สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แขนกลเขย่าสารเคมี

Chemical Mixer Robot

T055774

นายสุรพล คำเขื่อน
นายอุกฤษณ์ พูลสมบัติ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55774
วัน,เดือน,ปี 25 พ.ค. 2548
b.....
i.....
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ แขนกลเขย่าสารเคมี

ชื่อนักศึกษา นายสุรพล คำเขื่อน รหัสประจำตัว 44015675

นายอุกฤษณ์ พูลสมบัติ รหัสประจำตัว 44015679

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ปิติเขต สู้รักษา

อาจารย์ สรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล

ระดับการศึกษา ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ

ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2546

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิติเขต สู้รักษา)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(อาจารย์สรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	แขนกลเขย่าสารเคมี			
ชื่อนักศึกษา	นายสุรพล	คำเขื่อน	รหัส	44015675
	นายอุกฤษณ์	พูลสมบัติ	รหัส	44015679
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ปิติเขต สู้รักษา			
	อาจารย์ สรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล			
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต			
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ			
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ			
ปีการศึกษา	2546			

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันสารเคมีที่ใช้ในการทดลองภายในห้องทดลองมีหลายชนิดแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน สารเคมีที่มีอันตรายที่มนุษย์ไม่สามารถสัมผัสได้ เช่น สารเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นกรดสูง เป็นเบสสูงและสารเคมีที่มีอันตราย เมื่อนำมาทำการทดลองต้องมีการควบคุมอย่างเคร่งครัดเพื่อมิให้เป็นอันตรายกับตัวผู้ทดลอง

โครงงานแขนกลเขย่าสารเคมี ได้ดำเนินการ เพื่อลดปัญหาจากอันตรายในการทดลองผสมสารเคมีที่ใช้ในห้องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis title	Chemical Mixer Robot
Student	Mr. Surapon Kumkhuan ID. 44015675
	Mr. Aukrit Pullsombut ID. 44015679
Advisor	Assoc.Prof.Dr. Pitikhate Suraksa
	Mr. Sorapong Wachirattanapornkul
Graduate Level	Bachelor Degree of Information Engineering
Department	Information Engineering
Academic Year	2003

Abstract

In chemical reaction chemical agent such as strong base or strong acid can be dangerous to human

To prevent thin problem, a chemical mixer robot is built to assist the chemist for chemical experiment in laboratory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เป็นผลเนื่องมาจากความมานะอดทน และช่วยเหลือเกื้อกูลกันของเพื่อนๆ และผู้ที่มิได้เอ่ยนาม อีกหลายท่าน ตลอดระยะเวลาการทำโครงงานได้รับการสนับสนุนจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ปิติเขต สู้รักษา และอาจารย์สรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล รวมถึงอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำเกี่ยวกับรายละเอียดในโครงงานนี้ จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนทางการศึกษา อีกทั้งสิ่งดีๆ และทุกๆอย่างมาโดยตลอด รวมทั้งญาติพี่น้องทุกท่าน ที่คอยเป็นขวัญและกำลังใจเสมอมา

ผู้จัดทำ

นายสุรพล ดำเขื่อน

นายอุกฤษณ์ พูลสมบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญ(ต่อ) V

สารบัญรูป VI

สารบัญตาราง VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 จุดประสงค์ของโครงงาน 1

1.2 ขอบเขตของโครงงาน 1

1.3 ส่วนประกอบของโครงงาน 2

บทที่ 2 ทฤษฎีทั่วไป 3

2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 3

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 7

2.3 การขับโมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD โมดูล) 12

2.4 สารละลาย 20

บทที่ 3 การออกแบบวงจร 23

3.1 หลักการทำงานของวงจร 25

บทที่ 4 ผลการทดลอง 26

4.1 การทดลองผลที่ได้จากการเขย่าสารเคมี 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....33
5.1 สรุปผลการทดลอง.....33
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น.....33
5.3 ข้อเสนอแนะ.....33

เอกสารอ้างอิง.....34

ภาคผนวก ก ลายวงจร
ภาคผนวก ข แบบแขนกล
ภาคผนวก ค ซ็อดโค๊ด

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1 ส่วนประกอบของโครงงาน 1
รูปที่ 2.1 เปลือกหรือโครง 3
รูปที่ 2.2 ขั้วแม่เหล็ก 4
รูปที่ 2.3 แกนเหล็กอาเมเจอร์ 5
รูปที่ 2.4 ขดลวดตัวนำ 6
รูปที่ 2.5 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 10
รูปที่ 2.6 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 10
รูปที่ 2.7 การเข้าถึงระดับบิตของรีจีสเตอร์ SFR 11
รูปที่ 2.8 ไดอะแกรมการทำงานของโมดูล LCD แบบ 13
รูปที่ 2.9 รูปร่างและการจัดการขาโมดูล LCD แบบอักขระ 15
รูปที่ 2.10 บิตคำสั่งเลือกโมหดการป้อนข้อมูล 17
รูปที่ 2.11 บิตคำสั่งควบคุมการแสดงผล 17
รูปที่ 2.12 บิตคำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร 18
รูปที่ 2.13 บิตกำหนดฟังชั่นการทำงาน 18
รูปที่ 2.14 บิตคำสั่งอ่านแฟลก BUSY และแอดเดรส 19
รูปที่ 2.15 ขวดปริมาตรขนาดต่างๆ 22
รูปที่ 3.1 วงจรการเชื่อมต่อ Keypad และ LCD 23
รูปที่ 3.2 วงจรควบคุมมอเตอร์ M1 และ M2 24
รูปที่ 3.3 วงจรเร็กกูเรเตอร์ 25
รูปที่ 4.1 แขนกลเขย่าสารเคมี 26
รูปที่ 4.2 แขนกลเขย่าสารเคมีจากด้านใน 27
รูปที่ 4.3 แขนกลเขย่าสารเคมีจากด้านใน 27
รูปที่ 4.4 น้ำมันปาล์มผสมกับเมธานอล 28
รูปที่ 4.5 สารทั้งสองชนิดในขวดปริมาตร 29
รูปที่ 4.6 สารเคมีที่เขย่าได้ 5 นาที ทั้ง 3 แบบ 30
รูปที่ 4.7 สารเคมีที่เขย่าได้ 10 นาที ทั้ง 3 แบบ 31
รูปที่ 4.8 สารเคมีที่เขย่าได้ 15 นาที ทั้ง 3 แบบ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ในการทำงานของขา RS,R/W และ E ของโมดูล LCD แบบอักขระ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีหุ่นยนต์ได้พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วมีการใช้หุ่นยนต์มากขึ้นทั้งในงานอุตสาหกรรมและเริ่มเข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันมากขึ้นและการนำหุ่นยนต์มาช่วยในการทำงานที่อาจจะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานดังนั้นจึงเป็นแนวความคิดที่จะใช้หุ่นยนต์มาช่วยในเรื่องเกี่ยวกับสารเคมีที่มีพิษ และช่วยในเรื่องของการผสมสารเคมี

โครงงานนี้มุ่งเน้นเพื่อเพิ่มความสามารถในการควบคุมหุ่นยนต์ในการผสมสารเคมี เพื่อให้มีความยืดหยุ่นในการทำงานในที่ที่มีสารพิษต่อผู้ปฏิบัติงาน ทำให้มีความสะดวกแก่ผู้ใช้ในการนำหุ่นยนต์มาช่วยในการผสมสารเคมีที่มีอันตรายและเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาสำหรับผู้ที่สนใจต่อไป

1.1 จุดประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อผลิตอุปกรณ์ที่ใช้ในการผสมสารเคมี
2. เพื่อศึกษาระบบควบคุมที่ใช้ในการควบคุมเครื่องผสมสารเคมี
3. เพื่อศึกษาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ในการนำมาใช้งาน
4. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องผสมสารเคมีต่อไปในอนาคต

1.2 ขอบเขตของโครงงาน

ในการทำโครงงานเครื่องผสมสารเคมีนี้ ในส่วนของการควบคุมตรงจุดส่วนที่มีการยื่นแขนออก เพื่อรับหลอดทดลองสารเคมีและมีการเลื่อนแขนกลับเพื่อนำหลอดทดลองที่มีสารเคมีเข้าไปทำการเขย่าในตู้ โดยการเขย่าจะเขย่าในแนวขึ้นลง

ส่วนที่ 1มีการบังคับแขนให้ยื่นออกมาเพื่อรับหลอดทดลองและเลื่อนแขนกลับ ไปยังตำแหน่งที่จะเริ่มเขย่า

ส่วนที่ 2 มีการบังคับให้เขย่าตามแนวขึ้นลงโดยการทำงานของลูกสูบ

ส่วนที่ 3 ส่วนของวงจรควบคุม

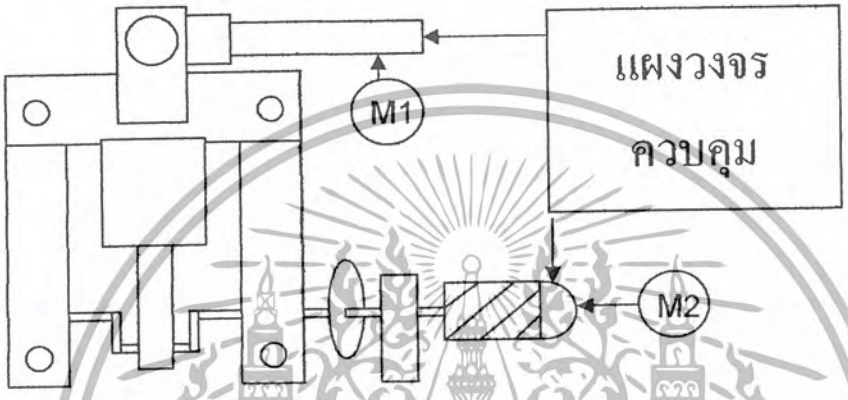
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ส่วนประกอบของโครงงาน

ลักษณะโดยทั่วไปของโครงงานการควบคุมเครื่องผสมสารเคมีแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

1. ส่วนของวงจรควบคุมแขนกลเขย่าสารเคมี

2. ส่วนของแขนกลเขย่าสารเคมี



รูปที่ 1.1 ส่วนประกอบของโครงงาน

จากรูปที่ 1.1 ส่วนประกอบของแขนกลเขย่าสารเคมี จะประกอบไปด้วยแผงวงจรควบคุม ที่ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวสั่งการทำงานโดยการเขียนโปรแกรม สั่งการทำงานให้มอเตอร์ทั้งสองตัวทำงาน โดยวิธีสั่งการทำงานจะเป็นการกดปุ่มที่ Keypad ให้มอเตอร์ M1 ทำการเลื่อนแขนออกมาจากตู้เพื่อนำขวดปริมาตรที่มีสารเคมีผสมกันและพร้อมที่จะเขย่า มาวางลงในตัวล็อคขวดปริมาตร จากนั้นกดปุ่มคำสั่งที่ Keypad ให้มอเตอร์ทำการเลื่อนแขนกลับไปยังตำแหน่งที่พร้อมจะเขย่าสารเคมี และกดปุ่มคำสั่งเพื่อสั่งให้มอเตอร์ M2 ทำการเขย่าสารเคมีโดย มอเตอร์ M2 จะไปขับลูกสูบ ทำให้เกิดการเขย่าแบบขึ้นลงตามแนวดิ่ง

เมื่อสารเคมีผสมกันตามที่ต้องการแล้วจากนั้นกดปุ่มที่ Keypad เพื่อสั่ง ให้มอเตอร์ M2 หยุดการทำงานจากนั้นกดปุ่มคำสั่งเพื่อเลื่อนแขนกลออกมาจากตู้เพื่อนำสารเคมีไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีทั่วไป

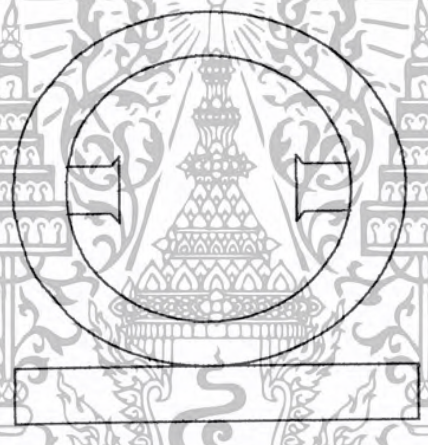
2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.1.1ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator Part)

1.เปลือกหรือโครง (Frame or yoke) ทำมาจากเหล็กหล่อ หรือสารแม่เหล็ก ทำหน้าที่คือ

(1) ยึดขั้วแม่เหล็ก และส่วนประกอบทั้งหมด

(2) เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic circuit)

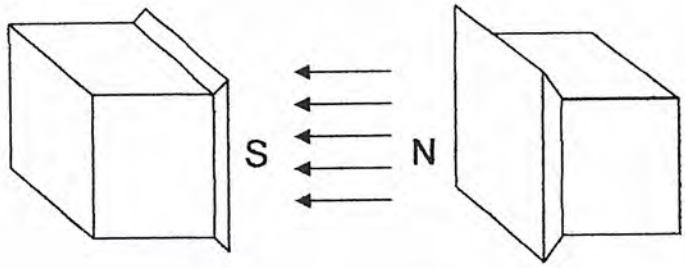


รูปที่ 2.1 เปลือกหรือโครง

2. ขั้วแม่เหล็ก (Pole shoes) ทำมาจากแผ่นเหล็กบางๆ (laminated sheet steel) อัดซ้อนเข้าด้วยกัน โดยแต่ละแผ่นจะเคลือบไว้ด้วยฉนวน ขั้วแม่เหล็กนี้จะยื่นออกมาจากโครง โดยขั้วแม่เหล็กนี้จะยึดเข้ากับโครงด้วยสกรู ลักษณะของขั้วแม่เหล็กแสดงได้ดังรูป

3. ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil field winding) หรือเรียกว่าขดลวดฟิลด์คอยล์ เป็นตัวนำที่พันไว้รอบขั้วแม่เหล็ก ขดลวดสนามแม่เหล็กจะพันจากแบบภายนอก แล้วสวมเข้ากับขั้วแม่เหล็ก ซึ่งขั้วแม่เหล็กนั้นสามารถถอดได้ ขดลวดสนามแม่เหล็กนี้จะต้องมีขนาดที่พอดี คือไม่แน่นหรือหลวมจนเกินไป เพราะถ้าแน่นจนเกินไปขณะประกอบอาจทำให้ขดลวดเกิดการรั่วลงดินได้ และในขณะเดียวกันถ้าหลวมจนเกินไปก็อาจทำให้เกิดอาการสั่นของขดลวดขณะใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ขั้วแม่เหล็ก

และจะทำให้ปิดฝาครอบหัวท้ายไม่ได้อีกด้วยขดลวดสนามแม่เหล็กทำหน้าที่สร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ขดลวดฟิลด์คอยล์มี 2 ชนิดคือ

(1) ขดลวดชันต์ฟิลด์ (shunt field or shunt winding) ขดลวดนี้จะพันด้วยลวดเส้นเล็ก ดังนั้นความต้านทานจะสูง

(2) ขดลวดซีรีส์ฟิลด์ (series field or series winding) ขดลวดนี้จะพันด้วยเส้นลวดใหญ่ ดังนั้นความต้านทานจะต่ำ

ขดลวดทั้งสองชุดนี้พันอยู่บนแกนขั้วแม่เหล็กอันเดียวกัน โดยขดลวดชันต์ฟิลด์จะพันอยู่ด้านในสุด ส่วนขดลวดซีรีส์ฟิลด์จะพันไว้ด้านนอกสุด และมีจำนวนรอบเพียงเล็กน้อย จะต้องมีฉนวนคั่นระหว่างขดลวดชันต์ฟิลด์กับขดลวดซีรีส์ฟิลด์ ขดลวดทั้งสองชุดจะต้องพันไปในทิศทางเดียวกัน และขดลวดในแต่ละชุดนั้นจะต้องต่ออนุกรมเข้าด้วยกันระหว่างขั้วแม่เหล็กให้ถูกต้องด้วย เพราะจะทำให้ขั้วแม่เหล็กเป็นขั้วเหนือและขั้วสลับกันไป

การตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่นั้นเราสามารถตรวจสอบได้ด้วยการใช้เข็มทิศ หรือใช้แท่งแม่เหล็กในการตรวจสอบ โดยจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับฟิลด์คอยล์ และใช้เข็มทิศหรือแท่งแม่เหล็กถาวรสอดเข้าไปด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กแต่ละขั้ว ขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะต้องสลับกันไป เมื่อทำการตรวจสอบขดชันต์ฟิลด์แล้ว ก็ให้ทำการตรวจสอบขดซีรีฟิลด์ในทำนองเดียวกัน และขั้วแม่เหล็กที่แสดงออกเนื่องจากขดซีรี่ฟิลด์นั้น จะต้องเหมือนกันกับขั้วแม่เหลกที่ได้จากขดลวดชันต์ฟิลด์

4. แปรงถ่านและแบริ่ง (Brushes and bearing) แปรงถ่านทำหน้าที่เป็นสะพานไฟจากคอมมิวเตเตอร์ไปยังวงจรภายนอกแปรงถ่านมาจากคาร์บอนอัดแน่นจะมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้าบรรจุอยู่ในซองถ่าน โดยที่แปรงถ่านนี้จะลวดทองแดงถักติดอยู่ด้วยเพื่อต่อไฟออกไปใช้งาน และถูกกดด้วยสปริงให้สัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลา และซองถ่านจะถูกยึดติดกับฝา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครอบส่วนแบริ่งหรือลูกปืนนั้นจะเป็นตัวรับน้ำหนักทั้งหมดที่ได้รับจากตัวหมุนและช่วยลดแรงเสียดทานของเพลาขณะที่อาเมเจอร์หมุนปกติ แบริ่งจะยึดติดอยู่ที่ฝาครอบทั้ง 2 ด้านของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แปรงถ่านและซองถ่านจะต้องมีอย่างน้อย 2 แปรง และแปรงถ่านทั้งสองต้องสามารถหมุนปรับตำแหน่งได้พร้อมกัน ดังนั้นซองถ่านทั้ง 2 จะต้องอยู่บนตัวปรับอันเดียวกันด้วย

5. ฝาปิดหัวท้ายหรือฝาครอบ (End plate) ทำมาจากเหล็กหล่อเช่นเดียวกับโครง ทำหน้าที่รองรับเพลาของส่วนหมุน และยึดซองถ่าน

2.1.2 ส่วนที่เคลื่อนที่ (Rotor Part)

1. แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature core) ทำมาจากแผ่นเหล็กบางๆ ด้านหนึ่งฉาบด้วยฉนวนอัดซ้อนเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอกเพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากฮีสเตอรีซีส และกระแสไหลวนในแกนเหล็ก แกนเหล็กอาร์เมเจอร์นี้ทำเป็นช่องสล็อต แกนเหล็กอาร์เมเจอร์เป็นที่สำหรับบรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์ และแกนเหล็กอาร์เมเจอร์นี้จะเจาะรูไว้ด้วย เพื่อช่วยในการระบายความร้อนอันเนื่องจากความสูญเสีย

รูปที่ 2.3 แกนเหล็กอาร์เมเจอร์

2. ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature coil or Armature winding) คือขดลวดที่บรรจุลงในช่องสล็อตของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์โดยขดลวดนั้นทำมาจากลวดทองแดงอาบฉนวน ขดลวดอาร์เมเจอร์จะนิยมพันจากแบบภายนอกแล้วจึงนำไปบรรจุลงในสล็อต เพราะจะทำให้ขดลวดแต่ละขดมีความยาวและมีน้ำหนักสมดุลไม่เกิดการแกว่งขณะหมุน ขดลวดอาร์เมเจอร์มีกรพันเป็นแบบแลป (lap) หรือแบบเวฟ (wave) ปลายของขดลวดจะถูกนำมาต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์

3. คอมมิวเตเตอร์ (Commutater) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นในขดลวดอาร์เมเจอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง คอมมิวเตเตอร์ทำจากแท่งทองแดงที่มีลักษณะคล้ายลิ่มเพื่อให้สามารถนำมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก คอมมิวเตเตอร์แต่ละอันนั้นเรียกว่าซี่

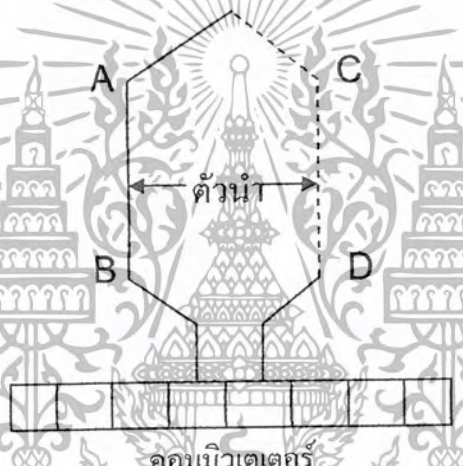
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในระหว่างซี่ทองแดงแต่ละซี่จะคั่นไว้ด้วยฉนวนหนาที่แข็งแรง และคอมมิวเตเตอร์นี้จะติดไว้ที่บนเพลา อันเดียวกับแกนเหล็กอาร์เมเจอร์

2.1.3 การพันขดลวดอาร์เมเจอร์

ก่อนที่จะกล่าวถึงการพันขดลวดอาร์เมเจอร์นั้นมีความจำเป็นที่จะต้องทราบความหมาต่างๆ ดังต่อไปนี้เสียก่อน คือ

1.ตัวนำ(Conductor)คือความยาวของขดลวดที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็กและทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในตัวขดลวดนั้น ขดลวดนี้เรียกว่าตัวนำ หรือตัวเหนี่ยวนำ (inductor) รูปที่ 2.4 ความยาว AB และ CD



รูปที่ 2.4 ขดลวดตัวนำ

2. ขดลวด (Coil) หรือองค์ประกอบของขดลวด ประกอบด้วย 2 ตัวนำคือ AB และ CD

ทอร์ค (Torque) คือ โมเมนต์หมุนหรือแรงบิด เป็นผลคูณระหว่างแรงกับแขนแรง มอเตอร์มีขนาดรัศมีของอาร์เมเจอร์

$$D/2 = R \tag{2.1}$$

หมุนขับล้อสายพานขนาดรัศมี r ด้วยแรงผลักตัวนำ F และแรงดึงสายพานสำหรับหมุนขับรอบ F_A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ T = ทอร์ค : แรงบิด : โมเมนต์หมุน หน่วย [NM]

F = แรงฉุดหรือแรงผลักตัวนำ [N]

R = รัศมีของอาร์เมเจอร์ : แขนแรง [m]

F_A = แรงดึงสายพานสำหรับหมุนขับงาน [N]

r = รัศมีของล้อขับสายพาน : แขนแรง [m]

ทอร์คของตัว : $T = F \cdot R = \quad B \cdot \ell \cdot I \cdot Z \cdot R \ [Nm]$ (2.2)

และ ทอร์คของล้อขับสายพาน : $T = F_A \, . \, r \ [Nm]$ (2.3)

เนื่องจากล้อขับสายพานต่อแกนร่วมกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ ทอร์คจึงเท่ากัน ดังนั้น

$$T = F \cdot R = F_A \, . \, r = B \cdot \ell \cdot I \cdot Z \cdot R \ [Nm] \quad (2.4)$$

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 (Microcontroller)

คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51

- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำเป็นแบบแรม ในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีอีพรอมเพิ่มเติม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟลูดูเพล็กซ์
- ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรสื่อสารแบบอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89Sxx
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป
- มีวอตช์ด็อกไทเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89Sxx

2.2.1 การจัดการขาไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51

ไมโครคอนโทรลเลอร์MCS–51ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกันโดยมีรายละเอียดขั้นต้น ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา VCC ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 V

ขา GND เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต 0 (P0.0 – P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำโดยการเขียนข้อมูล . "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดแดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0 – A7) และขาข้อมูล (D0 – D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ต 1 (P1.0 – P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็น

ขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์2และP1.1เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทเมอร์2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ต 2 (P2.0 – P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำโดยการเขียนข้อมูล . "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดแดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8 – A15)

ขาพอร์ต 3 (P3.0 – P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำโดยการเขียนข้อมูล . "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รับจากภายนอกช่อง 0 หรือขา INTO

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รับจากภายนอกช่อง 1 หรือขา INT1

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รับจากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{WR}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ $\overline{RD}$ ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขารีเซต (Reset) ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างปกติ

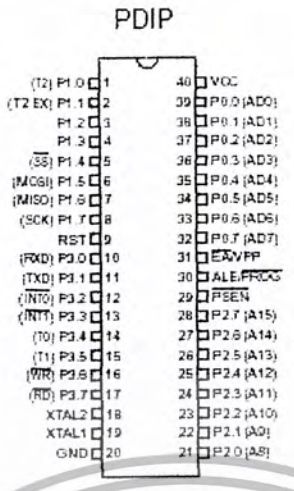
ขา $\overline{ALE}$ / PROG (Address Latch Enable/Program pulse Input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม

ขา$\overline{PSEN}$ (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละแมชชีนไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งข้อมูลใดๆออกมา

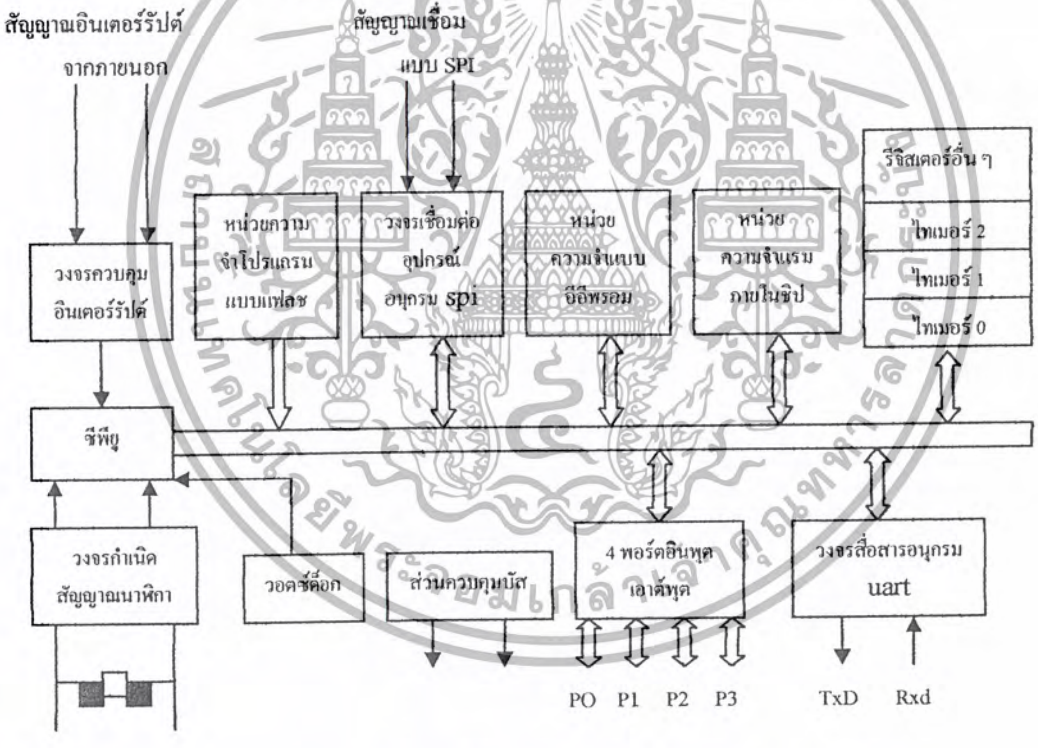
ขา $\overline{EA}$ / Vpp (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ถ้าหากขานี้เป็น “0” เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่หากขานี้เป็น “1”เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นอกจากนี้ที่ขานี้ยังเป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม + 12 V

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.6 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.3.2 พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลMCS–51มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟลูดูเพล็กซ์ 1 ชุด (วงจรสื่อสารแบบฟลูดูเพล็กหมายถึง วงจรสื่อสารที่สามารถทำการรับและส่งข้อมูลในลักษณะ 2 ทิศทางได้ในเวลาเดียวกัน) โดยใช้ขาสัญญาณของพอร์ต 3 ขา คือ ขา P3.0 เป็นขารับข้อมูลเข้าหรือ RxD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ ขาP3.1 เป็นขาส่งข้อมูลออกหรือ TxD โดยวงจรสื่อสารข้อมูล แบบอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลMCS-51แบบแฟลชเป็นแบบอะซิงโครนัสปกติแล้วพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51จะใช้ในการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมของ คอมพิวเตอร์ โดยใช้มาตรฐาน RS – 232 แต่ในปัจจุบันสามารถติดต่อกันในมาตรฐาน RS – 422 หรือ RS – 485 ได้แล้วโดยใช้ไอซีพิเศษทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณการสื่อสารดังกล่าว

2.3.3 รีจีสเตอร์เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS – 51

ในการทำงานของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์MCS – 51 มีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับอยู่ 2 ตัว ดังนี้

รีจีสเตอร์บัฟเฟอร์ของพอร์ตอนุกรมหรือ SBUF (Serial data buffer registe)

มีแอดแดรสอยู่ที่ 99H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษหรือ SFR มีขนาด 8 บิตแบ่งเป็น 2 ส่วนคือรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล (transmit buffer register) และรับข้อมูล (receive buffer register) เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจีสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล เพื่อส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา TxD หรือขา P3.1 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจีสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเพื่อส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป สำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านมาทางขา RxD หรือ P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบแฟลช

รีจีสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมหรือ SCON (Serial port Control Register)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 98H ในพื้นที่ของรีจีสเตอร์ SFR สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิตมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

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

รูปที่ 2.7 การเข้าถึงระดับบิตของรีจีสเตอร์ SFR

SM0 - SM1:(Serial port mode bit 0 – 1) ใช้ในการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SM2 : ใช้ในการเอ็นเอเบิ้ลการสื่อสารในแบบมัลติโปรเซสเซอร์ (Multiprocessor) ในการทำงานของโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS- 51 ถ้าบิตนี้เป็น "1" บิต RI จะไม่แอกตีฟถ้าบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาเป็น "0" (ข้อมูลบิตที่ 9 เก็บไว้ที่บิต RB8) ในการทำงานโหมด 1 ถ้าบิตนี้เซตบิต RI จะไม่แอกตีฟถ้ายังไม่ได้รับบิตหยุด ส่วนในโหมด 0 บิตนี้ไม่มีการใช้งาน

REN:(Enable seral reception) ใช้ในการเอ็นเอเบิ้ลการรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรมทำการเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางวอฟแวร์ ถ้าต้องการให้มีการรับข้อมูลต้องเซตบิตนี้ให้เป็น "1"

TB8 : ใช้สำหรับเก็บข้อมูลบิตที่ 9 ที่ต้องการส่งออกไปในการทำงานโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 เซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟแวร์

RB8 : ใช้สำหรับรับข้อมูลบิตที่ 9 ที่เข้ามาในการทำงานโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แต่ถ้าหากพอร์ตอนุกรมทำงานอยู่ในโหมด 1 และบิต SM2 เป็น "0" ข้อมูลที่บิต RB8 คือข้อมูลบิตหยุด (STOP bit) สำหรับในการทำงานโหมด 0 บิตนี้จะไม่ใช้งาน บิต RB 8 นี้สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟแวร์

TI (Transmit Interrupt flag) : ใช้ในการแสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการส่งข้อมูลออกจากพอร์ตอนุรมของไมโครคอนโทรเลอร์ MCS – 51 สามารถเซตได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์เมื่อทำการส่งข้อมูลบิตที่ 8 ไปเรียบร้อยแล้วในการทำงานโหมด 0 ส่วนในการทำงานโหมดอื่น บิตนี้จะเซตเมื่อมีการเริ่มต้นส่งบิตหยุดออกไป การเคลียร์บิตนี้ต้องใช้กระบวนการทางซอฟแวร์เท่านั้น

RI (Receive Interrupt flag) : ใช้แสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการรับข้อมูลเข้าสู่พอร์ตอนุกรม สามารถเซตด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ เมื่อทำการรับข้อมูลบิตที่ 8 เรียบร้อยแล้วในการทำงานโหมด 0 ส่วนในการทำงาน โหมดอื่น บิตนี้จะเซตเมื่อสามารถรับบิตหยุดของข้อมูลอนุกรมไปได้ครึ่งทางแล้ว ยกเว้นในกรณีที่บิต SM2 มีการเซต บิตนี้จะเซตได้ก็ต่อเมื่อการรับบิตหยุดหรือบิตที่ 9 เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว การเคลียร์บิตนี้ต้องใช้กระบวนการทางซอฟแวร์เท่านั้น

2.3 การขับโมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD โมดูล)

ในโมดู LCD จะมีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วนดังนี้

ตัวแสดงผล (display) ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD

ตัวควบคุม (controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของโมดูล LCD เช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษร หรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบคุมใช้ชิปควบคุม

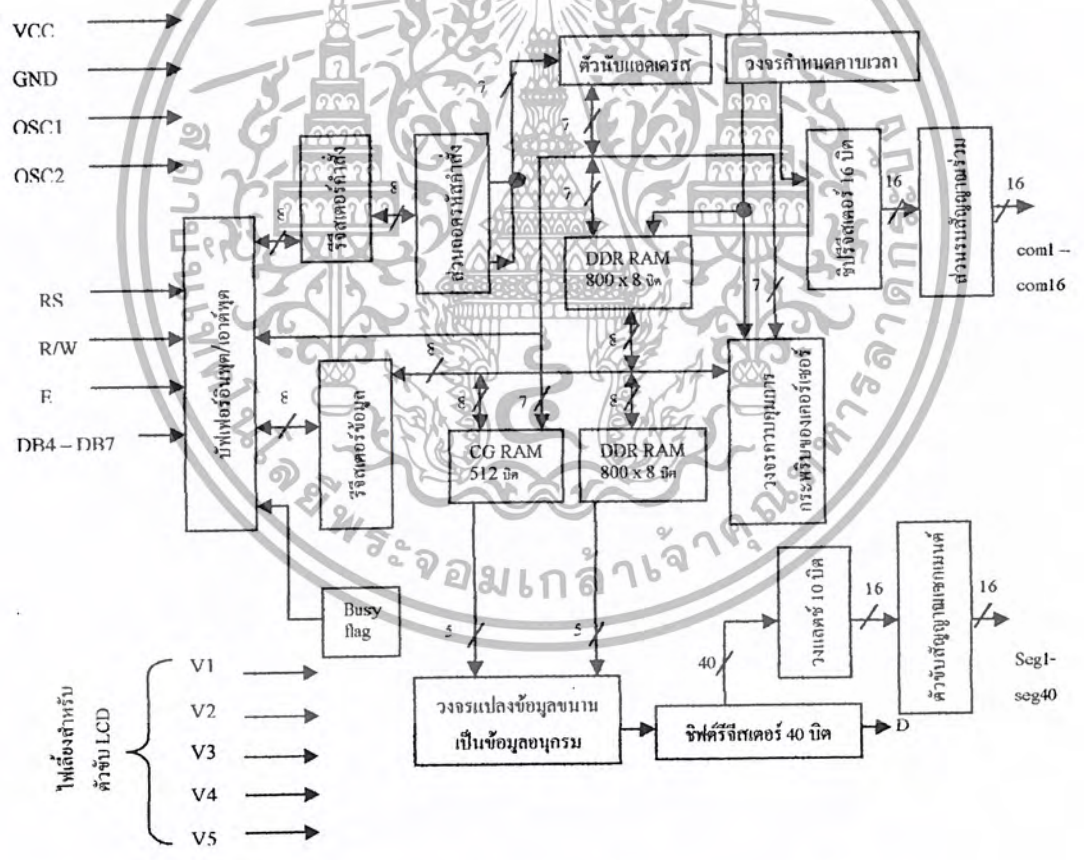
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยฉพาะชิปที่นิยมใช้คือเบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD44780 จะใช้ควบคุม LCD แบบอักขระส่วน HD61830 ใช้ควบคุม LCD แบบกราฟฟิก

ตัวขับ (driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนด ชิปที่ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวขับนี้ได้แก่ เบอร์ HD44100H และ MSM5259 เป็นต้น

2.3.1 โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล

ในการใช้งานโมดูล LCD จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมให้ดีเสียก่อน ในหนังสือนี้ขอยกตัวอย่างในโมดูล LCD แบบอักขระ เพราะสามารถเข้าใจได้ง่าย ซึ่งจะแสดงเป็นบล็อกไดอะแกรมภายในของชิปควบคุม LCD เบอร์ HD44780 ซึ่งใช้ใน โมดูล LCD แบบอักขระ



รูปที่ 2.8 ไดอะแกรมการทำงานของโมดูล LCD แบบอักขระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัฟเฟอร์อินพุตเอาต์พุตเป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข่อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อที่จะถ่ายทอดข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม

รีจีสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register : IR) เป็นรีจีสเตอร์ใช้รับข้อมูลคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อนำไปควบคุมการแสดงผล

รีจีสเตอร์ข้อมูล (Data Register : DR) เป็นรีจีสเตอร์ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อถ่ายทอดต่อไปยังหน่วยความจำที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแสดงผล หรือนำข้อมูลไปสร้างตัวอักษรเพิ่มเติมในแรมเก็บตัวอักษร

แรมเก็บข้อมูลแสดงผล (Display Data RAM : DDRAM) เป็นหน่วยความจำแรมทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่มาจากรีจีสเตอร์ DR ตัวควบคุมจะนำข้อมูลใน DDRAM นี้ไปเปิดตาราง (Look up – lable) ของตัวอักษรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำรอมและแรมเก็บตัวอักษร เพื่อนำไปที่ตัวแสดงผล

รอมเก็บตัวอักษร (Charater Generator ROM : CGROM) เป็นหน่วยความจำรอมที่ใช้เก็บข้อมูลตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่สามารถอ่านออกไปแสดงที่ตัวแสดงผลได้ มีขนาด 7,200 บิต โดยจะถูกอ่านด้วยค่าของข้อมูลใน DDRAM

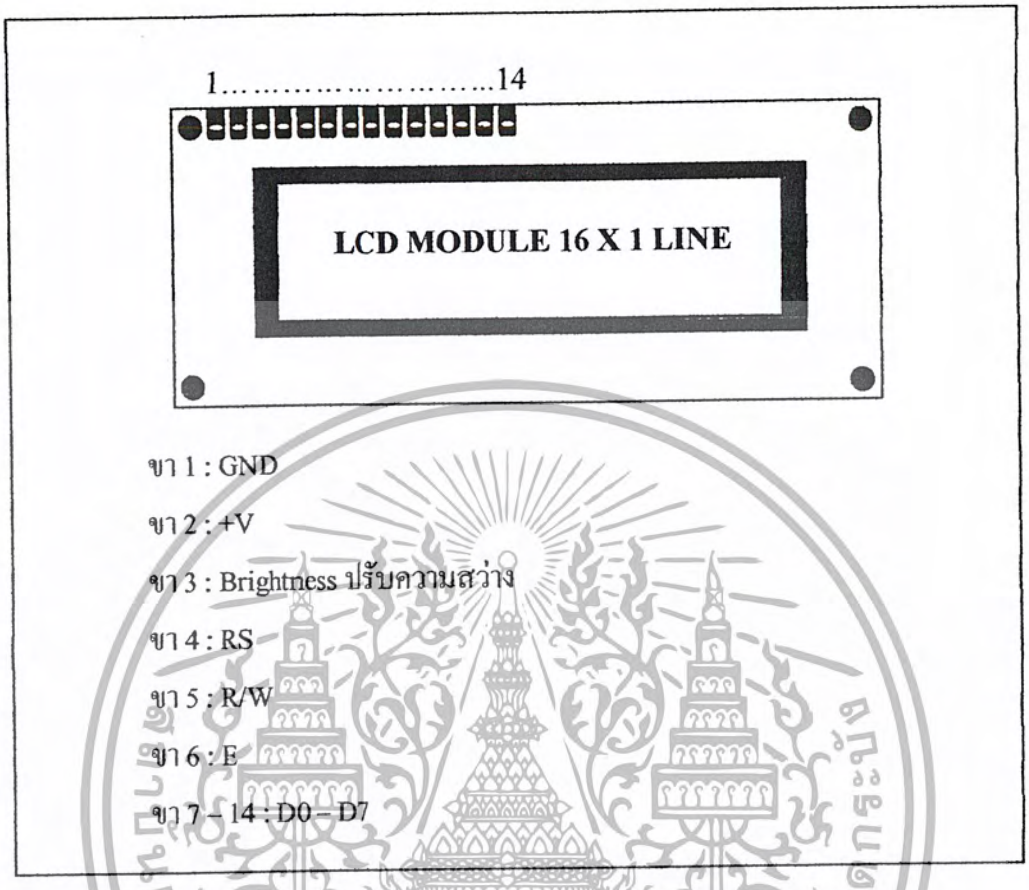
แรมเก็บตัวอักษร (Character Genertor RAM : CGRAM) เป็นหน่วยความจำแรมที่ใช้เก็บอักษรที่มีการสร้างเพิ่มเติมขึ้นใหม่ ในกรณีที่ตัวอักษรใน CGROM ไม่เพียงพอ มีขนาด 512 บิต การเขียนและอ่านค่าไปใช้นั้นทำได้เช่นเดียวกับ CGRAM คือ เขียนข้อมูลลงใน DDRAM แล้วตัวควบคุมจะมาอ่านค่าจาก CGRAM เอง

แฟลกBUSYเป็นส่วนที่ทำหน้าที่แจ้งสถานะการทำงานของตัวควบคุมให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่าตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่งหรือ ไม่ ดังนั้นก่อนการส่งข้อมูลหรือคำสั่งมายังตัวควบคุมต้องตรวจสอบสถานะของแฟลก BUSY นี้เสียก่อน

2.3.2 โมดูล LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด (LCD 16 X 1)

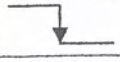
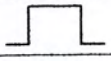
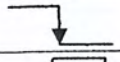
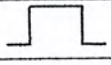
สำหรับโมดูล LCD ที่ยกมาใช้ในการเรียนรู้ในการทดลอง เป็นขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด เนื่องจากราคาถูก หาง่าย และเป็นโมดูล LCD ที่มีโครงสร้างเป็นมาตรฐาน มีผู้ผลิตหลายราย และมีการระบุเบอร์แตกต่างกันออกไปตามผู้ผลิต อาทิ LM020L ของฮิตาชิ, DMC – 16117A ของคอปเทร็กซ์ (Optrex) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามคอนโทรลเลอร์ที่ใช้คือเบอร์เดียวกันนั่นคือเบอร์ HD44750 ของฮิตาชิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 รูปร่างและการจัดการขาโมดูล LCD แบบอักขระ

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ในการทำงานของขา RS,R/W และ E ของโมดูล LCD แบบอักขระ

RS	RW	E	การทำงาน
0	0		เขียนคำสั่ง
0	1		อ่านสถานะของโมดูล LCD
1	0		เขียนข้อมูล
1	1		อ่านข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมดูล LCD ขนาด 16 X 1 มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 14 ขา มีการจัดการขาของแต่ละขาดังนี้

VSS (ขา 1) : ต่อกราวด์

VDD (ขา 2) : ต่อไฟเลี้ยง + 5 โวลต์

VO (ขา 3) : เป็นขาอินพุตรับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล

RS (ขา 3) : เป็นขาอินพุตในการแยกชนิดของข้อมูลที่ทำการประมวลผลในขณะนั้นว่าเป็นคำสั่งสำหรับรีจีสเตอร์ IR หรือเป็นข้อมูลสำหรับรีจีเตอร์ DR โดยถ้าขานี้เป็น "0" ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่ง แต่ถ้าขานี้เป็น "1" ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล

R/W (ขา 5) : เป็นขาที่เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูล LCD ถ้าเป็น "0" เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูล แต่ถ้าเป็น "1" จะเป็นการอ่านข้อมูล

E (ขา 6) : เป็นขาสำหรับรับสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิลโมดูล LCD ให้ทำงาน

D0 – D7 (ขา 7 – 14) : เป็นขาที่ใช้เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอกขนาด 8 บิต อนึ่งขา RS,/w และ E จะใช้งานร่วมกัน

2.3.3 คำสั่งควบคุมโมดูล LCD

ในการเขียนคำสั่งในตัวควบคุม แน่นอนว่าต้องกำหนดให้ขา RS และ RW เป็น "0" แล้วเขียนคำสั่งตามไป คำสั่งควบคุมโมดูล LCD ของชิปควบคุม HD44780 ที่สำคัญมี 10 คำสั่งดังนี้

1. คำสั่งเคลียร์ตัวแสดงผล (clear display)

มีข้อมูลคำสั่งเป็น 01H เป็นคำสั่งที่ใช้เขียนข้อมูลช่องว่าง หรือ SPAC เข้าไปใน DDRAM ทั้งหมดเมื่อตัวควบคุมเอ็กซิคิวต์คำสั่งนี้ จะทำการกำหนดแอดเดรสของ DDRAM เป็น 0 เคอร์เซอร์จะกลับไปอยู่ที่ตำแหน่งซ้ายมือสุดของจอแสดงผล แล้วเซตบิต I/D (ซึ่งจะกล่าวถึงภายหลัง) ให้เป็น "1"

2. คำสั่ง return home

ต้องกำหนดให้บิต 1 ของข้อมูลเป็น "1" เป็นคำสั่งให้เคอร์เซอร์เคลื่อนที่กลับยังไปตำแหน่งซ้ายสุดของจอแสดงผล แต่ข้อมูลบนจอแสดงผลไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือข้อมูลคำสั่งของคำสั่งนี้จะเป็น 02H หรือ 03H ได้

3. คำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล (Entry mode Set)

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	0	1	I/D	S

รูปที่ 2.10 บิตคำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล

บิต S เป็นบิตที่ใช้ในการกำหนดลักษณะของการแสดงผล เมื่อมีการป้อนข้อมูล ถ้าหากบิต S เป็น "1" เมื่อเกิดข้อมูลใหม่บนจอแสดงผล ตัวเคอร์เซอร์จะอยู่กับที่ แต่ตัวอักษรเดิมจะถูกดันไปทางซ้าย แต่ถ้าหากบิตนี้เป็น "0" เมื่อเกิดข้อมูลใหม่ตัวเคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือ

บิต I/D เป็นบิตที่ใช้กำหนดว่า เมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแล้ว แอดเดรสของ DDRAM เพิ่มขึ้นหรือลดลง หนึ่งแอดเดรส โดยถ้าบิตนี้เป็น "1" แอดเดรสของ DDRAM จะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเป็น "0" แอดเดรสจะลดลง

ดังนั้น ข้อมูลคำสั่งที่เกิดขึ้นสำหรับคำสั่งนี้ได้แก่ 04H – 07H (4 ข้อมูลคำสั่ง) และที่ใช้บ่อย คือ 06H หมายถึง กำหนดให้เมื่อเกิดข้อมูลใหม่ เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือ และแอดเดรสของ DDRAM เพิ่มขึ้น

4. คำสั่งควบคุมการแสดงผล

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	0	D	C	B

รูปที่ 2.11 บิตคำสั่งควบคุมการแสดงผล

บิต D ใช้ควบคุมการเปิดปิดจอแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น "1" จะเป็นการเปิดจอแสดงผล ถ้าเป็น "0" จะเป็นการปิดจอแสดงผล

บิต C ใช้ควบคุมการแสดงตัวเคอร์เซอร์บนจอแสดงผล ถ้าต้องการให้มีเคอร์เซอร์แสดงผลบนจอแสดงผล ต้องกำหนดให้บิตนี้เป็น "1" ถ้ากำหนดให้เป็น "0" จะเป็นการปิดเคอร์เซอร์ หรือไม่แสดงเคอร์เซอร์

บิต B ใช้ควบคุมการกระพริบของเคอร์เซอร์ ถ้าบิตนี้เป็น "1" เคอร์เซอร์จะกระพริบ

ดังนั้นจะมีข้อมูลคำสั่งได้ตั้งแต่ 08H – 0FH (8 รูปแบบคำสั่ง) ที่ใช้บ่อยคือ 0CH เป็นคำสั่งให้เปิดจอแสดงผล แสดงเคอร์เซอร์และสั่งเคอร์เซอร์กระพริบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
55774

5. คำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

รูปที่ 2.12 บิตคำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร

การควบคุมสั่งการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษรบนจอแสดงผล ขึ้นอยู่กับการกำหนดบิต S/C และ R/L ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

S/C	R/L	ลักษณะการเลื่อน	ข้อมูลคำสั่ง
0	0	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้าย	10H – 13H
0	0	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวา	14H – 17H
1	0	เลื่อนตัวอักษรใหม่ไปทางซ้าย	18H – 1BH
1	1	เลื่อนตัวอักษรใหม่ไปทางขวา	1C – 1FH

6. กำหนดฟังชั่นการทำงาน

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	1	DL	N	F	*	*

รูปที่ 2.13 บิตกำหนดฟังชั่นการทำงาน

บิต DL ใช้กำหนดจำนวนบิตที่ใช้ติดต่อส่งผ่านข้อมูล ถ้าบิตนี้เป็น “0” จะเป็นการติดต่อแบบ 4 บิต แต่ถ้าเป็น “1” จะเป็นแบบ 8 บิต

บิต N ใช้กำหนดจำนวนบรรทัดของการแสดงผล ถ้าเป็น “0” จะเป็นการแสดงผล 1บรรทัด ถ้าเป็น “1” จะแสดง 2 บรรทัด ในกรณีที่จอแสดงผลสามารถแสดงได้มากกว่า 2 บรรทัด และต้องการให้แสดงผลมากกว่า 2 บรรทัด ก็กำหนดบิต N นี้ให้เป็น “1” จุดที่น่าสังเกตคือ โมดูล LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด แม้จะมีบรรทัดการแสดงผลเพียง 1 บรรทัด แต่จะต้องกำหนด N ให้เป็น “1” เนื่องจากแอดเดรสของ DDRAM แบ่งเป็น 2 ช่องคือ 00H และ 40H

บิต F ใช้เลือกความละเอียดของตัวอักษรให้การแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น “0” จะเป็นการแสดงผลแบบ 5x7 จุด และถ้าเป็น “1” จะแสดงผลแบบ 5x10 จุด

ข้อมูลคำสั่งที่ใช้บ่อยคือ 38H เป็นการกำหนดให้โมดูล LCD ทำงานในแบบ 8 บิต แสดงผล 2 บรรทัด และเลือกความละเอียดเป็น 5x7 จุด

7. คำสั่งเลือกแอดเดรสของ CGRAM

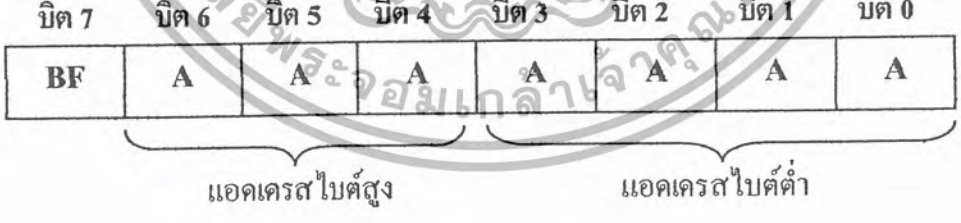
เมื่อต้องการกำหนแอดเดรส CGRAM ต้องกำหนดให้บิต 7 เป็น “0” บิต 6 เป็น “1” ส่วนอีก 6 บิตที่ เหลือจะแทนด้วยค่าแอดเดรสของ CGRAM จะต้องทำการกำหนดแอดเดรสด้วยคำสั่งนี้ก่อนที่จะอ่านหรือเขียน ข้อมูลให้ CGRAM อยู่ระหว่าง 00H – 3FH

8. คำสั่งเลือกแอดเดรสของ DDRAM

ใช้ในการเลือกแอดเดรสของ DDRAM ก่อนที่จะทำอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยบิต 7 ต้องเป็น “1” และข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือจะเป็นค่าของ DDRAM ซึ่งแอดเดรสของ DDRAM จะอยู่ระหว่าง 8CH – 0FFH ทั้งนี้จำนวนแอดเดรสยังขึ้นกับการกำหนดสถานะที่บิต N ด้วย หากบิต N เป็น “0” แอดเดรสของ DDRAM จะอยู่ระหว่าง 80H – 0CFH และถ้าบิต N เป็น “1” แอดเดรสของ DDRAM จะมี 2 ช่วงคือ 8CH – 87H และ 0C0H – 0C7H

9. คำสั่งอ่านแฟลก BUSY และแอดเดรส

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้



รูปที่ 2.14 บิตคำสั่งอ่านแฟลก BUSY และแอดเดรส

เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านแฟลก BUSY (BF) โดยแฟลกนี้จะเป็นตัวบอกสถานะของตัวควบคุม LCD ว่าพร้อมจะรับข้อมูลอยู่หรือไม่ ถ้าหากบิต BF เป็น “0” แสดงว่าตัวควบคุม LCD พร้อมรับข้อมูลหรือคำสั่ง แต่ถ้าเป็น “1” แสดงว่าขณะนี้ตัวควบคุม LCD ยังอยู่ในกระบวนการทำงานภายในหรือกำลังประมวลผลข้อมูลอยู่ ยังไม่พร้อมรับข้อมูลหรือคำสั่ง เมื่อต้องการอ่านแฟลกต้องกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา RW เป็น "1" แต่สัญญาณที่ RS ยังต้องเป็น "0" อยู่เพราะข้อมูลนี้เป็นคำสั่ง นอกจากนี้ ยังเป็นคำสั่งอ่านข้อมูลแอดเดรสของ CGRAM และ DDRAM ด้วย โดยบิต 0-บิต 6 เป็นค่าข้อมูลของแอดเดรสที่ต้องการอ่าน

ตัว LCD จะแสดงสถานะการทำงานของการกดปุ่มที่ Keypad ตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้ และแขนกลจะทำงานเขย่าสารเคมีโดยจะทำการผสมสารเคมีรวมกันในขวดปริมาตร

สารละลาย (Solution) คือ สารเนื้อเดียวที่มีสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมารวมกัน ประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวถูกละลายถ้าตัวถูกสารละลายและตัวทำละลายมีสถานะเดียวกันสารละลายที่มีปริมาณมากกว่าเป็นตัวทำละลายแต่ถ้าสารทั้งสองสถานะแตกต่างกันสารที่มีสถานะเดียวกันกับสารละลายเป็นตัวทำละลาย

2.4 สารละลาย

2.4.1 หน่วยของสารละลาย

เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณของตัวละลายที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายหรือในสารละลายนั้นวัดในรูปความเข้มข้นปริมาณตัวถูกละลายต่อปริมาณสารละลาย (ยกเว้นหน่วยโมลต่อกิโลกรัม)

1. ร้อยละ

1.1 ร้อยละโดยมวล(มวล/มวล) คือ ปริมาณมวลของตัวถูกละลายในมวลของสารละลาย 100 หน่วยมวล

1.2 ร้อยละโดยปริมาตร(ปริมาตร/ปริมาตร) คือ ปริมาตรของตัวถูกละลายในสารละลายปริมาตร 100 หน่วยปริมาตร นิยมใช้กับสารละลายที่เป็นของเหลว เช่น สารละลายแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 20 โดยปริมาตร หมายความว่าสารละลายนี้ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรจะมีแอลกอฮอล์ละลายอยู่ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร

1.3 ร้อยละมวลต่อปริมาตร คือ ปริมาณของตัวถูกละลายในปริมาตรของสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร โดยทั่วไปถ้ามวลของตัวถูกละลายมีหน่วยเป็นกรัม ปริมาตรของสารละลายจะมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร และถ้ามวลของตัวถูกละลายมีหน่วยเป็นกิโลกรัม ปริมาตรของสารละลายจะมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เดซิเมตรหรือลิตร หน่วยมวลและหน่วยปริมาตรต้องให้สอดคล้องกันด้วย

2. โมลาริตี หรือโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (mol/dm^3 หรือ mol/l) เป็นหน่วยที่บอกจำนวนโมลของตัว ถูกละลายในสารละลาย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร หน่วยความเข้มข้นเป็นโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตรอาจเรียกย่อได้เป็นโมลาร์ (Molar) ใช้สัญลักษณ์ M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โมแลลิตี หรือ โมลต่อกิโลกรัม (mol/kg) เป็นหน่วยที่บอกจำนวนโมลของตัวถูกละลายที่ละลาย ในตัวทำละลาย 1 กิโลกรัม จึงมีหน่วยเป็น mol/kg หรือเรียกว่า โมล (Molal) ใช้สัญลักษณ์ m

4. เศษส่วนโมล (Mole fractions) คือ สัดส่วนจำนวนโมลของสารองค์ประกอบหนึ่งต่อจำนวนโมลรวม ของสารทุกชนิดในสารละลาย ใช้สัญลักษณ์ X เช่น สารละลายชนิดหนึ่งประกอบด้วยสาร A a mol, B b mol และ C c mol จะได้เศษส่วนโมลของสาร, B และ C ดังนี้

เศษส่วนโมลของสาร A $(X_A) = a/(a+b+c)$ (2.5)

เศษส่วนโมลของสาร B $(X_B) = b/(a+b+c)$ (2.6)

เศษส่วนโมลของสาร C $(X_C) = c/(a+b+c)$ (2.7)

ผลรวมของเศษส่วนโมลของสารองค์ประกอบทั้งหมดคือ $X_A + X_B + X_C$ มีค่าเท่ากับ 1 และเมื่อนำค่าเศษส่วนโมลของแต่ละสารมาคูณด้วยร้อย จะได้ความเข้มข้นในหน่วยร้อยละโดยมวลของสารนั้น

ร้อยละโดยมวลของสาร A = เศษส่วนโมลของสาร A * 100

ร้อยละโดยมวลของสาร B = เศษส่วนโมลของสาร B * 100

ร้อยละโดยมวลของสาร C = เศษส่วนโมลของสาร C * 100

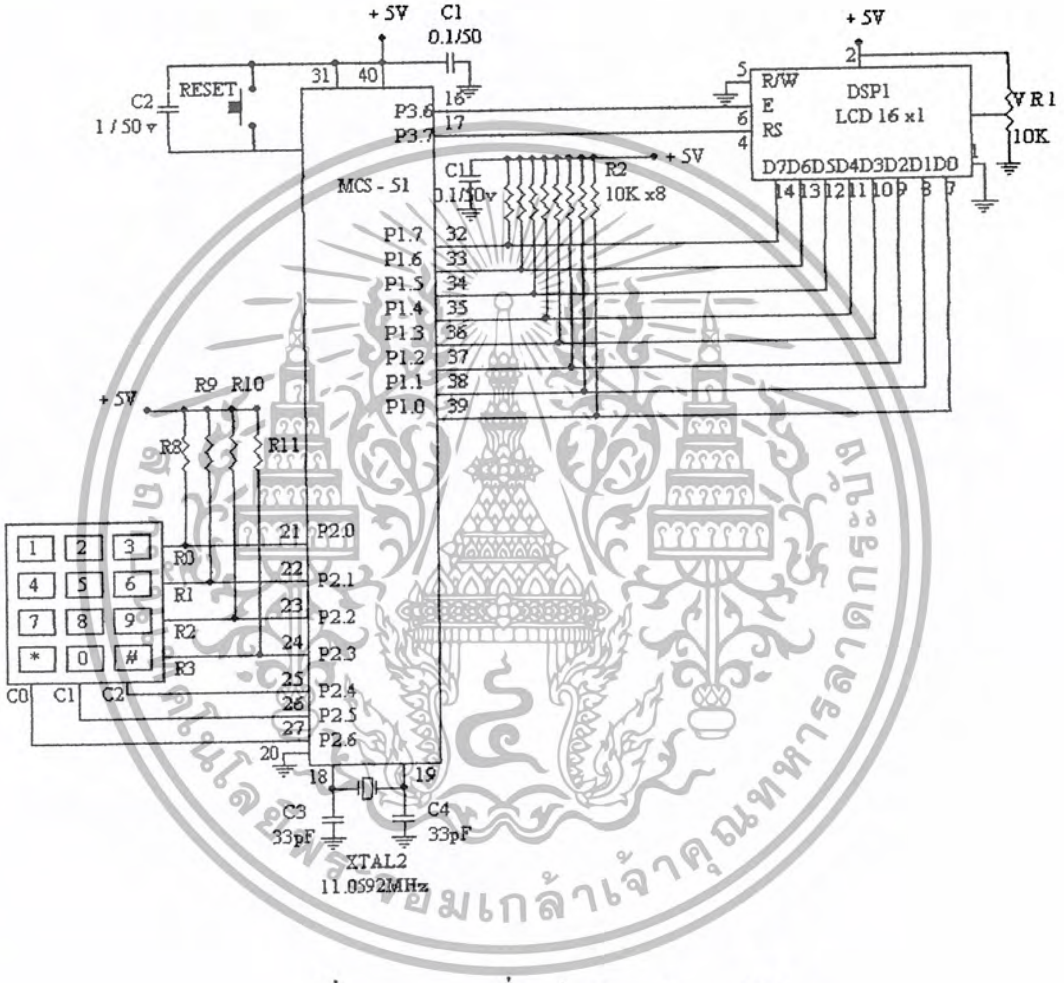
5. ส่วนในล้านส่วน (parts per million; ppm) เป็นหน่วยที่บอกมวลของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1 ล้านหน่วยมวลเดียวกัน ซึ่งเป็นหน่วยความเข้มข้นของสารละลายที่เจือจางมาก ๆ หรืออาจใช้แสดงปริมาณของสิ่งเจือปนที่มีอยู่ในสารเคมีที่บริสุทธิ์ต่าง ๆ เช่น สารละลายโพแทสเซียมไนเตรตเข้มข้น 2 ppm หมายความว่ามีโพแทสเซียมไนเตรตเป็นตัวละลาย 2 ส่วน (กรัม) ละลายอยู่ในสารละลาย 1 ล้านส่วน (กรัม) หรือ 106

$$\text{ส่วนในล้านส่วน (ppm)} = \frac{\text{มวลของตัวละลาย (g)}}{\text{มวลของสารละลาย (g)}} * 10^6 \qquad (2.8)$$

ในกรณีที่สารละลายเจือจางมากๆ มวลของสารละลายมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับมวลของตัวทำละลาย ทำให้มวลของสารละลายมีค่าใกล้เคียงกันมากกับมวลของตัวทำละลายจนถือว่าเท่ากันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

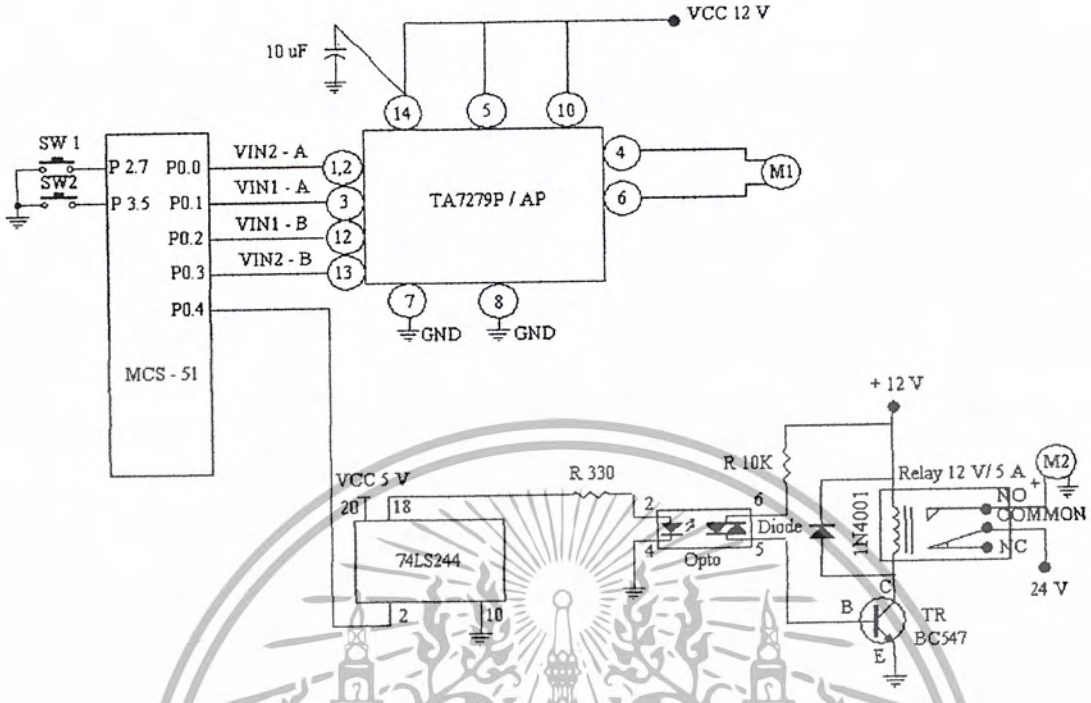
บทที่ 3
การออกแบบวงจร



รูปที่ 3.1 วงจรการเชื่อมต่อ Keypad และ LCD

จากวงจรเป็นการเชื่อมต่อ Keypad และ LCD โดย Keypad ใช้ควบคุมแขนกลและ LCD ใช้แสดงผลการทำงานของแขนกล โดยการต่อของ Keypad เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ กำหนดให้พอร์ต 2.0 – 2.3 เป็นสัญญาณขาเข้าในลักษณะของแถวและพอร์ต 2.4 – 2.6 ขาออกในลักษณะของคอลัมน์โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะสามารถตรวจสอบว่าปุ่มไหนของ Keypad ถูกกดโดยโปรแกรมที่เขียนไว้

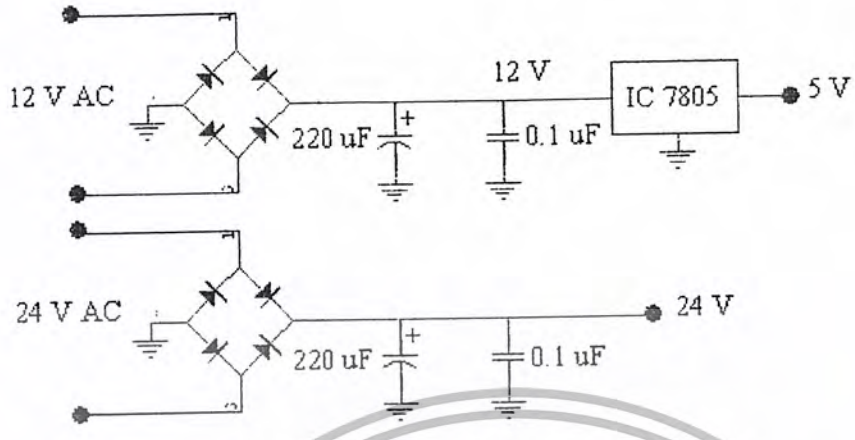
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจรควบคุมมอเตอร์ M1 และ M2

ในส่วน IC TA7279P / AP ใช้ควบคุมมอเตอร์ M1 ในการเลื่อนแขนกลให้เข้าออกจากตู้ โดยเขียนโปรแกรมเซ็ตบิต P0.0 และเคลียร์ P0.1 จะทำให้แขนกลเลื่อนออก และเซ็ตบิต P0.1 และเคลียร์ P0.0 จะทำให้แขนกลเลื่อนเข้า ส่วน P0.4 ใช้ในการควบคุมการทำงานของรีเลย์ โดยรีเลย์มีหน้าที่ในการควบคุมมอเตอร์ M2 เพื่อไปจับกระบอกสูบทำให้แขนกลเขย่าสารเคมีได้ โดยรีเลย์จะอยู่ในสถานะ ON ได้นั้น P0.4 ต้องอยู่ในสถานะเซ็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรเร็กกูเรเตอร์

จากวงจรเป็นวงจรเร็กกูเรเตอร์แบบฟูลเวฟ โดยมีตัวเก็บประจุทำหน้าที่กรองกระแสให้เรียบและทำให้แรงดันมีขนาดมีขนาดคงที่ 5 โวลต์โดย IC 7805

3.1 หลักการทำงานของวงจร

การเริ่มทำงานของแขนกลเขย่าสารเคมีจะทำได้โดยกดคีย์แพดเลขหนึ่งให้แขนกลเลื่อนออกมารับหลอดทดลองซึ่งมีหลักการทำงานคือ เมื่อกดคีย์แพดเลขหนึ่ง P0.0 และ P0.1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีลอจิก 0 และ 1 ไปควบคุม IC TA7279P ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมมอเตอร์หนึ่ง ให้เลื่อนแขนกลออกมารับหลอดทดลองสารเคมีแขนกลจะหยุดเลื่อนออกมาแตะสวิตช์ลิมิตที่หนึ่ง และกดคีย์แพดเลขสอง P0.0 และ P0.1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีลอจิก 1 และ 0 ไปควบคุม IC TA7279P ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมมอเตอร์หนึ่ง ให้เลื่อนแขนกลเลื่อนกลับและหยุดเมื่อแขนกลแตะสวิตช์ลิมิตที่สอง

การเริ่มเขย่าสารเคมีจะทำได้โดย เมื่อทำการกดคีย์แพดเลขสี่จะทำให้ P0.4 มีลอจิกเป็น 1 (5 V) ซึ่ง P0.4 ต่อกับขาที่สองของ IC เบอร์74LS244 ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ แล้วไปเข้าขาที่สองของ IC 6N136 ซึ่งเป็น IC ออปโต้ ทำหน้าที่ ON – OFF คล้ายสวิทช์ เมื่อมีแรงดันมาตกคร่อมที่ขาที่สองและขาที่สามจะทำให้มีกระแสไหลผ่านขาที่เข้ามาทริกขาB ของทรานซิสเตอร์เบอร์ BC547 ทำให้ทรานซิสเตอร์สามารถนำกระแสได้ เป็นผลทำให้รีเลย์ทำงาน ทำให้ขา NO ของรีเลย์นำกระแสไปให้มอเตอร์ทำงานไปขับลูกสูบให้ทำงานเขย่าสารเคมี

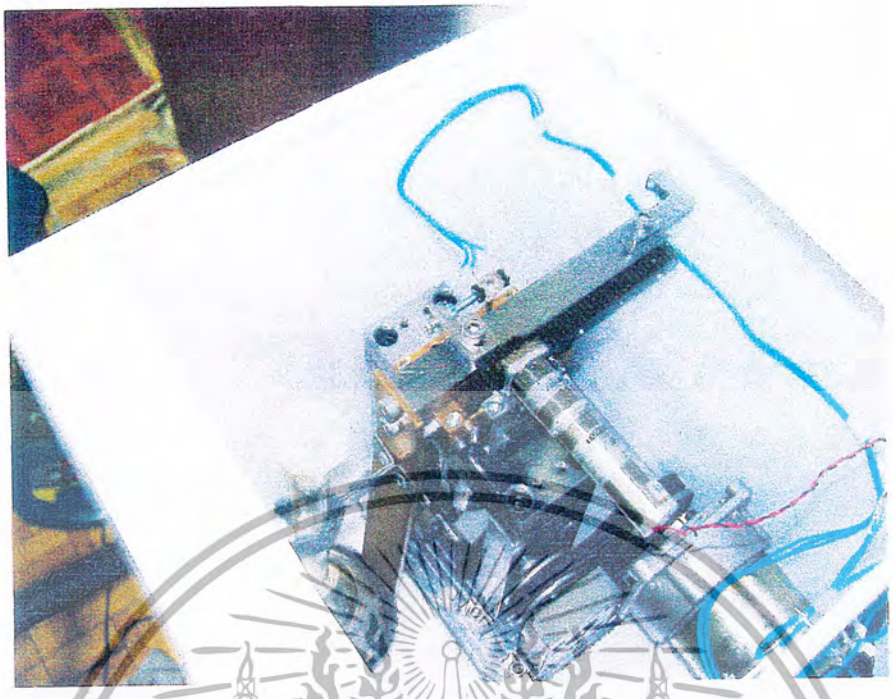
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

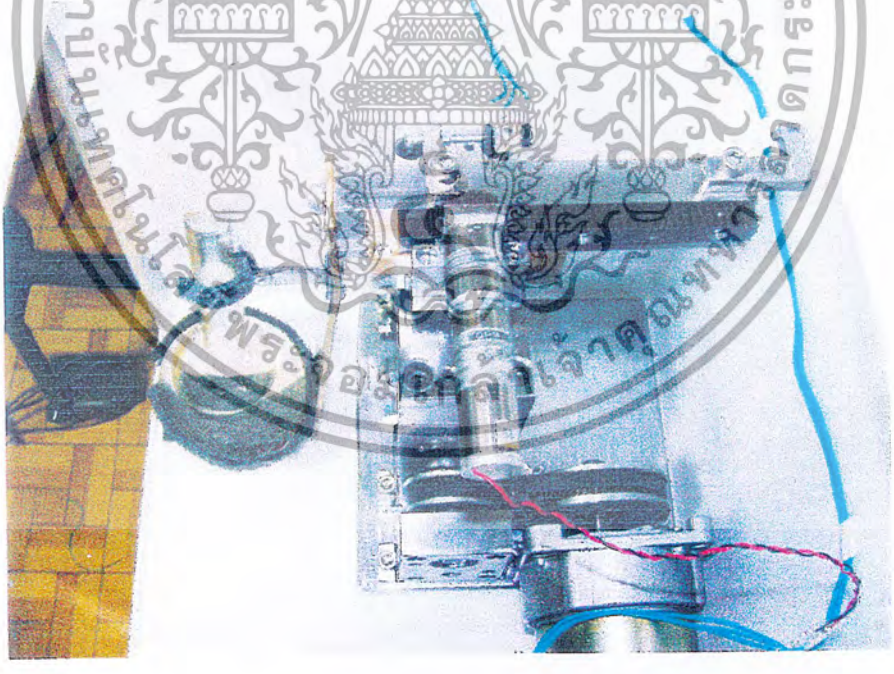
เมื่อต้องการที่จะผสมสารเคมี นำสารเคมีใส่ไว้ในหลอดทดลองแล้วทำการเปิดตู้ แล้วทำการกดปุ่มที่ Keypad เพื่อให้แขนกลยื่นออกมารับหลอดทดลอง โดยมอเตอร์ตัวที่หนึ่งจะหมุนเฟือง G1 ไปขับลาง G 4 ให้เลื่อนออกมา เมื่อนำหลอดทดลองมาวางที่ส่วนของแขนกลที่ยื่นออกมารับหลอดทดลองที่ใส่สารเคมี แล้วทำการสั่งงานให้แขนกลที่จับหลอดทดลอง เลื่อนกลับ โดยมอเตอร์ตัวที่หนึ่งจะหมุนเฟือง G 1 ขับลาง G 4 ให้เลื่อนกลับเข้าไปยังตำแหน่งที่พร้อมจะทำการเขย่าสารเคมี จากนั้นปิดตู้แล้วทำการสั่งงานโดยการกด Keypad สั่งการทำงานให้มอเตอร์ไปหมุนลูกสูบ โดยมอเตอร์ตัวที่สองจะหมุนเฟือง G 3 ขับสายพานไปหมุนเฟือง G 2 ทำให้ก้านโยก SW 1 ไปขับลูกสูบ ทำให้ลูกสูบมีการเคลื่อนที่ ตามแนวดิ่งที่ได้ออกแบบไว้ สารเคมีที่อยู่ในหลอดทดลองจะถูกผสมเข้าด้วยกัน ตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นเมื่อทำการผสมสารเคมีได้สัดส่วนแล้วก็ทำการหยุดการเขย่าสารเคมีโดยกดปุ่มที่ Keypad เพื่อจะสั่งการทำงานให้มอเตอร์ตัวที่สองหยุดหมุนเฟือง G 3 ทำให้ก้านโยก SW 1 หยุดการเคลื่อนที่ในการขับลูกสูบ จากนั้นทำการเปิดตู้แล้วกดปุ่มที่Keypad เพื่อให้แขนกลยื่นออกมาจากตู้โดยมอเตอร์ตัวที่หนึ่งและนำหลอดสารเคมีออกมา พบว่าสารเคมีผสมเข้ากันได้ดีโดยจะแสดงสถานะการทำงานผ่านทาง LCD

รูปที่ 4.1 แขนกลเขย่าสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แขนกลเขย่าสารเคมีจากด้านใน



รูปที่ 4.3 แขนกลเขย่าสารเคมีจากด้านใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การทดลองผลที่ได้จากการเขย่าสารเคมี

จากการทดลองผสมสารเคมีนั้นจะใช้การผสมสารเคมีเพื่อให้เกิดไบโอดีเซลมีส่วนประกอบของสารดังนี้

น้ำมันปาล์ม + เมทานอล = ไบโอดีเซล + กลีเซอรีน

รูปที่ 4.4 น้ำมันปาล์มผสมกับเมทานอล

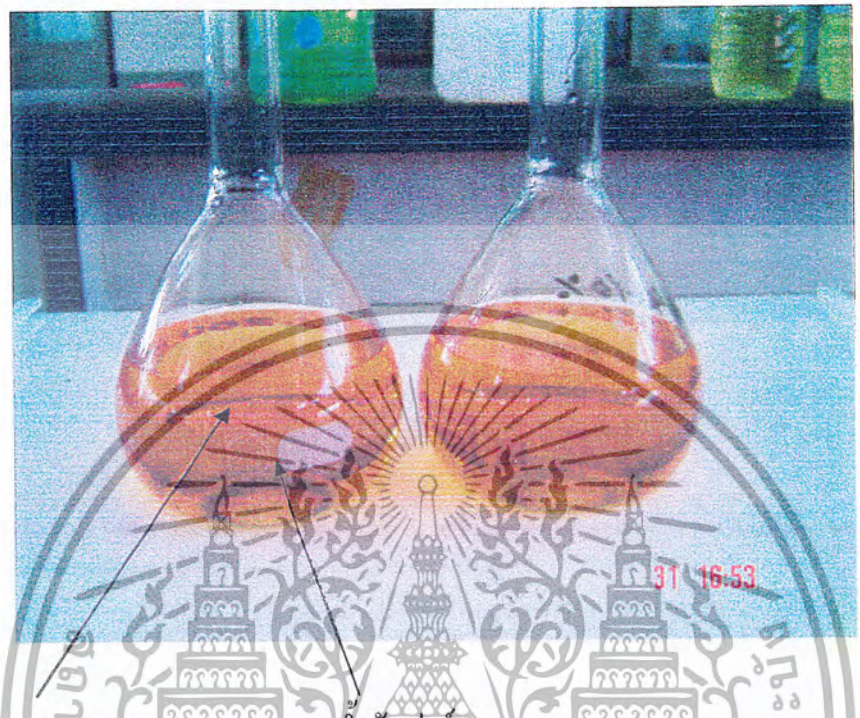
การทดลองนั้นเราจะใช้ การเขย่าแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

1. เขย่าด้วยแขนกลเขย่าสารเคมี
2. เขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารเคมี
3. เขย่าด้วยมือ

โดยจะเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการเขย่าทั้ง 3 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าหลังจากเทสารทั้งสองชนิดรวมกันจะเห็นว่า น้ำมันปาล์มจะอยู่ด้านล่างเพราะมีมวลมากกว่า และเมทานอลจะลอยอยู่ด้านบน



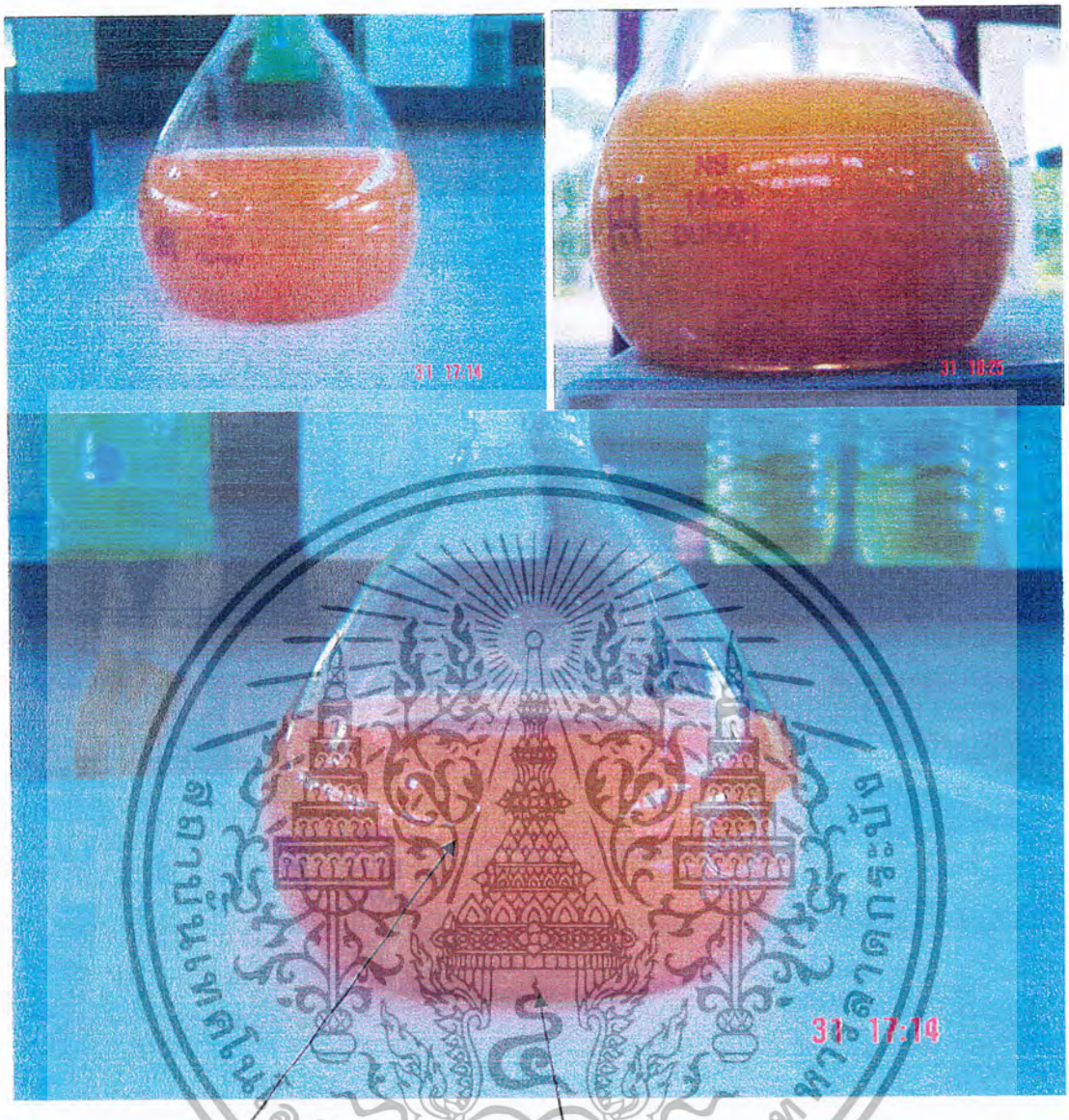
รูปที่ 4.5 สารทั้งสองชนิดในขวดปริมาตร

การทำไบโอดีเซล

นำสารละลายที่ผสมได้มาเขย่าทั้ง 3 แบบ โดยเปรียบเทียบว่าแบบใดทำปฏิกิริยาได้ดีกว่ากัน โดยจะแบ่งช่วงเวลาในการเขย่าสารเคมีเป็น 3 ช่วงคือ 5 นาที ,10 นาที และ 15 นาที

หลังจากการเขย่าสารเคมีทั้งสองตัว โดยเขย่าแบบใช้แขนกลเขย่าสารเคมีจะพบว่าการทำปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นพอสมควรเมื่อเขย่าไปได้ 5 นาทที จะเห็นความแตกต่างจากที่เขย่าสารเคมีด้วยมือ แต่ต้องตั้งทิ้งไว้สักครู่หนึ่งจึงจะเห็นปฏิกิริยาการเกิดไบโอดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



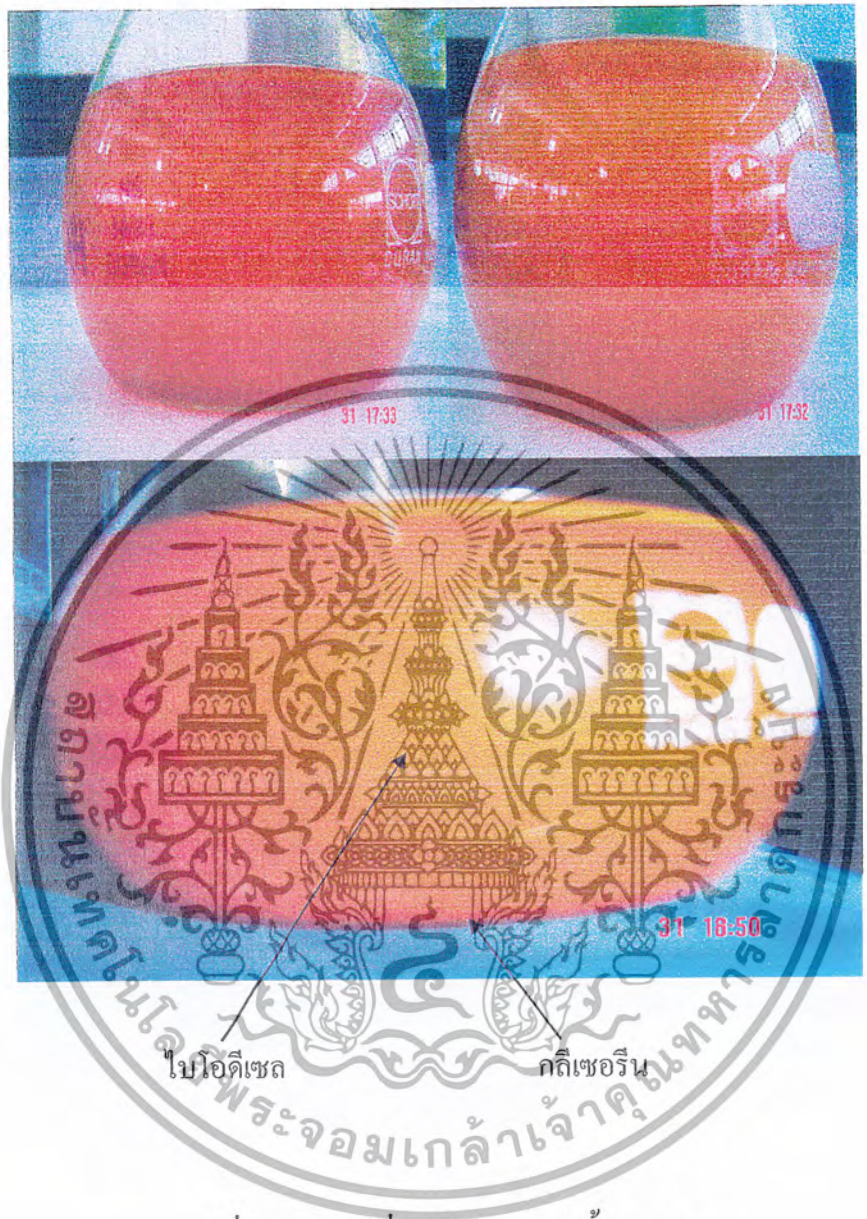
รูปที่ 4.6 สารเคมีที่เขย่าได้ 5 นาที ทั้ง 3 แบบ

จากรูปบนทางซ้ายจะเป็นการเขย่าสารเคมีด้วยแขนกลเขย่าสารเคมี และรูปบนทางขวาจะเป็นเขย่าสารเคมีด้วยมือ รูปล่างสุดจะเป็นการเขย่าสารเคมีด้วยเครื่องเขย่าสารเคมี หลังจากทำการเขย่าสารเคมีทั้ง 3 แบบด้วยเวลา 5 นาทีเท่าๆกัน จะพบว่าสารเคมีที่เขย่าด้วยมือจะมีปฏิกิริยาทางเคมีน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการ เขย่าสารเคมีด้วยเครื่องเขย่าสารเคมี และแขนกลเขย่าสารเคมี

การดูการเกิดไบโอดีเซลนั้นสังเกตได้จากการแยกชั้นกันของไบโอดีเซลและกลีเซอรีน สารไบโอดีเซลนั้นจะเป็นชั้นอยู่ข้างบนส่วนกลีเซอรีนจะตกตะกอนอยู่ด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองเขย่าสารเคมี 10 นาที

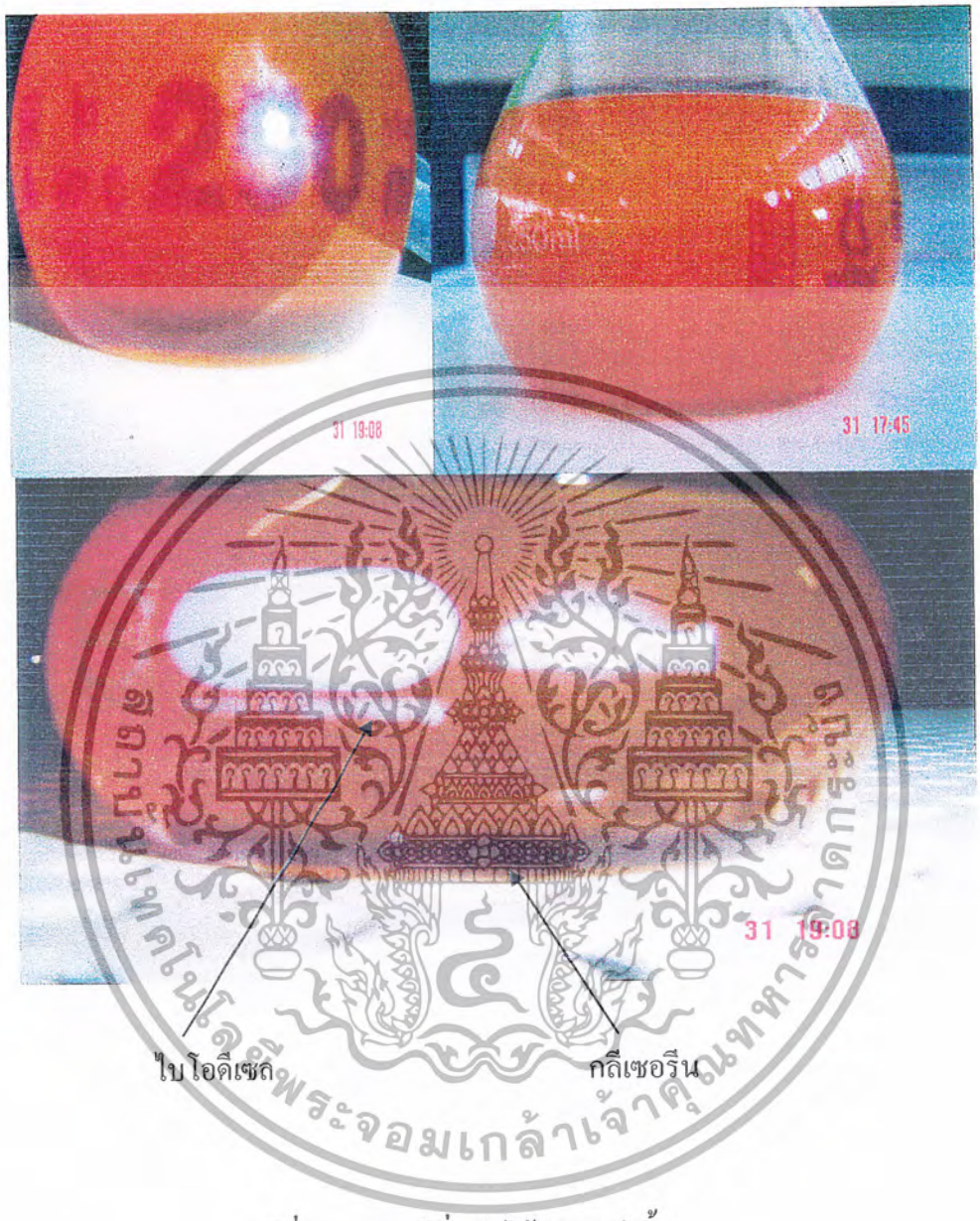


รูปที่ 4.7 สารเคมีที่เขย่าได้ 10 นาที ทั้ง 3 แบบ

จากรูปบนซ้ายเป็นรูปเป็นการเขย่าสารเคมีด้วยแขนกลเขย่าสารเคมีรูปบนขวาเป็นการเขย่าสารเคมีด้วยมือ รูปด้านล่างเป็นการเขย่าสารเคมีด้วยเครื่องเขย่าสารเคมี หลังจากทดลองเขย่าสารเคมีได้ 10 นาที จะพบว่าการเกิดปฏิกิริยาของไบโอดีเซล และแขนกลเขย่าสารเคมี จะเกิดไบโอดีเซลมากกว่า เขย่าสารเคมีด้วยมือและเกิดปฏิกิริยามากกว่าเครื่องเขย่าสารเคมีเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองเขย่าสารเคมี 15 นาที



รูปที่ 4.8 สารเคมีที่เขย่าได้ 15 นาที ทั้ง 3 แบบ

จากรูปบนซ้ายเป็นรูปเป็นการเขย่าสารเคมีด้วยแขนกลเขย่าสารเคมีรูปบนขวาเป็นการเขย่าสารเคมีด้วยมือ รูปด้านล่างเป็นการเขย่าสารเคมีด้วยเครื่องเขย่าสารเคมี หลังจากทดลองเขย่าสารเคมีได้ 15 นาทีและตั้งทิ้งไว้จะพบว่าการเกิดไบโอดีเซลที่ดูจากการตกตะกอนของกลีเซอรีน จะพบว่าการเกิดไบโอดีเซลของแขนกลเขย่าสารเคมีจะมากกว่าการเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารเคมีและการเขย่าสารเคมีด้วยมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทำงานของแขนกลเขย่าสารเคมีที่มีการควบคุมการทำงานโดยผ่านทางKeypadโดยสามารถควบคุมการเลื่อนเข้าออกของแขนกลและบังคับให้แขนกลสามารถเขย่าสารเคมีได้โดยเมื่อนำสารที่ทำละลายมาผสมกับสารที่ถูกทำละลายในหลอดทดลองแล้วนำมาใส่ในเครื่องเขย่าสารเคมีแล้วทำการเขย่าสารเคมี จะพบว่าสารเคมีที่ถูกทำการเขย่าจะผสมเข้ากันได้อย่างดีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเวลาในการเขย่าของสารเคมีแต่ละชนิดเพราะสารเคมีแต่ละชนิดมีเวลาในการละลายไม่เท่ากันและสารเคมีบางชนิดไม่สามารถที่จะสัมผัสโดยตรงได้ ผู้ปฏิบัติงานจึงควรศึกษาให้ดีก่อนมิฉะนั้นอาจเป็นอันตรายต่อการปฏิบัติงานได้

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น

จากการทำงานจะพบปัญหาเรื่อง แรงบิดของมอเตอร์เนื่องจากต้องใช้มอเตอร์ทดกำลังมากเพื่อที่จะมีแรงขับเคลื่อนลูกสูบในตอนเริ่ม Start และสามารถที่จะเขย่าสารเคมีได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากแขนกลเขย่าสารเคมีมีการตั้งเวลาแบบเป็นช่วงๆ เช่น 5 นาที 10 นาที 20 นาที ควรปรับปรุงเป็นแบบกำหนดเอง และแขนกลเขย่าสารเคมีนั้นสามารถจับขวดปริมาตรได้เพียงขนาดเดียวคือ 250 ml ควรเปลี่ยนเป็นจับขวดปริมาตรขนาดเท่าใดก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล,ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แบบเฟลช, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพ,2539

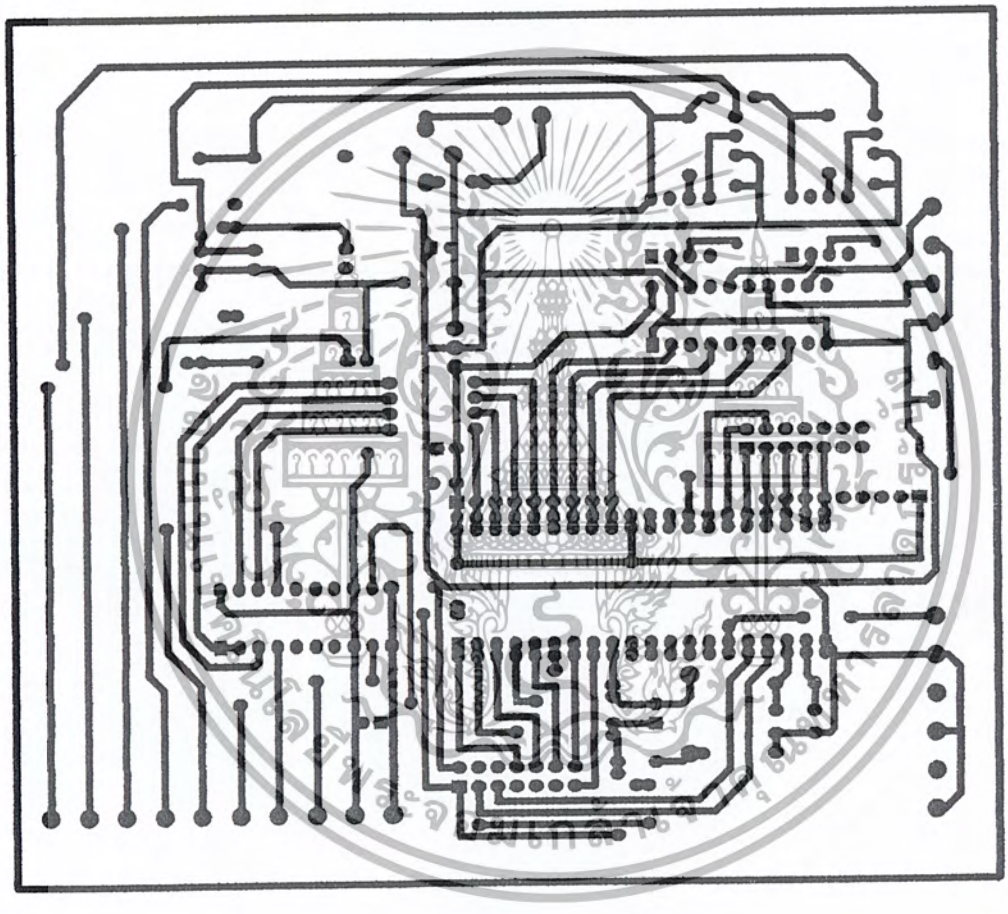
2.ไชชาญหินเกิด,เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง,พิมพ์ครั้งที่2,กรุงเทพ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น) ,2543

3. ผศ.ศุภชัย สุรินทร์วงศ์ เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง 1 ตอน 2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น),2541

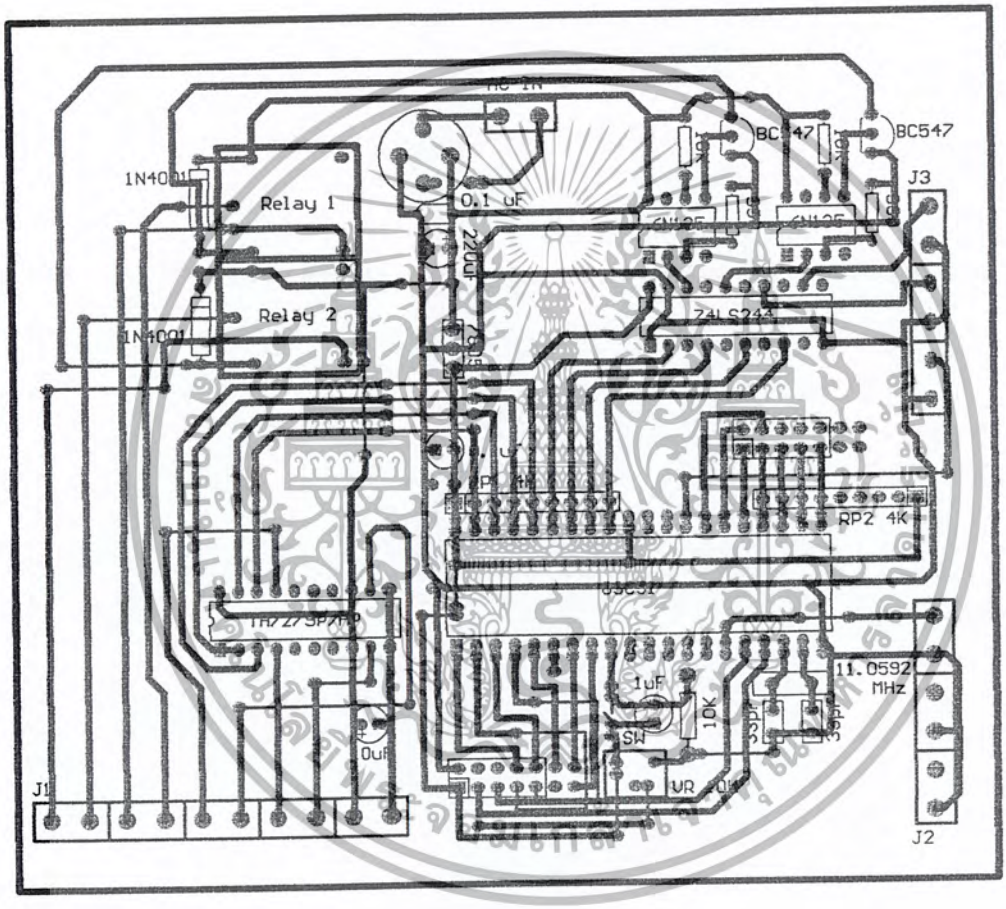
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H	HANDLING	BRASS		1
DO	DOWEL			16
SC	SCREW			29
BE	BEARING			5
P	PIN			1
G5	GEAR	S50-C		1
G4	GEAR	S50-C		1
G3	GEAR	S50-C		1
G2	GEAR	S50-C		1
G1	GEAR	S50-C		1
SL	SLIDE	S50-C		1
SW2	SWING ARM	S50-C		2
SW1	SWING ARM	S50-C		1
CO2	COLUMN	S50-C		1
CO1	COLUMN	S50-C		2
B7	BASE	S50-C		1
B6	BASE	S50-C		1
B5	BASE	S50-C		1
B4	BASE	S50-C		1
B3	BASE	S50-C		1
B2	BASE	S50-C		2
B1	BASE	S50-C		1
M2	MOTOR			1
M1	MOTOR			1
No.	NAME OF PLATE	MATERIAL & SIZE	HRC	Q'TY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DESIGNER		ISO A	METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
DRAWING BY			
ENGINEER			
DATE		SCALE	ITEM NO.

FILE
JOB NUMBER
PRODUCT NUMBER
NUMBER OF SHEET

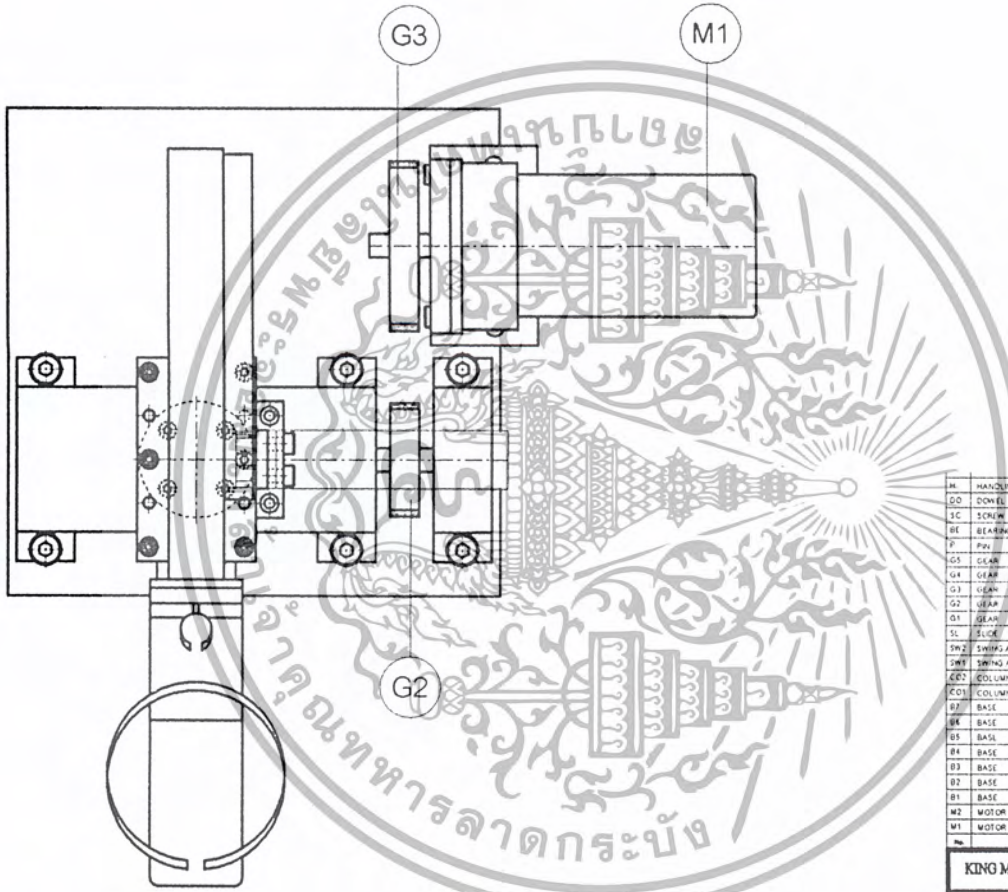
No.	NAME OF PLATE	MATERIAL & SIZE	HRC	Q'TY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DESIGNER		ISO A	METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
DRAWING BY			
ENGINEER			
DATE		SCALE	ITEM NO.

FILE
JOB NUMBER
PRODUCT NUMBER
NUMBER OF SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

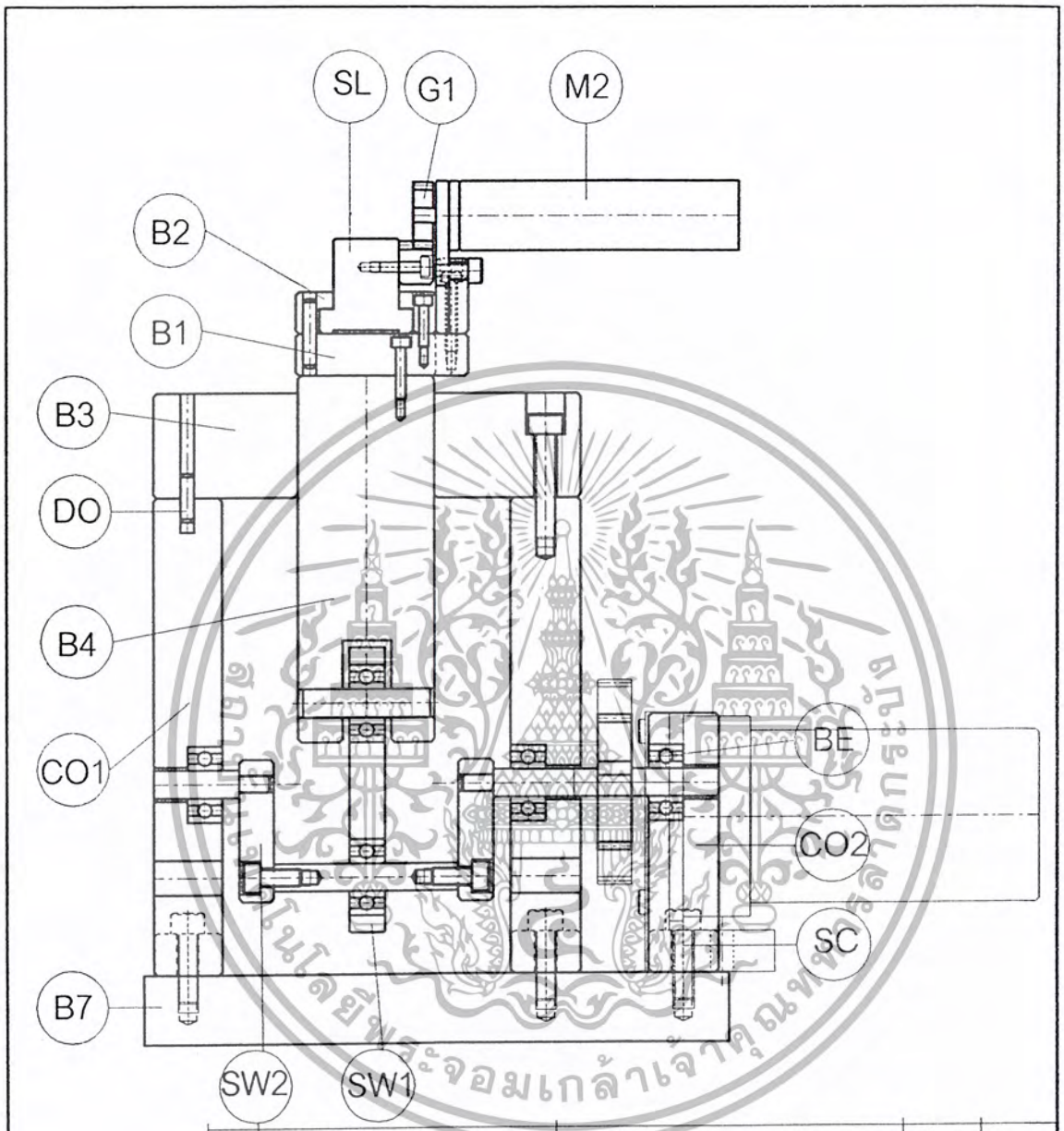


No.	NAME OF PLATE	MATERIAL & SIZE	MFG	QTY
HA	HANDLING	BRASS		1
DO	DOWEL			16
SC	SCREW			24
BE	BEARING			4
P	PIN			1
G5	GEAR	S50C		1
G4	GEAR	S50C		1
G3	GEAR	S50C		1
G2	GEAR	S50C		1
G1	GEAR	S50C		1
SL	SLIDE	S50C		1
SW2	SWING ARM	S50C		2
SW1	SWING ARM	S50C		1
CO3	COLUMN	S50C		1
CO1	COLUMN	S50C		2
B7	BASE	S50C		1
B6	BASE	S50C		1
B5	BASE	S50C		1
B4	BASE	S50C		1
B3	BASE	S50C		1
B2	BASE	S50C		2
B1	BASE	S50C		1
M2	MOTOR			1
M1	MOTOR			1

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DESIGNER		ISO A	METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	JOB NUMBER
DRAWING BY				DRAWING NUMBER
ENGINEER		SCALE	REV NO.	NUMBER OF SHEET
DATE				

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

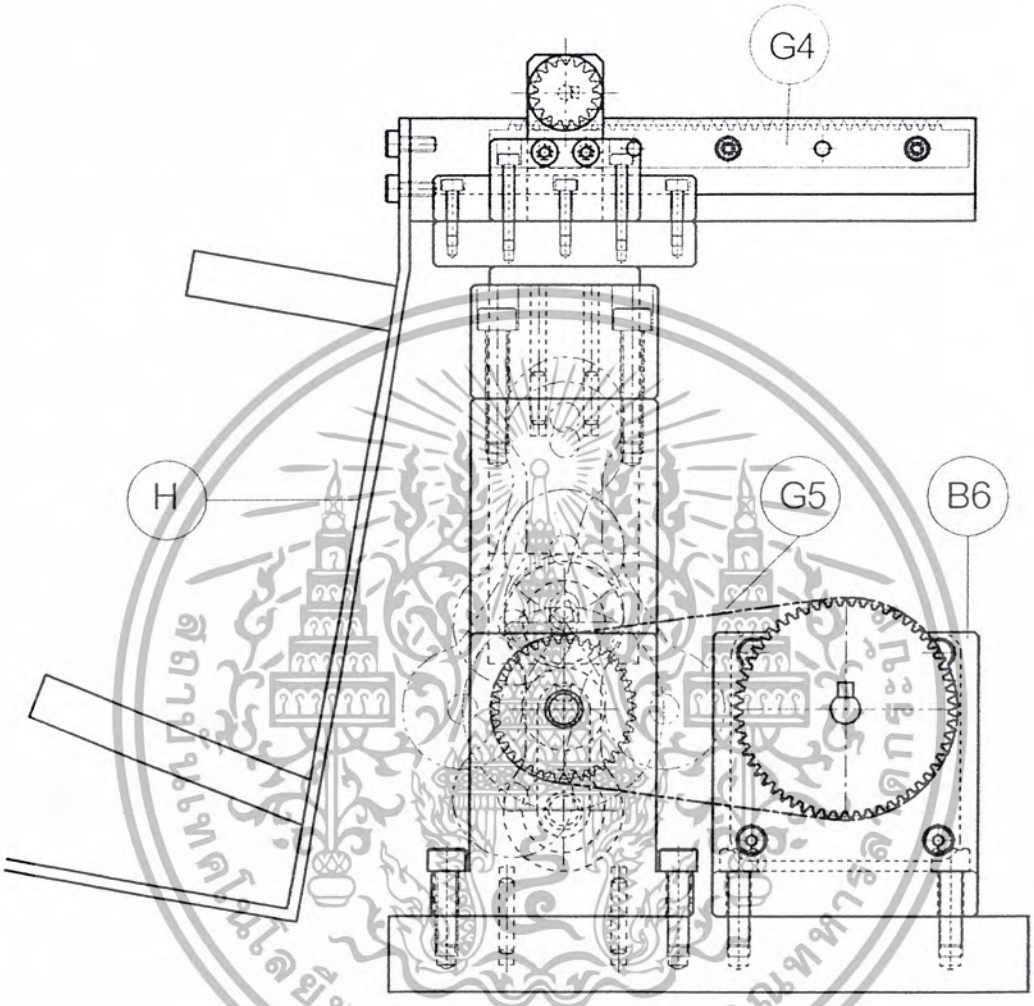


No.	NAME OF PLATE	MATERIAL & SIZE	HRC	Q'TY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DESIGNER		ISO A	METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	FILE
DRAWING BY				JOB NUMBER
ENGINEER				PRODUCT NUMBER
DATE		SCALE	ITEM NO.	NUMBER OF SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

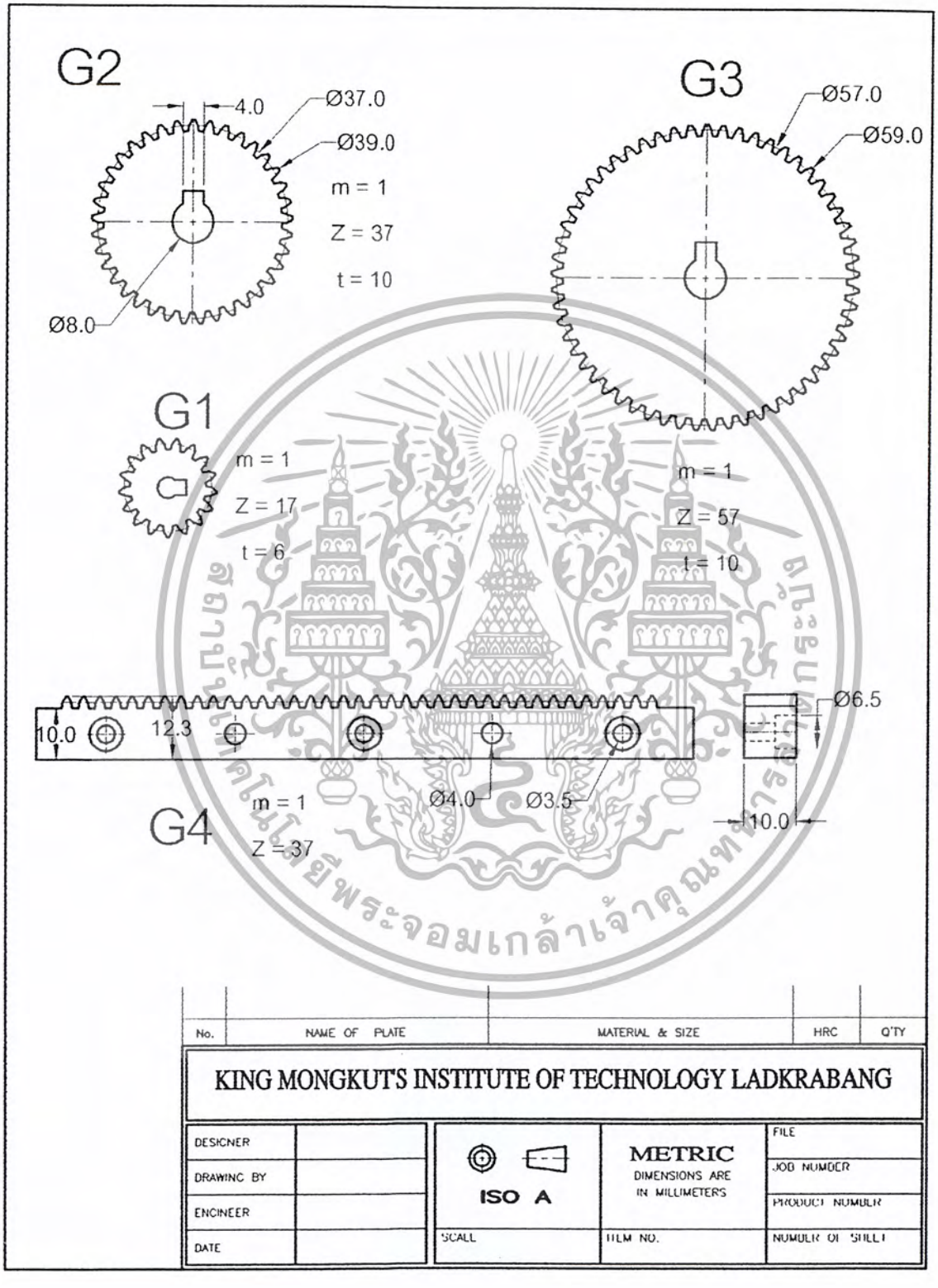


No.	NAME OF PLATE	MATERIAL & SIZE	HRC	Q'TY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DESIGNER		ISO A	METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	FILE
DRAWING BY				JOB NUMBER
ENGINEER				PRODUCT NUMBER
DATE		SCALE	ITEM NO.	NUMBER OF SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

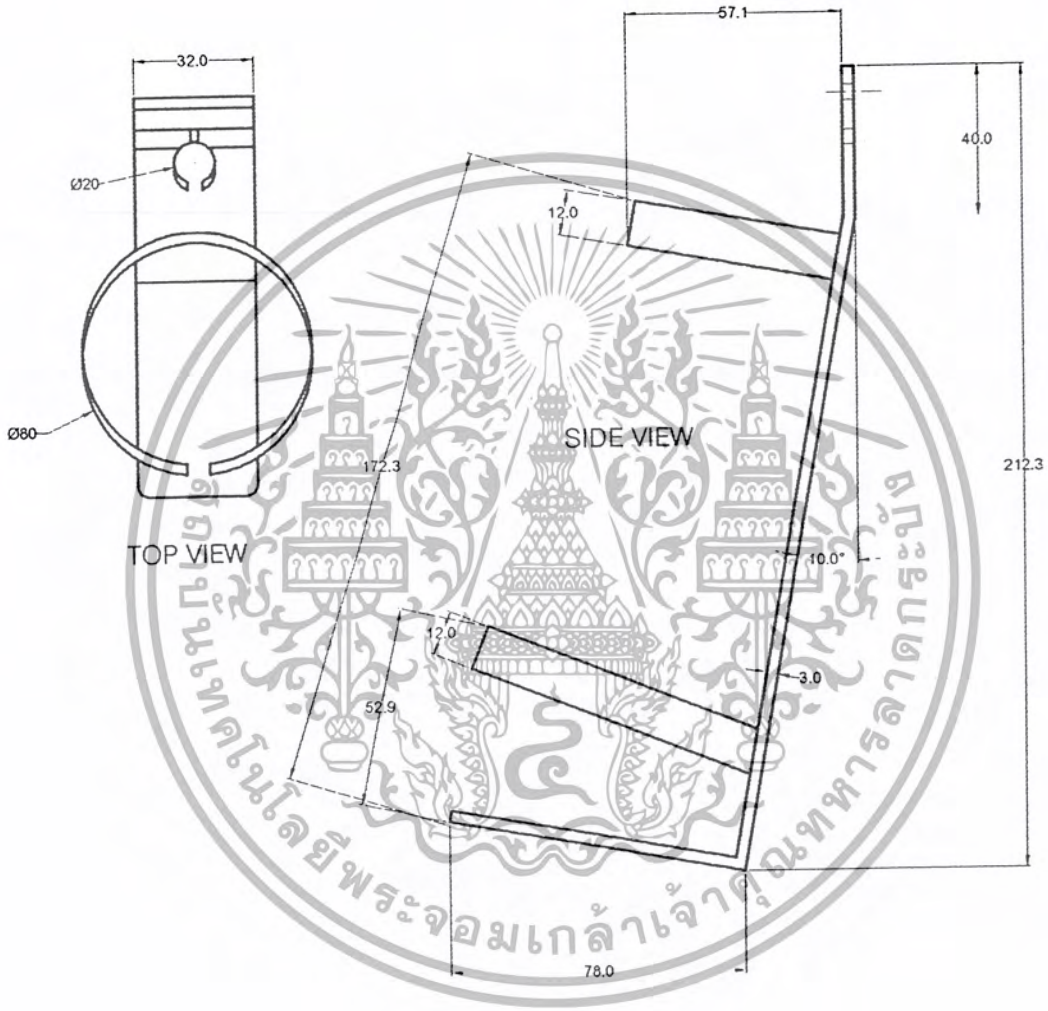


No.	NAME OF PLATE	MATERIAL & SIZE	HRC	Q'TY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DESIGNER		ISO A	METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	FILE
DRAWING BY				JOB NUMBER
ENGINEER				PRODUCT NUMBER
DATE		SCALE	FILM NO.	NUMBER OF SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



No.	NAME OF PLATE	MATERIAL & SIZE	HRC	Q'TY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DESIGNER		ISO A	METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	FILE
DRAWING BY				JOB NUMBER
ENGINEER				PRODUCT NUMBER
DATE		SCALE	ITEM NO.	NUMBER OF SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CO2

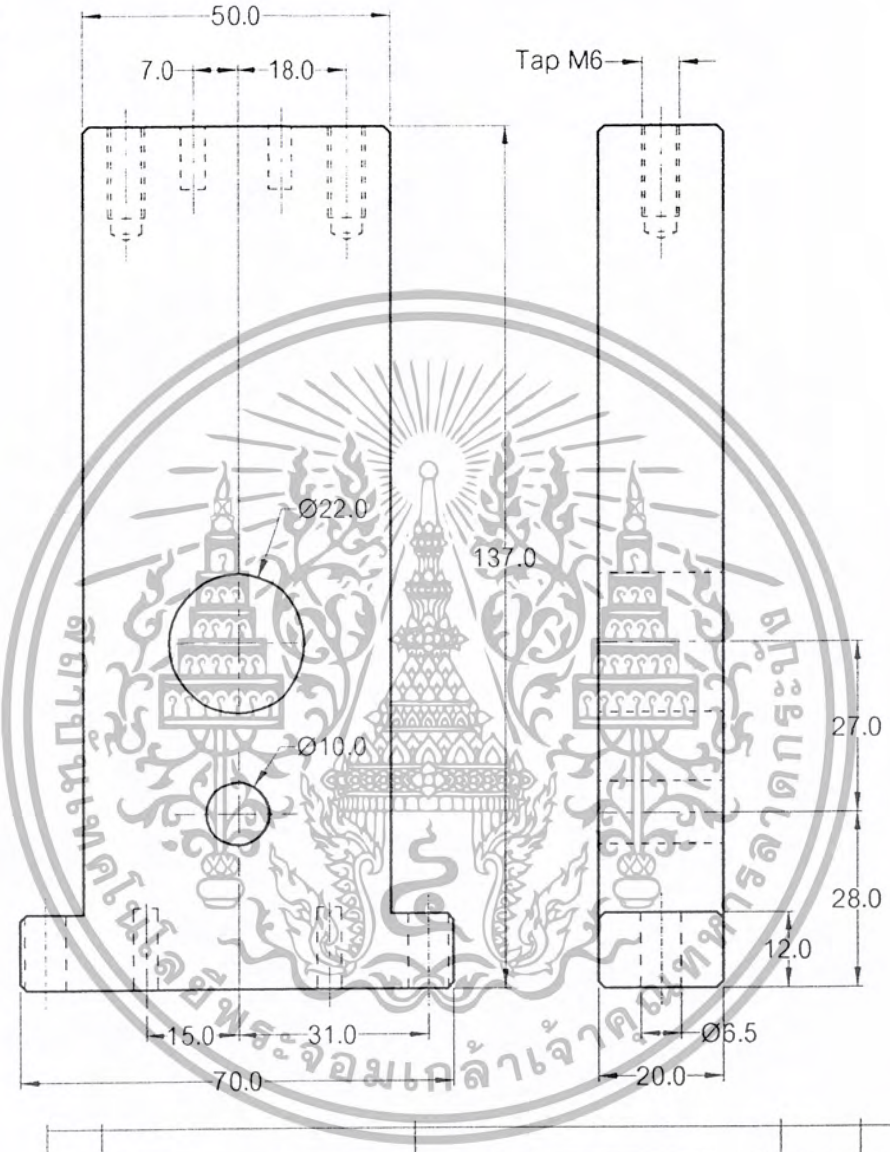
No.	NAME OF PLATE	MATERIAL & SIZE	HRC	Q'TY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DESIGNER		ISO A	METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	FILE
DRAWING BY				JOB NUMBER
ENGINEER				PRODUCT NUMBER
DATE		SCALE	ITEM NO.	NUMBER OF SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CO1



No.	NAME OF PLATE	MATERIAL & SIZE	HRC	Q'TY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DESIGNER		ISO A	METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	FILE
DRAWING BY				JOB NUMBER
ENGINEER				PRODUCT NUMBER
DATE		SCALE	ITEM NO.	NUMBER OF SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SL

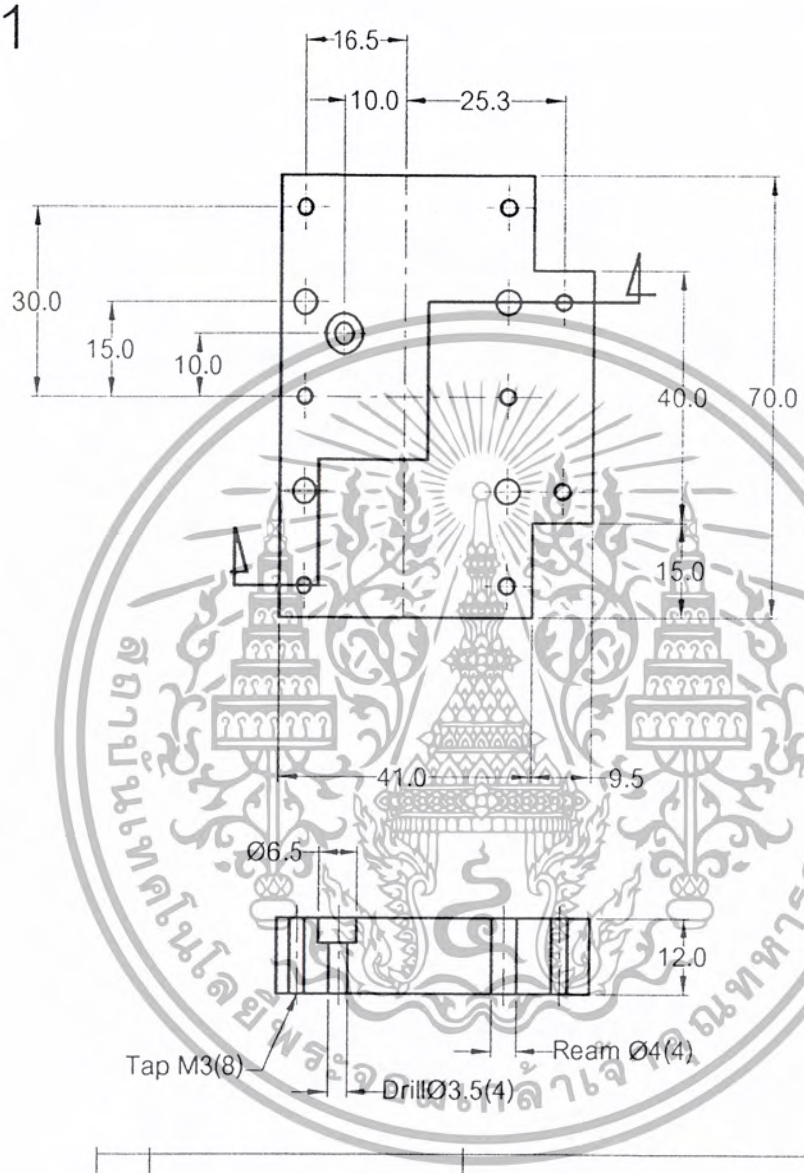
No.	NAME OF PLATE	MATERIAL & SIZE	HRC	Q'TY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DESIGNER		ISO A	METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	FILE
DRAWING BY				JOB NUMBER
ENGINEER				PRODUCT NUMBER
DATE		SCALE	ITEM NO.	NUMBER OF SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B1



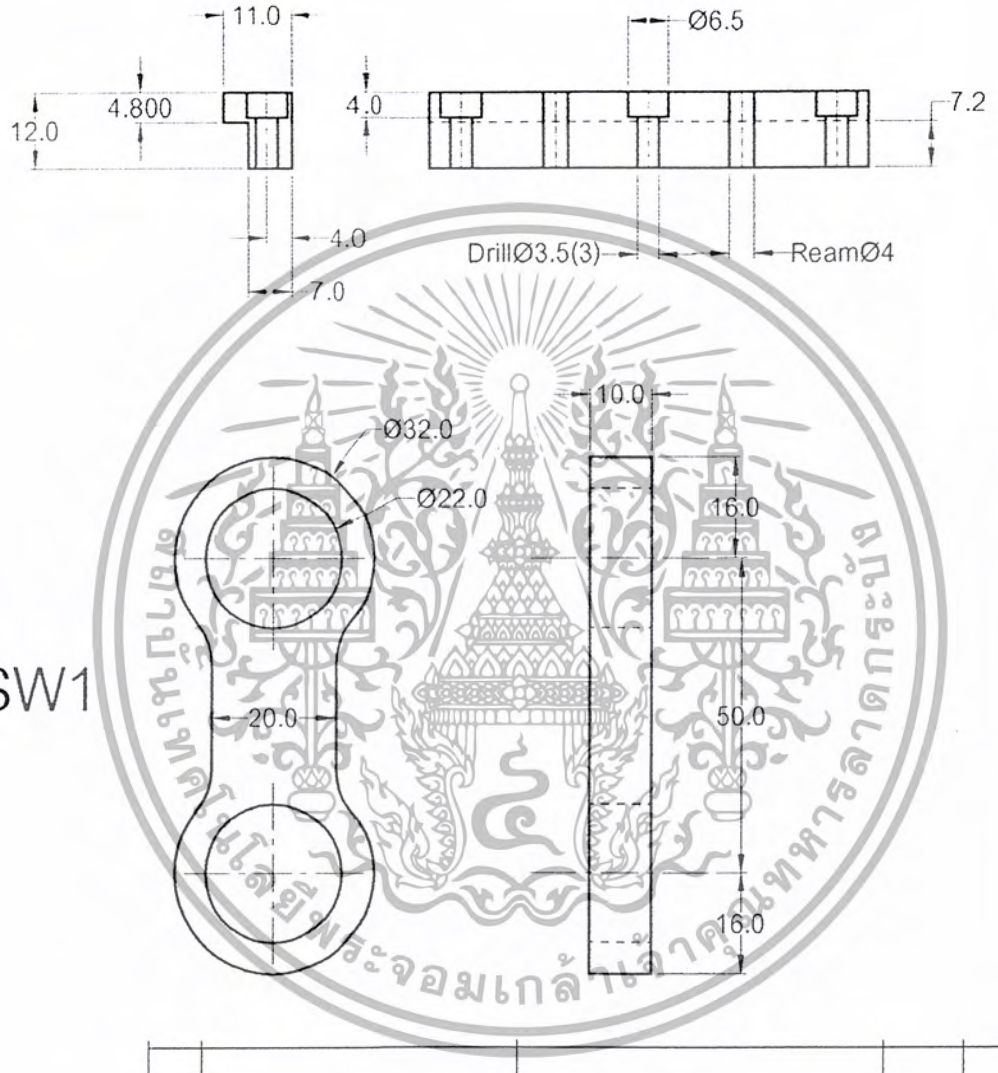
No.	NAME OF PLATE	MATERIAL & SIZE	HRC	Q'TY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DESIGNER		ISO A	METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	FILE
DRAWING BY				JOB NUMBER
ENGINEER				PRODUCT NUMBER
DATE		SCALE	ITEM NO.	NUMBER OF SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B2



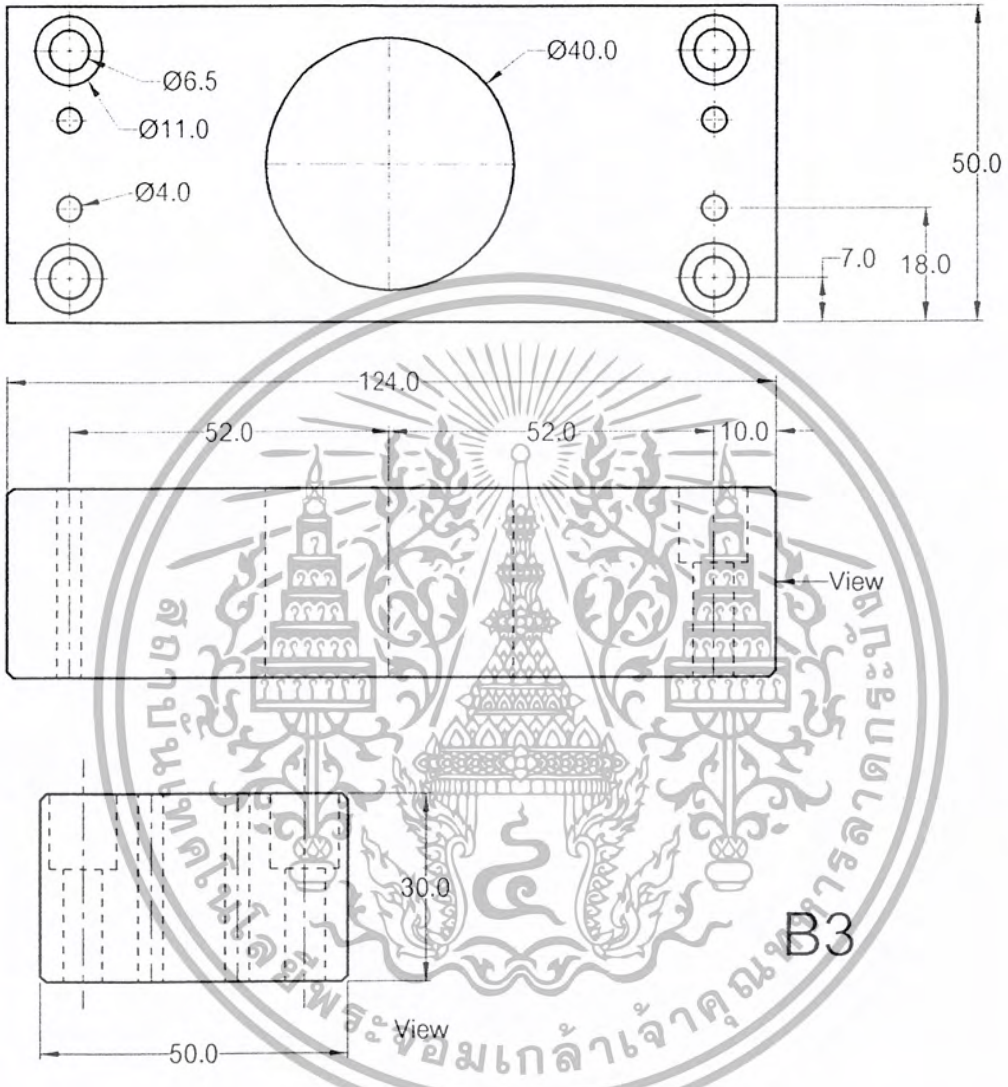
SW1

No.	NAME OF PLATE	MATERIAL & SIZE	HRC	Q'TY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DESIGNER		ISO A	METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	FILE
DRAWING BY				JOB NUMBER
ENGINEER				PRODUCT NUMBER
DATE		SCALE	ITEM NO.	NUMBER OF SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



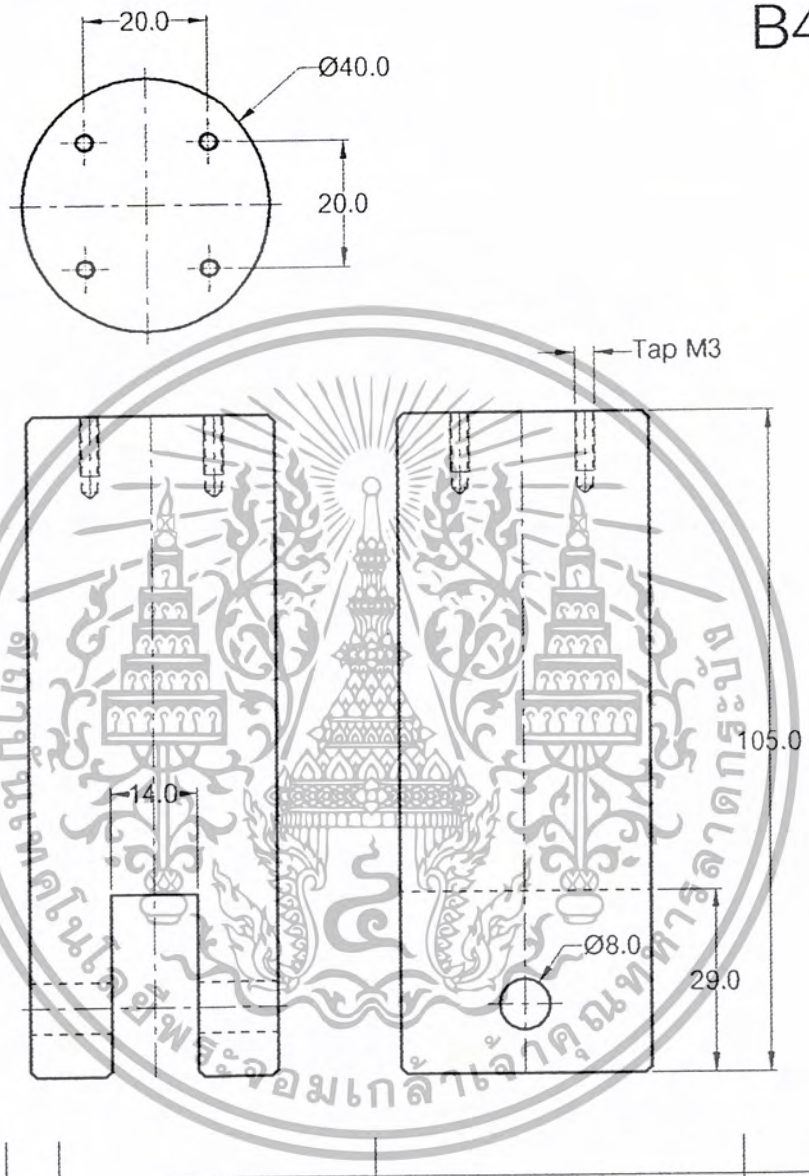
No.	NAME OF PLATE	MATERIAL & SIZE	HRC	Q'TY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DESIGNER		ISO A	METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	FILE
DRAWING BY				JOB NUMBER
ENGINEER				PRODUCT NUMBER
DATE		SCALE	ITEM NO.	NUMBER OF SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B4

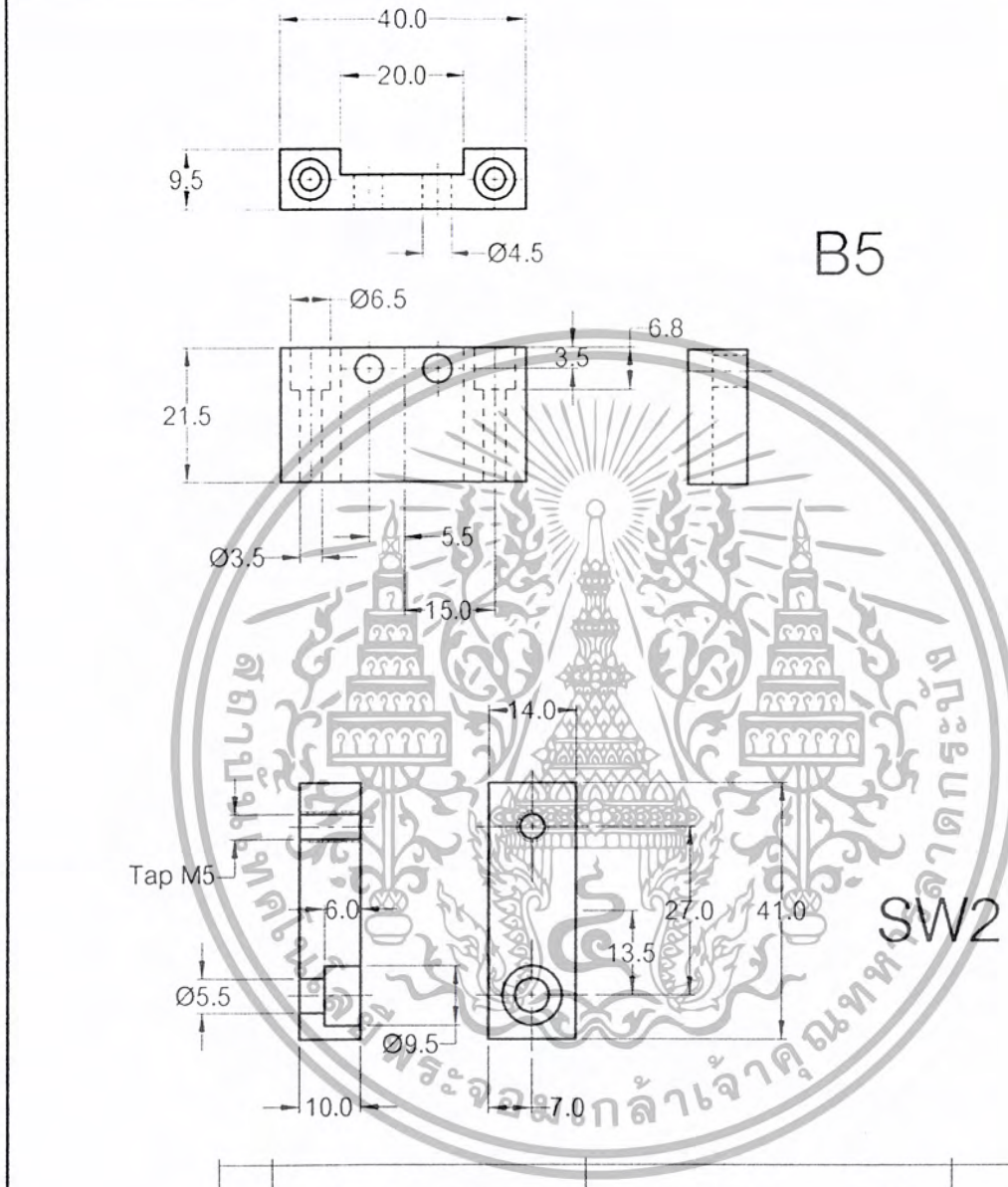


No.	NAME OF PLATE	MATERIAL & SIZE	HRC	Q'TY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DESIGNER		ISO A	METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	FILE
DRAWING BY				JOB NUMBER
ENGINEER				PRODUCT NUMBER
DATE		SCALL	FILM NO.	NUMBER OF SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



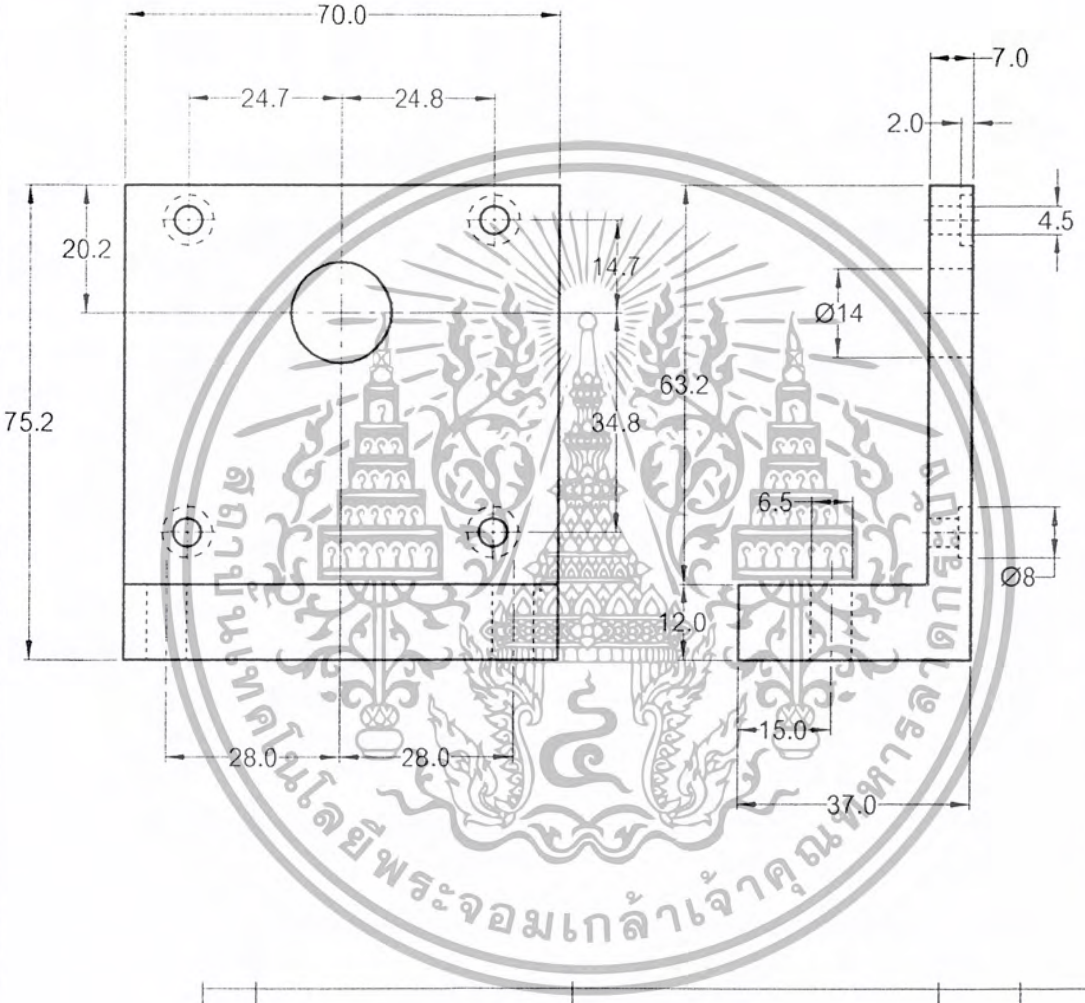
No.	NAME OF PLATE	MATERIAL & SIZE	HRC	Q'TY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DESIGNER		ISO A	METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	FILE
DRAWING BY				JOB NUMBER
ENGINEER				PRODUCT NUMBER
DATE		SCALE	ITEM NO.	NUMBER OF SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B6

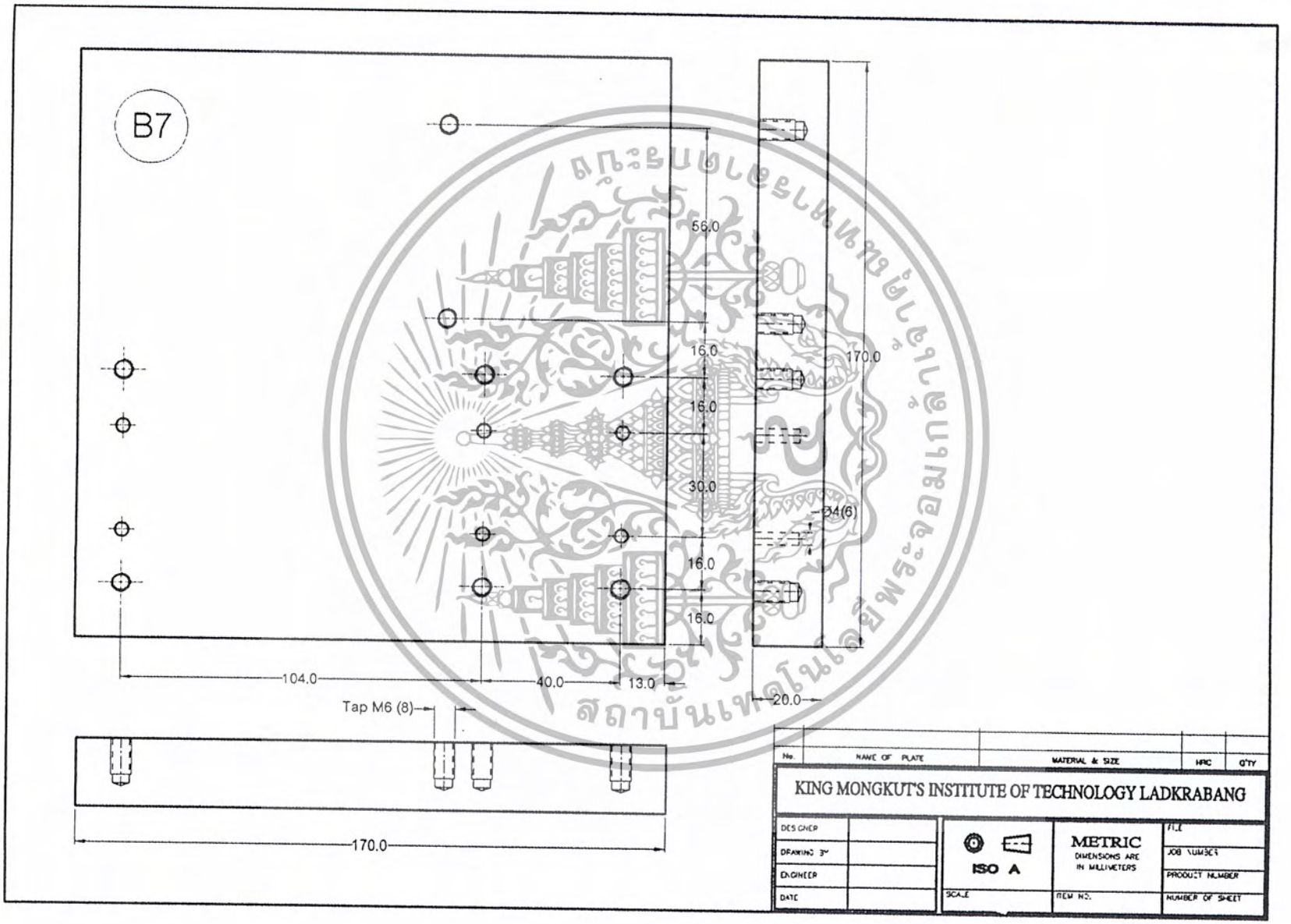


No.	NAME OF PLATE	MATERIAL & SIZE	HRC	Q'TY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

DESIGNER		ISO A	METRIC DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS	FILE
DRAWING BY				JOB NUMBER
ENGINEER				PRODUCT NUMBER
DATE		SCALE	ITEM NO.	NUMBER OF SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------------------------------------------------
; Define Port&Pin Name
;-------------------------------------------------------------------
LCD_EN      BIT   P3.6    ; LCD Module Enable (Active High : Level)
LCD_RS      BIT   P3.7    ; LCD Module Register Select
;-----------------------------------------
 ;KEYPAD
;-----------------------------------------
K_ROW0      BIT   P2.0
K_ROW1      BIT   P2.1
K_ROW2      BIT   P2.2
K_ROW3      BIT   P2.3
K_COL2      BIT   P2.4
K_COL1      BIT   P2.5
K_COL0      BIT   P2.6

;-------------------------------------------------------------------
; Define User Register
;-------------------------------------------------------------------
LCD_ADDR    EQU   030H  ; For keep LCD Address
LCD_DATA    EQU   031H  ; For keep LCD Data
KPAD_DATA   EQU   032H
;-------------------------------------------------------------------
; Main Program.
;-------------------------------------------------------------------

            ORG     0000H           ; Reset Vector
            MOV     P1,#00000000B   ; Clear Databus
            CLR     LCD_EN          ; Clear LCD Enable
            CLR     LCD_RS          ; Clear LCD RS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     P2,#11111111B
                CLR     P0.4
                CLR     P0.2
                CLR     P0.3
                SETB    P2.7
                SETB    P3.5
DOMAIN:         ACALL   GET_KPAD
                MOV     A,KPAD_DATA
                CJNE    A,#01,DOMAIN1
                JNB     P3.5,DOMAIN
                SETB    P0.4
                ACALL   START
                LJMP    DOMAIN
DOMAIN1:        CJNE    A,#02,DOMAIN2
                CLR     P0.4
                ACALL   STOP
                LJMP    DOMAIN
DOMAIN2:        CJNE    A,#03,DOMAIN3
                JB      P0.4,DOMAIN
                ACALL   SLIDE_OUT
PEE1:           SETB    P0.2
                CLR     P0.3
                JB      P3.5,PEE1
                CLR     P0.2
                CLR     P0.3
                LJMP    DOMAIN
DOMAIN3:        CJNE    A,#04,DOMAIN4
                JB      P0.4,DOMAIN
                ACALL   SLIDE_IN
PEE2:           CLR     P0.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            SETB    P0.3
            JB      P2.7,PEE2
            CLR     P0.2
            CLR     P0.3
            LJMP    DOMAIN

DOMAIN4:    CJNE    A,#05,DOMAIN5
            JNB     P3.5,DOMAIN
            SETB    P0.4
            ACALL   TWO_minute
            ACALL   DELAY_2m
            CLR     P0.4
            ACALL   STOP
            LJMP    DOMAIN

DOMAIN5:    CJNE    A,#06,DOMAIN6
            JNB     P3.5,DOMAIN
            SETB    P0.4
            ACALL   FIVE_minute
            ACALL   DELAY_5m
            CLR     P0.4
            ACALL   STOP
            LJMP    DOMAIN

DOMAIN6:    CJNE    A,#07,DOMAIN7
            JNB     P3.5,DOMAIN
            SETB    P0.4
            ACALL   TEN_minute
            ACALL   DELAY_10m
            CLR     P0.4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL       STOP
                LJMP        DOMAIN

DOMAIN7:        CJNE        A,#08,DOMAIN8
                JNB         P3.5,DOMAIN9
                SETB        P0.4
                ACALL       FIFTEEN_minute
                ACALL       DELAY_15m
                CLR         P0.4
                ACALL       STOP
                LJMP        DOMAIN

DOMAIN8:        CJNE        A,#09,DOMAIN9
                JNB         P3.5,DOMAIN9
                SETB        P0.4
                ACALL       TWENTY_minute
                ACALL       DELAY_20m
                CLR         P0.4
                ACALL       STOP
DOMAIN9:        LJMP        DOMAIN
;*****************************************
;KEYPAD SCAN
;*****************************************
GET_KPAD:       MOV         P2,#0FFH
                MOV         KPAD_DATA,#0
CHK_COL0:       CLR         K_COL0
                MOV         A,P2
                ANL         A,#00FH
                CJNE        A,#00FH,COL0_DETECT
                AJMP        CHK_COL1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
COL0_DETECT:    MOV     KPAD_DATA,#01
                AJMP    GET_ROW

CHK_COL1:       SETB    K_COL0
                CLR     K_COL1
                MOV     A,P2
                ANL     A,#00FH
                CJNE    A,#00FH,COL1_DETECT
                AJMP    CHK_COL2

COL1_DETECT:    MOV     KPAD_DATA,#02
                AJMP    GET_ROW

CHK_COL2:       SETB    K_COL1
                CLR     K_COL2
                MOV     A,P2
                ANL     A,#00FH
                CJNE    A,#00FH,COL2_DETECT
                RET

COL2_DETECT:    MOV     KPAD_DATA,#03

GET_ROW:        CLR     K_COL0
                CLR     K_COL1
                CLR     K_COL2
                JB      K_ROW0,CHK_ROW1
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CHK_ROW1:       JB      K_ROW1,CHK_ROW2
                MOV     A,KPAD_DATA
                ADD     A,#3
                MOV     KPAD_DATA,A
                RET

CHK_ROW2:       JB      K_ROW2,CHK_ROW3
                MOV     A,KPAD_DATA
                ADD     A,#6
                MOV     KPAD_DATA,A
                RET

CHK_ROW3:       MOV     A,KPAD_DATA
                ADD     A,#9
                MOV     KPAD_DATA,A
                RET

;*****************************************
;               Display LCD
;*****************************************
START:          ACALLINIT_LCD           ; Call LCD Initial subroutine
LOOP:           MOV   LCD_ADDR,#000H    ; Set Address 00H
                ACALLSET_ADDR_LCD
                MOV   DPTR,#TITLE_1     ; Index Pointer ROM to Show LCD
                ACALL WRLINE_LCD        ; 00H-07H (Increase automatic)
                MOV   LCD_ADDR,#040H    ; Set Address 40H
                ACALLSET_ADDR_LCD
                MOV   DPTR,#TITLE_2     ; Index Pointer ROM to Show LCD
                ACALL WRLINE_LCD        ; 40H-47H (Increase automatic)
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
STOP:       ACALL INIT_LCD
            MOV   LCD_ADDR,#000H    ; Set Address 00H
            ACALL SET_ADDR_LCD
            MOV   DPTR,#TITLE_3     ; Index Pointer ROM to Show LCD
            ACALL WRLINE_LCD        ; 00H-07H (Increase automatic)
            MOV   LCD_ADDR,#040H    ; Set Address 40H
            ACALL SET_ADDR_LCD
            MOV   DPTR,#TITLE_4     ; Index Pointer ROM to Show LCD
            ACALL WRLINE_LCD        ; 40H-47H (Increase automatic)
            RET

SLIDE_OUT:  ACALL INIT_LCD
            MOV   LCD_ADDR,#000H    ; Set Address 00H
            ACALL SET_ADDR_LCD
            MOV   DPTR,#TITLE_5     ; Index Pointer ROM to Show LCD
            ACALL WRLINE_LCD        ; 00H-07H (Increase automatic)
            MOV   LCD_ADDR,#040H    ; Set Address 40H
            ACALL SET_ADDR_LCD
            MOV   DPTR,#TITLE_6     ; Index Pointer ROM to Show LCD
            ACALL WRLINE_LCD        ; 40H-47H (Increase automatic)
            RET

SLIDE_IN:   ACALL INIT_LCD
            MOV   LCD_ADDR,#000H    ; Set Address 00H
            ACALL SET_ADDR_LCD
            MOV   DPTR,#TITLE_7     ; Index Pointer ROM to Show LCD
            ACALL WRLINE_LCD        ; 00H-07H (Increase automatic)
            MOV   LCD_ADDR,#040H    ; Set Address 40H
            ACALL SET_ADDR_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   DPTR,#TITLE_8        ; Index Pointer ROM to Show LCD
                ACALL WRLINE_LCD           ; 40H-47H (Increase automatic)
                RET

TWO_minute:     ACALL INIT_LCD
                MOV   LCD_ADDR,#000H       ; Set Address 00H
                ACALL SET_ADDR_LCD
                MOV   DPTR,#TITLE_9        ; Index Pointer ROM to Show LCD
                ACALL WRLINE_LCD           ; 00H-07H (Increase automatic)
                MOV   LCD_ADDR,#040H       ; Set Address 40H
                ACALL SET_ADDR_LCD
                MOV   DPTR,#TITLE_10       ; Index Pointer ROM to Show LCD
                ACALL WRLINE_LCD           ; 40H-47H (Increase automatic)
                RET

FIVE_minute:    ACALL INIT_LCD
                MOV   LCD_ADDR,#000H       ; Set Address 00H
                ACALL SET_ADDR_LCD
                MOV   DPTR,#TITLE_11       ; Index Pointer ROM to Show LCD
                ACALL WRLINE_LCD           ; 00H-07H (Increase automatic)
                MOV   LCD_ADDR,#040H       ; Set Address 40H
                ACALL SET_ADDR_LCD
                MOV   DPTR,#TITLE_12       ; Index Pointer ROM to Show LCD
                ACALL WRLINE_LCD           ; 40H-47H (Increase automatic)
                RET

TEN_minute:     ACALL INIT_LCD
                MOV   LCD_ADDR,#000H       ; Set Address 00H
                ACALL SET_ADDR_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   DPTR,#TITLE_13      ; Index Pointer ROM to Show LCD
                ACALL WRLINE_LCD          ; 00H-07H (Increase automatic)
                MOV   LCD_ADDR,#040H      ; Set Address 40H
                ACALL SET_ADDR_LCD
                MOV   DPTR,#TITLE_14      ; Index Pointer ROM to Show LCD
                ACALL WRLINE_LCD          ; 40H-47H (Increase automatic)
                RET

FIFTEEN_minute: ACALL INIT_LCD
                MOV   LCD_ADDR,#000H      ; Set Address 00H
                ACALL SET_ADDR_LCD
                MOV   DPTR,#TITLE_15      ; Index Pointer ROM to Show LCD
                ACALL WRLINE_LCD          ; 00H-07H (Increase automatic)
                MOV   LCD_ADDR,#040H      ; Set Address 40H
                ACALL SET_ADDR_LCD
                MOV   DPTR,#TITLE_16      ; Index Pointer ROM to Show LCD
                ACALL WRLINE_LCD          ; 40H-47H (Increase automatic)
                RET

TWENTY_minute:  ACALL INIT_LCD
                MOV   LCD_ADDR,#000H      ; Set Address 00H
                ACALL SET_ADDR_LCD
                MOV   DPTR,#TITLE_17      ; Index Pointer ROM to Show LCD
                ACALL WRLINE_LCD          ; 00H-07H (Increase automatic)
                MOV   LCD_ADDR,#040H      ; Set Address 40H
                ACALL SET_ADDR_LCD
                MOV   DPTR,#TITLE_18      ; Index Pointer ROM to Show LCD
                ACALL WRLINE_LCD          ; 40H-47H (Increase automatic)
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------------------------------------------------
; LCD Initialize
;-------------------------------------------------------------------
INIT_LCD:       ACALLDELAY_100ms        ; Delay
                CLR     LCD_RS          ; Clear LCD_RS Pin

                MOV     P1,#00111000B   ; 8bit Mode
                ACALLLCD_CLK            ; Pulse LCD Clock
                ACALLDELAY_10ms         ; Delay

                MOV     P1,#00111000B   ; 8bit Mode
                ACALLLCD_CLK            ; Pulse LCD Clock

                ACALLLCD_OFF            ; Display Off

                ACALLLCD_CLR            ; Clear Display

                MOV     P1,#00000110B   ; Entry Mode
                ACALLLCD_CLK            ; Pulse LCD Clock

                ACALLLCD_HOME           ; Return Home Display

;-------------------------------------------------------------------
; LCD Clear Display
;-------------------------------------------------------------------
LCD_CLR:        CLR     LCD_RS          ; Clear LCD_RS Pin
                MOV     P1,#00000001B   ; Display Clear
                ACALLLCD_CLK            ; Pulse LCD Clock
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------------------------------------------------
; LCD Return Home
;-------------------------------------------------------------------
LCD_HOME:       CLR    LCD_RS              ; Clear LCD_RS Pin
                MOV    P1,#00000010B       ; Return Home
                ACALLLCD_CLK               ; Pulse LCD Clock
                RET

;-------------------------------------------------------------------
; LCD Display Off
;-------------------------------------------------------------------
LCD_OFF:        CLR    LCD_RS              ; Clear LCD_RS Pin
                MOV    P1,#00001000B       ; Display Off
                ACALLLCD_CLK               ; Pulse LCD Clock
                RET

;-------------------------------------------------------------------
; LCD Clk
;-------------------------------------------------------------------
LCD_CLK:        SETB   LCD_EN              ; Pulse Clock to LCD_EN
                ACALLLCD_DELAY
                CLR    LCD_EN
                ACALLLCD_DELAY
                RET

;-------------------------------------------------------------------
; LCD Display On
;-------------------------------------------------------------------
LCD_ON:         CLR    LCD_RS              ; Clear LCD_RS Pin
                MOV    P1,#00001100B       ; Display On
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALLLCD_CLK            ; Pulse LCD Clock
                RET

;---------------------------------------------------------------------
; Set LCD Address
; I/P:          LCD_ADDR
;---------------------------------------------------------------------
SET_ADDR_LCD:   CLR   LCD_RS            ; Clear LCD_RS Pin
                MOV   A,LCD_ADDR        ; Move LCD_ADDR to ACC.
                SETB  ACC.7             ; Set bit ACC.7
                MOV   P1,A              ; Move to DATABUS
                ACALLLCD_CLK            ; Pulse LCD Clock
                RET

;---------------------------------------------------------------------
; Write Line of 8 Character from ROM
; I/P:          DPTR : Locate ROM Address
;---------------------------------------------------------------------
WRLINE_LCD:     MOV   R0,#0             ; Clear loop counter
WRLINE_LCD_1:   SETB  LCD_RS            ; Set LCD_RS Pin
                CLR   A                 ; Clear ACC.
                MOVC  A,@A+DPTR         ; Move data from @DPTR to ACC.
                MOV   P1,A              ; Move ACC. to DATABUS
                ACALL LCD_CLK           ; Pulse LCD Clock
                INC   DPTR              ; Increase Pointer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                INC     R0                      ; Increase loop counter
                CJNE    R0,#8,WRLINE_LCD_1 ; Do until 8 times
                ACALLLCD_ON                     ; Display On
                RET

;-----------------------------------------------------------------------
; Dummy Delay time LCD_DELAY, 10m, 100m, 1s , 1m, 2m, 5m ,10m 15m ,20m
;-----------------------------------------------------------------------
LCD_DELAY:      MOV     R7,#002                 ; Do 2 times
LCD_DELAY_1:    MOV     R6,#0E6H                ; Each loop = 1 ms
LCD_DELAY_2:    NOP
                NOP
                DJNZ    R6,LCD_DELAY_2
                DJNZ    R7,LCD_DELAY_1
                RET

DELAY_10ms:     MOV     R7,#010                 ; Do 10 times
DELAY_10ms_1:   MOV     R6,#0E6H                ; Each loop = 1 ms
DELAY_10ms_2:   NOP
                NOP
                DJNZ    R6,DELAY_10ms_2
                DJNZ    R7,DELAY_10ms_1
                RET
DELAY_100ms:    MOV     R7,#100                 ; Do 100 times
DELAY_100ms_1:  MOV     R6,#0E6H                ; Each loop = 1 ms
DELAY_100ms_2:  NOP
                NOP
                DJNZ    R6,DELAY_100ms_2
                DJNZ    R7,DELAY_100ms_1
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY_1s:       MOV     R5,#100     ; Do 100 times
DELAY_1s_1:     ACALLDELAY_10ms
                DJNZ    R5,DELAY_1s_1
                RET

;---------------------------------------------------------------------
; Dummy Delay time START  1m, 2m, 5m ,10m 15m ,20m
;---------------------------------------------------------------------
DELAY_1m:       MOV     R4,#60      ; Do 60 times
DELAY_1m_1:     ACALL   DELAY_1s
                DJNZ    R4,DELAY_1m_1
                RET
DELAY_2m:       MOV     R4,#120     ; Do 180 times
DELAY_2m_1:     ACALL   DELAY_1s
                DJNZ    R4,DELAY_2m_1
                RET
DELAY_5m:       MOV     R3,#5       ; Do 5 times
DELAY_5m_1:     ACALL   DELAY_1m
                DJNZ    R3,DELAY_5m_1
                RET
DELAY_10m:      MOV     R2,#10      ; Do 10 times
DELAY_10m_1:    ACALL   DELAY_1m
                DJNZ    R2,DELAY_10m_1
                RET
DELAY_15m:      MOV     R1,#15      ; Do 15 times
DELAY_15m_1:    ACALL   DELAY_1m
                DJNZ    R1,DELAY_15m_1
                RET
DELAY_20m:      MOV     R0,#20      ; Do 20 times
DELAY_20m_1:    ACALL   DELAY_1m
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DJNZ        R0,DELAY_20m_1
                    RET

;-------------------------------------------------------------------
;Define Constant < Store in Flash EEPROM Program Memory >
;-------------------------------------------------------------------
;                                01234567
TITLE_1:        DB          'START   '
TITLE_2:        DB          '        '

TITLE_3:        DB          'STOP    '
TITLE_4:        DB          '        '

TITLE_5:        DB          'SLIDE OU'
TITLE_6:        DB          'T       '

TITLE_7:        DB          'SLIDE IN'
TITLE_8:        DB          '        '

TITLE_9:        DB          '2 minute'
TITLE_10:       DB          '        '

TITLE_11:       DB          '5 minute'
TITLE_12:       DB          '        '

TITLE_13:       DB          '10 minut'
TITLE_14:       DB          'e       '

TITLE_15:       DB          '15 minut'
TITLE_16:       DB          'e       '
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TITLE_17:       DB      '20 minut'
TITLE_18:       DB      'e      '

                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้ แขนกลเขย่าสารเคมี

โดยกดปุ่ม Keypad จะทำให้แขนกลเขย่าสารเคมีทำหน้าที่ตามที่กดปุ่ม Keypad ดังนี้

กดปุ่มหมายเลข 1	แขนกลเขย่าสารเคมี
กดปุ่มหมายเลข 2	แขนกลหยุดเขย่าสารเคมี
กดปุ่มหมายเลข 3	แขนกลเลื่อนออกมา (ต้องเปิดฝาตู้ทุกครั้งก่อนกดปุ่ม)
กดปุ่มหมายเลข 4	แขนกลเลื่อนกลับ
กดปุ่มหมายเลข 5	แขนกลเขย่าสารเคมี อัตโนมัติ 2 นาที
กดปุ่มหมายเลข 6	แขนกลเขย่าสารเคมี อัตโนมัติ 5 นาที
กดปุ่มหมายเลข 7	แขนกลเขย่าสารเคมี อัตโนมัติ 10 นาที
กดปุ่มหมายเลข 8	แขนกลเขย่าสารเคมี อัตโนมัติ 15 นาที
กดปุ่มหมายเลข 9	แขนกลเขย่าสารเคมี อัตโนมัติ 20 นาที

หมายเหตุ แขนกลอยู่ในโหมดเขย่าสารเคมีอัตโนมัติ ถ้าต้องการหยุดเขย่าสารเคมีให้ปิดการทำงานของเครื่องเขย่าสารเคมีโดยกดปุ่ม POWER

ข้อควรระวัง

1. ห้ามเปิดฝาตู้ระหว่างเขย่าสารเคมี มิฉะนั้นอาจเกิดอันตรายได้
2. ก่อนทำการกดปุ่มหมายเลข 3 ต้องเปิดฝาตู้ทุกครั้งมิฉะนั้นขวดปริมาตรและฝาตู้จะแตกจะเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ได้
3. ควรหล่อลื่นกระบอกสูบด้วยน้ำมันก่อนการใช้ทุกครั้ง มิฉะนั้นกระบอกสูบจะติดขัด

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

Watchdog and Memory Control Register The WMCON register contains control bits for the Watchdog Timer (shown in Table 3). The EEMEN and EEMWE bits are used to select the 2K bytes on-chip EEPROM, and to enable byte-write. The DPS bit selects one of two DPTR registers available.

Table 3. WMCON—Watchdog and Memory Control Register

WMCON Address = 96H — Reset Value = 0000 0010B

Bit	PS2	PS1	PS0	EEMWE	EEMEN	DPS	WDTRST	WDTEN
	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
PS2 PS1 PS0	Prescaler Bits for the Watchdog Timer. When all three bits are set to "0", the watchdog timer has a nominal period of 16 ms. When all three bits are set to "1", the nominal period is 2048 ms.
EEMWE	EEPROM Data Memory Write Enable Bit. Set this bit to "1" before initiating byte write to on-chip EEPROM with the MOVX instruction. User software should set this bit to "0" after EEPROM write is completed.
EEMEN	Internal EEPROM Access Enable. When EEMEN = 1, the MOVX instruction with DPTR will access on-chip EEPROM instead of external data memory. When EEMEN = 0, MOVX with DPTR accesses external data memory.
DPS	Data Pointer Register Select. DPS = 0 selects the first bank of Data Pointer Register, DP0, and DPS = 1 selects the second bank, DP1.
WDTRST RDY/$\overline{BSY}$	Watchdog Timer Reset and EEPROM Ready/$\overline{Busy}$ Flag. Each time this bit is set to "1" by user software, a pulse is generated to reset the watchdog timer. The WDTRST bit is then automatically reset to "0" in the next instruction cycle. The WDTRST bit is Write-Only. This bit also serves as the RDY/$\overline{BSY}$ flag in a Read-Only mode during EEPROM write. RDY/$\overline{BSY}$ = 1 means that the EEPROM is ready to be programmed. While programming operations are being executed, the RDY/$\overline{BSY}$ bit equals "0" and is automatically reset to "1" when programming is completed.
WDTEN	Watchdog Timer Enable Bit. WDTEN = 1 enables the watchdog timer and WDTEN = 0 disables the watchdog timer.

SPI Registers Control and status bits for the Serial Peripheral Interface are contained in registers SPCR (shown in Table 4) and SPSR (shown in Table 5). The SPI data bits are contained in the SPDR register. Writing the SPI data register during serial data transfer sets the Write Collision bit, WCOL, in the SPSR register. The SPDR is double buffered for writing and the values in SPDR are not changed by Reset.

Interrupt Registers The global interrupt enable bit and the individual interrupt enable bits are in the IE register. In addition, the individual interrupt enable bit for the SPI is in the SPCR register. Two priorities can be set for each of the six interrupt sources in the IP register.

Dual Data Pointer Registers To facilitate accessing both internal EEPROM and external data memory, two banks of 16 bit Data Pointer Registers are provided: DP0 at SFR address locations 82H-83H and DP1 at 84H-85H. Bit DPS = 0 in SFR WMCON selects DP0 and DPS = 1 selects DP1. The user should always initialize the DPS bit to the appropriate value before accessing the respective Data Pointer Register.

Power Off Flag The Power Off Flag (POF) is located at bit_4 (PCON.4) in the PCON SFR. POF is set to "1" during power up. It can be set and reset under software control and is not affected by RESET.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4. SPCR—SPI Control Register

SPCR Address = D5H — Reset Value = 0000 01XXB

Bit	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0
	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
SPIE	SPI Interrupt Enable. This bit, in conjunction with the ES bit in the IE register, enables SPI interrupts: SPIE = 1 and ES = 1 enable SPI interrupts. SPIE = 0 disables SPI interrupts.
SPE	SPI Enable. SPI = 1 enables the SPI channel and connects $\overline{SS}$, MOSI, MISO and SCK to pins P1.4, P1.5, P1.6, and P1.7. SPI = 0 disables the SPI channel.
DORD	Data Order. DORD = 1 selects LSB first data transmission. DORD = 0 selects MSB first data transmission.
MSTR	Master/Slave Select. MSTR = 1 selects Master SPI mode. MSTR = 0 selects Slave SPI mode.
CPOL	Clock Polarity. When CPOL = 1, SCK is high when idle. When CPOL = 0, SCK of the master device is low when not transmitting. Please refer to figure on SPI Clock Phase and Polarity Control.
CPHA	Clock Phase. The CPHA bit together with the CPOL bit controls the clock and data relationship between master and slave. Please refer to figure on SPI Clock Phase and Polarity Control.
SPR0 SPR1	SPI Clock Rate Select. These two bits control the SCK rate of the device configured as master. SPR1 and SPR0 have no effect on the slave. The relationship between SCK and the oscillator frequency, $F_{osc.}$, is as follows: SPR1 SPR0 SCK = $F_{osc.}$ divided by 0 0 4 0 1 16 1 0 64 1 1 128

Table 5. SPSR – SPI Status Register

SPSR Address = AAH — Reset Value = 00XX XXXXB

Bit	SPIF	WCOL	–	–	–	–	–	–
	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
SPIF	SPI Interrupt Flag. When a serial transfer is complete, the SPIF bit is set and an interrupt is generated if SPIE = 1 and ES = 1. The SPIF bit is cleared by reading the SPI status register with SPIF and WCOL bits set, and then accessing the SPI data register.
WCOL	Write Collision Flag. The WCOL bit is set if the SPI data register is written during a data transfer. During data transfer, the result of reading the SPDR register may be incorrect, and writing to it has no effect. The WCOL bit (and the SPIF bit) are cleared by reading the SPI status register with SPIF and WCOL set, and then accessing the SPI data register.

Table 6. SPDR – SPI Data Register

SPDR Address = 86H — Reset Value = unchanged

Bit	SPD7	SPD6	SPD5	SPD4	SPD3	SPD2	SPD1	SPD0
	7	6	5	4	3	2	1	0

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.

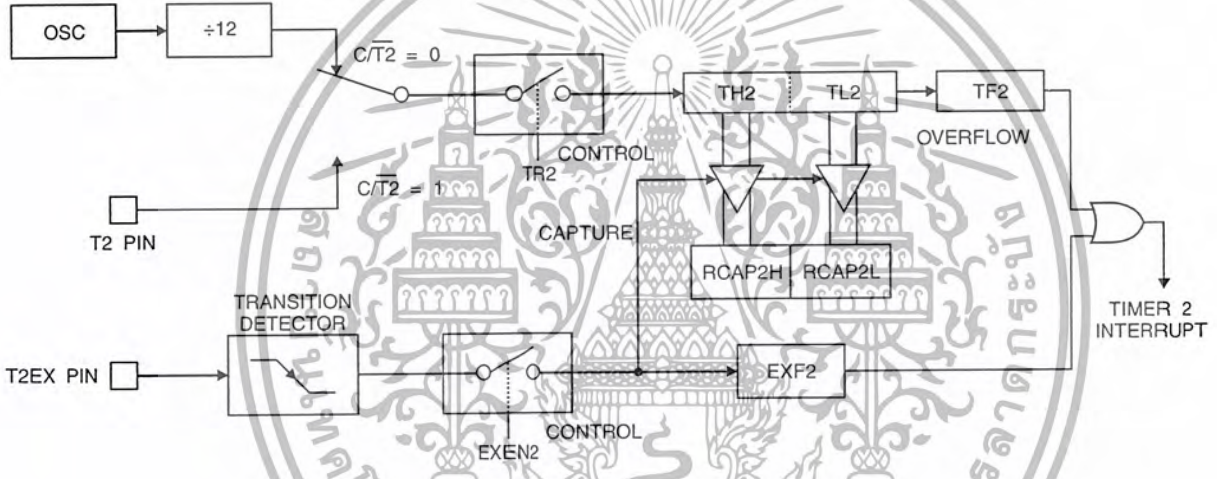
Table 8. Timer 2 Operating Modes

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)

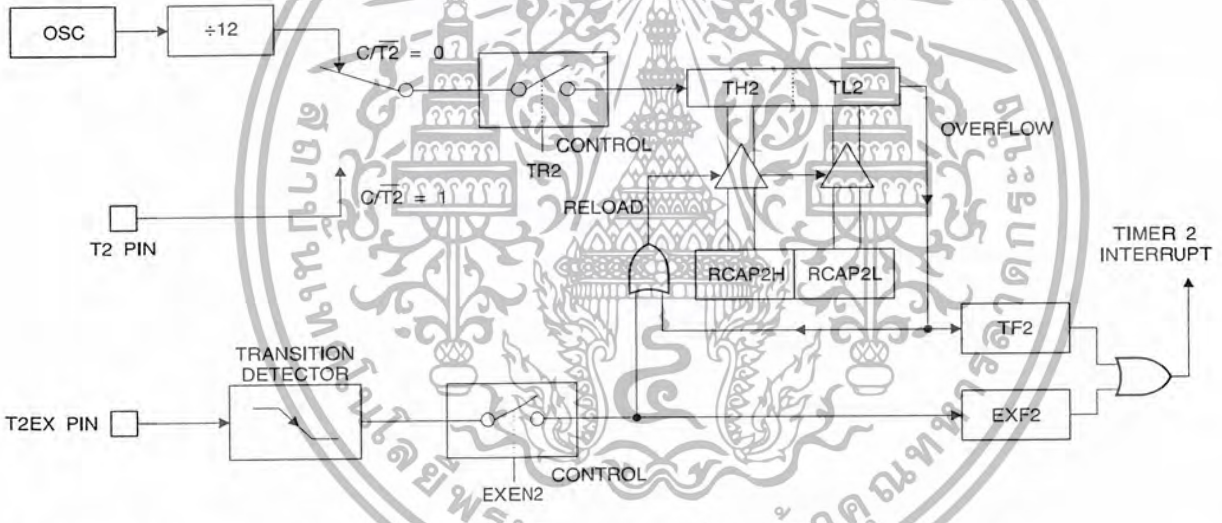


Table 9. T2MOD – Timer 2 Mode Control Register

T2MOD Address = 0C9H — Reset Value = XXXX XX00B

Not Bit Addressable

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

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)

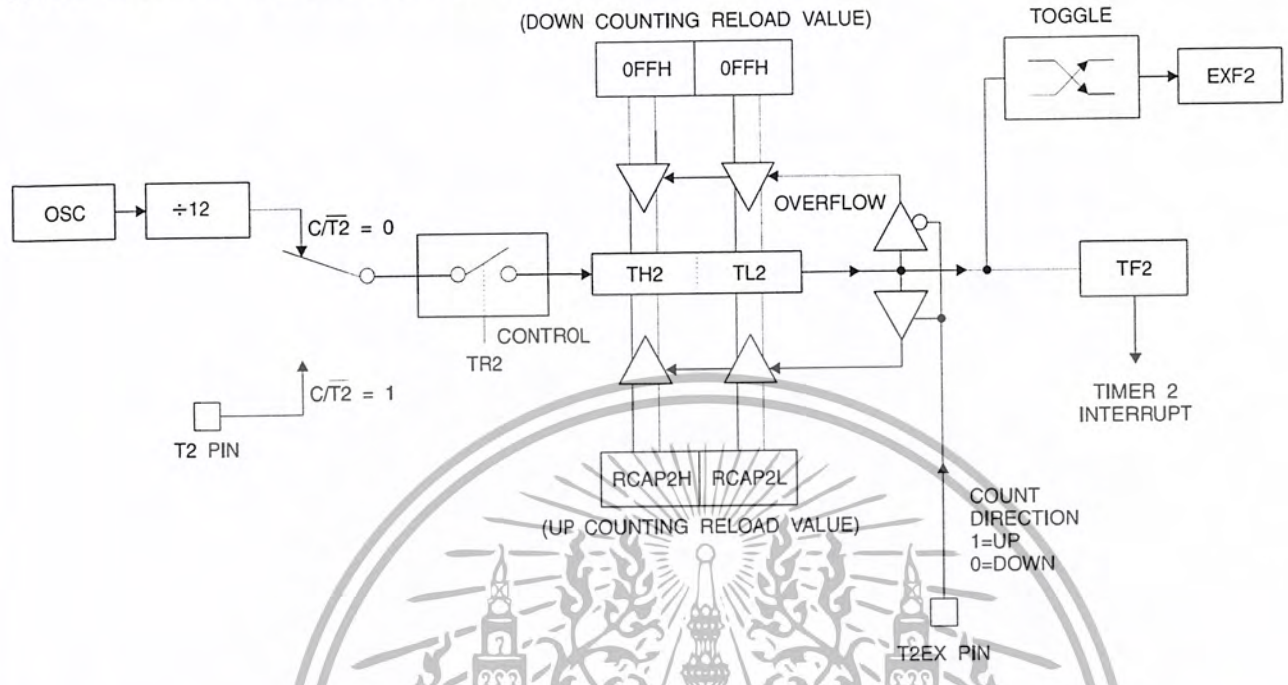
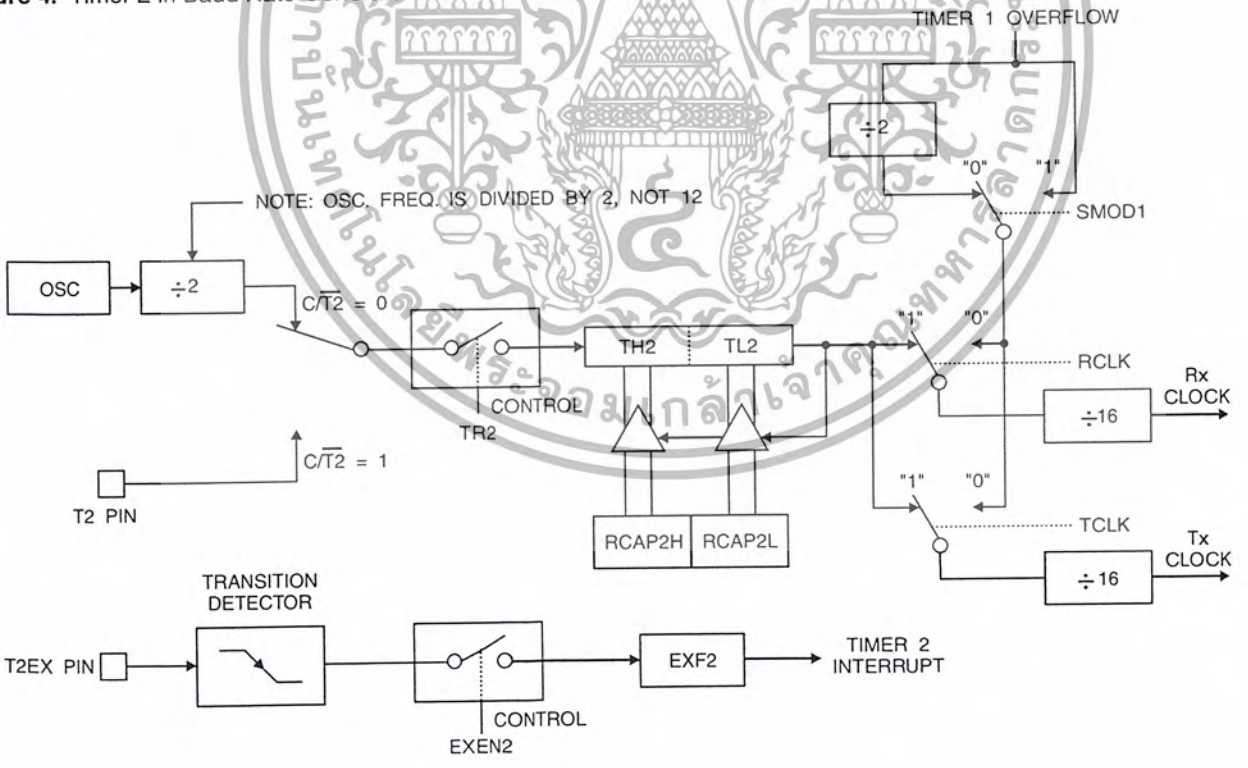


Figure 4. Timer 2 in Baud Rate Generator Mode



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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 5. Timer 2 in Clock-out Mode

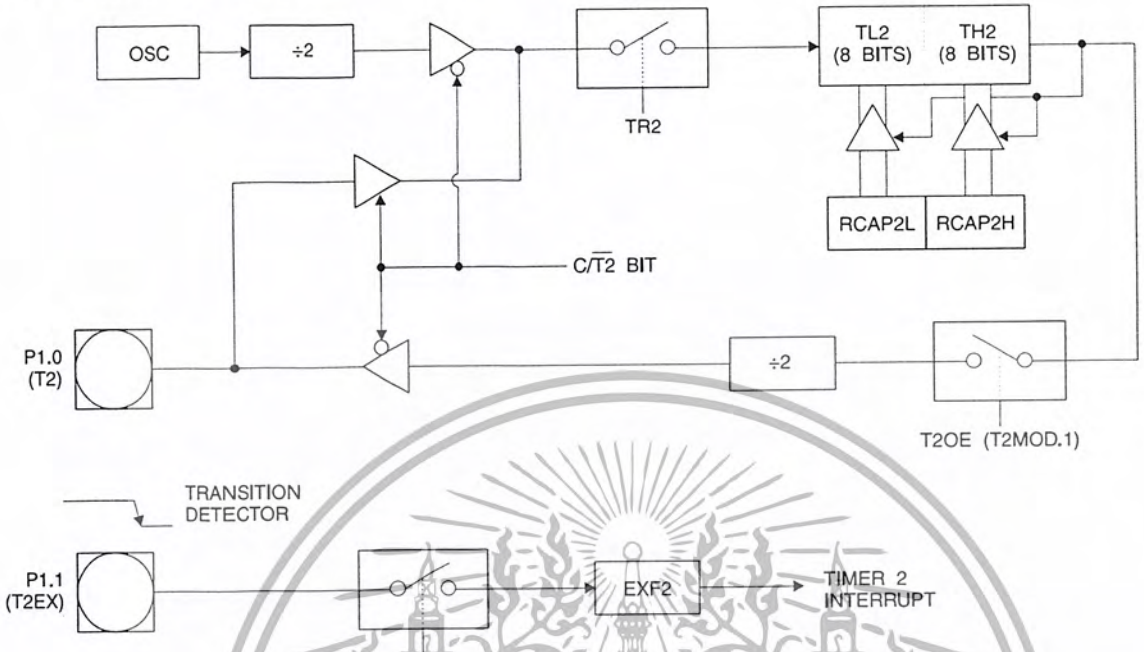
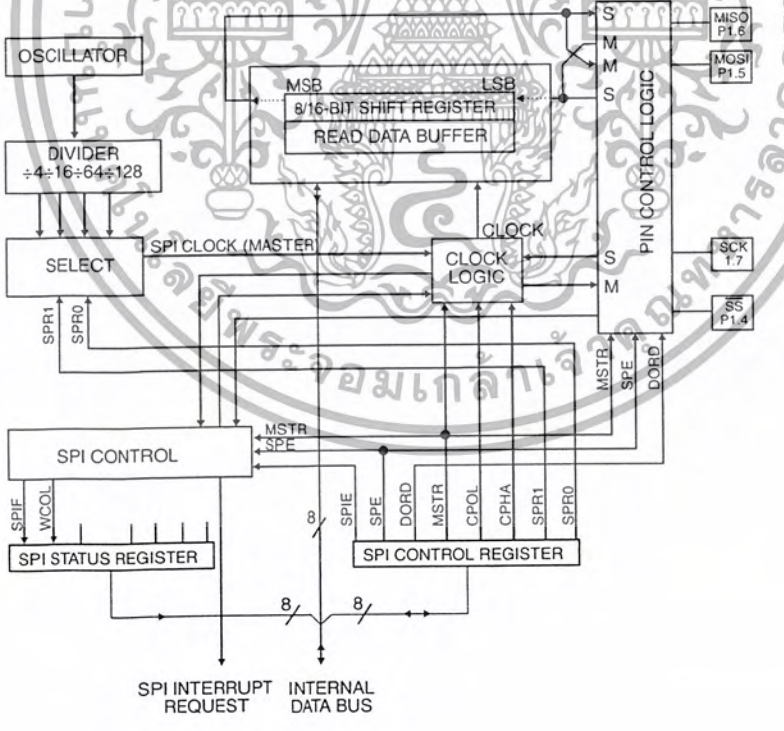


Figure 6. SPI Block Diagram



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

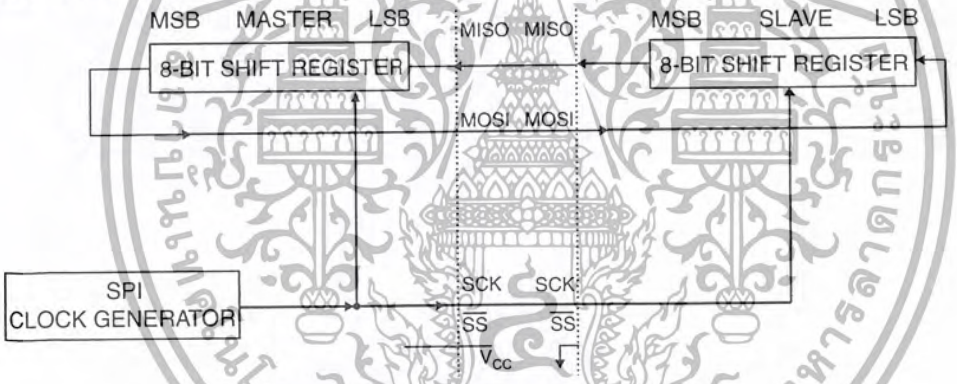
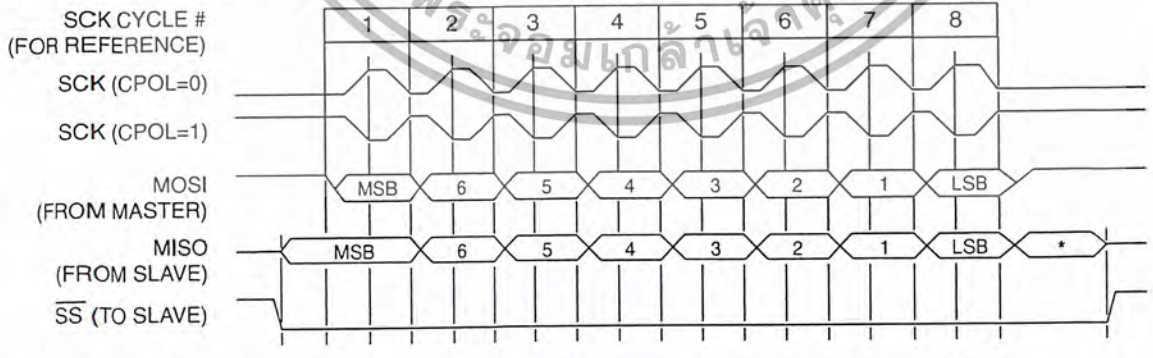


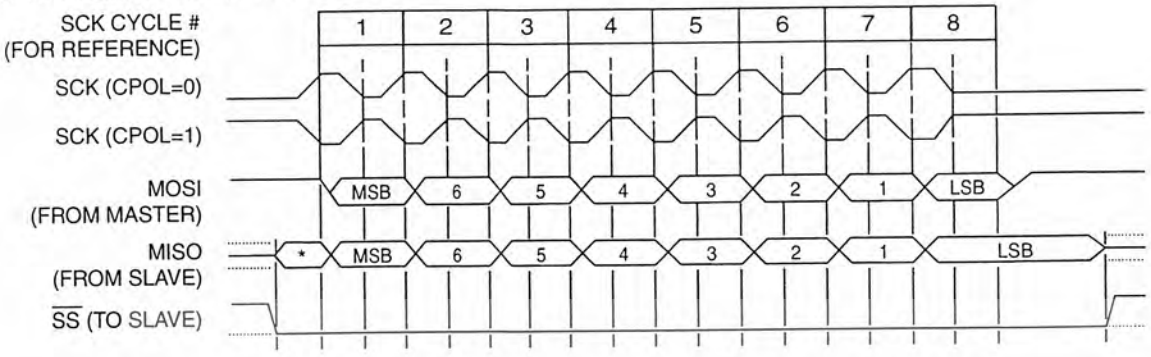
Figure 8. SPI transfer Format with CPHA = 0



*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

Figure 10. Interrupt Sources

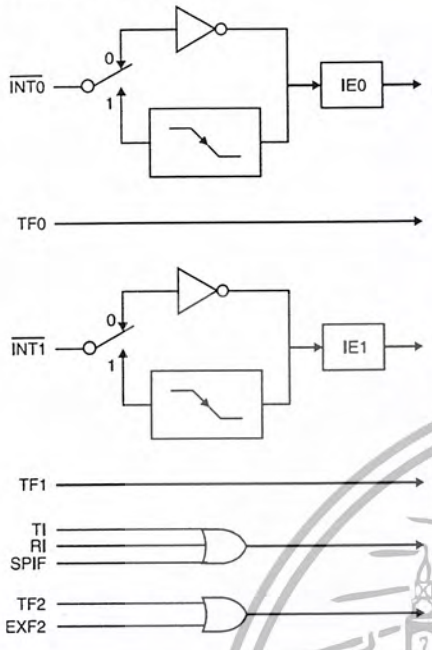
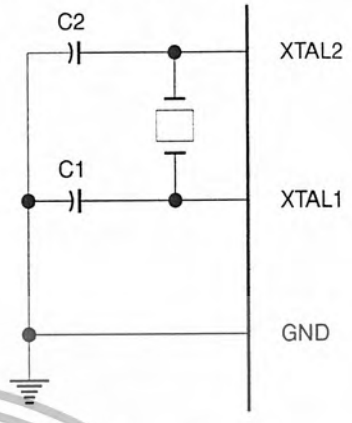
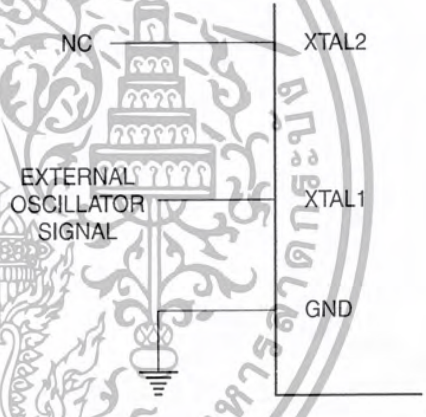


Figure 11. Oscillator Connections



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

Figure 12. External Clock Drive Configuration



Oscillator Characteristics

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

Note that when idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when idle mode is terminated by a reset, the instruction following the one that invokes idle mode should not write to a port pin or to external memory.

Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{PSEN}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

Power-down Mode

In the power-down mode, the oscillator is stopped and the instruction that invokes power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power-down mode is terminated. Exit from power-down can be initiated either by a hardware reset or by an enabled external interrupt. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

To exit power-down via an interrupt, the external interrupt must be enabled as level sensitive before entering power-down. The interrupt service routine starts at 16 ms (nominal) after the enabled interrupt pin is activated.

Program Memory Lock Bits

The AT89S8252 has three lock bits that can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the following table.

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the $\overline{EA}$ pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value and holds that value until reset is activated. The latched value of $\overline{EA}$ must agree with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Once programmed, the lock bits can only be unprogrammed with the Chip Erase operations in either the parallel or serial modes.

Lock Bit Protection Modes[1][2]

Program Lock Bits				
	LB1	LB2	LB3	Protection Type
1	U	U	U	No internal memory lock feature.
2	P	U	U	MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory. $\overline{EA}$ is sampled and latched on reset and further programming of the Flash memory (parallel or serial mode) is disabled.
3	P	P	U	Same as Mode 2, but parallel or serial verify are also disabled.
4	P	P	P	Same as Mode 3, but external execution is also disabled.

Notes: 1. U = Unprogrammed
2. P = Programmed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Programming the Flash and EEPROM

Atmel's AT89S8252 Flash Microcontroller offers 8K bytes of in-system reprogrammable Flash Code memory and 2K bytes of EEPROM Data memory.

The AT89S8252 is normally shipped with the on-chip Flash Code and EEPROM Data memory arrays in the erased state (i.e. contents = FFH) and ready to be programmed. This device supports a High-voltage (12V) Parallel programming mode and a Low-voltage (5V) Serial programming mode. The serial programming mode provides a convenient way to download the AT89S8252 inside the user's system. The parallel programming mode is compatible with conventional third party Flash or EPROM programmers.

The Code and Data memory arrays are mapped via separate address spaces in the serial programming mode. In the parallel programming mode, the two arrays occupy one contiguous address space: 0000H to 1FFFH for the Code array and 2000H to 27FFH for the Data array.

The Code and Data memory arrays on the AT89S8252 are programmed byte-by-byte in either programming mode. An auto-erase cycle is provided with the self-timed programming operation in the serial programming mode. There is no need to perform the Chip Erase operation to reprogram any memory location in the serial programming mode unless any of the lock bits have been programmed.

In the parallel programming mode, there is no auto-erase cycle. To reprogram any non-blank byte, the user needs to use the Chip Erase operation first to erase both arrays.

Parallel Programming Algorithm: To program and verify the AT89S8252 in the parallel programming mode, the following sequence is recommended:

1. Power-up sequence:
   Apply power between V_{CC} and GND pins.
   Set RST pin to "H".
   Apply a 3 MHz to 24 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.
2. Set $\overline{PSEN}$ pin to "L"
   ALE pin to "H"
   $\overline{EA}$ pin to "H" and all other pins to "H".
3. Apply the appropriate combination of "H" or "L" logic levels to pins P2.6, P2.7, P3.6, P3.7 to select one of the programming operations shown in the Flash Programming Modes table.
4. Apply the desired byte address to pins P1.0 to P1.7 and P2.0 to P2.5.
   Apply data to pins P0.0 to P0.7 for Write Code operation.
5. Raise $\overline{EA}/V_{PP}$ to 12V to enable Flash programming, erase or verification.
6. Pulse ALE/$\overline{PROG}$ once to program a byte in the Code memory array, the Data memory array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes 1.5 ms.
7. To verify the byte just programmed, bring pin P2.7 to "L" and read the programmed data at pins P0.0 to P0.7.
8. Repeat steps 3 through 7 changing the address and data for the entire 2K or 8K bytes array or until the end of the object file is reached.
9. Power-off sequence:
   Set XTAL1 to "L".
   Set RST and $\overline{EA}$ pins to "L".
   Turn V_{CC} power off.

In the parallel programming mode, there is no auto-erase cycle and to reprogram any non-blank byte, the user needs to use the Chip Erase operation first to erase both arrays.

Data Polling: The AT89S8252 features $\overline{DATA}$ Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle in the parallel or serial programming mode, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on P0.7 (parallel mode), and on the MSB of the serial output byte on MISO (serial mode). Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. $\overline{DATA}$ Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/$\overline{Busy}$: The progress of byte programming in the parallel programming mode can also be monitored by the RDY/$\overline{BSY}$ output signal. Pin P3.4 is pulled Low after ALE goes High during programming to indicate $\overline{BUSY}$. P3.4 is pulled High again when programming is done to indicate READY.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed Code or Data byte can be read back via the address and data lines for verification. The state of the lock bits can also be verified directly in the parallel programming mode. In the serial programming mode, the state of the lock bits can only be verified indirectly by observing that the lock bit features are enabled.

Chip Erase: Both Flash and EEPROM arrays are erased electrically at the same time. In the parallel programming mode, chip erase is initiated by using the proper combination of control signals and by holding ALE/$\overline{PROG}$ low for 10 ms. The Code and Data arrays are written with all "1"s in the Chip Erase operation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

In the serial programming mode, a chip erase operation is initiated by issuing the Chip Erase instruction. In this mode, chip erase is self-timed and takes about 16 ms.

During chip erase, a serial read from any address location will return 00H at the data outputs.

Serial Programming Fuse: A programmable fuse is available to disable Serial Programming if the user needs maximum system security. The Serial Programming Fuse can only be programmed or erased in the Parallel Programming Mode.

The AT89S8252 is shipped with the Serial Programming Mode enabled.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H and 031H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows:

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(031H) = 72H indicates 89S8252

Programming Interface

Every code byte in the Flash and EEPROM arrays can be written, and the entire array can be erased, by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Serial Downloading

Both the Code and Data memory arrays can be programmed using the serial SPI bus while RST is pulled to V_{CC}. The serial interface consists of pins SCK, MOSI (input) and MISO (output). After RST is set high, the Programming Enable instruction needs to be executed first before program/erase operations can be executed.

An auto-erase cycle is built into the self-timed programming operation (in the serial mode ONLY) and there is no need to first execute the Chip Erase instruction unless any of the lock bits have been programmed. The Chip Erase operation turns the content of every memory location in both the Code and Data arrays into FFH.

The Code and Data memory arrays have separate address spaces:

0000H to 1FFFH for Code memory and 000H to 7FFH for Data memory.

Either an external system clock is supplied at pin XTAL1 or a crystal needs to be connected across pins XTAL1 and XTAL2. The maximum serial clock (SCK) frequency should be less than 1/40 of the crystal frequency. With a 24 MHz oscillator clock, the maximum SCK frequency is 600 kHz.

Serial Programming Algorithm

To program and verify the AT89S8252 in the serial programming mode, the following sequence is recommended:

1. Power-up sequence:
   Apply power between VCC and GND pins.
   Set RST pin to "H".
   If a crystal is not connected across pins XTAL1 and XTAL2, apply a 3 MHz to 24 MHz clock to XTAL1 pin and wait for at least 10 milliseconds.
2. Enable serial programming by sending the Programming Enable serial instruction to pin MOSI/P1.5. The frequency of the shift clock supplied at pin SCK/P1.7 needs to be less than the CPU clock at XTAL1 divided by 40.
3. The Code or Data array is programmed one byte at a time by supplying the address and data together with the appropriate Write instruction. The selected memory location is first automatically erased before new data is written. The write cycle is self-timed and typically takes less than 2.5 ms at 5V.
4. Any memory location can be verified by using the Read instruction which returns the content at the selected address at serial output MISO/P1.6.
5. At the end of a programming session, RST can be set low to commence normal operation.

Power-off sequence (if needed):
Set XTAL1 to "L" (if a crystal is not used).
Set RST to "L".
Turn V_{CC} power off.

Serial Programming Instruction

The Instruction Set for Serial Programming follows a 3-byte protocol and is shown in the following table:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA

SN54/74LS240
SN54/74LS241
SN54/74LS244

OCTAL BUFFER/LINE DRIVER WITH 3-STATE OUTPUTS

The SN54/74LS240, 241 and 244 are Octal Buffers and Line Drivers designed to be employed as memory address drivers, clock drivers and bus-oriented transmitters/receivers which provide improved PC board density.

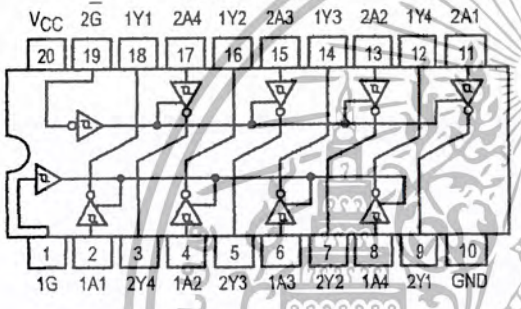
- Hysteresis at Inputs to Improve Noise Margins
- 3-State Outputs Drive Bus Lines or Buffer Memory Address Registers
- Input Clamp Diodes Limit High-Speed Termination Effects

OCTAL BUFFER/LINE DRIVER WITH 3-STATE OUTPUTS

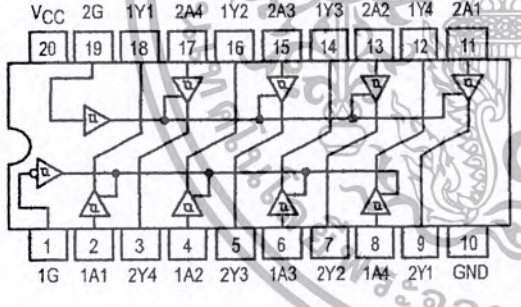
LOW POWER SCHOTTKY

LOGIC AND CONNECTION DIAGRAMS DIP (TOP VIEW)

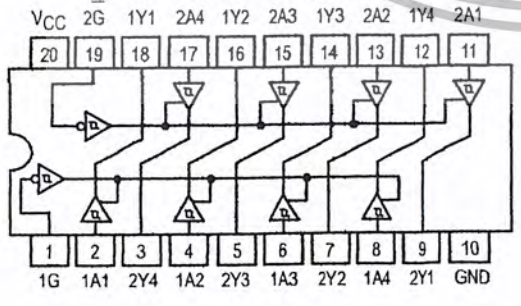
SN54/74LS240



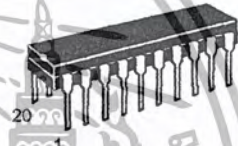
SN54/74LS241



SN54/74LS244



J SUFFIX
CERAMIC
CASE 732-03



N SUFFIX
PLASTIC
CASE 738-03

DW SUFFIX
SOIC
CASE 751D-03

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXXJ	Ceramic
SN74LSXXXN	Plastic
SN74LSXXXDW	SOIC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRUTH TABLES

SN54/74LS240

INPUTS		OUTPUT
1G, 2G	D	
L	L	H
L	H	L
H	X	(Z)

SN54/74LS244

INPUTS		OUTPUT
1G, 2G	D	
L	L	L
L	H	H
H	X	(Z)

SN54/74LS241

INPUTS		OUTPUT	INPUTS		OUTPUT
1G	D		2G	D	
L	L	L	H	L	L
L	H	H	H	H	H
H	X	(Z)	L	X	(Z)

H = HIGH Voltage Level
L = LOW Voltage Level
X = Immaterial
Z = HIGH Impedance

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V_{CC}	Supply Voltage	54	4.5	5.0	5.5	V
		74	4.75	5.0	5.25	
T_A	Operating Ambient Temperature Range	54	−55	25	125	°C
		74	0	25	70	
I_{OH}	Output Current — High	54, 74			−3.0	mA
		54			−12	mA
		74			−15	
I_{OL}	Output Current — Low	54			12	mA
		74			24	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter		Limits Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions	
V_{IH}	Input HIGH Voltage		2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs	
V_{IL}	Input LOW Voltage	54			0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs	
		74			0.8			
$V_{T+}-V_{T-}$	Hysteresis		0.2	0.4		V	V_{CC} = MIN	
V_{IK}	Input Clamp Diode Voltage			−0.65	−1.5	V	V_{CC} = MIN, I_{IN} = −18 mA	
V_{OH}	Output HIGH Voltage	54, 74	2.4	3.4		V	V_{CC} = MIN, I_{OH} = −3.0 mA	
		54, 74	2.0			V	V_{CC} = MIN, I_{OH} = MAX	
V_{OL}	Output LOW Voltage	54, 74		0.25	0.4	V	I_{OL} = 12 mA	V_{CC} = V_{CC} MIN, V_{IN} = V_{IL} or V_{IH} per Truth Table
		74		0.35	0.5	V	I_{OL} = 24 mA	
I_{OZH}	Output Off Current HIGH				20	μA	V_{CC} = MAX, V_{OUT} = 2.7 V	
I_{OZL}	Output Off Current LOW				−20	μA	V_{CC} = MAX, V_{OUT} = 0.4 V	
I_{IH}	Input HIGH Current				20	μA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 2.7 V	
					0.1	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 7.0 V	
I_{IL}	Input LOW Current				−0.2	mA	V_{CC} = MAX, V_{IN} = 0.4 V	
I_{OS}	Output Short Circuit Current (Note 1)		−40		−225	mA	V_{CC} = MAX	
I_{CC}	Power Supply Current Total, Output HIGH				27	mA	V_{CC} = MAX	
	Total, Output LOW	LS240			44			
		LS241/244			46			
	Total at HIGH Z	LS240			50			
		LS241/244			54			

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C, V_{CC} = 5.0 V)

Symbol	Parameter	Limits Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions
t_{PLH} t_{PHL}	Propagation Delay, Data to Output LS240		9.0 12	14 18	ns	C_L = 45 pF, R_L = 667 Ω
t_{PLH} t_{PHL}	Propagation Delay, Data to Output LS241/244		12 12	18 18	ns	
t_{PZH}	Output Enable Time to HIGH Level		15	23	ns	
t_{PZL}	Output Enable Time to LOW Level		20	30	ns	
t_{PLZ}	Output Disable Time from LOW Level		15	25	ns	C_L = 5.0 pF, R_L = 667 Ω
t_{PHZ}	Output Disable Time from HIGH Level		10	18	ns	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC WAVEFORMS

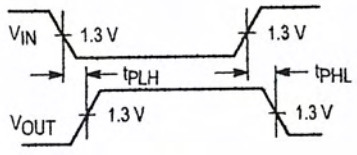


Figure 1

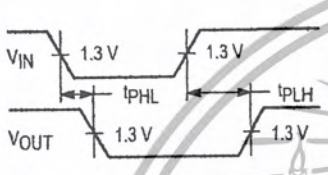


Figure 2

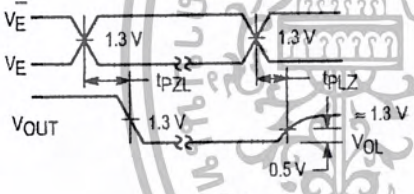


Figure 3

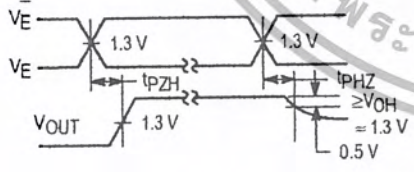
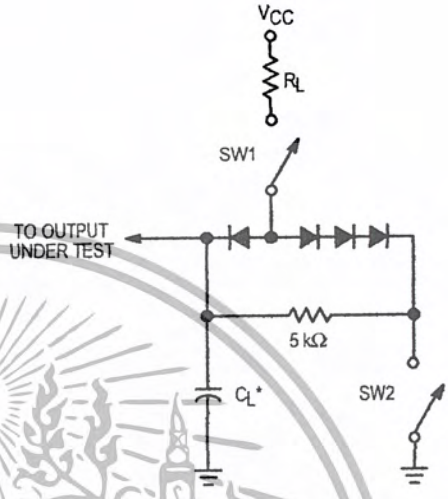


Figure 4



SWITCH POSITIONS

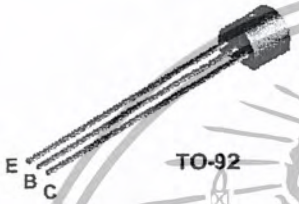
SYMBOL	SW1	SW2
t_{PZH}	Open	Closed
t_{PZL}	Closed	Open
t_{PLZ}	Closed	Closed
t_{PHZ}	Closed	Closed

Figure 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

BC547
BC547A
BC547B
BC547C



TO-92

NPN General Purpose Amplifier

This device is designed for use as general purpose amplifiers and switches requiring collector currents to 300 mA. Sourced from Process 10. See PN100A for characteristics.

Absolute Maximum Ratings*

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	45	V
V_{CES}	Collector-Base Voltage	50	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	6.0	V
I_C	Collector Current - Continuous	500	mA
T_J, T_{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:
1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max	Units
		BC547 / A / B / C	
P_D	Total Device Dissipation Derate above 25°C	625 5.0	mW mW/°C
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3	°C/W
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	°C/W

© 1997 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NPN General Purpose Amplifier
(continued)

Electrical Characteristics
TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min	Max	Units
OFF CHARACTERISTICS						
$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	I_C = 1.0 mA, I_B = 0		45		V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	I_C = 10 µA, I_E = 0		50		V
$V_{(BR)CES}$	Collector-Base Breakdown Voltage	I_C = 10 µA, I_E = 0		50		V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	I_E = 10 µA, I_C = 0		6.0		V
I_{CBO}	Collector Cutoff Current	V_{CB} = 30 V, I_E = 0 V_{CB} = 30 V, I_E = 0, T_A = +150 °C			15 5.0	nA µA
ON CHARACTERISTICS						
h_{FE}	DC Current Gain	V_{CE} = 5.0 V, I_C = 2.0 mA	**547** **547A** **547B** **547C**	110 110 200 420	800 220 450 800	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	I_C = 10 mA, I_B = 0.5 mA I_C = 100 mA, I_B = 5.0 mA			0.25 0.60	V V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	V_{CE} = 5.0 V, I_C = 2.0 mA V_{CE} = 5.0 V, I_C = 10 mA		0.58	0.70 0.77	V V
SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS						
h_{fe}	Small-Signal Current Gain	I_C = 2.0 mA, V_{CE} = 5.0 V, f = 1.0 kHz		125	900	
NF	Noise Figure	V_{CE} = 5.0 V, I_C = 200 µA, R_S = 2.0 kΩ, f = 1.0 kHz, B_W = 200 Hz			10	dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACEx™
Bottomless™
CoolFET™
CROSSVOLT™
DOME™
E²CMOS™
EnSigna™
FACT™
FACT Quiet Series™
FAST ®
FASTr™
GlobalOptoisolator™
GTO™
HiSeC™
ISOPLANAR™
MICROWIRE™
OPTOLOGIC™
OPTOPLANAR™
PACMAN™
POP™
PowerTrench ®
QFET™
QS™
QT Optoelectronics™
Quiet Series™
SILENT SWITCHER ®
SMART START™
SuperSOT™-3
SuperSOT™-6
SuperSOT™-8
SyncFET™
TinyLogic™
UHC™
VCX™

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

Rev. G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISOLATION CHARACTERISTICS (T_A = 0 to 70°C Unless otherwise specified)

Characteristics	Test Conditions	Symbol	Min	Typ**	Max	Unit
Input-output insulation leakage current	(Relative humidity = 45%) (T_A = 25°C, t = 5 s) (V_{I-O} = 3000 VDC) (Note 9)	I_{I-O}			1.0	µA
Withstand insulation test voltage	(RH ≤ 50%, T_A = 25°C) (Note 9) (t = 1 min.)	V_{ISO}	2500			V_{RMS}
Resistance (input to output)	(Note 9) (V_{I-O} = 500 VDC)	R_{I-O}		10^{12}		Ω
Capacitance (input to output)	(Note 9) (f = 1 MHz)	C_{I-O}		0.6		pF
DC Current gain	(I_O = 3 mA, V_O = 5 V)	HFE		150		
Input-Input Insulation leakage current	(RH ≤ 45%, V_{I-I} = 500 VDC) (Note 10) t = 5 s, (HCPL-2530/2531 only)	I_{I-I}		0.005		µA
Input-Input Resistance	(V_{I-I} = 500 VDC) (Note 10) (HCPL-2530/2531 only)	R_{I-I}		10^{11}		Ω
Input-Input Capacitance	(f = 1 MHz) (Note 10) (HCPL-2530/2531 only)	C_{I-I}		0.03		pF

Notes

1. Derate linearly above 70°C free-air temperature at a rate of 0.8 mA/°C.
2. Derate linearly above 70°C free-air temperature at a rate of 1.6 mA/°C.
3. Derate linearly above 70°C free-air temperature at a rate of 0.9 mW/°C.
4. Derate linearly above 70°C free-air temperature at a rate of 2.0 mW/°C.
5. Current Transfer Ratio is defined as a ratio of output collector current, I_O, to the forward LED input current, I_F, times 100%.
6. The 4.1 kΩ load represents 1 LSTTL unit load of 0.36 mA and 6.1kΩ pull-up resistor.
7. The 1.9 kΩ load represents 1 TTL unit load of 1.6 mA and 5.6 kΩ pull-up resistor.
8. Common mode transient immunity in logic high level is the maximum tolerable (positive) dV_{cm}/dt on the leading edge of the common mode pulse signal V_{CM}, to assure that the output will remain in a logic high state (i.e., V_O>2.0 V). Common mode transient immunity in logic low level is the maximum tolerable (negative) dV_{cm}/dt on the trailing edge of the common mode pulse signal, V_{CM}, to assure that the output will remain in a logic low state (i.e., V_O<0.8 V).
9. Device is considered a two terminal device: Pins 1, 2, 3 and 4 are shorted together and Pins 5, 6, 7 and 8 are shorted together.
10. Measured between pins 1 and 2 shorted together, and pins 3 and 4 shorted together.

© 2003 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE-CHANNEL: 6N135 6N136 HCPL-2503 HCPL-4502
DUAL-CHANNEL: HCPL-2530 HCPL-2531

SWITCHING CHARACTERISTICS (T_A = 0 to 70°C unless otherwise specified., V_{CC} = 5 V)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ**	Max	Unit
Propagation delay time to logic low	T_A = 25°C, (R_L = 4.1 kΩ, I_F = 16 mA) (Note 6) (Fig. 7)	T_{PHL}	6N135 HCPL-2530		0.45	1.5	µs
	(R_L = 1.9 kΩ, I_F = 16 mA) (Note 7) (Fig. 7) T_A = 25°C		6N136 HCPL-4502 HCPL-2503 HCPL-2531		0.45	0.8	µs
	(R_L = 4.1 kΩ, I_F = 16 mA) (Note 6) (Fig. 7)		6N135 HCPL-2530			2.0	µs
	(R_L = 1.9 kΩ, I_F = 16 mA) (Note 7) (Fig. 7)		6N136 HCPL-4502 HCPL-2503 HCPL-2531			1.0	µs
Propagation delay time to logic high	T_A = 25°C, (R_L = 4.1 kΩ, I_F = 16 mA) (Note 6) (Fig. 7)	T_{PLH}	6N135 HCPL-2530		0.5	1.5	µs
	(R_L = 1.9 kΩ, I_F = 16 mA) (Note 7) (Fig. 7) T_A = 25°C		6N136 HCPL-4502 HCPL-2503 HCPL-2531		0.3	0.8	µs
	(R_L = 4.1 kΩ, I_F = 16 mA) (Note 6) (Fig. 7)		6N135 HCPL-2530			2.0	µs
	(R_L = 1.9 kΩ, I_F = 16 mA) (Note 7) (Fig. 7)		6N136 HCPL-4502 HCPL-2503 HCPL-2531			1.0	µs
Common mode transient immunity at logic high	(I_F = 0 mA, V_{CM} = 10 V_{P-P}, R_L = 4.1 kΩ) (Note 8) (Fig. 8) T_A = 25°C	$\|CM_H\|$	6N135 HCPL-2530		10,000		V/µs
	(I_F = 0 mA, V_{CM} = 10 V_{P-P}) T_A = 25°C, (R_L = 1.9 kΩ) (Note 8) (Fig. 8)		6N136 HCPL-4502 HCPL-2503 HCPL-2531		10,000		V/µs
Common mode transient immunity at logic low	(I_F = 16 mA, V_{CM} = 10 V_{P-P}, R_L = 4.1 kΩ) (Note 8) (Fig. 8) T_A = 25°C	$\|CM_L\|$	6N135 HCPL-2530		10,000		V/µs
	(I_F = 16 mA, V_{CM} = 10 V_{P-P}) (R_L = 1.9 kΩ) (Note 8) (Fig. 8)		6N136 HCPL-4502 HCPL-2503 HCPL-2531		10,000		V/µs

** All Typicals at T_A = 25°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE-CHANNEL: 6N135 6N136 HCPL-2503 HCPL-4502
DUAL-CHANNEL: HCPL-2530 HCPL-2531

TRANSFER CHARACTERISTICS (T_A = 0 to 70°C Unless otherwise specified)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ**	Max	Unit
COUPLED	(I_F = 16 mA, V_O = 0.4 V) (V_{CC} = 4.5 V, T_A = 25°C)		6N135 HCPL-2530	7	18	50	%
			6N136 HCPL-4502 HCPL-2531	19	27	50	%
			HCPL-2503	12	27		%
Current transfer ratio (Note 5)	(I_F = 16 mA, V_{CC} = 4.5 V) V_{OL}=0.4V	CTR	6N135 HCPL-2530	5	21		%
	V_{OL}=0.5V						
	V_{OL}=0.4V		6N136 HCPL-4502 HCPL-2531	15	30		%
	V_{OL}=0.5V						
	V_{OL}=0.4V		HCPL-2503	9	30		%
Logic low output voltage output voltage	(I_F = 16 mA, I_O = 1.1 mA) (V_{CC} = 4.5 V, T_A = 25°C)	V_{OL}	6N135 HCPL-2530		0.18	0.4	V
					0.18	0.5	
	(I_F = 16 mA, I_O = 3 mA) (V_{CC} = 4.5 V, T_A = 25°C)		6N136 HCPL-2503		0.25	0.4	
			HCPL-2531		0.25	0.5	
	(I_F = 16 mA, I_O = 0.8 mA) (V_{CC} = 4.5 V)		6N135 HCPL-2530			0.5	
	(I_F = 16 mA, I_O = 2.4 mA) (V_{CC} = 4.5 V)		HCPL-4502 HCPL-2531			0.5	

** All Typicals at T_A = 25°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SINGLE-CHANNEL: 6N135 6N136 HCPL-2503 HCPL-4502
DUAL-CHANNEL: HCPL-2530 HCPL-2531

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 0 to 70°C Unless otherwise specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

Parameter	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ**	Max	Unit
EMITTER							
Input Forward Voltage	(I_F = 16 mA, T_A =25°C)	V_F			1.45	1.7	V
	(I_F = 16 mA)					1.8	
Input Reverse Breakdown Voltage	(I_R = 10 µA)	B_{VR}		5.0			V
Temperature coefficient of forward voltage	(I_F = 16 mA)	$(\Delta V_F/\Delta T_A)$			-1.6		mV/°C
DETECTOR							
Logic high output current	(I_F = 0 mA, V_O = V_{CC} = 5.5 V) (T_A =25°C)	I_{OH}	All		0.001	0.5	µA
	(I_F = 0 mA, V_O = V_{CC} = 15 V) (T_A =25°C)		6N135 6N136 HCPL-4502 HCPL-2503		0.005	1	
	(I_F = 0 mA, V_O = V_{CC} = 15 V)		All			50	
Logic low supply current	(I_F = 16 mA, V_O = Open) (V_{CC} = 15 V)	I_{CCL}	6N135 6N136 HCPL-4502 HCPL-2503		120	200	µA
	(I_{F1} = I_{F2} = 16 mA, V_O = Open) (V_{CC} = 15 V)		HCPL-2530 HCPL-2531		200	400	
Logic high supply current	(I_F = 0 mA, V_O = Open, V_{CC} = 15 V) (T_A =25°C)	I_{CCH}	6N135 6N136 HCPL-4502 HCPL-2503			1	µA
	(I_F = 0 mA, V_O = Open) (V_{CC} = 15 V)		6N135 6N136 HCPL-4502 HCPL-2503			2	
	(I_F = 0 mA, V_O = Open) (V_{CC} = 15 V)		HCPL-2530 HCPL-2531		0.02	4	

** All Typicals at T_A = 25°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

HIGH SPEED TRANSISTOR OPTOCOUPLERS

SINGLE-CHANNEL: 6N135 6N136 HCPL-2503 HCPL-4502
DUAL-CHANNEL: HCPL-2530 HCPL-2531

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C unless otherwise specified)

Parameter		Symbol	Value	Units
Storage Temperature		T_{STG}	-55 to +125	°C
Operating Temperature		T_{OPR}	-55 to +100	°C
Lead Solder Temperature		T_{SOL}	260 for 10 sec	°C
EMITTER				
DC/Average Forward Input Current	Each Channel (Note 1)	I_F (avg)	25	mA
Peak Forward Input Current (50% duty cycle, 1 ms P.W.)	Each Channel (Note 2)	I_F (pk)	50	mA
Peak Transient Input Current - (≤1 µs P.W., 300 pps)	Each Channel	I_F (trans)	1.0	A
Reverse Input Voltage	Each Channel	V_R	5	V
Input Power Dissipation	(6N135/6N136 and HCPL-2503/4502) (HCPL-2530/2531) Each Channel (Note 3)	P_D	100 45	mW
DETECTOR				
Average Output Current	Each Channel	I_O (avg)	8	mA
Peak Output Current	Each Channel	I_O (pk)	16	mA
Emitter-Base Reverse Voltage	(6N135, 6N136 and HCPL-2503 only)	V_{EBR}	5	V
Supply Voltage		V_{CC}	-0.5 to 30	V
Output Voltage		V_O	-0.5 to 20	V
Base Current	(6N135, 6N136 and HCPL-2503 only)	I_B	5	mA
Output power dissipation	(6N135, 6N136, HCPL-2503, HCPL-4502) (Note 4)	P_D	100	mW
	(HCPL-2530, HCPL-2531) Each Channel		35	mW

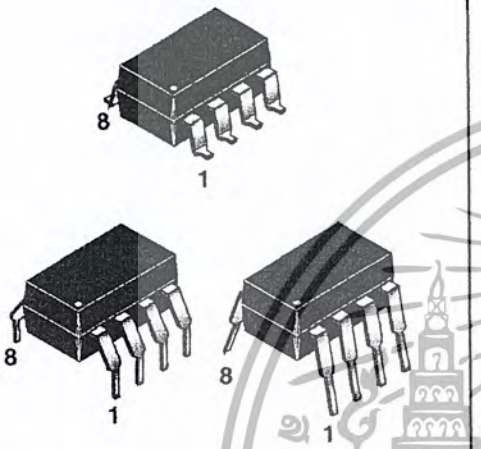
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

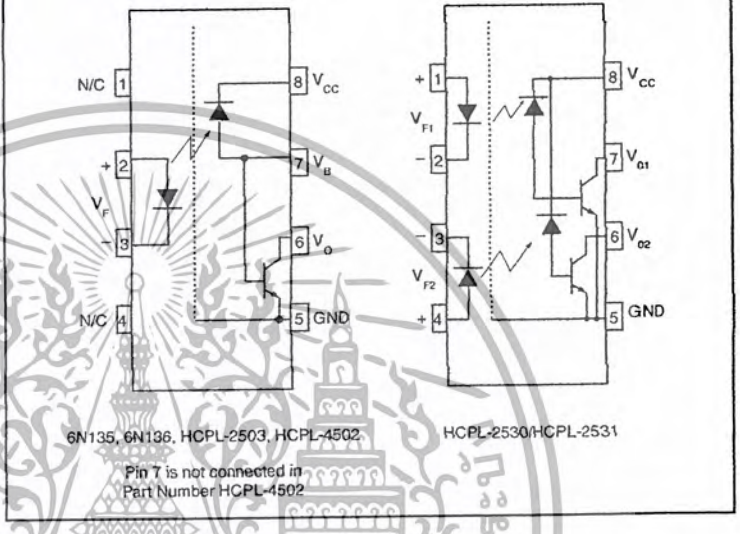
HIGH SPEED TRANSISTOR OPTOCOUPLERS

SINGLE-CHANNEL: 6N135 6N136 HCPL-2503 HCPL-4502
DUAL-CHANNEL: HCPL-2530 HCPL-2531

PACKAGE



SCHEMATIC



DESCRIPTION

The HCPL-4502/HCPL-2503, 6N135/6 and HCPL-2530/HCPL-2531 optocouplers consist of an AlGaAs LED optically coupled to a high speed photodetector transistor.

A separate connection for the bias of the photodiode improves the speed by several orders of magnitude over conventional phototransistor optocouplers by reducing the base-collector capacitance of the input transistor.

An internal noise shield provides superior common mode rejection of 10kV/μs. An improved package allows superior insulation permitting a 480 V working voltage compared to industry standard of 220 V.

FEATURES

- High speed-1 MBit/s
- Superior CMR-10 kV/μs
- Dual-Channel HCPL-2530/HCPL-2531
- Double working voltage-480V RMS
- CTR guaranteed 0-70°C
- U.L. recognized (File # E90700)

APPLICATIONS

- Line receivers
- Pulse transformer replacement
- Output interface to CMOS-LSTTL-TTL
- Wide bandwidth analog coupling

© 2003 Fairchild Semiconductor Corporation

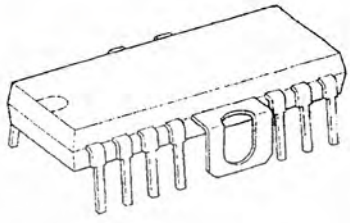
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOSHIBA BIPOLAR LINEAR INTEGRATED CIRCUIT SILICON MONOLITHIC

TA7279P,TA7279AP

DUAL BRIDGE DRIVER

The TA7279P, TA7279AP are dual bridge driver designed for DC motor rotation control.



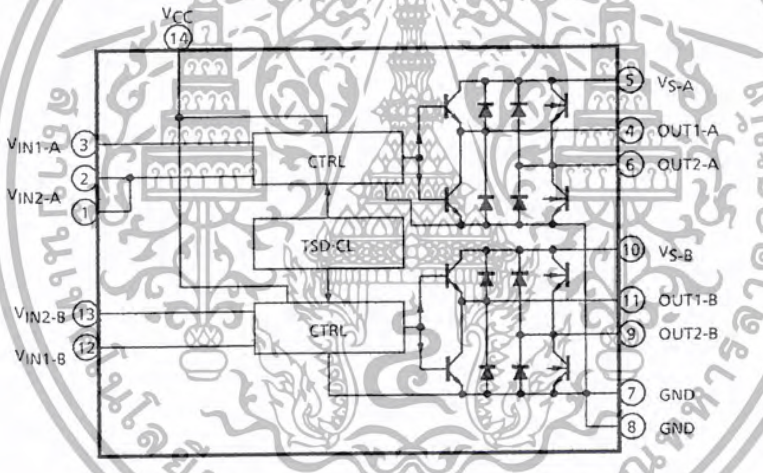
HDIP14-P-500-2.54A

Weight: 3.00 g (Typ.)

FEATURES

- Wide Range of Operating Voltage
  : V_{CC} (opr.) = 6~18 V (P, AP),
  V_S (opr.) = 0~16 V (P) / = 0~18 V (AP)
- Output Current Up to 1.0 A (AVE.), 3.0 A (PEAK)
- Built-in Thermal Shut Down and Current Limiter
- Input Hysteresis for Stable Operation

BLOCK DIAGRAM



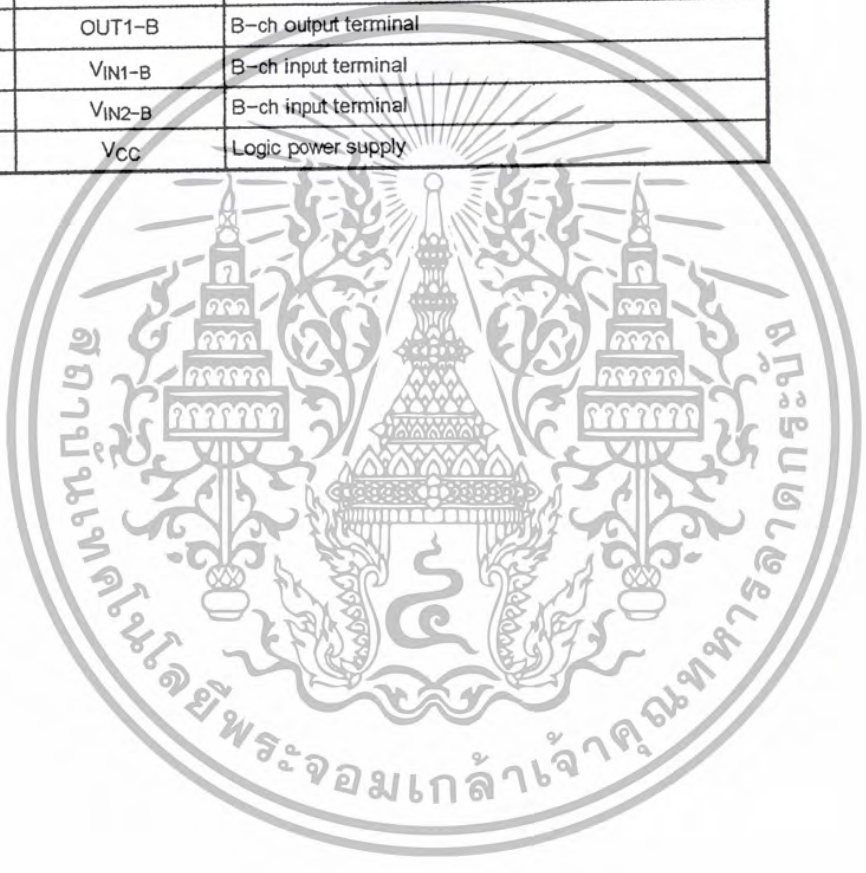
961001EBA1

- TOSHIBA is continually working to improve the quality and the reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to observe standards of safety, and to avoid situations in which a malfunction or failure of a TOSHIBA product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property. In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook.
- The products described in this document are subject to foreign exchange and foreign trade control laws.
- The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.
- The information contained herein is subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแสวงหากำไร
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN FUNCTION

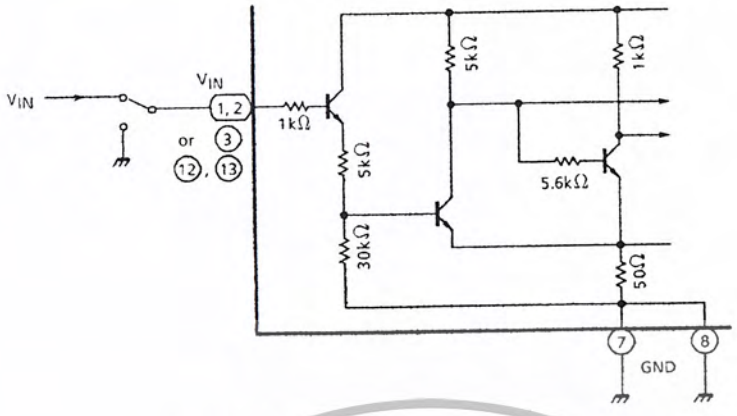
PIN No.	SYMBOL	FUNCTIONAL DESCRIPTION
1	V_{IN2-A}	A−ch input terminal
2	V_{IN2-A}	
3	V_{IN1-A}	A−ch input terminal
4	OUT1−A	A−ch output terminal
5	V_{S-A}	A−ch Motor drive power supply
6	OUT2−A	A−ch output terminal
7	GND	GND terminal
8	GND	
9	OUT2−B	B−ch output terminal
10	V_{S-B}	B−ch Moter drive power supply
11	OUT1−B	B−ch output terminal
12	V_{IN1-B}	B−ch input terminal
13	V_{IN2-B}	B−ch input terminal
14	V_{CC}	Logic power supply



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

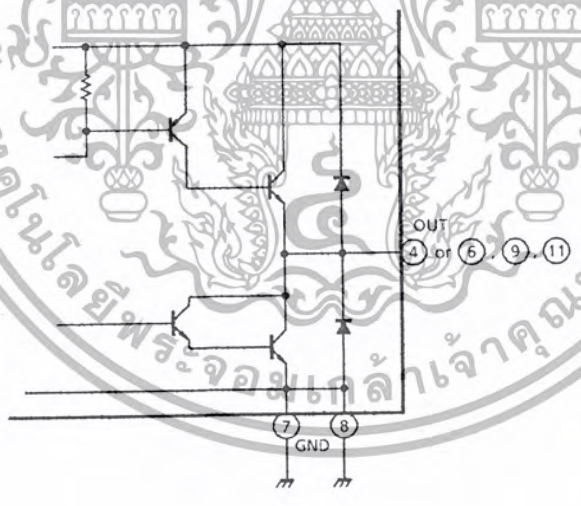
APPLICATION NOTE

(1) Input circuit



Input terminals of (2), (3), (12) and (13) Pin are all high active type and have a hysteresis.
3 μA Typ. of input current is required.
The input circuit is an active high type, as shown in the diagram. When voltage higher than the specified V_{IN} (H) is applied, the output is logic "H". When voltage lower than the specified V_{IN} (L) is applied or if the input is grounded, the output is logic "L". Since the input current IN flows to the input when logic "H", be careful with the output impedance at the previous step.

(2) Output circuit



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

FUNCTION

IN1	IN2	OUT1	OUT2	MODE
1	1	L	L	Brake
0	1	L	H	CW / CCW
1	0	H	L	CCW / CW
0	0	High Impedance		STOP

MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC		SYMBOL	RATING	UNIT
Supply Voltage	AP	V_{CC} (MAX.)	25	V
	P		20	
Motor Drive Voltage	AP	V_S (MAX.)	25	V
	P		18	
Output Current	PEAK	I_O (PEAK)	3.0	A
	AVE.	I_O (AVE.)	1.0	
Power Dissipation		P_D (Note)	2.3	W
Operating Temperature		T_{opr}	−30~75	°C
Storage Temperature		T_{stg}	−55~150	°C

Note: No heat sink.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC		SYMBOL	TEST CIR-CUIT	TEST CONDITION	MIN	TYP.	MAX	UNIT
Supply Current		I_{CC1}	1	V_{CC} = 18 V, Output Off, Stop mode	14	28	41	mA
		I_{CC2}	1	V_{CC} = 18 V, Output Off, CW / CCW mode	10	29	38	
		I_{CC3}	1	V_{CC} = 18 V, Output Off, Brake mode	8	20	35	
Input Operating Voltage	1 (High)	$V_{IN\ (H)}$	—	T_j = 25°C	3.0	—	V_{CC}	V
	2 (Low)	$V_{IN\ (L)}$	—	T_j = 25°C	—	—	0.8	
Input Current		I_{IN}	2	Sink, V_{IN} = 3 V	—	3	10	μA
Output Saturation Voltage	Upper	V_{SATU-1}	3	I_O = 0.1 A, V_{CC} = V_S = 18 V	—	—	1.1	V
	Lower	V_{SATL-1}	3	I_O = 0.1 A, V_{CC} = V_S = 18 V	—	—	1.0	
	Upper	V_{SATU-2}	3	I_O = 1.0 A, V_{CC} = V_S = 18 V	—	1.2	1.5	
	Lower	V_{SATL-2}	3	I_O = 1.0 A, V_{CC} = V_S = 18 V	—	1.05	1.4	
Leakage Current	Upper	I_{LU}	—	V_S = 25 V	—	—	50	μA
	Lower	I_{LL}	—	V_S = 25 V	—	—	50	
Diode Forward Drop	Upper	V_{FU}	4	I_F = 1 A	—	2.0	—	V
	Lower	V_{FL}	4	I_F = 1 A	—	1.3	—	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

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

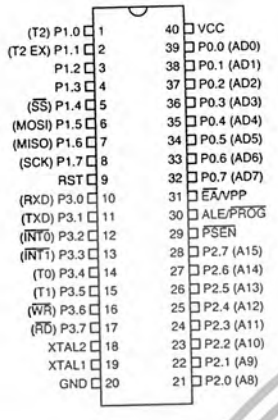
AT89S8252

Rev. 0401E–02/00

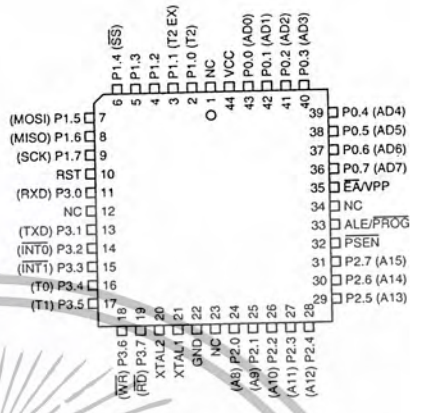
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Configurations

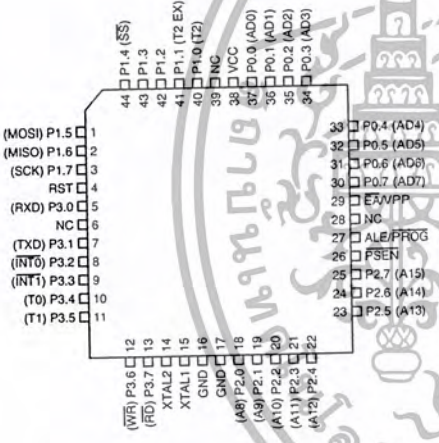
PDIP



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.

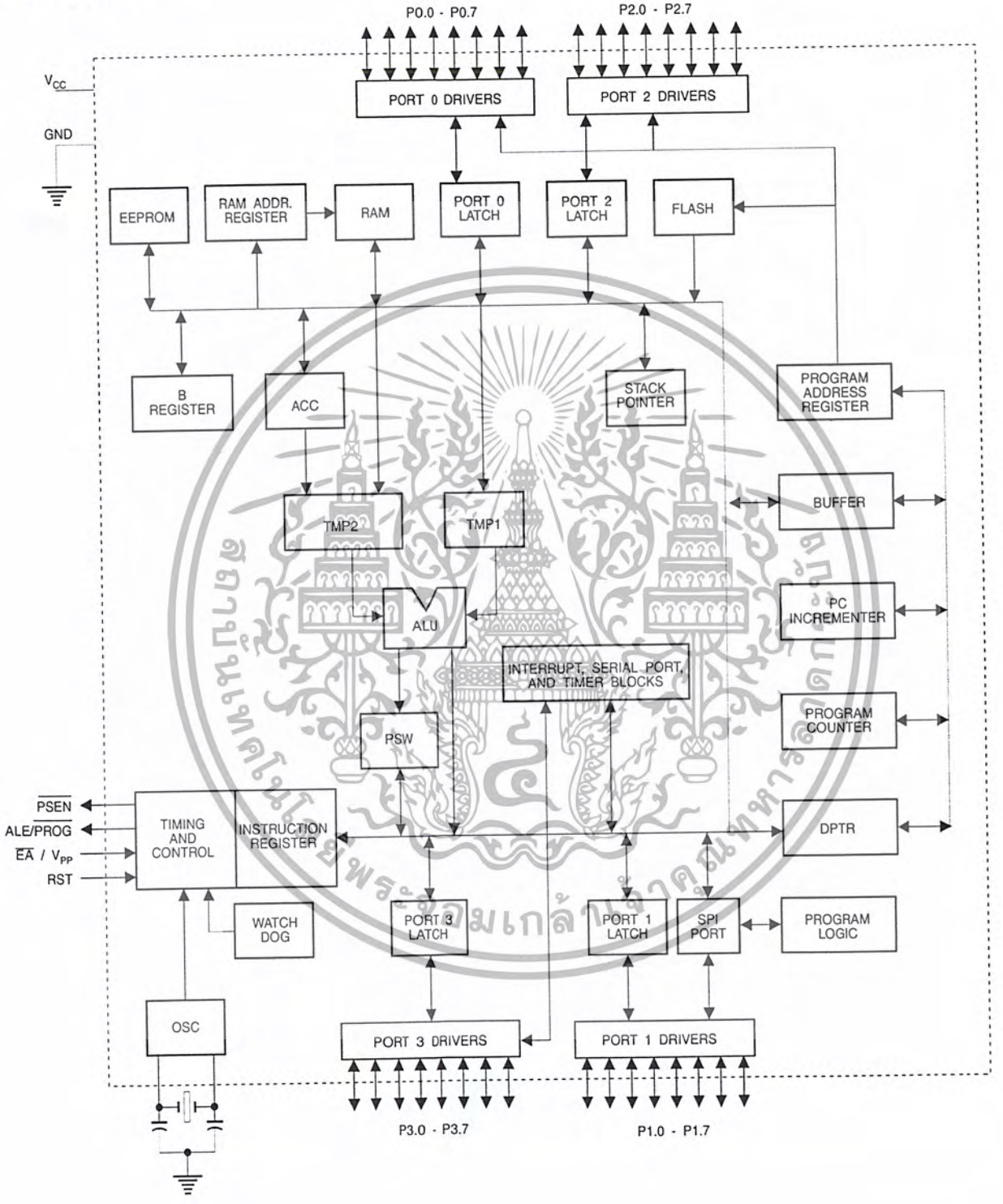
Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

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

Block Diagram



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