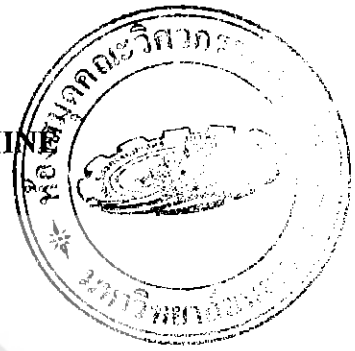
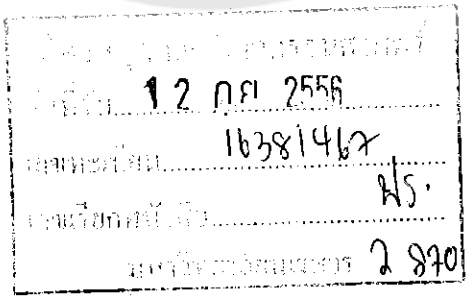
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3 1001 00382373 0

เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

AUTOMATIC COFFEE MACHINE



นายวุฒิศักดิ์ สุริยา รหัส 52362205
นายสานิตย์ ประวิทย์ชาติ รหัส 52362281



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2555

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายวุฒิศักดิ์ สุริยา	รหัส 52362205
	นายสานิตย์ ประวิทย์ชาติ	รหัส 52362281
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2555	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร. มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

.....กรรมการ

(ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

.....กรรมการ

(อาจารย์เศรษฐา ตั้งค้าวานิช)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายวุฒิศักดิ์ สุริยา	รหัส 52362205
	นายสานิตย์ ประวิทย์ชาติ	รหัส 52362281
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2555	

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการสร้างเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน มีหลักการทำงานคือการชงกาแฟสำเร็จรูปให้เป็นกาแฟพร้อมดื่มและยังสามารถเลือกเติมน้ำตาลได้ โดยผงกาแฟและน้ำตาลจะถูกนำไปยังบีกเกอร์ด้วยเกลียวหมุนที่ต่อกับมอเตอร์ น้ำร้อนจะถูกดูดไปรวมกับกาแฟโดยปั๊มน้ำ จากนั้นเครื่องจะผสมส่วนต่างๆด้วยมอเตอร์ ขั้นตอนสุดท้ายจะใช้ปั๊มน้ำดูดน้ำกาแฟไปสู่แก้ว จากการทดลองเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติสามารถชงกาแฟได้ครั้งละ 1 แก้ว ต่อเนื่อง 10 แก้ว และใช้เวลาประมาณ 90 วินาทีในการชงกาแฟ 1 แก้ว

Project title	Automatic Coffee Machine	
Name	Mr.Wuttisak Suriya	ID. 52362205
	Mr.Sanit Prawitchart	ID. 52362281
Project advisor	Ms. Mutita Songjun, Ph.D.	
Major	Electrical Engineering	
Department	Electrical and Computer Engineering	
Academic year	2012	

Abstract

This project aims to invent the Automatic Coffee Machine. It will use a micro-controller to control the process. The principle of process is to make an instant coffee automatically. The sugar can also be added into the coffee. The coffee powder and the sugar are brought together to the beaker by rotating the screw. The hot water will be pumped by the water pump and combined with the coffee. The machine will mix every ingredient together by motor. The final step is to pumped water into the coffee cup. The result shows that the Automatic Coffee Machine can make an instant coffee one cup at a time and continuously make 10 cups. It takes about 90 seconds for making a cup of coffee.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาโครงงานและให้ความกรุณาในการเอาใจใส่ในรายละเอียดในการสร้างชิ้นงานและตรวจทานปริญญานิพนธ์รวมถึงการให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาตลอดการดำเนินงาน คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านไว้ตลอดไป

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับผู้ดำเนินโครงงาน ขอขอบพระคุณ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย และอาจารย์เศรษฐา ตั้งค้าวานิช ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการโครงงานนอกจากนี้ยังขอกราบขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่ให้ความสะดวกในการยืมอุปกรณ์เครื่องมือวัดและเครื่องมือในการทำงานต่างๆมาใช้งาน

ขอขอบคุณเพื่อนทุกๆคนและบุคคลท่านอื่นๆที่มีส่วนร่วมในการให้คำแนะนำและการช่วยเหลือจนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษา (กยศ.) ที่มอบทุนแก่ผู้ดำเนินโครงงาน ให้ได้มีโอกาศศึกษาจนประสบความสำเร็จในระดับปริญญาตรี เหนือสิ่งใดคณะผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ผู้มอบความรัก ความเมตตา สติปัญญา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จวบจนถึงปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจทำให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบคุณทุกๆคนในครอบครัวของคณะผู้ดำเนินโครงงานที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายวุฒิศักดิ์ สุริยา
นายสานิตย์ ประวิทย์ชาติ

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.6 งบประมาณที่ใช้ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 3

2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 3

2.1.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 4

2.1.3 การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ 5

2.1.4 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2 5

2.2 มอเตอร์ (Motor) 8

2.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) 8

2.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) 8

2.2.3 ชุดปั๊มน้ำ 14

2.3 รีเลย์ (Relay) 15

2.3.1 หน้าที่และหลักการทำงานของรีเลย์ 15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.2 รีเลย์แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท 17

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน 18
3.1 ขั้นตอนและหลักการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ 18
3.1.1 หลักการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ 18
3.1.2 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ 20
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ทำเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ 22
3.2.1 แผ่นอะคริลิค 22
3.2.2 อลูมิเนียมฉาก 22
3.2.3 เกลียวหมุน 23
3.2.4 ชุดปั๊มน้ำ 23
3.2.5 ไดโอดเปล่งแสง (LED) 23
3.3 ส่วนฮาร์ดแวร์ของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ 24
3.3.1 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 24
3.3.2 ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 25
3.3.3 ส่วนขับเคลื่อนมอเตอร์และปั๊มน้ำ 25
3.4 รูปร่างของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ 26
3.4.1 โครงสร้างภายในและโครงสร้างหลักของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ 28

บทที่ 4 ผลการทดสอบ 29
4.1 ทดสอบการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 29
4.1.1 ทดสอบมอเตอร์ตัวที่ 1 29
4.1.2 ทดสอบมอเตอร์ตัวที่ 2 30
4.1.3 ทดสอบมอเตอร์ตัวที่ 3 30
4.2 ทดสอบการทำงานของปั๊มน้ำ 31
4.2.1 ทดสอบปั๊มน้ำตัวที่ 1 31
4.2.2 ทดสอบปั๊มน้ำตัวที่ 2 31
4.2.3 ทดสอบปั๊มน้ำตัวที่ 3 32
4.3 ทดสอบการทำงานของหม้อต้ม 32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 การทดสอบการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติจนได้กาแฟพร้อมดื่ม 33
4.5 การทดสอบการทำงานทั้งระบบของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติจนถึงการล้างอุปกรณ์ 33

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 34
5.1 สรุปผลการทดลองการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ 34
5.2 ปัญหาและการแก้ไข 34
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา 35
5.3.1 คู่มือการใช้งาน 35
5.3.2 คำแนะนำการใช้งานเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ 37

เอกสารอ้างอิง 39

ภาคผนวก ก โปรแกรมการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ 40
ภาคผนวก ข รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หมายเลข P89V51RD2 46
ภาคผนวก ค รายละเอียดของไอซีหมายเลข Max 23254 51
ภาคผนวก ง รายละเอียดของไอซีหมายเลข L298N 54

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 61

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2 7
2.2 การควบคุมการหมุนของมอเตอร์โดยการกำหนดลอจิกที่อินพุต 14
4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบการนำแก้วกาแฟออกจากกล่องบรรจุ 29
4.2 ตารางแสดงผลการทดสอบการนำพาผงกาแฟปริมาณ 19.4 กรัมลงสู่หม้อรวม 30
4.3 ตารางแสดงผลการทดสอบการผสมน้ำร้อน กาแฟและน้ำตาลเข้าด้วยกัน 30
4.4 ตารางแสดงผลการทดสอบดูดน้ำจากถังน้ำเปล่าไปสู่หม้อต้มปริมาตร 130 มิลลิลิตร 31
4.5 ตารางแสดงผลการทดสอบการดูดน้ำจากหม้อต้มลงสู่หม้อรวม 31
4.6 ตารางแสดงผลการทดสอบการดูดน้ำจากหม้อรวมไปสู่แก้วกาแฟ 32
4.7 ตารางแสดงผลการทดสอบการต้มน้ำของหม้อต้มจนได้ 70 องศาเซลเซียส 32
4.8 ตารางแสดงผลการทดสอบการทำงานของเครื่องชงกาแฟจนได้กาแฟพร้อมดื่ม 33
4.9 ตารางแสดงผลการทดสอบการทำงานของเครื่องชงกาแฟทั้งระบบ 33

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 4
2.2 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2 6
2.3 มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor) 11
2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) 11
2.5 แสดงวงจรแบบชอทชันท์คอมเปาว์ (Short Shunt Compound-Motor) 11
2.6 แสดงวงจรแบบลองชั้นท์คอมเปาวด์ (Long shunt Compound-Motor) 12
2.7 แสดงวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง 13
2.8 แสดงขาใช้งานของไอซีเบอร์ L298N 14
2.9 ลักษณะปั๊มน้ำแรงดันคงที่ 15
2.10 แสดงหลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์ 16
2.11 แสดงรูปร่างและสัญลักษณ์ของรีเลย์ 16
3.1 แผนภาพแสดงภาพรวมของระบบ (System Overview Diagram) 18
3.2 แสดงแผนผังการทำงานในช่วงการชงกาแฟ 20
3.3 แสดงแผนผังการทำงานในช่วงการล้างอุปกรณ์ 21
3.4 แสดงกล่องบรรจุกาแฟและน้ำตาล 22
3.5 แสดงโครงสร้างของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ 22
3.6 แสดงลักษณะของเกลียวหมุน 23
3.7 แสดงปั๊มน้ำแบบระดับแรงดันคงที่ 23
3.8 สีของหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ใช้แสดงขั้นตอนการทำงาน 24
3.9 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 24
3.10 ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 25
3.11 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบทดรอบขนาด 24 โวลต์ 26
3.12 ภาพแสดงด้านหน้าโครงสร้างภายในและส่วนประกอบของเครื่องชงกาแฟ 26
3.13 ภาพแสดงด้านบนโครงสร้างภายในและส่วนประกอบของเครื่องชงกาแฟ 27
3.14 ภาพแสดงด้านข้างโครงสร้างภายในและส่วนประกอบของเครื่องชงกาแฟ 27
5.1 แสดงการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ ของเครื่องชง 36
5.2 แสดงกล่องบรรจุน้ำทิ้งปริมาตร 1.5 ลิตร 36
5.3 แสดงกล่องบรรจุแก้วกาแฟได้มากที่สุด 10 แก้ว 37
5.4 แสดงกล่องบรรจุกาแฟ น้ำตาล และกรวยเติมน้ำเปล่า 37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.5 แสดงคำแนะนำสำหรับการใช้งานเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ 38

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากในปัจจุบันการใช้ชีวิตประจำวันเป็นไปอย่างรวดเร็ว มนุษย์ต้องการความสะดวกสบายในการดำเนินชีวิตและประหยัดเวลา ด้วยเหตุนี้จึงก่อให้เกิดเครื่องมืออำนวยความสะดวกขึ้นมากมาย เพื่อตอบสนองต่อความต้องการนี้ สังเกตได้จากเครื่องให้บริการอัตโนมัติ ที่มีแพร่หลายมากขึ้น เช่น เครื่องเติมเงินออนไลน์ เครื่องซักผ้าหยอดเหรียญ ตู้บริการเครื่องดื่มอัตโนมัติและเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

อนึ่งอีกเหตุผลหนึ่งเพราะในปัจจุบันมนุษย์มักมองข้ามความสำคัญและละเลยที่จะรับประทานอาหารเช้า เพราะมองว่าเป็นการเสียเวลาโดยไม่จำเป็น แต่ผู้คนก็ยังต้องการสิ่งที่จะให้พลังงานในการทำงาน กาแฟจึงเป็นทางเลือกของผู้คนเหล่านี้ แต่การชงกาแฟเองก็ยังต้องเสียเวลาไปพอสมควร

ดังที่กล่าวข้างต้นมาทางคณะผู้จัดทำโครงงานจึงมีแนวคิดที่จะทำเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ (Automatic Coffee Machine) ที่สามารถช่วยลดเวลาในการชงกาแฟลงได้ เพื่อเป็นต้นแบบที่สามารถนำไปพัฒนาเป็นเครื่องให้บริการกาแฟแบบหยอดเหรียญที่สามารถใช้งานได้จริงต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ (Automatic Coffee Machine) ที่สามารถเลือกส่วนผสมของกาแฟได้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. สามารถชงได้เครื่องดื่มกาแฟแบบเลือกส่วนผสมได้ คือ น้ำตาล
2. เครื่องกาแฟอัตโนมัติชงกาแฟครั้งละ 1 แก้ว ชงได้ต่อเนื่อง 10 แก้ว
3. โดยที่ใช้เวลาในการชง 1.30 นาทีต่อแก้ว
4. ขนาดของแก้วมีขนาดเดียว คือ 6.5 ออนซ์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

กิจกรรม	ปี 2555							ปี 2556	
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ
1) ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ	←	→							
2) ออกแบบโครงสร้างและระบบการทำงาน		←	→						
3) สร้างเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ			←	→					
4) เขียนโปรแกรมรองรับระบบการทำงาน					←	→			
5) ทดสอบ ปรับปรุงและแก้ไข						←	→	→	
6) สรุปผลการทดลองและจัดทำรูปเล่ม								←	→

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

1. ได้เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติที่ทำงานภายใต้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์
2. เข้าใจหลักการ คำสั่งในการทำงานและส่วนประกอบของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ
3. สามารถนำไปประยุกต์เป็นเครื่องให้บริการกาแฟแบบหยอดเหรียญ

1.6 งบประมาณในการทำโครงงาน

1. ค่ามอเตอร์	500	บาท
2. ค่าเกลียวหมุน	1200	บาท
3. ค่าแผ่นอะคริลิค	1500	บาท
4. อลูมิเนียมฉาก	500	บาท
5. อื่นๆ	3000	บาท
หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ	6,700	บาท

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้เป็นการนำเสนอหลักการและทฤษฎีที่ใช้เป็นองค์ประกอบของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ แต่ละองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้ ระบบควบคุมเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ ระบบขับเคลื่อน ชุดอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

ระบบควบคุมเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติที่สามารถพบได้ทั่วไปในปัจจุบัน มักใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงาน โดยมีอุปกรณ์ในการทำงานที่สำคัญดังนี้ คือปั๊มน้ำ มอเตอร์ไฟฟ้า หม้อต้มและรีเลย์ เป็นต้น

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microprocessor) [1,2] คือ ชิพประมวลผลอย่างหนึ่ง ทำหน้าที่ประมวลผลตามโปรแกรมหรือชุดคำสั่ง โครงสร้างภายในจะเป็นวงจรรวมขนาดใหญ่ประกอบไปด้วย หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก บัสข้อมูล บัสควบคุม บัสที่อยู่ พอร์ตขนาน พอร์ตอนุกรม รีจีสเตอร์ หน่วยความจำ วงจรนับ วงจรจับเวลาและวงจรอื่น ๆ รวมอยู่ภายในชิพหรือไอซี ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งถูกออกแบบเพื่อใช้งานควบคุมสามารถติดต่อกับอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตได้สะดวก ใช้งานง่ายสามารถทำงานได้โดยใช้ชิพเดียว มีคำสั่งสนับสนุนในการเขียนโปรแกรมควบคุมและสามารถเข้าถึงข้อมูลระบบบิตได้ ตระกูลไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นตระกูล MCS-51

2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

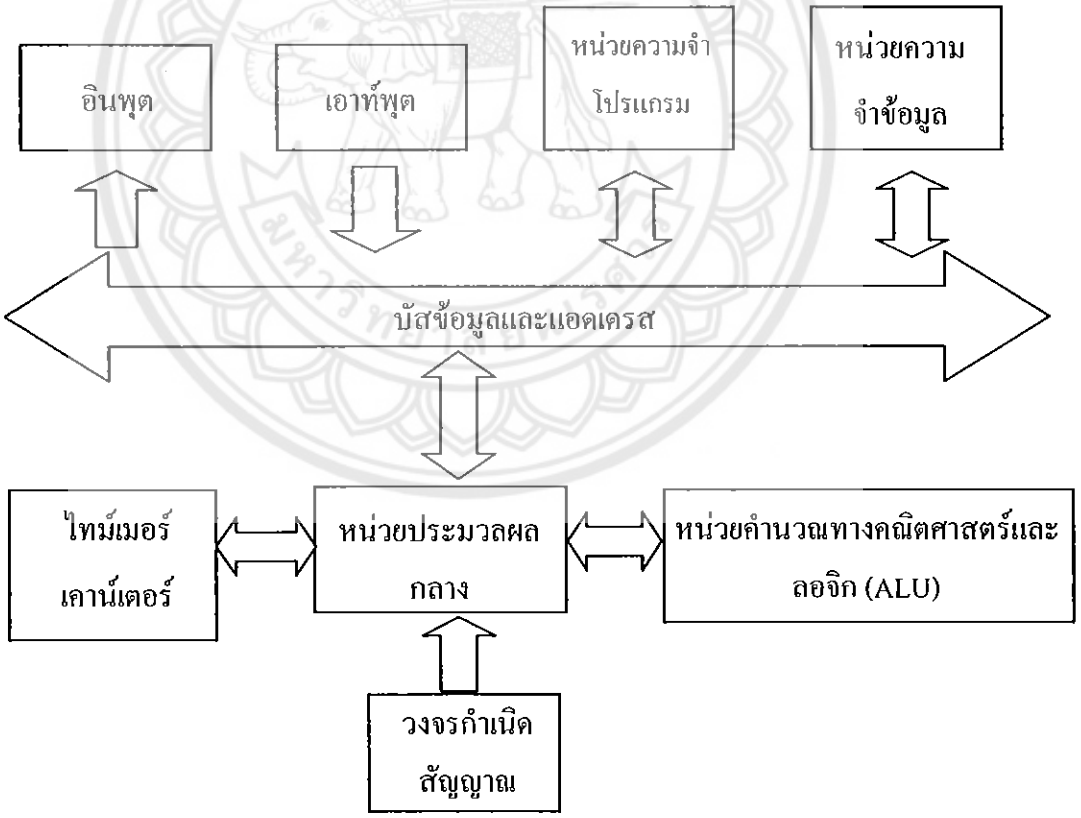
ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สนองความต้องการของผู้ใช้แบบสำเร็จในตัวไอซีตัวเดียว คือ สายสัญญาณอินพุต/เอาท์พุตภายในตัว พอร์ตของอินพุตและเอาท์พุต บัฟเฟอร์ที่เชื่อมต่อกับวงจรภายนอก (interface) และสายสัญญาณควบคุมอื่นๆที่ใช้สำหรับแยกสายสัญญาณข้อมูลกับสายสัญญาณกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำ และยังมีชุดคำสั่งพิเศษเพื่อจัดการข้อมูลเพิ่มขึ้นอีก นอกจากนั้นยังมีวงจรนับเวลาและตั้งเวลาด้วย ข้อสำคัญคือ มีการพัฒนาให้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหน่วยความจำเป็นแบบแฟลช (Flash Memory) ทำให้สามารถบันทึกโปรแกรมข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมได้โดยไม่ต้องถอดตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ออกจากวงจร เรียกว่า การโปรแกรมภายในวงจร (In-System Programming) และมีการติดต่อแบบเอสพีไอ

(Serial Peripheral Interface) ทำให้การพัฒนาและการแก้ไขปรับปรุงโปรแกรมทำได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

2.1.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

วงจรภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วยวงจรพอร์ตอินพุตหรือเอาท์พุตทั้งหมด 4 พอร์ต แต่ละพอร์ตจะเป็นแบบ 8 บิต หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (EPROM, EEPROM และแฟลช) หน่วยความจำที่เป็นข้อมูล (RAM) ซึ่งรวมอยู่ในวงจรหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ตลอดจนวงจรการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU) วงจรรีจิสเตอร์

การควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นกระทำผ่านกระบวนการควบคุมโดยโปรแกรมที่เขียนขึ้น เพื่อบอกถึงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยลักษณะที่ถูกระบุขึ้นโดยผู้เขียนโปรแกรมควบคุม ซึ่งควบคุมการทำงานทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการกำหนดพอร์ตให้เป็นอินพุตและเอาท์พุต และยังสามารถกำหนดหน่วยความจำภายในซึ่งเป็นที่เก็บข้อมูล และเป็นที่พักข้อมูลตามความต้องการ โดยในการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์แต่ละคำสั่ง จะอ้างอิงเวลาจากสัญญาณนาฬิกาที่ส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีโครงสร้างการทำงานรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ [1,2]

2.1.3 การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

ภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์แบ่งได้เช่นเดียวกับการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์คือ ภาษาเครื่อง ภาษาแอสเซมบลี และภาษาซี

ภาษาเครื่อง เป็นภาษาระดับต่ำสุด ประกอบไปด้วยรหัสฐาน 2 คือ 0 กับ 1 เท่านั้น ซึ่งเป็นภาษาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าใจ แต่มนุษย์จะทำความเข้าใจได้ยาก เพราะต้องอาศัยการจดจำรหัสคำสั่งต่างๆ รวมถึงต้องเข้าใจโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย จึงได้มีการคิดค้นสิ่งที่เรียกว่า คอมไพล์เลอร์ (Compiler) ขึ้นมาเพื่อทำให้มนุษย์สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษาระดับสูงที่มนุษย์เข้าใจได้ โดยคอมไพล์เลอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนภาษาระดับสูงเหล่านั้นกลายเป็นภาษาเครื่องเอง

ภาษาแอสเซมบลี เป็นภาษาที่ใช้รหัสคำสั่งที่เป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษมาแทนคำสั่งเลขฐาน 2 ในแบบของภาษาเครื่องทำให้ภาษาแอสเซมบลีกลายเป็นภาษาที่มนุษย์ทำความเข้าได้ง่ายขึ้น นอกจากนั้นแล้ว ยังเป็นภาษาที่ทำให้โปรแกรมทำงานได้อย่างรวดเร็ว เพราะมีการสั่งงานไปที่ฮาร์ดแวร์โดยตรง ด้วยเหตุนี้ทำให้ผู้พัฒนาโปรแกรมจำเป็นจะต้องเข้าใจโครงสร้างภายในไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างละเอียดด้วย ซึ่งกลายเป็นข้อด้อยของภาษาแอสเซมบลีไป คอมไพล์เลอร์ที่ทำหน้าที่แปลงภาษาแอสเซมบลีให้เป็นภาษาเครื่องเรียกว่า แอสเซมเบลอร์

ภาษาซีเป็นภาษาระดับสูงที่มีความใกล้เคียงกับภาษามนุษย์ ทำให้ทำความเข้าใจได้ง่าย นอกจากนั้นแล้วการเขียนโปรแกรมภาษาซีก็ไม่ต้องจำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างละเอียด เพียงแต่เข้าใจการเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้างก็เพียงพอแล้ว ภาษาซีสามารถใช้ในการเข้าถึงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง ทำให้ได้โปรแกรมที่เขียนขึ้นทำงานได้รวดเร็ว ดังนั้นภาษาซี จึงเป็นที่นิยมแพร่หลายในการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์คอมไพล์เลอร์ที่ใช้ในการแปลงภาษาซีเป็นภาษาเครื่องมีอยู่มากมาย เช่น คอมไพล์เลอร์ Keil uVision 4 เป็นต้น

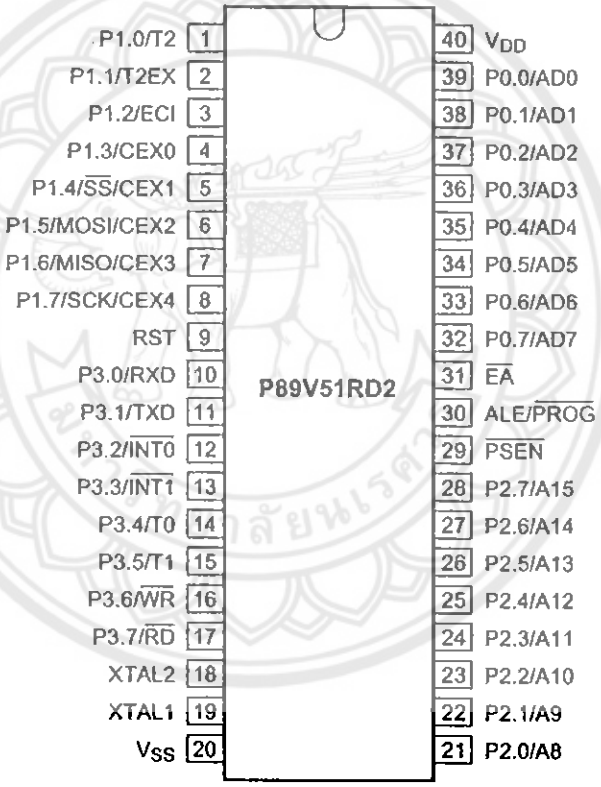
2.1.4 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งานในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่น ในแต่ละโครงสร้างอันได้แก่ หน่วยความจำภายใน จำนวนขา จำนวนพอร์ต ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกไมโครโปรเซสเซอร์ไปใช้งาน จึงขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ หรือความเหมาะสมของงาน ในโครงสร้างนี้ผู้ดำเนินโครงงานเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2 มีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต
2. มีหน่วยความจำภายในแบบแฟลชขนาด 4 กิโลไบต์ หรือ 8 กิโลไบต์
3. สามารถเขียนและลบได้เป็นพันครั้ง

4. มีสายสัญญาณสำหรับอินพุตหรือเอาท์พุตได้ 32 เส้น (แบบ 2 ทิศทาง)
5. มีหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) ภายในขนาด 128 กิโลไบต์ หรือ 256 กิโลไบต์
6. ใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกาตั้งแต่ 0 เฮิรตซ์ จนถึง 24 เมกกะเฮิรตซ์
7. มีวงจรตั้งเวลาและนับเวลาขนาด 16 บิต จำนวน 2 ชุด หรือ 3 ชุด
8. มีวงจรรับสัญญาณอินเทอร์รัพต์ได้ไม่ต่ำกว่า 6 ชนิด
9. สามารถต่อขยายหน่วยความจำภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
10. มีวงจรสื่อสาร 2 ทางเต็มอัตรา (Full Duplex)

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 หมายเลข P89V51RD2 แสดงการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ในแบบ 40 ขา ดังรูปที่ 2.2 และมีรายละเอียดการทำงานดังตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.2 รูปแบบการทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2 [1,2]

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข P89V51RD2 [2]

ขา	หน้าที่การทำงาน
V_{DD}	เป็นขาสำหรับต่อไฟเลี้ยง 5 โวลต์
V_{SS}	สำหรับต่อลงกราวด์
XTAL1/XTAL2	ต่อกับตัวผลิตสัญญาณนาฬิกา
RST (Reset)	เป็นขาอินพุตเพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการป้อนสัญญาณลอจิก 1
ALE/PROG (Address Latch Enable)	เป็นขาสัญญาณเอาท์พุตเพื่อแลตช์ค่าแอดเดรสตำแหน่งข้อมูล (Address Bus) ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก และเป็นขาสัญญาณเอาท์พุตเพื่อควบคุมการโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
PSEN (Program Store Enable)	เป็นขาสัญญาณสโตรบ เมื่อต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ให้ส่งสัญญาณนี้ 2 ครั้งใน 1 พัลส์สัญญาณนาฬิกา
Port 0 (P0.0-P0.7)	เป็นขาอินพุตและเอาท์พุตให้กับอุปกรณ์ภายนอก แบบโอเพ่นเดรน (ไม่มีตัวต้านทานพูลอัพภายใน) ดังนั้นการใช้งานพอร์ต 0 จึงจำเป็นต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพ ด้วย นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นขาแอดเดรสบัส (A0-A7) ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกและบัสข้อมูล (D0-D7) เพื่อรับข้อมูลการโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
Port 1 (P1.0-P1.7)	เป็นขาอินพุตและเอาท์พุตต่อกับอุปกรณ์ภายนอก แบบมีตัวต้านทานพูลอัพภายใน
Port 2 (P2.0-P2.7)	เป็นขาอินพุตและเอาท์พุตต่อจากอุปกรณ์ภายนอก แบบมีตัวต้านทานพูลอัพภายใน และเป็นขาแอดเดรสบัส (A8-A15) ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก
P3.0/RXD	รับข้อมูลแบบอนุกรม
P3.1/TXD	ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
P3.2/INT0	อินเทอร์รัพต์ภายนอกหมายเลข 0
P3.3/IMT1	อินเทอร์รัพต์ภายนอกหมายเลข 1
P3.4/T0	ตัวควบคุมเวลาการทำงาน/ตัวช่วยนับ ตัวที่ 1
P3.5/T1	ตัวควบคุมเวลาการทำงาน/ตัวช่วยนับ ตัวที่ 2
P3.6/WR	สัญญาณในการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำภายนอก
P3.7/RD	สัญญาณในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

2.2 มอเตอร์ (Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้า [7] หมายถึงเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับงานต่างๆในปัจจุบัน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรกลต่างๆในงานอุตสาหกรรม มอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดที่ใช้ให้เหมาะสมกับงาน ดังนั้นเราจึงต้องทราบถึงความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าตลอดคุณสมบัติการใช้งานของมอเตอร์แต่ละชนิดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานของมอเตอร์นั้นๆ ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามการใช้ของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิดดังนี้

2.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเรียกว่า เอซีมอเตอร์ การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกได้ 3 ชนิดดังนี้

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่า ซิงเกิลเฟสมอเตอร์ (AC Single Phase)
   a) สปลิทเฟสมอเตอร์ (Split-Phase Motor)
   b) คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor Motor)
   c) รีพัลชั่นมอเตอร์ (Repulsion-Type Motor)
   d) ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal Motor)
   e) เช็ดเดดโพลมอเตอร์ (Shaded-Pole Motor)
2. มอเตอร์ไฟฟ้าสลับชนิด 2 เฟสหรือเรียกว่า ทูเฟสมอเตอร์ (AC Two Phase Motor)
3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟสหรือเรียกว่า ทรีเฟสมอเตอร์ (AC Three Phase Motor)

2.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหรือเรียกว่า ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะหรือให้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้นในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่าง ๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ

2.2.2.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนดังนี้

1. ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วยเฟรมหรือโยค (Frame Or Yoke) เป็นโครงภายนอก ทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆให้แข็งแรง ทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก ขั้วแม่เหล็ก (Pole)ประกอบด้วย 2 ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด ส่วนที่ 1 แกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆ กั้นด้วยฉนวนประกอบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรม ส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่า ขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุด เพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุด จะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์ได้มาก แล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มาก เป็นการทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน (Torque) ส่วนที่ 2 ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบๆแกนขั้วแม่เหล็ก ขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้น เส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับสนามแม่เหล็กของอาร์เมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้น

2. ส่วนเคลื่อนที่ (Rotor) ตัวหมุนหรือเรียกว่า โรเตอร์ ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืน (Ball Bearing) ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้าย (End Plate) ของมอเตอร์ โรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

a.) แกนเพลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์และยึดแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature Core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลานี้จะวางอยู่บนแบริ่ง เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวนิ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

b.) แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์เมเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque)

c.) คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่ แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสายของขดลวดอาร์เมเจอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลาเป็นรูปกลมทรงกระบอก มีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน(Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยังขดลวดอาร์เมเจอร์ เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็ก ดังกล่าวมาแล้วเรียกว่า ปฏิกิริยามอเตอร์ (Motor action)

d.) ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสล็อต (Slot) ของแกนอาร์เมเจอร์ ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆ เพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่างๆที่ต้องการ ควรศึกษาต่อไปในเรื่องการพันอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) ในโอกาสต่อไป

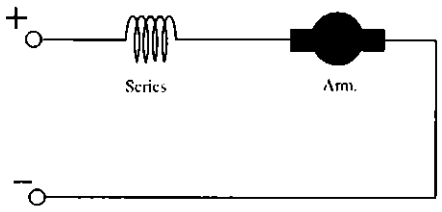
3. แปรงถ่าน (Brushes) ทำด้วยคาร์บอนมีรูปร่างเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้าอยู่ในซองแปรงมีสปริงกดอยู่ด้านบนเพื่อให้แปรงถ่านนี้สัมผัสกับซี่คอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลา เพื่อรับกระแสและส่งกระแสไฟฟ้าระหว่างขดลวดอาร์เมเจอร์กับวงจรไฟฟ้าจากภายนอก ถ้าเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเข้าไปยังคอมมิวเตเตอร์ให้ลวดอาร์เมเจอร์เกิดแรงบิดทำให้มอเตอร์หมุนได้

2.2.2.2 หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง (Motor Action)

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้น กระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้นจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกันตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกัน ทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์เมเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลาและแกนเพลานี้สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์เมเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์เมเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่าการที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์หรือโรเตอร์หมุนไปเป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming'left hand rule)

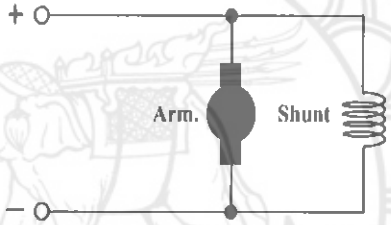
1. กระตุ้นด้วยตัวเอง (self excited) แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

a) มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor) คือมอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ว่า ซีรีส์ฟิลด์ (Series Field) มีคุณลักษณะที่ดีคือให้แรงบิดสูง นิยมใช้เป็นต้นกำลังของรถไฟฟ้า รถยกของเครนไฟฟ้า ความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมเมื่อไม่มีโหลดความเร็วจะสูงมาก แต่ถ้ามีโหลดมาต่อความเร็วก็จะลดลงตามโหลด โหลดมากหรือทำงานหนักความเร็วลดลง แต่ขดลวดของมอเตอร์ไม่เป็นอันตรายจากคุณสมบัตินี้จึงนิยมนำมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านหลายอย่างเช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร สว่านไฟฟ้า จักรเย็บผ้า เครื่องเป่าผม มอเตอร์กระแสตรง แบบอนุกรม ใช้งานหนักได้ดี เมื่อใช้งานหนักกระแสจะมากความเร็วรอบ จะลดลง เมื่อไม่มีโหลดมาต่อความเร็วจะสูงมากอาจเกิดอันตรายได้ ดังนั้นเมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์แบบอนุกรมจึงต้องมีโหลดมาต่ออยู่เสมอ



รูปที่ 2.3 มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor)

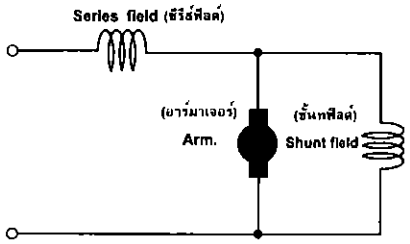
b) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน(Shunt Motor) หรือเรียกว่า ชันท์ มอเตอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้ ขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อ (Field Coil) จะต่อขนานกับขดลวด ชุดอาเมเจอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้มีคุณลักษณะ มีความเร็วคงที่ แรงบิดเริ่มหมุนต่ำ แต่ความเร็วรอบคงที่ ชันท์มอเตอร์ส่วนมากเหมาะกับการใช้งานเป็นพัดลม เพราะพัดลมต้องการความเร็วคงที่ และต้องการเปลี่ยนความเร็วได้ง่าย



รูปที่ 2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor)

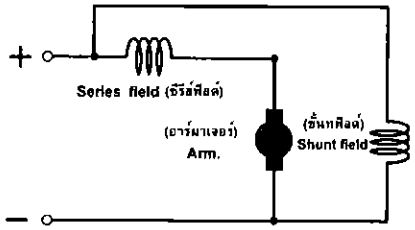
c) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor) หรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้จะนำคุณลักษณะที่ดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานและแบบอนุกรมมารวมกัน มอเตอร์แบบผสมมีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง (High staring torque) แต่ความเร็วรอบคงที่ ตั้งแต่ยังไม่มีโหลดจนกระทั่งมีโหลดเต็มที่ มอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อขดลวดขนานหรือขดลวดชันท์อยู่ 2 วิธี

1.) ต่อขดลวดแบบชันท์ขนานกับอาเมเจอร์เรียกว่า ชอร์ทชั้นท์คอมเปาว์ (Short Shunt Compound Motor) ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงวงจรแบบชอร์ทชั้นท์คอมเปาว์ (Short Shunt Compound-Motor)

2.) ต่อขดลวดขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาเมเจอร์เรียกว่า ลองชันท์คอมเปาวด์ (Long Shunt Compound Motor) ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงวงจรแบบลองชั้นท์คอมเปาว์ (Long shunt motor)

2. กระตุ้นแยก (separately excited)

โดยพื้นฐานของดีซีมอเตอร์แบบกระตุ้นแยกจะคล้ายกันกับกระตุ้นด้วยตัวเอง ลักษณะโครงสร้างหลักจะประกอบด้วยส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) และส่วนที่เคลื่อนที่ (Rotor) หรือหากพิจารณาในรูปของวงจรสมมูลทางไฟฟ้า ก็สามารถแยกออกเป็น 2 วงจร คือ วงจรฟิลด์ (Field Circuit) ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างสนามแม่เหล็กหลักและวงจรอาร์เมเจอร์ (Armature circuit) ที่ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กรอบๆ อาร์เมเจอร์

2.2.2.3 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของมอเตอร์กระแสตรงและมอเตอร์กระแสสลับ

ข้อดีของมอเตอร์กระแสตรง คือ

1.การควบคุมแรงบิดหรือความเร็วทำได้ง่ายและดีมาก

2.มีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง (Response) ได้รวดเร็ว

3.การปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงกว้าง

ข้อเสียของมอเตอร์กระแสตรง คือ

1. การบำรุงรักษาสูงมาก เนื่องจากมีส่วนสึกหรอของแปรงถ่าน
2. ราคาแพงมากเมื่อเทียบกับมอเตอร์กระแสสลับที่มีขนาดกำลังแรงม้าเท่ากัน
3. มีขนาดใหญ่กว่ามอเตอร์กระแสสลับที่ขนาดแรงม้าเท่ากัน
4. หาแหล่งจ่ายที่เป็นไฟกระแสตรงได้ยาก
5. ไม่สามารถนำไปใช้ในที่มีสารไวไฟได้

ข้อดีของมอเตอร์กระแสสลับ

1. ราคาถูกกว่ามอเตอร์กระแสตรงที่ขนาดพิกัดกำลังเท่ากัน
2. มีลักษณะโครงสร้างง่าย ไม่ซับซ้อนและเล็กกว่ามอเตอร์กระแสตรงที่พิกัดเท่ากัน

2. มีลักษณะโครงสร้างง่าย ไม่ซับซ้อนและเล็กกว่ามอเตอร์กระแสตรงที่พิกัดเท่ากัน

3. การบำรุงรักษาน้อยมาก แข็งแรงทนทาน

4. ใช้ในสถานที่ที่มีสารไวไฟหรือสารเคมีได้

5. มีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์กระแสตรง

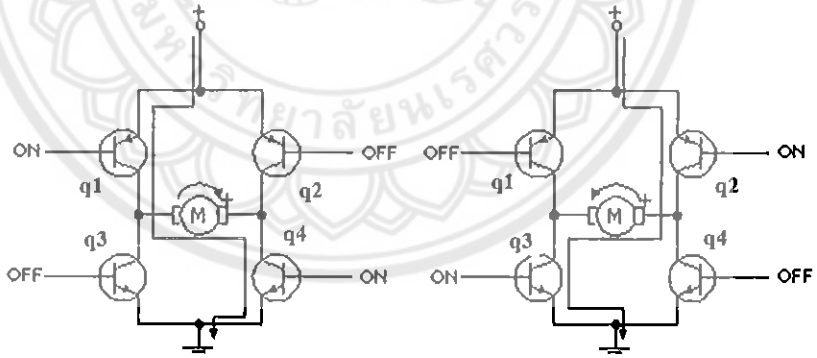
6. หาซื้อได้ง่าย เป็นที่นิยม

ข้อเสียของมอเตอร์กระแสสลับ

1. การควบคุมความเร็วทำได้ยากมาก จะต้องใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิคส์กำลังมาควบคุม คือ อินเวอร์เตอร์ที่มีราคาค่อนข้างแพง

2.2.2.4 การขับและกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง

วงจรขับและกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงมีหน้าที่ ขับมอเตอร์และกลับทิศการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง โดยการใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการหมุนและทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง รวมทั้งต้องมีส่วนของวงจรที่เรียกว่า วงจรขับมอเตอร์ (Driver) ดังรูปที่ 2.7 ในส่วนของวงจรกลับทิศทางของมอเตอร์นั้น สามารถที่จะใช้รีเลย์ต่อวงจรสวิตช์เพื่อกลับทิศทางของขั้วไฟกระแสตรงหรืออาจใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เป็นวงจรขับกำลังเช่น ทรานซิสเตอร์ มอสเฟต แล้วแต่วิธีที่เราจะเลือกใช้งาน ไอซีที่เราเลือกใช้ในโครงงานนี้คือ ไอซีเบอร์ L298N



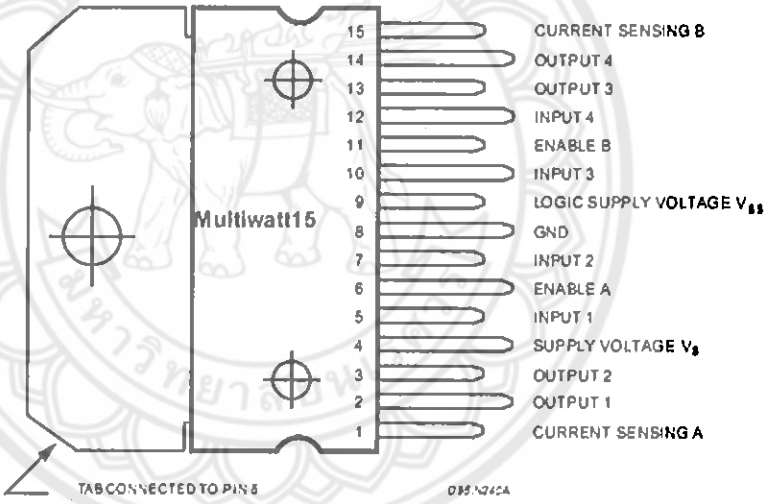
รูปที่ 2.7 แสดงวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง [7]

โครงสร้างภายในของไอซีมีแอนด์เกตและทรานซิสเตอร์ ต่อกันแบบเอชบริดจ์สวิตชิ่ง (H-Bridge Switching) ขาอินพุตแอนด์เกตจะต่อเข้ากับอินนาเบิล และอินพุตจากไมโครคอนโทรเลอร์ ส่วนทางเอาท์พุตของแอนด์เกตนั้นจะต่อเข้ากับขาเบสของตัวทรานซิสเตอร์ จะมีการต่อไฟเลี้ยง 12 โวลต์เข้าที่ ขา 4 (V_S) และจะต่อกราวด์เข้าที่ขา 1 (Current Sensing A) กับ ขา 15 (Current Sensing B) ของไอซี L298N

การควบคุมการหมุนของมอเตอร์นั้นทำโดยการกำหนดลอจิกที่อินพุตในช่องที่ต่อกับมอเตอร์ เช่น ต่อมอเตอร์เอาท์พุตที่ 1 และ 2 ซึ่งก็คือ ขา 2 และ ขา 3 ของไอซี L298N การควบคุมสามารถทำได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การควบคุมการหมุนของมอเตอร์โดยการกำหนดลอจิกที่อินพุต [9]

อินพุตลอจิก			ผลที่เกิดขึ้น
ขา ENA	ขา IN 1	ขา IN 2	
0	X	X	มอเตอร์ลักษณะถูกปลดปล่อยสามารถจับหมุนเองได้
1	0	0	มอเตอร์หยุดหมุนเร็ว
1	0	1	มอเตอร์ทำงาน
1	1	0	มอเตอร์จะทำงานในทิศตรงกันข้าม
1	1	1	มอเตอร์หยุดหมุนเร็ว



รูปที่ 2.8 แสดงขาใช้งานของไอซีเบอร์ L298N [9]

2.2.3 ชุดปั๊มน้ำ

ปั๊มน้ำ [10] เปรียบเหมือนเป็นมอเตอร์กระแสตรงตัวหนึ่ง เป็นอุปกรณ์สำหรับส่งน้ำหรือถ่ายเทของเหลวจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเพื่อเพิ่มแรงดันของน้ำ ซึ่งมีทั้งแบบที่ใช้ มอเตอร์ (ไฟฟ้า) และ แบบที่ใช้ เครื่องยนต์ (น้ำมัน) ทำหน้าที่หมุนส่งกำลังให้ปั๊มน้ำทำงาน เพื่อเพิ่มแรงดันและส่งน้ำไปตามท่อปั๊มน้ำที่ใช้ในบ้านส่วนใหญ่ จะเป็นแบบไฟฟ้า ปั๊มน้ำแบ่งตามลักษณะการทำงานออกเป็น 2 แบบ คือ

1. แบบอาศัยแรงกลไกการเหวี่ยงหนีศูนย์ของๆเหลวในการพาของเหลว
2. แบบอาศัยการแทนที่ของๆเหลวในการพาของเหลว

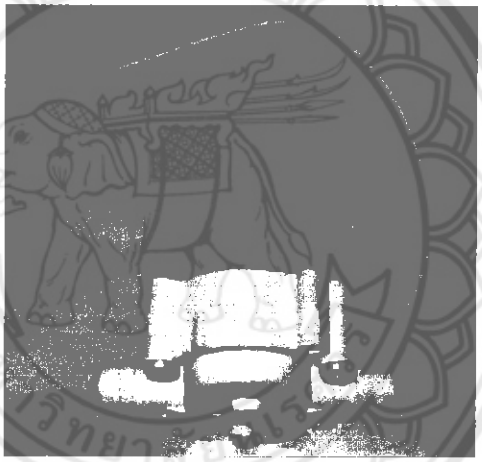
2.2.3.1 ชนิดของปั๊ม

a.) ปั๊มน้ำอัตโนมัติ เหมาะสำหรับอาคาร ตึกแถว ทาวน์เฮาส์ บ้านเดี่ยวเป็นระบบสวิตซ์เปิด - ปิดอัตโนมัติ ประหยัดไฟกำลังส่งไปยังจุดต่างๆภายในบ้านได้ดี สามารถต่อกับเครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องซักผ้า หรือก๊อกน้ำได้

b.) ปั๊มน้ำแรงดันคงที่ เหมาะสำหรับอพาร์ทเมนท์ อาคารตึกแถว ทาวน์เฮาส์ บ้านเดี่ยว เป็นปั๊มอัตโนมัติควบคุมแรงอุปกรณ์เกี่ยวกับน้ำให้มีแรงดันคงที่ ให้น้ำสม่ำเสมอ เหมาะกับการติดตั้งใช้กับเครื่องทำน้ำอุ่น

c.) ปั๊มน้ำหอยโข่ง เหมาะกับงานเกษตร งานสูบน้ำขึ้นตึกสูง งานสูบจากแทงค์หรือบ่อ งานหัวจ่ายน้ำสปริงเกอร์สามารถสูบน้ำได้ในปริมาณที่มากหรือแรงส่งสูงๆ

d.) ปั๊มน้ำจุ่ม ใช้กับงานสูบน้ำออก เช่น งานน้ำท่วม บ่อน้ำพุ มีกำลังส่งต่ำ แต่สูบน้ำได้ปริมาณมากๆ



รูปที่ 2.9 ลักษณะปั๊มน้ำแรงดันคงที่ [10]

2.3 รีเลย์ (Relay)

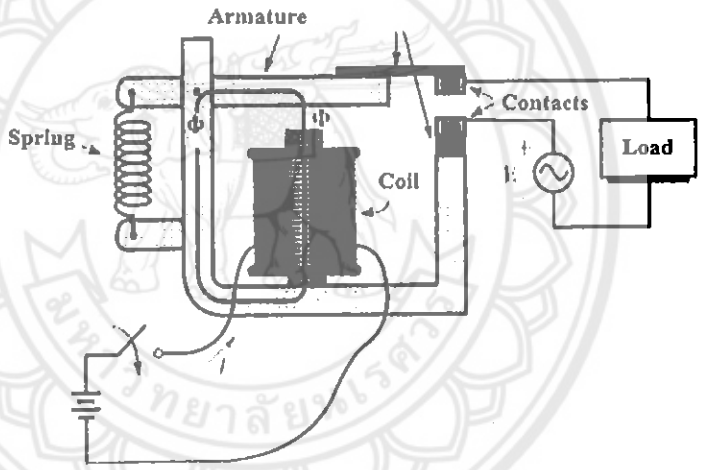
รีเลย์ (Relay) [8] เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่าง ๆได้มากมาย

2.3.1 หน้าที่และหลักการทำงานของรีเลย์

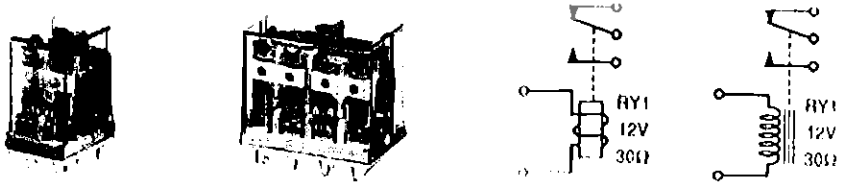
หน้าที่ของคอนแทคเตอร์ คือ การใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยเพื่อไปควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก คอนแทคเตอร์ ทำให้เราสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในตำแหน่งอื่นๆ ของ

ระบบไฟฟ้าได้ สายไฟควบคุมให้รีเลย์กำลังหรือคอนแทคเตอร์ทำงานเป็นสายไฟฟ้าขนาดเล็กต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุมและคอล์ยของของคอนแทคเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอล์ยอาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบการใช้คอนแทคเตอร์ทำให้สามารถควบคุมวงจรจากระยะไกล(Remote) ได้ ซึ่งทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมกำลังไฟฟ้า

หลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์แสดงดังรูปที่ 2.10 การทำงานเริ่มจากปิดสวิตช์ เพื่อป้อนกระแสให้กับขดลวด (Coil)โดยทั่วไปจะเป็นขดลวดพันรอบแกนเหล็ก ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปดูดเหล็กอ่อนที่เรียกว่าอาร์เมเจอร์ (Armature) ให้ต่ำลงมา ที่ปลายของอาร์เมเจอร์ด้านหนึ่งมักยึดติดกับสปริง (Spring) และปลายอีกด้านหนึ่งยึดติดกับหน้าสัมผัส (Contacts) การเคลื่อนที่อาร์เมเจอร์ จึงเป็นการควบคุมการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัส ให้แยกจากหรือแตะกับหน้าสัมผัสอีกอันหนึ่งซึ่งยึดติดอยู่กับที่ เมื่อเปิดสวิตช์อาร์เมเจอร์ ก็จะกลับสู่ตำแหน่งเดิม เราสามารถนำหลักการนี้ไปควบคุมโหลด (Load) หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ได้ตามต้องการ



รูปที่ 2.10 แสดงหลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์ [8]



รูปร่างของรีเลย์ที่มีตัวถังเป็นพลาสติกใสป้องกันฝุ่น | สัญลักษณ์แบบลวดพัน | สัญลักษณ์แบบตัวเหนี่ยวนำพันแกนเหล็ก

รูปที่ 2.11 แสดงรูปร่างและสัญลักษณ์ของรีเลย์ [8]

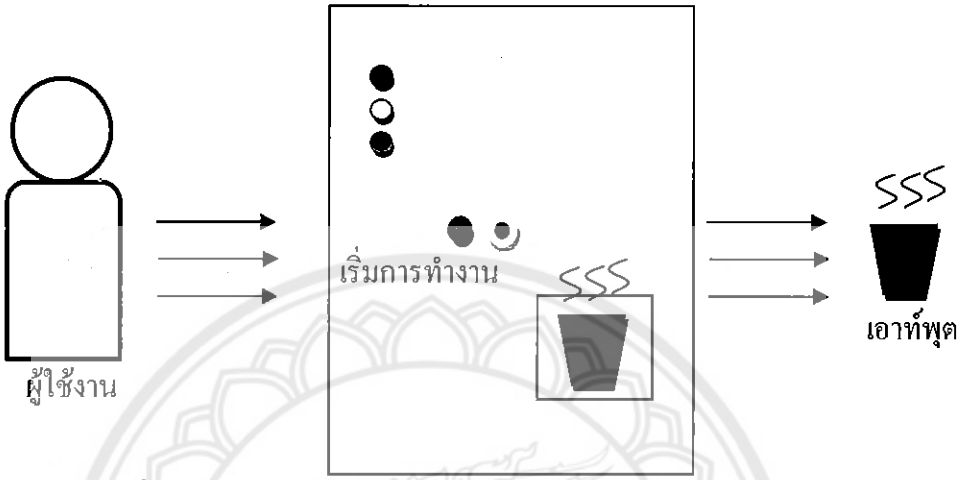
2.3.2 รีเลย์แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. รีเลย์กำลัง (Power relay) หรือมักเรียกกันว่า คอนแทคเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทคเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่าย ๆว่า รีเลย์

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

ในขั้นตอนแรกของการดำเนินโครงงาน ได้ทำการออกแบบภาพรวมของระบบไว้ดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงภาพรวมของระบบ (System Overview Diagram)

3.1 ขั้นตอนและหลักการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

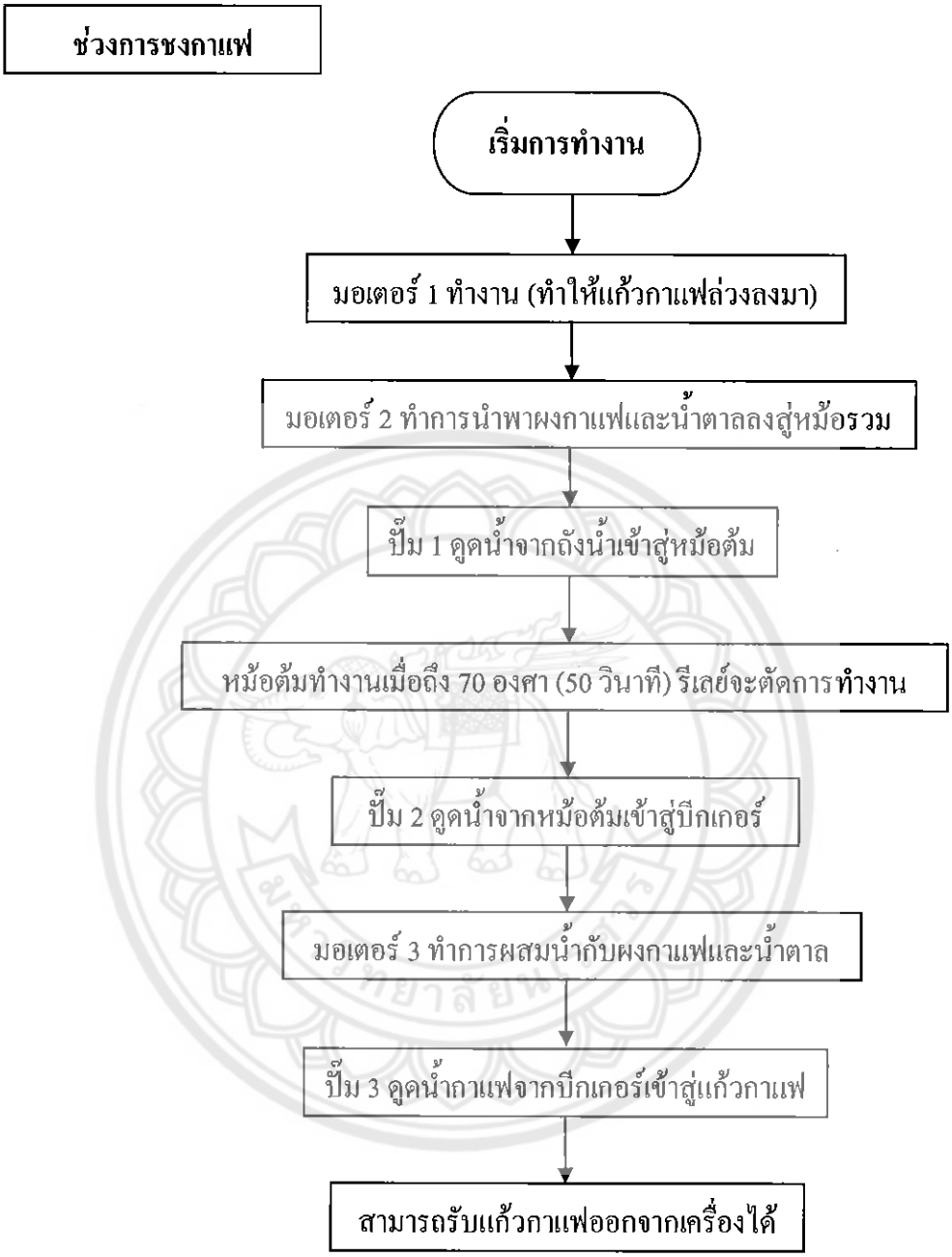
ในกรณีศึกษานี้ ในเรื่องของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งหลังจากได้ศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของอุปกรณ์ที่ต้องนำมาใช้งาน โดยมีหลักการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรขับและรีเลย์ ดังนี้

3.1.1 หลักการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

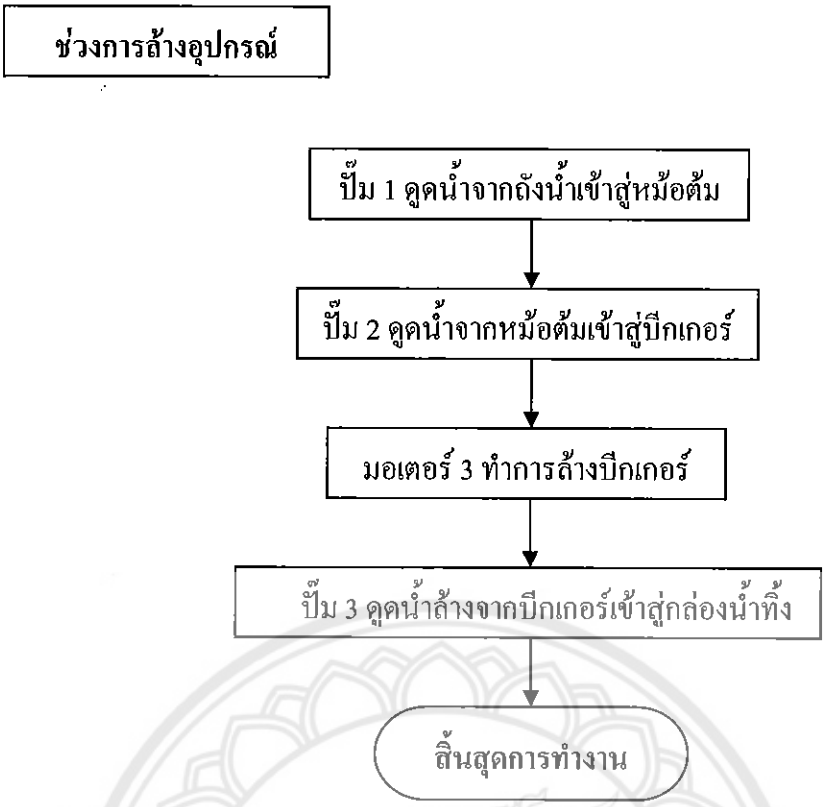
1. เอาท์พุตจาก P3^0 ทำให้ไดโอดเปล่งแสงสีเขียวสว่าง แสดงว่าเครื่องพร้อมทำงาน
2. กดปุ่มเริ่มการทำงาน ส่งอินพุตเข้าที่ P1^0 (ไดโอดเปล่งแสงสีเขียวดับ)
3. เอาท์พุตจาก P1^5 ส่งผ่านวงจรขับไปกระตุ้นหน้าสัมผัสของรีเลย์ (แบบปกติเปิด) มอเตอร์ 1 ได้รับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 24 โวลต์ ทำงานนำแก้วกาแฟร่วงลงมารอ
4. เวลาผ่านไป 1 วินาที มอเตอร์ 1 หยุดการทำงาน
5. เอาท์พุตจาก P3^1 ทำให้ไดโอดเปล่งแสงสีเหลืองสว่าง แสดงสถานะว่าสามารถเติมน้ำตาลได้
6. เอาท์พุตจาก P1^6 ส่งผ่านวงจรขับไปกระตุ้นหน้าสัมผัสของรีเลย์ (แบบปกติเปิด) มอเตอร์ 2 ได้รับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 24 โวลต์ ทำงานนำผงกาแฟและน้ำตาลลงสู่หม้อรวม
7. เวลาผ่านไป 15 วินาที มอเตอร์ 2 หยุดการทำงาน (ไดโอดเปล่งแสงlu เหลืองดับ)

8. เอาท์พุตจาก P2^0 และ P2^1 ส่งผ่านวงจรขับไปยังปั๊ม 1 แล้วปั๊ม 1 จึงได้รับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 12 โวลต์ ทำงานนำน้ำเปล่าจากถังน้ำเข้าสู่หม้อต้ม
9. เวลาผ่านไป 8 วินาที ปั๊ม 1 หยุดการทำงาน
10. เอาท์พุตจาก P1^7 ส่งผ่านวงจรขับไปกระตุ้นหน้าสัมผัสของรีเลย์ (แบบปกติเปิด) หม้อต้มน้ำได้รับไฟฟ้ากระสลับแรงดัน 220 โวลต์ ทำงานต้มน้ำร้อน
11. เวลาผ่านไป 50 วินาที หม้อต้มน้ำได้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสแล้วจึงหยุดการทำงาน
12. เอาท์พุตจาก P2^2 และ P2^3 ส่งผ่านวงจรขับไปยังปั๊ม 2 แล้วปั๊ม 2 จึงได้รับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 12 โวลต์ ทำงานดูดน้ำจากหม้อต้มไปยังหม้อรวม
13. เวลาผ่านไป 8 วินาที ปั๊ม 2 หยุดการทำงาน
14. เอาท์พุตจาก P2^6 และ P2^7 ส่งผ่านวงจรขับไปยังมอเตอร์ 3 แล้วมอเตอร์ 3 จึงได้รับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 12 โวลต์ ทำงานผสมน้ำร้อน ผงกาแฟและน้ำตาลเข้าด้วยกัน
15. เวลาผ่านไป 5 วินาที มอเตอร์ 3 หยุดการทำงาน
16. เอาท์พุตจาก P2^4 และ P2^5 ส่งผ่านวงจรขับไปยังปั๊ม 3 แล้วปั๊ม 3 จึงได้รับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 12 โวลต์ ทำงานดูดน้ำกาแฟไปยังแก้วกาแฟ
17. เวลาผ่านไป 8 วินาที ปั๊ม 3 หยุดการทำงาน
18. เอาท์พุตจาก P3^2 ทำให้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงสว่าง เมื่อเครื่องทำงานชงกาแฟเสร็จ
19. รับแก้วกาแฟออกจากเครื่องได้
20. เอาท์พุตจาก P2^0 และ P2^1 ส่งผ่านวงจรขับไปยังปั๊ม 1 แล้วปั๊ม 1 จึงได้รับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 12 โวลต์ ทำงานนำน้ำเปล่าจากถังน้ำเข้าสู่หม้อต้ม
21. เวลาผ่านไป 6 วินาที ปั๊ม 1 หยุดการทำงาน
22. เอาท์พุตจาก P2^2 และ P2^3 ส่งผ่านวงจรขับไปยังปั๊ม 2 แล้วปั๊ม 2 จึงได้รับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 12 โวลต์ ทำงานดูดน้ำจากหม้อต้มไปยังหม้อรวม
23. เวลาผ่านไป 8 วินาที ปั๊ม 2 หยุดการทำงาน
24. เอาท์พุตจาก P2^6 และ P2^7 ส่งผ่านวงจรขับไปยังมอเตอร์ 3 แล้วมอเตอร์ 3 จึงได้รับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 12 โวลต์ ทำงานล้างหม้อรวม
25. เวลาผ่านไป 5 วินาที มอเตอร์ 3 หยุดการทำงาน
26. เอาท์พุตจาก P2^4 และ P2^5 ส่งผ่านวงจรขับไปยังปั๊ม 3 แล้วปั๊ม 3 จึงได้รับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 12 โวลต์ ทำงานดูดน้ำล้างหม้อรวมออกสู่กล่องน้ำทิ้ง
27. เวลาผ่านไป 15 วินาที ปั๊ม 3 หยุดการทำงาน
28. ไดโอดเปล่งแสงสีแดงดับ
29. เอาท์พุตจาก P3^0 ทำให้ไดโอดเปล่งแสงสีเขียวสว่าง แสดงว่าเครื่องพร้อมทำงาน

3.1.2 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ



รูปที่ 3.2 แสดงแผนผังการทำงานในช่วงการชงกาแฟ



รูปที่ 3.3 แสดงแผนผังการทำงานในช่วงการล้างอุปกรณ์

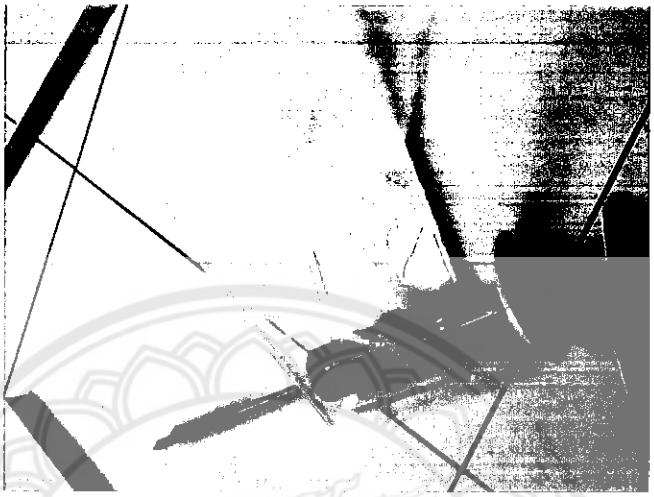
ขั้นตอนการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติแบ่งได้ดังนี้

1. สตาร์ท/เริ่มการทำงาน
2. มอเตอร์ 1 ทำงาน ทำให้แก้วกาแฟล่วงลงมารอ
3. มอเตอร์ 2 ทำการนำพาผงกาแฟและน้ำตาลลงสู่หม้อรวม
4. ปั๊ม 1 ดูดน้ำจากถังน้ำเข้าสู่หม้อต้ม (ปั๊ม 1 อยู่ติดกับที่วางบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์)
5. หม้อต้มทำงาน เมื่อถึง 70 องศาเซลเซียส (ผ่านไป 50 วินาที) รีเลย์จะตัดการทำงานของหม้อต้ม
6. ปั๊ม 2 ดูดน้ำจากหม้อต้มเข้าสู่บีกเกอร์ (ปั๊ม 2 อยู่ติดกับหม้อต้มน้ำ)
7. มอเตอร์ 3 ทำการผสมน้ำ ผงกาแฟและน้ำตาลเข้าด้วยกัน (มอเตอร์ 3 อยู่บนบีกเกอร์)
8. ปั๊ม 3 ดูดน้ำกาแฟออกจากบีกเกอร์เข้าสู่แก้วกาแฟ (ปั๊ม 3 อยู่บริเวณด้านหน้าเครื่อง)
9. รับแก้วกาแฟได้ (สิ้นสุดการทำงานในช่วงการชงกาแฟ)
10. ปั๊ม 1 ดูดน้ำจากถังน้ำเข้าสู่หม้อต้ม
11. ปั๊ม 2 ดูดน้ำจากหม้อต้มเข้าสู่บีกเกอร์
12. มอเตอร์ 3 ทำการล้างบีกเกอร์
13. ปั๊ม 3 ดูดน้ำล้างจากบีกเกอร์เข้าสู่กล่องน้ำทิ้ง
14. หยุดการทำงาน

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ทำเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

วัสดุที่นำมาใช้ทำเป็นโครงสร้างของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติประกอบด้วยแผ่นอะครีลิคขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร และอลูมิเนียมฉากขนาด 3/4 นิ้วและขนาด 1 นิ้ว

3.2.1 แผ่นอะครีลิค ใช้สำหรับทำกล่องบรรจุกาแฟและกล่องบรรจุน้ำตาล

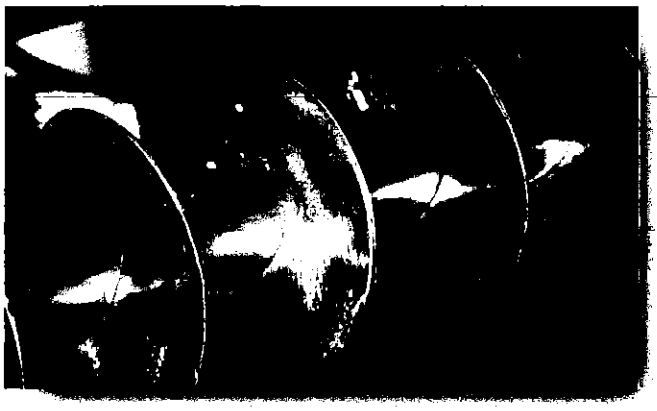


รูปที่ 3.4 แสดงกล่องบรรจุกาแฟและน้ำตาล

3.2.2 อลูมิเนียมฉาก ใช้สำหรับทำโครงสร้างและที่รองรับแรงทางกล

รูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

3.2.3 เกลียวหมุน ใช้เพื่อนำพาผงกาแฟและนมผงที่อยู่ในกล่องบรรจุไปสู่หม้อรวม (บีกเกอร์)



รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะของเกลียวหมุน

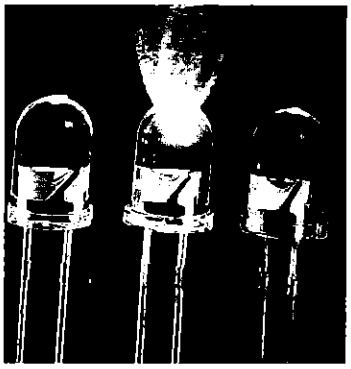
3.2.4 ชุดปั๊มน้ำ ใช้ปั๊มน้ำแบบระดับแรงดันคงที่ทั้งสิ้น 3 ชุด

1. ปั๊ม 1 ดูดน้ำจากถังน้ำเปล่าไปสู่หม้อต้ม
2. ปั๊ม 2 ดูดน้ำร้อนจากหม้อต้มไปสู่บีกเกอร์ (หม้อรวม)
3. ปั๊ม 3 ดูดน้ำกาแฟจากหม้อรวมไปสู่แก้วกาแฟ

รูปที่ 3.7 แสดงปั๊มน้ำแบบระดับแรงดันคงที่

3.2.5 ไดโอดเปล่งแสง (LED) ใช้แสดงขั้นตอนการทำงาน มีการแสดงสีอยู่ 3 สี

1. สีเขียว แสดงว่าเครื่องพร้อมทำงาน สามารถกดเริ่มการทำงานได้ทันที
2. สีเหลือง ช่วงนี้สามารถกดเติมน้ำตาลได้ (ช่วงนี้มีเวลา 15 วินาที)
3. สีแดง สามารถรับแก้วกาแฟพร้อมดื่มได้ (ควรหยิบแก้วกาแฟออกภายใน 20 วินาที)



รูปที่ 3.8 สีของหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ใช้แสดงขั้นตอนการทำงาน

3.3 ส่วนฮาร์ดแวร์ของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

ส่วนประกอบที่เป็นฮาร์ดแวร์ (Hardware) ของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติมีดังนี้

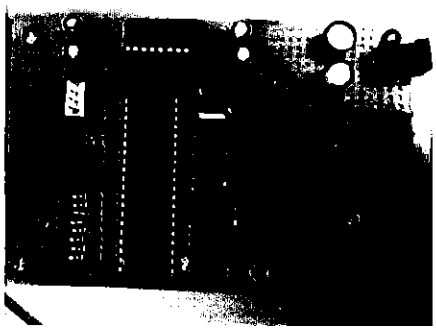
a) แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

b) ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

c) ส่วนขับเคลื่อนมอเตอร์และปั๊มน้ำ

3.3.1 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

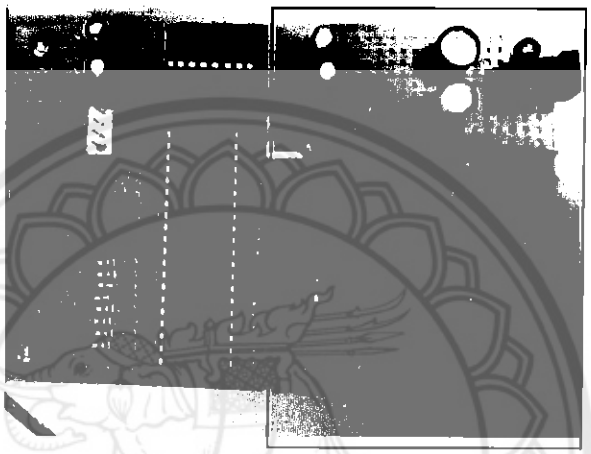
สร้างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ในโครงงานนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ดังรูปที่ 3.8 เนื่องจากเป็นที่นิยมและมีราคาถูก ผู้ใช้งานสามารถหาข้อมูลสนับสนุนเพื่อนำมาประยุกต์การใช้งานได้สะดวก ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่นำมาใช้คือไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ P89V51RD2 เนื่องจากสามารถรองรับการบรรจุโปรแกรมลง (Download) แบบไอเอสพี (In system programming) ผ่านสายเชื่อมต่อสัญญาณแบบอนุกรมได้โดยตรง



รูปที่ 3.9 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

3.3.2 ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นแสดงดังรูปที่ 3.9 โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง จากแรงดัน 220 โวลต์เป็น 12 โวลต์ ผ่านวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ เพื่อป้องกันการสลับขั้วของแหล่งจ่ายและต่อตัวเก็บประจุขนาด 1000 โมโครฟารัด เพื่อให้แรงดันที่ออกมามีค่าคงที่มากขึ้นและเป็นอินพุตของไอซีหมายเลข 7805 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวคุมค่าแรงดัน ทำให้ได้เอาท์พุตเป็นแรงดันกระแสตรงขนาด 5โวลต์ เพื่อจ่ายเป็นไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป



รูปที่ 3.10 ชุดแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

3.3.3 ส่วนขับเคลื่อนมอเตอร์และปั๊มน้ำ

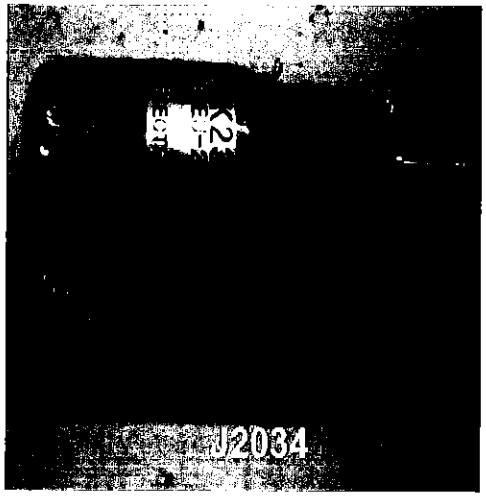
เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติมีส่วนของการขับเคลื่อนภายในเครื่องชงกาแฟด้วยมอเตอร์กระแสตรงจำนวน 3 ตัว คือ

1. มอเตอร์ 1 นำแก้วออกจากกล่องบรรจุ
2. มอเตอร์ 2 นำพาผงกาแฟและน้ำตาลออกจากกล่องบรรจุ
3. มอเตอร์ 3 ผสมกาแฟ น้ำตาลและน้ำเข้าด้วยกัน

ชุดปั๊มน้ำจำนวน 3 ตัว คือ

1. ปั๊ม 1 ดูดน้ำออกจากถังน้ำเข้าสู่หม้อต้ม
2. ปั๊ม 2 ดูดน้ำออกจากหม้อต้มเข้าสู่หม้อรวม
3. ปั๊ม 3 ดูดน้ำออกจากหม้อรวมเข้าสู่แก้ว

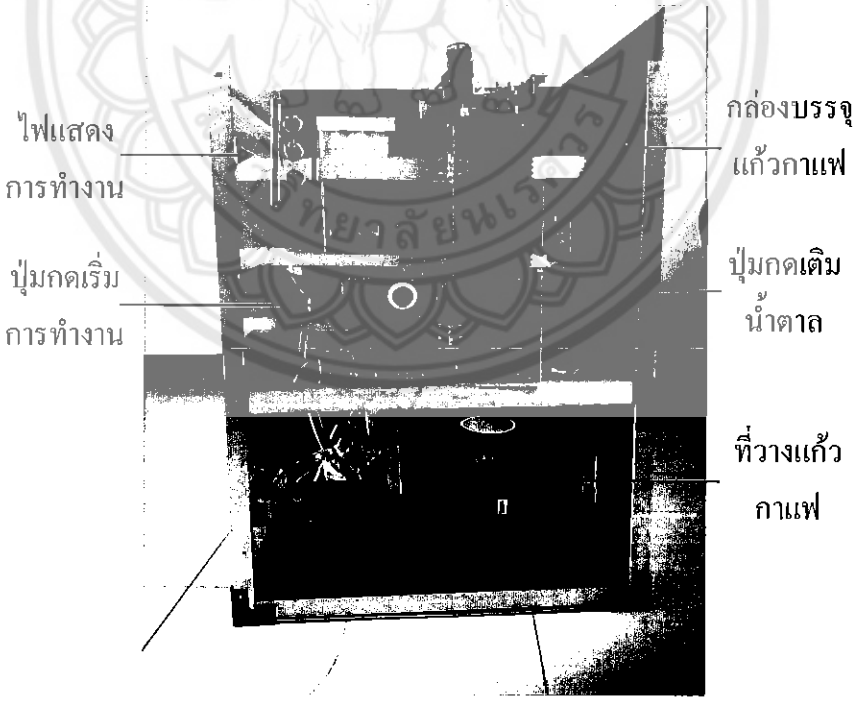
การขับเคลื่อนโดยใช้มอเตอร์เกียร์ 24 โวลต์ดีซี 350 รอบ เกียร์ทดเป็นแบบพลาเนทารีแกน 5 มิลลิเมตร รับน้ำหนักได้ 7 กิโลกรัม ดังรูปที่ 3.11 และชุดปั๊มน้ำ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.11 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบทดรอบขนาด 24 โวลต์

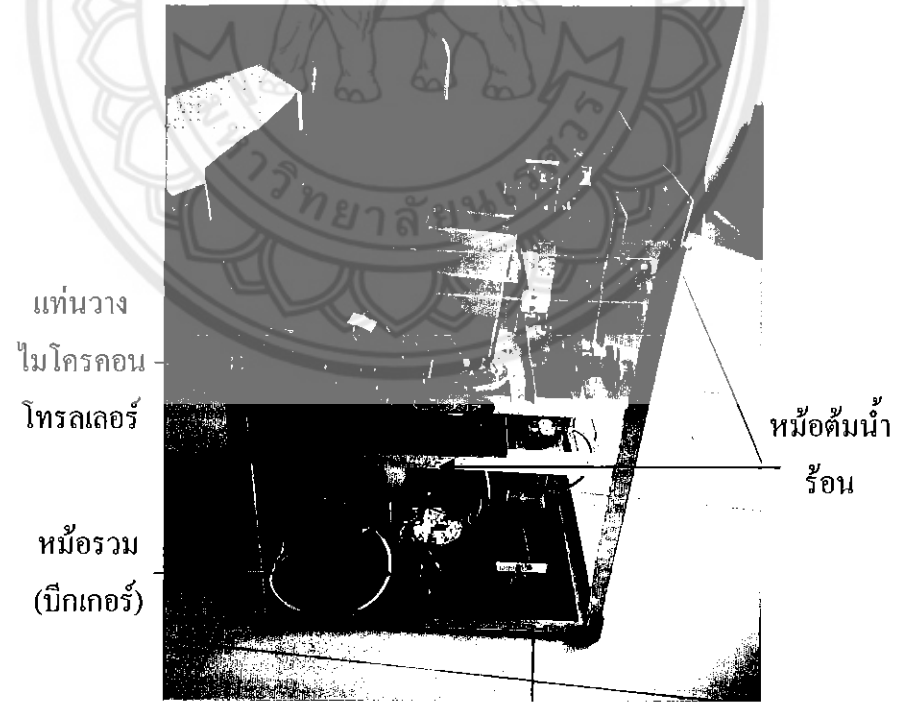
3.4 โครงสร้างของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

หลังจากประกอบอุปกรณ์ต่างๆที่สร้างขึ้นเข้ากับโครงสร้างของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ภาพแสดงด้านหน้าโครงสร้างภายในและส่วนประกอบของเครื่องชงกาแฟ

รูปที่ 3.13 ภาพแสดงด้านบนโครงสร้างภายในและส่วนประกอบของเครื่องชงกาแฟ



รูปที่ 3.14 ภาพแสดงด้านข้างโครงสร้างภายในและส่วนประกอบของเครื่องชงกาแฟ

3.4.1 โครงสร้างภายในและโครงสร้างหลักของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

1. ไฟแสดงการทำงาน ประกอบด้วย ไดโอดเปล่งแสง 3 สี ดังนี้
   - สีเขียว แสดงว่าเครื่องชงกาแฟพร้อมทำงาน
   - สีเหลือง แสดงว่าสามารถกดเติมน้ำตาลได้
   - สีแดง แสดงว่าเครื่องทำงานเสร็จสิ้น รับแก้วกาแฟได้

2. ปุ่มกดเริ่มการทำงาน คือปุ่มกดสำหรับเริ่มเดินเครื่องชงกาแฟ สามารถกดได้เมื่อไฟสีเขียวสว่าง

3. ปุ่มกดเติมน้ำตาล คือปุ่มกดเมื่อต้องการเติมน้ำตาล หากกดนานก็จะยิ่งได้ปริมาณมาก

4. ที่วางแก้วกาแฟ คือเมื่อเครื่องชงทำงานเสร็จสิ้น สามารถรับแก้วกาแฟได้จากตรงนี้

5. กล่องบรรจุแก้วกาแฟ คือภาชนะที่ใช้บรรจุแก้วกาแฟ สามารถบรรจุได้ 10 แก้ว

6. กล่องบรรจุน้ำตาล คือภาชนะที่ใช้บรรจุน้ำตาล ควรบรรจุในปริมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของความจุของกล่อง

7. กล่องบรรจุผงกาแฟ คือภาชนะที่ใช้บรรจุกาแฟ 3 in 1 ควรบรรจุในปริมาณ 200 กรัม

8. ถังบรรจุน้ำเปล่า คือภาชนะบรรจุน้ำที่ใช้สำหรับชงกาแฟและล้างอุปกรณ์

9. หม้อต้มน้ำร้อน คือกาต้มน้ำที่ต้องทำงานต้มน้ำให้ได้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

10. หม้อรวม (บีกเกอร์) คือภาชนะสำหรับบรรจุส่วนผสมต่างๆ

11. แท่นวางไมโครคอนโทรลเลอร์ คือแท่นที่ใช้วางอุปกรณ์ควบคุมเครื่องชงกาแฟต่างๆ เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง รีเลย์ เป็นต้น

บทที่ 4
ผลการทดสอบ

หลังจากศึกษาทฤษฎี หลักการทำงานและลงมือสร้างเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติแล้ว ในบทนี้จะเป็นการทดสอบการทำงานอัตโนมัติของเครื่องชงกาแฟ โดยแบ่งการทดสอบเป็น 4 หัวข้อ ดังนี้

4.1 ทดสอบการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ที่ใช้ในเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติมีทั้งหมด 3 ตัว ดังนี้

1. มอเตอร์ตัวที่ 1 ใช้ในการนำพาแก้วกาแฟออกจากกล่องบรรจุ
2. มอเตอร์ตัวที่ 2 ใช้ในการนำพาผงกาแฟและน้ำตาลลงสู่หม้อรวม
3. มอเตอร์ตัวที่ 3 ใช้ในการผสมส่วนผสมในหม้อรวม

4.1.1 ทดสอบมอเตอร์ตัวที่ 1 (นำแก้วกาแฟออกจากกล่องบรรจุ)

มอเตอร์ตัวที่ 1 ทำงานเมื่อกดปุ่มสตาร์ท ทำหน้าที่นำแก้วกาแฟออกจากกล่องบรรจุ แล้วจึงหยุดการทำงาน ทำการทดสอบจับเวลา 5 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดสอบการนำแก้วกาแฟออกจากกล่องบรรจุ

การทดสอบมอเตอร์ตัวที่ 1						
ครั้งที่ / ทดสอบ	ครั้งที่ 1 (วินาที)	ครั้งที่ 2 (วินาที)	ครั้งที่ 3 (วินาที)	ครั้งที่ 4 (วินาที)	ครั้งที่ 5 (วินาที)	เฉลี่ย (วินาที)
มอเตอร์ 1	0.95	1.05	1.03	0.97	1.02	1

จากการทดสอบนำแก้วกาแฟออกจากกล่องบรรจุของมอเตอร์ตัวที่ 1 พบว่าผู้ทดสอบต้องตั้งตำแหน่งของแก้วให้สัมพันธ์กับเวลาการทำงานของมอเตอร์ตัวที่ 1 (1 วินาที) เพื่อที่จะให้แก้วตกลงมาครั้งละ 1 แก้ว ตามต้องการ

4.1.2 ทดสอบมอเตอร์ตัวที่ 2 (นำพาผงกาแฟลงสู่หม้อรวม)

ทดสอบจับเวลามอเตอร์ตัวที่ 2 จะต้องนำพาผงกาแฟปริมาณ 19.4 กรัม ลงสู่หม้อรวม โดยทำการทดสอบ 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยออกมา

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการทดสอบการนำพาผงกาแฟปริมาณ 19.4 กรัม ลงสู่หม้อรวม

การทดสอบมอเตอร์ตัวที่ 2						
ครั้งที่ / ทดสอบ	ครั้งที่ 1 (วินาที)	ครั้งที่ 2 (วินาที)	ครั้งที่ 3 (วินาที)	ครั้งที่ 4 (วินาที)	ครั้งที่ 5 (วินาที)	เฉลี่ย (วินาที)
มอเตอร์ 2	15.11	14.96	15.16	15.04	15.02	15

จากการทดสอบนำพาผงกาแฟลงสู่หม้อรวมพบว่า หากผู้ทดสอบไม่กดปุ่มเพิ่มปริมาณน้ำตาล ปริมาณของกาแฟที่ได้จะเท่ากับ 19.4 กรัม แต่เมื่อผู้ทดสอบกดปุ่มเพิ่มปริมาณน้ำตาล จะทำให้การทำงานของมอเตอร์ตัวที่ 2 ทำงานหมุนกาแฟลงสู่หม้อรวมได้น้อยลง พบว่าความสัมพันธ์ของปริมาณกาแฟจะแปรผกผันกับปริมาณน้ำตาล

จากการทดสอบพบว่า การกดเพิ่มปริมาณน้ำตาลไม่ควรกดค้างไว้นานเกินกว่า 5 วินาที เนื่องจากปริมาณน้ำตาลที่ได้จะมากเกินจำเป็นและจะทำให้กาแฟที่ได้หวานเกินไป

4.1.3 ทดสอบมอเตอร์ตัวที่ 3 (ผสมส่วนผสมต่างๆ)

ทำการทดสอบมอเตอร์ตัวที่ 3 ใช้ในการผสมส่วนผสม น้ำ กาแฟ น้ำตาลให้ละลายเข้ากัน ว่าใช้เวลานานเท่าใด โดยทำการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยออกมา

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการทดสอบการผสมน้ำร้อน กาแฟและน้ำตาลเข้าด้วยกัน

การทดสอบมอเตอร์ตัวที่ 3						
ครั้งที่ / ทดสอบ	ครั้งที่ 1 (วินาที)	ครั้งที่ 2 (วินาที)	ครั้งที่ 3 (วินาที)	ครั้งที่ 4 (วินาที)	ครั้งที่ 5 (วินาที)	เฉลี่ย (วินาที)
มอเตอร์ 3	5.20	5.14	5.07	4.98	5.03	5

จากการทดสอบผสมส่วนผสมต่างๆเข้าด้วยกัน พบว่าผู้ทดสอบต้องใช้มอเตอร์ตัวที่ 3 หมุนเป็นเวลา 5 วินาที เป็นอย่างน้อย เพื่อให้ส่วนผสมต่างๆเข้ากัน เนื่องปริมาณน้ำที่มีมากพอสมควร (130 มิลลิลิตร)

4.2 ทดสอบการทำงานของปั๊มน้ำ

ปั๊มน้ำที่ใช้ในเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติมีทั้งหมด 3 ตัว ดังนี้

1. ปั๊มน้ำตัวที่ 1 ใช้ในการดูดน้ำจากถังน้ำเปล่าเข้าสู่หม้อต้ม
2. ปั๊มน้ำตัวที่ 2 ใช้ในการดูดน้ำจากหม้อต้มเข้าสู่หม้อรวม
3. ปั๊มน้ำตัวที่ 3 ใช้ในการดูดน้ำจากหม้อรวมเข้าสู่แก้วกาแฟ

4.2.1 ทดสอบปั๊มน้ำตัวที่ 1 (น้ำจากถังน้ำเปล่าไปสู่หม้อต้ม)

ทดสอบจับเวลาปั๊มน้ำตัวที่ 1 จะต้องดูดน้ำจากถังน้ำเปล่าไปสู่หม้อต้มให้ได้ปริมาตร 130 มิลลิลิตร โดยทำการทดสอบ 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยออกมา

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการทดสอบดูดน้ำจากถังน้ำเปล่าไปสู่หม้อต้มปริมาตร 130 มิลลิลิตร

การทดสอบปั๊มน้ำตัวที่ 1						
ครั้งที่ / ทดสอบ	ครั้งที่ 1 (วินาที)	ครั้งที่ 2 (วินาที)	ครั้งที่ 3 (วินาที)	ครั้งที่ 4 (วินาที)	ครั้งที่ 5 (วินาที)	เฉลี่ย (วินาที)
ปั๊มน้ำ 1	8.12	8.04	8.08	8.21	7.94	8

จากการทดสอบดูดน้ำจากถังน้ำเปล่าไปยังหม้อต้มโดยปั๊มตัวที่ 1 เพื่อให้ได้ปริมาตร 130 มิลลิลิตร จะต้องใช้เวลาประมาณ 8 วินาที เพื่อให้ได้น้ำตามต้องการ

4.2.2 ทดสอบปั๊มน้ำตัวที่ 2 (ดูดน้ำจากหม้อต้มไปสู่หม้อรวม)

ทดสอบจับเวลาปั๊มน้ำตัวที่ 2 จะต้องดูดน้ำจากหม้อต้มไปสู่หม้อรวมให้ได้ปริมาตร 130 มิลลิลิตร (หรือจนน้ำจะหมดจากหม้อต้ม) โดยทำการทดสอบ 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยออกมา

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลการทดสอบการดูดน้ำจากหม้อต้มลงสู่หม้อรวม

การทดสอบปั๊มน้ำตัวที่ 2						
ครั้งที่ / ทดสอบ	ครั้งที่ 1 (วินาที)	ครั้งที่ 2 (วินาที)	ครั้งที่ 3 (วินาที)	ครั้งที่ 4 (วินาที)	ครั้งที่ 5 (วินาที)	เฉลี่ย (วินาที)
ปั๊มน้ำ 2	8.12	7.97	7.96	8.10	8.04	8

จากการทดสอบดูดน้ำจากหม้อต้มไปยังหม้อรวมโดยปั๊มตัวที่ 2 เพื่อให้ได้ปริมาตร 130 มิลลิลิตร จะต้องใช้เวลาประมาณ 8 วินาที เพื่อให้ได้น้ำตามต้องการ

4.2.3 ทดสอบปั๊มน้ำตัวที่ 3 (ดูดน้ำกาแฟจากหม้อรวมไปสู่แก้วกาแฟ)

ทดสอบจับเวลาปั๊มน้ำตัวที่ 3 จะต้องดูดน้ำกาแฟจากหม้อรวมไปสู่แก้วกาแฟให้ได้ปริมาตร 130 มิลลิลิตร (หรือจนน้ำจะหมดจากหม้อรวม) โดยทำการทดสอบ 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยออกมา

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงผลการทดสอบการดูดน้ำจากหม้อรวมไปสู่แก้วกาแฟ

การทดสอบปั๊มน้ำตัวที่ 3						
ครั้งที่ / ทดสอบ	ครั้งที่ 1 (วินาที)	ครั้งที่ 2 (วินาที)	ครั้งที่ 3 (วินาที)	ครั้งที่ 4 (วินาที)	ครั้งที่ 5 (วินาที)	เฉลี่ย (วินาที)
ปั๊มน้ำ 3	7.97	8.03	8.06	8.03	8.05	8

จากการทดสอบดูดน้ำจากหม้อรวมไปยังแก้วกาแฟ โดยปั๊มตัวที่ 3 เพื่อให้ได้ปริมาตร 130 มิลลิลิตร จะต้องใช้เวลาประมาณ 8 วินาที เพื่อให้ได้น้ำตามต้องการ

4.3 ทดสอบการทำงานของหม้อต้ม

ทดสอบการทำงานของหม้อต้มว่าใช้เวลานานเท่าใดในการต้มน้ำให้ได้อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส โดยทำการทดสอบ 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยออกมา

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงผลการทดสอบการต้มน้ำของหม้อต้มจนได้ 70 องศาเซลเซียส

การทดสอบหม้อต้ม						
ครั้งที่ / ทดสอบ	ครั้งที่ 1 (วินาที)	ครั้งที่ 2 (วินาที)	ครั้งที่ 3 (วินาที)	ครั้งที่ 4 (วินาที)	ครั้งที่ 5 (วินาที)	เฉลี่ย (วินาที)
หม้อต้ม	50.22	50.58	50.37	50.02	49.96	50

จากการทดสอบต้มน้ำเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส จะต้องให้หม้อต้มทำงานเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 50 วินาที เนื่องจากหากให้อุณหภูมิน้อยกว่านี้ กาแฟและน้ำตาลจะไม่ละลาย

4.4 การทดสอบการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติจนได้กาแฟพร้อมดื่ม

การทดสอบการทำงานทั้งระบบ เป็นการจับเวลาการทำงานในการชงกาแฟ 1 แก้ว จนได้กาแฟพร้อมดื่มว่าต้องใช้เวลานานกี่วินาที ทำการทดสอบ 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยออกมา

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงผลการทดสอบการทำงานของเครื่องชงกาแฟจนได้กาแฟพร้อมดื่ม

การทดสอบเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติจนได้กาแฟพร้อมดื่ม						
ครั้งที่ / ทดสอบ	ครั้งที่ 1 (วินาที)	ครั้งที่ 2 (วินาที)	ครั้งที่ 3 (วินาที)	ครั้งที่ 4 (วินาที)	ครั้งที่ 5 (วินาที)	เฉลี่ย (วินาที)
เครื่องชง	91	91	92	90	90	90

จากการทดสอบพบว่าในการชงกาแฟ 1 แก้ว ต้องใช้เวลาประมาณ 90 วินาที ทั้งนี้ยังไม่รวมช่วงของการล้างอุปกรณ์ของเครื่องชงกาแฟ

4.5 การทดสอบการทำงานทั้งระบบของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติจนถึงการล้างอุปกรณ์

การทดสอบการทำงานทั้งระบบ เป็นการจับเวลาการทำงานในการชงกาแฟ 1 แก้ว จนได้กาแฟพร้อมดื่มออกมารวมทั้งการล้างอุปกรณ์ว่าต้องใช้เวลานานกี่วินาที ทำการทดสอบ 5 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยออกมา

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงผลการทดสอบการทำงานของเครื่องชงกาแฟทั้งระบบ

การทดสอบเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติทั้งระบบ						
ครั้งที่ / ทดสอบ	ครั้งที่ 1 (วินาที)	ครั้งที่ 2 (วินาที)	ครั้งที่ 3 (วินาที)	ครั้งที่ 4 (วินาที)	ครั้งที่ 5 (วินาที)	เฉลี่ย (วินาที)
เครื่องชง	122	121	120	121	121	120

จากการทดสอบพบว่าในการชงกาแฟ 1 แก้ว รวมทั้งการล้างอุปกรณ์ด้วยนั้นต้องใช้เวลาประมาณ 120 วินาที

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา ออกแบบ ประกอบ ทดสอบ และทำการปรับปรุงชิ้นงานจนเป็นเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ โดยใช้ระยะเวลาดำเนินโครงงาน 2 ภาคการศึกษา ทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงงาน สำหรับบทนี้จะเป็นการสรุปผลที่ได้จากการทดลองในโครงงาน พร้อมเสนอแนะแนวทางในการนำโครงงานนี้ไปพัฒนาหรือต่อยอดให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.1 สรุปผลการทดลองการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

จากการทดลองของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติพบว่าเครื่องชงสามารถชงกาแฟได้ตรงตามโปรแกรมดังนี้

1. เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติชงกาแฟปริมาตร 130 มิลลิลิตรได้ 1 แก้ว (แก้วขนาด 6.5 ออนซ์)
2. เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติใช้เวลาในการชงกาแฟประมาณ 2 นาทีต่อแก้ว
3. เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส สำหรับชงกาแฟ
4. เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติสามารถชงกาแฟได้ต่อเนื่อง 8 แก้ว จากที่กำหนดขอบเขตไว้ที่ 10 แก้ว

5.2 ปัญหาและการแก้ไข

1. โครงสร้างภายนอกใช้วัสดุที่เป็นไม้อัด อาจทำให้ไม้อัดผุเสียหายได้เมื่อได้รับน้ำ แก้ไขโดยใช้สติกเกอร์แปะทับบนแผ่นไม้อัดเพื่อป้องกันความชื้น

2. ผงกาแฟในกล่องบรรจุกาแฟนั้นลงไปในเกลียวนำผงน้อยเกินไป แก้ไขโดยใช้แผ่นพลาสติกใสทำเป็นกรวยใส่ไว้ภายในกล่องบรรจุกาแฟ แล้วนำผงกาแฟใส่ลงไปในกรวยแผ่นใส ปริมาณผงกาแฟจึงลงไปตามต้องการ

3. สายยางดูดน้ำเข้าและออกจากหม้อต้มต้องทนความร้อนมาก แก้ไขโดยใช้แผ่นฟอยล์กันความร้อนพันสายยางที่ต้องสัมผัสกับความร้อนในหม้อต้มไว้

4. เนื่องจากการนำพาผงกาแฟและผงน้ำตาลจากกล่องบรรจุลงหม้อรวมนั้น ต้องใช้มอเตอร์ร่วมกัน เมื่อกดปุ่มน้ำตาลจะทำให้มอเตอร์ตัวที่ 2 (สำหรับนำพาผงกาแฟ) ต้องรับภาระมากขึ้น ทำให้ไม่สามารถนำพาผงกาแฟได้ปริมาณ 19.4 กรัม ตามที่ผู้ทดลองต้องการ ควรจะแก้ไขโดยใช้มอเตอร์อีกหนึ่งตัวสำหรับนำพาผงน้ำตาลลงสู่หม้อรวมโดยเฉพาะ

5. ปั๊มตัวที่ 3 ที่ใช้สำหรับดูดน้ำกาแฟลงแก้ว เป็นตัวเดียวกับปั๊มที่ใช้สำหรับดูดน้ำล้างอุปกรณ์หลังจากการทำงาน ทำให้น้ำทิ้งจะถูกดูดออกมาทิ้งบริเวณเดียวกันกับที่วางแก้วกาแฟ ดังนั้นผู้

ทดลองจะต้องหยิบแก้วกาแฟออกมาก่อนที่น้ำทิ้งจะถูกดูดออกมา (ภายใน 20 วินาที) ควรแก้ไขโดยใช้ปั๊มน้ำอีกหนึ่งตัวเพื่อดูดน้ำทิ้งโดยเฉพาะ

6. ระบบปล่อยแก้วกาแฟจากกล่องบรรจุยังมีประสิทธิภาพต่ำ เมื่อต้องการใช้งานผู้ทดลองยังต้องตั้งตำแหน่งของแก้วกาแฟให้เหมาะสมก่อนเสมอ มิเช่นนั้นแก้วกาแฟที่ปล่อยออกมาจะเกิดความผิดพลาด เช่น แก้วไม่ตก แก้วกาแฟตกมา 2 แก้ว เป็นต้น

7. น้ำตาลทรายที่ใช้ในการชงกาแฟจะต้องใช้เป็นน้ำตาลทรายชนิดเม็ดละเอียด หากใช้น้ำตาลทรายทั่วไป ขนาดของเม็ดน้ำตาลที่มีขนาดใหญ่นั้นจะทำให้เกิดปัญหา น้ำตาลติดขัดในท่อลำเลียงน้ำตาลไปสู่หม้อรวม

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

จากปัญหาที่พบในการทำเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติส่งผลให้ศักยภาพการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติน้อยลง จึงต้องมีการศึกษาแนวทางวิธีในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อการพัฒนาของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการพัฒนาในลักษณะดังต่อไปนี้

1. พัฒนาโดยการเพิ่มหม้อบรรจุต่างๆให้มากขึ้น เพื่อให้มีตัวเลือกในการรับประทานมากขึ้น เช่น ครีมเทียม ช็อกโกแลต หรือผงชนิดอื่นนอกเหนือจากผงกาแฟ

2. พัฒนาโดยการใช้ลิมิตสวิตช์ชนิดลูกลอยใส่ลงไปในถังบรรจุน้ำเปล่า เพื่อจะได้มีน้ำมาเติมตลอดเมื่อปริมาณน้ำเปล่าลดลง

3. พัฒนาการต้มน้ำในหม้อต้มให้สามารถต้มน้ำร้อนไว้อยู่ตลอดเวลา โดยใช้ลิมิตสวิตช์แบบตรวจจับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิขึ้นสูงถึง 90 องศาเซลเซียส หม้อต้มจะตัดการทำงาน และเมื่ออุณหภูมิลดลงเหลือ 70 องศาเซลเซียส หม้อต้มจะเริ่มทำงานอีกครั้งหนึ่ง

4. พัฒนากล่องบรรจุแก้วกาแฟให้บรรจุได้มากขึ้น รวมถึงความมีประสิทธิภาพของระบบปล่อยแก้วกาแฟจากกล่องบรรจุให้มีความมั่นคงมากขึ้น สามารถปล่อยแก้วกาแฟออกมาครั้งละ 1 แก้ว ทุกครั้ง

5.3.1 คู่มือการใช้งาน

คู่มือการใช้งานเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติแบ่งออกเป็น 6 ข้อดังนี้

a.) เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ ดังรูปที่ 5.1

b.) เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติมีกล่องสำหรับบรรจุแก้วกาแฟจำนวน 10 แก้ว ดังรูปที่ 5.3

c.) เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติมีกล่องสำหรับบรรจุกาแฟปริมาณมากที่สุด 600 กรัม ดังรูปที่ 5.4

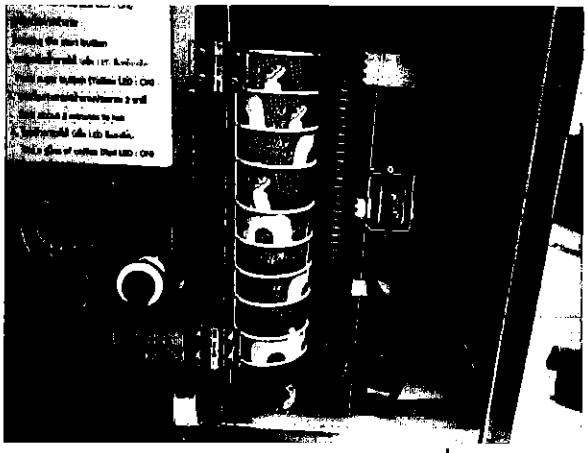
d.) เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติมีกล่องสำหรับบรรจุน้ำตาลปริมาณมากที่สุด 600 กรัม ดังรูปที่ 5.4

e.) เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติมีกล่องสำหรับรองรับน้ำทิ้งได้ปริมาตรมากที่สุด 1.5 ลิตร ดังรูปที่ 5.2

f.) เครื่องชงกาแฟอัตโนมัติมีถังบรรจุน้ำเปล่าขนาด 5 ลิตร สามารถเติมน้ำเปล่าได้ด้วยกรวยเติมน้ำ ดังรูปที่ 5.4

รูปที่ 5.1 แสดงการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ ของเครื่องชง

รูปที่ 5.2 แสดงกล่องบรรจุน้ำทิ้งปริมาตร 1.5 ลิตร

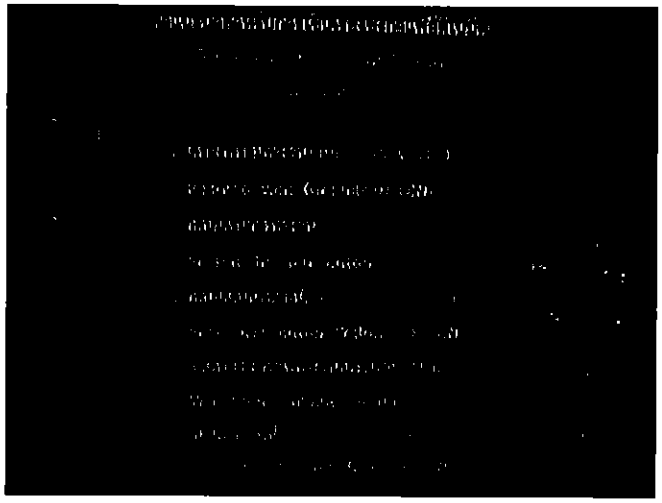


รูปที่ 5.3 แสดงกล่องบรรจุแก้วกาแฟได้มากที่สุด 10 แก้ว

รูปที่ 5.4 แสดงกล่องบรรจุกาแฟ น้ำตาล และกรวยเติมน้ำเปล่า

5.3.2 คำแนะนำการใช้งานเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ แบ่งออกเป็น 5 ข้อดังนี้

1. เครื่องพร้อมทำงาน (เมื่อ LED สีเขียวสว่าง)
2. กดปุ่มเริ่มการทำงาน
3. กดปุ่มเติมน้ำตาลได้ (เมื่อ LED สีเหลืองสว่าง)
4. รอเครื่องชงกาแฟทำงานประมาณ 2 นาที
5. รับแก้วกาแฟได้ (เมื่อ LED สีแดงสว่าง)



รูปที่ 5.5 แสดงคำแนะนำสำหรับการใช้งานเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

เอกสารอ้างอิง

[1] อุดม รานอก. **ภาษา C สำหรับงานควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.** พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: ไอซีดีฯ, 2548.

[2] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. **เรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยภาษา C พร้อมโครงงาน.** กรุงเทพฯ: สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2552.

[3] ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ. **ไฟฟ้า ชุดที่ 6.** กรุงเทพฯ: แอมแอนด์อี, 2546.

[4] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. **เรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้เริ่มต้น.** กรุงเทพฯ: สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2554.

[5] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. **ออกแบบและจำลองการทำงานของวงจรด้วย Proteus.** กรุงเทพฯ: สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2552.

[6] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. **การออกแบบลายวงจรพิมพ์ด้วยโปรแกรม Eagle.** กรุงเทพฯ: สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2549.

[7] Adisak chinawong. 8 มกราคม 2543. **มอเตอร์กระแสตรง.** สืบค้นเมื่อ 27 สิงหาคม 2555, จาก http://www.technicnan.ac.th

[8] **วิธีการต่อใช้งานรีเลย์ 5 ขา และ 6 ขา.** สืบค้นเมื่อ 3 กุมภาพันธ์ 2556 จาก http://www.thaiedurobot.com/article-th-86634-วิธีการต่อใช้งานรีเลย์+5+ขา+และ+6+ขา.html

[9] **DC Motor Control With L298.** สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2555 จาก http://sk-mce.blogspot.com/2012/05/dc-motor-control-with-l298-l298.html

[10] **ปั๊มน้ำ.** สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2555 จาก http://th.wikipedia.org/wiki/ปั๊มน้ำ

ภาคผนวก ก

โปรแกรมการทำงานของเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติ

```
#include<reg51.h>
#include<intrins.h>

sbit sw0=P1^0;          // Switch Start
sbit EN =P3^0;          // Green LED
sbit EN1=P3^1;          // Yellow LED
sbit EN2=P3^2;          // Red LED

sbit m6_1=P2^0;         // Pump 1
sbit m6_2=P2^1;
sbit m7_1=P2^2;         // Pump 2
sbit m7_2=P2^3;
sbit m5_1=P2^4;         // Pump 3
sbit m5_2=P2^5;
sbit m8_1=P2^6;         // motor Sum คือ มอเตอร์ที่ใช้ผสมส่วนผสม
sbit m8_2=P2^7;

sbit m1_1=P1^5;         // Relay of Motor of Cup
sbit m2_1=P1^6;         // Relay of Motor of Coffee
sbit m4_1= P1^7;        // Relay of heater
void Pump1()    // กำหนดฟังก์ชันปั๊มตัวที่ 1
{       m6_1=1;
        m6_2=0;
}
void Pump2()    // กำหนดฟังก์ชันปั๊มตัวที่ 2
{       m7_1=1;
        m7_2=0;
}
void Pump3()    // กำหนดฟังก์ชันปั๊มตัวที่ 3
{       m8_1=1;
        m8_2=0;
}
```

```
void Sum()      // กำหนดฟังก์ชันมอเตอร์ผสม (มอเตอร์ตัวที่ 3)
{       m5_1=1;
        m5_2=0;
}
void cup()      // กำหนดฟังก์ชันมอเตอร์ปล่อยแก้ว (มอเตอร์ตัวที่ 1)
{       m1_1=1;
        m2_1=0;
}
void Coffee()   // กำหนดฟังก์ชันมอเตอร์นำพาผงกาแฟ (มอเตอร์ตัวที่ 2)
{       m1_1=0;
        m2_1=1;
}
void heater()   // กำหนดฟังก์ชันหม้อต้มน้ำ
{       m4_1=1;
}
void Stop()     // กำหนดฟังก์ชันหยุดการทำงานของอุปกรณ์ทุกตัว
{
m2_1=0;
m4_1=0;
m1_1=0;
m6_1=0;
m6_2=0;
m7_1=0;
m7_2=0;
m5_1=0;
m5_2=0;
m8_1=0;
m8_2=0;
}
void delay(unsigned int msec)
{
        unsigned int c;
```

```
        TMOD=0x02;      // Timer 0 Mode 2 , mode 2 = 8 bit

        TH0=0x67;
        TL0=0x67;
        for(c=0;c<mscc*200;c++)
        {
                TF0=0;
                TR0=1;
                do{}
                while(TF0==0);
        }
}

void main()
{
 Stop();
 EN=1;          // LED สีเขียวสว่าง แสดงว่าเครื่องพร้อมทำงาน
 EN1=0;                 // LED สีเหลืองดับ
 EN2=0;                 // LED สีแดงดับ
 if(sw0==0)
 {
 delay(25);
if(sw0==1)      // กดสวิตช์เริ่มการทำงาน
{
EN=0;           // LED สีเขียวดับ
cup();          // มอเตอร์ 1 นำแก้วกาแฟออกจากกล่องบรรจุ
delay(40);      // 0.8 วินาที
Stop();         // หยุดการทำงาน
delay(25);
EN1=1;          // LED สีเหลืองสว่าง
Coffee();       // มอเตอร์ตัวที่ 2 นำพาผงกาแฟเป็นเวลา 15 วินาที
delay(250);
```

```
delay(250);
delay(250);
EN1=0;          // LED สีเหลืองดับ
Stop();         // หยุดการทำงาน
delay(25);
Pump1();        //ปั๊มตัวที่ 1 ทำงานเป็นเวลา 8 วินาที
delay(200);
delay(200);
Stop();         // หยุดการทำงาน
delay(25);
heater();// หม้อต้มทำงานเป็นเวลา 50 วินาที
delay(250);
delay(250);
delay(250);
delay(250);
delay(250);
delay(250);
delay(250);
delay(250);
delay(250);
delay(250);
Stop() ;        // หยุดการทำงาน
delay(25);
Pump2();        // ปั๊มตัวที่ 2 ทำงานเป็นเวลา 8 วินาที
delay(200);
delay(200);
Stop() ;        // หยุดการทำงาน
delay(25);
Sum();          // มอเตอร์ผสมทำงาน (มอเตอร์ตัวที่ 3)
delay(250);
Stop();         // หยุดการทำงาน
delay(25);
```

```
Pump3();        // ปั๊มตัวที่ 3 ทำงานเป็นเวลา 8 วินาที
delay(200);
delay(200);
Stop() ;        // หยุดการทำงาน
delay(25);
// ช่วงการทำงานล้างอุปกรณ์
EN2=1;                  // LED สีแดงสว่าง
Pump1();        // ปั๊มตัวที่ 1 ทำงานเป็นเวลา 6 วินาที
delay(150);
delay(150);
Stop();         // หยุดการทำงาน
delay(25);
Pump2();        // ปั๊มตัวที่ 2 ทำงานเป็นเวลา 8 วินาที
delay(200);
delay(200);
Stop();         // หยุดการทำงาน
delay(25);
Sum();          // มอเตอร์ผสมทำงาน 5 วินาที (มอเตอร์ตัวที่ 3)
delay(250);
Stop();         // หยุดการทำงาน
delay(25);
Pump3();        // ปั๊มตัวที่ 3 ทำงานเป็นเวลา 15 วินาที
delay(250);
delay(250);
delay(250);
EN2=0;                  // LED สีแดงดับ
}
}
}
```

ภาคผนวก ข

รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หมายเลข P89**V51RD2**

P89V51RD2

8-bit 80C51 5 V low power 64 kB Flash microcontroller with 1 kB RAM

Rev. 01 — 01 March 2004 Product data

1. General description

The P89V51RD2 is an 80C51 microcontroller with 64 kB Flash and 1024 bytes of data RAM.

A key feature of the P89V51RD2 is its X2 mode option. The design engineer can choose to run the application with the conventional 80C51 clock rate (12 clocks per machine cycle) or select the X2 mode (6 clocks per machine cycle) to achieve twice the throughput at the same clock frequency. Another way to benefit from this feature is to keep the same performance by reducing the clock frequency by half, thus dramatically reducing the EMI.

The Flash program memory supports both parallel programming and in serial In-System Programming (ISP). Parallel programming mode offers gang-programming at high speed, reducing programming costs and time to market. ISP allows a device to be reprogrammed in the end product under software control. The capability to field/update the application firmware makes a wide range of applications possible.

The P89V51RD2 is also In-Application Programmable (IAP), allowing the Flash program memory to be reconfigured even while the application is running.

2. Features

- 80C51 Central Processing Unit
- 5 V Operating voltage from 0 to 40 MHz
- 64 kB of on-chip Flash program memory with ISP (In-System Programming) and IAP (In-Application Programming)
- Supports 12-clock (default) or 6-clock mode selection via software or ISP
- SPI (Serial Peripheral Interface) and enhanced UART
- PCA (Programmable Counter Array) with PWM and Capture/Compare functions
- Four 8-bit I/O ports with three high-current Port 1 pins (16 mA each)
- Three 16-bit timers/counters
- Programmable Watchdog timer (WDT)
- Eight interrupt sources with four priority levels
- Second DPTR register
- Low EMI mode (ALE inhibit)
- TTL- and CMOS-compatible logic levels

PHILIPS

- Brown-out detection
- Low power modes
  - Power-down mode with external interrupt wake-up
  - Idle mode
- PDIP40, PLCC44 and TQFP44 packages

3. Ordering information

Table 1: Ordering information

Type number	Package		Version
	Name	Description	
P89V51RD2FA	PLCC44	plastic leaded chip carrier; 44 leads	SOT187-2
P89V51RD2FBC	TQFP44	plastic thin quad flat package; 44 leads	SOT376-1
P89V51RD2BN	PDIP40	plastic dual in-line package; 40 leads	SOT129-1

3.1 Ordering options

Table 2: Ordering options

Type number	Temperature range	Frequency
P89V51RD2FA	−40 °C to +85 °C	0 to 40 MHz
P89V51RD2FBC	−40 °C to +85 °C	
P89V51RD2BN	0 °C to +70 °C	

© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2004. All rights reserved.

4. Block diagram

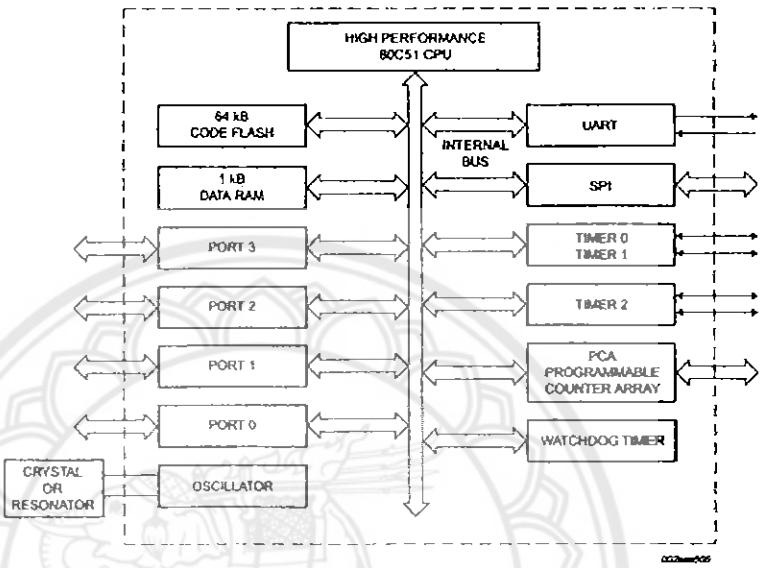


Fig 1. P89V51RD2 block diagram.

© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2004. All rights reserved.

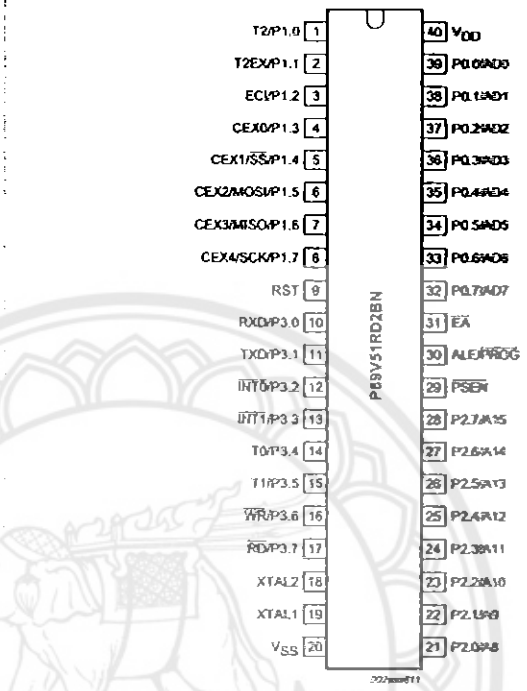


Fig 3. PDIP40 pin configuration.

© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2004. All rights reserved.

ภาคผนวก ค

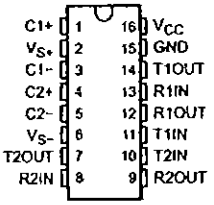
รายละเอียดของไอซีหมายเลข Max 232

MAX232, MAX232I
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047L – FEBRUARY 1989 – REVISED MARCH 2004

- Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operates From a Single 5-V Power Supply With 1.0-μF Charge-Pump Capacitors
- Operates Up To 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ±30-V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Upgrade With Improved ESD (15-kV HBM) and 0.1-μF Charge-Pump Capacitors is Available With the MAX202
- Applications – TIA/EIA-232-F, Battery-Powered Systems, Terminals, Modems, and Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply TIA/EIA-232-F voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts TIA/EIA-232-F inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V, a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ±30-V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into TIA/EIA-232-F levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

ORDERING INFORMATION

T_A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232N	MAX232N
	SOIC (D)	Tube of 40	MAX232D	MAX232
		Reel of 2500	MAX232DR	
	SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232DW	MAX232
		Reel of 2000	MAX232DWR	
	SOP (NS)	Reel of 2000	MAX232NSR	MAX232
−40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232IN	MAX232IN
	SOIC (D)	Tube of 40	MAX232ID	MAX232I
		Reel of 2500	MAX232IDR	
	SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232IDW	MAX232I
		Reel of 2000	MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated

Function Tables

EACH DRIVER

INPUT TIN	OUTPUT TOUT
L	H
H	L

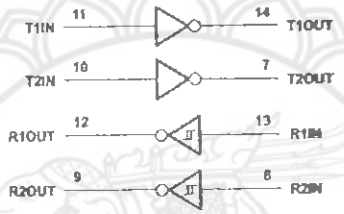
H = high level, L = low level

EACH RECEIVER

INPUT RIN	OUTPUT ROUT
L	H
H	L

H = high level, L = low level

logic diagram (positive logic)



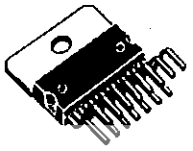
ภาคผนวก ง

รายละเอียดของไอซีหมายเลข L298N

L298

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)



Multiwatt15

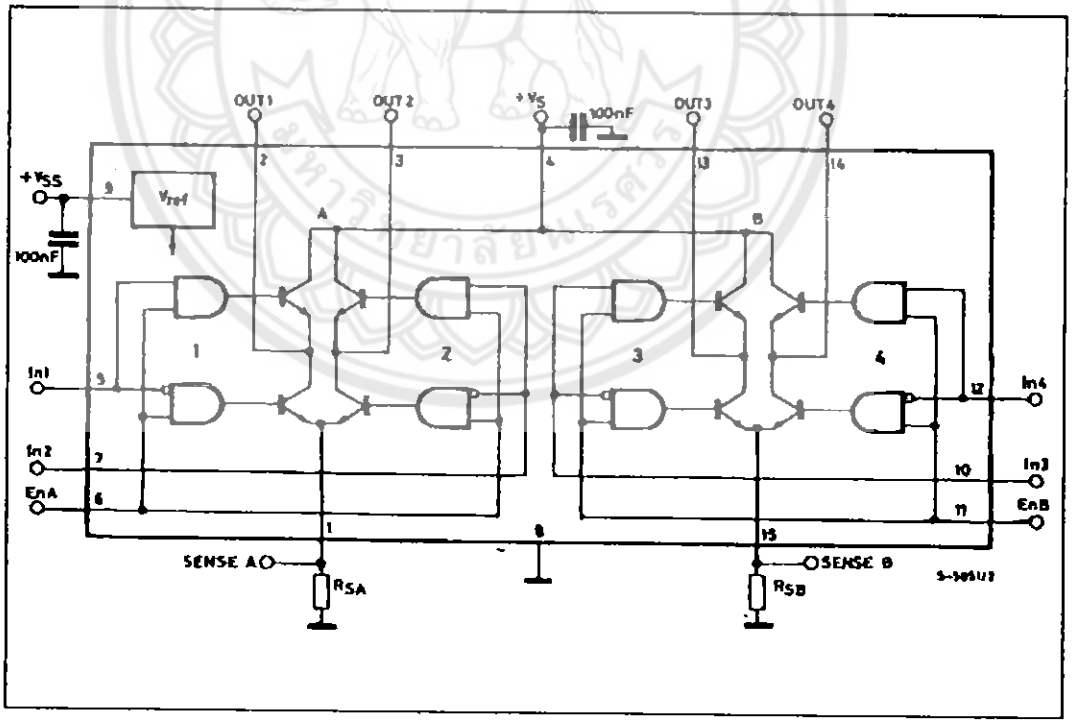
PowerSO20

ORDERING NUMBERS : L298N (Multiwatt Vert.)
L298HN (Multiwatt Horiz.)
L298P (PowerSO20)

DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the connection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

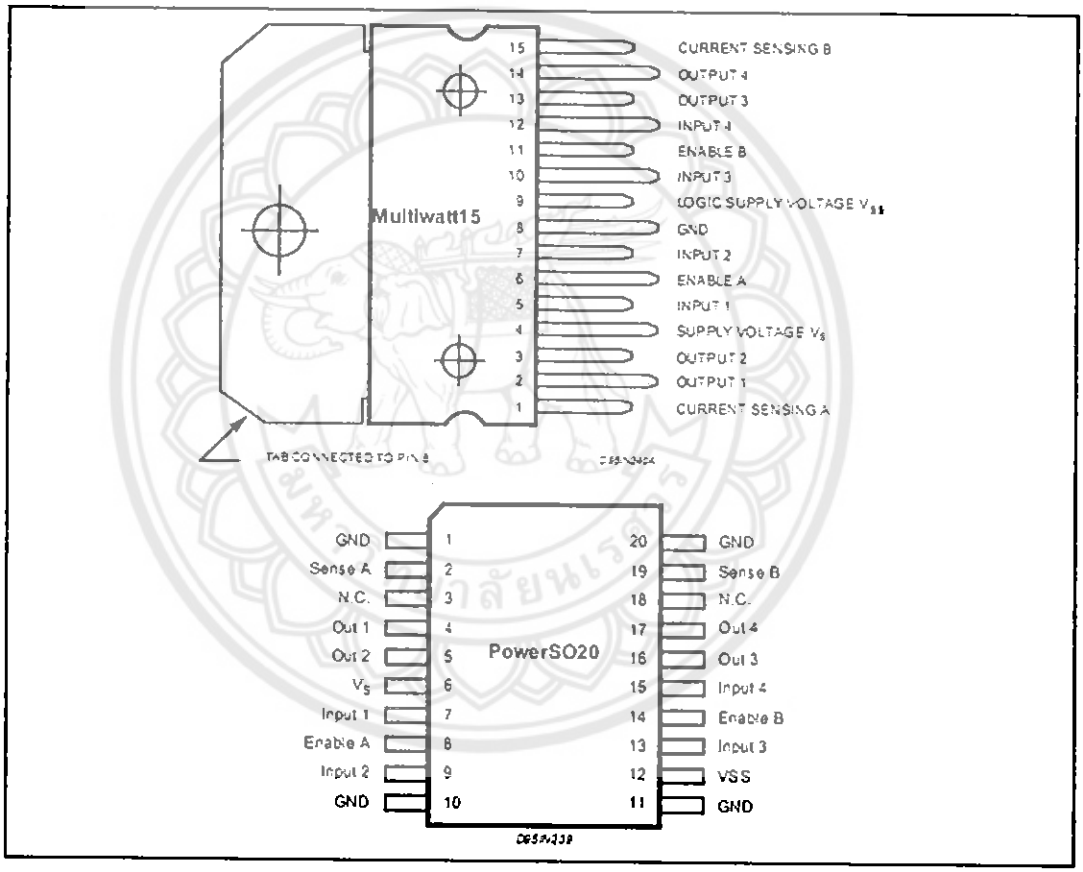
BLOCK DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Power Supply	50	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V_i, V_{en}	Input and Enable Voltage	–0.3 to 7	V
I_O	Peak Output Current (each Channel) – Non Repetitive (t = 100µs) –Repetitive (80% on –20% off; t_{on} = 10ms) –DC Operation	 3 2.5 2	 A A A
V_{sens}	Sensing Voltage	–1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation (T_{case} = 75°C)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	–25 to 130	°C
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	–40 to 150	°C

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

Symbol	Parameter		PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th\ j\text{-}case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	–	3	°C/W
$R_{th\ j\text{-}amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	35	°C/W

(*) Mounted on aluminium substrate

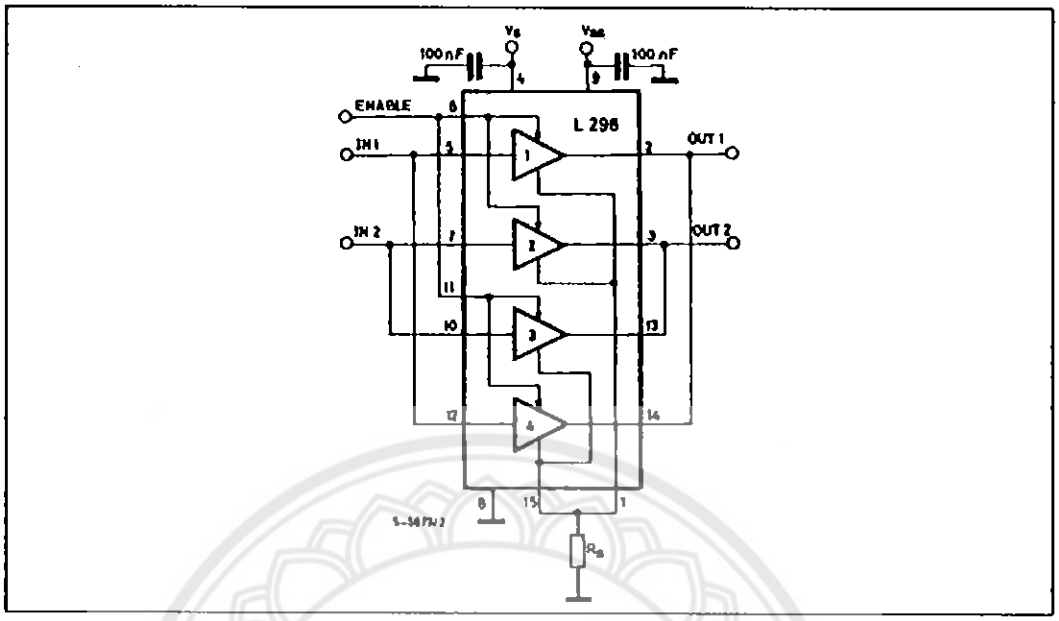
PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V_S	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	VSS	Supply Voltage for the Logic Blocks. A100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
–	3;18	N.C.	Not Connected

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_S = 42V; V_{SS} = 5V, T_j = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
V_S	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition		V_{IH} +2.5		46	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage (pin 9)			4.5	5	7	V
I_S	Quiescent Supply Current (pin 4)	V_{en} = H; I_L = 0	V_i = L V_i = H		13 50	22 70	mA mA
		V_{en} = L	V_i = X			4	mA
I_{SS}	Quiescent Current from V_{SS} (pin 9)	V_{en} = H; I_L = 0	V_i = L V_i = H		24 7	36 12	mA mA
		V_{en} = L	V_i = X			6	mA
V_{IL}	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)			-0.3		1.5	V
V_{IH}	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)			2.3		VSS	V
I_{IL}	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V_i = L				-10	µA
I_{IH}	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	Vi = H ≤ V_{SS} -0.6V			30	100	µA
V_{en} = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)			-0.3		1.5	V
V_{en} = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)			2.3		V_{SS}	V
I_{en} = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V_{en} = L				-10	µA
I_{en} = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V_{en} = H ≤ V_{SS} -0.6V			30	100	µA
$V_{CESat(H)}$	Source Saturation Voltage	I_L = 1A I_L = 2A		0.95	1.35 2	1.7 2.7	V V
$V_{CESat(L)}$	Sink Saturation Voltage	I_L = 1A (5) I_L = 2A (5)		0.85	1.2 1.7	1.6 2.3	V V
V_{CESat}	Total Drop	I_L = 1A (5) I_L = 2A (5)		1.80		3.2 4.9	V V
V_{sens}	Sensing Voltage (pins 1, 15)			-1 (1)		2	V

Figure 7 : For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



APPLICATION INFORMATION (Refer to the block diagram)

1.1. POWER OUTPUT STAGE

The L298 integrates two power output stages (A ; B). The power output stage is a bridge configuration and its outputs can drive an inductive load in common or differenzial mode, depending on the state of the inputs. The current that flows through the load comes out from the bridge at the sense output : an external resistor (R_{SA} ; R_{SB}.) allows to detect the intensity of this current.

1.2. INPUT STAGE

Each bridge is driven by means of four gates the input of which are In1 ; In2 ; EnA and In3 ; In4 ; EnB. The In inputs set the bridge state when The En input is high ; a low state of the En input inhibits the bridge. All the inputs are TTL compatible.

2. SUGGESTIONS

A non inductive capacitor, usually of 100 nF, must be foreseen between both Vs and Vss, to ground, as near as possible to GND pin. When the large capacitor of the power supply is too far from the IC, a second smaller one must be foreseen near the L298.

The sense resistor, not of a wire wound type, must be grounded near the negative pole of Vs that must be near the GND pin of the I.C.

Each input must be connected to the source of the driving signals by means of a very short path.

Turn-On and Turn-Off : Before to Turn-ON the Supply Voltage and before to Turn it OFF, the Enable input must be driven to the Low state.

3. APPLICATIONS

Fig 6 shows a bidirectional DC motor control Schematic Diagram for which only one bridge is needed. The external bridge of diodes D1 to D4 is made by four fast recovery elements ($t_{rr} \leq 200$ nsec) that must be chosen of a VF as low as possible at the worst case of the load current.

The sense output voltage can be used to control the current amplitude by chopping the inputs, or to provide overcurrent protection by switching low the enable input.

The brake function (Fast motor stop) requires that the Absolute Maximum Rating of 2 Amps must never be overcome.

When the repetitive peak current needed from the load is higher than 2 Amps, a paralleled configuration can be chosen (See Fig.7).

An external bridge of diodes are required when inductive loads are driven and when the inputs of the IC are chopped; Shottky diodes would be preferred.

This solution can drive until 3 Amps In DC operation and until 3.5 Amps of a repetitive peak current.

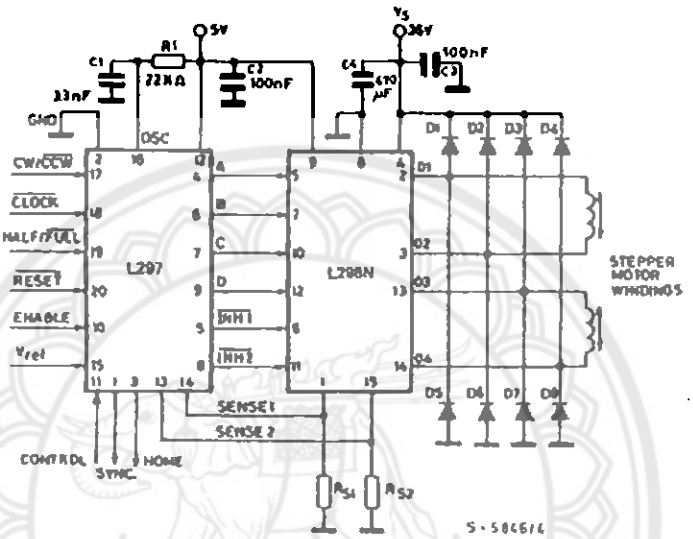
On Fig 8 it is shown the driving of a two phase bipolar stepper motor ; the needed signals to drive the inputs of the L298 are generated, in this example, from the IC L297.

Fig 9 shows an example of P.C.B. designed for the application of Fig 8.

Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the I.C. L6506.

Figure 8 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Circuit.

This circuit drives bipolar stepper motors with winding currents up to 2 A. The diodes are fast 2 A types.



$R_{S1} = R_{S2} = 0.5\ \Omega$

D1 to D8 = 2 A Fast diodes { $V_F \leq 1.2\ V$ @ $I = 2\ A$; $t_{rr} \leq 200\ ns$

Figure 9 : Suggested Printed Circuit Board Layout for the Circuit of fig. 8 (1:1 scale).

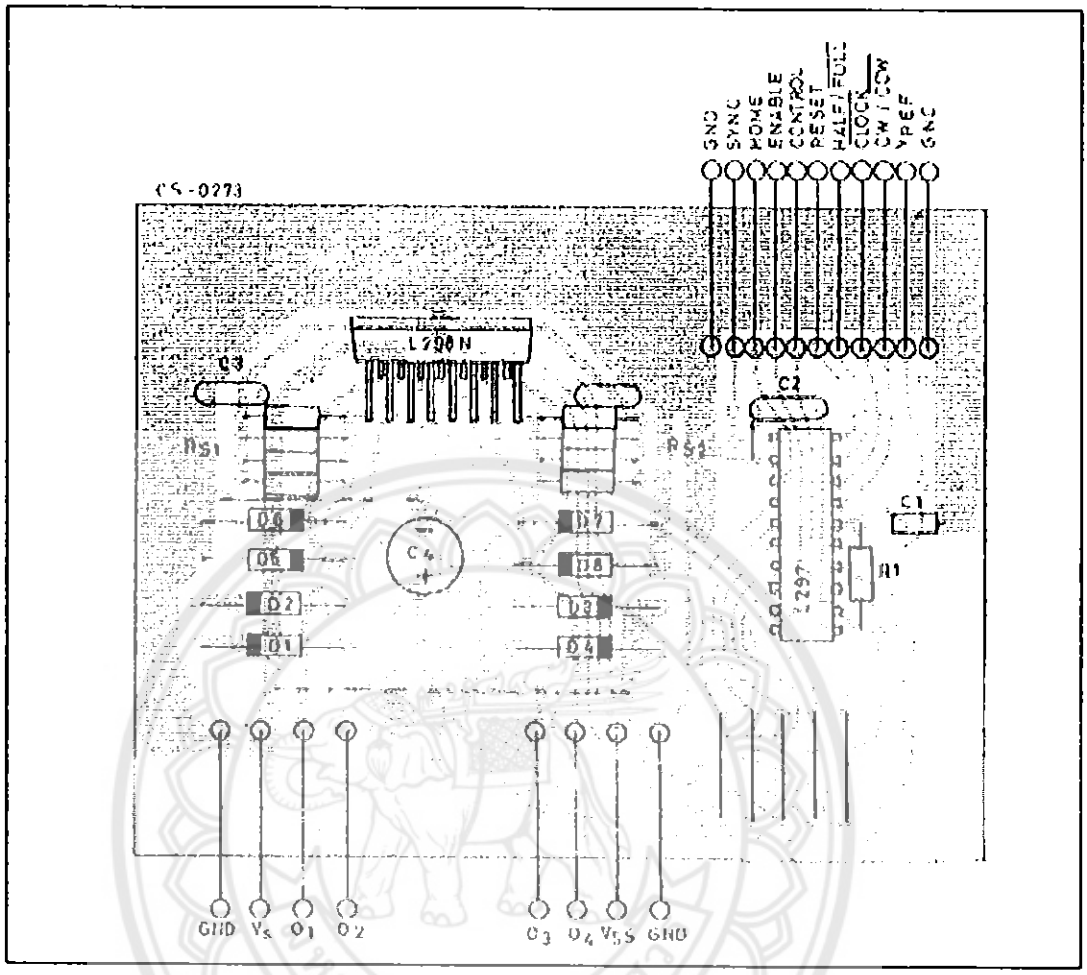
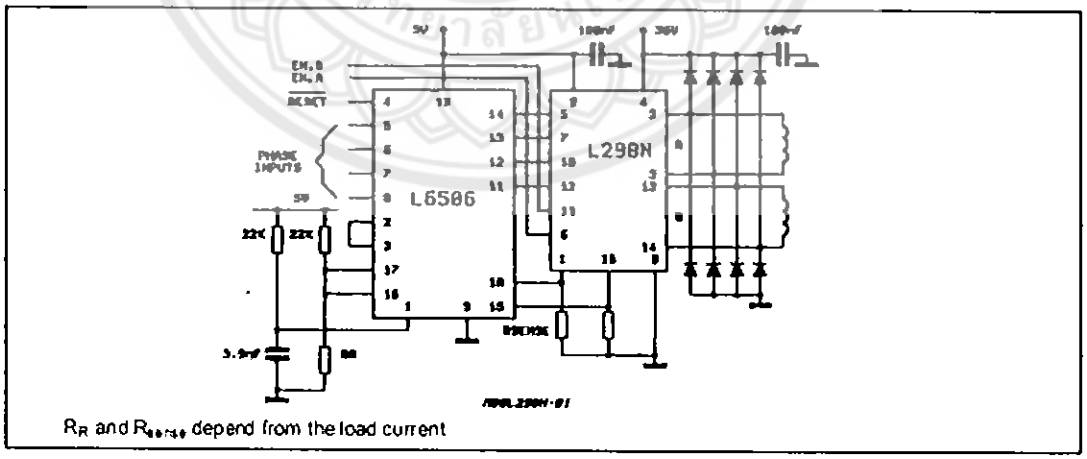


Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.



R_R and R_{sense} depend from the load current

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายสานิตย์ ประวิทย์ชาติ

ภูมิลำเนา 25/9 หมู่ 5 ต.แก่งโสภา อ.วังทอง จ.พิษณุโลก 65120

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : **sola_stamford@hotmail.com**

ชื่อ นายวุฒิศักดิ์ สุริยา

ภูมิลำเนา 91/2 หมู่ 6 ต.ท่าโพธิ์ อ. เมือง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : **bird0012345@hotmail.co.th**