สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ควบคุมการเข้าออกด้วย RFID

(RFID ACCESS CONTROL SYSTEM)

T104025

โดย

นางสาวภาวิณี อุ้ยศรีคูณ

นายจักรกฤช ศรีวรรธนะ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 104025
วัน,เดือน,ปี 2 8 ต.ค. 2552

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ควบคุมการเข้าออกด้วย RFID
	(RFID ACCESS CONTROL SYSTEM)
ชื่อนักศึกษา	1. นางสาวภาวิณี อุ้ยศรีคูณ รหัส 48010680
	2. นายจักรกฤช ศรีวรรธนะ รหัส 48012180
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ. เฉลิมพันธ์ หวังวัฒนา
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์
	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
ภาควิชา	ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2551

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ลงชื่อ .....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. เฉลิมพันธ์ หวังวัฒนา)

วันที่ 18 / ม.ค. / 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	**ควบคุมการเข้าออกด้วย RFID**
	(RFID ACCESS CONTROL SYSTEM)
ชื่อนักศึกษา	**1. นางสาวภาวิณี อุ้ยศรีคูณ รหัส 48010680**
	2. นายจักรกฤช ศรีวรรธนะ รหัส 48012180
อาจารย์ที่ปรึกษา	**อ. เฉลิมพันธ์ หวังวัฒนา**
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์
	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
ภาควิชา	ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2551

บทคัดย่อ

โครงงานที่จะทำคือโครงงานควบคุมการเข้าออกด้วยRFIDโดยจะรองรับTagRFID ตระกูล EM ที่มีความถี่ 125KHz ระยะในการอ่านอยู่ที่ 10 เซนติเมตร มีหน้าจอแสดงผล LCD ขนาด 2 บรรทัด 16 ตัวอักษร สามารถเก็บข้อมูลการเข้าและออกได้ สามารถต่อกับกลอนประตูไฟฟ้าได้ทุกชนิด และใช้ไฟเลี้ยง 9-12 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	RFID Access Control System	
Student	Miss Phawinee Uisrikoon	ID.48010680
	Mr. Chacrich Sriwatthana	ID.48012180
Advisor	Mr. C. Wattana	
Graduate Level	Bacher Degree of Electronic Engineering	
Department	Electronic Engineering	
Academic Year	2008	

Abstract

The project is about RFID access control system. It can use with tag RFID type EM frequensy data signal 125 KHz. Controled range is about 10 cm. and have LCD to show 16 word . Have memory and can use with automatic door . Transmitter uses 9-12 Volts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานและรายงานฉบับนี้จะสำเร็จเสร็จสมบูรณ์ไม่ได้เลยถ้าขาด อ.เฉลิมพันธ์ ที่คอยสอน คอยดูแลและคอยกระตุ้นการดำเนินโครงงานอย่างต่อเนื่องขอขอบคุณคะ ขอบคุณพ่อกับแม่ที่ส่งเสียเรามา ขอบคุณเพื่อนปีกากทั้งหลายที่ไม่ได้ช่วยอะไรเลยได้แต่ส่งเสียงดังก่อกวน และขอบคุณสโมสรนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นที่นัดพบและทำโปรเจคบ้าง

คณะผู้จัดทำโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

กิตติกรรมประกาศ

บทที่1 บทนำ 1

1.1ความเป็นมาของโครงงานนี้ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตโครงงาน 1

1.4 ขั้นตอนในการทำงาน 1

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงานนี้ 1

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 2

2.1 คลื่นพาหะและมาตรฐานของระบบRFID 2

2.2 ส่วนประกอบของRFID 3

2.2.1 แท็ก(Tag) 4

2.2.1.1 Passive RFID Tags 4

2.2.1.2 Active RFID Tags 5

2.2.2 เครื่องอ่าน(Reader) 6

2.3 คุณลักษณะของอุปกรณ์ระบบRFID 9

2.3.1 ลักษณะการทำงาน (Operation type) 9

2.3.1.1 การรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex(FDX) 9

2.3.1.2 การรับส่งข้อมูลแบบ Half Duplex (HDX) 10

2.3.2 ขนาดข้อมูล (Data capacity) 10

2.3.3 ความสามารถในการโปรแกรม (Programmable) 10

2.3.4 แหล่งพลังงาน (Power supply) 10

2.3.5 ย่านความถี่ใช้งาน (Frequency range) 11

2.3.6 วิธีการรับส่งข้อมูลระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน 11

2.3.6.1 กระบวนการทำงานระหว่างเครื่องอ่านกับแท็ก 13

2.3.6.2 การป้องกันการชนของสัญญาณข้อมูล 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller) 15
3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 15
3.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 15
3.2.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) 15
3.2.2 หน่วยความจำ (Memory Unit) 16
3.2.2.1 หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 16
3.2.2.2 หน่วยความจำโปรแกรม 16
3.2.2.3 หน่วยความจำแบบอีอีพรอม 16
3.2.3 พอร์ตอินพุต/เอาท์พุต(I/O port) 16
3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 18FXXX 17
3.4 พื้นฐานการสื่อสารข้อมูล 19
3.4.1 การสื่อสารแบบขนาน 19
3.4.2 การสื่อสารแบบอนุกรม 19
3.5 มาตรฐาน RS-232 19
3.5.1 ค่าอัตราบอดเรต (Baud Rate) 20
3.5.2 ค่าความกว้างข้อมูล (Data Width) 20
3.5.3 ค่าพาริตี้บิต (Parity Bit) 20
3.5.4 ค่าบิตจบ (Stop Bit) 20
3.6 รูปแบบการสื่อสารรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม 20
3.6.1 บิตเริ่มต้น (Start Bit) 20
3.6.2 บิตข้อมูล (Data Bit) 20
3.6.3 บิตพาริตี้ (Parity Bit) 21
3.6.4 บิตจบการสื่อสาร (Stop Bit) 21
3.7 คอนเนกเตอร์แบบ D-Type 21
3.8 ลักษณะสัญญาณของ RS-232 23
3.9 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการสื่อสารพอร์ตอนุกรม 24
3.9.1 รีจิสเตอร์ SBUF (Serial Data Buffer) 24
3.9.2 รีจิสเตอร์ PCON (Power Control) 25
3.9.3 รีจิสเตอร์ SCON (Serial Port Control Register) 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม 29
3.10.1 รูปแบบของการเขียนโปรแกรมรับข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกร 29
3.10.2 รูปแบบของการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม 30
3.11 การรับข้อมูลจากสวิตช์ 30
3.11.1การทำงานของวงจรสวิตช์ 30
3.11.2 สวิตช์เมทริกซ์ 31
3.11.3 การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 32
3.11.4 การรับข้อมูลจากพอร์ต 32
3.12 การใช้จอแสดงผลแบบLCD 33
3.12.1 โครงสร้างและการทำงานของจอแสดงผลLCD 33
3.12.2 การเชื่อมต่อต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแสดงผล LCD 34
3.13 การเชื่อมต่อต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูล RFID 35
3.14 การเชื่อมต่อต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ EEPROM 35
3.15 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ Real time clock 36
บทที่ 4 รูปวงจร 37
บทที่ 5 ผลการทดลอง 38
บทที่ 6 โปรแกรมควบคุมการทำงาน 41
6.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานเมื่อมีข้อมูลของ Tag อยู่ก่อนแล้ว 41
6.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการปรับแต่งค่าผ่านเมนูหลัก 42
6.3 โปรแกรม 43
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 การนำRFID ไปใช้งาน	4
รูปที่ 2.2 บล๊อกไดอะแกรมภายในของแท็กแบบPassive	5
รูปที่ 2.3 รูปโมดูลRFIDที่ใช้ในโครงงานนี้	6
รูปที่ 2.3 รูปโมดูลRFIDที่ใช้ในโครงงานนี้	8
รูปที่ 2.5 ลักษณะสัญญาณของ RS-232/TTL ที่ได้จากโมดูล	8
รูปที่ 3.1 ขาสัญญาณไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์PIC18F458	17
รูปที่ 3.2 โครงสร้างภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์PIC18F458	18
รูปที่ 3.3 รูปแบบการสื่อสารอนุกรม 1 เฟรม	21
รูปที่ 3.4 การจัดขาต่าง ๆ ของ DB9 และ DB25	22
รูปที่ 3.5 การจัดขาของไอซี MAX 232	23
รูปที่ 3.6 แสดงรูปแบบสัญญาณที่ RS-232 และ MAX-232	24
รูปที่ 3.7 แสดง 1 ชุดข้อมูล โหมด 2	28
รูปที่ 3.8 แสดง 1 ชุดข้อมูลโหมด 1,10 บิต	28
รูปที่ 3.9 การทำงานของสวิตช์แบบกดติดปล่อยดับ	31
รูปที่ 3.10การต่อสวิตช์แบบเมทริกซ์ และคีย์แพด	32
รูปที่ 3.11 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์PIC เบอร์ 18F458กับคีย์แพด	32
รูปที่ 3.12 ขาสัญญาณของจอแสดงผล LCD ขนาด16X2บรรทัด	33
รูปที่ 3.13 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแสดงผล LCD แบบ 4 บิต	35
รูปที่ 3.14 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ EEPROM	36
รูปที่ 3.15 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ Real time clock	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงย่านความถี่ต่างๆของระบบRFID และการใช้งาน	3-4
ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดของขาโมดูลRFID	7
ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของโมดูล RFID	7
ตารางที่ 2.4 แสดงความแตกต่างของการสื่อสารแบบ Full Duplex(FDX) และ Half Duplex (HDX)	9
ตารางที่ 3.1 แสดงเวลา Bit time ใน Baud rate ต่างๆ	21
ตารางที่ 3.2 แสดงการจัดเรียงขาสัญญาณ	22
ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดรีจิสเตอร์ PCON	25
ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดรีจิสเตอร์ SCON	26
ตารางที่ 3.5 แสดงการเลือก Mode ของพอร์ตอนุกรม (บิตที่ 7 และบิตที่ 6)	26
ตารางที่ 3.6 แสดงค่า TH1 จากอัตราการส่งข้อมูล (Baud Rate) ค่าต่างๆ	29
ตารางที่ 3.7แสดงตำแหน่งหน่วยความจำสำหรับแสดงผลของจอLCDขนาดต่างๆ	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1ความเป็นมาของโครงงานนี้

ในปัจจุบันระบบรักษาความปลอดภัยได้เข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตของเรามากขึ้น เพราะปัญหาทางด้านสังคมและเศรษฐกิจที่เพิ่มมากขึ้นทำให้จำนวนมิจฉาชีพเพิ่มตามไปด้วย จะเห็นได้จากข่าวจากสื่อต่างๆ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินจึงจำเป็นต้องมีระบบรักษาความปลอดภัย โดยบางส่วนก็อาศัยนวัตกรรมทางด้านเทคโนโลยีเข้ามาช่วยทำให้การดำรงชีวิตประจำวันมีความปลอดภัยมากขึ้น ดังนั้นผู้จัดทำจึงต้องการจะนำเสนอโครงงานที่เกี่ยวกับระบบรักษาความปลอดภัยโดยใช้เทคโนโลยีRFIDเข้ามาร่วมด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์PICเบอร์18F458 ควบคุมการทำงานของ RFID Module สำหรับการเปิดและปิดประตูไฟฟ้า

1.3 ขอบเขตโครงงาน

โครงงานนี้ใช้การเขียนไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานร่วมกับ เทคโนโลยี RFID และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ควบคุมการเข้าและออกอาคารหรอสถานที่ส่วยบุคคลได้

1.4 ขั้นตอนในการทำงาน

1.4.1 ศึกษาหลักการทำงานและส่วนประกอบของไมโครคอนโทรลเลอร์PICเบอร์18F458

1.4.2 ออกแบบขั้นตอนการทำงานและทดลองในโปรแกรมProteus

1.4.3 ออกแบบวงจรและรายวงจร

1.4.4 ประกอบชิ้นงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงานนี้

1.เข้าใจถึงหลักการทำงานและทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบวงจร รวมถึงหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์PICเบอร์18F458 ที่ใช้เป็นส่วนสำคัญของโครงงานนี้

2.มีความชำนานในการใช้โปรแกรมProteus

3.สามารถนำความรู้ไปใช้ในการประยุกต์ใช้งานทางด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์PIC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีและหลักการ

ระบบแสดงตนผ่านทางคลื่นวิทยุ RFID (Radio Frequency Identification) เป็นระบบแสดงตัวตนผ่านทางวัตถุ ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ ที่ได้รับการพัฒนาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 เพื่อวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำไปใช้งานแทนระบบบาร์โค้ด (Barcode) โดยจุดเด่นของระบบแสดงตัวตนผ่านทางคลื่นวิทยุ ก็อยู่ตรงการอ่านข้อมูลจากแท็ก (Tag) ได้หลายๆ แท็กแบบไร้สัมผัสและสามารถอ่านค่าได้แม้ในสภาพที่ทัศนวิสัยไม่ดี ทนต่อความเปียกชื้นแรงสั่นสะเทือน การกระทบกระแทกและสามารถจะอ่านข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง โดยข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในไมโครชิปที่อยู่ในแท็กในปัจจุบันได้มีการนำ RFID ไปประยุกต์ใช้ในงานด้านอื่นๆนอกจากบาร์โค้ด เช่น ใช้เป็นบัตรสำหรับผ่านเข้าและออกสถานที่ต่างๆ และทำเป็นแคปซูลขนาดเล็กฝังเอาไว้ในตัวสัตว์เพื่อบันทึกประวัติต่างๆ เป็นต้น

2.1 คลื่นพาหะและมาตรฐานของระบบRFID

ในปัจจุบันได้มีการรวมกลุ่มกันของแต่ละประเทศเพื่อทำการกำหนดมาตรฐานความถี่คลื่นพาหะในระบบRFID โดยมี 3 กลุ่มใหญ่หลักๆ ได้แก่ กลุ่มประเทศในยุโรปและแอฟริกา กลุ่มประเทศอเมริกาเหนือและใต้ สุดท้ายก็คือกลุ่มประเทศในตะวันออกไกลและออสเตรเลีย ซึ่งแต่ละกลุ่มก็จะกำหนดแนวทางในการเลือกใช้ความถี่ต่างๆ ให้แก่บรรดาประเทศสมาชิก

อย่างไรก็ตาม ความถี่ของคลื่นพาหะที่นิยมใช้งานในย่านความถี่ต่ำ ย่านความถี่กลาง และย่านความถี่สูงก็คือ 125kHz , 13.56MHz และ 2.45GHz ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่2.1 ซึ่งโดยทั่วไปรัฐบาลของแต่ประเทศจะมีการออกกฎหมายเกี่ยวกับระเบียบในการใช้งานย่านความถี่ต่างๆ รวมถึงกำลังส่งของระบบ RFID ด้วย ในแง่ของราคาและความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล เมื่อเทียบกันแล้วRFID ที่ใช้คลื่นพาหะคลื่นความถี่สูงจะมีความเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุดและมีราคาแพงที่สุดด้วยเช่นกัน ซึ่งในทางตรงกันข้ามRFID ที่ใช้คลื่นพาหะคลื่นความถี่ต่ำจะมีความเร็วในการส่งข้อมูลต่ำที่สุดและมีราคาก็ต่ำลงลดหลั่นตามลงมาด้วย

ย่านความถี่	คุณลักษณะ	การใช้งาน
ย่านความถี่ต่ำ 100-500 kHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งาน ทั่วไปคือ 125 kHz	- ระยะการรับส่งข้อมูลใกล้ - ต้นทุนไม่สูง - ความเร็วในการอ่านข้อมูลต่ำ	- Access Control - ปศุสัตว์ - ระบบคงคลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

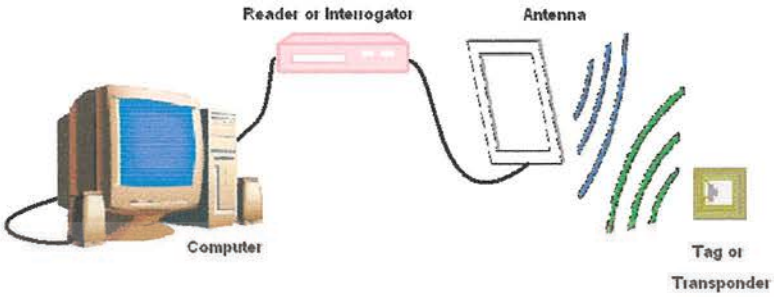
	- ความถี่ในย่านนี้เป็นที่แพร่หลายทั่วโลก	- รถยนต์
ย่านความถี่กลาง 10-15 kHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งาน ทั่วไปคือ 13.56 kHz	- ระยะการรับส่งข้อมูลปานกลาง - ราคามีแนวโน้มถูกลงในอนาคต - ความเร็วในการอ่านข้อมูลปานกลาง - ความถี่ในย่านนี้เป็นที่แพร่หลายทั่วโลก	- Access Control - สมาร์ตการ์ด
ย่านความถี่สูง 850-950 MHz 2.4-5.8GHz ความถี่มาตรฐานที่ใช้งาน ทั่วไปคือ 2.45 kHz	- ระยะการรับส่งข้อมูลไกล (10 เมตร) - ต้นทุนสูง - ความเร็วในการอ่านข้อมูลสูง	- รถไฟ - ระบบเก็บค่าผ่านทาง

ตารางที่ 2.1 แสดงย่านความถี่ต่างๆของระบบRFID และการใช้งาน

2.2 ส่วนประกอบของRFID

ในระบบของRFIDจะมีองค์ประกอบหลักๆแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกก็คือทรานสปอร์นเดอร์หรือแท็ก(Transponder/Tag) ซึ่งในแท็กจะบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุที่ติดอยู่เอาไว้ ส่วนที่สองก็คือเครื่องสำหรับอ่านหรือเขียน(Interrogator/Reader)ข้อมูลภายในแท็กด้วยคลื่นวิทยุ เพื่อให้เห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จะเปรียบแท็กในระบบRFIDให้เป็นตัวบาร์โค้ดที่ติดกับฉลากของสินค้า และเครื่องอ่านในระบบRFIDก็คือเครื่องอ่านบาร์โค้ด(Scanner) โดยข้อแตกต่างของทั้งสองระบบ คือ ระบบRFID จะใช้คลื่นความถี่วิทยุในการอ่าน/เขียน ส่วนระบบรหัสแท่งโดยใช้แสงเลเซอร์ในการอ่าน ข้อเสียของบาร์โค้ด คือ หลักการอ่านเป็นเป็นการใช้แสงในการอ่านแท็กบาร์โค้ด ซึ่งจะต้องอ่านแท็กที่ไม่อะไรกับปกปิดหรือต้องอยู่ในเส้นตรงเดียวกับลำแสงที่ยิงจากเครื่องสแกน และอ่านได้ทีละแท็กในระยะใกล้ๆ แต่ระบบRFID จะแตกต่างโดยสามารถอ่านแท็กได้โดยไม่ต้องเห็นแท็ก หรือแท็กนั้นซ้อนอยู่ภายในวัตถุและไม่จำเป็นต้องอยู่ในเส้นตรงกับคลื่น เพียงอยู่ในบริเวณที่สามารถรับคลื่นวิทยุได้ก็สามารถอ่านข้อมูลได้ และการอ่านแท็กในระบบ RFID ยังสามารถอ่านได้หลายๆแท็กในเวลาเดียวกันแถมระยะในการอ่านข้อมูลนั้นก็ไกลกว่าระบบบาร์โค้ดอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การนำRFID ไปใช้งาน

2.2.1 แท็ก(Tag)

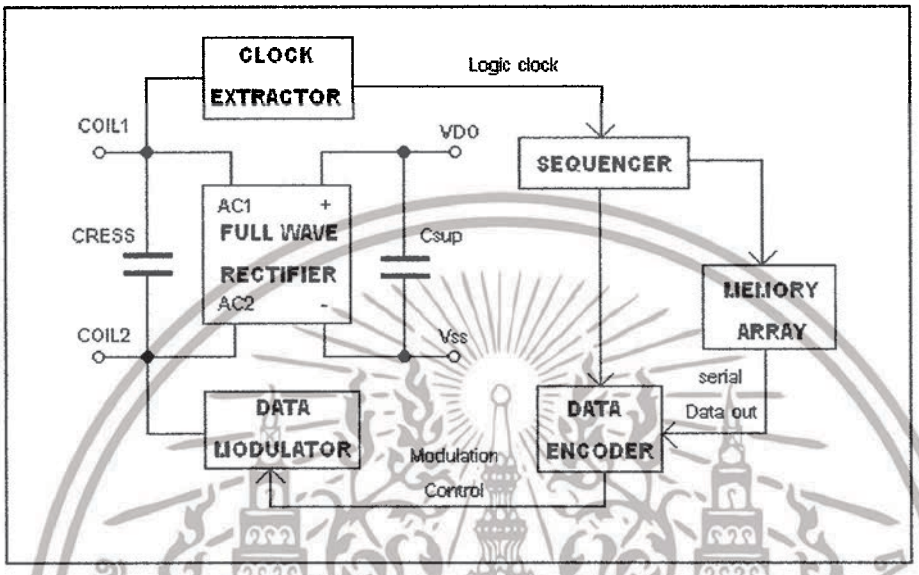
โครงสร้างภายในแท็กประกอบด้วย สองส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ ขดลวดขนาดเล็กซึ่งทำหน้าที่เป็นเสาอากาศ (Antenna) สำหรับรับคลื่นวิทยุและสร้างพลังงานเพื่อนำไปป้อนให้กับส่วนของไมโครชิป (Microchip)ซึ่งทำหน้าที่เก็บข้อมูลของวัตถุที่นำมาใช้เป็นตัวแท็ก โดยทั่วไปแท็กจะมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุที่นำเอาไปติด ซึ่งมีหลายรูปแบบและหลายขนาด เช่น บัตรขนาดเท่าบัตรเครดิต เหรียญ กระดุม ฉลากสินค้า แคปซูล โดยแต่ละชนิดจะมีความแต่ต่างกันในเรื่องของการใช้งาน ราคา โครงสร้าง และหลักการทำงาน ซึ่งแท็กจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังจะกล่าวต่อไปนี้

2.2.1.1 Passive RFID Tags

แท็กชนิดนี้ไม่ต้องอาศัยแห่งจ่ายไฟภายนอกใดๆ เพราะภายในแท็กจะมีวงจรไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดเล็กทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟในตัว ทำให้การอ่านข้อมูลทำได้ไม่ไกลมากนัก โดยระยะอ่านสูงสุดประมาณ 1 เมตร ขึ้นอยู่กับแรงของเครื่องส่งและคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้ และตัวเครื่องอ่านข้อมูลจะต้องมีความไวและกำลังที่สู่ นอกจาก นี้แท็กชนิดนี้มักจะมีปัญหาเมื่อนำไปใช้งานในสภาพแวดล้อมมีสัญญาณแม่เหล็กรบ- กวนสูง แต่ข้อได้เปรียบก็คือ มีอายุการใช้งานที่นาน ขนาดเล็ก น้ำหนักเบาและราคาต่อหน่วยต่ำ โดยปกติแท็กชนิดนี้มักมีหน่วยความจำขนาด 16 ถึง 1,024 ไบต์ ไอซีของแท็กชนิดนี้ที่มีการผลิตออกมาในปัจจุบันจะมีขนาดและรูปร่างเป็นแบบแท่งหรือแผ่น มีตั้งแต่ขนาดเล็กมากจนแทบจะไม่สามารถมองเห็นได้ไ ปจนถึงขนาดใหญ่สะดุดตา ซึ่งทุกแบบต่างก็มีความเหมาะสมกับงานที่แตกต่างกันออกไป ส่วนโครงสร้างภายในที่เป็นไอซีของแท็กนั้นจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ อันได้แก่ส่วนควบคุมการทำงานของภาครับและส่งสัญญาณวิทยุ(Analog Front-End) ส่วนควบคุมภาคลอจิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Digital Control Unit) และส่วนของหน่วยความจำ(Memory) ซึ่งอาจจะเป็นแบบROMหรือ EEPROM ก็ได้



รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมภายในของแท็กแบบPassive

2.2.1.2 Active RFID Tags

แท็กชนิดนี้จะต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ภายนอก เพื่อทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้วงจร โดยแท็กชนิดนี้จะมีฟังก์ชั่นการทำงานทั่วไปที่ทั้งอ่านและเขียนข้อมูลลงในแท็กได้ ซึ่งภายในแท็กจะมีหน่วยความจำขนาดใหญ่ได้ถึง 1 เมกะไบต์ สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ในระยะไกลสูงสุดถึงประมาณ 10 เมตร และยังสามารถทำงานได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวนแม้ว่าแท็กชนิดนี้จะมีข้อดีอยู่หลายข้อแต่ก็มีข้อเสียเช่นกัน คือ มีราคาแพง ขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีอายุในการใช้งานที่จำกัดเนื่องจากแท็กชนิดนี้ต้องใช้แบตเตอรี่อายุการใช้งานจึงขึ้นอยู่กับอายุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่หมดก็ต้องนำแท็กไปทิ้งไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เนื่องจากมีซีล (Seal) จึงไม่สามารถเปลี่ยนแบตเตอรี่ได้ อย่างไรก็ตามหากออกแบบให้วงจรของแท็กชนิดนี้กินกระแสน้อยๆก็อาจทำให้แท็กชนิดนี้มีอายุการใช้งานนานนับสิบปี

นอกจากแท็กจะถูกแบบออกเป็นสองแบบใหญ่ๆดังที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังถูกแบ่งย่อยออกเป็นประเภทตามรูปแบบการใช้งานอีก 3 แบบ ได้แก่ แบบที่สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้อย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระ (Read-Write), แบบเขียนได้เพียงครั้งเดียวแต่อ่านได้อย่างอิสระ(Write-Once Read-Manyหรือ WORM)และแบบอ่านอย่างเดียว (Read-Only)

2.2.2 เครื่องอ่าน(Reader)

โดยหน้าที่ของเครื่องอ่านก็คือการเชื่อมต่อเพื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลลงในแท็กด้วยสัญญาณความถี่วิทยุ ภายในเครื่องประกอบด้วยขดลวดทองแดงที่ทำหน้าที่เป็นเสาอากาศเพื่อใช้ในการรับและส่งข้อมูล วงจรควบคุมการอ่านและเขียนข้อมูลจำพวกไมโครคอนโทรลเลอร์และส่วนของการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปเครื่องอ่านจะมีส่วนประกอบดังนี้

-ภาครับและส่งสัญญาณวิทยุ

-ภาคสร้างสัญญาณพาหะ

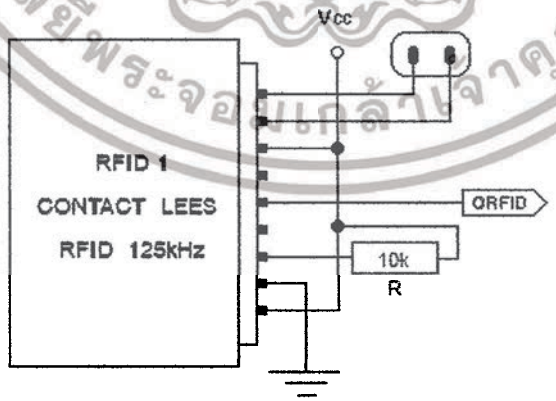
-ขดลวดทองแดงที่ทำหน้าที่เป็นเสาอากาศ

-วงจรจูนสัญญาณ

-หน่วยประมวลผลข้อมูล และภาคติดต่อกับคอมพิวเตอร์

โดยทั่วไปหน่วยประมวลผลที่อยู่ภายในเครื่องมักจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งอัลกอริทึมที่อยู่ภายในโปรแกรม จะทำหน้าที่ถอดรหัสข้อมูล(Decoding) ที่ได้รับและทำหน้าที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยลักษณะขนาด และรูปร่างของเครื่องอ่านจะแตกต่างกันไปตามประเภทของการใช้งาน เช่น แบบมือถือขนาดเล็กหรือติดผนัง จนไปถึงขนาดใหญ่เท่าประตู(Gate size)

เครื่องอ่าน (Reader) ที่นำมาใช้ในโครงงานนี้ เป็นโมดูล RFID 125kHz รุ่นPXSM-K4 หรือ 125kHz-K4 โดยรายละเอียดของขา (Pin) และคุณสมบัติ ของโมดูลตัวนี้ได้แสดงดังตารางที่2.1และ2.2



รูปที่ 2.3 รูปโมดูลRFIDที่ใช้ในโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN	NAME	I/O	SYMBLE	MIN	TYP	MAN	DESCRIPTION
1	ANT-IN	I		-	-	400Vp-p	ANT in
2	ANT-OUT	O	Vant	Vdd-0.5V	Vdd	Vdd+0.5V	Diver output
3	ASCII/WIEGAND	I					Hi:ASCII Low:Wiegand26
4	CP	O					Low Pluse 100ms
5	DATA1	O	Vo-H Vo-L	Vcc-0.2V -	Vcc GND	Vcc+0.2V Vss+0.2V	Digital Dataoutput
6	DATA0	O	Vo-H Vo-L	Vcc-0.2V -	Vcc GND	Vcc+0.2V Vss+0.2V	Digital Dataoutput
7	WRITE	I					Low active
8	GND						Ground
9	VCC		Vcc	3.5V-	5V	5.25V	VCC

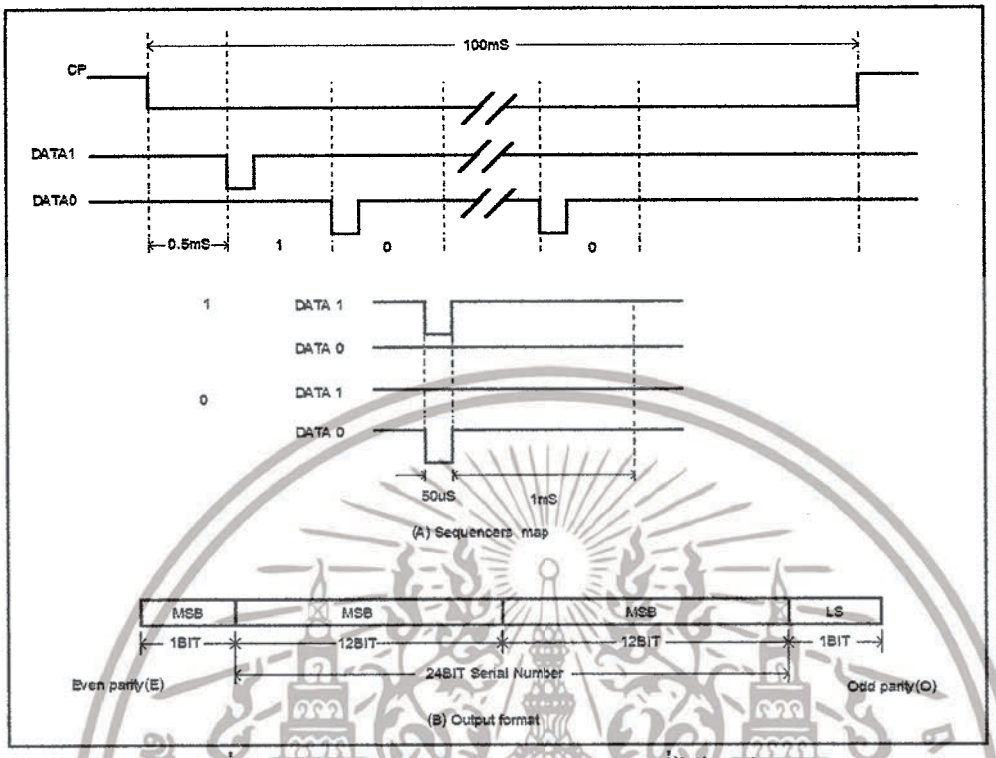
ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดของขาโมดูลRFID

ขนาดของโมดูล	26.5mm×16.5mm×6.9mm
ย่านความถี่ที่ใช้งาน	AM 125kHz
ความถี่ที่ใช้งาน	125kHz
ไฟเลี้ยงโมดูล	Vcc=5V
กระแส	40mA(5V) nominal
กระแส อินพุตแลเอ้าพุต	25mA sink/source
อุณหภูมิที่ใช้	-40° C-85°C
ความชื้นสูงสุดในการใช้งาน	95% RH

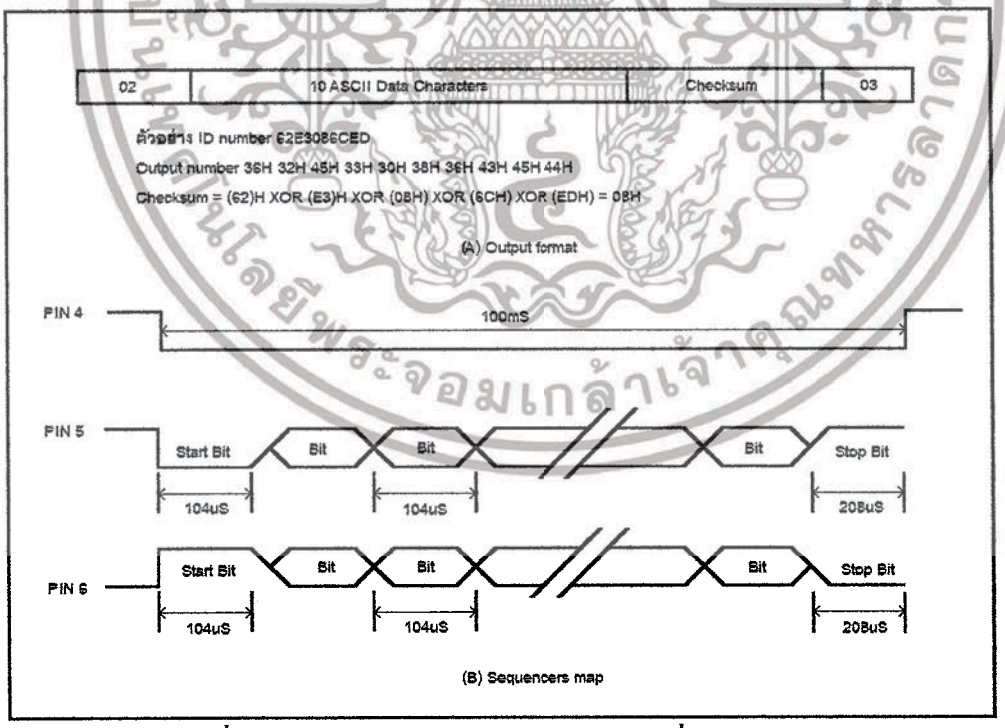
ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของโมดูล RFID

โมดูล RFID ตัวนี้ออกแบบมาเพื่อรองรับการอ่านบัตรที่ความถี่ 125kHz ตระกูล EM โดย เอาต์พุตที่ได้จากโมดูลจะมีสองแบบด้วยกัน นั้นก็คือ Wiegand26 และ RS-232/TTL โดยเอาต์พุตแบบ Wiegand26 จะประกอบด้วยสัญญาณสองส่วนด้วยกันได้แก่ DATA1และ DATA0 ซึ่งโมดูลแบบนี้จะรองรับการอ่านอย่างเดียว ดังนั้นในโครงงานนี้เราจึงเลือกใช้สัญญาณแบบ RS-232/TTL เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ลักษณะสัญญาณของ Wiegand26 ที่ได้จากโมดูล



รูปที่ 2.5 ลักษณะสัญญาณของ RS-232/TTL ที่ได้จากโมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

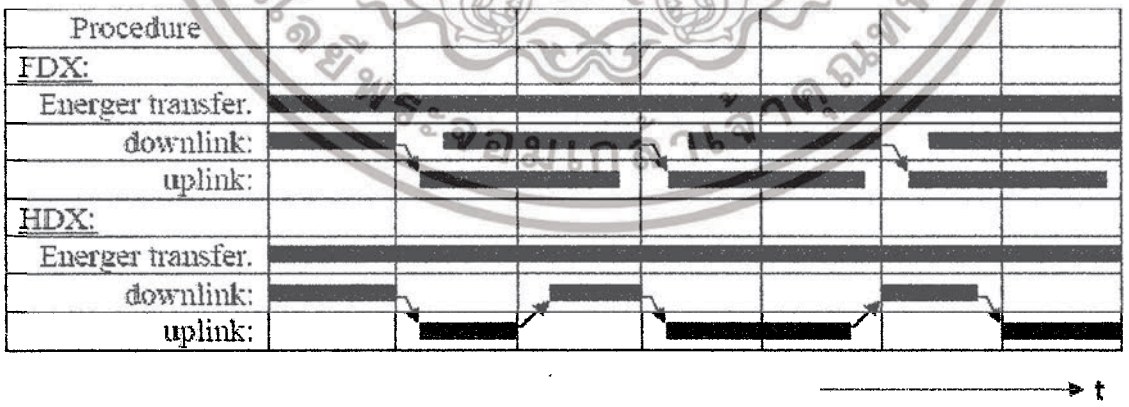
2.3 คุณลักษณะของอุปกรณ์ระบบRFID

2.3.1 ลักษณะการทำงาน (Operation type)

อุปกรณ์ระบบRFID ทั้งแท็กและเครื่องอ่าน จะมีรูปแบบการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งระหว่างการรับและส่งข้อมลแบบFull Duplex(FDX) / Half Duplex(HDX)

2.3.1.1 การรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex(FDX)

เครื่องอ่านจะทำการส่งสัญญาณข้อมูลออกตลอดเวลา ซึ่งเท่ากับว่าเป็นการส่งพลังงานไฟฟ้าผ่านทางคลื่นวิทยุไปจ่ายให้กับแท็กที่อยู่ในบริเวณการใช้งานด้วย และเนื่องจากความแรงของคลื่นสัญญาณความถี่วิทยที่แท็กออกมามีกำลังส่งต่ำ ทำให้มีแนวโน้มว่าสัญญาณอาจส่งไปไม่ถึงเครื่องอ่าน หรืออาจส่งไปถึงแต่มีระดับสัญญาณรบกวนปะปนอยู่ด้วย เมื่อเทียบกับสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากเครื่องอ่าน ซึ่งแหล่งจ่ายไฟฟ้าเป็นของตนเองทำให้ส่งสัญญาณออกมาได้สูงกว่าดังนั้นจึงต้องมีมาตรการในการสร้างความแตกต่างของสัญญาณคลื่นวิทยุทมการส่งออกมาจากแท็กแต่ละเครื่อง ให้มีเอกลักษณ์ (Identity) ที่แตกต่างกัน เพื่อให้เครื่องอ่านสามารถแยกแยะแหล่งที่มาได้อย่างถูกต้อง โดยใช้มอดูเลตสัญญาณแบบ Load Modulation ซึ่งการสื่อสารแบบ Full Duplex เครื่องอ่านจะทำการส่งสัญญาณที่สามารถตรวจจับและแปลงเป็นกำลังงานไฟฟ้าให้กับแท็กได้ตลอดเวลา การส่งสัญญาณจากเครื่องอ่านไปยังแท็ก (Downlink) และการส่งข้อมลจากแท็กกับมายังเครื่องอ่าน (Uplink) สามารถกระทำขึ้นเมื่อใดก็ได้ไม่จำเป็นต้องรอจังหวะในการส่งไปกลับแต่อย่างใด ดังรูป



ตารางที่ 2.4 แสดงความแตกต่างของการสื่อสารแบบ Full Duplex(FDX)และ Half Duplex (HDX)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 การรับส่งข้อมูลแบบ Half Duplex (HDX)

การสื่อสารแบบ Half Duplex เครื่องอ่านจะทำการส่งพลังงานไฟฟ้าไปให้กับแท็กตลอดเวลา ซึ่งการส่งสัญญาณจากเครื่องอ่านไปยังแท็ก(Downlink) และการส่งข้อมูลจากแท็กกับมายังเครื่องอ่าน (Uplink) จะต้องมีการกำหนดจังหวะผลัดการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องอ่านและแท็ก

2.3.2 ขนาดข้อมูล (Data capacity)

โดยทั่วไปอุปกรณ์แท็ก RFID จะมีขนาดของหน่วยความจำ หรือที่นิยมเรียกกันว่า ขนาดความจุข้อมูล (Data capacity) ไล่ขนาดตั้งแต่ไม่กี่ไบต์ไปจนถึงหลายๆกิโลไบต์ ตัวอย่าง แท็ก RFID อีกกลุ่มหนึ่งที่ได้รับการออกแบบมาให้มีขนาดความจุเพียง 1 บิต (1-bit transponder) ซึ่งแท็กแบบนี้มักมีราคาประหยัดและมีจุดประสงค์ในการนำไปใช้งานเพียงเพื่อการแจ้งสถานะภาพเท่านั้น

2.3.3 ความสามารถในการโปรแกรม (Programmable)

การจำแนกประเภทของแท็ก RFID ตามขีดความสามารถในการโปรแกรมข้อมูลสามารถแบ่งออกได้เป็นแท็กที่ไม่สามารถโปรแกรมได้ ซึ่งภายในจะมีการเขียนข้อมูลที่อาจเป็นรหัสเลขหมายใดๆ ตามที่ได้รับคำสั่งจ้างทำมาตั้งแต่สายการผลิตและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ อีกประเภทหนึ่งเป็นแท็ก RFID ที่สามารทำการโปรแกรมข้อมูลผ่านทางเครื่องอ่านได้ การจัดการลำดับคำสั่ง (Sequence) ในกรณีของแท็กที่สามารถโปรแกรมได้นั้น ก็มีเทคนิคที่ใช้ในการจัดการประมวลผลข้อมูลให้เลือกพิจารณาเป็นเรื่องทางเทคนิค

2.3.4 แหล่งพลังงาน (Power supply)

เป็นคุณสมบัติทางเทคนิคที่มีความสำคัญมากในการพิจารณาเลือกใช้แท็ก RFID ทั้งนี้สามารถจำแนกประเภทของเครื่องลูกข่ายออกมาเป็น 2 กลุ่ม คือ แบบพาสซีฟ (Passive transponder) ซึ่งเป็นแท็กที่ไม่ต้องการแหล่งจ่ายไฟบรรจุไว้ภายในตัว แต่จะอาศัยการแปลงสัญญาณพลังงานไฟฟ้าที่ส่งมาจากเครื่องอ่านมาเป็นไฟเลี้ยงเพียงอย่างเดียว กับอีกประเภทหนึ่งคือ แบบแอกทีฟ (Active Transponder) ซึ่งต้องการระบบจ่ายไฟภายในแท็กเพื่อใช้ป้อนจ่ายให้กับชิปประมวลผลที่ติดตั้งอยู่ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 ย่านความถี่ใช้งาน (Frequency range)

ความหมายของความถี่ใช้งาน (Frequency range) ในมาตรฐาน RFID นั้นจะหมายถึงคลื่นความถี่วิทยุที่เครื่องอ่านทำการส่งออกไปเท่านั้น โดยจะไม่สนใจว่าแท็กจะส่งคลื่นความถี่ในย่านใดตอบกลับมา ยิ่งในบางกรณีแท็กอาจมีการส่งคลื่นความถี่กลับมาเป็นค่าความถี่เดียวกับที่เครื่องอ่านส่งออกไป โดยแยกแยะความแตกต่างกันด้วยเทคนิคการมอดูเลตสัญญาณแบบ Load modulation ประเด็นของคลื่นความถี่จากแท็กจึงไม่ใช่สาระสำคัญในการนำมาพิจารณา ในปัจจุบันคลื่นพาหะที่ใช้งานกันในระบบแสดงตัวตนผ่านทางคลื่นวิทยุ จะอยู่ในย่านความถี่ ISM (Industrial-Scientific-Medical) ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่กำหนดในการใช้งานในเชิงอุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์ และการแพทย์ สามารถใช้งานโดยไม่ตรงกับย่านความถี่ที่ใช้งานในการสื่อสาร โดยทั่วไปมีความถี่ใช้งาน สำหรับคลื่นพาหะที่ใช้กันในระบบแสดงตัวตนผ่านทาง คลื่นวิทยุแบ่งออกได้เป็น 3 ย่าน หลักได้แก่

- ย่านความถี่ต่ำ (Low Frequency : LF) ต่ำกว่า 150 kHz
- ย่านความถี่สูง (High Frequency : HF) 13.56 MHz
- ย่านความถี่สูงยิ่ง (Ultra High Frequency : UHF) 433/868/915 MHz

ในแง่การใช้งาน 2 ย่านความถี่แรกจะเหมาะสำหรับใช้กับงานที่มีระยะการสื่อสารข้อมูลในระยะใกล้ (LF ระยะอ่านประมาณ 10-20 เซนติเมตร และ HF ระยะอ่านประมาณ 1 เมตร) เช่น การตรวจสอบการผ่านเข้าออกพื้นที่ การตรวจหาและเก็บประวัติในสัตว์ ส่วนย่าน UHF จะถูกใช้กับงานที่มีระยะการสื่อสารข้อมูลในระยะไกล (UHF ระยะอ่านประมาณ 1-10 เมตร) เช่น ระบบเก็บค่าบริการทางด่วน และในปัจจุบัน ระบบ FID กำลังถูกวิจัยและพัฒนาในย่านความถี่ไมโครเวฟที่ความถี่ 2.4 GHz และความถี่ 5.8 GHz เพื่อใช้งานที่ต้องการระยะอ่านที่ไกลกว่า 10 เมตรเป็นต้นในแง่ของราคาและความเร็วมนการสื่อสารข้อมูล เมื่อเทียบกันแล้วระบบแสดงตัวตนผ่านทางคลื่นวิทยุ ซึ่งใช้คลื่นพาหะย่านความถี่สูงเป็นระบบที่มีความเร็วมนการส่งข้อมูลสูงสุด และมีราคาแพงที่สุดด้วยเช่นกัน ส่วนระบบแสดงตัวตนผ่านทางคลื่นวิทยุที่ใช้คลื่นพาหะในอีก 2 ย่านความถี่แรกจะมีระดับราคาและความเร็วลดหลั่นกันไป

2.3.6 วิธีการรับส่งข้อมูลระหว่างแท็กและเครื่องอ่าน

โดยมากมักจะใช้วิธีการมอดูเลตทางแอมปลิจูดหรือใช้กรมอดูเลตทางแอมปลิจูด(Amplitude Modulation: AM)บวกกับการเข้ารหัสแมนเชสเตอร์ (Manchester encoded AM) แต่ทว่าในปัจจุบันก็มีแท็กที่ใช้การมอดูเลตแบบอื่นๆด้วย เช่น การมอดูเลชั่นแบบเฟสซีฟคีย์อิ้ง (Phase Shit Keying : PSK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟรีเควนซี่ซีฟคีย์อิ้ง (Frequency Shit Keying : FSK) หรือการใช้การมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation : FM)

- **การมอดูเลตเชิงเลขทางแอมปลิจูด (ASK) ความถี่ของคลื่นพาห์ (Carrir Wave) ทำหน้าที่นำสัญญาณอะนาลอกผ่านตัวกลางสื่อสารจะมีค่าคงที่** โดยลักษณะของสัญญาณมอดูเลตเมื่อค่าบิดของสัญญาณข้อมูลดิจิตอลเป็น 1 ขนาดของคลื่นพาห์จะสูงขึ้นกว่าปกติ และเมื่อบิตมีค่าเป็น 0 ขนาดของคลื่นพาห์จะตกลงกว่าปกติ การมอดูเลต ASK มักจะไม่ค่อยได้รับความนิยมเพราะจะถูกรบกวนจากสัญญาณอื่นได้ง่าย
- การมอดูเลตเชิงเลขความถี่ (FSK) ในการมอดูเลตแบบ FSK ขนาดของคลื่นพาห์จะไม่เปลี่ยนแปลงแต่สิ่งที่เปลี่ยน คือ ความถี่ของคลื่นพาห์ โดยเมื่อบิตมีค่าเป็น 1 ความถี่ของคลื่นพาห์จะสูงกว่าปกติและเมื่อบิตมีค่าเป็น 0 ความถี่ของคลื่นพาห์ก็จะต่ำกว่าปกติ
- การมอดูเลตเชิงเลขทางเฟส (PSK) หลักการของ Phase Keying (PSK) คือ ขนาดและความถี่ของคลื่นพาห์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่จะเปลี่ยนที่เฟสของสัญญาณกล่าวคือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะของบิตจาก 1 ไปเป็น 0 หรือเปลี่ยนจาก 0 ไปเป็น 1 เฟสของคลื่นจะเปลี่ยน (Shift) ไป 180 องศาด้วย หลักการ PSK สามารถทำได้ทั้งแบบ 2 เฟส (0,90,180 และ 270 องศา) และแบบ 8 เฟส(0,45,90,135,180,225,270 และ 315 องศา) ในการมอดูเลตเพื่อเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอะนาลอกทั้ง 3 แบบ วิธีการแบบ PSK จะมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นน้อยที่สุดซึ่งจะทำให้ได้สัญญาณที่มีคุณภาพดีที่สุดแต่วงจรการทำงานจะยุ่งยากกว่าและราคาสูงกว่า

ในการรับส่งข้อมูลหรือสัญญาณวิทยุระหว่างแท็กกับเครื่องอ่าน จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อสายอากาศมีความยาวที่เหมาะสมกับความถี่พาหะที่ใช้งาน เช่นเมื่อความถี่ใช้งานเป็น 13.56เมกะเฮิรตซ์ ความยาวของเสาอากาศที่เหมาะสมก็คือ 22.12เมตร แน่นอนว่าในทางปฏิบัตินั้นไม่สามารถที่จะนำเสาอากาศที่มีขนาดใหญ่ขนาดนั้นมาใช้งานกับแท็กที่มีขนาดเล็กได้อย่างแน่นอน ดังนั้นสายอากาศที่ดูจะเหมาะสมจะใช้ร่วมกับแท็กที่สุดก็คือ สายอากาศที่เป็นขดลวดขนาดเล็กหรือที่มีชื่อเรียกแบบทางการว่าสายอากาศแบบแมกเนติกไดโพล(Magnetic dipole Antenna) รูปแบบของสายอากาศมีอยู่หลากหลายทั้งแบบที่เป็นขดลวดพันแกนอากาศหรือแกนเฟอร์ไรต์ แบบที่เป็นวงลูปที่ทำขึ้นจากลายทองแดงบนแผ่นปริ้น ทั้งที่เป็นลูบแบบวงกลมและสี่เหลี่ยม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งานซึ่งแตกต่างกันไปตามความถี่พาหะและประเภทของงานด้วยเช่นกัน นอกจากสายอากาศจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแล้วยังทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายให้กับวงจรภายในแท็ก โดยอาศัยหลักการทำงานตามแนวคิดของไมเคิล ฟาราเดย์ เรื่องแรงดันเหนี่ยวนำในขดลวดที่เกิดจากเส้นแรงแม่เหล็ก(จากเครื่องอ่าน) ที่มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา(Time-varying magnetic field) พุ่งผ่านสายอากาศของแท็ก เมื่อแท็กและเครื่องอ่านอยู่ห่างกันในระยะ 0.16เท่าของความยาวคลื่นพาหะที่ใช้เรียกปรากฏการที่เกิดขึ้นว่า Transformer-type Coupling ซึ่งเป็นปรากฏการณ์แบบเดียวกับการเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นระหว่างขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิในทรานส์ฟอร์เมอร์ ซึ่งเป็นวงจรพื้นฐานในการอธิบายกลไกที่เกิดขึ้นในการรับส่งข้อมูลของแท็ก

2.3.6.1 กระบวนการทำงานระหว่างเครื่องอ่านกับแท็ก

1. เครื่องอ่านจะทำการส่งสัญญาณวิทยุอย่างต่อเนื่องหรือเป็นจังหวะและรอคอยสัญญาณตอบจากตัวแท็ก
2. เมื่อแท็กได้รับสัญญาณวิทยุที่ส่งมาจากเครื่องอ่านในระดับที่เพียงพอ ก็จะทำการเหนี่ยวนำเพื่อสร้างพลังงานให้แท็กทำงาน โดยจะสร้างสัญญาณนาฬิกาเพื่อกระตุ้นให้วงจรภาคดิจิตอลในแท็กทำงาน
3. วงจรภาคดิจิตอลอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายในและและเข้ารหัสข้อมูลจากหน่วยความจำภายในและเข้ารหัสข้อมูลแล้วส่งไปยังภาคอะนาลอกที่ทำหน้าที่มอดูเลตข้อมูล
4. ข้อมูลที่ถูกมอดูเลตจะถูกส่งไปให้ขดลวดที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศเพื่อส่งไปยังเครื่องอ่าน
5. เครื่องอ่านสามารถตรวจจับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงของแอมปริจูด(Envelope Detector) และใช้พีกดีเทคเตอร์(Peak Detector) ในการเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลที่มอดูเลตแล้วจากแท็ก ซึ่งในโครงงานนี้เราจะใช้โมดูลRFID 125 KHz ในการอ่านข้อมูลจากแท็ก

2.3.6.2 การป้องกันการชนของสัญญาณข้อมูล(Anti-Collision)

การอ่านข้อมูลจากแท็กได้หลายแท็กในเวลาเดียวกัน ซึ่งเป็นข้อดีข้อหนึ่งของRFID ที่ทำให้การอ่านข้อมูลจากแท็กจำนวนมากได้อย่างรวดเร็ว และสิ่งที่ทำให้การอ่านข้อมูลจากแท็กทำได้พร้อมๆกัน คือ อัลกอริธึมที่ใช้ในการป้องกันการชนกันของข้อมูล(Anti-Collision) ที่อยู่ภายในระบบนั้นเอง จะป้องกันการชนของข้อมูลของแท็กบางชนิดโดยหลักการอ่านข้อมูลจากแท็กจะอ่านเป็นลำดับในเวลาที่กำหนด แต่ละแท็กจะไม่ส่งไปยังเครื่องอ่านทันทีแต่จะมีการจัดสรรตามลำดับเวลา(TimeSlot) การส่งข้อมูลที่เวลาต่างๆกันตามอัลกอริธึมที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดทำให้ข้อมูลที่ส่งมายังเครื่องไม่เกิดการชนกันถึงแม้จะได้รับข้อมูลมาจากแท็กหลายแท็กพร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller)

เราใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของวงจรให้เป็นไปตามที่เราต้องการจะกำหนดขึ้น ซึ่งในโครงงานนี้ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PICมาใช้ ในการรับข้อมูลจากโมดูลRFID มาเก็บไว้ที่หน่วยความจำภายนอก เพื่อนำมาใช้ในการเป็นข้อมูลพื้นฐานของบุคคลที่ต้องการระบุถึง และทำการเปิด-ปิดประตู และเก็บข้อมูลการเข้า-ออกไว้ที่หน่วยความจำภายนอกอีกตัว

3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC

PIC คือไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลหนึ่งที่ผลิตโดยบริษัทไมโครชิป(Microcip) โดยPIC ย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller ซึ่งภายใน PIC ประกอบด้วย หน่วยความจำโปรแกรม (Program memory) หน่วยความจำข้อมูล(Data memory) พอร์ตอินพุต(Input port) พอร์ตเอาท์พุต (output port) ทำให้ PIC เหมือนเป็นไมโครคอมพิวเตอร์ตัวหนึ่ง นอกจากนี้ภายใน PIC ยังมี I^2C , PWM , A/D ซึ่งถือได้ว่าเป็นคุณสมบัติพิเศษที่ทำให้แตกต่างจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวอื่นๆ การรวมทุกสิ่งทุกอย่างไว้ในตัว PIC ทำให้นำมาใช้งานได้ง่ายและสะดวก เพียงต่อแหล่งจ่ายไฟ ป้อนสัญญาณนาฬิกา และเขียนโปรแกรมควบคุม PIC ก็สามารถควบคุมอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอินพุตและเอาท์พุตได้

3.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

3.2.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit)

CPU เปรียบได้กับสมองของเรานั้นเอง เพราะการคำนวณต่างๆ เกิดขึ้นที่นี่ CPU ประกอบด้วยวงจรต่างๆ หลายวงจร เช่น วงจรควบคุมเวลาและระบบการทำงาน (Timing and Control Unit) ซึ่งจะทำหน้าที่จัดการทั้งหมดของวงจรทั้งมวลผลและควบคุมตามคำสั่งที่ได้รับการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก(ALU:Arithmetic and Logic Unit) โดยจะทำหน้าที่คำนวณและประมวลผลทางคณิตศาสตร์และระบบลอจิก วงจรถอดรหัสคำสั่ง (Instuction Decode) จะทำหน้าที่แปลคำสั่งทั้งหมดให้เป็นภาษาเครื่อง (Machine Language) วงจรควบคุมการทำงานของCounter(Program Counter) วงจรควบคุมสัญญาณนาฬิกา(Osilator) ตลอดจนหน่วยความจำภายใน Register , Adder , Subtracion , Buffer และอื่นๆ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและการประมวลผลของCPUเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 หน่วยความจำ (Memory Unit)

ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษซีให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นต้องคำนึงถึงชนิดของหน่วยความจำและวิธีการเข้าถึงด้วย ซึ่งต่างจากการเขียนบนPC ที่สนใจเพียงชนิดของตัวแปลว่าจะใช้เก็บข้อมูลประเภทใดสำหรับหน่วยความจำในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์PIC นั้นจะมีหน่วยความจำในการใช้งาน 3ประเภท

3.2.2.1 หน่วยคามจำโปรแกรมแบบแฟลช (FLASH Program Memory)

หน่วยความจำแบบแฟลช ในปัจุบันนี้ได้ถูกนำมาใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์หลายบริษัทหลายรุ่น โดยมีคุณสมบัติในการเขียนโปรแกรมและลบโปรแกรมได้มากกว่า100,000 ครั้ง ซึ่งการทำงานจะมีความเร็วสูงมากเหมาะกับการพัฒนางายที่มีขนาดใหญ่

3.2.2.2 หน่วยความจำโปรแกรม (Data Memory RAM)

หน่วยความจำส่วนนี้มีไว้ใช้เก็บข้อมูลขณะประมวลผลโปรแกรม สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ขณะที่มีไฟเลี้ยง แต่เมื่อจ่ายไฟเลี้ยงข้อมูลต่างๆจะสลายไป หากหน่วยความจำส่วนนี้ไม่พอใช้งานจะต้องต่อหน่วยความจำแรมภายนอกเพิ่ม (External RAM หรือ Data Memory) ปัจจุบันเทคโนโลยีก้าวหน้าขึ้นมากชิปบางตัวจะมีหน่วยความจำประเภท Data Memory เข้าไปในชิปเลย

3.2.2.3 หน่วยความจำแบบอีอีพรอม (EEPROM Data Memory)

หน่วยความจำแบบEEPROM เป็นหน่วยความจำที่สามารถเขียนและลบด้วยกระแสไฟฟ้าในหน่วยความจำถาวรของPROM(Programmable Read Only Memory) โดยภายในจะมีการพัฒนาให้ RAM(Random Access Memory) ที่มีหน่วยความจำชั่วคราวให้เก็บข้อมูลได้ถาวรแบบหนวยความจำROM(Read Only Memory) โดยสามารถเขียนและลบโปรแกรมจำนวนหลายๆครั้งได้

3.2.3 พอร์ตอินพุต/เอาท์พุต(I/O port)

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีพอร์ตสำหรับติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกแล้วแต่วัตถุประสงค์ในการใช้งานและคุณสมบัติของพอร์ต โดยสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกทำ

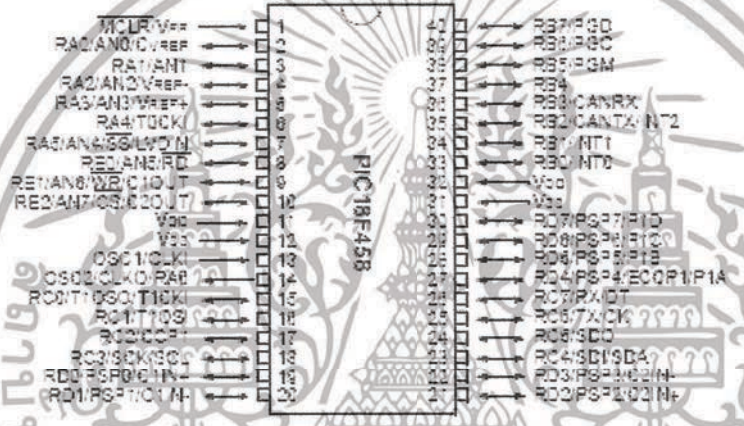
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หน้าที่เป็นอินพุตและเอาท์พุต ได้เช่น Pushbotton, Keypad, Senser, LCD, Timer/Counter ตลอดจนการแปลงสัญญาณ Analog to Digital Converter เป็นต้น

3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 18FXXX

ในโครงงานนี้เราเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 18F458 เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC18FXXX มีความสามารถมากกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC16FXXX ไม่ว่าจะเป็นคำสั่งแอสเซมบลีที่มีถึง 77 คำสั่ง หรือหน่วยความจำโปรแกรมที่มีขนาดใหญ่กว่า ทำให้รองรับการเขียนภาษาซีได้



รูปที่ 3.1 ขาสัญญาณไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์PIC18F458

โครงสร้างขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์PIC18F458

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์PIC18F458 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขา ซึ่งมีขาสัญญาณต่างๆดังนี้

1. MCLR/Vpp : Master Clear (Reset) Input/Programming Voltage Input ทำหน้าที่ เป็นขาสัญญาณรีเซต (Reset) เมื่อขานี้ได้รับลอจิก 0 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกรีเซต และทำหน้าที่เป็นขารับสัญญาณแรงดัน ขณะทำการบันทึกโปรแกรมลงหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์
2. VDD : Positive Supply (+2.00V to +5.5V) ทำหน้าที่เป็นขาไฟเลี้ยงไมโครคอนโทรลเลอร์
3. VSS : Ground ทำหน้าที่เป็นขากราวน์
4. OSC1/CLKIN : Oscillator Crystal Input/External Clock Source Input
5. OSC2/CLKOUT : Oscillator Crystal Output/External Clock Source Output
6. RA0-RA5 พอร์ต A มีจำนวน 6 ขา เป็นพอร์ตแบบสองทิศทาง ใช้รับส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
104025

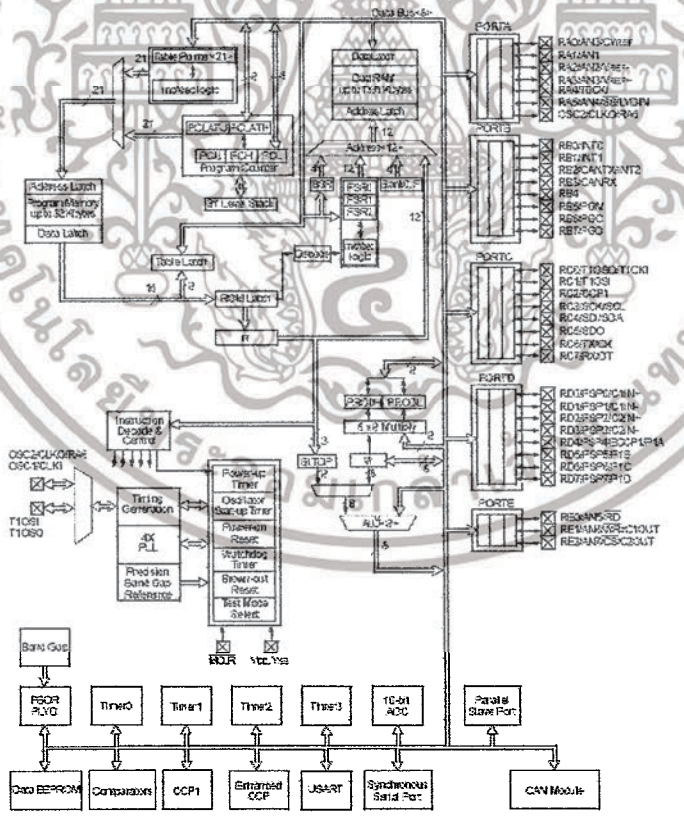
7. RB0-RB7พอร์ต B มีจำนวน 8 ขา ขนาด8 บิต เป็นพอร์ตแบบสองทิศทาง ใช้ในการส่งและรับข้อมูล นอกจากนี้บางขายังทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุตจากการอินเทอร์รัปต์ (Interrupt)จากภายนอกด้วย

8. RC0-RC7 พอร์ต C มีจำนวน 8 ขา ขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบสองทิศทางใช้ในการส่งและรับข้อมูล

9. RD0-RD7 พอร์ต D มีจำนวน 8 ขา ขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบสองทิศทางใช้ในการส่งและรับข้อมูล

10. RE0-RE2 พอร์ต E มีจำนวน 3 ขา เป็นพอร์ตแบบสองทิศทางใช้ในการส่งและรับข้อมูล

สำหรับ 5 พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์PIC คือ พอร์ตA ,พอร์ตB, พอร์ตC, พอร์ตD และพอร์ตE เป็นพอร์ตแบบสองทิศทาง สามารถใช้ได้เป็นทั้งพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาท์พุต ในการนำไปใช้งานจะต้องมีการกำหนดให้ขาสัญญาณของพอร์ตเป็นอินพุตหรือเป็นเอาท์พ



รูป 3.2 โครงสร้างภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์PIC18F458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 พื้นฐานการสื่อสารข้อมูล

ในการสื่อสารข้อมูลโดยทั่วไป จะกล่าวถึงการรับและส่งข้อมูลระหว่างภาครับและภาคส่ง หรือสามารถมองง่ายๆอาจเป็นการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ 2 เครื่องส่งรับข้อมูลระหว่างกัน โดยแบ่งการสื่อสารออกเป็น 2 แบบคือ

3.4.1 การสื่อสารแบบขนาน

การสื่อสารแบบขนาน คือ การสื่อสารรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต (DATA BUS) จะต้องใช้สายสัญญาณจำนวน 8 เส้น จึงสามารถสื่อสารได้รวดเร็ว การสื่อสารแบบขนานเหมาะกับการสื่อสารระยะไม่ไกล เพราะถ้าระยะไกล จะสิ้นเปลืองสายสัญญาณจำนวนมากนั้นเอง

3.4.2 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรม คือ การสื่อสารรับส่งข้อมูลทีละบิต ในการสื่อสารไกลๆจะเหมาะเนื่องจากใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น แต่ความเร็วการสื่อสารจะน้อยกว่าการสื่อสารแบบขนาน การสื่อสารแบบอนุกรมสามารถแบ่งออกตามลักษณะของสัญญาณในการรับส่งได้เป็น 2 แบบคือ

1. การสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous) คือ การสื่อสารที่มีสัญญาณนาฬิกาเป็นตัวควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล เช่น การสื่อสารของคีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์ ,เมาส์ ต้องมีสัญญาณนาฬิกาควบคุมการทำงาน

2. การสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) คือ การสื่อสารแบบใช้เวลาการสื่อสารไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับความพร้อมในการสื่อสารของภาครับและภาคส่ง โดยจะมีรูปแบบการสื่อสารที่มีส่วนประกอบ คือ ส่วนเริ่มต้นข้อมูล, ส่วนของข้อมูล, ส่วนตรวจสอบความผิดพลาดข้อมูล และส่วนสิ้นสุดข้อมูล เป็นต้น

3.5 มาตรฐาน RS-232

RS-232 เป็นมาตรฐานการสื่อสารอนุกรมระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองในการสื่อสารข้อมูลซึ่งมาตรฐานการสื่อสารด้วย RS-232 จะสามารถสื่อสารข้อมูลได้ไกลประมาณ 50 เมตร ถ้าจะขยายระยะห่างให้การสื่อสารข้อมูลได้ไกลยิ่งขึ้น ก็สามารถทำได้โดยการเลือกสายที่มีการสูญเสียน้อย มาตรฐานการสื่อสารอนุกรม RS-232 นั้น จะมีข้อกำหนดพารามิเตอร์อยู่ 4 ค่าคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 ค่าอัตราบอดเรต (Baud Rate)

ค่าอัตราบอดเรต (Baud Rate) คือ ค่าอัตราความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลข่าวสารต่อ 1 วินาที หน่วยเป็นบิตต่อวินาที (Bit per second) ซึ่งอัตราบอดเรตในการสื่อสารข้อมูลจะมีค่าตั้งแต่ 110 ถึง 76,800 เช่น ถ้าอัตราบอดเรต 9,600 ก็หมายถึง การรับ-ส่งข้อมูล 9600 บิตต่อ 1 วินาที

3.5.2 ค่าความกว้างข้อมูล (Data Width)

ค่าความกว้างข้อมูล (Data Width) คือ ข้อมูลที่รับส่งข้อมูลเป็นกลุ่มโดยมีขนาด 7 บิตหรือ 8 บิตขึ้นอยู่กับการสื่อสารรับส่งข้อมูลว่าจะเลือกขนาดใดในการสื่อสารระหว่างกัน

3.5.3 ค่าพาริตี้บิต (Parity Bit)

ค่าพาริตี้บิต (Parity Bit)พาริตี้บิต เป็นบิตสำหรับตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในการรับ-ส่งข้อมูล โดยการนับจำนวนบิตที่เป็น "1" ในข้อมูลเป็นจำนวนเลขคู่หรือจำนวนเลขคี่ การกำหนดพาริตี้บิตในการสื่อสารข้อมูลมีรูปแบบการกำหนด เช่น พาริตี้คู่ (Even Parity) พาริตี้คี่ (Odd Parity) หรือไม่มีพาริตี้ (None)

3.5.4 ค่าบิตจบ (Stop Bit)

ค่าบิตจบ (Stop Bit) เป็นบิตสำหรับปิดท้ายข้อมูล โดยอาจมี 1 บิตหรือ 2 บิต

3.6 รูปแบบการสื่อสารรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ในการสื่อสารอนุกรม จะมีรูปแบบการสื่อสารข้อมูลเป็นกลุ่มบิตซึ่งเรียกว่า เฟรม ใน 1 เฟรมนั้นจะประกอบด้วย คือ

3.6.1 บิตเริ่มต้น (Start Bit)

บิตเริ่มต้น (Start Bit) มีขนาด 1 บิต เป็นบิตเริ่มต้นที่ทำหน้าที่บอกอุปกรณ์ภาครับข้อมูลว่าข้อมูลกำลังจะมาถึงมีขนาด 1 บิต

3.6.2 บิตข้อมูล (Data Bit)

บิตข้อมูล (Data Bit) มีขนาด 7-8 บิต เป็นกลุ่มบิตที่เป็นข้อมูล ในการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับไมโครคอมพิวเตอร์มักจะใช้ข้อมูลเป็นรหัสแอสกี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 บิตพาริตี้ (Parity Bit)

บิตพาริตี้ (Parity Bit) มีขนาด 1 บิต เป็นบิตในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

3.6.4 บิตจบการสื่อสาร (Stop Bit) มีขนาด 1-2 บิตเป้บิตที่บอกว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

ในการสื่อสารอนุกรมใน 1 เฟรม จะประกอบด้วย บิตเริ่มต้น 1 บิต บิตข้อมูล 8 บิตและบิตจบหรือบิตสิ้นสุดข้อมูล ส่วนพาริตี้บิตไม่มี ตัวอย่างส่งข้อมูลตัวอักษร A ซึ่งตัวอักษร A มีรหัสแอสกีคือ 41H หรือ "01000001" สังเกตจากรูปแบบการส่งข้อมูล รูปที่ 3.3 รูปแบบการสื่อสารอนุกรม 1 เฟรม

รูปที่ 3.3 รูปแบบการสื่อสารอนุกรม 1 เฟรม

Baud rate	Bit time
300	3.3 mS
600	1.66 mS
1200	833 µS
2400	416 µS
4800	208 µS
9600	104 µS
19200	52 µS

ตารางที่ 3.1 แสดงเวลา Bit time ใน Baud rate ต่างๆ

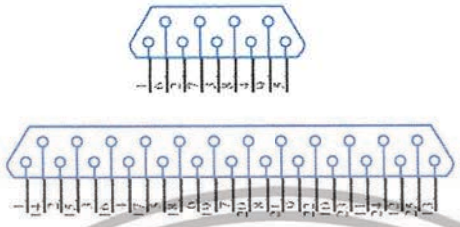
จากตารางที่ 3.1 แสดงเวลา Bit time ใน Baud rate ต่างๆ จะสังเกตเห็นว่าเมื่ออัตราความเร็ว Baud rate ยิ่งสูงขึ้น เวลาต่อ 1 บิต ก็จะน้อยลง

3.7 คอนเนกเตอร์แบบ D-Type

ในการสื่อสารแบบอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้มาตรฐาน RS-232 หัวแต่แบบ D-Type จะมีอยู่ 2 ลักษณะคือแบบ 9 ขาและแบบ 25 ขา หรืออาจจะเรียกว่า DB9 และ DB25 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งหัวต่อทั้ง 2 แบบจะมีลักษณะการทำงานของสัญญาณต่าง ๆ เหมือนกันแต่การจัดเรียงขาไม่เหมือนกัน สังเกตการณ์จัดวางขาต่างๆจากรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การจัดขาต่าง ๆ ของ DB9 และ DB25

อธิบายสัญญาณ	สัญญาณ	9 ขา	25 ขา
Carrier detect	CD	1	8
Receive data	RD	2	3
Transmit data	TD	3	2
Data terminal ready	DTR	4	20
Signal ground	SG	5	7
Data set ready	DSR	6	6
Request to send	RTS	7	4
Clear to send	CTS	8	5
Ring indicator	RI	9	22

ตารางที่ 3.2 แสดงการจัดเรียงขาสัญญาณ

อธิบายขาสายสัญญาณต่างๆ ที่หัวต่อ D-Type

SD : เป็นขาสัญญาณกราวนด์

RD : เป็นขาใช้รับสัญญาณข้อมูลแบบอนุกรม โดยสามารถสื่อสารได้ 2 ทาง

TD : เป็นขาใช้ส่งสัญญาณข้อมูลแบบอนุกรม โดยสามารถสื่อสารได้ 2 ทาง

RTS : เป็นขาที่ส่งสัญญาณเพื่อยืนยันขอให้อุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมา

CTS : เป็นขาที่ส่งสัญญาณเพื่อยืนยันว่าอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อพร้อมจะรับข้อมูล

DTR : เป็นขาที่ส่งสัญญาณเพื่อยืนยันว่าอุปกรณ์พร้อมในการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

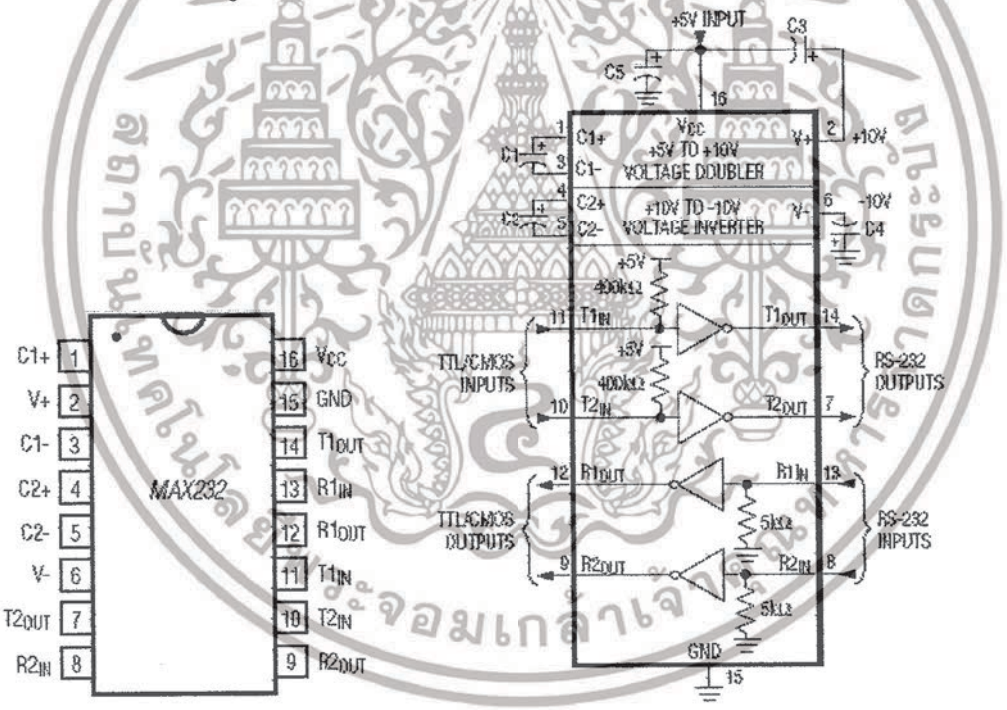
DSR : เป็นขาที่ส่งสัญญาณตรวจสอบการเชื่อมต่อเพื่อยืนยันว่าอุปกรณ์ปลายทางพร้อมในการติดต่อ

CD : เป็นขาที่ส่งสัญญาณบอกว่ามีสัญญาณพาหะ (Carrier) จากโมเด็ม

ในการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครคอมพิวเตอร์ด้วยมาตรฐาน RS-232 แบบอนุกรมสายสัญญาณที่ใช้มีแค่ 3 สาย คือ SG สัญญาณกราวนด์, RD สายสัญญาณรับข้อมูล, TD สายสัญญาณส่งข้อมูล ตามลำดับ

3.8 ลักษณะสัญญาณของ RS-232

ในมาตรฐานการสื่อสาร RS-232 จะมีระดับสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเป็นแบบสองขั้ว (Bipolar) มีขั้วไฟฟ้าสองขั้วเป็นแรงดันไฟฟ้าบวกกับแรงดันไฟฟ้าลบ เมื่อเข้าสู่สถานะ ON ระดับแรงดันไฟฟ้ามีค่า +3 ถึง +12 V และเมื่อเข้าสู่สถานะ OFF ระดับแรงดันไฟฟ้ามีค่า -3 ถึง -12 V

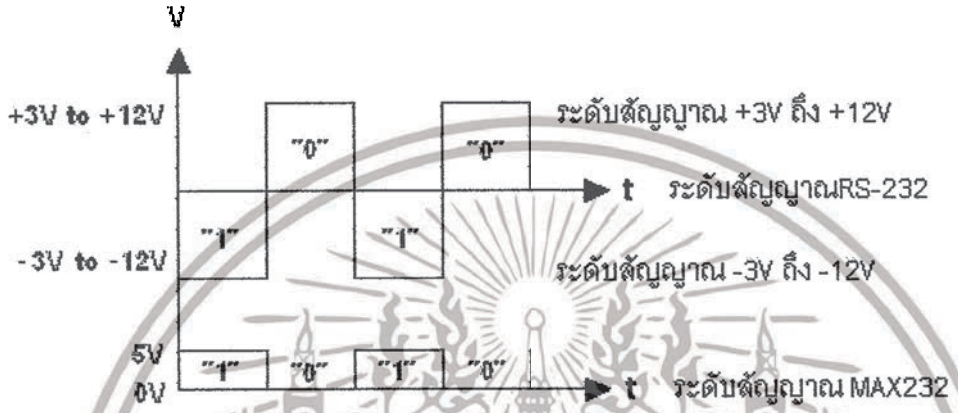


รูปที่ 3.5 การจัดขาของไอซี MAX 232

ไอซีตระกูล TTL และตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT 89C51 สามารถใช้งานร่วมกันได้ เนื่องจากได้แรงดันไฟฟ้าระหว่าง 0 ถึง +5V ในการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องใช้มาตรฐาน RS-232 ซึ่งมีระดับแรงดันไฟฟ้าแบบสองขั้ว ซึ่งยังไม่สามารถใช้งานร่วมกับไอซีตระกูล TTL และไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ดังนั้นระหว่างการเชื่อมต่อจึงต้องมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าแบบสองขั้วให้เป็นระดับแรงดันไฟฟ้าแบบขั้วเดียว 0 ถึง +5 V ซึ่งตัวที่ใช้ในการแปลงระดับแรงดันไฟฟ้านี้คือไอซี MAX 232 ผลิตโดย MAXIM โดยใช้แรงดันไฟฟ้า +5V สังเกตจากรูปที่ 3 การจัดเรียงขาไอซี MAX 232 และรูปที่ 3.6 แสดงรูปสัญญาณที่ RS-232 และ MAX-232



รูปที่ 3.6 แสดงรูปแบบสัญญาณที่ RS-232 และ MAX-232

ในการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์มาตรฐาน RS-232 โดยใช้หัวต่อแบบ DB9 ขาสัญญาณที่ใช้งานประกอบด้วยขา 2 ของ DB9 จะเป็นขารับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ขา 3 ของ DB9 จะเป็นขาส่งสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ และขา 5 เป็นขากราวนด์ สังเกตการณ์ต่อวงจรรูปที่ 5 การเชื่อมหัวต่อ DB9 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยไอซี MAX 232

รูปที่ 3.7 การเชื่อมหัวต่อ DB9 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยไอซี MAX 232

3.9 รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการสื่อสารพอร์ตอนุกรม

ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยใช้งานผ่านพอร์ตอนุกรมติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกชนิดต่างๆ จะมีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องคือ SCON (Serial Port Control Register), SBUF (Serial Data Buffer) และ PCON (Power Control Register) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.9.1 รีจิสเตอร์ SBUF (Serial Data Buffer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ที่อยู่ตำแหน่งที่ 99H ซึ่งภายในโครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีรีจิสเตอร์ SBUF อยู่ 2 ตัวคือ รีจิสเตอร์ SBUF ที่เก็บข้อมูลเมื่อมีการส่งข้อมูลจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ และรีจิสเตอร์ SBUF ที่เก็บข้อมูลเมื่อมีการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมายังตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นในการติดต่อสื่อสารกับพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์จะสามารถติดต่อสื่อสารแบบสองทิศทางได้พร้อมกันหรือเรียกว่า FULL DUPLEX เพราะว่ามีบัฟเฟอร์ที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลแยกจากกัน

3.9.2 รีจิสเตอร์ PCON (Power Control)

เป็นรีจิสเตอร์กำหนดอัตราการรับส่งข้อมูล (Baud rate) มีขนาด 8 บิตโดยมีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่งที่ 87H เข้าถึงข้อมูลได้แบบไบต์อย่างเดียวเท่านั้น ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ ประกอบด้วยบิตต่างๆดังต่อไปนี้

ตำแหน่งบิต	บิตที่ 7	บิตที่ 6	บิตที่ 5	บิตที่ 4	บิตที่ 3	บิตที่ 2	บิตที่ 1	บิตที่ 0
ชื่อบิต	SMOD	-	-	-	GF1	GF0	PD	IDL

จากตารางที่ 3.3 แสดงริจิสเตอร์ PCON เพื่อกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูล

PCON.7 SMOD : ในการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องใช้ไทเมอร์ "1" (Timer 1) เป็นตัวกำหนดอัตรารับส่ง (Baud rate) และหากกำหนดให้บิตนี้มีค่าเป็น "0" ในการใช้งานกับพอร์ตสื่อสารอนุกรมโหมด 1,2 และโหมด 3 ค่าอัตรารับส่ง (Baud rate) จะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า รีจิสเตอร์ PCON ไม่สามารถอ้างตำแหน่งแบบบิตได้ ดังนั้นถ้าจะเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาซีก็สามารถเขียนคำสั่งได้ดังนี้ เช่น

```
PCON = 0x80 ; // (1000 0000) จะเป็นการเซตบิตที่ 7 ของรีจิสเตอร์ PCON
และการกำหนดให้บิตมีสถานะเป็น "0" หรือเคลียร์บิตจะใช้คำสั่ง
PCON = 0x6F ; // (0111 1111) จะเป็นการเคลียร์บิตที่ 7 ของรีจิสเตอร์ PCON
```

3.9.3 รีจิสเตอร์ SCON (Serial Port Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้การกำหนดควบคุมการรับส่งในการใช้งานผ่านพอร์ตอนุกรมโดยรีจิสเตอร์ SCON มีขนาด 8 บิต ที่อยู่ตำแหน่งที่ 99H และเป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.4 ต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งบิต	บิตที่ 7	บิตที่ 6	บิตที่ 5	บิตที่ 4	บิตที่ 3	บิตที่ 2	บิตที่ 1	บิตที่ 0
ชื่อบิต	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดรีจิสเตอร์ SCON

SM0	SM1	MODE	อธิบายรายละเอียด	Baud Rate
0	0	0	รีจิสเตอร์แบบเลื่อนบิต	ความถี่ Fosc./12
0	1	1	UART ขนาด 8 บิต	เปลี่ยนแปลงได้
1	0	2	UART ขนาด 9 บิต	ความถี่ Fosc./32 หรือ ความถี่ Fosc./64
1	1	3	UART ขนาด 9 บิต	เปลี่ยนแปลงได้

ตารางที่ 3.5 แสดงการเลือก Mode ของพอร์ตอนุกรม (บิตที่ 7 และบิตที่ 6)

แสดงรายละเอียดของขารีจิสเตอร์ SCON ดังต่อไปนี้

บิตที่ 7 SM0 เป็นบิตใช้กำหนดโหมดของพอร์ตอนุกรม ดังตารางที่3. 4

บิตที่ 6 SM1 เป็นบิตใช้กำหนดโหมดของพอร์ตอนุกรม ดังตารางที่ 3.4

บิตที่ 5 SM2 เป็นบิตที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานและเลือกลักษณะการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Single Processor หรือ Multi Processor System โดยกำหนดค่าดังนี้

SM2 = 1 เป็นการเลือกแบบ Multi Processors System คือระบบการสื่อสารแบบใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์หลายๆ ตัวทำงานร่วมกัน จะใช้งานโหมด 2 หรือโหมด 3

SM2 = 0 เป็นการเลือกแบบ Single Processor System โดยสามารถใช้ได้กับทุกโหมด(การใช้งานในโมหด 0 ต้องกำหนดให้ SM2 =0)

ในกรณีที่เลือกให้ SM2 = 1 แบบ Multi Processors System

ถ้าข้อมูลที่รับเข้ามาบิตที่ 9 (อยู่ในบิต RB8) มีค่าเป็น "1" ทำให้แฟลกอินเตอร์รัปต์ทางด้านรับจะถูกเซตให้เป็น 1 (RI = 1) แต่ถ้าข้อมูลในบิตที่ 9 รับเข้ามามีค่าเป็น "0" จะทำให้แฟลกอินเตอร์รัปต์ทางด้านรับเป็น 0 (RI = 0) การทำงานในโหมด 1 ถ้าให้ SM2 = 1 แฟลกอินเตอร์รัปต์ทางด้านรับ (แฟลก RI) จะไม่ถูกเซตหากข้อมูลที่รับเข้ามาไม่มีบิตหยุด (Stop bit)

บิตที่ 4 REN = 1 เป็นบิตใช้ในการเลือกสื่อสารข้อมูลพอร์ตอนุกรม

REN = 0 เป็นบิตใช้ในการไม่เลือกสื่อสารข้อมุลพอร์ตอนุกรม

บิตที่ 3 TB8 = 0 เป็นบิตใช้ในการเลือกส่งบิตที่ 10 สำหรับโหมด 2, 3 และเป็นบิตหยุดใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		โหมด 1 ส่วนโหมด 0 ไม่มีการใช้งานบิตนี้
	TB8 = 1	เป็นบิตใช้ในการไม่เลือกส่งบิตที่ 10 สำหรับโหมด 2, 3 และเป็นบิตหยุดใน
		โหมด 1 ส่วนโหมด 0 ไม่มีการใช้งานบิตนี้
บิตที่ 2	R8 = 0	เป็นบิตใช้ในการเลือกรับบิตที่ 10 สำหรับโหมด 2, 3 และเป็นบิตหยุดใน
		โหมด 1 ส่วนโหมด 0 ไม่มีการใช้งานบิตนี้
	R8 = 1	เป็นบิตใช้ในการไม่เลือกรับบิตที่ 10 สำหรับโหมด 2, 3 และเป็นบิตหยุดใน
		โหมด 1 ส่วนโหมด
		0 ไม่มีการใช้งานบิตนี้
บิตที่ 1	TI	เป็นบิตแฟลกอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการส่งข้อมูล บิตนี้จะถูกเซตเป็น “1” เมื่อมี
		การส่งข้อมูลถึงบิตที่ 7 ในโหมด 0 และบิตนี้จะถูกเซตเป็น “1” เมื่อมีการส่ง
		ข้อมูลถึงบิตหยุดในโหมดอื่น ๆ ส่วนการเคลียร์บิตนี้ให้เป็น “0” สามารถใช้
		โปรแกรมเคลียร์บิตได้
บิตที่ 0	RI	เป็นบิตแฟลกอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการรับข้อมูล บิตนี้จะถูกเซตเป็น “1” เมื่อมี
		การส่งข้อมูลถึง
		บิตที่ 7 ในโหมด 0 และบิตนี้จะถูกเซตเป็น “1” เมื่อมีการส่งข้อมูลถึงบิตหยุด
		ในโหมดอื่น ๆ
		ส่วนการเคลียร์บิตนี้ให้เป็น “0” สามารถใช้โปรแกรมเคลียร์บิตได้

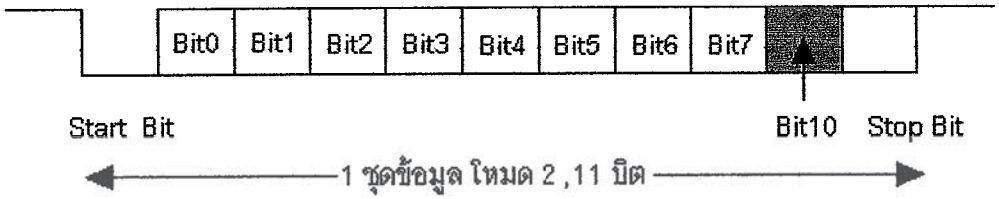
จากตารางที่ 3.5 แสดงการเลือกโหมดเพื่อกำหนดรูปแบบการติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยโหมดทั้ง 4 โหมดมีรูปแบบการทำงานดังต่อไปนี้

โหมด 0 (Mode 0) เป็นโหมดที่มีการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมทางขา RX และขา TX ของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะส่งสัญญาณนาฬิกาเพื่อเลื่อนข้อมูล 8 บิต โดยจะเริ่มส่งข้อมูลจากบิตที่ 0 จนบิตที่ 7 ส่วนอัตราการส่งข้อมูลเป็น 1/12 เท่าของสัญญาณความถี่ใช้ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

โหมด 2 (Mode 2) เป็นโหมดที่มีการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมทางขา RX และขา TX โดยมีรูปแบบการรับส่งข้อมูลขนาด 11 บิต ซึ่งประกอบด้วยบิตเริ่มต้น (มีค่าเท่ากับลอจิก 0) บิตข้อมูลจำนวน 8 บิต (บิตที่ 0 – 7) ข้อมูลบิตที่ 10 ซึ่งเป็นบิตที่สามารถป้อนข้อมูล 0 หรือ 1 เข้าไปทางบิตที่ 2 (RB8) ของรีจิสเตอร์ SCON เพื่อประโยชน์ในการตรวจเช็คความผิดพลาดของข้อมูลที่รับส่งที่เรียกว่าบิตพาริตี้ และบิตหยุดอีก 1 บิต (มีค่าเท่ากับ 1) สังเกตตามรูปที่ 6 อัตราการส่งข้อมูลสามารถกำหนดให้เป็น 1/32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

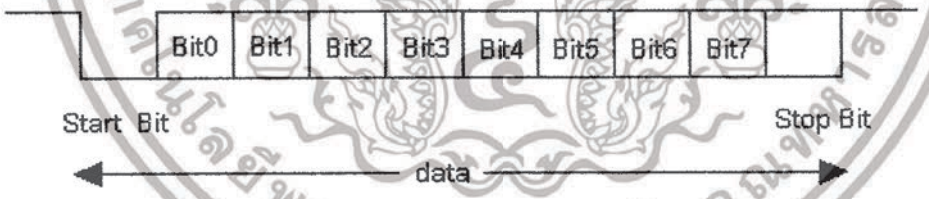
หรือ 1/64 ของสัญญาณนาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์ กำหนดโดยป้อน 0 หรือ 1 เข้าบิตที่ 7 (SMOD) ของรีจิสเตอร์ PCON



รูปที่ 3.7 แสดง 1 ชุดข้อมูล โหมด 2

โหมด 3 (Mode 3) เป็นโหมดที่มีการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมทางขา RX และขา TX โดยมีรูปแบบการรับส่งข้อมูลขนาด 11 บิต เหมือนกับโหมด 2 แต่จะแตกต่างกับโหมด 2 ตรงการกำหนดอัตราการส่งข้อมูลโดยที่โหมด 3 สามารถกำหนดจากการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 1 ซึ่งเหมือนกับโหมด 1

โหมด 1 (Mode1) เป็นโหมดที่มีการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมทางขา RX และขา TX โดยมีรูปแบบการรับส่งข้อมูลขนาด 10 บิต ซึ่งประกอบด้วยบิตเริ่มต้น (มีค่าเท่ากับลอจิก 0) บิตข้อมูลจำนวน 8 บิต (บิตที่ 0-7) และบิตหยุดอีก 1 บิต (มีค่าเท่ากับ 1) ในการรับ – ส่งข้อมูล 8 บิต สังเกตรูปที่ 7 จะถูกเก็บไว้ที่ตัวรีจิสเตอร์ SBUF และบิตหยุดจะเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ SCON บิตที่ 2 (RB8)



รูปที่ 3.8 แสดง 1 ชุดข้อมูลโหมด 1,10 บิต

ส่วนอัตราการส่งข้อมูลของโหมด 1 จะสามารถกำหนดจากการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 1 ตามสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{อัตราการส่งข้อมูล} = 2^{SMOD} \times \text{freq.OSC.} / 32 \times 12 \times [256 - TH1]$$

$$TH1 = 256 - (2^{SMOD} \times \text{freq.OSC.}) / (32 \times 12 \times \text{อัตราการส่งข้อมูล})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าต้องการอัตราการส่งข้อมูลที่ 9,600 สามารถคำนวณหาค่าที่จะกำหนดให้ TH1 ได้ดังนี้

$$\therefore TH1 = 256 - (2^{0} \times 11.059 \times 106) / (32 \times 12 \times 9600) = 253 \text{ (FD H)} \quad \text{-------(3.1)}$$

เมื่อกำหนดค่า 0 หรือ 4 เข้าบิตที่ 7 (SMOD) ของรีจิสเตอร์ PCON และการใช้ความถี่ OSC. คริสตอล ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ค่าที่กำหนดให้ TH1 จะแตกต่างกัน สังเกตจากตารางที่ 3.6 แสดงค่า TH1 จากอัตราการส่งข้อมูล (Baud Rate) ค่าต่างๆ

อัตราการส่งข้อมูล	ความถี่จากคริสตอล	SMOD	TH1	ค่าผิดพลาด
9600	12.000MHz	1	0xF9	7%
4800	12.000MHz	0	0xF9	7%
2400	12.000MHz	0	0XF3	0.16%
1200	12.000MHz	0	0XF6	0.16%
9600	11.059MHz	0	0XFD	0%
4800	11.059MHz	0	0XFA	0%
2400	11.059MHz	0	0XF4	0%
1200	11.059MHz	0	0XE8	0%

ตารางที่ 3.6 แสดงค่า TH1 จากอัตราการส่งข้อมูล (Baud Rate) ค่าต่างๆ

3.10 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

3.10.1 รูปแบบของการเขียนโปรแกรมรับข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

การเขียนโปรแกรมรับข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม จะสังเกตที่บิต RI ว่าเป็น 1 ก็แสดงว่ามีข้อมูลเข้ามาทางพอร์ตอนุกรมแล้ว โดยข้อมูลที่รับเข้าจะเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ SBUF และเมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้งานแล้ว ต้องทำการเคลียร์ RI=0 ด้วย

รูปแบบของการเขียนโปรแกรมรับข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

```
Unsigned char Dat;
While (~RI)      // รอจนกว่า RI มีค่าเท่ากับ 1
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dat =SBUF;      // โหลดข้อมูล SBUF เก็บไว้ในตัวแปร Dat
RI=0;           // หลังจากรับข้อมูล ทำการเคลียร์ RI=0
}
```

3.10.2 รูปแบบของการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

การเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม จะสังเกตที่บิต TI ถ้า TI=1 หมายความว่าการส่งข้อมูลพอร์ตอนุกรมเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นทำการเคลียร์ TI เท่ากับ 0 เพื่อเตรียมพร้อมในการส่งข้อมูลใหม่ต่อไป

รูปแบบของการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

```
Unsigned char Dat;
SBUF=Dat;       // นำข้อมูลจากตัวแปร Dat ส่งออกทางพอร์ตอนุกรมผ่าน SBUF
While (~TI)             // รอจนกว่าจะส่งข้อมูลเสร็จ (TI=1)
TI=0;           // เคลียร์บิต TI=0 เพื่อพร้อมจะส่งข้อมูลไบต์ต่อไป
```

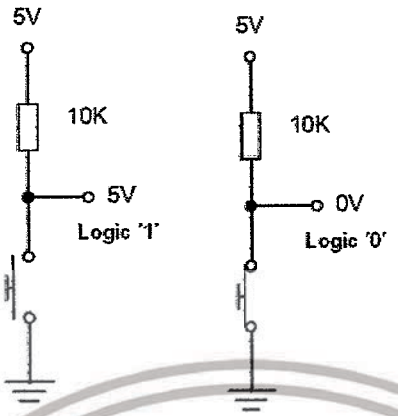
3.11 การรับข้อมูลจากสวิตช์

สวิตช์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดหรือต่อกระแสไฟฟ้าในวงจร นิยมนำมาใช้ในการควบคุมการเปิดและปิดวงจรไฟฟ้า ซึ่งในการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ก็มีการใช้งานสวิตช์เป็นตัวเปิดปิด และรับสัญญาณ ต่อไปจะกล่าวถึงการทำงานของวงจรสวิตช์ การรับข้อมูลจากสวิตช์ การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับสวิตช์ การเขียนโปรแกรมรับข้อมูลจากสวิตช์ และการเขียนโปรแกรมรับข้อมูลจากเมทริกสวิตช์

3.11.1การทำงานของวงจรสวิตช์

สวิตช์ที่ใช้กันในปัจจุบันมาอยู่หลากหลายทั้งชนิด และรูปแบบ แต่สวิตช์ที่นิยมใช้ในงานควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้แก่สวิตช์ที่เรียกว่า ไมโครสวิตช์ (Micro switch) หรือสวิตช์แบบกดติด ปล่อยดับขนาดเล็ก เพราะเป็นสวิตช์ที่มีขนาดเล็ก ใช้งานง่าย และราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.9 การทำงานของสวิตช์แบบกดติดปล่อยดับ

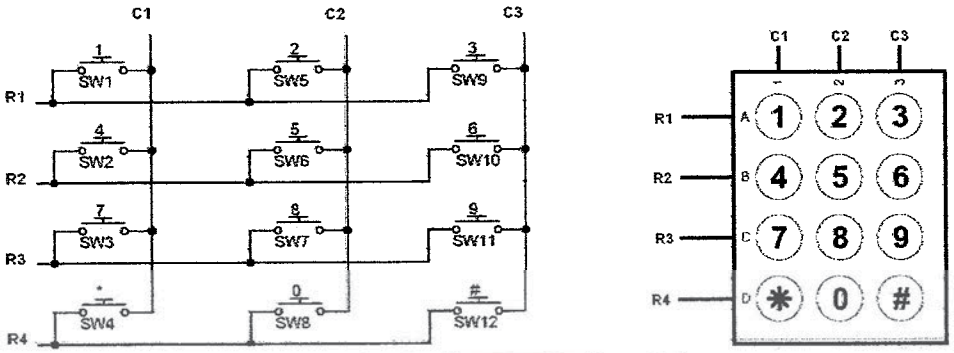
จากรูปด้านบนการทำงานของวงจรสวิตช์ในสภาวะปกติหรือขณะที่ไม่มีการกดสวิตช์จะได้เอาท์พุตเป็นลอจิก0 หรือแรงดันไฟ 5โวลต์ และในสภาวะที่มีการกดสวิตช์จะได้เอาท์พุตเป็น 0 หรือแรงดันไฟเป็น0โวลต์

3.11.2 สวิตช์เมทริกซ์

สวิตช์เมทริกซ์(matrix switch) หรือคีย์แพด(keypad) ถูกนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ในการป้อนข้อมูลให้กับงานทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกเหนือจากสวิตช์กดติดปล่อยดับแบบธรรมดา(push button switch) โดยเฉพาะกับงานที่ต้องมีการป้อนข้อมูลทั้งแบบตัวอักษรและตัวเลขที่มีสวิตช์จำนวนมากแล้ว สวิตช์เมตริกซ์จะเป็นอุปกรณ์ที่ถูกเลือกมาใช้งานอยู่เสมอ สวิตช์ในรูปแบบเมตริกซ์ที่เราพบเห็นกันมากในชีวิตประจำวัน เช่น คีย์กดตัวเลขของระบบโทรศัพท์ เป็นต้น

การต่อใช้งานสวิตช์แบบเมทริกซ์เป็นการนำสวิตช์ธรรมดามาต่อกันแบบเมทริกซ์ คือขาข้างหนึ่งจะต่อในแนวหลัก(column) และขาอีกข้างหนึ่งจะต่ออยู่ในแนวแถว(row) ซึ่งการต่อสวิตช์ในรูปแบบนี้ยังช่วยให้ประหยัดพอร์ตใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์อีกด้วย สำหรับสวิตช์ทุกตัวนั้นจะทำการต่อแบบพูลอัพ (Pull-up Resister) เพื่อให้สถานะของพอร์ตอินพุตเป็นลอจิก ‘1’ ในขณะที่ไม่มีการกดสวิตช์ และให้เป็นลอจิก ‘0’ เมื่อมีการกดสวิตช์ ส่วนในด้านของการทำงานของสวิตช์นั้นก็ขึ้นอยู่กับการออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุม

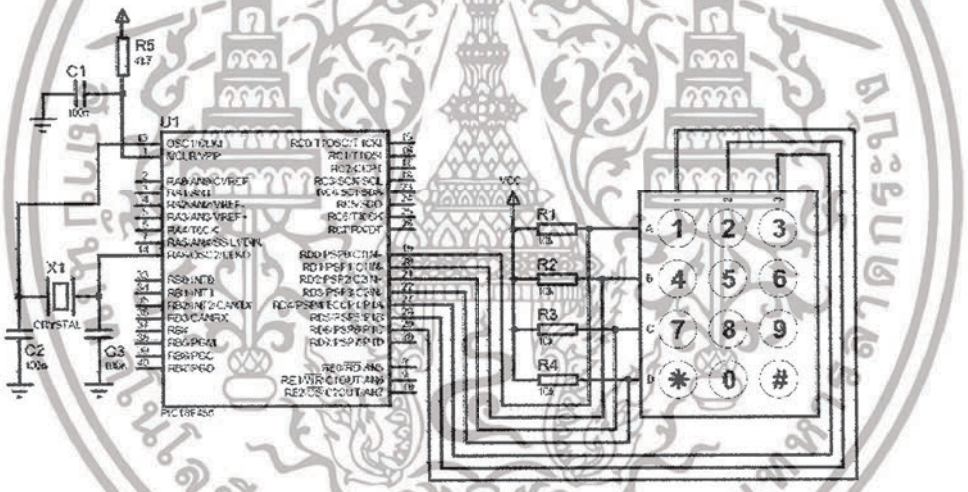
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป3.10 การต่อสวิตช์แบบเมทริกซ์ และคีย์แพด

3.11.3 การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการเชื่อมต่อสวิตช์นั้นจะทำการเชื่อมต่อกันที่พอร์ตDของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในโครงงานนี้เราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์PIC เบอร์ 18F458



รูป3.11 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์PIC เบอร์ 18F458กับคีย์แพด

3.11.4 การรับข้อมูลจากพอร์ต

ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลPIC นั้นจะมีพอร์ตที่ใช้งานอยู่ 5 พอร์ต คือ พอร์ต A , B , C , D และ E ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC18F458 ที่เราใช้ในโครงงานนี้ก็มี 5 พอร์ตเช่นกัน และทุกพอร์ตสามารถใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาท์พุตได้

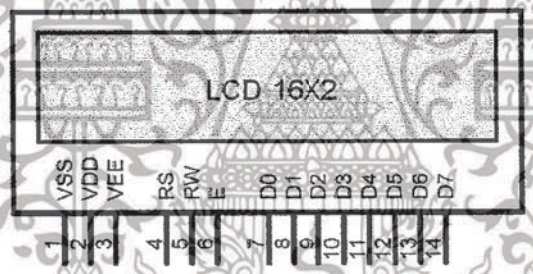
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.12 การใช้จอแสดงผลแบบ LCD

ในปัจจุบันนั้นการนำ LCD (Liquid Crystal Display module) มาใช้แสดงผลกับงานไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นที่ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากสามารถแสดงผลได้หลากหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นตัวอักษร ตัวเลข รูปภาพ และสัญลักษณ์ต่างๆได้ตามต้องการ และยังมีขนาดที่เล็ก ต่อไปจะกล่าวถึง โครงสร้างการทำงานของจอแสดงผลแบบLCD และการเชื่อมต่อจอแสดงผลกับไมโครคอนโทรลเลอร์

3.12.1 โครงสร้างและการทำงานของจอแสดงผลLCD

การทำงานของจอแสดงผลร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการแสดงผลที่หน้าจอ โดยการส่งข้อมูลทางบัสข้อมูล(Data Bus) ของจอแสดงผลLCD โดยการแสดงข้อมูล2 แบบ คือแบบ 8บิต ส่งข้อมูลออกทางขา D0-D7และแบบ 4บิตส่งข้อมูลออกทางขาD4-D7 นอกจากนี้ยังมีขาสัญญาณต่างๆ อีกหลายขา



รูป3.12 ขาสัญญาณของจอแสดงผล LCD ขนาด16X2บรรทัด

ขา 1 VSS ต่อกราวน์

ขา 2 VDD เป็นขาไฟเลี้ยงให้กับจอแสดงผล LCD ขนาด +5 VDC

ขา 3 VEE เป็นขาที่ใช้สำหรับค่าความสว่างของจอแดงผล LCD

ขา 4 RS เป็นขาแสดงสถานะของข้อมูลที่ส่งออกทางขาดาต้า ว่าเป็นคำสั่งหรือข้อมูล โดยถ้าขานี้เป็นลอจิก ‘0’ ข้อมูลที่ส่งเข้ามาคือคำสั่ง แต่ถ้าขานี้มีลอจิกเป็น ‘1’ จะเป็นข้อมูลสำหรับแสดงผล

ขา 5 RW เป็นขาแสดงสถานะของการอ่านหรือเขียนข้อมูลของจอแสดงผล LCD โดยถ้าขานี้เป็นลอจิก ‘0’จะเป็นการเขียนข้อมูลลงบนจอแสดงผล LCD ถ้าขานี้มีลอจิกเป็น ‘1’ จะเป็นการอ่านข้อมูลจากจอแสดงผล LCD

ขา 6 E เป็นขากำหนดการทำงานของจอแสดงผล LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 7-14 (D0-D7)เป็นขาสำหรับเขียนและอ่านข้อมูลระหว่างจอแสดงผล LCD กับอุปกรณ์ภายนอกขนาด 8 บิต

จอแสดงผล LCD ที่มีจำหน่ายอยู่กันทั่วไปนั้นมีอยู่มากมายหลายแบบหลายขนาด เช่น ขนาด 16 ตัวอักษรจนถึง 40 ตัวอักษร หรือจำนวนบรรทัดมีตั้งแต่ 1 บรรทัดจนถึง 4 บรรทัดหรือมากกว่านั้น ซึ่งจำนวนขาที่ต่อใช้งานจะมีจำนวนเท่ากัน แต่จำนวนตัวอักษรและจำนวนบรรทัดที่แตกต่างกันสามารถแสดงผลได้ โดยการเขียนโปรแกรมจัดตำแหน่งหน่วยความจำของจอแสดงผล LCD ตามตารางต่อไปนี้

LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด

80	81	82	83	84	85	86	87	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7

LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด

80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F
C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF

LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด

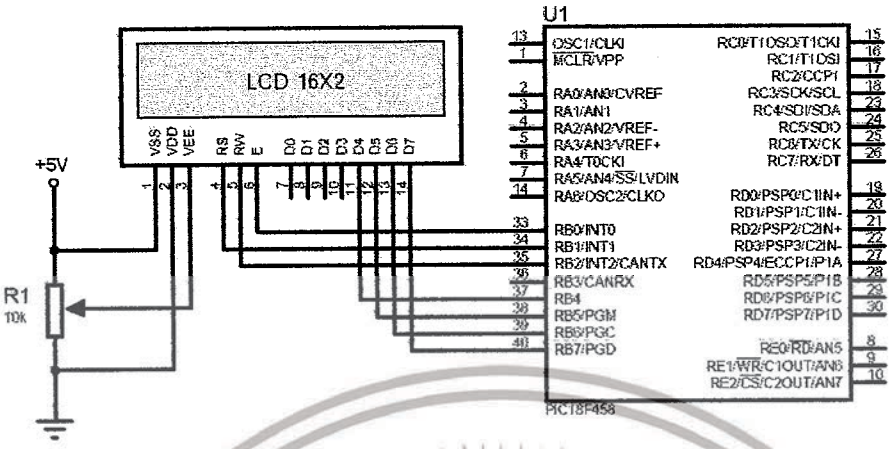
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F
C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	9A	9B	9C	9D	9E	9F
D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	DA	DB	DC	DD	DE	DF

ตารางที่ 3.7 แสดงตำแหน่งหน่วยความจำสำหรับแสดงผลของจอLCDขนาดต่างๆ

3.12.2 การเชื่อมต่อต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแสดงผล LCD

สำหรับการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแสดงผล LCD นั้นสามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การเชื่อมต่อแบบ 8 บิตและการเชื่อมต่อแบบ 4 บิต ซึ่งในโครงงานนี้เราจะใช้การเชื่อมต่อแบบ 4 บิต ดังจะแสดงต่อไปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป3.13 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแสดงผล LCD แบบ 4 บิต

การเชื่อมต่อต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแสดงผลLCD แบบ 4 บิต แตกต่างกับแบบ 8 บิต คือ ขาที่ใช้สำหรับส่งข้อมูลระหว่างจอแสดงผล LCD กับไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้ 4 ขา คือ ขา D4-D7 เท่านั้น

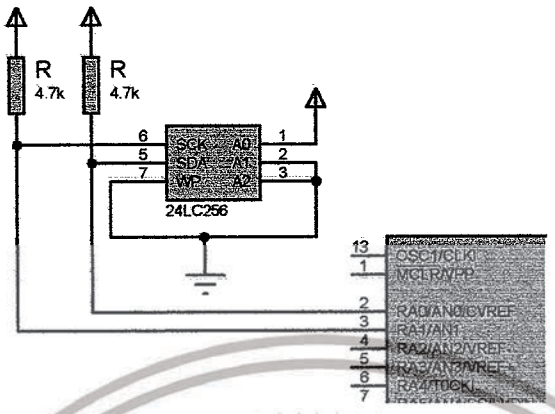
3.13 การเชื่อมต่อต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูล RFID

สำหรับการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับโมดูลRFID นั้น เราจะทำการเชื่อมต่อระหว่างขาที่5ของโมดูลRFID กับขาที่26 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อมีแท็กมาอยู่ในระยะที่กำหนด ตัวโมดูล RFID จะส่งสัญญาณแบบ RS-232/TTL เป็นรหัสไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

3.14 การเชื่อมต่อต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ EEPROM

เราทำการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับEEPROM ซึ่งใช้เป็นหน่วยความจำภายนอกเพื่อให้สามารถเพิ่มจำนวนข้อมูลของบัตรที่ต้องการจะบันทึกได้มากขึ้น รวมทั้งการเก็บข้อมูลการเข้าและออกวันและเวลา

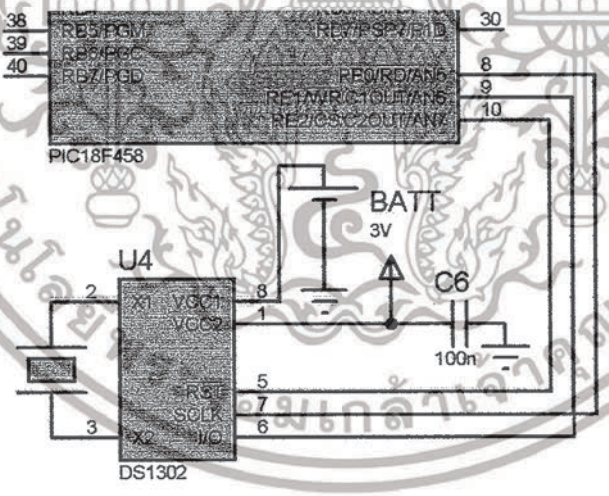
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป3.14 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับEEPROM

3.15 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ Real time clock

เราทำการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ Real time clock เพื่อใช้ในการนับเวลาและวันเดือนปีให้เที่ยงตรงโดยต่อแบตเตอรี่ไว้เพื่อความต่อเนื่องในการนับ ใช้บันทึกเวลาและวันเดือนปีเมื่อมีบุคคลเข้าออก

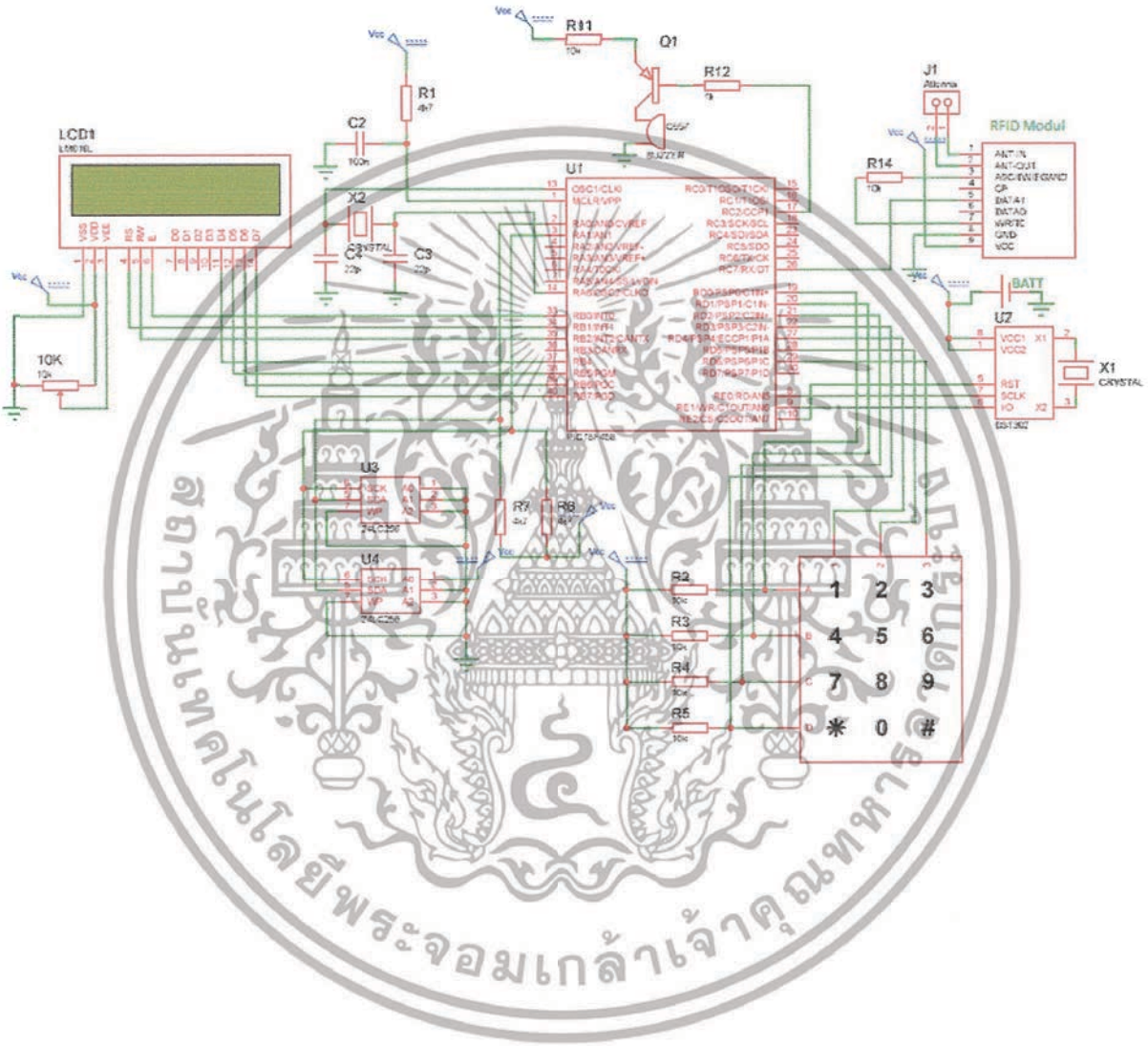


รูป3.15 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ Real time clock

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

การออกแบบวงจร



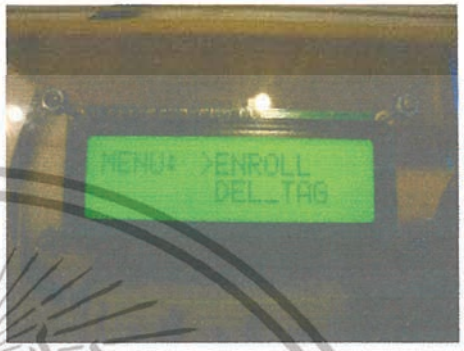
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

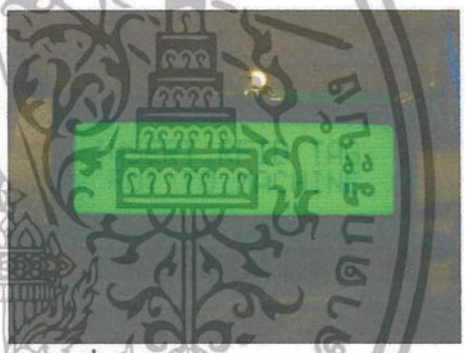
ขั้นตอนการทำงาน

1. หน้าจอแสดงผล

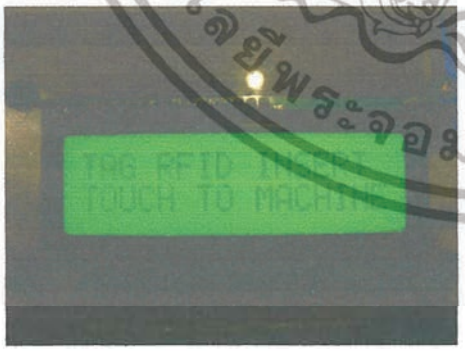


2. หน้าจอเมนูหลัก

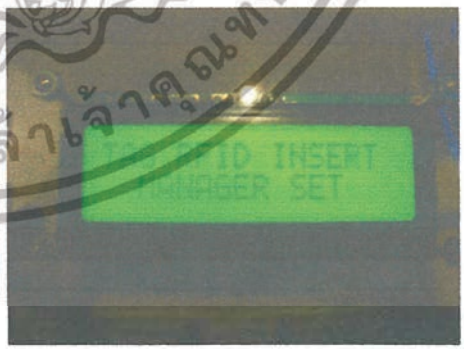
3. หน้าจอเมนูหลัก



4. เมนูเพิ่ม ID ของTag



5. เมนูลบ ID ของ Tag (DEL_TAG)



6. เมนู S_MANAGER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. จอแสดง ID ของ Tag ที่ 1

8. จอแสดง ID ของ Tag ที่ 2

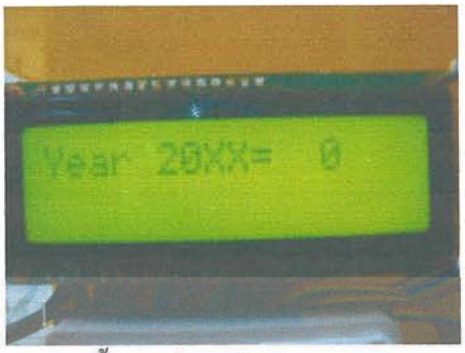
9. จอแสดง ID ของ Tag ที่ 3

10. เมนูตั้งวันเวลา

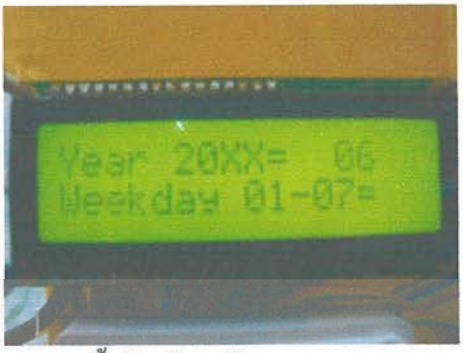
11. การตั้งวัน เดือน ปี

12. การตั้งวัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



13. การตั้งวัน เดือน ปี



14. การตั้งวัน เดือน ปี

16. การตั้งเวลา

17. การตั้งเวลา

ระยะห่างที่มากที่สุดระหว่าง Tag และเครื่องอ่าน	13	เซนติเมตร
คลื่นความถี่ที่ส่งออกมาจากเครื่องอ่าน	125k	Hz
จำนวน ID ของ Tag ที่สามารถบันทึกได้	>20	Tag

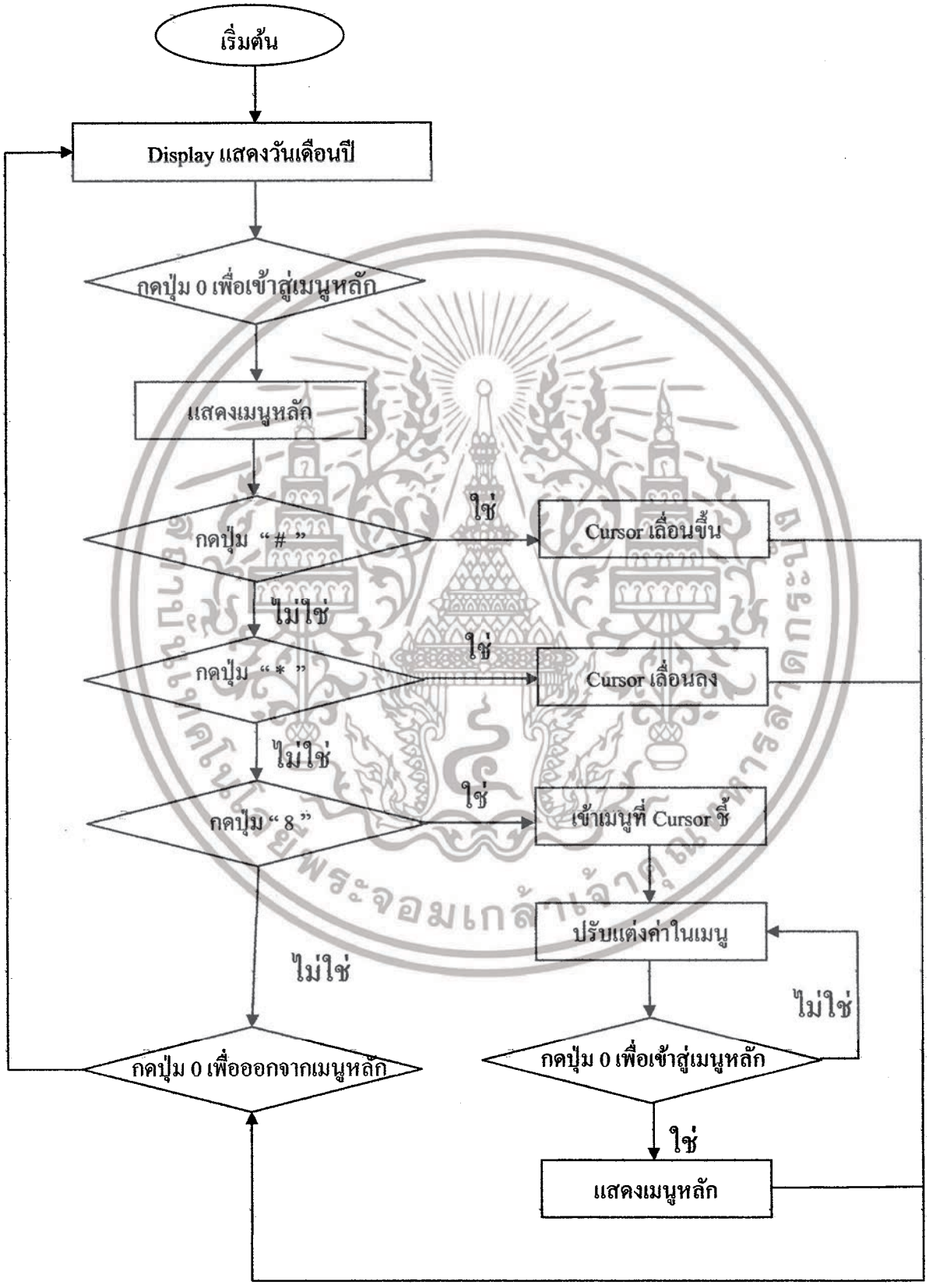
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
โปรแกรมควบคุมการทำงาน

6.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานเมื่อมีข้อมูลของ Tag อยู่ก่อนแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการปรับแต่งค่าผ่านเมนูหลัก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 โค้ดที่ในการเขียนโปรแกรม

```
#include <18F458.h>            // Device  PIC18F458
#fuses HS,NOWDT,NOPUT,NOPROTECT  // Config
#use   delay (clock=10000000)    // Use delay time = 10MHz
#use fast_io(B)              // Config port B
#define use_portb_lcd          // Open port B to use with LCD
#include <lcd.c>               // Function for drive LCD



//************Connect DS1302 pin*********************************************//

#ifndef RTC_SCLK               // call ds1302 after power up
#define ds1302_IO   PIN_E1  // input&output
#define ds1302_SCLK  PIN_E0  // sclk
#define ds1302_CE   PIN_E2  // chip enable

//****************************************************************************//

//*****************[ Transfer data between PIC and DS1302 ] *****************//

void write_ds1302_byte(BYTE cmd)
{
  BYTE i;                      // send data(8byte) to ds1302
  for(i=0;i<=7;++i)              // send 1byte per times until 8 entire
  {
    output_bit(ds1302_IO, shift_right(&cmd,1,0) );
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    output_high(ds1302_SCLK);    // Setup SCLK pin between hi and low
    output_low(ds1302_SCLK);
  }
}
void write_ds1302(BYTE cmd, BYTE data)
{
  output_high(ds1302_CE);
  write_ds1302_byte(cmd);
  write_ds1302_byte(data);
  output_low(ds1302_CE);
}
BYTE read_ds1302(BYTE cmd)
{
  BYTE i,data;

  output_high(ds1302_CE);
  write_ds1302_byte(cmd);

  for(i=0;i<=7;++i) {
    shift_right(&data,1,input(ds1302_IO));
    output_high(ds1302_SCLK);
    delay_us(2);
    output_low(ds1302_SCLK);
    delay_us(2);
  }
  output_low(ds1302_CE);

  return(data);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void rtc_init() {
  BYTE x;
  output_low(ds1302_CE);
  delay_us(2);
  output_low(ds1302_SCLK);
  write_ds1302(0x8e,0);
  write_ds1302(0x90,0xa4);
  x=read_ds1302(0x81);
  if((x & 0x80)!=0)
   write_ds1302(0x80,0);
}

int get_bcd(BYTE data)
{
  int nibh;
  int nibl;

  nibh=data/10;
  nibl=data-(nibh*10);

  return((nibh<<4)|nibl);
}

int rm_bcd(BYTE data)
{
  int i;

  i=data;
  data=(i>>4)*10;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  data=data+(i<<4>>4);

  return data;
}

void rtc_set_datetime(BYTE day, BYTE mth, BYTE year, BYTE dow, BYTE hr, BYTE min)
{
  write_ds1302(0x86,get_bcd(day));
  write_ds1302(0x88,get_bcd(mth));
  write_ds1302(0x8c,get_bcd(year));
  write_ds1302(0x8a,get_bcd(dow));
  write_ds1302(0x84,get_bcd(hr));
  write_ds1302(0x82,get_bcd(min));
  write_ds1302(0x80,get_bcd(0));
}

void rtc_get_date(BYTE& day, BYTE& mth, BYTE& year, BYTE& dow) // get the date
{
  day = rm_bcd(read_ds1302(0x87));
  mth = rm_bcd(read_ds1302(0x89));
  year = rm_bcd(read_ds1302(0x8d));
  dow = rm_bcd(read_ds1302(0x8b));
}

void rtc_get_time(BYTE& hr, BYTE& min, BYTE& sec)  // get the time
{
  hr = rm_bcd(read_ds1302(0x85));
  min = rm_bcd(read_ds1302(0x83));
  sec = rm_bcd(read_ds1302(0x81));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}

void rtc_write_nvr(BYTE address, BYTE data)  // write to nvr
{
  write_ds1302(address|0xc0,data);
}

BYTE rtc_read_nvr(BYTE address)  // read from nvr
{
   return(read_ds1302(address|0xc1));
}

//*************************************************************************//

//*************************[ Scan Matrix witch ]*************************//

#use  fast_io(D)          // Config port D
#bit row1 = 0x08.1
#bit row2 = 0x08.2
#bit row3 = 0x08.3
#bit row4 = 0x08.4
#bit col1 = 0x08.5
#bit col2 = 0x08.6
#bit col3 = 0x08.7


 void kbd_init()
 {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  col1 = 1; col2 = 1; col3 = 1;
}
char kbd_getc()
{
  col1 = 0;
  if(row1 == 0)
  { while(row1==0);
    col1 = 1;
    return('1');   }
  if(row2 == 0)
  { while(row2==0);
    col1 = 1;
    return('4');   }
  if(row3 == 0)
  { while(row3==0);
    col1 = 1;
    return('7');   }
  if(row4 == 0)
  { while(row4==0);
    col1 = 1;
    return('*');   }

  col1 = 1;  col2 = 0;
  if(row1 == 0)
  { while(row1==0);
    col2 = 1;
    return('2');   }
  if(row2 == 0)
  { while(row2==0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  col2 = 1;
  return('5');  }
if(row3 == 0)
{ while(row3==0);
  col2 = 1;
  return('8');  }
if(row4 == 0)
{ while(row4==0);
  col2 = 1;
  return('0');  }

col2 = 1; col3 = 0;
if(row1 == 0)
{ while(row1==0);
  col3 = 1;
  return('3');  }
if(row2 == 0)
{ while(row2==0);
  col3 = 1;
  return('6');  }
if(row3 == 0)
{ while(row3==0);
  col3 = 1;
  return('9');  }
if(row4 == 0)
{ while(row4==0);
  col3 = 1;
  return('#');  }
col3 = 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  return(0);
}
```

```
//*******************[ DS1302 Display to LCD ]*****************************//
```

```
byte get_number() {
 char first,second;

 do {
  first=kbd_getc();
 } while ((first<'0') || (first>'9'));
 lcd_putc(first);
 first-='0';

 do {
  second=kbd_getc();
 } while ((second<'0') || (second>'9'));
 lcd_putc(second);
 second-='0';

 return((first*10)+second);
}

void set_clock()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
  byte day,mth,year,dow,hour,min;

  lcd_putc("\fYear 20: ");
  year=get_number();
  lcd_putc("\fMonth: ");
  mth=get_number();
  lcd_putc("\fDay: ");
  day=get_number();
  lcd_putc("\fWeekday 1-7: ");
  dow=get_number();
  lcd_putc("\fHour: ");
  hour=get_number();
  lcd_putc("\fMin: ");
  min=get_number();

  rtc_set_datetime(day,mth,year,dow,hour,min);
}
void display()
{
  char cmd;
  byte day,mth,year,dow,hour,min,sec;

  rtc_init();
  lcd_init();
  kbd_init();

  lcd_putc("\RFID-EN% 2u/%2u/%2u\n%2u:%2u:%2u ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 do
 {
   cmd=kbd_getc();
 } while ((cmd!='1')&&(cmd!='2'));

 if(cmd=='1')
  set_clock();

 while (1) {
   lcd_putc('\f');
   rtc_get_date( day, mth, year, dow);
   rtc_get_time( hour, min, sec );
   printf(lcd_putc,"%2u/%2u/%2u\n%2u:%2u:%2u",mth,day,year,hour,min,sec);
   delay_ms(250);
 }
}

//*****************************[ Config I2C System ]*****************************//
#ifndef EEPROM_SDA

#define EEPROM_SDA  PIN_A0              // Set Pin A0 SDA
#define EEPROM_SCL  PIN_A1              // Set Pin A1 SCL

#endif

#use i2c(master, sda=EEPROM_SDA, scl=EEPROM_SCL)

#define EEPROM_ADDRESS long int
#define EEPROM_SIZE   32768             // use EEPROM 32KByte
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void init_ext_eeprom()
{
  output_float(EEPROM_SCL);
  output_float(EEPROM_SDA);

}

void write_ext_eeprom(long int address, BYTE data)  // Write data
{
  short int status;
  i2c_start();
  i2c_write(0xa0);
  i2c_write(address>>8);
  i2c_write(address);
  i2c_write(data);
  i2c_stop();
  i2c_start();
  status=i2c_write(0xa0);
  while(status==1)
  {
  i2c_start();
  status=i2c_write(0xa0);
  }
}

BYTE read_ext_eeprom(long int address)   // Read data
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
  BYTE data;
  i2c_start();
  i2c_write(0xa0);
  i2c_write(address>>8);
  i2c_write(address);
  i2c_start();
  i2c_write(0xa1);
  data=i2c_read(0);
  i2c_stop();
  return(data);
}
void i2c(void)
{
   int16 i;
   int dat;

   init_ext_eeprom();          // Init External EEPROM

   printf("TEST 24LC256 EEPROM\n\r");

   printf("\n\r Write...EXT EEPROM");
   for(i=0;i<255;i++)
      write_ext_eeprom(i, i);     // Wirte data to Ext EEPROM

   printf("\n\r Read...EXT EEPROM\n\r");
   for(i=0;i<255;i++) {
      dat = read_ext_eeprom(i);    // Read data from Ext EEPROM
      printf("%u  ,  ",dat);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  }

  while(TRUE) {                 // Loop forever
    ;
  }
}
#include "24256.c"              // Library  0xA0:Address EEPROM 24LC256
#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C4, rcv=PIN_C7)  // Serial Port\
#include <stdlib.h>
#include "input.c"
#if defined(__PCM__)
#device *=16
#elif defined(__PCH__)

int8 msg[32];


typedef enum {OFF, GREEN, RED} LEDcolor;

void twoColorLED(LEDcolor color) {
  switch(color) {
    case OFF:
      output_low(PIN_A3);
      output_low(PIN_A5);
      break;
    case GREEN:
      output_high(PIN_A3);
      output_low(PIN_A5);
      break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    case RED:
      output_low(PIN_A3);
      output_high(PIN_A5);
      break;
  }
}

// sends a string using RS485
void RS485send(char* s) {
  int8 size;
  for(size=0; s[size]!='\0'; ++size);
  rs485_wait_for_bus(FALSE);
  while (!rs485_send_message(ADAPTER_RS485_ID, size, s)) {
    delay_ms(RS485_ID);
  }
}

// read a char using RS485
char RS485getc() {
  rs485_get_message(msg, TRUE);
  return msg[2];
}

// RFID database, terminated with 5xzero

#define EEPROMCEIL 250          // MUST be under 255-5=250
#define EEPROMBASE 0x2100       // base address of EEPROM
#rom  EEPROMBASE = { 32, 72,185, 90,  2,
                     1,  2,  3,  4,  5,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void main(void) {

  int8  wrong_attemps;
  int32 tagNum;
  int8  customerCode;

  rf_init();
  rf_powerUp();

  // green LED on
  output_low(GREEN_LED);
  twoColorLED(OFF);

  wrong_attemps = 0;

  // sent a message using RS485
  sprintf(msg,"\n\r\n\r<<RFID ACCESS>>\nCONTROL_SYSTEM\r");
  RS485send(msg);

  while(1) {

    if(read_4102(code)) //read the code
    {
      tagNum = make32(code[1],code[2],code[3],code[4]);
      customerCode = code[0];
      sprintf(msg,"\r\ENROLL );
      RS485send(msg);
      sprintf(msg,"( [%u]",INSERT RFID TAG/n_PUT TO THE MACHINE);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    0, 0, 0, 0, 0
  }          // EEPROM data

int8 code[5];

//check if the data (ID) match any ID stored and EEPROM and returns 1 if it is true
int check_id(int8* data) {
 int8 tmp[5];
 int i,j;

 j=0;
 while(j<EEPROMCEIL) {       //till the ceil of EEPROM
  for(i=0;i<=4;i++) {
   tmp[i]=read_eeprom(i+j);
  }
  if((tmp[0] | tmp[1] | tmp[2] | tmp[3] | tmp[4])!=0)  // isn't all bits == 0?
  {
   if ((tmp[0]==data[0])&&(tmp[1]==data[1])&&(tmp[2]==data[2])&&(tmp[3]
   ==data[3])&&(tmp[4]==data[4]))  //check for matching
     return 1;
   j+=5;
  } else
    return 0;
 }
 return 0;

}

// ---------- main
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(check_id(code)==1)
{
 wrong_attemps=0;
 sprintf(msg,"\r\NUMBER %u\n TAG VRIFY PASS );


} else {
 wrong_attemps++;
 sprintf(msg,"\r\DEL_TAG");
 RS485send(msg);
 twoColorLED(RED);
 delay_ms(800);
 twoColorLED(OFF);
}

if (wrong_attemps>4) {
 sprintf(msg,"\r\nTAG RFID INSERT\nYOUCH THE MACHINE");
 RS485send(msg);
 output_low(RED_LED);
 delay_ms(10000);
 output_high(RED_LED);
 wrong_attemps=0;


 if(check_id(code)==1)
 {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        wrong_attemps=0;
        sprintf(msg,"\r\TAG DELETE OK );


      } else {
        wrong_attemps++;
        sprintf(msg,"\r\DEL_TAG");
        RS485send(msg);
        twoColorLED(RED);
        delay_ms(800);
        twoColorLED(OFF);
      }

      if (wrong_attemps>4) {
        sprintf(msg,"\r\nTAG RFID INSERT\nYOUCH THE MACHINE");
        RS485send(msg);
        output_low(RED_LED);
        delay_ms(10000);
        output_high(RED_LED);
        wrong_attemps=0;
        }
    }
  }
}
```

/********** Main Function */

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROCHIP 24AA256/24LC256/24FC256

256K $I^2C^{™}$ CMOS Serial EEPROM

Device Selection Table

Part Number	Vcc Range	Max. Clock Frequency	Temp. Ranges
24AA256	1.8-5.5V	400 kHz(1)	I
24LC256	2.5-5.5V	400 kHz	I, E
24FC256	1.8-5.5V	1 MHz(2)	I

Note 1: 100 kHz for Vcc < 2.5V.
2: 400 kHz for Vcc < 2.5V.

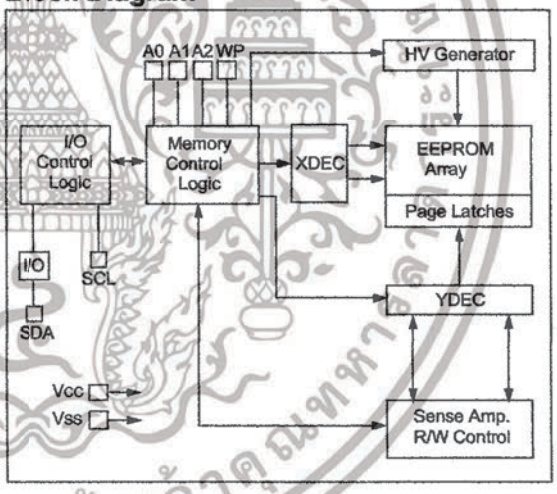
Features

- Low-power CMOS technology:
  - Maximum write current 3 mA at 5.5V
  - Maximum read current 400 µA at 5.5V
  - Standby current 100 nA typical at 5.5V
- 2-wire serial interface bus, $I^2C^{™}$ compatible
- Cascadable for up to eight devices
- Self-timed erase/write cycle
- 64-byte Page Write mode available
- 5 ms max. write cycle time
- Hardware write-protect for entire array
- Output slope control to eliminate ground bounce
- Schmitt Trigger inputs for noise suppression
- 1,000,000 erase/write cycles
- Electrostatic discharge protection > 4000V
- Data retention > 200 years
- 8-pin PDIP, SOIC, TSSOP, MSOP and DFN packages, 14-lead TSSOP package
- Standard and Pb-free finishes available
- Temperature ranges:
  - Industrial (I): -40°C to +85°C
  - Automotive (E): -40°C to +125°C

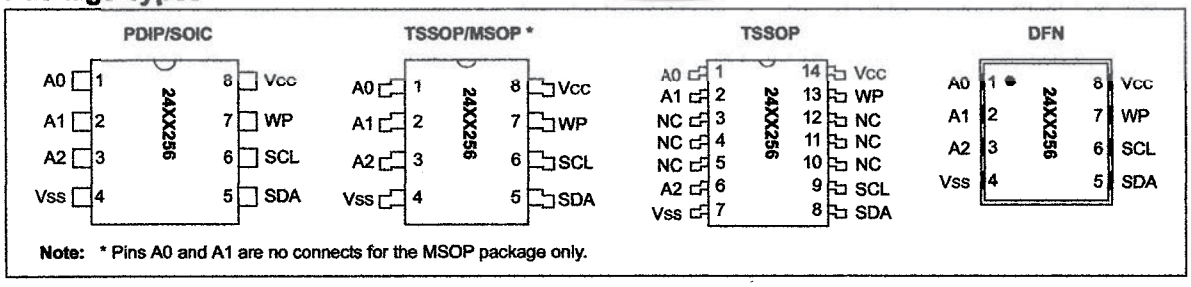
Description

The Microchip Technology Inc. 24AA256/24LC256/24FC256 (24XX256*) is a 32K x 8 (256 Kbit) Serial Electrically Erasable PROM, capable of operation across a broad voltage range (1.8V to 5.5V). It has been developed for advanced, low-power applications such as personal communications or data acquisition. This device also has a page write capability of up to 64 bytes of data. This device is capable of both random and sequential reads up to the 256K boundary. Functional address lines allow up to eight devices on the same bus, for up to 2 Mbit address space. This device is available in the standard 8-pin plastic DIP, SOIC, TSSOP, MSOP, DFN and 14-lead TSSOP packages.

Block Diagram



Package Types



Note: * Pins A0 and A1 are no connects for the MSOP package only.

*24XX256 is used in this document as a generic part number for the 24AA256/24LC256/24FC256 devices.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings(†)

VCC.....6.5V

All inputs and outputs w.r.t. VSS ..... -0.6V to VCC +1.0V

Storage temperature .....-65°C to +150°C

Ambient temperature with power applied .....-40°C to +125°C

ESD protection on all pins .....≥ 4 kV

† NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational listings of this specification is not implied. Exposure to Absolute Maximum Rating conditions for extended periods may affect device reliability.

TABLE 1-1: DC CHARACTERISTICS

DC CHARACTERISTICS			Electrical Characteristics: Industrial (I): VCC = +1.8V to 5.5V TA = -40°C to +85°C Automotive (E): VCC = +2.5V to 5.5V TA = -40°C to +125°C			
Param. No.	**Sym**	**Characteristic**	**Min**	**Max**	**Units**	**Conditions**
D1	—	A0, A1, A2, SCL, SDA and WP pins:	—	—	—	—
D2	VIH	High-level input voltage	0.7 VCC	—	V	—
D3	VIL	Low-level input voltage	—	0.3 VCC 0.2 VCC	V V	VCC ≥ 2.5V VCC < 2.5V
D4	VHYS	Hysteresis of Schmitt Trigger inputs (SDA, SCL pins)	0.05 VCC	—	V	VCC ≥ 2.5V **(Note)**
D5	VOL	Low-level output voltage	—	0.40	V	IOL = 3.0 ma @ VCC = 4.5V IOL = 2.1 ma @ VCC = 2.5V
D6	ILI	Input leakage current	—	±1	µA	VIN = VSS or VCC, WP = VSS VIN = VSS or VCC, WP = VCC
D7	ILO	Output leakage current	—	±1	µA	VOUT = VSS or VCC
D8	CIN, COUT	Pin capacitance (all inputs/outputs)	—	10	pF	VCC = 5.0V **(Note)** TA = 25°C, fc = 1 MHz
D9	ICC Read	Operating current	—	400	µA	VCC = 5.5V, SCL = 400 kHz
	ICC Write		—	3	mA	VCC = 5.5V
D10	ICCS	Standby current	—	1	µA	TA = -40°C to +85°C SCL = SDA = VCC = 5.5V A0, A1, A2, WP = VSS
			—	5	µA	TA = -40°C to +125°C SCL = SDA = VCC = 5.5V A0, A1, A2, WP = VSS

Note: This parameter is periodically sampled and not 100% tested.

© 2004 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1-2: AC CHARACTERISTICS

AC CHARACTERISTICS			Electrical Characteristics: Industrial (I): VCC = +1.8V to 5.5V TA = -40°C to +85°C Automotive (E): VCC = +2.5V to 5.5V TA = -40°C to +125°C			
Param. No.	**Sym**	**Characteristic**	**Min**	**Max**	**Units**	**Conditions**
1	FCLK	Clock frequency	—	100	kHz	1.8V ≤ VCC < 2.5V
			—	400		2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V
			—	400		1.8V ≤ VCC < 2.5V 24FC256
			—	1000		2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC256
2	THIGH	Clock high time	4000	—	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V
			600	—		2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V
			600	—		1.8V ≤ VCC < 2.5V 24FC256
			500	—		2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC256
3	TLOW	Clock low time	4700	—	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V
			1300	—		2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V
			1300	—		1.8V ≤ VCC < 2.5V 24FC256
			500	—		2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC256
4	TR	SDA and SCL rise time (Note 1)	—	1000	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V
			—	300		2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V
			—	300		1.8V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC256
5	TF	SDA and SCL fall time (Note 1)	—	300	ns	All except, 24FC256
			—	100		1.8V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC256
6	THD:STA	Start condition hold time	4000	—	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V
			600	—		2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V
			600	—		1.8V ≤ VCC < 2.5V 24FC256
			250	—		2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC256
7	TSU:STA	Start condition setup time	4700	—	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V
			600	—		2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V
			600	—		1.8V ≤ VCC < 2.5V 24FC256
			250	—		2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC256
8	THD:DAT	Data input hold time	0	—	ns	(Note 2)
9	TSU:DAT	Data input setup time	250	—	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V
			100	—		2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V
			100	—		1.8V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC256
10	TSU:STO	Stop condition setup time	4000	—	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V
			600	—		2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V
			600	—		1.8V ≤ VCC < 2.5V 24FC256
			250	—		2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC256
11	TSU:WP	WP setup time	4000	—	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V
			600	—		2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V
			600	—		1.8V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC256
12	THD:WP	WP hold time	4700	—	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V
			1300	—		2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V
			1300	—		1.8V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC256

Note 1: Not 100% tested. CB = total capacitance of one bus line in pF.

2: As a transmitter, the device must provide an internal minimum delay time to bridge the undefined region (minimum 300 ns) of the falling edge of SCL to avoid unintended generation of Start or Stop conditions.

3: The combined TSP and VHYS specifications are due to new Schmitt Trigger inputs, which provide improved noise spike suppression. This eliminates the need for a TI specification for standard operation.

4: This parameter is not tested but ensured by characterization. For endurance estimates in a specific application, please consult the Total Endurance™ Model, which can be obtained from Microchip's web site: www.microchip.com.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC CHARACTERISTICS (Continued)			Electrical Characteristics: Industrial (I): VCC = +1.8V to 5.5V TA = -40°C to +85°C Automotive (E): VCC = +2.5V to 5.5V TA = -40°C to +125°C			
Param. No.	**Sym**	**Characteristic**	**Min**	**Max**	**Units**	**Conditions**
13	TAA	Output valid from clock **(Note 2)**	— — — —	3500 900 900 400	ns	1.8 V ≤ VCC < 2.5V 2.5 V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V 24FC256 2.5 V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC256
14	TBUF	Bus free time: Time the bus must be free before a new transmission can start	4700 1300 1300 500	— — — —	ns	1.8V ≤ VCC < 2.5V 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 1.8V ≤ VCC < 2.5V 24FC256 2.5V ≤ VCC ≤ 5.5V 24FC256
15	TOF	Output fall time from VIH minimum to VIL maximum CB ≤ 100 pF	10 + 0.1CB	250 250	ns	All except, 24FC256 **(Note 1)**
16	TSP	Input filter spike suppression (SDA and SCL pins)	—	50	ns	All except, 24FC256 **(Notes 1 and 3)**
17	TWC	Write cycle time (byte or page)	—	5	ms	—
18	—	Endurance	1,000,000	—	cycles	25°C **(Note 4)**

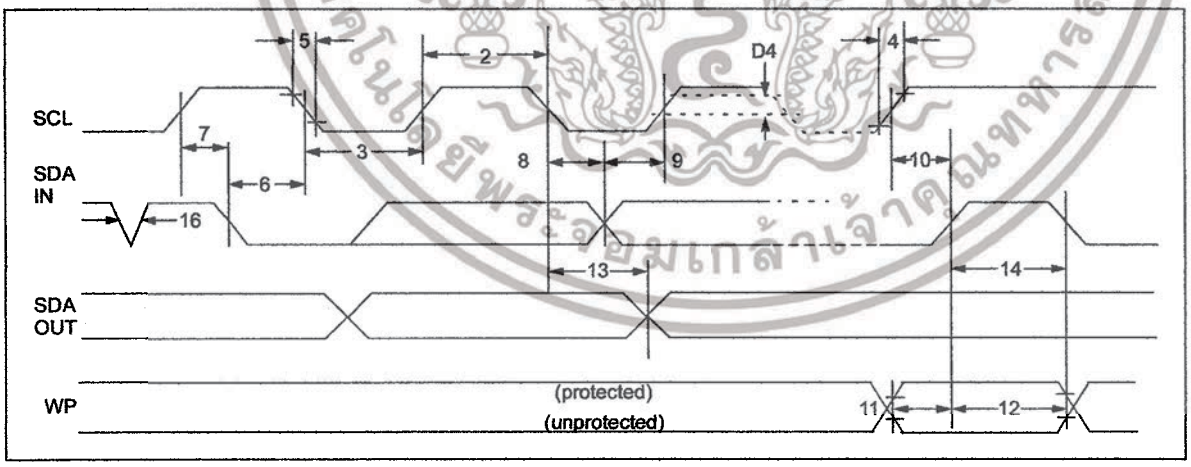
Note 1: Not 100% tested. CB = total capacitance of one bus line in pF.

2: As a transmitter, the device must provide an internal minimum delay time to bridge the undefined region (minimum 300 ns) of the falling edge of SCL to avoid unintended generation of Start or Stop conditions.

3: The combined TSP and VHYS specifications are due to new Schmitt Trigger inputs, which provide improved noise spike suppression. This eliminates the need for a TI specification for standard operation.

4: This parameter is not tested but ensured by characterization. For endurance estimates in a specific application, please consult the Total Endurance™ Model, which can be obtained from Microchip's web site: www.microchip.com.

FIGURE 1-1: BUS TIMING DATA



© 2004 Microchip Technology Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.0 PIN DESCRIPTIONS

The descriptions of the pins are listed in Table 2-1.

TABLE 2-1: PIN FUNCTION TABLE

Name	8-pin PDIP	8-pin SOIC	8-pin TSSOP	14-pin TSSOP	8-pin MSOP	8-pin DFN	Function
A0	1	1	1	1	—	1	User Configurable Chip Select
A1	2	2	2	2	—	2	User Configurable Chip Select
(NC)	—	—	—	3, 4, 5	1, 2	—	Not Connected
A2	3	3	3	6	3	3	User Configurable Chip Select
Vss	4	4	4	7	4	4	Ground
SDA	5	5	5	8	5	5	Serial Data
SCL	6	6	6	9	6	6	Serial Clock
(NC)	—	—	—	10, 11, 12	—	—	Not Connected
WP	7	7	7	13	7	7	Write-Protect Input
Vcc	8	8	8	14	8	8	+1.8V to 5.5V (24AA256) +2.5V to 5.5V (24LC256) +1.8V to 5.5V (24FC256)

2.1 A0, A1, A2 Chip Address Inputs

The A0, A1 and A2 inputs are used by the 24XX256 for multiple device operations. The levels on these inputs are compared with the corresponding bits in the slave address. The chip is selected if the compare is true.

For the MSOP package only, pins A0 and A1 are not connected.

Up to eight devices (two for the MSOP package) may be connected to the same bus by using different Chip Select bit combinations. If these pins are left unconnected, the inputs will be pulled down internally to Vss. If they are tied to Vcc or driven high, the internal pull-down circuitry is disabled.

In applications, the chip address inputs A0, A1 and A2 are hard-wired to logic '0' or logic '1'. For applications in which these pins are controlled by a microcontroller or other programmable device, the chip address pins must be driven to logic '0' or logic '1' before normal device operation can proceed.

This is a bidirectional pin used to transfer addresses and data into and out of the device. It is an open drain

resistor to Vcc (typical 10 kΩ for 100 kHz, 2 kΩ for 400 kHz and 1 MHz).

reserved for indicating the Start and Stop conditions.

2.3 Serial Clock (SCL)

This input is used to synchronize the data transfer to and from the device.

2.4 Write-Protect (WP)

This pin can be connected to either Vss, Vcc or left floating. Internal pull-down circuitry on this pin will keep the device in the unprotected state if left floating. If tied to Vss or left floating, normal memory operation is enabled (read/write the entire memory 0000-7FFF).

If tied to Vcc, write operations are inhibited. Read operations are not affected.

3.0 FUNCTIONAL DESCRIPTION

The 24XX256 supports a bidirectional 2-wire bus and data transmission protocol. A device that sends data onto the bus is defined as a transmitter and a device receiving data as a receiver. The bus must be controlled by a master device which generates the

generates the Start and Stop conditions while the 24XX256 works as a slave. Both master and slave can operate as a transmitter or receiver, but the master

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.0 BUS CHARACTERISTICS

The following **bus protocol** has been defined:

- Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.
- During data transfer, the data line must remain stable whenever the clock line is high. Changes in the data line, while the clock line is high, will be interpreted as a Start or Stop condition.

Accordingly, the following bus conditions have been defined (Figure 4-1).

4.1 Bus not Busy (A)

Both data and clock lines remain high.

4.2 Start Data Transfer (B)

A high-to-low transition of the SDA line while the clock (SCL) is high, determines a Start condition. All commands must be preceded by a Start condition.

4.3 Stop Data Transfer (C)

A low-to-high transition of the SDA line, while the clock (SCL) is high, determines a Stop condition. All operations must end with a Stop condition.

4.4 Data Valid (D)

The state of the data line represents valid data when, after a Start condition, the data line is stable for the duration of the high period of the clock signal.

The data on the line must be changed during the low period of the clock signal. There is one bit of data per clock pulse.

Each data transfer is initiated with a Start condition and terminated with a Stop condition. The number of the data bytes transferred between the Start and Stop conditions is determined by the master device.

4.5 Acknowledge

Each receiving device, when addressed, is obliged to generate an Acknowledge signal after the reception of each byte. The master device must generate an extra clock pulse which is associated with this Acknowledge bit.

Note:	The 24XX256 does not generate any Acknowledge bits if an internal programming cycle is in progress.

A device that acknowledges must pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse in such a way that the SDA line is stable low during the high period of the acknowledge related clock pulse. Of course, setup and hold times must be taken into account. During reads, a master must signal an end of data to the slave by NOT generating an Acknowledge bit on the last byte that has been clocked out of the slave. In this case, the slave (24XX256) will leave the data line high to enable the master to generate the Stop condition.

© 2004 Microchip Technology Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 4-1: DATA TRANSFER SEQUENCE ON THE SERIAL BUS

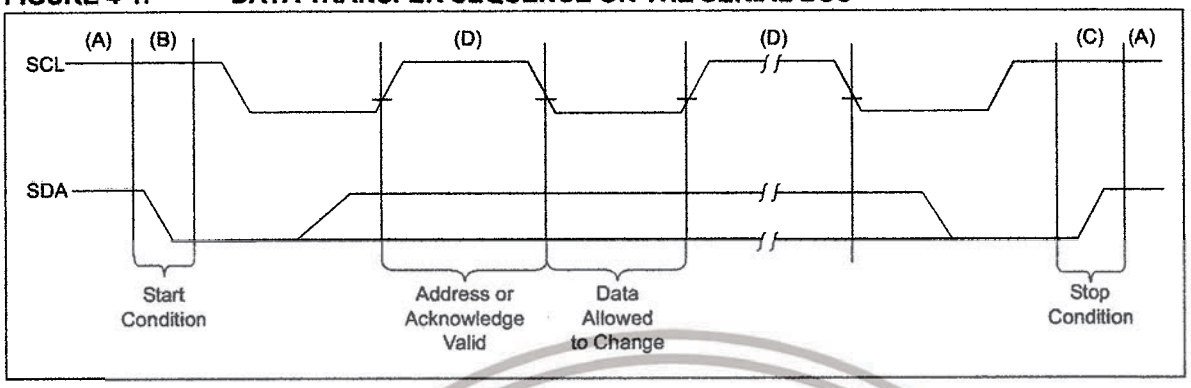
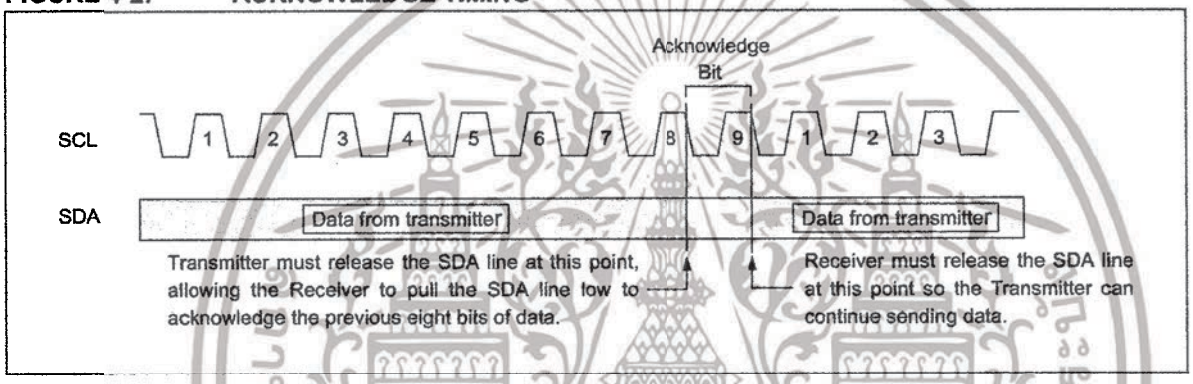


FIGURE 4-2: ACKNOWLEDGE TIMING



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.0 DEVICE ADDRESSING

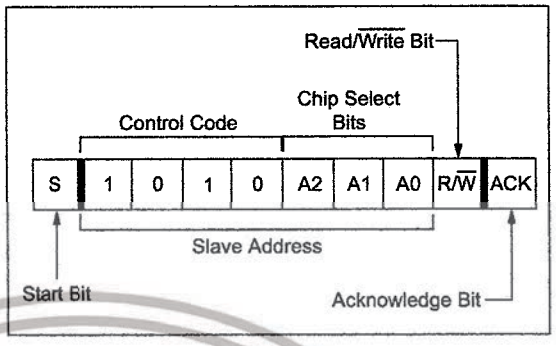
A control byte is the first byte received following the Start condition from the master device (Figure 5-1). The control byte consists of a 4-bit control code. For the 24XX256, this is set as '1010' binary for read and write operations. The next three bits of the control byte are the Chip Select bits (A2, A1, A0). The Chip Select bits allow the use of up to eight 24XX256 devices on the same bus and are used to select which device is accessed. The Chip Select bits in the control byte must correspond to the logic levels on the corresponding A2, A1 and A0 pins for the device to respond. These bits are, in effect, the three Most Significant bits of the word address.

For the MSOP package, the A0 and A1 pins are not connected. During device addressing, the A0 and A1 Chip Select bits (Figures 5-1 and 5-2) should be set to '0'. Only two 24XX256 MSOP packages can be connected to the same bus.

The last bit of the control byte defines the operation to be performed. When set to a one, a read operation is selected. When set to a zero, a write operation is selected. The next two bytes received define the address of the first data byte (Figure 5-2). Because only A14...A0 are used, the upper address bits are a "don't care." The upper address bits are transferred first, followed by the less significant bits.

Following the Start condition, the 24XX256 monitors the SDA bus checking the device type identifier being transmitted. Upon receiving a '1010' code and appropriate device select bits, the slave device outputs an Acknowledge signal on the SDA line. Depending on the state of the R/$\overline{W}$ bit, the 24XX256 will select a read or write operation.

FIGURE 5-1: CONTROL BYTE FORMAT

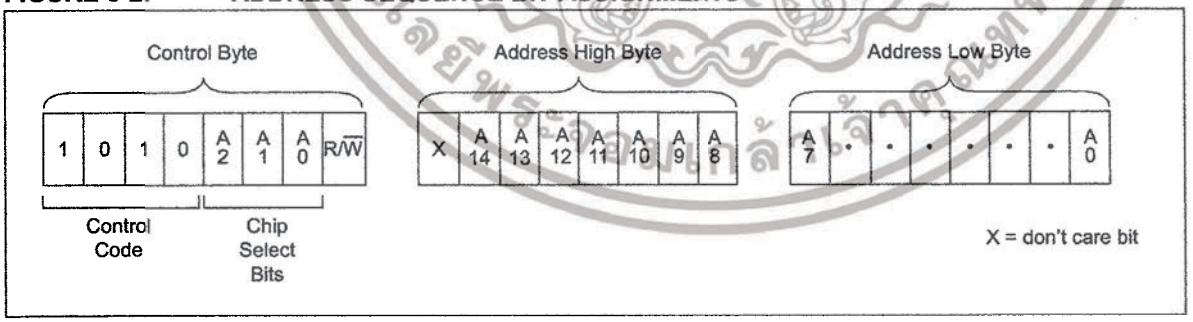


5.1 Contiguous Addressing Across Multiple Devices

The Chip Select bits A2, A1 and A0 can be used to expand the contiguous address space for up to 2 Mbit by adding up to eight 24XX256s on the same bus. In this case, software can use A0 of the **control byte** as address bit A15; A1 as address bit A16; and A2 as address bit A17. It is not possible to sequentially read across device boundaries.

For the MSOP package, up to two 24XX256 devices can be added for up to 512 Kbit of address space. In this case, software can use A2 of the control byte as address bit A17. Bits A0 (A15) and A1 (A16) of the **control byte** must always be set to a logic '0' for the MSOP.

FIGURE 5-2: ADDRESS SEQUENCE BIT ASSIGNMENTS



© 2004 Microchip Technology Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.0 WRITE OPERATIONS

6.1 Byte Write

Following the Start condition from the master, the control code (four bits), the Chip Select (three bits) and the R/$\overline{W}$ bit (which is a logic low) are clocked onto the bus by the master transmitter. This indicates to the addressed slave receiver that the address high byte will follow after it has generated an Acknowledge bit during the ninth clock cycle. Therefore, the next byte transmitted by the master is the high-order byte of the word address and will be written into the address pointer of the 24XX256. The next byte is the Least Significant Address Byte. After receiving another Acknowledge signal from the 24XX256, the master device will transmit the data word to be written into the addressed memory location. The 24XX256 acknowledges again and the master generates a Stop condition. This initiates the internal write cycle and during this time, the 24XX256 will not generate Acknowledge signals (Figure 6-1). If an attempt is made to write to the array with the WP pin held high, the device will acknowledge the command but no write cycle will occur, no data will be written, and the device will immediately accept a new command. After a byte Write command, the internal address counter will point to the address location following the one that was just written.

6.2 Page Write

The write control byte, word address and the first data byte are transmitted to the 24XX256 in much the same way as in a byte write. The exception is that instead of generating a Stop condition, the master transmits up to 63 additional bytes, which are temporarily stored in the on-chip page buffer, and will be written into memory once the master has transmitted a Stop condition. Upon receipt of each word, the six lower address pointer bits are internally incremented by one. If the master should transmit more than 64 bytes prior to generating the Stop condition, the address counter will roll over and the previously received data will be overwritten. As with the byte write operation, once the Stop condition is received, an internal write cycle will begin (Figure 6-2). If an attempt is made to write to the array with the WP pin held high, the device will acknowledge the command, but no write cycle will occur, no data will be written and the device will immediately accept a new command.

6.3 Write-Protection

The WP pin allows the user to write-protect the entire array (0000-7FFF) when the pin is tied to Vcc. If tied to Vss or left floating, the write protection is disabled. The WP pin is sampled at the Stop bit for every Write command (Figure 1-1). Toggling the WP pin after the Stop bit will have no effect on the execution of the write cycle.

Note: Page write operations are limited to writing bytes within a single physical page, **regardless** of the number of bytes actually being written. Physical page boundaries start at addresses that are integer multiples of the page buffer size (or 'page size') and end at addresses that are integer multiples of [page size - 1]. If a Page Write command attempts to write across a physical page boundary, the result is that the data wraps around to the beginning of the current page (overwriting data previously stored there), instead of being written to the next page, as might be expected. It is, therefore, necessary for the application software to prevent page write operations that would attempt to cross a page boundary.

FIGURE 6-1: BYTE WRITE

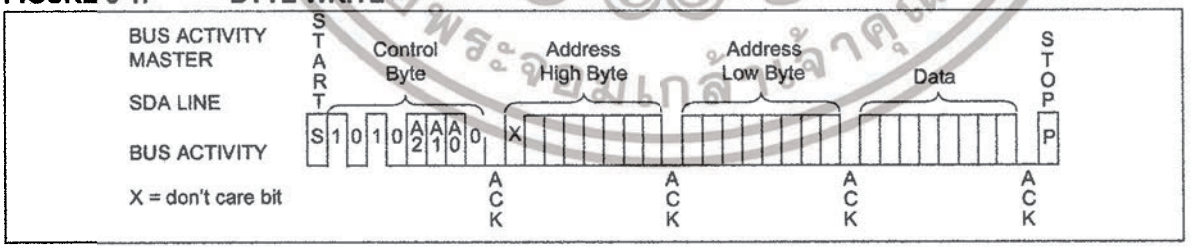
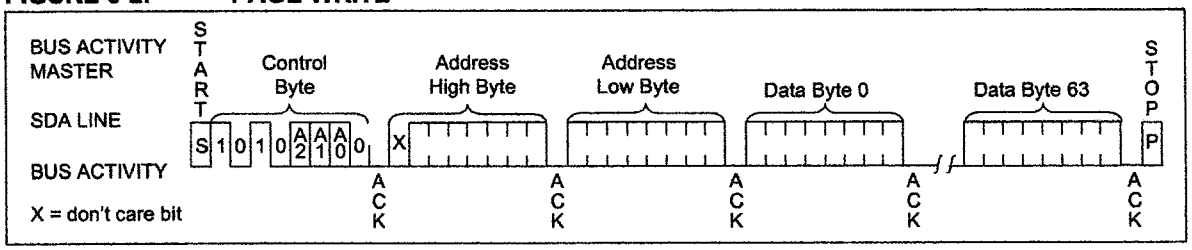


FIGURE 6-2: PAGE WRITE

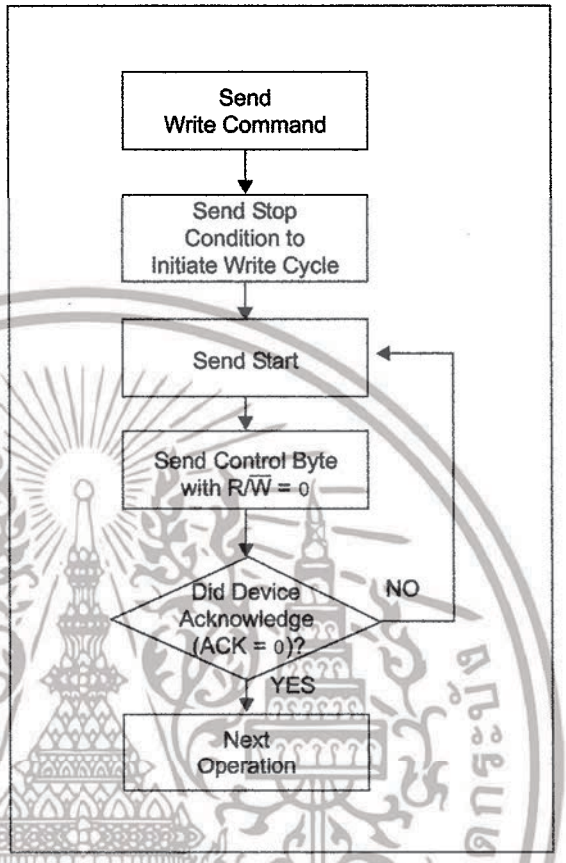


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.0 ACKNOWLEDGE POLLING

Since the device will not acknowledge during a write cycle, this can be used to determine when the cycle is complete (This feature can be used to maximize bus throughput). Once the Stop condition for a Write command has been issued from the master, the device initiates the internally timed write cycle. ACK polling can be initiated immediately. This involves the master sending a Start condition, followed by the control byte for a Write command (R/$\overline{W}$ = 0). If the device is still busy with the write cycle, then no ACK will be returned. If no ACK is returned, the Start bit and control byte must be resent. If the cycle is complete, then the device will return the ACK and the master can then proceed with the next Read or Write command. See Figure 7-1 for flow diagram.

FIGURE 7-1: ACKNOWLEDGE POLLING FLOW



© 2004 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.0 READ OPERATION

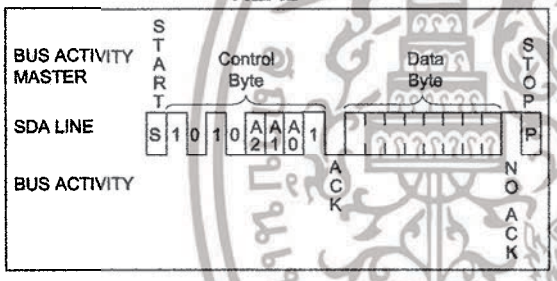
Read operations are initiated in much the same way as write operations, with the exception that the R/$\overline{W}$ bit of the control byte is set to '1'. There are three basic types of read operations: current address read, random read and sequential read.

8.1 Current Address Read

The 24XX256 contains an address counter that maintains the address of the last word accessed, internally incremented by '1'. Therefore, if the previous read access was to address n (n is any legal address), the next current address read operation would access data from address n + 1.

Upon receipt of the control byte with R/$\overline{W}$ bit set to '1', the 24XX256 issues an acknowledge and transmits the 8-bit data word. The master will not acknowledge the transfer, but does generate a Stop condition and the 24XX256 discontinues transmission (Figure 8-1).

FIGURE 8-1: CURRENT ADDRESS READ



8.2 Random Read

Random read operations allow the master to access any memory location in a random manner. To perform this type of read operation, the word address must first be set. This is done by sending the word address to the 24XX256 as part of a write operation (R/$\overline{W}$ bit set to '0'). Once the word address is sent, the master generates a Start condition following the acknowledge. This terminates the write operation, but not before the internal address pointer is set. The master then issues the control byte again, but with the R/$\overline{W}$ bit set to a one. The 24XX256 will then issue an acknowledge and transmit the 8-bit data word. The master will not acknowledge the transfer, though it does generate a Stop condition, which causes the 24XX256 to discontinue transmission (Figure 8-2). After a random Read command, the internal address counter will point to the address location following the one that was just read.

8.3 Sequential Read

Sequential reads are initiated in the same way as a random read except that after the 24XX256 transmits the first data byte, the master issues an acknowledge as opposed to the Stop condition used in a random read. This acknowledge directs the 24XX256 to transmit the next sequentially addressed 8-bit word (Figure 8-3). Following the final byte transmitted to the master, the master will NOT generate an acknowledge, but will generate a Stop condition. To provide sequential reads, the 24XX256 contains an internal address pointer which is incremented by one at the completion of each operation. This address pointer allows the entire memory contents to be serially read during one operation. The internal address pointer will automatically roll over from address 7FFF to address 0000 if the master acknowledges the byte received from the array address 7FFF.

FIGURE 8-2: RANDOM READ

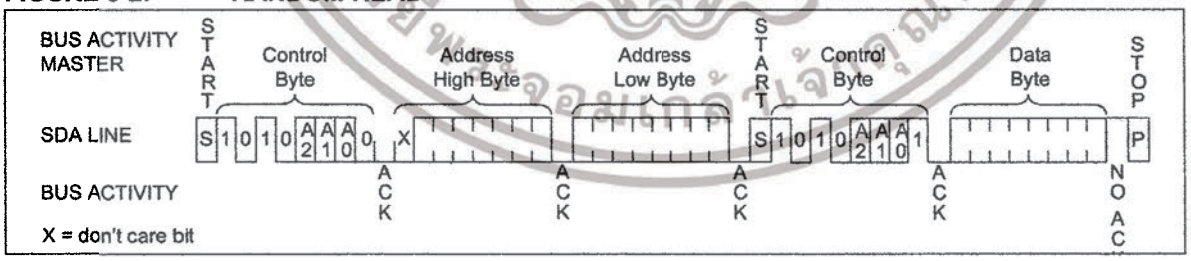
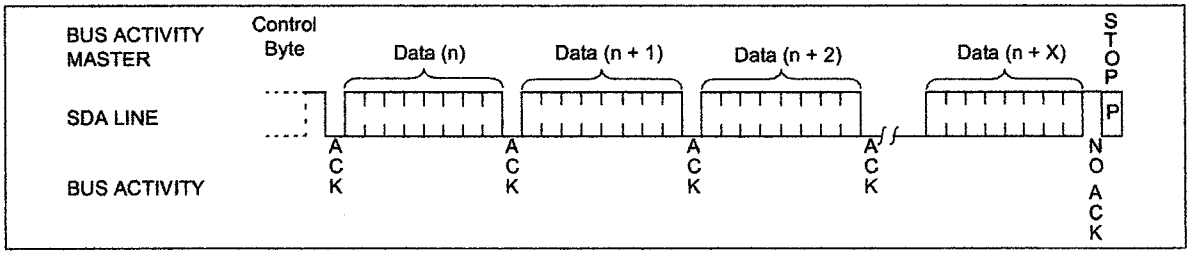


FIGURE 8-3: SEQUENTIAL READ

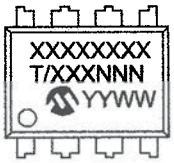


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

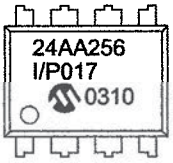
9.0 PACKAGING INFORMATION

9.1 Package Marking Information

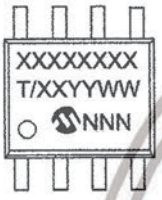
8-Lead PDIP (300 mil)



Example:



8-Lead SOIC (150 mil)



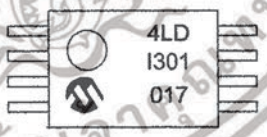
Example:

8-Lead SOIC (208 mil)

Example:

8-Lead TSSOP

Example:



Legend:	XX...X	Customer specific information*
	T	Temperature grade (I, E)
	Y	Year code (last digit of calendar year)
	YY	Year code (last 2 digits of calendar year)
	WW	Week code (week of January 1 is week '01')
	NNN	Alphanumeric traceability code

Note: In the event the full Microchip part number cannot be marked on one line, it will be carried over to the next line thus limiting the number of available characters for customer specific information.

*Standard device marking consists of Microchip part number, year code, week code, and traceability code. For device marking beyond this, certain price adders apply. Please check with your Microchip Sales Office.

© 2004 Microchip Technology Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Marking Information (Continued)

8-Lead MSOP

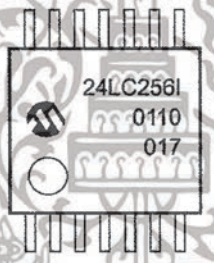
Example:

8-Lead DFN-S

Example:

14-Lead TSSOP

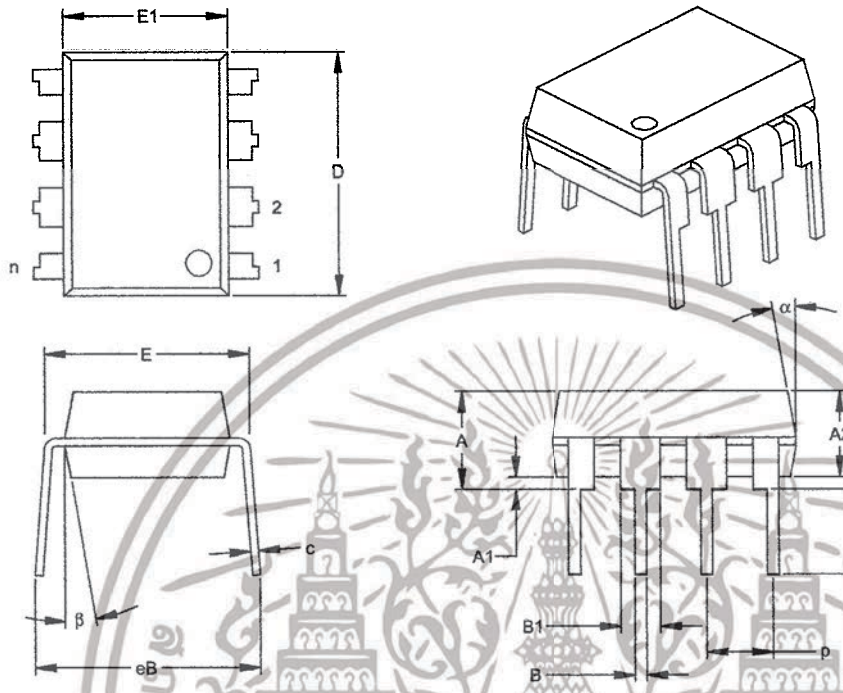
Example:



	TSSOP Package Codes		MSOP Package Codes	
Part No.	**STD**	**Pb-free**	**STD**	**Pb-free**
24AA256	4AD	G4AD	4A256	G4AD
24LC256	4LD	G4LD	4L256	G4LD
24FC256	4FD	G4FD	4F256	G4FD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-Lead Plastic Dual In-line (P) – 300 mil (PDIP)



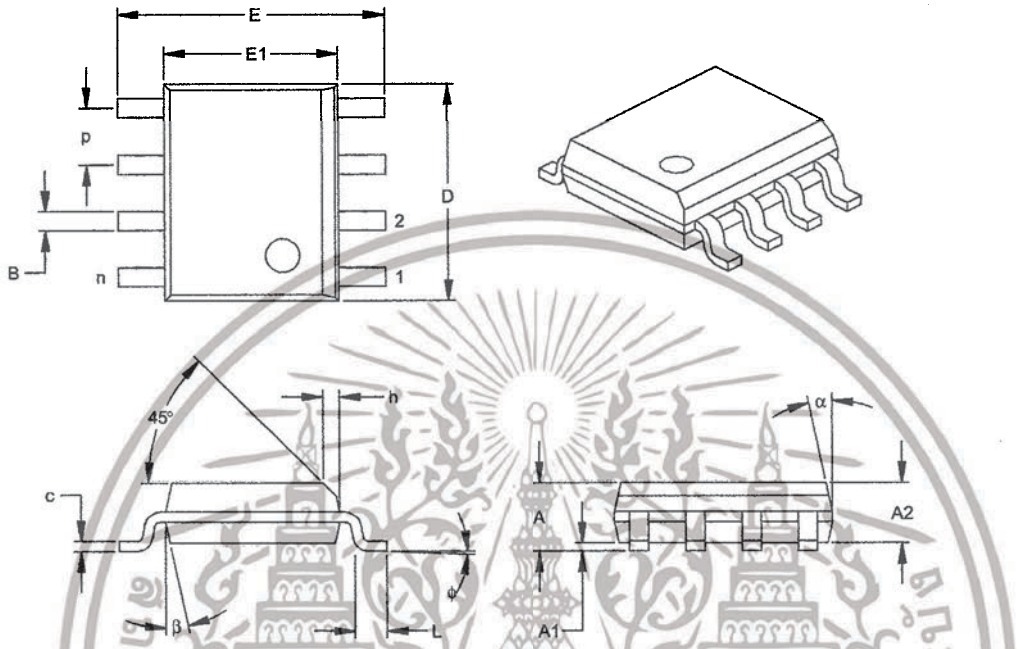
Units		INCHES*			MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n		8			8	
Pitch	p		.100			2.54	
Top to Seating Plane	A	.140	.155	.170	3.56	3.94	4.32
Molded Package Thickness	A2	.115	.130	.145	2.92	3.30	3.68
Base to Seating Plane	A1	.015			0.38		
Shoulder to Shoulder Width	E	.300	.313	.325	7.62	7.94	8.26
Molded Package Width	E1	.240	.250	.260	6.10	6.35	6.60
Overall Length	D	.360	.373	.385	9.14	9.46	9.78
Tip to Seating Plane	L	.125	.130	.135	3.18	3.30	3.43
Lead Thickness	c	.008	.012	.015	0.20	0.29	0.38
Upper Lead Width	B1	.045	.058	.070	1.14	1.46	1.78
Lower Lead Width	B	.014	.018	.022	0.36	0.46	0.56
Overall Row Spacing §	eB	.310	.370	.430	7.87	9.40	10.92
Mold Draft Angle Top	α	5	10	15	5	10	15
Mold Draft Angle Bottom	β	5	10	15	5	10	15

* Controlling Parameter
§ Significant Characteristic

Notes:
Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" (0.254mm) per side.
JEDEC Equivalent: MS-001
Drawing No. C04-018

© 2004 Microchip Technology Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-Lead Plastic Small Outline (SN) – Narrow, 150 mil (SOIC)



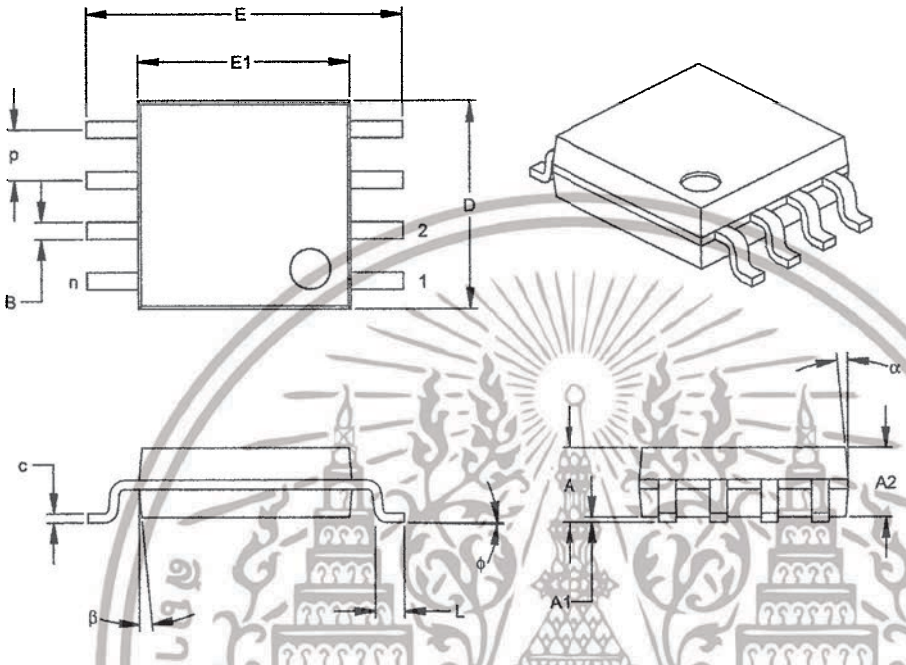
Units		INCHES*			MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n		8			8	
Pitch	p		.050			1.27	
Overall Height	A	.053	.061	.069	1.35	1.55	1.75
Molded Package Thickness	A2	.052	.056	.061	1.32	1.42	1.55
Standoff §	A1	.004	.007	.010	0.10	0.18	0.25
Overall Width	E	.228	.237	.244	5.79	6.02	6.20
Molded Package Width	E1	.146	.154	.157	3.71	3.91	3.99
Overall Length	D	.189	.193	.197	4.80	4.90	5.00
Chamfer Distance	h	.010	.015	.020	0.25	0.38	0.51
Foot Length	L	.019	.025	.030	0.48	0.62	0.76
Foot Angle	φ	0	4	8	0	4	8
Lead Thickness	c	.008	.009	.010	0.20	0.23	0.25
Lead Width	B	.013	.017	.020	0.33	0.42	0.51
Mold Draft Angle Top	α	0	12	15	0	12	15
Mold Draft Angle Bottom	β	0	12	15	0	12	15

* Controlling Parameter
§ Significant Characteristic

Notes:
Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" (0.254mm) per side.
JEDEC Equivalent: MS-012
Drawing No. C04-057

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-Lead Plastic Small Outline (SM) – Medium, 208 mil (SOIC)



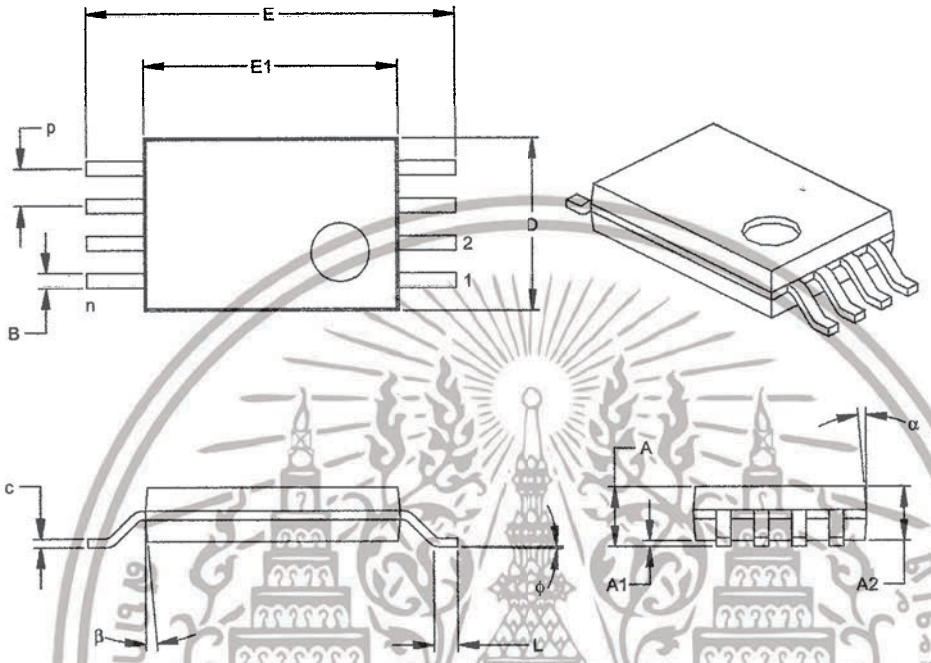
Units		INCHES*			MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n		8			8	
Pitch	p		.050			1.27	
Overall Height	A	.070	.075	.080	1.78	1.97	2.03
Molded Package Thickness	A2	.069	.074	.078	1.75	1.88	1.98
Standoff §	A1	.002	.005	.010	0.05	0.13	0.25
Overall Width	E	.300	.313	.325	7.62	7.95	8.26
Molded Package Width	E1	.201	.208	.212	5.11	5.28	5.38
Overall Length	D	.202	.205	.210	5.13	5.21	5.33
Foot Length	L	.020	.025	.030	0.51	0.64	0.76
Foot Angle	φ	0	4	8	0	4	8
Lead Thickness	c	.008	.009	.010	0.20	0.23	0.25
Lead Width	B	.014	.017	.020	0.36	0.43	0.51
Mold Draft Angle Top	α	0	12	15	0	12	15
Mold Draft Angle Bottom	β	0	12	15	0	12	15

* Controlling Parameter
§ Significant Characteristic

Notes:
Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" (0.254mm) per side.
Drawing No. C04-056

© 2004 Microchip Technology Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-Lead Plastic Thin Shrink Small Outline (ST) – 4.4 mm (TSSOP)



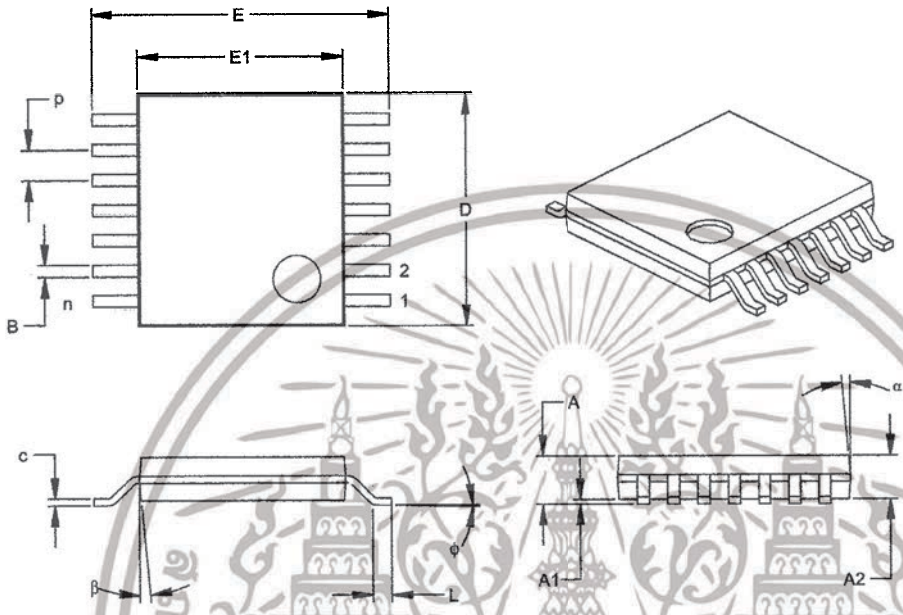
Units		INCHES			MILLIMETERS*		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n		8			8	
Pitch	p		.026			0.65	
Overall Height	A			.043			1.10
Molded Package Thickness	A2	.033	.035	.037	0.85	0.90	0.95
Standoff §	A1	.002	.004	.006	0.05	0.10	0.15
Overall Width	E	.246	.251	.256	6.25	6.38	6.50
Molded Package Width	E1	.169	.173	.177	4.30	4.40	4.50
Molded Package Length	D	.114	.118	.122	2.90	3.00	3.10
Foot Length	L	.020	.024	.028	0.50	0.60	0.70
Foot Angle	φ	0	4	8	0	4	8
Lead Thickness	c	.004	.006	.008	0.09	0.15	0.20
Lead Width	B	.007	.010	.012	0.19	0.25	0.30
Mold Draft Angle Top	α	0	5	10	0	5	10
Mold Draft Angle Bottom	β	0	5	10	0	5	10

* Controlling Parameter
§ Significant Characteristic

Notes:
Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .005" (0.127mm) per side.
JEDEC Equivalent: MO-153
Drawing No. C04-086

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14-Lead Plastic Thin Shrink Small Outline (ST) – 4.4 mm (TSSOP)



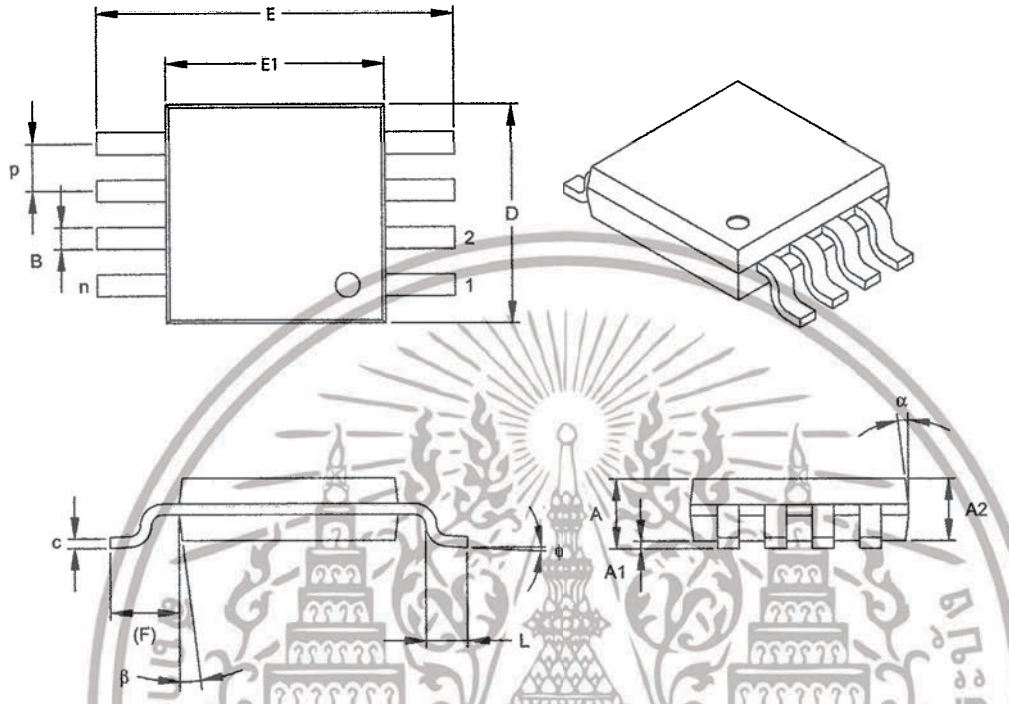
Units		INCHES			MILLIMETERS*		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n		14			14	
Pitch	p		.026			0.65	
Overall Height	A			.043			1.10
Molded Package Thickness	A2	.033	.035	.037	0.85	0.90	0.95
Standoff §	A1	.002	.004	.006	0.05	0.10	0.15
Overall Width	E	.246	.251	.256	6.25	6.38	6.50
Molded Package Width	E1	.169	.173	.177	4.30	4.40	4.50
Molded Package Length	D	.193	.197	.201	4.90	5.00	5.10
Foot Length	L	.020	.024	.028	0.50	0.60	0.70
Foot Angle	φ	0	4	8	0	4	8
Lead Thickness	c	.004	.006	.008	0.09	0.15	0.20
Lead Width	B	.007	.010	.012	0.19	0.25	0.30
Mold Draft Angle Top	α	0	5	10	0	5	10
Mold Draft Angle Bottom	β	0	5	10	0	5	10

* Controlling Parameter
§ Significant Characteristic

Notes:
Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .005" (0.127mm) per side.
JEDEC Equivalent: MO-153
Drawing No. C04-087

© 2004 Microchip Technology Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-Lead Plastic Micro Small Outline Package (MS) (MSOP)



Units		INCHES			MILLIMETERS*		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n		8			8	
Pitch	p		.026 BSC			0.65 BSC	
Overall Height	A	-	-	.043	-	-	1.10
Molded Package Thickness	A2	.030	.033	.037	0.75	0.85	0.95
Standoff	A1	.000	-	.006	0.00	-	0.15
Overall Width	E		.193 TYP.			4.90 BSC	
Molded Package Width	E1		.118 BSC			3.00 BSC	
Overall Length	D		.118 BSC			3.00 BSC	
Foot Length	L	.016	.024	.031	0.40	0.60	0.80
Footprint (Reference)	F		.037 REF			0.95 REF	
Foot Angle	φ	0°	-	8°	0°	-	8°
Lead Thickness	c	.003	.006	.009	0.08	-	0.23
Lead Width	B	.009	.012	.016	0.22	-	0.40
Mold Draft Angle Top	α	5°	-	15°	5°	-	15°
Mold Draft Angle Bottom	β	5°	-	15°	5°	-	15°

*Controlling Parameter

Notes:

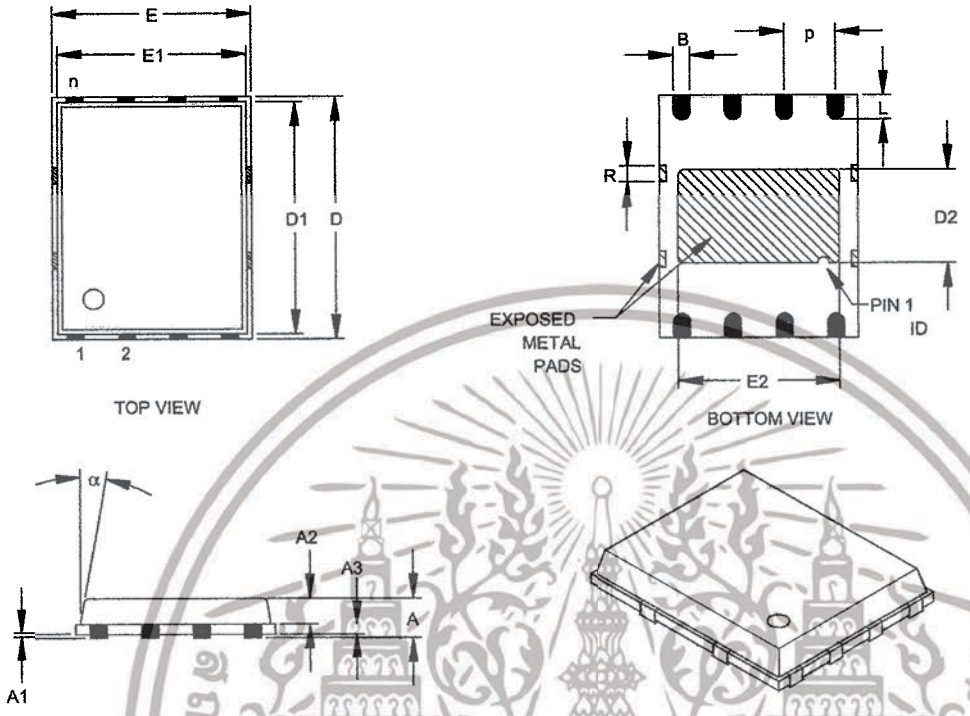
Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" (0.254mm) per side.

JEDEC Equivalent: MO-187

Drawing No. C04-111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-Lead Plastic Dual Flat No Lead Package (MF) 6x5 mm Body (DFN-S)



Units		INCHES			MILLIMETERS*		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n		8			8	
Pitch	p		.050 BSC			1.27 BSC	
Overall Height	A		.033	.039		0.85	1.00
Molded Package Thickness	A2		.026	.031		0.65	0.80
Standoff	A1	.000	.0004	.002	0.00	0.01	0.05
Base Thickness	A3		.008 REF.			0.20 REF.	
Overall Length	E		.194 BSC			4.92 BSC	
Molded Package Length	E1		.184 BSC			4.67 BSC	
Exposed Pad Length	E2	.152	.158	.163	3.85	4.00	4.15
Overall Width	D		.236 BSC			5.99 BSC	
Molded Package Width	D1		.226 BSC			5.74 BSC	
Exposed Pad Width	D2	.085	.091	.097	2.16	2.31	2.46
Lead Width	B	.014	.016	.019	0.35	0.40	0.47
Lead Length	L	.020	.024	.030	0.50	0.60	0.75
Tie Bar Width	R		.014			.356	
Mold Draft Angle Top	α			12°			12°

*Controlling Parameter

Notes:
Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" (0.254mm) per side.
JEDEC equivalent: pending

Drawing No. C04-113

© 2004 Microchip Technology Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPENDIX A: REVISION HISTORY

Revision L

Corrections to Section 1.0, Electrical Characteristics.

Revision M

Added 1.8V 400 kHz option for 24FC256.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTES:

© 2004 Microchip Technology Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ON-LINE SUPPORT

Microchip provides on-line support on the Microchip World Wide Web site.

The web site is used by Microchip as a means to make files and information easily available to customers. To view the site, the user must have access to the Internet and a web browser, such as Netscape® or Microsoft® Internet Explorer. Files are also available for FTP download from our FTP site.

Connecting to the Microchip Internet Web Site

The Microchip web site is available at the following URL:

www.microchip.com

The file transfer site is available by using an FTP service to connect to:

ftp://ftp.microchip.com

The web site and file transfer site provide a variety of services. Users may download files for the latest Development Tools, Data Sheets, Application Notes, User's Guides, Articles and Sample Programs. A variety of Microchip specific business information is also available, including listings of Microchip sales offices, distributors and factory representatives. Other data available for consideration is:

- Latest Microchip Press Releases
- Technical Support Section with Frequently Asked Questions
- Design Tips
- Device Errata
- Job Postings
- Microchip Consultant Program Member Listing
- Links to other useful web sites related to Microchip Products
- Conferences for products, Development Systems, technical information and more
- Listing of seminars and events

SYSTEMS INFORMATION AND UPGRADE HOT LINE

The Systems Information and Upgrade Line provides system users a listing of the latest versions of all of Microchip's development systems software products. Plus, this line provides information on how customers can receive the most current upgrade kits. The Hot Line Numbers are:

1-800-755-2345 for U.S. and most of Canada, and

1-480-792-7302 for the rest of the world.

042003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

READER RESPONSE

It is our intention to provide you with the best documentation possible to ensure successful use of your Microchip product. If you wish to provide your comments on organization, clarity, subject matter, and ways in which our documentation can better serve you, please FAX your comments to the Technical Publications Manager at (480) 792-4150.

Please list the following information, and use this outline to provide us with your comments about this document.

To: Technical Publications Manager Total Pages Sent _____

RE: Reader Response

From: Name _____

Company _____

Address _____

City / State / ZIP / Country _____

Telephone: (_____) _____ - _____ FAX: (_____) _____ - _____

Application (optional):

Would you like a reply? ___Y ___N

Device: 24AA256/24LC256/24FC256 Literature Number: DS21203M

Questions:

1. What are the best features of this document?

2. How does this document meet your hardware and software development needs?

3. Do you find the organization of this document easy to follow? If not, why?

4. What additions to the document do you think would enhance the structure and subject?

5. What deletions from the document could be made without affecting the overall usefulness?

6. Is there any incorrect or misleading information (what and where)?

7. How would you improve this document?

© 2004 Microchip Technology Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCT IDENTIFICATION SYSTEM

To order or obtain information, e.g., on pricing or delivery, refer to the factory or the listed sales office.

PART NO.	X	/XX	X
Device	Temperature Range	Package	Lead Finish

Device:	24AA256:	256 Kbit 1.8V I^2C Serial EEPROM
	24AA256T:	256 Kbit 1.8V I^2C Serial EEPROM Tape and Reel)
	24LC256:	256 Kbit 2.5V I^2C Serial EEPROM
	24LC256T:	256 Kbit 2.5V I^2C Serial EEPROM Tape and Reel)
	24FC256:	256 Kbit High Speed I^2C Serial EEPROM
	24FC256T:	256 Kbit High Speed I^2C Serial EEPROM Tape and Reel)
Temperature Range:	I =	-40°C to +85°C
	E =	-40°C to +125°C
Package:	P =	Plastic DIP (300 mil body), 8-lead
	SN =	Plastic SOIC (150 mil body), 8-lead
	SM =	Plastic SOIC (208 mil body), 8-lead
	ST =	Plastic TSSOP (4.4 mm), 8-lead
	ST14 =	Plastic TSSOP (4.4 mm), 14-lead
	MF =	Dual, Flat, No Lead (DFN)(6x5 mm body), 8-lead
	MS =	Plastic Micro Small Outline (MSOP), 8-lead
Lead Finish	Blank =	Standard 63%/37% Sn/Pb
	G =	Pb-free (Pure Matte Sn)

Examples:

a) 24AA256-I/P: Industrial Temp., 1.8V, PDIP package.

b) 24AA256T-I/SN: Tape and Reel, Industrial Temp., 1.8V, SOIC package.

c) 24AA256-I/ST: Industrial Temp., 1.8V, TSSOP package.

d) 24AA256-I/MS: Industrial Temp., 1.8V, MSOP package.

e) 24LC256-E/P: Extended Temp., 2.5V, PDIP package.

f) 24LC256-I/SN: Industrial Temp., 2.5V, SOIC package.

g) 24LC256T-I/SN: Tape and Reel, Industrial Temp., 2.5V, SOIC package.

h) 24LC256-I/MS: Industrial Temp, 2.5V, MSOP package.

i) 24FC256-I/P: Industrial Temp, 1.8V, High Speed, PDIP package.

j) 24FC256-I/SN: Industrial Temp, 1.8V, High Speed, SOIC package.

k) 24FC256T-I/SN: Tape and Reel, Industrial Temp, 1.8V, High Speed, SOIC package

l) 24LC256T-I/STG: Industrial Temp, 2.5V, TSSOP package, Tape & Reel, Pb-free

m) 24LC256-I/PG: Industrial Temp, 2.5V, PDIP package, Pb-free

Sales and Support

Data Sheets

Products supported by a preliminary Data Sheet may have an errata sheet describing minor operational differences and recommended workarounds. To determine if an errata sheet exists for a particular device, please contact one of the following:

1. Your local Microchip sales office
2. The Microchip Corporate Literature Center U.S. FAX: (480) 792-7277
3. The Microchip Worldwide Site (www.microchip.com)

Please specify which device, revision of silicon and Data Sheet (include Literature #) you are using.

New Customer Notification System

Register on our web site (www.microchip.com/cn) to receive the most current information on our products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTES:

© 2004 Microchip Technology Inc.
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Note the following details of the code protection feature on Microchip devices:

- Microchip products meet the specification contained in their particular Microchip Data Sheet.
- Microchip believes that its family of products is one of the most secure families of its kind on the market today, when used in the intended manner and under normal conditions.
- There are dishonest and possibly illegal methods used to breach the code protection feature. All of these methods, to our knowledge, require using the Microchip products in a manner outside the operating specifications contained in Microchip's Data Sheets. Most likely, the person doing so is engaged in theft of intellectual property.
- Microchip is willing to work with the customer who is concerned about the integrity of their code.
- Neither Microchip nor any other semiconductor manufacturer can guarantee the security of their code. Code protection does not mean that we are guaranteeing the product as "unbreakable."

Code protection is constantly evolving. We at Microchip are committed to continuously improving the code protection features of our products. Attempts to break Microchip's code protection feature may be a violation of the Digital Millennium Copyright Act. If such acts allow unauthorized access to your software or other copyrighted work, you may have a right to sue for relief under that Act.

Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Microchip Technology Incorporated with respect to the accuracy or use of such information, or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.

Trademarks

The Microchip name and logo, the Microchip logo, Accuron, dsPIC, KEELOQ, microID, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART, PRO MATE, PowerSmart, rfPIC, and SmartShunt are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

AmpLab, FilterLab, MXDEV, MXLAB, PICMASTER, SEEVAL, SmartSensor and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Analog-for-the-Digital Age, Application Maestro, dsPICDEM, dsPICDEM.net, dsPICworks, ECAN, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, fuzzyLAB, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, Migratable Memory, MPASM, MPLIB, MPLINK, MPSIM, PICkit, PICDEM, PICDEM.net, PICLAB, PICtail, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, rfLAB, rfPICDEM, Select Mode, Smart Serial, SmartTel and Total Endurance are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

SQTP is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2004, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

Printed on recycled paper.

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO/TS 16949:2002

Microchip received ISO/TS-16949:2002 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona and Mountain View, California in October 2003. The Company's quality system processes and procedures are for its PICmicro® 8-bit MCUs, KEELOQ® code hopping devices, Serial EEPROMs, microperipherals, nonvolatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001:2000 certified.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROCHIP

WORLDWIDE SALES AND SERVICE

AMERICAS

Corporate Office
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 480-792-7200
Fax: 480-792-7277
Technical Support: 480-792-7627
Web Address: www.microchip.com

Atlanta
3780 Mansell Road, Suite 130
Alpharetta, GA 30022
Tel: 770-640-0034
Fax: 770-640-0307

Boston
2 Lan Drive, Suite 120
Westford, MA 01886
Tel: 978-692-3848
Fax: 978-692-3821

Chicago
333 Pierce Road, Suite 180
Itasca, IL 60143
Tel: 630-285-0071
Fax: 630-285-0075

Dallas
4570 Westgrove Drive, Suite 160
Addison, TX 75001
Tel: 972-818-7423
Fax: 972-818-2924

Detroit
Tri-Atria Office Building
32255 Northwestern Highway, Suite 190
Farmington Hills, MI 48334
Tel: 248-538-2250
Fax: 248-538-2260

Kokomo
2767 S. Albright Road
Kokomo, IN 46902
Tel: 765-864-8360
Fax: 765-864-8387

Los Angeles
18201 Von Karman, Suite 1090
Irvine, CA 92612
Tel: 949-263-1888
Fax: 949-263-1338

San Jose
1300 Terra Bella Avenue
Mountain View, CA 94043
Tel: 650-215-1444
Fax: 650-961-0286

Toronto
6285 Northam Drive, Suite 108
Mississauga, Ontario L4V 1X5, Canada
Tel: 905-673-0699
Fax: 905-673-6509

ASIA/PACIFIC

Australia
Suite 22, 41 Rawson Street
Epping 2121, NSW
Australia
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

China - Beijing
Unit 706B
Wan Tai Bei Hai Bldg.
No. 6 Chaoyangmen Bei Str.
Beijing, 100027, China
Tel: 86-10-85282100
Fax: 86-10-85282104

China - Chengdu
Rm. 2401-2402, 24th Floor,
Ming Xing Financial Tower
No. 88 TIDU Street
Chengdu 610016, China
Tel: 86-28-86766200
Fax: 86-28-86766599

China - Fuzhou
Unit 28F, World Trade Plaza
No. 71 Wusi Road
Fuzhou 350001, China
Tel: 86-591-7503506
Fax: 86-591-7503521

China - Hong Kong SAR
Unit 901-6, Tower 2, Metroplaza
223 Hing Fong Road
Kwai Fong, N.T., Hong Kong
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

China - Shanghai
Room 701, Bldg. B
Far East International Plaza
No. 317 Xian Xia Road
Shanghai, 200051
Tel: 86-21-6275-5700
Fax: 86-21-6275-5060

China - Shenzhen
Rm. 1812, 18/F, Building A, United Plaza
No. 5022 Binhe Road, Futian District
Shenzhen 518033, China
Tel: 86-755-82901380
Fax: 86-755-8295-1393

China - Shunde
Room 401, Hongjian Building, No. 2
Fengxiangnan Road, Ronggui Town, Shunde
District, Foshan City, Guangdong 528303, China
Tel: 86-757-28395507 Fax: 86-757-28395571

China - Qingdao
Rm. B505A, Fullhope Plaza,
No. 12 Hong Kong Central Rd.
Qingdao 266071, China
Tel: 86-532-5027355 Fax: 86-532-5027205

India
Divyasree Chambers
1 Floor, Wing A (A3/A4)
No. 11, O'Shaugnessey Road
Bangalore, 560 025, India
Tel: 91-80-22290061 Fax: 91-80-22290062

Japan
Benex S-1 6F
3-18-20, Shinyokohama
Kohoku-Ku, Yokohama-shi
Kanagawa, 222-0033, Japan
Tel: 81-45-471- 6166 Fax: 81-45-471-6122

Korea
168-1, Youngbo Bldg. 3 Floor
Samsung-Dong, Kangnam-Ku
Seoul, Korea 135-882
Tel: 82-2-554-7200 Fax: 82-2-558-5932 or
82-2-558-5934

Singapore
200 Middle Road
#07-02 Prime Centre
Singapore, 188980
Tel: 65-6334-8870 Fax: 65-6334-8850

Taiwan
Kaohsiung Branch
30F - 1 No. 8
Min Chuan 2nd Road
Kaohsiung 806, Taiwan
Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-536-4803

Taiwan
Taiwan Branch
11F-3, No. 207
Tung Hua North Road
Taipei, 105, Taiwan
Tel: 886-2-2717-7175 Fax: 886-2-2545-0139

EUROPE

Austria
Durisolstrasse 2
A-4600 Wels
Austria
Tel: 43-7242-2244-399
Fax: 43-7242-2244-393

Denmark
Regus Business Centre
Lautrup hoj 1-3
Ballerup DK-2750 Denmark
Tel: 45-4420-9895 Fax: 45-4420-9910

France
Parc d'Activite du Moulin de Massy
43 Rue du Saule Trapu
Batiment A - Ier Etage
91300 Massy, France
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

Germany
Steinheilstrasse 10
D-85737 Ismaning, Germany
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

Italy
Via Quasimodo, 12
20025 Legnano (MI)
Milan, Italy
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

Netherlands
Waegenburghtplein 4
NL-5152 JR, Drunen, Netherlands
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

United Kingdom
505 Eskdale Road
Winnersh Triangle
Wokingham
Berkshire, England RG41 5TU
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820

05/28/04

© 2004 Microchip Technology Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DALLAS SEMICONDUCTOR

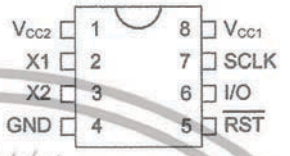
DS1302
Trickle Charge Timekeeping Chip

www.maxim-ic.com

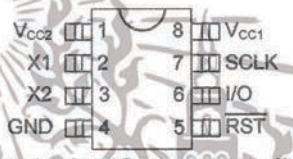
FEATURES

- Real-time clock (RTC) counts seconds, minutes hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap-year compensation valid up to 2100
- 31-byte, battery-backed, nonvolatile (NV) RAM for data storage
- Serial I/O for minimum pin count
- 2.0V to 5.5V full operation
- Uses less than 300nA at 2.0V
- Burst mode for reading/writing successive addresses in clock/RAM
- 8-pin DIP or optional 8-pin SOICs for surface mount
- Simple 3-wire interface
- TTL-compatible (V_{CC} = 5V)
- Optional industrial temperature range: -40°C to +85°C
- DS1202 compatible
- Underwriters Laboratory (UL) recognized

PIN ASSIGNMENT



DS1302 8-Pin DIP (300-mil)



DS1302 8-Pin SOIC (200-mil)
DS1302 8-Pin SOIC (150-mil)

DS1302 16-Pin SOIC (300-mil)

ORDERING INFORMATION

DS1302	8-Pin DIP (300-mil)
DS1302N	8-Pin DIP (Industrial)
DS1302S	8-Pin SOIC (200-mil)
DS1302SN	8-Pin SOIC (Industrial)
DS1302Z	8-Pin SOIC (150-mil)
DS1302ZN	8-Pin SOIC (Industrial)
DS1302S-16	16-Pin SOIC (300-mil)
DS1302SN-16	16-Pin SOIC (Industrial)

PIN DESCRIPTION

X1, X2	- 32.768kHz Crystal Pins
GND	- Ground
$\overline{RST}$	- Reset
I/O	- Data Input/Output
SCLK	- Serial Clock
V_{CC1}, V_{CC2}	- Power Supply Pins

DESCRIPTION

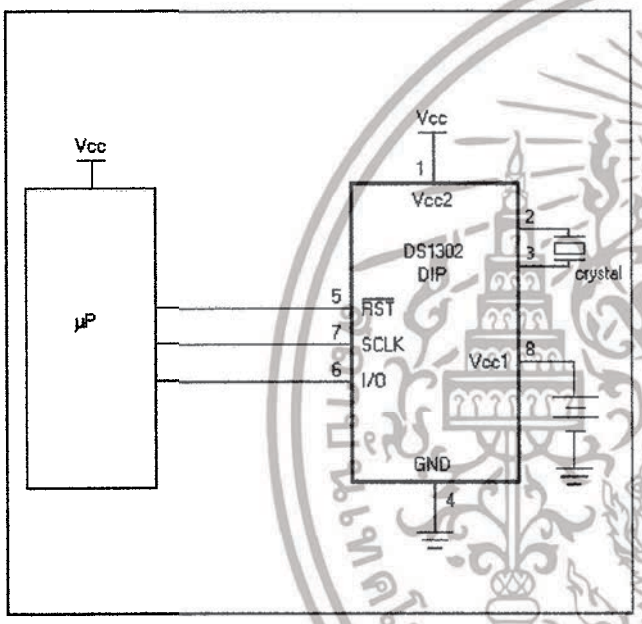
The DS1302 Trickle Charge Timekeeping Chip contains an RTC/calendar and 31 bytes of static RAM. It communicates with a microprocessor via a simple serial interface. The RTC/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with an AM/PM indicator.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Interfacing the DS1302 with a microprocessor is simplified by using synchronous serial communication. Only three wires are required to communicate with the clock/RAM: 1) $\overline{\text{RST}}$ (reset), 2) I/O (data line), and 3) SCLK (serial clock). Data can be transferred to and from the clock/RAM 1 byte at a time or in a burst of up to 31 bytes. The DS1302 is designed to operate on very low power and retain data and clock information on less than 1 microwatt.

The DS1302 is the successor to the DS1202. In addition to the basic timekeeping functions of the DS1202, the DS1302 has the additional features of dual-power pins for primary and back-up power supplies, programmable trickle charger for V_{CC1}, and seven additional bytes of scratchpad memory.

TYPICAL OPERATING CIRCUIT

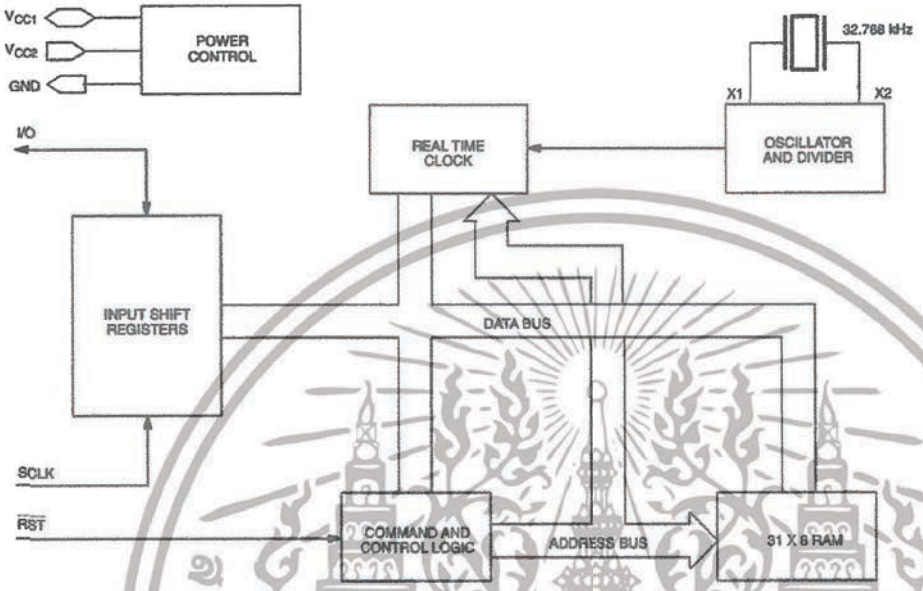


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPERATION

The main elements of the serial timekeeper (i.e., shift register, control logic, oscillator, RTC, and RAM) are shown in Figure 1.

DS1302 BLOCK DIAGRAM Figure 1



SIGNAL DESCRIPTIONS

V_{CC1} – V_{CC1} provides low-power operation in single supply and battery-operated systems as well as low-power battery backup. In systems using the trickle charger, the rechargeable energy source is connected to this pin. UL recognized to ensure against reverse charging current when used in conjunction with a lithium battery.

See "Conditions of Acceptability" at http://www.maxim-ic.com/TechSupport/QA/ntrl.htm.

V_{CC2} – V_{CC2} is the primary power supply pin in a dual-supply configuration. V_{CC1} is connected to a backup source to maintain the time and date in the absence of primary power.

The DS1302 will operate from the larger of V_{CC1} or V_{CC2}. When V_{CC2} is greater than V_{CC1} + 0.2V, V_{CC2} will power the DS1302. When V_{CC2} is less than V_{CC1}, V_{CC1} will power the DS1302.

SCLK (Serial Clock Input) – SCLK is used to synchronize data movement on the serial interface. This pin has a 40kΩ internal pull-down resistor.

I/O (Data Input/Output) – The I/O pin is the bi-directional data pin for the 3-wire interface. This pin has a 40kΩ internal pull-down resistor.

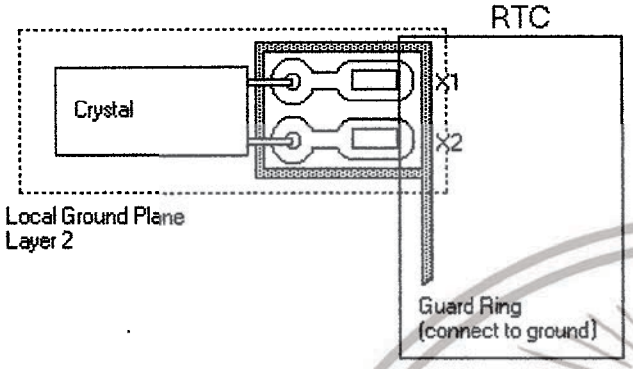
$\overline{RST}$ (Reset) – The reset signal must be asserted high during a read or a write. This pin has a 40kΩ internal pull-down resistor.

X1, X2 – Connections for a standard 32.768kHz quartz crystal. The internal oscillator is designed for operation with a crystal having a specified load capacitance of 6pF. For more information on crystal selection and crystal layout considerations, please consult Application Note 58, "Crystal Considerations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

with Dallas Real-Time Clocks." The DS1302 can also be driven by an external 32.768kHz oscillator. In this configuration, the X1 pin is connected to the external oscillator signal and the X2 pin is floated.

RECOMMENDED LAYOUT FOR CRYSTAL



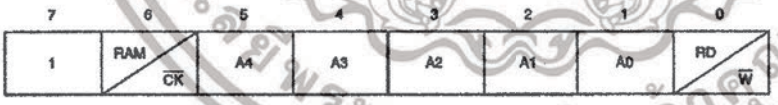
CLOCK ACCURACY

The accuracy of the clock is dependent upon the accuracy of the crystal and the accuracy of the match between the capactive load of the oscillator circuit and the capacitive load for which the crystal was trimmed. Additional error will be added by crystal frequency drift caused by temperature shifts. External circuit noise coupled into the oscillator circuit may result in the clock running fast. See Application Note 58, "Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks" for detailed information.

COMMAND BYTE

The command byte is shown in Figure 2. Each data transfer is initiated by a command byte. The MSB (Bit 7) must be a logic 1. If it is 0, writes to the DS1302 will be disabled. Bit 6 specifies clock/calendar data if logic 0 or RAM data if logic 1. Bits 1 through 5 specify the designated registers to be input or output, and the LSB (bit 0) specifies a write operation (input) if logic 0 or read operation (output) if logic 1. The command byte is always input starting with the LSB (bit 0).

ADDRESS/COMMAND BYTE Figure 2



RESET AND CLOCK CONTROL

All data transfers are initiated by driving the $\overline{RST}$ input high. The $\overline{RST}$ input serves two functions. First, $\overline{RST}$ turns on the control logic, which allows access to the shift register for the address/command sequence. Second, the $\overline{RST}$ signal provides a method of terminating either single byte or multiple byte data transfer.

A clock cycle is a sequence of a falling edge followed by a rising edge. For data inputs, data must be valid during the rising edge of the clock and data bits are output on the falling edge of clock. If the $\overline{RST}$ input is low all data transfer terminates and the I/O pin goes to a high impedance state. Data transfer is illustrated in Figure 3. At power-up, $\overline{RST}$ must be a logic 0 until $V_{CC} > 2.0V$. Also SCLK must be at a logic 0 when $\overline{RST}$ is driven to a logic 1 state.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA INPUT

Following the eight SCLK cycles that input a write command byte, a data byte is input on the rising edge of the next eight SCLK cycles. Additional SCLK cycles are ignored should they inadvertently occur. Data is input starting with bit 0.

DATA OUTPUT

Following the eight SCLK cycles that input a read command byte, a data byte is output on the falling edge of the next eight SCLK cycles. Note that the first data bit to be transmitted occurs on the first falling edge after the last bit of the command byte is written. Additional SCLK cycles retransmit the data bytes should they inadvertently occur so long as $\overline{RST}$ remains high. This operation permits continuous burst mode read capability. Also, the I/O pin is tri-stated upon each rising edge of SCLK. Data is output starting with bit 0.

BURST MODE

Burst mode may be specified for either the clock/calendar or the RAM registers by addressing location 31 decimal (address/command bits 1 through 5 = logic 1). As before, bit 6 specifies clock or RAM and bit 0 specifies read or write. There is no data storage capacity at locations 9 through 31 in the Clock/Calendar Registers or location 31 in the RAM registers. Reads or writes in burst mode start with bit 0 of address 0.

When writing to the clock registers in the burst mode, the first eight registers must be written in order for the data to be transferred. However, when writing to RAM in burst mode it is not necessary to write all 31 bytes for the data to transfer. Each byte that is written to will be transferred to RAM regardless of whether all 31 bytes are written or not.

CLOCK/CALENDAR

The clock/calendar is contained in seven write/read registers as shown in Figure 4. Data contained in the clock/ calendar registers is in binary coded decimal format (BCD).

CLOCK HALT FLAG

Bit 7 of the seconds register is defined as the clock halt flag. When this bit is set to logic 1, the clock oscillator is stopped and the DS1302 is placed into a low-power standby mode with a current drain of less than 100 nanoamps. When this bit is written to logic 0, the clock will start. The initial power on state is not defined.

AM-PM/12-24 MODE

Bit 7 of the hours register is defined as the 12- or 24-hour mode select bit. When high, the 12-hour mode is selected. In the 12-hour mode, bit 5 is the AM/PM bit with logic high being PM. In the 24-hour mode, bit 5 is the second 10-hour bit (20–23 hours).

WRITE PROTECT BIT

Bit 7 of the control register is the write-protect bit. The first seven bits (bits 0–6) are forced to 0 and will always read a 0 when read. Before any write operation to the clock or RAM, bit 7 must be 0. When high, the write protect bit prevents a write operation to any other register. The initial power on state is not defined. Therefore the WP bit should be cleared before attempting to write to the device.

TRICKLE CHARGE REGISTER

This register controls the trickle charge characteristics of the DS1302. The simplified schematic of Figure 5 shows the basic components of the trickle charger. The trickle charge select (TCS) bits (bits 4–7) control the selection of the trickle charger. In order to prevent accidental enabling, only a pattern of 1010 will enable the trickle charger. All other patterns will disable the trickle charger. The

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS1302 powers up with the trickle charger disabled. The diode select (DS) bits (bits 2–3) select whether one diode or two diodes are connected between V_{CC2} and V_{CC1}. If DS is 01, one diode is selected or if DS is 10, two diodes are selected. If DS is 00 or 11, the trickle charger is disabled independently of TCS. The RS bits (bits 0–1) select the resistor that is connected between V_{CC2} and V_{CC1}. The resistor selected by the resistor select (RS) bits is as follows:

RS Bits	Resistor	Typical Value
00	None	None
01	R1	2kΩ
10	R2	4kΩ
11	R3	8kΩ

If RS is 00, the trickle charger is disabled independently of TCS.

Diode and resistor selection is determined by the user according to the maximum current desired for battery or super cap charging. The maximum charging current can be calculated as illustrated in the following example. Assume that a system power supply of 5V is applied to V_{CC2} and a super cap is connected to V_{CC1}. Also assume that the trickle charger has been enabled with one diode and resistor R1 between V_{CC2} and V_{CC1}. The maximum current I_{MAX} would, therefore, be calculated as follows:

$$I_{MAX} = (5.0V - \text{diode drop})/R1 \approx (5.0V - 0.7V) / 2k\Omega \approx 2.2mA$$

As the super cap charges, the voltage drop between V_{CC1} and V_{CC2} will decrease and, therefore, the charge current will decrease.

CLOCK/CALENDAR BURST MODE

The clock/calendar command byte specifies burst mode operation. In this mode the first eight clock/calendar registers can be consecutively read or written (See Figure 4) starting with bit 0 of address 0.

If the write protect bit is set high when a write clock/calendar burst mode is specified, no data transfer will occur to any of the eight clock/calendar registers (this includes the control register). The trickle charger is not accessible in burst mode.

At the beginning of a clock burst read, the current time is transferred to a second set of registers. The time information is read from these secondary registers, while the clock may continue to run. This eliminates the need to re-read the registers in case of an update of the main registers during a read.

RAM

The static RAM is 31 x 8 bytes addressed consecutively in the RAM address space.

RAM BURST MODE

The RAM command byte specifies burst mode operation. In this mode, the 31 RAM registers can be consecutively read or written (See Figure 4) starting with bit 0 of address 0.

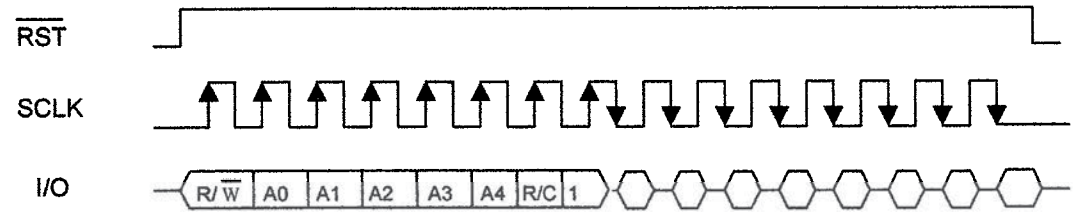
REGISTER SUMMARY

A register data format summary is shown in Figure 4.

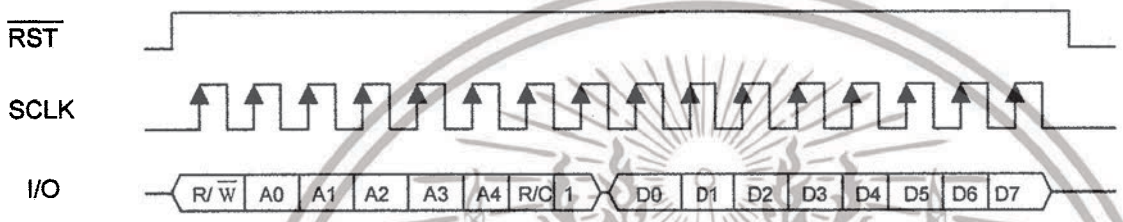
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA TRANSFER SUMMARY Figure 3

SINGLE BYTE READ



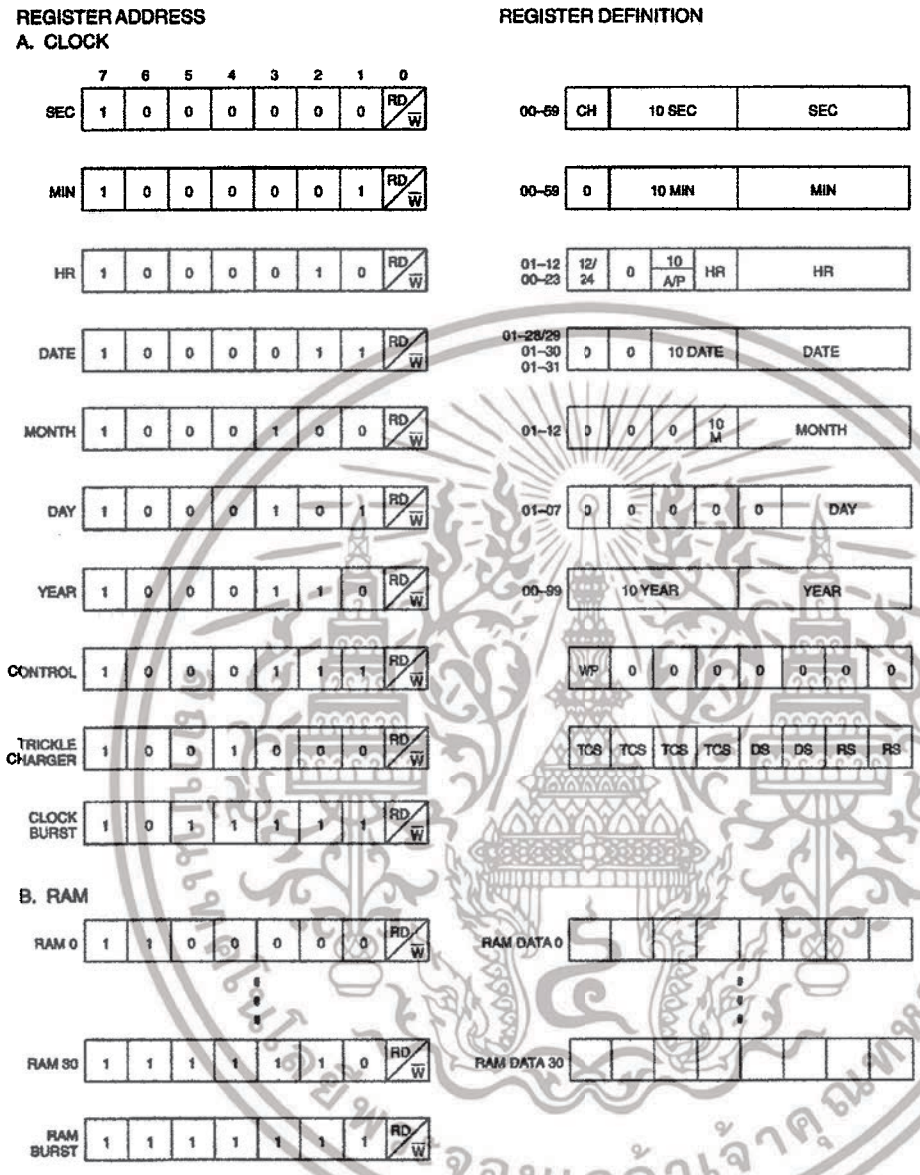
SINGLE BYTE WRITE



In burst mode, $\overline{RST}$ is kept high and additional SCLK cycles are sent until the end of the burst.

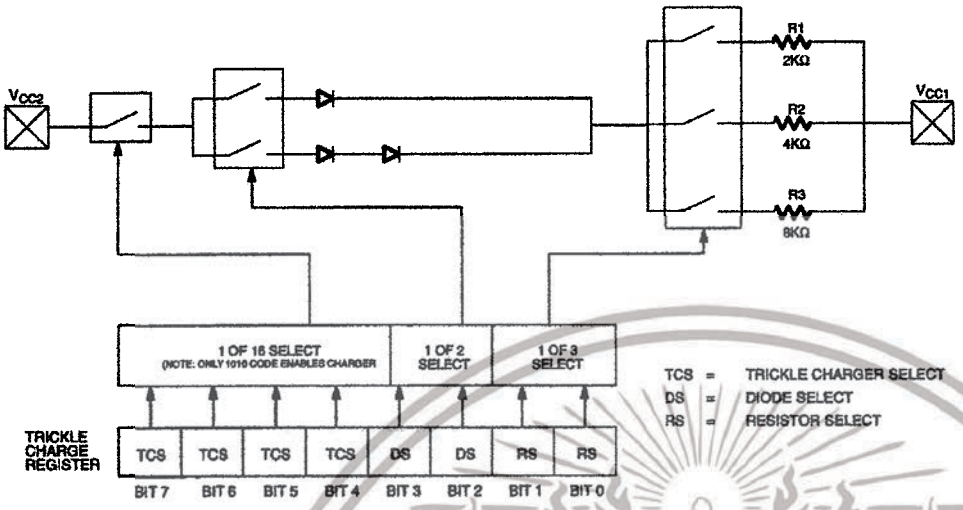
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REGISTER ADDRESS/DEFINITION Figure 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS1302 PROGRAMMABLE TRICKLE CHARGER Figure 5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on Any Pin Relative to Ground	-0.5V to +7.0V
Storage Temperature	-55°C to +125°C
Soldering Temperature	260°C for 10 seconds (DIP) See IPC/JEDEC Standard J-STD-020A for Surface Mount Devices

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

Range	Temperature	V_{CC}
Commercial	0°C to 70°C	2.0V to 5.5V V_{CC1} or V_{CC2}
Industrial	-40°C to +85°C	2.0V to 5.5V V_{CC1} or V_{CC2}

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

(Over the operating range*)

PARAMETER	SYMBOL		MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage V_{CC1}, V_{CC2}	V_{CC1}, V_{CC2}		2.0		5.5	V	8
Logic 1 Input	V_{IH}		2.0		V_{CC} + 0.3	V	
Logic 0 Input	V_{IL}	V_{CC} = 2.0V	-0.3		+0.3	V	
		V_{CC} = 5V	-0.3		+0.8		

*Unless otherwise specified.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Over the operating range*)

PARAMETER	SYMBOL		MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Leakage	I_{LI}				+500	µA	3
I/O Leakage	I_{LO}				+500	µA	3
Logic 1 Output I_{OH} = -0.4mA	V_{OH}	V_{CC} = 2.0V	1.6			V	
Logic 1 Output I_{OH} = -1.0mA		V_{CC} = 5V	2.4				
Logic 0 Output I_{OL} = 1.5mA	V_{OL}	V_{CC} = 2.0V			0.4	V	
Logic 0 Output I_{OL} = 4.0mA		V_{CC} = 5V			0.4		
Active Supply Current	I_{CC1A}	V_{CC1} = 2.0V			0.4	mA	2,9
		V_{CC1} = 5V			1.2		
Timekeeping Current (OSC On)	I_{CC1T}	V_{CC1} = 2.0V			0.3	µA	1,9
		V_{CC1} = 5V			1		
Standby Current (OSC Off)	I_{CC1S}	V_{CC1} = 2.0V			100	nA	7,9,11
		V_{CC1} = 5V			100		
		IND			200		
Active Supply Current	I_{CC2A}	V_{CC2} = 2.0V			0.425	mA	2,10
		V_{CC2} = 5V			1.28		
Timekeeping Current (OSC On)	I_{CC2T}	V_{CC2} = 2.0V			25.3	µA	1,10
		V_{CC2} = 5V			81		
Standby Current (OSC Off)	I_{CC2S}	V_{CC2} = 2.0V			25	µA	7,10
		V_{CC2} = 5V			80		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Trickle Charge Resistors	R1 R2 R3			2 4 8		kΩ kΩ kΩ	
Trickle Charge Diode Voltage Drop	V_{TD}			0.7		V	

*Unless otherwise specified.

CAPACITANCE

(T_A = 25°C)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Capacitance	C_I		10		pF	
I/O Capacitance	$C_{I/O}$		15		pF	
Crystal Capacitance	C_X		6		pF	

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

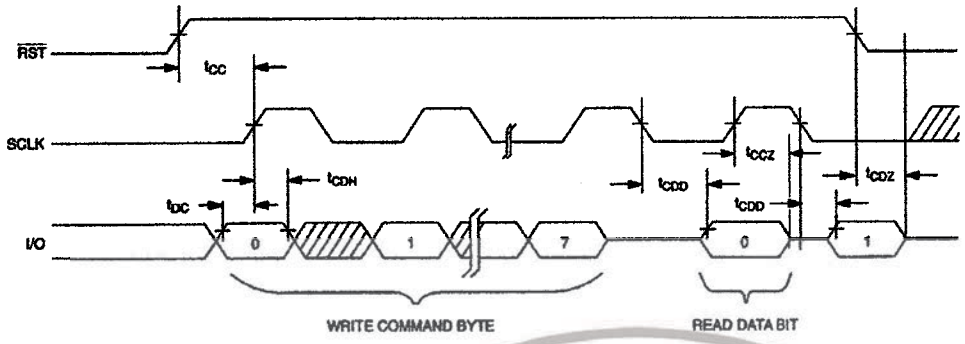
(Over the operating range*)

PARAMETER	SYMBOL		MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Data to CLK Setup	t_{DC}	V_{CC} = 2.0V	200			ns	4
		V_{CC} = 5V	50				
CLK to Data Hold	t_{CDH}	V_{CC} = 2.0V	280			ns	4
		V_{CC} = 5V	70				
CLK to Data Delay	t_{CDD}	V_{CC} = 2.0V			800	ns	4,5,6
		V_{CC} = 5V			200		
CLK Low Time	t_{CL}	V_{CC} = 2.0V	1000			ns	4
		V_{CC} = 5V	250				
CLK High Time	t_{CH}	V_{CC} = 2.0V	1000			ns	4
		V_{CC} = 5V	250				
CLK Frequency	t_{CLK}	V_{CC} = 2.0V			0.5	MHz	4
		V_{CC} = 5V	DC		2.0		
CLK Rise and Fall	t_R, t_F	V_{CC} = 2.0V			2000	ns	4
		V_{CC} = 5V			500		
$\overline{RST}$ to CLK Setup	t_{CC}	V_{CC} = 2.0V	4			µs	4
		V_{CC} = 5V	1				
CLK to $\overline{RST}$ Hold	t_{CCH}	V_{CC} = 2.0V	240			ns	4
		V_{CC} = 5V	60				
$\overline{RST}$ Inactive Time	t_{CWH}	V_{CC} = 2.0V	4			µs	4
		V_{CC} = 5V	1				
$\overline{RST}$ to I/O High-Z	t_{CDZ}	V_{CC} = 2.0V			280	ns	4
		V_{CC} = 5V			70		
SCLK to I/O High-Z	t_{CCZ}	V_{CC} = 2.0V			280	ns	4
		V_{CC} = 5V			70		

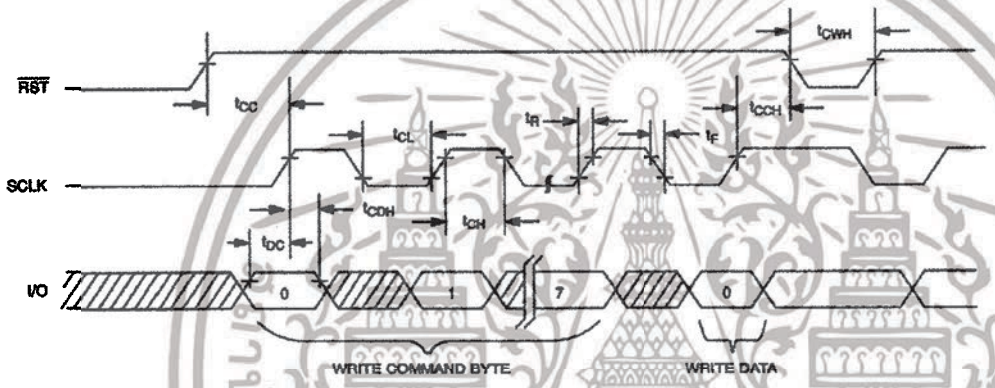
*Unless otherwise specified.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIMING DIAGRAM: READ DATA TRANSFER Figure 5



TIMING DIAGRAM: WRITE DATA TRANSFER Figure 6

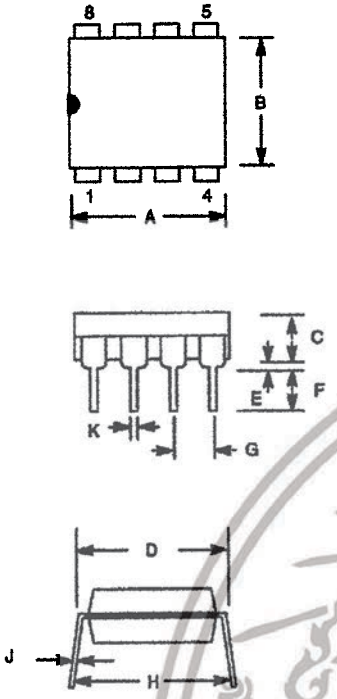


NOTES:

1. I_{CC1T} and I_{CC2T} are specified with I/O open, $\overline{RST}$ set to a logic 0, and clock halt flag = 0 (oscillator enabled).
2. I_{CC1A} and I_{CC2A} are specified with the I/O pin open, $\overline{RST}$ high, SCLK=2MHz at V_{CC} = 5V; SCLK = 500kHz, V_{CC} = 2.0V, and clock halt flag = 0 (oscillator enabled).
3. $\overline{RST}$, SCLK, and I/O all have 40kΩ pull-down resistors to ground.
4. Measured at V_{IH} = 2.0V or V_{IL} = 0.8V and 10ns maximum rise and fall time.
5. Measured at V_{OH} = 2.4V or V_{OL} = 0.4V.
6. Load capacitance = 50pF.
7. I_{CC1S} and I_{CC2S} are specified with $\overline{RST}$, I/O, and SCLK open. The clock halt flag must be set to logic one (oscillator disabled).
8. $V_{CC} = V_{CC2}$, when $V_{CC2} > V_{CC1} + 0.2V$; $V_{CC} = V_{CC1}$, when $V_{CC1} > V_{CC2}$.
9. V_{CC2} = 0V.
10. V_{CC1} = 0V.
11. Typical values are at 25°C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

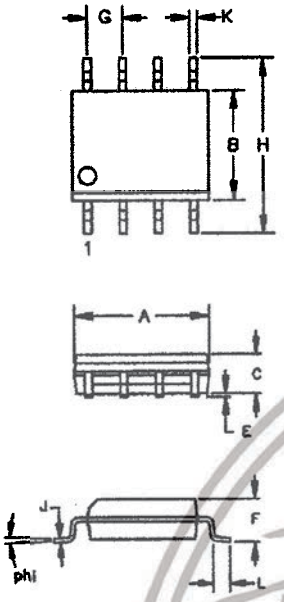
DS1302 SERIAL TIMEKEEPER 8-PIN DIP (300-MIL)



PKG	8-PIN	
DIM	MIN	MAX
A IN.	0.360	0.400
MM	9.14	10.16
B IN.	0.240	0.260
MM	6.10	6.60
C IN.	0.120	0.140
MM	3.05	3.56
D IN.	0.300	0.325
MM	7.62	8.26
E IN.	0.015	0.040
MM	0.38	1.02
F IN.	0.120	0.140
MM	3.04	3.56
G IN.	0.090	0.110
MM	2.29	2.79
H IN.	0.320	0.370
MM	8.13	9.40
J IN.	0.008	0.012
MM	0.20	0.30
K IN.	0.015	0.021
MM	0.38	0.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

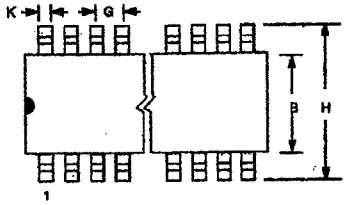
DS1302S SERIAL TIMEKEEPER 8-PIN SOIC (150-MIL AND 200-MIL)

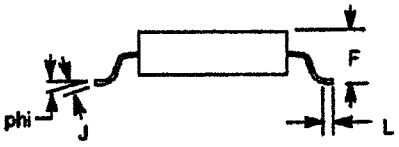


PKG	8-PIN (150-MIL)		8-PIN (200-MIL)	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A IN.	0.188	0.196	0.203	0.213
MM	4.78	4.98	5.16	5.41
B IN.	0.150	0.158	0.203	0.213
MM	3.81	4.01	5.16	5.41
C IN.	0.048	0.062	0.070	0.074
MM	1.22	1.57	1.78	1.88
E IN.	0.004	0.010	0.004	0.010
MM	0.10	0.25	0.10	0.25
F IN.	0.053	0.069	0.074	0.084
MM	1.35	1.75	1.88	2.13
G IN.	0.050 BSC			
MM	1.27 BSC			
H IN.	0.230	0.244	0.302	0.318
MM	5.84	6.20	7.67	8.08
J IN.	0.007	0.011	0.006	0.010
MM	0.18	0.28	0.15	0.25
K IN.	0.012	0.020	0.013	0.020
MM	0.30	0.51	0.33	0.51
L IN.	0.016	0.050	0.019	0.030
MM	0.41	1.27	0.48	0.76
phi	0°	8°	0°	8°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS1302S SERIAL TIMEKEEPER 16-PIN SOIC



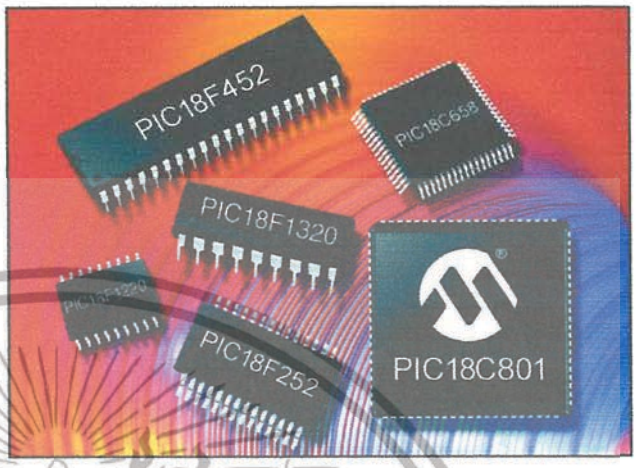


PKG		16-PIN	
DIM		MIN	MAX
A	IN	0.398	0.412
	MM	10.11	10.46
B	IN	0.290	0.300
	MM	7.37	7.62
C	IN	0.089	0.095
	MM	2.26	2.41
E	IN	0.004	0.012
	MM	0.102	0.30
F	IN	0.004	0.105
	MM	2.39	2.67
G	IN	0.050 BSC	
	MM	1.27 BSC	
H	IN	0.398	0.416
	MM	10.11	10.57
J	IN	0.009	0.013
	MM	0.229	0.33
K	IN	0.013	0.020
	MM	0.33	0.51
L	IN	0.016	0.040
	MM	0.40	1.02
phi		0°	8°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC18 Microcontroller Family

The PIC18 microcontroller family provides PICmicro® devices in 18- to 80-pin packages, that are both socket and software upwardly compatible to the PIC16 family. The PIC18 family includes all the popular peripherals, such as MSSP, ESCI, CCP, flexible 8- and 16-bit timers, PSP, 10-bit ADC, WDT, POR and CAN 2.0B Active for the maximum flexible solution. Most PIC18 devices will provide FLASH program memory in sizes from 8 to 128 Kbytes and data RAM from 256 to 4 Kbytes; operating from 2.0 to 5.5 volts, at speeds from DC to 40 MHz. Optimized for high-level languages like ANSI C, the PIC18 family offers a highly flexible solution for complex embedded applications.



High Performance RISC CPU:

- 77 instructions
- C-Language friendly architecture
- PIC16 source code compatible
- Linear program memory addressing to 2 Mbyte
- Linear data memory addressing up to 4 Kbytes
- Up to 10 MIPs operation:
  - DC - 40 MHz osc/clock input
  - 4 MHz - 10 MHz clock with PLL active
- 16-bit wide instructions, 8-bit wide data path
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single Cycle Hardware Multiplier

Peripheral Features:

- High current sink/source 25 mA/25 mA
- Up to four external interrupt pins
- Up to three 16-bit timer/counters
- Up to two 8-bit timer/counters with 8-bit period register (time-base for PWM)
- Secondary LP oscillator clock option - Timer1
- Up to five Capture/Compare/PWM (CCP) modules
  CCP pins can be configured as:
  - Capture input: 16-bit, resolution 6.25 ns (T_{CY}/16)
  - Compare: 16-bit, max. resolution 100 ns (T_{CY})
  - PWM output: PWM resolution is 1- to 10-bit
    Max. PWM frequency @: 8-bit resolution = 156 kHz
    10-bit resolution = 39 kHz
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module
  Two modes of operation:
  - 3-wire SPI™ (supports all 4 SPI modes)
  - I^2C™ Master and Slave mode
- Up to 2 Addressable USART modules (ESCI)
  - Supports interrupt on Address bit
- Parallel Slave Port (PSP) module

Analog Features:

- 10-bit Analog-to-Digital Converter module (A/D) with:
  - Fast sampling rate
  - Up to 16 channels input multiplexor
  - Conversion available during SLEEP
  - DNL = ±1 LSb, INL = ±1 LSb

Analog Features (Continued):

- Programmable Low Voltage Detection (LVD) module
  - Supports interrupt-on-low voltage detection
- Programmable Brown-out Reset (BOR)
- Comparators

Special Microcontroller Features:

- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins

CMOS Technology:

- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Industrial and Extended temperature ranges

Power Managed Features:

- Dynamically switch to secondary LP oscillator
- Internal RC oscillator for ADC operation during SLEEP
- SLEEP mode (I_{PD} < 1 µA typ.)
  - up to 23 individually selectable wake-up events
  - 3 edge selectable wake-up inputs
  - 4 state change wake-up inputs
- Internal RC oscillator for WDT (period wake-up)
- RAM retention mode (V_{DD} as low as 1.5V)
- Up to 6 more Power Managed modes available on selected models (PIC18F1320/2320/4320 and PIC18F1220/2220/4220)

MICROCHIP
PICmicro® Microcontrollers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Additional Information:

- Microchip's web site: **www.microchip.com**
- Microchip's *PICmicro 18C MCU Reference Manual*, Order No. DS39500
- Microchip's CD-ROMs available:
  - *Technical Library*, Order No. DS00161
- Microchip's Data Sheets available:
  - *PIC18CXX2*, Order No. DS39026
  - *PIC18CXX8*, Order No. DS30475
  - *PIC18C601/801*, Order No. DS39541
- Application Notes are available in:
  - *Embedded Control Handbook*, Order No. DS00092
  - *Embedded Control Handbook, Volume 2, Math Library*, Order No. DS00167
  - *Embedded Control Handbook Update 2000*, Order No. DS00711
- Microchip's *Quality Systems and Customer Interface System*, Order No. DS00169
- Demo Boards Available:
  - PICDEM™ 2 Demonstration Board
  - ROMless
  - CAN/LIN bus
- Third Party Tools Available:
  - C Compilers
    HI-TECH - PICC™, www.htsoft.com
    IAR - EWB-PIC, www.iar.com
    CCS PIC18 C Compiler, www.ccsinfo.com

PIC18 Microcontroller Family

	Program Memory		Data Memory RAM	Data Memory EEPROM	I/O	ADC				CCP/	Timers		
Product	Type	Bytes	Bytes	Bytes	Ports	10-bit	MSSP	USART	Other	PWM	8/16-bit	Packages	Pins
PIC18F1220	FLASH	4K	256	256	16	7	—	1	6x PMM	1	1/3	DIP, SOIC, SSOP, QFN	18
PIC18F1320	FLASH	8K	256	256	16	7	—	1	6x PMM	1	1/3	DIP, SOIC, SSOP, QFN	18
PIC18F2220	FLASH	4K	512	256	23	10	I²C/SPI	1	6x PMM	2	1/3	DIP, SOIC	28
PIC18F2320	FLASH	8K	512	256	23	10	I²C/SPI	1	6x PMM	2	1/3	DIP, SOIC	28
PIC18C242	OTP	16K	512	—	23	5	I²C/SPI	1	—	2	1/3	DIP, SOIC	28
PIC18C252	OTP	32K	1536	—	23	5	I²C/SPI	1	—	2	1/3	DIP, SOIC	28
PIC18F242	FLASH	16K	512	256	23	5	I²C/SPI	1	—	2	1/3	DIP, SOIC, SSOP	28
PIC18F252	FLASH	32K	1536	256	23	5	I²C/SPI	1	—	2	1/3	DIP, SOIC, SSOP	28
PIC18F258	FLASH	32K	1536	256	22	5	I²C/SPI	1	CAN 2.0B	1	1/3	DIP, SOIC	28
PIC18F4220	FLASH	4K	512	256	34	13	I²C/SPI	1	6x PMM	2	1/3	DIP, TQFP, QFN	40/44
PIC18F4320	FLASH	8K	512	256	34	13	I²C/SPI	1	6x PMM	2	1/3	DIP, TQFP, QFN	40/44
PIC18C442	OTP	16K	512	—	34	8	I²C/SPI	1	—	2	1/3	DIP, PLCC, TQFP	40/44
PIC18C452	OTP	32K	1536	—	34	8	I²C/SPI	1	—	2	1/3	DIP, PLCC, TQFP	40/44
PIC18F442	FLASH	16K	512	256	34	8	I²C/SPI	1	—	2	1/3	DIP, PLCC, TQFP	40/44
PIC18F452	FLASH	32K	1536	256	34	8	I²C/SPI	1	—	2	1/3	DIP, PLCC, TQFP	40/44
PIC18F458	FLASH	32K	1536	256	33	5	I²C/SPI	1	CAN 2.0B	1	1/3	DIP, PLCC, TQFP	40/44
PIC18C601	—	ROMless	1536	—	31	8	I²C/SPI	1	—	2	1/3	PLCC, TQFP	64/68
PIC18C658	OTP	32K	1536	—	52	12	I²C/SPI	1	CAN 2.0B	2	1/3	PLCC, TQFP	64/68
PIC18F6520	FLASH	32K	2048	1024	52	12	I²C/SPI	2	—	5	2/3	TQFP	64
PIC18F6620	FLASH	64K	3840	1024	52	12	I²C/SPI	2	—	5	2/3	TQFP	64
PIC18F6720	FLASH	128K	3840	1024	52	12	I²C/SPI	2	—	5	2/3	TQFP	64
PIC18C801	—	ROMless	1536	—	42	12	I²C/SPI	1	—	2	1/3	PLCC, TQFP	80/84
PIC18C858	OTP	32K	1536	—	68	16	I²C/SPI	1	CAN 2.0B	2	1/3	PLCC, TQFP	80/84
PIC18F8520	FLASH	32K	2048	1024	68	16	I²C/SPI	2	EMA	5	2/3	TQFP	80
PIC18F8620	FLASH	64K	3840	1024	68	16	I²C/SPI	2	EMA	5	2/3	TQFP	80
PIC18F8720	FLASH	128K	3840	1024	68	16	I²C/SPI	2	EMA	5	2/3	TQFP	80

Abbreviation: ADC = Analog-to-Digital Converter; PWM = Pulse Width Modulation; CCP = Capture/Compare/PWM; SPI = Serial Peripheral Interface; I²C = Inter-Integrated Circuit Bus; USART = Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter; PMM = Power Managed Mode

Development Tools from Microchip		Resale Price*
MPLAB® IDE	Integrated Development Environment (IDE)	FREE
MPASM™ Assembler	Universal PICmicro Macro-Assembler	FREE
MPLINK™ Linker/MPLIB™ Librarian	Linker/Librarian	FREE
MPLAB® SIM	Software Simulator	FREE
MPLAB® ICE 2000/4000	Full Featured Modular In-Circuit Emulator	Starting at $2,045
MPLAB® ICD 2	In-Circuit Debugger	Starting at $159
C compiler	Microchip MPLAB® C18 or supported by third-party vendors (HI-TECH, IAR, CCS)	Contact Vendor
PRO MATE® II Device Programmer	Full Featured Modular Device Programmer	Starting at $854
PICSTART® Plus Programmer	Entry Level Development Kit with Programmer	$199

*All prices are manufacturer's suggested resale for North America.

Microchip Technology Inc. · 2355 W. Chandler Blvd. · Chandler, AZ 85224-6199 · (480) 792-7200 · Fax (480) 792-9210

Information subject to change. The Microchip name and logo, the Microchip logo, KEELOQ, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART and PRO MATE are registered trademarks of Microchip Technology Inc. in the U.S.A. and other countries. FilterLab, microID, MXDEV, MXLAB, PICMASTER, SEEVAL and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Inc. in the U.S.A. dsPIC, dsPICDEM.net, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, fuzzyLAB, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, microPort, Migratable Memory, MPASM, MPLIB, MPLINK, MPSIM, PICC, PICDEM, PICDEM.net, rfPIC, Select Mode and Total Endurance are trademarks of Microchip Technology Inc. in the U.S.A. and other countries. Serialized Quick Turn Programming (SQTP) is a service mark of Microchip Technology Inc. in the U.S.A. All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.
© 2002 Microchip Technology Inc. All rights reserved. Printed in the U.S.A. DS30327B 9/02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้[redacted]การค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเอกสารฉบับนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้