ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ เรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ

Radio Control Garbage Collecting Boat

ชื่อนักศึกษา	1. นางสาวรินดา แย้มสุวรรณ	รหัสประจำตัว	48035286
	2. นายพีระพงศ์ สิงห์โต	รหัสประจำตัว	48035338
	3. นายศานิต พรเจริญจิตร	รหัสประจำตัว	48035345
	4. นายเอกพจน์ สกุลแก้ว	รหัสประจำตัว	48035352

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.ประเสริฐ เคนพันคัด

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์	
2. รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	
3. อ.พิชญ์สินี มะโน	
4. อ.สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี	
5. อ.สุระชัย พิมพ์สาลี	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันศุกร์ที่ 11 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2550 เวลา 16.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(รศ.สุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 30 เดือน พ.ค. พ.ศ. 50

<BT492612>

เรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ

RADIO CONTROL GARBAGE COLLECTING BOAT

รินดา แย้มสุวรรณ

พีระพงศ์ สิงห์โต

ศานิต พรเจริญจิตร

เอกพจน์ สกุลแก้ว

วศ.
ว ส179ร
2549

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 75136

วัน,เดือน,ปี 24 ต.ค. 2550

.b 11811408

.i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ

Radio Control Garbage Collecting Boat

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานการบังคับควบคุมระบบรีโมทด้วยคลื่นวิทยุ
2. เพื่อออกแบบเรือเก็บขยะควบคุมระยะไกลควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ
3. เพื่อสร้างเรือเก็บขยะควบคุมระยะไกลควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ
4. เพื่อทดลองการเก็บขยะในน้ำด้วยเรือเก็บขยะควบคุมระยะไกล
5. เพื่อนำเรือเก็บขยะควบคุมระยะไกลไปใช้งานในการเก็บขยะในน้ำได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้ในหลักการทำงานของคลื่นวิทยุ
2. ได้โครงสร้างเรือเก็บขยะควบคุมระยะไกลควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ
3. ได้เรือเก็บขยะควบคุมระยะไกลควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ
4. ได้ผลการทดลองในการเก็บขยะในน้ำด้วยเรือเก็บขยะควบคุมระยะไกล
5. ได้นำเรือเก็บขยะควบคุมระยะไกลไปใช้ในงานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ	
นักศึกษา	นางสาวรินดา	แย้มสุวรรณ
	นายพีระพงศ์	สิงห์โต
	นายศานิต	พรเจริญจิตร
	นายเอกพจน์	สกุลแก้ว
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ประเสริฐ	เดนพันค้อ
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ปีการศึกษา	2549	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและการสร้าง เรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ โดยประกอบด้วยวงจรวิทยุบังคับ การออกแบบตัวเรือ ชุดสายพานลำเลียงขยะขึ้นจากผิวน้ำ เรือจะสามารถเก็บขยะที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ ด้วยการลำเลียงของสายพาน ที่เกิดจากการบังคับ ตัวเรือนั้นจะเคลื่อนที่ได้ 8 ทิศทาง และยังมีระบบเตือนเมื่อตัวเรือนั้นเก็บขยะในปริมาณที่เรากำหนดไว้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Radio Control Garbage Collecting Boat	
Students	Miss.Rinda	Yamsuwon
	Mr.Peeraphong	Singhto
	Mr.Sanit	Pornchareonchit
	Mr.Ekapot	Sakulkawe
Advisor	Assoc.Prof.Peerawut	Suwanjan
Co-Advisor	Mr.Prasert	Kenpankho
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Telecommunication Engineering	
Academic Year	2006	

Abstract

This thesis presents the designing and building of the Radio Controlled Garbage Collecting Boat. The content includes radio controller circuit, boat body designing and garbage collecting belt system which helps the boat to collect floating garbage from river surface. The boat can travel in 8 directions and has a garbage meter system to help checking the amount of garbage being colleted.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ อาจารย์ประเสริฐ เดนพันค้อ คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ให้คำแนะนำ แนวความคิด ความรู้ต่างๆ แนวทางการแก้ปัญหาในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สำนักหอสมุดกลาง และเจ้าหน้าที่ห้องปริญญานิพนธ์คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล สุดท้ายที่สำคัญควรแก่การระลึกถึงอย่างยิ่ง บิดา มารดา และผู้มีพระคุณที่เป็นผู้ให้การสนับสนุนด้านการศึกษาและเป็นผู้ให้กำลังใจเมื่อยามรู้สึกท้อแท้ ให้กลับรู้สึกดีขึ้นอีกครั้ง ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 จุดมุ่งหมายของโครงงาน	1
1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงงาน	1
1.4 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.5 ขั้นตอนการทำโครงงาน	2
1.6 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 คุณสมบัติของคลื่นวิทยุ	3
2.2.1 การสะท้อน	3
2.2.2 การหักเห	3
2.2.3 การเบี่ยงเบน	4
2.2.4 การถูกดูดกลืน	4
2.2.5 การกระจัดกระจาย	4
2.2.6 การลดทอนพลังงาน	5
2.3 คุณสมบัติของรีเลย์ (Relay)	5
2.3.1 รีเลย์กำลัง (Power relay)	5
2.3.2 รีเลย์ควบคุม (Control Relay)	5
2.4 มอเตอร์กระแสตรง	6
2.4.1 มอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน	6
2.4.2 มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5 มอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร	7
2.6 ระบบการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบพื้นฐาน	8
2.7 การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง	9
2.7.1 การควบคุมแรงดันไฟตรงของอาร์เมเจอร์	9
2.7.2 การควบคุมความเข้มของสนามแม่เหล็ก	10
2.8 แบตเตอรี่	10
2.8.1 เซลล์ปฐมภูมิ (Primary cell)	10
2.8.2 เซลล์ทุติยภูมิ (Secondary cell)	10
2.9 คุณสมบัติพิเศษของแผ่นพลาสวูด	12
2.10 หลักการผลิตแผ่นพลาสวูด	13
2.10.1 การเชื่อม	13
2.10.2 การเคลือบผิว	13
2.10.3 การเลื่อย	14
2.10.4 การเจาะ	14
2.10.5 การขึ้นรูป	14
2.10.6 การตกแต่งสี	15
2.10.7 ข้อควรระวังของการใช้สีบนพื้นผิวของพลาสวูด	15
2.11 ทฤษฎีและหลักการคำนวณหาความต้านทานและแรงม้าเรือ	16
2.11.1 ความต้านทานของเรือ (Resistance of ship)	16
2.11.2 แรงม้าต่าง ๆ ภายในเรือ (Power of Ship)	17
2.12 ตัวประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวกับความต้านทาน	20
2.12.1 สัมประสิทธิ์การผลักน้ำ	20
2.12.2 ความต้านทานเนื่องจากลม	20
2.12.3 ความต้านทานเนื่องจากน้ำตื้น	20
2.12.4 ตัวประกอบอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อความต้านทาน	21
2.13 การขับเคลื่อน (Propulsion)	21
2.14 ใบจักรเรือ (The screw propeller)	21
2.14.1 พิชของใบจักร (Pitch,P หรือ H)	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.14.2 เนื้อที่คลีแบน (Developed Area Fo)	24
2.14.3 เนื้อที่โปรเจคเตด (Projected Area , Fp)	24
2.15 แรงลอยตัว (Bouyant Force)	24
2.16 เสถียรภาพของวัตถุที่ลอยอยู่บนน้ำ(Stability of Floating Body)	25
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	26
3.1 การออกแบบทางด้านโครงสร้าง	26
3.1.1 การออกแบบโครงสร้างของเรือ	26
3.1.2 การออกแบบสายพานลำเลียง	28
3.1.3 การออกแบบการวางมอเตอร์ขับเคลื่อน	30
3.1.4 ตะแกรงพักขยะ	31
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	33
4.1 แบตเตอรี่	33
4.1.1 ลำดับขั้นการทดลอง	33
4.1.2 ผลการทดลอง	33
4.2 รีโมทคอนโทรล	33
4.2.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง	34
4.2.2 ผลการทดลอง	34
4.3 การเคลื่อนที่ของเรือ	34
4.3.1 การขับเคลื่อนไปข้างหน้า	34
4.3.2 การเลี้ยวซ้าย	34
4.3.3 การเลี้ยวขวา	35
4.3.4 การถอยหลัง	36
4.3.5 การถอยหลังเลี้ยวซ้าย	36
4.3.6 การถอยหลังเลี้ยวขวา	37
4.4 การเก็บขยะของเรือเก็บขยะ	37
4.4.1 การเก็บขยะของเรือเก็บขยะ	37
บทที่ 5 บทสรุป	39
5.1 สรุป	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข	39
5.3 แนวทางการพัฒนา	40
บรรณณานุกรม	41
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	42
ภาคผนวก ข วงจร	46
ภาคผนวก ค แผนผังการทำงานและการควบคุมการทำงาน	49
ภาคผนวก ง รายการอุปกรณ์	51
ภาคผนวก จ ความหนืดไดเคเนแมติค และความแน่นมวลน้ำ	53
ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งาน	56
ภาคผนวก ช รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	59
ประวัติผู้แต่ง	104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ง.1 รายการอุปกรณ์วงจรควบคุมมอเตอร์	52
ง.2 รายการอุปกรณ์วงจรตรวจสอบน้ำหนัก	52
ง.3 รายการอุปกรณ์วัสดุตัวเรือ	52
จ.1 ความหนืดไคเนแมติคของน้ำ	54
จ.2 ความแน่นมวลของน้ำ	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างรีเลย์	6
2.2 โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน	7
2.3 โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม	7
2.4 โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร	8
2.5 ระบบการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบพื้นฐาน	8
2.6 การควบคุมแรงดันไฟตรงแบบอาร์เมเจอร์	9
2.7 การควบคุมความเข้มของสนามแม่เหล็ก	10
3.1 รูปด้านข้างของเรือ	26
3.2 รูปด้านหน้าของเรือ	26
3.3 รูปด้านบนของเรือ	27
3.4 ลักษณะของทุ่น	27
3.5 การเย็บยางติดกันตรงปลายสาย	28
3.7 ลักษณะลูกกลิ้ง	29
3.8 ลักษณะการจัดชุดแบบต่อตรง	29
3.9 ส่วนประกอบโครงร่างสายพาน	30
3.10 ลักษณะการวางมอเตอร์ขับเคลื่อน	30
3.11 ลักษณะของตะแกรงพักขยะ	31
3.12 ด้านข้างของตะแกรงพักขยะ	31
3.13 ด้านบนของตะแกรงเก็บขยะ	32
ก.1 ด้านหน้าเรือ	43
ก.2 ด้านท้ายเรือ	43
ก.3 ลักษณะของเรือ	44
ก.4 ชุดตรวจสอบน้ำหนักขยะ	44
ก.5 การเก็บขยะ	45
ข.1 วงจรควบคุมมอเตอร์	47
ข.1 วงจรตรวจสอบน้ำหนัก	48
ค.1 แผนผังการทำงาน	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันขยะในแหล่งน้ำเป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำเน่าเสียซึ่งก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมส่งผลกระทบต่อธรรมชาติ และสภาพแวดล้อมของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในแหล่งน้ำมีขยะอยู่หลายชนิดทั้งขยะที่ย่อยสลายง่ายและย่อยสลายยาก การกำจัดขยะในแหล่งน้ำในปัจจุบันเรือเก็บขยะควบคุมระยะไกลที่คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สาขาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรมมีประสิทธิภาพการควบคุมเรือได้ต่ำมาก เรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุสามารถควบคุมได้ไกลขึ้นและสามารถเก็บขยะได้ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น

1.2 จุดมุ่งหมายของโครงงาน

คณะผู้จัดทำได้สร้างเรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุขึ้นมา เพื่อให้ผู้ที่สนใจศึกษานำโครงงานไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและสามารถนำไปใช้งานได้จริง

1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงงาน

เมื่อผู้ที่สนใจศึกษาได้ทำการศึกษาโครงงานนี้แล้ว มีความรู้ความสามารถนำวงจรควบคุมคลื่นวิทยุมาใช้งานในด้านต่างๆ ได้ จนสามารถนำไปใช้งานได้จริง และมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษาต่อๆ ไป

1.4 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีความสามารถดังนี้

1. สามารถควบคุมการทำงานด้วยคลื่นวิทยุได้ระยะ 100 เมตร
2. การเก็บขยะสามารถเก็บขยะที่ลอยอยู่เหนือน้ำแล้วลำเลียงด้วยสายพาน
3. การควบคุมใช้รีโมทวิทยุควบคุมด้วยคลื่นความถี่ 72 MHz
4. สามารถเก็บขยะได้ประมาณ 12 กิโลกรัม
5. มีระบบเตือนเมื่อเรือบรรทุกน้ำหนักเกิน
6. การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงบังคับการเลี้ยวซ้ายเลี้ยวขวา เดินหน้าและถอยหลังด้วยการสลักการทำงานของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนของการทำโครงงาน

โครงงานงานนี้ประกอบด้วยตัวเรือซึ่งทำจากแผ่นพลาสวูด สายพานเก็บขยะ มอเตอร์และชุดควบคุมการทำงาน ซึ่งในระยะแรกจะเริ่มต้นจากการทำตัวเรือก่อนโดยการตัดแผ่นพลาสวูดมาต่อเป็นรูปเรือตามที่ได้ออกแบบไว้ หลังจากได้ตัวเรือแล้วก็ทำการติดตั้งสายพานเก็บขยะ โดยการนำปลายของแผ่นยางทั้งสองข้างมาต่อเพื่อให้เป็นเส้นเดียวกัน สามารถทำเป็นสายพานได้ หลังจากนั้นได้ทำการทำติดตั้งมอเตอร์และชุดควบคุมการทำงานของวงจรบังคับวิทยุ พร้อมกับทำการทดสอบการทำงานของชุดควบคุมวงจร และเมื่อทำโครงงานเสร็จเรียบร้อยแล้วจะให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการตรวจสอบเพื่อหาข้อผิดพลาดและทำการแก้ไขเรือเก็บขยะต่อไป

1.6 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบบออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาค้นคว้าและทำความเข้าใจ

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ ประกอบด้วยเนื้อหาทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องคือเนื้อหาทางข้อมูลวิทยุบังคับการทำงานตลอดจนรายละเอียด การทำงาน ดีซีมอเตอร์ ทฤษฎีการออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบของเรือ

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้างและการทำงาน ประกอบด้วย เนื้อหา เรื่อง ขั้นตอน การประกอบและการสร้างเรือ การออกแบบ การสร้างวงจรควบคุมระยะไกล เพื่อให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงวิธีการออกแบบการสร้างเพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพเพิ่ม

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานทำการทดลอง การทำงานในส่วนต่างๆ ของเรือ ได้แก่ การทดลองการทำงานของวงจรการควบคุมระยะไกล การทดลองการทำงานของมอเตอร์ รวมถึงการทดลองและบันทึกผลการใช้งานเรือเก็บขยะ

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไขปัญหา แนวทางการแก้ไขพัฒนา กล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานของผู้จัดทำ และแนวทางการแก้ไขที่ได้รับจากอาจารย์ที่ปรึกษา ปริญญานิพนธ์ในด้านต่างๆ

ในภาคผนวก แสดงรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์รายละเอียด โปรแกรมรายละเอียดการทำเรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจร

ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์

ภาคผนวก ง ความหนืดไดเนแมติกและความแน่นมวลน้ำ

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน

ภาคผนวก ฉ ประวัติผู้แต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาบทนี้เป็นทฤษฎีและหลักการที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงาน โดยประกอบไปด้วยเนื้อเรื่อง การออกแบบเรือด้วย แผ่นพลาสวูด หลักการของวงจรวิทยุ ประเภทของมอเตอร์ แบตเตอรี่ ซึ่งกล่าวรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2 คุณสมบัติของคลื่นวิทยุ

คลื่นวิทยุแม้ว่าจะมีสเปกตรัมของความถี่ครอบคลุมอย่างกว้างขวาง แต่ทุกความถี่ก็มีคุณสมบัติจำเพาะบางอย่างที่คล้ายคลึงกันอยู่บ้าง กล่าวคือ คลื่นวิทยุมีคุณสมบัติในการสะท้อน(Reflection) การหักเห (Refraction) การเบี่ยงเบน (Diffraction) การกระจัดกระจาย (Scattaring) การดูดกลืน (Absorption) และการลดทอนกำลัง (Attenuation)

2.2.1 การสะท้อน

การสะท้อนของคลื่นวิทยุหมายถึง การเปลี่ยนแปลงทิศการเดินทางของคลื่นโดยทันทีทันใด เมื่อคลื่นนั้นเดินทางตกกระทบที่ผิวของตัวกลาง นั่นคือคลื่นกระดอนออกจากผิวสะท้อนของตัวกลางในลักษณะเดียวกับคลื่นแสงสะท้อนจากกระจกเงา

2.2.2 การหักเห

การหักเหเกิดขึ้นเมื่อคลื่นวิทยุเดินทางจากตัวกลางหนึ่งไปยังตัวกลางอีกตัวหนึ่งที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าไม่เหมือนกัน โดยที่มุมตกกระทบ ณ ตัวกลางที่สองไม่เป็นมุมฉากแน่นอนที่พลังงานคลื่นส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับเข้าไปยังตัวกลางที่หนึ่ง โดยมีมุมตกเท่ากับมุมสะท้อน ดังได้อธิบายมาแล้ว แต่ยังมีพลังงานคลื่นอีกส่วนหนึ่งที่จะเดินทางเข้าไปยังตัวกลางที่สอง การเดินทางเข้าไปยังตัวกลางที่สองนี้จะไม่เป็นแนวเส้นตรงต่อไปจากแนวทางเดินในตัวกลางแรก แต่จะหักเหออกไปมากน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางไฟฟ้าของตัวกลางทั้งสอง สาเหตุที่เกิดการหักเหของทางเดินของคลื่นวิทยุก็เนื่องมาจากข้อเท็จจริงที่ว่า ความเร็วของคลื่นวิทยุในตัวกลางที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าแตกต่างกันจะไม่เท่ากัน ตัวอย่างเช่น คลื่นวิทยุจะเดินทางในน้ำบริสุทธิ์ช้ากว่าเดินทางในอากาศถึง 9 เท่า เป็นต้น

ตัวอย่างการสื่อสารที่อาศัยการหักเหของคลื่นวิทยุที่รู้จักกันดีก็คือการสื่อสารในย่านความถี่สูง(HF) ซึ่งอาศัยเพดานไฟฟ้า (Lonosphere) เมื่อคลื่นวิทยุเดินทางจากพื้นโลกผ่านเข้าไปยังเพดานไฟฟ้า ลำคลื่นจะค่อยๆ หักเหไปเรื่อยๆ จนในที่สุดก็จะกลับออกมาจากเพดานไฟฟ้า และกลับมายังพื้นโลกอีก เรามักจะเข้าใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันว่าการสื่อสารในย่านความถี่สูงนี้เกิดจากการสะท้อน เพราะผลที่ออกมาดูคล้ายกับเป็นเช่นนั้น แต่ข้อเท็จจริงแล้วเกิดการหักเหดังได้อธิบายแล้วนั่นเอง

2.2.3 การเบี่ยงเบน

การเบี่ยงเบนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเดินทางผ่านมุมหรือขอบของตัวกลางทึบที่คลื่นนั้นไม่สามารถผ่านได้ ตัวอย่างเช่น คลื่นวิทยุความถี่สูงมากเดินทางผ่านยอดเขา คลื่นวิทยุความถี่สูงมากนี้มีคุณสมบัติเดินทางเป็นเส้นตรง ดังนั้นถ้าเราลากเส้นตรงจากสายอากาศไปยังยอดเขา ส่วนที่อยู่หลังยอดเขาและต่ำกว่าเส้นนี้ลงมาไม่ควรที่จะรับคลื่นวิทยุได้เลย แต่กลับปรากฏว่ามีบางส่วนที่อยู่หลังยอดเขาและบางส่วนที่อยู่หลังยอดเขาและบ่างส่วนบนพื้นดินที่ห่างออกไปแต่ภูเขาบังจากสายอากาศส่งอยู่ สามารถรับคลื่นได้แม้จะไม่ดีนัก การรับคลื่นวิทยุย่านความถี่สูงมากได้ แม้ส่วนโค้งของโลกบังอยู่ก็อธิบายได้ในลักษณะเดียวกัน สิ่งที่ควรคราบไว้ก็คือความถี่ยิ่งสูงขึ้น การเบี่ยงเบนของคลื่นก็ยิ่งลดลง

2.2.4 การถูกดูดกลืน

เมื่อคลื่นวิทยุเดินทางผ่านตัวกลาง พลังงานส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปในลักษณะที่กลายเป็นความร้อน เราเรียกว่าคลื่นวิทยุถูกดูดกลืนโดยตัวกลางนั้น ตัวกลางทุกชนิดจะมีสภาพความเป็นตัวนำ หรือมีสภาพความเป็นตัวต้านทานต่อคลื่นวิทยุแตกต่างกัน อณูของอากาศ น้ำ และฝุ่นละอองซึ่งประกอบกันขึ้นเป็นบรรยากาศจะทำหน้าที่เป็นตัวดูดกลืนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับเพดานไฟฟ้าซึ่งก็ดูดกลืนพลังงานคลื่นวิทยุที่เดินทางผ่านด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ต้นไม้ อาคาร ตึก สิ่งก่อสร้างต่างๆ บนพื้นโลก แม่แต่โลกเองก็ดูดกลืนพลังงานคลื่นวิทยุด้วย

2.2.5 การกระจัดกระจาย

เมื่อคลื่นวิทยุเดินทางตกกระทบตัวกลางที่รวมกันเป็นกลุ่มก้อนพลังงานส่วนหนึ่งสะท้อนออกบางส่วนเดินทางหักเหเข้าไปในตัวกลางส่วนหนึ่งของพลังงานที่เข้าไปในตัวกลางจะดูดกลืนแปลงรูปเป็นความร้อน แต่จะมีอีกส่วนหนึ่งที่เมื่อเข้าไปในตัวกลางแล้วจะถูกคายออกมาอีกในรูปของการกระจายคลื่น เนื่องจากคลื่นที่กระจายออกมานี้ไม่ค่อยเป็นระเบียบ เราจึงเรียกว่าคลื่นกระจัดกระจาย อย่างไรก็ดีการกระจัดกระจายของคลื่นนี้บางครั้งก็นำมาใช้ประโยชน์ได้เช่น ในระบบการสื่อสารที่เรียกว่า โตรโปสเฟียริคสแก็ดเตอร์ (Tropospheic Scatter) เป็นต้น ซึ่งอาศัยการกระจัดกระจายของคลื่นวิทยุจากกลุ่มอากาศที่หนาแน่นในชั้นบรรยากาศโตรโปสเปียร์ซึ่งอยู่ในอาณาบริเวณจากผิวโลกถึงระยะสูงประมาน 10 กิโลเมตร ในบางครั้งการกระจัดกระจายก็มีผลเสีย เช่น การสื่อสารย่านความถี่ไมโครเวฟ เมื่อคลื่นตกกระทบเม็ดฝน พลังงานบางส่วนถูกเม็ดฝนดูดกลืนไว้กลายเป็นความร้อนแต่บางส่วนนั้น เมื่อเมล็ดฝนดูดกลืนไว้แล้วก็จะคายออกมาในลักษณะการกระจัดกระจายของคลื่นออกไปโดยรอบ ดังนั้นพลังงานส่วนนี้แม้จะไม่เป็นความร้อนแต่แทนที่จะได้เดินทางไปถึงปลายทางยังสถานีรับ กลับต้องสูญเสียโดยการกระจัดกระจายไปคนละทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 การลดทอนพลังงาน

ในความหมายทั่วไป การลดทอนพลังงานของคลื่นวิทยุจะมีความหมายหรือสาเหตุคล้ายคลึงกับการถูกดูดกลืน แต่ในที่นี้ตั้งใจจะให้มีความหมายเฉพาะอีกลักษณะหนึ่งคือ การลดทอนพลังงานคลื่นอันเนื่องมาจากการถ่างออกของลำคลื่นวิทยุ ในลักษณะที่คล้ายคลึงกับการถ่างออกของลำแสงไฟฉาน เป็นต้น ปรากฏการณ์เช่นนี้จะทำให้ความเข้มของพลังงานคลื่นวิทยุต่อหนึ่งหน่อยพื้นที่ลดลงไปเรื่อยๆ เมื่อคลื่นเดินทางห่างจุดกำเนิดออกไป ถ้าแหล่งกำเนิดคลื่นมีลักษณะที่สามารถกระจายคลื่นได้ทุกทิศทางรอบตัว หรือที่เราเรียกว่า สายอากาศไอโซทรอปิคนั้น คลื่นที่ถูกสร้างขึ้นจะลดความเข้มลงไปเรื่อยๆ เมื่อเดินทางห่างออกไปโดยที่ความเข้มจะแปรกลับกับระยะทางกำลังสองนั่นเอง

การสร้างสายอากาศให้มีค่าทวีกำลังสูงก็เพื่อจะบีบลำคลื่นให้แคบที่สุดซึ่งจะทำให้ความเข้มของพลังงานอื่นต่อหน่อยพื้นที่มีค่าสูงขึ้นด้วย

2.3 คุณสมบัติของ รีเลย์ (Relay)

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (Solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจร ไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.3.1 รีเลย์กำลัง (Power relay)

หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2.3.2 รีเลย์ควบคุม (Control Relay)

มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

หน้าที่ของคอนแทกเตอร์ คือ การใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยเพื่อไปควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก คอนแทกเตอร์ ทำให้เราสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในตำแหน่งอื่นๆ ของระบบไฟฟ้าได้ สายไฟควบคุมให้รีเลย์กำลังหรือคอนแทกเตอร์ทำงาน เป็นสายไฟฟ้าขนาดเล็กต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุมและคอล์ยของของคอนแทกเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอล์ยอาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบ การใช้คอนแทกเตอร์ทำให้สามารถควบคุมวงจรจากระยะไกล (Remote) ได้ ซึ่งทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมกำลังไฟฟ้า

คอนแทกเตอร์ (Contactors) นอกจากจะมีหน้าสัมผัสทั้งส่วนเคลื่อนที่ และหน้าสัมผัสส่วนที่อยู่กับที่แล้วหน้าสัมผัสภายในของคอนแทกเตอร์ยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามลักษณะของการทำงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ คือ

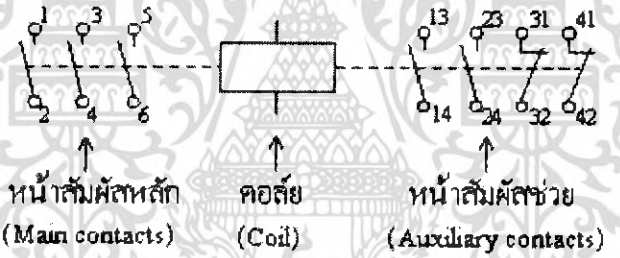
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.1 หน้าสัมผัสหลัก (Main Contacts)

โดยปกติแล้วหน้าสัมผัสหลักมี 3 อัน สำหรับส่งผ่านกำลังไฟฟ้า 3 เฟสเข้าไปสู่มอเตอร์ หรือโหลดที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส หน้าสัมผัสหลักของคอนแทกเตอร์มีขนาดใหญ่ทนแรงดันและกระแสได้สูง หน้าสัมผัสหลักเป็นชนิดปกติเปิด (Normally open:N.O. contact) อักษรกำกับ หน้าสัมผัสด้านแหล่งจ่ายคือ 1, 3, 5 หรือ L1, L2, L3 และด้านโหลดคือ 2, 4, 6 หรือ T1, T2, T3

2.3.2.2 หน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contacts)

หน้าสัมผัสชนิดนี้ติดตั้งอยู่ด้านข้างทั้งสองด้านของตัวคอนแทกเตอร์ มีขนาดเล็กทนกระแสได้ต่ำทำหน้าที่ช่วยการทำงานของวงจร เช่น เป็นหน้าสัมผัสที่ทำให้คอนแทกเตอร์ทำงานได้ ตลอดเวลา หรือเรียกว่า "holding" หรือ "maintaining contact" หน้าสัมผัสช่วยนี้จะเป็นหน้าสัมผัสแบบโยกได้สองทาง โดยจะถูกดึงขึ้น-ลงไปตาม จังหวะการดูด-ปล่อยของคอนแทกเตอร์ อักษรกำกับหน้าสัมผัสช่วย จะเป็น 13, 14 สำหรับคอนแทกเตอร์ที่มีหน้าสัมผัสช่วยแบบปกติเปิด 1 ชุด ถ้ามี
N.O. ชุดที่ 2จะเป็น 23, 24 และหน้าสัมผัสช่วยแบบปกติปิดจะมีอักษรกำกับ เป็น 31, 32 และ 41, 42



รูปที่ 2.1 โครงสร้างรีเลย์

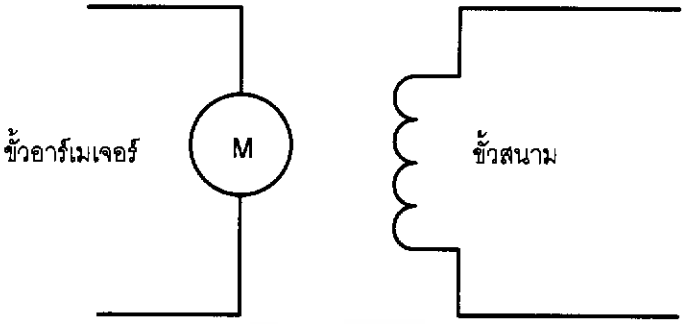
2.4 มอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรงนั้น สามารถจำแนกออกได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับวิธีการสร้างที่รู้จักกันเป็นส่วนใหญ่ในปัจจุบัน คือ มอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร แบบขนาน แบบอนุกรม และแบบ ผสม

2.4.1 มอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน

มอเตอร์แบบนี้สามารถปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้อย่างอิสระต่อกระแสอาร์เมเจอร์จะเป็นผลทำให้สามารถควบคุมพารามิเตอร์ของมอเตอร์ให้มีค่าคงที่ได้ ตลอดช่วงพิสัยที่กว้างมอเตอร์ชนิดนี้จึงมักจะใช้ในงานระบบที่ควบคุมการเคลื่อนที่ที่ต้องการแรงบิดสูงโดยโครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบขนานแสดงได้ดังรูปที่ 2.2

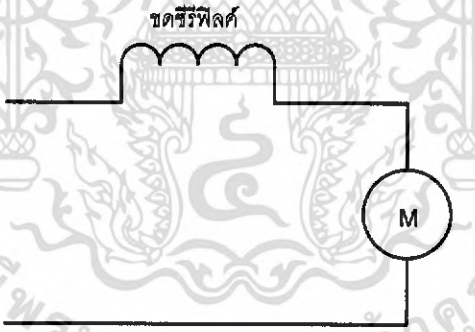
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน

2.4.2 มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม

มอเตอร์แบบนี้จะมีเส้นแรงแม่เหล็กเป็นสัดส่วนกับกระแส ดังนั้น เส้นแรงแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กจึงสามารถปรับค่าได้ ซึ่งเราจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงบิดเป็นนอนลิเนียร์ (Non Linear) จึงเหมาะที่จะนำไปใช้งานในภาวะเฉพาะ คือ เมื่อต้องการแรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ และแรงบิดต่ำที่ความเร็วสูง เช่น ระบบการขับเคลื่อนของรถลาก เป็นต้น โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม แสดงดังรูปที่ 2.3

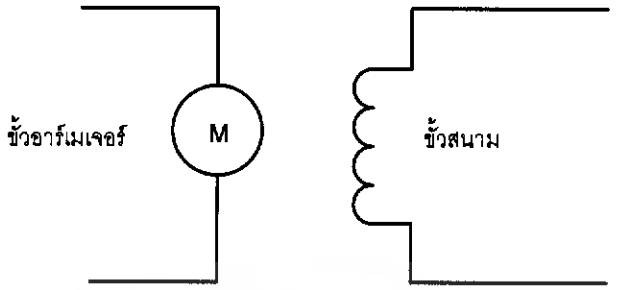


รูปที่ 2.3 โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม

2.5 มอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร

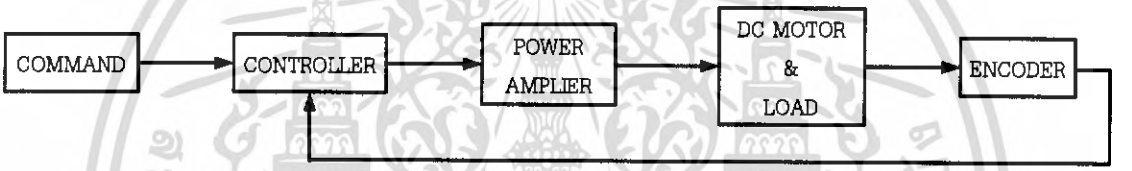
มอเตอร์แบบนี้จะใช้การกระตุ้นฟิลด์ของมอเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร ซึ่งต่างจากที่กล่าวมาข้างต้นที่ใช้ขดลวดซีรีย์ฟิลด์ ซึ่งจะให้เส้นแรงของฟิลด์มีค่าคงที่ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างขนาดของกระแสอาร์เมเจอร์และแรงบิดจะมีค่าคงที่ด้วยซึ่งมีข้อดี คือ ไม่มีกำลังสูญเสียในขดฟิลด์ และยังจะประสิทธิภาพสูงกว่า และมีขนาดเล็กกว่า เมื่อเทียบกับแบบใช้ขดลวดในการกระตุ้นที่มีขนาดกำลังม้าเท่ากัน จึงเหมาะกับงานที่ต้องการแรงบิดของโหลดสูง โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร แสดงดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร

2.6 ระบบการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบพื้นฐาน



รูปที่ 2.5 ระบบการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบพื้นฐาน

จากรูปที่ 2.5 อธิบายได้ดังนี้

1. ตัวควบคุม เป็นระบบที่ทำให้เกิดสัญญาณควบคุมนำไปบังคับมอเตอร์กระแสตรงและตัว ภาระ ซึ่งอาจจะเป็นแอนะลอกหรือดิจิตอลก็ได้
2. Power Amplier หรือส่วนตัวขับ ทำหน้าที่ปรับปรุงและขยายสัญญาณให้เหมาะสม ขึ้นก่อนที่จะป้อนไปขับมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งสามารถแยกเป็นลิเนียร์เพาเวอร์แอมปลิไฟล์ และพัลส์วิดท์โมดูเลชั่น
3. Linear power Amplier เป็นการควบคุมมอเตอร์แบบต่อเนื่อง แต่ก็จะมีความ สูญเสียทางกำลังงานสูงเพราะ เนื่องจากกำลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสีย ในทางเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์เป็นจำนวนมาก เพราะขณะมอเตอร์ไม่ทำงาน ทรานซิสเตอร์ส่วนนี้ก็ต้องแบกภาระ เนื่องจากมีกระแสไหลผ่านตัวมัน
4. พัลส์วิดโมดูเลชั่น เป็นสวิทชิ่งแอมปลิไฟล์ คือ การควบคุมโวลท์เตจของมอเตอร์ โดยการปรับ Duty cycle ของ โวลท์เตจที่จ่าย ให้มอเตอร์ และทำให้มันทำงานทุกๆ ภาวะอิ่มตัวหาภาวะไม่นำกระแส ด้วยเหตุนี้กำลังสูญเสียน้อย เนื่องจากเมื่อทรานซิสเตอร์นำกระแส แรงดันตกคร่อมตัวมันจะน้อยจนตัดทิ้งได้ และเมื่อหยุดนำกระแส แรงดันตกคร่อมจะประมาณเท่ากับ vcc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น กระแสไหลผ่านจึงน้อยมากประมาณศูนย์แต่จะใช้กับความถี่สูงได้ไม่ดีและความถี่ต้องคงที่ไม่เช่นนั้นอาจเกิดออสซิเลทขึ้นได้

5. มอเตอร์กระแสตรงและโหลดคือ ระบบที่ถูกคอนโทรลหรือ ส่วนที่ออกแรงทำงานซึ่งเป็นเครื่องจักรกล

6. Encoder หรือเรียกว่าฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์ ใช้สำหรับรับรู้และตรวจจับสัญญาณ ทางเอาต์พุต ที่ต้องการโดยจะไม่มีผลของการโหลดดิ้ง (Loading) สัญญาณที่ตรวจจับได้นี้จะป้อนกลับเพื่อไปเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงเพื่อควบคุมมอเตอร์อีกที ซึ่งฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์นี้จะแบ่งเป็นอนาลอกและดิจิตอล

2.7 การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง

การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงทำได้ 2 วิธี คือ

2.7.1 การควบคุมแรงดันไฟตรงของอาร์เมเจอร์

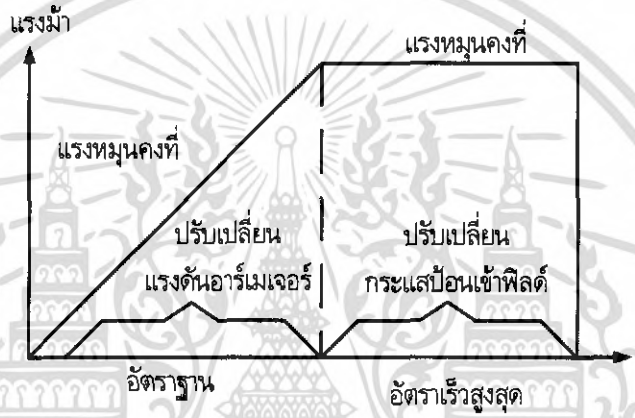
เนื่องจากความเร็วมอเตอร์กระแสตรงแปรผันตรงกับแรงดันที่ได้กับขดลวดอาร์เมเจอร์ดังนั้นเราจึงสามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยการควบคุมแรงดันของอาร์เมเจอร์ วิธีการนี้จะใช้ในช่วงความเร็วที่ต่ำกว่าความเร็วที่กำหนด หรือ n base การควบคุมแบบนี้จะทำให้แรงบิดสูงสุดของมอเตอร์มีค่าคงที่ตลอดช่วงความเร็วเมื่อกระแสอาเมเจอร์มีค่าเท่ากับค่าสูงสุด ส่วนกำลังออกของมอเตอร์นั้นจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วที่เป็นเส้นตรง ดังรูปที่ 2.6โดยจะมีกำลังที่ออกมาสูงสุดโดยเราให้มีความเร็วที่กำหนดการควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงโดยทั่วไปจะใช้วิธีนี้เพราะให้แรง บิด สูง

รูปที่ 2.6 การควบคุมแรงดันไฟตรงแบบอาร์เมเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 การควบคุมความเข้มของสนามแม่เหล็ก

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงในย่านความเร็วที่สูงกว่าความเร็วที่กำหนดจะทำได้โดยการควบคุมกระแสของขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์เมื่อเราต้องการเพิ่มความเร็ว เราจะต้องลดขนาดของกระแสของขดลวด การลดความเข้มของสนามแม่เหล็กของมอเตอร์จะมีผลทำให้แรงบิดสูงสุดของมอเตอร์ลดลง เพราะว่าขณะที่กำลังออกสูงสุดของมอเตอร์จะไม่เปลี่ยนแปลง ดังแสดงในรูปที่ 2.7 วิธีนี้จะใช้กับโหลดที่ต้องการความเร็วสูง โดยที่แรงบิดของโหลดจะต้องลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ไมเช่นนั้นจะเป็นการโอเวอร์โหลดมอเตอร์



รูปที่ 2.7 การควบคุมความเข้มของสนามแม่เหล็ก

2.8 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงมีต้นกำเนิดมาจากเซลล์ไฟฟ้า เช่น ถ่านไฟฉายชนิดต่างๆ และแบตเตอรี่รถยนต์ เป็นต้น

เซลล์ไฟฟ้า คือ ต้นกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้ปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งแบ่งลักษณะการใช้งานได้ 2 ชนิด คือ

2.8.1 เซลล์ปฐมภูมิ (Primary cell) คือ เซลล์ไฟฟ้าที่มือเรานำมาใช้งานจนหมดสภาพแล้วนั้น เราจะไม่สามารถนำมาใช้ได้อีก อันได้แก่ ถ่านไฟฉายที่ใช้ ไฟตรงทั่วไป

2.8.2 เซลล์ทุติยภูมิ (Secondary cell) คือ เซลล์ไฟฟ้าเมื่อเรานำมาใช้งานเราแล้วสามารถนำกลับมาใช้งานได้ใหม่อีกโดยการเติมประจุเข้าที่ตัวเซลล์ไฟฟ้านี้ ได้แก่ แบตเตอรี่รถยนต์หรือถ่านนิเกิลแคดเมี่ยม ที่ใช้กับวิทยุบังคับ เครื่องเล่น หรือวิทยุมือถือ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันนี้เซลล์ไฟฟ้านั้นแบบต่างๆที่นิยมใช้มีดังนี้

1. โวลตาอิก เซลล์ (Volic cell) หรือบางทีเรียกว่า เซลล์เปียก (Wet cell) คือ การนำเอาแผ่นโลหะ 2 แผ่น ที่ต่างชนิดกันมาทำเป็นขั้วอิเล็กโทรดนำไปจุ่มสารละลายกรดกำมะถันเจือจางที่เรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กโตรไลท์ จะปรากฏผลทำให้ขั้ว อิเล็กโทรดแผ่น หนึ่งแสดงประจุไฟฟ้าบวกและอีกแผ่นแสดงประจุลบ เมื่อเรานำเอาหลอดไฟฟ้ามา ต่อที่ขั้วอิเล็กโทรดทั้ง 2 จะทำให้หลอดไฟสว่างได้ในระยะเวลาหนึ่งขั้วอิเล็กโทรดก็จะเสื่อมภาพ และผุกร่อนไปจนกระทั่งไม่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าออกมาได้ เซลล์ แบบนี้เมื่อหมดสภาพการทำงานแล้ว ถ้าจะนำมาใช้ใหม่สามารถทำได้แต่ที่เราจะต้อง ทำการเปลี่ยนขั้ว อิเล็กโทรดทั้ง 2แผ่น และละลายสารอิเล็กโตรไลท์ใหม่

2. เซลล์แห้ง (Dry cell) จะใช้หลักการเกี่ยวกับแบบโวลตาอิกเซลล์ เพียงแต่จะต่างกันตรงสารที่ใช้สารละลาย อิเล็กโตรไลท์ที่เป็นลักษณะข้นเหนียว ซึ่งไม่เป็นของเหลวและบรรจุไว้ในกระบอกหุ้มด้วยสังกะสีและที่ฐานของสังกะสีนั้นจะมีฉนวนกั้นอยู่เพื่อไม่ให้แท่งคาร์บอนที่อยู่ตรงกลางกระบอกที่มีสารอิเล็กโตรไลท์ข้นเหนียวหุ้มอยู่ไปสัมผัสกับแผ่นโลหะสังกะสี โดยแท่งคาร์บอนนั้นจะเป็นสารอิเล็กโทรดขั้วบวก และโลหะสังกะสีจะเป็นขั้วลบเซลล์ แห้งส่วนมากจะมีค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าออกมาใช้งานประมาณ 1.5 โวลต์ หรือบางทีเรียกเซลล์ชนิดนี้ว่า เซลล์แบบสังกะสีกับถ่าน
3. เซลล์ไฟฟ้าแบบ อัลคาไลน์ (Alkaline cell) บางทีเรียก ว่า นิเกิล-ไอออน เซลล์ หรือเรียกว่า เอดิสันเซลล์แบบนี้ใช้ นิเกิลไดออกไซด์เป็นอิเล็กโทรดขั้วบวก และเหล็กบริสุทธิ์ โดยเราใช้เป็นขั้วบวกจะเปลี่ยนเป็นนิเกิลออกไซด์อัลคาไลท์เซลล์สามารถผลิตให้มีประจุไฟฟ้าได้เต็มที่ 1.37 โวลต์ ซึ่งจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อม ขณะใช้งาน 1 โวลต์ โดยจะถือว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเซลล์ปรกติ คือ 1.2 โวลต์ เราจะพบเห็น อัลคาไลน์เซลล์นำไปใช้งาน เช่น ถ่านไฟฟ้าที่ใช้กับแฟลตถ่ายรูป หรือใช้กับวิทยุรับและส่งแบบมือถือ เป็นต้น อัลคาไลน์ เซลล์ยังสามารถนำ ไปใช้เป็นเซลล์ไฟฟ้าแบบเซลล์ปฐมภูมิแบบแห้ง หรือเซลล์ทุติยภูมิได้ โดยชนิด อัลคาไลน์แห้งที่เรารู้นั้นก็คือเซลล์ไฟฟ้าแบบนิเกิล-แคดเมียม เซลล์แบบนี้จะใช้อิเล็กโทรดขั้วบวกทำมาจาก นิเกิลไดออกไซด์ใช้ผสมกับสารอิเล็กโทรดขั้วลบทำมาจากแคดเมียมบริสุทธิ์ซึ่งจะให้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 1.2 โวลต์
4. แบตเตอรี่ (Bake) เป็นเซลล์ไฟฟ้าชนิดทุติยภูมิ เมื่อเรานำเอาแบตเตอรี่ไปใช้งานแล้วจนแรงเคลื่อนไฟฟ้าหมดแล้ว เราสามารถที่ทำการเก็บประจุไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า ชาร์จประจุใหม่ได้อีกโดยโครงสร้างของแบตเตอรี่จะประกอบด้วยแผ่นธาตุแช่อยู่ในกำมะถัน แผ่นอิเล็กโทรดขั้วบวกทำมาจากแผ่นตะกั่วเปอร์ออกไซด์ และแผ่นอิเล็กโทรดขั้วลบจะทำมาจากแผ่นตะกั่ว (Lead) ภายในตัวแบตเตอรี่จะแบ่งเป็นช่องๆ หลายๆ ท่องเพื่อบรรจุเซลล์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 คุณสมบัติพิเศษของแผ่นพลาสวูด

ผลิตภัณฑ์แผ่นพลาสวูด "CELUKA" ที่ผลิตประกอบด้วย CELUKA SHEET และ FREEFOAM SHEET ซึ่งผ่านกระบวนการ CELUKA PROCESS และ FREEFOAM PROCESS ตามลำดับ จึงทำให้แผ่นมีลักษณะเบาซึ่งมีความหนาแน่นประมาณ 0.55 - 0.65 g/cm^3 และมีความคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศได้ดี ดังนั้นจึงเหมาะสมกับงานทั้งภายนอกภายใน

มีความคงทนต่อการผุกร่อนและไม่ดูดซับความชื้น จึงไม่บวมหรือพองเมื่อแช่น้ำเหมือนกับแผ่นไม้อัด (Plywood broad) แผ่นชิ้นไม้อัด (Particle broad) แผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง และนอกจากนี้ยังหมดปัญหาเรื่องปลวก มอด แมลงปีกแข็งหรือเชื้อราที่จะมากัดกินทำให้ผุเปื่อย เพราะผลิตภัณฑ์แผ่นพลาสวูดไม่เป็นอาหารสำหรับพวกนี้

มีความคงทนต่อสารเคมี กรดแก่ เบสแก่ เนื่องจากใช้ PVC เป็นส่วนประกอบหลักในการผลิตซึ่งมีคุณสมบัติทนกรดทนเบส

มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนและเสียง จึงทำให้บ้านเรือนเย็นสบาย และกันเสียงสะท้อนได้ สามารถนำไปทำตู้ลำโพงได้

สามารถพิมพ์สี หรือพ่นสีลงบน Celuka sheet ได้อย่างง่ายได้ โดยใช้สีประเภทอะครีลิกหรือสีอีพอกซี่ หาได้ตามท้องตลาดทั่วไป ถ้าเป็นงาน Silkscreen ให้ใช้สีพีวีซีโดยตรงทำให้ติดแน่นทนนาน

สามารถนำไปใช้เป็นชั้นบุในประตูทั้งภายในและภายนอก และยังนำมาทำเป็นส่วนประกอบของหน้าต่าง ป้ายโฆษณา ป้ายสัญลักษณ์ต่าง ๆ ตู้หรือแผงควบคุมไฟฟ้า ผนังกั้นห้อง ตลอดจนนำมาตกแต่งภายในบ้านหรือร้านแสดงสินค้าในงานต่างๆ ไม่เป็นเชื้อไฟ เนื่องจากในเนื้อ PVC ประกอบด้วยธาตุคลอรีน จึงทำให้มีคุณสมบัติดับไฟเองได้ (Self-extinguished) ในยุโรปนิยมใช้ผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจาก PVC เนื่องจากตึกอาคารบ้านเรือนเมื่อเริ่มเกิดไฟไหม้สามารถหาจุดต้นตอที่เกิดการไหม้ไฟได้อย่างทันท่วงที เพราะกลิ่นก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ นั่นเองทำให้ลดอัคคีภัยได้มากและยังปรากฏหลักฐานแน่ชัดว่า เมื่อเกิดไฟไหม้คนที่เสียชีวิตจะไม่ตายด้วยก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ตัวนี้แต่จะเสียชีวิตด้วยการสูดดมก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มากที่สุด

สามารถใช้เครื่องมือช่างทุกชนิดกับผลิตภัณฑ์นี้ได้ เช่น ค้อน, เลื่อยลันดา, เลื่อยวงเดือน, JIGSAW, เครื่อง ROUTER, กบไสไม้ เป็นต้น ซึ่งสามารถตัดได้ ตอกตะปูได้ไม่แตก ขันสกรูได้เป็นต้น และช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องมือช่างไม้ได้อีกด้วย

ผลิตภัณฑ์เป็นวัสดุประเภทเทอร์โมพลาสติก จึงสามารถนำกลับมาดัดโค้งเป็นรูปต่างๆ ได้ด้วยความร้อน อาจจะใช้ลมร้อนหรือแช่ด้วยน้ำมันร้อนที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-5 นาที และขึ้นรูปได้ตามที่กำหนดด้วย Calibrator เช่นแผ่นโค้งแล้วหล่อเย็นด้วยน้ำหล่อเย็นทันที จะทำให้ได้แผ่นโค้งที่เราต้องการถาวร และเนื่องจากมันมีคุณสมบัติดังกล่าวจึงสามารถนำกลับมาใช้อีก (Recycing in production process)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 หลักการผลิตแผ่นพลาสวูด

2.10.1 การเชื่อม

สามารถใช้วิธีการเชื่อมแผ่นให้ติดกัน 2 วิธีการ คือ เชื่อมด้วยอากาศร้อน และเชื่อมด้วยวิธีการบัดกรี การเชื่อมทั้งสองวิธีการดังกล่าวจะต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง เพื่อจะได้มีความแข็งแรงของรอยตะเข็บ หัวใจในการเชื่อมดังนี้ อุณหภูมิ , เวลา และ แรงกด ณ ตำแหน่งของการเชื่อม ความสะอาดของตำแหน่งส่วนที่นำมาติดกันเป็นส่วนสำคัญที่สุด เพราะความสกปรกหรือ สารปนเปื้อนตรงรอยตะเข็บ จะลดความแข็งแรงของรอยตะเข็บของการเชื่อมลงอย่างมาก ถ้าจำเป็นต้องใช้ลวดเชื่อม PVC ภายหลังเชื่อมแล้วควรจะต้องกำจัดส่วนเกินของการเชื่อม โดยวิธีการขูด, ขัด ส่วนเกินด้วยกระดาษทรายให้เรียบร้อย

2.10.1.1 การเชื่อมด้วยอากาศร้อนธรรมดา

ลวดเชื่อมและแผ่นที่ต้องการเชื่อมจะถูกให้ความร้อน โดยหัวเชื่อมจะเคลื่อนที่ขึ้นลงคล้ายกับพัดหรือการทอผ้า ลวดเชื่อมจะเคลื่อนที่ในลักษณะตั้งฉาก และกดให้สม่ำเสมอตลอดแนวการเชื่อม

2.10.1.2 การเชื่อมด้วยอากาศแบบเร่ง

การเชื่อมในลักษณะนี้จะต้องใช้หัวเชื่อมพิเศษ ลวดเชื่อมจะสอดเข้าไปในหัวเชื่อม และพื้นผิวจะถูกทำให้อ่อนตัวโดยความร้อน และกดลิ้นของหัวเชื่อมลงในแนวที่ต้องการ ความเร็วจะประมาณ 3-4 เท่ามากกว่าแบบแรก

2.10.1.3 การเชื่อมโดยใช้หัวบัดกรี

การเชื่อมแบบนี้ควรใช้กับแผ่นที่มีความหนาน้อย เช่น Freefoam ซึ่งมีความหนา 3-4 mm. พื้นผิวของแผ่นจะถูกความร้อน โดยใช้หัวบัดกรีและกดหัวบัดกรีขณะเชื่อมด้วย หัวบัดกรีชนิดนี้โดยมากจะเป็นแบบใช้ไฟฟ้า หลังจากแผ่นร้อนจนหลอมละลายในตำแหน่งที่ต้องการแล้ว ให้กดตัวแผ่นที่ต้องการให้ติดกับพื้นที่กดตำแหน่งที่เชื่อมจนกระทั่งเย็นจึงสามารถแตะได้ด้วยมือ

2.10.2 การเคลือบผิว

พื้นผิวของแผ่นพลาสวูดที่จะเคลือบผิวจะต้องสะอาด แห้ง ปราศจากฝุ่น และคราบน้ำมันโดยให้ ใช้กระดาษทรายขัดพื้นผิวของแผ่นตรงบริเวณที่จะเคลือบผิวเสียก่อน จากนั้นให้ใช้ผ้าขาวชุบทินเนอร์ เช็ดเพื่อให้พื้นผิวของแผ่นสะอาด ปราศจากฝุ่น และคราบน้ำมัน ซึ่งจะทำให้การเคลือบผิวติด แน่นมากขึ้น

ถ้าเคลือบผิวด้วยโฟไมก้า (Formica) ให้ใช้กาวยางชนิดที่ตัวทำละลายค่อนข้างแรง และขันซึ่งนิยมใช้กันในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ทั่วไป โดยทาให้ทั่วแล้วใช้โฟไมก้ารีดทับลงบนแผ่นพลาสวูด ตรงส่วนโค้งต้องใช้ความร้อนเข้าช่วยเพื่อโค้งแผ่นโฟไมก้า หรืออาจจะเคลือบด้วย แผ่นฟิลม์อะครีลิค เป็นพวกเมธิวเมตาครีเลต (Polymethylmethacrylate, PMMA) ซึ่งมีลวดลายให้เลือกได้ มากมาย และใช้กาว สังเคราะห์เป็นตัวเชื่อมประสาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.3 การเลื่อย

2.10.3.1 เลื่อยมือ

เนื่องจากคุณสมบัติที่ดีของแผ่นพลาสวูด ที่สามารตัดได้ง่าย โดยใช้เลื่อยที่มีฟันเลื่อยชนิดตรง เลื่อยโลหะที่โดยทั่วไปใช้กับงานเหล็กจะไม่เหมาะสมกับงานตัดแผ่น Foam sheet เพราะฟันเลื่อยจะเล็กและถี่มาก ทำให้พีวีซีหลอมละลายและติดฟันเลื่อย

2.10.3.2 เลื่อยวงเดือน

เหมาะสำหรับงานตัดตรงเป็นแนวยาว จะได้ผิวของงานตัดที่สะอาด ถ้าใช้เลื่อยประเภทฟันเลื่อยสั้นและรอบต่ำ ฟันเลื่อยที่ใช้ควรจะเป็นฟันเลื่อยที่เว้าเข้าด้านใน ซึ่งหันไปในทิศตรงกันข้าม และมีร่องระบายความร้อนด้วย พื้นผิวด้านรอยตัดจะสะอาดและสวยงาม ถ้าใช้ Carbide Tipped Blades เลื่อยประเภทนี้เป็นเลื่อยที่ใช้สำหรับงานไม้และงานพลาสติก

2.10.4 การเจาะ

แผ่นพลาสวูด อาจจะเจาะโดยใช้สว่านเกลียวที่มีมุม 30° ความเร็วในการตัดและเจาะขึ้นอยู่กับความลึกของรูที่ต้องการ ข้อแนะนำให้ใช้สว่านเจาะสำหรับงานพลาสติกโดยเฉพาะจะดีที่สุด

2.10.5 การขึ้นรูป

แผ่นพลาสวูด จะเหมือนวัสดุเทอร์โมพลาสติกทั่วไป ที่มีการยืดหยุ่นเมื่อร้อนและสามารถขึ้นรูปได้ ช่วงอุณหภูมิที่ดีที่สุดในการขึ้นรูปจะอยู่ระหว่าง 120 °C ถึง 180°C ภายหลังจากการขึ้นรูปและวัสดุเย็นลงแล้วจะยังคงรูปอยู่ในขณะร้อน แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งนั้น วิธีการขึ้นรูปของแผ่นพลาสวูด มี 2 วิธีคือ

2.10.5.1 การขึ้นรูปโดยการดัด

การดัดโดยการใช้เครื่องดัดธรรมดา สำหรับวัสดุที่มีความยาวมากอาจจะใช้จิ๊ก (Bending Jig) รัศมีภายในของการดัดจะต้องมากกว่า 2 เท่าของความหนาของแผ่น เพื่อป้องกันการเสียของแผ่นขณะให้ความร้อนจะต้องควบคุมให้อุณหภูมิสม่ำเสมอ แหล่งกำเนิดของความร้อนอาจจะมาได้จากแหล่งต่างๆ หลายประเภทซึ่งจะต้องทดลองเพื่อความเหมาะสม เช่น เครื่องทำความร้อนไฟฟ้า อาจใช้ แสงอินฟราเรด หรือ ลวดให้ความร้อน , ร่องให้ความร้อนไฟฟ้า และ เครื่องเป่าลมร้อน

2.10.5.2 การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์

แผ่นพลาสวูด จะอ่อนตัวเมื่อให้ความร้อนสามารถขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ตัวผู้ ความหนาของแผ่นจะต้องขึ้นอยู่กับขนาดของแม่พิมพ์ตัวผู้และรูปแบบที่ต้องการ

2.10.5.3 การขึ้นรูปด้วยการเป่า

การขึ้นรูปแบบนี้แม่พิมพ์จะต้องใช้แม่พิมพ์ตัวเมีย โดยการทำให้แผ่นร้อนและยึดแผ่นด้วยเครื่องยึดระหว่างแผ่นที่เป่าร้อนและแม่พิมพ์ตัวเมียนั้นแผ่นจะทำให้ขึ้นรูปด้วยอากาศวัดซึ่งฉีดเข้าไปบนฐานของเครื่องมือแรงดันของลมอัดจะประมาณ 2 บาร์ หรือ 29 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตู้แห้ง ประมาณ 2 นาที ต่อความหนา 1 มิลลิเมตรของแผ่น

- เตาอบแบบหมุนเวียนอากาศ 1.5 นาที ต่อความหนา 1 มิลลิเมตร อุณหภูมิของแผ่นพิมพ์ควรจะอยู่ในช่วงของ 120 °C ถึง 140 °C เนื่องจากแผ่นจะถูกยืดอย่างมั่นคง และจะมีการเปลี่ยนแปลงความหนาของรูปแบบ ตามลักษณะแม่พิมพ์ตลอดแผ่น อัตราขยายพื้นที่ของแผ่นไม่ควรจะเกิน 1 : 2 ซึ่งจะสามารถคงความเรียบของผิวหน้าแผ่นอยู่ได้

2.10.5.4 การขึ้นรูปด้วยสุญญากาศ

อุณหภูมิที่ใช้สำหรับการขึ้นรูปด้วยสูญญากาศควรจะอยู่ในช่วง 160 0C ถึง 180 °C อัตราขยายของพื้นที่ของแผ่นไม่ควรเกิน 1:1.5 ส่วนค่าต่างๆ ในการตั้งเครื่องขึ้นรูป ควรจะทดสอบหาค่าก่อน เพราะจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของแม่พิมพ์นั้นๆ ในกรณีของเครื่องขึ้นรูปด้วยสูญญากาศด้วยระบบคู่ ความร้อนที่ใช้อยู่ที่ 18 กิโลกรัม ต่อตารางเมตร และ 13 กิโลวัตต์ ต่อตารางเมตร สำหรับส่วนบนและส่วนล่างค่าต่างๆ ที่จะขอแนะนำสำหรับการขึ้นรูปแบบสูญญากาศ จำนวน 100 แผ่น ระบบความร้อนส่วนบน 400 ° ระบบความร้อนส่วนล่าง 300 ° ระยะเวลาที่ใช้ 15 ถึง 20 วินาที ต่อความหนาแผ่น 1mm.

2.10.6 การตกแต่งสี (Color decoration)

พื้นผิวของแผ่นพลาสวูดที่จะตกแต่งสี จะต้องสะอาด แห้ง ปราศจากฝุ่น และคราบน้ำมันโดยให้ใช้กระดาษทรายขัดพื้นผิวของแผ่นตรงบริเวณที่จะตกแต่งเสียก่อน จากนั้นให้ใช้ผ้าขาวชุบทินเนอร์เช็ด เพื่อให้พื้นผิวของแผ่นสะอาดปราศจากฝุ่น ถ้าจะให้ผิวเรียบเป็นมันควรใช้กระดาษทราย ประเภท Lubricated silicon carbide abrasive เบอร์ 400 , 600

ส่วนบริเวณของที่เกิดจากการตัด ให้โป๊วสีด้วยสีโป๊วรถยนต์ หรือ สามารถโป๊วด้วยสีโป๊วไฟเบอร์ (Polyester putty) ทิ้งสีโป๊วแห้งสนิทและขัดด้วยกระดาษทรายอย่างละเอียดดังกล่าวข้างต้น

การใช้สี โดยทั่วไปในงานปูน, งานไม้และงานเหล็ก จำเป็นจะต้องใช้สีรองพื้น แต่งานของพลาสวูดไม่มีความจำเป็นต้องใช้สีรองพื้นเพราะ พลาสวูดไม่มีความเป็นด่างหรือเปื่อยตามอายุการใช้งาน และไม่จำเป็นต้องป้องกันการเกิดสนิมของการทำปฏิกิริยาของเนื้อเหล็กกับอากาศ ดังนั้น พลาสวูด สามารถใช้กับสีจริงหรือสีทับหน้าได้โดยไม่ต้องรองพื้น

2.10.7 ข้อควรระวังของการใช้สีบนพื้นผิวของพลาสวูด มีเพียงประการเดียว คือการใช้สีให้ถูกประเภท ดังนี้

การใช้งานภายนอก (Exterior uses) สีตระกูลอะครีลิค (Acrylic lacquer) หรือสีโพลียูรีเทน (Polyurethane) จะสามารถทนทานต่อสภาวะแวดล้อมได้นานกว่าสีประเภทอื่นๆ

การใช้งานภายใน (Interior uses) โดยทั่วไปงานตกแต่งสีภายในไม่ค่อยจะจำเป็นต้องมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมสูงนัก ดังนั้นจึงสามารถใช้สีที่ตระกูลเดียวกับสีอะครีลิค (Acrylic lacquer) หรือสีตระกูลที่รองลงมาเช่น สีพีวีซี (PVC enamel) ได้การพ่นสีบนพื้นผิวพลาสวูด ควรพ่นสีทับประมาณ 2 เที่ยว โดยเที่ยวแรกเป็นการพ่นบางๆ และปล่อยให้สีแห้งก่อน แล้วจึงพ่นสีทับอีกครั้งเป็นครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 ทฤษฎีและหลักการคำนวณหาความต้านทานและแรงม้าเรือ

2.11.1 ความต้านทานของเรือ (Resistance of ship)

เมื่อพยายามทำให้วัตถุเคลื่อนที่ผ่านในของเหลว จะต้องออกแรงจำนวนหนึ่งเพื่อเอาชนะความต้านของน้ำ ความต้านทานนี้ มีอยู่สำคัญ ๆ 3 ประการคือ ความต้านทานความฝืด ความต้านทานคลื่น และความต้านทานกระแสน้ำวน

1. ความต้านทานความฝืด (Friction Resistance,Rr) เป็นความต้านทานที่เกิดจากการเสียดสีระหว่างผิวของเรือส่วนที่จมกับน้ำในทางปฏิบัติความต้านทานฝืดจะมีค่าประมาณ 2 ใน 3 ของความต้านทานทั้งหมด โดยมีสูตรการคำนวณดั้งนี้

$Rr = Cfs(Vs)^2$

Rr = ความต้านทานความฝืด (lB)

Cf = สัมประสิทธิ์ความฝืด

P = ความหนาแน่นของน้ำ

S = พื้นที่ผิวเปียก (Wetted Surface)

หมายถึง ชั้นที่ผิวภายนอกหรือที่อยู่ภายใต้แนวน้ำ

Vs = ความเร็วเรือ

สัมประสิทธิ์ความฝืด (Frictional Coefficient Cf)

ในการหา ส.ป.ส. ความฝืด จำเป็นต้องทราบค่า เรโนลด์นัมเบอร์ (Reynold Number,Re)

$$Re = \frac{LVs}{3}$$

L = ความยาวของเรือที่แนวน้ำ (lb)

3 = ความหนืดไดเนแมติคน้ำ

ที่อุณหภูมิ 77F

โดยค่าของ 8 และ P ของน้ำนั้นมีค่าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

เมื่อคำนวณหาค่าของเรโนลด์นัมเบอร์เสร็จแล้วนำไปเปิดหาสัมประสิทธิ์ความฝืด Cf ซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามค่าเรโนลด์นัมเบอร์

2. ความต้านทานคลื่น (Wake - Making Resistance) เป็นความต้านทานอันเกิดจากการที่เรือดันน้ำให้เป็นคลื่น

3. ความต้านทานกระแสน้ำวน (Eddy - Making Resistance) เป็นความต้านทานอันเกิดจากกระแสน้ำวนในทางปฏิบัติจะต้องคิดความต้านทานทั้งสองอย่างนี้เป็นจำนวนเดียวกันและใช้ชื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหม่ว่าความต้านทานคลื่น - กระแสน้ำวน (Residual Resistance,Rr) โดยจะมีค่าประมาณ 1 ใน 3 ของความต้านทานทั้งหมดของเรือ ดังนี้

$$Rt = Rf + Rr$$

$$= \frac{Rf + Rt}{3}$$

$$Rf = \frac{2Rt}{3}$$

2.11.2 แรงม้าต่าง ๆ ภายในเรือ (Power of Ship)

แรงม้าคือ งานที่ผลิตออกมาในจำนวน 550 ฟุต - ปอนด์ใน 1 วินาที หรือ 33,000 ฟุต - ปอนด์ใน 1 วินาที หรือ 75 กิโลกรัม - เมตร ใน 1 วินาที แรงม้าของเรือมีหลายชนิดด้วยกันสุดแต่จะติดตั้งเครื่องใดลงในเรือ เครื่องจักรข้อต่อเสือ (Reciprocating Engine) กำหนดด้วย แรงม้าลูกสูบ (Indicated Horsepower,IHP) เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน (Internal Combustion Engine) กำหนดด้วยแรงม้าลูกสูบก็ได้แต่โดยมากกำหนดด้วยแรงม้าเบรก (Brake Horsepower, BHP) เครื่องเทอร์ไบน์ไอน้ำ (Steam Turbine) กำหนดด้วยแรงม้าเพลา (Shaft Housepower, SHP) ในที่นี้เราจะใช้เครื่องยนต์เผาไหม้ภายในฉะนั้นใช้แรงม้าเบรก, BHP

$$BHP = \frac{2\P QN}{550}$$

Q = ท้อคที่เกิดจากเบรกเป็นปอนด์ต่อฟุต

N = จำนวนรอบของเครื่องยนต์ต่อวินาที

1. แรงม้าหน้าหางเสือ (Delivered Horsepower, DHP หรือ Propeller Horsepower, DHP) เป็นแรงม้าที่กำหนดตรงใบจักรเมื่อคิดความสูญเสียความฝืดของเพลาและแบริงต่างๆ แล้ว การสูญเสียความฝืดกำหนดดังนี้

   สูญเสียที่กระบอกดีฟุต Stern Tube 1%

   สูญเสียที่แบริงธรรมดา Stool Bearing 2%

   สูญเสียที่แบริงกันรุน Thrust Bearing 2% ต่ออัน

โดยมากคิดเสียว่าความสูญเสียจากท้ายเครื่องจนถึงเพลาพันตัวเรือประมาณ 5% แล้วจะสมมุติว่าเรือนี้ติดเครื่องและแรงม้าเบรก 550 แรงม้าเรือลำนี้จะมีแรงม้าหน้าหางเสือ DHP เท่ากับ

$$DHP = \frac{DHP}{0.95}$$

2. แรงม้าฝืด (Frictional Horsepower,FHP) เป็นแรงม้าที่เกิดจากความต้านทานความฝืด Rf เป็นปอนด์ คูณด้วยความเร็ว Vk เป็นน็อตหารด้วย 326 น็อตปอนด์ต่อ 1 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

75136

$$FHP = \frac{RfVk}{326}$$

$$= (0.00307)RtVk$$

3. แรงม้าผิดหยาบ (Roughness Horsepower, RHP) เป็นแรงม้าอันเกิดจากความหยาบของผิวตัวเรือเป็นปอนด์ คูณด้วยความเร็ว Vk เป็นน๊อต หารด้วย 326 น๊อต – ปอนด์ – ต่อแรงม้าแต่ในทางการเรามักใช้การเผื่อด้วยจำนวนเปอร์เซ็นต์ของความต้านทานทั้งหมด เปอร์เซ็นต์เหล่านั้นจะได้จากเนื้อหาซึ่งมีทั้งเรือที่สร้างด้วยหมุดย้ำและแล่นประสาน ซึ่งจะได้พบในตัวอย่างต่อไป
4. แรงม้าคลื่น – กระแสน้ำวน (Eddy and Wave – Making Horsepower, WHP) คือแรงม้าที่เกิดจากการสูญเสียไปเพราะความต้านทานคลื่น – กระแสน้ำวน Rr ปอนด์ คูณด้วยความเร็วของเรือเป็นน๊อต หารด้วย 326 น๊อต – ปอนด์ต่อแรงม้า

$$WHP = \frac{RrVk}{32}$$

$$= \frac{0.003}{RtVk}$$

5. แรงม้าลมนิ่ง (Still Air Horsepower, SAHp) เป็นแรงม้าของเรือที่กล่าวมาแล้ว แต่เรานั้นไม่ได้คิดถึงความต้านทานอันเกิดจากกระแสลม ฉะนั้นในการที่จะคิดถึงความต้านทานหรือขนาดแรงม้านั้นให้มีใกล้เคียงความจริงจะต้องคิดเผื่อกำลังลมไว้ด้วย ประมาน 2 – 3 เปอร์เซนต์ของความต้านทานนั้นๆ
6. แรงม้าส่วนยื่น (Appendage Horsepower,AHP) เป็นแรงม้าที่ต้องสูญเสียไปเพราะ ความต้านทานอันเกิดจากส่วนยื่นต่างๆ เช่น กระดูกงูปีก (Bilge Keel) หางเสือโยงโย่รับเพลาใบจักร(Struts) เป็นต้น ในทางใช้การมักเผื่อไว้เป็นเปอร์เซนต์ เช่น ณ อัตราส่วนความเร็ว-ความยาว(Speed-Length Ratio) จะพบว่าอัตราเผื่อของแรงมาส่วนยื่นเท่ากับ 11% ของความต้านทานทั้งหมดจึงให้เอาอัตราเผื่อนี้ไปรวมกับความต้านทานทั้งหมดอีกครั้งหนึ่งก็จะได้แรงมาของเรือที่ใกล้เคียงความ จริง ที่สุด
7. แรงม้าผลักน้ำ (Thurst Horsepower, THP) เป็นแรงม้าชนิดหนึ่งอันเกิดจากอาการผลักน้ำของใบจักร สามารถจะวัดกำลังผลักน้ำของใบจักรได้ที่แบริงกันรุน (Thrust Bearing) ด้วยเครื่องมือทรัสมิเตอร์ (Thrust Meter) หรือเครื่องมือวัดกำลังผลักหรือกำลังรุน เครื่องทรัสมิเตอร์ที่เราใช้ติดอยู่ตรงตอนท้ายของแบริงกันรุนจะบอกกำลังกดด้วยอาการของ ไฮโดรลิกส์และไดอาแฟรมโดยจะมีเข็มชี้ แรงถ้าผลักน้ำใช้สำหรับคำนวณออกแบบแบริงกันรุน และในบางกรณีใช้ออกแบบใบจักรด้วย
8. แรงม้าลากจูง (Towrope Horsepower, TRHP) คือแรงมาลากจูงเรือ เป็นแรงม้าลากจูงเรือเรือที่ใช้ลากหรือชับเพื่อให้เรือวิ่งไปตามแรงความเร็วที่ต้องการโดยไม่มีอาการลื่น (Slip)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขึ้นเลยการเรียกแรงม้าลากจูงนี้น่าชื่อมาจาก ในการที่เราลากเรือลำใดลำหนึ่ง โดยเราออกแรงตรงไปเท่าใดแรงก็เกิดผลทำให้หรือวิ่งเท่านั้น ไม่มีความสูญเสียอะไรเลย แต่ในการจะลากเรือไปถึงสถานที่ใด ๆนั้นทำไม่ได้ จำเป็นต้องอาศัยเครื่องจักรเป็นตัวทำแทนการลากจูงนั้นและแรงมาของเครื่องที่ติดตั้งนั้นก็มากำหนดมากน้อยมาจากแรงม้าลากจูงนี้เอง

9. แรงม้าประสิทธิผล (Effective Horsepower, EHP) คือแรงม้าชนิดเดียวกับแรงมาลากจูงนั้นที่กล่าวมาแล้วเกิดจากความต้านทานทั้งหมดของเรือ Rt เป็นปอนด์คูณด้วยความเร็วของเรือ Vk เป็นน๊อต หารด้วย 326 น๊อตปอนด์ต่อแรงม้า

$$TRHP = EHP = \frac{RtVk}{326}$$

$$= (0.00307)\ RtVk$$

แรงม้าประสิทธิผล หรือแรงมาลากจูงจึงเป็นแรงมาที่จำเป็นและน้อยมากยังไม่ได้เผื่อความสูญเสียใด ๆ เลย ฉะนั้นในการจะคิดให้เป็นแรงมาของเครื่องจักรเช่นแรงถ้าลูกสูบหรือแรงม้าเบรก หรือแรงม้าเพลา ก็ต้องมีวิธีดำเนินการ ซึ่งจะพบในตัวอย่างต่อไป

10. แรงม้าหลังหางเสือ (Useful Horsepower, UHP หรือ U) เป็นแรงม้าที่เกิดประโยชน์จริงๆ หลังจากนำอิทธิพลของหางเสือเข้าเกี่ยวข้องแล้วจะได้กล่าวต่อไป

แรงม้าเรือที่กล่าวมานี้มีความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\frac{EHP}{IHP} = \frac{EHP}{UHP} \times \frac{UHP}{DHP} \times \frac{DHP}{BHP} \times \frac{BHP}{IHP}$$

$\frac{EHP}{IHP}$ = สัมประสิทธิ์ การผลักประมาณ 50 ถึง 60%

$\frac{EHP}{UHP}$ = สัมประสิทธิ์การผลักผ่านหางเสือ

สัมประสิทธิ์การผลักน้ำผ่านหางเสือ (Qwuasi Propulsive Coef.) ขึ้นอยู่กับลักษณะของหางเสือที่ออกแบบ

หางเสือคอนตรา Contra Rudder e = 1.37

หางเสือแบบเพรียว Streamilne Rudder e = 1.33

หางเสือแบบแผ่นเหล็กธรรมดา Single Plase Rudder e = 1.03

หางเสือในเรือสองเพลา Twin Screw Rudder e = 0.95 – 1.05

$\frac{UHP}{DHP}$ = ประสิทธิภาพใบจักร Propeller Efficiency E หรือ np

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\frac{DHP}{BHP}$ = ประสิทธิภาพการส่งกำลัง Transmission Efficiency ประมาณ 95 % ซึ่งขึ้นอยู่กับการสูญเสียความฝืด (Friction Loss) ปกติใช้ 5%

$\frac{EHP}{IHP}$ = ประสิทธิภาพเชิงกล Mechanical Efficiency ประมาณ 7.1% ซึ่งมันจะขึ้นอยู่กับการสูญเสียความฝืดปกติใช้ 8.8%

2.12 ตัวประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวกับความต้านทาน

2.12.1 สัมประสิทธิ์การผลักน้ำ

แรงม้าเพลาที่จะขับเรือให้วิ่งไปได้ ตามความเร็วที่ต้องการนั้นต้องมากพอที่จะเผื่อไว้ในการสูญหายไปตามที่ต่างๆ เช่น สูญหายไปเพราะความต้านทานสูญไปที่ใบจักรเพราะการลื่นของน้ำเมื่อหักการสูญเสียออกทั้งหมดแล้วแรงม้าที่เหลือแท้ๆ ที่ใช้ในการขับเรือให้แล่นจริงๆ นั้นเรียกว่า แรงม้าประสิทธิผล (Effective Horsepower,EHP) หรือแรงม้าลากจูง (Tow Rope - Horsepower, TRHP) ซึ่งเมื่อนำแรงม้าสองชนิดมาสัมพันธ์กันแล้วจะมีชื่อว่า สัมประสิทธิการผลักน้ำ

2.12.2 ความต้านทานเนื่องจากลม

ความต้านทานอันเนื่องจากลม นั้นน้อยมาก ถ้าเรือเคลื่อนไปในที่ลมสงัด ความต้านทางลมนิ่ง (Still Air Resistance) มีเพียง 2-4 เปอร์เซ็นต์ของความต้านทานอันเกิดจากน้ำ ถ้าเรือวิ่งทวนลบอย่างเต็มที่ ความต้านทานอันเกิดจากลมประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของความต้านทานทั้งหมด

2.12.3 ความต้านทานเนื่องจากน้ำตื้น

ความตานทานอันเกิดจากน้ำดูดเนื่องจากน้ำดูดเนื่องจากน้ำตื้นมีความต้านทาน 2 แบบเกิดขึ้น

1. ความต้านทานเกิดขึ้นนิดหน่อยแต่พอวัดได้เพิ่มขึ้นเมื่อ เรือแล่นเข้าไปในอาณาเขตน้ำลึกเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวเรือหรือเพียง 1ใน4 ของความยาวเรือ
2. ความต้านทานที่เกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด เริ่มขึ้นต่อเมื่อค่า ความเร็วของเรือเป็น 2 เท่าของขนาดความลึกของน้ำเป็นฟุตหรือให้ค่า $V = \frac{2}{H}$ เมื่อ V = ความเร็วเป็นน๊อต H = เป็นความลึกของน้ำเป็นฟุต ถ้า $V = \frac{2.5}{H}$ นับว่าเป็นค่าความเร็วที่สูงมากเกือบจะวิ่งไม่ได้แล้วฉะนั้นในน้ำตื้นอย่างนั้นถ้า $V = \frac{3.36}{H}$ นับว่าเป็นความเร็วสูงสุดที่จะวิ่งในน้ำตื้นนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.4 ตัวประกอบอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อความต้านทาน

มีวิธีหลายอย่างที่จะลดความต้านทานลงได้ซึ่งจะได้กล่าวดังต่อไปนี้

1. หัวเรือท้องป่อง (Bulbousbow) จากการทดลองในการลากเรือและถึงเราทดลองจะพบว่าเรือประเภทใดที่มีหัวเรือท้องป่อง เป็นเนื้อที่ทำให้ความต้านทานของเรือน้อยลงมากเพราะความต้านทานคลื่นน้อยลงไป
2. ความยาว การเพิ่มความยาวจะสามารถทำให้อัตราส่วนความเร็ว-ความยาว จะลดลง หรือจะพูดว่าทำให้ความต้านทานคลื่นกระแสน้ำวนลดน้อยลงด้วย การเพิ่มความยาวทำให้พื้นที่ผิวเปียกเพิ่มขึ้น พร้อมกันนั้นก็ทำให้ความต้านทานความฝืดเพิ่มขึ้นด้วย ถ้าพื้นที่ผิวเปียกเพิ่มมากกว่าความต้านทานความฝืดแล้วควรทำให้เพิ่มความยาวของเรือทางส่วนตัวและใช้รูปหน้าตัดกลางลำใหม่อาจจะทำให้ความต้านทานทั้งหมดลดลง ความเร็วจะสูงขึ้น นั่นคือการใช้แรงม้าที่มีขนาดกำลังน้อยกว่าและได้ความเร็วเท่าเดิม
3. อัตราส่วนระวางขับน้ำ-ความยาว ซึ่งบางทีเรียกว่าอัตราส่วน ความอ้วน (Fatnecs Ratio)เรือที่มีอัตราส่วนนี้ต่ำ จะเป็นเรือที่วิ่งเร็ว ถือท้ายง่าย

2.13 การขับเคลื่อน (Propulsion)

วิธีการถ่ายทอดกำลังเพื่อทำให้เรือแล่นนั้นจะมีอยู่หลายวิธีด้วยกันที่ใช้ในการถ่ายทอดกำลังจากเครื่องจักรใหญ่ลงสู่น้ำโดยผ่านใบจักรหรือสิ่งอื่นๆ เพื่อทำให้เรือแล่น เช่น พาย(Oars) ใบ(Sail) กังหันน้ำ (Paddle-Wheels) เจ๊ท (Jet propulsion) และใบจักร (Propeller) ในที่นี้จะกล่าวอย่างละเอียดเฉพาะเรื่องใบจักรของเรือเท่านั้น

2.14 ใบจักรเรือ (Screw propeller)

ก่อนที่จะกล่าวถึงใบจักรเรือโดยละเอียดนั้นมันเป็นการจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกล่าวถึงภาษาเราใช้ในการเรียงใบจักรเสียก่อน การจะทราบว่าใบจักรหมุนขวาหรือซ้ายนั้น ให้ยืนทางท้ายเรือหันหน้าไปทางหัวเรือถ้าใบจักรหมุนไปทางขวามือใบจักรนั้นจะเป็นใบจักรหมุนขวา (Right-Handed Wheel) ถ้าหมุนไปทางซ้ายมือใบจักรนั้นเป็นใบจักรหมุนซ้าย (Left-Handed wheel) ใบจักรด้วย ที่มองเห็นก่อนเรียกด้านหน้า (Face of The Blade หรือ Suction side) ขอบที่ฟันน้ำก่อนเรียกขอบน้ำ (Leading Edge) ส่วนขอบอีกขอบหนึ่งเรียกขอบตาม (Trailing Edge) นอกจากนี้เมื่อ
พิจารณาแล้ว ใบจักรเรือยังมีส่วนต่าง ๆ สัมพันธ์กันดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนความกว้างเฉลี่ย Mean width Ratio, M.W.R.

$$\frac{Im}{D} = \frac{\text{ความกว้างปีกใบจักรเฉลี่ย}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางใบจักร}}$$

อัตราส่วนความหนาของปีก Blade Thickness Fraction, B.T.F.

$$\frac{Im}{D} = \frac{\text{ความหนาปีกใบจักรที่เพลาใบจักร}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางใบจักร}}$$

อัตราส่วนความเอนของปีกใบจักร Rake Ratio

$$\frac{Xr}{D} = \tan\frac{E}{2} = I = \frac{\text{ความเอนของปีกใบจักร}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของใบจักร}}$$

อัตราส่วนเส้นผ่าศูนย์กลางดุมใบจักร Boss-Diameter Ratio

$$\frac{dn}{D} = \frac{\text{เส้นผ่าศูนย์กลางดุมใบจักร}}{\text{เส้นผ่าศูนย์กลางใบจักร}}$$

อัตราส่วนพิช Pitch-Diameter Ratio

$$\frac{H}{D} = \frac{\text{พิชของใบจักร}}{\text{เส้นผ่าศูนย์กลางใบจักร}}$$

อัตราส่วนเนื้อที่คลี่แบน Developed Area Ratio, D.A.R.

$$\frac{Fo}{F} = \frac{\text{เนื้อคลี่ของปีกใบจักร}}{\text{เนื้อที่วงกลมของใบจักร}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.1 พิชของใบจักร (Pitch,P หรือ H)

คือระยะทางตรงที่เรือเคลื่อนที่ไปเมื่อใบจักรหมุนได้หนึ่งรอบ ถ้าเส้นตรง AB ซึ่งตั้งฉากกับ XY หมุนด้วยความเร็วมุม และเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็ว V ระยะทาง AC โดย ที่เส้นตรง AB หมุนไปครบหนึ่งรอบระยะ AC นั้นเรียกว่า พิชของใบจักร ถ้าเส้นตรง AB หมุนรอบ XY โดยไม่มีความเร็วเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเลย V ระยะ AC จะไม่เกิดขึ้น นั่นคือพิชเป็นสูญเสียเรือจะไม่เคลื่อนที่ พิชใบจักรที่กล่าวนี้เรียกเต็มว่า พิชด้านหน้าของใบจักร (Face PITCH) พิธีของใบจักรจำเป็นต้องกล่าวแน่นอนว่า พิชของใบจักร ณ ตำแหน่งใด ห่างจากศูนย์กลางใบจักรเท่าใด โดยมากมักแบ่งระยะจากศูนย์กลางใบจักร ถึงปลายใบจักรออกเป็น 10 ส่วน และให้เชื่อว่า 0.1 R ,0.2 R, 1.OR ซึ่ง R เป็นรัศมีของใบจักรฉะนั้นพิช ณ.ปลายใบจักรคือ 1.OR หรือพิชปลายใบ (Tip Pitch) ย่อมจะไม่เท่ากับพิช ณ. ตำแหน่ง 0.5R คำว่า พิชเฉลี่ย (Mean pitch) นั่นคือ 98% ของพิชปลายใบจักร การคำนวณนั้นใช้ได้ทั้งพิชปลายใบจักรและพิชเฉลี่ย

เมื่อพิจารณาดูแล้ว จะพบพิชโดยแท้ (Virtual pitch) และพิชธรรมดา ที่กล่าวมาแล้ว (Nominal pitch) พิชโดยแท้นั้นวัดลำบากไม่ใช้ในการคำนวณ ตามที่กล่าวมาแล้วว่าพิช คือ ระยะทางตรงที่หรือเคลื่อนที่ไปเมื่อใบจักรหมุนไปได้หนึ่งรอบ คือ 2rR เรือเคลื่อนที่ไปเท่ากับพิช H จึงจะเกิดความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{มุมพิช Ritch Angle, tane} - \frac{H}{2rR}$$

ในการที่จะหาพิชใบจักรทางใช้การของใบจักรเรือจริงๆนั้นให้ใบจักรนั้นวางลงกับพื้นแล้ววัดระยะ XและY ดูรูป 3 ก็จะได้ค่าของมุมพิช

$$\text{Tane} = \frac{X}{Y}$$

ซึ่งเป็นค่าที่คงที่ ฉะนั้นเมื่อนำ 2rR คูณด้วย tane ก็จะได้พิชปลายใบจักรของใบจักรนั้นโดย เนื้อที่วงกลม Disc Area ,F คือเนื้อที่วงกลมธรรมดา rD^2 ในเมื่อ D เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของใบจักร

2.14.2 เนื้อที่คลีแบน (Developed Area Fo)

คือเนื้อที่เมื่อคลี่ปีกใบจักรออกแบบราบ (Flattened out) ไปกับพื้นที่ๆขวางและมันจะตั้งฉากอยู่กับเพลาใบจักร

2.14.3 เนื้อที่โปรเจคเตด (Projected Area , Fp)

คือเนื้อที่ของปีกใบจักรเมื่อโปรเจคไปบนพื้นที่ใช้วาง และตั้งฉากอยู่กับเพลาใบจักรแบบของปีกใบจักรมีอยู่สองแบบด้วยกัน คือ แบบ A และแบบ B , แบบ A เป็นใบจักรปลายปีกจะแคบใช้กับเรือที่มีแรงผลักน้ำ (Thrust) น้อยและเมื่อขณะใบจักรนี้ทำงานอยู่นั้น ต้องไม่เกิดโพรงอากาศ (Cavitation) ขึ้นเลย ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิฉะนั้นแล้วประสิทธิภาพของใบจักรจะตก สำหรับใบจักรแบบ B เป็นใบจักรปลายปีกกว้าง ใช้กับเรือที่มีแรงผลักน้ำสูงและขณะใบจักรหมุนอยู่นั้นอาจเกิดโพรงอากาศได้บ้างก็ไม่ทำให้ประสิทธิภาพใบจักรตก

การระบุแบบใบจักรมักเขียนดังนี้A.4.40 หรือ B.3.35 ตัวแรกเป็นแบบของใบจักร คือ แบบ A หรือ แบบ B ตัวที่สองเป็นจำนวนปีกใบจักรคือ 3 ใบ หรือ 4 ใบ ตัวที่สาม คือ จะเกิดอัตราส่วนเนื้อที่คลี่แบน (Developed Area Ratio , D.A.R.) คือ เป็น 0.35 หรือ 0.50 หรือ 0.55 เป็นต้น

2.15 แรงลอยตัว (Bouyant Force)

โดยปกติก้อนวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวทั้งก้อนนั้นจะมีแรงกระทำต่อวัตถุนั้นสองแรงคือ แรงดึงดูดของโลก และแรงเนื่องจากความดันรอบ ๆ ของเหลวนั้น จากภาพเราจะอธิบายได้ว่าเมื่อวัตถุก้อนในภาพจะมีแรงตามแนวดิ่ง F ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับน้ำหนักของไหลที่อยู่เหนือก้อนวัตถุนั้น แล้วมีแรง F ซึ่งมีขนาดเท่ากับน้ำหนักของของไหลที่ถูกแทนที่ด้วยก้อนวัตถุนั้น ดังนั้นแรงลอยตัวก็คือความแตกต่างระหว่าง แรง F กับแรง F และเราให้แรงลอยตัวถูกแทนด้วยสัญลักษณ์ F ดังนั้นในภาวะสมดุลย์แล้วน้ำหนักของวัตถุก็จะเท่ากับแรงลอยตัว F ซึ่งก็หมายความว่าในสภาวะนั้นความหนาแน่นของวัตถุกับของเหลวเท่ากันแล้ว ถ้าน้ำหนักของวัตถุมาก F วัตถุก็จะจม แต่ถ้าน้ำหนักน้อยกว่า F วัตถุนั้นก็จะลอยสูงขึ้นจนกระทั่งความหนาแน่นของวัตถุกับความหนาแน่นของของเหลวนั้นเท่ากัน

สำหรับวัตถุที่อยู่ในของเหลวที่มีผิวอิสระถ้าหากน้ำหนักของวัตถุมีขนาดน้อยกว่าน้ำหนักของเหลวที่ถูกแทนที่โดยวัตถุนั้นและวัตถุนั้นก็จะลอยตัวสูงขึ้นเรื่อย ๆไปจนกว่า น้ำหนักของวัตถุ (F) เท่ากับแรงลอยตัว (F) นั้นก็หมายความว่า วัตถุลอยจะแทนที่ของเหลวจำนวนเท่ากับ น้ำหนักของวัตถุนั้น และสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

เมื่อ F = แรงลอยตัว

F = น้ำหนักจำเพาะของของไหล

V = ปริมาตรของของไหลที่ถูกแทนที่

2.16 เสถียรภาพของวัตถุที่ลอยอยู่บนน้ำ (Stability of Floating Body)

เสถียรภาพของวัตถุที่ลอยอยู่บนน้ำแบ่งได้ 2 ประเภท คือ ประเภทเสถียรภาพเชิงเส้น(Limear Stability) และ เสถียรภาพเชิงมุม (Rotational stability) การที่วัตถุนั้นจะมีเสถียรภาพเชิงเส้นนั้นก็ต่อเมื่อมันเกิดมีแรงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับในการลอยตัวในทิศทางใดสามารถบังคับให้วัตถุนั้นกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิมได้ ส่วนวัตถุจะมีเสถียรภาพเชิงมุมได้ก็ต่อเมื่อ มีโมเมนต์คู่ควบที่เกิดจากการเอียงตัวเป็นมุมเล็ก ๆ แล้วสามารถบิดตัวกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิมได้

เสถียรภาพของวัตถุที่ลอยบนผิวน้ำนั้นขึ้นอยู่กับตำแหน่งของแนวแรงลอยตัวและตำแหน่งของศูนย์กลางมวลของวัตถุ ถ้าวัตถุนั้นมีเสถียรภาพการลอยตัวแล้ว ก็จะแสดงว่ามีแรงลอยตัวกระทำผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์กลางแรงลอยตัว (Center of Bouyancy) ที่จุดเดียวกับจุดศูนย์กลางของมวลของวัตถุนั้นด้วยเงื่อนไขสำหรับเสถียรภาพเชิงมุมของวัตถุที่ลอยอยู่บนของเหลวนั้นจะซับซ้อนกว่าวัตถุที่อยู่ในของไหลทั้งก้อนเล็กน้อย เพราะโดยปกติจุดศูนย์กลางแรงลอยตัวจะต้องอยู่เหนือจุดศูนย์กลางของมวลเท่านั้นจึงจะมีเสถียรภาพแต่สำหรับกรณีที่วัตถุลอยอยู่บนของเหลวนั้นเมื่อวัตถุเอียงรอบแกนตามแนวนอนขนาบผิวของของเหลวรูปร่างของส่วนที่จมในของเหลวจะเปลี่ยนไปดังนั้นจุดศูนย์กลางแรงลอยตัวก็จะย้ายไปยังตำแหน่งอื่นทำให้เกิดแรงบิดวัตถุกลับคืนสู่สมดุลย์ได้อีกแม้ว่าจุดศูนย์กลางแรงลอยตัวจะอยู่ต่ำกว่าจุดศูนย์กลางมวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

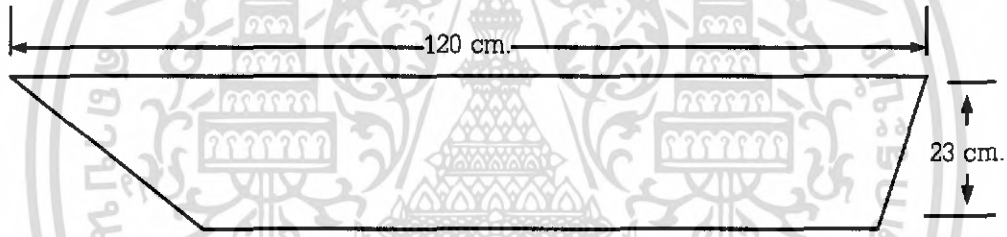
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

การออกแบบการสร้างมีส่วนประกอบใหญ่ คือ การออกแบบการสร้างทางด้านโครงสร้าง (Hardware) ซึ่งจะกล่าวละเอียดดังต่อไปนี้

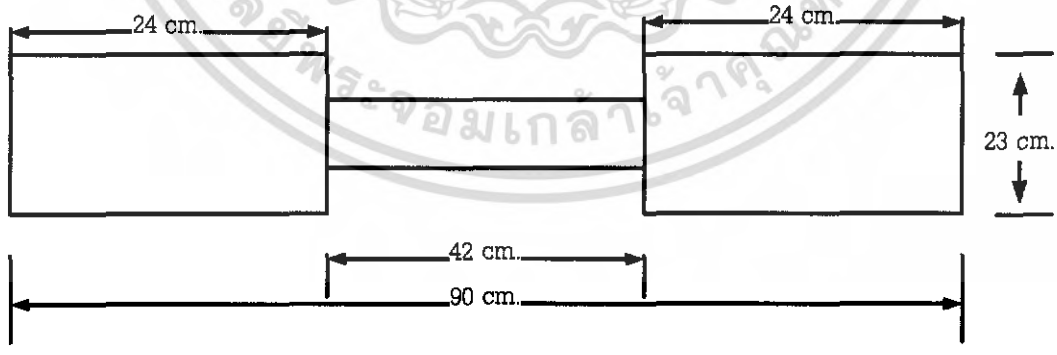
3.1 การออกแบบทางด้านโครงสร้าง

3.1.1 การออกแบบโครงสร้างของเรือ

โครงสร้างของเรือถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เพราะเป็นตัวช่วยในการพยุงในการลอยตัว และเป็นที่ยึดอุปกรณ์ชิ้นส่วนสายพานลำเลียงและที่พักขยะที่ทำจาก แผ่นพลาสวูดจะมีส่วนประกอบดังนี้

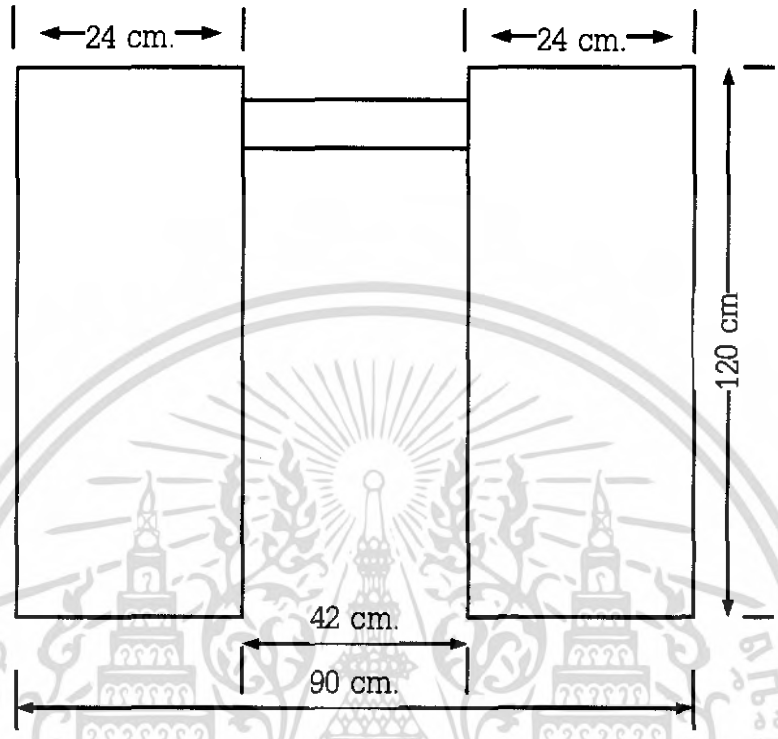


รูปที่ 3.1 รูปด้านข้างของเรือ

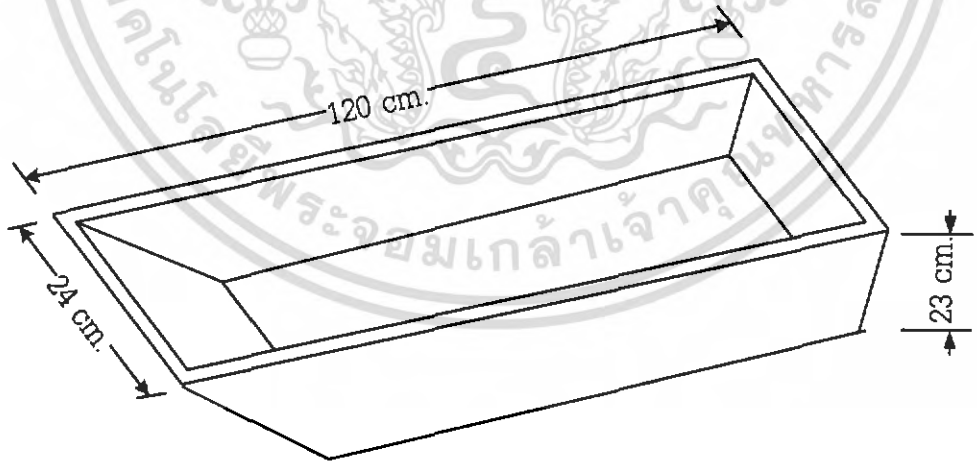


รูปที่ 3.2 รูปด้านหน้าของเรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 รูปด้านบนของเรือ



รูปที่ 3.4 ลักษณะของทุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

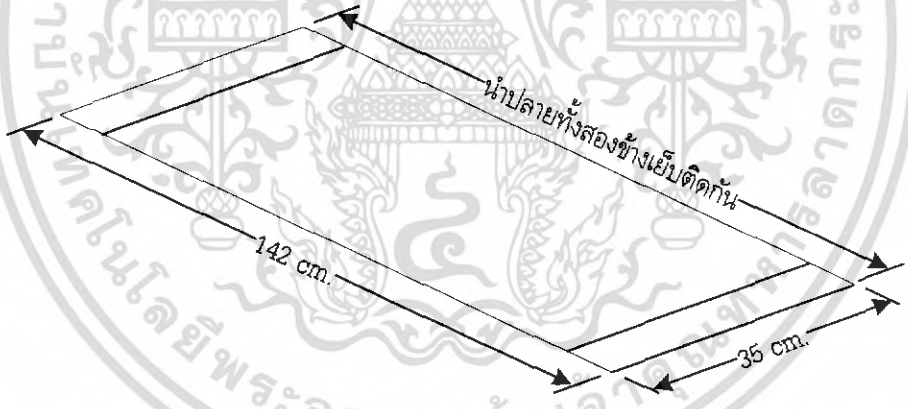
โครงสร้างเรือเป็นลักษณะทุ่นที่ใช้ทำตัวเรือจะมีอยู่ 2 ทุ่น เพื่อที่จะช่วยในการพยุงตัวเรือในขณะที่ยังลอยน้ำ และเป็นตัวยึดชิ้นส่วนสายลำเลียงและที่พักขยะ ลักษณะของตัวทุ่นจะเป็นทรงสี่เหลี่ยม มีความยาว 1.20 เมตร และมีความกว้าง 0.24 เมตร ดังรูปที่ 3.4

โครงสร้างตัวเรือขึ้นแบบด้วยแผ่นพลาสวูดซึ่งมีขนาดเท่ากับของจริงที่ใช้ทำทุ่น ใช้แผ่นพลาสวูด โดยมีความหนา 6 มิลลิเมตร

3.1.2 การออกแบบสายพานลำเลียง

การออกแบบสายพานลำเลียงเพื่อใช้สำหรับการขนถ่ายขยะจากผิวน้ำมายังที่พักขยะในแนวลาดเอียง ระบบของสายพานนั้นประกอบไปด้วย

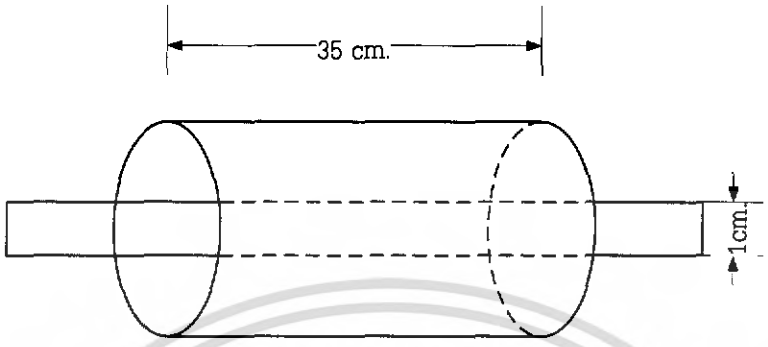
1. สายพานเป็นส่วนที่รอบรับวัสดุขนถ่ายและทำให้วัสดุขนถ่ายที่อยู่บนสายพานนั้นเคลื่อนที่ ตามสายพานไปด้วยการประกอบสายพานที่นำมาใช้ด้วยแผ่นยางสังเคราะห์ การออกแบบนั้นใช้สายพานขนาดกว้าง 35 เซนติเมตร ความยาว 142 เซนติเมตรโดยการนำมาเย็บติดกันดังรูป



รูปที่ 3.5 การเย็บยางติดกันตรงปลายสาย

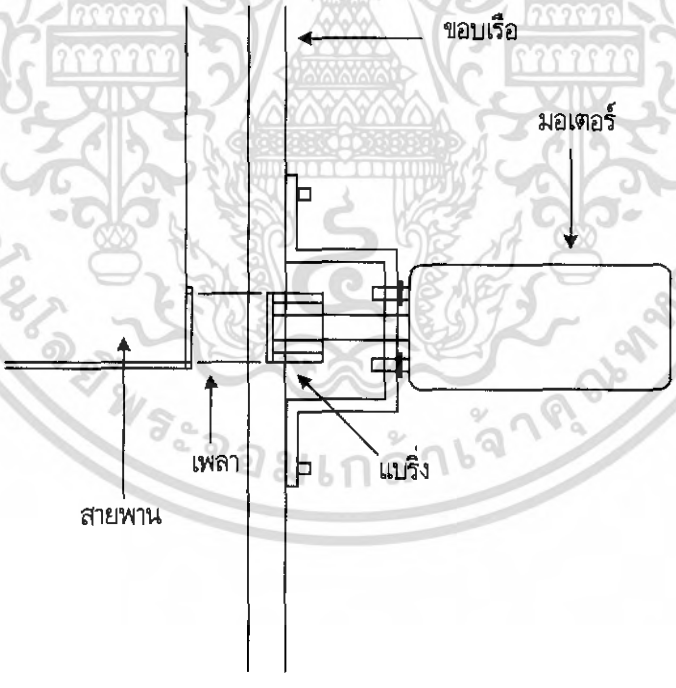
2. การออกแบบลูกกลิ้ง จะออกแบบให้เป็นท่อเหล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ความยาว 35 เซนติเมตร และมีบูตพลาสติกเพื่อรองรับกับเพลาแกนเหล็กซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ขนาดยาว 48 เซนติเมตร ดังรูป 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ลักษณะลูกกลิ้ง

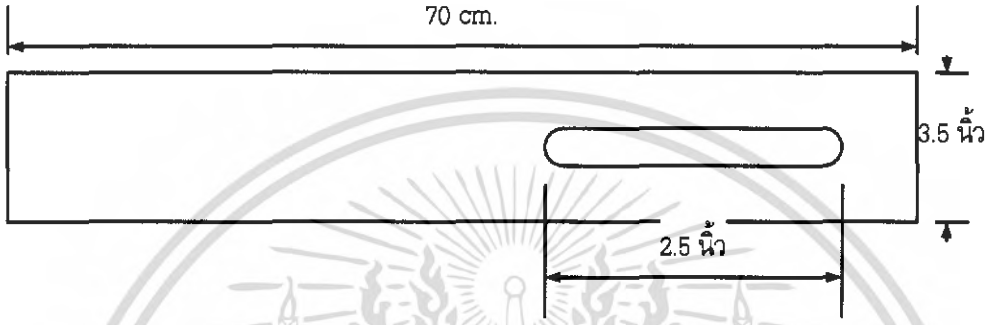
3. ระบบขับสายพาน การขับสายพานลำเลียงใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ลักษณะการต่อเพื่อเป็นอุปกรณ์ ขับสายพานโดยต่อมอเตอร์ต่อตรงไปยังเพลาขับและยึดมอเตอร์ไว้กับแผ่นไม้



รูปที่ 3.8 ลักษณะการจัดชุดแบบต่อตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

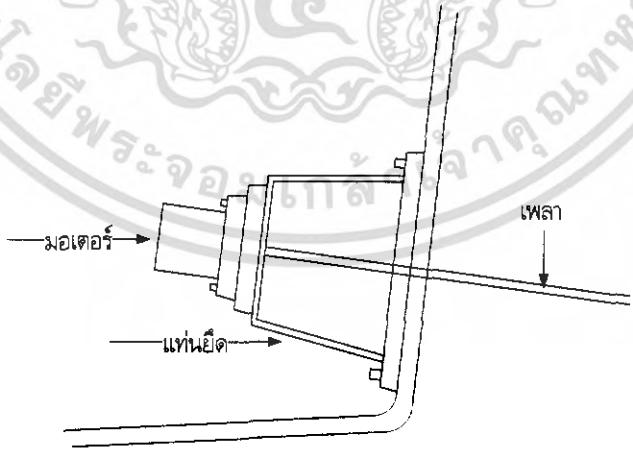
4. โครงร่างของสายพาน สายพานลำเลียงของเรือเก็บขยะนี้เป็นแบบเอียงขึ้น การออกแบบนั้นเพื่อจะให้สายพานมีลักษณะเอียงมุม 45° และมีลูกกลิ้งรองรับสายพานสามารถปรับความตึงของสายพานได้โดยการปรับจากน็อตจากด้านหน้าของสายพาน



รูปที่ 3.9 ส่วนประกอบโครงร่างสายพาน

3.1.3 การออกแบบการวางมอเตอร์ขับเคลื่อน

การออกแบบวางมอเตอร์ขับเคลื่อนนั้นใช้ 2 ตัวเป็นตัวขับเคลื่อนและบังคับทิศทางซึ่งออกแบบไว้ด้านท้ายของตัวทุ่นแต่ละข้าง ลักษณะการวางมอเตอร์ขับเคลื่อนแบบเอียงโดยทำการยึดมอเตอร์ไว้กับทุ่น และมอเตอร์ก็จะต่อเพลาออกมาเพื่อจะให้ขับเคลื่อนโดยต่อเข้ากับใบจักรเรือ

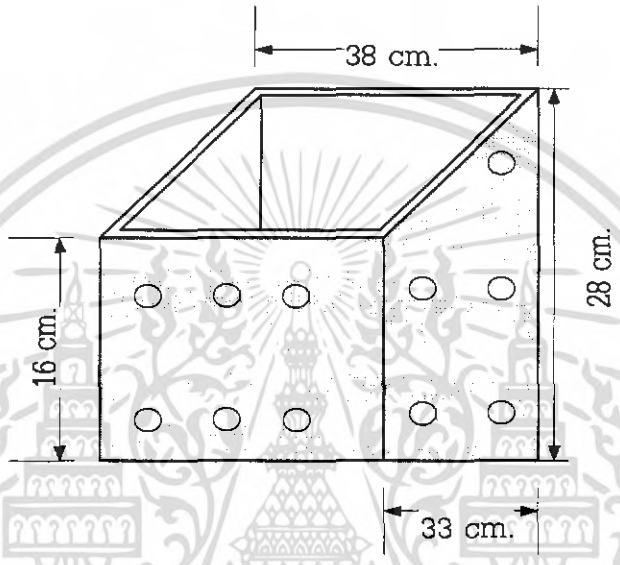


รูปที่ 3.10 ลักษณะการวางมอเตอร์ขับเคลื่อน

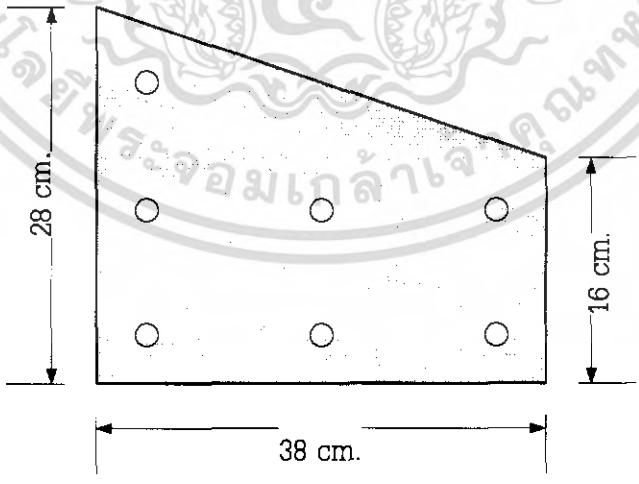
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 ตะแกรงพักขยะ

การออกแบบตะแกรงให้ด้านหน้าต่ำเพื่อรองรับขยะจากสายพาน ด้านหลังสูงเพื่อป้องกันขยะหลุดออกจากตะแกรงพักขยะ และทำการเจาะรูเพื่อนระบายน้ำที่มากับขยะ

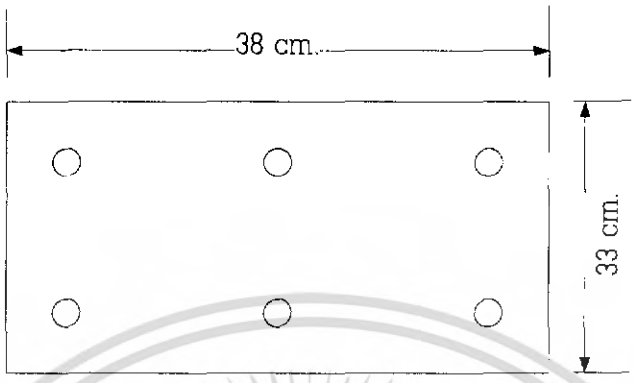


รูปที่ 3.11 ลักษณะของตะแกรงพักขยะ



รูปที่ 3.12 ด้านข้างของตะแกรงพักขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ด้านบนของตะแกรงเก็บขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

สำหรับเรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุนั้นได้เป็นการออกแบบและการสร้างขึ้นมาก็ตรงตามวัตถุประสงค์และขีดความสามารถที่ตั้งไว้ สำหรับบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของเรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุที่ได้จากการออกแบบและประกอบวงจรต่างๆ ส่วนบทที่ 3 คือส่วนประกอบของเรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุรวมทั้งส่วนของแผนผังวงจรควบคุมต่างๆที่นำมาประกอบเข้าด้วยกันทั้งหมด เพื่อทำการทดลองได้ทดลองบริเวณแหล่งน้ำที่โล่งแจ้งและการทดลองมีดังนี้

4.1 แบตเตอรี่

เพื่อตรวจสอบดูว่าแบตเตอรี่ที่เลือกมาใช้งานสามารถจ่ายแรงดันและกระแสได้ตามที่ออกแบบหรือไม่ สามารถจ่ายแรงดันและกระแสตามที่ต้องการหรือไม่ โดยเลือกใช้แบตเตอรี่ที่จะนำมาจ่ายแรงดันและกระแสให้กัลป์เรือเก็บขยะเป็นชนิดแบตเตอรี่แบบเซลล์ขนาด 12 V. 5 A. มีขนาดเท่ากับ 8 x 11.5 x 13 เซนติเมตร 2 ลูก โดยจะจ่ายให้วงจรทั้งหมด 3 ภาค คือจะมีภาควงจรควบคุม 12 โวลท์ วงจรขับมอเตอร์ 12 โวลท์ วงจรเครื่องรับรีโมท 12 โวลท์

4.1.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อแบตเตอรี่กับโหลดที่ทดลอง
2. ต่อไฟเลี้ยงให้กับโหลด
3. สังเกตและทำการบันทึกผลการทดลอง

4.1.2 ผลการทดลอง

1. แรงดันที่จ่ายออกมาจากแบตเตอรี่ 12 โวลท์
2. กระแสที่จ่ายออกมาจากแบตเตอรี่ 10 แอมป์
3. กระแสที่เรือเก็บขยะต้องการทั้งหมด 3 แอมป์
4. ในการชาร์ตแบตเตอรี่แต่ละครั้งใช้เวลา 3 ชั่วโมง
5. ในการชาร์ตแบตเตอรี่แต่ละครั้งจะใช้งานได้เวลา 30-50 นาที

4.2 รีโมทคอนโทรล

รีโมทเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมเรือเก็บขยะให้ทำงานตามที่ต้องการ ไม่ว่าจะเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และยกสายพานขึ้นลง ก็จะสั่งงานจากรีโมทเพราะรีโมทจะมีภาครับภาคส่งการทำงานจะต่างกันคือ ภาคส่งจะส่งสัญญาณออกมาเป็นรูปคลื่นวิทยุส่วนภาครับจะรับสัญญาณที่ส่งมาจากเครื่องส่ง แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งไปยังชุดวงจรควบคุมการทำงานและส่งออกไปทางเอาต์พุต สิ่งที่ต้องการสำหรับรีโมทคือ ระยะห่างระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่ง

4.2.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบเครื่องภาคส่งรีโมทและเครื่องรับ
2. จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรทั้งสอง
3. สังเกตการณ์ทำงานของวงจรและทำการบันทึกการทดลอง

4.2.2 ผลการทดลอง

1. ในบริเวณที่โล่งสามารถรับส่งเป็นระยะทาง 100 เมตร
2. ในบริเวณจุดอับสัญญาณหรือสิ่งกีดขวางรับได้เป็นระยะทาง 30 เมตร

4.3 การเคลื่อนที่ของเรือ

4.3.1 การขับเคลื่อนไปข้างหน้า

การทำงานจะเลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1ไปข้างหน้า ควบคุมการเดินหน้าโดยการโยกค้างไว้ ซึ่งจะทำให้มอเตอร์ขับเคลื่อนทำงานพร้อมกันสองตัว เรือเก็บขยะก็สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ หลังจากนั้น เมื่อเรือเก็บขยะเคลื่อนที่ไปได้ตามที่ต้องการ แล้วเมื่อเราต้องการหยุด ให้เลื่อนคันโยกมาตรงกลางเรือเก็บขยะก็จะหยุด ถ้าต้องการให้เคลื่อนที่ก็จะทำแบบนี้ไปเรื่อยๆทุกครั้งที่ต้องการให้เรือเก็บขยะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

4.3.1.1 ลำดับการทดลอง

1. ตรวจสอบว่าสวิตช์ที่ควบคุมการจ่ายไฟให้ระบบควบคุมตำแหน่ง ON/OFF ที่เรือเก็บขยะว่าอยู่ในตำแหน่ง ON หรือไม่ ถ้าไม่อยู่ต้องกดสวิตช์ให้อยู่ในตำแหน่ง ON ก่อนสั่งให้เรือเก็บขยะทำงานเสมอ
2. กดสวิตช์ ON ที่รีโมทคอนโทรล
3. กดสวิตช์ ON ที่เรือเก็บขยะ
4. เลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1 ไปข้างหน้าจากรีโมทคอนโทรล
5. สังเกตการณ์เคลื่อนที่ของเรือเก็บขยะ และทำการบันทึกผลการทดลอง

4.3.1.2 การทดลอง

1. ในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของเรือเก็บขยะในระยะทาง 5 เมตร ใช้เวลา 10 วินาที
2. ในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าระยะทาง 10 เมตรใช้เวลาในการเคลื่อนที่ 15 วินาที

4.3.2 การเลี้ยวซ้าย

สำหรับการเลี้ยวซ้ายนั้นการทำงานจะเลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1ไปข้างหน้าและไปทางซ้ายซึ่งจะทำให้มอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านซ้ายของเรือเก็บขยะหยุดการทำงาน มอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านขวาจะทำงานเพียงตัวเดียว จึงทำให้เรือเก็บขยะสามารถเลี้ยวซ้ายได้ ถ้าต้องการหยุดการทำงานให้เลื่อนคันโยกกลับมาอยู่ตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลาง เรือเก็บขยะก็จะหยุดการเลี้ยวซ้าย ถ้าต้องการเลี้ยวซ้ายครั้งต่อไปก็ทำแบบนี้ทุกครั้งเมื่อต้องการเลี้ยวซ้าย

4.3.2.1 ลำดับการทดลอง

1. ตรวจสอบว่าสวิตช์ที่ควบคุมการจ่ายไฟให้ระบบควบคุมตำแหน่ง ON/OFF ที่เรือเก็บขยะว่าอยู่ในตำแหน่ง ON หรือไม่ ถ้าไม่อยู่ต้องกดสวิตช์ให้อยู่ในตำแหน่ง ON ก่อนสั่งให้เรือเก็บขยะทำงานเสมอ
2. กดสวิตช์ ON ที่รีโมทคอนโทรล
3. กดสวิตช์ ON ที่เรือเก็บขยะ
4. เลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1 ไปข้างหน้าและทางซ้ายจากรีโมทคอนโทรล
5. สังเกตการณ์เคลื่อนที่ของเรือเก็บขยะ และทำการบันทึกผลการทดลอง

4.3.2.2 ผลการทดลอง

1. ในการเลี้ยวซ้ายของเรือเก็บขยะนั้นจะได้มุมในการเลี้ยว 30° ใช้เวลา 5 วินาที
2. ในการเลี้ยวซ้ายของเรือเก็บขยะนั้นจะได้มุมในการเลี้ยว 45° ใช้เวลา 7 วินาที
3. ในการเลี้ยวซ้ายของเรือเก็บขยะนั้นจะได้มุมในการเลี้ยว 90° ใช้เวลา 10 วินาที

4.3.3 การเลี้ยวขวา

สำหรับการเลี้ยวขวานั้นการทำงานจะเลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1 ไปข้างหน้าและไปทางขวาซึ่งจะทำให้มอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านขวาของเรือเก็บขยะหยุดการทำงาน มอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านซ้ายจะทำงานเพียงตัวเดียว จึงทำให้เรือเก็บขยะสามารถเลี้ยวขวาได้ ถ้าต้องการหยุดการทำงานให้เลื่อนคันโยกกลับมาอยู่ตรงกลาง เรือเก็บขยะก็จะหยุดการเลี้ยวขวา ถ้าต้องการเลี้ยวขวาครั้งต่อไปก็ทำแบบนี้ทุกครั้งเมื่อต้องการเลี้ยวขวา

4.3.3.1 ลำดับการทดลอง

1. ตรวจสอบว่าสวิตช์ที่ควบคุมการจ่ายไฟให้ระบบควบคุมตำแหน่ง ON/OFF ที่เรือเก็บขยะว่าอยู่ในตำแหน่ง ON หรือไม่ ถ้าไม่อยู่ต้องกดสวิตช์ให้อยู่ในตำแหน่ง ON ก่อนสั่งให้เรือเก็บขยะทำงานเสมอ
2. กดสวิตช์ ON ที่รีโมทคอนโทรล
3. กดสวิตช์ ON ที่เรือเก็บขยะ
4. เลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1 ไปข้างหน้าและทางขวาจากรีโมทคอนโทรล
5. สังเกตการณ์เคลื่อนที่ของเรือเก็บขยะ และทำการบันทึกผลการทดลอง

4.3.3.2 ผลการทดลอง

1. ในการเลี้ยวขวาของเรือเก็บขยะนั้นจะได้มุมในการเลี้ยว 30° ใช้เวลา 5 วินาที
2. ในการเลี้ยวขวาของเรือเก็บขยะนั้นจะได้มุมในการเลี้ยว 45° ใช้เวลา 7 วินาที
3. ในการเลี้ยวขวาของเรือเก็บขยะนั้นจะได้มุมในการเลี้ยว 90° ใช้เวลา 10 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 การถอยหลัง

การทำงานจะเลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1 ไปข้างหลัง ควบคุมการถอยหลังโดยกดค้างไว้ ซึ่งจะทำให้มอเตอร์ขับเคลื่อนทำงานพร้อมกันสองตัว เรือเก็บขยะก็สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหลังได้ หลังจากนั้น เมื่อเรือเก็บขยะเคลื่อนที่ไปได้ตามที่ต้องการ เมื่อเราต้องการหยุดถอยหลัง ให้เลื่อนคันโยกมาตรงกลางเรือเก็บขยะก็จะหยุดถอยหลัง ถ้าต้องการให้เคลื่อนที่ก็จะทำแบบนี้ไปเรื่อยๆทุกครั้งที่ต้องการให้เรือเก็บขยะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

4.3.4.1 ลำดับการทดลอง

1. ตรวจสอบว่าสวิตช์ที่ควบคุมการจ่ายไฟให้ระบบควบคุมตำแหน่ง ON/OFF ที่เรือเก็บขยะว่าอยู่ในตำแหน่ง ON หรือไม่ ถ้าไม่อยู่ต้องกดสวิตช์ให้อยู่ในตำแหน่ง ON ก่อนสั่งให้เรือเก็บขยะทำงานเสมอ
2. กดสวิตช์ ON ที่รีโมทคอนโทรล
3. กดสวิตช์ ON ที่เรือเก็บขยะ
4. เลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1 ไปข้างหลังจากรีโมทคอนโทรล
5. สังเกตการณ์เคลื่อนที่ของเรือเก็บขยะ และทำการบันทึกผลการทดลอง

4.3.4.2 ผลการทดลอง

1. ในการเคลื่อนที่ไปข้างหลังของเรือเก็บขยะในระยะทาง 5 เมตร ใช้เวลา 10 วินาที
2. ในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าระยะทาง 10 เมตรใช้เวลาในการเคลื่อนที่ 20 วินาที

4.3.5 การถอยหลังเลี้ยวซ้าย

สำหรับการถอยหลังเลี้ยวซ้ายนั้นการทำงานจะเลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1 ไปข้างหลังและไปทางซ้ายซึ่งจะทำให้มอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านซ้ายของเรือเก็บขยะหยุดทำงาน มอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านขวาจะทำงานเพียงตัวเดียว จึงทำให้เรือเก็บขยะสามารถถอยหลังเลี้ยวซ้ายได้ ถ้าต้องการหยุดการทำงานให้เลื่อนคันโยกกลับมาอยู่ตรงกลาง เรือเก็บขยะก็จะหยุดการเลี้ยวซ้าย ถ้าต้องการเลี้ยวซ้ายครั้งต่อไปก็ทำแบบนี้ทุกครั้งเมื่อต้องการเลี้ยวซ้าย

4.3.5.1 ลำดับการทดลอง

1. ตรวจสอบว่าสวิตช์ที่ควบคุมการจ่ายไฟให้ระบบควบคุมตำแหน่ง ON/OFF ที่เรือเก็บขยะว่าอยู่ในตำแหน่ง ON หรือไม่ ถ้าไม่อยู่ต้องกดสวิตช์ให้อยู่ในตำแหน่ง ON ก่อนสั่งให้เรือเก็บขยะทำงานเสมอ
2. กดสวิตช์ ON ที่รีโมทคอนโทรล
3. กดสวิตช์ ON ที่เรือเก็บขยะ
4. เลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1 ไปข้างหลังและทางซ้ายจากรีโมทคอนโทรล
5. สังเกตการณ์เคลื่อนที่ของเรือเก็บขยะ และทำการบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5.2 ผลการทดลอง

1. ในการถอยหลังเลี้ยวซ้ายของเรือเก็บขยะนั้นจะได้มุมในการเลี้ยว 30° ใช้เวลา 10 วินาที
2. ในการถอยหลังเลี้ยวซ้ายของเรือเก็บขยะนั้นจะได้มุมในการเลี้ยว 45° ใช้เวลา 15 วินาที
3. ในการถอยหลังเลี้ยวซ้ายของเรือเก็บขยะนั้นจะได้มุมในการเลี้ยว 90° ใช้เวลา 20 วินาที

4.3.6 การถอยหลังเลี้ยวขวา

สำหรับการเลี้ยวขวานั้นการทำงานจะเลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1 ไปข้างหลังและไปทางขวาซึ่งจะทำให้มอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านขวาของเรือเก็บขยะหยุดการทำงาน มอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านซ้ายจะทำงานเพียงตัวเดียว จึงทำให้เรือเก็บขยะสามารถเลี้ยวขวาได้ ถ้าต้องการหยุดการทำงานให้เลื่อนคันโยกกลับมาอยู่ตรงกลาง เรือเก็บขยะก็จะหยุดการเลี้ยวขวา ถ้าต้องการเลี้ยวขวาครั้งต่อไปก็ทำแบบนี้ทุกครั้งเมื่อต้องการเลี้ยวขวา

4.3.6.1 ลำดับการทดลอง

1. ตรวจสอบว่าสวิตช์ที่ควบคุมการจ่ายไฟให้ระบบควบคุมตำแหน่ง ON/OFF ที่เรือเก็บขยะว่าอยู่ในตำแหน่ง ON หรือไม่ ถ้าไม่อยู่ต้องกดสวิตช์ให้อยู่ในตำแหน่ง ON ก่อนสั่งให้เรือเก็บขยะทำงานเสมอ
2. กดสวิตช์ ON ที่รีโมทคอนโทรล
3. กดสวิตช์ ON ที่เรือเก็บขยะ
4. เลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1 ไปข้างหลังและทางขวาจากรีโมทคอนโทรล
5. สังเกตการณ์เคลื่อนที่ของเรือเก็บขยะ และทำการบันทึกผลการทดลอง

4.3.6.2 ผลการทดลอง

1. ในการถอยหลังเลี้ยวขวาของเรือเก็บขยะนั้นจะได้มุมในการเลี้ยว 30° ใช้เวลา 10 วินาที
2. ในการถอยหลังเลี้ยวขวาของเรือเก็บขยะนั้นจะได้มุมในการเลี้ยว 45° ใช้เวลา 15 วินาที
3. ในการถอยหลังเลี้ยวขวาของเรือเก็บขยะนั้นจะได้มุมในการเลี้ยว 90° ใช้เวลา 20 วินาที

4.4 การเก็บขยะของเรือเก็บขยะ

สำหรับการเก็บขยะนั้นการทำงานจะบังคับรีโมทควบคุมโดยเลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 2 ซึ่งจะทำให้มอเตอร์ที่ขับสายพานในการเก็บขยะทำงานจะหมุนเก็บเอาขยะที่ลอยอยู่เหนือน้ำขึ้นมากับสายพานแล้วเก็บที่ตะแกรงเก็บขยะ การทำงานของเรือเก็บขยะนั้นก็สามารถเก็บขยะได้ หลังจากนั้นเมื่อเรือเก็บขยะได้ตามที่ต้องการแล้วเมื่อขยะหมดก็เลื่อนคนโยกรีโมทตัวที่ 2 กลับมาอยู่ตรงกลางจะทำให้สายพานหยุดการทำงาน ถ้าต้องการเก็บขยะครั้งต่อไปก็ทำอย่างนี้ทุกครั้งเมื่อต้องการเก็บขยะ

4.4.1 การเก็บขยะของเรือเก็บขยะ

4.4.1.1 ลำดับการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ตรวจสอบว่าสวิตช์ที่ควบคุมการจ่ายไฟให้ระบบควบคุมตำแหน่ง ON/OFF ที่เรือเก็บขยะว่าอยู่ในตำแหน่ง ON หรือไม่ ถ้าไม่อยู่ต้องกดสวิตช์ให้อยู่ในตำแหน่ง ON ก่อนสั่งให้เรือเก็บขยะทำงานเสมอ
2. กดสวิตช์ ON ที่รีโมทคอนโทรล
3. กดสวิตช์ ON ที่เรือเก็บขยะ
4. เลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 2 ไปข้างหน้า
5. สังเกตการณ์เก็บขยะของเรือเก็บขยะ และทำการบันทึกผลการทดลอง

4.4.1.2 ผลการทดลอง

1. ในการเก็บขยะของเรือเก็บขยะนั้นจะเก็บได้ 1 - 2 กิโลกรัม
2. ในการเก็บขยะของเรือเก็บขยะนั้นจะรับน้ำหนักได้ 5-10 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

การออกแบบและการสร้างเรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ มีลักษณะพอสรุปได้ดังนี้ คือ ส่วนที่เป็นโครงสร้างเรือเก็บขยะทำมาจากแผ่นพลาสวูดลักษณะจะเป็นทุ่นสองทุ่นสองข้างติดกันระหว่างส่วนท้ายและส่วนหัวของเรือใช้เหล็กยึดเพื่อให้เรือทุ่นทั้งสองข้างไม่แยกตัวออกจากกันโดยแต่ละทุ่นของตัวเรือตรงส่วนท้ายจะติดตั้งดีซีมอเตอร์ขับเคลื่อนข้างละ 1 ตัว โดยมีสำหรับทำหน้าที่ขับเคลื่อนเรือเก็บขยะให้เดินหน้า เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ถอยหลัง และจะมีดีซีมอเตอร์ 1 ตัวเพื่อทำหน้าที่หมุนสายพานในการเก็บขยะขึ้นจากน้ำโดยการใช้เชื่อมต่อระหว่างตัวเพลากับลูกกลิ้ง โดยที่ดีซีมอเตอร์ทั้งหมดในระบบจะถูกสั่งการด้วยวงจรควบคุม เรือเก็บขยะด้วยคลื่นวิทยุที่สร้างมีความกว้าง 90 เซนติเมตร มีความยาว 120 เซนติเมตร มีความสูง 23 เซนติเมตร มีระยะการควบคุมได้ไกล 100 เมตร มีระบบเตือนเมื่อเรือรับน้ำหนักถึง 12 กิโลกรัม จากการทดลอง การทำงานของเรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ถอยหลัง และเก็บขยะในน้ำ โดยการควบคุมจากรีโมทและสามารถเตือนเมื่อน้ำหนักบรรทุกมากเกินไปส่วนจุดที่ต้องการปรับปรุงแก้ไขคือ น้ำหนักของเรือมีมากทำให้การบรรทุกขยะได้น้อย การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาประกอบเรือควรใช้อุปกรณ์ที่แข็งแรงและน้ำหนักเบามาสร้างเรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุจะทำให้เรือคล่องตัวและมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

1. ในการทำโครงสร้างของเรือเก็บขยะจากไฟเบอร์กลาสมีปัญหาเนื่องจากไฟเบอร์กลาสมีการทำที่ยุ่งยากและไม่มีความรู้เพียงพอในการทำ การถอดแบบเอาชิ้นงานออกจากแม่แบบจึงทำให้เรือชำรุดเสียหายไม่สามารถใช้งานได้

   วิธีการแก้ไข ได้ทำโครงสร้างของเรือเก็บขยะขึ้นมาใหม่ ด้วยแผ่นพลาสวูด สามารถสร้างได้ง่ายขึ้น

2. ปัญหา การซึมของน้ำที่เข้ามาในตัวเรือ ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ว่าน้ำเข้ามาจากข้อต่อของเรือหรือเพลาของเรือ

   วิธีการแก้ไข ทำการทาแล็กเกอร์หรือใช้เรซิ่นทั้งภายในและภายนอก เพื่อกันน้ำเข้าตัวเรือ

3. ปัญหา ในการเก็บวัสดุทรงกลม เมื่อเก็บแล้ววัสดุทรงกลมกลิ้งลงจากสายพานทำให้ไม่สามารถเก็บได้ หรือเก็บสายพานได้ยากและใช้เวลานานในการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการแก้ไข ได้ทำการติดอุปกรณ์เพิ่มเติมเข้าไปที่สายพาน เพื่อให้สามารถเกี่ยวขยะและป้องกันการกลิ้งของวัสดุทรงกลมลงจากสายพาน

5.3 แนวทางการพัฒนา

แนวทางในการพัฒนาเรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุเพื่อให้มีความสามารถในการทำงานได้ดีขึ้น จำเป็นต้องพัฒนาส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ทำโครงสร้างให้มีความเหมาะสมในการใช้งานและตกแต่งให้ดูสวยงามและแข็งแรง
2. ควรจะมีเครื่องตรวจจับวัตถุที่ลอยอยู่บนผิวน้ำเพื่อจะเก็บขยะได้ง่ายขึ้น
3. ติดกล้องไร้สายเพื่อให้สามารถมองเห็นขยะผ่านจอมอนิเตอร์ได้
4. นำไปประยุกต์ใช้ด้านการเกษตรได้อีกทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

บรรเจิด ตันติกัลยาภณร์.**"นักเลงรีโมท"** กรุงเทพฯ: สถาบันอิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพรังสิต.2543

บรรเจิด ตันติกัลยาภณร์.**"เครื่องรับส่ง"** กรุงเทพฯ: มปป.

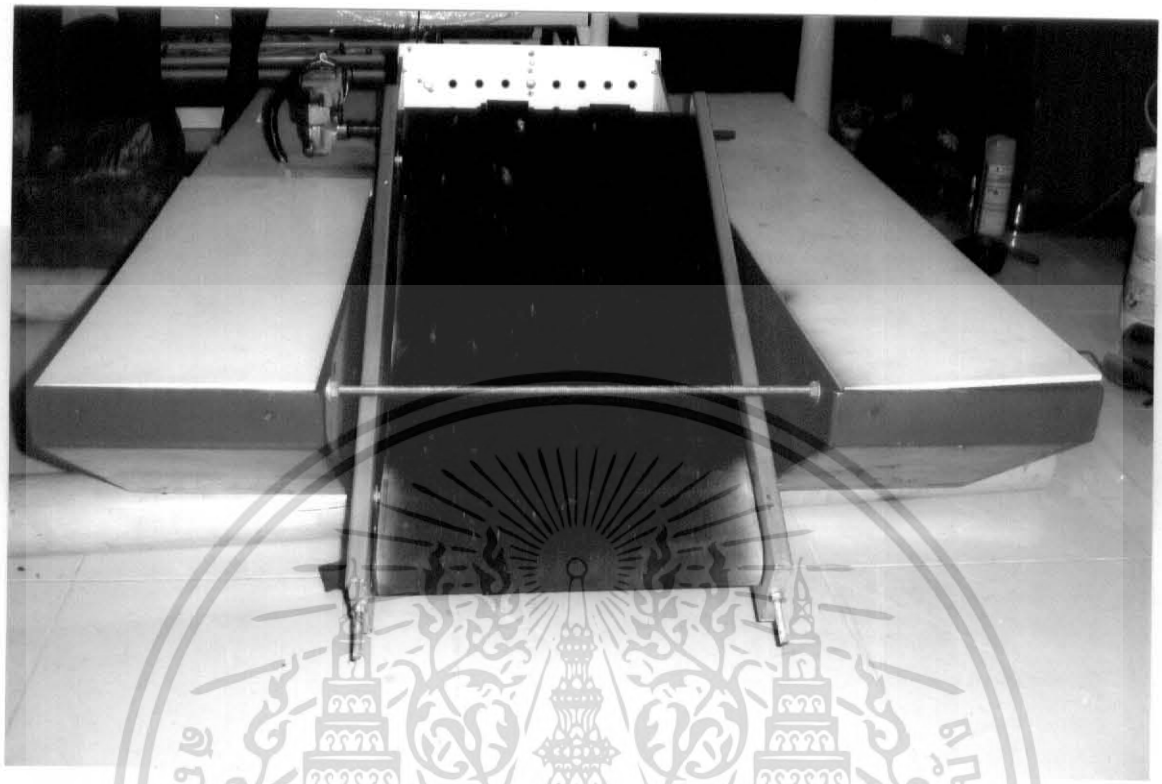
พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์.**"เครื่องรับวิทยุ (Radio Receiver)"** กรุงเทพฯ : เจริญธรรม.2538

วิเชียร ปิ่นกุลบุตร.**"หนังสือชุดการออกแบบการต่อเรือ"** กรุงเทพฯ : เอมพันธ์.2537

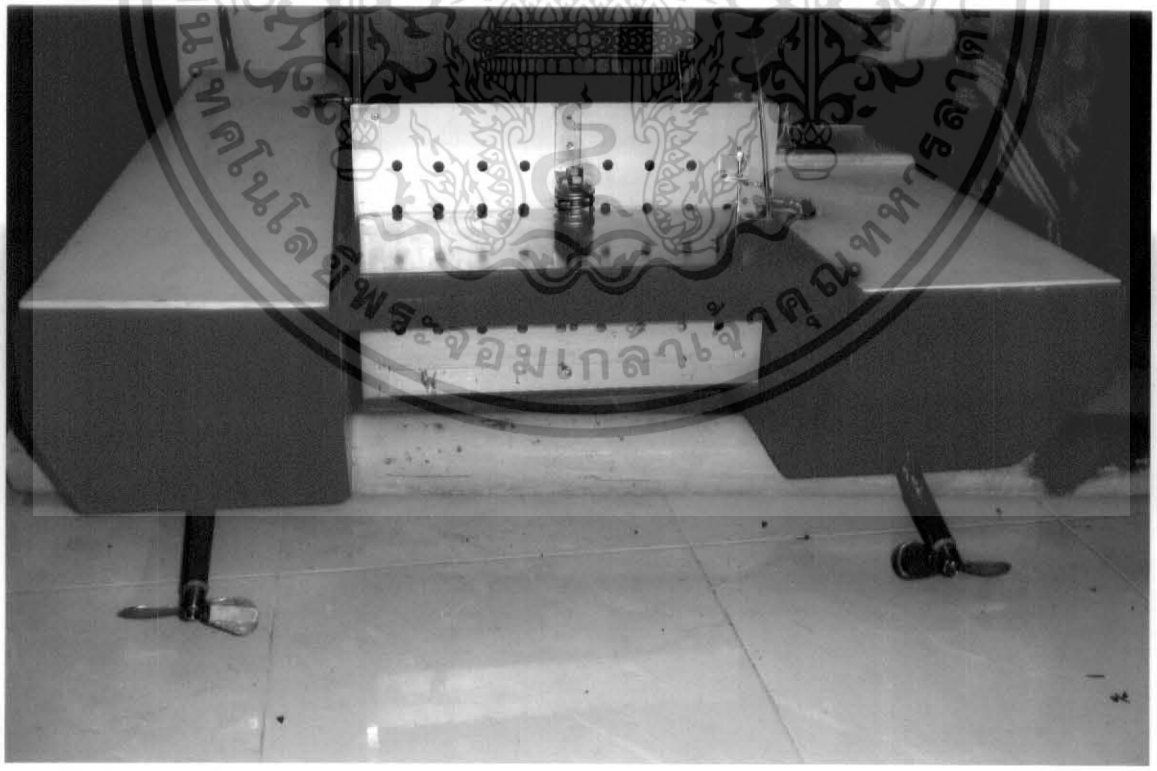
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

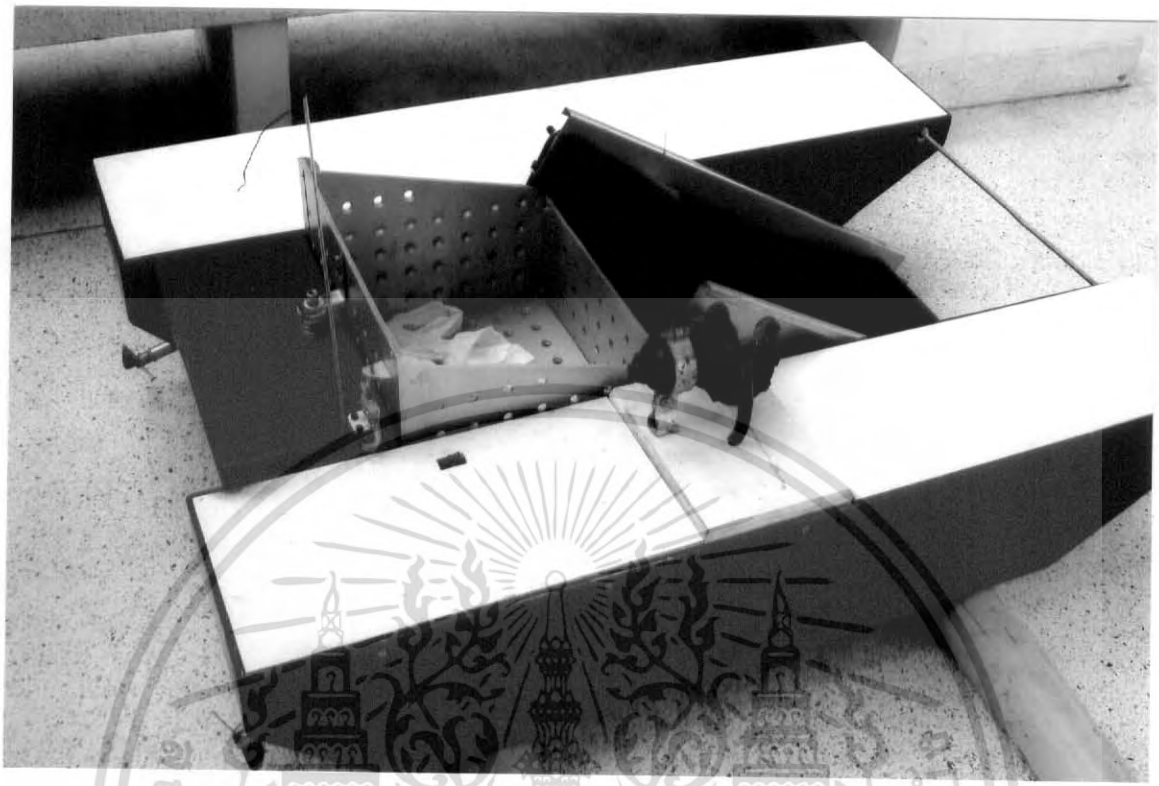


รูปที่ ก.1 ด้านหน้าเรือ

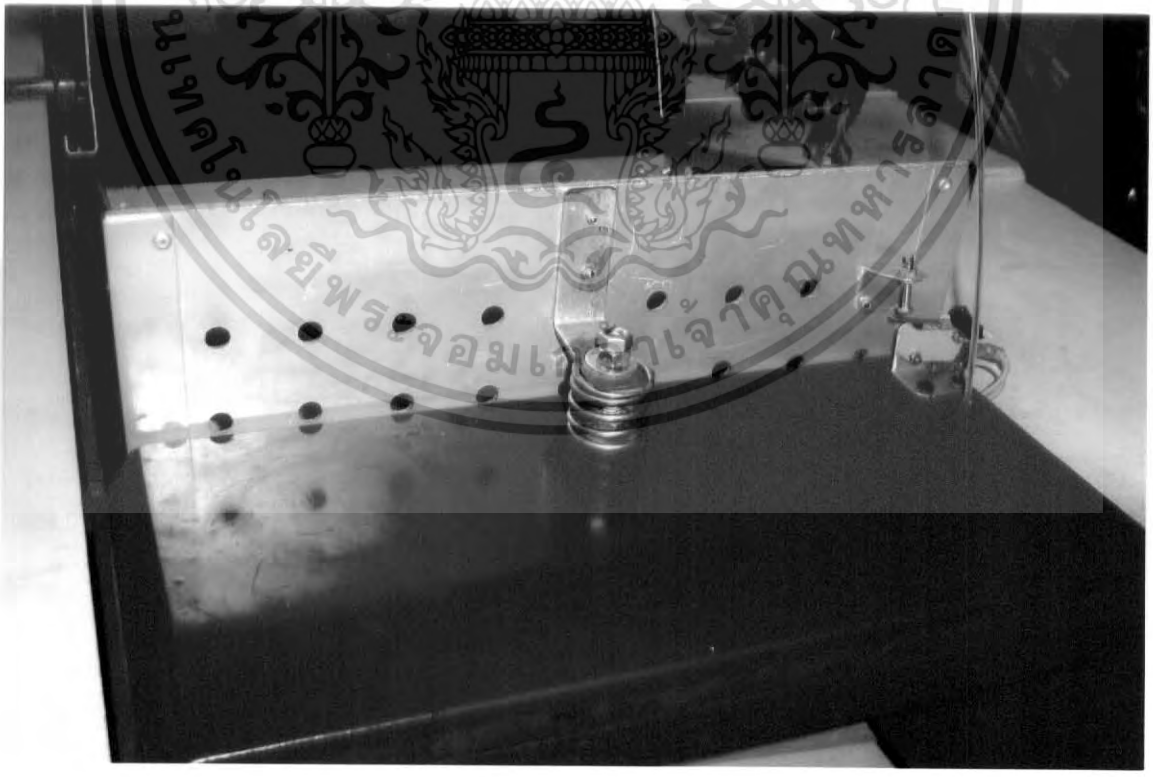


รูปที่ ก.2 ด้านท้ายเรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 ลักษณะของเรือ



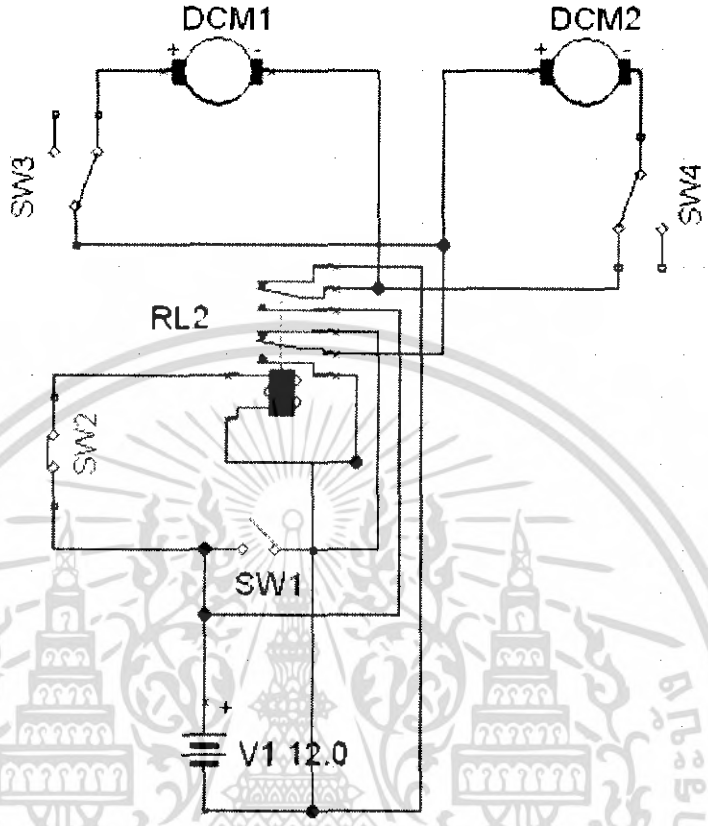
รูปที่ ก.4 ชุดตรวจสอบน้ำหนักขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

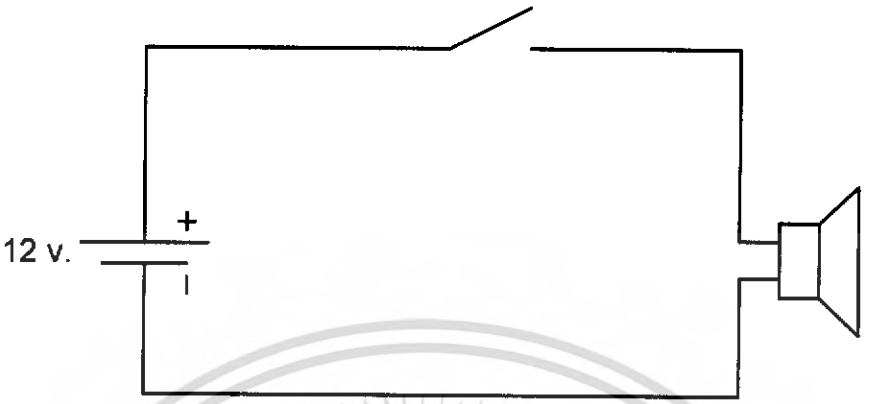
วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 วงจรควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

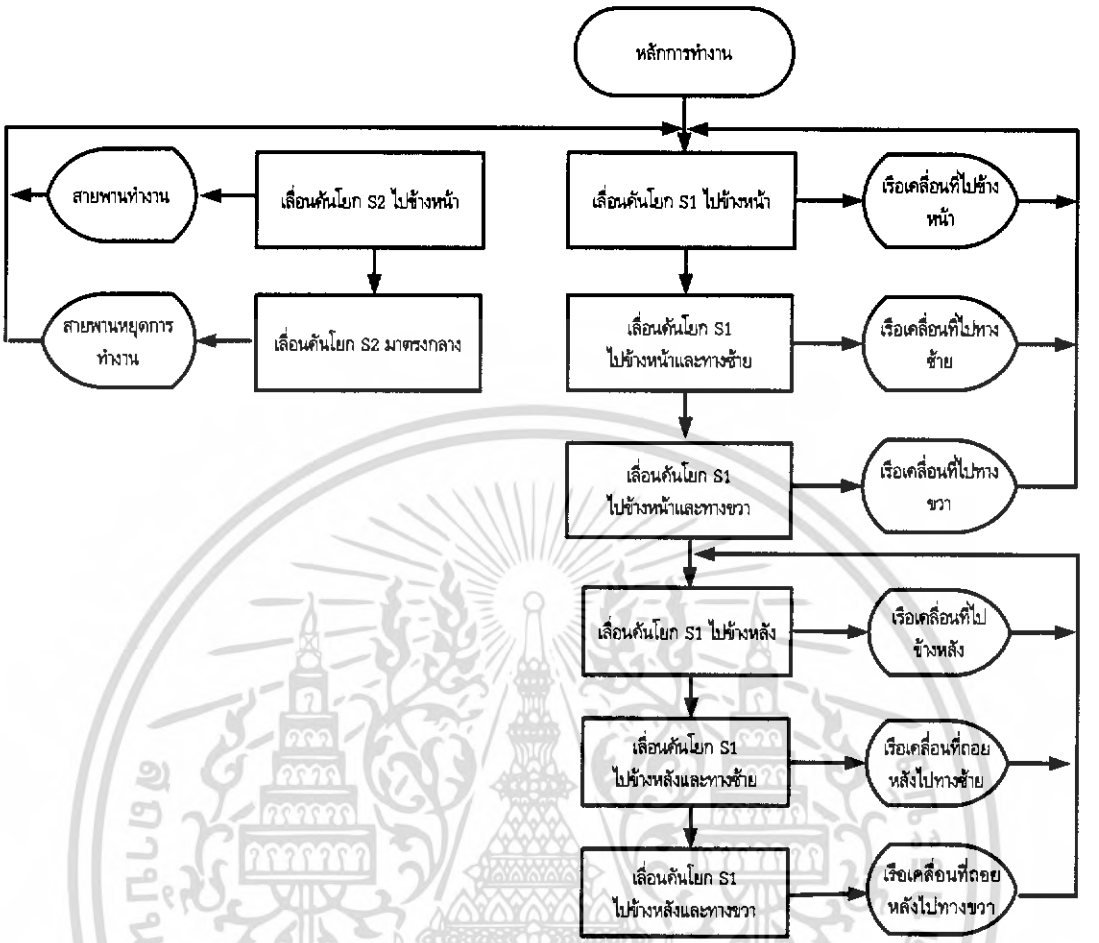


รูปที่ ข.1 วงจรตรวจสอบน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
แผนผังการทำงานและการควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.1 แผนผังการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 รายการอุปกรณ์วงจรควบคุมมอเตอร์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ไมโครสวิตช์	ไมโครสวิตช์	6 ตัว
รีเลย์	12 V.	1 ตัว
มอเตอร์	DC. 12 V.	4 ตัว

ตารางที่ ง.2 รายการอุปกรณ์วงจรตรวจสอบน้ำหนัก

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ไมโครสวิตช์	ไมโครสวิตช์	1 ตัว
ลำโพง	12 V. 20 W.	1 ตัว

ตารางที่ ง.3 รายการอุปกรณ์วัสดุตัวเรือ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
แผ่นพลาสวูด	4×8 ฟุต	2 แผ่น
สปริง	ชั่งน้ำหนัก	1 ตัว
ผ้ายาง	สายพาน	1 ผืน
เพลา	เพลา	2 ตัว
ใบจักร	10 cm.	2 ใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
ความหนืดไดเคเนแมติค และความแน่นมวลน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 ความหนืดไคเนแมติคของน้ำ

(Kinematic Viscosity of Water)

มาตราของอังกฤษ

น้ำจืด $\upsilon \times 10^{-5}$ (ft^2/sec)	อุณหภูมิ °F	น้ำเค็ม $\upsilon \times 10^{-5}$ (ft^2/sec)
1.9291	32	-
1.8922	33	-
1.8565	34	-
1.8219	35	-
1.7988	36	-
1.7558	37	-
1.7242	38	-
1.6935	39	-
1.6638	40	1.6846
1.6349	41	1.6568
1.6068	42	1.6298
1.5795	43	1.6035
1.5530	44	1.5780
1.5272	45	1.5531
1.5021	46	1.5289
1.4476	47	1.5053
1.4539	48	1.4823
1.4306	49	1.4599
1.4080	50	1.4381
1.3860	51	1.4168
1.3646	52	1.3961
1.3437	53	1.3758
1.3233	54	1.3561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 ความแน่นมวลของน้ำ

(Mass Density of Water, ρ)

มาตราของอังกฤษ

น้ำจืด ρ(lb - sec^3/ft^4)	อุณหภูมิ °F	น้ำจืด ρ_s(lb - sec^3/ft^4)
1.9399	32	1.9947
1.9399	33	1.9946
1.9400	34	1.9946
1.9400	35	1.9945
1.9401	36	1.9944
1.9401	37	1.9943
1.9401	38	1.9942
1.9401	39	1.9941
1.9401	40	1.9940
1.9401	41	1.9939
1.9401	42	1.9937
1.9401	43	1.9936
1.9400	44	1.9934
1.9400	45	1.9933
1.9398	46	1.9931
1.9398	47	1.9930
1.9398	48	1.9928
1.9397	49	1.9926
1.9396	50	1.9924
1.9395	51	1.9923
1.9394	52	1.9921
1.9393	53	1.9919
1.9392	54	1.9914

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
เรือเก็บขยะควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ

1. แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่ใช้ขนาดแรงดัน 12 โวลท์ 5 แอมป์ หนัก 1.3 กิโลกรัม มีขนาดเท่ากับ 8 × 11.5 ×13 เซนติเมตร จำนวน 2 ลูก การชาร์จแบตเตอรี่ทำการชาร์จในเวลา 3 – 4 ชั่วโมง และตรวจสอบดูน้ำกลั่นทุกครั้งก่อนชาร์จ ถ้าต่ำกว่าระดับที่กำหนดให้เติมน้ำกลั่นก่อนและชาร์จเพื่อจะทำให้อายุการใช้งานได้นาน

2. มอเตอร์

มอเตอร์ขับเคลื่อนใช้มอเตอร์ที่ปัดฝน เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลท์ ทำการติดตั้งในการหมุนใบจักรขับเคลื่อนเรือเก็บขยะ 2 ตัว คือด้านซ้ายและด้านขวา และใช้ขับสายพานเก็บขยะ 1 ตัว

3. การควบคุมการใช้งานเรือเก็บขยะ

3.1 เดินหน้า

การทำงานจะเลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1ไปข้างหน้า ควบคุมการเดินหน้าโดยการโยกค้างไว้ ซึ่งจะทำให้มอเตอร์ขับเคลื่อนทำงานพร้อมกันสองตัว เรือเก็บขยะก็สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ หลังจากนั้น เมื่อเรือเก็บขยะเคลื่อนที่ไปได้ตามที่ต้องการ แล้วเมื่อเราต้องการหยุด ให้เลื่อนคันโยกมาตรงกลางเรือเก็บขยะก็จะหยุด ถ้าต้องการให้เคลื่อนที่ก็จะทำแบบนี้ไปเรื่อยๆทุกครั้งที่ต้องการให้เรือเก็บขยะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

3.2 เลี้ยวซ้าย

สำหรับการเลี้ยวซ้ายนั้นการทำงานจะเลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1ไปข้างหน้าและไปทางซ้ายซึ่งจะทำให้มอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านซ้ายของเรือเก็บขยะหยุดการทำงาน มอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านขวาจะทำงานเพียงตัวเดียว จึงทำให้เรือเก็บขยะสามารถเลี้ยวซ้ายได้ ถ้าต้องการหยุดการทำงานให้เลื่อนคันโยกกลับมาอยู่ตรงกลาง เรือเก็บขยะก็จะหยุดการเลี้ยวซ้าย ถ้าต้องการเลี้ยวซ้ายครั้งต่อไปก็ทำแบบนี้ทุกครั้งเมื่อต้องการเลี้ยวซ้าย

3.3 การเลี้ยวขวา

สำหรับการเลี้ยวขวานั้นการทำงานจะเลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1 ไปข้างหน้าและไปทางขวาซึ่งจะทำให้มอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านขวาของเรือเก็บขยะหยุดการทำงาน มอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านซ้ายจะทำงานเพียงตัวเดียว จึงทำให้เรือเก็บขยะสามารถเลี้ยวขวาได้ ถ้าต้องการหยุดการทำงานให้เลื่อนคันโยกกลับมาอยู่ตรงกลาง เรือเก็บขยะก็จะหยุดการเลี้ยวขวา ถ้าต้องการเลี้ยวขวาครั้งต่อไปก็ทำแบบนี้ทุกครั้งเมื่อต้องการเลี้ยวขวา

3.4 การถอยหลัง

การทำงานจะเลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1 ไปข้างหลัง ควบคุมการถอยหลังโดยกดค้างไว้ ซึ่งจะทำให้มอเตอร์ขับเคลื่อนทำงานพร้อมกันสองตัว เรือเก็บขยะก็สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหลังได้ หลังจากนั้น เมื่อเรือเก็บขยะเคลื่อนที่ไปได้ตามที่ต้องการ เมื่อเราต้องการหยุดถอยหลัง ให้เลื่อนคันโยกมาตรงกลางเรือเก็บขยะก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะหยุดถอยหลัง ถ้าต้องการให้เคลื่อนที่ก็จะทำแบบนี้ไปเรื่อยๆทุกครั้งที่ต้องการให้เรือเก็บขยะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

3.5 การถอยหลังเลี้ยวซ้าย

สำหรับการถอยหลังเลี้ยวซ้ายนั้นการทำงานจะเลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1 ไปข้างหลังและไปทางซ้ายซึ่งจะทำให้มอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านซ้ายของเรือเก็บขยะหยุดทำงาน มอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านขวาจะทำงานเพียงตัวเดียว จึงทำให้เรือเก็บขยะสามารถถอยหลังเลี้ยวซ้ายได้ ถ้าต้องการหยุดการทำงานให้เลื่อนคันโยกกลับมาอยู่ตรงกลาง เรือเก็บขยะก็จะหยุดการเลี้ยวซ้าย ถ้าต้องการเลี้ยวซ้ายครั้งต่อไปก็ทำแบบนี้ทุกครั้งเมื่อต้องการเลี้ยวซ้าย

3.6 การถอยหลังเลี้ยวขวา

สำหรับการเลี้ยวขวานั้นการทำงานจะเลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 1 ไปข้างหลังและไปทางขวาซึ่งจะทำให้มอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านขวาของเรือเก็บขยะหยุดการทำงาน มอเตอร์ขับเคลื่อนที่อยู่ด้านซ้ายจะทำงานเพียงตัวเดียว จึงทำให้เรือเก็บขยะสามารถเลี้ยวขวาได้ ถ้าต้องการหยุดการทำงานให้เลื่อนคันโยกกลับมาอยู่ตรงกลาง เรือเก็บขยะก็จะหยุดการเลี้ยวขวา ถ้าต้องการเลี้ยวขวาครั้งต่อไปก็ทำแบบนี้ทุกครั้งเมื่อต้องการเลี้ยวขวา

3.7 การเก็บขยะของเรือเก็บขยะ

สำหรับการเก็บขยะนั้นการทำงานจะบังคับรีโมทควบคุมโดยเลื่อนคันโยกรีโมทตัวที่ 2 ซึ่งจะทำให้มอเตอร์ที่ขับสายพานในการเก็บขยะทำงานจะหมุนเก็บเอาขยะที่ลอยอยู่เหนือน้ำขึ้นมากับสายพานแล้วเก็บที่ตะแกรงเก็บขยะ การทำงานของเรือเก็บขยะนั้นก็สามารถเก็บขยะได้ หลังจากนั้นเมื่อเรือเก็บขยะได้ตามที่ต้องการแล้วเมื่อขยะหมดก็เลื่อนคนโยกรีโมทตัวที่ 2 กลับมาอยู่ตรงกลางจะทำให้สายพานหยุดการทำงาน ถ้าต้องการเก็บขยะครั้งต่อไปก็ทำอย่างนี้ทุกครั้งเมื่อต้องการเก็บขยะ

4. ขั้นตอนการใช้งาน

4.1 การต่อแหล่งจ่ายไฟ

ต่อแหล่งจ่ายไฟให้กับวงจรควบคุมและมอเตอร์ให้ตรงตามขั้วที่กำหนดไว้ให้ถูกต้อง เพื่อป้องกันการต่อสลับขั้วเพราะจะทำให้วงจรควบคุมภายในเสียหายได้

4.2 การเปิด – ปิดสวิตช์

เมื่อต่อวงจรถูกต้องเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการเปิดสวิตช์ที่เครื่องรับวิทยุก่อนเสมอ แล้วค่อยเปิดสวิตช์ที่เครื่องส่งวิทยุ ถ้าเปิดสวิตช์ที่เครื่องรับวิทยุก่อน จะมีคลื่นรอบๆ ข้างมารบกวน ทำให้เครื่องรับวิทยุทำงานและเกิดความเสียหายแก่วงจรควบคุมได้

4.3 การควบคุมการทำงาน

เมื่อเปิดสวิตช์ที่เครื่องรับวิทยุและเครื่องส่งวิทยุเรียบร้อยแล้ว เรือเก็บขยะพร้อมที่จะทำงาน การควบคุมทำได้โดยการโยกรีโมทคอนโทรลตามฟังก์ชันการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I. GENERAL DESCRIPTION

EM78P458 and EM78P459 are 8-bit microprocessors with low-power and high-speed CMOS technology. There is a 4096*13-bit Electrical One Time Programmable Read Only Memory (OTP-ROM) within it.

Because of the OTP-ROM, the EM78P458 and EM78P459 offer users convenient ways to develop and verify their programs. Moreover, a user's developed code can be programmed easily by an EMC writer.

II. FEATURES

- Operating voltage range: 2.2V~6.0V
- Available in temperature range: 0°C~80°C
- Operating frequency range: DC ~ 16MHz
- Low power consumption:
  * less than 1.5 mA at 5V/4MHz
  * typical of 15 μA at 3V/32KHz
  * typical of 1 μA during the sleep mode
- 4096 x 13 bits on chip ROM
- 96 x 8 bits on chip registers (SRAM)
- 2 bi-directional I/O ports
- 8 level stacks for subroutine nesting
- 8-bit real time clock/counter (TCC) with selective signal sources and trigger edges, and with overflow interrupt
- 8-bit multichannel Analog-to-Digital Converter with 13-bit resolution
- Dual Pulse Width Modulation (PWM) with 10-bit resolution
- One pair of comparators
- Power-down mode (SLEEP mode)
- Six available interruptions
  * TCC overflow interrupt
  * Input-port status changed interrupt (wake up from the sleep mode)
  * External interrupt
  * ADC completion interrupt
  * PWM period match completion
  * Comparator high interrupt
- Programmable free running watchdog timer
- 8 Programmable pull-down I/O pins
- 8 programmable pull-high I/O pins
- 8 programmable open-drain I/O pins
- Two clocks per instruction cycle
- 99.9% single instruction cycle commands
- Package type :
  * 20-pin DIP 300 mil : EM78P458AP
  * 20-pin SOP 300 mil : EM78P458AM
  * 24-pin DIP 300 mil : EM78P459AK
  * 24-pin SOP 300 mil : EM78P459AM
- Power on voltage detector available (2.0V ± 0.15V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Preliminary

III. PIN ASSIGNMENTS

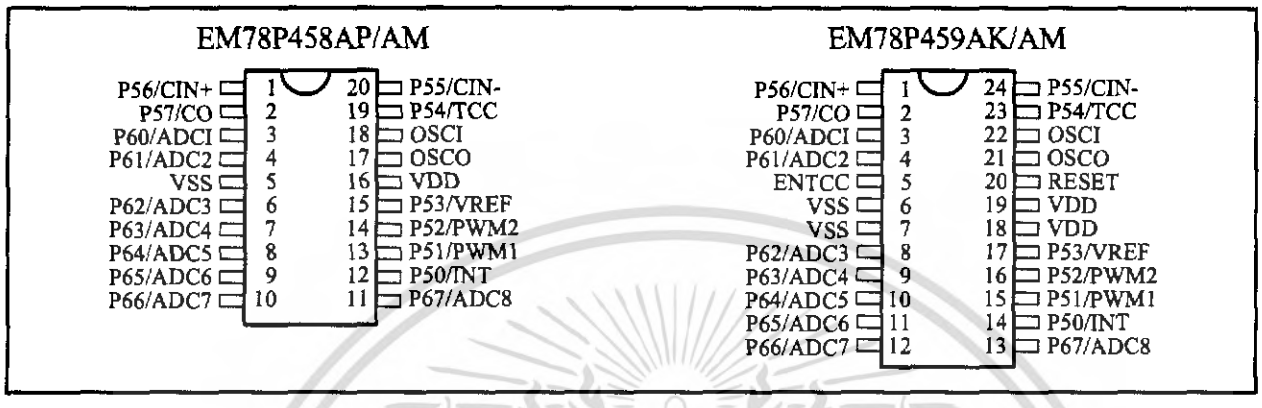


Fig. 1 Pin assignments

IV. FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

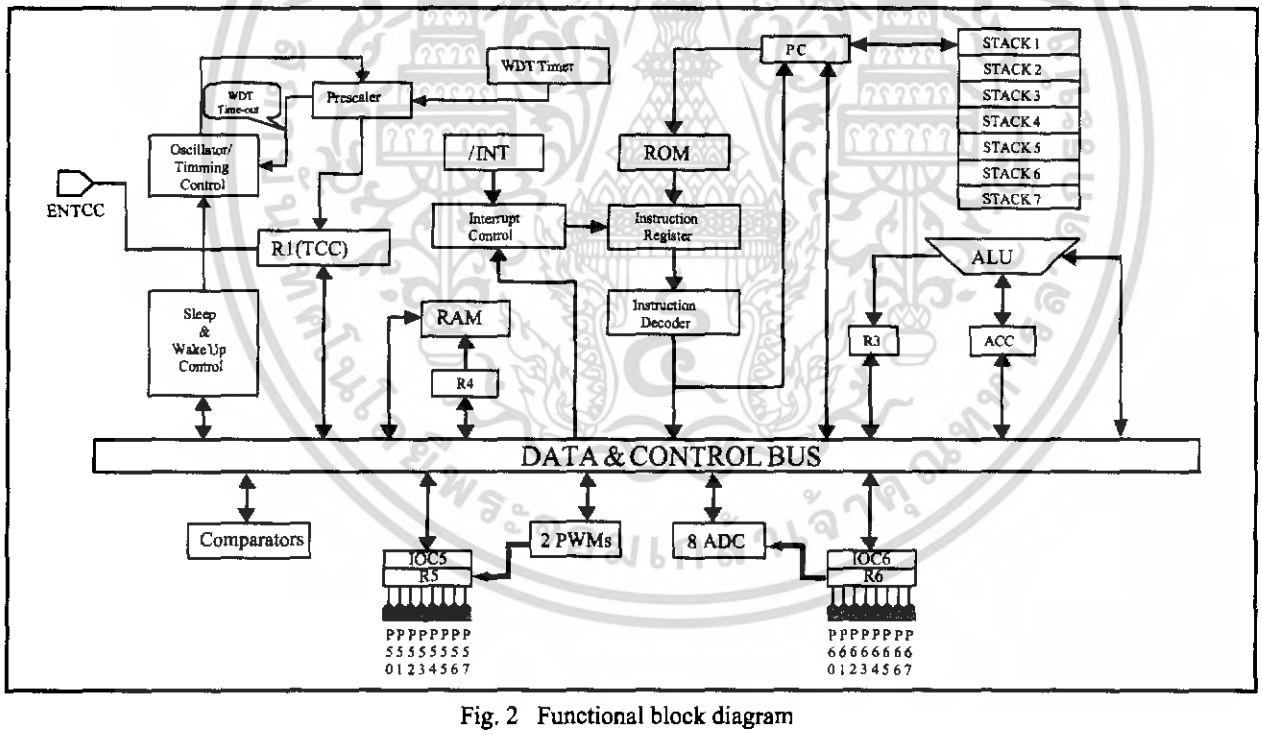


Fig. 2 Functional block diagram

V. PIN DESCRIPTION (EM78P458)

Table 1 Pin description-EM78P458

Symbol	Type	Function Description
VDD	-	Power supply.
OSCI	I	* XTAL type: Crystal input terminal or external clock input pin. * RC type: RC oscillator input pin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Symbol	Type	Function Description
OSCO	O	* XTAL type: output terminal for crystal oscillator or external clock input pin. * RC type: clock output with a period of one instruction cycle time, the prescaler determined by the CONT register. * External clock signal input.
P50 ~ P57	I/O	* General-purpose I/O pin. * Default value while power -on reset.
P60 ~ P67	I/O	* General-purpose I/O pin. * Default value while power-on reset.
INT	I	* External interrupt pin triggered by falling edge.
ADC1~ADC8	I	* Analog to Digital Converter. * Defined by AD-CMPCON (IOCA0)<2:4>.
PWM1, PWM2	O	* Pulse width modulation outputs. * Defined by PWMCON (IOC51)<6, 7>
VREF	I	* External reference voltage for ADC * Defined by AD-CMPCON (IOCA0)<7>.
C-, C+ CO	I O	* "-" -> the input pin of Vin- of the comparator. * "+"-> the input pin of Vin+ of the comparator. * Pin CO is the output of the comparator. * Defined by AD-CMPCON (IOCA0) <5, 6>
TCC	I	Real time clock/counter with Schmitt trigger input pin; it must be tied to VDD or VSS if it is not in use.
VSS	-	Ground.

Table 2 Pin description-EM78P459

Symbol	Type	Function Description
VDD	-	* Power supply.
OSCI	I	* XTAL type: Crystal input terminal or external clock input pin. * RC type: RC oscillator input pin.
OSCO	O	* XTAL type: output terminal for crystal oscillator or external clock input pin. * RC type: clock output with a period of one instruction cycle times the prescaler determined by the CONT register. * External clock signal input.
P50 ~ P57	I/O	* General-purpose I/O pin. * Default value while power on reset.
P60 ~ P67	I/O	* General-purpose I/O pin. * Default value while power on reset.
/INT	I	* External interrupt pin triggered by falling edge.
ADC1~ADC8	I	* Analog to Digital Converter. * Defined by AD-CMPCON (IOCA0)<2:4>.
PWM1, PWM2	O	* Pulse width modulation outputs. * Defined by PWMCON (IOC51)<6, 7>
VREF	I	* External reference voltage for ADC * Defined by AD-CMPCON (IOCA0)<7>.
C-, C+	I	* '-' -> the Vin- input pins of the comparators.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Symbol	Type	Function Description
CO	O	* '+' -> the Vin+ input pins of the comparators. * Pin CO is the output of the comparator. * Defined by AD-CMPCON (IOCA0) <5, 6>
/RESET	I	* If remain at logic low, the device will be in reset. * Wake up from sleep mode while the status of the pin changed. * Voltage on /RESET/Vpp must not be over Vdd during the normal mode. * Pull-high is on if /RESET is asserted.
TCC	I	Real time clock/counter with Scmitt trigger input pin; it must be tied to VDD or VSS if it is not in use.
ENTCC	I	1: Enable TCC; 0: disable TCC.
VSS	-	Ground.

VI. FUNCTION DESCRIPTION

VI.1 Operational Registers

1. R0 (Indirect Addressing Register)

R0 is not a physically implemented register. Its major function is to be an indirect addressing pointer. Any instruction using R0 as a pointer actually accesses data pointed by the RAM Select Register (R4).

2. R1 (Time Clock /Counter)

- Increased by an external signal edge through the TCC pin, or by the instruction cycle clock.
- The signals to increase the counter are decided by bit 4 and bit 5 of the CONT register.
- Writable and readable as any other registers.

3. R2 (Program Counter) & Stack

- R2 and hardware stacks are 12-bit wide. The structure is depicted in Fig. 4.
- Generating 4096x13 bits on-chip OTP ROM addresses to the relative programming instruction codes. One program page is 1024 words long.
- The contents of R2 are set all "0"s upon a RESET condition.
- "JMP" instruction allows the direct loading of the lower 10 program counter bits. Thus, "JMP" allows PC to go to any location within a page.
- "CALL" instruction loads the lower 10 bits of the PC, and then PC+1 is pushed into the stack. Thus, the subroutine entry address can locate anywhere within a page.
- "RET" ("RETL K", "RETI") instruction loads the program counter with the contents of the top of stack.
- "ADD R2, A" allows a relative address to be added to the current PC, and the ninth and tenth bits of the PC are cleared.
- "MOV R2, A" allows to load an address from the "A" register to the lower 8 bits of the PC, and the ninth and tenth bits of the PC are cleared.
- Any instruction which would modify the contents of R2 (e.g. "ADD R2, A", "MOV R2, A", "BC R2, 6",.....) will cause the ninth bit and the tenth bit (A8~A9) of the PC to be cleared. Thus, the computed jump is limited to the first 256 locations of a page.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- In the case of EM78P458/EM78P459, the two most two significant bits (A11 and A10) will be loaded with the content of PS1 and PS0 in the status register (R3) upon the execution of a "JMP", "CALL", or any other instructions which would change the contents of R2.
- All instructions are single instruction cycle (fclk/2) except the instructions which would modify the contents of R2 need one more instruction cycle.

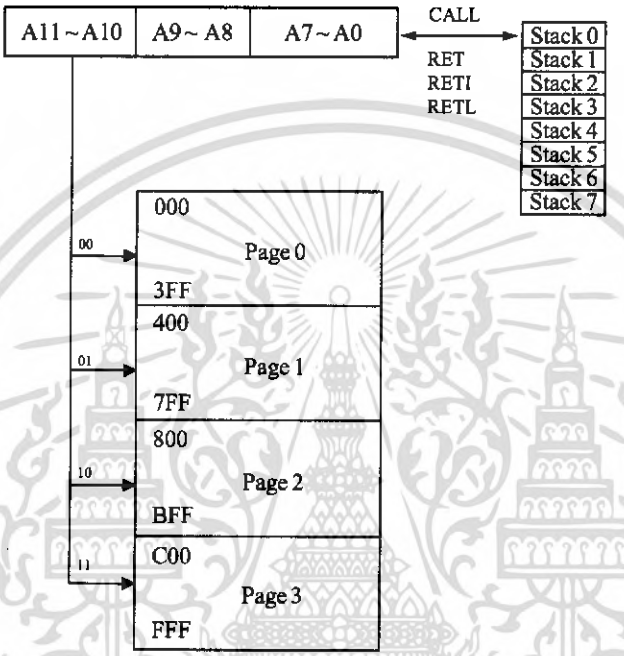


Fig. 3 Program counter organization

4. R3 (Status Register)

7	6	5	4	3	2	1	0
CMPOUT	PS1	PS0	T	P	Z	DC	C

- Bit 7 (CMPOUT) the result of the comparator.
- Bit 6 (PS1) ~ 5 (PS0) Page-selecting bits. PS0~PS1 are used to select a program memory page. When executing "JMP", "CALL", or other instructions which cause the program counter to be changed (e.g. MOV R2,A), PS0~PS1 are loaded to the 11th and 12th bits of the program counter which would select one of the available program memory pages. Note that RET (RETL, RETI) instruction does not change the PS0~PS1 bits. That is, the return will be always to the page from the place where the subroutine was called, regardless of the current setting of PS0~PS1 bits.

PS1	PS0	Program memory page [Address]
0	0	Page 0 [000-3FF]
0	1	Page 1 [400-7FF]
1	0	Page 2 [800-BFF]
1	1	Page 3 [C00-FFF]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Bit 4 (T) Time-out bit. Set to 1 by the "SLEP" and "WDTC" commands, or during power-up and reset to 0 by WDT time-out.
- Bit 3 (P) Power-down bit. Set to 1 during power-on or by a "WDTC" command and reset to 0 by a "SLEP" command.
- Bit 2 (Z) Zero flag. Set to "1" if the result of an arithmetic or logic operation is zero.
- Bit 1 (DC) Auxiliary carry flag.
- Bit 0 (C) Carry flag.

5. R4 (RAM Select Register)

- Bits 0~5 are used to select registers (address: 00~3F) in the indirect addressing mode.
- Bit 6 is used to select bank 0 or bank 1.
- Bit 7 is a general-purpose read/write bit.
- See the configuration of the data memory in Fig. 4.

6. R5 ~ R6 (Port 5 ~ Port 6)

- R5 and R6 are I/O registers.
- P50 can only be defined as input pin.

7. R7 ~ R8

- All of these are 8-bit general-purpose registers.

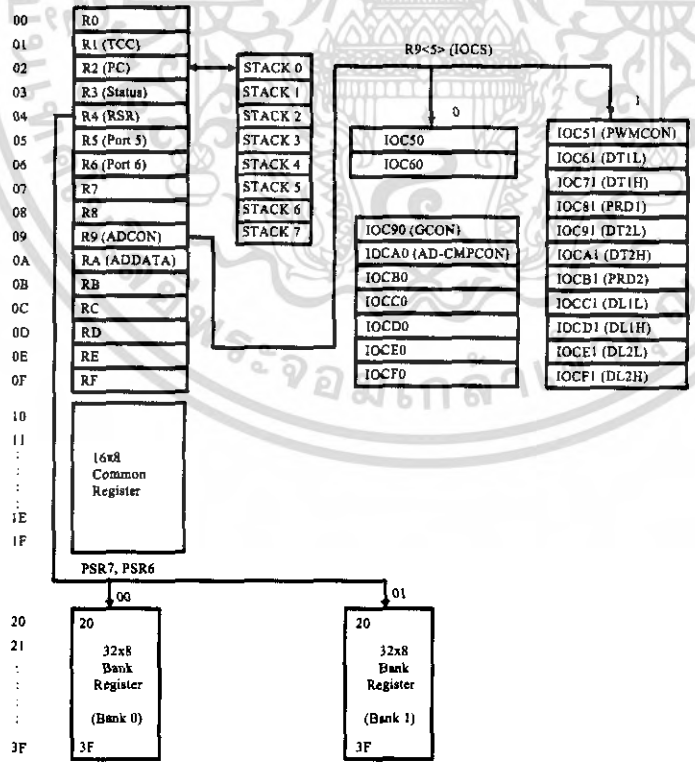


Fig. 4 Data memory configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. R9 (ADCON: Analog to Digital Control)

7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	IOCS	ADRUN	ADPD	ADIS2	ADIS1	ADIS0

- Bit 7~Bit 6 Unemployed, read as '0'.
- Bit 5(IOCS): Select the Segment of IO control register.
  1 = Segment 1(IOC51~IOCF1) selected.
  0 = Segment 0(IOC50~IOCF0) selected.
- Bit 4 (ADRUN): ADC starts to RUN.
  1 = an A/D conversion is started, this bit can be set by software.
  0 = reset on completion of the conversion, this bit can not be reset in software.
- Bit 3 (ADPD): ADC Power-down mode.
  1 = ADC is operating.
  0 = switch off the resistor reference to save the power even the CPU is operating.
- Bit2~Bit0 (ADIS2~ADIS0): Analog Input Select.
  000 = AN0;
  001 = AN1;
  010 = AN2;
  011 = AN3;
  100 = AN4;
  101 = AN5;
  110 = AN6;
  111 = AN7;
  They only can be changed when the ADIF bit and the ADRUN bit are both LOW.

9. RA (ADDATA: the converted value of ADC)

- When the A/D conversion is complete, the result is loaded to the ADDATA. The START//END bit is clear, and the ADIF is set.

10. RB

- An 8-bit general-purpose register.

11. RC

- A two-bit, bit 0 and bit 1, register.

12. RD

- An 8-bit general-purpose register.

13. RE

- A two-bit, bit 0 and bit 1, register.

14. RF (Interrupt Status Register)

7	6	5	4	3	2	1	0
-	CMPIF	PWM2IF	PWM1IF	ADIF	EXIF	ICIF	TCIF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- "1" means interrupt request, and "0" means non-interrupt occurrence.
- Bit 0 (TCIF) TCC overflowing interrupt flag. Set when TCC overflows, reset by software.
- Bit 1 (ICIF) Port 6 input status changed interrupt flag. Set when Port 6 input changes, reset by software.
- Bit 2 (EXIF) External interrupt flag. Set by falling edge on /INT pin, reset by software.
- Bit 3 (ADIF) Interrupt flag for analog to digital conversion. Set while AD conversion finished, reset by software.
- Bit 4 (PWM1IF) PWM1 (Pulse Width Modulation) interrupt flag. Set while a selected period reached, reset by software.
- Bit 5 (PWM2IF) PWM2 (Pulse Width Modulation) interrupt flag. Set while a selected period reached, reset by software.
- Bit 6 (CMPIF) High-Compared interrupt flag. Set as there is a change in the output of the comparator, reset by software.
- Bit 7 Unemployed, read as '0';
  * RF can be cleared by instruction but can not be set.
  * IOCF0 is the interrupt mask register.
  * Note that the result of reading RF is the "logic AND" of RF and IOCF0.

15. R10 ~ R3F

- All of these are 8-bit general-purpose registers.

VI.2 Special Purpose Registers

1. A (Accumulator)

- Internal data transfer, or instruction operand holding.
- It can not be addressed.

2. CONT (Control Register)

7	6	5	4	3	2	1	0
INTE	INT	TS	TE	PAB	PSR2	PSR1	PSR0

- Bit 0 (PSR0) ~ Bit 2 (PSR2) TCC/WDT prescaler bits.

PSR2	PSR1	PSR0	TCC Rate	WDT Rate
0	0	0	1:2	1:1
0	0	I	1:4	1:2
0	1	0	1:8	1:4
0	1	1	1:16	1:8
1	0	0	1:32	1:16
1	0	1	1:64	1:32
1	1	0	1:128	1:64
1	1	1	1:256	1:128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Bit 3 (PAB) Prescaler assignment bit.
  0: TCC
  1: WDT
- Bit 4 (TE) TCC signal edge
  0: increment if the transition from low to high takes place on the TCC pin;
  1: increment if the transition from high to low takes place on the TCC pin.
- Bit 5 (TS) TCC signal source
  0: internal instruction cycle clock; if P54 is used as an I/O pin, TS must be 0.
  1: transition on the TCC pin
- Bit 6 (INT) Interrupt enable flag
  0: masked by DISI or hardware interrupt
  1: enabled by the ENI/RETI instruction
- Bit 7 (INTE) INT signal edge
  0: interrupt occurs at the rising edge on the INT pin
  1: interrupt occurs at the falling edge on the INT pin
- CONT register is both readable and writable.

3. IOC50 ~ IOC60 (I/O Port Control Register)

- "1" puts the relative I/O pin into high impedance, while "0" defines the relative I/O pin as output.
- IOC50 and IOC60 registers are both readable and writable.
- Bit0 of IOC50 can only be set to "1", i.e. input pin.

4. IOCB0 (Pull-down Control Register)

7	6	5	4	3	2	1	0
/PD7	/PD6	/PD5	/PD4	/PD3	/PD2	/PD1	/PD0

- Bit 0 (/PD0) Control bit used to enable the pull-down of the P60 pin.
  0: Enable internal pull-down;
  1: Disable internal pull-down.
- Bit 1 (/PD1) Control bit used to enable the pull-down of the P61 pin.
- Bit 2 (/PD2) Control bit used to enable the pull-down of the P62 pin.
- Bit 3 (/PD3) Control bit used to enable the pull-down of the P63 pin.
- Bit 4 (/PD4) Control bit used to enable the pull-down of the P64 pin.
- Bit 5 (/PD5) Control bit used to enable the pull-down of the P65 pin.
- Bit 6 (/PD6) Control bit used to enable the pull-down of the P66 pin.
- Bit 7 (/PD7) Control bit used to enable the pull-down of the P67 pin.
- IOCB0 register is both readable and writable.

5. IOCC0 (Open-drain Control Register)

7	6	5	4	3	2	1	0
OD7	OD6	OD5	OD4	OD3	OD2	OD1	OD0

- Bit 0 (OD0) Control bit used to enable the open-drain of the P64 pin.
  0: Enable open-drain output.
  1: Disable open-drain output.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Bit 1 (OD1) Control bit used to enable the open-drain of the P65 pin.
- Bit 2 (OD2) Control bit used to enable the open-drain of the P66 pin.
- Bit 3 (OD3) Control bit used to enable the open-drain of the P67 pin.
- Bit 4 (OD4) Control bit used to enable the open-drain of the P51 pin.
- Bit 5 (OD5) Control bit used to enable the open-drain of the P52 pin.
- Bit 6 (OD6) Control bit used to enable the open-drain of the P54 pin.
- Bit 7 (OD7) Control bit used to enable the open-drain of the P57 pin.
- IOCC0 register is both readable and writable.

6. IOCD0 (Pull-high Control Register)

7	6	5	4	3	2	1	0
/PH7	/PH6	/PH5	-	/PH3	/PH2	/PH1	/PH0

- Bit 0 (/PH0) Control bit used to enable the pull-high of the P60 pin.
  0: Enable internal pull-high.
  1: Disable internal pull-high.
- Bit 1 (/PH1) Control bit used to enable the pull-high of the P61 pin.
- Bit 2 (/PH2) Control bit used to enable the pull-high of the P62 pin.
- Bit 3 (/PH3) Control bit used to enable the pull-high of the P63 pin.
- Bit 4 Not used.
- Bit 5 (/PH5) Control bit used to enable the pull-high of the P53 pin.
- Bit 6 (/PH6) Control bit used to enable the pull-high of the P55 pin.
- Bit 7 (/PH7) Control bit used to enable the pull-high of the P56 pin.
- IOCD0 register is both readable and writable.

7. IOCE0 (WDT Control Register)

7	6	5	4	3	2	1	0
WDTE	EIS	-	-	-	-	-	-

- Bit 7 (WDTE) Control bit used to enable Watchdog Timer.
  0: Disable WDT.
  1: Enable WDT.
- WDTE is both readable and writable.
- Bit 6 (EIS) Control bit used to define the function of the P50 (/INT) pin.
  0: P50, input pin only.
  1: /INT, external interrupt pin. In this case, the I/O control bit of P50 (bit 0 of IOC50) must be set to "1".
- When EIS is "0", the path of /INT is masked. When EIS is "1", the status of /INT pin can also be read by way of reading Port 5 (R5). Refer to Fig. 7.
- EIS is both readable and writable.
- Bits 0~5 Not used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. IOCF0 (Interrupt Mask Register)

7	6	5	4	3	2	1	0
-	CMPIE	PWM2IE	PWM1IE	ADIE	EXIE	ICIE	TCIE

- Bit 0 (TCIE) TCIF interrupt enable bit.
  0: disable TCIF interrupt
  1: enable TCIF interrupt
- Bit 1 (ICIE) ICIF interrupt enable bit.
  0: disable ICIF interrupt
  1: enable ICIF interrupt
- Bit 2 (EXIE) EXIF interrupt enable bit.
  0: disable EXIF interrupt
  1: enable EXIF interrupt
- Bit 3 (ADIE) ADIF interrupt enable bit.
  0: disable ADIF interrupt
  1: enable ADIF interrupt
- Bit 4 (PWM1IE) PWM1IF interrupt enable bit.
  0: disable PWM1 interrupt
  1: enable PWM1 interrupt
- Bit 5 (PWM2IE) PWM2IF interrupt enable bit.
  0: disable PWM2 interrupt
  1: enable PWM2 interrupt
- Bit 6 (CMPIE) CMPIF interrupt enable bit.
  0: disable CMPIF interrupt
  1: enable CMPIF interrupt
- Bit 7: Unimplemented, read as '0'.
  - Individual interrupt is enabled by setting its associated control bit in the IOCF0 to "1".
  - Global interrupt is enabled by the ENI instruction and is disabled by the DISI instruction. Refer to Fig. 8.
  - IOCF0 register is both readable and writable.

9. IOC90 (GCON: I/O configuration & control of ADC)

7	6	5	4	3	2	1	0
OP2E	OP1E	G42	G41	G40	G12	G11	G10

- Bit 7 (OP2E) Enable the gain amplifier whose input is connected to P64 and output is connected to the 8-1 analog switch.
  0 = OP2 is off (default value), and bypasses the input signal to the ADC;
  1 = OP2 is on.
- Bit 6 (OP1E) Enable the gain amplifier whose input is connected to P60 and output is connected to the 8-1 analog switch.
  0 = OP1 is off (default value), and bypasses the input signal to the ADC;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 = OP1 is on.

- Bit 5~Bit 3 (G42 and G40): Select the gain of OP2.
  000 = IS x 1 (default value);
  001 = IS x 2;
  010 = IS x 4;
  011 = IS x 8;
  100 = IS x 16;
  101 = IS x 32;
  Legend: IS = the input signal
- Bit 2~Bit 0 (G12 and G10): Select the gain of OP1.
  000 = IS x 1 (default value);
  001 = IS x 2;
  010 = IS x 4;
  011 = IS x 8;
  100 = IS x 16;
  101 = IS x 32;
  Legend: IS = the input signal

10. IOCA0 (AD-CMPCON):

7	6	5	4	3	2	1	0
VREFS	CE	COE	IMS2	IMS1	IMS0	CKR1	CKR0

- Bit 7: The input source of the Vref of the ADC.
  0 = The Vref of the ADC is connected to Vdd (default value), the P53/VREF pin carries out the function of P53.
  1 = The Vref of the ADC is connected to P53/VREF.
- Bit 6 (CE): Comparator enable bit
  0 = Comparator is off (default value).
  1 = Comparator is on.
- Bit 5 (COE): Set P57 as the output of the comparator
  0 = the comparator acts as an OP if CE=0.
  1 = act as a comparator if CE=1
- Bit4~Bit2 (IMS2~IMS0):
  Input Mode Select. ADC configuration definition bit. The following Table describes how to define the characteristic of each pin of R6.

Table 3 The description of AD configuration control bits

IMS2~IMS0	P60	P61	P62	P63	P64	P65	P66	P67
000	A	D	D	D	D	D	D	D
001	A	A	D	D	D	D	D	D
010	A	A	A	D	D	D	D	D
011	A	A	A	A	D	D	D	D
100	A	A	A	A	A	D	D	D
101	A	A	A	A	A	A	D	D
110	A	A	A	A	A	A	A	D
111	A	A	A	A	A	A	A	A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Bit 1~ Bit 0 (CKR1~ CKR0): The prescaler of oscillator clock rate of ADC
  00 = 1: 4 (default value);
  01 = 1: 16;
  10 = 1: 64;
  11 = 1: WDT ring oscillator frequency.

11. IOC51 (PWMCON):

7	6	5	4	3	2	1	0
PWM2E	PWM1E	T2EN	T1EN	T2P1	T2P0	T1P1	T1P0

- Bit 7 (PWM2E): PWM2 enable bit
  0 = PWM2 is off (default value), and its related pin carries out the function of P52.
  1 = PWM2 is on, and its related pin will be set to output automatically.
- Bit 6 (PWM1E): PWM1 enable bit
  0 = PWM1 is off (default value), and its related pin carries out the function of P51.
  1 = PWM1 is on, and its related pin will be set to output automatically.
- Bit 5 (T2EN): TMR2 enable bit
  0 = TMR2 is off (default value).
  1 = TMR2 is on.
- Bit 4 (T1EN): TMR1 enable bit
  0 = TMR1 is off (default value).
  1 = TMR1 is on.
- Bit 3~Bit 2 (T2P1~T2P0): TMR2 clock prescale option bits.

T2P1	T2P0	Prescale
0	0	1:2(Default)
0	1	1:8
1	0	1:32
1	1	1:64

- Bit 1 ~ Bit 0 (T1P1~T1P0): TMR1 clock prescale option bits.

T1P1	T1P0	Prescale
0	0	1:2(Default)
0	1	1:8
1	0	1:32
1	1	1:64

12. IOC61 (DT1L: the Least Significant Byte, Bit 7 ~ Bit 0, Duty Cycle of PWM1)

- A specified value keeps the output of PWM1 stay at high until the value matches with TMR1.

13. IOC71 (DT1H: the Most Significant Byte, Bit 1 ~ Bit 0, Duty Cycle of PWM1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7	6	5	4	3	2	1	0
CALI1	SIGN1	VOF1[2]	VOF1[1]	VOF1[0]	-	PWM1[9]	PWM1[8]

- Bit 7 (CALI1): Calibration enable bit
  0 = Calibration disable.
  1 = Calibration enable.
- Bit 6 (SIGN1): Polarity bit of offset voltage
  0 = Negative voltage.
  1 = Positive voltage.
- Bit 5~Bit 3 (VOF1[2]~VOF1[0]): Offset voltage bits.
- Bit 1~Bit 0 (PWM1[9]~PWM1[8]): The Most Significant Byte of Duty Cycle of PWM1

  A specified value keeps the output of PWM1 stay at high until the value matches with TMR1.

14. IOC81 (PRD1: Period of PWM1):

The content of IOC81 is a period of PWM1. The frequency of PWM1 is the reverse of the period.

15. IOC91 (DT2L: the Least Significant Byte, Bit 7 ~ Bit 0, Duty Cycle of PWM2)

A specified value keeps the output of PWM2 stay at high until the value matches with TMR2.

16. IOCA1 (DT2H: the Most Significant Byte, Bit 1 ~ Bit 0, Duty Cycle of PWM2)

7	6	5	4	3	2	1	0
CALI2	SIGN2	VOF2[2]	VOF2[1]	VOF2[0]	-	PWM2[9]	PWM2[8]

- Bit 7 (CALI2): Calibration enable bit
  0 = Calibration disable.
  1 = Calibration enable.
- Bit 6 (SIGN2): Polarity bit of offset voltage
  0 = Negative voltage.
  1 = Positive voltage.
- Bit 5~Bit 3 (VOF2[2]~VOF2[0]): Offset voltage bits
- Bit 1~Bit 0 (PWM2[9]~PWM2[8]): The Most Significant Byte of Duty Cycle of PWM2

- A specified value keeps the output of PWM2 stay at high until the value matches with TMR2.

17. IOCB1 (PRD2: Period of PWM2)

- The content of IOCB1 is a period (time base) of PWM2. The frequency of PWM2 is the reverse of the period.

18. IOCC1 (DL1L: the Least Significant Byte, Bit 7 ~ Bit 0, of Duty Cycle Latch of PWM1)

- The content of IOCC1 is read-only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. IOCD1 (DL1H: the Most Significant Byte, Bit 1 ~ Bit 0, of Duty Cycle Latch of PWM1)

- The content of IOCD1 is read-only.

20. IOCE1 (DL2L: the Least Significant Byte, Bit 7 ~ Bit 0, of Duty Cycle Latch of PWM2)

- The content of IOCE1 is read-only.

21. IOCF1 (DL2H: the Most Significant Byte, Bit 1 ~ Bit 0, of Duty Cycle Latch of PWM2)

- The content of IOCF1 is read-only.

VI.3 TCC/WDT Presacler

There is an 8-bit counter available as prescaler for the TCC or WDT. The prescaler is available only for either the TCC or the WDT at the same time and the PAB bit of the CONT register is used to determine the prescaler assignment. The PSR0~PSR2 bits determine the ratio. The prescaler will be cleared by the instructions which write to TCC each time, when assigned to TCC mode. The WDT and prescaler, when assigned to the WDT mode, will be cleared by the "WDTC" and "SLEP" instructions. Fig. 5 depicts the circuit diagram of TCC/WDT.

- R1(TCC) is an 8-bit timer/counter. The clock source of TCC can be internal clock or external clock input (edge selectable from TCC pin). If TCC signal source is from internal clock, TCC will increase by 1 in every instruction cycle (without prescaler). Refer to Fig. 5, CLK=Fosc/2 or CLK=Fosc/4 is depended on the CODE Option bit CLKS. CLK=Fosc/2 if CLKS bit is "0", and CLK=Fosc/4 if CLKS bit is "1".

- If TCC signal source is from external clock input, TCC will increase by 1 on every falling edge or rising edge of TCC pin.

- The watchdog timer is a free running on-chip RC oscillator. The WDT will keep running even the oscillator driver has been turned off (i.e. in sleep mode). During the normal operation or the sleep mode, a WDT time-out (if enabled) will cause the device to reset. The WDT can be enabled or disabled at any time during the normal mode by software programming. Refer to WDTE bit of IOCE0 register. With no presacler, the WDT time-out period is approximately 18 ms.

VI.4 I/O Ports

Port 5, Port 6 and the I/O registers are bi-directional tri-state I/O ports. The function of Pull-high, Pull-down, and Open-drain can be set internally by IOCB0, IOCC0 and IOCD0 respectively. There is an input status changed interrupt (or wake-up) function on Port 6. Each I/O pin can be defined as "input" or "output" pin by the I/O control register (IOC50 ~ IOC60). The I/O registers and I/O control registers are both readable and writable. The I/O interface circuits for Port 5 and Port 6 are shown in Fig. 6 and Fig. 7(a),(b) respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Preliminary

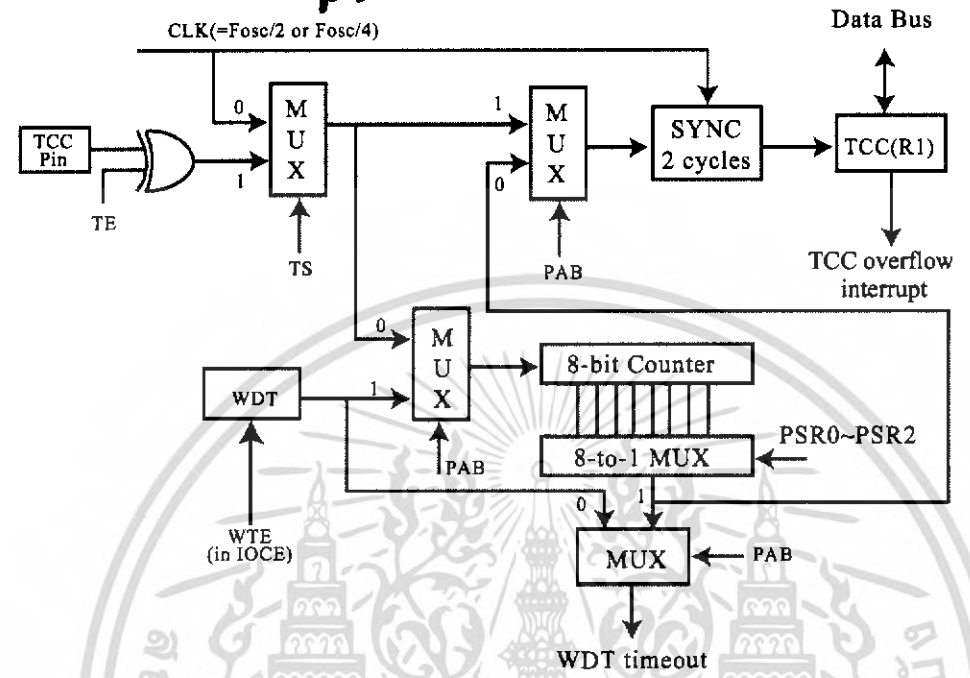
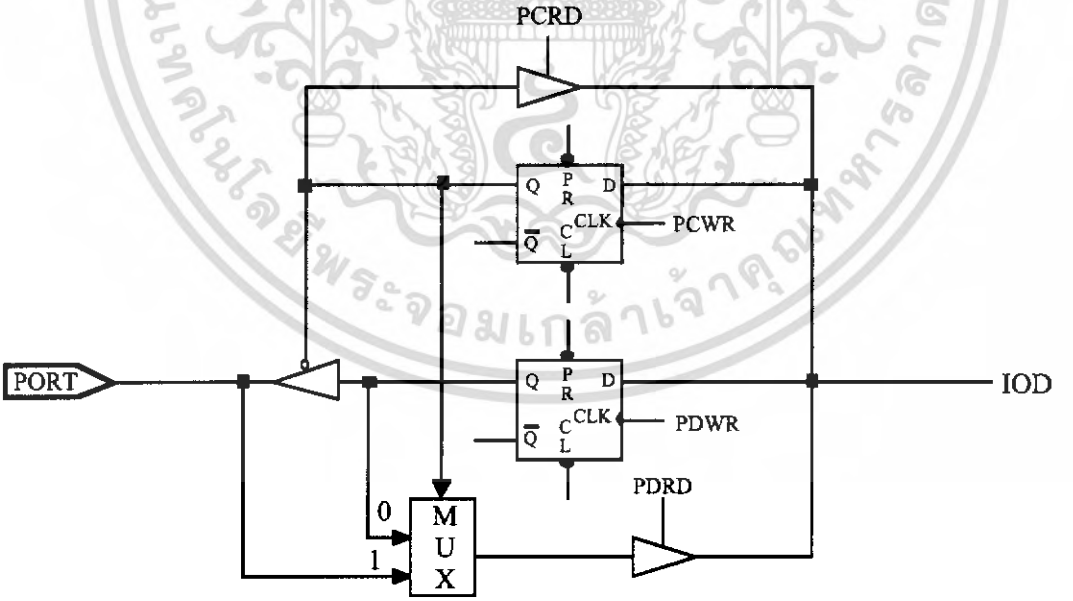


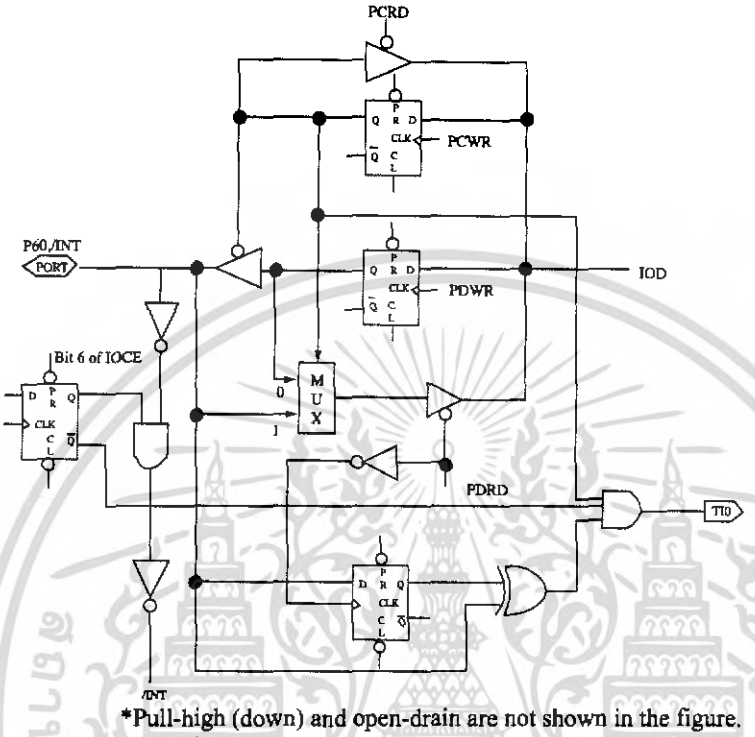
Fig. 5 Block diagram of TCC and WDT



*Pull-down is not shown in the figure.

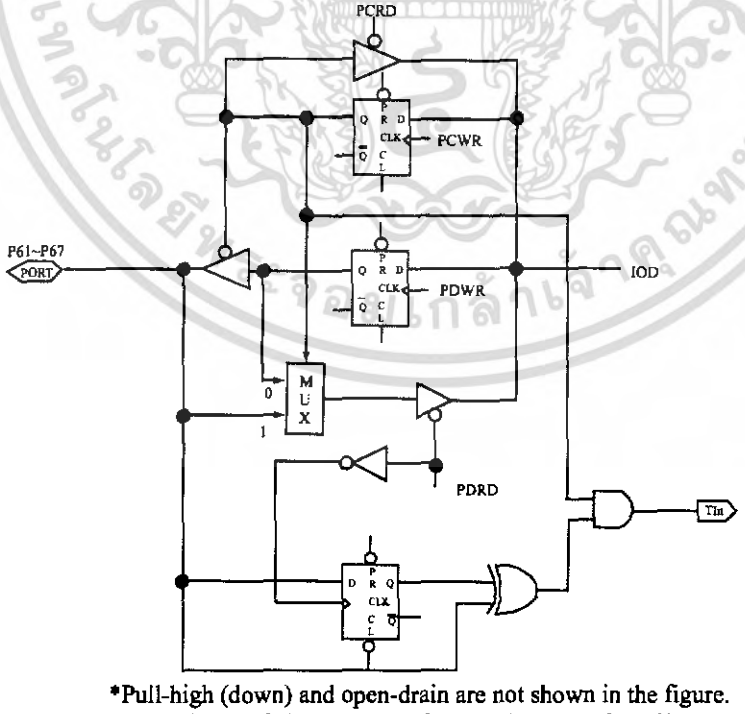
Fig. 6 The circuit of I/O port and I/O control register for Port 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



*Pull-high (down) and open-drain are not shown in the figure.

Fig. 7(a) The circuit of I/O port and I/O control register for P50(/INT)



*Pull-high (down) and open-drain are not shown in the figure.

Fig. 7(b) The circuit of I/O port and I/O control register for P60~P67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

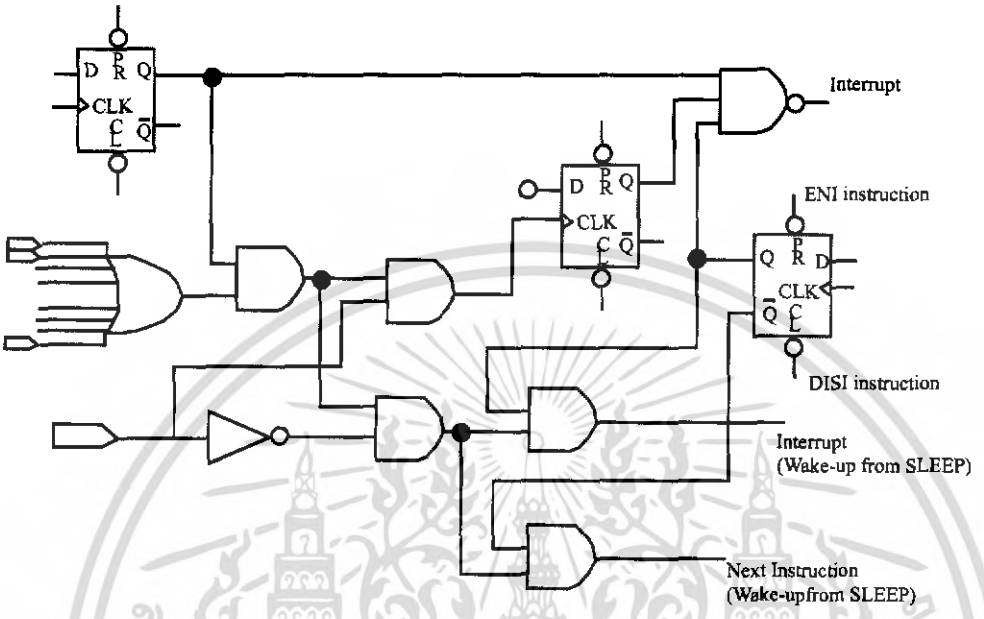


Fig. 8(c) Block diagram of Port 6 with input changed interrupt/wake-up

Table 4 Usage of port 6 input changed wake-up/interrupt function

Usage of Port 6 Input Status Changed Wake-up/Interrupt	
(I) Wake-up from Port 6 input status changed (a) Before SLEEP 1. Disable WDT 2. Read I/O Port 6 (MOV R6,R6) 3. Execute "ENI" or "DISI" 4. Enable interrupt (Set IOCF0.1) 5. Execute "SLEP" instruction (b) After wake-up 1. If "ENI" → Interrupt vector (008H) 2. If "DISI" → Next instruction	(II) Port 6 input status changed interrupt 1. Read I/O Port 6 (MOV R6,R6) 2. Execute "ENI" 3. Enable interrupt (Set IOCF0.1) 4. If Port 6 changed (interrupt) → Interrupt vector (008H)

VI.5 RESET and Wake-up

1. The Function of RESET and Wake-up

The RESET can be caused by

(1) Power-on reset
(2) /RESET pin input "low", or
(3) WDT time-out (if enabled).

Note that only power-on reset, or only voltage detector in Case(1) is enabled in the system by CODE option bit. Refer to Fig. 9. The device will be kept in a RESET condition for a period of approx. 18ms (one oscillator start-up timer period) after the reset is detected. Once the RESET occurs, the following functions are performed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- The oscillator is running, or will be started.
- The Program Counter (R2) is set to all "0".
- All I/O port pins are configured as input mode (high-impedance state).
- The Watchdog Timer and prescaler are cleared.
- Upon power-on, the upper 3 bits of R3 are cleared.
- The bits of the CONT register are set to all "1" except the bit 6 (INT flag).
- The bits of the IOCB0 register are set to all "1".
- The IOCC0 register is cleared.
- The bits of the IOCD0 register are set to all "1".
- Bit 7 of the IOCE0 register is set to "1", and Bits 6 is cleared.
- Bits 0~6 of RF register and bits 0~6 of IOCF0 register are cleared.

Executing the "SLEP" instruction can perform the sleep mode (power-down mode). While entering sleep mode, WDT (if enabled) is cleared but keeps running. The controller can be awakened by

(1) External reset input on /RESET pin.
(2) WDT time-out (if enabled).
(3) Port 6 input status changed (if enabled).
(4) Comparator high.
(5) ADC complete.

The first two cases will cause the EM78P458/EM78P459 to reset. The T and P flags of R3 can be used to determine the source of the reset (wake-up). Case 3 is considered the continuation of program execution and the global interrupt ("ENI" or "DISI" being executed) decides whether or not the controller branches to the interrupt vector following wake-up. If ENI is executed before SLEP, the instruction will begin to execute from the address 0x8 after wake-up. If DISI is executed before SLEP, the instruction will restart from the place where is right next to SLEP after wake-up.

Only one of the case2, case3, case4 and case5 can be enabled before entering the sleep mode. That is,

[a] if Port 6 input status changed interrupt is enabled before SLEP , WDT must be disabled by software; however, the WDT bit in the option register is still enabled. Hence, the EM78P458/EM78P459 can be awakened only by case 1 or 3.

[b] if WDT is enabled before SLEP, Port 6 input status changed interrupt must be disabled. Hence, the EM78P458/EM78P459 can be awakened only by case 1 or 2. Refer to the section on interrupt.

[c] if comparator high interrupt is enabled before SLEP , WDT must be disabled by software; however, the WDT bit in the option register is still enabled. Hence, the EM78P458/EM78P459 can be awakened only by case 1 or 4.

[d] if ADC complete interrupt is enabled before SLEP , WDT must be disabled by software; however, the WDT bit in the option register is still enabled. Hence, the EM78P458/EM78P459 can be awakened only by case 1 or 5.

If Port 6 input status changed interrupt is used to wake up the EM78P458/EM78P459 (the case [a]), the following instructions must be executed before SLEP:

```
MOV A, 0bxx000110          ; Select internal TCC clock
CONTW
CLR R1                     ; Clear TCC and prescaler
MOV A, 0bxxxx1110          ; Select WDT prescaler
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CONTW
WDTC                                    ; Clear WDT and prescaler
MOV A, 0b0xxxxxxx                       ; Disable WDT
IOW RE
MOV R6, R6                              ; Read Port 6
MOV A, 0b00000x1x                       ; Enable Port 6 input change interrupt
IOW RF
ENI (or DISI)                           ; Enable (or disable) global interrupt
SLEP                                    ; Sleep
NOP
```

In a similar way, if the comparator high interrupt is used to wake up the EM78P458/EM78P459 (the case [a]), the following instructions must be executed before SLEP:

```
MOV A, 0bxx000110                       ; Select internal TCC clock
CONTW
CLR R1                                  ; Clear TCC and prescaler
MOV A, 0bxxxx1110                       ; Select WDT prescaler
CONTW
WDTC                                    ; Clear WDT and prescaler
MOV A, 0b0xxxxxxx                       ; Disable WDT
IOW RE
MOV A, 0b01xxxxxx                       ; Enable comparator high interrupt
IOW RF
ENI (or DISI)                           ; Enable (or disable) global interrupt
SLEP                                    ; Sleep
NOP
```

One problem must be aware that after waking up from the sleep mode, the WDT function will enable automatically. The WDT operation (being enabled or disabled) should be handled appropriately by software after waking up from the sleep mode.

2. The status of T and P of STATUS register

A RESET condition can be caused by the following events:

(1) A power-on condition,
(2) A high-low-high pulse on /RESET pin, and
(3) Watchdog Timer time-out.

The values of T and P, listed in Table 5 can be used to check how the processor wakes up. Table 6 shows the events which may affect the status of T and P.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 5 The values of T and P after RESET

Reset Type	T	P
Power-on	1	1
/RESET during operating mode	*P	*P
/RESET wake-up during SLEEP mode	1	0
WDT during operating mode	0	*P
WDT wake-up during SLEEP mode	0	0
Wake-up on pin changed during SLEEP mode	1	0

*P: Previous status before reset

Table 6 The status of T and P being affected by events

Event	T	P
Power-on	1	1
WDTC instruction	1	1
WDT time-out	0	*P
SLEP instruction	1	0
Wake-up on pin changed during SLEEP mode	1	0

*P: Previous value before reset

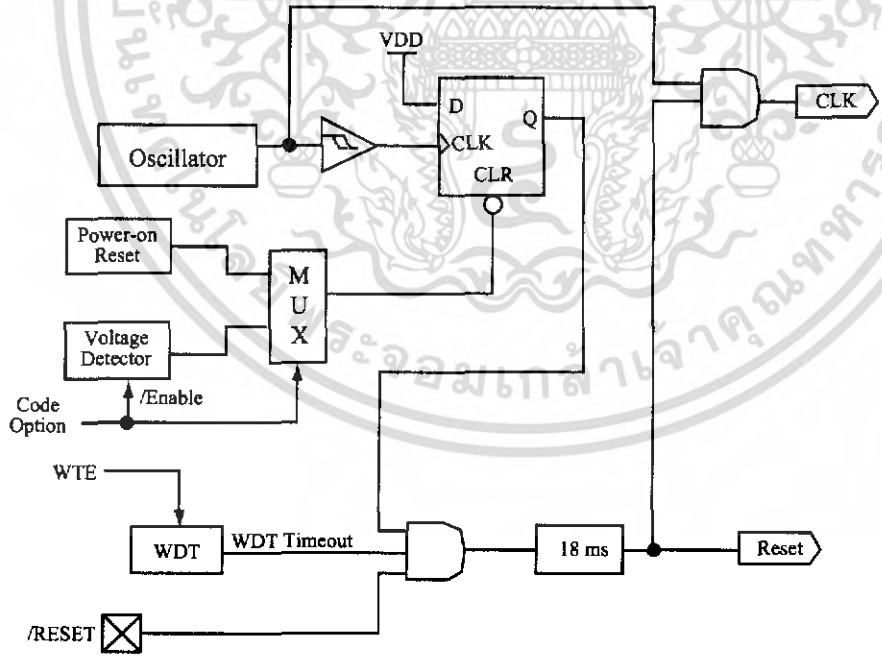


Fig. 9 Block diagram of Reset of controller

VI.6 Interrupt

The EM78P458/EM78P459 has six interrupts listed below:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) TCC overflow interrupt
(2) Port 6 input status changed interrupt
(3) External interrupt [(P50, /INT) pin].
(4) Analog to Digital converting complete (see VI.7).
(5) When TMR1/TMR2 matches with PRD1/PRD2 respectively in PWM (see VI.8).
(6) When any output of comparators is high (see VI.9).

Before Port 6 input status changed interrupt being enabled, reading Port 6 (e.g. "MOV R6,R6") is necessary. Each pin of Port 6 can have this feature if its status changes. Any pin configured as output or P50 pin configured as /INT is excluded from this function. Port 6 input status changed interrupt can wake up the EM78P458/EM78P459 from the sleep mode if it is enabled prior to going into the sleep mode by executing SLEP. When the controller is woken up, it will continue to execute the successive address if the global interrupt is disabled or branch to the interrupt vector 008H if the global interrupt is enabled.

RF, the interrupt status register, records the interrupt requests in the relative flags/bits. IOCF0 is an interrupt mask register. The global interrupt is enabled by the ENI instruction and is disabled by the DISI instruction. When one of the interrupts (when enabled) occurs, the next instruction will be fetched from address 008H. Once in the interrupt service routine, the source of an interrupt can be determined by polling the flag bits in RF. The interrupt flag bit must be cleared by instructions before leaving the interrupt service routine and enabling interrupts to avoid recursive interrupts.

The flag (except ICIF bit) in the Interrupt Status Register (RF) is set regardless of the status of its mask bit or the execution of ENI. Note that the outcome of RF will be the logic AND of RF and IOCF0. Refer to Fig. 10. The RETI instruction ends the interrupt routine and enables the global interrupt (the execution of ENI).

When an interrupt is generated by the INT instruction (when enabled), the next instruction will be fetched from address 001H.

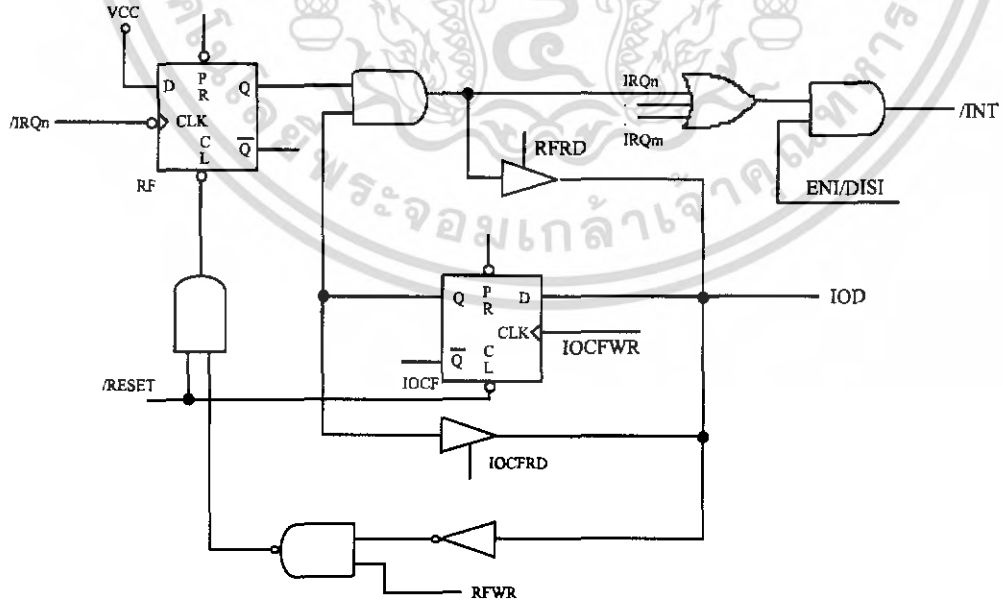


Fig. 10 Interrupt input circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VI.7 Analog-To-Digital Converter (ADC)

The analog-to-digital circuitry consists of an 8-bit analog multiplexer, three control registers (ADCON/R9, AD-CMP-CON/IOCA0, GCON/IOC90 shown), one data register (ADDATA/RA) and ADC with 8-bit resolution.
The functional block diagram of the ADC is shown in Fig. 11. The analog reference voltage (Vref) and analog ground are connected via separate input pins.

The ADC module utilizes successive approximation to convert the unknown analog signal to a digital value.
The result is fed to the ADDATA. Input channels are selected by the analog input multiplexer via the ADCON register bits ADIS0, ADIS1 and ADIS2.

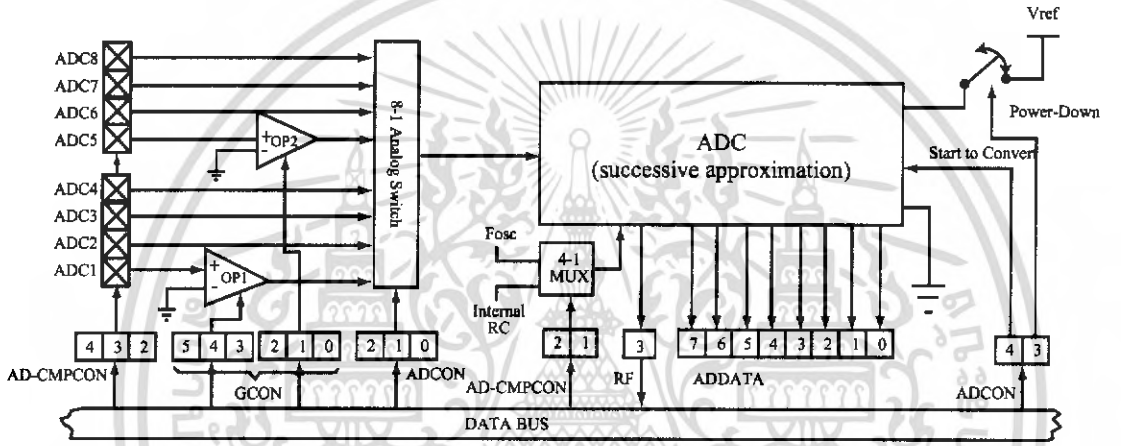


Fig. 11 The functional block diagram of analog-to-digital conversion

1. ADC Control register (ADCON/R9, AD-CMP-CON/IOCA0, GCON/IOC90)

1.1 ADCON/R9

The ADCON register controls the operation of the A/D conversion and decides which pin is active currently.
Table 7 shows the description of ADCON bits.

Table 7 The description of ADCON bits

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
SYMBOL	-	-	IOCS	ADRUN	ADPD	ADIS2	ADIS1	ADIS0
*Init Value	0	0	0	0	0	0	0	0

* Init_Value: initial value at power on reset

IOCS (bit5) : I/O Register Selector
1 = Bank 1 of I/O registers, IOCx1
0 = Bank 0 of I/O registers, IOCx0

ADRUN (bit 4): ADC starts to RUN.
1 = an A/D conversion is started, this bit can be set by software.
0 = reset on completion of the conversion; this bit can not be reset in software.

ADPD (bit 3): ADC Power-down Mode.
1 = ADC is operating.
0 = switch off the resistor reference to save the power even the CPU is operating.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADIS2~ADIS0 (bit 2~0): Analog Input Select.

000 = AN0;
001 = AN1;
010 = AN2;
011 = AN3;
100 = AN4;
101 = AN5;
110 = AN6;
111 = AN7;

They only can be changed when the ADIF bit and the ADRUN bit are both LOW.

1.2 AD-CMP-CON/IOCA0

The AD-CMP-CON register defines the pins of port 6 as analog inputs or as digital I/O individually. Table 8 shows the description of the AD-CMP-CON bits

Table 8 The description of AD-CMP-CON bits: I/O configuration

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
SYMBOL	VREFS	CE	COE	IMS2	IMS1	IMS0	CKR1	CKR0
*Init_Value	0	0	0	0	0	0	0	0

*Init_Value: initial value at power-on reset

VREFS (bit 7): The input source of the Vref of the ADC.

0 = The Vref of the ADC is connected to Vdd (default value), and the P53/VREF pin carries out the function of P53.

1 = The Vref of the ADC is connected to P53/VREF.

CE (bit 6): Control bit used to enable comparator.

0 = Disable comparator.

1 = Enable comparator.

COE (bit 5): Set P57 as the output of the comparator

0 = the comparator acts as an OP if CE=0.

1 = act as a comparator if CE=1.

IMS2~IMS0 (bit 4 ~ bit 2): ADC configuration definition bit. See Table 3.

CKR1 and CKR0 (bit 1 and bit 0): The conversion time select.

00 = Fosc/4;
01 = Fosc/16;
10 = Fosc/64;
11 = Frc (Internal RC clock osc);

1.3 GCON/IOC90

As shown in Fig. 11, OP1 and OP2, the gain amplifiers, are located in the middle of the analog input pins (ADC1 and ADC5) and the 8-1analog switch. The GCON register controls the gains. Table 9 shows the gains and the operating range of ADC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 9 The gains and the operating range of ADC

G10~G12/G40~G42	Gain	Range of Operating Voltage
000	1	VDS ~ (Vref-VDS)
001	2	VDS/2 ~ (1/2) (Vref-VDS)
010	4	VDS/4 ~ (1/4) (Vref-VDS)
011	8	VDS/8 ~ (1/8) (Vref-VDS)
100	16	VDS/16 ~ (1/16) (Vref-VDS)
101	32	VDS/32 ~ (1/32) (Vref-VDS)

<Note> 1. Vref can not be less than 3 volts.
2. VDS can not be less than 0.3 volts.

2. ADC Data Register (ADDATA/RA)

When the A/D conversion is complete, the result is loaded to the ADDATA. The START//END bit is clear, and the ADIF is set.

3. A/D Sampling Time

The accuracy, linearity and speed of the successive approximation A/D converter are dependent on the properties of the ADC and the comparator. The source impedance and the internal sampling impedance affect directly the time required to charge the sample holding capacitor. The application program controls the length of the sample time to meet the specified accuracy. Generally speaking, the program should wait for 1μs for each kΩ of the analog sources impedance and at least 1μs for the low-impedance source. After the analog input channel is selected, this acquisition time must be done before the conversion can be started.

4. A/D Conversion Time

CKR0 and CKR1 select the conversion time (Tct), in terms of instruction cycles. This allows the MCU to run at the maximum frequency without scarifying the accuracy of A/D conversion. For the EM78P458, the conversion time per bit is about 2μs. Table 10 shows the relationship of Tct and the maximum operating frequencies.

Table 10 Tct vs. tbe maximum operation frequency

CKR0~CKR1	Operation Mode	Max. Operation Frequency
00	Fosc/4	1 MHz
01	Fosc/16	4 MHz
10	Fosc/64	16 MHz
11	Internal RC	1 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. A/D operation during the sleep mode

In order to lower power consumption, the A/D conversion can operate during sleep mode and must implement the mode of internal RC clock source. As the SLEP instruction is executed, all the operations of the MCU will stop except the A/D conversion. The RUN bit will be cleared and the result will be fed to the ADDATA when the conversion is completed. If the ADIE is enable, the device will wake up. Otherwise, the A/D conversion will be shut off no matter what the ADPD bit is.

6. Programming steps/considerations

6.1 Programming steps

Follow these steps to obtain data from the ADC:

1) Write to the three bits(IMS2~IMS0) on the AD-CMP-CON1 register to define the characteristics of R6: Digital I/O, analog channels and voltage reference pin.
2) Write to the ADCON register to configure AD module:
   a) Select A/D input channel (ADIS2~ADIS0);
   b) Select the proper gains by writing the GCON register (optional);
   c) Define A/D conversion clock rate(CKR1~CKR0);
   d) Set the /ADPD bit to 1 to begin sampling.
3) Put "ENI" instruction, if the interrupt function is employed.
4) Set the ADRUN bit to 1.
5) Wait for either the interrupt flag to be set or the ADC interrupt to occur.
6) Read ADDATA, the conversion data register.
7) Clear the interrupt flag bit (ADIF).
8) For next conversion, go to step 1 or step 2 as required. At least 2 Tct is required before next acquisition starts.

<Note>: To obtain an accurate value, it is necessary to avoid any data transition on I/O pins during AD conversion.

6.2 An example demonstration programs

```
; To define the general registers
R_0    = 0                    ; Indirect addressing register
PSW    = 3                    ; Status register
PORT5  = 5
PORT6  = 6
R_F    = 0XF                  ; Interrupt status register

; To define the control register
IOC50  = 0X5                  ; Control register of Port 5
IOC60  = 0X6                  ; Control register of Port 6
C_INT  = 0XF                  ; Interrupt control register

;ADC control registers
ADDATA   = 0xA                ; The contents are the results of ADC
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ADCONR    = 0x9     ;   7     6     5     4     3     2     1     0
                    ;   -     -     IOCS  ADRUN ADPD  ADIS2 ADIS1 ADIS0
ADCONC    = 0xA     ;   7     6     5     4     3     2     1     0
                    ; VREFS   X     X     IMS2  IMS1  IMS0  CKR1  CKR0
GCON  = 0x9         ;   7     6     5     4     3     2     1     0
                    ; OPE2  OPE1  G22   G21   G20   G12   G11   G10
;To define bits

;In ADCONR
ADRUN     = 0x4     ; ADC is executed as the bit is set
ADPD  = 0x3         ; Power mode of ADC

          ORG 0             ; Initial address
          JMP INITIAL       ;
          ORG 0x08          ; Interrupt vector

          (User program)

          CLR R_F           ; To clear the ADCIF bit
          BS ADCONR, ADRUN  ; To start to execute the next AD conversion if necessary
          RETI
INITIAL:
          MOV A, @0bXXXX1XXX ; Enable the interrupt function of ADC, "X" by application
          IOW C_INT
          MOV A, @0xXX      ; Interrupt disabled:<6>
          CONTW
          MOV A, @0b00000000 ; To employ Vdd as the reference voltage, to define P60 as
          IOW ADCONC        ; an analog input and the clock rate at fosc/4
En_ADC:
     MOV A, @0xXXXXXXX1     ; To define P60 as an input pin, and the others are dependent
     IOW PORT6              ; on applications
     MOV A, @0b01000111     ; To enable the OP1, and set the gain to be 32
     IOW GCON
     BS ADCONR, ADPD        ; To disable the power-down mode of ADC
     ENI                    ; Enable the interrupt function
     BS ADCONR, ADRUN       ; To start to run the ADC
; If the interrupt function is employed, the following three lines may be ignored
POLLING:
     JBC ADCONR, ADRUN      ; To check the ADRUN bit continuously;
     JMP POLLING            ; it will reset as the AD conversion completed
     (User program)
     :
     :
     :
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VI.8 Dual sets of PWM (Pulse Width Modulation)

1. Overview

In PWM mode, both pins of PWM1 and PWM2 produce up to a 10-bit resolution PWM output. Fig. 12 shows the functional block diagram. A PWM output has a period and a duty cycle, and it keeps the output high. The baud rate of the PWM is the inverse of the period. Fig. 13 depicts the relationships between a period and a duty cycle.

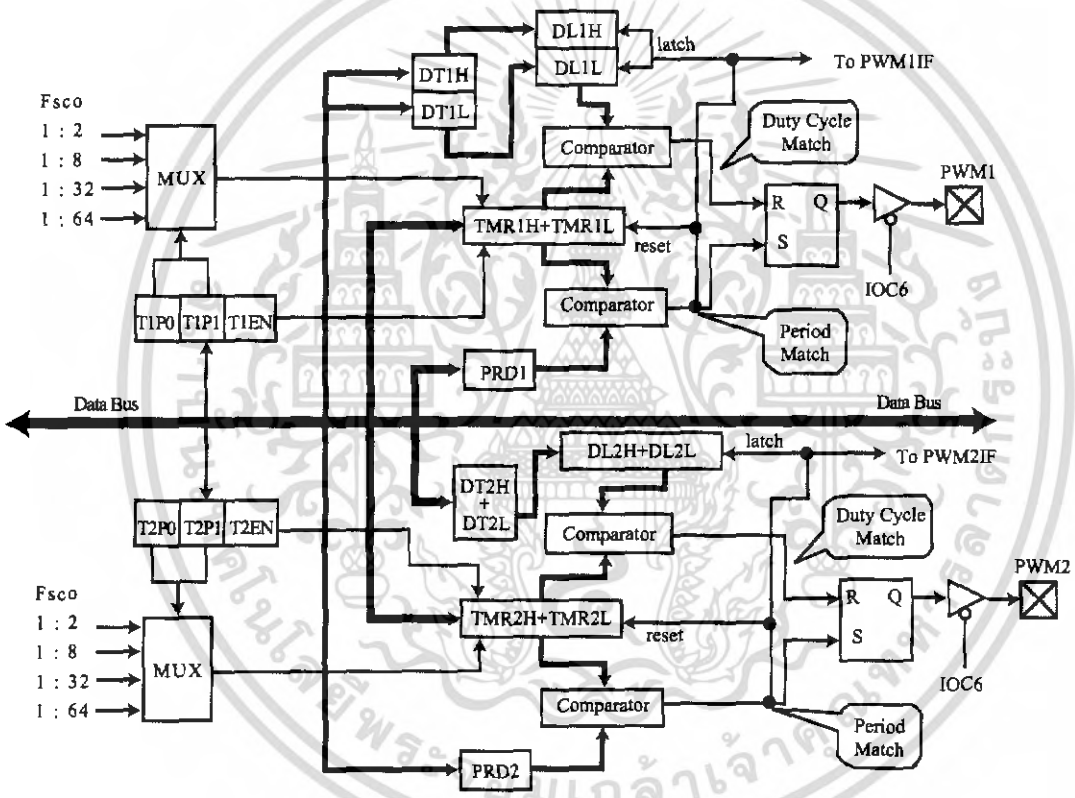


Fig. 12 The functional block diagram of the dual PWMs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

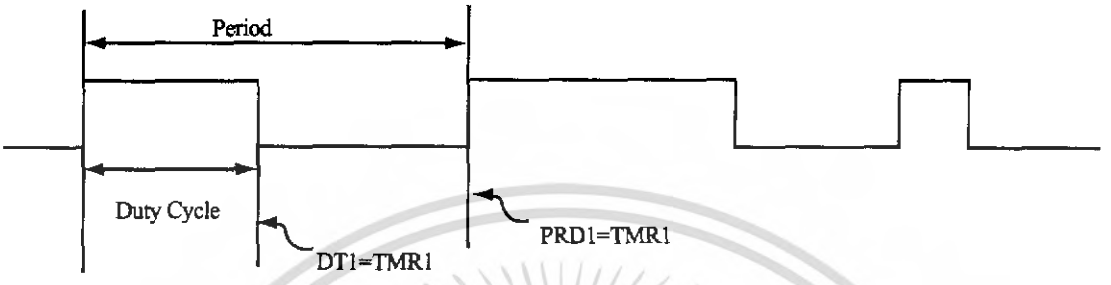


Fig. 13 The output timing of the PWM

2. Increment Timer Counter (TMRX: TMR1H/TWR1L or TMR2H/TWR2L)

TMRX are ten-bit clock counters with programmable prescalers. They are designed for the PWM module as baud rate clock generators. TMRX can be read, written and cleared on any reset conditions. If employed, they can be turned down for power saving by setting T1EN bit [PWMCON<4>] or T2EN bit [PWMCON<5>] to 0.

3. PWM Period (PRDX : PRD1 or PRD2)

The PWM period is defined by writing to the PRDX register. When TMRX is equal to PRDX, the following events occur on the next increment cycle:

- TMRX is cleared.
- The PWMX pin is set to 1.
- The PWM duty cycle is latched from DT1/DT2 to DTL1/DTL2.
  < Note > The PWM output will not be set, if the duty cycle is 0.
- The PWMXIF pin is set to 1.

The following formula describes how to calculate the PWM period:

PERIOD = (PRDX + 1) * 4 * (1/Fosc) * (TMRX prescale value)

4. PWM Duty Cycle (DTX: DT1H/ DT1L and DT2H/ DT2L; DTL: DL1H/DL1L and DL2H/DL2L)

The PWM duty cycle is defined by writing to the DTX register and is latched from DTX to DLX while TMRX is cleared. When DLX is equal to TMRX, the PWMX pin is cleared. DTX can be loaded at any time. However, it can not be latched into DTL until the current value of DLX is equal to TMRX.

The following formula describes how to calculate the PWM duty cycle:

Duty Cycle = (DTX) * (1/Fosc) * (TMRX prescale value)

5. ComparatorX

To change the output status while the match occurs, the TMRXIF flag will be set at the same time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. PWM programming procedures/steps

(1) Load PRDX with the PWM period.
(2) Load DTX with the PWM Duty Cycle.
(3) Enable interrupt function by writing IOCF0, if required.
(4) Set PWMX pin to be output by writing a desired value to IOC60.
(5) Load a desired value to IOC51 with TMRX prescaler value and enable both PWMX and TMRX.

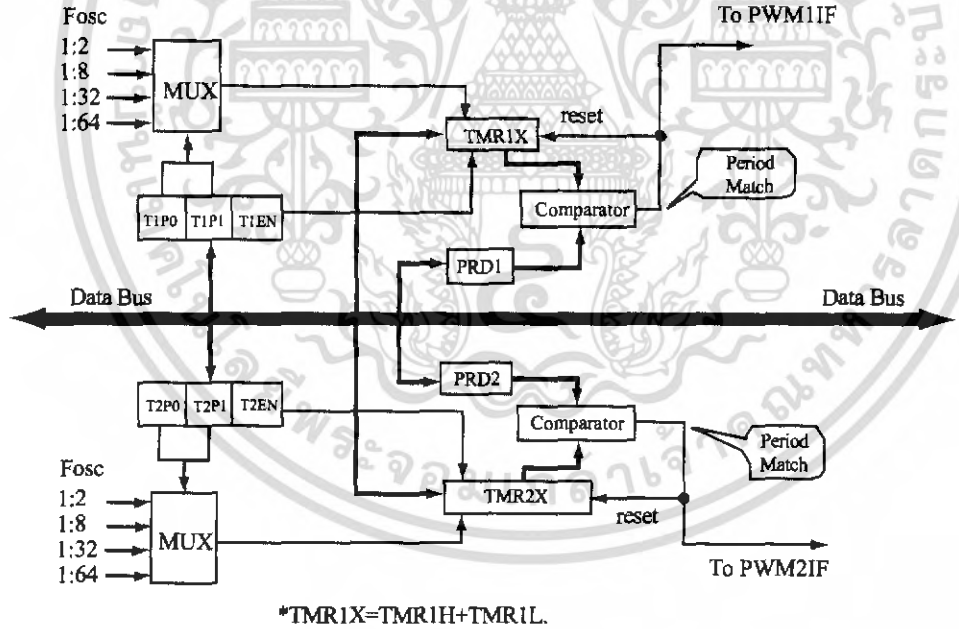
VI.9 Timer

1. Overview

Timer1 (TMR1) and Timer2 (TMR2) (TMRX) are 10-bit clock counters with programmable prescalers, respectively. They are designed for the PWM module as baud rate clock generators. TMRX can be read, written and cleared on any reset conditions.

2. Function description

Fig. 14 shows TMRX block diagram. Each signal and block are described as follows:



*TMR1X=TMR1H+TMR1L.
*TMR2X=TMR2H+TMR2L.

Fig. 14 TIMERX block diagram

Fosc: Input clock.
Prescaler (T1P0 and T1P1/T2P1 and T2P0): Options of 1:2, 1:8, 1:32 and 1:64 are defined by CLKX. It is cleared while a value is written to TMRX, PWMCON or any kind of reset.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TMR1X and TMR2X (TMR1H/TWR1L and TMR2H/TMR2L): Timer X register; TMRX is increased until it matches with PRDX, and then is reset to 0. TMRX cannot be read.

PRDX (PRD1 and PRD2): PWM period register.

ComparatorX (Comparator 1 and Comparator 2): To reset TMRX while the match occurs and the TMRXIF flag will be set at the same time.

3. Programming the related registers

As the TMRX is defined, the related registers of this operation are shown in Table 11.It must be aware that the PWMX bits must be disabled if their related TMRXs are employed. That is, bit 7 and bit 6 of the PWMCON register must be set to '0'.

Table 11 Related control registers of TMR1 and TMR2

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
IOC51	PWMCON/IOC51	PWM2E	PWM1E	T2EN	T1EN	T2P1	T2P0	T1P1	T1P0

4. Timer programming procedures/steps

(1) Load PRDX with the TIMER period.
(2) Enable interrupt function by writing IOCF0, if required
(3) Load a desired value to PWMCON with the TMRX prescaler value and enable both TMRX and disable PWMX.

VI.10 Comparator

EM78P458/9 has one comparator, which has two analog inputs and one output. The comparator can be employed to wake up from the sleep mode. Fig. 15 shows the circuit of the comparator.

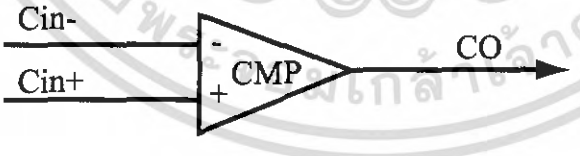


Fig. 15 Comparator operating mode

1. External reference signal

The analog signal that is presented at Cin- compares to the signal at Cin+, and the digital output (CO) of the comparator is adjusted accordingly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- The reference signal must be between Vss and Vdd.
- The reference voltage can be applied to either pin of comparator.
- Threshold detector applications may be the same reference.
- The comparator can operate from the same or different reference source.

2. Comparator outputs

- The compared result is stored in the CMPOUT of R3.
- The comparator outputs can output to P57 by programming bit5<COE> of the AD-CMPCON register to 1.
- P57 must be defined as output if implemented as the comparator output.
- Fig. 16 shows the comparator output block diagram.

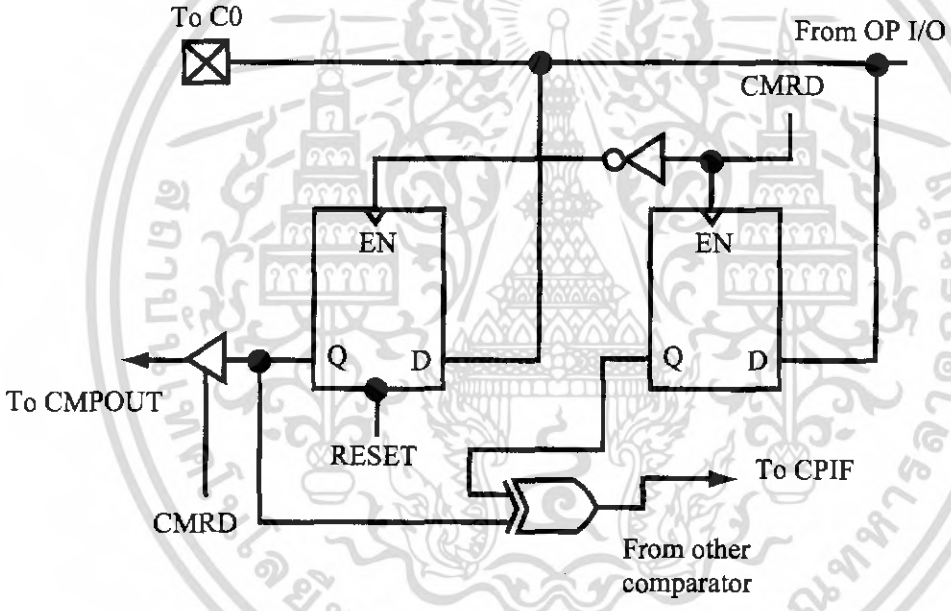


Fig. 16 The output configuration of a comparator

3. Using as an operation amplifier

The comparator can be used as an operation amplifier, if a feedback resister is connected from the input to the output externally. In this case, the Schmitt trigger can be disabled for power saving by setting CE to 1 and COE to 0.

4. Interrupt

- INTE(CONT.7) and CMPIE(IOCF0.6) must be enabled.
- Interrupt occurs whenever changes occur on the output pin of the comparator.
- The actual change on the pin can be determined by reading bit CMPOUT, R3<7>.
- CMPIF(RF.6), the comparator interrupt flag, can only be cleared by software.
- The difference of the inputs of the comparator will continue to set the CMPIF bit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Wake-up from the SLEEP mode

- If enabled, the comparator remains active and the interrupt is still functional, even in the SLEEP mode.
- If a mismatch occurs, the interrupt will wake up the device from SLEEP mode.
- The power consumption should be taken into consideration due to the issue of the power saving.
- If the function is unemployed during SLEEP mode, turn off comparator before entering sleep mode.

VI.11 The initialized values after reset

Table 12 The summary of the initialized values for registers

Address	Name	Reset Type	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
N/A	IOC50	Bit Name	C57	C56	C55	C54	C53	C52	C51	C50
		Power-on	1	1	1	1	1	1	1	1
		/RESET and WDT	1	1	1	1	1	1	1	1
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
N/A	IOC60	Bit Name	C67	C66	C65	C64	C63	C62	C61	C60
		Power-on	1	1	1	1	1	1	1	1
		/RESET and WDT	1	1	1	1	1	1	1	1
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
N/A	IOCB0	Bit Name	/PD7	/PD6	*/PD5	*/PD4	/PD3	/PD2	/PD1	/PD0
		Power-on	1	1	1	1	1	1	1	1
		/RESET and WDT	1	1	1	1	1	1	1	1
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
N/A	IOCC0	Bit Name	OD7	OD6	OD5	OD4	OD3	OD2	OD1	OD0
		Power-on	1	1	1	1	1	1	1	1
		/RESET and WDT	1	1	1	1	1	1	1	1
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
N/A	IOCD0	Bit Name	/PH7	/PH6	/PH5	/PH4	/PH3	/PH2	/PH1	/PH0
		Power-on	1	1	1	1	1	1	1	1
		/RESET and WDT	1	1	1	1	1	1	1	1
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
N/A	IOCE0	Bit Name	WDTE	EIS	X	X	X	X	X	X
		Power-on	1	0	1	1	1	1	1	1
		/RESET and WDT	1	0	1	1	1	1	1	1
		Wake-up from Pin Changed	P	P	1	1	1	1	1	1
N/A	IOCF0	Bit Name	X	CMPE	PMW21E	PWM11E	ADIE	EXIE	ICIE	TCIE
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	0	P	P	P	P	P	P	P
N/A	IOC90 (GCON)	Bit Name	OP2E	OP1E	G42	G41	G40	G12	G11	G10
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
N/A	IOCA0 (AD-CMP CON)	Bit Name	VREFS	CE	COE	IMS2	IMS1	IMS0	CKR1	CKR0
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Preliminary

Address	Name	Reset Type	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
N/A	IOC51 (PWMCON)	Bit Name	PWM2E	PWM2E	T2EN	T1EN	T2P1	T2P0	T1P1	T1P0
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
N/A	IOC61 (DT1L)	Bit Name	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	p	p	p	p	p	p	p	p
N/A	IOC71 (DT1H)	Bit Name	CALI1	SIGN1	VOF1[2]	VOF1[1]	VOF1[0]	X	Bit1	Bit0
		Power-on	0	1	1	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	1	1	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
N/A	IOC81 (PRD1)	Bit Name	-	-	-	-	-	-	-	-
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
N/A	IOC91 (DT2L)	Bit Name	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
N/A	IOCA1 (DT2H)	Bit Name	CALI2	SIGN2	VOF2[2]	VOF2[1]	VOF2[0]	X	Bit1	Bit0
		Power-on	0	1	1	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	1	1	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
N/A	IOCB1 (PRD2)	Bit Name	-	-	-	-	-	-	-	-
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	p	p	p	p	p	p	p	p
N/A	IOCC1 (DL1L)	Bit Name	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
N/A	IOCD1 (DL1H)	Bit Name	X	X	X	X	X	X	Bit1	Bit0
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	0	0	0	0	0	0	P	P
N/A	IOCE1 (DL2L)	Bit Name	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	p	p	p	p	p	p	p	p
N/A	IOCF1 (DL2H)	Bit Name	X	X	X	X	X	X	Bit1	Bit0
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	0	0	0	0	0	0	p	p
N/A	CONT	Bit Name	/INTE	/INT	TS	TE	PAB	PSR2	PSR1	PSR0
		Power-on	1	0	1	1	1	1	1	1
		/RESET and WDT	1	0	1	1	1	1	1	1
		Wake-up from Pin Changed	p	p	p	p	p	p	p	p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Address	Name	Reset Type	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0x00	R0(IAR)	Bit Name	-	-	-	-	-	-	-	-
		Power-on	U	U	U	U	U	U	U	U
		/RESET and WDT	P	P	P	P	P	P	P	P
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
0x01	R1(TCC)	Bit Name	-	-	-	-	-	-	-	-
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	p	p	p	p	p	p	p	p
0X02	R2(PC)	Bit Name	-	-	-	-	-	-	-	-
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	Jump to address 0x08 or continue to execute next instruction							
0x03	R3(SR)	Bit Name	GP2	GP1	GP0	T	P	Z	DC	C
		Power-on	0	0	0	1	1	U	U	U
		/RESET and WDT	0	0	0	t	t	P	P	P
		Wake-up from Pin Changed	p	p	p	t	t	P	P	P
0x04	R4(RSR)	Bit Name	BS7	BS6	-	-	-	-	-	-
		Power-on	0	0	U	U	U	U	U	U
		/RESET and WDT	0	0	P	P	P	P	P	P
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
0x05	P5	Bit Name	P57	P56	P55	P54	P53	P52	P51	P50
		Power-on	1	1	1	1	1	1	1	1
		/RESET and WDT	1	1	1	1	1	1	1	1
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
0x06	P6	Bit Name	P67	P66	P65	P64	P63	P62	P61	P60
		Power-on	1	1	1	1	1	1	1	1
		/RESET and WDT	1	1	1	1	1	1	1	1
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
0x07~0x8	R7~R8	Bit Name	-	-	-	-	-	-	-	-
		Power-on	U	U	U	U	U	U	U	U
		/RESET and WDT	P	P	P	P	P	P	P	P
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
0x9	R9 (ADCON)	Bit Name	X	X	IOCS	ADRUN	ADPD	ADAS2	ADAS1	ADAS0
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
0xA	RA (ADDATA)	Bit Name	-	-	-	-	-	-	-	-
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
0xB	RB (TMR1L)	Bit Name	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
0xC	RC (TMR1H)	Bit Name	X	X	X	X	X	X	Bit1	Bit0
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	0	0	0	0	0	0	p	p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Address	Name	Reset Type	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0xD	RD (TMR2L)	Bit Name	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	P	P	P	P	P	P	P	P
0xE	RE (TMR2H)	Bit Name	X	X	X	X	X	X	Bit1	Bit0
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	0	0	0	0	0	0	p	p
0xF	RF (ISR)	Bit Name	X	CMPIF	PWM2IF	PWM1IF	ADIF	EXIF	ICIF	TCIF
		Power-on	0	0	0	0	0	0	0	0
		/RESET and WDT	0	0	0	0	0	0	0	0
		Wake-up from Pin Changed	0	p	p	p	p	p	p	p
0x10~0x3F	R10~R3F	Bit Name	-	-	-	-	-	-	-	-
		Power-on	U	U	U	U	U	U	U	U
		/RESET and WDT	p	p	p	p	p	p	p	p
		Wake-up from Pin Changed	p	p	p	p	p	p	p	p

X : not used. U: unknown or don't care. P : previous value before reset.

VI.12 Oscillator

1. Oscillator Modes

The EM78P458 and EM78P459 can be operated in four different oscillator modes which are Internal RC oscillator mode (IRC), External RC oscillator mode(ERC), High XTAL oscillator mode(HXT) and Low XTAL oscillator mode(LXT). Users can select one of them by programming the MASK option.

2. Crystal Oscillator/Ceramic Resonators (XTAL)

EM78P458/9 can be driven by an external clock signal through the OSCI pin as shown in Fig. 17.

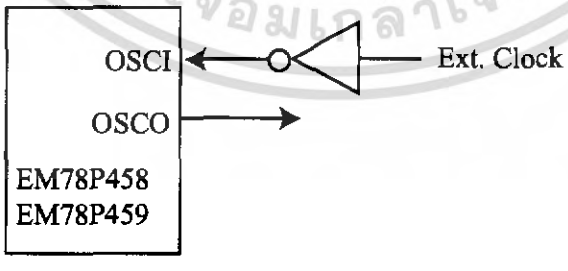


Fig. 17 Circuit for External Clock Input

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

In the most applications, pin OSCI and pin OSCO can be connected with a crystal or ceramic resonator to generate oscillation. Fig. 18 depicts the circuit. It is the same no matter in the HXT mode or in the LXT mode. Table 17 recommends the values of C1 and C2. Since each resonator has its own attribute, users should refer to their specifications for appropriate values of C1 and C2. RS, a serial resistor, may be necessary for AT strip cut crystal or low frequency mode.

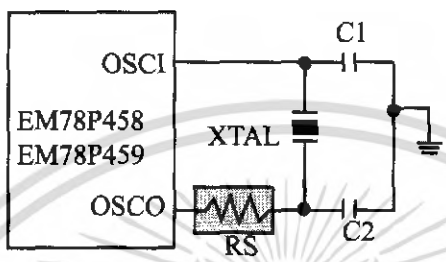


Fig. 18 Circuit for Crystal/Resonator

Table 13 Capacitor Selection Guide for Crystal Oscillator or Ceramic Resonators

Oscillator Type	Frequency Mode	Frequency	C1(pF)	C2(pF)
Ceramic Resonator	HXT	455KHz	100~150	100~150
		2.0MHz	20~40	20~40
		4.0MHz	10~30	10~30
Crystal Oscillator	LXT	32.768KHz	25	15
		100KHz	25	25
		200KHz	25	25
	HXT	455KHz	20~40	20~150
		1.0MHz	15~30	15~30
		2.0MHz	15	15
		4.0MHz	15	15

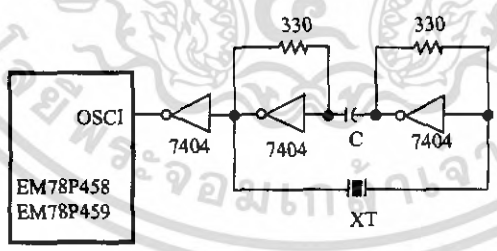


Fig. 19 Circuit for Crystal/Resonator (Series Mode)

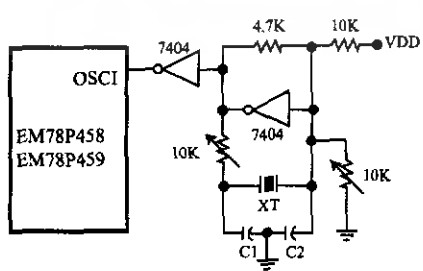


Fig. 20 Circuit for Crystal/Resonator (Parallel Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. External RC Oscillator Mode

For some applications whose timing need not be calculated precisely, the RC oscillator (Fig. 21) offers a lot of cost savings. Nevertheless, it should be aware that the frequency of the RC oscillator is the function of the supply voltage, the values of the resistor (Rext), the capacitor(Cext) and even the operation temperature. Moreover to this, the frequency also changes slightly from one chip to another due to the process variation.

In order to maintain a stable system frequency, the values of the Cext should not be less than 20pF as well as the value of Rext should not be greater than 1M ohm. If they can not be kept in this range, the frequency is affected easily by noise, humidity and leakage.

The smaller Rext the RC oscillator has, the faster frequency it gets. On the contrary, for very low Rext values, for instance, 1KΩ, the oscillator becomes unstable because the NMOS can not discharge the current of the capacitance correctly.

On a basis of above reasons, it must be kept in mind that all of the supply voltage, the operation temperature, the components of the RC oscillator, the package types and the ways of PCB layout will effect the system frequency.

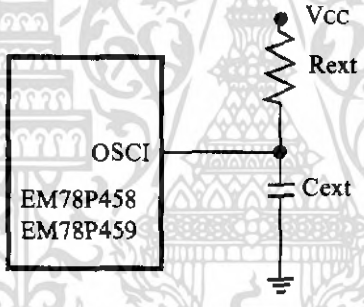


Fig. 21 Circuit for External RC Oscillator Mode

Table 14 RC Oscillator Frequencies

Cext	Rext	Average Fosc @ 5V, 25°C	Average Fosc @ 3V, 25°C
20 pF	3.3k	1.13 MHz	974 KHz
	5.1k	2.22 MHz	1.83 MHz
	10k	1.28 MHz	1.14 MHz
	100k	150 KHz	143 KHz
100 pF	3.3k	1.13 MHz	974 KHz
	5.1k	758 KHz	675 KHz
	10k	409 KHz	376 KHz
	100k	51 KHz	43.7 KHz
300 pF	3.3k	472 KHz	420 KHz
	5.1k	310 KHz	283 KHz
	10k	165 KHz	153 KHz
	100k	17.5 KHz	17.0 KHz

<Note> 1. Measured on DIP packages.
2. Design reference only

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VI.13 Power-on Considerations

Any microcontroller is not warranted to start proper operation before the power supply stays in its steady state.

EM78P458/9 is equipped with Power On Voltage Detector (POVD) whose detective level is from 1.4 V to 2.0 V. The circuitry eliminates the extra external reset circuit. It will work well if Vdd rises quickly enough (50 ms or less). In many critical applications, however, extra devices are still required to assist in solving power-up problems.

1. External Power-on Reset Circuit

The circuit shown in Fig. 22 implements an external RC to produce the reset pulse. The pulse width (time constant) should keep long enough until Vdd has reached minimum operation voltage. This circuit is used when the power supply has slow rise time. Because the current leakage from the /RESET pin is about ±5μA, it is recommended that R should not be greater than 40 K. In this way, the voltage in pin /RESET will be held below 0.2V. The diode (D) acts a short circuit at the moment of power-down. The capacitor, C, will be discharged rapidly and fully. Rin, the current-limited resistor, protects against a high discharging current or ESD(electrostatic discharge) flowing to pin / RESET.

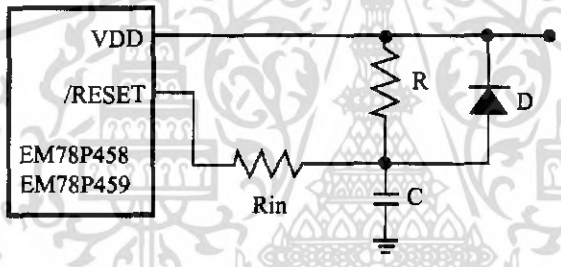


Fig. 22 External Power-up Reset Circuit

2. Residue Voltage Protection

In some applications, replacing battery as an instance, device power (Vdd) is taken off and recovered within a few seconds. A residue voltage which trips below Vdd min but not to zero may exist. This condition may cause a poor power-on reset. Fig. 23 and Fig. 24 show how to build the residue voltage protection circuit

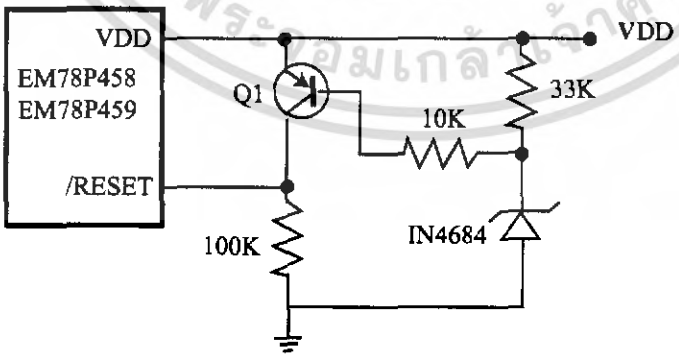


Fig. 23 Circuit 1 for the residue voltage protection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

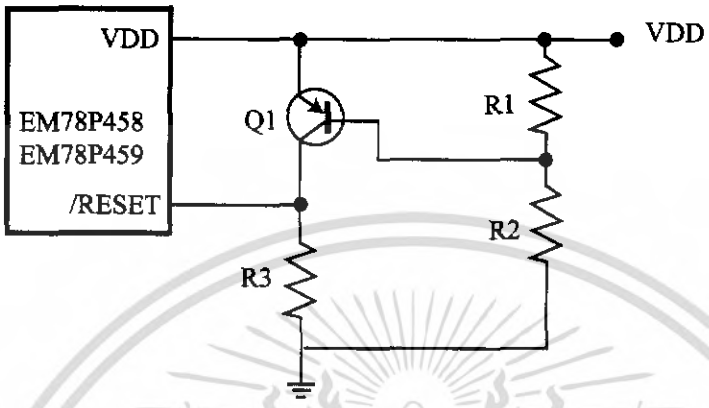


Fig. 24 Circuit 2 for the residue voltage protection

VI.14 Instruction Set

Each instruction in the instruction set is a 13-bit word divided into an OP code and one or more operands. Normally, all instructions are executed within one single instruction cycle (one instruction consists of 2 oscillator periods), unless the program counter is changed by instruction "MOV R2,A", "ADD R2,A" or instructions of arithmetic or logic operation on R2 (e.g. "SUB R2,A", "BS(C) R2,6", "CLR R2", ...). In this case, the execution takes two instruction cycles.

In addition, the instruction set has the following features:

(1) Every bit of any register can be set, cleared or tested directly.
(2) The I/O registers can be regarded as general registers. That is, the same instruction can operate on I/O registers.

The symbol "R" represents a register designator which specifies which one of the registers (including operational registers and general-purpose registers) to be utilized by the instruction. The symbol "b" represents a bit field designator which selects the number of the bit located in the register "R" affected by the operation. The symbol "k" represents an 8 or 10-bit constant or literal value.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 15 The list of the instruction set of EM78P458 and EM78P459

INSTRUCTION BINARY	HEX	MNEMONIC	OPERATION	STATUS AFFECTED
0 0000 0000 0000	0000	NOP	No Operation	None
0 0000 0000 0001	0001	DAA	Decimal Adjust A	C
0 0000 0000 0010	0002	CONTW	A→CONT	None
0 0000 0000 0011	0003	SLEP	0→WDT, Stop oscillator	T,P
0 0000 0000 0100	0004	WDTC	0→WDT	T,P
0 0000 0000 rrrr	000r	IOW R	A→IOCR	None <Note1>
0 0000 0001 0000	0010	ENI	Enable Interrupt	None
0 0000 0001 0001	0011	DISI	Disable Interrupt	None
0 0000 0001 0010	0012	RET	[Top of Stack]→PC	None
0 0000 0001 0011	0013	RETI	[Top of Stack]→PC Enable Interrupt	None
0 0000 0001 0100	0014	CONTR	CONT→A	None
0 0000 0001 rrrr	001r	IOR R	IOCR→A	None <Note1>
0 0000 0010 0000	0020	TBL	R2+A→R2 Bits 8~9 of R2 unchanged	Z,C,DC
0 0000 01rr rrrr	00rr	MOV R,A	A→R	None
0 0000 1000 0000	0080	CLRA	0→A	Z
0 0000 11rr rrrr	00rr	CLR R	0→R	Z
0 0001 00rr rrrr	01rr	SUB A,R	R-A→A	Z,C,DC
0 0001 01rr rrrr	01rr	SUB R,A	R-A→R	Z,C,DC
0 0001 10rr rrrr	01rr	DECA R	R-1→A	Z
0 0001 11rr rrrr	01rr	DEC R	R-1→R	Z
0 0010 00rr rrrr	02rr	OR A,R	A∨VR→A	Z
0 0010 01rr rrrr	02rr	OR R,A	A∨VR→R	Z
0 0010 10rr rrrr	02rr	AND A,R	A & R→A	Z
0 0010 11rr rrrr	02rr	AND R,A	A & R→R	Z
0 0011 00rr rrrr	03rr	XOR A,R	A ⊕ R→A	Z
0 0011 01rr rrrr	03rr	XOR R,A	A ⊕ R→R	Z
0 0011 10rr rrrr	03rr	ADD A,R	A + R→A	Z,C,DC
0 0011 11rr rrrr	03rr	ADD R,A	A + R→R	Z,C,DC
0 0100 00rr rrrr	04rr	MOV A,R	R→A	Z
0 0100 01rr rrrr	04rr	MOV R,R	R→R	Z
0 0100 10rr rrrr	04rr	COMA R	/R→A	Z
0 0100 11rr rrrr	04rr	COM R	/R→R	Z
0 0101 00rr rrrr	05rr	INCA R	R+1→A	Z
0 0101 01rr rrrr	05rr	INC R	R+1→R	Z
0 0101 10rr rrrr	05rr	DJZA R	R-1→A, skip if zero	None
0 0101 11rr rrrr	05rr	DJZ R	R-1→R, skip if zero	None
0 0110 00rr rrrr	06rr	RRCA R	R(n)→A(n-1) R(0)→C, C→A(7)	C
0 0110 01rr rrrr	06rr	RRC R	R(n)→R(n-1) R(0)→C, C→R(7)	C
0 0110 10rr rrrr	06rr	RLCA R	R(n)→A(n+1) R(7)→C, C→A(0)	C
0 0110 11rr rrrr	06rr	RLC R	R(n)→R(n+1) R(7)→C, C→R(0)	C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Preliminary

INSTRUCTION BINARY	HEX	MNEMONIC	OPERATION	STATUS AFFECTED
0 0111 00rr rrrr	07rr	SWAPA R	R(0-3)→A(4-7) R(4-7)→A(0-3)	None
0 0111 01rr rrrr	07rr	SWAP R	R(0-3)↔R(4-7)	None
0 0111 10rr rrrr	07rr	JZA R	R+1→A, skip if zero	None
0 0111 11rr rrrr	07rr	JZ R	R+1→R, skip if zero	None
0 100b bbrr rrrr	0xxx	BC R,b	0→R(b)	None <Note2>
0 101b bbrr rrrr	0xxx	BS R,b	1→R(b)	None <Note3>
0 110b bbrr rrrr	0xxx	JBC R,b	if R(b)=0, skip	None
0 111b bbrr rrrr	0xxx	JBS R,b	if R(b)=1, skip	None
1 00kk kkkk kkkk	1kkk	CALL k	PC+1→[SP] (Page, k) →PC	None
1 01kk kkkk kkkk	1kkk	JMP k	(Page, k)→PC	None
1 1000 kkkk kkkk	18kk	MOV A,k	k →A	None
1 1001 kkkk kkkk	19kk	OR A,k	Av k→A	Z
1 1010 kkkk kkkk	1Akk	AND A,k	A & k→A	Z
1 1011 kkkk kkkk	1Bkk	XOR A,k	A ⊕k→A	Z
1 1100 kkkk kkkk	1Ckk	RETL k	k→A, [Top of Stack]→PC	None
1 1101 kkkk kkkk	1Dkk	SUB A,k	k-A→A	Z,C,DC
1 1110 0000 0001	1E01	INT	PC+1→[SP], 001H→PC	None
1 1111 kkkk kkkk	1Fkk	ADD A,k	k+A→A	Z,C,DC

<Note1> This instruction can operate on IOC50 ~ IOC60, IOC90~IOCF0, IOC51~IOCF1 only.
<Note2> This instruction is not recommended to operate on RF.
<Note3> This instruction cannot operate on RF.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Preliminary

VII. ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Items	Sym.	Condition	Rating
Temperature under bias	T_{OPR}		0°C to 70°C
Storage temperature	T_{STR}		-65°C to 150°C
Input voltage	V_{IN}		-0.3V to +6.0V
Output voltage	V_O		-0.3V to +6.0V

VIII. DC ELECTRICAL CHARACTERISTIC (Ta=0°C ~ 70°C, V_{DD}=5.0V±5%, V_{SS}=0V)

Parameter	Sym.	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
XTAL : VDD to 3V XTAL : VDD to 5V	Fxt	Two cycles with two clocks	DC DC		4.0 16.0	MHz MHz
RC : VDD to 5V	F_{RC}	R : 5.0KΩ , C : 39pF	F_{RC}±20%	602	F_{RC}±20%	KHz
Input Leakage Current for input pins	I_{IL}	V_{IN} = V_{DD}, V_{SS}			±1	μA
Input High Voltage	V_{IH}	Port 5,6	1.8			V
Input Low Voltage	V_{IL}	Port 5,6			0.8	V
Input High Threshold Voltage	V_{IHT}	/RESET, TCC	2.0			V
Input Low Threshold Voltage	V_{ILT}	/RESET, TCC			0.8	V
Clock Input High Voltage	V_{IHX}	OSCI	2.5			V
Clock Input Low Voltage	V_{ILX}	OSCI			1.0	V
Output High Voltage (Port 5,6)	V_{OH1}	I_{OH} = -12.0mA	2.4			V
Output Low Voltage (P50~P53 P60~P63, P66~P67)	V_{OL1}	I_{OL} = 12.0mA			0.4	V
Output Low Voltage (P64,P65)	V_{OL2}	I_{OL} = 16.0mA			0.4	V
Pull-high current	I_{PH}	Pull-high active, input pin at V_{SS}	-50	-100	-240	μA
Pull-down current	I_{PD}	Pull-down active, input pin at V_{DD}	25	50	120	μA
Power-down current	I_{SB}	All input and I/O pins at V_{DD}, output pin floating, WDT enabled			4	μA
Power-down current	I_{SB}	All input and I/O pins at V_{DD}, output pin floating, WDT disabled			0.2	μA
Operating supply current (V_{DD}=3V) at two cycles/two clocks	I_{CC1}	/RESET='High', Fosc=32KHz(Crystal type, CLKS="0"), output pin floating, WDT disabled	15	15	30	μA
Operating supply current (V_{DD}=3V) at two cycles/two clocks	I_{CC2}	/RESET='High', Fosc=32KHz(Crystal type,CLKS="0"), output pin floating, WDT enabled		19	35	μA
Operating supply current (VDD=5V) at two cycles/two clocks	I_{CC3}	/RESET='High', Fosc=2MHz (Crystal type,CLKS="0"), output pin floating			1.3	mA
Operating supply current (VDD=5V) at two cycles/two clocks	I_{CC4}	/RESET='High', Fosc=4MHz (Crystal type,CLKS="0"), output pin floating			4.0	mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IX. VOLTAGE DETECTOR ELECTRICAL CHARACTERISTIC (Ta= 25°C)

Parameter	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Detect voltage	Vdet		1.8	2.0	2.2	V
Release voltage	Vrel			Vdet x1.05		V
Current consumption	Iss	V_{DD} = 5V			5	μA
Operating voltage	Vop		0.7*		5.5	V
Temperature characteristic of Vdet	ΔVdet/ ΔTa	0°C ≤Ta≤ 70°C			-2	mV/°C

* When the voltage of V_{DD} rises between Vop=0.7V and Vdet, the output of voltage detector must be "Low".

X. AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta=0°C ~ 70°C, V_{DD}=5.0V±5%, V_{SS}=0V)

Parameter	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input CLK duty cycle	Dclk		45	50	55	%
Instruction cycle time	Tins	XTAL Type	125		DC	ns
(CLKS="0")		RC Type	500		DC	ns
TCC input period	Ttcc		(Tins+20)/N*			ns
Device reset hold time	Tdrh	Ta = 25°C	9	18	30	ms
/RESET pulse width	Trst	Ta = 25°C	2000			ns
Watchdog Timer period	Twdt	Ta = 25°C	9	18	30	ms
Input pin setup time	Tset			0		ns
Input pin hold time	Thold			20		ns
Output pin delay time	Tdelay	Cload=20pF		50		ns

Note : N*= selected prescaler ratio.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นางสาวรินดา แย้มสุวรรณ
วัน เดือน ปีเกิด	26 มีนาคม พ.ศ. 2527
ภูมิลำเนา	107/4 ม.2 แขวงคู้ฝั่งเหนือ เขตหนองจอก จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10530
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนสามง่าม จังหวัดกรุงเทพมหานคร
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนมัธยมวัดหนองจอก จังหวัด กรุงเทพมหานคร
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนมัธยมวัดหนองจอก จังหวัด กรุงเทพมหานคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปริญญาตรี	วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ความสนใจพิเศษ	กีฬา
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายพีระพงศ์ สิงห์โต
วัน เดือน ปีเกิด	24 เมษายน พ.ศ. 2528
ภูมิลำเนา	204 ม.3 ต.ท่าคอย อ.ท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี 76130
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนอรุณประดิษฐ์ จังหวัดเพชรบุรี
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนพรหมานุสรณ์ จังหวัดเพชรบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ความสนใจพิเศษ	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ , ดนตรี
คติพจน์	ทำปัจจุบันให้ดี แล้วอนาคตจะดีเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายศานิต พรเจริญจิตร
วัน เดือน ปีเกิด	9 ตุลาคม พ.ศ. 2527
ภูมิลำเนา	119 ซ.รังสิต — ปทุมธานี 12 ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนศิริศึกษา จังหวัดปทุมธานี
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสีกัน (วัฒนานันท์อุปถัมป์) จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	โรงเรียนช่างฝีมือทหาร จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ความสนใจพิเศษ	คอมพิวเตอร์
คติพจน์	ตนเป็นที่พึ่งแห่งตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล นายเอกพจน์ สกุลแก้ว

วัน เดือน ปีเกิด 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2528

ภูมิลำเนา 164 หมู่ 4 ต.บ้านบุ่ง อ.เมือง จังหวัดพิจิตร 66000

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา โรงเรียนชุมชนบ้านวังกลม จังหวัดพิจิตร

มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จังหวัดพิจิตร

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคพิจิตร จังหวัดพิจิตร

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก

ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

ความสนใจพิเศษ เทคโนโลยีทุกรูปแบบ

คติพจน์ ถ้าอยากให้ความฝันเป็นจริง ต้องเริ่มทำในสิ่งที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้