สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# เครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ

# AUTOMATIC BATH MACHINE

จัดทำโดย

นาย จิรยุทธ เพ็งนาค

นาย วิลาศ ธรรมเจริญ

นาย อลงกต พงษ์สุรพันธ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42369
วัน, เดือน, ปี 20 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร บัณฑิต

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| หัวข้อปริญญานิพนธ์ | เครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ |
| โดย | นายจิรยุทธ เพ็งนาค |
| | นายวิลาศ ธรรมเจริญ |
| | นายอลงกต พงษ์สุรพันธ์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | อ. นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย |
| | ดร.ปิติเขต สู้รักษา |
| ภาควิชา | เทคนิคอุตสาหกรรม |
| ปีการศึกษา | 2543 |

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร บัณฑิต

---

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
(  )

---------- กรรมการ
(  )

---------- กรรมการ
(  )

---------- กรรมการ
(  )

---------- กรรมการ
(  )

---------- กรรมการ
(  )

---------- กรรมการ
(  )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ

โดย นาย จิรยุทธ เพ็งนาค เลขประจำตัว 42015469
นาย วิลาศ ธรรมเจริญ เลขประจำตัว 42015489
นาย อลงกต พงษ์สุรพันธ์ เลขประจำตัว 42015497

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย
ครู. ปิติเขต สู้รักษา

ปีการศึกษา 2543

## บทคัดย่อ

ในปริญญานิพนธ์นี้เป็นเรื่องของการออกแบบและสร้างเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ ที่มีระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล 89S8252 โดยมีการแบ่งการควบคุมระบบการทำงานทั้งหมดออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นการควบคุมการฉีดน้ำ

ส่วนที่ 2 เป็นการควบคุมการฉีดของสบู่เหลว

ส่วนที่ 3 เป็นการควบคุมการทำงานของเครื่องช่วยถูแผ่นหลัง

ทั้ง 3 ส่วนนี้จะทำงานตามโปรแกรมที่อยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ยังมีตัวเซ็นเซอร์ทำหน้าที่ในการตรวจจับวัตถุในตำแหน่งที่ระบุไว้ เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจพบวัตถุระบบการทำงานของเครื่องทั้งหมดจะทำงานตามโปรแกรมจนสิ้นสุดโปรแกรม โดยที่เครื่องนี้สามารถเลือกโปรแกรมการฉีดน้ำได้ 3 ระดับโดยมี LCD เป็นตัวบอกสถานะของโปรแกรมที่เลือกใช้

ระดับที่ 1 LCD จะแสดงคำว่า FIRST PROGARM ระบบการทำงานคือการฉีดน้ำใช้เวลา 20 วินาที ฉีดสบู่เหลว 5 วินาที ถูแผ่นหลัง 30 วินาที และฉีดน้ำครั้งสุดท้าย 40 วินาที

ระดับที่ 2 LCD จะแสดงคำว่า SECOND PROGARM ระบบการทำงานคือการฉีดน้ำใช้เวลา 40 วินาที ฉีดสบู่เหลว 5 วินาที ถูแผ่นหลัง 60 วินาที และฉีดน้ำครั้งสุดท้าย 60 วินาที

ระดับที่ 3 LCD จะแสดงคำว่า THIRD PROGARM ระบบการทำงานคือการฉีดน้ำใช้เวลา 60 วินาที ฉีดสบู่เหลว 5 วินาที ถูแผ่นหลัง 90 วินาที และฉีดน้ำครั้งสุดท้าย 120 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# AUTOMATIC BATH MACHINCE

BY MR. JIRAYOOTH PENGNAK
MR. VILAS THAMJAREUN
MR. ALOGUD PONGSURAPAN

ADVISSOR NOPPINAN ANTRASIRICHAI
ASST.PROF.DR.PITIKHATE SOORAKSA

ACADEMICYEAR 2000

## ABSTRACT

This thesis is the design and creation of Automatic Bath Machine. This machine is used for clean the bank side of the body which the system is controlled by Microcontroller 89S8252 . The operation of this system is divide in to 3 part that are :

Part 1 : To control the water injector.

Part 2 : To control the liquid soap injector .

Part 3 : To control the operation of service body machine .

These 3 part are controlled by the progarm in Microcontroller . For detect the object at the design position to use sensor and the operation will be on until end of progarm . The capability of this machine is set into 3 level of inject the waters and can display the status of progarms on LCD that are :

Level 1 It will be display " First progarm " , the 4 step of operation aer :

Time of inject water = 20 second

Time of inject liquid soap = 5 second

Time of inject service body = 30 second

Time of inject water = 40 second

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Level 2 It will be display " Second progarm ", the 4 step of operation aer :

Time of inject water = 40 second

Time of inject liquid soap = 5 second

Time of inject service body = 60 second

Time of inject water = 60 second

Level 3 It will be display " Third progarm ", the 4 step of operation aer :

Time of inject water = 60 second

Time of inject liquid soap = 5 second

Time of inject service body = 90 second

Time of inject water = 120 second

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากความร่วมมือของสมาชิกในกลุ่มทุกท่านขอขอบพระคุณ อาจารย์นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย และ ดร. ปิติเขต สู้รักษา ที่ให้คำแนะนำในการทำโครงงานชิ้นนี้และให้คำปรึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขและดูแลตรวจสอบ และขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องกับโครงงานนี้ทุกท่านรวมทั้งผู้ที่มิได้เอ่ยนามในที่นี้ด้วย หากโครงงานนี้มีข้อผิดพลาดประการใดทางคณะผู้จัดทำต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย สุดท้ายนี้ผู้ควรระลึกถึงอย่างยิ่ง คือบิดาและมารดาซึ่งเป็นผู้ให้ความสนับสนุนด้านการศึกษา และเป็นผู้ให้กำลังใจตลอดมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

ขอขอบพระคุณอย่างสูง

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

บทที่ 1 บทนำ

- วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ 2
- ขั้นตอนการทำงานของเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ 2
- เนื้อหาของแต่ละบท 2
- ประโยชน์ที่ได้จากปริญญานิพนธ์ 3

บทที่ 2 สถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51

- โครงสร้างของ MCS – 51 4
- การจัดขาลักษณะภายนอกของ MCS – 51 6
- หน่วยศูนย์กลางประมวลผลหรือซีพียู 9
- โครงสร้างพอร์ตและการทำงาน 12
- การเข้าถึงของหน่วยความจำภายนอก 13
- ตัวจับเวลา/ตัวนับ ( TIMER/COUNTER ) 14
- ชุดคำสั่งของ MCS – 51 16

บทที่ 3 อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในโครงงาน

- หลักการของมอเตอร์ 19
- คุณลักษณะประจำของมอเตอร์แบบขนาน (CHARECTERISTICS OF SHUNT MOTORS ) 20
- การเกิดอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ 22
- การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ 26
- ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวส่งและตัวรับทรานสดิวเซอร์ 27

บทที่ 4 การออกแบบระบบควบคุม

- ส่วนควบคุมหลัก ( MAIN BOARD ) 29
- การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟ ( SUPPLY ) 37
- การออกแบบโครงสร้างของโครงงาน 44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์ 50

บรรณานุกรม

ภาคผนวก ก โปรแกรมเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ

ภาคผนวก ข DATA SHEET MCS - 51



-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตาราง | หน้า |
|---|---|
| ตารางที่ 2.1 ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS - 51 | 5 |
| ตารางที่ 2.2 รีจีสเตอร์แสดงสถานะโปรแกรม | 10 |
| ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ความเร็วของคลื่นในก๊าซต่างๆ | 24 |





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปภาพ | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในของ MCS – 51 | 5 |
| รูปที่ 2.2 การจัดขาตามลักษณะภายนอกของชิพ MCS – 51 | 6 |
| รูปที่ 2.3 วงจรการแลทช์และบัฟเฟอร์ | 13 |
| รูปที่ 2.4 โหมด 0 ของตัวจับเวลา/ตัวนับ | 15 |
| รูปที่ 3.1 หลักการของมอเตอร์ | 19 |
| รูปที่ 3.2 กราฟแสดงคุณสมบัติของมอเตอร์แบบขนาน | 21 |
| รูปที่ 4.1 แผนภาพแสดงวงจรรีเซต | 30 |
| รูปที่ 4.2 ไดอะแกรมการทำงานของโมดูล LCD อักขระ | 31 |
| รูปที่ 4.3 Block Diagram ของเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ | 33 |
| รูปที่ 4.4 วงจรควบคุมเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ | 35 |
| รูปที่ 4.5 ลายวงจรของเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ | 36 |
| รูปที่ 4.6 วงจรแหล่งจ่าย 5 Volt | 38 |
| รูปที่ 4.7 ลายวงจรแหล่งจ่าย 5Volt | 39 |
| รูปที่ 4.8 วงจรแหล่งจ่าย 12 Volt | 40 |
| รูปที่ 4.9 ลายวงจรแหล่งจ่าย 12 Volt | 41 |
| รูปที่ 4.10 วงจรแหล่งจ่าย 24 Volt | 42 |
| รูปที่ 4.11 ลายวงจรแหล่งจ่าย 24 Volt | 43 |
| รูปที่ 4.12 ชุดควบคุมการไหลของน้ำ | 44 |
| รูปที่ 4.13 ชุดควบคุมการฉีดของสบู่ | 45 |
| รูปที่ 4.14 ชุดช่วยถูแผ่นหลัง | 46 |
| รูปที่ 4.15 ชุด Sensor | 47 |
| รูปที่ 4.16 ชุด LCD | 48 |
| รูปที่ 4.17 เครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ | 49 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

ในปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้มีการออกแบบและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานที่แตกต่างกัน ดังนั้นเราจึงสามารถเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เหมาะสมกับงานได้ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายตระกูลด้วยกัน อาทิเช่น 8031, 8032, 8051, 8052 ฯลฯ ตระกูลต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์เหล่านี้ มีคุณสมบัติอย่างหนึ่งที่เหมือนกันคือ เป็นหน่วยความจำข้อมูลในระบบ (Memory) ซึ่งแต่ละตระกูลจะมีระดับของหน่วยความจำไม่เท่ากัน และนอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติบางอย่างที่ต่างกันด้วย

ในโครงงานนี้ได้เลือกนำไมโครคอนโทรลเลอร์ ในตระกูล 89S8252 มาใช้งาน เนื่องจากมีหน่วยความจำ Flash Memory จำนวน 8 k ซึ่งมันสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมภายในตัวมันเองได้ นอกจากนี้ยังสามารถเขียนและลบข้อมูลได้ถึง 1,000 ครั้ง และยังมีพอร์ต I/Oด้วย ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมกับโครงงานนี้ นอกจากนี้ในโครงงานยังได้นำ ไอซีเบอร์ 74HC541 ซึ่งมีคุณสมบัติการทำงานเป็นบัฟเฟอร์ นำมาประกอบกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และได้นำ sensor มาใช้เป็นตัวตรวจจับวัตถุเพื่อสั่งให้ระบบทั้งหมดทำงาน รวมทั้งได้นำเอา LCD มาเป็นตัวแสดงผล

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นปริญญานิพนธ์เล่มนี้ได้นำเอาทฤษฎีและหลักการของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในตระกูล 89S8252 มาออกแบบวงจรเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ ซึ่งจะช่วยให้เครื่องอาบน้ำอัตโนมัติสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน โดยวงจรที่ออกแบบจะมีโปรแกรมทั้งหมด 3 โปรแกรม เพื่อให้ผู้ใช้ได้เลือกใช้ตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.1 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกสบาย ในการอาบน้ำให้แก่มนุษย์ในระดับหนึ่ง
2. เพื่อศึกษาการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ ในตระกูล 89S8252 , DC – Motor และระบบ Senser มาประยุกต์ใช้งาน
3. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมและคำสั่งต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ

## 1.2 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ

การทำงานของเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่ 1 เป็นส่วนของ Solf Ware จะประกอบไปด้วยโปรแกรม 3 โปรแกรม เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ตามความต้องการ ซึ่งโปรแกรมทั้ง 3 โปรแกรมนี้จะมีการทำงานที่คล้ายกัน แต่จะมีความแตกต่างกันตรงที่ระยะเวลาของการไหลของน้ำ , การฉีดของสบู่เหลว และเครื่องช่วยถูแผ่นหลัง

ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของ Hard Ware ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนของ Sensor และตัวแสดงผล (LCD) โดยที่ Sensor จะทำหน้าที่ตรวจจับวัตถุ และเมื่อตรวจพบว่ามีวัตถุเข้ามาตรงตำแหน่งที่ได้ระบุไว้ ก็จะสั่งให้ทั้งหมดเริ่มทำงาน โดยเริ่มจากการไหลของน้ำ ตามด้วยการฉีดของสบู่เหลว และเครื่องช่วยถูแผ่นหลังจะทำการถูแผ่นหลัง จากนั้นน้ำก็จะไหลอีกครั้งหนึ่ง จึงจะถือว่าเสร็จสิ้นการทำงาน และตัวแสดงผล (LCD) จะทำหน้าที่แสดงสถานะของโปรแกรม เมื่อมีการเลือกใช้โปรแกรม LCD จะเป็นตัวแสดงสถานะว่าเลือกใช้โปรแกรมใดอยู่ อาทิเช่น ถ้าเลือกใช้โปรแกรมที่ 1 LCD จะแสดงสถานะ First Program เป็นต้น

## 1.3 เนื้อหาของแต่ละบท

ในบทที่ 1 เป็นการกล่าวถึงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการทำงาน และประโยชน์ที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์ โดยสังเขป

ในบทที่ 2 เป็นทฤษฎีทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์และโครงสร้างทั่วไปที่สำคัญในไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อสามารถให้มีความเข้าใจในโครงงานมากขึ้น

ในบทที่ 3 เป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

ในบทที่ 4 การออกแบบระบบควบคุม

ในบทที่ 5 ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 ประโยชน์ที่ได้จากปริญญานิพนธ์

1. เกิดทักษะในการออกแบบวงจร , เขียนโปรแกรม และแก้ไขปัญหาต่างๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหรือประยุกต์ในการใช้งานในด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
2. สามารถอำนวยความสะดวกสบายในการทำความสะอาดร่างกายมนุษย์ได้ในระดับหนึ่ง
3. สามารถช่วยเหลือผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับแขนหรือผู้ที่ไม่สะดวกในการทำความสะอาดแผ่นหลังได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2

# สถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งเป็นไมโครคอมพิวเตอร์แบบชิพเดี่ยว (ไม่ต้องต่ออุปกรณ์ภายนอกก็สามารถทำงานได้) มีความสะดวกในการใช้งาน และเขียนโปรแกรมควบคุม MCS-51 นี้เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาสนองความต้องการของผู้ใช้คือ มีสายอินพุตเอาต์พุตภายในตัวเองพอร์ตของอินพุต และเอาท์พุตพัฟเฟอร์อินเตอร์เฟส และสายควบคุมอื่น ๆ ที่ใช้สำหรับแยกข้อมูลกับแอดเดรส และยังมีชุดคำสั่งเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษเพื่อจัดการข้อมูล

## 2.1 โครงสร้างของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายใน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดจะศึกษาได้จากคู่มือของมันโดยตรง และลักษณะของเขาต่าง ๆ จะเหมือนกัน คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51 มีดังนี้

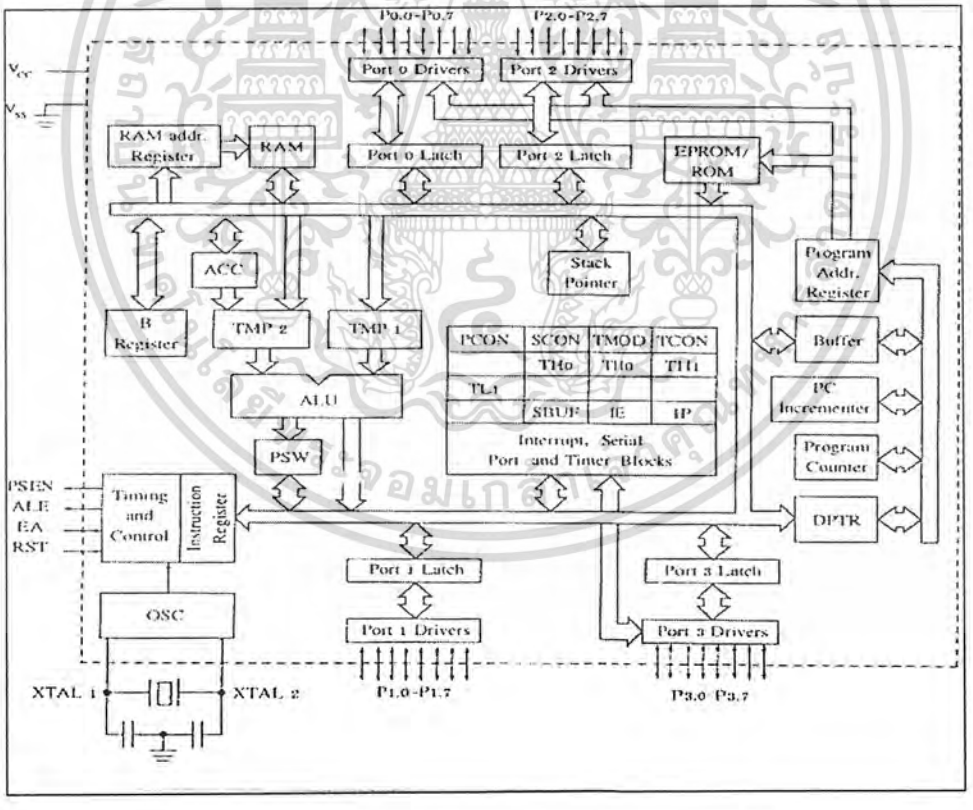
- มีหน่วยความจำ ROM 4K bytes
- มีหน่วยความจำ RAM 128 bytes
- มีพอร์ท I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ท
- มี Timer 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเทอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรนาฬิกาบนชิพ
- มีพอร์ทอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex 8 ความเร็วสูง
- อ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64 K
- อ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 K
- สามารถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง
- หนึ่งวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาทีขณะทำงานด้วย Clock 12 MHz

ตัวอย่างไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 และลักษณะต่าง ๆ สามารถ แสดงได้ในตารางที่ 2.1 และไดอะแกรมโครงสร้างภายในแสดงในรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1** แสดงไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ต่าง ๆ

| เบอร์ | หน่วยความจำโปรแกรมบนชิพ | หน่วยความจำข้อมูลบลชิพ | TIMERS |
|---|---|---|---|
| 8051 | 4K ROM | 128 bytes | 2 |
| 8031 | - | 128 bytes | 2 |
| 8751 | 4AK EPROM | 128 bytes | 2 |
| 8052 | 8K ROM | 256 bytes | 3 |
| 8032 | - | 256 bytes | 3 |
| 8752 | 8K EPROM | 256 bytes | 3 |



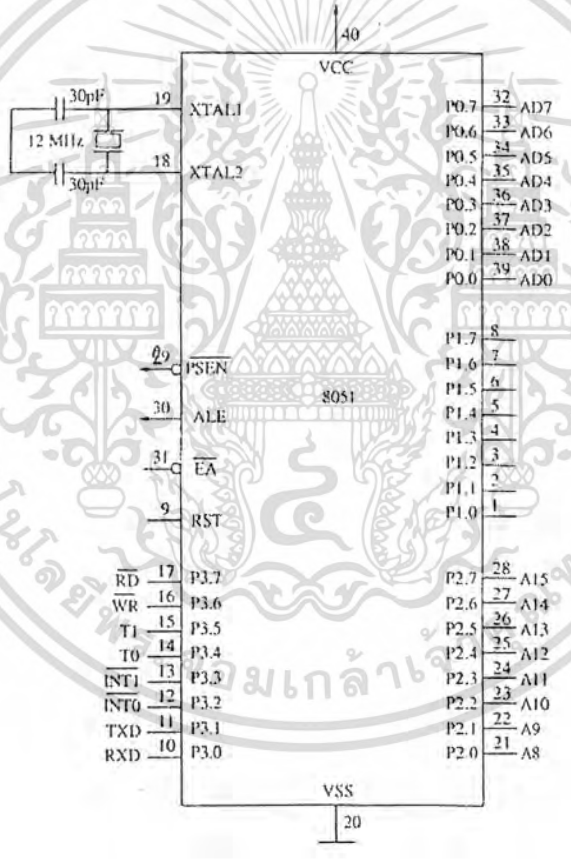

**รูปที่ 2.1** โครงสร้างภายในของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 การจัดขาลักษณะภายนอกของ MCS-51

รูปที่ 2.2 แสดงการจัดขาตามลักษณะภายนอกของ MCS-51 ซึ่งจะมีการแบ่งกลุ่มการจัดขาตามสถาปัตยกรรมของ MCS-51 อยู่ 4 กลุ่มคือ

1. กลุ่มขารับแหล่งจ่ายไฟฟ้า และระบบสัญญาณนาฬิกา
2. กลุ่มขาแอดเดรสและข้อมูล
3. กลุ่มขาควบคุม
4. กลุ่มขาพอร์ตแบบขนานและอนุกรม




**รูปที่ 2.2** การจัดขาตามลักษณะภายนอกของชิพ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รายละเอียดหน้าที่ขาแต่ละขามีดังนี้**

**ขา Gnd (ขา20)**

เป็นขาสำหรับต่อลงดิน

**ขา Vcc (ขา40)**

เป็นขาที่ต่อแรงดันไฟกระแสตรงขนาด 5 V และใช้สำหรับการโปรแกรม

**ขา PORT 0 (P0.0-P0.7/AD0-AD7) (ขา 32-37)**

ทำหน้าที่เป็นพอร์ตไอโอ 8 บิตแบบ Open Drain Bi- directional สามารถที่จะรับโหลดทีทีแอลได้ 8 ตัว การเขียนค่า "1"ไปที่พอร์ตนี้ จะเป็นการปล่อยลอย (Float) ขาของพอร์ตนี้ทำให้มันทำงานเป็นอินพุต มีสถานะอิมพีแดนซ์สูง

**ขา PORT 1 (P1.0-P1.7) (ขา 1-8)**

เป็นพอร์ตไอโอ 8 บิต แบบ Open Drain Bi-directional พร้อมด้วยการพูลอัพภายในถ้าเป็นพอร์ตเอาต์พุตบัฟเฟอร์ สามารถขับโหลดทีทีแอลตระกูลแอลเอสไอได้ 4 ตัว พอร์ต 1 เมื่อถูกเขียนค่า "1" ด้วยโปรแกรมมันจะมีสถานะสูงด้วยการพูลอัพภายใน

**ขา PORT 2 (P2.0-P2.7) (ขา 21-28)**

เป็นพอร์ตไอโอ 8 บิตแบบ Open Drain Bi-dirctional ด้วยการพูลอัพภายในพอร์ต 2 ที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เอาต์พุตสามารถจ่ายโหลดทีทีแอลตระกูลแอลเอสได้ 4 ตัว อีกหน้าที่หนึ่งของพอร์ตร่วมกับหน่วยความจำภายนอกเพื่อให้แอดเดรสได้ถึง 16 บิต

**ขา PORT 3 (P3.0-P3.7) (ขา 10-17)**

เป็นพอร์ตไอโอ 8 บิตแบบพูลอัพภายใน นอกจากทำเป็นพอร์ตไอโอที่สามารถรับโหลดทีทีแอล พวกตระกูลแอลเอสได้ 4 ตัว แล้วยังสามารถทำหน้าที่อื่นตามรายการข้างล่างนี้ด้วย

| ขาพอร์ต | ขา | การทำงานตามฟังก์ชันพิเศษ |
|---|---|---|
| P3.0 | 10 | RxD พอร์ตอนุกรมอินพุต |
| P3.1 | 11 | TxD พอร์ตอนุกรมเอาต์พุต |
| P3.2 | 12 | INTO อินเตอร์รัพต์ภายนอกตัวที่ 1 |
| P3.3 | 13 | INTO อินเตอร์รัพต์ภายนอกตัวที่ 2 |
| P3.5 | 14 | TO สัญญาณกระตุ้นเข้าที่ตัวจับเวลา/ตัวนับ0 |
| P3.6 | 15 | T1 สัญญาณกระตุ้นเข้าที่ตัวจับเวลา/ตัวนับ1 |
| P3.7 | 16 | WR สัญญาณควบคุมการเขียน |
| P3.8 | 17 | RD สัญญาณควบคุมการอ่าน |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่จะให้ทำงานตามฟังก์ชั่นดังกล่าวได้ จะต้องติดตั้งโปรแกรมด้วยการส่งค่า "1" ไปแลทช์ไว้ก่อน

**ขา RST (ขา 9)**

ต้องคงสถานะค่าสูงเป็นเวลาประมาณอย่างน้อย สองไซเคิลระหว่างที่ออสซิลเลเตอร์ทำงาน ขณะที่ต้องการรีเซต (Reset) ทั้งระบบงานโดยจะต่อรีซิสเตอร์พูลดาวน์ (8.2 กิโลโอห์ม) จากขา RST ไปลงดิน

**ขา ALE/PROG (ขา 30)**

เป็นขาแอดเดรสแลทช์อีนาเบิ้ลด้วยการส่งพอร์ตออกไปใช้ สำหรับแลทช์ค่าแดเดรสไบต์ต่ำจากพอร์ต 0 ในระหว่างการเข้าถึงข้อมูลจากหน่วยความจำภายใน ALE จะถูกส่งสัญญาณนาฬิกาออกมาในอัตราความเร็วคงที่ ที่ 1/8 ของความถี่ออสซิเลเตอร์ตลอดเวลา

**ขา PSEN (ขา 29)**

Program Storage Enable เป็นสโตรบอ่านข้อมูลจากโปรแกรม หน่วยความจำภายนอก เมื่อชิพทำงานด้วยโปรแกรมหน่วยความจำภายนอกขา PSEN จะสร้างสโตรบอย่างต่ำสองครั้งภายในแต่ละแมชชีนไซเคิ้ล สัญญาณจะมีสถานะสูง หรือพัลส์ต่ำทั้งสองลูกจะหายไป เมื่อทำงานในช่วงการอ่านหรือเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก และ PSEN ไม่มีพัลส์ส่งออก ถ้าชิพทำงานด้วยโปรแกรมหน่วยความจำภายใน

**ขา EA/Vpp (ขา 31)**

ถ้ามีสถานสูงหรือตัวซีพียูในชิพจะทำงานตามโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำภายใน (โดยที่โปรแกรมจะต้องไม่ยาวกว่า 4 กิโลไบต์ สำหรับเบอร์ 8052 AH) การทำให้ EA มีสถานต่ำจะเป็นการควบคุมให้ซีพียูทำงานตามโปรแกรมหน่วยความจำภายนอก ซึ่งขยายโปรแกรมได้ยาวถึง 64 กิโลไบต์

**ขา XTAL1 (ขา 19)**

ใช้เป็นตัวอินพุตเข้าสู่ตัวออสซิเลเตอร์ ขยายแบบ Invert

**ขา XTAL2 (ขา 18)**

ใช้เป็นตัวเอาต์พุตเข้าสู่ตัวออสซิเลเตอร์ขยายแบบ Invert

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 หน่วยศูนย์กลางประมวลผลหรือซีพียู

ซีพียูเป็นมันสมองของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ การอ่านโปรแกรมและทำงานตามคำสั่งโปรแกรมจะกระทำที่ส่วนนี้โดยการใช้ส่วนคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ทำงานร่วมกับรีจิสเตอร์ A, B, PSW (Program Statis Word) , SP( Stack Pointer ) ตัวนับโปรแกรม (PC:Program counterr )ขนาด 16 บิต และตัวชี้ตำแหน่งข้อมูล (DPTR:Data Pointer) ส่วนคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์(ALU:Arithmetic Logic Unit) ALU นี้ทำงานในฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ และตรรกศาสตร์ด้วยตัวแปรต่าง ๆ ขนาด 8 บิต ที่มีลักษณะการทำงานทางคณิตศาสตร์เป็น บวก ลบ คูณ หาร รวมทั้งทางตรรกศาสตร์เช่น AND OR XOR รวมทั้งการเลื่อน และวนรอบบิต การเคลียร์ค่า และกลับค่า ( Complement) เป็นต้น

สิ่งสำคัญในการทำงานทางสถาปัตยกรรมของ MCS-51 คือความสามารถในการทำงานสำหรับข้อมูลขนาด 8 บิต และ 1 บิต การใช้งานระดับในการเซตเคลียร์ หรือกลับค่าการเคลื่อนย้ายการทดสอบและใจในการคำนวณทางตรรกขนาด 1 บิต ความสามารถเช่นนี้เหมาะสำหรับใช้ในงานควบคุมของสัญญาณเข้าและออกที่มีการคิดและออกแบบทางตรรกด้วยพีชคณิต Boolean ซึ่งโดยปกติทำได้ลำบากสำหรับไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป งานในลักษณะเช่นนี้จึงได้ชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า ตัวประมวลผลบูลีน (Boolean Porcessor)

**แอกคูมิเตอร์ (Accumulator : ACC)**

MCS-51 ก็เช่นเดียวกับ MCS-48 ที่ใช้ ACC ที่มีขนาด 8 บิต ตัว ACC ยังสามารถใช้เป็นตัวแหล่งกระทำหรือถูกกระทำในการทำงานทางตรรกและใช้เป็นตัวกลางในการถ่ายเทข้อมูลในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกไอโอ และหน่วยความจำภายนอก รวมถึงการตรวจสอบตารางข้อมูล

**รีจิสเตอร์ B**

เป็นรีจิสเตอร์พิเศษที่ใช้งานสำหรับคำสั่งของการคูณ และหาร โดยใช้เป็นที่เก็บตัวคูณหรือตัวหาร และที่เป็นผลลัพธ์ตัวที่สองหลังการคูณและเศษหลังการหาร

**รีจิสเตอร์คำแสดงสถานะโปรแกรม (Program Status Word : PSW )**

รีจิสเตอร์ PSW เป็นรีจิเตอร์ที่แสดงผลที่ได้หลังจากการใช้คำสั่งต่างๆ และใช้เป็นตัวเลือกกลุ่มการทำงานของรีจิสเตอร์กลุ่มต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สัญลักษณ์ | ตำแหน่ง | กำหนดการทำงาน |
|---|---|---|
| CY | PSW7 | แฟลกตัวทดจะเซต/เคลียร์ด้วยฮาร์แวร์หรือซอฟต์แวร์ ระหว่างผลลัพธ์หลักการใช้คำสั่งทางคณิตศาสตร์ หรือตรรกศาสตร์ ที่แน่นอน |
| AC | PSW6 | แฟลกตัวทดของ Auxitiary จะเซต/เคลียร์ด้วยฮาร์ดแวร์ระหว่างการบวกและลบที่แสดงผลจากการทดหรือยืมจากบิตที่ 3 ของ ACC |
| FO | PSW5 | แฟลก 0 จะเซต/เคลียร์ ด้วยซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้กำหนดสถานะแฟลกนี้เอง |
| RS1 | PSW4 | รีจิสเตอร์ตัวควบคุมการเลือกแบงค์ด้วยค่า RS1 และ RS0 |
| RS2 | PSW3 | จะเซจ/เคลียร์ด้วยซอฟแวร์เพื่อเลือกกลุ่มรีจิสเตอร์ทำงานในแต่ละแบงค์ โดยปรับค่าใน RS1 และ RS0 ให้อีนาเบิลคลุมลักษณะการเลือกแบงค์ต่อไปนี้<br>RS1 RS0 เลือกแบงค์ ค่าแอดเดรส<br>0 0 แบงค์ 0 00H-07H<br>0 1 แบงค์ 1 08H-0FH<br>1 0 แบงค์2 10H-17H<br>1 1 แบงค์ 3 18H-1FH |
| OV | PSW2 | แฟลก Overflow จะเซต/เคลียร์ด้วยฮาร์ดแวร์ระหว่างหารใช้คำสั่งที่แสดงผลถึงการเกิดลักษณะ Overflow ทางคณิตศาสตร์ |
| - | PSW1 | บิตสำรองจะไม่สามารถเซต/เคลียร์ ด้วยผู้ใช้เพราะสำรองไว้ห้าหรับโรงงานผู้สร้าง |
| P | PSW0 | แฟลกพาริตี้ จะเซต/เคลียร์ด้วยฮาดร์แวร์ ในแต่ละไซเคิ้ลคำสั่งแสดงถึงตัวเลขค่า “1” ในแต่ละบิตของแอกคูมิวเลเตอร์ เช่น “1” มี 6 ตัว จะเป็นพาริตี้คู่ P บิตจะเท่ากับ 0 |

**ตารางที่ 2.2** รีจิสเตอร์แสดงสถานะโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4. ตัวชี้แสตก (Stack Pointer : SP)**

MCS-51 จะใช้ RAM ภายในเป็นบริเวณสแตกทางฮาร์ดแวร์ สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมหลักสแตกการผ่านพารามิเตอร์ระหว่างงานในแต่ละส่วนโปรแกรมและสแตกเก็บตัวแปรข้อมูลชั่วคราว หรือสแตกการเก็บสถานะระหว่างการบริการงานอินเตอร์รัพต์ไว้ในชิพ โดยที่ SP จะมีขนาด 8 บิต จะเพิ่มค่าขึ้นโดยอัตโนมัติก่อนที่ข้อมูลจะนำมาเก็บในหน่วยความจำระหว่างการใช้คำสั่ง PUSH และ CALL และจะลดค่าของ SP ลงหลังจากที่ได้ถ่ายเทข้อมูลออกไปแล้ว ในคำสั่ง POP หรือ RETURN

**5. ตัวชี้ข้อมูล (Data Pointer : DPTR)**

DPTR รีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ที่ประกอบด้วยไบต์สูง (DPH) และไบต์ต่ำ (DPL) ที่สามารถเลือกแบ่งออกเป็นรีจิสเตอร์ 8 บิตสองตัวที่ใช้ได้อย่างอิสระ หรือจะใช้รวมกันทั้ง 16 บิตก็ได้ ในการ Increment หรือ Decrement เพื่อประโยชน์ในการใช้เป็นฐานของเลขที่อยู่ในรีจิสเตอร์ในการกระโดดโดยทางอ้อม ในการใช้คำสั่งเกี่ยวกับตารางข้อมูล และชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำภายนอก

**6. พอร์ต 0 ถึง 3**

รีจิสเตอร์ P0, P1, P2 และ P3 ของกลุ่มรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special Function Register :SFR) จะเป็นตัวรีจิเตอร์ที่แลทช์ค่าของพอร์ต 0 , 1 , 2 , 3 ตามลำดับ ในขณะใช้งาน

**7. บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม (Serial Data Buffer :SBUF)**

บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรมแบ่งเป็นรีจิสเตอร์สองตัว ตัวหนึ่งเป็นบัฟเฟอร์การส่งและอีกตัวเป็นบัฟเฟอร์การรับ เมื่อข้อมูลถ่ายเทเข้า SBUF ขึ้นอยู่กับการติดตั้งโปรแกรมการส่ง เมื่อข้อมูลย้ายออกจาก SBUF จะเป็นการรับข้อมูลจากบัฟเฟอร์ตัวรับ

**8. รีจิสเตอร์ CAPTURE**

ไอซีเบอร์ 8032/8052 จะมีคู่รีจิสเตอร์ (RCAP2HJ , RCAP2L) เพิ่มเติมเป็นรีจิสเตอร์เค็ปเจอร์สำหรับตัวจับเวลา 2 ในโหมดการใช้งานของรีจิสเตอร์ตัวนี้ จะรับการเปลี่ยนแปลงที่เข้ามาที่ขา T2EX ของ TH2 และ TH2 จะลอกข้อมูลเข้าไปในรีจิสเตอร์คู่ RCAP2H และ RCAP2L ด้วยการใช้ตัวจับเวลาจะมีโหมดการบรรจุอัตโนมัติขนาด 16 บิต สำหรับการใช้ตัวจับเวลา/ตัวนับ2

**รีจิสเตอร์ควบคุม (Control Registter)**

กลุ่ม SFR ที่เป็น IP, IE, TMOD, TCON, T2CON, SCON, และ PCON จะประกอบด้วยบิตที่ใช้ในการควบคุม และแสดงสถานะของการใช้งานในระบบอินเตอร์รัพต์ ตัวจับเวลา/ตัวนับและพอร์ตต่ออนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 โครงสร้างพอร์ตและการทำงาน

ในตัว MCS-51 มีพอร์ต 4 พอร์ต และทั้งสี่พอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง แต่ละพอร์ตจะประกอบด้วยแลทช์เป็น P0 ถึง P3 ของ SFR จะมีตัวขับเอาต์พุตและบัฟเฟอร์อินพุต ตัวขับเอาต์พุตของพอร์ต 0 และ 2 และบัฟเฟอร์อินพุตของพอร์ต 0 จะใช้งานสำหรับการเข้าถึงหน่วยความจำภายนอกในการใช้งานลักษณะนี้เอาต์พุตพอร์ต 0 จะทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดไบต์ต่ำของแอดเดรสหน่วยความจำภายนอก โดยที่ค่าแอดเดรส และค่าข้อมูลจะถูกมัลติเพลกซ์ด้วยช่วงจังหวะการแฟกซ์และการอ่านหรือเขียนข้อมูล ส่วนเอาท์พุต 2 จะทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดส่งไบต์สูงของแอดเดรส ในการเข้าถึงหน่วยความจำภายนอก บางขาของตัวขับเอาต์พุต และบัฟเฟอร์อินพุตของขา 1.0, 1.1 และพอร์ต 3 ทั้งหมดสามารถนำไปใช้งานเป็นแบบหลายฟังก์ชั่นได้ดังนี้

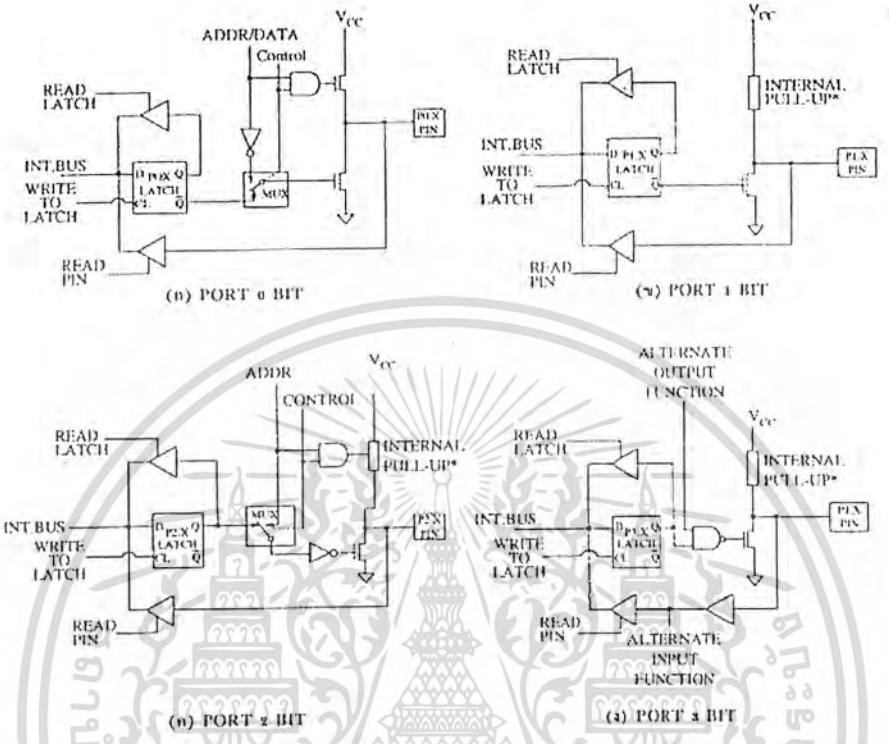
| ขาพอร์ต | การใช้งานตามฟังก์ชัน |
|---|---|
| P1.0 | T2 (Timer/Counter2 สัญญาณอินพุตจากภายนอก) |
| P1.1 | T2RST (Timer/Counter2 สัญญาณอินพุตการรีเซตภายนอก) |
| P3.0 | RxD (พอร์ตรับข้อมูลอนุกรม) |
| P3.1 | TxD (พอร์ตส่งข้อมูลอนุกรม) |
| P3.2 | INT 0 (การใช้อินเตอร์รัพภายนอกตัวที่ 1 ) |
| P3.3 | INT 1 (การใช้อินเตอร์รัพภายนอกตัวที่ 2) |
| P3.4 | T0 (Timer/Counter 0 สัญญาณอินพุตภายนอก) |
| P3.5 | T1 (Timer/Counter 1 สัญญาณอินพุตภายนอก) |
| P3.6 | WR (สโตรบการเขียนหน่วยความจำภายนอก) |
| P3.7 | RD (สโตรบการอ่านหน่วยความจำภายนอก) |

ตัวขับเอาต์พุตแลทช์ในการใช้งานตามตารางข้างบน จะต้องเริ่มโปรแกรมด้วยการเซตค่า "1" เก็บในแลทช์ก่อน

**1. การกำหนดใช้งานไอโอ (I/O Configuration)**

จากรูปที่ 2.3 เป็นพอร์ตวงจรการแลทช์และบัฟเฟอร์ แสดงรูปแบบของบิตแต่ละพอร์ต ที่พอร์ต 1, 2, และ 3 จะมีพูอัพภายใน พอร์ต 0 เอาต์พุต เป็น Open Drain แต่ละเส้นไอโอจะเป็นอิสระในการกำหนดเป็นอินพุตหรือเอาต์พุต พอร์ต 0 และ 2 อาจใช้เป็นไอโอทั่วไปไม่ได้ ถ้าถูกกำหนดให้ใช้เป็นบัสแอดเดรสและข้อมูลแล้ว กรณีการใช้พอร์ตเป็นอินพุตนั้น จะสามารถรับการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากระดับสูงสู่ระดับต่ำ ดังนั้นการใช้ขาใดขาหนึ่งของพอร์ตเป็นอินพุตต้องทำการเซตขานั้นให้เป็นระดับสูงก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.3** วงจรการแลทช์และบัฟเฟอร์

2. การเขียนไปยังพอร์ต

การทำงานตามที่คำสั่งที่เปลี่ยนค่าในแลทช์ของแต่ละพอร์ต ค่าใหญ่จะเข้ามาเก็บในช่วงระหว่าง S6P2 ของไซเคิ้ลสุดท้ายของคำสั่งอย่างไรก็ตามพอร์ตจะเก็บค่าในแลทช์ เมื่อมีการใช้ส่งข้อมูลออกที่บัฟเฟอร์เอาต์พุตระหว่างเฟส 1 ของคาบเวลาใด ๆ ของสัญญาณนาฬิกา โดยลำดับค่าใหม่ที่แลทช์ไว้ จะยังไม่ไปปรากฏที่ขาของพอร์ตจนกว่าจะมีเฟส 1 ตัวใหม่ ซึ่งอยู่ในช่วง S1P1 ของแมชชีนไซเคิ้ลตัวต่อมา

## 2.5 การเข้าถึงของหน่วยความจำภายนอก

ลักษณะการเข้าถึงของหน่วยความจำภายนอกมี 2 แบบคือการเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก กับของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก การเข้าถึงของหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกจะใช้ขาสัญญาณ PSEN (Program Store Enable) แอกทีฟต่ำเป็นสโตรบควบคุมการอ่าน และการเข้าถึงของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก จะใช้ขา RD หรือ WR แอกทีฟต่ำเป็นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สโตรบควบคุมหน่วยความจำการแฟทช์โปรแกรมภายนอกจะใช้ขาแอดเดรส 16 บิตเสมอ ส่วนการเข้าถึงของหน่วยความจำข้อมูลสามารถที่จะใช้กำหนดเลขคี่อยู่ได้ทั้ง 16 บิต แอดเดรส

เมื่อไรที่ใช้ 16 บิต แอดเดรสไบต์สูงของค่าแอดเดรสจะส่งออกที่พอร์ต 2 และจะคงสถานะค่านั้นตลอดในช่วงไซเคิ้ลการอ่านและเขียน ระหว่างช่วงเวลานี้ ตัวแลทช์ของพอร์ต 2 ใน SFR จะต้องไม่ประกอบด้วยค่า "1" และค่าข้อมูลใน SFR ของพอร์ตจะยังคงค่าเดิมที่ขาพอร์ต 2 ตลอดช่วงไซเคิ้ลการใช้ความจำภายนอก ซึ่งมีลักษณะนี้จะเป็นการใช้งานด้านของหน่วยความจำ

ในกรณีใช้แอดเดรสไบต์ต่ำเป็นช่วงเวลามัลติเพลกซ์กับข้อมูลของพอร์ต 0 ขาสัญญาณแอดเดรส/ข้อมูล จะขับ FET ทั้ง 2 ตัวในพอร์ต 0 เป็นบัฟเฟอร์ส่งออก ดังนั้นในการใช้งานพอร์ต 0 จะไม่มีการรับกระแสเข้า จึงไม่จำเป็นต้องพูลอัพ จากภายนอก สัญญาณ ALE: Address Latch Enable ก็จะใช้เป็นขาควบคุมรับไบต์แอดเดรสเก็บไว้ภายนอก ซึ่งค่าแอดเดรสจะคงที่ที่ช่วงขอบขาลงของ ALE ดังนั้นในไซเคิ้ลการเขียนออกไปที่พอร์ต 0 ก่อนที่ WR จะแอกทีฟต่ำ ส่วนไซเคิ้ลการอ่านข้อมูลจะรับเข้ามาที่พอร์ต 0 ก่อนสโตรบ การอ่านจะปรากฏเล็กน้อย และระหว่างการเข้าถึงของหน่วยความจำภายนอกตัวซีพียูจะส่งค่า 0FFH มาเก็บไว้ที่พอร์ต 0 ของ SFR

การใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก จะขึ้นอยู่กับสองกรณีคือ

1. เมื่อไรก็ตามที่ EA แอกทีฟ หรือ
2. เมื่อไรก็ตามที่ตัวนับโปรแกรม PC ประกอบด้วยตัวเลขที่มีค่ามากกว่า 0FFH

ในรุ่นที่ไม่มี ROM ในตัวให้ใช้ค่าแอกทีฟต่ำป้อนที่ขา EA เพื่อกำหนดแฟทช์โปรแกรมภายนอกที่มีค่าต่ำกว่า 4 กิโลไบต์ได้ เมื่อโปรแกรมหน่วยความจำภายนอกถูกใช้งานทั้ง 8 บิต ของพอร์ต 2 จะส่งค่าแอดเดรสออกมาด้วย ทำให้ไม่สามารถจะใช้งานเป็นพอร์ตไอโอในระหว่างการแฟทช์โปรแกรมภายนอก เพราะจะส่งค่าไบต์สูงจาก PC ออกมาที่พอร์ต 2 ซึ่งระหว่างการเข้าถึงของข้อมูลภายนอก จะใช้พอร์ต 2 เป็นตัวส่งแอดเดรสไบต์สูง DPH ใน SFR ขึ้นอยู่กับการใช้คำสั่งว่า จะใช้แบบให้คำสั่งส่งเอาต์พุตออกจาก DPH ในการกำหนดแอดเดรสข้อมูลภายนอก ก็จะใช้คำสั่ง MOVX@ DPTR หรือจะใช้แบบให้ข้อมูลส่งข้อมูลออกที่พอร์ตของ SFR ก็จะใช้คำสั่ง MOVX@RI

## 2.6 ตัวจับเวลา/ตัวนับ (Timer/Counter)

MCS-51 มี 16 บิตตัวจับเวลา/ตัวนับ 2 ตัว คือ Timer/counter 0 และTimer/ Counter ส่วน 8032/8052 มีเพิ่มอีก 1 ชุด คือ Timer/Counter 2 ขณะที่แต่ละตัวจับเวลา/ตัวนับ สามารถที่จะติดตั้งให้ทำงานได้เป็นตัวจับเวลาหรือตัวนับก็ได้

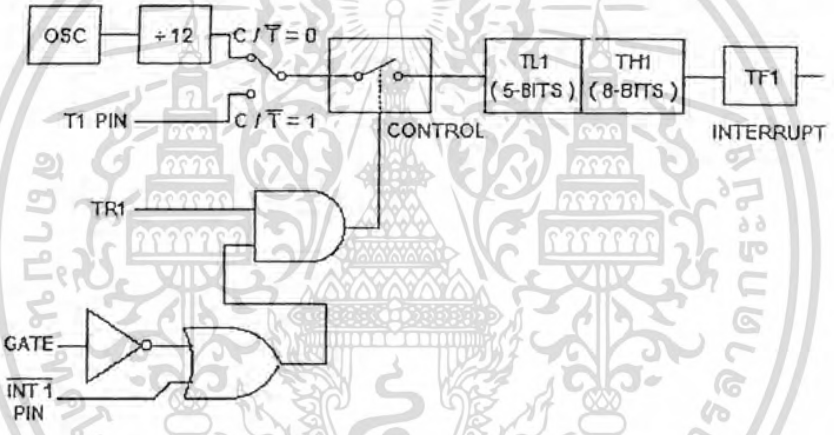
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตัวจับเวลา/ตัวนับ 0 และตัวจับเวลา/ตัวนับ 1**

แต่ละตัวจะถูกติดตั้งให้ทำงานเป็นตัวจับเวลาหรือเป็นตัวนับได้ด้วย การเซตหรือเคลียร์บิตที่ตัวควบคุมในรีจิสเตอร์ TMOD ในกลุ่ม SFR ในฟังก์ชันตัวจับเวลา ตัวรีจิสเตอร์จะเพิ่มค่าทุก ๆ แมชชีนไซเคิ้ลประกอบด้วย 12 คาบของออสซิลเลเตอร์ อัตราการนับแต่ละครั้ง จะกินเวลาเป็น 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์

**โหมด 0**

การใช้ตัวจับเวลา/ตัวนับ 0 หรือ 1 ให้อยู่ในโหมด 0 จะทำงานคล้ายกับของ MCS-48 โดยจับตัวเวลาของ MCS-48 มีขนาด 8 บิต มีตัว Prescaler เป็นตัวหาร12 รูปที่ 3.4 แสดงการทำงานในโหมด 0 ของตัวจับเวลา/ตัวนับ1




**รูปที่ 2.4** โหมด 0 ของตัวจับเวลา/ตัวนับ 1

รีจิสเตอร์ตัวนับจะมี 13 บิต ประกอบด้วย TH1 8 บิต และ TL1 อีก 5 บิต อันดับต่ำส่วนอีก 3 บิตที่เหลือในอันดับสูงของ TL1 จะไม่ใช้การเซตเฟส TR1 ให้ทำงานไม่ได้เคลียร์ค่าในรีจิสเตอร์ของ TH1 และ TL1 การทำงานโหมด 0 ในตัวจับเวลา/ตัวนับ 0 จะทำงานเหมือนกับตัวจับเวลา/ตัวนับ 0 โดยใช้ TR0 และ INTO รวมกันควบคุมแทนสัญญาณต่าง ๆ ในรูปที่ 3.4 มีความแตกต่างในการควบคุมคือบิตของ Gate ทั้งสอง ตัวหนึ่งจะแทนตัวจับเวลา/ตัวนับ 1 และอีกตัวจะแทนตัวจับเวลา/ตัวนับ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตัวจับเวลา/ตัวนับ 2**

ตัวจับเวลา/ตัวนับ 2 เป็นตัวตัวจับเวลา และตัวนับขนาด 16 บิต แบบบรรจุเข้าโดยอัตโนมัติและใช้รีจิสเตอร์ควบคุมของ SFR เป็น T2CON เมื่อตัวเวลา/ตัวนับ 2 ทำงานเป็นตัวจับเวลารีจิสเตอร์ตัวจับเวลา/ตัวนับ 2 จะเพิ่มค่าทุกครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิ้ล ขณะที่ใช้ตัวนับ ตัวจับเวลา/ ตัวนับ 2 จะเพิ่มค่าขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนสถานะจาก "1" ไปเป็น "0" ที่เข้ามาที่ T2 (P1.0) สัญญาณอินพุตถูกแซมปลิ้งที่ S3P2 ของทุกแมชชีนไซเคิ้ล ในการใช้ฟังก์ชันให้แอกทีฟเพราะฉะนั้นเมื่อสัญญาณตัวอย่างแสดงสถานะสูงในช่วงแมชชีนไซเคิ้ลหนึ่งและระดับต่ำในอีกไซเคิ้ลหนึ่ง การนับจะเพิ่มขึ้นหนึ่งค่าตัวใหม่จะปรากฏที่รีจิสเตอร์ตัวจับเวลา/ ตับนับ 2 ช่วง S3P1 ของแต่ไซเคิ้ล เป็นการนับหนึ่งที่สัญญาณการเปลี่ยนแปลงถูกกระตุ้น ดังนั้น อัตราการนับสูงสุดจะเป็น 1-24 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์โดยไม่มีการกำหนดความกว้างของพัลซ์ของสัญญาณที่เข้ามาจากภายนอก แต่ต้องแน่ใจว่าระดับหนึ่งที่ถูกแซมปลิ้งอย่างน้อยจะต้องคลุมหนึ่งแมชชีนก่อนที่จะเปลี่ยนระดับใหม่

**Timer/Control และ รีจิสเตอร์ Status**

การกำหนดโหมดการทำงานและควบคุมฟังก์ชันต่าง ๆ ของตัวจับเวลา/ตัวนับ จะควบคุมได้ที่ SFR :Special Function Register TMOD, TCON และ T2CON ด้วยซอฟแวร์ โดยที่เมื่อมีคำสั่งเปลี่ยนค่าบิตต่าง ๆ ใน TMOD, TCON ค่าที่ถูกเปลี่ยนก็จะถูกแลทช์เข้าไปที่ SFR และมีผลตามคำสั่งควบคุมที่ช่วง S1P1 ของไซเคิ้ลตัวแรกของคำสั่งต่อมา รีจิสเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้นั้นทุกบิตของรีจิสเตอร์เหล่านี้จะถูกเคลียร์ด้วยการรีเซต

## 2.7 ชุดคำสั่งของ MCS-51

ชุดคำสั่ง MCS-51 จะมีทั้งสิ้น 111 คำสั่ง ประกอบด้วยคำสั่งที่ มี 1 ไบต์อยู่ 49 คำสั่ง 2 ไบต์ 45 คำสั่ง และอีก 17 คำสั่ง ที่เหลือมีขนาดยาว 3 ไบต์ รูปแบบคำสั่งออปโค้ดจะประกอบด้วยคำสั่งของนิวเมอนิคที่ตามด้วยตัวโอเปอร์แรนด์ที่มีรูปแบบ คือ นิวมอนิคคำสั่งต่าง ๆ

โอเปอร์แรนด์ < >,< >

ตัวข้อมูลที่ < รับถ่ายทอดมา > ,< แหล่งกำเนิด > ในฟิลด์โอเปอร์แรนด์นี้จะมีรูปแบบที่กำหนดสัญญลักษณ์ต่าง ๆ ที่สามารถแทนความหมายของการเรียกใช้โหมดการกำหนดเลข ที่อยู่ตามรูปแบบของ MCS-51 MACRO ASSEMBLY LANGUAGE ซึ่งรูปแบบต่าง ๆ จะอธิบายการใช้ในหัวข้อรายละเอียดของชุดคำสั่ง ตามการออกแบบฮาร์ดแวร์ MCS-51 ของอินเทล การกำหนดแอดเดรสขนาด 16 บิต หรือ 2 ไบต์ ตัวโอเปอร์แรนด์ ข้อมูลจะเก็บไบต์ที่มีความสำคัญนัยต่ำไว้ที่แอดเดรสตำแหน่งสูง และไบต์ที่มีความสำคัญนัยสูงไว้ที่แอดเดรสตำแหน่งต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ลักษณะการทำงานตามฟังก์ชัน ชุดคำสั่งของ MCS-51 จะถูกแบ่งเป็นลักษณะการทำงานตามฟังก์ชั่นได้ 4 กลุ่มคือ

1.กลุ่มการถ่ายเทข้อมูล

2.กลุ่มคณิตศาสตร์

3.กลุ่มตรรกศาสตร์

4.กลุ่มการควบคุมการถ่ายเท

**1. กลุ่มการถ่ายเทข้อมูล**

การถ่ายเทข้อมูลนับเป็นส่วนสำคัญของการทำงาน MCS-51 ตัวนี้จะมีการแบ่งการใช้งานย่อยออกเป็น 3 ขั้นด้วยกันคือ

- เพื่อจุดประสงค์ทั่วไป
- ด้วยการกำหนดงานเฉพาะที่แอกคูมิวเลเตอร์
- เป้าหมายการกำหนดเลขที่อยู่แอดเดรส

การทำงาน ลักษณะงานทั้งหมดนี้ไม่มีผลต่อแฟลก PSW ยกเว้นการใช้คำสั่ง POP หรือ MOV เข้ารีจิสเตอร์ PSW

การถ่ายเทข้อมูลเพื่อจุดประสงค์ทั่วไปได้แก่ การใช้คำสั่ง

MOV ที่ทำงานในลักษณะการถ่ายเทข้อมูลเป็นขนาดไบต์หรือบิตก็ได้ จากตัวแหล่งกำเนิดเข้าสู่ตัวรับข้อมูลในฟิลด์โอเปอร์แรนด์

PUSH จะทำงานโดยเพิ่มค่าในรีจิสเตอร์ SP ก่อน แล้วจึงถ่ายเทข้อมูลขนาด 1 ไบต์ จากแหล่งกำเนิดที่ฟิลด์โอเปอร์แรนด์กำหนดไว้ไปยังบริการสแตกตามตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนด

POP การถ่ายเทข้อมูลขนาด 1 ไบต์ จากบริเวณสแตกตามกำหนดตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนดไปยังตัวรีจิสเตอร์ที่โอเปอร์แรนด์กำหนด และหลังจากนั้นรีจิสเตอร์ SP จะลดค่าลงหนึ่งค่า

การกำหนดการถ่ายเทโดยใช้แอกคูมิวเลเตอร์ จะมีคำสั่ง

XCH คำสั่งแลกเปลี่ยนขนาดไบต์ระหว่างแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์กับแอกคูมิวเลเตอร์

XCHD คำสั่งแลกเปลี่ยนขนาดนิบเบิ้ลนัยต่ำของแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์กับนิบเบิ้ลนัยต่ำของแอกคูมิวเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42369

MOVX การเคลื่อนย้ายขนาด 1 ไบต์ ระหว่างหน่วยความจำข้อมูลภายนอก กับแอกคู มิวเลเตอร์แอดเดรสภายนอก สามารถที่จะถูกกำหนดได้ด้วยรีจิสเตอร์ DPTR ได้เต็มขนาด 64 กิโลไบต์ หรือรีจิเตอร์ R1 หรือ R0 ขนาด 8 บิต มีขนาดข้อมูล 256 ไบต์

MOVC การเคลื่อนย้ายขนาด 1 ไบต์ จากหน่วยความจำโปรแกรมเข้าสู่แอกคูมิวเลเตอร์ โดยใช้ตัวโอเปอร์แรนด์ใน A เป็นดัชนีตัวชี้ตารางข้อมูลได้ถึง 256 ไบต์ ด้วยการใช้ร่วมกับรีจิสเตอร์ DPTR หรือ PC เป็นฐานรีจิสเตอร์ ที่ถูกกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของกลุ่มข้อมูล จะถ่ายเทเข้าสู่แอกคูมิวเลเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในโครงงาน

## 3.1 หลักการของมอเตอร์กระแสไฟตรง (DIRECT CURRENT MOTORS)

มอเตอร์ก็คือตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล เพื่อนำพลังงานกลที่ได้ไปขับเคลื่อนสิ่งต่าง ๆ ตามที่ต้องการ อาการทางกลที่เกิดขึ้นนี้ อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อมีกระแสไหลในตัวนำ ซึ่งอยู่ในสนามแม่เหล็กนั้น ย่อมทำให้เกิดแรงขึ้นในทิศทางที่หาได้จากกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง ขนาดของแรงที่เกิดนี้ หาได้จาก

$$F = Bil$$

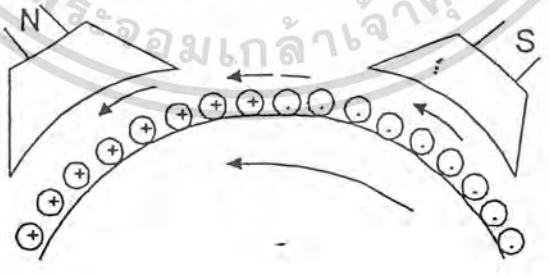
เมื่อ F = แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำหนึ่งตัว (นิวตัน)

B = ความหนาแน่นสนามแม่เหล็ก (เวเบอร์/เมตร)

i = กระแสที่ไหลในตัวนำ (แอมป์)

l = ความยาวของตัวนำ (เมตร)

แรง F ที่เกิดนี้ จะอยู่ในแนวที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก และกระแสที่ไหลผ่านในตัวนำนั้น ๆ




**รูปที่ 3.1** หลักการของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามรูป แสดงส่วนหนึ่งของมอเตอร์กระแสไฟตรง ที่มีหลายขั้วแม่เหล็ก เมื่อป้อนกระแสไฟเข้าไปที่สนามกระตุ้น ย่อมทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้นที่ขั้วแม่เหล็ก และเมื่อป้อนกระแสให้ไหลผ่านในตัวนำที่อาร์มาเจอร์ ก็จะทำให้เกิดแรงขึ้นในตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก นั่นคือ ทำให้อาร์มาเจอร์หมุน ในที่นี้ได้กำหนดให้กระแสที่ไหลในตัวนำของอาร์มาเจอร์ที่อยู่ภายใต้ขั้วเหนือ N มีทิศทางของกระแสพุ่งเข้าไปข้างในดังหางลูกศรที่เป็นกากะบาด ส่วนตัวนำที่อยู่ภายใต้ขั้วใต้นั้น ให้กระแสพุ่งออกมาข้างนอกดังหัวลูกศรที่เป็นจุด เมื่อเป็นเช่นนี้จึงหาทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำทุก ๆ ตัวที่อยู่ภายใต้ขั้วแม่เหล็กทั้ง N และ S ได้ โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง วิธีหาก็คือ กางมือซ้ายออก โดยให้นิ้วหัวแม่มือนิ้วชี้และนิ้วกลางตั้งฉากซึ่งกันและกัน (ทำแบบเดียวกับกฎมือขวาซึ่งให้หาทิศแรงเคลื่อนไฟที่เกิดขึ้น) จากนั้นให้นิ้วชี้ ชี้ไปตามทิศทางของสนามแม่เหล็ก คือชี้จากขั้ว N ไป S ให้นิ้วกลางชี้ไปตามทิศทางการไหลของกระแส ณ ที่ตัวนำที่ต้องการหาทิศทางการเคลื่อนที่นั้น ๆ นั่นคือ นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศการเคลื่อนที่ของตัวนำนั้น ๆ จะพบว่าแรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำทุก ๆ ตัว ภายใต้ขั้วแม่เหล็กเดียวกัน จะมีทิศไปในทางเดียวกัน และจะอยู่ในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวงของอาร์มาเจอร์นั้น ๆ และพบว่า แรงที่เกิดขึ้นภายใต้ขั้วแม่เหล็กทุก ๆ ขั้ว ที่สลับกันไปนั้น จะมีทิศทางไปทางเดียวกันทั้งสิ้น โดยแต่ละแรงจะอยู่ในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวงของอาร์มาเจอร์ นั่นคือ ภายใต้ขั้วแม่เหล็กแต่ละขั้วก็จะเกิดแรงลัพธ์ขึ้นแรงหนึ่ง ฉะนั้นเมื่อมีหลายขั้วก็มีหลายแรง และทุก ๆ แรงต่างก็รวมกันเป็นแรงบิดขึ้นมาแรงหนึ่ง ดังนั้นจึงทำให้มอเตอร์หมุนไปได้จากแรงที่เกิดนี้

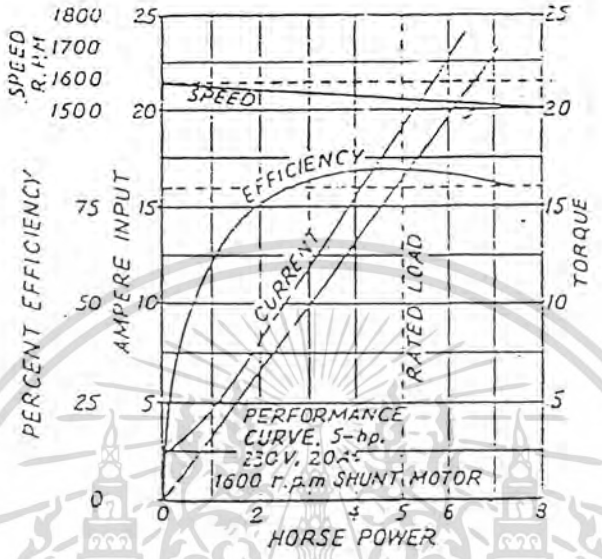
## 3.2 คุณลักษณะประจำของมอเตอร์แบบขนาน (Charecteristics of Shunt Motors)

มอเตอร์แบบนี้มีคุณลักษณะประจำตัวที่สำคัญ ๆ อยู่ 4 อย่างคือ แรงบิด กระแส ความเร็วและประสิทธิภาพ ลักษณะประจำตัวแต่ละตัวเหล่านี้ ต่างก็ plot กับกำลังม้าที่มอเตอร์ส่งออกไป ดังรูปที่ 4.2

จากรูป พบว่าในขณะที่มอเตอร์ไม่ได้รับภาระทางกล (mechanical load) นั้น จะมีค่าความเร็วที่ค่า ๆ หนึ่งและความเร็วของมอเตอร์จะไม่วิ่งเตลิดไป (run away) จากความเร็วปกติ เมื่อทำการตัดภาระทางกลออกไปทันที อย่างไรก็ตาม ความเร็วของมอเตอร์ขณะไม่มีภาระ และขณะมีภาระเต็มที่นั้น ไม่ได้แตกต่างจากกันไปมากนัก ฉะนั้นจึงถือว่ามอเตอร์แบบนี้มีความเร็วคงที่ อย่างไรก็ดีความเร็วในช่วงที่นำไปใช้งานนี้ สามารถปรับให้เร็วได้โดยการต่อความต้านทานอนุกรมเข้ากับสนามขนาน (Shunt field)

จากรูปพบว่า มอเตอร์จะกินกระแสไฟจำนวนหนึ่ง ในขณะที่มอเตอร์ยังไม่จ่าย Load ออกไป ทั้งนี้เพราะต้องนำกำลังไฟจำนวนหนึ่งไปจ่ายให้ส่วนสูญเสียกำลังที่คงที่นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.2** กราฟแสดงคุณสมบัติของมอเตอร์แบบขนาน

ในการใช้มอเตอร์ ให้เริ่มหมุน (starting) ภาระหรือ load ของมอเตอร์แบบนี้ จะพบว่ามอเตอร์แบบขนานนี้ มีแรงเริ่มหมุนต่ำกว่า มอเตอร์แบบอื่น (มอเตอร์แบบอนุกรมหรือแบบผสม) นั่นคือมีแรงเริ่มหมุนต่ำ ซึ่งไม่ได้หมายความว่า มอเตอร์แบบขนานนี้จะไม่สามารถเริ่มหมุนภาระทางกลที่หนัก ๆ หมุนได้ โดยที่กินกระแสไฟขณะที่ทำให้เริ่มหมุนน้อยกว่าเมื่อเป็นแบบมอเตอร์ขนาน นั่นก็คือการเสื่อมราคาของมอเตอร์แบบขนานจะมีการเสื่อมราคามากกว่า ถ้าหากว่านำไปใช้ในการหมุนภาระที่หนัก ๆ ในขณะเริ่มแรก ตัวอย่างเช่น ถ้ามอเตอร์แบบขนานต้องเริ่มหมุนภาระที่มีขนาดเป็น 2 เท่าของแรงบิดตามพิกัด (full load torque) นั่นก็หมายความว่า มอเตอร์แบบขนานนี้จะต้องใช้กระแสเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าด้วย (เพราะว่า $T \propto I_a$ )

แต่ถ้าต้องเริ่มหมุนภาระที่มีขนาดเป็น 2 เท่าของแรงบิดตามพิกัดของมอเตอร์แบบอนุกรมนั้นจะปรากฏว่า กระแสที่ใช้จะมีค่าประมาณเพียง 1.5 เท่าของกระแสที่พิกัด (เพราะว่า $I \propto I_a^2$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถที่จะสรุปคุณลักษณะประจำตัวของมอเตอร์ขนานนี้ได้ดังนี้

1. มอเตอร์แบบนี้ถือว่ามีความเร็วคงที่อย่างพอเพียงในการใช้งาน

2. แรงบิดเริ่มแรกของมอเตอร์แบบนี้ไม่สูงเหมือนกับมอเตอร์แบบอนุกรม เมื่อเปรียบเทียบในกรณีที่ต้องกินกระแสไฟเท่า ๆ กัน

3. สามารถนำไปใช้กับงานที่ต้องการให้มีความเร็วคงที่โดยประมาณ จากช่วงที่ไม่ได้รับภาระทางกล จนถึงช่วงที่ได้รับภาระทางกลเต็มที่ (full load)

4. เมื่อต้องการนำไปหมุนหรือไปขับโหลด ณ ที่ความเร็วต่าง ๆ กัน โดยที่แต่ละความเร็วนั้นก็คงที่อยู่กับงานแบบหนึ่ง เป็นเวลานานเท่าที่ต้องการใช้กับงานชนิดนั้น ดังเช่น นำไปใช้กับเครื่องกลึง ซึ่งต้องการให้ความเร็วในการกลึงหรือตัดโลหะแต่ละชนิดที่ความเร็วคงที่ที่แตกต่างกันจนกว่าจะสำเร็จเป็นงาน ๆ ไป ในกรณีเช่นนี้ มอเตอร์แบบขนานนี้ เหมาะที่จะนำมาใช้กับงานชนิดนี้ ทั้งนี้เพราะสามารถทำการควบคุมความเร็วที่ค่าต่าง ๆ ที่มอเตอร์ได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะของงานแต่ละอย่าง รวมทั้งยังง่ายและประหยัดดีในการบังคับมอเตอร์ด้วย

เซ็นเซอร์เพื่อตรวจเช็คสิ่งกีดขวาง เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของรถเคลื่อนที่อัตโนมัติ เพราะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่บอกให้ส่วนควบคุมทราบว่ามีวัตถุมากีดขวางแนวการเคลื่อนที่หรือไม่ เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น สำหรับโครงการนี้ได้ใช้เซ็นเซอร์อุลตร้าโซนิค (Ultrasonic sensor) เป็นตัวตรวจจับ ซึ่งทฤษฎีเกี่ยวกับอุลต้าโซนิคมีดังต่อไปนี้

## 3.3 การเกิดอุลตร้าโซนิค

อุลตร้าโซนิกเป็นคลื่นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานกล โดยการสั่นไปมาหรือเกิดจากการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกลทำให้เกิดคลื่นย่านอุลตร้าโซนิกกระจายออกไปในอากาศ ดังนั้นจึงถือได้ว่าคลื่นที่เกิดขึ้นเป็นคลื่นกล (Mechanical wave) อุลตร้าโซนิค สามารถสร้างได้โดยตัวทรานสดิวเซอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล หลักการสร้างมีหลายวิธีดังนี้

1. แบบเปียโซอิเลคทริค (Piezo-electric transducer) ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกล โดยมีความถี่เรโซแนนท์คงที่อยู่ค่าหนึ่ง

2. แบบแมติโตสตริคทีฟ (magnetrostrictive transducer) ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้นอยู่

3. แบบอิเลคโตรสตริคทีฟ (Electrosteictive transducer) ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับแบบเปียโวอิเลคทริคเป็นแบบที่นิยมใช้เพราะมีราคาถูก หาซื้อง่ายรายละเอียดของเปียโซอิเลคทริคจะกล่าวถึงภายหลัง

**3.3.1 ความถี่และความยาว** (Frequency and Wave length)

**ความถี่** คือ จำนวนของการออสซิสเลทที่สมบูรณ์จากแหล่งกำเนิดคลื่นภายในหนึ่งวินาทีคลื่นที่ถูกส่งจากแหล่งกำเนิดจะเดินทางด้วยความถี่ที่เดียวกัน

**ความยาวคลื่น** คือ ระยะทางที่คลื่นเดินทางระหว่างการสั่นที่สมบูรณ์หรือการเดินทางครบหนึ่งรอบ (1 cycle) สามารถกล่าวได้ว่า ความยาวคลื่นเป็นระยะทางระหว่างการอัดอย่างต่อเนื่อง (succeseive compressions) หรือการเบาบางของอากาศ (rarefactions) การอัดคือ การที่บริเวณนั้นมีความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันมากกว่าบริเวณรอบ ๆ ส่วนการเบาบางเป็นบริเวณเฉพาะที่เกิดการลดความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันสัมพันธ์กับของบรรยากาศปกติ

ความถี่และความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์ตามสมการข้างล่าง

$$C = f\lambda$$

C : ความเร็วของการเดินทาง (m/s)

f : ความถี่ (Hz)

$\lambda$ : ความยาวคลื่น (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วที่ยอมรับของคลื่นในอากาศที่อุณหภูมิปกติความสัมพันธ์ที่ใช้จะเป็นดังสมการ

$$v = 331.45 + 0.607t \ (m/s)$$

v : ความเร็วของคลื่นในตัวกลางอากาศ (m/s)

t : อุณหภูมิของอากาศ ( $^{\circ}C$ )

**3.3.2 ความเร็วของคลื่นอุลตร้าโซนิค**

| GAS | Velocity (m/s) |
|---|---|
| AIR (DRY 0 องศาเซลเซียส) | 331.45 |
| ARGON | 319 |
| CARBON MONOXIDE | 338 |
| CARBON DIOXIDE | 259 |
| HELLUM | 965 |
| HYDROGEN METHANE | 1284 |
| METHANE | 430 |
| NEON | 435 |
| NITROGEN | 334 |
| OXYGEN | 316 |
| STREAM (134 องศาเซลเซียส) | 494 |

**ตารางที่ 3.1** ความสัมพันธ์ความเร็วของคลื่นในก๊าซต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.3.3 ปริมาณพลังงานของคลื่นอุลตร้าโซนิค**

ปริมาณพลังงานของคลื่นอุลตร้าโซนิคจะถูกวัดในรูปความเข้มของคลื่นอุลตร้าโซนิคจะมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ($W/cm^2$) เป็นการไหลของพลังงานผ่านพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตรซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการเดินทางของคลื่นใน 1 วินาที

**3.3.4 การลดทอนของคลื่นอุลตร้าโซนิค** (Attenuation)

เมื่อคลื่นเดินทางผ่านตัวกลาง ลำคลื่น (Beam) ของคลื่นอุลตร้า โซนิคจะสูญเสียความเข็มซึ่งเกิดจากการลู่ออกของลำคลื่นอุลตร้าโซนิค หรือเกิดจากการกระจายพลังงานของคลื่นออกจากลำคลื่น เนื่องจากความไม่ต่อเนื่องในตัวกลาง และอาจเกิดจากการดูดซับพลังงานส่วนหนึ่งของคลื่นโดยตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่าน พลังงานที่ดูดซับนี้จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน การดูดซับพลังงานความร้อนนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของวัตถุ ความยืดหยุ่นและความหนาแน่น รวมทั้งความถี่ของคลื่นที่ใช้ยิ่งความถี่สูงพลังงานจะยิ่งถูกดูดซับมาก

## 3.4 อุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์

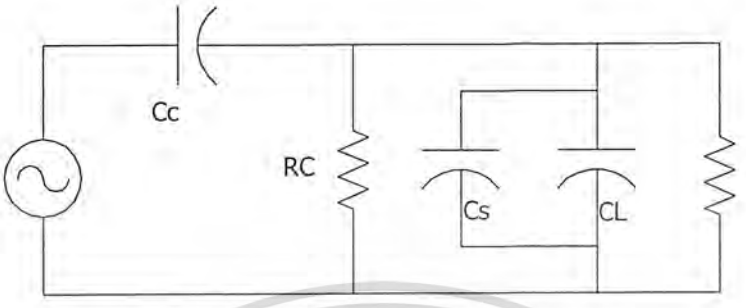
**3.4.1 ปรากฏการณ์เปียโซอิเลคทริค**

เปียโซอิเลคทริค เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างหนึ่ง ซึ่งทำให้พลังงานสามารถเปลี่ยนแปลงจากรูปหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งได้ กล่าวคือ ถ้าป้อนแรงกล ได้แก่ solid cyssstalline dielectric ดังในรูปที่ 3.1 ก็จะเกิดความเค้น (stress) ภายในคริสตอล และทำให้ผลึกของคริสตอล ผิดรูปไป เช่น พวกควอทซ์ (Quartz) ผลก็คือ ประจุเปลี่ยนไป การผิดรูปร่างของแลททิส เป็นผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างการแทนที่ (Displacement) ของประจุบวกและลบในแลททิสเปลี่ยนไป การแทนที่ของประจุภายใน จะเท่ากับประจุภายนอกของขั้วที่ตรงกันข้ามบนด้านตรงกันข้ามของคริสตอล เรียกว่า ผลของเปียโซอิเลคทริค (Piezoelectric effect)

การวัดประจุทำได้โดยการต่ออิเลคโทรด (electrod) เข้าที่ผิวด้านนอกแล้ววัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วทั้งสอง ขนาด (magnetude) และการมีขั้ว (polarity) ของประจุบนผิวที่ถูกเหนี่ยวนำ (induced surface charge) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดและทิศทาง (direction) ของแรง (F) ที่มากระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.2 วงจรเสมือนของเปียโซอิเลคทริคทรานสดิวเซอร์




รูปที่ 3.3 วงจรเสมือนของเปียโซอิเลคทริค

$C_c$ : คาปาซิสแตนท์ของชิ้นส่วนเปียโวอิเลคทริค

$R_c$ : leakage resistance ของเปียโซอิเลคโซนิค ปกติจะมีค่าสูงประมาณ $10^8$ - $10^{10}$ ความต้านทานระหว่างเทอร์มินอล โดยทั่วไปจะเป็นไปตามความต้านทานทางโหลด $R_L$ (ในช่วง $10^6$ – $10^7$)

$C_L$ : คาปาซิสแตนท์ ของ subsequent stage (load) ร่วมกับ comecting cable

ที่ความถี่ปานกลางและความถี่สูงโวลเตจ $E_0$ ที่คร่อมโหลด หาได้โดย $C_c$ และ $C_z$ ค่าเหล่านี้มาได้โดยการใช้การแบ่งโวลเตจ โดยโวลเตจ $E_0$ ได้มาจากสมการ

$$E = \frac{ECc}{(Cc + CI)}$$

โดยขึ้นกับความถี่ ถ้าเอาต์พุตโวลเตจมีค่ามาก สามารถทำให้ลดลงได้โดยการเพิ่มค่า $C_L$ เช่นการนำค่า $C_c$ ต่อขนานเข้าไป ที่ความถี่ต่ำโวลเลจ $E_0$ คร่อมโหลดหาได้โดยค่ารีแอคเตนท์ของ Cc และอิมพีแดนซ์ของ $C_L$ และ $R_L$ ที่ต่อขนานกัน โวลเตจ $E_0$ ขึ้นกับความถี่และจะลดลงถ้าความถี่ลดลง การตอบสนองความถี่สามารถปรับปรุงได้โดยการใช้ทรานสดิวเซอร์ที่มีค่าคาปาซิสแตนท์สูงหรือโดยการเพิ่มความต้านทานทางโหลด $R_L$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.4.3 วัสดุเปียโซอิเลคทริค**

วัสดุเปียโซอิเลคทริคที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น Quartz, Tourmaline sulphate, Barium Tilanate และ Lead Zirconate Titanate (TZI) โดยทั่วไปแล้วพวกควอทซ์ และคริสตอลที่เป็นเปียโซอิเลค ทริครรมชาติมันจะมีขั้วของมันเองตามธรรมชาติ แต่พวกวัสดุเปียโซอิเลคทริคที่สังเคราะห์ขึ้นมา เช่น แบเรียม ไททาเนค เซรามิค จะต้องนำมาทำการอบคริสตอลภายในแรงดัน และวางวัสดุที่ได้นี้ในสนามไฟฟ้าที่มีความ

แรงของ DC มาก หลังจากชิ้นส่วนนี้ถูกนำในสนามไฟฟ้าแล้ว คริสตอลนี้จะมีขั้วตามแนวของทิศทางของสนามและประพฤติตัวตามคุณสมบัติของเปีย์โซอิเลคทริคสำหรับชิ้นส่วนที่ทำจากวัสดุสังเคราะห์นี้ไม่มีข้อจำกัดทางขนาดโดยโครงสร้างของคริสตอลและยังสามารถทำให้มีรูปร่างและขนาดต่าง ๆ และทิศทางของขั้วก็จะถูกสร้างขึ้นระหว่างขั้นตอนการผลิต

**3.4.4 ชนิดของเปียโซอิเลคทริคทรานสดิวเซอร์**

เปียโซอิเลคทริคทรานสดิวเซอร์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

**1. แบบ generation-action transducer** ใช้เป็นตัวรับโดยแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะหาได้จากแรงดันและความถี่ที่มากระทำต่อวัสดุเปียโซอิเลคทริค

**2. แบบ motor-action transducer** ใช้เป็นตัวส่งโดยการเปลี่ยนแปลงรูปร่างที่ทำให้เกิดคลื่นอุลตร้าโซนิคจะขึ้นอยู่กับขนาดความสูงและความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ในทั้ง 2 กรณีค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับขนาดของวัสดุ

## 3.5 การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ

เมื่อเซรามิคได้รับสัญญาณแรงดันมาตกคร่อมจะทำให้ชิ้นสารเซรามิคโก่งงอทำให้เกิดการอัดอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นขึ้นมา ดังนั้นถ้าป้อนสัญญาณเป็นห้วง ๆ (elecerically puse) จากออสซิลเลเตอร์ก็จะทำให้ชิ้นสารโก่งงอมากน้อยหรือทิศทางใดตามขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณไฟฟ้าจากออสซิลเลเตอร์นั้นออกไป โดยทั่วไปกำลังเอาท์พุทที่ออกมาจะตกลงประมาณ 10 % ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แต่เอาท์พุทจะสูงที่ค่านี้ โดยประมาณก็ต่อเมื่อความถี่ของสัญญาณออสซิสเตอร์ที่ป้อนเข้าชิ้นสารเซรามิคตรงกับความถี่เรโซเนนท์ที่เป็นความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชิ้นสารเซรามิคนั้น ๆ ส่วนที่ความถี่อื่น ๆ กำลังเอาท์พุทจะลดลงกว่านี้ ส่วนการทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวรับ มักมีการทำงาน ตรงข้ามกับตัวส่ง คือเมื่อมีคลื่นเสียที่มีความถี่ต่างกับความถี่เรโซแนนท์ของชิ้นสารเซรามิคเข้ามา จะทำให้สารโก่งตัวไปมาและเกิดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าซึ่งมีขนาดเล็กขึ้นคร่อมขั้วทั้งสองของตัวมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติโดยทั่วไปของอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ แบบเปียโซอิเลคทริคก็คือ มีความต้านทานทางไฟตรงสูงมากอาจสูงถึง 100 MΩ เรียกว่าถ้าเอามัลติมิเตอร์ธรรมดามาตั้งสเกลวัดค่าความต้านทานสูง ๆ เข็มจะไม่กระดิกเลย แต่ขณะที่มันทำงานความต้านทานไฟสลับจะลดลง

## 3.6 ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวส่งและตัวรับทรานสดิวเซอร์

1. ไม่ควรให้ตัวทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระแทกหรือตกจากที่สูงเพื่อป้องกันโครงสร้างภายในมิให้เสียหาย

2. ทรานสดิวเซอร์ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะทนแรงดันตกคร่อมตัวในสูงสุดได้ไม่เกิน 20 Vms ดังนั้นขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับตัวทรานสดิวเซอร์ก็ควรอยู่ภายในขีดจำกัดนี้

3. ความถี่รีโซแนนท์ (ความถี่ที่ตัวมันทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด) ของทรานสดิวเซอร์ 40 KHz (bandwidth) ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะผิดพลาดไปไม่เกิน + 1 KHz และมีแถบความถี่ประมาณ 4.5 KHz (bandwidth) สำหรับตัวส่งและมีแถบความถี่ประมาณ 5.0 KHz สำหรับตัวรับจะเห็นได้ว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าตัวส่งเล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับจะสามารถรับความถี่ทั้งหมดที่ออกมาจากตัวส่งได้

4. อุณหภูมิใช้งานของตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ภายในช่วง –20 ถึง 60 องศาเซลเซียส

5. ทั้งตัวส่งและตัวรับจะมีทิศทางคล้ายคลึงกันมาก กล่าวคือ ที่ตำแหน่งเบนจากแนวแกนของตัวส่งไปประมาณ 30 องศา ความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ 10 dB ในทำนองเดียวกันถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวที่เบียงเบนไปจากแนวแกนของตัวรับไปประมาณ 30 องศา ความไวหรือขนาดแรงดันที่ออกมาก็จะลด จึงควรพยายามทำให้ทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งตรงกันให้มากที่สุด อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่อยู่ในห้องอาจจะเบี่ยงเบนจากกันได้มาก เพราะคลื่นเสียงอุลตร้าโซนิกสามารถสะท้อนกับกำแพง และวัตถุที่อยู่ภายในห้อง ทำให้คลื่นเสียงเข้าไปหาตัวรับได้หลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# การออกแบบระบบควบคุม

ในโครงงานนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนทางด้านซอร์ฟแวร์ และฮาร์แวร์ ซึ่งจะทำงานภายใต้การสั่งงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล 89S8252 ในชุด Main Board จะประกอบไปด้วย

1. ส่วนควบคุมหลัก
2. ส่วนของแหล่งจ่าย

ซึ่งมีรายละเอียดการทำงานแต่ละส่วนคือ

## 4.1 ส่วนควบคุมหลัก ( Main Board )

ในชุดควบคุมหลัก ( Main Board ) ได้นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 89S8252 มาต่อร่วมกับอุปกรณ์เพิ่มเติมอีกบางส่วนซึ่งมีส่วนที่สำคัญอยู่ 5 ส่วน คือ ส่วนสัญญาณ Clock , ส่วนสัญญาณ Reset , ส่วนของการรับค่า Input จากภายนอก , ส่วนของการแสดงผล ( LCD ) และส่วนของ IC เบอร์ 74HC541

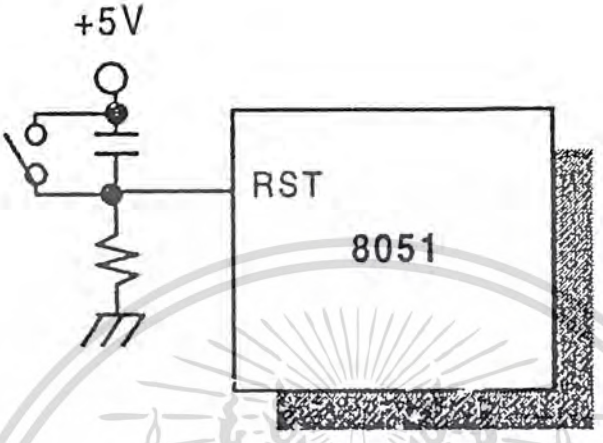
**การกำหนดสัญญาณ Clock ให้กับ CPU**

วงจรสัญญาณ Clock ประกอบด้วยคริสตรอลที่ผลิตความถี่ขนาด 12 MHz และคาปาซิเตอร์จำนวน 2 ตัวขนาด 30 pf สัญญาณ Clock ที่ได้นี้จะเป็นฐานเวลาหรือการกำหนดการทำงานของหน่วยการทำงานทั้งหมดที่สอดคล้องกัน ( Syncronization ) ส่วนเหตุผลในการเลือกใช้ความถี่ขนาด 12 MHz เพื่อใช้เป็นฐานเวลาสำหรับการสร้างความถี่ให้กับ CPU

**วงจรรีเซต**

วงจรนี้จะสร้าง สัญญาณเพื่อกำหนดสภาวะที่ขา Reset ของ IC 89S8252 การทำงานเมื่อเริ่มป้อนไฟ +5 v. จะมีสัญญาณป้อนให้กับขาสัญญาณ Reset ของ IC 89S8252 จะมีการ Reset ค่าใน Registor เป็นเพียงช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้นเนื่องจากเมื่อคาปาซิเตอร์ชาร์จจนเต็มแล้วกระแสจะไม่ไหลผ่านคาปาซิเตอร์อีกดังนั้นที่ขาสัญญาณ Reset จะมีสภาวะเป็นลอจิกต่ำ หากต้องการให้ IC 89S8252 ทำการรีเซต เพียงกดสวิทช์สัญญาณที่ขารีเซต จะเปลี่ยนเป็นลอจิกสูง IC 89S8252 ก็จะทำให้มีการ Reset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1 แผนภาพแสดงวงจรรีเซต

**ส่วนของการรับสัญญาณ Input จากภายนอก**

ในโครงงานนี้ได้มีการรับค่า Input จากภายนอกแล้วส่งสัญญาณไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีทั้งหมด 3 Input ด้วยกัน ทั้ง 3 Input นี้จะทำหน้าที่เป็นสวิทช์กดติดปล่อยดับ ( SPTP ) เพื่อสามารถเลือกโปรแกรมในการใช้งาน ซึ่งการรับค่า Input จากภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลักการคือต้องกำหนดให้พอร์ตบิตใดเป็นอินพุต ให้เขียนข้อมูล "1" ( กำหนดด้วย solfware ) ไปยังบิตนั้นก่อน จากนั้นจึงทำการอ่านสถานะที่บิตนั้นกลับมา เช่น ต้องการให้พอร์ตที่1 เป็นการรับคำ Input จากภายนอกต้องใช้คำสั่ง MOV P1,#0FFH เป็นต้น

**ส่วนของการแสดงผล ( LCD )**

ส่วนของการแสดงผลหรือโมดูลแสดงแบบผลึกเหลว มีชื่อเรียกว่า LCD ซึ่งโมดูล LCD แบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน

1. LCD โมดูล ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด
2. LCD โมดูล ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด

ในโมดูล LCD จะมีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วน ดังนี้

**ตัวแสดงผล** (display) ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD

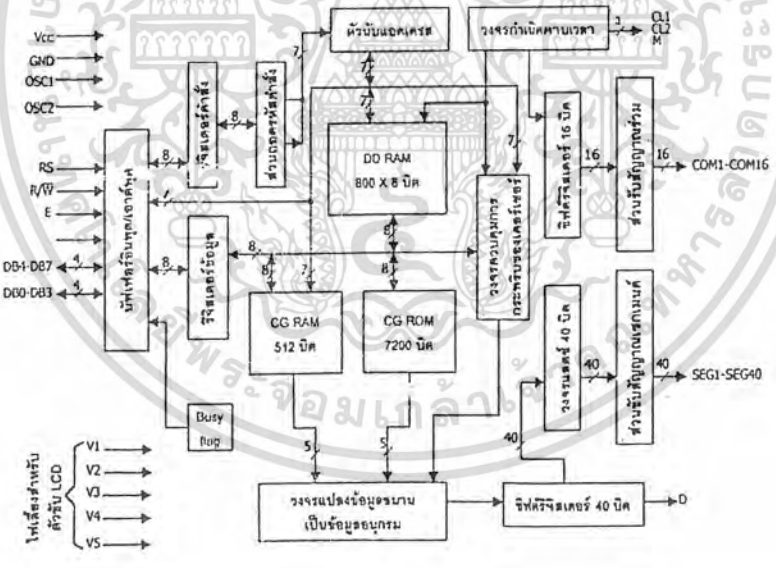
เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เว้นแต่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตัวควบคุม** (Controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของโมดูล LCD เช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษรหรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบคุมนี้ใช้ชิปควบคุมโดยเฉพาะ ชิปที่นิยมใช้คือ เบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD44780 จะใช้ควบคุม LCD แบบอักขระ ส่วน HD61830 ใช้ควบคุมแบบกราฟฟิก

**ตัวขับ** (driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนด ชิปที่ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวขับนี้ได้แก่ เบอร์ HD44100H และ MSM5259 เป็นต้น

**โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล LCD**

ในการใช้งานโมดูล LCD จำเป็นต้องทำความเข้าใจกับโครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมให้ดีเสียก่อน ในโครงงานนี้ได้เลือกนำโมดูล LCD แบบอักขระ เพราะสามารถเข้าใจได้ง่าย แสดงในรูป3.1 เป็นบล็อกไดอะแกรมภายในของชิปควบคุม LCD เบอร์ HD44780 ซึ่งใช้ในโมดูล LCD แบบอักขระ ประกอบด้วย




**รูปที่ 4.2** ไดอะแกรมการทำงานของโมดูล LCD อักขระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัฟเฟอร์อินพุตเอาต์พุต เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะถ่ายทอดข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม

**รีจิสเตอร์คำสั่ง** (Instruction Register : IR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อนำไปควบคุมการแสดงผล

**รีจิสเตอร์ข้อมูล** (Data Registe : DR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อถ่ายทอดต่อไปยังหน่วยความจำที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแสดงผล หรือนำข้อมูลไปสร้างตัวอักษรเพิ่มเติมในแรมเก็บตัวอักษร

**แรมเก็บข้อมูลแสดงผล** ( Display Data RAM : DDRAM ) เป็นหน่วยความจำแรมทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่มาจากรีจิสเตอร์ DR ตัวควบคุมจะนำข้อมูลใน DDRAM นี้ไปเปิดตาราง (Look up – label) ของตัวอักษรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำรอมและแรมเก็บตัวอักษร เพื่อนำไปแสดงที่ตัวแสดงผล

**รอมเก็บตัวอักษร** (Charater Generator ROM : CGROM) เป็นหน่วยความจำรอมที่ใช้เก็บข้อมูลตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่สามารถอ่านออกไปแสดงที่ตัวแสดงผลได้ มีขนาด 7,200 บิตโดยจะถูกอ่านด้วยค่าของข้อมูลใน DDRAM

**แรมเก็บตัวอักษร** (Charater Generator RAM : CGRAM) เป็นหน่วยความจำแรมที่ใช้เก็บตัวอักษรที่มีการสร้างเพิ่มเติมขึ้นใหม่ ในกรณีที่ตัวอักษรใน CGROM ไม่เพียงพอ มีขนาด 512 บิต การเขียนและการอ่านค่าไปใช้นั้นทำได้เช่นเดียวกับ CGROM คือ เขียนข้อมูลลงใน DDRAM แล้วตัวควบคุมจะมาอ่านค่าจาก CGRAM เอง

**แฟลก BUSY** เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แจ้งสถานะการทำงานของตัวควบคุมให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่าตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่งหรือไม่ ดังนั้นก่อนการส่งข้อมูลหรือคำสั่งมายังตัวควบคุมต้องตรวจสอบสถานะของแฟลก BUSY นี้เสียก่อน

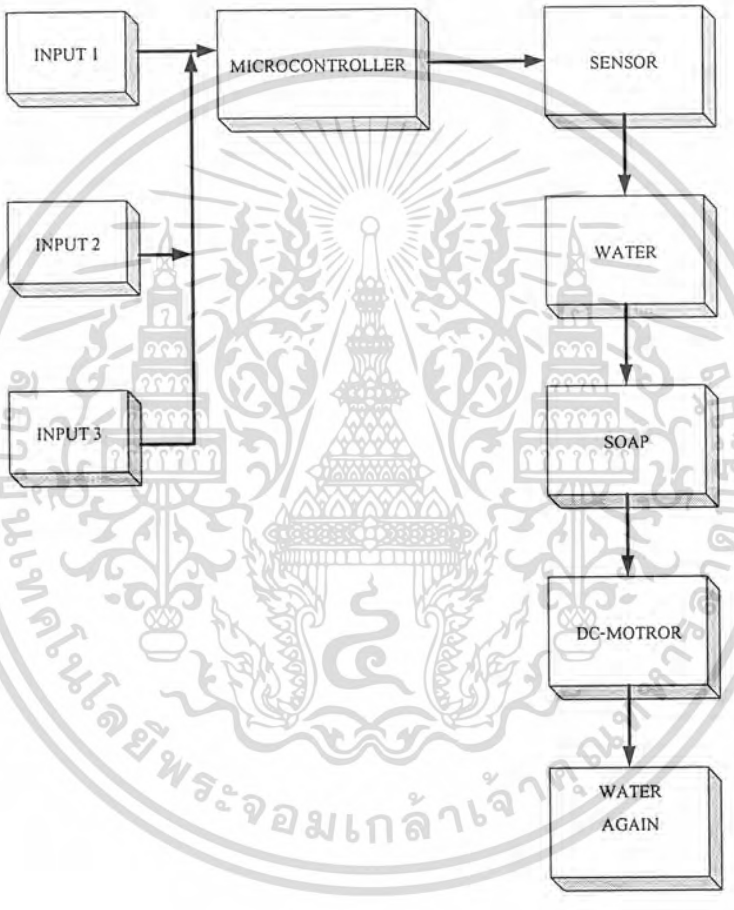
**ส่วนของ IC เบอร์ 74HC541**

ในชุดควบคุม Main Bord ได้นำ IC เบอร์ 74HC541 มาทำหน้าที่เป็น Buffer จำนวน 2 ตัว เพื่อป้องกันพอร์ตบิตของไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ให้เกิดความเสียหาย อาจเนื่องมาจากกระแสไฟเกินพิกัดหรืออาจเกิดการลัดวงจรได้ ซึ่ง IC เบอร์ 74HC541 ก็จะสามารถช่วยป้องกันพอร์ตบิตได้ในระดับหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การออกแบบวงจรควบคุมเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ**

ในชุดควบคุม ( Main Board ) ของเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติได้มีการออกแบบโดยนำไมโครคอนโทรเลอร์มาเป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมดแล้วต่อร่วมกับไอซีเบอร์ 74HHC541 เพื่อเป็น Buffer ให้แก่ไมโครคอนโทรเลอร์ นอกจากนี้ยังนำโมดูล LCD มาทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลอีกด้วย ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4.3



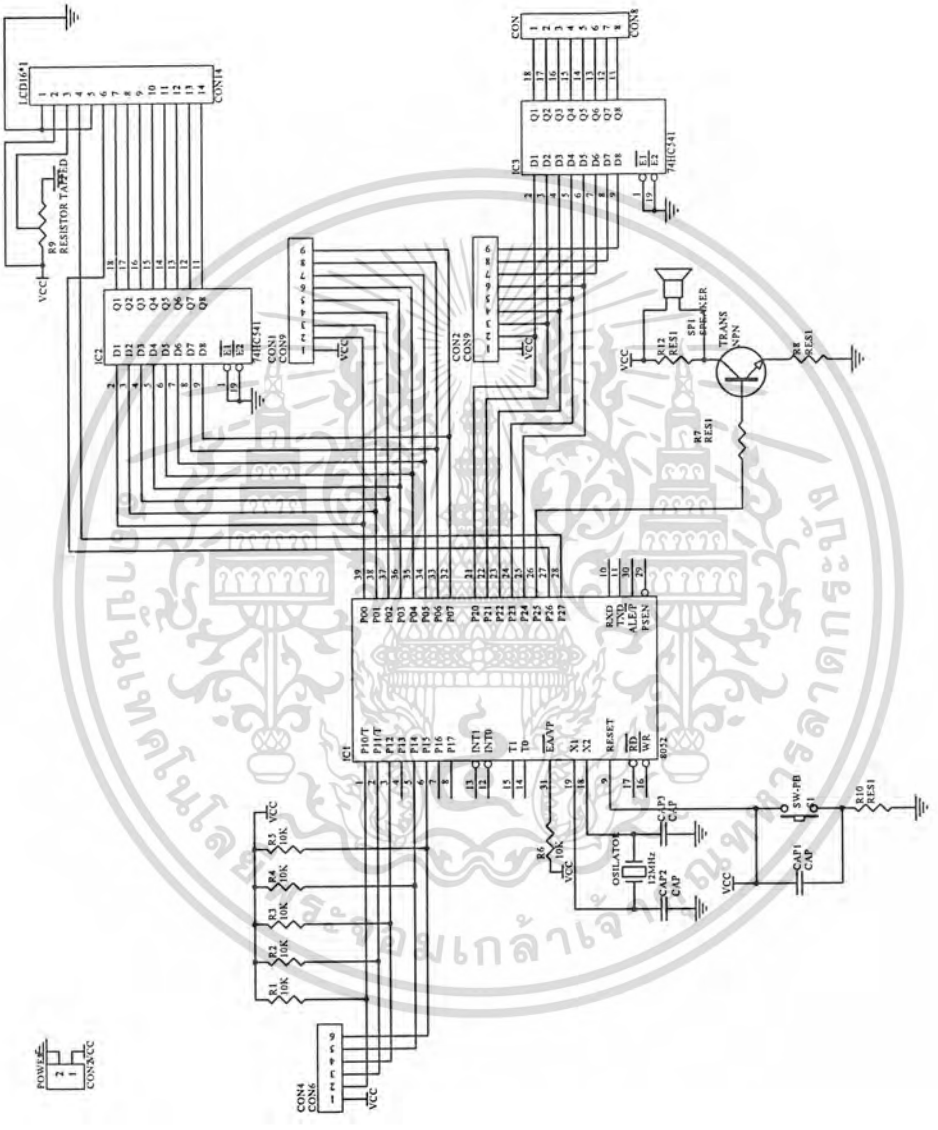

**รูปที่ 4.3** Block Diagram ของเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**จากรูปที่ 4.3** เป็น Block Diagram เครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ ซึ่งวงจรมีหลักการทำงานคือ จะประกอบด้วย KEY SWITCH ทั้งหมด 3 คีย์ เพื่อใช้เลือกโปรแกรมในการใช้งาน 3 โปรแกรม ตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งแต่ละโปรแกรมจะมีหลักการทำงานคล้ายกัน แต่จะแตกต่างกันตรงที่ระยะเวลาในการทำงานเท่านั้นโดยที่โปรแกรมที่ 1 จะใช้เวลาสั้นที่สุด ตามด้วยโปรแกรมที่ 2 และโปรแกรมที่ 3 จะใช้ระยะเวลาในการทำงานนานที่สุด หลังจากมีการเลือกโปรแกรมแล้วชุดควบคุมจะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่อผู้ใช้ไปยืนตรงตำแหน่งที่อยู่ในระยะการตรวจจับของชุด SENSOR ถ้าผู้ใช้ยืนไม่ตรงตำแหน่งก็จะมีสัญญาณเตือน จากนั้นน้ำก็จะไหลออกมาเพื่อชำระร่างกาย ต่อมาสบู่เหลวก็จะถูกฉีดออกมา ตามด้วยเครื่องช่วยถูแผ่นหลังและท้ายสุดน้ำก็จะไหลออกมาเพื่อชำระร่างกายอีกครั้งหนึ่ง ก็เป็นการสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรมนั้นๆ โดยแต่ละส่วนจะใช้ระยะเวลาตามที่กำหนดในโปรแกรม

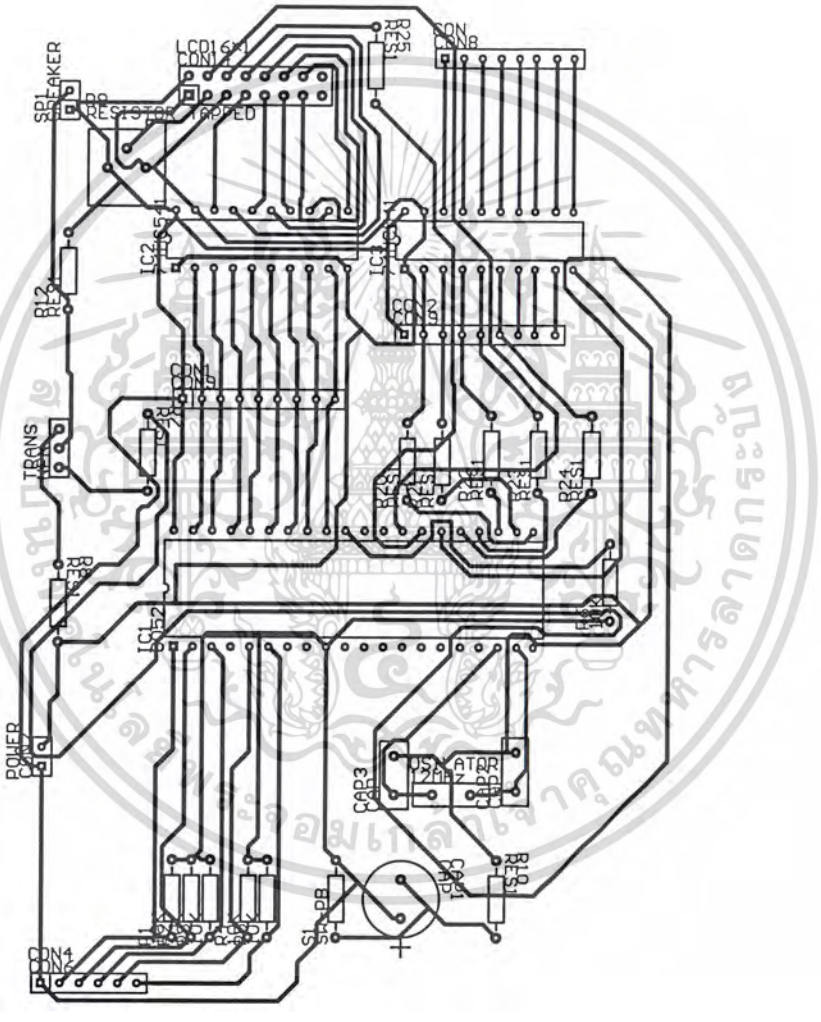
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.4 วงจรควบคุมเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.5 ลายวงจรของเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

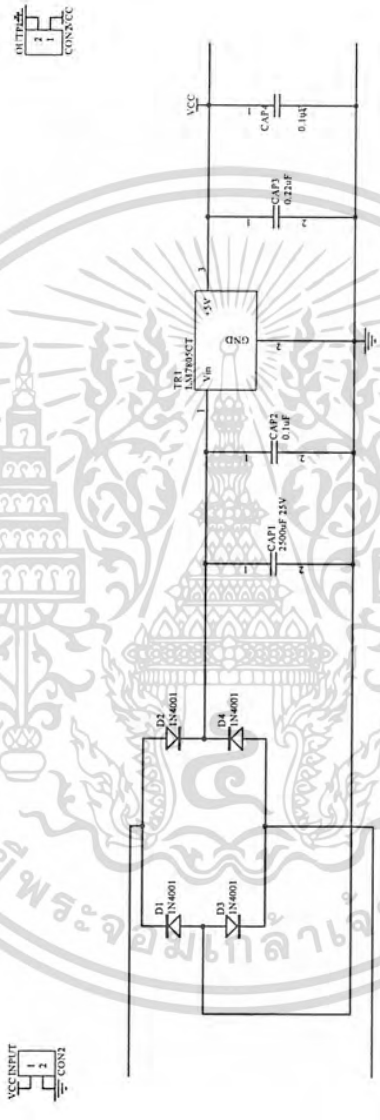
## 4.2 การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟ ( SUPPLY )

แหล่งจ่ายไฟ ( SUPPLY ) ของเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติที่ใช้เป็นวงจรเรกูเลเตอร์ประกอบไปด้วยแหล่งจ่าย 5 V , 12V และ 24 V ซึ่งมีอุปกรณ์ดังนี้

**รายการอุปกรณ์ของแหล่งจ่าย**

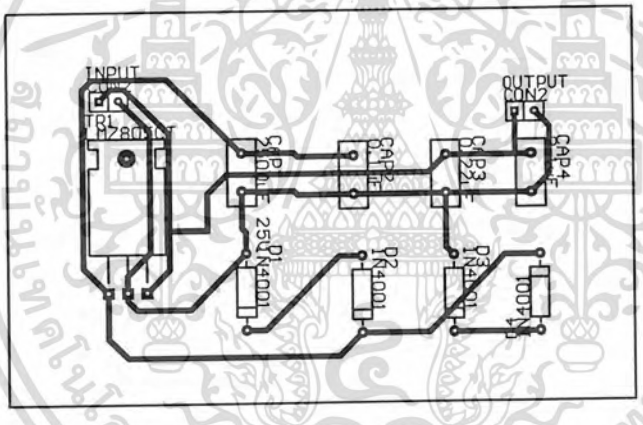
| **ชื่ออุปกรณ์** | | | **จำนวน ( ตัว )** |
|---|---|---|---|
| **หม้อแปลงไฟฟ้า** ( ขนาด 12 – 0V -12 V ) | | | 3 |
| **วงจรรวม ( IC )** | | | |
| | IC1 เบอร์ 7805 | | 1 |
| | IC1 เบอร์ 7812 | | 1 |
| | IC1 เบอร์ 7824 | | 1 |
| **คาปาซิสเตอร์ ชนิดอิเล็คโตไลต์** | | | |
| C1 | 2500 | ไมโครฟารัด ต่อ 25 V โวลต์ ( uF/25V ) | 3 |
| C2,C4 | 0.1 | ไมโครฟารัด ต่อ 50 V โวลต์ ( uF/50V ) | 6 |
| C3 | 0.22 | ไมโครฟารัด ต่อ 50 V โวลต์ ( uF/50V ) | 3 |
| **ไดโอด** | | | |
| เบอร์ 1N4001 | | | 12 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



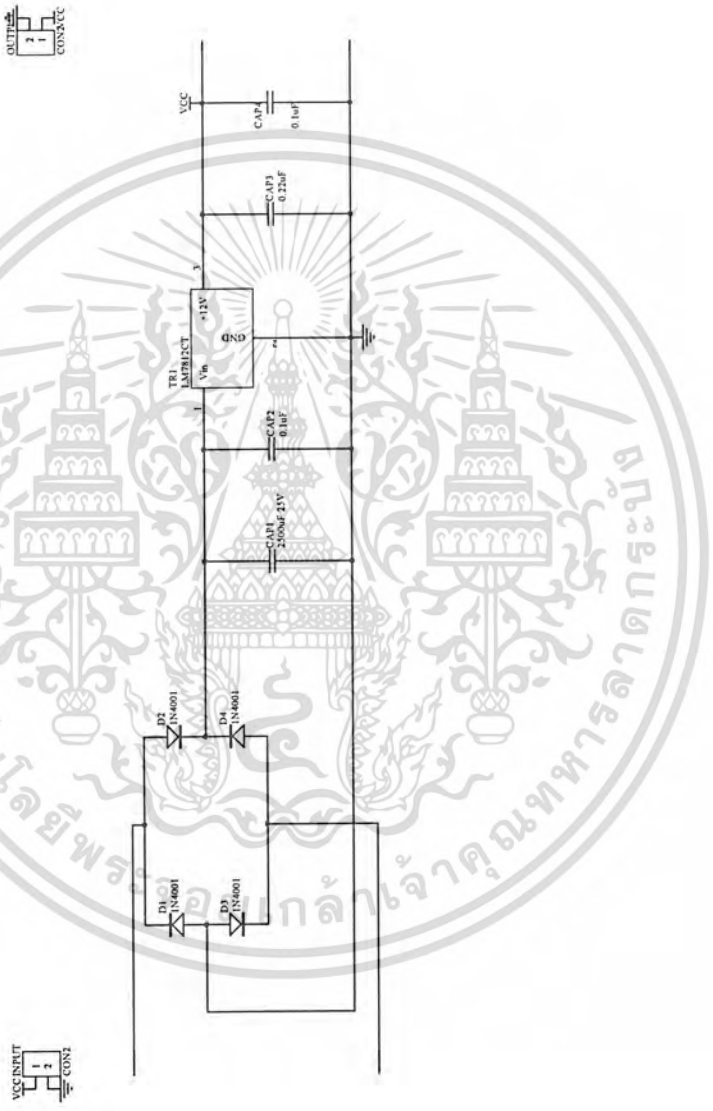

รูปที่ 4.6 วงจรแหล่งจ่าย 5 Volt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



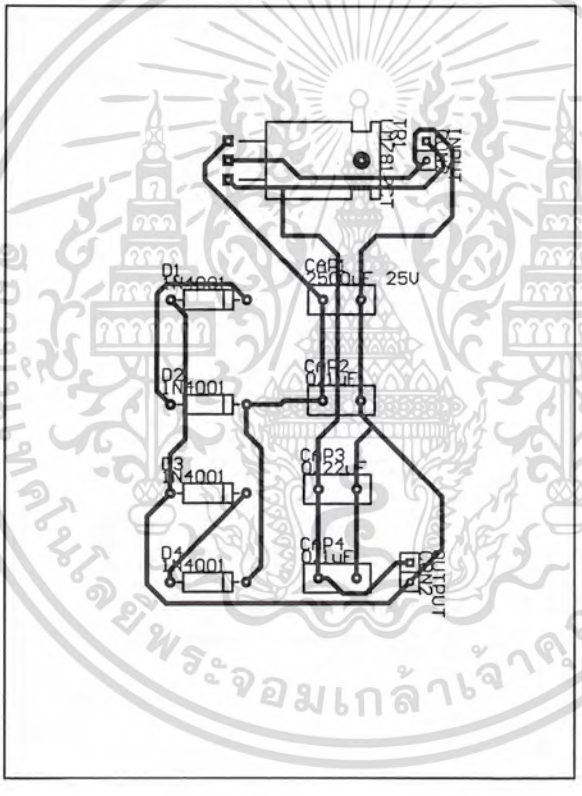

รูปที่ 4.7 ลายวงจรแหล่งจ่าย 5 Volt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



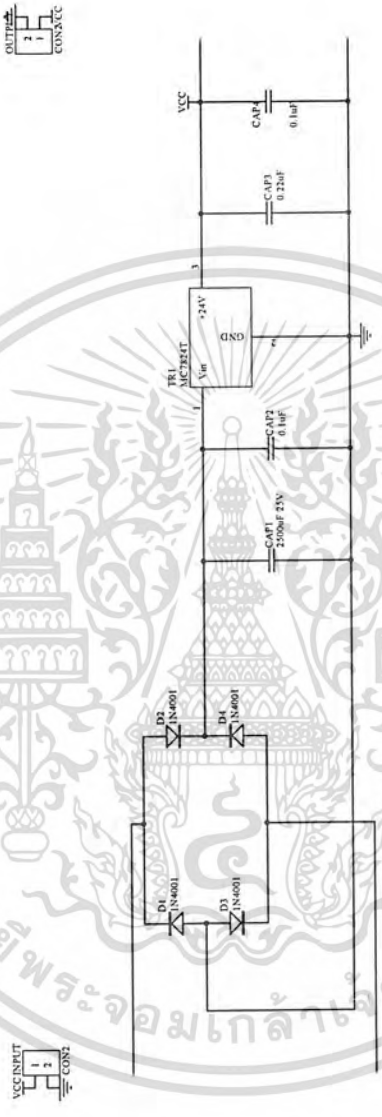

รูปที่ 4.8 วงจรแหล่งจ่าย 12 Volt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



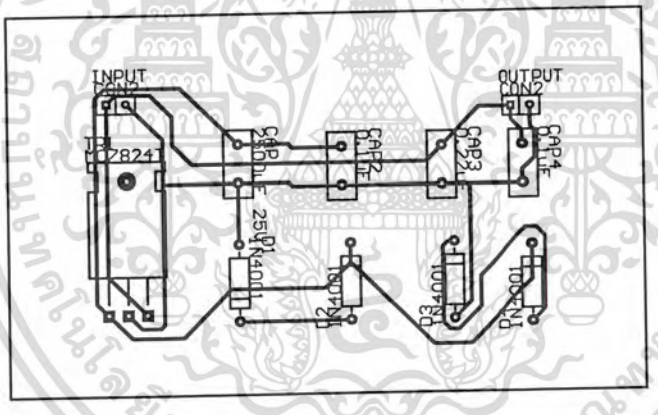

รูปที่ 4.9 ลายวงจรแหล่งจ่าย 12 Volt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.10 วงจรแหล่งจ่าย 24 Volt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



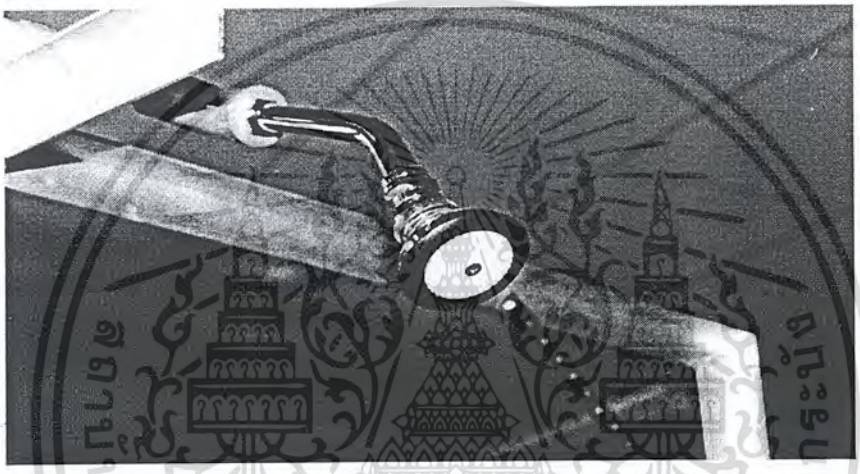

รูปที่ 4.11 ลายวงจรแหล่งจ่าย 24 Volt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 การออกแบบโครงสร้างของโครงงาน ( Hard Ware )

ในการออกแบบโครงสร้าง ( Hard Ware ) ของเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติมีส่วนประกอบอยู่ด้วยกันหลายส่วนคือ

**4.3.1 ส่วนของชุดควบคุมการไหลของน้ำ** ซึ่งทำหน้าที่ในการฉีดน้ำเพื่อใช้ในการอาบน้ำและชำระล้าง โดยใช้โซลินอยล์วาล์วเป็นตัวควบคุมการไหลของน้ำ โดยที่ระยะเวลาในการไหลของน้ำจะไหลตามโปรแกรมที่เลือก ดังแสดงดังรูปที่ 4.12



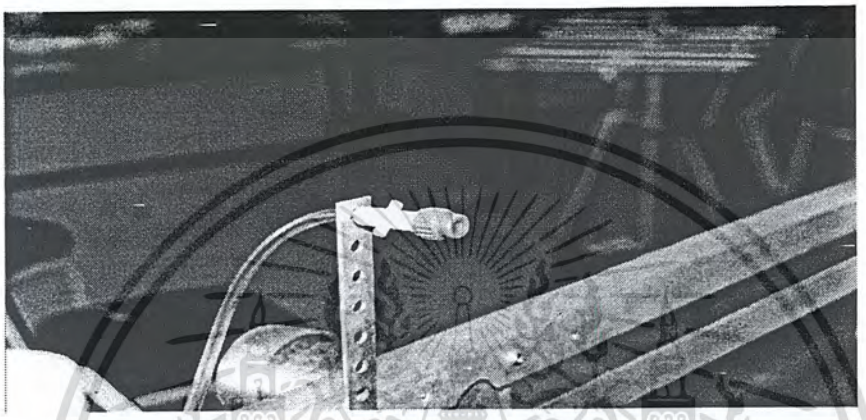
รูป ก ชุดงฉีดน้ำ

รูป ข ชุดควบคุมการฉีดน้ำ

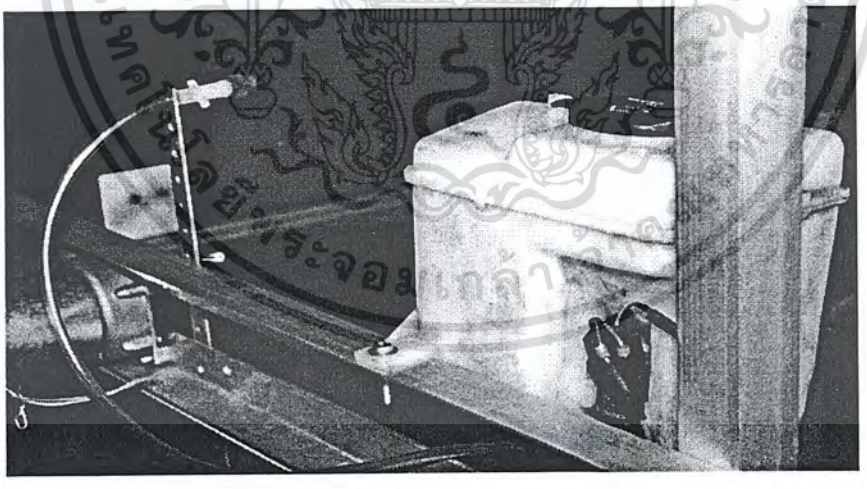
**รูปที่ 4.12 ชุดควบคุมการไหลของน้ำ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 **ส่วนของชุดควบคุมการไหลของสบู่เหลว** ซึ่งจะทำหน้าที่ในการฉีดสบู่เหลวไปยังร่างกายของผู้ใช้เพื่อช่วยในการทำความสะอาด โดยที่ระยะเวลาที่ใช้ในการฉีดสบู่เหลวจะขึ้นอยู่กับโปรแกรมที่เลือก ดังแสดงดังรูปที่ 4.13



รูป ก ด้านข้าง

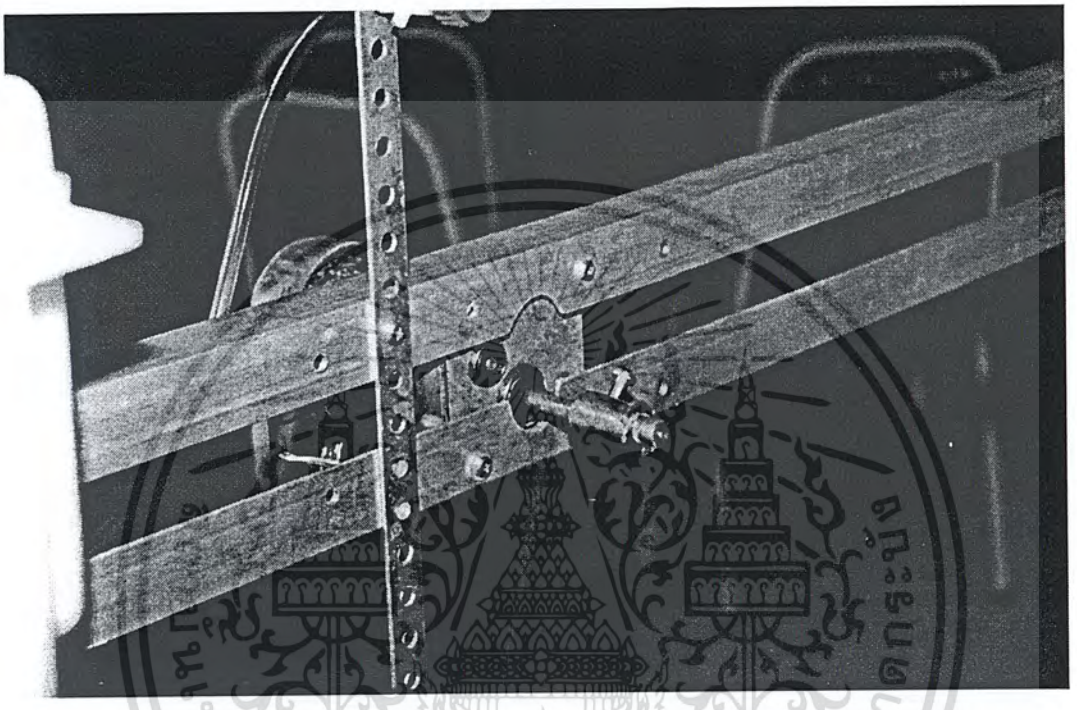


รูป ข ด้านหลัง

**รูปที่** 4.13 ชุดควบคุมการฉีดของสบู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

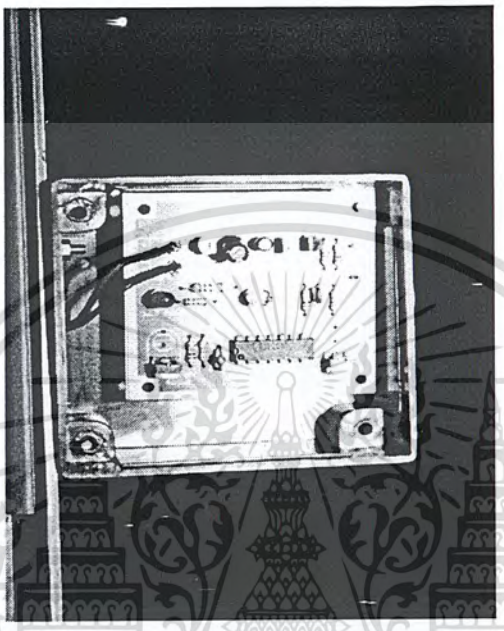
4.3.3 **ส่วนของชุดช่วยถูแผ่นหลัง** ซึ่งจะทำหน้าที่ช่วยถูแผ่นหลังโดยจะใช้ระยะเวลาในการถูตามโปรแกรมที่เลือก ดังแสดงดังรูปที่ 4.14



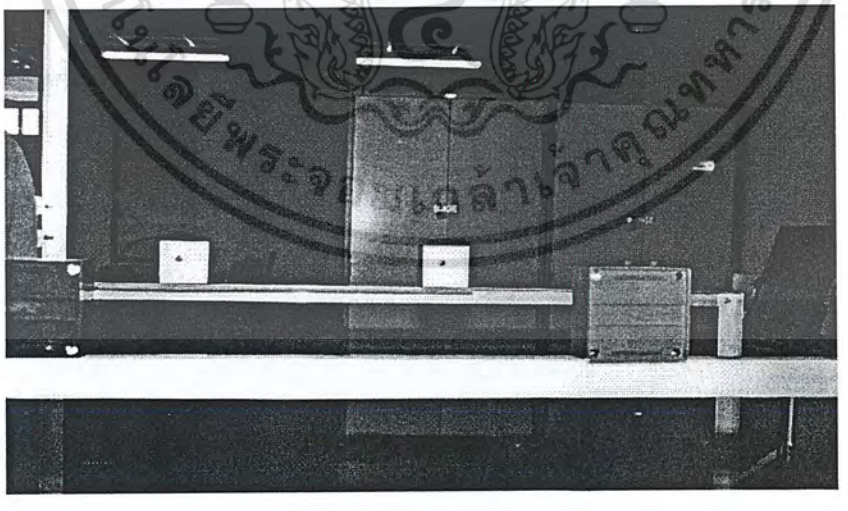
**รูปที่** 4.14 ชุดช่วยถูแผ่นหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 **ส่วนของชุด** Sensor ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับวัตถุและเมื่อตรวจพบว่ามีวัตถุเข้ามาตรงตำแหน่งที่ได้ระบุไว้ ชุด Sensor ก็จะส่งสัญญาณให้ระบบเริ่มทำงานตามโปรแกรมที่เลือกไว้ ดังแสดงดังรูปที่ 4.15



รูป ก ด้านหน้า

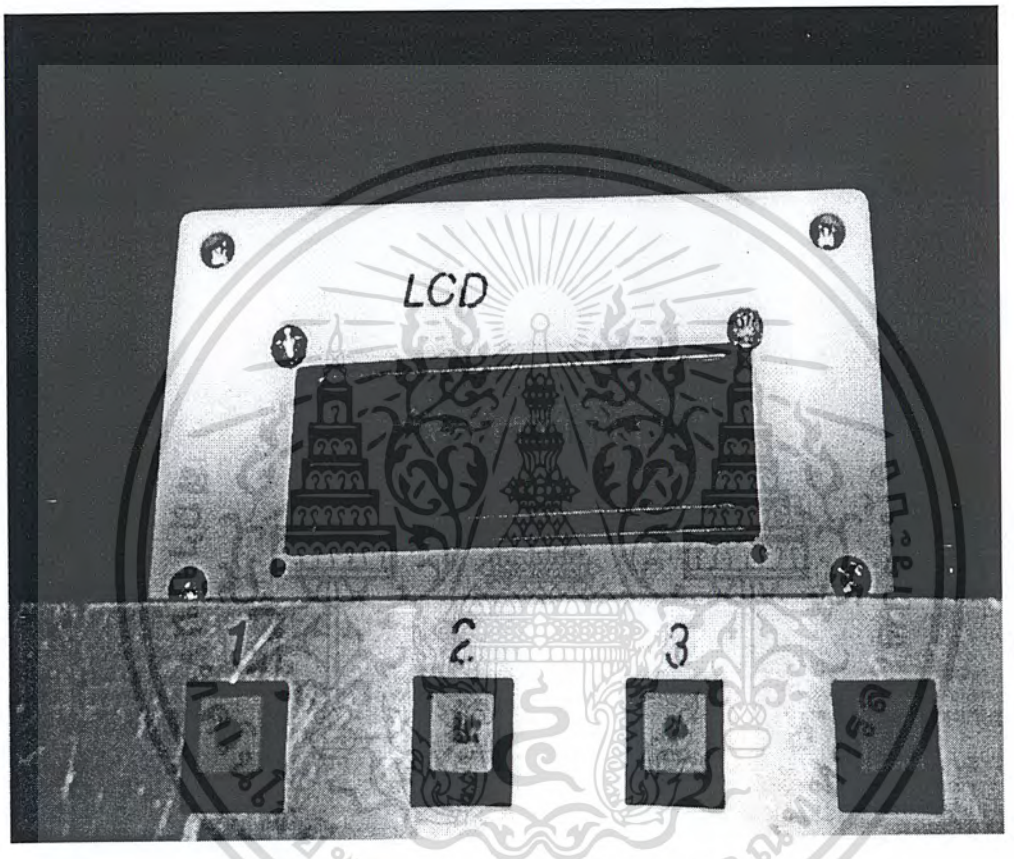


รูป ข ด้านข้าง

**รูปที่** 4.15 ชุด Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

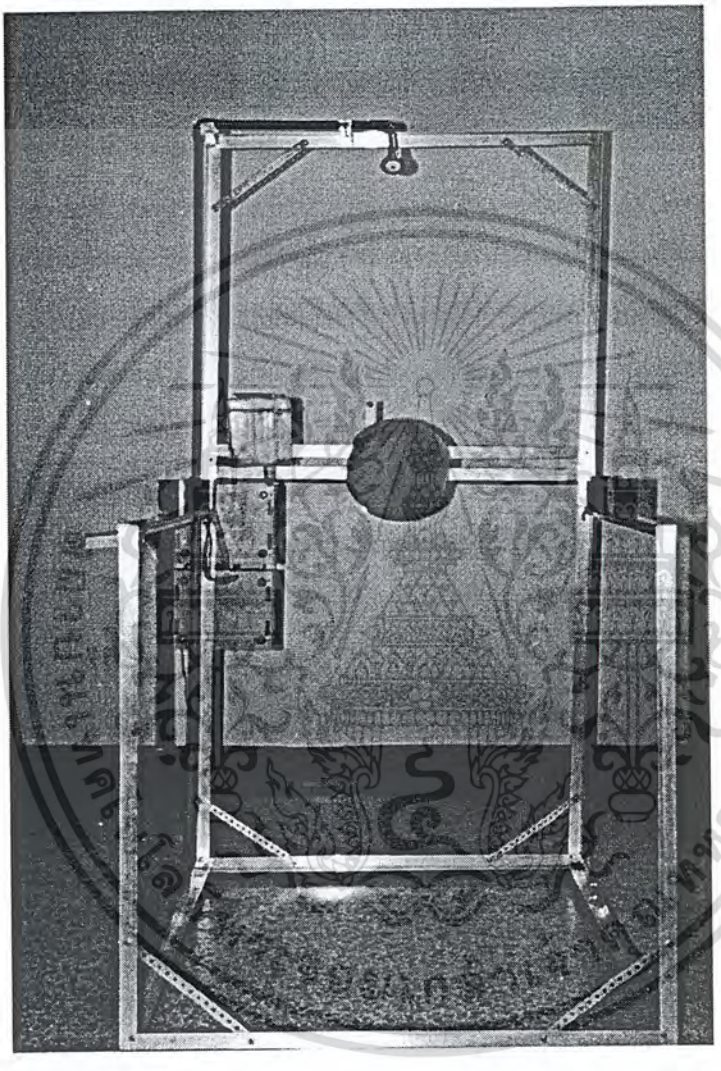
4.3.5 **ส่วนของ** LCD ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผล และเป็นตัวแสดงสถานะการทำงานของเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติว่าโปรแกรมที่เลือกคือโปรแกรมไหน ดังแสดงดังรูปที่ 4.16




**รูปที่ 4.16** ชุด LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราได้นำส่วนของ Hard Ware มาประกอบกันก็จะมีลักษณะดังรูปที่ 4.17



**รูปที่ 4.17** เครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# บทสรุปและวิจารณ์

เครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ ( Automatic Bath Machine ) มีคุณสมบัติที่จะอำนวยความสะดวกและช่วยเหลือมนุษย์ในการทำความสะอาดร่างกายได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งระบบทั้งหมดของเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติจะทำงานตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ในไมโครคอนโทรเลอร์ ประกอบกับอุปกรณ์บางส่วนดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

การออกแบบวงจร Hardware และ Software ผลที่ได้ถือว่าเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง ซึ่งประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอาบน้ำสามารถทำงานตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ โดยระยะเวลาการทำงานสามารถตั้งค่าได้ตามความต้องการด้วย Soft ware

จากการทำงานของเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติดังกล่าวนี้ มีข้อดีในการทำงาน คือ สะดวกในการใช้งานเพราะแค่เพียงกดเลือกโปรแกรมก็สามารถทำงานได้ตามอัตโนมัติ และวงจรที่ได้ออกแบบนี้จะเป็นพื้นฐานในการออกแบบและพัฒนาเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติให้มีประสิทธิภาพและได้ปรับปรุงให้มีประโยชน์ในการใช้งานได้มากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

ธีรวัฒน์ ประกอบผล.2542 ไมโครคอนโทรเลอร์ หลักและการประยุกต์ใช้งาน : Gillmore Mc Graw Hill

ทะนง โชติสรยุทธ์. 2536 เทคนิคการใช้งานอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ฝึกทดลอง เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ , หน้า 83 – 95

คู่มือ AT89S8252 ATMEL FLASH MICROCONTROLLERS บริษัท อีอีทีจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

# โปรแกรมเครื่องอาบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# โปรแกรมเครื่องอาบน้ำอัตโนมัติ

```
;************** PROGRAM AUTOMATIC BATH MACHINE **********************
                WATER_DR    BIT     P2.0
                SOAP_DR     BIT     P2.1
                DC_MOTOR_DR BIT     P2.2
                SPEK_DR     BIT     P2.5
                LCD_EN      BIT     P2.6
                LCD_RS      BIT     P2.7
                LCD_ADDR    EQU     30H
                LCD_DATA    EQU     31H
;********************** MAIN PROGRAM ********************************
                ORG         0000H
MAIN:           MOV         P0,#00H
                MOV         P1,#0FFH
                MOV         P2,#00H
                MOV         SP,#50H
;********************** CHECK  SWITCH INPUT**************************
                LCALL       INIT_LCD
                LCALL       WAIT_KEY_SWITCH
CHECK_SWITCH:   JNB         P1.0,KEY1
                JNB         P1.1,KEY2
                JNB         P1.2,KEY3
                SJMP        CHECK_SWITCH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
KEY1:       JNB     P1.0,$
            LCALL   SHOW_LCD_1
            LJMP    CHK_SEN_1
KEY2:       JNB     P1.1,$
            LCALL   SHOW_LCD_2
            LJMP    CHK_SEN_2
KEY3:       JNB     P1.2,$
            LCALL   SHOW_LCD_3
            LJMP    CHK_SEN_3
;********************* CHECK  SENSOR ******************************
CHK_SEN_1:  MOV     PSW,#00010000B
            MOV     R4,P1
            MOV     A,#30H
            ANL     A,R4
            CJNE    A,#30H,GO_1
            SJMP    CHK_SEN_1
CHK_SEN_2 : MOV     PSW,#00010000B
            MOV     R4,P1
            MOV     A,#30H
            ANL     A,R4
            CJNE    A,#30H,GO_2
            SJMP    CHK_SEN_2
CHK_SEN_3:  MOV     PSW,#00010000B
            MOV     R4,P1
            MOV     A,#30H
            ANL     A,R4
            CJNE    A,#30H,GO_3
            SJMP    CHK_SEN_3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********************* SUBPROGRAM_1 ********************************
PRO_1:      MOV     PSW,#00010000B
            MOV     R0,#0FH
W1:         MOV     R6,P1
            MOV     A,#30H
            ANL     A,R6
            CJNE    A,#30H,WATER_1
            LJMP    NO_DETECT_1
S0:         MOV     PSW,#00010000B
            MOV     R0,#0AH
S1:         MOV     R6,P1
            MOV     A,#30H
            ANL     A,R6
            CJNE    A,#30H,SOAP_1
            LJMP    NO_DETECT_1
DC0:        MOV     PSW,#00010000B
            MOV     R0,#0FH
DC1:        MOV     R6,P1
            MOV     A,#30H
            ANL     A,R6
            CJNE    A,#30H,DC_1
            LJMP    NO_DETECT_1
WA0:        MOV     PSW,#00010000B
            MOV     R0,#0FH
WA1:        MOV     R6,P1
            MOV     A,#30H
            ANL     A,R6
            CJNE    A,#30H,WATER_2
            LJMP    NO_DETECT_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
GO_1:       LJMP        PRO_1
GO_2:       LJMP        PRO_2
GO_3:       LJMP        PRO_3
;******************** WATER_1 ************************************
WATER_1:    SETB        WATER_DR
            LCALL       DELAY_1s
            CLR         WATER_DR
            DJNZ        R0,W1
            LJMP        S0
;******************** SOAP_1 *************************************
SOAP_1:     SETB        SOAP_DR
            LCALL       DELAY_1s
            CLR         SOAP_DR
            DJNZ        R0,S1
            LJMP        DC0
;******************** DC_MOTOR_1 *********************************
DC_1:       SETB        DC_MOTOR_DR
            LCALL       DELAY_1s
            CLR         DC_MOTOR_DR
            DJNZ        R0,DC1
            LJMP        WA0
;******************** WATER_2 ************************************
WATER_2:    SETB        WATER_DR
            LCALL       DELAY_1s
            CLR         WATER_DR
            DJNZ        R0,WA1
            LJMP        MAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********************* NO_DETECT_1 ********************************
NO_DETECT_1:    MOV     PSW,#00001000B
                MOV     R0,#0AH
J1:             MOV     R1,P1
                MOV     A,#30H
                ANL     A,R1
                CJNE    A,#30H,GO_1
                AJMP    KA
KA:             SETB    SPEK_DR
                LCALL   DELAY_1s
                CLR     SPEK_DR
                LCALL   DELAY_1s
                DJNZ    R0,J1
                LJMP    MAIN            ;END
;********************* SUBPROGRAM_2 ********************************
PRO_2:          MOV     PSW,#00010000B
                MOV     R0,#0FH
W1_2:           MOV     R6,P1
                MOV     A,#30H
                ANL     A,R6
                CJNE    A,#30H,WATER_1_2
                LJMP    NO_DETECT_2
S0_2:           MOV     PSW,#00010000B
                MOV     R0,#0AH
S1_2:           MOV     R6,P1
                MOV     A,#30H
                ANL     A,R6
                CJNE    A,#30H,SOAP_1_2
                LJMP    NO_DETECT_2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DC0_2:      MOV     PSW,#00010000B
            MOV     R0,#0FH
DC1_2:      MOV     R6,P1
            MOV     A,#30H
            ANL     A,R6
            CJNE    A,#30H,DC_1_2
            LJMP    NO_DETECT_2
WA0_2:      MOV     PSW,#00010000B
            MOV     R0,#0FH
WA1_2:      MOV     R6,P1
            MOV     A,#30H
            ANL     A,R6
            CJNE    A,#30H,WATER_2_2
            LJMP    NO_DETECT_2
;********** WATER_1_2 **********************************
WATER_1_2:  SETB    WATER_DR
            LCALL   DELAY_1s
            CLR     WATER_DR
            DJNZ    R0,W1_2
            LJMP    S0_2
;********** SOAP_1_2 ***********************************
SOAP_1_2:   SETB    SOAP_DR
            LCALL   DELAY_1s
            CLR     SOAP_DR
            DJNZ    R0,S1_2
            LJMP    DC0_2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********************* DC_MOTOR_1_2 ********************************
            DC_1_2:     SETB        DC_MOTOR_DR
                        LCALL       DELAY_1s
                        CLR         DC_MOTOR_DR
                        DJNZ        R0,DC1_2
                        LJMP        WA0_2
;********************* WATER_2_2 ***********************************
            WATER_2_2:  SETB        WATER_DR
                        LCALL       DELAY_1s
                        CLR         WATER_DR
                        DJNZ        R0,WA1_2
                        LJMP        MAIN
;********************* NO_DETECT_1 *********************************
          NO_DETECT_2:  MOV         PSW,#00001000B
                        MOV         R0,#0AH
                J2:     MOV         R1,P1
                        MOV         A,#30H
                        ANL         A,R1
                        CJNE        A,#30H,PRO_2
                        AJMP        KA_2
                KA_2:   SETB        SPEK_DR
                        LCALL       DELAY_1s
                        CLR         SPEK_DR
                        LCALL       DELAY_1s
                        DJNZ        R0,J2
                        LJMP        MAIN            ;END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********************* SUBPROGRAM_3 ******************************
PRO_3:      MOV     PSW,#00010000B
            MOV     R0,#0FH
W1_2_3:     MOV     R6,P1
            MOV     A,#30H
            ANL     A,R6
            CJNE    A,#30H,WATER_1_2_3
            LJMP    NO_DETECT_3
S0_2_3:     MOV     PSW,#00010000B
            MOV     R0,#0AH
S1_2_3:     MOV     R6,P1
            MOV     A,#30H
            ANL     A,R6
            CJNE    A,#30H,SOAP_1_2_3
            LJMP    NO_DETECT_3
DC0_2_3:    MOV     PSW,#00010000B
            MOV     R0,#0FH
DC1_2_3:    MOV     R6,P1
            MOV     A,#30H
            ANL     A,R6
            CJNE    A,#30H,DC_1_2_3
            LJMP    NO_DETECT_3
WA0_2_3:    MOV     PSW,#00010000B
            MOV     R0,#0FH
WA1_2_3:    MOV     R6,P1
            MOV     A,#30H
            ANL     A,R6
            CJNE    A,#30H,WATER_2_2_3
            LJMP    NO_DETECT_3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********************* WATER_1_2_3 ********************************
WATER_1_2_3:    SETB    WATER_DR
                LCALL   DELAY_1s
                CLR     WATER_DR
                DJNZ    R0,W1_2_3
                LJMP    S0_2_3
;********************* SOAP_1_2_3 *********************************
SOAP_1_2_3:     SETB    SOAP_DR
                LCALL   DELAY_1s
                CLR     SOAP_DR
                DJNZ    R0,S1_2_3
                LJMP    DC0_2_3
;********************* DC_MOTOR_1_2_3 *****************************
DC_1_2_3:       SETB    DC_MOTOR_DR
                LCALL   DELAY_1s
                CLR     DC_MOTOR_DR
                DJNZ    R0,DC1_2_3
                LJMP    WA0_2_3
;********************* WATER_2_2_3 ********************************
WATER_2_2_3:    SETB    WATER_DR
                LCALL   DELAY_1s
                CLR     WATER_DR
                DJNZ    R0,WA1_2_3
                LJMP    MAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;******************** NO_DETECT_3 ********************************
NO_DETECT_3:    MOV     PSW,#00001000B
                MOV     R0,#0AH
J3:             MOV     R1,P1
                MOV     A,#30H
                ANL     A,R1
                CJNE    A,#30H,PRO_3
                AJMP    KA_3
KA_3:           SETB    SPEK_DR
                LCALL   DELAY_1s
                CLR     SPEK_DR
                LCALL   DELAY_1s
                DJNZ    R0,J3
                LJMP    MAIN            ;END
;********************** WAIT_KEY_SWITCH ******************************
WAIT_KEY_SWITCH:    MOV     LCD_ADDR,#00H
                    ACALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#TITLE_6
                    ACALL   WRLINE_LCD
                    MOV     LCD_ADDR,#040H
                    ACALL   SET_ADDR_LCD
                    MOV     DPTR,#TITLE_7
                    ACALL   WRLINE_LCD
                    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********************** SHOW_LCD_1 ********************************
SHOW_LCD_1:     MOV     LCD_ADDR,#00H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE_1
                ACALL   WRLINE_LCD
                MOV     LCD_ADDR,#040H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE_2
                ACALL   WRLINE_LCD
                RET
;********************** SHOW_LCD_2 ********************************
SHOW_LCD_2:     MOV     LCD_ADDR,#00H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE_3
                ACALL   WRLINE_LCD
                MOV     LCD_ADDR,#040H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE_4
                ACALL   WRLINE_LCD
                RET
;********************** SHOW_LCD_3 ********************************
SHOW_LCD_3:     MOV     LCD_ADDR,#00H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE_5
                ACALL   WRLINE_LCD
                MOV     LCD_ADDR,#040H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                MOV     DPTR,#TITLE_2
                ACALL   WRLINE_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   DELAY_1S
                ACALL   DELAY_1S
                RET
;********************* LCD   INITIALIZE *************************
INIT_LCD:       ACALL   DELAY_100ms
                CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#00111000B
                ACALL   LCD_CLK
                ACALL   DELAY_10ms
                MOV     P0,#00111000B
                ACALL   LCD_CLK
                ACALL   LCD_OFF
                ACALL   LCD_CLR
                MOV     P0,#00000110B
                ACALL   LCD_CLK
                ACALL   LCD_HOME
;********************** LCD CLEAR DISPLAY  **********************
LCD_CLR:        CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#00000001B
                ACALL   LCD_CLK
                RET
;********************** LCD RETURN HOME ***************************
LCD_HOME:       CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#00000010B
                ACALL   LCD_CLK
                RET
;********************** LCD DISPLAY OFF ***************************
LCD_OFF:        CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#00001000B
                ACALL   LCD_CLK
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********************** LCD PULSE CLOCK ***************************
        LCD_CLK:        SETB        LCD_EN
                        ACALL       LCD_DELAY
                        CLR         LCD_EN
                        ACALL       LCD_DELAY
                        RET
;********************** LCD DISPLAY ON ****************************
        LCD_ON:         CLR         LCD_RS
                        MOV         P0,#00001100B
                        ACALL       LCD_CLK
                        RET
;********************** SET_LCD_ADDRESS ***************************
        SET_ADDR_LCD:   CLR         LCD_RS
                        MOV         A,LCD_ADDR
                        SETB        ACC.7
                        MOV         P0,A
                        ACALL       LCD_CLK
                        RET
;********************** WRITE LINE OF 8 CHARCTER FROM ROM **********
        WRLINE_LCD:     MOV         R0,#0
        WRLINE_LCD_1:   SETB        LCD_RS
                        CLR         A
                        MOVC        A,@A+DPTR
                        MOV         P0,A
                        ACALL       LCD_CLK
                        INC         DPTR
                        INC         R0
                        CJNE        R0,#8,WRLINE_LCD_1
                        ACALL       LCD_ON
                        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********************** DELAY  TIME ********************************
LCD_DELAY:      MOV     R0,#2
LCD_DELAY_1:    MOV     R1,#0E6H
LCD_DELAY_2:    NOP
                NOP
                DJNZ    R1,LCD_DELAY_2
                DJNZ    R0,LCD_DELAY_1
                RET
DELAY_10ms:     MOV     R2,#10
DELAY_10ms_1:   MOV     R3,#0E6H
DELAY_10ms_2:   NOP
                NOP
                DJNZ    R3,DELAY_10ms_2
                DJNZ    R2,DELAY_10ms_1
                RET
DELAY_100ms:    MOV     R4,#100
DELAY_100ms_1:  MOV     R5,#0E6H
DELAY_100ms_2:  NOP
                NOP
                DJNZ    R5,DELAY_100ms_2
                DJNZ    R4,DELAY_100ms_1
                RET
DELAY_1s:       MOV     R6,#100
DELAY_1s_1:     ACALL   DELAY_10ms
                DJNZ    R6,DELAY_1s_1
                RET
DELAY_5s:       MOV     R7,#5
DELAY_5s_1:     ACALL   DELAY_1s
                DJNZ    R7,DELAY_5s_1
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;********************** TITLE   LCD ********************************
                                        ;                   01234567
TITLE_1:            DB          'FIRST PR'
TITLE_2:            DB          'OGRAM.  '
TITLE_3:            DB          'SECOND P'
TITLE_4:            DB          'ROGRAM. '
TITLE_5:            DB          'THIRD PR'
TITLE_6:            DB          'WAIT KEY'
TITLE_7:            DB          ' SWITCH.'
                    END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

# DATA SHEET MCS - 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Downloadable Flash Memory
  - SPI Serial Interface for Program Downloading
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2K Bytes EEPROM
  - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
- 4V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Nine Interrupt Sources
- Programmable UART Serial Channel
- SPI Serial Interface
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery From Power-down
- Programmable Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag

## Description

The AT89S8252 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of downloadable Flash programmable and erasable read only memory and 2K bytes of EEPROM. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip downloadable Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with downloadable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S8252 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S8252 provides the following standard features: 8K bytes of downloadable Flash, 2K bytes of EEPROM, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, programmable watchdog timer, two data pointers, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S8252 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset.

The downloadable Flash can be changed a single byte at a time and is accessible through the SPI serial interface. Holding RESET active forces the SPI bus into a serial programming interface and allows the program memory to be written to or read from unless Lock Bit 2 has been activated.

# 8-bit Microcontroller with 8K Bytes Flash

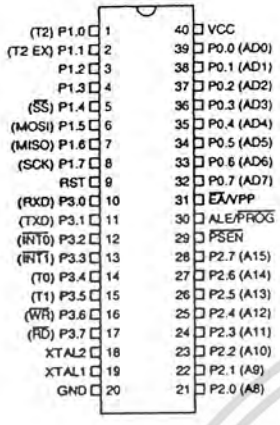
## AT89S8252

Rev. 0401E–02/00

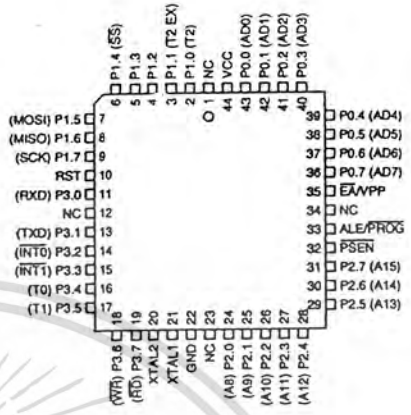
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Pin Configurations

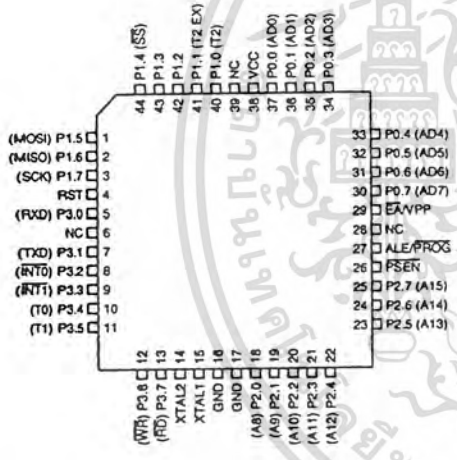
PDIP




PLCC




PQFP/TQFP




## Pin Description

### VCC

Supply voltage.

### GND

Ground.

### Port 0

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

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

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

### Port 1

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Some Port 1 pins provide additional functions. P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively.

## Pin Description

Furthermore, P1.4, P1.5, P1.6, and P1.7 can be configured as the SPI slave port select, data input/output and shift clock input/output pins as shown in the following table.

| Port Pin | Alternate Functions |
|---|---|
| P1.0 | T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out |
| P1.1 | T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control) |
| P1.4 | $\overline{SS}$ (Slave port select input) |
| P1.5 | MOSI (Master data output, slave data input pin for SPI channel) |
| P1.6 | MISO (Master data input, slave data output pin for SPI channel) |
| P1.7 | SCK (Master clock output, slave clock input pin for SPI channel) |

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

### Port 2

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

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

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

### Port 3

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

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89S8252, as shown in the following table.

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

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

### RST

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

### ALE/$\overline{PROG}$

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

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

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

### $\overline{PSEN}$

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89S8252 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

### $\overline{EA}$/VPP

External Access Enable. $\overline{EA}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external pro-



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

gram memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{EA}$ will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$ should be strapped to $V_{CC}$ for internal program executions. This pin also receives the 12-volt programming enable voltage ($V_{PP}$) during Flash programming when 12-volt programming is selected.

**XTAL1**

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

**XTAL2**

Output from the inverting oscillator amplifier.

**Table 1.** AT89S8252 SFR Map and Reset Values

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0F8H | | | | | | | | | 0FFH |
| 0F0H | B<br>00000000 | | | | | | | | 0F7H |
| 0E8H | | | | | | | | | 0EFH |
| 0E0H | ACC<br>00000000 | | | | | | | | 0E7H |
| 0D8H | | | | | | | | | 0DFH |
| 0D0H | PSW<br>00000000 | | | | | SPCR<br>000001XX | | | 0D7H |
| 0C8H | T2CON<br>00000000 | T2MOD<br>XXXXXX00 | RCAP2L<br>00000000 | RCAP2H<br>00000000 | TL2<br>00000000 | TH2<br>00000000 | | | 0CFH |
| 0C0H | | | | | | | | | 0C7H |
| 0B8H | IP<br>XX000000 | | | | | | | | 0BFH |
| 0B0H | P3<br>11111111 | | | | | | | | 0B7H |
| 0A8H | IE<br>0X000000 | | SPSR<br>00XXXXXX | | | | | | 0AFH |
| 0A0H | P2<br>11111111 | | | | | | | | 0A7H |
| 98H | SCON<br>00000000 | SBUF<br>XXXXXXXX | | | | | | | 9FH |
| 90H | P1<br>11111111 | | | | | | WMCON<br>00000010 | | 97H |
| 88H | TCON<br>00000000 | TMOD<br>00000000 | TL0<br>00000000 | TL1<br>00000000 | TH0<br>00000000 | TH1<br>00000000 | | | 8FH |
| 80H | P0<br>11111111 | SP<br>00000111 | DP0L<br>00000000 | DP0H<br>00000000 | DP1L<br>00000000 | DP1H<br>00000000 | SPDR<br>XXXXXXXX | PCON<br>0XXX0000 | 87H |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

**Timer 2 Registers** Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 2) and T2MOD (shown in Table 9) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16 bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

**Table 2.** T2CON—Timer/Counter 2 Control Register

T2CON Address = 0C8H — Reset Value = 0000 0000B

Bit Addressable

| Bit | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | TF2 | EXF2 | RCLK | TCLK | EXEN2 | TR2 | C/$\overline{T2}$ | CP/$\overline{RL2}$ |

| Symbol | Function |
|---|---|
| TF2 | Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1. |
| EXF2 | Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1). |
| RCLK | Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the receive clock. |
| TCLK | Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock. |
| EXEN2 | Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX. |
| TR2 | Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer. |
| C/$\overline{T2}$ | Timer or counter select for Timer 2. C/$\overline{T2}$ = 0 for timer function. C/$\overline{T2}$ = 1 for external event counter (falling edge triggered). |
| CP/$\overline{RL2}$ | Capture/Reload select. CP/$\overline{RL2}$ = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/$\overline{RL2}$ = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow. |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Data Memory – EEPROM and RAM

The AT89S8252 implements 2K bytes of on-chip EEPROM for data storage and 256 bytes of RAM. The upper 128 bytes of RAM occupy a parallel space to the Special Function Registers. That means the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions that use direct addressing access SFR space.

For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```

Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

The on-chip EEPROM data memory is selected by setting the EEMEN bit in the WMCON register at SFR address location 96H. The EEPROM address range is from 000H to 7FFH. The MOVX instructions are used to access the EEPROM. To access off-chip data memory with the MOVX instructions, the EEMEN bit needs to be set to "0".

The EEMWE bit in the WMCON register needs to be set to "1" before any byte location in the EEPROM can be written. User software should reset EEMWE bit to "0" if no further EEPROM write is required. EEPROM write cycles in the serial programming mode are self-timed and typically take 2.5 ms. The progress of EEPROM write can be monitored by reading the RDY/$\overline{BSY}$ bit (read-only) in SFR WMCON. RDY/$\overline{BSY}$ = 0 means programming is still in progress and RDY/$\overline{BSY}$ = 1 means EEPROM write cycle is completed and another write cycle can be initiated.

In addition, during EEPROM programming, an attempted read from the EEPROM will fetch the byte being written with the MSB complemented. Once the write cycle is completed, true data are valid at all bit locations.

## Programmable Watchdog Timer

The programmable Watchdog Timer (WDT) operates from an independent oscillator. The prescaler bits, PS0, PS1 and PS2 in SFR WMCON are used to set the period of the Watchdog Timer from 16 ms to 2048 ms. The available timer periods are shown in the following table and the actual timer periods (at $V_{CC}$ = 5V) are within ±30% of the nominal.

The WDT is disabled by Power-on Reset and during Power-down. It is enabled by setting the WDTEN bit in SFR WMCON (address = 96H). The WDT is reset by setting the WDTRST bit in WMCON. When the WDT times out without being reset or disabled, an internal RST pulse is generated to reset the CPU.

**Table 7.** Watchdog Timer Period Selection

| WDT Prescaler Bits | | | Period (nominal) |
|---|---|---|---|
| PS2 | PS1 | PS0 | |
| 0 | 0 | 0 | 16 ms |
| 0 | 0 | 1 | 32 ms |
| 0 | 1 | 0 | 64 ms |
| 0 | 1 | 1 | 128 ms |
| 1 | 0 | 0 | 256 ms |
| 1 | 0 | 1 | 512 ms |
| 1 | 1 | 0 | 1024 ms |
| 1 | 1 | 1 | 2048 ms |

## Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89S8252 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51, AT89C52 and AT89C55. For further information, see the October 1995 Microcontroller Data Book, page 2-45, section titled, "Timer/Counters."

## Timer 2

Timer 2 is a 16 bit Timer/Counter that can operate as either a timer or an event counter. The type of operation is selected by bit C/$\overline{T2}$ in the SFR T2CON (shown in Table 2). Timer 2 has three operating modes: capture, auto-reload (up or down counting), and baud rate generator. The modes are selected by bits in T2CON, as shown in Table 8.

Timer 2 consists of two 8-bit registers, TH2 and TL2. In the Timer function, the TL2 register is incremented every machine cycle. Since a machine cycle consists of 12 oscillator periods, the count rate is 1/12 of the oscillator frequency.

In the Counter function, the register is incremented in response to a 1-to-0 transition at its corresponding external input pin, T2. In this function, the external input is sampled during S5P2 of every machine cycle. When the samples show a high in one cycle and a low in the next cycle, the count is incremented. The new count value appears in the register during S3P1 of the cycle following the one in which



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

the transition was detected. Since two machine cycles (24 oscillator periods) are required to recognize a 1-to-0 transition, the maximum count rate is 1/24 of the oscillator frequency. To ensure that a given level is sampled at least once before it changes, the level should be held for at least one full machine cycle.

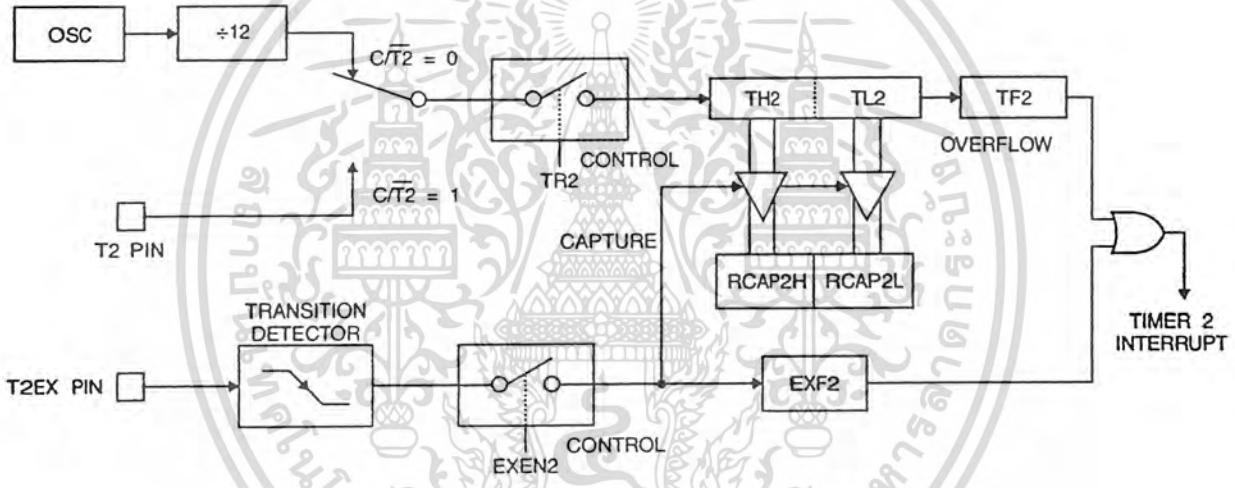
**Table 8.** Timer 2 Operating Modes

| RCLK + TCLK | CP/$\overline{RL2}$ | TR2 | MODE |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 16-bit Auto-reload |
| 0 | 1 | 1 | 16-bit Capture |
| 1 | X | 1 | Baud Rate Generator |
| X | X | 0 | (Off) |

## Capture Mode

In the capture mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 is a 16 bit timer or counter which upon overflow sets bit TF2 in T2CON. This bit can then be used to generate an interrupt. If EXEN2 = 1, Timer 2 performs the same operation, but a 1-to-0 transition at external input T2EX also causes the current value in TH2 and TL2 to be captured into RCAP2H and RCAP2L, respectively. In addition, the transition at T2EX causes bit EXF2 in T2CON to be set. The EXF2 bit, like TF2, can generate an interrupt. The capture mode is illustrated in Figure 1.

**Figure 1.** Timer 2 in Capture Mode






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Auto-reload (Up or Down Counter)

Timer 2 can be programmed to count up or down when configured in its 16 bit auto-reload mode. This feature is invoked by the DCEN (Down Counter Enable) bit located in the SFR T2MOD (see Table 9). Upon reset, the DCEN bit is set to 0 so that timer 2 will default to count up. When DCEN is set, Timer 2 can count up or down, depending on the value of the T2EX pin.

Figure 2 shows Timer 2 automatically counting up when DCEN = 0. In this mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 counts up to 0FFFFH and then sets the TF2 bit upon overflow. The overflow also causes the timer registers to be reloaded with the 16 bit value in RCAP2H and RCAP2L. The values in RCAP2H and RCAP2L are preset by software. If EXEN2 = 1, a 16 bit reload can be triggered either by an overflow or by a 1-to-0 transition at external input T2EX. This transition also sets the EXF2 bit. Both the TF2 and EXF2 bits can generate an interrupt if enabled.

Setting the DCEN bit enables Timer 2 to count up or down, as shown in Figure 3. In this mode, the T2EX pin controls the direction of the count. A logic 1 at T2EX makes Timer 2 count up. The timer will overflow at 0FFFFH and set the TF2 bit. This overflow also causes the 16 bit value in RCAP2H and RCAP2L to be reloaded into the timer registers, TH2 and TL2, respectively.

A logic 0 at T2EX makes Timer 2 count down. The timer underflows when TH2 and TL2 equal the values stored in RCAP2H and RCAP2L. The underflow sets the TF2 bit and causes 0FFFFH to be reloaded into the timer registers.

The EXF2 bit toggles whenever Timer 2 overflows or underflows and can be used as a 17th bit of resolution. In this operating mode, EXF2 does not flag an interrupt.

**Figure 2.** Timer 2 in Auto Reload Mode (DCEN = 0)

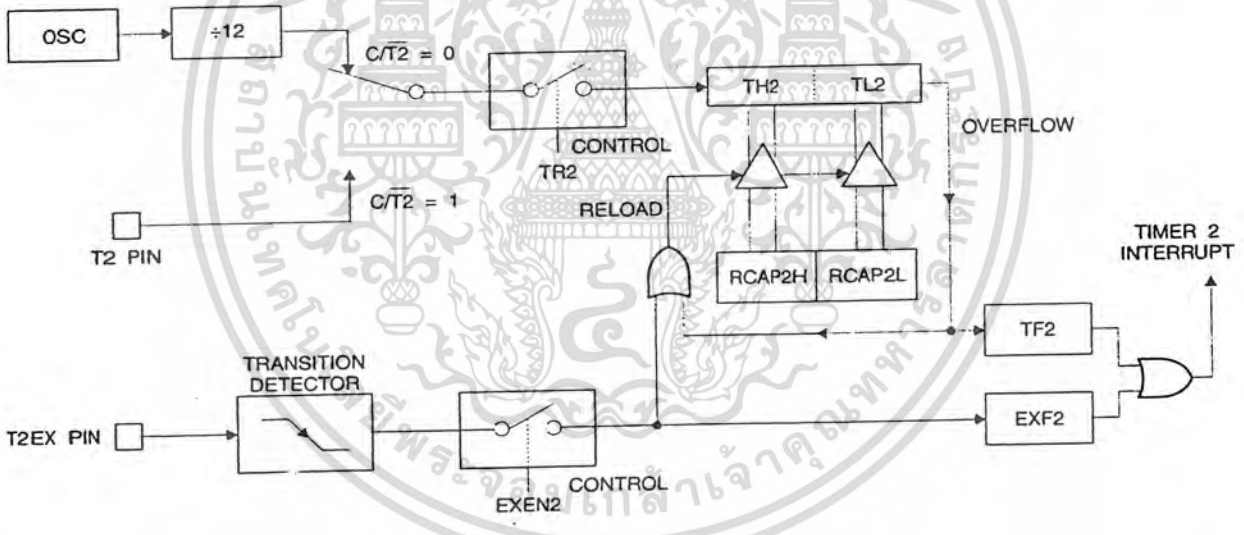



**Table 9.** T2MOD – Timer 2 Mode Control Register

T2MOD Address = 0C9H — Reset Value = XXXX XX00B

Not Bit Addressable

| Bit | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | – | – | – | – | – | – | T2OE | DCEN |

| Symbol | Function |
|---|---|
| – | Not implemented, reserved for future use. |
| T2OE | Timer 2 Output Enable bit. |
| DCEN | When set, this bit allows Timer 2 to be configured as an up/down counter. |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Figure 3.** Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 1)

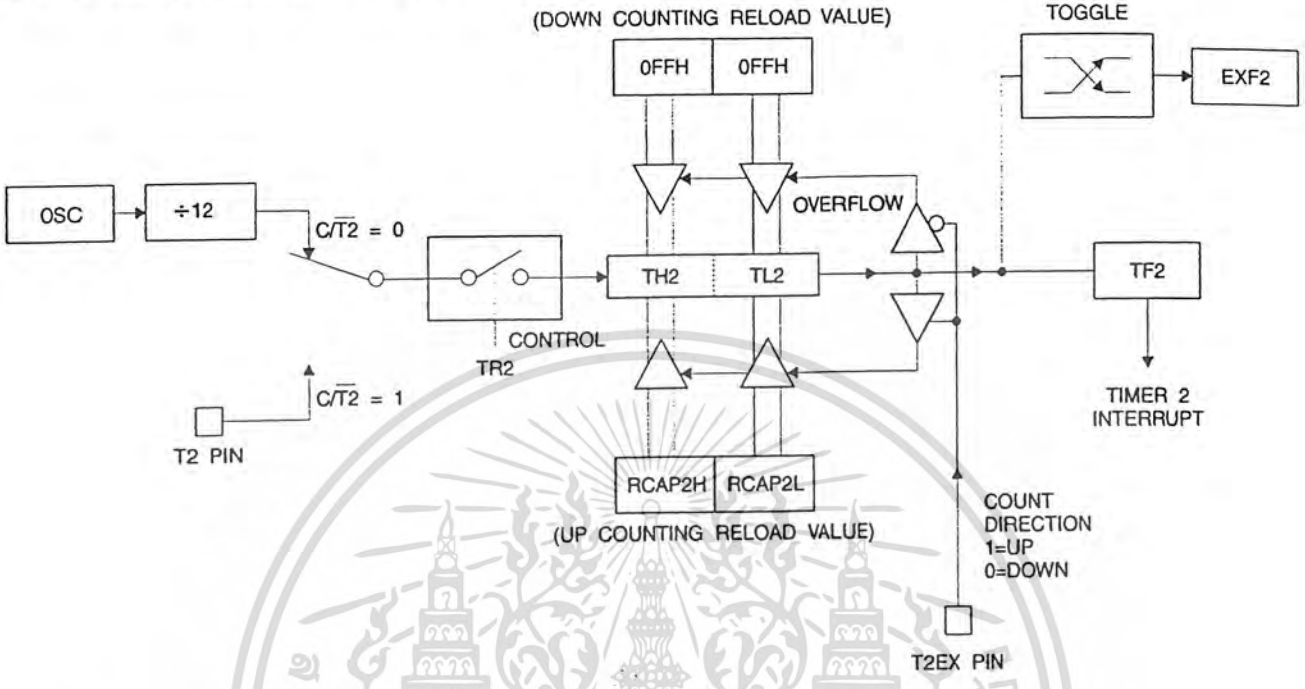
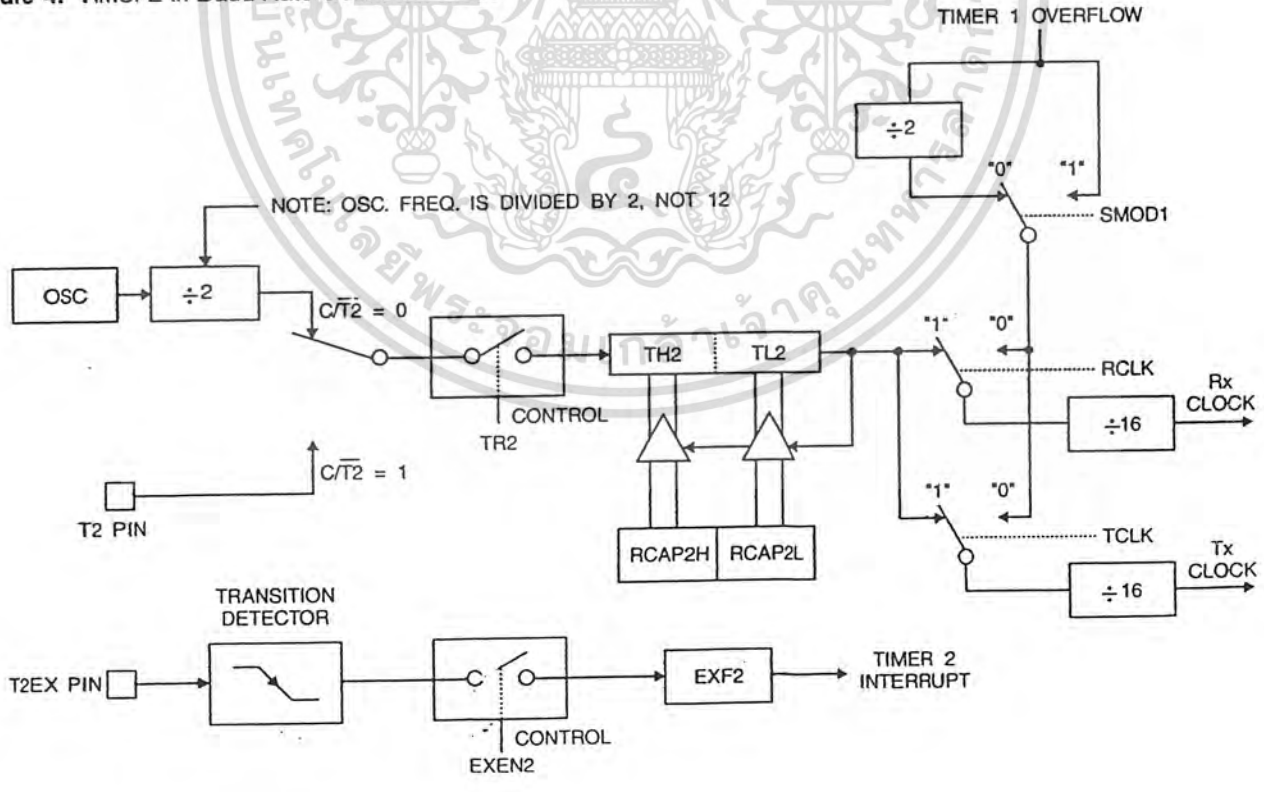



**Figure 4.** Timer 2 in Baud Rate Generator Mode






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Baud Rate Generator

Timer 2 is selected as the baud rate generator by setting TCLK and/or RCLK in T2CON (Table 2). Note that the baud rates for transmit and receive can be different if Timer 2 is used for the receiver or transmitter and Timer 1 is used for the other function. Setting RCLK and/or TCLK puts Timer 2 into its baud rate generator mode, as shown in Figure 4.

The baud rate generator mode is similar to the auto-reload mode, in that a rollover in TH2 causes the Timer 2 registers to be reloaded with the 16 bit value in registers RCAP2H and RCAP2L, which are preset by software.

The baud rates in Modes 1 and 3 are determined by Timer 2's overflow rate according to the following equation.

$$\text{Modes 1 and 3 Baud Rates} = \frac{\text{Timer 2 Overflow Rate}}{16}$$

The Timer can be configured for either timer or counter operation. In most applications, it is configured for timer operation ($C/\overline{T2} = 0$). The timer operation is different for Timer 2 when it is used as a baud rate generator. Normally, as a timer, it increments every machine cycle (at 1/12 the oscillator frequency). As a baud rate generator, however, it increments every state time (at 1/2 the oscillator frequency). The baud rate formula is given below.

$$\frac{\text{Modes 1 and 3}}{\text{Baud Rate}} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{32 \times [65536 - (\text{RCAP2H,RCAP2L})]}$$

where (RCAP2H, RCAP2L) is the content of RCAP2H and RCAP2L taken as a 16 bit unsigned integer.

Timer 2 as a baud rate generator is shown in Figure 4. This figure is valid only if RCLK or TCLK = 1 in T2CON. Note that a rollover in TH2 does not set TF2 and will not generate an interrupt. Note too, that if EXEN2 is set, a 1-to-0 transition in T2EX will set EXF2 but will not cause a reload from (RCAP2H, RCAP2L) to (TH2, TL2). Thus when Timer 2 is in use as a baud rate generator, T2EX can be used as an extra external interrupt.

Note that when Timer 2 is running (TR2 = 1) as a timer in the baud rate generator mode, TH2 or TL2 should not be read from or written to. Under these conditions, the Timer is incremented every state time, and the results of a read or write may not be accurate. The RCAP2 registers may be read but should not be written to, because a write might overlap a reload and cause write and/or reload errors. The timer should be turned off (clear TR2) before accessing the Timer 2 or RCAP2 registers.

## Programmable Clock Out

A 50% duty cycle clock can be programmed to come out on P1.0, as shown in Figure 5. This pin, besides being a regular I/O pin, has two alternate functions. It can be programmed to input the external clock for Timer/Counter 2 or to output a 50% duty cycle clock ranging from 61 Hz to 4 MHz at a 16 MHz operating frequency.

To configure the Timer/Counter 2 as a clock generator, bit $C/\overline{T2}$ (T2CON.1) must be cleared and bit T2OE (T2MOD.1) must be set. Bit TR2 (T2CON.2) starts and stops the timer.

The clock-out frequency depends on the oscillator frequency and the reload value of Timer 2 capture registers (RCAP2H, RCAP2L), as shown in the following equation.

$$\text{Clock Out Frequency} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{4 \times [65536 - (\text{RCAP2H,RCAP2L})]}$$

In the clock-out mode, Timer 2 rollovers will not generate an interrupt. This behavior is similar to when Timer 2 is used as a baud-rate generator. It is possible to use Timer 2 as a baud-rate generator and a clock generator simultaneously. Note, however, that the baud-rate and clock-out frequencies cannot be determined independently from one another since they both use RCAP2H and RCAP2L.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Figure 5.** Timer 2 in Clock-out Mode

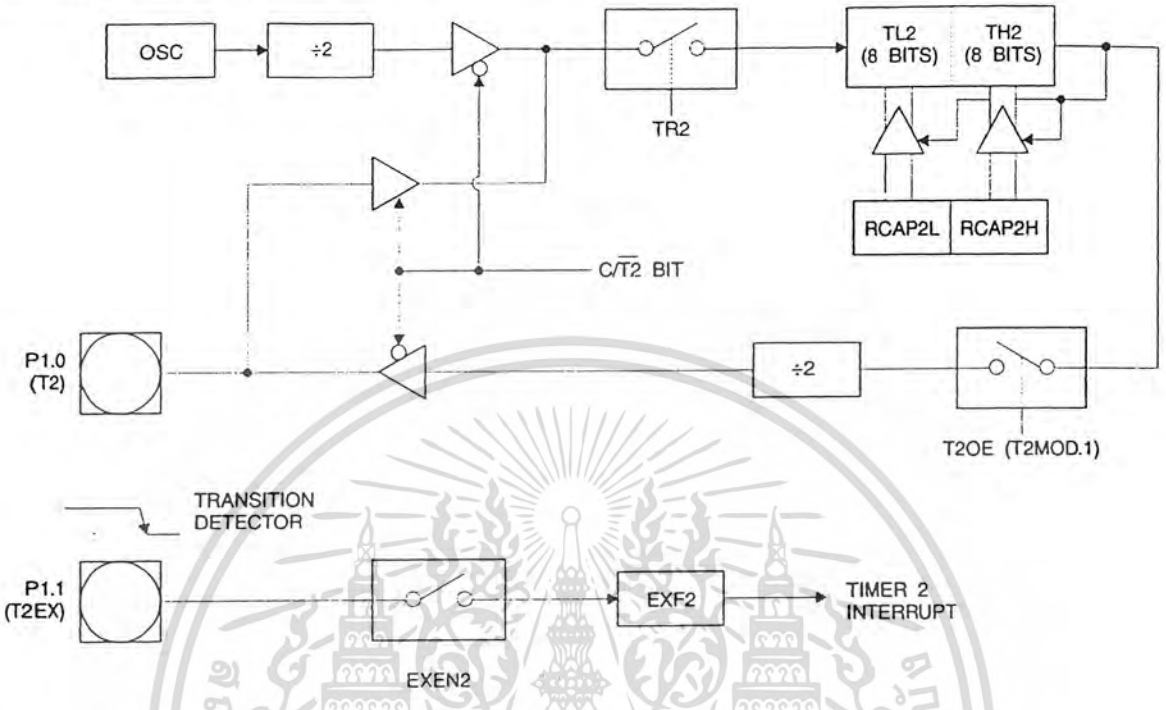
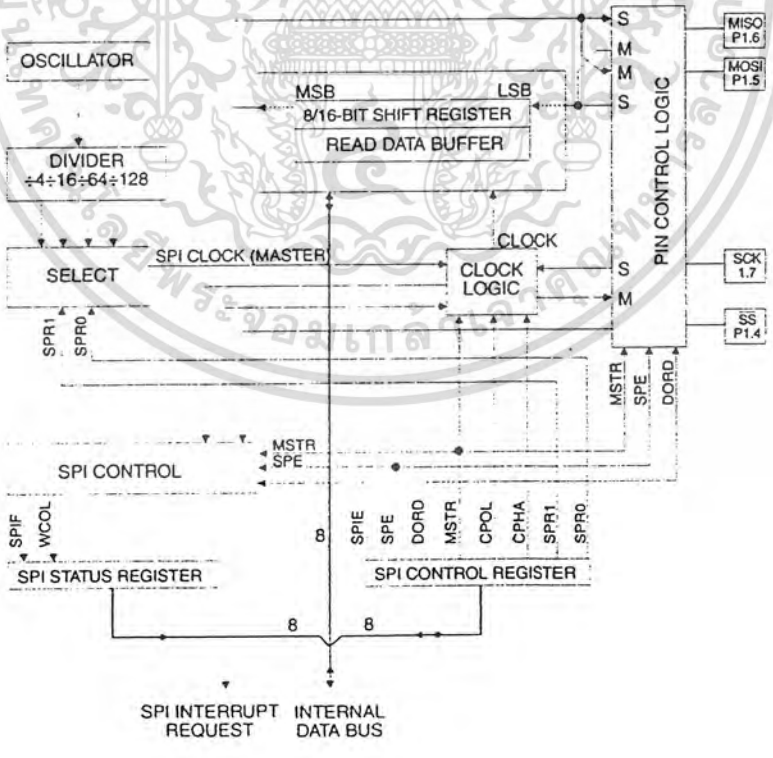



**Figure 6.** SPI Block Diagram






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## UART

The UART in the AT89S8252 operates the same way as the UART in the AT89C51, AT89C52 and AT89C55. For further information, see the October 1995 Microcontroller Data Book, page 2-49, section titled, "Serial Interface."

## Serial Peripheral Interface

The serial peripheral interface (SPI) allows high-speed synchronous data transfer between the AT89S8252 and peripheral devices or between several AT89S8252 devices. The AT89S8252 SPI features include the following:

- Full-Duplex, 3-Wire Synchronous Data Transfer
- Master or Slave Operation
- 1.5 MHz Bit Frequency (max.)
- LSB First or MSB First Data Transfer
- Four Programmable Bit Rates
- End of Transmission Interrupt Flag
- Write Collision Flag Protection
- Wakeup from Idle Mode (Slave Mode Only)

The interconnection between master and slave CPUs with SPI is shown in the following figure. The SCK pin is the clock output in the master mode but is the clock input in the slave mode. Writing to the SPI data register of the master CPU starts the SPI clock generator, and the data written shifts out of the MOSI pin and into the MOSI pin of the slave CPU. After shifting one byte, the SPI clock generator stops, setting the end of transmission flag (SPIF). If both the SPI interrupt enable bit (SPIE) and the serial port interrupt enable bit (ES) are set, an interrupt is requested.

The Slave Select input, $\overline{SS}$/P1.4, is set low to select an individual SPI device as a slave. When $\overline{SS}$/P1.4 is set high, the SPI port is deactivated and the MOSI/P1.5 pin can be used as an input.

There are four combinations of SCK phase and polarity with respect to serial data, which are determined by control bits CPHA and CPOL. The SPI data transfer formats are shown in Figure 8 and Figure 9.

**Figure 7.** SPI Master-slave Interconnection

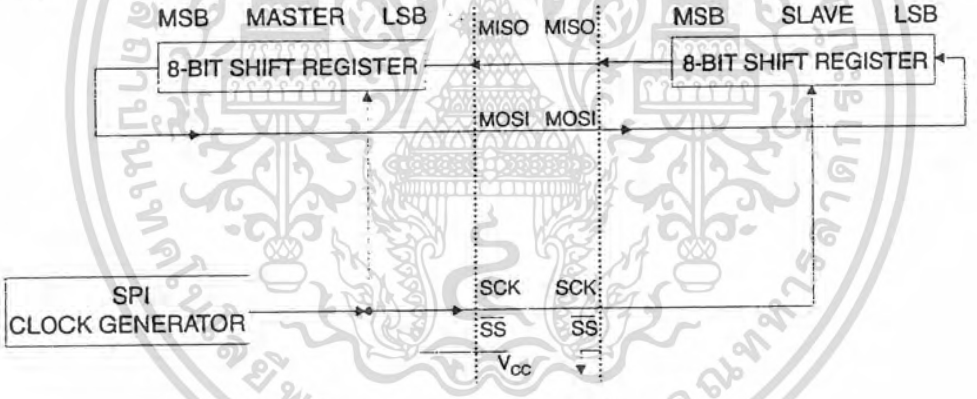
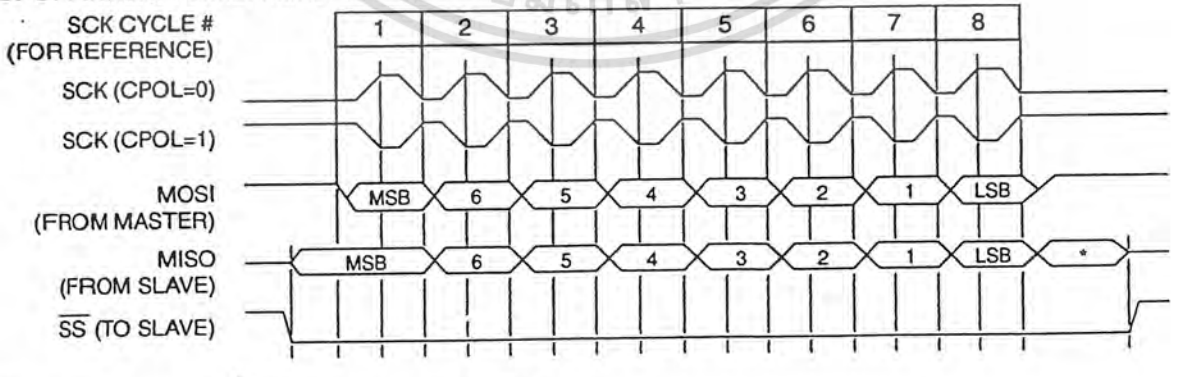



**Figure 8.** SPI transfer Format with CPHA = 0

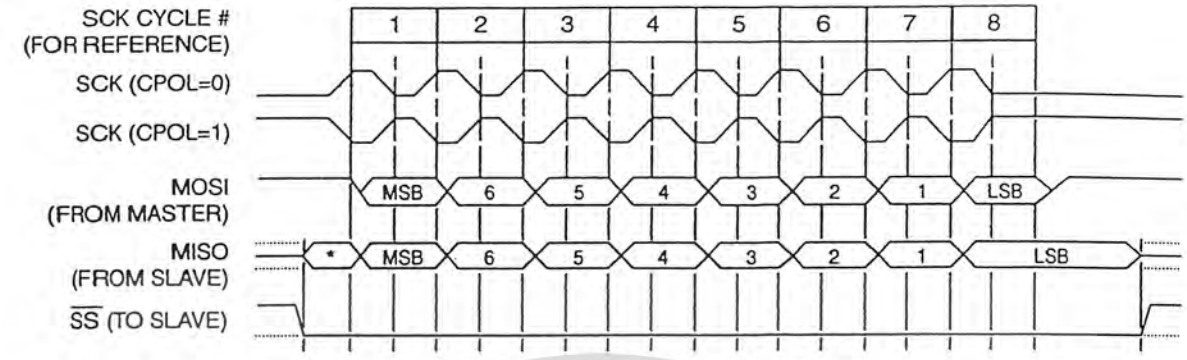



*Not defined but normally MSB of character just received



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Figure 9.** SPI Transfer Format with CPHA = 1




*Not defined but normally LSB of previously transmitted character

## Interrupts

The AT89S8252 has a total of six interrupt vectors: two external interrupts ($\overline{INT0}$ and $\overline{INT1}$), three timer interrupts (Timers 0, 1, and 2), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 10.

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register IE. IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

Note that Table 10 shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89C51, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

Timer 2 interrupt is generated by the logical OR of bits TF2 and EXF2 in register T2CON. Neither of these flags is cleared by hardware when the service routine is vectored to. In fact, the service routine may have to determine whether it was TF2 or EXF2 that generated the interrupt, and that bit will have to be cleared in software.

The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle. However, the Timer 2 flag, TF2, is set at S2P2 and is polled in the same cycle in which the timer overflows.

**Table 10.** Interrupt Enable (IE) Register

(MSB)(LSB)

| EA | – | ET2 | ES | ET1 | EX1 | ET0 | EX0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

Enable Bit = 1 enables the interrupt.

Enable Bit = 0 disables the interrupt.

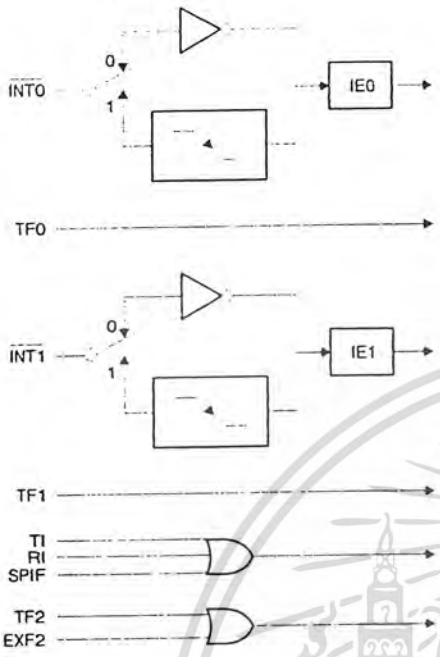
| Symbol | Position | Function |
|---|---|---|
| EA | IE.7 | Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit. |
| – | IE.6 | Reserved. |
| ET2 | IE.5 | Timer 2 interrupt enable bit. |
| ES | IE.4 | SPI and UART interrupt enable bit. |
| ET1 | IE.3 | Timer 1 interrupt enable bit. |
| EX1 | IE.2 | External interrupt 1 enable bit. |
| ET0 | IE.1 | Timer 0 interrupt enable bit. |
| EX0 | IE.0 | External interrupt 0 enable bit. |

User software should never write 1s to unimplemented bits, because they may be used in future AT89 products.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

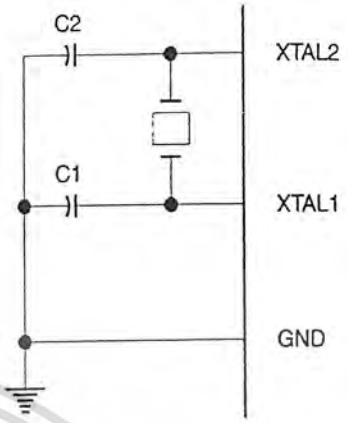
ure 10. Interrupt Sources




## scillator Characteristics

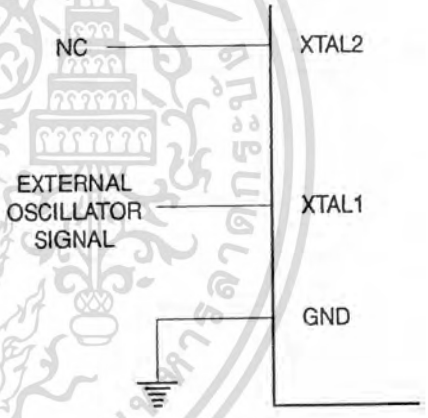
AL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, in inverting amplifier that can be configured for use as on-chip oscillator, as shown in Figure 11. Either a quartz stal or ceramic resonator may be used. To drive the ice from an external clock source, XTAL2 should be left onnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 12. re are no requirements on the duty cycle of the external k signal, since the input to the internal clocking circuitry rough a divide-by-two flip-flop, but minimum and maxi- n voltage high and low-time specifications must be erved.

Figure 11. Oscillator Connections




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

Figure 12. External Clock Drive Configuration






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings*

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

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

## DC Characteristics

The values shown in this table are valid for $T_A$ = -40°C to 85°C and $V_{CC}$ = 5.0V ± 20%, unless otherwise noted.

| Symbol | Parameter | Condition | Min | Max | Units |
|---|---|---|---|---|---|
| $V_{IL}$ | Input Low-voltage | (Except $\overline{EA}$) | -0.5 | 0.2 $V_{CC}$ - 0.1 | V |
| $V_{IL1}$ | Input Low-voltage ($\overline{EA}$) | | -0.5 | 0.2 $V_{CC}$ - 0.3 | V |
| $V_{IH}$ | Input Hifh-voltage | (Except XTAL1, RST) | 0.2 $V_{CC}$ + 0.9 | $V_{CC}$ + 0.5 | V |
| $V_{IH1}$ | Input Hifh-voltage | (XTAL1, RST) | 0.7 $V_{CC}$ | $V_{CC}$ + 0.5 | V |
| $V_{OL}$ | Output Low-voltage [1] (Ports 1,2,3) | $I_{OL}$ = 1.6 mA | | 0.5 | V |
| $V_{OL1}$ | Output Low-voltage [1] (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$) | $I_{OL}$ = 3.2 mA | | 0.5 | V |
| $V_{OH}$ | Output Hifh-voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$) | $I_{OH}$ = -60 µA, $V_{CC}$ = 5V ± 10% | 2.4 | | V |
| | | $I_{OH}$ = -25 µA | 0.75 $V_{CC}$ | | V |
| | | $I_{OH}$ = -10 µA | 0.9 $V_{CC}$ | | V |
| $V_{OH1}$ | Output Hifh-voltage (Port 0 in External Bus Mode) | $I_{OH}$ = -800 µA, $V_{CC}$ = 5V ± 10% | 2.4 | | V |
| | | $I_{OH}$ = -300 µA | 0.75 $V_{CC}$ | | V |
| | | $I_{OH}$ = -80 µA | 0.9 $V_{CC}$ | | V |
| $I_{IL}$ | Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3) | $V_{IN}$ = 0.45V | | -50 | µA |
| $I_{TL}$ | Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3) | $V_{IN}$ = 2V, $V_{CC}$ = 5V ± 10% | | -650 | µA |
| $I_{LI}$ | Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$) | 0.45 < $V_{IN}$ < $V_{CC}$ | | ±10 | µA |
| RRST | Reset Pull-down Resistor | | 50 | 300 | KΩ |
| $C_{IO}$ | Pin Capacitance | Test Freq. = 1 MHz, $T_A$ = 25°C | | 10 | pF |
| $I_{CC}$ | Power Supply Current | Active Mode, 12 MHz | | 25 | mA |
| | | Idle Mode, 12 MHz | | 6.5 | mA |
| | Power-down Mode [2] | $V_{CC}$ = 6V | | 100 | µA |
| | | $V_{CC}$ = 3V | | 40 | µA |

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AC Characteristics

Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

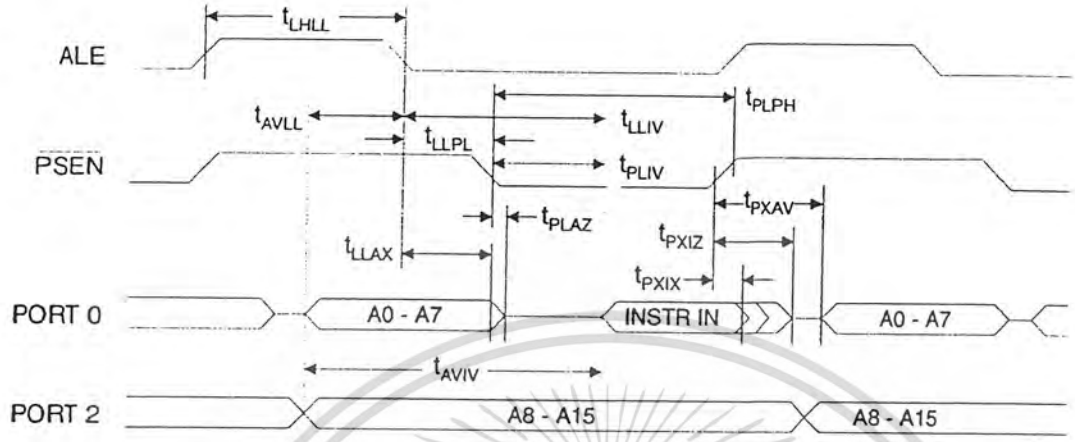
## External Program and Data Memory Characteristics

| Symbol | Parameter | Variable Oscillator | | Units |
|---|---|---|---|---|
| | | Min | Max | |
| $1/t_{CLCL}$ | Oscillator Frequency | 0 | 24 | MHz |
| $t_{LHLL}$ | ALE Pulse Width | $2t_{CLCL} - 40$ | | ns |
| $t_{AVLL}$ | Address Valid to ALE Low | $t_{CLCL} - 13$ | | ns |
| $t_{LLAX}$ | Address Hold after ALE Low | $t_{CLCL} - 20$ | | ns |
| $t_{LLIV}$ | ALE Low to Valid Instruction In | | $4t_{CLCL} - 65$ | ns |
| $t_{LLPL}$ | ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low | $t_{CLCL} - 13$ | | ns |
| $t_{PLPH}$ | $\overline{PSEN}$ Pulse Width | $3t_{CLCL} - 20$ | | ns |
| $t_{PLIV}$ | $\overline{PSEN}$ Low to Valid Instruction In | | $3t_{CLCL} - 45$ | ns |
| $t_{PXIX}$ | Input Instruction Hold after $\overline{PSEN}$ | 0 | | ns |
| $t_{PXIZ}$ | Input Instruction Float after $\overline{PSEN}$ | | $t_{CLCL} - 10$ | ns |
| $t_{PXAV}$ | $\overline{PSEN}$ to Address Valid | $t_{CLCL} - 8$ | | ns |
| $t_{AVIV}$ | Address to Valid Instruction In | | $5t_{CLCL} - 55$ | ns |
| $t_{PLAZ}$ | $\overline{PSEN}$ Low to Address Float | | 10 | ns |
| $t_{RLRH}$ | $\overline{RD}$ Pulse Width | $6t_{CLCL} - 100$ | | ns |
| $t_{WLWH}$ | $\overline{WR}$ Pulse Width | $6t_{CLCL} - 100$ | | ns |
| $t_{RLDV}$ | $\overline{RD}$ Low to Valid Data In | | $5t_{CLCL} - 90$ | ns |
| $t_{RHDX}$ | Data Hold after $\overline{RD}$ | 0 | | ns |
| $t_{RHDZ}$ | Data Float after $\overline{RD}$ | | $2t_{CLCL} - 28$ | ns |
| $t_{LLDV}$ | ALE Low to Valid Data In | | $8t_{CLCL} - 150$ | ns |
| $t_{AVDV}$ | Address to Valid Data In | | $9t_{CLCL} - 165$ | ns |
| $t_{LLWL}$ | ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low | $3t_{CLCL} - 50$ | $3t_{CLCL} + 50$ | ns |
| $t_{AVWL}$ | Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low | $4t_{CLCL} - 75$ | | ns |
| $t_{QVWX}$ | Data Valid to $\overline{WR}$ Transition | $t_{CLCL} - 20$ | | ns |
| $t_{QVWH}$ | Data Valid to $\overline{WR}$ High | $7t_{CLCL} - 120$ | | ns |
| $t_{WHQX}$ | Data Hold after $\overline{WR}$ | $t_{CLCL} - 20$ | | ns |
| $t_{RLAZ}$ | $\overline{RD}$ Low to Address Float | | 0 | ns |
| $t_{WHLH}$ | $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High | $t_{CLCL} - 20$ | $t_{CLCL} + 25$ | ns |

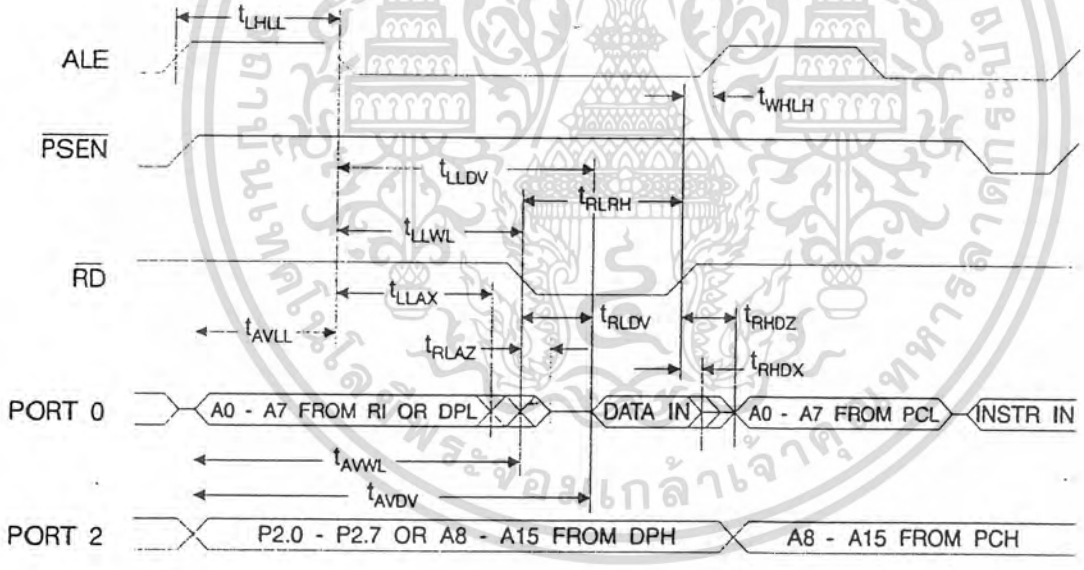


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## External Program Memory Read Cycle



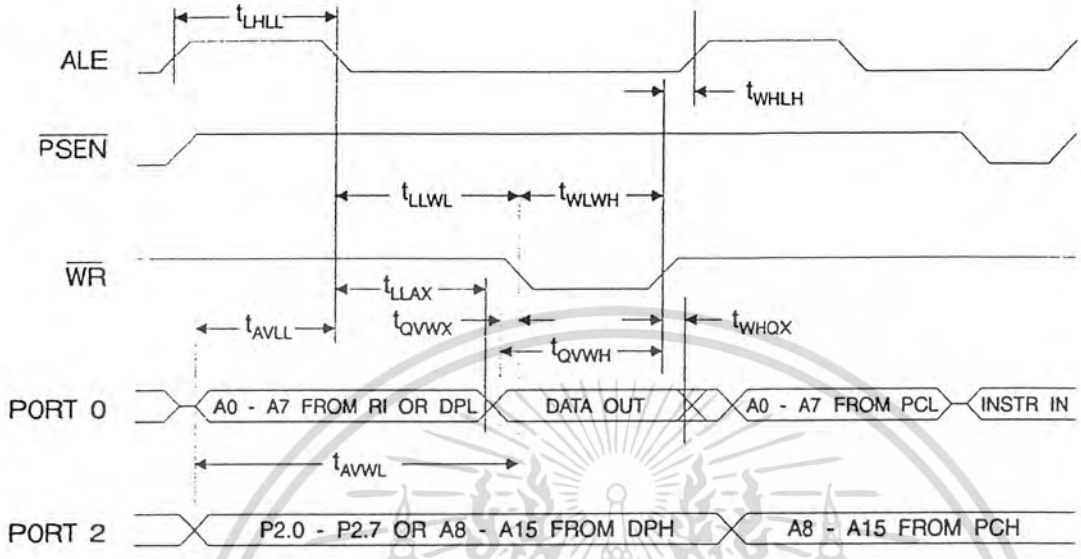

## External Data Memory Read Cycle



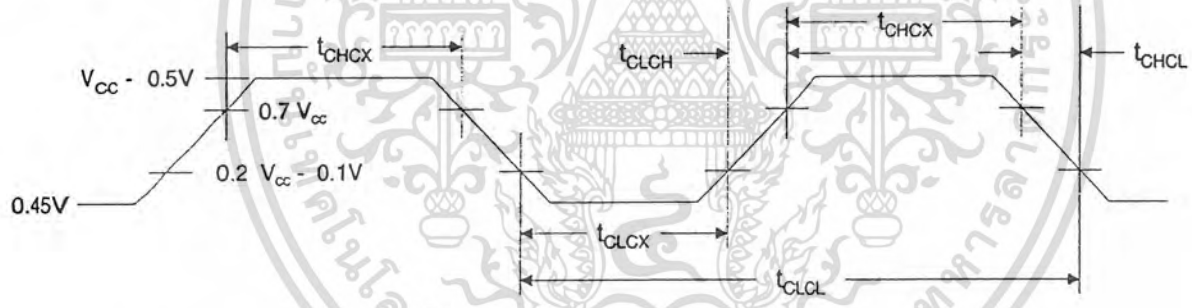



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## External Data Memory Write Cycle




## External Clock Drive Waveforms




## External Clock Drive

| Symbol | Parameter | $V_{CC}$ = 4.0V to 6.0V | | Units |
|---|---|---|---|---|
| | | Min | Max | |
| $1/t_{CLCL}$ | Oscillator Frequency | 0 | 24 | MHz |
| $t_{CLCL}$ | Clock Period | 41.6 | | ns |
| $t_{CHCX}$ | High Time | 15 | | ns |
| $t_{CLCX}$ | Low Time | 15 | | ns |
| $t_{CLCH}$ | Rise Time | | 20 | ns |
| $t_{CHCL}$ | Fall Time | | 20 | ns |



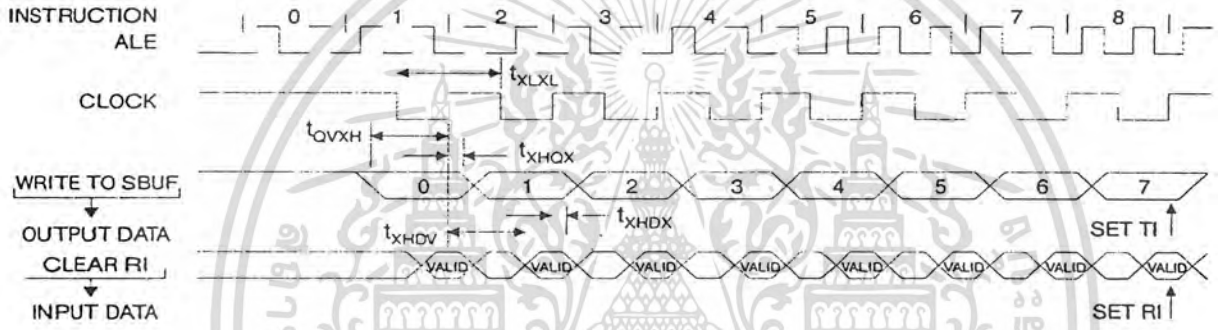
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

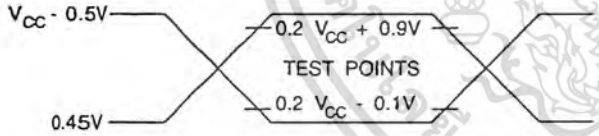
The values in this table are valid for $V_{CC}$ = 4.0V to 6V and Load Capacitance = 80 pF.

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

## Shift Register Mode Timing Waveforms

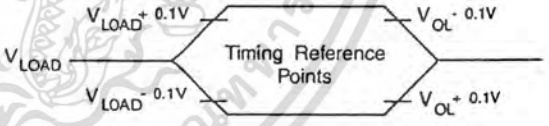



## AC Testing Input/Output Waveforms[1]




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

## Float Waveforms[1]



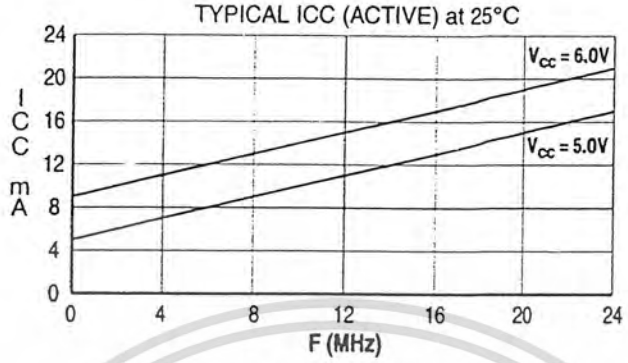

Notes: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a 100 mV change from the loaded $V_{OH}/V_{OL}$ level occurs.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

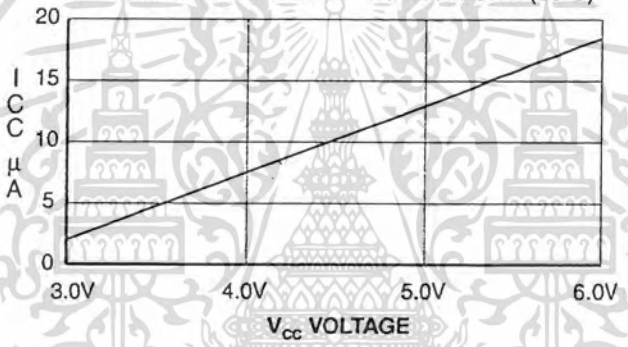
**AT89S8252**

TYPICAL ICC (ACTIVE) at 25°C



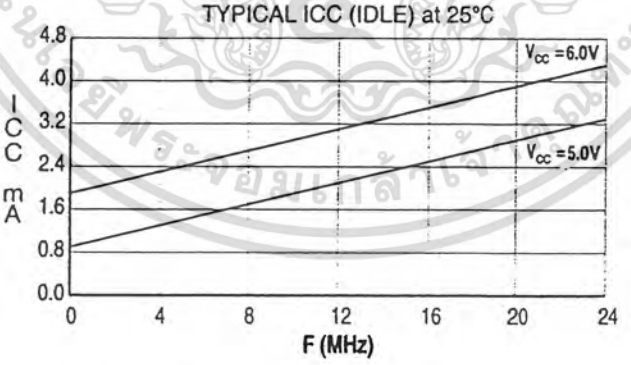

**AT89S8252**

TYPICAL ICC vs. VOLTAGE - POWER DOWN (85°C)




**AT89S8252**

TYPICAL ICC (IDLE) at 25°C




Notes: 1. XTAL1 tied to GND for Icc (power-down)
2. Lock bits programmed



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Ordering Information

| Speed (MHz) | Power Supply | Ordering Code | Package | Operation Range |
|---|---|---|---|---|
| 24 | 4.0V to 6.0V | AT89S8252-24AC<br>AT89S8252-24JC<br>AT89S8252-24PC<br>AT89S8252-24QC | 44A<br>44J<br>40P6<br>44Q | Commercial<br>(0°C to 70°C) |
| | 4.0V to 6.0V | AT89S8252-24AI<br>AT89S8252-24JI<br>AT89S8252-24PI<br>AT89S8252-24QI | 44A<br>44J<br>40P6<br>44Q | Industrial<br>(-40°C to 85°C) |
| 33 | 4.5V to 5.5V | AT89S8252-33AC<br>AT89S8252-33JC<br>AT89S8252-33PC<br>AT89S8252-33QC | 44A<br>44J<br>40P6<br>44Q | Commercial<br>(0°C to 70°C) |

= Preliminary Information

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้