สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ รถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์

General PurposeElectric Car

ชื่อนักศึกษา

1. นายณัฏฐวี	ศิริภัทรนุกูล	รหัสประจำตัว	41031506
2. นายวชิระ	อินทเกื้อ	รหัสประจำตัว	41031527
3. นายวิศรุต	ศิริมา	รหัสประจำตัว	41031530

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์อำพล ทองระอา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์สุชิน อาจหาญ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์อำพล	ทองระอา	.....
2. อาจารย์สุชิน	อาจหาญ	.....
3. อาจารย์สุรพงษ์	สิริพงศ์ดี	.....
4. อาจารย์สุระชัย	พิมพ์สาลี	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันศุกร์ที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2543 เวลา 12.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพร)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 13 เดือน ก.ย. พ.ศ. 2543

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 37177
วัน, เดือน, ปี - 5 ก.ย. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

รถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์

GENNERAL PURPOSE ELECTRIC CAR

นายณัฏฐวี ศิริภัทรนุกูล
นายวชิระ อินทเกื้อ
นายวิศรุต ศิริมา

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง รถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์

Genneral Purpose Electric Car

วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51
2. เพื่อออกแบบวงจรที่ใช้ในการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้
3. เพื่อสร้างรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ได้
4. เพื่อทดสอบการทำงานของรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์
5. เพื่อนำรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ไปใช้งานจริงได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51
2. ได้วงจรที่ใช้ในการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์
3. ได้รถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์
4. สามารถนำรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ไปใช้งานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	รถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์
นักศึกษา	นายณัฏฐวี ศิริภัทรนุกูล
	นายวชิระ อินทเกื้อ
	นายวิศรุต ศิริมา
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์อำพล ทองระอา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สุชิน อาจหาญ
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2542

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เสนอรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ โดยใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการกำหนดทิศทาง , ตำแหน่งและความเร็วได้อย่างแม่นยำ การสร้างวงจรควบคุมก็สามารถทำได้ง่ายรวมทั้งการปฏิบัติงานภายใต้คำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโคร-คอมพิวเตอร์โครงงานนี้ได้ประยุกต์ นำสเต็ปปิ้งมอเตอร์ มาสร้างเป็นต้นกำลังยานยนต์ขนาดเล็กให้สามารถเคลื่อนที่โดยอัตโนมัติ โดยอาศัยหลักการ การตรวจจับแถบเส้นทางซึ่งมีการสะท้อนแสง ไม่เท่ากันของ เซนเซอร์แสง จากนั้นนำค่าที่ได้จาก เซนเซอร์ มาประมวลผลเพื่อกลับไปควบคุมให้รถเคลื่อนที่ อยู่ในเส้นทาง ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ โดยใช้ MCS-51 เป็นคอนโทรลเลอร์ในการสร้างโปรแกรมควบคุม ในส่วนของโครงสร้างจะมีลักษณะง่ายๆและมีต้นทุนในการสร้างไม่สูงมากนัก เพื่อให้มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งาน หรือในการนำมาประยุกต์ทำรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Genneral Purpose Electric Car	
Students	Mr. Nattavee	SiripattAranukul
	Mr. Wachira	Intagua
	Mr. Wisarut	Sirima
Advisor	Mr. Amphon	Thongra-ar
Co – Advisor	Mr. Suchin	Ardharn
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Industrial Instrument Technology	
Academic Year	1999	

ABSTRACT

This thesis presents the project of general purpose electric car. To used stepping motor because of its accuracy direction , position and speed. It's easy tomake the control circuit and operate under program which is store in micro-controller or micro-computer memory. In this paper , stepping motor is applied to control the mechanical. In this project MCS-51 is the controller for program controlled operation. However , this stepping motor is create in a simple structure and also in a low cost to widely apply make the general purpose electric car.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือและให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนแนวความคิดต่างๆ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหาในการดำเนินงาน รวมทั้งด้านเวลาและสถานที่ เครื่องมือ อุปกรณ์ ต่างๆ จากอาจาย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และอาจารย์ประจำวิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านรวมทั้งสมาชิกในกลุ่มที่รวมมือกันทำงานจนสำเร็จ

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณท่านบุพการีซึ่งได้ให้โอกาส และให้การสนับสนุนในการศึกษามาตลอดรวมทั้งคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้กรุณาให้งบประมาณสนับสนุนในการจัดทำครั้งนี้ จึงทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor)	3
2.2.1 ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	3
2.2.2 ประโยชน์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	4
2.2.3 โครงสร้างและการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	5
2.2.4 หลักการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ทั่วๆ ไป	6
2.2.5 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร	7
2.2.6 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบค่ารีลักแตนซ์แปรค่าได้มีสแต็คเดียว	8
2.2.7 พารามิเตอร์ต่างๆ ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	11
2.2.8 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบรีลักแตนซ์แปรค่าได้หลายสแต็ค	12
2.2.9 การทำงานของ VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มี 3 สแต็ค	13
2.2.10 ลักษณะโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	15
2.2.11 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดจ์	16
2.2.12 การพันขดลวดบนสเต็ปปิ้งมอเตอร์	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.2.13 การกระตุ้นและการควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	21
2.2.14 การเชื่อมต่อ MCS – 51 กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	24
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051	25
2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051	25
2.3.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051	26
2.3.3 ส่วนประกอบของ MCS – 51	27
2.3.4 สถาปัตยกรรมของ 8051	28
2.3.5 การจัดการหน่วยความจำของ 8051	30
2.3.6 ฐานเวลาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	31
2.3.7 การทำงานของ 8051	30
2.4 สวิตช์สำแสง	32
2.4.1 คุณลักษณะเด่นของสวิตช์ลำแสง	32
2.4.2 ชนิดของตัวรับแสง และตัวกำเนิดแสงในสวิตช์ลำแสง	32
2.4.3 เทคนิคในการรับส่งลำแสง	34
2.4.4 การแบ่งแยกประเภทสวิตช์ลำแสง	34
2.5 ชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	35
2.5.1 การแบ่งชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	39
2.5.2 วิธีการกระตุ้นเฟส	41
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้างและการทำงาน	43
3.1 กล่าวนำ	43
3.2 การออกแบบวงจร	44
3.2.1 วงจรควบคุม	45
3.2.2 คีย์บอร์ด	45
3.3.3 การออกแบบเซนเซอร์	46
3.2.4 การออกแบบวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์	49
3.2.5 ส่วนของการแสดงผล	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2.6 ส่วนของแหล่งจ่ายไฟ	51
3.2.7 ส่วนของการออกแบบเส้นทาง	53
3.3 การสร้างรถต้นแบบ	54
3.3.1 ส่วนของตัวถังรถ	55
3.3.2 ส่วนของอุปกรณ์รับน้ำหนัก	56
3.3.3 ส่วนของระบบขับเคลื่อน	57
3.4 ส่วนโปรแกรมการทำงาน	62
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	66
4.1 การทดลองส่วนของบอร์ดควบคุม	66
4.1.1 ลำดับขั้นการทดลอง	66
4.1.2 ผลการทดลอง	66
4.2 การทดลองส่วนของชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	67
4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง	67
4.2.2 ผลการทดลอง	68
4.3 การทดลองส่วนของเซนเซอร์แสง	68
4.3.1 ลำดับขั้นการทดลอง	68
4.3.2 ผลการทดลอง	69
4.4 การทดลองส่วนของจอแสดงผลและคีย์บอร์ด	70
4.4.1 ลำดับขั้นการทดลอง	70
4.4.2 ผลการทดลอง	70
4.5 การทดลองส่วนของอุปกรณ์รับน้ำหนัก	71
4.5.1 ลำดับขั้นการทดลอง	71
4.5.2 ผลการทดลอง	71
4.6 การทดลองส่วนของระบบขับเคลื่อนตามเส้นทาง	72
4.6.1 ลำดับขั้นการทดลอง	72
4.6.2 ผลการทดลอง	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา	73
5.1 สรุป	73
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	73
5.3 แนวทางแก้ไขและการพัฒนาโครงงาน	73
ภาคผนวก ก	75
ภาคผนวก ข	77
ภาคผนวก ค	101
บรรณานุกรม	108
ประวัติผู้แต่ง	109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ลำดับขั้นการสวิตช์ 3 สเต็ปของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	10
ตารางที่ 2.2 การเลือกพารามิเตอร์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	12
ตารางที่ 2.3 ลำดับการสเต็ปของ VRSM แบบ 3 เฟส	14
ตารางที่ 2.4 ลำดับ 4 สเต็ปของ HSM แบบ 2 เฟส	18
ตารางที่ 2.5 การจ่ายกระแสแบบเวฟให้กับขดลวดแต่ละขดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	22
ตารางที่ 2.6 การจ่ายกระแสแบบ 2 เฟส ให้กับขดลวดแต่ละขดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	23
ตารางที่ 2.7 การจ่ายกระแสแบบ ครึ่งสเต็ปให้กับขดลวดแต่ละขดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	24
ตารางที่ 2.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051	26
ตารางที่ 2.9 ชนิดของแหล่งกำเนิดแสง	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 4 เฟส แบบยูนิโพล่าร์เพอร์มาเนนแม็กเนต	4
รูปที่ 2.2 ไดอะแกรมการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์	5
รูปที่ 2.3 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในลักษณะต่างๆ	6
รูปที่ 2.4 แรงดึงดูดทำให้เกิดทอร์คที่หมุนอาร์เมเจอร์ให้ไปอยู่ในตำแหน่งสมดุลย์	6
รูปที่ 2.5 โครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร 4 เฟส	7
รูปที่ 2.6 VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบสแต็คเดียว	8
รูปที่ 2.7 โครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ VR ที่มี 3 เฟส	13
รูปที่ 2.8 โครงสร้างของไฮบริดจ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์	16
รูปที่ 2.9 ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ทั้งสองตัวจะตำแหน่งต่างกัน ½ Pr = 6 องศา	16
รูปที่ 2.10 วงจรแม่เหล็กของ HMS	17
รูปที่ 2.11 การพันขดลวดเฟสของสเตเตอร์	19
รูปที่ 2.12 การพันขดลวดบนสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบไบโพล่าร์และยูนิโพล่าร์	20
รูปที่ 2.13 การจ่ายกระแสแบบเวฟให้กับขดลวดแต่ละขดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	21
รูปที่ 2.14 การจ่ายกระแสแบบ 2 เฟสให้กับขดลวดแต่ละขดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	22
รูปที่ 2.15 การจ่ายกระแสแบบครึ่งสเต็ปให้กับขดลวดแต่ละขดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	24
รูปที่ 2.16 ผังการทำงานของการเชื่อมต่อกับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	24
รูปที่ 2.17 โครงสร้างของ 8051	26
รูปที่ 2.18 การจัดพื้นที่หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมของ 8051	30
รูปที่ 2.19 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูล	31
รูปที่ 2.20 บอร์ดชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	39
รูปที่ 2.21 ชนิดการต่อขดลวดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	40
รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานของรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์	43
รูปที่ 3.2 วงจรควบคุม	44
รูปที่ 3.3 คีย์บอร์ดลักษณะต่างๆ	45
รูปที่ 3.4 โครงสร้างวงจรสวิตช์และรูปสัญญาณ	46
รูปที่ 3.5 แสดงการต่อคีย์บอร์ดเข้ากับพอร์ตของ 8255	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.6 แสดงปุ่มต่างๆ บนคีย์บอร์ด	47
รูปที่ 3.7 วงจร Differential Amplifier	47
รูปที่ 3.8 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์	48
รูปที่ 3.9 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	49
รูปที่ 3.10 วงจรแสดงการต่อชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ต่อรวมกับ 8255	50
รูปที่ 3.11 แสดงวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์เกี่ยวกับการวางอุปกรณ์	50
รูปที่ 3.12 การแสดงผลแบบแถวเดียว	51
รูปที่ 3.13 การแสดงผลแบบ Multiplex	51
รูปที่ 3.14 การต่อ 7 Segment เข้ากับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์	52
รูปที่ 3.15 ลักษณะของเส้นทาง	54
รูปที่ 3.16 ลักษณะของโครงรถภายนอก	55
รูปที่ 3.17 ลักษณะของโครงรถภายใน	56
รูปที่ 3.18 ลักษณะของเหล็กแผ่น 6 เส้นที่ใช้ประกอบเป็นส่วนรับน้ำหนัก	56
รูปที่ 3.19 ลักษณะของล้อรถ	57
รูปที่ 3.20 ลักษณะของโซ่ที่ใช้ในระบบขับเคลื่อน	58
รูปที่ 3.21 ลักษณะของแกนเพลาและเฟืองขณะยึดติดกับล้อ	58
รูปที่ 3.22 สเต็ปปิ้งมอเตอร์	59
รูปที่ 3.23 ลักษณะของน็อตที่ใช้ในการยึดโครง	60
รูปที่ 3.24 แสดงการประกอบระบบขับเคลื่อนเข้ากับโครงรถภายใน	60
รูปที่ 3.25 แสดงการประกอบส่วนรับน้ำหนักเข้ากับโครงรถ	61
รูปที่ 3.26 แสดงลักษณะของรถต้นแบบ	61
รูปที่ 3.27 ลำดับขั้นการทำงานหลัก	62
รูปที่ 3.28 ลำดับขั้นการเลือกฟังก์ชัน	63
รูปที่ 3.29 ลำดับขั้นการทำงานของเซนเซอร์แสง	64
รูปที่ 3.30 ลำดับขั้นการทำงานของการเลือกข้อมูลในหน่วยความจำ	65
รูปที่ 4.1 บอร์ดวงจรควบคุมที่สามารถทำงานได้	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.2 ชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่สามารถทำงานได้	68
รูปที่ 4.3 การทดลองเซนเซอร์แสง	69
รูปที่ 4.4 การทดลองส่วนของจอแสดงผลและคีย์บอร์ด	70
รูปที่ 4.5 การทดลองส่วนของอุปกรณ์รับน้ำหนัก	71
รูปที่ 4.6 การทดลองในส่วนของระบบขับเคลื่อนตามเส้นทาง	72
รูปที่ ก.1 รถต้นแบบ	76
รูปที่ ก.2 เส้นทาง	76
รูปที่ ค.1 โครงสร้างการทำงาน	107
รูปที่ ค.2 ลักษณะของเส้นทาง	108
รูปที่ ค. 3 แสดงปุ่มต่างๆ บนคีย์บอร์ด	109
รูปที่ ค.4 แสดงการทำงานของปุ่มต่างๆ	109
รูปที่ ค.5 ลักษณะของเส้นทาง	110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในการส่งของจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งในสำนักงาน เช่น การส่งเอกสารส่วนใหญ่จะต้องใช้คนในการขนส่งเอกสารซึ่งจะต้องมีพนักงานในการส่งเอกสาร แต่ถ้าหากมีสิ่งอำนวยความสะดวกในการส่งเอกสารหรือสิ่งของต่างๆ ก็จะสามารถลดพนักงานลงไปได้ เพราะฉะนั้นเราจึงได้สร้างรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ขึ้นมาโดยอาศัยต้นกำลังจากสเต็ปปิ้งมอเตอร์ซึ่งสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นมอเตอร์ชนิดหมุนทีละ สเต็ป โดยแต่ละ สเต็ป มอเตอร์จะหมุนด้วยมุมที่คงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งในการควบคุมการหมุนของ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ นั้นอาศัยวงจรควบคุมทางดิจิตอล โดยที่วงจรทางดิจิตอลนี้จะทำหน้าที่จัดลำดับการกระตุ้นในแต่ละเฟสของ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งจะทำให้สามารถกำหนดทิศทาง ทิศทางในการหมุน ความเร็วในการหมุนและตำแหน่งที่ต้องการจะเลื่อนไปของ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

เนื่องจากวงจรทางดิจิตอลที่ใช้ในการควบคุมการหมุนของ สเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถกำหนดความเร็ว ในการหมุนและตำแหน่งที่ต้องการจะไปของ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีวงจรป้อนกลับ (Feedback Control) เพื่อควบคุมความเร็วและตำแหน่งในการหมุน เพราะฉะนั้นเราจึงได้นำ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ มาสร้างเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ ที่สามารถวิ่งได้ตามเส้นทางที่กำหนดไว้ได้

1.2 ขอบเขตของการทำปริญญานิพนธ์

โครงงานเรื่อง รถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ สามารถจำแนกขอบเขตได้เป็นข้อๆ คือ

1. สามารถป้อนโปรแกรมให้รถวิ่งไปยังเป้าหมายได้
2. สามารถปรับความเร็วของรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ได้
3. สามารถควบคุมให้วิ่งตามเส้นทางที่กำหนดได้
4. สามารถรับน้ำหนักในการบรรทุกได้ประมาณ 10 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีเนื้อหาทั้งหมด 5 บทดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ ซึ่งเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับ ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหาที่ต้องทำให้เกิดโครงงานนี้ขึ้นรวมทั้งยังกล่าวถึงวัตถุประสงค์ ขอบเขตและประโยชน์ของการทำปริญญา-นิพนธ์ในครั้งนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ จะกล่าวถึงเนื้อหาที่นำมาอ้างอิงและใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างจะเป็นเนื้อหาโดยละเอียดตั้งแต่ขั้นตอนในการออกแบบวงจรส่วนต่างๆ การนำส่วนต่างๆ มาอินเตอร์เฟสกัน เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกันอย่างมีประ-สิทธิภาพ

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ในบทนี้เป็นการนำเสนอการทดลองและผลการทดลอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็นส่วนๆ ตามการออกแบบแต่ละการสร้าง พร้อมบันทึกผลการทดลองในแต่ละส่วน

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหาแนวทางแก้ไข และพัฒนา ซึ่งเป็นการสรุปเกี่ยวกับความสามารถประสิทธิภาพการทำงานของรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ และกล่าวถึงปัญหาที่เกิดขึ้นนับตั้งแต่การเริ่มสร้างโครงงานจนกระทั่งโครงงานสำเร็จสมบูรณ์ ตลอดจนแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนารถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ให้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง และปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้เป็นทฤษฎีและหลักการ ที่นำมาใช้ประกอบโครงงานนี้ขึ้นมา โดยประกอบด้วยทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับคุณสมบัติ และการทำงานของดีซีมอเตอร์ คุณสมบัติและการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์การควบคุมการทำงานโดใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 โครงสร้าง และคุณสมบัติของพอร์ตอนุกรม RS – 232C การส่งผ่านข้อมูลทางพอร์ตอนุกรมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 ซึ่งจะกล่าวถึงดังต่อไปนี้

2.2 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (สเต็ปปิ้งมอเตอร์)

จากการศึกษาถึงอุปกรณ์จำพวกมอเตอร์ชนิดต่างๆ ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันจะเห็นว่ามอเตอร์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการให้แรงขับที่มีกำลังขับสูงโดยสามารถใช้การควบคุมการทำงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความสะดวกและมีความเป็นเชิงเส้นในการเคลื่อนที่ของมอเตอร์สูงจะเห็นว่า สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่เหมาะสมกับคุณสมบัติดังกล่าวเป็นอย่างมาก ซึ่งก่อนนำสเต็ปปิ้งมาใช้งาน ควรทำการศึกษาถึงคุณสมบัติเฉพาะของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แต่ละชนิด รวมถึงโครงสร้างและหลักการทำงาน

2.2.1 ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เราสามารถแบ่งสเต็ปปิ่งมอเตอร์ตามพื้นฐานได้ 3 ชนิดคือ

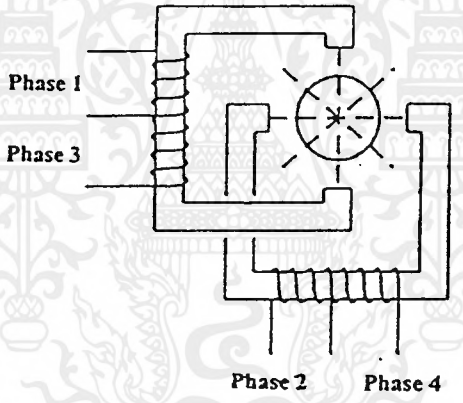
1.) ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ (Variable reluctance VR) สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีข้อเสียคือ เมื่อมีสเต็ปในการหมุนสูง จึงทำให้ความถูกต้องของตำแหน่ง และทำงานได้ดี เราสามารถทดสอบเพื่อให้ทราบว่าเป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้ได้ง่ายมาก โดยใช้มือหมุนที่เพลาของมอเตอร์ซึ่งจะไม่เกิดปรากฏการทางแม่เหล็ก (Magnetism) จะทำให้หมุนได้โดยไม่ติดขัด แตกต่างจากชนิดอื่นคือเมื่อทำการหมุนจะรู้สึกขัดๆเหมือนเป็นฟันเฟือง

2.) ชนิดเพอร์มาเนนต์แม็กเน็ต (Permanent magnet หรือ PM) สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีข้อดีคือ มีความถูกต้องของตำแหน่งเมื่อเปรียบเทียบกันกับมอเตอร์ชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) ชนิดไฮบริดจ์ (Hybrid) เป็นชนิดที่นิยมใช้มากที่สุด ในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยจะใช้ในส่วนของการขับเคลื่อนหัวอ่านดิสก์ไดร์ฟ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีข้อดีคือ มีโครงสร้างภายในคือเป็นสเตเตอร์ซึ่งเป็นชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ ส่วนโรเตอร์ที่เป็นชนิดเพอร์มาเนนต์แม็กเนตนำมาประกอบเข้าด้วยกัน ทำให้เป็นมอเตอร์ชนิดนี้มีแรงยึดหน่วงสูงก็ตาม

4.) ชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต (Rare earth permanent magnet) หรือที่เรียกกันว่า ชนิดดิสก์แม็กเน็ต สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Disk magnet stepper) การทำงานจะเป็นแบบเดิมแต่โครงสร้างเป็นแบบใหม่จะทำให้เกิดความเฉื่อยต่ำมาก มีอัตราเร่งสูง มอเตอร์ชนิดนี้จึงจัดเป็นมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงทั้งในด้านแรงบิด , กำลังทางกลที่ได้ของมอเตอร์ , ความถูกต้องของตำแหน่งสูงมาก และความเร็วในการเริ่มหมุน และหยุดสูง อีกทั้งมีการสูญเสียของกำลังงานต่ำ



รูปที่ 2.1 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 4 เฟส (Phase) แบบยูนิโพลาร์เพอร์มาเนนแม็กเนต

2.2.2 ประโยชน์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ในระบบควบคุมตำแหน่งที่ใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์นั้นมีข้อดีอยู่หลายประการคือ

1. ในลักษณะการควบคุมแบบไม่ต้องการการป้อนกลับ ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมตำแหน่งหรือความเร็ว

2. ความผิดพลาดที่เกี่ยวกับตำแหน่งแทบไม่มีเลย เนื่องจากการเคลื่อนที่ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์นั้นเคลื่อนที่เป็นสเต็ปด้วยจำนวนองศาที่มีค่าแน่นอน

3. สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะถูกนำมาใช้กับเครื่องมือที่ต้องการความละเอียดแม่นยำและใช้อยู่ในเครื่องมือประเภทดิจิตอล เช่น เครื่องวาดรูป เครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิวเมอริคอลคอลโทรล (Computer Numerical Control) หรือ CNC

4. ไม่จำเป็นต้องใช้วงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อก เมื่ออินเตอร์เฟสกับไมโครคอมพิวเตอร์

2.2.3 โครงสร้าง และการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเตปปิ้งมอเตอร์เป็นอุปกรณ์จำพวกเชิงกลไฟฟ้า ที่มีอินพุตเป็นกลุ่มไบนารี่โวลท์เตจ และเอาต์พุตเป็นลักษณะการเคลื่อนที่แบบเชิงมุม หรือหมุนไปเป็นสเต็ป (แต่ละสเต็ปอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 30 องศา ขึ้นอยู่กับช่วงของสเต็ปปิ้งมอเตอร์) ตามสัญญาณพัลซ์ที่ป้อนให้กับขดสเตเตอร์ซึ่งเกิดแรงผลักต่อโรเตอร์หมุนไป แต่ลักษณะของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จะมีขดลวดสเตเตอร์อยู่หลายขดซึ่งเรียกว่า “เฟส” ฉะนั้นเมื่อป้อนสัญญาณพัลซ์ในลักษณะเป็นลำดับของเลขฐานสองผ่านวงจรขับ (Driver) จะทำให้โรเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่องดังบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 ไดอะแกรมการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

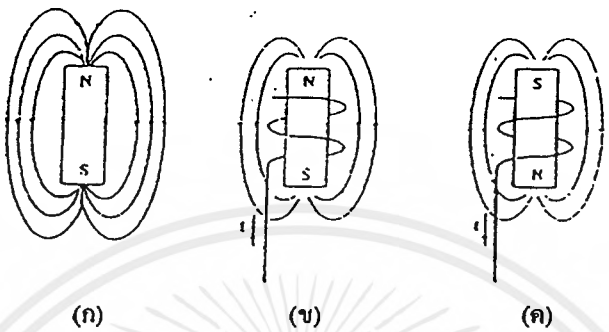
จากบล็อกไดอะแกรมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ในรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าในการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้สามารถเคลื่อนที่ได้ตามที่ต้องการนั้น จะต้องทำการส่งสัญญาณทางด้านอินพุต ซึ่งเป็นสัญญาณนาฬิกา (Clock Pulse) และส่งสัญญาณอินพุตซึ่งเป็นสัญญาณ ที่ใช้สำหรับควบคุมทิศทางการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์เสียก่อนจึงจะสามารถทำการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้

สัญญาณที่ได้นั้นจะต้องผ่านวงจรลอจิกเพื่อทำการจัดลำดับเสียก่อน แล้วส่งเข้าไปขยายสัญญาณที่วงจรขับมอเตอร์เพื่อให้มีแรงดันเพียงพอในการขับสเตปปิ้งมอเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 หลักการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ทั่วๆไป

ในรูปที่ 2.3 แสดงหลักการพื้นฐานของเส้นแรงแม่เหล็ก

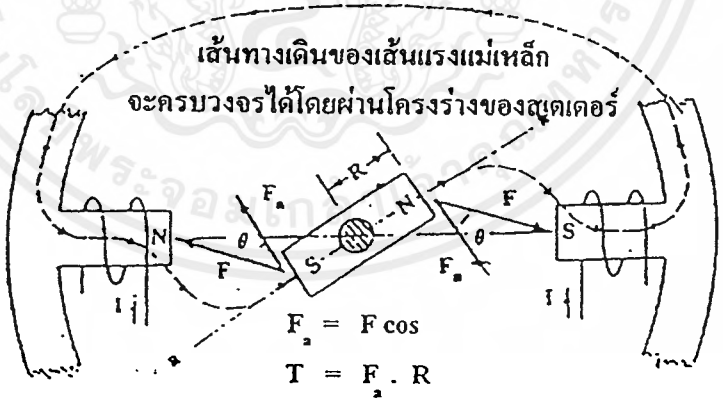


รูปที่ 2.3 สนามแม่เหล็ก ที่เกิดขึ้นในลักษณะต่างๆ

(ก) สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากแม่เหล็กถาวร

(ข) สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระแส I

(ค) ขั้วแม่เหล็กกลับทิศทางเมื่อขดลวดถูกพันกลับทิศทางและทิศทางการไหลของกระแสไม่เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 2.4 แรงดึงดูดทำให้เกิดทอร์คที่หมุนอาร์เมเจอร์ให้ไปอยู่ในตำแหน่งสมดุลย์

ในรูปที่ 2.3(ก) แสดงแท่งแม่เหล็กถาวรติดอยู่กับเพลาและหมุนได้อิสระเหมือนอาร์เมเจอร์ มีขั้วแม่เหล็กไฟฟ้า 2ขั้วซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงโลหะที่เป็นสเตเตอร์(Stator)ในรูปที่ 2.3(ข) แสดงตำแหน่งแกนของอาร์เมเจอร์แม่เหล็กคือ a – a' ซึ่งต่างไปจากตำแหน่งแกนขั้วของแม่เหล็กไฟฟ้าเล็กน้อยเป็นมุม θ แรงแม่เหล็กที่เกิดจากการดึงดูดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้วแม่เหล็กที่ต่างกันทำให้เกิดส่วนของแรงปกติ

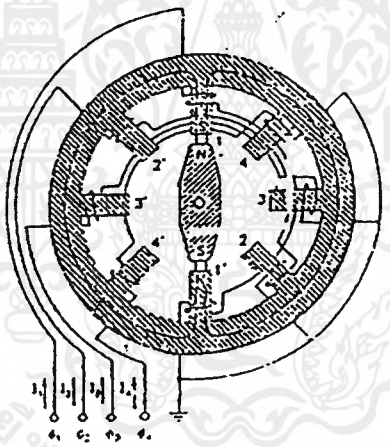
$$F_n = F\cos\theta \quad \text{(แรงนี้ตั้งฉากกับแกน a- a')} \qquad (2.1)$$

ทอร์คผลรวม $T = F.\cos\theta$ (ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนไปทิศทาง CW จนกว่าแกนของอาร์เมเจอร์ a – a' จะอยู่ในแนวเดียวกับแกนขั้วของสเตเตอร์)

ถ้าหากมีคู่ขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าหลายๆคู่ขั้วรอบๆสเตเตอร์ และถ้าหากขั้วเหล่านั้นถูกกระตุ้นด้วยกระแสพัลซ์ในรูปแบบที่เรียงลำดับกันไปอาร์มาเจอร์จะหมุนในรูปของลักษณะเป็นสเต็ปที่เป็นไปตามการหมุนของสนามแม่เหล็ก ที่เกิดจากสวิตช์ที่เรียงลำดับของขดลวดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าของสเตเตอร์

2.2.5 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

โครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรมี 4 เฟส และแต่ละเฟสพัน ด้วยขดลวดบน 2 ขั้วของสเตเตอร์ มุมสเต็ปเท่ากับ 45°

ในรูปที่ 2.5 เป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 4 เฟส แต่ละเฟสเป็นขดลวดพันอยู่บน 2 ขั้วของสเตเตอร์ ดังนั้นการออกแบบนี้สเตเตอร์จะต้องมี 8 ขั้ว

ขดลวดของเฟส ϕ_1 , ϕ_4 , ϕ_3 และ ϕ_2 (1-4-3-2 ตามลำดับ) จะได้รับพลังงานด้วยกระแสพัลซ์ที่สอดคล้องกับ I_1, I_4 ,I_3 และ I_2 (กระแสในแต่ละเฟสจะไหลในทิศทางตามเข็มนาฬิกา 45° ($360^\circ/8$)

เมื่อขั้วเหนือของโรเตอร์ (แม่เหล็กถาวร) หมุนไปถึงขั้วของสเตเตอร์หมายเลขสองตามลำดับการขับขดลวดเฟสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์คือ 1-4-3-2 จะต้องกระทำเหมือนเดิม (เพื่อให้

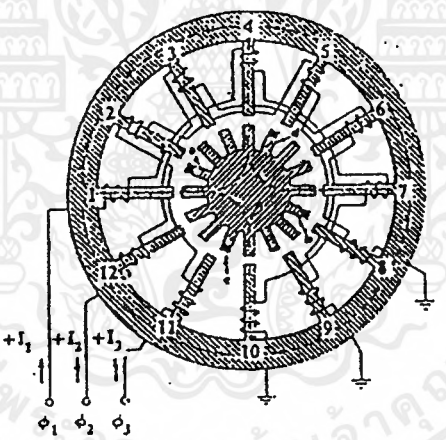
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์หมุนไปตามเข็มนาฬิกาอีก 180°) ยกเว้นเราต้องการให้หมุนกลับทิศทางใน CW ที่เหลือด้วยการป้อนกระแสกลับทิศทาง เพื่อให้เกิดการเหนี่ยวนำเป็นขั้วใต้ที่ขั้วสเตเตอร์ 1', 4', 3'และ 2' ตามลำดับทิศทางของกระแสแสดงในรูปที่ 2.5

2.2.6 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบค่ารีลักแตนซ์แปรค่าได้มีสแต็คเดียว

ตัวอย่างโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบค่ารีลักแตนซ์แปรค่าสแต็คเดียวหรือที่เรียกสั้นๆว่า VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีสแต็กเดียวดังรูปที่ 2.6 VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีสแต็คเดียวเมื่อเทียบกับ VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบมีหลายสแต็ค หมายถึงมีหลายโรเตอร์ โรเตอร์และสเตเตอร์ทำจากสารแม่เหล็ก

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในรูปที่ 2.5 มี 3 เฟส แต่ละเฟสใช้ขดลวดพันบน 4 ขั้วหรือซี่พันของสเตเตอร์ ขั้วของสเตเตอร์ที่อยู่ตรงกันข้ามจะพันด้วยขดลวดลักษณะที่แตกต่างกัน เพื่อให้มีความสมดุลย์ระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กเข้าและออกจากโรเตอร์



รูปที่ 2.6 VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบมีสแต็คเดียว

จากรูปที่ 2.6 ซึ่งมีรายละเอียดโครงสร้าง N_r= 16, N_s= 12, X= 4 โพล/เฟส , θ_s= 7.5°, R_s=48 สเต็ป/รอบ

สมมุติว่ากระแส I_1 ป้อนให้กับเฟสที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 2.6 และโรเตอร์ทั้ง 4 ซี่ฟันซึ่งจะอยู่ในแนวซี่ฟันที่ 1,4,7 และ 10 ของสเตเตอร์เส้นแรงแม่เหล็กจะเข้าสู่โรเตอร์จากสเตเตอร์ซี่ฟันที่ 4 และ 10 และออกจากโรเตอร์ไปยังซี่ฟันที่ 1 และ 7 ซึ่งเป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กที่ครบวงจรโดยผ่านโครงร่างของสเตเตอร์ จะสังเกตได้ว่าปลายซี่ฟันของสเตเตอร์ที่ 4 จะถูกเหนี่ยวนำเป็นขั้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

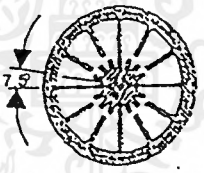
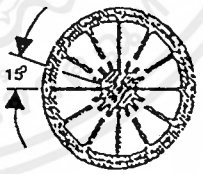
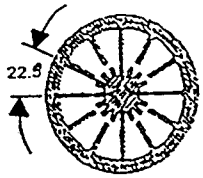
เหนือ(เนื่องจากเส้นแรงออกจากซี่ฟันที่ 4)และปลายซี่ฟันของโรเตอร์ซึ่งอยู่ในแนวกับซี่ฟันที่ 4 ของสเตเตอร์จะเป็นเส้นทางผ่านเข้าไปยังโรเตอร์ ของเส้นแรงแม่เหล็ก และเหนี่ยวนำให้ปลายของซี่ฟันของโรเตอร์นั้นเป็นขั้วใต้ การทำให้เกิดลักษณะเป็นแม่เหล็กนี้จะทำให้มีเส้นแรงแม่เหล็กอย่างต่อเนื่องผ่านช่องว่าง (gap) ระหว่างซี่ฟันทั้งสองที่อยู่ในแนวเดียวกัน ส่วนซี่ฟันของสเตเตอร์ และโรเตอร์ที่เหลืออยู่อีก 3 คู่ก็เกิดลักษณะของแม่เหล็กในทำนองเดียวกัน

ในสภาวะต่อไปเราจะให้มอเตอร์หมุนไปหนึ่งสเต็ปในทิศทาง CW เราจะต้องจ่ายพลังงานให้กับเฟส 3 ที่มีขดลวดพันอยู่บนซี่ฟันที่ 2 , 5 , 8 และ 11 ของสเตเตอร์ด้วยกระแส T_3 หลังจากหยุดจ่ายกระแส I_1 แล้ว ในตอนนี้เส้นแรงแม่เหล็กจะหาทางเดินที่ต่างไปจากทางเดิมเพื่อทำให้วงจรแม่เหล็กครบวงจร (เหมือนกับกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าจะหาเส้นทางไหลในส่วนที่มีความต้านทานต่ำสุด) ในทำนองเดียวกันเส้นแรงแม่เหล็กในวงจรแม่เหล็กก็จะหาเส้นทางที่มีค่ารีลัก-แตนซ์ต่ำที่สุด(ช่องว่างอากาศระหว่างซี่ฟันจะทำให้เกิดค่ารีลักแตนซ์ ต่อเส้นแรงแม่เหล็ก ช่องว่างกว้างมากค่ารีลักแตนซ์ก็จะมีค่ามาก) ด้วยเหตุผลดังกล่าวเส้นแรงแม่เหล็กจะออกจากขั้วที่ 2 และ 8 ของสเตเตอร์ซึ่งถูกเหนี่ยวนำให้เป็นขั้วเหนือ และเส้นแรงแม่เหล็กก็จะกระโดดผ่านช่องว่างไปยังซี่ฟันของโรเตอร์ที่ใกล้ที่สุด ซี่ฟัน a และ b ของโรเตอร์เป็นโรเตอร์ที่อยู่ใกล้ที่สุด และจะถูกเหนี่ยวนำให้เป็นขั้วใต้เส้นแรงแม่เหล็กจะออกจากซี่ฟัน d และ e ของโรเตอร์ผ่านช่องว่างอากาศเข้าสู่ฟันที่ 5 และ 11 ของสเตเตอร์ ดังนั้นส่วนที่เหลือของวงจรแม่เหล็กจะสมบูรณ์โดยผ่านโครงร่างของสเตเตอร์ ในระหว่างเวลานั้นแรงของแม่เหล็ก หรือแรงดึงดูดจะเกิดขึ้นระหว่างซี่ฟันที่ 2 ของสเตเตอร์(ถูกเหนี่ยวนำเป็นขั้วเหนือ) และซี่ฟัน a ของโรเตอร์(ถูกเหนี่ยวนำเป็นขั้วใต้) แรงดึงดูดจะเกิดระหว่างคู่ขั้ว (11,e),(8,b) และ(5,d) ด้วย ดังที่ได้อธิบายในรูปที่ 2.6 ผลที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้เกิดทอร์คกระทำต่อโรเตอร์หมุนไปจนกระทั่งซี่ฟัน a,d,b และ e ของโรเตอร์อยู่ในแนวเดียวกับซี่ฟัน 2,5,8 และ 11 ของสเตเตอร์ตามลำดับขณะเวลาดังกล่าวข้างต้นช่องว่างระหว่างซี่ฟันจะมีค่าน้อยที่สุด ผลลัพธ์ของค่ารีลักแตนซ์จะมีค่าน้อยที่สุดและเส้นแรงแม่เหล็กจะมีค่าสูงสุดผ่านวงจรแม่เหล็กที่ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งที่สมดุลย์ของการขับเฟส 3 ในกระบวนการที่กล่าวมาแล้วโรเตอร์จะเคลื่อนที่ในทิศทาง CW หนึ่งสเต็ปเป็นมุม 7.5

ลำดับการทำงานที่สมบูรณ์แสดงในตารางที่ 2.1 เมื่อตำแหน่งเริ่มต้นของซี่ฟันของโรเตอร์จะเป็นสีดำเพื่อให้เราทำความเข้าใจ ได้ชัดเจนถึงการหมุนของโรเตอร์ในทิศทาง CW เมื่อเฟสถูกขับในลักษณะเรียงลำดับ 1-3-2-1 ซี่ฟันของโรเตอร์ที่เป็นสีดำจะเคลื่อนที่ไป 3 สเต็ปคิดเป็นมุมได้เท่ากับ 22.5 จะขับเฟสในลักษณะเรียงลำดับซ้ำใหม่อีก เมื่อต้องการให้โรเตอร์หมุนต่อเนื่องในทิศทาง CW ต้องการกลับให้โรเตอร์หมุนในทิศทาง CW ต้องการเรียงลำดับเฟสเป็น 1-2-3-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ลำดับของการสวิตช์ 3 สเต็ปของ VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบสแต็คเดียว และตำแหน่งของโรเตอร์

การเรียงลำดับเฟส	ตำแหน่งของโรเตอร์และเส้นแรงแม่เหล็ก
ตำแหน่งของโรเตอร์เริ่มต้น: 1. เฟส ϕ_1 ได้รับพลังงาน 2. ซี่ฟันของโรเตอร์จะอยู่ในแนวซี่ฟันที่ 1,4,7,10 ของสเตเตอร์	
สเต็ปที่1:เฟส ϕ_3 ได้รับพลังงาน 1. ซี่ฟันของโรเตอร์จะอยู่ในแนวซี่ฟันที่ 2,5,8,11ของสเตเตอร์ 2. โรเตอร์จะเคลื่อนไปในทิศทางCW เป็นมุม 7.5°(1/3ช่วงระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์)	
สเต็ปที่2:เฟสϕ_3 ได้รับพลังงาน 1. ซี่ฟันของโรเตอร์จะอยู่ในแนวซี่ฟันที่ 3,6,9,12 ของสเตเตอร์ 2. โรเตอร์จะเคลื่อนไปในทิศทาง CW รวมเป็นมุม 15°	
สเต็ปที่3 : เฟส ϕ_1 ได้รับพลังงาน 1. ซี่ฟันของโรเตอร์จะอยู่ในแนวซี่ฟันที่ 1,4,7,10ของสเตเตอร์ 2. โรเตอร์จะเคลื่อนไปในทิศทาง CW เป็นมุม 7.5°(เคลื่อนไปได้ 1 ช่วงระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์ต่างๆ ของ VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์

N_R = จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์

N_S = จำนวนซี่ของสเต็ปมอเตอร์

N_P = จำนวนเฟส

P_r = ความห่างระหว่างปลายซี่ฟันของโรเตอร์(องศา)

P_S = ความห่างระหว่างปลายฟันของสเตเตอร์ (องศา)

θ_S = มุมสเต็ป (องศา)

R_S = อัตราการสเต็ปหรือความเร็วในการสเต็ป (สเต็ป/รอบ)

X = Ns / Np =จำนวนซี่ฟันของสเตเตอร์ต่อเฟส

2.2.6 พารามิเตอร์ต่างๆ ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

1. ความห่างระหว่างปลายซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ (Tooth pitch)

$Pr = 360^\circ/N_P$ และ $P_S=360^\circ/N_S$

2. มุมสเต็ป (Stip angle)

ในรูปที่ 2.6 สเตเตอร์จะเคลื่อนที่ในขนาดมุม Pr ได้เท่ากับ Np ดังนั้นเราจะหามุมสเต็ปได้

$$\theta_S = P_r/N_P \quad =360^\circ/(N_P.N_r) \quad \text{อาศา/สเต็ป} \tag{2.2}$$

มุมสเต็ปจะเท่ากับความเตกต่างระหว่าง Pr กับ Ps ดังนั้นเราหามุมสเต็ปได้

$$\theta_S = \left| P_r - P_S \right| \quad \text{อาศา/สเต็ป} \tag{2.3}$$

3. อัตราการสเต็ป (Stepping Motor)

ความเร็วในการสเต็ปต่อรอบ (360 องศา) หาได้เป็น

$$R_S = 360^\circ/\theta_S = N_rN_p \text{ (สเต็ป / รอบ)} \tag{2.4}$$

4. ความเร็วของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Speed of stepping motor)

เมื่อเราป้อนอินพุตที่มีความถี่ (f) สเต็ปต่อพัลซ์ให้กับมอเตอร์ มอเตอร์จะสเต็ปไปด้วยความเร็ว [สเต็ป / พัลซ์] * f (พัลซ์ / วินาที)

$$\text{ความเร็วมอเตอร์ (W)} = 60f/R_S = 60f/N_PN_r = \theta_S f/6 \text{ (rpm)} \tag{2.5}$$

5. จำนวนโพลของสเตเตอร์ต่อเฟส (Number of pules per phase)

$$\text{จำนวนโพลของสเตเตอร์ต่อเฟส (X)} = N_S/N_P \tag{2.6}$$

$$X = R_S / N_P(N_P \pm 1) = N_r(N_P \pm 1) \tag{2.7}$$

จำนวนโพลของสเตเตอร์ต่อเฟส (X) จะสัมพันธ์กับอัตราการสเต็ป หรือจำนวนซี่ฟันของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรเตอร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในรูปที่ 2.6 เราสามารถสรุปการเลือกพารามิเตอร์บางตัว

ตารางที่ 2.2 การเลือกพารามิเตอร์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

N_P	R_S	N_R	X	N_a
3	48	16	4	12
			8	14
4	48	12	4	16
4	64	16	7	7

ตัวอย่าง การหาพารามิเตอร์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ขั้นแรกกำหนดอัตราการสเต็ป = 360 / 9 = 40 สเต็ปต่อรอบ

ในเงื่อนไขเหล่านี้เราอาจต้องใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มี 4 หรือ 5 เฟสที่มีสเตเตอร์ 2 โพลต่อเฟส

ถ้า $N_P = 4$

$N_R = R_S/N_P = 40/4 = 10$

$N_S = N_P S = 4*2 = 8$

ถ้า $N_P = 5$

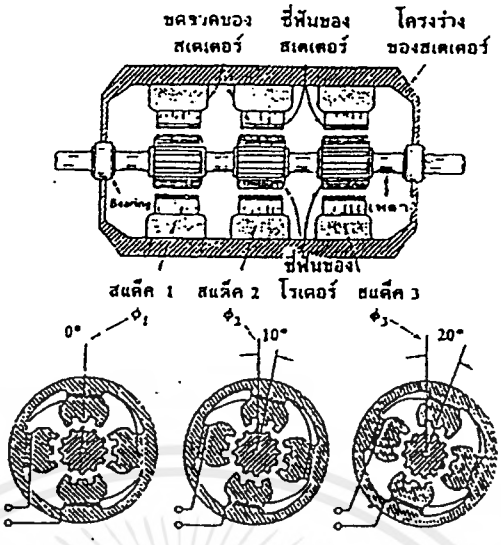
$N_R = R_S/N_P = 40/5 = 8$

$N_S = N_P S = 5*2 = 10$

2.2.8 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบรีลักแตนซ์แปรค่าได้หลายสแต็ค

สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบรีลักแตนซ์แปรค่าได้ (VR) และมีหลายสแต็คหรือมากกว่า 1 สแต็ค สแต็คในที่นี้หมายถึงเฟสซึ่งประกอบด้วยโรเตอร์ที่เป็นซี่ฟัน และโครงร่างของสเตอร์อยู่รอบนอก สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ VRที่มี 3 สแต็ค (หมายถึง 3 เฟส)มีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 2.7 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในรูปที่ 2.7 ได้ถูกออกแบบให้สเตเตอร์ของแต่ละสแต็คประกอบด้วย 4 โพล และแต่ละโพลจะมีซี่ฟัน 3 ซี่ ซึ่งต่างจาก VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบมีสแต็คเดียว (แต่ละโพลจะมีซี่ฟันเดียว) ข้อสังเกตในแต่ละสแต็คจำนวนซี่ฟันของโรเตอร์ และสเตเตอร์แล้วสแต็คจะเท่ากันไม่ได้ ถ้าหากมีจำนวนซี่ฟันเท่ากันมันจะไม่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ VR ที่มี 3 เฟส

โรเตอร์ของแต่ละเฟส (สแต็ค) จะมี 12 ซี่ฟันและมุมสเต็ป (θ_s)=10° แต่ละเฟสของสเตเตอร์ที่เรียงลำดับต่อเนื่องกันจะถูกจัดตำแหน่ง ให้ห่างกันเท่ากับ 1/3 ของช่องห่างระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์(10°)

2.2.9 การทำงานของ VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มี 3 สแต็ค

ไดอะแกรมส่วนล่างของรูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของโรเตอร์ และสเตเตอร์ของ VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มี 3สแต็คแต่ละสแต็คจะมี จำนวนรอบแต่ละสแต็คจะมีตำแหน่งของสเตเตอร์แตกต่างจากตำแหน่งของสเตเตอร์ถัดไปเท่ากับ 10 องศา

ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ทั้ง 3 อัน ประกอบอยู่บนแกนเดียวกัน และได้รับการปรับแต่งให้อยู่แนวเดียวกันอย่างสมบูรณ์

ในที่นี้จะหา θ_l(index angle) จากสมการที่ 2.8

$$\theta_l = P_R/N_S = \theta_s \qquad (2.8)$$

ในที่นี้ $N_r = N_S = 12$ ดังนั้นเราหา $P_r = 360^\circ / 12 = 30^\circ$

$$\theta_l = 30^\circ / 3 = 10^\circ \qquad (2.9)$$

สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 3 สแต็ค ถึงแม้ว่าโรเตอร์ทั้ง 3 อันจะติดอยู่บนเพลาอันเดียวกันสแต็คทั้ง 3 สแต็คจะมีวงจรแม่เหล็กที่แยกกันดังนี้

ถ้าเฟสที่ 1 ถูกขับด้วยกระแสเป็นเฟสเริ่มต้นให้ซี่ฟันของโรเตอร์ สเตเตอร์อยู่ในแนวเดียวกัน ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ และสเตอร์ในสแต็คที่ 3 จะมีตำแหน่งต่างกัน 20° ต่อจากนั้นเราหยุดจ่ายกระแส(กระแสลวดโรเตอร์)ในสแต็คที่ 1 และป้อนกระแสให้กับสแต็คที่ 2 อยู่ในแนว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกันในขณะนี้ซี่ฟันของโรเตอร์ และสเตเตอร์ในสแต็คที่ 3 จะมีตำแหน่งเดียวกัน 10° ต่อจากนั้นหยุดจ่ายกระแสในสแต็คที่ 2 และป้อนกระแสให้กับสแต็คที่ 3 อยู่ในแนวเดียว ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ในสแต็คที่ 1 จะมีตำแหน่งเดียวกัน 10°

ลำดับการสวิตช์กระแสให้กับแต่ละสแต็คแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเพลาของสเต็คแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเพลาของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะเคลื่อนที่ไปเท่ากับหนึ่งช่องของระยะห่างซี่ฟันของโรเตอร์(30°) ภายใน 3 สเต็ป

ตารางที่ 2.3 ลำดับการสเต็ปของ VRSM แบบ 3 เฟส

	สแต็คที่1 สแต็คที่2 สแต็คที่3
ตำแหน่งเริ่มต้นของโรเตอร์ โรเตอร์: 1. เฟสϕ_1ได้รับพลังงาน สเต็ปที่1: 2. เฟสϕ_2ได้รับพลังงานโรเตอร์ เคลื่อนไป 10° สเต็ปที่2: 3. เฟสϕ_3ได้รับพลังงานโรเตอร์ เคลื่อนไป10° สเต็ปที่3: 4. เฟสϕ_4ได้รับพลังงานโรเตอร์ เคลื่อนไป10°หรือเท่ากับหนึ่งช่องห่างระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์	

Nr=Ns=12,Pr=30° และθ_s = 10° ซี่ฟันของโรเตอร์สีดำจะเคลื่อนที่ไปในทิศทาง CW 10° ในแต่ละสเต็ปรวมทั้งหมด 30° เมื่อสเต็ปไปครบ 3 สเต็ปสำหรับการหมุนในทิศทาง CW ตาม ลำดับการขับเฟส 1-3-2-1 และเมื่อต้องการให้หมุนในทิศทาง CW ลำดับการขับเฟสก็ต้องกลับเป็น 1-3-2-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามปกติเพลาของมอเตอร์เคลื่อนที่ไปหนึ่งช่องของระยะห่างระหว่าง ซี่ฟันของโรเตอร์(Rotor tooth pitch) ด้วยการสเต็ปไป Nr สเต็ปเมื่อ Np คือจำนวนสแต็คที่ใช้(เท่ากับจำนวนเฟส)

2.2.10 ลักษณะโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

1. จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และของสเตเตอร์ไม่เท่ากัน

2 .ตอน A และตอน B มีโครงสร้างเหมือนกัน

3. ซี่ฟันของสเตเตอร์ทั้ง 2 ตอนจะอยู่ในแนวเดียวกันอย่างถูกต้อง

4. ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ทั้งสองตอนจะมีตำแหน่งที่แตกต่างกัน 1/2 Pr

ในรูปที่ 2.9 กำหนดให้ Pr= 360/30=12° ดังนั้นตำแหน่งซี่ฟันของโรเตอร์ทั้งสองตอนจะแตกต่างกัน 6°

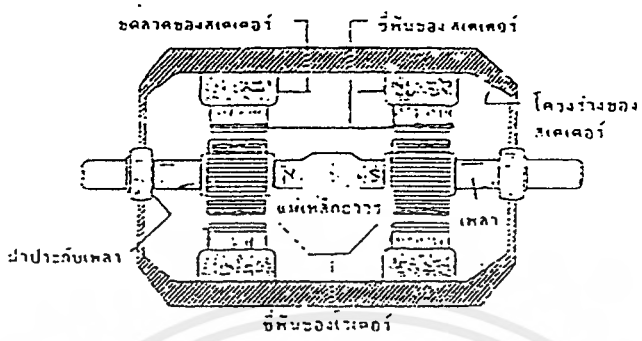
5. สเตเตอร์ของแต่ละตอนมี 8 โพลแบ่งออกเป็น 2 สเตเตอร์เฟส

6. เฟส 1 จะพันขดลวดบนสเตเตอร์โพลหมายเลข 1,3,5 และ 7 ของทั้งใน ตอน A และตอน B

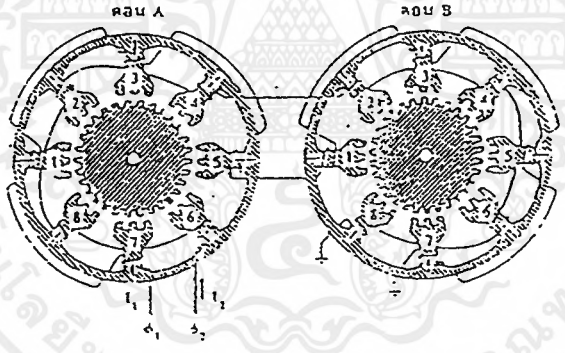
7 เฟสที่ 2 จะพัน ขดลวดบนสเตเตอร์โพลหมายเลข 2,4,6 และ 8 ของทั้งในตอน A และตอน B

8. แกนแม่เหล็กถาวรจะเหนี่ยวนำโรเตอร์ในตอน A ให้เป็นแม่เหล็กขั้วเหนือ และโรเตอร์ในตอน B ให้เป็นแม่เหล็กขั้วใต้ ความซับซ้อนจะเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการแบ่งส่วนของขดลวดเฟสใน 2 ตอนทำให้ได้วงจรแม่เหล็กที่ซับซ้อน และได้เส้นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กที่แตกต่างกันเป็นวงกลมทิศทางเดินของสนามแม่เหล็กของสเตเตอร์โพลจะขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของไฮบริดจ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ Nr=30,Ns=24 ซี่ฟันของสเตเตอร์ทั้งสองตอนจะอยู่ในแนวเดียวกัน



รูปที่ 2.9 ส่วนซี่ฟันของโรเตอร์ทั้งสองตัวจะมีตำแหน่งต่างกัน 1/2Pr=6° , =3

2.2.11 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริดจ์

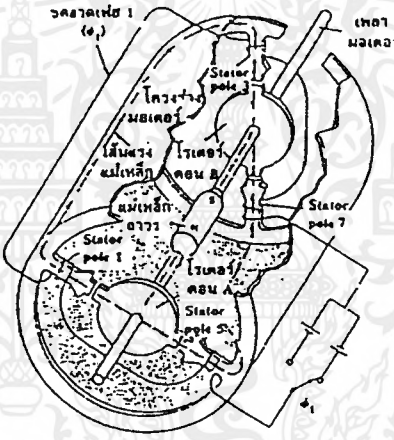
ไฮบริดจ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์HSMมีคุณลักษณะผสมของ PM และ VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในรูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของ HSM ประกอบด้วย 2 ตอนกับแกนแม่เหล็กอยู่ระหว่าง 2 ตอนแต่ละตอนประกอบด้วยซี่ฟันของโรเตอร์ และโพลของสเตเตอร์ที่มีซี่ฟันเช่นกัน และพันด้วยขดลวดรายละเอียดโครงสร้างของสเตเตอร์และโรเตอร์ของแต่ละตอนแสดงในไดอะแกรมของรูปที่ 2.8 การทำงานของไฮบริดจ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ขณะที่เฟสที่ 1(ϕ_1) ได้รับพลังงาน โดยการป้อนกระแส I_1 ในทิศทางดังแสดงด้วยลูกศร ซี่ฟันของโรเตอร์ในตอน A จะอยู่ในแนวเดียวกับซี่ฟันของสเตเตอร์ของโพลที่ 1 และโพลที่ 3 ส่วนของตอน B จะอยู่ในแนวเดียวกันซี่ฟันของโพลที่ 3 และโพลที่ 7 ดังแสดงในรูปที่ 2.11

เพื่อให้เพลาของมอเตอร์หมุนไปหนึ่งสเต็ปในทิศทาง CW เราจะต้องหยุดป้อนกระแส I_1 และป้อนกระแส I_2 ให้กับเฟสที่2 ในรูปที่ 2.11 ซี่ฟันของโรเตอร์ที่เป็นสีดำใช้สำหรับอ้างอิงซี่ฟันสีดำจะอยู่ใกล้แนวซี่ฟันของสเตเตอร์โพลที่ 4 และโพลที่ 8 ในตอน A และโพลที่ 2 และโพลที่ 6 ในตอน B มากที่สุด(ซี่ฟันของโรเตอร์ที่เป็นสีดำอยู่ห่างจากแนวซี่ฟันของสเตเตอร์เท่ากับ 1 สเต็ปพอ จะต้องป้อนกระแส I_2 ในทิศทางที่ถูกต้องคือจะต้องทำให้โพลที่ 4 และโพลที่ 8 และโพลที่ 2 และโพลที่ 6 ถูกเหนี่ยวนำเป็นแม่เหล็กในทิศทางที่ถูกต้อง



รูปที่ 2.10 วงจรแม่เหล็กของ HMS

รูปที่ 2.10 แสดงถึงเส้นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อเฟสที่ 1 ได้รับพลังงาน และเส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นในตอน B ผ่าน โพลที่ 3 และโพลที่ 7 เข้าสู่ขั้วใต้(S) ของแม่เหล็กถาวร

ในตารางที่ 2.4 แสดงถึงลำดับการสวิตช์(ให้กระแสไหล) ให้มอเตอร์หมุนไปในทิศทาง CW ดังแสดงในตารางที่ 2.4 จะต้องกำหนดลำดับของเฟสดังนี้ $1^+,2^-,1^-,2^+$ และ 1^+ตามลำดับถ้าต้องการหมุนในทิศทาง CW ลำดับเหล่านั้นก็กลับเป็น $1^+,2^+,1^-,2^-$ และ 1^+

เพลาของมอเตอร์หมุนไปได้หนึ่งช่องห่างระหว่างฟันภายใน 4 สเต็ป ดังนั้นมุมสเต็ปจะต้องเท่ากับ 1/4 Pr หรือมีค่าเท่ากับ $|\ Ps-Pr\ |$ ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

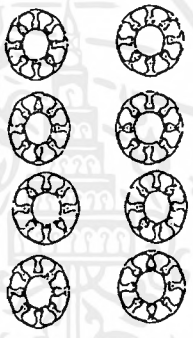
37177

$$\theta_s = P_r/4 = 360/(N_r) = 90/N_r \quad (2.10)$$

$$\theta_s = \left| P_s - R_r \right| \quad (2.11)$$

ตารางที่ 2.4 ลำดับ 4 สเต็ปของ HSM แบบ 2 เฟส

สเต็ป	ϕ_1 I_1	ϕ_2 I_2	เส้นแรงออกจากตอนA	เส้นแรงเข้าสู่ตอน B	ตอนA ตอนB
1	+		1,5	3,7	
2		-	4,8	2,6	
3			3,7	1,5	
4	-	+	2,6	4,8	
1	+		1,5	3,7	



จากตารางที่ 2.4 ซึ่งในแต่ละสเต็ปจะแสดงถึงตำแหน่งของโรเตอร์ และทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก N =30 ,Ns = 24,ϕ_s =3° ในแต่ละสเต็ปได้เป็น 12° เมื่อครบตามจำนวนลำดับ(หนึ่งช่องห่างระหว่างซี่ฟันของโรเตอร์) สำหรับการหมุนในทิศทาง CW จะต้องจัดลำดับการขับเป็น $1^+,2^-,1^-,2^+,1^+$ ดังแสดงในรูปที่ 2.12 Nr = 30 และ Ns = 24 ดังนั้น

$$\theta_s = 90/30 = 3^\circ \quad (2.12)$$

$$\theta_s = (360/24)-(360/30) = 3^\circ \quad (2.13)$$

ไฮบริดจ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (HSW) จะทำงานด้วยกระแสเฟสที่มีการไหลได้สองทิศทางดังนั้นเราจำเป็นต้องใช้เพาเวอร์ซัพพลาย 2 ตัว (Bipolar drive) การแก้ปัญหาเพื่อจะขับไฮบริดจ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ให้ทำงานด้วยเพาเวอร์ซัพพลายตัวเดียว (Bipolar drive) ได้โดยดัดแปลงโครงสร้างการพันขดลวดเฟสของสเตเตอร์ การพันขดลวดเฟสของสเตเตอร์แบบ การพันแบบสองแถวสลับกัน (Bifilar) สามารถขับได้ด้วยยูนิโพล่าร์(Unipolar drive)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขดลวดแบบยูนิโพล่าร์ แสดงดังในรูปที่2.11 (ก) จะต้องกลับทิศทางของกระแสเพื่อกลับทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก B ขดลวดแบบ ยูนิโพล่าร์ แสดงดังในรูปที่ 2.11 (ข) ถ้าเราต้องการจะกลับทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กเป็น B สามารถทำได้โดยการป้อนกระแสขนาดเดิมจากเพาเวอร์ซัพพลายตัวเดิมเข้าที่เป็นเส้นประในรูปที่ 2.11 (ข) ก็จะทำให้ทิศทางการเหนี่ยวนำแม่เหล็กและทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก (-B) กลับทิศทางได้

(ก) แบบ Unipolar (ข) แบบ Bifipolar

รูปที่ 2.11 การพันขดลวดเฟสของสเตเตอร์

ถ้าหาก HSM รูปที่ 2.12 มีขดลวดเฟสของสเตเตอร์เป็นแบบ Bifilar ขดลวดเฟส ϕ_1 เดิมจะถูกแบ่งตัวออกเป็นสองขดลวดเฟส ϕ_1^+ และเฟส ϕ_1^- ขดลวดเฟส ϕ_2 เดิมจะถูกแบ่งตัวออกเป็นขดลวดเฟส ϕ_2^+ และเฟส ϕ_2^-

ในตอนนี้ก็จะทำให้ได้ขดลวดเฟสถึง 4 เฟสและแต่ละเฟสสามารถขับได้ด้วยกระแสที่ไหลในทิศทางเดียวส่วนเครื่องหมาย + และ - ใช้สำหรับแสดงถึงทิศทางการเกิดสนามแม่เหล็กของสเตเตอร์โพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.12 การพันขดลวดบนสเต็ปปิ้งมอเตอร์

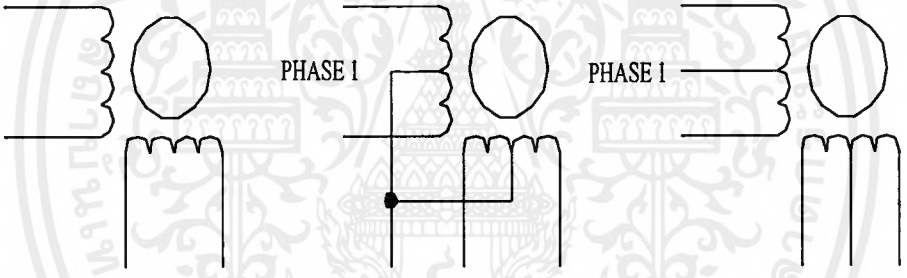
การพันขดลวดบนสเต็ปปิ้งมอเตอร์ มีอยู่ 2 วิธีคือ

1.) แบบไบโพล่าร์(Bipolar)

สเต็ปปิ้งแบบไบโพล่าร์จะมีการพันขดลวด 1 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนสเตเตอร์ จะถูกกำหนดโดยทิศทางของกระแสไฟฟ้า และทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามได้โดยการใช้วงจรสวิตช์ชิ่งสลับขั้วดังในรูปที่ 2.12 (ก)

2.) แบบยูนิโพล่าร์ (Unipolar)

จะมีการพันขดลวด 2 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ซึ่งแต่ละขดจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กเปลี่ยนไปมาได้ โดยการใช้สวิตช์ชิ่งกระแสไฟฟ้าจากขดลวดขั้วหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่งเท่านั้น โดยปกติขดลวดทั้งสอง จะมีจุดร่วมเพื่อลดจำนวนของสายไฟที่ต่อจากมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.12 (ข)



แบบ 4 สาย 2 เฟส แบบ 5 สาย 4 เฟส แบบ 6 สาย 4 เฟส

(ก) (ข)

รูปที่ 2.12 (ก) การพันขดลวดบนสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบไบโพล่าร์
(ข) การพันขดลวดบนสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบยูนิโพล่าร์

การพันขดลวดแบบยูนิโพล่าร์จะมีข้อเสีย ที่การพันแบบนี้จะทำให้เกิดแรงบิดน้อยกว่าแบบไบโพล่าร์ เพราะในระยะเวลาหนึ่งจะมีเพียงครึ่งหนึ่งของขดลวดเท่านั้นที่ถูกกระตุ้นให้ทำงาน การพิจารณาว่าสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวใดมีการพันขดลวดแบบใดจะสังเกตได้โดย ถ้าเป็นแบบไบโพล่าร์จะมีสายไฟต่อออกมาจากมอเตอร์เพียง 4 สาย และถ้าเป็นแบบยูนิโพล่าร์จะมี 5 ถึง 6 สาย หรืออาจอ่านได้จากป้าย (Name plate) ที่ติดอยู่กับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

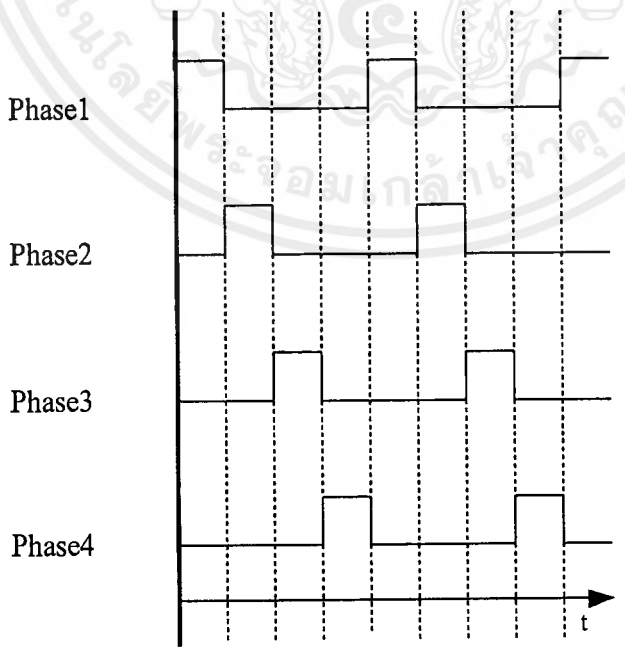
2.2.13 การกระตุ้นและการควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

การทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์เคลื่อนไปทีละสเต็ป ทำได้โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยัง ขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ ซึ่งจะต้องป้อนแบบซีเคว้นเชียลในรูปแบบที่ถูกต้อง การป้อนพัลซ์กระตุ้นสเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถทำได้ 3 รูปแบบคือ

1.) **แบบเวฟ (Wave)** เป็นการป้อนกระแสให้กับขดลวดแต่ละขดสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ละขดเรียงลำดับกันได้ ลักษณะการขับแบบนี้จะทำให้แรงบิดน้อย

ตารางที่ 2.5 การจ่ายกระแสแบบเวฟให้กับขดลวดแต่ละขดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเต็ป	Phase			
	1	2	3	4
1	1	1	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1



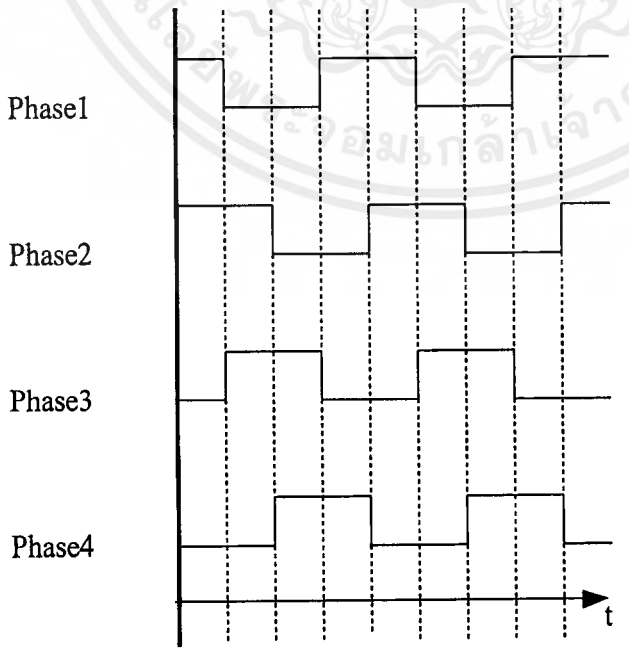
รูปที่ 2.13 การจ่ายกระแสแบบเวฟให้กับขดลวดแต่ละขดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) แบบ 2 เฟส (Two Phase) มีลักษณะคล้ายกับแบบเวฟ แต่การกระต้นแบบนี้จะทำการกระตุ้นโดย จ่ายกำลังไฟฟ้าไปที่ขดลวด 2 ขดที่อยู่ใกล้กันใน เวลาเดียวกัน เรียงถัดกันไปเช่น เดียวกับแบบเวฟขึ้นอยู่กับทิศทางของการหมุน การเพิ่มจำนวน ขดลวดขดลวดที่ถูกกระตุ้นจะทำให้เพิ่มแรงบิดได้มากกว่าแบบเวฟ โรเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงเต็มที่ด้วยแรงดึงจากสองขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ข้อเสียของการกระตุ้นแบบนี้ การกระตุ้นแบบนี้ต้องจ่ายกำลังไฟฟ้ามากขึ้นการทำงานต่างๆ จะแสดงในรูปที่ 2.14

ตารางที่ 2.6 การจ่ายกระแสแบบ 2 เฟสให้กับขดลวดแต่ละขดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเต็ป	Phase			
	1	2	3	4
1	1	1	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1



รูปที่ 2.14 การจ่ายกระแสแบบ 2 เฟสให้กับขดลวดแต่ขดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

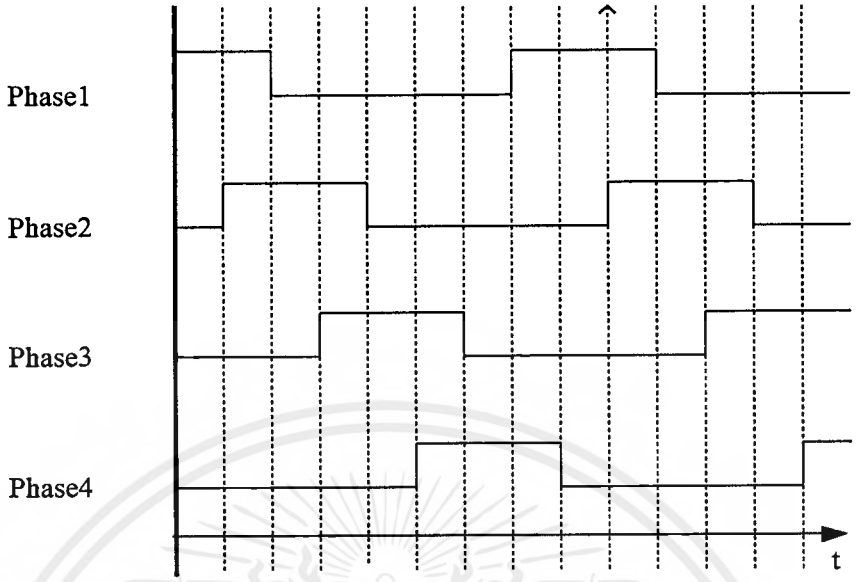
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) **แบบครึ่งสเต็ป (Half Step)** เป็นแบบที่ได้จากการผสมระหว่างการกระตุ้นแบบเวฟและแบบ 2 เฟส ดังแสดงในรูปที่ 2.15 เพื่อเพิ่มจำนวนสเต็ปต่อรอบอีกหนึ่งเท่าตัว แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้นอีกเพราะช่วงสเต็ปมีระยะสั้นลงและแต่ละสเต็ปเกิดจากแรงดึงของขดลวด 2 ขดที่กระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งจึงมีเพิ่มขึ้น ที่สำคัญการกระตุ้นแบบนี้จะต้องทำการหมุน 2 สเต็ปจึงเท่ากับ 1 สเต็ป-ของ 2 แบบแรก ส่วนแหล่งจ่ายกำลังต้องใช้เหมือนกับแบบ 2 เฟส

ตารางที่ 2.7 การจ่ายกระแสแบบครึ่งสเต็ป ให้กับขดลวดแต่ละขดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเต็ป	Phase			
	1	2	3	4
1	1	1	0	0
2	0	1	0	0
3	0	1	1	0
4	0	0	1	0
5	0	0	1	1
6	0	0	0	1
7	1	0	0	1
8	1	0	0	0

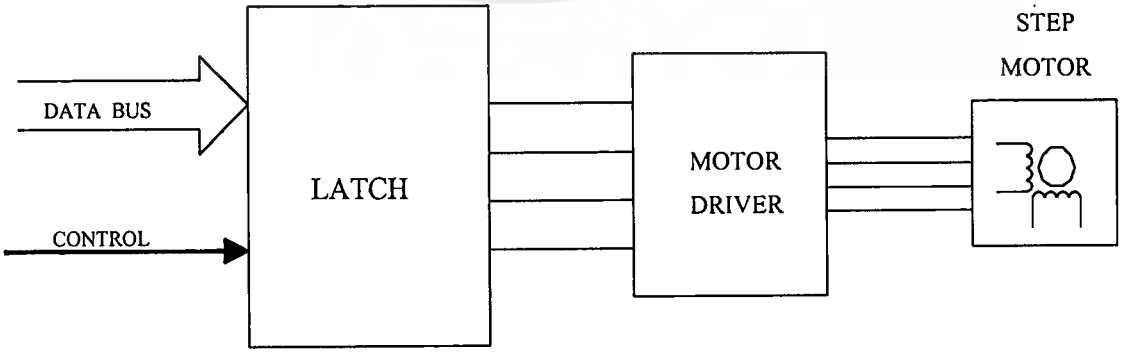
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 การจ่ายกระแสแบบครึ่งสเต็ป ให้กับขดลวดแต่ละขดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

2.2.14 การเชื่อมต่อ MCS – 51 กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

โดยทั่วไปรูปแบบของ การเชื่อมต่อกับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จะมีรูป แบบดังผังการทำงานดังในรูปที่ 2.16 ซึ่งสามารถที่จะควบคุมได้ทั้งทิศทาง และตำแหน่ง จากรูปจะเห็นได้ว่าการเชื่อมต่อกับสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะเหมือนกับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เอาต์พุตของ MCS – 51 ทั่วไป โดยสัญญาณที่ใช้จะประกอบด้วยข้อมูล และสัญญาณควบคุม ซึ่งสัญญาณควบคุมนี้ก็คือสัญญาณที่ใช้ในการเลือกพอร์ตเอาต์พุตนั่นเอง ส่วนชุดขับมอเตอร์นั้นจะใช้สำหรับการจ่ายกระแสให้กับตัวสเต็ปปิ้งมอเตอร์ซึ่งชุดขับมอเตอร์ (Motor Driver)จะขึ้นอยู่กับชนิดของการพันขดลวด (แบบไบ-โพ-ล่าร์หรือยูนิโพลาร์นั่นเอง)



รูปที่ 2.16 ผังการทำงานของการเชื่อมต่อกับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ที่มีขนาด 8 บิต ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ดังตารางที่ 2.8 ทุกๆ เบอร์จะมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกัน เพียงแต่มีขนาดหน่วยความจำภายในและภายนอกที่แตกต่างกัน เพื่อความเหมาะสมในการนำเอาไปใช้งานตามความต้องการต่างๆ แต่เดิม 8051 ถูกสร้างด้วยวิธี HMOS I แต่ในปัจจุบันได้สร้างด้วยวิธี HMOS II จึงมีชื่อเป็น 8051AH ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล 51 นั้น ถึงแม้ว่าจะมีหลายเบอร์ แต่เราก็จะเรียกว่าเป็น "8051" ซึ่งหมายถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 51 นั้น ส่วนเบอร์ 8032 และ 8052 มีหน่วยความจำภายในเพิ่มขึ้นและมีวงจรนับ/จับเวลา ขนาด 16 บิตเพิ่มขึ้นดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051

เบอร์	หน่วยความจำภายใน		จำนวนไทเมอร์/เคาน์เตอร์	อินเตอร์รัพต์หมายเลข
	เก็บโปรแกรม	เก็บข้อมูล		
8052H	8K x 8 ROM	256 x 8 ROM	3 x 16-Bit	6
8051H	4K x 8 ROM	128 x 8 ROM	2 x 16 Bit	5
8051	4K x 8 ROM	256 x 8 ROM	2 x 16 Bit	5
8032AH	ไม่มี	128 x 8 ROM	3 x 16-Bit	6
8031AH	ไม่มี	128 x 8 ROM	2 x 16 Bit	5
8031	ไม่มี	128 x 8 ROM	2 x 16 Bit	5
8751H	4K x 8 EPROM	128 x 8 ROM	2 x 16 Bit	5
80751H-12	4K x 8 EPROM	128 x 8 ROM	2 x 16 Bit	5

2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051

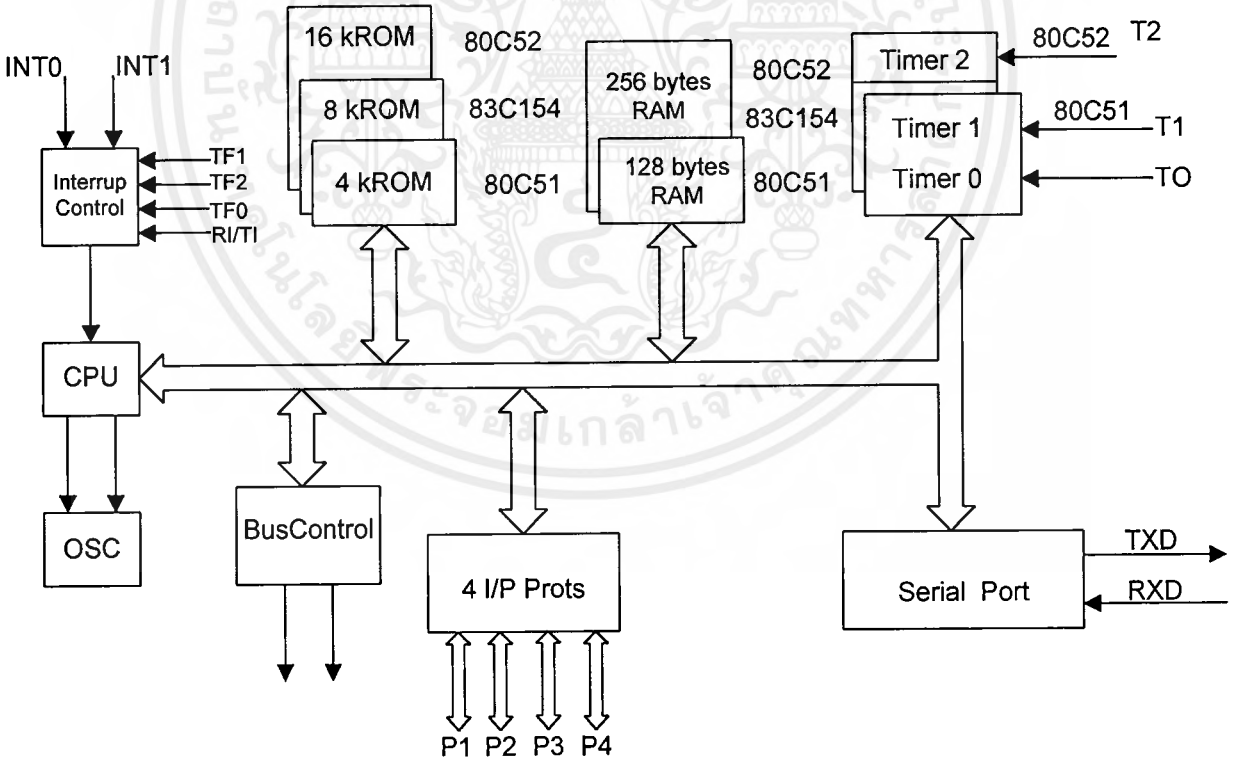
1. หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
2. หน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์
3. หน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์
4. อ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมได้ถึง 64 กิโลไบต์
5. อ้างตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. หน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกไอซีแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
7. มีพอร์ตอินพุต/เอาท์พุต แบบขนาดจำนวน 4 พอร์ต แยกจากกันอย่างอิสระ
8. มีวงจรนับ/จับเวลา ขนาด 16 บิต 2 ชุด ทำงานได้ 4 โหมด
9. มีพอร์ตการสื่อสารอนุกรม รับส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน สามารถเลือกรูปแบบการส่งได้ 4 รูปแบบ
10. รับสัญญาณอินเตอร์รัพต์ได้ 6 แหล่ง กระโดดไปทำงานตอบสนองได้ 5 ตำแหน่ง
11. มีวงจรออสซิเลเตอร์ภายใน
12. นำข้อมูลมา AND,OR หรือทำการ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิต และ 1 บิต

2.3.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051

ภายใน 8051 จะประกอบขึ้นด้วยเกตชนิดต่างๆ เช่น AND,OR,NOT ซึ่งแต่ละเกตเหล่านี้จะนำเอามาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง, วงจรสัญญาณนาฬิกา เป็นต้น โครงสร้างภายในของ 8051 จะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 โครงสร้างของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 โครงสร้างของ 8051 จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

1.)ซีพียู (Central Processing Unit) ส่วนนี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่าวงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ, อุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออก ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ และส่วนควบคุมบัสก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย การสร้างสัญญาณวงจรควบคุมจาก ซีพียูนี้จะทำการสร้าง สัญญาณโดยการถอดรหัสจากคำสั่งที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิเลเตอร์เพื่อให้ทุกๆ ทุกส่วนทำงานประสานกันอย่างถูกต้อง

ในซีพียูยังประกอบส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การบวก, ลบ, คูณ หรือหารข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ต้องการ

2.) หน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจดจำข้อมูล ซึ่งในการนำข้อมูลเข้าและออกจากหน่วยความจำ เราจำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของหน่วยความจำ (Address) ในการนำข้อมูลเข้าไปเก็บในหน่วยความจำเรียกว่า การเขียนข้อมูลและการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำ เรียกว่า การอ่านข้อมูล ในไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งจะมีขนาด 8 บิต ดังนั้นแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำสามารถเก็บความจำข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง00000000_2ถึง11111111_2 หรือOOHOFFHในการติดต่อหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณสามกลุ่มคือ

2.1) ตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ซึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์8051จะมีหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลที่มีขนาดสูงสุดชนิดละ 65536 ตำแหน่ง(64 กิโลไบต์)ดังนั้นการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐาน2ทั้งหมด16เส้น(2^{16}เท่ากับ 65536)

2.2) ข้อมูลที่อ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำในตำแหน่งที่เราต้องการ

2.3)สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำเพื่อจะบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยวงจรถอดรหัสคำสั่งจะทำการสร้างสัญญาณควบคุมจากคำสังที่อ่านเข้ามาจากหน่วยความจำโปรแกรม

3.) อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (input/output Device) เป็นส่วนใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือนำข้อมูลออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051ทำให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายใน อุปกรณ์อินพุต/เอาท์พุตได้แก่ อินอุต/เอาท์พุตพอร์ตแบบขนาน วงจรนับ/จับเวลา 0 วงจรนับ/จับเวลา 1 พอร์ตสื่อสารอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1) พอร์ตแบบขนาน เป็นที่สำหรับใช้รับส่งข้อมูล ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าหรือออกจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 มีทั้งหมด 4 พอร์ต โดยแต่ละพอร์ตจะรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ต P0,P1,P2และ P3 บางพอร์ตจะใช้งานมากกว่า 1 อย่าง

3.2) วงจรนับ/จับเวลา 0และวงจรนับ/จับเวลา 1 เป็นวงจรนับที่สามารถทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 หรือจำนวนของสัญญาณนาฬิกาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 ก็ได้ สามารถตั้งค่าเริ่มต้นของการนับและอ่านค่าการนับได้โดยซีพียู

3.3) พอร์ตอนุกรม ซีพียูจะอ่านและเขียนข้อมูลและพอร์ตอนุกรมเป็นแบบ 8 บิต แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 เรียงไปที่ละบิตออกจากขา TXD และในการรับข้อมูลก็จะรับเข้ามาที่ละบิตทางขา RXD และจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้ซีพียูอ่านไปใช้งานต่อไป

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 มีพอร์ตให้ใช้งานได้หลายแบบทำให้สะดวกแก่การนำเอาไปใช้งานต่างๆ ได้มากมาย การนำพอร์ตไปใช้งานจะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุม

2.3.4 สถาปัตยกรรมของ 8051

ในรูปที่ 2.18 เป็นรูปแสดงสถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 ซึ่งอธิบายถึงส่วนประกอบย่อยๆ ภายในตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 และสัญญาณจากภายในจะต่อออกสู่ภายนอกทางขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 ที่มีอยู่ 40 ขา ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 บรรจุอยู่ในวงจรรวมแบบ DIP (Dual Inline Package) แบบ 40 ขา ดังนี้

VCC (ขา 40) ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลท์

VSS (ขา 20) ต่อลงกราวด์

PORT 0(ขา 32-29) มีทั้งหมด 8 บิต คือ P0.0-P0.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาท์พุต พอร์ตทั่วไปใช้งานเป็นตัวส่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0-A7) และรับส่งข้อมูล (D0-D7) จากหน่วยความจำภายนอก

PORT 1(ขา 1-8) มีทั้งหมด 8 บิต คือ P1.0-P1.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาท์ตพอร์ตทั่วไป

PORT 2(ขา 21-28) มีทั้งหมด 8 บิต คือ P2.0-P2.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาท์พุตพอร์ตทั่วไปและใช้เป็นตัวส่งแอดเดรสไบต์สูง (A8-A15) เพื่อใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

PORT 3 (ขา 10-17) มีทั้งหมด 8 บิต คือ P3.0-P3.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาท์พุตพอร์ตทั่วไปและใช้งานในหน้าที่พิเศษดั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.0/RXD (Serial Input Port) ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1/TXD (Serial Input Port) ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2/INT0 (External Interupt) ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.3/INT1 (External Interrupt) ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.4/T0 (Time/Counter 0 External Input) ใช้เป็นอินพุตให้วงจรนับ/จับเวลาชุดที่ 0

P3.5/T1 (Time/Counter 1 External Input) ใช้เป็นอินพุตให้วงจรนับ/จับเวลาชุดที่ 1

P3.6/WR (External Data Memory Writ Strobe) ขาควบคุมการเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

P3.7/RD (External Data Memory Read Strobe) ขาควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

RST (ขา 9) Reset ใช้สำหรับรีเซ็ตวงจรทุกวงจรภายในชิพ เพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ ในการรีเซ็ตต้องป้อนลอจิก “1” นานอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล

ALE (ขา 30) Address Lacth Enable เป็นขาส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการแลตซ์ค่าแอดเดรสไบต์ต่ำจากพอร์ต 0

PSEN (ขา 29) Program Strobe Enable เป็นสัญญาณเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อขานี้ Active มีลอจิกเป็น “ 0 “ จะอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอก และถ้าเป็นการอ่านโปรแกรมภายในขานี้จะไม่มีการ Active

EA (ขา 31) External Access เป็นขาที่ใช้สำหรับเลือกว่าให้ทำงานจากหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกชิพ เมื่อขานี้ Acctive มีลอจิกเป็น “ 0 “ จะเป็นการทำงานตามคำสั่งในหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

XTAL1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิเลเตอร์

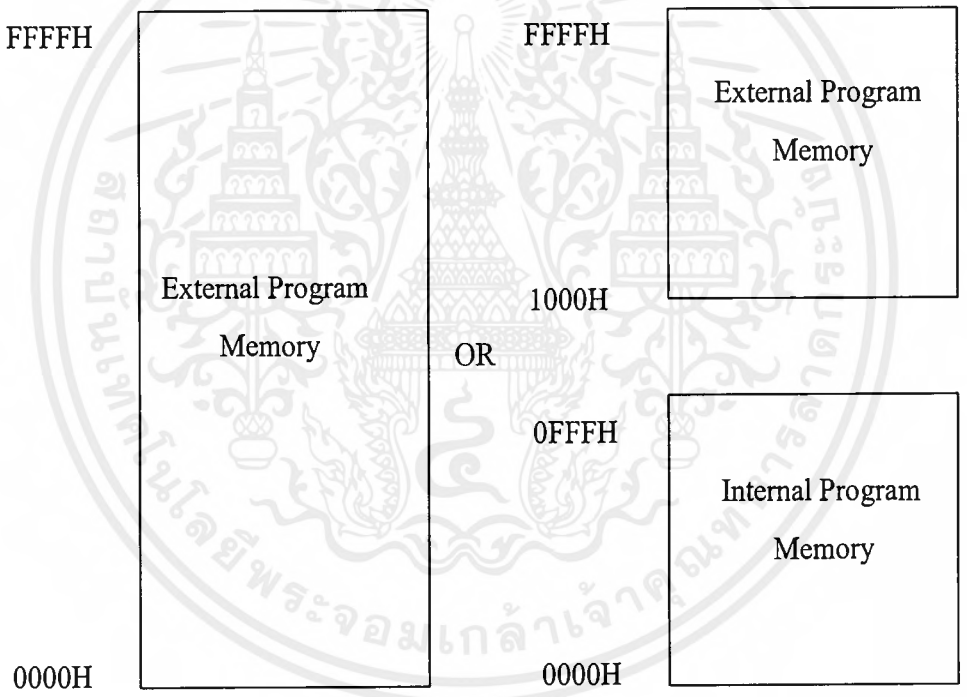
XTAL2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาท์พุตออกจากวงจรออสซิเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5การจัดการหน่วยความจำของ 8051

หน่วยความจำของ 8051 แบ่งออกเป็น 2 แบบตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้

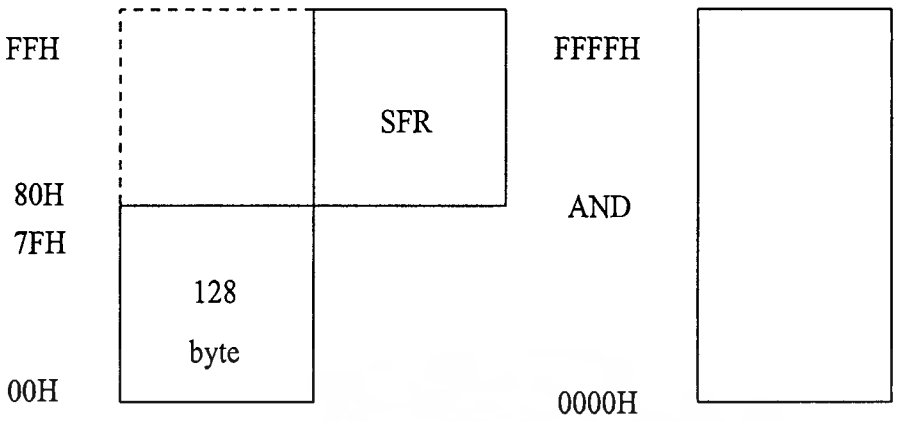
1.) หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งในรูปของภาษาเครื่องซึ่งต้องการให้ 8051 ทำงาน เมื่อ 8051 ทำงานก็จะอ่านข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำโปรแกรมไปทำการถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมส่วนอื่นๆ ตามการทำงานของแต่ละคำสั่งนั้น หน่วยความจำนี้เป็นแบบรอมและผู้ใช้ต้องเขียนข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นรหัสเป็นภาษาเครื่องของ 8051 ตามลำดับการทำงานที่ต้องการ ส่วนที่เป็นหน่วยความจำโปรแกรมก็คือแรมขนาด 4 กิโลไบต์ ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 การจัดพื้นที่หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมของ 8051

2.) หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูล สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ ซึ่งหน่วยความจำภายในมีขนาดเพียง 128 ไบต์ ส่วนหน่วยความจำภายนอกไอซีมีขนาด 64 กิโลไบต์ ดังรูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูล

2.3.6 ฐานเวลาในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

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

แมชชีนไซเคิล จะประกอบด้วยสัญญาณนาฬิกาจำนวน 12 ลูก โดยสัญญาณนาฬิกาแต่ละลูกเรียกว่าเฟส (Phase) สัญญาณนาฬิกา 2 เฟส รวมกันเป็น 1 สเตท (State) เพราะฉะนั้นใน 1 แมชชีนไซเคิลจึงมีทั้งหมด 6 สเตท

2.3.7 การทำงานของ 8051

เมื่อป้อนไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 ซึ่งมีวงจรรีเซ็ตเมื่อเปิดเครื่องจะเกิดการรีเซ็ตการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 เริ่มจากภาคโปรแกรมเคาน์เตอร์ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมลงไปบนเส้นทางหมายเลข 1 เส้นทางนี้มีขนาด 16 บิต ค่าตำแหน่งหน่วยความจำนี้ถูกส่งไปเก็บไว้ที่ Program ADDR register ค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะปรากฏลงบนบัส 16 บิต หมายเลข 2 ถ้าเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำแรกหลังจากการรีเซ็ต ค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะเป็น 0000H หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมสำหรับการเลือกได้ว่าเป็นรอมภายใน หรือภายนอก 8051 โดยการป้อนสภาวะลอจิกเข้าไปที่ 8051 ทางขา EA ซึ่งต่ออยู่กับส่วนของวงจรเวลาและควบคุม ถ้าป้อนสัญญาณลอจิก 0 เข้าที่ขา EA เป็นการเลือกใช้รอมภายใน 8051 โดยที่วงจรเวลาและควบคุมจะสร้างสัญญาณไปยังรอมภายใน ให้ส่งข้อมูลที่เป็นคำสั่งจากตำแหน่งที่ถูกชี้ด้วยค่าตำแหน่งที่ส่งมาทางเส้นทางหมายเลข 2 ข้อมูลจากรอม ถูกส่งไปยังเส้นทางหมายเลข 3 ที่เรียกว่าเส้นทางข้อมูลภายใน แล้วนำไปเก็บไว้ที่รีจิสเตอร์ IR (Instruction Register) เพื่อส่งไปให้กับวงจรเวลาและควบคุมทำการถอดรหัสแล้วควบคุมการทำงานส่วนอื่นๆ ต่อไป ในกรณีที่เลือกรอมภายนอก โดยการป้อนลอจิก 1 เข้าที่ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EA จะทำให้วงจรเวลาและควบคุมส่งสัญญาณไปยังพอร์ต 0 และพอร์ต 2 เพื่อส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำบนเส้นทางหมายเลข 2 ออกไปชี้หน่วยความจำภายนอก จากนั้นจะอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งกลับเข้ามาทางพอร์ต 0 ไปยังเส้นทางข้อมูลภายในแล้วไปเก็บที่รีจิสเตอร์ IR เพื่อทำงานต่อไปเหมือนกับตอนอ่านคำสั่งจากรอมภายใน การทำงานในช่วงส่งค่าตำแหน่งในหน่วยความจำไปยังหน่วยความจำแล้วอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งกลับเข้ามาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ IR เรียกว่าช่วงของการแฟตช์ (Fetch) ช่วงต่อไปจะเป็นช่วงของการทำงานตามคำสั่งเรียกว่า Execute Cycle

2.4 สวิตช์ลำแสง

สวิตช์ลำแสง คือ อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับวัตถุ ประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ ตัวรับแสงและตัวส่งแสง ลักษณะของการตรวจจับนั้นเกิดขึ้นจากการที่ลำแสงจากตัวส่งถูกส่งไปสะท้อนกับวัตถุหรือถูกกั้นขว้างด้วยวัตถุหรือถูกดูดซับโดยวัตถุ และมีมีผลให้ตัวรับแสงรับรู้สภาวะที่เกิดขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงสภาวะของสัญญาณเอาท์พุตเพื่อไปใช้งาน

2.4.1คุณลักษณะเด่นของสวิตช์ลำแสง

1. ตรวจจับวัตถุได้โดยไม่ต้องสัมผัส
2. ระยะตรวจจับไกล
3. สามารถตรวจจับวัตถุได้เกือบทุกชนิด
4. ความเร็วในการตรวจจับสูง
5. มีรุ่นที่สามารถแยกความแตกต่างของสีได้
6. ความแม่นยำในการตรวจจับสูง

ตรวจจับวัตถุในบริเวณที่เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุแบบทั่วไปไม่สามารถใช้งานได้ เช่น บริเวณที่อุณหภูมิสูงในห้องสูญญากาศ หรือ บริเวณที่มีเนื้อที่ติดตั้งจำกัด

2.4.2 ชนิดของตัวรับแสง และตัวกำเนิดแสงในสวิตช์ลำแสง

1.) ตัวตรวจจับแสง

จะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า โฟโต้ทรานซิสเตอร์ หรือ โฟโต้ไดโอด ทำหน้าที่ตรวจจับแสง และแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวกำเนิดแสง มีหลายประเภทด้วยกัน คือ

- **หลอดแบบมีไส้** เป็นชนิดที่สวิตช์ลำแสงรุ่นก่อนเคยใช้กัน มีข้อเสียตรงที่ไส้จะขาดง่าย และจะมีขนาดที่ค่อนข้างใหญ่ แต่ในปัจจุบันก็ยังพอมีใช้อยู่กันสวิตช์สำแสงรุ่นพิเศษ เพื่อการใช้งานเฉพาะแบบ

- หลอด LED (Light Emitting Diode)

หลอด LED เป็นอุปกรณ์กำเนิดแสงที่มีขนาดเล็กมีความทนทานสูงนิยมใช้กันมากในสวิตช์ลำแสงรุ่นใหม่

2.)ชนิดของหลอด LED แบ่งชนิดตามแสงที่เปล่งออกมาดังนี้

LED แบบแสง อินฟาเรด

จะเป็นแสง อินฟาเรด ที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 910 – 950 nm. มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ให้ความเข้มของแสงสูง จึงส่งไปได้เป็นระยะไกล และสามารถส่งทะลุวัตถุบางชนิดได้ แต่จะไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้

หลอด LED แบบเสียงสีแดง

เป็นเสียงที่มองเห็น มีความยาวเคลื่อนประมาณ 660 nm. ให้ความเข้มของเสียงปานกลาง สวิตช์ลำแสงที่ใช้ LED สีแดง จะสามารถตรวจจับมาร์คสีดำ น้ำเงิน หรือเขียว บนพื้นสีขาวได้

LED แบบสีเขียว

เป็นเสียงที่มองเห็น มีความยาวคลื่นประมาณ 560 nm. ให้ความเข้มของเสียงต่ำ สวิตช์สำแสงที่ใช้ LED สีเขียว จะมีระยะการตรวจจับใกล้ แต่สามารถตรวจจับมาร์คสีแดงบนพื้นสีขาวได้

LED 3 สี (แดง,เขียว,น้ำเงิน)

เพื่อให้สวิตช์ลำแสงสามารถแยกความแตกต่างของสีได้ทุกสี จำเป็นจะต้องใช้แสงสีขาว ซึ่งเป็นแสงที่มีสีทุกๆ สีรวมอยู่ และแสงสีขาวเกิดจากแม่สีของแสง 3 สี รวมเข้าด้วยกันคือแสงสีแดง, แสงสีเขียว, และแสงสีน้ำเงิน ดังนั้นเราจึงสามารถสร้างแสงสีขาวได้โดยใช้ LeD สีแดง, แสงสีเขียว และสีน้ำเงินส่งแสงมารวมกัน เพื่อให้เกิดแสงสีขาว ซึ่งมีคุณสมบัติตรงที่สามารถตรวจแยกความแตกต่างของสีได้ครบทุกเฉดสี

หลอดเลเซอร์ (LASER)

หลอดเลเซอร์ เป็นอุปกรณ์กำเนิดแสงที่กำลังจะเริ่มเข้ามามีบทบาทในสวิตช์สำแสง แต่ยังไม่ค่อยได้รับความนิยมมากนัก เนื่องจากมีราคาค่อนข้างสูง จุดเด่นของหลอด เลเซอร์ คือ ให้ความเข้มของแสงที่สูง, ขนาดของหลอดที่กระทัดรัด และมีความสำคัญคือ สามารถส่งสำแสงออกเป็นเส้นตรงโดยไม่มีการกระจาย ทำให้สวิตช์สำแสงที่ใช้หลอด เลเซอร์ มีจุดเด่นตรงที่มีระยะของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจจับได้ไกล สามารถตรวจจับวัตถุที่มีขนาดเล็กได้ระยะไกลใช้งานในพื้นที่แคบๆ ได้ มีจุดของแสงที่มองเห็นช่วยให้ปรับตั้งได้ง่าย

เลเซอร์ ย่อมาจาก Light Amplification by stimulated Emision of Radidation เป็นอุปกรณ์ที่กระจายแสงออกมาได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นผลมาจากการสั่นสะเทือนของอะตอม โดยป้อนกำลังงานเข้าไปกระตุ้นอะตอมของ Optical Resonator จนถึงระดับพลังงานสูงมากทำให้ resonator บังคับอะตอมที่ถูกกระตุ้นให้กระจายลำแสงที่มีสีเดียวกันออกมาอย่างสม่ำเสมอมั่นคง

2.4.3 เทคนิคในการรับส่งลำแสงมีอยู่สอง 2 วิธี คือ

1.) วิธีการรับส่งลำแสงทั่วไป

เป็นวิธีที่ตัวส่งแสงจะส่งลำแสงไปอย่างต่อเนื่องเป็นปกติเหมือนกับแสงตามธรรมชาติ วิธีนี้ระยะการตรวจจับจะไม่ไกลนัก และอาจจะถูกแสงจากภายนอกรบกวนได้ง่าย

2.)วิธีการรับส่งลำแสงแบบ Pulse Modulation

เป็นวิธีที่ตัวส่งจะส่งลำแสงเป็นจังหวะที่สม่ำเสมอ ด้วยอัตราความถี่สูง และที่ส่งแสงก็จะถูกออกแบบมาสำหรับรับสัญญาณแสงนี้โดยเฉพาะ ด้วยวิธีนี้จะทำให้ระยะการตรวจจับทำได้ไกลและต้านทานต่อแสงรบกวนจากภายนอก

2.4.4 การแบ่งแยกประเภทสวิตช์ลำแสง

การแบ่งแยกประเภทของสวิตช์ลำแสง มีวิธีการแบ่งแยกออกเป็น 4 วิธี ด้วยกันคือ

แบ่งตามวิธีการตรวจจับ

แบ่งตามโครงสร้างของสวิตช์ลำแสง

แบ่งตามชนิดของเอาท์พุต

แบ่งตามชนิดของแหล่งกำเนิดแสง

1.) แบ่งตามวิธีการตรวจจับ

1.1) THRU – BEAM TYPE

เป็นแบบที่ตัวรับตัวส่ง แยกกันอยู่คนละฟาก และให้วัตถุที่ตรวจจับเคลื่อนที่ผ่านระหว่างกลาง

ข้อดี

- ระยะการตรวจจับไกล
- ความแม่นยำสูง
- สีและผิวของวัตถุไม่มีผลกระทบต่อการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสีย

- ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งมาก
- เสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง
- การปรับแตงค่อนข้างยาก
- ไม่สามารถตรวจจับวัตถุโปร่งใส่ได้

2.) RETRO – REFLECTIVE TYPE

เป็นแบบที่ตัวรับและตัวส่งอยู่ในตัวเดียวกัน และใช้แผ่นสะท้อนแสงช่วยในการทำงาน

ข้อดี

- ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย
- ค่าใช้จ่ายในการเดินสายต่ำ
- การปรับแต่งทำได้ง่าย

ข้อเสีย

- จำเป็นต้องใช้แผ่นสะท้อนแสงแบบพิเศษ
- ความแม่นยำในการตรวจจับต่ำกว่าแบบ THRU – BEAM

3.) DIFFUSE – REFLECTIVE TYPE เป็นแบบที่ตัวรับและตัวส่งแสง อยู่รวมภายในตัวเดียวกัน และใช้วิธียิงแสงไปสะท้อนกลับที่ตัววัตถุโดยตรง

ข้อดี

- ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย
- ค่าใช้จ่ายในการเดินสายต่ำ
- ไม่ต้องมีการปรับแต่งทิศทางลำแสง

ข้อเสีย

- ระยะการตรวจจับสั้น
- การตรวจจับขึ้นอยู่กับสี และการสะท้อนที่ผิวของวัตถุ

4.)LIMITED – DISTANCE DIFFUSE REFLECTIVE TYPE

เหมือนกันกับแบบ DIFFUSE – REFLECTIVE TYPE แต่สามารถจำกัดระยะตรวจจับที่แน่นอนได้

ข้อดี

- เหมือนกับแบบ DIFFUSE – REFLECTIVE TYPE
- จากด้านหลังวัตถุไม่มีผลต่อการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสีย

- สีที่แตกต่างกันไม่สามารถตรวจจับได้

2.) แบ่งแยกตามชนิดของแหล่งกำเนิดแสง

ตารางที่ 2.2 ชนิดของแหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสง	ข้อดี	ข้อเสีย
แสงอินฟราเรด	1. ระยะการตรวจจับไกล 2. ต้านทานต่อการรบกวน	1. ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้
แสงสีแดง	1. ระยะตรวจจับอยู่ระหว่างแบบอินฟราเรดกับแสงสีเขียว 2. สามารถตรวจจับมาร์คสีเขียวบนพื้นสีขาวได้ 3. ตามองเห็น	1. แสงจากภายนอกรบกวนได้ง่ายกว่าแบบแสงอินฟราเรด 2. มาร์คสีแดงบนพื้นสีขาว ไม่สามารถตรวจจับได้
แสงสีเขียว	1. สามารถตรวจจับมาร์คสีแดงบนพื้นสีขาวได้ 2. ตามองเห็น	1. ระยะการตรวจจับสั้นที่สุด 2. ไม่สามารถตรวจจับมาร์คสีเขียวบนพื้นขาว
แสงสีขาว	1. แยกแยะความแตกต่างของสีได้เกือบจะทุกสี	2. แสงภายนอกรบกวนการทำงานได้ง่าย 3. อายุการใช้งานของหลอดไฟมีขีดจำกัด
แสงเลเซอร์	1. ระยะการตรวจจับไกล 2. ต้านทานต่อแสงรบกวนได้ดี 3. มีแบบที่ตามองเห็นสามารถปรับแต่งได้ง่าย 4. ลำแสงแคบทำให้สามารถใช้งานในพื้นที่จำกัดได้ 5. สามารถตรวจจับขนาดวัตถุได้ละเอียดถึง 10 μm	1. มีราคาสูง 2. อาจมีอันตรายต่อเยื่อบุตาหรือผิวหนังได้ขึ้นอยู่กับ class ของเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการเลือกใช้สวิตช์ลำแสงให้เหมาะสมกับงาน

เนื่องจากสวิตช์ลำแสงนั้น มีหลายแบบหลายชนิดด้วยกัน แต่ละแบบก็จะมีข้อดี และข้อเสียที่แตกต่างกันไป ในการเลือกใช้สวิตช์ลำแสง จึงจำเป็นต้องรู้รายละเอียดคุณสมบัติบางอย่างของสวิตช์ลำแสง ตลอดจนลักษณะของงานที่จะนำไปใช้ เพื่อที่จะเลือกรุ่นที่สามารถใช้งานได้ถูกต้อง และมีความเหมาะสมที่สุด

1. ขนาดของวัตถุที่ตรวจจับ
2. ชนิดของวัตถุที่ตรวจจับ
3. สีและผิวของวัตถุที่ตรวจจับ
4. ความแม่นยำของตำแหน่งที่ตรวจจับ
5. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตรวจจับ
6. สภาพแวดล้อมในบริเวณที่ใช้งานสวิตช์ลำแสง
7. ระยะห่างระหว่างสวิตช์ลำแสงที่อยู่ใกล้เคียงกัน
8. การติดตั้งสวิตช์ลำแสงบนชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว
9. ประเภทของแสง

1.) แสงอินฟราเรด สวิตช์ลำแสงที่ใช้ LED แบบอินฟราเรดมีข้อดีตรงที่ระยะตรวจจับไกล แสงอินฟราเรดมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ทำให้การปรับตั้งอาจจะไม่ค่อยสะดวกนัก แต่ก็มีความเหมาะสมอย่างยิ่งในงานที่งานที่ไม่ต้องการให้เห็นลำแสง เช่น ใช้ในการตรวจจับขโมย

2.) แสงสีแดง สวิตช์ลำแสดงที่ใช้ LED แบบแสงสีแดงมีข้อดีตรงที่มีระยะการตรวจจับอยู่ใน เกณฑ์ปานกลาง เป็นแสงที่มองเห็น ทำให้ปรังแต่งได้ง่าย และเนื่องจากเป็นแสงที่มองเห็น ทำให้สามารถแยกความแตกต่างของสีบางสีได้ แต่ก็มีข้อจำกัดของโทนสีอยู่

3.) แสงสีเขียว สวิตช์ลำแสดงที่ใช้ LED แบบแสงสีเขียว จะมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด ระยะตรวจจับจะใกล้มาก นิยมใช้แสงสีเขียวในการแยกความแตกต่างของสีบางสีที่แสงสีแดงไม่อาจจะทำได้เท่านั้น

4.) แสงสีขาว สามารถทำได้โดยใช้หลอดแบบมีไส้หรือหลอด LED สีเขียว , สีแดง และสีน้ำเงินรวมเข้าด้วยกัน สวิตช์ลำแสงที่ใช้แสงสีขวาจะมีจุดเด่นตรงที่สามารถใช้ในการแยกความแตกต่างของสีได้ ทุกเฉดสี แต่มีข้อจำกัดในเรื่องระยะตรวจจับได้ใกล้ แต่ถ้าใช้หลอดแบบมีไส้ก็จะเกิดปัญหาในเรื่องไส้หลอดขาดง่าย แต่ถ้าใช้หลอด LED แบบ 3 สี ก็จะมีราคาค่อนข้างสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

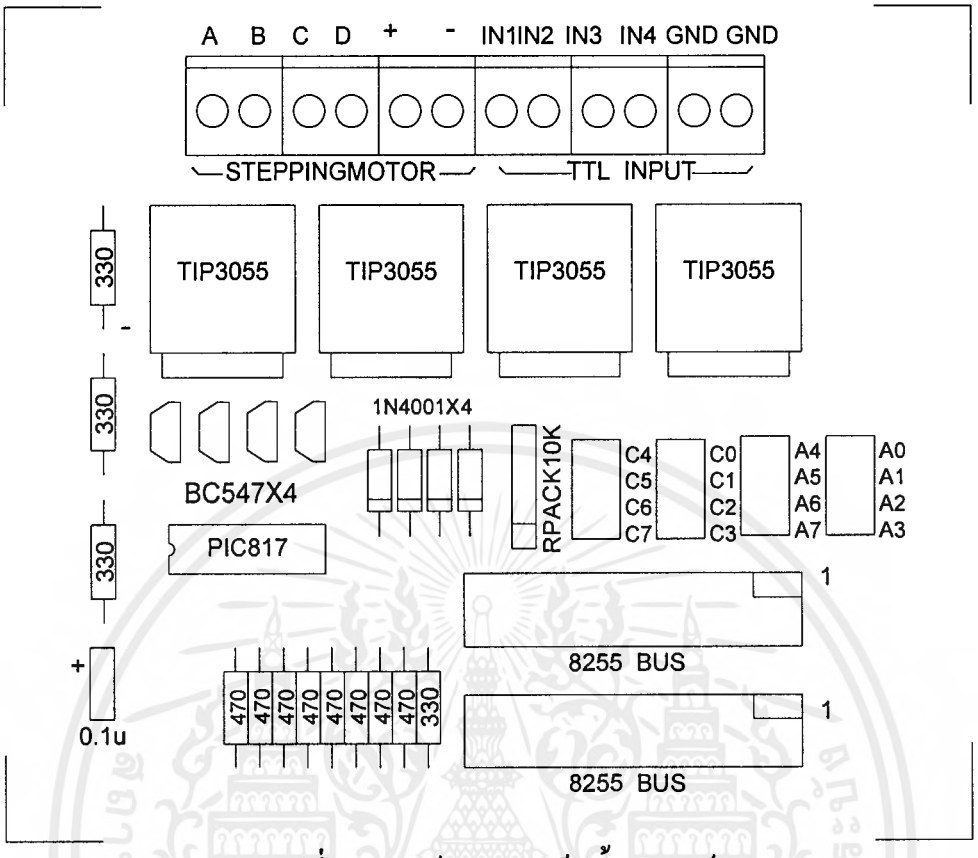
5.) แสงเลเซอร์ มีอยู่หลายสีด้วยกัน จุดเด่นของเลเซอร์ คือ ลำแสงที่ส่งออกมาไม่กระจายแต่จะวิ่งไปเป็นลำเส้นตรงตลอด ทำให้สามารถตรวจจับวัตถุขนาดเล็กๆ ที่อยู่ในระยะไกลได้ มีความแม่นยำในการตรวจจับสูง สามารถตรวจจับสีได้ละเอียดมาก

2.5 ชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นบอร์ดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ สามารถใช้งานกับมอเตอร์ที่ต้องการกระแสสูงสุดถึง 5 AMPS ภายในบอร์ดมีขั้วต่อสำหรับขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ทั้ง 4 จุด (4 PHASE) และขั้วไฟบวกลบของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ นอกจากนี้ยังมีขั้วอินพุตอีก 4 จุด พร้อมทั้งไฟบวกลบของชุดอินพุต สำหรับชุดจ่ายไฟของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ กับชุดจ่ายไฟของสวิตช์อินพุต จะแยกอิสระต่อกันซึ่งจะช่วยตัดปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกวน และปัญหาอื่นๆ ที่จะเข้ามารบกวนกับระบบควบคุมของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

การเลือกพอร์ตที่จะใช้งานของบอร์ด ชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถเลือกได้โดยการปรับ Jumper Select Port ตามรูปที่ 2.20 แสดงตำแหน่งต่างๆ บนบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 บอร์ดชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

2.5.1 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ โดยทั่วไปมีอยู่ 3 ชนิด คือ

-VARIABLE RELUCTANCE <VA>

-PERMAMANT MAGNET <PM>

-HYBRID STEPPING MOTOR <HSM>

1.) **VARIABLE RELUCTANCE <VA>**

จะเป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ถูกกล่าวถึงและนำไปใช้งานมากที่สุด โดยเฉพาะแบบ 4 เฟส โรเตอร์และสเตเตอร์จะทำมาจากเหล็กผสมซิลิกอน เพลาของมอเตอร์จะหมุนเป็นมุมคงที่ หรือเรียกว่าเป็นมุมสเต็ป (Os = ซีตร้า เอส) มักจะมีมุมที่แตกต่างคือ 0.72 , 0.9 , 1.8 , 2.0 , 3.6 , 7.5 , 15 สำหรับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้วงจรขับแบบ UNIPOLAR ซึ่งลักษณะการทำงานของวงจรจะต้องป้อนค่า VOLTAGE เข้าไปในแต่ละขั้วตามลักษณะของ PULSE ที่ใช้ขับชุด DRIVER ค่า VOLTAGE ที่จ่ายให้มอเตอร์จะใช้อ้างอิงกับกราวด์เสมอ

การหามุมสเต็ป

$$S = 360/Os \qquad \text{หน่วยองศา}$$

$$; Os = mNr \qquad ; m = \text{จำนวนเฟส}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

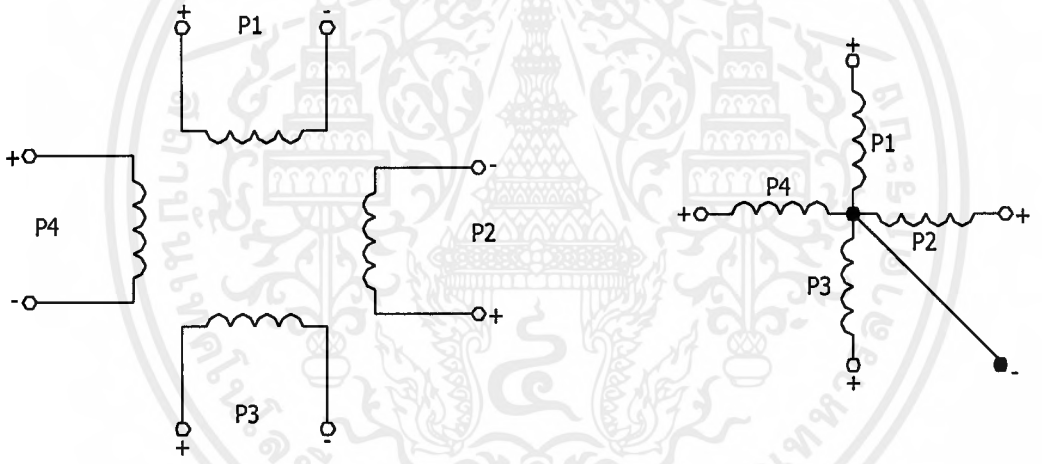
; Nr = จำนวนฟันโรเตอร์

2.) PERMAMANT MAGNET <PM>

จะเป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบที่ตัวโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบนี้ จะใช้ลักษณะการหมุนแบบ ไบโพล่าร์ซึ่งลักษณะการทำงานจะต้องจ่ายไฟบวกลบเข้าแต่ละเฟสของมอเตอร์โดยตรง

3.) HYBRID สเต็ปING มอเตอร์ <HSM>

จะเป็นแบบผสมระหว่าง < PM > และ < VR > จำนวนซี่ฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ไม่เท่ากัน สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบนี้จะมีลักษณะการทำงานที่ซับซ้อน จึงเป็นแบบที่ไม่ค่อยนิยมใช้งานเท่าใดนัก



BIPOLAR UNIPOLAR

รูปที่ 2.21 ชนิดการต่อขอลวดของ สเต็ปปิ้ง มอเตอร์

โดยทั่วไปวงจรที่ใช้ขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จะนิยมใช้ทั้ง 2 แบบนี้คือ แบบ BIPOLAR หรือ CHOPPER จะใช้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่เป็นชนิด PM และ แบบ UNIPOLAR จะใช้กับชนิด VR ส่วนการขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิด HSM จะมีวงจรการขับที่แตกต่างออกไป เนื่องจากคุณสมบัติของมอเตอร์ชนิดนี้สามารถทำงานตามกระแสได้ทั้งสองทิศทาง (สลับขั้วบวกลบ ที่จ่ายให้กับมอเตอร์)

ส่วนบอร์ดชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จะมีวงจรขับเป็นแบบยูนิโพล่าร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 วิธีการกระตุ้นเฟส

- **SINGLE PHASE EXITATION** เป็นการกระตุ้นเฟสแบบเดี่ยว ตามจังหวะของสัญญาณพัลซ์ที่ป้อนเข้าชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ < STEPPING MOTOR DRIVER BOARD >

PHASE				PULSE				
A	1	0	0	0	1	0	0	0
B	0	1	0	0	0	1	0	0
C	0	0	1	0	0	0	1	0
D	0	0	0	1	0	0	0	1

- **TWO PHASE EXITATION** การกระตุ้นเป็นแบบที่ละสองเฟสคู่พร้อมกัน

PHASE				PULSE				
A	1	0	0	1	1	0	0	1
B	1	1	0	0	1	1	0	0
C	0	1	1	0	0	1	1	0
D	0	0	1	1	0	0	1	1

- **HALF STEP EXITATION** แบบกึ่งสเต็ป จะเป็นการรวมรูปแบบการหมุนทั้งสองแบบไว้ในแบบเดียวกัน

PHASE				PULSE				
A	1	1	0	0	0	0	0	1
B	0	1	1	1	0	0	0	0
C	0	0	0	1	1	1		0
D	0	0	0	0	0	1	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

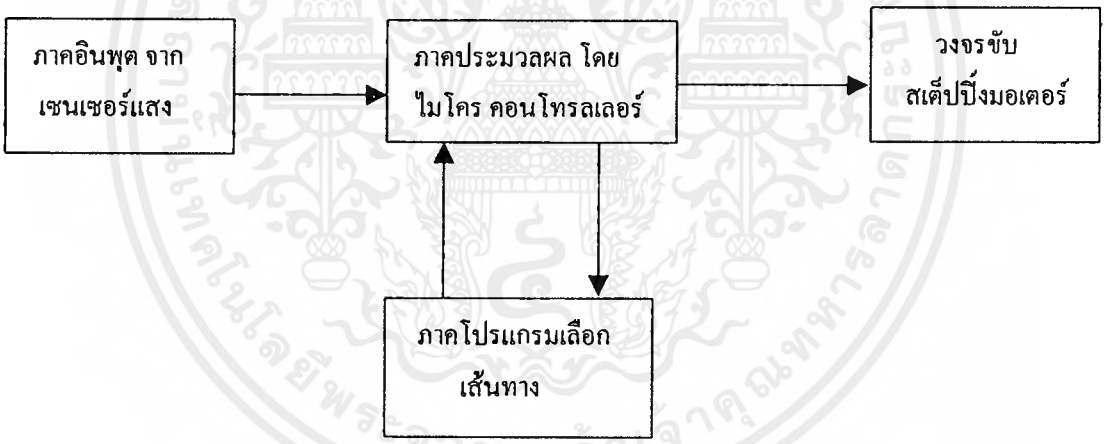
วิธีการกระตุ้นเฟสทั้ง 3 แบบนี้จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ทั้งในการเลือกวิธีการกระตุ้น จึงจำเป็นที่จะต้องพิจารณาเพื่อให้เหมาะสมกับงานนั้นๆ การกระตุ้นแบบเฟสเดียวจะเป็นแบบที่มีความเที่ยงตรงของตำแหน่งมากที่สุด แต่จะมีแรงบิด (Torque) น้อย ส่วนการกระตุ้นแบบ สองเฟส มีความเที่ยงตรงของตำแหน่งน้อยกว่าแบบแรก แต่มีแรงบิดสูงกว่า และการกระตุ้นแบบ ครึ่งสเต็ป เป็นแบบที่มีความเที่ยงตรงของตำแหน่งน้อยมาก แต่มีแรงบิดสูงเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบและสร้างรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ เป็นการนำ สเต็ปปิ้งมอเตอร์มาสร้างเป็นต้นกำลังยานยนต์ขนาดเล็ก ให้สามารถเคลื่อนที่โดยอัตโนมัติ โดยอาศัยหลังการตรวจจับแถบเส้นทางซึ่งมีการสะท้อนของแสงไม่เท่ากัน ด้วย เซนเซอร์แสง จากนั้นนำค่าที่ได้จาก เซนเซอร์ มาประมวลผลเพื่อกลับไปควบคุม ให้รถเคลื่อนที่ อยู่ในเส้นทางตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ จะประกอบด้วยสี่ส่วนหลักคือ ภาคอินพุตจากเซนเซอร์แสง , ภาคประมวลผลโดย ไมโครคอนโทรเลอร์ , วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ และโปรแกรมเลือกเส้นทาง ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานของรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์

ส่วนของภาคอินพุตที่รับจาก เซนเซอร์ แสง จะเป็นภาคที่รับสัญญาณจากชุด อินฟาเรด เซนเซอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่ในการตรวจจับเส้นทางโดยอาศัยความแตกต่างของแถบเส้นทาง ส่วนของสัญญาณที่ออกจากชุด อินฟาเรด เซนเซอร์ ก็จะนำสัญญาณที่ได้มาเข้าชุด Differential Amplifier ซึ่งจะให้สัญญาณเอาพุตเป็น 0 หรือ 1 ออกมาเพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปควบคุมการทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในส่วนของภาคประมวลผลนั้นจะเป็นส่วนที่รับสัญญาณมาจาก ชุด เซนเซอร์ และติดต่อกับภาคโปรแกรมเลือกเส้นทาง เพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปควบคุม การทำงานของ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ให้วิ่งไปตามเส้นทางที่โปรแกรมไว้ ส่วนของภาคโปรแกรมเลือกเส้น

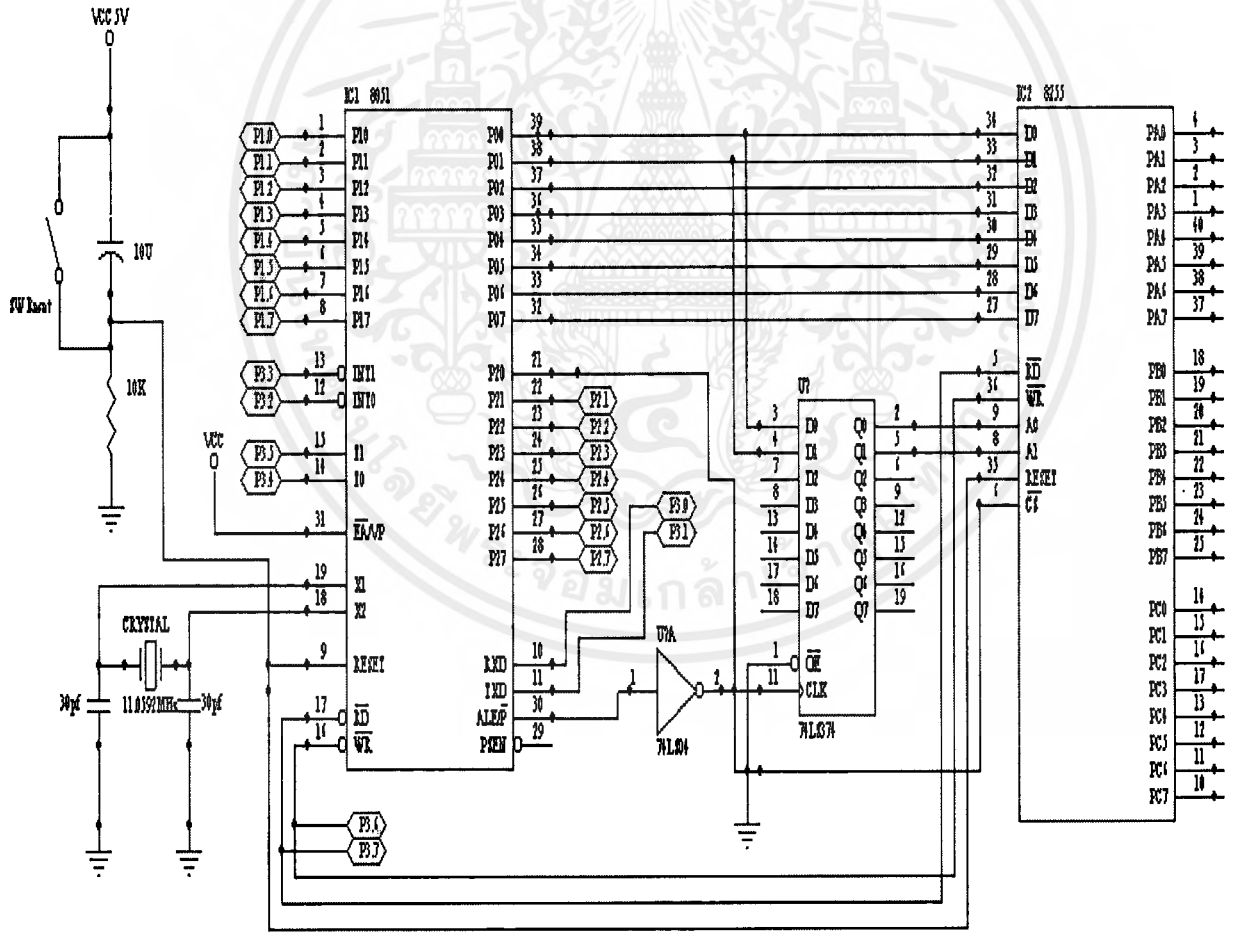
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางก็จะรับค่าจากคีย์เมทริกซ์สวิตช์ และส่วนของวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ก็จะรับสัญญาณควบคุมมาจาก ภาคประมวลผลเพื่อมาควบคุมการทำงานของ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ อีกที่หนึ่ง

ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบ , การสร้างและการทำงานของระบบของส่วนของวงจร

3.2 การออกแบบวงจร

การออกแบบรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ จะแยกออกเป็น 4 ส่วนด้วยกันคือส่วนของวงจรควบคุม , ส่วนของอินพุท เซนเซอร์ , ส่วนของโปรแกรมเลือกเส้นทาง และส่วนของวงจรขับ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งมีการทำงานดังนี้



รูปที่ 3.2 วงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

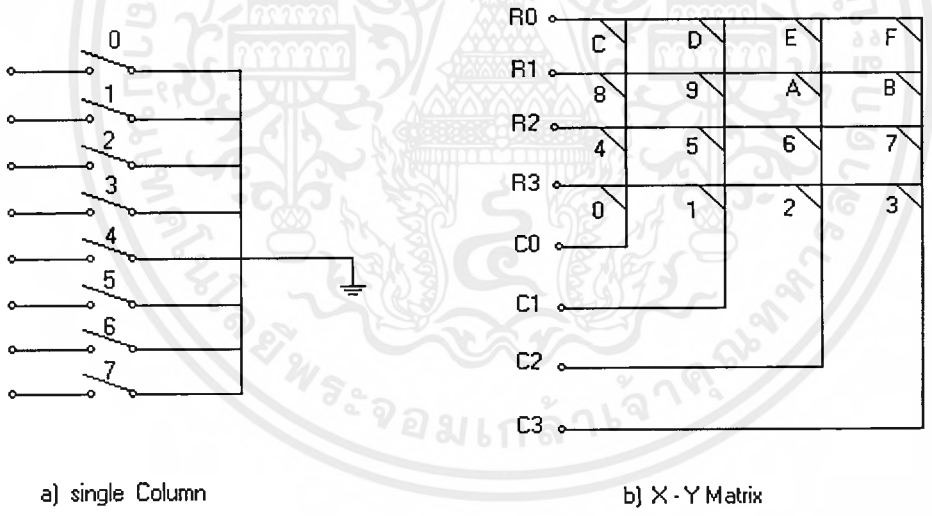
ส่วนของวงจรควบคุมดังรูปที่ 3.2 จะทำหน้าที่ควบคุมการรับข้อมูลการแสดงผลรวมทั้งการประมวลผลเพื่อทำการรับข้อมูลจากคีย์สวิตช์และชุด เซนเซอร์แสง แล้วส่งข้อมูลไปยังชุดขับสเต็ปปิ้ง มอเตอร์ ซึ่งในวงจรนี้ได้ใช้ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C51 เป็นตัวประมวลผล และใช้ไอซีเบอร์ 8255 เป็นตัวช่วยในการขยายพอร์ตออกไปใช้งาน ส่วนในการประมวลผลจะรับข้อมูลมาทั้งชุด เซนเซอร์ แสงและ คีย์เมทริกซ์สวิตช์ เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลแล้วนำข้อมูลออกไปแสดงทาง จอแสดงผล และชุดขับ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ เพื่อควบคุมให้รถไฟฟ้าเอนกประสงค์วิ่งไปตามเส้นทางที่ป้อนโปรแกรมเข้ามาทางคีย์เมทริกซ์สวิตช์

3.2.2 จอแสดงผล

เป็นอุปกรณ์ที่จะนำเข้าสู่ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ

1. แบบ Single Columm
2. แบบ X-Y Matrix

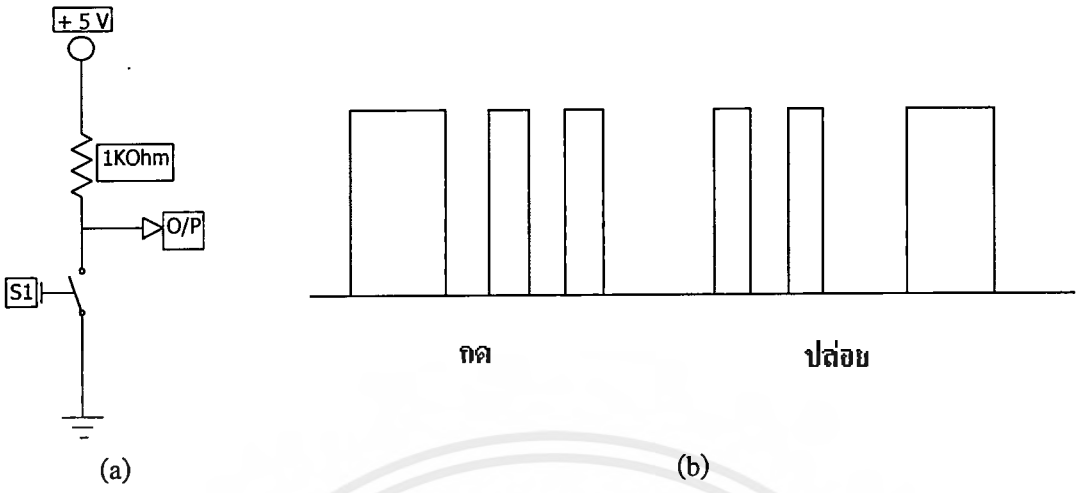
ซึ่งทั้ง 2 แบบดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 คีย์บอร์ดลักษณะต่างๆ

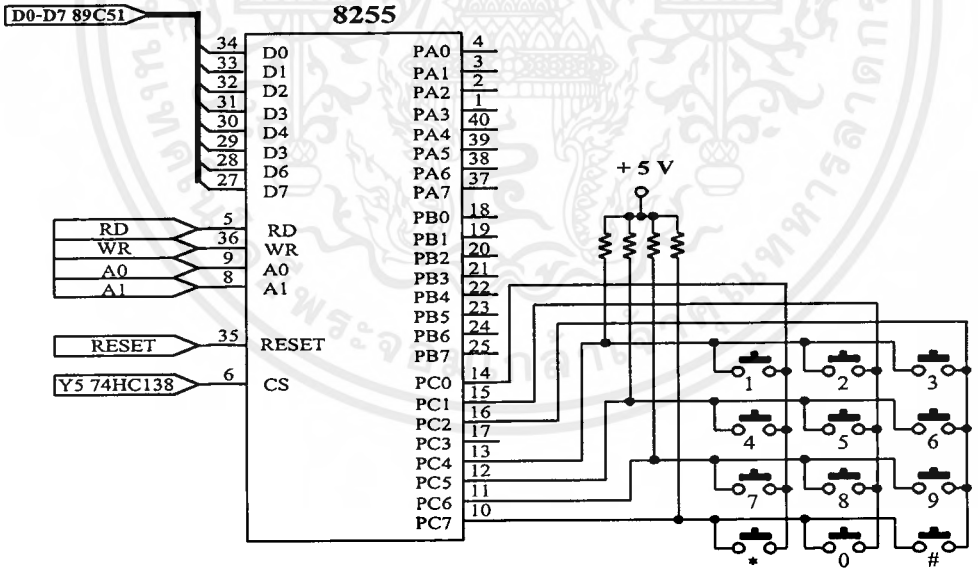
เนื่องจากโครงสร้างของ คีย์บอร์ด ทำมาจากโลหะผสมกัน ดังนั้นเวลากดแล้วปล่อยจะเกิดอาการเด้งของสวิตช์ ทำให้ได้รูปสัญญาณดังรูป วิธีแก้ BOUNCE มีได้ 2 วิธีคือใช้ Hardware และ Software ดังรูป 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



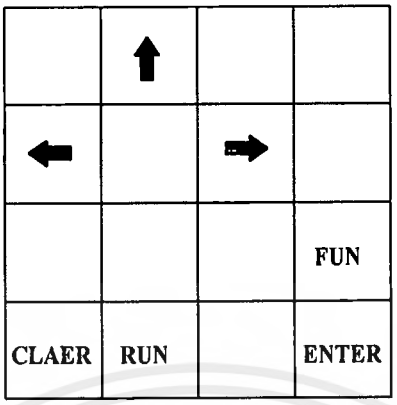
รูปที่ 3.4 โครงสร้างวงจร สวิตช์ และรูปสัญญาณ

วงจรแสดงการต่อ คีย์บอร์ด เข้ากับพอร์ต C ของ 8255 ดังรูปที่ 3.6 ส่วนในรูปที่ 3.7 จะแสดงปุ่มต่างๆ บนคีย์บอร์ด



รูปที่ 3.5 แสดงการต่อคีย์บอร์ดเข้ากับพอร์ต ของ 8255

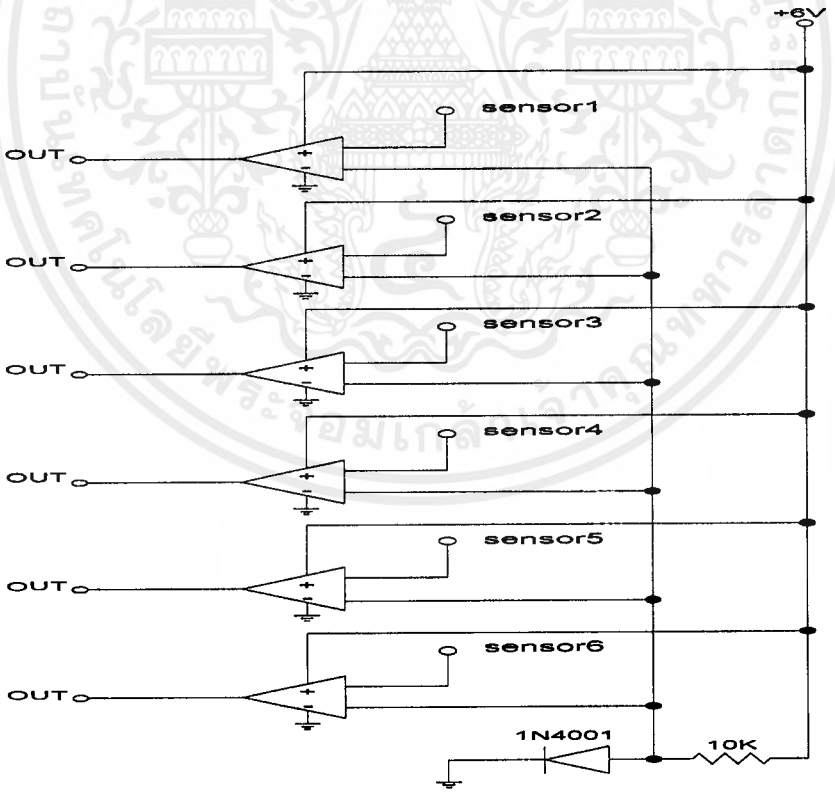
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงปุ่มต่างๆ บน คีย์บอร์ด

3.2.3 การออกแบบเซนเซอร์

เมื่อเราจ่ายไฟให้กับชุด อินฟาเรดเซนเซอร์ จะส่งแสงไปสะท้อนกับแถบเส้นทางกลับมายังตัวรับแสงทำให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าออกมา จากนั้นเราก็นำค่าแรงดันที่ได้จากชุด

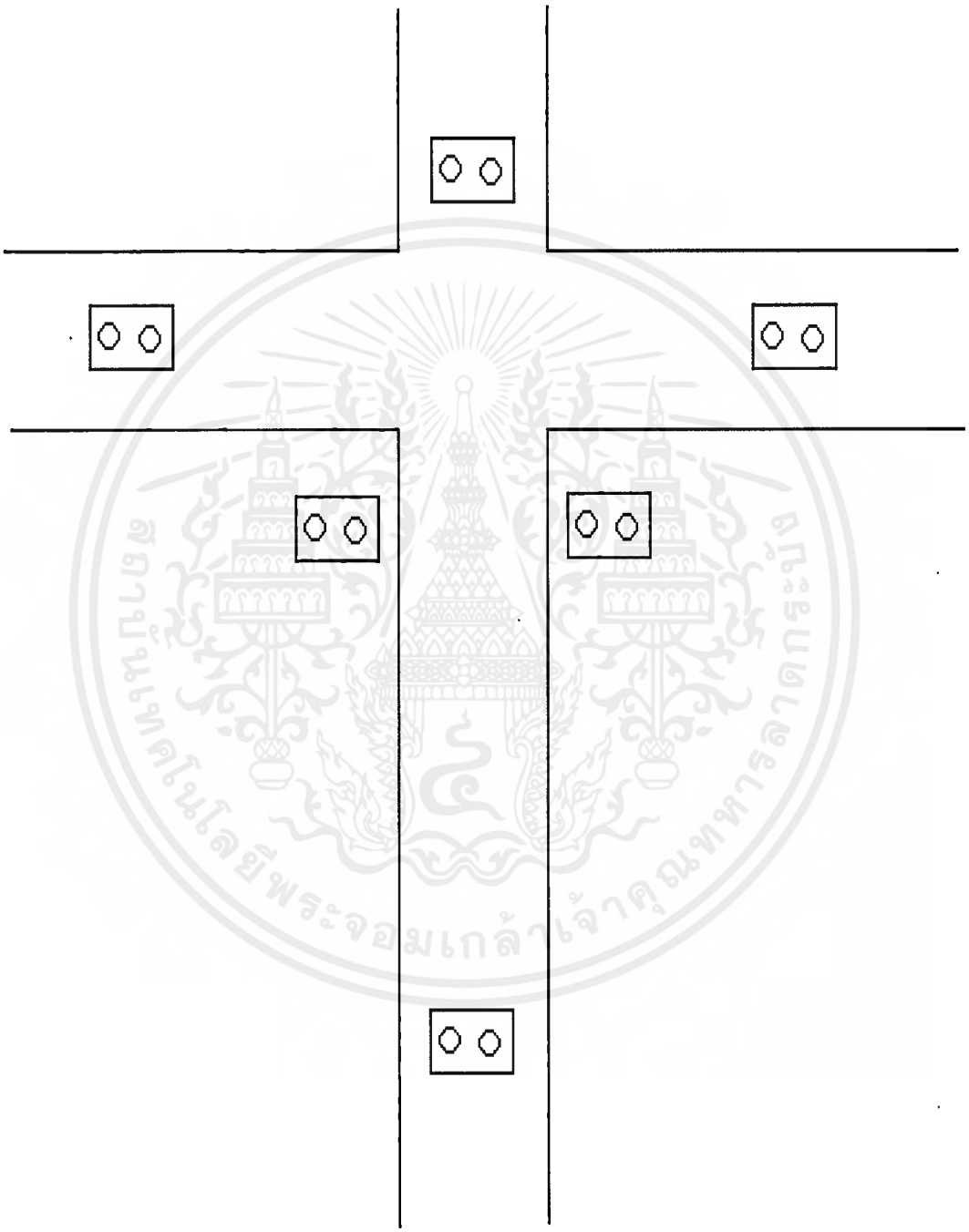


รูปที่ 3.7 วงจร Differential Amplifier

อินฟาเรด เซนเซอร์ มาต่เข้ากับชุด Differential Amplifier จะทำให้ได้เอาท์พุตออกมาเป็น5 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าไม่มีแสงสะท้อนขึ้นมาก็จะมีแรงดันออกมา 0 โวลท์ แสดงการต่อวงจรดังรูปที่ 3.7 ตำแหน่งตำแหน่งการติดตั้ง เซนเซอร์ ทั้ง 6 ตัว ในการสำรวจเส้นทาง ซึ่งแสดงการติดตั้ง ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง เซนเซอร์

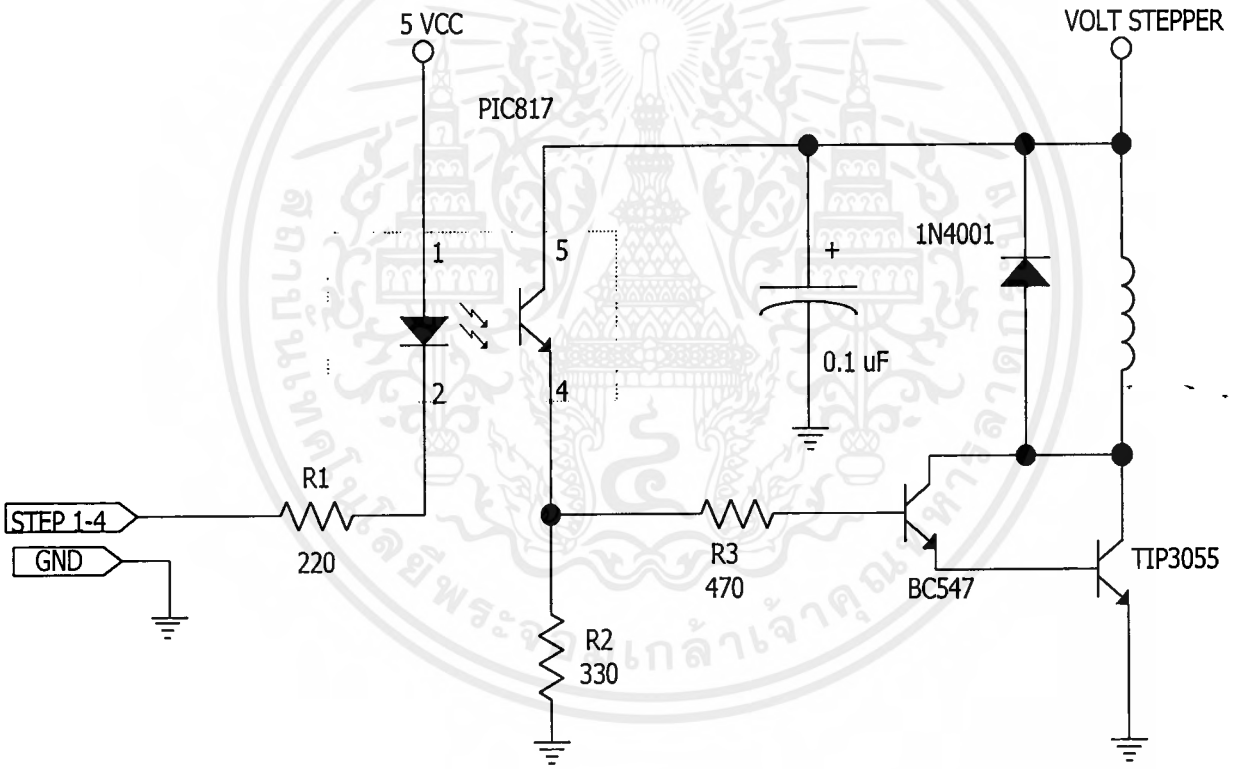
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การออกแบบวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ในส่วนของวงจรขับ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ เป็นส่วนที่รับสัญญาณควบคุมมาจากไมโครคอน-โทรลเลอร์ MCS – 51 เพื่อไปควบคุมการทำงานของ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ให้เป็นไปตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ โดยการเลือกให้ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ทำงานตามการกดคีย์เมทริกซ์สวิตช์

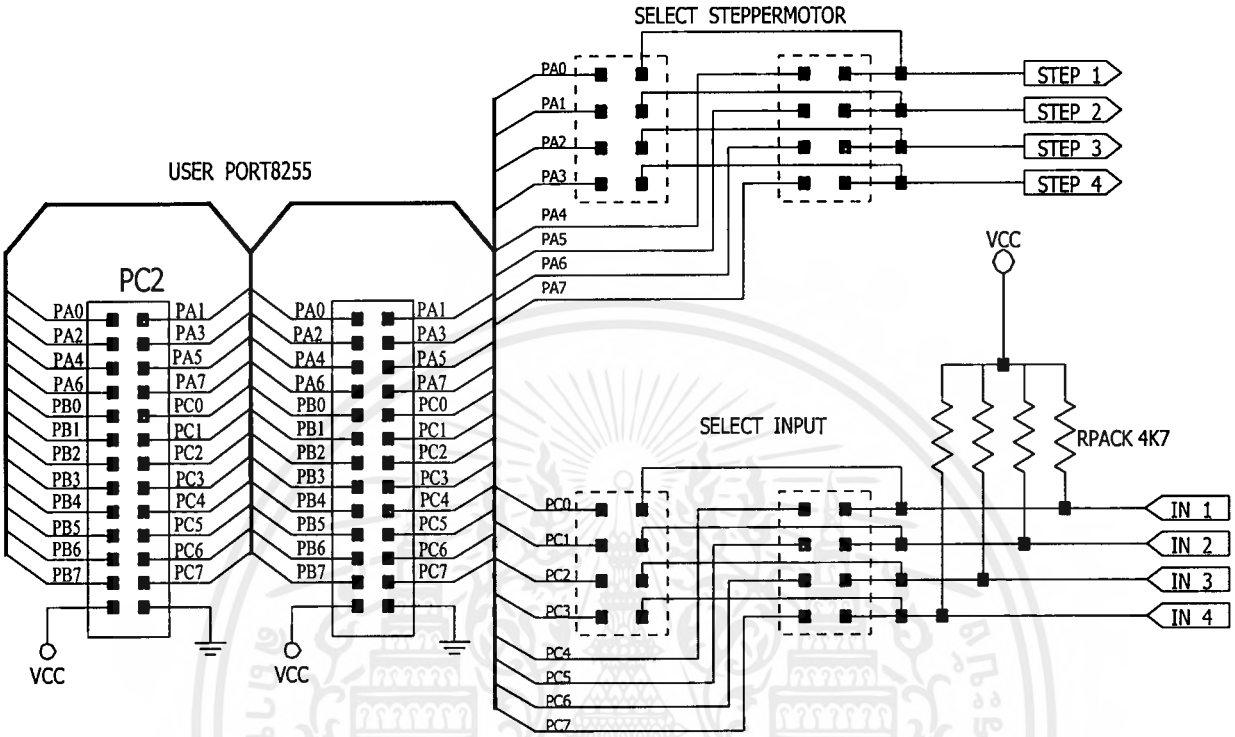
การทำงานของวงจรขับ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อไปกระตุ้นให้ สเต็ปปิ้ง มอเตอร์ ทำงานเป็นสเต็ป ขึ้นอยู่กับการป้อนโปรแกรมควบคุม

การออกแบบวงจรควบคุม สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ส่วนรูปที่ 3.10 และรูปที่ 3.11 จะแสดงการต่อชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์เข้ากับ 8255

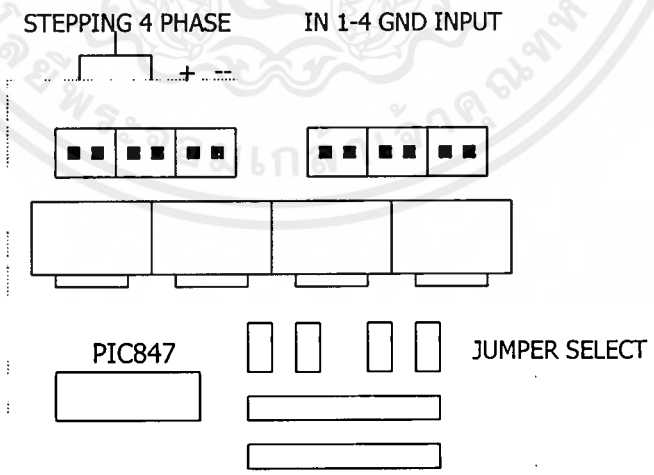


รูปที่ 3.9 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 วงจรแสดงการต่อชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ต่อรวมกับ 8255



รูปที่ 3.11 แสดงวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ เกี่ยวกับการวางอุปกรณ์

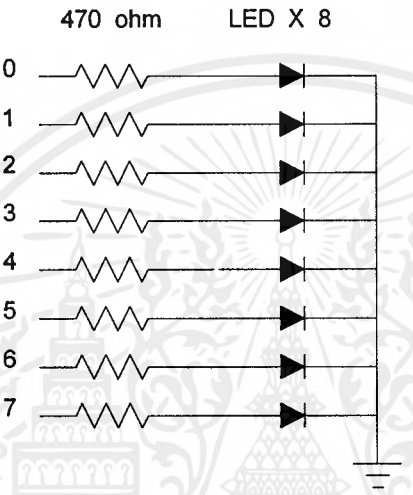
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 ส่วนของการแสดงผล (Display)

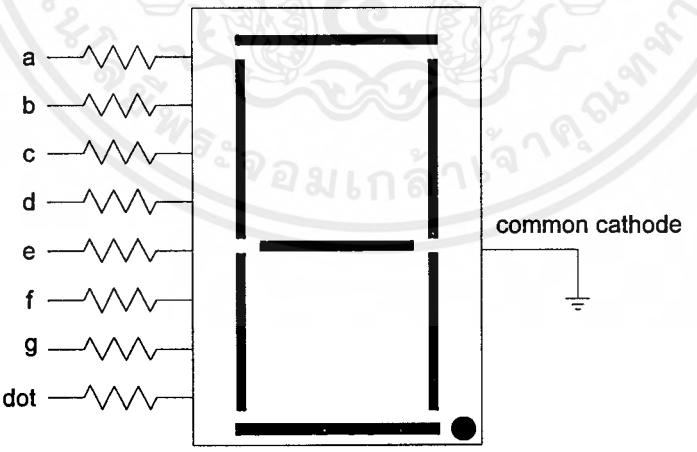
การแสดงผลของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ แบบ เจ็ดส่วนนี้นิยมใช้กันอยู่ 2 แบบคือ

1. แบบแถวเดียว
2. แบบ Matrix

ซึ่งมีโครงสร้างทาง ฮาร์ดแวร์ ดังรูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13



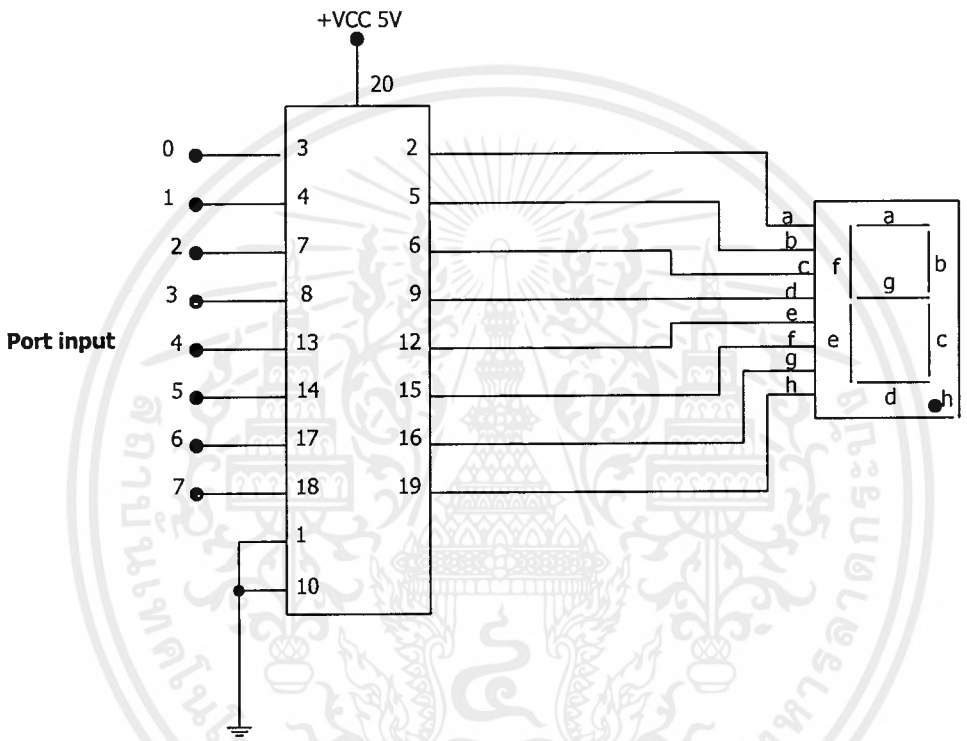
รูปที่ 3.12 การแสดงผลแบบแถวเดียว



รูปที่ 3.13 การแสดงผลแบบ Multiplex

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการแสดงผลจะใช้ เจ็ดส่วนทำหน้าที่ในการแสดงสถานะการกดคีย์เมทริกซ์สวิตช์ ในการป้อนโปรแกรมไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานตามค่าที่ได้ป้อนเข้าไป และจะทำหน้าที่อีกอย่างหนึ่งคือ จะแสดงสถานะของลำดับขั้นการทำงานตามคำสั่งที่ได้ป้อนเข้าไป เพื่อแสดงให้เห็นว่าตอนนี้ได้ทำงานมาถึงลำดับขั้นที่เท่าไหร่แล้ว ส่วนของการต่อ 7 segment เข้ากับวงจรดังแสดงดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การต่อ เจ็ดส่วนเข้ากับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

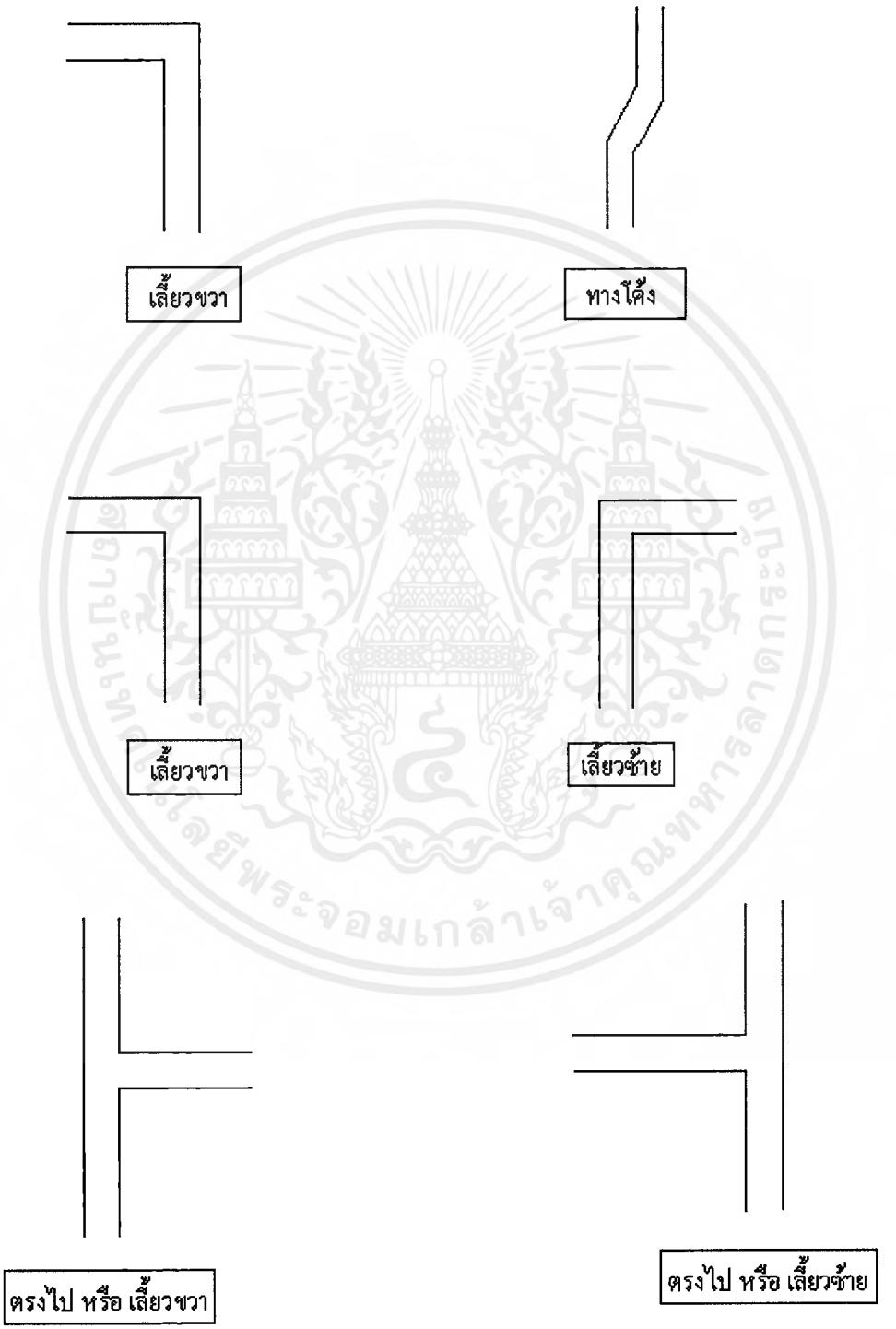
3.2.6 ส่วนของแหล่งจ่ายไฟ

ในส่วนของแหล่งจ่ายไฟเป็นส่วนที่ทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับส่วนต่างๆ ได้แก่ ส่วนของชุดควบคุม , ชุดขับ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ และชุด เซนเซอร์ แสง ซึ่งในส่วนนี้จะใช้ แบตเตอรี่ 2 ลูกด้วยกัน ซึ่งจะแยกจ่ายไฟให้กับส่วนต่างๆ คือ ลูกแรกจะจ่ายไฟให้กับชุดควบคุม ส่วนลูกที่สองจะจ่ายไฟให้กับชุด เซนเซอร์แสง และชุดขับ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูกจะเป็นแบตเตอรี่แบบที่ชาร์จได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

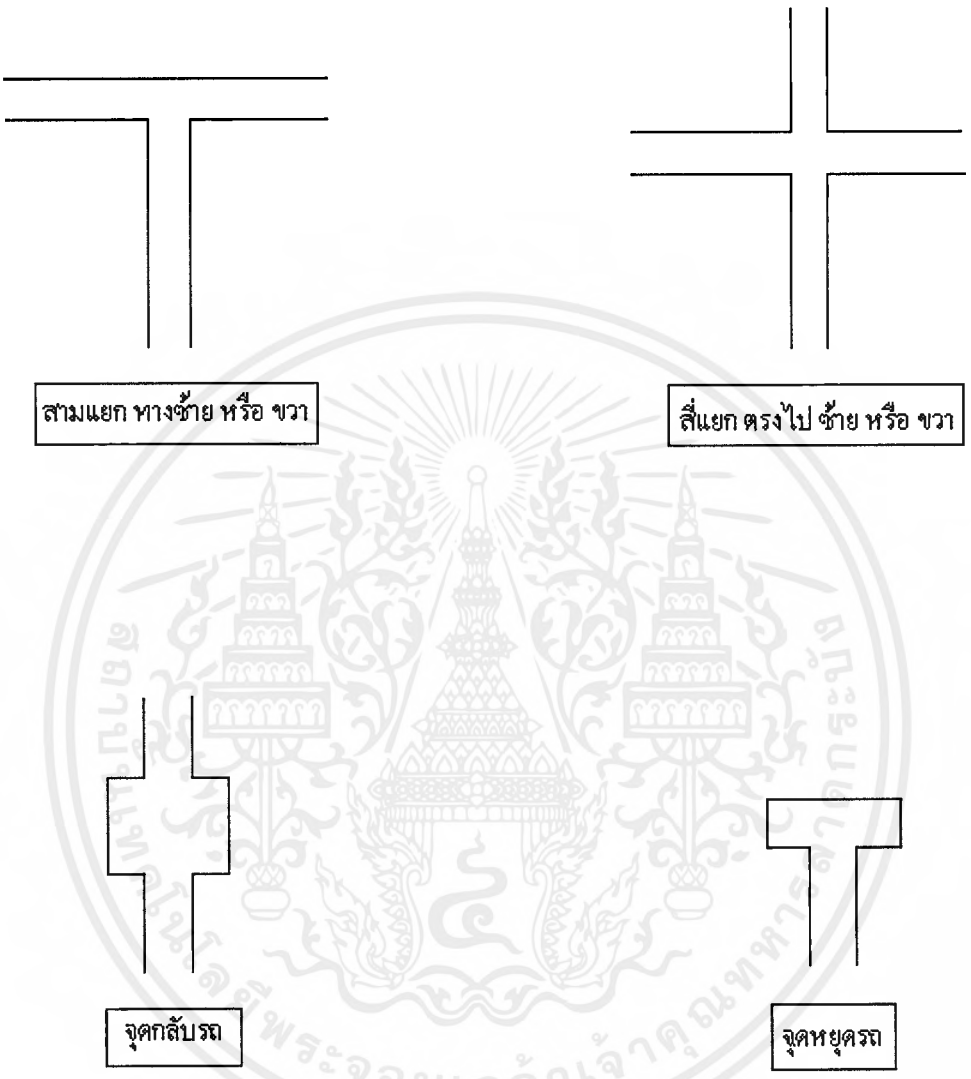
3.2.7 ส่วนของการออกแบบเส้นทาง

เส้นทางที่กำหนดสำหรับรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ให้สามารถวิ่งได้ ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ลักษณะเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 (ต่อ) ลักษณะของเส้นทาง

3.3 การสร้างรถต้นแบบ

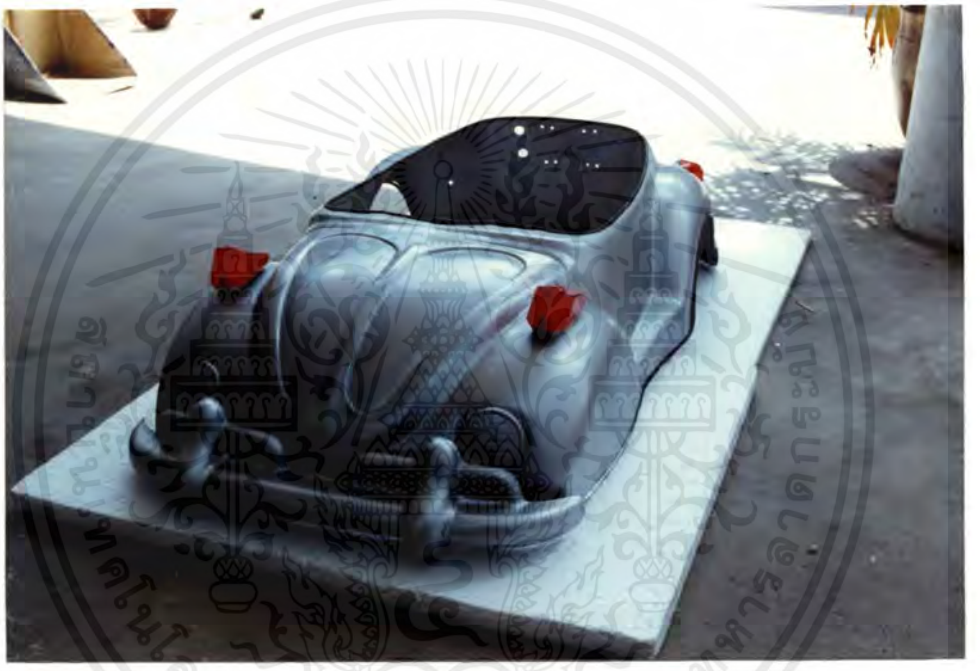
การสร้างรถต้นแบบ รถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ จะมีส่วนประกอบ 3 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนของตัวถังรถ , ส่วนของอุปกรณ์รับน้ำหนัก และส่วนของระบบขับเคลื่อนซึ่งมีลักษณะการสร้างส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 ส่วนของตัวถังรถ

ซึ่งในส่วนของการสร้างตัวถังรถนี้ จะแบ่งการสร้างและการออกแบบเป็นสองส่วนด้วยกัน คือ ส่วนของโครงรถภายนอก และโครงรถภายใน

1.) **โครงรถภายนอก** เป็นส่วนที่แสดงรูปร่างลักษณะของรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ ทำขึ้นมาจากเหล็กแผ่นบางๆ แล้วนำมาขึ้นรูปให้เป็นตัวโครงรถดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ลักษณะของโครงรถภายนอก

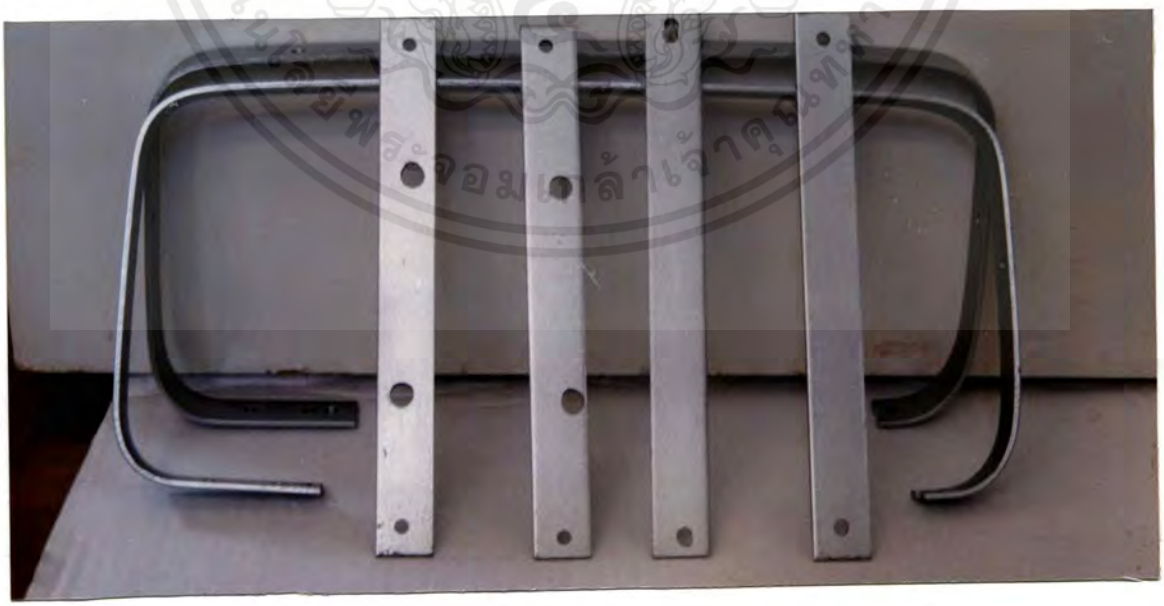
2.) **โครงรถภายใน** เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ยึดส่วนประกอบต่างๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งโครงรถภายในตัวนี้ทำขึ้นมาจากเหล็กฉาก ตัดเป็น 6 ส่วนตัวกัน ตัวโครงรถภายในตัวนี้ทำหน้าที่ยึดติดส่วนประกอบต่างๆ เข้าด้วยกันเช่น ใช้ยึดสเต็ปปิ้งมอเตอร์ , ตัวรับน้ำหนักและระบบขับเคลื่อนเข้าด้วยกัน ซึ่งโครงรถภายในจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.17 ลักษณะของโครงรถภายใน

3.3.2 ส่วนของอุปกรณ์รับน้ำหนัก

ซึ่งในส่วนของอุปกรณ์รับน้ำหนักนี้ จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับน้ำหนักที่ใช้ในการบรรทุกสิ่งของต่างๆ โดยส่วนอุปกรณ์รับน้ำหนักนี้จะทำมาจากเหล็กแผ่นบางๆ ตัดออกเป็น 6 เส้นด้วยกัน และมี 2 เส้นที่ขึ้นรูปเป็นตัว C เพื่อทำเป็นส่วนที่ใช้รองรับน้ำหนัก และอีก 4 เส้นที่เหลือจะทำหน้าที่ยึดติดกับโครงเพื่อให้เกิดความแข็งแรง ลักษณะของเหล็กแผ่นทั้ง 6 เส้นในส่วนของอุปกรณ์รับน้ำหนักดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 ลักษณะของเหล็กแผ่น 6 เส้นที่ใช้ประกอบเป็นส่วนรับน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ส่วนของระบบขับเคลื่อน

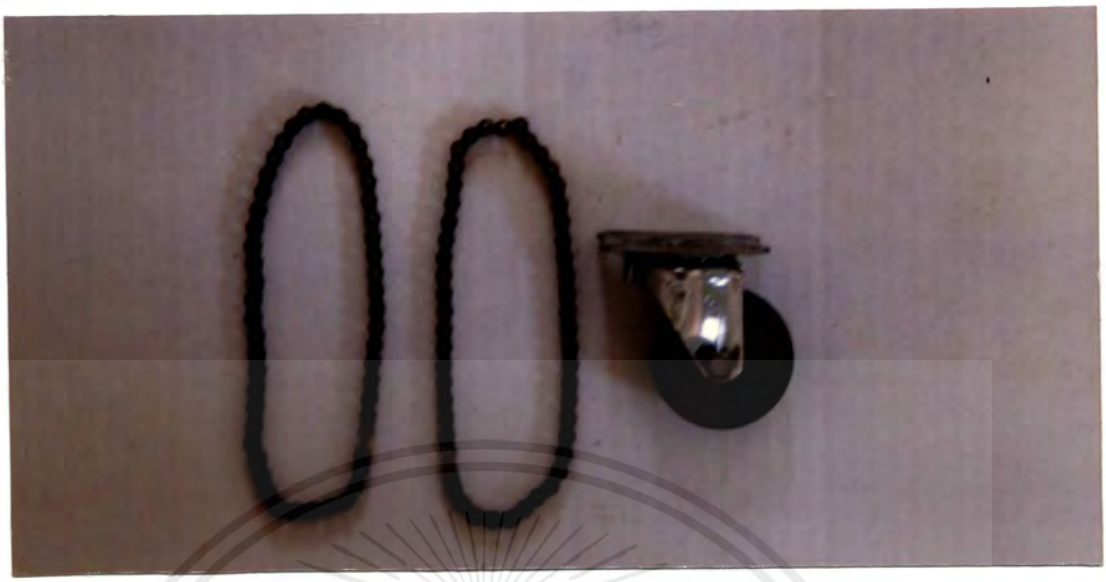
ซึ่งในส่วนของระบบขับเคลื่อนนี้ จะเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุด จะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆ คือ ล้อ , เฟือง , เพลา , โซ่ และสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งส่วนต่างๆเหล่านี้ จะประกอบเข้ากับตังถังรถโดยใช้น๊อตยึดอีกทีหนึ่ง รายละเอียดของส่วนต่างๆ มีดังนี้

1. ล้อ ล้อของรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ขนาด คือ ล้อที่ใช้ในการขับเคลื่อนจะมีขนาดใหญ่จำนวน 2 ล้อ ใช้ในการขับเคลื่อนรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ไปตามเส้นทางที่กำหนดไว้ ส่วนอีกล้อหนึ่งจะมีขนาดที่เล็กกว่าล้อที่ใช้ในการขับเคลื่อน มีไว้สำหรับรับน้ำหนักของรถในส่วนด้านหน้า และบังคับรถให้ขับเคลื่อนตามล้อที่ใช้ขับเคลื่อน ซึ่งลักษณะของล้อทั้งสองขนาดดังแสดงในรูปที่ 3.19

รูปที่ 3.19 ลักษณะของล้อรถ

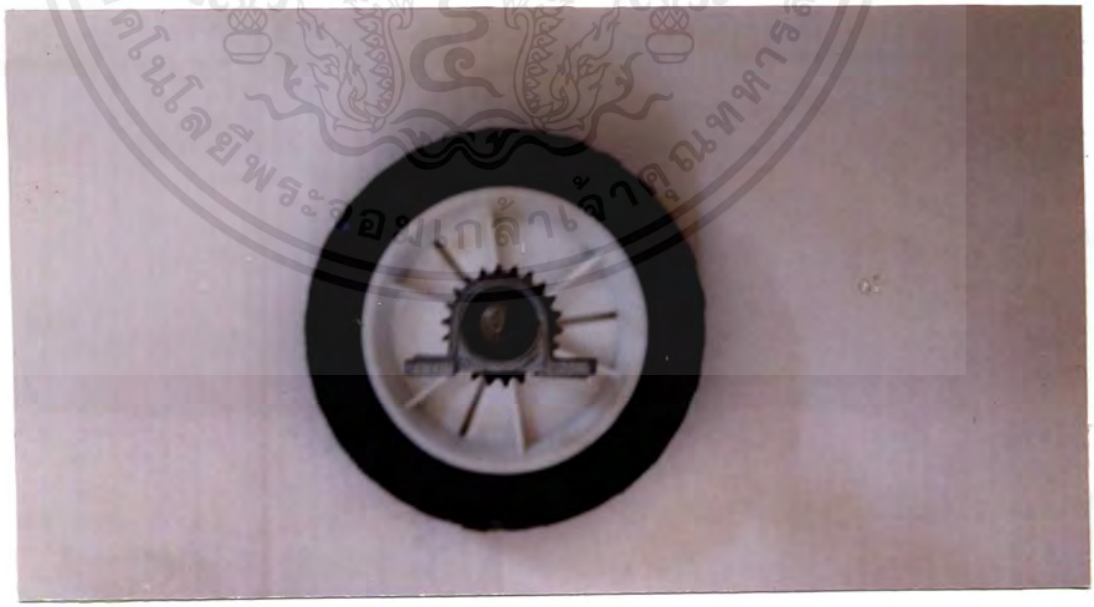
2. โซ่ ในส่วนของโซ่นี้เป็นส่วนจะเป็นส่วนที่ใช้เชื่อมระหว่าง แกนมอเตอร์กับเพลา ซึ่งถ้าหากสเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนก็จะทำให้ล้อรถเกิดการเคลื่อนที่ ลักษณะของโซ่ดังแสดงในรูปที่ 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 ลักษณะของโซ่ที่ใช้ในระบบขับเคลื่อน

3. แกนเพลา และเฟือง แกนเพลาจะเป็นส่วนที่ใช้ยึดติดกับล้อรถและแบริ่ง ส่วนของเฟืองจะมีอยู่ด้วยกันสองตัว ตัวแรกจะยึดติดกับแกนเพลา และตัวที่สองจะยึดติดอยู่กับแกนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งทั้งสองส่วนนี้จะเชื่อมโยงโดยใช้โซ่ ลักษณะของแกนเพลาและเฟืองดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.21 ลักษณะของแกนเพลาและเฟืองขณะที่ยึดติดกับล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

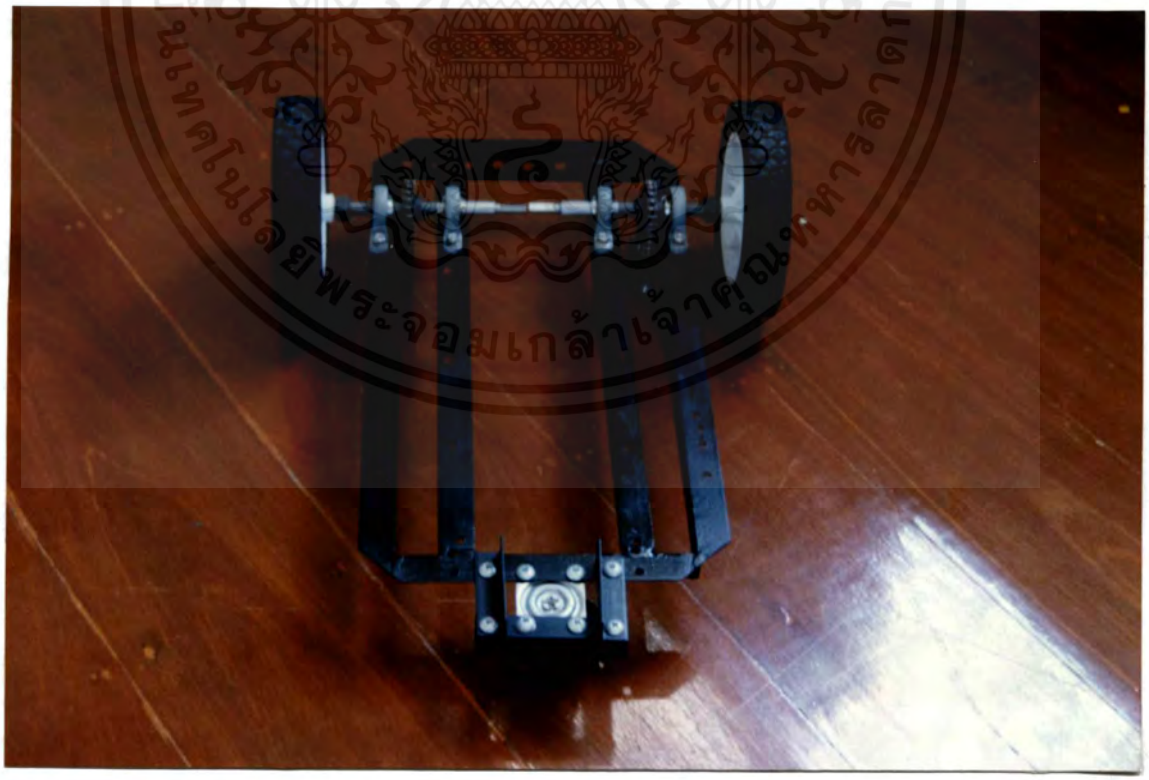
4. สเต็ปปิ้งมอเตอร์ เป็นส่วนที่มีความสำคัญมากในระบบขับเคลื่อน คือ จะทำหน้าที่เป็นต้นกำลัง ในการขับเคลื่อนของรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ ลักษณะของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ในการสร้างโครงงานครั้งนี้จะมีลักษณะดังรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 สเต็ปปิ้งมอเตอร์

นอกจากส่วนประกอบต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วยังมีอุปกรณ์ตัวหนึ่งที่มีความสำคัญในการสร้างรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ คือ น๊อต น๊อตเป็นส่วนที่ใช้ในการยึดส่วนประกอบต่างเข้าด้วยกัน เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและมั่นคงของตัวรถ ลักษณะของน๊อตที่ใช้ในโครงงานชิ้นนี้ดังแสดงในรูปที่ 3.23 ส่วนในรูปที่ 3.24 จะแสดงการประกอบระบบขับเคลื่อนเข้ากับโครงรถภายใน รูปที่ 3.5 จะแสดงการประกอบส่วนรับน้ำหนัก และในรูปที่ 3.26 จะแสดงลักษณะของรถต้นแบบ

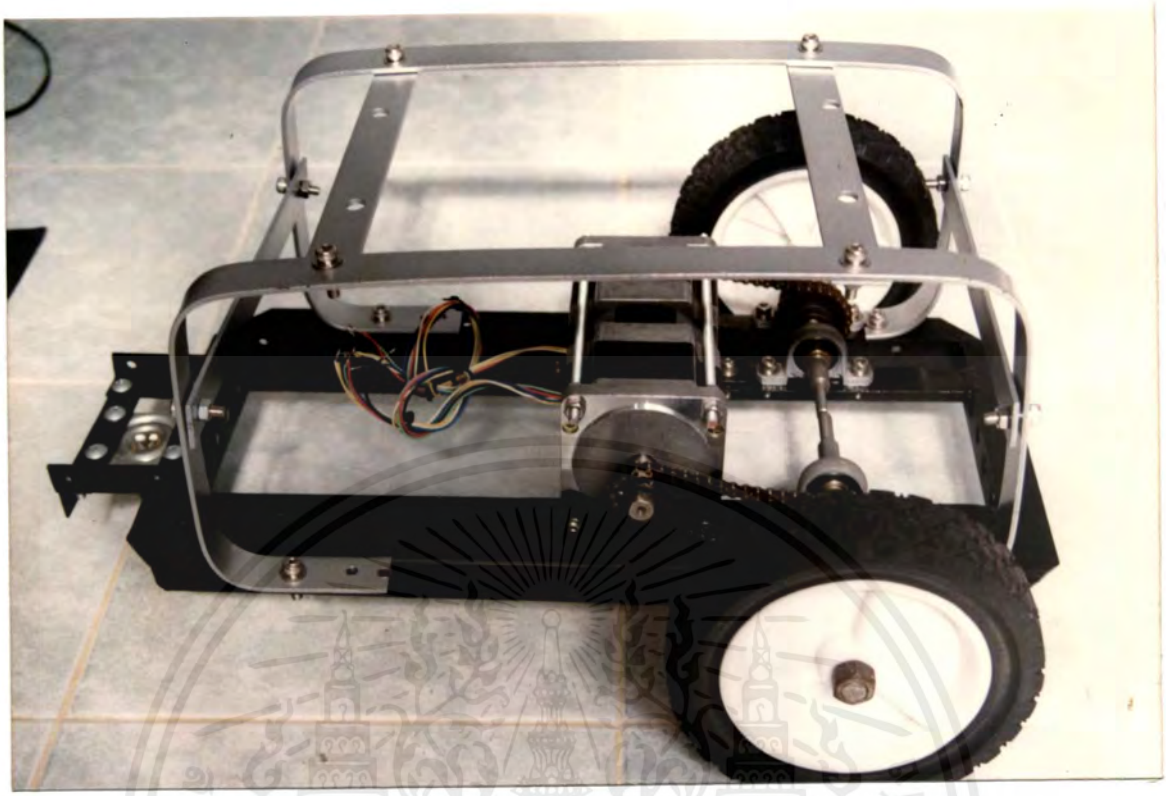
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.23 ลักษณะของน็อตที่ใช้ในการยึดโครง

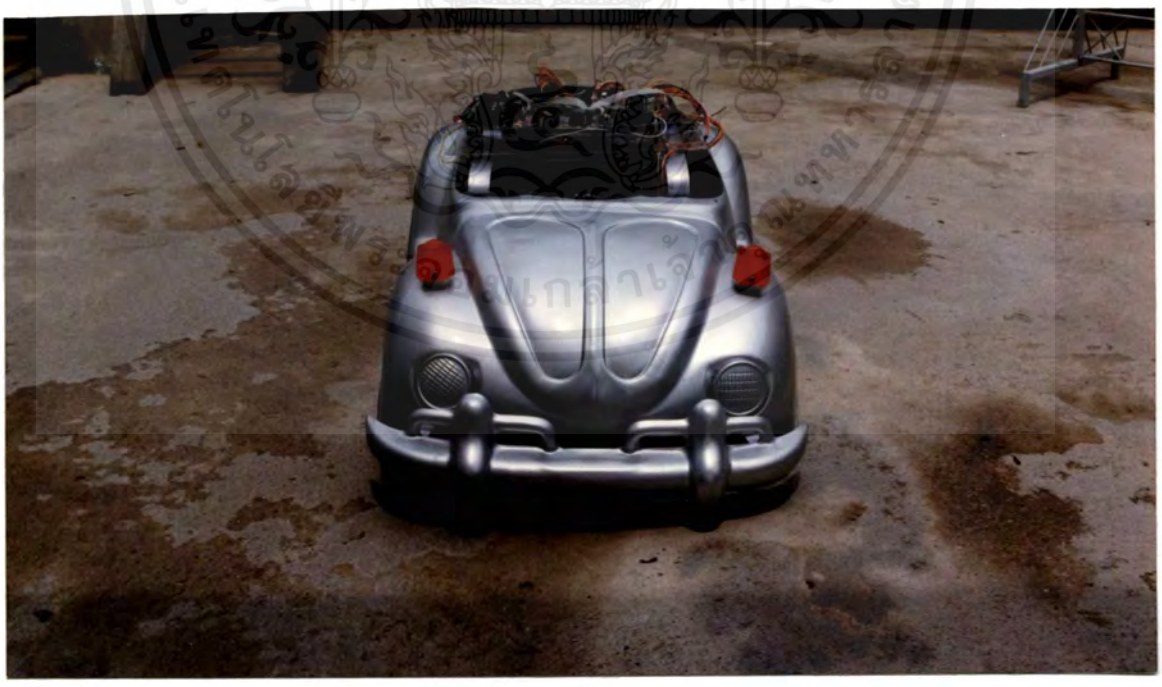


รูปที่ 3.24 แสดงการประกอบระบบขับเคลื่อนเข้ากับโครงรถภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 แสดงการประกอบส่วนรับน้ำหนักเข้ากับโครงรถ

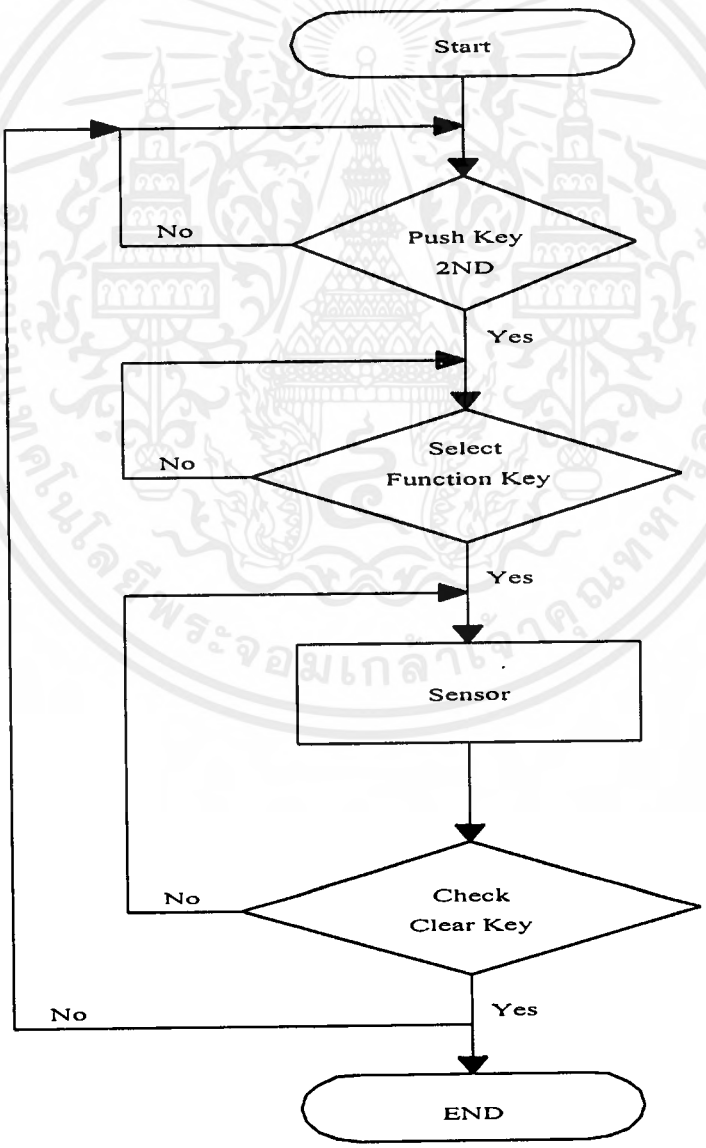


รูปที่ 3.26 แสดงรถลักษณะของรถต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

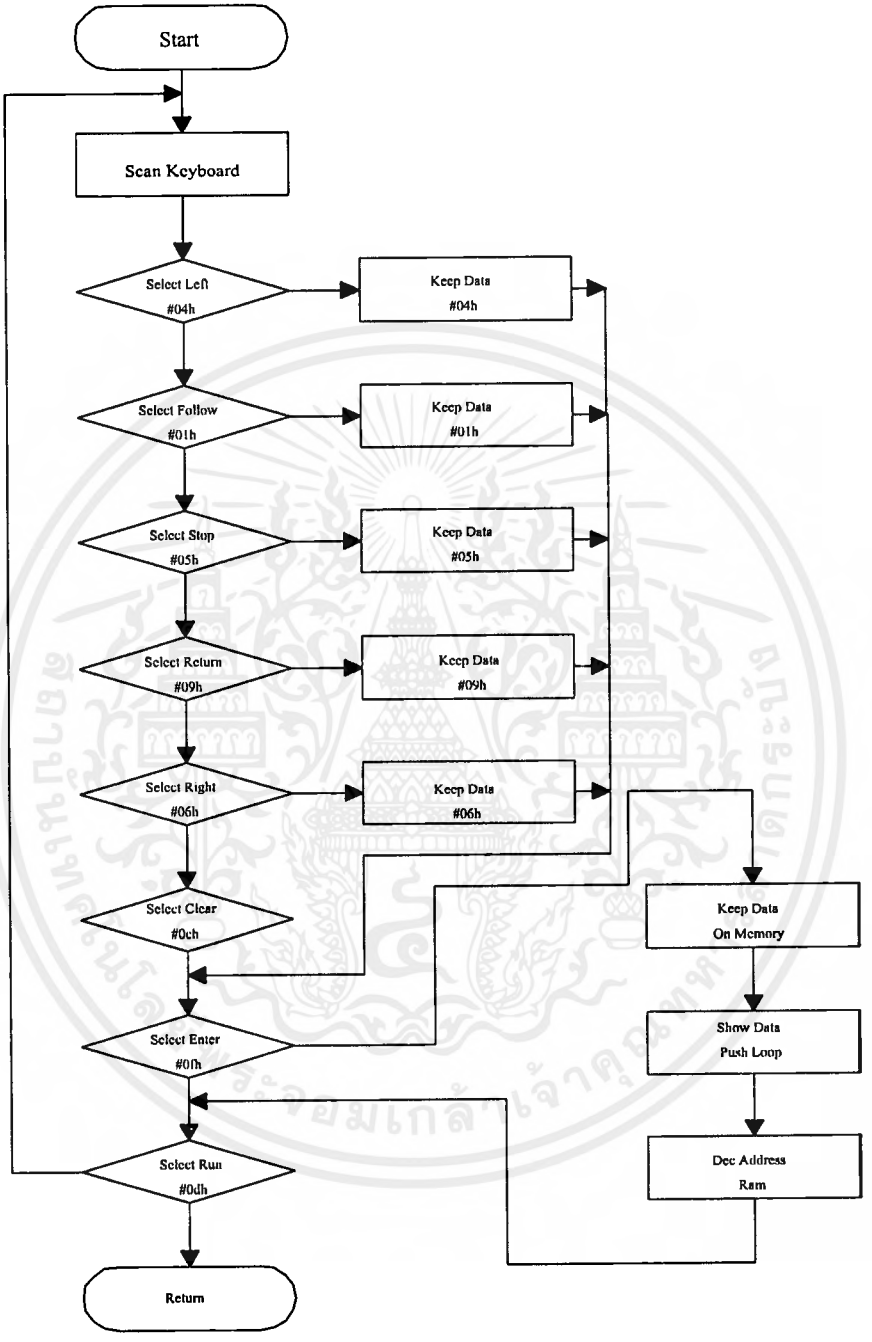
3.4 ส่วนของโปรแกรมการทำงาน

ในส่วนของการทำงานของโปรแกรมจะแบ่งลำดับขั้นการทำงานออกเป็น 4 ส่วนหลักด้วยกัน คือ ในส่วนแรกจะเป็นส่วนที่แสดงลำดับขั้นการทำงานหลักดังรูปที่ 3.27 ในส่วนที่สองจะเป็นส่วนที่แสดงการทำงาน ในส่วนของการเลือกฟังก์ชั้นดังแสดงในรูปที่ 3.28 ในส่วนที่สามจะเป็นส่วนที่แสดงลำดับขั้นการทำงานในส่วนของเซนเซอร์แสงของรถซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 6 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.29 และในส่วนสุดท้ายจะเป็นการแสดงลำดับขั้นการทำงาน ในส่วนของการเลือกข้อมูลในหน่วยความจำหลักดังแสดงในรูปที่ 3.30



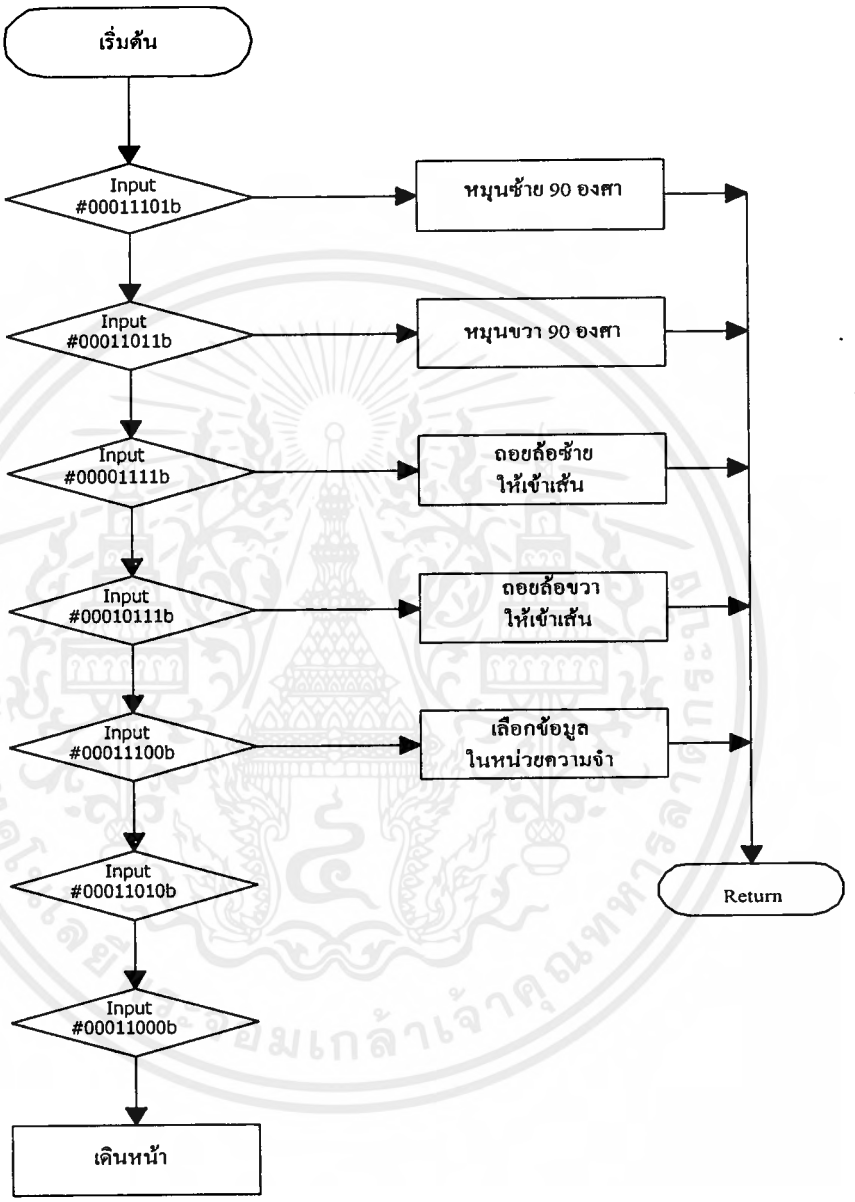
รูปที่ 3.27 ลำดับขั้นการทำงานหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



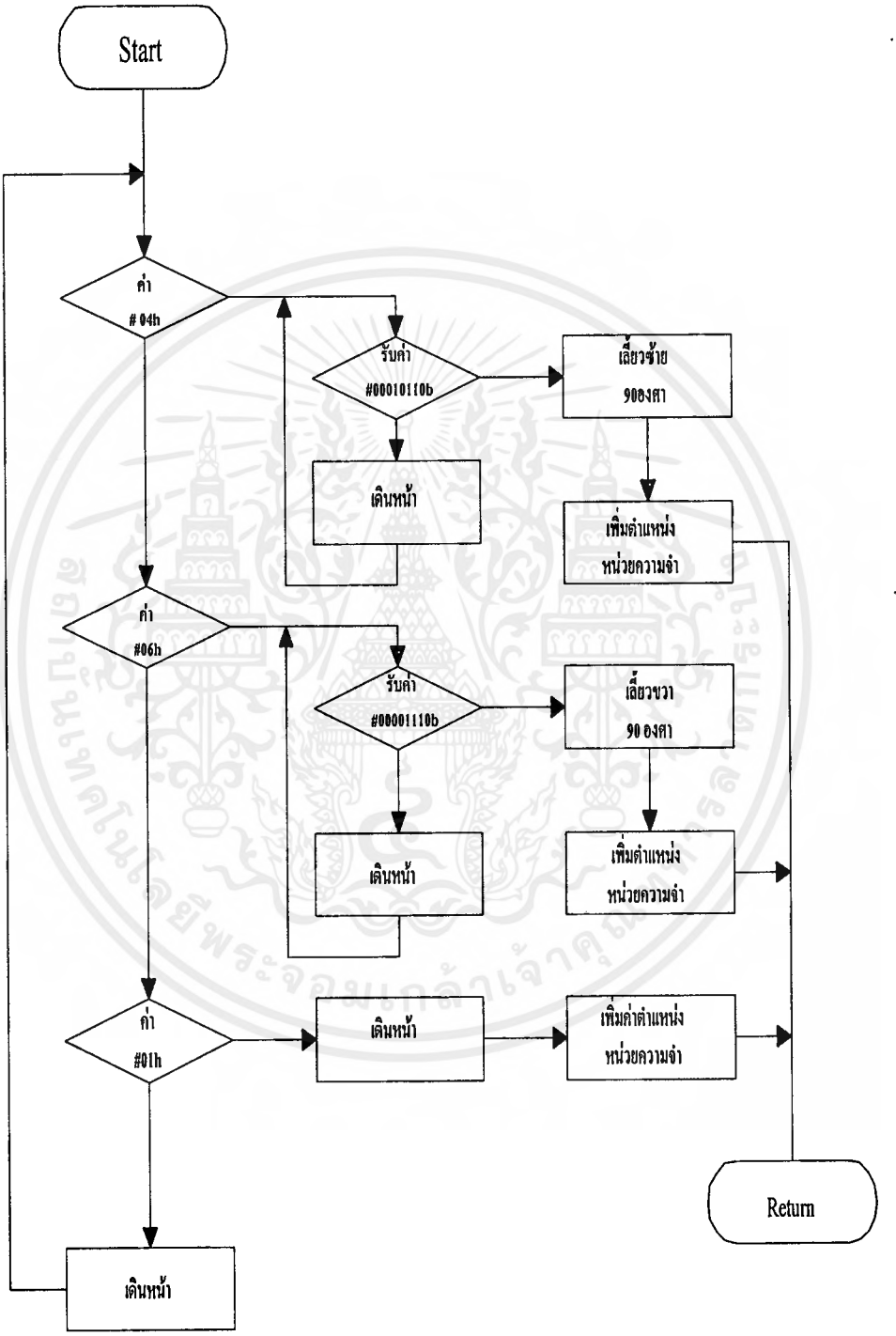
รูปที่ 3.28 ลำดับขั้นการทำงานในส่วนของการเลือกฟังก์ชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.29 ดับขั้นการทำงานในส่วนของเซนเซอร์แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 ลำดับขั้นการทำงานในส่วนของการเลือกข้อมูลในหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

เพื่อให้ง่ายในการทดลองและการตรวจสอบการทำงานของระบบจึงได้แบ่งการทดลองออกเป็น 6ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งการทดลองส่วนของบอร์ดวงจรควบคุม ส่วนที่สองการทดลองส่วนของชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ส่วนที่สามการทดลองส่วนของเซนเซอร์แสง ส่วนที่สี่การทดลองส่วนของจอแสดงผลและคีย์บอร์ด ส่วนที่ห้าการทดลองส่วนของอุปกรณ์รับน้ำหนัก และส่วนที่หกการทดลองส่วนของระบบขับเคลื่อนตามเส้นทางที่กำหนด

4.1 การทดลองส่วนของบอร์ดวงจรควบคุม

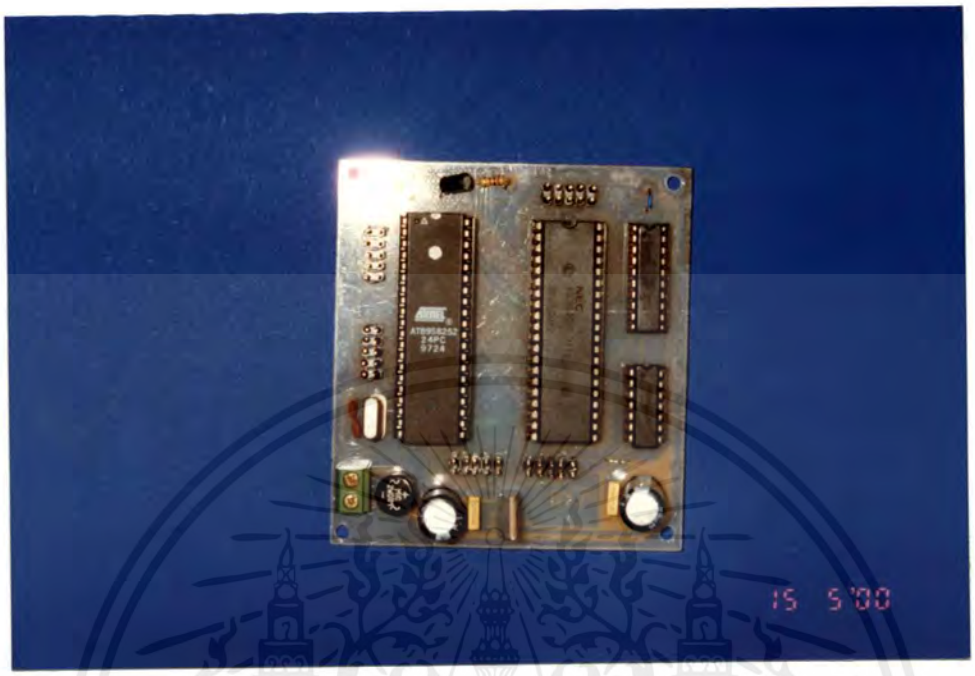
4.1.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบวงจรควบคุมลงในบอร์ด ตามรูปที่ 3.1
2. ตรวจสอบความเรียบร้อยของวงจร ป้อนแรงดันให้กับไอซีแต่ละตัว
3. ใช้โปรแกรมไฟวิ่ง เพื่อทดสอบการทำงานของวงจร โดยต่อ LED ออกที่พอร์ต P1 ของไอซี 89C51
4. ใช้โปรแกรมไฟวิ่ง เพื่อทดสอบการทำงานของวงจร โดยต่อ LED ออกที่พอร์ต A ของไอซี 8255

4.1.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองส่วนของบอร์ดวงจรควบคุม ได้ทำการทดลองเขียนโปรแกรมไฟวิ่งทดสอบวงจรควบคุมออกทางพอร์ต P1 ของไอซี 89C51 และพอร์ต A ของไอซี 8255 โดยการเขียนโปรแกรมสั่งให้พอร์ต P1 ส่งสัญญาณไปควบคุม LED และเขียนโปรแกรมใหม่โดยการเปลี่ยนจากพอร์ต P1 ของไอซี 89C51 เป็นพอร์ต A ของไอซี 8255 ออกมาแสดงผลซึ่งก็สามารถแสดงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 บอร์ดวงจรควบคุมที่สามารถทำงานได้

4.2 การทดลองส่วนของชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

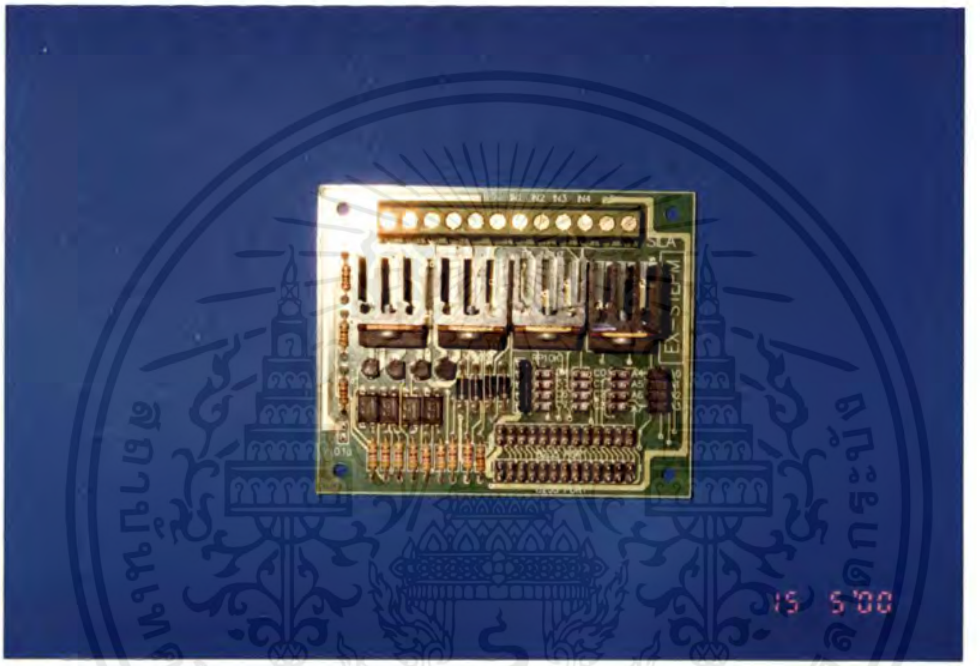
4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 3.9 แล้วนำชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ต่อเข้ากับวงจรควบคุมออกทางพอร์ต A ของ 8255
2. ต่อสเต็ปปิ้งมอเตอร์เข้ากับชุดขับสเต็ปปปิ้งมอเตอร์
3. ตรวจสอบความเรียบร้อยของวงจร และจ่ายไฟให้กับวงจร
4. เขียนโปรแกรมขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์
5. รันโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อทำการประกอบวงจรตรวจเช็คความเรียบร้อยเสร็จ แล้วทำการรันโปรแกรม ก็ทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุน และถ้าต้องการให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนเร็วขึ้นก็สามารถแก้ไขที่โปรแกรมได้



รูปที่ 4.2 ชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่สามารถทำงานได้

4.3 การทดลองส่วนของเซนเซอร์แสง

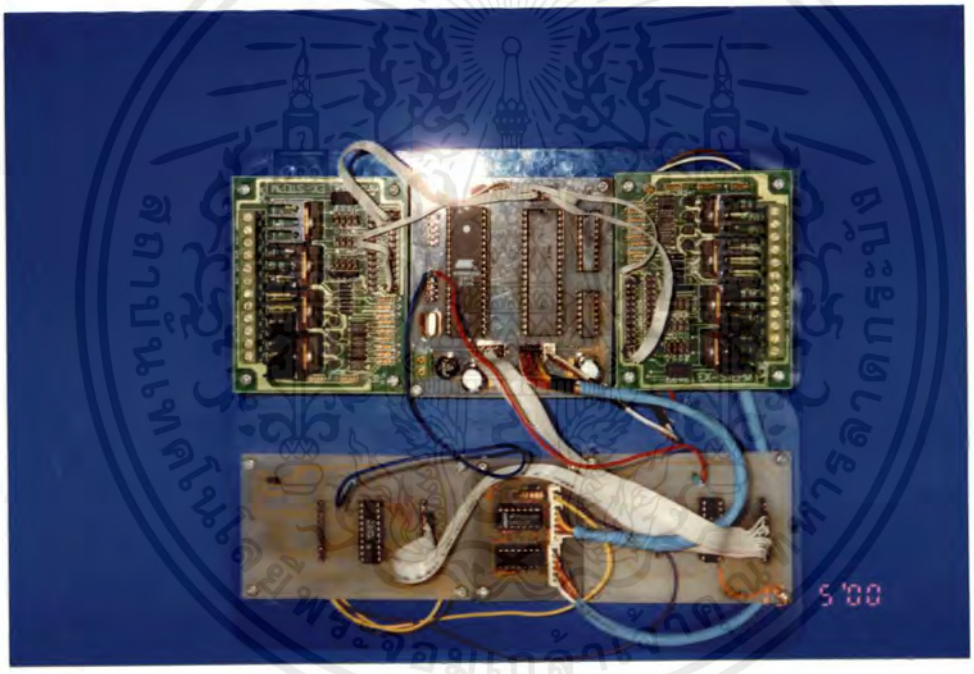
4.3.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ทำการติดตั้งตำแหน่งของเซนเซอร์แสงตามรูปที่ 3.8
2. ประกอบวงจร Differential Amplifier
3. ต่อสายเอาร์พุตของเซนเซอร์แสงเข้ากับวงจร Differential Amplifier
4. ตรวจสอบความเรียบร้อยของวงจร และจ่ายไฟให้กับวงจร
5. นำกระดาษสีดำมาทำการผ่านเซนเซอร์แสงแต่ละตัว และทำการวัดค่าเอาร์พุตที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อทำการประกอบวงจรตรวจเช็คความเรียบร้อย แล้วทำการจ่ายไฟ หลังจกนั้นนำกระดาษสีดำมาผ่านเซนเซอร์แสงแต่ละตัว ก็จะได้แรงดันเอาท์พุต ตามที่ต้องการ คือ ถ้าหากไม่ได้ผ่านแสงสีดำจะมีแรงดัน 5 โวลท์ แต่ถ้านำกระดาษสีดำมาผ่านเซนเซอร์แสงแรงดันก็จะลดลงเหลือ 0 โวลท์



รูปที่ 4.3 การทดลองเซนเซอร์แสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

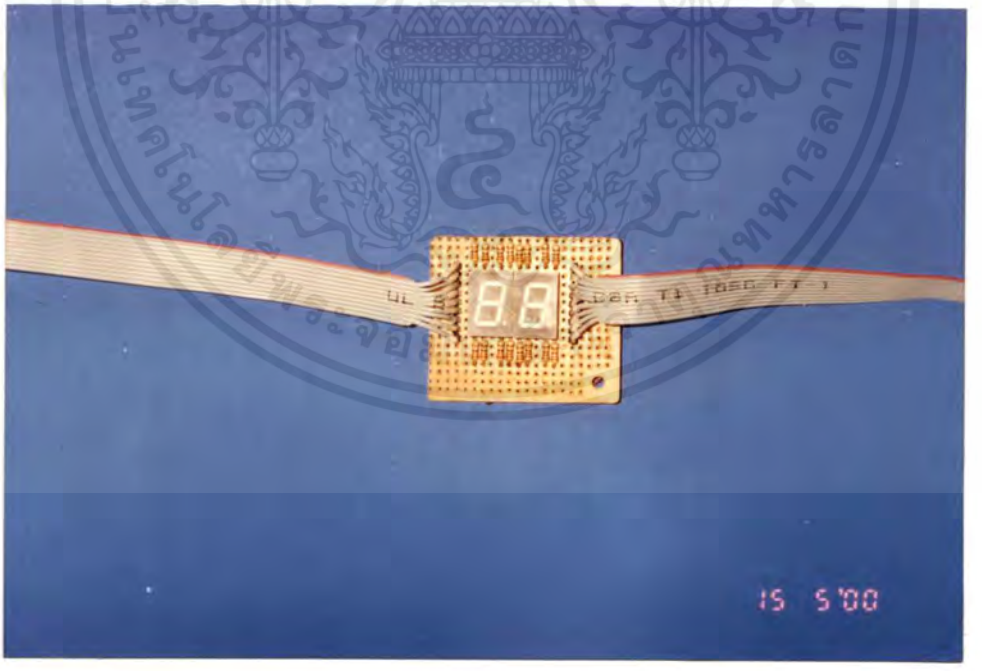
4.4 การทดลองส่วนของจอแสดงผลและคีย์บอร์ด

4.4.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อคีย์บอร์ดเข้ากับพอร์ตของ C ของไอซี 8255
2. ต่อจอแสดงผลเข้ากับพอร์ต P1 ของไอซี 89C51
3. ตรวจสอบความเรียบร้อยของวงจร และจ่ายไฟให้กับวงจร
4. เขียนโปรแกรมส่งข้อมูลจากคีย์บอร์ดเพื่อแสดงผลที่จอแสดงผล
5. รันโปรแกรม

4.2 ผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อทำการประกอบวงจรตรวจเช็คความเรียบร้อยเสร็จ แล้วรันโปรแกรม เมื่อเรากดคีย์บอร์ด ก็จะได้แสดงออกทางจอแสดงผล เป็นข้อมูลตามค่าที่ได้ป้อนเข้ามาทางคีย์บอร์ด จะแสดงเป็นเลขสองหลัก



รูปที่ 4.4 การทดลองส่วนของจอแสดงผลและคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลองส่วนของอุปกรณ์รับน้ำหนัก

4.5.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบชุดรับน้ำหนักเข้ากับตัวถังรถ ให้ครบทุกส่วน
2. ต่อชุดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์และสเต็ปปิ้งมอเตอร์เข้ากับตัวถังรถ
3. ตรวจสอบการต่ออุปกรณ์ต่างที่ต่อเข้ากับตัวถังรถให้มีความแข็งแรงในทุกๆ ส่วน
4. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์
5. กดสวิตช์เพื่อจ่ายไฟให้มอเตอร์ทำงาน
6. สังเกตดูการเคลื่อนที่ของรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์เมื่มีการเพิ่มน้ำหนักในการบรรทุก

4.5.2 ผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อเราประกอบส่วนต่างๆ เข้าเป็นที่เรียบร้อยแล้วจ่ายไฟให้กับวงจรควบคุมและสเต็ปปิ้งมอเตอร์ แล้วค่อยๆ เพิ่มน้ำหนักในการบรรทุก ผลที่ได้คือรถสามารถวิ่งได้จนน้ำหนักประมาณ 10 กิโลกรัม

รูปที่ 4.5 การทดลองส่วนของอุปกรณ์รับน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดลองส่วนของระบบขับเคลื่อนตามเส้นทางที่กำหนด

4.6.1 ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบส่วนต่างๆ เข้าเป็นรถต้นแบบที่สมบูรณ์ดังแสดงในรูปที่ 3.25
2. ตรวจสอบวงจรและการประกอบตัวถังรถให้แข็งแรง
3. สร้างเส้นทางที่ใช้ในการทดลอง
4. จ่ายไฟให้กับวงจรควบคุม , สเต็ปปิ้งมอเตอร์ และชุดเซนเซอร์แสง
5. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์
6. ป้อนค่าคำสั่งโดยการกดคีย์บอร์ดให้รถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์เคลื่อนที่ไปเป้าหมายที่ตั้งไว้
7. สังเกตการเคลื่อนที่ของรถว่าเป็นไปตามคำสั่งที่ป้อนเข้าไปหรือไม่

4.6.2 ผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อเราประกอบส่วนต่างๆ เรียบร้อยแล้วก็จ่ายไฟให้กับวงจรควบคุม , สเต็ปปิ้งมอเตอร์ และชุดเซนเซอร์แสง แล้วป้อนคำสั่งทางคีย์บอร์ด รถจะเคลื่อนที่ตามคำสั่งที่เราป้อนค่าเข้าไปทางคีย์บอร์ด

รูปที่ 4.6 การทดลองในส่วนของระบบขับเคลื่อนตามเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.1 สรุป

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอผลงานของ โครงรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ ซึ่งใช้งานในการขนส่งของเอนกประสงค์ที่ใช้ในสำนักงาน หรือที่ทำงานต่างๆ ที่ต้องการความสะดวกในการขนส่งเอกสาร ซึ่งในสำนักงานหรือที่ทำงานที่ต้องการใช้รถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ จำเป็นที่ต้องมีเส้นทางเพื่อให้รถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ใช้เป็นเส้นทางในการขนส่งเอกสารต่างๆ ซึ่งสามารถบังคับรถให้ส่งเอกสารไปยังเป้าหมายได้นั้น เราต้องป้อนฟังก์ชันการทำงานโดยการกดคีย์ป้อน ค่าทิศทางในการเดินของรถเข้าไป แล้วรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ก็จะทำงานตามคำสั่งที่ป้อนเข้าไป

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ปัญหา

จากการทดลอง รถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์ ซึ่งได้ทดลองต่ออุปกรณ์ที่ละส่วน แล้วนำมาประกอบเข้ากับตัวรถ ในการทดลองแต่ละส่วนนั้นสามารถสรุปปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการสร้างและการทดลองได้ดังนี้

1. ในการทดลอง ในส่วนของการสร้างโครงรถจะมีปัญหา ในส่วนการใช้อลูมิเนียมมาสร้างเป็นโครงรถจึงทำให้มีปัญหาในส่วนของการรับน้ำหนัก ซึ่งโครงรถที่ทำด้วยอลูมิเนียมไม่สามารถรับน้ำหนักของตัวรถ และน้ำหนักบรรทุกได้

แก้ไขโดยทำโครงรถขึ้นมาใหม่ โดยใช้โครงรถที่ทำจาก เหล็กซึ่งจะมีโครงสร้างในการรับหนักได้ดีกว่าอลูมิเนียม

2. ในการทดลองในส่วนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ เกิดปัญหาในส่วนของขนาดแรงบิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีขนาดไม่เพียงพอในการขับเคลื่อนตัวโครงรถเอง และส่วนของน้ำหนักในการบรรทุก

แก้ปัญหาโดยการจัดซื้อสเต็ปปิ้งมอเตอร์ใหม่ ซึ่งมีแรงบิดในการบรรทุกเพียงพอ

3. ในการทดลองในส่วนของเซนเซอร์แสง เกิดปัญหาคือสัญญาณที่ออกจาก เซนเซอร์แสงเพื่อมาควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ได้แรงดันที่สามารถไปควบคุมการทำงานของ ตัวคอนโทรลเลอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้ปัญหาโดยการต่อสัญญาณที่ออกจากเซนเซอร์แสงเข้ากับชุด Differential Amp ซึ่งจะได้สัญญาณที่สามารถควบคุม ตัวคอนโทรลเลอร์ได้

4. การทดลองในส่วนของระบบขับเคลื่อน เกิดปัญหาคือเมื่อเราใช้สายพานในการขับเคลื่อนล้อรถ เมื่อรถรับน้ำหนักในการบรรทุกมากๆ จะทำให้สายพานเกิดการฟรี

แก้ปัญหาโดยการใช้โซ่แทนสายพาน ทำให้ระบบขับเคลื่อนแข็งแรงขึ้น

5. ในการทดลองในส่วนของระยะการตรวจจับแถบเส้นทางของเซนเซอร์แสง เกิดปัญหาคือถ้าระยะการตรวจจับห่างเกินไปหรือใกล้เกินไปก็จะทำให้ แรงดันที่ออกไปควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ได้สัญญาณตามที่ต้องการ

แก้ไขปัญหาการปรับระยะการตรวจจับของเซนเซอร์ให้ได้แรงดันที่ไปคุมคอนโทรลเลอร์ที่ต้องการ

5.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหาและการพัฒนาโครงงาน

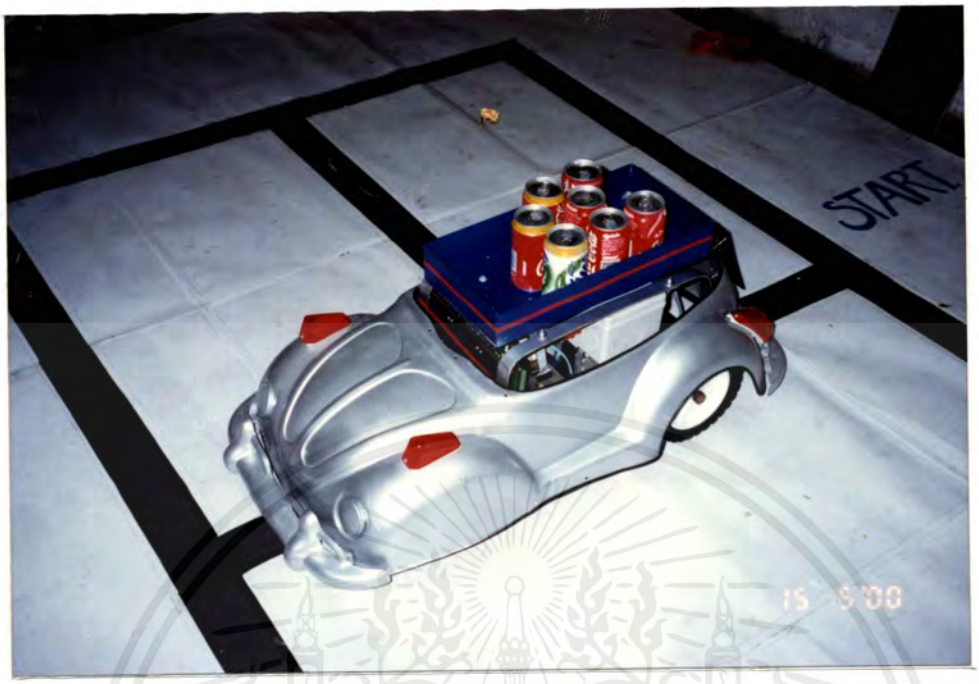
รถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์สามารถทำงานได้ตามขีดความสามารถในวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้แต่โครงงานนี้ยังสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานได้อีกคือ

1. สามารถปรับปรุงให้รับน้ำหนักเพิ่มได้
2. สามารถปรับปรุงความเร็วให้เพิ่มขึ้นได้

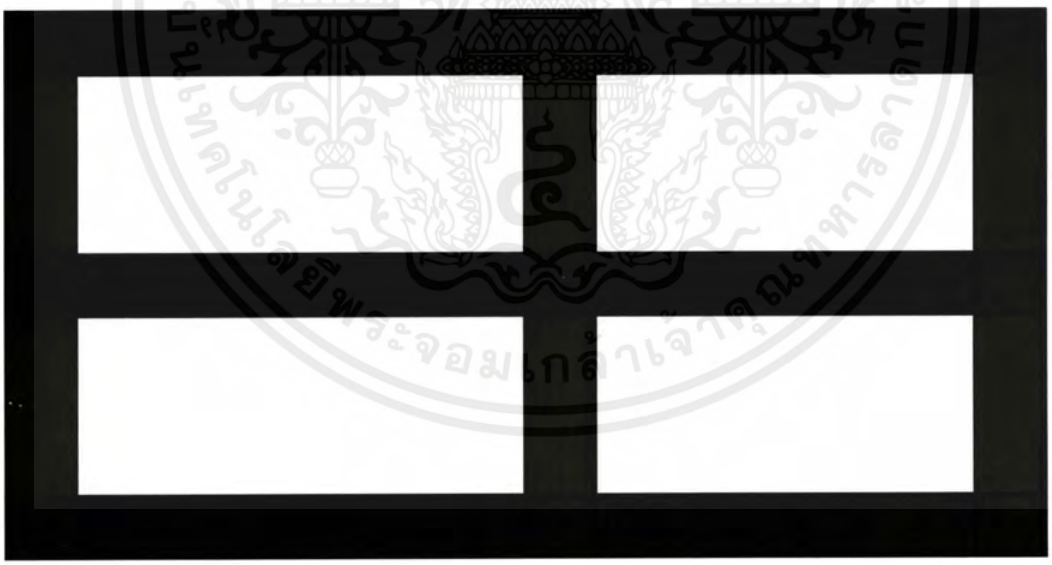
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
รูปต้นแบบรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 ต้นแบบรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์



รูปที่ ก.2 ลักษณะของเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
โปรแกรมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 โปรแกรมการทำงานของระบบ

```
        org    0000h
        nop
        nop
        lcall  delay_reset
        lcall  delay_reset
        lcall  delay_reset
        nop
        nop
        nop

;********************* Equate ***************
    porta  equ   00h
    portb  equ   01h
    portc  equ   02h
    contp  equ   03h
    disp   equ   7eh
  equ_sensor equ   70h
    ram    equ   30h
;***************** Control 8255 **************
        mov    dptr,#contp
        mov    a,#82h
        movx   @dptr,a

;********************* Main *****************
    main:  lcall  Show_start
        lcall  function
        mov    r0,#ram
  loop_main:  lcall  sensor2
        mov    r1,#di
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Mov    a,@r1
        cjne   a,#0eh,loop_main   ;check key clear
        sjmp   main

;**************** Delay 8255 reset **********
 delay_reset: push   0
        push   1
        mov    1,#0h
 del_reset1:  mov    0,#0h
        djnz   0,$
        djnz   1,del_reset1
        pop    1
        pop    0
        ret

;****************** Function *****************
   function:  push   acc
        acall  sw_func
        acall  save_func
        pop    acc
        ret

;************** check key FUN to function mode ********
   sw_func:   acall  scan
        acall  debugkey
        acall  display
        acall  Enable_l
        acall  Enable_r
        mov    r1,#disp
        mov    a,@r1
        cjne   a,#0bh,sw_func     ; 2ND
        ret
;************** check clear function or Run mode ********
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
save_func:  push   0
            push   5
            mov    r0,#ram
            mov    r3,#0h
            lcall  Show_follow
loop_save:  acall  scan
            acall  debugkey
            mov    r1,#disp
            mov    a,@r1
func1:      cjne   a,#04h,func2    ;left = 04h
            mov    r5,a
            acall  Show_left
func2:      cjne   a,#01h,func3    ;follow = 01h
            mov    r5,a
            acall  Show_follow
func3:      cjne   a,#05h,func4    ;stop = 05h
            mov    r5,a
            acall  Show_stop
func4:      cjne   a,#09h,func5    ;return = 09h
            mov    r5,a
            acall  Show_return
func5:      cjne   a,#06h,chk_clr  ;right = 06h
            mov    r5,a
            acall  Show_right
chk_clr:    cjne   a,#0ch,chk_ent  ;clear function
            lcall  Show_return
            sjmp   loop_save
chk_ent:    cjne   a,#0fh,chk_run  ;Enter
            inc    r3
            mov    a,r3
            da     a
            anl    a,#00001111b
            mov    disp,a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            lcall   display
            lcall   Enable_r
            mov     a,r3
            da      a
            swap    a
            anl     a,#00001111b
            mov     disp,a
            lcall   display
            lcall   Enable_l
            mov     a,r5
            mov     @r0,a
            inc     r0
            sjmp    loop_save
      chk_run: cjne   a,#0dh,loop_save  ;Run
            lcall   Show_right
            pop     5
            pop     0
            ret
;***************** Delay Scan ****************
   delay_scan: push   0
            push    1
            push    acc
            mov     1,#5h
   del_scan1:   mov    2,#0h
            djnz    2,$
            djnz    1,del_scan1
            pop     acc
            pop     1
            pop     0
            ret
;*********** Display *****************
      display:  push   1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        push   2
        push   acc
        mov    r1,#disp
        mov    a,@r1
        mov    dptr,#tab_disp
        movc   a,@a+dptr
        mov    dptr,#portc
        movx   @dptr,a
        pop    acc
        pop    2
        pop    1
        ret
display2:  push   1
        push   2
        push   acc
        mov    a,r4
        mov    dptr,#tab_show
        movc   a,@a+dptr
        mov    dptr,#portc
        movx   @dptr,a
        pop    acc
        pop    2
        pop    1
        ret

tab_disp:  db     00111111b   ;0
        db     00000110b   ;1
        db     01011011b   ;2
        db     01001111b   ;3
        db     01100110b   ;4
        db     01101101b   ;5
        db     01111101b   ;6
        db     00100111b   ;7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        db    01111111b     ;8
        db    01100111b     ;9
        db    01110111b     ;A
        db    01111100b     ;b
        db    00111001b     ;C
        db    01011110b     ;d
        db    01111001b     ;E
        db    01110001b     ;F

tab_show: db    01100011b     ; Follow
        db    01011100b     ; Return
        db    00111111b     ; Left
        db    00111111b     ; Right
        db    10000000b     ; Stop
        db    00000000b     ; Not show
        db    01001001b     ; Follow2
        db    00110110b     ; Follow3

;************* Enable Segment ****************

Enable_l:   setb   p3.0
        clr    p3.0
        ret
Enable_r:   setb   p3.1
        clr    p3.1
        ret
;************* Show Readdy ******************
Show_start:   mov    a,#0h
        mov    disp,a
        lcall  display
        lcall  Enable_r
        lcall  Enable_l
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ret
Show_follow:    mov     r4,#0h
                lcall   display2
                lcall   Enable_r
                lcall   Enable_l
                ret
Show_follow2:   mov     r4,#6h
                lcall   display2
                lcall   Enable_r
                lcall   Enable_l
                ret
Show_follow3:   mov     r4,#7h
                lcall   display2
                lcall   Enable_r
                lcall   Enable_l
                ret
Show_return:    mov     r4,#1h
                lcall   display2
                lcall   Enable_r
                lcall   Enable_l
                ret
 Show_left:     mov     r4,#4h
                lcall   display2
                lcall   Enable_r
                mov     r4,#2h
                lcall   display2
                lcall   Enable_l
                ret
 Show_right:    mov     r4,#3h
                lcall   display2
                lcall   Enable_r
                mov     r4,#4h
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            lcall   display2
            lcall   Enable_l
            ret
Show_non:   mov     r4,#0h
            lcall   display2
            lcall   Enable_r
            lcall   Enable_l
            ret
Show_stop:  mov     r4,#5h
            lcall   display2
            lcall   Enable_r
            lcall   Enable_l
            ret
;******************** Scan Keyboard **********
;           0  1  2  3
;           4  5  6  7
;           8  9  A  B
;           C  D  E  F

      scan: push    2
            push    3
            push    4
            push    5
            push    6
            push    7
 loop_mon1: mov     r5,#0h
            mov     r6,#0feh
            mov     r7,#04h
       key: mov     a,r6
            mov     p1,a
            rl      a
            mov     r6,a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mov   a,p1
        anl   a,#0f0h
        cjne  a,#0f0h,key1
        inc   r5
        djnz  r7,key
        sjmp  otscan
key1:   mov   r4,#0h
        jnb   acc.4,key2
        mov   r4,#1h
        jnb   acc.5,key2
        mov   r4,#2h
        jnb   acc.6,key2
        mov   r4,#3h
        jnb   acc.7,key2
key2:   mov   a,5
        mov   b,#4
        mul   ab
        add   a,4
        mov   disp,a
        lcall delay_scan
otscan: pop   7
        pop   6
        pop   5
        pop   4
        pop   3
        pop   2
        ret
debugkey: push  acc
key3:   mov   a,p1
        anl   a,#0f0h
        cjne  a,#0f0h,key3
        pop   acc
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Ret
    ;*************** Step Motor **************

       Follow:   push   3
                 push   1
                 push   2
                 push   acc
                 lcall  delay_scan
   start_step_f:   mov    r2,#4h
                 mov    r1,#0h
                 mov    r3,#0h
    loop_step_f:   mov    a,r1
                 mov    dptr,#table_front
                 movc   a,@a+dptr
                 mov    dptr,#porta    ;output
                 movx   @dptr,a
                 lcall  Show_follow
                 mov    dptr,#portb
                 movx   a,@dptr
                 anl    a,#00111111b
                 cjne   a,#00011101b,ex_follow1  ; degree left
                 sjmp   exit_turn_f
     ex_follow1:   cjne   a,#00011011b,ex_follow5  ; degree right
                 sjmp   exit_turn_f
     ex_follow2:   cjne   a,#00001111b,ex_follow3  ; select ram ,back left
                 sjmp   exit_turn_f
     ex_follow3:   cjne   a,#00010111b,ex_follow5  ; select ram ,back  right
                 sjmp   exit_turn_f
     ex_follow4:   cjne   a,#00011100b,ex_follow5  ; select ram
                 sjmp   exit_turn_f
     ex_follow5:   cjne   a,#00011010b,ex_follow7  ; return
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            sjmp    exit_turn_2f
 ex_follow2_1:  cjne    a,#00001111b,continous_2F   ; degree right
            sjmp    exit_turn_2f
continous_2F:   lcall   delay_motor
            inc     r1
            djnz    r2,loop_step_2f
 exit_turn_2f:  pop     acc
            pop     2
            pop     1
            pop     3
            ret
    Follow3:    push    3
            Push    1
            Push    2
            Push    acc
            Lcall   delay_scan
start_step_3f:  mov     r2,#4h
            mov     r1,#0h
            mov     r3,#0h
 loop_step_3f:  mov     a,r1
            mov     dptr,#table_front
            movc    a,@a+dptr
            mov     dptr,#porta     ;output
            movx    @dptr,a
            lcall   Show_follow3
            mov     dptr,#portb
            movx    a,@dptr
            anl     a,#00111111b
            cjne    a,#00010110b,ex_follow3_1   ; degree left
            sjmp    exit_turn_3f
  ex_follow3_1:  cjne    a,#00001110b,continous_3F  ; to degree right
            sjmp    exit_turn_3f
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
continous_3F:   lcall   delay_motor
                inc     r1
                djnz    r2,loop_step_3f
    exit_turn_3f:  pop     acc
                pop     2
                pop     1
                pop     3
                ret
        Return:   push   3
                Push    1
                Push    2
                Push    acc
                Lcall   delay_scan
    start_step_b:  mov     2,#4h
                mov     1,#0h
                mov     3,#0h
    loop_step_b:   mov     a,1
                mov     dptr,#table_back
                movc    a,@a+dptr
                mov     dptr,#porta     ;output
                movx    @dptr,a
                lcall   Show_return
                mov     dptr,#portb
                movx    a,@dptr
                anl     a,#00111111b
                cjne    a,#00100110b,continous_B
                sjmp    exit_turn_b
    continous_B:    call   delay_motor
                inc     1
                djnz    2,loop_step_b
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            mov    r3,#0h
loop_step_tf:  mov    a,r1
            mov    dptr,#table_front
            movc   a,@a+dptr
            mov    dptr,#porta    ;output
            movx   @dptr,a
            lcall  Show_follow
continous_tF:   lcall  delay_motor
            inc    r1
            djnz   r2,loop_step_tf
exit_turn_tf:   pop    acc
            pop    2
            pop    1
            pop    3
            ret
   table_back:   db    93h,0c6h,6ch,39h
   table_front:  db    39h,6ch,0c6h,93h
   table_right:  db    99h,0cch,66h,33h
   table_left:   db    33h,66h,0cch,99h
   table_left2:  db    19h,01ch,06h,13h
   table_right2: db    31h,61h,0c1h,91h
   table_right3: db    91h,0c1h,61h,31h   ; back left
   table_left3:  db    13h,16h,1ch,19h    ; back right
   table_stop:   db    11h,11h,11h,11h

;************************************************
   chk_help: lcall  scan
            lcall  debugkey
            mov    r1,#disp
            mov    a,@r1
            ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lcall  delay_scan
    start_step_l:  mov   2,#4h
                   mov   1,#0h
                   mov   3,#0h
    loop_step_l:   mov   a,1
                   mov   dptr,#table_left3
                   movc  a,@a+dptr
                   mov   dptr,#porta   ;output
                   movx  @dptr,a
                   lcall Show_left
    continous_l:   lcall delay_motor
                   inc   1
                   djnz  2,loop_step_l
    exit_turn_l:   pop   acc
                   pop   2
                   pop   1
                   pop   3
                   ret
         stop:     push  3
                   push  1
                   push  2
                   push  acc
                   lcall delay_scan
    start_step_s:  mov   2,#4h
                   mov   1,#0h
                   mov   3,#0h
    loop_step_s:   mov   a,1
                   mov   dptr,#table_stop
                   movc  a,@a+dptr
                   mov   dptr,#porta   ;output
                   movx  @dptr,a
                   lcall chk_help
                   cjne  a,#0eh,con_s
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            sjmp   exit_turn_s
    con_s:  lcall  Show_stop
            mov    dptr,#portb
            movx   a,@dptr
            anl    a,#00111111b
            cjne   a,#00111110b,continous_s
            sjmp   exit_turn_s
continous_S:  call  delay_motor
            inc    1
            djnz   2,loop_step_s
 exit_turn_s:  pop   acc
            pop    2
            pop    1
            pop    3
            ret
   to_right:  push  3
            push   1
            push   2
            push   acc
start_step_tr:  mov   2,#4h
            mov    1,#0h
            mov    3,#0h
 loop_step_tr:  mov   a,1
            mov    dptr,#table_right
            movc   a,@a+dptr
            mov    dptr,#porta    ;output
            movx   @dptr,a
            lcall  Show_right
 continous_tR:  lcall  delay_motor
            inc    1
            djnz   2,loop_step_tr
 exit_turn_tr:  pop   acc
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            pop   2
            pop   1
            pop   3
            ret

   to_left:  push  3
            push  1
            push  2
            push  acc
start_step_tl:  mov   2,#4h
            mov   1,#0h
            mov   3,#0h
loop_step_tl:   mov   a,1
            mov   dptr,#table_left
            movc  a,@a+dptr
            mov   dptr,#porta   ;output
            movx  @dptr,a
            lcall  Show_left
continous_tl:   lcall  delay_motor
            inc   1
            djnz  2,loop_step_tl
exit_turn_tl:   pop   acc
            pop   2
            pop   1
            pop   3
            ret
  to_Follow:  push  3
            push  1
            push  2
            push  acc
start_step_tf:   mov   r2,#4h
            mov   r1,#0h
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
exit_turn_b:   pop    acc
               pop    2
               pop    1
               pop    3
               ret

        Right:  push   3
               push   1
               push   2
               push   acc
               lcall  delay_scan
    start_step_r:   mov    2,#4h
               mov    1,#0h
               mov    3,#0h
     loop_step_r:  mov    a,1
               mov    dptr,#table_right3
               movc   a,@a+dptr
               mov    dptr,#porta    ;output
               movx   @dptr,a
               lcall  Show_right
     continous_R:  lcall  delay_motor
               inc    1
               djnz   2,loop_step_r
     exit_turn_r:  pop    acc
               pop    2
               pop    1
               pop    3
               ret
         Left:  push   3
               push   1
               push   2
               push   acc
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;**************** Delay Stepping Moter (Speed)************
delay_motor:   push   1
               push   2
               push   3
               mov    3,#08h   ;5 = medium ,3 =fast , 8 =slow
delay_motor1:  mov    2,#0dh   ;d = medium ,5 =fast
delay_motor2:  mov    1,#0h    ;0
               djnz   1,$
               djnz   2,delay_motor2
               djnz   3,delay_motor1
               pop    3
               pop    2
               pop    1
               ret

;*************************************************************

   sensor2:    mov    dptr,#portb
               movx   a,@dptr
               mov    r5,a
               anl    a,#00111111b
               cjne   a,#00011101b,jmp_right      ;00011101
               lcall  delay_stop
               lcall  loop_turn_left
               sjmp   exit_sensor2
   jmp_right:  cjne   a,#00011011b,jmp_follow5    ;00001011
               lcall  delay_stop
               lcall  loop_turn_right
               sjmp   exit_sensor2
   jmp_follow1: cjne  a,#00001111b,jmp_follow2    ;00001111
               lcall  delay_stop
            ;  lcall  turn_left
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            lcall   back_left
            lcall   back_left
        ;   lcall   back_left
        ;   lcall   back_left
            sjmp    exit_sensor2
jmp_follow2: cjne   a,#00010111b,jmp_follow5    ;00010111
            lcall   delay_stop
        ;   lcall   turn_right
            lcall   back_right
            lcall   back_right
        ;   lcall   back_right
        ;   lcall   back_right
            sjmp    exit_sensor2
jmp_follow5: cjne   a,#00011100b,jmp_follow6
            lcall   delay_stop
            lcall   select_ram
            sjmp    exit_sensor2
jmp_follow6: cjne   a,#00011010b,jmp_follow7
            lcall   delay_stop
            lcall   select_ram
            sjmp    exit_sensor2
jmp_follow7: cjne   a,#00011000b,jmp_exit_sensor
            lcall   delay_stop
            lcall   select_ram
jmp_exit_sensor: lcall  Follow
 exit_sensor2: ret
;***********************************************
loop_turn_left: mov    dptr,#portb
            movx    a,@dptr
            anl     a,#00111111b
            cjne    a,#00010111b,jmp_l
            lcall   degree_left
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sjmp    ex_loop_l
        jmp_l:   lcall   Follow2
                 sjmp    loop_turn_left
        ex_loop_l: ret

    loop_turn_right: mov    dptr,#portb
                 movx    a,@dptr
                 anl     a,#00111111b
                 cjne    a,#00001111b,jmp_r
                 lcall   degree_right
                 sjmp    ex_loop_r
        jmp_r:   lcall   Follow2
                 sjmp    loop_turn_right
        ex_loop_r: ret

    to_return_stop: lcall   Return
                 mov     dptr,#portb
                 movx    a,@dptr
                 anl     a,#00111111b
                 cjne    a,#00000110b,to_return_stop
                 lcall   Stop
                 ret

    ;********************* Turn Motor ******************
      degree_left: lcall   turn_Follow
                 lcall   turn_Follow
                 lcall   turn_left
                 lcall   turn_left
                 lcall   turn_left
                 ret
      degree_right: lcall   turn_Follow
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lcall  turn_Follow
                lcall  turn_right
                lcall  turn_right
                lcall  turn_right
                ret

     turn_follow:   push   7
                push   6
      tu_Fol_2:    mov    r6,#0dh
      tu_Fol_1:    lcall  to_Follow
                djnz   r6,tu_Fol_1
                pop    6
                pop    7
                ret

     turn_right:    push   7
                push   6
       tu_Rig_2:    mov    r6,#0eh   ; 0eh
       tu_Rig_1:    lcall  to_right
                djnz   r6,tu_Rig_1
                pop    6
                pop    7
                ret

      turn_left:    push   7
                push   6
       tu_left_2:   mov    r6,#0eh    ;0eh
       tu_left_1:   lcall  to_left
                djnz   r6,tu_left_1
                pop    6
                pop    7
                ret

      back_left:    push   7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
push   6
      bk_left_2:   mov    r6,#0eh
      bk_left_1:   lcall  Left
                   djnz   r6,bk_left_1
                   pop    6
                   pop    7
                   ret
     back_right:   push   7
                   push   6
      bk_right_2:  mov    r6,#0eh
      bk_right_1:  lcall  Right
                   djnz   r6,bk_right_1
                   pop    6
                   pop    7
                   ret

    ;*************** Select RAM ********************
    select_ram:  ;  mov    r0,#ram      ;! to save before in this loop
                   mov    a,@r0
                   cjne   a,#04h,go_turn_r
    loop_go_l:     mov    dptr,#portb
                   movx   a,@dptr
                   mov    r5,a
                   anl    a,#00111111b
                   cjne   a,#00010110b,exit_to_follow
                   lcall  delay_stop
                   lcall  degree_left
                   sjmp   go_exit
  exit_to_follow:  lcall  Follow3
                   sjmp   loop_go_l
     go_turn_r:    cjne   a,#06h,go_turn_l
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
loop_go_r:    mov    dptr,#portb
              movx   a,@dptr
              mov    r5,a
              anl    a,#00111111b
              cjne   a,#00001110b,exit_to_follow2
              lcall  delay_stop
              lcall  degree_right
              sjmp   go_exit
  exit_to_follow2:  lcall  Follow3
              sjmp   loop_go_r

     go_turn_l:   cjne   a,#01h,go_turn_f
              lcall  Follow3
      go_exit:    inc    r0
              sjmp   to_ret
     go_turn_f:   lcall  Follow3
              sjmp   select_ram
       to_ret:    ret
      delay_stop: push   3
              push   4
              lcall  Show_start
              mov    3,#0fh    ; #0eh
      del_stop2:  mov    4,#0dh
      del_stop1:  lcall  delay_scan
              djnz   4,del_stop1
              djnz   3,del_stop2
              pop    4
              pop    3
              ret
              end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
คู่มือการใช้งานรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. 1การใช้งานรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์

Genneral Purpose Electric Car

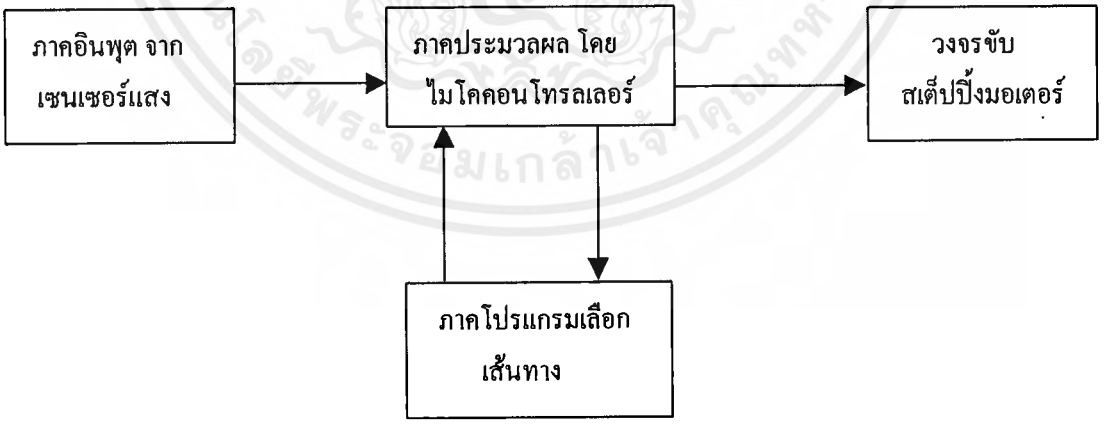
1.) โครงสร้างทางกล ประกอบด้วย

1. สเต็ปปิ้งมอเตอร์
2. ชุดเฟืองทด ½ รอบ
3. โซ่
4. ล้อ
5. โครงรถ

2.) โครงสร้างด้าน ฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 51
2. ชุดขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์
3. จอแสดงผล เจ็ดส่วน
4. คีย์บอร์ดเมทริกซ์ขนาด 4x4
5. เซนเซอร์อินฟาเรด

3.) โครงสร้างการทำงานของรถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์

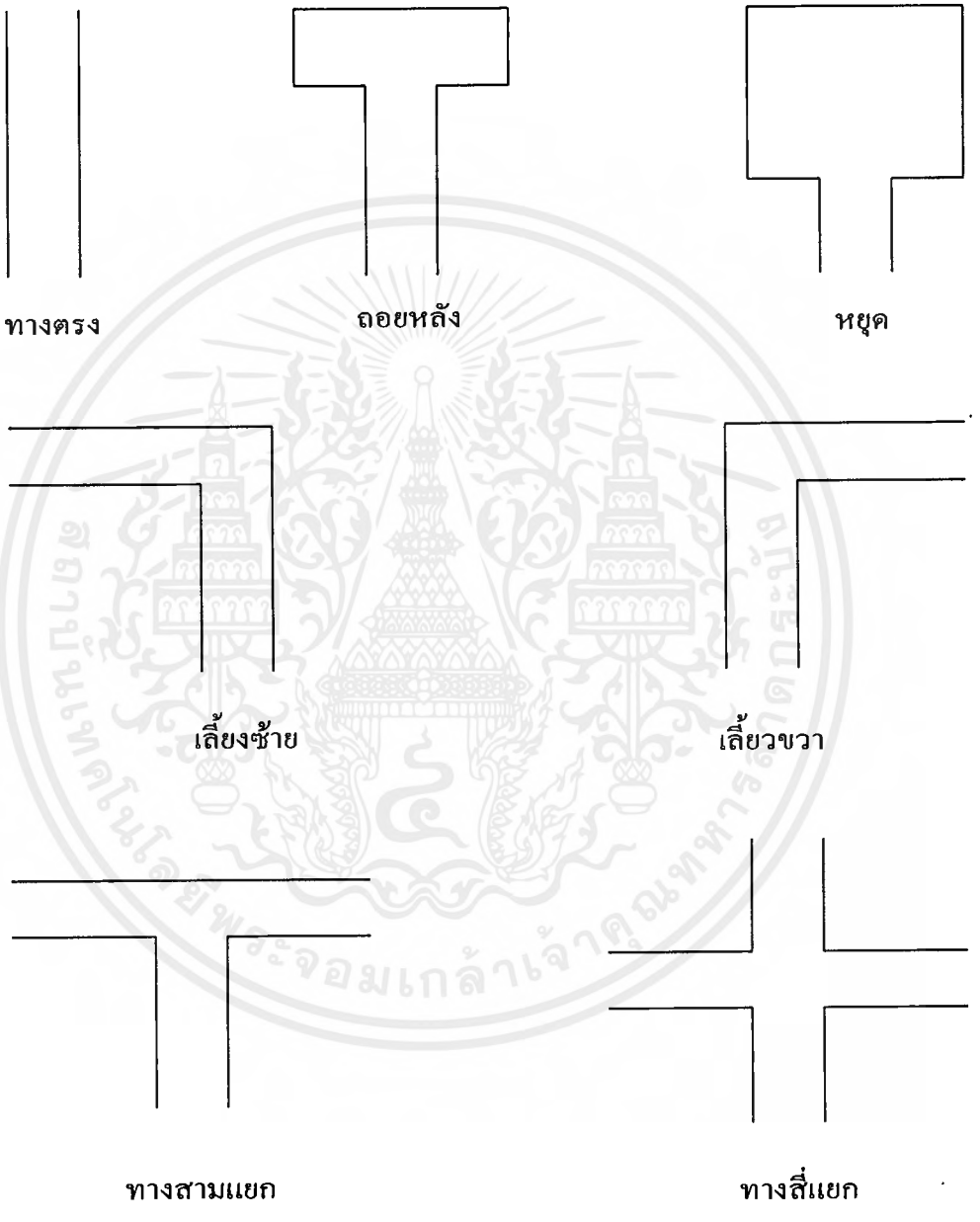


รูปที่ ค.1 โครงสร้างการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.) ลักษณะของเส้นทาง

ลักษณะของเส้นทางที่รถขนส่งไฟฟ้าเอนกประสงค์สามารถวิ่งได้จะมีอยู่ด้วยกัน 7 ลักษณะเส้นทาง ซึ่งลักษณะเส้นทางจะเป็นเส้นสีดำ มีความกวาง 8 เซนติเมตร ดังแสดงในรูป

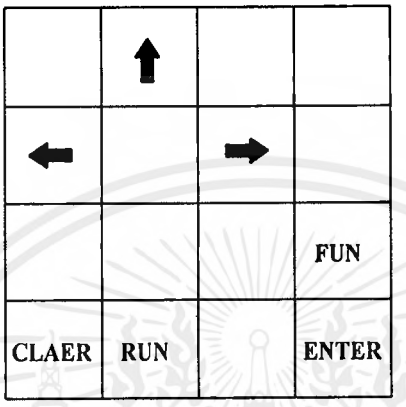


รูปที่ ค.2 ลักษณะของเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.) ลักษณะของปุ่มต่างๆ บนคีย์บอร์ด

ปุ่มต่างๆ บนคีย์บอร์ดมีอยู่ด้วยกัน 7 ปุ่มด้วยกัน ได้แก่ ปุ่มเดินหน้า , เลี้ยวซ้าย , เลี้ยวขวา , การเลือกฟังก์ชัน , การรับข้อมูลจากฟังก์ชัน และปุ่มการเริ่มทำงานดังแสดงในรูปที่ ค.3



รูปที่ ค.3 แสดงปุ่มต่างๆ บนคีย์บอร์ด

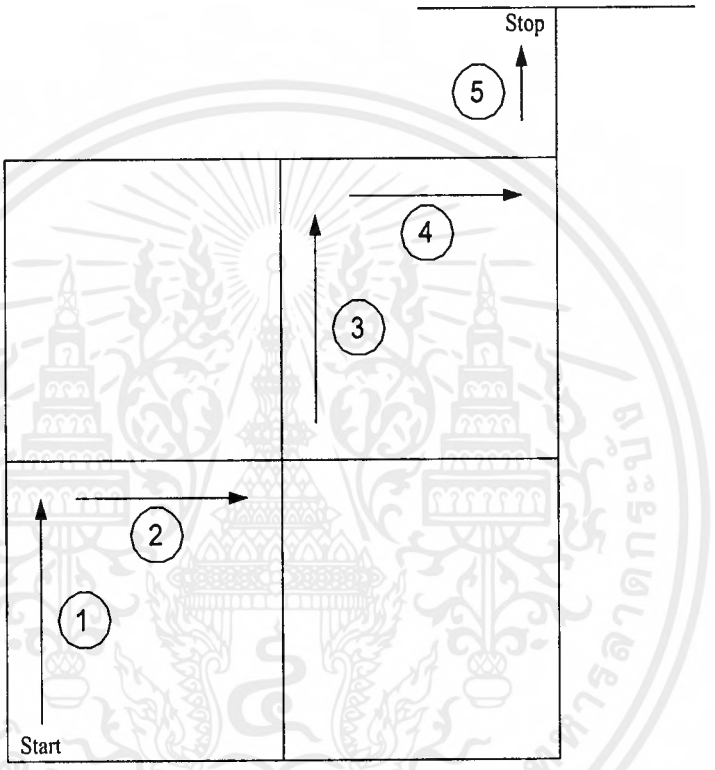
รูปที่ ค.4 แสดงการทำงานของปุ่มต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.) การป้อนคำสั่งให้รถวิ่ง

ในการป้อนคำสั่งให้รถวิ่งได้นั้นเราจะต้องทราบความต้องการที่จะให้รถเลี้ยวไปทางใดบ้าง และนำมาทำการป้อนโปรแกรมตามทิศทางที่ต้องการ

ตัวอย่างเส้นทางที่ต้องการป้อนคำสั่งดังรูปที่ ค.5



รูปที่ ค.5 ลักษณะของเส้นทาง

ลำดับขั้นการป้อนคำสั่ง

1. เปิด SW.Control
2. กด

3. กด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกด

4. กด

และกด

5. กด

และกด

6. กด

และกด

7. กด

และกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. กด

เพื่อเริ่มการทำงาน

9. กด SW.Dive รถจะเริ่มวิ่งตามเส้น

7.) ข้อควรระวัง

1. ตรวจสอบสวิตช์ว่าเปิดอยู่หรือไม่
2. ตรวจสอบแบตเตอรี่ว่ามีไฟถึง 6 โวลท์หรือไม่
3. ตรวจสอบการวางตำแหน่งรถว่าอยู่ในเส้นหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. รศ.สมยศ จุณณะปิยะ การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS – 51
2. สุนทร วิทูสุรพจน์ การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล 8051
3. มงคล ทองสงคราม เครื่องกลไฟฟ้าดีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นาย ณัฏฐวี ศิริภัทรนุกูล
วันเดือนปีเกิด	9 ตุลาคม 2520
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลฝาง
ภูมิลำเนาเดิม	จังหวัดเชียงใหม่
ที่อยู่ปัจจุบัน	424 หมู่.4 ตำบลแม่สูน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ 50110
โทรศัพท์	02- 8091571
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนรัตนานุสรณ์
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนรังษีวิทยา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคลำพูน
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิยาเขตภาคพายัพ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
คติพจน์	จงก้าวไปสู่ฝันเพื่อจรัสแสงแห่งวันพรุ่งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นาย วชิระ อินทเกื้อ
วันเดือนปีเกิด	20 สิงหาคม 2520
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลพุนพิน
ภูมิลำเนาเดิม	จังหวัดสุราษฎร์ธานี
ที่อยู่ปัจจุบัน	84/1 หมู่. 6 ตำบลท่าเคย อำเภอท่าฉาง
	จ. สุราษฎร์ธานี 84150
โทรศัพท์	01-4767370
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านคลองลำใน
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนท่าฉางวิทยาคาร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทยอนุสรณ์
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
	ลาดกระบัง
คติพจน์	จงไข่วคว้าหาความสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นาย วิศรุต ศิริมา
วันเดือนปีเกิด	3 พฤษภาคม 2517
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลสุรินทร์
ภูมิลำเนาเดิม	จังหวัดสุรินทร์
ที่อยู่ปัจจุบัน	40/2814 ประชานิเวนศ์ 3 ตำบลท่าทราย
	อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
โทรศัพท์	02-5897878

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนประชานิเวศน์
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	เซนต์จอห์นโปลีเทคนิค
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
	ลาดกระบัง
คติพจน์	ของมีค่าต้องได้มายากเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้