

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... **62290**  
วัน,เดือน,ปี..... **- 8 ส.ค. 2549**

b. **11616933**  
i. ....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Home Control System



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for  
the Degree of Bachelor of Science  
Department of Applied Physics  
Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
Academic Year 2005  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง ระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ

นักศึกษา นายชิตี สมานมิตร  
ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์  
สาขาวิชา เครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม  
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.วิจิต ศิริโชติ

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
อนุมัติโครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ อ.ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์	
กรรมการ อ.ชนภรณ์ สีสาวพัฒนานนท์	
กรรมการ อ.วิฑูรย์ ยินดีสุข	
กรรมการที่ปรึกษา รศ.วิจิต ศิริโชติ	

(รองศาสตราจารย์วิชาญ เตชิตธีระ)

หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ
นักศึกษา	นายธิตี สมานมิตร
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์                      คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2548
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.วิจิต สิริโชติ

### บทคัดย่อ

ได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าระยะไกลด้วยรหัส DTMF (Dual Tones Multi-Frequency) ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ควบคุมเป็นชนิด 8 บิต AVR MEGA16 วงจรส่วนหน้าประกอบด้วยวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและวงจรถอดรหัส เข็มรหัส DTMF ด้วยชิป MT8880 โปรแกรมควบคุมได้พัฒนาด้วยภาษาซี วงจรเอาต์พุตมีรีเลย์ 4 ตัว ตัวบอร์ดยังมีอินพุต เชื่อมต่อเซ็นเซอร์รักษาความปลอดภัย เช่น สวิตช์แม่เหล็ก หรือเซ็นเซอร์ตรวจจับความร้อน เมื่อหน้าสัมผัสปิด บอร์ดจะหมุนโทรศัพท์ไปยังหมายเลขที่กำหนดไว้และส่งเสียงแบบต่างๆเพื่อแจ้งเตือน

<b>Special Project Title</b>	Home Control System
<b>Name</b>	Mr.Thiti Smarmmitr
<b>Department</b>	Applied Physics Faculty of Science
<b>Program</b>	Applied Physics – Science and Industry Instrumentation
<b>Academic Year</b>	2005
<b>Special Project Advisor</b>	Assoc.Prof. Wichit Sirichote

### ABSTRACT

A device used for remote controlling appliances by DTMF coding has been designed and built. The circuit is based on AVR MEGA16 8-bit microcontroller. The input front-end consists of ring detector and DTMF encoder/decoder chip, MT8880. The firmware is developed using c language. The output has 4-channel relays. The board has digital input for connecting the security sensors, e.g. magnetic reed switch, or pyrometer sensor. When contacts are closed, the board will dial to the predefined phone number to alert with different tone signals.

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ วิจิต ศิริโชติ ที่เป็นที่ปรึกษาให้กับข้าพเจ้าในการทำโครงการนี้ให้ลุล่วงสำเร็จไปได้ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ของข้าพเจ้าที่คอยอบรมสั่งสอนและเลี้ยงดูข้าพเจ้าจนเติบโตใหญ่มาได้จนถึงทุกวันนี้ อีกทั้งยังคอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้กับข้าพเจ้าในการทำโครงการครั้งนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้กับข้าพเจ้า และสุดท้ายขอขอบคุณบุคคลที่ไม่ได้กล่าวถึงใน ณ ที่นี้ที่มีส่วนช่วยเหลือข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี ขอขอบคุณทุกท่านครับ

ธิตี สมานมิตร

20 มีนาคม 2549



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง,จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช,ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	5
2.1. ไมโครคอนโทรลเลอร์	6
2.2. เซ็นเซอร์	7
2.3. รีเลย์ (Relay)	12
2.4. DTMF	13
2.4.1. ชนิดของรหัสสัญญาณ ไคอัล	13
2.4.2. การเข้ารหัส (Encoder)	14
2.4.3. การถอดรหัส (DECODER)	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	22
3.1 ทำการออกแบบระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ	22
3.2 การทำงานในแต่ละส่วน	23
3.2.1 วงจรจ่ายไฟ	23
3.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์	24
3.2.3 ไอซีถอดรหัสและเข้ารหัสสัญญาณ DTMF	26
3.2.4 วงจรปรับสัญญาณ ( Isolating circuit )	27
3.2.5 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	28
3.2.6 วงจรรีเลย์	29

เนื้อหา	หน้า
3.3 Flow chart การทำงานของระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ	30
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	33
4.1 ผลการทดลอง	33
4.1.1. DTMF	33
4.1.2. วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	36
4.1.3 รีเลย์	37
4.2 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ	38
- ทดสอบการ โทรเข้า	40
- ทดสอบการ โทรออก	41
4.3 อภิปรายผล	42
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	43
5.1 สรุป	43
5.2 ข้อเสนอแนะ	43
เอกสารอ้างอิง	44
ภาคผนวก	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ชื่อตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางความถี่ DTMF	14
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ ปุ่มที่กด และค่าเอาต์พุตที่ขา D3-D0	34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนผังแสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆของระบบควบคุมบ้านอัตโนมัติ	2
รูปที่ 2.1 (a) ลักษณะของ ATMEGA16 (b) ขาต่างๆของ ATMEGA16	6
รูปที่ 2.2 แสดงการวัดระดับและให้ค่าสัญญาณทั้ง 2 ลักษณะ	7
รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบภายในของทรานสดิวเซอร์	8
รูปที่ 2.4 แสดงแผนผังการทำงานของทรานสดิวเซอร์	8
รูปที่ 2.5 ลักษณะของเซ็นเซอร์แบบ Thermocouple	9
รูปที่ 2.6 ลักษณะของเซ็นเซอร์แบบ Infrared	9
รูปที่ 2.7 สัญลักษณ์ของออปแอมป์ในวงจรไฟฟ้า	10
รูปที่ 2.8 วงจรสมมูลของออปแอมป์	10
รูปที่ 2.9(a) วงจรขยายแบบกลับขั้วสัญญาณ (b) วงจรขยายแบบไม่กลับขั้วสัญญาณ	11
รูปที่ 2.10 รูปร่างลักษณะของรีเลย์แบบต่างๆ	12
รูปที่ 2.11 แสดงหน้าปัดของเครื่องแบบหมุนและแบบกด	15
รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะการต่อโทรศัพท์กับชุมสาย	15
รูปที่ 2.13 แสดงการต่อปากพูดและหูฟัง	16
รูปที่ 2.14 วงจรรวมเครื่อง โทรศัพท์	16
รูปที่ 2.15. ก. แสดงลักษณะ Voltage ใน Line ข. แสดงลักษณะ Current ใน Line	17
รูปที่ 2.16 Block Diagram พื้นฐานของไอซีสร้างรหัสพัลส์	18
รูปที่ 2.17 แสดงวงจรพื้นฐานของ DTMF	19
รูปที่ 2.18 แสดงตำแหน่ง Switch เลือกความถี่ต่าง ๆ	19
รูปที่ 2.19 วงจรนับ 5	20
รูปที่ 3.1 บล็อกโคเดแกรมของระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ	22
รูปที่ 3.2 วงจรจ่ายไฟสำหรับระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ	23
รูปที่ 3.3 ขาต่างๆของ ATMEGA16	24
รูปที่ 3.4 แสดงการเชื่อมต่อชิพรีจิสเตอร์	25
รูปที่ 3.5 ภาพแสดงการเชื่อมต่อไอซี DTMF เบอร์ MT8880C	26
รูปที่ 3.6 วงจรปรับระดับสัญญาณ	27
รูปที่ 3.7 วงจรที่ใช้ตรวจสัญญาณกระดิ่ง	28
รูปที่ 3.8 แสดงการเชื่อมต่อรีเลย์กับ ULN2803	29
รูปที่ 3.9 Flow chart แสดงการทำงานเมื่อมีการ โทรเข้าจากภายนอก	30

ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 3.10 Flow chart แสดงการทำงานเมื่อมีสัญญาณจาก Sensor ตรวจสอบความปลอดภัยภายในบ้าน	31
รูปที่ 3.11 Flow chart แสดงการทำงานในการปิด/เปิด เครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยสัญญาณ DTMF	32
รูปที่ 4.1 ภาพสัญญาณจาก Oscilloscope เมื่อมีการกดปุ่มหมายเลข 1	35
รูปที่ 4.2 โครงการเมื่อเสร็จสมบูรณ์	38
รูปที่ 4.3 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดที่จะใช้ในการทดลอง	39
รูปที่ 4.4 แสดงการเปิดหลอดไฟด้วยระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ

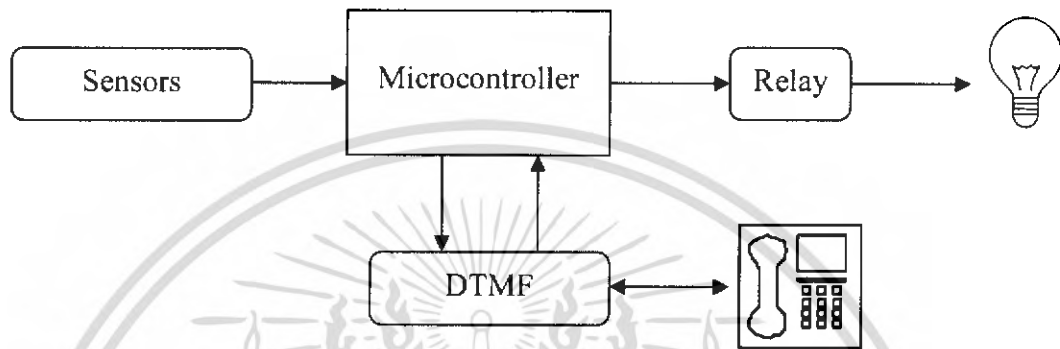
“ บ้าน ” เป็นหนึ่งในปัจจัยหลักของทุกคน ในอดีตนั้นเราทุกคนอาจจะอยู่โดยไม่ต้องใช้ไฟฟ้า แต่ในปัจจุบัน อุปกรณ์ต่างๆภายในบ้านล้วนใช้ไฟฟ้าทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็น หลอดไฟ พัดลม แอร์ วิทยุ โทรทัศน์ หรือคอมพิวเตอร์ เป็นต้น การที่จะ เปิด/ปิด อุปกรณ์เหล่านี้ปกติเราจะทำการ เปิด/ปิด ที่ตัวอุปกรณ์นั้นๆโดยตรง โดยในบางครั้งนั้นการกระทำดังกล่าวสามารถทำได้ลำบาก อาทิเช่นในกรณีที่ไม่ มีใครอยู่ในบ้านหรือมีเหตุจำเป็นที่ทำให้ไม่สามารถ เปิด/ปิด โดยตรงได้ ระบบควบคุมบ้านจึงถูกคิดค้น ขึ้นมาเพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่เกิดขึ้น ซึ่งระบบดังกล่าวนี้นอกจากจะสามารถนำมาควบคุมการ ปิดเปิดของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆได้แล้ว ยังสามารถเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ต่างๆเพื่อใช้ในการตรวจสอบ สถานะต่างๆภายในบ้านอีกด้วย อาทิเช่น มีผู้บุกรุกเข้ามาในบ้าน , เกิดเหตุไฟไหม้ , หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า ต่างๆในบ้านมีการเปิดทิ้งไว้ ระบบสามารถนำเซ็นเซอร์ที่เหมาะสมมาทำการเชื่อมต่อได้อีกด้วย

“ โทรศัพท์ ” ก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่เริ่มจะกลายเป็นปัจจัยหลักของทุกคน เนื่องมาจากปัจจุบันโลกได้ ก้าวสู่ยุคโลกาภิวัตน์ ซึ่งยุคนี้เป็นยุคที่ทุกคนสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ไม่ว่าจะอยู่ห่างกันไกลเพียงใด และยิ่งไปกว่านั้น “ โทรศัพท์มือถือ ” ในปัจจุบันแทบจะเรียกได้ว่าเป็นสิ่งของที่แทบทุกคนต้องพกพา เหมือนพกบัตรประชาชนอย่าง ไรอย่างนั้น การติดต่อถึงกันก็ยิ่งง่ายขึ้นๆ ไปอีกเป็นเท่าตัว

แม้ว่าระบบควบคุมบ้านนั้น จะช่วยเพิ่มความสะดวกในการจัดการอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและการ ดูแลสถานะต่างๆที่เกิดขึ้นภายในบ้านเป็นอย่างมาก แต่กลับไม่เป็นที่แพร่หลายกันมากนัก โดยเฉพาะ ในประเทศไทย เนื่องจากระบบควบคุมบ้านที่มีขายทั่วไปนั้นล้วนนำเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้มีราคาที่สูงมาก ทำให้หลายคนคิดว่าเป็นการสิ้นเปลืองและไม่มีความจำเป็นต้องติดตั้ง ทางเราจึงได้มองเห็นใน จุดนี้ และได้มีความคิดที่จะพัฒนาระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะที่มีการควบคุมผ่านทาง ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นระบบที่ง่ายต่อการพัฒนาและมีราคาถูก โดยในการพัฒนานี้จะนำไมโครคอนโทรลเลอร์มา ทำการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ และอีกส่วนหนึ่งจะทำหน้าที่ตรวจสอบเซ็นเซอร์ที่นำมาเชื่อมต่อกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนการสั่งการนั้นจะกระทำโดยผ่านทางแมทริกส์สวิตช์ ดังที่กล่าวไปข้างต้น แล้วว่าโทรศัพท์เป็นการสื่อสารพื้นฐานที่นิยมแพร่หลาย ทางเราจึงได้มีแนวคิดที่จะเพิ่มเติมในส่วนของการควบคุมโดยใช้โทรศัพท์สั่งการ โดยได้มีการนำตัวรับและส่งสัญญาณ DTMF มาเชื่อมต่อกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์แทนที่ใช้แมทริกส์สวิตช์เพื่อทำการหมุนโทรศัพท์ ซึ่งจะทำให้สามารถทำ การควบคุมผ่านทางโทรศัพท์ได้ นอกจากนี้ในส่วนของการแจ้งเตือนของเซ็นเซอร์นั้น จะสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระทำผ่านทางโทรศัพท์ได้เช่นเดียวกัน ซึ่งแนวคิดนี้หากทำได้สำเร็จ ก็จะทำให้ระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะนี้มีประสิทธิภาพที่ดีเป็นอย่างมาก



รูปที่ 1.1 แผนผังแสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆของระบบควบคุมบ้านอัตโนมัติ

ในส่วนของการแจ้งเตือนผ่านทางโทรศัพท์นั้น จะมาในรูปแบบของเสียงพูด ยกตัวอย่างเช่นกรณีที่มีการบุกรุกเข้ามาในบ้านก็จะมีการต่อสายไปยังเบอร์โทรศัพท์ที่กำหนดไว้ จากนั้นจะมีการส่งเสียงพูดไปทางสายโทรศัพท์เพื่อบอกสถานะที่เกิดขึ้น ซึ่งระบบแจ้งเตือนเป็นเสียงพูดนี้ จะช่วยให้การใช้งานระบบควบคุมอัจฉริยะนี้มีความง่ายตาย และเหมาะแก่ผู้ใช้ระดับบ้านทั่วไปเป็นอย่างดี และในส่วนของการสั่งการทางโทรศัพท์นั้น เมื่อเราทำการหมุนเบอร์ไปยังหมายเลขของสายโทรศัพท์ที่ทำการเชื่อมต่อกับระบบ DTMF ของระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะแล้ว จะมีการบอกมาว่าเมื่อกดหมายเลขโทรศัพท์ปุ่มใดจะควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในส่วนในบ้าง หรือต้องการจะเช็คสถานะของเซ็นเซอร์ผ่านทางโทรศัพท์หรือไม่ ซึ่งเมื่อกดหมายเลขโทรศัพท์ตามหัวข้อที่ต้องการแล้ว ระบบก็จะทำการควบคุมตามคำสั่งที่ได้รับมาทางโทรศัพท์นั้น

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและสร้างระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ ( Home Control System )
2. เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบแจ้งและเตือนสถานะอัตโนมัติผ่านทาง โทรศัพท์
3. เพื่อศึกษาการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้ในการสร้างระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ
4. เพื่อสร้างระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะที่มีราคาถูกเมื่อเทียบกับระบบควบคุมบ้านที่นำเข้าจากต่างประเทศ
5. เพื่อสร้างระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะที่ง่ายต่อการใช้งานและมีประสิทธิภาพที่ดี

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในการสร้างระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะนี้ เราได้แบ่งการทำงานต่างๆออกเป็นสามส่วนหลักๆ คือ ภาคเซ็นเซอร์, ภาคควบคุม และ ภาคอินพุต ซึ่งทั้งสามส่วนนี้จะเชื่อมต่อและประมวลผลโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งในภาคอินพุตนั้นจะเชื่อมต่อผ่านทางโทรศัพท์ โดยที่การเชื่อมต่อผ่านทางโทรศัพท์นี้ สามารถทำงานเป็นเอาต์พุตได้ในกรณีที่มีการแจ้งเตือนสถานะในส่วนของภาคเซ็นเซอร์ และการเชื่อมต่อผ่านทางโทรศัพท์นี้จะเป็นการใช้ DTMF Dialer ในการเชื่อมต่อทางโทรศัพท์

## 1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินการ

1. ศึกษาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และนำมาใช้งานโดยใช้ภาษา C ในการพัฒนาโปรแกรม
2. ศึกษาและทำความเข้าใจระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ
3. ศึกษาระบบ DTMF เพื่อใช้เชื่อมต่อในการควบคุมทางโทรศัพท์
4. ทำการออกแบบระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ
5. ดำเนินการสร้างและพัฒนา ระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ
6. นำระบบที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานจริงเพื่อทำการทดสอบการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะที่สร้างขึ้น สามารถนำมาใช้ได้เช่นเดียวกับระบบควบคุมบ้านที่นำเข้ามาจากต่างประเทศในปัจจุบัน
2. เข้าใจหลักการการทำงานของระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะและสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาโครงการได้
3. สามารถนำระบบควบคุมและรายงานสถานะผ่านทางโทรศัพท์มาพัฒนาระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะได้
4. สามารถนำระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะไปใช้งานได้จริง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

ในระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะนั้นจะเป็นการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาเชื่อมต่อกับ Sensor, Relay และ DTMF โดยที่ส่วนของเซ็นเซอร์นั้นจะสามารถนำเซ็นเซอร์ที่ต้องการมาติดตั้งได้ เช่น เซ็นเซอร์วัดเสียง, การเคลื่อนไหว, อุณหภูมิ, ความชื้น, แสง เป็นต้น โดยที่สัญญาณจากเซ็นเซอร์แต่ละตัว จะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลต่อไป ส่วนค่อมาคือ Relay ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่นำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำการ ปิด/เปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการได้ DTMF จะเป็นส่วนที่เราสามารถทำการอินพุตคำสั่งเพื่อสั่งการ ไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานตามที่ต้องการ ซึ่ง DTMF นั้นจะทำให้สามารถทำการเชื่อมต่อทาง โทรศัพท์ และทำการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางโทรศัพท์บ้าน และโทรศัพท์มือถือได้ ซึ่งจะ ทำให้ระบบนี้สามารถควบคุมได้จากระยะไกล รายละเอียดในแต่ละส่วนนั้น จะอธิบายในส่วนต่อไป

ในรูปที่ 1.1 ในบทหน้านั้นจะแสดงให้เห็นการเชื่อมต่อของส่วนประกอบหลักต่างๆในระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ ซึ่งได้แก่

- 2.1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ ( Microcontroller )
- 2.2. เซ็นเซอร์ ( Sensor )
- 2.3. รีเลย์ (Relay)
- 2.4. DTMF ( Dual Tone Multi-Frequency )

## 2.1. ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ถูกนำมาใช้กับระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะเนื่องจากสามารถนำมาใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆหลายๆตัวพร้อมๆกันได้ และยังมีข้อดีอีกหลายๆประการ ได้แก่ ประสิทธิภาพและความแม่นยำสูง ราคาถูก ซ่อมแซมได้ง่าย หาซื้อได้ง่าย โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาใช้นั้นเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต รุ่น ATMEGA16 ซึ่งมี ADC ในตัว ทำให้การแปลงสัญญาณจากเซ็นเซอร์ซึ่งเป็นอนาล็อกมาอยู่ในรูปดิจิทัลทำได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 2.1 (a) ลักษณะของ ATMEGA16 (b) ขาต่างๆของ ATMEGA16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

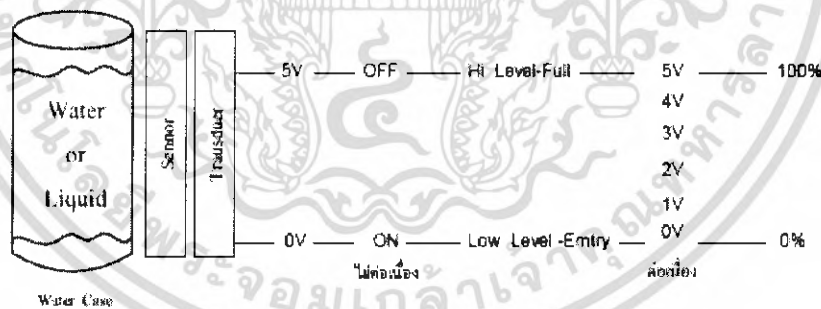
## 2.2. เซ็นเซอร์

ระบบควบคุมที่คิมีความแม่นยำและทำงานอย่างอัตโนมัติ นั้น ไม่ได้เกิดจากการควบคุมเพียงอย่างเดียวจะต้องพึ่งพาอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor Element) และการส่งผ่านสัญญาณที่ถูกต้องด้วยจึงจะสามารถทำให้ระบบทำงานได้อย่างแม่นยำ จะทำให้เกิดความคุ้มค่าในระบบควบคุมบ้านอัตโนมัติ

เซ็นเซอร์ (Sensor) ในความหมายคือ การตรวจรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงจากบางสิ่งบางอย่าง ซึ่งตรวจจับได้โดยทางธรรมชาติ หรือมนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นมาใช้ เช่น การเปลี่ยนความยาวของโลหะเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ดังรูป 1 หรือค่าความต้านทานเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)

ค่าที่ตรวจจับได้ดังกล่าวมาแล้วนั้นเป็นค่าทางฟิสิกส์ อาจพบว่าเป็นค่าการเปลี่ยนแปลงของความยาวของเส้นโลหะ หรือการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ ซึ่งอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับนี้เราจะเรียกว่า เซ็นเซอร์ ซึ่งเซ็นเซอร์นี้อาจจะเป็นส่วนเล็กๆ ที่อยู่ในอุปกรณ์ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันนี้ ค่าการเปลี่ยนแปลงที่ได้นี้จะต้องถูกแปรเปลี่ยนอย่างแม่นยำเพื่อส่งต่อไปยังระบบควบคุมอีกที ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะป็นหน้าที่ของอุปกรณ์แปลงสัญญาณดังที่จะกล่าวต่อไป

ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) หรือเรียกว่า ตัวแปลง มีหน้าที่เปลี่ยนแปลงค่าสัญญาณที่ได้จากการตรวจจับให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ในรูปของสัญญาณแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง (Continuous และ Discrete ตามลำดับ) เพื่อความสะดวกในการควบคุมและอ่านค่า เช่น การตรวจจับระดับของน้ำในถังดังรูปที่ 2.2

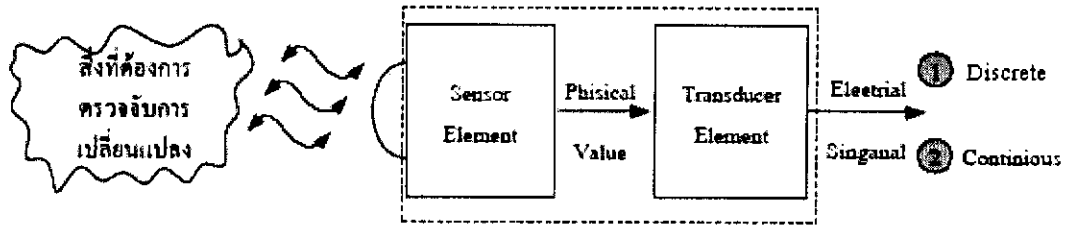


รูปที่ 2.2 แสดงการวัดระดับและให้ค่าสัญญาณทั้ง 2 ลักษณะ

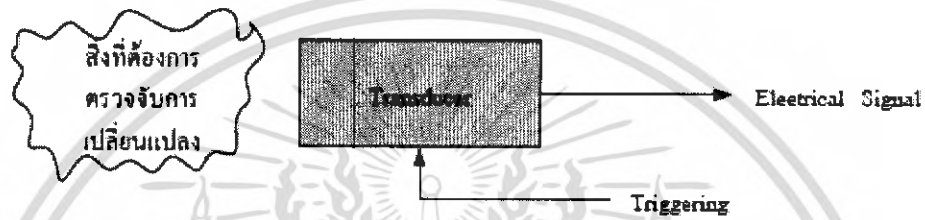
โดยสรุปแล้วทรานสดิวเซอร์เป็นอุปกรณ์ ที่ทำหน้าที่แปลงพลังงานที่อยู่ในรูปแบบหรือปริมาณทางฟิสิกส์ เปลี่ยนไปเป็นพลังงานไฟฟ้าหรือสัญญาณไฟฟ้า เช่น พลังงานเสียง ความร้อน น้ำหนัก ความเร็ว ระยะทาง แสง และอื่น ๆ รวมถึงปฏิกิริยาทางเคมีที่ได้รับมา เปลี่ยนเป็น สัญญาณไฟฟ้าเพื่อส่งไปประมวลผลต่อไป ทรานสดิวเซอร์อาจรวมถึงเซ็นเซอร์ไว้ในตัวเองด้วยก็ได้

ทรานสดิวเซอร์มีอยู่ด้วยกันหลายแบบหลายชนิด ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างโดยหลักการพื้นฐานในการแปลงค่าออกมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบภายในของทรานสดิวเซอร์

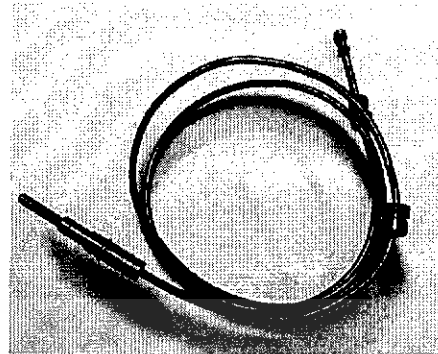
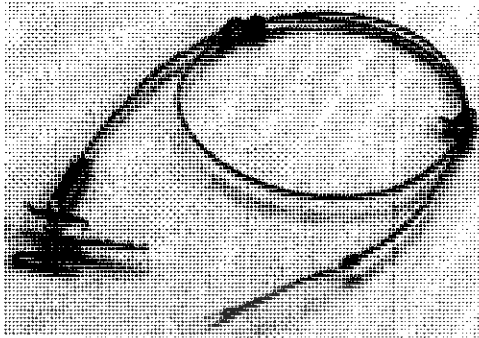


รูปที่ 2.4 แสดงแผนผังการทำงานของทรานสดิวเซอร์

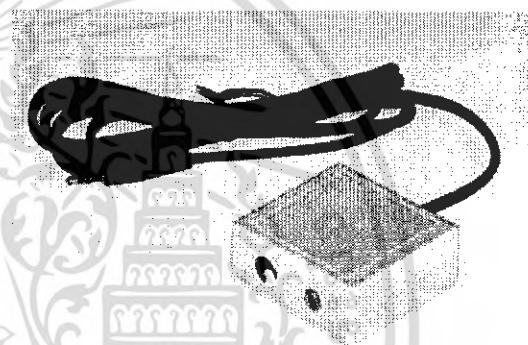
การทำงานของทรานสดิวเซอร์ในการตรวจจับและแปลงค่าเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า มีอยู่หลายวิธี พอสรุปได้ 5 วิธีดังต่อไปนี้

1. อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน (Resistance change)
2. อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ (Inductance change)
3. อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความจุ (Capacitance change)
4. อาศัยการเปลี่ยนแปลงทางแสง (Photo) และคลื่นความถี่ (Wave)
5. อาศัยหลักการอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ลักษณะของเซ็นเซอร์แบบ Thermocouple



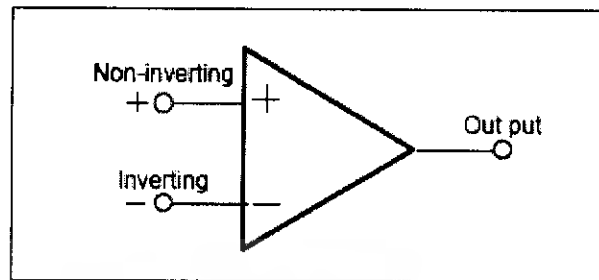
รูปที่ 2.6 ลักษณะของเซ็นเซอร์แบบ Infrared

ในบางครั้งนั้นสัญญาณที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ต่างๆอาจจะมีค่าน้อยมาก เราสามารถขยายสัญญาณดังกล่าวได้โดยใช้วงจรขยายสัญญาณแบบใช้ OP-AMP ( Amplifiers based on Op-Amp )

ออปแอมป์ (Operational Amplifier: Op Amp)

ออปแอมป์เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ตัวหนึ่งซึ่งมีการทำงานคล้ายกับแหล่งจ่ายแรงดันที่ถูกควบคุมด้วยแรงดัน (Voltage-Controlled Voltage Source, VCVS) ออปแอมป์สามารถนำมาใช้ในการรวมสัญญาณ, ขยายสัญญาณ หรือนำมาทำเป็นตัวกระทำทางคณิตศาสตร์ เช่น วงจรขยายสัญญาณ (Amplifiers)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

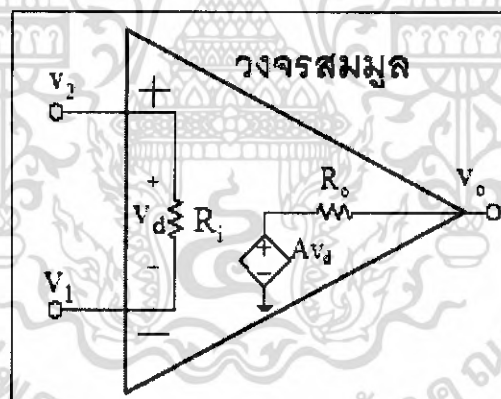


รูปที่ 2.7 สัญลักษณ์ของออปแอมป์ในวงจรไฟฟ้า

จะประกอบไปด้วย

- ขั้วอินพุตบวก ( Non-inverting input )
- ขั้วอินพุตลบ ( Inverting input )
- ขั้วเอาต์พุต ( Output )
- ขั้วแรงดันไฟเลี้ยง บวก และลบ ซึ่งปกติไม่ได้แสดงในสัญลักษณ์

วงจรสมมูลออปแอมป์ (Equivalent Op-Amp Circuit)



รูปที่ 2.8 วงจรสมมูลของออปแอมป์

ตัวต้านทานด้านอินพุต  $R_i$

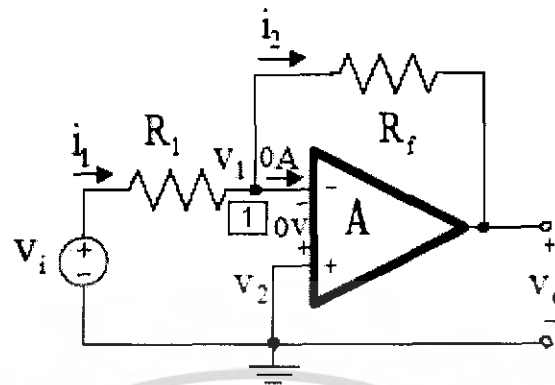
ตัวต้านทานด้านเอาต์พุต  $R_o$

แรงดันระหว่างขาอินพุต  $V_d = V_2 - V_1$

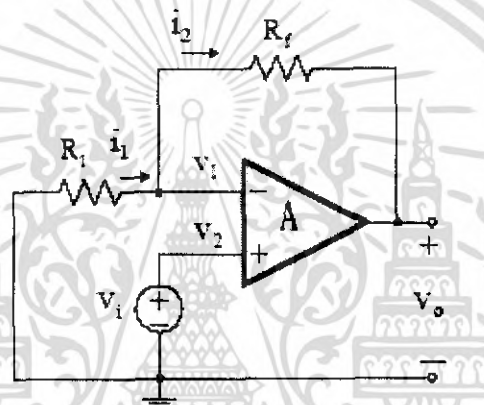
แรงดันเอาต์พุต  $V_o = AV_d = A(V_2 - V_1)$

A คือ อัตราขยายแรงดันลูปเปิด (Open-loop gain)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$(a) V_o = -(R_f/R_1)V_i$$



$$(b) V_o = 1 + (R_f/R_1)V_i$$

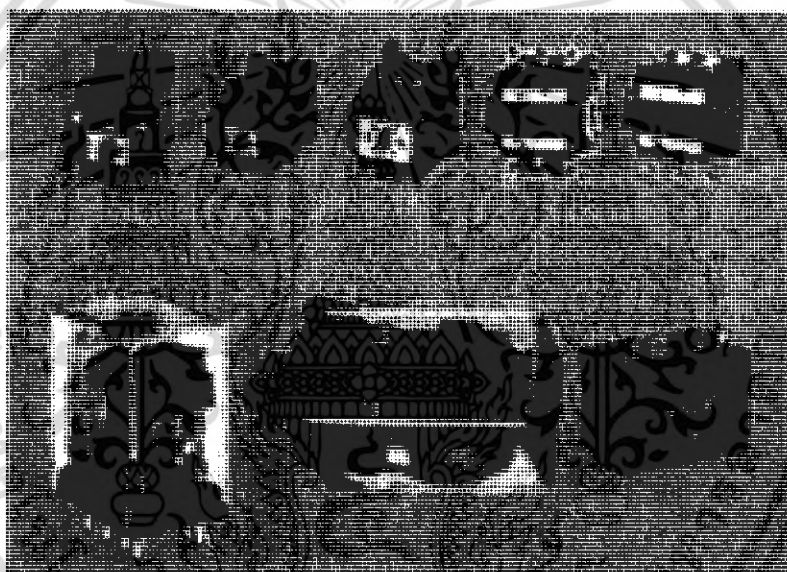
รูปที่ 2.9 (a) วงจรขยายแบบกลับขั้วสัญญาณ (b) วงจรขยายแบบไม่กลับขั้วสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3. รีเลย์

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ โดยจะมีหลักการทำงานคล้ายกับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า หรือ โซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจรไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. รีเลย์กำลัง (Power relay) หรือมักเรียกกันว่า คอนแทคเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา
2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทคเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางที่เรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"



รูปที่ 2.10 รูปร่างลักษณะของรีเลย์แบบต่างๆ

## 2.4. DTMF

เมื่อเราโทรศัพท์ ขณะที่เราหมุนเลขหมายเครื่องนั้น โทรศัพท์ก็จะสร้างสัญญาณขึ้นมาสัญญาณหนึ่งซึ่งสอดคล้องสัมพันธ์กับเลขหมายที่เราหมุน สัญญาณนี้เรียกว่า สัญญาณไดอัล (Dial Signal) สัญญาณนี้จะถูกส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์ เพื่อให้ชุมสายทำการตรวจสอบค้นหาและต่อผู้รับให้สัญญาณที่ถูกส่งไปนี้ก็คือรหัสเลขหมายโทรศัพท์นั่นเอง โดยรหัสนี้เครื่องโทรศัพท์จะเป็นผู้สร้างขึ้นมาจากที่ที่มีการหมุน ดังนั้นในเครื่องโทรศัพท์จึงต้องมีวงจรเข้ารหัสหรือส่วนที่สร้างรหัสเลขหมายโทรศัพท์ที่อยู่ภายในทุกเครื่องและที่ชุมสายโทรศัพท์ก็จะมีวงจรถอดรหัสอีกทีหนึ่ง

### 2.4.1. ชนิดของรหัสสัญญาณไดอัล

รหัสสัญญาณที่เครื่องโทรศัพท์สร้างขึ้นมานี้มีอยู่ 2 ชนิด คือ

- ไดอัลพัลส์ ( DP-Dial Pulse )
- ดูอัล โทน มัลติฟ्रीควเอนซี ( DTMF-Dual Tone Multi Freqency )

#### ไดอัลพัลส์

รหัสสัญญาณที่เป็นแบบพัลส์นี้ จะมีลักษณะเป็นพัลส์แบบ DC คือ จะมีเฉพาะช่วงบวกเท่านั้น จำนวนพัลส์ที่เกิดขึ้นจะมีจำนวนเท่ากับค่าของตัวเลขแต่ละตัวที่หมุน เช่น เลข 3 จะมี 3 พัลส์ เลข 7 จะมี 7 พัลส์ เลข 0 จะมี 10 พัลส์

#### ไดอัลโทนมัลติฟ्रीควเอนซี

เครื่องที่ให้รหัสเป็นแบบไดอัล โทนมัลติฟ्रीควเอนซีนี้จะเป็นเครื่องแบบกดปุ่มเท่านั้นเครื่องแบบหมุนไม่สามารถทำได้ ลักษณะของสัญญาณไดอัล โทนมัลติฟ्रीควเอนซี จะเป็นความถี่ 2 ความถี่วิ่งคู่กันไปที่ชุมสายโดยความถี่ที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นค่ามาตรฐานสากล ตามตารางรูปที่ 2.4.1

Hz	1209	1336	1477
697	1	2	3
770	4	5	6
852	7	8	9
941	*	0	#

### ตารางที่ 2.1 ตารางความถี่ DTMF

ตัวอย่าง

ถ้าเรากดเลข 1 จะได้ความถี่ 697 กับ 1209

ถ้าเรากดเลข 5 จะได้ความถี่ 770 กับ 1336

#### 2.4.2 การเข้ารหัส (Encoder)

การเข้ารหัสของเครื่องโทรศัพท์ก็จะสอดคล้องกับชนิดของรหัสไคอต์ ซึ่งได้กล่าวมาแล้ว โดยแบ่งการเข้ารหัสได้ 2 แบบ ดังนี้

- การเข้ารหัสแบบพัลส์ (Pulse Encoder)
- การเข้ารหัสแบบ โทน (Tone Encoder)

#### การเข้ารหัสแบบพัลส์

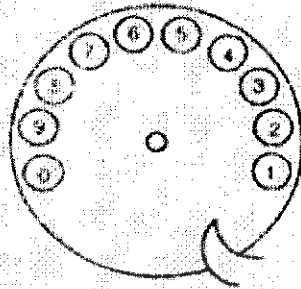
การเข้ารหัสแบบพัลส์ สามารถแยกวิธีการเข้ารหัสตามชนิดของเครื่องได้ 2 วิธี ดังนี้

1. วิธีการเข้ารหัสของเครื่องแบบหมุน (Rotary Encoder)
2. วิธีการเข้ารหัสของเครื่องแบบกดปุ่ม (Push Bottom Encoder)

#### 1. วิธีการเข้ารหัสของเครื่องแบบหมุน

โดยทั่วไปนั้นเครื่องแบบหมุน ( Rotary ) จะไม่มีวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ที่อยู่ยากมากนัก จึงไม่ได้มีการใช้วงจรรีเลย์ทรอนิกส์เป็นตัวเข้ารหัสโดยตรง แต่จะอาศัยการทำงานของ Mechanic ที่หน้าปัดเป็นตัวเข้ารหัสแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

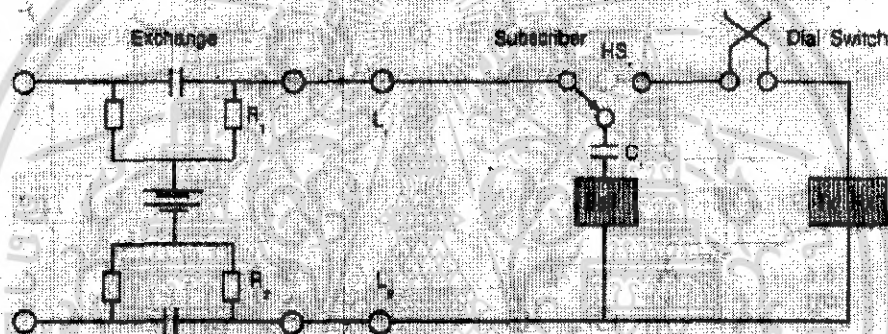


ก. Rotary

1	2	3
4	5	6
7	8	9
*	0	#

ข. Push Bottom

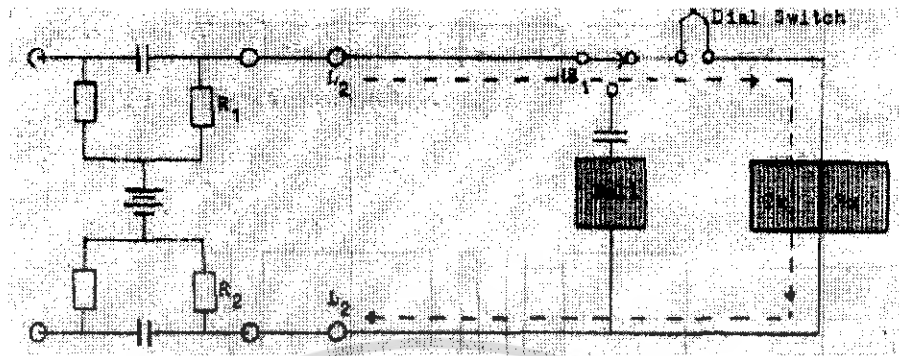
รูปที่ 2.11 แสดงหน้าปัดของเครื่องแบบหมุนและแบบกด



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะการต่อโทรศัพท์กับชุมสาย

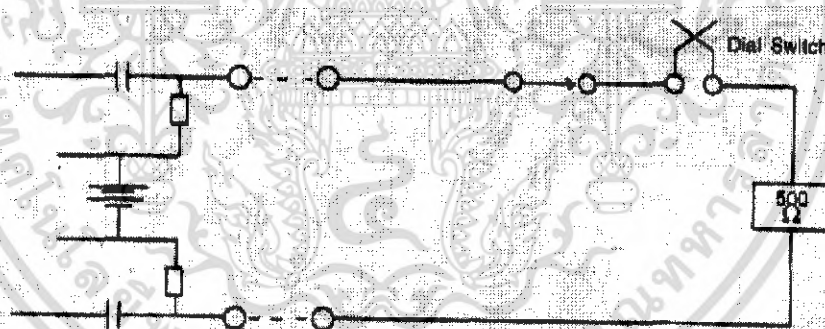
จากรูปที่ 2.12 เครื่องโทรศัพท์จะยังไม่ได้ถูกยกหู Line จะต่ออยู่กับวงจรกระดิ่ง ซึ่งมี C1 ต่อกันอยู่ ดังนั้น ไฟ DC 48 โวลต์ จึงไม่สามารถผ่านเข้าไปในวงจรกระดิ่งได้ กระแสไม่ไหล ไฟใน Line จึงยังคงมี 48 โวลต์ ตามปกติแต่เมื่อมีการยกหู Hook Switch จะตัด Line ออกจากกระดิ่งแล้วต่อ Line เข้ากับวงจรปากพูดหูฟัง ตามรูปที่ 2.4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



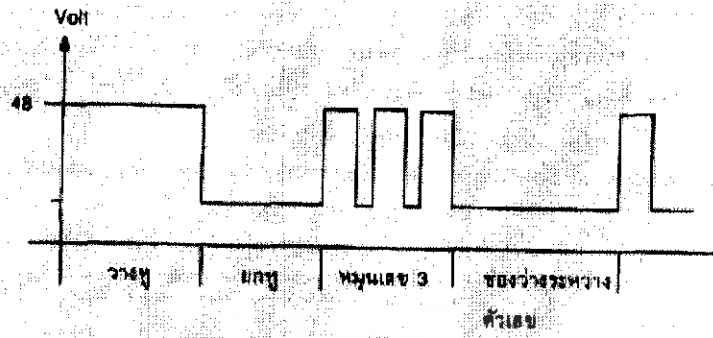
รูปที่ 2.13 แสดงการต่อปากพูดและหูฟัง

โดยทั่วไป ถ้าความต้านทานรวมของวงจรโทรศัพท์ ( ปากพูดหูฟังและวงจรประกอบอื่น ๆ ) จะประมาณ  $500\Omega$  ดังนั้น เมื่อยกหูขึ้น วงจรรวมในระบบจะแสดงตามรูปที่ 2.14 ไฟ DC 48 โวลต์ จากชุมสายจึงตกคร่อม  $R_1$   $R_2$  และ  $500\Omega$  ( เครื่องโทรศัพท์ ) รวมทั้งตกคร่อมความต้านทานของ Line ด้วย ไฟที่ตกคร่อมเครื่องโทรศัพท์ขณะยกหู จะมีประมาณ 6-12 โวลต์ แล้วแต่ Line จะยาวมากน้อยเท่าใด ( ถ้าไฟต่ำกว่า 5-6 โวลต์ เครื่องโทรศัพท์อาจไม่ทำงาน โดยเฉพาะเครื่องรุ่นใหม่ ๆ ที่มีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายใน )

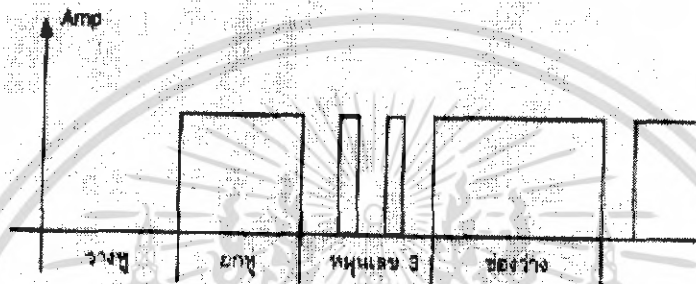


รูปที่ 2.14 วงจรรวมเครื่องโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



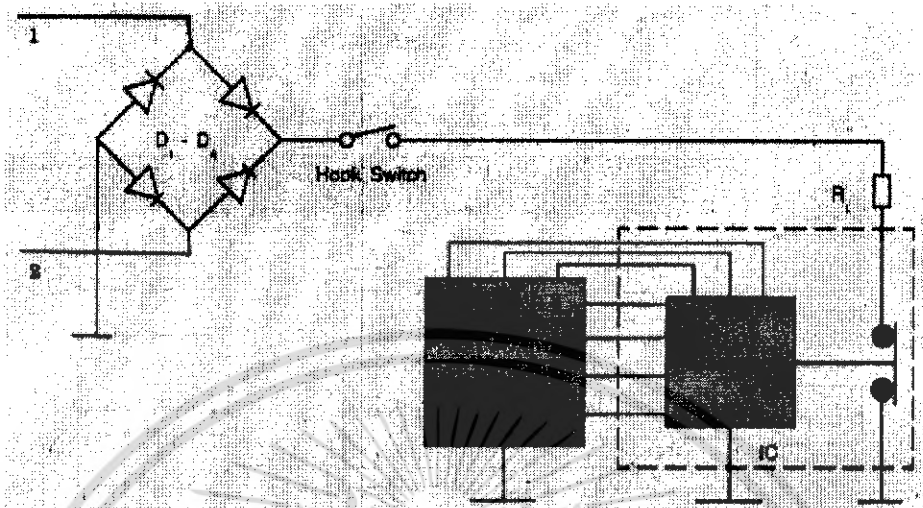
(ก)



(ข)

รูปที่ 2.15 ก. แสดงลักษณะความต่างศักย์ใน Line ข. แสดงลักษณะกระแสใน Line จากรูปที่ 2.14 จะเห็นว่า Dial Switch ต่ออนุกรมอยู่กับ Line ดังนั้นเมื่อหมุนโทรศัพท์ในช่วงที่หน้าปิด หมุนกลับ จะมีกระดิ่งไปเจ็ย Dial Switch ให้ตัดวงจร ( Open Circuit ) จำนวนครั้งของการตัดวงจรจะ เท่ากับค่าตัวเลขที่หมุน ในช่วงที่ถูกตัดวงจร ก็จะไม่มีการไหลเป็นช่วง ตามรูปที่ 2.15 ข. ความต่าง ศักย์ก็จะเพิ่มขึ้นเป็นช่วงๆ ( เพราะไม่มี Load  $500\Omega$  ) ตามรูปที่ 2.15 ก. ส่วนคาบเวลาของพัลส์ต่างๆนั้น จะถูกตั้งด้วยความเร็วของลวดสปริงที่ทำหน้าที่ดึงหน้าปิดกลับและเบรกโดยเบรกจะเป็นตัวลดความเร็ว ของสปริง โดยทั่วไป ความเร็วของสปริงนี้จะกำหนดเป็นจำนวนพัลส์ต่อวินาที คือ 10 พัลส์ต่อวินาที หรือ 20 พัลส์ต่อวินาที ทางด้านชุมสายโทรศัพท์ก็จะมีวงจรถอดรหัสพัลส์ที่ส่งมานี้ เช่น อาจเป็นวงจร นับ ( Counter ) พัลส์ หรืออาจมี Relay มาต่ออนุกรมกับ Line เพื่อให้ทำงานตามการไหลหรือไม่ไหล ของกระแส

## 2. วิธีการเข้ารหัสของเครื่องแบบกดปุ่ม

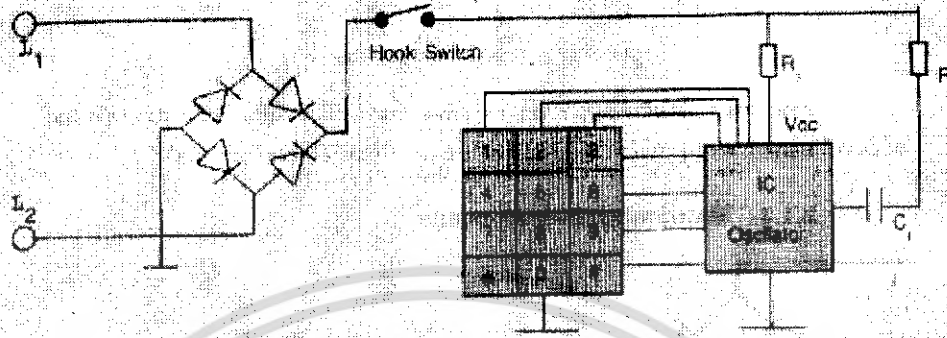


รูปที่ 2.16 Block Diagram พื้นฐานของไอซีสร้างรหัสพัลส์

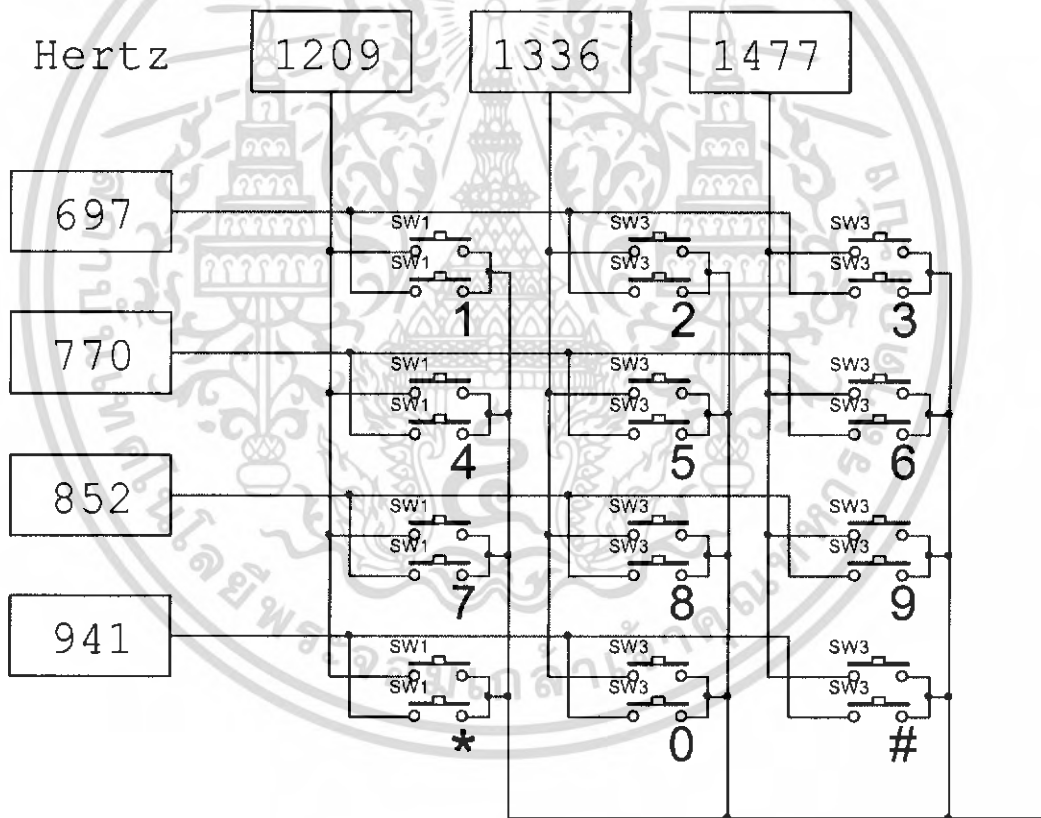
การเข้ารหัสของเครื่องแบบกดปุ่ม ภายในเครื่องจะมีไอซีสร้างพัลส์ ดังแสดงตามรูปที่ 2.16 เมื่อขง Hook Switch จะต่อไฟเข้ามา ทำให้มีกระแสไหลผ่าน R1 ผ่าน Switch ในไอซีแล้วลงกราวด์ เพราะฉะนั้นเมื่อ Line มี Load ไฟใน Line ก็จะตกลงจาก 48 โวลต์ เหลือ 5-12 โวลต์ ( โดยปกติแล้วจะมีวงจรอื่น ๆ อีก ขนานอยู่กับ R1 แต่จะมีความต้านทานรวมมากกว่า R1 มาก ) เมื่อคดเลขหมายใด ๆ วงจร Oscillator ก็จะสร้างพัลส์ขึ้นมา โดยจำนวนพัลส์จะเท่ากับค่าของตัวเลขนั้น ๆ พัลส์ที่สร้างขึ้นมา ก็จะมาทำให้ Switch เปลี่ยนสถานะจากปิด ( Close ) เป็นเปิด ( Open ) ตามจังหวะและจำนวนพัลส์ที่เข้ามา เมื่อ Switch เปิดวงจรก็จะไม่มีกระแสไหล R1 ก็ไม่ได้เป็น Load ของ Line ทำให้ความต่างศักย์ใน Line เพิ่มขึ้นตามจังหวะเปิดและปิดของ Switch นั่นคือเกิดพัลส์ขึ้นมาตามค่าของตัวเลข หรือถ้าจะมองในด้านของกระแส ช่วง Switch เปิดและปิด ก็จะทำให้มีกระแสไหลเป็นช่วง ๆ เช่นกัน ส่วนคาบเวลาของพัลส์ ก็กำหนดได้ที่ภาค Oscillator ซึ่งไปควบคุม Switch ลักษณะพัลส์ที่ได้แสดงตามรูปที่ 2.15

การเข้ารหัสแบบโทน

การเข้ารหัสแบบโทนนี้นี้ จะมีเฉพาะเครื่องแบบกดปุ่มเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.17 และรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.17 แสดงวงจรพื้นฐานของ DTMF



รูปที่ 2.18 แสดงตำแหน่ง Switch เลือกความถี่ต่างๆ

จากรูปที่ 2.17 จะมีไอซีผลิตความถี่ขึ้นมาตามตารางภาพรูปที่ 2.18 โดยจะมีการผลิตความถี่ตลอดเวลาที่ขกนุ และมีไฟมาจ่ายให้วงจรเมื่อกด PushBottomSwitch หมายเลขต่างๆก็จะได้ความถี่ออกไปหมายเลขละ 2 ความถี่ เช่น กดหมายเลข 5 จะได้ความถี่ 770 และ 1336 ผ่าน Switch ออกไปได้ ปุ่มหมายเลขอื่นๆก็เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.3. การถอดรหัส (DECODER)

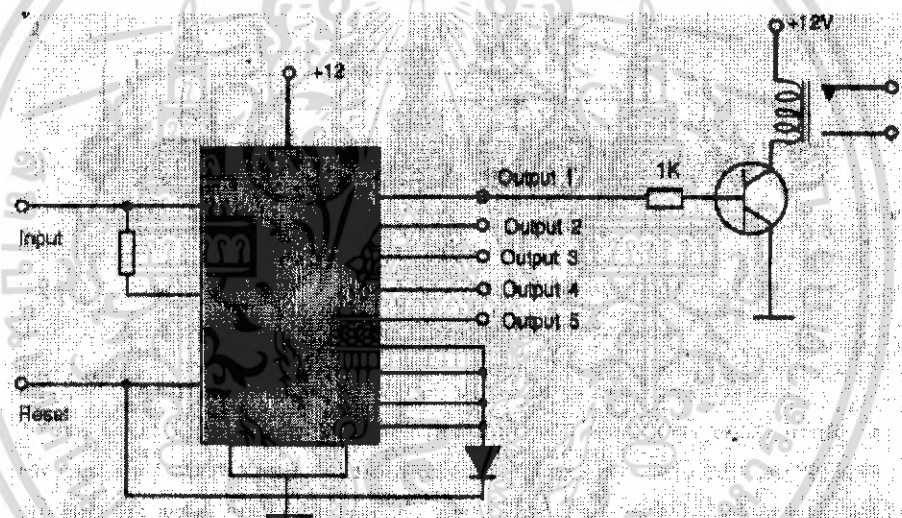
การถอดรหัสแบ่งออกได้ 2 แบบ

- การถอดรหัสแบบพัลส์ ( Pulse Decoder )
- การถอดรหัสแบบโทน ( Tone Decoder )

#### การถอดรหัสแบบพัลส์

วงจรถอดรหัสนี้จะอยู่ที่ชุมสายโทรศัพท์ วิธีถอดรหัสแบบพัลส์ที่ง่ายที่สุดก็คือ ใช้วงจรมับ Counter มา นับจำนวนพัลส์ที่ส่งเข้ามาเอาท์พุทของวงจรมับก็คือตำแหน่งของผู้รับที่ต้องการ ดังที่แสดงในรูปที่

2.4.10



รูปที่ 2.19 วงจรมับ 5

จากรูปที่ 2.19 เป็นวงจรมับที่ออกแบบไว้ให้นับได้สูงสุด 5 คือ ตั้งแต่ 1 ถึง 5 ถ้ามีอินพุตเข้ามามากกว่า 5 จะทำให้ขาเอาท์พุทตั้งแต่ขา 6 ขึ้นไปป้อนสัญญาณกลับไป Reset ตัวเองทันที สมมติว่า เราป้อนพัลส์เข้ามา 3 ลูก วงจรมับก็จะนับ 3 คือเอาท์พุท 3 ก็จะเป็น High และจะคงสถานะ High นี้ไว้ตลอดจนกว่าจะมีการ Reset หรือ ป้อนพัลส์เข้ามาอีก เมื่อเอาท์พุท 3 เป็น High ก็สามารถนำไปควบคุมเครื่องหมายเลข 3 ให้มาต่อกับชุมสายในตำแหน่งรับได้ ส่วนการ Reset นั้นจะป้อนพัลส์เข้าทางขา 15 ก็จะทำให้วงจรมับนี้ Reset ให้เอาท์พุททุกตัวเป็นศูนย์หมดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

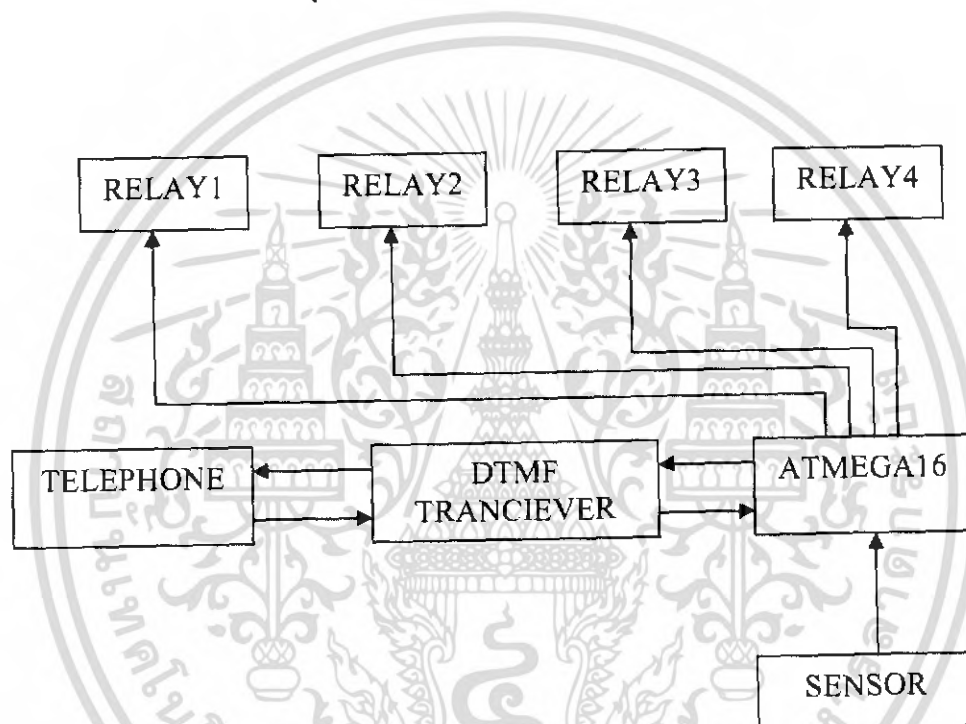
### การถอดรหัสแบบโทน

ในการถอดรหัสแบบโทนนั่น เนื่องจากสัญญาณที่ส่งมามีลักษณะเป็น โทน 2 ความถี่วิ่งคู่กันมาที่ขุมสาย การถอดรหัสเราจะต้องเปลี่ยนความถี่ 2 ความถี่นั้นให้เป็นความต่างศักย์หรือกระแส หรือสภาวะ 0 กับ 1 ให้ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเราจะนำเอาผลของการถอดรหัสนี้ไปใช้ทำอะไร วงจรจะเปลี่ยนความถี่ให้เป็น 0 กับ 1 เพื่อป้อนให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์สมมติเรากดเลข 1 ก็จะมีความถี่ 697 HZ กับ 1209 HZ วิ่งคู่กันมาเข้าที่อินพุตของฟิลเตอร์ทุกตัว แต่จะมีเอาที่พุดออกมาเฉพาะฟิลเตอร์ที่ตรงกับความถี่ที่เข้ามาเท่านั้น นั่นคือจะมีเอาที่พุดออกจากฟิลเตอร์ 697 และ 1209 เท่านั้น จากฟิลเตอร์ 697 และ 1209 ก็จะต่อมาถึงเกตหมายเลข 1 เมื่ออินพุตของ AND เกตหมายเลข 1 เป็น 1 ทั้ง 2 ก็จะทำให้เอาที่พุดเป็น 1 ออกมา และจากเอาที่พุดของเกตก็จะต่อไปให้คอมพิวเตอร์จัดการตามลำดับขั้นของโปรแกรมต่อไป เลขอื่นๆ ก็เช่นเดียวกันโดยปกติแล้ววงจรถอดรหัส จะมีชิปไอซีสำเร็จรูปขายตามท้องตลาด เช่น เบอร์ MT8880 ที่สามารถทำได้ทั้งการเข้ารหัสและถอดรหัส

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1. ทำการออกแบบระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ

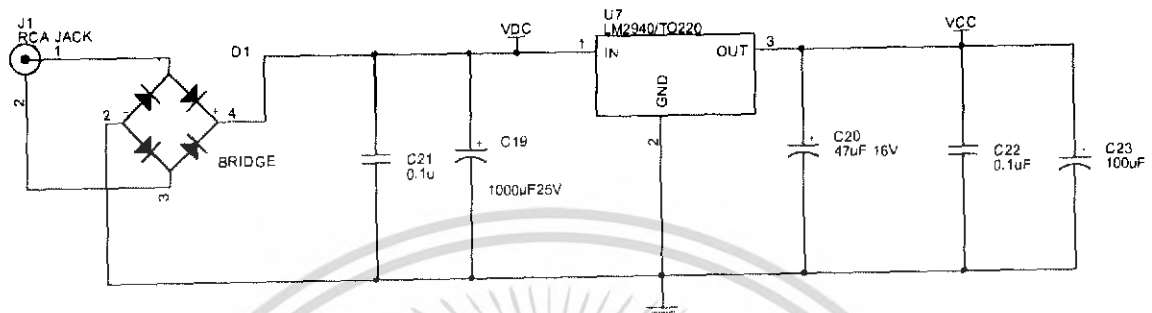


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2. การทำงานในแต่ละส่วน

### 3.2.1. วงจรจ่ายไฟ



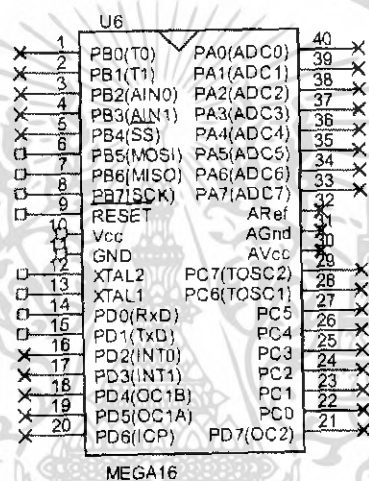
รูปที่ 3.2 วงจรจ่ายไฟสำหรับระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ

ส่วนของวงจรจ่ายไฟนี้ มีขึ้นเพื่อทำการแปลงไฟจากกระแสสลับให้กลายเป็นกระแสตรง โดยใช้ Bridge Diode และ วงจรกรองสัญญาณ ส่วน ไอซีเบอร์ LM2904 นั้นจะเป็น Regulator ที่ใช้ในการปรับระดับแรงดันของไฟให้อยู่ที่ 5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

โดยในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเราได้เลือกใช้บอร์ดรุ่นที่ใช้ชิปเบอร์ ATMEGA16 ซึ่งมีคุณสมบัติที่ไม่ต่างจาก 8051 มากนักแต่มี ADC ( Analog to Digital Converter )ในตัวทำให้สะดวกในการแปลงสัญญาณที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ซึ่งจะกล่าวต่อไป ส่วนของการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ตัวอื่นนั้นได้ใช้การเชื่อมต่อผ่านทาง SPI (Serial Peripheral Interface) ซึ่งก็คือพอร์ต MOSI และ MISO ในรูปนั่นเอง



รูปที่ 3.3 ขาต่างๆของ ATMEGA16

หน้าที่ของขาที่สำคัญต่างๆ

MOSI (Master-out Slave-in)

ทำหน้าที่ส่งข้อมูลออกไปยัง Slave

MISO (Master-in Slave-out)

ทำหน้าที่รับข้อมูลจาก Slave

SCK (Shift Clock)

ไว้ใช้สำหรับเป็น Clock ในการ Shift ข้อมูลของ Slave

Vcc

ไฟ +5 โวลต์สำหรับเลี้ยงไอซี

GND

กราวด์ของไฟเลี้ยง

XTAL1, XTAL2

ต้องทำการต่อ Crystal เข้าไปเพื่อให้วงจร Oscillator ของ ไอซีทำงาน

RxD, TxD

เป็นขาที่ใช้สำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม

INT0, INT1

สามารถใช้เป็นขา Interrupt ได้

ADC0-ADC7

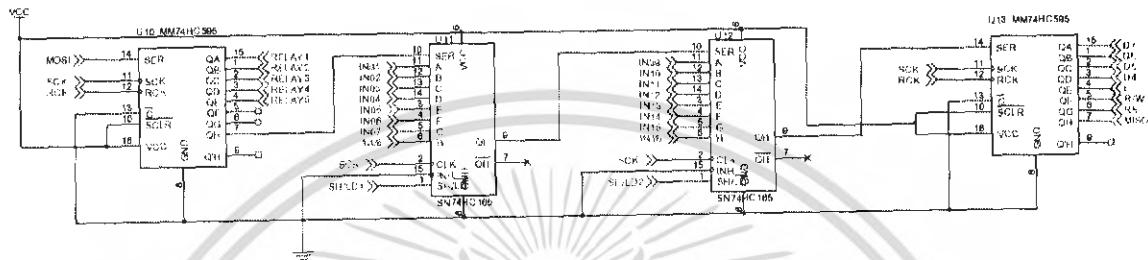
ใช้เป็น Analog to Digital Converter ได้

AVcc, AGnd, ARef

เป็นไฟเลี้ยง, กราวด์ และ โวลต์อ้างอิงของ ADC ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของเซ็นเซอร์นั้นเราจะทำการแบ่งเซ็นเซอร์ที่จะนำมาต่อกับบอร์ดออกเป็น 2 ประเภทคือเซ็นเซอร์ที่ส่งสัญญาณมาเป็นอนาล็อกกับเซ็นเซอร์ที่ส่งสัญญาณมาเป็นดิจิทัล โดยที่เซ็นเซอร์ที่สัญญาณเป็นอนาล็อกจะสามารถนำไปต่อกับพอร์ต ADC0 – ADC7 ได้ทันที ส่วนสัญญาณที่เป็นดิจิทัลนั้นจะนำไปทำการเชื่อมต่อในส่วนของ SPI โดยมีชิพทรานซิสเตอร์ช่วยเพิ่มช่องในการรับสัญญาณ

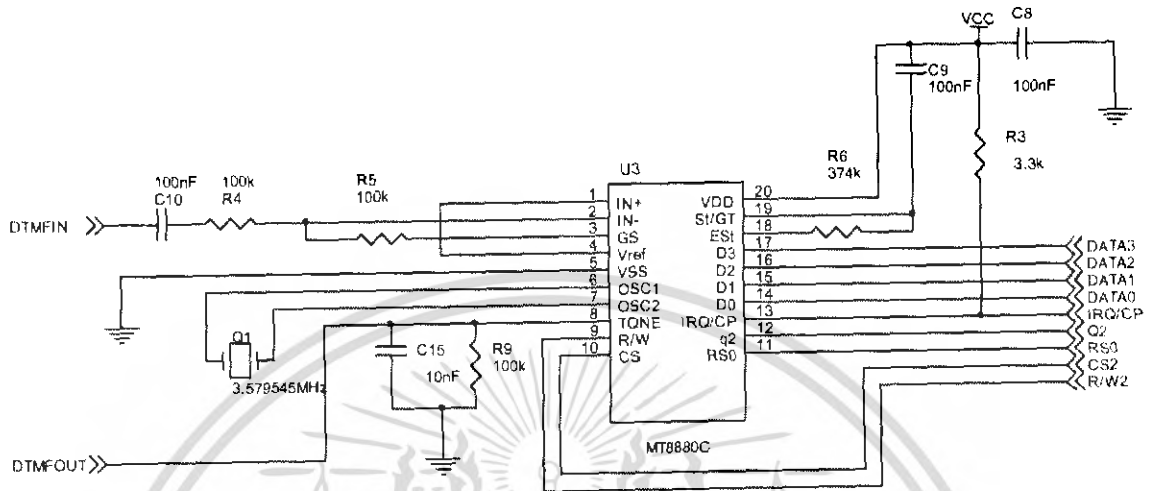


รูปที่ 3.4 แสดงการเชื่อมต่อชิพทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ไอซีถอดรหัสและเข้ารหัสสัญญาณ DTMF

ไอซีที่เลือกใช้จะเป็นไอซีเบอร์ MT8880 ซึ่งจะมีการเชื่อมต่อดังรูป



รูปที่ 3.5 แสดงการเชื่อมต่อไอซีเบอร์ MT8880 สำหรับถอดรหัสและเข้ารหัส DTMF

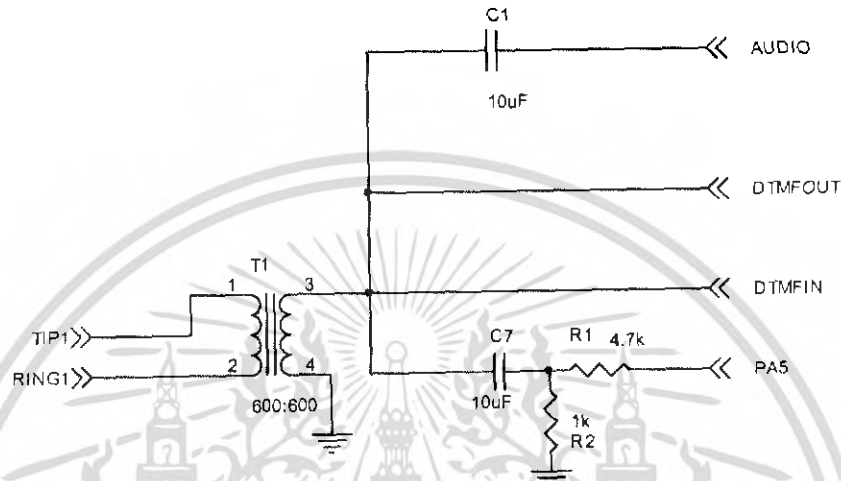
ขาของ MT8880 ต่างๆมีหน้าที่ดังนี้

IN+, IN-	เป็นขา Inverting กับ Non-inverting ของออปแอมป์ภายในไอซี
GS (Gain Select)	ในปรับค่าใช้กำหนดค่ากำลังขยายของออปแอมป์
VRef	โวลต์อ้างอิงของออปแอมป์
VSS	กราวด์ของไอซี
OSC1, OSC2	เมื่อต่อคริสตัลเข้าไปจะทำให้วงจร Oscillator ทำงานได้
TONE	เป็นขาที่จะมีสัญญาณ DTMF ออกมาเพื่อหมุนโทรศัพท์
R/W	เป็นขาที่ใช้เลือกว่าจะ READ หรือ WRITE
CS ( Chip Select )	ถ้าขานี้เป็น HIGH ชิปจะไม่ทำงาน
VDD	ขาไฟเลี้ยงของไอซี
RS0 (Register Select)	ใช้เลือก Register ที่จะทำการกำหนดค่า
q2	เป็น System clock input ถ้าขานี้เป็น LOW ชิปจะไม่ทำงาน
IRQ/CP	เมื่อมีสัญญาณ DTMF เข้ามา IRQ จะเปลี่ยนเป็นจาก HIGH เป็น LOW
D0-D3	เป็นขา DATA ที่ใช้สำหรับส่ง DATA หรือรับ DATA จาก MT8880
ESst	เมื่อมีสัญญาณ DTMF เข้ามาขานี้จะเปลี่ยนจาก LOW เป็น HIGH
St/Gt	เป็นขาที่ใช้ป้องกันไม่ให้รับสัญญาณผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ DTMF อินพุต และ DTMF เอาท์พุตนั้นจะทำการเชื่อมต่อไปยัง หม้อแปลง 600 โอห์ม ส่วนขา D0-D3, IRQ, q2, RS0, R/W และขา CS จะต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

### 3.2.4 วงจรปรับสัญญาณ (Isolating circuit)

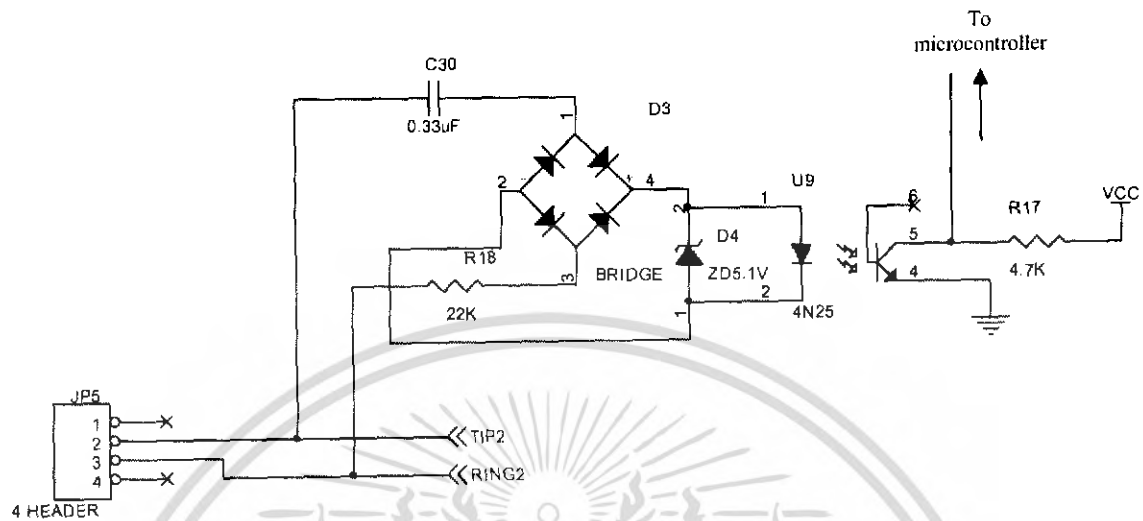


รูปที่ 3.6 วงจรปรับระดับสัญญาณ

จากรูป สัญญาณที่จะเข้าหรือออกไปยังโทรศัพท์นั้นจะต้องมีการปรับสัญญาณ ( Isolating ) เสียก่อน มิเช่นนั้นอาจจะทำให้วงจรต่างๆเกิดความเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

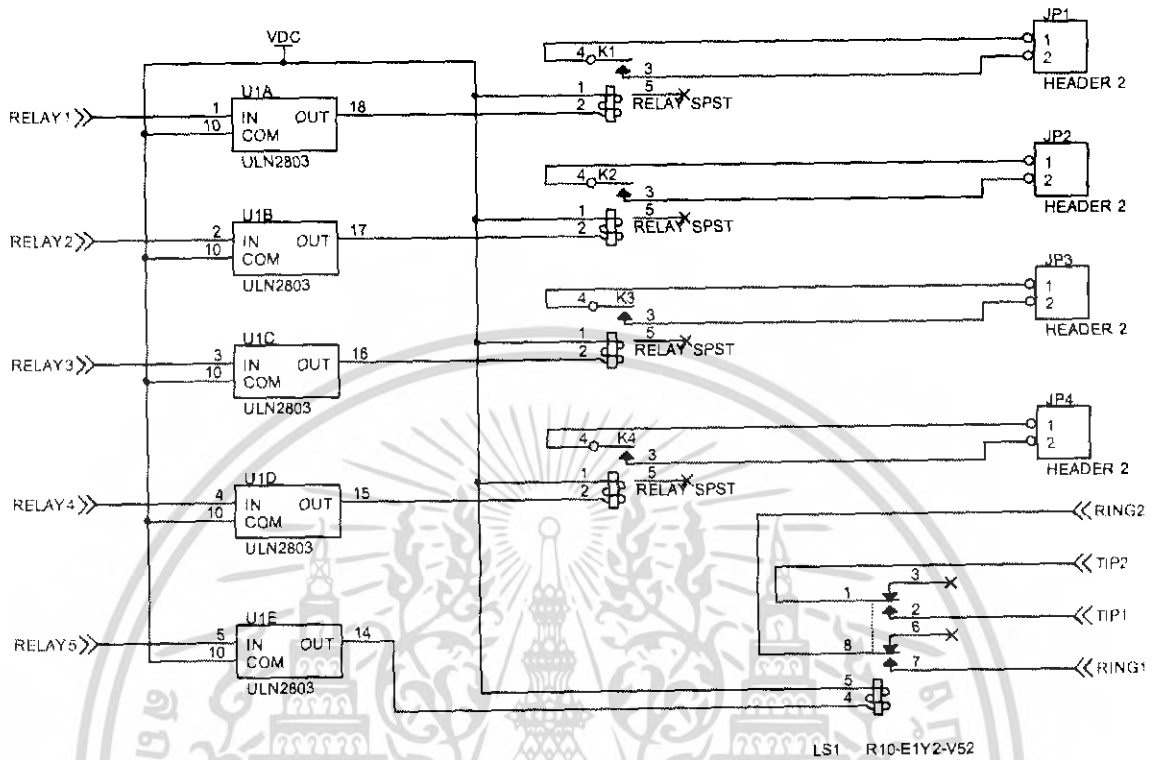
### 3.2.5 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง (Ring detection circuit)



รูปที่ 3.7 วงจรที่ใช้ตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

ในการที่จะรู้ว่ามิโครโทรเข้ามาหรือไม่นั้น จะต้องมียังวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งเข้ามาช่วย โดยที่ไอซีเบอร์ 4N25 นั้นจะทำหน้าที่เป็น Opto-coupler ซึ่งขา 5 จะเป็น LOW เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา ค่าที่ไปเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะเป็น LOW ไปด้วย

### 3.2.6 วงจรรีเลย์

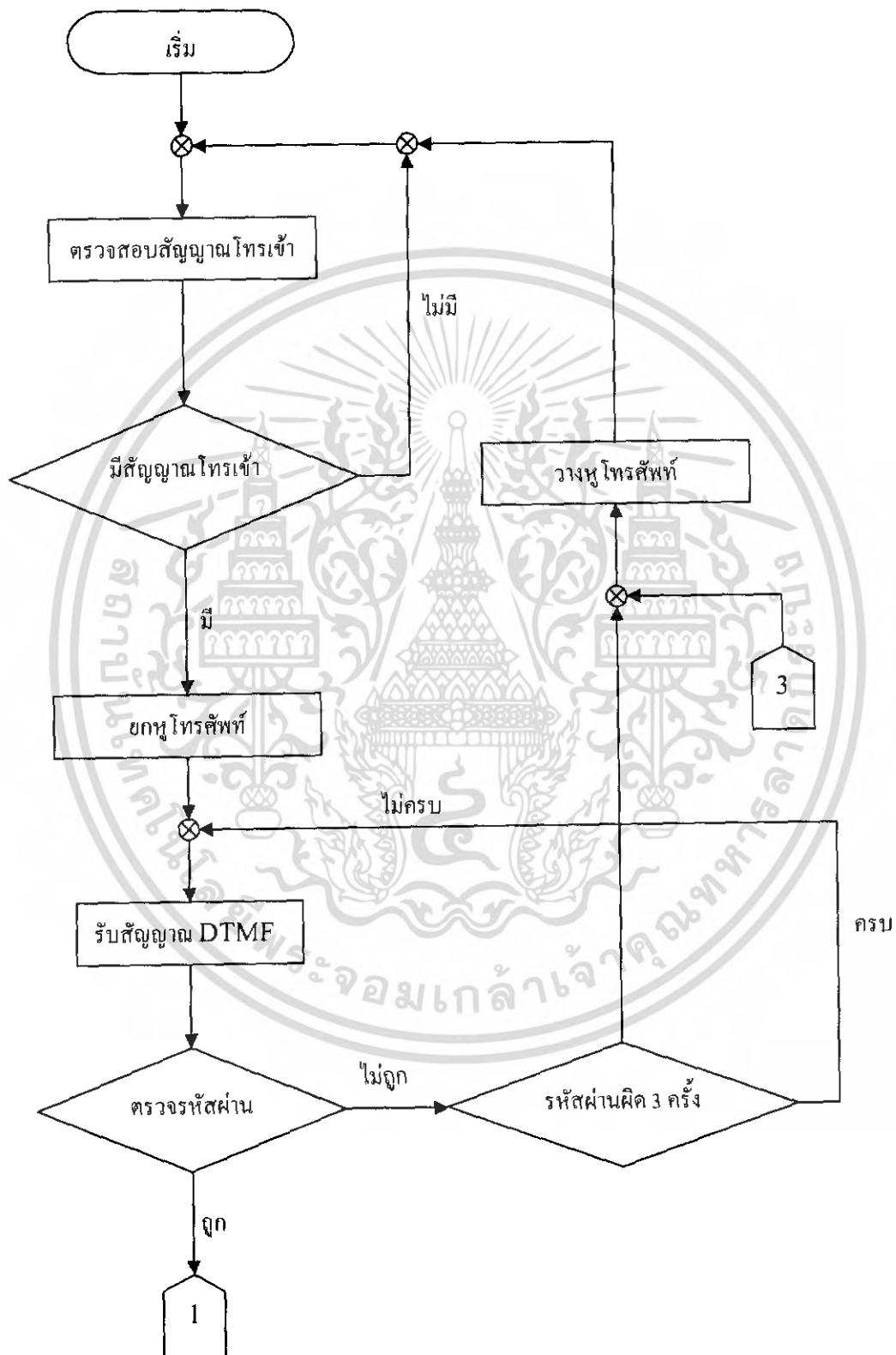


รูปที่ 3.8 แสดงการเชื่อมต่อรีเลย์กับ ULN2803

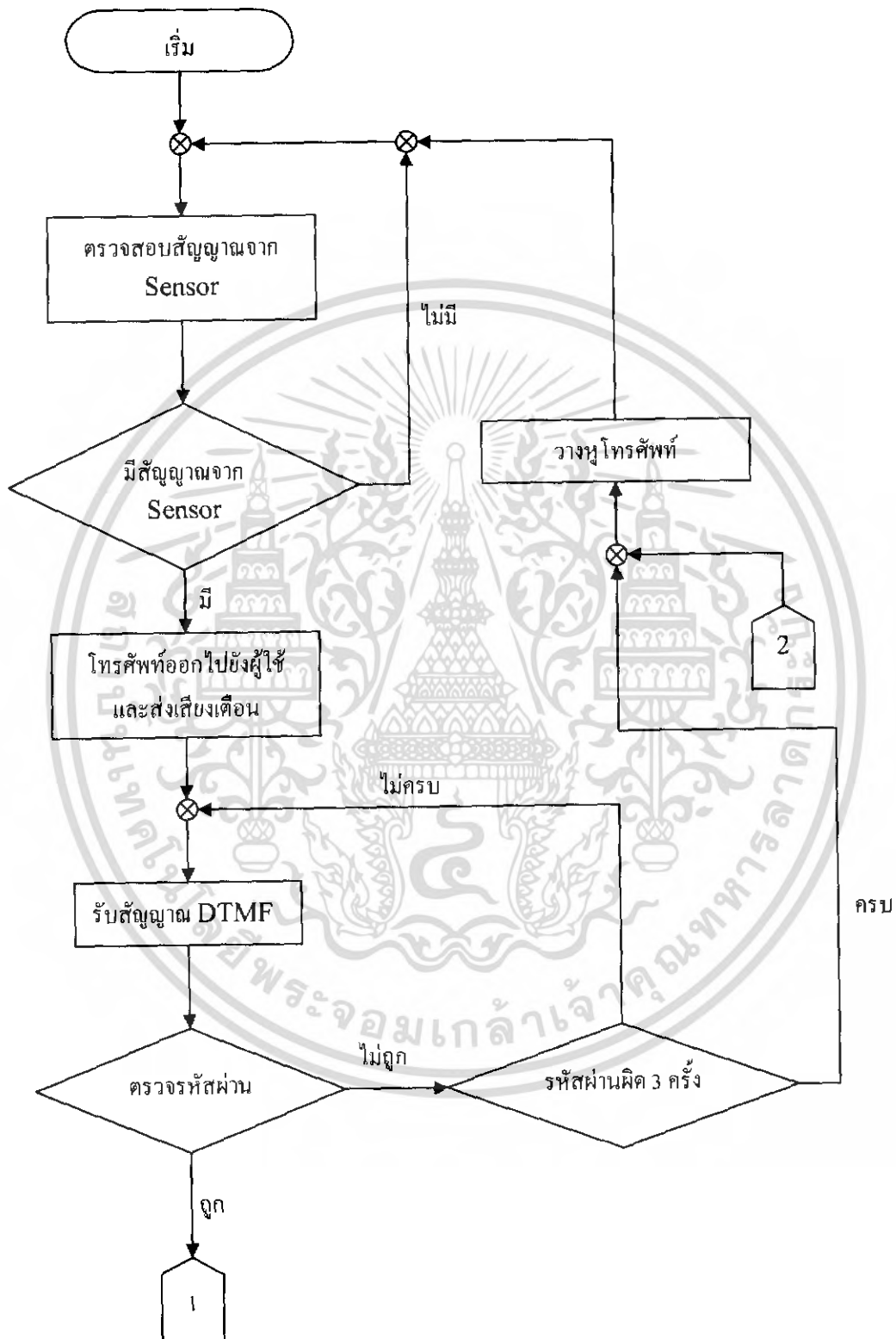
เมื่อทำการโปรแกรมให้เปลี่ยนค่าที่จะส่งไปยังขาอินพุตของ ULN2803 นั้นรีเลย์จะเชื่อมต่อวงจรให้กระแสไฟไหลผ่านได้หากนำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาเชื่อมต่อเข้าไปก็จะทำการปิดเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ตามต้องการ

รีเลย์ 4 ตัวที่เชื่อมต่อกับ HEADER นั้นจะทำหน้าที่เป็นตัวเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ส่วนรีเลย์ที่เชื่อมต่อกับสายโทรศัพท์ TIP และ RING นั้น จะเป็นรีเลย์ แบบ 2 หน้าสัมผัสซึ่งเมื่อ รีเลย์ สับจะทำให้ TIP และ RING เชื่อมต่อกับวงจร ซึ่งจะเป็นการขกหูโทรศัพท์นั่นเอง

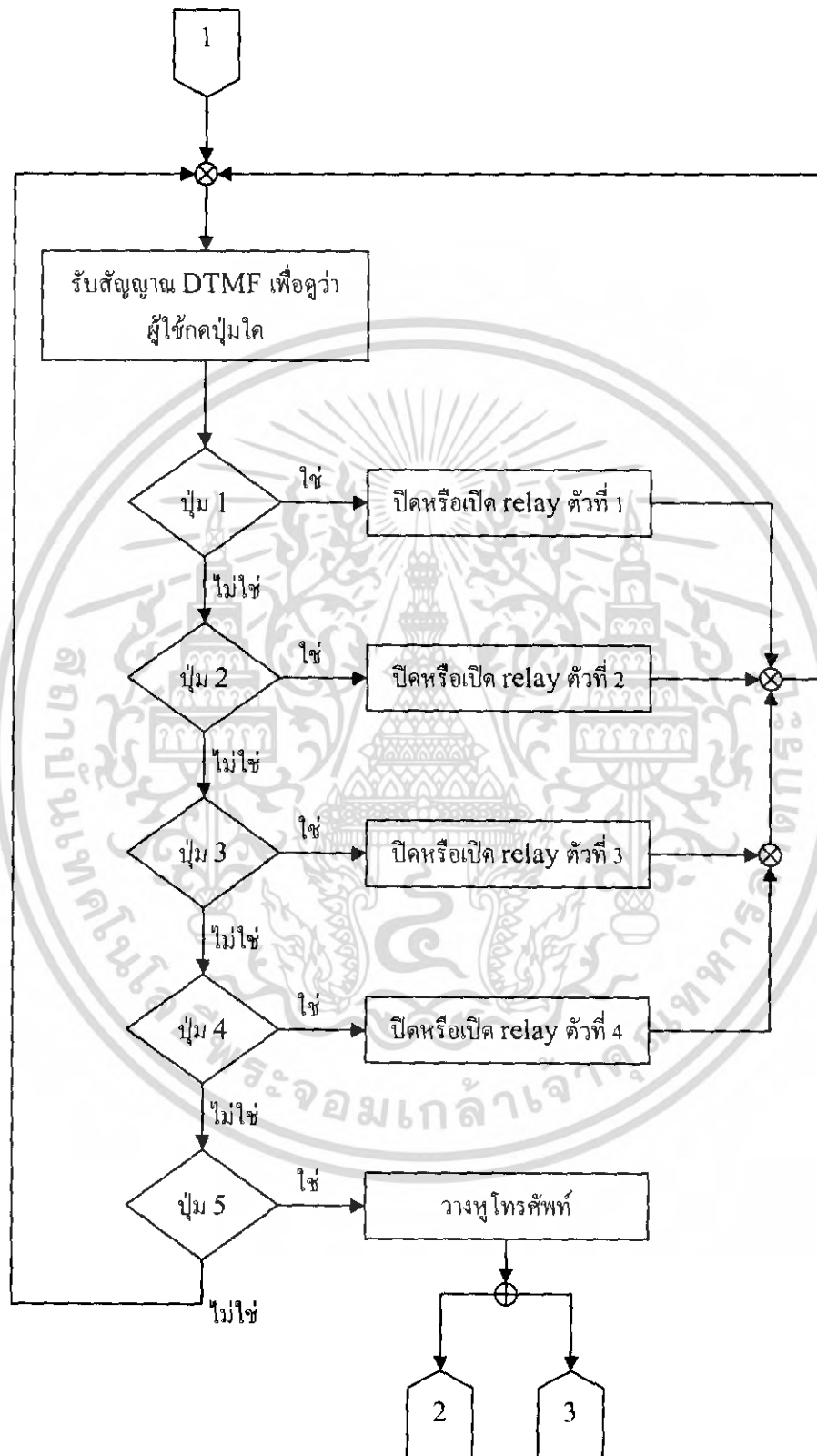
### 3.3 Flow chart การทำงานของระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เฉพาะใช้เฉพาะงานวิจัยเท่านั้นเมื่อมีการโทรเข้าจากภายนอกจะโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 Flow chart แสดงการทำงานเมื่อมีสัญญาณจากเซ็นเซอร์ตรวจความปลอดภัยภายในบ้าน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 Flow chart แสดงการทำงานในการปิด/เปิด เครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยสัญญาณ DTMF  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและอภิปรายผล

#### 4.1 ผลการทดลอง

ในการทดลองนั้นจะเป็นการทดสอบส่วนต่างๆของบอร์ดว่าสามารถใช้งานได้จริงหรือไม่ โดยในระบบควบคุมบ้านนี้ก็จะมีส่วนที่ต้องทำการทดลองอยู่หลายส่วนด้วยกัน ได้แก่

1. DTMF
2. วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง
3. รีเลย์

โดยในการทดลองนี้ ได้ทำการเชื่อมต่อ ส่วนที่จะทำการทดลอง เข้ากับพอร์ตต่างๆของบอร์ด ATMEGA16 โดยได้ทำการเขียนโปรแกรมที่ใช้ควบคุมค่าพอร์ตต่างๆบนบอร์ดเพื่อไปควบคุมส่วนที่จะทำการทดลอง ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังที่จะกล่าวต่อไปนี้

##### 4.1.1. DTMF

##### อุปกรณ์การทดลอง

1. บอร์ด 8 บิต ATMEGA16	1	บอร์ด
2. วงจรไอซี MT8880	1	วงจร
3. โทรศัพท์	1	เครื่อง
4. ชุมสาย	1	เครื่อง
5. สายโทรศัพท์	2	เส้น
6. Oscilloscope	1	เครื่อง
7. ดิจิตอล มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ทำให้บอร์ดสามารถติดต่อกับผู้ใช้ผ่านทางโทรศัพท์ได้ ด้วยการสร้างสัญญาณ DTMF เมื่อเราทำการ โปรแกรมลงไปใน ATMEGA16 ให้ทำการส่ง DATA เข้าไปที่ขา DATA ของ MT8880 จะทำให้วงจร MT8880 ( รูปที่ 3.5 )ทำการสร้างสัญญาณ DTMF ขึ้นได้ตามที่ต้องการ โดยที่สัญญาณ DTMF จะทำการเชื่อมต่อไปยังหม้อแปลงที่มีความต้านทาน 600 โอห์ม ( รูปที่ 3.6 ) เพื่อส่งสัญญาณไปยังสายโทรศัพท์ โดยหากโปรแกรมให้ทำการส่งสัญญาณ DTMF ตามตารางความถี่ที่ใช้ในการหมุนโทรศัพท์ ก็จะสามารถโทรออกไปยังเบอร์โทรที่ต้องการได้ หม้อแปลง 600 โอห์มที่ใช้ในวงจรนี้ ใช้เพื่อทำการปรับสัญญาณโทรศัพท์ที่เข้ามา เพราะถ้าเราทำการต่อสายโทรศัพท์เข้ากับวงจรโดยตรง อาจจะทำให้วงจรเกิดความเสียหายขึ้นได้

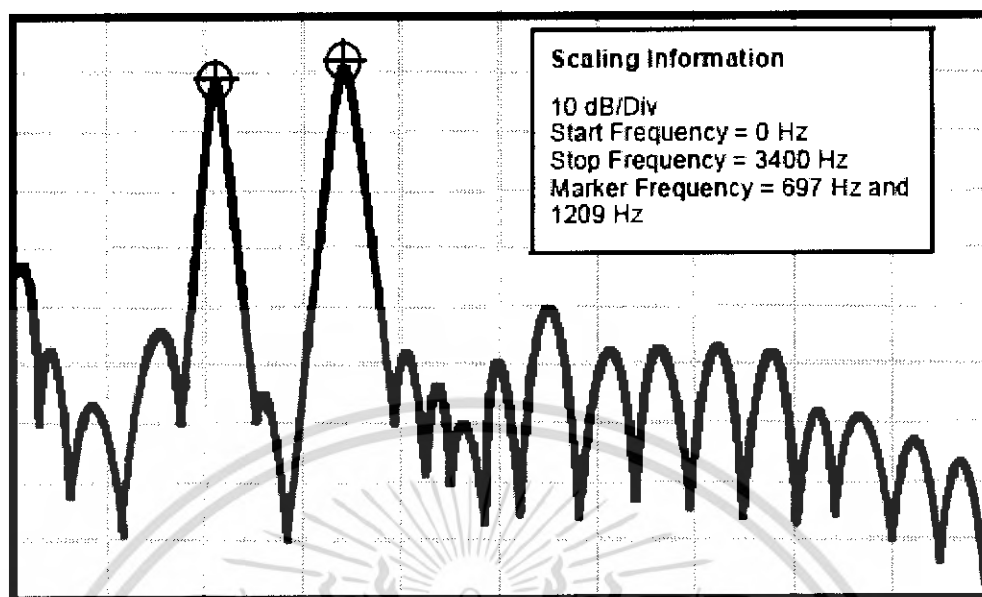
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรในภาควิชาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองนั้นเราได้ทำการเชื่อมต่อบอร์ดเข้ากับขุมสายซึ่งมีหมายเลขเป็น 11 จากนั้นก็นำโทรศัพท์มาเชื่อมต่อเข้ากับขุมสายหมายเลข 16 หลังจากทำการอัปเดตโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาเข้าไปใน FLASH MEMORY ของ ATMEGA16 เรียบร้อยแล้ว ก็เริ่มการทดลอง โดยจ่ายไฟ 12 โวลต์ จากหม้อแปลงเข้าไปที่ตัวบอร์ด บอร์ดก็จะเริ่มทำงาน การทดลองอย่างแรกนั้นจะเป็นการโทรเข้าไปยังบอร์ด ซึ่งก็คือโทรไปยังหมายเลข 11 นั่นเอง หลังจากสัญญาณดังไป 5 ครั้ง บอร์ดก็จะทำการยกหูโดยการสับ RELAY 2 หน้าสัมผัสที่เชื่อมต่อระหว่าง TIP และ RING จากนั้นเมื่อทำการกดปุ่มต่างๆบนโทรศัพท์ สัญญาณ DTMF ก็จะส่งไปยัง MT8880 ตัว MT8880 นั้นจะรับสัญญาณ DTMF เข้ามาและทำการถอดรหัสและแสดงค่าของปุ่มที่กดออกมาทาง D3 – D0 ซึ่งถ้ากดปุ่ม 1 ค่าที่ออกจาก D3 - D0 ก็จะเป็น 0 0 0 1 เมื่อทำการกดปุ่ม 7 ค่าที่ออกจาก D3 – D0 ก็จะมีค่าเป็น 0 1 1 1 ซึ่งค่าที่ออกมาจาก D3- D0 นั้นจะไปตามตารางดังต่อไปนี้

F <sub>Low</sub>	F <sub>High</sub>	DIGITS	D <sub>3</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>0</sub>
697	1209	1	0	0	0	1
697	1336	2	0	0	1	0
697	1477	3	0	0	1	1
770	1209	4	0	1	0	0
770	1336	5	0	1	0	1
770	1477	6	0	1	1	0
852	1209	7	0	1	1	1
852	1336	8	1	0	0	0
852	1477	9	1	0	0	1
941	1336	0	1	0	1	0
941	1209	*	1	0	1	1
941	1477	#	1	1	0	0
697	1633	A	1	1	0	1
770	1633	B	1	1	1	0
852	1633	C	1	1	1	1
941	1633	D	0	0	0	0

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ ปุ่มที่กด และค่าเอาต์พุตที่ขา D3 – D0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 เสาปคตรัมของสัญญาณเมื่อมีการกดปุ่มหมายเลข 1

ตัว ATMEGA16 ก็จะรับค่ามาและโปรแกรมก็จะนำค่าที่ได้ไปประมวลผลต่อไป

ในกรณีของการโทรออกนั้นได้มีการนำสวิทช์แบบกดคิดป้อยดับมาใช้แทนเซ็นเซอร์ ที่เป็นดิจิทัล โดยที่ ( การกดปุ่มสวิทช์นั้นก็เหมือนกับว่าเซ็นเซอร์ได้ตรวจวัดบางสิ่งได้นั่นเอง ) เมื่อเราทำการกดปุ่มสวิทช์แล้วบอร์ดจะทำการสั่งงานให้รีเลย์แบบสองหน้าสัมผัสทำการปิดเพื่อให้โทรศัพท์อยู่ในสภาวะขงหูและพร้อมที่จะรับส่งสัญญาณ DTMF วงจร MT8880 จะรับคำสั่งจาก ATMEGA16 เพื่อเปลี่ยนโหมดการทำงานให้สามารถส่งสัญญาณ DTMF ได้ จากนั้นจะทำการป้อนหมายเลขที่ต้องการโทรออกลงไปพร้อมกับทำการเซ็ทค่าที่ขา CS ของ MT8880 ซึ่งจะทำให้ขา Tones ของ MT8880 มีสัญญาณ DTMF ออกไปยังโทรศัพท์ซึ่งสัญญาณที่ออกไปนั้นจะมีลักษณะเช่นเดียวกับสัญญาณในรูปที่ 4.1 จากนั้นทำเช่นเดิมอีกรอบแต่เปลี่ยนค่าที่ขา D0-D3 เพื่อให้สัญญาณ DTMF ที่ออกมาจากขา Tones เปลี่ยนไปเป็นสัญญาณ DTMF ของปุ่มอื่น ( ค่าที่ขา D0-D3 กับสัญญาณ DTMF ที่ออกมาดูได้จากตารางที่ 4.1 )

เมื่อการโทรออกเสร็จสมบูรณ์แล้ว โปรแกรมจะทำการส่งเสียงที่มีรูปแบบเฉพาะไปยังผู้ใช้ ผู้ใช้จึงสามารถรู้ได้ว่าเซ็นเซอร์ ที่ต่อเข้ากับระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะนั้น ได้ตรวจจับบางอย่างได้

#### 4.1.2. วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

##### อุปกรณ์การทดลอง

1. บอร์ด 8 บิต ATMEGA16	1	บอร์ด
2. โทรศัพท์	1	เครื่อง
3. ชุมสาย	1	เครื่อง
4. สายโทรศัพท์	2	เส้น
5. Oscilloscope	1	เครื่อง
6. คิวติล มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง

วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง ( รูปที่ 3.7 ) เป็นวงจรที่ทำให้บอร์ดสามารถรู้ได้ว่ามีสัญญาณเรียกเข้ากี่ครั้ง โดยทำการเชื่อมต่อตามรูปที่ 3.7

ขาที่ออกมาจากขา 5 ของ 4N25 นั้นจะทำการเชื่อมต่อเข้ากับขา INTO ของบอร์ดซึ่งสัญญาณที่มาจากขานี้จะเป็น HIGH ตลอดเวลา แต่เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้าขาที่จะกลายเป็น LOW ซึ่งจะทำให้ INTERRUPT ของ PROGRAM ทำงาน และทำให้สามารถรู้ได้ว่ามีสัญญาณเรียกเข้าทั้งหมดกี่ครั้ง โดยในการทดลองได้ตั้งไว้ที่ 5 ครั้งเมื่อได้รับสัญญาณกระดิ่ง 5 ครั้งรีเลย์สองหน้าสัมผัสก็จะทำการสับเพื่อทำการยกหูทันที

### 4.1.3. รีเลย์

#### อุปกรณ์การทดลอง

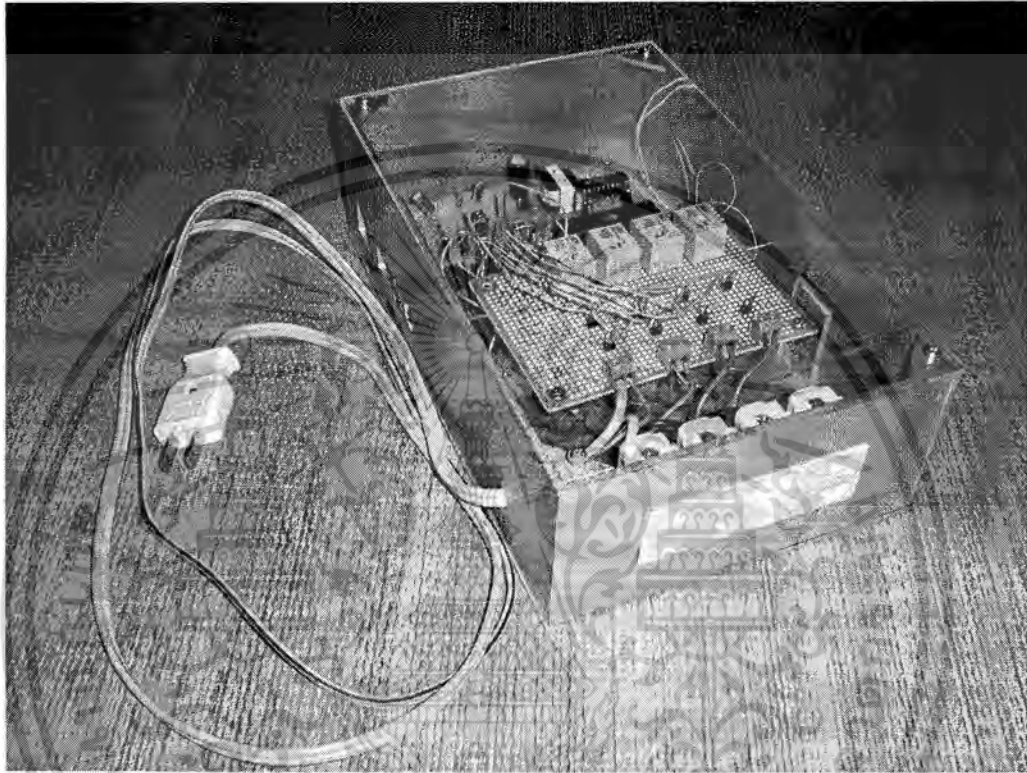
1. บอร์ด 8 บิต ATMEGA16	1	บอร์ด
2. วงจรรีเลย์	1	วงจร
3. ดิจิตอล มัลติมิเตอร์	1	เครื่อง

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ในการปิด-เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน โดยที่มีวงจรดังที่แสดงในรูปที่ 3.8 เมื่อทำการโปรแกรมให้เปลี่ยนค่าที่จะส่งไปยังขาอินพุตของ ULN2803 นั้นรีเลย์จะเชื่อมต่อวงจรให้กระแสไฟไหลผ่านได้หากนำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาเชื่อมต่อเข้าไปก็จะทำการปิดเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ตามต้องการ ซึ่งค่าที่ป้อนเข้าไปนั้นถ้าเป็น 0 เอาท์พุทของ ULN2803 จะเป็น 12 โวลต์ ถ้าเป็น 1 เมื่อไหร่ค่าโวลต์ที่ออกจากเอาท์พุทจะเป็น 0 ทำให้มีกระแสไหลผ่านรีเลย์และทำให้รีเลย์ปิด โดยเราจะสามารถวัดได้ว่ารีเลย์สวิตช์เชื่อมต่อกันรึยังโดยการใช้นิโคล มัลติมิเตอร์วัด

รีเลย์ 4 ตัวที่เชื่อมต่อกับ HEADER นั้นจะทำหน้าที่เป็นตัวเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ส่วนรีเลย์ที่เชื่อมต่อกับสายโทรศัพท์ TIP และ RING นั้น จะเป็นรีเลย์ แบบ 2 หน้าสัมผัสซึ่งเมื่อ รีเลย์ สับจะทำให้ TIP และ RING เชื่อมต่อกับวงจร ซึ่งจะเป็นการยกหูโทรศัพท์นั่นเอง

#### 4.2 การทดสอบทำงานของระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ

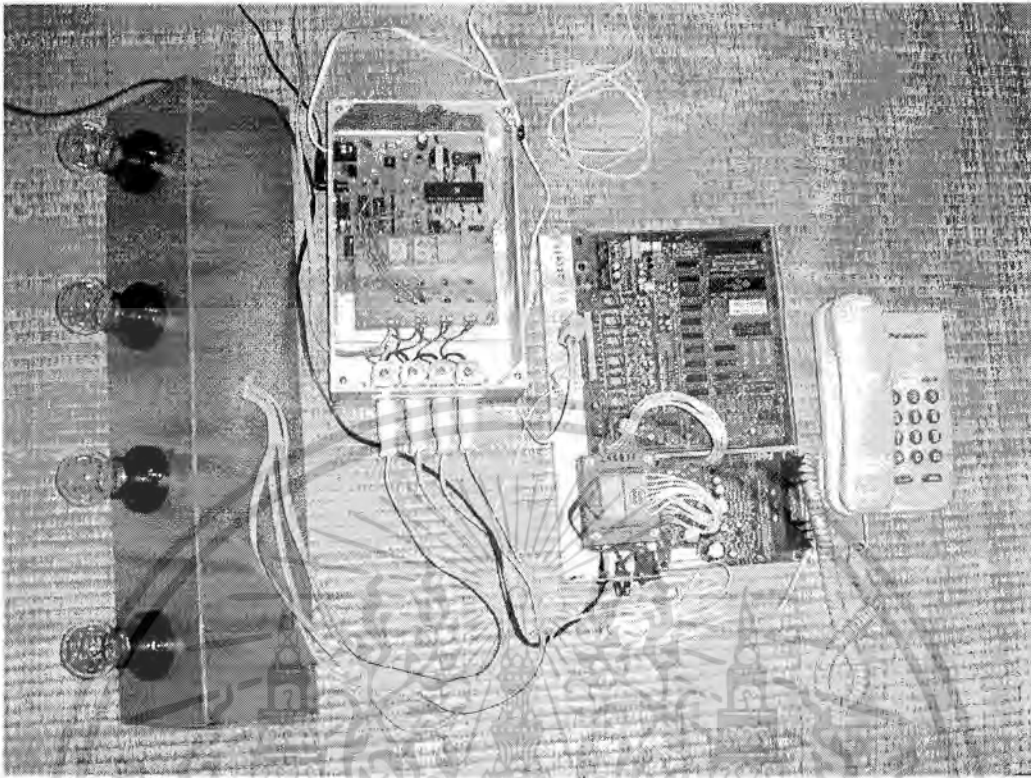
หลังจากผ่านขั้นตอนการดำเนินงานจนถึงขั้นนำมาทดลองใช้งานจริงนั้น ได้มีการนำรีเลย์มาเชื่อมต่อกับเต้าเสียบปลั๊กไฟเพื่อให้สามารถนำเครื่องใช้ไฟฟ้ามาทดลองเสียบได้ดังรูป



รูปที่ 4.2 โครงการเมื่อเสร็จสมบูรณ์

จากนั้นนำเครื่องขุมสายมาใช้สำหรับทดสอบการโทรเข้า โทรออก เพราะว่าหากนำไปทดลองกับโทรศัพท์ที่จริงๆเลยนั้น จะเสียค่าใช้จ่ายมากในการโทรออกแต่ละครั้ง โดยจะต่อขุมสายเข้ากับโทรศัพท์ที่บ้านหนึ่งเบอร์ส่วนอีกเบอร์จะต่อเข้ากับระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ ดังรูป

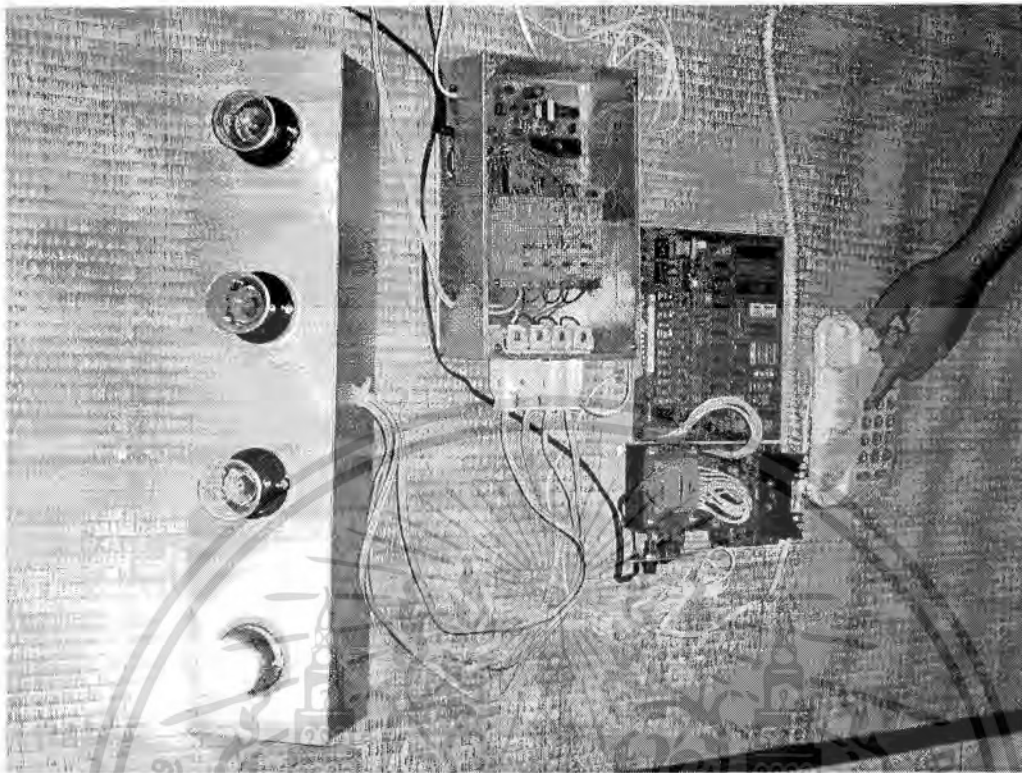
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดที่จะใช้ในการทดลอง

โดยที่ได้มีการต่อหลอดไฟเข้าไปที่รูเสียบปลั๊กเพื่อให้เห็นการควบคุมชัดเจนยิ่งขึ้น จากนั้นจะมีการทดลองโทรเข้าไปยังระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะเพื่อทดลองเปิดเปิดหลอดไฟโดยผลที่ได้ออกมาดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงการเปิดหลอดไฟด้วยระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ

ในการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะนั้นได้ทำการทดสอบดังนี้  
**ทดสอบการโทรเข้า**

เป็นการทดสอบสอรอบแรกโทรเข้าไปเพื่อปิดเปิดหลอดไฟทั้ง 4 ดวง โดยเมื่อทำการหูและ  
 รอสายให้สัญญาณกระดิ่งครบตามจำนวนที่ตั้งไว้ในโปรแกรมแล้ว ระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะจะทำการ  
 ยกหูโทรศัพท์ขึ้น จากนั้นทำการป้อนรหัสผ่าน 4 หลักตามที่กำหนดไว้ในโปรแกรมซึ่งก็คือ 1 2 3 4  
 จากนั้นระบบจะส่งเสียงเพื่อบอกว่ารหัสผ่านถูกต้อง ต่อมาเราจะสามารถทำการปิดเปิดหลอดไฟทั้ง 4  
 ดวงได้โดยการกดปุ่ม 1 2 3 4 เพื่อ ปิดเปิดหลอดไฟดวงที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ พบว่าหลอดไฟ  
 สามารถปิดเปิดได้เป็นอย่างดี ระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะจะมีเสียงสั้นบอกในกรณีที่เปิดไฟ และเสียง  
 ยาวบอกในกรณีที่เปิดไฟ จากนั้นกดปุ่ม 0 เพื่อทำการวางหู

การทดสอบรอบที่สองนั้นได้ลองป้อนรหัสผ่านให้ผิด โดยแต่ละครั้งที่ผิดนั้นจะมีเสียงบอก  
 เดือนทุกครั้ง และเมื่อครบ 3 ครั้ง ระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะจะทำการวางหูทันทีเพื่อเป็นการป้องกัน  
 ไม่ให้ผู้อื่นโทรเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ทดสอบการโทรออก

โดยในการทดสอบนั้นได้นำสวิตช์แบบ Pushbottom มาใช้แทนเซ็นเซอร์เพื่อให้สะดวกขึ้นในการทดสอบ ( ในการใช้งานจริงจะเปลี่ยนเงื่อนไขในการโทรออกให้เป็นของเซ็นเซอร์ที่ต้องการใช้งาน ) เมื่อทำการกดปุ่มสวิตช์แล้วพบว่ามีโทรออกจากระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะไปยังโทรศัพท์ที่เบอร์ 16 ทันทีจากนั้นเมื่อทำการรับโทรศัพท์ ระบบได้ทำการส่งเสียงเตือนไปยังผู้ใช้ ทำให้สามารถทราบได้ว่าระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะได้โทรมา จากนั้นระบบจะให้ทำการป้อนรหัสผ่านเพื่อให้ทำการปิดเปิดหลอดไฟได้ต่อไป เช่นเดียวกับในกรณีของการโทรเข้า เมื่อทำการปิดเปิดหลอดไฟเสร็จแล้ว ก็กดปุ่ม 0 เพื่อวางสายเช่นเดิม

ในการทดลองครั้งนี้ได้ให้มีการใช้เสียงในรูปแบบต่างๆเพื่อสื่อสารกับผู้ใช้ โดยการสร้างเสียงขึ้นมานั้นทำให้โดยการทำให้ค่าที่ขาพอร์ต A.5 เปลี่ยนค่าจาก LOW เป็น HIGH และ HIGH เป็น LOW ด้วยความถี่ที่สามารถกำหนดได้ ทำให้เสียงที่ออกมามีความถี่ต่างกัน เช่น ความถี่มากจะได้เสียงแหลม ความถี่ต่ำจะได้เสียงทุ้ม การแก้ไขความถี่ของเสียงนั้นจะแก้ไขที่ค่า delay ที่อยู่ระหว่างการเปลี่ยนจาก HIGH เป็น LOW และ LOW เป็น HIGH ( เป็นการแก้ไขคาบเวลาของสัญญาณ )

#### 4.3 อภิปรายผล

ในวงจรนี้รีเลย์ที่ใช้จะมีขนาด 10 A ซึ่งหากเครื่องใช้ไฟฟ้าที่นำมาให้ระบบควบคุมบ้านทำการควบคุมนั้นดึงกระแสเกิน 10 A อาจจะทำให้รีเลย์และตัวบอร์ดได้รับความเสียหายได้ จึงต้องให้ความระมัดระวังในส่วนนี้ ซึ่งปัญหานี้อาจจะแก้ไขได้โดยการใช้รีเลย์ที่สามารถรองรับกระแสได้มากกว่านี้ และในส่วนของ MT8880 นั้น ส่วนที่สำคัญที่สุดในวงจรคือส่วนของวงจรกรองสัญญาณ (Filter) ที่ใช้ในการลด สัญญาณรบกวน (Noise) ของสัญญาณทั้งทั้งขาเข้าและขาออก เพราะสัญญาณรบกวนอาจจะไปตรงกับความถี่ DTMF ได้ ส่วนวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกเข้านั้นหากสัญญาณที่ได้มีการกระเพื่อมมาก จะต้องทำการเชื่อมต่อวงจรกรองสัญญาณเพิ่มเข้าไปโดยการต่อตัวเก็บประจุลงกราวด์ การกระเพื่อมของสัญญาณจึงจะหายไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุป

ในการสร้างระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ขึ้นมา เราจะต้องนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการควบคุมและสั่งการทั้งส่วนของการโทร เข้า/ออก, การรับสัญญาณ DTMF, การสั่งปิด เปิด เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆผ่านทางรีเลย์ นอกจากนี้ยังสามารถอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ต่างๆที่นำมาเชื่อมต่อ และสามารถนำค่าที่ได้มาประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นที่เลือกใช้นั้นจะเป็นรุ่นที่ใช้ชิป ATMEGA16 ที่มีตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลอยู่ในตัว ในการรับและส่งสัญญาณ DTMF นั้นจะใช้ไอซีเบอร์ MT8880 ในการรับส่ง และในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะใช้ รีเลย์แบบ 1 หน้าสัมผัสขนาด 12 โวลต์ 10A ในการปิดและเปิด ซึ่งทั้งหมดนี้จะทำให้สามารถสร้างระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะที่มีประสิทธิภาพขึ้นได้

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในระบบควบคุมอัจฉริยะที่สร้างขึ้นมานี้ สามารถที่จะนำมาพัฒนาต่อได้อีกมาก ดังต่อไปนี้

- สามารถเพิ่มระบบติดต่อกับผู้ใช้ให้เป็นแบบมีเสียงพูด โดยใช้ชิปบันทึกเสียง
- เพิ่มระบบควบคุมในส่วนของฟังก์ชันการทำงานให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น อาทิเช่น ตั้งเวลาในการรับสาย
- เพิ่มจำนวนในการ ปิด/เปิด เครื่องใช้ไฟฟ้า ให้มากขึ้น
- เพิ่มระบบเบอร์โทรสำรอง ในกรณีที่เบอร์แรกโทรออกไม่ติด
- เพิ่มจอ LCD เพื่อแสดงสถานะในการทำงาน

## เอกสารอ้างอิง

- [1] รศ. วิชิต ศิริโชติ. การเขียนโปรแกรม MCS51 ด้วยภาษา C , ANA-DIGIT R&D LABORTORY 2544.
- [2] Sensor and transducer <http://www.pltc.ac.th/~neenak/sensor%20pdf/Transdusor01.pdf>
- [3] OP-AMP  
[http://www.ee.mut.ac.th/materials/eccc0231/Basic\\_electrical\\_Engineering\\_II\\_Chap\\_8.pdf](http://www.ee.mut.ac.th/materials/eccc0231/Basic_electrical_Engineering_II_Chap_8.pdf)
- [4] โทรศัพท์ , DTMF <http://elec.chandra.ac.th/tipntrick/sourcecode/Frame-1a.html>
- [5] Datasheet ของ IC ต่างๆ <http://www.alldatasheet.com/>
- [6] ตรวจสอบราคาอุปกรณ์ <http://www.es.co.th/>
- [7] การใช้งาน MT8880 <http://www.parallax.com/dl/docs/prod/appkit/MT8880Trnscvr.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรมที่ใช้ในระบบควบคุมบ้านอัจฉริยะ

โปรแกรมที่ใช้นี้เขียนขึ้นโดยใช้ Codevision Compiler ซึ่งเป็น Compiler ที่เหมาะสำหรับชิปตระกูล AVR MEGA16 สามารถปรับแต่งฟังก์ชันการทำงานต่างๆของ ATMEGA16 ได้ง่าย

```
home.c
/*****
This program was produced by the
CodeWizardAVR V1.24.8b Professional
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2006 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
http://www.hpinfotech.com

Project :
Version :
Date    : 21/3/2006
Author  : F4CG
Company : F4CG
Comments:

Chip type      : ATmega16
Program type   : Application
Clock frequency : 4.000000 MHz
Memory model   : Small
External SRAM size : 0
Data Stack size : 256
*****/

#include <mega16.h>
#include <delay.h>

// SPI functions
#include <spi.h>

// Declare your global variables here
char
dialnum[10]={0x88,0x90,0x98,0xA0,0xA8,0xB0,0xB8,0xC0,0xC8,0xD0},data1 =
0x00,data2 = 0x00,data3 = 0x00,data4 = 0x00,flag1=0
,numclear[10]={0x8E,0x97,0x9F,0xA7,0xAF,0xB7,0xBF,0xC7,0xCF,0xD7},
templ,dtmf,flag2=1,flag3=0,dialnumber,timerflag=C,flag4=0,flag5=0;
int temp2=0,sec=C,i=0,counter=0,msec=0,chance=3;

#define b0 PORTD.3
#define b1 PORTD.4
#define b2 PORTD.5
#define b3 PORTD.6
#define irq PINB.1
#define rw PORTB.0
#define c2 PORTB.2
#define rs0 PORTB.3
#define cs PORTB.4
// #define shld1 PORTC.2
// #define shld2 PORTC.1
// #define rck PORTC.3
#define led PORTD.7
#define relay1 PORTC.1
#define relay2 PORTC.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#define relay3 PORTC.3
#define relay4 PORTC.5
#define relay5 PORTC.4
#define sound PORTC.0
read8880()
{
    q2 = 1;
    cs = 1;
    DDRD |= 0x78;
    b0 = 0;
    b1 = 0;
    b2 = 0;
    b3 = 0;
    rw = 0;
    rs0 = 1;
    cs = 0;
    delay_ms(10);
    cs = 1;
    DDRD &= 0x87;
    rw = 1;
    rs0 = 0;
    cs = 0;
}
dial()
{
    if(dialnumber == 1)
    {
        b0 = 1;
        b1 = 0;
        b2 = 0;
        b3 = 0;
    }
    if(dialnumber == 2)
    {
        b0 = 0;
        b1 = 1;
        b2 = 0;
        b3 = 0;
    }
    if(dialnumber == 3)
    {
        b0 = 1;
        b1 = 1;
        b2 = 0;
        b3 = 0;
    }
    if(dialnumber == 4)
    {
        b0 = 0;
        b1 = 0;
        b2 = 1;
        b3 = 0;
    }
    if(dialnumber == 5)
    {
        b0 = 1;
        b1 = 0;
        b2 = 1;
        b3 = 0;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        b3 = 0;
    }
    if(dialnumber == 6)
    {
        b0 = 0;
        b1 = 1;
        b2 = 1;
        b3 = 0;
    }
    if(dialnumber == 7)
    {
        b0 = 1;
        b1 = 1;
        b2 = 1;
        b3 = 0;
    }
    if(dialnumber == 8)
    {
        b0 = 0;
        b1 = 0;
        b2 = 0;
        b3 = 1;
    }
    if(dialnumber == 9)
    {
        b0 = 1;
        b1 = 0;
        b2 = 0;
        b3 = 1;
    }
    if(dialnumber == 10)
    {
        b0 = 0;
        b1 = 1;
        b2 = 0;
        b3 = 1;
    }
    if(dialnumber == 11)
    {
        b0 = 1;
        b1 = 1;
        b2 = 0;
        b3 = 1;
    }
    if(dialnumber == 12)
    {
        b0 = 0;
        b1 = 1;
        b2 = 0;
        b3 = 1;
    }
}

write8880(char dialnumber1,char dialnumber2)
{
    DDRD |= 0x78;
    rs0 = 1;
    cs = 1;
    q2 = 1;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

rw = 0;
b0 = 1;
b1 = 1;
b2 = 0;
b3 = 1;
cs = 0;
delay_ms(10);
cs = 1;
b0 = 0;
b1 = 0;
b2 = 0;
b3 = 0;
cs = 0;
delay_ms(10);
cs = 1;
delay_ms(1000);
DDRD |= 0x78;
dialnumber = dialnumber1;
dial();
rs0 = 0;
cs = 0;
delay_ms(10);
cs = 1;
delay_ms(250);
dialnumber = dialnumber2;
dial();
cs = 0;
delay_ms(10);
cs = 1;
b0 = 0;
b1 = 0;
b2 = 0;
b3 = 0;
}

```

```

dtmfdecode()
{
    templ = 0;
    templ |= PIND;
    templ &= 0x78;
    templ >>= 3;
    dtmf = templ;
}

```

```

soundon()
{
    for(i=0; i<1000; i++)
    {
        sound ^= 1;
        delay_ms(1);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        flag3 = 0;
    }

    soundoff()
    {
        for(i=0; i<200; i++)
        {
            sound ^= 1;
            delay_ms(1);
        }
        flag3 = 0;
    }

    soundpass()
    {
        for(i=0; i<400; i++)
        {
            sound ^= 1;
            delay_us(500);
        }
        flag3 = 0;
    }

    soundlow()
    {
        for(i=0; i<150; i++)
        {
            sound ^= 1;
            delay_us(1000);
        }
        flag3 = 0;
    }

    soundmed()
    {
        for(i=0; i<300; i++)
        {
            sound ^= 1;
            delay_us(500);
        }
        flag3 = 0;
    }

    soundhigh()
    {
        for(i=0; i<600; i++)
        {
            sound ^= 1;
            delay_us(250);
        }
        flag3 = 0;
    }

    soundalarm()
    {
        if(flag3 == 1)
        {
            for(i=0; i<10000; i++)
            {
                sound ^= 1;
            }
        }
    }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        delay_ms(1);
    }
    flag3 = 0;
    flag5 = 1;
}

}

password()
{
    flag5 = 0;
reenter:
    if(chance == 0)
    {
        delay_ms(100);
        soundhigh();
        delay_ms(50);
        soundmed();
        delay_ms(50);
        soundlow();
        chance = 3;
        flag4 = 1;
        goto endpass;
    }
    while(!irq);
    delay_ms(250);
    while(irq);
    dtmfdecode();
    if(dtmf != 1)
    {
        soundlow();
        chance = chance -1;
        goto reenter;
    }
    soundhigh();

    while(!irq);
    delay_ms(250);
    while(irq);
    dtmfdecode();
    if(dtmf != 2)
    {
        soundlow();
        chance = chance -1;
        goto reenter;
    }
    soundhigh();

    while(!irq);
    delay_ms(250);
    while(irq);
    dtmfdecode();
    if(dtmf != 3)
    {
        soundlow();
        chance = chance -1;
        goto reenter;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    soundhigh();

    while(!irq);
    delay_ms(250);
    while(irq);
    dtmfdecode();
    if(dtmf != 4)
    {
        soundlow();
        chance = chance -1;
        goto reenter;
    }
    chance = 3;
    delay_ms(100);
    soundlow();
    delay_ms(50);
    soundmed();
    delay_ms(50);
    soundhigh();
    delay_ms(50);
    soundlow();
    delay_ms(50);
    soundmed();
    delay_ms(50);
    soundhigh();
endpass:
;
/*write32bit()
{
    shld1 = 1;
    shld2 = 1;
    rck = 1;
    spi(data1);
    spi(data2);
    spi(data3);
    spi(data4);
    shld1 = 0;
    shld2 = 0;
    rck = 0;
}*/

// External Interrupt 0 service routine
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
    temp2 = temp2 + 1;
    led = 0;
    delay_ms(490);
    led = 1;
    if(temp2 == 5)
    {
        temp2 = 0;
        flag1 = 1;
        flag2 = 0;
        relay5 = 1;
        led ^= 1;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

}

void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out Func2=Out
Func1=Out Func0=Out
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0 State1=0
State0=0
PORTA=0x00;
DDRA=0xFF;

// Port B initialization
// Func7=Out Func6=In Func5=Out Func4=Out Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=0 State6=T State5=0 State4=0 State3=T State2=F State1=T
State0=T
PORTB=0xFD;
DDRB=0xFD;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T
StateC=T
PORTC=0x4C;
DDRC=0xBF;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In
FuncC=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T
State0=T
PORTD=0x80;
DDRD=0xF8;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 4000.000 kHz
// Mode: Normal top=FFh
// OCC output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
CCR0=0x0C;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 1 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// CC1A output: Discon.
// CC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: On
// INTC Mode: Low level
// INT1: Off
// INT2: Off
GICR|=0x40;
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;
GIFR=0x40;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// SPI initialization
// SPI Type: Master
// SPI Clock Rate: 250.000 kHz
// SPI Clock Phase: Cycle Half
// SPI Clock Polarity: Low
// SPI Data Order: MSB First
SPCR=0x51;
SPSR=0x00;

// Global enable interrupts
asm("sei")

while (1)
{
while(flag2)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

if(relay1 == 0)
soundoff();
}

if(dtmf == 2)
{
delay_ms(250);
relay2 ^= 1;
if(relay2 == 1)
soundon();
if(relay2 == 0)
soundoff();
}

if(dtmf == 3)
{
delay_ms(250);
relay3 ^= 1;
if(relay3 == 1)
soundon();
if(relay3 == 0)
soundoff();
}

if(dtmf == 4)
{
delay_ms(250);
relay4 ^= 1;
if(relay4 == 1)
soundon();
if(relay4 == 0)
soundoff();
}

if(dtmf == 10)
{
wrongpass:
delay_ms(250);
flag3 = 0;
flag1 = 0;
relay5 = 0;
temp1 = 0;
temp2 = 0;
flag2 = 1;
dtmf = 0;
led = 1;
b3 = 0;
b2 = 0;
b1 = 0;
b0 = 0;
cs = 1;
flag4 = 0;
flag5 = 0;
}

if(dtmf == 5)
{
delay_ms(250);
while(1)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{  
  led ^= 1;  
  delay_ms(1000);  
}  
}  
dtmfdecode();  
while(irq)  
{  
  dtmfdecode();  
}  
}  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# MT8888C/MT8888C-1

## Integrated DTMF Transceiver with Intel Micro Interface

### Features

- Central office quality DTMF transmitter/receiver
- Low power consumption
- High speed Intel micro interface
- Adjustable guard time
- Automatic tone burst mode
- Call progress tone detection to -30dBm

ISSUE 2

May 1995

### Ordering Information

MT8888CE/CE-1	20 Pin Plastic DIP
MT8888CC/CC-1	20 Pin Ceramic DIP
MT8888CS/CS-1	20 Pin SOIC
MT8888CN/CN-1	24 Pin SSOP

-40°C to +85°C

### Applications

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

The receiver section is based upon the industry standard MT8870 DTMF receiver while the transmitter utilizes a switched capacitor D/A converter for low distortion, high accuracy DTMF signalling. Internal counters provide a burst mode such that tone bursts can be transmitted with precise timing. A call progress filter can be selected allowing a microprocessor to analyze call progress tones.

### Description

The MT8888C is a monolithic DTMF transceiver with call progress filter. It is fabricated in CMOS technology offering low power consumption and high reliability.

The MT8888C utilizes an Intel micro interface, which allows the device to be connected to a number of popular microcontrollers with minimal external logic. The MT8888C-1 is functionally identical to the MT8888C except the receiver is enhanced to accept lower level signals, and also has a specified low signal rejection level.

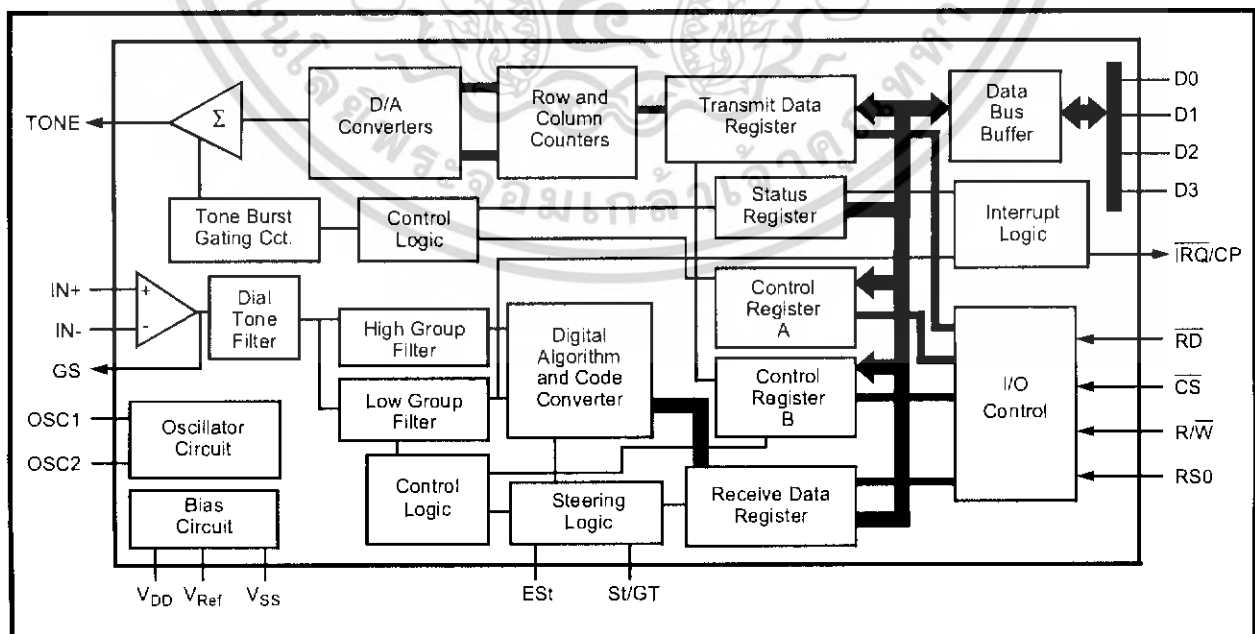


Figure 1 - Functional Block Diagram

# MT8888C/MT8888C-1

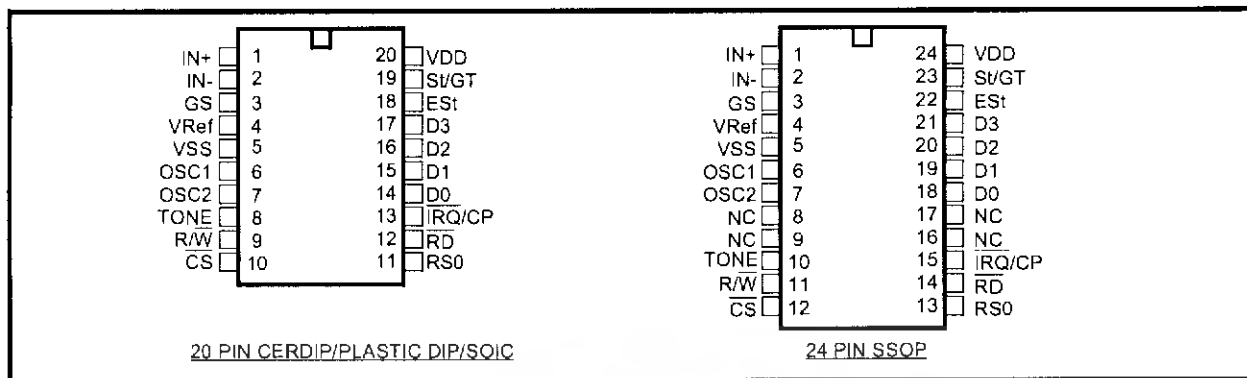


Figure 2 - Pin Connections

## Pin Description

Pin #		Name	Description
20	24		
1	1	IN+	<b>Non-inverting</b> op-amp input.
2	2	IN-	<b>Inverting</b> op-amp input.
3	3	GS	<b>Gain Select.</b> Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	4	V <sub>Ref</sub>	<b>Reference Voltage</b> output ( $V_{DD}/2$ ).
5	5	V <sub>SS</sub>	Ground (0V).
6	6	OSC1	<b>Oscillator</b> input. This pin can also be driven directly by an external clock.
7	7	OSC2	<b>Oscillator</b> output. A 3.579545 MHz crystal connected between OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit. Leave open circuit when OSC1 is driven externally.
8	10	TONE	Output from internal DTMF transmitter.
9	11	$\overline{WR}$	<b>Write</b> microprocessor input. TTL compatible.
10	12	$\overline{CS}$	<b>Chip Select</b> input. Active Low. This signal must be qualified externally by address latch enable (ALE) signal, see Figure 12.
11	13	RS0	<b>Register Select</b> input. Refer to Table 3 for bit interpretation. TTL compatible.
12	14	$\overline{RD}$	<b>Read</b> microprocessor input. TTL compatible.
13	15	$\overline{IRQ/CP}$	<b>Interrupt Request/Call Progress</b> (open drain) output. In interrupt mode, this output goes low when a valid DTMF tone burst has been transmitted or received. In call progress mode, this pin will output a rectangular signal representative of the input signal applied at the input op-amp. The input signal must be within the bandwidth limits of the call progress filter, see Figure 8.
14-17	18-21	D0-D3	Microprocessor Data Bus. High impedance when $\overline{CS} = 1$ or $\overline{RD} = 1$ . TTL compatible.
18	22	ESst	<b>Early Steering</b> output. Presents a logic high once the digital algorithm has detected a valid tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause ESst to return to a logic low.
19	23	St/GT	<b>Steering Input/Guard Time</b> output (bidirectional). A voltage greater than $V_{TSt}$ detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than $V_{TSt}$ frees the device to accept a new tone pair. The GT output acts to reset the external steering time-constant; its state is a function of ESst and the voltage on St.
20	24	V <sub>DD</sub>	Positive power supply (5V typ.).
	8,9 16,17	NC	No Connection.

**Functional Description**

The MT8888C/MT8888C-1 Integrated DTMF Transceiver consists of a high performance DTMF receiver with an internal gain setting amplifier and a DTMF generator which employs a burst counter to synthesize precise tone bursts and pauses. A call progress mode can be selected so that frequencies within the specified passband can be detected. The Intel micro interface allows microcontrollers, such as the 8080, 80C31/51 and 8085, to access the MT8888C/MT8888C-1 internal registers.

**Input Configuration**

The input arrangement of the MT8888C/MT8888C-1 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source ( $V_{Ref}$ ), which is used to bias the inputs at  $V_{DD}/2$ . Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for gain adjustment. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 3.

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

**Receiver Section**

Separation of the low and high group tones is achieved by applying the DTMF signal to the inputs of two sixth-order switched capacitor bandpass filters, the bandwidths of which correspond to the low and high group frequencies (see Table 1). These filters incorporate notches at 350 Hz and 440 Hz for exceptional dial tone rejection. Each filter output is followed by a single order switched capacitor filter section, which smooths the signals prior to limiting. Limiting is performed by high-gain comparators which are provided with hysteresis to prevent detection of unwanted low-level signals. The outputs of the comparators provide full rail logic swings at the frequencies of the incoming DTMF signals.

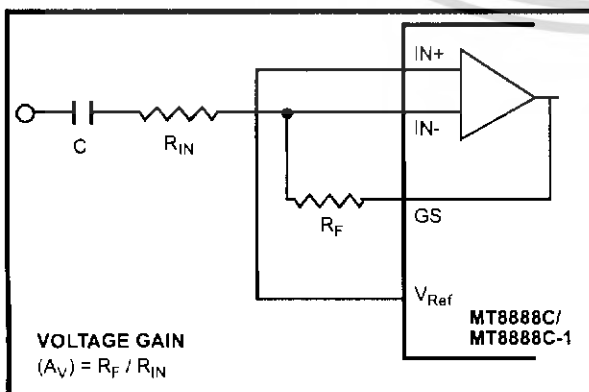


Figure 3 - Single-Ended Input Configuration

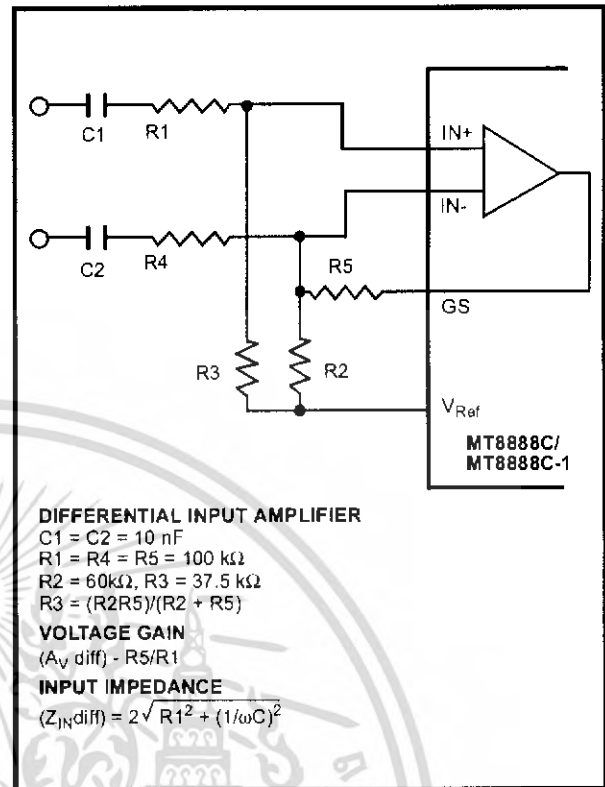


Figure 4 - Differential Input Configuration

F <sub>LOW</sub>	F <sub>HIGH</sub>	DIGIT	D <sub>3</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>0</sub>
697	1209	1	0	0	0	1
697	1336	2	0	0	1	0
697	1477	3	0	0	1	1
770	1209	4	0	1	0	0
770	1336	5	0	1	0	1
770	1477	6	0	1	1	0
852	1209	7	0	1	1	1
852	1336	8	1	0	0	0
852	1477	9	1	0	0	1
941	1336	0	1	0	1	0
941	1209	*	1	0	1	1
941	1477	#	1	1	0	0
697	1633	A	1	1	0	1
770	1633	B	1	1	1	0
852	1633	C	1	1	1	1
941	1633	D	0	0	0	0

0= LOGIC LOW, 1= LOGIC HIGH

Table 1. Functional Encode/Decode Table

# MT8888C/MT8888C-1

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

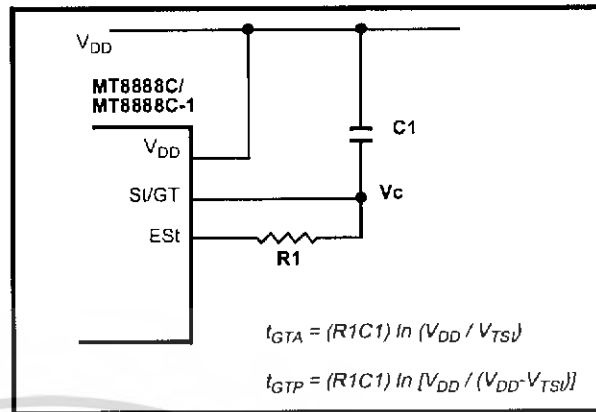


Figure 5 - Basic Steering Circuit

## Steering Circuit

Before registration of a decoded tone pair, the receiver checks for a valid signal duration (referred to as character recognition condition). This check is performed by an external RC time constant driven by ES<sub>t</sub>. A logic high on ES<sub>t</sub> causes  $v_c$  (see Figure 5) to rise as the capacitor discharges. Provided that the signal condition is maintained (ES<sub>t</sub> remains high) for the validation period ( $t_{GTP}$ ),  $v_c$  reaches the threshold ( $V_{TSI}$ ) of the steering logic to register the tone pair, latching its corresponding 4-bit code (see Table 1) into the Receive Data Register. At this point the GT output is activated and drives  $v_c$  to  $V_{DD}$ . GT continues to drive high as long as ES<sub>t</sub> remains high. Finally, after a short delay to allow the output latch to settle, the delayed steering output flag goes high, signalling that a received tone pair has been registered. The status of the delayed steering flag can be monitored by checking the appropriate bit in the status register. If Interrupt mode has been selected, the IRQ/CP pin will pull low when the delayed steering flag is active.

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

## Guard Time Adjustment

The simple steering circuit shown in Figure 5 is adequate for most applications. Component values are chosen according to the following inequalities (see Figure 7):

$$t_{REC} \geq t_{DPmax} + t_{GTPmax} - t_{DAmin}$$

$$t_{REC} \leq t_{DPmin} + t_{GTPmin} - t_{DAmax}$$

$$t_{ID} \geq t_{DAmax} + t_{GTAmx} - t_{DPmin}$$

$$t_{DO} \leq t_{DAmin} + t_{GTAmn} - t_{DPmax}$$

The value of  $t_{DP}$  is a device parameter (see AC Electrical Characteristics) and  $t_{REC}$  is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C1 of 0.1  $\mu F$  is recommended for most

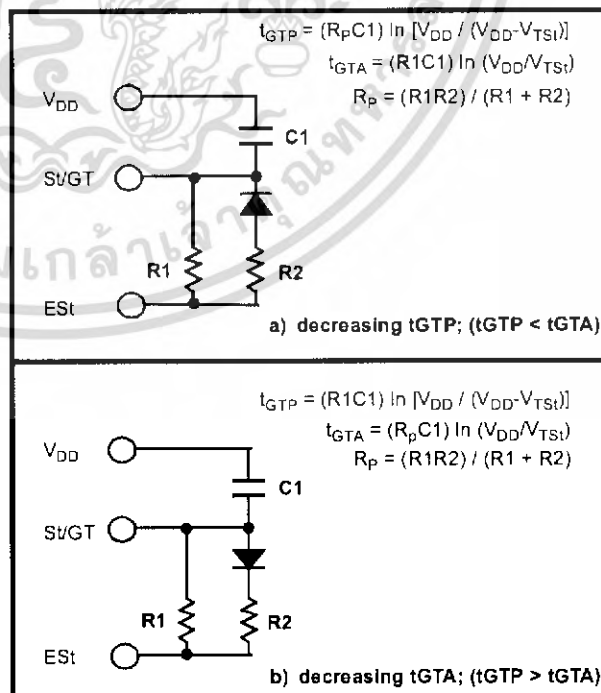


Figure 6 - Guard Time Adjustment

applications, leaving R1 to be selected by the designer. Different steering arrangements may be used to select independent tone present ( $t_{GTP}$ ) and tone absent ( $t_{GTA}$ ) guard times. This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on tone duration and interdigital pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk off and noise immunity.

Increasing  $t_{REC}$  improves talk-off performance since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain a valid signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short  $t_{REC}$  with a long  $t_{DO}$  would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 6. The receiver timing is shown in Figure 7 with a description of the events in Figure 9.

## Call Progress Filter

A call progress mode, using the MT8888C/MT8888C-1, can be selected allowing the detection of various tones, which identify the progress of a telephone call on the network. The call progress tone input and DTMF input are common, however, call progress tones can only be detected when CP

mode has been selected. DTMF signals cannot be detected if CP mode has been selected (see Table 7). Figure 8 indicates the useful detect bandwidth of the call progress filter. Frequencies presented to the input, which are within the 'accept' bandwidth limits of the filter, are hard-limited by a high gain comparator with the  $\overline{IRQ/CP}$  pin serving as the output. The squarewave output obtained from the schmitt trigger can be analyzed by a microprocessor or counter arrangement to determine the nature of the call progress tone being detected. Frequencies which are in the 'reject' area will not be detected and consequently the  $\overline{IRQ/CP}$  pin will remain low.

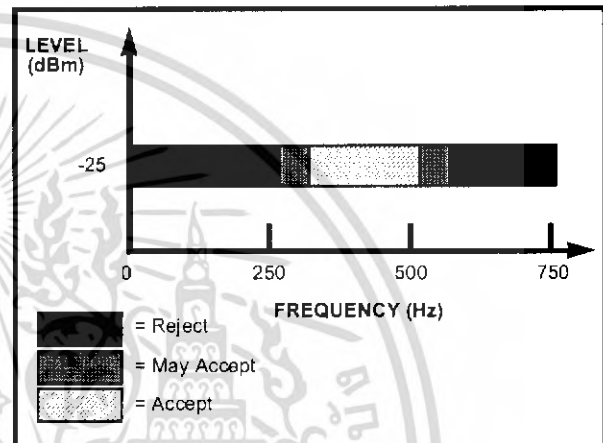


Figure 8 - Call Progress Response

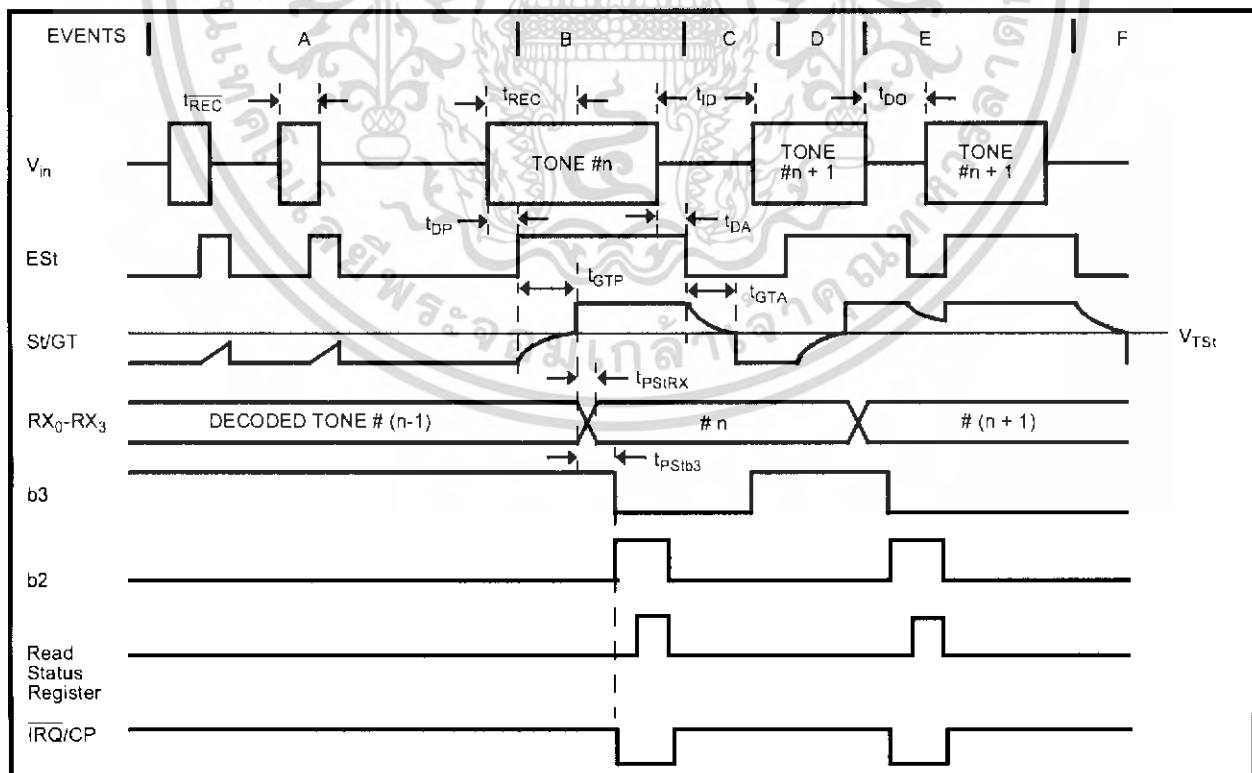


Figure 7 - Receiver Timing Diagram

# MT8888C/MT8888C-1

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

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

Figure 9 - Description of Timing Events

## DTMF Generator

The DTMF transmitter employed in the MT8888C/MT8888C-1 is capable of generating all sixteen standard DTMF tone pairs with low distortion and high accuracy. All frequencies are derived from an external 3.579545 MHz crystal. The sinusoidal waveforms for the individual tones are digitally synthesized using row and column programmable dividers and switched capacitor D/A converters. The row and column tones are mixed and filtered providing a DTMF signal with low total harmonic distortion and high accuracy. To specify a DTMF signal, data conforming to the encoding format shown in Table 1 must be written to the transmit Data Register. Note that this is the same as the receiver output code. The individual tones which are generated ( $f_{LOW}$  and  $f_{HIGH}$ ) are referred to as Low Group and High Group tones. As seen from the table, the low group frequencies are 697, 770, 852 and 941 Hz. The high group frequencies are 1209, 1336, 1477 and 1633 Hz. Typically, the high group to low group amplitude ratio (twist) is 2 dB to compensate for high group attenuation on long loops.

The period of each tone consists of 32 equal time segments. The period of a tone is controlled by varying the length of these time segments. During

write operations to the Transmit Data Register the 4 bit data on the bus is latched and converted to 2 of 8 coding for use by the programmable divider circuitry. This code is used to specify a time segment length, which will ultimately determine the frequency of the tone. When the divider reaches the appropriate count, as determined by the input code, a reset pulse is issued and the counter starts again. The number of time segments is fixed at 32, however, by varying the segment length as described above the frequency can also be varied. The divider output clocks another counter, which addresses the sinewave lookup ROM.

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

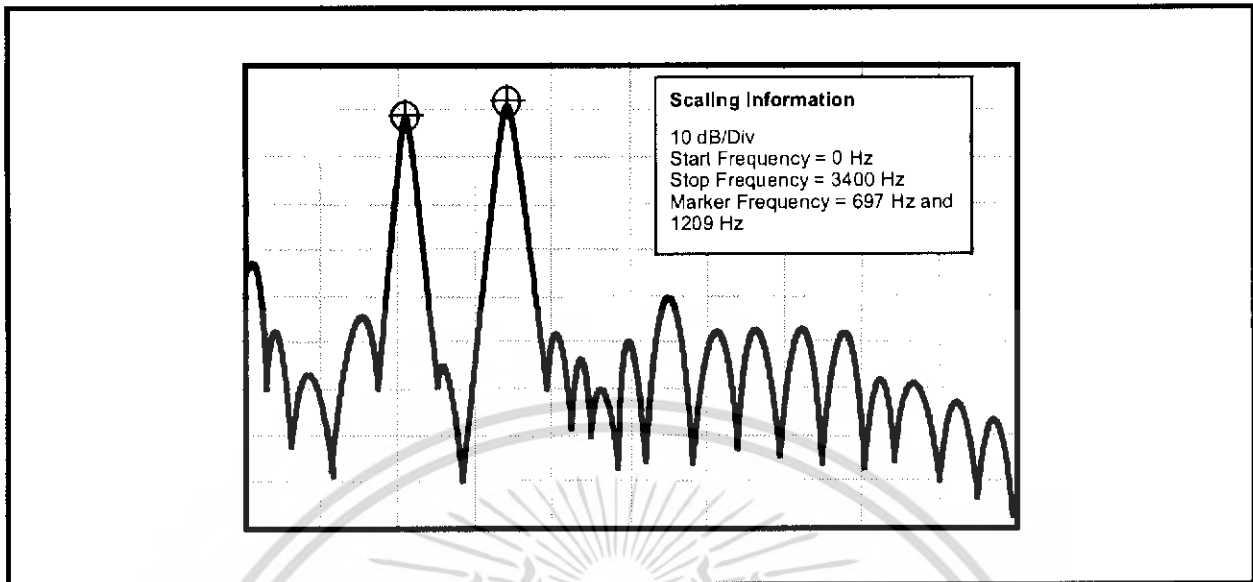


Figure 10 - Spectrum Plot

**Burst Mode**

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

**Single Tone Generation**

A single tone mode is available whereby individual tones from the low group or high group can be generated. This mode can be used for DTMF test equipment applications, acknowledgment tone generation and distortion measurements. Refer to Control Register B description for details.

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

Table 2. Actual Frequencies Versus Standard Requirements

**Distortion Calculations**

The MT8888C/MT8888C-1 is capable of producing precise tone bursts with minimal error in frequency (see Table 2). The internal summing amplifier is followed by a first-order lowpass switched capacitor filter to minimize harmonic components and intermodulation products. The total harmonic distortion for a *single tone* can be calculated using Equation 1, which is the ratio of the total power of all the extraneous frequencies to the power of the fundamental frequency expressed as a percentage.

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

Equation 1. THD (%) For a Single Tone

# MT8888C/MT8888C-1

The Fourier components of the tone output correspond to  $V_{2f} \dots V_{nf}$  as measured on the output waveform. The total harmonic distortion for a *dual tone* can be calculated using Equation 2.  $V_L$  and  $V_H$  correspond to the low group amplitude and high group amplitude, respectively and  $V_{IMD}^2$  is the sum of all the intermodulation components. The internal switched-capacitor filter following the D/A converter keeps distortion products down to a very low level as shown in Figure 10.

$$THD (\%) = 100 \frac{\sqrt{V_{2L}^2 + V_{3L}^2 + \dots + V_{nL}^2 + V_{2H}^2 + V_{3H}^2 + \dots + V_{nH}^2 + V_{IMD}^2}}{\sqrt{V_L^2 + V_H^2}}$$

Equation 2. THD (%) For a Dual Tone

## DTMF Clock Circuit

The internal clock circuit is completed with the addition of a standard television colour burst crystal. The crystal specification is as follows:

- Frequency: 3.579545 MHz
- Frequency Tolerance:  $\pm 0.1\%$
- Resonance Mode: Parallel
- Load Capacitance: 18pF
- Maximum Series Resistance: 150 ohms
- Maximum Drive Level: 2mW

e.g. CTS Knights MP036S  
Toyocom TQC-203-A-9S

A number of MT8888C/MT8888C-1 devices can be connected as shown in Figure 11 such that only one crystal is required. Alternatively, the OSC1 inputs on all devices can be driven from a TTL buffer with the OSC2 outputs left unconnected.

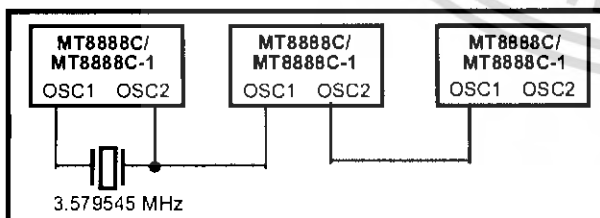


Figure 11 - Common Crystal Connection

## Microprocessor Interface

The MT8888C/MT8888C-1 incorporates an Intel microprocessor interface which is compatible with fast versions (16 MHz) of the 80C51. No wait cycles need to be inserted.

Figures 17 and 18 are the timing diagrams for the Intel 8031, 8051 and 8085 (5 MHz) microcontrollers. By NANDing the address latch enable (ALE) output with the high-byte address (P2) decode output,  $\overline{CS}$  is generated. Figure 12 summarizes the connection of these Intel processors to the MT8888C/MT8888C-1 transceiver.

The microprocessor interface provides access to five internal registers. The read-only Receive Data Register contains the decoded output of the last valid DTMF digit received. Data entered into the write-only Transmit Data Register will determine which tone pair is to be generated (see Table 1 for coding details). Transceiver control is accomplished with two control registers (see Tables 6 and 7), CRA and CRB, which have the same address. A write operation to CRB is executed by first setting the most significant bit (b3) in CRA. The following write operation to the same address will then be directed to CRB, and subsequent write cycles will be directed back to CRA. The read-only status register indicates the current transceiver state (see Table 8).

A software reset must be included at the beginning of all programs to initialize the control registers upon power-up or power reset (see Figure 17). Refer to Tables 4-7 for bit descriptions of the two control registers.

The multiplexed  $\overline{IRQ/CP}$  pin can be programmed to generate an interrupt upon validation of DTMF signals or when the transmitter is ready for more data (burst mode only). Alternatively, this pin can be configured to provide a squarewave output of the call progress signal. The  $\overline{IRQ/CP}$  pin is an open drain output and requires an external pull-up resistor (see Figure 13).

RS0	WR	$\overline{RD}$	FUNCTION
0	0	1	Write to Transmit Data Register
0	1	0	Read from Receive Data Register
1	0	1	Write to Control Register
1	1	0	Read from Status Register

Table 3. Internal Register Functions

b3	b2	b1	b0
RSEL	IRQ	CP/DTMF	TOUT

Table 4. CRA Bit Positions

b3	b2	b1	b0
C/R	S/D	TEST	BURST ENABLE

Table 5. CRB Bit Positions

BIT	NAME	DESCRIPTION
b0	TOUT	Tone Output Control. A logic high enables the tone output; a logic low turns the tone output off. This bit controls all transmit tone functions.
b1	CP/DTMF	Call Progress or DTMF Mode Select. A logic high enables the receive call progress mode; a logic low enables DTMF mode. In DTMF mode the device is capable of receiving and transmitting DTMF signals. In CP mode a rectangular wave representation of the received tone signal will be present on the IRQ/CP output pin if IRQ has been enabled (control register A, b2=1). In order to be detected, CP signals must be within the bandwidth specified in the AC Electrical Characteristics for Call Progress. Note: DTMF signals cannot be detected when CP mode is selected.
b2	IRQ	Interrupt Enable. A logic high enables the interrupt function; a logic low de-activates the interrupt function. When IRQ is enabled and DTMF mode is selected (control register A, b1=0), the IRQ/CP output pin will go low when either 1) a valid DTMF signal has been received for a valid guard time duration, or 2) the transmitter is ready for more data (burst mode only).
b3	RSEL	Register Select. A logic high selects control register B for the next write cycle to the control register address. After writing to control register B, the following control register write cycle will be directed to control register A.

Table 6. Control Register A Description

BIT	NAME	DESCRIPTION
b0	BURST	Burst Mode Select. A logic high de-activates burst mode; a logic low enables burst mode. When activated, the digital code representing a DTMF signal (see Table 1) can be written to the transmit register, which will result in a transmit DTMF tone burst and pause of equal durations (typically 51 msec.). Following the pause, the status register will be updated (b1 - Transmit Data Register Empty), and an interrupt will occur if the interrupt mode has been enabled.  When CP mode (control register A, b1) is enabled the normal tone burst and pause durations are extended from a typical duration of 51 msec to 102 msec.  When BURST is high (de-activated) the transmit tone burst duration is determined by the TOUT bit (control register A, b0).
b1	TEST	Test Mode Control. A logic high enables the test mode; a logic low de-activates the test mode. When TEST is enabled and DTMF mode is selected (control register A, b1=0), the signal present on the IRQ/CP pin will be analogous to the state of the DELAYED STEERING bit of the status register (see Figure 7, signal b3).
b2	S/D	Single or Dual Tone Generation. A logic high selects the single tone output; a logic low selects the dual tone (DTMF) output. The single tone generation function requires further selection of either the row or column tones (low or high group) through the C/R bit (control register B, b3).
b3	C/R	Column or Row Tone Select. A logic high selects a column tone output; a logic low selects a row tone output. This function is used in conjunction with the S/D bit (control register B, b2).

Table 7. Control Register B Description

# MT8888C/MT8888C-1

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

Table 8. Status Register Description

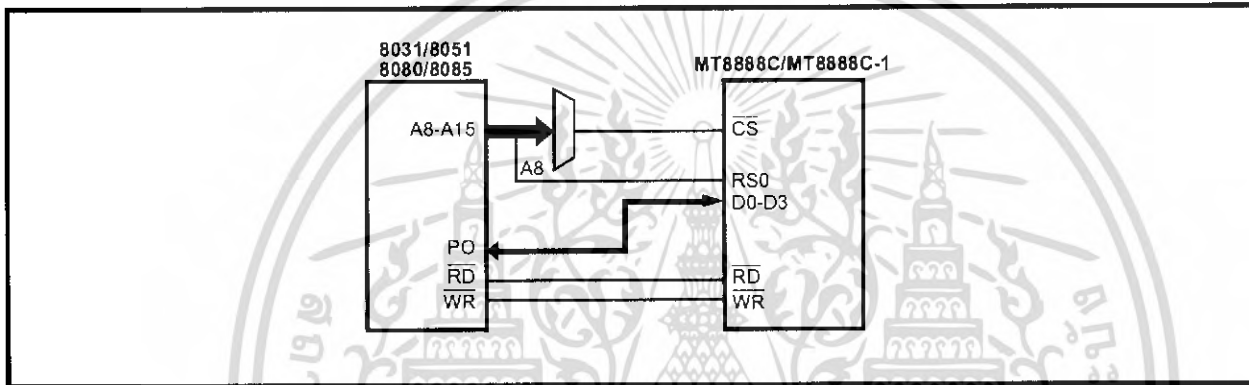


Figure 12 - MT8888C Interface Connections for Various Intel Micros

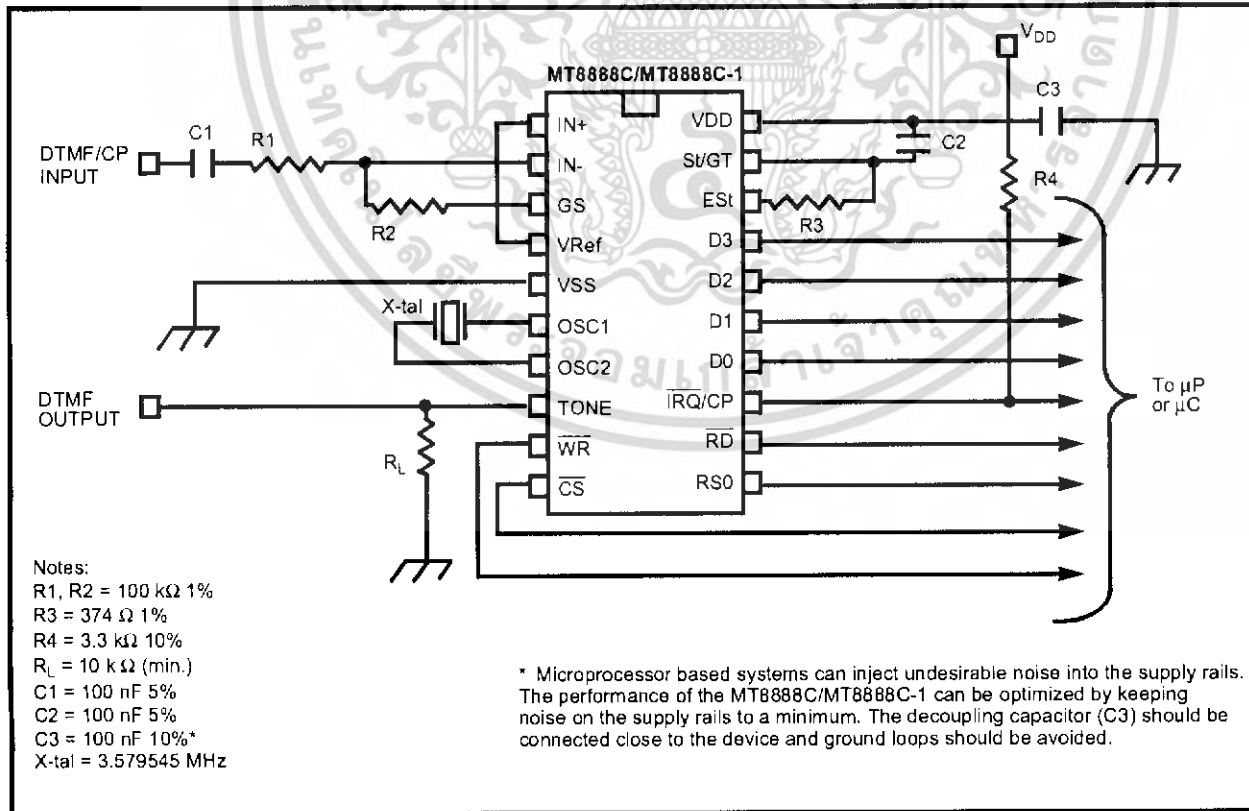


Figure 13 - Application Circuit (Single-Ended Input)

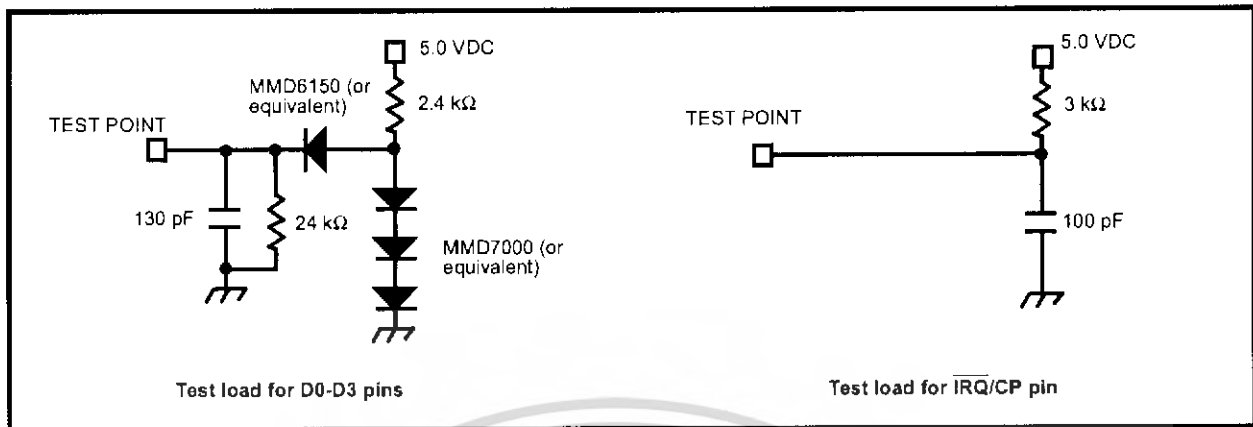


Figure 14 - Test Circuits

**INITIALIZATION PROCEDURE**

A software reset must be included at the beginning of all programs to initialize the control registers after power up. The initialization procedure should be implemented 100ms after power up.

**Description:**

	Control			Data			
	RS0	WR	RD	b3	b2	b1	b0
1) Read Status Register	1	1	0	X	X	X	X
2) Write to Control Register	1	0	1	0	0	0	0
3) Write to Control Register	1	0	1	0	0	0	0
4) Write to Control Register	1	0	1	1	0	0	0
5) Write to Control Register	1	0	1	0	0	0	0
6) Read Status Register	1	1	0	X	X	X	X

**TYPICAL CONTROL SEQUENCE FOR BURST MODE APPLICATIONS**

Transmit DTMF tones of 50 ms burst/50 ms pause and Receive DTMF Tones.

**Sequence:**

	RS0	WR	RD	b3	b2	b1	b0
1) Write to Control Register A (tone out, DTMF, IRQ, Select Control Register B)	1	0	1	1	1	0	1
2) Write to Control Register B (burst mode)	1	0	1	0	0	0	0
3) Write to Transmit Data Register (send a digit 7)	0	0	1	0	1	1	1
4) Wait for an interrupt or poll Status Register							
5) Read the Status Register	1	1	0	X	X	X	X
-if bit 1 is set, the Tx is ready for the next tone, in which case... Write to Transmit Register (send a digit 5)	0	0	1	0	1	0	1
-if bit 2 is set, a DTMF tone has been received, in which case... Read the Receive Data Register	0	1	0	X	X	X	X
-if both bits are set... Read the Receive Data Register	0	1	0	X	X	X	X
Write to Transmit Data Register	0	0	1	0	1	0	1

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

Figure 15 - Application Notes

# MT8888C/MT8888C-1

## Absolute Maximum Ratings\*

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

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

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

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

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

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

		Characteristics	Sym	Min	Typ†	Max	Units	Test Conditions
1	S U P	Operating supply voltage	$V_{DD}$	4.75	5.0	5.25	V	
2		Operating supply current	$I_{DD}$		7.0	11	mA	
3		Power consumption	$P_C$			57.8	mW	
4	I N P U T S	High level input voltage (OSC1)	$V_{IHO}$	3.5			V	Note 9*
5		Low level input voltage (OSC1)	$V_{ILO}$			1.5	V	Note 9*
6		Steering threshold voltage	$V_{Tst}$	2.2	2.3	2.5	V	$V_{DD}=5V$
7	O U T P U T S	Low level output voltage (OSC2)	$V_{OLO}$			0.1	V	No load Note 9*
8		High level output voltage (OSC2)	$V_{OHO}$	4.9			V	No load Note 9*
9		Output leakage current (IRQ)	$I_{OZ}$		1	10	μA	$V_{OH}=2.4$ V
10		$V_{Ref}$ output voltage	$V_{Ref}$	2.4	2.5	2.6	V	No load, $V_{DD}=5V$
11		$V_{Ref}$ output resistance	$R_{OR}$		1.3		kΩ	
12	D i g i t a l	Low level input voltage	$V_{IL}$			0.8	V	
13		High level input voltage	$V_{IH}$	2.0			V	
14		Input leakage current	$I_{IZ}$			10	μA	$V_{IN}=V_{SS}$ to $V_{DD}$
15	Data Bus	Source current	$I_{OH}$	-1.4	-6.6		mA	$V_{OH}=2.4V$
16		Sink current	$I_{OL}$	2.0	4.0		mA	$V_{OL}=0.4V$
17	Est and Sl/Gt	Source current	$I_{OH}$	-0.5	-3.0		mA	$V_{OH}=4.6V$
18		Sink current	$I_{OL}$	2	4		mA	$V_{OL}=0.4V$
19	IRQ/CP	Sink current	$I_{OL}$	4	16		mA	$V_{OL}=0.4V$

† Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated.

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

\* See "Notes" following AC Electrical Characteristics Tables.

## Electrical Characteristics

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

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

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

## MT8888C-1 AC Electrical Characteristics<sup>†</sup> - Voltages are with respect to ground ( $V_{SS}$ ) unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)	R X	-31		+1	dBm	1,2,3,5,6
			21.8		869	mV <sub>RMS</sub>	1,2,3,5,6
2	Input Signal Level Reject	R X	-37			dBm	1,2,3,5,6
			10.9			mV <sub>RMS</sub>	1,2,3,5,6

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

## MT8888C AC Electrical Characteristics<sup>†</sup> - Voltages are with respect to ground ( $V_{SS}$ ) unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>†</sup>	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)	R X	-29		+1	dBm	1,2,3,5,6
			27.5		869	mV <sub>RMS</sub>	1,2,3,5,6

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

## AC Electrical Characteristics<sup>†</sup> - Voltages are with respect to ground ( $V_{SS}$ ) unless otherwise stated. $f_c=3.579545 \text{ MHz}$

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

† Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated.

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

\* \*See "Notes" following AC Electrical Characteristics Tables.

# MT8888C/MT8888C-1

## AC Electrical Characteristics<sup>†</sup>- Call Progress - Voltages are with respect to ground ( $V_{SS}$ ), unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>‡</sup>	Max	Units	Conditions
1	Accept Bandwidth	$f_A$	310		500	Hz	@ -25 dBm, Note 9
2	Lower freq. (REJECT)	$f_{LR}$		290		Hz	@ -25 dBm
3	Upper freq. (REJECT)	$f_{HR}$		540		Hz	@ -25 dBm
4	Call progress tone detect level (total power)		-30			dBm	

<sup>†</sup> Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated

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

## AC Electrical Characteristics<sup>†</sup>- DTMF Reception - Typical DTMF tone accept and reject requirements. Actual values are user selectable as per Figures 5, 6 and 7.

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>‡</sup>	Max	Units	Conditions
1	Minimum tone accept duration	$t_{REC}$		40		ms	
2	Maximum tone reject duration	$t_{REC}$		20		ms	
3	Minimum interdigit pause duration	$t_{ID}$		40		ms	
4	Maximum tone drop-out duration	$t_{OD}$		20		ms	

<sup>†</sup> Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated

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

## AC Electrical Characteristics<sup>†</sup> - Voltages are with respect to ground ( $V_{SS}$ ), unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>‡</sup>	Max	Units	Conditions		
1 2 3 4	T O N E	Tone present detect time	$t_{DP}$	3	11	14	ms	Note 11	
		Tone absent detect time	$t_{DA}$	0.5	4	8.5	ms	Note 11	
		Delay St to b3	$t_{PStb3}$		13		$\mu s$	See Figure 7	
		Delay St to RX <sub>0</sub> -RX <sub>3</sub>	$t_{PSIRX}$		8		$\mu s$	See Figure 7	
5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	T O N E  O U T	Tone burst duration	$t_{BST}$	50		52	ms	DTMF mode	
		Tone pause duration	$t_{PS}$	50		52	ms	DTMF mode	
		Tone burst duration (extended)	$t_{BSTE}$	100		104	ms	Call Progress mode	
		Tone pause duration (extended)	$t_{PSE}$	100		104	ms	Call Progress mode	
		High group output level	$V_{HOUT}$	-6.1		-2.1	dBm	$R_L=10k\Omega$	
		Low group output level	$V_{LOUT}$	-8.1		-4.1	dBm	$R_L=10k\Omega$	
		Pre-emphasis	dBp	0	2	3	dB	$R_L=10k\Omega$	
		Output distortion (Single Tone)	THD			-35		dB	25 kHz Bandwidth $R_L=10k\Omega$
		Frequency deviation	$f_D$			$\pm 0.7$	$\pm 1.5$	%	$f_C=3.579545$ MHz
		Output load resistance	$R_{LT}$	10		50		k $\Omega$	
16 17 18 19	X T A L	Crystal/clock frequency	$f_C$	3.5759	3.5795	3.5831	MHz		
		Clock input rise and fall time	$t_{CLRF}$			110	ns	Ext. clock	
		Clock input duty cycle	DC <sub>CL</sub>	40	50	60	%	Ext. clock	
		Capacitive load (OSC2)	$C_{LO}$			30		pF	

<sup>†</sup> Timing is over recommended temperature & power supply voltages.

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

## AC Electrical Characteristics<sup>†</sup>- MPU Interface - Voltages are with respect to ground (V<sub>SS</sub>), unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>‡</sup>	Max	Units	Conditions
1	$\overline{RD}/\overline{WR}$ clock frequency	f <sub>CYC</sub>		4.0		MHz	Figure 16
2	$\overline{RD}/\overline{WR}$ cycle period	t <sub>CYC</sub>		250		ns	Figure 16
3	$\overline{RD}/\overline{WR}$ rise and fall time	t <sub>R</sub> , t <sub>F</sub>			20	ns	Figure 16
4	Address setup time	t <sub>AS</sub>	23			ns	Figures 17 & 18
5	Address hold time	t <sub>AH</sub>	26			ns	Figures 17 & 18
6	Data hold time (read)	t <sub>DHR</sub>	22			ns	Figures 17 & 18
7	$\overline{RD}$ to valid data delay (read)	t <sub>DDR</sub>			100	ns	Figures 17 & 18
8	$\overline{RD}$ , $\overline{WR}$ pulse width low	t <sub>PWL</sub>	150			ns	Figures 16, 17 & 18
9	$\overline{RD}$ , $\overline{WR}$ pulse width high	t <sub>PWH</sub>		100		ns	Figures 16, 17 & 18
10	Data setup time (write)	t <sub>DSW</sub>	45			ns	Figures 17 & 18
11	Data hold time (write)	t <sub>DHW</sub>	10			ns	Figures 17 & 18
12	Input Capacitance (data bus)	C <sub>IN</sub>		5		pF	
13	Output Capacitance ( $\overline{IRQ}/\overline{CP}$ )	C <sub>OUT</sub>		5		pF	

<sup>†</sup> Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated

<sup>‡</sup> Typical figures are at 25°C, V<sub>DD</sub>=5V, and for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing

- NOTES:**
- 1) dBm=decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
  - 2) Digit sequence consists of all 16 DTMF tones.
  - 3) Tone duration=40 ms. Tone pause=40 ms.
  - 4) Nominal DTMF frequencies are used.
  - 5) Both tones in the composite signal have an equal amplitude.
  - 6) The tone pair is deviated by ± 1.5%±2 Hz.
  - 7) Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
  - 8) The precise dial tone frequencies are 350 and 440 Hz (±2%).
  - 9) Guaranteed by design and characterization. Not subject to production testing.
  - 10) Referenced to the lowest amplitude tone in the DTMF signal.
  - 11) For guard time calculation purposes.

# MT8888C/MT8888C-1

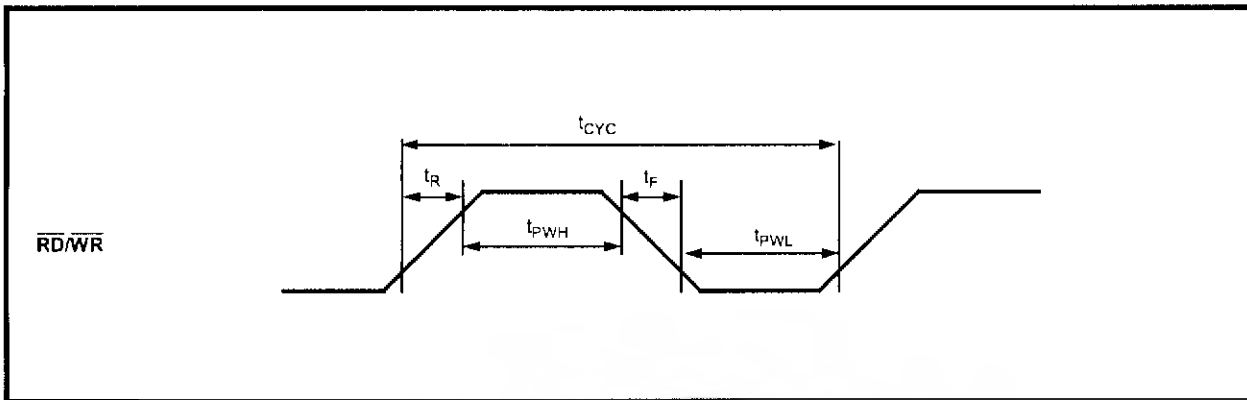


Figure 16 - RD/WR Clock Pulse

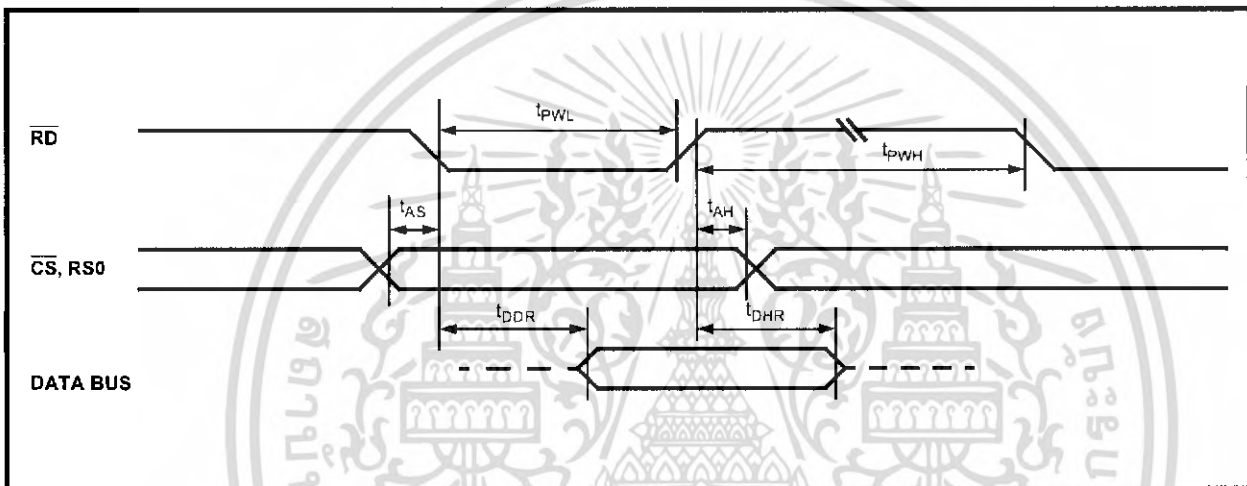


Figure 17 - 8031/8051/8085 Read Timing Diagram

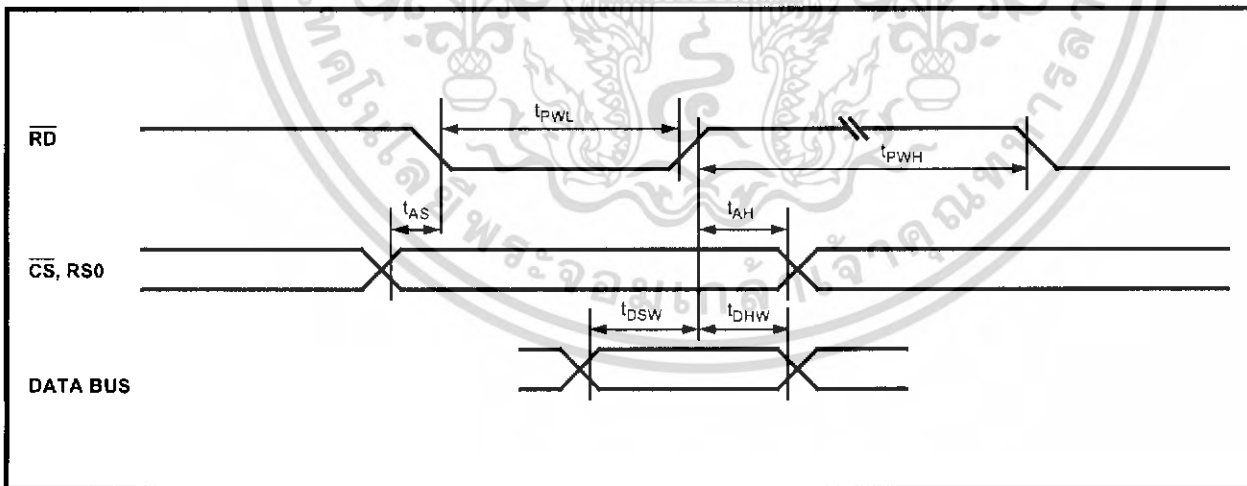


Figure 18 - 8031/8051/8085 Write Timing Diagram