# การควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยใช้โทรศัพท์

# ELECTRICAL EQUIPMENTS CONTROLLED VIA TELEPHONE SYSTEM


โดย

นาย ชูชีพ ภักดี

นาย ประพาด ใจกว้าง



วัน เดือน ปี 17 ก.ค. 2541

เลขทะเบียน 039025

เลขเรียกหนังสือ โม02ช6 ป651 ก


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

039025

# การควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทางโทรศัพท์

# ELECTRICAL EQUIPMENTS CONTROLLED VIA TELEPHONE SYSTEM


โดย

นาย ชูชีพ ภักดี 38013011

นาย ประพาด ใจกว้าง 38013060

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ สุรพล บุญจันทร์


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2540

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **การควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทางโทรศัพท์**

**ELECTRICAL EQUIPMENTS CONTROLLED VIA TELEPHONE SYSTEM**


ผู้จัดทำ

1. นาย ชูชีพ ภักดี 38013011
2. นาย ประพาด ใจกว้าง 38013060

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ สุรพล บุญจันทร์)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทางโทรศัพท์
# ELECTRICAL EQUIPMENTS CONTROLLED VIA TELEPHONE SYSTEM

โดย นาย ชูชีพ ภักดี 38013011
นาย ประพาด ใจกว้าง 38013060

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. สุรพล บุญจันทร์

**บทคัดย่อ**

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเอาเครื่องโทรศัพท์มาประยุกต์ใช้งานในการควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89C51 เป็นหน่วยประมวลผลกลาง เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านถูกควบคุมจากภายนอกได้ด้วยสัญญาณโทรศัพท์แบบกดปุ่มและถูกควบคุมจากภายในบ้านด้วยคีย์บอร์ดขนาด 12 คีย์ เครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวนี้สามารถที่จะควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้ 8 เครื่อง ผู้ใช้สามารถสั่งเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าและสอบถามสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ โดยจะมีสัญญาณเสียงคอยแนะนำการทำงานในขั้นตอนต่างๆให้ ในส่วนประมวลผลกลางไอซี AT89C51 จะถูกโปรแกรมไว้ให้ตรวจนับสัญญาณกริ่งโทรศัพท์เมื่อมีสัญญาณโทรศัพท์เรียกเข้ามาและไม่มีคนรับสาย เมื่อจำนวนกริ่งโทรศัพท์ครบตามที่กำหนดไว้โทรศัพท์ก็จะถูกตัดเข้าสู่ระบบของการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า ทำการถอดรหัสหมายเลขที่ผู้ใช้กดเข้ามาโดยใช้ไอซีเบอร์ MT8870 เป็นตัวแปลงระหัส DTMF (Dual Tone Multi Frequency) จากโทรศัพท์เป็นสัญญาณควบคุมไปให้ส่วนประมวลผลทำการสั่งให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเปิดหรือปิดตามที่เราต้องการ การจะเข้าไปสั่งให้เครื่องไฟฟ้าเปิดหรือปิดได้นั้นจะต้องใส่ระหัสผ่านก่อนจึงจะสามารถเข้าไปสั่งงานอุปกรณ์ต่างๆได้ สำหรับเสียงที่แนะนำการทำงานจะบันทึกไว้ใน ไอซี ISD 2590

**ABSTRACT**

This thesis presents a development of ELECTRICAL EQUIPMENTS CONTROLLED VIA TELEPHONE SYSTEM , AT89C51 microcontroller in MCS-51 series is used as central processing unit. The users can control 8 - electrical equipments in this home by using push button telephone ( from outside ) or 12 button keyboard ( from inside ) and can ask about the electrical equipments's status too. During each process, it will have the sound response. In part central processing unit AT89C51 is employed to inspect and count ringing tone , when the ringing tone equal to pre-set reference number, the electrical equipments control mode will be initiate. MT 8870 integrated circuit will be decode DMTF (Dual Tone Multi Frequency) signal from telephone line be control signal. This signal the central processing unit will process and send to control electrical equipment. We must insert password before accessing to control system. Therefore the sound section we has used IC ISD 2590 to save it.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| บทที่ 2 ทฤษฎี | 2 |
| 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 | 2 |
| 2.2 AT89C51/52 และ AT89C1051/2051 | 16 |
| 2.3 พื้นฐานโทรศัพท์ | 22 |
| 2.4 DTMF DECODER MT8870 | 31 |
| 2.5 การเชื่อมโยงทางแสง | 38 |
| บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง | 47 |
| บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง | 51 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง | 65 |
| ภาคผนวก | |
| รูปวงจร | |
| FLOWCHART การทำงานของโปรแกรม | |
| โปรแกรมการทำงานของวงจร | |
| DATA SHEET AT89C51 | |
| DATA SHEET ISD25XX | |
| เอกสารอ้างอิง | |
| กิตติกรรมประกาศ | |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารต่างๆได้มีความเจริญก้าวหน้าเป็นอย่างมาก และมีส่วนสำคัญในการดำรงชีวิตของคนเราในทุกวันนี้ โทรศัพท์จัดเป็นเครื่องมือสื่อสารชนิดหนึ่งซึ่งนอกจากจะใช้เพื่อการติดต่อสื่อสารแล้วยังสามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆได้อีก อย่างเช่นในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เราก็ได้นำเอาโทรศัพท์มาประยุกต์ในการใช้ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆเพื่อให้เหมาะกับวิถีการดำรงชีวิตของคนในยุคปัจจุบันที่ส่วนใหญ่จะทำงานนอกบ้านมีเวลาในการดูแลความเรียบร้อยต่างๆภายในบ้านที่จำกัด

สำหรับการทำงานของเครื่องควบคุมเครื่องนี้ เมื่อมีการโทรเรียกเข้ามายังเครื่องโทรศัพท์ที่มีเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่ออยู่ด้วย ส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกเข้าก็จะทำการจับเวลาหรือว่านับจำนวนครั้งของกริ่งโทรศัพท์ ถ้าหากว่าไม่มีคนรับสายและจำนวนกริ่งครบตามจำนวนครั้งที่ตั้งไว้ โทรศัพท์ก็จะตัดเข้าสู่ระบบการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยที่ก่อนเข้าทำการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นเราจะต้องใส่รหัสผ่านก่อนทั้งนี้เพื่อที่จะไม่ให้บุคคลอื่นมาสั่งงานเปิดหรือปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าของเราได้ ในการใส่รหัสผ่านนั้นเราสามารถผิดได้ไม่เกิน 3 ครั้ง และการสั่งงานทำได้โดยกดเลขหมายของอุปกรณ์ที่เราต้องการจะเปิดหรือว่าปิด หลังจากนั้นแล้วตามด้วยเลข “0” ถ้าหากเราต้องการปิด หรือตามด้วยเลข “1” ถ้าหากเราต้องการเปิด ในระหว่างการสั่งงานนั้นจะมีเสียงโต้ตอบกับผู้สั่งงานด้วยเพื่อแนะนำขั้นตอนในการสั่งงาน นอกจากนี้เรายังสามารถที่จะสอบถามสภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ว่าเครื่องไหนกำลังเปิดอยู่โดยการกดเครื่องหมาย “ * ”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎี

## 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

### 2.1.1 คุณสมบัติของ MCS-51

คุณสมบัติที่สำคัญๆของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ดังนี้

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลท์ เพียงชุดเดียว
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในชิปจำนวน 4 กิโลไบต์ (เบอร์ 8031,8032 ไม่มีหน่วยความจำส่วนนี้ ส่วนเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำส่วนนี้ 8 กิโลไบต์ และสำหรับ เบอร์ 83C51FB จะมีหน่วยความจำนี้ทั้งสิ้น 16 กิโลไบต์)
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป (RAM) อยู่ภายในชิปจำนวน 128 ไบต์ (ใน8031,8051) หรือ 256 ไบต์ (ในเบอร์ 8032,8052)
- สามารถใช้หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิปได้อย่างละ 64 กิโลไบต์แยกจากกัน
- คำสั่งส่วนใหญ่ใช้เวลาการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกกะ เฮิรตซ์
- มีพอร์ตที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ทั้ง 2 ทิศทาง จำนวน 4 พอร์ตๆละ 8 บิต หรือสามารถใช้งานเป็นพอร์ตขนาด 1 บิตแยกจากกัน ทำให้เหมือนมีพอร์ตขนาด 1 บิตใช้งานรวมทั้งสิ้น 32 พอร์ต
- รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ในตัว โดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูล(bard rate) ได้ตั้งแต่ 300 ถึง 375 กิโลบิตต่อวินาที
- จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัพต์ได้ 2 ระดับ
- มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพื่อนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาภายในชิปหรือนับการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัวเพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์ วัดความกว้างของพัลส์หรือใช้วัดช่วงเวลา (ในเบอร์ 8052 จะมี 3 ตัว)
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งระดับไบท์และระดับบิตเพื่อให้การออกแบบโปรแกรมและการควบคุมระบบทำได้ง่ายขึ้น
- มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิตในตัวเอง
- สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้ในงานควบคุมโดยเฉพาะ
- ใช้โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS -48 (upwardly compatible) ได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ที่จัดว่าเป็นเบอร์พื้นฐานในตระกูลนี้คือ เบอร์ 8051,8751 และเบอร์ 8031 ซึ่งมีขาภายนอก 40 ขาเท่ากัน ใช้เวลาและสัญญาณในการปฏิบัติคำสั่งแต่ละคำสั่งเท่ากัน (มีไทม์มิ่งไดอะแกรมเหมือนกัน) ใช้แรงดันไฟฟ้าเท่ากัน สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างเบอร์ทั้งสามคือขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป (on chip program memory) ซึ่งมีไว้เพื่อสนองความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ไม่เหมือนกัน ดังจะกล่าวต่อไปนี้

- เบอร์ 8751 มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเป็น EPROM (Erasable Program Read Only Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์ ทำให้สามารถใช้รังสีอุลตร้าไวโอเลตในการลบโปรแกรมเก่าที่มีอยู่และบรรจุโปรแกรมใหม่ลงไปได้ทันที ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการแก้ไขหรือปรับปรุงโปรแกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 8751 มีไว้ใช้งานที่เป็นการพัฒนา เบื้องต้น (prototryeing) ซึ่งจำเป็นต้องทดสอบเพื่อหาข้อผิดพลาด (bugs) และแก้ไขให้เรียบ ร้อยก่อนทำการผลิตจริง การแก้ไขโดยการใช้รังสีอุลตร้าไวโอเลตและการบรรจุโปรแกรมที่แก้ไขใหม่สามารถทำได้จำนวนครั้งที่จำกัด ทั้งนี้เพราะหน่วยความจำที่เป็น EPROM เมื่อใช้ไปนานๆจะเกิดการเสื่อมสภาพทำให้ไม่สามาถบรรจุโปรแกรมเข้าไปได้
- เบอร์ 8051 หลังจากทดสอบโปรแกรมจนไม่พบข้อผิดพลาดแล้ว จะเป็นช่วงของการผลิตจริง ซึ่งต้องพิจารณาถึงต้นทุนเป็นอันดับแรก ในการผลิตจริงจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 ซึ่งมีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในเป็น ROM (Read Only Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์ แทน เพราะราคาต่ำกว่ามาก แต่มีข้อจำกัดตรงที่ไม่สามารถแก้ไขโปรแกรมที่ได้บรรจุไปแล้วไม่ว่าจะด้วยวิธีใดก็ตาม
- เบอร์ 8031 เบอร์นี้ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป แต่สามารถใช้หน่วยความจำเพื่อเก็บโปรแกรมที่อยู่ภายนอกได้มากถึง 64 กิโลไบต์ ซึ่งอาจใช้เป็น ROM, PROM, EPROM ตามความต้องการของผู้ผลิต เบอร์ 8031 นี้มีไว้ใช้ในกรณีที่โปรแกรมมีขนาดเล็กกว่า 4 กิโลไบต์มาก

(เบอร์ 8751 และ 8051 จะใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอกได้เองเมื่อโปรแกรมมีความยาวเกิน 4 กิโลไบต์ หรืออาจบังคับให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งสองเบอร์ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ ภายนอกเพียงอย่างเดียวด้วยการต่อขา 31 (EA) ลงกราวด์ ทำให้มีคุณสมบัติเหมือนเบอร์ 8031 ที่ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป)

### 2.1.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดคร่าวๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลMCS-51โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้อ่านทำความเข้าใจและมองเห็นภาพกว้างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษารายละเอียดในบทต่อๆไป ดังนั้นในบทอื่นๆอาจจะมีเนื้อเรื่องบางส่วนที่ซ้ำซ้อนกับในบทนี้อยู่บ้างเป็นบางครั้ง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีสมาชิกในตระกูลหลายเบอร์ด้วยกัน แต่ละเบอร์จะมีคุณสมบัติพิเศษบางอย่างแตกต่างกัน เช่น มีหน่วยความจำภายในสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายในชิปเพิ่มขึ้น มีวงจรเปลี่ยนค่าสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอลในตัว สามารถรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้หลายชนิด ทำกระบวนการ DMA (Direct Memory Access) ได้ในตัว มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาท์เตอร์เพิ่มขึ้น คุณสมบัติพิเศษที่แตกต่างกันของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูลนี้ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงความแตกต่างของสมาชิกไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

| Device | ROMless Version | EPROM Version | ROM Bytes | RAM Bytes | 8-Bit I/O Ports | 16-Bit Timer/ Counters | Programmable Counter Array (PCA) | UART | Serial Expansion port (SEP) | Global Serial Channel (GSC) | DMA Channels | A/D Channels | Interrupt Sources/ Vectors | Power Down and Idle Modes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8051 | 8031 | - | 4K | 128 | 4 | 2 | | ✓ | | | | | 6/5 | |
| 8051AH | 8031AH | 8751H 8751BH | 4K | 128 | 4 | 2 | | ✓ | | | | | 6/5 | |
| 8052AH | 8032AH | 8752BH | 8K | 256 | 4 | 3 | | ✓ | | | | | 8/6 | |
| 80C51BH | 80C31BH | 87C51 | 4K | 128 | 4 | 2 | | ✓ | | | | | 6/5 | ✓ |
| 83C51FA | 80C51FA | 87C51FA | 8K | 256 | 4 | 3 | ✓ | ✓ | | | | | 14/7 | ✓ |
| 83C51FB | 80C51FA | 87C51FB | 16K | 256 | 4 | 3 | ✓ | ✓ | | | | | 14/7 | ✓ |
| 83C51GA | 80C51GA | 87C51GA | 4K | 128 | 4 | 2 | | ✓ | ✓ | | | 8 | 8/7 | ✓ |
| 83 C152JA | 80 C152JA | - | 8K | 256 | 5 | 2 | | ✓ | | ✓ | 2 | | 19/11 | ✓ |
| - | 80C152JB | - | - | 256 | 7 | 2 | | ✓ | | ✓ | 2 | | 19/11 | ✓ |
| 83C152JC | 80C152JC | - | 8K | 256 | 5 | 2 | | ✓ | | ✓ | 2 | | 19/11 | ✓ |
| - | 80 C152JD | - | - | 256 | 7 | 2 | | ✓ | | ✓ | 2 | | 19/11 | ✓ |
| 83C451 | 80C451 | - | 4K | 128 | 7 | 2 | | ✓ | | | | | 6/5 | ✓ |
| 83C452 | 80C452 | 87C452P | 8K | 256 | 5 | 2 | | ✓ | | | | | 9/8 | ✓ |

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ที่นับได้ว่าเป็นเบอร์พื้นฐานสำหรับตระกูล MCS-51 นี้ได้แก่เบอร์ 8051,8031,8751 โดยเบอร์ 8051 จัดเป็นสมาชิกตัวแรกในตระกูล ซึ่งมีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป ROM ขนาด 4 กิโลไบต์!และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายใน MCS-51 (RAM) เองจำนวน 128 ไบต์ มีพอร์ตขนาด 8 บิท 4 พอร์ท มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาท์เตอร์ขนาด 16 บิต 2 ตัว รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกได้ 2 ชนิด สามารถรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่านทางพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม มีวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาควบคุมการทำงานในตัวเอง ส่วนเบอร์ 8751 จะมีคุณสมบัติเหมือนเบอร์ 8051 ทุกอย่าง ต่างกันเพียงชนิดของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปของเบอร์ 8751 จะเป็น EPROM แทนที่จะเป็น ROM ส่วนเบอร์ 8031 จะเหมือนเบอร์ 8051 ต่างกันเพียงในเบอร์ 8031 ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเท่านั้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์ใช้แรงดันเพียง 5 โวลต์ในการทำงานส่วนกระแสไฟฟ้าที่ใช้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ที่มีอักษร C อยู่ตรงกลางเบอร์ เช่น 80C31,80C51 จะเป็นเบอร์ที่ผลิตโดยอาศัยเทคโนโลยี CHMOS ซึ่งใช้พลังการทำงานน้อยกว่าและสามารถควบคุมการใช้พลังงานของตัวชิปได้จากโปรแกรมเพื่อการประหยัดพลังงานในระบบ

MCS-51 เป็นตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกพัฒนามาจากตระกูล MCS-48 ดังนั้นจึงมีความสามารถเหนือกว่าหลายอย่าง ซึ่งจะไม่กล่าวรายละเอียดไว้ในที่นี้ แต่จะเปรียบเทียบให้เห็นข้อดีของ MCS-51 เมื่อเทียบกับ MCS-48 ให้เห็นเป็นช่วงๆเช่นความเร็วในการประมวลผลของ MCS-51 สามารถใช้ความถี่ได้ถึง 12 เมกกะเฮิรตซ์ หรือสำหรับบางเบอร์ในตระกูลสามารถใช้ได้ถึง 16 เมกกะเฮริตซ์ทำให้ช่วงเวลาในการทำงานแต่ละคำสั่งน้อยมาก เมื่อใช้ความถี่ 12 เมกกะเฮริตซ์ คำสั่งที่ใช้เวลาน้อยที่สุดจะใช้เวลาเพียง 1 ไมโครวินาที ส่วนคำสั่งที่ใช้เวลามากที่สุดจะใช้เวลาเพียง 4 ไมโครวินาทีเท่านั้น

**2.1.3 ตำแหน่งขาของ MCS-51**

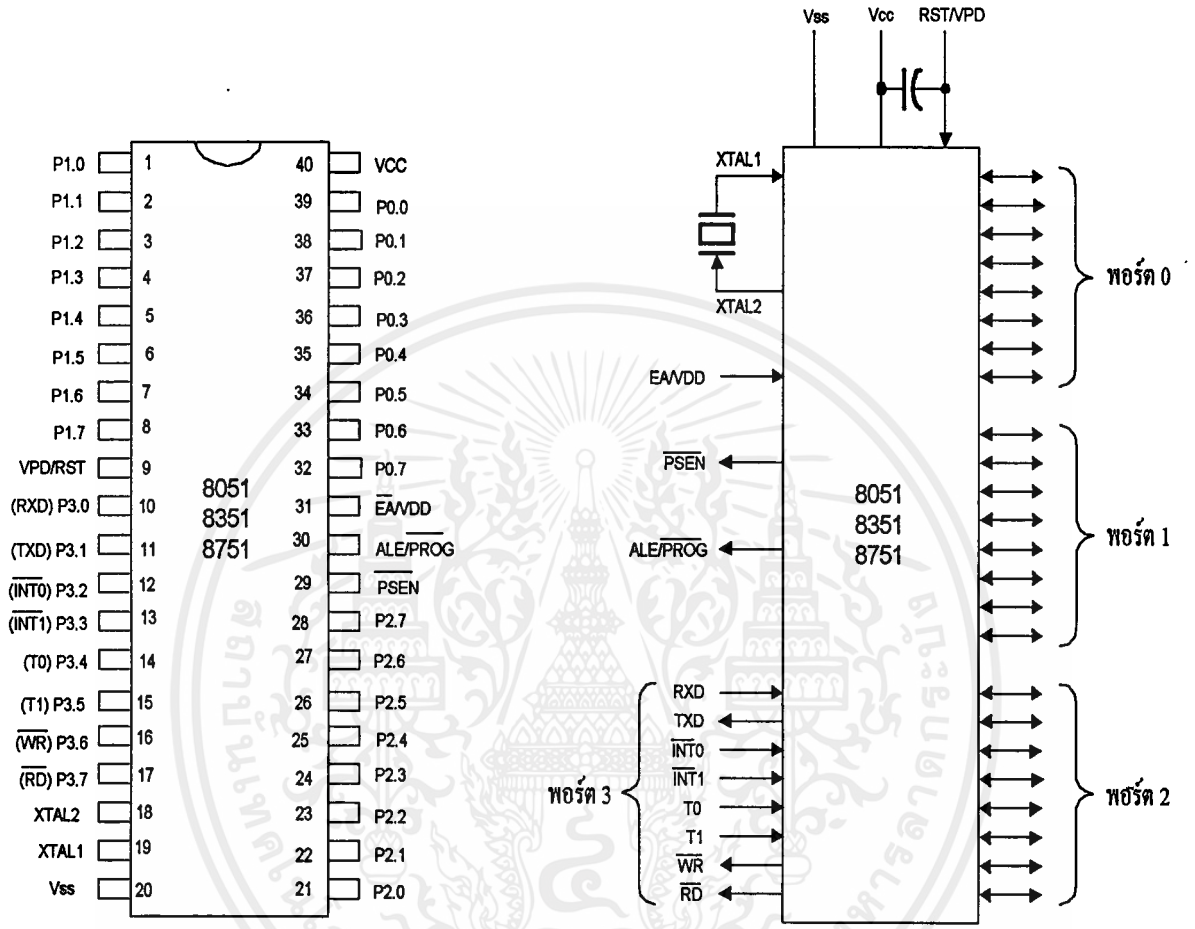
หน้าที่การใช้งานแต่ละขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 มีดังนี้

- ขา Vss (ขา 20) สำหรับต่อลงกราวด์
- ขา Vcc (ขา 40) สำหรับต่อแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงขนาด 5 โวลต์ (DC. .5 volt)
- ขาพอร์ต 0 (ขา 32-39) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 0 ขนาด 8 บิต (P0.0-PO.7) แบบ Open Drain Bidirectional พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะถูกปล่อยลอย ( มีสถานะ high impedance ) นอกจากใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตแล้ว พอร์ต 0 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและข้อมูลภายนอกชิปด้วย โดยส่งค่าแอดเดรสบัสต่ำ (A0-A7) และมัลติเพลกซ์กับการรับส่งข้อมูล (D0-D7) จากหน่วยความจำภายนอก ในระหว่างการเขียนหรืออ่านข้อมูลโดยมีวงจรพูลอัพภายใน
- ขาพอร์ต 1 (ขา 1-8) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุต หรือเป็นเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของ-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ตนี้เพื่อให้มีสถานะ high impedance โดยมีวงจรพูลอัพภายใน

ไมโครคอลโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกัน ดังการแสดงในรูปที่ 2.1




รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051

ขา P1.0, P1.1 ในเบอร์ 8052 จะใช้งานในหน้าที่อย่างอื่นนอกเหนือจากใช้เป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปด้วย รายละเอียดจะกล่าวต่อไปภายหลัง

- ขาพอร์ต 2 (ขา 21-28) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 2 (P2.0-P2.) ขนาด 8 บิตแบบ Open Drain Bidirectional พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปได้โดยหากใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะ high impedance นอกจากจะใช้เป็นอินพุตพอร์ตเอาต์พุตทั่วไปแล้วพอร์ต 2 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกด้วย โดยใช้สำหรับส่งค่าแอดเดรสไบต์สูง (A8-A15) และมีวงจรพูลอัพภายใน
- ขาพอร์ต 3 (ขา 10-17) มีขา 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตทั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุตพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิทของพอร์ตนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ทำซ้ำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้มีสถานะ high impedance โดยใช้วงจรพูลอัพภายใน นอกจากนี้ยังใช้งาน ในหน้าที่พิเศษต่างๆอีกหลายอย่างดังนี้

ขา P3.0 ใช้รับข้อมูลภายนอกแบบอนุกรม

ขา P3.1 ใช้ส่งข้อมูลภายนอกแบบอนุกรม

ขา P3.2 ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดที่ 0

ขา P3.3 ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดที่ 1

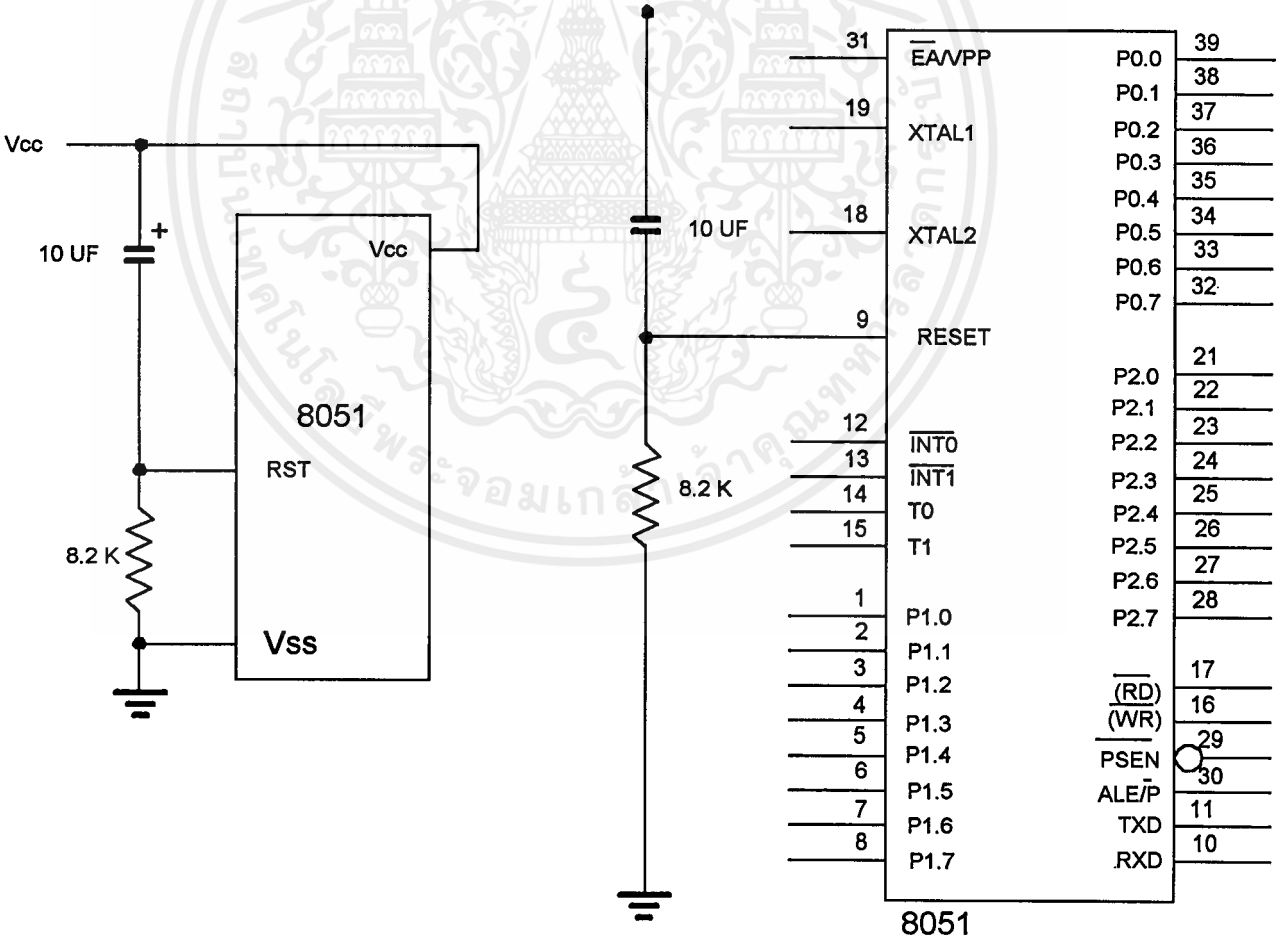
ขา P3.4 สัญญาณอินพุตให้เคาต์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0

ขา P3.5 สัญญาณอินพุตให้เคาต์เตอร์ของไทม์เมอร์ 1

ขา P3.6 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป

ขา P3.7 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป

การใช้งานพอร์ต 3 ในหน้าที่พิเศษดังกล่าวนี้ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตที่ต้องการใช้ก่อนทุกครั้ง




**รูปที่2.2** แสดงวงจรสำหรับรีเซ็ตไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานโดยอัตโนมัติ (power on reset)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

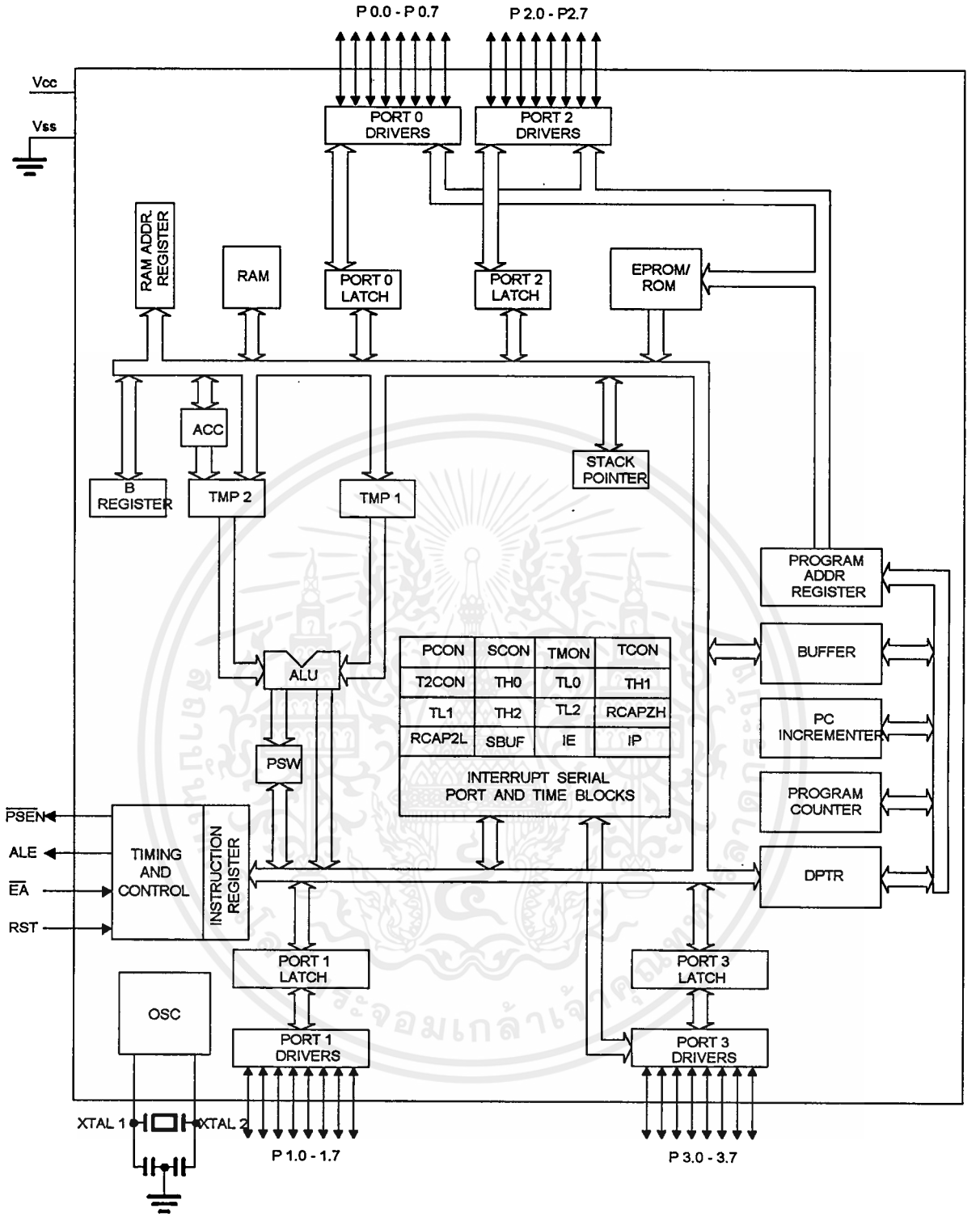
- ขา RST (ขาที่ 9) ใช้สำหรับการรีเซตวงจรทุกอย่างภายในชิป เพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่การรีเซต ใช้เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานหรือเมื่อโปรแกรมเกิดการทำงานผิดพลาด เมื่อต้องการรีเซต ชิป MCS-51 ขานี้*ต้องมีสถานะ 1 เป็นเวลาอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเกิลระหว่างที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่* โดยต้องต่อตัวต้านทานค่า 8.2 กิโลโอห์มเพื่อทำหน้าที่พูลดาวน์ (รักษาค่าแรงดันไฟฟ้าให้มีสถานะเป็นกราวด์) และเพื่อให้ตัวชิปรีเซตเองเมื่อเริ่มจ่ายพลังงานให้ต่อตัวเก็บประจุขนาด 10 ไมโครฟารัดคร่อมระหว่างขา RST กับ Vcc ดังแสดงในรูปที่ 2.2
- ขา ALE/ PROG (ขา 30) เป็นขาสำหรับใช้ส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการแลตช์ค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ (address latch enable) จากพอร์ต 0 ในระหว่างการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมหรือข้อมูลภายนอก ปกติเมื่อไม่มีการติดต่อหน่วยความจำภายนอกขานี้จะส่งสัญญาณพัลส์ออกมาด้วยความถี่ 1/8 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ตลอดเวลา ดังนั้นเราสามารถใช้ความถี่ที่ได้จากขานี้ไปใช้งานอย่างอื่นได้ แต่ความถี่ที่ขานี้จะลดลงครึ่งหนึ่งใน ระหว่างติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่นอกชิป นอกจากนี้ขา ALE ยังใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมลงไปใน EPROM สำหรับ MCS-51 เบอร์ที่มีหน่วยความจำ สำหรับเก็บโปรแกรมภายในเป็นชิป EPROM
- ขา PSEN (ขา 29) ใช้ส่งสัญญาณสโตรปเพื่ออ่านคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิป (program strobe enable) เมื่อชิปทำงานโปรแกรมจากภายนอกขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบสองครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิล แต่ในช่วงการเขียนหรือการอ่านข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอกหรือใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปจะไม่มีสัญญาณออกมาจากขานี้
- ขา EA/Vpp (ขา 31) เป็นขาสำหรับเลือกให้ MCS-51 ทำจากโปรแกรมที่อยู่ภายในหรือภายนอกชิป โดยหากขานี้มีสถานะเป็น 0 หมายถึงให้ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมภายนอก หากขานี้มีสถานะเป็น 1 หมายถึงบังคับให้ MCS-51 ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป และสำหรับ MCS-51 ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป สามารถเลือกให้ทำงานได้ทั้งจากโปรแกรมที่เก็บในหน่วยความจำภายในชิป หรือโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิปด้วยการต่อขา EA กับไฟเลี้ยงหรือกราวด์ตามลำดับ ส่วนใน MCS-51 ที่ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป *ให้ต่อขานี้ลงกราวด์เสมอ*
- ขา XTAL 1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์
- ขา XTAL 2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

### 2.1.4 โครงสร้างภายในของ MCS-51

โครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีแสดงในรูปที่ 2.3 โครงสร้างหน่วยความจำภายใน MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51ทุกเบอร์จะแบ่งหน่วยความจำเป็นสองส่วน คือ

- *หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (program memory)*
- *หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (data memory)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

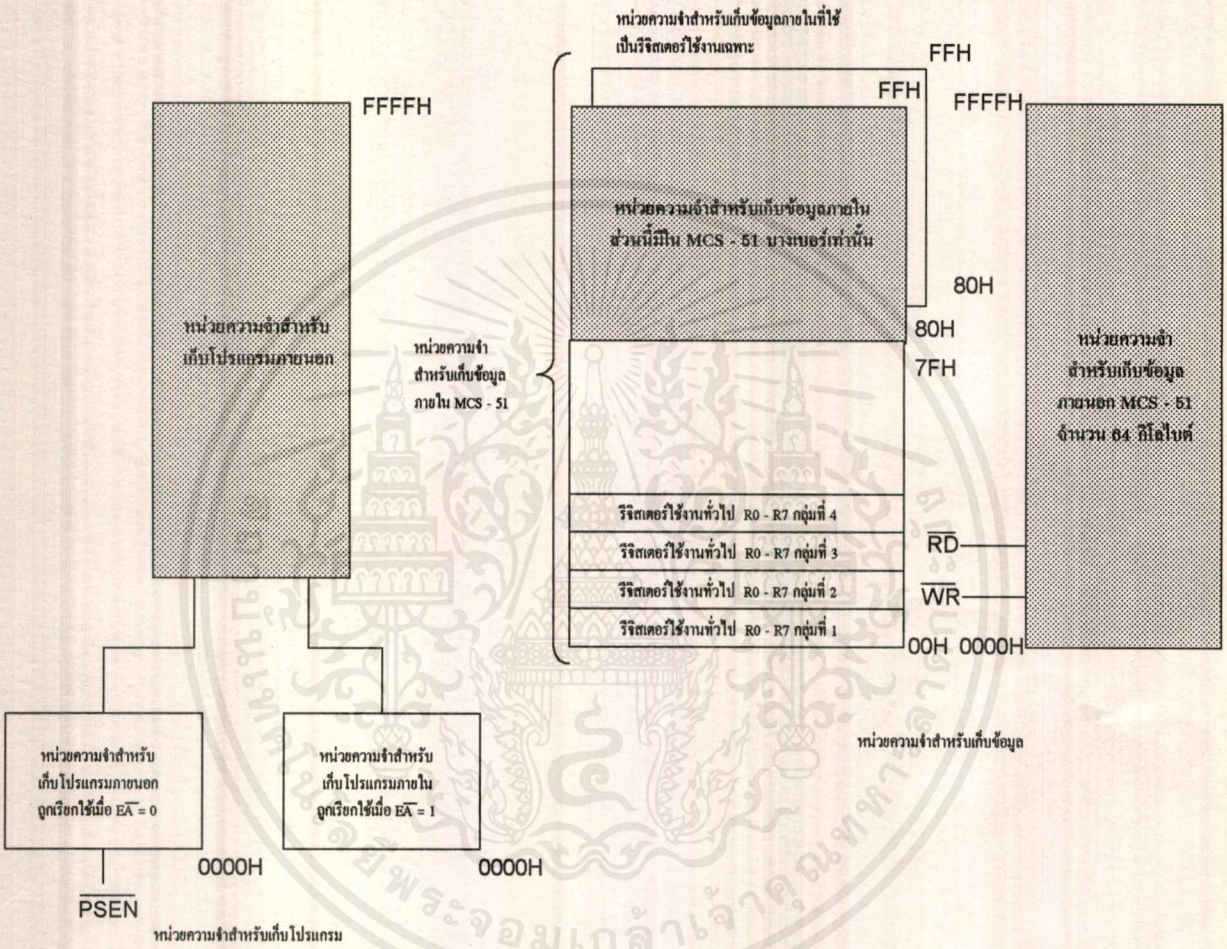



**รูปที่ 2.3** แสดงโครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมจะใช้เก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของชิป MCS-51 บางเบอร์จะมีหน่วยความจำส่วนนี้อยู่ภายในชิป แต่บางเบอร์จะไม่มี ทำให้เก็บโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำภายนอกทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมด ส่วนหน่วยความจำส่วนที่สองคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลซึ่งใช้สำหรับเก็บข้อมูลระหว่างการทำงาน MCS-51 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำส่วนนี้อยู่ภายในชิปจำนวนหนึ่ง แต่จะมีจำนวนมากหรือน้อยเท่าใดขึ้นกับเบอร์ของชิป (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.1) โครงสร้างหน่วยความจำทั้งหมดของ MCS-51มีดังแสดงในรูปที่ 2.4




**รูปที่ 2.4** แสดงโครงสร้างหน่วยความจำทั้งหมดของ MCS-51

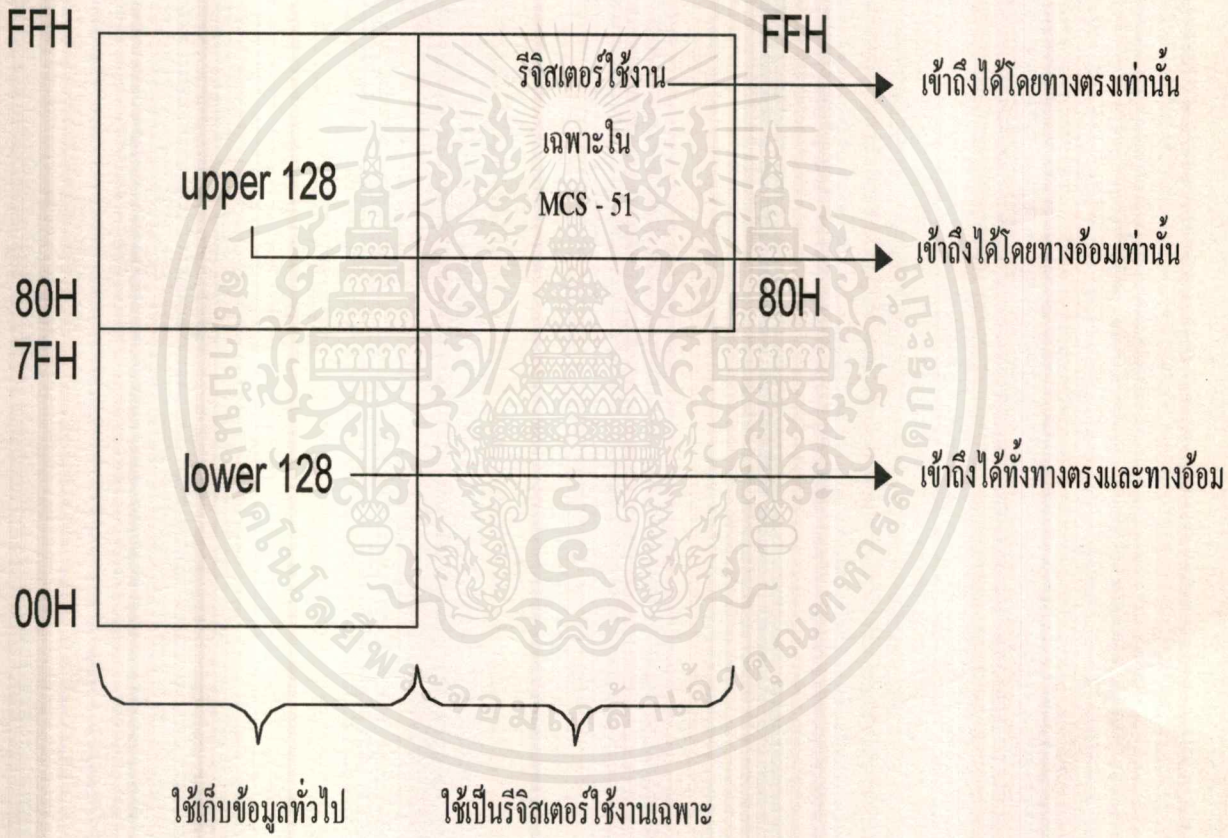
**2.1.4.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม** หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมใน MCS-51 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป (internal program memory) ขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปมีได้ตั้งแต่ 0,4,8,16 กิโลไบต์ ขึ้นอยู่กับเบอร์ของชิป

**2.1.4.2 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล** หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของ MCS-51 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปของ MCS-51 ยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อยๆดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- *ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไป (internal ram)*
- *ส่วนที่ใช้เป็นรีจสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (special function register)*

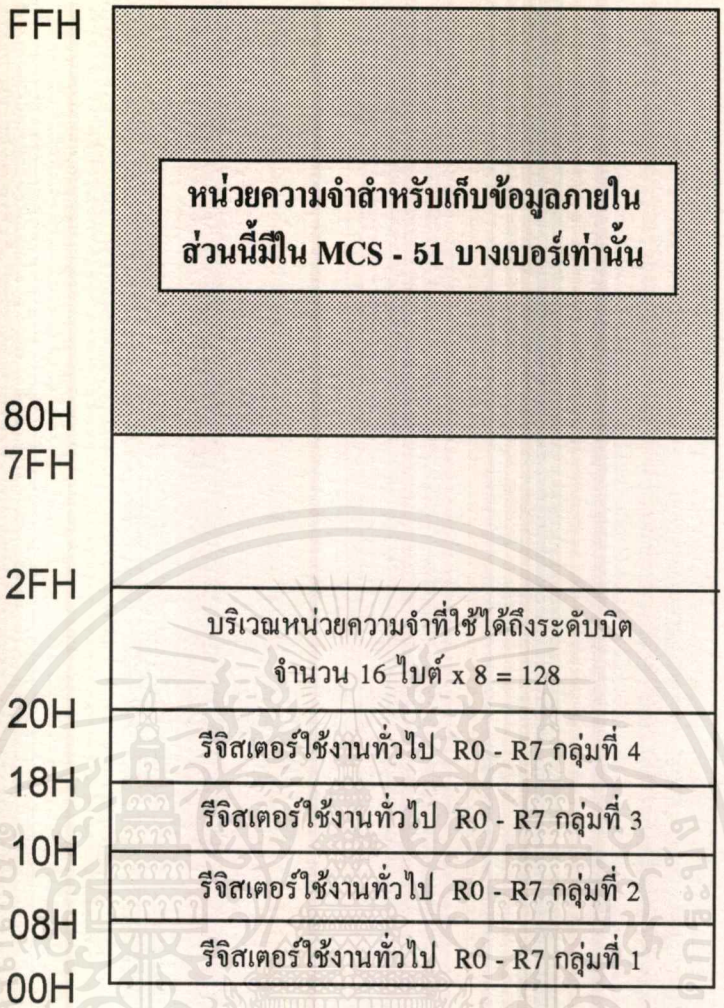
หน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิป และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่มีอยู่ภายใน MCS-51 หน่วยความจำส่วนนี้มีไว้สำหรับเก็บข้อมูลในขณะทำงาน ส่วนหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะเป็นหน่วยความจำใช้สำหรับเก็บข้อมูลภายใน MCS-51 ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะเพื่อควบคุมการทำงานและบอกสถานะของซีพียู แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปทั้งสองบริเวณมีดังรูปที่ 2.5




**รูปที่ 2.5** แผนภาพแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิป MCS-51

MCS-51 ทุกเบอร์มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปอย่างน้อย 128 ไบต์ ไปจนถึง 256 ไบต์ทั้งนี้ขึ้นกับเบอร์ของชิป หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์แรกมีชื่อเรียกว่า lower 128 และใน 128 ไบต์หลังที่มีเพิ่มบางเบอร์มีชื่อเรียกว่า upper 128 ดังแสดงในรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.6** แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปทั้งสองส่วน

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์หลัง (ตำแหน่ง 80H ขึ้นไป)จะมีตำแหน่งตรงกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (ตำแหน่ง 80H ขึ้นไปเช่นกัน) โดยมีวิธีการเข้าถึงข้อมูลในหน่วยความจำทั้งสองส่วนไม่เหมือนกัน ดังจะได้กล่าวต่อไปในเรื่องของการเข้าถึงข้อมูล

***รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ*** เนื่องจาก MCS-51 ถูกออกแบบไว้สำหรับใช้ควบคุมระบบโดยเฉพาะ จึงทำให้มีความสามารถเฉพาะตัวหลายอย่าง ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยวงจรภายในชิปที่มีเพิ่มขึ้นจากไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป การควบคุมการทำงานของวงจรภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระทำผ่านรีจิสเตอร์ที่ถูกกำหนดหน้าที่ไว้แล้ว ดังนั้นหากต้องการใช้ MCS-51 ให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องทราบหน้าที่การทำงานของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะแต่ละตัวให้ละเอียดรีจิสสเตอร์ใช้งานเฉพาะทั้งหมดอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปบริเวณที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะดังได้กล่าวมาแล้วรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะทั้งหมดใน MCS-51 มีแสดงในรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 ไบต์

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F8 | | | | | | | | | FF |
| F0 | B | | | | | | | | F7 |
| E8 | | | | | | | | | EF |
| E0 | ACC | | | | | | | | E7 |
| D8 | | | | | | | | | DF |
| D0 | PSW | | | | | | | | D7 |
| C8 | (T2CON) | | (RCAP2L) | (RCAP2H) | (TL2) | (TH2) | | | CF |
| C0 | | | | | | | | | C7 |
| B8 | IP | | | | | | | | BF |
| B0 | P3 | | | | | | | | B7 |
| A8 | IE | | | | | | | | AF |
| A0 | P2 | | | | | | | | A7 |
| 98 | SCON | SBUF | | | | | | | 9F |
| 90 | P1 | | | | | | | | 97 |
| 88 | TCON | TMOD | TL0 | TL1 | TH0 | TH1 | | | 8F |
| 80 | P0 | SP | DPL | DPL | | | | PCON | 87 |

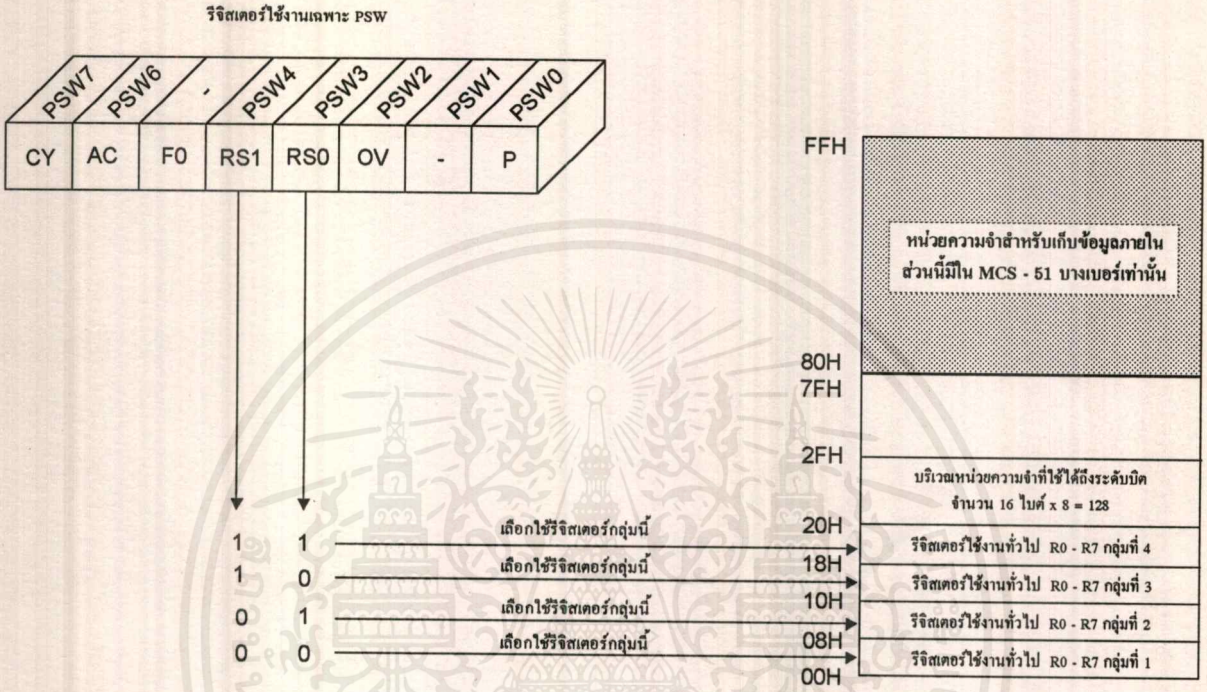
**รูปที่ 2.7** แสดงโครงสร้างและตำแหน่งของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะใน MCS-51

ในส่วนของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป จะเป็นหน่วยความจำส่วนที่อยู่ภายนอกชิป จะเป็นหน่วยความจำส่วนที่อยู่ภายนอกชิป MCS -51 ซึ่งผู้ใช้จะต้องติดตั้งเพิ่มเอง การติดต่อระหว่าง MCS-51 กับหน่วยความจำทั้งสองส่วนจะใช้ขา 32 ถึง 39 (พอร์ต 0 ) เป็นตัวส่งค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0- A7) จะใช้ขา 21-28 (พอร์ต 2) ดังนั้นเมื่อพอร์ต 0 และ พอร์ต 2 ถูกใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก (ทั้งหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล) จะทำให้เหลือพอร์ตสำหรับใช้งานอื่นๆน้อยลง

***รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไป*** MCS-51 มีรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่ผู้เขียนโปรแกรมสามารถนำมาใช้งานได้คือรีจิสเตอร์ A,B (อยู่ภายในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ *แต่นับเป็นรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปเพราะไม่ถูกกำหนดหน้าที่ใช้งานโดยตรง*)และรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ซึ่งอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์แรก ดังแสดงในรูปที่ 2.6 รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ใน MCS -51 มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยรีจิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวน 8 ตัว ( R0-R7) ซึ่งมีชื่อเรียกเหมือนกันดังนั้นจำนวนรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป (R0-R7) ใน MCS-51 จึงมีทั้งหมด 32 ตัวในการทำงานขณะใดๆ รีจิสเตอร์ทั้ง 4 กลุ่ม ( R0-R7) จะถูกเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น การเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งใน 4 กลุ่มจะทำโดยการเซ็ต หรือ เคลียร์ บิต RS0, RS1 ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW ดังแสดงในรูปที่ 2.8




**รูปที่ 2.8** แสดงการเลือกรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 แต่ละกลุ่ม

รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปทั้ง R0-R7 จะมีอยู่ในกลุ่มรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปทั้ง 4 กลุ่ม ซึ่งจะถูกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวในขณะใดขณะหนึ่ง ค่าที่เปลี่ยนไปในรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่ถูกเลือกใช้งานในขณะนั้นจะไม่มีผลต่อรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปที่มีชื่อเดียวกันแต่อยู่คนละกลุ่มเลย โครงสร้างเช่นนี้ทำให้มีความสะดวกในการเขียนโปรแกรมเป็นอันมากโดยเฉพาะกับการเขียนโปรแกรมที่มีการเรียนใช้โปรแกรมย่อย (Subroutine ) ดังจะได้กล่าวในเรื่องของการเขียนโปรแกรมต่อไป

**2.1.5 โครงสร้างพอร์ต** MCS-51 ทุกเบอร์จะมีพอร์ตขนาด 8 บิตจำนวน 4 พอร์ต (P0,P1,P2,P3) โดยสามารถกำหนดให้ทำงานแบบพอร์ตขนานขนาด 8 บิต 4 พอร์ต หรือจะใช้เป็นพอร์ตขนาด 1 บิตได้ถึง 32 พอร์ต ทั้งนี้ผู้ใช้ยังสามารถกำหนดให้แต่ละพอร์ตใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตหรือเอาต์พุตพอร์ตอย่างใดอย่างหนึ่งได้อย่างอิสระ

ในกรณีที่ผู้ออกแบบต้องการใช้หน่วยความจำภายนอก ไม่ว่าจะเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลหรือสำหรับโปรแกรม พอร์ต 0 จะถูกกำหนดการใช้งานเป็นดาต้าบัสและแอดเดรสบัสไบต์ต่ำ ส่วนพอร์ต 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะถูกกำหนดการใช้งานเป็นตัวส่งค่าแอดเดรสบัสไบต์สูง และบางส่วนของพอร์ต 3 จะถูกใช้ส่งสัญญาณควบคุมหรือคอนโทรลบัส (สัญญาณที่ใช้ควบคุมการอ่านหรือเขียนข้อมูล) แต่หากหน่วยความจำที่ใช้ภายนอกต้องการไม่ถึง 64 กิโลไบต์ พอร์ต 2 ที่ใช้เป็นแอดเดรสบัสไบต์สูงจะไม่ถูกนำมาใช้ทั้งหมด แต่ พอร์ต 0 จะถูกใช้หมดทั้ง 8 เส้น เพราะต้องใช้เป็นดาต้าบัส ส่วนพอร์ต 3 จะนำมาใช้ติดต่อกับหน่วยความจำด้วยหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับหน่วยควมจำที่ใช้ภายนอกว่ามีหน่วยความจำส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลด้วยหรือไม่ (ต้องการสัญญาณควบคุมการอ่านหรือเขียนข้อมูลหรือไม่นั่นเอง) ดังนั้นในการออกแบบระบบ หากต้องการใช้หน่วยวามจำภายนอกมากขึ้นเพียงใดก็จะยิ่งทำให้เหลือจำนวนพอร์ตที่จะนำมาใช้งานลดลง ในการออกแบบจริงจึงต้องพยายามลดขนาดหน่วยความจำภายนอกให้เหลือน้อยที่สุด

พอร์ต 3 ซึ่งมีขนาด 8 บิต นอกจากจะใช้ส่งสัญญาณสำหรับการอ่านหรือเขียนข้อมูลในการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิปแล้วมันยังถูกใช้เป็นตัวรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์(INT0,INT1) สัญญาณอินพุตที่ต้องการนับสำหรับเคาน์เตอร์ (T0,T1) รวมทั้งใช้ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมกับอุปกรณ์ภายนอก (รับและส่งข้อมูลผ่านขา RXD,TXD) อีกด้วย

ภายในแต่ละพอร์ตที่ใช้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต ผู้ใช้สามารถกำหนดให้ทำงานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตพอร์ตได้อย่างอิสระ โดยอาศัยการควบคุมจากโปรแกรม ซึ่งสามารถควบคุมให้แต่ละพอร์ตถูกใช้เป็นอินพุตในช่วงเวลาหนึ่ง และเอาต์พุตในอีกช่วงเวลาหนึ่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.2 AT89C51/52 และ AT89C1051/2051**

AT89C51/52 และ AT89C1051/2051 พลิกรูปแบบการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต (MCU) ที่สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ PC ทำการลบและทำการเขียนโปรแกรมได้โดยตรง ไม่ต้องถอด MCU ออกจากการ์ดหรือแผงวงจรในลักษณะที่เรียกว่า in system programming หรือจะใช้เครื่องโปรแกรม (universal programmer) โดยตรงก็ได้โดยไม่ต้องใช้การลบด้วยแสงอัลตร้าไวโอเลต (UV eraser) เพื่อทำการลบโปรแกรมให้ยุ่งยากต่อไป ทำให้ใช้เวลาลบเพียงเสี้ยววินาที และนั่นคือ AT89C51/52 ประดิษฐ์กรรมอุปกรณ์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยความจำแบบแฟลชอยู่ภายในตัวขนาดตั้งแต่ 1 กิโลไบต์ถึง 8กิโลไบต์ ที่สามารถโปรแกรมทับลงไปได้อีกนับเป็นพันครั้งเหมือนกับการโปรแกรมในลักษณะเดียวกันกับ EPROM

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) โดยทั่วไปมักมีหน่วยความจำภายในตัวเป็นแบบ MASK ROM, OTP (one time programming) ,หรือ EPROM ซึ่งค่อนข้างยุ่งยากในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และพัฒนาโปรแกรมคำสั่งต่างๆ ที่ต้องการโดยเฉพาะในแบบ OTP ซึ่งเป็นแบบโปรแกรมได้เพียงครั้งเดียวถ้ามีการเขียนโปรแกรมผิดพลาดเพียงนิดเดียวก็ต้องทิ้ง MCU ตัวนั้นไปเลยเป็นเพราะเป็นแบบโปรแกรมได้ครั้งเดียว ถ้าเป็น แบบ MASK ROM ถึงแม้ว่าจะมีราคาถูกกว่า แต่มีความยุ่งยากมากกว่าเนื่องจากผู้ผลิต MCU จะต้องเป็นผู้โปรแกรมให้ เป็นเหตุทำให้ต้องสั่งผลิตจำนวนคราวละมากๆ และค่อนข้างจะเสียเวลา ทำให้การวางแผนที่จะส่งผลิตภัณฑ์สู่ตลาดต้องใช้เวลา ส่วนแบบ EPROM นั้น มีราคาแพงและต้องใช้วิธีการลบด้วยแสงอัลตร้าไวโอเลตด้วยเครื่อง UV eraser ในกรณีที่จะต้องแก้ไขหรือโปรแกรมข้อมูลใหม่และจำนวนครั้งในการลบก็จำกัด ดังนั้นการเลือกใช้ MCU ที่ผ่านมามักเกิดมีปัญหาในการเลือกเบอร์หรือเลือกชนิดที่ไว้ใจได้มาตลอด

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AT89C51 สามารถใช้งานร่วมและแทนกันได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ได้แก่เบอร์ 80C31, 80C51, 80C52, หรือ 87C51/52 เป็นต้น ซึ่ง AT89C51 เหมือนกับตระกูลเหล่านี้ของอินเทล (INTEL) ทั้งในด้านชุดคำสั่งและการจัดเรียงขานั่นคือเราสามารถนำ AT89C51 ของแอตเมล (ATMEL) มาใช้งานแทนไมโครคอนโทรลเลอร์ของ INTEL ได้เลย

**2.2.1 คุณสมบัติทั่วไป**

ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ AT89C51, AT89C52, AT89C1051 และ AT89C2051 โดยมีรายละเอียดทางเทคนิคดังตารางที่ 2.2

AT89C51 และ AT89C52 เป็น CMOS 8 บิต ไมโครคอนโทรลเลอร์ประสิทธิภาพสูงกินกำลังไฟต่ำ มีหน่วยความจำแบบแฟลช บรรจุอยู่ภายในตัวขนาด 4 กิโลไบต์ และ 8 กิโลไบต์ ตามลำดับทั้งใช้งานร่วมและทดแทนไมโครแชนเนล กับ MCS-51 80C51 ได้ ทั้งทางด้านชุดคำสั่งและการจัดเรียงขา โดยมีรูปแบบตัวถังบรรจุและการจัดเรียงขาในแบบ DIP, PLCC และ QFP ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.9

การที่มีหน่วยความจำแบบแฟลชภายในตัวนั้นทำให้ MCU นี้สามารถโปรแกรมใหม่ได้ในลักษณะ "In-System Programming" บนการ์ดคอนโทรลที่เราออกแบบขึ้นมาได้เลย หรือจะโปรแกรมโดยใช้เครื่องโปรแกรมทั่วๆไป เช่น Hilio , Data I/O โดยไม่ต้องลบด้วยแสงอัลตร้าไวโอเลตอีกต่อไปเมื่อต้องการลบโปรแกรมเดิม กรณีที่มีการแก้ไขหรือปรับปรุงโปรแกรมเดิมหรือการโปรแกรมใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ AT89C1051/2051 และ AT89C51/52**

| คุณสมบัติ | AT89C1051 | AT89C2051 | AT89C51 | AT89C52 |
|---|---|---|---|---|
| ขนาดหน่วยความจำแฟลช | 1 กิโลไบต์ | 2 กิโลไบต์ | 4 กิโลไบต์ | 8 กิโลไบต์ |
| ขนาดหน่วยความจำ RAM | 64 ไบต์ | 128 ไบต์ | 128 ไบต์ | 256 ไบต์ |
| จำนวนขาต่อใช้งาน | 20 ขา | 20 ขา | 40 ขา | 40 ขา |
| พอร์ตอินพุตเอาต์พุต (I/O) | 15 I/O | 15 I/O | 32 I/O | 32 I/O |
| รูปแบบตัวถังบรรจุ | PDIP, SOIC | PDIP, SOIC | PDIP, SOIC, QFP | PDIP, SOIC, QFP |
| คาบเวลาและชุดวงจรนับ | 16 บิต 1 ชุด | 16 บิต 2 ชุด | 16 บิต 2 ชุด | 16 บิต 3 ชุด |
| ย่านแรงดันไฟเลี้ยง | 2.7 - 6.0 V | 2.7 - 6.0 V | 2.7(89LV52) - 6.0 V | 2.7(89LV52) - 6.0 V |
| ระดับการล็อคบิต | 2 ระดับ | 2 ระดับ | 3 ระดับ | 3 ระดับ |
| ย่านความถี่การทำงาน | 0 - 24 MHz | 0 - 24 MHz | 0 - 24 MHz | 0 - 24 MHz |
| วงจรเปรียบเทียบอนาลอก | มี | มี | ไม่มี | ไม่มี |
| อินเตอร์รัปต์เอาต์พุต | 3 เอาต์พุต | 5 เอาต์พุต | 5 เอาต์พุต | 8 เอาต์พุต |
| โหมดสภาวะสงบ, ประหยัดกำลังงาน | มี | มี | มี | มี |
| ขับ LED ได้โดยตรง | ได้ | ได้ | ไม่ได้ | ไม่ได้ |

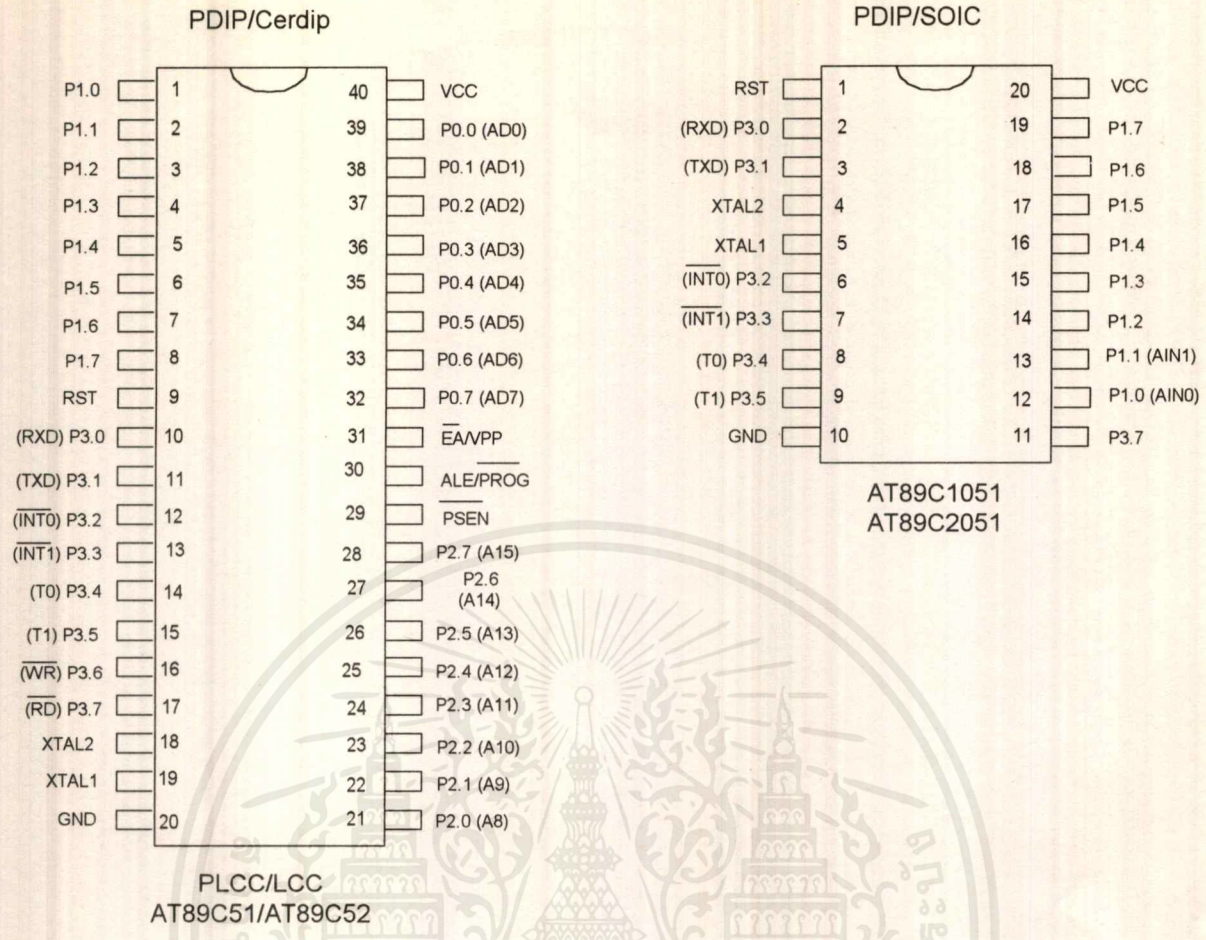
AT89C1051 และ AT89C2051 MCU รุ่นประหยัด ขนาดเล็กเพียง 20 ขา แต่เปี่ยมไปด้วยคุณสมบัติพิเศษ ที่เหมาะแก่การนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายๆ หน้าที่ควบคุม นอกจากจะมีหน่วยความจำแบบแฟลชภายในขนาด 1กิโลไบต์และ 2 กิโลไบต์ ตามลำดับแล้วยังมีวงจรเปรียบเทียบทางอนาลอกและฟังก์ชั่นอื่นๆอีก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ของ ATMEL ยังถูกพัฒนาด้วยเทคโนโลยีในแบบที่เป็น "Full Static Operation" ตั้งแต่ ย่านดีซีจนถึง 24 MHz ทำให้ MCU มีคุณสมบัติที่สามารถทำงานได้ในแบบสภาวะสงบ ( Idle Mode ) และโหมดประหยัดพลังงาน ( Power Down Mode )

### 2.2.2 สภาวะสงบ

ในโหมดนี้ CPU จะหยุดการทำงานแต่อุปกรณ์ที่ทำงานในส่วนอื่นๆ เช่นหน่วยความจำ RAM , ส่วนที่นับเวลาและรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษยังคงสภาวะการทำงานอยู่ที่สถานะสุดท้ายและจะวนลูปอยู่ในสถานะนี้จนกว่าจะถูกอินเตอร์รัปต์หรือถูกรีเซ็ท จะสังเกตุได้ว่าโหมดนี้หยุดลงการทำงานของระบบจะกลับมาทำงานในคำสั่งสุดท้ายก่อนที่จะเข้าสู่สภาวะสงบ ในโหมดนี้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ถึง 4 เท่าของสภาวะปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.9** แสดงการจัดขาใช้งานของ AT 89C51/52 และ AT89C1051/2051

### 2.2.3 โหมดประหยัดพลังงาน

ส่วนในโหมดนี้ออสซิลเลเตอร์จะถูกหยุด ส่วน RAM และ รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษยังคงเก็บค่าต่างๆ ไว้จนกระทั่งสิ้นสุดการอยู่ในสภาวะนี้ การที่จะออกโหมดนี้ สามารถกระทำได้โดยการรีเซ็ททางฮาร์ดแวร์ซึ่งการรีเซ็ทจะเป็นการกำหนดค่าใหม่ให้รีจิสเตอร์และควรทิ้งช่วงเวลาให้ออสซิลเลเตอร์กลับเข้าสู่สภาวะปกติ และ Vcc อยู่ระดับปกติ ในโหมดนี้สามารถลดการกินกระแสได้มากถึง 200 เท่า

นอกจากนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AT89C51/52 ยังมีโหมดป้องกันการเลียนแบบด้วย "Program Memory Lock Bits" ดังแสดงการเซ็ทระหัสการล็อคไว้ในตารางที่ 2.3 โดย AT89C51/52 จะสามารถใช้โหมดการป้องกันได้ 3 ระดับ ส่วน AT89C1051/2051 จะสามารถป้องกันได้ 2 ระดับ ซึ่งก็นับได้ว่าเพียงพอแล้ว

ความหมายในตารางที่ 2.3 นั้น อักษร U (unprogramed) หมายถึง การกำหนดไม่ให้ล็อค ส่วนอักษร P (Programed) คือเป็นการใช้คุณสมบัติของการป้องกันแบบล็อคบิตและ $LB_1$ , $LB_2$ , $LB_3$ คือ การล็อคบิตที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ยกตัวอย่างเช่นเมื่อล็อคบิตที่ 1 ( $LB_1$ ) ถูกโปรแกรมเป็น P ระดับลอจิกที่ขา $\overline{EA}$ จะถูกกำหนดให้มีสถานะถูกรีเซ็ทอยู่ตลอด ถ้ามีระดับลอจิกสูงมาเข้าที่ MCU โดยไม่มีการเซ็ท การแล็ทสัญญาณจะเริ่มทำการสุ่มและเลือกค่าๆ หนึ่งไว้และเก็บค่านั้นๆไว้จนกว่าจะมีการรีเซ็ทซึ่งเป็นสิ่งสำคัญ -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.3 ตารางการล็อคบิตเพื่อป้องการเลียนแบบโปรแกรมของ AT89C51/52**

| การโปรแกรมการล็อคบิต AT89C51/52 | | | | ประเภทของการป้องกัน | การโปรแกรมการล็อคบิต AT89C1051/2051 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ระดับการล็อค | $LB_1$ | $LB_2$ | $LB_3$ | | ระดับการล็อค | $LB_1$ | $LB_2$ |
| 1 | U | U | U | ไม่มีการตั้งโปรแกรมล็อคใดๆ | 1 | U | U |
| 2 | P | U | U | ไม่สามารถใช้คำสั่ง MOVC จากโปรแกรมหน่วยความจำภายนอกมาอ่านรหัสคำสั่งภายในออกมาได้ นอกจากนี้การโปรแกรมหรือเขียนคำสั่งใดๆ ลงบนหน่วยความจำแฟลชจะทำไม่ได้อีก | 2 | P | U |
| 3 | P | P | P | เช่นเดียวกับแบบที่ 2 และการตรวจสอบรหัส (Verify) จะทำไม่ได้ | 3 | P | P |
| 4 | P | P | P | เช่นเดียวกับแบบที่ 3 และการอ่านจากภายนอกเช่น ROM ทำไม่ได้ | | | |

**ตารางที่ 2.4 ตารางการเซ็ทค่าสัญญาณขณะทำการโปรแกรม AT89C51/52**

| ขาต่อใช้งาน / โหมดการทำงาน | RST | $\overline{PSEN}$ | ALE/ $\overline{PROG}$ | $\overline{EA}$/ Vpp | P2.6 | P2.7 | P3.6 | P3.7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เขียนรหัสข้อมูล | H | L | ⎍ | H/12V[1] | L | H | H | H |
| อ่านรหัสข้อมูล | H | L | H | H | L | L | H | H |
| ล็อคบิตการเขียน 1 | H | L | ⎍ | H/12V | H | H | H | H |
| ล็อคบิตการเขียน 2 | H | L | ⎍[2] | H/12V | H | H | L | L |
| ล็อคบิตการเขียน 3 | H | L | ⎍ | H/12V | H | L | H | L |
| การลบข้อมูลในชิป | H | L | ⎍ | H/12V | H | L | L | L |
| กำหนดไบต์การอ่าน | H | L | H | H | L | L | L | L |

-ขา $\overline{EA}$ ถูกแลตช์สัญญาณไว้ทำให้ไม่สามารถใช้คำสั่งภายนอกมาอ่านรหัสคำสั่งภายในได้และการจะโปรแกรมแบบแฟลชเข้าไปใหม่ ก็ทำไม่ได้ส่วนการป้องกันแบบอื่นๆ ดูได้ตามที่ระบุตามตาราง

**หมายเหตุ** (1) ระดับแรงดันในการเขียนและลบข้อมูลที่ระดับแรงดันค่าสูง (+12 โวลต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
039025

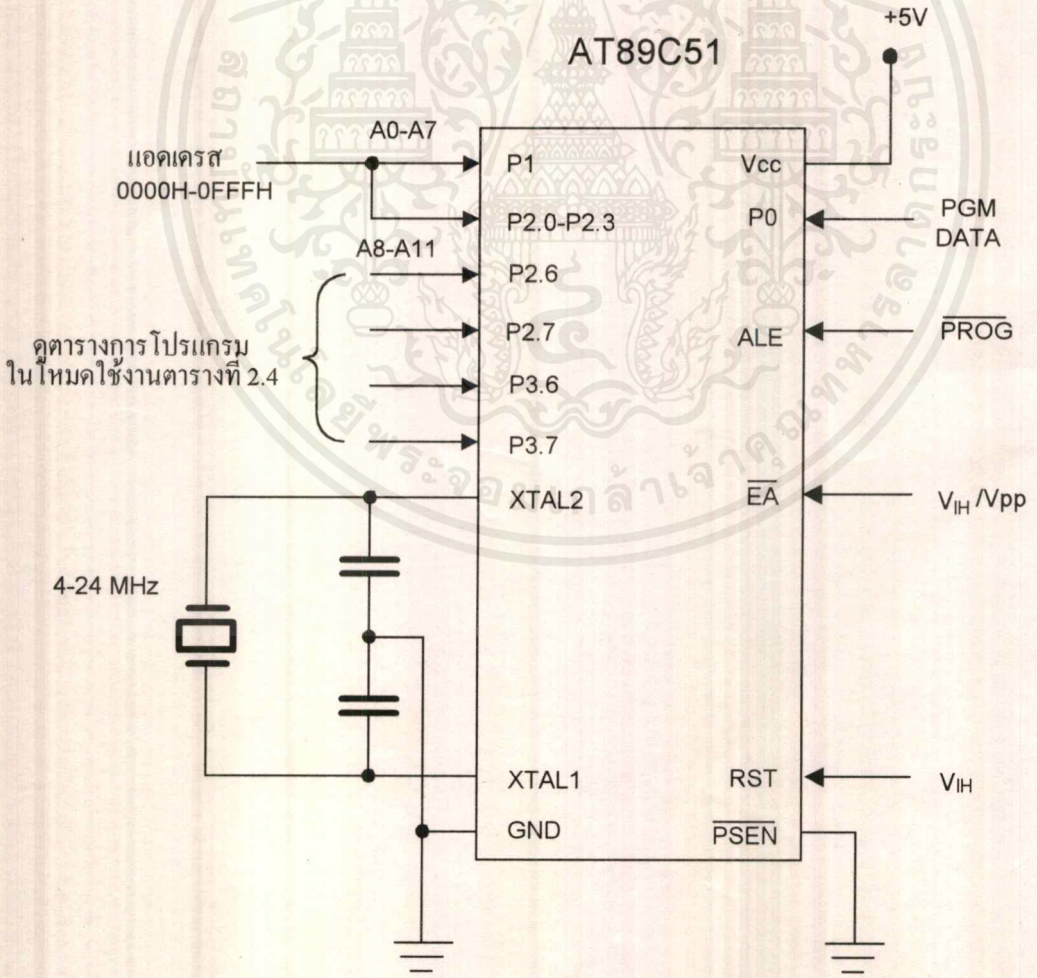
(2) คาบเวลาของพัลส์ในการลบข้อมูลในชิปเท่ากับ 10 มิลลิวินาที

### 2.2.4 การโปรแกรม AT89C51/52

โดยปกติไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ จะอยู่ในสภาวะว่าง ( contect=FFH ) และพร้อมที่จะได้รับการโปรแกรม ซึ่งสามารถโปรแกรมได้ทั้งใช้แรงดันค่าสูง (+12 โวลต์) และในแบบใช้ค่าแรงดันต่ำ ( ที่ระดับแรงดัน Vcc นั่นคือ +5 โวลต์ ) กรณีโปรแกรมในโหมดแรงดันไฟค่าสูง 12 โวลต์ สามารถทำได้โดยง่าย เพียงแต่ใช้เครื่องโปรแกรมทั่วๆไป ที่จะสามารถโปรแกรมลงใน EPROM ได้ โดยใช้ซอฟต์แวร์ที่สามารถโปรแกรมตระกูล AT89C51/52 ส่วนการโปรแกรมแบบค่าแรงดันต่ำนั้นทำให้สามารถโปรแกรมได้ในแบบ In-Systems Programming ได้

### 2.2.5 ขั้นตอนการโปรแกรม

ก่อนโปรแกรม AT89C51/52 ไลน์แอดเดรสข้อมูลและสัญญาณควบคุมจะต้องกำหนดขึ้นตามตารางที่ 2.4 และจะต่อขาใช้งานและสัญญาณเข้าไปยัง MCU ตามรูปที่ 2.10 และการตรวจสอบโปรแกรมต่อตามรูปที่ 2.11 จากนั้นจะเริ่มกระทำตามขั้นตอนดังนี้




**รูปที่ 2.10** การต่อใช้งานขณะโปรแกรมเข้าไปใน AT89C51/52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

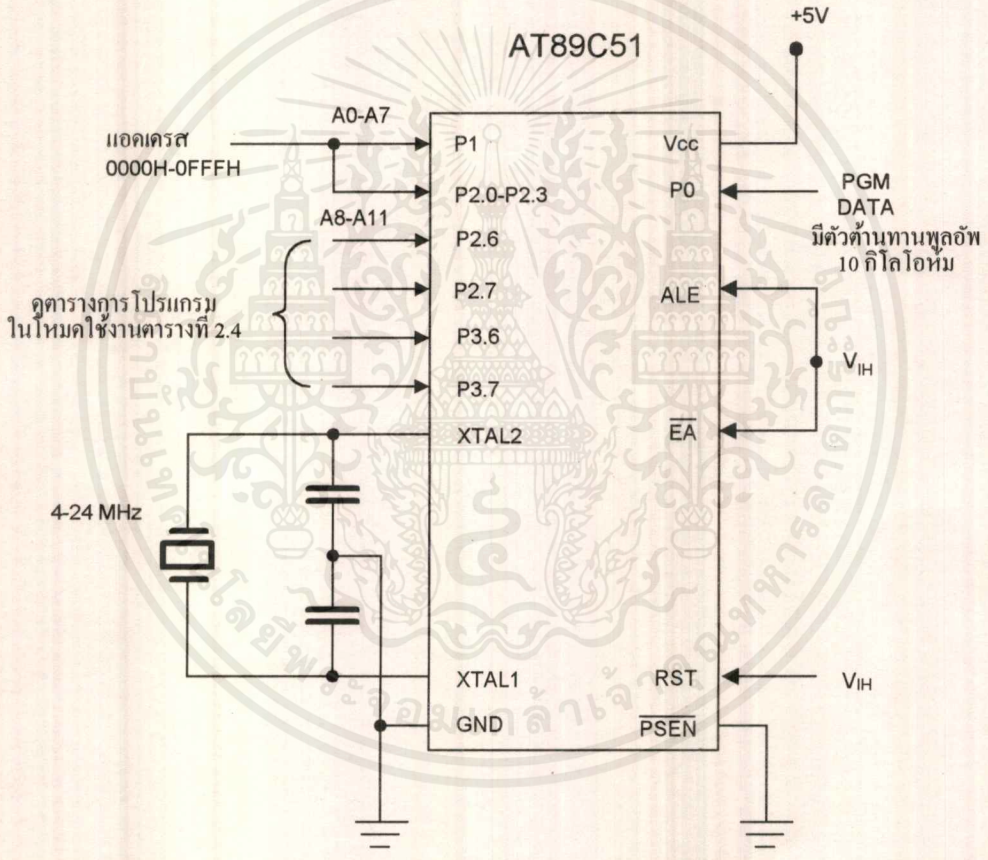
1) ป้อนตำแหน่งแอดเดรสบนไลน์แอดเดรส

2) ป้อนไบต์ข้อมูลทางไลน์ข้อมูล

3) กำหนดค่าสัญญาณควบคุมที่ถูกต้องเข้าทางขา P2.6, P2.7, P3.6, P3.7

4) กำหนดค่าแรงดันป้อนให้ขา $\overline{EA}$/ Vpp ไว้ที่ +12 โวลต์ ในกรณีโปรแกรมที่ค่าแรงดันสูง

5) ป้อนพัลส์ที่ขา ALE/$\overline{PROG}$ เมื่อจะโปรแกรมหนึ่งไบต์เข้าไปในหน่วยความจำแฟลชหรือในล็อคบิต จากนั้นวงรอบการเขียนข้อมูลจะเกิดขึ้นเองตามมาโดยระยะเวลาใน 1 วงรอบ จะไม่เกิน 1.5 มิลลิวินาที เสร็จแล้วเริ่มต้นทำขั้นตอนที่ 1 ถึง 5 โดยการเปลี่ยนแอดเดรสและข้อมูลชุดถัดไปจนครบทั้งหมดหรือได้รับ Object File ที่ต้องการแล้ว




**รูปที่ 2.11** การทดสอบการโปรแกรมใน AT89C51/52

### 2.2.6 การโปรแกรม AT89C1051/2051

เนื่องจาก AT89C1051/2051 นี้มีอัลกอลิทึมในการโปรแกรมที่แตกต่างในบางส่วน เพราะขา ลดลงถึง 20 ขาแม้ว่าจะมีความเข้ากันได้กับ MCS-51 ไมโครแชนเนล แต่ไม่สามารถเข้ากันได้ในด้านจำนวนขา จึงแนะนำว่าการโปรแกรมโดยใช้เครื่องโปรแกรมจะเป็นวิธีที่สะดวกกว่า อย่างไรก็ตามสามารถศึกษาขั้นตอนการโปรแกรมโดยตรงได้จากคู่มือของ AT89C1051/2051 เพื่อเข้าใจหลักการเพิ่มเติมได้

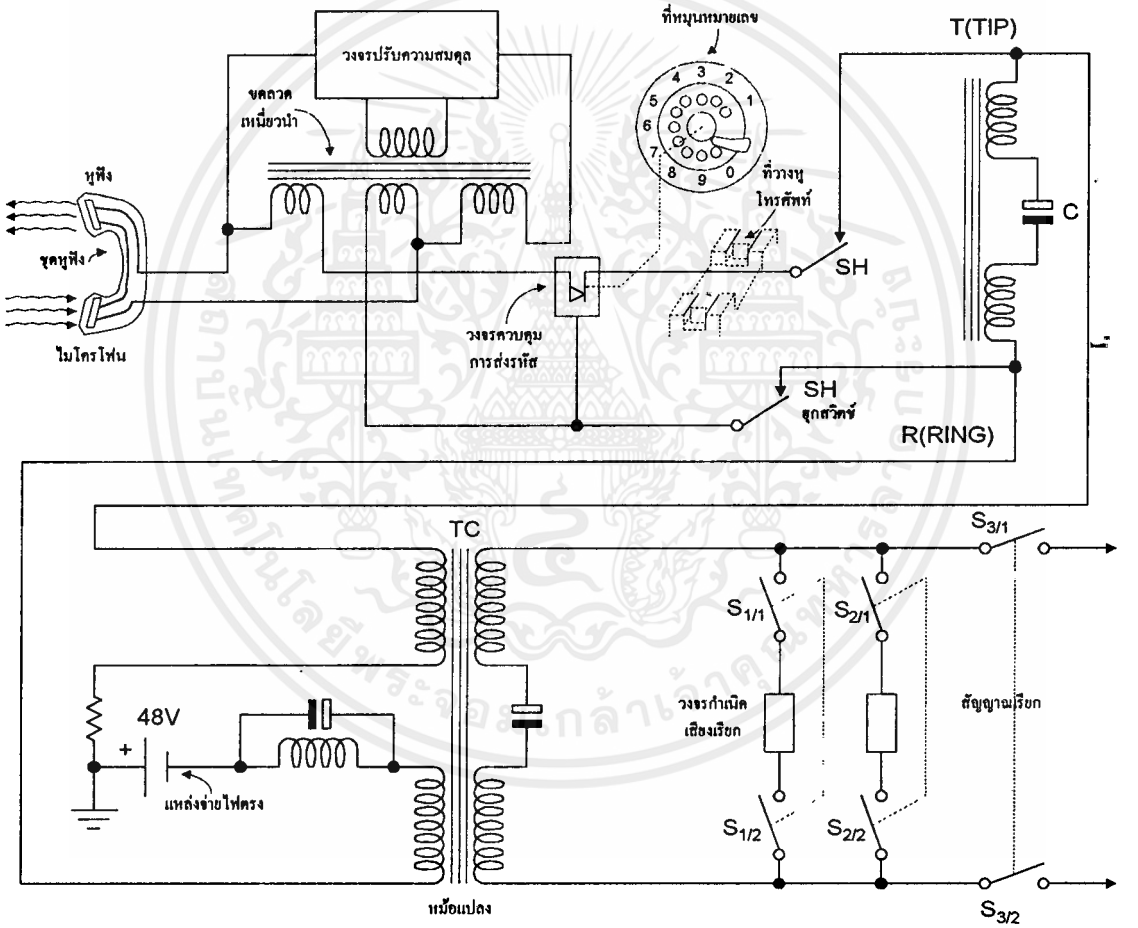
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.3 พื้นฐานโทรศัพท์**

ระบบโทรศัพท์ถือกำเนิดขึ้นโดยการคิดค้นของอเล็กซานเดอร์ เกรแฮมเบลล์ โทรศัพท์ระบบแรกที่เกิดขึ้นคือ ระบบโทรศัพท์แบบพัลส์ (pulse) การเรียกหมายเลขต่างๆ จะใช้สัญญาณพัลส์เป็นตัวกำเนิดทั้งสิ้น เช่น เลข 0 ก็คือสัญญาณพัลส์ 10 ลูก เลข 9 คือ สัญญาณพัลส์ 9 ลูกเป็นต้น

ส่วนประกอบหลักๆ ของระบบโทรศัพท์คือ

1. เครื่องโทรศัพท์
2. สายโทรศัพท์
3. ชุมสายโทรศัพท์ ทำหน้าที่ตัดต่อคู่สายต่างๆให้ผู้เรียกต้นทางสามารถติดต่อกับปลายทางได้




รูปที่ 2.12 วงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายโทรศัพท์

**2.3.1 SIGNALING**

สัญญาณ (Signaling) คือข่าวสารที่ใช้ติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสาย หรือข่าวสารที่ติดต่อกันระหว่างชุมสายกับชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ทั่วๆไปของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์ในปัจจุบันมีอยู่ 4 หน้าที่ คือ

1. การเตรียมพร้อม (Alerting)

2. การส่งที่อยู่ของข่าวสาร (Transmitting address information)

3. การตรวจตรา (Supervising)

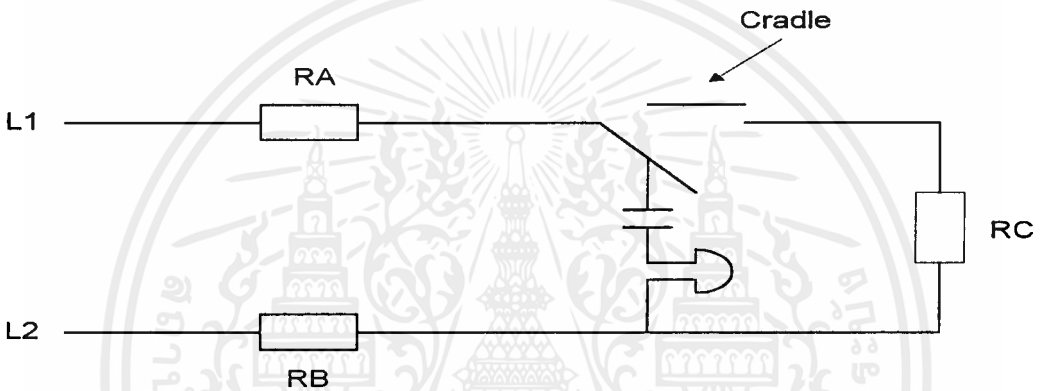
4. การส่งสัญญาณข่าวสาร (Transmitting information Signaling)

**สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย (Subscriber Signaling)**

1. สัญญาณที่ส่งจากผู้เช่าไปยังชุมสาย

1.1 OFF HOOK คือ สภาพผู้เช่ายกหูโทรศัพท์สายจะมีสภาพ Closed Loop (Low Impedance)

1.2 ON HOOK คือ สภาพผู้เช่าวางหู หรือสภาพว่าง สายจะมีสภาพ Open Loop (High Impedance)




RA,RB = ค่าความต้านทานของสายโทรศัพท์

RC = ค่าความต้านทานของเครื่องโทรศัพท์

1.3 Dialing คือ สภาพที่ผู้เช่าหมุนเลขหมายเข้าเครื่องเป็น Rotary Dial สัญญาณจะเป็นPulsing ค่า Impedance จะสูง,ต่ำ สลับกันไปตามที่หมุนเลขหมาย ถ้าเครื่องเป็นแบบกดปุ่มTouchTone สัญญาณออกจะเป็นความถี่ DTMF ส่งออกไปชุมสาย

2. สัญญาณที่ส่งจากชุมสายไปยังเครื่องรับ

2.1 สัญญาณให้หมุน (Dialing Tone) คือ สัญญาณที่บอกถึงสภาพการว่างของอุปกรณ์ชุมสายและชุมสายพร้อมจะรับสัญญาณที่ทำการหมุนเข้ามา สัญญาณ Dial Tone นี้จะเป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ 425 Hz Modulated ด้วยความถี่ 50 Hz ผู้เช่าจะได้ยินเมื่อยกหูโทรศัพท์

2.2 สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) คือ สัญญาณที่บอกให้ทราบว่า อุปกรณ์ชุมสายไม่ว่างแต่ถ้ายกหูแล้วได้สัญญาณนี้แสดงว่า อุปกรณ์ในชุมสายไม่ว่างและถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนเลขหมายไปแล้วแสดงว่าผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกไม่ว่าง ในกรณีเรียกต่างชุมสาย ลักษณะสัญญาณที่ส่งจะเป็นสัญญาณที่ขาดตอนเป็นช่วงๆส่ง 0.5 และ หยุด 0.5 วินาที ความถี่ของสัญญาณ 425 Hz Sine Wave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สัญญาณเรียกกลับ (Ringing Tone) เป็นสัญญาณที่ผู้เรียกได้ยินหลังจากหมุนเลขหมายครบแล้ว เพื่อบอกให้ทราบว่าการต่อกระทำได้สำเร็จ ในขณะนี้ชุมสายจะส่งสัญญาณเรียก(Ringing Signal) ไปยังผู้ถูกเรียกด้วยความถี่ 25 Hz Sine wave โดยจะส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

2.4 สัญญาณกระดิ่ง (Ringing Signal ) เป็นสัญญาณต่อเนื่อง ความถี่ของสัญญาณ 25 Hzค่าแรงดัน 70-90 โวลท์ โดยส่งไปยังผู้เช่าฝ่ายถูกเรียก ส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

2.5 สัญญาณโทนอื่นๆ เช่น Nu Tone ( Number unobtainable Tone) บอกให้ทราบว่าเลขหมายที่หมุนมาไม่มีการใช้งานอยู่ เป็นต้น

**สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย (INTER EXCHANGE SIGNALING)**

สัญญาณพื้นฐานมีอยู่ 5 ประเภท คือ

1. Seizure (สัญญาณจับวงจร) เป็นสัญญาณให้ชุมสายปลายทางทราบว่า คู่สายขณะนี้ถูกใช้งานอยู่ ชุมสายปลายทางจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่รับเลขหมายของผู้ถูกเรียกที่จะส่งมา

2. Address information เป็นสัญญาณบอกเลขหมายหรือประเภทของผู้เช่า

3. Answer signal (สัญญาณตอบรับ) สัญญาณนี้ถูกส่งเมื่อผู้เช่าฝ่าย B ยกหูรับ หน้าที่หลักของสัญญาณหลังก็คือ

3.1 เริ่มต้นคิดเงิน

3.2 ส่งสัญญาณคิดเงิน

3.3 ตัดวงจรจับเวลาการใช้อุปกรณ์

4. สัญญาณยกเลิกการต่อตรง (Clear Forward) จะถูกส่งเมื่อฝ่าย A วางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้วงจรทางด้านปลายทางทำการยกเลิกการต่อวงจรต่างๆ

5. สัญญาณยกเลิกการตอบกลับ (Clear Back) จะถูกส่งเมื่อผู้เช่าฝ่าย B วางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้ชุมสายต้นทางเริ่มต้นการจับเวลา เมื่อเวลาผ่านไป 90-120 วินาที ชุมสายต้นทางจะยกเลิกการติดต่อมาพร้อมกับส่งสัญญาณ Clear Forward ออกไปเพื่อให้ชุมสายปลายทางยกเลิกเช่นกัน

### 2.3.2 เครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set) จัดเป็นอุปกรณ์ปลายทางอย่างหนึ่ง ทำหน้าที่รับส่งสัญญาณเสียงพูดระหว่างผู้เช่า (Subscriber) โดยทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ส่งไปในสายและในทางกลับกันก็เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า กลับมาเป็นพลังงานเสียง นอกจากนั้นเครื่องโทรศัพท์ยังทำหน้าที่ต่อไปนี้

1. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเรียกไปยังชุมสายท้องถิ่น (Local - Exchange), (Hook off)

2. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณ Code ที่ใช้แทนเลขหมายผู้ถูกเรียก (B Subscriber)

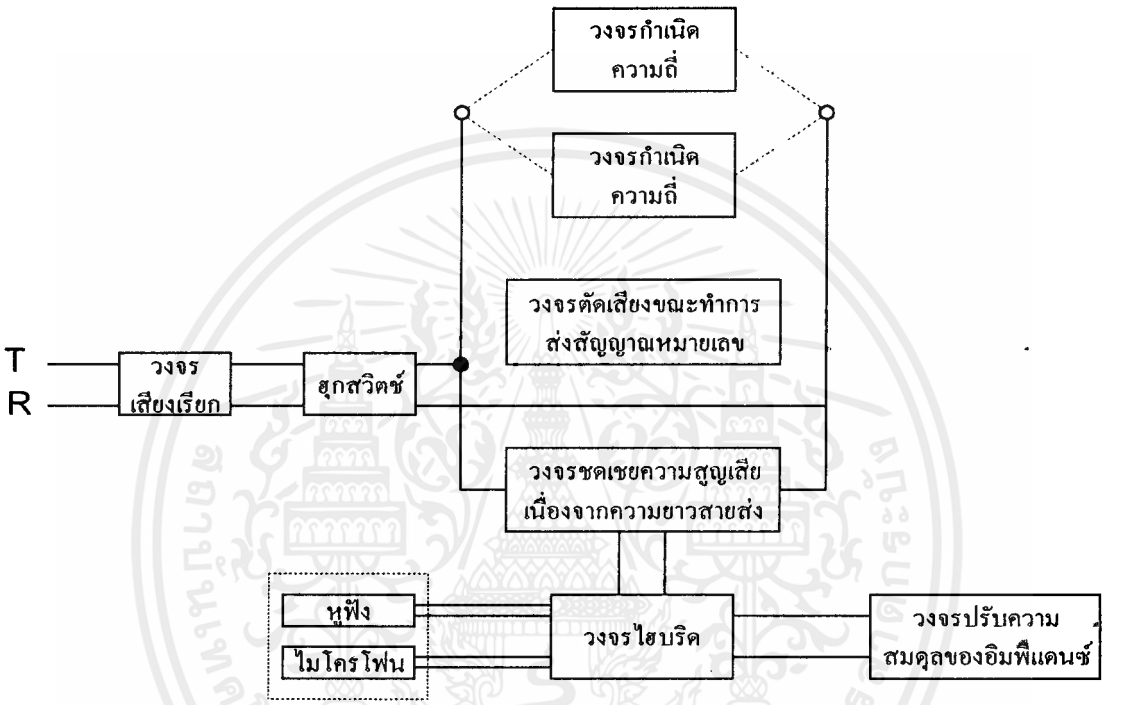
3. ทำหน้าที่รับเสียงโทน (Tone) ที่ตอบรับจากชุมสาย ตลอดจนสัญญาณเรียก (Ringing Tone)

4. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณยกเลิกการติดต่อเรียกไปยังชุมสาย (Hook on)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์**

ในรูปที่ 2.13 เป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์ ไม่ว่าจะเป็นระบบพัลส์หรือโทนก็มีลักษณะเหมือนกัน แตกต่างกันตรงที่การกำเนิดสัญญาณเลขหมาย ว่าจะเป็นระบบพัลส์หรือ DTMF วงจรเสียงเรียกทำหน้าที่แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์ทราบว่ามีการเรียกเข้ามา ฮุคสวิทช์เป็นตัวบอกให้ชุมสายโทรศัพท์รับรู้ว่ามีการยกหูใช้งานโทรศัพท์แล้ว ก็จะทำการตัดต่อคู่สายให้ติดต่อกันได้ ในส่วนของวงจรตัดเสียงขณะทำการส่งเลขหมาย จะช่วยให้การส่งเลขหมาย มีความชัดเจนถูกต้อง ไม่ถูกรบกวนด้วยสัญญาณเสียงพูด




รูปที่ 2.13 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องโทรศัพท์

ในขณะที่วงจรชดเชยความสูญเสีย เนื่องจากความยาวของสายส่งจะทำให้สัญญาณที่ติดต่อระหว่างต้นทางและปลายทางมีความแรงและชัดเจนมากที่สุด แม้ว่าต้นทางและปลายทางจะมีความห่างกันแค่ไหนก็ตาม วงจรไฮบริดจ์ทำหน้าที่เสมือนวงจรขยาย 2 ทิศทาง หรือสามารถให้สัญญาณผ่านเข้าออกได้ตลอดเวลา จึงมีเสียงจากปลายทางมาปรากฏที่หูฟัง ในขณะที่สัญญาณจากปากพูดก็จะผ่านออกไปทางคู่สายได้ สุดท้ายวงจรปรับความสมดุลย์ของอิมพีแดนซ์ มีไว้เพื่อทำให้อิมพีแดนซ์ของส่วนต่างๆในโทรศัพท์เหมาะสม เพื่อให้การถ่ายทอดสัญญาณเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

**ส่วนประกอบหลักของเครื่องโทรศัพท์ แบ่งออกได้ 3 ส่วนดังนี้**

1.ส่วนรับส่งสัญญาณเสียงพูด (Speech transmission)

2.ส่วนกำเนิดสัญญาณเลขหมายของผู้เรียก (Generator Tone Code)

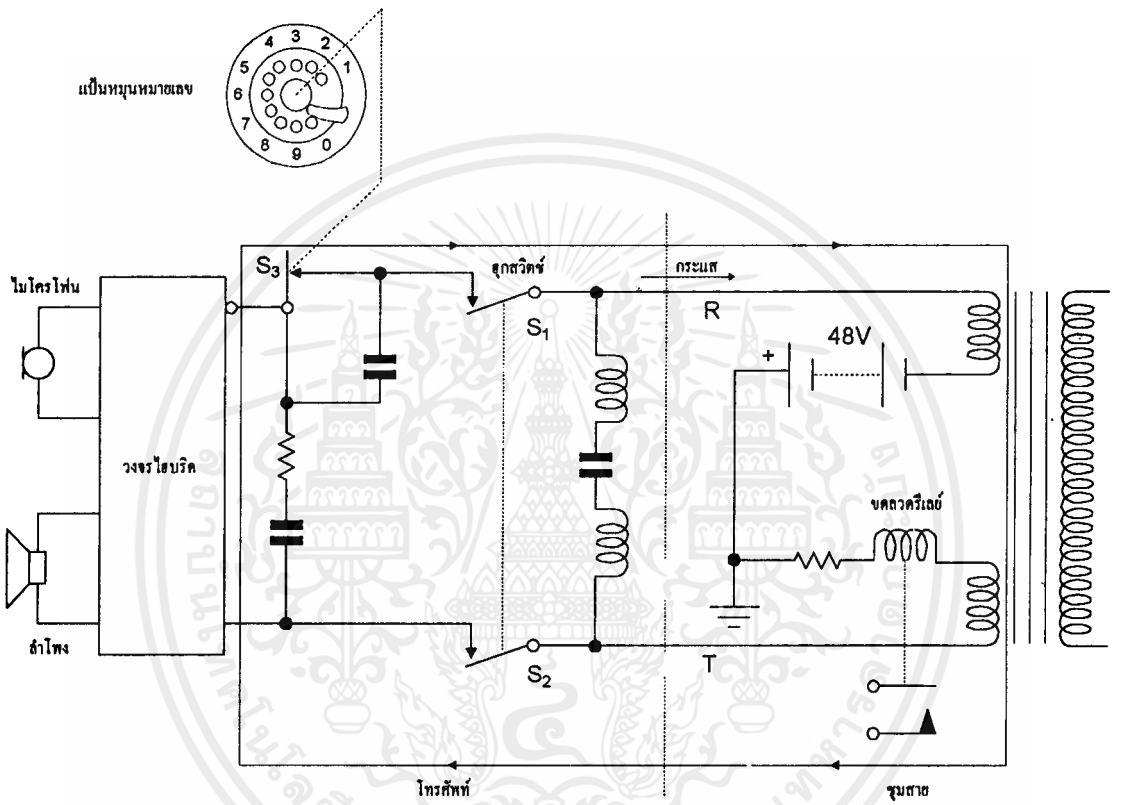
3.ส่วนที่รับสัญญาณเรียกจากชุมสาย (Ringing Tone )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

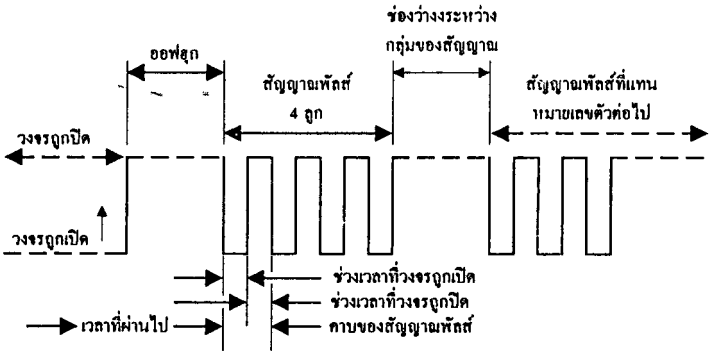
นอกจากนี้เครื่องโทรศัพท์ยังแบ่งออกเป็นสองชนิด คือ

**2.3.2.1. ระบบโทรศัพท์แบบพัลส์**

อย่างที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ระบบโทรศัพท์แบบนี้ทำงานด้วยสัญญาณพัลส์ที่เกิดจากการตัดต่อวงจร รูปที่ 2.14 เป็นวงจรหมุนหมายเลขแบบพัลส์ เมื่อมีการหมุนเลขหมายสวิตช์จะเกิดการตัดต่อตามจำนวนของเลขหมายที่ต้องการติดต่อ ทำให้เกิดการไหลแบบไม่ต่อเนื่องเป็นพัลส์ตามจังหวะของการตัดต่อของสวิตช์ S1 ดังในรูปที่ 2.15




รูปที่ 2.14 ระบบโทรศัพท์แบบพัลส์



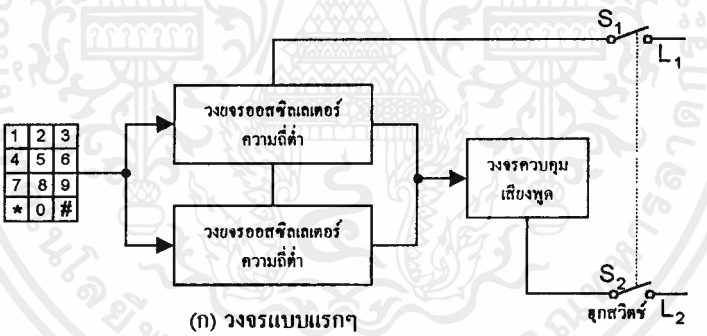

รูปที่ 2.15 พัลส์เลขหมายของระบบโทรศัพท์แบบพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

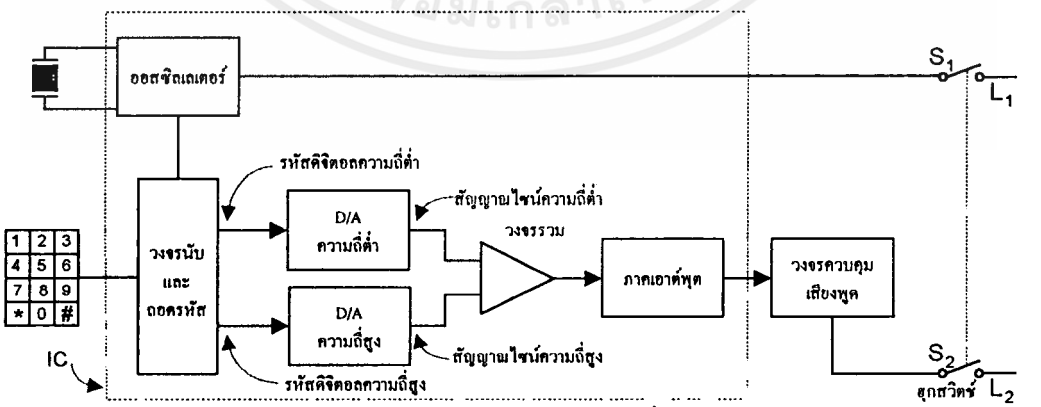
ก่อนการใช้งานสัญญาณจะมีระดับต่ำอยู่ เมื่อมีการยกหูจะเกิดสภาวะออฟฮุค เกิดสัญญาณบวกขึ้น จนกระทั่งเริ่มหมุนหมายเลข ในที่นี้กำหนดให้หมุนหมายเลข 4 ก็จะเกิดพัลส์ 4 ลูก และจะเกิดช่องว่างสำหรับแยกหมายเลขด้วย จากนั้นจึงเริ่มหมุนหมายเลขต่อไป ในทางปฏิบัติผู้ใช้สามารถหมุนหมายเลขต่อเนื่องไปได้เลย วงจรภายในของโทรศัพท์จะเป็นตัวแบ่งแยกพัลส์ของแต่ละหมายเลขเอง ในระบบโทรศัพท์แบบพัลส์นี้จำนวนพัลส์ถูกกำหนดให้มีอัตรา 10 พัลส์ต่อวินาทีคาบเวลาของสัญญาณพัลส์มีค่าอย่างต่ำ 100 มิลลิวินาที ช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิดจะต้องไม่น้อยกว่า60 มิลลิวินาที (ในอเมริกา) หรือ 67 (สำหรับประเทศอื่นๆ) และจากการใช้มือหมุนพบว่า ช่วงเวลาเฉลี่ยก่อนหมุนแต่ละเลข มีค่าประมาณ 0.5 - 3 วินาที

**2.3.2.2. ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF**

บล็อกไดอะแกรมของระบบ DTMF แสดงดังรูปที่ 2.16 จะเห็นว่าจากรูปที่ 2.16(ก ) เป็นวงจรในยุคแรกๆ ซึ่งต้องมีวงจรแยกความถี่สูงและความถี่ต่ำออกจากกัน เพื่อตรวจสอบหมายเลขที่ส่งเข้ามา ต่อมามีการพัฒนามาใช้ไอซีสำเร็จรูป ดังรูปที่ 2.16(ข) โดยใช้หลักการของวงจรดิจิตอลแปลงรหัสทางดิจิตอลเป็นสัญญาณอะนาลอก ซึ่งมีความแม่นยำในการถอดรหัส DTMF มากกว่าจากการพัฒนานี้เองทำให้ปัจจุบันขนาดของโทรศัพท์เล็กลงมาก เพราะไม่ต้องมีขดลวดกระดิ่งใหญ่ๆแบบระบบพัลส์ เนื่องจากในการใช้ทรานสดิวเซอร์เป็นตัวส่งเสียงเรียกแทน




(ก) วงจรแบบแรกๆ



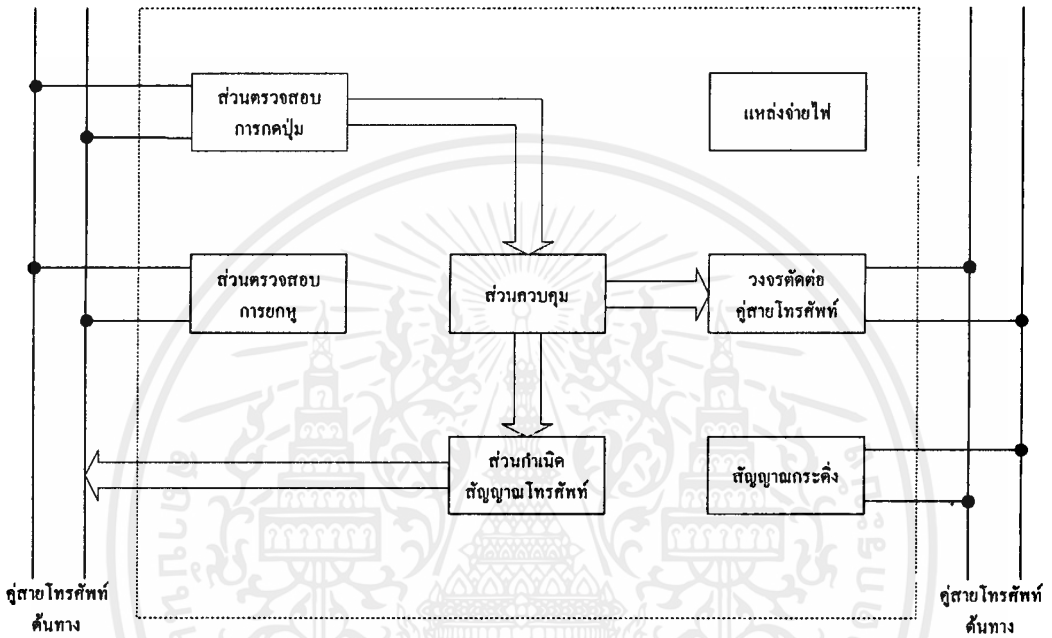

(ข) วงจรที่ถูกพัฒนาในรูปของไอซีสำเร็จรูป

รูปที่ 2.16 ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์ชนิดนี้สร้างสัญญาณ DTMF (Dual Tone Multiple Frequency) ในการส่งเลขหมาย โดยการกดแต่ละเลขหมายบนหน้าปัทม์โทรศัพท์ จากการกดปุ่มแต่ละปุ่มจะมีสองความถี่ส่งออกไปพร้อมกัน ความถี่แต่ละคู่ที่ส่งออกไปจะมีค่าเวลาประมาณ 40 มิลลิวินาที และช่วงเวลาห่างระหว่างเลขหมายมีค่า 60 มิลลิวินาทีเป็นอย่างต่ำ โทรศัพท์แบบกดปุ่มจึงทำงานเร็วกว่าแบบหมุนอยู่ประมาณ 10 เท่า

### 2.3.3 ชุมสายโทรศัพท์




รูปที่ 2.17 บล็อกไดอะแกรมการทำงานพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์

ชุมสายโทรศัพท์เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากในระบบโทรศัพท์ เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดต่อคู่สายโทรศัพท์ให้ต้นทางและปลายทางสามารถติดต่อพูดคุยกันได้ จากระบบชุมสายใหญ่ๆ ก็มีการนำมาประยุกต์ใช้ในสำนักงาน เพื่อให้การติดต่อระหว่างแผนกต่างๆ ในสำนักงานคล่องตัว จากเดิมที่ใช้รีเลย์เป็นตัวตัดต่อคู่สาย ทำให้ชุมสายมีขนาดใหญ่โตมาก ก็มีการพัฒนามาเป็นอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ ในรูปที่ 2.17 เป็นบล็อกไดอะแกรมของชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ

### 2.3.4 ระบบโทรศัพท์ไร้สาย

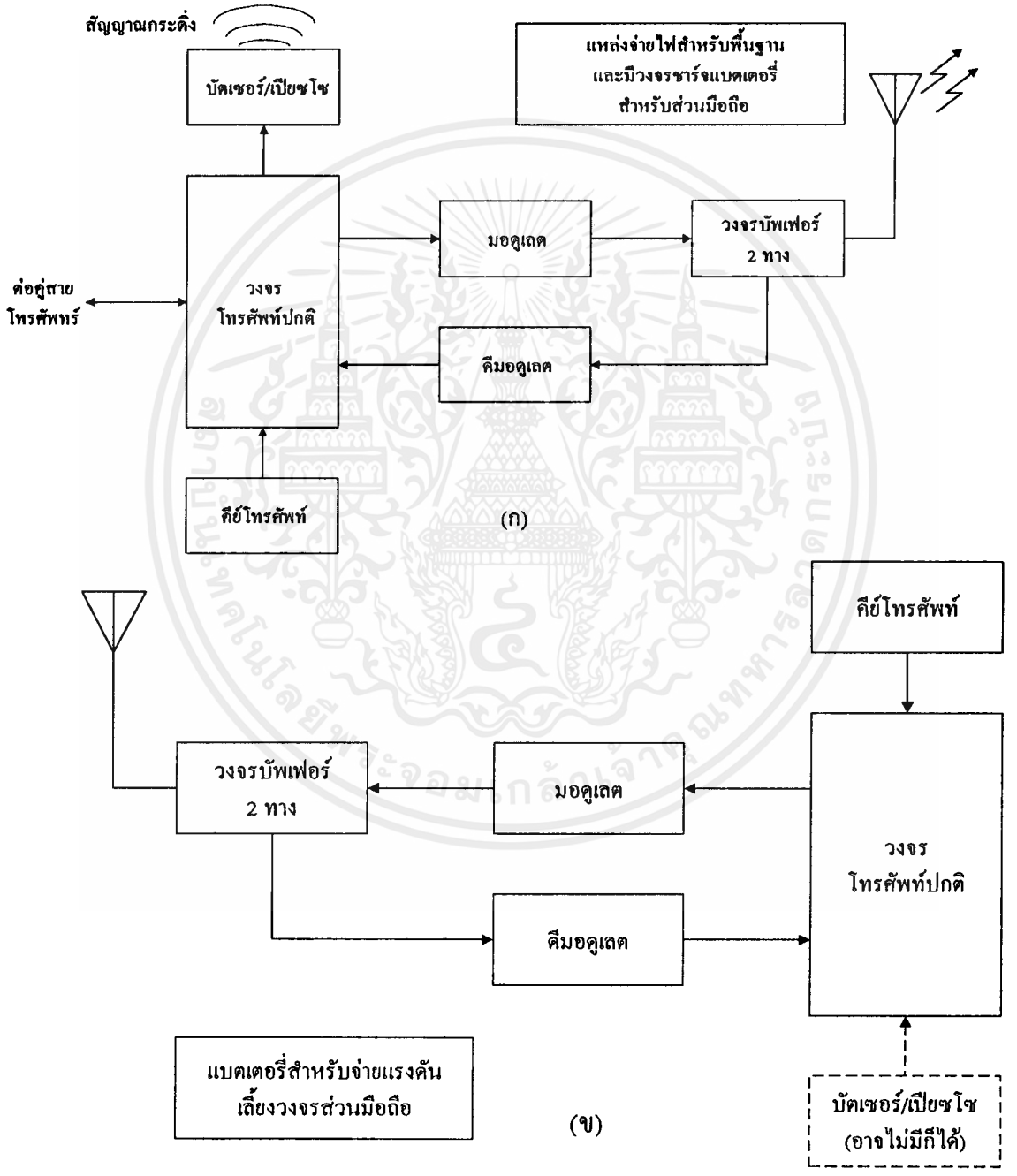
วิวัฒนาการต่อมาของโทรศัพท์ คือ การติดต่อแบบไร้สาย ทำให้ผู้ใช้งานสามารถที่จะใช้งานโทรศัพท์ได้โดยไม่จำเป็นต้องอยู่ติดกับเครื่องโทรศัพท์อีกต่อไป โทรศัพท์ไร้สายประกอบด้วยส่วนฐานกับส่วนมือถือ ดังมีบล็อกไดอะแกรม ดังรูปที่ 2.18

ในรูปที่ 2.18(ก) เป็นไดอะแกรมการทำงานของส่วนฐานที่ต้องต่อกับสายโทรศัพท์จากองค์การโทรศัพท์ไว้ตลอดเวลา ส่วนในรูปที่ 2.18(ข) เป็นไดอะแกรมการทำงานของส่วนมือถือเมื่อมีการเรียกเข้า ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานจะเป็นตัวตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง จากนั้นจะทำการส่งสัญญาณไปยังส่วนมือถือโดยใช้คลื่น วิทยุ เพื่อแจ้งการเรียกเข้า ที่ส่วนมือถือก็จะมีส่วนวงจรดีมอดดูเลตคลื่นวิทยุที่ใช้เป็นคลื่นพาห์ออกไป จนได้รับสัญญาณโทรศัพท์ที่ใช้งานจริงๆ ทำให้ผู้ใช้สามารถติดต่อสื่อสารได้ โดยผ่านทางส่วนมือถือของโทรศัพท์ไร้สายนี้

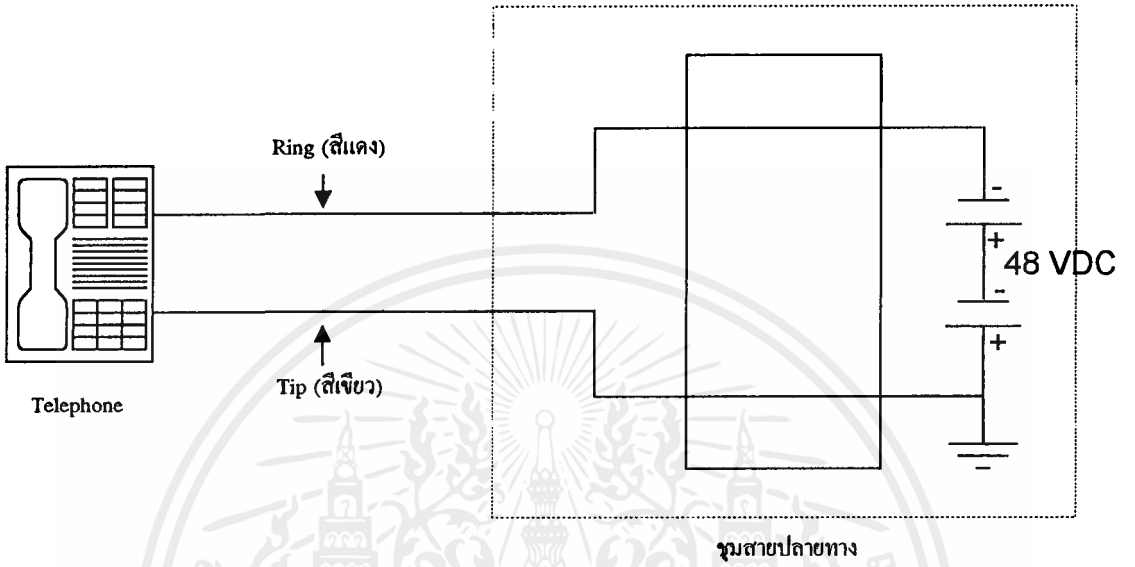
การส่งสัญญาณจะอาศัยคลื่นวิทยุเป็นพาหะในการส่งคลื่นโดยมอดูเลตแบบเอฟเอ็มใช้คลื่นพาห์ที่มีความถี่ประมาณ 1.6 -1.8 เมกกะเฮิรตซ์ แต่โดยส่วนใหญ่จะใช้ที่ความถี่ 107 เมกกะเฮิรตซ์ ส่วนเสียงพูดจะมอดูเลทเข้ากับคลื่นพาห์ความถี่ 49.8 - 49.9 เมกกะเฮิรตซ์ รัศมีทำการประมาณ 100 เมตร




รูปที่ 2.18 บล็อกไดอะแกรมการทำงานพื้นฐานของโทรศัพท์ไร้สาย
(ก) ส่วนฐานของโทรศัพท์ (BASE STATION) (ข) ส่วนมือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

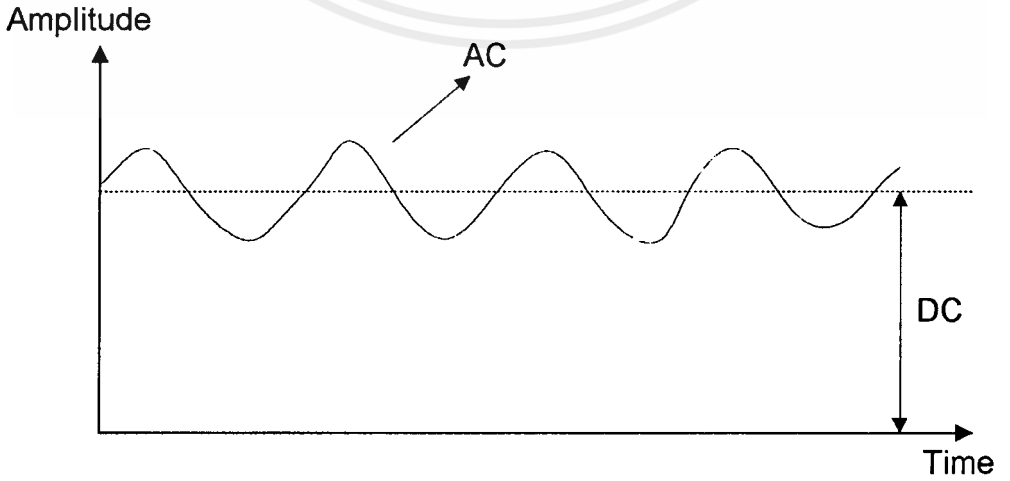
**2.3.5 Local Loop** : ความหมายของ Local Loop คือ สายส่งสองสายจากเครื่องโทรศัพท์ไปชุมสายปลายทางและมีค่าอิมพิแดนซ์ของสายเองประมาณ 500-1000 โอห์ม แต่ค่าที่ใช้ทั่วไปคือ 600 โอห์ม ถ้าในชุมสายปลายทางมีการติดตั้งแหล่งจ่ายไฟร่วม DC ขนาด 48 โวลต์ ให้แต่ละลูปของผู้ใช้โทรศัพท์ ลวดตัวนำ 2 เส้นในลูป มีชื่อว่าทิป (Tip) และ ริง (Ring) โดยริงจะต่อกับสัญญาณไฟ 48 โวลท์ ดีซี ทิปจะต่อกับกราวด์ ดังรูป 2.19




รูปที่ 2.19 แสดงโลเคิลลูป

เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ยกหูโทรศัพท์ มีผลทำให้ฮุคสวิตช์ปิดลง (Hook off) จากนั้นกระแสไฟตรงขนาด 20 มิลลิแอมป์ไหลวนอยู่ในลูปซึ่งสภาวะยกหูโทรศัพท์นี้ ระดับแรงดันไฟฟ้าระหว่างทิปกับริงมีค่าลดลงเหลือประมาณ 4 โวลท์

สัญญาณเสียงพูดจากเครื่องโทรศัพท์ถูกส่งไปในทิศใดทิศหนึ่งในลูป โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ภายในกระแสลูป (20 mA) ซึ่งเกิดจากสัญญาณ AC ทับบนกระแสลูป DC ดังรูป 2.20




รูปที่ 2.20 ส่วนประกอบของไฟกระแสตรงและกระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 DTMF DECODER MT8870

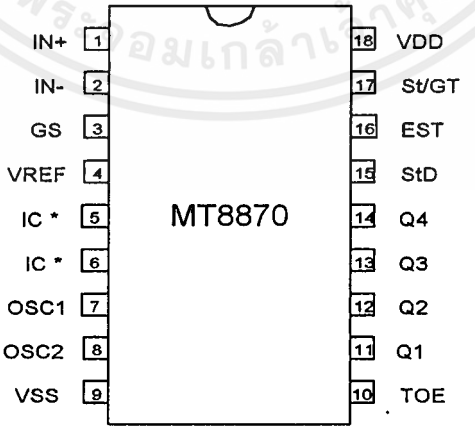
MT8870 เป็นไอซีถอดรหัสความถี่ ( INTEGATED DTMF RECEIVER )หรือเป็นตัวแปลงสัญญาณ DTMF เป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ (DTMF receiver)
- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
- สามารถตั้งอั ตราขยายภายในตัวไอซีได้
- สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard time) ได้
- เป็นไอซีคุณภาพสูง

### 2.4.1 การนำ MT8870 ไปใช้งาน

- นำไปใช้งานด้านรีโมทคอนโทรล
- เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
- ใช้ในงานเกี่ยวกับเครดิตการ์ด
- ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
- ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดย่อยหรือ PABX
- ใช้กับงานทางด้านโทรศัพท์ทั่วไป
- เครื่องกันขโมย
- การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์
- ใช้ทำเครื่องสอบถามทางโทรศัพท์

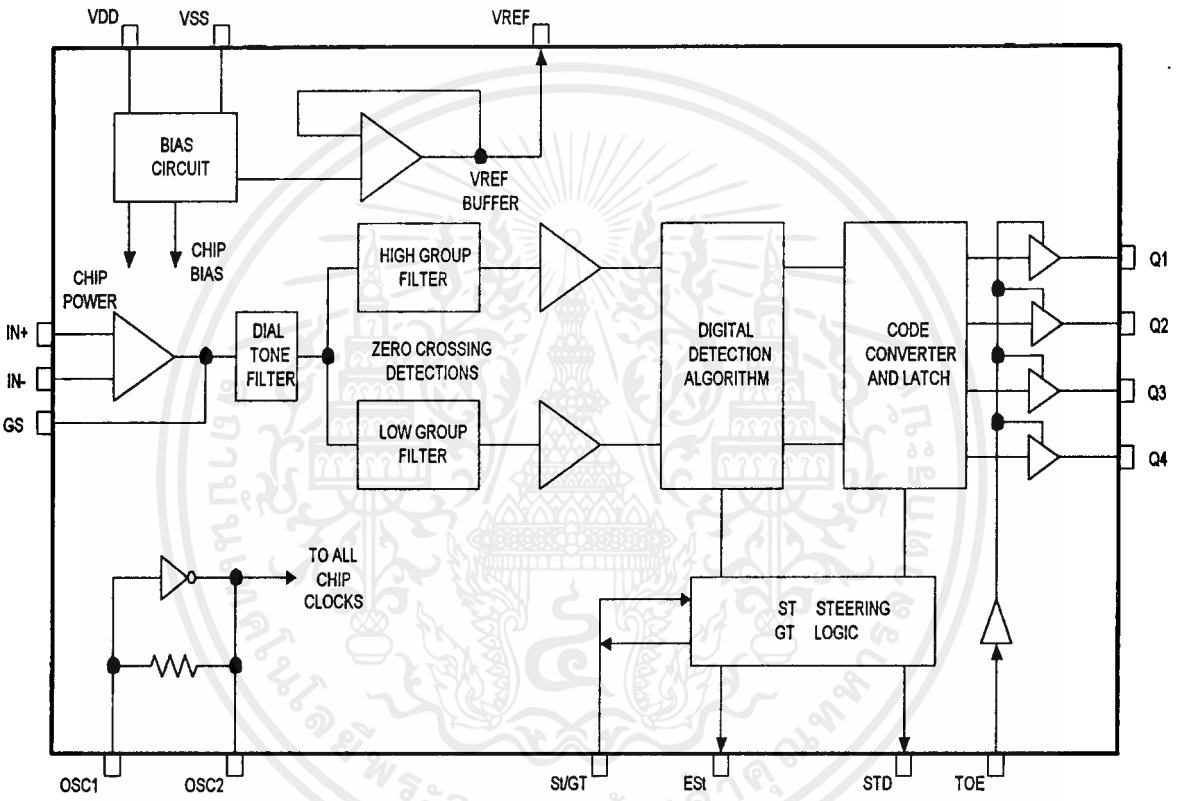
### 2.4.2 โครงสร้างของ MT8870




รูปที่ 2.21 แสดงรายระเอียดขาของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิตอล เป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี ISO$^2$ - CMOS ในส่วนของวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของสวิตช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราการขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอก เอาต์พุตเป็นวงจรแลตช์ 3 สถานะ รูปที่ 2.21 แสดงขาของ MT8870 และรูปที่ 2.22 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870




รูปที่ 2.22 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

### 2.4.3 ฟังก์ชั่นการทำงานภายใน MT8870

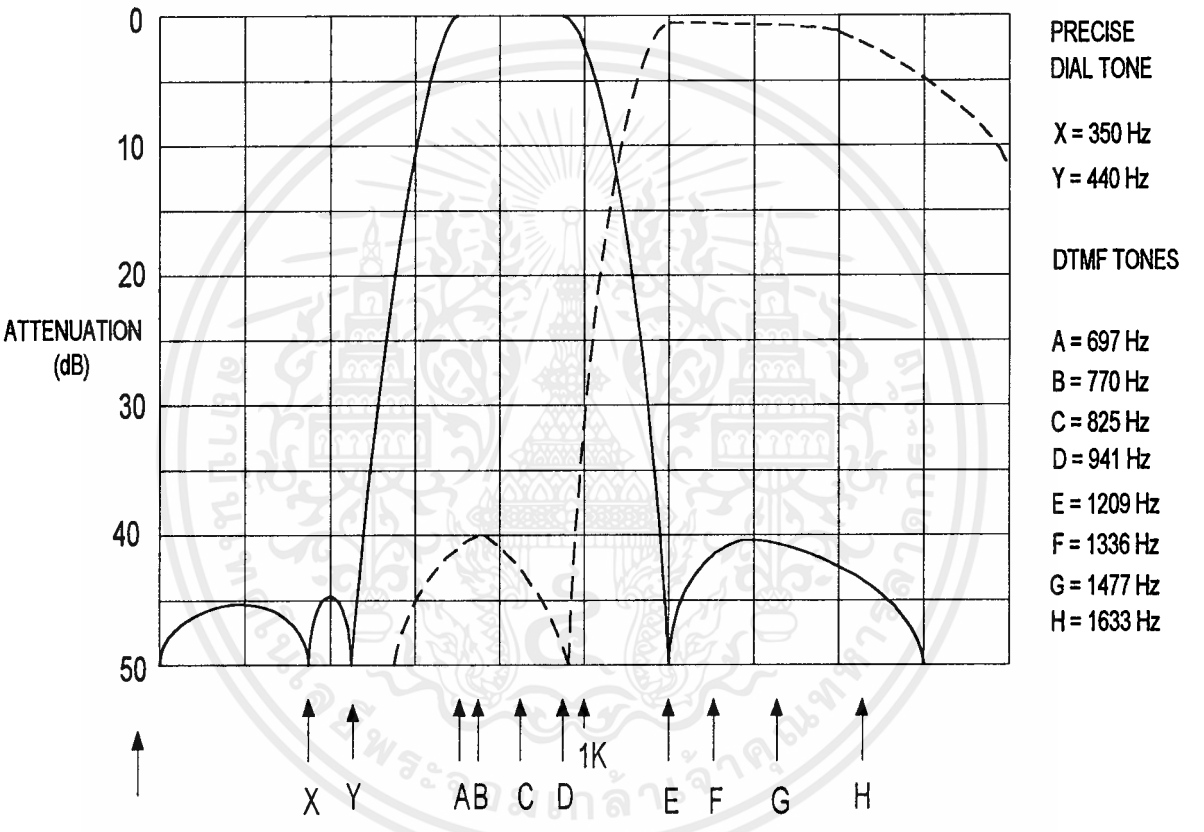
โครงสร้างภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนคือ

1. ภาคกรองความถี่ (Filter section)
2. ภาคถอดรหัส (Decoder section)
3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering circuit)
4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (Differential input)
5. ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.4 ภาคกรองสัญญาณความถี่

ในส่วนนี้จะแแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็นสองกลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองแถบความถี่อันดับ 6 ชนิด สวิตช์คาปาซิเตอร์ (six order switched capacitor band pass filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้นี้มี 2 ช่วง คือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ




รูปที่ 223 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

### 2.4.5 ภาคถอดรหัส

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสมเมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา Est (Early steering) ก็จะแอคทีฟสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆนั้นแสดงในตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| FLOW | FHIGH | NO | TOE | Q4 | Q3 | Q2 | Q1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 697 | 1209 | 1 | H | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 697 | 1336 | 2 | H | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 697 | 1447 | 3 | H | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 770 | 1209 | 4 | H | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 770 | 1336 | 5 | H | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 770 | 1447 | 6 | H | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 852 | 1209 | 7 | H | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 852 | 1336 | 8 | H | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 852 | 1447 | 9 | H | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 941 | 1336 | 0 | H | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 941 | 1209 | * | H | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 941 | 1447 | # | H | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 697 | 1633 | A | H | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 770 | 1633 | B | H | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 852 | 1633 | C | H | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 941 | 1633 | D |  | 0 | 0 | 0 | 0 |
| - | - | ANY | L | Z | Z | Z | Z |

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง

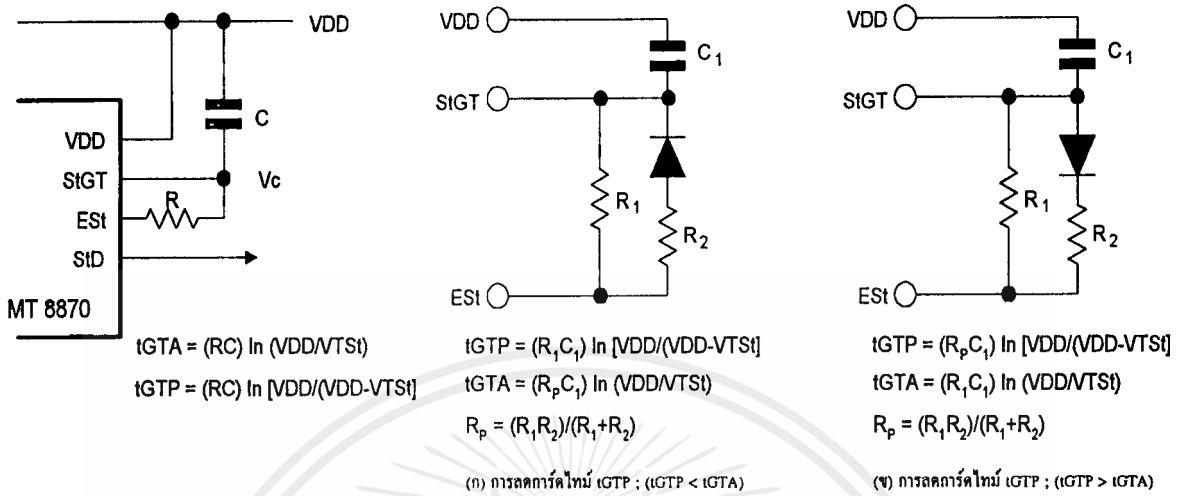
**2.4.6 ภาคตรวจสอบสัญญาณ**

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรมิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดนั้นสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา ESt จะเป็น "HIGH" นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามา จากรูปที่ 2.24 เมื่อขา ESt เป็น "HIGH" ทำให้ Vc สูงขึ้น ตัวเก็บประจุ C จะคายประจุทำให้แรงดัน Vc สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัส จึงจะถอดรหัสออกมาเป็นตัวเลขขนาด 4 บิท รายละเอียดการทำงานขอให้ดูจากแผนภูมิเวลาหรือไทมิ่งไดอะแกรม (timing diagram) ในรูปที่ 2.28 จะเข้าใจได้ง่ายกว่า

สำหรับคำว่าการ์ดไทม์ (gard time) นั้นหมายถึง ช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามา ซึ่งจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เราตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้องหรือพูดได้ว่าเวลาที่เรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งไว้โดย RC ก็คือการ์ดไทม์นั้นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป การตั้งเวลาและคำนวณเวลาดูได้จากรูปที่ 2.24



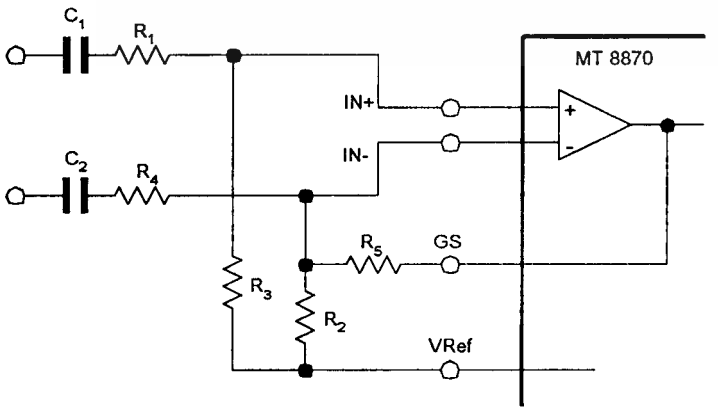

รูปที่ 2.24 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่ายและแสดงการกำหนดเวลาการ์ดไทม์ (gard time) พร้อมวิธีคำนวณ

### 2.4.7 ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุทของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไปรูปที่ 2.25 แสดงการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุทซึ่งสามารถคำนวณอัตราการขยายความแตกต่างของสัญญาณอินพุทและอิมพิแดนซ์ได้ดังนี้

$$\text{อัตราขยาย } (A_v \text{ diff}) = R_5 / R_1$$

$$\text{อินพุทอิมพิแดนซ์ } (Z_{in} \text{ diff}) = 2\sqrt{R_1^2 + (1/wc)^2}$$




ภาคขยายความแตกต่างด้านอินพุต

$C_1 = C_2 = 10$ nF

$R_1 = R_4 = R_5 = 100K\Omega$ ค่าผิดพลาด ± 1%

$R_2 = 60K\Omega$, $R_3 = 37.5K\Omega$ ค่าผิดพลาด ± 5%

$R_3 = R_2R_5/R_2+R_5$

อัตราการขยายแรงดัน (Av diff) $=R_5/R_1$

อินพุตอิมพีแดนซ์

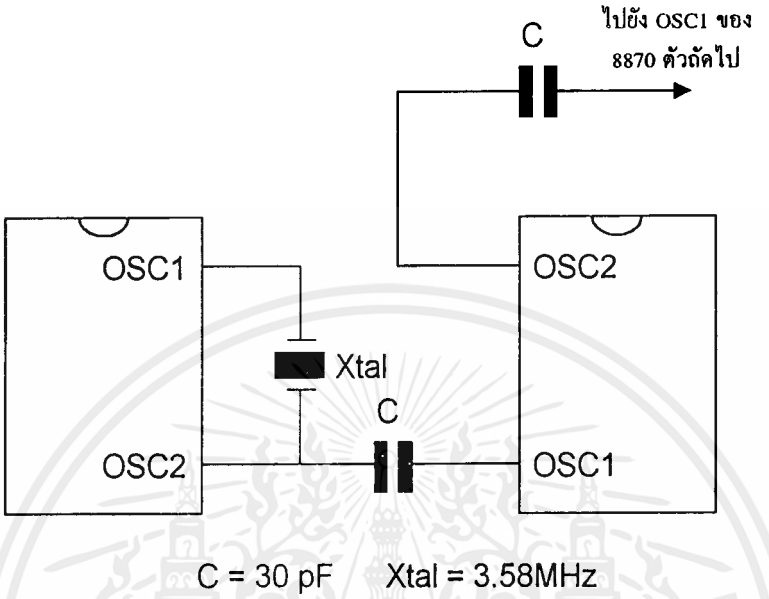
$(Z_{INDIFF}) = 2\sqrt{R_1^2 + (1/\omega C)^2}$

รูปที่ 2.25 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุต

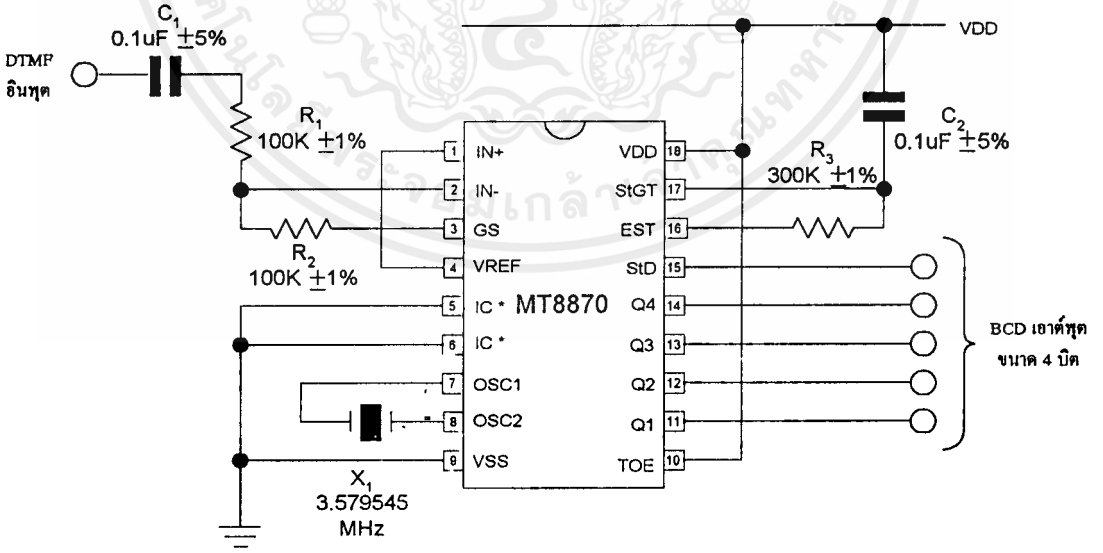
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.4.8 ภาคกำเนิดความถี่**

ในภาคนี้ภายในไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อแร่คริสตอลขนาด 3.58 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันทีการต่อวงจรกำเนิดความถี่แสดงในรูปที่ 2.26

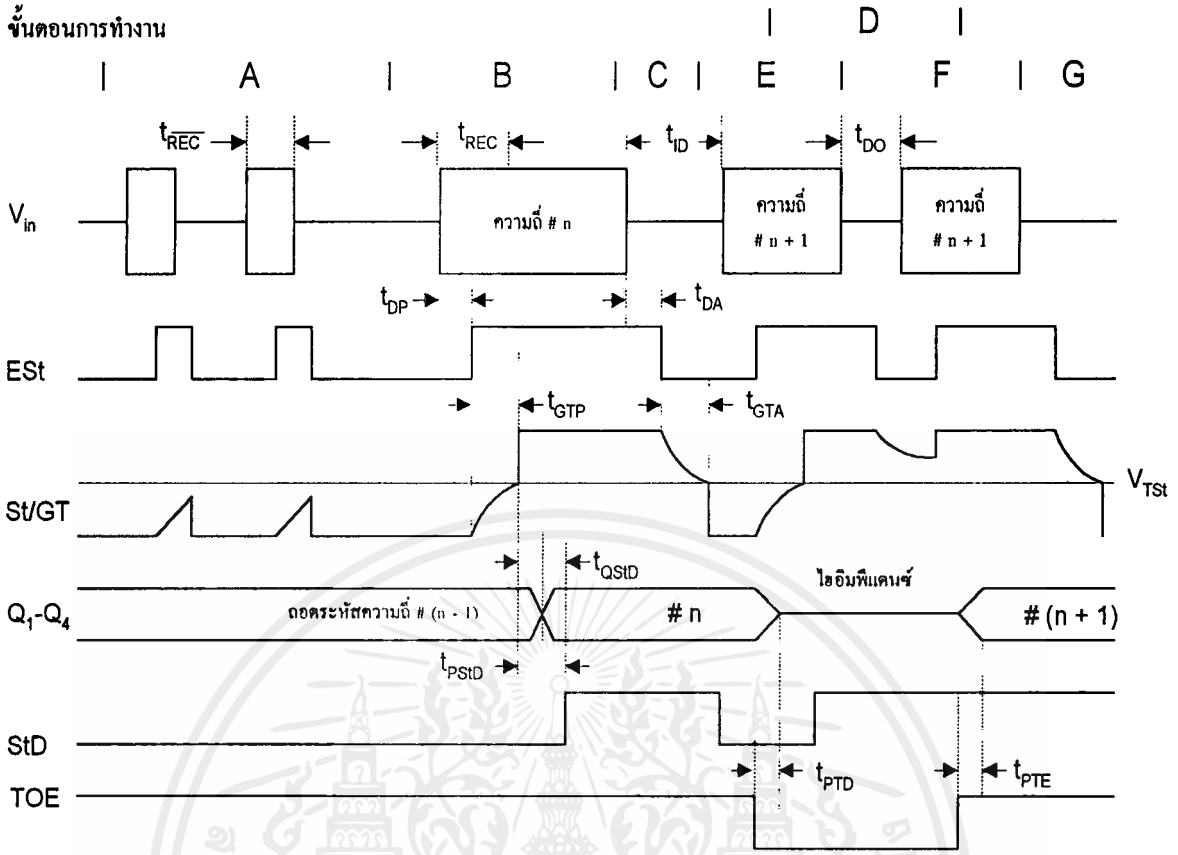



รูปที่ 2.26 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่




รูปที่ 2.27 แสดงวงจรการใช้งานเบื้องต้นของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.28 แสดงแผนภูมิเวลา (timing diagram) ของ MT8870

**อธิบายขั้นตอนการทำงาน**

**A** - ตรวจพบความถี่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอาต์พุตไม่เปลี่ยน

**B** - ความถี่ # n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัส และแลตช์ไว้ที่เอาต์-พุต

**C** - จบความถี่ # n ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตช์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

**D** - เอาต์พุตเปลี่ยนเป็นไฮอิมพีแดนซ์

**E** - ความถี่ # n + 1 ถูกตรวจพบ คาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลตช์ไว้

**F** - ความถี่ # n + 1 หายไป ช่วงห่างไม่ถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตช์อยู่

**G** - จบความถี่ # n + 1 ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตช์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

**อธิบายคำศัพท์**

**$V_{in}$** - สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา

**Est** - Early Sterring Output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง

**St/GT** - Steering input/Guard Time output สำหรับต่อกับ RC ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$Q_1$-$Q_4$ - เอาต์พุต BCD ขนาด 4 บิต

**StD** - Delayed Steering output ใช้แสดงว่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ

**TOE** - Tone Output Enable (input) ใช้ควบคุม $Q_1$-$Q_4$ ให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์

$t_{\overline{REC}}$ - คาบเวลานานสุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง

$t_{REC}$ - คาบเวลาสั้นสุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง

$t_{ID}$ - เวลาสั้นสุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

$t_{DO}$ - เวลานานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

$t_{Dp}$ - เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

$t_{DA}$ - เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

$t_{GTP}$ - การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF

$t_{GTA}$ - การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

**2.5 การเชื่อมโยงทางแสง**

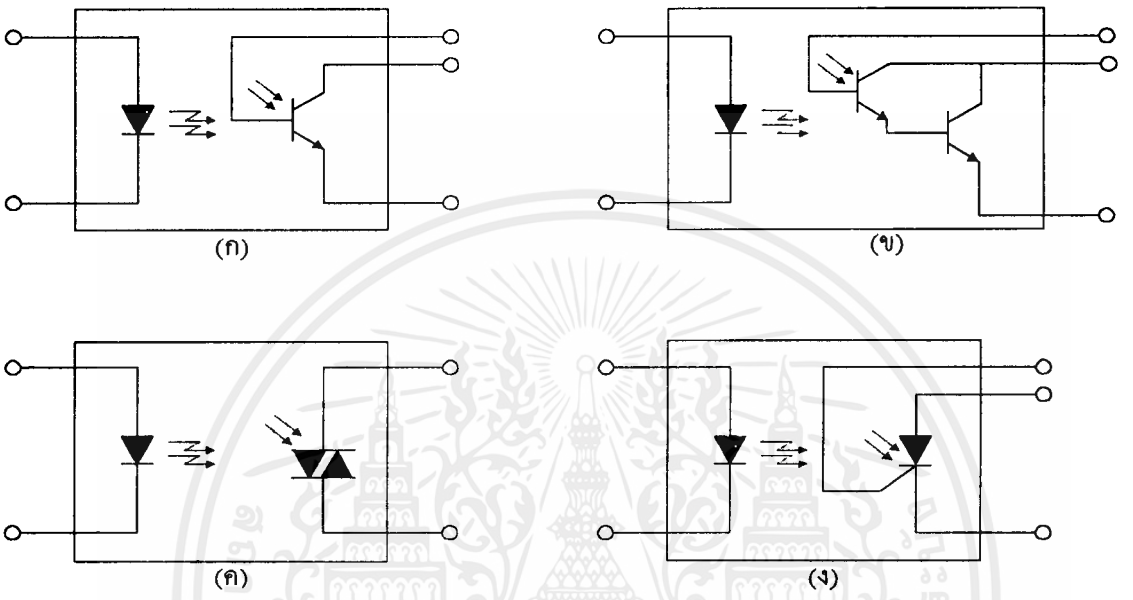
ตัวเชื่อมโยงทางแสง (Optocoupler) หรือตัวแยกโดยใช้แสง (Opto isolator) เป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษหลายประการ เช่น คุณสมบัติในการไอโซเลท ทำให้สามารถนำมาใช้ในการเชื่อมโยงสัญญาณต่างๆของวงจรที่มีกราวด์ต่างกัน สามารถป้องกันการรบกวนซึ่งกันและกัน ระหว่างภาคอินพุทกับภาคเอาท์พุทได้อย่างเด็ดขาด ซึ่งการคัพปลิ้งด้วยวิธีอื่นๆ จะทำไม่ได้ จึงได้นำเอาออปโต้คัพเปลอร์มาประยุกต์ใช้ในวงจร เพื่อประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของวงจร

ออปโต้คัพเปลอร์ เป็นอุปกรณ์เดียวที่ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจรับแสง โดยที่ทั้งส่วนนี้จะแยกจากกันและกัน มีฉนวนที่โปร่งใส เช่น กระจกชิ้นบางๆ คั่นกลาง และชิ้นส่วนทั้งหมดจะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังทึบแสง รูปร่างภายนอกมีอยู่หลายแบบ แต่ที่พบเห็นบ่อยๆ ส่วนมากเป็นแบบดิพ (DIP : Dual In-Line Package) เหมือนไอซี แต่มีขา 6 ขา แหล่งกำเนิดแสงส่วนใหญ่จะใช้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (IRED :Infrared Emitter Diode) ทำจากสารแกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ (GaAs) ส่วนตัวตรวจรับหรืออุปกรณ์ภาคเอาท์พุทนั้น อาจจะเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์, โฟโต้ดาร์ลิงตัน, สวิตช์สองทิศทาง (Triac) ซึ่งทำงานเมื่อมีแสงมากระตุ้น และ SCR ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสง เป็นต้น รูปที่ 2.29 แสดงสัญลักษณ์ของวงจรชนิดต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ถึงแม้ว่าจะมีหลายชนิดมากกว่านี้ แต่ที่แสดงให้เห็นดังรูปเป็นแบบที่พบเห็นกันบ่อยๆ

ออปโต้คัพเปลอร์หรือออปโต้ไอโซเลเตอร์ได้รับการออกแบบไว้ให้ทำการป้องกันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไม่ให้ได้รับแรงดันกระชากสูงๆ หรือคุ้มครองระดับนอยส์ต่ำๆ ซึ่งเป็นต้นเหตุให้เกิดเอาท์พุทไม่ถูกต้อง หรือทำให้เกิดคลื่นผิดพลาดขึ้นมา ออปโต้คัพเปลอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตัวอื่นๆ ที่มีระดับลอจิกแตกต่างกัน ในออปโต้คัพเปลอร์สัญญาณอินพุทจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานแสงเพราะมี LED ที่อยู่ภายใน พลังงานจึงถูกส่งไปยังโฟโต้ดีเทคเตอร์ ดังนั้นมันจึงทำงานตรงกับพลังงานของแสงที่ได้จาก LED และมีสเปคตามอัตราส่วนการส่งผ่านกระแส (CTR) กับ Isolation voltage CTR เป็นอัตราส่วนระหว่าง

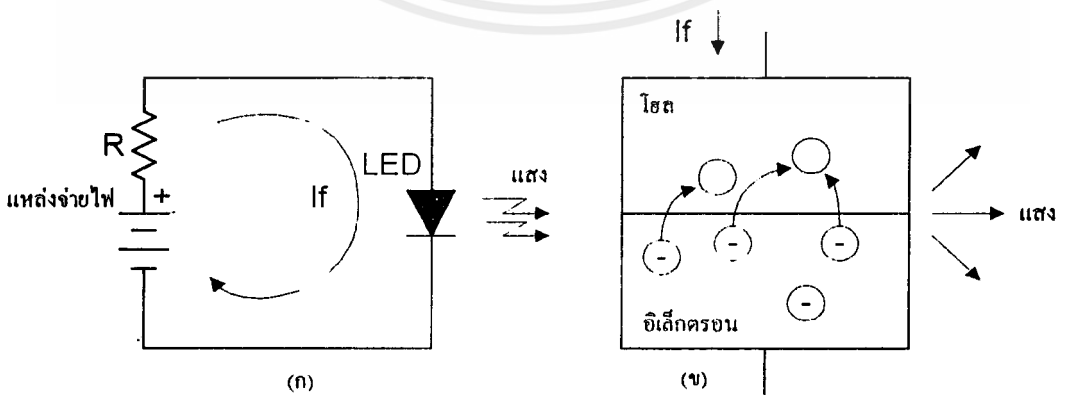
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสอินพุทต่อกระแสเอาท์พุท ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของออปโต้คัพเปลอร์ในเรื่องความสามารถให้สัญญาณอินพุทถูกส่งไปยังเอาท์พุทอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของ IRED ช่องว่างระหว่างชิ้นส่วนทางอินพุทและเอาท์พุทรวมทั้งพื้นที่, ความไว (Sensitivity) และอัตราขยายของตัวตรวจจับ สำหรับ Isolation voltage ของออปโต้คัพเปลอร์ คือปริมาณแรงดันที่ออปโต้คัพเปลอร์สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย




**รูปที่** 2.29 ออปโต้คัพเปลอร์แบบทั่วๆไป (ก) มีเอาท์พุทเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ (ข) เอาท์พุทเป็นโฟโต้ดาร์ลิงตัน (ค) มีเอาท์พุทเป็นสวิตช์สองทิศทาง (ง) มีเอาท์พุทเป็น SCR

เมื่อมีกระแสไหลผ่าน IRED ของออปโต้คัพเปลอร์ ในลักษณะไบอัสตรงจนมีอิเล็กตรอนส่วนเกินกระโดดข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮล ในขณะเดียวกันก็ได้ปล่อยพลังงานโฟตอนหรือแสงออกมา ดังรูปที่ 2.30 (ก) และ (ข) แสงที่ได้เป็นแสงอินฟราเรด เพราะสารกึ่งตัวนำทำด้วยสารแกลเลี่ยมอาร์เซไนด์




**รูปที่** 2.30 (ก ) แสงที่เกิดขึ้นหลังจากมีกระแสไบอัสตรงไหลผ่าน

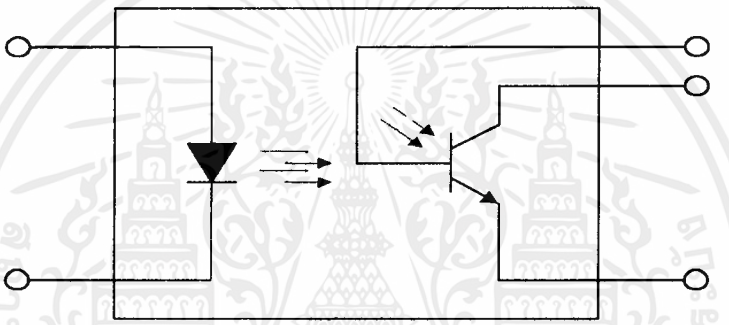
(ข) อิเล็กตรอนส่วนเกินข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลพร้อมกับเปล่งแสงออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปรอินพุททางด้านไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวกำหนดตัวแปรทางด้านความไวของไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (IRED) ได้แก่ กระแสของไดโอดเมื่อได้รับไบแอสตรง (If) แรงดันตกคล่อมไดโอดเมื่อได้รับไบแอสตรง (Vf) และแรงดันสูงสุดที่ทนได้ เมื่อได้รับไบแอสกลับ (VR)

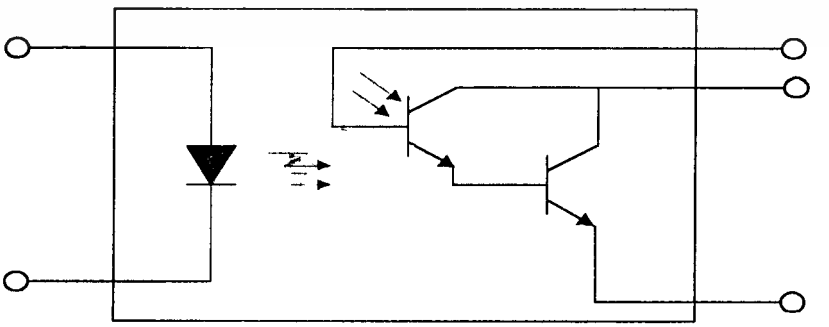
เนื่องจากตัวแปรเอาท์พุททางด้านไฟฟ้ากระแสตรง และตัวแปรส่งถ่าย (Transfer parameter ) นั้นจะแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับชนิดของชิ้นส่วนที่เป็นตัวตรวจรับที่ใช้ในออปโต้คัพเปลอร์ ซึ่งมีรายละเอียดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตัวตรวจรับนั้นๆ ตัวอย่างเช่น

**2.5.1 ทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์ (Transistor Coupler)** อุปกรณ์ประเภทนี้ได้รับความนิยมมากที่สุด มีความไวระดับกลาง มีราคาถูก ตรงจุดเชื่อมต่อ (junction) ภายในระหว่างคอลเลคเตอร์-เบส ของทรานซิสเตอร์สามารถเอาสายมาต่อข้างนอกให้ทำหน้าที่เป็นโฟโต้ไดโอด ซึ่งมีความเร็วในการทำงานสูงยิ่งไปกว่าเดิม




รูปที่ 2.31 ออปโต้แบบทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์

**2.5.2 ดาร์ลิงตัน ทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์ (Darlington Transistor Coupler)** อุปกรณ์ประเภทนี้ให้อัตราส่วนการส่งกระแส หรือมีเกนการขยายสูงสามารถให้กระแสเอาท์พุทเพิ่มขึ้น ซึ่งจะได้เกนขยายสูงเป็น 10 เท่า แต่ความเร็วในการทำงานจะช้ากว่า 10 เท่า ของการใช้ทรานซิสเตอร์ตัวเดียว




**รูปที่** 2.32 ออปโต้แบบดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออปโต้ทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์ และแบบดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์ นั้นมีหลักการทำงานเหมือนกัน รอยต่อระหว่างขาคอลเลคเตอร์กับขาเบสถูกทำให้กว้างขึ้น แสงที่ตกกระทบรอยต่อจะทำให้เกิดคู่ของอิเล็กตรอนและโฮลขึ้นมาเกิดการนำกระแสได้ ตัวแปรสำหรับออปโต้แบบทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์ และแบบดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์มีดังนี้

$I_c$ : เป็นกระแสสูงสุดที่ไหลต่อเนื่องผ่านขาคอลเลคเตอร์ ( เอาท์พุท)

$V_{(BR)\ CBO}$ : เป็นแรงดันพังทลายสูงสุดจากขาคอลเลคเตอร์ไปยังขาเบส

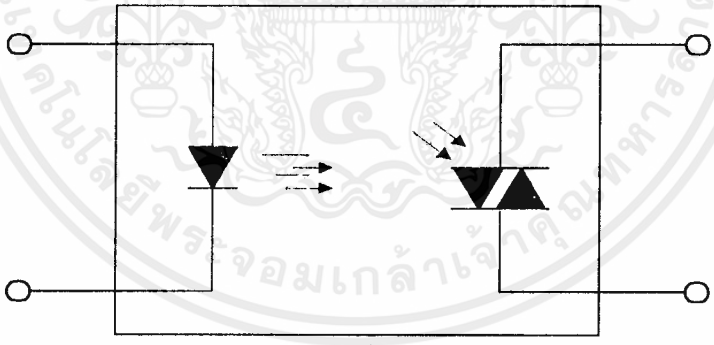
$V_{(BR)\ CEO}$ : เป็นแรงดันพังทลายสูงสุดจากขาคอลเลคเตอร์ไปยังขาอีมิตเตอร์

$V_{(BR)\ ECO}$ : เป็นแรงดันพังทลายสูงสุดจากขาอีมิตเตอร์ไปยังขาคอลเลคเตอร์

$CTR_{(n)}$ : เป็นอัตราส่วน ( เป็นเปอร์เซ็นต์ ) ต่ำสุดระหว่างกระแสเอาท์พุทของคอลเลคเตอร์สูงสุดต่อกระแสไดโอดที่ค่า $V_{CE}$ และ $I_F$ ที่กำหนด

$V_{CE(SAT)}$ : เป็นแรงดันอิ่มตัวระหว่างขาคอลเลคเตอร์และขาอีมิตเตอร์

**2.5.3 ออปโต้คัพเปลอร์ที่ใช้สวิตช์สองทิศทางหรือไตรแอค (TRIAC)** ทำงานเมื่อมีแสงมากระตุ้นเป็นภาคเอาท์พุท ถูกออกแบบมาสำหรับใช้งานซึ่งต้องการการแยกการทริกหรือการกระตุ้นตัวไตรแอค การแยกการสวิตช์ทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับที่มีขนาดกระแสต่ำ และการแยกกันทางไฟฟ้ามีค่าสูง อุปกรณ์ชนิดนี้มีตัวแปรที่สำคัญคือ



(ค)

รูปที่ 2.33 ออปโต้แบบไตรแอคคัพเปลอร์

$I_{T(RMS)}$ : เป็นค่ากระแส RMS สูงสุด ขณะอยู่ในสภาวะที่ทำงาน (On-state)

$V_{DRM}$ : เป็นค่าแรงดันซ้ำๆ ระหว่างขั้วเอาท์พุทเมื่ออยู่ในสถานะหยุดทำงาน (repetitive off-state out-put terminal voltage)

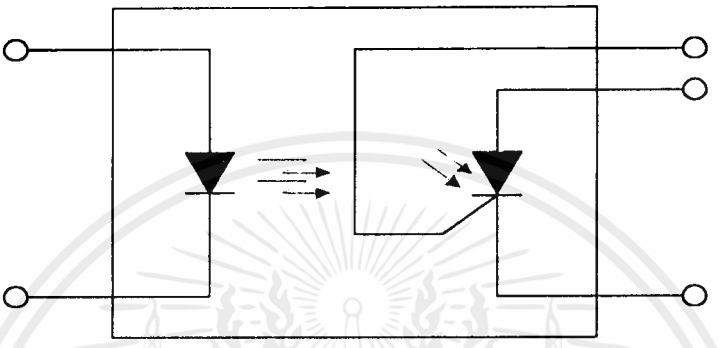
$V_{TM}$ : เป็นแรงดันยอดสูงสุด (peak voltage) เมื่ออยู่ในสถานะที่ทำงาน

$I_{FT}$ : เป็นค่ากระแสกระตุ้นไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดสูงสุด ซึ่งต้องการใช้เพื่อคงสถานะให้เอาท์พุทค้าง (latch) ไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$I_H$ : เป็นค่ากระแสยึด (holding current) ซึ่งต้องการสำหรับเอาท์พุทเพื่อที่จะยังคงสถานะค้างเอาไว้ได้

**2.5.4 ออปโต้คัพเปลอร์ที่ใช้ SCR** ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสง ถูกออกแบบมาสำหรับใช้ในงานที่ต้องการการแยกกันทางไฟฟ้าที่มีค่ากระแสสูงระหว่างวงจรทางด้านแรงดันต่ำ (ซึ่งใช้ไอซี) และทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูง ตัวแปรที่สำคัญสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ SCR ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสงมีดังนี้



(ง)

รูปที่ 2.34 ออปโต้แบบ SCR คัพเปลอร์

$I_{T(RMS)}$ : เป็นค่ากระแส RMS สูงสุด เมื่ออยู่ในสถานะที่ทำงาน (On-state)

$V_{DRM}$ : เป็นค่าแรงดันซ้ำๆ ระหว่างขั้วเอาท์พุทเมื่ออยู่ในสถานะหยุดทำงาน (repetitive off-state out-put terminal voltage)

$V_{RM}$ : เป็นแรงดันย้อนกลับสูงสุด

$I_{FT}$ : เป็นค่ากระแสกระตุ้นไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดสูงสุด ซึ่งต้องการใช้เพื่อคงสถานะให้เอาท์พุทค้าง (latch) ไว้

$I_H$ : เป็นค่ากระแสยึด (holding current) ซึ่งต้องการสำหรับเอาท์พุทเพื่อที่จะยังคงสถานะค้างเอาไว้ได้

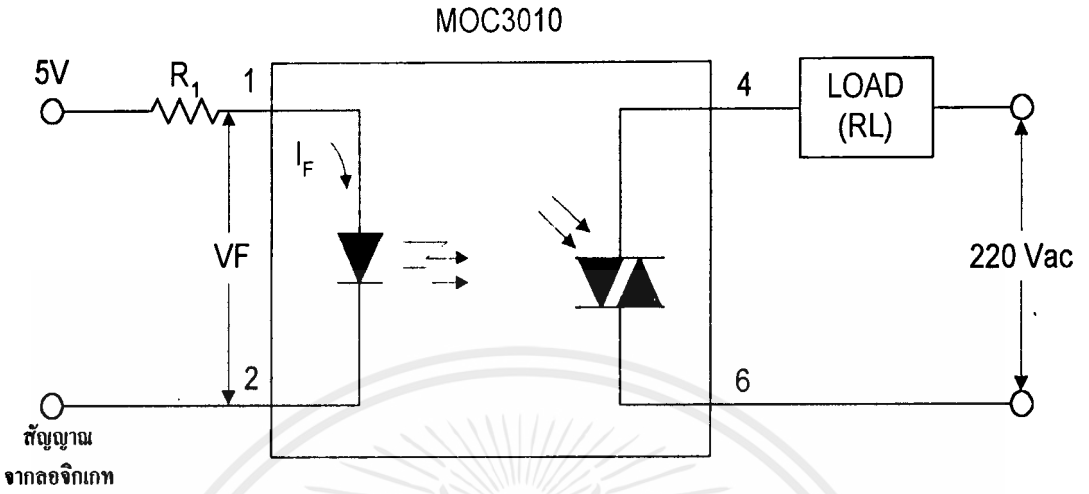
**2.5.5 การประยุกต์ใช้งานในการไปใช้ควบคุมโหลด**

ในโครงงานนี้ได้นำเอาออปโต้แบบไตรแอคคัพเปลอร์มาใช้ควบคุมโหลดที่เป็นไฟสลับ 220 โวลท์ แทนการใช้รีเลย์และการควบคุมปราศจากข้อยุ่งยากเหมือนวงจรทีออกแบบโดยใช้รีเลย์ ดังนั้นจึงขอกล่าวถึงเฉพาะการนำเอาออปโต้แบบไตรแอคคัพเปลอร์มาประยุกต์ใช้งานเท่านั้น

รูปที่ 2.35 แสดงการใช้ MOC 3010 ในการสวิตช์เปิด-ปิด กระแสผ่านโหลดที่ต้องการกำลังงานจากไฟฟ้ากระแสสลับเพียงเล็กน้อย เมื่อเอาท์พุทจากลอจิกเกทมีค่าเป็นลอจิก "0" กระแสจะไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดที่อยู่ภายในถ้าค่า $I_F$ มีค่าเท่ากับ $I_{FT}$ เอาท์พุทของสวิตช์สองทิศทางจะถูกกระตุ้นให้นำกระแส เนื่องจากสวิตช์สองทิศทางจะนำกระแสทั้งสองทิศทางกำลังงานจะถูกป้อนเข้าสู่โหลดทั้งในระหว่างครึ่งไซเกิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บวก และครึ่งไซเกิลลบ และเมื่อเอาท์พุทของลอจิกเกทซึ่งป้อนเข้าสู่ออปโต้ มีค่าเป็นลอจิก "1" กระแส $I_F$ จะลดต่ำกว่ากระแสยึด ( $I_H$ ) จะทำให้สวิตช์สองทิศทางหยุดนำกระแส

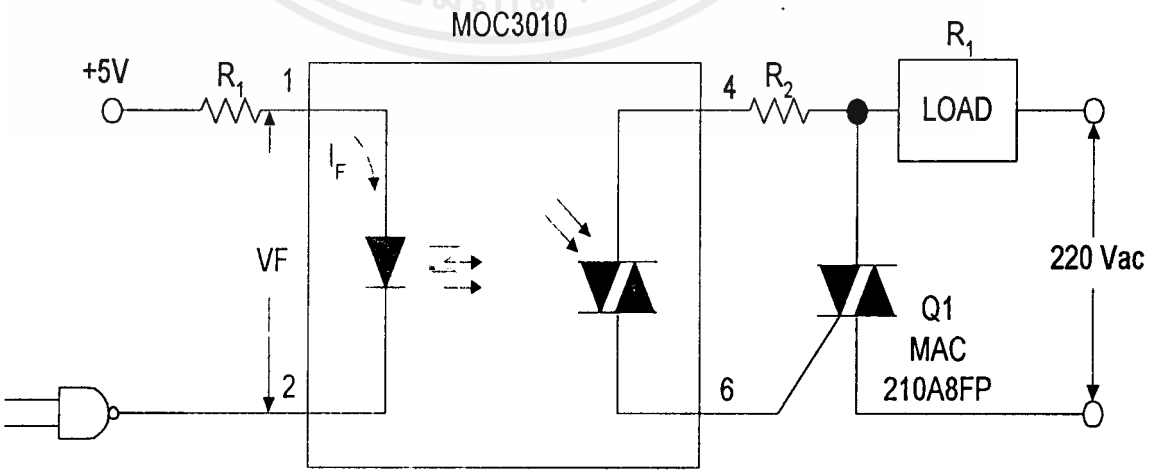



รูปที่ 2.35 วงจรที่ใช้ควบคุมกำลังงานของไฟฟ้ากระแสสลับที่มีค่าไม่สูงนัก

ค่ามากที่สุดของ $R_1$ หาได้จาก

$$R_1 \leq \frac{VCC_{(MIN)} - V_{F(MAX)} - VO1}{I_{FT}}$$

โดยที่ $V_F$ และ $I_{FT}$ เป็นตัวแปรของออปโต้ที่ใช้ และ VO1 เป็นแรงดันเอาท์พุทลอจิก "0" ของลอจิกเกท และลอจิกเกทจะต้องสามารถทนค่ากระแสซิงค์ ($I_{FT}$) ได้โดยมีค่าเผื่อไว้เพื่อความปลอดภัย




รูปที่ 2.36 วงจรที่ใช้ควบคุมกำลังงานของไฟฟ้ากระแสสลับที่มีค่าสูงๆ

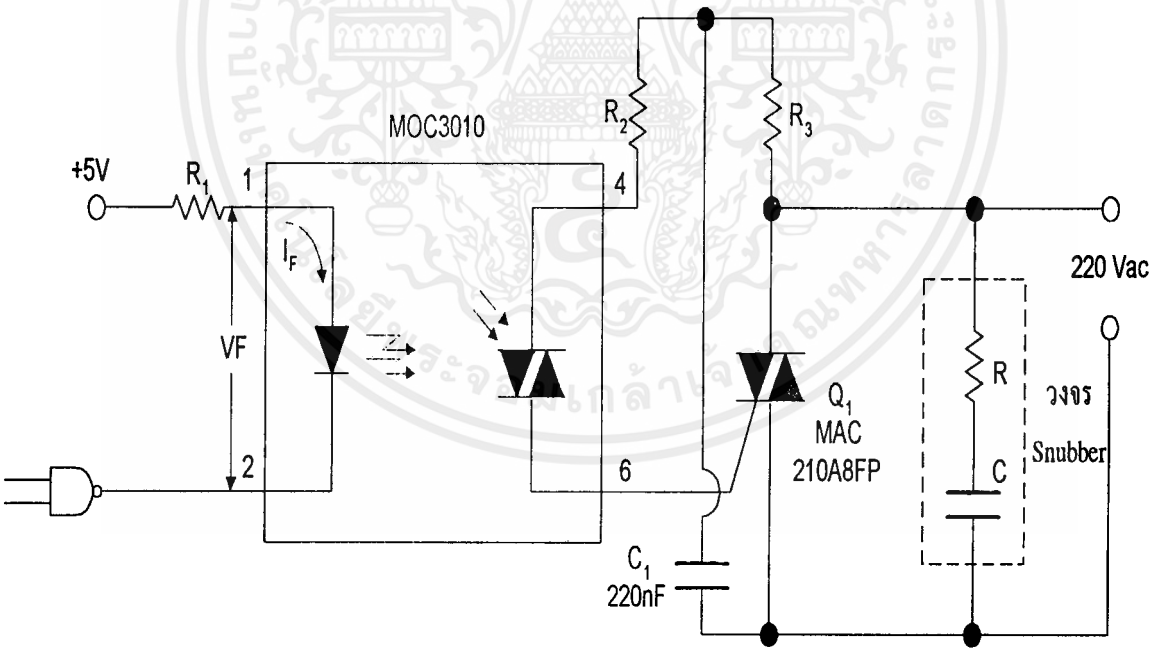
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออปโต้คัพเปลอร์ MOC 3010 มีไตรแอคขนาดเล็กเป็นเอาท์พุทสามารถทนกระแสไหลผ่านได้ 100 มิลลิแอมป์ ซึ่งน้อยเกินไปสำหรับการควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป แต่ก็เหมาะสมที่จะนำมาสร้างสัญญาณทริกเกอร์ไตรแอคกำลังงานสูง นอกวงจร ดังรูปที่ 2.36 เอาท์พุทจาก ออปโต้คัพเปลอร์ MOC 3010 ป้อนเข้าสู่เกทของไตรแอคกำลังงานสูง ไตรแอคภายนอกจะต้องเลือกให้ทนกำลังงานได้พอสำหรับโหลด

ค่า $R_1$ สามารถคำนวณได้เช่นเดียวกับการคำนวณหาค่า $R_1$ ในรูปที่ 2.35 ค่ากระแสที่น้อยที่สุดที่ต้องการกระตุ้นให้ไตรแอคทำงานจะเป็นตัวกำหนดค่าสูงสุดของ $R_2$ ในขณะที่กำลังงานสูญเสียของเกทของตัวไตรแอคจะเป็นตัวกำหนดค่าต่ำสุดของ $R_2$ ค่าของ $R_2$ ที่มากที่สุดหาได้จาก

$$R_2 = \frac{2V_S - V_{TM} - R_L}{I_{GM}}$$

โดยที่ $V_{MT}$ เป็นตัวแปรในช่องเอาท์พุทในตารางที่ 5.1. $I_{GM}$ เป็นกระแสเกทสูงสุดที่ใช้กระตุ้นการทำงานของไตรแอค และ $V_S$ เป็นแรงดันของแหล่งจ่ายไกระแสสลับ




รูปที่ 2.37 การควบคุมโหลดแบบอินดัคตีฟโหลด

วงจรในรูปที่ 2.37 กรณีโหลดเป็นอินดัคตีฟโหลด เช่น มอเตอร์ มักจะมีพัลส์ของแบค อี เอ็ม เอฟ เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสผ่านขดลวดพัลส์ดังกล่าวสามารถทำให้การทำงานของไตรแอคภายในออปโต้คัพเปลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานผิดผลาดได้ จึงแก้ไขปัญหาโดยการใช้วงจร Snubber ต่ออยู่กับโหลดคล่อมไตรแอคภายนอก ขนาดของอุปกรณ์ในวงจร Snubber ขึ้นอยู่กับค่าอินดัคแตนซ์และความต้านทานของโหลด

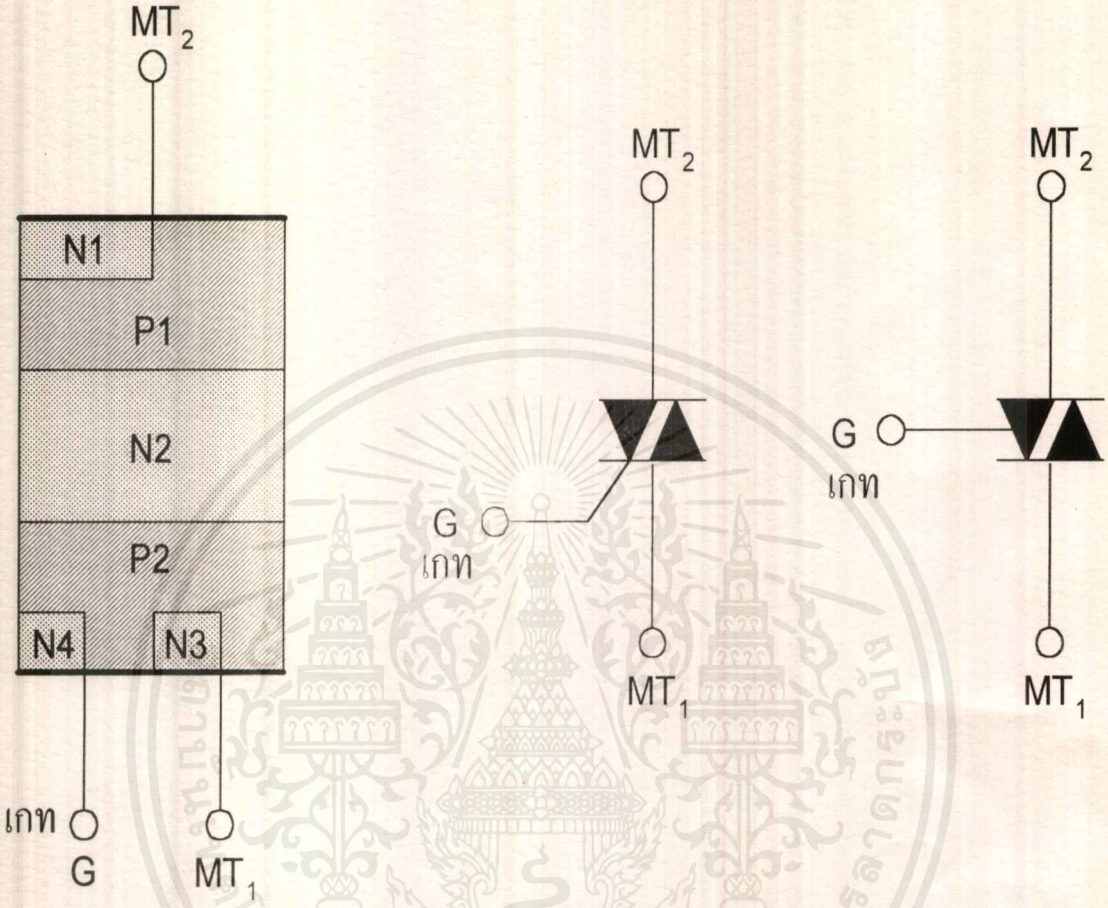
| | | ค่าต่ำสุด | ค่าปกติ | ค่าค่าสูง | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|
| อินพุท | $I_F$ | | | 50.0 | mA |
| | $V_F$ (IF =10 mA) | | 1.2 | 1.5 | V |
| | $V_R$ | | | 3.0 | V |
| เอาท์พุท | $I_T$ (RMS) | | | 100 | mA |
| | $V_{DRM}$ | | | 250 | V |
| | $V_{TM}$ (IT=10 mA) | | | 3.0 | V |
| ตัวแปร | $I_F$ | | 8.0 | 15 | mA |
| เชื่อมโยง | $I_H$ | | 100.0 | | μA |

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติของเบอร์ MOC 3010

สำหรับไตรแอค (Triac) กำลังงานสูงนั้นมีโครงสร้างพื้นฐานดังรูปที่ 2.38 จะพบว่ามีลักษณะคล้าย SCR กล่าวคือ มีเกทหนึ่งเกท และอีกสองขั้วคือ $MT_1$ และ $MT_2$ ซึ่งกระแสหลักจะไหลผ่านไตรแอคแตกต่างจาก SCR ตรงที่ว่าไตรแอคสามารถทำงานในสถานะ ON-STATE ได้ ที่ขั้ว $MT_1$ อาจมีศักย์เป็นบวกหรือลบก็ได้ ยิ่งกว่านั้นไบแอสที่เกท ซึ่งจะกระตุ้นให้ไตรแอคทำงานอาจจะเป็นบวกหรือลบได้เช่นกัน ดังนั้นเราอาจจะเรียกไตรแอคนี้ว่า Bidirectional Thyristor โดยทั่วไปไตรแอคจะทนกระแสและแรงดันได้น้อยกว่า SCR แต่คุณประโยชน์และข้อดีของไตรแอคเหมาะสำหรับงานการควบคุมการไหลของกระแสในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

การเลือกใช้ไตรแอคต้องคำนึงถึง ขีดจำกัดแรงดันและกระแสที่ไตรแอคจะรับได้ ความไวในการทริกเกทให้ไตรแอคทำงาน ความเร็วในการใช้งาน กระแสรั่วไหล และแรงดันคร่อมตัวไตรแอคขณะนำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.38 แสดงลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของไตรแอกและสัญลักษณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# การออกแบบและการสร้าง

ในการออกแบบสร้างเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทางโทรศัพท์ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51 เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงาน ในตัวไอซีคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้จะมีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมที่สามารถลบด้วยไฟฟ้าขนาด 4 กิโลไบท์อยู่ภายในทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้หน่วยความจำจากภายนอก ในการทำงานของวงจรสามารถแบ่งออกเป็นวงจรต่างๆได้ดังนี้ คือ วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF วงจรประมวลผลและควบคุมการทำงานของระบบ วงจรยกหูโทรศัพท์ วงจรสัญญาณเสียง และวงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 3.1 วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง

การทำงานของเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้านี้ จะเริ่มต้นการทำงานจากที่มีการโทรศัพท์เรียกเข้ามา(กรณีที่มีการสั่งงานจากภายนอก) หรือจากที่มีการกดสวิตช์ (กรณีการสั่งงานที่บ้าน) ในที่นี้จะกล่าวถึงในกรณีที่มีการสั่งงานจากภายนอกเท่านั้น การทำงานของวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งจะใช้หลักการเรียงกระแสของสัญญาณกริ่งซึ่งเป็นกระแสสลับให้เป็นกระแสตรง พร้อมทั้งลดขนาดของสัญญาณและสร้างสัญญาณนั้นให้มีขนาดของแอมปลิจูดเป็นสัญญาณดิจิตอล (เป็น “0” = 0 โวลท์,เป็น “1” = 5 โวลท์ ) โดยการใช้ออปโต้คัปเปอร์เบอร์ 4N26 เป็นตัวแปลงสัญญาณ คู่สายโทรศัพท์ในสภาวะปกติ (IDLE) จะมีไฟกระแสตรง (DC) 48 โวลท์จ่ายอยู่ ดังนั้นจึงใช้ตัวเก็บประจุ $C_1$ เป็นตัวกั้นไม่ให้ไฟกระแสตรงผ่านโดยจะให้เฉพาะไฟกระแสสลับในช่วงที่มีสัญญาณกริ่งเรียกเข้ามาผ่านเท่านั้น ส่วนวงจรบริดจ์เร็คติไฟเป็นตัวแปลงสัญญาณไฟกระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรงเพื่อส่งไปเปิด-ปิด (ON-OFF) ออปโต้คัปเปอร์ ตามสัญญาณกริ่ง ซึ่งปกติจะดัง 1 วินาที และหยุด 4 วินาที ดังนั้นจะมีพัลส์เป็น “1” ( 5 โวลท์) 1 วินาที และเป็น “0” (0 โวลท์) 4 วินาที ออกจากออปโต้คัปเปอร์ไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์

## 3.2 วงจรยกหูโทรศัพท์หรือการรับสาย

จะทำหน้าที่เสมือนยกหูรับสายเมื่อมีคำสั่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังจากที่ได้ทำการประมวลผลตรวจนับจำนวนกระดิ่งครบตามที่กำหนด การสร้างสภาวะเลียนแบบการยกหูด้วยการต่อแมทชิ่งทรานฟอเมอร์ ความต้านทานค่า 600 โอห์ม เพื่อให้เท่ากับขณะที่โทรศัพท์ทำงานจริง

## 3.3 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

เมื่อมีการต่อคู่สายเข้าระบบตอบรับแล้ว ส่วนถอดรหัส DTMF โดยใช้ MT8870 แปลงสัญญาณปุ่มกดของโทรศัพท์ที่เข้ามาให้เป็นสัญญาณไบนารี่ 4 บิท ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถที่จะอ่านและนำไปประมวลผล การต่อขาควบคุมที่สำคัญของไอซี MT8870 คือ

- ขา INH (ขา 6 ) ,PWDN (ขา 5) ต่อลงกราวด์
- ขา TOE (ขา 10) ต่อกับไฟเลี้ยงเพื่อให้ได้เอาท์พุทที่ขา Q1-Q4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขา SID (ขา 15 ) จะมีลอกจิกเป็น "1" เมื่อมีการกดคีย์และจะเป็น "0" เมื่อไม่มีการกดคีย์ ดังนั้นจึงใช้ขานี้ในการตรวจสอบการกดคีย์

**3.4 วงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า**

จะแยกส่วนของไฟสูงกับไฟต่ำออกจากกันโดยใช้ออปโต้ไตรแอค (Opto triac ) เป็นตัวเชื่อมโยง และใช้ ไตรแอค (TRIAC) เป็นสวิตช์เปิด-ปิด ในส่วนของด้านไฟสูง

**3.5 วงจรสัญญาณเสียง**

ใช้สำหรับแนะนำการใช้งานและโต้ตอบการทำงานกับผู้สั่งงาน โดยใช้ไอซีตระกูล ISD 25XX เบอร์ ISD 2590 ซึ่งสามารถที่จะเก็บสัญญาณเสียงได้นาน 90 วินาที โดยที่เราสามารถกำหนดแอดเดรดของการบันทึกเสียงได้ จึงทำให้สะดวกในการบันทึกและเล่นกลับเพื่อโต้ตอบกับผู้สั่งงาน

**คุณสมบัติของไอซีตระกูล ISD 2590**

- ไอซีตัวเดียวสามารถบันทึกและเล่นกลับได้อย่างง่าย
- ไม่มีอุปกรณ์ประเภทไอซีอื่นๆประกอบร่วมภายนอก
- ไม่ต้องพัฒนาระบบอื่นขึ้นมาเสริมเพื่อให้ใช้งานได้
- มีประสิทธิภาพในการบันทึกและเล่นกลับที่ให้เสียงเหมือนต้นกำเนิดเสียง
- ควบคุมการบันทึกและเล่นกลับด้วยสวิตช์หรือควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
- ระยะเวลาในการบันทึกหรือเล่นกลับตั้งแต่ 45,60,75 และ 90 วินาที ตามแต่ละเบอร์ในตระกูล ISD 25XX
- ต่อคาสเคดกันได้โดยตรงเพื่อเพิ่มระยะเวลาให้ยาวมากขึ้น
- ปิดการทำงานอัตโนมัติ เมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับนานเกินไป
- สามารถเก็บความจำไว้นาน 100 ปี ไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรอง
- วงรอบการบันทึก 100,000 ครั้ง
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในตัว
- สามารถโปรแกรมควบคุมการเล่นกลับเพียงอย่างเดียวเพื่อพัฒนารูปแบบใช้งานได้

**3.6 วงจรประมวลผล**

ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51 เป็นตัวควบคุมการทำงาน โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้จะมีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมที่สามารถลบได้ด้วยไฟฟ้าขนาด 4 กิโลไบต์อยู่ภายใน การใช้งานพอร์ตต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีดังนี้

**พอร์ต 0**

- ใช้เป็นพอร์ตเอาท์พุท สำหรับควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า

**พอร์ต 1**

- บิท 0-3 เป็นพอร์ตอินพุท ที่รับสัญญาณที่มาจากวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บิท 4 เป็นพอร์ตอินพุท ต่อเข้ากับขา SID ของ MT8870 เพื่อตรวจสอบการกดปุ่มโทรศัพท์
- บิท 5,6 เป็นพอร์ตเอาท์พุท ที่ใช้ในการควบคุมการยกหูโทรศัพท์ และตัดคู่สายโทรศัพท์ออกเมื่อมีการควบคุมที่บ้าน

**พอร์ต 2**

- ใช้เป็นเอาท์พุทพอร์ตสำหรับกำหนดแอดเดรดของ ไอซีเสียง (ISD 2590)

**พอร์ต 3**

- บิท 4,5 เป็นพอร์ตอินพุท ใช้ในการตรวจสอบสัญญาณกริ่งและสัญญาณพัลส์

ขา 31 EA / Vpp ต่อกับ Vcc เพื่อให้ CPU จะทำงานตามโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำภายใน

**การทำงานของวงจร**

การทำงานของวงจรนี้สามารถสั่งงานเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทั้งจากทางโทรศัพท์และการสั่งงานที่บ้าน ในกรณีที่มีการสั่งงานจากเครื่องโทรศัพท์ เมื่อมีการโทรศัพท์เข้ามาสัญญาณกริ่งจะผ่านวงจรบริดจ์เรคติไฟเออร์ (BRIDGE RECTIFIER) เพื่อแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง แล้วป้อนให้แก่ออปโต้คัปเปลอร์เพื่อแปลงให้เป็นสัญญาณแบบพัลส์เอาท์พุทที่ออกจากออปโต้คัปเปลอร์จะต่อเข้าไปยังขา T0 (ขา 14) ของ ไอซี 89C51 เพื่อที่จะแจ้งให้แก่ไอซี 89C51 ทราบว่าขณะนี้ได้มีการโทรศัพท์เข้ามาแล้วให้เริ่มทำการนับพัลส์ที่เข้ามาได้แล้วหากว่าจำนวนพัลส์ที่เข้ามาครบตามจำนวนที่ตั้งไว้โดยที่ไม่มีใครมารับสายก็ให้ตัดเข้าสู่ระบบการควบคุม ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณ “1” ออกที่ขา P1.5 เพื่อให้รีเลย์ทำงาน นั้นคือมีการยกหูรับสายเรียกเข้ามานั้นเอง จากนั้นก็จะมีเสียงแนะนำให้ผู้ที่โทรศัพท์เข้ามาใส่รหัสผ่าน (โดยการกดเลขหมายบนแป้นโทรศัพท์) กำหนดให้มีการใส่รหัสผ่านผิดได้ไม่เกิน 3 ครั้ง หากผิดเกิน 3 ครั้งเครื่องก็จะแจ้งให้ทราบว่าไม่สามารถที่เข้าไปเปิดหรือปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้และวางหูทันที หรือไม่ถ้าหากมีการรับสายแล้วไม่มีการกดปุ่มใดๆเกิน 18 วินาที เครื่องก็จะวางหูด้วยเช่นกัน กรณีที่ใส่รหัสผ่านได้แล้วก็จะมีเสียงถามว่าต้องการที่จะทราบสถานะภาพของเครื่องว่ามีการเปิดอยู่หรือไม่โดยให้กดปุ่มเครื่องหมาย “ * ” เมื่อต้องการที่จะทราบว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องไหนเปิดอยู่ หรือเลือกอุปกรณ์ที่จะเปิด(หรือปิด)โดยการกดหมายเลข 1-8 สำหรับการเลือกที่จะเปิด(หรือปิด)ทีละตัวและเลือกหมายเลข 9 ในกรณีที่ต้องการเปิด(หรือปิด)พร้อมกันทั้งหมดทุกตัว เมื่อเลือกเลขหมายของอุปกรณ์แล้วก็จะมีเสียงแนะนำให้กดปุ่ม “ 0 ” “ หากว่าเราต้องการที่จะปิด ” หรือว่ากด “ 1 ” “ หากว่าเราต้องการที่จะเปิด ” เมื่ออุปกรณ์นั้นได้เปิด(หรือปิด)แล้วก็จะมีเสียงแจ้งให้ทราบว่าอุปกรณ์นั้นได้เปิด(หรือปิด)แล้ว

ในการอ่านค่าจากการกดปุ่มโทรศัพท์นั้นใช้ไอซี MT 8870 หน้าที่ในการแปลงสัญญาณ DTMF ให้เป็นสัญญาณไบนารี่ 4 บิท ส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขา P1.0 - P1.3 และที่ขา 15 ของ MT8870 จะมีสถานะเป็น “ 1 “ เมื่อมีสัญญาณ DTMF เข้ามา ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลสัญญาณที่ได้และสั่งให้เครื่องทำงานต่อไป ที่ขา P0.0 - P0.7 จะใช้เป็นขาเอาท์พุทที่ส่งสัญญาณไปควบคุมการเปิด - ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า สัญญาณที่ออกจากขาเอาท์พุทนี้จะผ่านไอซี IC4 (74LS244) ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรทางด้านไฟสูง วงจรที่ทำงานด้านไฟสูงนี้จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์โดยใช้ไตรแอคทำหน้าที่เป็นสวิทช์ ที่มีออปโต้ไตรแอคเป็นตัวที่ส่งสัญญาณไปทริก (trig) ให้ไตรแอคนำกระแสหรือหยุดนำกระแส ออปโต้ไตรแอคจะมีสัญญาณออกไปทริกให้ไตรแอคนำกระแสได้นั้นก็ต่อเมื่อมันมีสัญญาณอินพุทเป็น “1” มา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้อนให้แก่มัน ซึ่งสัญญาณนี้ได้มาจากการที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้อุปกรณ์ชนิดนั้นเปิดตามที่เราที่เราต้องการ

การเปิด-ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้าที่บ้านจะมีการทำงานคล้ายๆกัน ต่างกันตรงที่เมื่อเราต้องการที่จะเปิดหรือปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า เราก็กดสวิตช์ SW1 จากนั้นก็ทำการเลือกหมายเลขของเครื่องใช้ไฟฟ้าและเลือกเปิดหรือปิด ทำตามขั้นตอนเหมือนกันกับที่ควบคุมจากการใช้โทรศัพท์ โดยไม่ต้องมีการใส่รหัสผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# การทดลองและผลการทดลอง

**แบ่งลำดับการทดลองดังหัวข้อต่อไปนี้**

**4.1 ส่วนดีเทคสัญญาณกริ่ง**

เนื่องจากต้องการที่จะให้พัลส์ที่เข้าขา T0 ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีสถานะเป็น "0" เมื่อตอนที่ไม่มีสัญญาณกริ่งเรียกเข้า ดังนั้นจึงใช้สัญญาณที่ออกจากขาอีมิเตอร์ของออปโต ซึ่งจะมีสถานะเป็น "1" ตามสัญญาณกริ่งคือ เป็น "1" 1 วินาที และเป็น "0" 4 วินาที

**4.2 ส่วนรีเลย์ตัดต่อคู่สายโทรศัพท์**

สัญญาณที่ออกจากขา P1.5 และ P1.6 ของไมโครคอนโทรเลอร์ ที่ใช้เป็นเอาท์พุทพอร์ตไปปิด-เปิดรีเลย์ โดยการวัดสัญญาณเปรียบเทียบระหว่างการใช้ความต้านทานต่อพูลอัพและสัญญาณที่ไม่มีการต่อพูลอัพ

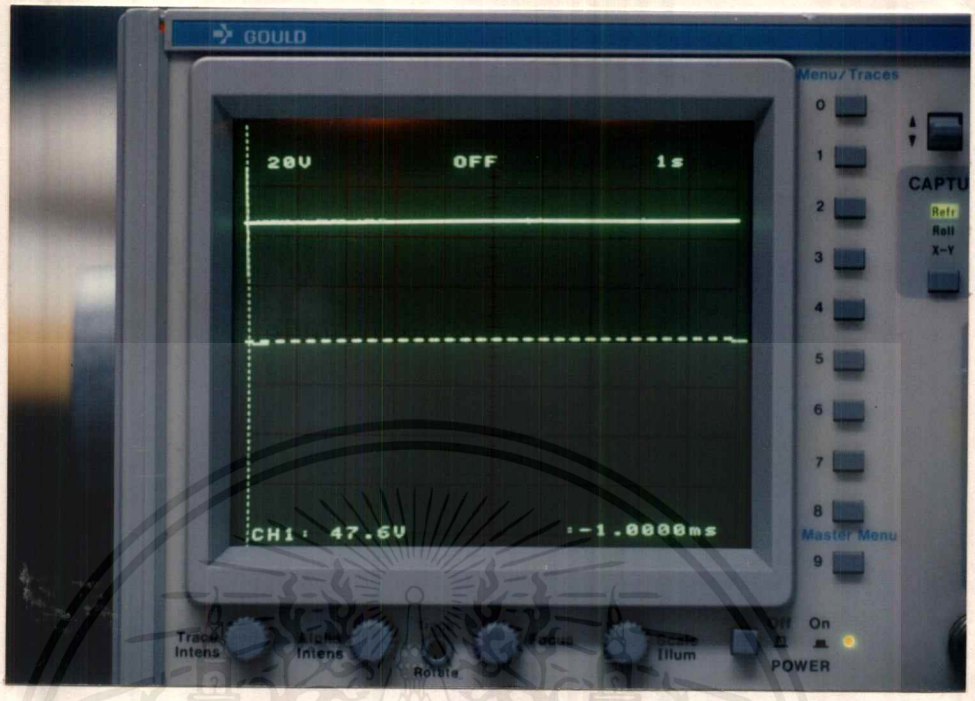
**4.3 ส่วน DTMF และการถอดรหัส DTMF**

ในส่วนของวงจร DTMF จะใช้ไอซีเบอร์ MC 145412 เป็นตัวผลิต DTMF ออกมาซึ่งมีลักษณะสัญญาณของหมายเลขแต่ละตัวดังผลการทดลองที่ได้ดังรูปที่ 4.10 - รูปที่ 4.25

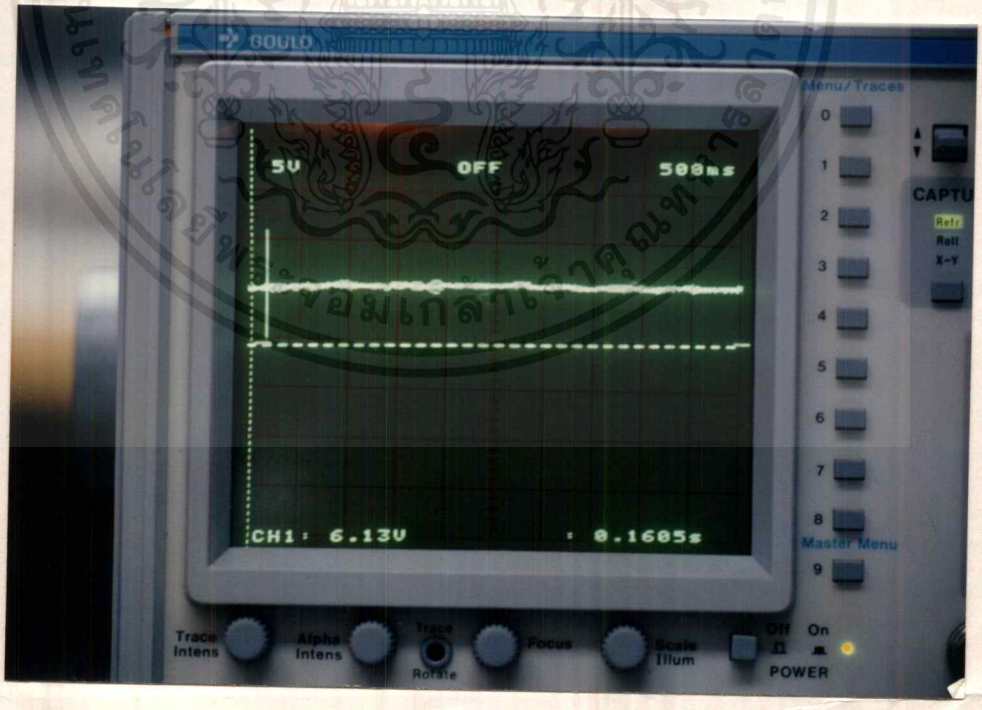
ในส่วนของส่วนถอดรหัสสัญญาณ DTMF ตัวสัญญาณที่นำไปใช้ในการตรวจสอบการกดปุ่มต่างๆนั้นคือขา 15 (ขา SID) ซึ่งจะมีสัญญาณพัลส์เป็น "1" เมื่อมีการกดปุ่มโทรศัพท์เท่านั้นดังในผลการทดลองที่ได้มีการวัดเปรียบเทียบกันระหว่างช่วงที่มีการกดปุ่มโทรศัพท์ ส่วนสัญญาณไบนารีที่ดีเทคสัญญาณจากการกดปุ่มนั้นจะเป็นไปตามตารางในทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณต่างๆที่ได้จากการทดลองมีดังต่อไปนี้

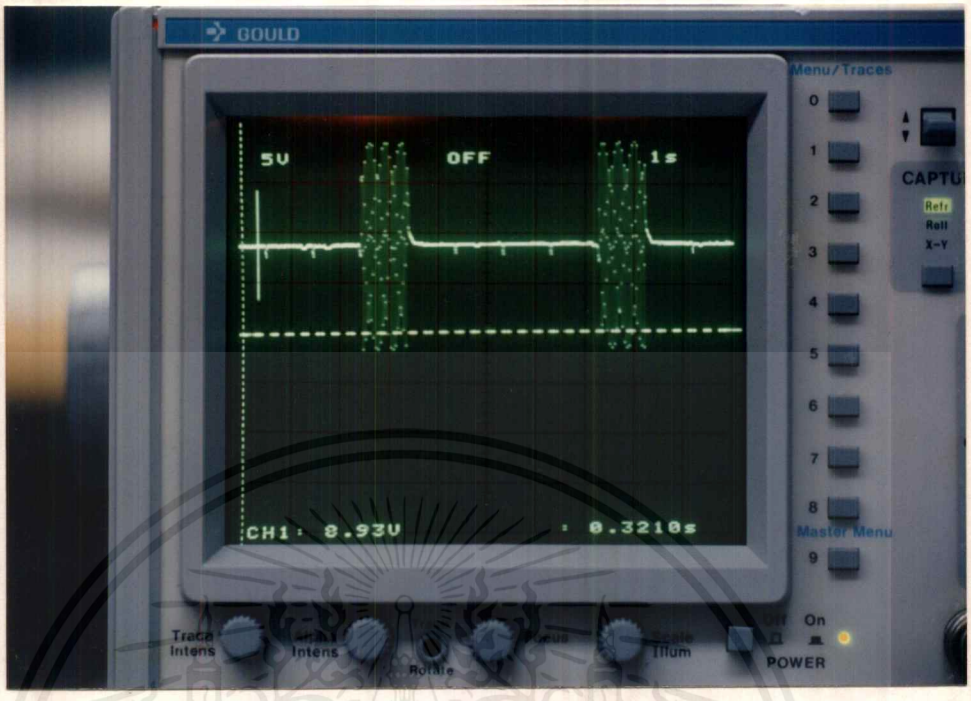



รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณไฟในคู่สายโทรศัพท์ในสภาวะปกติ

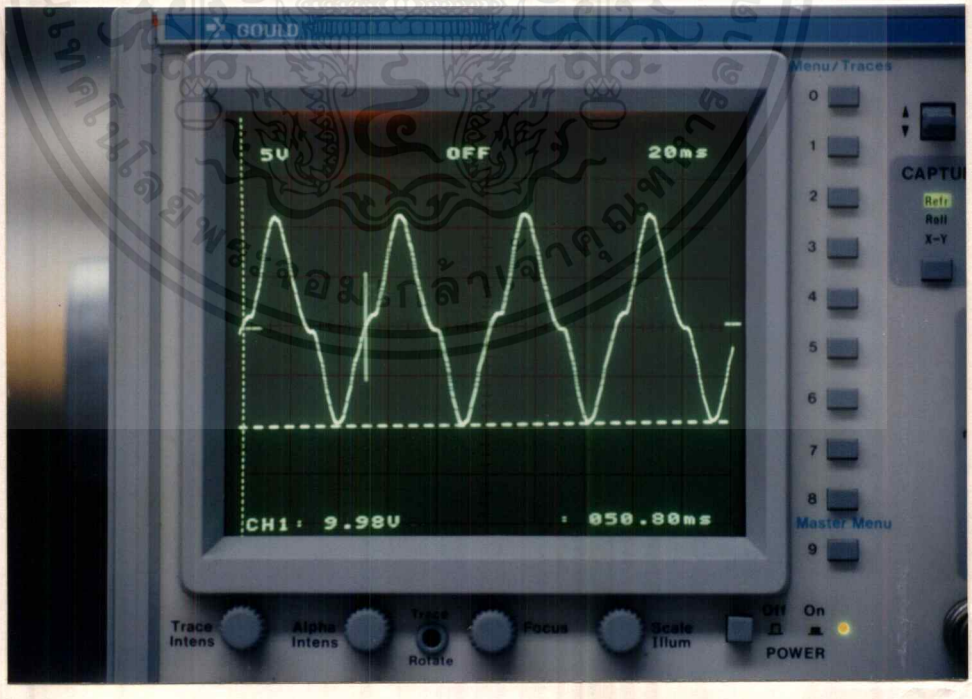



รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณไฟในคู่สายโทรศัพท์เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

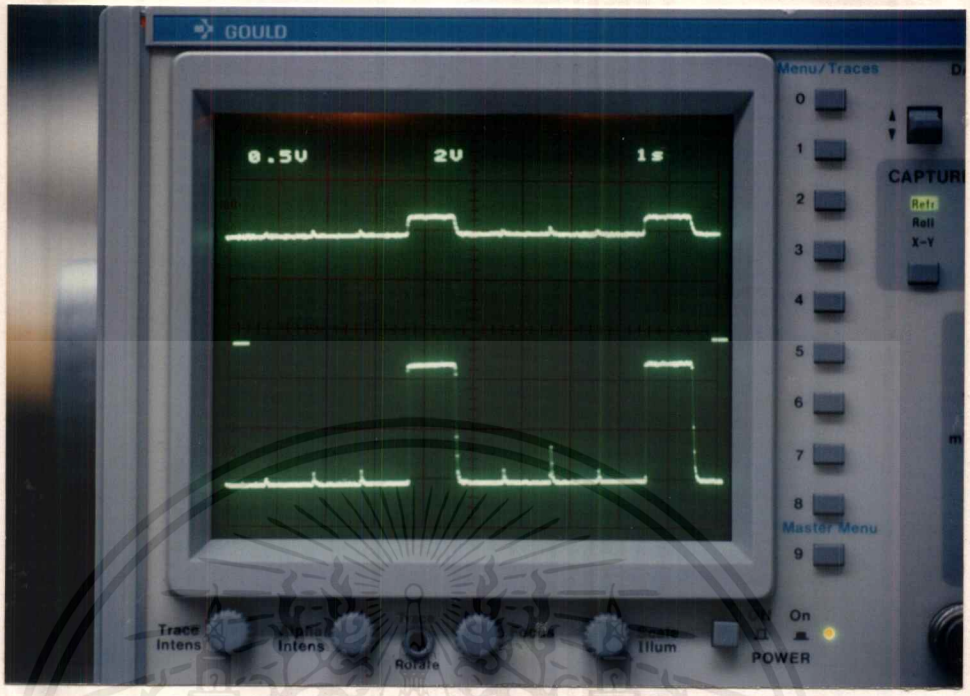



รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณขณะที่มีการโทรศัพท์เรียกเข้า (สัญญาณกระดิ่ง, จากรูป Voltที่ได้ ตั้ง Range R X 10)

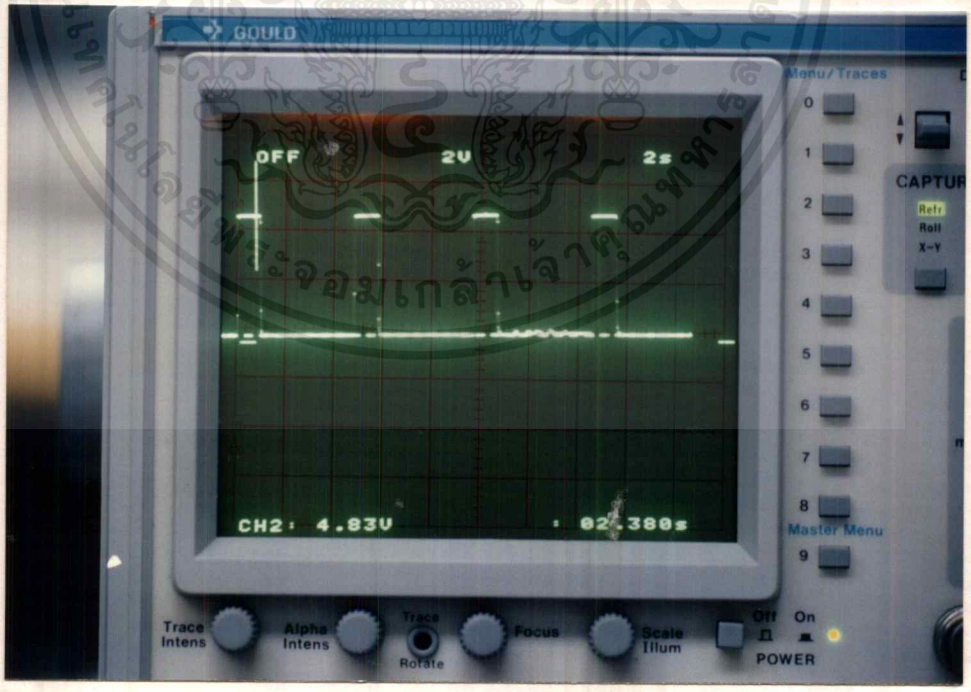



รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณกระดิ่งในช่วงที่เป็นไฟสลับ (AC) ,(จากรูป Voltที่ได้ ตั้ง Range R X 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

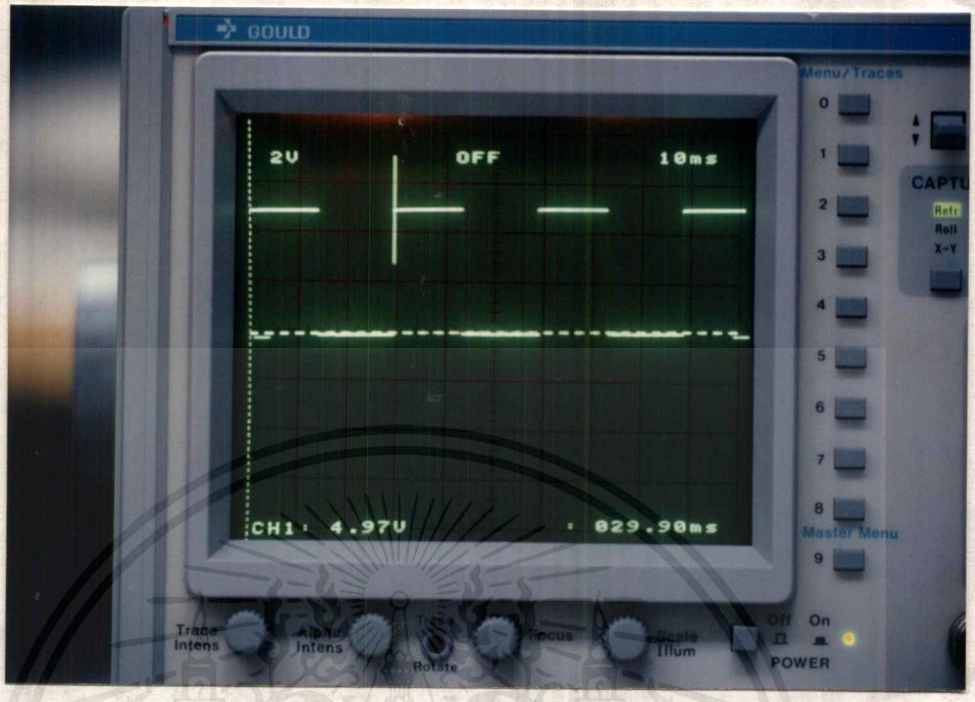



รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณอินพุทและสัญญาณเอาท์พุทของออปโต้ทรานซิสเตอร์
(สัญญาณรูปบนเป็นอินพุท ,รูปล่างเป็นสัญญาณเอาท์พุท)

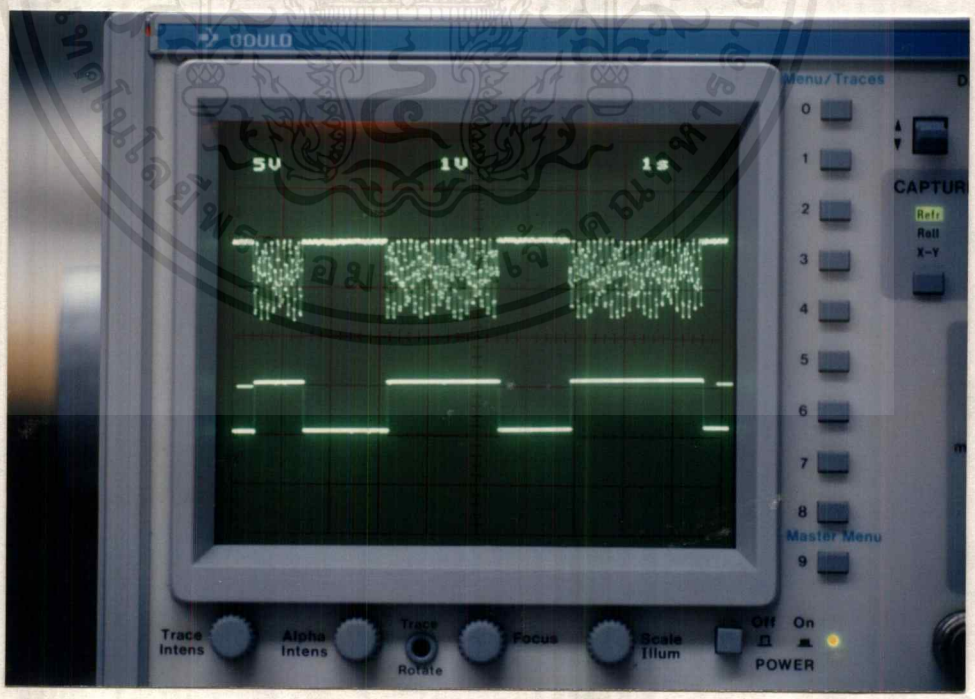



รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณเอาท์พุต ของออปโต้ทรานซิสเตอร์เมื่อมีโทรศัพท์เรียกเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



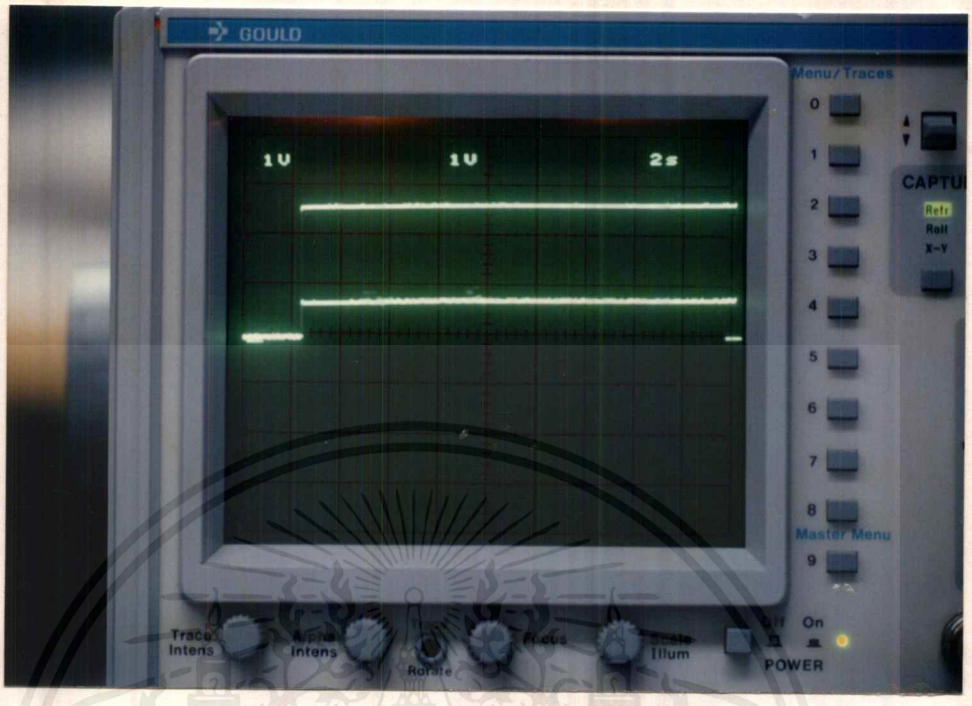

รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ได้จากวงจรกำเนิด



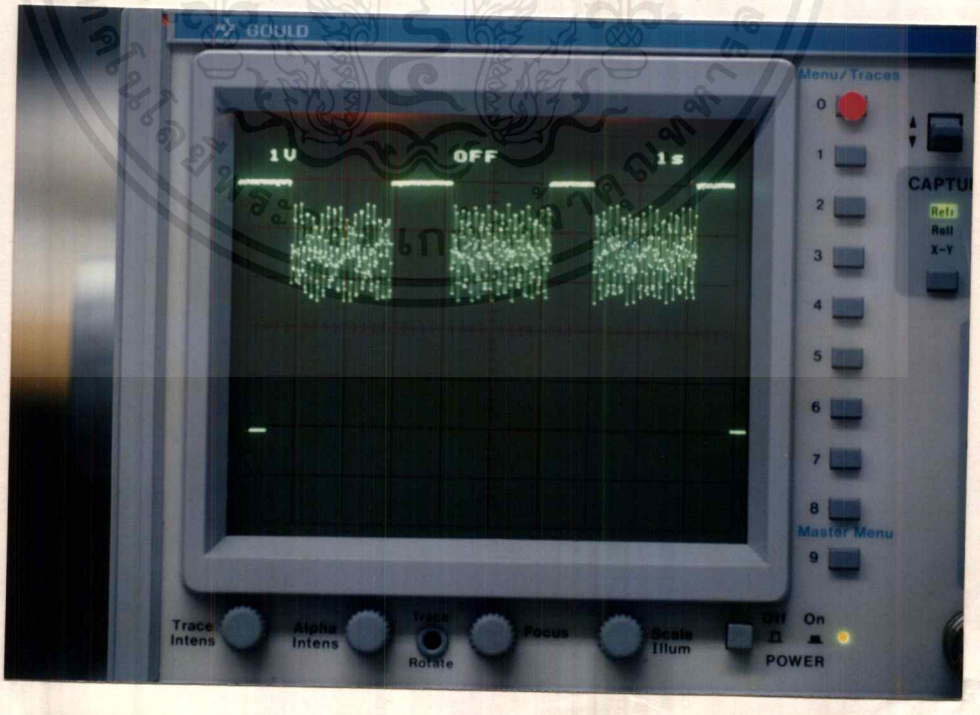

รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณที่ได้จากขา 15 ของไอซี MT8870 เมื่อมีการกดคีย์ (รูปล่าง)

* รูปบนเป็นสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดคีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

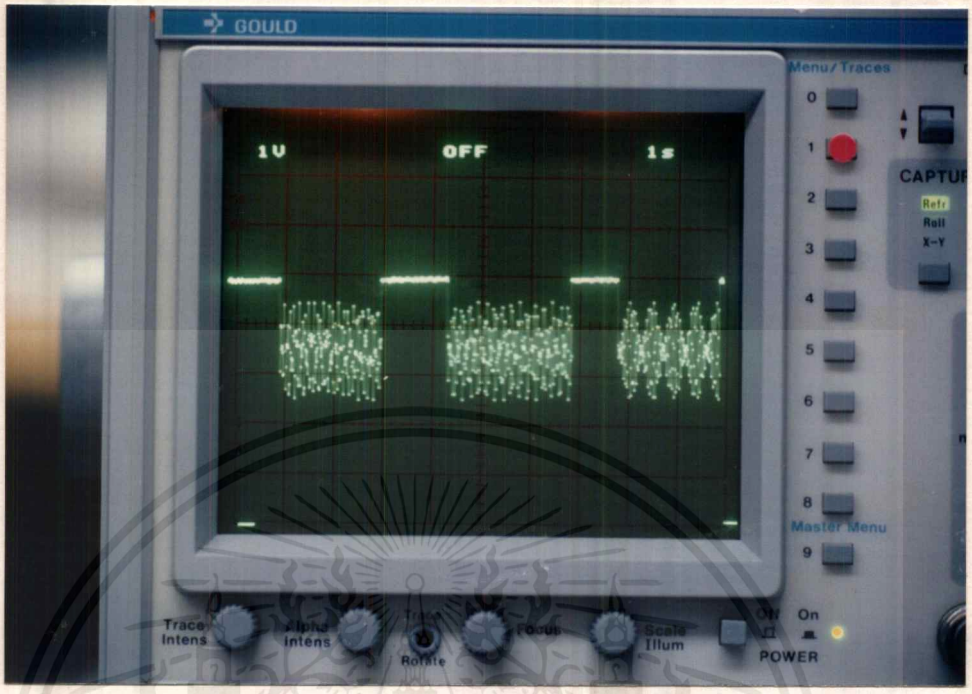



รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณเอาท์พุทที่ขา P1.5 และ P1.6 ของไอซี 89C51
เมื่อเป็น "1" ขณะที่ต่อพูลอัพ (Amplitude 2.5 V.)และไม่ต่อพูลอัพ ( Amplitude 0.6 V)

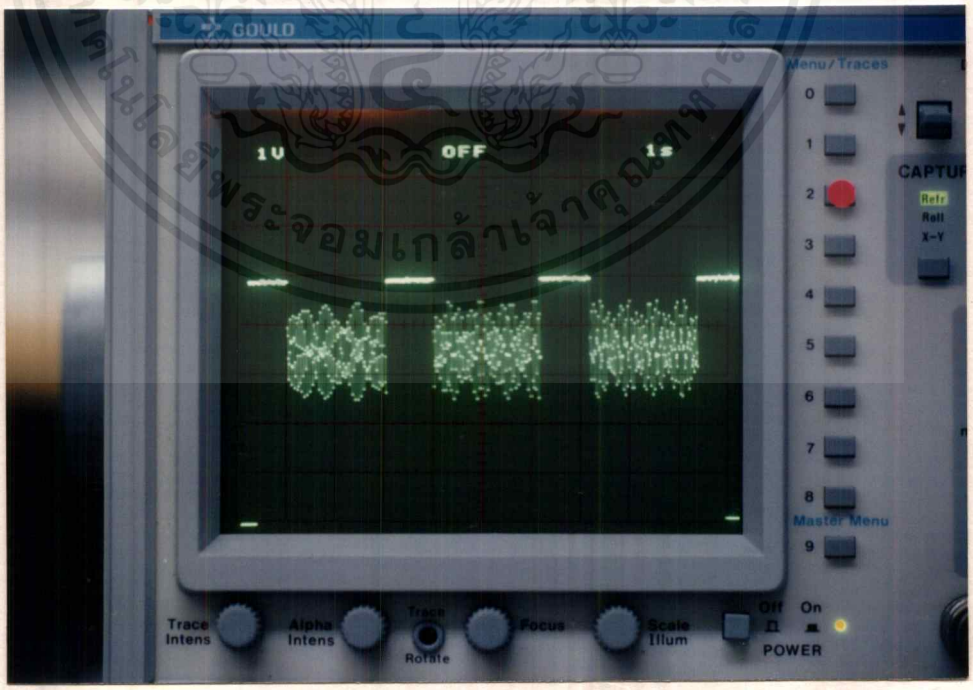



รูปที่ 4.10 แสดงสัญญาณการกดคีย์ เลข 1-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

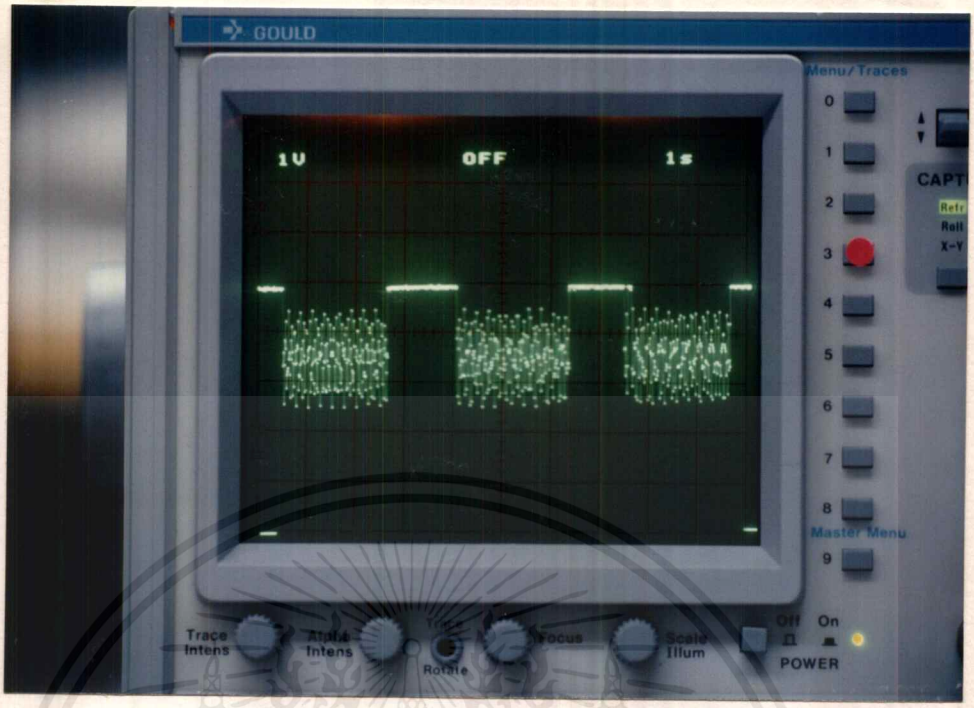



รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณการกดคีย์ เลข 4-6

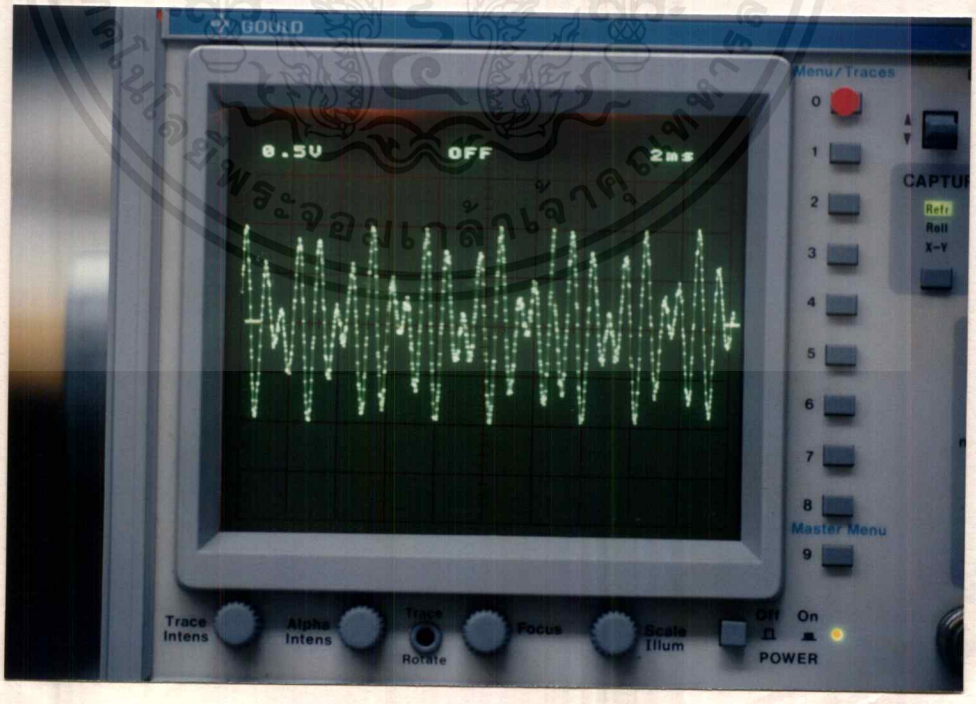



รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณการกดคีย์ เลข 7-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

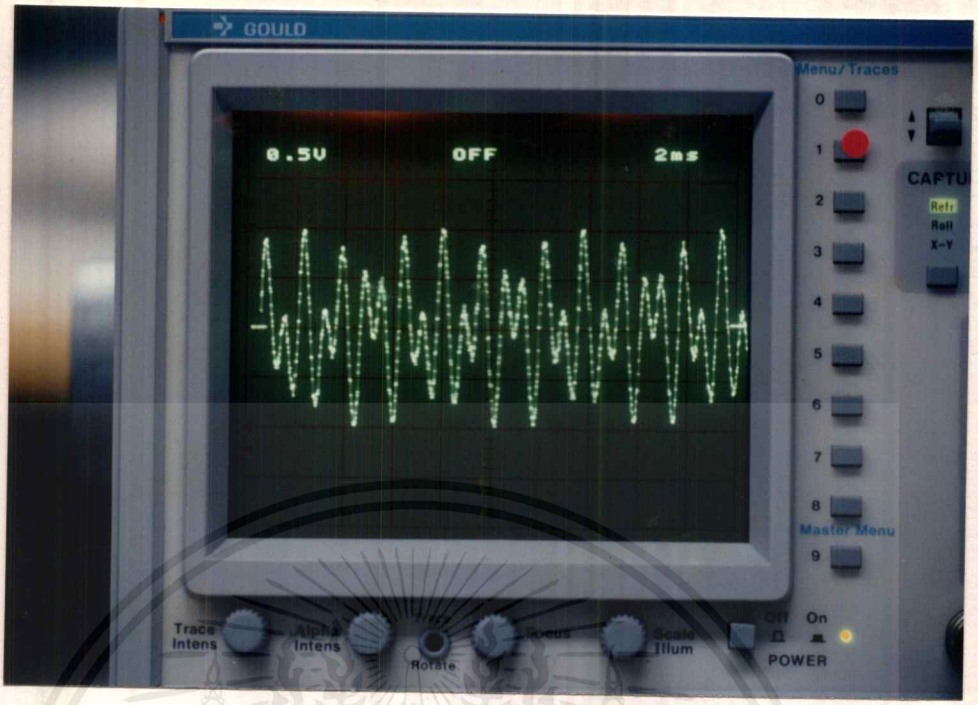



รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณการกดคีย์ เลข *, 0, #

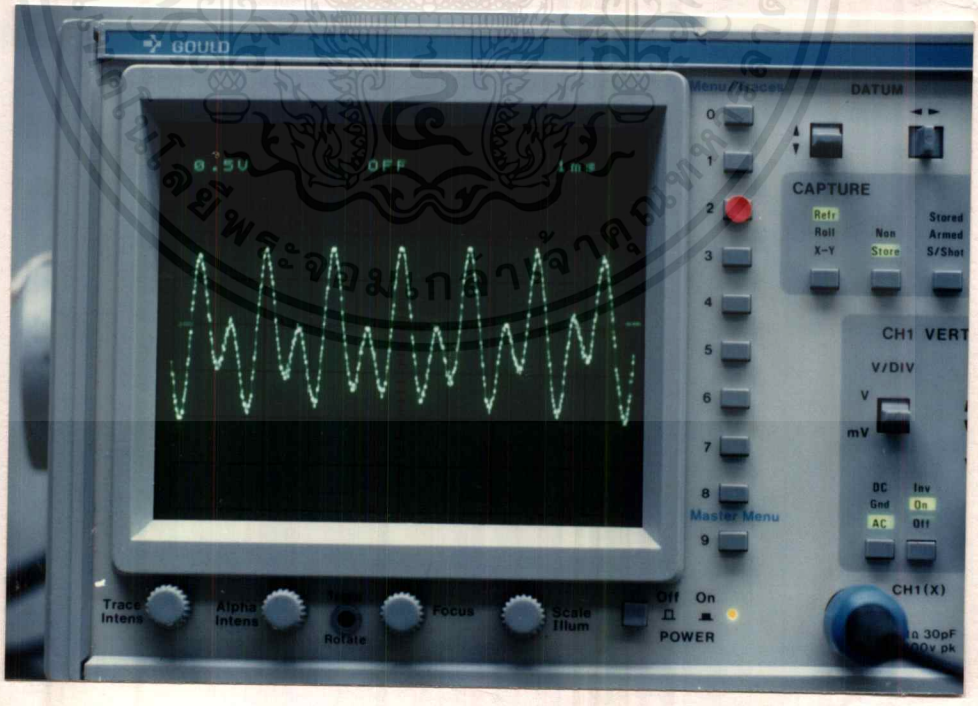



รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณการกดคีย์ เลข 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

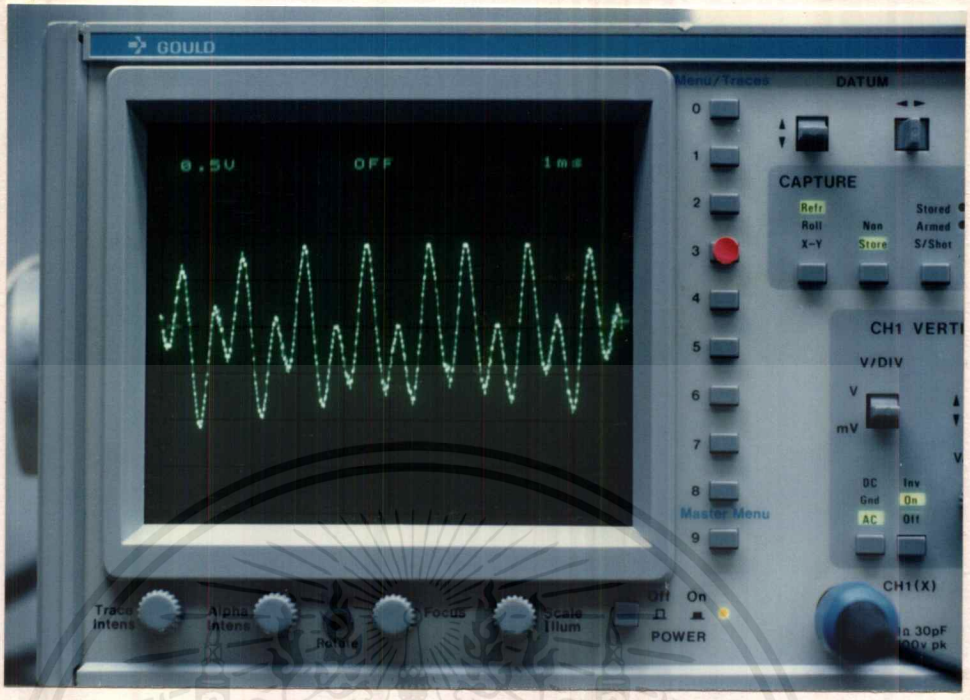



รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณการกดคีย์ เลข 1

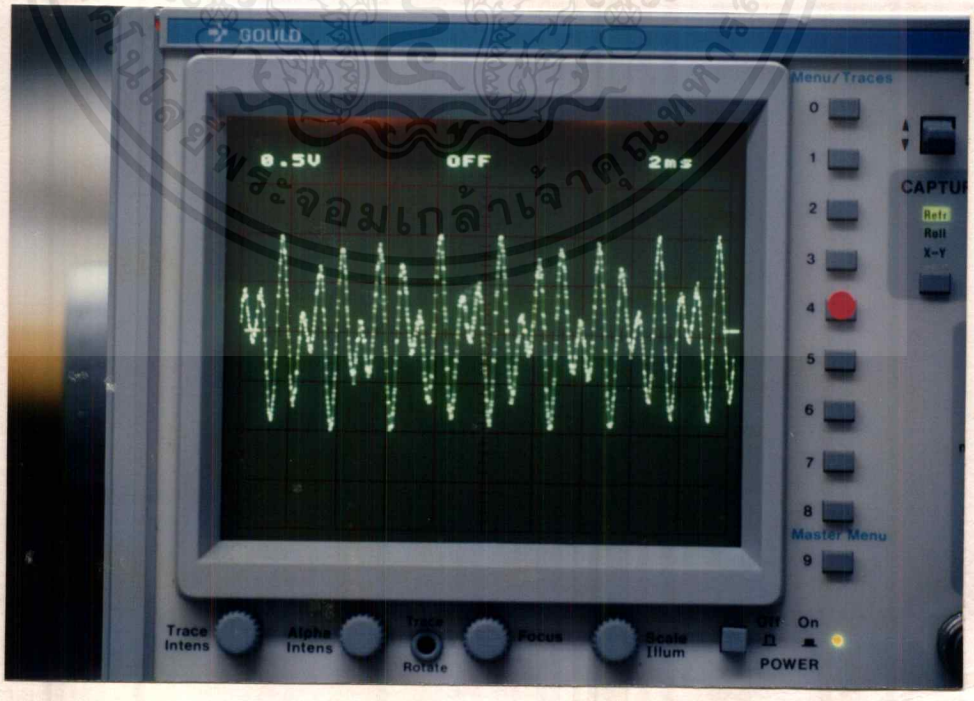



รูปที่ 4.16 แสดงสัญญาณการกดคีย์ เลข 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

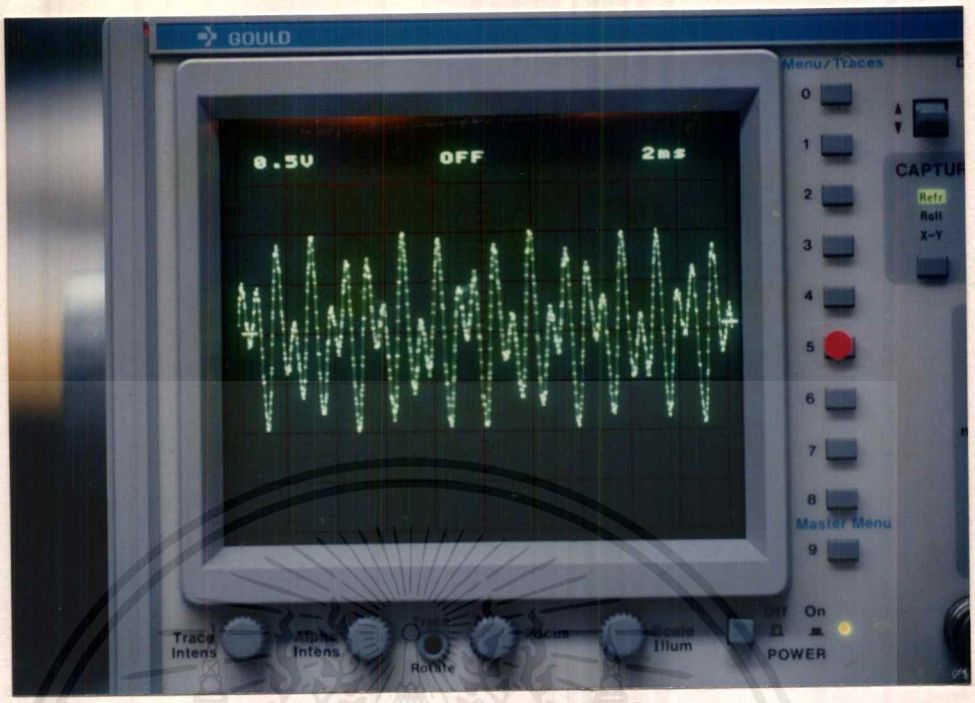



รูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณการกดคีย์ เลข 3

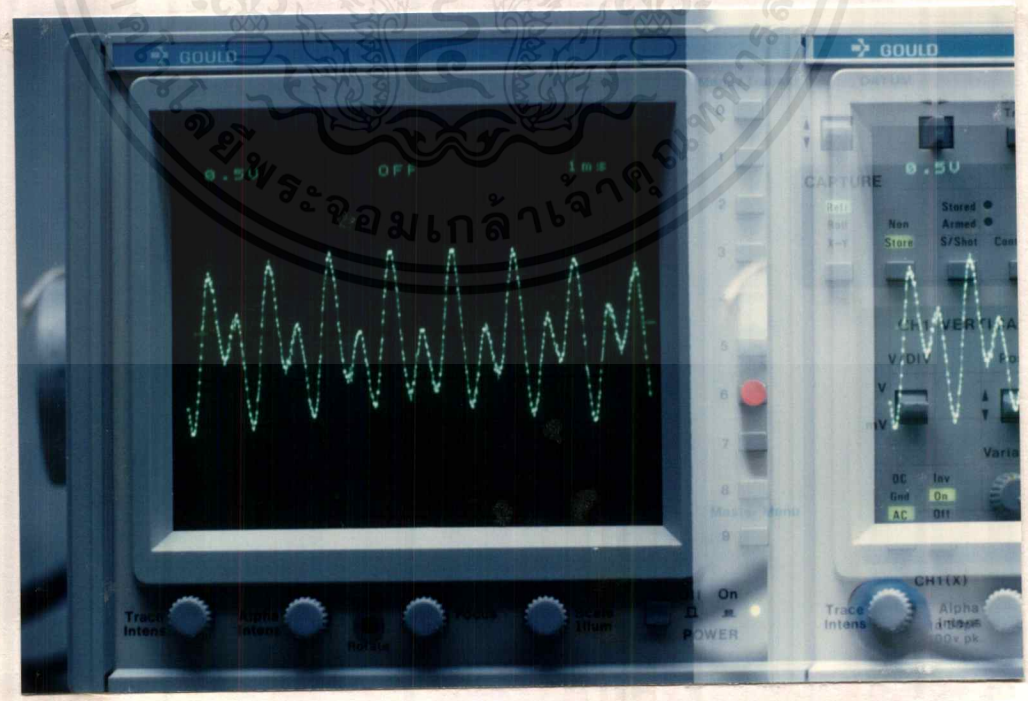



รูปที่ 4.18 แสดงสัญญาณการกดคีย์ เลข 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

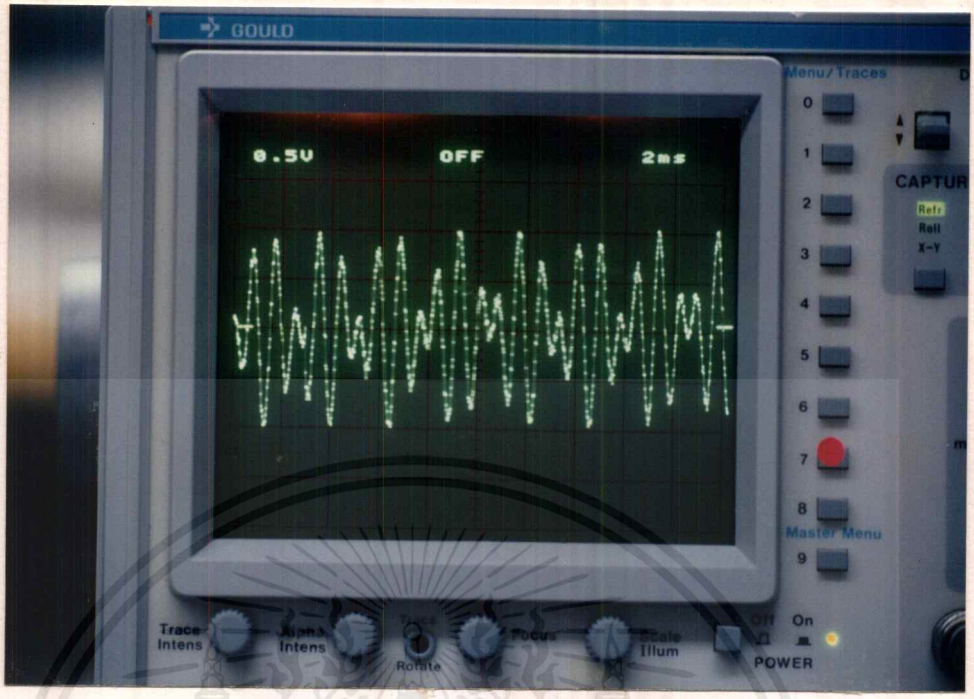



รูปที่ 4.19 แสดงสัญญาณการกดคีย์ เลข 5

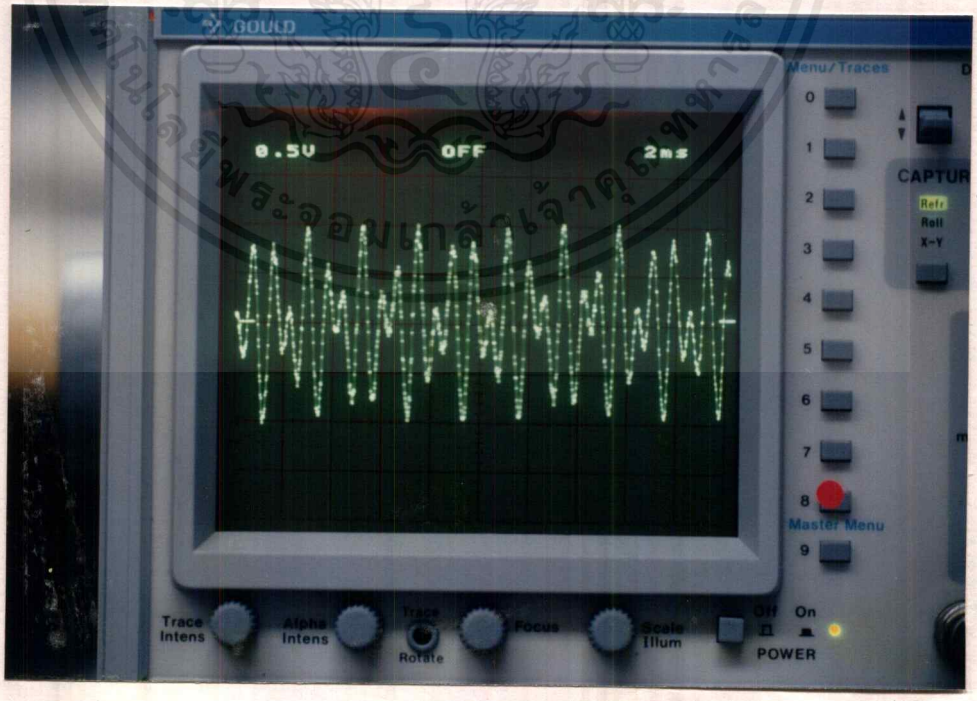



รูปที่ 4.20 แสดงสัญญาณการกดคีย์ เลข 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

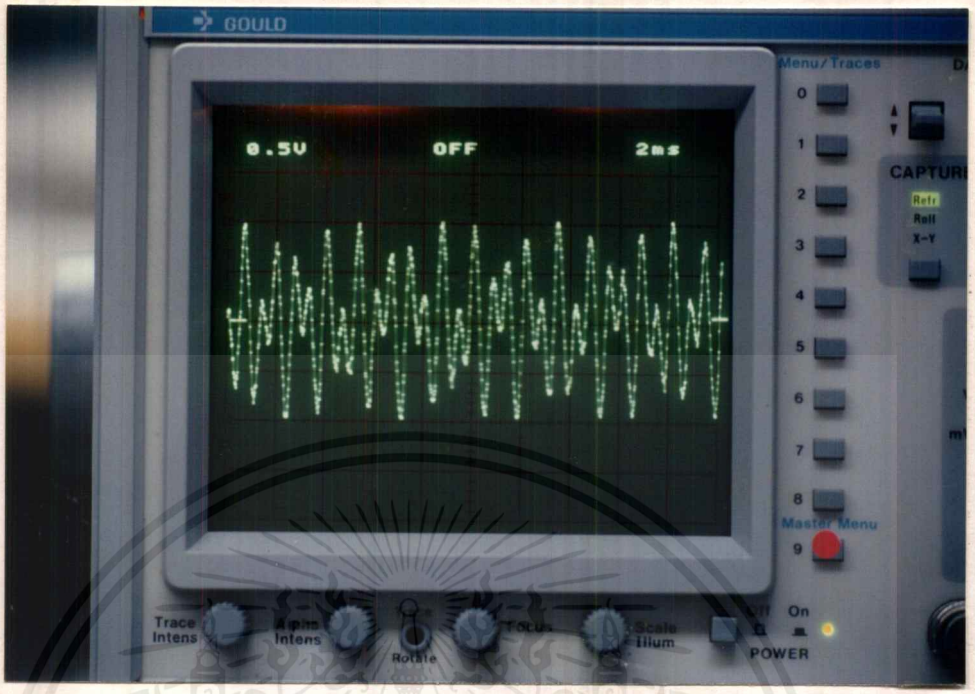



รูปที่ 4.21 แสดงสัญญาณการกดคีย์ เลข 7

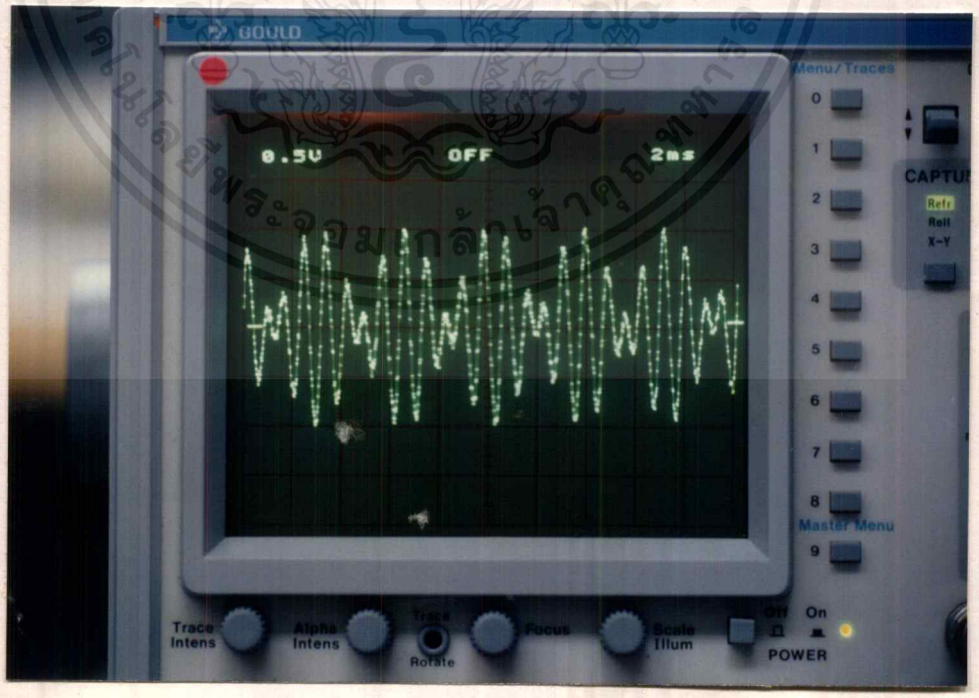



รูปที่ 4.22 แสดงสัญญาณการกดคีย์ เลข 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

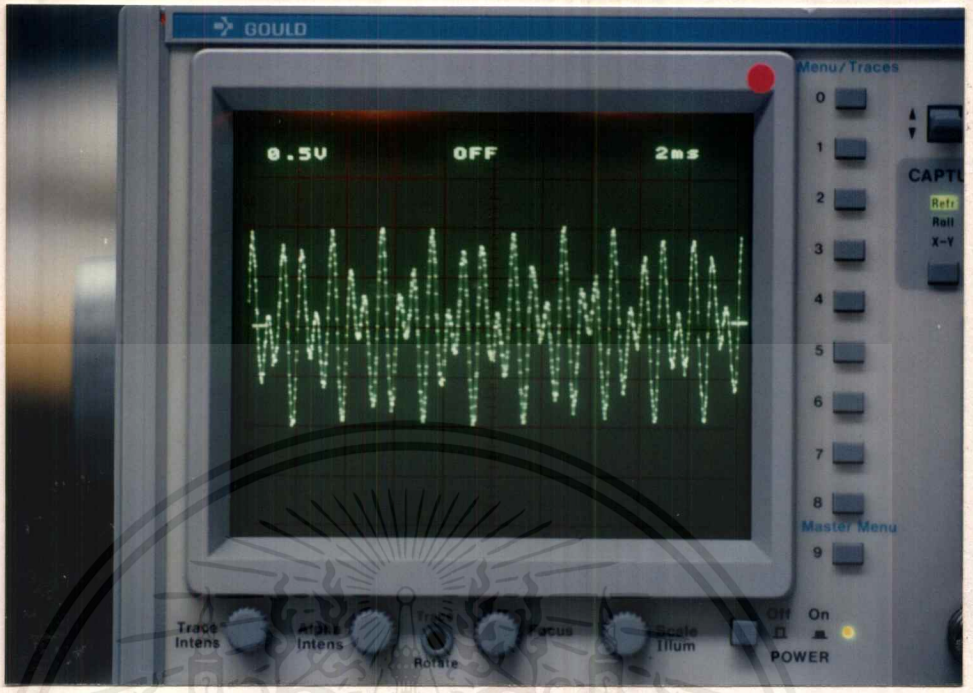



รูปที่ 4.23 แสดงสัญญาณการกดคีย์ เลข 9




รูปที่ 4.24 แสดงสัญญาณการกดคีย์ เลข *

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.25 แสดงสัญญาณการกดคีย์ เลข #

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลอง

ในทุกวันนี้เราสามารถนำเอาโทรศัพท์มาประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์และอำนวยความสะดวกให้แก่เราได้อย่างมากมาย นอกเหนือจากที่มีหน้าที่หลักในการใช้ติดต่อพูดคุยกันเท่านั้น อย่างเช่นจากการทดลองและสร้างเป็นเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทางโทรศัพท์ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำหรับเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทางโทรศัพท์นี้เราออกแบบให้สามารถที่จะควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทั้งหมด 8 อุปกรณ์ โดยที่มีไอซี AT 98C51 เป็นตัวประมวลผลกลางสำหรับควบคุมการทำงานของวงจรทั้งหมด ซึ่งในไอซีตัวนี้จะมีหน่วยความจำภายในชนิดที่สามารถลบได้ด้วยไฟฟ้า ( และสามารถที่จะลบได้หลายพันครั้ง ) จึงทำให้ไม่จำเป็นต้องต่อหน่วยความจำจากภายนอก สำหรับพอร์ตต่างๆที่ต่อใช้งานมี พอร์ต " 0 " ต่อเป็นเอาท์พุทพอร์ตสำหรับควบคุมการเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า , พอร์ต " 1 " ต่อเป็นอินพุทพอร์ตสำหรับรับสัญญาณ DTMF , พอร์ต " 2 " ต่อเป็นเอาท์พุทพอร์ตสำหรับควบคุมสัญญาณเสียงในการโต้ตอบการทำงานกับผู้สั่งงาน และ พอร์ต " 3 " ต่อเป็นเอาท์พุทพอร์ตเช่นกันโดยใช้สำหรับควบคุมการยกหูโทรศัพท์และตัดคู่สายโทรศัพท์เมื่อมีการสั่งงานที่บ้าน

สำหรับไอซี ISD 2590 ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้บันทึกเสียงไว้เพื่อที่จะโต้ตอบการทำงานกับผู้สั่งงานนั้น จากการทดลองสัญญาณเสียงที่ได้จากการเล่นกลับนั้นจะให้คุณภาพเสียงที่ดีไม่มีสัญญาณรบกวน และมีระยะเวลาในการบันทึก/เล่นกลับได้นาน 90 วินาที สามารถเก็บความจำไว้ได้โดยที่ไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรอง นอกจากนี้ยังสามารถบันทึกเสียงได้หลายครั้ง (ในคู่มือบอกว่าสามารถเก็บความจำไว้ได้นาน 100 ปีโดยไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรองและมีวงรอบในการบันทึก 100,000 ครั้ง) ในการบันทึกเสียงและการเล่นกลับนั้นเราสามารถที่จะกำหนดแอดเดรดได้ จึงทำให้สามารถที่จะเลือกเอาเฉพาะข้อความที่เราต้องการในขณะนั้นออกมาได้

การทำงานของเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทางโทรศัพท์มีลำดับขั้นการทำงานโดยแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ กรณีที่มีการสั่งงานทางโทรศัพท์และกรณีที่มีการสั่งงานที่บ้าน มีลำดับขั้นการทำงานดังต่อไปนี้

**กรณีสั่งงานทางโทรศัพท์**

1. เมื่อมีสัญญาณโทรศัพท์เข้ามาจะเริ่มนับสัญญาณ กระดิ่ง (ringing tone)
2. เมื่อสัญญาณกระดิ่งครบตามจำนวนที่ตั้งไว้จะมีเสียงตอบ "สวัสดีครับยินดีต้อนรับเข้าสู่ระบบการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทางโทรศัพท์ กรุณาใส่ Password "
3. รอรหัส Password ถ้า Password ถูกจะไปทำงานตามข้อ 4 ถ้าผิดจะทำข้อ 3.1
   - 3.1 กรณีใส่ Password ผิดในครั้งที่ "1" และ "2" มีเสียงตอบมาว่า " Password ของคุณไม่ถูกต้อง กรุณาใส่ Password อีกครั้ง "
   - 3.2 ถ้าครั้งที่ 3 ยังใส่ Password ไม่ถูกต้องอีกจะมีเสียงตอบ " Password ของคุณไม่ถูกต้องไม่สามารถเข้า ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ ขอบคุณครับ " และจะวางสายโทรศัพท์
4. เข้าสู่การควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้ามีเสียงตอบ " กดปุ่มเครื่องหมายดอกจันทร์เมื่อท่านต้องการทราบว่าเครื่องใช้ ไฟฟ้าเครื่องไหนเปิดอยู่ หรือ กดปุ่มตัวเลขเพื่อเลือกเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จะเปิดหรือปิด "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 กรณีกดเครื่องหมายดอกจันทร์ เครื่องจะตรวจสอบดูว่ามีเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องไหนเปิดอยู่ และก็จะตอบกลับไป

4.2 กรณีกดตัวเลขเลือกเครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องจะตอบ " กด 1 สำหรับเปิด กด 0 สำหรับปิด "

4.2.1 ถ้ากด 1 มีเสียงตอบ " ขณะนี้เครื่องใช้ไฟฟ้าได้เปิดแล้ว " แล้วกลับไปที่ข้อ 4

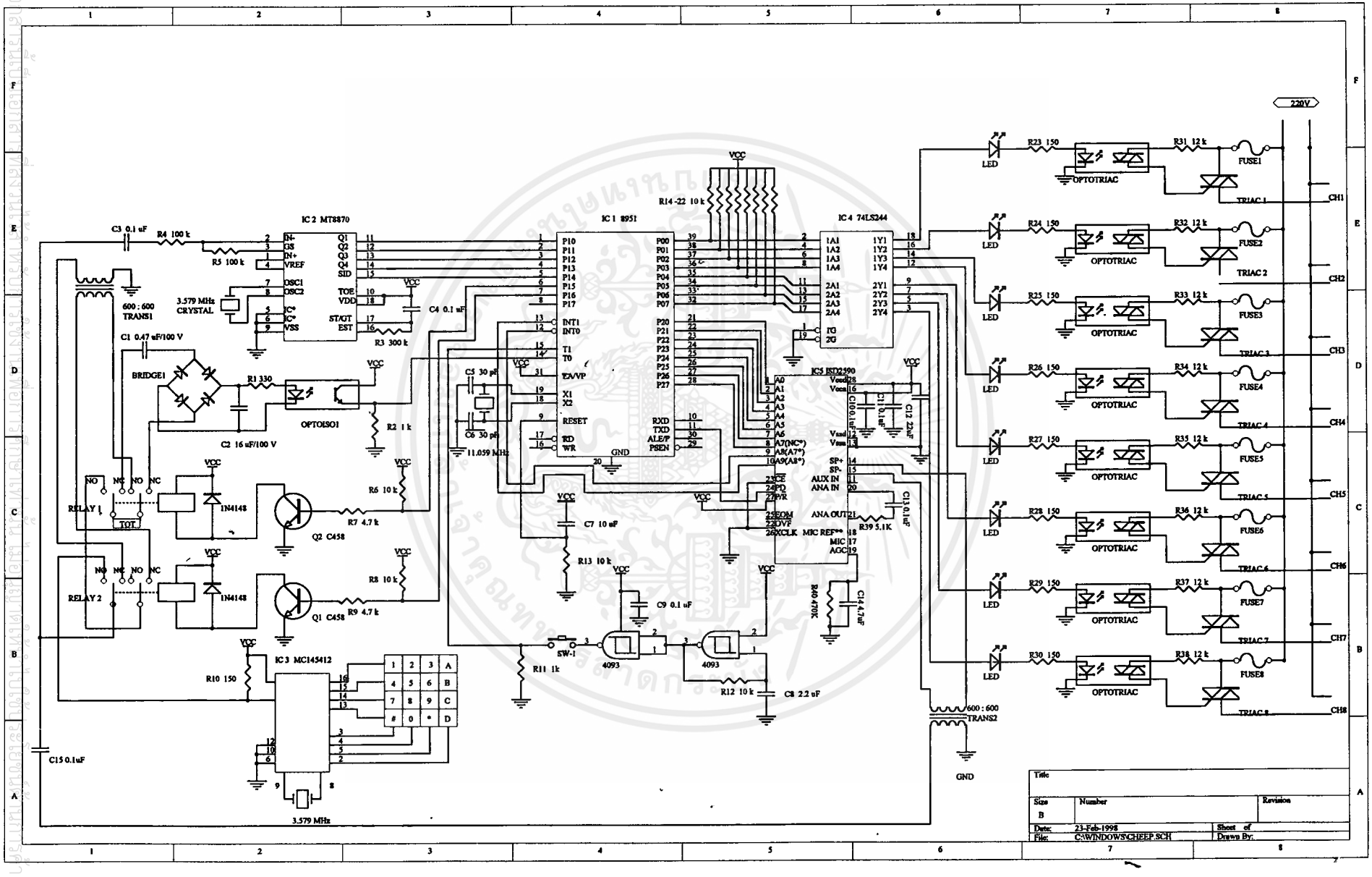
4.2.2 ถ้ากด 0 มีเสียงตอบ " ขณะนี้เครื่องใช้ไฟฟ้าได้ปิดแล้ว " แล้วกลับไปที่ข้อ 4

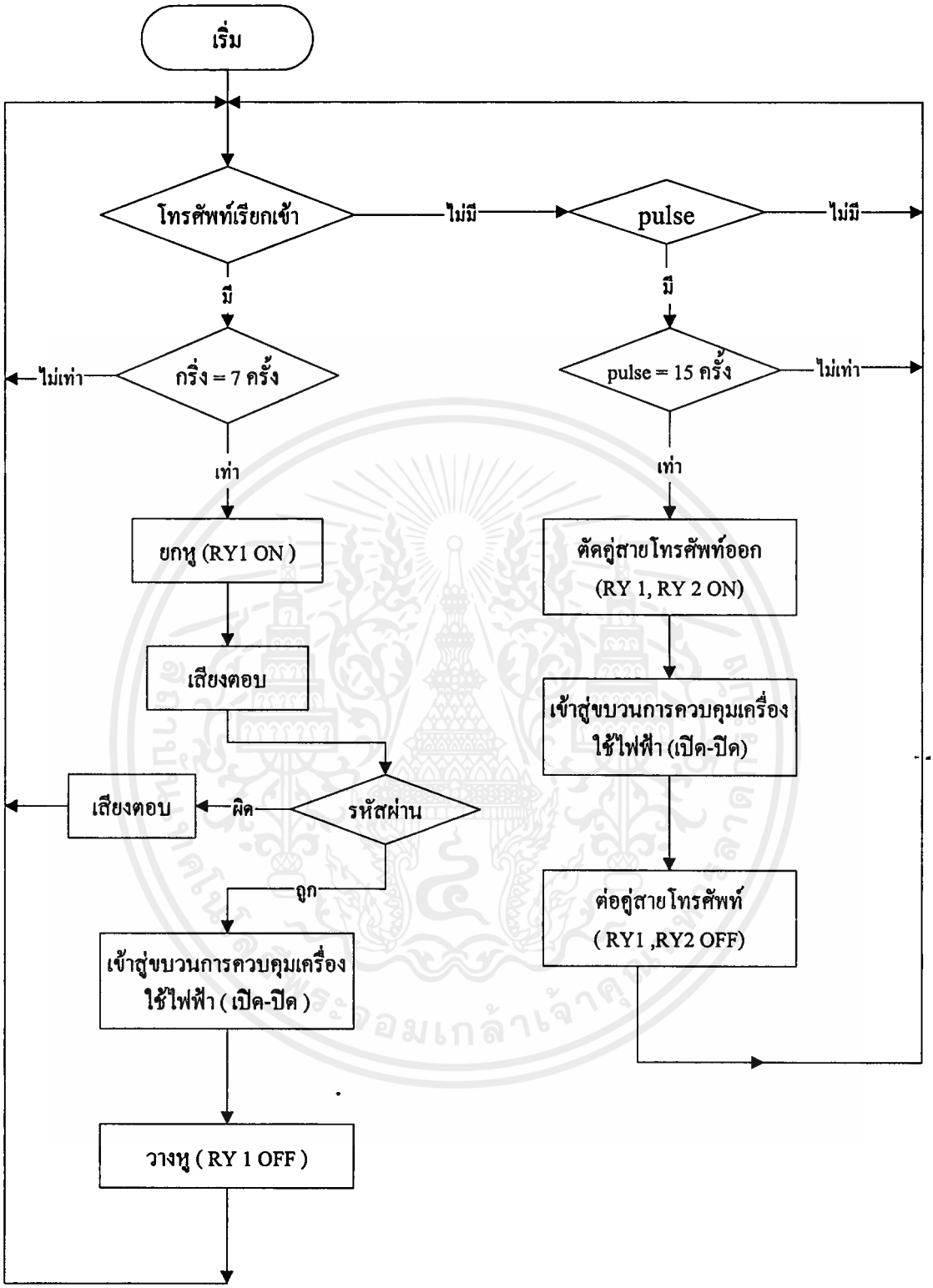
4.2.3 ถ้ากดปุ่มอื่นจะมีเสียงตอบให้เลือกหมายเลข 1 หรือเลข 0 ว่า " กด 1 สำหรับเปิด กด 0 สำหรับปิด "

กรณีสั่งงานที่บ้าน

เมื่อมีการกดสวิชต์เครื่องจะตัดคู่สายโทรศัพท์ออกแล้วจากนั้นก็จะเริ่มทำงานเหมือนกับการสั่งงานทางโทรศัพท์ในขั้นตอนที่ 4

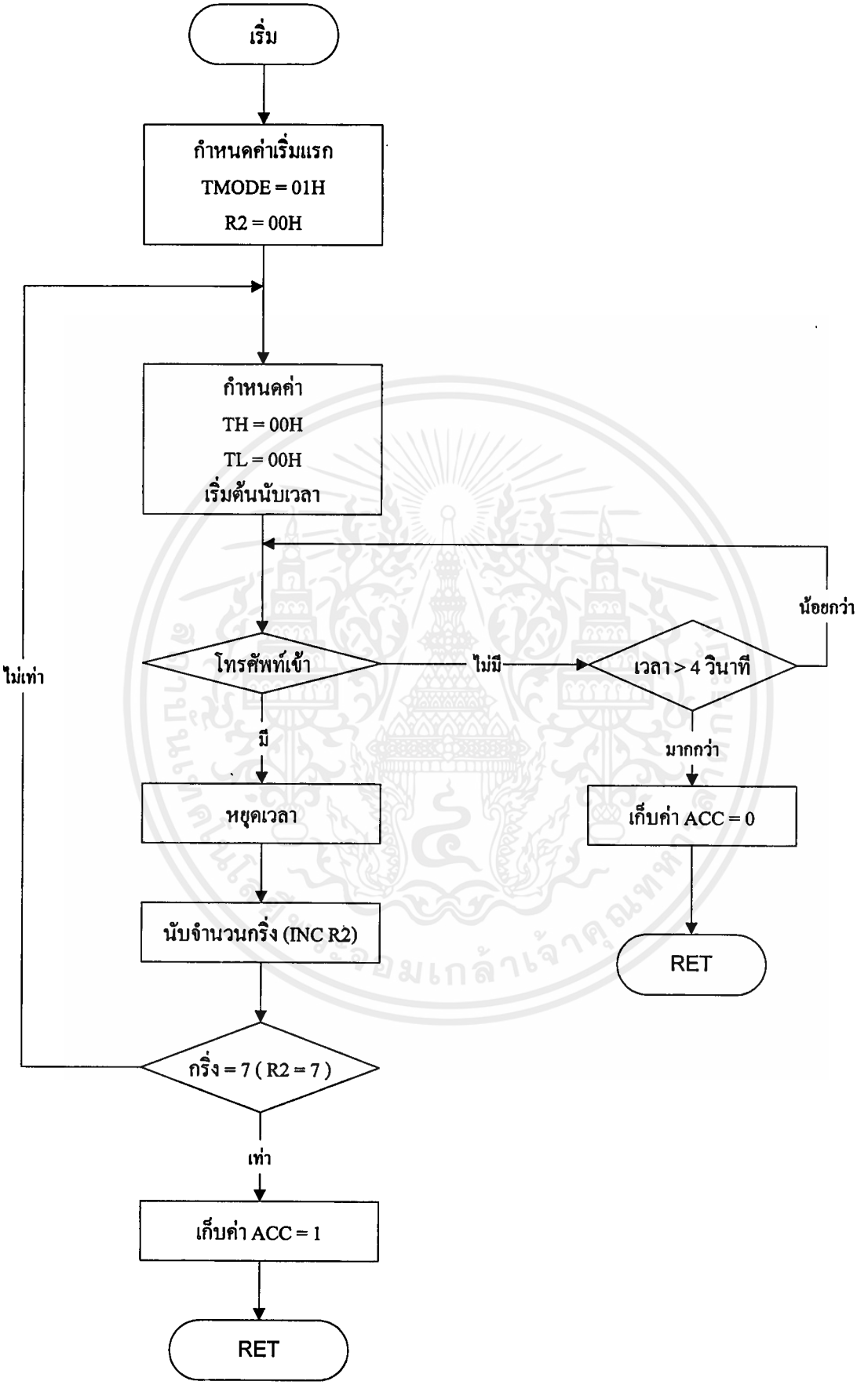
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


IC 1 8951
IC 2 MT8870
IC 3 MC145412
IC 4 74LS244
IC5 ISD2590
220V
3.579 MHz CRYSTAL
11.059 MHz
600 : 600 TRANS1
600 : 600 TRANS2
OPTOISO1
BRIDGE1
RELAY 1
RELAY 2
1N4148
Q1 C458
Q2 C458
OPTOTRIAC
TRIAC 1
TRIAC 2
TRIAC 3
TRIAC 4
TRIAC 5
TRIAC 6
TRIAC 7
TRIAC 8
FUSE1
FUSE2
FUSE3
FUSE4
FUSE5
FUSE6
FUSE7
FUSE8
CH1
CH2
CH3
CH4
CH5
CH6
CH7
CH8
SW-1
4093
GND
VCC
Title
Size B
Number
Revision
Date: 23-Feb-1998
Sheet of
File: C:\WINDOWS\CHEEP.SCH
Drawn By:



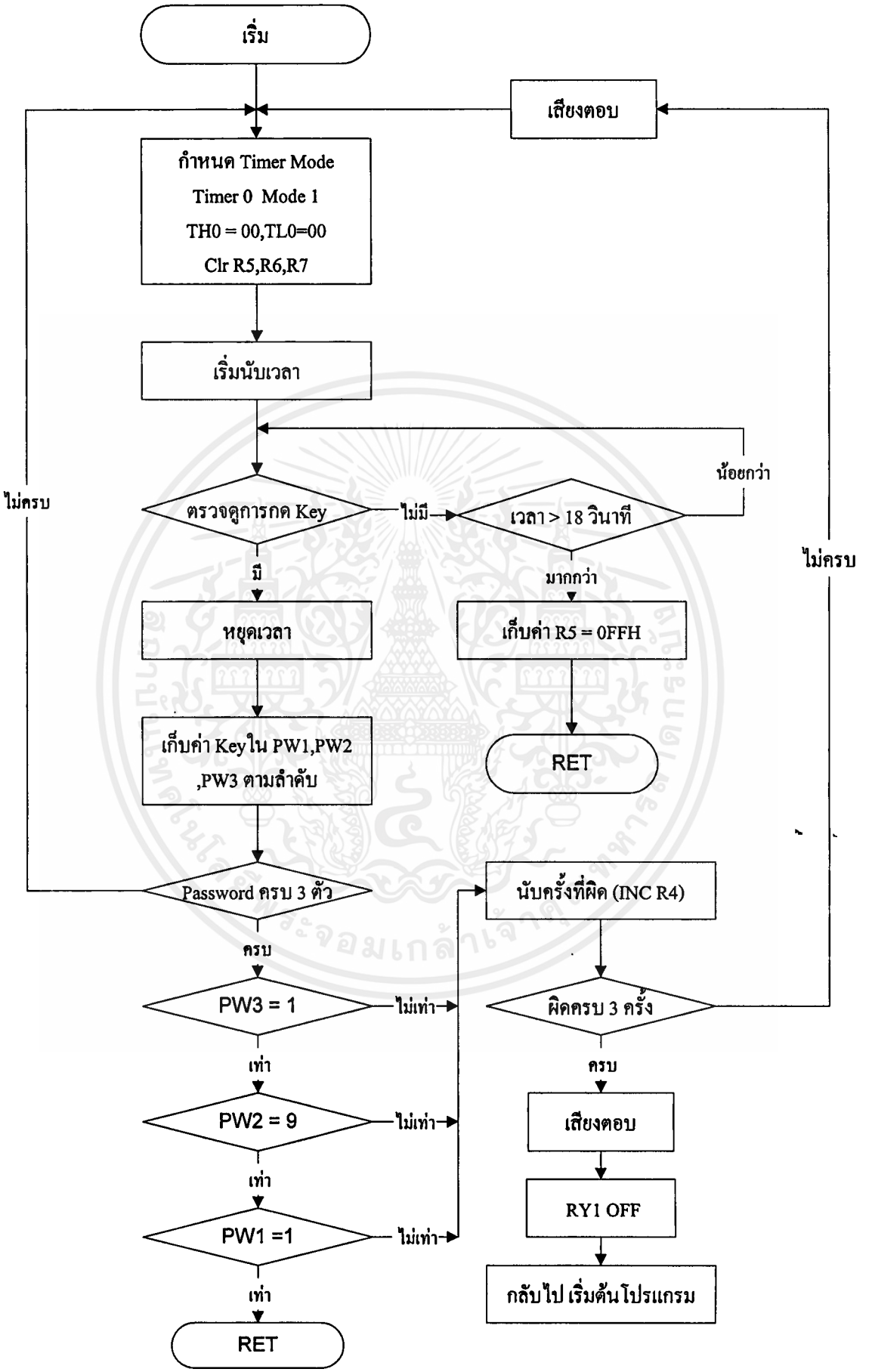

MAIN PROGRAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



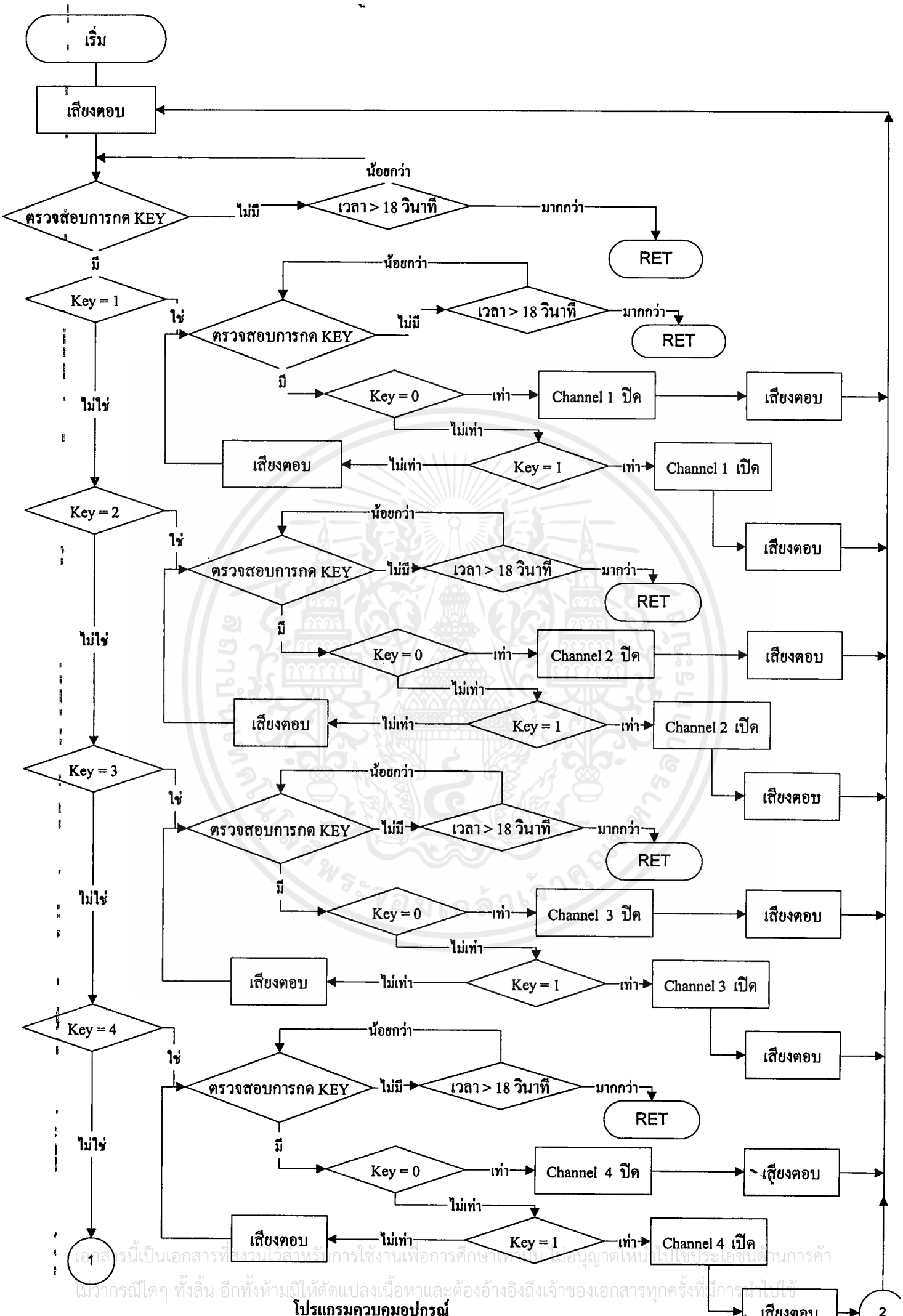

**โปรแกรมตรวจสอบการโทรเข้า**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



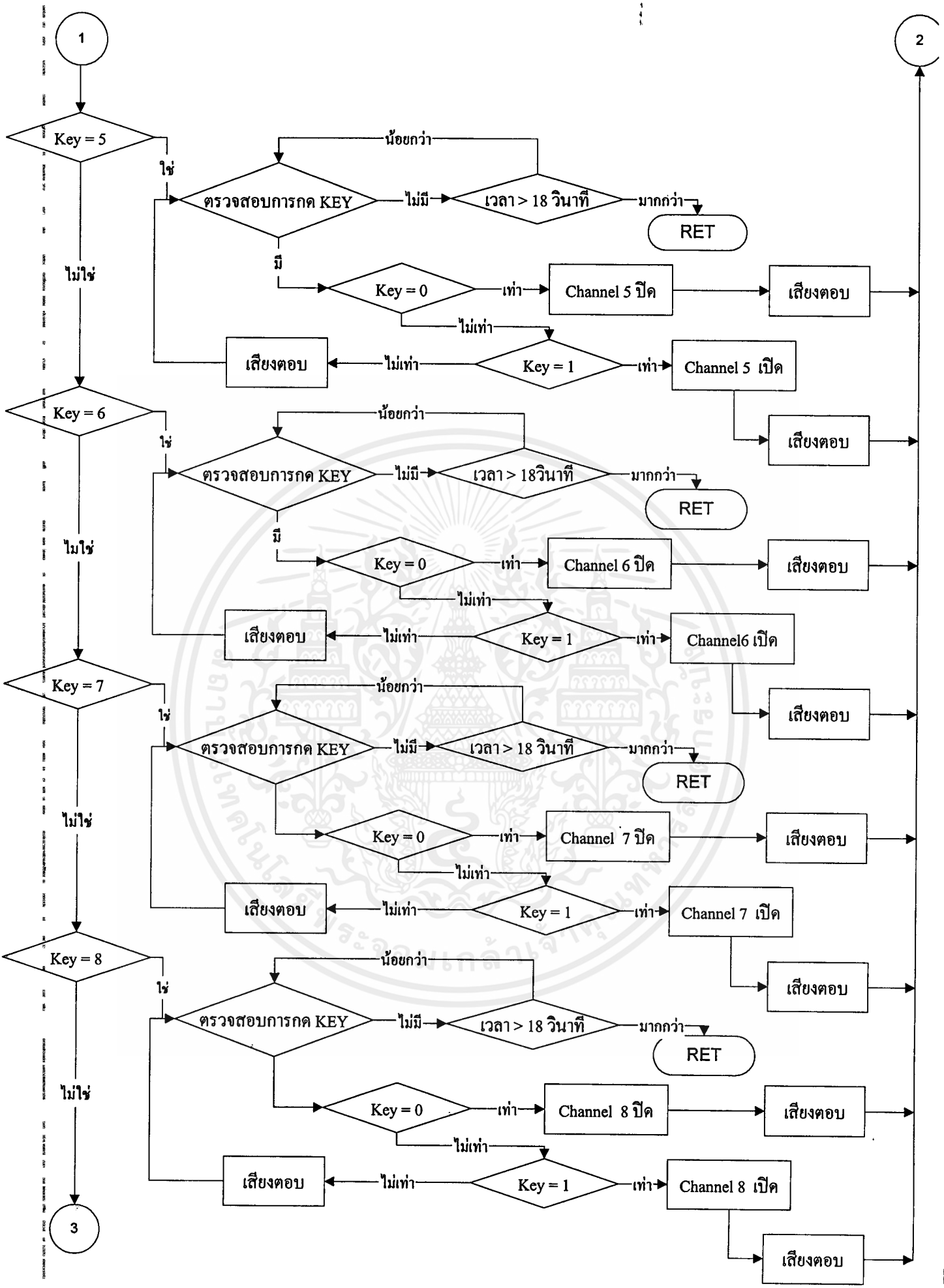

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**โปรแกรมรหัสผ่าน**



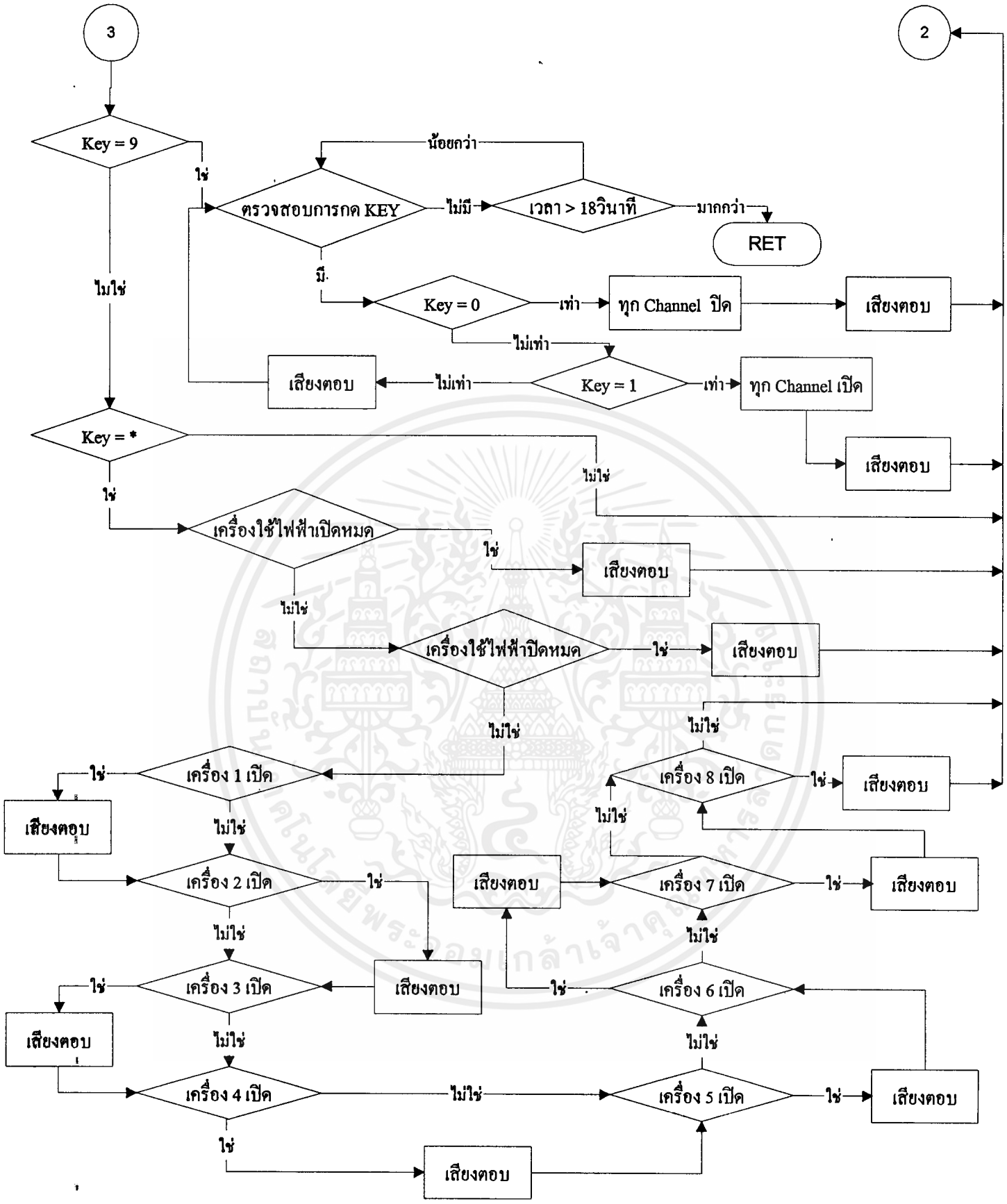

โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**โปรแกรมเปิด ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้า (ต่อ)**




**โปรแกรมเปิด ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้า (ต่อ)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CPU     '8051.TBL'
        HOF     'INT8'
        ORG     0000H
D0:     EQU     90H     ;P1.0
D1:     EQU     91H     ;P1.1
D2:     EQU     92H     ;P1.2
D3:     EQU     93H     ;P1.3
TONE:   EQU     94H     ;P1.4
RELAY0: EQU     95H     ;P1.5
RELAY1: EQU     96H     ;P1.6
RING0:  EQU     0B4H    ;P3.4
RING1:  EQU     0B5H    ;P3.5
P0.0:   EQU     80H
P0.1:   EQU     81H
P0.2:   EQU     82H
P0.3:   EQU     83H
P0.4:   EQU     84H
P0.5:   EQU     85H
P0.6:   EQU     86H
P0.7:   EQU     87H
PW1:    EQU     50H
PW2:    EQU     51H
PW3:    EQU     52H
P0:     EQU     80H
P1:     EQU     90H
P2:     EQU     0A0H
P2.0:   EQU     0A0H
P2.1:   EQU     0A1H
P2.2:   EQU     0A2H
P2.3:   EQU     0A3H
P2.4:   EQU     0A4H
P2.5:   EQU     0A5H
P2.6:   EQU     0A6H
P2.7:   EQU     0A7H
P3:     EQU     0B0H
P3.0:   EQU     0B0H
P3.1:   EQU     0B1H
P3.2:   EQU     0B2H
P3.3:   EQU     0B3H
P3.4:   EQU     0B4H
ACC:    EQU     0E0H
B:      EQU     0F0H
TMOD:   EQU     89H
TL0:    EQU     8AH
TH0:    EQU     8CH
TL1:    EQU     8BH
TH1:    EQU     8DH
TR0:    EQU     8CH
TR1:    EQU     8EH
TF0:    EQU     8DH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TF1:        EQU   8FH
;============ INITIAL I/O PORT =======
    MOV    P1,#1FH
    MOV    P3,#30H
    SETB   P3.1
;============ MAIN PROGRAM ============
START:  JNB    RING0,START1   ;CHECK RINGGING SIGNAL FROM TOT
        LCALL  CHK_RING
        JZ     START
        SETB   RELAY0         ;ON RELAY1
        MOV    R0,#110D       ;TIME 7.2 SEC
        MOV    A,#00B
        LCALL  SOUND
        LCALL  PASSWORD       ;CHK PASSWORD
        LCALL  CONT           ;CONTROL EQUIPMENT
CLR:    CLR    RELAY0         ;END OF WORK
        SJMP   START          ;WAIT RING AGAIN
START1: JNB    RING1,START    ;CHK RING FROM ITSELF
        LCALL  CHK_RING1
        JZ     START
        SETB   RELAY0         ;ON RELAY1
        SETB   RELAY1         ;ON RELAY2
        LCALL  CONTROL        ;CONTROL EQUIPMENT
        CLR    RELAY0         ;END OF WORK
        CLR    RELAY1
        SJMP   START          ;WAIT RING AGAIN
;============ SOUND ============================
SOUND:  MOV    TMOD,#10H      ;TIMER 1 MODE 1
        MOV    TH1,#00H
        MOV    TL1,#00H
        MOV    P2,A
        CLR    P3.1           ;START SOUND
        SETB   TR1
LOOP:   JNB    TF1,LOOP
        JB     TONE,LOOP0
        DEC    R0
        CLR    TF1
        CJNE   R0,#00H,LOOP
LOOP0:  SETB   P3.1
        RET
;============ CHECK RING FROM TOT ==============
CHK_RING:
        MOV    TMOD,#01H      ;TIMER 0 MODE 1
        MOV    R2,#00H        ;CLEAR R2

NEXT:   MOV    R6,#00H
        MOV    TH0,#00H
        MOV    TL0,#00H
        SETB   TR0            ;START TIMER
NEXT_1: JB     RING0,NEXT_2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JNB   TF0,NEXT_1
        INC   R6
        CJNE  R6,#00H,NEXT_3
NEXT_2: CLR   TR0          ;STOP TIMER
WAIT:   JB    RING0,WAIT
        INC   R2           ;INCREASE R2
        CJNE  R2,#07H,NEXT  ;RING = 7 TIME,TO PROCESS CONTROL
        MOV   ACC,#01H
        RET
NEXT_3: CLR   TF0
        CJNE  R6,#46H,NEXT_1 ;WAIT PULSE LOW = 4 SEC
        MOV   ACC,#00H     ;IF PULSE LOW > 4 SEC,RETURN TO START
        RET
;==============CHK RING FROM ITSELF ========
CHK_RING1:
        MOV   TMOD,#01H    ;TIMER 0 MODE 1
        MOV   R2,#00H
NEXT1:  MOV   R6,#00H
        MOV   TH0,#00H
        MOV   TL0,#00H
        SETB  TR0          ;START TIMER
NEXT1_1:
        JB    RING1,NEXT1_2
        JNB   TF0,NEXT1_1
        INC   R6
        CJNE  R6,#00H,NEXT1_3
NEXT1_2: CLR  TR0          ;STOP TIMER
WAIT1:  JB    RING1,WAIT1
        INC   R2
        CJNE  R2,#0FH,NEXT1
        MOV   ACC,#1H
        RET
NEXT1_3:
        CLR   TF0
        CJNE  R6,#70D,NEXT1_1
        MOV   ACC,#00H
        RET
;============ PASSWORD CODE 191 ==================
PASSWORD:
        MOV   R4,#00H
PP:     LCALL PWORD
        CJNE  R5,#0FFH,PP1  ;CHK PRESS KEY WITH IN 16 SEC
        LJMP  CLR          ;NOT PRESS OFF RELAY1
PP1:    MOV   PW1,A        ;SAVE PASSWORD 1ST
        LCALL PWORD
        CJNE  R5,#0FFH,PP2  ;CHK PRESS KEY WITH IN 16 SEC
        LJMP  CLR
PP2:    MOV   PW2,A        ;SAVE PASSWORD 2ND
        LCALL PWORD
        CJNE  R5,#0FFH,PP3  ;CHK PRESS KEY WITH IN 16 SEC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LJMP   CLR
PP3:    CJNE   A,#01H,PW     ;COMPARE 3TH KEY = 1
        MOV    A,PW2
        CJNE   A,#09H,PW     ;COMPARE 2ND KEY = 9
        MOV    A,PW1
        CJNE   A,#01H,PW     ;COMPARE 1ST KEY = 1
        RET
PW:     INC    R4
        CJNE   R4,#03H,PW0   ;INPUT PASSWORD 3 TIME,IF NOT RIGHT
        MOV    R0,#113D      ;TIME 7.35 SEC
        MOV    A,#01001110B
        LCALL  SOUND
        LJMP   CLR           ;END OF WORK
PW0:    MOV    R0,#66D       ;TIME 4.3 SEC
        MOV    A,#00110000B
        LCALL  SOUND
        LJMP   PP
;======== READ KEY ==================
PWORD:  MOV    R6,#00H
        MOV    R7,#00H
        MOV    R5,#00H
        MOV    TMOD,#01H     ;TIMER 0 MODE 1
        MOV    A,#00H
        MOV    TH0,#00H
        MOV    TL0,#00H
        SETB   TR0           ;START TIMER
CHKTONE:
        JB     TONE,DATA     ;CHK PRESS KEY
        JNB    TF0,CHKTONE
        INC    R6
        CJNE   R6,#00H,WAIT_KEY
        INC    R7
WAIT_KEY:
        CLR    TF0
        CJNE   R7,#01H,CHKTONE ;WAIT EACH KEY = 16 SEC
        MOV    R5,#0FFH
        RET
DATA:   CLR    TR0           ;STOP TIME
KEY:    JB     TONE,KEY
        MOV    A,P1          ;SAVE VALUE KEY TO A
        ANL    A,#0FH
        RET
;==============COLTROL EQUIPMENT ==================
CONT:   MOV    R0,#87D
        MOV    A,#11110100B
        LCALL  SOUND
        LCALL  DELAY
CONTROL: MOV   R0,#50D
        MOV    A,#00011111B
        SETB   P3.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            LCALL SOUND
            CLR  P3.2
            LCALL PWORD
            CJNE  A,#0BH,CONT0
            LJMP  STAT
CONT0:  CJNE  R5,#0FFH,CH1  ;NOT PRESS RETURN TO START
            RET
;============= DELAY ============================
DELAY:  MOV   R2,#0FFH
DELAY1: MOV   R1,#0FFH
DELAY0: DJNZ  R1,DELAY0
            DJNZ  R2,DELAY1
            RET
;================================================
;*** CHANNEL 1***
CH1:  CJNE  A,#01H,CH2   ;CONTROL CHANNEL 1
W_CH1: LCALL  SOUN
    LCALL  PWORD
    CJNE  R5,#0FFH,CH_1  ;NOT PRESS RETURN TO START
    RET
CH_1:  CJNE  A,#01H,OFF1   ;KEY = 1 ON EQUIPMENT
    SETB  P0.0
    LCALL  SOUN1
    LCALL  DELAY
    LJMP  CONTROL
OFF1:  CJNE  A,#0AH,W_CH1  ;KEY = 0 OFF EQUIPMENT
    CLR  P0.0
    LCALL  SOUN0
    LCALL  DELAY
    LJMP  CONTROL

;****CHANNEL 2 ***
CH2:  CJNE  A,#02H,CH3   ;CONTROL CHANNEL 2
W_CH2: LCALL  SOUN
    LCALL  PWORD
    CJNE  R5,#0FFH,CH_2  ;NOT PRESS RETURN TO START
    RET
CH_2:  CJNE  A,#01H,OFF2   ;KEY = 1 ON EQUIPMENT
    SETB  P0.1
    LCALL  SOUN1
    LCALL  DELAY
    LJMP  CONTROL
OFF2:  CJNE  A,#0AH,W_CH2  ;KEY = 0 OFF EQUIPMENT
    CLR  P0.1
    LCALL  SOUN0
    LCALL  DELAY
    LJMP  CONTROL

;*** CHANNEL 3***
CH3:  CJNE  A,#03H,CH4   ;CONTROL CHANNEL 3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
W_CH3: LCALL  SOUN
       LCALL  PWORD
       CJNE   R5,#0FFH,CH_3  ;NOT PRESS RETURN TO START
       RET
CH_3:  CJNE   A,#01H,OFF3    ;KEY = 1 ON EQUIPMENT
       SETB   P0.2
       LCALL  SOUN1
       LCALL  DELAY
       LJMP   CONTROL
OFF3:  CJNE   A,#0AH,W_CH3  ;KEY = 0 OFF EQUIPMENT
       CLR    P0.2
       LCALL  SOUN0
       LCALL  DELAY
CON:   LJMP   CONTROL

;****CHANNEL 4 ***
CH4:   CJNE   A,#04H,CH5    ;CONTROL CHANNEL 4
W_CH4: LCALL  SOUN
       LCALL  PWORD
       CJNE   R5,#0FFH,CH_4  ;NOT PRESS RETURN TO START
       RET
CH_4:  CJNE   A,#01H,OFF4    ;KEY = 1 ON EQUIPMENT
       SETB   P0.3
       LCALL  SOUN1
       LCALL  DELAY
       LJMP   CONTROL
OFF4:  CJNE   A,#0AH,W_CH4   ;KEY = 0 OFF EQUIPMENT
       CLR    P0.3
       LCALL  SOUN0
       LCALL  DELAY
       LJMP   CONTROL

;****CHANNEL 5 ***
CH5:   CJNE   A,#05H,CH6    ;CONTROL CHANNEL 5
W_CH5: LCALL  SOUN
       LCALL  PWORD
       CJNE   R5,#0FFH,CH_5  ;NOT PRESS RETURN TO START
       RET
CH_5:  CJNE   A,#01H,OFF5    ;KEY = 1 ON EQUIPMENT
       SETB   P0.4
       LCALL  SOUN1
       LCALL  DELAY
       LJMP   CONTROL
OFF5:  CJNE   A,#0AH,W_CH5   ;KEY = 0 OFF EQUIPMENT
       CLR    P0.4
       LCALL  SOUN0
       LCALL  DELAY
       LJMP   CONTROL
;*** CHANNEL 6***
CH6:   CJNE   A,#06H,CH7    ;CONTROL CHANNEL 6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
W_CH6: LCALL  SOUN
       LCALL  PWORD
       CJNE   R5,#0FFH,CH_6  ;NOT PRESS RETURN TO START
       RET
CH_6:  CJNE   A,#01H,OFF6    ;KEY = 1 ON EQUIPMENT
       SETB   P0.5
       LCALL  SOUN1
       LCALL  DELAY
       LJMP   CONTROL
OFF6:  CJNE   A,#0AH,W_CH6   ;KEY = 0 OFF EQUIPMENT
       CLR    P0.5
       LCALL  SOUN0
       LCALL  DELAY
       LJMP   CONTROL

;*** CHANNEL 7***
CH7:   CJNE   A,#07H,CH8     ;CONTROL CHANNEL 7
W_CH7: LCALL  SOUN
       LCALL  PWORD
       CJNE   R5,#0FFH,CH_7  ;NOT PRESS RETURN TO START
       RET
CH_7:  CJNE   A,#01H,OFF7    ;KEY = 1 ON EQUIPMENT
       SETB   P0.6
       LCALL  SOUN1
       LCALL  DELAY
RCT:   LJMP   CONTROL
OFF7:  CJNE   A,#0AH,W_CH7   ;KEY = 0 OFF EQUIPMENT
       CLR    P0.6
       LCALL  SOUN0
       LCALL  DELAY
       LJMP   CONTROL

;****CHANNEL 8 ***
CH8:   CJNE   A,#08H,CH0     ;CONTROL CHANNEL 8
W_CH8: LCALL  SOUN
       LCALL  PWORD
       CJNE   R5,#0FFH,CH_8  ;NOT PRESS RETURN TO START
       RET
CH_8:  CJNE   A,#01H,OFF8    ;KEY = 1 ON EQUIPMENT
       SETB   P0.7
       LCALL  SOUN1
       LCALL  DELAY
       LJMP   CONTROL
OFF8:  CJNE   A,#0AH,W_CH8   ;KEY = 0 OFF EQUIPMENT
       CLR    P0.7
       LCALL  SOUN0
       LCALL  DELAY
CRT1:  LJMP   CONTROL

;******* ALL CHANNEL ********
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CH0:  CJNE  A,#09H,CRT1   ;CONTROL ALL CHANNEL
W_CH0: LCALL  SOUN
       LCALL  PWORD
       CJNE   R5,#0FFH,CH_0  ;NOT PRESS RETURN TO START
       RET
CH_0:  CJNE   A,#01H,OFF0   ;KEY = 1 ON EQUIPMENT
       MOV    A,#0FFH
       MOV    P0,A
       LCALL  SOUN1
       LCALL  DELAY
       LJMP   CONTROL
OFF0:  CJNE   A,#0AH,W_CH0  ;KEY = 0 OFF EQUIPMENT
       MOV    A,#00H
       MOV    P0,A
       LCALL  SOUN0
       LCALL  DELAY
       LJMP   CONTROL
;=====================================
SOUN:  MOV    R0,#66D
       MOV    A,#10100111B
       LCALL  SOUND
       RET
SOUN0: MOV    R0,#43D
       MOV    A,#11011111B
       LCALL  SOUND
       RET
SOUN1: MOV    R0,#40D
       MOV    A,#11001101B
       LCALL  SOUND
       RET
;*************************************
SOUND0: MOV   TMOD,#10H    ;TIMER 1 MODE 1
       MOV    TH1,#00H
       MOV    TL1,#00H
       MOV    P2,A
       CLR    P3.1         ;START SOUND
       SETB   TR1
LOP:   JNB    TF1,LOP
       DEC    R0
       CLR    TF1
       CJNE   R0,#00H,LOP
       SETB   P3.1
       RET
;=====================================
STAT:  MOV    A,P0
       CJNE   A,#0FFH,STAT0       ;ALL CH "ON"
       MOV    R0,#45D
       MOV    A,#00111010B
       SETB   P3.2
       LCALL  SOUND0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CLR   P3.2
        LCALL  DELAY
        LJMP   CONTROL
STAT0: CJNE   A,#00H,STAT1        ;ALL CH "OFF"
        MOV    R0,#45D
        MOV    A,#01001110B
        SETB   P3.2
        LCALL  SOUND0
        CLR    P3.2
        LCALL  DELAY
        LJMP   CONTROL

STAT1: JNB    P0.0,STAT2
        MOV    R0,#20D
        MOV    A,#01100110B
        SETB   P3.2
        LCALL  SOUND0
        CLR    P3.2
        LCALL  DELAY

STAT2: JNB    P0.1,STAT3
        MOV    R0,#19D
        MOV    A,#01110000B
        SETB   P3.2
        LCALL  SOUND0
        CLR    P3.2
        LCALL  DELAY

STAT3: JNB    P0.2,STAT4
        MOV    R0,#19D
        MOV    A,#01111010B
        SETB   P3.2
        LCALL  SOUND0
        CLR    P3.2
        LCALL  DELAY

STAT4: JNB    P0.3,STAT5
        MOV    R0,#22D
        MOV    A,#10000011B
        SETB   P3.2
        LCALL  SOUND0
        CLR    P3.2
        LCALL  DELAY

STAT5: JNB    P0.4,STAT6
        MOV    R0,#19D
        MOV    A,#10001110B
        SETB   P3.2
        LCALL  SOUND0
        CLR    P3.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL  DELAY

STAT6:  JNB    P0.5,STAT7
        MOV    R0,#20D
        MOV    A,#10011000B
        SETB   P3.2
        LCALL  SOUND0
        CLR    P3.2
        LCALL  DELAY

STAT7:  JNB    P0.6,STAT8
        MOV    R0,#25D
        MOV    A,#10100000B
        SETB   P3.2
        LCALL  SOUND0
        CLR    P3.2
        LCALL  DELAY

STAT8:  JNB    P0.7,STAT9
        MOV    R0,#16D
        MOV    A,#10101110B
        SETB   P3.2
        LCALL  SOUND0
        CLR    P3.2
        LCALL  DELAY

STAT9:  LJMP   CONTROL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Features

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

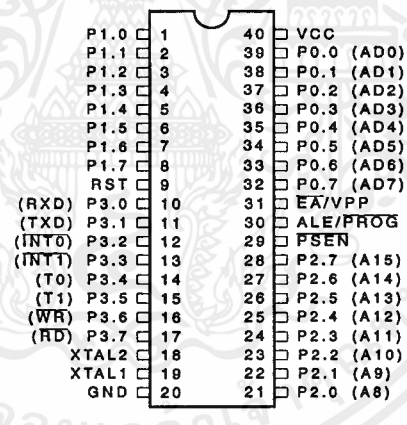
## Description

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

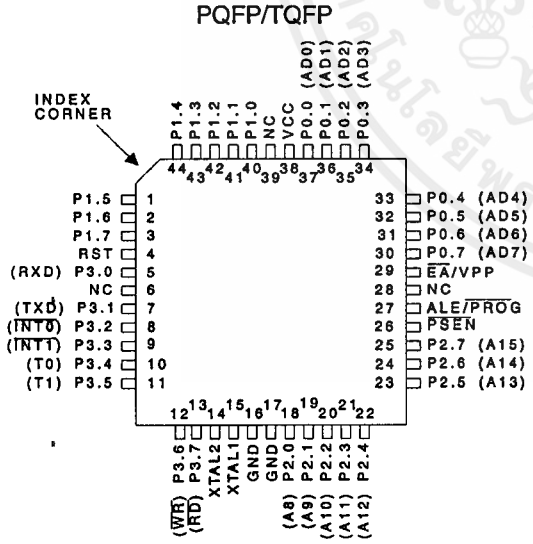
*(continued)*

## Pin Configurations

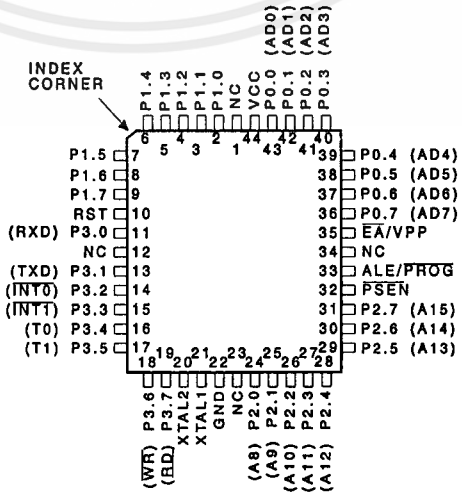
PDIP




PQFP/TQFP




PLCC



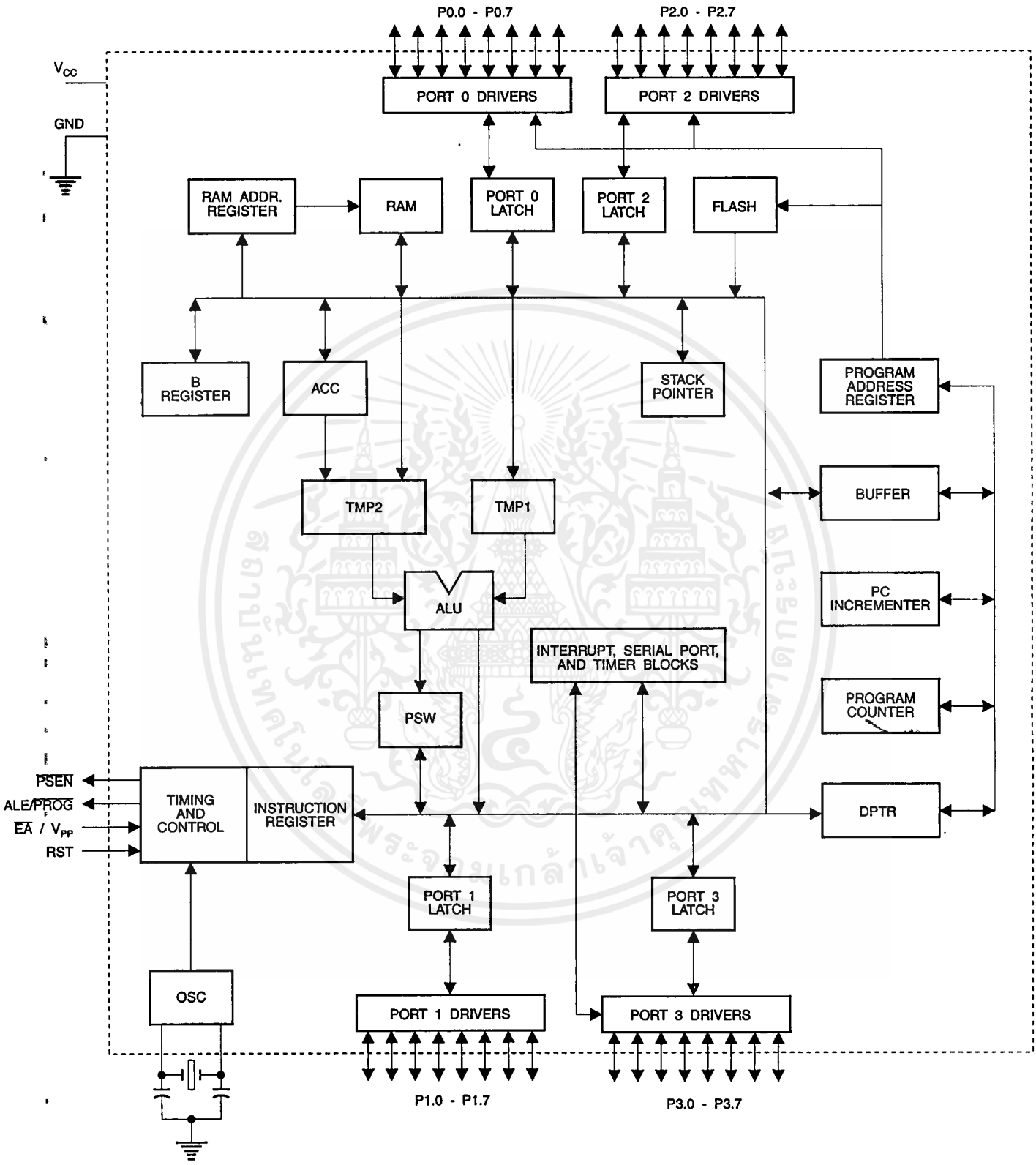

# 8-Bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

# AT89C51

0265F-A-12/9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Block Diagram






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

## Pin Description

**$V_{CC}$**
Supply voltage.

**GND**
Ground.

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

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

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

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

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

**Port 2**
Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current ($I_{IL}$) because of the internal pullups.

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

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

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

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

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

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

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

**ALE/$\overline{PROG}$**
Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during Flash programming.

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

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

**$\overline{PSEN}$**
Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

When the AT89C51 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

**$\overline{EA}$/$V_{PP}$**
External Access Enable. $\overline{EA}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{EA}$ will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$ should be strapped to $V_{CC}$ for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage ($V_{PP}$) during Flash programming, for parts that require 12-volt $V_{PP}$.

**XTAL1**
Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

**XTAL2**
Output from the inverting oscillator amplifier.

## Oscillator Characteristics

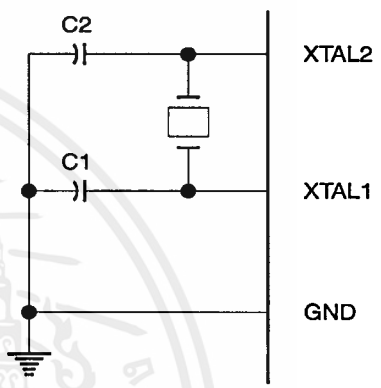
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

## Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

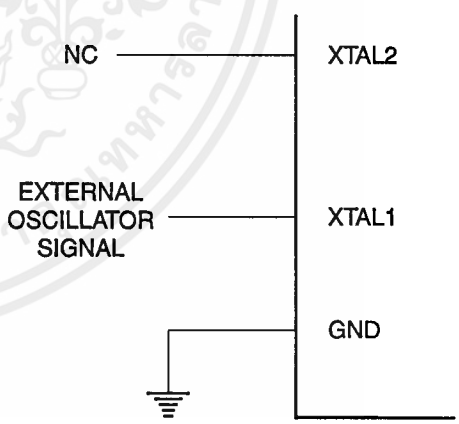
It should be noted that when idle is terminated by a hard ware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

**Figure 1.** Oscillator Connections




Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

**Figure 2.** External Clock Drive Configuration




## Status of External Pins During Idle and Power Down Modes

| Mode | Program Memory | ALE | $\overline{PSEN}$ | PORT0 | PORT1 | PORT2 | PORT3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Idle | Internal | 1 | 1 | Data | Data | Data | Data |
| Idle | External | 1 | 1 | Float | Data | Address | Data |
| Power Down | Internal | 0 | 0 | Data | Data | Data | Data |
| Power Down | External | 0 | 0 | Float | Data | Data | Data |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Power Down Mode

In the power down mode the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power down mode is terminated. The only exit from power down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before $V_{CC}$ is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

## Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below:

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the $\overline{EA}$ pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of $\overline{EA}$ be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

## Lock Bit Protection Modes

| Program Lock Bits | | | | Protection Type |
|---|---|---|---|---|
| | LB1 | LB2 | LB3 | |
| 1 | U | U | U | No program lock features. |
| 2 | P | U | U | MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, $\overline{EA}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled. |
| 3 | P | P | U | Same as mode 2, also verify is disabled. |
| 4 | P | P | P | Same as mode 3, also external execution is disabled. |

## Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage ($V_{CC}$) program enable signal. The low voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

| | $V_{PP}$ = 12V | $V_{PP}$ = 5V |
|---|---|---|
| Top-Side Mark | AT89C51<br>xxxx<br>yyww | AT89C51<br>xxxx-5<br>yyww |
| Signature | (030H)=1EH<br>(031H)=51H<br>(032H)=FFH | (030H)=1EH<br>(031H)=51H<br>(032H)=05H |

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

**Programming Algorithm:** Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 3 and 4. To program the AT89C51, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise $\overline{EA}/V_{PP}$ to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/$\overline{PROG}$ once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

**$\overline{Data}$ Polling:** The AT89C51 features $\overline{Data}$ Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. $\overline{Data}$ Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

**Ready/$\overline{Busy}$:** The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/$\overline{BSY}$ output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Program Verify:** If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

**Chip Erase:** The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/$\overline{PROG}$ low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

**Reading the Signature Bytes:** The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H,

031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

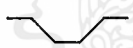
(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(031H) = 51H indicates 89C51
(032H) = FFH indicates 12V programming
(032H) = 05H indicates 5V programming

## Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

## Flash Programming Modes

| Mode | | RST | $\overline{PSEN}$ | ALE/$\overline{PROG}$ | $\overline{EA}$/$V_{PP}$ | P2.6 | P2.7 | P3.6 | P3.7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Write Code Data | | H | L |  | H/12V | L | H | H | H |
| Read Code Data | | H | L | H | H | L | L | H | H |
| Write Lock | Bit - 1 | H | L |  | H/12V | H | H | H | H |
| | Bit - 2 | H | L |  | H/12V | H | H | L | L |
| | Bit - 3 | H | L |  | H/12V | H | L | H | L |
| Chip Erase | | H | L |  (1) | H/12V | H | L | L | L |
| Read Signature Byte | | H | L | H | H | L | L | L | L |

Note: 1. Chip Erase requires a 10-ms PROG pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Figure 3.** Programming the Flash

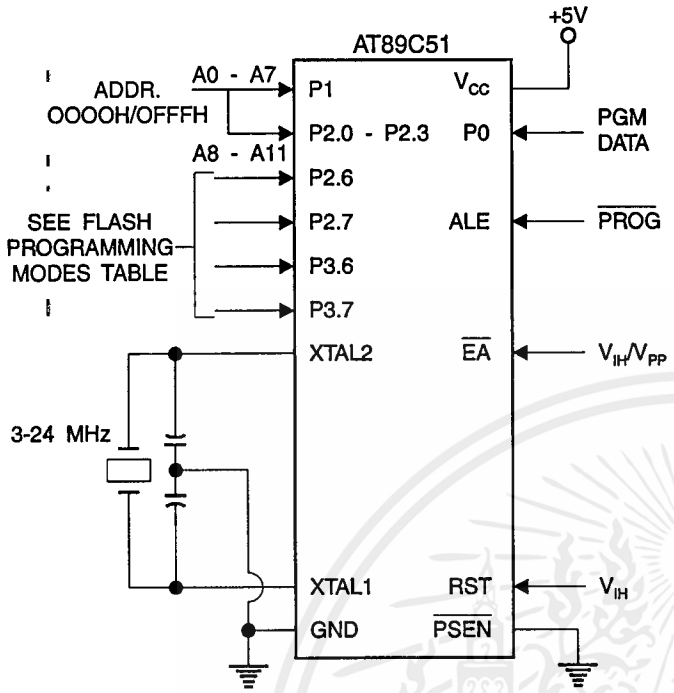
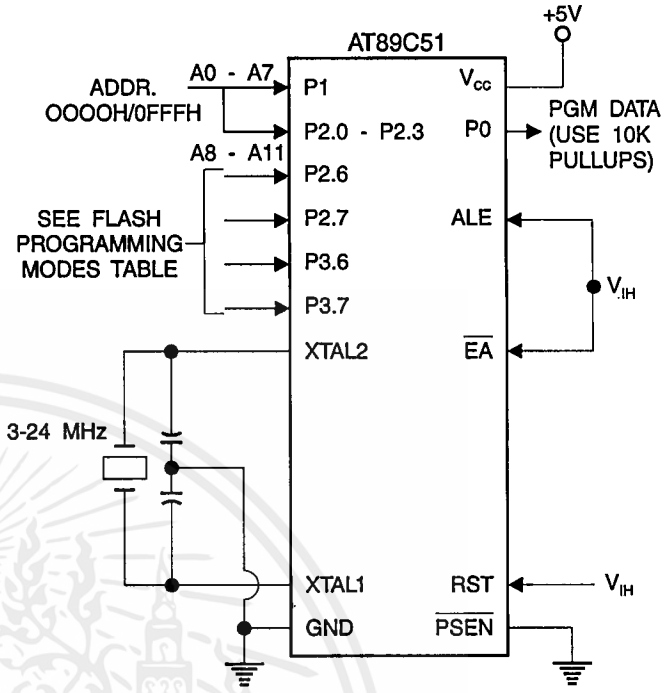



**Figure 4.** Verifying the Flash




## Flash Programming and Verification Characteristics

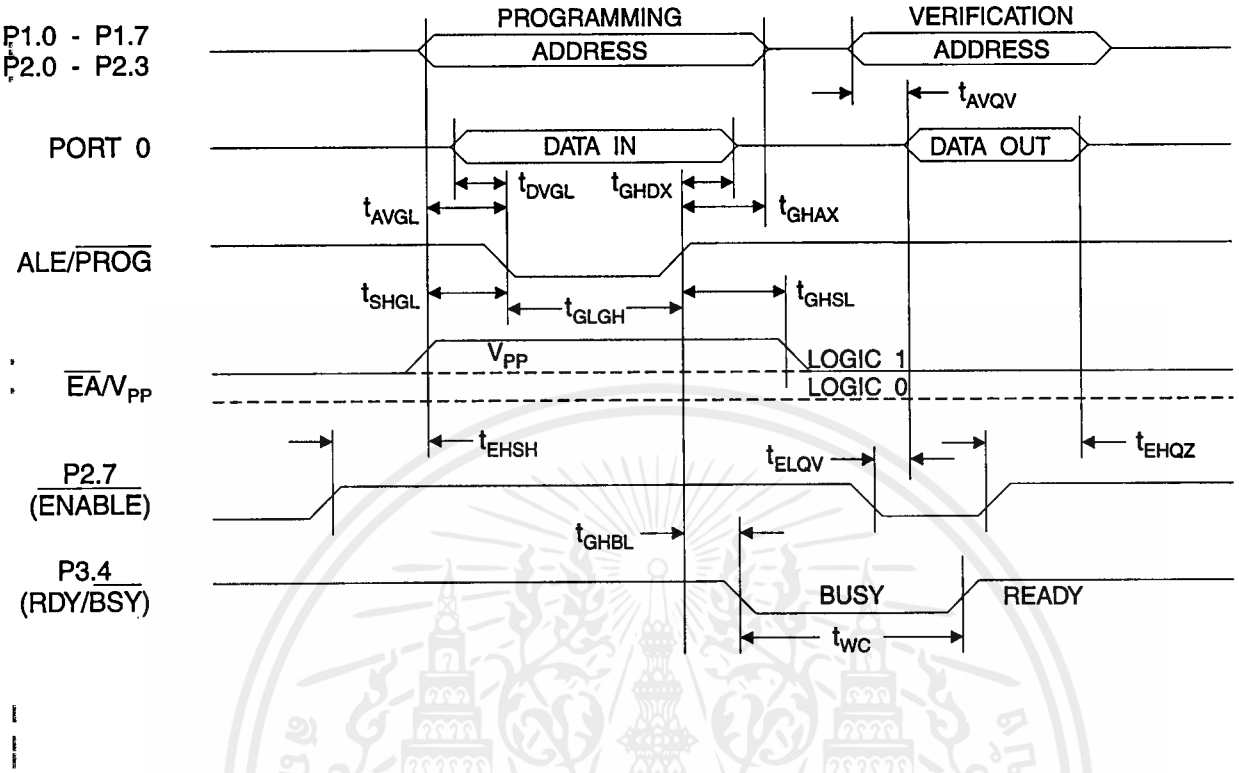
$T_A$ = 0°C to 70°C, $V_{CC}$ = 5.0 ± 10%

| Symbol | Parameter | Min | Max | Units |
|---|---|---|---|---|
| $V_{PP}$;(1) | Programming Enable Voltage | 11.5 | 12.5 | V |
| $I_{PP}$(1) | Programming Enable Current | | 1.0 | mA |
| $1/t_{CLCL}$ | Oscillator Frequency | 3 | 24 | MHz |
| $t_{AVGL}$ | Address Setup to $\overline{PROG}$ Low | $48t_{CLCL}$ | | |
| $t_{GHAX}$ | Address Hold After $\overline{PROG}$ | $48t_{CLCL}$ | | |
| $t_{DVGL}$ | Data Setup to $\overline{PROG}$ Low | $48t_{CLCL}$ | | |
| $t_{GHDX}$ | Data Hold After $\overline{PROG}$ | $48t_{CLCL}$ | | |
| $t_{EHSH}$ | P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to $V_{PP}$ | $48t_{CLCL}$ | | |
| $t_{SHGL}$ | $V_{PP}$ Setup to $\overline{PROG}$ Low | 10 | | µs |
| $t_{GHSL}$(1) | $V_{PP}$ Hold After $\overline{PROG}$ | 10 | | µs |
| $t_{GLGH}$ | $\overline{PROG}$ Width | 1 | 110 | µs |
| $t_{AVQV}$ | Address to Data Valid | | $48t_{CLCL}$ | |
| $t_{ELQV}$ | $\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid | | $48t_{CLCL}$ | |
| $t_{EHQZ}$ | Data Float After $\overline{ENABLE}$ | 0 | $48t_{CLCL}$ | |
| $t_{GHBL}$ | $\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low | | 1.0 | µs |
| $t_{WC}$ | Byte Write Cycle Time | | 2.0 | ms |

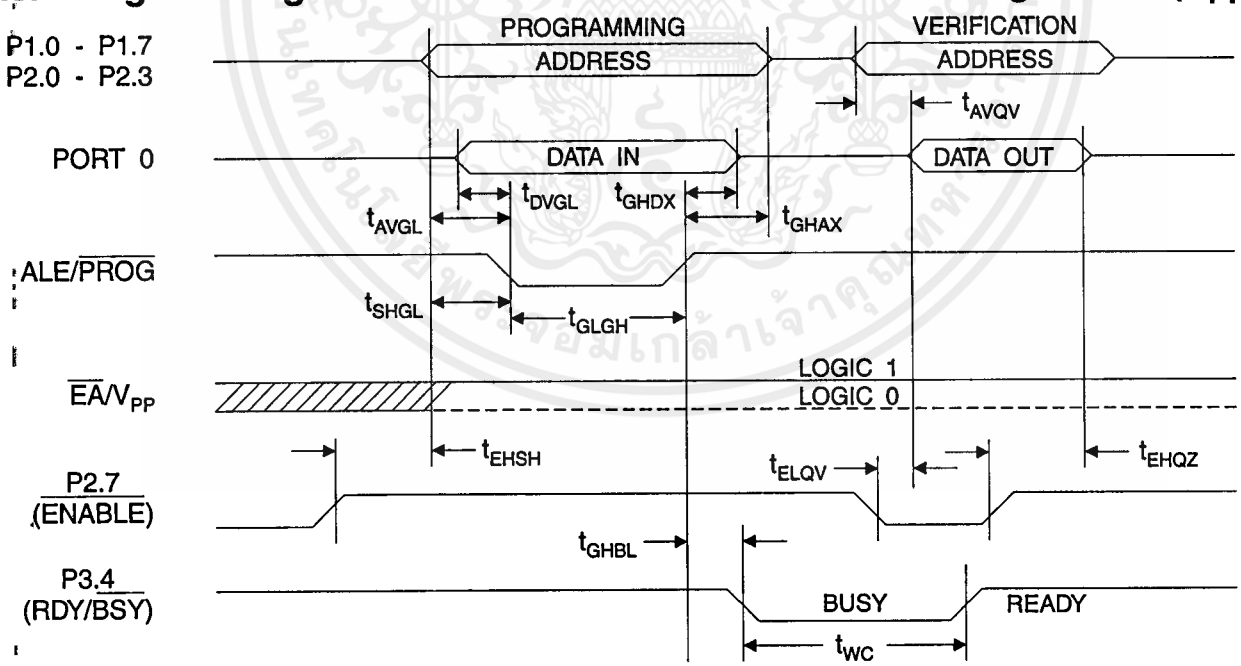
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Flash Programming and Verification Waveforms - High Voltage Mode ($V_{PP}$ = 12V)




## Flash Programming and Verification Waveforms - Low Voltage Mode ($V_{PP}$ = 5V)






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings*

| | |
|---|---|
| Operating Temperature | -55°C to +125°C |
| Storage Temperature | -65°C to +150°C |
| Voltage on Any Pin with Respect to Ground | -1.0V to +7.0V |
| Maximum Operating Voltage | 6.6V |
| DC Output Current | 15.0 mA |

*NOTICE: Stresses beyond 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 beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## DC Characteristics

$T_A$ = -40°C to 85°C, $V_{CC}$ = 5.0V ± 20% (unless otherwise noted)

| Symbol | Parameter | Condition | Min | Max | Units |
|---|---|---|---|---|---|
| $V_{IL}$ | Input Low Voltage | (Except $\overline{EA}$) | -0.5 | 0.2 $V_{CC}$ - 0.1 | V |
| $V_{IL1}$ | Input Low Voltage ($\overline{EA}$) | | -0.5 | 0.2 $V_{CC}$ - 0.3 | V |
| $V_{IH}$ | Input High Voltage | (Except XTAL1, RST) | 0.2 $V_{CC}$ + 0.9 | $V_{CC}$ + 0.5 | V |
| $V_{IH1}$ | Input High Voltage | (XTAL1, RST) | 0.7 $V_{CC}$ | $V_{CC}$ + 0.5 | V |
| $V_{OL}$ | Output Low Voltage(1) (Ports 1,2,3) | $I_{OL}$ = 1.6 mA | | 0.45 | V |
| $V_{OL1}$ | Output Low Voltage(1) (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$) | $I_{OL}$ = 3.2 mA | | 0.45 | V |
| $V_{OH}$ | Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$) | $I_{OH}$ = -60 µA, $V_{CC}$ = 5V ± 10% | 2.4 | | V |
| | | $I_{OH}$ = -25 µA | 0.75 $V_{CC}$ | | V |
| | | $I_{OH}$ = -10 µA | 0.9 $V_{CC}$ | | V |
| $V_{OH1}$ | Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode) | $I_{OH}$ = -800 µA, $V_{CC}$ = 5V ± 10% | 2.4 | | V |
| | | $I_{OH}$ = -300 µA | 0.75 $V_{CC}$ | | V |
| | | $I_{OH}$ = -80 µA | 0.9 $V_{CC}$ | | V |
| $I_{IL}$ | Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3) | $V_{IN}$ = 0.45V | | -50 | µA |
| $I_{TL}$ | Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3) | $V_{IN}$ = 2V, VCC = 5V ± 10% | | -650 | µA |
| $I_{LI}$ | Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$) | 0.45 < $V_{IN}$ < $V_{CC}$ | | ±10 | µA |
| RRST | Reset Pulldown Resistor | | 50 | 300 | KΩ |
| $C_{IO}$ | Pin Capacitance | Test Freq. = 1 MHz, $T_A$ = 25°C | | 10 | pF |
| $I_{CC}$ | Power Supply Current | Active Mode, 12 MHz | | 20 | mA |
| | | Idle Mode, 12 MHz | | 5 | mA |
| | Power Down Mode(2) | $V_{CC}$ = 6V | | 100 | µA |
| | | $V_{CC}$ = 3V | | 40 | µA |

Notes:
1. Under steady state (non-transient) conditions, $I_{OL}$ must be externally limited as follows:
   Maximum $I_{OL}$ per port pin: 10 mA
   Maximum $I_{OL}$ per 8-bit port: Port 0: 26 mA
   Ports 1, 2, 3: 15 mA
   Maximum total $I_{OL}$ for all output pins: 71 mA
   If $I_{OL}$ exceeds the test condition, $V_{OL}$ may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum $V_{CC}$ for Power Down is 2V.

ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AC Characteristics

(Under Operating Conditions; Load Capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; Load Capacitance for all other outputs = 80 pF)

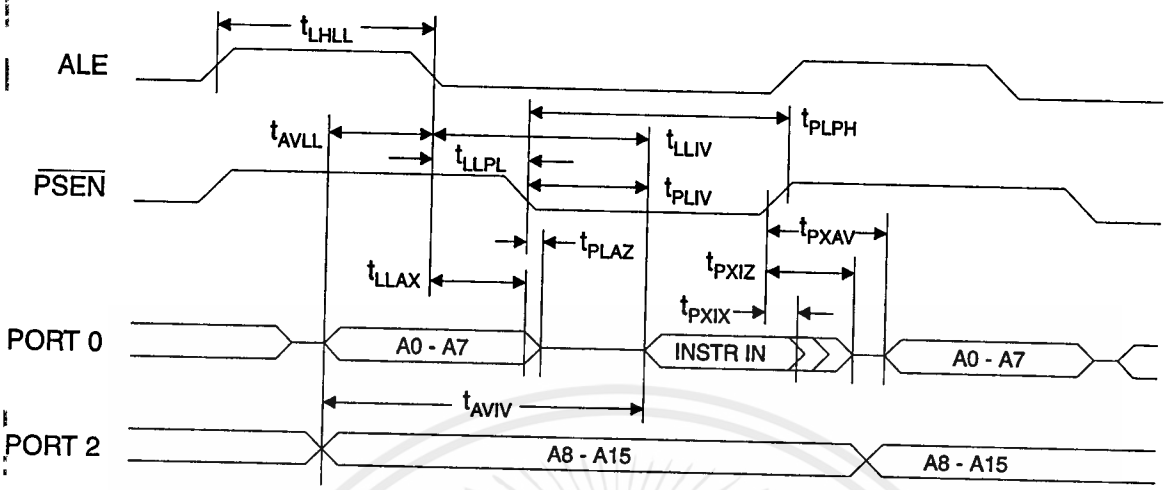
## External Program and Data Memory Characteristics

| Symbol | Parameter | 12 MHz Oscillator | | 16 to 24 MHz Oscillator | | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Min | Max | Min | Max | |
| $1/t_{CLCL}$ | Oscillator Frequency | | | 0 | 24 | MHz |
| $t_{LHLL}$ | ALE Pulse Width | 127 | | $2t_{CLCL}$-40 | | ns |
| $t_{AVLL}$ | Address Valid to ALE Low | 43 | | $t_{CLCL}$-13 | | ns |
| $t_{LLAX}$ | Address Hold After ALE Low | 48 | | $t_{CLCL}$-20 | | ns |
| $t_{LLIV}$ | ALE Low to Valid Instruction In | | 233 | | $4t_{CLCL}$-65 | ns |
| $t_{LLPL}$ | ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low | 43 | | $t_{CLCL}$-13 | | ns |
| $t_{PLPH}$ | $\overline{PSEN}$ Pulse Width | 205 | | $3t_{CLCL}$-20 | | ns |
| $t_{PLIV}$ | $\overline{PSEN}$ Low to Valid Instruction In | | 145 | | $3t_{CLCL}$-45 | ns |
| $t_{PXIX}$ | Input Instruction Hold After $\overline{PSEN}$ | 0 | | 0 | | ns |
| $t_{PXIZ}$ | Input Instruction Float After $\overline{PSEN}$ | | 59 | | $t_{CLCL}$-10 | ns |
| $t_{PXAV}$ | $\overline{PSEN}$ to Address Valid | 75 | | $t_{CLCL}$-8 | | ns |
| $t_{AVIV}$ | Address to Valid Instruction In | | 312 | | $5t_{CLCL}$-55 | ns |
| $t_{PLAZ}$ | $\overline{PSEN}$ Low to Address Float | | 10 | | 10 | ns |
| $t_{RLRH}$ | $\overline{RD}$ Pulse Width | 400 | | $6t_{CLCL}$-100 | | ns |
| $t_{WLWH}$ | $\overline{WR}$ Pulse Width | 400 | | $6t_{CLCL}$-100 | | ns |
| $t_{RLDV}$ | $\overline{RD}$ Low to Valid Data In | | 252 | | $5t_{CLCL}$-90 | ns |
| $t_{RHDX}$ | Data Hold After $\overline{RD}$ | 0 | | 0 | | ns |
| $t_{RHDZ}$ | Data Float After $\overline{RD}$ | | 97 | | $2t_{CLCL}$-28 | ns |
| $t_{LLDV}$ | ALE Low to Valid Data In | | 517 | | $8t_{CLCL}$-150 | ns |
| $t_{AVDV}$ | Address to Valid Data In | | 585 | | $9t_{CLCL}$-165 | ns |
| $t_{LLWL}$ | ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low | 200 | 300 | $3t_{CLCL}$-50 | $3t_{CLCL}$+50 | ns |
| $t_{AVWL}$ | Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low | 203 | | $4t_{CLCL}$-75 | | ns |
| $t_{QVWX}$ | Data Valid to $\overline{WR}$ Transition | 23 | | $t_{CLCL}$-20 | | ns |
| $t_{QVWH}$ | Data Valid to $\overline{WR}$ High | 433 | | $7t_{CLCL}$-120 | | ns |
| $t_{WHQX}$ | Data Hold After $\overline{WR}$ | 33 | | $t_{CLCL}$-20 | | ns |
| $t_{RLAZ}$ | $\overline{RD}$ Low to Address Float | | 0 | | 0 | ns |
| $t_{WHLH}$ | $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High | 43 | 123 | $t_{CLCL}$-20 | $t_{CLCL}$+25 | ns |

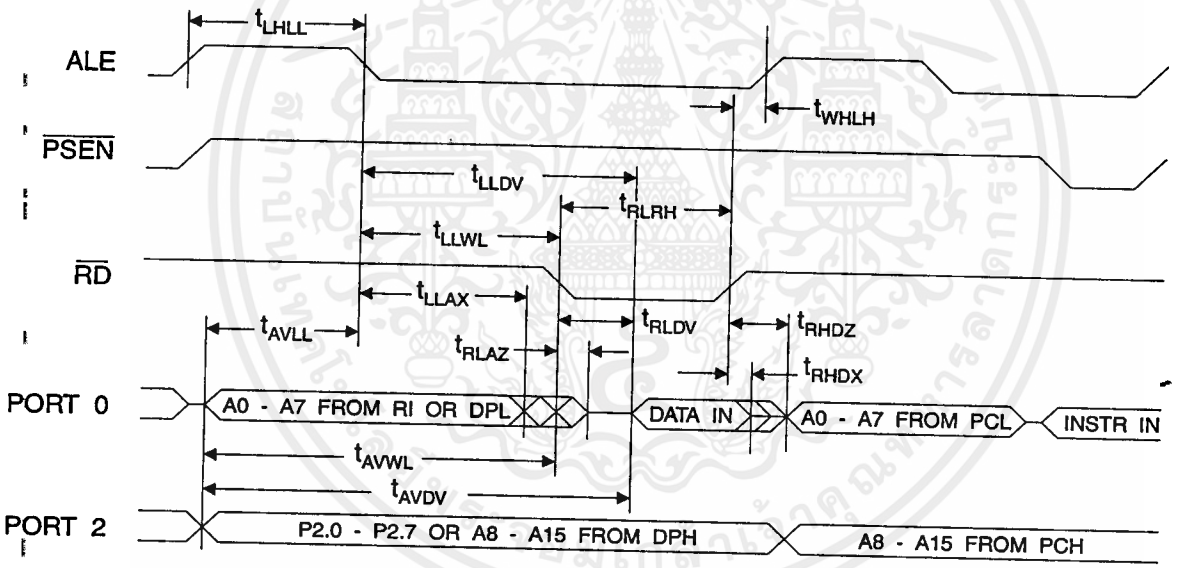


เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## External Program Memory Read Cycle

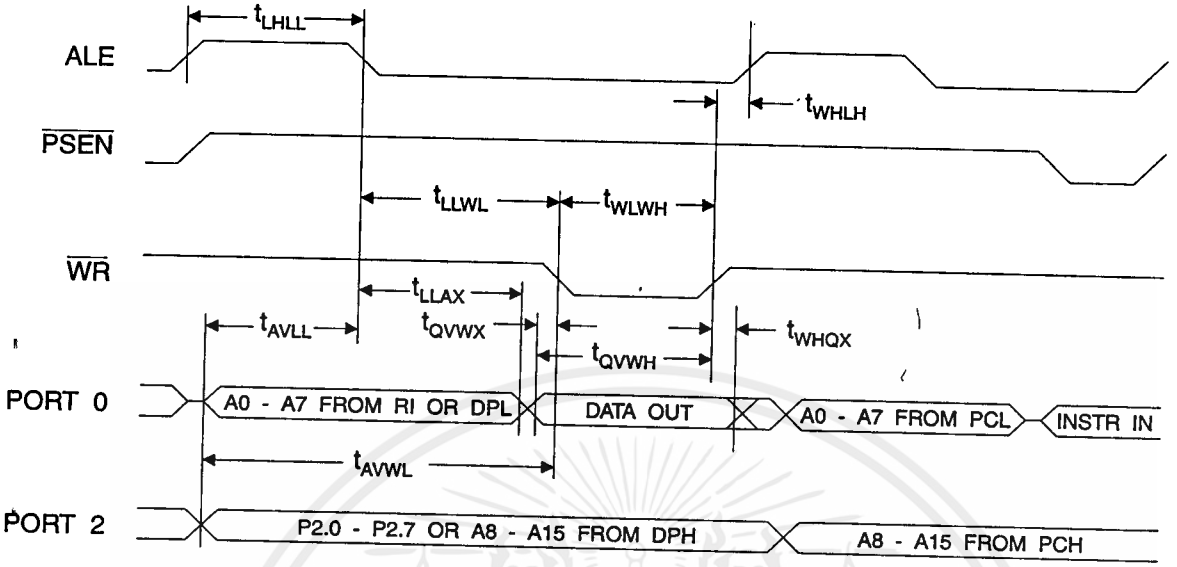



## External Data Memory Read Cycle

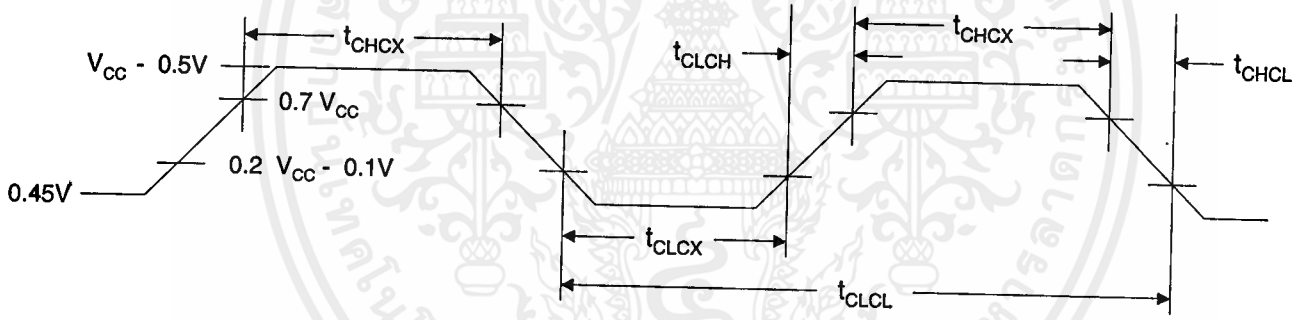



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## External Data Memory Write Cycle




## External Clock Drive Waveforms




## External Clock Drive

| Symbol | Parameter | Min | Max | Units |
|---|---|---|---|---|
| $1/t_{CLCL}$ | Oscillator Frequency | 0 | 24 | MHz |
| $t_{CLCL}$ | Clock Period | 41.6 | | ns |
| $t_{CHCX}$ | High Time | 15 | | ns |
| $t_{CLCX}$ | Low Time | 15 | | ns |
| $t_{CLCH}$ | Rise Time | | 20 | ns |
| $t_{CHCL}$ | Fall Time | | 20 | ns |



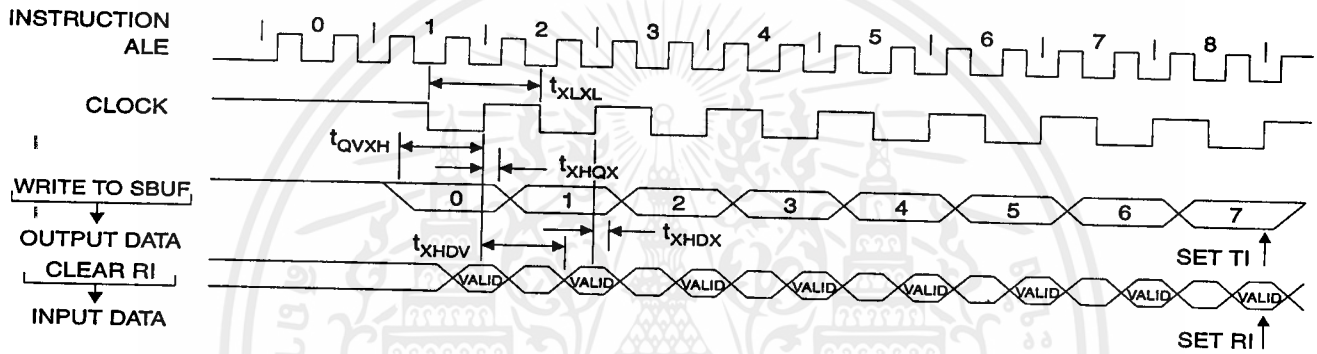
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

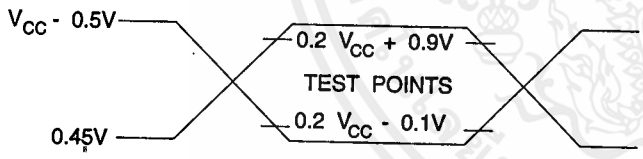
($V_{CC}$ = 5.0 V ± 20%; Load Capacitance = 80 pF)

| Symbol | Parameter | 12 MHz Osc | | Variable Oscillator | | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Min | Max | Min | Max | |
| $t_{XLXL}$ | Serial Port Clock Cycle Time | 1.0 | | $12t_{CLCL}$ | | µs |
| $t_{QVXH}$ | Output Data Setup to Clock Rising Edge | 700 | | $10t_{CLCL}$-133 | | ns |
| $t_{XHQX}$ | Output Data Hold After Clock Rising Edge | 50 | | $2t_{CLCL}$-117 | | ns |
| $t_{XHDX}$ | Input Data Hold After Clock Rising Edge | 0 | | 0 | | ns |
| $t_{XHDV}$ | Clock Rising Edge to Input Data Valid | | 700 | | $10t_{CLCL}$-133 | ns |

## Shift Register Mode Timing Waveforms

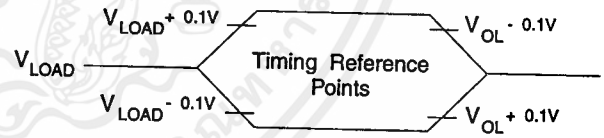



## AC Testing Input/Output Waveforms(1)




Note: 1. AC Inputs during testing are driven at $V_{CC}$ - 0.5V for a logic 1 and 0.45V for a logic 0. Timing measurements are made at $V_{IH}$ min. for a logic 1 and $V_{IL}$ max. for a logic 0.

## Float Waveforms(1)




Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when 100 mV change from the loaded $V_{OH}/V_{OL}$ level occurs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Ordering Information

| Speed (MHz) | Power Supply | Ordering Code | Package | Operation Range |
|---|---|---|---|---|
| 12 | 5V ± 20% | AT89C51-12AC | 44A | Commercial (0°C to 70°C) |
| | | AT89C51-12JC | 44J | |
| | | AT89C51-12PC | 40P6 | |
| | | AT89C51-12QC | 44Q | |
| | | AT89C51-12AI | 44A | Industrial (-40°C to 85°C) |
| | | AT89C51-12JI | 44J | |
| | | AT89C51-12PI | 40P6 | |
| | | AT89C51-12QI | 44Q | |
| | | AT89C51-12AA | 44A | Automotive (-40°C to 105°C) |
| | | AT89C51-12JA | 44J | |
| | | AT89C51-12PA | 40P6 | |
| | | AT89C51-12QA | 44Q | |
| 16 | 5V ± 20% | AT89C51-16AC | 44A | Commercial (0°C to 70°C) |
| | | AT89C51-16JC | 44J | |
| | | AT89C51-16PC | 40P6 | |
| | | AT89C51-16QC | 44Q | |
| | | AT89C51-16AI | 44A | Industrial (-40°C to 85°C) |
| | | AT89C51-16JI | 44J | |
| | | AT89C51-16PI | 40P6 | |
| | | AT89C51-16QI | 44Q | |
| | | AT89C51-16AA | 44A | Automotive (-40°C to 105°C) |
| | | AT89C51-16JA | 44J | |
| | | AT89C51-16PA | 40P6 | |
| | | AT89C51-16QA | 44Q | |
| 20 | 5V ± 20% | AT89C51-20AC | 44A | Commercial (0°C to 70°C) |
| | | AT89C51-20JC | 44J | |
| | | AT89C51-20PC | 40P6 | |
| | | AT89C51-20QC | 44Q | |
| | | AT89C51-20AI | 44A | Industrial (-40°C to 85°C) |
| | | AT89C51-20JI | 44J | |
| | | AT89C51-20PI | 40P6 | |
| | | AT89C51-20QI | 44Q | |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Ordering Information

| Speed (MHz) | Power Supply | Ordering Code | Package | Operation Range |
|---|---|---|---|---|
| 24 | 5V ± 20% | AT89C51-24AC | 44A | Commercial (0°C to 70°C) |
| | | AT89C51-24JC | 44J | |
| | | AT89C51-24PC | 44P6 | |
| | | AT89C51-24QC | 44Q | |
| | | AT89C51-24AI | 44A | Industrial (-40°C to 85°C) |
| | | AT89C51-24JI | 44J | |
| | | AT89C51-24PI | 44P6 | |
| | | AT89C51-24QI | 44Q | |

| Package Type | |
|---|---|
| 44A | 44 Lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP) |
| 44J | 44 Lead, Plastic J-Leaded Chip Carrier (PLCC) |
| 40P6 | 40 Lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP) |
| 44Q | 44 Lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ChipCorder®
TECHNOLOGY BY ISD

# ISD2560/75/90/120 Products

## Single-Chip Voice Record/Playback Devices 60-, 75-, 90-, and 120-Second Durations



### GENERAL DESCRIPTION

Information Storage Devices' ISD2500 ChipCorder® Series provides high-quality, single-chip Record/Playback solutions for 60- to 120-second messaging applications. The CMOS devices include an on-chip oscillator, microphone preamplifier, automatic gain control, antialiasing filter, smoothing filter, speaker amplifier, and high density multi-level storage array. In addition, the ISD2500 is microcontroller compatible, allowing complex messaging and addressing to be achieved.

Recordings are stored in on-chip nonvolatile memory cells, providing zero-power message storage. This unique, single-chip solution is made possible through ISD's patented multilevel storage technology. Voice and audio signals are stored directly into memory in their natural form, providing high-quality, solid-state voice reproduction.

### FEATURES

- Easy-to-use single-chip voice Record/Playback solution
- High-quality, natural voice/audio reproduction
- Manual switch or microcontroller compatible Playback can be edge- or level-activated
- Single-chip durations of 60, 75, 90, and 120 seconds
- Directly cascadable for longer durations
- Automatic Power-Down (Push-Button Mode)
  - Standby current 1 μA (typical)
- Zero-power message storage
  - Eliminates battery backup circuits
- Fully addressable to handle multiple messages
- 100-year message retention (typical)

**Table 2-76: ISD2560/75/90/120 Product Summary**

| Part Number | Duration (Seconds) | Input Sample Rate (KHz) | Typical Filter Pass Band (KHz) |
|---|---|---|---|
| ISD2560 | 60 | 8.0 | 3.4 |
| ISD2575 | 75 | 6.4 | 2.7 |
| ISD2590 | 90 | 5.3 | 2.3 |
| ISD25120 | 120 | 4.0 | 1.7 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 100K record cycles (typical)
- On-chip clock source
- Programmer support for play-only applications
- Single +5 volt power supply
- Available in die form, DIP, SOIC, and TSOP packaging
- Industrial temperature (–40°C to +85°C) versions available

## DETAILED DESCRIPTION

### Speech/Sound Quality

The ISD2500 Series includes devices offered at 4.0, 5.3, 6.4, and 8.0 KHz sampling frequencies, allowing the user a choice of speech quality options. Increasing the duration within a product series decreases the sampling frequency and bandwidth, which affects sound quality. Please refer to the ISD2560/75/90/120 Product Summary table on the previous page to compare filter pass band and product durations.

The speech samples are stored directly into on-chip nonvolatile memory without the digitization and compression associated with other solutions. Direct analog storage provides a very true, natural sounding reproduction of voice, music, tones, and sound effects not available with most solid-state digital solutions.

### Duration

To meet end system requirements, the ISD2500 Series offers single-chip solutions at 60, 75, 90, and 120 seconds. Parts may also be cascaded together for longer durations.

### EEPROM Storage

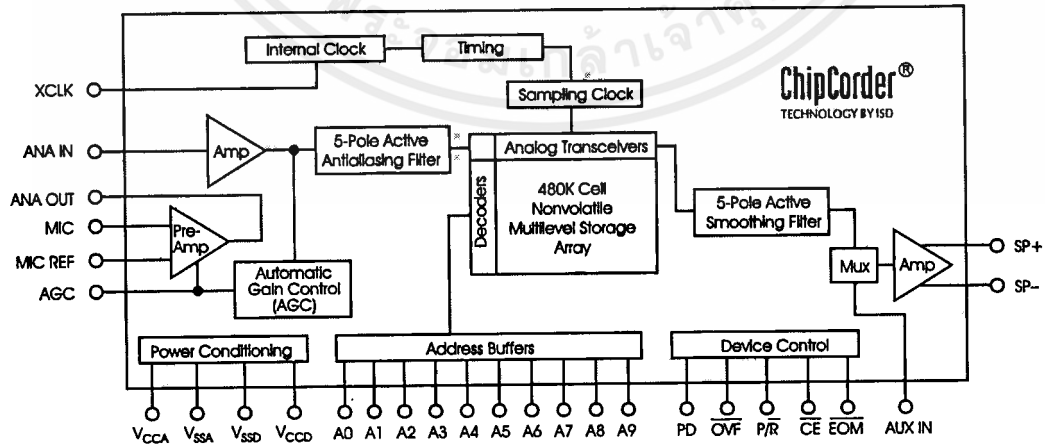
One of the benefits of ISD's ChipCorder technology is the use of on-chip nonvolatile memory, providing zero-power message storage. The message is retained for up to 100 years typically without power. In addition, the device can be re-recorded typically over 100,000 times.

### Microcontroller Interface

In addition to its simplicity and ease of use, the ISD2500 Series includes all the interfaces necessary for microcontroller-driven applications. The address and control lines can be interfaced to a microcontroller and manipulated to perform a variety of tasks, including message assembly, message concatenation, predefined fixed message segmentation, and message management.

2

**Figure 2-33: ISD2560/75/90/120 Device Block Diagram**






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Programming

The ISD2500 Series is also ideal for playback-only applications, where single or multiple messages are referenced through buttons, switches, or a microcontroller. Once the desired message configuration is created, duplicates can easily be generated via an ISD programmer.

## PIN DESCRIPTIONS

### Voltage Inputs ($V_{CCA}$, $V_{CCD}$)

To minimize noise, the analog and digital circuits in the ISD2500 Series devices use separate power busses. These voltage busses are brought out to separate pins and should be tied together as close to the supply as possible. In addition, these supplies should be decoupled as close to the package as possible.

### Ground Inputs ($V_{SSA}$, $V_{SSD}$)

The ISD2500 Series of devices utilizes separate analog and digital ground busses. These pins should be connected separately through a low-impedance path to power supply ground. The backside of the die is connected to $V_{SS}$ through the substrate resistance. In a chip-on-board design the die attach area must be connected to $V_{SS}$ or left floating.

### Power Down Input (PD)

When not recording or playing back, the PD pin should be pulled HIGH to place the part in a very low power mode (see $I_{SB}$ specification). When $\overline{OVF}$ pulses LOW for an overflow condition, PD should be brought HIGH to reset the address pointer back to the beginning of the Record/Playback space. The PD pin has additional functionality in the M6 (Push-Button) Operational Mode described later in the Operational Mode section.

### Chip Enable Input ($\overline{CE}$)

The $\overline{CE}$ pin is taken LOW to enable all Playback and Record operations. The address inputs and Playback/Record input (P/$\overline{R}$) are latched by the falling edge of $\overline{CE}$. $\overline{CE}$ has additional functionality in the M6 (Push-Button) Operational Mode described later in the Operational Mode section.

### Playback/Record Input (P/$\overline{R}$)

The P/$\overline{R}$ input is latched by the falling edge of the $\overline{CE}$ pin. A HIGH level selects a Playback cycle while a LOW level selects a Record cycle. For a Record cycle, the address inputs provide the starting address and recording continues until PD or $\overline{CE}$ is pulled HIGH or an overflow is detected (i.e. the chip is full). When a Record cycle is terminated by pulling PD or $\overline{CE}$ HIGH, an End-Of-Message (EOM) marker is stored at the current address in memory. For a Playback cycle, the address inputs provide the starting address and the device will play until an EOM marker is encountered. The device can continue past an EOM marker in an operational mode, or if $\overline{CE}$ is held LOW in address mode. (See page 2-122 for more Operational Modes).

### End-Of-Message / RUN Output (EOM)

A nonvolatile marker is automatically inserted at the end of each recorded message. It remains there until the message is recorded over. The EOM output pulses LOW for a period of $T_{EOM}$ at the end of each message.

In addition, the ISD2500 Series has an internal $V_{CC}$ detect circuit to maintain message integrity should $V_{CC}$ fall below 3.5V. In this case, $\overline{EOM}$ goes LOW and the device is fixed in Playback-only mode.

When the device is configured in Operational Mode M6 (Push-Button Mode), this pin provides an active-HIGH RUN signal, indicating the device is currently recording or playing. This signal can conveniently drive an LED for a visual indicator of a Record or Playback operation in process.

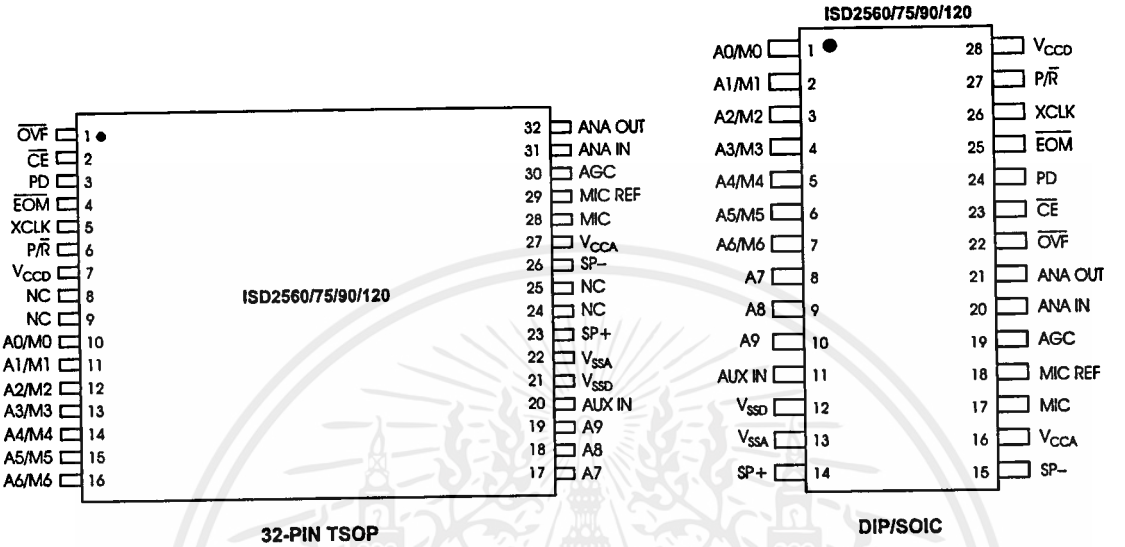
### Overflow Output ($\overline{OVF}$)

This signal pulses LOW at the end of memory space, indicating the device has been filled and the message has overflowed. The $\overline{OVF}$ output then follows the $\overline{CE}$ input until a PD pulse has reset the device. This pin can be used to cascade several ISD2500 devices together to increase Record/Playback durations.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Figure 2-34: ISD2560/75/90/120 Device Pinouts**




2

### Microphone Input (MIC)

The microphone input transfers its signal to the on-chip preamplifier. An on-chip Automatic Gain Control (AGC) circuit controls the gain of this preamplifier from –15 to 24 dB. An external microphone should be AC coupled to this pin via a series capacitor. The capacitor value, together with the internal 10 K ohm resistance on this pin, determines the low-frequency cutoff for the ISD2500 Series passband. See Chapter 5, Application Information for additional information on low-frequency cutoff calculation.

### Microphone Reference Input (MIC REF)

The MIC REF input is the inverting input to the microphone preamplifier. This provides a noise-canceling or common-mode rejection input to the device when connected to a differential microphone.

### Automatic Gain Control Input (AGC)

The AGC dynamically adjusts the gain of the preamplifier to compensate for the wide range of microphone input levels. The AGC allows the full range of whispers to loud sounds to be recorded with minimal distortion. The "attack" time is determined by the time constant of a 5 KΩ internal resistance and an external capacitor (C2 on the schematic on page 2-135) connected from the AGC pin to $V_{SSA}$ analog ground. The "release" time is determined by the time constant of an external resistor (R2) and an external capacitor (C2) connected in parallel between the AGC Pin and $V_{SSA}$ analog ground. Nominal values of 470 KΩ and 4.7 $\mu$F give satisfactory results in most cases.

### Analog Output (ANA OUT)

This pin provides the preamplifier output to the user. The voltage gain of the preamplifier is determined by the voltage level at the AGC pin.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Analog Input (ANA IN)

The analog input pin transfers its signal to the chip for recording. For microphone inputs, the ANA OUT pin should be connected via an external capacitor to the ANA IN pin. This capacitor value, together with the 3.0 KΩ input impedance of ANA IN, is selected to give additional cutoff at the low-frequency end of the voice passband. If the desired input is derived from a source other than a microphone, the signal can be fed, capacitively coupled, into the ANA IN pin directly.

### External Clock Input (XCLK)

The external clock input for the ISD2500 devices has an internal pull-down device. These devices are configured at the factory with an internal sampling clock frequency centered to ±1% of specification. The frequency is then maintained to a variation of ±2.25% over the entire commercial temperature and operating voltage ranges. The internal clock has a ±5% tolerance over the industrial temperature and voltage range. A regulated power supply is recommended for industrial temperature range parts. If greater precision is required, the device can be clocked through the XCLK pin as follows:

**Table 2-77: External Clock Sample Rates**

| Part Number | Sample Rate | Required Clock |
|---|---|---|
| ISD2560 | 8.0 KHz | 1024 KHz |
| ISD2575 | 6.4 KHz | 819.2 KHz |
| ISD2590 | 5.3 KHz | 682.7 KHz |
| ISD25120 | 4.0 KHz | 512 KHz |

These recommended clock rates should not be varied because the antialiasing and smoothing filters are fixed, and aliasing problems can occur if the sample rate differs from the one recommended. The duty cycle on the input clock is not critical, as the clock is immediately divided by two. ***If the XCLK is not used, this input must be connected to ground.***

### Speaker Outputs (SP+/SP–)

All devices in the ISD2500 Series include an on-chip differential speaker driver, capable of driving 50 milliwatts into 16 Ω from AUX IN (12.2 mW from memory).

The speaker outputs are held at $V_{SSA}$ levels during record and power down. It is therefore not possible to parallel speaker outputs of multiple ISD2500 devices or the outputs of other speaker drivers.

***NOTE*** *Connection of speaker outputs in parallel may cause damage to the device.*

A single output may be used alone (including a coupling capacitor between the SP pin and the speaker). These outputs may be used individually with the output signal taken from either pin. Using the differential outputs results in a 4:1 improvement in output power.

***NOTE*** *Never ground or drive an unused speaker output.*

### Auxiliary Input (AUX IN)

The Auxiliary input is multiplexed through to the output amplifier and speaker output pins when $\overline{CE}$ is HIGH, P/$\overline{R}$ is HIGH, and Playback is currently not active or if the device is in Playback overflow. When cascading multiple ISD2500 devices, the AUX IN pin is used to connect a Playback signal from a following device to the previous output speaker drivers. For noise considerations, it is suggested that the auxiliary input not be driven when the storage array is active.

### Address/Mode Inputs (Ax/Mx)

The Address/Mode inputs have two functions depending on the level of the two Most Significant Bits (MSB) of the address (A8 and A9).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table 2-78: Operational Modes Table**

| Mode Control | Function | Typical Use | Jointly Compatible[1] |
|---|---|---|---|
| M0 | Message cueing | Fast-forward through messages | M4, M5, M6 |
| M1 | Delete EOM markers | Position EOM marker at the end of the last message | M3, M4, M5, M6 |
| M2 | Not applicable | Reserved | N/A |
| M3 | Looping | Continuous playback from Address 0 | M1, M5, M6 |
| M4 | Consecutive addressing | Record/Play multiple consecutive messages | M0, M1, M5 |
| M5 | $\overline{CE}$ level-activated | Allows message pausing | M0, M1, M3, M4 |
| M6 | Push-button control | Simplified device interface | M0, M1, M3 |

*1. Indicates additional operational modes which can be used simultaneously with the given mode.*

2

If either or both of the two MSBs are LOW, the inputs are **all** interpreted as address bits and are used as the start address for the current Record or Playback cycle. The address pins are inputs only and do not output internal address information as the operation progresses. Address inputs are latched by the falling edge of $\overline{CE}$.

If both MSBs are HIGH, the Address/Mode Inputs are interpreted as Mode bits according to the Operational Mode table. There are six operational modes (M0..M6) available as indicated in the table. It is possible to use multiple operational modes simultaneously. Operational Modes are sampled on each falling edge of $\overline{CE}$, and thus Operational Modes and direct addressing are mutually exclusive.

## OPERATIONAL MODES

The ISD2500 Series is designed with several built-in operational modes that provide maximum functionality with minimum additional components. These are described in detail below. The operational modes use the address pins on the ISD2500 devices, but are mapped outside the valid address range. When the two Most Significant Bits (MSBs) are HIGH (A8 and A9), the remaining address signals are interpreted as mode bits and not as address bits. Therefore, operational modes and direct addressing are not compatible and cannot be used simultaneously.

There are two important considerations for using operational modes. First, all operations begin initially at address 0, which is the beginning of the ISD2500 address space. Later operations can begin at other address locations, depending on the operational mode(s) chosen. In addition, the address pointer is reset to 0 when the device is changed from Record to Playback, Playback to Record (except M6 mode), or when a Power-Down cycle is executed.

Second, Operational Modes are executed when $\overline{CE}$ goes LOW and the two MSBs are HIGH. This Operational Mode remains in effect until the next LOW-going $\overline{CE}$ signal, at which point the current address/mode levels are sampled and executed.

## OPERATIONAL MODES DESCRIPTION

The Operational Modes can be used in conjunction with a microcontroller, or they can be hardwired to provide the desired system operation.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### M0 — Message Cueing

Message Cueing allows the user to skip through messages, without knowing the actual physical addresses of each message. Each $\overline{CE}$ LOW pulse causes the internal address pointer to skip to the next message. This mode should be used for Playback only, and is typically used with the M4 Operational Mode.

### M1 — Delete EOM Markers

The M1 Operational Mode allows sequentially recorded messages to be combined into a single message with only one EOM marker set at the end of the final message. When this operational mode is configured, messages recorded sequentially are played back as one continuous message.

### M2 — Unused

When operational modes are selected, the M2 pin should be LOW.

### M3 — Message Looping

The M3 Operational Mode allows for the automatic, continuously repeated playback of the message located at the beginning of the address space. A message **can** completely fill the ISD2500 device and will loop from beginning to end without $\overline{OVF}$ going LOW.

### M4 — Consecutive Addressing

During normal operations, the address pointer will reset when a message is played through to an EOM marker. The M4 Operational Mode inhibits the address pointer reset on $\overline{EOM}$, allowing messages to be played back consecutively.

### M5 — $\overline{CE}$-Level Activated

The default mode for ISD2500 devices is for $\overline{CE}$ to be edge-activated on Playback and level-activated on Record. The M5 Operational Mode causes the $\overline{CE}$ pin to be interpreted as level-activated as opposed to edge-activated during Playback. This is specifically useful for terminating Playback operations using the $\overline{CE}$ signal.

In this mode, $\overline{CE}$ LOW begins a Playback cycle, at the beginning of the device memory. The Playback cycle continues as long as $\overline{CE}$ is held LOW. When $\overline{CE}$ goes HIGH, Playback will immediately end. A new $\overline{CE}$ LOW will restart the message from the beginning unless M4 is also HIGH.

### M6 — Push-Button Mode

The ISD2500 Series of devices contain a Push-Button operational mode. The Push-Button mode is used primarily in very low-cost applications and is designed to minimize external circuitry and components, thereby reducing system cost. In order to configure the device in Push-Button operational mode, the two most significant address bits must be HIGH, and the M6 mode pin must also be HIGH. A device in this mode always powers down at the end of each Playback or Record cycle after $\overline{CE}$ goes HIGH.

When this operational mode is implemented, several of the pins on the device have alternate functionality:

**Table 2-79: Alternate Functionality in Pins**

| Pin Name | Alternate Functionality in Push-Button Mode |
|---|---|
| CE | Start/Pause Push-Button (LOW pulse-activated) |
| PD | Stop/Reset Push-Button (HIGH pulse activated) |
| EOM | Active-HIGH Run Indicator |

### $\overline{CE}$ Pin (START/PAUSE)

In Push-Button Operational Mode, $\overline{CE}$ acts as a LOW-going pulse-activated START/PAUSE signal. If no operation is currently in progress, a LOW-going pulse on this signal will initiate a Playback or a Record cycle according to the level on the P/$\overline{R}$ pin. A subsequent pulse on the $\overline{CE}$ pin, before an End-Of-Message is reached in Playback or an overflow condition occurs, will cause the device to pause. The address counter is not reset, and another $\overline{CE}$ pulse will cause the device to continue the operation from the place where it was paused.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### PD Pin (STOP/RESET)

In push-button Operational Mode, PD acts as a HIGH-going pulse-activated STOP/RESET signal. When a Playback or Record cycle is in progress and a HIGH-going pulse is observed on PD, the current cycle is terminated and the address pointer is reset to address 0, the beginning of the message space.

### $\overline{\text{EOM}}$ Pin (RUN)

In Push-Button Operational Mode, $\overline{\text{EOM}}$ becomes an active-HIGH RUN signal which can be used to drive an LED or other external device. It is HIGH whenever a Record or Playback operation is in progress.

### Recording in Push-Button Mode

1. The PD pin should be LOW, usually using a pulldown resistor.
2. The P/$\overline{\text{R}}$ pin is taken LOW.
3. The $\overline{\text{CE}}$ pin is pulsed LOW. Recording starts, $\overline{\text{EOM}}$ goes HIGH to indicate an operation in progress.
4. The $\overline{\text{CE}}$ pin is pulsed LOW. Recording pauses, $\overline{\text{EOM}}$ goes back LOW. The internal address pointers are not cleared, but an EOM marker is stored in memory to point to the message end. The P/$\overline{\text{R}}$ pin may be taken HIGH at this time. Any subsequent $\overline{\text{CE}}$ would start a playback at address 0.
5. The $\overline{\text{CE}}$ pin is pulsed LOW. Recording starts at the next address after the previous set EOM marker. $\overline{\text{EOM}}$ goes back HIGH.

---

***NOTE*** *If the M1 operational mode pin is also HIGH, the just previously written EOM bit is erased, and recording starts at that address.)*

---

6. When the recording sequences are finished, the final $\overline{\text{CE}}$ pulse LOW will end the last Record cycle, leaving a set EOM marker at the message end. Recording may also be terminated by a HIGH level on PD, which will leave a set EOM marker.

### Playback in Push-Button Mode

1. The PD pin should be LOW.
2. The P/$\overline{\text{R}}$ pin is taken HIGH.
3. The $\overline{\text{CE}}$ pin is pulsed LOW. Playback starts, $\overline{\text{EOM}}$ goes HIGH to indicate an operation in progress.
4. If the $\overline{\text{CE}}$ pin is pulsed LOW or an EOM marker is encountered during an operation, the part will pause. The internal address pointers are not cleared, and $\overline{\text{EOM}}$ goes back LOW. The P/$\overline{\text{R}}$ pin may be changed at this time. A subsequent Record operation would not reset the address pointers and the recording would begin where Playback ended.
5. $\overline{\text{CE}}$ is again pulsed LOW. Playback starts where it left off, with $\overline{\text{EOM}}$ going HIGH to indicate an operation in progress.
6. Playback continues as in steps 4 and 5 until PD is pulsed HIGH or overflow occurs.
7. If in overflow, pulling $\overline{\text{CE}}$ LOW will reset the address pointer and start Playback from the beginning. After a PD pulse, the part is reset to address 0.

---

***NOTE*** *Push-button mode can be used in conjunction with modes M0, M1, and M3.*

---

### Good Audio Design Practices

ISD products are very high-quality single-chip voice Recording and Playback systems. To ensure the highest quality voice reproduction, it is important that good audio design practices on layout and power supply decoupling be followed. See the ISD Application Notes in this book for details.

## ISD1000A COMPATIBILITY

The ISD2500 Series of devices is designed to provide upward compatibility with the ISD1000A family. When designing with the ISD2500 Series, the following differences should be noted.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Addressing

The ISD2560/75/90/120 devices have 480K storage cells designed to provide 60 seconds of storage at a sampling rate of 8.0 KHz. This is approximately four times the storage of the ISD1000A family. To enable the same addressing resolution, two additional address pins have been added. The address space of each device is divisible into 600 increments with valid addressing from 00 to 257 Hex. Some higher addresses are mapped into the Operational Modes. All other addresses are invalid.

### Overflow

The ISD1000A Series combined two functions on the $\overline{EOM}$ pin: end-of-message indication and overflow. The ISD2500 separates these two functions. Pin 25 (PDIP package) remains as $\overline{EOM}$, but outputs only the EOM signal indication. Pin 22 (PDIP package) becomes $\overline{OVF}$ and pulses LOW only when the device reaches its end of memory, or is "full." This change allows easy message cueing and addressability across device boundaries. This also means that the M2 operational mode found in the ISD1000A family is not implemented in the ISD2500 Series.

### Push-Button Mode

The ISD2500 Series includes an additional Operational Mode called Push-Button mode. This provides an alternative interface to the Record and Playback functions of the part. The $\overline{CE}$ and PD pins become redefined as edge-activated "push-buttons." A pulse on $\overline{CE}$ initiates a cycle, and if triggered again, pauses the current cycle without resetting the address pointer (i.e., a Start or Pause function). PD stops any current cycle and resets the address pointer to the beginning of the message space (i.e., a Stop and Reset function). Additionally, the $\overline{EOM}$ pin functions as an active-HIGH run indicator, and can be used to drive an LED indicating a Record or Playback operation is in progress. Devices in the Push-Button mode cannot be cascaded.

### Looping Mode

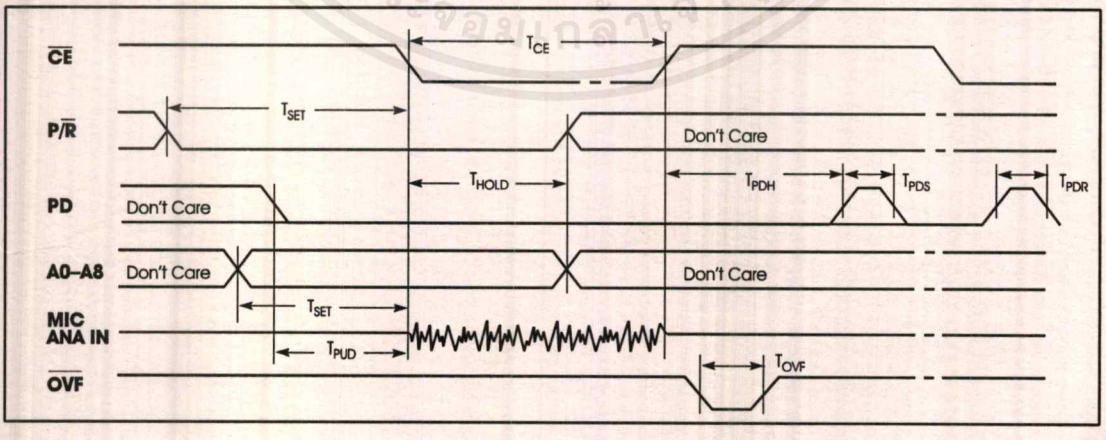
The ISD2500 Series can loop with a message that completely fills the memory space.

***NOTE*** *Additional descriptions of ISD2500 device functionality and application examples are provided in the ISD Application Notes in this book.*

2

## TIMING DIAGRAMS

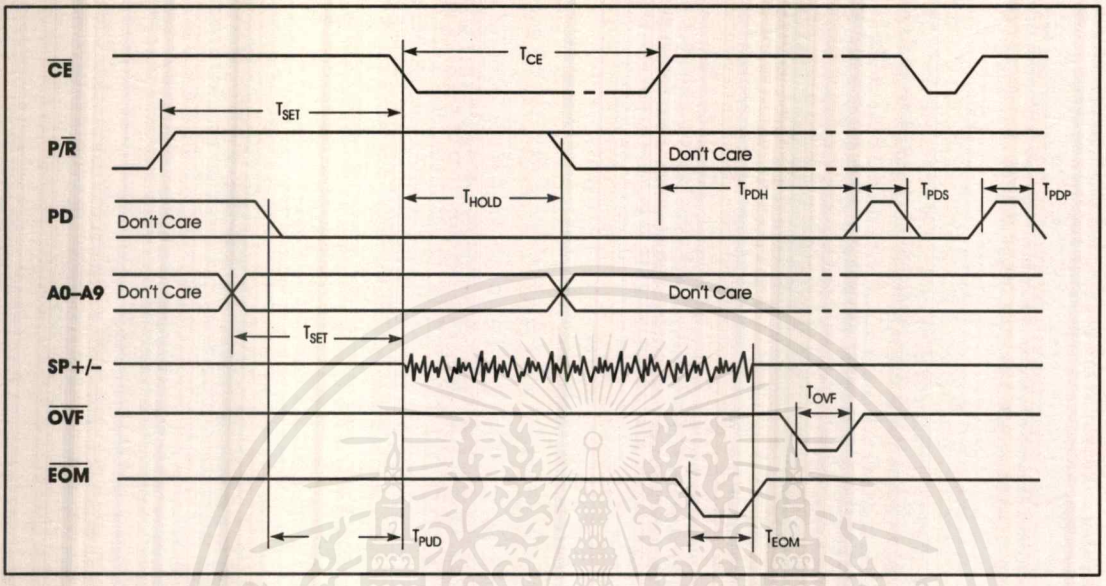
**Figure 2-35: Record**






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Figure 2-36: Playback**




2

**Table 2-80: Absolute Maximum Ratings (Packaged Parts)[1]**

| Condition | Value |
|---|---|
| Junction temperature | 150°C |
| Storage temperature range | –65°C to +150°C |
| Voltage applied to any pin | ($V_{SS}$ –0.3 V) to ($V_{CC}$ + 0.3 V) |
| Voltage applied to any pin (Input current limited to ±20 mA) | ($V_{SS}$ –1.0 V) to ($V_{CC}$ + 1.0 V) |
| Lead temperature (soldering – 10 seconds) | 300° C |
| $V_{CC}$ – $V_{SS}$ | –0.3 V to + 7.0 V |

*1. Stresses above those listed may cause permanent damage to the device. Exposure to the absolute maximum ratings may affect device reliability. Functional operation is not implied at these conditions.*

**Table 2-81: Operating Conditions (Packaged Parts)**

| Condition | Value |
|---|---|
| Commercial operating temperature range[1] | 0°C to +70°C |
| Industrial operating temperature range[1] | –40°C to +85°C |
| Supply voltage ($V_{CC}$)[2] | +4.5 V to +5.5 V |
| Ground voltage ($V_{SS}$)[3] | 0 V |

*1. Case temperature.*
*2. $V_{CC} = V_{CCA} = V_{CCD}$.*
*3. $V_{SS} = V_{SSA} = V_{SSD}$.*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table 2-82: DC Parameters** (Packaged Parts)

| Symbol | Parameters | Min[2] | Typ[1] | Max[2] | Units | Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{IL}$ | Input Low Voltage | | | 0.8 | V | |
| $V_{IH}$ | Input High Voltage | 2.0 | | | V | |
| $V_{OL}$ | Output Low Voltage | | | 0.4 | V | $I_{OL}$ = 4.0 mA |
| $V_{OH}$ | Output High Voltage | $V_{CC}$ – 0.4 | | | V | $I_{OH}$ = – 10 µA |
| $V_{OH1}$ | $\overline{OVF}$ Output High Voltage | 2.4 | | | V | $I_{OH}$ = – 1.6 mA |
| $V_{OH2}$ | $\overline{EOM}$ Output High Voltage | $V_{CC}$ – 1.0 | $V_{CC}$ – 0.8 | | V | $I_{OH}$ = – 3.2 mA |
| $I_{CC}$ | $V_{CC}$ Current (Operating) | | 25 | 30 | mA | $R_{EXT} = \infty$[3] |
| $I_{SB}$ | $V_{CC}$ Current (Standby) | | 1 | 10 | µA | [3] |
| $I_{IL}$ | Input Leakage Current | | | ±1 | µA | |
| $I_{ILPD}$ | Input Current HIGH w/Pull Down | | | 130 | µA | Force $V_{CC}$[4] |
| $R_{EXT}$ | Output Load Impedance | 16 | | | Ω | Speaker Load |
| $R_{MIC}$ | Preamp In Input Resistance | 4 | 9 | 15 | KΩ | MIC and MIC REF Pins |
| $R_{AUX}$ | AUX INPUT Resistance | 5 | 11 | 20 | KΩ | |
| $R_{ANA\ IN}$ | ANA IN Input Resistance | 2.3 | 3 | 5 | KΩ | |
| $A_{PRE1}$ | Preamp Gain 1 | 21 | 24 | 26 | dB | AGC = 0.0 V |
| $A_{PRE2}$ | Preamp Gain 2 | | –15 | 5 | dB | AGC = 2.5 V |
| $A_{AUX}$ | AUX IN/SP+ Gain | | 0.98 | 1.0 | V/V | |
| $A_{ARP}$ | ANA IN to SP+/- Gain | 21 | 23 | 26 | dB | |
| $R_{AGC}$ | AGC Output Resistance | 2.5 | 5 | 9.5 | KΩ | |

1. *Typical values @ $T_A$ = 25°C and 5.0 V.*
2. *All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100% tested.*
3. *$V_{CCA}$ and $V_{CCD}$ connected together.*
4. *XCLK pin only.*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table 2-83: AC Parameters** (Packaged Parts)

| Symbol | Characteristic | | Min[2] | Typ[1] | Max[2] | Units | Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $F_S$ | Sampling Frequency | ISD2560 | | 8.0 | | KHz | [7] |
| | | ISD2575 | | 6.4 | | KHz | [7] |
| | | ISD2590 | | 5.3 | | KHz | [7] |
| | | ISD25120 | | 4.0 | | KHz | [7] |
| $F_{CF}$ | Filter Pass Band | ISD2560 | | 3.4 | | KHz | 3 dB Roll-Off Point [3, 8] |
| | | ISD2575 | | 2.7 | | KHz | 3 dB Roll-Off Point [3, 8] |
| | | ISD2590 | | 2.3 | | KHz | 3 dB Roll-Off Point [3, 8] |
| | | ISD25120 | | 1.7 | | KHz | 3 dB Roll-Off Point [3, 8] |
| $T_{REC}$ | Record Duration | ISD2560 | 58.1 | 60.0 | 62.0 | sec | Commercial Operation |
| | | ISD2560 | 56.5 | 60.0 | 63.8 | sec | Industrial Operation |
| | | ISD2575 | 72.6 | 75.0 | 77.5 | sec | Commercial Operation |
| | | ISD2575 | 70.7 | 75.0 | 79.7 | sec | Industrial Operation |
| | | ISD2590 | 87.1 | 90.0 | 93.0 | sec | Commercial Operation |
| | | ISD25120 | 116.1 | 120.0 | 123.9 | sec | Commercial Operation |
| $T_{PLAY}$ | Playback Duration | ISD2560 | 58.1 | 60.0 | 62.0 | sec | Commercial Operation |
| | | ISD2560 | 56.5 | 60.0 | 63.8 | sec | Industrial Operation |
| | | ISD2575 | 72.6 | 75.0 | 77.5 | sec | Commercial Operation |
| | | ISD2575 | 70.7 | 75.0 | 79.7 | sec | Industrial Operation |
| | | ISD2590 | 87.1 | 90.0 | 93.0 | sec | Commercial Operation |
| | | ISD25120 | 116.1 | 120.0 | 123.9 | sec | Commercial Operation |
| $T_{CE}$ | $\overline{CE}$ Pulse Width | | | 100 | | nsec | |
| $T_{SET}$ | Control/Address Setup Time | | | 300 | | nsec | |
| $T_{HOLD}$ | Control/Address Hold Time | | | 0 | | nsec | |
| $T_{PUD}$ | Power-Up Delay | ISD2560 | 24.1 | 25.0 | 27.8 | msec | Commercial Operation |
| | | ISD2560 | 23.5 | 31.3 | 28.5 | msec | Industrial Operation |
| | | ISD2575 | 30.2 | 31.3 | 34.3 | msec | Commercial Operation |
| | | ISD2575 | 29.3 | 37.5 | 35.2 | msec | Industrial Operation |
| | | ISD2590 | 36.2 | 50.0 | 40.8 | msec | Commercial Operation |
| | | ISD25120 | 48.2 | | 53.6 | msec | Commercial Operation |
| $T_{PDR}$ | PD Pulse Width Record | ISD2560 | | 25 | | msec | |
| | | ISD2575 | | 31.25 | | msec | |
| | | ISD2590 | | 37.5 | | msec | |
| | | ISD25120 | | 50.0 | | msec | |
| $T_{PDP}$ | PD Pulse Width Play | ISD2560 | | 12.5 | | msec | |
| | | ISD2575 | | 15.625 | | msec | |
| | | ISD2590 | | 18.75 | | msec | |
| | | ISD25120 | | 25.0 | | msec | |
| $T_{PDS}$ | PD Pulse Width Static | | | 100 | | nsec | [6] |
| $T_{PDH}$ | Power Down Hold | | | 0 | | nsec | |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table 2-83: AC Parameters** (Packaged Parts)

| Symbol | Characteristic | | Min[2] | Typ[1] | Max[2] | Units | Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_{EOM}$ | EOM Pulse Width | ISD2560<br>ISD2575<br>ISD2590<br>ISD25120 | | 12.5<br>15.625<br>18.75<br>25.0 | | msec<br>msec<br>msec<br>msec | |
| $T_{OVF}$ | Overflow Pulse Width | | | 6.5 | | µsec | |
| THD | Total Harmonic Distortion | | | 1 | 2 | % | @ 1 KHz |
| $P_{OUT}$ | Speaker Output Power | | | 12.2 | 50 | mW | $R_{EXT}$ = 16 Ω[4] |
| $V_{OUT}$ | Voltage Across Speaker Pins | | | | 2.5 | V p–p | $R_{EXT}$ = 600 Ω |
| $V_{IN1}$ | MIC Input Voltage | | | | 20 | mV | Peak-to-Peak[5] |
| $V_{IN2}$ | ANA IN Input Voltage | | | | 50 | mV | Peak-to-Peak |
| $V_{IN3}$ | Aux Input Voltage | | | | 1.25 | V | Peak-to-Peak; $R_{EXT}$ = 16 Ω |

1. *Typical values @ $T_A$ = 25°C and 5.0 V.*
2. *All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100% tested.*
3. *Low-frequency cutoff depends upon the value of external capacitors (see Pin Descriptions).*
4. *From AUX IN; if ANA IN is driven at 50 mV p-p, the $P_{OUT}$ = 12.2 mW, typical.*
5. *With 5.1 KΩ series resistor at ANA IN.*
6. *$T_{PDS}$ is required during a static condition, typically overflow.*
7. *Sampling Frequency and Playback Duration can vary as much as ±2.25% over the commercial temperature range and voltage range and ±5% over the industrial temperature and voltage range. For greater stability, an external clock can be utilized (see Pin Descriptions).*
8. *Filter specification applies to both the antialiasing filter and the smoothing filter. Therefore, from input to output, expect a 6dB drop by nature of passing through both filters.*

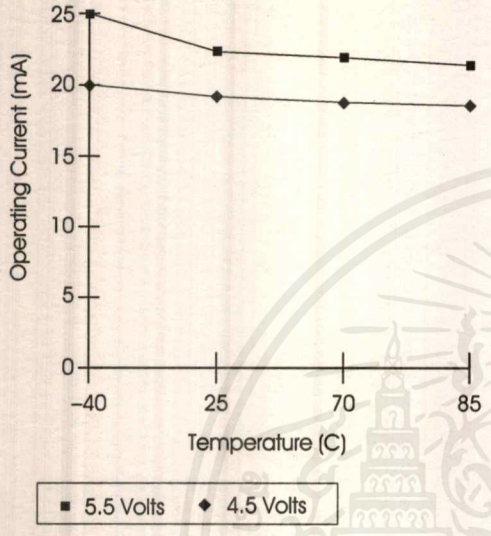




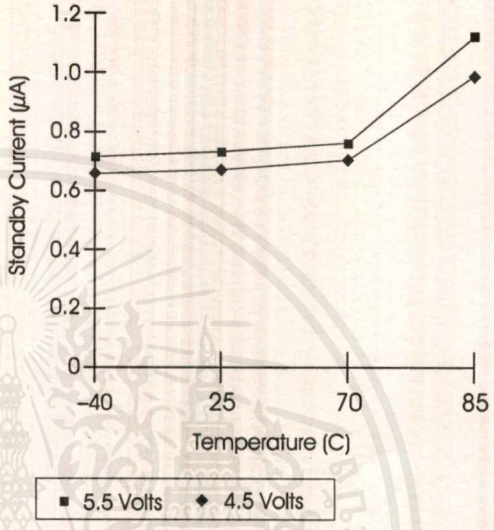
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (PACKAGED PARTS)

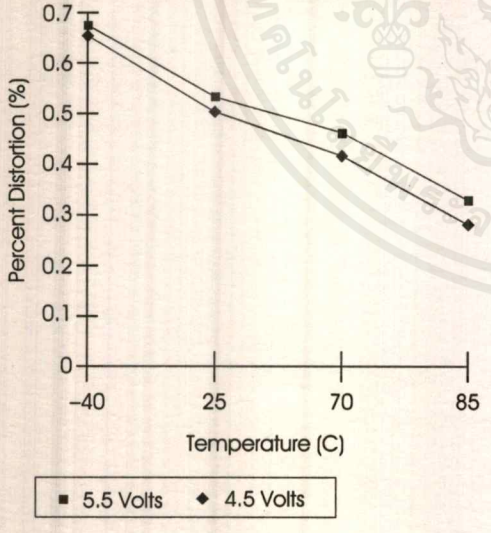
**Graph 2-41: Record Mode Operating Current ($I_{CC}$)**



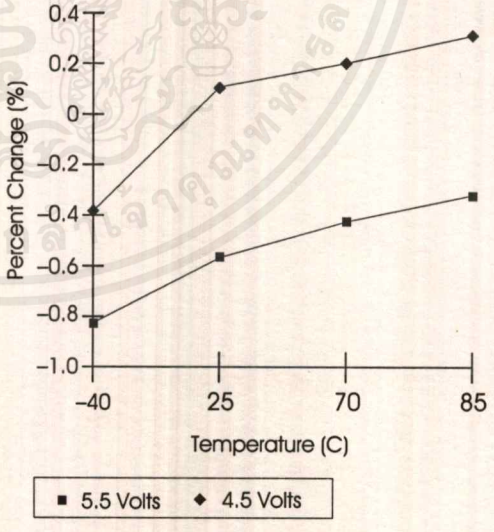

**Graph 2-43: Standby Current ($I_{SB}$)**




**Graph 2-42: Total Harmonic Distortion**




**Graph 2-44: Oscillator Stability**






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table 2-84: Absolute Maximum Ratings** (Die)[1]

| Condition | Value |
|---|---|
| Junction temperature | 150°C |
| Storage temperature range | –65°C to +150°C |
| Voltage applied to any pad | ($V_{SS}$ – 0.3 V) to ($V_{CC}$ + 0.3 V) |
| Voltage applied to any pad (Input current limited to ±20 mA) | ($V_{SS}$ –1.0 V) to ($V_{CC}$ + 1.0 V) |
| $V_{CC} - V_{SS}$ | –0.3 V to + 7.0 V |

1. *Stresses above those listed may cause permanent damage to the device. Exposure to the absolute maximum ratings may affect device reliability. Functional operation is not implied at these conditions.*

**Table 2-85: Operating Conditions** (Die)

| Condition | Value |
|---|---|
| Commercial operating temperature range | 0°C to +50°C |
| Supply voltage ($V_{CC}$)[1] | +4.5 V to +6.5 V |
| Ground voltage ($V_{SS}$)[2] | 0 V |

1. $V_{CC} = V_{CCA} = V_{CCD}$.
2. $V_{SS} = V_{SSA} = V_{SSD}$.

**Table 2-86: DC Parameters** (Die)

| Symbol | Parameters | Min[2] | Typ[1] | Max[2] | Units | Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{IL}$ | Input Low Voltage | | | 0.8 | V | |
| $V_{IH}$ | Input High Voltage | 2.0 | | | V | |
| $V_{OL}$ | Output Low Voltage | | | 0.4 | V | $I_{OL}$ = 4.0 mA |
| $V_{OH}$ | Output High Voltage | $V_{CC}$ – 0.4 | | | V | $I_{OH}$ = –10 µA |
| $V_{OH1}$ | $\overline{OVF}$ Output High Voltage | 2.4 | | | V | $I_{OH}$ = –1.6 mA |
| $V_{OH2}$ | $\overline{EOM}$ Output High Voltage | $V_{CC}$–1.0 | $V_{CC}$–0.8 | | V | $I_{OH}$ = –3.2 mA |
| $I_{CC}$ | $V_{CC}$ Current Operating) | | 25 | 30 | mA | $R_{EXT} = \infty$[3] |
| $I_{SB}$ | $V_{CC}$ Current (Standby) | | 1 | 10 | µA | [2] |
| $I_{IL}$ | Input Leakage Current | | | ±1 | µA | |
| $I_{ILPD}$ | Input Current HIGH w/Pull Down | | | 130 | µA | Force $V_{CC}$[4] |
| $R_{EXT}$ | Output Load Impedance | 16 | | | Ω | Speaker Load |
| $R_{MIC}$ | Preamp In Input Resistance | 4 | 9 | 15 | KΩ | MIC and MIC REF Pads |
| $R_{AUX}$ | AUX INput Resistance | 5 | 11 | 20 | KΩ | |
| $R_{ANA\ IN}$ | ANA IN Input Resistance | 2.3 | 3 | 5 | KΩ | |
| $A_{PRE1}$ | Preamp Gain 1 | 21 | 24 | 26 | dB | AGC = 0.0 V |
| $A_{PRE2}$ | Preamp Gain 2 | | –15 | 5 | dB | AGC = 2.5 V |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table 2-86: DC Parameters** (Die)

| Symbol | Parameters | Min[2] | Typ[1] | Max[2] | Units | Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $A_{AUX}$ | AUX IN/SP+ Gain | | 0.98 | 1.0 | V/V | |
| $A_{ARP}$ | ANA IN to SP+/- Gain | 21 | 23 | 26 | dB | |
| $R_{AGC}$ | AGC Output Resistance | 2.5 | 5 | 9.5 | KΩ | |

1. *Typical values @ $T_A$ = 25°C and 5.0 V.*
2. *All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100% tested.*
3. *$V_{CCA}$ and $V_{CCD}$ connected together.*
4. *XCLK pad only.*

**Table 2-87: AC Parameters** (Die)

| Symbol | Characteristic | | Min[2] | Typ[1] | Max[2] | Units | Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $F_S$ | Sampling Frequency | ISD2560 | | 8.0 | | KHz | [7] |
| | | ISD2575 | | 6.4 | | KHz | [7] |
| | | ISD2590 | | 5.3 | | KHz | [7] |
| | | ISD25120 | | 4.0 | | KHz | [7] |
| $F_{CF}$ | Filter Pass Band | ISD2560 | | 3.4 | | KHz | 3 dB Roll-Off Point [3, 8] |
| | | ISD2575 | | 2.7 | | KHz | 3 dB Roll-Off Point [3, 8] |
| | | ISD2590 | | 2.3 | | KHz | 3 dB Roll-Off Point [3, 8] |
| | | ISD25120 | | 1.7 | | KHz | 3 dB Roll-Off Point [3, 8] |
| $T_{REC}$ | Record Duration | ISD2560 | 58.1 | 60.0 | 62.0 | sec | Commercial Operation |
| | | ISD2575 | 72.6 | 75.0 | 77.5 | sec | Commercial Operation |
| | | ISD2590 | 87.1 | 90.0 | 93.0 | sec | Commercial Operation |
| | | ISD25120 | 116.1 | 120.0 | 123.9 | sec | Commercial Operation |
| $T_{PLAY}$ | Playback Duration | ISD2560 | 58.1 | 60.0 | 62.0 | sec | Commercial Operation[7] |
| | | ISD2575 | 72.6 | 75.0 | 77.5 | sec | Commercial Operation[7] |
| | | ISD2590 | 87.1 | 90.0 | 93.0 | sec | Commercial Operation[7] |
| | | ISD25120 | 116.1 | 120.0 | 123.9 | sec | Commercial Operation[7] |
| $T_{CE}$ | $\overline{CE}$ Pulse Width | | | 100 | | nsec | |
| $T_{SET}$ | Control/Address Setup Time | | | 300 | | nsec | |
| $T_{HOLD}$ | Control/Address Hold Time | | | 0 | | nsec | |
| $T_{PUD}$ | Power-Up Delay | ISD2560 | 24.1 | 25.0 | 27.8 | msec | Commercial Operation |
| | | ISD2575 | 30.2 | 31.3 | 34.3 | msec | Commercial Operation |
| | | ISD2590 | 36.2 | 37.5 | 40.8 | msec | Commercial Operation |
| | | ISD25120 | 48.2 | 50.0 | 53.6 | msec | Commercial Operation |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table 2-87: AC Parameters** (Die)

| Symbol | Characteristic | | Min[2] | Typ[1] | Max[2] | Units | Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_{PDR}$ | PD Pulse Width Record | ISD2560 | | 25 | | msec | |
| | | ISD2575 | | 31.25 | | msec | |
| | | ISD2590 | | 37.5 | | msec | |
| | | ISD25120 | | 50.0 | | msec | |
| $T_{PDP}$ | PD Pulse Width Play | ISD2560 | | 12.5 | | msec | |
| | | ISD2575 | | 15.625 | | msec | |
| | | ISD2590 | | 18.75 | | msec | |
| | | ISD25120 | | 25.0 | | msec | |
| $T_{PDS}$ | PD Pulse Width Static | | | 100 | | nsec | [6] |
| $T_{PDH}$ | Power Down Hold | | | 0 | | nsec | |
| $T_{EOM}$ | EOM Pulse Width | ISD2560 | | 12.5 | | msec | |
| | | ISD2575 | | 15.625 | | msec | |
| | | ISD2590 | | 18.75 | | msec | |
| | | ISD25120 | | 25.0 | | msec | |
| $T_{OVF}$ | Overflow Pulse Width | | | 6.5 | | µsec | |
| THD | Total Harmonic Distortion | | | 1 | 3 | % | @ 1 KHz |
| $P_{OUT}$ | Speaker Output Power | | | 12.2 | 50 | mW | $R_{EXT}$ = 16 Ω[4] |
| $V_{OUT}$ | Voltage Across Speaker Pins | | | | 2.5 | V p–p | $R_{EXT}$ = 600 Ω |
| $V_{IN1}$ | MIC Input Voltage | | | | 20 | mV | Peak-to-Peak[5] |
| $V_{IN2}$ | ANA IN Input Voltage | | | | 50 | mV | Peak-to-Peak |
| $V_{IN3}$ | Aux Input Voltage | | | | 1.25 | V | Peak-to-Peak; $R_{EXT}$ = 16 Ω |

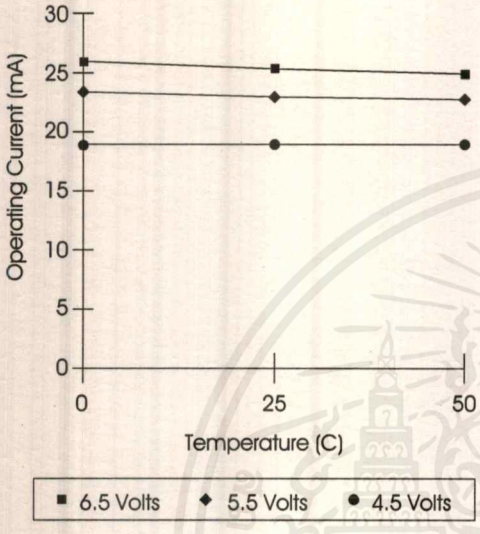
1. *Typical values @ $T_A$ = 25°C and 5.0 V.*
2. *All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100% tested.*
3. *Low-frequency cutoff depends upon the value of external capacitors (see Pin Descriptions).*
4. *From AUX IN; if ANA IN is driven at 50 mV p-p, the $P_{OUT}$ = 12.2 mW, typical.*
5. *With 5.1 KΩ series resistor at ANA IN.*
6. *$T_{PDS}$ is required during a static condition, typically overflow.*
7. *Sampling Frequency and Playback Duration can vary as much as ±2.25% over the commercial temperature range and voltage range. For greater stability, an external clock can be utilized (see Pin Descriptions).*
8. *Filter specification applies to the antialiasing filter and the smoothing filter.*



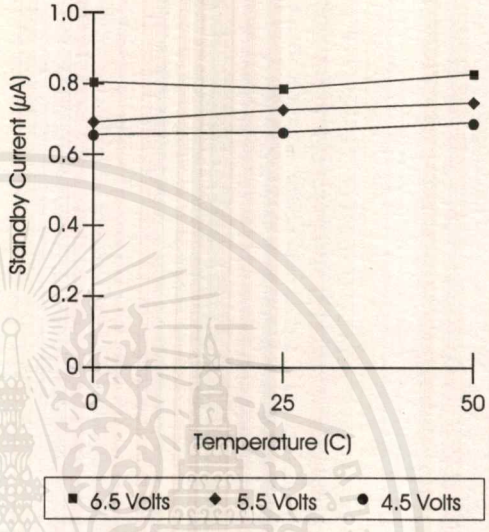
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (DIE)

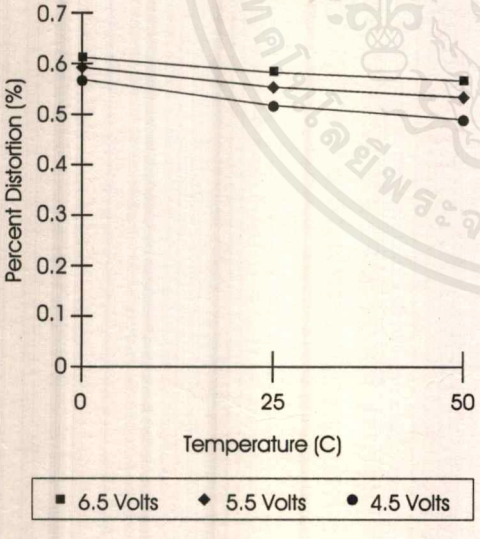
**Graph 2-45: Record Mode Operating Current ($I_{CC}$)**



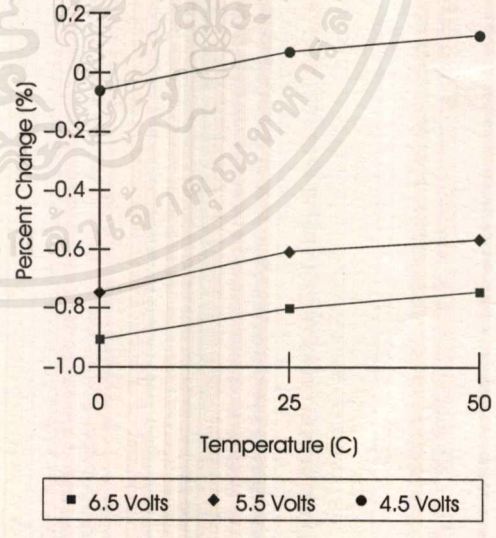

**Graph 2-47: Standby Current ($I_{SB}$)**




**Graph 2-46: Total Harmonic Distortion**



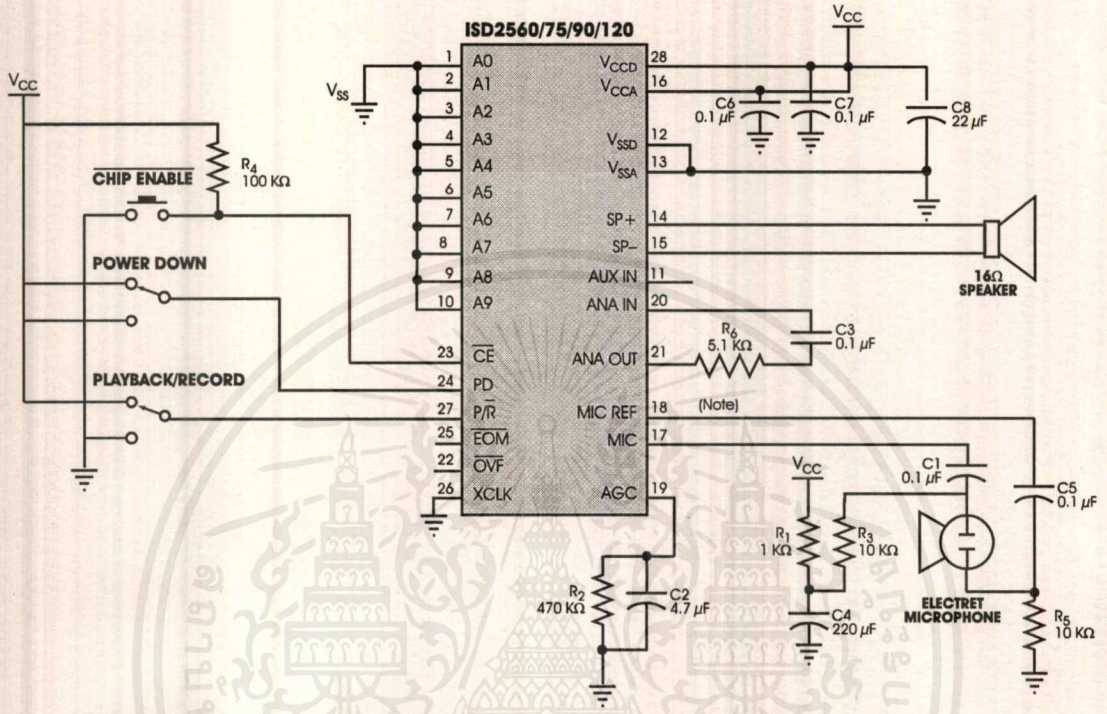

**Graph 2-48: Oscillator Stability**






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Figure 2-37: ISD2560/75/90/120 Application Example—Design Schematic**




***NOTE:*** *If desired, pin 18 (PDIP package) may be left unconnected (microphone preamplifier noise will be higher). In this case, pin 18 must not be tied to any other signal or voltage. Additional design example schematics are provided in the Application Notes in this book.*

**Table 2-88: Application Example—Basic Device Control**

| Control Step | Function | Action |
|---|---|---|
| 1 | Power up chip and select Record/Playback mode | 1. PD = LOW, 2. P/$\overline{R}$ = As desired |
| 2 | Set message address for Record/Playback | Set addresses A0–A9 |
| 3A | Begin Playback | P/$\overline{R}$ = HIGH, $\overline{CE}$ = Pulsed LOW |
| 3B | Begin Record | P/$\overline{R}$ = LOW, $\overline{CE}$ = LOW |
| 4A<br>4B | End Playback<br>End Record | Automatic<br>PD or $\overline{CE}$ = HIGH |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table 2-89: Application Example—Passive Component Functions**

| Part | Function | Comments |
|---|---|---|
| R1 | Microphone power supply decoupling | Reduces power supply noise |
| R2 | Release time constant | Sets release time for AGC |
| R3, R5 | Microphone biasing resistors | Provides biasing for microphone operation |
| R4 | Series limiting resistor | Reduces level to prevent distortion at higher supply voltages. |
| R6 | Series limiting resistor | Reduces level to high supply voltages |
| C1, C5 | Microphone DC–blocking capacitor Low-frequency cutoff | Decouples microphone bias from chip. Provides single-pole low-frequency cutoff and common mode noise rejection. |
| C2 | Attack/Release time constant | Sets attack/release time for AGC |
| C3 | Low-frequency cutoff capacitor | Provides additional pole for low-frequency cutoff |
| C4 | Microphone power supply decoupling | Reduces power supply noise |
| C6, C7, C8 | Power supply capacitors | Filter and bypass of power supply |

2

## EXPLANATION

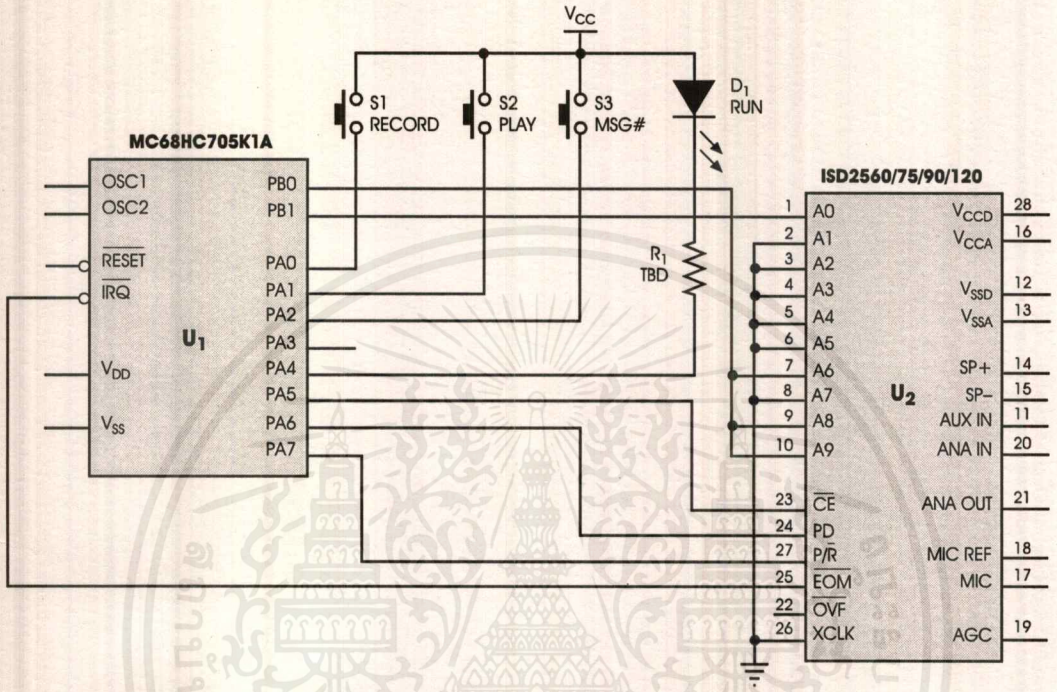
In this simplified block diagram of a microcontroller application, the Push-Button mode and message cueing are used. The microcontroller is a 16-pin version with enough port pins for buttons, an LED, and the ISD2500 Series device. The software can be written to use three buttons: one each for play and record, and one for message selection. Because the microcontroller is interpreting the buttons and commanding the ISD2500 device, software can be written for any functions desired in a particular application.

***NOTE*** *ISD does not recommend connecting address lines directly to a microprocessor bus. Address lines should be externally latched.*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

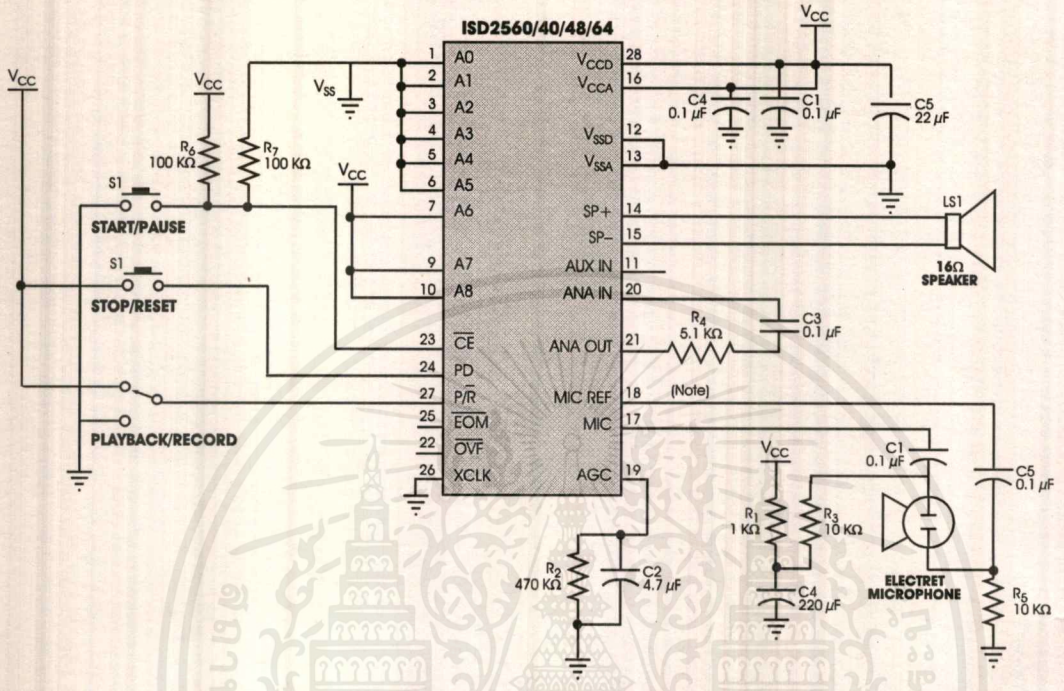
**Figure 2-38: ISD2560/75/90/120 Application Example—Microcontroller/ISD2500 Interface**






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Figure 2-39: ISD2500 Application Example— Push-Button**




***NOTE:*** *For more details, please refer to CHAPTER 5, Application Information.*

**Table 2-90: Application Example—Push-Button Control**

| Control Step | Function | Action |
|---|---|---|
| 1 | Select Record/Playback mode | P/$\overline{R}$ = As desired |
| 2A | Begin Playback | P/$\overline{R}$ = HIGH<br>$\overline{CE}$ = Pulsed LOW |
| 2B | Begin Record | P/$\overline{R}$ = LOW<br>$\overline{CE}$ = Pulsed LOW |
| 3 | Pause Record or Playback | $\overline{CE}$ = Pulsed LOW |
| 4A | End Payback | Automatic at EOM marker or<br>PD = Pulsed HIGH |
| 4B | End Record | PD = Pulsed HIGH |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Table 2-91: Application Example—Passive Component Functions**

| Part | Function | Comments |
|---|---|---|
| R2 | Release time constant | Sets release time for AGC |
| R4 | Series limiting resistor | Reduces level to prevent distortion at higher supply voltages |
| R6, R7 | Pull-up and pull-down resistors | Defines static state of inputs |
| C1, C4, C5 | Power supply capacitors | Filters and bypass of power supply |
| C2 | Attack/Release time constant | Sets attack/release time for AGC |
| C3 | Low-frequency cutoff capacitor | Provides additional pole for low-frequency cutoff |

**Table 2-92: Push-Button Parameters**

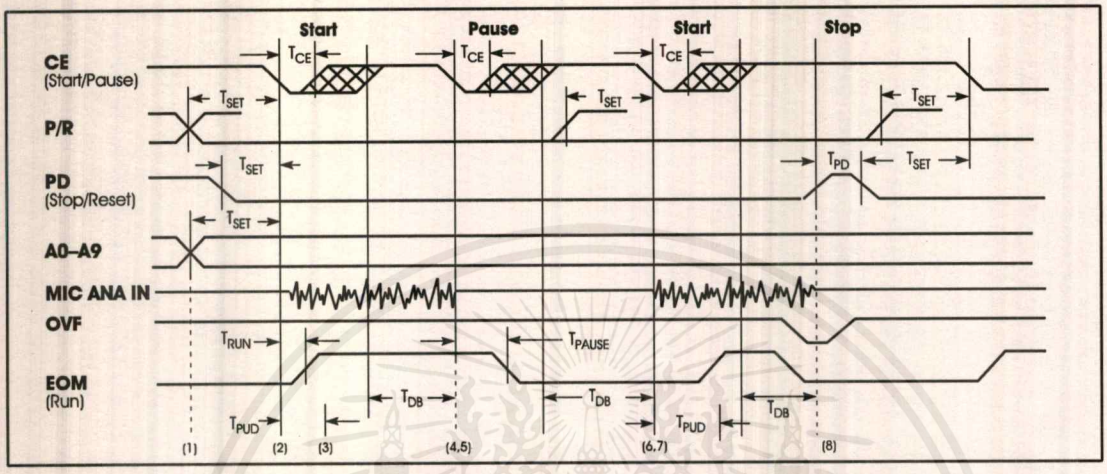
| Symbol | Characteristic | | Min | Typ[1] | Max | Units | Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_{CE}$ | $\overline{CE}$ Pulse Width [Start/Pause] | | | 300 | | nsec | |
| $T_{SET}$ | Control/Address Setup Time | | | 300 | | nsec | |
| $T_{PUD}$ | Power-Up Delay | ISD2560 | | 25 | | msec | |
| | | ISD2575 | | 31.25 | | msec | |
| | | ISD2590 | | 37.25 | | msec | |
| | | ISD25120 | | 50.0 | | msec | |
| $T_{PD}$ | PD Pulse Width [Stop/Reset] | | | 300 | | nsec | |
| $T_{RUN}$ | $\overline{CE}$ to $\overline{EOM}$ HIGH | | 25 | | 400 | nsec | |
| $T_{PAUSE}$ | $\overline{CE}$ to $\overline{EOM}$ LOW | | 50 | | 400 | nsec | |
| $T_{DB}$ | $\overline{CE}$ HIGH Debounce | ISD2560 | 70 | | 105 | msec | |
| | | ISD2575 | 85 | | 135 | msec | |
| | | ISD2590 | 105 | | 160 | msec | |
| | | ISD25120 | 135 | | 215 | msec | |



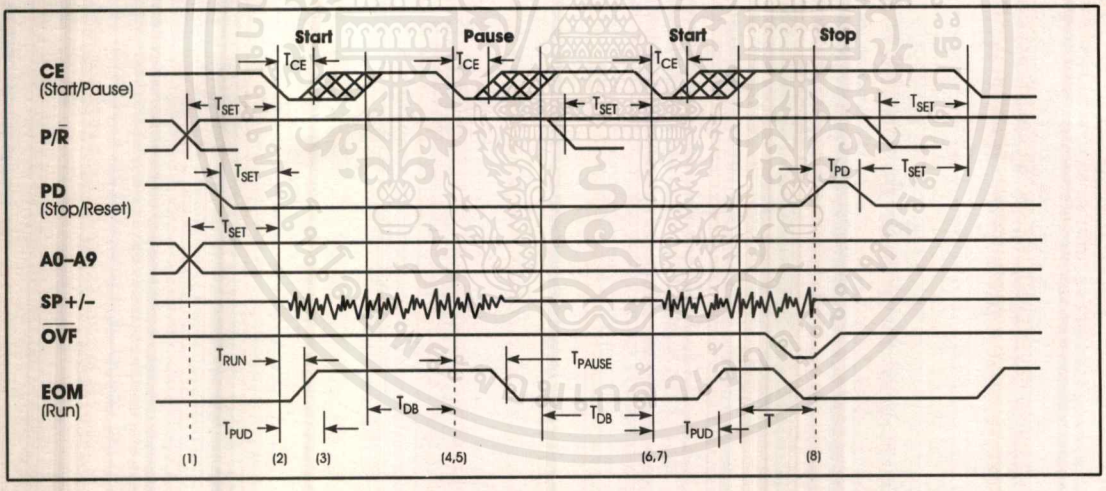
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## TIMING DIAGRAMS

### Figure 2-40: Push-Button Mode Record




### Figure 2-41: Push-Button Mode Playback



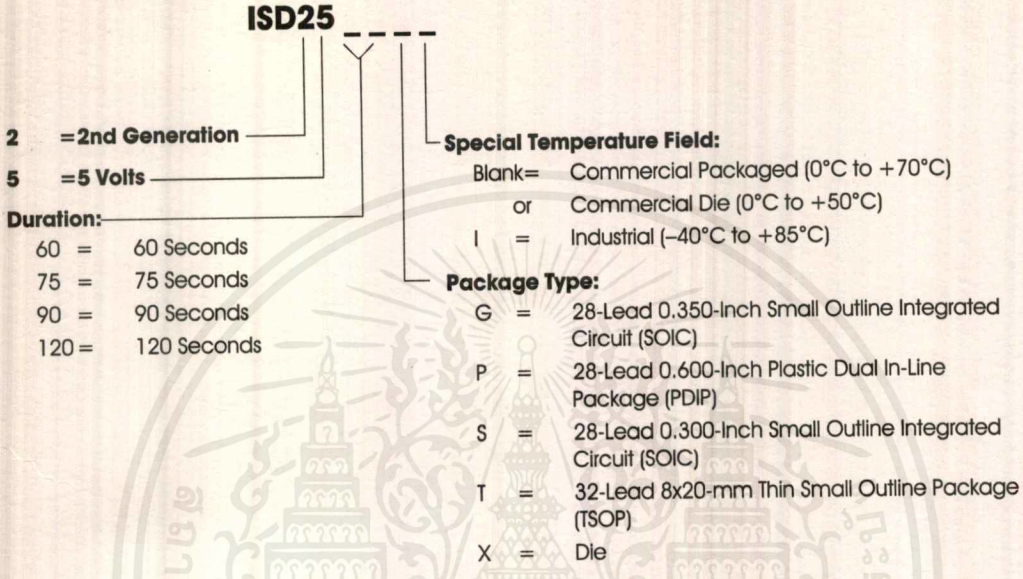

1. *A9, A8, and A6 = 1 for push-button operation.*
2. *The first $\overline{CE}$ LOW pulse performs a Start function.*
3. *The part will begin to play or record after a power-up delay $T_{PUD}$.*
4. *The part must have $\overline{CE}$ HIGH for a debounce period TDB before it will recognize another falling edge of $\overline{CE}$ and pause.*
5. *The second $\overline{CE}$ LOW pulse, and every even pulse thereafter, performs a Pause function.*
6. *Again, the part must have $\overline{CE}$ HIGH for a debounce period TDB before it will recognize another falling edge of $\overline{CE}$, which would restart an operation. In addition, the part will not do an internal power down until $\overline{CE}$ is HIGH for the TDB time.*
7. *The third $\overline{CE}$ LOW pulse, and every odd pulse thereafter, performs a Resume function.*
8. *At any time, a HIGH level on PD will stop the current function, reset the address counter, and power down the device.*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ORDERING INFORMATION

***Product Number Descriptor Key***




2

When ordering ISD2560/75/90/120 products, please refer to the following valid part numbers.

| Part Number | Part Number | Part Number | Part Number |
|---|---|---|---|
| ISD2560G | ISD2575G | ISD2590G | ISD25120G |
| ISD2560GI | ISD2575GI | ISD2590P | ISD25120P |
| ISD2560P | ISD2575P | ISD2590S* | ISD25120X |
| ISD2560PI | ISD2575PI | ISD2590T | |
| ISD2560S* | ISD2575S* | ISD2590X | |
| ISD2560SI* | ISD2575SI* | | |
| ISD2560T | ISD2575T | | |
| ISD2560TI | ISD2575TI | | |
| ISD2560X | ISD2575X | | |

***NOTE:*** *The asterisk (*) indicates advance information*

For the latest product information, access ISD's worldwide website at http://www.isd.com.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง


[1] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล "คู่มือนักอิเล็คทรอนิกส์" กรุงเทพฯ บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด 2535

[2] "รวมโครงงานอิเล็คทรอนิคส์" กรุงเทพฯ บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด 2539

[3] เศกสิทธิ์ คำภู "เซมิคอนดัคเตอร์ อิเล็คทรอนิกส์ ฉบับที่ 152" กรุงเทพฯ บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด 2538

[4] ปรเมษฐ์ ประนยานันทน์, ปิยพงศ์ เผ่าวาณิช "คู่มือการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51" กรุงเทพฯ บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด 2538

[5] ปรีชา เลาวาณิชกุล, "เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ" วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ 2536



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยได้ ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำชี้แนะจาก อาจารย์ สุรพล บุญจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ทุกๆท่านที่ได้อบรมสั่งสอน จึงขอขอบพระคุณมา ณ.โอกาสนี้ด้วย

นาย ชูชีพ ภักดี
นาย ประพาด ใจกว้าง
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้