สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและแจ้งเตือนภัยผ่านโทรศัพท์มือถือโดยอัตโนมัติ

HOUSEHOLD APPLIANCES CONTROL AND ALARM SYSTEM USING MOBILE PHONE

โดย

นาย นิพนธ์ พลอยหิน

นางสาว สิริญญาน์ ภัคมาน

ปพ.
46167
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....82438
วัน,เดือน,ปี...11 ก.ค. 2551

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร ทั้งนี้ที่มีขึ้นในนี้

ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและแจ้งเตือนภัยผ่านโทรศัพท์มือถือโดยอัตโนมัติ

HOUSEHOLD APPLIANCES CONTROL AND ALARM SYSTEM USING MOBILE PHONE

โดย

นาย นิพนธ์ พลอยหิน รหัสประจำตัว 48015168

นางสาว สิริญญาน์ ภัคมาน รหัสประจำตัว 48015197

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ขนิษฐา แซ่ตั้ง

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและแจ้งเตือนภัยผ่านโทรศัพท์มือถือโดยอัตโนมัติ

ผู้จัดทำ

1. นาย นิพนธ์ พลอยหิน
2. นางสาว สิริญญาน์ ภัคมาน

.....

(รศ. ขนิษฐา แซ่ตั้ง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและแจ้งเตือนภัยผ่านโทรศัพท์มือถือโดยอัตโนมัติ

นาย นิพนธ์ พลอยหิน รหัส 48015168
นางสาว สิริญญาน์ ภัคมาน รหัส 48015197
รศ. ขนิษฐา แซ่ตั้ง อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและแจ้งเตือนภัยด้วยโทรศัพท์มือถือโดยอัตโนมัติ เป็นระบบที่ควบคุมโดยใช้การสื่อสารจากสถานที่หนึ่งไปยังเครื่องควบคุมหลักผ่านทางโทรศัพท์มือถือ เพื่อควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆภายในบ้านที่กำหนดไว้ ระบบจะทำงานเมื่อมีสายเรียกเข้ามายังโทรศัพท์มือถือ ระบบควบคุมหลักจะตรวจสอบการรับสายที่โทรศัพท์มือถือแล้วจะทำการรับสายโดยอัตโนมัติและเข้าสู่ระบบตอบรับ การติดต่อระหว่างผู้ใช้งานภายนอกกับระบบควบคุมจะส่งเป็นรหัสตัวเลขที่เป็นสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ (DTMF: Dual Tone Multiple Frequency) โดยการทำงานของระบบทั้งหมดจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมหลักทั้งในการรับ-ส่งข้อมูล รวมทั้งการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าตามรหัสที่ผู้ใช้กำหนด นอกจากนี้ยังมีระบบตรวจจับสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเพื่อการควบคุมและระบบตรวจจับอัคคีภัยหรือเหตุบุกรุกเพื่อแจ้งเตือนกรณีเกิดเหตุโดยการโทรออกไปที่หมายเลขโทรศัพท์ที่สามารถโปรแกรมเปลี่ยนแปลงได้ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HOUSEHOLD APPLIANCES CONTROL AND ALARM SYSTEM USING MOBILE PHONE

Mr. Nipont Ployhin ID.48015168
Miss. Sirinya Pakkaman ID.48015197
Assoc.Prof. Khanittha Saetang Advisor
Educational Year 2007

Abstract

This project is electrical appliance controlled system using long distance communication via mobile telephone. The system will automatically answer when a call comes in a mobile telephone. The system receives the control code in Dual Tone Multiple Frequency (DTMF) signals. The Microcontroller MCS51 is the main control part that receives input signals from the previous part for processing and controlling equipments. There are the electrical appliance status sensing for control and the system alarm when trespassing or conflagration caused by a call to telephone number that user can change.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้นก็ด้วยความร่วมมือร่วมใจกันของผู้ร่วมโครงการ ซึ่งทางคณะผู้จัดทำก็หวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะสามารถสร้างประโยชน์ให้แก่ท่านผู้อ่านที่สนใจได้ไม่มากก็น้อย หากมีข้อผิดพลาดประการใดก็ตาม ทางคณะผู้จัดทำก็ขอรับไว้เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ท้ายที่สุดนี้ทางคณะผู้จัดทำก็ขอขอบคุณอาจารย์ รศ. ขนิษฐา แซ่ตั้ง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์และอาจารย์ทุกท่านของทางภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ที่ได้ให้คำปรึกษา และคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ ซึ่งนับว่าเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการผลักดันให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

นายนิพนธ์ พลอยหิน
.....
(นาย นิพนธ์ พลอยหิน)

สิริญญาพ์ ภัคมาน
.....
(นางสาว สิริญญาน์ ภัคมาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญ	III
สารบัญรูปภาพ	V
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 มาตราฐาน RS 232	2
2.2 MICROCONTROLLER	2
2.3 บอร์ดบันทึกเสียง (ISD4003-05M)	13
2.4 รายละเอียดและหลักการทำงานของส่วนถอดรหัส DTMF	16
2.5 ชุดคำสั่ง AT Command (AT Command Set)	20
2.6 จอแสดงผล LCD	23
2.7 รายละเอียดของไอซี 8255	32
บทที่ 3 การออกแบบและการทดลอง	37
3.1 การออกแบบระบบ	37
3.2 ลักษณะการเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือ	37
3.3 ส่วนตรวจจับสัญญาณต่างๆที่เข้ามายังโทรศัพท์มือถือ	38
3.4 ส่วนควบคุมการทำงานของโทรศัพท์มือถือ	43
3.5 วงจร MT 8870 (ส่วนแปลงสัญญาณ DTMF เป็นรหัส BCD 8421)	44
3.6 วงจรขยายพอร์ตอินพุตเอาท์พุตโดยใช้ IC 8255	44
3.7 วงจร Matrix Switch	45
3.8 วงจร ISD 4003 (ส่วน Record และ Playback ข้อความเสียง)	46
3.9 วงจรควบคุม และตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า	47
3.10 วงจรส่วนรักษาความปลอดภัย	48
3.11 โฟลว์ชาร์ทการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	51
3.12 โหมดการรักษาความปลอดภัย	59
บทที่ 4 ผลการทดลอง	63

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์	65
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 การจัดขาของ MCS-51(เบอร์ AT89S52) 3
รูปที่ 2.2 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SFR แต่ละตัว 5
รูปที่ 2.3 วงจรภายในของ Timer/Counter#0 ทำงานในโหมด 1 9
รูปที่ 2.4 วงจรภายในของ Timer/Counter#1 ทำงานในโหมด 2 11
รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์กับรีจีสเตอร์ SCON 12
รูปที่ 2.6 รูปไอซีบันทึกเสียงตระกูล ISD4003-05M 14
รูปที่ 2.7 วงจรการใช้งานของไอซีบันทึกเสียง ISD4003 15
รูปที่ 2.8 รูปแบบการสื่อสารของ ISD4003 16
รูปที่ 2.9 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่ 18
รูปที่ 2.10 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุตกรณีเป็น Single-Ended Input 20
รูปที่ 2.11 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่ 20
รูปที่ 2.12 แสดงตำแหน่งขาของ 8255 32
รูปที่ 2.13 แสดงความหมายของบิตควบคุมการทำงานของ 8255 34
รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมโดยรวมของระบบ 37
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ AT82S52 กับ Siemens C45 เพื่อรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม 38
รูปที่ 3.3 แสดงการใช้ Hyper Terminal ในการรับสัญญาณเรียกเข้าจากโทรศัพท์ 39
รูปที่ 3.4 แสดงการใช้ Hyper Terminal ในการรับสัญญาณ BUSY เมื่อปลายทางสายไม่ว่าง 40
รูปที่ 3.5 แสดงการใช้ Hyper Terminal ในการรับสัญญาณNO CARRIERเมื่อคู่สายมีการวางสาย 41
รูปที่ 3.6 แสดงการใช้ Hyper Terminal ในการตรวจสอบการรับสายของปลายทาง ในกรณีที่ปลายทางยังไม่มีการรับสาย 42
รูปที่ 3.7 แสดงการใช้ Hyper Terminal ในการตรวจสอบการรับสายของปลายทาง ในกรณีที่ปลายทางรับสายแล้ว 43
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรการเชื่อมต่อระหว่าง MT 8870 กับ MCS-51 และ Siemens C45 44
รูปที่ 3.9 แสดงวงจรการเชื่อมต่อระหว่าง AT89S52 และ 8255 45
รูปที่ 3.10 แสดงวงจรการเชื่อมต่อระหว่าง AT89S52 กับ Matrix Switch 46
รูปที่ 3.11 แสดงวงจรการเชื่อมต่อระหว่าง ISD 4003, AT89S52, MCS 51, 8255 และ LCD 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.12 แสดงวงจรควบคุม และตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า	48
รูปที่ 3.13 แสดงวงจรส่วนตรวจจับสถานะอุปกรณ์ ควันไฟและการบุกรุก	49
รูปที่ 3.14 แสดงวงจรรวมของระบบควบคุมและแจ้งเตือนภัยผ่านโทรศัพท์มือถืออัตโนมัติ	50
รูปที่ 3.15 แสดงการทำงานโดยรวมของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	52
รูปที่ 3.16 แสดงรายการย่อยของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อกด 1 เพื่อเข้าสู่ระบบฝากข้อความเสียง (Record Mode)	53
รูปที่ 3.17 แสดงการทำงานของส่วน Playback Mode	54
รูปที่ 3.18 แสดงการทำงานของส่วนเปลี่ยน Password และเบอร์โทรศัพท์เพื่อแจ้งเตือนภัย	55
รูปที่ 3.19 แสดงการทำงานย่อยเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อกด 2	56
รูปที่ 3.20 แสดงการทำงานย่อยเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อกด 3, 4	57
รูปที่ 3.20 (ต่อ) แสดงการทำงานย่อยเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อกด 3, 4	58
รูปที่ 3.21 แสดงการทำงานโดยรวมของระบบรักษาความปลอดภัย	59
รูปที่ 3.22 แสดงการทำงานโดยรวมของระบบป้องกันการลืมปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า	60
รูปที่ 3.23 แสดงการทำงานโดยรวมของระบบแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุบุกรุก	61
รูปที่ 3.24 แสดงการทำงานโดยรวมของระบบแจ้งเตือนเมื่อเกิดอัคคีภัย	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การเลือกแบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่างเพื่อติดต่อกับรีจิสเตอร์แบงก์ R0 - R7 6

ตารางที่ 2.2 แสดงโหมดการทำงานของ Serial Port 13

ตารางที่ 2.3 หน้าที่ของขาต่างๆ ของไอซีISD4003 14

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) หน้าที่ของขาต่างๆ ของไอซีISD4003 15

ตารางที่ 2.4 คำสั่งต่างๆ ของ ISD4003 15

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ 19

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงตัวอย่างชุดคำสั่ง AT COMMAND 21

ตารางที่ 2.6 (ต่อ) ตารางแสดงตัวอย่างชุดคำสั่ง AT COMMAND 22

ตารางที่ 2.7 แสดงผลตอบสนองต่างๆ จากโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อได้รับคำสั่ง 22

ตารางที่ 2.7 (ต่อ) แสดงผลตอบสนองต่างๆ จากโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อได้รับคำสั่ง 23

ตารางที่ 2.8 ชื่อและหน้าที่ของขาต่างๆ ในคอนเน็คเตอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ยี่ห้อซีเมนส์รุ่น C35, S35, M35, C45 23

ตารางที่ 2.9 การทำงานของสัญญาณ E 24

ตารางที่ 2.10 แสดงตารางแสดงชุดคำสั่งพื้นฐานการควบคุมการทำงานของคอนโทลเลอร์ภายใน LCD 29

ตารางที่ 2.10 (ต่อ) แสดงตารางแสดงชุดคำสั่งพื้นฐานการควบคุมการทำงานของคอนโทลเลอร์ภายใน LCD 30

ตารางที่ 2.10 (ต่อ) แสดงตารางแสดงชุดคำสั่งพื้นฐานการควบคุมการทำงานของคอนโทลเลอร์ภายใน LCD 31

ตารางที่ 2.11 แสดงสัญญาณของพอร์ท C ในโหมด 1 35

ตารางที่ 2.12 แสดงสัญญาณของพอร์ท C ในโหมด 2 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบัน โทรศัพท์ได้เข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตของบุคคลในสังคมมากขึ้นจนอาจกล่าวได้ว่า โทรศัพท์ได้กลายเป็นปัจจัยหลักในการติดต่อสื่อสารระหว่างบุคคล ดังนั้นการศึกษาถึงการทำงาน และการนำระบบโครงข่ายที่มีความสลับซับซ้อนนี้มาใช้งานในรูปแบบต่างๆจึงเกิดขึ้นอย่างมากมาย โทรศัพท์เคลื่อนที่ก็เป็นระบบโครงข่ายระบบหนึ่งที่มีความแพร่หลายไปทั่วทุกมุมโลก และสามารถเข้าถึงแหล่งชุมชนในชนบทได้ดีกว่าเครือข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน เครื่องตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการนำระบบของสื่อสารนี้มาประยุกต์ใช้เพื่อความสะดวกสบายของผู้ใช้งานและเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้นในปัจจุบันทั้งในรูปแบบของการใช้งานส่วนบุคคล และสำนักงาน บริษัท ห้างร้าน แต่ระบบตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติในปัจจุบันมักจะต้องอาศัยระบบเครือข่ายโทรศัพท์พื้นฐานทำให้ในชนบทที่ระบบเครือข่ายโทรศัพท์พื้นฐานเข้าไปไม่ถึงไม่สามารถใช้งานระบบตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติได้ ซึ่งโครงงานนี้ได้ทำการประยุกต์การใช้งานเครื่องตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติให้เป็นระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และแจ้งเตือนภัยโดยผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่แทนโทรศัพท์บ้าน เพื่อให้ชุมชนในชนบทที่ระบบเครือข่ายโทรศัพท์พื้นฐานเข้าไปไม่ถึงไม่มีโทรศัพท์บ้านใช้งาน สามารถใช้ระบบตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และแจ้งเตือนภัยผ่านทางโทรศัพท์มือถือได้

โครงงานนี้จะเกี่ยวเนื่องกับการใช้งานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ และการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุม โดยศึกษาคำสั่งต่างๆที่ใช้ในการควบคุมโทรศัพท์เคลื่อนที่ (AT COMMAND) และสัญญาณต่างๆ ที่ได้จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่จะนำมาควบคุมระบบ เช่น การถอดรหัสดีทีเอ็มเอฟ (DTMF: Dual Tone Multiple Frequency) ในส่วนของการควบคุมจะใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่มีการประยุกต์ใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ภาพรวมของระบบการทำงานคือ ผู้ใช้สามารถเลือกที่จะควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้โดยการส่งรหัสดีทีเอ็มเอฟ เข้ามาซึ่งระบบจะทำการถอดรหัสสัญญาณและตรวจสอบว่าผู้ใช้ต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือต้องการฝากข้อความถึงเจ้าของบ้านถ้าผู้ใช้ต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าระบบก็จะสอบถาม Password เพื่อเข้าสู่การทำงานเพื่อให้ผู้ใช้เลือกควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าตามต้องการ และระบบจะมีการบอกถึงสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นอยู่ในขณะนั้นด้วยและระบบยังสามารถแจ้งเตือนภัยเมื่อมีเหตุบุกรุก เกิดอัคคีภัย หรือผู้ใช้ลืมปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านทิ้งไว้ โดยระบบจะทำการโทรออกอัตโนมัติไปยังเบอร์โทรศัพท์ที่ตั้งไว้ล่วงหน้าโดยจะมีแบบจำลองเหตุต่างๆ เพื่อใช้กับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 มาตราฐาน RS 232

ใช้ RS-232 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรมที่มีคนนิยมใช้มากที่สุด กำหนดโดย EIA (Electronics Industry Association) หรือสมาคมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ของอเมริกา ตั้งแต่ปี 1969 โดยมีจุดเริ่มต้นจากความต้องการที่จะกำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโมเด็มในสมัยนั้น ตัวมาตรฐานจะกำหนดสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมต่อนี้ด้วยกันทั้งหมด 4 หัวข้อหลักๆ ด้วยกันคือ

1.คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสัญญาณ

2.คุณสมบัติทางกลของการเชื่อมต่อ ซึ่งหมายถึงตัวคอนเน็กเตอร์นั่นเอง

3.หน้าที่การทำงานของวงจรสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูล

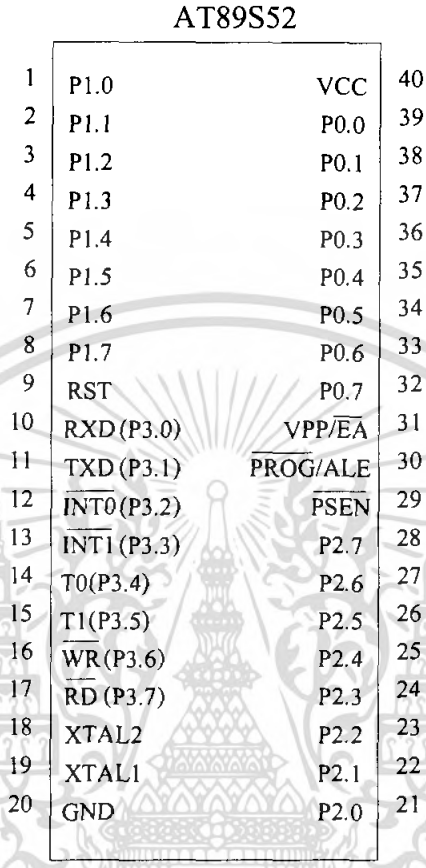
4. มาตรฐานการเชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารเฉพาะอย่าง

ลักษณะโดยทั่วไปของการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 คือเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบจุดต่อจุด ซึ่งเดิมทีเป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับโมเด็ม ซึ่งจริงๆแล้วทั้งสองฝั่งจะเป็นอะไรก็ได้ การสื่อสารเป็นแบบสองทางพร้อมกัน (Full-duplex) โดยอาจใช้สายสัญญาณอื่นร่วมเพื่อทำแฮนด์เชค (Hand-shake) หรือไม่ก็ได้ มาตรฐาน RS-232 จำกัดความยาวสายไว้ที่ 50 ฟุต (หรือประมาณ 15 เมตร สำหรับการส่งข้อมูลจะให้ระดับแรงดันแทนค่าทางตรรก (Logic) ของข้อมูลโดยระดับแรงดันที่มีค่าอยู่ระหว่าง -5 โวลท์ ถึง -15โวลท์ จะแทนค่าสถานะ 0 และระดับแรงดันที่มีค่าอยู่ระหว่าง +5 โวลท์ ถึง +15 โวลท์ จะแทนค่าสถานะ 1 ส่วนในช่วงระดับแรงดันที่มีค่าอยู่ระหว่าง -5 ถึง +5 โวลท์นั้น จะใช้ในการแบ่งแยกสถานะของสัญญาณระหว่างสถานะ 0 และ สถานะ 1

2.2 MICROCONTROLLER

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งที่บรรจุความสามารถมากมายไม่ว่าจะเป็นหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณออกทางเอาต์พุต หน่วยความจำวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานแทนวงจรเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดีโดยช่วยลดจำนวนของอุปกรณ์และขนาดของระบบลงในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้นภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม โปรเจคนี้จะเลือกใช้ไมโครคอนโทลเลอร์เบอร์ AT89S52 ซึ่งมีราคาถูกโดยจะมี Flash Rom 8 Kbyte, Ram 256 Byte, Timer/Counter 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การจัดขาของ MCS-51(เบอร์ AT89S52)

2.2.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89S52

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกันดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยมีรายละเอียดขั้นต้น ดังนี้

- ขา CC ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 V
- ขา GND เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ
- ขาพอร์ต 0 (P 0.0 - P 0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขอแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A 0 – A 7) และขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล (D 0 – D 7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานให้เป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

- ขาพอร์ต 1(P 0.0 - P 0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรมAT89Sxx จะใช้ขา P 1.0เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และ P 1.1เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทเมอร์ 2 ในขณะที่ขาP 1.4 ถึง P 1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

- ขาพอร์ต 2 มี 8 ขา (P 2.0 - P 2.7) แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขอพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้นอกจากนั้นขอพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8 – A15)

- ขาพอร์ต 3 (P 3.0 - P 3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นต่อไปนี้

P 3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P 3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P 3.2 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือ ขา INT 0

P 3.3 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือ ขา INT 1

P 3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่องที่ 0 หรือขา T0

P 3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่องที่ 1 หรือ ขา T1

P 3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{WR}$ ในกรณีที่ใ ช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P 3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{RD}$ ในกรณีที่ใ ช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขารีเซต ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

- ขา $\overline{ALE}$/PROG (Address Latch Enable/Programming pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตซ์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีอีพรอม

- ขา $\overline{PSEN}$ (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขาติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละแมชีนไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆ ออกมา

- ขา $\overline{EA}/V_{PP}$ (External Access/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น "1"เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12V

- ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับติดต่อคริสตอลเพื่อนสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.2 รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special Function Register: SFR)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 แบบแฟลชทั้งหมดมีด้วยกัน 22 ตัว สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C51 และ28 ตัวในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และอนุกรม AT89Sxx ทั้งนี้เนื่องจากใน AT89C52 และ AT89Sxx มีจำนวนไทเมอร์เคาน์เตอร์มากกว่า AT89C51รีจิสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 80H - FFH ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนสามารถเข้าถึงได้โดยตรง ในรูปที่ 2.2 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SFR แต่ละตัวในหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สำหรับรายละเอียดเบื้องต้นของรีจิสเตอร์ SFR มีดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P

รูปที่ 2.2 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SFR แต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การเลือกแบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่างเพื่อติดต่อกับรีจิสเตอร์แบงก์ R0 - R7

RS1	RS0	แบงก์ของรีจิสเตอร์	ช่วงแอดเดรส
0	0	แบงก์ 0	00H – 07H
0	1	แบงก์ 1	08H -- 0FH
1	0	แบงก์ 2	10H – 17H
1	1	แบงก์ 3	18H – 1FH

- รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรม (Program Status Words: PSW)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต นั่นหมายความว่า สามารถกระทำคำสั่งหรือกำหนดค่าในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ตัวนี้ได้อย่างอิสระ มีแอดเดรสอยู่ที่ D0H เป็นรีจิสเตอร์ที่เก็บสถานะของการทำงานของโปรแกรมในขณะนั้น จะเรียกสถานะต่างๆ ของโปรแกรมว่า แฟลกเมื่อซีพียูกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะขึ้น ผลของการเปลี่ยนแปลงนั้นจะมาปรากฏที่บิตต่างๆจะเห็นได้ว่า นอกจากรีจิสเตอร์ PSW ถูกใช้ในการเก็บสถานะของโปรแกรมแล้ว ที่บิต RS0และ RS1 ยังใช้ในการเลือกแบงก์ขอบงหน่วยความจำส่วนล่าง ซึ่งเป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ R0-R7โดยปกติแล้วในการใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 มักนิยมเลือกใช้แบงก์ 0 เป็นอันดับแรก หากไม่เพียงพอจึงเลือกในแบงก์อื่นๆ ม าใช้แต่ต้องระมัดระวังในการกำหนดค่าและลำดับการติดต่อให้ดี มิเช่นนั้นอาจทำให้การเขียนโปรแกรมเกิดความสับสน

- แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator: ACC)

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง E0H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก ก่อนที่จะส่งข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้นั้นให้แก่ซีพียูเพื่อทำการประมวลผลต่อไป อาจเรียกรีจิสเตอร์แอกคิวมูลเตอร์อย่างสั้นๆ ว่า รีจิสเตอร์ A หรือ ACCรีจิสเตอร์ A นี้สามารถเข้าถึงระดับบิตได้ นั่นหมายความว่า สามารถกระทำคำสั่งหรือกำหนดค่าในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ตัวนี้ได้อย่างอิสระรีจิสเตอร์ B มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ F0H มีหน้าที่พิเศษคือ หากมีความต้องการคูณหรือหารทางคณิตศาสตร์ จะต้องนำข้อมูลที่ต้องการหารหรือคูณนั้น มาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B นี้ แล้วจึงกระทำคำสั่งการคูณหรือหารกับค่าในรีจิสเตอร์ A ต่อไปในกรณีที่ไม่ได้มีความต้องการคูณหรือหารข้อมูล สามารถใช้รีจิสเตอร์ B นี้ในการเก็บข้อมูลทั่วไปได้ เหมือนกับรีจิสเตอร์ปกติ และสามารถเข้าถึงในระดับบิตได้เช่นเดียวกับ รีจิสเตอร์ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter: PC)

มีขนาด 16 บิต มีหน้าที่แจ้งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมในตำแหน่งถัดไปที่ซีพียูจะต้องไปทำงาน รีจิสเตอร์ PC เป็นรีจิสเตอร์ตัวเดียวที่ไม่ได้จัดสรรไว้รวมกับริจิสเตอร์ SFR ตัวอื่นๆการเปลี่ยนแปลงค่าของรีจิสเตอร์PCจะขึ้นอยู่กับผลของการกระทำคำสั่งแต่ละคำสั่งภายในหน่วยความจำโปรแกรมที่ผู้เขียนโปรแกรมกำหนดรีจิสเตอร์PCมีความสำคัญมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมว่า ดำเนินไปตามลำดับขั้นตอนตามที่กำหนดไว้หรือไม่

- สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer)

รีจิสเตอร์ตัวชี้สแต็ก มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 81H ใช้ในการเก็บค่าตำแหน่งของตัวชี้สแต็กซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อซีพียูการกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อย หรือกระโดดโปรแกรมย่อยกลับมายังโปรแกรมหลัก เมื่อมีการเซตเกิดขึ้นค่าของรีจิสเตอร์SPจะเท่ากับ 07H นั่นหมายความว่า ตัวชี้สแต็กมีค่า 07 แอดเดรสแรกของพื้นที่ที่สำรองไว้ทำหน้าที่เป็นสแต็กจะเท่ากับ08H

- รีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลหรือดาต้าพอยน์เตอร์ (Data Pointer: DPTR)

มีขนาด 16 บิต โดยแบ่งเป็นรีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์สูง (DPH) และรีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์ต่ำ (DPL) แต่ละตัวมีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 82H สำหรับ DPH รีจิสเตอร์ DPTR นี้ใช้ในการเก็บค่าแอดเดรสของหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ภายนอกที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องการติดต่อด้วย

- รีจิสเตอร์พอร์ต (Port register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตที่ใช้เก็บข้อมูลของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51มีด้วยกันทั้งสิ้น 4 ตัวคือ รีจิสเตอร์พอร์ต 0 หรือ P0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H, รีจิสเตอร์พอร์ต 1 หรือ P1มีแอดเดรสอยู่ที่ 90H รีจิสเตอร์พอร์ต 2 หรือ P2 มีแอดเดรสอยู่ที่ A0H และรีจิสเตอร์พอร์ต 3 หรือ P3 มีแอดเดรสอยู่ที่ B0H รีจิสเตอร์ทุกตัวสามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต เมื่อต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลออกไปพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์นี้ทุกครั้ง

- รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม (Serial Data Buffer: SBUF)

รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 99H ใช้ในการเก็บข้อมูลที่ทำการส่งออกหรือรับเข้าของวงจรสื่อสารอนุกรมที่มีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดยภายในรีจิสเตอร์SBUF นี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล และรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับข้อมูลเมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลเพื่อส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านทางขา TxD หรือขา P3.1 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังริจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเพื่อส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ต่อไป สำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านมาทางขา RxD หรือP3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51สำหรับรายละเอียดของรีจิสเตอร์ SBUF และวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สื่อสารอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชจะกล่าวถึงในบทที่ว่าด้วยเรื่องการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

- รีจิสเตอร์ไทเมอร์ (Timer register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต แต่จะจัดแบ่งเป็นไบต์สูงและไบต์ต่ำเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ DPTR รีจิสเตอร์ไทเมอร์ใช้ในการเก็บค่าของตัวนับหรือเคาน์เตอร์ (counter) ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ในการสร้างฐานเวลา , จับเวลา หรือนับจำนวนพัลส์สัญญาณนาฬิกาภายใน บางทีเรียกรีจิสเตอร์ตัวนี้ว่า รีจิสเตอร์ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C51 จะมีรีจิสเตอร์ไทเมอร์เคาน์เตอร์ 2 ตัว แบ่งเป็น T0 หรือ Timer 1 ในรีจิสเตอร์ยังแบ่งเป็นรีจิสเตอร์ไทเมอร์ไบต์ต่ำ (TL) และรีจิสเตอร์ไทเมอร์ไบต์สูง (TH) เหมือนกัน โดยรีจิสเตอร์ TL0 จะมีแอดเดรสอยู่ที่ 8AH รีจิสเตอร์ TH0มีแอดเดรสอยู่ที่ 8BH ในขณะที่ TL1 และ TH1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8CH และ 8DH ตามลำดับสำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรมAT89Sxx จะมีรีจิสเตอร์ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ถึง 3 ตัว โดยมีรีจิสเตอร์ TL2 และ TH2 ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่CCH และ CDH ตามลำดับเพิ่มเติมเข้ามา

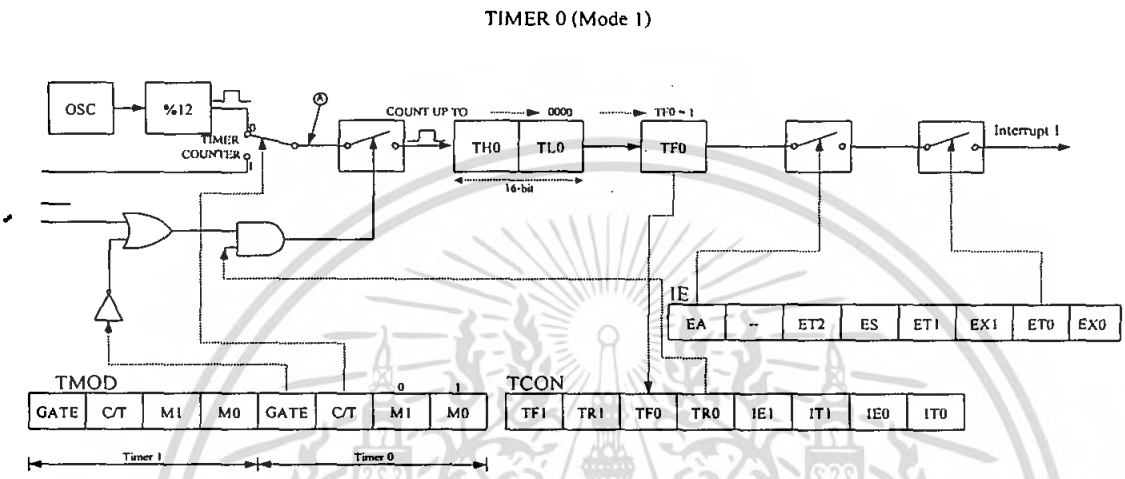
- รีจิสเตอร์ควบคุม (Control register)

รีจิสเตอร์ PCON เป็นรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลของวงจรสื่อสารอนุกรมและกำหนดการทำงานในโหมดประหยัดพลังงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชจะได้กล่าวถึงรายละเอียดเพิ่มเติมในบทที่ว่าด้วยการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม และการทำงานในโหมดประหยัดพลังงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชรีจิสเตอร์ SCON เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจรสื่อสารอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชรีจิสเตอร์ TCON และ T2CON เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไทเมอร์เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดย T2CON ใช้สำหรับไทเมอร์เคาน์เตอร์ 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx รีจิสเตอร์ TMOD และ T2MOD เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้กำหนดโหมดหรือลักษณะในการทำงานของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดย T2MOD ใช้สำหรับไทเมอร์ / เคาน์เตอร์ 2 ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxxรีจิสเตอร์ IE และ IP เป็นรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ (interrupt :การขัดจังหวะการทำงานปกติของซีพียู) โดย IE เป็นรีจิสเตอร์สำหรับอีนาเบิลหรือใช้ในการกำหนดลักษณะของการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ ในขณะที่ IP เป็นรีจิสเตอร์สำหรับกำหนดลำดับความสำคัญของการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ว่า จะให้ซีพียูตอบสนองการเกิดอินเตอร์รัปต์ในลักษณะใดก่อนหรือหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การทำงานของ TIMER

ในโปรเจคนี้เราจะกล่าวถึงแค่การทำงานในบางโหมดของ Timer ที่จะนำไปใช้ในการทำงานของระบบเท่านั้น



รูปที่ 2.3 วงจรภายในของ Timer/Counter#0 ทำงานในโหมด 1

การทำงานของ TIMER 0 (MODE 1)

รูปที่ 2.3 วงจรภายในของ Timer/Counter#0 ทำงานในโหมด 1 (M1 = 0, M0 = 1) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างวงจรกับรีจีสเตอร์ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร ซึ่งวงจรข้างบนนี้สามารถจัดให้มีการทำงานแบบ Timer หรือ Counter ก็ได้ แต่ในบทนี้เราจะเน้นการใช้ Timer มากกว่า เป็นการจัดวงจรหารแบบ 16 bit โดยมี THO และ TLO เป็นรีจีสเตอร์ในการหารความถี่ ซึ่งเราสามารถอธิบายการทำงานของวงจรข้างบนได้ดังนี้

การทำงานของวงจร Timer/Counter#0

1.วงจร OSC ซึ่งวงจรนี้จะเชื่อมต่อกับ X-Tal ภายนอกเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกา 11.0592 MHz

2. สัญญาณนาฬิกาที่ได้จะส่งไปให้วงจรหารความถี่ด้วยค่า 12 เราก็จะได้ความถี่ 921600 Hz

3. ความถี่ที่ได้ก็จะส่งมาที่สวิตช์ตัวหนึ่ง ทำหน้าที่เลือกสัญญาณนาฬิกาจากวงจร OSC หรือจากขา TO ของ Mcs-51 เบอร์ AT89S52

4. เราต้องให้วงจรทำงานเป็นแบบ Timer เพราะฉะนั้นเราจึงให้บิต C/T เป็น "0" เพื่อเลือกสัญญาณนาฬิกาจากวงจร OSC เพราะฉะนั้นรีจีสเตอร์ TMOD = 01H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ตอนนี้ที่จุด A มีความถี่ 921600 Hz จากนั้นจะเจอสวิตซ์อีกตัวหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่เปิดปิดสัญญาณนาฬิกาที่จะเข้าไปยังวงจร โดยการควบคุมของบิต TRO ของรีจีสเตอร์ TCON กับบิต Gate ของรีจีสเตอร์ TMOD

6.บิตGate จะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้สัญญาณจากขา INTO ควบคุมการเปิดปิดของสัญญาณนาฬิกาที่จุด A เพราะฉะนั้นเราจะให้บิตนี้เป็น “0”

7.ดังนั้นบิต TR0 ก็จะทำหน้าที่เปิด/ปิด สัญญาณนาฬิกาที่จุด A ที่จะเข้าไปวงจรหาร ถ้าบิตนี้เป็น “1”สัญญาณนาฬิกาก็จะผ่านเข้าไปได้

8. เมื่อสัญญาณนาฬิกาเข้ามาถึงวงจรหาร โดยมีรีจีสเตอร์ THO, TLO เป็นตัวหาร

9. รีจีสเตอร์ THO, TLO จะทำหน้าที่เป็นวงจร Counter แบบนับขึ้น

10. เมื่อนับจนถึง 0000 บิต TFO จะถูกเซตเป็น “1” ทันที จากนั้น MCS-51 เบอร์ AT89S52 จ ะทำการตรวจสอบบิต EA และบิต ETO ของรีจีสเตอร์ IE ว่าเป็น “1”ทั้งคู่หรือไม่

11. ถ้าเป็นมันจะทำโปรแกรมจะทำการกระโดดไปยังโปรแกรมย่อย Interrupt 1

ขั้นตอนในการหาค่า THO, TLO ของ TIMER 0 (Mode 1 16 bit/Counter)

วิธีที่ 1; 1.กำหนดความถี่ที่ต้องการให้ Timer Interrupt: F (ในกรณีที่เป็นเวลาให้เปลี่ยนเป็นความถี่ โดยใช้สูตร F = 1/T)

2.เอาค่าความถี่ของ X-TAL มาหารด้วย 12:Fo

3.นำค่า Fo/F = Co

4.นำค่า Co แปลงเป็นเลขฐาน 16 = CoH

5.นำค่า 10000H – CoH = Tc

6. THO = ไบท์สูงของ Tc, TLO = ไบท์ต่ำของ Tc

วิธีที่ 2; $Tc = 65536 - \frac{\text{X-TAL}}{12 \times F}$

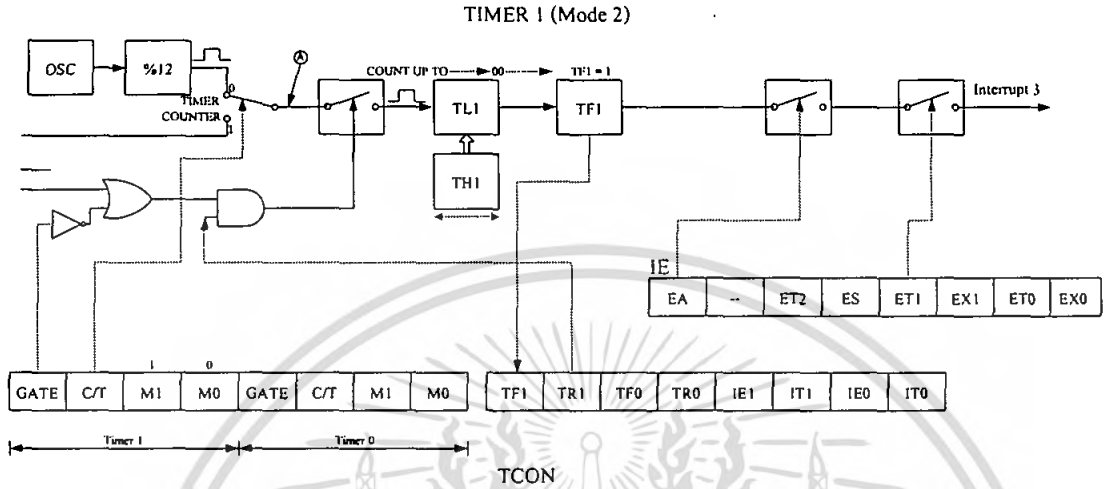
แปลงค่าที่ได้ให้เป็นเลขฐาน 16

THO = ไบท์สูงของผลลัพท์ที่ได้

TLO = ไบท์ต่ำของผลลัพท์ที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของ TIMER 1 (MODE 2)



รูปที่ 2.4 วงจรภายในของ Timer/Counter#1 ทำงานในโหมด 2

รูปที่ 2.4 วงจรภายในของ Timer/Counter#1 ทำงานในโหมด 2 (M1 = 1, M0 = 1) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างวงจรกับรีจีสเตอร์ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร ซึ่งวงจรข้างบนนี้สามารถจัดให้มีการทำงานแบบ Timer เพื่อเราจะสร้างความถี่ Baud Rate ให้กับ Serial Port ดังนั้นจึงจัดให้ Timer 1 ทำงานในโหมด 2 8 bit Auto Reload โดยมี TL1 เป็นรีจีสเตอร์ในการหารความถี่ ซึ่งเราสามารถอธิบายการทำงานของวงจรข้างบนได้ดังนี้

1.วงจร OSC ซึ่งวงจรนี้จะเชื่อมต่อกับ X-Tal ภายนอกเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาขึ้นมา ซึ่งเราใช้ X-Tal 11.0592 MHz

2. สัญญาณนาฬิกาที่ได้จะส่งไปให้วงจรหารความถี่ด้วยค่า 12 เราก็จะได้ความถี่ 921600 Hz

3. ความถี่ที่ได้ก็จะมาเจอสวิตซ์ตัวหนึ่ง ทำหน้าที่เลือกสัญญาณนาฬิกาจากวงจร OSC หรือจากขา T1 ของ Mcs-51 เบอร์ AT89S52

4. ในที่นี้เราต้องให้วงจรทำงานเป็นแบบ Timer เพราะฉะนั้นเราจึงให้บิต C/T เป็น "0" เพื่อเลือกสัญญาณนาฬิกาจากวงจร OSC

5. ความถี่ 921600 Hz จะผ่านไปเจอสวิตซ์อีกตัวหนึ่ง โดยการควบคุมของบิด TR1 ของรีจีสเตอร์ TCON กับบิต Gate ของรีจีสเตอร์ TMOD บิตGate จะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้สัญญาณจากขา INT1 มาควบคุมการเปิดปิดของสัญญาณนาฬิกาที่จุด A เพราะฉะนั้นเราจะให้บิตนี้เป็น "0" ฉะนั้นรีจีสเตอร์ TMOD = 20H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

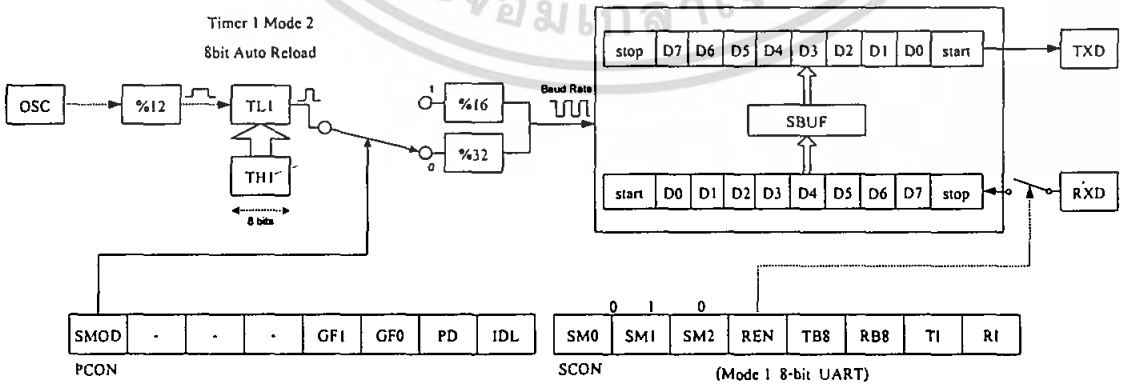
6.ดังนั้นบิต TR1 ก็จะทำหน้าที่เปิด/ปิด สัญญาณนาฬิกาที่จุด A ที่จะเข้าไปวงจรหาร ถ้าบิตนี้เป็น "1"สัญญาณนาฬิกาก็จะผ่านเข้าไปได้เมื่อสัญญาณนาฬิกาเข้ามาถึงวงจรหาร โดยมีรีจีสเตอร์ TL1 เป็นตัวหารเราก็สามารถหาค่าของ TL1 ได้ว่าจะให้หารเท่าไหร่

7.รีจีสเตอร์TL1 จะทำหน้าที่เป็นวงจร Counter แบบนับขึ้นซึ่งมันจะนับค่าที่เราตั้งเอาไว้ไปเรื่อยๆ จนค่าของ TL1 เป็น 00H

8. เมื่อนับจนถึง 00 ค่าที่อยู่ใน TH1 จะถูกโหลดเข้าไปที่ TL1 ทันที ขณะเดียวกันบิต TF1 จะถูกเซต เป็น "1" ทันที จากนั้น MCS-51 เบอร์ AT89S52 จะทำการตรวจสอบบิต EA และบิต ET1 ของรีจีสเตอร์ IE ว่าเป็น "1"ทั้งคู่หรือมี ถ้าเป็นมันจะทำการ interrupt ทันที

2.2.4 หลักการคำนวณอัตราเร็วในการส่งข้อมูลอนุกรมของ Serial Port

เริ่มต้นจากการสร้างความถี่ในการสื่อสาร(Baud Rate)ก่อนโดย Mcs-51 เบอร์ AT89S52 จะบังคับให้ใช้ Timer 1 เท่านั้น ซึ่งเราจะต้องกำหนดให้ Timer 1 ทำงานที่โหมด 2 ซึ่งคล้ายกับโหมด 1 ของ Timer 0 ในบทที่ผ่านมา ซึ่งโหมด 1 เป็นแบบ 16 bit แต่โหมด 2 จะทำงานแบบ 8 บิต Auto Reload หมายความว่า เมื่อสัญญาณนาฬิกาที่ได้จากวงจร OSC ถูกหารด้วย 12 แล้วป้อนเข้าที่รีจีสเตอร์ TL1 ค่าของ TL1 จะถูกเพิ่มค่าไปเรื่อยจนกลายเป็น 00H ค่าที่อยู่ในรีจีสเตอร์ TH1 จะถูกใส่เข้าไปที่รีจีสเตอร์ TL1 ทันทีแล้ว TL1 ก็จะถูกเพิ่มไปเรื่อยๆจนเป็น 00H ใหม่ทำให้เอาท์พุตของ TL1 เป็นสัญญาณนาฬิกาค่าหนึ่ง หลังจากที่เราได้สัญญาณนาฬิกาจากวงจร Timer 1 แล้วสัญญาณจะถูกส่งไป ยังวงจรหารความถี่ด้วย 32 บิต กับ 16 โดยมีบิต SMOD ของรีจีสเตอร์ PCON เป็นตัวเลือกวงจรหาร หลังจากนั้นเราก็จะได้ความถี่ Baud Rate ป้อนให้กับวงจร Shift Registers ในการส่งข้อมูล และรับข้อมูลจาก Serial Port ผ่านทางขา TXD และ RXD ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับรีจีสเตอร์ SCON ดังรูป



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์กับรีจีสเตอร์ SCON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงโหมดการทำงานของ Serial Port

SMO	SM1	MODE	Description	Baud Rate
0	0	0	Shift Registers	Fosc/12
0	1	1	8-bit UART	variable
1	0	2	9-bit UART	Fosc/64 or Fosc/32
1	1	3	9-bit UART	variable

SCON

SMO	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SM2 : ใช้ในการสื่อสารแบบ Multi - Processor

REN : บิตเลือกว่าจะให้รับข้อมูลจาก Serial Port (1: ให้รับได้)

TB8 : บิตที่ 9 ที่จะส่งไปที่ขา TXD ใช้ในโหมด 2, 3

RB8 : บิตที่ 9 ที่ได้จากการรับข้อมูลจากขา RXD ใช้ในโหมด 2, 3

TI : จะเป็น "1" เมื่อทำการส่งข้อมูล 1 byte ออกไปที่ขา TXD

RI : จะเป็น "1" เมื่อได้รับข้อมูลจากขา RXD มาครบ 1 Byte

วิธีการคำนวณหาค่า TH1 เพื่อสร้างความถี่ Baud Rate

1. กำหนดค่า Baud Rate ที่เราต้องการ : F
2. นำความถี่ของ X-TAL มาหาร 12 : Fosc
3. Fosc/F = Ft

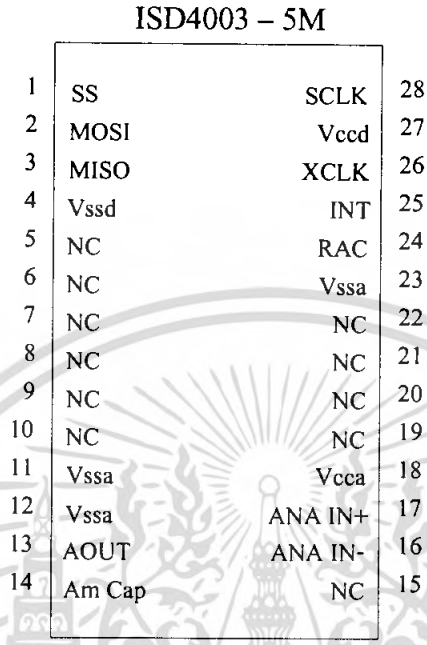
Ft/32 = Co ; Smod = 0 หรือ Ft/16 = Co ; Sm**2.2 MICROCONTROLLER**

4. od = 1
5. 100H – Co --› TH1

2.3 ส่วนบันทึกเสียง (ISD4003-05M)

ส่วนบันทึกเสียงเป็นส่วนที่ทำหน้าที่บันทึกและเล่นสียง(Record/play) ซึ่งใช้ไอซีบันทึกเสียงตระกูล ISD4003-05M ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 รูปไอซีบันทึกเสียงตระกูล ISD4003-05M

2.3.1 คุณสมบัติทั่วไป

- สามารถเล่นและบันทึกเสียงได้ในตัวเดียว
- ทำงานที่แรงดัน 3 V
- กินกระแส 15 mA ขณะเล่น และกินกระแส 25 mA ขณะบันทึก
- บันทึกได้นาน 4, 5, 6, 8 นาที ตามขนาดของไอซี
- บันทึกซ้ำได้มากกว่า 100, 000 ครั้ง
- จดจำได้นานถึง 100 ปี
- ติดต่อสื่อสารแบบ SPI (Serial Peripheral Interface)

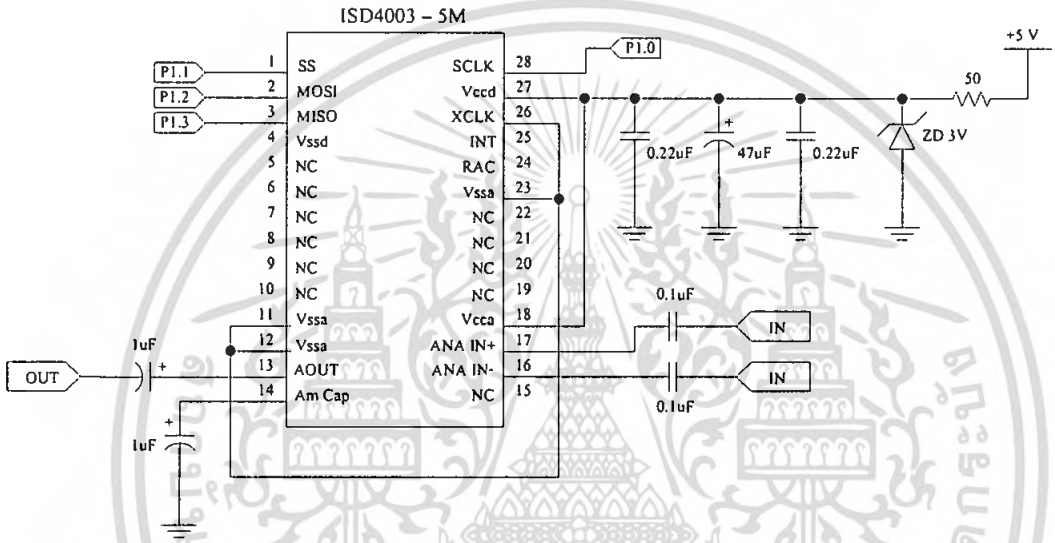
ตารางที่ 2.3 หน้าที่ของขาต่างๆ ของไอซี ISD4003

SS,SCLK,MISO,MOSI	เป็นขาสัญญาณที่ใช้ในการควบคุม ISD4003
XCLK	เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาเพื่อการSamplingสัญญาณเสียงแต่โดยปกติแล้วเราจะใช้สัญญาณนาฬิกาภายในดังนี้ถ้าขานี้ไม่ใช้จะต่อลงGround
INT	ขานี้จะเป็นลอจิก “0” เมื่อเล่นจนหมดหน่วยความจำ หรือ เล่นจนหมดในแต่ละข้อความนั้น
ANA IN+,ANA IN-	เป็นขาอินพุตเพื่อรับสัญญาณเสียงจากภายนอกเพื่อการบันทึกเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) หน้าที่ของขาต่างๆ ของไอซีISD4003

AOUT	สัญญาณเสียงจะออกจากขานี้เมื่อ เมื่ออยู่ในโหมดของการ Play
AM CAP	เป็นขาที่ใช้ในการลดสัญญาณรบกวนขณะเล่นเสียง
VccD, VccA	เป็นขาไฟเลี้ยง ของไอซีทำงานที่แรงดัน 3 V
VssD, VssA	เป็นขา Ground ของไอซี



รูปที่ 2.7 วงจรการใช้งานของไอซีบันทึกเสียง ISD4003

ตารางที่ 2.4 คำสั่งต่างๆ ของ ISD4003

คำสั่ง	คำสั่ง					แอดเดรส					ข้อมูล
	C4	C3	C2	C1	C0	A10	A9	.	.	A0	
Power Up	0	0	1	0	0	000 0000 0000					0x2000
SETPLAY	1	1	1	0	0	A10-A0					0xExxx
PLAY	1	1	1	1	0	000 0000 0000					0xF000
SETREC	1	0	1	0	0	A10-A0					0xAxxx
REC	1	0	1	1	0	000 0000 0000					0xB000
STOP	0	0	1	1	0	000 0000 0000					0x3000
PWRDOWN	0	0	0	1	0	000 0000 0000					0x1000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power Up : เริ่มต้นการทำงาน

SETPLAY : กำหนด Address ที่จะเล่น

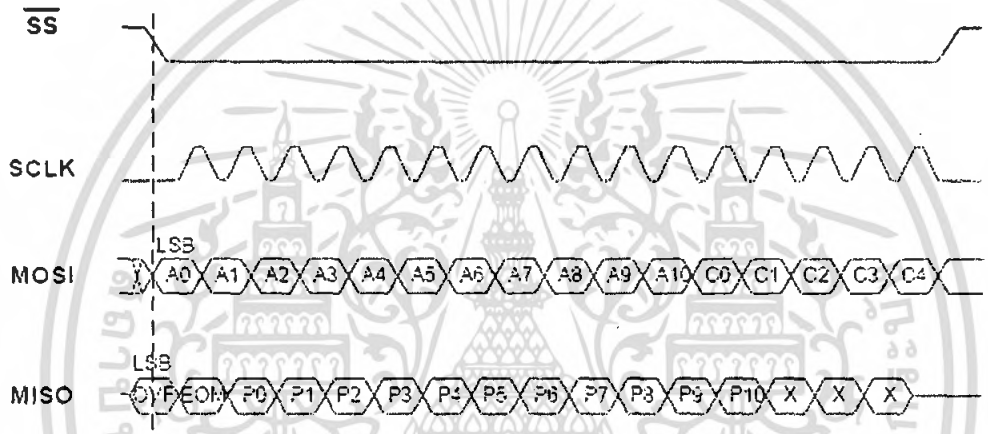
PLAY : เล่นเสียง

SETREC : กำหนด Address ที่จะบันทึก

REC : บันทึกเสียง

STOP : หยุดการเล่นหรือบันทึกเสียง

PWRDOWN : หยุดการทำงาน



รูปที่ 2.8 รูปแบบการสื่อสารของ ISD4003

OVF : Overflow เป็น "1" เมื่อเล่นจนหมดหน่วยความจำ

EOM : End of Massage เป็น "1" เมื่อ สิ้นสุดข้อความเสียงที่เล่น

P10-P0 :เป็น Address ปัจจุบันที่เล่นหรือบันทึกอยู่

2.4 รายละเอียดและหลักการทำงานของส่วนถอดรหัส DTMF

IC MT8870 เป็นตัวสร้างสัญญาณ Digital เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องการถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ หมายถึง การแปลงสัญญาณความถี่ซึ่งเกิดจากกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด Tone หรือ DTMF) ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิตอล ซึ่ง IC MT8870 ใช้แปลงความถี่โทรศัพท์ให้เป็นเลขฐาน สองขนาด 4 บิต

2.4.1 คุณสมบัติของ MT8870

- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ (DTMF receiver)
- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าฉลาดกระบัง

- สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้
- สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard time) ได้
- เป็นไอซีคุณภาพสูง

2.4.2 การนำ MT8870 ไปใช้งาน

- นำไปใช้งานด้านรีโมตคอนโทรล
- เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
- ใช้ในงานเกี่ยวกับเครดิตการ์ด
- ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
- ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดย่อย หรือ PABX
- ใช้กับงานด้านโทรศัพท์ทั่วไป
- เครื่องกันขโมย
- การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์
- ใช้ทำเครื่องสอบถามทางโทรศัพท์

MT8870 เป็นไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ชนิดกดปุ่มขนาด 18 ขา ซึ่งมีขาต่างๆ ดังนี้

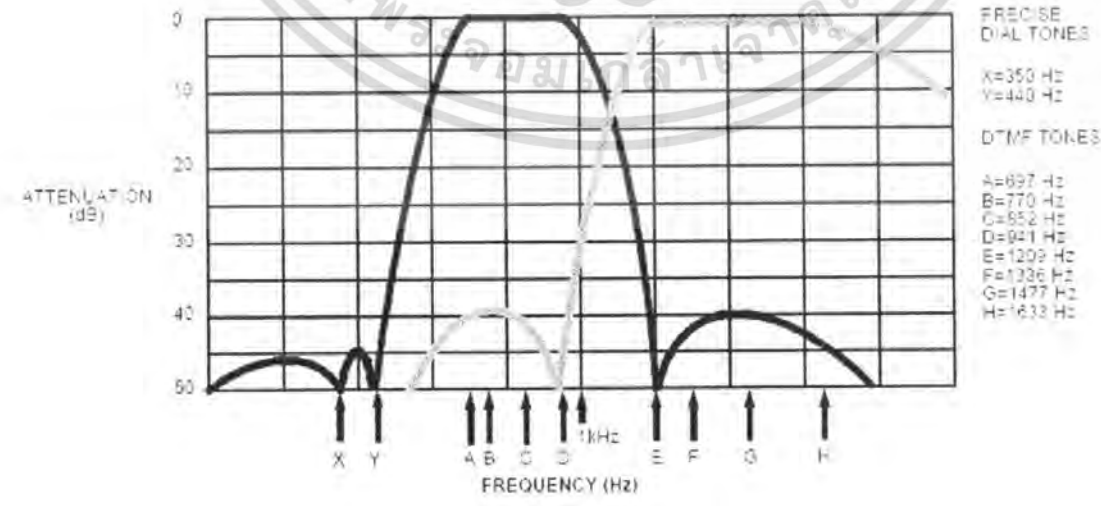
- ขา1: IN+ เป็นขานอน-อินเวอร์ติ้ง (+) ของออปแอมป์ภายในไอซี
- ขา2: IN- เป็นขาอินเวอร์ติ้ง (-) ของออปแอมป์ภายในไอซี
- ขา3: GS (Gain Select) เป็นขาที่ใช้กำหนดอัตราขยายความแตกต่างของสัญญาณที่เข้ามาโดยการต่อตัวต้านทาน (RF)
- ขา4: VRef (Reference) เป็นขาที่ใช้ในการกำหนดแรงดันอ้างอิงโดยปกติจะเท่ากับ VDD/2ซึ่งจะใช้ไบอัสทางด้านอินพุต
- ขา5: INH (Inhibit) ขานี้จะใช้ในการกำหนดการตรวจจับสัญญาณโทนทางอินพุต ซึ่งถ้าเป็นลอจิก "1" จะไม่ตรวจจับสัญญาณอินพุต โดยปกติการใช้งานทั่วไปจะต่อลงกราวด์
- ขา6: PWDN (Power Down) ขานี้จะใช้กำหนดสภาวะสแตนด์บายและหยุดผลิตสัญญาณนาฬิกาโดยปกติการใช้งานทั่วไปจะต่อลงกราวด์
- ขา7: OSC1 เป็นสัญญาณนาฬิกาอินพุต
- ขา8: OSC2 เป็นสัญญาณนาฬิกาเอาต์พุต ขานี้จะต่อคริสตอลค่า 3.579545 MHz กับ ขา OSC1 ซึ่งภายในนั้นมีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่
- ขา9: VSS กราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

82438

- ขา10: TOE (Three state Output Enable) ขานี้จะใช้ในการกำหนดสภาวะที่เอาต์พุต Q1-Q4 ถ้าเป็นลอจิก "1" เอาต์พุตจะค้างสถานะตามสัญญาณอินพุตที่เข้ามาตลอดเวลา ถ้าเป็นลอจิก "0" เอาต์พุตจะเป็น high impedance
- ขา11-ขา14: Q1-Q4 ขานี้เป็นเอาต์พุตแสดงไบนารี่ 4 บิต 3 สถานะ โดยการกำหนดที่ขาTOE
- ขา15: StD (StrobeD) ขานี้ใช้แสดงสัญญาณอินพุตที่เข้ามาหรือแสดงการตรวจจับสัญญาณอินพุต โดยจะให้เอาต์พุตเป็นลอจิก "1" เมื่อมีสัญญาณโทนเข้ามาแล้วให้เอาต์พุตทั้ง 4 บิตออกไป จะกลับเป็นลอจิก "0" อีกครั้งเมื่อแรงดันที่ขา St/GT ลดลงต่ำกว่า VTSt
- ขา16: ESt (Early Steering) ขานี้จะทำงานร่วมกับ St/GT โดยจะให้ลอจิก "1" ชั่วขณะหนึ่งเมื่อมีสัญญาณโทนเข้ามา จากนั้นก็กลับสภาวะเป็นลอจิก "0"
- ขา17: St/GT (Steering input/Guard Time) ขานี้ใช้สำหรับตรวจสอบสัญญาณโทนและกำหนดช่วงเวลาในการตรวจสอบสัญญาณถ้าช่วงแรงดันสูงกว่า VTSt จะทำการตรวจจับสัญญาณโทนที่เข้ามาแล้วให้เอาต์พุตออกไป แต่ถ้าช่วงแรงดันต่ำกว่า VTSt ก็จะรอตรวจสอบโทนที่เข้ามาใหม่ ในส่วนของการ์ดไทม์จะกำหนดการเริ่มทำงานของไทม์คอนสแตนต์ (RC time constant) ที่อยู่ภายนอก สถานะของขานี้จะถูกกำหนดโดยขา ESt และแรงดันที่ขาของตัวเอง
- ขา18: VDD ไฟเลี้ยง +5V

ภาคกรองสัญญาณความถี่ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือช่วงความถี่สูงและความถี่ต่ำโดยใช้วงจรกรองความถี่ อันดับ 6 ชนิด สวิตช์คาปาซิเตอร์ (six-order switched capacitor band pass filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วง คือช่วงความถี่สูงและความถี่ต่ำ



รูปที่ 2.9 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

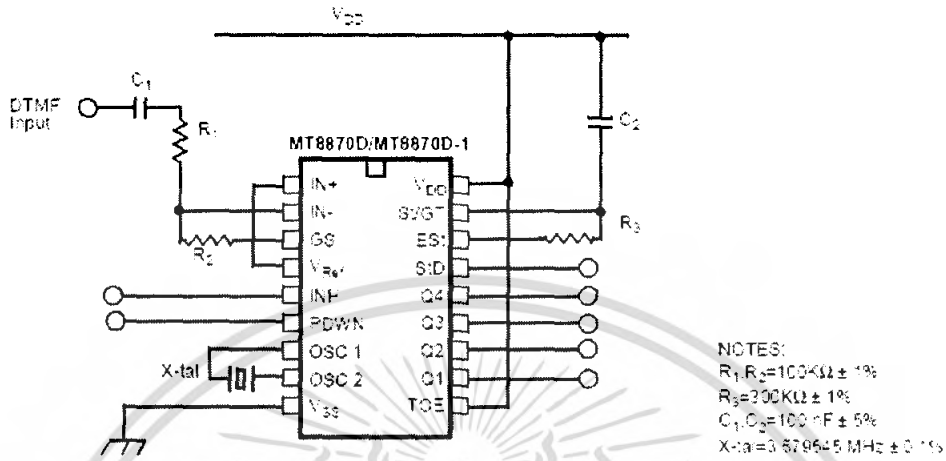
ภาคถอดรหัสความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา Est (early steering) ก็จะเป็นแอคทีฟสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากค่าความถี่ต่าง ๆ นั้น แสดงในตารางที่2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

F_{LOW}	F_{HIGH}	NO	TOE	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	1	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1447	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1477	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1447	#	H	1	1	0	0
697	1633	A	H	1	1	1	0
770	1633	C	H	1	1	1	0
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	H	0	0	0	0
-	-	ANY	L	Z	Z	Z	Z

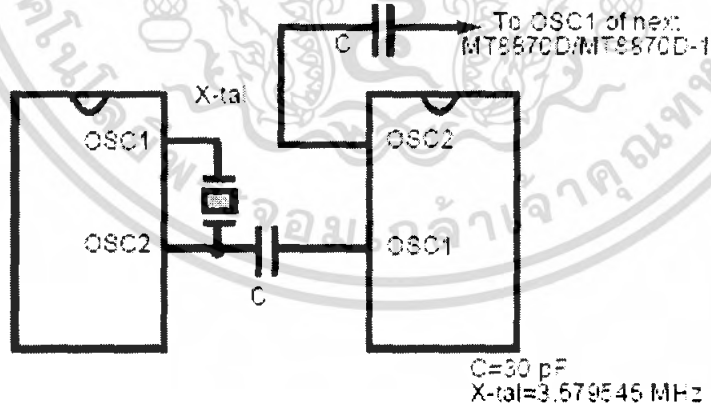
ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง วงจรส่วนอินพุตของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไป ในโครงงานนี้จะใช้วงจรรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุตกรณีเป็น Single-Ended Input

ภาคกำเนิดความถี่ในภาคนี้ภายในไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อแร่คริสตอลขนาด 3.58 MHZ ก็สามารถใช้งานได้ทันที การต่อวงจรกำเนิดความถี่แสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่

2.5 ชุดคำสั่ง AT Command (AT Command Set)

ชุดคำสั่งนี้ใช้ในการควบคุมการทำงานของโทรศัพท์เคลื่อนที่และโมเด็ม (MODEM) โดยการส่งข้อมูลด้วยรูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication) โดยที่เกิดจากการคิดค้นของบริษัท Hayes Microcomputer Products Inc. เพื่อใช้งานโมเด็มสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และได้รับความนิยมอย่างมาก จนถือเป็นมาตรฐานอันหนึ่ง มาตรฐานคำสั่งนี้มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Hayes Command Set เป็นคำสั่งที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถกำหนดการทำงานต่างๆ ของโมเด็มได้โดยใช้ซอฟต์แวร์สั่งงานจากคอมพิวเตอร์ ไปยังโมเด็มโดยตรงซึ่งในระบบของโทรศัพท์เคลื่อนที่หลายๆ รุ่นหลายยี่ห้อจะมีส่วนของโมเด็มประกอบอยู่ภายในด้วย ดังนั้นจึงสามารถที่จะใช้คำสั่ง AT Command ในการควบคุมการทำงานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้โดยไม่ต้องใช้การป้อนคำสั่งผ่านทางปุ่มกดของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อเข้าถึงฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ เช่น การสั่งให้มีการโทรออก การส่ง SMS การรับสายเรียกเข้า การปรับความดังของเสียง

2.5.1 ชุดคำสั่ง AT Command สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซีเมนส์ รุ่น C35, S35, M35, C45

ในการติดต่อกับโมเด็มของโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีเมนส์ รุ่น C35,S35,M35,C45 จะต้องใช้รูปแบบการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม ในลักษณะ 19200-N-8-1 ซึ่งหมายถึงอัตราการส่งข้อมูล 19200 บิตต่อวินาทีไม่มีพาริตี้บิต ข้อมูลมีขนาด 8 บิต และมีบิตหยุด 1 บิต โดยใช้ชุดคำสั่ง AT Command ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น โดยมีรูปแบบคือ ทุกคำสั่งจะขึ้นต้นด้วยตัวอักษร AT เสมอและเมื่อจบคำสั่งให้ปิดท้ายคำสั่งด้วย CR (Carriage Return) หรือกด ENTER โดยโทรศัพท์เคลื่อนที่จะรับคำสั่งไปทำงานและจะมีการตอบสนองกลับมาว่า OK หรือ ERROR หรือตอบสนองเป็นรูปแบบอื่นอีก ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปโดยเมื่อป้อนคำสั่งไปแล้วไม่ควรที่จะส่งคำสั่งอื่นให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่อีกจนกว่าจะมีการตอบสนองกลับมา มิฉะนั้น คำสั่งที่กำลังประมวลผลอยู่จะถูกอินเตอร์รัพต์โดยจะแสดงตัวอย่างเพียงบางส่วนของชุดคำสั่ง AT Command ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีเมนส์ รุ่น C35,S35,M35,C45 ไว้ดังตารางที่ 2.6 ซึ่งสามารถที่จะดูคำสั่งทั้งหมดได้ ที่ส่วนของภาคผนวก

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงตัวอย่างชุดคำสั่ง AT COMMAND

คำสั่ง	ความหมาย
A/	ทวนคำสั่งล่าสุด
AT	ส่วนที่อยู่ข้างหน้าสำหรับทุกๆ คำสั่ง
ATA	เป็นคำสั่งให้มีการตอบรับสัญญาณโทรศัพท์ ที่มีการเรียกเข้าเมื่อกระทำคำสั่งนี้จะเกิดการติดต่อระหว่างปลายทางทั้งสองด้านจะเริ่มขึ้น
ATD<str>;	เป็นคำสั่งให้โทรออกอัตโนมัติหรือที่เรียกว่า AUTO DAILING โดยที่<str>จะแทนด้วยตัวอักษร P หรือ T ซึ่งเป็นการแสดงว่าจะใช้ลักษณะการหมุนแบบ PULSE หรือ TONE ไม่จำเป็นต้องกำหนดก็ได้ แต่ส่วนที่สำคัญคือจะต้องใส่เครื่องหมาย ; ไว้ท้ายหมายเลขโทรศัพท์ที่จะทำการโทรออก ตัวอย่างเช่นต้องการโทรไปยังหมายเลข 027390120 จะใช้คำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 (ต่อ) ตารางแสดงตัวอย่างชุดคำสั่ง AT COMMAND

คำสั่ง	ความหมาย
	ATD027390120;
ATD><n>;	เป็นคำสั่งให้โทรออกหมายเลขโทรศัพท์จากสมุดโทรศัพท์ปัจจุบันที่ตำแหน่งเบอร์ n การเลือกสมุดโทรศัพท์ได้โดยใช้คำสั่ง AT+cpbs
ATH	เป็นคำสั่งวางสาย
AT^SCNI	เป็นคำสั่งสำหรับตรวจสอบข้อมูลของเบอร์ที่โทรออก ^SCNI: 1[,<cs>[,<number>,<type>]]<CR><LF> ^SCNI: 2[,<cs>[,<number>,<type>]]<CR><LF> ^SCNI: 3[,<cs>[,<number>,<type>]]<CR><LF> ^SCNI: 4[,<cs>[,<number>,<type>]]<CR><LF> ^SCNI: 5[,<cs>[,<number>,<type>]]<CR><LF> ^SCNI: 6[,<cs>[,<number>,<type>]]<CR><LF> ^SCNI: 7[,<cs>[,<number>,<type>]] OK/ERROR/+CME ERROR parameter <cs> สถานะการทำงานของหมายเลขที่เกี่ยวข้อง (first parameter) 0 กำลังคอยการเรียกสาย 1 ทำการเรียกสาย 2 การรอสาย <number> หมายเลขโทรศัพท์ <type> ประเภทของหมายเลข

2.5.2 ผลตอบสนองต่างๆ จากโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อได้รับคำสั่ง

ตารางที่ 2.7 แสดงผลตอบสนองต่างๆ จากโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อได้รับคำสั่ง

ผลตอบสนอง	ความหมาย
OK	ทำตามคำสั่งสำเร็จ
RING	ตรวจพบสัญญาณกระดิ่ง หรือมีสายเรียกเข้า
NO CARRIER	ไม่สามารถเชื่อมต่อได้สำเร็จหรือยกเลิกการติดต่อ
ERROR	ไม่สามารถปฏิบัติตามคำสั่งได้หรือคำสั่งมีความยาวเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 (ต่อ) แสดงผลตอบสนองต่างๆ จากโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อได้รับคำสั่ง

NO DIALTONE	ไม่มีสัญญาณ dial tone
BUSY	สายไม่ว่าง

ตำแหน่งขาของพอร์ตโทรศัพท์มือถือ Siemens รุ่น C35, S35, M35, C45

ตารางที่ 2.8 ชื่อและหน้าที่ของขาต่างๆ ในคอนเน็คเตอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ยี่ห้อซีเมนส์รุ่น C35, S35, M35, C45

ขา	ชื่อ	หน้าที่
1	GND	กราวด์ของระบบดิจิตอล
2	SELF-SERVICE	ควบคุมการชาร์จ
3	LOAD	รับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเข้ามาชาร์จแบตเตอร์รี่
4	BATTERY	แรงดันเอาต์พุต +5 โวลต์
5	DATA OUT (Tx)	ส่งข้อมูลแบบอนุกรมสู่ภายนอก
6	DATA IN (Rx)	รับข้อมูลแบบอนุกรมจากภายนอก
7	Z_CLK	ขอมรับและควบคุมการใช้อุปกรณ์ภายนอก
8	Z_DATA	ขอมรับและควบคุมการใช้อุปกรณ์ภายนอก
9	MICG	กราวด์ไมค์
10	MIC	อินพุตของสัญญาณเสียง
11	AUD	เอาต์พุตของสัญญาณเสียง
12	AUDG	กราวด์สำหรับลำโพงภายนอก

2.6 จอแสดงผล LCD

LCD Module มีอยู่หลายรุ่นและคุณสมบัติแตกต่างกันไป แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ แบบ Dot Matrix และ Graphic โดยแบบ Dot Matrix โดยจะแสดงผลเป็นตัวอักษรขนาด 5 x 8 Dot และมีจำนวนตัวอักษรและบรรทัดแตกต่างกันไปในแต่ละรุ่น ส่วนแบบ Graphic จะสามารถแสดงผลใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ Bit Map คือจะสร้างเป็นภาพใดๆ ก็ได้ตามต้องการ แนวทางในการใช้งานของทั้ง 2 แบบมีลักษณะใกล้เคียงกัน การใช้งานโดยทั่วไปมักจะใช้แบบ Dot Matrix มากกว่าเนื่องจากราคาถูกกว่าและเพียงพอต่องานส่วนใหญ่

2.6.1 คุณสมบัติของ Dot Matrix LCD Module

- ตัวอักษรแสดงด้วย Dot Matrix ขนาด 5 x 8 Dot
- มีให้เลือกหลายรุ่นตามการใช้งานโดยมีจำนวนตัวอักษรและบรรทัดแตกต่างกัน
- การใช้งานง่ายและสะดวก ระบบไมโครคอนโทรเลอร์เพียงแค่ส่งข้อมูลให้กับLCD Module เท่านั้น ข้อความก็จะปรากฏบนแผงแสดงและจะค้างไว้ตลอดทำให้ไม่ต้องเสียเวลาของระบบ
- มีคำสั่งพิเศษสำหรับ อำนวยความสะดวกมากมาย เช่น CLEAR DISPLAY, HOME CURSOR, ON OFF CURSOR, BLANK CHARACTER และอื่นๆ อีก
- กินกระแสไฟน้อยและน้ำหนักเบา รวมทั้งทำงานได้ด้วยไฟเลี้ยงระดับ 5 โวลต์

2.6.2 ขาและสัญลักษณ์ของ LCD Module

- ขา 1 CC สำหรับต่อกราวด์ V
- ขา 2 ( ) CC V สำหรับต่อไฟเลี้ยง 5 โวลต์
- ขา 3 ( ) EE V แรงดันสำหรับ ขับจอ LCD
- ขา 4 (RS) เป็น "1" เลือกใช้ Data Register
- เป็น "0" เลือกใช้ Instruction Register
- ขา 5 (R W) เป็น "1" ต้องการอ่านข้อมูล
- เป็น "0" ต้องการเขียนข้อมูล
- ขา 6 (E) สัญญาณให้ LCD Module ทำงาน
- ขา 7 – 14 ( ) 0 - 7 DB ข้อมูลบิต 0 ถึงบิต 7

ตารางที่ 2.9 การทำงานของสัญญาณ E

RS	R/W	E	OPERATION
0	0		Write instruction code
0	1		Read busy flag and address counter
1	0		Write data
1	1		Read data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RS และ R/W ต้องมีค่าเป็น “0” และส่งข้อมูลไปขณะที่สัญญาณ E เปลี่ยนจาก “1” ไปเป็น “0” ในการเขียนข้อมูลทุกครั้ง

- RS เป็น “0” และ R/W เป็น “1” ขณะที่สัญญาณขา E เป็น “1” ในการอ่าน Busy flag และAddress Counter ทุกครั้ง

- RS เป็น “1” และ R/W เป็น “0” ขณะที่สัญญาณขา E เปลี่ยนจาก “1” ไปเป็น “0” ในการเขียนข้อมูลทุกครั้ง

- RS เป็น “1” และ R/W เป็น “1” และรับข้อมูลขณะที่สัญญาณ E เป็น “1”

การเขียนข้อมูลให้กับ LCD Module จะแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ Instruction และ Data โดยจะกำหนดด้วยสัญญาณ RS คือถ้า RS = “0” จะหมายถึงส่งสัญญาณควบคุม (Instruction) หรืออ่านค่า Flag สภาพการทำงานของ LCD Module และถ้า RS = “1” จะหมายถึงการอ่านหรือเขียน Data กับ LCD Moduleหลักในการเขียนข้อมูลให้ LCD Module เมื่อมีการเขียนข้อมูลไปแล้วตัว LCD ใช้เวลาในการทำงานชั่วขณะหนึ่ง (ตามค่า execute time ในตาราง) ซึ่งระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถตรวจสอบได้จาก Busy Flag (BF) และถ้าเรียบร้อยแล้วจึงจะสามารถเขียนข้อมูลอันต่อไปได้ กรณีที่ การต่อวงจรเป็นแบบ I/O Port คือ ไม่สามารถอ่านข้อมูลย้อนกลับได้ระบบไมโครฯ ก็จะต้องใช้วิธีการหน่วงเวลาแทนการเขียนข้อมูลให้กับ LCD Module นี้สามารถทำได้ทั้งแบบ 8 bit และ 4 bit โดยกรณี 4 bit จะใช้สายสัญญาณ data เพียง 4 เส้นคือ DB_4 - DB_7 (ใช้สำหรับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ แบบ 4bit หรือเพื่อการประหยัดสาย) การเขียนข้อมูลจะกระทำเหมือนกับ 8 bit เพียงแต่ให้เขียน 2 ครั้ง DB_4 - DB_7 ก่อนแล้วค่อยตามด้วย DB_0 - DB_3 และจะต้องกำหนดคุณสมบัติตามค่า DL ในคำสั่งFunction Set ด้วยDDRAM (Display Data Ram) คือ หน่วยความจำภายในตัว LCD Module ที่เป็น Bufferของข้อมูลโดยถ้าเขียนรหัส ASCII ใดๆ ลงไปในหน่วยความจำนี้ ก็จะปรากฏเป็นตัวอักษรที่แผงแสดงทันทีCGRAM(Character Generator Ram) คือหน่วยความจำภายในตัว LCD Moduleสำหรับเก็บภาพตัวอักษรที่ผู้ใช้สามารถสร้างได้เอง(8 ตัว) โดยจะอ้าง Address ได้ทั้งหมด 64 byte คือ 8ตัวอักษร คูณกับ 8 แถว

2.6.3 รายละเอียดของแต่ละคำสั่งใน LCD Module

1. CLEAR DISPLAY

RS	R/W	DB_7	DB_6	DB_5	DB_4	DB_3	DB_2	DB_1	DB_0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการ Clear display โดยจะทำการเขียนตัวอักษร Space ลงไปใน DDRAM ทั้งหมดและกำหนดค่า DDRAM Address ให้เป็น 0 พร้อมทั้ง Cursor จะกลับไปที่ตำแหน่งซ้ายบนสุดของจอภาพ

2. CURSOR AT HOME

RS	R/W	DB_7	DB_6	DB_5	DB_4	DB_3	DB_2	DB_1	DB_0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	*

สำหรับกำหนดค่า DDRAM Address ให้เป็น 0 พร้อมทั้ง Cursor จะไปอยู่ที่ตำแหน่งซ้ายบนสุดของจอภาพโดยที่ข้อมูลใน DDRAM ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3. ENTRY MODE SET

RS	R/W	DB_7	DB_6	DB_5	DB_4	DB_3	DB_2	DB_1	DB_0
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

I / D = 0 กำหนดทิศทางของ Cursor และ DDRAM ให้เป็นแบบ Decrement

I / D = 1 กำหนดทิศทางของ Cursor และ DDRAM ให้เป็นแบบ Increment

S = 0 เมื่อเขียนข้อมูลแล้ว ตัว Cursor จะถูกเลื่อนไปตามทิศทางของค่า I / D

S = 1 เมื่อเขียนข้อมูลแล้ว ตัว Cursor จะอยู่กับที่และตัวอักษรจะถูกดันไปตามทิศทางของค่า I / D

การกำหนดค่า I/D และ S นี้ให้กำหนดก่อนการเขียนข้อมูลใน DDRAM และเมื่อกำหนดแล้วจะต้องไม่ใช้คำสั่ง Clear Display อีก

4. DISPLAY ON/OFF

RS	R/W	DB_7	DB_6	DB_5	DB_4	DB_3	DB_2	DB_1	DB_0
0	0	0	0	0	0	0	D	C	B

D = 0 กำหนดให้ Off Display

D = 1 กำหนดให้ On Display

C = 0 กำหนดให้ Off Cursor

C = 1 กำหนดให้ On Cursor โดย Cursor จะเป็นเส้นขีดใต้ตัวอักษร

B = 0 กำหนดให้ไม่มีการกระพริบที่ตำแหน่ง Cursor

B = 1 กำหนดให้มีการกระพริบที่ตำแหน่ง Cursor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. DISPLAY SHIFT

RS	R/W	DB_7	DB_6	DB_5	DB_4	DB_3	DB_2	DB_1	DB_0
0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

S/C = 0 กำหนดให้เลื่อน Cursor ตามทิศทาง R/L ไป 1 ตำแหน่ง

S/C = 1 กำหนดให้เลื่อนข้อความบนแผงแสดงตามทิศทาง R/L ไป 1 Column

R/L = 0 กำหนดให้ทิศทางไปทางซ้าย

R/L = 1 กำหนดให้ทิศทางไปทางขวา

6. FUNCTION SET

RS	R/W	DB_7	DB_6	DB_5	DB_4	DB_3	DB_2	DB_1	DB_0
0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*

DL = 0 กำหนดให้การติดต่อกับ LCD Model เป็นแบบ 4 bit

DL = 1 กำหนดให้การติดต่อกับ LCD Model เป็นแบบ 8 bit

การกำหนดค่า D/L นี้สามารถกระทำได้ที่ DB4-DB7 ซึ่งถ้ามีการกำหนดให้เป็นแบบ4 bit ตั้งแต่ครั้งแรก หลังจากจ่ายไฟเลี้ยงก็จะทำให้ LCD Module มีการรับข้อมูลแบบ 4 bit ทันที

N = 0 กำหนดจำนวนบรรทัดแบบ 1/8 Duty และ 1/11 Duty

N = 1 กำหนดจำนวนบรรทัดแบบ 1/16 Duty

F = 0 กำหนดให้ตัวอักษรเป็นแบบ 5*7 Dots

F = 1 กำหนดให้ตัวอักษรเป็นแบบ 5*10 Dots

7. SET CGRAM ADDRESS

RS	R/W	DB_7	DB_6	DB_5	DB_4	DB_3	DB_2	DB_1	DB_0
0	0	1	CGRAM ADDRESS						

สำหรับการกำหนด Address ของ CGRAM เมื่อได้ทำการกำหนดไว้แล้วการอ่านและเขียนDATA ที่ต่อจากนี้จะเป็นไปตาม Address ที่กำหนดทันที

8. SET DDRAM ADDRESS

RS	R/W	DB_7	DB_6	DB_5	DB_4	DB_3	DB_2	DB_1	DB_0
0	0	1	DDRAM ADDRESS						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการกำหนด Address ของ DDRAM เมื่อได้ทำการกำหนดไว้แล้วการอ่านและเขียนDATA ที่ต่อจากนี้จะเป็นไปตาม Address ที่กำหนดทันที ตำแหน่งของ Address ในแต่ละรุ่นจะมีความแตกต่างกันบ้าง เพราะจำนวนตัวอักษรต่อบรรทัดไม่เท่ากัน

9. BUSY FLAG AND ADDRESS READ

RS	R/W	DB_7	DB_6	DB_5	DB_4	DB_3	DB_2	DB_1	DB_0
0	0	1	BF ADDRESS						

สำหรับการอ่านค่า BF (Busy Flag) ซึ่งบอกถึงความพร้อมของ LCD Module ในการรับข้อมูล ถ้า BF = 0 หมายความว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลไปได้ แต่ถ้า BF = 1 หมายความว่ายังไม่พร้อมนอกจากนี้ยังเป็นการอ่านค่า Address ของCGRAM หรือ DDRAM ด้วย

2.6.4 การอ่านและเขียนข้อมูลกับ DDRAM/CGRAM

1. WRITE DATA TO DDRAM OR CGRAM

RS	R/W	DB_7	DB_6	DB_5	DB_4	DB_3	DB_2	DB_1	DB_0
1	0	DATA							

สำหรับการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ DDRAM หรือ CGRAM โดยเมื่อทำการเขียนแล้วAddress จะถูกเพิ่มหรือลดลงโดยอัตโนมัติตามที่กำหนดจากค่า I/D ในคำสั่ง Entry Module Set และการเขียนจะเป็น DDRAM หรือ CGRAM ก็ขึ้นกับว่าก่อนหน้าคำสั่งนี้มีการกำหนด Address ที่ใด

2. READ DATA FROM DDRAM OR CGRAM

RS	R/W	DB_7	DB_6	DB_5	DB_4	DB_3	DB_2	DB_1	DB_0
1	1	DATA							

สำหรับการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ DDRAM หรือ CGRAM โดยเมื่อกำการเขียนแล้วAddress จะถูกเพิ่มหรือลดลงโดยอัตโนมัติตามที่กำหนดจากค่า I/D ก็ขึ้นกับว่าก่อนหน้าคำสั่งนี้มีการกำหนด Addressที่ใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 แสดงตารางแสดงชุดคำสั่งพื้นฐานการควบคุมการทำงานของคอนโทรลเลอร์ภายใน LCD

คำสั่ง	รหัสควบคุม										คำอธิบาย	ช่วงเวลาในการประมวลผล
	RS	R/W	DB_7	DB_6	DB_5	DB_4	DB_3	DB_2	DB_1	DB_0		
เคลียร์จอแสดงผล	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	เคลียร์หน้าจอแสดงผลและส่งเคอร์เซอร์ไปยังตำแหน่งเริ่มต้น	82 μs – 1.64 ms
เลื่อนเคอร์เซอร์ไปยังเริ่มต้น	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	รีเซตเคอร์เซอร์ให้อยู่ที่จุดเริ่มต้นและรีเซตคำสั่งเลื่อนข้อมูลที่ผ่านมาแล้ว โดยที่ข้อมูลใน DD-RAM ไม่มีการเปลี่ยน	40 μs – 1.6 ms
กำหนดโหมดป้อนข้อมูล	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	กำหนดทิศทางการเลื่อนของเคอร์เซอร์และตัวอักขระ คำสั่งนี้มีผลเมื่อมีการอ่านหรือเขียนข้อมูลไปยัง LCD โมดูล	40 μs
ควบคุมการแสดงผล	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	(D) ควบคุมให้จอแสดงผลปิดหรือเปิด (C) ควบคุมให้เคอร์เซอร์ปิด (B) ให้เคอร์เซอร์กระพริบด้วยหรือไม่	40 μs
ควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักขระ	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	การเลื่อนของเคอร์เซอร์และตัวอักขระโดยที่ข้อมูลในDD-Ramไม่มีการเปลี่ยน	40 μs

ตารางที่ 2.10 (ต่อ) แสดงตารางแสดงชุดคำสั่งพื้นฐานการควบคุมการทำงานของคอนโทรลเลอร์ภายใน LCD

คำสั่ง	รหัสควบคุม										คำอธิบาย	ช่วงเวลาในการประมวลผล
	RS	R/W	DB_7	DB_6	DB_5	DB_4	DB_3	DB_2	DB_1	DB_0		
เซตฟังก์ชั่น	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	(DL) กำหนดโหมดอินเตอร์เฟส (N) จำนวนบรรทัดที่แสดงผล (F) ความละเอียด	40 µs
เซตแอดเดสใน CG-RAM	0	0	0	1	ACG						กำหนดตำแหน่งแอดเดรสใน CG-RAM	40 µs
เซตแอดเดสใน DD-RAM	0	0	1	ADD							กำหนดตำแหน่งแอดเดรสใน DD-RAM	40 µs
อ่านแฟลกบิวซี	0	1	BF	AC							อ่านสถานะของแฟลกบิวซีและตำแหน่งแอดเดรสเคาน์เตอร์	40 µs

ตารางที่ 2.10 (ต่อ) แสดงตารางแสดงชุดคำสั่งพื้นฐานการควบคุมการทำงานของคอนโทรลเลอร์ภายใน LCD

คำสั่ง	รหัสควบคุม										คำอธิบาย	ช่วงเวลาในการประมวลผล
	RS	R/W	DB_7	DB_6	DB_5	DB_4	DB_3	DB_2	DB_1	DB_0		
เขียนข้อมูลไปยัง CG หรือ DD-RAM	1	0	ข้อมูลที่ต้องการเขียน								เขียนข้อมูลไปยัง CG หรือ DD-RAM ที่กำหนดตำแหน่งแอดเดรสไว้แล้ว	40 µs
อ่านข้อมูลจาก CG หรือ	1	1	ข้อมูลที่ต้องการอ่าน								อ่านข้อมูลไปยัง CG หรือ DD-RAM ที่กำหนดตำแหน่งแอดเดรสไว้แล้ว	40 µs
	I/D = 1 : เพิ่มค่าขึ้น S = 1 : ตัวอักขระจะถูกเลื่อน S/C = 1 : ตัวอักขระถูกเลื่อน R/L = 1 : เลื่อนไปทางขวา DL = 1 : 8 บิต N = 1 : 2 บรรทัด F = 1 : 5 x 10 จุด BF = 1 : การทำงานภายในยังไม่เสร็จสิ้น					I/D = 0 : ลดค่าลง S/C = 0 : เคอร์เซอร์ถูกเลื่อน R/L = 0 : เลื่อนไปทางซ้าย DL = 0 : 4 บิต N = 0 : 1 บรรทัด F = 0 : 5 x 7 จุด BF = 0 : สามารถรับคำสั่งใหม่ได้				DD RAM : Display data RAM CG RAM : Character generator RAM ACG : CG RAM Address ADD : DD RAM Address AC : Address counter used for both DD and CG RAM Address	

2.7 รายละเอียดของไอซี 8255

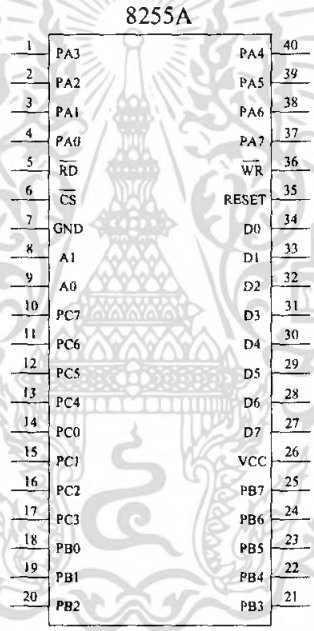
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกแบบขนาน (Peripheral Interface) มีพอร์ตใช้งาน 3 พอร์ตคือ

- A 8 bits (Port Number 0H)
- B 8 bits (Port Number 1H)
- C 4 bits upper and 4 bits lower (Port Number 2H)

และยังมีพอร์ตควบคุมอีก 1 พอร์ต (Port Number 3H)

2.7.1 โครงสร้างเบื้องต้นของ 8255

8255 เป็นชิปที่มีขา 40 ขา สามารถต่อพอร์ทให้ไมโครโปรเซสเซอร์ได้ 3 พอร์ท



รูปที่ 2.12 แสดงตำแหน่งขาของ 8255

2.7.2 ขาต่างๆของ 8255

D0-D7: เป็นขาสำหรับให้ข้อมูลผ่าน ต่อเข้ากับบัสของไมโครโปรเซสเซอร์

A0-A1: (สัญญาณแอดเดรส) สัญญาณจากทั้งสองขาจะถอดรหัสเป็น 4 รหัส เพื่อ กำหนดรีจิสเตอร์ภายใน

PA0-PA7: เป็นสายสัญญาณที่เป็นพอร์ทของ 8255 ที่เรียกว่า พอร์ท A

PB0-PB7: เป็นสายสัญญาณที่เป็นพอร์ทของ 8255 ที่เรียกว่า พอร์ท B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PC0-PC7: เป็นสายสัญญาณที่เป็นพอร์ทของ 8255 ที่เรียกว่า พอร์ท C โดยจะแบ่ง เป็น 2 กลุ่ม คือ PC0-PC3, PC4-PC7

CS: (สัญญาณเลือกชิป) เป็นขาที่รับสัญญาณจากภายนอกเพื่อเลือกชิป เมื่อขานี้เป็น "0" จะทำให้ 8255 ต่อเข้ากับระบบบัสของ ไมโครโปรเซสเซอร์

RD: (สัญญาณอ่าน) เป็นสัญญาณอินพุทจากซีพียู เมื่อสัญญาณนี้และสัญญาณ CS เป็น "0" 8255 จะให้ซีพียูอ่านข้อมูลจากบัส

WR: (สัญญาณเขียน) เช่นเดียวกับสัญญาณ RD แต่เป็นการเขียนข้อมูล

RESET: (สัญญาณรีเซท) เป็นศัญญาณจากภายนอกที่ส่งเข้ามาเพื่อทำการรีเซท 8255 เมื่อได้รับสัญญาณนี้ พอร์ททุกพอร์ทจะกลายเป็นพอร์ทอินพุท โดยขา CS, RD, WR, RESET จะแอคทีฟที่ "0" ทั้งหมด

2.7.3 รีจิสเตอร์ภายในของ 8255

พอร์ทแต่ละพอร์ทของ 8255 นั้นเปรียบเสมือนรีจิสเตอร์แต่ละตัวที่สามารถ เขียนหรืออ่านได้ ซึ่งจะถูกกำหนดด้วยแอดเดรสตามที่ตั้งไว้ โดยรีจิสเตอร์ แต่ละตัวจะได้รับการกำหนดควบคู่กับสัญญาณ RD และ WR เพื่อแสดงความหมาย เช่น พอร์ท 10H เป็นพอร์ท A ซึ่งเมื่อเขียนที่พอร์ทนี้ จะเป็นการส่งเอาท์พุท สัญญาณจะมีความหมายต่างๆกันตามแสดงต่อไปนี้ โดยเรียงสัญญาณตามลำดับจาก RD-WR-A1-A0 และความหมายของสัญญาณนั้น

1000: เขียนพอร์ท A ซึ่งเป็นข้อมูล

0100: อ่านพอร์ท A ซึ่งเป็นข้อมูล

1001: เขียนพอร์ท B ซึ่งเป็นข้อมูล

0101: อ่านพอร์ท B ซึ่งเป็นข้อมูล

1010: เขียนพอร์ท C ซึ่งเป็นข้อมูล

0110: อ่านพอร์ท C ซึ่งเป็นข้อมูล

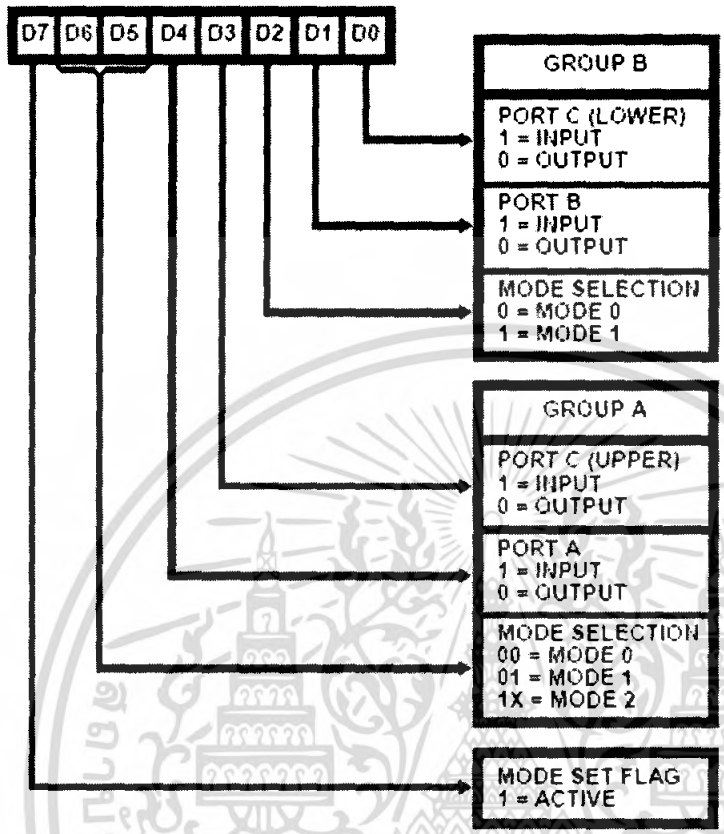
1011: เขียนข้อมูล ซึ่งเป็นรหัสควบคุม

0111: อ่านเข้ามา ไม่มีความหมายใด

2.7.4 การกำหนดโหมดการทำงาน

การใช้งาน 8255 นั้นจะต้องส่งรหัสควบคุมเข้าสู่พอร์ทควบคุมเพื่อควบคุม การทำงานของ 8255 การควบคุมการทำงานของ 8255 มีหลายโหมด แต่ละโหมดก็จะแตกต่างกันไป แบ่งเป็น โหมด 0, โหมด 1 และโหมด 2 โดยรหัสควบคุมการทำงานของ 8255 จะมีขนาด 8 บิต และแต่ละบิตจะมีความหมายของการทำงานดังต่อไปนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แสดงความหมายของบิตควบคุมการทำงานของ 8255

บิต D7 ใช้สำหรับเซตโหมดเพื่อควบคุมการทำงานของ 8255 ให้รับรู้รหัสคำสั่งในบิตอื่นๆ ที่จะกำหนดให้โดยจะทำงานที่ Logic "1" ดังนั้นเมื่อต้องการสั่งงานให้ 8255 รับรู้คำสั่ง จะต้องกำหนดให้บิต D7 ใน Control Word นี้มีค่าเป็น "1" เสมอ

บิต D6 และ D5 ใช้สำหรับกำหนดโหมดการทำงานของ Port-A ให้กับ 8255 ซึ่งสามารถกำหนดได้ 3 โหมด ดังนี้คือ

00 = ให้ Port-A ของ 8255 ทำงานในโหมด 0

01 = ให้ Port-A ของ 8255 ทำงานในโหมด 1

1X = ให้ Port-A ของ 8255 ทำงานในโหมด 2

บิต D4 ใช้สำหรับกำหนดการทำงานของ Port-A ว่าจะให้เป็นอินพุทหรือเอาต์พุต โดยถ้ามีค่าเป็น "1" จะเป็นอินพุท แต่ถ้าเป็น "0" จะเป็นเอาต์พุต

บิต D3 ใช้สำหรับกำหนดการทำงานของ Port-C บน (PC4-PC7) ว่าจะให้เป็นอินพุท หรือเอาต์พุตโดยถ้ามีค่าเป็น "1" จะเป็นอินพุท แต่ถ้าเป็น "0" จะเป็นเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต D2 ใช้สำหรับเลือกโหมดการทำงานของ Port-B โดยเลือกได้ 2 โหมดคือ ถ้ามีค่าเป็น "0" จะเป็นโหมด 0 แต่ถ้ามีค่าเป็น "1" จะเป็นโหมด 1

บิต D1 ใช้สำหรับกำหนดการทำงานของ Port-B ว่าจะให้เป็นอินพุทหรือเอาต์พุต โดยถ้ามีค่าเป็น"1" จะเป็นอินพุท แต่ถ้าเป็น "0" จะเป็นเอาต์พุต

บิด D0 ใช้สำหรับกำหนดการทำงานของ Port-C ล่าง (PC0-PC3) ว่าจะให้เป็นอินพุท หรือเอาต์พุตโดยถ้ามีค่าเป็น "1" จะเป็นอินพุท แต่ถ้าเป็น "0" จะเป็นเอาต์พุต

การทำงานในโหมด 0

ในโหมดนี้ทุกพอร์ทสามารถเป็นได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุท ทั้งพอร์ท A, พอร์ท B, พอร์ท C บน และ พอรท์ C ล่าง ดังนั้นจึงมีรูปแบบทั้งหมด 2x2x2x2 = 16 แบบ

การทำงานในโหมด 1

เป็นโหมดที่ทำให้อินพุทเอาท์พุทมีการตรวจสอบสัญญาณ (Handshaking) โดยการใช้พอร์ท A และ พอร์ท B เป็นหลัก ส่วนพอร์ท C ใช้เป็นตัวตรวจสอบสัญญาณ โดย

พอร์ท C บน จะเป็นตัวตรวจสอบสัญญาณของพอร์ท A ในขณะที่

พอร์ท C ล่าง จะเป็นตัวตรวจสอบสัญญาณของพอร์ท B

เมื่อให้ 8255 เป็นโหมด 1 แล้ว พอร์ท C จะเป็นสัญญาณควบคุม โดยแต่ละบิท ของพอร์ท C จะมีค่าดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 แสดงสัญญาณของพอร์ท C ในโหมด 1

ขา	กรณีอินพุท	กรณีเอาท์พุท
PC0	INTR-B	INTR-B
PC1	IBF-B	OBF-B
PC2	STB-B	ACK-B
PC3	INTR-A	INTR-A
PC4	STB-A	I/O
PC5	IBF-A	I/O
PC6	I/O	ACK-A
PC7	I/O	OBF-A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานในโหมด 2

การทำงานในโหมด 2 นั้น จะใช้พอร์ท A สามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งพอร์ทอินพุท และพอร์ทเอาท์พุท โดยโครงสร้างของพอร์ท A ทั้งอินพุทและเอาท์พุทจะมี ตัวตรวจสอบสัญญาณทั้งคู่ ในขณะที่พอร์ท C จะทำหน้าที่เป็นสัญญาณตรวจสอบ โดยมีสัญญาณแต่ละขาดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 แสดงสัญญาณของพอร์ท C ในโหมด 2

พอร์ท C	ความหมาย
PC0	I/O
PC1	I/O
PC2	I/O
PC3	INTR-A
PC4	STB-A
PC5	IBF-A
PC6	ACK-A
PC7	OBF-A

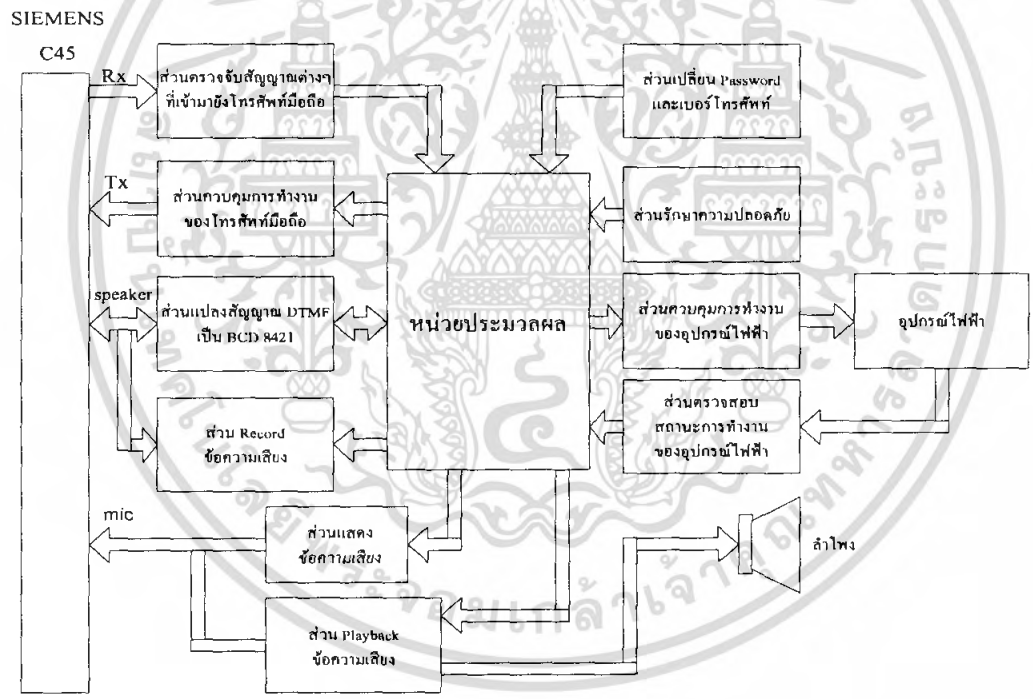
เมื่อโปรแกรมพอร์ท A เป็นโหมด 2 แล้ว พอร์ท B จะต้องโปรแกรมเป็นโหมด 0 หรือโหมด 1 ก็ได้ ซึ่งก็ทำงานแบบแยกอิสระอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการทดลอง

3.1 การออกแบบระบบ

จากรูปแสดงบล็อกไดอะแกรมโดยรวมของระบบ หน่วยประมวลผลจะเป็นตัวควบคุมการทำงานของโทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ตามที่ส่วนแสดงข้อความเสียงระบุ โดยจะมีส่วนแปลงสัญญาณเป็นตัวถอดรหัส DTMF ที่ถูกส่งมาจากผู้ใช้ภายนอกให้เป็นรหัส BCD 8421 เพื่อส่งต่อให้กับหน่วยประมวลผล นอกจากนี้ยังมีส่วนตรวจสอบสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้าและส่วนรักษาความปลอดภัยซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับอัคคีภัยหรือเหตุบุกรุกเพื่อแจ้งเตือนกรณีเกิดเหตุโดยการโทรออกไปที่หมายเลขโทรศัพท์ที่สามารถโปรแกรมได้โดยส่วนเปลี่ยน Password และเบอร์โทรศัพท์



รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมโดยรวมของระบบ

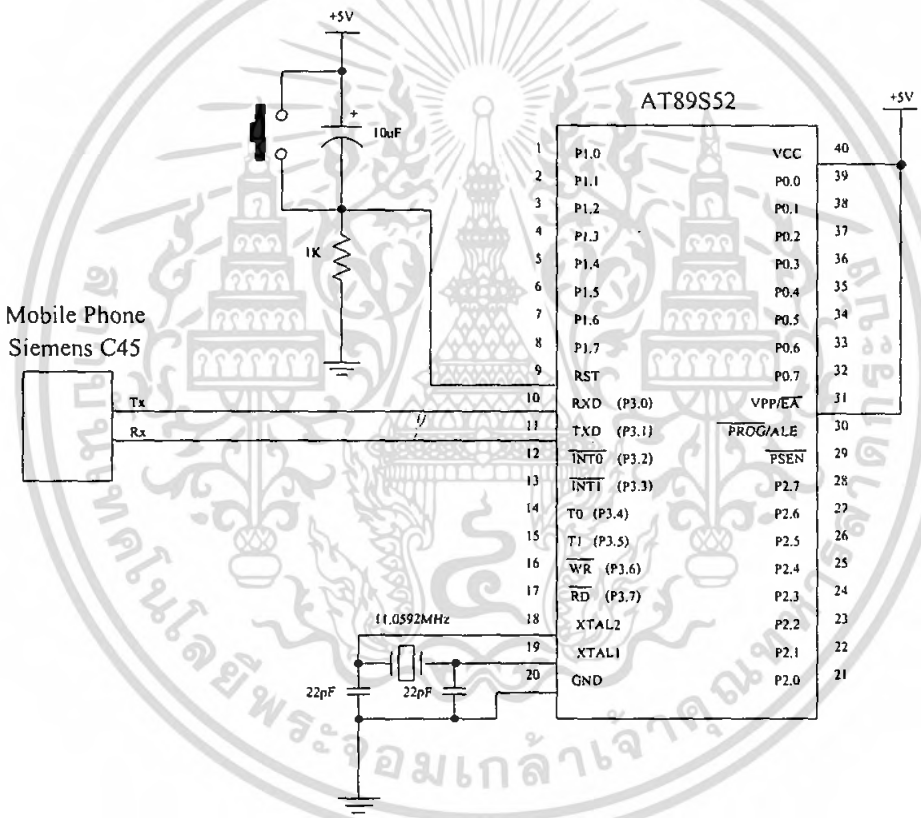
3.2 ลักษณะการเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือ

ในการสื่อสารกันระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับโทรศัพท์มือถือนั้นจะเป็นแบบอนุกรม (Serial Communication) การสื่อสารในรูปแบบนี้จะทำให้สามารถประหยัดพอร์ตลงไปได้มากโดยการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลทีละบิต (bit) ผ่านสายสัญญาณเส้นเดียวจนครบทั้ง 8 บิต หรือ 1 ไบท์ (Byte) โดยจะส่งบิตต่ำออกไปก่อน

ในโปรเจคนี้จะใช้มาตรฐาน RS-232 ในการเชื่อมต่อกันระหว่าง Hyper Terminal กับโทรศัพท์มือถือ Siemens C45 เพื่อทดสอบการรับส่งสัญญาณกับโทรศัพท์มือถือก่อนการปฏิบัติงานจริง แล้วจึงนำไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89S52 มาเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือ Siemens C45 โดยใช้การเชื่อมต่อกันแบบ RS-232 เพื่อรับสัญญาณ หรือส่งรหัสคำสั่งในการควบคุมโทรศัพท์ ที่เรียกว่า AT-Command โดยผ่านทางขา Tx และ Rx ของโทรศัพท์มือถือ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ AT82S52 กับ Siemens C45 เพื่อรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม

3.3 ส่วนตรวจจับสัญญาณต่างๆที่เข้ามายังโทรศัพท์มือถือ

ในส่วนนี้จะตรวจจับสัญญาณจากขา Rx ของโทรศัพท์มือถือ Siemens C45 โดยโทรศัพท์มือจะส่งข้อมูลแบบอนุกรมออกมาด้วยอัตราเร็ว 19,200 บิต/วินาที ดังนั้นจึงต้องทำการตั้งค่าอัตราการรับส่งข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89S52 ให้เป็น 19,200 บิต/วินาที ด้วยเช่นกัน

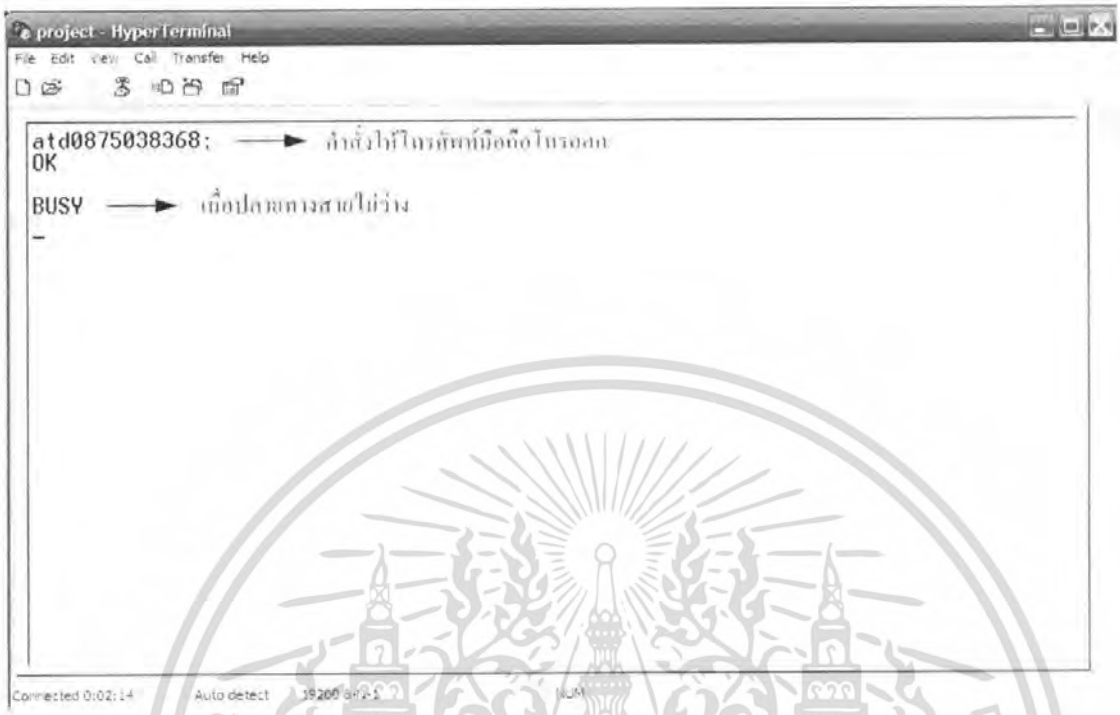
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในส่วนของการตรวจจับสัญญาณเรียกเข้านั้น เมื่อมีสายเรียกเข้าโทรศัพท์จะส่งคำว่า "RING" ออกมาทางขา Rx ของโทรศัพท์ โดยแสดงดังรูปที่ 3.3 เป็นการใช้ Hyper Terminal ในการทดสอบการรับสัญญาณจากโทรศัพท์เมื่อมีสายเรียกเข้า

รูปที่ 3.3 แสดงการใช้ Hyper Terminal ในการรับสัญญาณเรียกเข้าจากโทรศัพท์

ในการตวจสอบสัญญาณเมื่อปลายทางสายไม่ว่าง หรือ Busy Tone จะทำในลักษณะเดียวกับการตรวจจับสัญญาณเรียกเข้า โดยสัญญาณที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะได้จากโทรศัพท์มือถือจะเป็นคำว่า "BUSY" ดังแสดงในรูปที่ 3.4

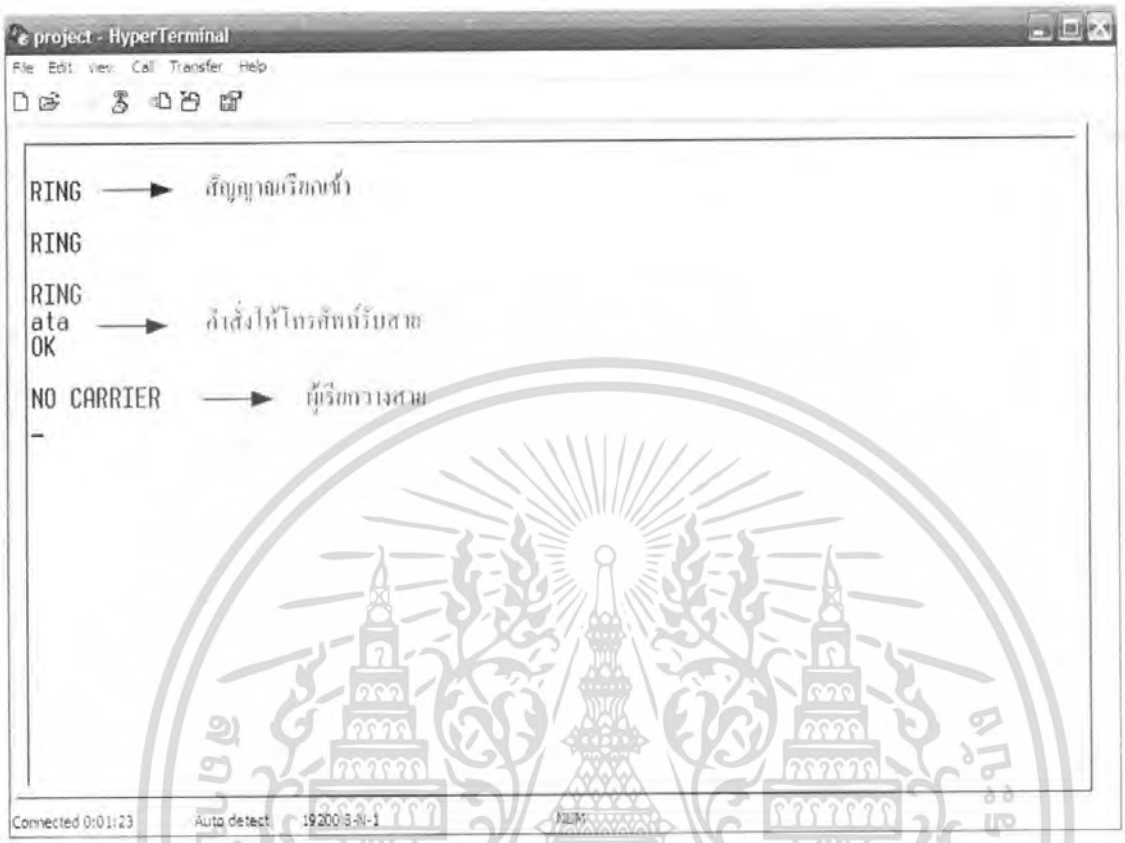
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงการใช้ Hyper Terminal ในการรับสัญญาณ BUSY เมื่อปลายทางสายไม่ว่าง

และเมื่อเครื่องโทรศัพท์คู่สายมีการวางสาย โทรศัพท์มือถือจะส่งคำว่า "NO CARRIER" ออกมาให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 3.5

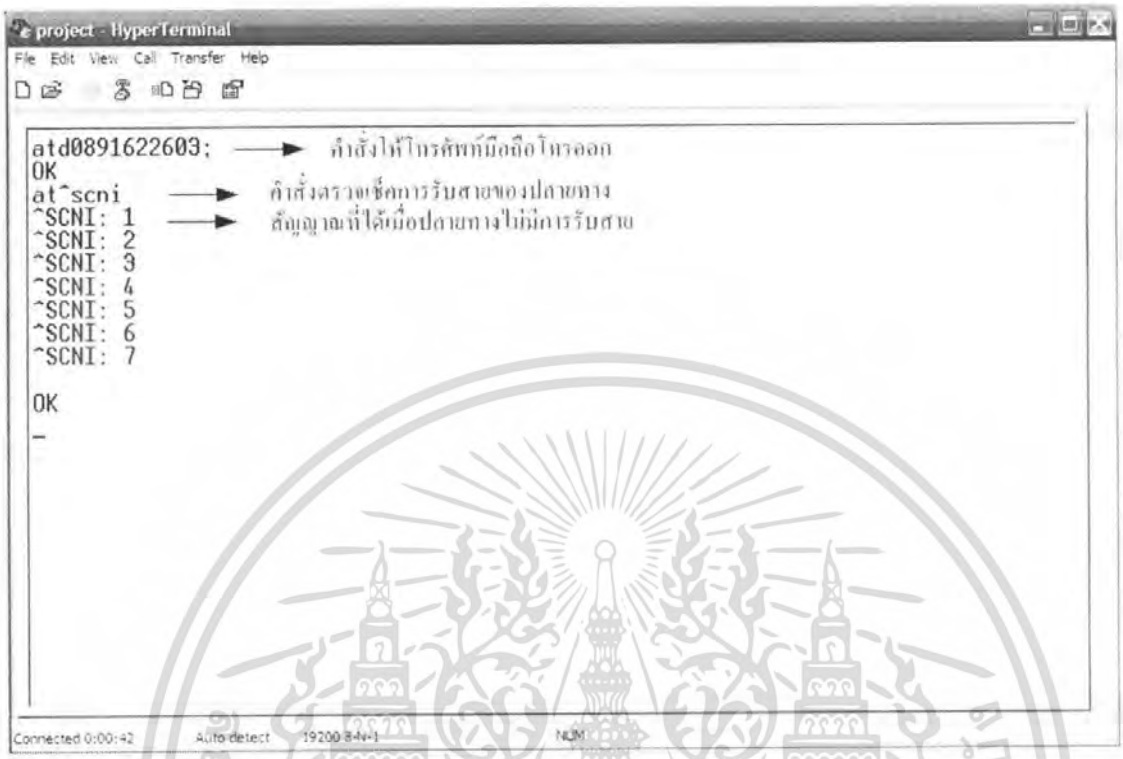
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงการใช้ Hyper Terminal ในการรับสัญญาณ NO CARRIER เมื่อคู่สายมีการวางสาย

ในส่วนของการตรวจเช็คการรับสายของปลายทางนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งรหัสคำสั่ง AT^SCNI เข้าไปยังขา Tx ของโทรศัพท์ถ้าปลายทางยังไม่รับสายสัญญาณที่อ่านได้จากขา Rx ของโทรศัพท์แสดงอยู่ในรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงการใช้ Hyper Terminal ในการตรวจสอบการรับสายของปลายทาง ในกรณีที่ปลายทางยังไม่มีการรับสาย

และเมื่อปลายทางรับสายสัญญาณที่ได้จากขา Rx ของโทรศัพท์แสดงดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 แสดงการใช้ Hyper Terminal ในการตรวจสอบการรับสายของปลายทาง ในกรณีที่ปลายทางรับสายแล้ว

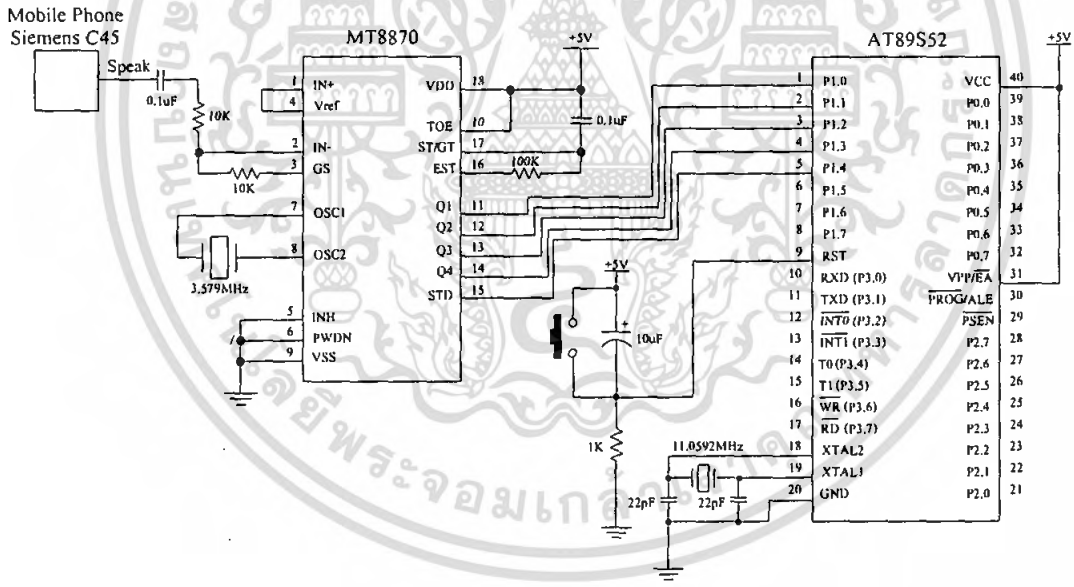
3.4 ส่วนควบคุมการทำงานของโทรศัพท์มือถือ

ในส่วนของการควบคุมการทำงานของโทรศัพท์มือถือนั้นจะใช้คำสั่งที่เรียกว่า AT-Command ซึ่งแสดงอยู่ในตารางที่ 2.6 โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นตัวส่งรหัสคำสั่งต่างๆ ออกไปยังโทรศัพท์โดยผ่านทางขา Tx ของโทรศัพท์มือถือ ซึ่งจะทำการส่งข้อมูลออกไปแบอนุกรมด้วยอัตราเร็ว 19,200 บิต/วินาที โดยจะต้องส่งรหัส 0x0D ซึ่งเป็นรหัสแอสกี้ของปุ่ม Enter บนคีย์บอร์ดตามหลังคำสั่งออกไปทุกครั้งเพื่อให้เหมือนกับเป็นการกดปุ่ม Enter เพื่อส่งคำสั่ง เช่น ATD0891622603; 0x0D เป็นคำสั่งที่ให้โทรศัพท์มือถือโทรออกไปที่เบอร์0891622603; โดยอัตโนมัติ โดยจะต้องส่งรหัส 0x0D ออกไปด้วย โดยจากรูปที่ 3.4 เป็นการใช้ Hyper Terminal เพื่อทดสอบการส่งรหัสคำสั่ง " ATD0891622603; " เพื่อให้โทรศัพท์โทรออกไปยังเบอร์ที่ตั้งไว้และจากรูปที่ 3.5 เป็นการใช้ Hyper Terminal เพื่อทดสอบการส่งรหัสคำสั่ง "ATA" เพื่อให้โทรศัพท์รับสายเมื่อมีสัญญาณเรียกเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วงจร MT 8870 (ส่วนแปลงสัญญาณ DTMF เป็นรหัส BCD 8421)

วงจรนี้จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณความถี่ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด Tone หรือ DTMF) ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิตอล โดยจะนำสัญญาณมาจากขาลำโพงของโทรศัพท์มือถือ ซึ่งไอซี MT8870 ใช้แปลงความถี่โทรศัพท์ให้เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต คือ Q1 – Q4 โดยจะทำการกรองสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มคือความถี่สูง และความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่ และความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง เมื่อได้รหัสซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลออกมาแล้วก็จะนำมาต่อเข้ากับพอร์ทอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำไปตรวจสอบเงื่อนไขการทำงานต่อไป



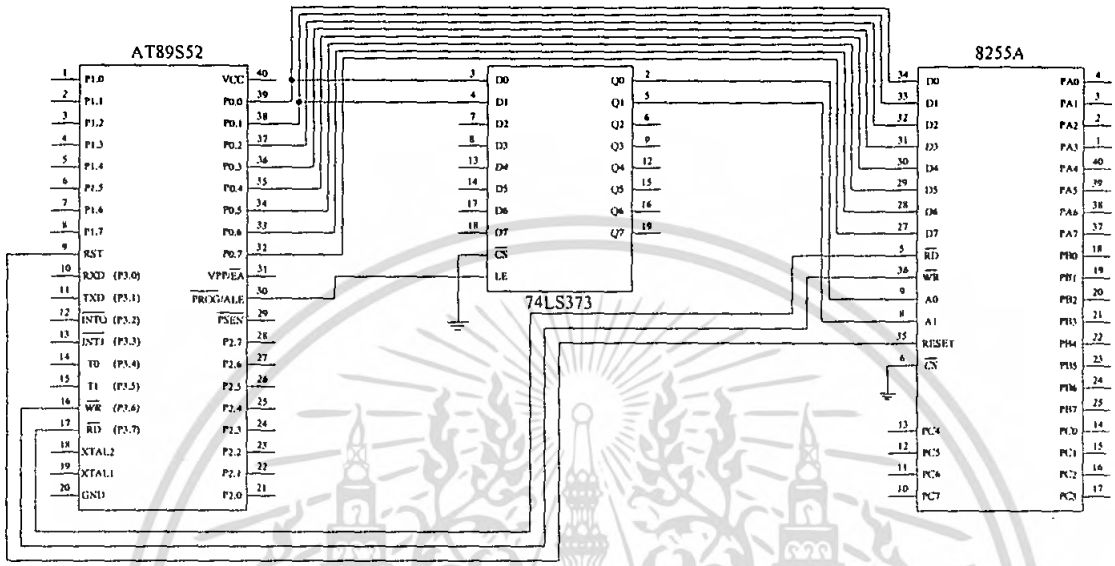
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรการเชื่อมต่อระหว่าง MT 8870 กับ AT89S52 และ Siemens C45

3.6 วงจรขยายพอร์ตอินพุตเอาท์พุตโดยใช้ IC 8255

จากรูปที่ 3.9 เป็นวงจรการเชื่อมต่อกันระหว่าง AT89C51RD2 กับ 8255 ซึ่งในโครงงานนี้จะใช้งาน 8255 ในโหมด 0 เท่านั้น คือเป็นโหมดอินพุตหรือเอาท์พุตอย่างใดอย่างหนึ่งทั้ง 3 พอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ A, B และ C โดยจะทำการส่งรหัสควบคุม 0X82 ให้กับ Control Port เพื่อเซทโหมดการทำงานให้ 8255 ทำงานโหมด 0 โดยพอร์ต A และ C เป็นเอาท์พุต ส่วนพอร์ต B เป็นอินพุต



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรการเชื่อมต่อระหว่าง AT89S52 และ 8255

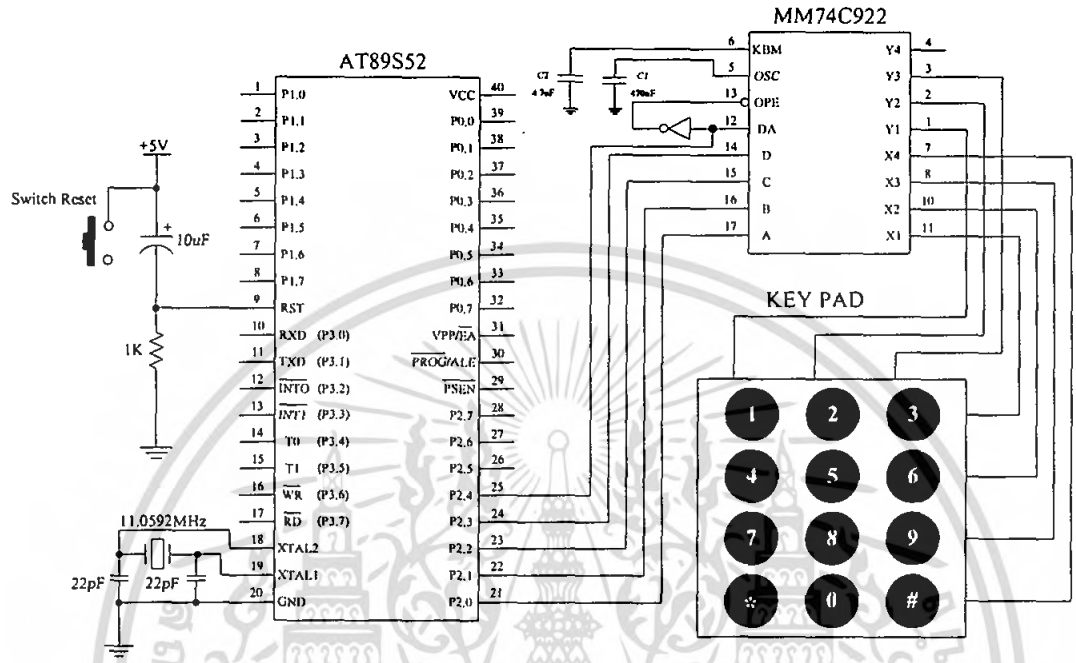
3.7 วงจร Matrix Switch

การใช้สวิตซ์เป็นอุปกรณ์อินพุตให้กับไมโครคอนโทลเลอร์โดยทั่วไปนิยมต่อสวิตซ์เข้าไปยังพอร์ตของไมโครคอนโทลเลอร์แบบตรงไปตรงมา คือจะต้องใช้จำนวนขาพอร์ตของไมโครคอนโทลเลอร์เท่ากับจำนวนของสวิตซ์ นั่นหมายความว่าถ้าหากมีการใช้สวิตซ์มากขึ้นก็ต้องมีการใช้พอร์ตมากขึ้นตามไปด้วยจึงทำให้พอร์ตของไมโครคอนโทลเลอร์ไม่เพียงพอสำหรับการใช้งาน แต่ปัญหาดังกล่าวนี้สามารถแก้ไขได้โดยการต่อวงจรสวิตซ์ในลักษณะของเมทตริกซ์ โดยมีการต่อวงจรในลักษณะแถว (Row) และหลัก (Column) ซึ่งจะมีจำนวนของสวิตซ์ได้ทั้งหมดเท่ากับจำนวนของแถวคูณด้วยจำนวนของหลักนั่นเอง

การต่อสวิตซ์ในลักษณะของเมตริกซ์นั้นจะทำให้ประหยัดการใช้งานพอร์ตของไมโครคอนโทลเลอร์ลงไปได้มาก แต่ในโครงงานชิ้นนี้จะมีการนำไอซีเบอร์ MM74C922 เข้ามาใช้ควบคู่กับเมตริกซ์สวิตซ์เพื่อให้ประหยัดพอร์ตของไมโครคอนโทลเลอร์ลงไปได้มากขึ้น โดยปกติถ้าเป็นเมตริกซ์สวิตซ์ขนาด 4×3 จะต้องใช้พอร์ต 7 ขา แต่ถ้านำไอซีเบอร์ MM74C922 เข้ามาต่อรวมด้วยจะทำให้เราใช้พอร์ตของไมโครคอนโทลเลอร์เพียง 5 ขา คือขา A, B, C, D และขา DA โดยขา A, B, C, D จะแสดงรหัส BCD 8421 ออกมาจากการถอดรหัสการกดเมทตริกซ์สวิตซ์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซีเบอร์ MM74C922 โดยจะสามารถใช้กับสวิตช์ได้ 2^4 สวิตช์ คือเมตริกซ์สวิตช์ 4×4 ส่วนขา DA จะเป็นตัวบอกว่ามีการกดสวิตช์เกิดขึ้น



รูปที่ 3.10 แสดงวงจรการเชื่อมต่อระหว่าง AT89S52 กับ Matrix Switch

3.8 วงจร ISD 4003 (ส่วน Record และ Playback ข้อความเสียง)

สำหรับการทำงานของวงจรสามารถอธิบายได้เป็น 2 โหมด คือ

1) Record Mode เป็นโหมดในการบันทึกเสียง

2) Playback Mode เป็นโหมดในการเปิดข้อความเสียง

สามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานของวงจรได้ดังนี้

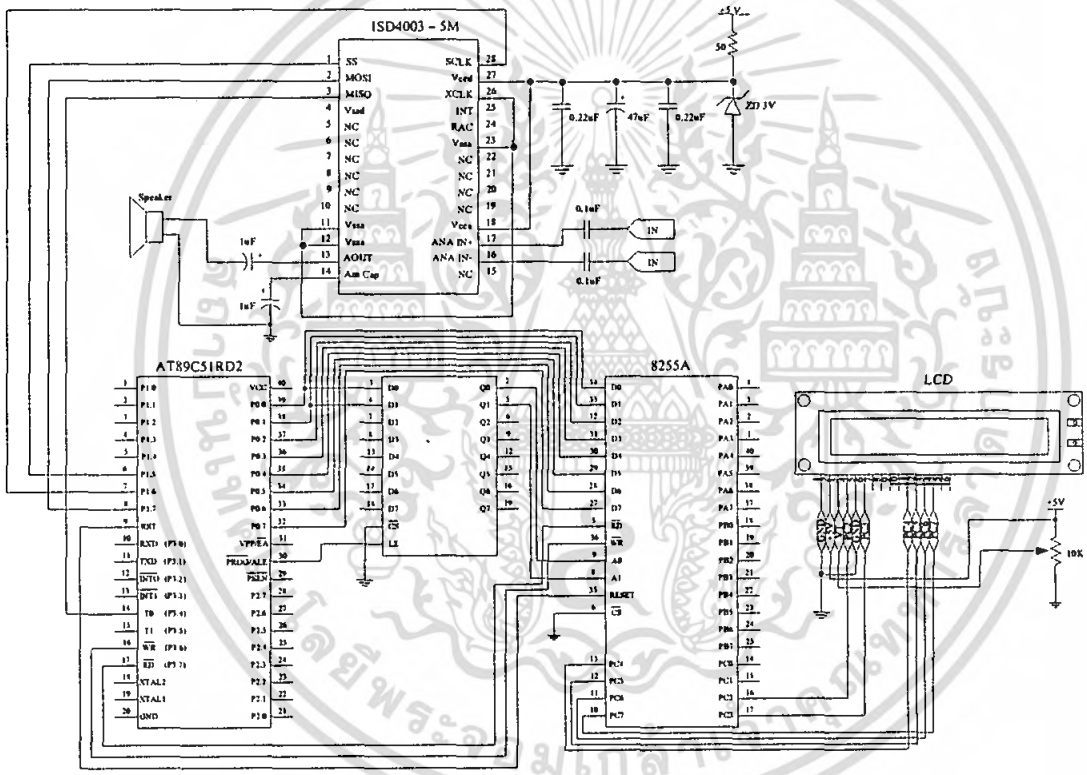
การส่งรหัสคำสั่งเข้าไปยัง ISD 4003 นั้นสามารถทำได้โดยการส่งข้อมูลแบบอนุกรม โดยเริ่มแรกจะให้ขา SS เป็น Low ก่อน แล้วจึงส่งรหัสในการควบคุมตามตารางที่ 2.4 โดยจะส่งข้อมูลเข้าไปยังขา MOSI ทีละ 1 บิต และจะต้องมีสัญญาณ clock 1 ลูกเข้าไปกำกับการส่งข้อมูลในแต่ละบิตด้วย โดยจะส่งสัญญาณ clock เข้าไปที่ขา SCLK โดยจะทำแบบนี้ 16 รอบ เพราะรหัสคำสั่งมี 16 บิต ซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวส่งรหัสคำสั่ง

1) Record Mode ขั้นตอนในการบันทึกเสียงนั้นจะทำได้โดยการส่งรหัสคำสั่ง POWER UP (0x2000) เข้าไปยังขา MOSI ก่อนเพื่อเป็นการเปิดการทำงานของ ISD 4003 แล้วจึงใส่รหัสคำสั่ง SETREC (0xAxxx) เข้าไปเพื่อเลือกตำแหน่ง Address ที่จะบันทึกเสียง เสร็จแล้วทำการส่งรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง REC (0xB000) เข้าไปเพื่อทำการบันทึกเสียงและถ้าต้องการหยุดบันทึกเสียงก็จะส่งรหัสคำสั่ง STOP (0x3000) เข้าไป

2) Playback Mode ขั้นตอนในการเล่นข้อความเสียงที่ได้บันทึกไว้ออกมานั้นจะมีหลักการเหมือนกับการ RECORD แต่จะต่างกันตรงที่คำสั่ง SETREC จะเปลี่ยนเป็นSETPLAY (0xExxx) และคำสั่ง REC จะเปลี่ยนเป็น PLAY (0xF000) โดย ISD 4003 จะมีการส่งค่าของ Address ที่เล่นอยู่ในปัจจุบันออกมาทางขา MISO ทำให้เรารู้ว่าข้อความที่ต้องการอยู่ใน Address ไหน โดยจะทำการโชว์ค่าของ Address ออกทาง LCD



รูปที่ 3.11 แสดงวงจรการเชื่อมต่อระหว่าง ISD 4003, AT89S52 , 8255 และ LCD

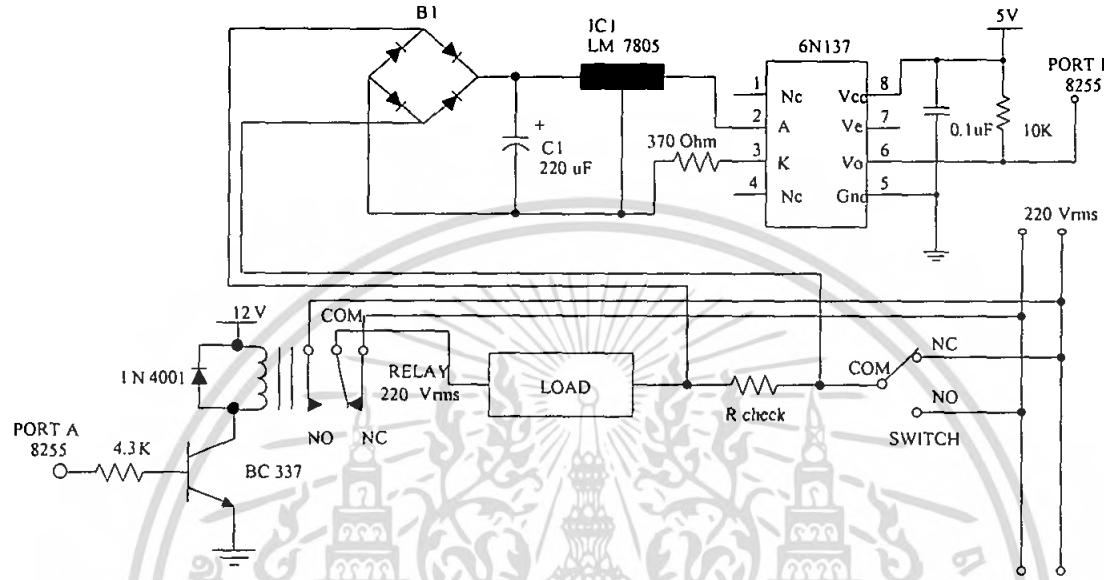
3.9 วงจรควบคุม และตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

เป็นส่วนของวงจรควบคุมการเปิด/ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการของการใช้สวิตซ์ 2 ทาง โดยผู้ใช้สามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้โดยตรงและผ่านทางระบบควบคุมทางโทรศัพท์มือถือ

ในส่วนของการตรวจสอบสถานะนั้นจะอาศัยหลักการที่กล่าวว่าเมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้าเปิดขึ้นจะมีกระแสไหลตามมาด้วย โดยกระแสจะไหลผ่านตัวต้านทาน R check ที่ต่ออนุกรมไว้ เพื่อนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานไปแปลงเป็นไฟกระแสตรง +5 โวลท์ เพื่อจ่ายให้กับPORT B ของ 8255 ต่อไป และจะมีการใส่อุปกรณ์ออปโต้เข้าไปที่ส่วนตรวจเช็คสถานะการทำงานของอุปกรณ์ เพื่อแยกกราวด์ของระบบออกจากกราวด์ของโหลดเพื่อความปลอดภัยของระบบจากไฟ 220 โวลท์



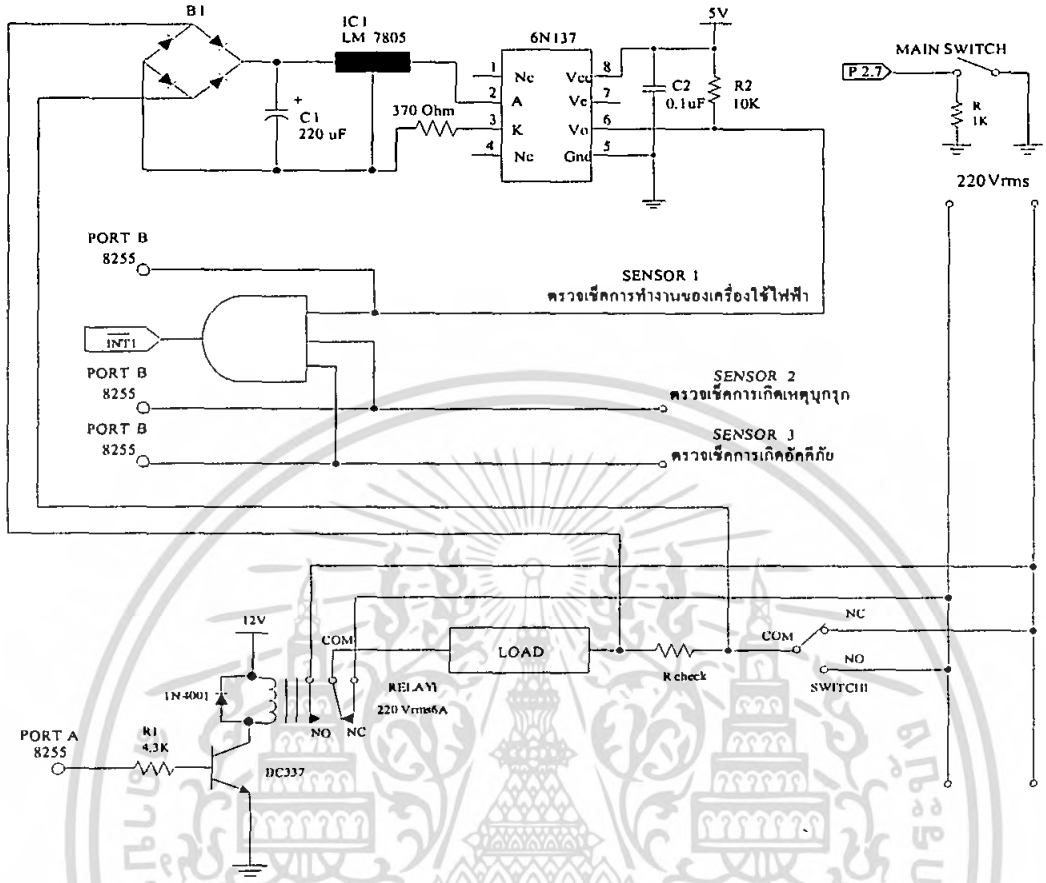
รูปที่ 3.12 แสดงวงจรควบคุม และตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

3.10 วงจรส่วนรักษาความปลอดภัย

วงจรส่วนนี้ออกแบบมาเพื่อเป็นแบบจำลองเครื่องโทรศัพท์เพื่อทำหน้าที่เรียกกับไปยังผู้ใช้โดยอัตโนมัติ วงจรส่วนนี้จะใช้ Logic Gate ในการออกแบบให้เกิดระบบรักษาความปลอดภัย แล้วนำสัญญาณที่ได้จากวงจรไปเข้าขา Interrupt ของไมโครคอนโทรลเลอร์

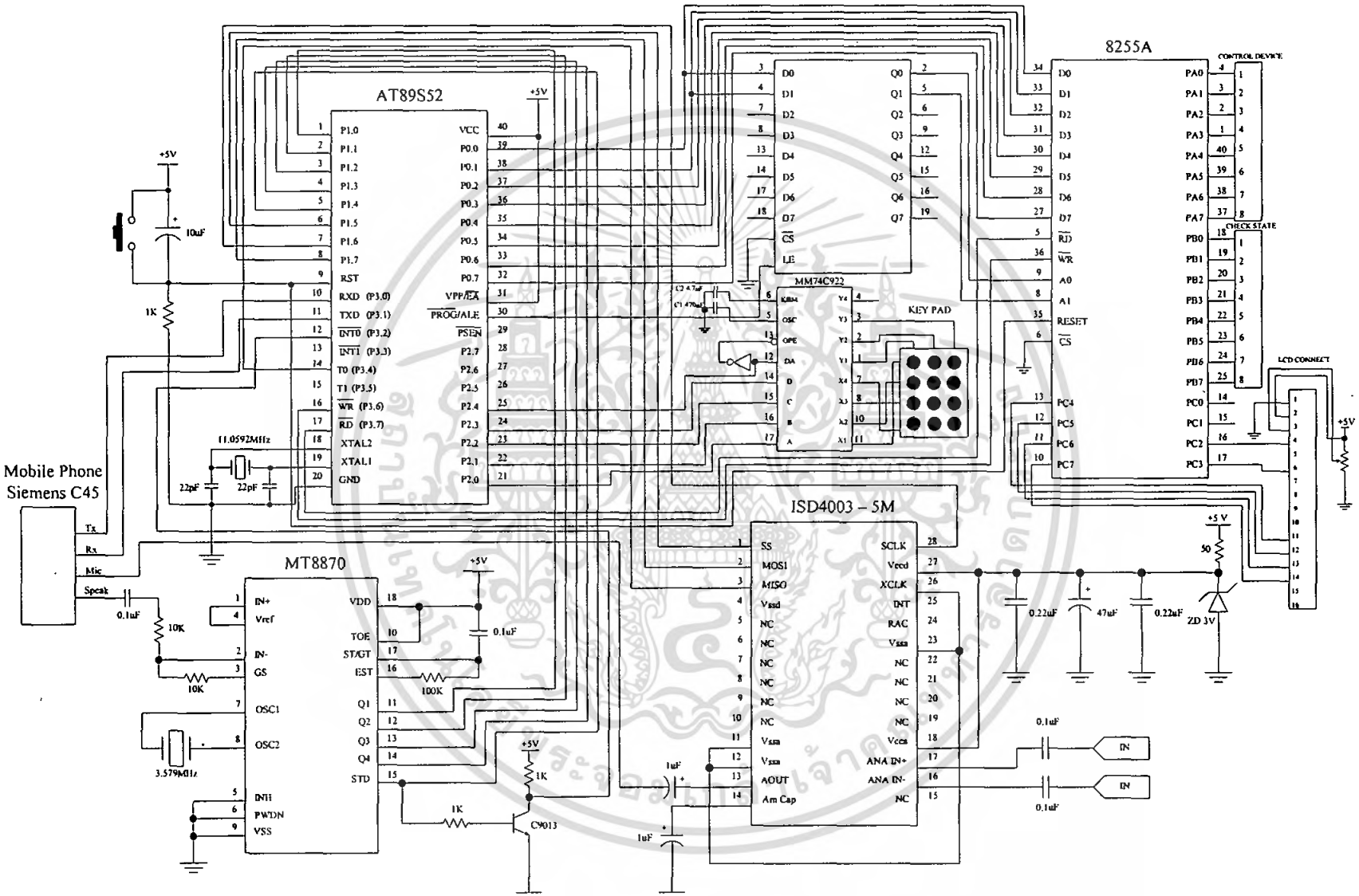
วงจรนี้จะแยกเป็น 3 ส่วนคือ ระบบป้องกันการลืมปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ระบบแจ้งเตือนเมื่อเกิดอัคคีภัย และแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุบุกรุก โดยในระบบแจ้งเตือนเมื่อเกิดอัคคีภัย และแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุบุกรุกนั้น จะเปิดระบบการแจ้งเตือนด้วย Main Switch และเมื่อ Sensor ตรวจพบเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งขึ้นระบบจะทำการโทรออกไปยังเบอร์โทรศัพท์ที่ได้ตั้งไว้โดยอัตโนมัติ และถ้าปลายทางไม่รับสายภายใน 20 วินาที ระบบก็จะโทรออกไปยังเบอร์ที่ตั้งไว้อีกเบอร์ ส่วนระบบป้องกันการลืมปิดอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะใช้วงจรตรวจสอบสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้าเป็นตัวเช็คว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าเปิดอยู่หรือไม่ ถ้าเปิดอยู่ระบบก็จะเช็คอีกว่าได้เปิด Main Switch ไว้หรือไม่ โดยถ้า Main Switch ถูกเปิดการทำงานไว้ ระบบก็จะทำการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แสดงวงจรส่วนตรวจจับสถานะอุปกรณ์ ควันไฟและการบุกรุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

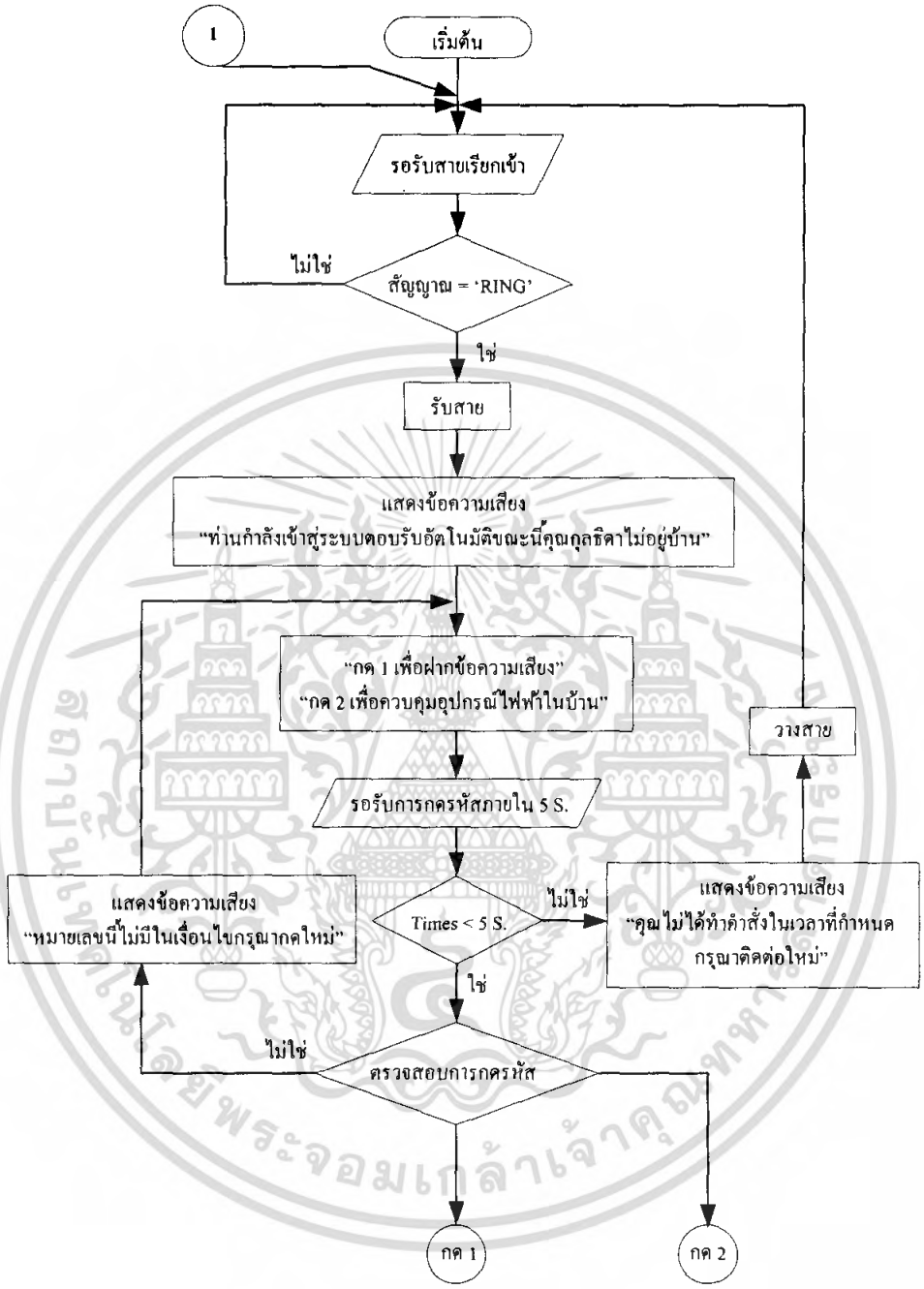


รูปที่ 3.14 แสดงวงจรรวมของระบบควบคุมและแจ้งเตือนภัยผ่านโทรศัพท์มือถืออัตโนมัติ

3.11 โฟลว์ชาร์ทการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

การทำงานของระบบโดยรวมของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ดังนี้คือ เมื่อมีสัญญาณเข้ามายังโทรศัพท์มือถือ หน่วยประมวลผล จะทำการตรวจสอบว่าเป็นสัญญาณชนิดใด ถ้าเป็นสัญญาณเรียกเข้า โทรศัพท์มือถือจะส่งคำว่า RING ออกมาให้กับหน่วยประมวลผล หน่วยประมวลผลจะสั่งให้โทรศัพท์มือถือรับสายโดยอัตโนมัติ และจะสั่งให้วงจร ISD4003 ทำงาน โดยจะส่งสัญญาณเสียงตอบรับใน Address ที่กำหนดออกไปยังขาไมค์โครโฟนของโทรศัพท์มือถือ เพื่ออธิบายเงื่อนไขในการทำงานของระบบ และเมื่อมีการส่งรหัส DTMF เข้ามา วงจร MT8870 ก็จะนำสัญญาณเสียง DTMF จากขาลำโพงของโทรศัพท์มือถือเพื่อถอดรหัส DTMF เป็น BCD 8421 และส่งรหัสดังกล่าวไปให้กับหน่วยประมวลผล เพื่อตรวจสอบว่ารหัสที่ได้นั้นเป็นรหัสที่ตรงกับคำสั่งใดของระบบ แต่ถ้าผู้ใช้ไม่ทำคำสั่งในเวลาที่กำหนดระบบก็จะสั่งให้โทรศัพท์วางสายโดยอัตโนมัติ ตามรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

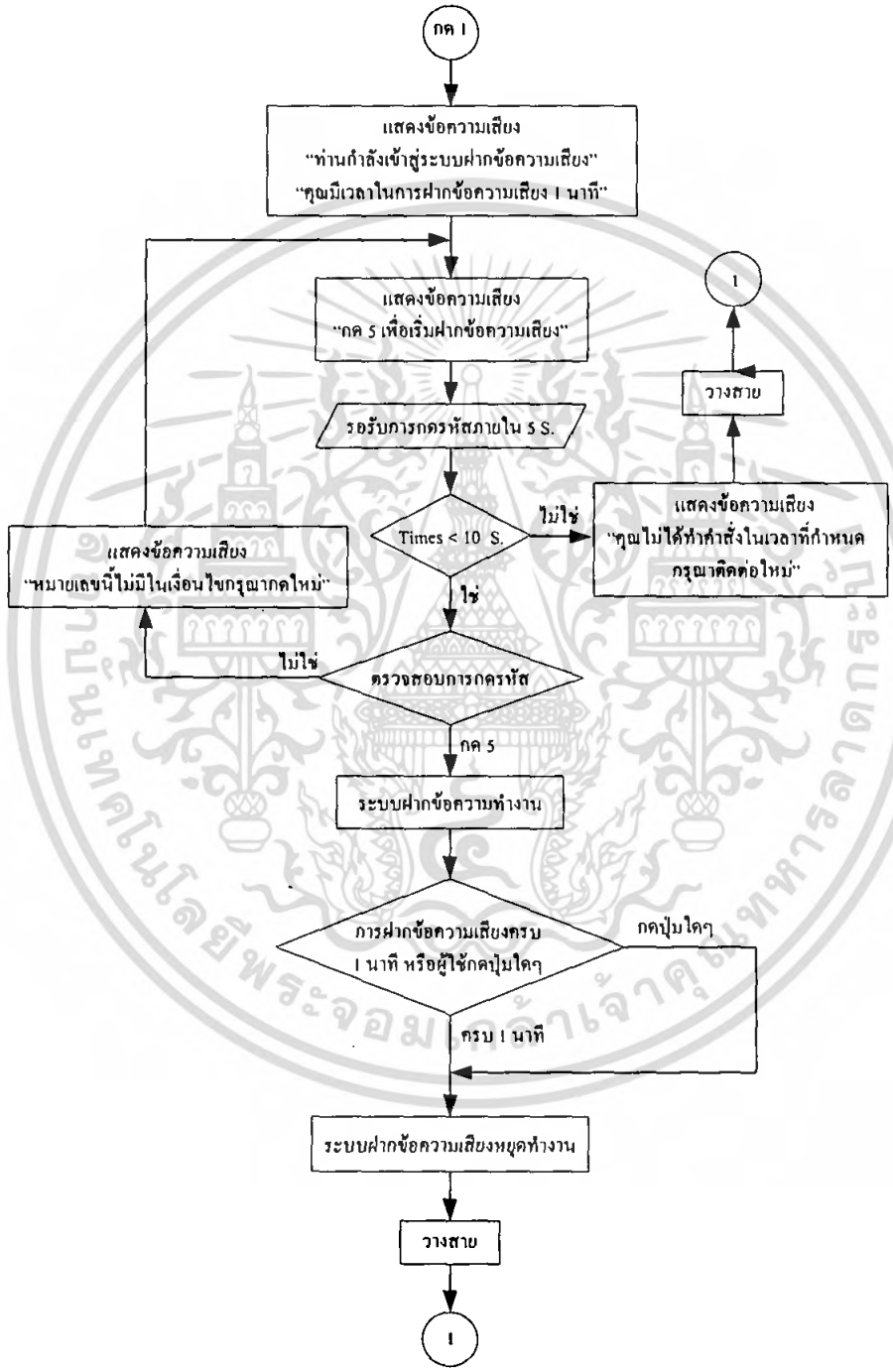


รูปที่ 3.15 แสดงการทำงานโดยรวมของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.16 แสดงรายการย่อยของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อกด 1 เพื่อเข้าสู่ระบบฝากข้อความเสียง (Record Mode) เมื่อมีการกด 1 ซึ่งตรงกับคำสั่งในการฝากข้อความเสียงหน่วยประมวลผลก็จะสั่งให้วงจร ISD4003 ทำงานโดยจะแสดงข้อความเสียงตอบรับเพื่อเข้าสู่ระบบฝาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

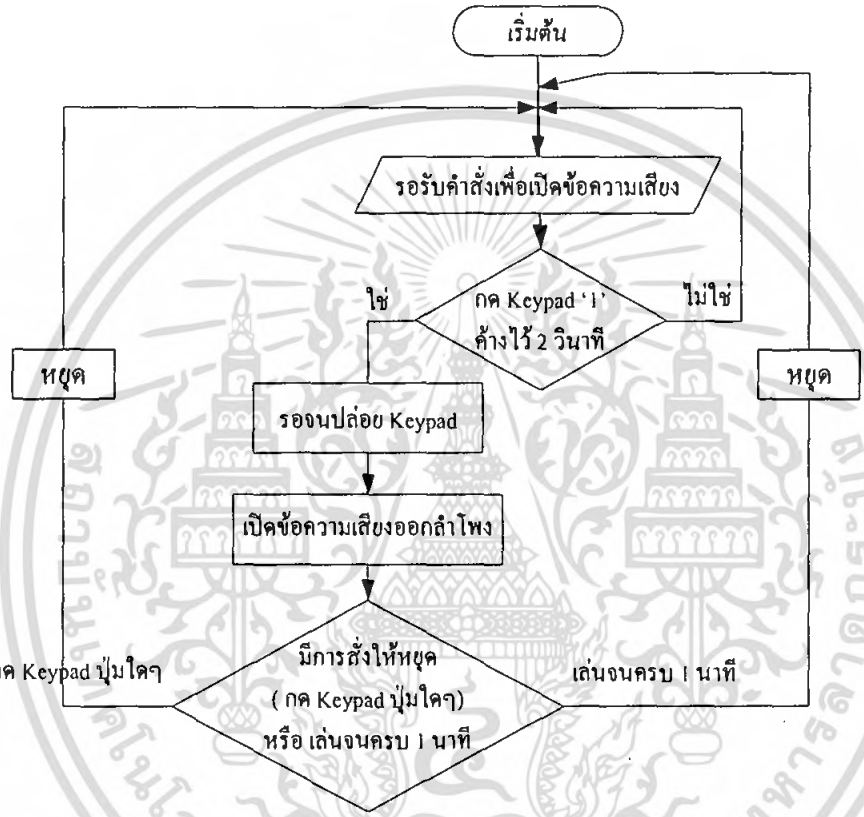
ข้อความเสียง และอธิบายเงื่อนไขในการฝากข้อความเสียง โดยจะมีเวลาในการฝากข้อความเสียงลงบน ISD 4003 เป็นเวลา 1 นาที เมื่อครบ 1 นาที หรือผู้ใช้กดปุ่มใดๆก่อนเวลา ระบบจะทำการวางสายเพื่อรอสายเรียกเข้าครั้งต่อไป



รูปที่ 3.16 แสดงรายการย่อยของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อกด 1 เพื่อเข้าสู่ระบบฝากข้อความเสียง (Record Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

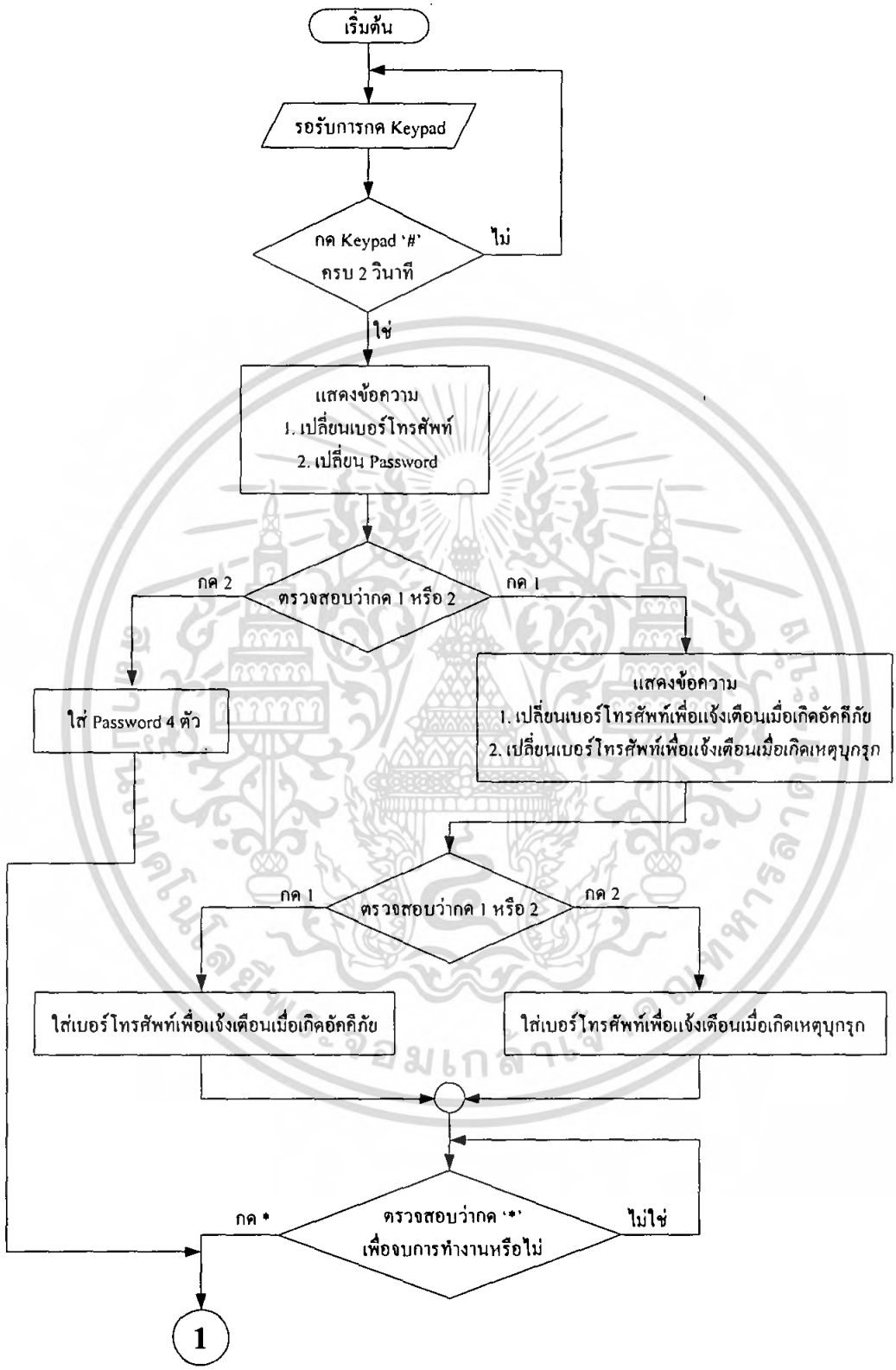
จากรูปที่ 3.17 แสดงการทำงานของส่วน Playback Mode เมื่อมีการเปิดข้อความเสียงที่ได้บันทึกไว้ออกมา โดยการกด Keypad หมายเลข 1 ค้างไว้ 2 วินาที วงจร ISD4003 ก็จะทำการเล่นเสียงที่บันทึกไว้ออกมาทางลำโพงจนกว่าจะเล่นข้อความจนหมดหรือมีการสั่งให้หยุดคือมีการกด Keypad ปุ่มใดๆ อีกครั้ง ระบบก็จะหยุดเล่นข้อความเสียงแล้วกลับไปรอการทำงานครั้งต่อไป



รูปที่ 3.17 แสดงการทำงานของส่วน Playback Mode

จากรูปที่ 3.18 แสดงการทำงานของส่วนเปลี่ยน Password และเบอร์โทรศัพท์เพื่อแจ้งเตือนภัย เมื่อมีการกด Keypad '#' ค้างไว้ 2 วินาที ระบบก็จะเข้าสู่ส่วนของการเปลี่ยน Password และเบอร์โทรศัพท์เพื่อแจ้งเตือนภัย โดยถ้าต้องการเปลี่ยน Password จะให้ใส่ Password ได้ 4 ตัว ส่วนถ้าผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนหมายเลขโทรศัพท์ระบบก็จะมีให้เลือกว่าต้องการที่จะเปลี่ยนเบอร์โทรศัพท์เพื่อแจ้งเตือนเมื่อมีเหตุบุกรุก หรือเกิดอัคคีภัย โดยเมื่อผู้ใช้ใส่เบอร์โทรศัพท์ครบแล้วให้กดปุ่ม '*' ตามหลังก็เป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการเปลี่ยนเบอร์โทรศัพท์

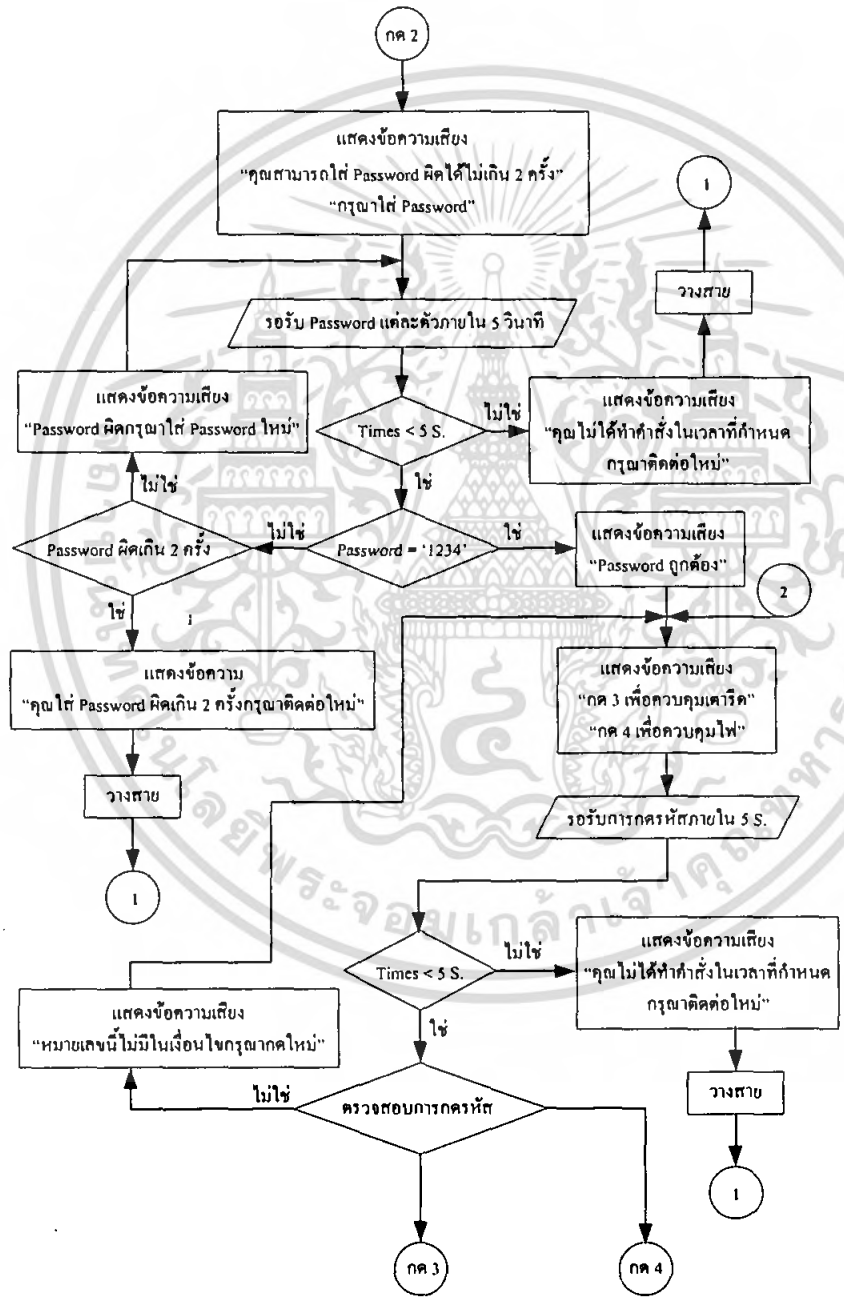
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 แสดงการทำงานของส่วนเปลี่ยน Password และเบอร์โทรศัพท์เพื่อแจ้งเตือนภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

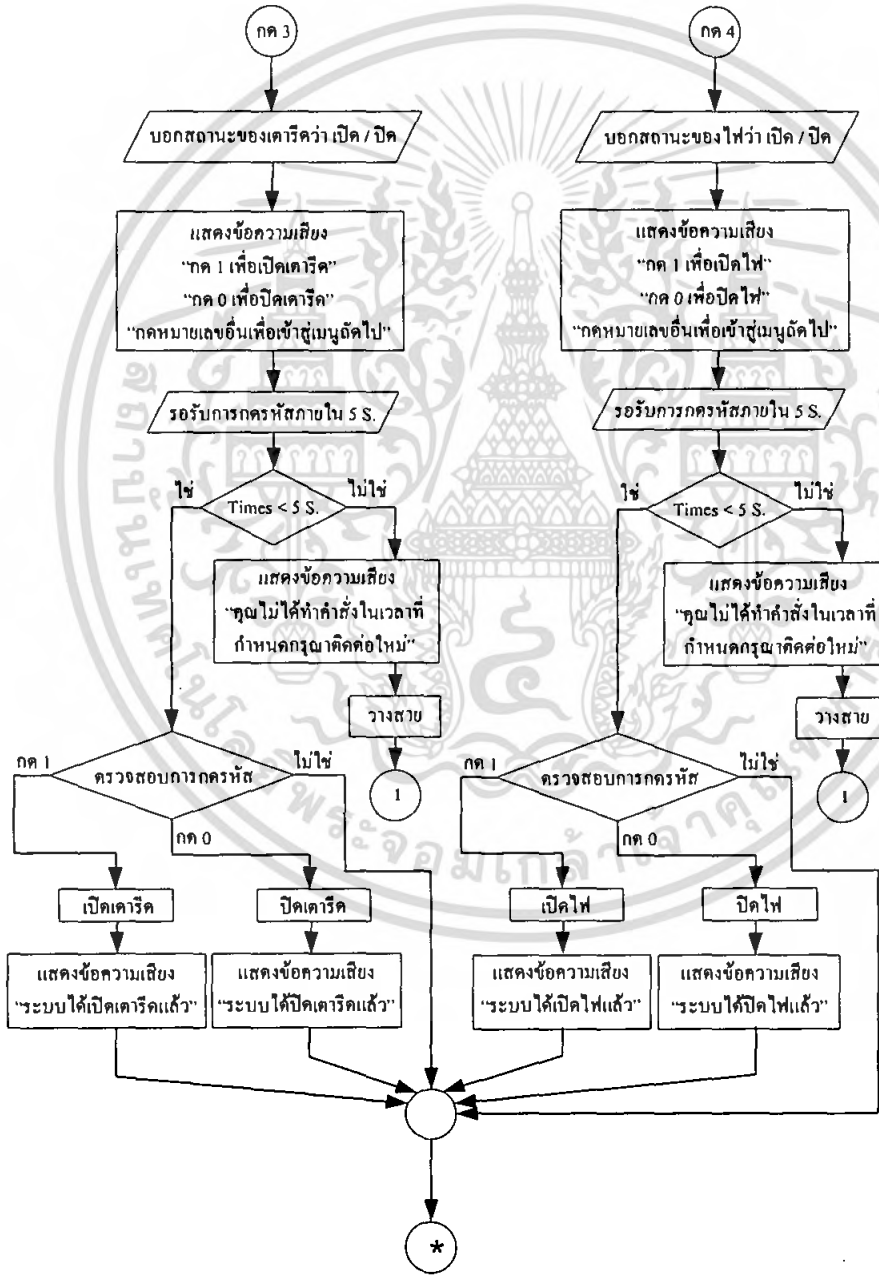
จากรูป 3.19 เมื่อผู้เรียกสายมีการกด 2 ซึ่งตรงกับคำสั่งในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ระบบจะทำการถาม Password ก่อนจะเข้าสู่การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อป้องกันผู้ก่อกวน โดยผู้ใช้สามารถใส่ Password ผิดได้ไม่เกิน 2 ครั้ง ถ้าผู้ใช้ใส่ Password ถูกต้องระบบก็จะอนุญาตให้ผู้ใช้เข้าสู่การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยวงจร ISD4003 จะทำหน้าที่อธิบายเงื่อนไขในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 3.19 แสดงการทำงานย่อยเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อกด 2

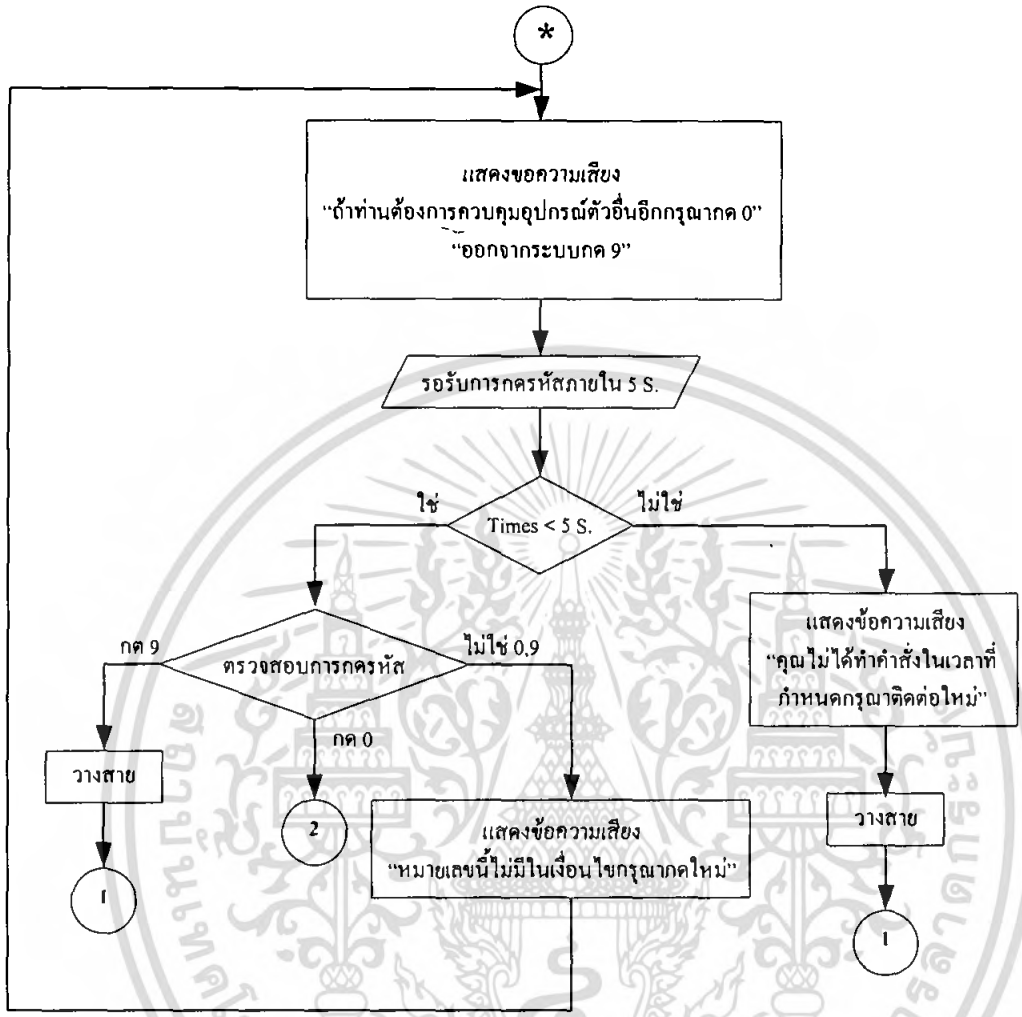
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 3.20 เมื่อผู้ใช้มีการกดหมายเลข 3 เพื่อควบคุมเตารีด หรือ 4 เพื่อควบคุมหลอดไฟ ระบบจะทำการตรวจเช็คสถานะการทำงานของอุปกรณ์ตัวที่ถูกเลือกว่าเปิดหรือปิดอยู่ในขณะนั้น โดยถ้ามีการเลือกที่จะเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวใดตัวหนึ่ง หน่วยประมวลผลก็จะส่งสัญญาณเพื่อไปทริกวงจรขับ RELAY เพื่อควบคุมอุปกรณ์ตามที่ต้องการและจะมีการแจ้งสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าหลังการควบคุม โดยอุปกรณ์แต่ละตัวนั้นจะสามารถควบคุมการเปิด/ปิด ได้ 2 วิธีคือ ใช้ Manual Switch หรือ โทรศัพท์เข้ามาสั่งการ



รูปที่ 3.20 แสดงการทำงานย่อยเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อกด 3, 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

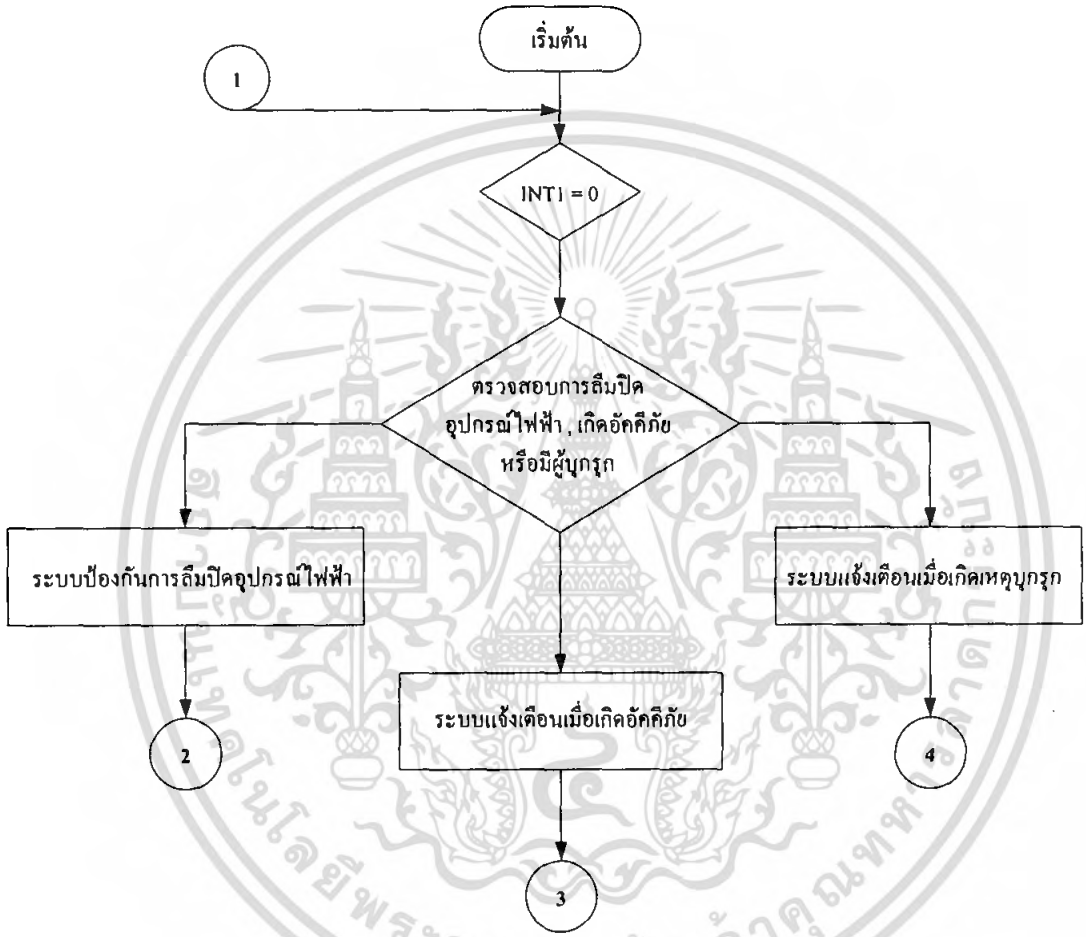


รูปที่ 3.20 (ต่อ) แสดงการทำงานย่อยเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อกด 3, 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.12 โหมดการรักษาความปลอดภัย

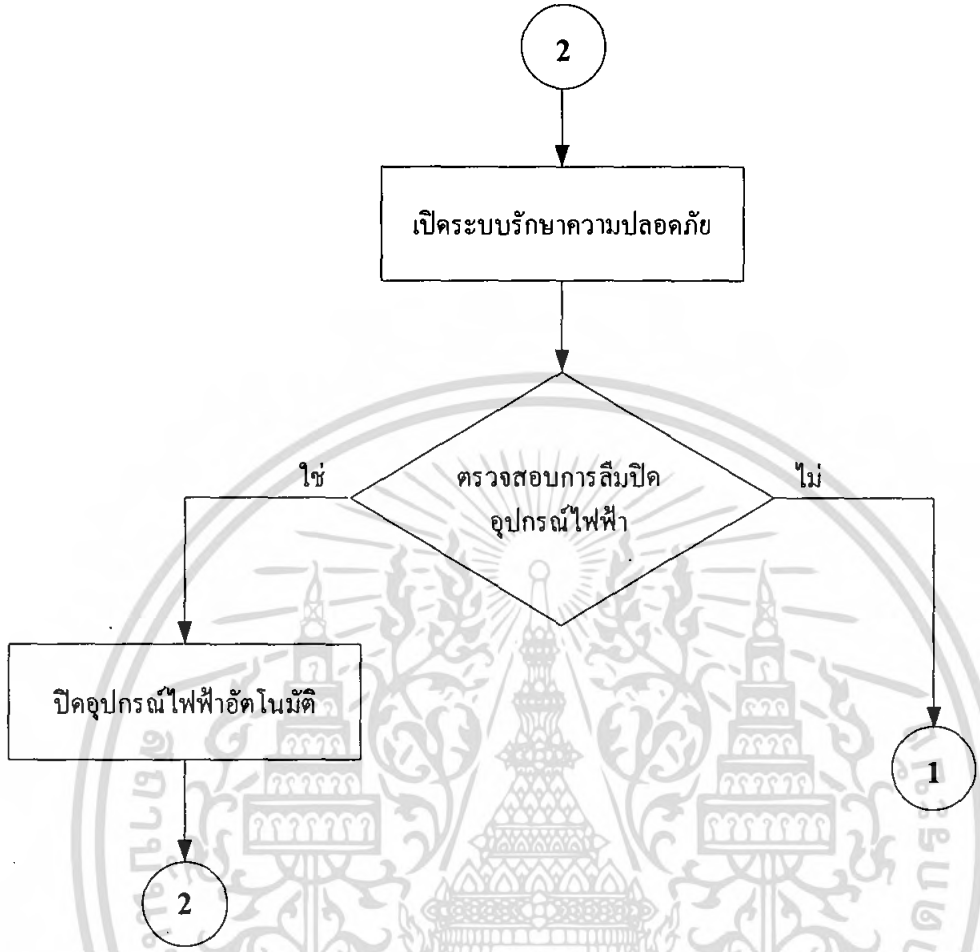
จากรูปที่ 3.21 เมื่อมีสัญญาณลอจิก '0' เข้ามาที่ขา INT1 ของ AT89S52 ก็จะเข้าระบบรักษาความปลอดภัยโดยระบบรักษาความปลอดภัยจะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนป้องกันการลืมปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ส่วนแจ้งเตือนเมื่อเกิดอัคคีภัย และส่วนแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุบุกรุก



รูปที่ 3.21 แสดงการทำงานโดยรวมของระบบรักษาความปลอดภัย

จากรูปที่ 3.22 เมื่อผู้ใช้ทำการปิด Main Switch เพื่อเปิดระบบรักษาความปลอดภัย ระบบจะทำการตรวจสอบว่ามีอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวใดเปิดอยู่บ้าง ซึ่งระบบจะถือว่าเป็นการลืมปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ระบบจะทำการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยอัตโนมัติทันที

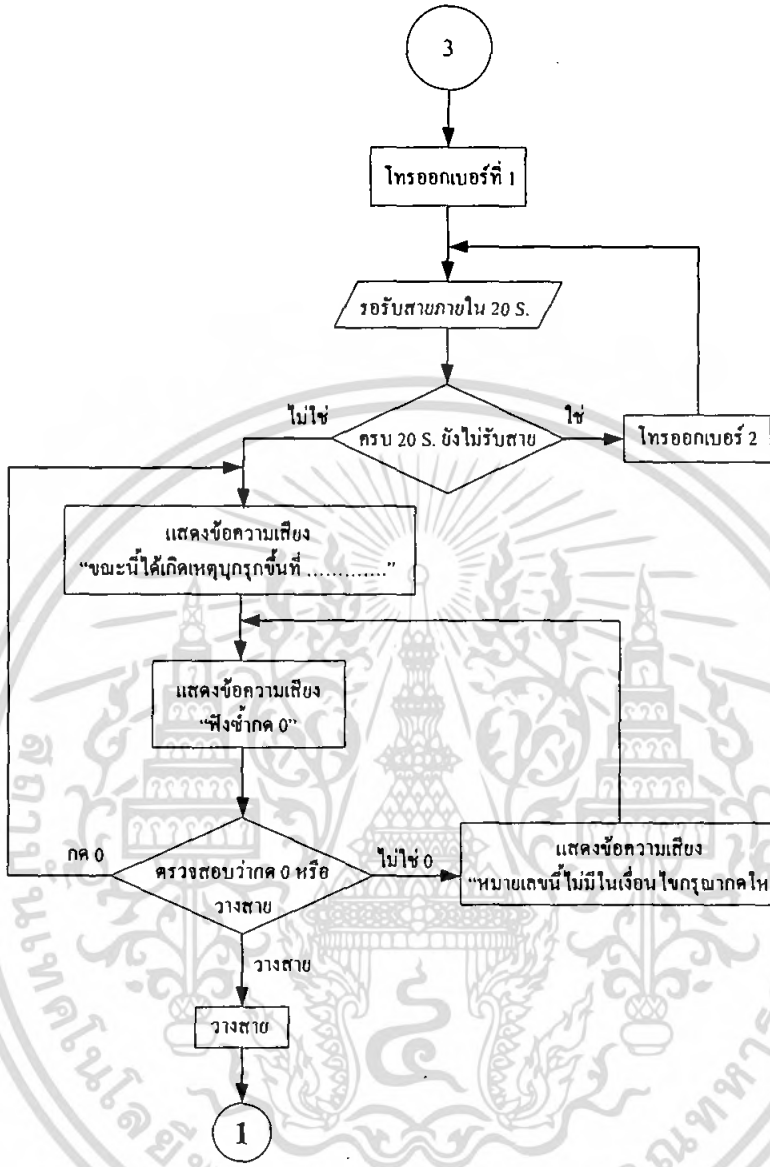
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 แสดงการทำงานโดยรวมของระบบป้องกันการลืมปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.23 เมื่อระบบตรวจสอบพบว่าเกิดเหตุบุกรุกขึ้น โดยในส่วนการแจ้งเตือนภัยเมื่อเกิดเหตุบุกรุกนั้นจะเริ่มโดยเมื่อมีการเปิด Main Switch เพื่อเปิดระบบแจ้งเตือน และ Sensor ตรวจพบว่าเกิดเหตุบุกรุกขึ้น ระบบก็จะทำการโทรออกไปยังเบอร์โทรศัพท์ที่ได้ตั้งเอาไว้ล่วงหน้าและระบบจะเช็คว่ามีการรับสายภายใน 20 วินาที หรือไม่ ถ้าไม่ระบบจะทำการวางสายแล้วโทรออกไปยังเบอร์ที่ 2 ถ้าภายใน 20 วินาทียังไม่มีการรับสายระบบก็จะโทรไปเบอร์ที่ 2 ซ้ำอีกครั้ง เมื่อมีการรับสาย วงจร ISD 4003 ก็จะแจ้งข้อความเสียงให้ผู้รับสายทราบว่ามีการเกิดเหตุบุกรุกขึ้นพร้อมแจ้งที่อยู่ให้ทราบ และผู้รับสายสามารถฟังซ้ำได้โดยการกด '0' โดยระบบจะตรวจสอบว่ามีการกดหมายเลข '0' เพื่อฟังซ้ำหรือวางสาย โดยถ้ามีการวางสาย ระบบจะหยุดทำงานแล้วกลับไปรอการทำงานใหม่ ระหว่างที่ระบบเสียงตอบรับอัตโนมัติทำงาน ผู้ใช้สามารถกดรหัสก่อนได้เลยโดยไม่ต้องรอให้ระบบเสียงตอบรับพูดข้อความจนจบ เพราะนำสัญญาณ STOBE ที่ได้จากวงจร MT8870 มาทำสัญญาณ INTERRUPT เพื่อตัดเสียงจากระบบตอบรับให้หยุดทำงานแล้วเข้าสู่เมนูถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

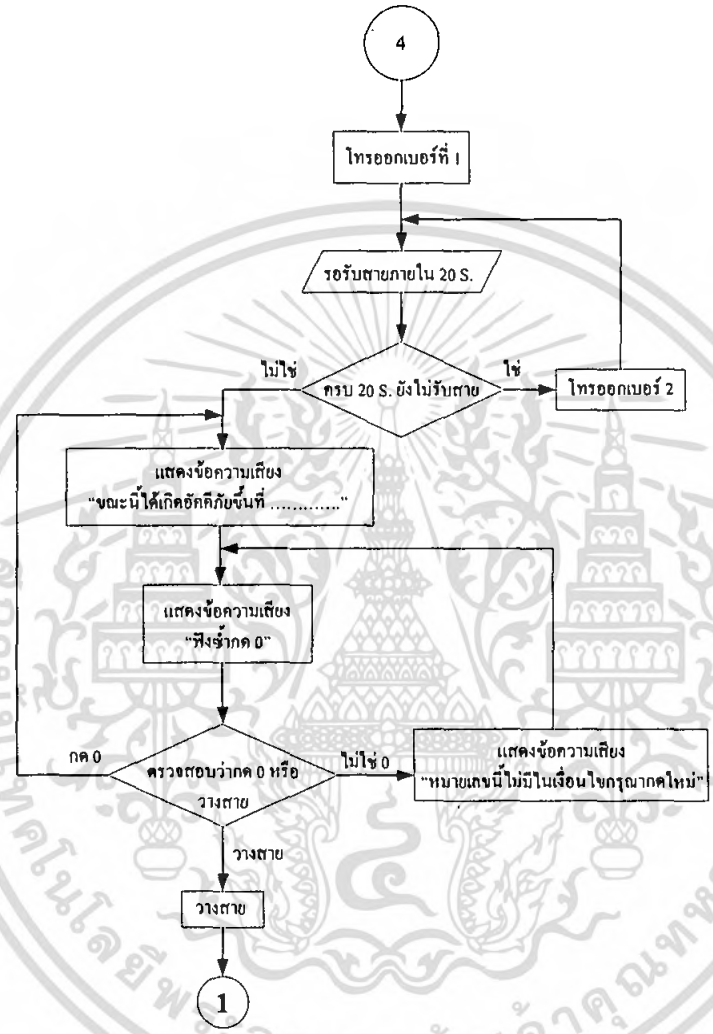


รูปที่ 3.23 แสดงการทำงานโดยรวมของระบบแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุบุกรุก

จากรูปที่ 3.24 เมื่อระบบตรวจสอบพบว่าเกิดอัคคีภัยขึ้น โดยในส่วนการแจ้งเตือนภัยเมื่อเกิดอัคคีภัยนั้นจะเริ่มโดยเมื่อมีการเปิด Main Switch เพื่อเปิดระบบแจ้งเตือนอัคคีภัย และ Sensor ตรวจพบว่าเกิดอัคคีภัยขึ้น ระบบก็จะทำการโทรออกไปยังเบอร์โทรศัพท์ที่ได้ตั้งเอาไว้ล่วงหน้า และระบบจะเช็คว่ามีการรับสายภายใน 20 วินาที หรือไม่ ถ้าไม่ระบบจะทำการวางสายแล้วโทรออกไปยังเบอร์ที่ 2 ถ้าภายใน 20 วินาทียังไม่มีการรับสายระบบก็จะโทรไปเบอร์ที่ 2 ซ้ำอีกครั้ง เมื่ออมีการรับสาย วงจร ISD 4003 ก็จะแจ้งข้อความให้ผู้รับสายทราบว่ามีการเกิดอัคคีภัยขึ้นพร้อมแจ้งที่อยู่ให้ทราบ และผู้รับสายสามารถฟังซ้ำได้โดยการกด '0' โดยระบบจะตรวจสอบว่ามีการกดหมายเลข '0'เพื่อฟังซ้ำหรือวางสาย โดยถ้ามีการวางสาย ระบบจะหยุดทำงานแล้วกลับไปรอการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานใหม่ ระหว่างที่ระบบเสียงตอบรับอัตโนมัติทำงาน ผู้ใช้สามารถกดรหัสก่อนได้เลยโดยไม่ต้องรอให้ระบบเสียงตอบรับพูดข้อความจนจบ เพราะนำสัญญาณ STOBE ที่ได้จากวงจร MT8870 มาทำสัญญาณ INTERRUPT เพื่อตัดเสียงจากระบบตอบรับให้หยุดทำงานแล้วเข้าสู่เมนูถัดไป



รูปที่ 3.24 แสดงการทำงานโดยรวมของระบบแจ้งเตือนเมื่อเกิดอัคคีภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและแจ้งเตือนภัยผ่านโทรศัพท์มือถือโดยอัตโนมัติสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันต่อไปนี้

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS 51) สามารถทำการตรวจจับสัญญาณเรียกเข้าจากโทรศัพท์มือถือซึ่งจะส่งรหัสแอสกี้ของคำว่า "RING" ออกมา และตรวจจับการวางสายของโทรศัพท์ปลายทางซึ่งจะส่งรหัสแอสกี้ของคำว่า "NO CARREAR"ออกมาจากโทรศัพท์มือถือและสามารถสั่งการโทรศัพท์มือถือให้โทรออก วางสาย และรับสายโดยใช้ AT COMMAND ได้

2. เมื่อมีการกดปุ่มบนคีย์สวิตซ์จากโทรศัพท์มือถือปลายทางเพื่อส่งสัญญาณ DTMF มายังโทรศัพท์มือถือของระบบ วงจร MT8870 จะสามารถถอดรหัส DTMF จากลำโพงของโทรศัพท์มือถือให้เป็นรหัส BCD 8421 เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS 51) นำไปประมวลผลต่อได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขที่ได้ตั้งไว้ เช่น เมื่อปลายทางมีการกดปุ่มหมายเลข 1 ซึ่งประกอบไปด้วยสัญญาณความถี่ 697 และ 1209 Hz. จะสามารถถอดรหัสเป็น BCD 8421 ได้คือ 0001 เป็นต้น

3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS 51) สามารถรับรหัส BCD 8421 มาจากวงจร MT8870 ได้และสามารถนำรหัส BCD 8421 มาตรวจสอบเงื่อนไข การทำงานในโปรแกรมได้ เช่น ปลายทางกดปุ่มหมายเลข 1 แล้วหน่วยประมวลผลจะสั่งให้หลอดไฟติดเป็นต้น

4. วงจรตรวจเช็คสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ว่าเปิดหรือปิดอยู่ โดยถ้าอุปกรณ์ไฟฟ้าเปิดอยู่สัญญาณที่ได้จากวงจรเช็คสถานะการทำงานของอุปกรณ์จะเป็นลอจิก 0 แต่ถ้าอุปกรณ์ไฟฟ้าปิดอยู่สัญญาณที่ได้จากวงจรเช็คสถานะการทำงานของอุปกรณ์จะเป็นลอจิก 1

5. เมื่อ Sensor ตรวจจับพบว่ามีการเกิดเหตุบุกรุก หรืออัคคีภัยเกิดขึ้นระบบจะทำการสั่งให้โทรศัพท์มือถือโทรออกไปยังเบอร์โทรศัพท์ที่ได้ตั้งไว้และสามารถตรวจสอบการรับสายของโทรศัพท์ปลายทางได้โดยการส่งรหัส AT^SCNI ให้กับโทรศัพท์มือถือ

6. เมื่อมีการเปิด Main Switch เพื่อเปิดระบบรักษาความปลอดภัยระบบจะทำการตรวจสอบว่ามีอุปกรณ์ไฟฟ้าชิ้นใดเปิดอยู่บ้างซึ่งถ้าตรวจพบระบบจะถือว่าเป็นการลืมปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าและจะทำการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ

7. วงจรส่วนควบคุมเสียงสามารถแสดงข้อความเสียงตามลำดับการทำงานและสามารถทำการบันทึกข้อความเสียงเมื่อผู้ใช้ต้องการฝากข้อความเสียงถึงเจ้าของบ้าน และเจ้าของบ้านยังสามารถทำการเปิดฟังข้อความเสียงที่ฝากไว้ได้อีกด้วยโดยการกดปุ่มหมายเลข 2 บนคีย์สวิตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS 51) สามารถส่งสัญญาณไปทริกรีเลย์เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ตามเงื่อนไข และผู้ใช้สามารถเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้เองโดยใช้ Manual Switch ซึ่งจะใช้หลักการของสวิตซ์ 2 ทาง

9. วงจรขยายพอร์ตที่ใช้ IC 8255 สามารถขยายพอร์ตอินพุตเอาท์พุตได้คือ PORT A และ C เป็นเอาท์พุต และ PORT B เป็นอินพุต โดยการป้อนรหัสควบคุมให้กับ Control Port เป็น 0x82

10. ผู้ใช้สามารถเปลี่ยน Password และ เบอร์โทรศัพท์ที่ใช้แจ้งเตือนภัยได้ตามต้องการโดยใช้ Matrix Switch ตามขั้นตอนที่แสดงบนหน้าจอ LCD

11. ในกรณีที่ผู้ใช้อยู่ที่บ้านแล้วไม่ได้เปิด Main Switch เพื่อเปิดระบบไว้ ถ้าเกิดมีเหตุที่ต้องแจ้งเตือนภัยขึ้นระบบจะไม่สั่งให้โทรศัพท์โทรออกเพื่อแจ้งเตือน แต่ระบบจะส่งสัญญาณให้ออดดังขึ้นเพื่อเตือนแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์

ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและแจ้งเตือนภัยผ่านโทรศัพท์มือถือโดยอัตโนมัติสามารถทำงานได้ตามคำสั่งที่ตั้งไว้ แต่ยังมีบางส่วนมีเกิดปัญหา ซึ่งปัญหาที่พบได้แก่

1. วงจร ISD4003 เวลาเล่นข้อความเสียงออกมานั้นจะมีสัญญาณรบกวนออกมาด้วยทำให้เสียงที่ได้ไม่ชัดเจนจึงต้องนำตัวเก็บประจุมาต่อคร่อมที่ขาสัญญาณเอาท์พุต เพื่อกรองสัญญาณรบกวนลงกราวด์ ทำให้สัญญาณเสียงดีขึ้นในระดับหนึ่ง
2. ในส่วนแสดงข้อความเสียงตอบรับ เมื่อสั่งให้วงจร ISD4003 ทำงาน บางครั้งเสียงที่อัดไว้จะขาดๆหายๆไป ซึ่งไม่สามารถหาสาเหตุได้
3. ในการนำระบบไปใช้งานจริงอาจจะต้องมีการขยายพอร์ตอินพุตเอาท์พุตให้มากขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้าน
4. วงจร MT8870 ในบางครั้งไม่สามารถจับสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาได้ ซึ่งทำให้โปรแกรมเกิดการผิดพลาดขึ้น
5. ระบบนี้ยังไม่สามารถป้องกันความผิดพลาดที่อาจจะมาจากไฟฟ้าดับได้ ซึ่งจะทำให้เบอร์โทรศัพท์ และ Password ที่ได้บันทึกไว้หายหมด และยังไม่สามารถแจ้งเตือนภัยในขณะที่ไฟดับได้ ระบบจึงควรใช้ไฟจากแบตเตอรี่โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ปราโมทย์ พัฒนพันธ์ชัย และ ปวินทร์ พิกุลแก้ว, "เครื่องจัดลำดับอัตโนมัติ", ปริญญานิพนธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542
2. นพคุณ บุญปั้น และ สิทธิศักดิ์ เตชะเมธีกุล, "การพัฒนาเครื่องบันทึกการใช้งานโทรศัพท์อัตโนมัติ", ปริญญานิพนธ์คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2544
3. Available from: http://www.elecnet.chandra.ac.th/learn/tipntrick/sourcecode/Frame-3a.html
4. Available from: http://www.alldatasheet.com
5. Available from: http://alumni.ipt.pt/~pmad/s35i_c35i_m35i_atc_commandset_v01.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

July 2006

tm

Single-Channel: 6N137, HCPL-2601, HCPL-2611
Dual-Channel: HCPL-2630, HCPL-2631
High Speed-10 MBit/s Logic Gate Optocouplers

Features

- Very high speed-10 MBit/s
- Superior CMR-10 kV/μs
- Double working voltage-480V
- Fan-out of 8 over -40°C to +85°C
- Logic gate output
- Strobable output
- Wired OR-open collector
- U.L. recognized (File # E90700)

Applications

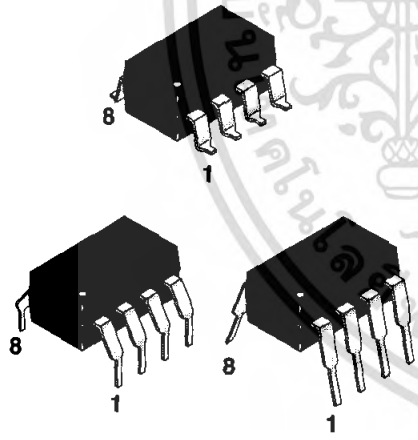
- Ground loop elimination
- LSTTL to TTL, LSTTL or 5-volt CMOS
- Line receiver, data transmission
- Data multiplexing
- Switching power supplies
- Pulse transformer replacement
- Computer-peripheral interface

Description

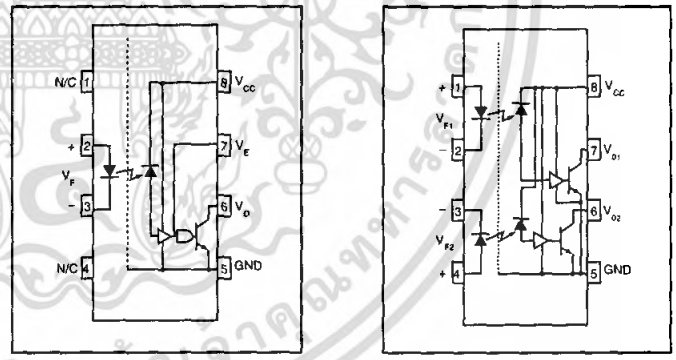
The 6N137, HCPL-2601/2611 single-channel and HCPL-2630/2631 dual-channel optocouplers consist of a 850 nm AlGaAS LED, optically coupled to a very high speed integrated photodetector logic gate with a strobable output. This output features an open collector, thereby permitting wired OR outputs. The coupled parameters are guaranteed over the temperature range of -40°C to +85°C. A maximum input signal of 5 mA will provide a minimum output sink current of 13mA (fan out of 8).

An internal noise shield provides superior common mode rejection of typically 10kV/μs. The HCPL- 2601 and HCPL- 2631 has a minimum CMR of 5 kV/μs. The HCPL-2611 has a minimum CMR of 10 kV/μs.

Package



Schematic



6N137
HCPL-2601
HCPL-2611

HCPL-2630
HCPL-2631

Truth Table (Positive Logic)

Input	Enable	Output
H	H	L
L	H	H
H	L	H
L	L	H
H	NC	L
L	NC	H

A 0.1μF bypass capacitor must be connected between pins 8 and 5. (See note 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (T_A = 25°C unless otherwise specified)

Parameter		Symbol	Value	Units
Storage Temperature		T_{STG}	-55 to +125	°C
Operating Temperature		T_{OPR}	-40 to +85	°C
Lead Solder Temperature		T_{SOL}	260 for 10 sec	°C
EMITTER				
DC/Average Forward Input Current	Single Channel	I_F	50	mA
	Dual Channel (Each Channel)		30	
Enable Input Voltage Not to exceed V_{CC} by more than 500 mV	Single Channel	V_E	5.5	V
Reverse Input Voltage	Each Channel	V_R	5.0	V
Power Dissipation	Single Channel	P_I	100	mW
	Dual Channel (Each Channel)		45	
DETECTOR				
Supply Voltage		V_{CC} (1 minute max)	7.0	V
Output Current	Single Channel	I_O	50	mA
	Dual Channel (Each Channel)		50	
Output Voltage	Each Channel	V_O	7.0	V
Collector Output Power Dissipation	Single Channel	P_O	85	mW
	Dual Channel (Each Channel)		60	

Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	Min	Max	Units
Input Current, Low Level	I_{FL}	0	250	µA
Input Current, High Level	I_{FH}	*6.3	15	mA
Supply Voltage, Output	V_{CC}	4.5	5.5	V
Enable Voltage, Low Level	V_{EL}	0	0.8	V
Enable Voltage, High Level	V_{EH}	2.0	V_{CC}	V
Low Level Supply Current	T_A	-40	+85	°C
Fan Out (TTL load)	N		8	

*6.3mA is a guard banded value which allows for at least 20% CTR degradation. Initial input current threshold value is 5.0 mA or less.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (T_A = 0 to 70°C Unless otherwise specified)
Individual Component Characteristics

Parameter		Test Conditions	Symbol	Min	Typ**	Max	Unit
EMITTER		(I_F = 10mA)	V_F			1.8	V
Input Forward Voltage		T_A = 25°C			1.4	1.75	
Input Reverse Breakdown Voltage		(I_R = 10μA)	B_{VR}	5.0			V
Input Capacitance		(V_F = 0, f = 1 MHz)	C_{IN}		60		pF
Input Diode Temperature Coefficient		(I_F = 10mA)	$\Delta V_F/\Delta T_A$		-1.4		mV/°C
DETECTOR							
High Level Supply Current	Single Channel	(V_{CC} = 5.5 V, I_F = 0 mA)	I_{CCH}		7	10	mA
	Dual Channel	(V_E = 0.5V)			10	15	
Low Level Supply Current	Single Channel	(V_{CC} = 5.5 V, I_F = 10 mA)	I_{CCL}		9	13	mA
	Dual Channel	(V_E = 0.5V)			14	21	
Low Level Enable Current		(V_{CC} = 5.5 V, V_E = 0.5V)	I_{EL}		-0.8	-1.6	mA
High Level Enable Current		(V_{CC} = 5.5 V, V_E = 2.0V)	I_{EH}		-0.6	-1.6	mA
High Level Enable Voltage		(V_{CC} = 5.5 V, I_F = 10 mA)	V_{EH}	2.0			V
Low Level Enable Voltage		(V_{CC} = 5.5 V, I_F = 10 mA)(Note 3)	V_{EL}			0.8	V

Switching Characteristics (T_A = -40°C to +85°C, V_{CC} = 5 V, I_F = 7.5 mA Unless otherwise specified)

AC Characteristics		Test Conditions	Symbol	Min	Typ**	Max	Unit
Propagation Delay Time to Output High Level		(Note 4) (T_A = 25°C)	T_{PLH}	20	45	75	ns
		(R_L = 350Ω, C_L = 15 pF) (Fig. 12)				100	
Propagation Delay Time to Output Low Level		(Note 5) (T_A = 25°C)	T_{PHL}	25	45	75	ns
		(R_L = 350Ω, C_L = 15 pF) (Fig. 12)				100	
Pulse Width Distortion		(R_L = 350Ω, C_L = 15 pF) (Fig. 12)	$\lvert T_{PHL}-T_{PLH}\rvert$		3	35	ns
Output Rise Time (10-90%)		(R_L = 350Ω, C_L = 15 pF) (Note 6) (Fig. 12)	t_r		50		ns
Output Rise Time (90-10%)		(R_L = 350Ω, C_L = 15 pF) (Note 7) (Fig. 12)	t_f		12		ns
Enable Propagation Delay Time to Output High Level		(I_F = 7.5 mA, V_{EH} = 3.5 V) (R_L = 350Ω, C_L = 15 pF) (Note 8) (Fig. 13)	t_{ELH}		20		ns
Enable Propagation Delay Time to Output Low Level		(I_F = 7.5 mA, V_{EH} = 3.5 V) (R_L = 350Ω, C_L = 15 pF) (Note 9) (Fig. 13)	t_{EHL}		20		ns
Common Mode Transient Immunity (at Output High Level)		(T_A = 25°C) $\lvert V_{CM}\rvert$ = 50V, (Peak) (I_F = 0 mA, V_{OH} (Min.) = 2.0V)	$\lvert CM_H\rvert$				V/μs
	6N137, HCPL-2630	(R_L = 350Ω) (Note 10)			10,000		
	HCPL-2601, HCPL-2631	(Fig. 14)		5000	10,000		
	HCPL-2611	$\lvert V_{CM}\rvert$ = 400V		10,000	15,000		
Common Mode Transient Immunity (at Output Low Level)		(R_L = 350Ω) (I_F = 7.5 mA, V_{OL} (Max.) = 0.8V	$\lvert CM_L\rvert$		10,000		V/μs
	6N137, HCPL-2630	$\lvert V_{CM}\rvert$ = 50V (Peak)					
	HCPL-2601, HCPL-2631	(T_A = 25°C)(Note 11)(Fig. 14)		5000	10,000		
	HCPL-2611(T_A = 25°C)	$\lvert V_{CM}\rvert$ = 400V		10,000	15,000		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transfer Characteristics (T_A = -40 to +85°C Unless otherwise specified)

DC Characteristics	Test Conditions	Symbol	Min	Typ**	Max	Unit
High Level Output Current	(V_{CC} = 5.5 V, V_O = 5.5 V) (I_F = 250 µA, V_E = 2.0 V) (Note 2)	I_{OH}			100	µA
Low Level Output Current	(V_{CC} = 5.5 V, I_F = 5 mA) (V_E = 2.0 V, I_{CL} = 13 mA) (Note 2)	V_{OL}		.35	0.6	V
Input Threshold Current	(V_{CC} = 5.5 V, V_O = 0.6 V, V_E = 2.0 V, I_{OL} = 13 mA)	I_{FT}		3	5	mA

Isolation Characteristics (T_A = -40°C to +85°C Unless otherwise specified.)

Characteristics	Test Conditions	Symbol	Min	Typ**	Max	Unit
Input-Output Insulation Leakage Current	(Relative humidity = 45%) (T_A = 25°C, *t* = 5 s) (V_{I-O} = 3000 VDC) (Note 12)	I_{I-O}			1.0*	µA
Withstand Insulation Test Voltage	(RH < 50%, T_A = 25°C) (I_{I-O} ≤ 2 µA) (Note 12) (t = 1 min.)	V_{ISO}	2500			V_{RMS}
Resistance (Input to Output)	(V_{I-O} = 500 V) (Note 12)	R_{I-O}		10^{12}		Ω
Capacitance (Input to Output)	(f = 1 MHz) (Note 12)	C_{I-O}		0.6		pF

** All Typicals at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C

NOTES

1. The V_{CC} supply to each optoisolator must be bypassed by a 0.1µF capacitor or larger. This can be either a ceramic or solid tantalum capacitor with good high frequency characteristic and should be connected as close as possible to the package V_{CC} and GND pins of each device.
2. Each channel.
3. Enable Input - No pull up resistor required as the device has an internal pull up resistor.
4. t_{PLH} -Propagation delay is measured from the 3.75 mA level on the HIGH to LOW transition of the input current pulse to the 1.5 V level on the LOW to HIGH transition of the output voltage pulse.
5. t_{PHL} -Propagation delay is measured from the 3.75 mA level on the LOW to HIGH transition of the input current pulse to the 1.5 V level on the HIGH to LOW transition of the output voltage pulse.
6. t_r -Rise time is measured from the 90% to the 10% levels on the LOW to HIGH transition of the output pulse.
7. t_f -Fall time is measured from the 10% to the 90% levels on the HIGH to LOW transition of the output pulse.
8. t_{ELH} -Enable input propagation delay is measured from the 1.5 V level on the HIGH to LOW transition of the input voltage pulse to the 1.5 V level on the LOW to HIGH transition of the output voltage pulse.
9. t_{EHL} -Enable input propagation delay is measured from the 1.5 V level on the LOW to HIGH transition of the input voltage pulse to the 1.5 V level on the HIGH to LOW transition of the output voltage pulse.
10. CM_H -The maximum tolerable rate of rise of the common mode voltage to ensure the output will remain in the high state (i.e., V_{OUT} > 2.0 V). Measured in volts per microsecond (V/µs).
11. CM_L -The maximum tolerable rate of rise of the common mode voltage to ensure the output will remain in the low output state (i.e., V_{OUT} < 0.8 V). Measured in volts per microsecond (V/µs).
12. Device considered a two-terminal device: Pins 1,2,3 and 4 shorted together, and Pins 5,6,7 and 8 shorted together.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig.1 Low Level Output Voltage vs. Ambient Temperature

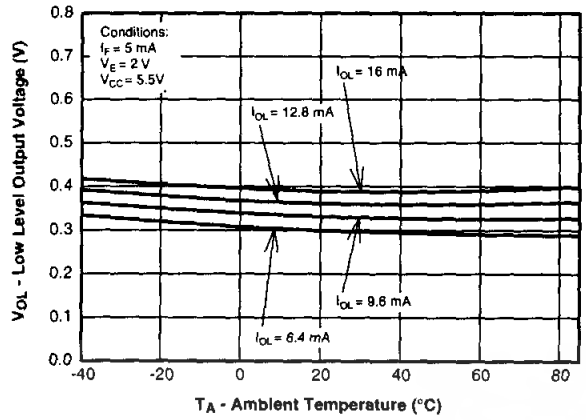


Fig. 2 Input Diode Forward Voltage vs. Forward Current

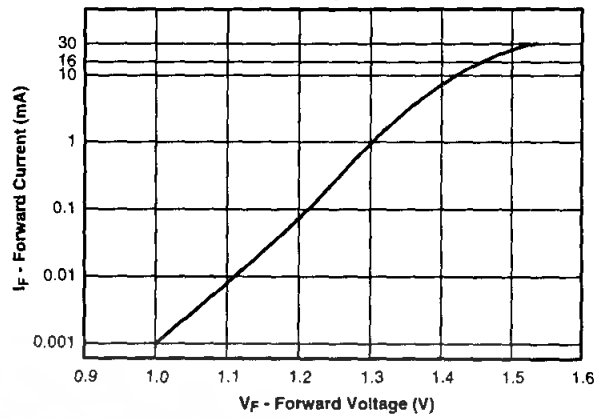


Fig.3 Switching Time vs. Forward Current

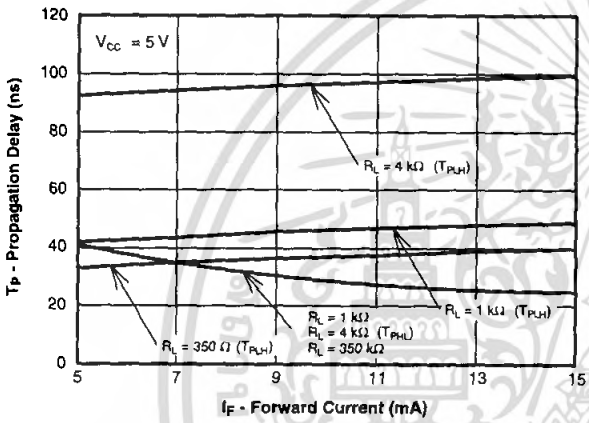


Fig. 4 Low Level Output Current vs. Ambient Temperature

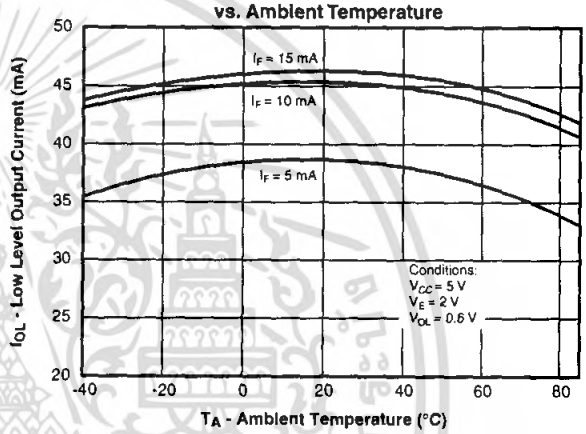


Fig. 5 Input Threshold Current vs. Ambient Temperature

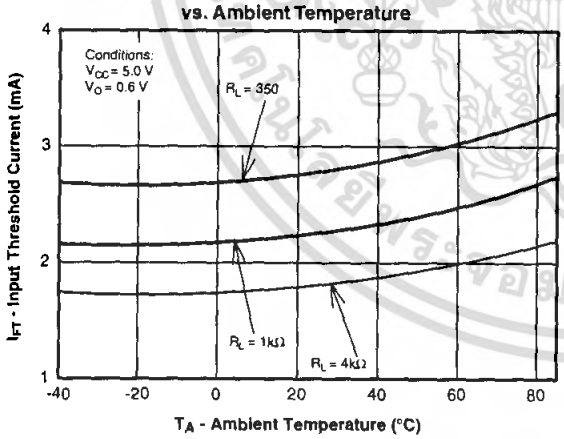
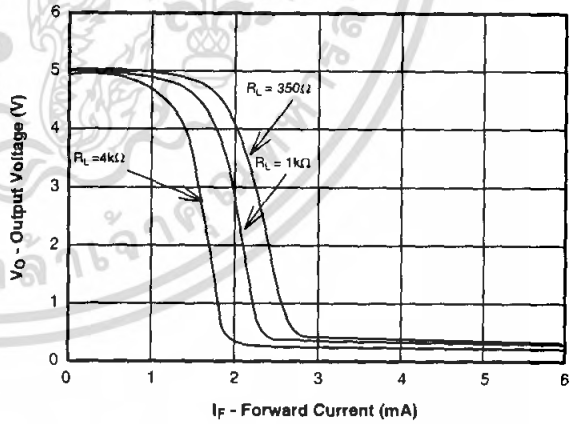


Fig. 6 Output Voltage vs. Input Forward Current



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 7 Pulse Width Distortion vs. Temperature

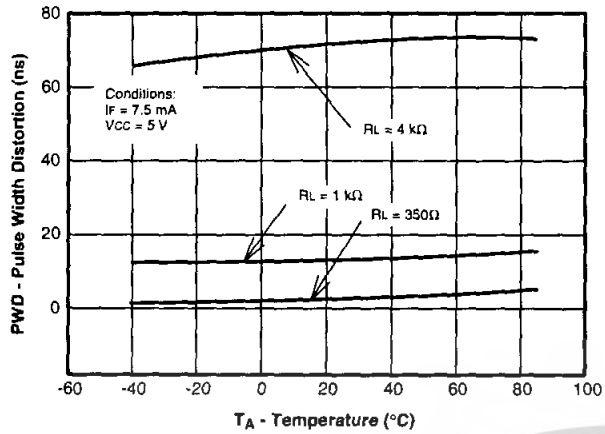


Fig. 8 Rise and Fall Time vs. Temperature

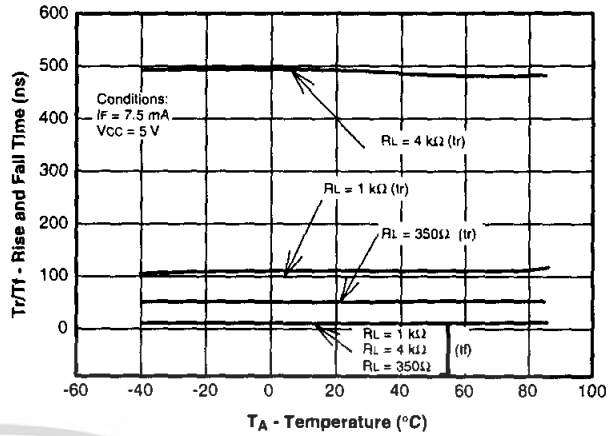


Fig. 9 Enable Propagation Delay vs. Temperature

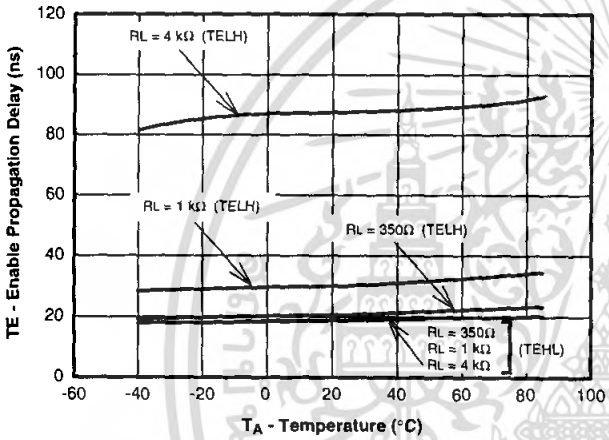


Fig. 10 Switching Time vs. Temperature

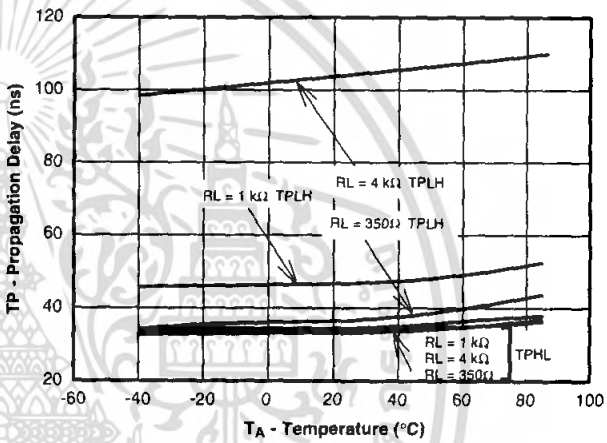
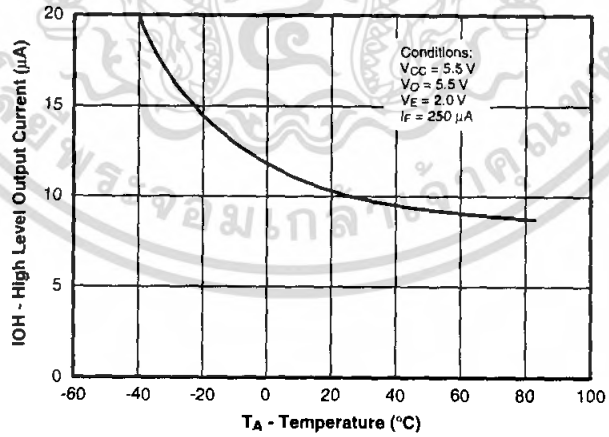


Fig. 11 High Level Output Current vs. Temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

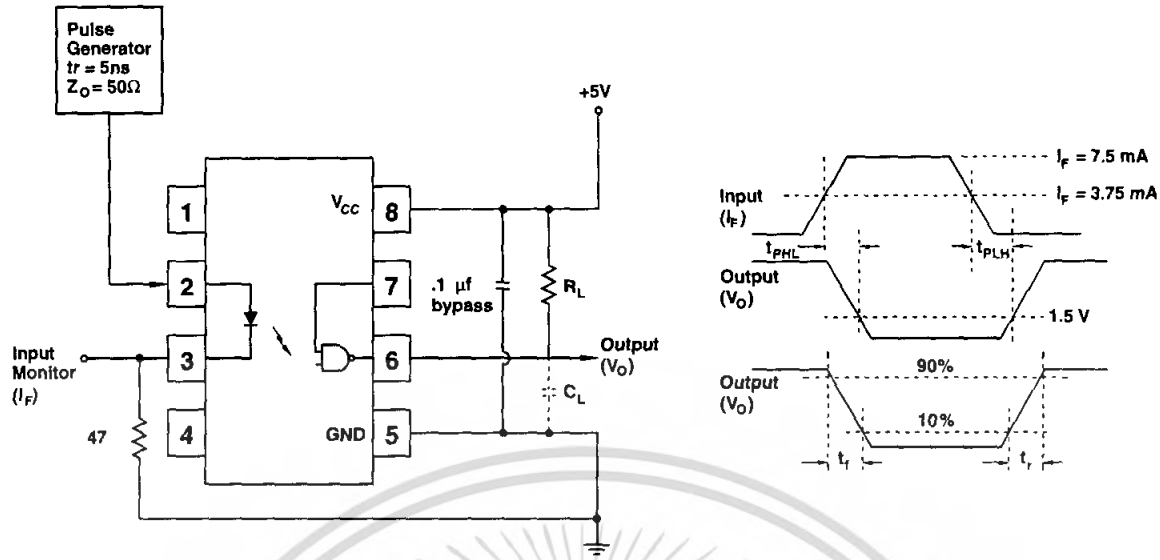


Fig. 12 Test Circuit and Waveforms for t_{PLH}, t_{PHL}, t_r and t_f.

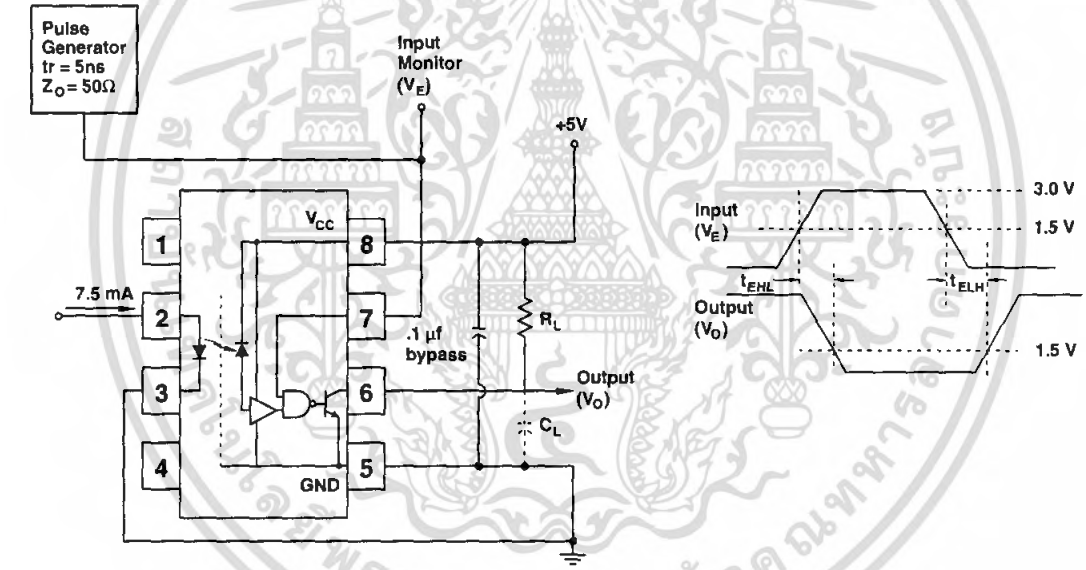


Fig. 13 Test Circuit t_{EHL} and t_{ELH}.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

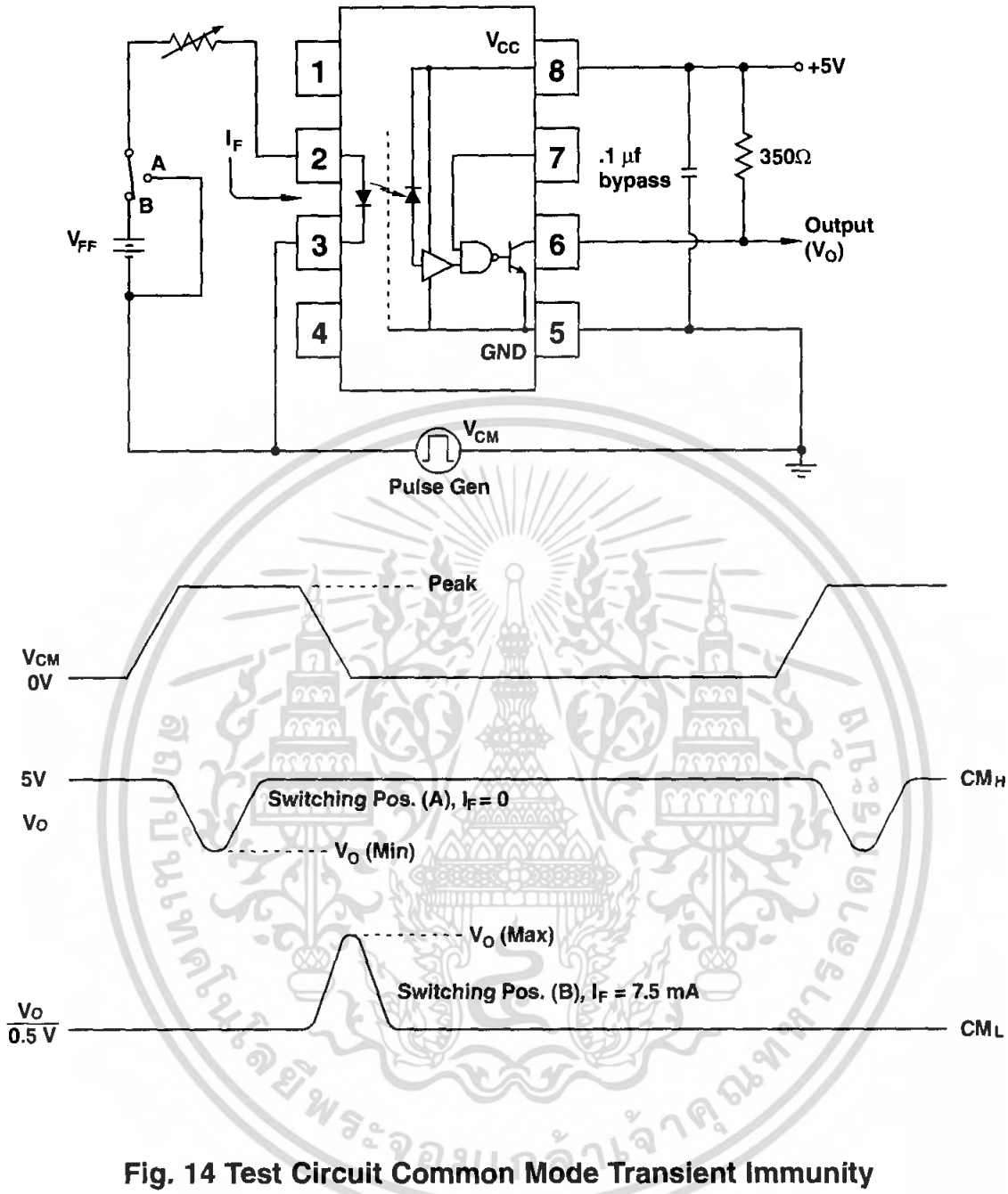


Fig. 14 Test Circuit Common Mode Transient Immunity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO²-CMOS MT8870D/MT8870D-1
Integrated DTMF Receiver

ISSUE 3 May1995

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

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

Ordering Information

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

-40 °C to +85 °C

Description

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

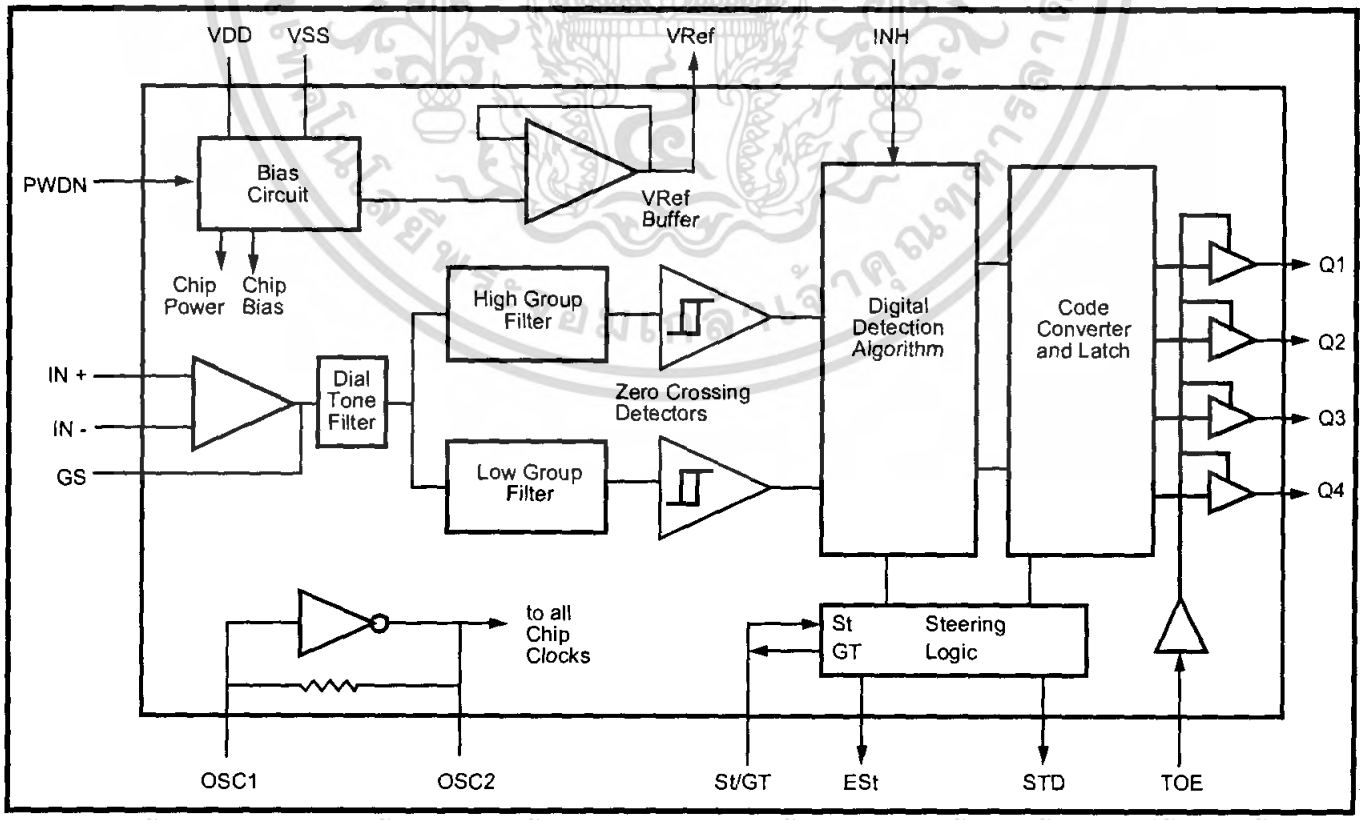


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

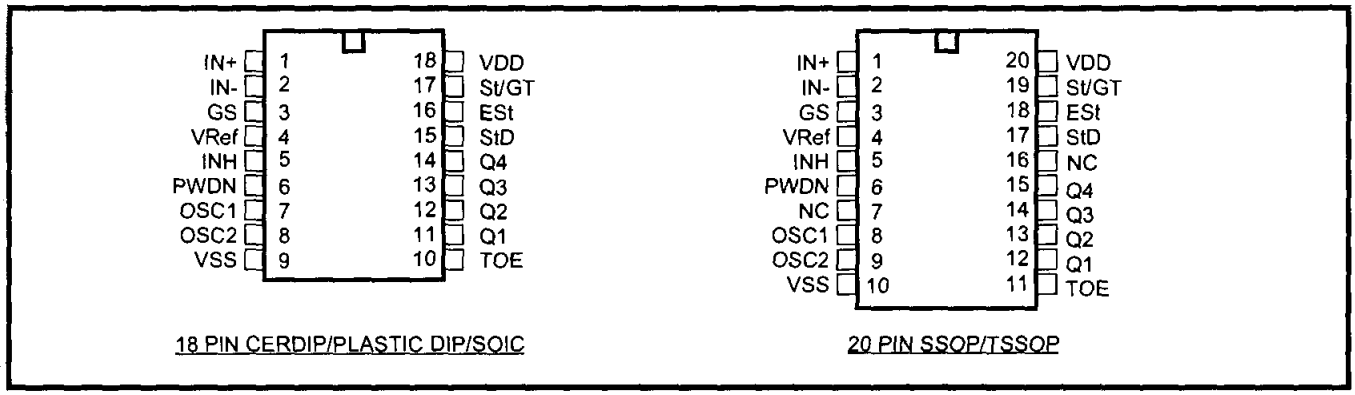


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

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

Filter Section

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

Decoder Section

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

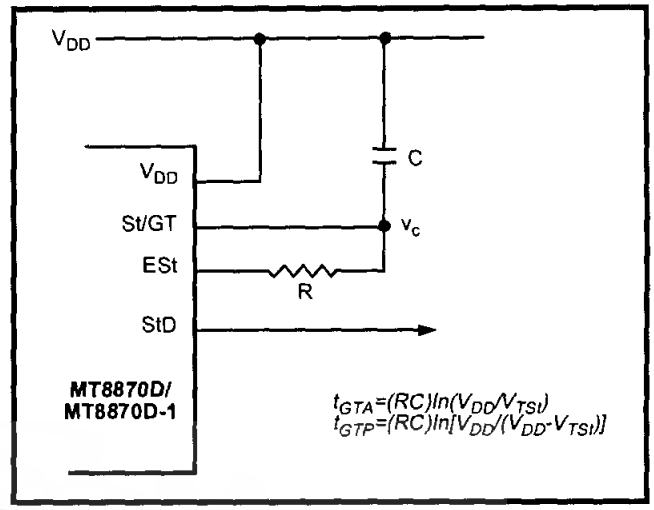


Figure 4 - Basic Steering Circuit

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

Steering Circuit

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

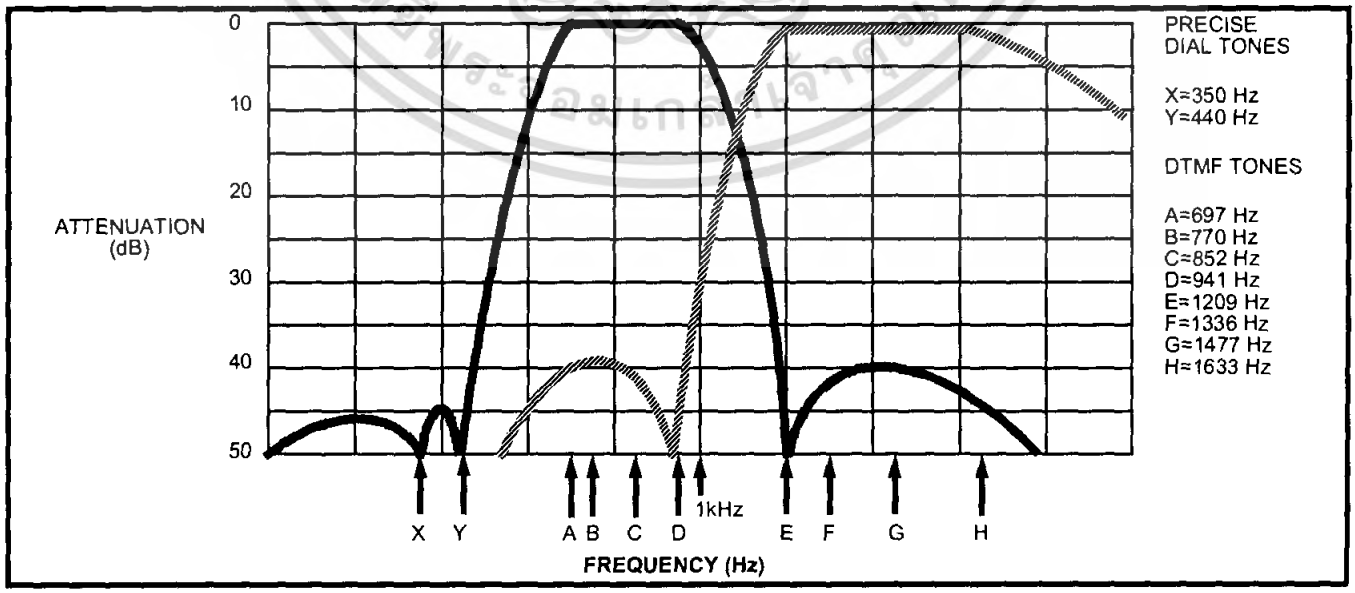


Figure 3 - Filter Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

condition is maintained (ESt remains high) for the validation period (t_{GTP}), v_c reaches the threshold (V_{TSt}) of the steering logic to register the tone pair, latching its corresponding 4-bit code (see Table 1) into the output latch. At this point the GT output is activated and drives v_c to V_{DD}. GT continues to drive high as long as ESt remains high. Finally, after a short delay to allow the output latch to settle, the delayed steering output flag (StD) goes high, signalling that a received tone pair has been registered. The contents of the output latch are made available on the 4-bit output bus by raising the three state control input (TOE) to a logic high. The steering circuit works in reverse to validate the interdigit pause between signals. Thus, as well as rejecting signals too short to be considered valid, the receiver will tolerate signal interruptions (dropout) too short to be considered a valid pause. This facility, together with the capability of selecting the steering time constants externally, allows the designer to tailor performance to meet a wide variety of system requirements.

Digit	TOE	INH	ESt	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
ANY	L	X	H	Z	Z	Z	Z
1	H	X	H	0	0	0	1
2	H	X	H	0	0	1	0
3	H	X	H	0	0	1	1
4	H	X	H	0	1	0	0
5	H	X	H	0	1	0	1
6	H	X	H	0	1	1	0
7	H	X	H	0	1	1	1
8	H	X	H	1	0	0	0
9	H	X	H	1	0	0	1
0	H	X	H	1	0	1	0
*	H	X	H	1	0	1	1
#	H	X	H	1	1	0	0
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	0
C	H	L	H	1	1	1	1
D	H	L	H	0	0	0	0
A	H	H	L	undetected, the output code will remain the same as the previous detected code			
B	H	H	L				
C	H	H	L				
D	H	H	L				

Table 1. Functional Decode Table

L=LOGIC LOW, H=LOGIC HIGH, Z=HIGH IMPEDANCE
X = DON'T CARE

Guard Time Adjustment

In many situations not requiring selection of tone duration and interdigital pause, the simple steering circuit shown in Figure 4 is applicable. Component values are chosen according to the formula:

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

The value of t_{DP} is a device parameter (see Figure 11) and t_{REC} is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C of 0.1 µF is recommended for most applications, leaving R to be selected by the designer.

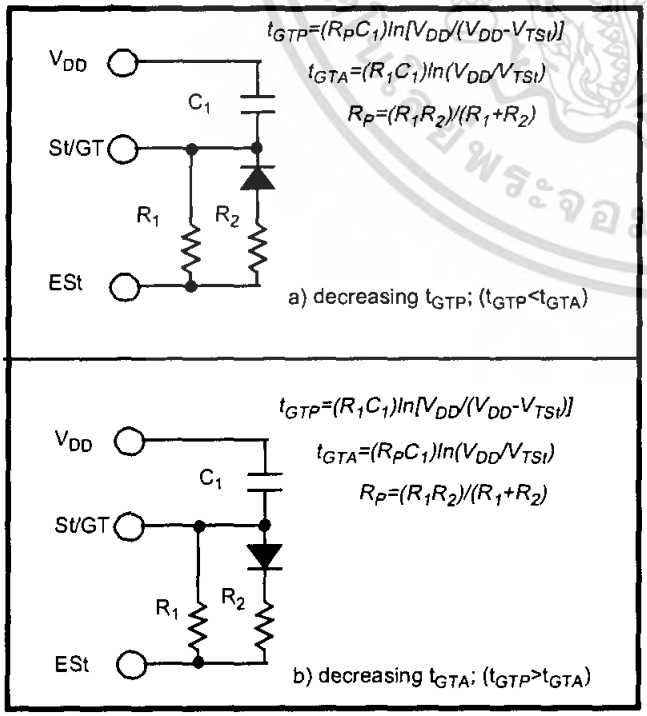


Figure 5 - Guard Time Adjustment

Different steering arrangements may be used to select independently the guard times for tone present (t_{GTP}) and tone absent (t_{GTA}). This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on both tone duration and interdigital pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk off and noise immunity. Increasing t_{REC} improves talk-off performance since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short t_{REC} with a long t_{DO} would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power-down and Inhibit Mode

A logic high applied to pin 6 (PWDN) will power down the device to minimize the power consumption in a standby mode. It stops the oscillator and the functions of the filters.

Inhibit mode is enabled by a logic high input to the pin 5 (INH). It inhibits the detection of tones representing characters A, B, C, and D. The output code will remain the same as the previous detected code (see Table 1).

Differential Input Configuration

The input arrangement of the MT8870D/MT8870D-1 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source (V_{Ref}) which is used to bias the inputs at mid-rail. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 10 with the op-amp connected for unity gain and V_{Ref} biasing the input at $^1/_2V_{DD}$. Figure 6 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor R_5.

Crystal Oscillator

The internal clock circuit is completed with the addition of an external 3.579545 MHz crystal and is normally connected as shown in Figure 10 (Single-Ended Input Configuration). However, it is possible to configure several MT8870D/MT8870D-1 devices employing only a single oscillator crystal. The oscillator output of the first device in the chain is coupled through a 30 pF capacitor to the oscillator input (OSC1) of the next device. Subsequent devices are connected in a similar fashion. Refer to Figure 7 for details. The problems associated with unbalanced loading are not a concern with the arrangement shown, i.e., precision balancing capacitors are not required.

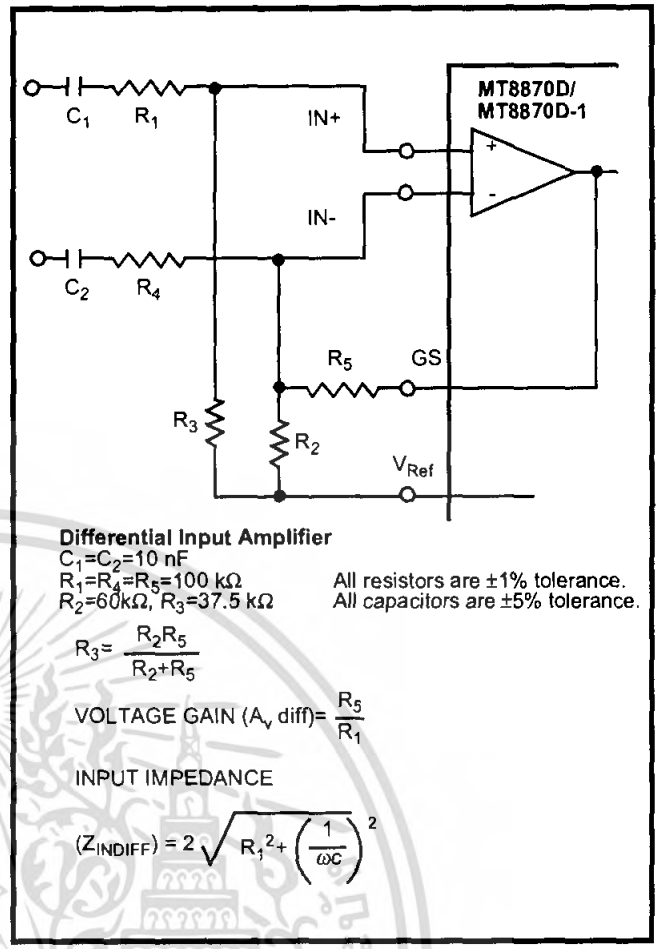


Figure 6 - Differential Input Configuration

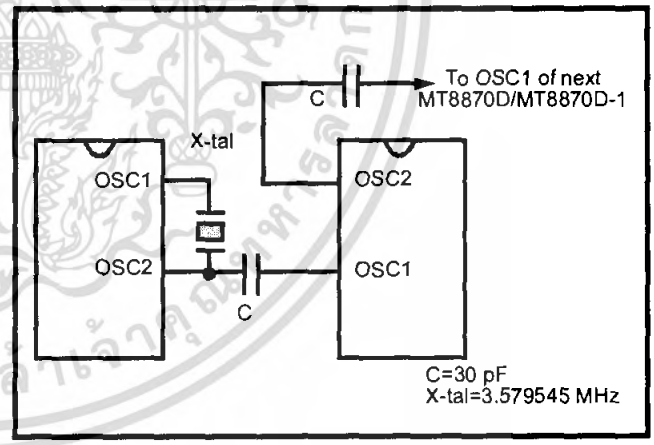


Figure 7 - Oscillator Connection

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

Table 2. Recommended Resonator Specifications

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

The circuit shown in Fig. 9 illustrates the use of MT8870D-1 device in a typical receiver system. BT Spec defines the input signals less than -34 dBm as the non-operate level. This condition can be attained by choosing a suitable values of R_1 and R_2 to provide 3 dB attenuation, such that -34 dBm input signal will correspond to -37 dBm at the gain setting pin GS of MT8870D-1. As shown in the diagram, the component values of R_3 and C_2 are the guard time requirements when the total component tolerance is 6%. For better performance, it is recommended to use the non-symmetric guard time circuit in Fig. 8.

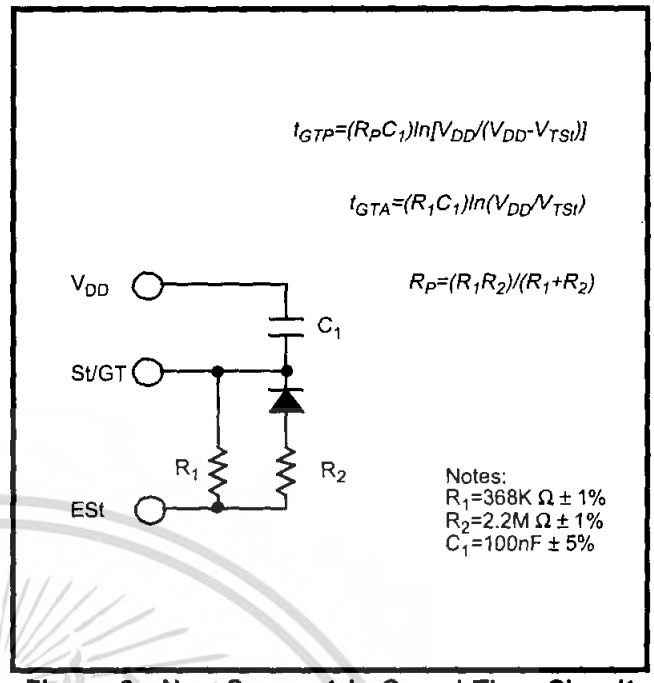


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

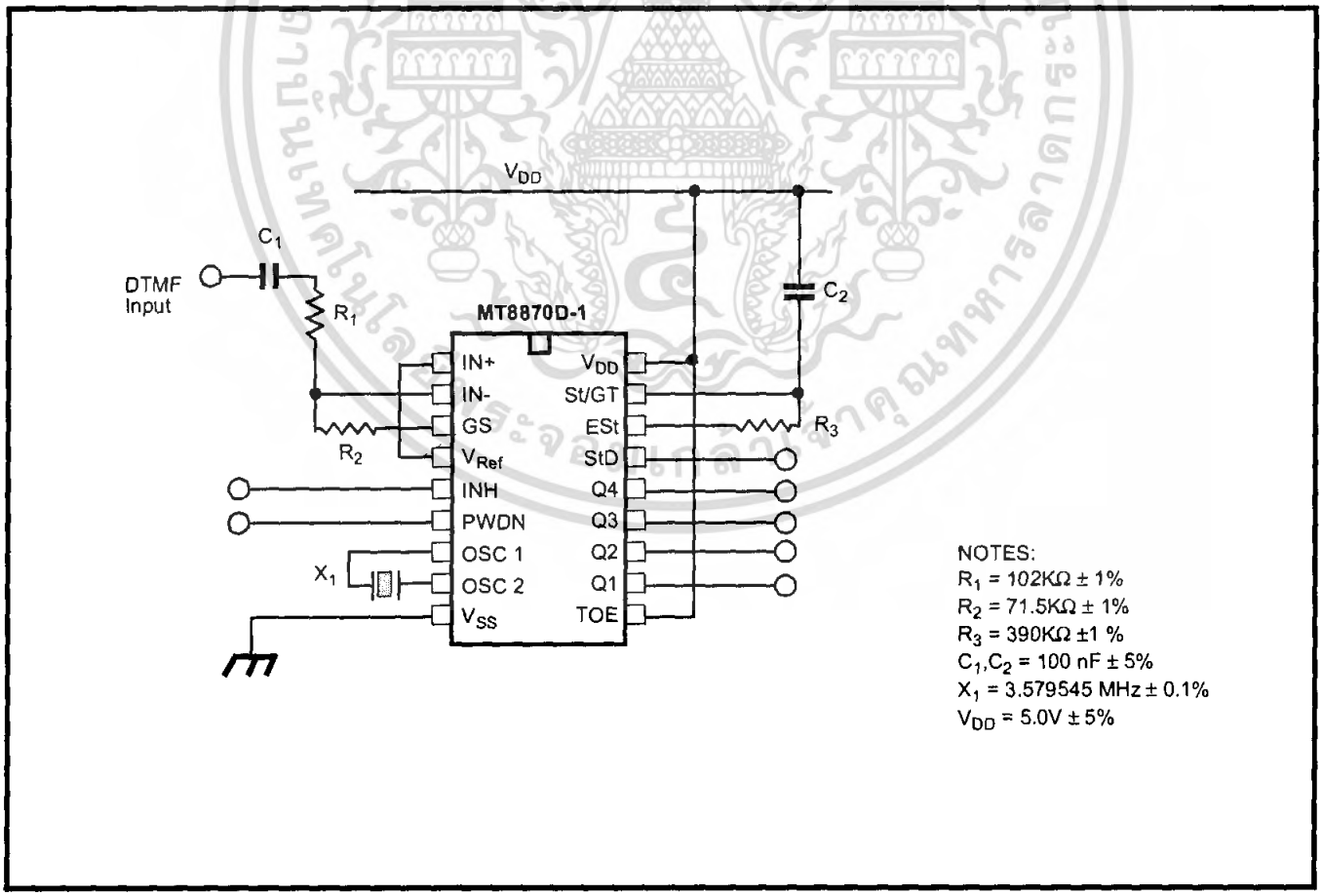


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings†

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	DC Power Supply Voltage	V_{DD}		7	V
2	Voltage on any pin	V_I	V_{SS}-0.3	V_{DD}+0.3	V
3	Current at any pin (other than supply)	I_I		10	mA
4	Storage temperature	T_{STG}	-65	+150	°C
5	Package power dissipation	P_D		500	mW

† Exceeding these values may cause permanent damage. Functional operation under these conditions is not implied.
Derate above 75 °C at 16 mW / °C. All leads soldered to board.

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

	Parameter	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	DC Power Supply Voltage	V_{DD}	4.75	5.0	5.25	V	
2	Operating Temperature	T_O	-40		+85	°C	
3	Crystal/Clock Frequency	fc		3.579545		MHz	
4	Crystal/Clock Freq.Tolerance	Δfc		±0.1		%	

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Gain Setting Amplifier

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Input leakage current	I_{IN}			100	nA	$V_{SS} \le V_{IN} \le V_{DD}$
2	Input resistance	R_{IN}	10			MΩ	
3	Input offset voltage	V_{OS}			25	mV	
4	Power supply rejection	PSRR	50			dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR	40			dB	0.75 V ≤ V_{IN} ≤ 4.25 V biased at V_{Ref} =2.5 V
6	DC open loop voltage gain	A_{VOL}	32			dB	
7	Unity gain bandwidth	f_C	0.30			MHz	
8	Output voltage swing	V_O	4.0			V_{pp}	Load ≥ 100 kΩ to V_{SS} @ GS
9	Maximum capacitive load (GS)	C_L			100	pF	
10	Resistive load (GS)	R_L			50	kΩ	
11	Common mode range	V_{CM}	2.5			V_{pp}	No Load

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

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-29		+1	dBm	1,2,3,5,6,9
			27.5		869	mV_{RMS}	1,2,3,5,6,9
2	Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
3	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
4	Frequency deviation accept		±1.5% ± 2 Hz				2,3,5,9
5	Frequency deviation reject		±3.5%				2,3,5,9
6	Third tone tolerance			-16		dB	2,3,4,5,9,10
7	Noise tolerance			-12		dB	2,3,4,5,7,9,10
8	Dial tone tolerance			+22		dB	2,3,4,5,8,9,11

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

***NOTES**

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-31		+1	dBm	Tested at V_{DD}=5.0V 1,2,3,5,6,9
			21.8		869	mV_{RMS}	
2	Input Signal Level Reject		-37			dBm	Tested at V_{DD}=5.0V 1,2,3,5,6,9
			10.9			mV_{RMS}	
3	Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9,13
4	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9,13
5	Frequency deviation accept		±1.5%± 2 Hz				2,3,5,9
6	Frequency deviation reject		±3.5%				2,3,5,9
7	Third zone tolerance			-18.5		dB	2,3,4,5,9,12
8	Noise tolerance			-12		dB	2,3,4,5,7,9,10
9	Dial tone tolerance			+22		dB	2,3,4,5,8,9,11

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

***NOTES**
1. dBm= decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2. Digit sequence consists of all DTMF tones.
3. Tone duration= 40 ms, tone pause= 40 ms.
4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies.
5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.
6. Tone pair is deviated by ±1.5 %± 2 Hz.
7. Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz) ± 2 %.
9. For an error rate of better than 1 in 10,000.
10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
11. Referenced to the minimum valid accept level.
12. Referenced to Fig. 10 input DTMF tone level at -25dBm (-28dBm at GS Pin) interference frequency range between 480-3400Hz.
13. Guaranteed by design and characterization.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Conditions
1	TIMING	Tone present detect time	t_{DP}	5	11	14	ms	Note 1
2		Tone absent detect time	t_{DA}	0.5	4	8.5	ms	Note 1
3		Tone duration accept	t_{REC}			40	ms	Note 2
4		Tone duration reject	$t_{\overline{REC}}$	20			ms	Note 2
5		Interdigit pause accept	t_{ID}			40	ms	Note 2
6		Interdigit pause reject	t_{DO}	20			ms	Note 2
7	OUTPUTS	Propagation delay (St to Q)	t_{PQ}		8	11	µs	TOE=V_{DD}
8		Propagation delay (St to StD)	t_{PStD}		12	16	µs	TOE=V_{DD}
9		Output data set up (Q to StD)	t_{QStD}		3.4		µs	TOE=V_{DD}
10		Propagation delay (TOE to Q ENABLE)	t_{PTE}		50		ns	load of 10 kΩ, 50 pF
11		Propagation delay (TOE to Q DISABLE)	t_{PTD}		300		ns	load of 10 kΩ, 50 pF
12	PDWN	Power-up time	t_{PU}		30		ms	Note 3
13		Power-down time	t_{PD}		20		ms	
14	CLOCK	Crystal/clock frequency	f_C	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
15		Clock input rise time	t_{LHCL}			110	ns	Ext. clock
16		Clock input fall time	t_{HLCL}			110	ns	Ext. clock
17		Clock input duty cycle	DC_{CL}	40	50	60	%	Ext. clock
18		Capacitive load (OSC2)	C_{LO}			30	pF	

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

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

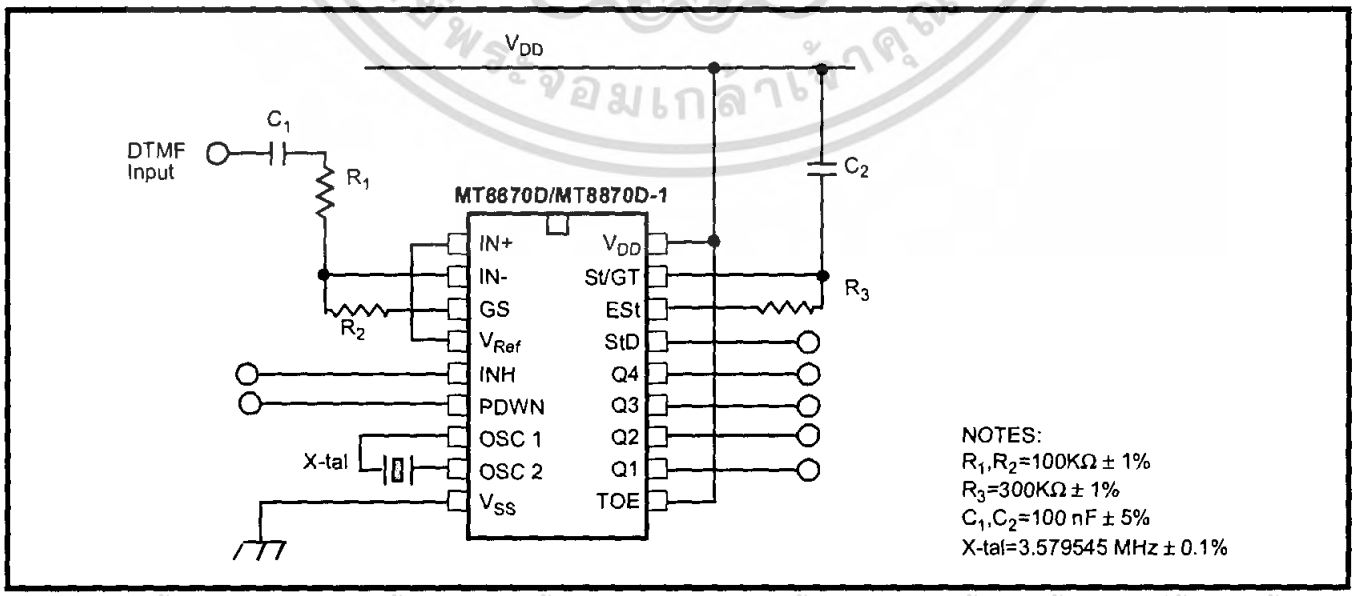
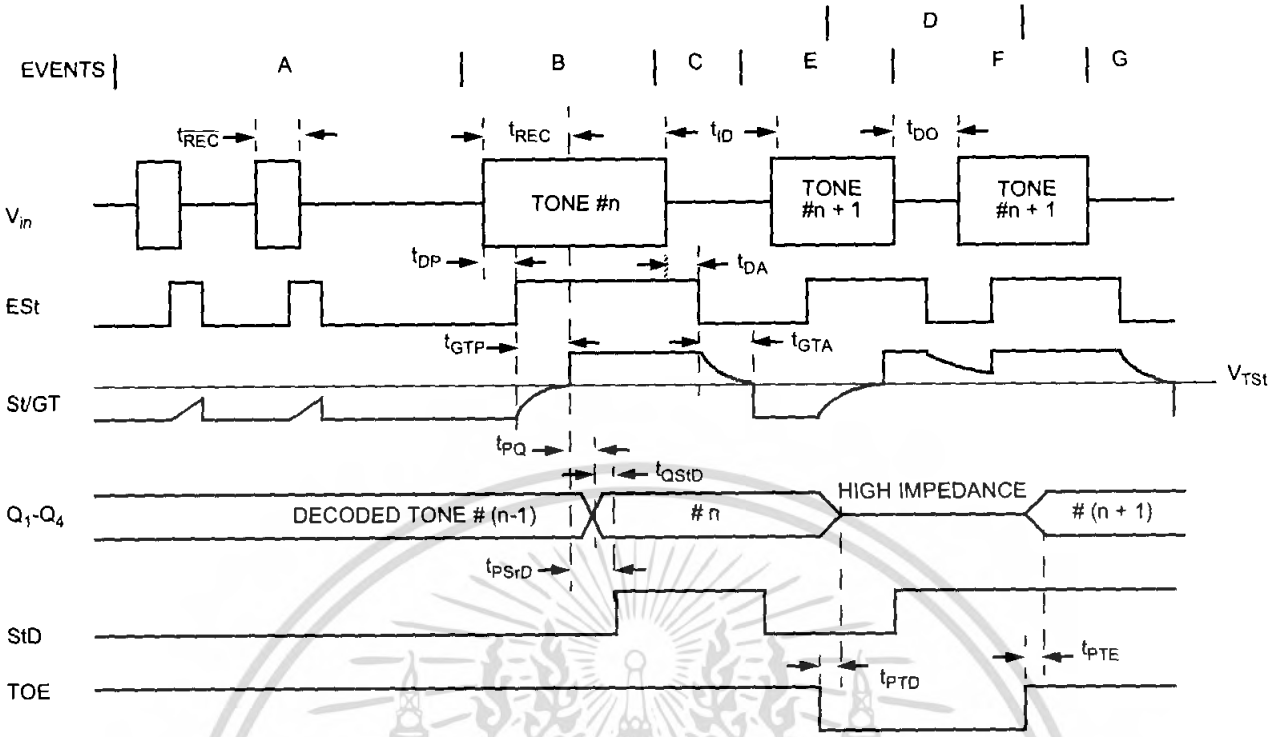


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXPLANATION OF EVENTS

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

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

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

D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.

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

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

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

EXPLANATION OF SYMBOLS

V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.

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

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

Q_1-Q_4 4-BIT DECODED TONE OUTPUT.

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

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

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

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

t_{ID} MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.

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

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

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

t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT.

t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT.

Figure 11 - Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Winbond Company

ChipCorder®
TECHNOLOGY BY ISD

ISD4003 Series

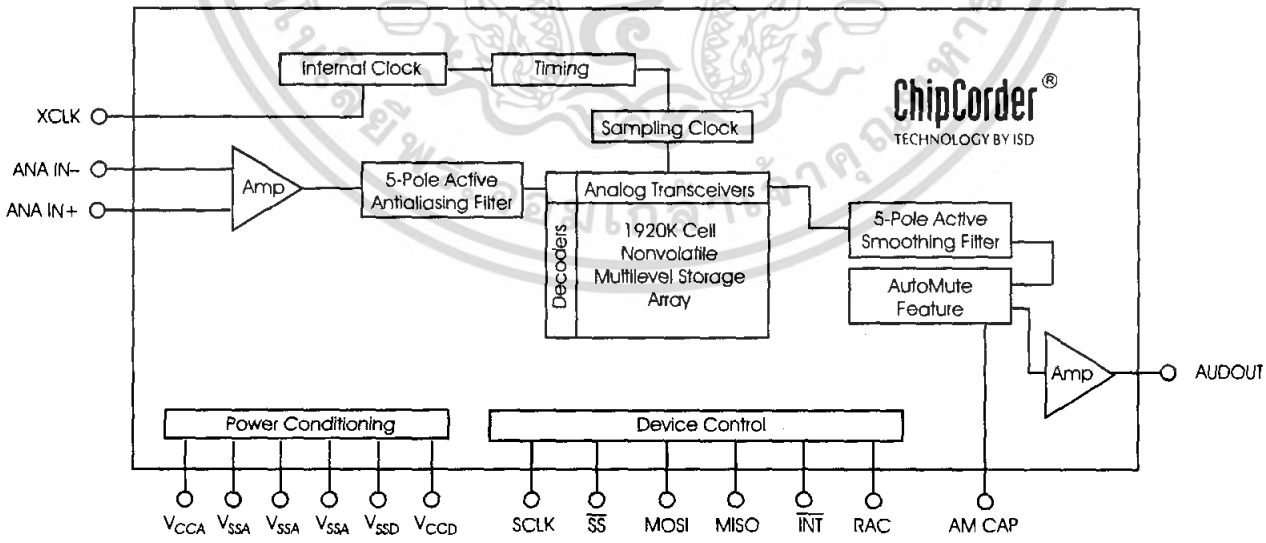
Single-Chip Voice Record/Playback Devices
4-, 5-, 6-, and 8-Minute Durations

GENERAL DESCRIPTION

The ISD4003 ChipCorder® Products provide high-quality, 3-volt, single-chip Record/Playback solutions for 4- to 8-minute messaging applications which are ideal for cellular phones and other portable products. The CMOS-based devices include an on-chip oscillator, antialiasing filter, smoothing filter, AutoMute™ feature, audio amplifier, and high density, multilevel Flash storage array. The ISD4003 series is designed to be used in a microprocessor- or microcontroller-based system. Address and control are accomplished through a Serial Peripheral Interface (SPI) or Microwire Serial Interface to minimize pin count.

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

Figure: ISD4003 Series Block Diagram



June 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FEATURES

- Single-chip voice Record/Playback solution
- Single +3 volt supply
- Low-power consumption
  - Operating current:
    I_{CC} Play = 15 mA (typical)
    I_{CC} Rec = 25 mA (typical)
  - Standby current: 1 µA (typical)
- Single-chip durations of 4, 5, 6, and 8 minutes
- High-quality, natural voice/audio reproduction
- AutoMute feature provides background noise attenuation during periods of silence
- No algorithm development required
- Microcontroller SPI or Microwire™ Serial Interface
- Fully addressable to handle multiple messages
- Nonvolatile message storage
- Power consumption controlled by SPI or Microwire control register
- 100-year message retention (typical)
- 100K record cycles (typical)
- On-chip clock source
- Available in die form, PDIP, SOIC, TSOP, and chip scale packaging (CSP)
- Extended temperature (–20°C to + 70°C) and industrial temperature (–40°C to +85°C) versions available

Table: ISD4003 Series Summary

ISD4003-04M	4.0	8.0	3.4
ISD4003-05M	5.0	6.4	2.7
ISD4003-06M	6.0	5.3	2.3
ISD4003-08M	8.0	4.0	1.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table of Contents

ISD4003 Series

Single-Chip Voice Record/Playback Devices
4-, 5-, 6-, and 8-Minute Durations

DETAILED DESCRIPTION 1
- Speech/Sound Quality 1
- Duration 1
- Flash Storage 1
- Microcontroller Interface 1
- Programming 2

PIN DESCRIPTIONS 2
- Voltage Inputs (V_{CCA}, V_{CCD}) 2
- Ground Inputs (V_{SSA}, V_{SSD}) 2
- Non-Inverting Analog Input (ANA IN+) 2
- Inverting Analog Input (ANA IN–) 3
- Audio Output (AUD OUT) 3
- Slave Select ($\overline{SS}$) 3
- Master Out Slave In (MOSI) 4
- Master In Slave Out (MISO) 4
- Serial Clock (SCLK) 4
- Interrupt ($\overline{INT}$) 4
- Row Address Clock (RAC) 4
- External Clock Input (XCLK) 4
- AutoMute™ Feature (AM CAP) 5

SERIAL PERIPHERAL INTERFACE (SPI) DESCRIPTION 5
- Message Cueing 6
- Power-Up Sequence 6
- SPI Port 7
- SPI Control Register 7

TIMING DIAGRAMS 14

DEVICE PHYSICAL DIMENSIONS 19

ORDERING INFORMATION 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURES, CHARTS, AND TABLES IN THE ISD4003 SERIES DATA SHEET

Figure 1: ISD4003 Series TSOP and PDIP/SOIC Pinouts 1
Figure 2: ISD4003 CSP Pinout 2
Figure 3: ISD4003 Series ANA IN Modes 3
Figure 4: SPI Port 7
Figure 5: SPI Interface Simplified Block Diagram 8
Figure 6: Timing Diagram 14
Figure 7: 8-Bit Command Format 14
Figure 8: 16-Bit Command Format 15
Figure 9: Playback/Record and Stop Cycle 15
Figure 10: Application Example Using SPI 16
Figure 11: Application Example Using Microwire 17
Figure 12: Application Example Using SPI Port on Microcontroller 17
Figure 13: Application Example Using SPI with a Chip Scale Packaged Device 18
Figure 14: 28-Lead 8x13.4 mm Plastic Thin Small Outline Package (TSOP) Type I (E) 19
Figure 15: 28-Lead 0.600-Inch Plastic Dual Inline Package (PDIP) (P) 20
Figure 16: 28-Lead 0.300-Inch Plastic Small Outline Integrated Circuit (SOIC) (S) 21
Figure 17: ISD4003 Series Bonding Physical Layout (Unpackaged Die) 22
Figure 18: ISD4003 Chip Scale Package (CSP) (Z) 24

Table 1: External Clock Input Clocking Table 5
Table 2: Opcode Summary 6
Table 3: SPI Control Register 7
Table 4: Absolute Maximum Ratings (Packaged Parts) 8
Table 5: Operating Conditions (Packaged Parts) 8
Table 6: DC Parameters (Packaged Parts) 9
Table 7: AC Parameters (Packaged Parts) 9
Table 8: Absolute Maximum Ratings (Die) 11
Table 9: Operating Conditions (Die) 11
Table 10: DC Parameters (Die) 11
Table 11: AC Parameters (Die) 12
Table 12: SPI AC Parameters1 13
Table 13: Plastic Thin Small Outline Package (TSOP) Type I (E) Dimensions 19
Table 14: Plastic Dual Inline Package (PDIP) (P) Dimensions 20
Table 15: Plastic Small Outline Integrated Circuit (SOIC) (S) Dimensions 21
Table 16: ISD4003 Series Device Pin/Pad Designations 23
Table 17: CSP Dimensions 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETAILED DESCRIPTION

SPEECH/SOUND QUALITY

The ISD4003 ChipCorder series includes devices offered at 4.0, 5.3, 6.4, and 8.0 KHz sampling frequencies, allowing the user a choice of speech quality options. Increasing the duration within a product series decreases the sampling frequency and bandwidth, which affects sound quality. Please refer to the ISD4003 Series Product Summary table on the front page to compare filter pass band and product durations.

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

DURATION

To meet end system requirements, the ISD4003 series products are single-chip solutions at 4, 5, 6, and 8 minutes.

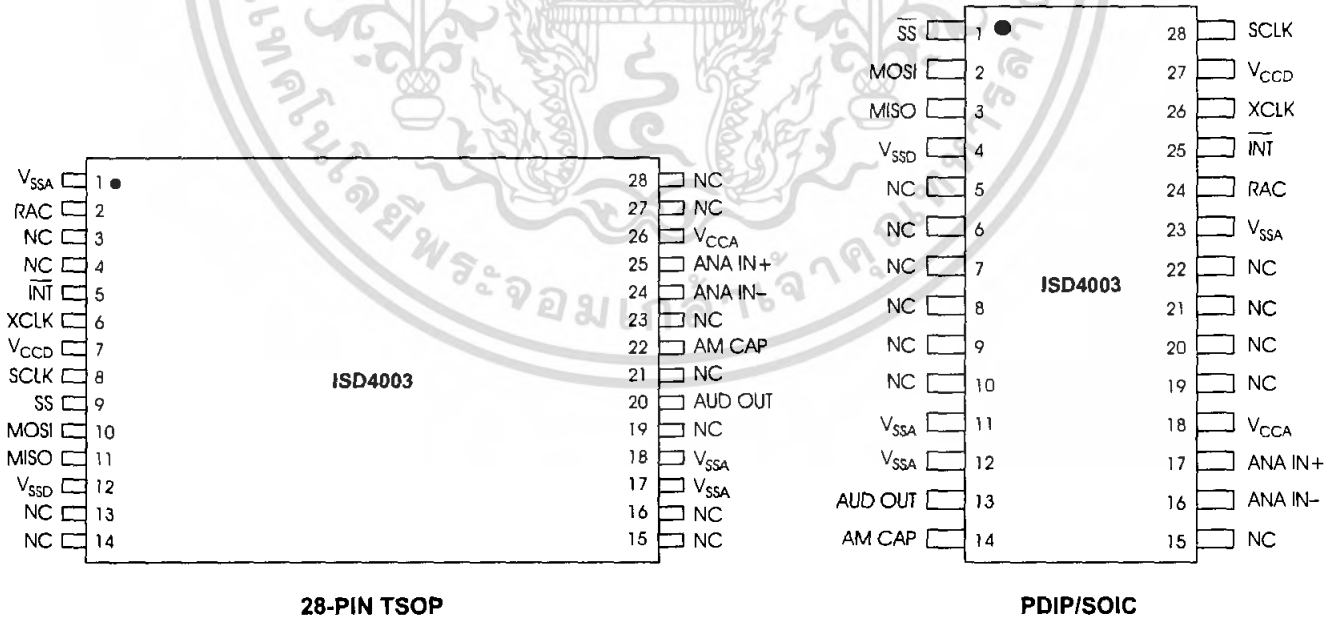
FLASH STORAGE

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

MICROCONTROLLER INTERFACE

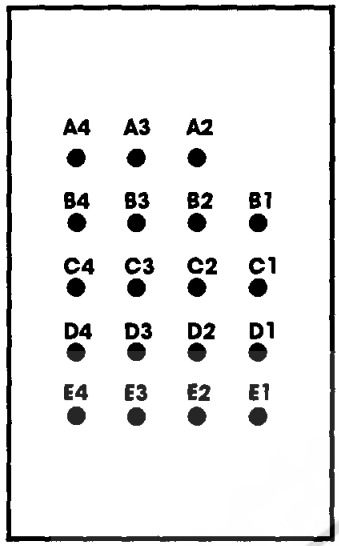
A four-wire (SCLK, MOSI, MISO, $\overline{SS}$) SPI interface is provided for ISD4003 control and addressing functions. The ISD4003 is configured to operate as a peripheral slave device, with a microcontroller-based SPI bus interface. Read/Write access to all the internal registers occurs through this SPI interface. An interrupt signal ($\overline{INT}$) and internal read-only Status Register are provided for handshake purposes.

Figure 1: ISD4003 Series TSOP and PDIP/SOIC Pinouts



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2: ISD4003 CSP Pinout



Bottom View

Name	Ball Location	TSOP Pin #
V_{SSA}	A2	18
AMCAP	A3	22
ANA IN+	A4	25
V_{SSA}	B1	17
AUDOUT	B2	20
ANA IN–	B3	24
V_{CCA}	B4	26
V_{SSD1}	C1	12
V_{SSD2}	C2	N/A
V_{CCD2}	C3	N/A

Name	Ball Location	TSOP Pin #
V_{SSA}	C4	1
MOSI	D1	10
SCLK	D2	8
XCLK	D3	6
RAC	D4	2
MISO	E1	11
SS	E2	9
V_{CCD1}	E3	7
INT	E4	5

PROGRAMMING

The ISD4003 series is also ideal for playback-only applications, where single or multiple message Playback is controlled through the SPI port. Once the desired message configuration is created, duplicates can easily be generated via an ISD programmer.

PIN DESCRIPTIONS

VOLTAGE INPUTS (V_{CCA}, V_{CCD})

To minimize noise, the analog and digital circuits in the ISD4003 devices use separate power busses. These +3 V busses are brought out to separate pins and should be tied together as close to the supply as possible. In addition, these supplies should be decoupled as close to the package as possible.

GROUND INPUTS (V_{SSA}, V_{SSD})

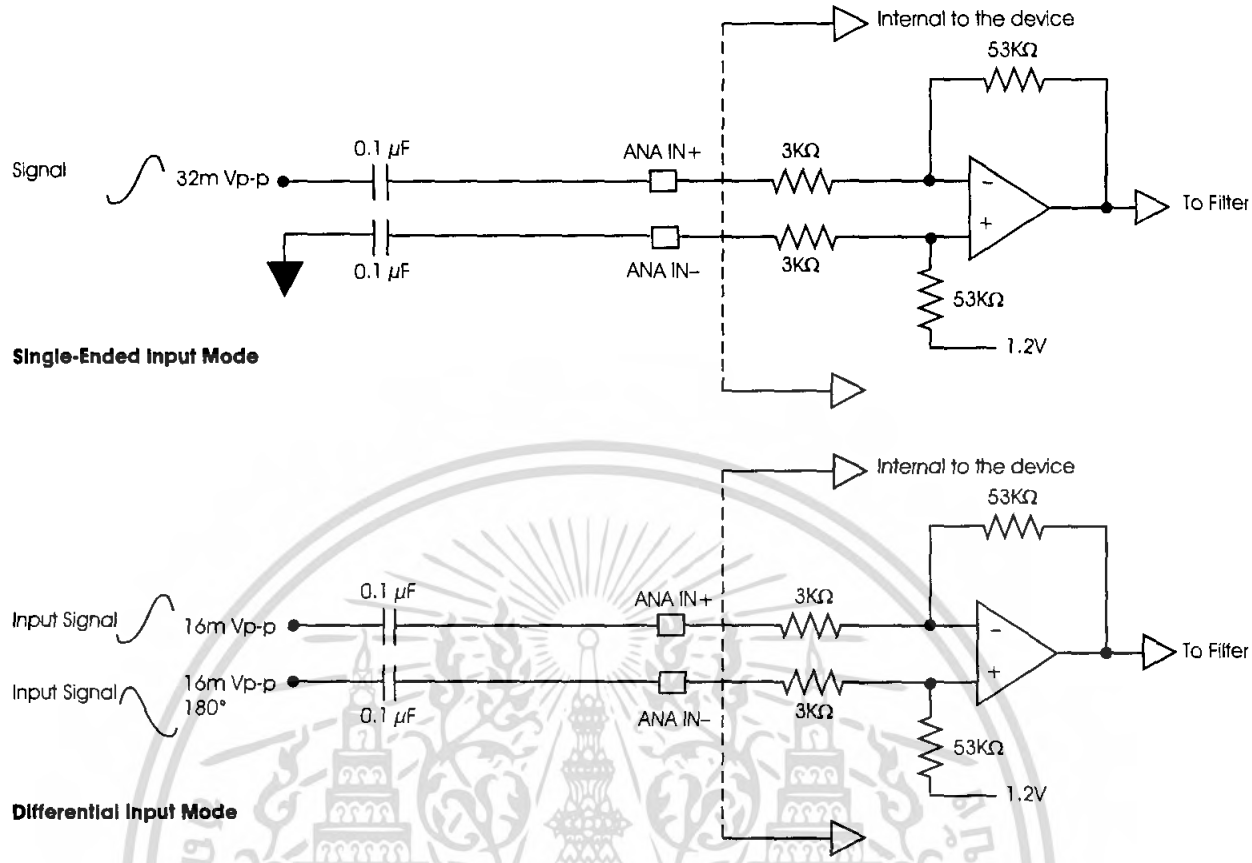
The ISD4003 series utilizes separate analog and digital ground busses. The analog ground (V_{SSA}) pins should be tied together as close to the package as possible and connected through a low-impedance path to power supply ground. The digital ground (V_{SSD}) pin should be connected through a separate low-impedance path to power supply ground. These ground paths should be large enough to ensure that the impedance between the V_{SSA} pins and the V_{SSD} pin is less than 3 Ω. The backside of the die is connected to V_{SS} through the substrate resistance. In a chip-on-board design, the die attach area must be connected to V_{SS} or left floating.

NON-INVERTING ANALOG INPUT (ANA IN+)

This pin is the non-inverting analog input that transfers the signal to the device for recording. The analog input amplifier can be driven single ended or differentially. In the single-ended input mode, a 32 mVp-p (peak-to-peak) maximum signal should be capacitively connected to this pin for optimal signal quality. This capacitor value, together with the 3 KΩ input impedance of ANA IN+, is selected to give cutoff at the low frequency end of the voice passband. In the differential-input mode, the maximum input signal at ANA IN+ should be 16 mVp-p for optimal signal quality. The circuit connections for the two modes are shown in Figure 3 on page 3.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3: ISD4003 Series ANA IN Modes



INVERTING ANALOG INPUT (ANA IN–)

This pin is the inverting analog input that transfers the signal to the device for recording in the differential-input mode. In this differential-input mode, a 16 mVp-p maximum input signal at ANA IN– should be capacitively coupled to this pin for optimal signal quality as shown in the ISD4003 Series ANA IN Modes, Figure 3. This capacitor value should be equal to the coupling capacitor used on the ANA IN+ pin. The input impedance at ANA IN– is nominally 56 KΩ. In the single-ended mode, ANA IN– should be capacitively coupled to V_{SSA} through a capacitor equal to that used on the ANA IN+ input.

AUDIO OUTPUT (AUD OUT)

This pin provides the audio output to the user. It is capable of driving a 5 KΩ impedance. It is recommended that this pin be AC coupled.

NOTE *The AUDOUT pin is always at 1.2 volts when the device is powered up. When in playback, the output buffer connected to this pin can drive a load as small as 5 KΩ. When in record, a resistor connects AUDOUT to the internal 1.2 volt analog ground supply. This resistor is approximately 850 KΩ, but will vary somewhat according to the sample rate of the device. This relatively high impedance allows this pin to be connected to an audio bus without loading it down.*

SLAVE SELECT ($\overline{SS}$)

This input, when LOW, will select the ISD4003 device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MASTER OUT SLAVE IN (MOSI)

This is the serial input to the ISD4003 device. The master microcontroller places data on the MOSI line one half-cycle before the rising clock edge to be clocked in by the ISD4003 device.

MASTER IN SLAVE OUT (MISO)

This is the serial output of the ISD4003 device. This output goes into a high-impedance state if the device is not selected.

SERIAL CLOCK (SCLK)

This is the clock input to the ISD4003. It is generated by the master device (microcontroller) and is used to synchronize data transfers in and out of the device through the MISO and MOSI lines. Data is latched into the ISD4003 on the rising edge of SCLK and shifted out of the device on the falling edge of SCLK.

INTERRUPT ($\overline{\text{INT}}$)

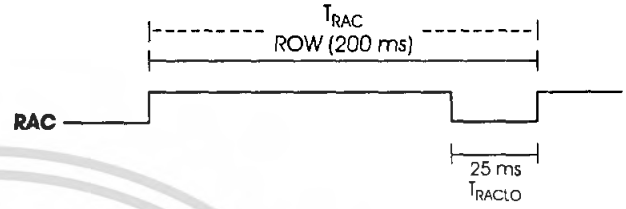
The ISD4003 interrupt pin goes LOW and stays LOW when an Overflow (OVF) or End of Message (EOM) marker is detected. This is an open drain output pin. Each operation that ends in an EOM or Overflow will generate an interrupt including the message cueing cycles. The interrupt will be cleared the next time an SPI cycle is initiated. The interrupt status can be read by an RINT instruction.

Overflow Flag (OVF)—The Overflow flag indicates that the end of the ISD4003's analog memory has been reached during a record or playback operation.

End of Message (EOM)—The End-of-Message flag is set only during playback operation when an EOM is found. There are eight EOM flag position options per row.

ROW ADDRESS CLOCK (RAC)

This is an open drain output pin that provides a signal with a 200 ms period at the 8 KHz sampling frequency. (This represents a single row of memory and there are 1200 rows of memory in the ISD4003 series devices.) This signal stays HIGH for 175 ms and stays LOW for 25 ms when it reaches the end of a row.



The RAC pin stays HIGH for 218.75 µsec and stays LOW for 31.25 µsec in Message Cueing mode (see page 6 for a more detailed description of Message Cueing). Refer to the AC Parameters table for RAC timing information on other sample rate products.

When a record command is first initiated, the RAC pin remains HIGH for an extra T_{RACLO} period. This is due to the need to load sample and hold circuits internal to the device. This pin can be used for message management techniques.

EXTERNAL CLOCK INPUT (XCLK)

The external clock input for the ISD4003 products has an internal pull-down device. These products are configured at the factory with an internal sampling clock frequency centered to ±1 percent of specification. The frequency is then maintained to a variation of ±2.25 percent over the entire commercial temperature and operating voltage ranges. The internal clock has a –6/+4 percent tolerance, over the extended temperature, industrial temperature and voltage ranges. A regulated power supply is recommended for industrial temperature range parts. If greater precision is required, the device can be clocked through the XCLK pin in Table 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1: External Clock Input Clocking Table

Part Number	Sample Rate	Required Clock
ISD4003-04M	8.0 KHz	1024 KHz
ISD4003-05M	6.4 KHz	819.2 KHz
ISD4003-06M	5.3 KHz	682.7 KHz
ISD4003-08M	4.0 KHz	512 KHz

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

AUTOMUTE™ FEATURE (AM CAP)

This pin is used in controlling the AutoMute feature. The AutoMute feature attenuates the signal when it drops below an internally set threshold. This helps to eliminate noise (with 6 dB of attenuation) when there is no signal (i.e., during periods of silence). A 1 µF capacitor to ground should be connected to the AMCAP pin. This capacitor becomes a part of an internal peak detector which senses the signal amplitude (peak). This peak level is compared to an internally set threshold to determine the AutoMute trip point. For large signals the AutoMute attenuation is set to 0 dB while 6 dB of attenuation occurs for silence. The 1 µF capacitor also affects the rate at which the AutoMute feature changes with the signal amplitude (or the attack time). The Automute feature can be disabled by connecting the AMCAP pin to V_{CCA}.

SERIAL PERIPHERAL INTERFACE (SPI) DESCRIPTION

The ISD4003 series operates from an SPI serial interface. The SPI interface operates with the following protocol.

The data transfer protocol assumes that the microcontroller's SPI shift registers are clocked on the falling edge of the SCLK. With the ISD4003, data is clocked in on the MOSI pin on the rising clock edge. Data is clocked out on the MISO pin on the falling clock edge.

1. All serial data transfers begin with the falling edge of $\overline{SS}$ pin.
2. $\overline{SS}$ is held LOW during all serial communications and held HIGH between instructions.
3. Data is clocked in on the rising clock edge and data is clocked out on the falling clock edge.
4. Play and Record operations are initiated by enabling the device by asserting the $\overline{SS}$ pin LOW, shifting in an opcode and an address field to the ISD4003 device (refer to the Opcode Summary on the following page).
5. The opcodes and address fields are as follows: <5 control bits> and <11 address bits>.
6. Each operation that ends in an EOM or Overflow will generate an interrupt, including the Message Cueing cycles. The Interrupt will be cleared the next time an SPI cycle is initiated.
7. As Interrupt data is shifted out of the ISD4003 MISO pin, control and address data is simultaneously being shifted into the MOSI pin. Care should be taken such that the data shifted in is compatible with current system operation. It is possible to read interrupt data and start a new operation within the same SPI cycle.
8. An operation begins with the RUN bit set and ends with the RUN bit reset.
9. All operations begin with the rising edge of $\overline{SS}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MESSAGE CUEING

Message cueing allows the user to skip through messages, without knowing the actual physical location of the message. This operation is used during playback. In this mode, the messages are skipped 1600 times faster than in normal playback mode. It will stop when an EOM (end of message) marker is reached. Then, the internal address counter will point to the next message.

Table 2: Opcode Summary

Instruction	Opcode <5 bits> Address <11 bits>	Operational Summary
POWERUP	00100 <XXXXXXXXXXX>	Power-Up: Device will be ready for an operation after T_{PUD}.
SETPLAY	11100 <A10–A0>	Initiates Playback from address <A10–A0>.
PLAY	11110 <XXXXXXXXXXX>	Playback from the current address (until EOM or OVF).
SETREC	10100 <A10–A0>	Initiates a Record operation from address <A10–A0>.
REC	10110 <XXXXXXXXXXX>	Records from current address until OVF is reached.
SETMC	11101 <A10–A0>	Initiates Message Cueing (MC) from address <A10–A0>.
MC[1]	11111 <XXXXXXXXXXX>	Performs a Message Cue. Proceeds to the end of the current message (EOM) or enters OVF condition if no more messages are present.
STOP	0X110 <XXXXXXXXXXX>	Stops current operation.
STOPPWRDN	0X01X <XXXXXXXXXXX>	Stops current Operation and enters stand-by (power-down) mode.
RINT[2]	0X110 <XXXXXXXXXXX>	Read Interrupt status bits: Overflow and EOM.

1. *Message Cueing can be selected only at the beginning of a play operation.*
2. *As the Interrupt data is shifted out of the ISD4003, control and address data is being shifted in. Care should be taken such that the data shifted in is compatible with current system operation. It is possible to read interrupt data and start a new operation at the same time. See Figure 6 through Figure 9 for Opcode format.*

POWER-UP SEQUENCE

The ISD4003 will be ready for an operation after T_{PUD} (25 ms approximately for 8 KHz sample rate). The user needs to wait T_{PUD} before issuing an operational command. For example, to play from address 00 the following programing cycle should be used.

Playback Mode

1. Send POWERUP command.
2. Wait T_{PUD} (power-up delay).
3. Send SETPLAY command with address 00.
4. Send PLAY command.

The device will start playback at address 00 and it will generate an interrupt when an EOM is reached. It will then stop playback.

Record Mode

1. Send POWERUP command.
2. Wait T_{PUD} (power-up delay).
3. Send POWERUP command.
4. Wait 2 x T_{PUD} (power-up delay).
5. Send SETREC command with address 00.
6. Send REC command.

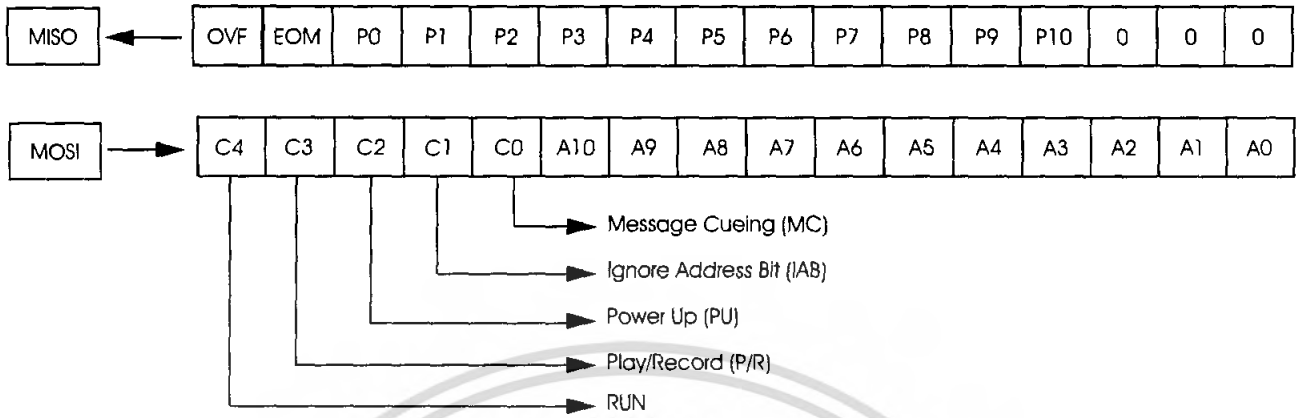
The device will start recording at address 00 and it will generate an interrupt when an overflow is reached (end of memory array). It will then stop recording.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPI PORT

The following diagram describes the SPI port and the control bits associated with it.

Figure 4: SPI Port



SPI CONTROL REGISTER

The SPI control register provides control of individual device functions such as Play, Record, Message Cueing, Power-Up and Power-Down, Start and Stop operations, and Ignore Address pointers.

Table 3: SPI Control Register

Control Register	Bit	Device Function	Control Register	Bit	Device Function
RUN		Enable or Disable an operation	PU		Master power control
=	1	Start	=	1	Power-Up
=	0	Stop	=	0	Power-Down
P/$\overline{R}$		Selects Play or Record operation	IAB[1]		Ignore address control bit
=	1	Play	=	1	Ignore input address register (A10–A0)
=	0	Record	=	0	Use the input address register contents for an operation (A10–A0)
MC		Enable or Disable Message Cueing	P10–P0		Output of the row pointer register
=	1	Enable Message Cueing	A10–A0		Input address register
=	0	Disable Message Cueing			

1. *When IAB (Ignore Address Bit) is set to 0, a playback or record operation starts from address (A9–A0). For consecutive playback or record, IAB should be changed to a 1 before the end of that row (see RAC timing). Otherwise the ISD4003 will repeat the operation from the same row address. For memory management, the Row Address Clock (RAC) pin and IAB can be used to move around the memory segments.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 5: SPI Interface Simplified Block Diagram

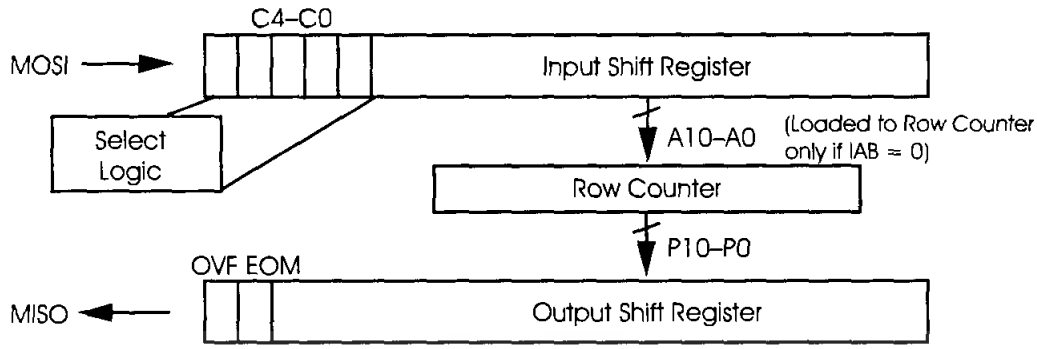


Table 4: Absolute Maximum Ratings (Packaged Parts)[1]

Condition	Value
Junction temperature	150°C
Storage temperature range	–65°C to +150°C
Voltage applied to any pin	(V_{SS} – 0.3 V) to (V_{CC} + 0.3 V)
Voltage applied to any pin (Input current limited to ±20 mA)	(V_{SS} – 1.0 V) to (V_{CC} + 1.0 V)
Voltage applied to MOSI, SCLK, $\overline{INT}$, RAC and $\overline{SS}$ pins (Input current limited to ±20 mA)	(V_{SS} – 1.0 V) to 5.5V
Lead temperature (soldering – 10 seconds)	300°C
V_{CC} – V_{SS}	–0.3 V to +7.0 V

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

Table 5: Operating Conditions (Packaged Parts)

Condition	Value
Commercial operating temperature range[1]	0°C to +70°C
Extended operating temperature[1]	–20°C to +70°C
Industrial operating temperature[1]	–40°C to +85°C
Supply voltage (V_{CC})[2]	+2.7 V to +3.3 V
Ground voltage (V_{SS})[3]	0 V

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 6: DC Parameters (Packaged Parts)

Symbol	Parameters	Min(2)	Typ(1)	Max(2)	Units	Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage			V_{CC} x 0.2	V	
V_{IH}	Input High Voltage	V_{CC} x 0.8			V	
V_{OL}	Output Low Voltage			0.4	V	I_{OL} = 10 µA
V_{OL1}	RAC, $\overline{INT}$ Output Low Voltage			0.4	V	I_{OL} = 1 mA
V_{OH}	Output High Voltage	V_{CC} – 0.4			V	I_{OH} = –10 µA
I_{CC}	V_{CC} Current (Operating) — Playback — Record		 15 25	 30 40	 mA mA	 $R_{EXT} = \infty$ (3) $R_{EXT} = \infty$ (3)
I_{SB}	V_{CC} Current (Standby)		1	10	µA	(3) (4)
I_{IL}	Input Leakage Current			±1	µA	
I_{HZ}	MISO Tristate Current		1	10	µA	
R_{EXT}	Output Load Impedance	5			KΩ	
$R_{ANA\ IN+}$	ANA IN+ Input Resistance	2.2	3.0	3.8	KΩ	
$R_{ANA\ IN-}$	ANA IN– Input Resistance	40	56	71	KΩ	
A_{ARP}	ANA IN+ or ANA IN– to AUD OUT Gain		25		dB	(5)

1. *Typical values: T_A = 25°C and 3.0 V.*
2. *All min/max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100 percent tested.*
3. *V_{ECA} and V_{CCD} connected together.*
4. *$\overline{SS}$ = V_{CCA} = V_{CCD}, XCLK = MOSI = V_{SSA}= V_{SSD} and all other pins floating.*
5. *Measured with AutoMute feature disabled.*

Table 7: AC Parameters (Packaged Parts)

Symbol	Characteristic		Min(2)	Typ(1)	Max(2)	Units	Conditions
F_S	Sampling Frequency	ISD4003-04M		8.0		KHz	(5)
		ISD4003-05M		6.4		KHz	(5)
		ISD4003-06M		5.3		KHz	(5)
		ISD4003-08M		4.0		KHz	(5)
F_{CF}	Filter Pass Band	ISD4003-04M		3.4		KHz	3-dB Roll-Off Point(3) (7)
		ISD4003-05M		2.7		KHz	3-dB Roll-Off Point(3) (7)
		ISD4003-06M		2.3		KHz	3-dB Roll-Off Point(3) (7)
		ISD4003-08M		1.7		KHz	3-dB Roll-Off Point(3) (7)
T_{REC}	Record Duration	ISD4003-04M		4		min	(6)
		ISD4003-05M		5		min	(6)
		ISD4003-06M		6		min	(6)
		ISD4003-08M		8		min	(6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 7: AC Parameters (Packaged Parts)

T_{PLAY}	Playback Duration	ISD4003-04M		4		min	(6)
		ISD4003-05M		5		min	(6)
		ISD4003-06M		6		min	(6)
		ISD4003-08M		8		min	(6)
T_{PUD}	Power-Up Delay	ISD4003-04M		25		msec	
		ISD4003-05M		31.25		msec	
		ISD4003-06M		37.5		msec	
		ISD4003-08M		50		msec	
T_{STOP} or T_{PAUSE}	Stop or Pause in Record or Play	ISD4003-04M		50		msec	
		ISD4003-05M		62.5		msec	
		ISD4003-06M		75		msec	
		ISD4003-08M		100		msec	
T_{RAC}	RAC Clock Period	ISD4003-04M		200		msec	(10)
		ISD4003-05M		250		msec	(10)
		ISD4003-06M		300		msec	(10)
		ISD4003-08M		400		msec	(10)
T_{RACLO}	RAC Clock Low Time	ISD4003-04M		25		msec	
		ISD4003-05M		31.25		msec	
		ISD4003-06M		37.5		msec	
		ISD4003-08M		50		msec	
T_{RACM}	RAC Clock Period in Message Cueing Mode	ISD4003-04M		125		µsec	
		ISD4003-05M		156.3		µsec	
		ISD4003-06M		187.5		µsec	
		ISD4003-08M		250		µsec	
T_{RACML}	RAC Clock Low Time in Message Cueing Mode	ISD4003-04M		15.63		µsec	
		ISD4003-05M		19.53		µsec	
		ISD4003-06M		23.44		µsec	
		ISD4003-08M		31.25		µsec	
THD	Total Harmonic Distortion			1	2	%	@ 1 KHz
V_{IN}	ANA IN Input Voltage				32	mV	Peak-to-Peak(4) (8) (9)

1. *Typical values: T_A = 25°C and 3.0 V.*
2. *All min/max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100 percent tested.*
3. *Low-frequency cut off depends upon the value of external capacitors (see Pin Descriptions).*
4. *Single-ended input mode. In the differential input mode, V_{IN} maximum for ANA IN+ and ANA IN- is 16 mVp-p.*
5. *Sampling Frequency can vary as much as ±2.25 percent over the commercial temperature, and voltage ranges, and -6/+4 percent over the extended temperature, industrial temperature and voltage ranges. For greater stability, an external clock can be utilized (see Pin Descriptions).*
6. *Playback and Record Duration can vary as much as ±2.25 percent over the commercial temperature and voltage ranges, and -6/+4 percent over the extended temperature, industrial temperature and voltage ranges. For greater stability, an external clock can be utilized (see Pin Descriptions).*
7. *Filter specification applies to the antialiasing filter and the smoothing filter. Therefore, from input to output, expect a 6dB drop by nature of passing through both filters.*
8. *The typical output voltage will be approximately 570mVp-p with V_{IN} at 32mVp-p.*
9. *For optimal signal quality, this maximum limit is recommended.*
10. *When a record command is sent, T_{RAC} = T_{RAC} + T_{RACLO} on the first row addressed.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 8: Absolute Maximum Ratings (Die)[1]

Condition	Value
Junction temperature	150°C
Storage temperature range	–65°C to +150°C
Voltage applied to any pad	(V_{SS} – 0.3 V) to (V_{CC} + 0.3 V)
Voltage applied to any pad (Input current limited to ±20 mA)	(V_{SS} – 1.0 V) to (V_{CC} + 1.0 V)
Voltage applied to MOSI, SCLK, $\overline{INT}$, RAC and $\overline{SS}$ pins (Input current limited to ±20 mA)	(V_{SS} – 1.0 V) to 5.5V
V_{CC} – V_{SS}	–0.3 V to +7.0 V

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

Table 9: Operating Conditions (Die)

Condition	Value
Commercial operating temperature range	0°C to +50°C
Supply voltage (V_{CC})[1]	+2.7 V to +3.3 V
Ground voltage (V_{SS})[2]	0 V

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

Table 10: DC Parameters (Die)

Symbol	Parameters	Min[2]	Typ[1]	Max[2]	Units	Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage			V_{CC} x 0.2	V	
V_{IH}	Input High Voltage	V_{CC} x 0.8			V	
V_{OL}	Output Low Voltage			0.4	V	I_{OL} = 10 µA
V_{OL1}	RAC, $\overline{INT}$ Output Low Voltage			0.4	V	I_{OL} = 1 mA
V_{OH}	Output High Voltage	V_{CC} – 0.4			V	I_{OH} = –10 µA
I_{CC}	V_{CC} Current (Operating) — Playback — Record		 15 25	 30 40	 mA mA	 $R_{EXT} = \infty$ [3] $R_{EXT} = \infty$ [3]
I_{SB}	V_{CC} Current (Standby)		1	10	µA	[3] [4]
I_{IL}	Input Leakage Current			±1	µA	
I_{HZ}	MISO Tristate Current		1	10	µA	
R_{EXT}	Output Load Impedance	5			KΩ	
$R_{ANA\ IN+}$	ANA IN+ Input Resistance	2.2	3.0	3.8	KΩ	
$R_{ANA\ IN-}$	ANA IN– Input Resistance	40	56	71	KΩ	
A_{ARP}	ANA IN+ or ANA IN– to AUDOUT Gain		25		dB	[5]

1. *Typical values: T_A = 25°C and 3.0 V.*
2. *All min/max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100 percent tested.*
3. *V_{CCA} and V_{CCD} connected together.*
4. *$\overline{SS}$ = V_{CCA}= V_{CCD}, XCLK = MOSI = V_{SSA} = V_{SSD} and all other pins floating.*
5. *Measured with AutoMute feature disabled.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 11: AC Parameters (Die)

Symbol	Characteristic		Min(2)	Typ(1)	Max(2)	Units	Conditions
F_S	Sampling Frequency	ISD4003-04M		8.0		KHz	(5)
		ISD4003-05M		6.4		KHz	(5)
		ISD4003-06M		5.3		KHz	(5)
		ISD4003-08M		4.0		KHz	(5)
F_{CF}	Filter Pass Band	ISD4003-04M		3.4		KHz	3dB Roll-Off Point (3) (6)
		ISD4003-05M		2.7		KHz	3dB Roll-Off Point (3) (6)
		ISD4003-06M		2.3		KHz	3dB Roll-Off Point (3) (6)
		ISD4003-08M		1.7		KHz	3dB Roll-Off Point (3) (6)
T_{REC}	Record Duration	ISD4003-04M		4		min	(5)
		ISD4003-05M		5		min	(5)
		ISD4003-06M		6		min	(5)
		ISD4003-08M		8		min	(5)
T_{PLAY}	Playback Duration	ISD4003-04M		4		min	(5)
		ISD4003-05M		5		min	(5)
		ISD4003-06M		6		min	(5)
		ISD4003-08M		8		min	(5)
T_{PUD}	Power-Up Delay	ISD4003-04M		25		msec	
		ISD4003-05M		31.25		msec	
		ISD4003-06M		37.5		msec	
		ISD4003-08M		50		msec	
T_{STOP} or T_{PAUSE}	Stop or Pause in Record or Play	ISD4003-04M		50		msec	
		ISD4003-05M		62.5		msec	
		ISD4003-06M		75		msec	
		ISD4003-08M		100		msec	
T_{RAC}	RAC Clock Period	ISD4003-04M		200		msec	(9)
		ISD4003-05M		250		msec	(9)
		ISD4003-06M		300		msec	(9)
		ISD4003-08M		400		msec	(9)
T_{RACLO}	RAC Clock Low Time	ISD4003-04M		25		msec	
		ISD4003-05M		31.25		msec	
		ISD4003-06M		37.5		msec	
		ISD4003-08M		50		msec	
T_{RACM}	RAC Clock Period in Message Cueing Mode	ISD4003-04M		125		µsec	
		ISD4003-05M		156.3		µsec	
		ISD4003-06M		187.5		µsec	
		ISD4003-08M		250		µsec	
T_{RACML}	RAC Clock Low Time in Message Cueing Mode	ISD4003-04M		15.63		µsec	
		ISD4003-05M		19.53		µsec	
		ISD4003-06M		23.44		µsec	
		ISD4003-08M		31.25		µsec	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 11: AC Parameters (Die)

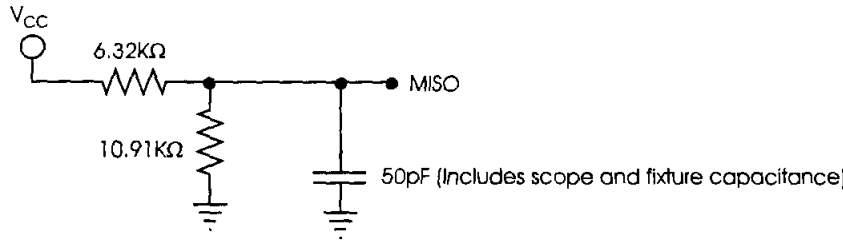
Symbol	Characteristic	Min(2)	Typ(1)	Max(2)	Units	Conditions
THD	Total Harmonic Distortion		1	2	%	@ 1 KHz
V_{IN}	ANA IN Input Voltage			32	mV	Peak-to-Peak[4,7,8]

1. *Typical values: T_A = 25°C and 3.0 V.*
2. *All min/max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100 percent tested.*
3. *Low-frequency cut off depends upon the value of external capacitors (see Pin Descriptions).*
4. *Single-ended input mode. In the differential input mode, V_{IN} maximum for ANA IN+ and ANA IN– is 16 mV peak-to-peak.*
5. *Sampling Frequency and Duration can vary as much as ±2.25 percent over the commercial temperature and voltage ranges. For greater stability, an external clock can be utilized (see Pin Descriptions).*
6. *Filter specification applies to the antialiasing filter and to the smoothing filter.*
7. *The typical output voltage will be approximately 570 mV peak-to-peak with V_{IN} at 32 mV peak-to-peak.*
8. *For optimal signal quality, this maximum limit is recommended.*
9. *When a record command is sent, $T_{RAC} = T_{RAC} + T_{RACLO}$ on the first row addressed.*

Table 12: SPI AC Parameters[1]

Symbol	Characteristics	Min	Max	Units	Conditions
T_{SSS}	$\overline{SS}$ Setup Time	500		nsec	
T_{SSH}	$\overline{SS}$ Hold Time	500		nsec	
T_{DIS}	Data in Setup Time	200		nsec	
T_{DIH}	Data in Hold Time	200		nsec	
T_{PD}	Output Delay		500	nsec	
T_{DF}(2)	Output Delay to hiZ		500	nsec	
T_{SSmin}	$\overline{SS}$ HIGH	1		µsec	
T_{SCKhi}	SCLK High Time	400		nsec	
T_{SCKlow}	SCLK Low Time	400		nsec	
F_0	CLK Frequency		1,000	KHz	

1. *Typical values: T_A= 25°C and 3.0 V. Timing measured at 50 percent of the V_{CC} level.*
2. *Tristate test condition.*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIMING DIAGRAMS

Figure 6: Timing Diagram

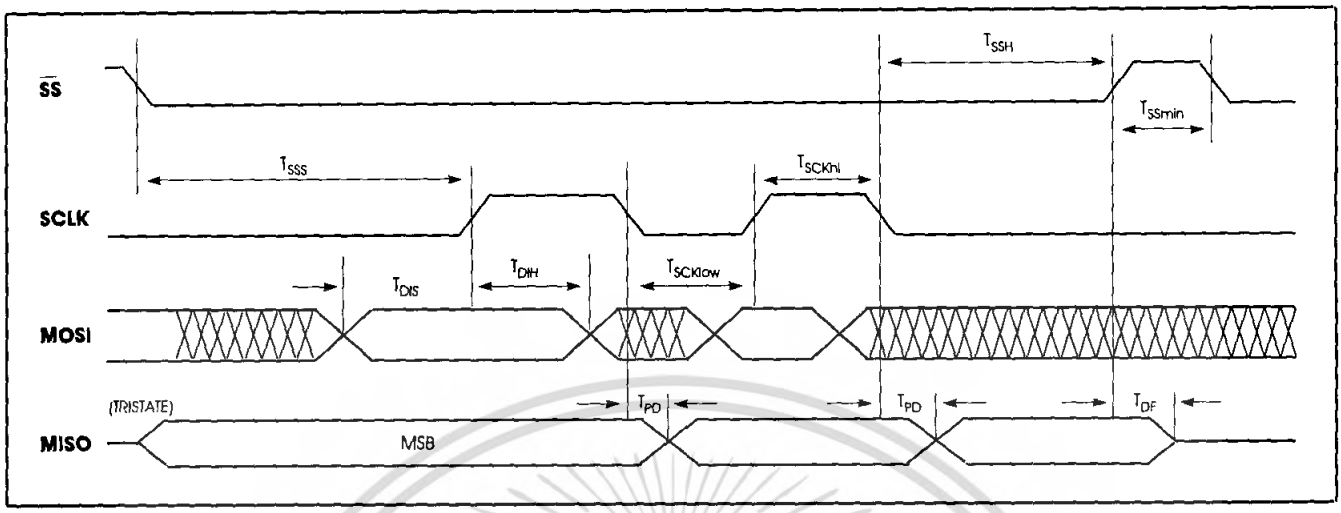
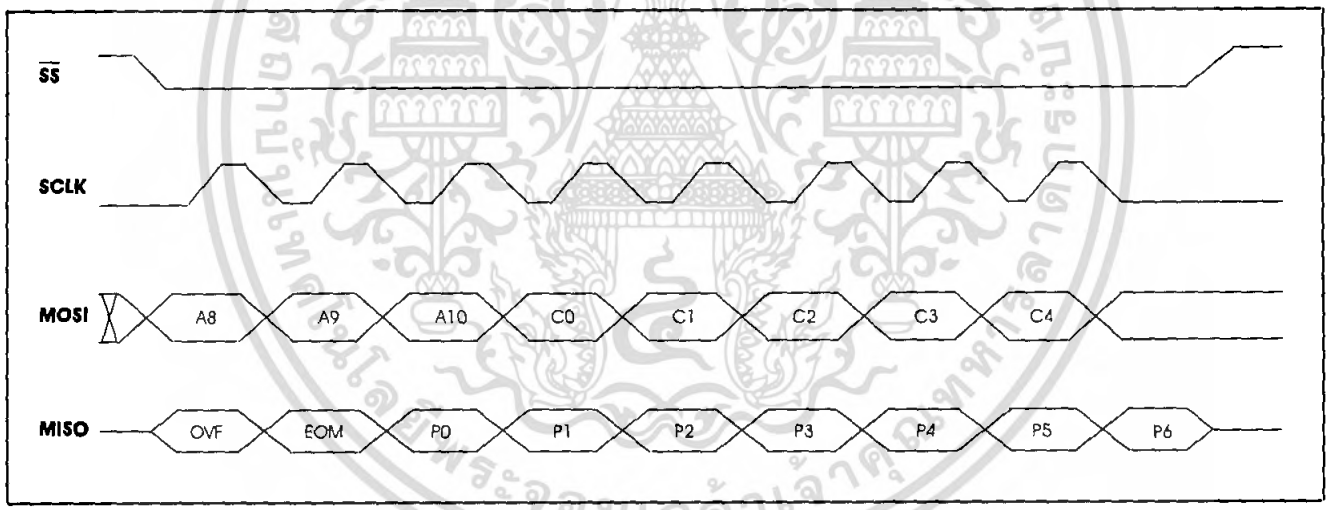


Figure 7: 8-Bit Command Format



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 8: 16-Bit Command Format

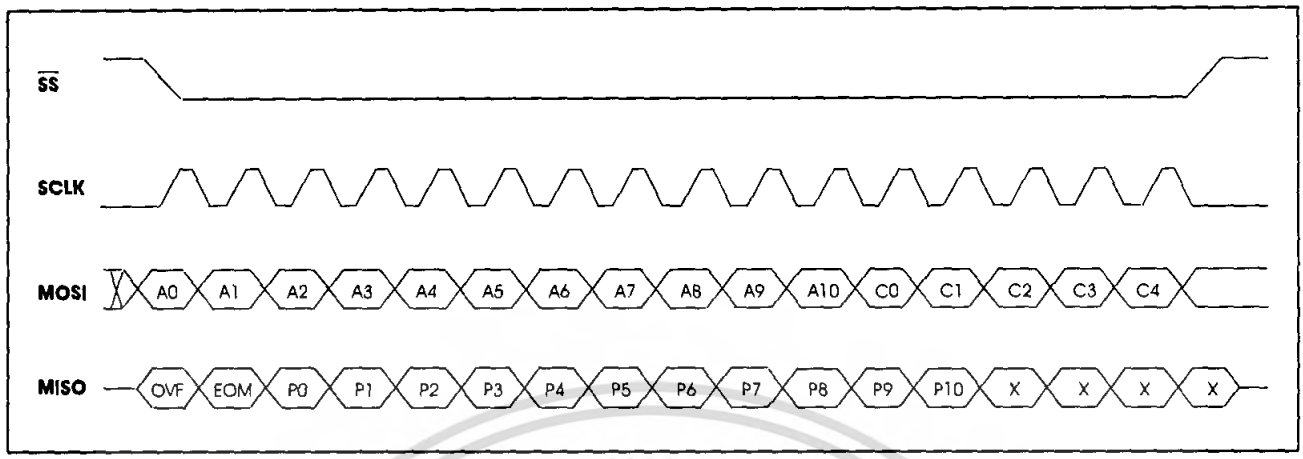
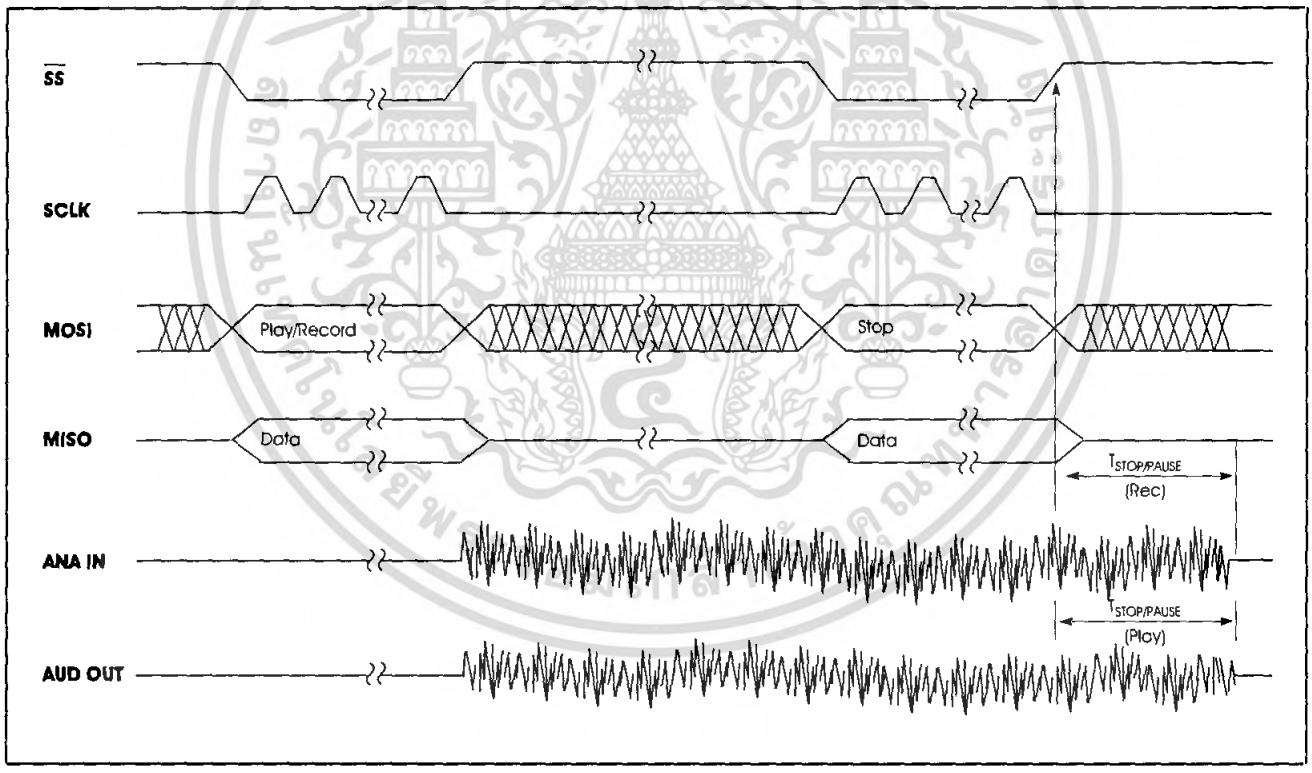


Figure 9: Playback/Record and Stop Cycle



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้