ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ ตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ

Semi Automatic Water-Freezing Machine

ชื่อนักศึกษา

1. นายเชาว์วัฒน์ สิทธิศิริพร	รหัสประจำตัว	45035418
2. นายบัญชา เกศศรี	รหัสประจำตัว	45035425
3. นางสาววนิชยา แก้วยศ	รหัสประจำตัว	45035432
4. นายสรพงษ์ กุดเป้ง	รหัสประจำตัว	45035440

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ไพบูลย์ พวงวงศ์ตระกูล	
2. อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี	
3. อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์	
4. อาจารย์พงษ์เกียรติ เชษฐพิทักษ์สกุล	
5. อาจารย์สุชิน อาจหาญ	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันเสาร์ที่ 13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547 เวลา 14.15 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

<BT4710302>

ตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

ตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ

SEMI AUTOMATIC WATER-FREEZING MACHINE

T059510

นายเชาว์วัฒน์ สิทธิศิริพร
นายบัญชา เกศศรี
นางสาววนิชยา แก้วยศ
นายสรพงษ์ กุดแป้น

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

ปพ.
ช732ต
2547

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 59510
วัน,เดือน,ปี - 7 ส.ค. 2549

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ

Semi Automatic Water-Freezing Machine

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานระบบควบคุมของตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
2. เพื่อออกแบบตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติให้เหมาะสมกับการใช้งาน
3. เพื่อสร้างตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ
4. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและการทำงานของตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ
5. เพื่อนำตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติไปใช้งานได้จริง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำโปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ไปควบคุมการทำงานของตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติได้
2. ได้โครงสร้างของตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติที่เหมาะสมกับการใช้งาน
3. ได้เครื่องต้นแบบของตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ
4. ทราบถึงประสิทธิภาพและการทำงานของตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ
5. ได้ตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติที่ใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ	
นักศึกษา	นายเชาว์วัฒน์	สิทธิศิริพร
	นายบัญชา	เกศศรี
	นางสาววนิชยา	แก้วยศ
	นายสรพงษ์	กุดเป่ง
อาจารย์ที่ปรึกษา	นายสุรพงษ์	สิริพงศ์ดี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นายประเสริฐ	เคนพันค้อ
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2547	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำเสนอตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ เป็นตู้ทำน้ำเย็นที่ไม่ต้องคว่ำถังขึ้นไปบนตัวเครื่องเหมือนตู้ทำน้ำเย็นทั่วๆ ไป โดยจะนำถังน้ำดื่มที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปมาวางด้านข้างของตัวตู้น้ำเย็นแล้วใช้มอเตอร์ปั๊มน้ำมาดูดน้ำจากในถังน้ำเข้าไปยังตู้ทำน้ำเย็นได้เลย โดยที่ตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัตินี้จะมีชุดมอเตอร์ปั๊ม ที่จะคอยทำการวัดระดับน้ำและปั๊มน้ำเองโดยอัตโนมัติ ซึ่งในการทำงานของมอเตอร์ปั๊มจะมีวงจรตั้งเวลาการทำงานของชุดมอเตอร์ เพื่อป้องกันมิให้มอเตอร์เสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Semi Automatic Water-Freezing Machine	
Students	Mr.Chaowwatt	Sittisiriporns
	Mr.Bancha	Ketsri
	MissVanichaya	Kaewyot
	Mr.Sorapong	Kudpeng
Advisor	Mr.Surapong	Siripongdee
Co-Advisor	Mr.Prasert	Kenpankho
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Industrial Instrument Technology	
Academic Year	2004	

ABSTRACT

The bachelor thesis is to represent a Semi Automatic Water Freezing Machine without putting the tank upside down on the cooling machine like other machines. To make such a Water Freezing Machine,put a tank bought in the market beside the machine and have a water pump draw the water to the freezing box. A water-level checker, installed in the semi automatic water freezing machine, inspects the water level and controls the water pump to draw the water automatically. Also, a timer is installed in the machine in order to control and prevent the pump from any damage that may cause.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากการได้รับความอนุเคราะห์และช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงานและคำปรึกษาทางด้านเทคนิคจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ทุกท่าน ที่คอยชี้แนะ และแนะนำรวมทั้งอาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่คอยให้กำลังใจอยู่ตลอดเวลา

ขอขอบพระคุณเพื่อนร่วมงานทุกคนภายในกลุ่มที่ร่วมแรงร่วมใจ ประสานความสามัคคีจนทำให้โครงงานนี้ประสบความสำเร็จ และเพื่อนๆ ร่วมชั้นเรียนที่คอยให้ความช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ และที่สำคัญที่สุด ความสำเร็จครั้งนี้ขอมอบให้กับบุคคลที่ทำให้ได้รับการศึกษาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน คือคุณพ่อ คุณแม่ ครู อาจารย์ ญาติพี่น้องและผู้มีพระคุณทุกท่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 ระบบการทำความเย็นของเครื่องทำความเย็น	3
2.2.1 เครื่องอัดหรือคอมเพรสเซอร์	3
2.2.2 เครื่องควบแน่นหรือคอนเดนเซอร์	4
2.2.3 ตัวควบคุมสารทำความเย็น	4
2.2.4 อีแวปปอเรเตอร์	5
2.2.5 กฎของการทำความเย็น	5
2.2.6 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัด	5
2.2.7 การทำงานของระบบเครื่องทำความเย็นแบบอัดชนิดที่ใช้แคปทิ้ว	7
2.3 การวัดระดับ	8
2.3.1 วิธีการวัดระดับของเหลว	8
2.3.2 วิธีวัดระดับโดยทางตรง	8
2.3.3 วิธีวัดระดับโดยทางอ้อม	13
2.4 มอเตอร์แบบยูนิเวอร์แซล	16
2.4.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ยูนิเวอร์แซล	17
2.4.2 หลักการทำงานของมอเตอร์ยูนิเวอร์แซล	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 21

2.5.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 21

2.5.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51 22

2.5.3 การจัดขาลักษณะภายนอกของ MCS-51 23

2.5.4 ฐานเวลาในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 26

2.5.5 รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ 28

2.5.6 ใช้งานพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของ MCS-51 38

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน 40

3.1 แผนผังการทำงานของโครงงาน 40

3.2 วงจรควบคุมระดับน้ำ 41

3.3 วงจรควบคุมมอเตอร์ปั๊ม 41

3.4 วงจรป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหาย 42

3.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟ 43

3.5.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ 43

3.5.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 44

3.6 หลักการเขียนโปรแกรม 44

3.7 การออกแบบโครงสร้างของโครงงาน 45

3.7.1 การออกแบบโครงสร้างของมอเตอร์ปั๊ม 45

3.7.2 การออกแบบโครงสร้างของฝาครอบตู้น้ำเย็น 46

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 48

4.1 การทดลองวงจรควบคุมระดับน้ำ 48

4.2 การทดลองวงจรควบคุมมอเตอร์ปั๊ม 49

4.3 วงจรจ่ายแรงดัน 49

4.3.1 วงจรจ่ายแรงดัน 5 โวลต์ 49

4.3.2 วงจรจ่ายแรงดัน 12 โวลต์ 50

4.4 วงจรป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหาย 51

บทที่ 5 บทสรุป 52

5.1 สรุป 52

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

5.3 แนวทางการพัฒนา	53
บรรณานุกรม	55
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	56
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	58
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	62
ภาคผนวก ง แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม	67
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	70
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	75
ประวัติผู้แต่ง	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต P3	23
2.2 สถานะการใช้งานของโปรแกรมสเตตัสเวอร์ด	29
2.3 สถานะการใช้งานของรีจิสเตอร์ TMOD	31
2.4 สถานะการใช้งานของรีจิสเตอร์ TCON	32
2.5 สถานะการใช้งานของรีจิสเตอร์ SCON	33
2.6 สถานะการใช้งานของรีจิสเตอร์ IP	34
2.7 ระดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัพต์ประเภทต่างๆ	34
2.8 ตำแหน่งเวคเตอร์แอดเดรสของอินเตอร์รัพต์ประเภทต่างๆ	35
2.9 สถานะการใช้งานของรีจิสเตอร์ IE	36
2.10 สถานะการใช้งานของรีจิสเตอร์ PCON	36
2.11 หน้าที่ของพอร์ตการใช้งานที่ 3.0–3.7	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กระจกมองระดับแบบท่อแก้วสำหรับภาชนะเปิด	9
2.2 กระจกมองระดับความดันสูง	9
2.3 การวัดระดับโดยใช้มาตรวัดชนิดตะขอเกี่ยว	11
2.4 แรงพยุงที่วัตถุรูปทรงกระบอก	12
2.5 แอร์เบลโล่สำหรับวัดระดับ	14
2.6 การวัดระดับโดยใช้หลักการวัดค่าความจุไฟฟ้า	15
2.7 หลักการทำงานของมอเตอร์แบบยูนิเวอร์แซล	17
2.8 การกลับทางหมุนมอเตอร์ยูนิเวอร์แซล	19
2.9 วงจรควบคุมความเร็วรอบให้คงที่	19
2.10 การป้อนกระแสไฟเข้าที่ขดลวดสนามแม่เหล็กด้านบน	20
2.11 การป้อนกระแสไฟเข้าที่ขดลวดสนามแม่เหล็กด้านบน	20
2.12 ลักษณะขาภายนอกของ MCS-51 แบบ Pin	25
2.13 ลักษณะขาภายนอกของ MCS-51 แบบ Pad	26
2.14 เวลาพื้นฐานของ MCS-51 และลำดับของช่วงเวลาใน 1 แมชชีนไซเคิล	27
2.15 (ก) การส่งข้อมูลออกไปยังพอร์ตเอาต์พุต ออกไปยังภายนอก	37
2.15 (ข) การรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกเข้ามายังพอร์ตอินพุตของระบบ	37
3.1 แผนผังการทำงานของเครื่อง	40
3.2 วงจรควบคุมระดับน้ำ	41
3.3 วงจรควบคุมมอเตอร์ปั๊ม	42
3.4 วงจรป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหาย	43
3.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์	43
3.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์	44
3.7 ผังการทำงานของโปรแกรม	45
3.8 โครงสร้างของมอเตอร์ปั๊ม	46
3.9 โครงสร้างของฝาครอบตู้น้ำเย็นเมื่อมองจากด้านข้าง	46
3.10 โครงสร้างของฝาครอบตู้น้ำเย็นเมื่อมองจากด้านบน	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและสถานประกอบการต่างๆ ยังมีการใช้ตู้น้ำเย็นระบบเก่าอยู่คือระบบที่ต้องมีการยกถังน้ำสีขาวขึ้นไปคว่ำบนตู้น้ำเย็น

ปัญหามีอยู่ว่าการนำถังขึ้นไปคว่ำบนตู้บางครั้งคว่ำช้าบางครั้งคว่ำแล้วเกิดการเอียง ทำให้น้ำหกไหลออกมาข้างตู้ ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายจากไฟดูดด้วยเพราะตัวเครื่องของตู้น้ำเย็นเป็นโลหะและถังน้ำที่ยกขึ้นไปคว่ำมีขนาดใหญ่และหนัก ทำให้เกิดความลำบาก ที่สำคัญผู้ที่คอยคว่ำถังจะเป็นแม่บ้านที่มีอายุมาก ยิ่งทำให้เกิดความลำบากในการคว่ำถังมากขึ้น จึงทำให้มีโอกาสเกิดอันตรายมากขึ้น

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. สามารถปั๊มน้ำจากถังน้ำไปยังตู้น้ำเย็นเมื่อระดับน้ำลดลง
2. มีระบบวัดระดับน้ำในตู้ทำความเย็นเพื่อส่งสัญญาณมายังชุดควบคุมปั๊ม
3. มีหลอดสัญญาณสีแดงเตือนเมื่อน้ำหมด
4. มีหลอดสัญญาณสีเขียวแสดงเมื่อปั๊มเริ่มทำงาน
5. มีวงจรตั้งเวลาป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหาย

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงงานและเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วย ทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับระบบการทำงานของเครื่องทำความเย็น การวัดระดับ และมอเตอร์แบบยูนิเวอร์แซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ แผนผังการทำงานของโครงงาน ผังของวงจรต่างๆ ที่ใช้ใน โครงงาน ตลอดจนการออกแบบและการสร้างส่วนประกอบต่างๆ เช่น วงจรควบคุมระดับน้ำ วงจรตัดต่อรีเลย์ โครงสร้างการทำงานพร้อมทั้งการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ โดยละเอียด

บทที่ 4 ประกอบด้วยการทดลองและผลการทดลองของวงจรควบคุมระดับน้ำ วงจรตัดต่อรีเลย์

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลของการจัดทำโครงงานรวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้น แนวทางการแก้ไขปัญหา และแนวทางการพัฒนาต่างๆ

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์

ภาคผนวก ง แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน

ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้เป็นทฤษฎีและหลักการ ที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงานนี้ขึ้นมา โดยประกอบด้วยความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบการทำงานของเครื่องทำความเย็น การวัดระดับ และมอเตอร์แบบยูนิเวอร์แซล

2.2 ระบบการทำงานของเครื่องทำความเย็น

ระบบการทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบอัดที่จะกล่าวต่อไปในบทนี้ เป็นระบบที่แพร่หลายและใช้กันมาก ส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของระบบเครื่องทำความเย็นแบบอัด มีดังนี้

2.2.1 เครื่องอัดหรือคอมเพรสเซอร์

เป็นหัวใจสำคัญของระบบเครื่องทำความเย็นมีหน้าที่ดูดสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สที่แรงดันต่ำและอัดให้มีแรงดันสูง คอมเพรสเซอร์แบ่งออกเป็น 2 แบบ

1) แบบเปิด (Open Type)

เป็นแบบที่ตัวคอมเพรสเซอร์แยกกันอยู่กับตัวขับหรือที่เรียกกันว่ามอเตอร์ (Motor) โดยมีสายพาน (Belt) หรือตัวต่อ (Coupilng) ซึ่งใช้เชื่อมระหว่างเพลาของมอเตอร์และเพลาข้อเหวี่ยงของคอมเพรสเซอร์ ตัวอย่างคอมเพรสเซอร์แบบนี้ได้แก่ ระบบเครื่องทำความเย็นที่มีขนาดใหญ่ห้องเย็นหรือคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศติดรถยนต์

2) แบบปิด (Close Type)

เป็นแบบที่มีตัวคอมเพรสเซอร์และตัวมอเตอร์รวมอยู่ในเปลือก (Case) โลหะในตัวเดียวกัน คอมเพรสเซอร์แบบนี้จึงมีชื่อเรียกกันว่า มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ (Motor Compressor) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

2.1) แบบปิดสนิทหรือแบบเฮอร์เมติค (Hermetic Compressor) จะเป็นแบบที่มีตัวมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์อยู่ในตัวเดียวกันโดยเชื่อมปิดหมด แต่จะมีท่อที่โผล่ออกมาอีก 3 ทางคือ ทางดูด (Suction Line) เป็นท่อที่จะดูดสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สเข้าไปในคอมเพรสเซอร์ แก๊สที่ดูดเข้าไปนี้จะมีแรงดันต่ำ (Low Pressure) และจะถูกคอมเพรสเซอร์อัดให้มีแรงดันสูง (High Pressure)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และส่งออกทางท่ออัด (Discharge) ทางอัด (Discharge Line) เป็นท่อทางเล็กกว่าท่อดูดและท่อบรรจุสารทำความเย็น ท่อทางอัดนี้จะต่อมาจากห้องลิ้นทางอัดของคอมเพรสเซอร์ ท่อนี้จะรับแรงดันของแก๊สสูงเพื่อส่งต่อไปยังเครื่องควบแน่นต่อไป และท่อเติมสารทำความเย็นเป็นท่ออีกท่อหนึ่งลักษณะเช่นเดียวกับท่อทางดูด และสามารถใช้แทนกันได้มีไว้สำหรับบรรจุสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สเข้าไปในระบบเพื่อให้ลูกสูบอัดออกทางทางอัด ส่วนอีกด้านหนึ่งของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์จะมีขั้วหลัก (Terminal) ที่จะต่อสายไฟจากภายนอกเข้าไปในมอเตอร์ 3 ขั้วหลัก คือขั้วหลักสตาร์ท (S) ขั้วหลักรัน (R) และขั้วคอมมอน (C)

2.2) แบบกึ่งปิดสนิท หรือแบบเซมิเฮอร์เมติค (Semi Hermetic) เป็นคอมเพรสเซอร์ที่มีทั้งมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์อยู่รวมกัน แต่ไม่ได้เชื่อมปิดหมด จะมีสกรูสำหรับยึดโครงต่างๆ บังคับปิดหมด ซึ่งแบบนี้สามารถจะถอดออก หรือปิดเพื่อซ่อมแซมมอเตอร์ และคอมเพรสเซอร์ได้

2.2.2 เครื่องควบแน่นหรือคอนเดนเซอร์

ทำหน้าที่รับเอาแก๊สร้อนที่อัดออกจากคอมเพรสเซอร์มาระบายความร้อนออกไปเพื่อให้แก๊สร้อนเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เครื่องควบแน่นแบ่งตามลักษณะการระบายความร้อนได้ 2 ชนิด คือ

1) ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air Cooled Condenser)

เครื่องควบแน่นชนิดนี้ใช้อากาศผ่าน เพื่อดึงความร้อนจากสารความเย็นในคอมเพรสเซอร์ออกไป มี 2 ชนิดคือ

1.1) แบบแผงร้อน (Static Condenser) เป็นเครื่องควบแน่นของตู้ทำความเย็นต่างๆ ใช้ความยาวของเครื่องควบแน่นเป็นที่ระบายความร้อน และมีลวดเหล็กขึงพาดระหว่างท่อทำเป็นครีบเพื่อให้มีผิวหน้าในการระบายความร้อนดีขึ้น

1.2) แบบใช้พัดลมเป่า (Fan Condenser) แบบนี้ตัวควบแน่นจะมีลักษณะที่เล็กกว่าแบบแผงร้อนและจะมีพัดลมเป่ามีครีบเป็นแผงบางๆ

2) ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Condenser)

เครื่องควบแน่นชนิดนี้เป็นแบบที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ และเครื่องทำน้ำแข็ง มีคุณสมบัติที่สามารถระบายความร้อนได้ดีกว่าชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศแต่ราคาอุปกรณ์แพงกว่า

2.2.3 ตัวควบคุมสารทำความเย็น

เป็นตัวควบคุมปริมาณสารทำความเย็น ที่จะฉีดเข้าไปในอีแวปปอเรเตอร์ ตัวควบคุมสารทำความเย็นนี้มี 5 ชนิด คือ

1) แคปปิลลารี่ทิ้ว (Capillary Tube) เป็นท่อทองแดงขนาดเล็ก หรือมีชื่อย่อว่า Cap.Tube

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ออโตเมติคเอกซ์แปนชั่นวาล์ว (Automatic Expansion Valve) หรือมีชื่อย่อว่า A.E.V

3) เทอร์โมสแตติคเอกซ์แปนชั่นวาล์ว (Thermostatic Expansion Valve) มีชื่อย่อว่า T.E.V

4) ลูกลอยทางสูง (High Side Float)

5) ลูกลอยทางต่ำ (Low Side Float)

หน้าที่หลัก ของตัวควบคุมสารทำความเย็น คือ ควบคุมปริมาณสารทำความเย็นที่จะฉีดเข้าอีแวปปอเรเตอร์และลดแรงดันของสารทำความเย็นที่มาจากถังพักสารทำความเย็น

2.2.4 อีแวปปอเรเตอร์

มีหน้าที่รับสารทำความเย็นเหลวที่ฉีดออกมาจากตัวควบคุมสารทำความเย็น และตัวอีแวปปอเรเตอร์จะรับสารทำความเย็นที่มีแรงดันต่ำไว้ สารทำความเย็นเหล่านี้เมื่อถูกลดแรงดันลงก็จะระเหย (Evaporate) ซึ่งทั้งนี้เมื่อสารทำความเย็นเหลวระเหยก็จะกลายเป็นแก๊สถูกดูดกลับไปยังคอมเพรสเซอร์อีกครั้ง การระเหยของสารทำความเย็นในอีแวปปอเรเตอร์จะต้องใช้ความร้อนมาช่วยในการระเหย ดังนั้นความร้อนของสารที่ใช้ทำอีแวปปอเรเตอร์จะถูกดูดไปใช้ในการระเหยของสารทำความเย็นเหลวจึงทำให้อีแวปปอเรเตอร์เย็น

2.2.5 กฎของการทำความเย็น

1) ของเหลวจะดูดความร้อน ขณะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นแก๊สและจะคายความร้อนเมื่อเปลี่ยนสถานะจากแก๊สไปเป็นของเหลว

2) อุณหภูมิขณะเปลี่ยนสภาวะ (State) จะคงที่ ซึ่งอุณหภูมินี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามแรงดัน

3) ความร้อนจะเคลื่อนที่จากสิ่งที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังสิ่งที่อุณหภูมิต่ำกว่า

4) วัสดุที่ใช้สำหรับส่วนที่ทำความเย็นและส่วนที่กลั่นตัวจะต้องมีคุณสมบัติเป็นตัวนำความร้อนที่ดี

5) พลังงานความร้อนและพลังงานรูปอื่นๆ สามารถเปลี่ยนกลับกันได้

2.2.6 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัด

เริ่มต้นจากคอมเพรสเซอร์จะทำหน้าที่ดูดสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สจาก อีแวปปอเรเตอร์ แก๊สที่ดูดเข้ามาจะเป็นแก๊สที่มีแรงดันต่ำและมีอุณหภูมิต่ำด้วย แก๊สจะถูกดูดเข้าคอมเพรสเซอร์ทางท่อทางดูดและคอมเพรสเซอร์จะอัดสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สนี้ให้มีแรงดันสูงขึ้น และขณะที่แก๊สมีแรงดันสูงขึ้น แก๊สจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย ตามกฎของชาร์ล แก๊สจะถูกอัดออกทางท่อทาง และจะส่วนผ่านไปยังตัวเครื่องควบแน่น ถ้าใช้เกจวัดดูที่ท่อทางอัด จะพบว่าแรงดันสูงซึ่งเรียกแรงดันนี้ว่าแรงดันด้านอัด เนื่องจากแก๊สที่อัดออกมาทางท่อทางอัดร้อน จึงเรียกแก๊สนี้ว่า แก๊สร้อน เมื่อแก๊สร้อนถูกอัดเข้าไปในเครื่องควบแน่นแล้วตัวเครื่องควบแน่นมีหน้าที่รับเอาแก๊สร้อนไว้และทำหน้าที่ระบายความร้อนหรือดึงเอาความร้อนแฝง (Latent Heat) ออกไป โดยตัวกลาง จะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก๊สร้อนผ่านมารับเอาความร้อนแฝงจากแก๊สร้อนออกไป (ตัวกลางอาจจะเป็นน้ำหรืออากาศแล้วแต่ชนิดของเครื่องควบแน่น) เมื่อมีอากาศหรือน้ำมาผ่านเครื่องควบแน่นแก๊สร้อนจะส่งความร้อนแฝงให้ไปและแก๊สร้อนจะกลั่นตัวเป็นของเหลวจากนั้นของเหลวที่กลั่นตัวแล้วนี้ยังคงเป็นของเหลวที่มีแรงดังสูง และอุณหภูมิค่อนข้างสูงอยู่ สูงกว่าอุณหภูมิรอบตัวหรือเท่ากันแต่ต่ำกว่าแก๊สร้อนที่ออกจากท่อทางอัด ของเหลวที่ออกจากเครื่องควบแน่น จะถูกส่งต่อไปเข้าถังพักสารทำความเย็น (Receiver Tang) ซึ่งจะได้เก็บสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวไว้ด้านล่าง ส่วนแก๊สที่ไม่กลั่นตัว (Uncondensing Gas) จะลอยอยู่ด้านบนแล้วถังพักสารทำความเย็นจะส่งเอาเฉพาะสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวผ่านไปยังท่อสารทำความเย็นเหลว และผ่านไปเข้าที่ดูดสารทำความเย็น (Sight Glass) เพื่อดูว่าสารทำความเย็นในระบบมีเพียงพอหรือไม่ สารทำความเย็นที่เป็นของเหลวจะผ่านเข้าไปยังตัวควบคุมสารทำความเย็น (Refrigerant Control) ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมปริมาณสารทำความเย็นที่จะฉีดให้เป็นฝอยเข้าไประเหยในอีแวปปอเรเตอร์และมีหน้าที่ลดแรงดันของสารทำความเย็นที่จะเข้าอีแวปปอเรเตอร์ สารทำความเย็นที่เป็นของเหลว เมื่อถูกลดแรงดันจะเกิดการระเหยทันทีสารทำความเย็นจะเข้าไประเหยในอีแวปปอเรเตอร์ การระเหยของ สารทำความเย็นนี้จะต้องใช้ความร้อนเพื่อช่วยในการระเหย ดังนั้นความร้อนจากท่ออีแวปปอเรเตอร์จะถูกดูดหรือดูดไปเพื่อการระเหยทำให้อีแวปปอเรเตอร์เย็น โดยจะสังเกตได้ว่าส่วนไหนที่สารทำความเย็นระเหย จะมีละอองหิมะจับอยู่เป็นสีขาว เรียกว่า ฟรอสท์ไลน์ (Frost Line) ตัวควบคุมสารทำความเย็นก็จะควบคุมปริมาณของสารทำความเย็นให้เข้าไประเหยหมดใน อีแวปปอเรเตอร์พอดีดังนั้นถ้าหากชาร์จหรือเติมสารทำความเย็นพอดีฟรอสท์ไลน์ก็จะจับออกมานอกอีแวปปอเรเตอร์ประมาณ 6 นิ้วจากทางออกของอีแวปปอเรเตอร์ จุดที่ฟรอสท์ไลน์วิ่งมาถึงนี้ถูกเรียกว่าจุดสูงสุดของการระเหย (Saturation Point) ดังนั้นหลังจากถึงจุดสูงสุดแล้วสภาพสารทำความเย็นที่วิ่งในท่อทางดูดจะเป็นแก๊สหมดและแก๊สที่วิ่งลงมาในท่อทางดูดนี้จะเป็นแก๊สที่มีแรงดันต่ำและมีอุณหภูมิต่ำด้วยต่อไปแก๊สนี้จะถูกดูดกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ทางด้านดูดแล้วจะถูกคอมเพรสเซอร์อัดให้มีแรงดันและอุณหภูมิสูงอีกต่อไป

ระบบการทำความเย็น ก็จะทำงานเวียนเป็นวัฏจักรตลอดเวลาที่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ยังทำงานอยู่และสารทำความเย็นที่มีอยู่ในระบบจะไม่มีการสูญเสีย นอกจากเกิดการรั่วซึม (Leak) ที่แห่งใดแห่งหนึ่งเท่านั้น

เนื่องจากในระบบเครื่องเย็นเบื้องต้น มีทั้งสารทำความเย็นที่อยู่ในสภาพแรงดันสูงอุณหภูมิสูงและแรงดันต่ำอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นจึงมีการแบ่งภาคออกเป็น 2 ภาค คือ ทางด้านสูง ซึ่งจะเริ่มจากทางอัดของคอมเพรสเซอร์ ผ่านเครื่องควบแน่นผ่านไปยังท่อน้ำยาเหลว จนถึงทางเข้าของตัวควบคุมสารทำความเย็นส่วนนี้จะมีทั้งแรงดันสูงอุณหภูมิสูง และทางด้านต่ำซึ่งจะเริ่มตั้งแต่ทางออกของตัวควบคุมสารทำความเย็นผ่านอีแวปปอเรเตอร์เข้าทางดูด ส่วนนี้จะมีทั้งแรงดันและอุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 การทำงานของระบบเครื่องทำความเย็นแบบอัดชนิดที่ใช้แคปทิ้ว

วัฏจักรการทำงานของเครื่องทำความเย็นชนิดใช้ แคปปิลลารี่ทิ้วเป็นตัวควบคุมสารทำความเย็น คอมเพรสเซอร์เป็นแบบปิดสนิทที่รวมมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์ไว้ในเปลือกที่เชื่อมมิดชิด ตัวเครื่องควบแน่นเป็นแบบแผงร้อนระบายความร้อนโดยวิธีธรรมชาติไม่มีพัดลมช่วย ตัวอีแวปปอเรเตอร์เป็นแบบแผ่นเพลท (Plate Type) ทางออกของอีแวปปอเรเตอร์จะมีกล่องดักสารเหลว (Accumulator) ซึ่งจะทำหน้าที่ในการดักเอาสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวจะไม่ให้ไหลกลับเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ทางด้านดูดปลายทางออกของเครื่องควบแน่นจะเป็นตัวไดรเออร์ (Drier) ซึ่งจะทำหน้าที่กรองขี้ผง และภายในยังมีสารดูดความชื้น (Silica Gel) อยู่ภายในด้วยเพื่อดูดความชื้นของสารทำความเย็นในระบบโดยปกติแคปทิ้วแนบติดกับท่อทางดูด เพื่อประโยชน์ในการเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือถ่ายเทความร้อนในกรณีที่มีอากาศโดยรอบตัว (Ambient Temperature) สูง เครื่องควบแน่นระบายความร้อนไม่ดีจะทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนแปลงเป็นของเหลวไม่หมดในเครื่องควบแน่นจึงทำให้มีแก๊สและของเหลววิ่งเข้าไปในแคปทิ้ว จะทำให้ปริมาณของสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวที่จะฉีดเข้าอีแวปปอเรเตอร์น้อยลงทำให้อีแวปปอเรเตอร์เย็นไม่ทั่วเหมือนกับว่าสารทำความเย็นน้อยไปวิสัยสามารถของอีแวปปอเรเตอร์ต่ำ ดังนั้นถ้าทำฮีทเอ็กเช้นจ์ คือ เอาท่อแคปทิ้วแนบหรือสอดเข้าไปในท่อทางดูดแล้วความเย็นท่อทางดูดจะทำให้แก๊สที่ไม่กลั่นตัวส่วนแก๊สที่วิ่งอยู่ในท่อแคปทิ้วจะกลั่นตัวเป็นของเหลวทันทีที่กระทบความเย็นของท่อทางดูดทำให้ปริมาณสารทำความเย็นที่จะฉีดเข้าอีแวปปอเรเตอร์พอดี อีแวปปอเรเตอร์จะเย็นทั่ว เนื่องจากระบบเครื่องทำความเย็นแบบอัด แบ่งระบบเครื่องเย็นออกเป็นทางสูงและทางต่ำ ฉะนั้นขณะที่เครื่องเดิน แรงดันทางด้านอัดจะสูงและทางด้านดูดจะต่ำเมื่อหยุดเครื่องแล้วจะเปิดให้เครื่องทำงานทันทีทันใดไม่ได้ เพราะในระบบยังมีด้านหนึ่งมีแรงดันสูงอีกด้านหนึ่งมีแรงดันต่ำ ถ้าเดินเครื่องทันทีทันใดมอเตอร์คอมเพรสเซอร์จะไม่สามารถสตาร์ทให้ทำงานได้เลย ตัวโอเวอร์โหลด (Over Load) จะตัดทันทีหรือฟิวส์อาจจะขาดซึ่งจะทำให้คอมเพรสเซอร์อาจจะมีอายุการใช้งานสั้นลง ต้องรอให้แรงดันในระบบเท่ากัน (Balance) เสียก่อน ซึ่งอาจใช้เวลาห้าถึงสิบนาทีจึงจะต่อไฟให้เครื่องทำงานใหม่ได้

ในระบบเครื่องปรับอากาศก็เช่นเดียวกับตู้เย็น เมื่อเครื่องหยุดและต้องรออย่างน้อยห้านาทีจึงจะเดินเครื่องใหม่ได้ แต่ถ้าเป็นเครื่องปรับอากาศเครื่องใหญ่ๆ จะมีนาฬิกาหน่วงเวลา (Time Delay) ไว้ถึงแม้ว่าเมื่อหยุดเครื่องแล้วจะไปต่อไฟเดินทันทีเลยได้ เพราะพอเริ่มต่อไฟเดินแต่เครื่องยังไม่ทำงานจะทำงานเฉพาะนาฬิกาหน่วงเวลาเท่านั้น จนกว่าเวลาผ่านไปอย่างน้อยห้านาทีกลไกของนาฬิกาหน่วงเวลา จึงทำงานต่อวงจรให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์หมุนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การวัดระดับ

การวัดระดับแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามหลักการวัดดังนี้

2.3.1 วิธีการวัดระดับของเหลว

โดยทั่วไป มีอยู่สองวิธีที่ใช้ในทางอุตสาหกรรมสำหรับวัดระดับของเหลว วิธีเหล่านั้นคือ วิธีวัดระดับโดยทางตรงและวิธีวัดระดับโดยทางอ้อม

2.3.2 วิธีวัดระดับโดยทางตรง

วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของการวัดระดับของเหลว ในวิธีนี้ระดับของเหลวถูกวัดโดยตรงโดยวิธีการดังต่อไปนี้

1) การวัดระดับโดยวิธีดิพสติก

เป็นวิธีหนึ่งที่ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในการหาระดับของเหลวคือ การจุ่มก้านโลหะที่มีระยะบอกระดับลงไปในของเหลว นักแล่นเรือโดยปกติ จะจุ่มพายลงไปในแม่น้ำลำคลองเพื่อหาความลึกของน้ำที่ตำแหน่งนั้นๆ ในทำนองเดียวกัน เราใช้ดิพสติคเพื่อใช้วัดระดับน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องยนต์หรือความสูงของน้ำมันเชื้อเพลิงในถังเก็บน้ำมัน วิธีนี้เป็นวิธีที่ประหยัดมากทีเดียว แต่วัดได้ไม่ถูกต้องสำหรับการวัดของเหลวที่กำลังเคลื่อนที่ ยิ่งไปกว่านั้น มันเป็นไปไม่ได้ที่จะใช้วัดระดับอย่างต่อเนื่องในขบวนการทางอุตสาหกรรม

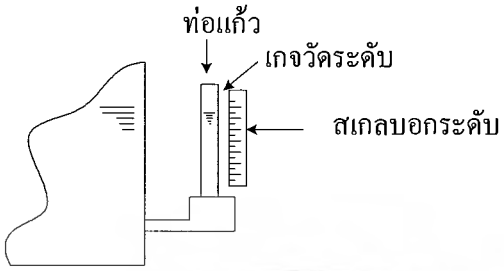
2) การวัดระดับโดยใช้กระจกมองระดับ

กระจกมองระดับเป็นวิธีหนึ่งของการวัดระดับของเหลว โดยการสังเกตระดับในภาชนะโดยตรงและอย่างต่อเนื่องซึ่งใช้กันมากในขบวนการทางอุตสาหกรรม กระจกมองระดับสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างได้ 2 แบบ คือ แบบท่อแก้ว (Tubular Glass) และแบบกระจกแผ่นเรียบ (Flat Glass)

2.1) แบบท่อแก้ว กระจกมองระดับแบบท่อแก้วจะประกอบด้วยท่อแก้วที่มีสเกลที่บอกระดับ ถูกต่อไว้ในภาชนะที่ด้านล่างซึ่งระดับน้ำในภาชนะเป็นสิ่งที่ต้องการวัด รูปที่ 2.1 แสดงกระจกมองระดับแบบท่อแก้วที่ง่ายที่สุดสำหรับภาชนะเปิด ซึ่งระดับของเหลวในท่อแก้วจะตรงกับระดับของของเหลวในภาชนะ เมื่อระดับของของเหลวในภาชนะเพิ่มขึ้นและลดลง ระดับในท่อแก้วก็จะเพิ่มขึ้นและลดลงตามลำดับ ด้วยเหตุนี้ ระดับของของเหลวในภาชนะก็จะถูกวัดโดยการวัดระดับในท่อแก้ว ในท่อแก้วมันไม่จำเป็นต้องใช้ของเหลวชนิดเดียวกับของเหลวในภาชนะ ของเหลวอื่นๆ ก็สามารถนำมาใช้ได้ เมื่อเราต้องการวัดระดับของเลวโดยที่ของเหลวโดยที่ของเหลวอยู่ภายใต้ความดันหรืออยู่ในภาชนะปิด ที่ด้านบนของท่อแก้วต้องถูกต่อเข้ากับภาชนะเช่นเดียวกับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านล่าง ไม่เช่นนั้นความแตกต่างของความดันระหว่างภาชนะกับท่อแก้วจะเป็นสาเหตุให้การอ่านระดับผิดพลาด ในกรณีเช่นนี้ ท่อแก้วจะถูกห่อหุ้มอยู่ภายในเครื่องป้องกัน (Protective Housing)



รูปที่ 2.1 กระจกมองระดับแบบท่อแก้วสำหรับภาชนะเปิด

และควรมีวาล์วสองตัวต่ออยู่ที่ด้านบนและด้านล่างของท่อแก้วเพื่อแยกออกจากภาชนะในกรณีที่ท่อแก้วแตก วาล์วในลักษณะเดียวกันที่ด้านล่างควรจะติดตั้งไว้ด้วยเพื่อการทำความสะอาดท่อ รูปที่ 2.2 แสดงกระจกมองระดับความดันสูง ซึ่งการวัดทำได้โดยการอ่านระดับของของเหลวบนสเกลที่ได้สอบเทียบไว้ กระจกมองระดับชนิดนี้ใช้กับภาชนะที่มีความดันสูงพร้อมกับมีการป้องกันความปลอดภัยที่เหมาะสม ท่อแก้วต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในที่เล็กและผนังท่อหนา

รูปที่ 2.2 กระจกมองระดับความดันสูง

สำหรับย่านการวัด มาตรฐานการวัดในทางปฏิบัติจะไม่ใช้ท่อแก้วที่มีความยาวเกินกว่า 90 เซนติเมตร เพราะว่าท่อแก้วที่มีความยาวมากกว่านี้จะแตกได้ง่ายเนื่องจากการขยายตัว ในกรณีที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสูงของภาชนะมากกว่า 90 เซนติเมตร เราจะใช้ท่อแก้ววัดระดับมากกว่าสองท่อวางไว้ในระดับที่แตกต่างกัน มาตรวัดระดับชนิดนี้สามารถทนต่อความดันได้สูงถึง 350 psig สำหรับความดันไอน้ำ (Steam Pressure) ที่อุณหภูมิ 252 องศาเซลเซียส หรือ 1,000 psig สำหรับความดันของเหลว

2.2) แบบกระจกแผ่นเรียบ กระจกมองระดับแผ่นเรียบ ถูกใช้อย่างกว้างขวางมากที่สุดอีกอันหนึ่งในทางอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถวัดระดับของเหลวที่มีความดันและอุณหภูมิได้สูงกว่าแบบท่อแก้ว โดยปกติสามารถใช้กับความดันได้สูงถึง 10,000 psig และทนอุณหภูมิได้สูงถึง 1,000 องศาฟาเรนไฮ อันนี้เป็นเพราะว่าตัวโครงของมาตรวัดเป็นเหล็กหล่อพร้อมกับเพลทพลาสติกหรือกระจกหนาสำหรับสังเกตระดับ

3) การวัดระดับชนิดตะขอเกี่ยว

เมื่อระดับของของเหลวในภาชนะเปิดถูกวัดโดยตรงบนสเกล บางครั้งมันเป็นเรื่องยากที่จะอ่านระดับได้อย่างถูกต้อง เพราะความผิดพลาดเนื่องจากการเหลื่อมกันจากการสังเกตจุดสองจุด (Parallex Error) หรือบางครั้งมันกลายเป็นความจำเป็นที่จะต้องวัดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในระดับของของเหลวให้ได้อย่างถูกต้องในภาชนะเปิด

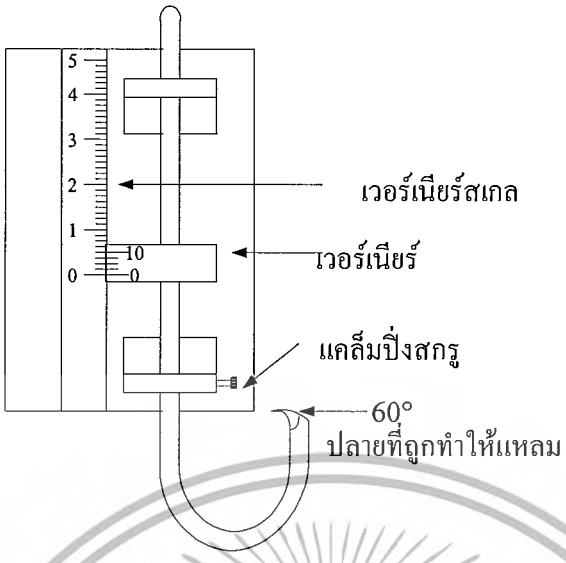
ในภาชนะที่มีขนาดใหญ่ การเปลี่ยนแปลงของของเหลวเพียงเล็กน้อย จะหมายถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรเป็นจำนวนมาก ในกรณีเช่นนี้ การวัดระดับโดยใช้มาตรวัดชนิดขอเกี่ยวจะเหมาะสมที่สุด

มาตรวัดชนิดขอเกี่ยว ประกอบด้วยลวดโลหะผสมที่ไม่เป็นสนิมอันหนึ่งซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ $\frac{1}{4}$ นิ้ว ถูกโค้งงอเป็นรูปตัวยู โดยแขนข้างหนึ่งยาวกว่าแขนอีกข้างหนึ่ง

ดังแสดงในรูปที่ 2.3 แขนที่สั้นกว่าใช้ชี้ระดับของเหลวในภาชนะ ที่ปลายของมันถูกทำให้แหลมและเอียงเป็นมุม 60 องศา ขณะที่แขนด้านที่ยาวกว่าจะติดกับสไลเดอร์ (Slider) ที่มีเวอร์เนียร์สเกล (Vernier Scale) เคลื่อนที่บนสเกลและใช้บอกระดับของของเหลวในภาชนะ

เมื่อต้องการวัดระดับ ตะขอเกี่ยวจะถูกดันลงไปข้างล่างให้ต่ำกว่าพื้นผิวของของเหลวที่ต้องการวัดระดับ แล้วค่อยๆ เลื่อนขึ้นที่ละน้อยจนกระทั่งปลายตะขอชี้อยู่ที่พื้นผิวของของเหลวพอดี จากนั้น ทำการล็อคตะขอด้วยแคล็มปิ่งสกรู (Clamping Screw) แล้วอ่านระดับบนสเกล เครื่องมือชนิดนี้ให้ความเที่ยงตรงถึง ± 0.2 มิลลิเมตร และยังทำงานด้วยมือได้ เมื่อไม่สามารถอ่านอย่างอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การวัดระดับโดยใช้มาตรวัดชนิดตะขอเกี่ยว

4) การวัดระดับชนิดลูกลอย

การวัดระดับชนิดลูกลอยถูกใช้เพื่อวัดของเหลวในภาชนะ ซึ่งลูกลอยลอยอยู่บนพื้นผิวของของเหลวและติดตามการเปลี่ยนระดับของของเหลว การเคลื่อนที่ของลูกลอยถูกส่งต่อไปที่เข็มชี้ผ่านกลไกที่เหมาะสม ซึ่งชี้แสดงระดับบนสเกลที่ได้สอบเทียบไว้แล้ว มีลูกลอยมากมายหลายชนิดที่ถูกนำมาใช้ เช่น ลูกลอยชนิดโลหะกลวงทรงกลม ลูกลอยที่มีลักษณะทรงกระบอก และลูกลอยที่มีลักษณะแผ่นกลม (Disc Shaped Floats)

4.1) ลูกลอยที่ใช้เทปประกอบการวัด มาตรวัดชนิดนี้ มีหลักการทำงานและโครงสร้างที่ง่ายมาก สำหรับการวัดระดับของเหลวที่ต่อเนื่อง ในกรณีนี้ลูกลอยจะถูกต่อเข้ากับ เชือก เส้นลวด สายเคเบิ้ล โซ่หรือเทป ที่มักทำด้วยสแตนเลสสตีล (Stianless Steel) ที่บิดงอได้ แล้วพันรอบรอก (Pulley) ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งต่อเข้ากับน้ำหนักถ่วง (Counter Weight) เพื่อรักษาให้เชือกหรือเทปตึงตลอดเวลา เมื่อระดับของของเหลวมีการเปลี่ยนแปลง ลูกลอยก็จะเคลื่อนที่ขึ้นและลงตามไปด้วย ส่งผลให้รอกหมุน อย่างไรก็ตาม แกนของรอกถูกต่อไปขับเข็มชี้บนสเกลอ่านระดับ ทำให้เราสามารถอ่านระดับของของเหลวได้ ลูกลอยทำด้วยวัสดุที่เป็นสนิมและลอยอยู่บนผิวของของเหลวระหว่างตะแกรงสองอัน เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดในการอ่านระดับที่เกิดจากการกระเพื่อมของของเหลว มาตรวัดชนิดนี้เหมาะสำหรับการวัดระดับในภาชนะเปิดทั้งนี้ก็เพื่อหลีกเลี่ยงความยุ่งยากในการนำการเคลื่อนที่ของลูกลอยออกมายังเครื่องอ่านระดับภายนอกสำหรับการวัดระดับใน

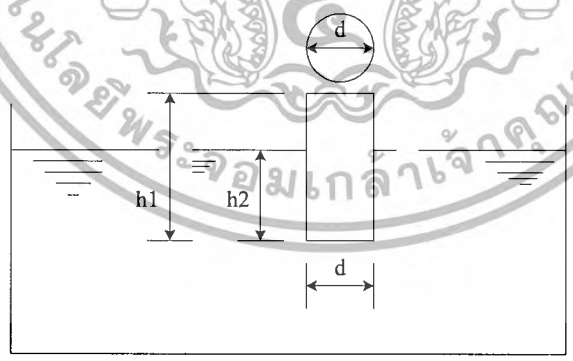
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาชนะปิด นอกจากนี้ ในภาชนะที่มีขนาดใหญ่ เช่น ถังเก็บน้ำมันหรือถังเก็บน้ำ การวัดระดับโดยวิธีนี้ก็ยังมีความเหมาะสมอีกด้วย สำหรับย่านการวัดจะอยู่ระหว่าง 152 มิลลิเมตร ถึง 50 เมตร

4.2) ลูกลอยที่ใช้แม่เหล็กช่วยในการอ่านระดับ สำหรับของเหลวที่มีการกัดกร่อน สามารถติดไฟหรือมีพิษ จำเป็นต้องแยกส่วนที่วัดออกจากตัวอ่านระดับ เพื่อไม่ให้มีการรั่วเกิดขึ้น การวัดระดับโดยใช้ลูกลอยติดแม่เหล็กจะเป็นสิ่งที่เหมาะสมมากที่สุด มาตรวัดชนิดนี้ประกอบด้วย ท่อรูปทรงกระบอกที่แข็งแรงทำจากวัสดุที่ไม่เป็นแม่เหล็กหรือต้านทานต่อเส้นแรงแม่เหล็ก ภายในท่อมีลูกลอยฝังอยู่ด้วยแท่งแม่เหล็กถาวรไว้ภายใน ซึ่งลูกลอยสามารถเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงได้อย่างอิสระ ด้านนอกของท่อมีที่ดูระดับประกอบด้วยแผ่นโลหะชิ้นเล็กๆ ที่เป็นสารแม่เหล็กตั้งเรียงกันอยู่ตามแนวระดับและสามารถขยับตัวได้อิสระ เมื่อลูกลอยเคลื่อนที่ไปอยู่ที่จุดใดสนามแม่เหล็กจากลูกลอยจะทำให้แผ่นโลหะที่จุดนั้นถูกดูดเอียงเป็นมุม 18 องศา ทำให้เราทราบระดับของของเหลวนั้นได้ อย่างไรก็ตามวิธีนี้ไม่เหมาะกับของเหลวที่มีอุณหภูมิสูงเพราะจะทำให้แม่เหล็กเสื่อมสภาพได้ง่าย

5) การวัดระดับโดยใช้ดิสเพลสเซอร์

การวัดระดับโดยใช้ดิสเพลสเซอร์ทำงานบนหลักการของอาร์คิมิดิสซึ่งกล่าวว่า “วัตถุอันหนึ่งถูกจุ่มลงไปในของเหลวทั้งอันหรือเป็นบางส่วนจะถูกพยุงขึ้นด้วยแรงอันหนึ่ง ซึ่งเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่” เพื่อตรวจสอบหลักการดังกล่าวในรายละเอียดให้มากขึ้น ให้เราพิจารณาแรงพยุงที่วัตถุรูปทรงกระบอกที่ถูกจุ่มลงไปในภาชนะเป็นบางส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แรงพยุงที่วัตถุรูปทรงกระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 วิธีวัดระดับโดยทางอ้อม

การวัดระดับของเหลวโดยวิธีทางอ้อมที่ใช้กันโดยทั่วไปในทางอุตสาหกรรมมีอยู่ด้วยกันสองวิธี คือ

1) วิธีใช้ความกดดันของน้ำ

ของเหลวที่เก็บอยู่ภายในภาชนะจะมีแรงอันหนึ่งเกิดขึ้นที่ผนังของภาชนะ แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากของเหลวนี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อของ “ความกดดันของน้ำ” (Hydrostatic Pressure) และมันเป็นสัดส่วนกับความลึกหรือความสูงของของเหลวในภาชนะ หลักการวัดระดับโดยวิธีนี้มีดังต่อไปนี้

1.1) วิธีมาตรวัดความดัน วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดที่ถูกใช้เพื่อวัดระดับของของเหลวในภาชนะเปิด ความกดดันของของเหลวใดๆ ในภาชนะเปิด สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P = \rho.h.S_g \tag{2.1}$$

หรือ

$$h = \frac{p}{\rho.S_g} \tag{2.2}$$

เมื่อ P = ความดัน (N/m^2)

ρ = ค่าความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^2)

S_g = ค่าความถ่วงจำเพาะ

h = ความสูงของของเหลว (บางทีถูกเรียกว่า head) มีหน่วยเป็นนิ้วหรือเมตร

ความกดดันของของเหลวในภาชนะปิด สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P = \rho.h.S_g + \text{ความดันที่อยู่บนของเหลว} \tag{2.3}$$

เพราะฉะนั้น ความดันที่ถูกวัดที่ด้านล่างของภาชนะซึ่งกำลังบรรจุด้วยของเหลวที่รู้ค่าความหนาแน่นและค่าความถ่วงจำเพาะ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความสูงหรือระดับของของเหลวในภาชนะหลักการนี้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในเครื่องวัดความดันสำหรับการวัดระดับของเหลว การวัดระดับโดยใช้มาตรวัดความดันประกอบด้วยมาตรวัดความดัน ถูกต่ออยู่ที่ระดับต่ำสุดของภาชนะ ระดับที่ซึ่งมาตรวัดความดันต่ออยู่จะเรียกว่าระดับอ้างอิงและความดันที่คงที่ (Static Pressure) ถูกวัดโดยมาตรวัดคือ วัดความสูงของของเหลวเหนือระดับอ้างอิง เครื่องกั้นของเหลว (Liquid Seal) ถูกต่อเข้ากับภาชนะด้วยท่อและวาล์ว ขณะทำการวัดของเหลวที่มีการกัดกร่อนหรือมีความหนืดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากๆ เครื่องกั้นของเหลวจะบรรจุด้วยของเหลวซึ่งรวมระบบการวัดเข้าไว้ด้วย ของเหลวที่บรรจุอยู่นี้จะส่งค่า Pressure Head ของของเหลวที่ถูกวัดไปที่มาตรวัดความดัน พื้นผิวอิสระของของเหลวที่บรรจุอยู่ในเครื่องกั้นถูกรักษาให้สัมผัสโดยทางอ้อมกับของเหลวที่ต้องการวัด ของเหลวทั้งสองชนิดจะต้องไม่ผสมหรือทำปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งกันและกัน

1.2) แอร์เบลโล่ (Air Bellow) แอร์เบลโล่ถูกใช้เพื่อการวัดระดับ ในสถานที่ซึ่งเครื่องอ่านระดับไม่สามารถติดตั้งได้อย่างสะดวกที่ระดับต่ำสุดที่กำหนดไว้ (Datum line) รูปที่ 2.5 แสดงหลักการวัดระดับด้วยแอร์เบลโล่ แอร์เบลโล่ประกอบด้วยเบลโล่ซึ่งถูกต่อด้วยท่อเข้ากับเครื่องอ่านความดัน อากาศถูกปิดกั้นอยู่ในช่องว่างเหนือเบลโล่และภายในท่อที่ต่อไปยังเครื่องอ่านความดัน (Pressure Indicator) เมื่อภาชนะว่างเปล่า อากาศที่อยู่ภายในจะไม่ถูกอัดตัวและเครื่องอ่านความดันจะชี้อยู่ที่ศูนย์ เมื่อภาชนะถูกบรรจุด้วยของเหลว ความสูงของของเหลวในภาชนะจะดันเบลโล่ทำให้อากาศที่อยู่เหนือเบลโล่ถูกอัดตัว การอัดตัวของอากาศที่ถูกปิดกั้นจะถูกส่งไปที่เครื่องอ่านความดันซึ่งถูกสอบเทียบไว้ในเทอมของระดับของเหลวในภาชนะ

รูปที่ 2.5 แอร์เบลโล่สำหรับวัดระดับ

2) วิธีทางไฟฟ้า

การวัดระดับของวัสดุที่บรรจุอยู่ในภาชนะด้วยวิธีทางไฟฟ้า ที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในทางอุตสาหกรรมมีดังต่อไปนี้ คือ

2.1) ใช้หลักการวัดค่าความจุไฟฟ้า หลักเกณฑ์การทำงานของค่าความจุไฟฟ้าเพื่อการอ่านระดับของเหลวอยู่บนพื้นฐานของสมการค่าความจุ ที่คุ้นเคยกันดีของคาปาซิเตอร์ที่มีเพลทวางขนานกัน นั่นคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C = \frac{KA}{D} \tag{2.4}$$

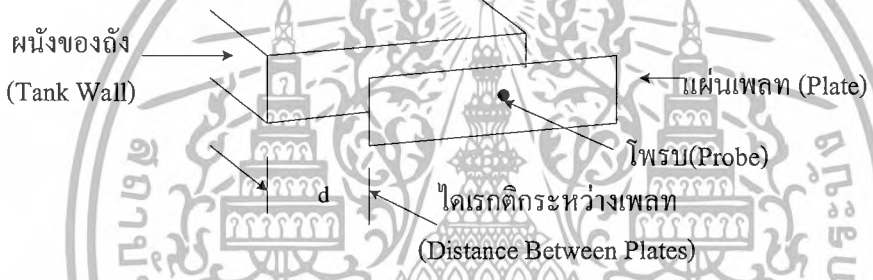
เมื่อ C = ค่าความจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นฟาราด

K = ค่า Dielectric Constant ของตัวกลาง มีหน่วยเป็น F/m^2

A = พื้นที่ของเพลท มีหน่วยเป็น m^2

D = ระยะห่างระหว่างเพลททั้งสอง มีหน่วยเป็น m

เพราะฉะนั้น จากสมการข้างบนเราจะพบว่า ถ้า A และ D คงที่ค่าความจุไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่า Dielectric Constant ซึ่งหลักการนี้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการวัดระดับด้วยค่าความจุไฟฟ้า



รูปที่ 2.6 การวัดระดับโดยใช้หลักการวัดค่าความจุไฟฟ้า

จาก รูปที่ 2.6 แสดงการวัดระดับชนิดใช้ค่าความจุไฟฟ้า มันประกอบด้วยโพรบค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance Probe) ซึ่งจะทำด้วยแท่งโลหะและถูกยึดติดอย่างแน่นหนาไว้ใกล้และขนานกับผนังโลหะของภาชนะ ในกรณีที่ของเหลวในภาชนะไม่เป็นตัวนำ โพรบค่าความจุและผนังของภาชนะจะมีลักษณะคล้ายกับเพลทของคาปาซิเตอร์ที่วางขนานกันและของเหลวระหว่างโพรบ ผนังจะทำหน้าที่เหมือนกับไดเรกติก (Dielectric) เครื่องมือวัดค่าความจุไฟฟ้าจะต่อเข้ากับโพรบและผนังของภาชนะซึ่งถูกสอบเทียบไว้ในเทอมของของเหลวในภาชนะ เมื่อระดับของเหลวในภาชนะเพิ่มขึ้นค่าความจุไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น เมื่อระดับของเหลวลดลง ค่าความจุไฟฟ้าก็จะลดลงด้วย การเพิ่มขึ้นและลดลงในค่าความจุไฟฟ้านี้จะถูกวัดแล้วแสดงค่าในเทอมของระดับของเหลว หลักการวัดระดับด้วยการวัดค่าความจุไฟฟ้า จึงเหมาะสำหรับวัสดุตัวกลางที่มีค่า K สูงกว่าค่า K ของอากาศมากๆ โดยปกติค่า K ของวัสดุตัวกลางจะเปลี่ยนค่าไปบ้าง ตามอุณหภูมิและความหนาแน่น ถ้าวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวกลางเป็นของเหลว ค่า K จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เช่น ในของเหลวชนิดเดียวกันที่อุณหภูมิลดลงจะมีค่า K สูงขึ้น

2.2) ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน (Resistance Sensors) อุปกรณ์วัดระดับชนิดเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน ลวดความต้านทานที่จมอยู่ในวัสดุที่ต้องการวัดระดับจะถูกวัสดุนั้นบีบหรือมีแรงดัน ทำให้ลวดความต้านทานถูกบีบหรือมีแรงดันทำให้ลวดความต้านทานถูกบีบติด (Short) เข้ากับแกนซึ่งเป็นตัวนำ (Conducting Base Strip) ค่าความต้านทานรวมของอุปกรณ์วัดจะลดลงเมื่อระดับของวัสดุในไซโลเพิ่มขึ้น

2.3) ใช้หลักการวัดค่าของความนำไฟฟ้า (Conductance Sensor) ในการนำไฟฟ้าไปใช้สามารถนำมาใช้เพื่อการวัดระดับสูงหรือต่ำในภาชนะได้ การใช้โพรบค่าความนำไฟฟ้าวัดระดับถูกจำกัดที่ของเหลวที่มีค่าความนำไฟฟ้าสูง เช่น น้ำ สารที่มีส่วนผสมของกรดหรือด่าและเครื่องดื่ม

ตัวควบคุมระดับชนิดใช้ค่าความนำไฟฟ้าจะจ่ายโวลต์เตจต่ำๆ เช่น ประมาณ 12 โวลต์ เอซี (V.ac) ขั้วต่อข้างหนึ่งถูกต่อเข้ากับโพรบที่ถูกหุ้มด้วยฉนวนและอีกข้างหนึ่งต่อเข้ากับผนังของภาชนะ และการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้าจะถูกวัดโดยวงจรบริดจ์ ค่าความต้านทานจะสูงเมื่อภาชนะว่างเปล่าแต่เมื่อตัวกลางที่มีสื่อนำไฟฟ้าสัมผัสกับโพรบ ค่าความต้านทานระหว่างโพรบกับผนังของภาชนะก็จะลดต่ำลง การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานนี้จะถูกขยายและถูกใช้เพื่อสั่งให้รีเลย์ทำงาน

ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเสมอๆ ในการใช้โพรบความนำไฟฟ้าคือ เมื่อวัสดุภายในภาชนะมีการเปลี่ยนแปลงไป การปรับค่าความนำไฟฟ้ากลับถูกละเลยมองข้ามไป อิทธิพลที่สำคัญอีกอันหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณาคือ การเป็นฟองและการกระเด็น มีโพรบชนิดพิเศษที่นำมาใช้กับของเหลวที่มีฟอง โพรบอาจถูกติดตั้งไว้ภายในห้องซึ่งต่อเข้ากับภาชนะเพื่อลดการกระเด็นเปื้อนของของเหลว

โพรบค่าความนำไฟฟ้าไม่ควรติดตั้งในแนวนอนเพราะว่าจะมีคราบหรือฝ้าของของเหลวเกาะอยู่บนโพรบเป็นเสมือนสะพานข้ามของไฟฟ้าทำให้โพรบทำงานตลอดเวลา

2.4 มอเตอร์แบบยูนิเวอร์แซล (Universal Motor)

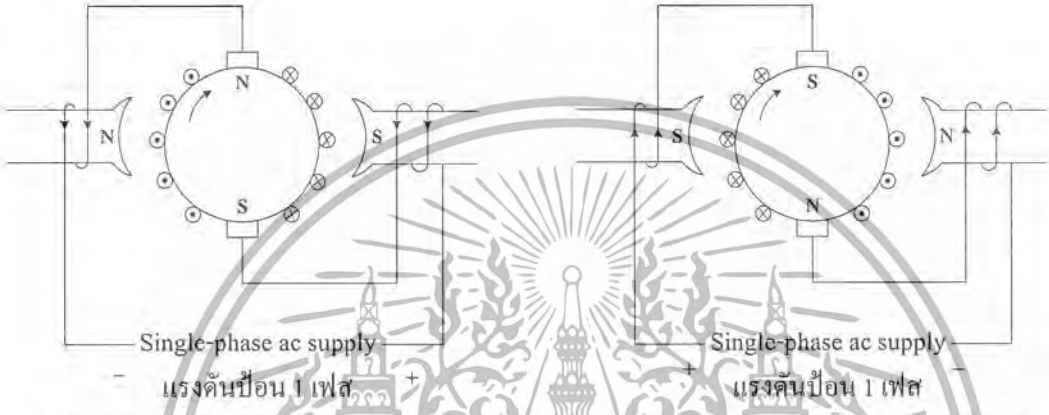
มอเตอร์แบบยูนิเวอร์แซล ในบางครั้งจะเรียกว่าซีริมอเตอร์ (Siries Motor) ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้สามารถใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดไม่เกิน $\frac{3}{4}$ แรงม้า สาเหตุที่ไม่สามารถสร้างให้สูงกว่านี้ได้เพราะมีปัญหาเกี่ยวกับคอมมิวเตเตอร์ขณะที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

มอเตอร์ชนิดนี้เป็นเมอเตอร์ที่ใช้ได้กับความถี่ตั้งแต่ 0 – 60 เฮิรตซ์ และให้ความเร็วรอบสูงมากเมื่อไม่มีโหลด บางครั้งอาจสูงถึง 20,000 รอบต่อนาที

มอเตอร์แบบยูนิเวอร์แซล มักจะถูกสร้างเพื่อประกอบกับเครื่องมือกลต่างๆ เช่น สว่านมือไฟฟ้า เลื่อยไฟฟ้า เครื่องขัดกระดาษทราย และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ภายในบ้าน เช่น เครื่องดูดฝุ่น มอเตอร์จักรเย็บผ้า เครื่องบดหรือผสมอาหาร ปั๊มน้ำขนาดเล็ก เป็นต้น



(ก) ทิศทางกระแสในครึ่งไซเกิลแรก (ข) ทิศทางกระแสในครึ่งไซเกิลหลัง

รูปที่ 2.7 หลักการทำงานของมอเตอร์แบบยูนิเวอร์แซล

จาก รูปที่ 2.7 (ก) และ (ข) จะสังเกตเห็นว่าการเปลี่ยนทิศทางของกระแสทั้งในขดลวดฟิลด์และอามาเจอร์ตามความถี่ของกระแสไฟฟ้ากระแสสลับนั้นไม่มีผลต่อทิศทางการหมุนของมอเตอร์ เช่นเดียวกับการสลับสายเมนที่ต่อเข้ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงก็ไม่มีผลต่อทิศทางการหมุนของมอเตอร์

2.4.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ยูนิเวอร์แซล

ส่วนประกอบของมอเตอร์แบบนี้ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ เหล่านี้ คือ

1) โครงสร้างเหล็ก บางทีเรียกสั้นๆ ว่าโครง อาจทำด้วยแผ่นเหล็กเหนียวม้วนเป็นรูปทรงกระบอกหรืออะลูมิเนียมหล่อหรือเหล็กหล่อ จะต้องมีขนาดโตพอที่จะยึดแกนขั้วสนามแม่เหล็กได้

2) แกนขั้วสนามแม่เหล็ก ทำด้วยแผ่นเหล็กบางลามิเนท จะอัดติดกับโครงด้วยหมุดหรือสกรู ที่แกนขั้วสนามแม่เหล็กนี้เอง ที่จะยึดขดลวดสนามแม่เหล็กไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
59510

3) อาร์มาเจอร์ มีลักษณะเหมือนกับอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คือ แกนอาร์มาเจอร์ทำด้วยแผ่นเหล็กบางลามิเนท ซึ่งสล๊อตที่เซาะบนผิวด้านนอกของแกนอาร์มาเจอร์อาจจะเป็นชนิดตรงและขนานกับเพลาหรือเป็นชนิดเฉียงกับแนวแกน (Skewed) ก็ได้ และมีคอมมิวเตเตอร์สำหรับต่อปลายของขดลวดอามาเจอร์ ทั้งแกนอาร์มาเจอร์และคอมมิวเตเตอร์จะอัดติดกับเพลา

4) ฝาปิดหัวท้าย ใช้สำหรับปิดหัวท้ายของมอเตอร์โดยยึดติดกับโครงด้วยสกรู ที่ฝาปิดทั้งสองข้างจะมีแบริ่งอัดติดแน่นเพื่อรองรับเพลาของอาร์มาเจอร์ แบริ่งที่อัดติดกับฝาปิดนี้อาจจะเป็นแบบลูกปืน (Ball) หรือแบบปลอก (Sleeve) ก็ได้ ฝาปิดหัวท้ายนี้จะทำด้วยเหล็กหล่อและที่ฝาปิดด้านหน้าจะมีซองแปรงถ่านติดอยู่ด้วย

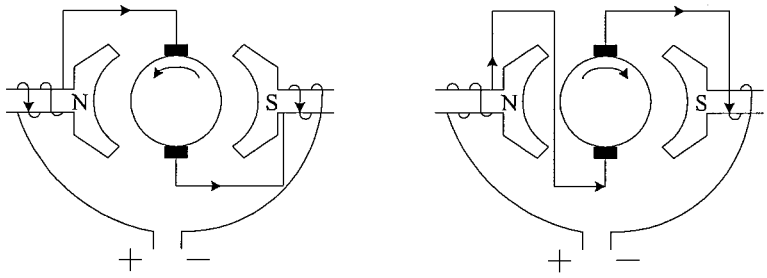
มอเตอร์แบบยูนิเวอร์แซลมีอัตราส่วนของกำลังเอาต์พุตต่อน้ำหนัก มีค่ามากกว่ามอเตอร์แบบอื่นๆ มีความเร็วโดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 7,000 รอบต่อนาที โครงสร้างของมอเตอร์แบบยูนิเวอร์แซลเหมือนกับมอเตอร์กระแสตรงแบบซีรีส์ แต่ต้องดัดแปลงบางสิ่งบางอย่าง คือ

1) แกนเหล็กสเตเตอร์เป็นแบบขั้วแม่เหล็กยื่นทำจากเหล็กแผ่นลามิเนทและต้องขดจำนวนรอบของขดลวดฟิลด์ลง เพื่อลดค่าแรงดันไฟฟ้าตกเนื่องจากค่ารีแอคแตนซ์ แต่จะมีผลกระทบต่อค่ากระแสไหลกลับ (Ampere turn) ของขั้วแม่เหล็ก จึงต้องออกแบบให้มีช่องอากาศ (Air Gap) แคบลงและเลือกใช้แกนเหล็กที่มีค่ารีลัคแตนซ์ (Reluctance) ต่ำๆ

2) การลดจำนวนรอบของขดลวดฟิลด์ลงทำให้แรงบิดของมอเตอร์ต่ำลง จึงต้องเพิ่มจำนวนของตัวนำในอาร์มาเจอร์ให้มากขึ้น ดังนั้นจำนวนซี่คอมมิวเตเตอร์จึงมีมากขึ้นและขนาดซี่คอมมิวเตเตอร์เล็กลง เมื่อมอเตอร์ขับโหลดจึงมีอาร์มาเจอร์รีแอกชั่นเกิดขึ้นมากเป็นเหตุให้เกิดประกายไฟขึ้นมาก ระหว่างแปรงถ่านกับคอมมิวเตเตอร์ และเนื่องจากเส้นแรงแม่เหล็กในอาร์มาเจอร์จึงมีค่าแรงดันไฟฟ้าตกเนื่องจากค่ารีแอคแตนซ์เกิดขึ้นในอาร์มาเจอร์ด้วยทำให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของมอเตอร์ต่ำลง เพื่อทำให้แรงดันไฟฟ้าตกเนื่องจากค่ารีแอคแตนซ์มีค่าน้อยลงและทำให้การ คอมมิวเตชั่น (Commutation) ดีขึ้นจึงต้องใช้ขดลวดชดเชย (Compensating Winding) เพื่อลดประกายไฟดังกล่าว แต่มอเตอร์ขนาดเล็กไม่จำเป็นต้องใช้ชดเชยขดลวด

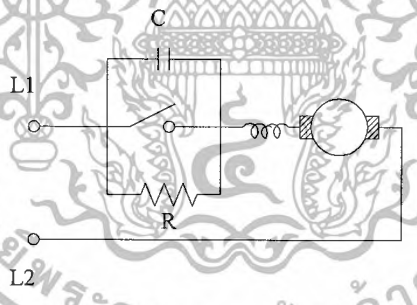
ตามปกติแล้วมอเตอร์ยูนิเวอร์แซลมีความเร็วรอบสูงมากเมื่อไม่มีโหลด แต่แก้ไขได้โดยใช้ชุดเฟืองเกียร์ต่อกับเพลาของมอเตอร์เพื่อลดความเร็วรอบและเพิ่มแรงบิด ($T = 5{,}252\ \ hp/N$) การกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ยูนิเวอร์แซลทำได้โดยการเปลี่ยนทิศทางกระแสในขดลวดอาร์มาเจอร์หรือขดลวดฟิลด์อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังรูปที่ 2.8 เป็นการกลับทางหมุนโดยการสลับปลายสายขดลวดอาร์มาเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การกลับทางหมุนมอเตอร์ยูนิเวอร์แซล

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ยูนิเวอร์แซลให้อยู่ในช่วงที่ใช้งานได้อย่างเหมาะสมและให้ความเร็วรอบค่อนข้างคงที่ ทำได้โดยใช้กลไกที่ทำงานโดยอาศัยแรงเหวี่ยง (Centrifugal Device) ติดตั้งอยู่ภายในมอเตอร์และต่อวงจรดังรูปที่ 2.9 หน้าสัมผัสของสวิตช์ถูกปรับโดยคันโยก ถ้าความเร็วของมอเตอร์สูงเกินไปกลไกที่ทำงานโดยอาศัยแรงเหวี่ยงจะเปิดหน้าสัมผัสของสวิตช์และต่อตัวต้านทานเข้าไปในวงจรของมอเตอร์เป็นเหตุให้ความเร็วของมอเตอร์ลดลง เมื่อมอเตอร์หมุนช้าลง หน้าสัมผัสของสวิตช์จะปิดวงจรและวงจรตัวต้านทาน ทำให้มอเตอร์มีความเร็วรอบสูงขึ้น กรรมวิธีดังกล่าวเกิดขึ้นซ้ำๆ กันในเวลารวดเร็วมาก จนไม่สามารถสังเกตเห็นได้



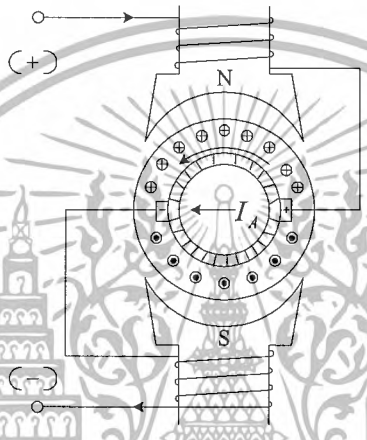
รูปที่ 2.9 วงจรควบคุมความเร็วรอบให้คงที่

2.4.2 หลักการทำงานของมอเตอร์ยูนิเวอร์แซล

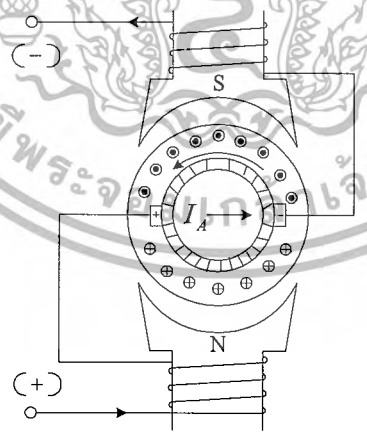
เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสสลับหรือกระแสตรงหนึ่งเฟสให้กับมอเตอร์ ดังรูปที่ 2.10 ในชั่วขณะหนึ่งกระแสไฟฟ้าจะไหลเข้ามอเตอร์ที่ขั้วด้านบนและไหลออกจากมอเตอร์ที่ขั้วด้านล่างและสมมติว่าในชั่วขณะเดียวกันนี้ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดอาร์มาเจอร์ ไหลออกที่ขดลวดด้านล่างและไหลเข้าที่ขดลวดด้านบนเมื่อใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming's Left Hand Rule) พิจารณาหาทิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางการหมุนของโรเตอร์ (อาร์มาเจอร์) ก็พบว่า โรเตอร์จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา ต่อไปสมมติว่ากระแสไฟฟ้าไหลเข้ามอเตอร์ทางขั้วด้านล่าง และไหลออกจากมอเตอร์ทางขั้วด้านบนและในขณะเดียวกันนี้สมมติว่ากระแสไฟที่ไหลเข้าขดลวดอาร์มาเจอร์นี้ ไหลเข้าทางขดลวดส่วนล่างและไหลออกทางขดลวดส่วนบน ดังรูปที่ 2.11 เมื่อใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่งพิจารณาหาทิศทางการหมุนของโรเตอร์ก็จะพบว่าโรเตอร์จะหมุนทวนเข็มนาฬิกาเช่นเดียวกับรูปที่ 2.10 แสดงให้เห็นว่าถึงแม้จะป้อนไฟเข้าที่ขั้วใดก่อนหรือหลัง ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางเดิม ดังนั้นการที่จะป้อนไฟสลับหนึ่งเฟสหรือไฟตรงให้กับมอเตอร์แบบนี้ก็ตาม ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางเดิมเสมอ



รูปที่ 2.10 การป้อนกระแสไฟเข้าที่ขดลวดสนามแม่เหล็กด้านบน



รูปที่ 2.11 การป้อนกระแสไฟเข้าที่ขดลวดสนามแม่เหล็กด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.10 เมื่อป้อนกระแสไฟเข้าที่ขดลวดสนามแม่เหล็กด้านบน (ขั้วบน)และกระแสไฟไหลออกทางขดลวดสนามแม่เหล็กด้านล่าง (ขั้วล่าง) ทำให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา และรูปที่ 2.11 เมื่อป้อนกระแสไฟเข้าที่ขดลวดสนามแม่เหล็กด้านล่าง (ขั้วล่าง) และกระแสไฟไหลออกทางขดลวดสนามแม่เหล็กด้านบน (ขั้วบน) ทำให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS - 51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ผลิตโดยบริษัทอินเทล มีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายในปี ค.ศ. 1980 ต่อมาบริษัท ฟิลลิปส์ (Phillips) และซีเมนส์ (Semen`s) ได้รับลิขสิทธิ์ในการผลิตจำหน่ายและได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ในปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีมาตรฐานมาจาก MCS-51 ของบริษัทอินเทลเป็นจำนวนมาก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์หลายรุ่น ซึ่งจะมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกัน จะต่างกันเพียงขนาดหน่วยความจำภายในและหน่วยการทำงานเท่านั้น ในการใช้ความสามารถเลือกใช้ได้ตามความต้องการและความเหมาะสม

2.5.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1) หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต

2) หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (Internal Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์

3) หน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal Data Memory) ขนาด 128 ไบต์

4) อ้างตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูลโปรแกรมได้ถึง 64 กิโลไบต์

5) อ้างตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์

6) หน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิปแยกจากกันอย่างละ 68 กิโลไบต์

7) มีพอร์ตอินพุต (Input) หรือเอาต์พุต (Output) แบบขนานจำนวน 4 พอร์ต (32 บิต) แยกกันอย่างอิสระ

8) มีวงจรนับ/จับเวลา ขนาด 16 บิต 2 ชุด ทำงานได้ 4 โหมด

9) มีพอร์ตการสื่อสารอนุกรม (Universal Asynchronous Receiver Transmitter : UART) รับส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน (Full Fuplex) สามารถเลือกรูปแบบการส่งได้ 4 รูปแบบ

10) รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ (Interrupt) ได้ 6 แหล่ง และกระโดดไปทำงานตอบสนองได้อีก 5 ตำแหน่ง

11) มีวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

12) นำข้อมูลมา AND, OR หรือทำคอมพลิเมนท์ (Complement) ได้ทั้งแบบ 8 บิตและ1 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 นั้น ทุกเบอร์มีตำแหน่งของขาพื้นฐานที่เหมือนกัน สำหรับหน้าที่การใช้งานของแต่ละขาดังนี้

1) ขา Vcc เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง + 5V

2) ขา Vss เป็นขากราวด์

3) ขาพอร์ต 0 (Port 0) มี 8 ขา ได้แก่ P0.0 - P0.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุต ที่เป็นแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดขาของพอร์ตเหล่านั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองที่สามารถนำมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตอิมพีแดนซ์สูงได้ มันยังถูกใช้งานในการติดตั้งกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสในไบต์ต่ำ (A0 - A7) ซึ่งจะเป็นการใช้งานเป็นแบบมัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต (D0 - D7)

4) ขาพอร์ต 1 (Port 1) มี 8 ขาได้แก่ขา P1.0 - P1.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตแบบสองทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุต พอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต

5) ขาพอร์ต 2 (Port 2) มี 8 ขาได้แก่ขา P2.0 - P2.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตแบบสองทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตเพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากนี้พอร์ตนี้ยังจะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุต และยังถูกใช้งานในการติดตั้งกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอ็ดเดรสไบต์สูง (A0 - A15)

6) ขาพอร์ต 3 (Port 3) มี 8 ขา ได้แก่ขา P3.0 - P3.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตแบบสองทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากจะใช้เป็นพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตแล้วยังใช้ในหน้าที่พิเศษต่างๆ อีกด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.2

7) ขารีเซ็ต (Reset : RST) ใช้สำหรับการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซ็ต ต้องคงสถานะการเป็น 1 อย่างน้อยนาน 2 แมชชีนไซเคิล ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่

8) ขา ALE/PORG เป็นขาสัญญาณที่ทำหน้าที่ควบคุมการแลตช์ (Latch) ซึ่งจะมีค่าตำแหน่งแอสเดรสไบต์ต่ำ (Address Latch Enable) โดยเมื่อต้องการจะติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก และนอกจากนี้ขาของมันยังทำหน้าที่เป็นอินพุตรับพัลซ์ในการโปรแกรมข้อมูล (Program Pulse Input)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของหน่วยความจำอีพรอมนั้น (EPROM) สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็นอีพรอม

ตารางที่ 2.1 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต P3

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RXD (Serial Input Port)
P3.1	TXD (Serial Output Port)
P3.2	INT0 (External Interrupt 0)
P3.3	INT1 (External Interrupt 1)
P3.4	T0 (Timer0 External Input)
P3.5	T1 (Timer1 External Input)
P3.6	WR (External Data memory write strobe)
P3.7	RD (External Data memory read strobe)

9) ขา PSEN (Program Strobe Enable) ทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบจำนวน 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิล แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกและไม่มีการส่งสัญญาณสโตรบแต่อย่างใด

10) ขา EA/VPP (External Access Enable/VPP) นี้จะเป็นขาสำหรับเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือจากภายนอก โดยถ้ามีสถานะเป็น 0 จะหมายถึงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกที่ตำแหน่งแอดเดรส 0000-0FFFH อย่างไรก็ตามถ้าบิตป้องกัน (Security bit) ในหน่วยความจำอีพรอมจะถูกโปรแกรมไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับคำสั่งจากภายนอกเลย นอกจากนี้ขานี้ยังมีทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับการโปรแกรม (Vpp) ขนาด 21 โวลต์ เพื่อใช้ในระหว่างการโปรแกรมอีพรอม

11) ขา XTAL1 และขา XTAL2 จะเป็นขาอินพุตและเอาต์พุตของวงจรอินเวอร์ติ้งออสซิลเลเตอร์แอมปลิไฟเออร์ (Inverting oscillator amplifier) สำหรับใช้ต่อร่วมกับคริสตอลภายนอก

2.5.3 การจัดขาลักษณะภายนอกของ MCS-51

ในรูปด้านล่างแสดงลักษณะภายนอกของ MCS-51 โดยสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ แบบ Pin มี 40 ขาและแบบ Pad มี 44 ขา ซึ่งทั้งสองแบบมีการทำงานที่เหมือนกัน ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามความต้องการ ในที่นี้จะอธิบายเฉพาะลักษณะแบบ Pin เท่านั้น โดย MCS-51 แบบ Pin จะเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แบบตีนตะขาบหรือแบบดูล แพ็คเกจ Dual Package : DIP) โดยแต่ละขามีหน้าที่การทำงานดังนี้

1) VCC : (ขา 40) ต่อแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์

2) VSS : (ขา 20) ต่อกราวด์

3) Port 0 : (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ P0.0 - P0.7 ใช้งานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุต พอร์ตโดยทั่วไปจะใช้เป็นตัวส่งแอดแดรสไบต์ต่ำ (A0-A7) และรับส่งข้อมูล (D0-D7) จากหน่วยความจำภายนอก

4) Port 1 : (ขา 1-8) มีทั้งหมด 8 บิต คือ P1.0-P1.7 ซึ่งใช้งานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตพอร์ตทั่วๆ ไป

5) Port 2 : (ขา 21-28) มีทั้งหมด 8 บิต คือ P2.0-P2.7 ใช้งานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปและใช้เป็นตัวส่งแอดเดรสไบต์สูง (A8-A15) เพื่อใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

6) Port 3 : (ขา 10-17) มีทั้งหมด 8 บิต คือ P3.0-P3.7 ใช้งานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปและใช้งานในหน้าที่พิเศษดังต่อไปนี้

6.1) P3.0 RXD (Serial Input Port) : ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

6.2) P3.1 TXD (Serial Output Port) : ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

6.3) 3.2 INT0 (External Interupt) : ใช้เป็นอินพุต รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

6.4) P3.3 INT1 (External Interrupt) : ใช้เป็นอินพุต รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

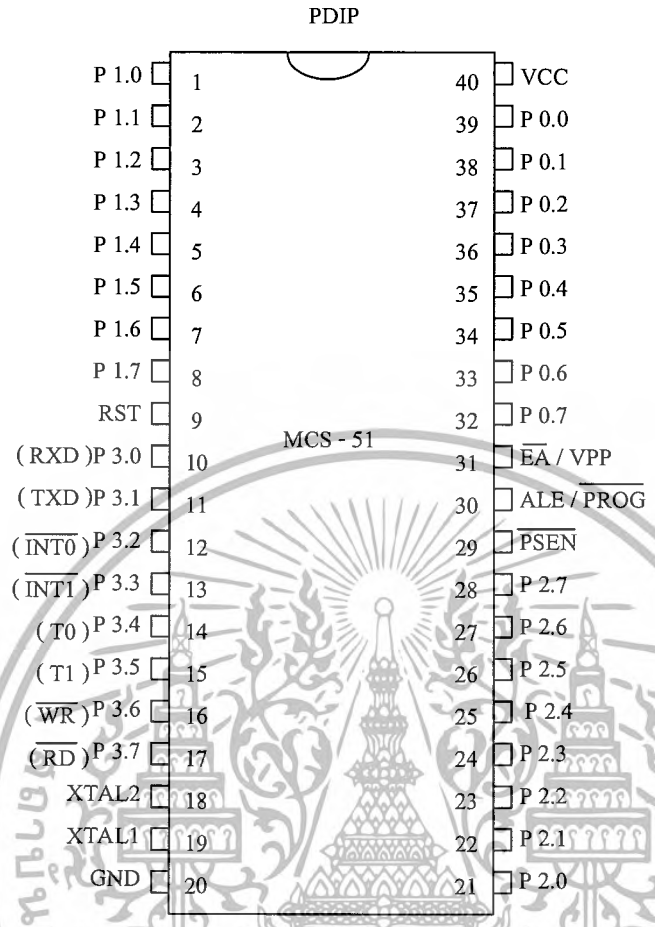
6.5) P3.4 T0 (Timer/Counter 0 External Input) : ใช้เป็นอินพุตให้กับวงจรนับหรือจับเวลาชุดที่ 0

6.6) P3.5 T1 (Timer/Counter 1 External Input) : ใช้เป็นอินพุตให้กับวงจรการนับหรือจับเวลาชุดที่ 1

6.7) P3.6 WR (External Data Memory Write Strobe) : ขาควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำภายนอก

6.8) P3.7 RD (External Data Memory Read Strobe) : ใช้เป็นขาควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ลักษณะขาภายนอกของ MCS-51 แบบ Pin

7) RST : (ขา 9) Reset ใช้สำหรับรีเซตวงจรทุกอย่างภายในชิป เพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ ในการรีเซตต้องป้อนลอจิก "1" นานอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล

8) ALE : (ขา 30) Adress Latch Enable เป็นขาส่งสัญญาณออกไปภายนอกเพื่อควบคุมการแลตช์ค่าแอดแดรสไบต์จากพอร์ต 0

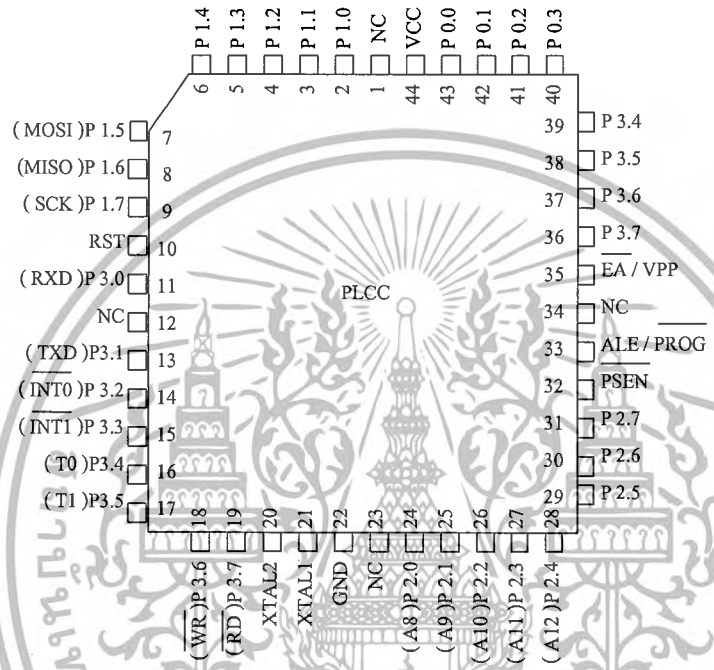
9) PSEN : (ขา 29) Program Strobe Enable ซึ่งเป็นขา ที่ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อขานี้อยู่ภาวะ Active จะมีลอจิกเป็น "0" จะอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และถ้าเป็นการอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายในขานี้จะไม่ Active

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) EA : (ขา 31) External Access เป็นขาที่ใช้สำหรับเลือกว่าให้ทำงานจากหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกชิป เมื่อขานี้ Active มีลอจิกเป็น “0” จะเป็นการทำงานตามคำสั่งในหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

11) XTAL1 : (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

12) XTAL2 : (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก เป็นเอาต์พุตออกจากวงจรออสซิลเลเตอร์



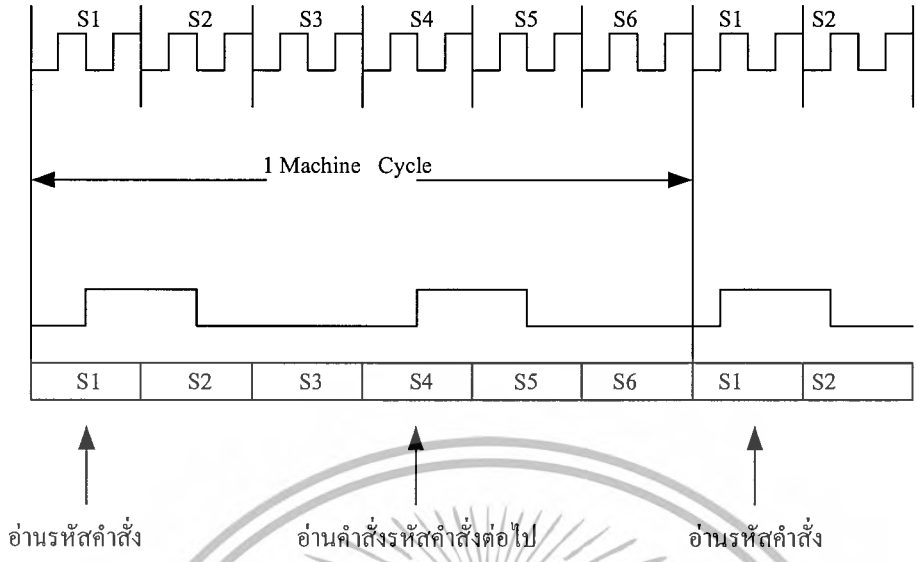
รูปที่ 2.13 ลักษณะขาภายนอกของ MCS-51 แบบ Pad

2.5.4 ฐานเวลาในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

แมชชีนไซเคิล (Machine Cycle) คือรอบการทำงานของคำสั่ง เป็นค่าที่น้อยที่สุดในการทำคำสั่งใดคำสั่งหนึ่ง ถ้าเป็นคำสั่งที่ซับซ้อนมากก็จะต้องใช้เวลานาน 2-3 แมชชีนไซเคิล

ใน 1 แมชชีนไซเคิลจะประกอบไปด้วยสัญญาณนาฬิกาจำนวน 12 ลูก โดยสัญญาณนาฬิกาแต่ละลูกเรียกว่า เฟส (Phase) สัญญาณนาฬิกา 2 เฟส รวมกันเป็น 1 สเตท (State) เพราะฉะนั้นใน 1 แมชชีนไซเคิลจึงมีทั้งหมด 6 สเตท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 เวลาพื้นฐานของ MCS-51 และลำดับของช่วงเวลาใน 1 แมชชีนไซเคิล

การคำนวณค่าเวลาที่ใช้ในการทำงานคำสั่งใดคำสั่งหนึ่งจนเสร็จสิ้น จะต้องดูว่าคำสั่งนั้นๆ ใช้จำนวนแมชชีนไซเคิลเท่าไร เวลาที่ใช้สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$T = \frac{(C/12)}{CRYSTALFREQUENCY} \qquad (2.5)$$

C : เป็นค่าจำนวนแมชชีนไซเคิลของคำสั่ง

Crystal Frequency : เป็นค่าความถี่ของคริสตอลที่ใช้กับ MCS-51

เช่น คำสั่ง MOV A, R7 เป็นคำสั่งที่ใช้เวลา 1 แมชชีนไซเคิล

เมื่อใช้คริสตอล 6 เมกกะเฮิรตซ์ จะใช้เวลา

$$= \frac{(1/12)}{(6\times 16^{6})}$$

$$= 2 \text{ ไมโครวินาที} \qquad (2.6)$$

เมื่อใช้คริสตอล 12 เมกกะเฮิรตซ์ จะใช้เวลา

$$= \frac{(1/12)}{(12\times 10^{6})}$$

$$= 1 \text{ ไมโครวินาที} \qquad (2.7)$$

จะเห็นได้ว่าถ้าใช้คริสตอลความถี่สูงขึ้นจะทำให้ MCS-51 ทำงานได้เร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special Function Register)

รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ เป็นรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเฉพาะอย่าง ใช้ในการควบคุมหน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอร์ตของ MCS-51 ทั้งหมด โดยมีตำแหน่งอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H–0FFH การใช้งานรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษสามารถทำได้ทั้งการระบุชื่อของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้

รีจิสเตอร์ฟังชั่นพิเศษสามารถอ้างถึงในระดับบิตและไบต์ได้ โดยในการอ้างถึงระดับบิตจะเป็นรีจิสเตอร์ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสที่เป็นจำนวนทวีคูณของค่า 8 ซึ่งก็คือ 80H, 88H, 90H, 98H A0H, A8H, B0H, B8H, D0H, D8H, E0H และF0H

1) รีจิสเตอร์เกี่ยวกับการประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก

1.1) แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator : ACC)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง 0E0H ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวเก็บข้อมูลเพื่อส่งให้หน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิกภายในซีพียูประมวลผล และทำหน้าที่เก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลแล้ว การใช้งานภายในโปรแกรมเรียกว่า รีจิสเตอร์ A

1.2) รีจิสเตอร์ B

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง 0F0H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับการทำคำสั่งคูณและหารตัวเลขร่วมกับรีจิสเตอร์ A โดยผลลัพธ์ที่ได้จะมีขนาด 16 บิต และรีจิสเตอร์ B จะเก็บผลลัพธ์ 8 บิตสูง และรีจิสเตอร์ A จะเก็บผลลัพธ์ 8 บิตต่ำ ในกรณีที่ไม่ได้ใช้ในการคำนวณในทางคณิตศาสตร์ก็สามารถนำมาใช้งานเป็นรีจิสเตอร์ทั่วไปได้

1.3) โปรแกรมสเตตัสเวอร์ด (Program Status Word)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง D0H แต่ใช้งานเพียง 7 บิต ใช้เป็นแฟล็กที่ทำหน้าที่บอกถึงสถานะ การทำงานต่างๆ จำนวน 5 บิต ที่เหลืออีก 2 บิต ใช้ในการเลือกแบงก์ของรีจิสเตอร์สามารถทำการอ้างอิงถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์ได้ทีละบิต ค่าข้อมูลภายในรีจิสเตอร์จะถูกเซ็ตหรือเคลียร์โดยคำสั่งในโปรแกรมหรือโดยผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิกการใช้งานภายในโปรแกรมเรียกว่า รีจิสเตอร์ PSW

1.3.1) PSW. 0 เรียกว่า พาริตี้ แฟล็ก (Parity Flag) จะใช้แสดงว่าจำนวนเลข “1” ในรีจิสเตอร์ A เป็นจำนวนคู่หรือคี่โดยถ้ามีเลขหนึ่งเป็นจำนวนคี่ PSW. 0 จะมีค่าป็น “1” และถ้ามีเลขหนึ่งเป็นจำนวนคู่ PSW. 0 จะมีค่าเป็น “0”

1.3.2) PSW. 1 ไม่ได้ใช้งาน

1.3.3) PSW. 2 เรียกว่า โอเวอร์โฟลว์ แฟล็ก (Overflow Flag) ใช้เป็นบิตที่บอกการคำนวณนั้นทำให้เกิดตัวทดขึ้นระหว่างการคำนวณ ตัวทดนี้เป็นตัวทดที่เกิดขึ้นจากบิตที่ 6 ไปยังบิตที่ 7 มีประโยชน์เมื่อทำการคำนวณแบบติดเครื่องหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 สถานะการใช้งานของโปรแกรมสเตตัสเวอร์ด

MSB							**LSB**
CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
CY	PSW.7	แฟล็กตัวทด
AC	PSW.6	แฟล็กตัวทดช่วย
FO	PSW.5	แฟล็กสำหรับให้ผู้ใช้ใช้งานทั่วไป
RS1	PSW.4	สำหรับเลือกรีจิสเตอร์แบงก์ บิต1
RS0	PSW.3	สำหรับเลือกรีจิสเตอร์แบงก์ บิต0
OV	PSW.2	แฟล็กค่าเกิน
-	PSW.1	ไม่ได้ใช้งาน
P	PSW.0	แฟล็กพาริตี้

1.3.1) PSW. 0 เรียกว่า พาริตี้ แฟล็ก (Parity Flag) ใช้แสดงว่าจำนวนเลข “1” ในรีจิสเตอร์ A เป็นจำนวนคู่หรือคี่โดยถ้ามีเลขหนึ่งเป็นจำนวนคี่ PSW. 0 จะมีค่าเป็น “1” และถ้ามีเลขหนึ่งเป็นจำนวนคู่ PSW. 0 จะมีค่าเป็น “0”

1.3.2) PSW. 1 ไม่ได้ใช้งาน

1.3.3) PSW. 2 เรียกว่า โอเวอร์โฟลว์ แฟล็ก (Overflow Flag) เป็นบิตที่บอกการคำนวณนั้นทำให้เกิดตัวทดขึ้นระหว่างการคำนวณ ตัวทดนี้เป็นตัวทดที่เกิดขึ้นจากบิตที่ 6 ไปยังบิตที่ 7 มีประโยชน์เมื่อทำการคำนวณแบบติดเครื่องหมาย

1.3.4) PSW. 3และPSW. 4 ใช้ร่วมกันเพื่อเป็นตัวกำหนดเพื่อเลือกรีจีสเตอร์แบงก์

1.3.5) PSW. 5 เป็นบิตอเนกประสงค์ กำหนดค่าให้เป็น “0” หรือ “1” ก็ได้โดยที่การทำงานของคำสั่งอื่นจะไม่มีผลทำให้คำสั่งนี้มีการเปลี่ยนแปลง บิตนี้ใช้ประโยชน์สำหรับการส่งสถานะของโปรแกรมระหว่างเรียกการทำงานของโปรแกรมย่อย

1.3.6) W. 6 เรียกว่าอ๊อกซิลารีแคร์รีแฟล็ก (Auxiliary Carry Flag) เป็นบิตที่ใช้สำหรับเก็บตัวทดที่เกิดขึ้นระหว่างการคำนวณ โดยตัวทดนี้เป็นตัวทดที่เกิดขึ้นจากการคำนวณเป็นการทดจากบิตที่ 3 ไปยังบิตที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.7) PSW. 7 เรียกว่า แคร์รีแฟล็ก (Carry Flag) เป็นบิตที่บอกสถานะการคำนวณทางคณิตศาสตร์ว่าผลลัพธ์ทำให้เกิดตัวทดขึ้นหรือไม่ เช่น การบวกเลข 2 จำนวนเข้าด้วยกันผลลัพธ์มากกว่า 225 ก็จะทำให้เกิดตัวทดขึ้นเนื่องมาจากแอคคิวมูเลเตอร์เก็บข้อมูลได้ 8 บิต เท่านั้น และเมื่อมีตัวทดเกิดขึ้นบิตนี้จะมีค่าเป็นหนึ่ง “1”

2) รีจีสเตอร์เกี่ยวกับการทำงานของโปรแกรม

2.1) โปรแกรมเค้าเตอร์ (Program Counter)

เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้ในการชี้ตำแหน่งแอดเดรดของหน่วยความจำโปรแกรม ในรีจีสเตอร์นี้จะเก็บตำแหน่งของหน่วยความจำที่จะประมวลผลในลำดับต่อไปไว้ และมีการเพิ่มขึ้นโดยอัตโนมัติ การใช้งานภายโปรแกรมเรียกว่า รีจีสเตอร์ พีซี (PC)

2.2) สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer)

เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง 81H ทำหน้าที่เก็บค่าตัวชี้ตำแหน่งของสแต็กโดยที่สแต็กจะใช้สำหรับเก็บข้อมูลของแอกคิวมูเลเตอร์ รีจีสเตอร์ต่างๆ รวมทั้งข้อมูลจากโปรแกรมโดยปกติเมื่อทำการเริ่มต้นระบบใหม่หรือมีการรีเซ็ตค่าภายในสแต็กพอยน์เตอร์จะมีค่าเท่ากับ 07H ซึ่งจะเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลภายในบริเวณ 128 ไบต์แรก (รีจีสเตอร์ R0 ในแบงก์ 0)ในการใช้งานค่าของสแต็กพอยน์เตอร์จะมีการเพิ่มค่าขึ้น 1 ค่า ก่อนที่จะมีการนำข้อมูลไปไว้ใน สแต็กการใช้งานภายในโปรแกรมเรียกว่า รีจีสเตอร์ SP

2.3) ตัวชี้ข้อมูล (Data Pointer Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ซึ่งเรียกว่า DPTR และยังสามารถแยกออกเป็นรีจิสเตอร์ที่มีขนาด 8 บิต 2 ตัว คือ รีจิสเตอร์ DPH อยู่ที่ตำแหน่ง 83 H ใช้เก็บข้อมูล 8 บิตสูงและDPL อยู่ที่ตำแหน่ง 82H ใช้เก็บข้อมูล 8 บิตต่ำ ในการใช้งานทั่วไปจะใช้เป็นที่เก็บค่าตำแหน่งของหน่วยความจำหรือตำแหน่งของอุปกรณ์ภายนอกที่ซีพียูต้องการติดต่อด้วย ซึ่งรีจิสเตอร์ DPTR นี้ก็เป็นที่นิยมใช้ในการทำงาน

3) รีจิสเตอร์เกี่ยวกับวงจรนับและจับเวลา

MCS-51 ในเบอร์ 8051 จะประกอบด้วยรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการนับและจับเวลาขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว ซึ่งสามารถแยกออกเป็นรีจิสเตอร์ต่างๆ ได้ดังนี้

3.1) รีจิสเตอร์ TL0 อยู่ที่ตำแหน่ง 8AH ใช้เก็บค่าในการนับหรือจับเวลา 8 บิตต่ำของ Timer/Counter 0

3.2) รีจิสเตอร์ TL1 อยู่ที่ตำแหน่ง 8BH ใช้เก็บค่าในการนับหรือจับเวลา 8 บิตต่ำของ Timer/Counter 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3) รีจิสเตอร์ TH0 อยู่ที่ตำแหน่ง 8CH ใช้เก็บค่าในการนับหรือจับเวลา 8 บิตสูงของ Timer/Counter 0

ตารางที่ 2.3 สถานะการใช้งานของรีจิสเตอร์ TMOD

MSB							**LSB**
GATE1	C/T1	M1	M0	GATE0	C/T0	M1	M0

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
GATE1	TMOD.7	บิตควบคุม GATE ของ Timer1
C/T1	TMOD.6	บิตกำหนดการทำงานแบบตัวนับหรือจับเวลาของ Timer1 โดยถ้าเป็น " 0" จะทำหน้าที่เป็นตัวจับเวลา
M1	TMOD.5	บิตบนสำหรับกำหนดโหมดการทำงานของ Timer1
M0	TMOD.4	บิตล่างสำหรับกำหนดโหมดการทำงานของ Timer1
GATE0	TMOD.3	บิตควบคุม GATE ของ Timer0
C/T0	TMOD.2	บิตกำหนดการทำงานแบบตัวนับหรือจับเวลาของ Timer0 โดยถ้าเป็น "0" จะทำหน้าที่เป็นตัวจับเวลา
M1	TMOD.1	บิตบนสำหรับกำหนดโหมดการทำงานของ Timer0
M0	TMOD.0	บิตล่างสำหรับกำหนดโหมดการทำงานของ Timer0

3.4) รีจิสเตอร์ TH1 อยู่ที่ตำแหน่ง 8DH ใช้เก็บค่าในการนับหรือจับเวลา 8 บิตสูงของ Timer/Counter 1

3.5) รีจิสเตอร์ TMOD (Timer/Counter Mode Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง 89H ใช้เลือกโหมดการทำงานของวงจรนับ/จับเวลา สามารถเลือกได้ทั้งหมด 4 โหมด โดยเลือกที่บิต M0 และ M1 ส่วนบิต Gate เป็นบิตที่ใช้เลือกการเริ่มวงจรนับ/จับเวลา โดยควบคุมร่วมกับ TRx ใน TCON ส่วนบิต C/T ใช้เลือกทามเมอร์ หรือเคาน์เตอร์

3.6) รีจิสเตอร์ TCON

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง 88H เพื่อใช้ทำหน้าที่ควบคุมให้ทามเมอร์หรือเคาน์เตอร์เริ่มนับโดยเซตที่บิต TRx (TR0 หรือ TR1) อีกหน้าที่คือใช้แสดงผลการเกิดโอเวอร์โฟลว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของทามเมอร์หรือเคาน์เตอร์ โดยจะแสดงที่บิต TFx (TF0 หรือ TF1) อีกหน้าที่หนึ่งคือ จะใช้แสดงสถานะเมื่อเกิดการอินเตอร์รัปต์จากภายนอก โดยจะแสดงที่บิต IE0 หรือ IE1 หน้าที่สุดท้าย คือ บิตเลือกสัญญาณอินเตอร์รัปต์ (Interrupt) ว่าจะเอาแบบทริก (Trig) ที่ขอบขาลงหรือทริก ที่ระดับศูนย์

ตารางที่ 2.4 สถานะการใช้งานของรีจิสเตอร์ TCON

MSB **LSB**

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
TF1	TCON.7	แฟล็กแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer1
TR1	TCON.6	บิตกำหนดการทำงาน/หยุดทำงานของ Timer1
TF0	TCON.5	แฟล็กแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer0
TR0	TCON.4	แฟล็กแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer0
IE1	TCON.3	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัปต์ของ INT1
IT1	TCON.2	บิตเลือกประเภทการอินเตอร์รัปต์ของ INT1
IE0	TCON.1	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัปต์ของ INT0
IT0	TCON.0	บิตเลือกประเภทการอินเตอร์รัปต์ของ INT0

4) รีจิสเตอร์เกี่ยวกับพอร์ตอนุกรม

4.1) รีจิสเตอร์ SBUF (Serial Data Buffer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต จะอยู่ในตำแหน่งที่ 99H ใช้เป็นที่สำหรับเก็บข้อมูลก่อนที่ส่งข้อมูลอนุกรมออกไปหรือเป็นบัฟเฟอร์เก็บข้อมูลในช่วงที่รับข้อมูลเข้ามา ซึ่งตามความจริงแล้วบัฟเฟอร์นี้จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ชุด ใช้สำหรับการส่งและรับ โดยซีพียูจะทำการจัดการเลือกบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมโดยอัตโนมัติ

4.2) รีจิสเตอร์ SCON (Serial Port Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง 98H มีหน้าที่คอยควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 สถานะการใช้งานของรีจิสเตอร์ SCON

MSB **LSB**

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
SM0	SCON.7	บิตเลือกโหมดการทำงาน
SM1	SCON.6	บิตเลือกโหมดการทำงาน
SM2	SCON.5	บิตกำหนดการทำงานแบบมัลติโปรเซสเซอร์
REN	SCON.4	บิตยอมให้มีการรับข้อมูล
TB8	SCON.3	ค่าบิตที่ 9 สำหรับการส่งข้อมูลออก
RB8	SCON.2	ค่าบิตที่ 9 ของการรับข้อมูลเข้ามา
TI	SCON.1	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัปต์ภายหลังการส่งข้อมูล
RI	SCON.0	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัปต์ภายหลังการรับข้อมูลเข้า

5) รีจิสเตอร์เกี่ยวกับพอร์ตขนาน

MCS-51 มีรีจิสเตอร์ที่ใช้งานเกี่ยวข้องกับพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตโดยตรง ซึ่งจะมีอยู่ 4 ตัว ด้วยกันแต่ละตัวเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีชื่อเรียกและตำแหน่งดังนี้

5.1) รีจิสเตอร์ P0 (พอร์ต 0) อยู่ที่ตำแหน่ง 80H

5.2) รีจิสเตอร์ P1 (พอร์ต 1) อยู่ที่ตำแหน่ง 90H

5.3) รีจิสเตอร์ P2 (พอร์ต 2) อยู่ที่ตำแหน่ง A0H

5.4) รีจิสเตอร์ P3 (พอร์ต 3) อยู่ที่ตำแหน่ง B0H

รีจิสเตอร์พอร์ตทั้ง 4 สามารถใช้งานได้ทั้งในลักษณะของการเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตข้อมูลก็ได้ และสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิตและระดับไบต์ การดำเนินการใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ตทั้ง 4 จะมีผลทำให้ข้อมูลที่ตำแหน่งของพอร์ตเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไป

6) รีจิสเตอร์เกี่ยวกับการอินเตอร์รัพต์

6.1) รีจิสเตอร์ IP (Interrupt Priority Register)

รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต จะอยู่ที่ตำแหน่ง B8H ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 สถานะการใช้งานของรีจิสเตอร์ IP

MSB							LSB
-	-	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
-	IP.7	-
-	IP.6	-
PT2	IP.5	ระดับความสำคัญของ Timer 2
PS	IP.4	ระดับความสำคัญของพอร์ตอนุกรม
PT1	IP.3	ระดับความสำคัญของ Timer 1
PX1	IP.2	ระดับความสำคัญของ INT 1
PT0	IP.1	ระดับความสำคัญของ Timer 0
PX0	IP.0	ระดับความสำคัญของ INT 1

ตารางที่ 2.7 ระดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัพต์ประเภทต่างๆ

ระดับความสำคัญ	สัญญาณ	ความหมาย
1	IE0	อินเตอร์รัพต์ภายนอก 0
2	TF0	วงจรนับ / จับเวลา 0
3	IE1	อินเตอร์รัพต์ภายนอก 1
4	TF1	วงจรนับ / จับเวลา 1
5	RI หรือ TI	วงจรรับ / ส่ง ข้อมูลอนุกรม
6	TF2 หรือ EXF2	วงจรนับ/จับเวลา 2

6.2) รีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable Register)

เป็นรีจิสเตอร์ที่มีขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง A8H โดยใช้กำหนดให้ทำการอินเตอร์รัปต์หรือไม่ทำอินเตอร์รัปต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ตำแหน่งเวคเตอร์แอดเดรสของอินเตอร์รัพต์ประเภทต่างๆ

แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพต์	ตำแหน่งแอดเดรส
IE0 อินเตอร์รัพต์ภายนอก 0	0003H
TF0 วงจรนับ/จับเวลา 0	000BH
IE1 อินเตอร์รัพต์ภายนอก 1	0013H
TF1 วงจรนับ/จับเวลา 1	001BH
RIหรือTI วงจรรับ/ส่ง ข้อมูลอนุกรม	0023H

7) รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวกับระบบประหยัดพลังงาน

7.1) รีจิสเตอร์ PCON (Power Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 87H ใช้ในการควบคุมการทำงานของ MCS- 51 ได้ 3 ลักษณะได้แก่ การควบคุมการทำงานของโปรเซสเซอร์ในการประหยัดพลังงาน (บิต IDL และ PD) การกำหนดอัตราการทวีคูณของอัตราความเร็วในการสื่อสารของข้อมูลอนุกรม (บิต SMOD) และแฟล็กสถานะสำหรับการใช้งานทั่วไป (บิต GF0 และ GF1)

7.2) บิต PD (Power Down)

เป็นการกำหนดให้ลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับส่วนของโปรเซสเซอร์ภายในลง โดยยังคงมีกำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในผ่านทางสัญญาณ RST วิธีการนี้มักนำมาใช้ในกรณีที่มีการตรวจสอบขณะไม่มีกำลังไฟฟ้าโดยวงจรที่ใช้ในการตรวจสอบภายนอกนั้นจะต้องมีการอินเตอร์รัพต์เข้ามา เพื่อทำการเก็บข้อมูลนั้นมาประมวลผลต่อไป

7.3) บิต IDL (Idle Mode)

เป็นการกำหนดให้โปรเซสเซอร์หยุดการทำงานชั่วขณะและจะกลับมาอยู่ในสภาพปกติอีกครั้งเมื่อทำการรีเซ็ตทางฮาร์ดแวร์หรือมีการอินเตอร์รัพต์อย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้น การทำงานในลักษณะนี้สามารถเกิดขึ้นได้ เนื่องจากว่าสภาวะหยุดการทำงานชั่วขณะนั้นเป็นเพียงการห้ามไม่ให้มีสัญญาณนาฬิกาจ่ายให้ส่วนของโปรเซสเซอร์เท่านั้น ส่วนของวงจรอินเตอร์รัพต์พอร์ตอนุกรมและวงจรนับ/จับเวลา ยังคงมีสัญญาณนาฬิกาอยู่ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 สถานะการใช้งานของรีจิสเตอร์ IE

MSB							LSB
EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
EA	IE.7	อีเนเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัพต์รวม
-	IE.6	-
ET2	IE.5	อีเนเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัพต์ Timer2
ES	IE.4	อีเนเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัพต์พอร์ตอนุกรม
ET	IE.3	อีเนเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัพต์ Timer1
EX1	IE.2	อีเนเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัพต์ INT1
ET0	IE.1	อีเนเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัพต์ Timer0
EX0	IE.0	อีเนเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัพต์ INT0

ตารางที่ 2.10 สถานะการใช้งานของรีจิสเตอร์ PCON

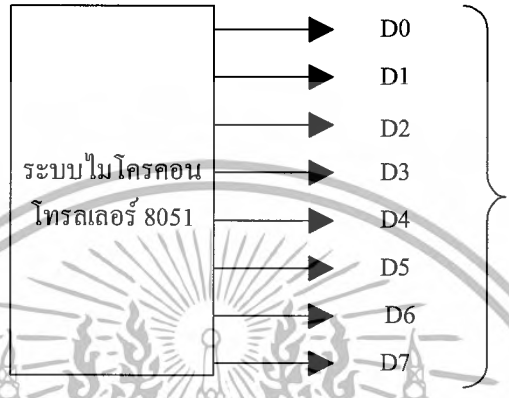
MSB							LSB
SMOD	-	-	-	GF1	GF0	PD	IDL

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
SMOD	PCON.7	บิตการกำหนดการทวีคูณของอัตราบอดปกติ
-	PCON.6	-
-	PCON.5	-
-	PCON.4	-
GF1	PCON.3	แฟล็กสำหรับให้ผู้ใช้ใช้งานทั่วไป Flag1
GF0	PCON.2	แฟล็กสำหรับให้ผู้ใช้ใช้งานทั่วไป Flag0
PD	PCON.1	บิตสำหรับการกำหนด Power Down
IDL	PCON.0	บิตสำหรับการกำหนด Idle Mode

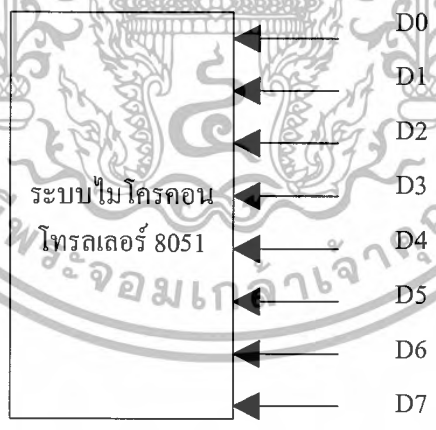
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4) บิต SMOD

ถ้าบิต SMOD มีค่าเป็น “0” ความเร็ว Baud Rate เมื่อส่งข้อมูลอนุกรมโหมด 1, 2, 3 จะมีค่าเป็น 1 เท่า และถ้าบิต SMOD มีค่าเป็น “1” ความเร็ว Baud Rate เมื่อส่งข้อมูลอนุกรมโหมด 1, 2, 3 จะมีค่าเป็น 2 เท่า



รูปที่2.15 (ก) การส่งข้อมูลออกไปยังพอร์ตเอาต์พุต ซึ่งจะมีสัญญาณจำนวน 8 เส้นสำหรับส่งข้อมูลออกไปยังภายนอก



รูปที่ 2.15 (ข) การรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกเข้ามายังพอร์ตอินพุตของระบบซึ่งจะมีเส้นสัญญาณจำนวน 8 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6 ใช้งานพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของ MCS-51

พอร์ต หมายความว่า แอดเดรสที่ต้องกำหนดไว้เพื่อต้องการโอนย้ายข้อมูลระหว่าง ชุดของไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก เมื่อพิจารณาจากทิศทางการไหลของข้อมูลแล้ว โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลักจะได้ว่าการรับข้อมูลจากวงจรภายนอกเรียกว่า เอาต์พุต ดังรูปที่ 2.13 (ก) และส่งข้อมูลออกไปยังวงจรภายนอกเรียกว่า อินพุต ดังรูปที่ 2.13 (ข)

เมื่อพิจารณาถึงวิธีการส่งข้อมูลภายในพอร์ตจะสามารถแยกประเภทของพอร์ตออกเป็น 2 ลักษณะคือ พอร์ตขนาน (Parallel Port) ซึ่งจะทำการส่งหรือรับข้อมูลทุกบิตในเวลาเดียวกันและพอร์ตอนุกรม (Serial Port) จะทำการส่งหรือรับข้อมูลทีละบิตจนครบจำนวน

8051 มีพอร์ตขนานจำนวน 4 พอร์ต มีชื่อเรียกตามลำดับว่า พอร์ต 0, 1, 2 และ 3 (P0, P1, P2 และ P3) ทั้ง 4 พอร์ตนี้จะเป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิต สามารถใช้งานได้ทั้งแบบบิตหรือแบบไบต์ นอกจากนี้พอร์ต 0, 2 และ 3 ยังสามารถใช้งานอื่นๆ ได้อีก หน้าที่ของพอร์ตต่างๆ มีดังนี้คือ

1) พอร์ต 0 (P0.7-P0.0) สามารถใช้งานได้ 2 หน้าที่ คือ ใช้เป็นพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุต ส่วนอีกหน้าที่หนึ่งจะใช้เมื่อต้องการขยายระบบให้ใหญ่ขึ้น โดยใช้ควบคุมหน่วยความจำภายนอก ซึ่งจะให้สัญญาณที่มัลติเพล็กซ์ระหว่างแอดเดรสและบัสข้อมูล (AD7-AD0) ออกมา

2) พอร์ต 1 (P1.7-P1.0) จะใช้เป็นพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตได้เพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 2.11 หน้าที่ของพอร์ตการใช้งานที่ 3.0–3.7

บิต	ชื่อ	หน้าที่
P3.0	RXD	รับข้อมูลแบบพอร์ตอนุกรม (UART)
P3.1	TXD	รับข้อมูลแบบพอร์ตอนุกรม (UART)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$	รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์0
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$	รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์1
P3.4	T0	รับสัญญาณพัลซ์อินพุตเข้าไปยังวงจรCounter0
P3.5	T1	รับสัญญาณพัลซ์อินพุตเข้าไปยังวงจรCounter1
P3.6	$\overline{\text{WR}}$	ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก
P3.7	$\overline{\text{RD}}$	ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) พอร์ต 2 (P2.7-P2.0) เป็นพอร์ตที่ใช้งาน 2 หน้าที่ คือ หน้าที่แรกเป็นพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุต ส่วนอีกหน้าที่หนึ่งจะใช้ควบคุมหน่วยความจำภายนอก โดยจะใช้เป็นแอดเดรสไบต์สูง (A15-A8)

4) พอร์ต 3 (P3.7-P3.0) เป็นพอร์ตที่ใช้งาน 2 หน้าที่ คือ หน้าที่แรกเป็นพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุต ส่วนหน้าที่ที่ 2 จะแยกออกเป็นหลายหน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

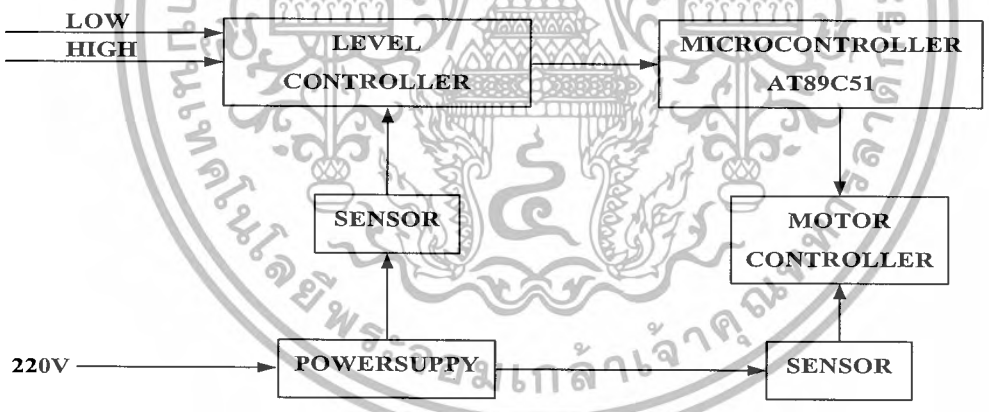
บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

การออกแบบการสร้าง สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ การออกแบบการสร้างทางด้านโครงสร้าง และการออกแบบทางด้านโปรแกรมควบคุม ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดดังต่อไปนี้

เนื้อหาในบทนี้ กล่าวถึงการออกแบบและการสร้างส่วนต่างๆ ของโครงงานตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ โดยนำหลักการจากทฤษฎีและหลักการที่ได้ กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 มาประกอบการออกแบบและสร้างวงจรต่างๆ ที่จะนำไปใช้ในโครงงาน

การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน จะประกอบไปด้วยแผนผังการทำงานของโครงงาน วงจรควบคุมระดับน้ำ วงจรควบคุมมอเตอร์ปั๊ม วงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหาย โครงสร้างของโครงงานและการออกแบบ

3.1 แผนผังการทำงานของโครงงาน



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเครื่อง

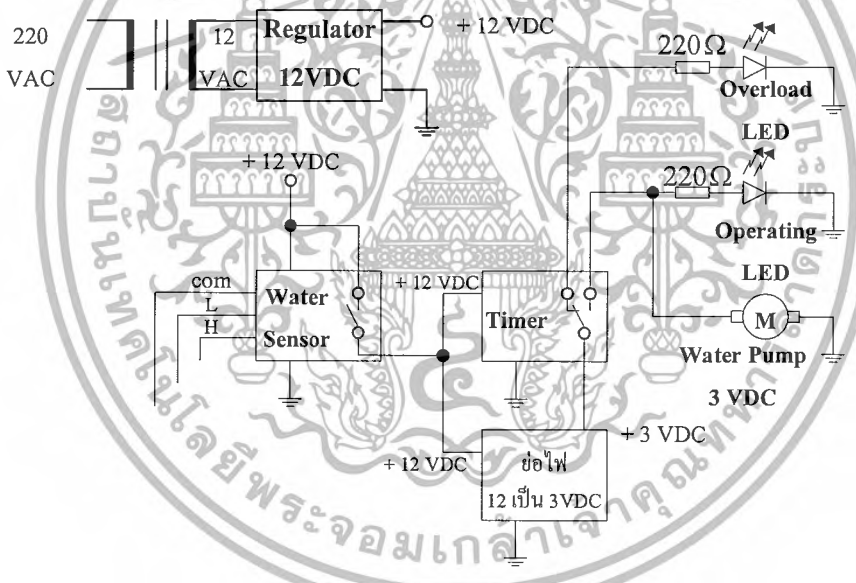
ชุดวงจรควบคุมตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัตินี้ ประกอบขึ้นมาเพื่อให้มีขีดความสามารถที่ตรงตามวัตถุประสงค์ มีการทำงานดังนี้คือ ก่อนการทำงานให้ทำการกดสวิตช์สตาร์ท ชุดตรวจวัดระดับน้ำก็จะทำการตรวจสอบระดับน้ำในถังน้ำเย็น ถ้าหากต่ำกว่าระดับของน้ำที่กำหนดก็จะมีการสั่งการไปยังชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ สั่งงานให้มอเตอร์ปั๊มทำงาน เมื่อมอเตอร์ปั๊มทำงานจะปั๊มน้ำขึ้นไปยังตู้น้ำเย็นเรื่อยๆ จนกว่าน้ำจะมีระดับสูงถึงระดับที่กำหนดชุดควบคุมระดับน้ำนี้ก็จะมีการสั่งงาน ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์หยุดส่งสัญญาณให้มอเตอร์ปั๊ม มอเตอร์ปั๊มก็จะหยุดทำงาน เป็นการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างนี้ไปเรื่องๆ จนเมื่อน้ำในถังขาวที่ตั้งอยู่หมดชุดป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหายจะสั่งการให้เปิดวงจรของชุดมอเตอร์ปั๊มทำให้มอเตอร์ปั๊มไม่สามารถทำงานได้จนกว่าจะมีการนำถังมาเปลี่ยนใหม่ มอเตอร์ปั๊มจึงจะทำงานได้ตามปกติ

3.2 วงจรควบคุมระดับน้ำ

การทำงานของวงจรตรวจวัดระดับน้ำ มีหลักการทำงานดังนี้ วงจรจะใช้แท่งอิเล็กโทรดเป็นเซนเซอร์ในการตรวจวัดระดับน้ำ โดยที่แท่งอิเล็กโทรดทั้ง 3 ระดับ จะแบ่งการทำงานและมีชื่อเรียกดังนี้ แท่ง Ground มีหน้าที่เป็นตัวเปรียบเทียบ แท่ง High มีหน้าที่เป็นตัวตรวจวัดระดับสูง ส่วนแท่ง Low มีหน้าที่ในการวัดระดับต่ำ เมื่อระดับน้ำอยู่ในระดับต่ำหรืออยู่ต่ำกว่าระดับ Low ซึ่งจะส่งผลทำให้สวิตช์ของแท่งอิเล็กโทรด กลายเป็นปกติปิด เมื่อระดับน้ำอยู่ในระดับ High สวิตช์ที่จากปกติปิดจะกลายเป็นปกติเปิด ซึ่งจะได้นำหลักการเปลี่ยนแปลงของหน้าสัมผัสนี้ มาประกอบกับวงจรอื่นต่อไป



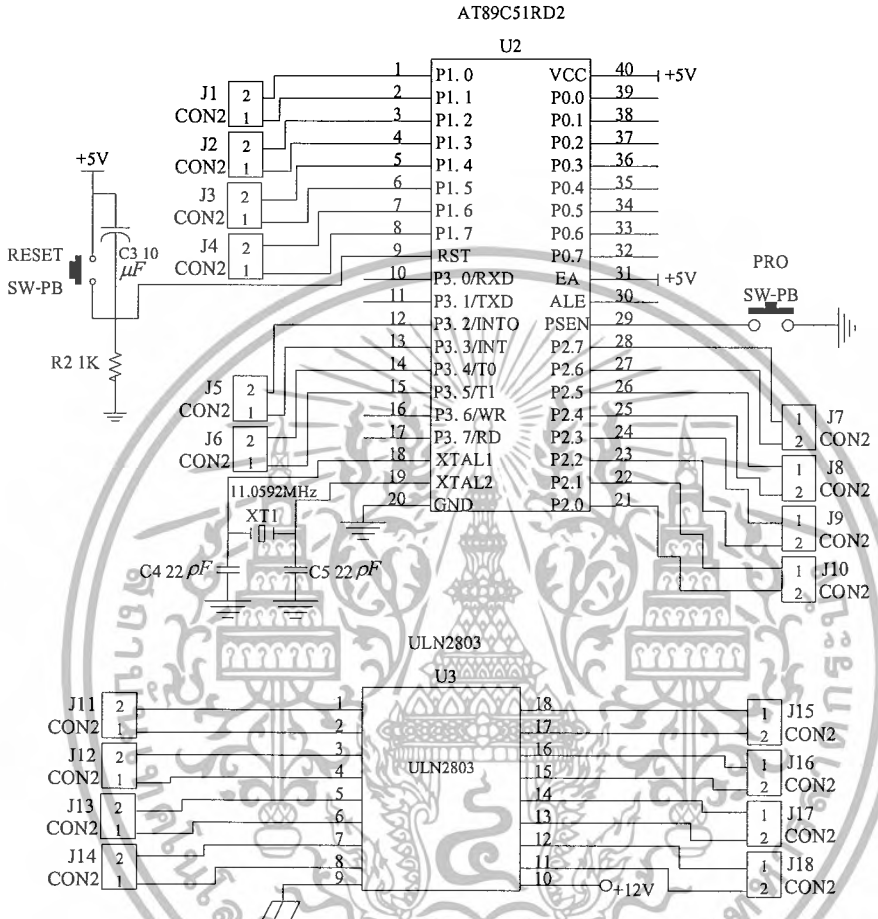
รูปที่ 3.2 วงจรควบคุมระดับน้ำ

3.3 วงจรควบคุมมอเตอร์ปั๊ม

ใช้หลักการทำงานของวงจรตรวจวัดระดับน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง การทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์ปั๊ม จะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นตัวคอยสั่งงานให้มอเตอร์ทำงานและสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงาน โดยเมื่อมีการสั่งให้มอเตอร์ทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณ กราวด์มาให้กับมอเตอร์ ซึ่งสถานะของมอเตอร์ปั๊มตอนนี้มีไฟมารออยู่แล้ว เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งกราวด์มา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ ไฟก็ครบวงจรมอเตอร์ปั๊มก็ทำงาน ถ้าไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ส่งสัญญาณกราวด์มาไฟก็ไม่ครบวงจรมอเตอร์ปั๊มก็ไม่ทำงาน

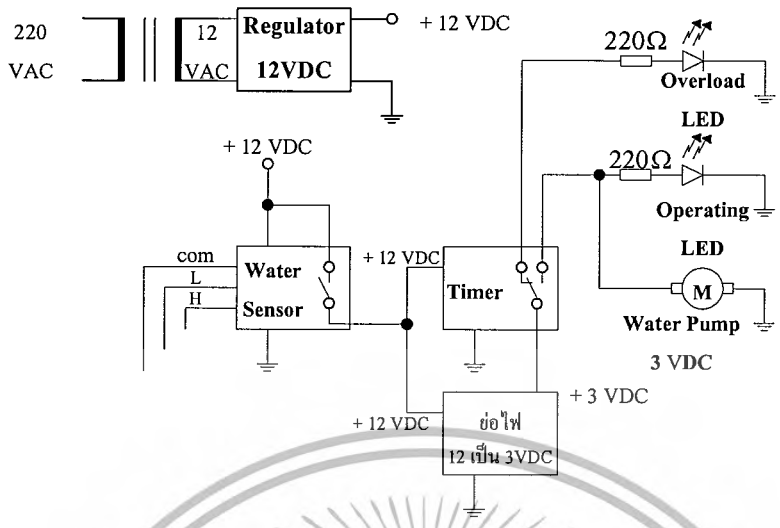


รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมมอเตอร์ปั๊ม

3.4 วงจรป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหาย

วงจรป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหายนี้ มีหลักการคือถ้ามอเตอร์ปั๊มทำงานต้องมีน้ำอยู่ในถังขาวที่นำมาตั้งไว้ข้างตู้น้ำเย็น ถ้าน้ำที่อยู่ในถังขาวยังมีอยู่มอเตอร์ปั๊มก็สามารถทำงานได้ต่อไปตามการสั่งงานของชุดควบคุมระดับน้ำ แต่เมื่อใดก็ตามที่น้ำในถังขาวหมด มอเตอร์ปั๊มจะหยุดการทำงานทันที เป็นการป้องกันไม่ให้มอเตอร์ปั๊มหมุนโดยที่ไม่มีโหลดตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหาย

3.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

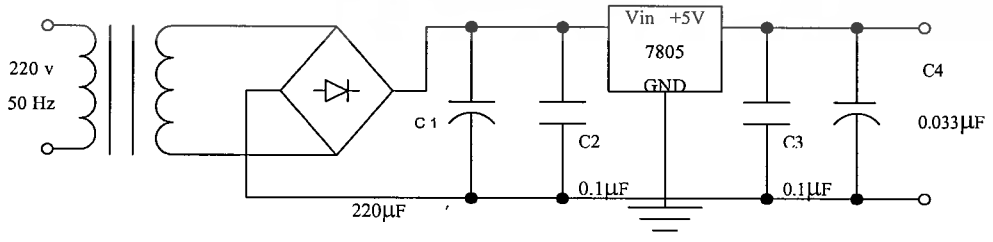
การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟแบ่งออกเป็น 2 ชุดหลักๆ ดังนี้

แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ ใช้จ่ายไฟฟ้าให้ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ชุดควบคุมมอเตอร์ปั๊ม

แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ใช้จ่ายไฟให้รีเลย์ชุดควบคุมมอเตอร์ปั๊ม

3.5.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์

แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ชุดควบคุมมอเตอร์ปั๊ม และชุดป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหาย จะจ่ายกระแสได้สูงสุดประมาณ 1 แอมแปร์ และใช้ ไอซีเบอร์ 7805 เป็นตัวจำกัดแรงดันให้คงที่โดยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะออกแบบวงจรได้ดัง รูปที่ 3.5

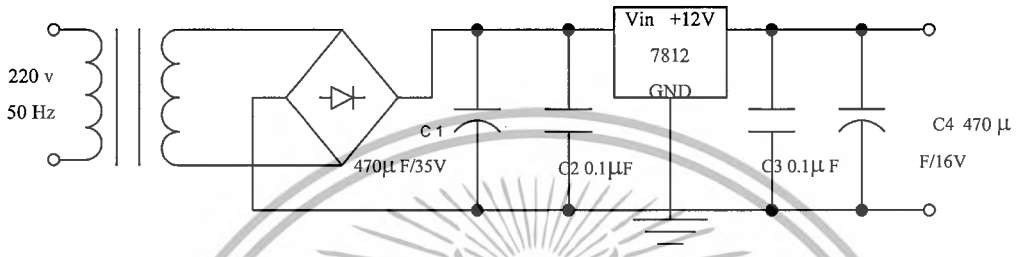


รูปที่ 3.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์

การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ เป็นแหล่งจ่ายไฟให้ชุดควบคุมเครื่องหยอดเหรียญ ซึ่งวงจรชุดนี้จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไม่มากจึงกินกระแสต่ำ ซึ่งใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์ เบอร์ 7812 เพียงตัวเดียวในการจำกัดแรงดัน ซึ่งสามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.6



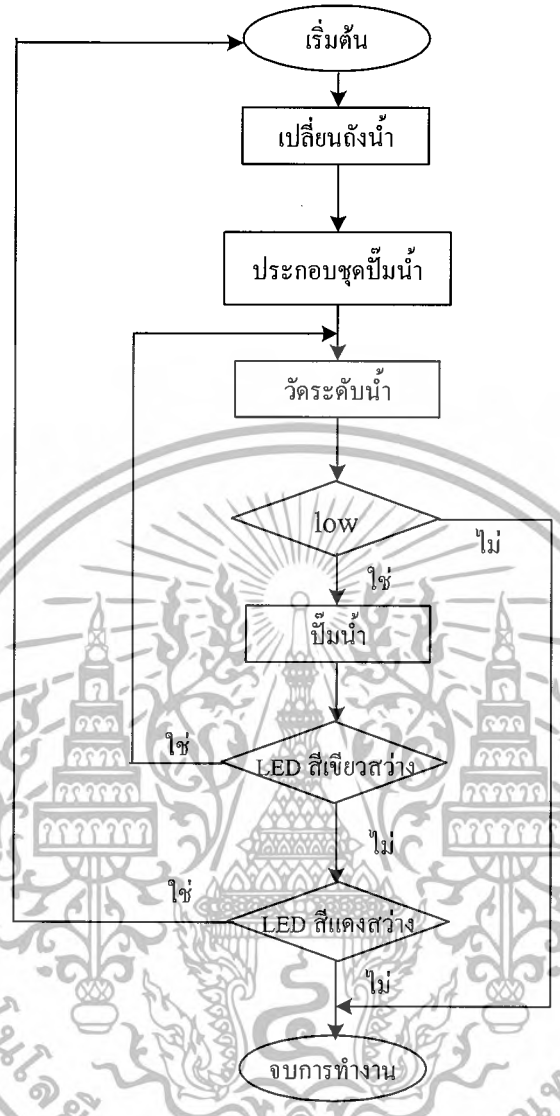
รูปที่ 3.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์

3.6 หลักการเขียนโปรแกรม

ในการเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องนั้น จำเป็นจะต้องรู้เรื่องฮาร์ดแวร์ เข้าใจจุดประสงค์ที่จะทำให้เครื่องทำงาน รวมทั้งเรื่องการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นอย่างดี

หลักในการเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่อง คือ จะต้องสามารถควบคุมได้ทั้งเวลา และปริมาณของน้ำในตู้น้ำเย็น ซึ่งมีแท่งอิเล็กโทรด 2 ชุดเป็นตัวช่วยในการตรวจวัดและตรวจเช็คปริมาณของระดับน้ำ ที่ใช้ในการกำหนดระดับของน้ำในตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ผังการทำงานของโปรแกรม

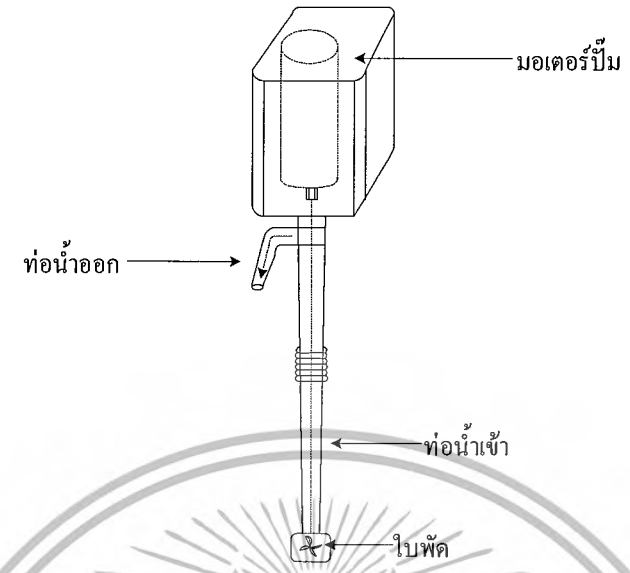
3.7 การออกแบบโครงสร้างของโครงงาน

โครงสร้างของโครงงานได้แบ่งโครงสร้างออกเป็นสองส่วนใหญ่ๆ คือโครงสร้างของมอเตอร์ และโครงสร้างของฝาครอบตู้น้ำเย็น

3.7.1 การออกแบบโครงสร้างของมอเตอร์ปั๊ม

โครงสร้างของมอเตอร์ๆ ปั๊มถือว่าเป็นหัวใจสำคัญในการสร้างตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ เพราะว่าการที่จะปั๊มน้ำจากที่ต่ำขึ้นสู่ที่สูงนั้นเป็นการยาก เนื่องจากว่าเป็นการทำงานที่ผิดธรรมชาติของน้ำ จะมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

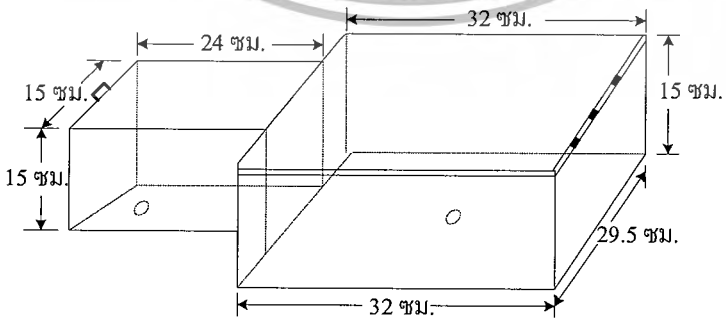


รูปที่ 3.8 โครงสร้างของมอเตอร์ปั๊ม

โครงสร้างของมอเตอร์ปั๊ม เป็นลักษณะของท่อลำเลียง โดยมีแกนเหล็กอยู่ตรงกลาง เชื่อมต่อระหว่างมอเตอร์กับใบพัดที่คอยทำหน้าที่ในการดันน้ำชุดของมอเตอร์ปั๊มน้ำนี้มีหน้าที่ในการปั๊มน้ำจากถังน้ำสีขาวที่วางอยู่ด้านข้างของตู้น้ำเย็นขึ้นไปยังกระบอกน้ำของตู้น้ำเย็น

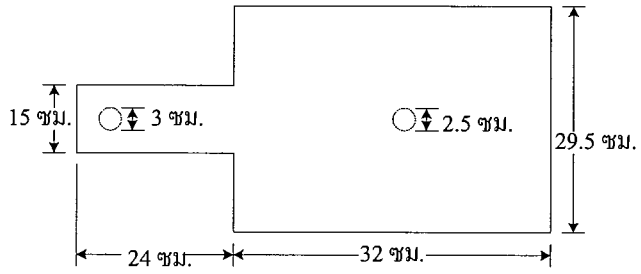
3.7.2 การออกแบบโครงสร้างของฝาครอบตู้น้ำเย็น

โครงสร้างของฝาครอบตู้น้ำเย็น ทำมาจากอลูมิเนียมแผ่นมาประกอบกันขึ้นเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมสองรูปติดกัน โดยจะมีลักษณะเป็นช่องสี่เหลี่ยมนี้จะมีการสร้างที่แตกต่างกัน ช่องสี่เหลี่ยมช่องที่ 1 จะมีการเจาะรูเป็นวงกลมเพื่อประกอบและติดตั้งมอเตอร์ ช่องสี่เหลี่ยมช่องที่ 2 จะมีการเจาะรูเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า ไว้สำหรับติดตั้งแท่งอิเล็กโทรด



รูปที่ 3.9 โครงสร้างของฝาครอบตู้น้ำเย็นเมื่อมองจากด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 โครงสร้างของฝาครอบตู้น้ำเย็นเมื่อมองจากด้านบน

ฝาครอบตู้น้ำเย็นนี้มีหน้าที่ในการป้องกันสิ่งสกปรกที่จะลงไปในกระบอกน้ำกิน และมีไว้เพื่อติดตั้งตัวมอเตอร์ปั๊ม และมีไว้สำหรับติดตั้ง วงจรควบคุมมอเตอร์ปั๊ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

สำหรับตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ ได้เป็นการออกแบบและการสร้างขึ้นมาตรงตามวัตถุประสงค์และขีดความสามารถที่ตั้งไว้ สำหรับบทนี้จะกลับถึงการทดลองและผลการทดลอง ของตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ ที่ได้จากการออกแบบและประกอบวงจรต่างๆ ในบทที่ 3 โดยการทดลองนี้ได้ทดลองอย่างระมัดระวังและถูกต้องตามกระบวนการที่สามารถเชื่อถือได้ และมีผลการทดลองดังนี้

4.1 การทดลองวงจรควบคุมระดับน้ำ

เป็นตัวคอยตรวจวัดระดับน้ำให้อยู่ในระดับที่ใช้งานได้เหมาะสมกับความต้องการ โดยที่วงจรตรวจวัดระดับนี้ จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณมายังชุดควบคุมมอเตอร์ด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการทดลองว่าในระดับน้ำที่แตกต่างกัน ชุดควบคุมระดับนี้จะให้ผลการทำงานเป็นอย่างไร

1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ประกอบวงจรควบคุมระดับน้ำ

1.2) จ่ายวงจรให้กับไฟเลี้ยง

1.3) นำไปจุ่มวัดน้ำที่แตกต่างกัน

1.4) สังเกตการณ์ทำงานของวงจรและบันทึกผลการทดลอง

2) ผลการทดลอง

2.1) เมื่อนำไปจุ่มวัดในระดับน้ำที่ต่ำกว่าแท่ง Low ชุดควบคุมระดับน้ำจะส่งสัญญาณมายังชุดควบคุมมอเตอร์

2.2) เมื่อนำไปจุ่มวัดในระดับน้ำที่สูงกว่าแท่ง Low แต่ไม่ถึงระดับ High ชุดควบคุมระดับน้ำจะไม่ส่งสัญญาณมายังชุดควบคุมมอเตอร์

2.3) เมื่อนำไปจุ่มวัดในระดับน้ำที่สูงถึง High ชุดควบคุมระดับน้ำจะไม่ส่งสัญญาณมายังชุดควบคุมมอเตอร์

3) สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่าถ้าระดับน้ำต่ำกว่าแท่ง Low ชุดควบคุมระดับน้ำก็จะส่งสัญญาณมายังชุดควบคุมมอเตอร์เมื่อระดับน้ำสูงถึง High ชุดควบคุมระดับน้ำจะไม่ส่งสัญญาณออกมายังชุดควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองวงจรควบคุมมอเตอร์ปั๊ม

ชุดควบคุมมอเตอร์เป็นตัวส่งสัญญาณมายังมอเตอร์ปั๊มเพื่อสั่งการให้มอเตอร์ปั๊มทำงาน ซึ่งชุดนี้จะรับคำสั่งมาจากชุดควบคุมระดับอีทีหนึ่งดังนั้นเราต้องทำการทดลองว่าถ้ามีการส่งสัญญาณมาจากชุดควบคุมระดับแล้ว ชุดควบคุมมอเตอร์จะทำงานอย่างไร ถ้าไม่มีการส่งสัญญาณมาจากชุดควบคุมระดับ แล้วชุดควบคุมมอเตอร์จะทำงานอย่างไร

1)ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ประกอบวงจรควบคุมมอเตอร์ปั๊ม

1.2) จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจร

1.3) ให้มีการส่งสัญญาณ และหยุดส่งสัญญาณจากตัวควบคุมระดับ

1.4) สังเกตการณ์ทำงานของวงจรและบันทึกผลการทดลอง

2) ผลการทดลอง

2.1) เมื่อมีการส่งสัญญาณมาจาควงจรควบคุมระดับ มอเตอร์ปั๊มทำงาน

2.2) เมื่อไม่มีการส่งสัญญาณมาจากชุดควบคุมระดับ มอเตอร์ปั๊มไม่ทำงาน

3) สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์ปั๊มจะขึ้นอยู่กับการส่งสัญญาณมาจากชุดควบคุมถ้ามีการส่งสัญญาณมามอเตอร์ปั๊มก็จะทำงานถ้าไม่มีการส่งสัญญาณมามอเตอร์ ปั๊มก็จะไม่ทำงาน

4.3 วงจรจ่ายแรงดัน

4.3.1 วงจรจ่ายแรงดัน 5 โวลต์

วงจรจ่ายแรงดัน 5 โวลต์ เป็นวงจรที่อาศัยการทำงานของ IC เบอร์ 7805 แรงดันที่ได้จะนำไปใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เราจะต้องมีการทดลองตรวจวัดว่าแรงดันที่ได้มีค่าเท่าไร

1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ประกอบวงจรจ่ายแรงดัน 5 โวลต์

1.2) จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจร

1.3) สังเกตการทำงานของวงจรและบันทึกผลการทดลอง

2) ผลการทดลอง

จะได้ว่าเมื่อจ่ายไฟให้กับวงจร เอาต์พุตที่ได้ออกมาเป็นดังนี้

ครั้งที่ 1 จ่ายไฟ 220 โวลต์ เอาต์พุตที่ได้ 4.95 โวลต์

ครั้งที่ 2 จ่ายไฟ 220 โวลต์ เอาต์พุตที่ได้ 4.97 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 3 จ่ายไฟ 220 โวลต์ เอาต์พุตที่ได้ 4.95 โวลต์

ครั้งที่ 4 จ่ายไฟ 220 โวลต์ เอาต์พุตที่ได้ 4.96 โวลต์

ครั้งที่ 5 จ่ายไฟ 220 โวลต์ เอาต์พุตที่ได้ 4.97 โวลต์

3) สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่า ค่าที่ได้จากการทดลองกับค่าทางอุดมคติจะไม่เท่ากัน ซึ่งตามจริงแล้วค่าเอาต์พุตที่ได้ควรจะมีค่า 5 โวลต์ แต่การทดลองออกมาได้ ค่าเท่ากับ 4.96 โวลต์ จึงสามารถใช้วงจรนี้ได้

4.3.2 วงจรจ่ายแรงดัน 12 โวลต์

วงจรจ่ายแรงดัน 12โวลต์ เป็นวงจรที่อาศัยการทำงานของ IC เบอร์ 7812 แรงดันที่ได้จะนำไปใช้กับรีเลย์ ในวงจรควบคุมมอเตอร์ปั๊ม เราจะต้องมีการทดลองตรวจวัดว่าแรงดันที่ได้มีค่าเท่าไร

1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ประกอบวงจรจ่ายแรงดัน 12 โวลต์

1.2) จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจร

1.3) สังเกตการทำงานของวงจรและบันทึกผลการทดลอง

2) ผลการทดลอง

จะได้ว่าเมื่อจ่ายไฟให้กับวงจร เอาต์พุตที่ได้ออกมาเป็นดังนี้

ครั้งที่ 1 จ่ายไฟ 220 โวลต์ เอาต์พุตที่ได้ 11.95 โวลต์

ครั้งที่ 2 จ่ายไฟ 220 โวลต์ เอาต์พุตที่ได้ 11.97 โวลต์

ครั้งที่ 3 จ่ายไฟ 220 โวลต์ เอาต์พุตที่ได้ 11.95 โวลต์

ครั้งที่ 4 จ่ายไฟ 220 โวลต์ เอาต์พุตที่ได้ 11.96 โวลต์

ครั้งที่ 5 จ่ายไฟ 220 โวลต์ เอาต์พุตที่ได้ 11.97 โวลต์

3) สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่า ค่าที่ได้จากการทดลองกับค่าทางอุดมคติจะไม่เท่ากัน ซึ่งตามจริงแล้วค่าเอาต์พุตที่ได้ควรจะมีค่า 12 โวลต์ แต่การทดลองออกมาได้ ค่าเท่ากับ 11.96 โวลต์ จึงสามารถใช้วงจรนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วงจรป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหาย

วงจรป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหาย มีไว้เพื่อป้องกันการทำงานของมอเตอร์ในขณะที่ในถังไม่มีน้ำเพราะถ้าหากในถังไม่มีน้ำ จะทำให้มอเตอร์ปั๊มหมุนไปโดยที่ไม่มีโหลดก็จะทำให้มอเตอร์ปั๊มเสียหายได้ ดังนั้นจึงต้องมีการทดลองการทำงานของวงจรให้ถูกต้องโดยที่หัวใจหลักของวงจรอยู่ที่การตรวจวัดระดับน้ำในถัง

1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ประกอบวงจรการป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหาย

1.2) จ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจร

1.3) สังเกตการทำงานของวงจรและบันทึกผลการทดลอง

2) ผลการทดลอง

2.1) เมื่อระดับน้ำในถังขาวยังมีอยู่ ชุดป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหายจะปิดวงจรมอเตอร์ปั๊มทำให้มอเตอร์ปั๊มสามารถทำงานได้ถ้ามีการสั่งงานของชุดควบคุมมอเตอร์

2.2) เมื่อระดับน้ำในถังขาวหมด ชุดป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหายจะเปิดวงจรมอเตอร์ปั๊มทำให้มอเตอร์ปั๊มไม่สามารถทำงานถึงแม้จะมีการสั่งงานของชุดควบคุมมอเตอร์

3)สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่าถ้าระดับน้ำในถังขาวหมดมอเตอร์ปั๊มไม่สามารถทำงานได้ ถ้าน้ำในถังขาวมีอยู่ มอเตอร์ปั๊มก็สามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

ตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัตินี้ได้อาศัยหลักการทำงานของแท่งอิเล็กโทรดเป็นตัวคอยควบคุมระดับคอยสั่งการให้รีเลย์คอยควบคุมการทำงานของมอเตอร์อีกครั้งหนึ่งจะเห็นว่าการทำงานของตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติมีการทำงานหลายชุดรวมกัน โดยหลักแล้วหัวใจสำคัญอยู่ที่แท่งอิเล็กโทรดซึ่งเป็นตัวคอยเช็คระดับน้ำของตู้น้ำเย็นนี้

ในการทำงานของเครื่องเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติสามารถปั๊มน้ำได้เลย เพียงแค่นำถังน้ำสีขาวมาวางไว้ข้าง การทำงานจะปั๊มน้ำเองอัตโนมัติ จะมีการเช็คระดับน้ำอยู่ตลอดเวลาไม่ต้องกลัวว่าน้ำจะหมดจากกระบอกน้ำของตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ การทำงานของปั๊มน้ำเมื่อมีการปั๊มน้ำระดับน้ำก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงระดับที่ต้องการแล้วปั๊มน้ำก็จะหยุดปั๊มด้วยการสั่งงานของชุดควบคุมมอเตอร์ปั๊ม เมื่อใดก็ตามที่มีการกดน้ำดื่มระดับน้ำก็จะลดระดับลง เมื่อระดับน้ำลดลงเรื่อยๆ จนถึงระดับต่ำสุดที่ตั้งไว้มอเตอร์ปั๊มก็จะทำงานทันที่

ในส่วนของการทำงนเกี่ยวกับการตรวจเช็คระดับน้ำจะใช้หลักการทำงานของแท่งอิเล็กโทรดโดยที่แท่งอิเล็กโทรดนี้จะมีค่าอยู่ 3 แท่ง โดยทั้ง 3 แท่งเป็นดังนี้คือ แท่งกราวด์ แท่งวัดระดับต่ำ Low และแท่งวัดระดับสูง High ซึ่งนั่นก็หมายถึงว่าระดับน้ำที่ต้องการวัดก็คือระดับต่ำกับระดับสูงการนำค่าทั้งสองค่านี้ไปใช้งานคือระดับต่ำจะส่งสัญญาณไปเพื่อสั่งให้ชุดควบคุมมอเตอร์สั่งการให้มอเตอร์ปั๊มทำงาน ส่วนระดับสูงนั้นก็จะส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมมอเตอร์ปั๊มให้ชุดนี้สั่งการให้มอเตอร์ปั๊มหยุดการทำงาน

มีการทำงานอีกส่วนหนึ่งคือวงจรป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหายที่เกิดจากการทำงานที่ไม่มีโหลดโดยที่มอเตอร์ปั๊มทำงานเต็มที่ ในสาเหตุนี้อาจทำให้มอเตอร์ปั๊มเกิดการไหม้ได้เช่นกัน จึงมีการสร้างชุดนี้ขึ้นมาเพื่อป้องกันการไหม้ของมอเตอร์ ซึ่งมอเตอร์ปั๊มจะทำงานเมื่อน้ำในกระบอกดื่มของตู้น้ำเย็นหมดแต่เมื่อมีการทำงานไปเรื่อยๆ หรือปั๊มไปเรื่อยๆ ก็จะทำให้น้ำในถังขาวหมด เมื่อนำในถังขาวหมด น้ำในกระบอกดื่มก็หมดจะทำให้มอเตอร์ปั๊มทำงานโดยไม่มีโหลดก็ขึ้นน้ำไม่ขึ้นมาจึงได้มีการติดตั้งแท่งอิเล็กโทรดไว้เซนเซอร์น้ำในถังขาวเมื่อถ้าน้ำในถังขาวหมดชุดป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหายนี้จะสั่งการให้เปิดวงจรชุดควบคุมมอเตอร์ปั๊ม มอเตอร์ปั๊มก็ไม่สารมารถปั๊มน้ำได้จึงเป็นการป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของเครื่องเมื่อนำถังขาวมาวางไว้แล้วให้ดกสวิตช์ทำงานเครื่องก็จะทำงานตามปกติให้คอยสังเกตดูว่าไฟที่แสดงเป็นสีเขียวหรือสีแดงถ้าเป็นสีเขียวแสดงว่าการทำงานเป็นปกติ ถ้าหาขึ้นสีแดงแสดงว่าน้ำในถังขาวหมดแล้วต้องมีการเปลี่ยนถังน้ำใหม่

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการซึ่งสรุปได้ดังนี้

1) ปัญหา การทำงานของแท่งอิเล็กโทรดทำงานบ้างไม่ทำงานบ้าง บางครั้งก็ส่งสัญญาณออกมาบางครั้งก็ไม่ส่งสัญญาณออกมาทำให้การทำงานของโปแกรมเกิดการผิดพลาด

แนวทางการแก้ไข โดยการวัดค่าความต้านทานของน้ำที่ได้นำมาทดลองเมื่อวัดค่าความต้านทานของน้ำแล้วก็ขยับแท่งอิเล็กโทรดให้ดีก็สามารถทำงานได้ตามปกติ

2) ปัญหา โปรแกรมการทำงานยังมีการติดขัด การทำงานไม่ราบเรียบเนื่องจากการทำงานของรีเลย์ไม่เสถียรภาพ

แนวทางการแก้ไข ทำการเขียนโปรแกรมใหม่และ ต่อวงจรการทำงานของโปรแกรมใหม่

3) ปัญหา ปั๊มน้ำปั๊มไม่ขึ้นเนื่องจากการทำงานของมอเตอร์ยังค่อยเกินไป ขึ้นบ้างไม่ขึ้นบ้างทำให้การทำงานของเครื่องไม่สมบูรณ์

แนวทางการแก้ไข เดิมทีใช้มอเตอร์ 3 โวลต์ ได้ทำการปรบเปลี่ยนมอเตอร์เป็น 12 โวลต์ มอเตอร์หมุนดีขึ้น การทำงานของเครื่องสมบูรณ์ขึ้น

4) ปัญหา โปรแกรมเกิดการผิดพลาดเนื่องจากไฟเลี้ยงมีไม่พอจึงทำให้บางครั้งโปรแกรมก็ทำงานบางครั้งโปรแกรมก็ไม่ทำงาน

แนวทางแก้ไข ทำการตรวจเช็คตรวจเช็คแหล่งจ่ายแล้วทำการเพิ่มหม้อแปลงเข้าไปอีกหนึ่งตัว ก็ทำให้โปรแกรมทำงานได้เป็นปกติ

5.3 แนวทางการพัฒนา

1) ในการทำงานของตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัตินั้นเวลาดื่มน้ำยังต้องมีการกดน้ำดื่มอยู่ ควรมีการพัฒนาให้มีการทำงานคือเมื่อนำแก้วมาวางไว้ตรงจุดที่กดน้ำเย็นดื่ม ก็ให้น้ำไหลออกมาได้เลยโดยไม่ต้องกดเหมือนเดิมเป็นการสะดวกยิ่งขึ้นใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เนื่องจากการทำงานของตู้น้ำเย็นเป็นการทำงานที่ทำให้น้ำเย็นเพียงอย่างเดียวไม่ได้มีการวัดอุณหภูมิบางครั้งที่น้ำไกลหมดจากกระบอกดื่มก็จะทำให้น้ำเป็นน้ำแข็งไม่สามารถดื่มได้ดังนั้นจึงควรมีการติดตั้งเครื่องมือวัดที่คอยตรวจเช็คอุณหภูมิการทำงานจะได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3) ควรมีการเพิ่มการดูแลรักษาระบบการทำงาน การตรวจซ่อม เครื่องเติมลมหรือติดตั้งระบบการป้องกันวงจรการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ธีรวัฒน์ ประกอบผล. **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทลเลอร์**. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น). 2540

สมยศ จุณณะปิยะ, รศ. **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS 51**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2543

สมศักดิ์ กีรติวุฒิเศรษฐ์. **เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 20. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย– ญี่ปุ่น). 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.1 ภาพด้านหน้าของตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ

รูปที่ ก.2 ภาพด้านข้างของตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ

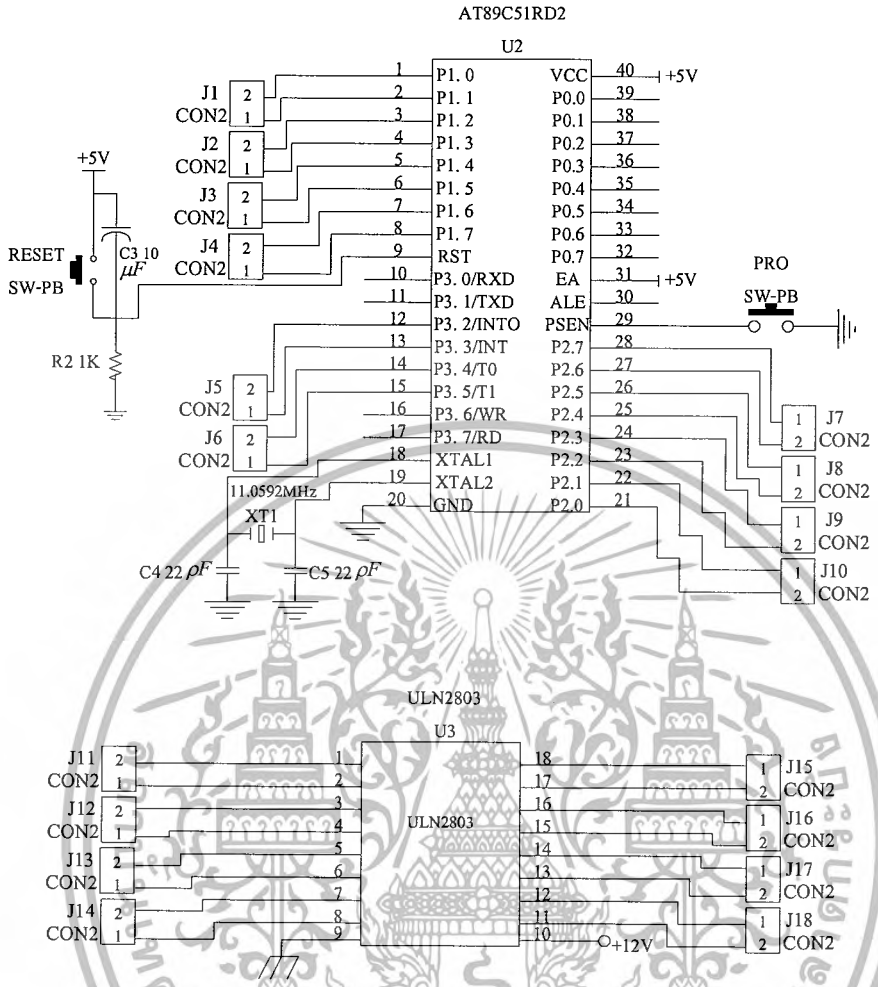
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

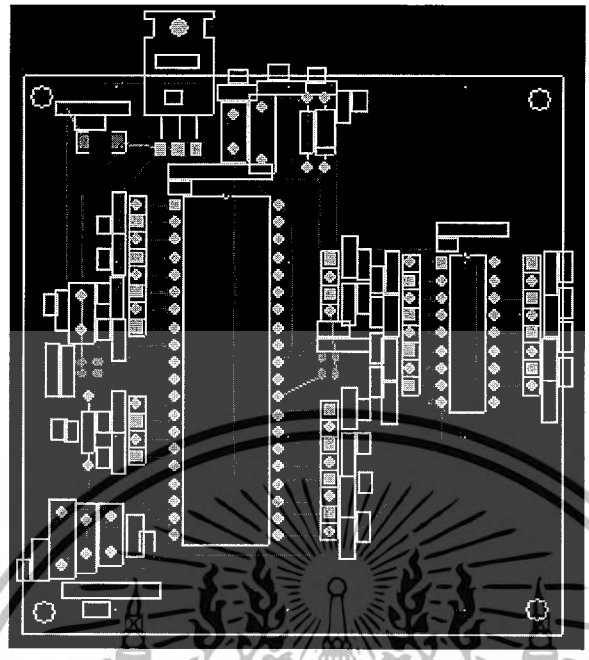
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

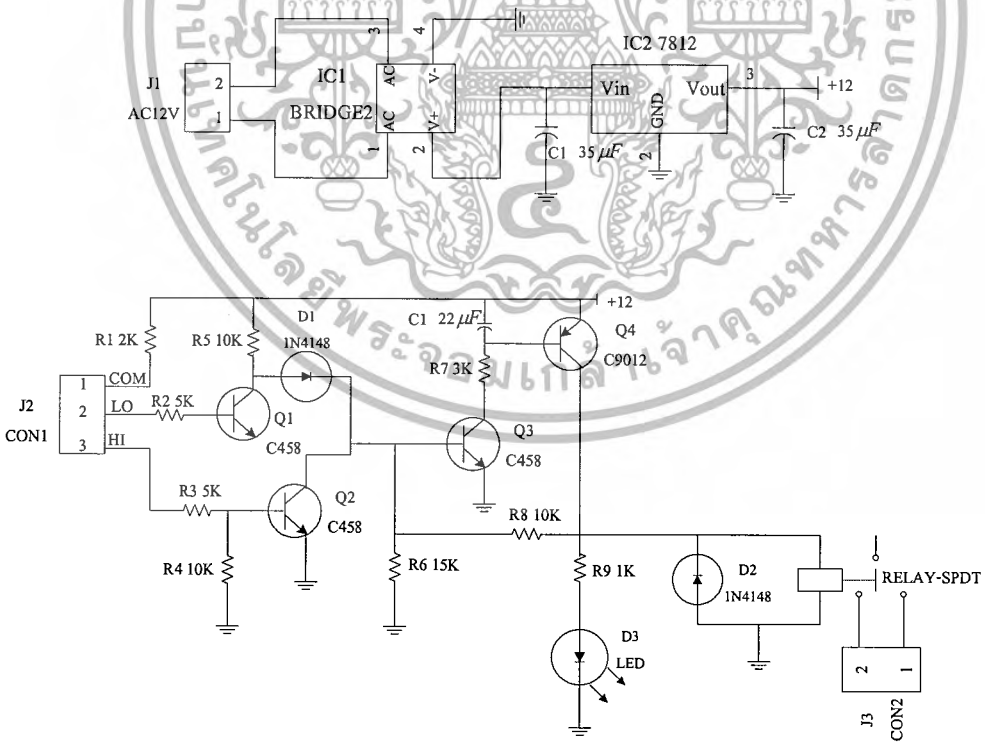


รูปที่ ข.1 วงจรควบคุมมอเตอร์ปั๊ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

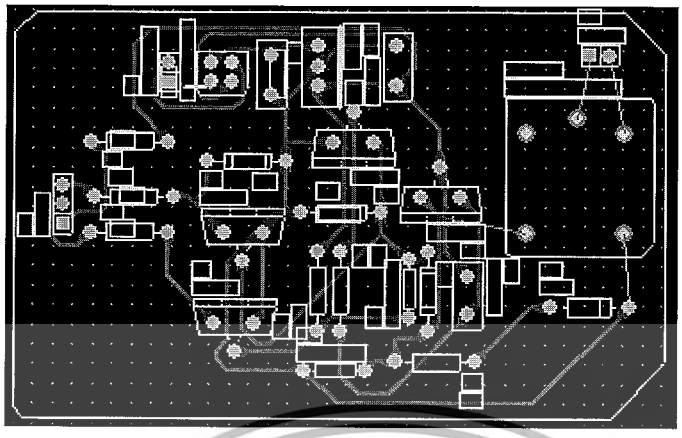


รูปที่ ข.2 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นพิมพ์วงจรควบคุมมอเตอร์ปั๊ม



รูปที่ ข.3 วงจรรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.4 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	LN7805	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1	1N5401	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	220 µF 35 V	2 ตัว
C2 , C3	0.1 µF เซรามิค	2 ตัว
C4	0.33 µF เซรามิค	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
T1	หม้อแปลง 220 / 50 Hz	1 ตัว

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	LN7812	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1	1N5401	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	470 µF 35 V	1 ตัว
C2 , C3	0.1 µF เซรามิค	2 ตัว
C4	470 µF 16 V	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
T1	หม้อแปลง 220 / 50 Hz	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมมอเตอร์ปั๊ม

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	89C51	1 ตัว
IC2	16F628	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1-D2	1N4001	2 ตัว
Q1	BC337	1 ตัว
Q2	2N7000	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1 , C2 , C3	10 µF	3 ตัว
C4 , C5	22 ρF เซรามิค	2 ตัว
C6	11.598 MHz เซรามิค	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	4.7 kΩ	1 ตัว
R2	2 kΩ	1 ตัว
R3 , R4	1 kΩ	2 ตัว
VR1	200 kΩ	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
S1-S6	สวิตช์แบบกดติดปล่อยดับ	6 ตัว
K1	12 V	1 ตัว

ตารางที่ ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมระดับ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1	1N4148	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมระดับ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1 , Q2 , Q3	C458	3 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	2.2 μF	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	1 kΩ	1 ตัว
R2	1.5 kΩ	1 ตัว
R3	3 kΩ	2 ตัว
R4	10 kΩ	3 ตัว
R5	27 kΩ	1 ตัว
VR1	50 kΩ	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
K1	12 V	1 ตัว

ตารางที่ ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหาย

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1	1N4148	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1 , Q2 , Q3	C458	3 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	2.2 μF	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

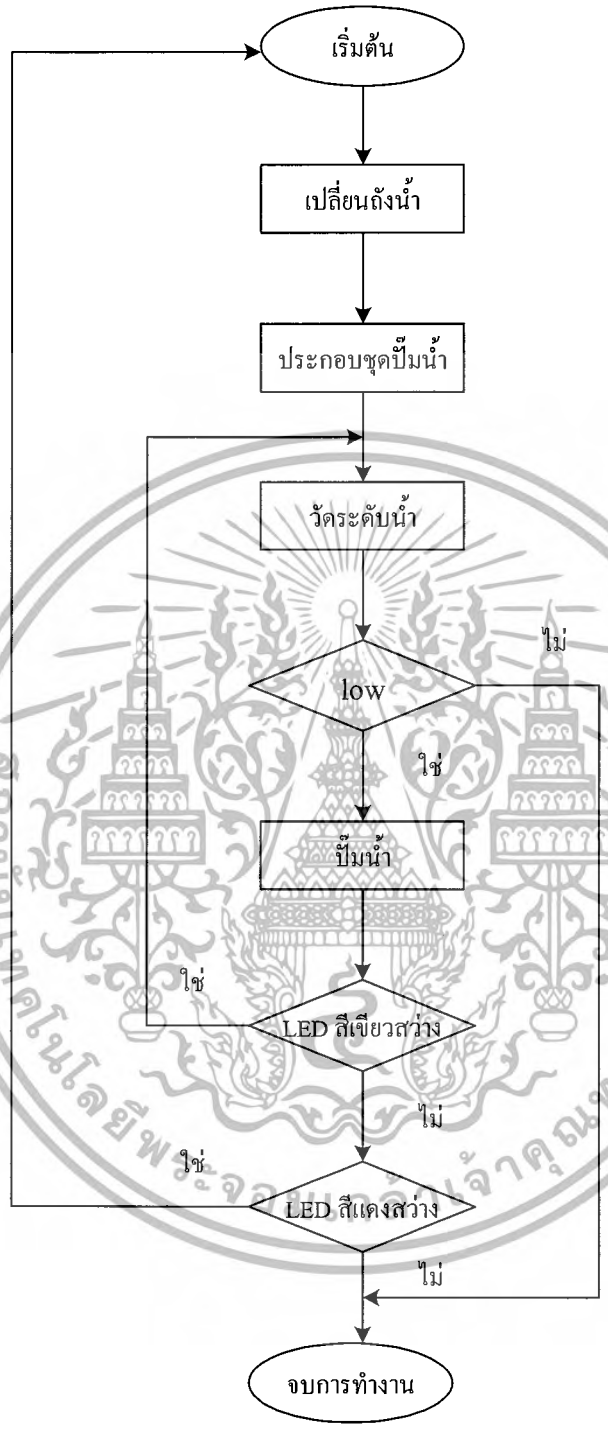
ตารางที่ ค.5 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรป้องกันมอเตอร์ปั๊มเสียหาย

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวความต้านทาน		
R1	1 kΩ	1 ตัว
R2	1.5 kΩ	1 ตัว
R3	3 kΩ	1 ตัว
R4	5 kΩ	1 ตัว
R5	10 kΩ	3 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
K1	12 V	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 ผังการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมมอเตอร์

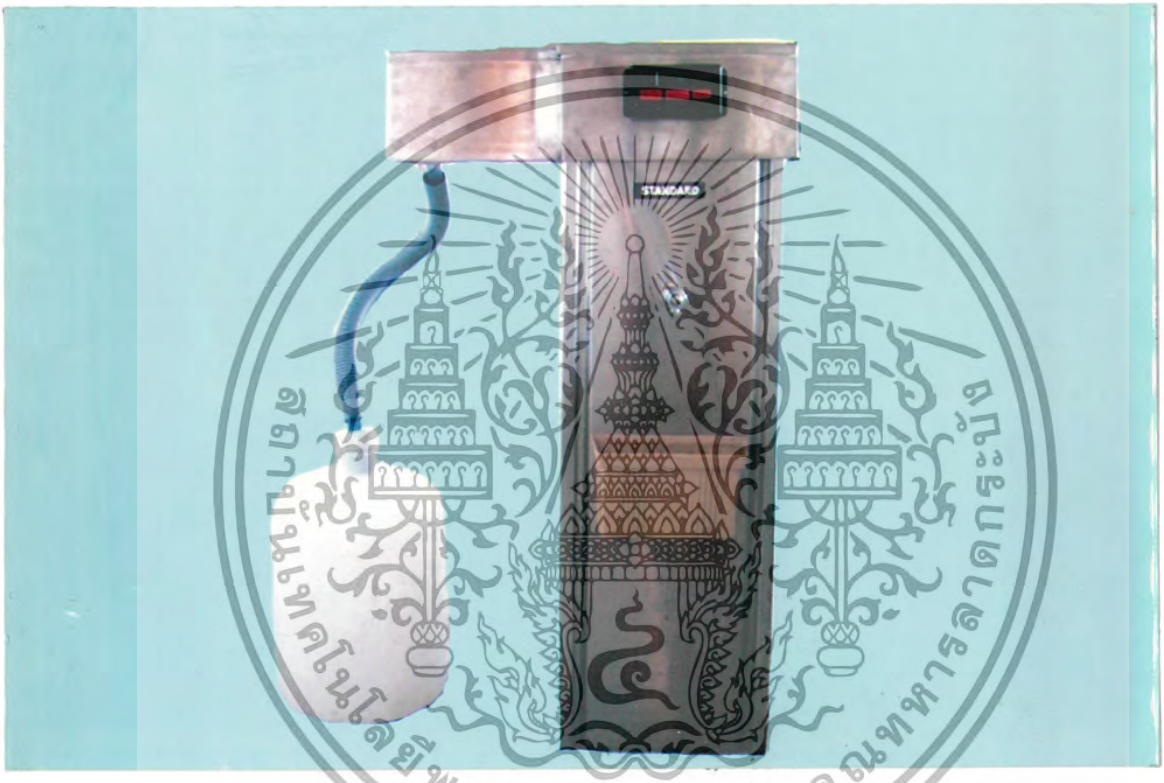
```
        ORG     0000H
        JMP     MAIN
MAIN:
        JNB     P3.2,MAIN
        MOV     A,#11110000B
        MOV     P2,A
NUY:
        JNB     P3.2,NUY
        CPL     A
        CALL    DELAY
        JMP     MAIN
DELAY:
        MOV     TH0,#00H
        MOV     TL0'#00H
        SETB    TR0
LOOP:
        JNB     TF0,LOOP
        CLR     TF0
        CLR     TR0
        NOP
        RET
        END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
ตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

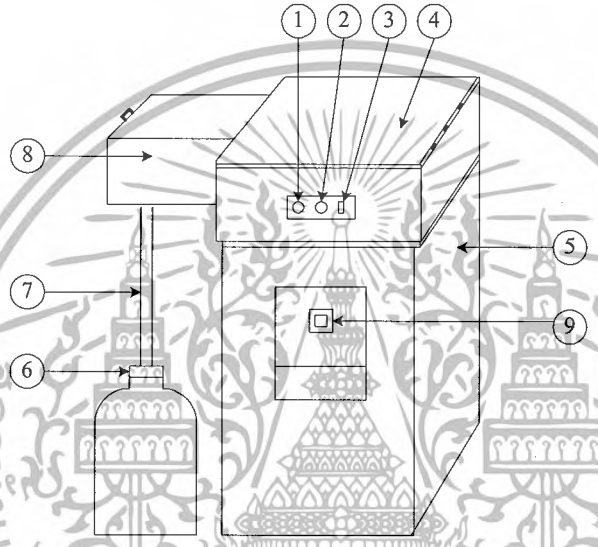
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

การใช้งานตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ ควรมีการศึกษาและทำความเข้าใจคู่มือการใช้งานให้ละเอียดเสียก่อน ก่อนที่จะเริ่มลงมือใช้งาน เพื่อให้การใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และเพื่อการบำรุงรักษาการใช้งานตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติด้วย

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



รูปที่ จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของตู้น้ำเย็นกึ่งอัตโนมัติ

จากรูปที่ จ.1 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1. หลอดสัญญาณสีเขียว
2. หลอดสัญญาณสีแดง
3. สวิตช์สตาร์ท
4. ชุดควบคุมระดับ
5. ตู้น้ำเย็น
6. ฝาปิดเชื่อมท่อกับถังน้ำ
7. ท่อน้ำ
8. ชุดปั๊มน้ำ
9. ที่กดดื่มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การติดตั้งและการใช้งาน

3.1 นำชุดควบคุมระดับไปติดตั้งหรือวางบนตู้น้ำเย็น

3.2 นำถังน้ำสีขาวมาวางด้านข้าง

3.3 เปิดฝาแล้วนำท่อจุ่มเข้าไปในถังน้ำแล้วขันฝาให้แน่น

3.4 ทำการกดสวิตช์สตาร์ท

3.5 สังเกตหลอดสัญญาณที่แสดงต้องเป็นสีเขียว

4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้งานตู้น้ำเย็นดื่งอัตโนมัติ สามารถตรวจสอบแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้จากตารางข้างล่างนี้

อาการ	สาเหตุและ/หรือวิธีแก้ไข
มอเตอร์หยุดนิ่งไม่ทำงาน	น้ำในกระบอกดื่มยังมีอยู่ แต่นำน้ำในกระบอกดื่มหมดให้ดูว่าหลอดสัญญาณที่แสดงเป็นสีอะไรถ้าเป็นสีแดงให้เปลี่ยนถังใหม่เพราะว่าน้ำหมด แล้วก็ทำการกดสวิตช์สตาร์ท
มอเตอร์ปั๊มน้ำไม่ขึ้น	ตรวจสอบดูว่าปิดฝาถังน้ำสนิทหรือยังถ้ายังก็ปิดให้แน่น ถ้าปิดแน่นแล้วยังปั๊มน้ำไม่ขึ้นอีกก็ตรวจดูรอยรั่วที่ข้อต่อของท่อน้ำ

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 การดูแลรักษา

- ควรมีการถอดทำความสะอาดปั๊มทุกๆ 1เดือนเพื่อป้องกันการเกิดสิ่งสกปรกที่ตัวปั๊ม
- มีการตรวจเช็คท่อน้ำว่ามีการรั่วซึมหรือไม่
- มีการตรวจสอบว่าวงจรยังอยู่สภาพที่สมบูรณ์หรือไม่
- ให้มีการตรวจเช็คระบบการทำงานภายในกล่องทุกๆ 6 เดือน

5.2 ข้อควรระวัง

- ในการเปลี่ยนถังน้ำสีขาวควรทำอย่างระมัดระวังและควรปิดสวิตช์เสียก่อน
- ควรปิดฝาครอบตู้น้ำเย็นเพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอมลงไปในกระบอกน้ำดื่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
ส่วนแสดงผล	LED สองสี สีแดงเตือนว่าน้ำในถังหมด สีเขียวแสดงว่าทำงานปกติ
การปั๊มน้ำ	ปั๊มน้ำได้12 ลิตรต่อนาที
ความผิดพลาด	± 0.1%
มอเตอร์ปั๊ม	เป็นมอเตอร์ขนาด 12 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

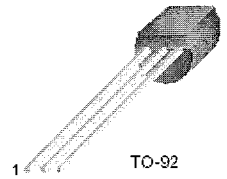
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

BC337/338

Switching and Amplifier Applications

- Suitable for AF-Driver stages and low power output stages
- Complement to BC327/BC328



TO-92

1. Collector 2. Base 3. Emitter

NPN Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings T_a=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CES}	Collector-Emitter Voltage : BC337 : BC338	 50 30	 V V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage : BC337 : BC338	 45 25	 V V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	5	V
I_C	Collector Current (DC)	800	mA
P_C	Collector Power Dissipation	625	mW
T_J	Junction Temperature	150	°C
T_{STG}	Storage Temperature	-55 ~ 150	°C

Electrical Characteristics T_a=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
BV_{CEO}	Collector-Emitter Breakdown Voltage : BC337 : BC338	I_C=10mA, I_B=0	 45 25			 V V
BV_{CES}	Collector-Emitter Breakdown Voltage : BC337 : BC338	I_C=0.1mA, V_{BE}=0	 50 30			 V V
BV_{EBO}	Emitter-Base Breakdown Voltage	I_E=0.1mA, I_C=0	5			V
I_{CES}	Collector Cut-off Current : BC337 : BC338	 V_{CE}=45V, I_B=0 V_{CE}=25V, I_B=0		 2 2	 100 100	 nA nA
h_{FE1} h_{FE2}	DC Current Gain	V_{CE}=1V, I_C=100mA V_{CE}=1V, I_C=300mA	100 60		630	
V_{CE}(sat)	Collector-Emitter Saturation Voltage	I_C=500mA, I_B=50mA			0.7	V
V_{BE} (on)	Base Emitter On Voltage	V_{CE}=1V, I_C=300mA			1.2	V
f_T	Current Gain Bandwidth Product	V_{CE}=5V, I_C=10mA, f=50MHz		100		MHz
C_{ob}	Output Capacitance	V_{CB}=10V, I_E=0, f=1MHz		12		pF

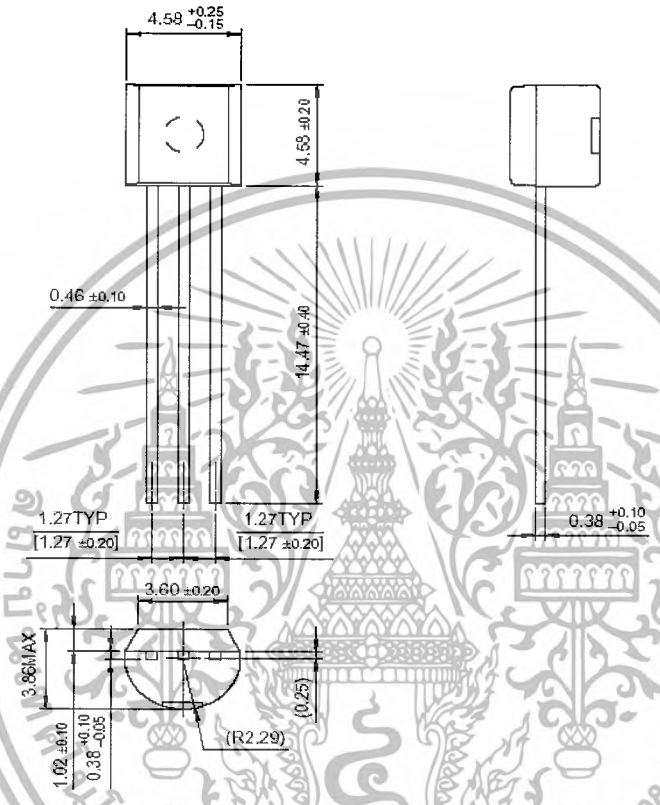
h_{FE} Classification

Classification	16	25	40
h_{FE1}	100 ~ 250	160 ~ 400	250 ~ 630
h_{FE2}	60-	100-	170-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Dimensions

TO-92



Dimensions in Millimeters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

November 1995

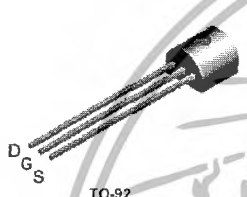
2N7000 / 2N7002 / NDS7002A
N-Channel Enhancement Mode Field Effect Transistor

General Description

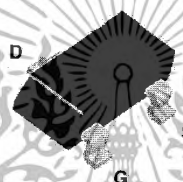
These N-Channel enhancement mode field effect transistors are produced using Fairchild's proprietary, high cell density, DMOS technology. These products have been designed to minimize on-state resistance while provide rugged, reliable, and fast switching performance. They can be used in most applications requiring up to 400mA DC and can deliver pulsed currents up to 2A. These products are particularly suited for low voltage, low current applications such as small servo motor control, power MOSFET gate drivers, and other switching applications.

Features

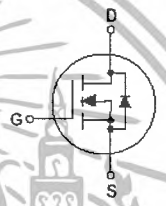
- High density cell design for low $R_{DS(ON)}$.
- Voltage controlled small signal switch.
- Rugged and reliable.
- High saturation current capability.



TO-92
2N7000



SOT-23
(TO-236AB)
2N7002/NDS7002A



Absolute Maximum Ratings T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	2N7000	2N7002	NDS7002A	Units
V_{DSS}	Drain-Source Voltage		60		V
V_{DGR}	Drain-Gate Voltage ($R_{GS} \leq 1$ MΩ)		60		V
V_{GSS}	Gate-Source Voltage - Continuous		±20		V
	- Non Repetitive (t_p < 50µs)		±40		
I_D	Maximum Drain Current - Continuous	200	115	280	mA
	- Pulsed	500	800	1500	
P_D	Maximum Power Dissipation	400	200	300	mW
	Derated above 25°C	3.2	1.6	2.4	mW/°C
T_J, T_{STG}	Operating and Storage Temperature Range	-55 to 150		-65 to 150	°C
T_L	Maximum Lead Temperature for Soldering Purposes, 1/16" from Case for 10 Seconds	300			°C
THERMAL CHARACTERISTICS					
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	312.5	625	417	°C/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Type	Min	Typ	Max	Units
OFF CHARACTERISTICS							
BV_{DSS}	Drain-Source Breakdown Voltage	V_{GS} = 0 V, I_D = 10 µA	All	60			V
I_{DSS}	Zero Gate Voltage Drain Current	V_{DS} = 48 V, V_{GS} = 0 V	2N7000			1	µA
		T_J=125°C				1	mA
		V_{DS} = 60 V, V_{GS} = 0 V	2N7002 NDS7002A			1	µA
		T_J=125°C				0.5	mA
I_{GSSF}	Gate - Body Leakage, Forward	V_{GS} = 15 V, V_{DS} = 0 V	2N7000			10	nA
		V_{GS} = 20 V, V_{DS} = 0 V	2N7002 NDS7002A			100	nA
I_{GSSR}	Gate - Body Leakage, Reverse	V_{GS} = -15 V, V_{DS} = 0 V	2N7000			-10	nA
		V_{GS} = -20 V, V_{DS} = 0 V	2N7002 NDS7002A			-100	nA
ON CHARACTERISTICS (Note 1)							
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	V_{DS} = V_{GS}, I_D = 1 mA	2N7000	0.8	2.1	3	V
		V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250 µA	2N7002 NDS7002A	1	2.1	2.5	
$R_{DS(ON)}$	Static Drain-Source On-Resistance	V_{GS} = 10 V, I_D = 500 mA	2N7000		1.2	5	Ω
		T_J =125°C			1.9	9	
		V_{GS} = 4.5 V, I_D = 75 mA			1.8	5.3	
		V_{GS} = 10 V, I_D = 500 mA	2N7002		1.2	7.5	
		T_J =100°C			1.7	13.5	
		V_{GS} = 5.0 V, I_D = 50 mA			1.7	7.5	
		T_J =100°C			2.4	13.5	
		V_{GS} = 10 V, I_D = 500 mA	NDS7002A		1.2	2	
		T_J =125°C			2	3.5	
		V_{GS} = 5.0 V, I_D = 50 mA			1.7	3	
		T_J =125°C			2.8	5	
$V_{DS(ON)}$	Drain-Source On-Voltage	V_{GS} = 10 V, I_D = 500 mA	2N7000		0.6	2.5	V
		V_{GS} = 4.5 V, I_D = 75 mA			0.14	0.4	
		V_{GS} = 10 V, I_D = 500mA	2N7002		0.6	3.75	
		V_{GS} = 5.0 V, I_D = 50 mA			0.09	1.5	
		V_{GS} = 10 V, I_D = 500mA	NDS7002A		0.6	1	
		V_{GS} = 5.0 V, I_D = 50 mA			0.09	0.15	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Type	Min	Typ	Max	Units
ON CHARACTERISTICS Continued (Note 1)							
$I_{D(ON)}$	On-State Drain Current	V_{GS} = 4.5 V, V_{DS} = 10 V	2N7000	75	600		mA
		V_{GS} = 10 V, $V_{DS} \geq 2 V_{DS(on)}$	2N7002	500	2700		
		V_{GS} = 10 V, $V_{DS} \geq 2 V_{DS(on)}$	NDS7002A	500	2700		
g_{FS}	Forward Transconductance	V_{DS} = 10 V, I_D = 200 mA	2N7000	100	320		mS
		$V_{DS} \geq 2 V_{DS(on)}$, I_D = 200 mA	2N7002	80	320		
		$V_{DS} \geq 2 V_{DS(on)}$, I_D = 200 mA	NDS7002A	80	320		
DYNAMIC CHARACTERISTICS							
C_{iss}	Input Capacitance	V_{DS} = 25 V, V_{GS} = 0 V, f = 1.0 MHz	All		20	50	pF
C_{oss}	Output Capacitance		All		11	25	pF
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance		All		4	5	pF
t_{on}	Turn-On Time	V_{DD} = 15 V, R_L = 25 Ω, I_D = 500 mA, V_{GS} = 10 V, R_{GEN} = 25	2N7000			10	ns
		V_{DD} = 30 V, R_L = 150 Ω, I_D = 200 mA, V_{GS} = 10 V, R_{GEN} = 25 Ω	2N700 NDS7002A			20	
t_{off}	Turn-Off Time	V_{DD} = 15 V, R_L = 25 Ω, I_D = 500 mA, V_{GS} = 10 V, R_{GEN} = 25	2N7000			10	ns
		V_{DD} = 30 V, R_L = 150 Ω, I_D = 200 mA, V_{GS} = 10 V, R_{GEN} = 25 Ω	2N700 NDS7002A			20	
DRAIN-SOURCE DIODE CHARACTERISTICS AND MAXIMUM RATINGS							
I_S	Maximum Continuous Drain-Source Diode Forward Current		2N7002			115	mA
			NDS7002A			280	
I_{SM}	Maximum Pulsed Drain-Source Diode Forward Current		2N7002			0.8	A
			NDS7002A			1.5	
V_{SD}	Drain-Source Diode Forward Voltage	V_{GS} = 0 V, I_S = 115 mA (Note 1)	2N7002		0.88	1.5	V
		V_{GS} = 0 V, I_S = 400 mA (Note 1)	NDS7002A		0.88	1.2	

Note:
1. Pulse Test: Pulse Width ≤ 300μs, Duty Cycle ≤ 2.0%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Electrical Characteristics

2N7000 / 2N7002 / NDS7002A

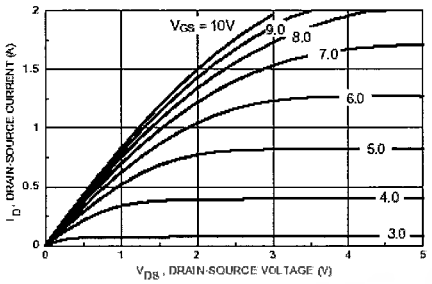


Figure 1. On-Region Characteristics

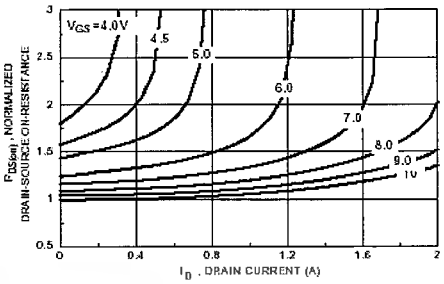


Figure 2. On-Resistance Variation with Gate Voltage and Drain Current

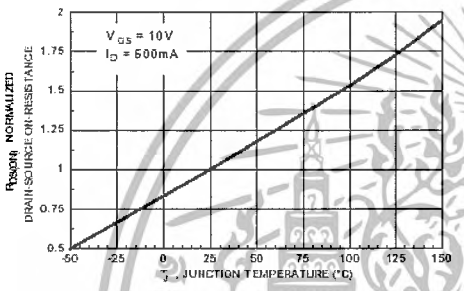


Figure 3. On-Resistance Variation with Temperature

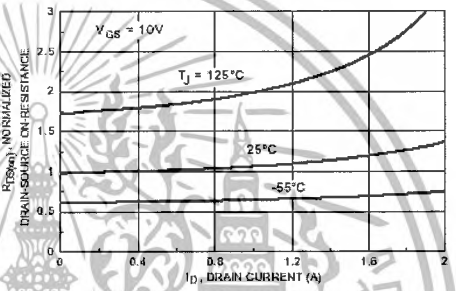


Figure 4. On-Resistance Variation with Drain Current and Temperature

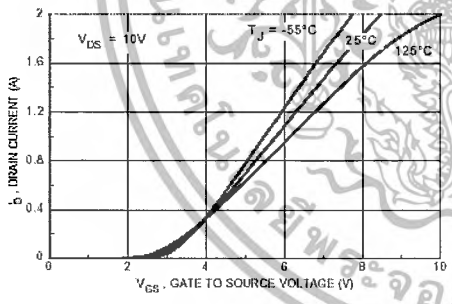


Figure 5. Transfer Characteristics

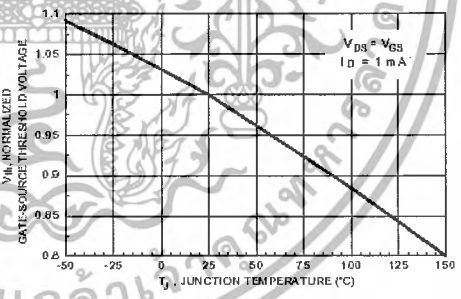


Figure 6. Gate Threshold Variation with Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Electrical Characteristics (continued)

2N7000 / 2N7002 /NDS7002A

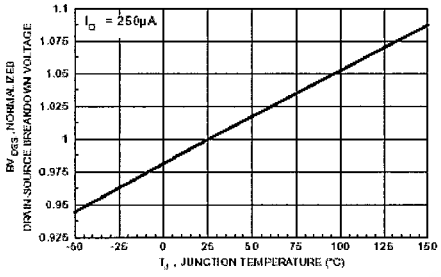


Figure 7. Breakdown Voltage Variation with Temperature

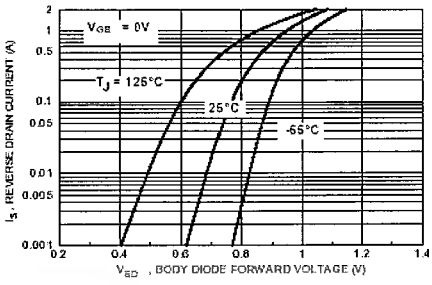


Figure 8. Body Diode Forward Voltage Variation with

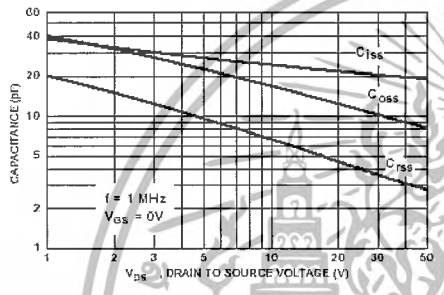


Figure 9. Capacitance Characteristics

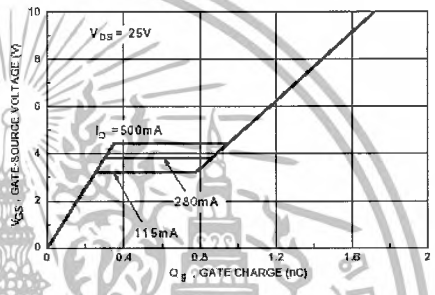


Figure 10. Gate Charge Characteristics

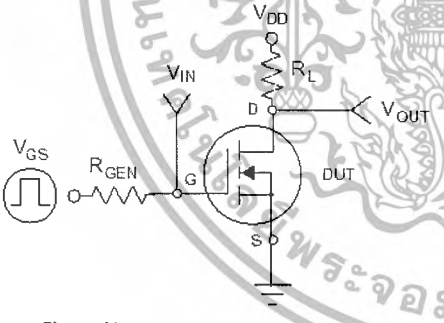


Figure 11.

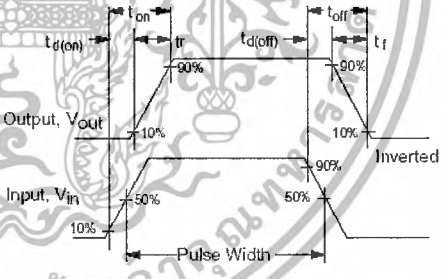


Figure 12. Switching Waveforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Electrical Characteristics (continued)

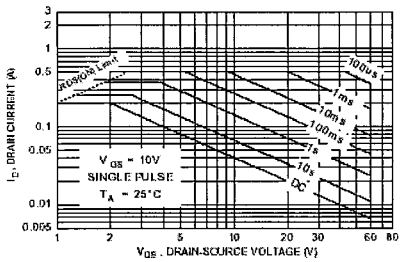


Figure 13. 2N7000 Maximum Safe Operating Area

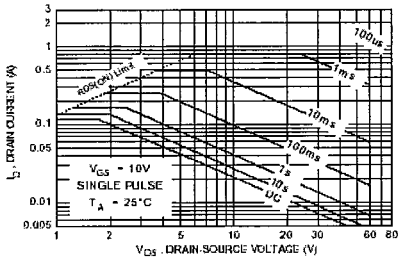


Figure 14. 2N7002 Maximum Safe Operating Area

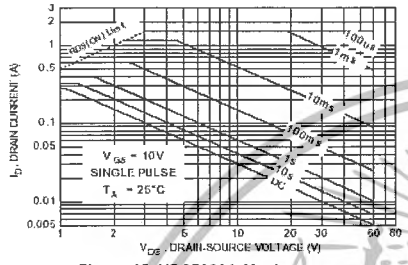


Figure 15. NDS7000A Maximum Safe Operating Area

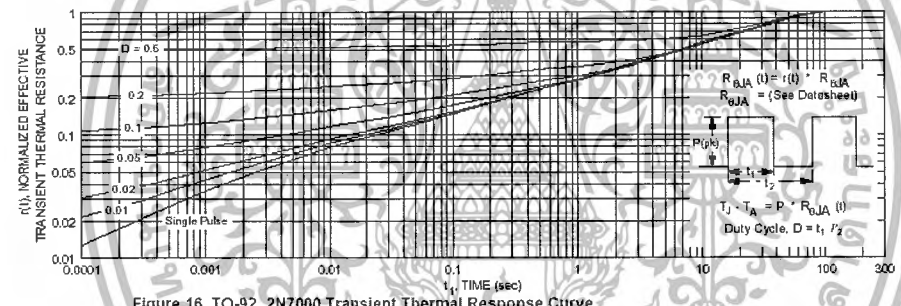


Figure 16. TO-92, 2N7000 Transient Thermal Response Curve

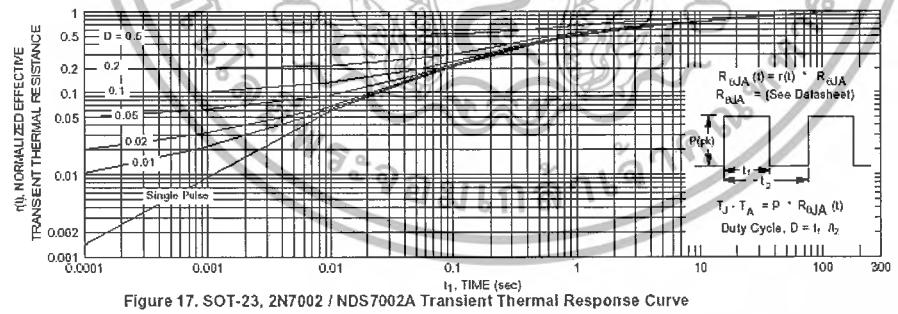
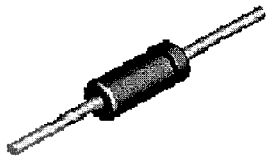


Figure 17. SOT-23, 2N7002 / NDS7002A Transient Thermal Response Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

1N/FDLL 914/A/B / 916/A/B / 4148 / 4448



DO-35

LL-34

THE PLACEMENT OF THE EXPANSION GAP HAS NO RELATIONSHIP TO THE LOCATION OF THE CATHODE TERMINAL

COLOR BAND MARKING

DEVICE	1ST BAND	2ND BAND
FDLL914	BLACK	BROWN
FDLL914A	BLACK	GRAY
FDLL914B	BROWN	BLACK
FDLL916	BLACK	RED
FDLL916A	BLACK	WHITE
FDLL916B	BROWN	BROWN
FDLL4148	BLACK	BROWN
FDLL4448	BROWN	BLACK

Small Signal Diode

Absolute Maximum Ratings*

T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{RRM}	Maximum Repetitive Reverse Voltage	100	V
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Forward Current	200	mA
I_{FSM}	Non-repetitive Peak Forward Surge Current Pulse Width = 1.0 second Pulse Width = 1.0 microsecond	 1.0 4.0	 A A
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +200	°C
T_J	Operating Junction Temperature	175	°C

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

NOTES:
1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 200 degrees C.
2) These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Thermal Characteristics

Symbol	Characteristic	Max	Units
		1N/FDLL 914/A/B / 4148 / 4448	
P_D	Power Dissipation	500	mW
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	300	°C/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics

T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter		Test Conditions	Min	Max	Units
V_R	Breakdown Voltage		I_R = 100 µA	100		V
			I_R = 5.0 µA	75		V
V_F	Forward Voltage	1N914B/4448	I_F = 5.0 mA	620	720	mV
		1N916B	I_F = 5.0 mA	630	730	mV
		1N914/916/4148	I_F = 10 mA		1.0	V
		1N914A/916A	I_F = 20 mA		1.0	V
		1N916B	I_F = 20 mA		1.0	V
		1N914B/4448	I_F = 100 mA		1.0	V
I_R	Reverse Current		V_R = 20 V		25	nA
			V_R = 20 V, T_A = 150°C		50	µA
			V_R = 75 V		5.0	µA
C_T	Total Capacitance					
		1N916A/B/4448	V_R = 0, f = 1.0 MHz		2.0	pF
		1N914A/B/4148	V_R = 0, f = 1.0 MHz		4.0	pF
t_{rr}	Reverse Recovery Time		I_F = 10 mA, V_R = 6.0 V (60mA), I_{rr} = 1.0 mA, R_L = 100Ω		4.0	ns

Typical Characteristics

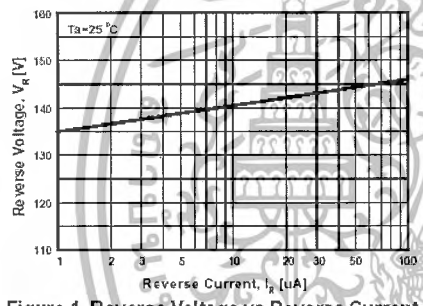


Figure 1. Reverse Voltage vs Reverse Current
BV - 1.0 to 100 uA

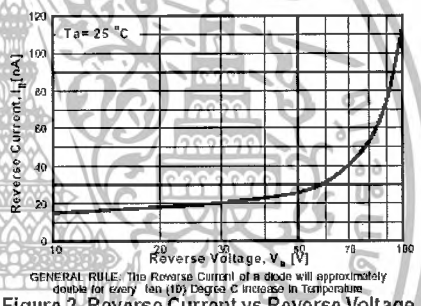


Figure 2. Reverse Current vs Reverse Voltage
IR - 10 to 100 V

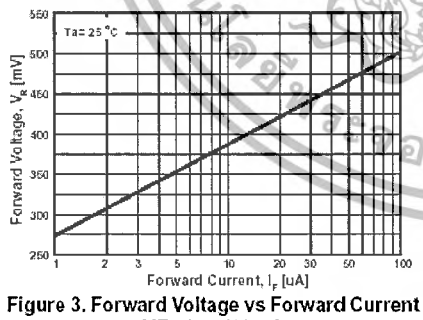


Figure 3. Forward Voltage vs Forward Current
VF - 1 to 100 uA

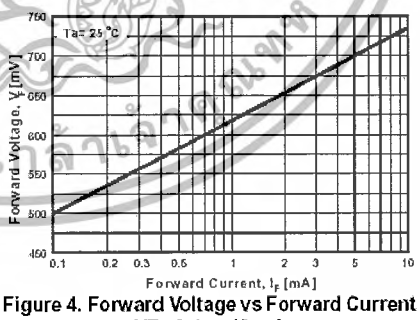


Figure 4. Forward Voltage vs Forward Current
VF - 0.1 to 10 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics (continued)

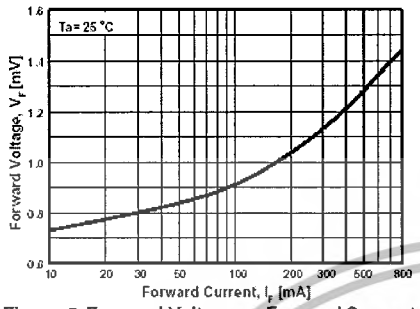


Figure 5. Forward Voltage vs Forward Current
VF - 10 to 800 mA

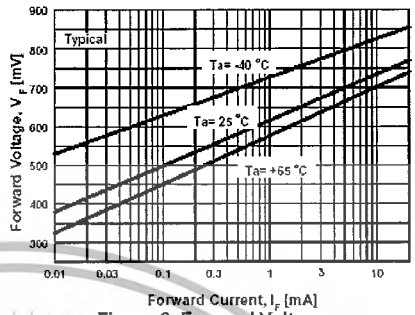


Figure 6. Forward Voltage
vs Ambient Temperature
VF - 0.01 - 20 mA (-40 to +65 Deg C)

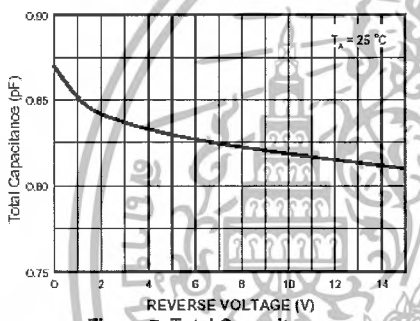


Figure 7. Total Capacitance

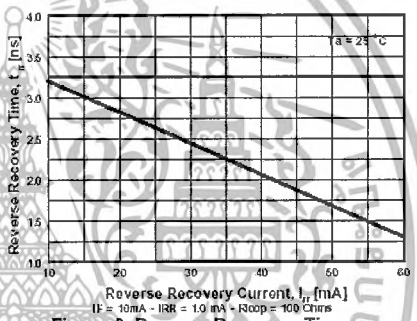


Figure 8. Reverse Recovery Time vs
Reverse Recovery Current

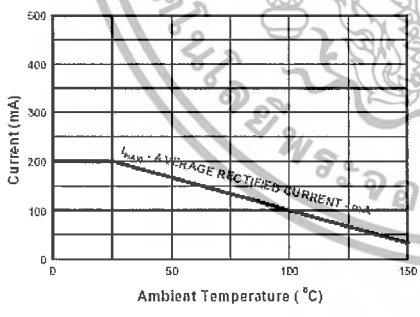


Figure 9. Average Rectified Current ($I_{F(AV)}$)
versus Ambient Temperature (T_A)

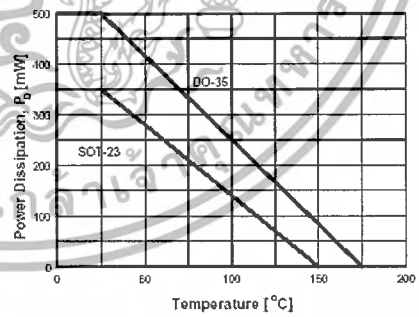


Figure 10. Power Derating Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROCHIP

PIC16F627A/628A/648A

18-pin FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers

High Performance RISC CPU:

- Operating speeds from DC - 20 MHz
- Interrupt capability
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect and Relative Addressing modes
- 35 single word instructions
  - All instructions single cycle except branches

Special Microcontroller Features:

- Internal and external oscillator options
  - Precision Internal 4 MHz oscillator factory calibrated to ±1%
  - Low Power Internal 37 kHz oscillator
  - External Oscillator support for crystals and resonators.
- Power saving SLEEP mode
- Programmable weak pull-ups on PORTB
- Multiplexed Master Clear/Input-pin
- Watchdog Timer with independent oscillator for reliable operation
- Low voltage programming
- In-Circuit Serial Programming™ (via two pins)
- Programmable code protection
- Brown-out Reset
- Power-on Reset
- Power-up Timer and Oscillator Start-up Timer
- Wide operating voltage range. (2.0 - 5.5V)
- Industrial and extended temperature range
- High Endurance FLASH/EEPROM Cell
  - 100,000 write FLASH endurance
  - 1,000,000 write EEPROM endurance
  - 100 year data retention

Low Power Features:

- Standby Current:
  - 100 nA @ 2.0V, typical
- Operating Current:
  - 12 µA @ 32 kHz, 2.0V, typical
  - 120 µA @ 1 MHz, 2.0V, typical
- Watchdog Timer Current
  - 1 µA @ 2.0V, typical
- Timer1 oscillator current:
  - 1.2 µA @ 32 kHz, 2.0V, typical
- Dual Speed Internal Oscillator:
  - Run-time selectable between 4 MHz and 37 kHz
  - 4 µs wake-up from SLEEP, 3.0V, typical

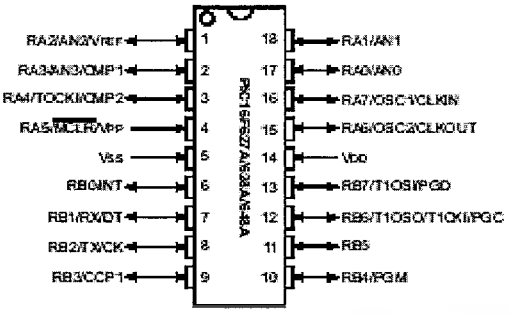
Peripheral Features:

- 16 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
  - Two analog comparators
  - Programmable on-chip voltage reference (V_{REF}) module
  - Selectable internal or external reference
  - Comparator outputs are externally accessible
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with external crystal/clock capability
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Capture, Compare, PWM module
  - 16-bit Capture/Compare
  - 10-bit PWM
- Addressable Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter USART/SCI

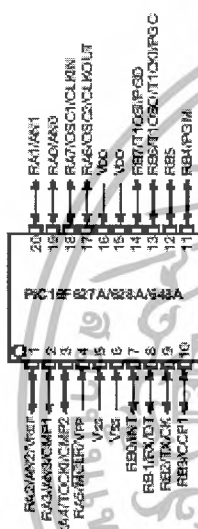
Device	Program Memory	Data Memory		I/O	CCP (PWM)	USART	Comparators	Timers 8/16-bit
	FLASH (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					
PIC16F627A	1024	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F628A	2048	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F648A	4096	256	256	16	1	Y	2	2/1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PDIP, SOIC



SSOP



28-Pin QFN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KEC
KOREA ELECTRONICS CO.,LTD.

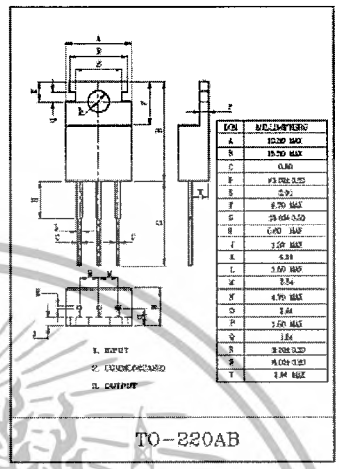
SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA

KIA7805AP/API~
KIA7824AP/API
BIPOLAR LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

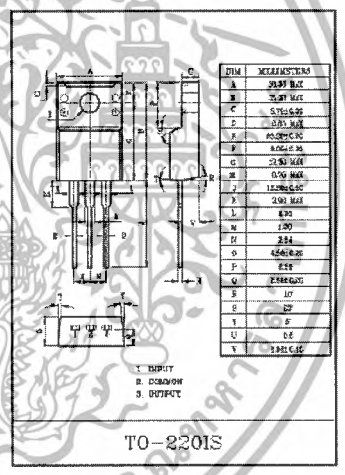
THREE TERMINAL POSITIVE VOLTAGE REGULATORS
5V, 6V, 8V, 9V, 10V, 12V, 15V, 18V, 20V, 24V.

FEATURES

- Suitable for C-MOS, TTL, the Other Digital IC's Power Supply.
- Internal Thermal Overload Protection.
- Internal Short Circuit Current Limiting.
- Output Current in Excess of 1A.
- Satisfies IEC-65 Specification. (International Electronical Commission).



TO-220AB



TO-220IS

MAXIMUM RATINGS (Ta=25℃)

CHARACTERISTIC		SYMBOL	RATING	UNIT
Input Voltage	KIA7805AP/API~ KIA7815AP/API	V_{IN}	35	V
	KIA7818AP/API~ KIA7824AP/API		40	
Power Dissipation (Tc=25℃)		P_D	20.8	W
Power Dissipation (Without Heatsink)	KIA7805API~ KIA7824API	P_D	2.0	W
Operating Junction Temperature		T_j	-30~150	℃
Storage Temperature		T_{stg}	-55~150	℃

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายเชาว์วัฒน์ สิทธิศิริพร
วัน เดือน ปีเกิด	20 เมษายน 2525
ภูมิลำเนา	123/13 หมู่ที่2 ตำบลทับมา อำเภอเมือง จังหวัดระยอง 21000
	โทรศัพท์ 0-6341-3373
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนอัสสัมชัญ จังหวัดระยอง
มัธยมศึกษา	โรงเรียน อัสสัมชัญ จังหวัดระยอง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	โรงเรียนเทคโนโลยีทีพีไอ จังหวัดระยอง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	โรงเรียนเทคโนโลยีทีพีไอ จังหวัดระยอง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมกรรม สจล.
คติพจน์	วิริยะ อุตสาหะ นำมาซึ่งความสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายบัญชา เกศศรี
วัน เดือน ปีเกิด	28 พฤศจิกายน 2524
ภูมิลำเนา	17 หมู่ที่ 13 ตำบลท่าเกวียน อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว 27160 โทรศัพท์ 0-1242-1610
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านท่าเกวียน จังหวัดสระแก้ว
มัธยมศึกษา	โรงเรียนบ้านท่าเกวียน จังหวัดสระแก้ว
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคสระแก้ว
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซีเมนต์ไทยอนุสรณ์
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชากรุศาสตร์วิศวกรรม คณะกรุศาสตร์อุตสาหกรรมกรรม สจล.
คติพจน์	ความพยายามอยู่ที่ไหนความสำเร็จอยู่ที่นั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นางสาววนิชยา แก้วยศ
วัน เดือน ปีเกิด	11 เมษายน 2523
ภูมิลำเนา	33 หมู่ที่ 1 ตำบลนาแส่ง อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง 52130
	โทรศัพท์ 0-4008-5746
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดหาดปู่ด้าย จังหวัดลำปาง
มัธยมศึกษา	โรงเรียนสบตำวิทยา จังหวัดลำปาง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคลำปาง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคลำปาง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมกรรม สจล.
คติพจน์	ตัวอย่างที่ดี มีค่ามากกว่าคำสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายสรพงษ์ กุดแป้ง
วัน เดือน ปีเกิด	13 พฤศจิกายน 2523
ภูมิลำเนา	20 หมู่ที่7 ตำบลคำพระ อำเภอหัวตะพาน จังหวัดอำนาจเจริญ 37240 โทรศัพท์ 0-6621-7210
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านโคกชาด จังหวัดอำนาจเจริญ
มัธยมศึกษา	โรงเรียนชุมชนบ้านคำพระ จังหวัดอำนาจเจริญ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคอำนาจเจริญ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมกรรม สจล.
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้