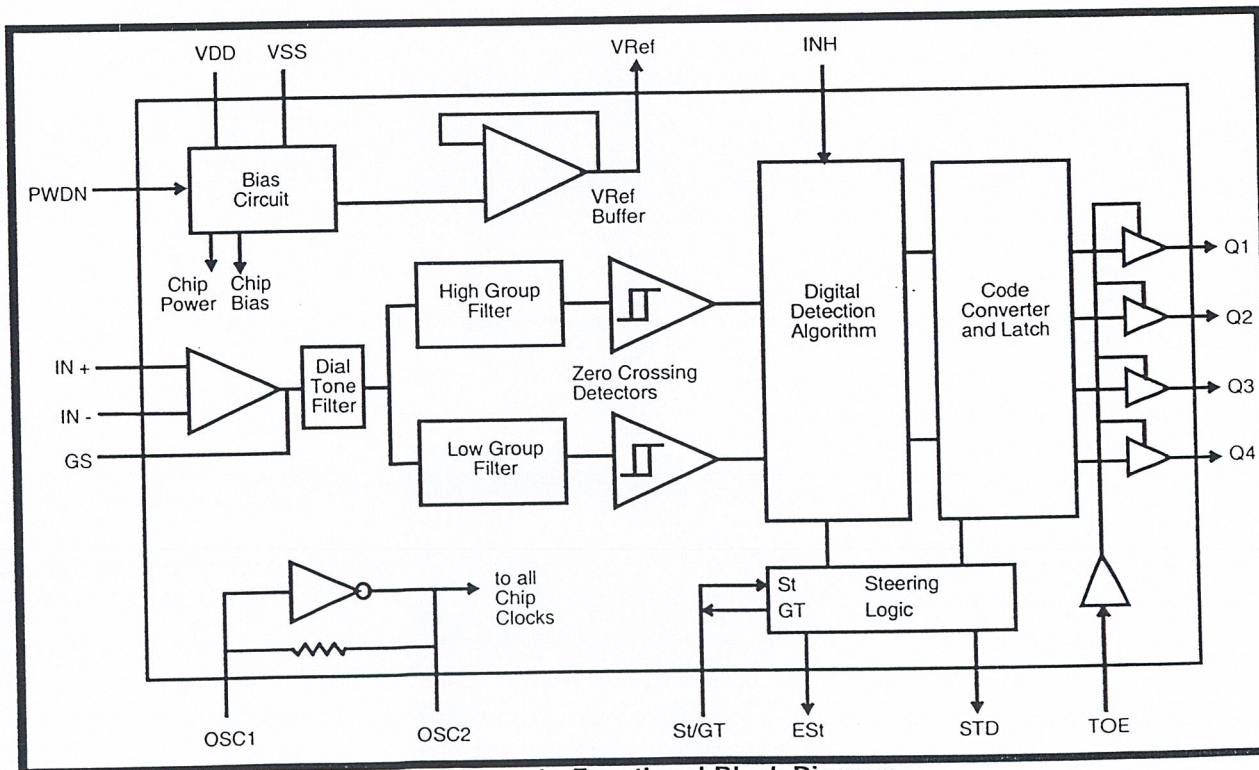


Figure 1 - Functional Block Diagram

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

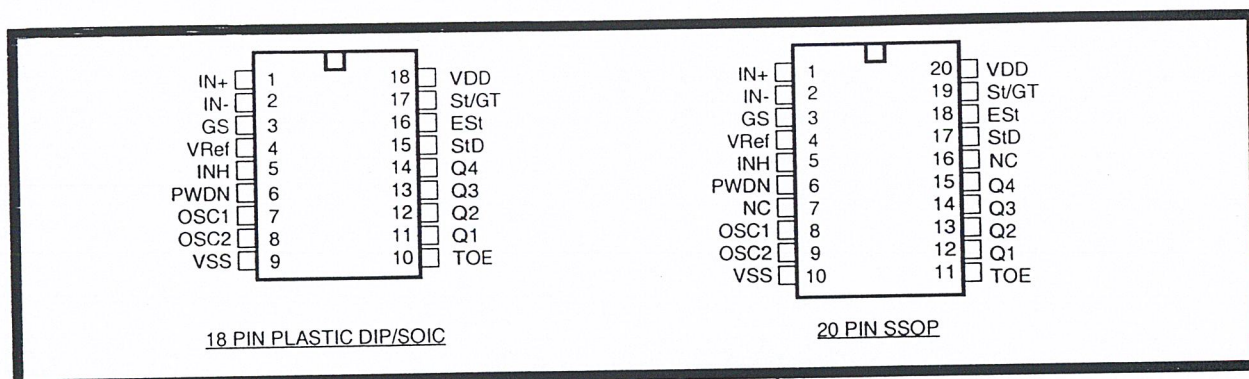


Figure 2 - Pin Connections

## Pin Description

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

# DATA SHEET

For a complete data sheet, please also download:

- The IC04 LOCMOS HE4000B Logic Family Specifications HEF, HEC
- The IC04 LOCMOS HE4000B Logic Package Outlines/Information HEF, HEC

## **HEF4013B** **flip-flops** Dual D-type flip-flop

Product specification  
File under Integrated Circuits, IC04

January 1995

# Dual D-type flip-flop

# HEF4013B flip-flops

### DESCRIPTION

The HEF4013B is a dual D-type flip-flop which features independent set direct ( $S_D$ ), clear direct ( $C_D$ ), clock inputs (CP) and outputs (O,  $\bar{O}$ ). Data is accepted when CP is LOW and transferred to the output on the positive-going edge of the clock. The active HIGH asynchronous clear-direct ( $C_D$ ) and set-direct ( $S_D$ ) are independent and override the D or CP inputs. The outputs are buffered for best system performance. Schmitt-trigger action in the clock input makes the circuit highly tolerant to slower clock rise and fall times.

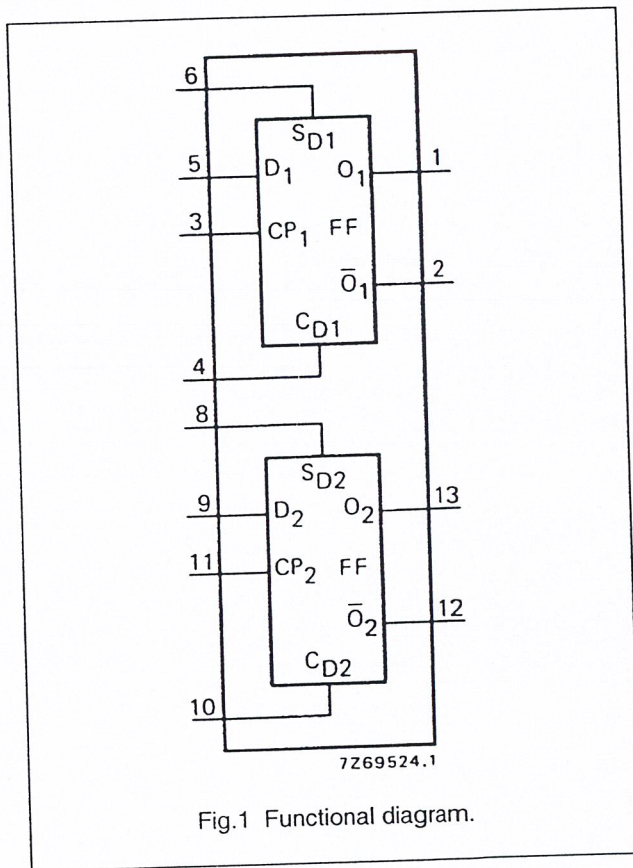


Fig.1 Functional diagram.

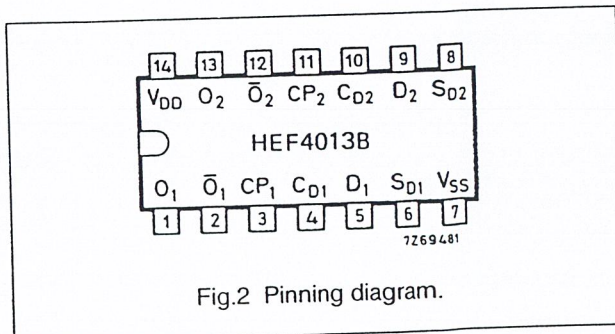


Fig.2 Pinning diagram.

### FUNCTION TABLES

INPUTS				OUTPUTS	
$S_D$	$C_D$	CP	D	O	$\bar{O}$
H	L	X	X	H	L
L	H	X	X	L	H
H	H	X	X	H	H

INPUTS				OUTPUTS	
$S_D$	$C_D$	CP	D	$O_{n+1}$	$\bar{O}_{n+1}$
L	L		L	L	H
L	L		H	H	L

### Notes

- H = HIGH state (the more positive voltage)  
L = LOW state (the less positive voltage)  
X = state is immaterial  
 = positive-going transition  
 $O_{n+1}$  = state after clock positive transition

### PINNING

- D data inputs
- CP clock input (L to H edge-triggered)
- $S_D$  asynchronous set-direct input (active HIGH)
- $C_D$  asynchronous clear-direct input (active HIGH)
- O true output
- $\bar{O}$  complement output

HEF4013BP(N): 14-lead DIL; plastic (SOT27-1)

HEF4013BD(F): 14-lead DIL; ceramic (cerdip) (SOT73)

HEF4013BT(D): 14-lead SO; plastic (SOT108-1)

( ): Package Designator North America

### FAMILY DATA, $I_{DD}$ LIMITS category FLIP-FLOPS

See Family Specifications

# Kit 64. 90 Second Message Recorder

ISD25xx memory too) after it was set off. Think of setting a VCR: instruction about how to set it can be spoken to you. And there would even be space for 'Have a nice day at the end of it.

Also ISD25xx chips can (with one exception) be seamlessly connected together to give increased message time. By seamless is meant that a message can straddle 2 physical IC's. (Earlier ISD chips could not do this.) See the Jeff Bachiochi article for more details.

## References:

Bachiochi, Jeff. (1994). Build the Message Board. Circuit Cellar Ink/The Computer Applications Journal 45, April, 54 - 61. (Uses ISD2500 under computer control.)

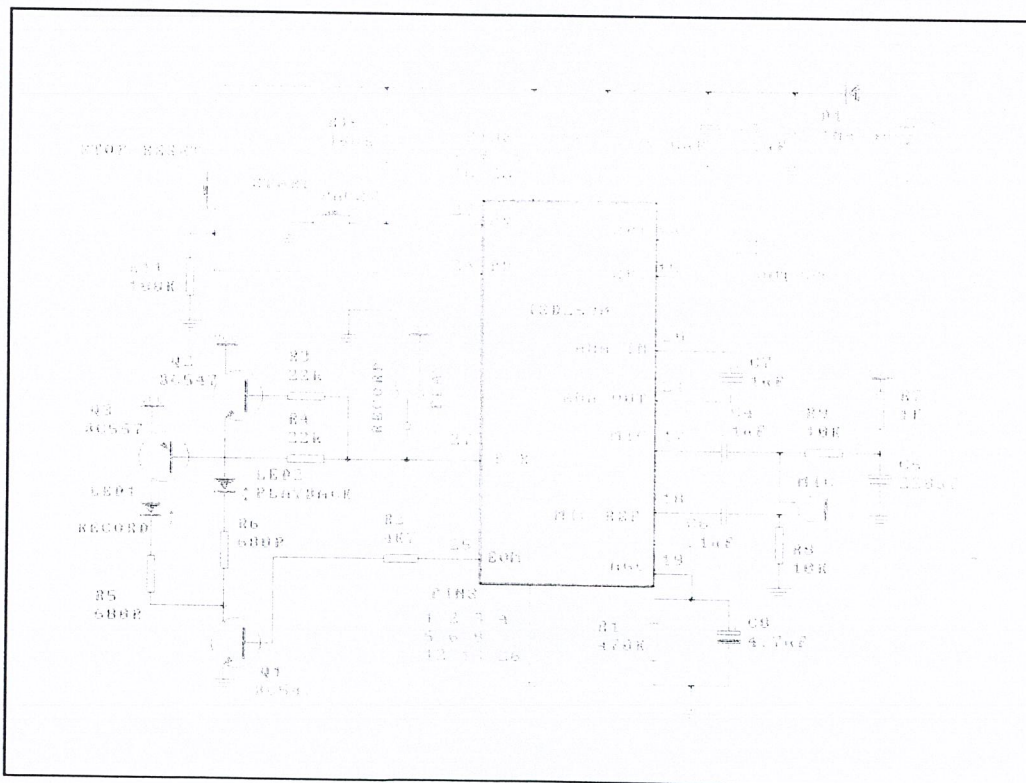
Yates, Darren. (1994). Build this 90-second Message Board. *Silicon Chip*, February, 16 - 19. (Uses ISD2590.)

For other voice recording Kits see our Kit 131, 30 Second Voice Recorder using a different non-volatile IC.

See our website at <http://kitsrus.com>

## COMPONENTS

Resistors:	
680R blue grey brown R5 R6	2
1K brown black red R7	1
4K7 yellow violet red R2	1
10K brown black orange R8 R9	2
22K red red orange R3 R4	2
100K brown black yellow R10 R11	2
470K yellow violet yellow R1	1
Capacitors:	
0.1 Monoblock 104 C1 C2 C4 C6	4
1uF electrolytic mini C7	1
4.7uF elcap C8	1
100uF elcap C3	1
220uF elcap C5	1
BC547 Q1 Q2	2
BC557 Q3	1
ISD2590 IC	1
28 pin IC socket	1
1N4148 diode	1
2 pole terminal block	2
Electret Microphone	1
Hat keyswitch	2
5mm LED	2
K64 PCB	1
SPDT PCB mounted switch	1



# Kit 64. 90 Second Message Recorder

Information Storage Devices are one of the leaders in solid state audio recording & playback devices. The latest ISD25xx series provides high-quality, single-chip, non-volatile record/playback for 45, 60, 75 and 90 seconds. These CMOS devices include an on-chip oscillator, microphone preamplifier, automatic gain control, antialiasing filter, smoothing filter and speaker amplifier. In addition it is micro-processor compatible allowing complex messaging and addressing to be achieved.

Recordings are stored in on-board non-volatile memory cells, providing zero power message storage. The proprietary storage method allows natural voice analog storage. The purpose of this Kit is to introduce you to this modern, new technology.

**Our Circuit.** We use the ISD2590, 90 second audio recording IC in this kit. The ISD2590 has several modes of operation. We use it here as a multi-message recorder. You may record as many messages as you want up to 90 seconds of memory space. Put the SPDT switch into the Record position and just push & release the Start/Pause button to start recording. The Record LED goes on. Push the Start/Pause button to Pause - stop recording. That is the end of Message 1.

Sometime later you can record a follow on message, Message 2, by pushing the Start/Pause button again. When you put the switch to Play the messages will playback. Only one message will be played back at a time. You must push Start/Pause again to get the next message. The Reset switch will move the internal address pointer back to the start of the memory space.

Removing the power will not destroy the messages. You may, for example, record a long message, then send just the IC to someone through the mail then the friend could playback your message. This is the same as the 20 second Greeting Cards now on the market. They use a ISD1420 chip-on-board IC.

Build up the Kit and start playing with it. Far better to learn about it from actual use than reading pages about how it works!

You can get more about applications and memory addressing of the ISD2590 from the website at

<http://www.isd.com>

Unfortunately ISD have not put up the data sheet on the ISD2590 at this time (11/99.)

**Construction.** We have placed some of the components underneath the IC. This was not only to reduce the size of the PCB. Because the ISD products are top quality we wanted to follow their recommended audio design practices:

- analog components are placed physically close to the IC with short leads

- analog and digital power & ground tracks have been kept separate
- large power & ground tracks have been used as much as possible even between IC pads

R1 & R8 are just able to squeeze in between the sides of the IC socket. If there is a problem use your soldering iron to burn a small groove in the IC socket.

The 1uF mini electrolytic capacitor C7 will fold over next to R11 quite comfortably. **NOTE:** there is one link to make under the socket. Use some wire cut off from a resistor to make the link.

## Operation

When you first use the Recorder attach a speaker (4 ohm or 8 ohm) to the Output and record & play-back your messages as previously described.

If you want more loudness ISD suggest that one way to do so is to limit the low end frequency response. With C4 & C6 at 0.1uF, signals above 160Hz are not attenuated. Changing these capacitors to 0.01uF increases this low end pole to 1500Hz. Since small speakers do not reproduce the low frequencies efficiently this change may give you an increase in loudness.

If you want to amplify the output the differential output may be fed directly to audio equipment with a differential input. Or you may use an amplifier like an LM386. If you use the amplifier between one output pin (either pin 14 or 15) and ground it is very important that the unused output pin not be grounded. It must be left unconnected.

**If It Does Not Work.** Check that the diodes are all in the correct way. Are the resistors in the right places. Check that the TO-92 packaged components are in their correct places. Are the capacitors, microphone & LEDs the correct way around.

## More on the ISD25xx

The power of the chip lies in the fact that the memory space is computer addressable. In the ISD25xx there are 600 (six hundred) addressable message segments. So in the ISD2560, for example, you can record a maximum of 600 messages each 100 msec long. So who wants 600 1/100th second messages? Well think of a talking voltmeter. No more would you have to put the probes on then move your head & eyes to read the display. The meter would say "six point two five volts". The spoken numerals plus the teens, tens & other quantifiers would only occupy the exact memory space they need to the next 1/100th of a second. The micro-controllers job is to quickly search through the address space and put together the required message output in real time.

Think of a burglar alarm system: both the setting of it and the spoken messages it could give (over the phone after using the DTMF tones of phone numbers stored in

## FM radio circuit

## TDA7000

### GENERAL DESCRIPTION

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

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

The TDA7000 includes the following functions:

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

### QUICK REFERENCE DATA

Supply voltage range (pin 5)	$V_P$	2,7 to 10 V
Supply current at $V_P = 4,5$ V	$I_P$	typ. 8 mA
R.F. input frequency range	$f_{rf}$	1,5 to 110 MHz
Sensitivity for -3 dB limiting (e.m.f. voltage) (source impedance: 75 $\Omega$ ; mute disabled)	EMF	typ. 1,5 $\mu$ V
Signal handling (e.m.f. voltage) (source impedance: 75 $\Omega$ )	EMF	typ. 200 mV
A.F. output voltage at $R_L = 22$ k $\Omega$	$V_o$	typ. 75 mV

### PACKAGE OUTLINE

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



FM radio circuit

TDA7000

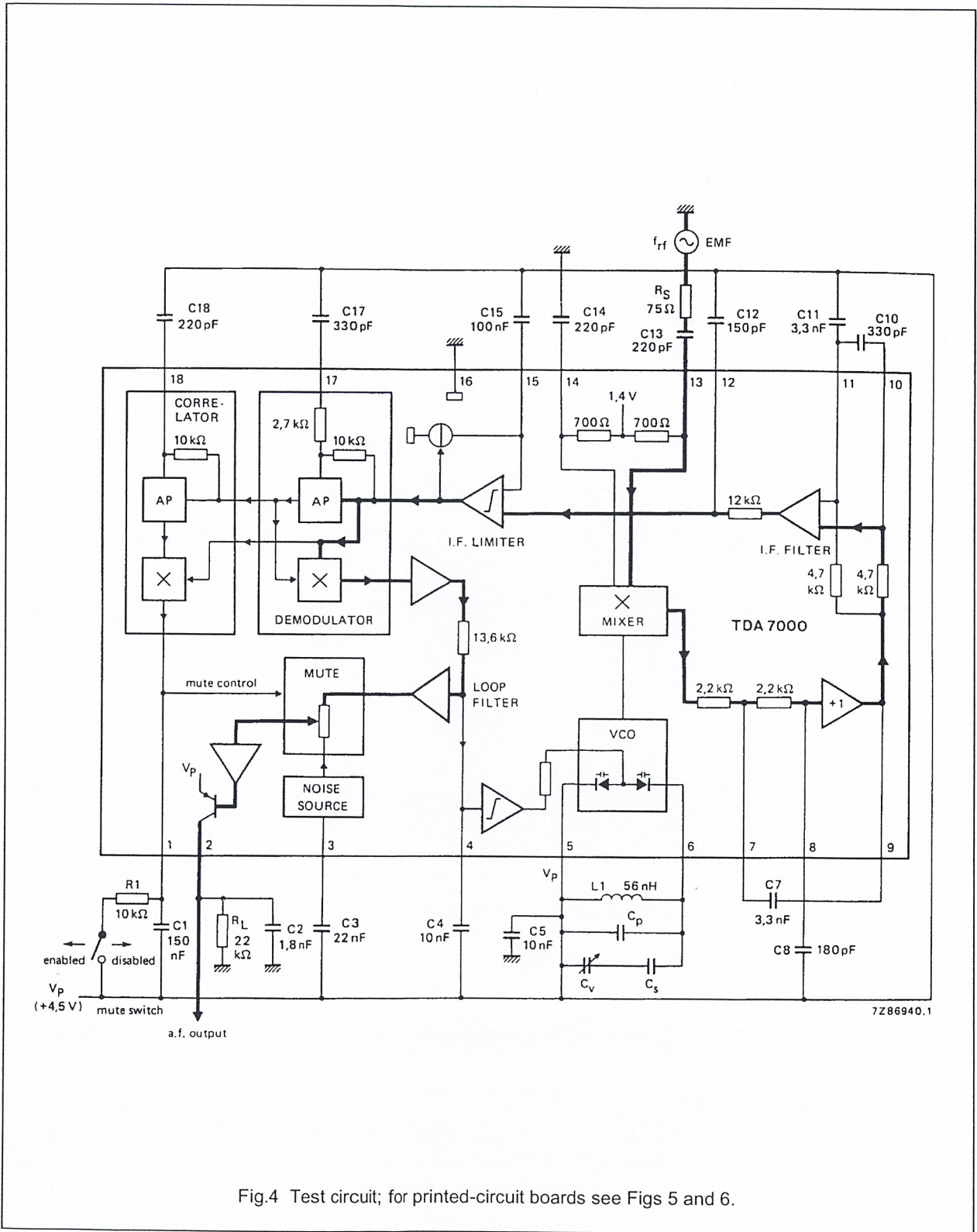


Fig.4 Test circuit; for printed-circuit boards see Figs 5 and 6.

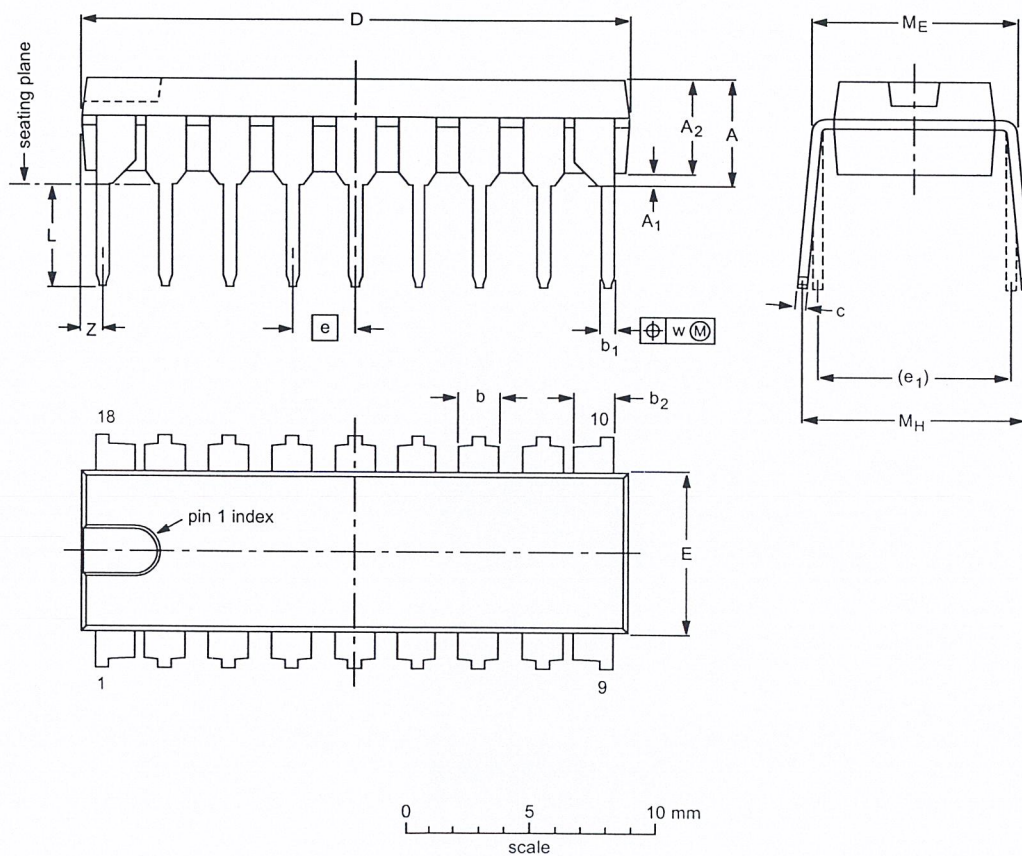
FM radio circuit

TDA7000

PACKAGE OUTLINE

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

SOT102-1



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

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

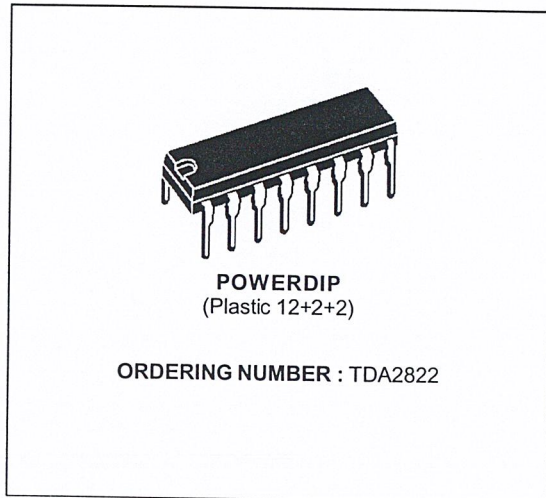
Note

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

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

**DUAL POWER AMPLIFIER**

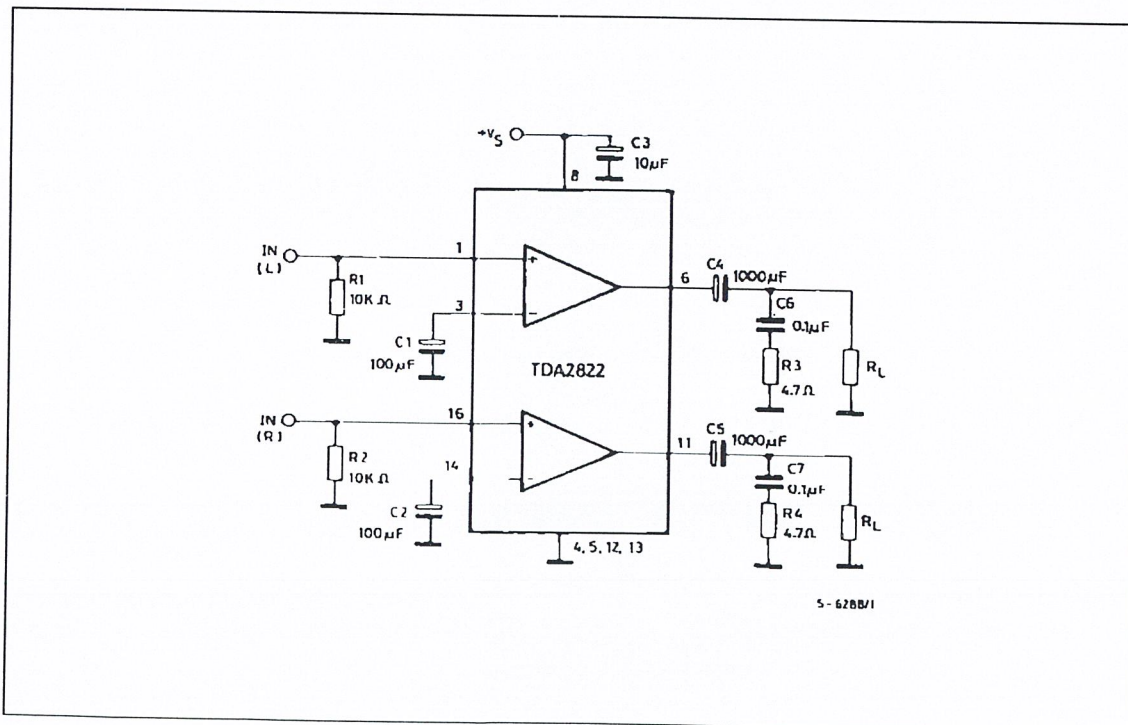
- SUPPLY VOLTAGE DOWN TO 3 V
- LOW CROSSOVER DISTORSION
- LOW QUIESCENT CURRENT
- BRIDGE OR STEREO CONFIGURATION



**DESCRIPTION**

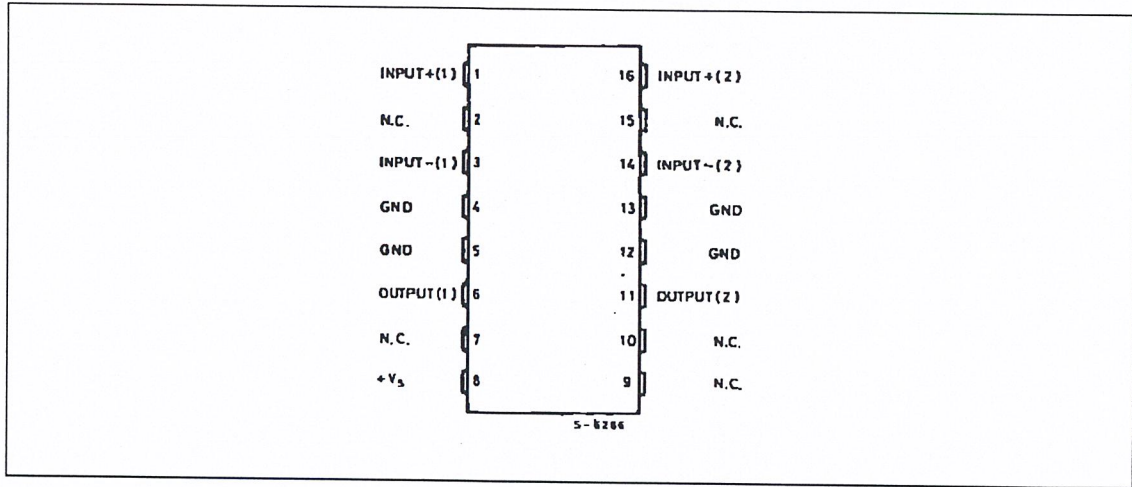
The TDA2822 is a monolithic integrated circuit in 12+2+2 powerdip, intended for use as dual audio power amplifier in portable radios and TS sets.

**TYPICAL APPLICATION CIRCUIT (STEREO)**

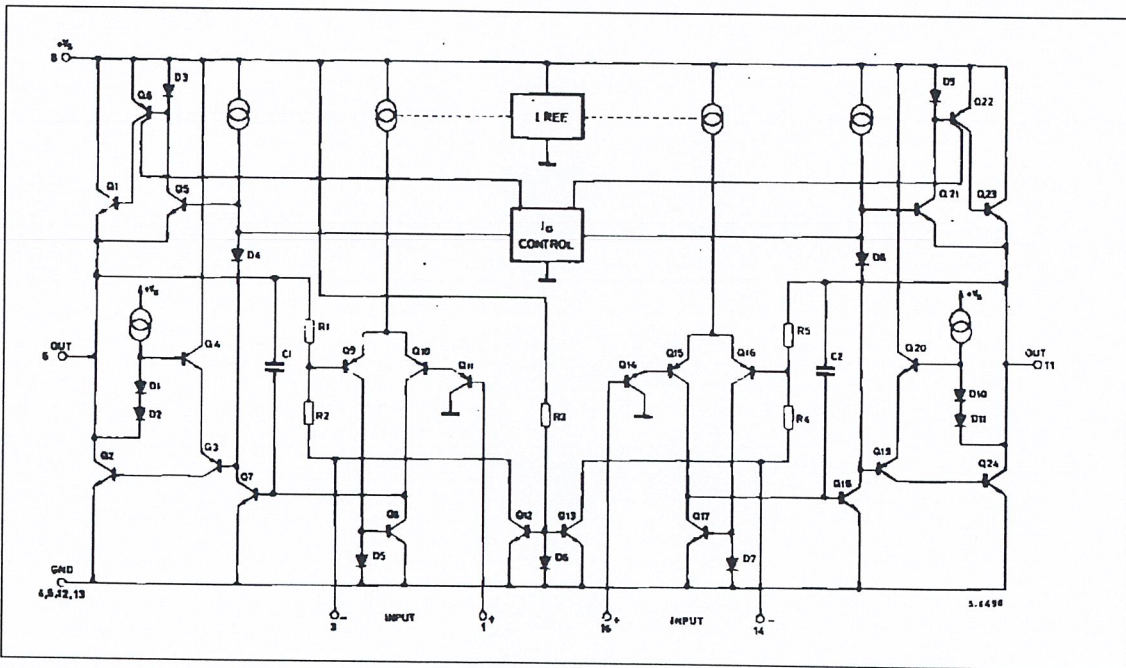


# TDA2822

## PIN CONNECTION (top view)



## SCHEMATIC DIAGRAM



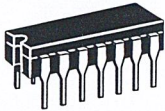
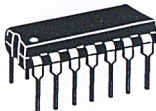

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_s$	Supply Voltage	15	V
$I_o$	Output Peak Current	1.5	A
$P_{tot}$	Total Power Dissipation at $T_{amb} = 50\text{ }^\circ\text{C}$ at $T_{case} = 70\text{ }^\circ\text{C}$	1.25 4	W W
$T_{stg}, T_j$	Storage and Junction Temperature	- 40 to 150	$^\circ\text{C}$

## B-Suffix Series CMOS Gates

The B Series logic gates are constructed with P and N channel enhancement mode devices in a single monolithic structure (Complementary MOS). Their primary use is where low power dissipation and/or high noise immunity is desired.

- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- All Outputs Buffered
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads or One Low-power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range.
- Double Diode Protection on All Inputs Except: Triple Diode Protection on MC14011B and MC14081B
- Pin-for-Pin Replacements for Corresponding CD4000 Series B Suffix Devices (Exceptions: MC14068B and MC14078B)

		
L SUFFIX CERAMIC CASE 632	P SUFFIX PLASTIC CASE 646	D SUFFIX SOIC CASE 751A
<b>ORDERING INFORMATION</b>		
MC14XXXBCP		Plastic
MC14XXXBCL		Ceramic
MC14XXXBD		SOIC
$T_A = -55^\circ$ to $125^\circ\text{C}$ for all packages.		

### MAXIMUM RATINGS\* (Voltages Referenced to $V_{SS}$ )

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_{DD}$	DC Supply Voltage	- 0.5 to + 18.0	V
$V_{in}, V_{out}$	Input or Output Voltage (DC or Transient)	- 0.5 to $V_{DD} + 0.5$	V
$I_{in}, I_{out}$	Input or Output Current (DC or Transient), per Pin	$\pm 10$	mA
$P_D$	Power Dissipation, per Package†	500	mW
$T_{stg}$	Storage Temperature	- 65 to + 150	$^\circ\text{C}$
$T_L$	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	$^\circ\text{C}$

\* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

† Temperature Derating:

Plastic "P and D/DW" Packages: - 7.0 mW/ $^\circ\text{C}$  From  $65^\circ\text{C}$  To  $125^\circ\text{C}$   
Ceramic "L" Packages: - 12 mW/ $^\circ\text{C}$  From  $100^\circ\text{C}$  To  $125^\circ\text{C}$

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation,  $V_{in}$  and  $V_{out}$  should be constrained to the range  $V_{SS} \leq (V_{in} \text{ or } V_{out}) \leq V_{DD}$ . Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either  $V_{SS}$  or  $V_{DD}$ ). Unused outputs must be left open.

**MC14001B**  
Quad 2-Input NOR Gate

**MC14002B**  
Dual 4-Input NOR Gate

**MC14011B**  
Quad 2-Input NAND Gate

**MC14012B**  
Dual 4-Input NAND Gate

**MC14023B**  
Triple 3-Input NAND Gate

**MC14025B**  
Triple 3-Input NOR Gate

**MC14068B**  
8-Input NAND Gate

**MC14071B**  
Quad 2-Input OR Gate

**MC14072B**  
Dual 4-Input OR Gate

**MC14073B**  
Triple 3-Input AND Gate

**MC14075B**  
Triple 3-Input OR Gate

**MC14078B**  
8-Input NOR Gate

**MC14081B**  
Quad 2-Input AND Gate

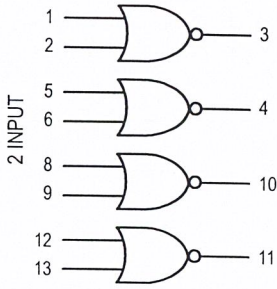
**MC14082B**  
Dual 4-Input AND Gate



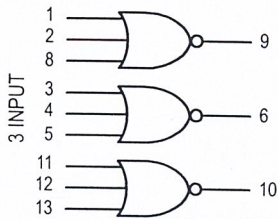
## LOGIC DIAGRAMS

### NOR

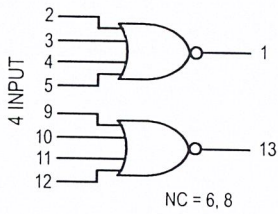
**MC14001B**  
Quad 2-Input NOR Gate



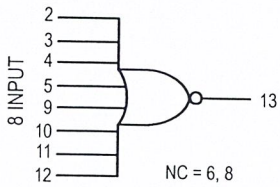
**MC14025B**  
Triple 3-Input NOR Gate



**MC14002B**  
Dual 4-Input NOR Gate

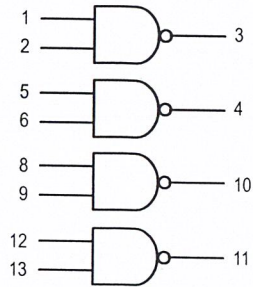


**MC14078B**  
8-Input NOR Gate

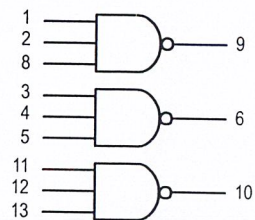


### NAND

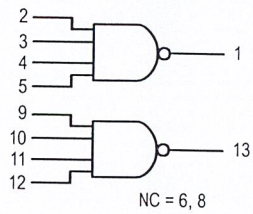
**MC14011B**  
Quad 2-Input NAND Gate



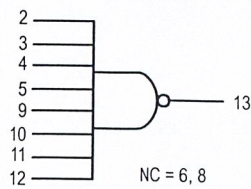
**MC14023B**  
Triple 3-Input NAND Gate



**MC14012B**  
Dual 4-Input NAND Gate

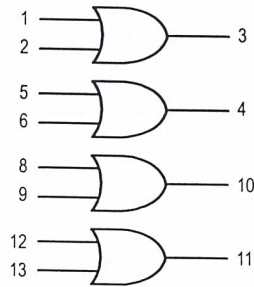


**MC14068B**  
8-Input NAND Gate

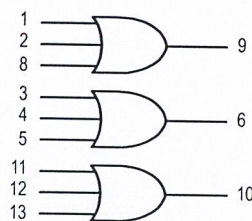


### OR

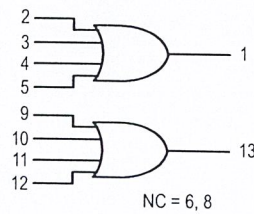
**MC14071B**  
Quad 2-Input OR Gate



**MC14075B**  
Triple 3-Input OR Gate

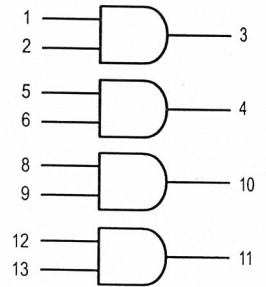


**MC14072B**  
Dual 4-Input OR Gate

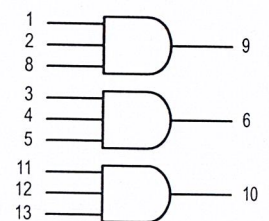


### AND

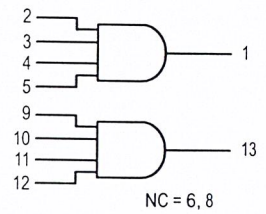
**MC14081B**  
Quad 2-Input AND Gate



**MC14073B**  
Triple 3-Input AND Gate



**MC14082B**  
Dual 4-Input AND Gate



V<sub>DD</sub> = PIN 14  
V<sub>SS</sub> = PIN 7  
FOR ALL DEVICES

## หนังสืออ้างอิง

1. ปานวิทย์ ชูระนุติ “เครื่องตอบรับ-ส่งงานทางโทรศัพท์”, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2541
2. รศ.ดร.วิวัฒน์ กิรานนท์ “วิศวกรรมการสื่อสาร”, อักษรสยามการพิมพ์, 2540
3. รศ.สมยศ จุณณะปิยะ “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51”, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2541