# ระบบเตือนภัยและสั่งการทางโทรศัพท์

# HOME SECURITY AND INSTRUCTION SYSTEM USING TELEPHONE


โดย

น.ส.ศยามล จิตตินันทน์ รหัสประจำตัว 34107355

น.ส.อภัสรา ศรีโชค รหัสประจำตัว 34109482


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2537

ภาควิชา วิศวกรรมระบบควบคุม

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง ระบบเตือนภัยและสั่งการทางโทรศัพท์

HOME SECURITY AND INSTRUCTION SYSTEM USING TELTPHONE

ผู้จัดทำ น.ส.ศยามล จิตตินันทน์ รหัสประจำตัว 34107355

น.ส.อภัสรา ศรีโชค รหัสประจำตัว 34109482

ผศ.ดร.วันชัย ริ้วรุจา

(อาจารย์ที่ปรึกษา)

# ระบบเตือนภัยและสั่งการทางโทรศัพท์
# HOME SECURITY AND INSTRUCTION SYSTEM USING TELTPHONE

โดย น.ส.ศยามล จิตตินันทน์ รหัสประจำตัว 34107355
น.ส.อภัสรา ศรีโชค รหัสประจำตัว 34109482

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.วันชัย ริ้วรุจา

**บทคัดย่อ**

โครงงานนี้เป็นการศึกษาเพื่อประยุกต์การใช้งานโทรศัพท์เป็นระบบรักษาความปลอดภัยในบ้าน เพื่อให้ระบบพัฒนาขึ้นสามารถต่อโทรศัพท์ออกไปภายนอกทันทีที่มีผู้บุกรุกหรือเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น เกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ขึ้น โดยโทรแจ้งเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นไปยังหมายเลขปลายทางที่กำหนดไว้โดยอัตโนมัติ นอกจากนี้ยังสามารถโทรศัพท์เข้ามาตรวจสอบสภาวะของประตู หน้าต่าง และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ จากภายนอกได้ และสามารถโทรศัพท์เข้ามาใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ปลายทางให้เปิด-ปิดได้ตามต้องการอีกด้วย ชิ้นงานจะประกอบด้วยส่วนวงจรการทำงาน และส่วนซอฟแวร์ควบคุมการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8031 เป็นตัวควบคุมระบบทั้งหมด

**ABSTRACT**

This project is to apply a telephone to be a home security system , besides it can be used to check the on-off condition of the doors and windows, and can control electrical appliances by calling from a remote telephone. It placees the house under constant surveillance and will report any alarm/intrusion immediatly whenever a breach of security is detected or a potential fire hazard is about to occur. The microcontroller MCS-51 is used to control the whole system to work as we need.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วันชัย ริ้วรุจา เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ อบรมสั่งสอนและให้คำแนะนำมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ อ.เกียรติวรรณ ทรงสัตย์ ที่ให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรมการทำงานของโครงงานนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้มาตลอดระยะเวลา 4 ปี จนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณพี่ๆทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งพี่เอสนะ,พี่จิน, พี่ผึง และพี่ตุ๋ม

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยแนะนำและช่วยเหลือตลอดมา โดยเฉพาะแอ็ค, เกียรติ, เต็ก, เอก และแด็ก ขอขอบคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณน้องๆ ทุกคนที่คอยไถ่ถาม และเอาใจช่วยเสมอมา

ความดีความชอบของโครงงานชิ้นนี้ ขอมอบให้ทุกคนที่กล่าวมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ
## (CONTENT)


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ (ABSTRACT) | I |
| กิตติกรรมประกาศ | II |
| สารบัญภาพ | V |
| สารบัญตาราง | VII |
| บทที่ 1 บทนำ (INTRODUCTION) | 1 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้นประกอบการทำงานของวงจร | 3 |
| 1.ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 | 3 |
| 2.ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์ | 10 |
| 3.สัญญาณพื้นฐานขององค์การโทรศัพท์ | 15 |
| 4.การเข้ารหัสและถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์ระบบ DTMF | 18 |
| บทที่ 3 การออกแบบวงจรและหลักการทำงานของระบบ | 23 |
| - การออกแบบส่วนต่าง ๆ | |
| 1.ส่วนตรวจจับสัญญาณโทรศัพท์ (RINGING DETECTOR) | 23 |
| 2.ส่วนกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง (PULSE GENERATOR) | 24 |
| 3.ส่วนหน่วงเวลา | 24 |
| 4.วงจรส่วนรับโทรศัพท์ | 26 |
| 5.ส่วนตอบกลับสัญญาณโทรศัพท์ (TELEPHONE SOUND GENERATOR) | 26 |
| 6.ส่วนกำเนิดความถี่โทรศัพท์ (TONE GENERATOR) | 27 |
| 7.ส่วนถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (TONE DECODER) | 28 |
| 8.ส่วนกำเนิดเสียงออกลำโพง (SOUND GENERATOR) | 28 |
| 9.ส่วนประมวลผล (CPU) | 29 |
| 10.ส่วนแสดงผล (DISPLAY ELEMENTS) | 29 |
| 11.ส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า (DEVICES) | 30 |
| 12.ส่วนไฟเลี้ยงวงจร (VOLTAGE SOURCE) | 31 |
| 13.ส่วนตรวจสอบความผิดพลาด FAULT DETECTOR) | 31 |
| -วงจรและการทำงาน | 32 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 โปรแกรมการทำงานของวงจร 38
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ 53
บทที่ 6 แนวทางพัฒนาโครงงาน 55
บรรณานุกรม 57
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


| | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ 1 แสดงส่วนต่างๆ ของระบบ | 2 |
| รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของ 8051 | 4 |
| รูปที่ 3 แสดงสถาปัตยกรรมภายในของ 8051 | 6 |
| รูปที่ 4 แสดงไดอะแกรมขาของ 8051 แบบ 8051 | 7 |
| รูปที่ 5 แสดงบล็อคไดอะแกรมของเครื่องรับโทรศัพท์ | 11 |
| รูปที่ 6 แสดงการจัดปุ่มและระบบสัญญาณ | 14 |
| รูปที่ 7 แสดงสัญญาณพื้นฐานในเครื่องชุมสายโทรศัพท์ | 15 |
| รูปที่ 8 แสดงสัญญาณที่ผู้เรียกทำการเรียกผู้รับไม่สำเร็จ | 17 |
| รูปที่ 9 แสดงสัญญาณที่ผู้เรียกทำการเรียกผู้รับสำเร็จ | 17 |
| รูปที่ 10 แสดงลักษณะของสัญญาณทางผู้รับเมื่อถูกเรียก | |
| ก) ทำการวัดสัญญาณทางด้าน AC | 18 |
| ข) ทำการวัดสัญญาณทางด้าน DC | 18 |
| รูปที่ 11 แสดงการทำงานของขาต่างๆ ของ UM95087 | 20 |
| รูปที่ 12 แสดงขาของ MT8880 | 21 |
| รูปที่ 13 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8880 | 22 |
| รูปที่ 14 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณโทรศัพท์ | 23 |
| รูปที่ 15 แสดงวงจรส่วนกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง | 24 |
| รูปที่ 16 แสดงวงจรการหน่วงเวลา | 25 |
| รูปที่ 17 แสดงสัญญาณการหน่วงเวลา | 25 |
| รูปที่ 18 แสดงวงจรส่วนรับโทรศัพท์ | 26 |
| รูปที่ 19 แสดงวงจรส่วนตอบกลับสัญญาณโทรศัพท์ | 27 |
| รูปที่ 20 แสดงส่วนกำเนิดความถี่โทรศัพท์ | 27 |
| รูปที่ 21 แสดงส่วนถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ | 28 |
| รูปที่ 22 แสดงส่วนกำเนิดเสียงออกทางลำโพง | 28 |
| รูปที่ 23 แสดงการติดต่อของส่วนประมวลผลกลาง | 29 |
| รูปที่ 24 แสดงการทำงานของส่วนแสดงผล | 30 |
| รูปที่ 25 แสดงส่วนาควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า | 30 |
| รูปที่ 26 แสดงส่วนไฟเลี้ยงวงจร | 31 |
| รูปที่ 27 แสดงส่วนตรวจสอบความผิดพลาด | 32 |
| รูปที่ 28 แสดงรูปสมบูรณ์ของวงจรทั้งหมด | 37 |
| รูปที่ 29 FLOWCHART แสดงขั้นตอนการตรวจสอบสัญญาณโทรศัพท์ | |


เอกสารนี้ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อรับสายโทรศัพท์ 39
รูปที่ 30 FLOWCHART แสดงการรับสัญญาณโทนของโทรศัพท์เพื่อ
แปลงสัญญาณโทนเป็นดิจิตอล 4 บิท (เลขฐานสิบ) 40
รูปที่ 31 FLOWCHART แสดงการตรวจสอบรหัสผ่านของผู้ใช้
เมื่อรหัสผ่านคือ 123 41
รูปที่ 32 FLOWCHART แสดงการควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ 1 42
รูปที่ 33 FLOWCHART แสดงการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า 7 อุปกรณ์ 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| | หน้า |
|---|---|
| ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของสัญญาณและระบบปุ่ม | 14 |
| ตารางที่ 2 แสดงความถี่ DTMF | 19 |
| ตารางที่ 3 แสดงเอาท์พุทของ MT8880 ที่การกดคีย์หมายเลขต่างๆ | 34 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

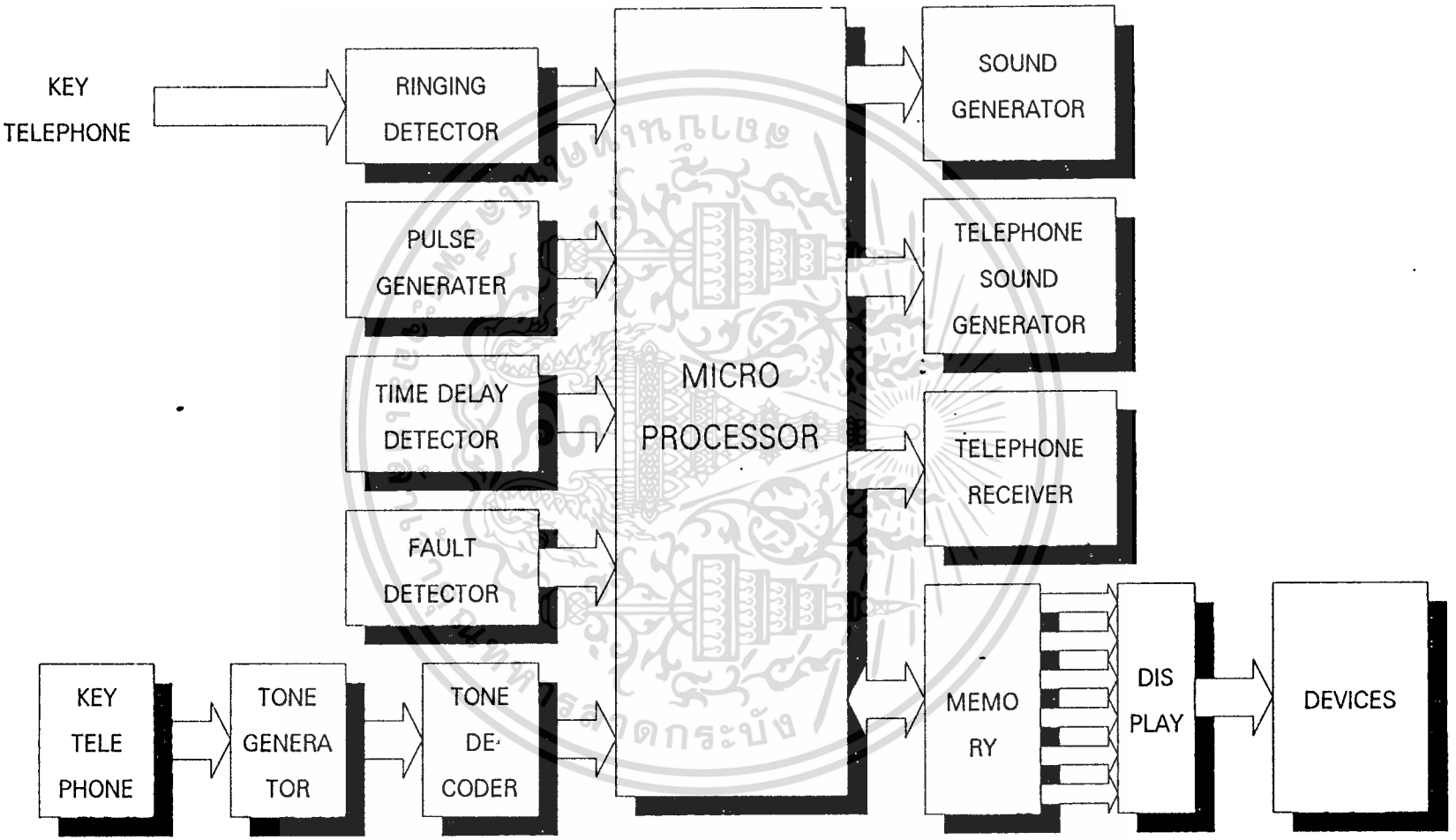
# บทที่ 1
# บทนำ (INTRODUCTION)

ในปัจจุบันนี้วิทยาการและเทคโนโลยีทางด้านต่างๆ มีความเจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว และได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ไม่ว่าเพื่อความอยู่รอดปลอดภัย หรือแม้แต่เพื่อความสะดวกสบายในชีวิตประจำวัน การโทรคมนาคมและการสื่อสารนับเป็นสื่อกลางที่มีบทบาทสำคัญมากในหลายๆ ด้าน ไม่ว่าในวงการธุรกิจ หน่วยราชการ หน่วยงานเอกชน หรือศูนย์กลางการศึกษาใดๆ ก็ตาม

โทรศัพท์เป็นอุปกรณ์ติดต่อสื่อสารที่ใช้กันมากชนิดหนึ่ง ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก เพราะใช้ได้ง่ายและรวดเร็ว แต่เดิมโทรศัพท์ใช้เพียงเพื่อติดต่อสื่อสารระหว่างบุคคลเพียงอย่างเดียว แต่ปัจจุบันยังมีบริการพิเศษต่างๆ อีกด้วย เช่น บริการเรียกซ้ำอัตโนมัติ บริการประชุมทางโทรศัพท์ บริการจำกัดการเรียกออก เป็นต้น วัตถุประสงค์ของการศึกษาโครงงานนี้ เนื่องจากเห็นว่าโทรศัพท์น่าจะใช้งานได้มากกว่าเพียงแค่ติดต่อสื่อสารระหว่างบุคคล ซึ่งจะใช้ประโยชน์จากโทรศัพท์เพิ่มขึ้นได้คือ การใช้เพื่อควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าจากระยะไกล โดยติดต่อผ่านทางโทรศัพท์ สามารถสั่งการเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ปลายทางให้เปิด-ปิดได้ตามต้องการ

โครงงานนี้ประกอบด้วยส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนวงจรการทำงาน(Hardware) และส่วนวงจรการทำงาน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller)ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8031 เป็นตัวควบคุมระบบทั้งหมด ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 1 แสดงส่วนต่างๆ ของระบบ

# บทที่ 2
# ทฤษฎีเบื้องต้นประกอบการทำงานของวงจร

## 1.ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว (Single Chip Microcontroller) คือไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดเล็กโดยบรรจุไว้ในแผงวงจรรวม (Integrated Circuit) เพียงชิพเดียว เหมาะสำหรับใช้ในการควบคุมระบบอัตโนมัติเป็นอย่างมาก เพราะผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้อย่างสะดวกตามต้องการ และไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 นี้ยังมีโครงสร้างและชุดคำสั่งที่แตกต่างกันเล็กน้อย ทำให้สามารเลือกเบอร์ที่เหมาะสมกับการใช้งานได้อย่างดีที่สุด

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีข้อดีดังนี้

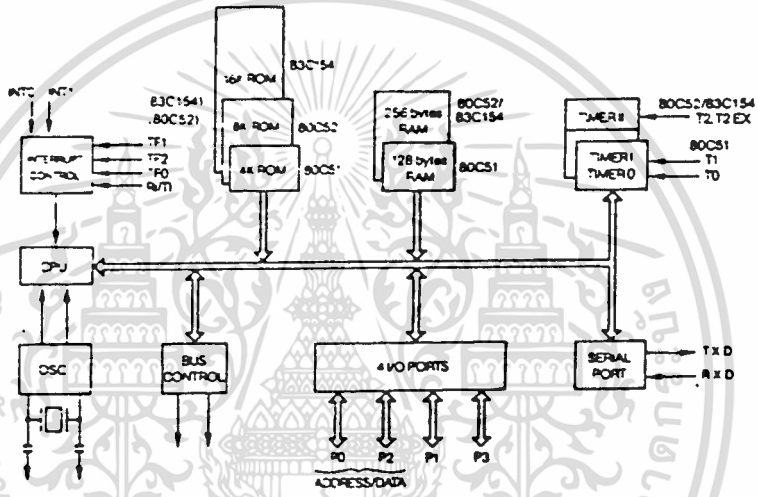
- สามารถนำข้อมูลมา AND, OR หรือทำ Complement ได้ทั้งแบบทีละ 8 บิท และ 1 บิท
- สามารถใช้กับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม (Program Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บชุดคำสั่งที่จะให้ MCS-51 ทำงานได้สูงสุด 64 กิโลไบท์ ทำให้เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้มาก
- สามารถต่อกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูล (Data Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลในระหว่างการทำงานของโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบท์
- มีพอร์ทแบบขนาน (Parallel Port) สำหรับข้อมูลเข้าและออกจำนวน 32 บิท โดยที่ข้อมูลแต่ละบิทเป็นอิสระต่อกัน
- มีวงจร Timer/Counter ขนาด 16 บิท 2 ชุด (8052 มี 3 ชุด) ที่ทำงานในโหมดต่างๆ ได้ถึง 4 โหมด
- มี Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) สำหรับรับ-ส่งข้อมูลอนุกรม (Serial) แบบ Full Duplex ที่สามารถเลือกรูปแบบการรับ-ส่งข้อมูลได้ 4 แบบ
- มีแหล่งกำเนิดสัญญาณขอขัดจังหวะการทำงานของโปรแกรม (Interrupt Request Signal) 6 แหล่ง ที่สามารถทำการกระโดดไปทำงานตอบสนองการขัดจังหวะ (Interrupt Service Routine) ได้ต่างๆ กันถึง 5 ตำแหน่ง
- สามารถเลือกการทำงานให้อยู่ในโหมดของ Idle และ Power Down ซึ่งจะประหยัดการใช้กำลังไฟในการทำงาน

ซึ่งจะเห็นว่าจากคุณสมบัติต่างๆของMCS-51 ทำให้นิยมนำมาใช้ในระบบควบคุมอัตโนมัติเป็นอย่างมาก ต่อไปนี้จะขอกล่าวถึง MCS-51 โดยเรียกว่า 8051 เพื่อความสะดวกในการอธิบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**โครงสร้างของ 8051**

ภายใน 8051 ประกอบด้วย GATE ต่างๆ เช่น AND, OR, NOT ซึ่ง GATE เหล่านี้จะถูกนำเอามาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง (Instruction Decoder),วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Clock Signal Generator) โครงสร้างภายในของ 8051 จะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ดังในรูปที่ 2




รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของ 8051

รูปที่ 2 เป็นโครงสร้างใหญ่ๆ ของ 8051 เนื่องจากลักษณะของ 8051 เป็นคอมพิวเตอร์จึงประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ

ส่วนที่ 1 คือ CPU (Central Processing Unit) หรือตัวประมวลผล ส่วนนี้จะมีวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่าวงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ, อุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออกจากตัว 8051 ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ (Interrupt Control) และส่วนควบคุมบัส (Bus Control) ก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย การสร้างสัญญาณควบคุมจากส่วน CPU นี้จะทำการสร้างสัญญาณโดยการถอดรหัสคำสั่ง (Instruction) ตามที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ทุกๆ ส่วนในวงจรทำงานประสานกัน (Synchronize) อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน CPU นี้ยังประกอบด้วยส่วนย่อยอีกส่วนที่เรียกว่าส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit) ส่วนนี้จะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลเช่น การบวก, ลบ, คูณ หรือหารข้อมูล แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ หรือหน่วยความจำที่ต้องการ

ส่วนที่ 2 คือ หน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจดจำข้อมูล การเอาข้อมูลไปเก็บในหน่วยความจำเรียกว่าการเขียน (Write) ข้อมูล และการเอาข้อมูลออกจากหน่วยความจำจะเรียกว่าการอ่าน (Read) ข้อมูล ซึ่งไม่ว่าจะเขียนหรืออ่านต้องรู้ตำแหน่งของหน่วยความจำหรือแอดเดรส (Address) ก่อน แต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลได้ค่าเดียวเท่านั้น ในไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไปรวมทั้ง 8051 ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะมีค่าได้เพียง 8 หลักของเลขฐานสอง (8 บิทเท่ากับ 1 ไบท์) ดังนั้นแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 0 ถึง 255 แต่จำนวนตำแหน่งที่จะเก็บข้อมูลได้ขึ้นกับไมโครโปรเซสเซอร์แต่ละเบอร์

ส่วนที่ 3 อุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุท (Input/Output Device) เป็นส่วนที่จะใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือออกจาก 8051 ทำให้ 8051 ติดต่อกับภายนอกได้ จากรูปที่ 2 อุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุทได้แก่ 4 I/O Port, Timer 0, Timer 1, Serial Port การทำงานของแต่ละส่วนมีดังนี้

1.4 I/O Port คือที่ใช้รับ-ส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าหรือออกจากตัว 8051 พอร์ทมีทั้งหมด 4 พอร์ท โดยแต่ละพอร์ทจะรับ-ส่งข้อมูลได้ 8 บิท มีพอร์ท P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ทจะใช้ทำงานได้มากกว่า 1 หน้าที่ เช่น พอร์ท P0 และ P2 จะใช้สำหรับการส่งค่าตำแหน่ง (Address) ของหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อ และพอร์ท P0 จะใช้รับ-ส่งข้อมูลเมื่อติดต่อกับหน่วยความจำได้ด้วย แต่สิ่งเหล่านี้ไม่ได้เกิดในเวลาเดียวกัน จะใช้วิธีทำงานตามลำดับ โดยควบคุมจากสัญญาณควบคุม (Control) ที่ถอดรหัสมาจากแต่ละคำสั่งที่ให้คอมพิวเตอร์ทำงานนั่นเอง และสัญญาณทั้งหมดจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกา

2.Timer 0 และ Timer 1 เป็นวงจรนับที่สามารถกำหนดให้ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก 8051 หรือจำนวนไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาภายใน 8051 ก็ได้ ค่าจากการนับจะถูกอ่านหรือตั้งค่าเริ่มต้นของการนับได้โดย CPU

3.Serial Port หรือพอร์ทอนุกรม CPU จะอ่านและเขียนข้อมูลกับ Serial Port เป็นแบบ 8 บิท แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก 8051 เรียงไปทีละบิทออกจากขา TXD และในการรับข้อมูลเข้าก็จะรับเข้ามาทีละบิททางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิท เพื่อให้ CPU อ่านไปใช้งานต่อไป

**การจัดการหน่วยความจำของ 8051**

หน่วยความจำของ 8051 แบ่งออกไว้เป็น 2 แบบตามลักษณะการใช้งานคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

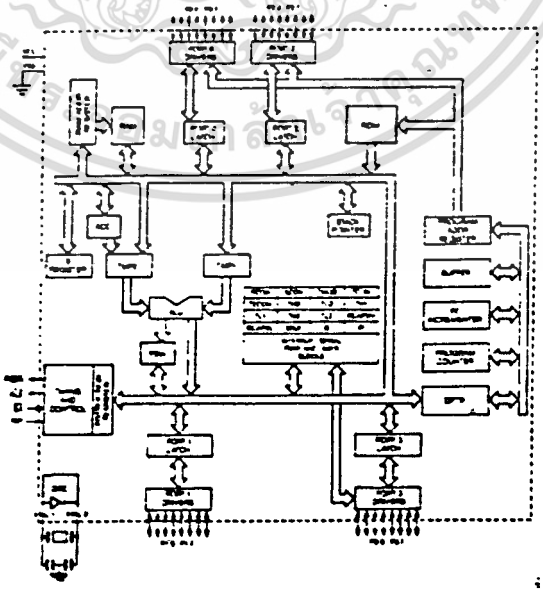
1) Program Memory เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่ง เมื่อ 8051 ทำงานก็จะอ่านข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำประเภทนี้เข้าไปถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมส่วนอื่นๆ ตามการทำงานของแต่ละคำสั่งนั้น หน่วยความจำประเภทนี้ต้องเป็นแบบ Read Only Memory (ROM) และผู้ใช้ต้องเขียนข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นรหัสภาษาเครื่องของ 8051 ตามลำดับการทำงานที่ต้องการ

8031 จะไม่มี ROM อยู่ภายใน ผู้ใช้จะต้องเลือกการใช้งาน Program Memory ที่อยู่ภายนอกวงจรรวมทั้งหมด 64 กิโลไบท์

2) Data Memory เป็นหน่วยความจำที่ 8051 ใช้สำหรับพัก, เก็บข้อมูล แล้วเรียกมาใช้ใหม่ในระหว่างการทำงานของ 8051 หน่วยความจำประเภทนี้เป็นประเภท Random Access Memory (RAM) ถ้าปิดเครื่องหรือไม่จ่ายไฟให้แก่ RAM แล้วข้อมูลที่อยู่ภายในจะสูญหายไป

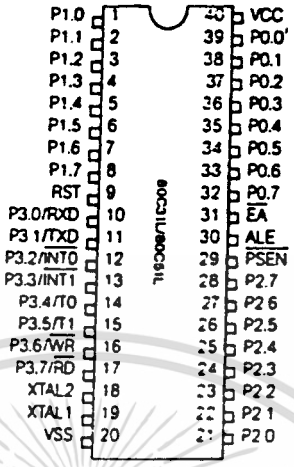
สถาปัตยกรรมของ 8051

สถาปัตยกรรมภายในของ 8051 แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งจะอธิบายส่วนย่อยๆ ของภายใน 8051 เพียงชิพเดียว และสัญญาณจากภายในจะต่อสู่ภายนอกทางขา (Pin) ของ 8051 ที่มีอยู่ 40 ขา ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 สถาปัตยกรรมภายในของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4 ไดอะแกรมขาของ 8051 แบบ DIP

8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่บรรจุอยู่ในวงจรรวมแบบ Dual Inline Package (DIP) ซึ่งแต่ละข้างของ 8051 มีขาอยู่ข้างละ 20 ขา รวมทั้งหมด 40 ขา จะใช้งานต่างๆ กันดังนี้คือ

Vcc - ขา 40 เป็นขาที่ต้องป้อนไฟเลี้ยง +5 โวลต์เข้าไปเพื่อให้วงจรรวมทำงานได้ ระดับโวลเตจของลอจิก 0 และ 1 ของ 8051 จึงต่อเข้ากับอุปกรณ์ลอจิกแบบ TTL ได้โดยตรง

Vss - ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกับกราวด์ (Ground) ของแหล่งจ่ายไฟ การต่ออุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องมีกราวด์ของอุปกรณ์ต่อเข้าด้วยกัน

Port 0 - เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิท อยู่ที่ขา 39 ถึง 32 เริ่มจาบิท 0 ถึงบิท 7 ตามลำดับ แต่ละขาจะเขียนว่า P0.0, P0.1,..., P0.7 โดยที่ P0.7 หมายถึงบิท 7 ของพอร์ท 0 ซึ่งเป็นบิทที่มีนัยสำคัญสูงสุด (Most Significant) และ P0.0 คือ บิท 0 ของพอร์ท 0 เป็นบิทที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (Least significant) พอร์ท 0 นี้ใช้ได้ทั้งการรับส่งตำแหน่งและข้อมูลกับหน่วยความจำ หรือใช้เป็นพอร์ทรับ-ส่งข้อมูลก็ได้ ข้อมูลที่ส่งออกทางพอร์ท 0 จะถูกแลทช์ไว้ที่ขาของพอร์ท

Port 1 - เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิท คือขา P1.0 ถึง P1.7 (ขา 1-8) P1.0 หมายถึงบิท 0 ของพอร์ท 1 ซึ่งเป็นบิทที่มีนัยสำคัญต่ำสุด และบิท P1.7 หมายถึงบิทที่ 7 ของพอร์ท 1 ซึ่งเป็นบิทที่มีนัยสำคัญสูงสุด พอร์ท 1 นี้ จะใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับ-ส่งข้อมูลเท่านั้น ข้อมูลที่ส่งออกมาทางพอร์ท 1 จะถูกแลทช์ไว้แล้วส่งออกไปทางแต่ละขาของพอร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Port 2 - เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิท คือขา P2.0 ถึง P2.7 (บิท 0 ถึง บิท 7 ของพอร์ท 2) พอร์ท 2 จะใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อ ซึ่งเป็นค่า 8 บิทบนของตำแหน่ง และใช้เป็นพอร์ทรับและส่งข้อมูลกับภายนอก

Port 3 - คือขา P3.0 ถึง P3.7 หรือขา 10-17 ตามลำดับ ซึ่งพอร์ท 3 นี้นอกจากจะใช้รับ-ส่งข้อมูลแล้วยังสามารถใช้ในการทำงานอื่นได้อีก ซึ่งแต่ละบิทของพอร์ท 3 จะมีฟังก์ชันอื่นดังนี้

P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1/TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3 2/INT0 (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3 3/INT1 (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.4/T0 (Timer/Counter 0 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยังวงจร Timer/Counter 0 ที่ทำหน้าที่นับจำนวนไซเคิลของสัญญาณ T0 หรือสัญญาณนาฬิกาก็ได้

P3.5/T1 (Timer/Counter 1 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยัง Timer/Counter 1 ซึ่งมีการทำงานเหมือนกับ T0

P3.6/WR (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลจากภายนอก 8051

P3.7/RD (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

RST - ขารีเซทขานี้จะใช้ทำการรีเซทการทำงานของ 8051 ให้มีการเริ่มต้นทำงานใหม่

ALE - เป็นขาที่ใช้ส่งสัญญาณออกไปภายนอกเพื่อควบคุมการแลทช์ค่าแอดเดรสไบท์ต่ำจากพอร์ท 0 ในระหว่างติดต่อหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมหรือข้อมูลภายนอก ปกติถ้าไม่มีการติดต่อกับหน่วยความจำ ขานี้จะส่งสัญญาณที่มีความถี่ 1/6 เท่าของสัญญาณนาฬิกาจากออสซิเลเตอร์ ดังนั้นเราจึงสามารถใช้ความถี่ที่ได้จากขานี้ไปใช้งานอย่างอื่นได้ แต่ความถี่ที่ขานี้จะลดลงครึ่งหนึ่งในระหว่างการติดต่อกับหน่วยความสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิพ

PSEN - เป็นขาที่ 29 ใช้ส่งสัญญาณสโตรบเมื่อต้องการอ่านคำสั่งที่จะนำไปทำงานมาจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก 8051 ในกรณีที่อ่านคำสั่งซึ่งเก็บในหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายใน จะไม่มีการส่งสัญญาณออกมาจากขานี้

EA - เป็นขาสำหรับเลือกให้ 8051 ทำงานจาก โปรแกรมที่อยู่ภายในหรือภายนอกชิพ ถ้าที่ขานี้มีลอจิกเป็น 0 หมายถึงใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมภายนอก ถ้าลอจิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น 1 ให้ 8051 ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมภายในชิพ สำหรับเบอร์ 8031 ไม่มีหน่วยความจำภายใน จึงให้ต่อขานี้ลงกราวด์เสมอ

XTAL1 - ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุทเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

XTAL2 - ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาท์พุทออกจากวงจรออสซิลเลเตอร์

**รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ**

รีจิสเตอร์ในกลุ่มรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register;SFR) เป็นรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเฉพาะ คือข้อมูลที่ถูกนำไปเก็บในรีจิสเตอร์เหล่านี้จะมีความหมายเฉพาะตัวของรีจิสเตอร์ แต่การอ้างอิงจะถือเสมือนว่าเป็นหน่วยความจำตำแหน่งหนึ่ง รีจิสเตอร์เหล่านี้ มีดังนี้

ACC (Accumulator)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิททำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยทำงานภายในซีพียูและเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานนั้น การทำงานของรีจิสเตอร์นี้ มีลักษณะเช่นเดียวกับตัวแอคคิวมูเลเตอร์ของโปรเซสเซอร์ทั่วไป

B Register

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท ที่ใช้สำหรับคำสั่งการคูณและหารตัวเลข ในกรณีที่ไม่ได้ใช้ทางด้านคณิตศาสตร์ ก็สามารถนำไปใช้เช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ทั่วไปได้

PSW (Program Status Word)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท ที่ทำหน้าที่บอกถึงแฟล็กสภาวะการทำงานต่างๆ รวมทั้งบิทสำหรับการกำหนดเลือกแบงค์ (Bank) ของรีจิสเตอร์ที่ใช้งานด้วย

SP (Stack Pointer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท ทำหน้าที่เก็บตำแหน่งแอดเดรสหน่วยความจำของบริเวณที่ใช้งานเป็นสแต็ก (stack) สำหรับเก็บข้อมูลแอคคิวมูเลเตอร์ รีจิสเตอร์ต่างๆ รวมทั้งข้อมูลจากโปรแกรม

DPTR (Data Pointer Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท และสามารถใช้งานแยกเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท จำนวน 2 ตัว คือ รีจิสเตอร์ DPH และ DPL เพื่อเก็บค่าแอดเดรสของหน่วยความจำ หรืออุปกรณ์ที่จะต้องใช้งานภายในโปรแกรม การใช้รีจิสเตอร์ DPTR นี้นับว่ามีประโยชน์ เนื่องจากทำให้หน่วยประมวลผลกลางสามารถใช้เทคนิคของการแอดเดรสแบบทางอ้อมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
034842

SBUF (Serial Data Buffer)

รีจิสเตอร์นี้มีขนาด 8 บิท สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมทั้งการรับและส่งข้อมูล ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วบัฟเฟอร์นี้มีอยู่ด้วยกันสองชุด และแยกจากกันอย่างชัดเจน สำหรับการส่งและการรับ โดย CPU จะทำการจัดการเลือกบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมให้โดยอัตโนมัติ

SCON (Serial Port Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท ใช้สำหรับควบคุมการส่งและรับข้อมูลผ่านทางพอร์ทอนุกรม โดยสามารถเลือกได้ถึง 4 โหมด ซึ่งแต่ละบิทจะมีความหมายในการควบคุมการทำงานต่างๆ กัน

TMOD (Timer/Counter Mode Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิทที่มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของ Timer 0 และ Timer 1 โดยการเซทค่าที่แต่ละบิทของรีจิสเตอร์นี้ โดยสามารถเลือกให้ทำงานเป็น Timer หรือ Counter และยังสามารถเลือกโหมดการทำงานได้ถึง 3 โหมด

TCON (Timer Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท ที่ใช้ควบคุมการทำงานและบอกสภาวะของ Timer 0 และ Timer 1 ซึ่งทำโดยการเซทค่าที่บิทต่างๆ ของรีจิสเตอร์

IE (Interrupt Enable Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท ที่ใช้ควบคุมการตอบสนองการอินเทอร์รัปท์ โดยสามารถกำหนดการให้ตอบสนองหรือไม่ตอบสนองการอินเทอร์รัปท์ต่อสัญญาณอินเทอร์รัปท์ของพอร์ทสื่อสารอนุกรม, ไทม์เมอร์ 1 (เมื่อเกิด overflow), ไทม์เมอร์ 0 (เมื่อเกิด overflow) และการอินเทอร์รัปท์จากภายนอก

IP (Interrupt Priority Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท ที่แต่ละบิทนั้นใช้สำหรับกำหนดความสำคัญของการอินเทอร์รัปท์

PCON (Power Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมหน้าที่การทำงานในสามลักษณะ ซึ่งได้แก่ การควบคุมการทำงานของโปรเซสเซอร์ การกำหนดอัตราการทวีคูณของอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม และแฟล็กสภาวะสำหรับการใช้งานทั่วไป

## 2.ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่สำคัญที่ผู้ใช้มีในระบบโทรศัพท์คือ เครื่องใช้โทรศัพท์ (Subscriber set) อุปกรณ์โทรศัพท์จะมีหน้าที่สร้างสัญญาณส่งไปยังชุมสาย (Dialing) เพื่อให้ชุมสายทราบถึงหมายเลขที่กำลังติดต่อ ส่วนสัญญาณกระดิ่ง (Ringing) ส่วนส่ง (Transmitting) และส่วนรับ (Receiving) ซึ่งส่วนทั้งหมดนี้จะอยู่ที่ผู้ใช้อุปกรณ์โทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์จะประกอบด้วยองค์ประกอบหลักใหญ่ๆ 7 องค์ประกอบด้วยกัน คือ

1.ส่วนรับ (Receiver)

2.ส่วนส่ง (Transmitter)

3.สปีช เนทเวิร์ค (Speech network)

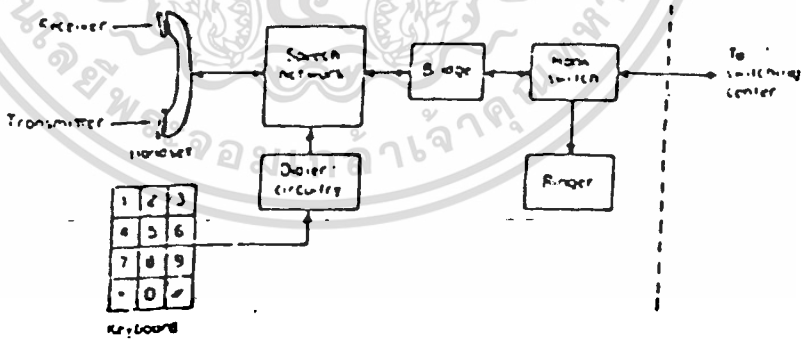
4.ฮุค สวิทช์ (Hook switch)

5 สัญญาณกระดิ่ง (Ringing)

6 ไดอัลเลอร์ (Dialer)

7.วงจรแปลงสัญญาณไฟตรง (Bridge Rectifier)

Block DiaGram ในรูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงการต่อร่วมกันขององค์ประกอบหลักทั้ง 7 ชนิดภายในเครื่องโทรศัพท์




รูปที่ 5 แสดง block diagram ของเครื่องรับโทรศัพท์

ตำแหน่งของส่วนส่งและส่วนรับ ปกติจะติดอยู่ที่ตัวพูด-หูฟัง (Handset) ของเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งในส่วนส่งจะมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้า (Electrical Signal) ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกส่งไปที่สวิทชิ่งเซ็นเตอร์ (Switching Center) แต่สำหรับส่วนรับมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณเสียง สัญญาณที่ส่วนรับนั้นจะประกอบด้วยสัญญาณแถบความถี่เสียง(Voiceband

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Signal) จากสวิทชิ่งเซ็นเตอร์ และจะคอยลดทอนการป้องกันกลับจากส่วนส่ง สำหรับ Speech Network จะมีหน้าที่แยกสัญญาณส่งและรับภายในเครื่องโทรศัพท์ ดังนั้นสัญญาณทั้งหมดระหว่างสวิทชิ่งเซ็นเตอร์และเครื่องรับโทรศัพท์ อาจจะส่งไปในไปสายคู่เดียวกันได้

ชุดสวิทช์มีอยู่ 2 สภาวะคือ ออน-ฮุค หรือ ออฟ-ฮุค ทั้ง 2 สภาวะนี้ขึ้นอยู่กับว่า สัญญาณว่าง (Idle) หรือใช้งาน (Busy) ตามลำดับ ในสภาวะออฟฮุค ปกติจะทำงานก็ต่อเมื่อเรายกหู เมื่อยกหูกระแสที่ส่งจะบอกให้อุปกรณ์สวิทชิ่งเซ็นเตอร์รับรู้ว่าอยู่ในสภาวะออฟ-ฮุค สวิทชิ่งเซ็นเตอร์จะปิดกั้นสัญญาณกระดิ่ง(Ringing Signal) และเตรียมรับสัญญาณแมวกรน (Dial Signal) ฮุคสวิทช์จะต่อสายโทรศัพท์เข้ากับกระดิ่งเมื่ออยู่ในสภาวะออน-ฮุค และต่อสายโทรศัพท์กับสปีช เนทเวิร์คในสภาวะออฟ-ฮุค

ในสภาวะออฟ-ฮุค วงจรโทรศัพท์จะรับ DC Bias จาก Power Supply ที่สวิทชิ่งเซ็นเตอร์ ส่วนสภาวะออน-ฮุคจะปรากฏสัญญาณกระดิ่ง เมื่อมีผู้เรียกมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ประมาณ 80 Vrms และ 20-30 Hz ซึ่งปกติจะถูกสร้างสัญญาณขึ้นที่สวิทชิ่งเซ็นเตอร์ และถูกส่งมาทำให้สัญญาณกระดิ่งในเครื่องโทรศัพท์ทำงาน

มีอยู่ 2 วิธีที่จะใช้ส่งไดอัลไปที่สวิทชิ่งเซ็นเตอร์ คือ

1.สร้างพัลซ์ (Pulse generation)

2.สร้างโทน (Tone generation)

ไดอัลแบบหมุน (Rotate-type Dialers) จะสร้างพัลส์ส่งไปตามสาย และพัลส์จะถูกส่งไปและนับที่สวิทชิ่งเซ็นเตอร์

Tone Dialer จะสร้างเสียงที่เกิดจากการร่วมกันของความถี่ที่แตกต่างกัน

สวิทชิ่งเซ็นเตอร์สำหรับผู้ใช้โทรศัพท์คือ Central Office ซึ่ง Central Office นี้จะต่อรวมเป็นกลุ่มในเขตหรือเส้นทาง เพื่อความเหมาะสมของสวิทชิ่งเซ็นทรัล เราต้องจัดลำดับของสวิทชิ่งเซ็นเตอร์ในการต่อร่วมกันของ Central center ทั้งหมด ซึ่งรวมไปถึงการต่อร่วมกันระหว่างผู้ใช้กับผู้เรียก ซึ่งปกติจะเลือกเส้นทางผ่านลำดับของ Toll Trunk ที่ต่ำที่สุด ระหว่างเครื่องโทรศัพท์และ Central Office อาจมีรีโมท คอนเซ็นเตเตอร์และตู้ชุมสายส่วนตัว (PABXs) คอนเซ็นเตเตอร์มีหน้าที่ลดการเชื่อมต่อระหว่างทุกๆ คู่สายกับ Central Office โดยวิธีการ multiplexing และรูปแบบของ Trunk sharing

ตู้ชุมสายสาขาส่วนตัวทำหน้าที่เหมือนสวิทชิ่งเซ็นเตอร์ สำหรับผู้ใช้โทรศัพท์กลุ่มย่อย เช่น ภายในสำนักงานธุรกิจจะมีตู้ไว้สำหรับใช้ในบริษัท ซึ่งตู้นี้จะต่อกับ Central Office โดยผ่าน Analog หรือ Digital Trunk

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**เครื่องโทรศัพท์หน้าปัดแบบกดปุ่ม (Push-Botton Dial Telephone Set)**

1.ระบบหน้าปัดกดปุ่ม

ในระบบสวิทช์ สัญญาณเรียกของผู้เช่า (Subscriber's address signal) เป็นสัญญาณจังหวะไฟตรงที่เท่ากับจำนวนครั้งของการหมุนของหน้าปัด เพื่อให้แผงสวิทช์ทำงาน

จากการพัฒนาด้านแผงสวิทช์อิเลคทรอนิคส์ เราจึงมีระบบสัญญาณหลายความถี่ (multifrequency signal system) ขึ้น ระบบมีลักษณะดังนี้

(1) เวลาของการหมุนของหมายเลขได้ลดลงมาก

(2) การหมุนหมายเลขง่ายกว่า

(3) สามารถเพิ่มปุ่มกดอื่นนอกจากปุ่มกดหมายเลข เพื่อส่งสัญญาณบริการประเภทอื่นได้ด้วย

(4) เราใช้สัญญาณความถี่ของเสียง (voice frequency signal) ซึ่งสามารถส่งระหว่างสถานีได้และสามารถนำไปใช้งานได้หลายอย่าง

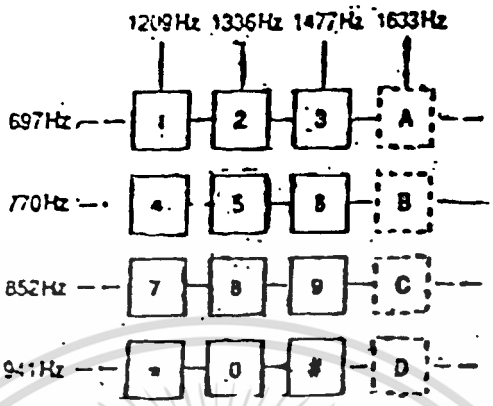
2 ระบบสัญญาณ

เครื่องโทรศัพท์ที่มีหน้าปัดเป็นแบบกดปุ่มและใช้กรรมวิธีของ Dual Tone Multi-Frequency (DTMF) ในการส่งเลขหมายโทรศัพท์นั้น โดยทั่วไปหน้าปัดจะมี 12 ปุ่ม โดยแบ่งเป็น 4 rows และ 3 columns และในเครื่องโทรศัพท์บางแบบอาจจะมีปุ่มถึง 16 ปุ่ม โดยเพิ่ม column ที่ 4 ขึ้นมาอีก ดังแสดงตามรูปที่ 6

ความถี่ที่ใช้ในแต่ละ row และ column จะมีความถี่ต่างกัน ความถี่ของทั้ง 4 rows เรียกว่าเป็นกลุ่มความถี่ต่ำ และความถี่ของทั้ง 3 columns ว่ากลุ่มของความถี่สูง การกดปุ่มที่เลขหมายใดๆ จะทำให้วงจรอิเลคทรอนิคส์ภายในเครื่องโทรศัพท์ผลิตความถี่ออกมา 2 ความถี่ เช่น เมื่อกดเลข 5 ความถี่ที่ผลิตออกมาคือ 770 Hz และ 1336Hz เป็นต้น

3.ข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม (DTMF DIALING) คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 6 แสดงการจัดปุ่มและระบบสัญญาณ

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของสัญญาณและระบบปุ่ม

(1) สามารถลดเวลาในการหมุนเลขหมายลงได้ ทำให้มีผลคือเวลาเฉลี่ยที่ใช้โทรศัพท์แต่ละครั้ง (holding time) ลดลง ซึ่งทำให้ชุมสายโทรศัพท์สามารถรับ traffic ได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) สามารถใช้วงจรทาง solid state electronics ทนอุปกรณ์ทางด้าน mechanic จึงทำให้มีความรวดเร็วและแม่นยำในการส่งเลขหมาย

(3) สามารถเพิ่มปุ่มกดขึ้นได้อีก 4 ปุ่ม (column ที่ 4) เพื่อใช้ในการส่งสัญญาณการบริการประเภทอื่นๆ

(4) มีความเหมาะสมที่จะใช้กับชุมสายระบบ stored program control

3.สัญญาณพื้นฐานขององค์การโทรศัพท์

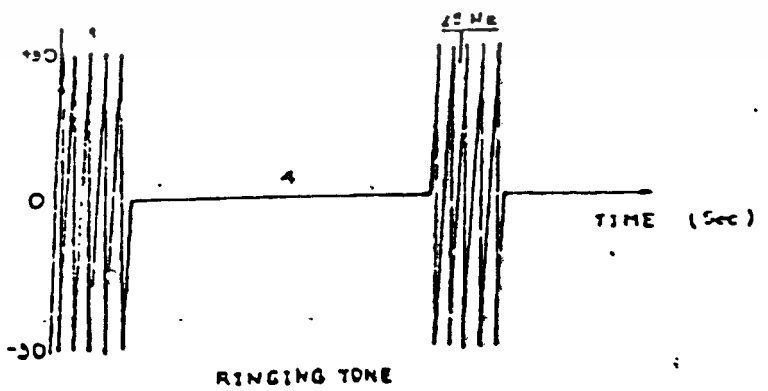
สัญญาณสมาชิก (Subscriber Signal) คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งต่อสมาชิกต่างๆ ว่าควรจะทำอย่างไร เมื่อได้ยินสัญญาณนี้ ประกอบด้วย

1.สัญญาณให้หมุน (DT:Dial Tone) ใช้เพื่อแสดงให้สมาชิกรู้ว่าให้กดปุ่มเลขหมายผู้รับได้ เป็นสัญญาณต่อเนื่อง 400 Hz modulated ด้วยความถี่ประมาณ 50 Hz แบบ AM

2.สัญญาณไม่ว่าง (BT:Busy Tone) ใช้เพื่อเตือนผู้เรียกว่าผู้รับไม่ว่าง ควรวางหูก่อนสักระยะหนึ่งแล้วจึงเริ่มเรียกใหม่ เป็นสัญญาณ 400 Hz ช่วงเวลาของการส่งประมาณ 0.5 วินาที เงียบ 0.5 วินาที

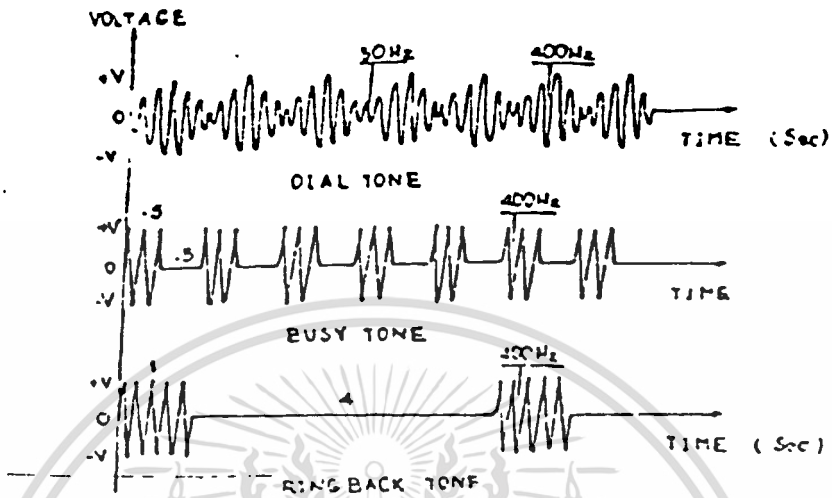
3.สัญญาณเรียกกลับ (RBT:Ringing Back Tone) ใช้เมื่อการต่อทุกขั้นตอนตามความประสงค์ของผู้เรียกมายังผู้รับ เครื่องชุมสายโทรศัพท์ดำเนินการต่อสำเร็จจะแจ้งให้ผู้เรียกรู้ว่าการเรียกสำเร็จ เป็นสัญญาณ 400 Hz ช่วงเวลาการส่งประมาณ 1 วินาที เงียบประมาณ 4 วินาที

4.สัญญาณกริ่งเรียก (RGT:Ringing Tone) ใช้เมื่อมีการต่อทุกขั้นตอนตามความประสงค์ของผู้เรียกมายังผู้รับ เครื่องชุมสายโทรศัพท์ดำเนินการต่อสำเร็จด้วยกริ่งเรียกผู้รับมาตอบการเรียกเป็นสัญญาณ 25 Hz ช่วงเวลาการส่งและเงียบเช่นเดียวกับสัญญาณเรียกกลับ




**รูปที่ 7 แสดงสัญญาณพื้นฐานในเครื่องชุมสายโทรศัพท์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 7 (ต่อ) แสดงสัญญาณพื้นฐานในเครื่องโทรศัพท์

**ระบบการต่อของเครื่องชุมสายโทรศัพท์และสัญญาณที่คู่สายโทรศัพท์**

-ระบบต่อด้านผู้เรียก

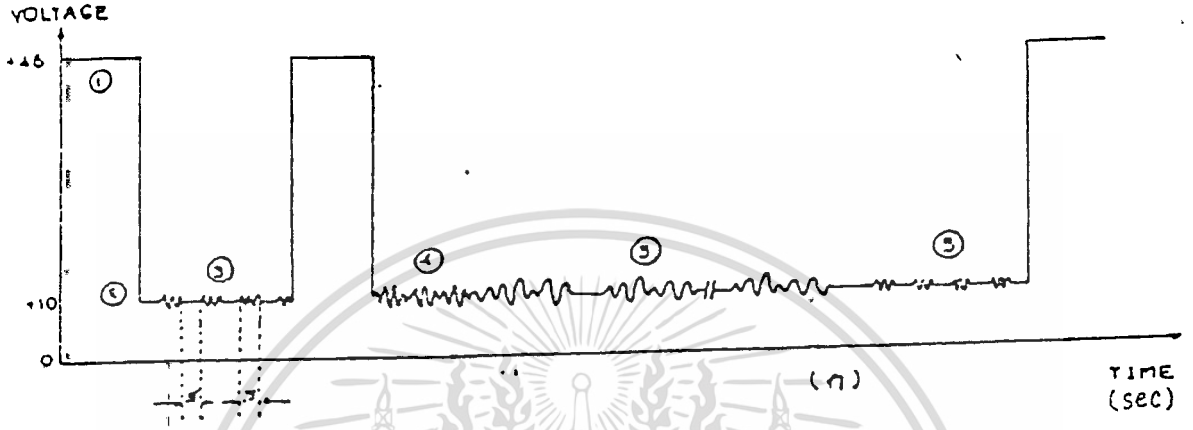
เมื่อผู้เรียกยกหูขึ้นเพื่อจะทำการเรียก จะทำให้ DC Voltage ที่คู่สายโทรศัพท์เปลี่ยนจาก 48 โวลต์ เป็น 10 โวลต์ เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะรู้ว่าเป็นการเริ่มต้นการเรียก ก็จะส่งสัญญาณให้หมุนไปยังผู้เรียก ( ถ้าไม่ว่าง ก็จะส่งสัญญาณไม่ว่างไปยังผู้เรียก ทำให้ผู้เรียกวางหู และเริ่มทำการเรียกใหม่ ) เมื่อผู้เรียกได้ยินสัญญาณให้หมุน ก็จะทำการกดหมายเลขของผู้รับปลายทางเป็นสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ วงจรคู่สายของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ก็จะทำการแปลงรหัสและปฏิบัติการพร้อมกันนั้นเครื่องชุมสายโทรศัพท์จะตัดสัญญาณให้หมุนทันทีที่รับสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ ที่กดหมายเลขตัวแรก

เมื่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์รับหมายเลขของผู้รับ ก็จะทำการแปรตัวเลขระบุจากปลายทางจากรหัสชุมสายที่กดหมายเลขมา เมื่อรู้ตำแหน่งของผู้รับแล้ว เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะจองผ่านระหว่างผู้เรียกและผู้รับ แล้วส่งสัญญาณกริ่งเรียกกลับไปยังผู้เรียก และในขณะเดียวกัน วงจรคู่สายส่งสัญญาณกริ่งเรียกไปยังผู้รับ

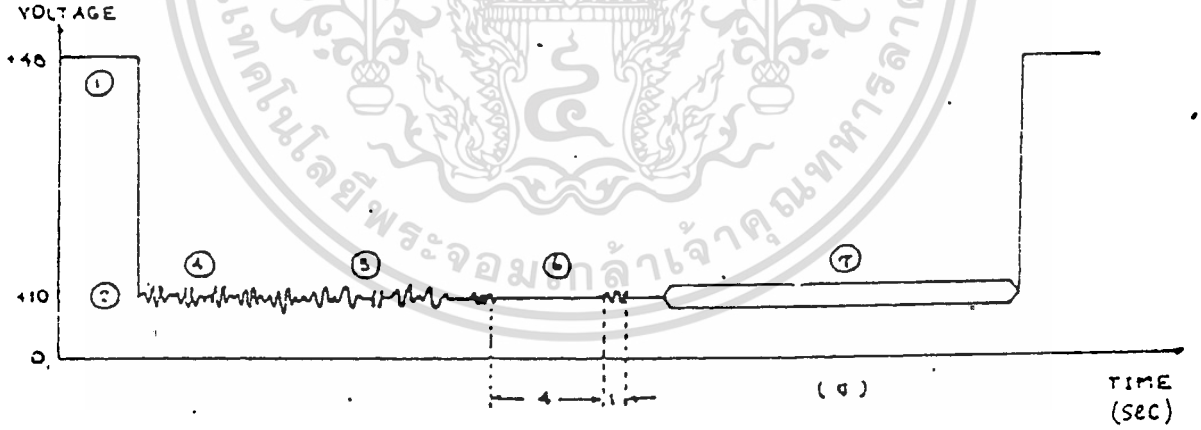
เมื่อผู้รับมาตอบรับการเรียก สัญญาณตอบรับจะถูกส่งไปยังเครื่อง ชุมสายโทรศัพท์จะทำการตัดสัญญาณกริ่งเรียกด้านผู้รับและยกเลิกสัญญาณเรียกกลับด้านผู้เรียก และทำให้ผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่าง RBT และผู้เรียกว่าง ขณะเดียวกันก็จะสร้างทางผ่านด้านผู้รับการสนทนา จึงสามารถเริ่มต้นได้




รูปที่ 8 แสดงสัญญาณที่ผู้เรียกทำการเรียกผู้รับไม่สำเร็จ



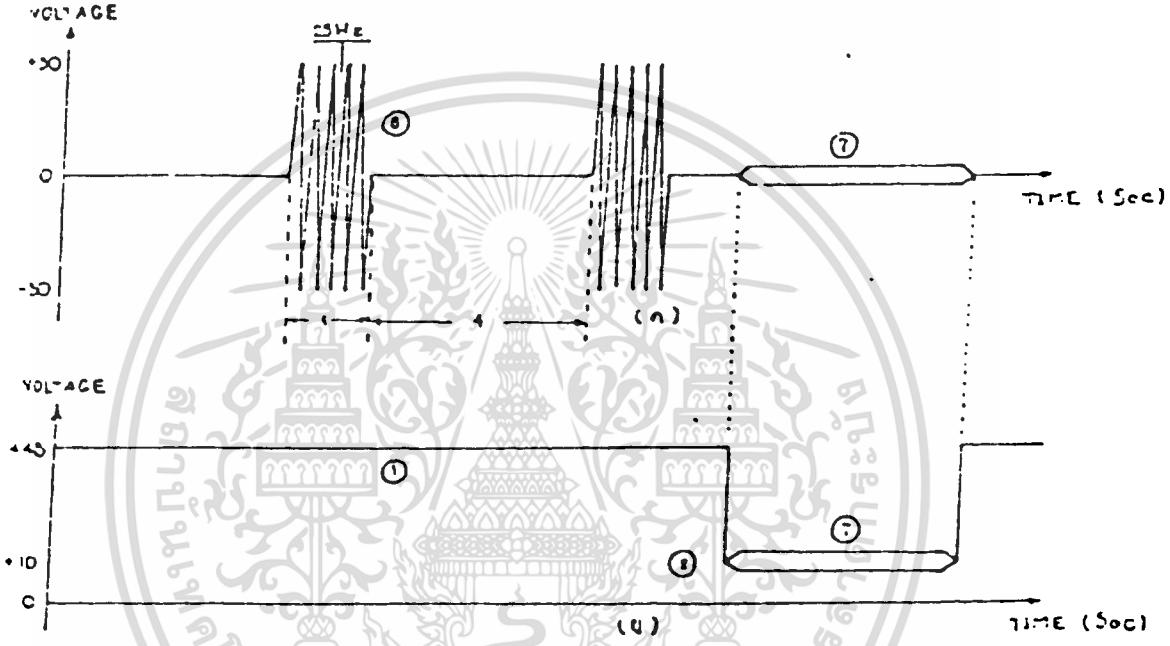

รูปที่ 9 แสดงสัญญาณที่ผู้เรียกทำการเรียกผู้รับสำเร็จ

-ระบบการเรียกด้านผู้รับ

เมื่อผู้รับถูกเรียกจากผู้เรียก เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณกริ่งเรียกขนาด 100 $V_{ac}$ ไปยังผู้รับเพื่อทำการเรียกผู้รับ ดังรูปที่ 10(ก) เมื่อผู้รับตอบการเรียกจะทำให้ DC Voltage เปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก 48 V เป็น 10 V ทำให้วงจรคู่สายตัดสัญญาณกริ่งเรียก ระหว่างผู้เรียกกับผู้รับ การสนทนาจึงจะสามารถเริ่มต้นได้ ดังรูปที่ 10(ข) สถานะวางหูของผู้เรียกจะเลือกทางเสียงผู้พูดผ่าน และทำให้ผู้รับวางหูตาม วงจรคู่สายจะตรวจรู้ว่าเป็นการเลิกสนทนาติดต่อ




รูปที่ 10 แสดงลักษณะของสัญญาณทางผู้รับเมื่อถูกเรียก

(ก) ทำการวัดสัญญาณทางด้าน AC

(ข) ทำการวัดสัญญาณทางด้าน DC

4.การเข้ารหัสและถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์ระบบ DTMF

4.1 การเข้ารหัสความถี่ระบบ DTMF (Dual Tone Multi-Frequency encoder)

ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF นี้จะใช้ในการส่งสัญญาณไปบนสายส่ง ของระบบโทรศัพท์ระบบ DTMF มีข้อดีเหนือระบบพัลส์อยู่หลายอย่าง เช่น หมุนโทรศัพท์ได้รวดเร็วกว่า และสามารถที่จะส่งสัญญาณไปบนสายส่งเสียงระดับใดๆ ก็ได้ วิธีนี้เป็นการส่งสัญญาณแถบความถี่เสียงที่แตกต่างกัน 16 ค่า โดยแต่ละค่าประกอบด้วยสัญญาณคลื่นรูปซายน์ (sine

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

wave) 2 แบบ แบบหนึ่งมาจากกลุ่มความถี่ต่ำ (low group frequency) และอีกแบบหนึ่งมาจากกลุ่มความถี่สูง (high group frequency) ลักษณะของความถี่ระบบ DTMF แสดงได้ดังตารางที่ 2

| กลุ่มของความถี่ต่ำ (Hz) | กลุ่มของความถี่สูง(Hz) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1209 | 1336 | 1477 | 1633 |
| 697 | 1 | 2 | 3 | A |
| 770 | 4 | 5 | 6 | B |
| 852 | 7 | 8 | 9 | C |
| 941 | * | 0 | # | D |

ตารางที่ 2 แสดงความถี่ DTMF

4.2 การถอดรหัสความถี่ระบบ DTMF (DTMF Decoder)

การถอดรหัสความถี่ทางโทรศัพท์ หมายถึง การแปลงสัญญาณความถี่ ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด TONE หรือ DTMF) ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อนำไปใช้กับระบบดิจิตอล

ข้อกำหนดต่างๆ ที่จำเป็น เพื่อที่จะไม่ทำให้การถอดรหัสสัญญาณ DTMF เกิดความผิดพลาดขึ้น ซึ่งผู้ออกแบบวงจรจะต้องคำนึงถึงเสมอ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) วงจรจะยังคงสามารถถอดรหัสได้อย่างถูกต้อง ถึงแม้สัญญาณที่รับเข้ามาจะมีความถี่เบี่ยงเบนไปจากค่าที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน แต่ต้องไม่เกิน +2% และจะไม่ยอมให้สัญญาณที่มีค่าเบี่ยงเบนไปจากค่าที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน แต่ต้องไม่เกิน +3% จากค่ามาตรฐาน ผ่านวงจรกรองความถี่ไปได้

(2) วงจรถอดรหัสจะสามารถถอดรหัสได้ ก็ต่อเมื่อได้รับสัญญาณเข้ามามีระยะเวลาอย่างน้อย 40 มิลลิวินาที

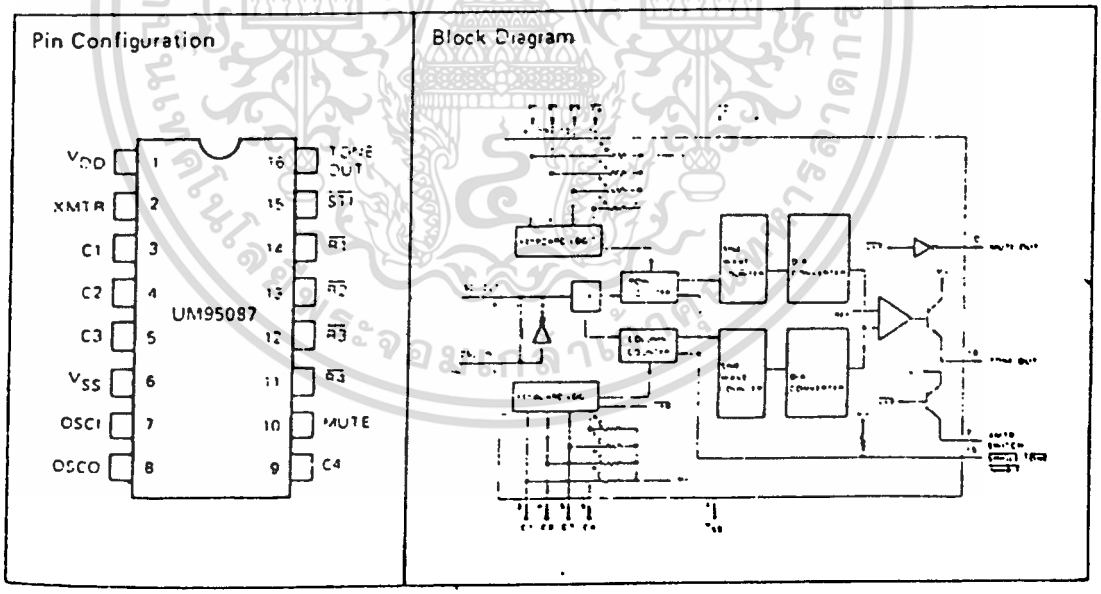
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) วงจรถอดรหัสจะทำการถอดรหัสได้ถูกต้อง ก็ต่อเมื่อสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาในวงจรจะต้องมีช่วงเวลาที่ห่างกับสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาก่อนหน้านี้เป็นเวลาอย่างน้อย 35 มิลลิวินาที

(4) วงจรถอดรหัสจะต้องสามารถถอดรหัสสัญญาณ DTMF ที่มีไดนามิกเรนจ์สูงกว่า 27.5 dB ได้ โดยไม่เกิดความผิดพลาด และยังสามารถทำงานได้ในกรณีที่สัญญาณทั้ง 2 ความถี่ที่ประกอบกันขึ้นเป็นสัญญาณ DTMF มีแอมปลิจูดต่างกันมากกว่า 6 dB

(5) วงจรถอดรหัสยังคงทำงานได้ตลอดเวลา ไม่ว่าขณะนั้นจะปรากฏเสียงพูดหรือมีสัญญาณรบกวนจากภายนอกเข้ามายังวงจรถอดรหัส ก็ไม่ทำให้การถอดรหัสผิดพลาด

ไอซีที่ใช้เป็นตัวเข้ารหัสคือ UM95087 ซึ่งใช้คริสตอลเป็นตัวอ้างอิงความถี่ที่สร้างขึ้นมา 8 ค่า ที่เหมาะสมกับสัญญาณ DTMF ซึ่งวงจรการทำงานของ UM95087 นี้สามารถแสดงได้ดังรูป




**รูปที่ 11 แสดงการทำงานของขาต่างๆ ของ UM95087**

**และ Block Diagram แสดงการทำงาน**

ส่วนไอซีที่ใช้ในการถอดรหัสสำหรับโครงงานนี้ คือ MT8880 ซึ่งจริงๆ แล้วสามารถใช้ได้ทั้งเข้ารหัสและถอดรหัส ในส่วนของการถอดรหัส เมื่อมีสัญญาณ DTMF เข้ามาจะผ่านวงจรกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่แล้วแยกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มความถี่สูงและกลุ่มความถี่ต่ำ และใช้ high gain comparator เพื่อจำกัดสัญญาณที่ไม่ต้องการซึ่งมีระดับต่ำๆ ทิ้งไป แล้วจึงทำการถอดรหัสโดยผ่านวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิตอล เพื่อเปรียบเทียบความถี่ที่รับเข้ามาว่าตรงกับความถี่ DTMF มาตรฐานใด ในส่วนของการเข้ารหัสที่จะให้กำเนิดสัญญาณ DTMF นั้นจะใช้คริสตอลความถี่ 3.579545 MHz จากภายนอกเป็นตัวให้สัญญาณ ไอซีเบอร์นี้ใช้ row , column และ D/A Converter ทำให้เกิดสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้องและมีความเพี้ยนน้อย

ภายใน MT 8880 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ดังต่อไปนี้ คือ

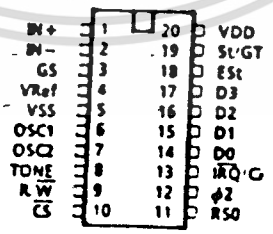
ภาคกรองความถี่ (filter section) - ส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มความถี่สูงและกลุ่มความถี่ต่ำ

ภาคกรองรหัส (decoder section) - ส่วนนี้จะถอดรหัสความถี่ที่กรองแล้วออกเป็นรหัสดิจิตอล โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอลค่าที่ถอดได้จากรหัสความถี่ต่างๆ เป็นดังตารางที่ 3

ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering circuit) - ตรวจสอบสัญญาณความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่

ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (Differential input) - ส่วนอินพุทของ MT8880 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุท

ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator) - จะมีวงจรออสซิลเลเตอร์อยู่ภายใน MT8880 นี้ เพียงแต่ต่อคริสตอลขนาด 3.579 MHz ก็จะสามารถใช้งานได้ทันที




รูปที่ 12 แสดงขาของ MT8880

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# การออกแบบวงจรและหลักการทำงานของระบบ

วงจรควบคุมเครื่องใช้ทางโทรศัพท์จะแยกได้เป็น 2 ส่วน คือ

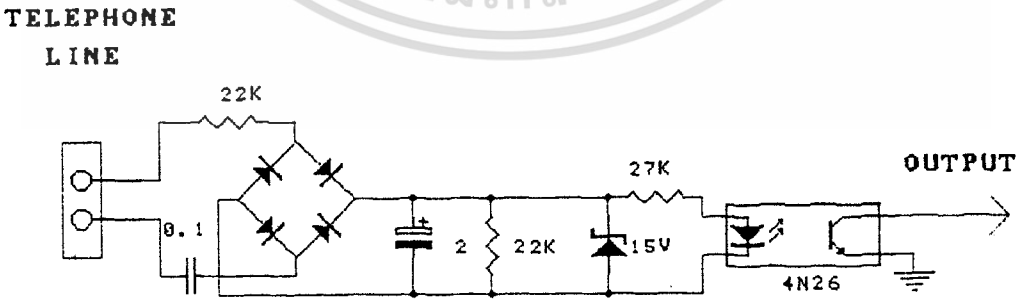
1.ส่วนฮาร์ดแวร์ หมายถึง ส่วนของวงจรทั้งหมดที่ถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้ตามคำสั่งของซอฟแวร์

2.ส่วนซอฟแวร์ หมายถึง ส่วนของโปรแกรมทั้งหมดที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของวงจรส่วนนี้ ซึ่งจะทำการโปรแกรมบน 8031

สำหรับรายละเอียดการออกแบบ และการทำงานของวงจรทั้งหมดจะแยกอธิบายออกเป็นส่วนๆ ได้ดังต่อไปนี้

## 1.ส่วนตรวจจับสัญญาณโทรศัพท์ (RINGING DETECTOR)

เป็นส่วนที่ใช้ตรวจจับสัญญาณโทรศัพท์จากภายนอกโดยใช้ opto coupler เบอร์ 4N26 สัญญาณเอาท์พุทที่ออกจาก opto coupler นี้จะมี 2 ระดับ คือ High กับ Low ดังนั้น จึงใช้สัญญาณนี้ตรวจสอบว่ามีสัญญาณโทรศัพท์เรียกเข้ามาหรือไม่ โดยตรวจจับจากสัญญาณเอาท์พุทของ opto coupler นี้ เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาแล้ว CPU จะมีการตัดให้รับสายโทรศัพท์ต่อไป วงจรตรวจจับสัญญาณโทรศัพท์แสดงดังรูปที่ 14




รูปที่ 14 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

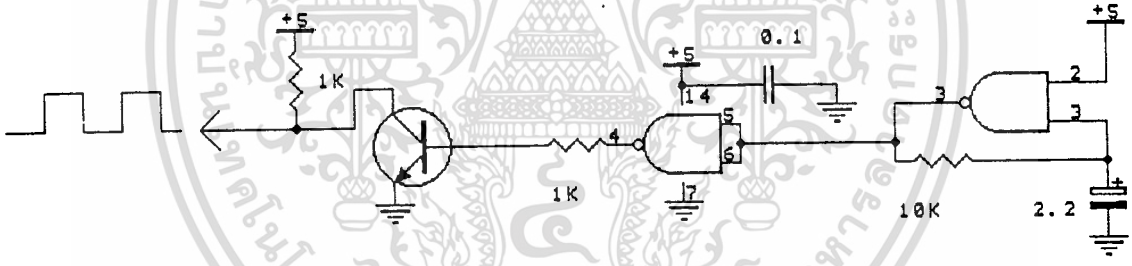
เมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียกเข้ามาทางคู่สายโทรศัพท์ ซึ่งเป็นสัญญาณความถี่ 25 Hz 48 Volts มีช่วงเวลาการส่ง 1 วินาที และเงียบ 4 วินาที วงจรจะมีหลักการทำงานดังนี้

-ในช่วงเวลาการส่ง สัญญาณ 48 โวลต์ ผ่าน Zener diode 15 โวลต์ ทำให้มีกระแสไหลผ่าน opto coupler ทำให้ขา output ของ opto coupler มีค่าเป็น low

-ช่วงเวลาเงียบ ไม่มีสัญญาณผ่านเข้ามา ไม่มีกระแสไหลผ่าน opto coupler ทำให้ขา output ของ opto coupler เป็น high

2.ส่วนกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง (PULSE GENERATOR)

เพื่อที่จะสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ตัวเครื่องเอง โดยไม่ต้องโทรศัพท์เข้ามาสั่งการ ดังนั้นจึงต้องมีส่วนกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง เพื่อทำหน้าที่แทนสัญญาณกริ่งเรียกโทรศัพท์ ส่วนกำเนิดสัญญาณกระดิ่งแสดงได้ดังรูปที่ 15



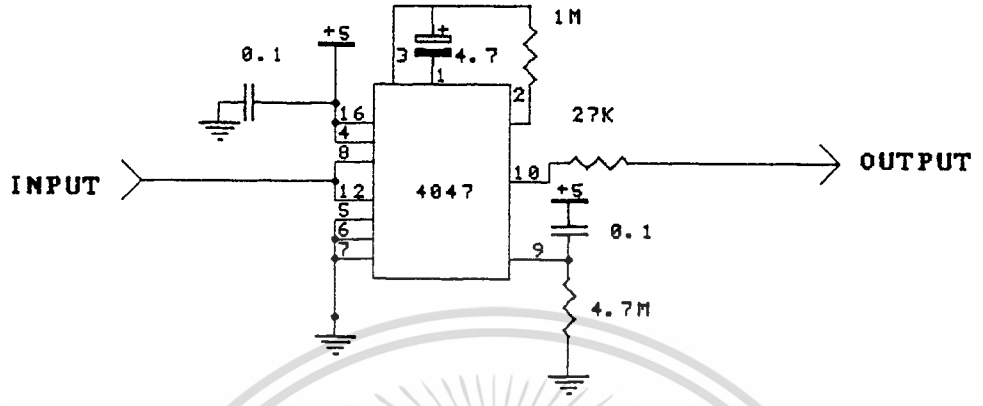

รูปที่ 15 แสดงวงจรส่วนกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

สัญญาณเอาท์พุทที่ได้ เป็นสัญญาณ pulse ซึ่งทำหน้าที่แทนสัญญาณเรียกจากโทรศัพท์ที่มีช่วงเวลาการส่ง 1 วินาที และ เงียบ 4 วินาที หลังจากนั้นจึงนำสัญญาณ output นี้ ต่อเข้ากับ CPU เพื่อประมวลผล และตัดให้มีการรับโทรศัพท์ต่อไป

3.ส่วนหน่วงเวลา

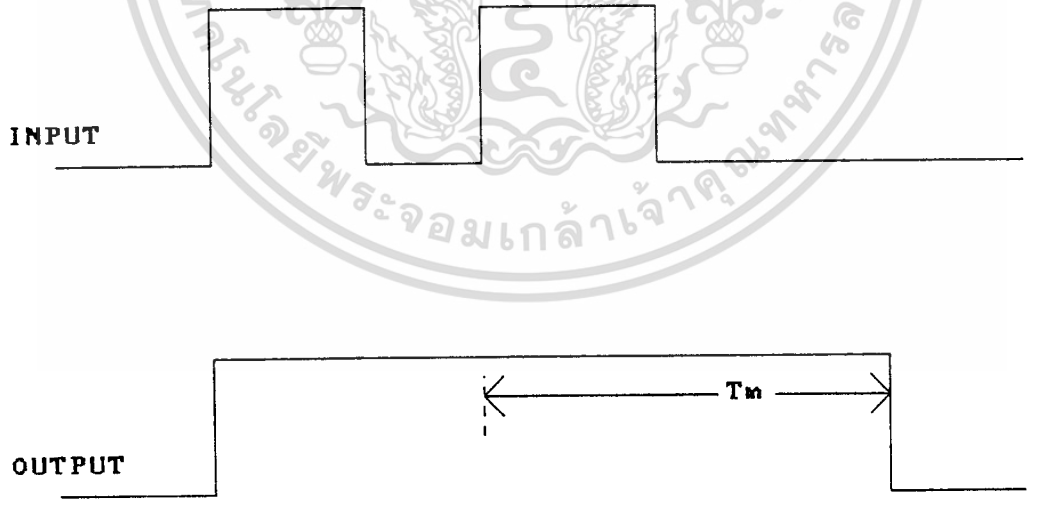
ทำหน้าที่หน่วงเวลาเมื่อมีกริ่งเรียกเข้ามา หรือยังมีการกดคีย์โทรศัพท์อยู่ ส่วนนี้จะยังคงหน่วงเวลาเอาไว้ แต่ถ้าไม่มีกริ่งเรียกเข้ามาหรือไม่มีการกดคีย์ เมื่อครบเวลาที่หน่วงเอาไว้ CPU จะตัดหน้าสัมผัสรีเลย์ให้ออกจากกันคือ วางหูโทรศัพท์นั่นเอง วงจรส่วนเวลาแสดงได้ดังรูปที่ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 16 แสดงวงจรการหน่วงเวลา

ไอซี CD4047 ต่อแบบ retrigger คือ เมื่อมีสัญญาณ high เข้ามาที่ขา 8 และ 12 ของไอซีนี้ จะทำให้ขา output (ขา 10) มีสัญญาณเป็น high และเมื่อมีสัญญาณ input เข้ามาอีก โดยที่ยังหน่วงเวลายังไม่เสร็จ ก็จะเริ่มหน่วงเวลาใหม่ทันที เมื่อไม่มี input เข้ามาอีก ขา output จะตัดการทำงาน ซึ่งแสดงสัญญาณได้ดังรูปที่ 17

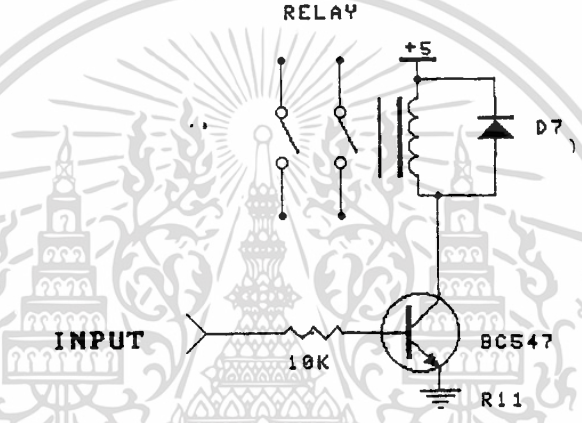



รูปที่ 17 แสดงสัญญาณการหน่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.วงจรส่วนรับโทรศัพท์**

เป็นส่วนที่ใช้รับโทรศัพท์ โดยใช้การควบคุมจาก CPU วงจรส่วนรับแสดงได้ดังรูปที่ 18 เมื่อสัญญาณที่ส่งออกมาจาก CPU เป็น high ทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดและดึงหน้าสัมผัสรีเลย์เข้ามา คู่สายโทรศัพท์จึงต่อเข้ากับส่วนถอดรหัสและเข้ารหัสสัญญาณโทรศัพท์ และเมื่อสัญญาณที่ส่งจาก CPU เป็น low จะไม่มีกระแสไหลผ่านขดลวด ไม่ดึงหน้าสัมผัสรีเลย์เข้ามา คู่สายโทรศัพท์จึงไม่ต่อกับส่วนถอดและเข้ารหัสสัญญาณโทรศัพท์



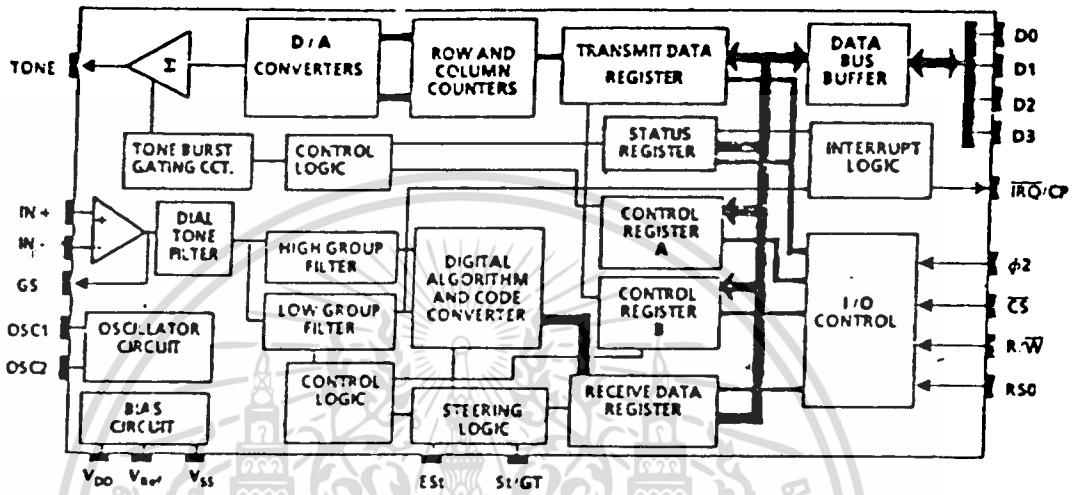

รูปที่ 18 แสดงวงจรส่วนรับโทรศัพท์

**5.ส่วนตอบกลับสัญญาณโทรศัพท์** (TELEPHONE SOUND GENERATOR)

ส่วนนี้ใช้หม้อแปลงอิมพีแดนซ์ 600 Ω : 600 Ω ซึ่งทำหน้าที่ตอบกลับเสียงเข้าไปในคู่สายโทรศัพท์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถรู้ว่ามีการตอบรับจาก CPU การทำงานของหม้อแปลงอิมพีแดนซ์ควบคุมจาก CPU ซึ่งวงจรส่วนตอบกลับสัญญาณโทรศัพท์แสดงได้ดังรูปที่ 19

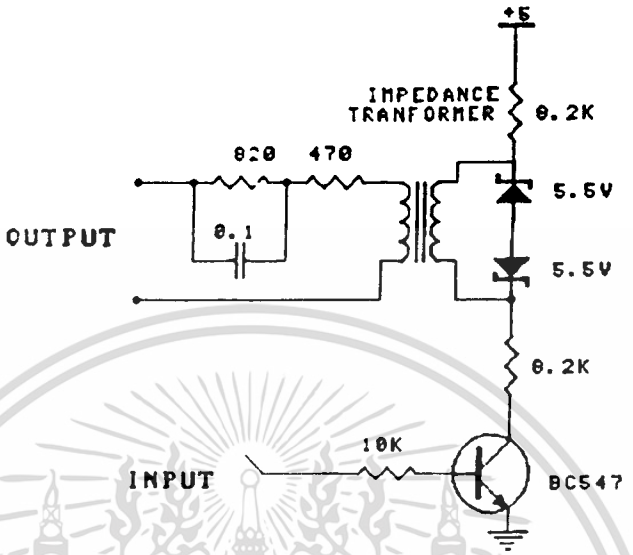
หลักการทำงานคือ เมื่อมีสัญญาณ output จาก CPU เป็นสัญญาณ pulse ออกมาจะทำให้ output ของหม้อแปลงอิมพีแดนซ์ 600Ω : 600Ω มีเสียงผ่านออกมาทางโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 13 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8880

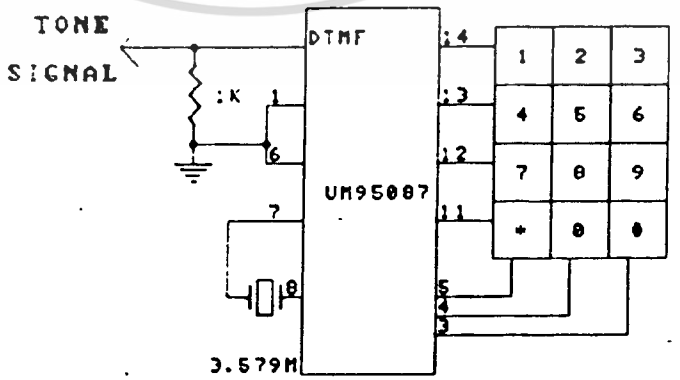
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 19 แสดงวงจรส่วนตอบกลับสัญญาณโทรศัพท์

6.ส่วนกำเนิดความถี่โทรศัพท์ (TONE GENERATOR)

ถ้าต้องการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ตัวเครื่อง ดังนั้นจะต้องมีการกดคีย์เข้ามาควบคุมเครื่องนี้ ส่วนนี้ทำหน้าที่รับคีย์ที่หน้าปัดและให้เป็นสัญญาณ TONE โทรศัพท์ออกมา แสดงวงจรกำเนิดความถี่โทรศัพท์ดังรูปที่ 20



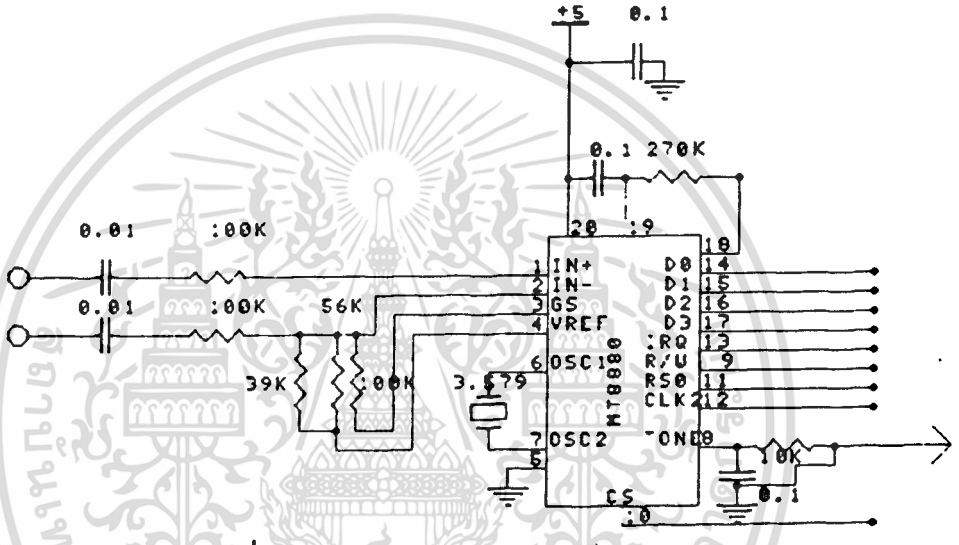

**รูปที่ 20 แสดงส่วนกำเนิดความถี่โทรศัพท์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีการกดคีย์เข้ามาคือคีย์บนหน้าปัดโทรศัพท์ วงจรส่วนนี้จะกำเนิด DUAL TONE ออกมา เพื่อนำไปเข้าส่วนถอดรหัสสัญญาณโทรศัพท์ และเข้าประมวลผลใน CPU ต่อไป

**7.ส่วนถอดรหัสความถี่ทางโทรศัพท์ (TONE DECODER)**

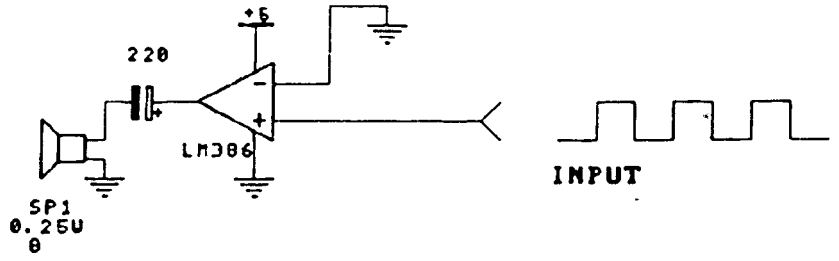
ใช้ไอซี MT8880 เป็นตัวแปลงความถี่ทางโทรศัพท์ ให้เป็นไบนารีขนาด 4 บิท แล้วนำไปเข้า CPU เพื่อประมวลผลให้เป็นคำสั่งในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า แสดงได้ดังรูปที่ 21




รูปที่ 21 แสดงส่วนถอดรหัสความถี่โทรศัพท์

**8.ส่วนกำเนิดเสียงออกลำโพง (SOUND GENERATION)**

เมื่อมีการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ตัวเครื่องเอง ส่วนนี้จะทำให้ได้ยินเสียงเป็นเสียงที่ดังจากลำโพง เหมือนกับเสียงที่ผ่านหม้อแปลงอิมพีแดนซ์ 600 Ω : 600 Ω ทางโทรศัพท์ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 22

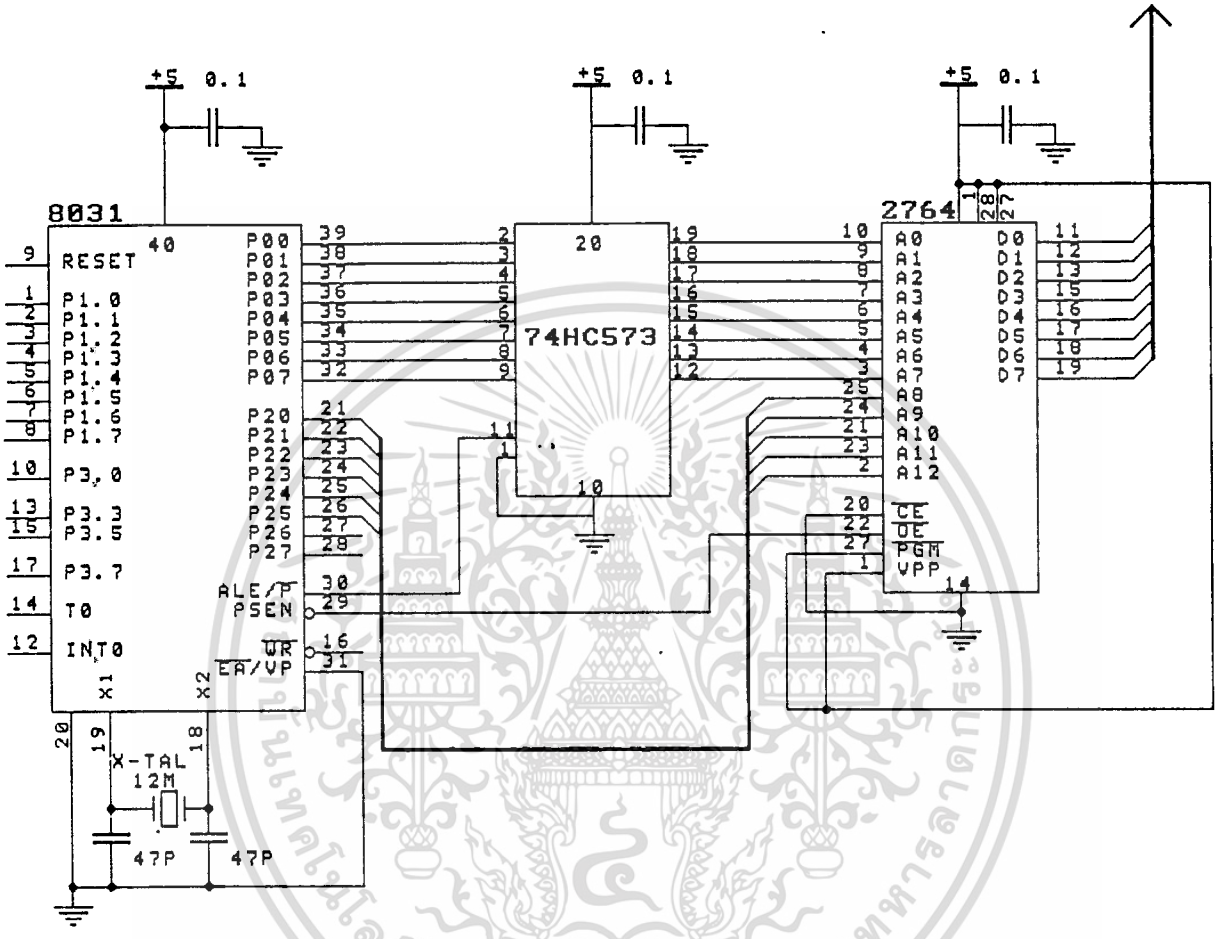



**รูปที่ 22 แสดงส่วนกำเนิดเสียงออกทางลำโพง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 9.ส่วนประมวลผล (CPU)

ส่วนประมวลผลกลางแสดงได้ดังรูป

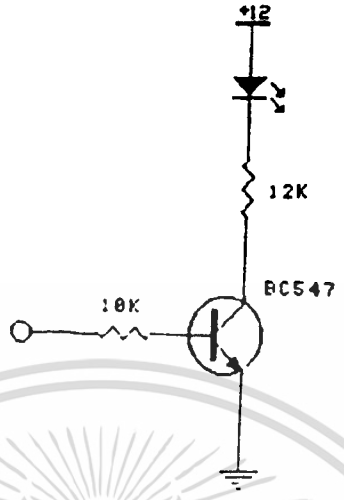



รูปที่ 23 แสดงการติดต่อของส่วนประมวลผลกลาง

## 10.ส่วนแสดงผล (DISPLAY ELEMENTS)

ส่วนนี้ทำหน้าที่แสดงผลการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิดโดยใช้ LED แสดงผล ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 24

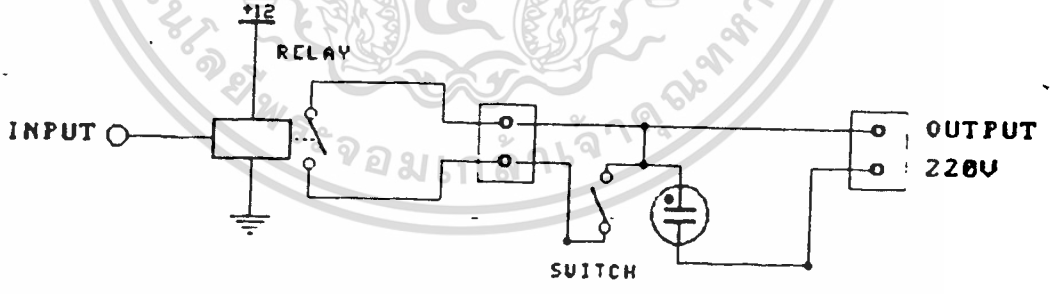
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 24 แสดงการทำงานของส่วนแสดงผล

11.ส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า (DEVICES)

ประกอบด้วย relay เพื่อใช้ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต่อกับแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 25




รูปที่ 25 แสดงส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

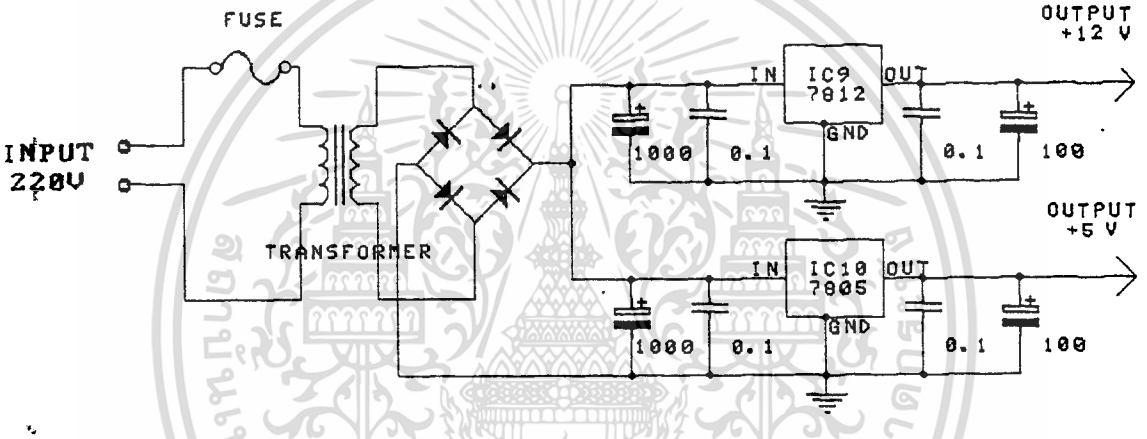
แต่ถ้าต้องการใช้ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีแรงดันขนาดอื่น ก็สามารถดัดแปลงตรงส่วนหน้าสัมผัสของรีเลย์ โดยตัดแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ออกไป ก็จะได้หน้าสัมผัสรีเลย์ที่พร้อมจะต่อออกไปควบคุมอุปกรณ์อย่างอื่นที่ไม่ได้ใช้กับไฟสลับ 220 โวลต์ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะมีมีสวิทช์อยู่ แต่ถ้าไม่ต้องการใช้สวิทช์ก็ได้ ถ้าไม่ใส่ก็แสดงว่าการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถกระทำได้โดยการโทรเข้ามาสั่งการจากเครื่องควบคุมได้ตลอดแต่ถ้ามีสวิทช์และสวิทช์เปิดอยู่จะไม่สามารถสั่งการมาได้

12.**ส่วนไฟเลี้ยงวงจร** (VOLTAGE SOURCE)

วงจรใช้ไฟเลี้ยง +5 V และ +12 V โดยใช้ไอซีเรกกูเลเตอร์ LM7805และ LM7812 เป็นตัวควบคุมขนาดไฟฟ้า ซึ่งแสดงการต่อวงจรไฟเลี้ยง +5 V และ +12 V ได้ดังรูปที่ 26

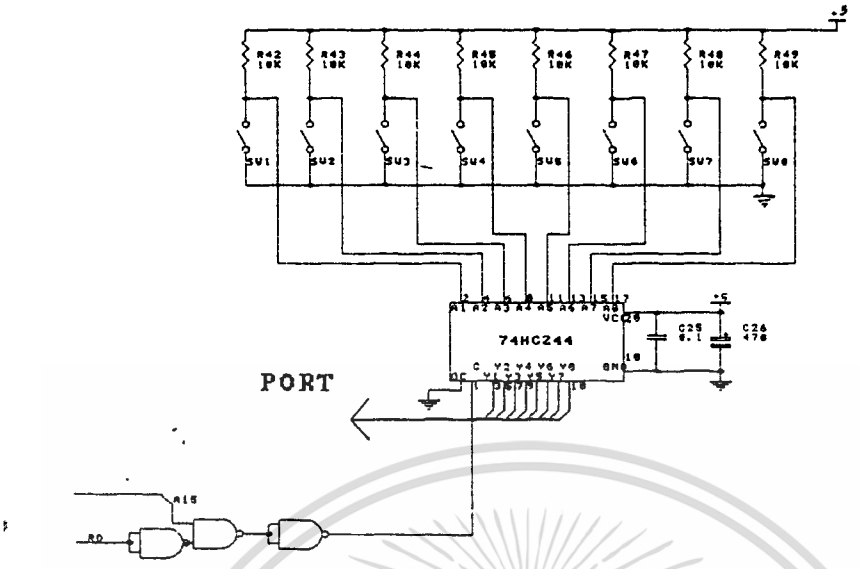



รูปที่ 26 แสดงส่วนไฟเลี้ยงวงจร

13.**ส่วนตรวจสอบความผิดพลาด** (FAULT DETECTOR)

ส่วนตรวจสอบความผิดพลาดจะใช้การอ่านพอร์ทจากสภาวะภายนอกที่ส่งผ่านมาจากไอซี 74LS244 โดยที่สภาวะที่ส่งมาจะอยู่ในรูปของสัญญาณลอจิก "1" หรือ "0" ค่าสภาวะนี้จะถูก CPU อ่านเข้าไปทางพอร์ท 80H และตรวจสอบกับค่าที่ได้ตั้งเอาไว้ ค่าสภาวะนี้จะได้มาจากสวิทช์ที่ติดอยู่ตามประตูหรือหน้าต่าง สำหรับใช้ในการตรวจสอบสภาวะเปิดหรือปิด สำหรับส่วนตรวจสอบสัญญาณเพลิงไหม้หรืออื่นๆ จะถูกส่งเข้ามายังพอร์ทนี้เช่นกัน แสดงวงจรส่วนตรวจสอบได้ดังรูปที่ 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 27 แสดงส่วนตรวจสอบความผิดพลาด

**วงจรและการทำงาน**

การทำงานและรายละเอียดของวงจรที่สมบูรณ์ของเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์ แสดงไว้ในรูปที่ 27 จากวงจรสมบูรณ์จะสังเกตได้ว่า มีส่วนประกอบที่พอจะแยกรายละเอียดออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง, สัญญาณโทน และจัดลำดับการสั่งการด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนที่สองเป็นส่วนการแสดงผลการทำงานในแต่ละแชนแนลเอาท์พุท

อุปกรณ์ที่เป็นหัวใจของวงจรสมบูรณ์ตามรูปที่ 28 ก็คือไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 ซึ่งจะเป็นตัวจัดลำดับการทำงานและการสั่งการทำงานทั้งหมด รวมกับการอินเตอร์เฟสกับคู่สายโทรศัพท์ด้วย นอกจากนั้นยังมีอุปกรณ์ถอดรหัสสัญญาณ DTMF ที่ผ่านมาทางคู่สายโทรศัพท์ ซึ่งในวงจรนี้ ใช้ไอซีเบอร์ MT8880 โดยจะทำการถอดรหัสสัญญาณ DTMF ออกมาเป็น BCD code เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนที่ทำการอินเตอร์เฟสกับคู่สายโทรศัพท์โดยตรงมีอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่งเพื่อเปิดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งประกอบด้วยชุดบริดจ์เรกติไฟเออร์ $D_1$-$D_4$ ที่ต่อเข้ากับคู่สายโทรศัพท์ มีตัวต้านทาง $R_1$ และ $C_1$ เป็นตัวคัปปลิ้งสัญญาณกระดิ่งและจำกัดขนาดของกระแสและแรงดันของสัญญาณกระดิ่ง โดยจะต่ออยู่คู่สายโทรศัพท์ แรงดันของสัญญาณกระดิ่งจะถูกเรกติไฟเออร์ให้เป็นแรงดันไฟตรงที่มีลักษณะเป็นพัลส์แรงดันไฟตรงตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คร่อม $C_2$ และ $R_2$ ทำหน้าที่คายประจุให้กับ $C_2$ เพื่อให้เป็นพัลส์ไฟตรงมากยิ่งขึ้น พร้อมกับจำกัดแรงดันพัลส์ไว้ที่ 15 โวลต์ด้วย zener diode แรงดันไฟตรงที่ตกคร่อม zener diode นี้จะถูกจ่ายไบแอสให้กับ LED ภายใน ออปโต้ 4N26 โดยมีตัวต้านทาน $R_{41}$ จำกัดกระแสให้กับ LED ในออปโต้ เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาที่คู่สายโทรศัพท์ จะทำให้ที่ขาคอลเลคเตอร์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ในออปโต้ ก็จะต่อเข้ากับขาอินพุทพอร์ท P3.7 (ขา 17) เพื่อทำการนับจำนวนพัลส์ที่เข้ามาไม่ให้เกินกว่าที่ถูกกำหนดไว้ และเป็นการเปิดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อรอคำสั่งต่อไป พัลส์ที่ได้จากออปโต้นี้ยังถูกใช้เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (MMV) ผ่านทางอินเวอร์ทเตอร์ใน 74HC00 เข้ามากระตุ้นที่ขา 8 และ 12 ของไอซีนี้ ตามลักษณะของสัญญาณกระดิ่ง เอาท์พุทที่ขา 10 ของไอซีนี้ ก็จะถูกส่งต่อไปเข้าที่ขา INT0 (ขา 12) ของ CPU เพื่อทำการหน่วงเวลาไว้ 10 วินาที แล้วหลังจากนั้นก็จะตัดให้การยกหูโทรศัพท์พร้อมกับการส่งรหัสตอบกลับออกไป สัญญาณกระดิ่งที่เข้ามายังชุดตรวจจับและสัญญาณโทนที่เข้ามาทางคู่สายโทรศัพท์จะมี LED เป็นตัวแสดงสภาวะการทำงานทุกครั้งที่มีการกดที่คีย์โทรศัพท์

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการนับจำนวนพัลส์ที่เข้ามาในลักษณะของสัญญาณกระดิ่งได้ครบตามที่โปรแกรมไว้ในช่วงเวลา 10 วินาที ก็จะทำให้มีระดับลอจิก "1" ออกมาทางขา P3.5 (ขา 15) ไบแอสให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ ผ่าน $R_{15}$ ทำให้รีเลย์ทำงาน ในขณะนี้จะเป็นการยกหูโทรศัพท์ด้วยเครื่องควบคุมนี้ ทำให้ขดไพรมารีของหม้อแปลงแมทชิ่งต่อกับคู่สายโทรศัพท์ทางคอนเนคเตอร์ผ่านหน้าสัมผัสรีเลย์ โดยมีตัวต้านทาน $R_{12}$ และ $R_{11}$ ต่ออนุกรมอยู่เพื่อป้องกันการไหลของกระแสที่สูงมาก ขณะเริ่มทำงานของรีเลย์ทางด้านขดเซคคันดารีของหม้อแปลงแมทชิ่ง จะต่อกับแรงดันไฟบวก 5 โวลต์ ผ่าน $R_{13}$ และ $R_{14}$ จำกัดกระแส มี zener diode รักษาระดับแรงดันไว้ในช่วงที่ปลอดภัย หม้อแปลงนี้จะทำหน้าที่คัปปลิ้งสัญญาณพัลส์ตอบกลับเข้าไปยังคู่สายโทรศัพท์เมื่อรีเลย์ทำงาน เอาท์พุท T0 (ขา 14) ก็จะกำเนิดพัลส์สามเหลี่ยมทำให้เกิดสัญญาณเสียงโทนผ่านหม้อแปลงแมทชิ่ง และชุดตัวต้านทาง $R_{11}$ , $R_{12}$ และ $C_9$ ออกไปยังคู่สายโทรศัพท์ ทำให้ทราบว่าขณะนี้เสร็จสิ้นขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งแล้ว และให้สั่งงานต่อไป สัญญาณตอบกลับนี้ เราจะได้ยินทางหูฟังโทรศัพท์เป็นจำนวนสองครั้งสั้นๆ เมื่อรีเลย์ทำงานหลังจากเสียงสัญญาณตอบกลับสิ้นสุดลงให้สั่งการในขั้นตอนต่อไปภายใน 10 วินาที

หลังจากที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้รับสัญญาณกระดิ่งและการกระตุ้นจากวงจรตั้งเวลาโมโนสเตเบิลครบตามจำนวนพัลส์ที่กำหนดไว้แล้วสั่งรีเลย์ทำงาน ในจังหวะนี้คู่สายโทรศัพท์จะต่อเข้ากับชุดถอดรหัส DTMF ไอซี MT8880 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ถอดรหัสสัญญาณโทนออกมาเป็นรหัส BCD โดยมีตัวเก็บประจุคัปปลิ้งสัญญาณมาเข้าขาอินพุทร่วมกับตัวต้านทานเน็ตเวิร์ก เหล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้ประกอบด้วย $C_{10}$, $C_{11}$ และ $R_{17}$ - $R_{22}$ นอกจากนั้นโดยพื้นฐานของไอซีเบอร์ MT8880 นี้ยังออกแบบมาโดยมีอุปกรณ์ต่อร่วมน้อยมากก็สามารถทำงานได้แล้ว มีคริสตอล XTAL ความถี่ 3.579 MHz เป็นตัวกำเนิดฐานเวลาให้กับไอซีและ $R_{19}$ กับ $R_{20}$ กำหนดความแตกต่างของสัญญาณทางอินพุท การถอดรหัสออกมาทางเอาท์พุทจะเป็นรหัส BCD ออกมาทางเอาท์พุท $D_0$ - $D_3$ (ขา 11-ขา 14) ซึ่งลักษณะของลอจิกทางเอาท์พุทที่ความถี่สัญญาณโทนอินพุทต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 3 เอาท์พุทเหล่านี้จะส่งผ่านเข้าสู่พอร์ทอินเตอร์เฟสกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขา 1-4 (P1.0 - P1.3)

| หมายเลขโทรศัพท์ | ขา OE | $Q_4$ | $Q_3$ | $Q_2$ | $Q_1$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | |
| 4 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | |
| 7 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | |
| 8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 9 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | A |
| * | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | B |
| # | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | C |
| A | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | D |
| B | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | E |
| C | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | F |
| D | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | G |
| อื่นๆ | 0 | * | * | * | * | |

ตารางที่ 3 แสดงเอาท์พุทของ MT8880 ที่การกดคีย์หมายเลขต่างๆ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ หากมีการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสจากภายนอก ขาควบคุมแอดเดรสภายนอก (ขา 31 EA/VP) จะต้องต่อลงกราวด์ไว้ตลอด ไม่เช่นนั้นแล้วจะไม่สามารถทำงานได้ รวมทั้งต้องต่อกับอีพรอมภายนอกขนาดความจุ 8 กิโลไบท์ ในที่นี้ใช้เบอร์ 27C64 แอดเดรสและสัญญาณข้อมูลจะมีการคีมัลติเพล็กซ์ที่พอร์ท P0 (ขา 39) ของ CPU ต่อร่วมกับวงจรแลทช์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด 8 บิท โดยใช้ไอซีเบอร์ 74HC573 ภายในอีพรอมจะบรรจุโปรแกรมใช้งานอยู่ 2 พารามิเตอร์ คือ โปรแกรมกำหนดหมายเลขของสัญญาณโทนและสัญญาณกระดิ่ง และโปรแกรมกำหนดรหัสผ่านเข้าสู่การทำงานหลัก ซึ่งการอินเตอร์เฟสระหว่างอีพรอมกับไมโครคอนโทรลเลอร์จะผ่านวงจรแลทช์ข้อมูลทั้งหมด เพื่อให้เกิดการควบคุมแรมภายใน

วงจรแลทช์ข้อมูลขนาด 8 บิท ชุดที่ 2 จะทำงานในลักษณะให้เอาท์พุทออกมาสามสเตท เพื่อการควบคุมทางเอาท์พุททั้ง 8 บิท เอาท์พุท 7 เอาท์พุทจากทั้งหมด 8 เอาท์พุทบิท (ขา 13 - ขา 19) จะใช้ขับชุด LED แสดงสภาวะการทำงานในแต่ละเอาท์พุท ซึ่งเอาท์พุทต่างๆ เหล่านี้จะถูกขับด้วยทรานซิสเตอร์ BC547 ทำหน้าที่เหมือนกับสวิทช์ต่อลงกราวด์ให้ครบวงจร ในขณะที่ขาคอมมอนรวมของ LED ต่ออยู่กับแรงดันไฟบวก 12 โวลต์ ซึ่งการกระตุ้นการสวิทช์ของทรานซิสเตอร์จะอาศัยระดับลอจิก "1" ที่ออกมาทางเอาท์พุทของวงจรแลทช์

การตั้งเวลาในการสั่งการเสร็จสิ้นไปทีละคำสั่งเป็นเวลา 10 วินาทีนั้น ได้มาจากการที่ไอซี MT8880 ถอดรหัส DTMF ออกมาเป็นรหัส BCD ในทุกครั้งที่มีเอาท์พุทออกมาทางขา 14-17 ($D_1$ - $D_4$) ไอซี MT 8880 จะให้พัลส์ออกมาที่ขา IRQ (ขา 13) หนึ่งพัลส์ทุกๆ ครั้งเช่นกัน พัลส์ที่ออกมานี้จะมาทำการกระตุ้นวงจรตั้งเวลาโมโนสเตเบิลไอซี CD4047 ที่ขา 8 และ 12 เป็นการกระตุ้นเพื่อให้เกิดการรีเซตและเริ่มตั้งเวลา 10 วินาที ค่าเวลานี้กำหนดด้วยค่าของ $C_7$ และ $R_6$ นอกจากนี้แล้วทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเอาท์พุทของไอซี MT8880 จะขับทรานซิสเตอร์ที่ต่อคาร์ลิงตันกันและทำให้ $LED_1$ กระพริบตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เมื่อมีสภาวะการทำงานถอดรหัสอุปกรณ์ $C_{15}$ , $R_{25}$ , $C_8$ และ $R_8$ ทำหน้าที่เป็นชุดรีเซตอัตโนมัติให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และไอซี CD4047 ตามลำดับขณะเปิดสวิทช์จ่ายแรงดันไฟเข้าสู่วงจรให้เริ่มทำงาน

การแลทช์ข้อมูลจากทางเอาท์พุทของวงจรแลทช์จะถูกควบคุมด้วยขา 11 เมื่อทำการเลือกแอดเดรสเรียบร้อยแล้วมีสัญญาณออกไปทางเอาท์พุทของไอซีนี้พร้อมไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการออกไปทางขา WR (ขา 15) เพื่อทำการแลทช์ข้อมูลที่ขา 11 ของไอซี 74HC573 ดังนั้นเอาท์พุทก็จะค้างสถานะไว้ที่การควบคุมทางอินพุทที่ต้องการหรือที่กำหนดไว้ และจะกล่าวย้อนกลับมาที่อินพุทของไอซี MT8880 อีกรอบ เหตุที่ต้องมีชุดตัวต้านทานเน็ตเวิร์ก $R_{19}$ - $R_{21}$ ก็เพื่อจัดให้เป็นวงจรขยายความแตกต่างทางอินพุทขา 1 และขา 2 เพื่อเหตุผลไม่ต้องการให้สัญญาณ DTMF เกิดการเปรียบเทียบกับกราวด์ภายในวงจรควบคุม เพราะไม่เช่นนั้นแล้ว การต่อคู่สายของโทรศัพท์จะต้องทำการตรวจสอบขั้วกราวด์กับสัญญาณไฟบวกเสียก่อน ซึ่งเป็นการต่อใช้งานที่ยุ่งยาก โดยปกติแล้วคู่สายโทรศัพท์จะต่อสลับขั้วกันได้ ด้วยเหตุผลนี้จึงต้องจัดวงจรทางอินพุทของ

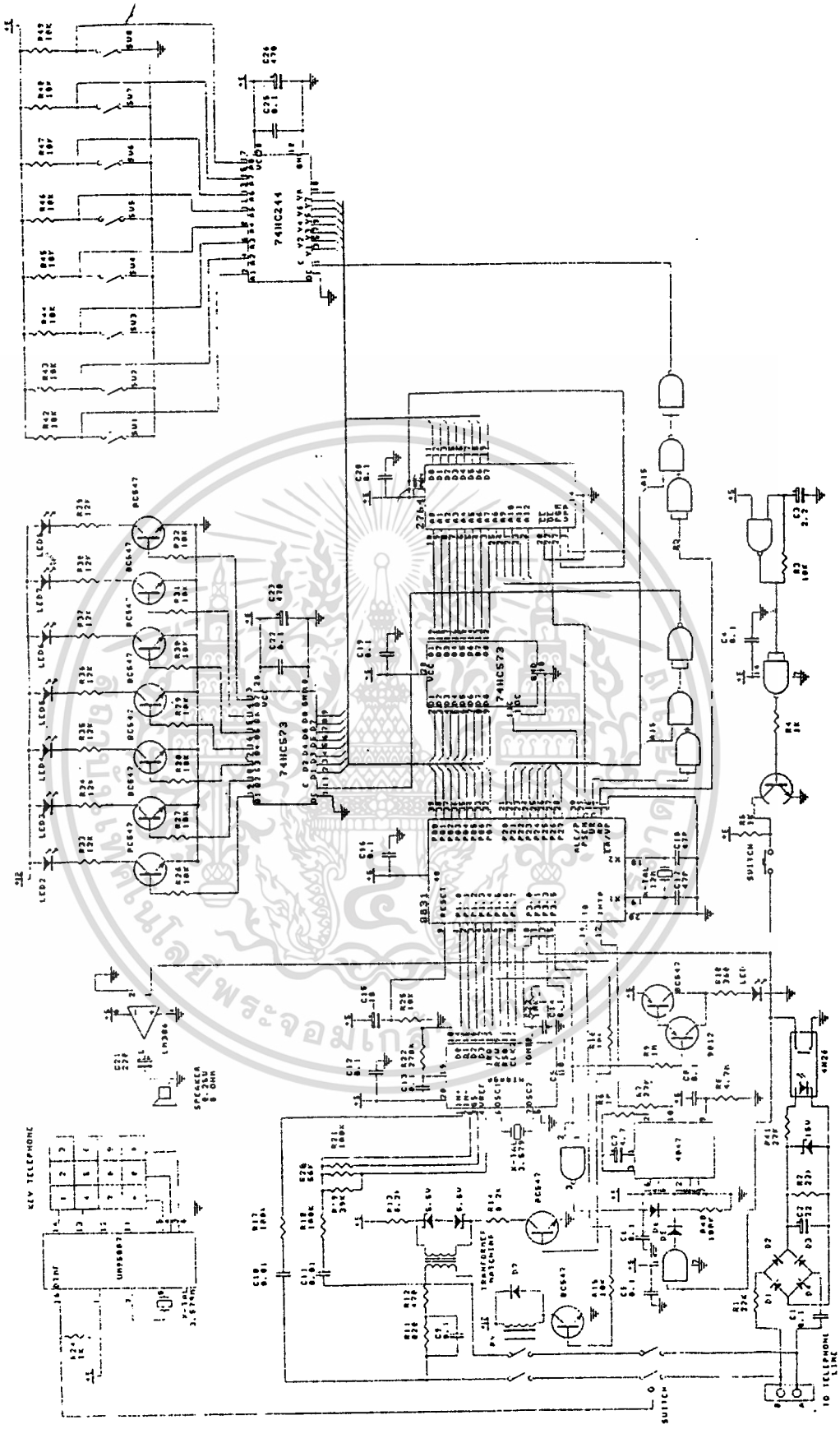
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8880 ใหม่ ดังในวงจรสมบูรณ์นี้ และต้องแยกระบบกราวด์ของคู่สายโทรศัพท์ออกจาก กราวด์ของเครื่องควบคุมด้วย

จุดอ่อนของเครื่องควบคุมผ่านคู่สายโทรศัพท์คือ เมื่อสั่งผ่านทางโทรศัพท์แล้วจะกลับมาปิดที่บ้านเป็นเฉพาะแชนแนลไม่ได้ นอกจากถอดปลั๊กของเครื่องควบคุมออกหมด ทำให้บ้านต้องมืดชั่วขณะก่อนที่จะเปิดสวิทช์ตัวเดิม ซึ่งสามารถแก้ได้โดยการสร้างสัญญาณกระดิ่งจำลองขึ้นมาเองที่ตัวเครื่อง แต่เป็นลักษณะพัลส์ที่ผ่านการเรคติไฟเออร์มาแล้ว โดยการทำงานในส่วนนี้ประกอบด้วยไอซี 4093 มี $R_3$ และ $C_3$ ทำหน้าที่กำหนดความถี่พัลส์ที่ออกมาทางเอาท์พุทขา 4 ของไอซีนี้ และช่วงห่างของการส่งพัลส์ออกทางเอาท์พุทกำหนดจากการกดสวิทช์ การตรวจจับสัญญาณกระดิ่งในตอนแรก เมื่อครบจำนวนพัลส์แล้ว ทรานซิสเตอร์ก็จะทำงานเหมือนกับออปโต้ 4N26

ในช่วงการควบคุมที่ตัวเครื่องควบคุมเองนี้ มีสวิทช์ที่จะทำหน้าที่ตัดคู่สายโทรศัพท์ออกจากระบบพร้อมกับต่อชุดกำเนิดสัญญาณโทน DTMF เข้าไปยังอินพุทของไอซี MT8880 แทนที่ต้องตัดคู่สายโทรศัพท์ออกจากระบบก่อนก็เพื่อไม่ต้องการใช้สัญญาณ DTMF ออกไปยังองค์การโทรศัพท์อาจเกิดการสับสนได้ เมื่อสวิทช์ต่อวงจรแล้วไอซี UM95087 จะทำหน้าที่เข้ารหัสจากการกดสวิทช์ที่คีย์โทรศัพท์ที่ติดกับเครื่องควบคุมให้เอาท์พุทออกมาทางขา 16 เป็นสัญญาณ DTMF มาเข้าที่ไอซี MT8880 แทนและการทำงานขั้นตอนต่อไปก็จะเหมือนกับการสั่งงานทางโทรศัพท์ปลายทางทุกอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 แสดงส่วนต่างๆ ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# โปรแกรมการทำงานของวงจร

ประกอบด้วย โปรแกรมทำงาน 3 ส่วน คือ

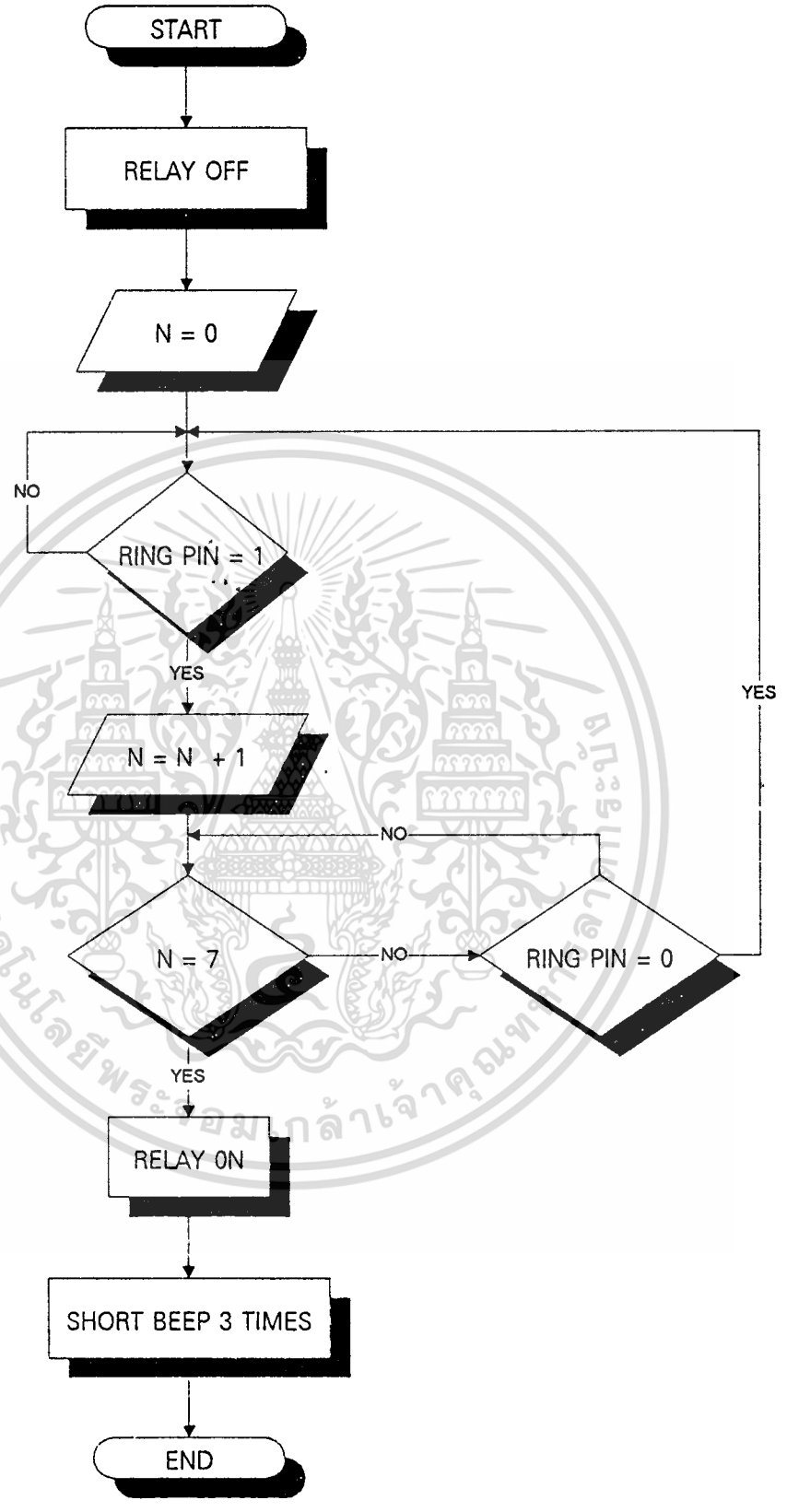
1.โปรแกรมการตรวจจับสัญญาณโทรศัพท์

2.โปรแกรมการตรวจสอบรหัสผ่าน

3.โปรแกรมการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า

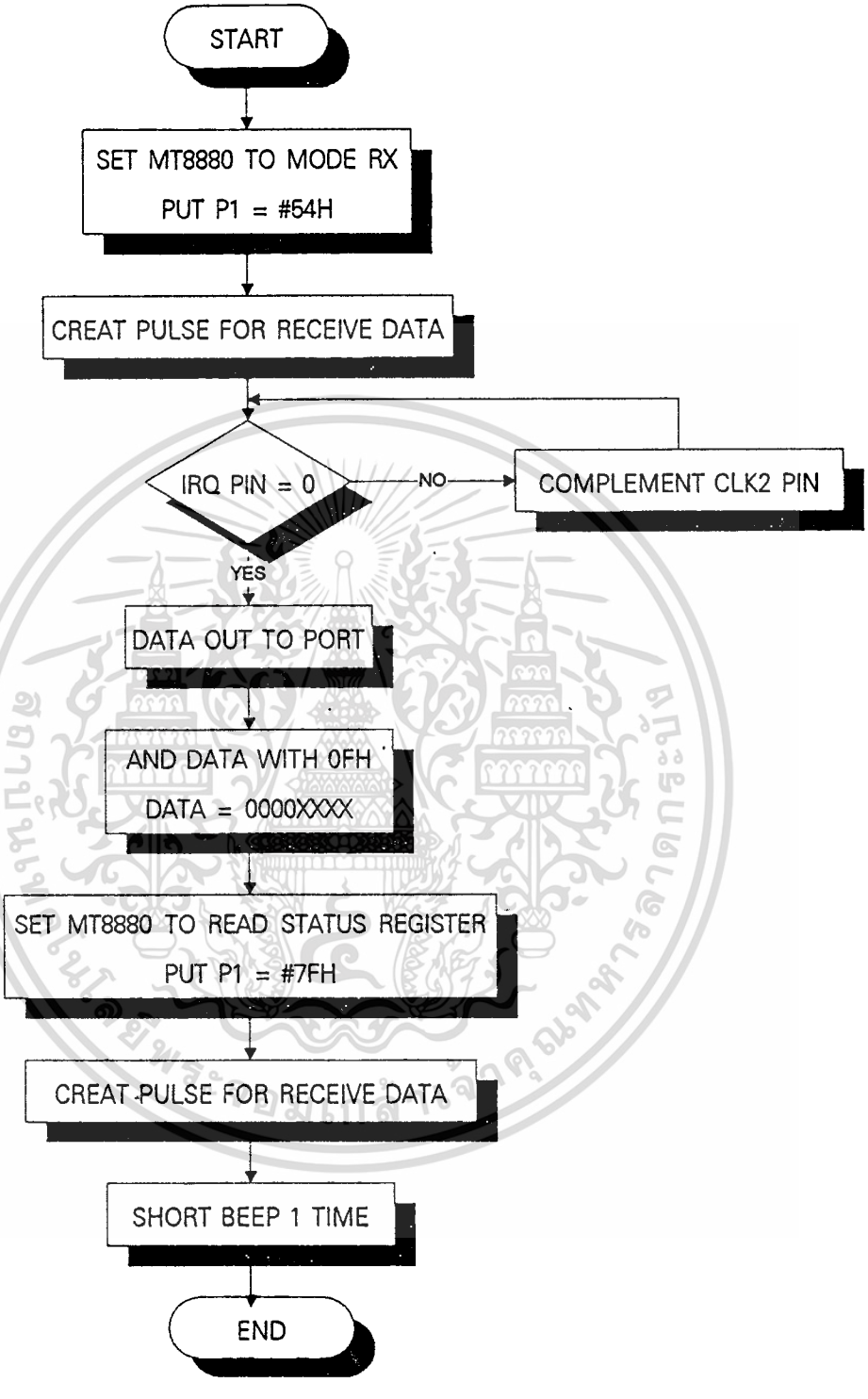
ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดของโปรแกรมได้โดย FLOWCHART ต่างๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



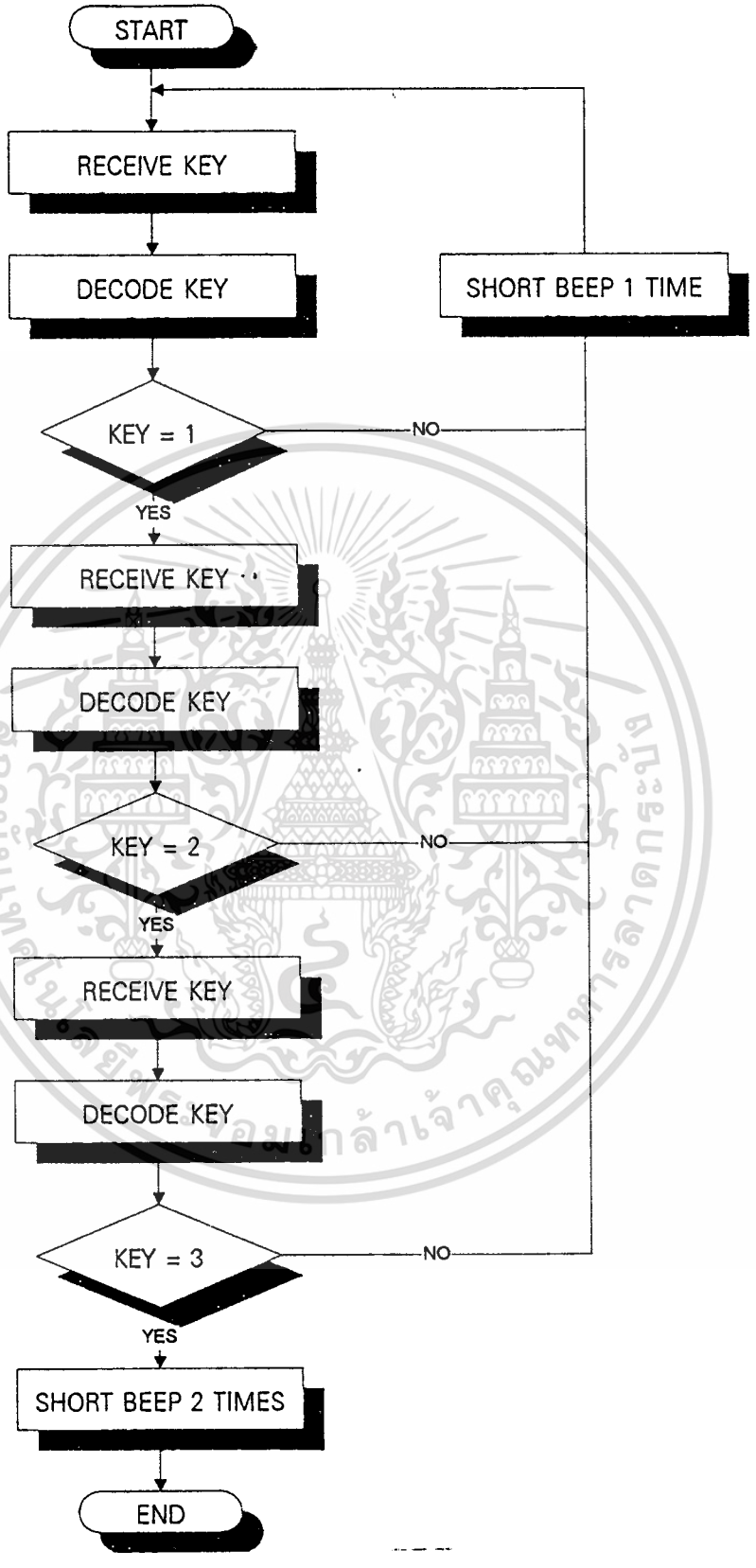

**รูปที่** 29 FLOWCHART แสดงขั้นตอนการตรวจสอบสัญญาณโทรศัพท์เพื่อรับสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



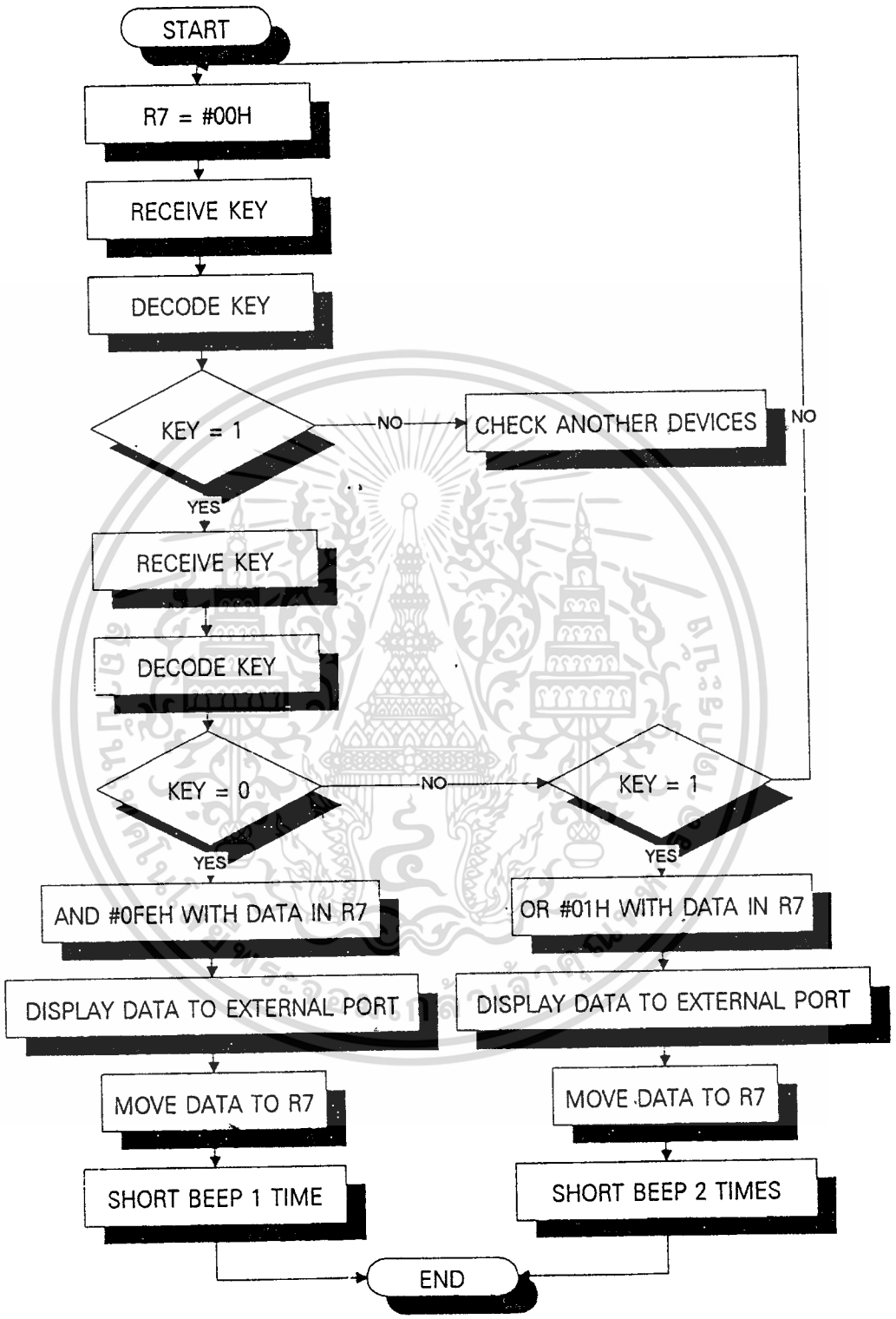

**รูปที่ 30 FLOWCHART แสดงการรับสัญญาณโทนของโทรศัพท์**
**เพื่อแปลงสัญญาณโทนเป็นดิจิตอล 4 บิท (เลขฐานสิบ)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 31** FLOWCHART แสดงการตรวจสอบรหัสผ่านของผู้ใช้ เมื่อรหัสผ่านคือ 123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



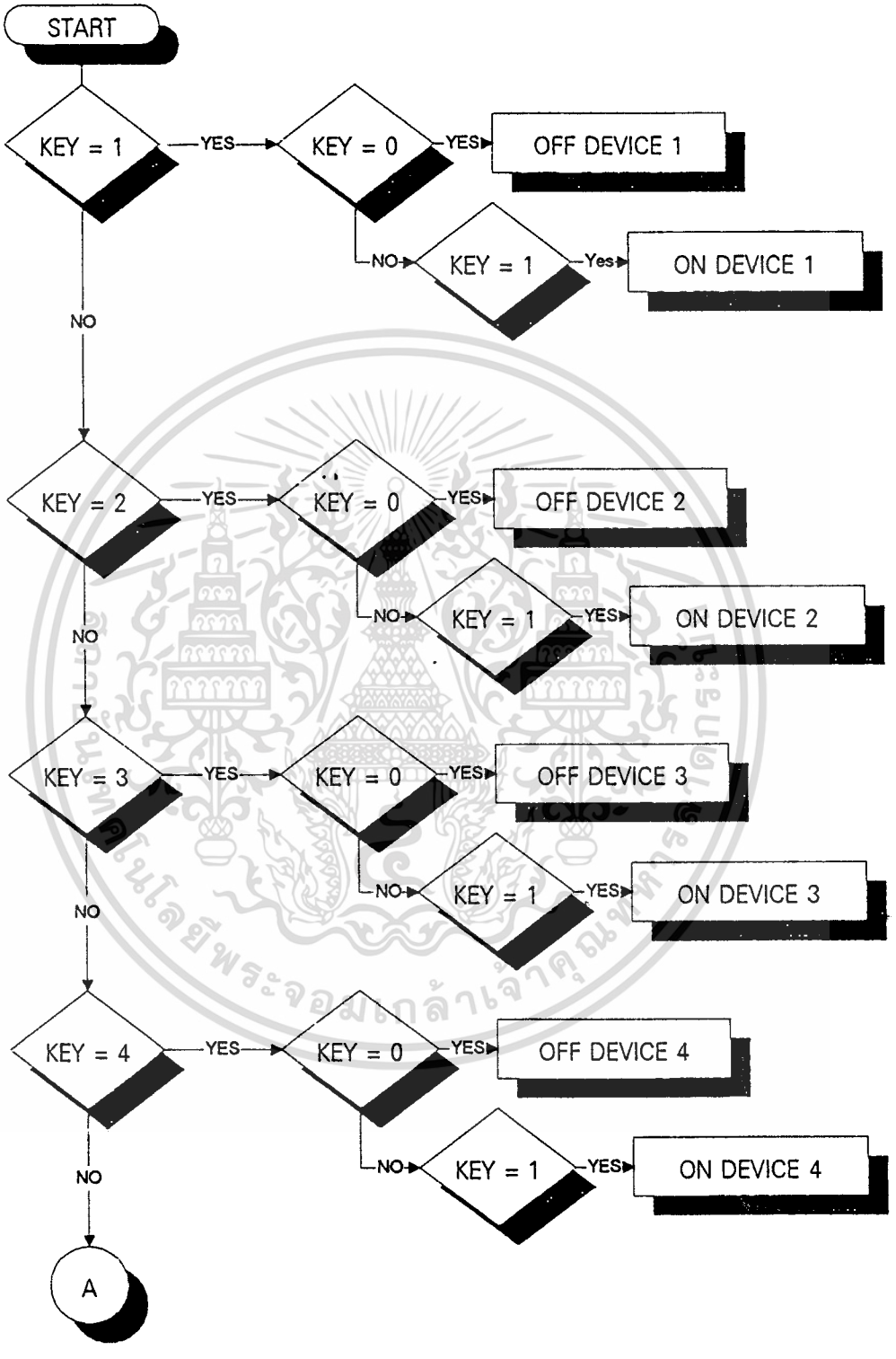

รูปที่ 32 FLOWCHART แสดงการควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ 1

*หมายเหตุ มีการกดคีย์เข้ามา 2 ครั้ง*

*คีย์ที่ 1 ใช้เลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะใช้งาน ถ้าเลือกอุปกรณ์ที่ 1 ให้กด 1*

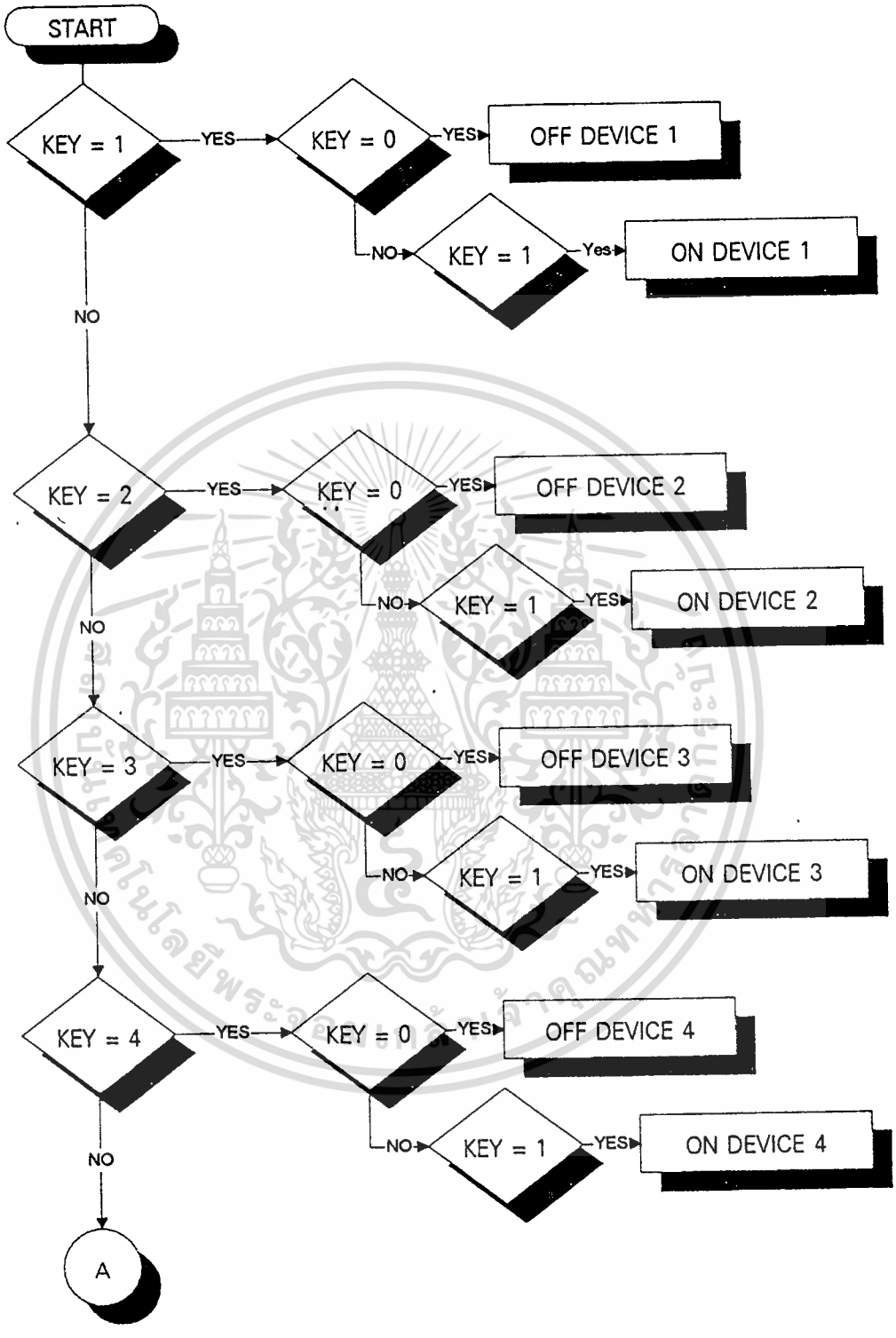
*คีย์ที่ 2 ใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ถ้า 0 หมายถึงปิด ถ้า 1 หมายถึงเปิด*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 33 FLOWCHART แสดงการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า 7 อุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 33 FLOWCHART แสดงการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า 7 อุปกรณ์ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
D0      EQU     P1.0
D1      EQU     P1.1
D2      EQU     P1.2
D3      EQU     P1.3
IRQ     EQU     P1.4
RDWR    EQU     P1.5
RSO     EQU     P1.6
CLK2    EQU     P1.7

TONE    EQU     P3.0
RING    EQU     P3.1
INTO    EQU     P3.2
CS      EQU     P3.3
SOUND   EQU     P3.4
RELAY   EQU     P3.5
WR8031  EQU     P3.6
RD8031  EQU     P3.7

        ORG     8000H

        AJMP    START

        ORG     8003H
        LJMP    INT_INTO

        ORG     8040H

START:
        CLR     CS              ;CS PIN CONNECTED TO VSS
        MOV     R7,#00H
        MOV     A,#00H
        MOV     DPTR,#8000H     ;DPTR = ADDRESS 8000H
        MOVX    @DPTR,A         ;VALUE IN DPTR EQUAL 00H

;*****************CHECK RING*****************************

        CLR     RELAY
        SETB    EA              ;SET ENABLE GLOBAL INTERRUPT
        SETB    IT0             ;SET FALLING EDGE TYPE FOR INTO
        SETB    EX0             ;ENABLE EXTERNAL INTO
        MOV     R0,#00H

CHKH:   JNB     RING,CHKH       ;COUNT PULSE
        INC     R0
        CJNE    R0,#07H,CHKZ
        SETB    RELAY
        SJMP    PASSWORD

CHKZ:
        JB      RING,CHKZ
        SJMP    CHKH

INT_INTO:
        CLR     RELAY
        RETI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;******************CHECK PASSWORD************************

PASSWORD:
CHKPWD: LCALL   WRCRA               ;CHECK 1ST KEY PASSWORD
CHKKEY: LCALL   PRERD
        LCALL   BEEPSS
        CJNE    A,#01H,WSOUND       ;CHECK VALUE EQUAL 1

        LCALL   PRERD               ;CHECK 2ND KEY PASSWORD
        LCALL   BEEPSS
        CJNE    A,#02H,WSOUND

        LCALL   PRERD               ;CHECK 3RD KEY PASSWORD
        LCALL   BEEPSS
        CJNE    A,#03H,WSOUND

        LCALL   RSOUND
        SJMP    CHECK

WSOUND:                             ;TRY TO CHECK KEY AGAIN
        SJMP    CHKKEY

RSOUND:
        MOV     R6,#02H             ;CREAT SHORT BEEP 2 TIMES
        LCALL   BEEP
        RET


CHECK:  LCALL   WRCRA
KEY1ST: LCALL   PRERD
        LCALL   BEEPSS

;************************BEGIN1*************************
CHKCHAL1:
        CJNE    A,#01H,CHKCHAL2
        LJMP    CHKONOFF1

CHKONOFF1:
        LCALL   PRERD
        LCALL   BEEPSS
        CJNE    A,#0AH,CHKON1
        LJMP    OFFCHA1

CHKON1: CJNE    A,#01H,KEY1ST
        LJMP    ONCHAL1

                                    ;ON CHANNEL 1
ONCHAL1:
        MOV     A,#01H
        ORL     A,R7
        LCALL   STO_DPL
        LCALL   BEEPSS
        LCALL   BEEPSS
        SJMP    KEY1ST

                                    ;OFF CHANNEL 1
OFFCHA1:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     A,#0FEH
        ANL     A,R7
        LCALL   STO_DPL
        LCALL   BEEPSS
        SJMP    KEY1ST

;************************END1*************************
;************************BEGIN2***********************
CHKCHAL2:
        CJNE    A,#02H,CHKCHAL3
        LJMP    CHKONOFF2

CHKONOFF2:
        LCALL   PRERD
        LCALL   BEEPSS
        CJNE    A,#0AH,CHKON2
        LJMP    OFFCHA2

CHKON2: CJNE    A,#01H,KEY1ST
        LJMP    ONCHAL2

ONCHAL2:                        ;ON CHANNEL 2
        MOV     A,#02H
        ORL     A,R7
        LCALL   STO_DPL
        LCALL   BEEPSS
        LCALL   BEEPSS
        SJMP    KEY1ST

OFFCHA2:                        ;OFF CHANNEL 2
        MOV     A,#0FDH
        ANL     A,R7
        LCALL   STO_DPL
        LCALL   BEEPSS
        SJMP    KEY1ST

;************************END2*************************
;************************BEGIN3***********************
CHKCHAL3:
        CJNE    A,#03H,CHKCHAL4
        LJMP    CHKONOFF3

CHKONOFF3:
        LCALL   PRERD
        LCALL   BEEPSS
        CJNE    A,#0AH,CHKON3
        LJMP    OFFCHA3

CHKON3: CJNE    A,#01H,KEY1ST
        LJMP    ONCHAL3

ONCHAL3:                        ;ON CHANNEL 3
        MOV     A,#04H
        ORL     A,R7
        LCALL   STO_DPL
        LCALL   BEEPSS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL   BEEPSS
        LJMP    KEY1ST

OFFCHA3:                            ;OFF CHANNEL 3
        MOV     A,#0FBH
        ANL     A,R7
        LCALL   STO_DPL
        LCALL   BEEPSS
        LJMP    KEY1ST

;************************END3*****************************
;************************BEGIN4***************************
CHKCHAL4:
        CJNE    A,#04H,CHKCHAL5
        LJMP    CHKONOFF4

CHKONOFF4:
        LCALL   PRERD
        LCALL   BEEPSS
        CJNE    A,#0AH,CHKON4
        LJMP    OFFCHA4

CHKON4: CJNE    A,#01H,JKEY1ST
        LJMP    ONCHAL4

JKEY1ST:
        LJMP    KEY1ST
ONCHAL4:                            ;ON CHANNEL 4
        MOV     A,#08H
        ORL     A,R7
        LCALL   STO_DPL
        LCALL   BEEPSS
        LCALL   BEEPSS
        LJMP    KEY1ST

OFFCHA4:                            ;OFF CHANNEL 4
        MOV     A,#0F7H
        ANL     A,R7
        LCALL   STO_DPL
        LCALL   BEEPSS
        LJMP    KEY1ST

;************************END4*****************************
;************************BEGIN5***************************
CHKCHAL5:
        CJNE    A,#05H,CHKCHAL6
        LJMP    CHKONOFF5

CHKONOFF5:
        LCALL   PRERD
        LCALL   BEEPSS
        CJNE    A,#0AH,CHKON5
        LJMP    OFFCHA5

CHKON5: CJNE    A,#01H,JKEY1ST
        LJMP    ONCHAL5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ONCHAL5:                                    ;ON CHANNEL 5
        MOV     A,#10H
        ORL     A,R7
        LCALL   STO_DPL
        LCALL   BEEPSS
        LCALL   BEEPSS
        LJMP    KEY1ST

OFFCHA5:                                    ;OFF CHANNEL 5
        MOV     A,#0EFH
        ANL     A,R7
        LCALL   STO_DPL
        LCALL   BEEPSS
        LJMP    KEY1ST

;************************END5*************************
;************************BEGIN6***********************
CHKCHAL6:
        CJNE    A,#06H,CHKCHAL7
        LJMP    CHKONOFF6

CHKONOFF6:
        LCALL   PRERD
        LCALL   BEEPSS
        CJNE    A,#0AH,CHKON6
        LJMP    OFFCHA6

CHKON6: CJNE    A,#01H,JKEY1ST
        LJMP    ONCHAL6

ONCHAL6:                                    ;ON CHANNEL 6
        MOV     A,#20H
        ORL     A,R7
        LCALL   STO_DPL
        LCALL   BEEPSS
        LCALL   BEEPSS
        LJMP    KEY1ST

OFFCHA6:                                    ;OFF CHANNEL 6
        MOV     A,#0DFH
        ANL     A,R7
        LCALL   STO_DPL
        LCALL   BEEPSS
        LJMP    KEY1ST

;************************END6*************************
;************************BEGIN7***********************
CHKCHAL7:
        CJNE    A,#07H,CHKCHAL8
        LJMP    CHKONOFF7

CHKONOFF7:
        LCALL   PRERD
        LCALL   BEEPSS
        CJNE    A,#0AH,CHKON7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LJMP    OFFCHA7

CHKON7: CJNE    A,#01H,JJKEY1ST
        LJMP    ONCHAL7

JJKEY1ST:
        LJMP    KEY1ST

ONCHAL7:                                ;ON CHANNEL 7
        MOV     A,#40H
        ORL     A,R7
        LCALL   STO_DPL
        LCALL   BEEPSS
        LCALL   BEEPSS
        LJMP    KEY1ST
        ;
OFFCHA7:                                ;OFF CHANNEL 7
        MOV     A,#0BFH
        ANL     A,R7
        LCALL   STO_DPL
        LCALL   BEEPSS
        LJMP    KEY1ST

;************************END7*************************
;************************BEGIN8***********************
CHKCHAL8:
        CJNE    A,#08H,CHKCHAL9
        LJMP    CHKONOFF8

CHKCHAL9:
        LJMP    KEY1ST

CHKONOFF8:
        LCALL   PRERD
        LCALL   BEEPSS
        CJNE    A,#0AH,CHKON8
        LJMP    OFFCHA8

CHKON8: CJNE    A,#01H,JJKEY1ST
        LJMP    ONCHAL8

ONCHAL8:                                ;ON ALL CHANNEL
        MOV     A,#0FFH
        ORL     A,R7
        LCALL   STO_DPL
        LCALL   BEEPSS
        LCALL   BEEPSS
        LJMP    KEY1ST

OFFCHA8:                                ;OFF ALL CHANNEL
        MOV     A,#80H
        ANL     A,R7
        LCALL   STO_DPL
        LCALL   BEEPSS
        LJMP    KEY1ST
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************************END8*****************************
STO_DPL:                            ;STROGE VALUE TO R7 AND DISPLAY TO
        MOV     R7,A                ;OUTPUT PORT
        MOV     DPTR,#8000H
        MOVX    @DPTR,A
        RET

WRCRA:  MOV     P1,#54H             ;SET TO MODE RX
        ACALL   CLOCK               ;CREAT PULSE FOR RECEIVE DATA
        RET

PRERD:  MOV     P1,#3FH             ;SET 8880 TO READ FROM RX
WAITDA: JB      IRQ,CKGEN           ;CHECK DTMF IN (IRQ=0 WHEN DTMF IN
        SETB    CLK2                ;IRQ=0 SET CLK2 HIGH
        MOV     A,P1                ;READ DATA
        ANL     A,#0FH              ;DATA=0000XXXX
        MOV     P1,#7FH             ;IRQ PIN TO HIGH
        ACALL   CLOCK
        RET

CKGEN:  CPL     CLK2
        SJMP    WAITDA

CLOCK:                              ;PULSE 1 mSEC AT CLK2 PIN
        MOV     R3,#01H
        CLR     CLK2
        LCALL   DELY
        SETB    CLK2
        LCALL   DELY
        CLR     CLK2
        RET
DELY:   MOV     R0,#02H
DL1:    MOV     R1,#0E5H
DL2:    DJNZ    R1,DL2
        DJNZ    R0,DL1              ;DELAY 1mSEC
        DJNZ    R3,DELY             ;DELAY (R3) mSEC
        RET

BEEPSS: MOV     R6,#01H             ;CREAT SHORT BEEP 1 TIME
        LCALL   BEEP
        RET

BEEP:   MOV     R4,#0AH
PL1:    DJNZ    R4,PULSE            ;CREAT PULSE 10 PULSE = 10 mSEC
        CLR     SOUND
        MOV     R5,#0FAH
        LCALL   DELY                ;DELAY 250 mSEC
        DJNZ    R6,PULSE
        RET

PULSE:  SETB    SOUND               ;PULSE 4 mSEC AT SOUND PIN
        MOV     R3,#02H
        LCALL   DELY
        CLR     SOUND
        MOV     R3,#02H
        LCALL   DELY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SJMP    PL1
END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปและวิจารณ์

จากทฤษฎี และวงจรการทดลองที่ผ่านมาทั้งหมด สามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

เครื่องควบคุมนี้จะต่อกับคู่สายโทรศัพท์เพื่อให้สามารถสั่งการต่างๆผ่านทางคู่สายโทรศัพท์ โดยอาศัยสัญญาณโทนที่ได้จากการกดที่แป้นคีย์โทรศัพท์ โดยเริ่มแรกนั้นเครื่องควบคุมนี้จะตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มทำงาน จากนั้นเครื่องควบคุมจะสวิทช์เพื่อให้อยู่ในสภาวะยกหูโทรศัพท์ โดยจะมีระยะเวลาหน่วงรออยู่ประมาณ 10 วินาที เพื่อให้ผู้ต้องการควบคุมสามารถกดรหัสผ่าน เพื่อให้เข้าสู่โหมดการควบคุมทั้งหมดของระบบ หากกดรหัสผ่านไม่ถูกต้องก็ไม่สามารถผ่านเข้าไปสู่การทำงานควบคุมได้ รหัสผ่านนี้เป็นการป้องกันผู้ที่ไม่หวังดีโทรศัพท์เข้ามาสั่งการไม่ถูกต้องภายในบ้านของผู้ที่เป็นเจ้าของบ้านที่แท้จริง

รหัสหรือสัญญาณโทนที่ใช้ในการควบคุมจะเป็นสัญญาณ DTMF ที่ได้จากแป้นคีย์โทรศัพท์ เมื่อผ่านเข้ามาสู่ระบบควบคุมจะอาศัยอุปกรณ์ถอดรหัส (decoder) สัญญาณ DTMF เพื่อให้เอาท์พุทออกมาเป็นรหัสเลขฐานสอง (BCD code) เข้าสู่ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนสวิทช์ทำงานทางเอาท์พุทต่อไป ในทุกครั้งที่ถอดรหัสสั่งการเสร็จในแต่ละหน้าที่จะมีสัญญาณตอบกลับมาจากเครื่องควบคุมเป็นสัญญาณโทนสั้นๆ ย้อนกลับมาทางหูฟังโทรศัพท์

การควบคุมเบื้องต้นจะต้องใช้หมายเลขที่แป้นคีย์ 1-7 โดย 1-7 เป็นช่องสัญญาณควบคุมเอาท์พุท (หมายเลขช่องควบคุม) และตามด้วยเลข "1" แทนการเปิดสวิทช์ (ON) ของเครื่องไฟฟ้า หรือตามด้วยเลข "0" แทนการปิดสวิทช์ (OFF) ของเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือตามด้วยเลข "2" เพื่อตรวจสอบสภาวะการทำงานของแต่ละช่องควบคุม และกดหมายเลข "8" เพื่อควบคุมทุกช่องสัญญาณให้ทำงานพร้อมกันแล้วจึงตามด้วยเลข "1" หรือ "0" เพื่อเปิดหรือปิดของทุกช่องสัญญาณในการกดสวิทช์คีย์แต่ละครั้ง หรือการทำงานในแต่ละหน้าที่เสร็จสิ้นลงไปในขั้นตอนนั้นๆ จะมีสัญญาณโทนตอบกลับมาแจ้งสภาวะการทำงานทุกครั้ง โดยจะมีเสียงโทนสั้นๆ หนึ่งครั้งแสดงสภาวะ "ปิด" และโทนสั้นๆ สองครั้งแสดงสภาวะ "เปิด" การสั่งการในแต่ละขั้นตอนการทำงานจะมีเวลาหน่วงรอรหัสคำสั่ง 10 วินาที หากเลยช่วงเวลาหน่วงไปแล้วโดยไม่มีการกดคีย์รหัสสั่งการ เครื่องควบคุมจะทำการวางหูโทรศัพท์ (ตัดสายโทรศัพท์ออกจากระบบหรือวางหูนั่นเอง)

สิ่งสำคัญในการนำไปใช้งานคือ จะต้องทำความเข้าใจการสั่งงานทางโทรศัพท์ และการสั่งการผ่านตัวเครื่องโดยตรงเลย ซึ่งสองขั้นตอนนี้แตกต่างกันนิดเดียวเท่านั้น สำหรับการใช้งานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเป็นการทำความเข้าใจเกี่ยวกับรหัสการสั่งงานผ่านคีย์สวิทช์โทรศัพท์และเข้าใจเกี่ยวกับเสียงสัญญาณโทนตอบกลับที่แสดงถึงสภาวะการทำงานของเครื่องควบคุมขณะนั้น รวมไปถึงการตั้งรหัสผ่านเข้าสู่ระบบสั่งงาน เพราะหากไม่เข้าใจตรงนี้หรือลืมแล้ว ก็จะไม่สามารถใช้งานเครื่องนี้ได้

เริ่มต้นเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาที่คู่สายประมาณ 10 วินาที เครื่องจะต้องรับหรือยกหูโทรศัพท์ จากนั้นจะมีเสียงโทนตอบรับช่วงสั้นๆ สองครั้ง ต่อจากนั้นจะต้องทำการกดรหัสผ่านเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์และอีพรอมสามารถทำงานได้ โดยกำหนดรหัสผ่านไว้เป็น 123 ดังนั้นเมื่อได้ยินสัญญาณตอบกลับมาที่หูโทรศัพท์ให้กด 123 ภายในระยะเวลา 10 วินาที เมื่อกดถูกต้องจะมีเสียงตอบกลับช่วงสั้นๆ สามครั้ง จากนั้นเป็นการสั่งงานให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเปิด-ปิด โดยสวิทช์โทรศัพท์หมายเลข 1-7 เป็นหมายเลขแทนช่องสัญญาณที่ต้องการควบคุมและหมายเลข 1 หมายถึง เปิด หมายเลข 0 หมายถึง ปิด หมายเลข 8 เป็นการควบคุมทุกช่องสัญญาณพร้อมกัน แล้วตามด้วย 1 เปิด หรือ 0 ปิด

เมื่อมาถึงขั้นตอนสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้า ให้กดหมายเลขช่อง (เลข 1-7) แล้วตามด้วยเลข 1 เพื่อเปิด หรือตามด้วยเลข 0 เพื่อปิด ทุกครั้งที่ควบคุมให้เปิดจะมีสัญญาณตอบกลับช่วงสั้นๆ สองครั้ง และทุกครั้งที่ควบคุมให้ปิด จะมีสัญญาณตอบกลับสั้นๆ หนึ่งครั้งเสมอ

นอกจากนี้ถ้าเกิดเหตุการณ์ผิดปกติขึ้น จะใช้สวิทช์ในการตรวจสอบสัญญาณแล้วส่งให้ CPU อ่านเข้าไปตรวจสอบกับค่าที่ตั้งไว้ จากนั้นจะส่งข้อมูลไปเปิดรีเลย์และ CPU จะทำการสับเปลี่ยนทางเดินของสัญญาณ ทำให้เสมือนมีการยกหูโทรศัพท์ แล้วจะรอรับสัญญาณจากทางองค์การโทรศัพท์ ถ้าสัญญาณที่ได้รับเป็นสัญญาณไม่พร้อมให้หมุนโทรศัพท์ก็จะวางหูแล้วยกใหม่ แต่ถ้าสัญญาณที่ได้รับเป็นสัญญาณให้หมุนโทรศัพท์ (DIAL TONE) ก็จะหมุนโทรศัพท์โดยอัตโนมัติไปที่สถานีตำรวจดับเพลิงแล้วรอรับสัญญาณตอบรับว่า ถ้าเป็นสัญญาณสายไม่ว่าง (BUSY TONE) ก็จะวางหูโทรศัพท์แล้วทำการหมุนใหม่ แต่ถ้าได้รับสัญญาณว่าง (RINGBACK TONE) ก็จะรอจนกว่าผู้รับจะยกหูโทรศัพท์แล้วจึงรายงานเหตุการณ์และสถานที่เกิดเหตุให้ทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่6
# แนวทางพัฒนาโครงงาน

โครงงานนี้ยังมีหน้าที่การทำงานที่ไม่สมบูรณ์มากนัก มีบางส่วนที่ควรจะเพิ่มเติมเข้าไป เช่น

**ส่วนซอฟแวร์**

1.เขียนโปรแกรมให้สามารถตั้งรหัสผ่านส่วนตัว นั่นคือกำหนดขั้นตอนการตั้งรหัสผ่านดังนี้ คือ เหมือนกับการสั่งงานโดยโทรศัพท์เข้ามาที่บ้าน พร้อมกับคอยจังหวะให้เครื่องควบคุมตอบรับ พร้อมกับมีเสียงตอบกลับสั้นๆ สองครั้ง หลังจากนั้นให้กดรหัสผ่านเดิมก่อน รอให้เครื่องตอบรับ โดยมีเสียงสั้นๆ สองครั้ง ต่อจากนั้นให้กดเครื่องหมาย * ตามด้วยเลข 1 เป็นคำสั่งเข้าสู่โหมดของการโปรแกรมรหัสผ่าน เมื่อกดหมายเลขและเครื่องหมายเรียบร้อยแล้วจะมีสัญญาณตอบกลับสั้นๆ สองครั้งเช่นเดิม ต่อไปเครื่องหมาย # จะแสดงให้ทราบว่าถ้ากดเครื่องหมาย # นี้ ต่อจากขั้นตอนที่ผ่านมาจะเป็นการล้างรหัสผ่านเดิมออกไป และเป็นเครื่องหมายแสดงการจบรหัสผ่านในตอนโปรแกรมรหัส และเสียงสั้นๆ หนึ่งครั้งเป็นแสดงการล้างรหัส

จำนวนหลักของรหัสผ่านสามารถกำหนดได้ทั้งหมด 8 หลัก และทุกครั้งที่โปรแกรมเข้าไปหนึ่งหลักจะมีเสียงตอบกลับสั้นๆ หนึ่งครั้ง แล้วให้กดหมายเลขหลักต่อไปเช่นนี้จนครบจำนวนที่ต้องการ จะหมายเลขอะไรก็ได้ในจำนวน 0-9 แต่ถ้าในกรณีที่ไม่ต้องการตั้งรหัสให้ครบทั้ง 8 ตัว ก็สามารถกระทำได้ โดยกดตั้งรหัสไปตามที่ต้องการ แล้วหลังจากหลักสุดท้ายให้กดเครื่องหมาย # ต่อท้ายไปอีกจนครบ 8 หลัก ก็เป็นอันเสร็จสิ้น แต่รหัสผ่านที่ตั้งใหม่จะไม่ต้องกด # ตามเมื่อใช้งานจริงเปรียบเสมือนกับเป็นวงเล็บปิดให้กับคำสั่ง สรุปแล้วการตั้งโปรแกรมกระทำหลังจากกดรหัสผ่านเดิม เครื่องควบคุมตอบกลับแล้วให้กด * ตามด้วยเลข 1 แล้วตามด้วย # เพื่อลบรหัสเดิม แล้วตามด้วย * และเลข 1 เพื่อเข้ารหัส ตามด้วยหมายเลขรหัส หากครบ 8 หลัก ไม่ต้องกด # แต่ถ้าไม่ครบ 8 หลัก ให้กด # ตามต่อท้ายให้ครบ 8 หลักก็เสร็จสิ้นการตั้งรหัส

2.เขียนโปรแกรมให้สามารถกำหนดจำนวนของสัญญาณกระดิ่งได้ สัญญาณนี้จะอยู่ในรูปแบบของพัลส์เมื่อผ่านวงจรบริดจ์ตรวจจับสัญญาณกระดิ่งมาแล้ว การกำหนดจำนวนพัลส์นี้เป็นการกำหนดเวลาในการตอบกลับ หรือเวลาในการรอรับสายของเครื่องควบคุมเทียบกับเวลาแล้วจะเป็นวินาทีโดยประมาณ การจะเข้ามาตั้งสัญญาณกระดิ่งจะต้องผ่านรหัสเข้าสู่การสั่งงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุกขั้นตอนก่อน เมื่อกดรหัสผ่านมาแล้วมีสัญญาณตอบกลับสิ้นสุดลงให้กด * ตามด้วยเลข 2 จะมีสัญญาณตอบกลับสั้นๆ สองครั้ง แล้วให้ตามด้วยตัวเลข 0, 1 หรือ 2 ซึ่งตัวเลขทั้งสามตัวนี้จะแทนตัวเลขในหลักสิบ และให้กดตัวใดตัวหนึ่ง แล้วตามด้วยตัวเลขในหลักหน่วยคือ 1-9 ซึ่งเมื่อกดหมายเลขทั้งสองกลุ่มนี้ครบแล้วจะมีสัญญาณเสียงดังยาวหนึ่งครั้งตอบกลับมา

3.การเขียนโปรแกรมให้สามารถทดสอบสัญญาณ DTMF ซึ่งการทดสอบนี้เป็นฟังก์ชันพิเศษ เพราะต้องการความถูกต้องในการกดคีย์ สวิทช์แต่ละคีย์จะต้องให้สัญญาณโทน DTMF ออกมาได้อย่างถูกต้อง เพราะไม่เช่นนั้นแล้วการเข้ารหัสผ่านและการควบคุมหน้าที่ในแต่ละแชนแนลจะไม่ตรงและเป็นไปด้วยความลำบาก

4.โปรแกรมส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า อาจมีการเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจสอบสถานะโดยการกำหนดให้เมื่อกดหมายเลข 2 จะเป็นการแสดงสถานะของช่องสัญญาณนั้นๆ

**ส่วนฮาร์ดแวร์**

อาจจะเพิ่มในส่วนของการสื่อสารข้อความอัตโนมัติ

เนื่องจากว่า การใช้งานของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทางโทรศัพท์นี้ การตอบรับของเครื่องนี้จะเป็นเสียงสั้นๆ จำนวนครั้งตามที่กำหนดลงในโปรแกรม ซึ่งอาจเข้าใจได้ยาก แต่ถ้าเพิ่มส่วนการสื่อสารข้อความอัตโนมัติเข้าไป ก็จะทำให้ผู้สั่งการเข้าใจขั้นตอนการทำงานว่าถึงขั้นตอนไหนแล้วได้

ส่วนการสื่อสารข้อความอัตโนมัตินี้ทำได้โดยใช้ไอซี ISD1420 ซึ่งเป็นไอซีบันทึกเสียงที่ใช้ได้สะดวก มีคุณสมบัติสามารถบันทึกเสียงได้นาน 20 วินาที มีอัตราแซมปลิ้ง 6.4 กิโลเฮิร์ตซ์ สามารถบันทึกและเล่นกลับได้ โดยไม่ต้องใช้กลไกใดๆ ทั้งสิ้น สามารถขับเสียงออกจากลำโพงหรือผ่านหม้อแปลงอิมพีแดนซ์ได้โดยตรง และมีวงจรขยายเสียงอยู่ในตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม
## (REFERENCE)

1.สุนทร วิทูสุรพจน์ , "การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตะขระกูล 8051", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , พ.ศ.2537

2.ธวัชชัย เลื่อนฉวี , "เทคโนโลยีโทรศัพท์" , ห้างหุ้นส่วนจำกัดการพิมพ์

3.MOTOROLA SEMICONDUCTOR Data Sheet, MOTOROLA TELECOMMUNICATION DEVICE DATA

4.MOTOROLA MEMORY DATA , MOTOROLA INC. , 1989

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ISO²-CMOS MT8880C/MT8880C-
# Integrated DTMF Transceive

9161-002-032-NA ISSUE 1 Jul 199

## Features

- Complete DTMF transmitter/receiver
- Central office quality
- Low power consumption
- Microprocessor port
- Adjustable guard time
- Automatic tone burst mode
- Call progress mode

## Ordering Information

| | |
|---|---|
| MT8880CE/CE-1 | 20 Pin Plastic DIP |
| MT8880CC/CC-1 | 20 Pin Ceramic DIF |
| MT8880CS/CS-1 | 20 Pin SOIC |
| MT8880CP/CP-1 | 28 Pin Plastic LCC |
| -40°C to + 85°C | |

## Applications

- Credit card systems
- Paging systems
- Repeater systems/mobile radio
- Interconnect dialers
- Personal computers

## Description

The MT8880C/C-1 is a monolithic DTMF transceiver with call progress filter. It is fabricated in Mitel's ISO²-CMOS technology, which provides low power dissipation and high reliability. The DTMF receiver is based upon the industry standard MT8... monolithic DTMF receiver, the transmitter utilizes a switched capacitor D/A converter for low distortion, high accuracy DTMF signalling. Internal counters provide a burst mode such that tone bursts can be transmitted with precise timing. A call progress filter can be selected allowing a microprocessor to analyze call progress tones. A standard microprocessor bus is provided and is directly compatible with 6800 series microprocessors. The MT8880C-1 is functionally identical to the MT8... except for the performance of the receiver section, which is enhanced to accept and reject lower signal levels.

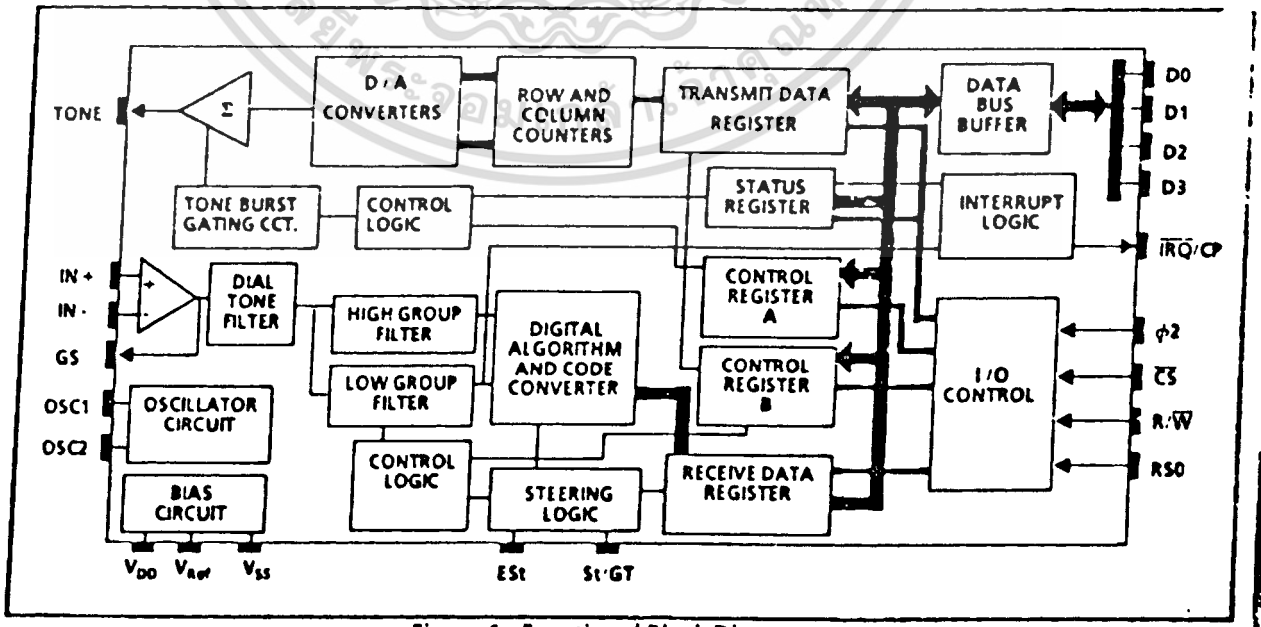
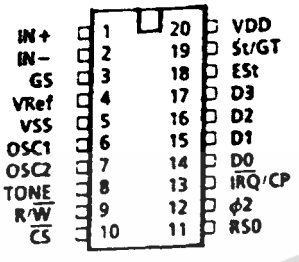
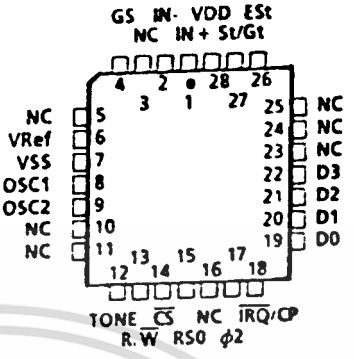



**Figure 1- Functional Block Diagram**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




20 PIN CERDIP/PLASTIC DIP/SOIC




28 PIN PLCC

Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

| Pin # | Name | Description |
|---|---|---|
| 1 | IN+ | Non-inverting op-amp input. |
| 2 | IN− | Inverting op-amp input. |
| 3 | GS | Gain Select. Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor. |
| 4 | $V_{Ref}$ | Reference Voltage output, nominally $V_{DD}/2$ is used to bias inputs at mid-rail (see Fig. 13). |
| 5 | $V_{SS}$ | Ground input (0V). |
| 6 | OSC1 | DTMF clock oscillator input. |
| 7 | OSC2 | Clock output. A 3.579545 MHz crystal connected between OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit. Leave open circuit when OSC1 is clock input. |
| 8 | TONE | Tone output (DTMF or single tone). |
| 9 | R/$\overline{W}$ | Read/Write input. Controls the direction of data transfer to and from the MPU and the transceiver registers. TTL compatible. |
| 10 | $\overline{CS}$ | Chip Select, TTL input ($\overline{CS}$ = 0 to select the chip). |
| 11 | RS0 | Register Select input. See register decode table. TTL compatible. |
| 12 | $\Phi 2$ | System Clock input. TTL compatible. N.B. $\Phi 2$ clock input need not be active when the device is not being accessed. |
| 13 | $\overline{IRQ}$/CP | Interrupt Request to MPU (open drain output). Also, when call progress (CP) mode has been selected and interrupt enabled the $\overline{IRQ}$/CP pin will output a rectangular wave signal representative of the input signal applied at the input op-amp. The input signal must be within the bandwidth limits of the call progress filter. See Figure 8. |
| 14-17 | D0-D3 | Microprocessor Data Bus (TTL compatible). High impedance when $\overline{CS}$ = 1 or $\Phi 2$ is low. |
| 18 | ESt | Early Steering output. Presents a logic high once the digital algorithm has detected a valid tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause ESt to return to a logic low. |
| 19 | St/GT | Steering Input/Guard Time output (bidirectional). A voltage greater than $V_{TSt}$ detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than $V_{TSt}$ frees the device to accept a new tone pair. The GT output acts to reset the external steering time-constant, its state is a function of ESt and the voltage on St. |
| 20 | $V_{DD}$ | Positive power supply input (+5V typical). |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Functional Description

The MT8880C/C-1 Integrated DTMF Transceiver architecture consists of a high performance DTMF receiver with internal gain setting amplifier and a DTMF generator which employs a burst counter such that precise tone bursts and pauses can be synthesized. A call progress mode can be selected such that frequencies within the specified passband can be detected. A standard microprocessor interface allows access to an internal status register, two control registers and two data registers.

## Input Configuration

The input arrangement of the MT8880C/C-1 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source ($V_{Ref}$) which is used to bias the inputs at $V_{DD}/2$. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 3.

Figure 4 shows the necessary connections for a differential input configuration.

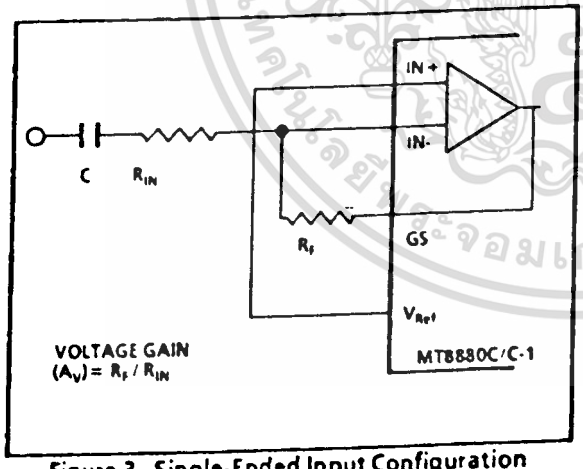



Figure 3 - Single-Ended Input Configuration

## Receiver Section

Separation of the low and high group tones is achieved by applying the DTMF signal to the inputs of two sixth-order switched capacitor bandpass filters, the bandwidths of which correspond to the low and high group frequencies (see Fig. 7). These filters also incorporate notches at 350 Hz and 440 Hz for exceptional dial tone rejection. Each filter output is followed by a single order switched capacitor filter section which smooths the signals prior to limiting. Limiting is performed by high-gain comparators which are provided with hysteresis to

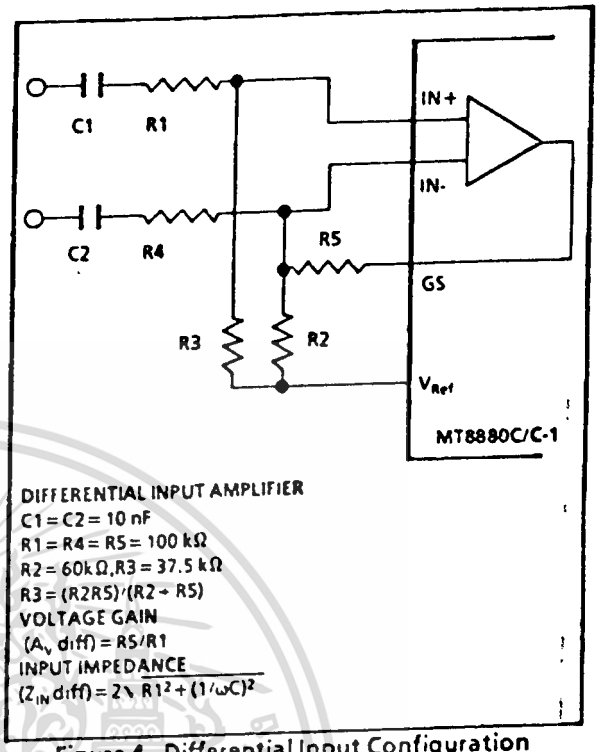



Figure 4 - Differential Input Configuration

prevent detection of unwanted low-level signals. The outputs of the comparators provide full rail logic swings at the frequencies of the incoming DTMF signals.

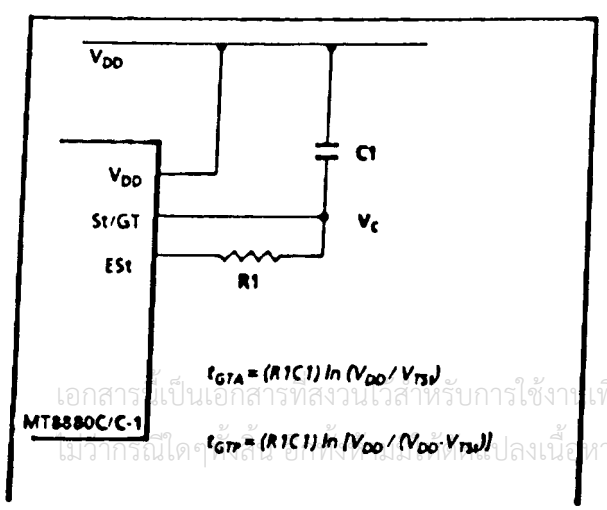
Following the filter section is a decoder employing digital counting techniques to determine the frequencies of the incoming tones and to verify that they correspond to standard DTMF frequencies. A complex averaging algorithm protects against tone simulation by extraneous signals such as voice while providing tolerance to small frequency deviations and variations. This averaging algorithm has been developed to ensure an optimum combination of immunity to talk-off and tolerance to the presence of interfering frequencies (third tones) and noise. When the detector recognizes the presence of two valid tones (this is referred to as the "signal condition" in some industry specifications) the "Early Steering" (ESt) output will go to an active state. Any subsequent loss of signal condition will cause ESt to assume an inactive state.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Steering Circuit

Before registration of a decoded tone pair, the receiver checks for a valid signal duration (referred to as character recognition condition). This check is performed by an external RC time constant driven by ESt. A logic high on ESt causes $v_c$ (see Figure 5) to rise as the capacitor discharges. Provided that the signal condition is maintained (ESt remains high) for the validation period ($t_{GTP}$), $v_c$ reaches the threshold ($V_{TSt}$) of the steering logic to register the tone pair, latching its corresponding 4-bit code (see Figure 7) into the Receive Data Register. At this point the GT output is activated and drives $v_c$ to $V_{DD}$. GT continues to drive high as long as ESt remains high. Finally, after a short delay to allow the output latch to settle, the delayed steering output flag goes high, signalling that a received tone pair has been registered. The status of the delayed steering flag can be monitored by checking the appropriate bit in the status register. If Interrupt mode has been selected, the $\overline{IRQ}$/CP pin will pull low when the delayed steering flag is active.

The contents of the output latch are updated on an active delayed steering transition. This data is presented to the four bit bidirectional data bus when the Receive Data Register is read. The steering circuit works in reverse to validate the interdigit pause between signals. Thus, as well as rejecting signals too short to be considered valid, the receiver will tolerate signal interruptions (drop out) too short to be considered a valid pause. This facility, together with the capability of selecting the steering time constants externally, allows the designer to tailor performance to meet a wide variety of system requirements.

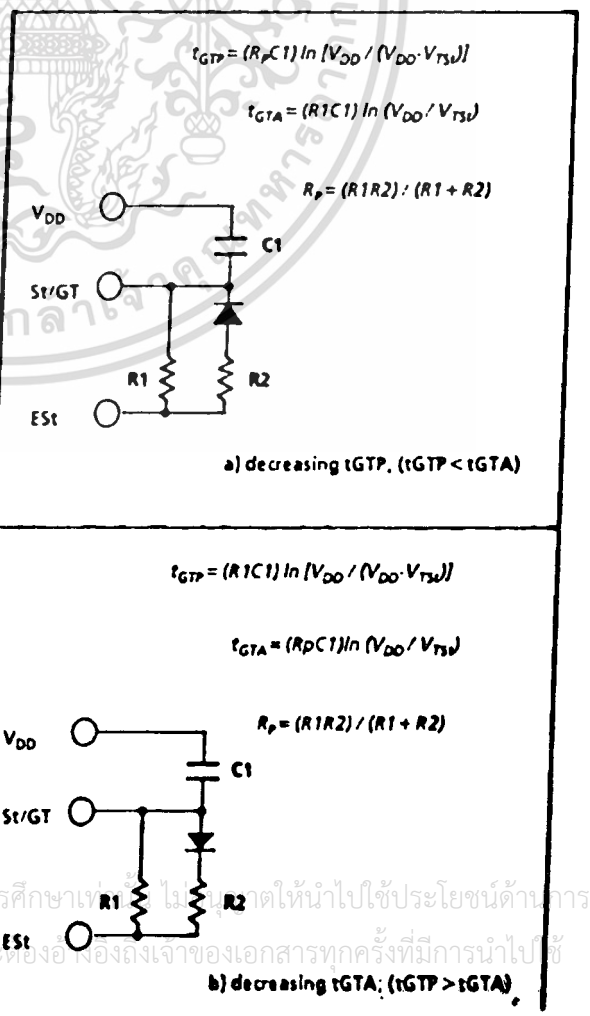



## Guard Time Adjustment

The simple steering circuit shown in Figure 5 is adequate for most applications. Component values are chosen according to the formula:

$$t_{REC} = t_{DP} + t_{GTP}$$
$$t_{ID} = t_{DA} + t_{GTA}$$

The value of $t_{DP}$ is a device parameter (see AC Electrical Characterstics) and $t_{REC}$ is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C1 of 0.1 µF is recommended for most applications, leaving R1 to be selected by the designer. Different steering arrangements may be used to select independently the guard times for tone present ($t_{GTP}$) and tone absent ($t_{GTA}$). This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on both tone duration and interdigital pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk off and noise immunity.




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Increasing $t_{REC}$ improves talk-off performance since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain a valid signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short $t_{REC}$ with a long $t_{DO}$ would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 6. The receiver timing is shown in Figure 9 with a description of the events in Figure 11.

## Call Progress Filter

A call progress mode, using the MT8880C/C-1, can be selected allowing the detection of various tones which identify the progress of a telephone call on the network. The call progress tone input and DTMF input are common, however, call progress tones can only be detected when CP mode has been selected. DTMF signals cannot be detected if CP mode has been selected (see Table 5). Figure 8 indicates the useful detect bandwidth of the call progress filter. Frequencies presented to the input, which are within the 'accept' bandwidth limits of the filter, are hard-limited by a high gain comparator with the $\overline{IRQ}$/CP pin serving as the output. The squarewave output obtained from the schmitt trigger can be analysed by a microprocessor or counter arrangement to determine the nature of the call progress tone being detected. Frequencies which are in the 'reject' area will not be detected and consequently the $\overline{IRQ}$/CP pin will remain low.

## DTMF Generator

The DTMF transmitter employed in the MT8880C/C-1 is capable of generating all sixteen standard DTMF tone pairs with low distortion and high accuracy. All frequencies are derived from an external 3.579545 MHz crystal. The sinusoidal waveforms for the individual tones are digitally synthesized using row and column programmable dividers and switched capacitor D/A converters. The row and column tones are mixed and filtered providing a DTMF signal with low total harmonic distortion and high accuracy. To specify a DTMF signal, data conforming to the encoding format shown in Figure 7 must be written to the transmit Data Register. Note that this is the same as the receiver output code. The individual tones which are generated ($f_{LOW}$ and $f_{HIGH}$) are referred to as Low Group and High Group tones. As seen from the table, the low group frequencies are 697, 770, 852 and 941 Hz. The high group frequencies are 1209, 1336, 1477 and 1633 Hz. Typically, the high group to low group amplitude ratio (pre-emphasis) is 2dB to compensate for

| $F_{LOW}$ | $F_{HIGH}$ | DIGIT | $D_3$ | $D_2$ | $D_1$ | $D_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 697 | 1209 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 697 | 1336 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 697 | 1477 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 770 | 1209 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 770 | 1336 | 5 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 770 | 1477 | 6 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 852 | 1209 | 7 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 852 | 1336 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 852 | 1477 | 9 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 941 | 1336 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 941 | 1209 | * | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 941 | 1477 | # | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 697 | 1633 | A | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 770 | 1633 | B | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 852 | 1633 | C | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 941 | 1633 | D | 0 | 0 | 0 | 0 |

0= LOGIC LOW, 1= LOGIC HIGH

Figure 7 - Functional Encode/Decode Table

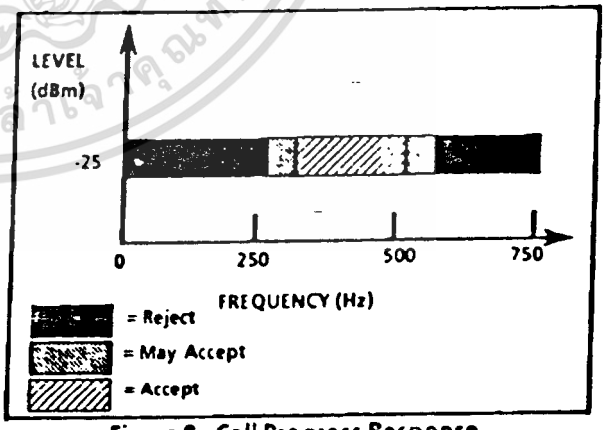



Figure 8 - Call Progress Response

The period of each tone consists of 32 equal time segments. The period of a tone is controlled by varying the length of these time segments. During write operations to the Transmit Data Register the 4 bit data on the bus is latched and converted to 2 of 8 coding for use by the programmable divider circuitry. This code is used to specify a time segment length which will ultimately determine the frequency of the tone. When the divider reaches

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

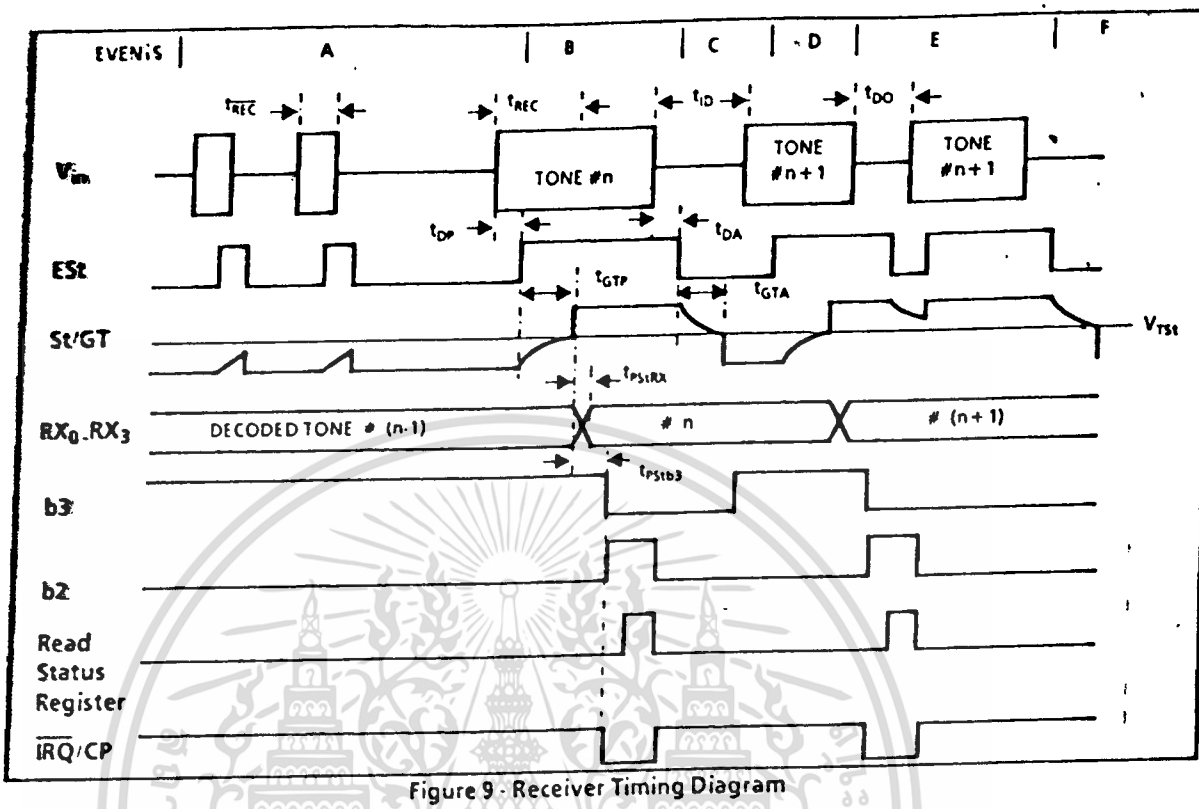
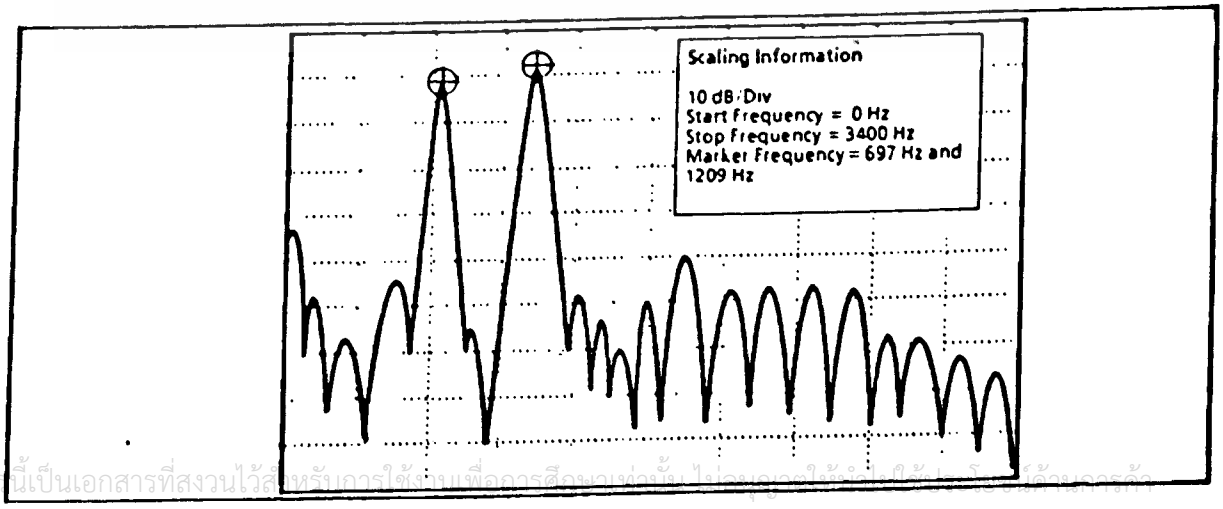



Figure 9 - Receiver Timing Diagram

again. The number of time segments is fixed at 32, however, by varying the segment length as described above the tone output signal frequency will be varied. The divider output clocks another counter which addresses the sinewave lookup ROM.

The lookup table contains codes which are used by the switched capacitor D/A converter to obtain discrete and highly accurate DC voltage levels. Two identical circuits are employed to produce row and column tones which are then mixed using a low noise summing amplifier. The oscillator described needs no "start-up" time as in other DTMF generators since the crystal oscillator is running continuously thus providing a high degree of tone burst accuracy. A bandwidth limiting filter is incorporated and serves to attenuate distortion products above 8 kHz. It can be seen from Figure 10 that the distortion products are very low in amplitude.




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ หาประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Burst Mode

In certain telephony applications it is required that DTMF signals being generated are of a specific duration determined either by the particular application or by any one of the exchange transmitter specifications currently existing. Standard DTMF signal timing can be accomplished by making use of the Burst Mode. The transmitter is capable of issuing symmetric bursts/pauses of predetermined duration. This burst/pause duration is 51 ms±1 ms which is a standard interval for autodialer and central office applications. After the burst/pause has been issued, the appropriate bit is set in the Status Register indicating that the transmitter is ready for more data. The timing described above is available when DTMF mode has been selected. However, when CP mode (Call Progress mode) is selected, a second burst/pause time of 102 ms ±2 ms is available. This extended interval is useful when precise tone bursts of longer than 51 ms duration and 51 ms pause are desired. Note that when CP mode and Burst mode have been selected, DTMF tones may be transmitted only and *not* received.

In applications where a non-standard burst pause duration is required, burst mode must be disabled and the transmitter gated on and off by an externa hardware or software timer.

## Single Tone Generation

A single tone mode is available whereby individua tones from the low group or high group can b generated. This mode can be used for DTMF tes equipment applications, acknowledgement ton generation and distortion measurements. Refer t Control Register B description for details.

## Distortion Calculations

The MT8880C/C-1 is capable of producing precis tone bursts with minimal error in frequency (se Table 1). The internal summing amplifier followed by a first-order lowpass switched capacito filter to minimize harmonic components an intermodulation products. The total harmon distortion for a *single tone* can be calculated usin Equation 1, which is the ratio of the total power o all the extraneous frequencies to the power of th fundamental frequency expressed as a percentage The Fourier components of the tone outpu correspond to $V_{2f}$.... $V_{nf}$ as measured on the outpu waveform. The total harmonic distortion for a *dua tone* can be calculated using Equation 2. $V_L$ and $V_H$

EXPLANATION OF EVENTS

| | |
|---|---|
| A) | TONE BURSTS DETECTED, TONE DURATION INVALID, RX DATA REGISTER NOT UPDATED. |
| B) | TONE #n DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN RX DATA REGISTER. |
| C) | END OF TONE #n DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, INFORMATION IN RX DATA REGISTER RETAINED UNTIL NEXT VALID TONE PAIR. |
| D) | TONE #n+1 DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN RX DATA REGISTER. |
| E) | ACCEPTABLE DROPOUT OF TONE #n+1, TONE ABSENT DURATION INVALID, DATA REMAINS UNCHANGED. |
| F) | END OF TONE #n+1 DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, INFORMATION IN RX DATA REGISTER RETAINED UNTIL NEXT VALID TONE PAIR. |

EXPLANATION OF SYMBOLS

| | |
|---|---|
| $V_{in}$ | DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL. |
| ESt | EARLY STEERING OUTPUT. INDICATES DETECTION OF VALID TONE FREQUENCIES. |
| St/GT | STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT. |
| $RX_0$-$RX_3$ | 4-BIT DECODED DATA IN RECEIVE DATA REGISTER |
| b3 | DELAYED STEERING. INDICATES THAT VALID FREQUENCIES HAVE BEEN PRESENT/ABSENT FOR THE REQUIRED GUARD TIME THUS CONSTITUTING A VALID SIGNAL. ACTIVE LOW FOR THE DURATION OF A VALID DTMF SIGNAL |
| b2 | INDICATES THAT VALID DATA IS IN THE RECEIVE DATA REGISTER. THE BIT IS CLEARED AFTER THE STATUS REGISTER IS READ. |
| $\overline{IRQ}$/CP | INTERRUPT IS ACTIVE INDICATING THAT NEW DATA IS IN THE RX DATA REGISTER. THE INTERRUPT IS CLEARED AFTER THE STATUS REGISTER IS READ. |
| $t_{REC}$ | MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECTED AS VALID. |
| $t_{REC}$ | MINIMUM DTMF SIGNAL DURATION REQUIRED FOR VALID RECOGNITION. |
| $t_{ID}$ | MINIMUM TIME BETWEEN VALID SEQUENTIAL DTMF SIGNALS. |
| $t_{DO}$ | MAXIMUM ALLOWABLE DROPOUT DURING VALID DTMF SIGNAL. |
| $t_{DP}$ | TIME TO DETECT VALID FREQUENCIES PRESENT. |
| $t_{DA}$ | TIME TO DETECT VALID FREQUENCIES ABSENT. |
| $t_{GTP}$ | GUARD TIME, TONE PRESENT. |
| $t_{GTA}$ | GUARD TIME, TONE ABSENT. |

**Figure 11 - Description of Timing Events**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$THD(\%) = 100 \frac{\left(\sqrt{V^2_{2f} + V^2_{3f} + V^2_{4f} + \ldots V^2_{nf}}\right)}{V_{fundamental}}$$

Equation 1. THD (%) For a Single Tone

$$THD(\%) = 100 \frac{\left(\sqrt{V^2_{2L} + V^2_{3L} + \ldots V^2_{nL} + V^2_{2H} + V^2_{3H} + \ldots V^2_{nH} + V^2_{IMD}}\right)}{\sqrt{V^2_L + V^2_H}}$$

Equation 2. THD (%) For a Dual Tone

| ACTIVE INPUT | OUTPUT FREQUENCY (Hz) | | %ERROR |
|---|---|---|---|
| | SPECIFIED | ACTUAL | |
| L1 | 697 | 699.1 | +0.30 |
| L2 | 770 | 766.2 | -0.49 |
| L3 | 852 | 847.4 | -0.54 |
| L4 | 941 | 948.0 | +0.74 |
| H1 | 1209 | 1215.9 | +0.57 |
| H2 | 1336 | 1331.7 | -0.32 |
| H3 | 1477 | 1471.9 | -0.35 |
| H4 | 1633 | 1645.0 | +0.73 |

Table 1 . Actual Frequencies Versus Standard Requirements

correspond to the low group amplitude and high group amplitude, respectively, and $V^2_{IMD}$ is the sum of all the intermodulation components. The internal switched-capacitor filter following the D/A converter keeps distortion products down to a very low level as shown in Figure 10.

## DTMF Clock Circuit

The internal clock circuit is completed with the addition of a standard television colour burst crystal having a resonant frequency of 3.579545 MHz. A number of MT8880C/C-1 devices can be connected as shown in Figure 12 such that only one crystal is required. Alternatively, the OSC1 inputs on all

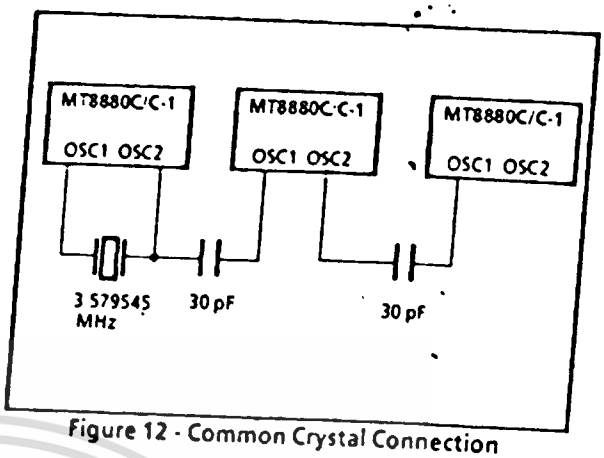



Figure 12 - Common Crystal Connection

devices can be driven from a TTL buffer with the OSC2 outputs left unconnected.

## Microprocessor Interface

The MT8880C/C-1 employs a microprocessor interface which allows precise control of transmitter and receiver functions. There are five internal registers associated with the microprocessor interface which can be subdivided into three categories, i.e., data transfer, transceiver control and transceiver status. There are two registers associated with data transfer operations.

The Receive Data Register contains the output code of the last valid DTMF tone pair to be decoded and is a read only register. The data entered in the Transmit Data Register will determine which tone pair is to be generated (see Figure 7 for coding details). Data can only be written to the transmit register. Transceiver control is accomplished with two Control Registers (CRA and CRB) which occupy the same address space. A write operation to CRB can be executed by setting the appropriate bit in CRA. The following write operation to the same address will then be directed to CRB and subsequent write cycles will then be directed back to CRA. A software reset must be included at the beginning of all programs to initialize the control and status registers after power up or power reset (see Figure 16). Refer to Tables 3, 4, 5 and 6 for details concerning the Control Registers. The $\overline{IRQ}$/CP pin can be programmed such that it will provide an interrupt request signal upon validation of DTMF signals or when the transmitter is ready for more data (Burst mode only). The $\overline{IRQ}$/CP pin is configured as an open drain output device and as such requires a pull-up resistor (see Figure 13).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

| RS0 | R/$\overline{W}$ | FUNCTION |
|---|---|---|
| 0 | 0 | Write to Transmit Data Register |
| 0 | 1 | Read from Receive Data Register |
| 1 | 0 | Write to Control Register |
| 1 | 1 | Read from Status Register |

Table 2 - Internal Register Functions

| b3 | b2 | b1 | b0 |
|---|---|---|---|
| RSEL | IRQ | CP/$\overline{DTMF}$ | TOUT |

Table 3- CRA Bit Positions

| b3 | b2 | b1 | b0 |
|---|---|---|---|
| C/$\overline{R}$ | S/$\overline{D}$ | TEST | BURST |

Table 4- CRB Bit Positions

| BIT | NAME | FUNCTION | DESCRIPTION |
|---|---|---|---|
| b0 | TOUT | TONE OUTPUT | A logic '1' enables the tone output. This function can be implemented in either the burst mode or non-burst mode. |
| b1 | CP/$\overline{DTMF}$ | MODE CONTROL | In DTMF mode (logic '0') the device is capable of generating and receiving Dual Tone Multi-Frequency signals. When the CP (Call Progress) mode is selected (logic '1') a 6th order bandpass filter is enabled to allow call progress tones to be detected. Call progress tones which are within the specified bandwidth will be presented at the $\overline{IRQ}$/CP pin in rectangular wave format if the IRQ bit has been enabled (b2 = 1). Also, when the CP mode and BURST mode have both been selected, the transmitter will issue DTMF signals with a burst and pause of 102 ms (typ) duration. This signal duration is twice that obtained from the DTMF transmitter if DTMF mode had been selected. Note that DTMF signals cannot be decoded when the CP mode of operation has been selected. |
| b2 | IRQ | INTERRUPT ENABLE | A logic '1' enables the INTERRUPT mode. When this mode is active and the DTMF mode has been selected (b1 = 0) the $\overline{IRQ}$/CP pin will pull to a logic '0' condition when either 1) a valid DTMF signal has been received and has been present for the guard time duration or 2) the transmitter is ready for more data (BURST mode only). |
| b3 | RSEL | REGISTER SELECT | A logic '1' selects Control Register B on the next Write cycle to the Control Register address. Subsequent Write cycles to the Control Register are directed back to Control Register A. |

Table 5 - Control Register A Description

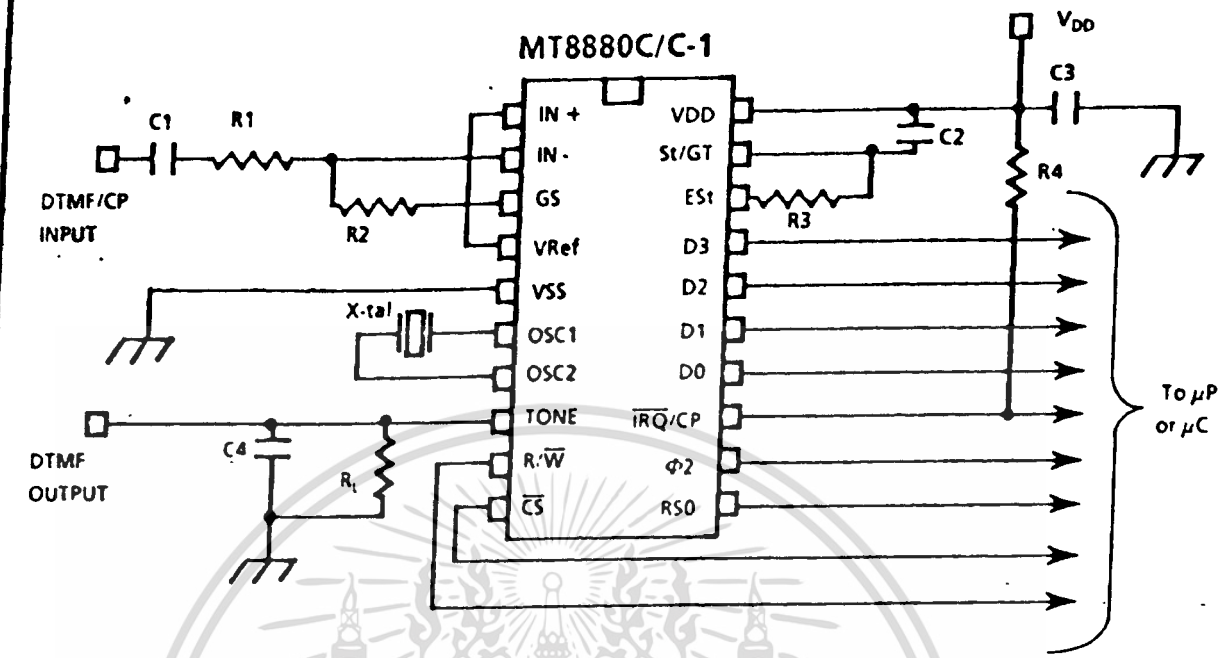
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| BIT | NAME | FUNCTION | DESCRIPTION |
|---|---|---|---|
| b0 | BURST | BURST MODE | A logic '0' enables the burst mode. When this mode is selected, data corresponding to the desired DTMF tone pair can be written to the Transmit Register resulting in a tone burst of a specific duration (see AC Characteristics). Subsequently, a pause of the same duration is induced. Immediately following the pause, the Status Register is updated indicating that the Transmit Register is ready for further instructions and an interrupt will be generated if the interrupt mode has been enabled. Additionally, if call progress (CP) mode has been enabled, the burst and pause duration is increased by a factor of two. When the burst mode is not selected (logic '1') tone bursts of any desired duration may be generated. |
| b1 | TEST | TEST MODE | By enabling the test mode (logic '1'), the $\overline{IRQ}$/CP pin will present the delayed steering (inverted) signal from the DTMF receiver. Refer to Figure 9 (b3 waveform) for details concerning the output waveform. DTMF mode must be selected (CRA b1 = 0) before test mode can be implemented. |
| b2 | S/$\overline{D}$ | SINGLE /DUAL TONE GENERATION | A logic '0' will allow Dual Tone Multi-Frequency signals to be produced. If single tone generation is enabled (logic '1'), either row or column tones (low group or high group) can be generated depending on the state of b3 in Control Register B. |
| b3 | C/$\overline{R}$ | COLUMN ROW TONES | When used in conjunction with b2 (above) the transmitter can be made to generate single row or single column frequencies. A logic '0' will select row frequencies and a logic '1' will select column frequencies. |

Table 6 - Control Register B Description

| BIT | NAME | STATUS FLAG SET | STATUS FLAG CLEARED |
|---|---|---|---|
| b0 | IRQ | Interrupt has occurred. Bit one (b1) or bit two (b2) is set. | Interrupt is inactive. Cleared after Status Register is read. |
| b1 | TRANSMIT DATA REGISTER EMPTY (BURST MODE ONLY) | Pause duration has terminated and transmitter is ready for new data. | Cleared after Status Register is read or when in non-burst mode. |
| b2 | RECEIVE DATA REGISTER FULL | Valid data is in the Receive Data Register. | Cleared after Status Register is read. |
| b3 | DELAYED STEERING | Set upon the valid detection of | Cleared upon the detection of a |

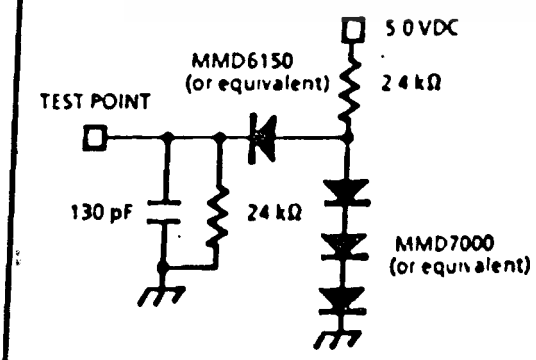
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



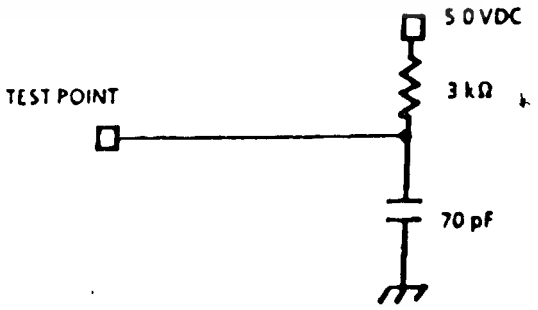

Notes:
R1, R2 = 100 kΩ 1%
R3 = 374k Ω 1 %
R4 = 3.3 kΩ 10 %
$R_L$ = 10 k Ω (min)
C1 = 100 nF 5 %
C2 = 100 nF 5 %
C3 = 100 nF 10 % *
C4 = 10 nF 10 %
X-tal = 3.579545 MHz

* Microprocessor based systems can inject undesirable noise into the supply rails. The performance of the MT8880 can be optimized by keeping noise on the supply rails to a minimum. The decoupling capacitor (C3) should be connected close to the device and ground loops should be avoided.

Figure 13 - Application Circuit (Single-Ended Input)




Test load for D0-D3 pins




Test load for $\overline{IRQ}$/CP pin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

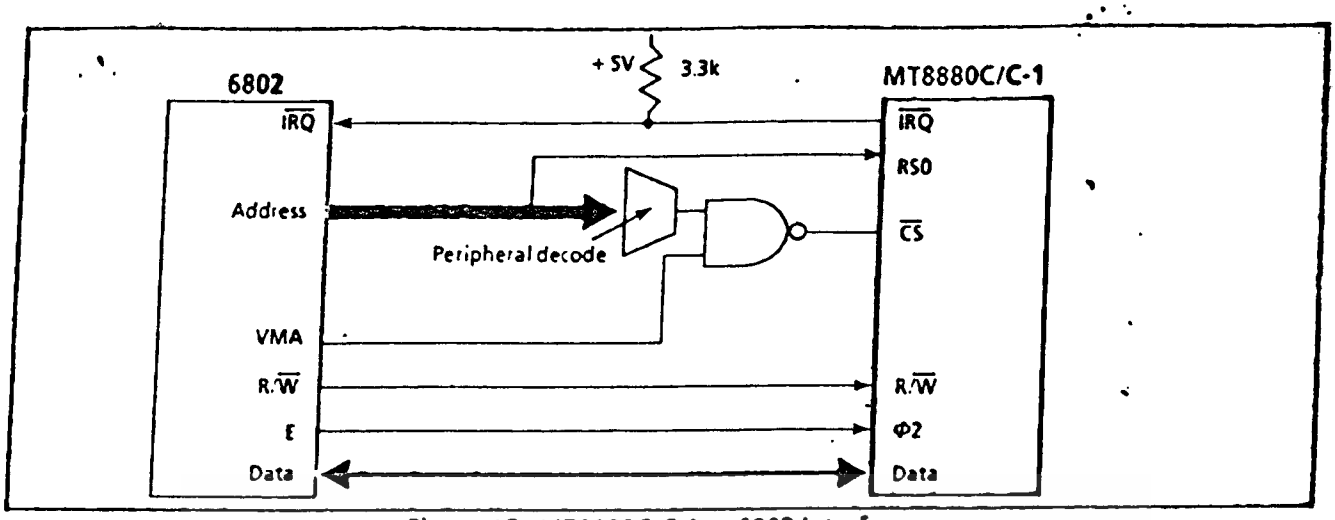



Figure 15 - MT8880C/C-1 to 6802 Interface

**EXAMPLE 1:** A software reset must be included at the beginning of all programs to initialize the control registers after power up:

| Description | Control | | | Data | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\overline{CS}$ | RS0 | R/$\overline{W}$ | b3 | b2 | b1 | b0 |
| 1) Read Status Register | 0 | 1 | 1 | X | X | X | X |
| 2) Write to Control Register | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3) Write to Control Register | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4) Write to Control Register | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5) Write to Control Register | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**EXAMPLE 2:** Transmit DTMF tones of 50 ms burst/50 ms pause and Receive DTMF Tones

| Description | $\overline{CS}$ | RS0 | R/$\overline{W}$ | b3 | b2 | b1 | b0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1) Write to Control Register A (tone out, DTMF, $\overline{IRQ}$, Select Control Register B) | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 2) Write to Control Register B (burst mode) | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3) Write to Transmit Data Register (send a digit 7) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| *wait for an interrupt or poll Status Register* | | | | | | | |
| 4) Read the Status Register | 0 | 1 | 1 | X | X | X | X |
| -if bit 1 is set, the Tx is ready for the next tone, in which case ... | | | | | | | |
| Write to Transmit Register (send a digit 5) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| -if bit 2 is set, a DTMF tone has been received, in which case .... | | | | | | | |
| Read the Receive Data Register | 0 | 0 | 1 | X | X | X | X |
| -if both bits are set ... | | | | | | | |
| Read the Receive Data Register | 0 | 0 | 1 | X | X | X | X |
| Write to Transmit Data Register | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |

**NOTE: IN THE TX BURST MODE, STATUS REGISTER BIT 1 WILL NOT BE SET UNTIL 100 ms (±2 ms) AFTER THE DATA IS WRITTEN TO THE TX DATA REGISTER. IN EXTENDED BURST MODE THIS TIME WILL BE DOUBLED TO 200 ms (± 4 ms).**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

## Absolute Maximum Ratings*

| | Parameter | Symbol | Min | Max | U |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Power supply voltage $V_{DD}$-$V_{SS}$ | $V_{DD}$ | | 6 | |
| 2 | Voltage on any pin | $V_I$ | $V_{SS}$-0.3 | $V_{DD}$+0.3 | |
| 3 | Current at any pin (Except $V_{DD}$ and $V_{SS}$) | | | 10 | m |
| 4 | Storage temperature | $T_{ST}$ | -65 | +150 | °C |
| 5 | Package power dissipation | $P_D$ | | 1000 | m |

*Exceeding these values may cause permanent damage. Functional operation under these conditions is not implied.

## Recommended Operating Conditions - Voltages are with respect to ground ($V_{SS}$) unless otherwise stated.

| | Parameter | Sym | Min | Typ† | Max | Units | Test Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Positive power supply | $V_{DD}$ | 4.75 | 5.00 | 5.25 | V | |
| 2 | Operating temperature | $T_O$ | -40 | | +85 | °C | |
| 3 | Crystal clock frequency | $f_{CLK}$ | 3.575965 | 3.579545 | 3.583124 | MHz | |

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

## DC Electrical Characteristics† - $V_{SS}$ = 0 V

| | | Characteristics | Sym | Min | Typ† | Max | Units | Test Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | SUP | Operating supply voltage | $V_{DD}$ | 4.75 | 5.0 | 5.25 | V | |
| 2 | SUP | Operating supply current | $I_{DD}$ | | 7.0 | 11 | mA | |
| 3 | SUP | Power consumption | $P_C$ | | | 52.5 | mW | |
| 4 | INPUTS | High level input voltage (OSC1) | $V_{IHO}$ | 3.5 | | | V | |
| 5 | INPUTS | Low level input voltage (OSC1) | $V_{ILO}$ | | | 1.5 | V | |
| 6 | INPUTS | Steering threshold voltage | $V_{TSt}$ | 2.2 | 2.3 | 2.5 | V | $V_{DD}$ = 5V |
| 7 | OUTPUTS | Low level output voltage (OSC2) | $V_{OLO}$ | | | 0.1 | V | No load |
| 8 | OUTPUTS | High level output voltage (OSC2) | $V_{OHO}$ | 4.9 | | | V | No load<br>$V_{DD}$ = 5 V |
| 9 | OUTPUTS | Output leakage current (IRQ) | $I_{OZ}$ | | 1 | 10 | μA | $V_{OH}$ = 2.4 V |
| 10 | OUTPUTS | $V_{Ref}$ output voltage | $V_{Ref}$ | 2.4 | 2.5 | 2.6 | V | No load, $V_{DD}$ = 5V |
| 11 | OUTPUTS | $V_{Ref}$ output resistance | $R_{OR}$ | | 1.3 | | kΩ | |
| 12 | Digital | Low level input voltage | $V_{IL}$ | | | 0.8 | V | |
| 13 | Digital | High level input voltage | $V_{IH}$ | 2.0 | | | V | |
| 14 | Digital | Input leakage current | $I_{IZ}$ | | | 10 | μA | $V_{IN}$ = $V_{SS}$ to $V_{DD}$ |
| 15 | Data Bus | Source current | $I_{OH}$ | -1.4 | -6.6 | | mA | $V_{OH}$ = 2.4V |
| 16 | Data Bus | Sink current | $I_{OL}$ | 2.0 | 4.0 | | mA | $V_{OL}$ = 0.4V |
| 17 | ESt and St/Gt | Source current | $I_{OH}$ | -0.5 | -3.0 | | mA | $V_{OH}$ = 4.6V |
| 18 | ESt and St/Gt | Sink current | $I_{OL}$ | 2 | 4 | | mA | $V_{OL}$ = 0.4V |
| 19 | $\overline{IRQ}$/CP | Sink current | $I_{OL}$ | 4 | 16 | | mA | $V_{OL}$ = 0.4V |

† Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated.

† Typical figures are at 25 °C, $V_{DD}$ = 5V and for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Electrical Characteristics

**Gain Setting Amplifier** - Voltages are with respect to ground ($V_{SS}$) unless otherwise stated, $V_{SS}$ = 0 V, $V_{DD}$ = 5V, $T_O$ = 25°C.

| | Characteristics | Sym | Min | Typ† | Max | Units | Test Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Input leakage current | $I_{IN}$ | | ±100 | | nA | $V_{SS} \leq V_{IN} \leq V_{DD}$ |
| 2 | Input resistance | $R_{IN}$ | | 10 | | MΩ | |
| 3 | Input offset voltage | $V_{OS}$ | | 25 | | mV | |
| 4 | Power supply rejection | PSRR | | 60 | | dB | 1 kHz |
| 5 | Common mode rejection | CMRR | | 60 | | dB | $0.75V \leq V_{IN} \leq 4.25V$ |
| 6 | DC open loop voltage gain | $A_{VOL}$ | | 65 | | dB | |
| 7 | Unity gain bandwidth | BW | | 1.5 | | MHz | |
| 8 | Output voltage swing | $V_O$ | | 4.5 | | $V_{pp}$ | $R_L \geq 100$ kΩ to $V_{SS}$ |
| 9 | Allowable capacitive load (GS) | $C_L$ | | 100 | | pF | |
| 10 | Allowable resistive load (GS) | $R_L$ | | 50 | | kΩ | |
| 11 | Common mode range | $V_{CM}$ | | 3.0 | | $V_{pp}$ | No Load |

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

## MT8880C-1 AC Electrical Characteristics*

- Voltages are with respect to ground ($V_{SS}$) unless otherwise stated.

| | | Characteristics | Sym | Min | Typ | Max | Units | Notes* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | RX | Valid input signal levels (each tone of composite signal) | | -31 | | | dBm | 1,2,3,5,6,9 |
| | | | | 21.8 | | | $mV_{RMS}$ | 1,2,3,5,6,9 |
| | | | | | | +1 | dBm | 1,2,3,5,6,9 |
| | | | | | | 869 | $mV_{RMS}$ | 1,2,3,5,6,9 |
| 2 | | Input Signal Level Reject | | -37 | | | dBm | 1,2,3,5,6,9 |
| | | | | 10.9 | | | $mV_{RMS}$ | 1,2,3,5,6,9 |

* Characteristics are over recommended temperature and at $V_{DD}$ = 5V, using the test circuit shown in Figure 13.

## MT8880C AC Electrical Characteristics*

- Voltages are with respect to ground ($V_{SS}$) unless otherwise stated.

| | | Characteristics | Sym | Min | Typ† | Max | Units | Notes* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | RX | Valid Input signal levels (each tone of composite signal) | | -29 | | | dBm | 1,2,3,5,6,9 |
| | | | | 27.5 | | | $mV_{RMS}$ | 1,2,3,5,6,9 |
| | | | | | | +1 | dBm | 1,2,3,5,6,9 |
| | | | | | | 869 | $mV_{RMS}$ | 1,2,3,5,6,9 |

* Characteristics are over recommended operating conditions (unless otherwise stated) using the test circuit shown in Figure 13.

## AC Electrical Characteristics*

- Voltages are with respect to ground ($V_{SS}$) unless otherwise stated, $f_C$ = 3.579545 MHz

| | | Characteristics | Sym | Min | Typ† | Max | Units | Notes* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | RX | Positive twist accept | | | | 8 | dB | 2,3,6,9 |
| 2 | | Negative twist accept | | | | 8 | dB | 2,3,6,9 |
| 3 | | Freq. deviation accept | | ± 1.5% ± 2Hz | | | | 2,3,5,9 |
| 4 | | Freq. deviation reject | | ±3.5% | | | | 2,3,5 |
| 5 | | Third tone tolerance | | | -16 | | dB | 2,3,4,5,9,10 |
| 6 | | Noise tolerance | | | -12 | | dB | 2,3,4,5,7,9,10 |
| 7 | | Dial tone tolerance | | | 22 | | dB | 2,3,4,5,8,9,11 |

* Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated.
† Typical figures are at 25°C, $V_{DD}$ = 5V, and for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing
*See "Notes" following AC Electrical Characteristics Tables

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Electrical Characteristics* (Cont'd)**-Voltages are with respect to ground ($V_{SS}$) unless otherwise stated.

| | | Characteristics | Sym | Min | Typ† | Max | Units | Notes* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28 | | Data hold time (write) | $t_{DHW}$ | 10 | | | ns | 9 |
| 29 | | Input Capacitance (data bus) | $C_{IN}$ | | 5 | | pF | |
| 30 | | Output Capacitance ($\overline{IRQ}$/CP) | $C_{OUT}$ | | 5 | | pF | |
| 31 | DTMF CLK | Crystal/clock frequency | $f_C$ | 3.5759 | 3.5795 | 3.5831 | MHz | |
| 32 | | Clock input rise time | $t_{LHCL}$ | | | 110 | ns | Ext. clock |
| 33 | | Clock input duty cycle | $t_{HLCL}$ | | | 110 | ns | Ext. clock |
| 34 | | Clock input duty cycle | $DC_{CL}$ | 40 | 50 | 60 | % | Ext. clock |
| 35 | | Capacitive load (OSC2) | $C_{LO}$ | | | 30 | pF | |

* Timing is over recommended temperature & power supply voltages.
† Typical figures are at 25°C and for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.
‡ The data bus output buffers are no longer sourcing or sinking current by $t_{DHR}$
9 See Figure 6 regarding guard time adjustment.

NOTES: 1) dBm = decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2) Digit sequence consists of all 16 DTMF tones.
3) Tone duration = 40 ms. Tone pause = 40 ms.
4) Nominal DTMF frequencies are used.
5) Both tones in the composite signal have an equal amplitude.
6) The tone pair is deviated by ± 1.5 % ± 2 Hz.
7) Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
8) The precise dial tone frequencies are 350 and 440 Hz (± 2 %).
9) For an error rate of less than 1 in 10,000.
10) Referenced to the lowest amplitude tone in the DTMF signal.
11) Referenced to the minimum valid accept level.
12) For guard time calculation purposes.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

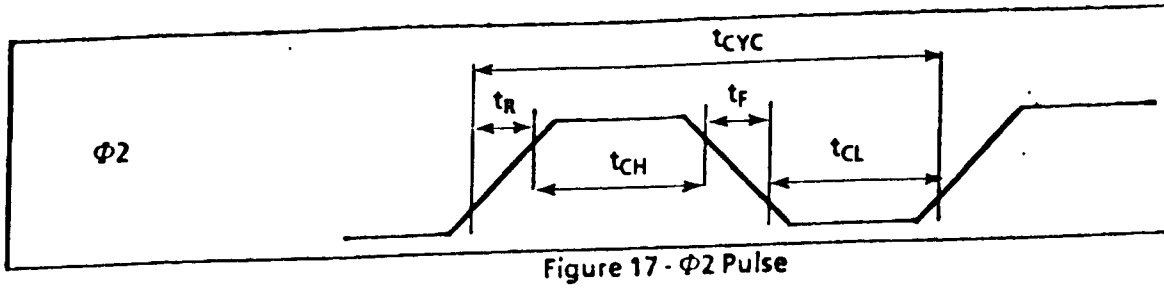



Figure 17 - Φ2 Pulse

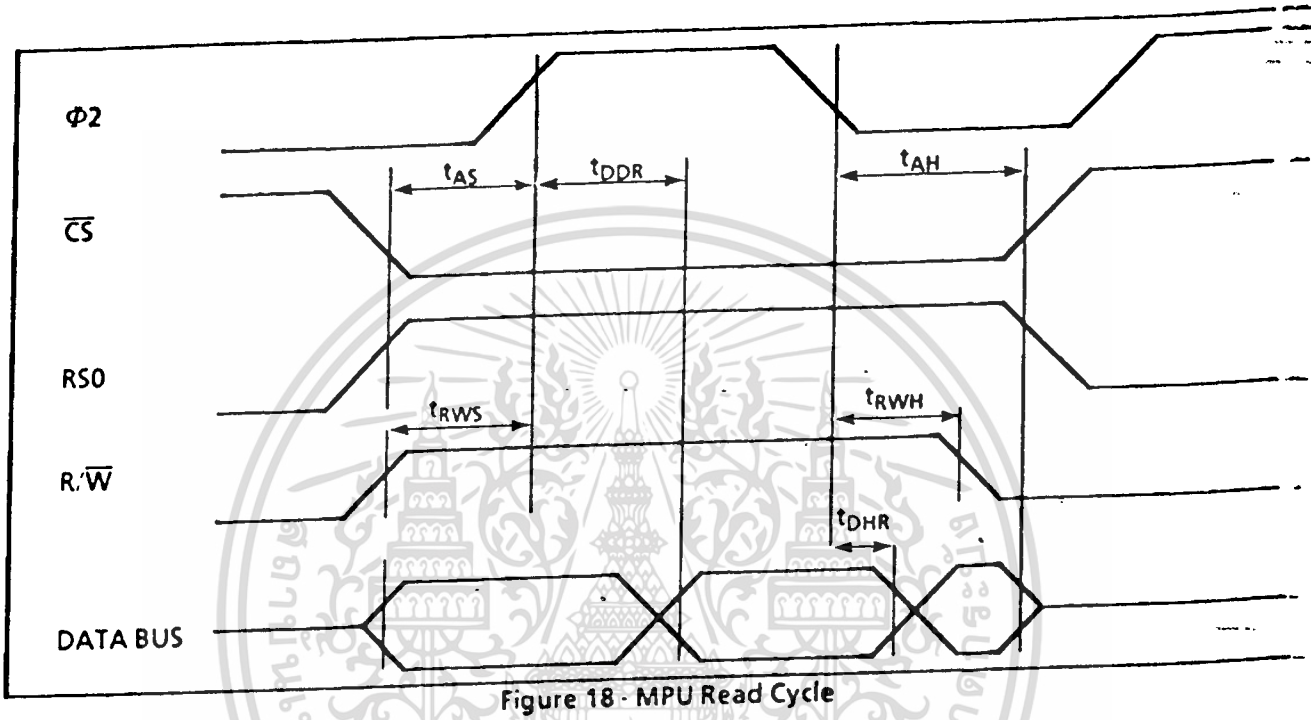



Figure 18 - MPU Read Cycle

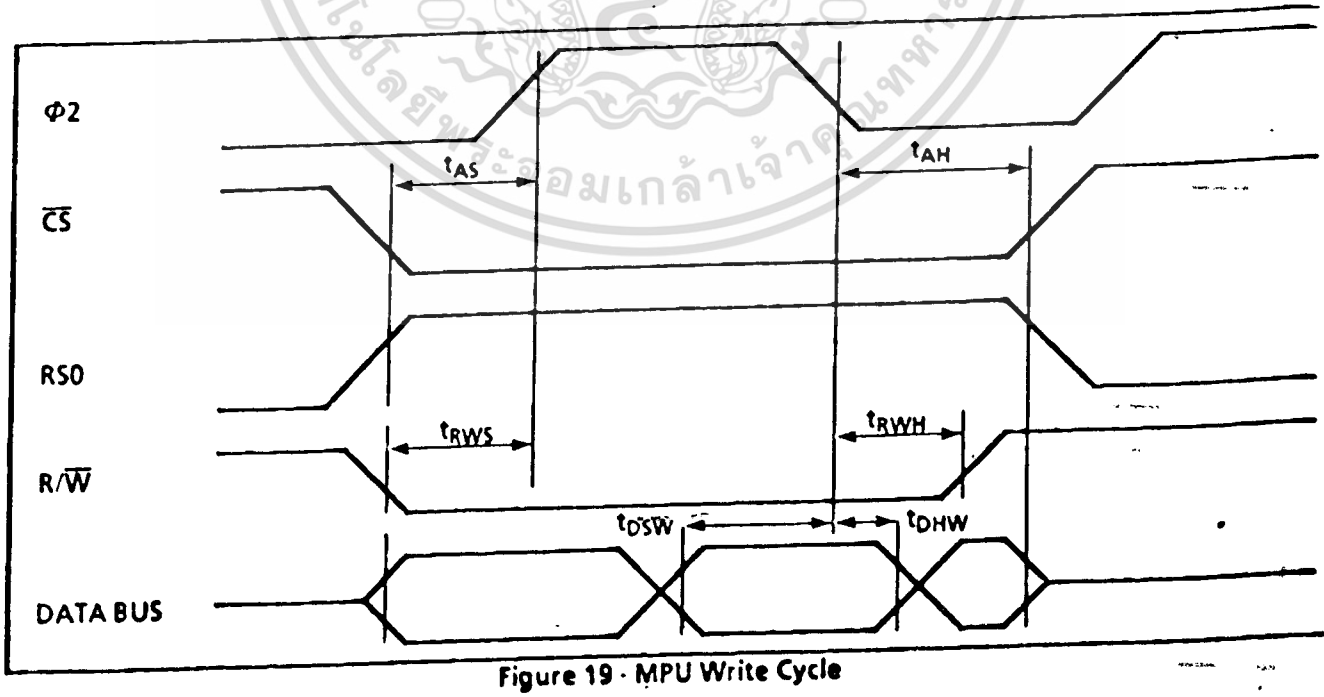



Figure 19 - MPU Write Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# UM95087

## Tone Dialer

### Features

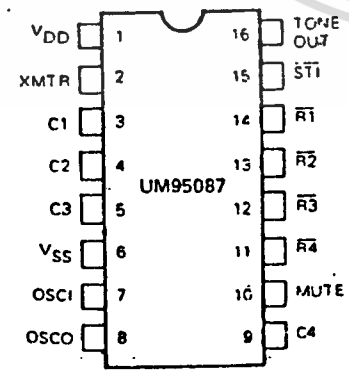
- Direct replacement for Mostek MK5087
- Operating voltage range: 3.5 to 10.0 Volts
- Uses TV crystal standard (3.58 MHz) to derive all frequencies thus providing very high accuracy and stability
- On-chip regulation of dual and single tone amplitudes
- Auxiliary switching functions on-chip
- Mute driver on chip
- Minimum external parts count
- Multiple key entry pin-selectable to either single tone or no tone

### General Description

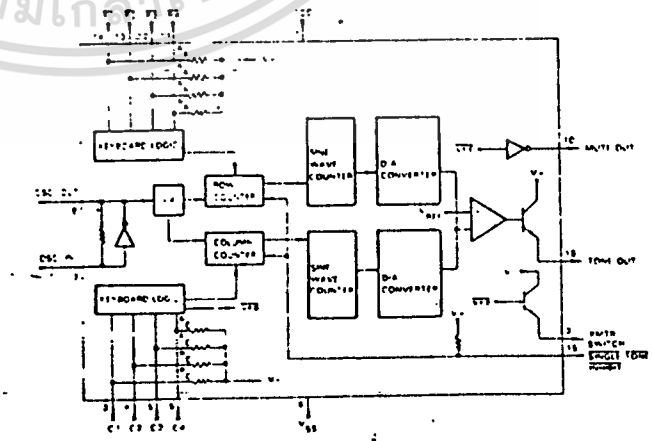
The UM95087 is a monolithic CMOS integrated circuit designed for Dual-Tone-Multi-Frequency (DTMF) telephone dialing.

The UM95087 was designed specifically for the per... mance single contact static keyboard inputs; single tone inhibit (STI) option; wide supply voltage operation with regulated output. And the UM95087 provides good performance for low output tone distortion: T.H.D. < −20dB.

### Pin Configuration




### Block Diagram



## Absolute Maximum Ratings*

DC Supply Voltage ($V_{DD} - V_{SS}$) . . . . −0.3V to +10.0V
Operating Temperature ($T_{OP}$) . . . . . −30°C to +60°C
Storage Temperature ($T_{STG}$) . . . . . −55°C to +150°C
Applied Voltage On Any Pin
($V_{IN}$) . . . . . $V_{SS}$ −0.3 ≤ $V_{IN}$ ≤ $V_{DD}$ +0.3
Power Dissipation at 25°C . . . . . 500 mW

## *Comments

Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

## Electrical Characteristics

(Specification apply over the operating temperature and 3.5V ≤ $V_{DD}$ to $V_{SS}$ ≤ 10.0V unless otherwise specified.)

| Parameter | Symbol | Min. | Typ. | Max. | Units | Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Operating Voltage | $V_{DD}$ | 3.5 | | 10.0 | V | |
| Standby Current | $I_{DD}$ | | 0.25 | 100 | µA | $V_{DD}$ = 3.5V; All outputs unloaded, Oscillator not running. |
| | $I_{DD}$ | | 0.5 | 200 | µA | $V_{DD}$ = 10.0V |
| Operating Current | $I_{DD}$ | | 1.0 | 2.0 | mA | $V_{DD}$ = 3.5V; All outputs unloaded, Oscillator running |
| | $I_{DD}$ | | 5.0 | 10.0 | mA | $V_{DD}$ = 10.0V |
| Row Tone Output | $V_R$ | 317 | 400 | 504 | mVrms | 3.5V ≤ $V_{DD}$ ≤ 10.0V, $R_L$ = 1KΩ, @25°C |
| Column Tone Output | $V_C$ | 396 | 500 | 630 | mVrms | |
| Tone Output External Load Impedance | $R_L$ | 620 | | | Ω | $V_{DD}$ = 3.5V |
| | | 330 | | | Ω | $V_{DD}$ = 10.0V |
| XMTR Output Current | $I_{OHX}$ | −15 | −25 | | mA | $V_{DD}$ = 3.5V, $V_{OHX}$ = 2.5V, No key entry |
| | $I_{OHX}$ | −50 | −100 | | mA | $V_{DD}$ = 10.0V, $V_{OHX}$ = 8.0V, No key entry |
| | $I_{OLX}$ | | 0.1 | 10.0 | µA | $V_{DD}$ = 10.0V, $V_{OLX}$ = 0.0V, With key entry |
| Mute Output Current | $I_{OLM}$ | 0.5 | 2.0 | | mA | $V_{DD}$ = 3.5V; $V_{OLM}$ = 0.5V, No key entry |
| | $I_{OLM}$ | 1.0 | 4.0 | | mA | $V_{DD}$ = 10.0V |
| | $I_{OHM}$ | −0.5 | −2.0 | | mA | $V_{DD}$ = 3.5V, $V_{OHM}$ = 3.0V, With key entry |
| | $I_{OHM}$ | −1.0 | −4.0 | | mA | $V_{DD}$ = 10.0V, $V_{OHM}$ = 9.5V, With key entry |
| $\overline{STI}$ Input Resistance | $R_{IN}$ | 20 | | 100 | kΩ | @25°C |
| Tone Output Rise Time | $t_r$ | | 3.0 | 5.0 | ms | |
| Column to Row Pre-Emphasis | | 1.0 | 2.0 | 3.0 | dB | |
| Tone Output Distortion | T.H.D. | | | −20 | dB | |
| Input High Voltage | $V_{IH}$ | 0.7 $V_{DD}$ | | $V_{DD}$ | V | |
| Input Low Voltage | $V_{IL}$ | $V_{SS}$ | | 0.3 $V_{DD}$ | V | |

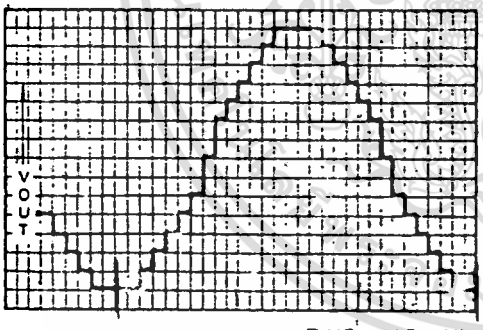
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table 1: Comparisons of Specified vs Actual Tone Frequencies Generated by UM95087**

| Active Input | Output Frequency (Hz) | | % Error* |
|---|---|---|---|
| | Specified | Actual | |
| R1 | 697 | 699.1 | +0.30 |
| R2 | 770 | 766.2 | −0.49 |
| R3 | 852 | 847.4 | −0.54 |
| R4 | 941 | 948.0 | +0.74 |
| C1 | 1,209 | 1,215.9 | +0.57 |
| C2 | 1,336 | 1,331.7 | −0.32 |
| C3 | 1,477 | 1,471.9 | −0.35 |
| C4 | 1,633 | 1,645.0 | +0.73 |

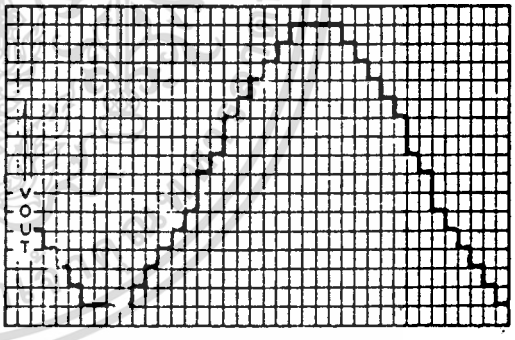
* % Error does not include oscillator drift

Row 2 tone output




TIME → 44.7 μs/div.

Column 4 tone output




TIME → 19 μs/div.

**Fig 1: Single Tone Output Waveform**

## Crystal Specification

A standard television color burst crystal is specified to have much tighter tolerance than necessary for tone generation application. By relaxing the tolerance specification is as follows:

Frequency: 3.58 MHz ±0.02%

$R_S \leq 100\Omega$, $L_M = 96mH$, $C_M = 0.25pF$, $C_H = 5pF$, $C_L = 18pF$

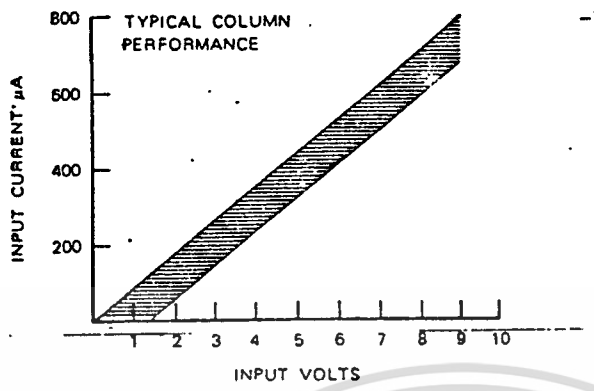



Fig 2a: Typical Input Operating Conditions for Pins 3, 4, 5, and 9 with Voltage Reference $V_{SS}$ @ 25°C.

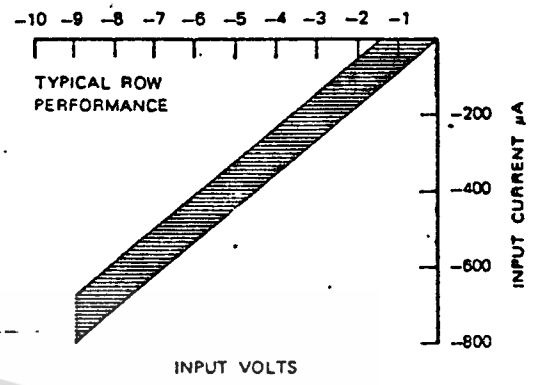



Fig 2b: Typical Input Operating Conditions for Pins 11, 12, 13, & 14 with Voltage Reference $V_{DD}$ @ 25°C.

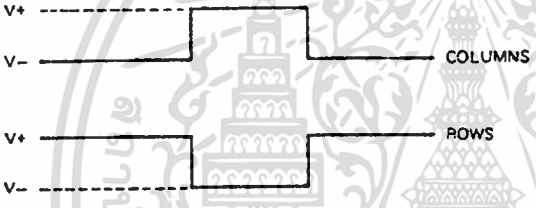



Fig 3: Electronic Input

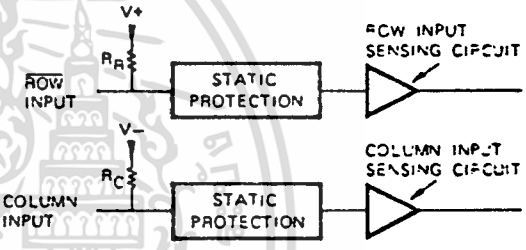



Fig 4: Row and Column Inputs

## Pin Description

### Keyboard (R1, R2, R3, R4, C1, C2, C3, C4)

The UM95087 features inputs compatible with the standard 2-of-8 keyboard, the inexpensive single-contact (Form A) keyboard, and electronic input (as shown in Fig. 3). The inputs are static (as shown in Fig. 4) i.e. there is no noise generation as occurs with scanned or dynamic inputs. When operating with a keyboard, normal operation is for dual tone generation when any single button is pushed, and single tone operation when two or more buttons in the same row or column are pushed. Activation of diagonal buttons will result in no tone being generated.

When the inputs to the UM95087 are electronically activated, input to a single row and column will result in that dual tone digit's being generated. Input to a single column will result in that column tone being generated. Input to multiple columns will result in no tone being generated. Activation of a single row is not sensed by the internal circuit of the UM95087. If a single row tone is desired, two columns must be activated along with the desired row.

### Oscillator (OSCI, OSCO)

The UM95087 contains an on-chip inverter with sufficient loop-gain to provide oscillation when working with a low cost television color-burst crystal. The circuit is designed to work with a crystal cut to 3.58 MHz to give the frequencies in Table 1. The oscillator is disabled whenever a key board input is not sensed.

Any crystal frequency deviation from 3.579545 MHz will be reflected in the tone output frequency. Most crystals do not vary more than ± .02%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

### XMTR Switch (XMTR)

This pin is connected to the emitter of an on-chip bipolar transistor whose collector is connected to $V_{DD}$. With no keyboard input this transistor is turned on and pulls this pin up to within $V_{BE}$ of the $V_{DD}$ supply. When a keyboard entry is sensed, this output goes open circuit (high impedance). The XMTR switch output switches regardless of the state of the $\overline{STI}$ pin input.

### Mute Output (MUTE)

The MUTE output is a conventional CMOS gate that pulls to $V_{SS}$ with no keyboard input and pulls to $V_{DD}$ supply when a keyboard entry is sensed. This output is used to control auxiliary switching functions that are required to actuate upon keyboard input. The MUTE output switches regardless of the state of $\overline{STI}$ pin input.

### Single Tone Inhibit ($\overline{STI}$)

The $\overline{STI}$ input is used to inhibit the generation of other than dual tones. It has a pullup to the $V_{DD}$ and when left floating or tied to $V_{DD}$, single or dual tones may be generated. When forced to the $V_{SS}$, any input situation that would normally result in a single tone will now result in no tone, with all other chip functions operating normally.

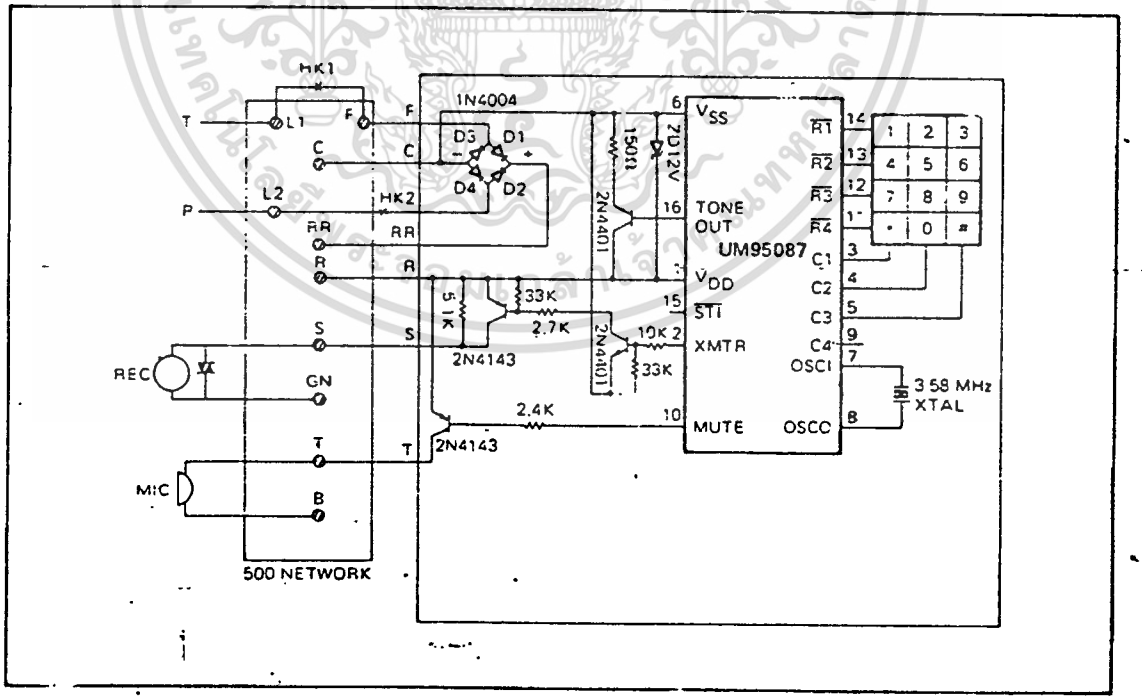
### Tone Out (TONE OUT)

The TONE OUT is connected internally in the UM95087 to the emitter of an NPN transistor is the on-chip operational amplifier which mixes the row and column tones together. The row and column output waveforms are shown in Fig 2a, Fig 2b. These waveforms are digitally-synthesized using on-chip D to A converters. For the UM95087 dual tone waveform, T.H.D. is −20dB maximum.

### Power ($V_{DD}$, $V_{SS}$)

These are the power supply inputs. The UM95087 is designed to operate from 3.5 to 10.0 volts.

### UM95087 Tone Generator Interface Circuit




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้