สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติ

WEEKLY TIMER

นายไกรทอง วรรณไชย

นายพนา รักษ์มณี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

วศ.
ท975 ค
2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี 7 เม.ย. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WEEKLY TIMER

KRAITONG WANNACHAI

PANA RAKMANEE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติ

WEEKLY TIMER

นักศึกษาผู้จัดทำ นายไกรทอง วรรณไชย **รหัสประจำตัว** 44015507

นายพนา รักษ์มณี **รหัสประจำตัว** 44015522

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2546

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ. สุพรรณ กุลพาณิชย์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันอังคาร 20 เมษายน พ.ศ. 2547

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ. ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติ	
	WEEKLY TIMER	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายไกรทอง	วรรณไชย
	นายพนา	รักษ์มณี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. สุพรรณ	กุลพาณิชย์
ปีการศึกษา	2546	

บทคัดย่อ

ในโรงงานอุตสาหกรรมเกือบทั้งหมด เครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติมีส่วนช่วยในการควบคุมการปิดเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ให้ทำงานตามตารางเวลาที่กำหนด อุปกรณ์ที่สามารถตั้งเวลาได้ละเอียด และแม่นยำตามหลักสากล จึงเป็นอุปกรณ์ที่ต้องการอย่างสูง Weekly Timer หรือเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติก็เป็นตัวอย่างหนึ่งของเครื่องตั้งเวลาที่กล่าวถึง

ปริญญานิพนธ์นี้ นำเสนอระบบตั้งเวลาล่วงหน้าอัตโนมัติเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ตามที่เราต้องการ ระบบตั้งเวลาประกอบด้วย IC DS1307 ซึ่งเป็น RTC (Real Time Clock) ทำหน้าที่กำหนดเวลามาตรฐานจริงได้ถึงปี ค.ศ. 2100 โดยให้ความละเอียดของเวลาถึงหลักวินาที IC นี้ยังคงทำงานอย่างต่อเนื่องแม้ไม่มีไฟเลี้ยง การตั้งเวลานั้นทำผ่านแป้นคีย์ และแสดงผลข้อมูลออกทางหน้าจอ LCD นอกจากนี้ยังมีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ P89C51RD2 ที่ได้รับการโปรแกรมเป็นส่วนควบคุมหลัก ในส่วนของ Output มีด้วยกัน 2 ชุด คือส่วนของ Triac และ ส่วน Relay เพื่อแยกใช้ตามระดับกำลังการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Weekly Timer
Authors	Mr.Kraitong Wannachai
	Mr.Pana RakManee
Thesis Advisor	Assoc.Prof Supan Kullapanich
Year	2003

ABSTRACT

In the most industries, automatic timers play a role in turning electric devices on/off according to the set up time. The timers that are able to set up the time with precision and with accuracy as universal agreement are highly required. Weekly timer or automatic timer is also an example of the mentioned timer.

This thesis presents an automatic timer to control various kinds of electric devices as required. The system includes IC DS1307 or RTC(Real Time Clock) which defines the standard real time up to the year 2100 with the accuracy up to second. This component still works continuously even no power supply. The set up time can be done by a keyboard and displayed through LCD. The main control unit is microcontroller P89C51RD2. In addition, there are 2 outputs which are Triac and Relay for different power consumption level of electric devices.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพราะได้รับความเมตตาจาก รองศาสตราจารย์ สุพรรณ กุลพาณิชย์ ที่ได้ให้คำแนะนำต่างๆ แก่ผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจและเอื้อเฟื้อทุกสิ่งทุกอย่างอันเป็นประโยชน์ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสมอมา

และที่ลืมมิได้เสีย ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ อันเป็นที่รักยิ่ง ที่สนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญภาพ.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....1

1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....1

บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ TIMER & COUNTER.....3

2.1 บทนำ.....3

2.2 Timer และ Counter.....3

2.3 ฐานเวลาของไทม์เมอร์.....4

2.4 สรุปขั้นตอนการใช้งานไทม์เมอร์.....5

บทที่ 3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์.....6

3.1 บทนำ.....6

3.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์.....6

3.3 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....7

3.4 โครงสร้างภายในของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....7

3.5 ขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....8

3.6 หน้าที่การทำงานของขาต่างๆ.....8

3.7 พอร์ต (Port) ของไมโครคอนโทรลเลอร์.....10

3.8 การทำงานของวงจรภายในพอร์ตต่างๆ.....12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.9 การจัดหน่วยความจำของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์.....12
3.9.1. หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory).....13
3.9.2. หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล(Data Memory).....14
3.9.3. หน่วยความจำสำหรับเก็บค่ารีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register).....16

บทที่ 4 ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการออกแบบ.....21
4.1 บทนำ.....21
4.2 ระบบบัสแบบ I²C.....21
4.3 DS1307.....24
4.3.1 รายละเอียดขาต่อใช้งานของDS1307.....24
4.3.2 การทำงานของ DS1307.....25
4.3.3 โหมดการทำงานของDS1307.....27
4.3.4 การต่อวงจรใช้งาน DS1307.....27
4.4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์แสดงผลแบบ LCD.....27
4.5 พอร์ตขนานแบบ 8 บิต PCF8574.....29
4.5.1 การใช้งานไอซี PCF8574.....29
4.5.2 การต่อใช้งานของ PCF8574.....31

บทที่ 5 การทำงานของเครื่อง.....33
5.1 รูปด้านหน้าของตัวเครื่อง.....33
5.2 ส่วนประกอบของหน้าปัดแสดงผลและสวิตซ์.....33
5.3 ขั้นตอนการทำงาน.....33
5.4 ขั้นตอนการตั้งเวลาจริงให้กับเครื่อง Weekly Timer.....34
5.5 ขั้นตอนการตั้งวัน วันที่ เดือน ปี.....34
5.6 การโปรแกรมการทำงาน.....35
5.7 การรีเซตค่าวันเวลา.....36
5.8 การรีเซตค่า MEMORY ของโปรแกรม.....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.9 คุณสมบัติของเครื่อง WEEKLY TIME.....37

บทที่ 6 ผลการทดลอง.....38

6.1 อุปกรณ์การทดลอง.....38

6.2 ขั้นตอนการทดลอง.....38

6.3 ผลการทดลอง.....38

บทที่ 7 บทวิจารณ์และบทสรุป.....41

6.1 บทสรุป.....41

6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนา.....41

บรรณานุกรม.....42

ภาคผนวก.....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 แสดงการกำหนดแอดเดรสของชิพ PCF8574.....30

4.2 แสดงค่าโค๊ดของปุ่มกดชุดคีย์สวิตซ์.....31

6.1 แสดงการตั้งเวลาการทำงานใน 1 วัน.....39

6.2 แสดงการทำงานใน 1 อาทิตย์.....40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงหลักการของ counter	3
2.2 แสดงการเปรียบเทียบ Counter และ Timer	3
2.3 วงจรออสซิลเลเตอร์ของ Timer	4
3.1 โครงสร้างภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	7
3.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	8
3.3 แสดงวงจรภายในของพอร์ต 0	10
3.4 แสดงวงจรภายในของพอร์ต 1	10
3.5 แสดงวงจรภายในของพอร์ต 2	11
3.6 แสดงวงจรภายในของพอร์ต 3	11
3.7 แสดงรูปหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม	13
3.8 ตารางตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal data memory)	14
3.9 แสดงรูปพื้นที่หน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์	15
3.10 แสดงการจัดหน่วยความจำรีจิสเตอร์เฉพาะ	17
3.11 แสดงการจัดหน่วยความจำและตำแหน่งของรีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register)	17
3.12 แสดงการใช้บิตตัวทด	18
3.13 แสดงการใช้แฟลกตัวทดช่วย	18
4.1 การเชื่อมต่อด้วยระบบบัสแบบ I²C	21
4.2 จังหวะเวลาบนบัส	23
4.3 ไบต์แอดเดรส	23
4.4 แสดงส่วนประกอบของ DS1307	25
4.5 แสดงการจัดสรรพื้นที่หน่วยความจำของ DS1307	26
4.6 วงจรสร้างฐานเวลาจาก DS1307	27
4.7 แสดงการต่อชุดแสดงผล LCD	28
4.8 ลักษณะการจัดขาของ PCF8574	29
4.9 โครงสร้างภายในของ PCF8574	30
4.10 การต่อชุดคีย์สวิตซ์ของวงจร Weekly Timer	31
4.11 ภาพวงจรรวมของเครื่อง Weekly Timer	32
5.1 หน้าปัดเครื่อง Weekly Timer	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

5.2 แสดงผลการตั้งเวลา.....34
5.3 แสดงผลการตั้งวัน เดือน ปี.....34
5.4 แสดงผลการตั้งวันเวลา.....34
5.5 แสดงผลการตั้งเวลาการทำงาน.....35
5.6 โชว์ค่าเวลาที่โปรแกรมไว้.....35
5.7 แสดงผลการเลือกCHANNAL OUTPUT.....36
5.8 แสดงผลเมื่อตั้งโปรแกรมเสร็จ.....36
5.9 แสดงหน้าจอการทำงานปกติ.....37
5.10 แสดงผลเมื่อทำการRESET MEMORY แล้ว.....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย

ในอุตสาหกรรมหรืองานทั่วไป โดยส่วนใหญ่นั้นจะต้องมีการควบคุมการเปิดปิดเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ โดยจะต้องสามารถเปิดปิดอุปกรณ์ให้ได้ตรงตามเวลาที่เราต้องการเพื่อประหยัดแรงงานและประหยัดเวลาในการเปิดปิดเครื่อง ดังนั้นเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติจึงเข้ามามีบทบาทในงานต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ศึกษาพัฒนาและออกแบบเพื่อสร้างเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติขึ้นมาใช้เป็นเครื่องมือในการควบคุมการปิดเปิดของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เพื่อที่จะช่วยลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายและความยุ่งยากในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งจะสามารถให้ความสะดวกขึ้นอย่างมาก และยังสามารถประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในอุตสาหรรมต่างๆ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานหลักของเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติ โดยเครื่องตั้งเวลานี้จะมีความละเอียดในการทำงานอย่างมากและจะใช้เวลาจริงตามฐานเวลาที่เราตั้งกำหนดค่าไว้ เพื่อช่วยให้ลดความเสี่ยงหรือความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้จะกล่าวถึงการพัฒนาและการออกแบบของเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติ ซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ P89C51RD2 เป็นตัวควบคุมหลักและใช้ DS1307 (REAL TIME CLOCK) เป็นตัวเทียบค่าฐานเวลาจริงของเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติ โดยการแสดงผลต่างๆ ของเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติจะแสดงผลออกทางจอ LCD ซึ่งการตั้งเวลาจะสามารถตั้งค่าได้ตามที่เราต้องการในรอบสัปดาห์ โดยจะมี OUTPUT 8 ช่อง การตั้งค่าเวลาสามารถทำได้ตามที่เราต้องการ โดยตั้งเวลาได้ ตาม วินาที นาที ชั่วโมง หรือวัน

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

การทำโครงงานการวิจัยในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้เสนอขั้นตอนในการศึกษาการทำงานของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งได้มีการใช้งานอย่างกว้างขวางอยู่ในปัจจุบันภาษาที่ใช้รวมไปถึงการต่อประยุกต์ไปใช้งานในประเภทต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ตลอดจนการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะนำมาต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้โครงงานมีประสิทธิภาพดีเยี่ยมสูงสุด และคำนึงถึงประโยชน์การใช้งานที่ได้รับในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงการเขียนโปรแกรมซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการที่จะเป็นตัวกำหนดการสั่งการทำงานของเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัตินี้ด้วยว่าจะให้เครื่องสามารถที่จะทำงานได้ตามเจตนาที่ตั้งไว้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ TIMER & COUNTER

2.1 บทนำ

การศึกษาการทำงานของเครื่องตั้งเวลานั้น เราจะต้องศึกษาถึงไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์ให้ดีก่อน เพราะว่าเป็นพื้นฐานการทำงานของเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติและจะนำไปใช้ในการประยุกต์การทำงานของขั้นตอนต่างๆ รวมถึงความเข้าใจที่จะไปใช้ในการเขียนโปรแกรมด้วย

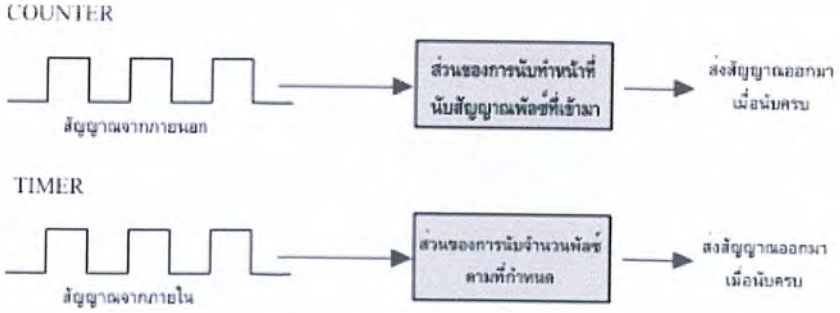
2.2 Timer และ Counter

การใช้งานไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์ภายในของ MCS-51 จะต้องมีการกำหนดรูปแบบการใช้งานต่างๆ เสียก่อนจึงจะสามารถสั่งให้ทำงานได้อย่างถูกต้อง ในส่วนนี้เราจะกล่าวถึงการใช้งานของไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์ ก่อนอื่นเรามารู้จักหลักการของไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์กันก่อน

Counter คือ ตัวนับ เช่นการนับของจำนวนพัลส์ของอินพุทที่มาจากภายนอก

ภาพที่ 2.1 แสดงหลักการของ Counter

Timer จะเป็นตัวตั้งเวลาเงื่อนไขเมื่อถึงเวลาที่กำหนดจะแสดงผลออกมาให้รู้ เช่น พวกนาฬิกาปลุก การแสดงออกให้รู้ โดยส่งเสียงออกมาใน MCS-51 การใช้งานเป็นไทม์เมอร์จะแสดงออกมาให้รู้โดยแฟลก (TF) ภาพข้างล่างเป็นการเปรียบเทียบระหว่างไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์เราจะเห็นข้อแตกต่างของทั้งสองอย่าง



ภาพที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบ Counter และ Timer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบกับ MCS-51 ในกรณีที่เป็นเคาน์เตอร์ สัญญาณพัลส์ที่ได้รับมาจากภายนอกจะเข้ามาทางขา TO และ T1 ในกรณีที่เป็นไทม์เมอร์สัญญาณที่ส่งออกมาเพื่อแสดงผลเมื่อไทม์เมอร์นับครบค่าของการนับที่ตั้งไว้ จะถือจากการเปลี่ยนแปลงของแฟลก TF0 และ TF1 ภายใน Special Function Register (SFR) ที่ตัว TCON ไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์ ใน MCS-51 มี 2 ชุดคือ

1. Timer / counter 0
2. Timer / counter 1

ทั้ง 2 นี้ใช้งานโดยเป็นอิสระต่อกันไม่เกี่ยวข้องกัน แต่เมื่อเราได้ใช้งาน Timer 1 แล้วเราจะไม่สามารถใช้ Counter 1 ได้ในทำนองเดียวกัน ถ้าเราใช้ Timer 0 ไปแล้วเราก็ไม่สามารถใช้งาน Counter 0 ได้เช่นกัน สัญญาณพัลส์ ที่มาจากภายใน MCS-51 เพื่อให้เกิดการนับของไทม์เมอร์นั้นจะได้จาก ออสซิลเลเตอร์ของ CPU ผ่านวงจรหาร 12 ดังภาพ

ภาพที่ 2.3 วงจรออสซิลเลเตอร์ของ Timer

ถ้า CPU นั้นใช้ Crystal ความถี่ 12 MHz ฉะนั้นความถี่หรือสัญญาณพัลส์ที่จะป้อนให้ไทม์เมอร์จะมีค่า 12 MHz/12 เท่ากับ 1 MHz จะได้คาบเวลาเท่ากับ 1 / 1MHz เท่ากับ 1 ไมโครวินาที

2.3 ฐานเวลาของไทม์เมอร์

ไทม์เมอร์จะคล้ายกับนาฬิกาปลุก ฐานเวลาของนาฬิกาปลุกก็คือ การที่เข็มวินาทีกระดิกไป 1 ช่องซึ่งหมายถึง 1 วินาทีนั่นแหละครับ เพราะ ฉะนั้นในไทม์เมอร์ก็จะมีลักษณะเช่นเดียวกัน ฐานเวลาของไทม์เมอร์ก็คือคาบเวลาของสัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้ไทม์เมอร์นั้นเองเช่น ถ้าเราใช้ Crystal 12 MHz ฐานเวลาของไทม์เมอร์จะเป็น 1 ไมโครวินาที ซึ่งก็คือไทม์เมอร์นับ 1 ครั้ง = 1 ไมโครวินาที ถ้าเราต้องการหน่วงเวลา 5 uS ไทม์เมอร์ก็ต้องนับ 5 ครั้ง

ลักษณะโหมดการทำงานของ Timer / Counter ใน 8051 เราสามารถกำหนดโหมดการทำงานของของมันด้วย Register TMOD โดยไปกำหนด ที่บิต M1 และ M0 จะมีทั้งหมด 4 โหมด คือ 0 - 4 ดังนี้

โหมด 0 จะเป็นไทม์เมอร์ขนาด 13 บิท สามารถนับได้ 8192 ครั้ง

โหมด 1 จะเป็นไทม์เมอร์ขนาด 16 บิท สามารถนับได้ 65536 ครั้ง

โหมด 2 จะเป็นไทม์เมอร์ขนาด 8 บิท สามารถนับได้ 256 ครั้ง

ส่วนโหมด 3 นั้นเป็นไทม์เมอร์แบบใช้งานอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สรุปขั้นตอนการใช้งานไทม์เมอร์

2.4.1 กำหนดโหมดการทำงานของไทม์เมอร์ ที่รีจิสเตอร์ TMOD

2.4.2 กำหนดค่าการนับของไทม์เมอร์ ที่รีจิสเตอร์ TH1, TL1 , TH0 , TL0

2.4.3 สั่งให้ไทม์เมอร์เริ่มทำงานโดยเช็คที่บิต TR1 , TR0

2.4.4 ตรวจสอบการโอเวอร์โฟล์วที่บิต TF1 หรือ TF0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1 บทนำ

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไอซีชิพประเภทหนึ่งที่น่าสนใจมากๆ จากที่ผู้เขียนได้เรียนรู้และนำไปใช้งานจริง ทำให้เกิดความประทับใจในความสามารถที่มีอยู่อย่างหลากหลาย อีกทั้งความยืดหยุ่นในการออกแบบระบบ ที่สามารถปรับเปลี่ยนเพิ่มลดหน้าที่ในการทำงานของระบบได้อย่างสะดวกง่ายดาย ผู้ออกแบบวงจรระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่จำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญในวงจรอิเล็กทรอนิกส์มากนักโดยเฉพาะวงจรอนาล็อก ซึ่งไม่ค่อยจะได้ใช้ในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ บทความนี้จะขอนำเสนอให้ได้ทราบและเข้าใจถึงความน่าสนใจของไอซีชิพประเภทนี้

3.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ปัจจุบันการพัฒนาและการแข่งขันทางด้านเทคโนโลยีผลิตชิ้นส่วนสารกึ่งตัวนำ ที่นำไปสร้างเป็นไอซีได้มีประสิทธิภาพสูงมากขึ้นและมีเทคโนโลยีที่เกิดจากการผลิตของบริษัทต่างๆ ซึ่งส่งผลให้การผลิตชิพไอซีมีขนาดที่เล็กลงแต่มีประสิทธิภาพและมีคุณสมบัติต่างๆ มากขึ้น ไอซีที่ถูกสร้างเป็นแบบ LSI (Large Scale Integrate Circuit) เป็นเทคโนโลยีที่มีการสร้างโดยการนำเอาทรานซิสเตอร์จำนวนมากมาสร้างเป็นไอซีดิจิตอลที่ซับซ้อน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลข้อมูล หรือ เรียกว่า "ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor)" ที่มีคุณสมบัติหลักคือ การประมวลผลข้อมูล การคำนวณทางคณิตศาสตร์ และลอจิก ถ้าหากมีการติดต่อกับหน่วยความจำที่เป็นแบบแรมแบบรอม หรืออุปกรณ์ภายนอกที่เป็นอินพุต-เอาต์พุตต้องมีการต่ออุปกรณ์อื่น ๆ ร่วมด้วย เพื่อทำหน้าที่เลือกอุปกรณ์ในการติดต่อหรือวงจรถอดรหัส (Decoder) ซึ่งสามารถทำงานได้ภายใต้การควบคุมของโปรแกรมและในการที่เรานำไมโครโปรเซสเซอร์มาเป็นตัวประมวลผลกลางมีหน่วยความจำแบบแรม พอร์ตอินพุตและเอาต์พุตเราเรียกว่า "ไมโครคอมพิวเตอร์" เป็นสิ่งไม่คุ้มกับการลงทุนหากนำมาใช้ในงานควบคุมขนาดเล็กและอาจต้องใช้เนื้อที่มากในการออกแบบ ดังนั้นการพัฒนาด้านเทคโนโลยีในการสร้างชิพ จึงมีการรวบรวมคุณสมบัติที่ต้องการใช้งานมาอยู่ในตัวเดียวกันทั้งหมด โดยมีคุณสมบัติคือ มีองค์ประกอบเกือบทุกอย่างของคอมพิวเตอร์อยู่ภายในตัวไอซีที่เราเรียกว่า "ไมโครคอมพิวเตอร์แบบชิพเดี่ยว" โดยจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์พื้นฐานเหมือนไมโครคอมพิวเตอร์ เช่น หน่วยประมวลผลกลางขนาดเล็ก (8บิต -16 บิต) และหน่วยประมวลผล ที่สามารถเข้าข้อมูลแบบบิตหน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานแบบแรมขนาด 128 ไบต์ และได้ทำการบรรจุหน่วยความจำโปรแกรมประเภทรอม (บางเบอร์) สามารถใช้งานให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตมีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ ฟูลดูเพล็กซ์ วงจร Counter/Timer ที่อยู่ภายใน สามารถต่ออุปกรณ์ที่ใช้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาเช่น คริสตอล (Crystal) และตัวเก็บประจุก็สามารถใช้งานได้ เป็นต้น เราเรียกกันทั่วๆ ไปว่า “ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)”

3.3 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

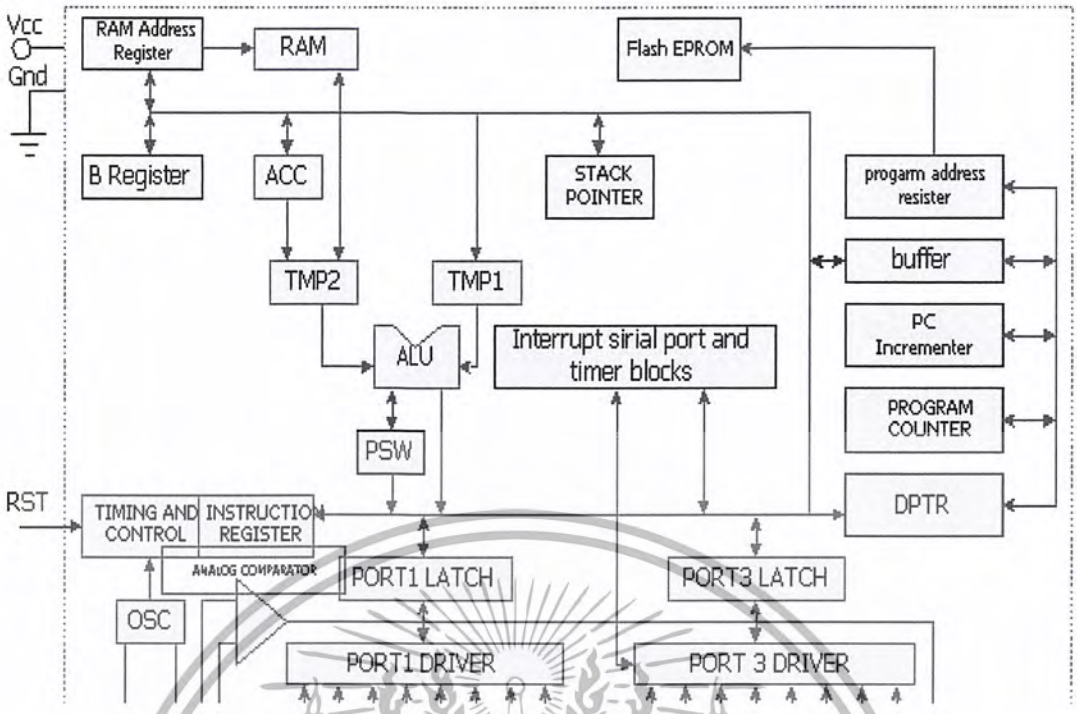
การเรียนรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น เราจำเป็นจะต้องเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและสถาปัตยกรรม เป็นอันดับแรก เพราะในการออกแบบระบบ หรือการเขียนโปรแกรมควบคุมจำเป็นต้องมีความรู้ในด้านนี้เป็นอย่างดี ไม่เช่นนั้นแล้วจะทำให้การออกแบบระบบ หรือการเขียนโปรแกรมไม่สมบูรณ์ ถึงแม้ว่าระบบจะทำงานได้ แต่อาจจะเกิดปัญหาตามมาในภายหลังโครงสร้างภายนอก และ การจัดตำแหน่งขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ได้มีการจัดตำแหน่งขาต่างๆที่เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นของบริษัทอะไรก็ตามที่ผลิต ไอซีตระกูล MCS-51

ภาพที่ 3.1 โครงสร้างภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

3.4 โครงสร้างภายในของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จะเปรียบเสมือนกับโครงสร้างของระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก เนื่องมาจากภายในประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ที่จำเป็นในการทำงานอย่างครบถ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

3.5 ขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลักษณะการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ 4 กลุ่มด้วยกันดังนี้

1. กลุ่มขารับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง (Vcc, GND) และสัญญาณนาฬิกา (Clock)
2. กลุ่มขาสำหรับการใช้อ้างตำแหน่งของหน่วยความจำหรือตำแหน่งต่างๆ (Address) ของระบบและรับส่งข้อมูล (Data)
3. กลุ่มขาที่ใช้ในการควบคุม (Control) การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
4. กลุ่มขาพอร์ต (Port) ที่ใช้รับส่งข้อมูลกับระบบภายนอกแบบขนานและอนุกรม

3.6 หน้าที่การทำงานของขาต่างๆ

- ขา Vcc เป็นขารับแรงดันไฟกระแสตรงขนาด +5 Vdc
- ขา GND เป็นขากราวด์ใช้สำหรับต่อกราวด์ของระบบ (ศูนย์โวลต์)
- พอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขา สามารถกำหนดให้เป็นอินพุตหรือเอาท์พุตได้อย่างอิสระ
- พอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา สามารถกำหนดให้เป็นอินพุตหรือเอาท์พุตได้อย่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พอร์ต 2 (P2.0-P2.7) มี 8 ขา สามารถกำหนดให้เป็นอินพุตหรือเอาท์พุตได้อย่างอิสระ นอกจากนี้ พอร์ต 2 ยังใช้ในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ของหน่วยความจำภายนอก

- พอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา สามารถจะกำหนดให้เป็นอินพุตหรือเอาท์พุตได้อย่างอิสระ และนอกจากนี้แล้วพอร์ต 3 ยังใช้ในการทำหน้าที่พิเศษดังนี้-

*P3.0 (ขา RxD) ใช้เป็นทางรับสัญญาณอินพุตสำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

*P3.1 (ขา TxD) ใช้เป็นทางส่งสัญญาณเอาท์พุตสำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

*P3.2 (ขา INT0) ใช้เป็นทางรับสัญญาณอินเตอร์รับจากภายนอก ช่อง 0

*P3.3 (ขา INT1) ใช้เป็นทางรับสัญญาณอินเตอร์รับจากภายนอก ช่อง 1

*P3.4 (ขา T0) ใช้เป็นทางรับสัญญาณอินพุต จากภายนอกเพื่อป้อนให้กับไทเมอร์ 0

*P3.5 (ขา T1) ใช้เป็นทางรับสัญญาณอินพุต จากภายนอกเพื่อป้อนให้กับไทเมอร์ 1

*P3.6 (ขา WR) ใช้เป็นทางส่งสัญญาณเพื่อติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก จะแอคทีฟเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำภายนอก

*P3.7 (ขา RD) ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก โดยจะแอคทีฟเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

- ขารีเซต (RESET) เป็นขาสำหรับรับสัญญาณรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซตจะต้องคงสภาวะ high (Logic '1') นานอย่างน้อย 2 Machine cycle เมื่อกระบวนการรีเซตเสร็จสิ้นโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มทำงานใหม่ตั้งแต่ต้น (Address 0000)

- ขา ALE/PROG (Address Latch Enable/Program pulse input) เป็นขาที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปให้วงจรแล็ช (Latch) ซึ่งวงจร แล็ชจะทำหน้าที่คงค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0-A7) ของหน่วยความจำภายนอกที่จะติดต่อ

- ขา PSEN (Program Store Enable) ทำหน้าที่เป็นทางส่งสัญญาณเพื่อใช้ร้องขอการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเพื่ออ่านข้อมูลคำสั่ง เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านคำสั่ง จากหน่วยความจำภายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ ขานี้จำนวน 2 ครั้ง ในแต่ละ แมทชีนไซเกิล (Machine cycle)

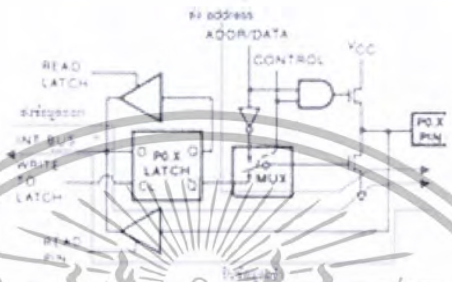
- ขา EA/Vpp (External Access Enable/Vpp) ใช้สำหรับเลือกหน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือภายนอกโดยถ้าขานี้มีสถานะเป็น 0 จะเป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายใน นอกจากนี้แล้ว ขานี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับ โปรแกรม (Vpp) ขนาด 12 โวลต์ เพื่อใช้ในระหว่างการโปรแกรมหน่วยความจำโปรแกรมภายใน (EPROM)

- ขา XTAL1 และขา XTAL2 เป็นขาสำหรับใช้ต่อร่วมกับคริสตอลภายนอกเพื่อกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

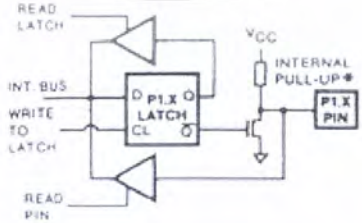
3.7 พอร์ต (Port) ของไมโครคอนโทรลเลอร์

การนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปใช้งานในระบบควบคุมการทำงานต่างๆนั้น ไม่สามารถหลีก เลี่ยงการใช้พอร์ตได้ เนื่องจากพอร์ต เป็นเส้นทางในการรับ และ ส่งสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ต่างๆภาย นอก พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีทั้งหมด 3 พอร์ต คือพอร์ต 0, พอร์ต 1, พอร์ต 2 และ พอร์ต 3 การเลือกใช้งานพอร์ตต่างๆ เราจะต้องเลือกใช้งานให้เหมาะสมกับงานและความสามารถของพอร์ตนั้น



ภาพที่ 3.3 แสดงวงจรภายในของพอร์ต 0

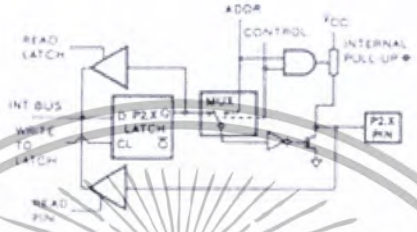
พอร์ต 0 (P0.0 – P0.7) แสดงวงจรภายในของ พอร์ต 0 เพียง 1 บิต(P0.X) เนื่องจากทุกบิตของ พอร์ต 0 จะมีการจัดวงจรเหมือนกัน พอร์ต 0 จะใช้เป็นพอร์ตอินพุตและเอาท์พุตซึ่งจะสำหรับการรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบจะเห็นได้ว่าพอร์ต 0 จะไม่มีการต่อตัวต้านทานพูลอัพ ดังนั้นในการใช้งานเป็นอินพุตต้องทำการต่อตัวต้านทานพูลอัพเข้าไปเพื่อให้การทำงานสมบูรณ์ วงจรที่สำคัญของพอร์ต 0 มีอยู่ 2 ส่วน คือวงจรมัลติเพล็ก (Multiplex) ทำหน้าที่เลือกการทำงานของพอร์ตว่าจะให้เป็นพอร์ตอินพุตเอาท์พุตทั่วไปหรือจะให้เป็นพอร์ตเพื่อใช้ติต่อกับกับหน่วยความจำภายนอก และวงจร แลตซ์ (Latch) ซึ่งเป็น ดีฟลิปฟลอบ (D-Flip Flop) จะทำหน้าที่คงสภาวะข้อมูล



ภาพที่ 3.4 แสดงวงจรภายในของพอร์ต 1

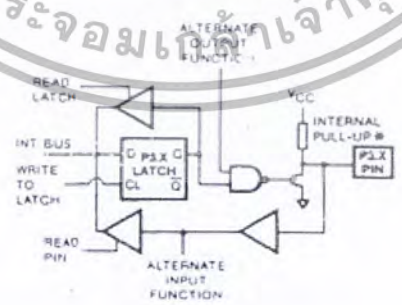
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต 1 (P1.0 – P1.7) พอร์ต 1 เพียง 1 บิต(P1.X) เนื่องจากทุกบิตของ พอร์ต 1 จะมีการจัดวงจรเหมือนกัน พอร์ต 1 จะใช้เป็นพอร์ต อินพุตและเอาท์พุต สำหรับการรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบ ในภาพที่ 3.4 จะเห็นได้ว่าพอร์ต 1 จะได้มีการต่อตัวต้านทานพูลอัพไว้แล้ว เนื่องจากพอร์ต 1 จะใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก พอร์ต 1 จะไม่มีส่วนของวงจรมัลติเพล็ก (Multiplex) จะมีเฉพาะวงจร แลตซ์ (Latch) ซึ่งเป็น ดีฟลิปฟลอบ (D-Flip Flop) จะทำหน้าที่คงสภาวะข้อมูลของพอร์ต



ภาพที่ 3.5 แสดงวงจรภายในของพอร์ต 2

พอร์ต 2 (P2.0 – P2.7) พอร์ต 2 ซึ่งจะเห็นว่าพอร์ต 2 จะมีลักษณะโครงสร้างภายในที่คล้ายกันกับ พอร์ต 0 จะต่างกันเฉพาะพอร์ตนี้จะมีตัวต้านทานพูลอัพ จึงถือได้ว่าพอร์ต 2 เป็นพอร์ตอินพุตเอาท์พุตทั่วไปที่สมบูรณ์ การทำงานวงจรวงจรมัลติเพล็ก และวงจรแลตซ์ จะเหมือนกันกับพอร์ต 0 คือ วงจรมัลติเพล็กจะทำหน้าที่เลือกการทำงานของพอร์ตว่าจะกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุตเอาท์พุตทั่วไปหรือจะให้เป็นพอร์ตเพื่อใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก และวงจร แลตซ์ (Latch) ซึ่งเป็น ดีฟลิปฟลอบ (D-Flip Flop) จะทำหน้าที่คงสภาวะข้อมูล



ภาพที่ 3.6 แสดงวงจรภายในของพอร์ต 3

พอร์ต 3 (P3.0 – P3.7) พอร์ต 3 ซึ่งเป็นพอร์ตที่ทำหน้าที่พิเศษต่างๆ เช่นการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม การอินเตอร์รัปต์ การรับสัญญาณสำหรับไทเมอร์ การอ่านและเขียนหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การทำงานของวงจรภายในพอร์ตต่างๆ

วงจรมัลติเพล็กซ์ (Multiplex) (มีเฉพาะพอร์ต 0 และ พอร์ต 2) จะเป็นส่วนควบคุมการทำงานของพอร์ตว่าจะให้พอร์ตทำงานในลักษณะใด จะให้เป็นอินพุตเอาท์พุตปกติหรือเป็นพอร์ตเพื่อใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

วงจรแลตซ์ (Latch) จะเป็นส่วนของการคงสภาวะ (Latch) ข้อมูลของพอร์ต หลังจาก CPU ส่งสัญญาณมาเขียนข้อมูลลงไปที่ดีฟลิปฟลอปแล้ว (เอาท์พุตของดีฟลิปฟลอปต่ออยู่กับพอร์ต)

วงจรเอาท์พุต (Output) จะใช้เฟต (FET) เป็นตัวไดรฟ์เวอร์ (Driver) โดยจะทำหน้าที่รับสัญญาณจากวงจรแลตซ์เพื่อมาปรับเปลี่ยนระดับของแรงดันและกระแสก่อนส่งออกไปยังขาพอร์ต

วงจรพูลอัป (Pull Up) คือตัวต้านทานที่ระหว่างไฟบวก 5 โวลต์กับขาต่างๆของพอร์ต ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันที่ขาพอร์ตให้เป็นสภาวะ High (Logic '1') จังหวะการอ่านและเขียนสถานะของฟลิปฟลอป และการอ่านสถานะของพอร์ต

การอ่านสถานะของฟลิปฟลอป จะทำโดยการส่งสัญญาณ มาที่ขา Read Latch หลังจากนั้นจะทำการอ่านข้อมูล ('0' หรือ '1') ที่ขา D ของดีฟลิปฟลอปกลับไปทางขา Int.Bus การทำงานจะเป็นลักษณะเช่นนี้ทุกบิต

การเขียนสถานะของฟลิปฟลอป สามารถทำโดยการส่งข้อมูล ('0' หรือ '1') มาที่ ขา D ของดีฟลิปฟลอป ทาง Int.Bus หลังจากนั้นจะส่งสัญญาณ มาที่ขา CLK ของดีฟลิปฟลอป (Write to Latch) การทำงานจะเป็นลักษณะเช่นนี้ทุกบิต

การอ่านสถานะของพอร์ต (P0.X) การทำงานในส่วนนี้จะไม่เกี่ยวข้องกับ ดีฟลิปฟลอปการอ่านสถานะจากพอร์ตทำได้โดยการส่งสัญญาณมาที่ขา Read Pin หลังจากนั้นจะอ่านข้อมูล ('0' หรือ '1') กลับไปทางขา Int.Bus การทำงานจะเป็นลักษณะเช่นนี้ทุกบิต

3.9 การจัดหน่วยความจำของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์

หน้าที่การทำงานของหน่วยความจำซึ่งจะทำหน้าที่เก็บโปรแกรมคำสั่ง และข้อมูลที่จะใช้ในการกำหนดค่าต่างๆ ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือใช้เก็บค่าต่างๆ ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้กระทำตามคำสั่งแล้ว

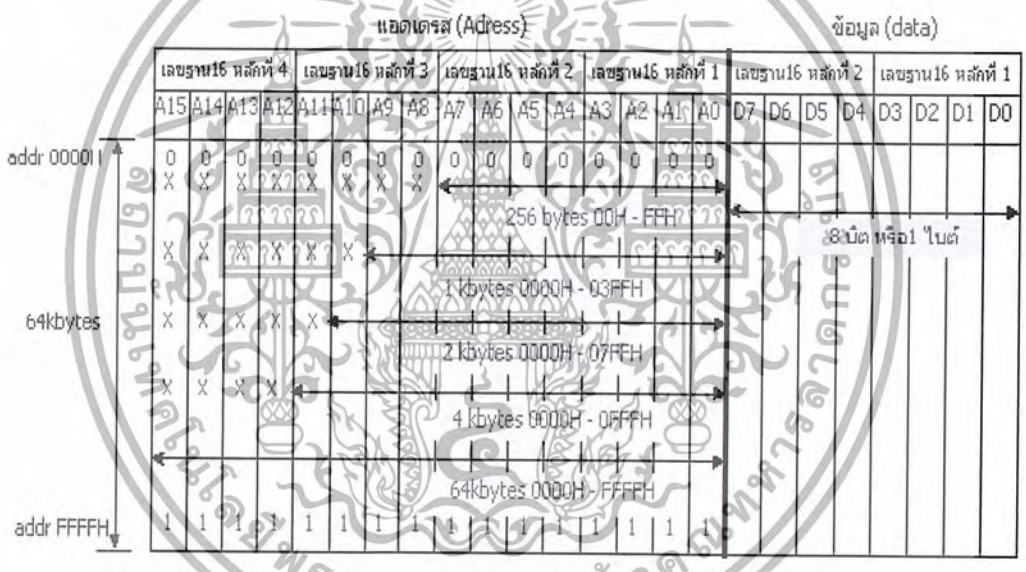
การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 นั้น จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) หรือ (Code Memory)
2. หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)
3. รีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ (Special Function Register)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)

เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ปฏิบัติตามคำสั่งนั้นๆ ยกตัวอย่าง เช่นในขณะที่เราเปิดเครื่องไมโครเวฟ จะมีการแสดงผลรายการหลักที่หน้าจอ LCD เพื่อคอยให้เราป้อนค่าเวลาที่ต้องการจะอุ่นอาหาร คำสั่งที่ขึ้นบนจอ LCD เพื่อให้เราป้อนข้อมูลนั้นจะเขียนคำสั่งอยู่ในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมนั้นเอง ถึงเราจะเปิดเครื่องไมโครเวฟกี่ครั้ง ก็จะมีการแสดงผลที่ LCD ให้เราป้อนค่าเวลาที่ต้องการเหมือนเดิม ภายในตัวไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C1051 AT89C2051 และ AT89C4051 จะมีหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมได้ 1 Kbytes, 2 Kbytes และ 4 Kbytes ตามลำดับ หน่วยความจำจะเป็นลักษณะแบบแฟลช ที่มีคุณสมบัติในการใช้งานโดยสามารถจะทำการลบข้อมูลด้วยไฟฟ้า และเก็บข้อมูลเข้าเก็บไว้ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้กว่า 1000 ครั้ง โดยใช้เครื่องโปรแกรมที่ไม่ยุ่งยากและราคาไม่แพง (สามารถรักษาข้อมูลไว้ได้นานหลายปี)



ภาพที่ 3.7 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม

ข้อสังเกต ในส่วนของแอดเดรส (ADDRESS) ไม่สามารถที่จะใช้ตำแหน่งเดียวกันได้ แต่ข้อมูล (DATA) สามารถที่จะมีข้อมูลเหมือนกันได้ จากตารางอุปมาเหมือนกับมีกระดาษจำนวนเท่ากับ 2n บรรทัดมาให้ ดังนั้นหากต้องการเขียนข้อมูลใดๆลงในแต่ละบรรทัด จะต้องมีตำแหน่งของบรรทัดที่ไม่ซ้ำกัน และการที่จะเลือกจำนวนของบรรทัดนั้น จะขึ้นอยู่กับปริมาณของข้อมูลที่ต้องการจะเขียน ยกตัวอย่างเช่นหากต้องการขนาดของข้อมูลในการเขียนโปรแกรมเพียง 2000 บรรทัด เราอาจจะเลือกใช้หน่วยความจำขนาด 2Kbytes โดยมีแอดเดรสตั้งแต่ 0000H - 07FFH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.2 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)

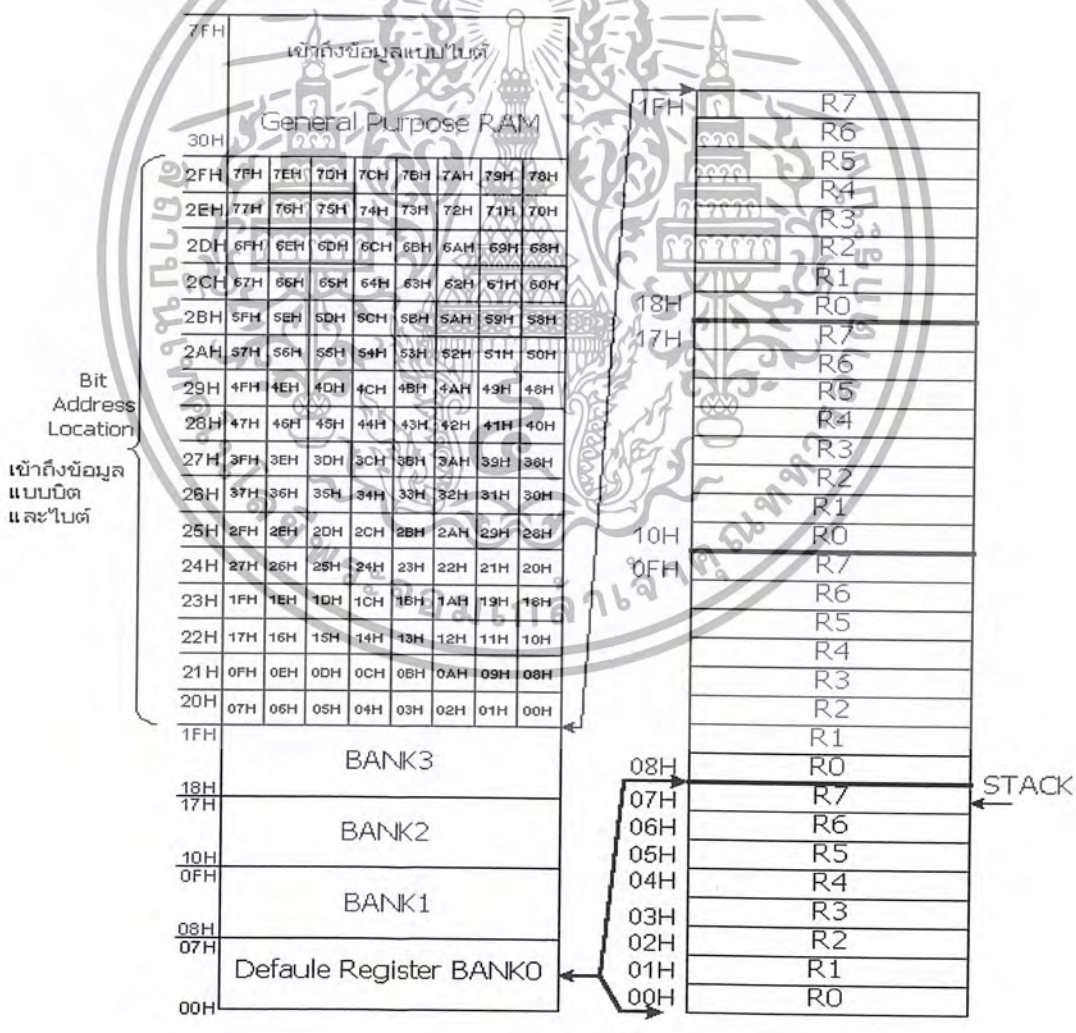
หน่วยความจำข้อมูล (RAM) จะทำหน้าที่เก็บรักษาข้อมูล โดยข้อมูลอาจจะเป็นค่าหลังจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการการประมวลผล หรือเก็บค่าข้อมูลที่จะให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลในขณะนั้น และจะทำหน้าที่เป็น สแตก (Stack) บางส่วน (ส่วนของสแตกจะอธิบายในลำดับต่อไป) ยกตัวอย่าง เช่น ถ้าเป็นเครื่องไมโครเวฟที่ใช้สำหรับอุ่นอาหาร ก็คือส่วนที่เราป้อนข้อมูลเช่นเวลา หรืออุณหภูมิที่เป็นปัจจุบัน หลังจากหน่วยความจำโปรแกรมแสดงรายการหลักที่ LCD นั้นเอง สังเกตว่าหากเราปิดเครื่อง แล้วเปิดเครื่องใหม่อีกครั้งหนึ่ง ค่าข้อมูลที่เป็นเวลา และอุณหภูมิเดิมที่เรากำหนดไว้ในครั้งแรกก็จะหายไป และจะให้เราป้อนค่าข้อมูลใหม่อีกครั้ง ดังนั้นการที่จะเรารักษาข้อมูลเดิมให้คงไว้ได้นั้น จะต้องมีแหล่งจ่ายไฟสำรองไว้สำหรับป้อนให้กับตัวไอซีตลอดเวลา หรือที่เรียกว่า “Battery backup” สำหรับไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C1051 จะมีหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลได้ 64 bytes ส่วนAT89C2051 และ AT89C4051 จะมีหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลได้ 128 bytes

ภาพที่ 3.8 ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal data memory)

หน่วยความจำข้อมูลภายในนั้น ยังสามารถแบ่งส่วนของการใช้งานได้อีกเป็นสองส่วน คือ หน่วยความจำข้อมูลภายใน 128 ไบต์จะเป็นหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป อยู่ที่ตำแหน่งแอดเดรส 00H-7FH และหน่วยความจำในตำแหน่งแอดเดรสที่ 80H-FFH ซึ่งจะเป็นส่วนของรีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register) ในส่วนของหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป จะแสดงได้ดังภาพที่ 3.8 โดยพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่ตำแหน่งแอดเดรส 00H-7FH ก็ยังสามารถที่จะแบ่งออกเป็นส่วนย่อยได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. พื้นที่ในหน่วยความจำข้อมูล (แรม) ตำแหน่งที่ 00H-1FH จำนวน 32 ไบต์ จะถูกแบ่งออก เป็น 4 กลุ่ม เรียกว่า แบงค์ (Bank) และในแต่ละแบงค์ จะมี 8 ไบต์ พื้นที่ในแต่ละแบงค์จะถูกใช้งานเป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป (รีจิสเตอร์ R0-R7 เป็นรีจิสเตอร์ที่มีขนาด 8 บิตหรือ 1 ไบต์) โดยที่รีจิสเตอร์ R0 จะอยู่ในตำแหน่งแรกของแต่ละแบงค์ และ รีจิสเตอร์ R7 จะอยู่ในตำแหน่งสุดท้ายของแต่ละแบงค์ ในการนำไปใช้งาน จะเลือกใช้รีจิสเตอร์ R0-R7 ได้เพียงแบงค์เดียว และเลือกใช้พื้นที่ของรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบงค์ใดๆ ก็ได้ โดยการกำหนดค่าข้อมูลที่รีจิสเตอร์ PSW ในส่วนของรีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register) หากไม่ได้กำหนดค่าใดๆ เลย เมื่อทำการรีเซตให้กับไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ จะถูกกำหนดให้เริ่มต้นใช้งานที่รีจิสเตอร์ R0-R7 ในหน่วยความจำตำแหน่งแบงค์ 0 ให้เอง ดังนั้นในการทดลองเริ่มต้นในส่วนแรกๆ เราจะยังไม่กำหนดค่าใดๆ ในการเลือกใช้งานรีจิสเตอร์แบงค์อื่นๆ (จะใช้เพียงรีจิสเตอร์ R0-R7ในหน่วยความจำตำแหน่งแบงค์ 0 ที่ถูกกำหนดมาให้เท่านั้นก่อน)



ภาพที่ 3.9 แสดงรูปพื้นที่หน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พื้นที่ในหน่วยความจำข้อมูลภายใน (แรม) ตำแหน่งแอดเดรสที่ 20H-2FH จำนวน 16 ไบต์ เป็นส่วนที่สามารถใช้งานในลักษณะการเข้าข้อมูลแบบไบต์หรือแบบบิตได้ และสามารถอ้างตำแหน่งแบบบิตได้โดยตรง เพียงแต่ระบุตำแหน่งหรือชื่อของบิตนั้นๆ ได้ ซึ่งจะมีด้วยกันอยู่จำนวนทั้งหมด 128 บิตแต่ละบิตจะมีหมายเลขตำแหน่งของบิตคือ 00H-7FH โดยตำแหน่งบิตที่ 00H ก็คือข้อมูลของบิตต่ำสุดในตำแหน่งแอดเดรสที่ 20H หรือเราอาจเรียกว่า(20H.1) และตำแหน่งของบิตที่ 7FH คือข้อมูลบิตสูงสุดในตำแหน่งแอดเดรสที่ 2FH หรือเราอาจเรียกว่า (20H.7) การอ้างตำแหน่งแบบบิตจะทำให้โปรแกรมทำงานได้รวดเร็วขึ้น

3. พื้นที่บริเวณหน่วยความจำข้อมูลในตำแหน่ง 30H-7FH จะเป็นพื้นที่ของหน่วยความจำใช้งานทั่วไป และการติดต่อกับข้อมูลในตำแหน่งต่างๆ ของหน่วยความจำส่วนนี้จะอ้างตำแหน่งข้อมูลได้ในลักษณะของแบบไบต์เท่านั้น และพื้นที่ส่วนนี้เราอาจจะใช้เป็นสแตกได้ (รายละเอียดของสแตกอยู่ในเรื่องหน่วยความจำแบบ SFR)

3.9.3 หน่วยความจำสำหรับเก็บค่ารีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register)

รีจิสเตอร์เฉพาะหรือ รีจิสเตอร์พิเศษ (Special Function Register) ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะจัดอยู่ในหน่วยความจำตำแหน่งแอดเดรสที่ 80H-FFH ซึ่งสามารถจะเรียกใช้ชื่อของรีจิสเตอร์ได้โดยตรง หรืออาจจะเรียกชื่อตามตำแหน่งของแอดเดรสก็ได้ รีจิสเตอร์เฉพาะจะประกอบด้วย

ACC (Accumulator) หรือ รีจิสเตอร์ A เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต และมีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง E0H สามารถที่จะเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้ ใช้งานเป็นตัวกระทำร่วมทางคณิตศาสตร์ เช่น การบวก ลบ คูณ หาร เป็นต้น และทำหน้าที่เป็นตัวเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ซึ่งรีจิสเตอร์นี้จะถูกใช้งานบ่อยมากในการเขียนโปรแกรม

รีจิสเตอร์ B เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตที่มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง F0H ใช้ในการกระทำในคำสั่งคูณหรือหารข้อมูลโดยใช้ร่วมกับรีจิสเตอร์ A จะทำหน้าที่เก็บค่าผลลัพธ์ที่เป็นเศษของการหารและเก็บผลลัพธ์ของค่าผลคูณไบต์บน และยังใช้เก็บข้อมูลทั่วไปได้ในกรณีไม่ได้ทำคำสั่งในการคูณหรือหาร

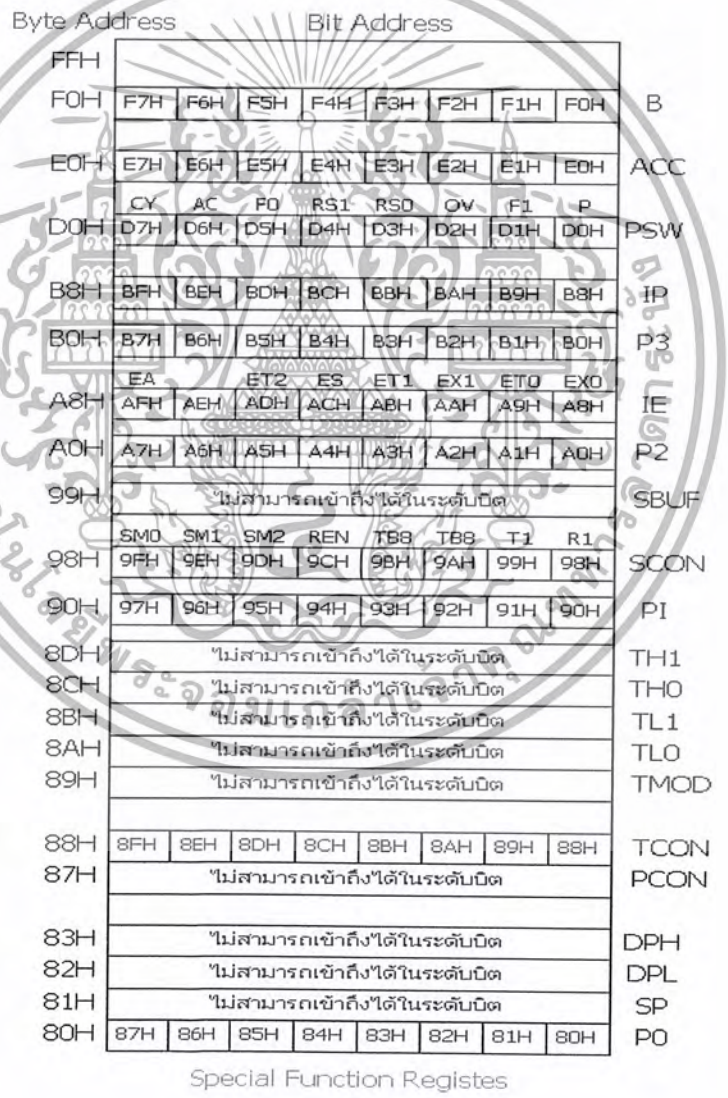
SW: (Program Status Word) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงานของโปรแกรม ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลง หลังจากมีการทำงานในคำสั่งต่างๆ และยังใช้เป็นตัวเลือกตำแหน่งแบงค์ของรีจิสเตอร์ (Register Bank) R0-R7 อีกด้วย ผลของบิตต่างๆ สามารถนำไปเป็นเงื่อนไขในการกระโดด (Jump) และค่าของบิตต่างๆ ใน PSW สามารถที่จะเซตหรือเคลียร์บิต ด้วยคำสั่งทางซอฟต์แวร์ได้แฟลกต่างๆ ของรีจิสเตอร์ PSW จะอยู่ในตำแหน่งของบิตต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ภาพที่ 3.10 แสดงการจัดหน่วยความจำรีจีสเตอร์เฉพาะ

Register	RS0	RS1	ตำแหน่งหน่วยความจำ
BANK 0	0	0	00H - 07H
BANK 1	0	1	07H – 0FH
BANK 2	1	0	10H – 17H
BANK 3	1	1	18H – 1FH

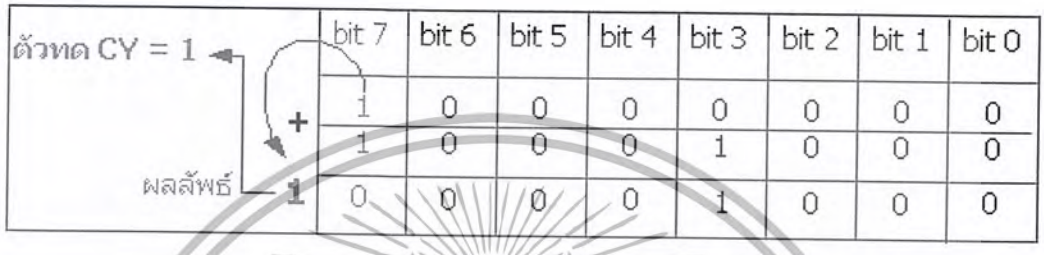


ภาพที่ 3.11 แสดงการจัดหน่วยความจำและตำแหน่งของรีจิสเตอร์เฉพาะ (Special Function Register)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

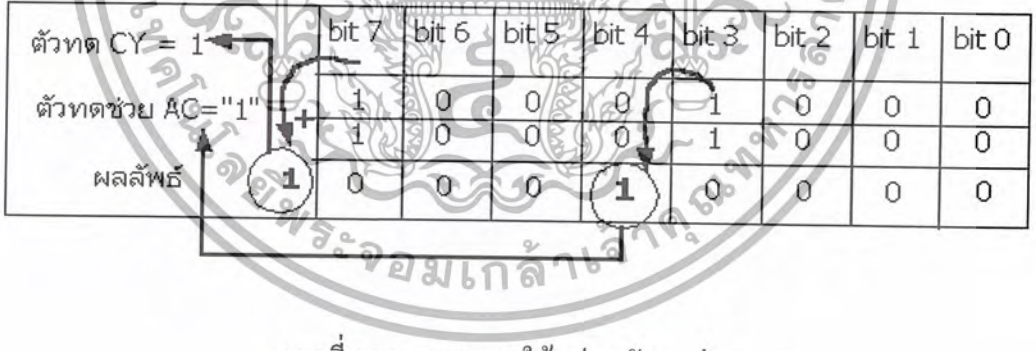
56043

CY: (Carry Flag) เป็นบิตที่ทำหน้าที่แสดงสถานะของตัวทด เช่นในกรณีของการบวก หากนำเลข 8 บิต 2 จำนวนมาบวกกัน แล้วปรากฏว่า ผลบวกที่ได้มีค่ามากเกิน 8 บิต ก็จะทำให้ สถานะของบิต CY ถูกเซตเป็น 1 แต่หากผลบวกไม่เกิน 8 บิตป้ายบอกสถานะที่บิต CY จะยังเป็น 0 และในทำนองเดียวกัน จะทำหน้าที่เป็นตัวยืมในกรณีของการลบโดยจะใช้เป็นตัวร่วมกับแอคคิวมูเลเตอร์ (Register A)ในการหมุนบิต และเราสามารถใช้ค่าของ CY เป็นเงื่อนไขในการเขียนโปรแกรมในการกระโดด (Jump) ได้



ภาพที่ 3.12 แสดงการใช้บิตตัวทด

AC: (Auxiliary Carry Flag) เป็นแฟลกตัวทดช่วยในกรณีที่มีการบวกเลขสองจำนวน แล้วมีการทดระหว่างบิตที่ 3 ไปบิตที่ 4 ทำให้มีการเซตค่าที่บิต AC เป็น "1" ดังตัวอย่าง



ภาพที่ 3.13 แสดงการใช้แฟลกตัวทดช่วย

F0 : (Flag 0) เป็นแฟลกที่ใช้งานทั่วไปซึ่งเราสามารถใช้เป็นแฟลกสภาวะ (Status flag) ของโปรแกรมโดยการเซต หรือรีเซตด้วยคำสั่ง ทางซอฟต์แวร์(กันไว้สำหรับผู้ใช้) RS1-RS0 : (Register Bank Select)เป็นตัวกำหนดการเลือกพื้นที่ใช้งานของกลุ่มรีจิสเตอร์ R0 - R7 (ภาพที่3.13) ในแบงค์ต่างๆโดยการกำหนดสถานะที่บิต RS0 และ RS1 ตามตารางRegister RS0 RS1 ตำแหน่งหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OV : (Overflow Flag) เป็นบิตที่แสดงสถานะโอเวอร์โฟล์ว ซึ่งจะถูกเซตหรือเคลียร์จากการทำงานของคำสั่งทางคณิตศาสตร์ แล้วเกิดการทดข้ามจากบิตที่ 6 มายังบิตที่ 7 เช่นในการนำเลขสองจำนวนมารวมกัน แล้วได้ผลลัพธ์มากกว่า +127 (ฐานสิบ) หรือต่ำกว่า -128 (ฐานสิบ) ในบิตที่ 7 (ซ้ายมือสุด) จะแสดงเป็นบิตสถานะของค่าบวก หรือลบโดยถ้าสถานะเป็น 1 จะเป็นค่าบวก ถ้าสถานะเป็น 0 จะมีค่าเป็นค่าลบ ดังนั้นเมื่อมีการเกิดโอเวอร์โฟล์วขึ้นจะทำให้ตัวแฟลก OV ถูกเซตเป็น "1"

P : (Parity Flag) เป็นบิตแสดงสถานะที่ใช้ตรวจสอบจำนวนบิตที่เป็น "1" ในข้อมูลของแอคคิวมูเลเตอร์ (Register A) โดยบิต P จะถูกเซตเป็น "1" เมื่อสถานะทั้ง 8 บิตมีเลข 1 เป็นจำนวนคี่ (odd) และบิต P จะถูกเซตเป็น "0" เมื่อสถานะของทั้ง 8 บิตในแอคคิวมูเลเตอร์ (Register A) มีจำนวนเลข 1 เป็นจำนวนคู่ (even) หรือ นับจำนวนเลข 1 ของข้อมูลในรีจิสเตอร์ A ทั้ง 8 บิตนั้นเอง

ตัวชี้สแตก SP (Stack Pointer) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 81H ใช้ในการเก็บค่าของตัวชี้บอก ตำแหน่งแอดเดรส เมื่อรีเซตระบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ ค่าของตัวชี้ สแตกจะถูกกำหนดให้เริ่มต้นชี้ที่ตำแหน่งแอดเดรส 07H (ข้อมูลที่รีจิสเตอร์SP จะมีค่าเท่ากับ 07H) ซึ่งจะเป็นตำแหน่งแอดเดรสของรีจิสเตอร์ R7 ในแบงค์ 0 สแตก (Stack) คือการจองพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลบริเวณหนึ่งขึ้นมาเป็นตำแหน่งที่ใช้ในการเก็บข้อมูล โดยกำหนดให้รีจิสเตอร์ SP (Stack Pointer) เป็นตัวบ่งชี้บอกตำแหน่งแอดเดรสว่าข้อมูลนั้นๆ ได้เก็บไว้ที่ตำแหน่งใดของหน่วยความจำข้อมูล และหลังจากที่นำข้อมูลไปเก็บไว้ในหน่วยความจำพื้นที่ๆ จองไว้แล้ว ค่าข้อมูลในตัวชี้สแตก (รีจิสเตอร์ SP) ก็จะชี้ค่าไปยังตำแหน่งแอดเดรสใหม่ต่อไป (ขึ้นอยู่กับจำนวนของไบต์ข้อมูลที่จะนำไปเก็บ) ดังนั้นถ้าหากจะนำข้อมูลค่าต่อไปจัดเก็บอีก ก็จะเป็นตำแหน่งแอดเดรสที่อยู่ถัดไป สแตกจะถูกใช้งานในขณะที่มีการเรียกใช้โปรแกรมย่อยโดยคำสั่ง CALL หลังจากนั้นก็จะนำแอดเดรสที่ตำแหน่งถัดจากคำสั่ง CALL (โปรแกรมเคาน์เตอร์) ไปเก็บไว้ที่หน่วยความจำในพื้นที่ๆ จองไว้ และหลังจากที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทำงานตามคำสั่งในโปรแกรมย่อยจนเสร็จสิ้นแล้ว โปรแกรมย่อยก็จะปิดท้ายด้วยคำสั่ง RET ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะกลับไปที่ตำแหน่งเดิมได้ก็จะต้องไปดูข้อมูลที่ตัวชี้สแตก (Stack Pointer) ว่ากำลังชี้อยู่ที่ตำแหน่งแอดเดรสใด ซึ่งค่าข้อมูลของสแตกในตำแหน่งนั้นนั้น ก็คือแอดเดรสที่โปรแกรมจะต้องกลับไปทำงานต่อ ดังนั้นการเรียกโปรแกรมย่อยซ้อนกันหลายๆ ครั้งนั้นค่าในสแตกก็จะซ้อนทับกันและการที่จะกลับค่าไปที่ตำแหน่งแอดเดรสเดิมได้ ก็ต้องออกจากสแตกที่ละชั้นไป เราจึงเรียกวิธีการนี้ว่า FILO (First In Last Out) หรือเข้าก่อนออกที่หลัง ในส่วนของสแตกยังสามารถเก็บข้อมูลของรีจิสเตอร์ต่างๆ ได้ด้วย เช่นกรณีไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระโดดไปทำที่โปรแกรมย่อยและในส่วนของโปรแกรมย่อยก็มีคำสั่งโดยเรียกใช้รีจิสเตอร์ที่เราใช้ในโปรแกรมหลักด้วย เช่น รีจิสเตอร์ PSW รีจิสเตอร์ A หรือ รีจิสเตอร์ R0 ฯลฯ ซึ่งถ้าหากเราไม่เก็บค่าข้อมูลเดิมของรีจิสเตอร์ไว้ก่อน ค่าข้อมูลในรีจิสเตอร์ดังกล่าวอาจจะเปลี่ยนแปลงข้อมูลไป ดังนั้นจึงต้องนำข้อมูลเดิมไปเก็บไว้ที่สแตกก่อนด้วยคำสั่ง PUSH หลังจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นเมื่อออกจากโปรแกรมย่อยจึงจะทำการคืนค่าของรีจิสเตอร์ในสแตกกลับมาให้เป็นข้อมูลเดิมโดยคำสั่ง POP ทุกครั้งที่เริ่มรีเซตระบบ ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะเริ่มทำงานที่ตำแหน่งแอดเดรส 0000H ของหน่วยความจำโปรแกรมแฟลช (Flash memory) และจะเริ่มปฏิบัติตามคำสั่งที่ถูกเขียนเป็นข้อมูลขนาด 8 บิต(1ไบต์)ในแต่ละแอดเดรสของหน่วยความจำ โปรแกรม ซึ่งบางคำสั่งอาจจะใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลเพียง 1 แอดเดรส และบางคำสั่งอาจจะต้องใช้เนื้อที่ 2 -3 แอดเดรส จำนวนของแอดเดรสที่จะเก็บข้อมูลในแต่ละคำสั่ง ดังนั้นในไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 1Kbytes ก็อุปมาเหมือนกับมีกระดาษไว้เขียนคำสั่ง 1,024 บรรทัด หากมีการเขียนคำสั่งที่ยาวกว่า 1024 บรรทัดและแต่ละบรรทัดให้มีขนาด 8 บิต (1ไบต์) ก็จะต้องเลือกใช้ไอซีที่มีหน่วยความจำโปรแกรมให้มากกว่านี้

PTR: (Data Pointer) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตที่ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 2 ตัว คือรีจิสเตอร์ DPL และ DPH ซึ่งเราสามารถเลือกการใช้งานในลักษณะ 8 บิต 2 ตัวหรือ 16 บิต 1 ตัวก็ได้ จะมีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 82H, 83H ตามลำดับ ใช้เป็นตัวชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำหรือตำแหน่งของอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการติดต่อด้วย และใช้สำหรับเป็นตัวกำหนดตำแหน่งเริ่มต้น (Base) ของตารางในการทำงานเกี่ยวกับ Look up table

รีจิสเตอร์พอร์ต P0-P3 พอร์ต P1และพอร์ต P3 เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ซึ่งพอร์ต P0 มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 80H พอร์ต P1 มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 90H พอร์ต P2 มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง A0H และพอร์ต P3 มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง B0H ข้อมูลที่อยู่ในรีจิสเตอร์ เหล่านี้จะเป็นค่าเดียวกับค่าของสัญญาณที่ขาต่างๆ ของพอร์ต เป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลแบบบิตได้ เป็นพอร์ตแบบสองทิศทางคือเป็นได้ทั้งพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุต สามารถคงสภาวะ(Latch) ขณะเป็นเอาต์พุต สำหรับเบอร์ AT89CX051 พอร์ต P3 จะมีขาภายนอกเพียง 7 ขา ส่วนขาที่ P3.6 จะเป็นขาที่อยู่ภายใน ไอซีเป็นขาเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบระหว่างขา P1.0 และ P1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการออกแบบ

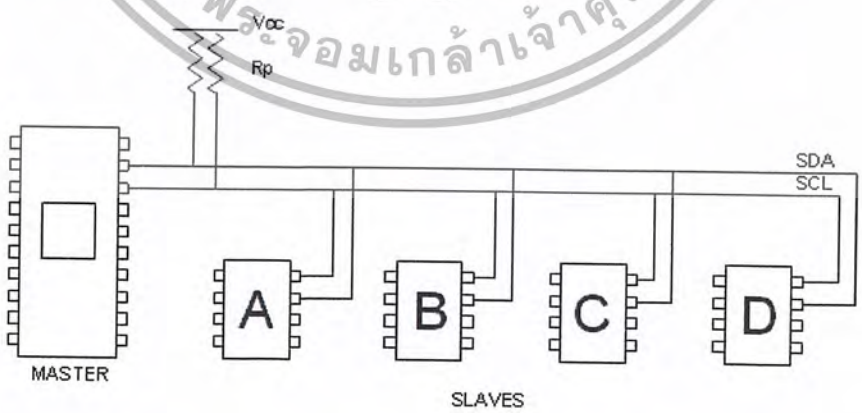
4.1 บทนำ

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีการออกแบบส่วนประกอบต่างๆ แต่ละอย่างที่ใช้ในการประกอบขึ้นมาเป็นเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติ ซึ่งคุณสมบัติของแต่ละส่วนของวงจรก็จะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปแล้วแต่เราจะเลือกมาใช้งาน

4.2 ระบบบัสแบบ I^2C

ระบบบัส I^2C ย่อมาจาก Inter-IC Communication ซึ่งพัฒนาโดยห้องวิจัยของ Philips ในประเทศ Netherlands เมื่อปี ค.ศ. 1980 สำหรับเชื่อมต่อชิพต่างๆ กับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์แบบอนุกรมโดยจะใช้สายสัญญาณเพียงสองเส้น โดยจะให้เส้นหนึ่งเป็นสายข้อมูลและให้อีกเส้นหนึ่งเป็นสายสัญญาณนาฬิกาสำหรับกำหนดจังหวะการสื่อสารข้อมูล ปัจจุบันได้มีชิพสนับสนุนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์หลายตัวที่ใช้การเชื่อมต่อระบบบัสแบบนี้

สายส่งข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมนี้มีชื่อว่า Serial Data Line (SDA) ส่วนสาย สัญญาณนาฬิกาควบคุมมีชื่อว่า Serial Clock Line (SCL) ซึ่งโดยสายทั้งสองนี้จะรับส่งข้อมูลได้สองทิศทาง เนื่องจากที่วงจรทางเอาต์พุตของอุปกรณ์ที่ใช้บัสแบบนี้ จะเป็นแบบวงจรเดรนเปิด (open-drain) หรือคอลเล็กเตอร์เปิด (open-collector) ดังนั้นการต่อบัสแบบนี้จะต้องมีตัวต้านทานต่อพูลอัพกับแรงดันไฟ +5 โวลต์



ภาพที่ 4.1 การเชื่อมต่อด้วยระบบบัสแบบ I^2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบบัสแบบนี้สามารถรับส่งข้อมูลได้สองทิศทางด้วยความเร็วสูงสุดถึง 100 กิโลบิตต่อวินาที และสามารถใช้กับไอซีที่ใช้แรงดันไฟฟ้าต่างกันได้ ระบบบัสแบบนี้สามารถจะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ได้หลายตัว โดยที่อุปกรณ์แต่ละตัวที่ต่ออยู่กับระบบบัสแบบนี้จะสามารถส่งข้อมูลถึงกันได้โดยที่ใช้รูปแบบการรับส่งข้อมูลหรือโปรโตคอล (Protocol) ที่อุปกรณ์ทุกตัวรู้จัก ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดจะมีค่าแอดเดรสประจำตัวมัน ซึ่งถ้าหากเราต้องการให้อุปกรณ์ตัวใดรับข้อมูล ตัวส่งจะส่งแอดเดรสของอุปกรณ์ตัวนั้นออกไปก่อน ถ้าหากอุปกรณ์ตัวใดมีแอดเดรสตรงกันก็จะรับข้อมูลนั้นไป สำหรับอุปกรณ์ที่ต้องการส่งข้อมูลอุปกรณ์ตัวนั้นจะเรียกว่า "มาสเตอร์ (master)" โดยจะเป็นตัวสร้างจังหวะสัญญาณต่าง ๆ บนระบบบัส ส่วนอุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรือเป็นตัวรับข้อมูลจะเรียกว่า "สเลฟ (slave)"

ถ้าหากเราทำการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับอุปกรณ์ที่ใช้บัสแบบ I^2C หลายๆ ตัว ถ้าไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการส่งข้อมูล ตัวมันจะทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ และจะส่งสัญญาณไปบนบัส โดยจะส่งค่าแอดเดรสออกไปก่อน ถ้าค่าแอดเดรสนี้ตรงกับแอดเดรสของชิพตัวใด ชิพตัวนั้นก็จะส่งสัญญาณตอบรับ (ACK) ออกมา และชิพตัวนั้นก็จะถูกไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม แต่ถ้าค่าแอดเดรสไม่ตรงกับชิพตัวใดก็จะไม่เกิดอะไรขึ้น

การส่งข้อมูลต่างๆ จะต้องเกิดขึ้นเมื่อระบบบัสว่างเท่านั้น โดยทั่วไปแล้วสภาวะที่มีบนระบบบัสแบบนี้จะมี 5 สภาวะ คือ

1. บัสว่าง (bus not busy) สภาวะนี้ค่าลอจิกบนสาย SDA และ SCL จะเป็นลอจิกสูงทั้งคู่

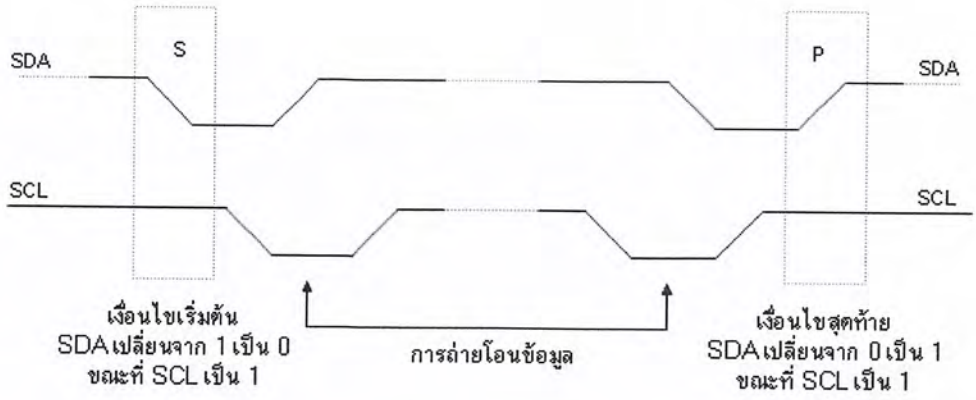
2. เริ่มส่งข้อมูล (start data transfer) ในสภาวะนี้สาย SCL จะเป็นลอจิกสูง แต่สาย SDA จะเปลี่ยนจากลอจิกสูงไปเป็นลอจิกต่ำ เรียกว่า สภาวะเริ่มต้น (start)

3. สภาวะหยุด (stop) สภาวะนี้สาย SCL จะเป็นลอจิกสูง แต่สาย SDA จะเปลี่ยนเป็นลอจิกต่ำไปเป็นลอจิกสูง

4. สภาวะมีข้อมูล (data valid) สภาวะนี้จะอยู่ระหว่างสภาวะเริ่มต้นและสภาวะหยุด โดยการรับส่งข้อมูลต่างๆ จะเกิดในสภาวะนี้ การรับส่งข้อมูลแต่ละบิตจะใช้สัญญาณนาฬิกาหนึ่งลูก โดยข้อมูลบน SDA จะต้องคงที่ ขณะที่ SCL เป็นลอจิกสูง และบิตข้อมูลใน SDA จะเปลี่ยนแปลงได้ขณะที่ SCL เป็นลอจิกต่ำ ถ้าหากบิตบน SDA มีการเปลี่ยนแปลงขณะที่ SCL เป็นลอจิกสูง ระบบจะตีความว่าเป็นสภาวะเริ่มต้นส่งข้อมูล หรือสภาวะหยุดแทน

5. สภาวะตอบรับ (acknowledge) เมื่ออุปกรณ์มาสเตอร์ส่งข้อมูลออกมาครบหนึ่งไบต์แล้ว ในช่วงสัญญาณ SCL ลูปที่ 9 มาสเตอร์จะส่งข้อมูลลอจิกสูงออกมา และถ้าตัวรับได้รับข้อมูลครบแล้วมันจะส่งสัญญาณตอบรับ ACK โดยทำให้ระดับลอจิกสูงบนสัญญาณ SDA ให้กลับเป็นระดับลอจิกต่ำแต่ถ้าตัวรับได้รับข้อมูลไม่ถูกต้องตัวรับจะบังคับให้ตัวส่งหยุดในสภาวะรอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

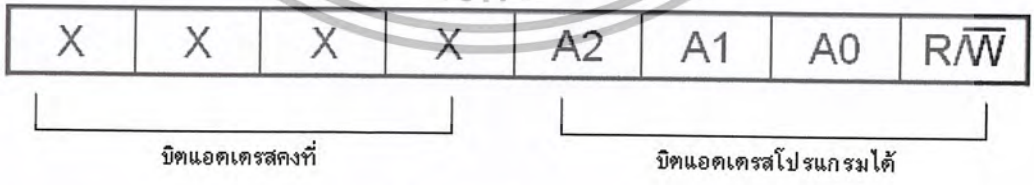


ภาพที่ 4.2 จังหวะเวลาบนบัส

ในการโอนถ่ายข้อมูลระหว่างสภาวะเริ่มและสภาวะหยุดสามารถโอนถ่ายข้อมูลได้ไม่จำกัด แต่เมื่อสเลฟได้รับข้อมูลแต่ละไบต์แล้ว มันจะส่งสัญญาณกลับมาทุกครั้ง

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ระบบบัสแบบ I^2C นั้นเราสามารถใช้อุปกรณ์หลายๆ ตัวมาต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ แต่จะใช้สายสัญญาณทั้งหมดเพียงสองเส้นเท่านั้น ดังนั้นในการติดต่อกับอุปกรณ์แต่ละตัวจะต้องระบุด้วยว่าจะต้องการติดต่อกับอุปกรณ์ตัวใด ขั้นตอนการเขียนข้อมูลที่ใช้กับระบบบัสแบบ I^2C มีสามขั้นตอนดังนี้

1. เขียนข้อมูลอ้างแอดเดรส (addressing) ข้อมูลไบต์แรกที่มาสเตอร์จะส่งออกไปคือข้อมูลที่ใช้อ้างแอดเดรสอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อ โดยทั่วไปแล้วข้อมูลที่กำหนดแอดเดรสจะมีจำนวน 7 บิต ดังภาพ



ภาพที่ 4.3 ไบต์แอดเดรส

จากภาพ จะเห็นว่าบิตต่ำสุดจะเป็นตัวระบุว่าอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อนั้นเราจะใช้อ่านหรือเขียนข้อมูลลงไป ถ้าบิตนี้เป็นลอจิก "0" หมายความว่าจะใช้เขียนข้อมูลลงไป ถ้าเป็นลอจิก "1" จะหมายความว่าจะใช้อ่านข้อมูล ส่วน 7 บิตบนจะเป็นบิตแอดเดรส ซึ่งแบ่งออกเป็นบิตแอดเดรสคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(fixed address bit) จำนวน 4 บิตบน ซึ่งจะถูกโปรแกรมมาจากโรงงานที่ผลิตชิพแต่ละประเภท ส่วนอีก 3 บิตต่อมาจะเป็นบิตแอดเดรสที่ผู้ใช้สามารถโปรแกรมได้ (programmable address bit)

2. การเขียนไบต์ควบคุม (control byte) ข้อมูลไบต์นี้จะต้องขึ้นกับอุปกรณ์แต่ละประเภท เพื่อกำหนดการทำงานต่าง ๆ ของตัวมัน อุปกรณ์บางประเภทอาจจะไม่ต้องมีการเขียนไบต์นี้ก็ได้

3. การเขียนไบต์ข้อมูล (data byte) เป็นข้อมูลที่จะโอนถ่ายในระบบ ระหว่างสภาวะเริ่มต้นและสภาวะหยุดจะมีการอ่านเขียนข้อมูลจำนวนกี่ไบต์ก็ได้

4.3 DS1307

มีหน้าที่สร้างฐานเวลาจริงให้แก่ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์โดยที่ไอซี DS1307 นั้นจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นค่าของเวลาที่ละเอียดถึงหลัก วินาที, นาที, ชั่วโมง, วันที่ (date), วันในสัปดาห์ (day), เดือนและปี โดยสามารถที่จะปรับวันเดือนปีให้ตรงตามปฏิทินได้อย่างถูกต้อง รวมถึงการกำหนดวันในปีอธิกสุรทินด้วย คุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญมีดังนี้

- เป็นไอซีรีลไทม์คล็อก ที่ให้ข้อมูลเวลาตั้งแต่วินาทีจนถึงปี รวมไปถึงการปรับตั้งค่าวันในปีอธิกสุรทินด้วย สามารถให้ข้อมูลเวลาได้อย่างเที่ยวตรงถึงปีคริสตศักราช 2100
- มีหน่วยความจำ 56 ไบต์อยู่ภายในสามารถใช้เก็บข้อมูลทั่วไปได้
- ใช้การเชื่อมแบบระบบบัส I^2C
- มีวงจรตรวจไฟเลี้ยงต่ำหรือหายไปได้อย่างอัตโนมัติและยังสามารถรักษาข้อมูลเวลาไว้ได้ถึงแม้ไม่มีไฟเลี้ยงไอซี

4.3.1 รายละเอียดขาต่อใช้งานของ DS1307

ในภาพที่ 4.4 แสดงการจัดขาของ DS1307 แต่ละขามีหน้าที่และการใช้งานดังนี้

Vcc, GND (ขา8, 4) ต่อกับไฟเลี้ยง+5V

V_{bat} (ขา3) ใช้ต่อกับแบตเตอรี่ 3V เพื่อรักษาการทำงานของวงจรสร้างฐานเวลาของDS1307 ชนิดของแบตเตอรี่ที่เหมาะสมคือแบตเตอรี่แบบลิเทียมซึ่งมีความจุ 40 mAr หรือมากกว่าจะสามารถรักษาข้อมูลได้นาน 10 ปีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

SDA, SCL (ขา5และ6) เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์บนระบบบัสI^2C

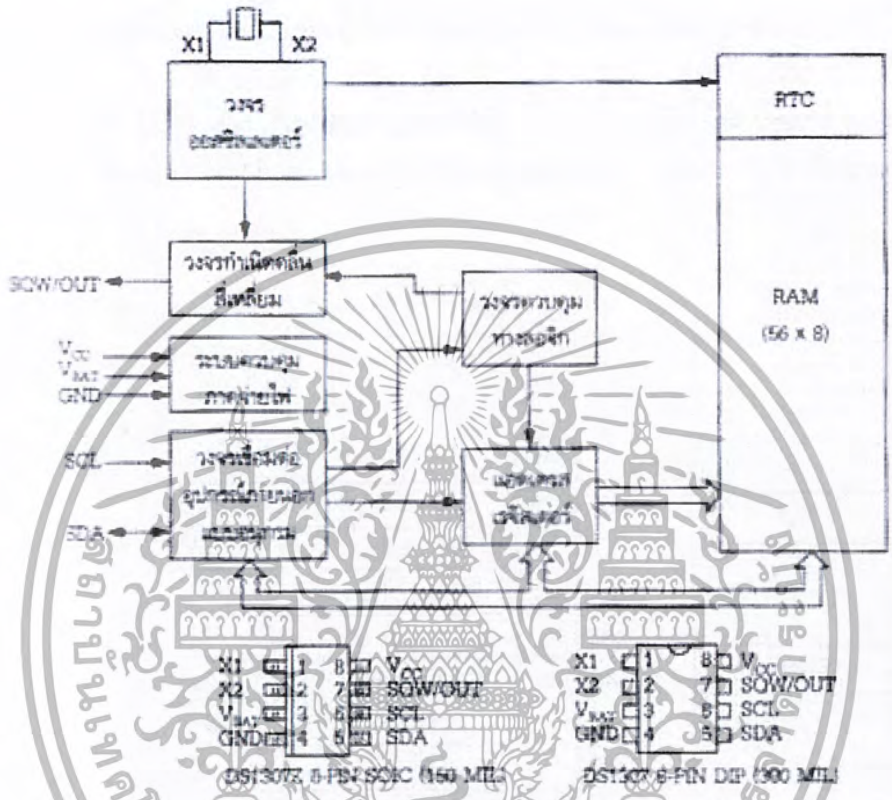
$\overline{SQW/OUT}$ (ขา7) ที่ขานี้จะมีสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมส่งออกมา โดยสามารถเลือกความถี่ได้ 1Hz, 4.096 kHz, 8.19 kHz, 32kHzในการใช้งานต้องต่อตัวต้านทาน 1k พูลอัพไว้ที่ขานี้ด้วย

X1, X2 (ขา1และ2) ใช้ต่อกับคริสตอลความถี่มาตรฐาน32.768kHz เพื่อใช้เป็นฐานเวลาในการสร้างค่าเวลาจริง ในการใช้งานต้องต่อคริสตอลเข้ากับขาทั้งสองนี้และที่แต่ละขาต้องต่อตัวเก็บประจุค่าต่ำๆประมาณ 15pF คร่อมกับขากราวด์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การทำงานของ DS1307

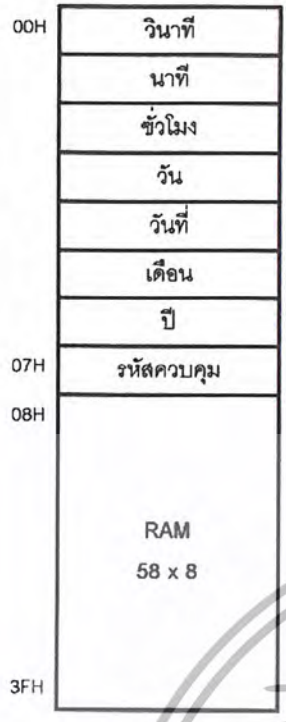
ไอซี DS1307 จัดการเชื่อมต่อในแบบบัส I^2C โดยจะทำงานเป็นอุปกรณ์สเลฟเสมอ ดังนั้นการติดต่อเพื่อใช้งานจึงต้องกำหนดรูปแบบตามที่ได้กำหนดไว้ในการติดต่อแบบ I^2C ในภาพที่ 4.4 แสดงส่วนประกอบหลักที่สำคัญและไดอะแกรมการทำงานของ DS1307



ภาพที่ 4.4 แสดงส่วนประกอบของ DS1307

วงจรออสซิลเลเตอร์ถือเป็นหัวใจหลักของไอซี เนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างข้อมูลเวลาจริงในขณะที่ DS1307 ทำงานที่ขา SQW/OUT จะมีสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมส่งออกมาตลอดเวลา ในกรณีที่มีการอีนาเบิลวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่รีจิสเตอร์ควบคุมค่าความถี่ของสัญญาณนี้และยังสามารถเลือกได้ 4 ค่าคือ 1Hz, 4.096kHz, 8.192kHz, 32kHz พร้อมกันนั้นก็จะมีการเก็บค่าของเวลาไว้ในหน่วยความจำ “นอนโวลาไทม์แรม” ซึ่งมีขนาดรวม 64 ไบต์แต่จัดสรรให้ใช้เก็บข้อมูลเวลา 8 ไบต์และเป็นหน่วยความจำเก็บข้อมูลทั่วไปสำหรับผู้ใช้งานอีก 56 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	บิต 7							บิต 0	
00H	CH	วินาที หลักสิบ			วินาที				00-59
01H	X	นาที หลักสิบ			นาที				00-59
02H	X	12.24	A/P	10 HR	ชั่วโมง				01-12 , 00-23
03H	X	X	X	X	X	วัน			1-7
04H	X	X	วันที่ หลักสิบ		วันที่				01-31
05H	X		เดือน หลักสิบ		เดือน				01-12
06H	ปี หลักสิบ				ปี				00-99
07H	OUT	X	X	SQWE	X	X	RS1	RS2	

ภาพที่ 4.5 แสดงการจัดสรรพื้นที่หน่วยความจำของ DS1307

วงจรควบคุมพลังงานไฟฟ้าจะมีหน้าที่คอยตรวจสอบสภาวะของไฟเลี้ยงไอซี หากไฟเลี้ยงต่ำกว่า 1.25 Vbat ก็จะควบคุมให้ DS1307 หยุดการทำงานรีเซตค่าตัวนับแอดเดรสภายในซึ่งทำให้ไม่สามารถติดต่อกับ DS1307 ได้ ดังนั้นในการใช้งาน DS1307 ต้องระมัดระวังอย่าให้ไฟเลี้ยงตกต่ำกว่า 1.25 Vbat หรือประมาณ 3.75V ในกรณีที่ใช้ V_{bat} เท่ากับ 3V ถ้าหากไฟเลี้ยงตกต่ำกว่า V_{bat} ไอซี DS1307 จะเข้าสู่โหมดสำรองข้อมูลภาวะกระแสต่ำทันที และจะไม่มีการส่งสัญญาณพัลส์ออกมาที่ขา SQW/OUT แต่วงจรจะสร้างฐานเวลาให้ยังคงทำงานเพื่อให้ค่าของเวลาเดินไปอย่างไม่ผิดพลาด และเมื่อมีไฟเลี้ยงปรากฏขึ้นอีกครั้ง DS1307 ก็สามารถที่จะให้ค่าของเวลาที่แท้จริงแก่ผู้ใช้งานได้ต่อไป

วงจรสื่อสารอนุกรมภายใน DS1307 ได้ทำการกำหนดให้ทำงานตามรูปแบบ I^2C เป็นช่องทางการสื่อสารระหว่าง DS1307 กับอุปกรณ์มาสเตอร์ ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงหน่วยความจำที่ใช้เก็บค่าเวลาและหน่วยความจำใช้งานทั่วไปได้โดยการเขียนข้อมูลตามรูปแบบที่กำหนดในระบบบัส I^2C การจัดสรรหน่วยความจำใน DS1307

ด้วยการจัดสรรพื้นที่แบบนี้ จะทำให้ผู้ใช้งานสามารถเขียนเรียกข้อมูลเวลาออกมาได้ตามที่ต้องการโดยไม่จำเป็นต้องอ่านออกมาทั้งหมดก็ได้ ค่าของเวลาทั้งหมดจะอยู่ในรูปของเลขฐานสิบ สำหรับการแสดงเวลาในรูปของชั่วโมง สามารถเลือกได้ว่าต้องการแบบ 12 ชั่วโมงหรือ 24 ชั่วโมง โดยการกำหนดที่บิต6ของแอดเดรส 02H และเมื่อเลือกแบบ 12 ชั่วโมงที่บิต 5 ในแอดเดรสเดียวกัน

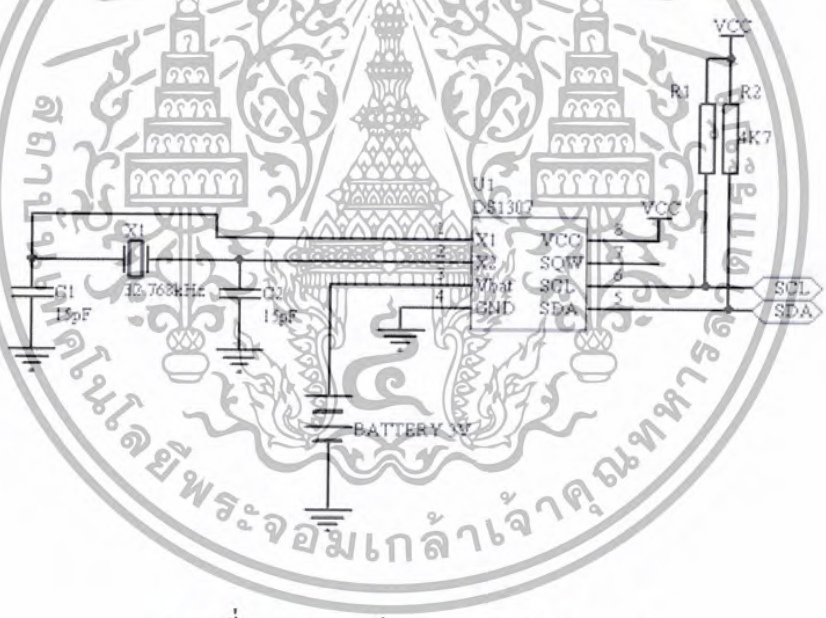
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใช้ในการแสดงค่า AM/PM โดยถ้าบิตนี้เป็น “1” จะหมายถึง ค่าชั่วโมงในขณะนี้เป็นช่วงเวลาหลังเที่ยงวันในกรณีเป็นแบบ24ชั่วโมงบิตนี้จะใช้การแสดงค่า2ของหลักสิบในหน่วยชั่วโมง

4.3.3 โหมดการทำงานของDS1307

มีด้วยกัน 2 โหมดคือโหมดเขียนข้อมูลและโหมดอ่านข้อมูล ในการใช้งาน DS1307 ปกติจะใช้งานเฉพาะโหมดอ่านข้อมูลเท่านั้น เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับ DS1307 เพื่ออ่านข้อมูลของเวลาไปใช้งาน โหมดการเขียนข้อมูลจะถูกใช้งานก็ต่อเมื่อต้องการตั้งค่าเวลาใหม่และต้องการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำใช้งานทั่วไป แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเริ่มต้นติดต่อกับ DS1307 จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าสู่โหมดการเขียนข้อมูลก่อน เพื่อทำการกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านข้อมูล จากนั้นจึงเปลี่ยนโหมดการทำงานเป็นโหมดการอ่านข้อมูล

4.3.4 การต่อวงจรใช้งาน DS1307



ภาพที่ 4.6 วงจรสร้างฐานเวลาจาก DS1307

4.4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์แสดงผลแบบ LCD

ปัจจุบันวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ได้หันมาใช้อุปกรณ์แสดงผลแบบ LCD แทนอุปกรณ์แสดงผลแบบเดิมที่ใช้ LED ด้วยเหตุผลต่างๆดังนี้

1. อุปกรณ์แสดงผล LCD มีราคาถูกลง

2. สามารถแสดงผลเป็นตัวเลข ตัวอักษรและกราฟริกได้ ในขณะที่การแสดงผลแบบ LED ไม่สามารถทำได้ทั้งหมด

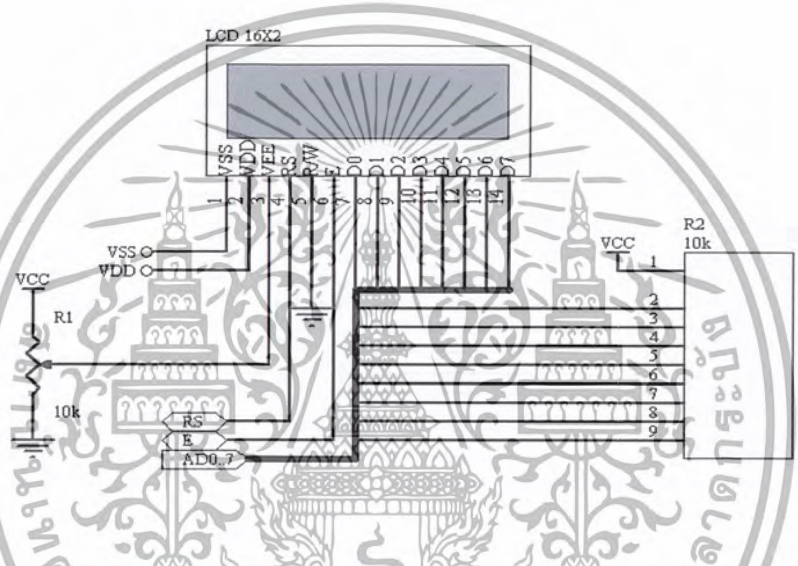
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. LCD มีส่วนควบคุมการแสดงผลอยู่ภายใน ทำให้ไมโครโปรเซสเซอร์ไม่ต้องเสียเวลาในสแกนการแสดงผลแต่ละหลัก

4. สามารถสร้างตัวอักขระและกราฟริกต่างๆได้

ปัจจุบันตัว LCD มอดูลแบบแสดงผลตัวอักขระมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น แบบ 16X2 จะแสดงผลได้สองบรรทัด แต่ละบรรทัดแสดงผล 16 ตัวอักษร แบบ 20X1 จะแสดงผล 20 ตัวอักษร บรรทัดเดียว แบบ 20X4 จะแสดงผลได้ 4 บรรทัด แต่ละบรรทัดแสดงผลได้ 20 ตัวอักษร เป็นต้น

ในการทดลองนี้เลือกใช้ LCD มอดูลแบบ 16X2 คือแสดงผลแบบ 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด และได้ทำการต่อใช้งานดังภาพ



ภาพที่ 4.7 แสดงการต่อชุดแสดงผล LCD

ขา Vcc และ Vss จะใช้ต่อกับไฟเลี้ยง +5V และกราวด์ ส่วน Vee จะใช้เป็นขาปรับแรงดันไฟเพื่อควบคุมความสว่างของการแสดงผล

ขา RS, Register Select เนื่องจากภายใน LCD มอดูลจะมีรีจีสเตอร์ที่สำคัญภายใน 2 ตัวคือ รีจีสเตอร์เก็บคำสั่ง และเก็บข้อมูล ขา RS นี้จะเป็นตัวเลือกว่าข้อมูลที่ส่งเข้าไปจะเป็นคำสั่งหรือข้อมูล โดยถ้า RS = 0 หมายความว่าข้อมูลที่เข้ามาเป็นคำสั่ง และถ้า RS = 1 หมายความว่าข้อมูลที่เข้ามาเป็นค่าข้อมูลที่จะแสดงผลบนจอ LCD

ขา R/W, Read / Write เป็นขาอินุพุต ถ้าขานี้เป็นลอจิก 1 จะเป็นการอ่านข้อมูลจาก LCD ถ้าขานี้เป็น 0 จะเป็นการเขียนข้อมูลลงใน LCD

ขา E,Enable เป็นขาอีนาเบิลให้ LCD ทำงานโดยป้อนสัญญาณพัลส์เข้าไปหนึ่งลูก โดยพัลส์นี้จะต้องมีความกว้าง 450 นาโนวินาทีเป็นอย่างน้อย

ขา D0 – D7 เป็นขาที่รับส่งข้อมูลระหว่าง LCD มอดูลกับอุปกรณ์ภายนอก

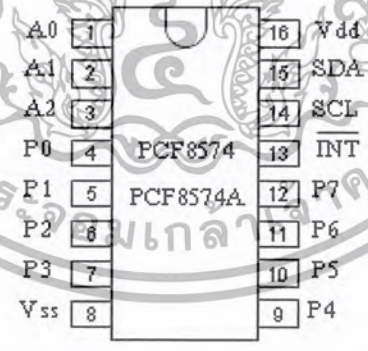
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 พอร์ตขนานแบบ 8 บิต PCF8574

ตามที่ทราบมาแล้วว่าไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ จะติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกโดยการใช้พอร์ตอินพุตเอาท์พุต โดยพอร์ตอินพุตนั้นจะต้องเลือกอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ ส่วนเอาท์พุตจะต้องเลือกอุปกรณ์ที่สามารถแลชข้อมูลได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วนั้นจะทำการเลือกใช้ฟลิปฟลอป นอกจากนี้ยังมีไอซีสำเร็จรูปที่นิยมนำมาใช้เป็นพอร์ต โดยสามารถโปรแกรมให้เป็นอินพุตเอาท์พุตได้เช่นเบอร์ 8522 แต่การเชื่อมต่อไอซีที่ทำหน้าที่เป็นพอร์ต หรือไอซี 8255 ส่วนใหญ่แล้วจะต้องใช้สายสัญญาณบัสข้อมูลที่มีจำนวนเท่ากับบิตของพอร์ต ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาไอซีที่สามารถทำหน้าที่เป็นอินพุตเอาต์พุต โดยการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบอนุกรม เช่นไอซีเบอร์ PCF 8574

4.5.1 การใช้งานไอซี PCF8574

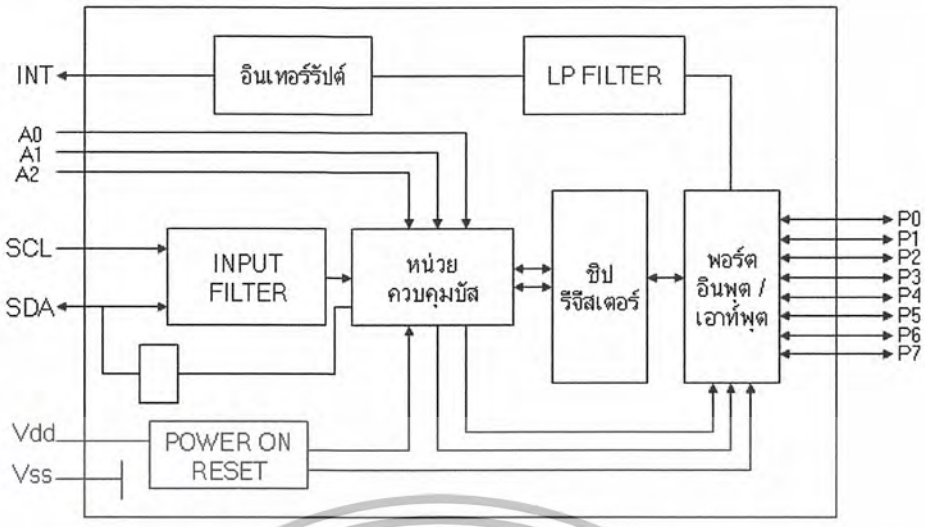
ไอซี PCF8574 เป็นไอซีที่ใช้เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตขนาด 8 บิต ที่กินพลังงานต่ำมาก โดยจะเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบอนุกรมโดยใช้สัญญาณสองเส้น โดยให้เส้นหนึ่งเป็นสัญญาณเชื่อมต่อข้อมูลแบบสองทิศทางอีกเส้นหนึ่งเป็นสัญญาณนาฬิกา ทางเอาต์พุตสามารถแลชข้อมูลได้และสามารถขับกระแสที่สูงสำหรับหลอด LED ได้ นอกจากนี้ยังมีสัญญาณอินเตอร์รัปที่สามารถต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อีกด้วย ขาที่สำคัญของไอซีเบอร์นี้แสดงได้ดังภาพที่ 4.8 สำหรับรายละเอียดการใช้งานต่างๆ ให้ศึกษาจากคู่มือของไอซี



ภาพที่ 4.8 ลักษณะการจัดขาของ PCF8574

สำหรับไดอะแกรมโครงสร้างภายในของ PCF8574 ดังภาพ โดยขา SCL จะเป็นต่อกำหนดจังหวะของข้อมูลที่เข้าหรือออกทางขา SDA ส่วนในการติดต่อกับอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตแบบขนานนั้นจะมีตัวชีพรีจิสเตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลระหว่างข้อมูลแบบขนานกับแบบอนุกรม สำหรับขาอินเตอร์รัพจะเป็นสัญญาณเอาต์พุตออกจากไอซีเพื่อต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ในการใช้งานอย่างง่ายจะไม่ใช้ขานี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 โครงสร้างภายในของ PCF8574

โดยในการรับส่งข้อมูลนั้น จะใช้ขา P1.6 เป็นขารับส่งข้อมูลและเขียนโปรแกรมสร้างสัญญาณนาฬิกาออกมาทางขา P1.5 โดยการติดต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ PCF8574 เงื่อนไขเริ่มต้นและเงื่อนไขสุดท้ายจะต้องเป็นไปตามรูปแบบการติดต่อแบบ I^2C ดังนั้นการเขียนโปรแกรมติดต่อกับ PCF 8574 จะต้องสร้างสัญญาณนาฬิกาตามรูปแบบการติดต่อแบบ I^2C

การอ่านข้อมูลให้กับ PCF8574 เราต้องเขียนโปรแกรมติดต่อทางขา P1.5 และ P1.6 โดยการอ่านเขียนข้อมูล 1 ไบต์หรือ 8 บิตไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องส่งสัญญาณนาฬิกาออกไป 8 ลูก เมื่อรับหรือส่งข้อมูลครบแล้วและ PCF8574 ทำงานได้ถูกต้องมันจะส่งสัญญาณต่อรับออกมาเป็นลอจิก “0” โดยการอ่านสัญญาณตอบรับนี้จะต้องส่งสัญญาณนาฬิกาเข้าไปอีก 1 ลูก

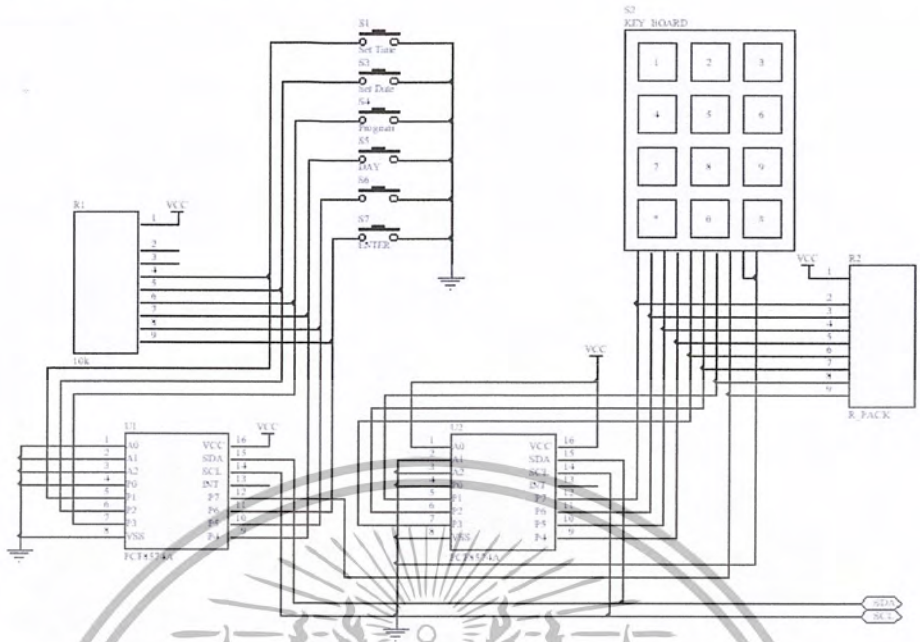
เนื่องจาก PCF8574 สามารถเชื่อมต่อโดยใช้โปรโตคอลในการส่งข้อมูลแบบสองทิศทางได้เป็นอย่างดีโดยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการรับส่งข้อมูลจะเรียกว่า “master” ส่วนตัวที่ถูกควบคุมจะเรียกว่า “slave” ในการเขียนข้อมูลแต่ละครั้งนั้น จะต้องใส่ค่าแอดเดรสของ PCF8574 ที่ต่ออยู่กับระบบเข้าไปก่อน จากนั้นจะส่งหรือรับข้อมูลได้จากคู่มือของ PCF8574 ค่าแอดเดรสของ slave จะเป็นดังรูปข้างล่างนี้โดยที่ A2, A1 และ A0 เป็นค่าทางลอจิกที่ขาของ PCF8574 ได้ต่อเป็นลอจิก “0” ทั้งหมด

ตารางที่ 4.1 แสดงการกำหนดแอดเดรสของชิพ PCF8574

0	1	1	1	A2	A1	A0	R/$\overline{W}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 การต่อใช้งานของ PCF8574

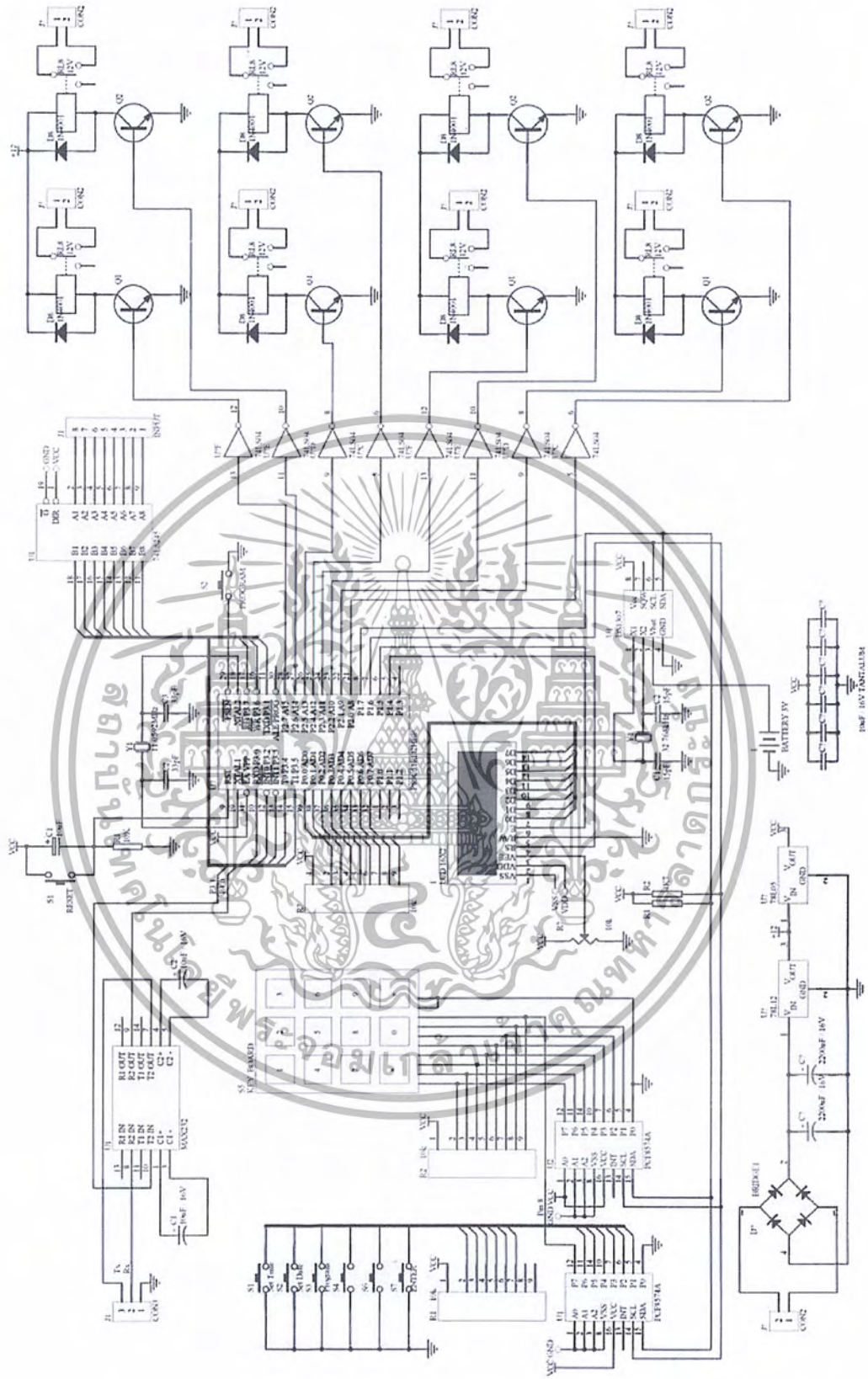


ภาพที่ 4.10 การต่อชุดคีย์สวิตซ์บนวงจร Weekly Timer

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าโค๊ดของปุ่มกดชุดคีย์สวิตซ์

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	Cd.	ปุ่ม
1	0	1	1	1	1	0	0	BC	0
0	1	1	0	1	1	1	0	6E	1
1	0	1	0	1	1	1	0	AE	2
1	1	0	0	1	1	1	0	CE	3
0	1	1	1	0	1	1	0	76	4
1	0	1	1	0	1	1	0	B6	5
1	1	0	1	0	1	1	0	D6	6
0	1	1	1	1	0	1	0	7A	7
1	0	1	1	1	0	1	0	BA	8
1	1	0	1	1	0	1	0	DA	9
0	1	1	1	1	1	0	0	7C	*
0	1	1	1	1	1	1	0	7E	#

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

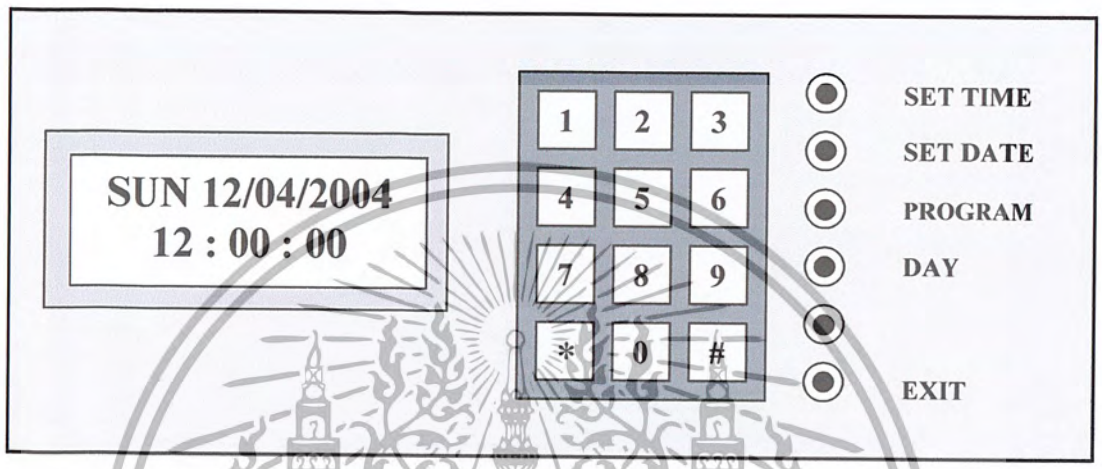


ภาพที่ 4.11 ภาพวงจรรวมของเครื่อง Weekly Timer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทำงานของเครื่อง

5.1 รูปด้านหน้าของตัวเครื่อง



ภาพที่ 5.1 หน้าปัดเครื่อง Weekly Timer

5.2 ส่วนประกอบของหน้าปัดแสดงผลและสวิตซ์

5.2.1 จอ LCD แสดงผล 16ตัวอักษร 2 บรรทัด

- บรรทัดแรก แสดง วัน วันที่ / เดือน / ปี
- บรรทัดที่สอง แสดงเวลา ชั่วโมง : นาที : วินาที

5.2.2 สวิตซ์แมทริกซ์ 4 X 3 และกำหนดให้

- ปุ่ม "*" เป็นปุ่ม MEMORY
- ปุ่ม "#" เป็นปุ่ม CANCEL

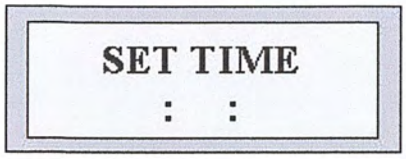
5.2.3 สวิตซ์ฟังก์ชั่นการทำงาน

5.3 ขั้นตอนการทำงาน

1. เปิดเครื่อง เครื่องจะแสดงวันเวลาที่หน้าจอ
2. ตั้งค่าวันเวลาให้กับเครื่อง เพื่อใช้เป็นฐานเวลาจริงให้กับเครื่อง weekly timer
3. ตั้งโปรแกรมการทำงานให้กับเครื่อง
4. เครื่องจะทำการประมวลผลเวลาและทำการตัด-ต่อวงจรตามเวลาที่เราตั้งโปรแกรมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ขั้นตอนการตั้งค่าฐานเวลาจริงให้กับเครื่อง Weekly Timer



ภาพที่ 5.2 แสดงผลการตั้งเวลา

1. กดปุ่ม " SET TIME " หน้าจอจะแสดงดังภาพ
2. ทำการตั้งเวลาโดยกดที่สวิตซ์แมทริก
3. เมื่อตั้งเวลาเสร็จแล้ว ให้กดปุ่ม " * " เครื่องจะทำการเซตเวลาใหม่และแสดงผลที่จอ LCD

5.5 ขั้นตอนการตั้งวัน วันที่ เดือน ปี

1. กดปุ่ม "SET DATE" หน้าจะแสดงผลดังภาพ

ภาพที่ 5.3 แสดงผลการตั้งวัน เดือน ปี

2. ทำการใส่ค่า วันที่ เดือน ปี ค.ศ. โดยปี ให้ใส่เลข 2 ตัวสุดท้ายเช่น ปี 2004 ให้ใส่เลข 04
3. เมื่อตั้งวันเดือนปีเสร็จแล้วให้กดปุ่ม "*" เครื่องจะแสดงข้อความทางหน้าจอดังภาพ

ภาพที่ 5.4 แสดงผลการตั้งวันเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ให้ใส่ค่าวัน โดยใช้สวิตซ์แมทริก เมื่อ

- 1 : SUNDAY
- 2 : MONDAY
- 3 :TUESDAY
- 4 : WEDNESDAY
- 5 : THURSDAY
- 6 : FRIDAY
- 7 : SATURDAY

5. เสร็จแล้วกดปุ่ม "*" เครื่องจะทำการตั้งค่าวัน เดือน ปี และกลับมาแสดงผลที่หน้าจอปกติดังเดิม

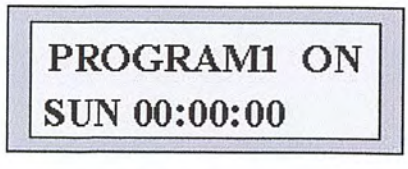
หมายเหตุ เมื่อเราใส่ค่าผิดขณะที่ทำการตั้งค่าวันเวลา เราสามารถยกเลิกได้โดยการกดปุ่ม "#" จอแสดงผลจะเคลียร์หน้าจอและให้เราเริ่มใส่ค่าใหม่ได้ ผู้ใช้สามารถออกจากการตั้งค่าวันเวลาได้ทุกขณะโดยกดปุ่ม "EXIT"

5.6 การโปรแกรมการทำงาน

1. กดปุ่ม "DAY" หน้าจอจะแสดงผลดังภาพ

ภาพที่ 5.5 แสดงผลการตั้งเวลาการทำงาน

2. เลือกวัน ที่จะทำการโปรแกรมการทำงานโดยกดสวิตซ์ 1-7 หน้าจอจะแสดงวันตามตัวเลขที่กดเมื่อเลือกเสร็จแล้วให้กดปุ่ม "PROGRAM" หน้าจอจะแสดงผลดังภาพ

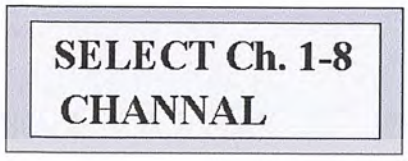


ภาพที่ 5.6 โชว์ค่าเวลาที่โปรแกรมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ถ้าต้องการโปรแกรมการทำงานในโปรแกรมอื่นให้กดปุ่ม "PROGRAM" อีกครั้งเพื่อเลือก PROGRAM การทำงาน และถ้าต้องการโปรแกรมการทำงานให้เราใส่ค่าเวลาโดยใช้สวิตซ์แมทริกและเลือกวันที่จะให้เครื่องเริ่มทำงาน โดยกดปุ่ม "DAY"

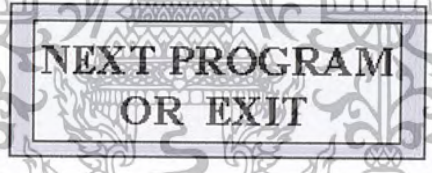
4. เมื่อตั้งวันเวลาเสร็จแล้วให้กดปุ่ม "*" หน้าจอจะแสดงผลดังภาพ



ภาพที่ 5.7 แสดงผลการเลือกCHANNAL OUTPUT

5. ให้ใส่ค่าแชนเนลเอาท์พุตที่เราต้องการให้ทำงานลงไปเครื่องจะแสดงผลทางหน้าจอเมื่อเลือกแชนเนลแล้วให้กดปุ่ม "*" หน้าจอจะแสดงผลดังภาพ

6. ถ้าต้องการโปรแกรมการทำงานต่อให้กดปุ่ม "PROGRAM" ถ้าต้องการออกจากการทำงานให้กดปุ่ม "EXIT" หน้าจอจะกลับมาแสดงวันเวลาเหมือนเดิม



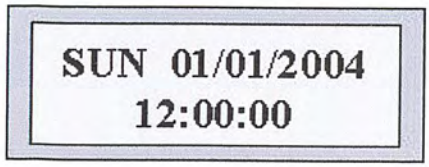
ภาพที่ 5.8 แสดงผลเมื่อตั้งโปรแกรมเสร็จ

หมายเหตุ ในการเช็คค่าเวลาที่เราโปรแกรมการทำงานนั้นสามารถเข้าดูได้โดยทำขั้นตอนเดียว กันกับการตั้งโปรแกรม คือเมื่อเราเปิดเข้าไปที่โปรแกรมใดๆแล้ว ค่าที่แสดงอยู่บนหน้าจอก็คือค่าที่เราโปรแกรมไว้ และถ้าต้องการจะตั้งโปรแกรมใหม่ก็สามารถทำได้เลยหรือถ้าต้องการออกจากโปรแกรมก็สามารถออกได้ตลอดเวลาโดยกดปุ่ม "EXIT"

5.7 การรีเซตค่าวันเวลา

กดปุ่ม "EXIT" ค้างไว้แล้วกด "RESET" เครื่องจะทำการรีเซตค่าวันเวลามาเป็นค่าเริ่มต้นดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.9 แสดงหน้าจอการทำงานปกติ

5.8 การรีเซตค่า MEMORY ของโปรแกรม

กดปุ่ม "PROGRAM" ค้างไว้แล้วกดปุ่ม "RESET" เครื่องจะทำการรีเซต MEMORY ของโปรแกรมทั้งหมด และสามารถเช็คดูได้โดยเข้าไปดูด้วยวิธีเดียวกันกับการตั้งโปรแกรม ซึ่งหน้าจอแสดงผลจะต้องแสดงผลดังภาพทุกโปรแกรม หมายความว่าMEMORY ได้ถูกรีเซตแล้ว

ภาพที่ 5.10 แสดงผลเมื่อทำการRESET MEMORY แล้ว

5.9 คุณสมบัติของเครื่อง WEEKLY TIME

1. ตั้งเวลาการทำงานได้ 8 โปรแกรมต่อวัน
2. ตั้งเวลาการทำงานได้ 56 โปรแกรมต่อสัปดาห์
3. ตั้งเวลาการทำงานได้ต่ำสุด 1 วินาทีและสูงสุด 1 สัปดาห์ต่อโปรแกรม
4. เอาท์พุตการทำงานทั้งหมด 8 แชนเนล
5. สามารถทำงานได้หลายช่วงเวลาในแชนแนลเดียวกันและทำงานทับเวลากันในต่างแชนแนลได้
6. ความคลาดเคลื่อนประมาณ 1 วินาทีต่อวัน
7. จดจำ MEMORY เมื่อไฟดับได้ประมาณ 30 นาที
8. แสดงผลทางจอ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ผลการทดลอง

6.1 อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่อง Weekly timer
2. เครื่องใช้ไฟฟ้า 8 เครื่อง
3. อุปกรณ์การต่อสายไฟฟ้า
4. ชุดสวิตซ์

6.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ตามที่ได้ออกแบบไว้
2. ทำการโปรแกรมคำสั่งให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ทำการ Set ค่าฐานเวลาจริงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อที่จะใช้เป็นค่าฐานเวลาจริงในการทดลอง
4. ทำการโปรแกรมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่นำมาต่อกับชุดควบคุม
5. สังเกตว่ามีการทำงานตรงกับที่เราโปรแกรมไว้หรือไม่
6. ลองทำการโปรแกรมการทำงาน โดยใช้อัตราสูงสุดของเครื่องที่รับได้ สังเกตผลการทดลอง
7. กำหนดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้ในขณะนำไปใช้งาน ในการทดลองสมมุติให้ไฟฟ้าดับ
8. สังเกตผลการทดลอง

6.3 ผลการทดลอง

การทดลองขั้นแรกทำการตั้งค่าเวลาใน 1 วัน โดยจะตั้งการทำงานในวันจันทร์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 แสดงการตั้งเวลาการทำงานใน 1 วัน

ON	00.30.00
OFF	00.35.00
ON	05.00.00
OFF	05.55.00
ON	12.00.00
OFF	12.05.00
ON	12.30.00
OFF	15.00.00
ON	16.00.00
OFF	16.00.05
ON	16.30.30
OFF	16.30.31
ON	16.35.00
OFF	16.35.15
ON	18.00.00
OFF	23.59.59

ผลการทดลองที่ได้คือ เครื่องสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและสามารถตั้งเวลาได้ต่ำที่สุดถึง 1 วินาที ดังนั้นการทดลองตั้งเวลาใน 1 วันถือว่าผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองต่อไปจะทดลองตั้งโปรแกรมให้เครื่องทำงานทั้งอาทิตย์

ตารางที่ 6.2 แสดงการทำงานใน 1 อาทิตย์

ON	วันอาทิตย์	08.00.00
OFF	วันอาทิตย์	08.30.00
ON	วันจันทร์	06.00.00
OFF	วันจันทร์	18.00.00
ON	วันอังคาร	12.00.00
OFF	วันอังคาร	18.00.00
ON	วันพุธ	20.00.00
OFF	วันพุธ	23.59.59
ON	วันพฤหัสบดี	18.00.00
OFF	วันศุกร์	06.00.00
ON	วันเสาร์	05.00.00
OFF	วันเสาร์	22.00.00

ผลการทดลองที่ได้ คือ เครื่องสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องทุกวัน และสามารถตั้งเวลาข้ามวันได้ดังผลการทดลองของวันพฤหัสบดี ที่เปิดในเวลา 18.00 น. และปิดตอน 06.00 น. ของวันศุกร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
บทวิจารณ์และบทสรุป

7.1 บทสรุป

ปริญญานิพนธ์นี้ จะศึกษาและพัฒนาการออกแบบและการสร้างเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการควบคุมการปิดเปิดของอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้ลดเวลาและค่าใช้จ่ายและความยุ่งยากในการควบคุมของอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งจะสามารถให้ความสะดวกขึ้นอย่างมากและมีประโยชน์อย่างมากใน อุตสาหรรมต่างๆ โดยจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมหลักของการทำงานของเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติ โดยที่เครื่องตั้งเวลานี้จะมีความละเอียดอย่างมากและจะใช้เวลาจริงตามฐานเวลาที่เราตั้งกำหนดค่าไว้ เพื่อลดความเสี่ยงหรือความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น

จากผลการทดลองใช้เครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติ เครื่องสามารถที่จะทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำถึงหลักวินาทีและสามารถตั้งเวลาข้ามวันได้และสามารถตั้งเวลานานที่สุดได้ถึง 1 สัปดาห์ โดยสามารถเลือกที่จะให้ออกที่เอาท์พุตใดก็ได้ตามแต่ที่เราต้องการ

7.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางพัฒนา

จากผลการทดลอง เราได้ทดลองผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจริงในระหว่างการใช้งานได้ เช่น ไฟฟ้าดับ ดังนั้นเราจึงได้ใส่การทดลองขั้นนี้เข้าไปด้วย โดยทำการทดลองดึงปลั๊กไฟออกในระหว่างที่เครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติทำงานอยู่ ผลที่ได้คือ โปรแกรมที่กำลังทำงานอยู่จะหยุดทำงานโดยทันทีเนื่องจากไม่มีแบตเตอรี่สำรอง แต่ส่วนในตัวโปรแกรมที่ได้โปรแกรมไว้แล้วนั้นเมื่อมีไฟมาหรือเสียบปลั๊กเหมือนเดิม เมื่อถึงเวลาที่เราได้ทำการโปรแกรมแล้วเครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติก็ยังสามารถทำงานได้เหมือนเดิมต่อไป ดังนั้นในการพัฒนาต่อไปคือต้องเขียนโปรแกรมให้สามารถรับการทำงานที่ผิดพลาดได้และเพิ่มแบตเตอรี่สำรองให้กับเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

(1) อุดม จีนประดับ และ วรพงษ์ รัตนโภคา, การทดลองไมโครโปรเซสเซอร์2. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

(2) ชัยวัตน์ ลิ้มพรวิจิตรวิไล และ วรพจน์ กรณ์แก้ววัฒนกุล, เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอน-โทรลเลอร์ MCS-51 Flash Microcontroller ฉบับ AT89C5X Atmal, © Innovative Expiment Co.Lte

(3) INTEL. Microcontroller Handbook. Intel Corporation, 1983

(4) พรจิต ประทุมสุวรรณ , เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม : เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

(5) ธีรวัฒน์ ประกอบผล , การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น) , 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DALLAS SEMICONDUCTOR

DS1307
64 X 8 Serial Real Time Clock

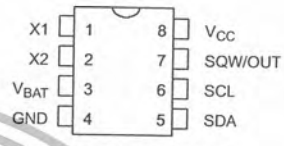
FEATURES

- Real time clock counts seconds, minutes, hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap year compensation valid up to 2100
- 56 byte nonvolatile RAM for data storage
- 2–wire serial interface
- Programmable squarewave output signal
- Automatic power fail detect and switch circuitry
- Consumes less than 500 nA in battery backup mode at 25°C
- Optional industrial temperature range –40°C to +85°C (IND)
- Available in 8–pin DIP or SOIC

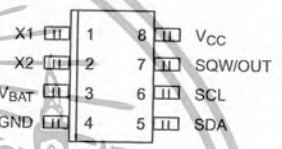
ORDERING INFORMATION

DS1307	Serial Timekeeping Chip; 8–pin DIP
DS1307Z	Serial Timekeeping Chip; 8–pin SOIC (150 mil)
DS1307N	8–pin DIP (IND)
DS1307ZN	8–pin SOIC (IND)

PIN ASSIGNMENT



DS1307 8–PIN DIP (300 MIL)



DS1307Z 8–PIN SOIC (150 MIL)

PIN DESCRIPTION

V_{CC}	– Primary Power Supply
X1, X2	– 32.768 KHz Crystal Connection
V_{BAT}	– +3 Volt Battery Input
GND	– Ground
SDA	– Serial Data
SCL	– Serial Clock
SQW/OUT	– Square wave/Output Driver

DESCRIPTION

The DS1307 Serial Real Time Clock is a low power full BCD clock calendar plus 56 bytes of nonvolatile SRAM. Address and data are transferred serially via a 2–wire bi–directional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with less than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24–hour or 12–hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built–in power sense circuit which detects power failures and automatically switches to the battery supply.

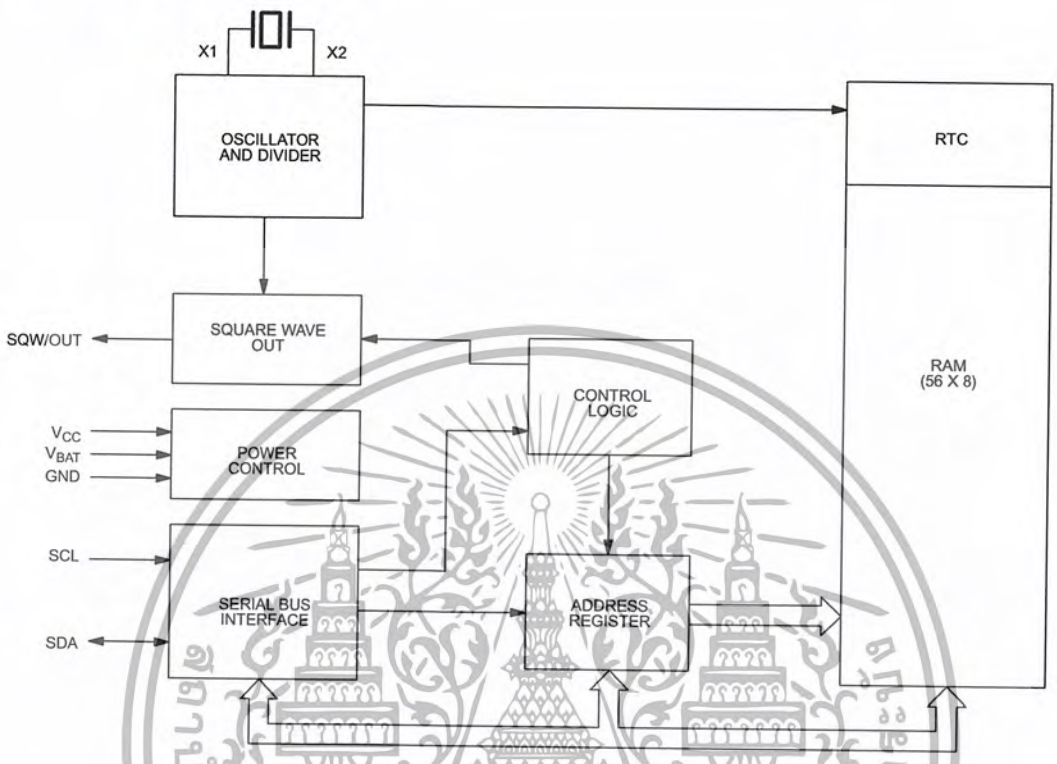
OPERATION

The DS1307 operates as a slave device on the serial bus. Access is obtained by implementing a START condition and providing a device identification code followed by a register address. Subsequent registers can be accessed sequentially until a STOP condition is executed. When V_{CC} falls below 1.25 x V_{BAT} the device terminates an access in progress and resets the device address counter. Inputs to the device will not be recognized at this time to prevent erroneous data from being written to the device from an out of tolerance system. When V_{CC} falls below V_{BAT} the device switches into a low current battery backup mode. Upon power up, the device switches from battery to V_{CC} when V_{CC} is greater than V_{BAT}+0.2V and recognizes inputs when V_{CC} is greater than 1.25 x V_{BAT}. The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the Serial Real Time Clock. The following paragraphs describe the function of each pin.

©Copyright 1995 by Dallas Semiconductor Corporation.
All Rights Reserved. For important information regarding patents and other intellectual property rights, please refer to Dallas Semiconductor data books.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS1307 BLOCK DIAGRAM Figure 1



SIGNAL DESCRIPTIONS

V_{CC}, GND – DC power is provided to the device on these pins. V_{CC} is the +5 volt input. When 5 volts are applied within normal limits, the device is fully accessible and data can be written and read. When a 3 volt battery is connected to the device and V_{CC} is below 1.25 x V_{BAT}, reads and writes are inhibited. However, the Timekeeping function continues unaffected by the lower input voltage. As V_{CC} falls below V_{BAT} the RAM and timekeeper are switched over to the external 3 volt battery.

V_{BAT} – Battery input for any standard 3 volt lithium cell or other energy source. Battery voltage must be held between 2.5 and 3.5 volts for proper operation. The nominal write protect trip point voltage at which access to the real time clock and user RAM is denied is set by the internal circuitry as 1.25 x V_{BAT} nominal. A Lithium battery with 35 mAh or greater will back up the DS1307 for more than 10 years in the absence of power.

SCL (Serial Clock Input) – SCL is used to synchronize data movement on the serial interface.

SDA (Serial Data Input/Output) – SDA is the input/output pin for the 2–wire serial interface. The SDA pin is open drain which requires an external pull–up resistor.

SQW/OUT (Square Wave/ Output Driver) – When enabled, the SQWE bit set to 1, the SQW/OUT pin outputs one of four square wave frequencies (1 Hz, 4 KHz, 8 KHz, 32 KHz). The SQW/OUT pin is open drain which requires an external pull–up resistor.

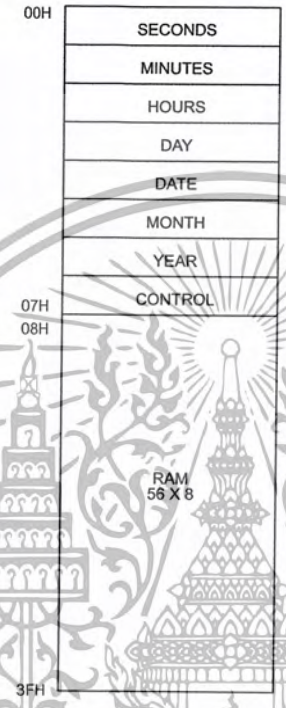
X1, X2 – Connections for a standard 32.768 KHz quartz crystal. The internal oscillator circuitry is designed for operation with a crystal having a specified load capacitance (CL) of 12.5 pF.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RTC AND RAM ADDRESS MAP

The address map for the RTC and RAM registers of the DS1307 is shown in Figure 2. The real time clock registers are located in address locations 00h to 07h. The RAM registers are located in address locations 08h to 3Fh. During a multibyte access, when the address pointer reaches 3Fh, the end of RAM space, it wraps around to location 00h, the beginning of the clock space.

DS1307 ADDRESS MAP Figure 2



CLOCK AND CALENDAR

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes. The real time clock registers are illustrated in Figure 3. The time and calendar are set or initialized by writing the appropriate register bytes. The contents of the time and calendar registers are in the Binary–Coded Decimal (BCD) format. Bit 7 of Register 0 is the Clock Halt (CH) bit. When this bit is set to a one, the oscillator is disabled. When cleared to a zero, the oscillator is enabled.

The DS1307 can be run in either 12–hour or 24–hour mode. Bit 6 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).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS1307 TIMEKEEPER REGISTERS Figure 3

	BIT7							BIT0	
00H	CH	10 SECONDS			SECONDS				00–59
	X	10 MINUTES			MINUTES				00–59
	X	12/24	10 HR A/P	10 HR	HOURS				01–12 / 00–23
	X	X	X	X	X	DAY			1–7
	X	X	10 DATE		DATE				01–28/29 / 01–30 / 01–31
	X	X	10 MONTH		MONTH				01–12
	10 YEAR				YEAR				00–99
07H	OUT	X	X	SQWE	X	X	RS1	RS0	

CONTROL REGISTER

The DS1307 Control Register is used to control the operation of the SQW/OUT pin.

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
OUT	X	X	SQWE	X	X	RS1	RS0

OUT (Output control): This bit controls the output level of the SQW/OUT pin when the square wave output is disabled. If SQWE = 0, the logic level on the SQW/OUT pin is 1 if OUT = 1 and is 0 if OUT = 0.

SQWE (Square wave Enable): This bit when set to a logic 1 will enable the oscillator output. The frequency of the square wave output depends on the value of the RS0 and RS1 bits.

RS (Rate Select): These bits control the frequency of the square wave output when the square wave output has been enabled. Table 1 lists the square wave frequencies that can be selected with the RS bits.

SQUAREWAVE OUTPUT FREQUENCY Table 1

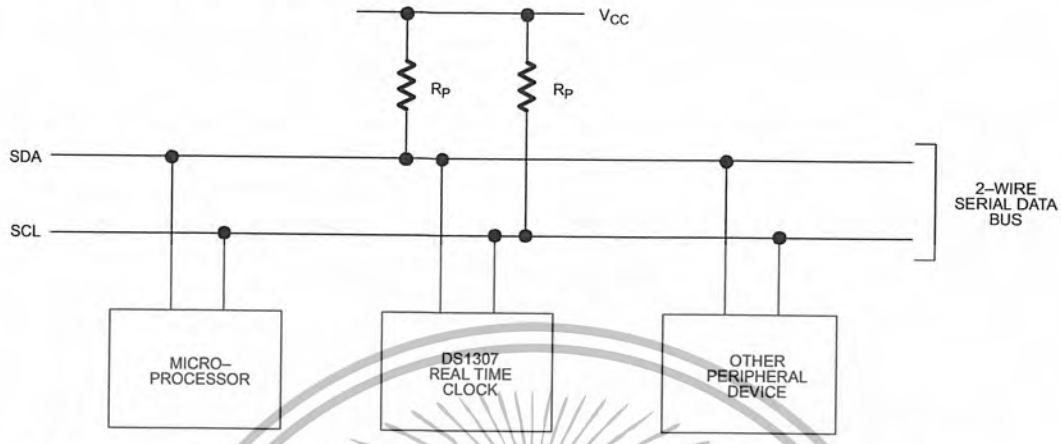
RS1	RS0	SQW OUTPUT FREQUENCY
0	0	1 Hz
0	1	4 KHz
1	0	8 KHz
1	1	32 KHz

2–WIRE SERIAL DATA BUS

The DS1307 supports a bi–directional 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 device that controls the message is called a master. The devices that are controlled by the master are slaves. The bus must be controlled by a master device which generates the serial clock (SCL), controls the bus access, and generates the START and STOP conditions. The DS1307 operates as a slave on the 2–wire bus. A typical bus configuration using this 2–wire protocol is show in Figure 4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL 2–WIRE BUS CONFIGURATION Figure 4



The following bus protocol has been defined (see Figure 5).

- 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 control signals.

Accordingly, the following bus conditions have been defined:

Bus not busy: Both data and clock lines remain HIGH.

Start data transfer: A change in the state of the data line from high to low, while the clock line is high, defines a START condition.

Stop data transfer: A change in the state of the data line from low to high, while the clock line is high defines the STOP condition.

Data valid: 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 clock pulse per bit of data.

Each data transfer is initiated with a START condition and terminated with a STOP condition. The number of data bytes transferred between the START and the STOP conditions is not limited, and is determined by the master device. The information is transferred byte–wise and each receiver acknowledges with a ninth bit.

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

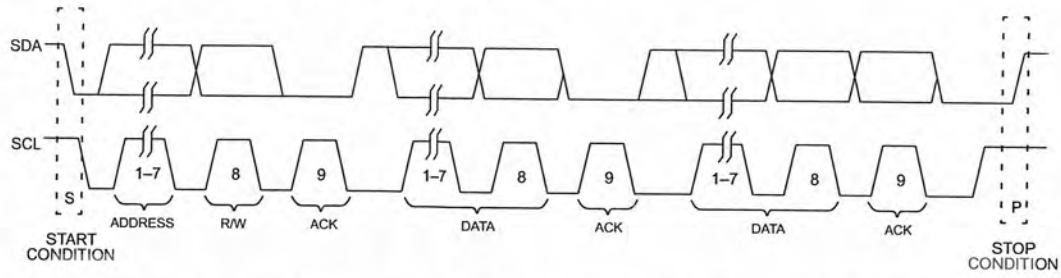
A device that acknowledges must pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse in such a way that the SDA line is stable low during the high period of the acknowledge related clock pulse. Of course, setup and hold times must be taken into account. When receiving data from a slave a master 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 must leave the data line high to enable the master to generate the STOP condition.

DATA TRANSFER

Figures 5, 6, and 7 detail how data transfer is accomplished on the 2–wire bus. Depending on the state of the R/$\overline{W}$ bit in the transmission protocols as shown in Figures 6 and 7, two types of data transfer are possible:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA TRANSFER ON 2–WIRE SERIAL BUS Figure 5



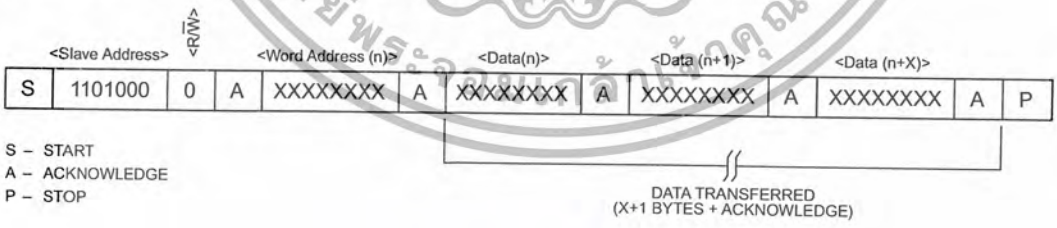
1. Data transfer from a master transmitter to a slave receiver. The first byte transmitted by the master is the slave address. Next follows a number of data bytes. The slave returns an acknowledge bit after each received byte. Data is transfered with the most significant bit (MSB) first.
2. Data transfer from a slave transmitter to a master receiver. The first byte (the slave address) is transmitted by the master. The slave then returns an acknowledge bit. This is followed by the slave transmitting a number of data bytes. The master returns an acknowledge bit after all received bytes other than the last byte. At the end of the last received byte, a 'not acknowledge' is returned.

The master device generates all of the serial clock pulses and the START and STOP conditions. A transfer is ended with a STOP condition or with a repeated START condition. Since a repeated START condition is also the beginning of the next serial transfer, the bus will not be released. Data is transfered with the most significant bit (MSB) first.

The DS1307 may operate in the following two modes:

1. Slave receiver mode (DS1307 write mode): Serial data and clock are received through SDA and SCL. After each byte is received an acknowledge bit is transmitted. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer. Address recognition is performed by hardware after reception of the slave address and direction bit (See Figure 6). The address byte is the first byte received after the start condition is generated by the master. The address byte contains the 7 bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the direction bit (R/W\) which for a write is a 0. After receiving and decoding the address byte the DS1307 outputs an acknowledge on the SDA line. After the DS1307 acknowledges the slave address + write bit, the master transmits a register address to the DS1307 This will set the register pointer on the DS1307. The master will then begin transmitting each byte of data with the DS1307 acknowledging each byte received. The master will generate a stop condition to terminate the data write.

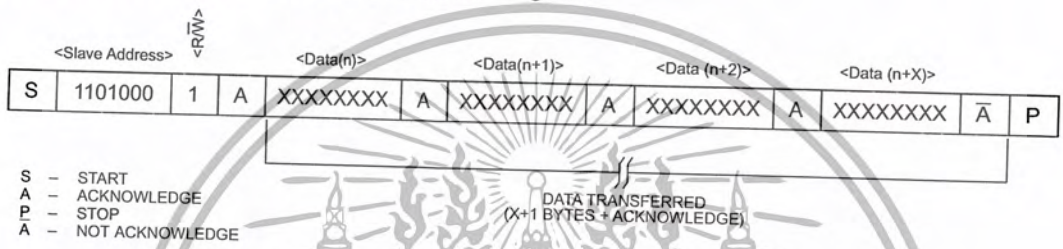
DATA WRITE – SLAVE RECEIVER MODE Figure 6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Slave transmitter mode (DS1307 read mode): The first byte is received and handled as in the slave receiver mode. However, in this mode, the direction bit will indicate that the transfer direction is reversed. Serial data is transmitted on SDA by the DS1307 while the serial clock is input on SCL. START and STOP conditions are recognized as the beginning and end of a serial transfer (See Figure 7). The address byte is the first byte received after the start condition is generated by the master. The address byte contains the 7 bit DS1307 address, which is 1101000, followed by the direction bit (R/W\) which for a read is a 1. After receiving and decoding the address byte the DS1307 inputs an acknowledge on the SDA line. The DS1307 then begins to transmit data starting with the register address pointed to by the register pointer. If the register pointer is not written to before the initiation of a read mode the first address that is read is the last one stored in the register pointer. The DS1307 must receive a Not Acknowledge to end a read.

DATA READ – SLAVE TRANSMITTER MODE Figure 7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on Any Pin Relative to Ground	–0.5V to +7.0V
Operating Temperature	0°C to 70°C
Storage Temperature	–55°C to +125°C
Soldering Temperature	260°C for 10 seconds

* 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.

The Dallas Semiconductor DS1307 is built to the highest quality standards and manufactured for long term reliability. All Dallas Semiconductor devices are made using the same quality materials and manufacturing methods. However, standard versions of the DS1307 are not exposed to environmental stresses, such as burn–in, that some industrial applications require. Products which have successfully passed through this series of environmental stresses are marked IND or N, denoting their extended operating temperature and reliability rating. For specific reliability information on this product, please contact the factory at (972) 371–4448.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

(0°C to 70°C)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V_{CC}	4.5	5.0	5.5	V	1
Logic 1	V_{IH}	2.2		V_{CC}+0.3	V	1
Logic 0	V_{IL}	–0.3		+0.8	V	1
V_{BAT} Battery Voltage	V_{BAT}	2.5		3.5	V	1

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(0°C to 70°C; V_{CC}=4.5V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Leakage	I_{LI}			1	µA	10
I/O Leakage	I_{LO}			1	µA	11
Logic 0 Output	V_{OL}			0.4	V	2
Active Supply Current	I_{CCA}			1.5	mA	9
Standby Current	I_{CCS}			200	µA	3
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT OFF	I_{BAT1}		300	500	nA	4
Battery Current (OSC ON); SQW/OUT ON (32 KHz)	I_{BAT2}		480	800	nA	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(0°C to 70°C; V_{CC}=4.5V to 5.5V)

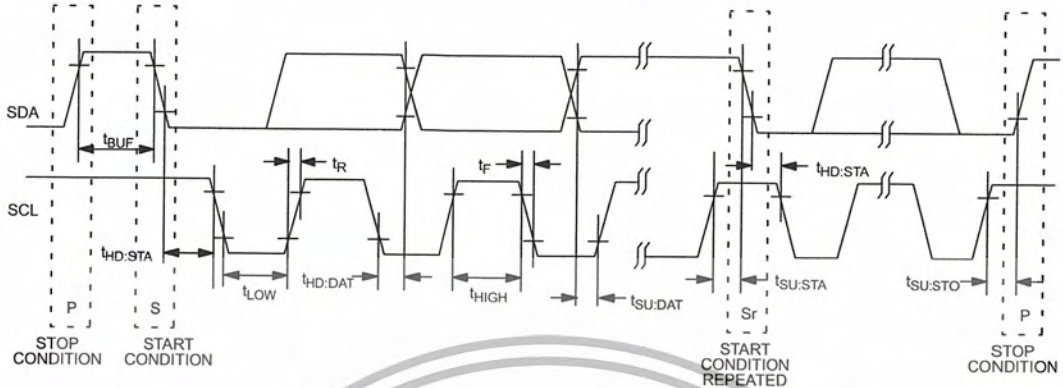
PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
SCL Clock Frequency	f_{SCL}	0		100	KHz	
Bus Free Time Between a STOP and START Condition	t_{BUF}	4.7			µs	
Hold Time (Repeated) START Condition	$t_{HD:STA}$	4.0			µs	5
LOW Period of SCL Clock	t_{LOW}	4.7			µs	
HIGH Period of SCL Clock	t_{HIGH}	4.0			µs	
Set–up Time for a Repeated START Condition	$t_{SU:STA}$	4.7			µs	
Data Hold Time	$t_{HD:DAT}$	0			µs	6, 7
Data Set–up Time	$t_{SU:DAT}$	250			ns	
Rise Time of Both SDA and SCL Signals	t_R			1000	ns	
Fall Time of Both SDA and SCL Signals	t_F			300	ns	
Set–up Time for STOP Condition	$t_{SU:STO}$	4.7			µs	
Capacitive Load for each Bus Line	C_B			400	pF	8
I/O Capacitance	$C_{I/O}$		10		pF	
Crystal Capacitance			12.5		pF	

NOTES:

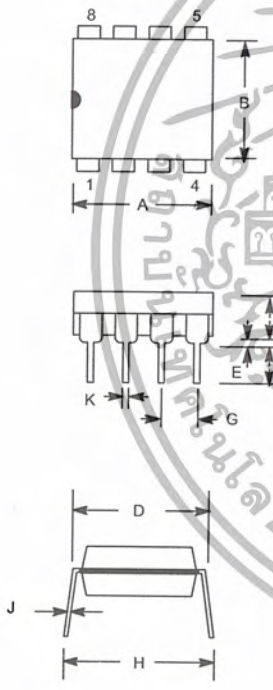
1. All voltages are referenced to ground.
2. Logic zero voltages are specified at a sink current of 5 mA at V_{CC}=4.5V, V_{OL}=GND for capacitive loads.
3. I_{CCS} specified with V_{CC}=5.0V and SDA, SCL=5.0V.
4. V_{CC}=0V, V_{BAT}=3V.
5. After this period, the first clock pulse is generated.
6. A device must internally provide a hold time of at least 300 ns for the SDA signal (referred to the V_{IHMIN} of the SCL signal) in order to bridge the undefined region of the falling edge of SCL.
7. The maximum $t_{HD:DAT}$ has only to be met if the device does not stretch the LOW period (t_{LOW}) of the SCL signal.
8. C_B – total capacitance of one bus line in pF.
9. I_{CCA} – SCL clocking at max frequency = 100 KHz.
10. SCL only.
11. SDA and SQW/OUT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIMING DIAGRAM



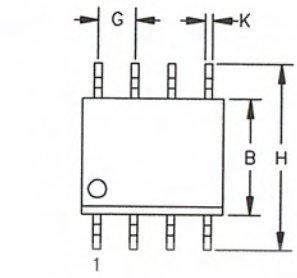
DS1307 64 X 8 SERIAL REAL TIME CLOCK 8–PIN DIP

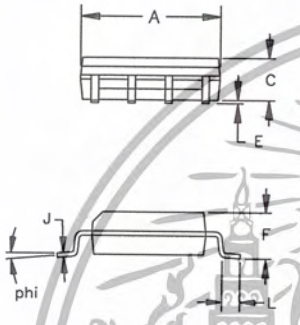


PKG	8–PIN	
DIM	MIN	MAX
A IN. MM	0.360 9.14	0.400 10.16
B IN. MM	0.240 6.10	0.260 6.60
C IN. MM	0.120 3.05	0.140 3.56
D IN. MM	0.300 7.62	0.325 8.26
E IN. MM	0.015 0.38	0.040 1.02
F IN. MM	0.120 3.04	0.140 3.56
G IN. MM	0.090 2.29	0.110 2.79
H IN. MM	0.320 8.13	0.370 9.40
J IN. MM	0.008 0.20	0.012 0.30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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS1307Z 64 X 8 SERIAL REAL TIME CLOCK 8–PIN SOIC (150 MIL)





PKG	8–PIN (150 MIL)	
DIM	MIN	MAX
A IN. MM	0.188 4.78	0.196 4.98
B IN. MM	0.150 3.81	0.158 4.01
C IN. MM	0.048 1.22	0.062 1.57
E IN. MM	0.004 0.10	0.010 0.25
F IN. MM	0.053 1.35	0.069 1.75
G IN. MM	0.050 BSC 1.27 BSC	
H IN. MM	0.230 5.84	0.244 6.20
J IN. MM	0.007 0.18	0.011 0.28
K IN. MM	0.012 0.30	0.020 0.51
L IN. MM	0.016 0.41	0.050 1.27
phi	0°	8°

56–G2008–001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA SHEET

PCF8574
Remote 8-bit I/O expander for I²C-bus

Product specification
Supersedes data of September 1994
File under Integrated Circuits, IC12

1997 Apr 02

Philips Semiconductors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONTENTS

1 FEATURES
2 GENERAL DESCRIPTION
3 ORDERING INFORMATION
4 BLOCK DIAGRAM
5 PINNING
6 CHARACTERISTICS OF THE I²C-BUS
6.1 Bit transfer
6.2 Start and stop conditions
6.3 System configuration
6.4 Acknowledge
7 FUNCTIONAL DESCRIPTION
7.1 Addressing
7.2 Interrupt
7.3 Quasi-bidirectional I/Os
8 LIMITING VALUES
9 HANDLING
10 DC CHARACTERISTICS
11 I²C-BUS TIMING CHARACTERISTICS
12 PACKAGE OUTLINES
13 SOLDERING
13.1 Introduction
13.2 DIP
13.2.1 Soldering by dipping or by wave
13.2.2 Repairing soldered joints
13.3 SO and SSOP
13.3.1 Reflow soldering
13.3.2 Wave soldering
13.3.3 Repairing soldered joints
14 DEFINITIONS
15 LIFE SUPPORT APPLICATIONS
16 PURCHASE OF PHILIPS I²C COMPONENTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 FEATURES

- Operating supply voltage 2.5 to 6 V
- Low standby current consumption of 10 μA maximum
- I²C to parallel port expander
- Open-drain interrupt output
- 8-bit remote I/O port for the I²C-bus
- Compatible with most microcontrollers
- Latched outputs with high current drive capability for directly driving LEDs
- Address by 3 hardware address pins for use of up to 8 devices (up to 16 with PCF8574A)
- DIP16, or space-saving SO16 or SSOP20 packages.

2 GENERAL DESCRIPTION

The PCF8574 is a silicon CMOS circuit. It provides general purpose remote I/O expansion for most microcontroller families via the two-line bidirectional bus (I²C).

The device consists of an 8-bit quasi-bidirectional port and an I²C-bus interface. The PCF8574 has a low current consumption and includes latched outputs with high current drive capability for directly driving LEDs. It also possesses an interrupt line ($\overline{INT}$) which can be connected to the interrupt logic of the microcontroller. By sending an interrupt signal on this line, the remote I/O can inform the microcontroller if there is incoming data on its ports without having to communicate via the I²C-bus. This means that the PCF8574 can remain a simple slave device.

The PCF8574 and PCF8574A versions differ only in their slave address as shown in Fig.9.

3 ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
PCF8574P; PCF8574AP	DIP16	plastic dual in-line package; 16 leads (300 mil)	SOT38-1
PCF8574T; PCF8574AT	SO16	plastic small outline package; 16 leads; body width 7.5 mm	SOT162-1
PCF8574TS	SSOP20	plastic shrink small outline package; 20 leads; body width 4.4 mm	SOT266-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 BLOCK DIAGRAM

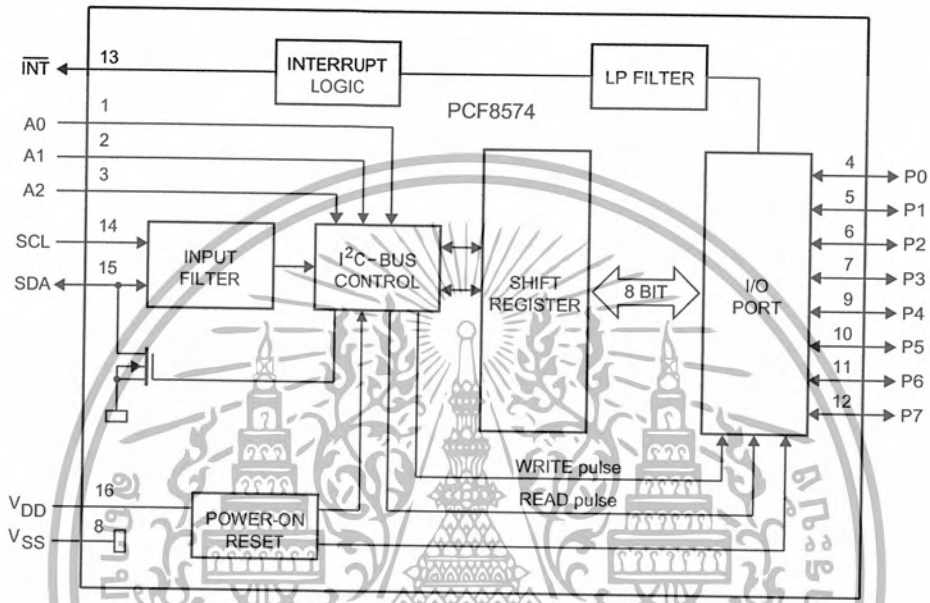


Fig.1 Block diagram (SOT38-1 and SOT162-1).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 PINNING

SYMBOL	PIN		DESCRIPTION
	DIP16; SO16	SSOP20	
A0	1	6	address input 0
A1	2	7	address input 1
A2	3	9	address input 2
P0	4	10	quasi-bidirectional I/O 0
P1	5	11	quasi-bidirectional I/O 1
P2	6	12	quasi-bidirectional I/O 2
P3	7	14	quasi-bidirectional I/O 3
V_{SS}	8	15	supply ground
P4	9	16	quasi-bidirectional I/O 4
P5	10	17	quasi-bidirectional I/O 5
P6	11	19	quasi-bidirectional I/O 6
P7	12	20	quasi-bidirectional I/O 7
$\overline{INT}$	13	1	interrupt output (active LOW)
SCL	14	2	serial clock line
SDA	15	4	serial data line
V_{DD}	16	5	supply voltage
n.c.	–	3	not connected
n.c.	–	8	not connected
n.c.	–	13	not connected
n.c.	–	18	not connected

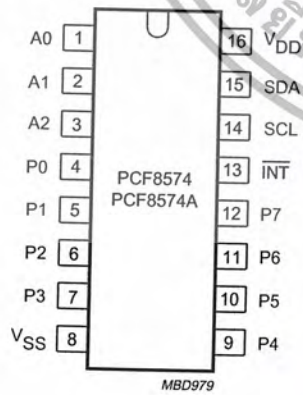


Fig.2 Pin configuration (DIP16; SO16).

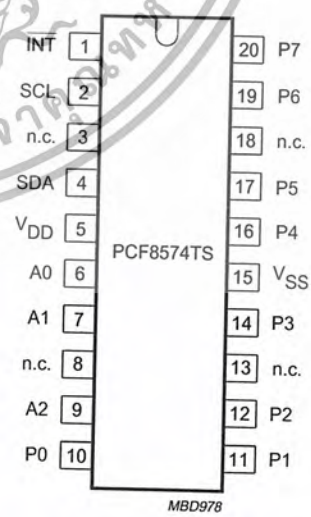


Fig.3 Pin configuration (SSOP20).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 CHARACTERISTICS OF THE I²C-BUS

The I²C-bus is for 2-way, 2-line communication between different ICs or modules. The two lines are a serial data line (SDA) and a serial clock line (SCL). Both lines must be connected to a positive supply via a pull-up resistor when connected to the output stages of a device. Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.

6.1 Bit transfer

One data bit is transferred during each clock pulse. The data on the SDA line must remain stable during the HIGH period of the clock pulse as changes in the data line at this time will be interpreted as control signals (see Fig.4).

6.2 Start and stop conditions

Both data and clock lines remain HIGH when the bus is not busy. A HIGH-to-LOW transition of the data line, while the clock is HIGH is defined as the start condition (S).
A LOW-to-HIGH transition of the data line while the clock is HIGH is defined as the stop condition (P) (see Fig.5).

6.3 System configuration

A device generating a message is a 'transmitter', a device receiving is the 'receiver'. The device that controls the message is the 'master' and the devices which are controlled by the master are the 'slaves' (see Fig.6).

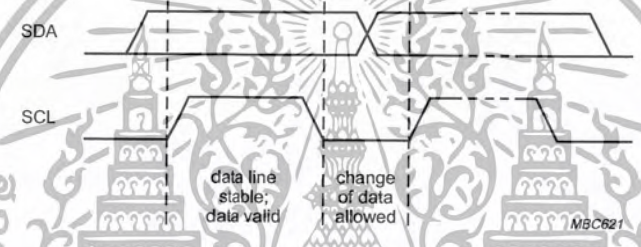


Fig.4 Bit transfer.

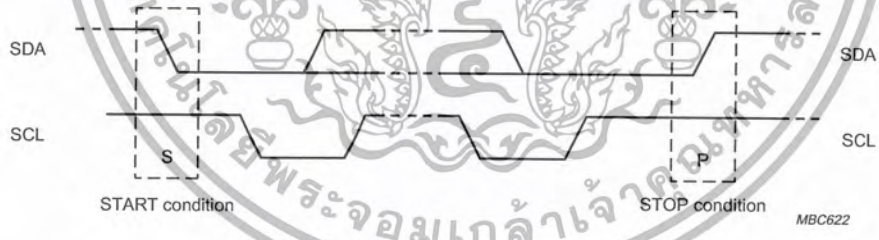


Fig.5 Definition of start and stop conditions.

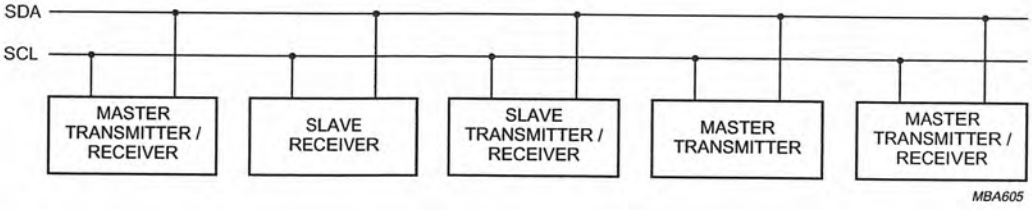


Fig.6 System configuration.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 Acknowledge

The number of data bytes transferred between the start and the stop conditions from transmitter to receiver is not limited. Each byte of eight bits is followed by one acknowledge bit. The acknowledge bit is a HIGH level put on the bus by the transmitter whereas the master generates an extra acknowledge related clock pulse.

A slave receiver which is addressed must generate an acknowledge after the reception of each byte. Also a master must generate an acknowledge after the reception of each byte that has been clocked out of the slave transmitter. The device that acknowledges has to pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse, so that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge related clock pulse, set-up and hold times must be taken into account.

A master receiver must signal an end of data to the transmitter by **not** generating an acknowledge on the last byte that has been clocked out of the slave. In this event the transmitter must leave the data line HIGH to enable the master to generate a stop condition.

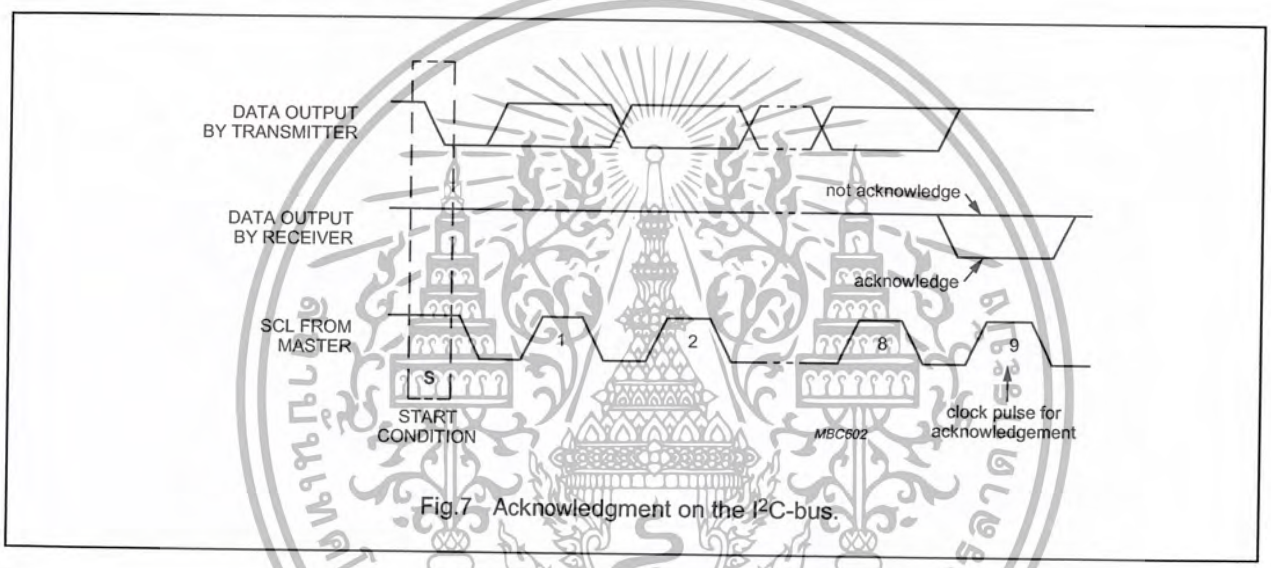


Fig.7 Acknowledgment on the I²C-bus.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7 FUNCTIONAL DESCRIPTION

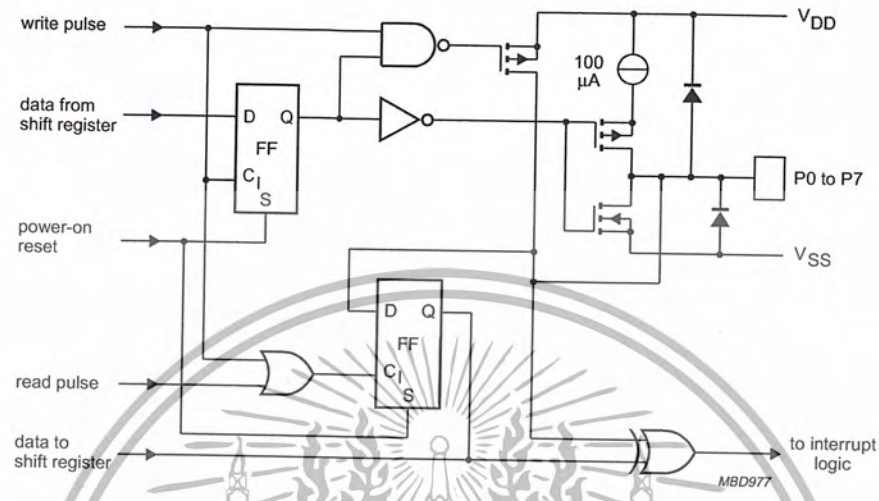
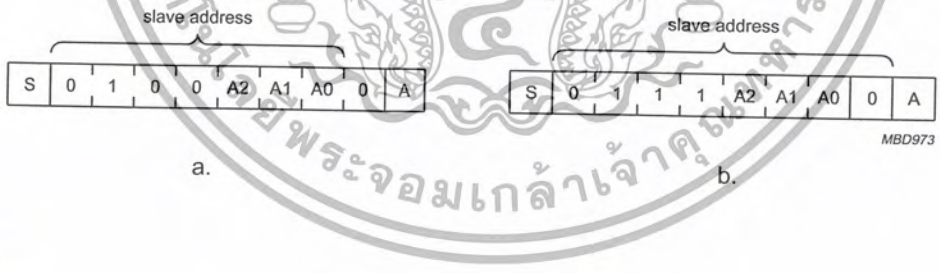


Fig.8 Simplified schematic diagram of each I/O.

7.1 Addressing

For addressing see Figs 9, 10 and 11.



(a) PCF8574.
(b) PCF8574A.

Fig.9 PCF8574 and PCF8574A slave addresses.

Each of the PCF8574's eight I/Os can be independently used as an input or output. Input data is transferred from the port to the microcontroller by the READ mode (see Fig.11). Output data is transmitted to the port by the WRITE mode (see Fig.10).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

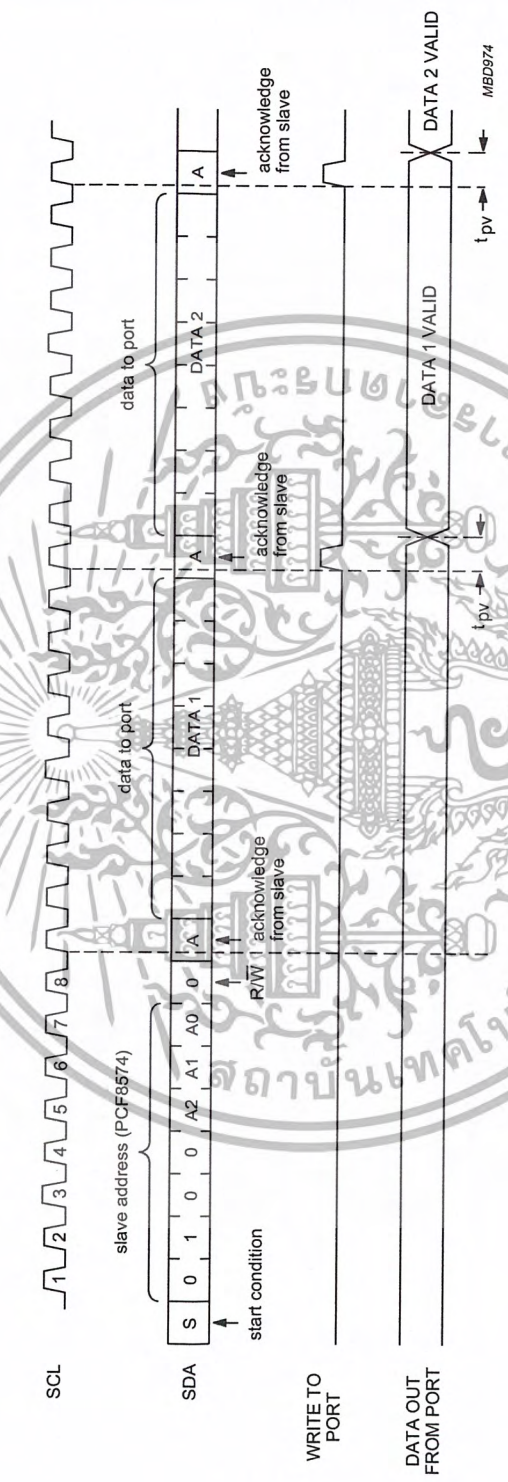
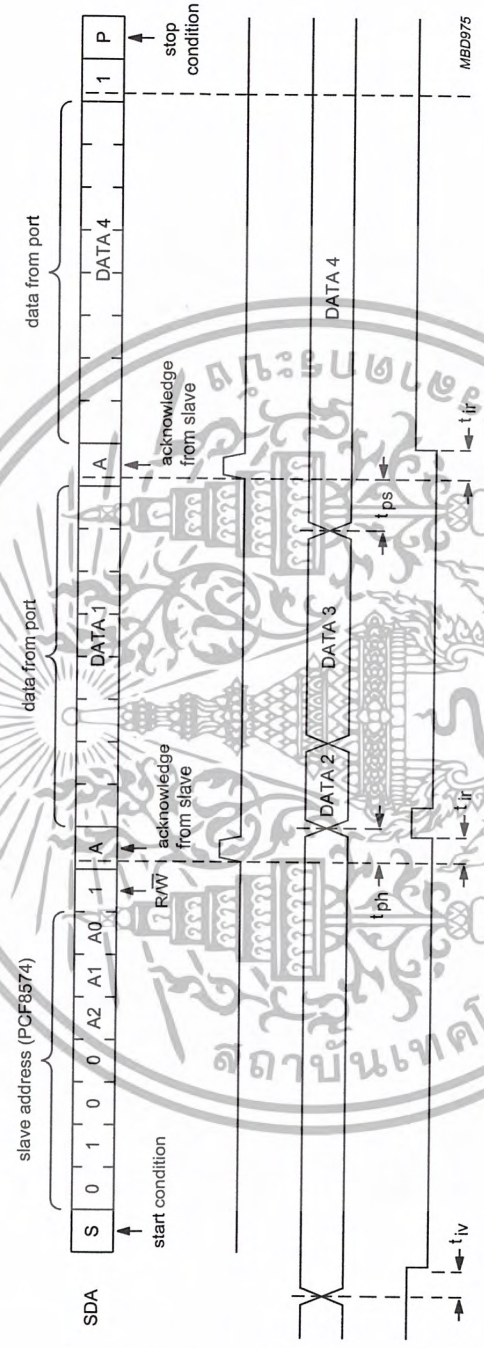


Fig.10 WRITE mode (output).



A LOW-to-HIGH transition of SDA, while SCL is HIGH is defined as the stop condition (P). Transfer of data can be stopped at any moment by a stop condition. When this occurs, data present at the last acknowledge phase is valid (output mode). Input data is lost.

Fig.11 READ mode (input).

7.2 Interrupt (see Figs 12 and 13)

The PCF8574 provides an open drain output ($\overline{INT}$) which can be fed to a corresponding input of the microcontroller. This gives these chips a type of master function which can initiate an action elsewhere in the system.

An interrupt is generated by any rising or falling edge of the port inputs in the input mode. After time t_{iv} the signal $\overline{INT}$ is valid.

Resetting and reactivating the interrupt circuit is achieved when data on the port is changed to the original setting or data is read from or written to the port which has generated the interrupt.

Resetting occurs as follows:

- In the READ mode at the acknowledge bit after the rising edge of the SCL signal
- In the WRITE mode at the acknowledge bit after the HIGH-to-LOW transition of the SCL signal
- Interrupts which occur during the acknowledge clock pulse may be lost (or very short) due to the resetting of the interrupt during this pulse.

Each change of the I/Os after resetting will be detected and, after the next rising clock edge, will be transmitted as $\overline{INT}$. Reading from or writing to another device does not affect the interrupt circuit.

7.3 Quasi-bidirectional I/Os (see Fig.14)

A quasi-bidirectional I/O can be used as an input or output without the use of a control signal for data direction. At power-on the I/Os are HIGH. In this mode only a current source to V_{DD} is active. An additional strong pull-up to V_{DD} allows fast rising edges into heavily loaded outputs. These devices turn on when an output is written HIGH, and are switched off by the negative edge of SCL. The I/Os should be HIGH before being used as inputs.

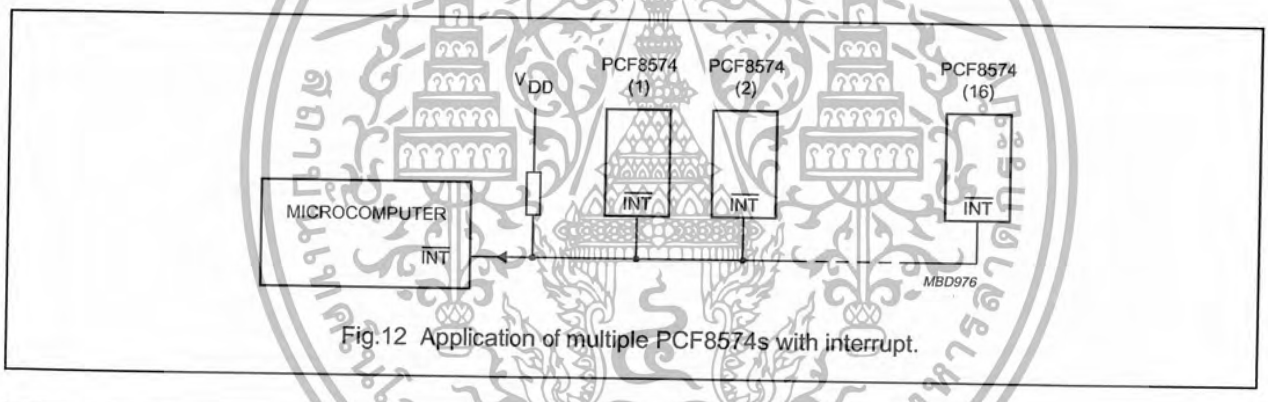


Fig.12 Application of multiple PCF8574s with interrupt.

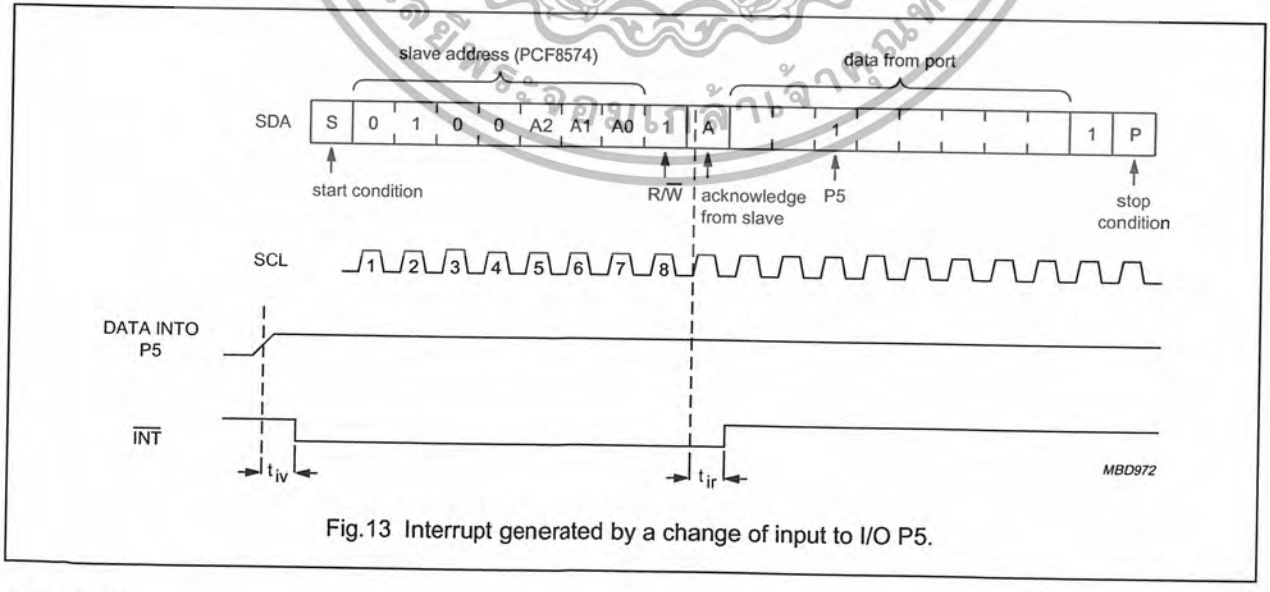


Fig.13 Interrupt generated by a change of input to I/O P5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig.14 Transient pull-up current I_{OHt} while P3 changes from LOW-to-HIGH and back to LOW.

8 LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	MIN.	MAX.	UNIT
V_{DD}	supply voltage	−0.5	+7.0	V
V_I	input voltage	V_{SS} − 0.5	V_{DD} + 0.5	V
I_I	DC input current	−	±20	mA
I_O	DC output current	−	±25	mA
I_{DD}	supply current	−	±100	mA
I_{SS}	supply current	−	±100	mA
P_{tot}	total power dissipation	−	400	mW
P_O	power dissipation per output	−	100	mW
T_{stg}	storage temperature	−65	+150	°C
T_{amb}	operating ambient temperature	−40	+85	°C

9 HANDLING

Inputs and outputs are protected against electrostatic discharge in normal handling. However, to be totally safe, it is desirable to take precautions appropriate to handling MOS devices. Advice can be found in Data Handbook IC12 under *"Handling MOS Devices"*.

10 DC CHARACTERISTICS

V_{DD} = 2.5 to 6 V; V_{SS} = 0 V; T_{amb} = −40 to +85 °C; unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Supply						
V_{DD}	supply voltage		2.5	−	6.0	V
I_{DD}	supply current	operating mode; V_{DD} = 6 V; no load; V_I = V_{DD} or V_{SS}; f_{SCL} = 100 kHz	−	40	100	µA
I_{stb}	standby current	standby mode; V_{DD} = 6 V; no load; V_I = V_{DD} or V_{SS}	−	2.5	10	µA
V_{POR}	Power-on reset voltage	V_{DD} = 6 V; no load; V_I = V_{DD} or V_{SS}; note 1	−	1.3	2.4	V
Input SCL; input/output SDA						
V_{IL}	LOW level input voltage		−0.5	−	+0.3V_{DD}	V
V_{IH}	HIGH level input voltage		0.7V_{DD}	−	V_{DD} + 0.5	V
I_{OL}	LOW level output current	V_{OL} = 0.4 V	3	−	−	mA
I_L	leakage current	V_I = V_{DD} or V_{SS}	−1	−	+1	µA
C_i	input capacitance	V_I = V_{SS}	−	−	7	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I/Os						
V_{IL}	LOW level input voltage		−0.5	−	$+0.3V_{DD}$	V
V_{IH}	HIGH level input voltage		$0.7V_{DD}$	−	$V_{DD} + 0.5$	V
$I_{IHL(max)}$	maximum allowed input current through protection diode	$V_I \geq V_{DD}$ or $V_I \leq V_{SS}$	−	−	±400	µA
I_{OL}	LOW level output current	V_{OL} = 1 V; V_{DD} = 5 V	10	25	−	mA
I_{OH}	HIGH level output current	$V_{OH} = V_{SS}$	30	−	300	µA
I_{OHt}	transient pull-up current	HIGH during acknowledge (see Fig.14); $V_{OH} = V_{SS}$; V_{DD} = 2.5 V	−	−1	−	mA
C_i	input capacitance		−	−	10	pF
C_o	output capacitance		−	−	10	pF
Port timing; $C_L \leq 100$ pF (see Figs 10 and 11)						
t_{pv}	output data valid		−	−	4	µs
t_{su}	input data set-up time		0	−	−	µs
t_h	input data hold time		4	−	−	µs
Interrupt $\overline{INT}$ (see Fig.13)						
I_{OL}	LOW level output current	V_{OL} = 0.4 V	1.6	−	−	mA
I_L	leakage current	$V_I = V_{DD}$ or V_{SS}	−1	−	+1	µA
TIMING; $C_L \leq 100$ pF						
t_{iv}	input data valid time		−	−	4	µs
t_{ir}	reset delay time		−	−	4	µs
Select inputs A0 to A2						
V_{IL}	LOW level input voltage		−0.5	−	$+0.3V_{DD}$	V
V_{IH}	HIGH level input voltage		$0.7V_{DD}$	−	$V_{DD} + 0.5$	V
I_{LI}	input leakage current	pin at V_{DD} or V_{SS}	−250	−	+250	nA

Note

1. The Power-on reset circuit resets the I²C-bus logic with $V_{DD} < V_{POR}$ and sets all I/Os to logic 1 (with current source to V_{DD}).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11 I²C-BUS TIMING CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I²C-BUS TIMING (see Fig.15; note 1)					
f_{SCL}	SCL clock frequency	–	–	100	kHz
t_{SW}	tolerable spike width on bus	–	–	100	ns
t_{BUF}	bus free time	4.7	–	–	µs
$t_{SU;STA}$	START condition set-up time	4.7	–	–	µs
$t_{HD;STA}$	START condition hold time	4.0	–	–	µs
t_{LOW}	SCL LOW time	4.7	–	–	µs
t_{HIGH}	SCL HIGH time	4.0	–	–	µs
t_r	SCL and SDA rise time	–	–	1.0	µs
t_f	SCL and SDA fall time	–	–	0.3	µs
$t_{SU;DAT}$	data set-up time	250	–	–	ns
$t_{HD;DAT}$	data hold time	0	–	–	ns
$t_{VD;DAT}$	SCL LOW to data out valid	–	–	3.4	µs
$t_{SU;STO}$	STOP condition set-up time	4.0	–	–	µs

Note

1. All the timing values are valid within the operating supply voltage and ambient temperature range and refer to V_{IL} and V_{IH} with an input voltage swing of V_{SS} to V_{DD}.

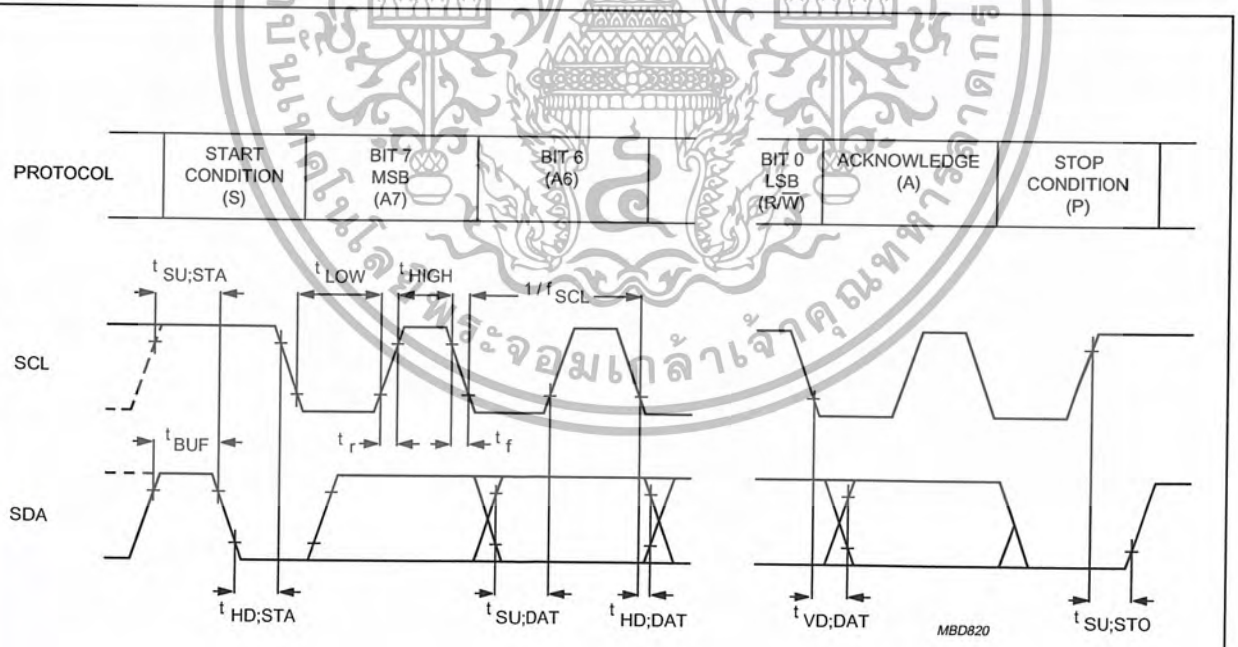
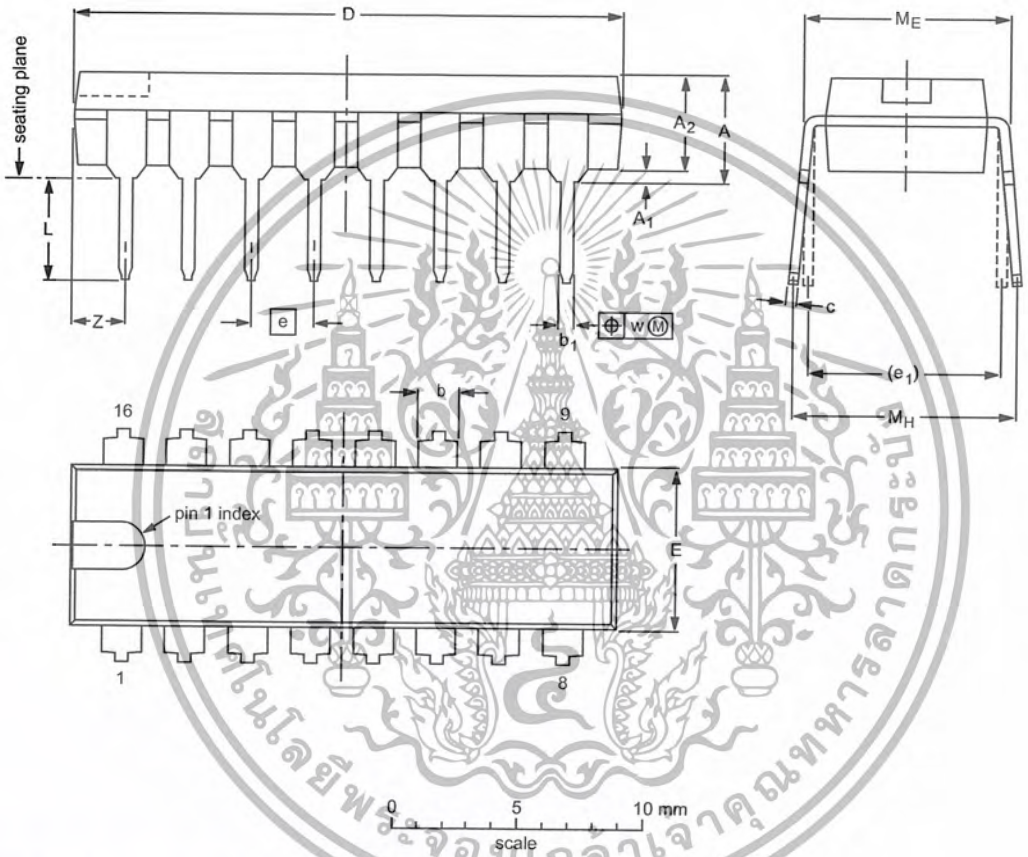


Fig.15 I²C-bus timing diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12 PACKAGE OUTLINES

DIP16: plastic dual in-line package; 16 leads (300 mil); long body **SOT38-1**



DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

UNIT	A max.	A_1 min.	A_2 max.	b	b_1	c	D (1)	E (1)	e	e_1	L	M_E	M_H	w	Z (1) max.
mm	4.7	0.51	3.7	1.40 1.14	0.53 0.38	0.32 0.23	21.8 21.4	6.48 6.20	2.54	7.62	3.9 3.4	8.25 7.80	9.5 8.3	0.254	2.2
inches	0.19	0.020	0.15	0.055 0.045	0.021 0.015	0.013 0.009	0.86 0.84	0.26 0.24	0.10	0.30	0.15 0.13	0.32 0.31	0.37 0.33	0.01	0.087

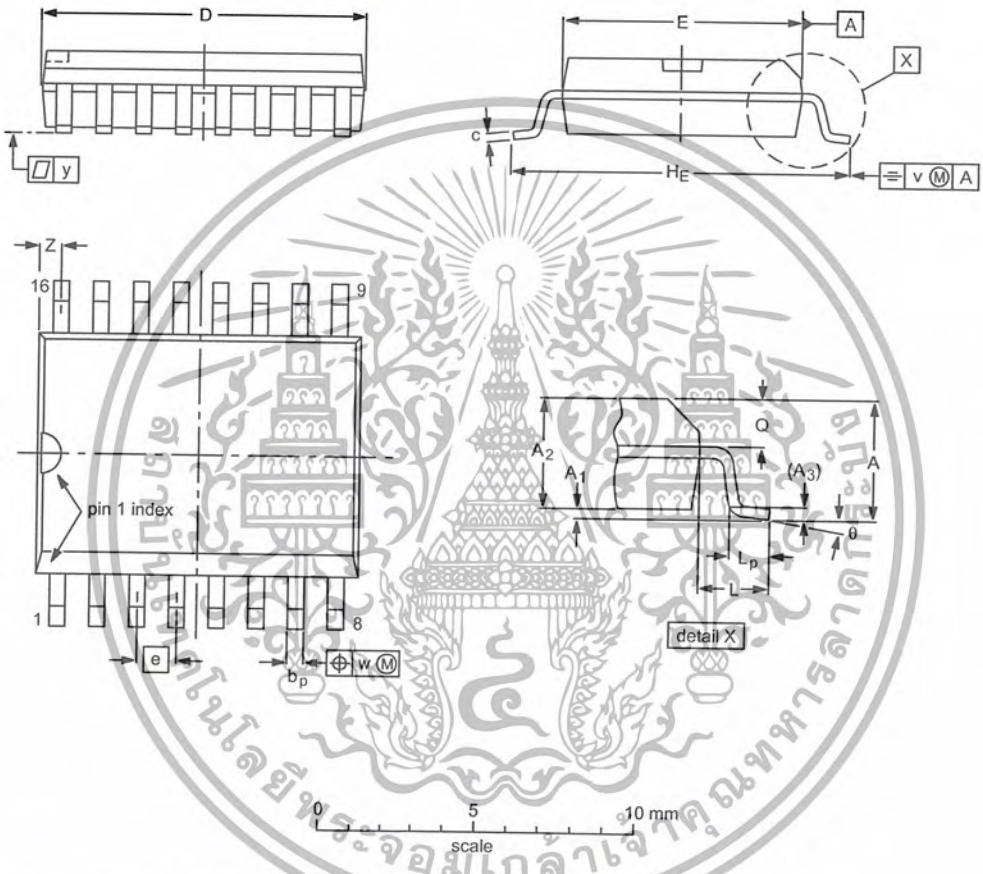
Note

1. Plastic or metal protrusions of 0.25 mm maximum per side are not included.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT38-1	050G09	MO-001AE				~~92-10-02~~ 95-01-19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SO16: plastic small outline package; 16 leads; body width 7.5 mm **SOT162-1**



DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

UNIT	A max.	A_1	A_2	A_3	b_p	c	$D^{(1)}$	$E^{(1)}$	e	H_E	L	L_p	Q	v	w	y	$Z^{(1)}$	θ
mm	2.65	0.30 0.10	2.45 2.25	0.25	0.49 0.36	0.32 0.23	10.5 10.1	7.6 7.4	1.27	10.65 10.00	1.4	1.1 0.4	1.1 1.0	0.25	0.25	0.1	0.9 0.4	8° 0°
inches	0.10	0.012 0.004	0.096 0.089	0.01	0.019 0.014	0.013 0.009	0.41 0.40	0.30 0.29	0.050	0.419 0.394	0.055	0.043 0.016	0.043 0.039	0.01	0.01	0.004	0.035 0.016	

Note

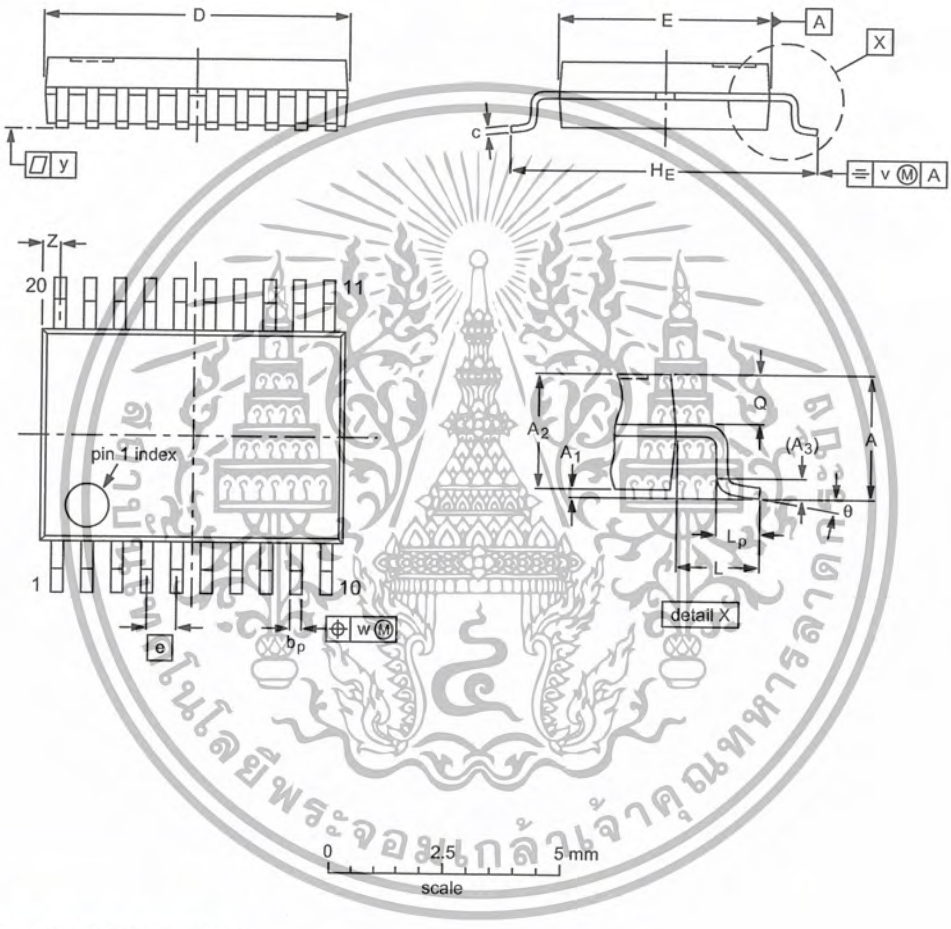
1. Plastic or metal protrusions of 0.15 mm maximum per side are not included.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT162-1	075E03	MS-013AA				~~95-01-24~~ 97-05-22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SSOP20: plastic shrink small outline package; 20 leads; body width 4.4 mm

SOT266-1



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A max.	A_1	A_2	A_3	b_p	c	$D^{(1)}$	$E^{(1)}$	e	H_E	L	L_p	Q	v	w	y	$Z^{(1)}$	θ
mm	1.5	0.15 0	1.4 1.2	0.25	0.32 0.20	0.20 0.13	6.6 6.4	4.5 4.3	0.65	6.6 6.2	1.0	0.75 0.45	0.65 0.45	0.2	0.13	0.1	0.48 0.18	10° 0°

Note

1. Plastic or metal protrusions of 0.20 mm maximum per side are not included.

OUTLINE VERSION	REFERENCES					EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ				
SOT266-1							~~90-04-05~~ 95-02-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13 SOLDERING

13.1 Introduction

There is no soldering method that is ideal for all IC packages. Wave soldering is often preferred when through-hole and surface mounted components are mixed on one printed-circuit board. However, wave soldering is not always suitable for surface mounted ICs, or for printed-circuits with high population densities. In these situations reflow soldering is often used.

This text gives a very brief insight to a complex technology. A more in-depth account of soldering ICs can be found in our *"IC Package Databook"* (order code 9398 652 90011).

13.2 DIP

13.2.1 SOLDERING BY DIPPING OR BY WAVE

The maximum permissible temperature of the solder is 260 °C; solder at this temperature must not be in contact with the joint for more than 5 seconds. The total contact time of successive solder waves must not exceed 5 seconds.

The device may be mounted up to the seating plane, but the temperature of the plastic body must not exceed the specified maximum storage temperature ($T_{stg\ max}$). If the printed-circuit board has been pre-heated, forced cooling may be necessary immediately after soldering to keep the temperature within the permissible limit.

13.2.2 REPAIRING SOLDERED JOINTS

Apply a low voltage soldering iron (less than 24 V) to the lead(s) of the package, below the seating plane or not more than 2 mm above it. If the temperature of the soldering iron bit is less than 300 °C it may remain in contact for up to 10 seconds. If the bit temperature is between 300 and 400 °C, contact may be up to 5 seconds.

13.3 SO and SSOP

13.3.1 REFLOW SOLDERING

Reflow soldering techniques are suitable for all SO and SSOP packages.

Reflow soldering requires solder paste (a suspension of fine solder particles, flux and binding agent) to be applied to the printed-circuit board by screen printing, stencilling or pressure-syringe dispensing before package placement.

Several techniques exist for reflowing; for example, thermal conduction by heated belt. Dwell times vary between 50 and 300 seconds depending on heating method. Typical reflow temperatures range from 215 to 250 °C.

Preheating is necessary to dry the paste and evaporate the binding agent. Preheating duration: 45 minutes at 45 °C.

13.3.2 WAVE SOLDERING

Wave soldering is **not** recommended for SSOP packages. This is because of the likelihood of solder bridging due to closely-spaced leads and the possibility of incomplete solder penetration in multi-lead devices.

If wave soldering cannot be avoided, the following conditions must be observed:

- **A double-wave (a turbulent wave with high upward pressure followed by a smooth laminar wave) soldering technique should be used.**
- **The longitudinal axis of the package footprint must be parallel to the solder flow and must incorporate solder thieves at the downstream end.**

Even with these conditions, only consider wave soldering SSOP packages that have a body width of 4.4 mm, that is SSOP16 (SOT369-1) or SSOP20 (SOT266-1).

During placement and before soldering, the package must be fixed with a droplet of adhesive. The adhesive can be applied by screen printing, pin transfer or syringe dispensing. The package can be soldered after the adhesive is cured.

Maximum permissible solder temperature is 260 °C, and maximum duration of package immersion in solder is 10 seconds, if cooled to less than 150 °C within 6 seconds. Typical dwell time is 4 seconds at 250 °C.

A mildly-activated flux will eliminate the need for removal of corrosive residues in most applications.

13.3.3 REPAIRING SOLDERED JOINTS

Fix the component by first soldering two diagonally-opposite end leads. Use only a low voltage soldering iron (less than 24 V) applied to the flat part of the lead. Contact time must be limited to 10 seconds at up to 300 °C. When using a dedicated tool, all other leads can be soldered in one operation within 2 to 5 seconds between 270 and 320 °C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14 DEFINITIONS

Data sheet status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

15 LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

16 PURCHASE OF PHILIPS I²C COMPONENTS

Purchase of Philips I²C components conveys a license under the Philips' I²C patent to use the components in the I²C system provided the system conforms to the I²C specification defined by Philips. This specification can be ordered using the code 9398 393 40011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Philips Semiconductors – a worldwide company

Argentina: see South America

Australia: 34 Waterloo Road, NORTH RYDE, NSW 2113,
Tel. +61 2 9805 4455, Fax. +61 2 9805 4466

Austria: Computerstr. 6, A-1101 WIEN, P.O. Box 213,
Tel. +43 1 60 101, Fax. +43 1 60 101 1210

Belarus: Hotel Minsk Business Center, Bld. 3, r. 1211, Volodarski Str. 6,
220050 MINSK, Tel. +375 172 200 733, Fax. +375 172 200 773

Belgium: see The Netherlands

Brazil: see South America

Bulgaria: Philips Bulgaria Ltd., Energoproject, 15th floor,
51 James Bourchier Blvd., 1407 SOFIA,
Tel. +359 2 689 211, Fax. +359 2 689 102

Canada: PHILIPS SEMICONDUCTORS/COMPONENTS,
Tel. +1 800 234 7381

China/Hong Kong: 501 Hong Kong Industrial Technology Centre,
72 Tat Chee Avenue, Kowloon Tong, HONG KONG,
Tel. +852 2319 7888, Fax. +852 2319 7700

Colombia: see South America

Czech Republic: see Austria

Denmark: Prags Boulevard 80, PB 1919, DK-2300 COPENHAGEN S,
Tel. +45 32 88 2636, Fax. +45 31 57 1949

Finland: Sinikalliontie 3, FIN-02630 ESPOO,
Tel. +358 9 615800, Fax. +358 9 61580/xxx

France: 4 Rue du Port-aux-Vins, BP317, 92156 SURESNES Cedex,
Tel. +33 1 40 99 6161, Fax. +33 1 40 99 6427

Germany: Hammerbrookstraße 69, D-20097 HAMBURG,
Tel. +49 40 23 53 60, Fax. +49 40 23 536 300

Greece: No. 15, 25th March Street, GR 17778 TAVROS/ATHENS,
Tel. +30 1 4894 339/239, Fax. +30 1 4814 240

Hungary: see Austria

India: Philips INDIA Ltd, Shivsagar Estate, A Block, Dr. Annie Besant Rd.
Worli, MUMBAI 400 018, Tel. +91 22 4938 541, Fax. +91 22 4938 722

Indonesia: see Singapore

Ireland: Newstead, Clonskeagh, DUBLIN 14,
Tel. +353 1 7640 000, Fax. +353 1 7640 200

Israel: RAPAC Electronics, 7 Kehilat Saloniki St, TEL AVIV 61180,
Tel. +972 3 645 0444, Fax. +972 3 649 1007

Italy: PHILIPS SEMICONDUCTORS, Piazza IV Novembre 3,
20124 MILANO, Tel. +39 2 6752 2531, Fax. +39 2 6752 2557

Japan: Philips Bldg 13-37, Kohnan 2-chome, Minato-ku, TOKYO 108,
Tel. +81 3 3740 5130, Fax. +81 3 3740 5077

Korea: Philips House, 260-199 Itaewon-dong, Yongsan-ku, SEOUL,
Tel. +82 2 709 1412, Fax. +82 2 709 1415

Malaysia: No. 76 Jalan Universiti, 46200 PETALING JAYA, SELANGOR,
Tel. +60 3 750 5214, Fax. +60 3 757 4880

Mexico: 5900 Gateway East, Suite 200, EL PASO, TEXAS 79905,
Tel. +9-5 800 234 7381

Middle East: see Italy

Netherlands: Postbus 90050, 5600 PB EINDHOVEN, Bldg. VB,
Tel. +31 40 27 82785, Fax. +31 40 27 88399

New Zealand: 2 Wagener Place, C.P.O. Box 1041, AUCKLAND,
Tel. +64 9 849 4160, Fax. +64 9 849 7811

Norway: Box 1, Manglerud 0612, OSLO,
Tel. +47 22 74 8000, Fax. +47 22 74 8341

Philippines: Philips Semiconductors Philippines Inc.,
106 Valero St. Salcedo Village, P.O. Box 2108 MCC, MAKATI,
Metro MANILA, Tel. +63 2 816 6380, Fax. +63 2 817 3474

Poland: Ul. Lukiska 10, PL 04-123 WARSZAWA,
Tel. +48 22 612 2831, Fax. +48 22 612 2327

Portugal: see Spain

Romania: see Italy

Russia: Philips Russia, Ul. Usatcheva 35A, 119048 MOSCOW,
Tel. +7 095 755 6918, Fax. +7 095 755 6919

Singapore: Lorong 1, Toa Payoh, SINGAPORE 1231,
Tel. +65 350 2538, Fax. +65 251 6500

Slovakia: see Austria

Slovenia: see Italy

South Africa: S.A. PHILIPS Pty Ltd., 195-215 Main Road Martindale,
2092 JOHANNESBURG, P.O. Box 7430 Johannesburg 2000,
Tel. +27 11 470 5911, Fax. +27 11 470 5494

South America: Rua do Rocio 220, 5th floor, Suite 51,
04552-903 São Paulo, SÃO PAULO - SP, Brazil,
Tel. +55 11 821 2333, Fax. +55 11 829 1849

Spain: Balmes 22, 08007 BARCELONA,
Tel. +34 3 301 6312, Fax. +34 3 301 4107

Sweden: Kottbygatan 7, Akalla, S-16485 STOCKHOLM,
Tel. +46 8 632 2000, Fax. +46 8 632 2745

Switzerland: Allmendstrasse 140, CH-8027 ZÜRICH,
Tel. +41 1 488 2686, Fax. +41 1 481 7730

Taiwan: Philips Semiconductors, 6F, No. 96, Chien Kuo N. Rd., Sec. 1,
TAIPEI, Taiwan Tel. +886 2 2134 2870, Fax. +886 2 2134 2874

Thailand: PHILIPS ELECTRONICS (THAILAND) Ltd.,
209/2 Sanpavuth-Bangna Road Prakanong, BANGKOK 10260,
Tel. +66 2 745 4090, Fax. +66 2 398 0793

Turkey: Talatpasa Cad. No. 5, 80640 GÜLTEPE/ISTANBUL,
Tel. +90 212 279 2770, Fax. +90 212 282 6707

Ukraine: PHILIPS UKRAINE, 4 Patrice Lumumba str., Building B, Floor 7,
252042 KIEV, Tel. +380 44 264 2776, Fax. +380 44 268 0461

United Kingdom: Philips Semiconductors Ltd., 276 Bath Road, Hayes,
MIDDLESEX UB3 5BX, Tel. +44 181 730 5000, Fax. +44 181 754 8421

United States: 811 East Arques Avenue, SUNNYVALE, CA 94088-3409,
Tel. +1 800 234 7381

Uruguay: see South America

Vietnam: see Singapore

Yugoslavia: PHILIPS, Trg N. Pasica 5/v, 11000 BEOGRAD,
Tel. +381 11 625 344, Fax.+381 11 635 777

For all other countries apply to: Philips Semiconductors, Marketing & Sales Communications,
Building BE-p, P.O. Box 218, 5600 MD EINDHOVEN, The Netherlands, Fax. +31 40 27 24825

Internet: http://www.semiconductors.philips.com

© Philips Electronics N.V. 1997

SCA53

All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.

The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent- or other industrial or intellectual property rights.

Printed in The Netherlands 417067/1200/02/pp24 Date of release: 1997 Apr 02 Document order number: 9397 750 01758

Let's make things better.

Philips Semiconductors

PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้