

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องรับซื้อกระป๋องอัตโนมัติ

AUTOMATIC CAN PURCHASING MACHINE



T104115



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 104115
วัน,เดือน,ปี 30 ต.ค. 2552

b. 12402628
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC CAN PURCHASING MACHINE



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULLFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท เครื่องรับซื้อกระป๋องอัตโนมัติ

AUTOMATIC CAN PURCHASING MACHINE

นักศึกษาผู้จัดทำ นายธนศ เพชรน้ำทอง รหัสนักศึกษา 49015371
นายวินัย สีคง รหัสนักศึกษา 49015391
นายศักดิ์นาค วาจแก้วสุทธิ์ รหัสนักศึกษา 49015392
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2551

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท	ลายมือชื่อ
อาจารย์นรินทร์ ธรรมรักษ์วัฒนะ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เครื่องรับซื้อกระป๋องอัตโนมัติ		
	AUTOMATIC CAN PURCHASING MACHINE		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายธเนศ	เพชรน้ำทอง	รหัสนักศึกษา 49015371
	นายวินัย	สีคง	รหัสนักศึกษา 49015391
	นายศักดินาค	วาทวีศุทธิ์	รหัสนักศึกษา 49015392
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์นรินทร์	ธรรมารักษ์วัฒนะ	
ปีการศึกษา	2551		

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการออกแบบเครื่องรับซื้อกระป๋องอัตโนมัติ มีการบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมโดยใช้ Microcontroller MCS-51 ในการควบคุมการทำงาน Hardware เมื่อมีการบีบอัดเสร็จแล้วมีการคำนวณราคาต่อหน่วยของจำนวนกระป๋องที่ทำการจ่ายเงินให้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมก็เพื่อสร้างแรงจูงใจให้นักศึกษามีจิตสำนึกในการทิ้งขยะให้เป็นทางและช่วยลดมลภาวะขยะลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automatic Can Purchasing Machine	
Authors	Mr.Tanej	Pethnumtong
	Mr.Winai	Seekong
	Mr. Sakdinak	Wajvisut
Thesis Advisor	Mr.Narin	Thummarukwattana
Year	2008	

ABSTRACT

This project presents the implementation of an automatic aluminum can purchasing machine. It uses a MSC-51 microcontroller as the central processor for hardware control. The machine can compress the received can for reduce space of the storage. After the machine compresses a can successfully, it calculates the purchasing price and gives the money to the can seller. The project author's hope that the automatic machine for purchasing of aluminum can presented in this project will be a guideline to convince human being to keep their garbage on the specified places for environmental safe and reducing the pollution.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตตาจาก อาจารย์นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒนะ ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุก ๆ ท่าน ที่ให้ข้อเสนอแนะตลอดจน คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

และที่ลืมเสียไม่ได้คือขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา อันเป็นที่รักยิ่งที่ท่านได้สนับสนุน และเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญภาพ.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	3
2.1.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	3
2.1.2 วงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	4
2.1.2.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	6
2.1.2.2 การจัดตำแหน่งของขาไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	6
2.1.2.3 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต.....	9
2.1.2.4 การทำงานของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต.....	9
2.1.2.5 คำสั่งในการใช้งานของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต.....	10
2.1.2.6 การจัดการหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	11
2.1.2.7 หน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	11
2.1.2.8 หน่วยความจำโปรแกรม (Program memory).....	11
2.1.2.9 หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก.....	12
2.1.2.10 หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory).....	12
2.1.2.11 หน่วยความจำข้อมูลภายใน.....	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.2.12 หน่วยความจำรีจิสเตอร์.....	13
2.1.2.13 สัญญาณนาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	13
2.1.2.14 วงจรสัญญาณนาฬิกา.....	13
2.1.2.15 รูปแบบของสัญญาณนาฬิกา MCS-51.....	13
2.1.2.16 คาบเวลาในการทำงานของคำสั่ง.....	14
2.2 พอร์ตอนุกรม RS-232.....	14
2.2.1 รับสัญญาณ.....	14
2.2.2 ส่งสัญญาณ.....	14
2.2.3 มาตรฐานของ RS-232.....	15
2.2.3.1 อุปกรณ์เชื่อมต่อของ RS-232.....	15
2.2.3.2 ขาสัญญาณต่างๆ ของอุปกรณ์เชื่อมต่อแบบ DB-9.....	15
2.3 รีเลย์ (Relay).....	16
2.3.1 ส่วนประกอบของรีเลย์.....	17
2.4 เครื่องจ่ายเหรียญ (Hopper).....	18
2.4.1 ข้อมูลพื้นฐานของเครื่องจ่ายเหรียญ.....	18
2.4.2 การคำนวณค่า CHECK SUM และการเขียน Command สั่งจ่ายเหรียญ.....	19
2.5 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ.....	20
2.5.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ.....	20
2.5.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ.....	21
2.5.2.1 สเตเตอร์หรือตัวอยู่กับที่ (Stator).....	21
2.5.2.2 โรเตอร์หรือตัวหมุน (Rotor).....	21
2.5.2.3 ฝาครอบ (End Plate).....	22
2.5.2.4 ฝาครอบใบพัด (Fan End Plate).....	22
2.5.2.5 สลักเกลียว (Bolt).....	23
2.6 การศึกษาด้านระบบส่งกำลัง.....	23
2.7 เซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับ.....	26
2.7.1 พร็อกซิมีตีชนิดเหนี่ยวนำ (Inductive Proximity).....	27
2.7.1.1 คุณสมบัติการทำงาน (Operating Characteristics).....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7.1.2 ข้อดีและข้อด้อยของ Inductive Proximity Sensor.....	31
2.7.2 แสงอินฟราเรด (Infrared).....	31
2.8 หลักการพื้นฐานและทฤษฎีทางด้านแม่เหล็ก.....	32
2.8.1 ขั้วแม่เหล็กและแรงแม่เหล็ก (Magnetic poles and magnetic force).....	34
2.8.2 โมเมนต์แม่เหล็ก.....	34
2.8.3 ความรุนแรงของการเป็นแม่เหล็ก.....	35
2.8.4 ความสามารถในการเป็นแม่เหล็ก.....	35
2.8.5 การเหนี่ยวนำแม่เหล็ก.....	35
3.8.6 ความสัมพันธ์การเหนี่ยวนำแม่เหล็กและความเข้มสนามแม่เหล็ก.....	36
2.9 มอเตอร์แบบขั้นหรือสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (STEPPER MOTOR).....	36
2.9.1 ข้อดีของสเต็ปเปอร์มอเตอร์เมื่อเปรียบเทียบกับ DC มอเตอร์.....	36
2.9.2 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์.....	37
2.9.2.1 วารีเอเบิลรีลัคแตนซ์ (Variable Reluctance : VR).....	37
2.9.2.2 แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet : PM).....	37
2.9.2.3 แบบผสม (Hybrid : HB).....	38
2.9.3 เฟสของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor Phase).....	39
2.9.4 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์.....	39
2.9.4.1 แบบไบโพลาร์ (Bipolar).....	39
2.9.4.2 แบบยูนิโพลาร์ (Unipolar).....	40
2.9.4.3 ตัวอย่างการต่อสาย.....	41
2.9.5 การจัดตำแหน่งพื้นที่โรเตอร์ของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดไฮบริดจ์.....	41
2.9.6 วิธีการขับ (Driving) หรือวิธีการกระตุ้นเฟส (Phase Excitation).....	46
2.10 LCD Display.....	49
2.10.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโมดูล LCD.....	49
2.10.2 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD.....	50
2.10.3 จังหวะการทำงานของ LCD โมดูล.....	50
2.11 สวิตช์ (Switch).....	51
2.11.1 Metrix Switch.....	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.11.1.1 การติดต่อกับสวิทช์เมตริกซ์ของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	51
2.11.2 Limited Switch.....	52
2.11.3 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch).....	53
2.11.3.1 โครงสร้างภายนอกของสวิตช์ปุ่มกด.....	53
2.11.3.2 การทำงานของสวิตช์ปุ่มกด.....	54
2.12 สวิตซ์ิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply).....	54
2.12.1 สวิตซ์ิ่งเพาเวอร์ซัพพลายกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น.....	54
2.12.2 หลักการทำงานของสวิตซ์ิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย.....	55
บทที่ 3 การออกแบบ.....	57
3.1 บทนำ.....	57
3.2 การออกแบบแหล่งจ่ายไฟตรง (Power Supply) ขนาด 5 โวลต์.....	57
3.3 แนวความคิดในการออกแบบระบบ (Flow Chart).....	59
3.4 การออกแบบโครงสร้างของ HARD WARE.....	61
3.4.1 ตู้และอุปกรณ์เครื่องรับซื้อกระป๋องอัตโนมัติ.....	61
3.4.2 ส่วนของการบีบอัดกระป๋อง.....	62
3.4.3 ส่วนของการรับกระป๋อง.....	64
3.4.4 ตัวลำเลียงกระป๋องลงเครื่องอัด.....	65
3.5 การออกแบบหลักการทำงานของเครื่อง.....	65
3.5.1 ส่วนลำเลียงกระป๋องลงเครื่องอัด.....	65
3.5.2 ส่วนของการรับกระป๋อง.....	65
3.5.3 รางพักกระป๋อง.....	66
3.5.4 ส่วนของการบีบอัดกระป๋อง.....	66
3.5.5 ส่วนแสดงผล.....	66
3.6 โมดูลเอาต์พุทรีเลย์อเนกประสงค์.....	67
3.7 โครงสร้างของ Hardware.....	68
3.7.1 โครงสร้างส่วนของการรับกระป๋อง.....	68
3.7.2 โครงสร้างส่วนของการบีบอัดกระป๋อง.....	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7.3 โครงสร้างชุดไมโครคอนโทรลเลอร์และชุดจ่ายเหรียญ.....	69
3.7.4 โครงสร้างโดยรวมของเครื่องรับซื้อกระป๋องอัตโนมัติ.....	69
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	70
4.1 วิธีใช้งานและข้อควรระวัง.....	70
4.2 การทดลองการทำงาน.....	74
4.2.1 การทดลองการตรวจจับกระป๋องอลูมิเนียม.....	74
4.2.2 การทดลองการตรวจจับกระป๋องสังกะสี.....	75
4.2.3 การทดสอบการตรวจจับกระป๋องโดยการสุ่ม 50:50.....	76
4.2.4 การทดลองการลำเลียงกระป๋องเข้าสู่เครื่องบีบอัด.....	77
4.2.5 การทดลองการใช้ระยะเวลาในการบีบอัดกระป๋อง.....	78
4.2.6 การทดลองหาขนาดกระป๋องหลังการบีบอัด.....	79
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย วิเคราะห์ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	80
5.1 บทสรุปผลการวิจัย.....	80
5.2 วิเคราะห์ผลการวิจัย.....	81
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	81
บรรณานุกรม.....	82
ภาคผนวก.....	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	5
2.2 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 3.....	8
2.3 คำสั่งที่ใช้อ่านข้อมูลที่ค้างอยู่.....	10
2.4 ย่านของแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณเพื่อตอบสนอง.....	15
2.5 แสดงค่าตัวประกอบของวัตถุแต่ละชนิด.....	29
2.6 ตัวอย่างค่า Sn ตามขนาดของเซนเซอร์แต่ละตัว.....	29
2.7 การกระตุ้นเฟสแบบ One phase excitation.....	47
2.8 การกระตุ้นเฟสแบบ Two phase excitation.....	47
2.9 การกระตุ้นเฟสแบบ One–Two phase excitation.....	47
2.10 การจัดแอดเดรสของหน่วยความจำแสดงผลของโมดูล LCD 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด.....	50
4.1 การทดลองการตรวจนับกระป๋องอลูมิเนียม.....	74
4.2 การทดลองการตรวจนับกระป๋องสังกะสี.....	75
4.3 การทดลองการตรวจนับกระป๋องโดยการสุ่ม 50:50.....	76
4.4 การทดลองการลำเลียงกระป๋องเข้าสู่เครื่องบีบอัด.....	77
4.5 การทดลองการใช้ระยะเวลาในการบีบอัดกระป๋องแต่ละครั้ง (วินาที).....	78
4.6 การทดลองหาขนาดกระป๋องหลังการบีบอัด.....	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	4
2.2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	5
2.3 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	6
2.4 ตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	7
2.5 อุปกรณ์เชื่อมต่อของ RS-232 แบบ DB-9.....	16
2.6 รีเลย์.....	16
2.7 โครงสร้างภายในรีเลย์.....	17
2.8 แสดงโครงสร้างของเครื่องจ่ายเหรียญ.....	18
2.9 ตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์บนแผ่น PCB.....	18
2.10 แบบที่ใช้ในการสร้างเครื่องจ่ายเหรียญ.....	19
2.11 ขนาดของโซ่.....	24
2.12 ลักษณะของการจับงาน โซ่และโซ่ทวนเข็ม.....	24
2.13 แผนภูมิที่ใช้เลือกโซ่ฟันตามมาตรฐาน DIN 8190 อายุใช้งานของโซ่ 10,000 ชั่วโมง.....	26
2.14 ฟร็อกซ์มิติชนิดเหนียวน้ำ.....	27
2.15 แสดงลักษณะพื้นฐานของอุปกรณ์ Inductive Proximity Sensor.....	28
2.16 แสดงโครงสร้างและการแผ่กระจายสนามแม่เหล็ก.....	28
2.17 แสดงระยะการหน่วงออสซิลเลตในขณะเซนเซอร์วัดลู่ของ Inductive Proximity.....	28
2.18 แสดงระยะการใช้งานจริงของ Inductive Proximity.....	30
2.19 การต่อใช้งานวงจรพื้นฐานภาคส่งแสงย่านอินฟราเรด.....	32
2.20 แสดงลักษณะโมเลกุลของเหล็กกรรมคาและโมเลกุลของแม่เหล็ก.....	33
2.21 ขั้วแม่เหล็ก.....	34
2.22 โครงสร้างสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดวาริเอเบิลลิคต์แดนซ์และสัญลักษณ์.....	37
2.23 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต.....	38
2.24 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดไฮบริดขนาด 5 เฟส.....	39
2.25 ลักษณะการพันขดลวดบนสเตเตอร์.....	39
2.26 สัญลักษณ์, โครงสร้างและวงจรขับที่ใช้กับมอเตอร์แบบไบโพลาร์ 2 เฟส.....	40
2.27 สัญลักษณ์, โครงสร้างและวงจรขับที่ใช้กับมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ 2 เฟส.....	40
2.28 สัญลักษณ์, โครงสร้างมอเตอร์ 2 เฟสที่พันลวดแบบไบโพลาร์.....	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.29 สัญลักษณ์การต่อสายแบบต่างๆ.....	41
2.30 โครงสร้างและการจัดตำแหน่งพื้นที่โรเตอร์ของสตีปเปอร์มอเตอร์ชนิดไฮบริด.....	42
2.31 โครงสร้างและการจัดตำแหน่งพื้นที่เพอร์มาเนนต์แมกเน็ต.....	42
2.32 โครงสร้างของสตีปเปอร์มอเตอร์ชนิดไฮบริด 2 เฟส.....	43
2.33 ตำแหน่งพื้นที่ของโรเตอร์และสเตเตอร์ในการหมุนของสตีปเปอร์มอเตอร์.....	44
2.34 วงจรเสมือนของขดลวดที่ต่อกับทรานซิสเตอร์.....	45
2.35 วงจรที่ใช้ไดโอดมากำจัด (Diode suppression).....	45
2.36 วงจรที่ใช้ความต้านทานร่วมกับไดโอด (Diode+Resistance suppression).....	46
2.37 วงจรที่ใช้ความชันเนอร์ไดโอดร่วมกับไดโอด (Diode+Zener diode suppression).....	46
2.38 การจัดขาของโมดูล LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด.....	50
2.39 วงจรของสวิตช์แบบเมตริกซ์หรือคีย์เพท.....	51
2.40 วงจรเชื่อมต่อสวิตช์เมตริกซ์ขนาด 4x3 จุดกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	52
2.41 Limited Switch หรือสวิตช์จำกัดระยะ.....	53
2.42 สวิตช์ปุ่มกด.....	53
2.43 โครงสร้างภายนอกของสวิตช์ปุ่มกด.....	54
2.44 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตช์เพาเวอร์ซัพพลาย.....	55
3.1 Flow Chart แสดงการทำงานของ MCU 1.....	59
3.2 Flow Chart แสดงการทำงานของ MCU 2.....	60
3.3 โครงสร้างภายนอกของเครื่องรับซื้อกระป๋องอัตโนมัติ.....	61
3.4 รูปแบบการจัดวางอุปกรณ์เชื่อมต่อภายในตู้.....	62
3.5 เครื่องบีบอัดกระป๋อง.....	62
3.6 โครงสร้างของตัวบีบอัดกระป๋อง.....	63
3.7 โครงสร้างชุดรับกระป๋องและตำแหน่งในการติดตั้งเซนเซอร์.....	64
3.8 ตัวลำเลียงกระป๋องลงเครื่องอัด.....	65
3.9 โครงสร้างของโมดูลอาร์ทพุทรีเลย์.....	67
3.10 วงจรภายใน.....	67
3.11 ชุดรับกระป๋องและตำแหน่งในการติดตั้งเซนเซอร์.....	68
3.12 ชุดบีบอัดกระป๋องอคูมิเนียม.....	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.13 ชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์.....	69
3.14 ชุดจ่ายเหรียญ (Hopper).....	69
3.15 ตำแหน่งการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายใน.....	69
4.1 เครื่องรับซื้อกระป๋อง.....	70
4.2 เครื่องพร้อมใช้งาน.....	71
4.3 เครื่องไม่พร้อมใช้งาน.....	71
4.4 การใส่กระป๋อง.....	71
4.5 ช่องรับกระป๋อง.....	72
4.6 กระป๋องที่มีเหล็กเป็นส่วนผสม.....	72
4.7 กระป๋องอลูมิเนียม.....	72
4.8 ชนิดของความผิดพลาดในการบีบอัด.....	72
4.9 กระป๋องที่บีบกับที่ยังไม่บีบ.....	73
4.10 ความผิดพลาดของชุดลำเลียง.....	73
4.11 การลำเลียงกระป๋องลงเครื่องบีบ.....	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย

จากกระแสการหันมาอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมที่เพิ่มขึ้น โดยการนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ใหม่ ไม่ว่าจะเป็นการรีไซเคิลหรือการรีไซเคิลในปัจจุบันนั้นเป็นเรื่องที่ทันสมัยเพราะประชาชนส่วนใหญ่ต่างตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ทวีความรุนแรงขึ้นในปัจจุบัน ดังนั้นการรีไซเคิลวัสดุที่เหลือใช้จึงเป็นวิธีการที่ช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมที่ดีอีกวิธีหนึ่ง วัสดุที่สามารถผ่านกระบวนการรีไซเคิลและนำกลับมาใช้ใหม่ได้นั้น มีอยู่มากมายหลากหลายชนิด อาทิเช่น กระดาษพลาสติกหรือแม้กระทั่งกระป๋องอลูมิเนียม ซึ่งถือเป็นวัสดุอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมารีไซเคิล และถือเป็นขยะที่มีราคาอีกด้วย

กระป๋องเครื่องดื่มนั้นยังสิ้นเปลืองเนื้อที่ในการขนส่ง ยังคงต้องใช้แรงงานคนในการเข้าถึงแหล่งวัตถุดิบ เพื่อจะทำการซื้อขายและยังต้องนำไปทำการบีบอัดก่อนที่จะนำไปส่งให้กับโรงงานเพื่อเป็นการบรรเทาให้คนทั่วไปหันมาร่วมกันอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ด้วยการรีไซเคิลกระป๋องอลูมิเนียมที่ใช้แล้ว จึงได้คิดประดิษฐ์ “เครื่องรับซื้อกระป๋องอัดโนมัติ” ขึ้นมา ซึ่งจะใช้การควบคุมการทำงานและประมวลผลด้วยเทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีจุดเด่นตรงที่สามารถจ่ายเงินอัดโนมัติให้แก่ผู้ที่นำกระป๋องมาจำหน่ายและสามารถบีบอัดกระป๋องให้มีขนาดเล็ก เพื่อความสะดวกในการจัดเก็บและขนส่งอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมติดต่อควบคุมกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์
2. เพื่อส่งเสริมการทิ้งขยะให้เหมาะสม
3. เพื่อลดปัญหาการทิ้งขยะ
4. เพื่อลดขั้นตอนการแยกขยะ

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. สามารถรับซื้อกระป๋องน้ำอัดลมอะลูมิเนียมได้
2. สามารถบีบอัดกระป๋องให้มีขนาดเล็ก
3. สามารถจ่ายเงินอัดโนมัติให้แก่ผู้ที่นำกระป๋องมาจำหน่าย
4. จอแสดงผล LCD แสดงรายละเอียดการรับซื้อต่างๆ
5. สามารถเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋องไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ “เครื่องรับซื้อกระป๋องอัตโนมัติ” โดยการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51) ควบคุมการทำงานที่มีประสิทธิภาพ
2. มีความรู้ความเข้าใจเรื่องการทำงาน ของไมโครคอนโทรลเลอร์และการเขียนโปรแกรม เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ
3. มีความรู้ความเข้าใจเรื่องกลไก กระบวนการบีบอัดกระป๋อง
4. ช่วยกันอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการรีไซเคิลวัสดุที่เหลือใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จะกล่าวถึงหลักในการทำงานและทฤษฎีที่สำคัญ ที่มาเกี่ยวข้องกับวงจรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้ในปริญญานิพนธ์ โดยจะกล่าวถึงทฤษฎีเบื้องต้นที่สำคัญ ๆ ดังนี้

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

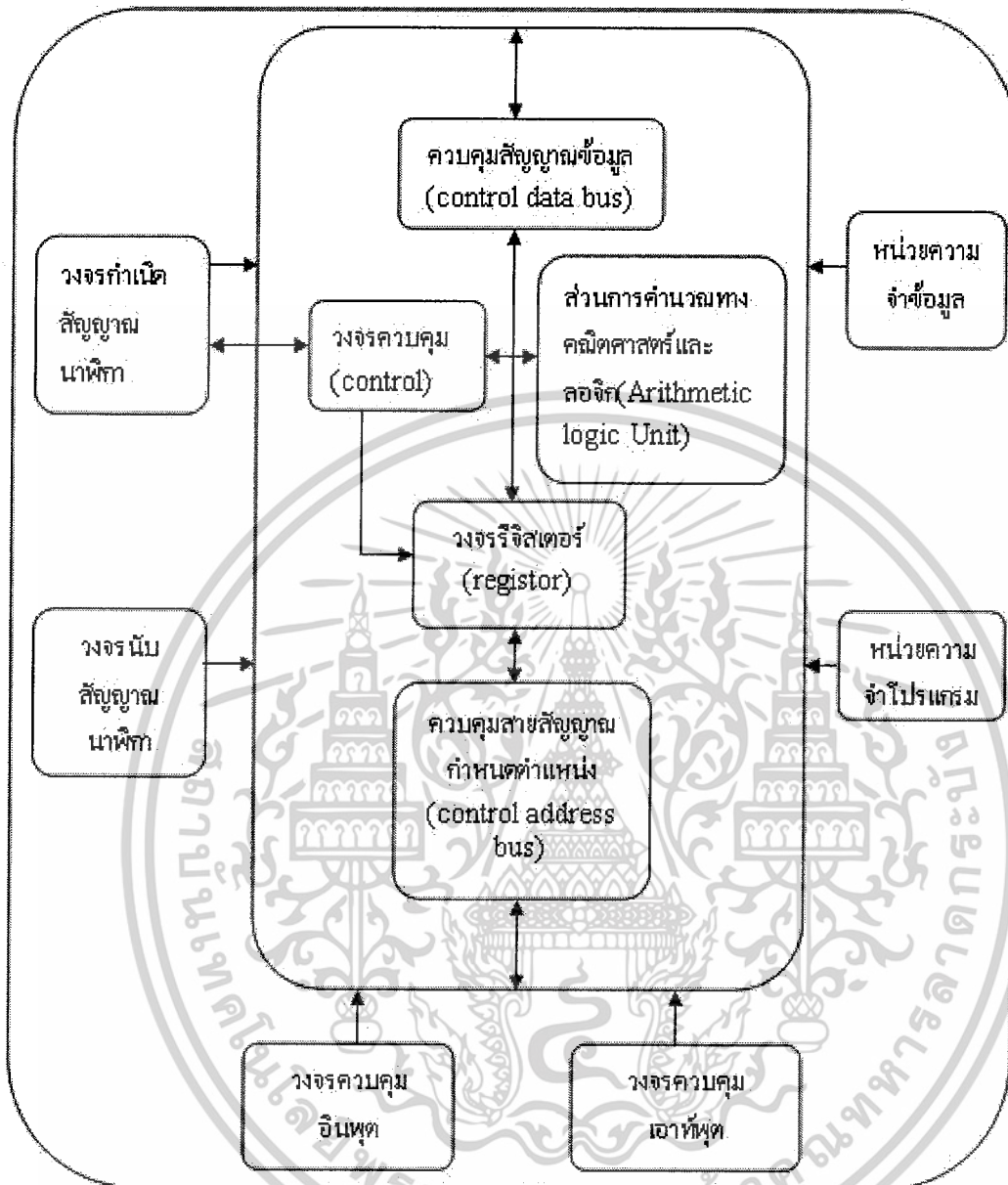
MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ออกแบบมาเพื่อสนองความต้องการของผู้ใช้ในแบบสำเร็จในไอซีตัวเดียวคือมีสายสัญญาณอินพุต/เอาต์พุต ซึ่งภายในมีตัวพอร์ตของอินพุตและเอาต์พุต บัฟเฟอร์ที่ใช้เชื่อมต่อกับวงจรภายนอก (interfere) และสายสัญญาณควบคุมอื่น ๆ ที่ใช้สำหรับแยกสายสัญญาณข้อมูลและสายสัญญาณกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำและก็ยังมีชุดคำสั่งพิเศษ เพื่อใช้จัดการข้อมูลเพิ่มขึ้นอีกนอกจากนั้นยังมีวงจรมีเวลาและตั้งเวลาอีกด้วย

ข้อสำคัญคือมีการพัฒนาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ให้มีหน่วยความจำเป็นแบบแฟลช (Flash Memory) ทำให้สามารถโปรแกรมข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมได้ โดยที่ไม่ต้องถอดตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ออกจากวงจร เรียกว่าการโปรแกรมภายในวงจร (In-System Programming) และจะมีการติดต่อแบบ SPI (Serial Peripheral Interface) ทำการติดต่อแก้ไขปรับปรุง โปรแกรมทำ ได้สะดวกสามารถ Down Load ลงในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวดเร็ว

2.1.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต
- มีหน่วยความจำภายในแบบแฟลชขนาด 4 กิโลไบต์ หรือ 8 กิโลไบต์ ที่สามารถโปรแกรมได้ภายในวงจร
- มีสายสัญญาณสำหรับต่อกับอินพุต/เอาต์พุตได้ 32 เส้น (แบบ 2 Pin)
- มีหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) ภายในขนาด 128 กิโลไบต์
- ใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกาตั้งแต่ 0 Hz ถึง 24 Hz
- มีวงจรตั้งเวลาและนับเวลาขนาด 16 บิตจำนวน 2 หรือ 3 ชุด
- มีวงจรสัญญาณอินเทอร์รัปต์ไม่ต่ำกว่า 6 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

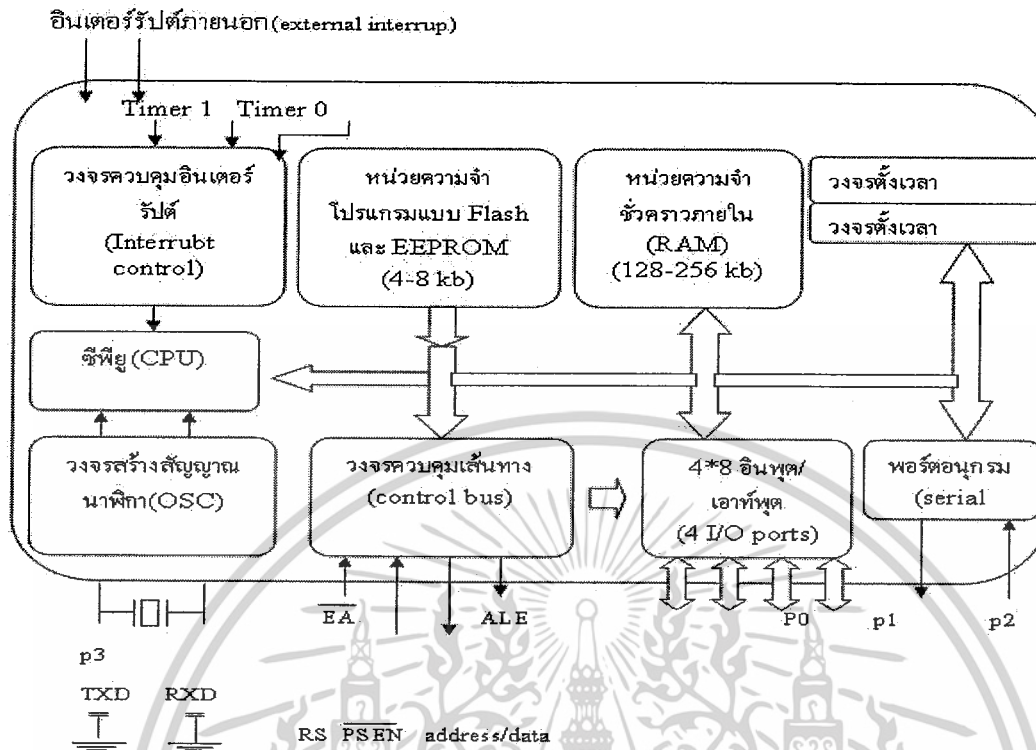


ภาพที่ 2.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1.2 วงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการต่อใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีการจัดเตรียมอุปกรณ์ก็จะมีไม่มากเพราะวงจรและอุปกรณ์ที่ต้องใช้งานพื้นฐาน ได้รวมอยู่ในตัวแล้วเช่นวงจรมีสัญญาณนาฬิกาหน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูลเท่าที่จำเป็นชุดวงจร จะเชื่อมต่อกับอินพุต/เอาต์พุต ยกเว้นต้องการต่อขยายให้ทำงานมากขึ้น เช่นหน่วยความจำที่ต้องการเพิ่มวงจรและอุปกรณ์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงดังภาพที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

รายการไอซีของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่บริษัทผู้ผลิตได้สร้างขึ้นมาหลายรุ่นนั้นเพื่อให้เหมาะกับการประยุกต์ใช้งานในแต่ละประเภท ตารางที่ 2.1 แสดงจำนวนของหน่วยความจำภายใน วงจรตั้งเวลา/นับเวลา และระดับของการอินเทอร์รัปต์ของแต่ละรุ่น

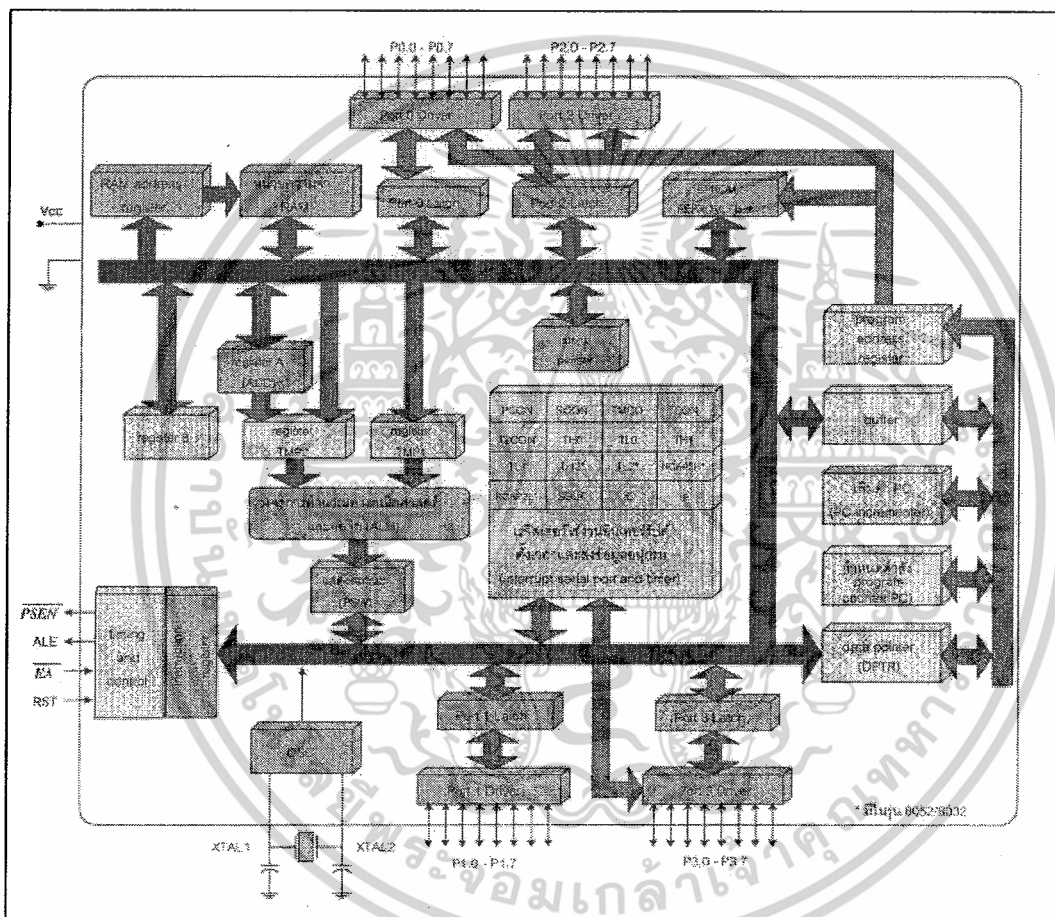
ตารางที่ 2.1 รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำภายใน(internal memory)		ตั้งเวลา/นับเวลา (time/counter)	สัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอก
	หน่วยความจำภายในแบบ EPROM, EEPROM	ข้อมูล RAM		
8051	4 kb × 8 ROM	128 × 8 bit	2 × 16 bit	6
8051AH	4 kb × 8 ROM	128 × 8 bit	2 × 16 bit	5
8052AH	8 kb × 8 ROM	256 × 8 bit	3 × 16 bit	6
8031AH	ไม่มี	128 × 8 bit	2 × 16 bit	5
8032AH	ไม่มี	256 × 8 bit	3 × 16 bit	5
8031	ไม่มี	128 × 8 bit	2 × 16 bit	5
8751H	4 kb × 8 EPROM	128 × 8 bit	2 × 16 bit	5
8751H-12	4 kb × 8 EPROM	128 × 8 bit	2 × 16 bit	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งจะประกอบด้วยวงจรรพอร์ต อินพุตและเอาต์พุตทั้งหมด 4 พอร์ต ซึ่งในแต่ละพอร์ตนั้นจะ 8 บิต หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (EPROM, EEPROM และ Flash) หน่วยความจำที่เป็นข้อมูล (RAM) ที่ซึ่งรวมอยู่ในวงจรหลักของ ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นอยู่ด้วย ตลอดจนวงจรการคำนวณทางคณิตศาสตร์และวงจรถอดจิก (ALU) วงจรรีจิสเตอร์ทั่วไปและรีจิสเตอร์ฟังก์ชันการใช้งาน โดยเฉพาะ



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.1.2.2 การจัดตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีโครงสร้างและการใช้งาน พื้นฐานเหมือนกัน ตัวอย่างเช่นแบบคิป (DIP) ซึ่งจะมีทั้งหมด 40 ขา ก็ได้แบ่งขาการใช้งานออกเป็น ขาอินพุตและเอาต์พุต (Input/Output Port) ของตัวสัญญาณที่ใช้ควบคุมในขาสัญญาณซึ่งจะสามารถ กำหนดตำแหน่งหน่วยความจำและขาสัญญาณข้อมูล ดังภาพที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(8052)	T2	P1.0	1	40	Vcc
only	T2EX	P1.1	2	39	P0.0 AD0
		P1.2	3	38	P0.1 AD1
		P1.3	4	37	P0.2 AD2
		P1.4	5	36	P0.3 AD3
		P1.5	6	35	P0.4 AD4
		P1.6	7	34	P0.5 AD5
		P1.7	8	33	P0.6 AD6
	RST		9	32	P0.7 AD7
	RXD	P3.0	10	31	EA' Vpp
	TXD	P3.1	11	30	ALE PROG'
	INT0'	P3.2	12	29	PSEN'
	INT1'	P3.3	13	28	P2.7 A15
	T0	P3.4	14	27	P2.6 A14
	T1	P3.5	15	26	P2.5 A13
	WR'	P3.6	16	25	P2.4 A12
	RD'	P3.7	17	24	P2.3 A11
	XTAL2		18	23	P2.2 A10
	XTAL1		19	22	P2.1 A9
	Vss		20	21	P2.0 A8

ภาพที่ 2.4 ตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และหน้าที่การทำงาน

P0.0-P0.7 (ขาที่ 32-39) พอร์ต 0 ทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้ 2 ทิศทางสามารถรับข้อมูลอินพุตและส่งข้อมูลเอาต์พุตได้มีขนาด 8 บิต การตั้งค่าให้พอร์ต 0 รับข้อมูลอินพุตทำได้โดยการส่งค่าสถานะ 1 ไปยังบิตที่ต้องการให้รับข้อมูลอินพุต วงจรภายในก็จะทำให้บิตนั้นมีค่าความต้านทานสูงและสามารถรับข้อมูลอินพุตได้ เพื่อยังใช้เป็นขาสัญญาณกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำ (A0-A7) และยังมีขาของสัญญาณข้อมูล (D0-D7) โดยในการใช้ตัวแยกสัญญาณ (D-latch 74LS73) ก็ทำหน้าที่เป็นมัลติเพล็กซ์ (multiplex) โดยจะเลือกช่วงเวลาของสัญญาณกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำและสัญญาณข้อมูลออกจากกัน ในขณะที่ใช้พอร์ตอินพุตและเอาต์พุตวงจรภายในจะไม่มีการเพิ่มกระแสไฟฟ้า (pull up) จึงจำเป็นต้องต่อวงจรเพิ่มกระแสไฟฟ้าภายนอก

P1.0-P1.7 (ขาที่ 1-8) พอร์ต 1 ทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมอุปกรณ์อยู่ภายนอกได้ 2 ทิศทาง สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตมีขนาด 8 บิต สามารถอ้างถึงการทำงานได้ที่ละบิตและวงจรภายในก็จะมีตัวต้านทานเพื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้า (Pull up) ในกรณีที่ต้องการรับข้อมูลอินพุตก็สามารถทำได้เหมือนพอร์ต 0

P2.0-P2.7 (ขาที่ 21-28) พอร์ต 2 ทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้ 2 ทิศทางคือเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตมีขนาด 8 บิต สามารถใช้เป็นขาสัญญาณกำหนดตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำ (A8-A15) และก็มีวงจรเพื่อเพิ่มกระแสไฟฟ้าขึ้นภายใน การกำหนดให้เป็นขาอินพุต ก็จะสามารถรับข้อมูลอินพุตได้

P3.0-P3.7 (ขาที่ 10-17) พอร์ต 3 ทำหน้าเป็นสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ภายนอกแล้ว อินพุตและเอาต์พุต 2 ทิศทางมีขนาด 8 บิต คุณสมบัติทั่วไปจะเหมือนพอร์ตอื่น ๆ แต่จะมีคุณสมบัติที่ต่างออกไปคือ ใช้ทำหน้าที่พิเศษเป็นสัญญาณควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 หน้าทีพิเศษของพอร์ต 3

บิตของพอร์ต	สัญญาณ	หน้าที่การทำงาน
P3.0	RXD	รับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม (serial input port)
P3.1	TXD	ส่งข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$	รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์หมายเลข 0 (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$	รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์หมายเลข 1 (external interrupt 1)
P3.4	T0	ใช้ตั้งเวลา/นับเวลาดำที่ 0 (Timer 0 external input)
P3.5	T1	ใช้ตั้งเวลา/นับเวลาดำที่ 1 (Timer 1 external input)
P3.6	\overline{WR}	เป็นสัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ภายนอก (external data memory write strobe)
P3.7	\overline{RD}	เป็นสัญญาณอ่านข้อมูลหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ภายนอก (external data memory read strobe)

PSEN (Program Store Enable ขาที่ 29) ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมในสภาวะลอจิก “0” ไมโครคอนโทรลเลอร์ ต้องอ่านจากหน่วยความจำภายนอกที่เป็นข้อมูลมา โดยโปรแกรมจะเก็บในหน่วยความจำถาวร (ROM, EPROM, EEPROM) ส่วนมากก็ใช้ต่อเป็นขาเลือกทำงาน (Enable; OE) แต่ถ้าไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้หน่วยความจำภายในขานี้ก็จะไม่ได้ใช้งานและก็มีค่าลอจิกเป็น “1”

ขา ALE (Address Latch Enable ขาที่ 30) ทำหน้าที่เพื่อจะควบคุมในการทำงานของสัญญาณกำหนดตำแหน่งกับสัญญาณที่ข้อมูล โดยใช้การเลือกเส้นทาง (data select หรือ multiplex) โดยปกติเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน จะส่งสัญญาณกำหนดตำแหน่งออกมาก่อนพร้อมกับส่งสัญญาณให้ขา ALE ทำงาน เพื่อเลือกให้สัญญาณกำหนดตำแหน่ง (A0-A7) ผ่านไอซี (74LS373) ทำหน้าที่ในการเลือกเส้นทาง ถ้าส่งสัญญาณข้อมูลออกมาไอซี (74LS373) จะไม่ทำงานข้อมูลก็จะถูกส่งไปของสายสัญญาณข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา EA (External Access ขาที่ 31) ทำหน้าที่เลือกการทำงานของหน่วยความจำถ้ามีค่าลอจิกเป็น “1” นั้นหมายถึงใช้ข้อมูลจากหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ถ้ามีค่าลอจิกเป็น “0” หมายถึงใช้ข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

ขา RST (Reset ขาที่ 9) ทำหน้าที่เริ่มต้นการทำงานใหม่ของไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานที่ค่าลอจิก “1” นี้ก็จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มต้นด้วยการทำงานที่ตำแหน่ง 0000 เพื่ออ่านข้อมูลโปรแกรมและจัดระบบการทำงาน

ขาสัญญาณนาฬิกา (ขาที่ 18-19) ทำหน้าที่จะกำหนดสัญญาณนาฬิกาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้เป็นฐานเวลาในการทำงานโดยใช้แผ่นผลึก (crystal) ที่มีความถี่ตั้งแต่ 0-24 เมกกะเฮิร์ตซ์ (MHz) ร่วมกับตัวเก็บประจุขนาด 20-33 pF

แหล่งจ่ายไฟ (Power supply) ขาที่ 20 ก็เพื่อจะเป็นขากราวด์ (Ground) และขาที่ 4 จะเป็นแหล่งจ่ายไฟบวกให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งใช้แหล่งจ่ายไฟขนาดไม่เกิน 5 โวลต์

2.1.2.3 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต

วงจรรีจิสเตอร์และเอาต์พุตของพอร์ต MCS-51 จะเป็นวงจรมีการทำงานของพอร์ตแต่ละบิต ในส่วนของพอร์ตเอาต์พุตที่ค้างสถานะ (latch) ที่จะใช้วงจรรีจิสเตอร์ฟลิปฟล็อปซึ่งก็จะทำหน้าที่รับข้อมูลจากสายสัญญาณข้อมูลภายใน (internal data bus) โดยสัญญาณเขียนนี้จะไปที่เอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในการอ่านข้อมูลจากพอร์ตอินพุตของแต่ละพอร์ตมีจะการทำงาน 2 วิธี คือการอ่านข้อมูลจากภายนอกโดยตรง ซึ่งจะใช้สัญญาณควบคุมภายในที่อ่านจากขา (read pin) ที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยข้อมูลจะผ่านบัฟเฟอร์ตัวที่ 2 เข้าไปที่สายสัญญาณภายในและวิธีที่ 2 เป็นการอ่านข้อมูลอินพุตจากเอาต์พุตจากในวงจรรีจิสเตอร์ฟลิปฟล็อปที่ขา Q โดยใช้สัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลที่ค้างอยู่ (read latch) จากไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น โดยข้อมูลจะผ่านบัฟเฟอร์ตัวที่ 1 เข้าไปยังสายสัญญาณข้อมูลภายใน

2.1.2.4 การทำงานของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต

กรณีที่อ่านข้อมูลของอินพุตจากเอาต์พุตของวงจรรีจิสเตอร์ฟลิปฟล็อปที่ขา Q ใช้สัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลที่ค้างอยู่ ซึ่งเป็นการอ่านข้อมูลที่ถูกเขียนไว้แล้ว (read-modify-write) สาเหตุที่ใช้วิธีนี้เนื่องจากในบางกรณี ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเกิดการสับสนสถานะของข้อมูลขาแต่ละพอร์ต และเมื่อต่อกับสัญญาณแต่ละบิตของพอร์ต ไปต่อกับวงจรรายนอกที่ใช้ทรานซิสเตอร์ในการควบคุม จะต้องใช้ไบแอสที่ขาเบสทรานซิสเตอร์ แต่ถ้าไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณที่มีสถานะเป็น 1 ออกไปไบแอสและทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน จึงทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นระหว่างขาเบส (base) กับขาอิมิตเตอร์ (emitter) ซึ่งจะมีค่าของแรงดันอยู่ประมาณ 0.5-0.7 โวลต์ (VBESAT) มีค่าเทียบเท่าสถานะ “0” ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงแยกไม่ออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.5 คำสั่งในการใช้งานของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต

การอ่านค่าของข้อมูลอินพุตจากสถานะที่ค้างอยู่ที่ขา Q โดยใช้สัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลที่ยังค้างอยู่นั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จึงมีคำสั่งการใช้งานทั้งหมด 11 คำสั่ง นอกเหนือจากนั้นจะเป็นการอ่านค่าจากพอร์ตโดยตรง ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คำสั่งที่ใช้อ่านข้อมูลที่ค้างอยู่

คำสั่ง	การทำงาน
ANL	การกระทำลอจิก AND ทั่วไป และ ANL P1,A
ORL	การกระทำลอจิก OR ทั่วไป และ ORL P2,A
XRL	การกระทำลอจิก EX-OR ทั่วไป และ XRL P3,A
JBC	กระโดดไปถ้าบิต =1 และยกเลิกบิตทั่วไป และกระโดดไปเมื่อ P1.1 = 1
CPL	การกลับค่าบิตทั่วไป (จาก 1 → 0, 0 → 1) และพอร์ต 3 บิต 0
INC	เพิ่มค่าอีกหนึ่งค่า ข้อมูลทั่วไป และค่าที่อยู่พอร์ต 2
DEC	ลดค่าอีกหนึ่งค่า ข้อมูลทั่วไป และค่าที่อยู่พอร์ต 2
DJNZ	ลดค่า ถ้าไม่เท่ากับ 0 กระโดดไปตำแหน่งที่กำหนดและใช้พอร์ต 3
MOV, PX, Y, C	การเคลื่อนย้ายบิตตัวทศระหว่างบิตของพอร์ต
CLR PX, Y	การยกเลิก (0) บิตของพอร์ต
SETB PX, Y	การกำหนดบิตเป็น 1 ของพอร์ต

ตำแหน่งของพอร์ต 0 (P0.1-P0.7) นอกจากเป็นพอร์ตอินพุตและเป็นเอาต์พุตแล้ว ยังเป็นสายสัญญาณกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำ (A0-A7) และมีสายสัญญาณข้อมูลได้โดยใช้สัญญาณควบคุม (ALE) เลือกทำงานและไม่มีการเพิ่มระดับเพิ่มกระแสไฟฟ้าภายในแต่ละใช้เฟสตัวที่ 1 (FET) นั้นจะทำหน้าที่แทนโดยให้เอาต์พุตมีสถานะของลอจิกเป็น “1” ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกในกรณีอื่นนอกเหนือจากนี้เฟสตัวนี้จะไม่ทำงาน (Off) การทำงานของวงจรพอร์ต “0” เมื่อต้องการให้ส่งข้อมูลที่มีสถานะลอจิกเป็น “0” ออกไปแสดงผลภายนอกก็สามารถส่งข้อมูลออกไปได้เลยโดยไม่ต้องกำหนดค่าใด ๆ ข้อมูลจะผ่านวงจรดีฟลิปฟลอปออกทางขา Q โดยมีสถานะลอจิกเป็น “1” และผ่านวงจรเลือกสัญญาณไปไบอัสให้เฟสตัวที่ 2 ทำงาน (On) ผลก็คือเกิดสถานะลอจิกทางเอาต์พุตเป็น “0” การทำงานของพอร์ต 0 เมื่อเป็นอินพุตก็จะส่งข้อมูล 1 (FFH) ไปที่พอร์ต “0” ทุกบิต และทำให้เฟสทั้งสองตัวหยุดทำงาน (Off) ผลที่เกิดขึ้นคือพอร์ต “0” เหมือนถูกตัดออกจากวงจรทุกบิต แต่ละบิตจึงสามารถใช้เป็นขาอินพุตได้โดยการอ่านข้อมูลจากภายนอกโดยตรงผ่านบัฟเฟอร์ ตัวที่ 2

ตำแหน่งของพอร์ต 2 (P2.2-P2.7) ซึ่งที่มีการทำงานและโครงสร้างคล้ายพอร์ต “0” นอกจากเป็นอินพุต/เอาต์พุตทั่วไปแล้วยังเป็นสายสัญญาณที่สามารถกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำ (A8-A15) โดยใช้สัญญาณควบคุม ALE เลือกทั่วไปโดยมีวงจรตัวต้านทานเพิ่มกระแสภายในวงจรเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อสัญญาณออกที่ขา Q และมีวงจรถินเวอร์เตอร์ (NOT gate) ก็ต่อกับขาไบแอสของเฟสการทำงานของเขาที่พุทของพอร์ต 2 ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับพอร์ต “0” เมื่อต้องที่จะการส่งข้อมูล “0” ออกไปแสดงผลอยู่ภายนอกก็สามารถส่งข้อมูลออกไปได้เลย โดยไม่ต้องกำหนดค่าใด ๆ ข้อมูลที่จะวิ่งผ่านวงจรถิฟลิปฟลอปไปออกทางด้านขา Q โดยสถานะลอจิกเป็น “0” และผ่านวงจรถิเลือกสัญญาณเข้าวงจรถิอินเวอร์เตอร์ (NOT gate) โดยจะมีสถานะของลอจิกเป็น “1” เข้าไปไบแอสให้เฟสทำงาน (On) กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟก็จะไหลผ่านกราวด์ (Ground) ผลคือได้ค่าสถานะทางเอาท์พุทเป็น “0” ในกรณีที่ส่งค่าข้อมูลเป็น 1 ก็จะมีลักษณะทำงานเหมือนกันต่างกันที่สถานะของข้อมูล

ตำแหน่งพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) เป็นวงจรถิพื้นฐานของระบบมีการทำงานเป็นอินพุทและเอาท์พุททั่วไปและมีส่วนประกอบของวงจรถิน้อยกว่าพอร์ตอื่น ๆ การทำงานจะเป็นทั้งเอาท์พุทและอินพุทก็จะมีลักษณะเหมือนกับพอร์ตอื่น ๆ

ตำแหน่งของพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) นอกจากที่ใช้เป็นพอร์ตเอาท์พุท/อินพุทแล้วจะมีการใช้งานเหมือนกับพอร์ตอื่น ๆ และยังมีทำหน้าที่พิเศษอีกหลายอย่างเช่นเป็นพอร์ตในการสื่อสารข้อมูลพอร์ต โดยการควบคุมการติดต่อหน่วยความจำกับอุปกรณ์ภายนอกและวงจรถินับเวลา/ตั้งเวลาพร้อมทั้งเป็นอินพุทการทำงานแบบอินเตอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นจึงจะมีสัญญาณควบคุมเพิ่มขึ้นทั้งเอาท์พุทและอินพุท

2.1.2.6 การจัดการหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์

หน่วยความจำนับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ลักษณะของการทำงานทั่วไปนั้นมีอยู่ 2 ประเภทคือหน่วยความจำถาวร (ROM) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลโปรแกรมทำงานหลักเช่นระบบปฏิบัติการของเครื่องควบคุม (Monitor Program) ระบบปฏิบัติการของเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี (BIOS) และหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) ซึ่งทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่าง ๆ สำหรับให้โปรแกรมทำงานและเก็บข้อมูลได้ในขณะที่มีไฟเลี้ยงอยู่เท่านั้น

2.1.2.7 หน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้ถูกออกแบบในการจัดการหน่วยความจำแต่ละประเภทซึ่งแยกออกจากกันและกำหนดการทำงานเป็นรูปแบบเฉพาะคือหน่วยความจำถาวร (ROM) เรียกว่าหน่วยความจำโปรแกรม (Program memory หรือ code memory) และหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) เรียกว่าหน่วยความจำข้อมูล (data memory) ซึ่งมีขนาดความจุ 64 กิโลไบต์เท่ากัน

2.1.2.8 หน่วยความจำโปรแกรม (Program memory)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่เริ่มต้นการทำงานใหม่ เมื่อรีเซ็ตใหม่จะเริ่มต้นการทำงานที่ตำแหน่ง 0000 แปลความหมายและปฏิบัติตามคำสั่ง ซึ่งก็จะเป็นตำแหน่งหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม (Program memory) เบื้องต้นที่การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ (monitor program) หรือระบบปฏิบัติการ (BIOS) ที่อาจจะอยู่ในหรือภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ก็ได้หลังจากที่โปรแกรมเริ่มต้นการทำงาน ซึ่งจะมีการกำหนดค่าให้กับหน่วยความจำโปรแกรมเพื่อที่จะใช้รับการอินเทอร์รัพท์ซึ่งมี 6 ประเภท แต่ละประเภทมีขนาด 8 ไบต์

2.1.2.9 หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

งานควบคุมบางอย่างนั้น ก็อาจจะต้องใช้หน่วยความจำโปรแกรมเป็นจำนวนมาก ซึ่งหน่วยความจำโปรแกรมภายในอาจจะไม่เพียงพอ ก็สามารถใช้อิซีหน่วยความจำมาต่อขยายได้ ซึ่งก็จะเริ่มจากตำแหน่งสุดท้ายของหน่วยความจำโปรแกรมภายในเช่นถ้ามีหน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์ มีตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลนั้นจะอยู่ระหว่าง 0000-FFFFH การต่อหน่วยความจำภายนอกต้องเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 1000H-FFFFH การต่อวงจรหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกก็จะใช้พอร์ต 0 เป็นสายสัญญาณข้อมูล (D0-D7) และสายสัญญาณที่จะกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำ (A0-A7) โดยใช้เกต TTL74xx373 (74HC573) ทำหน้าที่สัญญาณการทำงานทั้งสองออกจากกันด้วยสัญญาณควบคุม ALE และใช้พอร์ต 0 ทำหน้าที่เป็นสัญญาณที่จะกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำ (A8-A15) ให้ครบ 16 บิตโดยใช้ขาควบคุม PSEN ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของไอซีในหน่วยความจำโปรแกรม ในการอ่านค่าข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเริ่มจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับคำสั่งให้อ่านค่าสัญญาณ ALE ก็จะมีสถานะลอจิกเป็น “1” เพื่อให้สัญญาณเพื่อใช้กำหนดตำแหน่งพอร์ต 0 และพอร์ต 2 ทำงานและส่งค่าออกมา ในขณะที่ขาสัญญาณของ PSEN ก็จะทำงานและมีสถานะลอจิกเป็น “0” ซึ่งจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านค่ารหัสคำสั่งผ่านมายังพอร์ต 0 (D0-D7) จะเห็นว่าพอร์ต 0 ช่วงคาบเวลาของสัญญาณที่จะกำหนดตำแหน่งของ (A0-A7) ในการอ่านไม่มาก เพราะมีสัญญาณข้อมูล (D0-D7) ใช้เส้นทางร่วมกัน ส่วนพอร์ต 2 ใช้เป็นสัญญาณกำหนดตำแหน่ง (A8-A15) ซึ่งมีคาบเวลายาวกว่าพอร์ต 0

2.1.2.10 หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)

การใช้งานมีอยู่ 2 ประเภทคือหน่วยความจำข้อมูลที่อยู่ภายใน กับหน่วยความจำข้อมูลจะอยู่ภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (AT89xxx) ขนาดของหน่วยความจำทั้งสองรวมกันจะไม่เกิน 64 ไบต์ การติดต่อข้อมูลเพื่อทำการอ่าน/เขียนข้อมูลทำได้โดยใช้คำสั่ง MOVX เท่านั้น

2.1.2.11 หน่วยความจำข้อมูลภายใน

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (AT89xxx) นั้นหน่วยความจำข้อมูลจะทำการเก็บข้อมูลที่ได้มาจากการอ่านหรือเขียนข้อมูลก่อนหน้า เพื่อจะเก็บหน่วยความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำข้อมูลขนาด 128-256 ไบต์ขึ้นอยู่กับรุ่นของไมโครคอนโทรลเลอร์ การใช้งานแบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ ๆ ก็จะมีหน่วยความจำตั้งแต่ 00-7FH และก็มีหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 80H-FFH ยังได้มีการจัดระบบหน่วยความจำให้ทำงานได้ 2 สภาวะ โดยใช้หน่วยความจำทั่วไปที่ใช้ได้โดยทางอ้อมและเป็นรีจิสเตอร์ที่ทำงานเฉพาะ (SFR) อีกส่วนหนึ่ง ซึ่งดูเหมือนกับว่าหน่วยความจำภายในส่วนนี้จะมีขนาดทั้งหมด 384 กิโลไบต์

2.1.2.12 หน่วยความจำรีจิสเตอร์

หน่วยความจำส่วนบน (80H-FFH) จะเป็นส่วนที่เข้าถึงข้อมูลได้โดยตรงและเป็นส่วนที่สำคัญมากที่สุด ก็เพราะทำหน้าที่เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้งานเฉพาะ ซึ่งเป็นชุดการทำงานหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์เช่นการคำนวณ การตั้งเวลา/นับเวลา การอินเตอร์รัปต์ รวมถึงการส่งข้อมูลแบบอนุกรมและรีจิสเตอร์อื่น ๆ ที่จำเป็น

2.1.2.13 สัญญาณนาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

สัญญาณนาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่หมายถึงสัญญาณนาฬิกาที่กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานในแต่ละคำสั่ง ซึ่งแต่ละคำสั่งอาจใช้จำนวนสัญญาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการทำงานของคำสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกตัวก็จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกาในการทำงานก็เพื่อจะกำหนดให้ระบบต่าง ๆ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานได้อย่างถูกต้อง และอาจจะทำให้อุปกรณ์ที่ต่อร่วมภายนอกจะทำงานได้ช้ากว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นในการทำงานร่วมกันจะต้องมีการหน่วยเวลา เพื่อไม่ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รอข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก

2.1.2.14 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

วงจรถูกกำเนิดสัญญาณนาฬิกาของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (AT89XXX) สามารถใช้ต่อได้หลายวิธีเช่นที่ผลึกคริสตัล (Crystal) ต่อกับขา XTAL1 และ XTAL2 พร้อมกับตัวเก็บประจุหรือใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกต่อเข้าที่ XTAL1 และ XTAL2 การประมวลผลก็ตามคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีลำดับของการทำงานอยู่ 3 ขั้นตอนคือการอ่านและการตรวจสอบข้อมูล (Fetch) การถอดรหัสข้อมูล (Decode) และการปฏิบัติตามคำสั่ง (Execute) การกระทำทั้ง 3 ขั้นตอนนี้เรียกว่า 1 รอบการทำงานของคำสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์ (Machine Cycle) ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะใช้สัญญาณนาฬิกาเป็นตัวกำหนดฐานเวลาในการทำงานของวงจรภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1.2.15 รูปแบบของสัญญาณนาฬิกา MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่ใช้สัญญาณนาฬิกา 1 รอบการทำงานของคำสั่งจะมี 6 สภาวะการทำงาน (State) ซึ่งแต่ละสภาวะการทำงานจะใช้ 2 คาบหรือจังหวะ (Phase Or Pulse)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณนาฬิกาที่ใช้เป็นฐานเวลาในการทำงานของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51 เป็นคาบเวลา 1 เฟส ซึ่งจะประกอบไปด้วยช่วงสัญญาณลอจิก “0” (Low) และลอจิก “1” (high) ซึ่งได้มาจากวงจรกำหนดสัญญาณนาฬิกา ถ้าใช้คริสตัลเป็นตัวกำหนดความถี่ก็สามารถใช้ค่าความถี่ของคริสตัลมาคำนวณหาคาบเวลาในการทำงานได้เช่นไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (AT89XXX) สามารถที่จะใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกาได้ตั้งแต่ 0-24 เมกกะเฮิร์ตซ์

2.1.2.16 คาบเวลาในการทำงานของคำสั่ง

เมื่อได้รับคำสั่งให้ทำงานหน้าที่ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะเริ่มจากการอ่านและการตรวจสอบข้อมูลการถอดรหัสข้อมูลและการปฏิบัติตามคำสั่ง ซึ่งในแต่ละคำสั่งจะมีคาบเวลาในการทำงานที่แตกต่างขึ้นอยู่กับชนิดของคำสั่ง คำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีรอบการทำงานของคำสั่งตั้งแต่ 1-4 ซึ่งมีคำสั่งที่ใช้คาบเวลาน้อยที่สุดคือ 1 รอบการทำงานหรือ 12 คาบเวลาส่วนมากนั้นก็จะใช้เป็นคำสั่งในการเคลื่อนย้ายข้อมูลภายใน ส่วนการเคลื่อนย้ายข้อมูลภายนอกก็จะใช้ 2 รอบการทำงานหรือ 24 คาบเวลาและคำสั่งที่ใช้คาบเวลามากที่สุดคือ 48 คาบเวลา เป็นคำสั่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก

2.2 พอร์ตอนุกรม RS-232

โดยปกติไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตแบบอนุกรมเรียกอีกชื่อว่าพอร์ต RS-232 มีอยู่ในตัวแล้วแต่บางครั้งก็เครื่องก็อาจจะไม่มี จึงจำเป็นที่จะต้องมีการใส่ที่เรียกว่าอะซิงโครนัสแอสเปคเตอร์ (AsyN chronous) มาเสียบใส่พอร์ต RS-232 ซึ่งพอร์ตนี้ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมเหตุที่มีชื่อเรียกว่าพอร์ต RS-232 นั้นก็เนื่องมาจากสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา (Electronic Industries Association : EIA) ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์การสื่อสารแบบอนุกรมเอาไว้ภายใต้ชื่อว่า RS-232 ความจริงนั้นมาตรฐานของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีหลายมาตรฐานที่นิยมกันมากที่สุดสำหรับคอมพิวเตอร์ก็คือ RS-232 หน้าที่สำคัญของการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส

2.2.1 รับสัญญาณ

- เปลี่ยนสัญญาณที่เข้ามาอนุกรมให้เป็นแบบขนาน
- ตรวจสอบความผิดพลาดของสัญญาณที่รับเข้ามา
- ตัดบิตสิ้นสุดและพาริตีบิตออก
- ส่งสัญญาณให้ซีพียูรู้ว่าได้รับสัญญาณเรียบร้อยแล้ว

2.2.2 ส่งสัญญาณ

- เปลี่ยนสัญญาณแบบขนานจากซีพียูแล้วทยอยส่งออกเป็นแบบอนุกรม
- เพิ่มบิตสิ้นสุดและพาริตีบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพิ่มสัญญาณควบคุมโมเด็มที่เชื่อมต่ออยู่

2.2.3 มาตรฐานของ RS-232

คุณสมบัติอีกประการหนึ่งของพอร์ต RS-232 นั้นคือความเร็วและระยะทางการรับส่งข้อมูล พอร์ต RS-232 สามารถที่จะเชื่อมต่อการรับ-ส่งข้อมูลได้ด้วยที่อัตราความเร็ว 0-20,000 บิตต่อวินาที ซึ่งเพียงพอต่อการเชื่อมต่อไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีอัตราความเร็ว 110 ถึง 9,600 บิตต่อวินาที ความยาวของสายจะเชื่อมต่อสัญญาณมาตรฐานของพอร์ต RS-232 จำกัดอยู่แค่ความยาว 50 ฟุต ซึ่งก็เพียงพอสำหรับการสื่อสารของไมโครคอนโทรลเลอร์คอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ต่อพ่วงรอบนอกลักษณะของสัญญาณพอร์ต RS-232 ก็เพื่อเป็นหลักประกันได้ว่าข้อมูลถูกส่งไปอย่างถูกต้องและอุปกรณ์ควบคุมอย่างถูกต้อง จำเป็นที่จะต้องมีข้อตกลงกันในเรื่องของสัญญาณที่ใช้มาตรฐาน RS-232 กำหนดย่านของแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณเพื่อสนองจุดประสงค์ดังกล่าว

ตารางที่ 2.4 ย่านของแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณเพื่อตอบสนอง

แรงดันไฟฟ้า	สถานะลอจิก	สถานะสัญญาณ	ฟังก์ชันการควบคุม
3 ถึง 25 โวลต์	“0”	ไม่มีการส่งข้อมูล	ON
-25 ถึง -3 โวลต์	“1”	มีการส่งข้อมูล	OFF

2.2.3.1 อุปกรณ์เชื่อมต่อของ RS-232

ในการอินเตอร์เฟซตามมาตรฐาน RS-232 อุปกรณ์เชื่อมต่อแบบนี้จะเทียบเท่าแบบมาตรฐาน ISO 2113 อุปกรณ์การเชื่อมต่อตัวผู้จะใช้อุปกรณ์ที่เป็นแหล่งกำเนิดของการรับส่งข้อมูล (Data Terminal Equipment) ซึ่งต่อไปนี้จะขอเรียกว่าอุปกรณ์ DTE ส่วนอุปกรณ์เชื่อมต่อตัวเมียใช้กับอุปกรณ์ในการแปลงสัญญาณการรับส่งข้อมูล (Data Communication Equipment) ซึ่งต่อไปนี้จะขอเรียกว่าอุปกรณ์ DCE

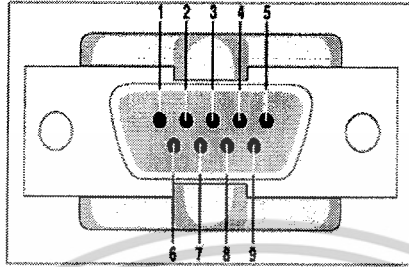
2.2.3.2 ขาสัญญาณต่างๆ ของอุปกรณ์เชื่อมต่อแบบ DB-9

ขา 1 Carrier detect โมเด็มนั้นก็จะส่งสัญญาณในสถานะออน (ลอจิก “0”) ไปบอกไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อได้รับสัญญาณจากโมเด็มของอีกฝ่ายหนึ่ง สัญญาณนี้จะนำไปจุด LED บอกว่าได้รับสัญญาณจากโมเด็มอีกฝ่ายหนึ่งแล้วไฟ LED จะอยู่บนหน้าปัดของโมเด็มเอง

ขา 2 Receive data DTE จะรับสัญญาณจากอุปกรณ์ DCE เข้ามาทางขานี้ เมื่อไม่มีสัญญาณส่งเข้ามาสถานะของลอจิกที่ขานี้จะเป็น “1”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 3 Transmit data สัญญาณของขานี้จะถูกจากอุปกรณ์ DTE ไปยังอุปกรณ์ DTE หรืออุปกรณ์ DCE ตัวอื่นเช่นไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่น ๆ เครื่องพิมพ์หรือโมเด็มเมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานะลอจิกที่ขานี้จะจะเป็น “1”



ภาพที่ 2.5 อุปกรณ์เชื่อมต่อของ RS-232 แบบ DB-9

ขา 4 Data terminal ready อุปกรณ์ DTE จะเปิดสัญญาณสายนี้ให้ ON (ลอจิก “0”) เมื่อพร้อมที่จะติดต่อกับอุปกรณ์ DCE

ขา 5 Signal ground จะทำหน้าที่เป็นระดับแรงดันอ้างอิงสำหรับสายสัญญาณทุก ๆ สายที่แรงดันเป็น 0 โวลต์

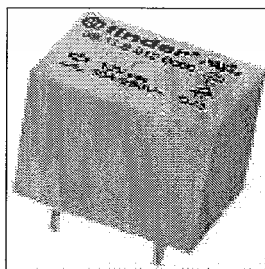
ขา 6 Data ready เมื่อสัญญาณขาอยู่ในสถานะ ON (ลอจิก “0”) จะเป็นการบอกให้อุปกรณ์ DTE ว่าอุปกรณ์ DCE ต่อเรียบร้อยแล้วและพร้อมที่จะส่งข้อมูลไปแล้ว

ขา 7 Request to ready ใช้สำหรับการส่งสัญญาณจากอุปกรณ์ DTE ไปยังอุปกรณ์ DCE เพื่อเป็นการร้องขอ เพื่อที่จะส่งสัญญาณออกทางขา 2 สัญญาณนี้จะใช้ควบคู่กับขา CTS หรือ Clear to send หากอุปกรณ์ DCE ได้รับ RTS จะตรวจสอบตัวเองว่าพร้อมจะรับข้อมูลได้หรือยังหากไม่พร้อมที่จะรับข้อมูลจะส่งสัญญาณไปบอกขา CTS

ขา 8 Clear to send เมื่อมีสัญญาณนี้อยู่ในสถานะ OFF (ลอจิก “1”) ก็หมายความว่าอุปกรณ์รับกำลังบอกว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว

ขา 9 Ring indicator สัญญาณนี้ใช้โมเด็มที่เป็นระบบตอบโต้ตอบอัตโนมัติ

2.3 รีเลย์ (Relay)



ภาพที่ 2.6 รีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

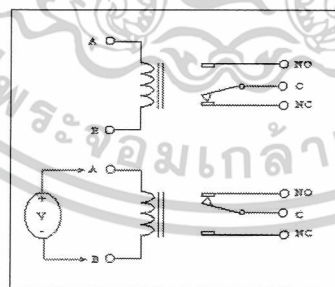
รีเลย์เป็นอุปกรณ์แม่เหล็ก (Magnetic device) ในปัจจุบันนี้รีเลย์ถูกพัฒนาให้มีคุณภาพดีกว่า สมัยก่อนอยู่มาก แต่ก็ยังคงมีหลักการและโครงสร้างแบบเดิมเอาไว้ภายในอีก ที่โครงสร้างของรีเลย์ ประกอบด้วยขดลวด (Coil) 1 ชุด และหน้าสัมผัส (Contactor)

2.3.1 ส่วนประกอบของรีเลย์

แกนเหล็กที่ทำมาจากแกนเหล็กบาง ๆ ที่ผิวเคลือบฉนวนอัดกันเป็นแท่งอยู่ 2 ชุด ชุดหนึ่งถูกยึดติดกับที่เป็นแกนเหล็กรูปตัว E ที่ขากลางของแกนเหล็กจะมีขดลวดพันอยู่ขดลวดชุดนี้จะเป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมา

ส่วนที่ขาด E อีก 2 ข้างนั้นจะมีลวดทองแดงเส้นใหญ่ต่อลัดวงจรไว้เป็นวงแหวนและฝังอยู่ผิวหน้าของแกนเรียกว่าเชดริง (Shaded ring) เพื่อจะช่วยลดการสั่นของแกน แกนเหล็กอีกชุดเป็นรูปตัว I โดยมีชุดหน้าสัมผัสชนิดปกติเปิด ปกติปิด

หลักการทำงานของรีเลย์ ที่ตำแหน่งปกติแกนเหล็กทั้งสองชุดนี้จะถูกดันให้ห่างออกจากกันด้วยสปริง ที่ขาทั้งสองข้างของแกนชุดหน้าสัมผัสบางตัวของส่วนที่ต่อวงจรของจุดสัมผัสของส่วนที่เคลื่อนที่ให้ถึงกันเรียกว่า “ชุดหน้าสัมผัสปกติปิด” ซึ่งในขณะเดียวกันก็จะมีชุดหน้าสัมผัสบางตัวของส่วนที่อยู่กับที่ ตัวที่ไม่ได้ต่ออยู่กับจุดสัมผัสของส่วนที่เคลื่อนที่ เรียกว่าชุดหน้าสัมผัสชุดนี้ว่า “ชุดหน้าสัมผัสปกติเปิด” ตำแหน่งทำงานเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้ามาขดลวดที่พันรอบแกนเหล็ก ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กและเอาชนะแรงสปริงที่ดึงชุดแกนเหล็กชุดเคลื่อนที่ลงมา ทำให้ชุดหน้าสัมผัสทั้งสองชุดเปลี่ยนตำแหน่งการทำงาน ดังนั้นคือชุดหน้าสัมผัสปกติเปิดจะต่อวงจรชุดหน้าสัมผัสปกติปิดจะเปิดวงจรออกเมื่อหยุดป้อนกระแสไฟฟ้าออก ซึ่งทำให้ขดลวดหมดอำนาจแม่เหล็กกลับสู่สภาวะตำแหน่งปกติ ชุดหน้าสัมผัสทั้งสองชุดจะกลับสู่ตำแหน่งปกติ



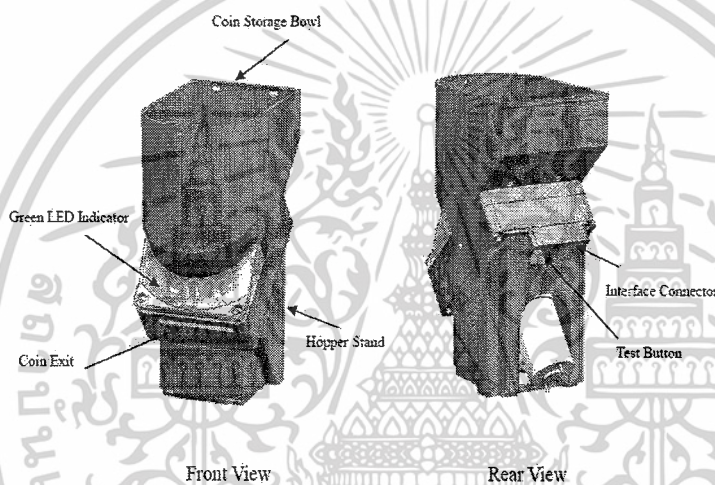
ภาพที่ 2.7 โครงสร้างภายในรีเลย์

ถึงแม้ว่ารีเลย์จะเป็นอุปกรณ์ที่นำมาประยุกต์ สร้างเพื่อเป็นวงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ง่ายไม่ยุ่งยากก็ตามแต่รีเลย์ นั้นเป็นอุปกรณ์แม่เหล็กที่มีส่วนเคลื่อนไหว ในทางกล เพราะฉะนั้นก็ย่อมจะมีข้อจำกัดของทางกลอยู่บ้างซึ่งมีผลกระทบของการตอบสนองรีเลย์ เป็นอุปกรณ์ที่มีความเร็วในการทำงานแบบต่ำเช่นรีเลย์ชนิดแรงดันต่ำ ก็จะใช้เวลาในการทำงานอีก

ประมาณ 10-15 วินาที และรีเลย์ขนาดใหญ่ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้น อาจใช้เวลาในการทำงานมากกว่า 100 วินาที

2.4 เครื่องจ่ายเหรียญ

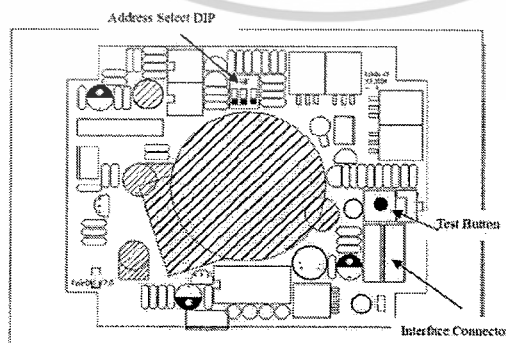
เครื่องจ่ายเหรียญหรือ Hopper คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จ่ายเหรียญเพื่อทอนเงินให้กับผู้มาใช้บริการซึ่งอุปกรณ์ภายในประกอบไปด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงการทำงานคือเมื่อรับคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์หลักไมโครคอนโทรลเลอร์ของเครื่องจ่ายเหรียญก็จะไปสั่งงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้หมุนปั่นเหรียญออกมาตามจำนวนที่ต้องการซึ่งโครงสร้างของเครื่องหยอดเหรียญได้แสดงไว้ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของเครื่องจ่ายเหรียญ

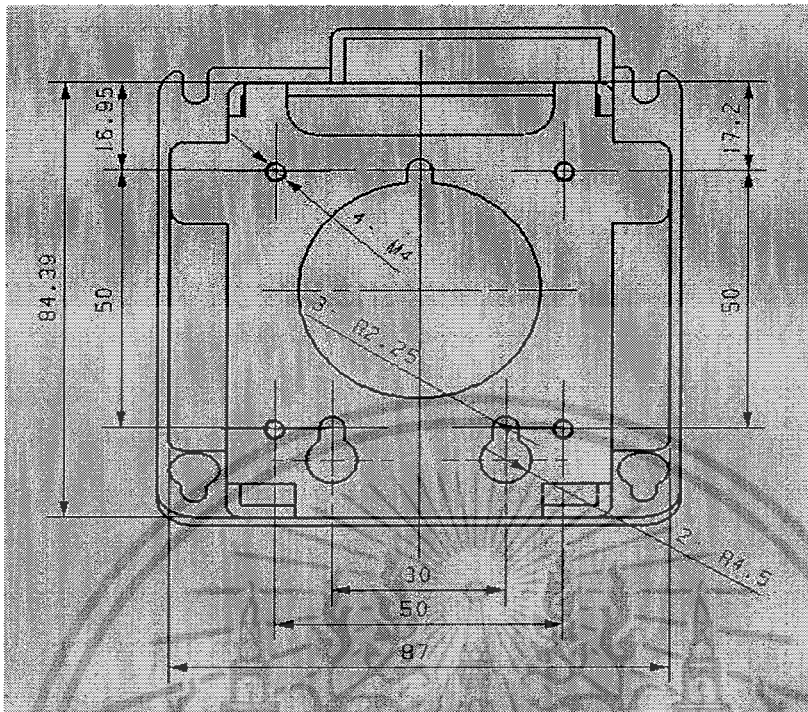
2.4.1 ข้อมูลพื้นฐานของเครื่องจ่ายเหรียญ

- Interface RS-232, ใช้ไฟ 12Vdc 1A
- จำนวนเหรียญรจ่ายได้ประมาณ : 800-1,000 เหรียญ เฉพาะเหรียญ 1 บาท
- ขนาด: กว้าง x ลึก x สูง = 9 x 18 x 21 เซนติเมตร,หนัก 0.8 กิโลกรัม



ภาพที่ 2.9 ตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์บนแผ่น PCB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 แบบที่ใช้ในการสร้างเครื่องจ่ายเหรียญ

2.4.2 การคำนวณค่า CHECK SUM และการเขียน Command สั่งจ่ายเหรียญ

- VV จำนวนเหรียญที่จะจ่าย เช่น 3 เหรียญ = 03
- XX HOPPER ADDRESS เช่น OFF-OFF-OFF = 00
- ZZ ค่ากำหนดของแต่ละรอบการสั่ง เช่น เริ่มที่ 09 แล้วเพิ่มขึ้นทีละ 1 เป็น 0A ในคำสั่งต่อไป
- YY CHECK SUM ที่จะคำนวณด้วยค่าของ Byte ที่ 1 ถึง 7 มา XOR กัน จะได้เป็น BF

ตัวอย่าง

ED	08	09	50	00	03	00	BF
----	----	----	----	----	----	----	----

Reset Command							
C/M	FD	6	0	0	XX	YY	
Start Command							
C/M	FD	6	ZZ	0	XX	YY	
Inquire Command							
C/M	FD	8	ZZ	0	0	0	YY Hopper พร้อมใช้งาน
C/M	FD	8	ZZ	20	0	0	YY เหรียญหมด
C/M	FD	8	ZZ	9	0	5	0 YY เหรียญไม่หมด แต่จ่ายเหรียญไม่ครบ
C/M	FD	8	ZZ	29	0	7	0 YY จ่ายเหรียญไม่ครบเหรียญหมด

Byte ที่ 4 เป็น Byte ที่บอกรุ่นที่เกิดร่วมกับ HOPPER

Byte ที่ 6 เป็นจำนวนเหรียญที่จ่ายครั้งล่าสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

unsigned char YY,VV,XX=0x00,ZZ,Command1,Command2,Command4;

HooperStart()
{
    Command1=0xED;
    Command2=0x08;
    ZZ+=1;
    Command4=0x50;
    VV=CoinCount;
    YY=Command1^Command2^ZZ^Command4^XX^VV;

    Tx_Byte(Command1);//1:ED
    Tx_Byte(Command2);//2:08
    Tx_Byte(ZZ);//3:LOOP Count
    Tx_Byte(Command4);//4
    Tx_Byte(XX);//5:Hooper Address
    Tx_Byte(VV);//6:No of coin to pay
    Tx_Byte(0x00);//7:00
    Tx_Byte(YY);//8:Check Sum
}

```

2.5 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับหมายถึงมอเตอร์ที่ใช้อยู่กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าคือ ขดลวดในสเตเตอร์และส่วนที่จะทำหน้าที่เพื่อให้พลังงานกลคือตัวหมุนหรือโรเตอร์ ซึ่งเมื่อขดลวดภายในสเตเตอร์ได้รับพลังงานไฟฟ้า ก็จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาในตัวที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะมีกลเคลื่อนที่หรือหมุนไปรอบ ๆ สเตเตอร์ ก็เนื่องจากการต่างเฟสของกระแสไฟฟ้าในขดลวดและการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ในขณะที่สนามแม่เหล็กนั้นเคลื่อนที่ไปในสนามแม่เหล็กจากขั้วเหนือก็จะพุ่งเข้าหาขั้วใต้ ซึ่งก็ยังมี การไปตัดกับตัวนำที่เป็นวงจรปิดหรือขดลวดกรงกระรอกของตัวหมุนหรือโรเตอร์ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดของโรเตอร์ ซึ่งที่จากสนามแม่เหล็กของโรเตอร์นี้จะเคลื่อนที่ไปตามทิศทางการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กโลกที่สเตเตอร์ ก็จะทำให้โรเตอร์ของมอเตอร์จะเกิดพลังงานกลที่สามารถนำไปขับเคลื่อนที่ต่อกรหมุนได้

2.5.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือมอเตอร์อะซิงโครนัสและมอเตอร์ซิงโครนัสซึ่งที่นี้จะกล่าวในบทนี้จะเป็นมอเตอร์อะซิงโครนัสที่เรียกว่ามอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำนั้นจะมีขนาดตั้งแต่เล็ก ๆ ไปจนถึงขนาดหลายร้อยแรงม้า มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำมีทั้งที่เป็นมอเตอร์ชนิด 1 เฟสและชนิดที่เป็นมอเตอร์ 3 เฟส มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำนั้นส่วนมากแล้วจะหมุนด้วยความเร็วคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่แต่ก็มีบางชนิด ที่สามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วที่ได้เช่นมอเตอร์สลีปรिंगหรือมอเตอร์ชนิดขดลวดพัน ซึ่งจะเป็นมอเตอร์ชนิด 3 เฟส

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลในการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โรเตอร์จะไม่ได้รับพลังงานไฟฟ้าโดยตรงแต่จะได้อาจจากการเหนี่ยวนำ จึงเรียกว่ามอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

(ก) มอเตอร์ชนิดกรงกระรอก ซึ่งมีทั้งที่เป็นมอเตอร์ 1 เฟส และชนิดที่เป็น 3 เฟส

(ข) มอเตอร์ชนิดนี้ขดลวดพันหรือมอเตอร์สลีปรिंग ซึ่งจะเป็นมอเตอร์ชนิด 3 เฟส โดยทั่วไปมอเตอร์ทุกประเภท จะมีส่วนประกอบหลัก ๆ เบื้องต้นที่คล้ายคลึงกันคือสเตเตอร์หรือตัวที่อยู่กับที่และโรเตอร์ แต่จะแตกต่างกันอยู่ในเรื่องของรายละเอียดของส่วนประกอบปลีกย่อยอื่น ๆ

2.5.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

2.5.2.1 สเตเตอร์หรือตัวอยู่กับที่ (Stator)

จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ซึ่งจะประกอบด้วย โครงของมอเตอร์ แกนเหล็กสเตเตอร์และขดลวด

โครงของมอเตอร์ (Frame or Yoke) จะสร้างด้วยเหล็กหล่อทรงกระบอกกลวงฐานส่วนล่างจะเป็นขาตั้งมีกลองสำหรับต่อสายไฟอยู่ด้านบนหรือด้านข้าง ซึ่งโครงจะทำหน้าที่ยึดแกนเหล็กสเตเตอร์ให้แน่นอยู่กับที่ ผิวด้านนอกของโครงมอเตอร์จะออกแบบให้มีลักษณะเป็นครีบบนเพื่อช่วยในการระบายความร้อนในกรณีที่เป็นมอเตอร์ขนาดเล็ก ๆ โครงจะทำด้วยเหล็กหล่อแต่ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่โครงจะทำด้วยเหล็กหล่อเหนียว ซึ่งจะทำให้มอเตอร์มีขนาดเล็กกะทัดรัดมากขึ้นแต่ถ้าใช้เหล็กหล่อก็จะทำให้มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก นอกจากนี้แล้ว โครงของมอเตอร์ยังอาจทำด้วยเหล็กหล่อเหนียวม้วนเป็นแผ่นม้วนรูปทรงกระบอกแล้วนำไปเชื่อมติดกันทำให้มีความแข็งแรง เช่นมอเตอร์สปลิงเฟส เป็นต้น

แกนเหล็กสเตเตอร์ (Stator Core) ก็จะทำด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ ที่มีลักษณะทรงกลมเจาะตรงกลางและเจาะร่องภายในโดยรอบด้วยแผ่นเหล็กชนิดนี้เรียกว่าลามิเนทซึ่งจะถูกเคลือบด้วยฉนวน เหล็กแต่ละแผ่นจะมีความหนาประมาณ 0.25 นิ้ว หลังจากนั้นจึงนำไปอัดเข้าด้วยกันจนมีความหนาที่เหมาะสมเรียกว่าแกนเหล็กสเตเตอร์

ขดลวด (Stator Winding) จะมีลักษณะเป็นเส้นลวดทองแดงเคลือบฉนวนที่เรียกว่าอีนาเมล (Enamel) พันอยู่ในร่องของแกนเหล็กสเตเตอร์ตามรูปแบบต่าง ๆ ของการพันมอเตอร์

2.5.2.2 โรเตอร์หรือตัวหมุน (Rotor)

มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำจะมีโรเตอร์ 2 ชนิดคือ โรเตอร์แบบกรงกระรอกและโรเตอร์แบบขดลวดพันหรือแบบวาวนด์ ซึ่งจะมีส่วนประกอบคือแกนเหล็ก โรเตอร์ ขดลวดใบพัดและเพลาดังจะได้อีกกล่าวรายละเอียดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel cage rotor) ซึ่งก็ประกอบด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ ที่เรียกว่าแผ่นเหล็กลามิเนต ซึ่งจะเป็แผ่นเหล็กชนิดเดียวกันกับสเตเตอร์ มีลักษณะเป็นแผ่นกลม ๆ เชาวร่องผิวภายนอกเป็นร่อง โดยรอบ ตรงกลางจะเจาะรูไว้สำหรับสวมเพลลาและจะเจาะรูไว้รอบ ๆ รูตรงกลางที่สวมเพลลา ทั้งนี้เพื่อช่วยใ้ในการระบายความร้อนและยังทำให้โรเตอร์มีน้ำหนักเบาลง เมื่อนำแผ่นเหล็กไปสวมเข้ากับแกนเพลลาแล้วจะได้เป็นแกนเหล็กโรเตอร์ หลังจากนั้นก็จะใช้แท่งตัวทองแดงหรือแท่งอะลูมิเนียม ซึ่งหล่ออัดเข้าไปในร่องของแกนเหล็กสเตเตอร์เข้าไปวางทั้งสองด้าน ด้วยวงแหวนตัวนำ ทั้งนี้เพื่อใ้ขดลวดครบวงจรไฟฟ้าหรืออาจนำแกนเหล็กสเตเตอร์เข้าไปวางในแบบพิมพ์แล้วฉีดอะลูมิเนียมเหลวเข้าไปในร่อง ก็จะได้อะลูมิเนียมอัดแน่นอยู่ในร่องจนเต็มและจะได้ขดลวดตัวนำแบบกรงกระรอกฝังอยู่ในแกนเหล็กขดลวดในโรเตอร์นั้น จะเป็นลักษณะของตัวนำที่เป็นแท่งซึ่งอาจใช้ทองแดงหรืออะลูมิเนียมประกอบเข้าด้วยกัน เป็นลักษณะคล้ายกรงนกหรือกรงกระรอก

โรเตอร์แบบขดลวดพันหรือแบบวาวนด์ (Wound Rotor) โรเตอร์ชนิดนี้ก็จะมีส่วนประกอบคล้ายกับโรเตอร์แบบกรงกระรอกคือมีแกนเหล็กที่เป็นแผ่นลามิเนตอัดเข้าด้วยกันแล้วสวมเข้าที่เพลลาแต่ละแท่งต่างกันตรงที่ขดลวดจะเป็นเส้นลวดชนิดที่หุ้มด้วยน้ำยาฉนวนอินามัลพันลงไป ในร่องสล๊อตของโรเตอร์จำนวน 3 ชุด ซึ่งจะมีลักษณะเหมือนกับที่พันบนขดสเตเตอร์ ของมอเตอร์ 3 เฟส แล้วต่อวงจรขดลวดเป็นแบบสตาร์ โดยที่นำปลายทั้ง 3 ที่เหลือต่อเข้ากับวงแหวนตัวนำทั้งนี้ เพื่อให้สามารถต่อวงจรของขดลวดโรเตอร์เข้ากับตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ ที่อยู่ภายนอกของมอเตอร์ เพื่อการปรับค่าความต้านทานของโรเตอร์ ซึ่งจะสามารถควบคุมความเร็วของโรเตอร์ได้

2.5.2.3 ฝาครอบ (End Plate)

ส่วนมากจะทำด้วยเหล็กหล่อเจาะรูตรงกลางและคว้านเป็นรูปกลมใหญ่เพื่ออัดแม่แรงหรือตลับลูกปืนรองรับแกนเพลลาของโรเตอร์

2.5.2.4 ฝาครอบใบพัด (Fan End Plate)

จะมีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กเหนียวขึ้นรูปให้มีขนาดพอสวมฝาครอบได้พอดีมีรูเจาะเพื่อระบายอากาศและยึดติดกับฝาครอบด้านที่มีใบพัด ซึ่งปกติส่วนใหญ่จะมีในมอเตอร์แบบ 3 เฟส และมอเตอร์แบบ 1 เฟส ที่มีขนาดใหญ่ใบพัด (Fan) จะทำด้วยเหล็กหล่อมีลักษณะเท่ากันทุกครีบจะสวมยึดอยู่บนเพลลาด้านตรงข้ามกับเพลลาแกน ซึ่งตัวใบพัดนี้จะช่วยในการระบายอากาศและความร้อนได้มากทีเดียว ใบพัดนี้ส่วนใหญ่จะมีในมอเตอร์แบบ 3 เฟส และมอเตอร์แบบ 1 เฟส ขนาดย่อยถึงขนาดใหญ่เช่นเดียวกับฝาครอบใบพัด

2.5.2.5 สลักเกลียว (Bolt)

จะทำด้วยเหล็กเหนียว ซึ่งจะมีลักษณะเป็นเกลียวตลอด ถ้าเป็นมอเตอร์แบบ 3 เฟส ก็จะประกอบด้วยสลักเกลียว 8 ตัว จะทำหน้าที่ยึดฝาครอบให้ติดกับ โครงถ้ำเป็นมอเตอร์แบบ 1 เฟส ขนาดเล็กเช่นมอเตอร์สปริงเฟส ก็จะเป็นสลักเกลียวยาวไปตลอดความยาวของตัวมอเตอร์ทำเกลียว เฉพาะด้านปลายและมีน๊อตขันยึดไว้ ดังนั้นจึงมีเพียง 4 ตัว

2.6 การศึกษาด้านระบบส่งกำลัง

ระบบส่งกำลังคือกลไกการถ่ายทอดกำลังงาน ที่เกิดขึ้นจากเครื่องยนต์ไปขับล้อของรถยนต์ ระบบส่งกำลังทั้งหมดมีจุดประสงค์คือการส่งถ่ายทอร์กสูงสุดจากเครื่องยนต์ไปยังเพื่อง่ายได้อย่างราบเรียบโดยมีการสูญเสียกำลังน้อยที่สุด โดยมีทางผู้ดำเนินโครงการ ได้ทำการศึกษาระบบส่งกำลังด้วยโซ่หากจะพิจารณาในระบบส่งกำลังโดยใช้โซ่ในการส่งกำลังขับเคลื่อนนั้นจะมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ดังนี้

ข้อดี

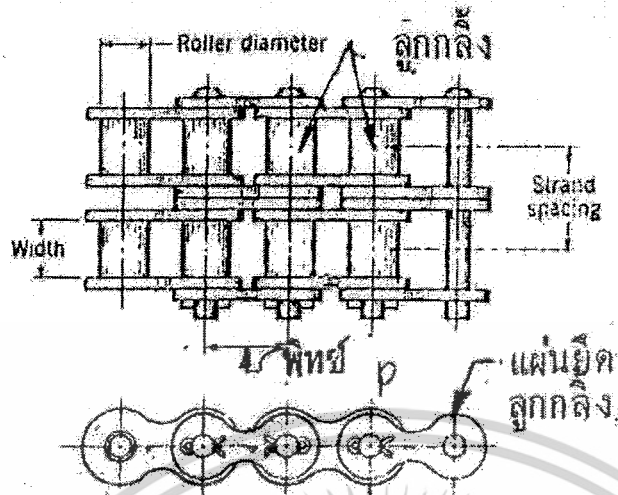
1. มีอายุการใช้งานยาวนาน
2. สามารถเลือกอัตราทดตามต้องการได้
3. มีอัตราทดในการส่งกำลังต่อเนื่อง
4. สามารถทดภาระแบบกระตุก และภาระที่กระทำซ้ำได้
5. ไม่ต้องการบำรุงรักษามากนัก
6. หากชำรุดเสียหายสามารถหาซื้อเปลี่ยนใหม่ได้ง่าย
7. มีประสิทธิภาพในการส่งกำลังสูง 95% - 99%

ข้อเสีย

1. มีเสียงดังในขณะที่ส่งกำลัง
2. โซ่ในที่ที่สกปรกได้ไม่ดี
3. ส่งกำลังแบบ cross drive ไม่ได้ เพราะงานของโซ่ตัวขับและงานของโซ่ตัวตาม

ต้องอยู่ในแนวเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

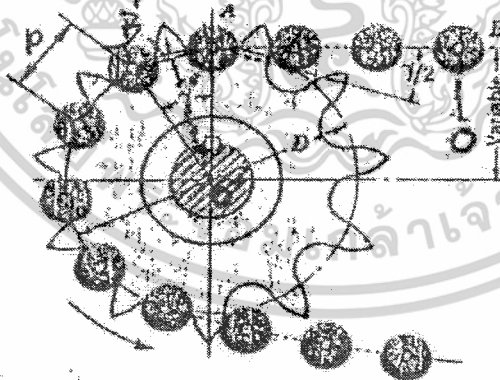


ภาพที่ 2.11 ขนาดของโซ่

การคำนวณหาขนาดลูกโซ่ ในทางปฏิบัติการคำนวณหาขนาดลูกโซ่มักใช้วิธีการเลือกขนาดโซ่จากแคตตาล็อกของบริษัทผู้ผลิต โซ่ที่มีมาให้หลังจากที่เลือกขนาดของโซ่ได้แล้ว สิ่งต่อไปที่ต้องหาคือโซ่นั้นสามารถใช้งานได้หรือไม่

$$F = \frac{F_b}{N_b}$$

เมื่อ F_b = แรงแตกหักที่น้อยที่สุดของโซ่
 N_b = ค่าความปลอดภัย (ควรเลือกใช้ระหว่าง 7-15)



ภาพที่ 2.12 ลักษณะของการขับเคลื่อนโซ่และโซ่ทวนเข็มนาฬิกา

ในการหาขนาดโซ่จะต้องทราบข้อมูลดังต่อไปนี้คือ

- (ก) กำลังงานที่ต้องการส่งเป็น kW
- (ข) ความเร็วรอบของเพลาขับและเพลาตามเป็น rpm
- (ค) การใช้งานเช่นชนิดของอุปกรณ์ขับและอุปกรณ์ที่ต้องการขับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลดังกล่าวนี้ จึงสามารถเริ่มต้นการเลือกขนาดโซ่ตามขั้นตอนดังนี้คือหาจำนวนฟันของพินเนียน (คือจำนวนฟันบนเฟืองโซ่เล็ก) เพื่อให้โซ่ที่มีอายุการใช้งานได้สูงสุด ทำงานได้อย่างราบรื่นและมีสมรรถนะอำนวยประโยชน์ที่สุดการหาจำนวนฟันบนพินเนียน ควรพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

ในการใช้ขับส่วนมากเลือกใช้จำนวนพิทซ์ของโซ่เป็นเลขคู่ และใช้พินเนียนที่มีฟันเป็น เลขคี่ เพื่อให้แน่ใจได้ว่าโซ่และฟันบนพินเนียนจะเกิดการสึกหรออย่างสม่ำเสมอ

โดยทั่วไปถ้าเป็นการขับอย่างสม่ำเสมอพินเนียนไม่ควรมีฟันน้อยกว่า 17 ฟัน เนื่องจากว่าโซ่จะวางตัวบนพินเนียนในลักษณะของรูปหลายเหลี่ยม ซึ่งก็ทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เป็นผลที่เกิดขึ้นนี้จะน้อยมากเมื่อพินเนียนมีจำนวนฟันมากขึ้น นั่นคือเมื่อมากกว่า 17 ฟัน

ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับโซ่ เพื่อใช้ประกอบในการเลือกขนาดโซ่ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะของการใช้งาน

แรงที่จะมากระทำสม่ำเสมอเช่นเครื่องจักรในอุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องดัดเช่นเครื่องบรรจุขวด, เครื่องบรรจุกระป๋อง, เครื่องเป่าแบบหอยโข่ง (Centrifugal blower), ที่เครื่องกวน, เครื่องผสมของเหลวกึ่งของเหลว, และที่เห็นกันบ่อย ๆ ก็คือเครื่องสูบลมแบบหอยโข่งแบบเฟือง แบบโรตารี อุปกรณ์ลำเลียง ลิฟต์บันไดเลื่อนคำนวณหาอัตราทดที่ต้องการ ได้ จากสมการอัตราทด

$$i_w = \frac{n_1}{n_2}$$

เมื่อ i_w = อัตราทดที่ใช้งาน

n_1 = ความเร็วรอบของเฟลารอบสูง

n_2 = ความเร็วของเฟลารอบต่ำ

เมื่อทราบระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองที่ใช้โดยประมาณแล้ว ก็อาจหาจำนวนข้อโซ่ได้จากสมการ

$$x = \frac{2C}{P} + \frac{Z+z}{2} + \left(\frac{Z-z}{2\pi} \right)^2 \frac{P}{C}$$

โดยที่ x = จำนวนข้อโซ่หรือจำนวนพอทซ์ของโซ่ (ต้องเป็นเลขคู่)

C = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่

P = ระยะพิทซ์ของโซ่

z = จำนวนฟันบนพินเนียน

Z = จำนวนฟันบนเฟืองโซ่

หลังจากทราบจำนวนข้อโซ่ที่แน่นอนแล้วจึงคำนวณหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่ที่แท้จริงได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C = \frac{P}{4} \left(x - \frac{Z+z}{2} + \sqrt{\left\{ x - \frac{Z+z}{2} \right\}^2 - 2 \left\{ \frac{Z-z}{\pi} \right\}^2} \right)$$

ในการเลือกขนาดโซ่ฟันก็จะต้องทราบข้อมูล และสามารถตรวจสอบกำลังที่โซ่ฟันส่งได้ จากสมการ

$$W_p = \frac{P_o b_N}{C_s} C_1$$

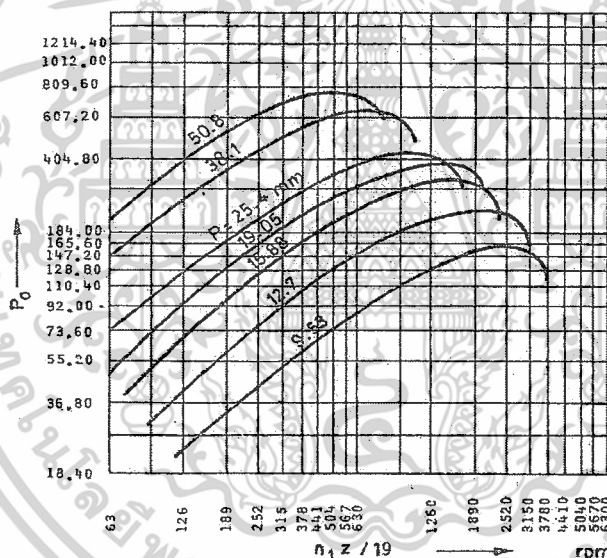
โดยที่ W_p = กำลังที่โซ่ส่งได้จริง

P_o = กำลังที่โซ่ส่งได้ทางทฤษฎี คูได้จากรูป

b_N = ความกว้างระบของโซ่

C_s = ตัวประกอบการกระแทก คูได้จากตาราง

C_1 = สัมประสิทธิ์ในการขับของโซ่



ภาพที่ 2.13 แผนภูมิที่ใช้เลือกโซ่ฟันตามมาตรฐาน DIN 8190 อายุใช้งานของโซ่ 10,000 ชั่วโมง

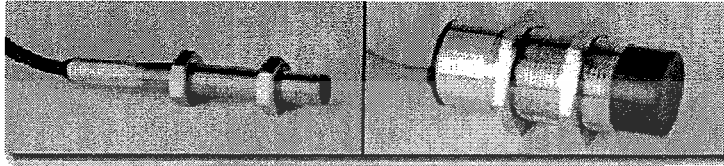
2.7 เซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับ

เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจรู้ปริมาณของตัวแปรต่าง ๆ เพื่อจะป้อนให้กับระบบ และกระบวนการอุปกรณ์เซนเซอร์จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญอย่างมาก ไม่เพียงแต่เฉพาะในการควบคุมกระบวนการทางอุตสาหกรรมให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติเท่านั้น แต่ในเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรมก็จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ด้วยเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่นการตรวจวัดที่ตำแหน่งและระยะทางการเคลื่อนที่ ความสว่าง ความร้อน ความดัน การไหล ระดับและ ความหนาแน่น ฯลฯ สัญญาณทางด้านเอาต์พุตที่ได้จากการตรวจรู้ของอุปกรณ์เซนเซอร์ที่อยู่ในรูปของสัญญาณ ไฟฟ้า นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถแบ่งได้ 3 ลักษณะ นั้นขึ้นอยู่กับความต้องการของระบบหรืออุปกรณ์ที่ต้องร่วมเป็นสัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) และสัญญาณไบนารี (Binary Signal)

2.7.1 ฟร็อกซิมิตีชนิดเหนี่ยวนำ (Inductive Proximity)



ภาพที่ 2.14 ฟร็อกซิมิตีชนิดเหนี่ยวนำ

การทำงานของฟร็อกซิมิตีชนิดเหนี่ยวนำ จะสามารถใช้ได้กับเฉพาะวัตถุที่เป็น โลหะเท่านั้น ด้วยหลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่กำเนิดขึ้นจากวงจรออสซิลเลเตอร์ ที่ประกอบด้วยวงจร L-C บริเวณด้านหน้าของอุปกรณ์ ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการเซนเซอร์วัตถุที่มาสัมผัส ดังแสดงในบร็อกไดอะแกรม ในภาพที่ 2.14 เมื่อมีวัตถุที่ต้องการเซนเซอร์ (Target Material) เคลื่อนที่เข้ามาใกล้บริเวณเซนเซอร์ ที่มีลักษณะและการแผ่กระจายของสนามแม่เหล็ก ดังภาพที่ 2.15 ก็จะทำให้มีการเหนี่ยวนำเกิดขึ้นกับวัตถุนั้นและเกิดกระแสไหลวน (Eddy Current) ขึ้นที่ภายในวัตถุ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ เพราะวงจรออสซิลเลเตอร์จะเริ่มทำงานน้อยลงจนถึงตำแหน่งที่วัตถุเคลื่อนที่เข้าใกล้กับบริเวณเซนเซอร์ จนทำให้เกิดการเหนี่ยวนำที่มากที่สุด ณ จุดนี้ทำให้วงจรออสซิลเลเตอร์ จะหยุดการทำงาน ดังภาพที่ 2.16 ซึ่งสภาวะดังกล่าวจะถูกแยกแยะด้วยวงจรทริกเกอร์ (Trigger Circuit) หรือ Pulse Shaper ก่อนที่จะนำสัญญาณที่ได้ไปขยายและใช้งานต่อไป โดยทั่วไประยะการเซนเซอร์ (Sensing Range) ของฟร็อกซิมิตีเซนเซอร์นั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของตัวเซนเซอร์ และชนิดของวัตถุโดยรวม ไปถึงขนาดของวัตถุที่ต้องการเซนเซอร์ด้วยเป็นสำคัญ นั่นคือถ้าอุปกรณ์เซนเซอร์มีขนาดใหญ่มากก็จะสามารถเซนเซอร์ได้ในระยะไกลเนื่องจากวงจรออสซิลเลเตอร์สามารถกำเนิดวงจรสนามแม่เหล็กได้มาก (โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงระหว่าง 1.5 mm ถึง 15 mm) แต่ในกรณีที่ระยะการเซนเซอร์ไกล ก็จะมีข้อเสียคือสนามแม่เหล็กที่แผ่กระจายออกมาเป็นวงกว้างจะมีผลทำให้ความแม่นยำในการเซนเซอร์ลดลงถ้ามีวัตถุชนิดอื่นอยู่ใกล้กับบริเวณที่ต้องการเซนเซอร์ นอกจากนี้ชนิดของวัตถุที่ต้องการเซนเซอร์ก็จะมีผลต่อระยะการเซนเซอร์ด้วยเช่นกัน โดยสามารถหาระยะการเซนเซอร์ได้จากคุณสมบัติของเซนเซอร์แต่ละตัว (Nominal Sensing Distance) และก็ค่าตัวประกอบ (Correction Factor) ของวัตถุแต่ละชนิด ดังสมการด้านล่าง

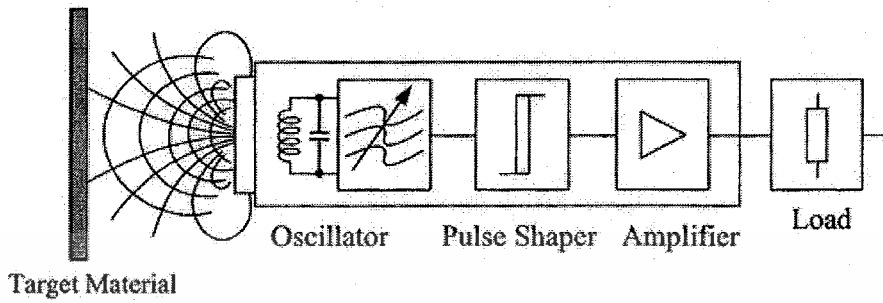
$$S_r = S_n \times C.F$$

เมื่อ S_r คือระยะการเซนเซอร์ที่แท้จริง (Actual Sensing Distance)

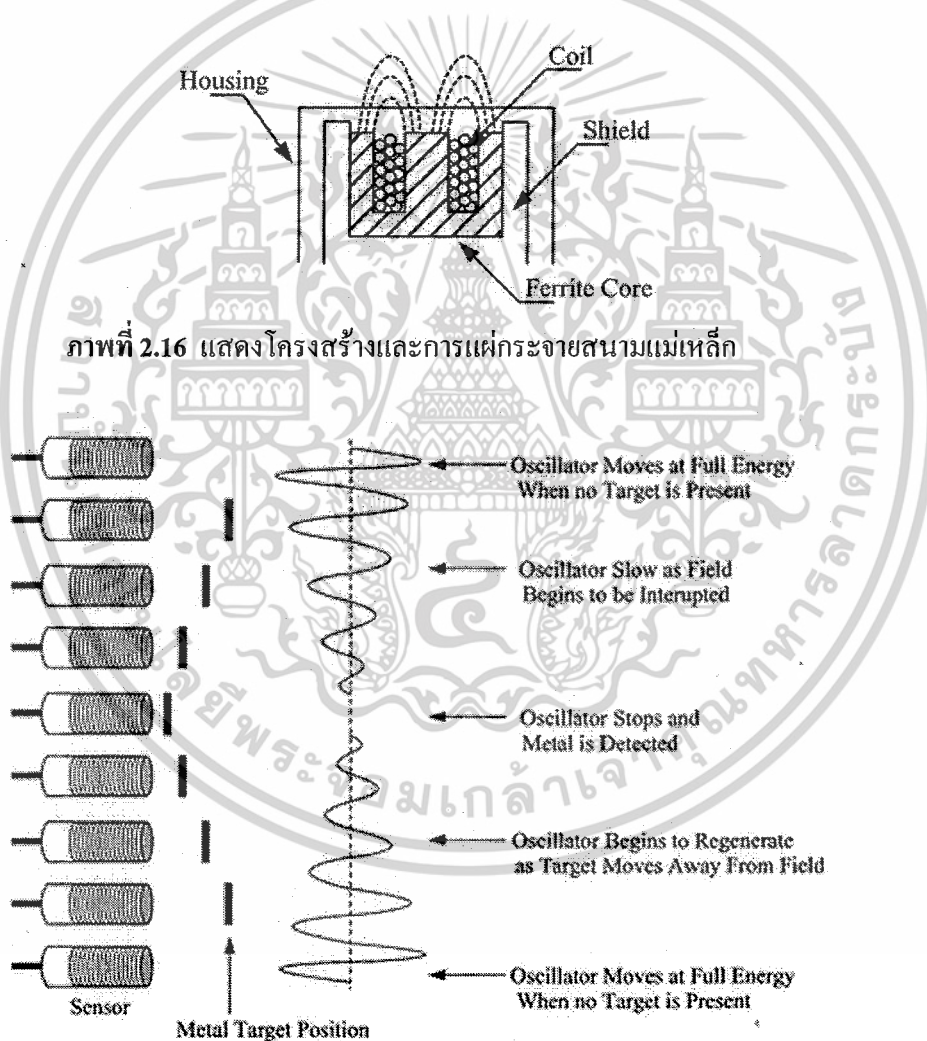
S_n คือระยะเซนเซอร์จากคุณสมบัติของตัวเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C.F คือค่าตัวประกอบของวัตถุ



ภาพที่ 2.15 แสดงลักษณะพื้นฐานของอุปกรณ์ Inductive Proximity Sensor



ภาพที่ 2.16 แสดงโครงสร้างและการแผ่กระจายสนามแม่เหล็ก

ภาพที่ 2.17 แสดงระยะการหน่วงออสซิลเลตในขณะเซนเซอร์วัตถุของ Inductive Proximity

ค่าตัวประกอบของวัตถุแต่ละชนิดก็จะสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.5 ส่วนในตารางที่ 2.6 เป็นตัวอย่างค่า S_n ของอุปกรณ์เซนเซอร์ที่มีขนาดแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าตัวประกอบของวัตถุแต่ละชนิด

Target Material	Correction Factor
Mild Steel	1.0
Stainless Steel	0.85
Brass	0.45
Aluminium	0.35
Copper	0.30

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างค่า S_n ตามขนาดของเซนเซอร์แต่ละตัว

\varnothing mm	Dimensions (mm) of Sensed Plate	Nominal Sensing Distance; S_n (mm)
$\varnothing 6.5$	8×8×1	0-2.5
M8	8×8×1	0-2.5
M12	12×12×1	0-4
M18	18×18×1	0-8
M30	30×30×1	0-15

2.7.1.1 คุณสมบัติการทำงาน (Operating Characteristics)

การใช้งานอุปกรณ์เซนเซอร์ในทางปฏิบัติ จำเป็นต้องทำความเข้าใจถึงรายละเอียดและข้อมูลพื้นฐานของเซนเซอร์แต่ละชนิด เพื่อที่จะสามารถนำอุปกรณ์เซนเซอร์ไปใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(ก) ระยะการเซนเซอร์ (Sensing Distance; S)

หมายถึงระยะห่างในการเคลื่อนที่ของวัตถุ ที่จะเข้ามาใกล้กับบริเวณด้านหน้าของตัวเซนเซอร์แล้วมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของสัญญาณทางด้านเอาต์พุต

(ข) ระยะเซนเซอร์จากคุณสมบัติของตัวเซนเซอร์แต่ละตัว (S_n)

หมายถึงระยะการเซนเซอร์ โดยทั่วไปของตัวเซนเซอร์แต่ละตัวนั้น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะและรูปร่างของตัวเซนเซอร์ในแต่ละรุ่น โดยไม่ต้องคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากตัวอุปกรณ์ อุณหภูมิหรือแรงดันไฟฟ้าจากภายนอก

(ค) ระยะการเซนเซอร์ที่แท้จริง (S_r)

หมายถึงค่าจริงของการวัด ที่ได้จากการเซนเซอร์ ภายใต้ลักษณะเงื่อนไขที่กำหนด เช่น อุณหภูมิ แรงดันไฟฟ้าและการติดตั้งอุปกรณ์เป็นต้น ซึ่ง โดยจะต้องอยู่ระหว่าง 90% และ 110% ของระยะเซนเซอร์จากคุณสมบัติของตัวเซนเซอร์แต่ละตัว (S_n) ดังสมการด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$0.9S_n < S_r < 1.1S_n$$

(ง) ระยะที่ใช้งานได้ของเซนเซอร์ (Usable Sensing Distance; S_u)

หมายถึงค่าการวัดที่วัดได้จากระยะเซนเซอร์ ที่อยู่ภายใต้มาตรฐานขอบเขตที่จำกัดของอุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้า ซึ่งจะอยู่ระหว่าง 81% และ 121% ของระยะเซนเซอร์จากคุณสมบัติของเซนเซอร์แต่ละตัว (S_n) ดังสมการด้านล่าง

$$0.81S_n < S_u < 1.21S_n$$

(จ) ระยะการใช้งานในการเซนเซอร์ (Operating Sensing Distance; S_a)

หมายถึงระยะที่มีความเหมาะสมมากที่สุดต่อการใช้งานจริงและเป็นระยะที่ตัวของเซนเซอร์สามารถเซนเซอร์วัตถุได้อย่างถูกต้องแม่นยำภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ดังความสัมพันธ์ในสมการด้านล่าง

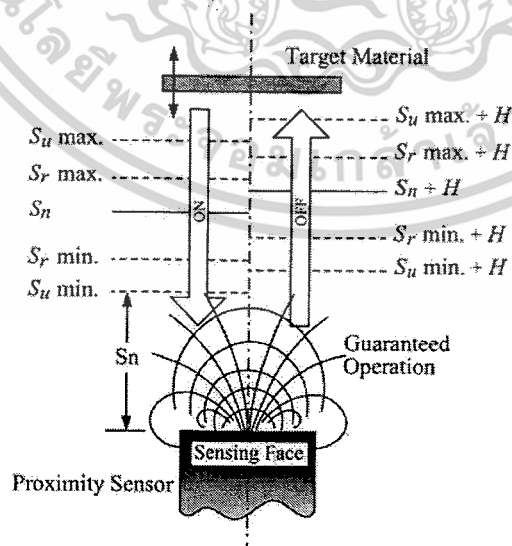
$$0 < S_a < 0.81S_n$$

(ฉ) ความสามารถในการซ้ำค่าเดิม (R)

หมายถึงความผันผวนของค่าที่ได้จากการวัด ในแต่ละครั้งของระยะการเซนเซอร์ที่แท้จริง (S_r) ตามเงื่อนไขที่กำหนดเช่นช่วงเวลา อุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้า

(ช) ความแตกต่างของระยะในการเซนเซอร์ (Differential Travel; H)

หมายถึงระยะห่างระหว่างวัตถุที่ต้องการเซนเซอร์กับตัวเซนเซอร์ โดยตำแหน่งที่ดีที่สุดคือระยะที่วัตถุนั้นเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กับบริเวณเซนเซอร์และจะลดลงก็ต่อเมื่อวัตถุนั้นเคลื่อนที่ถอยห่างออกไป



ภาพที่ 2.18 แสดงระยะการใช้งานจริงของ Inductive Proximity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.2 ข้อดีและข้อด้อยของ Inductive Proximity Sensor

ข้อดี

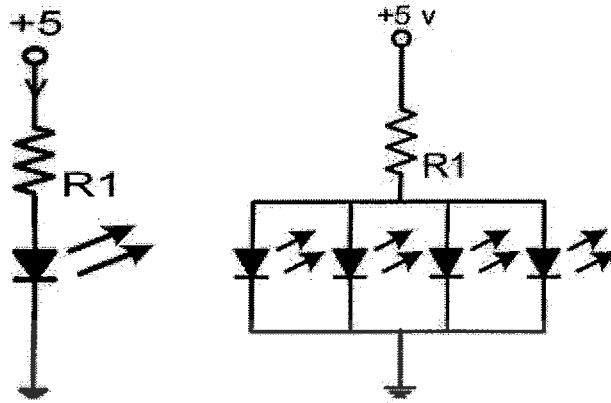
1. ไม่มีผลกระทบจากความเปียกชื้น
2. ไม่มีผลกระทบจากฝุ่นผงหรือสิ่งสกปรกจากสภาพแวดล้อม
3. ไม่มีส่วนประกอบในการเคลื่อนที่จึงไม่เกิดการเสียดสีและสึกหรอ
4. การตรวจจับไม่ขึ้นอยู่กับสีของวัตถุ
5. ลักษณะพื้นผิวของวัตถุที่ต้องการเซนเซอร์นั้น จะมีผลน้อยมากต่อการตรวจจับเมื่อเทียบกับเซนเซอร์บางชนิดที่ใช้หลักการอื่น
6. ไม่มีบริเวณที่บอด (Blind Zone) ต่อการเซนเซอร์

ข้อเสีย

1. สามารถเซนเซอร์ได้เฉพาะวัตถุที่เป็น โลหะเท่านั้น
2. มีระยะการเซนเซอร์ที่ใกล้เมื่อเทียบกับตัวเซนเซอร์ชนิดอื่น ๆ
3. จะมีผลกระทบที่เกิดจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับจากแหล่งกำเนิดอื่นที่อยู่บริเวณรอบข้าง

2.7.2 แสงอินฟราเรด (Infrared)

ปกติแล้วการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์เซนเซอร์ทางแสง สำหรับวัดการกระจัดหรือเซนเซอร์วัตถุใด ๆ โดยปกติทั่วไปชุดของเซนเซอร์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วน คือตัวรับแสง (Receiver) และตัวส่งแสง (Emitter) ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ก็จะมีหน้าที่รับแสงซึ่งส่วนใหญ่จะนิยมใช้ Photo Diode และ Photo Transistor ตามทฤษฎีและหลักการของส่วนตัวส่งแสงนั้นนอกจากจะเป็นแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ ซึ่งถ้าใช้ร่วมกับ Photo Diode หรือ Photo Transistor จะใช้ LED (Light Emitting Diode) เป็นตัวกำเนิดแสง เนื่องจากมีเหตุผลหลายประการเช่นมีราคาถูกและสามารถหาซื้อได้ทั่วไป การต่อใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์อื่นก็ทำได้โดยง่าย อีกทั้งยังจะสะดวกต่อการบำรุงรักษาตลอดจนใช้กระแสไฟฟ้าต่ำอีก ทั้งไม่มีผลกระทบจากสภาวะรอบข้าง ซึ่งการใช้อินฟราเรดเป็นตัวกำเนิดแสงเป็นที่นิยมใช้มากที่สุด มีข้อดีคืออินฟราเรดเป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มีความเข้มของแสงสูง ความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 910 nm ถึง 950 nm และสามารถส่งแสงได้ในระยะทางไกล ๆ ตลอดจนสามารถทะลุผ่านวัสดุบางชนิดได้ แต่ข้อเสียคือจะไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสีแต่ละสีได้



ภาพที่ 2.19 การต่อใช้งานวงจรพื้นฐานภาคส่งแสงย่านอินฟราเรด

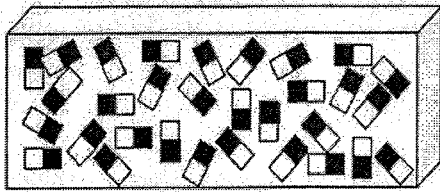
เซมิคอนดักเตอร์ชนิดนี้จะส่งลำแสงออกไปเพื่อกระทบกับวัตถุโดยตรง ซึ่งก็จะใช้วัตถุหรือชิ้นงานเป็นตัวสะท้อนลำแสงนั้นกลับมายังตัวรับแสง ซึ่งโดยที่ไม่ใช้แผ่นสะท้อนแสงกลับ การใช้วัตถุหรือชิ้นงานเป็นตัวสะท้อนแสงนั้นก็มีข้อเสียคือจะมีระยะในการเซมิคอนดักเตอร์ที่ใกล้กว่า แต่มีข้อดีคือเป็นชนิดที่สะดวกขึ้นในการติดตั้งใช้งานมากที่สุด เนื่องจากใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยอีกทั้งไม่ต้องคอยกังวลเกี่ยวกับเรื่องของการจัดระดับของตัวเซมิคอนดักเตอร์กับวัตถุที่ต้องการเซมิคอนดักเตอร์มากนัก ชุดเซมิคอนดักเตอร์ชนิดเซมิคอนดักเตอร์วัตถุโดยตรงสามารถเซมิคอนดักเตอร์วัตถุได้เกือบทุกชนิด ยกเว้นวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวด้านหรือคูดกั้นแสงและวัตถุที่โปร่งแสง ดังนั้นวัตถุที่เหมาะสมกับตัวเซมิคอนดักเตอร์ชนิดนี้นั้นก็ควรจะเป็นวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวที่เรียบเป็นมันวาวและทึบแสง

2.8 หลักการพื้นฐานและทฤษฎีทางด้านแม่เหล็ก

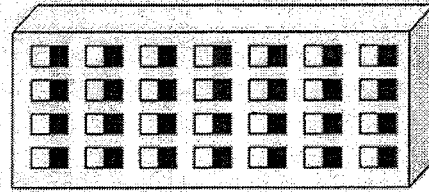
ในสมัยโบราณชนชาวเมกนีเซียพบว่าจะมีหินสีดำชนิดหนึ่งมีคุณสมบัติพิเศษ สามารถดึงดูดสิ่งของโลหะบางชนิดได้และได้เรียกหินชนิดนี้ว่าแมกเนต (Magnet) ซึ่งแปลได้ว่าแม่เหล็ก ต่อมาจึงได้ทราบว่าหินสีดำนี้เป็นโลหะชนิดหนึ่งคือแมกเนตออกไซด์ของเหล็ก (Magnetic Oxide Of Iron) และชาวจีนได้ทดลองนำเอาหินชนิดนี้มาผูกด้วยเชือกให้หมุนได้อย่างอิสระปรากฏว่าหินนั้นจะชี้ไปทางทิศเหนือและได้อยู่เสมอ จึงเป็นที่มาในการตั้งชื่อหินชนิดนี้ว่าไหลดสโตน (Load Stone) ซึ่งมีความหมายว่าเป็นหินนำทาง ต่อมาได้พัฒนานำมาใช้เพื่อช่วยในการเดินทางเรียกว่า “เข็มทิศ”

แม่เหล็ก (Magnet) คือเหล็กที่มีคุณสมบัติพิเศษกว่าเหล็กชนิดอื่น ๆ สามารถดึงดูดวัตถุจากธาตุบางชนิดได้เช่นเหล็ก โครเมียมแมงกานีส นิกเกิล ฯลฯ ซึ่งมีโครงสร้าง (โมเลกุล) ของแม่เหล็กนั้นเรียกว่าโดเมนแม่เหล็ก (magnetic domain) ก็จะต่างจากเหล็กธรรมดาที่อยู่ในเหล็กธรรมดาโดเมนเหล็กจะเรียงตัวกันไม่เป็นระเบียบจะชี้ไปทุกทิศทุกทางแต่โดเมนแม่เหล็กจะเรียงตัวกันเป็นระเบียบยังมี การเรียงตัวกันเป็นระเบียบมาก อำนาจในการดึงดูดก็จะมากด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) Magnetic domain ของเหล็กธรรมดา



(ข) Magnetic domain ของแม่เหล็ก

ภาพที่ 2.20 แสดงลักษณะโมเลกุลของเหล็กธรรมดาและโมเลกุลของแม่เหล็ก

สนามแม่เหล็กเป็นบริเวณที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งเป็นปริมาณที่เกิดจากการเหนี่ยวนำภายในตัววัตถุ เส้นแรงแม่เหล็กมีทั้งขนาดและทิศทางที่ทิศของเส้นแรงแม่เหล็กมักวัดเปรียบเทียบกับระนาบตามแนวราบและชี้เหนือทางภูมิศาสตร์ ค่ามุมของเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อเทียบกับระนาบตามแนวราบเรียกว่ามุมเอียงแม่เหล็กโลก (magnetic inclination) ส่วนทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อเทียบกับชี้เหนือทางภูมิศาสตร์เรียกว่ามุมบ่ายเบนแม่เหล็กโลก (magnetic declination)

Charles Coulomb (1736-1806) ได้อธิบายถึงปฏิกิริยาของแม่เหล็กในเชิงของแรงที่กระทำกับจุดใด ๆ ซึ่งจะถูกเรียกจุดนี้ว่าขั้วแม่เหล็ก (magnetic poles) ซึ่งเป็นได้ทั้งขั้วบวก (positive pole) และขั้วลบ (negative pole)

แรง F ที่เกิดขึ้นภายในสนามแม่เหล็กระหว่างขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้ว นั้นมีความเข้มของเส้นแรงแเท่ากับ P_1 และ P_2 ที่อยู่ห่างกันเป็นระยะทาง r คำนวณได้จาก

$$F = \frac{1}{\mu} \frac{P_1 P_2}{r^2}$$

เมื่อ μ เป็นสภาพความซึมได้แม่เหล็ก (magnetic permeability) (สูญญากาศมีค่าเท่ากับ 1) ความเข้มสนามแม่เหล็ก (magnetic field strength) H จะพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่าของแรงกับความเข้มของเส้นแรงแตามสมการ

$$H = \frac{F}{P}$$

เมื่อวางวัตถุไว้ภายใต้สนามแม่เหล็กวัตถุจะถูกเหนี่ยวนำ ทำให้เกิดลักษณะทางแม่เหล็กขึ้น ความสามารถในการเป็นแม่เหล็ก ก็ขึ้นอยู่กับความเข้มของสนามแม่เหล็กที่เหนี่ยวนำวัตถุนั้นสมบัติของวัตถุตามสมการ

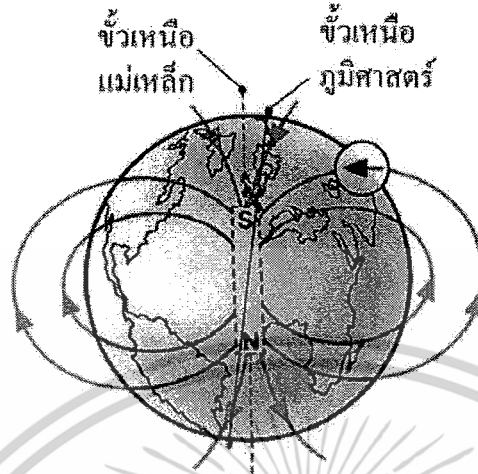
$$I = kH \cos \theta$$

เมื่อ k เป็นความสามารถในการเป็นแม่เหล็ก (สูญญากาศมีค่าเท่ากับ 1)

θ เป็นมุมของสนามแม่เหล็กที่กระทำกับผิวหน้าของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 ขั้วแม่เหล็กและแรงแม่เหล็ก (Magnetic poles and magnetic force)



ภาพที่ 2.21 ขั้วแม่เหล็ก

ในสุญญากาศ $\mu = 1$ ซึ่งใกล้เคียงกับค่าบรรยากาศของโลกความเข้มของขั้ว (pole strength) เป็นค่าที่ใช้เรียกแรงที่มีอยู่ ณ ตำแหน่งที่ห่างจากขั้วแม่เหล็กเป็นระยะทางใด ๆ ขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้วซึ่งแสดงพฤติกรรมที่ตรงข้ามกันแต่มีความเข้มของขั้วเท่ากัน

เนื่องจากแม่เหล็กก็มีความสามารถในการทำให้เกิดแรงขึ้นบนแม่เหล็กแท่งอื่นหรือวัตถุที่มีความสามารถเป็นแม่เหล็กซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าถูกล้อมรอบด้วยสนามของแรงซึ่งก็คือสนามแม่เหล็ก (magnetic field)

ความเข้มสนามแม่เหล็กที่ตำแหน่งใด ๆ เป็นผลจากความเข้ม m ของขั้วที่ห่างออกไปเป็นระยะทาง r ความเข้มสนามแม่เหล็ก H นิยามว่าเป็นแรงที่ขั้ว ตามสมการ

$$H = \frac{F}{m'} = \frac{m}{\mu r^2}$$

เมื่อ m' เป็น a fictitious pole at the point in space.

ความเข้มของสนามแม่เหล็กมักแสดงในรูปของความหนาแน่นของเส้นแรงหรือฟลักซ์ของสนามแม่เหล็ก

2.8.2 โมเมนต์แม่เหล็ก

เนื่องจากขั้วของแม่เหล็กต้องมีเป็นคู่แม่เหล็กตามสภาพที่เป็นจริง จึงเป็นแม่เหล็กขั้วคู่ความเข้มของขั้วแม่เหล็ก $+m$ และ $-m$ วางห่างกันเป็นระยะ l โมเมนต์ของแม่เหล็ก (magnetic moment) นิยามเป็น

$$M = ml$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 ความรุนแรงของการเป็นแม่เหล็ก

วัตถุที่มีความสามารถในการเป็นแม่เหล็กนั้น เมื่อวางอยู่ในสนามแม่เหล็กก็จะถูกเหนี่ยวนำกลายเป็นแม่เหล็ก ความรุนแรงของความเป็นแม่เหล็ก (intensity of magnetization) หรืออาจเรียกว่า magnetic polarization เป็นสัดส่วนเดียวกันกับความเข้มของสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีทิศทางของมันเป็นทิศทางเดียวกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก ความรุนแรงของความเป็นแม่เหล็กจึงนิยามเป็น โมเมนต์ของแม่เหล็กต่อหน่วยปริมาตร ดังสมการด้านล่าง

$$I = \frac{M}{v}$$

2.8.4 ความสามารถในการเป็นแม่เหล็ก

ความสามารถในการเป็นแม่เหล็ก (magnetic susceptibility) เป็นพารามิเตอร์พื้นฐานสำคัญในการสำรวจด้านแม่เหล็ก ก็เนื่องจากความสามารถในการตอบสนองต่อสนามแม่เหล็กของหิน, แร่ กำหนดจากปริมาณของสารแม่เหล็กที่อยู่ในหินและแร่เหล่านั้น เมื่อมีสนามภายนอก H ก็ทำมุม θ กับเส้นตั้งฉากกับพื้นผิวของวัตถุ จะทำให้วัตถุมีสภาพเป็นแม่เหล็กระดับขั้นสภาพเป็นแม่เหล็กของวัตถุกำหนดจากความสามารถในการเป็นแม่เหล็กของวัตถุดังนี้

$$I = kH \cos \theta$$

เมื่อ k เป็นความสามารถในการเป็นแม่เหล็ก (สูญญากาศ $k = 0$)

2.8.5 การเหนี่ยวนำแม่เหล็ก

วัตถุที่มีความสามารถเป็นแม่เหล็ก เมื่อวางอยู่ในสนามภายนอก H จะสร้างสนาม H' ขึ้นเองได้โดยจะเพิ่มขึ้นไปกับสนามแม่เหล็กทั้งหมด ที่ในตัววัตถุสนามที่เพิ่มขึ้นนี้จะสัมพันธ์กับความรุนแรงของความเป็นแม่เหล็ก ซึ่งการเหนี่ยวนำแม่เหล็ก (magnetic induction) B นิยามว่าเป็นสนามทั้งหมดในตัววัตถุ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$B = H + H' = H + 4\pi$$

อัตราส่วนระหว่างการเหนี่ยวนำแม่เหล็ก B กับแรงทางแม่เหล็ก H คือสัมประสิทธิ์ความเป็นแม่เหล็ก μ ดังนั้น การเหนี่ยวนำแม่เหล็กอาจเขียนสมการได้เป็น

$$B = H + 4\pi kH = (1 + 4\pi k)H = \mu H$$

สัมประสิทธิ์ของความเป็นแม่เหล็ก เป็นการวัดการปรับตัวอันเนื่องจากการเหนี่ยวนำจากแรงดึงดูดหรือแรงผลักระหว่างขั้วแม่เหล็ก จะมีขนาดของสัมประสิทธิ์ความเป็นแม่เหล็ก ขึ้นอยู่กับสมบัติความเป็นแม่เหล็กของวัตถุที่มีขั้วแม่เหล็กอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.6 ความสัมพันธ์การเหนี่ยวนำแม่เหล็กและความเข้มสนามแม่เหล็ก

ความสัมพันธ์ระหว่างการเหนี่ยวนำตัวแม่เหล็ก B และมีความเข้มสนามแม่เหล็ก H มีความซับซ้อนมากในวัสดุที่มีสมบัติเป็นเฟอร์โรแมกเนติก (ferromagnetic) พฤติกรรมของวัสดุที่มีสมบัติเป็นเฟอร์โรแมกเนติกแสดงการเป็นแม่เหล็ก (magnetization) การเสื่อมสภาพแม่เหล็ก (demagnetization) ในรูปของวงฮิสเทอรีซิส (hysteresis loop)

ถ้าตัวอย่างในเริ่มจากสภาพที่ไม่มีความเป็นแม่เหล็ก เมื่อเริ่มต้นของค่า B เพิ่มขึ้น ซึ่งก็จะมีค่า H เพิ่มขึ้น อัตราการเพิ่มค่า B ลดลง เมื่อตัวอย่างเริ่มอิ่มตัวเมื่อค่า H ลดลง อัตราในการลดลงของค่า B จะต่างไปจากเดิมจนเมื่อค่า H ลดลงจนกระทั่งมีค่าเท่ากับศูนย์ค่า B แต่จะยังคงมีค่าเหลืออยู่ในวัสดุซึ่งเรียกว่าแม่เหล็กคงค้าง (residual magnetism) และเมื่อให้ค่า H มีทิศทางตรงข้ามกันจะพบว่าค่า B จะค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งเท่ากับศูนย์ค่า H ซึ่งเรียกว่า coercive force และเมื่อค่า H เพิ่มขึ้นอีกในทางเดิมค่า B จะเริ่มมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งแต่ในทิศทางตรงกันข้ามกับครั้งที่ผ่านมาจะเริ่มมีอัตราที่ลดลงเมื่อตัวอย่างเริ่มอิ่มตัวในอีกครั้งและเมื่อลดค่า H ลงอีกครั้งค่า B ก็ลดลงด้วยเช่นกันและในเมื่อค่า H ก็ลดลงจนถึงจุดศูนย์อีกครั้งค่า B ก็ยังคงมีค่าอยู่ในวัสดุ แต่ก็มีทิศทางตรงข้ามกับครั้งที่ผ่านมาจุดตัดบนแกน B นั้นเป็นการวัด Induced magnetic polarization ที่ค้างเหลืออยู่ในตัวอย่าง แต่ในเมื่อมีสนามภายนอกเป็นศูนย์ในขณะที่แกน H เพื่อจะแสดงถึงปริมาณของสนามแม่เหล็กขั้วกลับ (reverse field) ที่จำเป็นต้องใช้เพื่อการขจัด Induced magnetization ในพื้นที่ได้ Curve ซึ่งแสดงถึงพลังงานที่สูญเสียต่อรอบต่อหน่วยปริมาตรของ magnetic material

2.9 มอเตอร์แบบขั้นหรือสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (STEPPER MOTOR)

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีการหมุนเป็นสเต็ป (STEP) เมื่อจ่ายมีกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดที่พันอยู่บนสเตเตอร์ (stator) ในลักษณะเป็นพัลส์ (Pulse) ในกรณีที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดขดนั้นของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ตลอดเวลาที่จะเกิดการหมุนเพียงหนึ่งสเต็ปเท่านั้น ซึ่งต่างจาก DC มอเตอร์ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ ก็จะหมุนตามจนกว่าจะหยุดนำกระแสไฟฟ้าให้

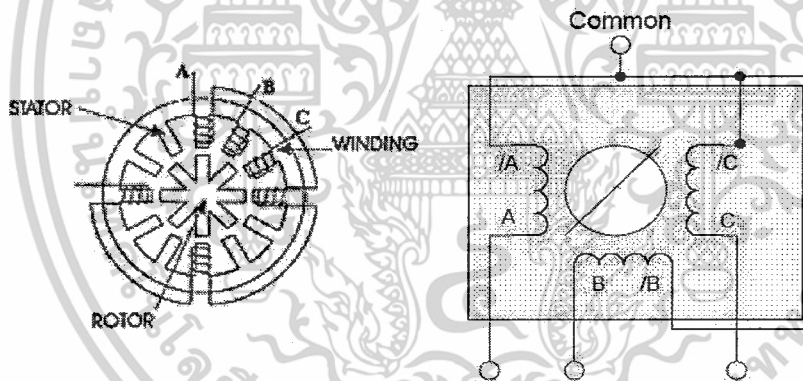
2.9.1 ข้อดีของสเต็ปเปอร์มอเตอร์เมื่อเปรียบเทียบกับ DC มอเตอร์

1. สามารถใช้ในงานควบคุมตำแหน่งวงจรควบคุมแบบเปิด (Open Loop Control) ได้โดยไม่ต้องการสัญญาณป้อนกลับ (FeedBack Signal) แต่อาศัยการนับจำนวนของพัลส์ที่ส่งไปควบคุมการหมุนแทน
2. ไม่มีส่วนของแปลงถ่านที่จะทำให้เกิดการสึกหรอ จึงไม่เกิดการสปาร์คที่แปลงถ่านซึ่งอาจจะก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนในภายหลัง

2.9.2 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

2.9.2.1 วารีเอเบิลรีลักแตนซ์ (Variable Reluctance : VR)

โรเตอร์ (Rotor) ทำด้วยเหล็กอ่อนที่จะมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกกับฟัน (teeth) สเตเตอร์ (Stator) ซึ่งจะมีลวดพันและจะทำการเป็นลักษณะของฟันเช่นกัน เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดที่สเตเตอร์ จะเกิดเป็นขั้วแม่เหล็กที่ฟันของสเตเตอร์และเหนี่ยวนำให้ฟันของโรเตอร์เกิดเป็นขั้วแม่เหล็กที่มีขั้วตรงกันข้ามกับสเตเตอร์ทำให้เกิดการหมุนของโรเตอร์ขึ้น มอเตอร์ชนิดนี้โดยปกติจะมีขนาด 3 เฟส ในบางครั้งอาจพบถึง 4 เฟส มอเตอร์ชนิดนี้ถ้าไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดบนสเตเตอร์ที่ตัวโรเตอร์ จะไม่เกิดแรงดึงดูดกับสเตเตอร์ มอเตอร์ชนิดนี้ไม่นิยมนำไปใช้งานอุตสาหกรรมแต่จะถูกนำไปใช้กับงานที่มีขนาดเล็กเช่น Micro-positioning table เป็นต้น เพราะไม่มีส่วนที่เป็นแม่เหล็กถาวร ดังนั้นในขณะที่ไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดที่สเตเตอร์จึงไม่เกิดแรงดึงดูด วิธีการขับ (Driving) หรือการกระตุ้นเฟส (Phase Excitation) จึงเกิดดังนี้คือต่อปลายด้าน Common เข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าขั้วบวก (+) แล้วทำการสวิตซ์ให้ปลายด้านขอ A, B, C ต่อลงกราวด์ (Ground) ตามลำดับที่ปลายแล้วก็ทำเช่นนี้เรื่อยไป แต่ถ้าต้องการให้หมุนกลับก็สวิตซ์ย้อนกลับและในการอธิบายต่อจากนี้ไปจะไม่ขอกล่าวถึงมอเตอร์ชนิดนี้



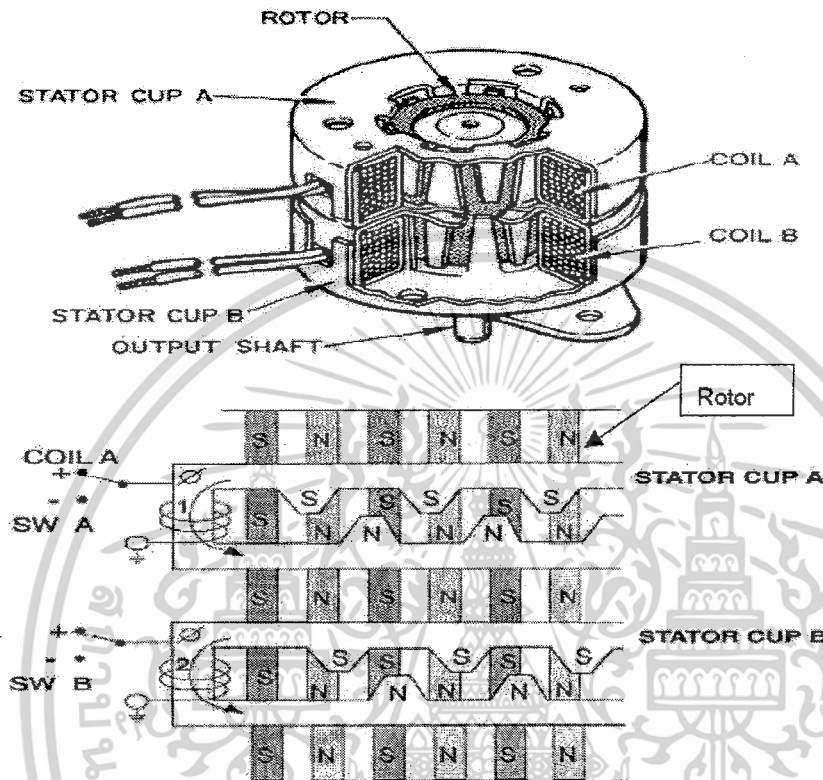
ภาพที่ 2.22 โครงสร้างสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดวารีเอเบิลรีลักแตนซ์และสัญลักษณ์

2.9.2.2 แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet : PM)

โรเตอร์ (Rotor) ก็ทำด้วยแม่เหล็กถาวรรูปทรงกระบอกเรียบสเตเตอร์ (Stator) จะมีขดลวดพันและก็จะทำเป็นฟัน เมื่อมีจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดที่สเตเตอร์จะเกิดเป็นขั้วแม่เหล็กที่ฟันของสเตเตอร์และจะดึงดูดกับขั้วของแม่เหล็กถาวรที่โรเตอร์ ทำให้เกิดการหมุนของโรเตอร์ขึ้น มอเตอร์ชนิดนี้โดยจะมีตั้งแต่ขนาด 2 เฟสขึ้นไปมอเตอร์ชนิดนี้ไม่นิยมนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมแต่จะถูกนำไปใช้กับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ มีตัวขั้ววงล้อที่ใช้หมุนเพื่อเลื่อนกระดาษของเครื่องพิมพ์ เป็นต้น เพราะความเร็วต่ำ แรงบิดก็จะต่ำ ซึ่งนอกจากนี้ด้วยโครงสร้างของมอเตอร์ชนิดนี้ทำให้มุมที่จะหมุนไปของแต่ละสเต็ป (Step Angle) ไม่ละเอียดเช่นในเมื่อสเต็ป 3.6, 7.5, 15, 18 องศา เป็นต้น มอเตอร์ชนิดนี้ถึงจะไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดบนสเตเตอร์ (Stator) ซึ่งตัวโรเตอร์จะเกิดแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

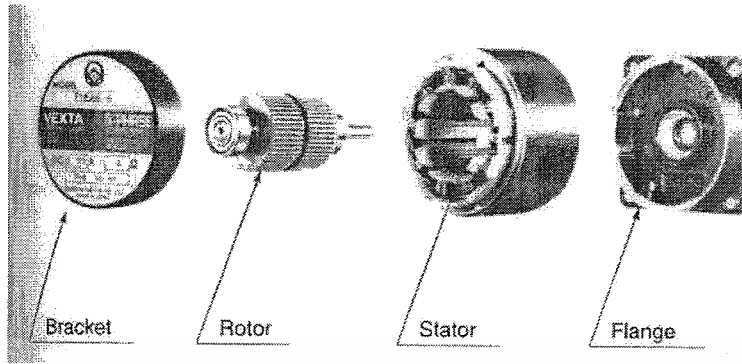
คือคู่กับสเตเตอร์ซึ่งเกิดจากอำนาจของแม่เหล็กถาวรที่โรเตอร์ทำให้หมุนได้ยากจำนวนขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์สามารถนับได้จากจำนวนของขั้วแม่เหล็กที่จะเกิดขึ้น จากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดที่สเตเตอร์ชุดใดชุดหนึ่ง



ภาพที่ 2.23 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต

2.9.2.3 แบบผสม (Hybrid : HB)

ใช้หลักการทำงานของทั้งสองแบบ ก็เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบโดยสเตเตอร์ซึ่งมีส่วนโรเตอร์จะคล้ายแบบ PM แต่ที่จะทำเป็นฟันมอเตอร์แบบนี้นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมเพราะแรงบิดสูงความละเอียดของสเต็ปในการหมุนสูง, ความเร็วสูงกว่าสองแบบที่กล่าวมาแล้ว มอเตอร์ชนิดนี้โดยปกติจะมีขนาด 2 เฟส ถึง 5 เฟส และมอเตอร์ชนิดนี้ได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งเหนือกว่าเดิมไปอีกโดยให้ชื่อว่า “Enhanced Hybrid” ซึ่งจะอธิบายโครงสร้างในเอกสารนี้

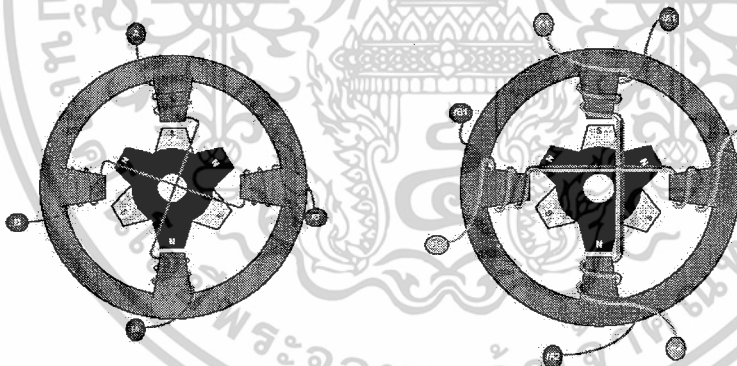


ภาพที่ 2.24 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดไฮบริดขนาด 5 เฟส

2.9.3 เฟสของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor Phase)

หมายถึงจำนวนขดลวดที่พันอยู่บนสเตเตอร์ ซึ่งก็แยกออกจากกันอย่างอิสระ ดังภาพที่ 2.22 แสดงตัวอย่างมอเตอร์ขนาด 3 เฟส ในกรณีของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ 2 เฟส นั้นมักจะถูกเรียกเป็นมอเตอร์ขนาด 4 เฟส ก็เพราะขดลวดที่พันอยู่บนสเตเตอร์แต่ละชุดจะมี 2 ขด จึงเข้าใจว่ามี 4 ขดลวด แต่ถ้าพิจารณากันจริงๆ จะพบว่า ขดลวดทั้งสองนั้นเป็นขดลวดขดเดียวแต่มีจุดต่อตรงกลางขดเท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 2.26 การพันลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบ่งออกได้ 2 แบบคือ

1. การพันแบบใช้ลวดเส้นเดียว (Unifilar)
2. การพันแบบใช้ลวด 2 เส้นพัน ไปด้วยกัน (Bifilar)



ภาพที่ 2.25 ลักษณะการพันขดลวดบนสเตเตอร์

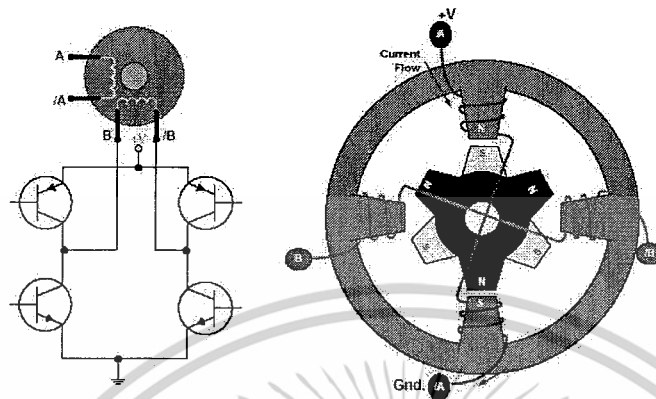
2.9.4 ชนิดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

แบ่งตามลักษณะสายที่ใช้ต่อกับวงจรขับแบ่งออกได้ 2 แบบคือ

2.9.4.1 แบบไบโพลาร์ (Bipolar)

ขดลวดที่สเตเตอร์แต่ละชุดจะไม่มีจุดร่วมการต่อเข้ากับวงจรขับจะใช้ปลายทั้งสองด้านของขดลวดแต่ละชุด ซึ่งการจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟจากปลายด้านหนึ่งไปยังปลายอีกด้านหนึ่ง ของขดลวดและการเปลี่ยนขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ชุดเดียวกันนี้ก็จะทำได้โดยสลับทิศทางในการไหลของกระแสไฟฟ้านั้นเอง ดังนั้นวงจรขับที่ใช้จึงจำเป็นต้องมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

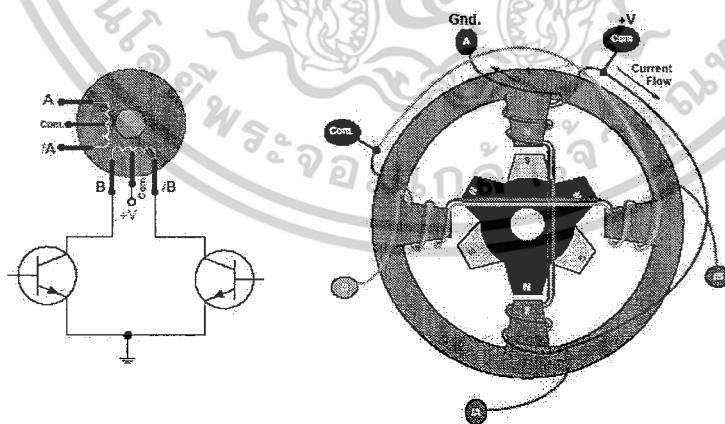
ความสามารถกลับทิศทางการไหลของกระแสได้ กรณีที่เป็นมอเตอร์ 2 เฟส จะมีสายที่ใช้ต่อเข้ากับ วงจร 4 สาย



ภาพที่ 2.26 สัญลักษณ์, โครงสร้างและวงจรขับที่ใช้กับมอเตอร์แบบไบโพลาร์ 2 เฟส

2.9.4.2 แบบยูนิโพลาร์ (Unipolar)

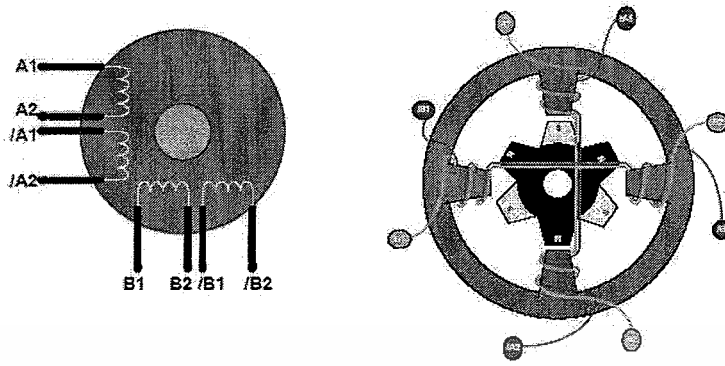
ขดลวดที่สเตเตอร์แต่ละชุดนั้นจะมีจุดร่วมการพันขดลวดจะพันในแบบ Bifilar ต่อเข้ากับวงจรขับ ซึ่งจะใช้ปลายของขดลวดแต่ละด้านก็เพื่อต่อเข้ากับวงจรขับและใช้จุดร่วมต่อเข้ากับ ขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟการทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟให้ไหลจาก จุดร่วมลงกราวด์มาครบวงจรที่ปลายด้านหนึ่งของขดลวด เป็นการเปลี่ยนขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ชุด เดียวกันนี้ก็ได้โดยเปลี่ยนการจ่ายกระแสไฟจากขดหนึ่งไปยังอีกขดหนึ่ง ของขดลวดที่พันอยู่ บนสเตเตอร์ชุดเดียวกัน ดังนั้นวงจรขับจึงเป็นวงจรสวิตซ์เพื่อทำให้จ่ายกระแสไฟที่ผ่านขดลวดครบ วงจรเท่านั้นกรณีเป็นมอเตอร์ 2 เฟส จะมีสายที่ใช้ต่อเข้ากับวงจร 5 หรือ 6 สาย



ภาพที่ 2.27 สัญลักษณ์, โครงสร้างและวงจรขับที่ใช้กับมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ 2 เฟส

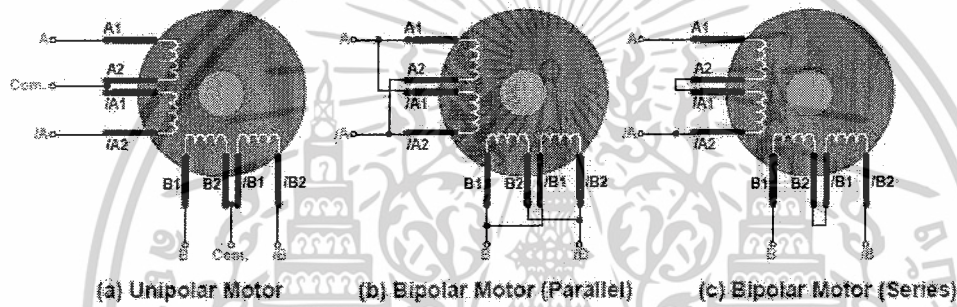
สเต็ปเปอร์มอเตอร์ 2 เฟส ที่มีการพันลวดแบบไบโพลาร์และแยกปลายแต่ละขดออกจากกันดังนั้นสามารถเลือกต่อเป็นแบบต่างๆ ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.28 สัญลักษณ์ , โครงสร้างมอเตอร์ 2 เฟสที่พันลวดแบบไบโพลาร์

2.9.4.3 ตัวอย่างการต่อสาย

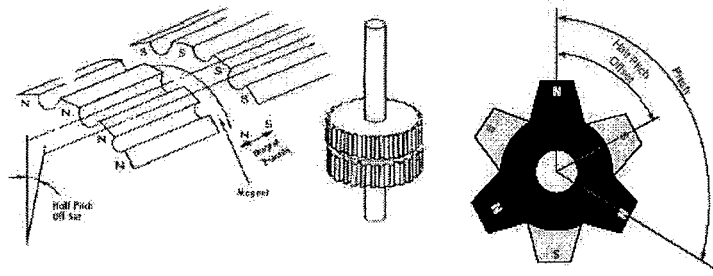


ภาพที่ 2.29 สัญลักษณ์การต่อสายแบบต่าง ๆ

มอเตอร์ที่ผลิตออกมาจำหน่ายและมีการพันลวดแบบไบโพลาร์ มีบางรุ่นให้ผู้ใช้เลือกเองเป็นแบบต่าง ๆ แต่บางรุ่นก็ต่อภายในมาให้เสร็จ

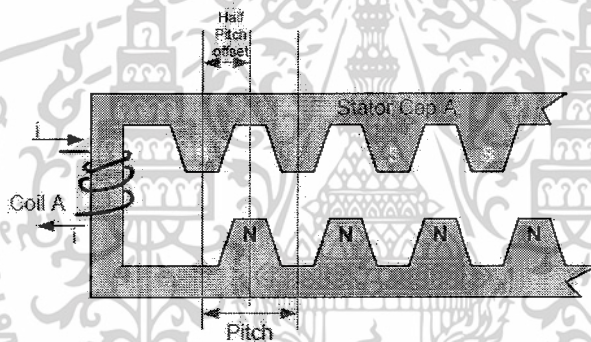
2.9.5 การจัดตำแหน่งฟันที่โรเตอร์ของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดไฮบริดจ์

จากในภาพที่ 2.30 โครงสร้างและการจัดตำแหน่งฟันที่โรเตอร์ของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดไฮบริดจ์ โครงสร้างของโรเตอร์จะประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรรูปทรงกระบอกทำเป็นฟัน ก็แบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือชั้นของแม่เหล็กถาวรขั้วเหนือ (North Pole : N) และที่ชั้นของแม่เหล็กถาวรขั้วใต้ (South Pole :S) โดยการวางตำแหน่งฟันของแม่เหล็กถาวรของขั้วใต้จะอยู่ที่ตำแหน่งครึ่งพิช (Pitch) ของแม่เหล็กถาวรขั้วเหนือนั้นและการวางตำแหน่งฟันของแม่เหล็กถาวรขั้วเหนือ ก็จะอยู่ที่ตำแหน่งครึ่งพิช (Pitch) ของแม่เหล็กถาวรขั้วใต้เช่นกันพิช (Pitch) หมายถึงระยะห่างจากยอดฟันเฟือง 1 ไปยังยอดฟันเฟืองตัวถัดไปโดยการวัดจะวัดจากขอบไปยังขอบหรือจุดกึ่งกลางไปจุดกึ่งกลางก็ได้พิชมีหน่วยเป็นองศา (มุม) หรือมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร, นิ้ว (ความยาว)



ภาพที่ 2.30 โครงสร้างและการจัดตำแหน่งฟันที่โรเตอร์ของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดไฮบริดจ์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต ซึ่งภายในตัวโรเตอร์นั้นเป็นรูปทรงกระบอกเรียบแต่ที่สเตเตอร์จะเป็นลักษณะของฟัน เพื่อจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กเหนือและใต้ โดยแบ่งออกเป็นสองชุดการวางตำแหน่งฟันของขั้วแม่เหล็กชุดใด ๆ ก็จะมีลักษณะดังนี้คือตำแหน่งฟันแม่เหล็กถาวรขั้วใต้จะอยู่ที่ตำแหน่งครึ่งพิช (Pitch) ของแม่เหล็กถาวรขั้วเหนือและการวางตำแหน่งฟันของแม่เหล็กถาวรขั้วเหนือก็จะอยู่ที่ตำแหน่งครึ่งพิช (Pitch) ของแม่เหล็กถาวรขั้วใต้เช่นกัน



ภาพที่ 2.31 โครงสร้างและการจัดตำแหน่งฟันชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต

วิธีการคำนวณสามารถที่จะหาจำนวนสเต็ปต่อรอบ (Steps per revolution) ที่มุมใน 1 สเต็ป (Step angle) และพิช (Pitch)

$$\text{Step per rev.} = n \times m \times f$$

กำหนดให้
 n คือจำนวนขั้วแม่เหล็กขั้วเหนือและขั้วใต้ทั้งหมดที่สเตเตอร์
 m คือจำนวนของขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์(เลือกจากขั้วเดียว)
 f คือค่าคงที่ของวิธีขับหรือการกระตุ้นเฟสแบบต่าง ๆ

$$\text{Step angle} = 360^\circ / \text{Step per Rev.}$$

$$\text{Pitch} = 360^\circ / m$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

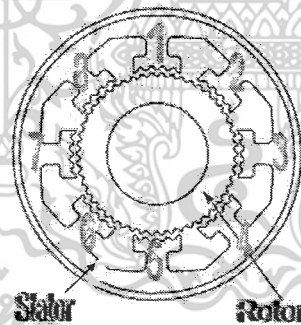
กำหนดให้ m คือจำนวนของขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์ (ซึ่งเลือกจากขั้วแม่เหล็กเดียว) การเคลื่อนที่ของโรเตอร์จะเคลื่อนที่ไปครั้งละ $\frac{1}{4}$ ของพิช ดังนั้นสามารถคำนวณหา Step angle ได้อีกวิธีหนึ่งดังนี้

$$\text{Step angle} = \frac{1}{4} \text{ Pitch}$$

ตัวอย่าง ใช้ภาพที่ 2.26 ประกอบการคำนวณ

Step per rev. = $4 \times 3 \times 1$	→ 12 สเต็ป (เมื่อใช้ตัวคงที่เท่ากับ 1)
Step angle = $360 / 12$ สเต็ป	→ 30 องศา
Pitch = $360 / 3$ พิน	→ 120 องศา
Step angle = $(1/4) \times 120$ องศา	→ 30 องศา

ในการทำให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์มีจำนวนสเต็ปต่อรอบมาก ๆ นั้นทำโดยการเพิ่มจำนวนขั้วแม่เหล็กเหนือและใต้ที่โรเตอร์ให้มากยิ่งขึ้น ที่พินของสเตเตอร์ที่ทำให้เกิดเป็นขั้วแม่เหล็ก(Pole) ก็จะทำเป็นพินเล็ก ๆ ให้สัมพันธ์กับพินที่โรเตอร์ แต่ถ้าไม่สามารถแก้ไขโครงสร้างได้มีวิธีการที่จะเพิ่มจำนวนสเต็ปเปอร์มอเตอร์ต่อรอบ ซึ่งก็จะทำได้โดยมีการเปลี่ยนวิธีขับหรือการกระตุ้นเป็นแบบ one- two phase excitation หรืออาจเรียกว่าแบบ half step



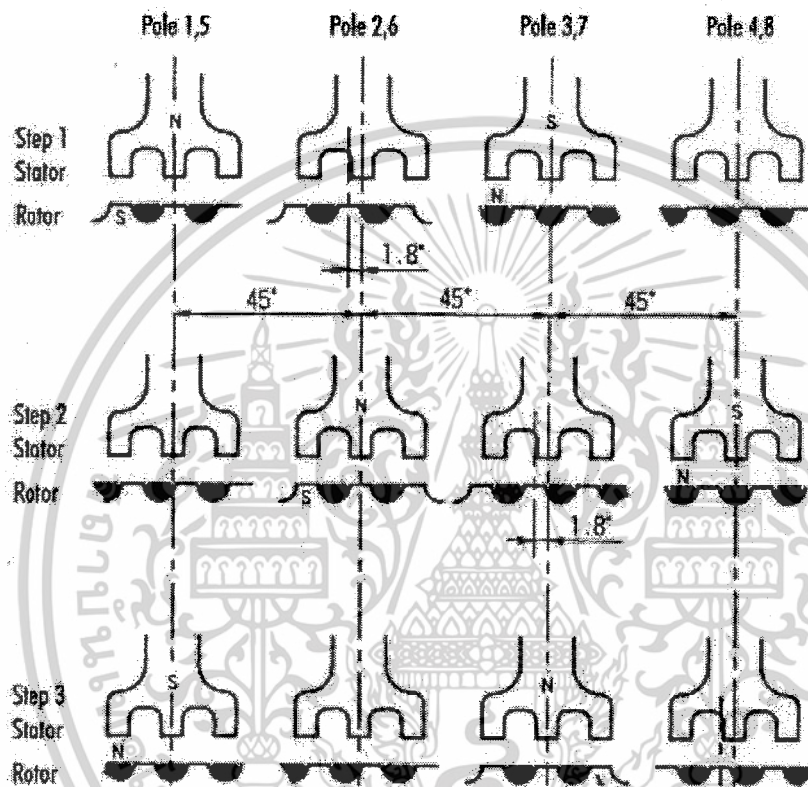
ภาพที่ 2.32 โครงสร้างของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ชนิดไฮบริด 2 เฟส

จากภาพที่ 2.32 และภาพที่ 2.33 ในสเต็ปที่ 1 จะเป็นการกระตุ้นเฟส A ดังนั้นจะเป็นผลให้แม่เหล็กขั้วใต้ของโรเตอร์อยู่ในตำแหน่งที่ตรงกับตำแหน่งพินที่เป็นแม่เหล็กขั้วเหนือ ของสเตเตอร์ ขั้วหมายเลข 1 และ 5 เกิดการดึงดูดกันในเวลาเดียวกันแม่เหล็กขั้วเหนือของโรเตอร์อยู่ในตำแหน่งที่ตรงกับพินที่เป็นแม่เหล็กขั้วใต้ของสเตเตอร์ในขั้วหมายเลข 3 และ 7 ที่เกิดการดึงดูดกันเช่นกันที่ขั้วหมายเลข 2, 6, 4 และ 8 ซึ่งพินของสเตเตอร์จะทำมุมที่ห่างจากแม่เหล็กขั้วเหนือและใต้ของโรเตอร์เป็นมุม 1.8 องศา

ในสเต็ปที่ 2 นี้จะเป็นการกระตุ้นเฟส B ดังนั้นจะเป็นผลทำให้แม่เหล็กขั้วใต้ของโรเตอร์อยู่ในตำแหน่งที่ตรงกับตำแหน่งพินที่เป็นแม่เหล็กขั้วเหนือของสเตเตอร์ขั้วหมายเลข 2 และ 6 เกิดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดึงดูดกันในเวลาเดียวกันแม่เหล็กขั้วเหนือของโรเตอร์ อยู่ในตำแหน่งที่ตรงกับฟันที่เป็นแม่เหล็กขั้วใต้ของสเตเตอร์ขั้วหมายเลข 4 และ 8 จึงจะเกิดการดึงดูดกันเช่นกันที่ขั้วหมายเลข 1, 5, 3 และ 7 ฟันของสเตเตอร์ ซึ่งอาจจะทำมุมที่ห่างจากแม่เหล็กขั้วเหนือและใต้ของโรเตอร์เป็นมุม 1.8 องศา ดังนั้นในสเต็ปที่ 2 โรเตอร์จึงหมุนไปอีกแค่ 1.8 องศาจากสเต็ปที่ 1 สรุปลแล้วหมุนของโรเตอร์แต่ละครั้งจะเท่ากับ 1.8 องศา



ภาพที่ 2.33 ตำแหน่งฟันของโรเตอร์และสเตเตอร์ในการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

ตัวอย่าง ใช้ภาพที่ 2.32 ประกอบการคำนวณ

Step per rev. = $40 \times 50 \times 1$	\rightarrow 200 สเต็ป (เมื่อใช้ตัวคงที่เท่ากับ 1)
Step angle = $360 / 200$ สเต็ป	\rightarrow 1.8 องศา
Pitch = $360 / 50$ ฟัน	\rightarrow 7.2 องศา
Step angle = $(1/4) \times 7.2$ องศา	\rightarrow 1.8 องศา

วิธีกำจัดแรงดันที่เกิดขึ้นจากสนามแม่เหล็กขั้วตัวตัดกับขดลวด ในขณะที่ทรานซิสเตอร์หยุดทำงาน (Back emf Voltage Suppression)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.34 วงจรเสมือนของขดลวดที่ต่อกับทรานซิสเตอร์

เมื่อ Transistor On จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดทำให้เกิดสนามแม่เหล็กกรอบ ๆ ขดลวดจากเมื่อ Transistor Off จะทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเป็นผลให้ สนามแม่เหล็กยุบตัวตัดกับขดลวดทำให้เกิดเป็นแรงดันมีค่าสูงกว่าแหล่งจ่าย ซึ่งปกติในขณะหนึ่งเรียกแรงดันนี้ว่า Back Electro Motive Force Voltage (Back EMF Voltage) ซึ่งแรงดันนี้ก็จะมามีค่าที่เกินกว่าระดับของ Breakdown voltage ($V_{ce(max)}$) ของ transistor เป็นผลให้ Transistor เสียหายได้ มีการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับ Transistor เนื่องจาก Back EMF Voltage ทำได้หลายวิธีด้วยกันดังนี้

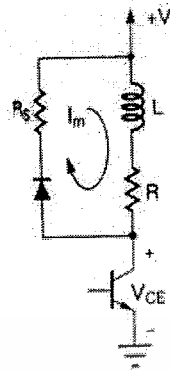
1. ใช้ไดโอดมาจำกัด (Diode suppression) คือการจะนำไดโอดมาต่อขนานเข้ากับขดลวดนั้น ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ on ก็จะไม่มีการไหลผ่านไดโอดเพราะเป็นการให้ไบอัสย้อนกลับแก่ไดโอดซึ่งเมื่อทรานซิสเตอร์ off Back emf voltage ที่มีค่ามากกว่าแหล่งจ่ายนั้นก็จะถูกทำให้ลัดวงจรโดยกระแสจะไหลผ่านไดโอดและค่าความต้านทานของขดลวด เราจึงเรียกไดโอดที่ทำหน้าที่นี้ว่า Flyback Diode หรือ Free wheeling diode



ภาพที่ 2.35 วงจรที่ใช้ไดโอดมาจำกัด (Diode suppression)

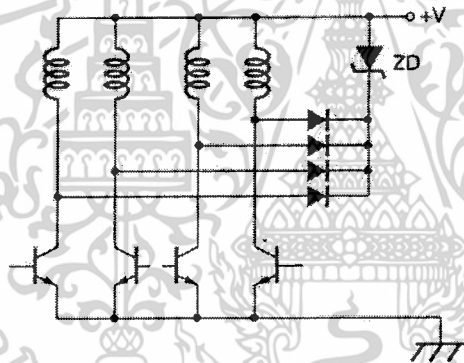
2. ใช้ความต้านทานร่วมกับไดโอด (Diode + Resistance suppression) คือวิธีการนี้จะทำให้เวลาที่ใช้ในการจำกัด Back emf voltage เร็วกว่าการการใช้ไดโอดเพียงอย่างเดียวการหาค่าความต้านทานหาได้ดังนี้ $R_{s(max)} = \left[R \frac{V_{ce(max)}}{V} \right] - 1$ โดยที่ R หมายถึงความต้านทานของขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.36 วงจรที่ใช้ความต้านทานร่วมกับไดโอด (Diode + Resistance suppression)

3. ใช้ซีเนอร์ไดโอดร่วมกับไดโอด (Diode + Zener diode suppression) คือวิธีการนี้จะทำให้เวลาที่ใช้ไปในการกำจัด Back emf voltage ที่เร็วกว่าสองวิธีแรกอยู่มากทำให้การเลือกใช้ zener diode breakdown voltage โดยสามารถจะเลือกให้มีค่าแรงดันเท่ากับ $V_{ce} (max)$ – แรงดันที่ใช้กับสแต็ปเปอร์มอเตอร์ (+V)



ภาพที่ 2.37 วงจรที่ใช้ความซีเนอร์ไดโอดร่วมกับไดโอด (Diode + Zener diode suppression)

2.9.6 วิธีการขับ (Driving) หรือวิธีการกระตุ้นเฟส (Phase Excitation)

ของสแต็ปเปอร์มอเตอร์การกระตุ้นเฟสของสแต็ปเปอร์มอเตอร์ คือ การจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดที่สเตเตอร์ของแต่ละเฟสเพื่อทำให้มอเตอร์หมุนนั่นเอง แบ่งออกเป็น 3 วิธีคือ

1. การกระตุ้นเฟสแบบ One phase excitation หรือเป็นการกระตุ้นเฟสแบบ Wave หรือการกระตุ้นแบบ Half Drive การกระตุ้นเฟสแบบนี้ทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดครั้งละหนึ่งขดบนสเตเตอร์ ดังตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 การกระตุ้นเฟสแบบ One phase excitation

Step	Unipolar		Bipolar	
	Supply		Supply	
	+V	Gnd.	+V	Gnd.
1	Com.	A	A	/A
2	Com.	B	B	/B
3	Com.	/A	/A	A
4	Com.	/B	/B	B

2. การกระตุ้นเฟสแบบ Two phase excitation หรือ Full Step เป็นการกระตุ้นเฟสแบบนี้สามารถทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวด ครึ่งละสองขดที่อยู่ใกล้กันบนสเตเตอร์ ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 การกระตุ้นเฟสแบบ Two phase excitation

Step	Unipolar		Bipolar	
	Supply		Supply	
	+V	Gnd.	+V	Gnd.
1	Com.	A, B	A, B	/A, /B
2	Com.	/A, /B	/A, /B	A, B
3	Com.	/A, /B	/A, /B	A, B
4	Com.	A, B	A, B	/A, /B

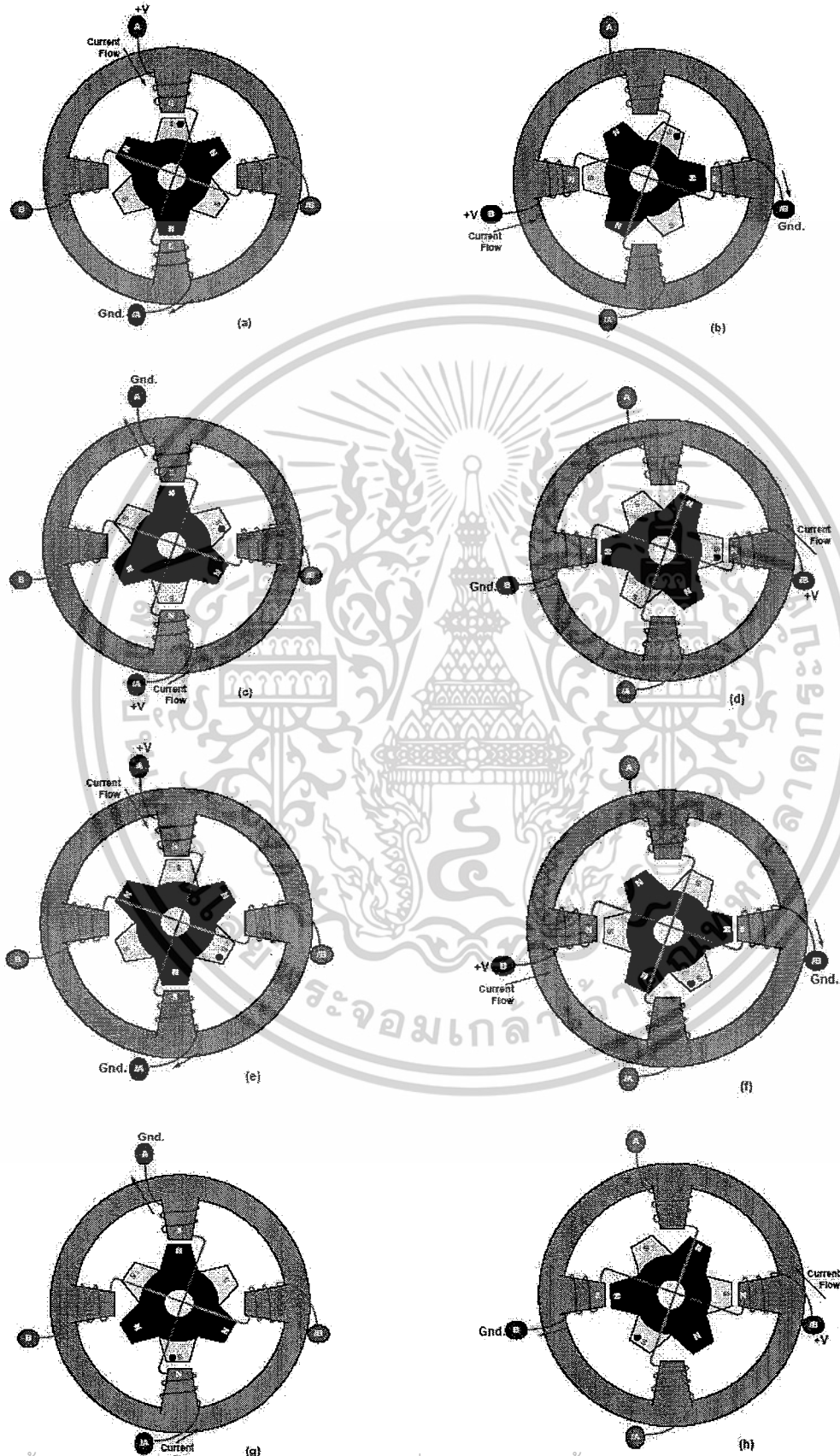
3. การกระตุ้นเฟสแบบ One – Two phase excitation หรือ Half Step ที่การกระตุ้นเฟสแบบนี้ทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดครึ่งละสองขด ที่อยู่ใกล้กันบนสเตเตอร์สลับกับการจ่ายกระแสไฟฟ้าครึ่งละหนึ่งขดบนสเตเตอร์ ดังนี้

ตารางที่ 2.9 การกระตุ้นเฟสแบบ One – Two phase excitation

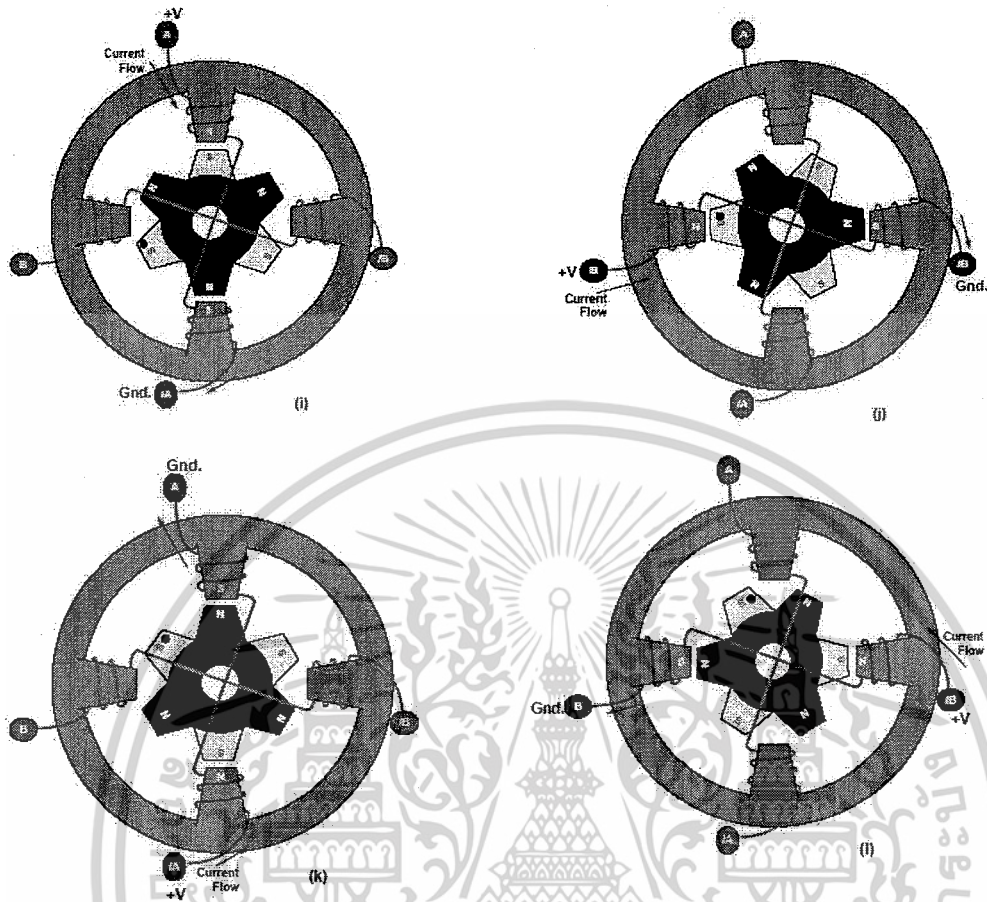
Step	Unipolar		Bipolar	
	Supply		Supply	
	+V	Gnd.	+V	Gnd.
1	Com.	A, B	A, B	/A, /B
2	Com.	B	B	/B
3	Com.	/A, B	/A, B	A, /B
4	Com.	/A	/A	A
5	Com.	/A, /B	/A, /B	A, B
6	Com.	/B	/B	B
7	Com.	A, /B	A, /B	/A, B
8	Com.	A	A	/A

หมายเหตุ 1. ค่าคงที่ (f) ที่ซึ่งใช้ในการคำนวณหา Step per Rev. วิธีที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 1 ส่วน วิธีที่ 3 มีค่าเท่ากับ 2
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการหมุนและการกระตุ้นมอเตอร์แบบไบโพลาร์ 2 เฟส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



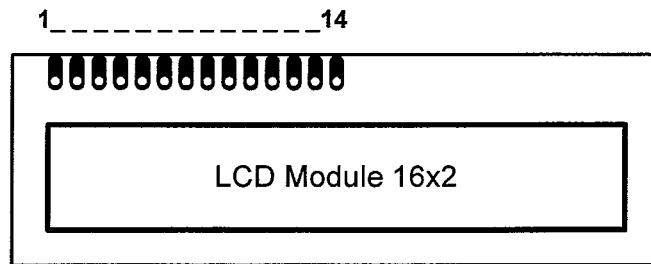
2.10 LCD Display

2.10.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโมดูล LCD

ในภาพที่ 2.38 แสดงการจัดขาของโมดูล LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด

- Vss (ขา 1) : ต่อกราวด์
- Vdd (ขา 2) : ต่อไฟเลี้ยง + 5V
- Vo (ขา 3) : เป็นขาอินพุตรับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล
- RS (ขา 4) : เป็นขาอินพุตที่ใช้แยกชนิดของข้อมูลที่ประมวลผลว่าเป็นคำสั่งข้อมูล
- R/W (ขา 5) : เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูล LCD
- E (ขา 6) : เป็นขาสำหรับรับสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิลโมดูล LCD ให้ทำงาน
- D0-D7 (ขา 7-14): เป็นขาข้อมูล ขนาด 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.38 การจัดขาของโมดูล LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด

ตารางที่ 2.10 การจัดแอดเดรสของหน่วยความจำแสดงผลของโมดูล LCD 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด

0x00	0x01	0x02	0x03	0x04	0x05	0x06	0x07	0x08	0x09	0x0A	0x0B	0x0C	0x0D	0x0E	0x0F
0x40	0x41	0x42	0x43	0x44	0x45	0x46	0x47	0x48	0x49	0x4A	0x4B	0x4C	0x4D	0x4E	0x4F

2.10.2 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD

ในการเขียนข้อมูลก็เพื่อควบคุมให้โมดูล LCD แสดงผลตามที่ต้องการ ต้องส่งคำสั่ง (instruction) แล้วกำหนดโหมดในการทำงานให้แก่โมดูล LCD ก่อน จากนั้นจึงค่อยส่งข้อมูล (data) ที่ต้องการแสดงผล เนื่องจากบัสข้อมูลของโมดูล LCD มี 8 เส้น คือ D0-D7 และใช้เป็นทางผ่านของทั้งคำสั่งและข้อมูล ดังนั้นในการส่งคำสั่งและข้อมูลจึงต้องอาศัยการกำหนดสัญญาณลจิกที่ขา RS ถ้าหากที่ขา RS ก็ได้ลจิก “0” หมายความว่าข้อมูลที่ป้อนให้แก่โมดูล LCD ในขณะนั้นจึงเป็นคำสั่งในทางตรงข้ามหากขา RS ได้รับลจิก “1” ข้อมูลที่ป้อนให้ขณะนั้นเป็นข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผล เมื่อต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูลใน CGRAM และ DDRAM เริ่มต้นต้องกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อนใช้คำสั่งเลือกแอดเดรสจากนั้น กำหนดให้ขา RS เป็น “1” เพื่อแจ้งให้ตัวควบคุมภายในโมดูล LCD ทราบว่าข้อมูลที่ปรากฏต่อไปนี้เป็นข้อมูลปกติไม่ใช่คำสั่ง ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “1” ข้อมูลขนาด 8 บิต (หรือ 4 บิต) ก็จะปรากฏบนบัสข้อมูลโดยข้อมูลที่อ่านออกมาได้ก็จะเป็นข้อมูลจากแอดเดรสของ CGRAM หรือ DDRAM ตามที่ต้องการในกรณีที่ต้องการเขียนข้อมูล เพื่อกำหนดแอดเดรสและก็ป้อนลจิก “1” ให้ขา RS แล้วต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “0” จากข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลก็จะถูกเขียนลงในรีจิสเตอร์ Dr จากนั้นจึงบันทึกลงไปใน DDRAM ต่อไป

2.10.3 จังหวะการทำงานของ LCD โมดูล

การติดต่อกับตัวโมดูล LCD นั้นจะต้องหน่วงเวลา หลังจากที่ทำคำสั่งหรือข้อมูล เนื่องจากจะต้องรอให้คอนโทรลเลอร์ภายใน LCD โมดูล แปลความหมายของรหัสคำสั่งและทำงานตามคำสั่งให้เรียบร้อยก่อน จากนั้นจึงจะรับข้อมูลหรือดำเนินการต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

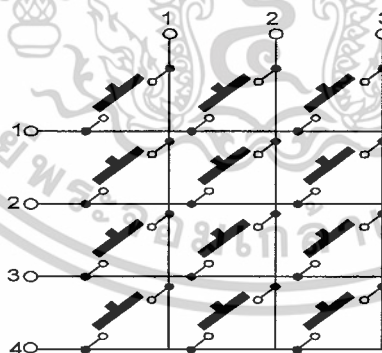
ดังนั้นในการใช้งานโมดูล LCD ผู้เขียนโปรแกรมจึงต้องมีโปรแกรมเพื่อจะหน่วงเวลารอให้โมดูล LCD พร้อมทำงานด้วย โดยเมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่โมดูล LCD ก็ต้องรอประมาณ 10 มิลลิวินาที เพื่อให้โมดูล LCD ทำการเตรียมความพร้อมหรืออินิเชียล (initial) แต่หลังจากนั้นก็กำหนดคลอจิกให้แก่ขา RS ของโมดูล LCD แล้วต้องหน่วงเวลาอีกประมาณ 2 มิลลิวินาที ก็เพื่อให้คอนโทรลเลอร์ในโมดูล LCD เพื่อแปลความหมายของลอจิกที่ขา RS ว่ามีข้อมูลต่อไปที่จะได้รับนั้นเป็นรหัสคำสั่งหรือเป็นข้อมูลที่ต้องการแสดงผล จากนั้นจะเป็นการส่งข้อมูลมารอที่บัสข้อมูล D0-D7 (กรณีทำงานในโหมด 8 บิต) ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการส่งสัญญาณพัลส์ไปที่ขา E เพื่อที่ให้อินอเบิลโมดูล LCD รับข้อมูลจากบัสข้อมูลเข้าไป โดยพัลส์ที่ป้อนเข้าที่ขา E ของตัวโมดูล LCD ต้องเป็นพัลส์ขอบขาขึ้น จากนั้นทำการหน่วงเวลา 2 มิลลิวินาที

2.11 สวิตช์ (Switch)

2.11.1 Matrix Switch

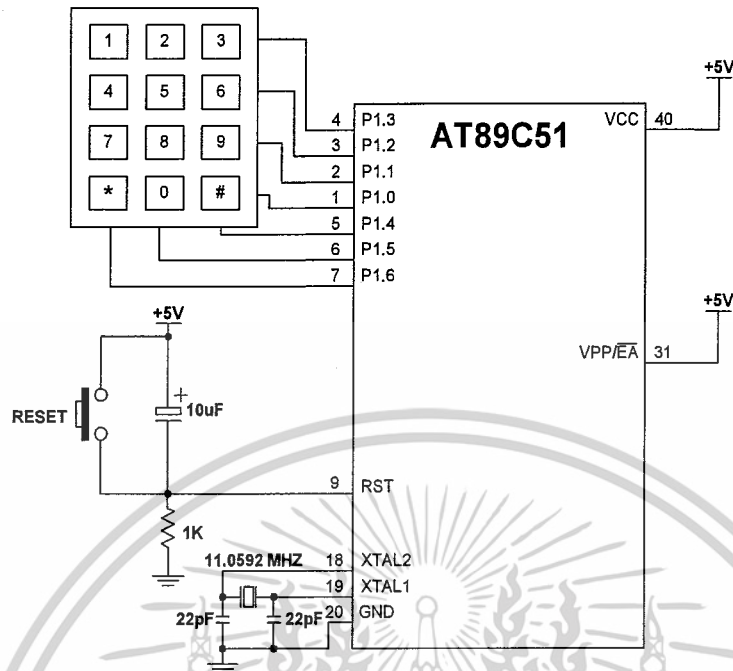
2.11.1.1 การติดต่อกับสวิตช์เมตริกซ์ของไมโครคอนโทรลเลอร์

การอ่านหรือรับค่าจากการกดสวิตช์ก็เป็นอีกทางหนึ่งที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องสามารถรองรับและเชื่อมต่อใช้งานร่วมด้วยได้ ซึ่งวงจรของสวิตช์ที่นิยมใช้มากคือวงจรสวิตช์แบบเมตริกซ์ (matrix switch) ดังแสดงในภาพที่ 2.39 สวิตช์จะถูกต่อกันในแนวแกนตั้งและแนวนอนจะเรียกแนวตั้งว่าหลัก (column) ในขณะที่จะเรียกแนวนอนจะเรียกว่าแถว (row) ดังนั้นค่าของสวิตช์นี้และจะต้องประกอบด้วยตำแหน่งที่ในแนวหลักและแถว ในการใช้งานทั่วไปซึ่งจะเรียกสวิตช์แบบเมตริกซ์นี้ว่าคีย์เพท (keypad)



ภาพที่ 2.39 วงจรของสวิตช์แบบเมตริกซ์หรือคีย์เพท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.40 วงจรเชื่อมต่อสวิทช์เมตริกซ์ขนาด 4 × 3 จุดกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

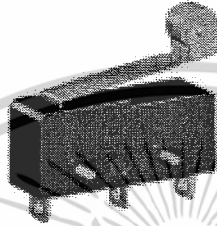
วงจรเชื่อมต่อสวิทช์เมตริกซ์ขนาด 4×3 จุด กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.40 จะใช้พอร์ต 1 ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อเข้ากับสวิทช์เมตริกซ์ทั้ง 7 เส้นคือสายของคอลัมน์ 3 สาย C0-C2 สายของแถวอีก 4 สายคือ R0-R3 โดยเฉพาะขาพอร์ต P1.0-P1.3 จะต้องต่อตัวทานไว้เพื่อกำหนดสถานะเริ่มต้นที่ไม่มีการกดคีย์ใดๆ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์นี้จะส่งข้อมูล “0” ไปยัง P1.6,P1.5 และ P1.4 ตามลำดับ ในทุกครั้งที่มีการส่งข้อมูลนี้ไปยังสายหลักหรือคอลัมน์ของสวิทช์เมตริกซ์ ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านค่าที่ขาพอร์ต P1.0-P1.3 เข้ามาด้วยหากไม่มีการกดค่าของ P1.0-P1.3 ก็จะเป็น “1” ทั้งหมด แต่ถ้าหากมีการกดคีย์ค่าของ P1.0-P1.3 ก็จะไม่เป็น 1111 อีกเป็นการแจ้งให้ทราบว่ามีการกดสวิทช์เมตริกซ์ขึ้นแล้วจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะค้นหาตำแหน่งต่อไปโดยการค้นหาตำแหน่ง ซึ่งสิ่งที่จะได้มาอย่างแรกคือค่าของตำแหน่งของคีย์นั้นจากนั้นก็ให้นำค่าตำแหน่งนั้น ไปเปิดตารางข้อมูล เพื่อจะได้หมายเลขของคีย์ที่กดอย่างแท้จริง

2.11.2 Limited Switch

สวิทช์ตรวจจับขอบเขตมีส่วนประกอบที่สำคัญนั่นก็คือกลไกควบคุมมีหน้าสัมผัสทางไฟฟ้า (Electrical Contacts) ที่หน้าสัมผัสจะเปิดหรือปิดเมื่อส่วนประกอบของเครื่องจักรกลเคลื่อนที่จนถึงตำแหน่งที่ติดตั้งสวิทช์และมีการกระตุ้นการทำงานของสวิทช์ สวิทช์ตรวจจับขอบเขตนี้ถูกใช้งานมานานแล้วเนื่องจากสามารถหาซื้อได้ง่ายและมีราคาถูก นอกจากนั้นยังเป็นสวิทช์ควบคุมตำแหน่งยังมีหลากหลายชนิดให้เลือกใช้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีบริษัทผู้ผลิตสวิตช์ตรวจจับขอบเขตหลายบริษัทมาก ทำให้สินค้าในตลาดมีให้เลือกใช้ได้หลากหลาย มีความพยายามที่จะแบ่งประเภทของสวิตช์ตรวจจับขอบเขต โดยแบ่งตามประเภทของวิธีการกระตุ้นสวิตช์ (Actuation) จากภายนอกและยังจะแบ่งตามประเภทของหน้าสัมผัส (Contacts) ภายในลิมิตสวิตช์เป็นสวิตช์ที่จำกัดระยะทางการทำงาน อาศัยแรงกดภายนอกมากระทำเช่นวางของทับที่ปุ่มกดหรือถูกเบียดวามานที่ปุ่มกดและสามารถมีคอนแทกได้หลายอัน มีคอนแทกปกติปิดและปกติเปิด มีโครงสร้างคล้ายสวิตช์ปุ่มกด

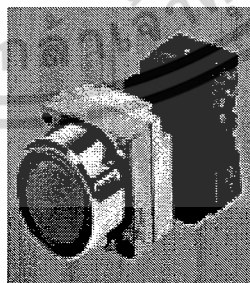
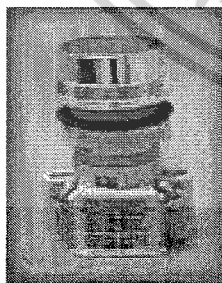


ภาพที่ 2.41 Limited Switch หรือสวิตช์จำกัดระยะ

สวิตช์ตรวจจับจะขอบเขตมีขนาดให้เลือกใช้มากมายตั้งแต่ขนาดเล็ก ๆ ที่ใช้ในเครื่องมือวัดหรือเครื่องจักรที่มีขนาดเล็กไปจนถึงเครื่องจักรที่ขนาดใหญ่ ที่ใช้ในเครื่องจักรอุตสาหกรรม สวิตช์ตรวจจับกับขอบเขตแต่ละแบบมีความแตกต่างกัน ในเรื่องของแรงที่สวิตช์รับได้จากการทำงานของเครื่องจักรกลที่นำสวิตช์ไปติดตั้ง

2.11.3 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch)

หมายถึงอุปกรณ์ที่มีหน้าสัมผัสอยู่ภายในเพื่อใช้เปิด ปิดหน้าสัมผัส ได้โดยใช้มือกดใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ซึ่งที่ใช้ในการเริ่มเดินเครื่อง (Start) เรียกว่าสวิตช์ปกติเปิด (Normally Open) หรือที่เรียกว่ากันทั่วไปว่า เอ็น โอ (N.O.) แต่สวิตช์ปุ่มกดที่จะใช้หยุดการทำงาน (Stop) นั้นเรียกว่าสวิตช์ปกติปิด (Normally Close) หรือที่เรียกว่า เอ็น ซี (N.C)



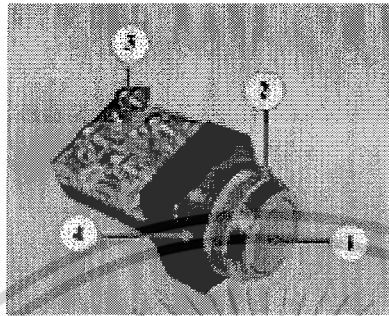
ภาพที่ 2.42 สวิตช์ปุ่มกด

2.11.3.1 โครงสร้างภายนอกของสวิตช์ปุ่มกด

1. ปุ่มกดทำด้วยพลาสติกอาจเป็นสีเขียวแดงหรือเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แหวนล็อก
3. ยางรอง
4. ชุดกลไกหน้าสัมผัส



ภาพที่ 2.43 โครงสร้างภายนอกของสวิตช์ปุ่มกด

2.11.3.2 การทำงานของสวิตช์ปุ่มกด

ใช้นิ้วมือกดที่ปุ่มกดทำให้มีแรงดันที่หน้าสัมผัสให้เคลื่อนที่หน้าสัมผัสที่ปิดจะเปิด ส่วนหน้าสัมผัสที่เปิดจะปิด เมื่อปล่อยนิ้วมือออกจากหน้าสัมผัสจะกลับสภาพเดิมด้วยแรงสปริงการนำไปใช้งาน ใช้ในการเริ่มเดินและหยุดหมุนมอเตอร์

2.12 สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

เป็นแหล่งจ่ายไฟตรง คงค่าแรงดันแบบหนึ่งและยังสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไฟสลับให้โวลต์สูงได้ ซึ่งจะให้ป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตรงแบบค่าต่ำ เพื่อจะใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ได้ เช่นเดียวกันแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น (Linear Power Supply) ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบจะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้เป็นแบบแรงดันต่ำเช่นเดียวกัน แล้วสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายจะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็กและกินน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้งมีสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งปัจจุบันนี้เจ้าตัวสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตเรามาก เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กซึ่งต้องการแหล่งจ่ายไฟที่มีกำลังสูงแต่มีขนาดเล็กเช่นเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่อง โทรสาร โทรศัพท์ ซึ่งจำเป็นมาก ๆ จะต้องใช้สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย แนวโน้มการนำสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายมาใช้ในเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภทจึงเป็นไปได้สูง ว่าการศึกษาหลักการทํางานและการออกแบบสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานอิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภท

2.12.1 สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น

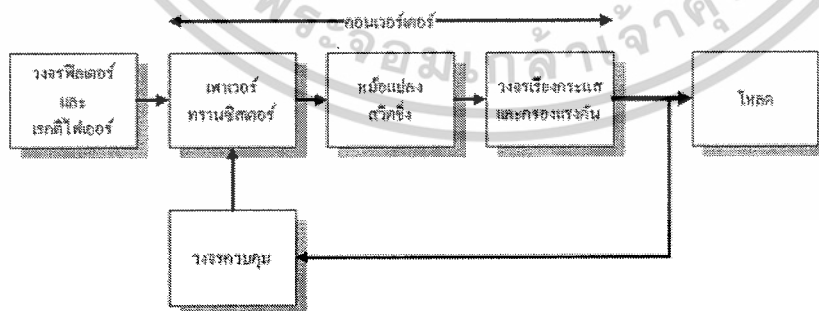
มีข้อได้เปรียบของสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบเชิงเส้นคือประสิทธิภาพที่สูง ขนาดเล็ก น้ำหนักเบาว่าแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น ก็เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้หม้อแปลงความถี่ต่ำจึงมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก ขณะใช้งานจะมีแรงดันและกระแสผ่านตัวหม้อแปลงตลอดเวลา กำลังงานสูญเสียที่เกิดจากหม้อแปลงจึงมีค่าสูง การคงค่าแรงดันแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นส่วนมากจะใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต่ออนุกรมที่เอาต์พุต เพื่อจ่ายกระแส และคงค่าแรงดันกำลังงานสูญเสียในรูปความร้อนจะมีค่าสูงและต้องใช้แผ่นระบายความร้อนขนาดใหญ่ ซึ่งกินเนื้อที่เมื่อเพาเวอร์ซัพพลายต้องการกำลังงานที่สูง ๆ ก็อาจจะทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีน้ำหนักมากกว่าปกติแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นจะมีประสิทธิภาพประมาณ 30% หรืออาจทำได้สูงถึง 50% ในบางกรณี ซึ่งนับได้ว่าค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายที่มีประสิทธิภาพในช่วง 65%-80% สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจะมีช่วงเวลาในโคลสต์อ็อปประมาณ 20×10^{-3} ถึง 50×10^{-3} วินาที ขณะที่แหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นจะทำได้เพียงประมาณ 2×10^{-3} วินาที ซึ่งมีผลต่อการจัดหาแหล่งจ่ายไฟสำรองเพื่อป้องกันการหยุดทำงานของอุปกรณ์ที่จะใช้ร่วมกับสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย เมื่อเกิดการหยุดจ่ายแรงดันไฟสลับ รวมทั้งสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายสามารถทำงานในช่วงแรงดันอินพุตค่อนข้างกว้าง จึงยังคงสามารถทำงานได้เมื่อเกิดกรณีแรงดันไฟตกอีกด้วย อย่างไรก็ตามสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายก็จะมีเสถียรภาพในการทำงานที่ต่ำกว่าอยู่มากและจะก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนได้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น รวมทั้งสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายยังมีความซับซ้อนของวงจรมากกว่าและก็มีราคาสูงที่ กำลังงานต่ำ ๆ แหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นจะประหยัดกว่าและให้ผลดีเท่าเทียมกัน ดังนั้นสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจึงมักนิยมใช้กันในงานที่ต้องการกำลังงานตั้งแต่ 20 วัตต์ขึ้นไปเท่านั้น

2.12.2 หลักการทำงานของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย โดยปกติทั่วไปอาจมีองค์ประกอบพื้นฐานที่คล้ายคลึงกันและก็ไม่ซับซ้อนมาก ดังแสดงในภาพที่ 2.44 หัวใจสำคัญของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายก็อยู่ที่คอนเวอร์เตอร์ เนื่องจากทำหน้าที่ทั้งลดทอนแรงดันและคงค่าแรงดันเอาต์พุตไว้ด้วย แต่องค์ประกอบต่าง ๆ ทำงานตามลำดับดังนี้



ภาพที่ 2.44 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

แรงดันไฟกระแสสลับค่าสูงจะผ่านเข้ามาทางวงจร RFI ฟิลเตอร์ เพื่อกรองสัญญาณรบกวนและแปลงเป็นไฟกระแสตรงค่าสูง ด้วยวงจรเรกติไฟเออร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ แต่ก็ทำงานเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพาเวอร์คอนเวอร์เตอร์โดยการตัดต่อแรงดันเป็นช่วง ๆ ที่มีความถี่ประมาณ 20-200 KHz จากนั้นจะผ่านไปยังหม้อแปลงสวิตชิ่งเพื่อลดแรงดันลง แต่เอาต์พุตของหม้อแปลงจะต่อกับวงจรเรียงกระแสและกรองแรงดันให้เรียบ การคงค่าแรงดันจะทำให้โดยการป้อนกลับค่าแรงดันที่เอาต์พุตกลับมายังวงจรควบคุมก็เพื่อควบคุมให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแสได้มากขึ้นหรือน้อยลง ตามที่ต้องการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุต ซึ่งจะมีผลที่ทำให้เกิดแรงดันทางด้านเอาต์พุตคงที่ ดังภาพที่ 2.44 แสดงวงจรซึ่งแบ่งส่วนตามองค์ประกอบหลัก เพื่อเป็นตัวช่วยภายในสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายเป็นแหล่งจ่ายไฟตรง ที่มีประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่าและมีน้ำหนักเบากว่าเพาเวอร์ซัพพลายเชิงเส้น สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายทำงาน โดยอาศัยหลักการแปลงแรงดันไฟสลับความถี่ต่ำ จากอินพุตให้เป็นไฟตรง จากนั้นจึงเปลี่ยนกลับไปเป็นไฟสลับ (พัลส์) ที่มีความถี่สูง ๆ แล้วก็ส่งผ่านหม้อแปลงเพื่อลดแรงดันลงแล้วจึงผ่านวงจรเรียงกระแสต่อไป เพื่อจะกรองแรงดันทำให้ได้ไฟตรงอีกครั้งหนึ่งของตัวสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ คือ วงจรฟิลเตอร์และเรกติไฟเออร์ ซึ่งทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟสลับเป็นไฟตรงของตัวคอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่แปลงไฟตรงเป็นไฟสลับความถี่สูง และแปลงกลับเป็นไฟตรงโวลต์ต่ำและวงจรควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 บทนำ

การจัดสร้างเครื่องรับซื้อกระป๋องอัตโนมัตินั้นได้จัดสร้างขึ้นมาได้ดำเนินการตามขั้นตอนตั้งแต่ศึกษาข้อมูล กำหนดโครงสร้างของโครงการ ซึ่งแบ่งขั้นตอนทำงานออกเป็น 3 ส่วน ด้วยกัน โดยส่วนแรกคือการออกแบบโครงสร้างของเครื่อง ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้จะทำคำนึงถึงความเหมาะสมและงบประมาณเป็นหลัก ตำแหน่งในการจัดวางอุปกรณ์แต่ละตัว โดยใช้โปรแกรม Autocad-2007 เข้ามาช่วยในการออกแบบ รวมถึงมีการจัดทำอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ ประกอบเข้ากันเป็นตัวเครื่อง ส่วนที่สองเป็นการจัดทำระบบซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อซึ่งติดตั้งอยู่ภายในตัวเครื่อง ส่วนที่สามจะเป็นการจัดทำคู่มือการใช้งานและปริญญานิพนธ์

3.2 การออกแบบแหล่งจ่ายไฟตรง (Power Supply) ขนาด 5 โวลต์

ต้องการแรงดันออกแหล่งจ่ายไฟแบบบริดจ์เรกติไฟเออร์ (Bridge Rectifier) ขนาด 7 โวลต์ 0.5 แอมป์ ขอมให้เกิด Ripple 0.7 โวลต์ เพื่อจ่ายให้กับชุดเรกกูเลเตอร์ (Regulator) ขนาด 5 โวลต์

$$\begin{aligned} R_L &= \frac{7}{0.5} = 14 \Omega \\ V_{r(rms)} &= \sqrt{3} V_r(rms) \\ &= \sqrt{3} \times 0.5 \\ &= 1.21 \Omega \end{aligned}$$

การหาขนาดของตัวเก็บประจุ

$$\begin{aligned} C &= \frac{2.9 \times V_m}{R_L \times V_{r(rms)}} \\ &= \frac{2.9 \times 7.86}{(0.014 \times 10^3) \times 0.86} \\ &= 2429 \mu F \\ V_c &= 2 \times V_m \\ &= 2 \times 7.86 \\ &= 16.42 V \end{aligned}$$

เลือกค่าตัวเก็บประจุที่ใช้มีค่า 2200 ไมโครฟารัด 25 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาขนาดของหม้อแปลง

$$\begin{aligned}
 R_{rms} &= \frac{V_m + 1.4}{\sqrt{2}} \\
 &= \frac{8.21 + 1.4}{\sqrt{2}} \\
 &= 6.79V \\
 I_{TR} &= 1.5 \times I \\
 &= 1.5 \times 0.5 \\
 &= 0.75A
 \end{aligned}$$

เนื่องจากขอมให้แรงดันตกได้เล็กน้อยเลือกขนาดหม้อแปลงที่ 6 โวลต์ 1 แอมป์

การเลือกขนาดของไดโอด

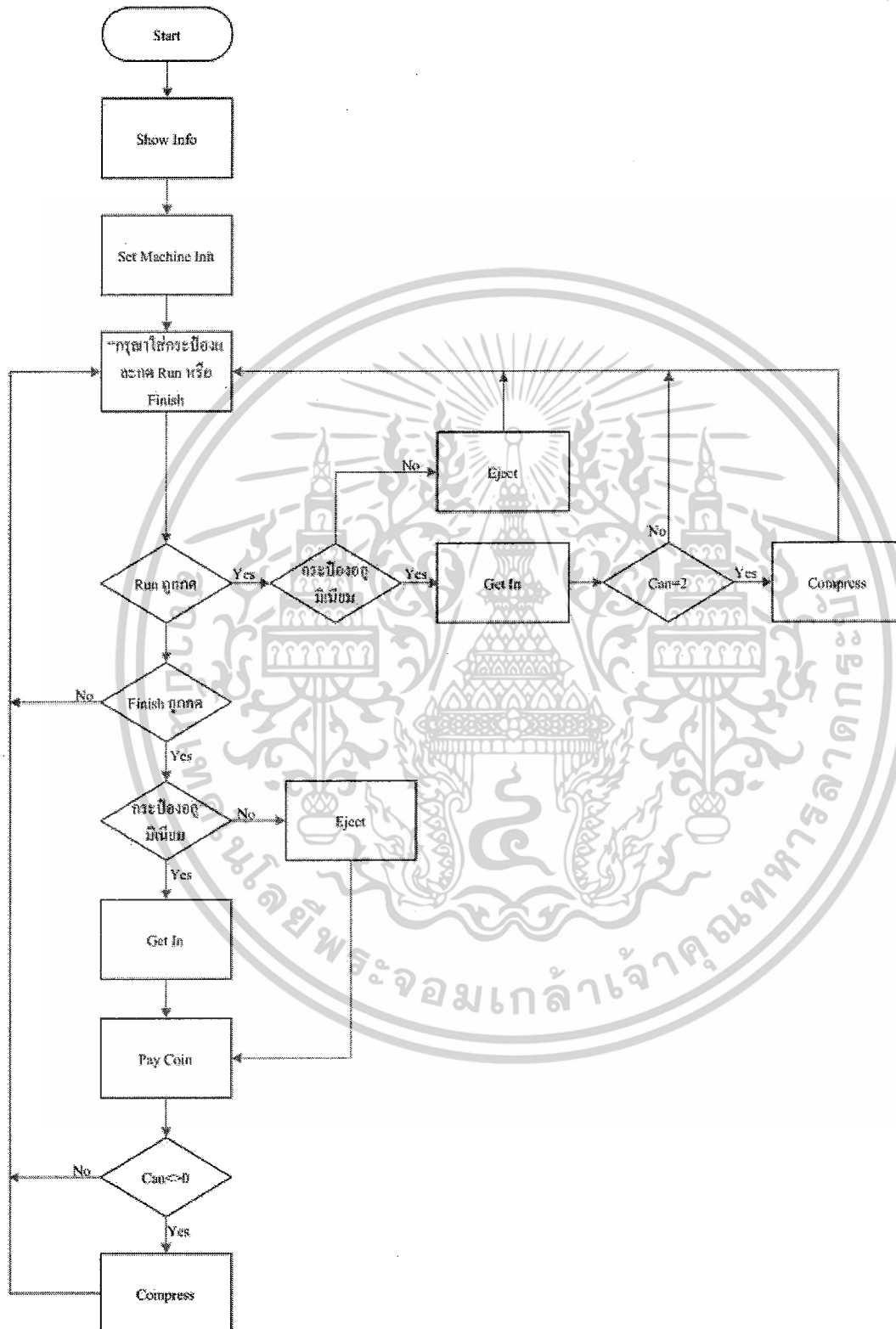
$$\begin{aligned}
 V_{diode} &= 2 \times V_m \\
 &= 2 \times 8.21 \\
 &= 16.42
 \end{aligned}$$

ขนาดกระแสของไดโอด ให้ใช้มากกว่าขนาดกระแสของหม้อแปลง

$$I_{diode} = 2A$$

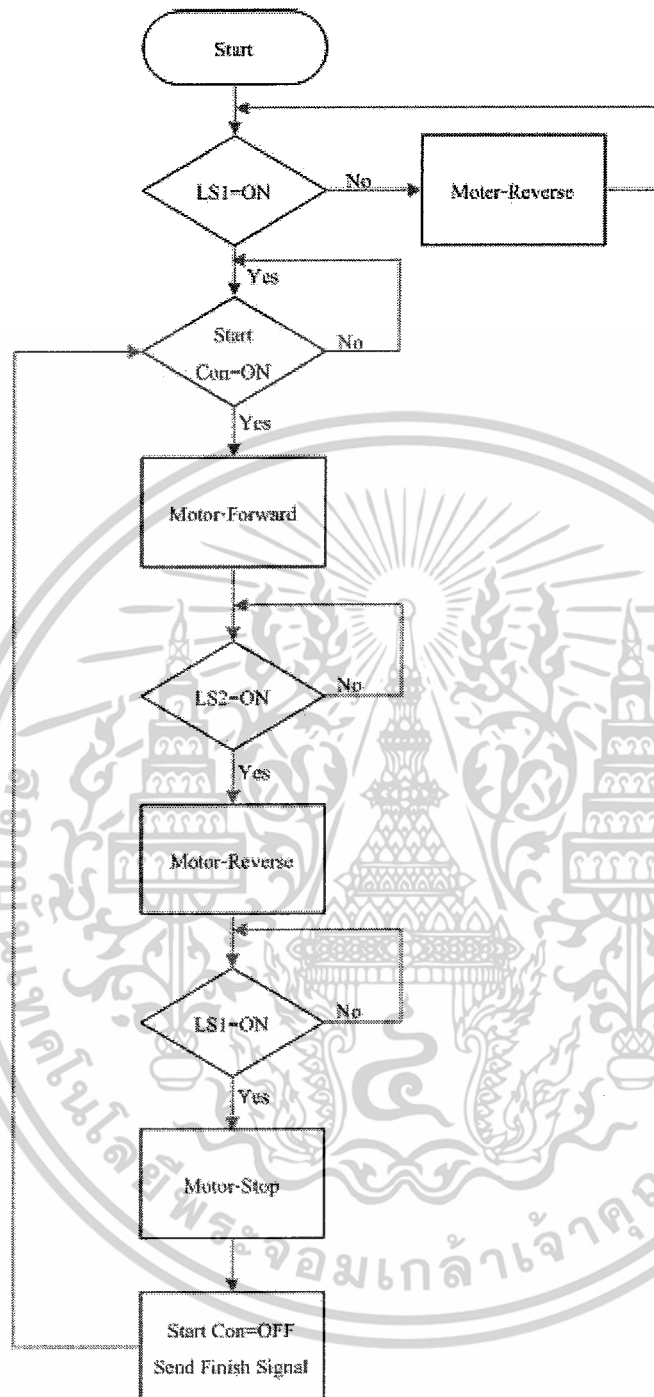
จากการคำนวณได้เลือกขนาดของไดโอดที่ 100 โวลต์ 2 แอมป์ เพื่อจะใช้ในการออกแบบชุดวงจรเร็กกูเลเตอร์ใช้ IC Regulator ต้องการ Output ขนาด 5 โวลต์ 0.5 แอมป์ จาก Input 7 โวลต์ จึงใช้ IC เบอร์ LM 7805 กำหนดใช้ค่าของ $C_1 = C_2 = 0.1$ ไมโครฟารัด

3.3 แนวความคิดในการออกแบบระบบ (Flow Chart)



ภาพที่ 3.1 Flow Chart แสดงการทำงานของ MCU 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

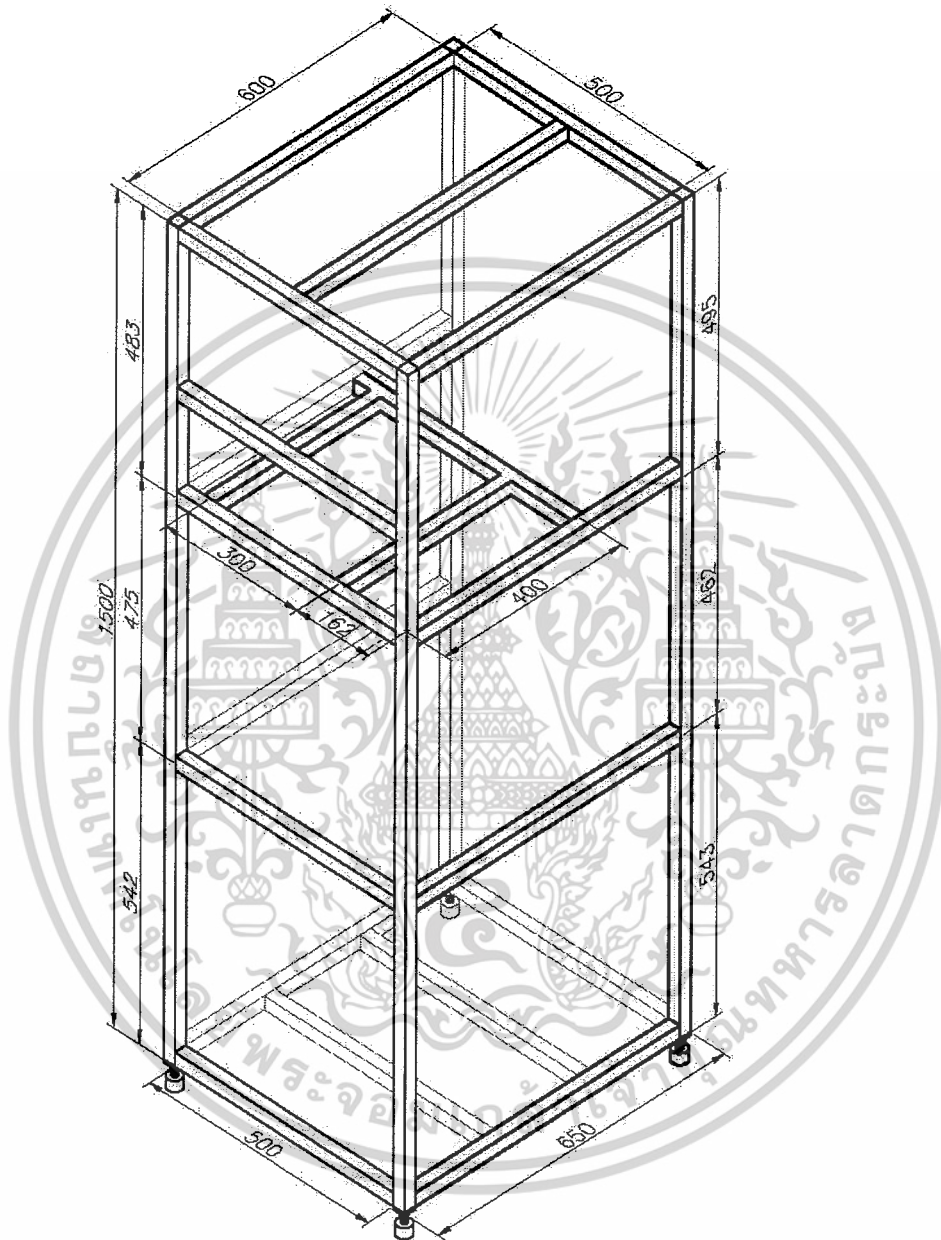


ภาพที่ 3.2 Flow Chart แสดงการทำงานของ MCU 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

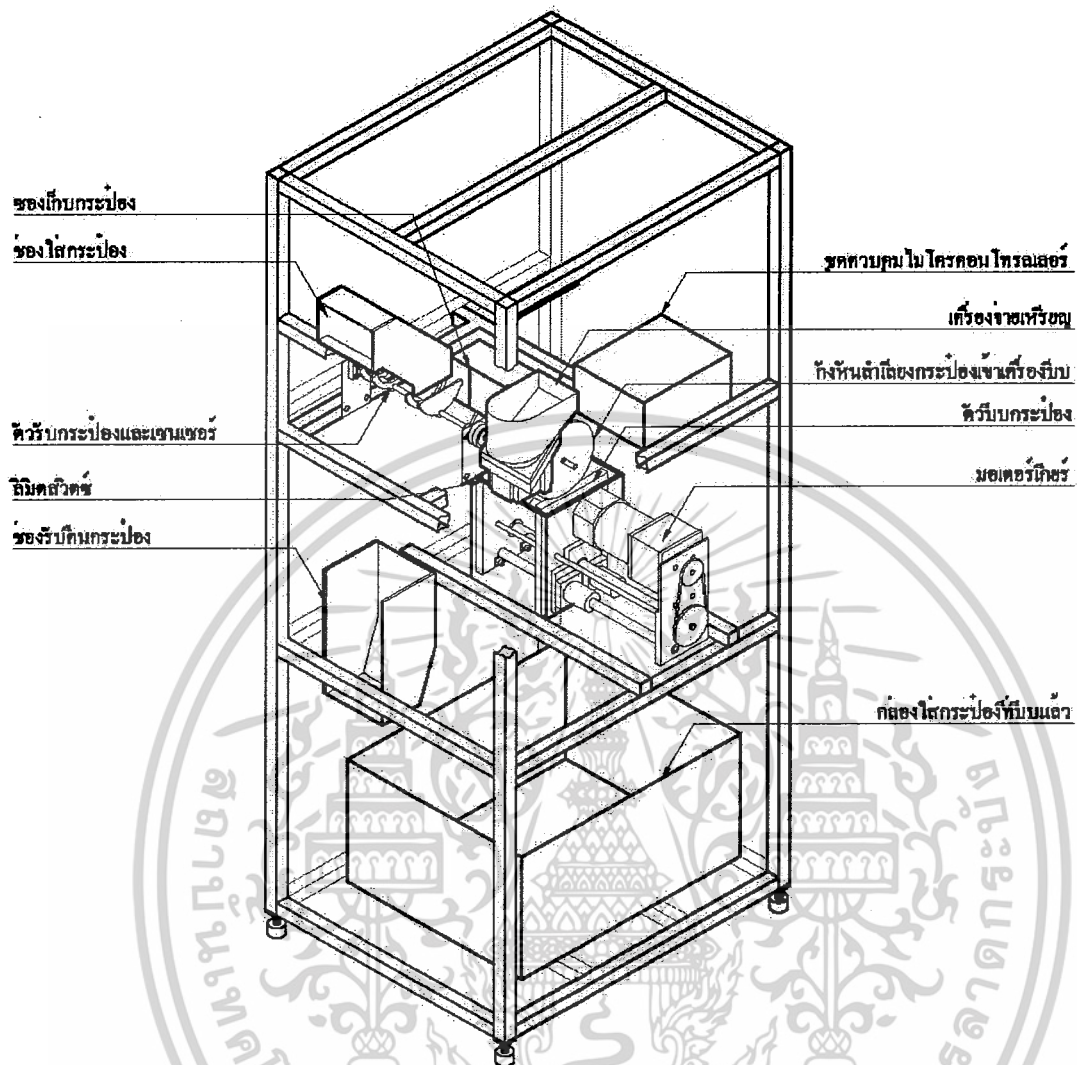
3.4 การออกแบบโครงสร้างของ HARD WARE

3.4.1 แบบตู้และการจัดวางอุปกรณ์ภายใน



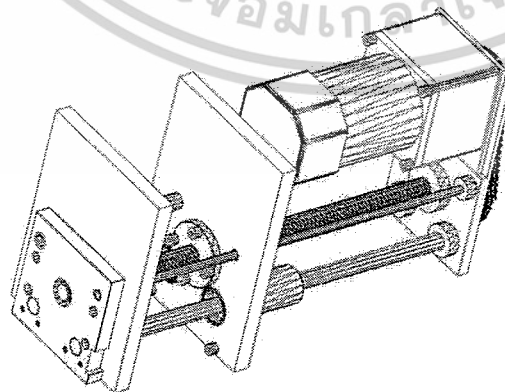
ภาพที่ 3.3 โครงสร้างภายนอกของเครื่องรับซื้อกระป๋องอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



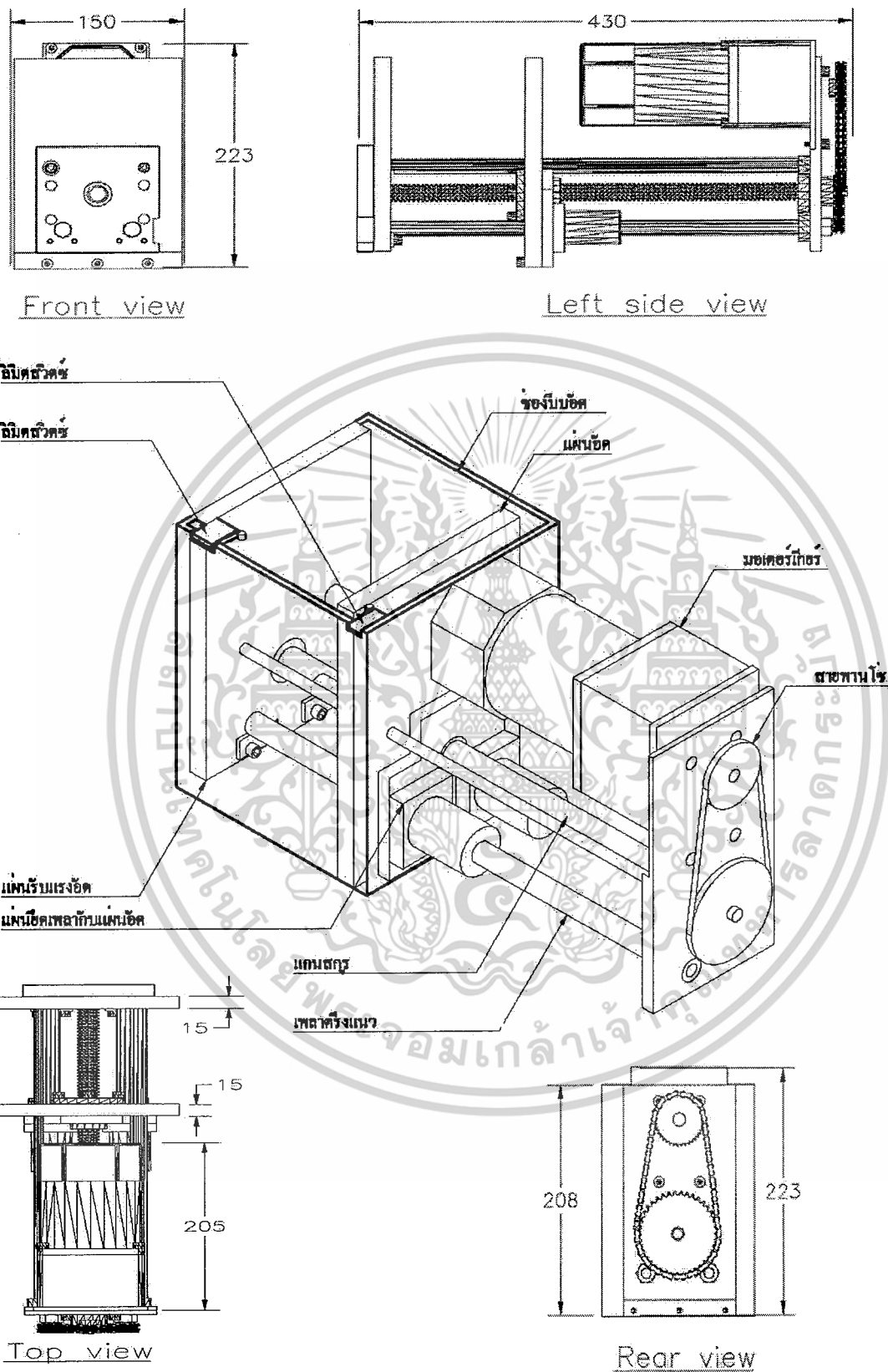
ภาพที่ 3.4 รูปแบบการจัดวางอุปกรณ์เชื่อมต่อภายในตู้

3.4.2 ส่วนของการบีบอัดกระป๋อง



ภาพที่ 3.5 เครื่องบีบอัดกระป๋อง

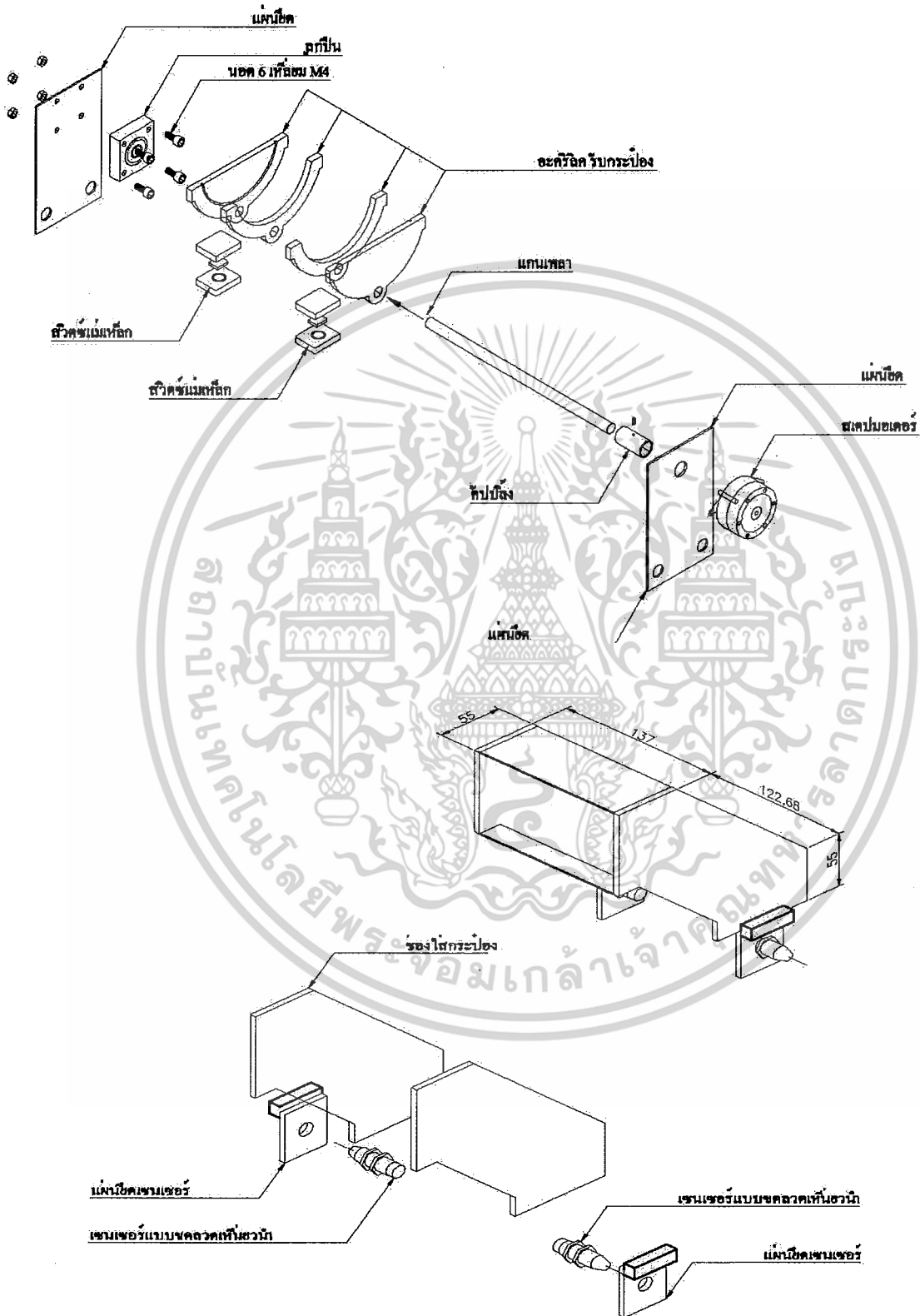
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.6 โครงสร้างของตัวบีบอัดกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

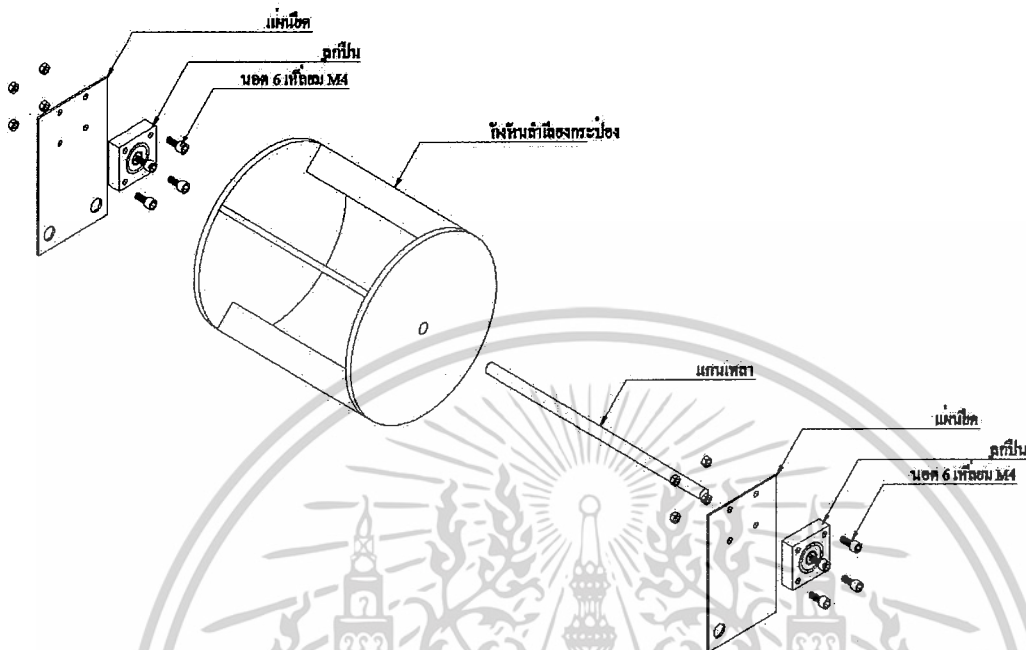
3.4.3 ส่วนของการรับกระป๋อง



ภาพที่ 3.7 โครงสร้างชุดรับกระป๋องและตำแหน่งในการติดตั้งเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 ตัวลำเลียงกระป๋องลงเครื่องอัด



ภาพที่ 3.8 ตัวลำเลียงกระป๋องลงเครื่องอัด

3.5 การออกแบบหลักการทำงานของเครื่อง

3.5.1 ส่วนลำเลียงกระป๋องลงเครื่องอัด

จะอยู่ทางด้านหน้าของตัวเครื่องเป็นทรงสี่เหลี่ยมมีขนาด 13*8 Cm มีมุมลาดเอียง 45 องศา จากด้านหน้าเครื่อง ด้านบนของตัวลำเลียงจะมีการออกแบบมาเฉพาะเพื่อจะป้องกันการใส่กระป๋องในแนวตั้ง ซึ่งจะมีผลต่อการคัดแยกกระป๋อง ส่วนด้านล่างของตัวลำเลียงจะมีเซนเซอร์เพื่อตรวจจับขวดขวดหนึ่งยวนำจำนวน 2 ตัว วางในลักษณะหันหน้าเข้าหากันเพื่อสามารถใช้ระบบวัสดุที่ใช้ในการผลิตกระป๋องในขณะที่กระป๋องยังคงอยู่บนถาดลำเลียง

3.5.2 ส่วนของการรับกระป๋อง

ออกแบบให้พอดีกับรูปทรงและขนาดของกระป๋อง ติดตั้งเซนเซอร์สวิตช์แม่เหล็กด้านล่างจำนวน 2 ตัว เพื่อตรวจจับและแยกกระป๋องชนิดสังกะสีออกจากกระป๋องอลูมิเนียม โดยมีหลักการคือเมื่อมีการรับกระป๋องสังกะสีเข้ามาในบริเวณสนามแม่เหล็กถาวร จะทำให้แม่เหล็กถาวรเคลื่อนที่มาสัมผัสกับแผ่นทองแดงภายในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างมาเป็นตัวเซนเซอร์ จึงเหมือนกับการกดสวิตช์ปิดวงจร ทำให้เกิดสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อนำเข้าไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ในส่วนของการรับกระป๋องจะมีแกนหมุนที่ทำจากสแตนเลส ก็เพื่อป้องกันการเกิดความเสียหายของสวิตช์แม่เหล็กซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 8 mm ยาว 21 cm ที่ด้านของแกนหมุนจะมีลูกปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด 6208 และในด้านตรงกันข้ามจะมีสตีปเปอร์มอเตอร์ใช้ในการขับเคลื่อนของการรับกระป๋องให้เกิดการเคลื่อนที่เพื่อทำการแยกระหว่างกระป๋องอลูมิเนียมกับกระป๋องสังกะสี โดยมีเงื่อนไขอยู่ว่าเมื่อมีกระป๋องสังกะสีผ่านเข้ามาสตีปเปอร์มอเตอร์ก็จะหมุนตามเข็มนาฬิกาไป 90 องศา เพื่อจะคืนกระป๋องสังกะสีให้แก่ลูกค้าที่มาใช้บริการนี้ (รับเฉพาะกระป๋องอลูมิเนียม) แต่ในทางกลับกันเมื่อมีกระป๋องอลูมิเนียมผ่านเข้ามา แกนหมุนจะหมุนทวนเข็มนาฬิกา 90 องศา เพื่อทำการรับกระป๋องส่งไปยังส่วนของการบีบอัดกระป๋องต่อไป

3.5.3 รางพักกระป๋อง

เป็นบริเวณสำหรับรองรับและลำเลียงกระป๋องอลูมิเนียม ที่ถูกคัดแยกด้วยเซนเซอร์มาแล้ว เพื่อส่งมายังส่วนของรางพักกระป๋อง มีลักษณะเป็นราง 12.5*22.5*8 cm ซึ่งทำจากสแตนเลสทั้งชิ้น ทำให้สามารถรองรับกระป๋องได้อย่างน้อย 4 กระป๋อง เพื่อพักกระป๋องให้ได้จำนวนตามที่ตั้งค่าไว้ก่อนจะส่งไปยังส่วนของการบีบอัดต่อไป

3.5.4 ส่วนของการบีบอัดกระป๋อง

จากรางพักกระป๋องอลูมิเนียมจะมีการหมุนกระป๋องด้วยกึ่งหัว เพื่อให้กระป๋องเข้าสู่เครื่องบีบอัดกระป๋องต่อไป โดยใช้สตีปเปอร์มอเตอร์ มีข้อจำกัดว่าเมื่อมีจำนวนกระป๋องอลูมิเนียมในรางพักมากกว่าหรือเท่ากับ 2 กระป๋อง สตีปเปอร์มอเตอร์ก็จะเริ่มทำงาน โดยหมุนกึ่งหัวตามเข็มนาฬิกาไป 180 องศา เพื่อปล่อยกระป๋องลงสู่ช่องบีบอัดกระป๋อง ตัวบีบอัดกระป๋องใช้หลักการของรีดสกรู เพื่อให้แผ่นเหล็กเกิดการเคลื่อนที่เข้าหาแผ่นเหล็กหลัก จะพบว่ากระป๋องอลูมิเนียมที่อยู่ระหว่างแผ่นเหล็กแผ่นเหล็กทั้งสอง จะถูกบีบอัดจนมีขนาดเล็กมากพอที่จะหลุดออกไปทางช่องด้านล่างได้ (ช่องด้านล่างมีขนาด 3*11 cm)

3.5.5 ส่วนแสดงผล

จะอยู่บริเวณด้านหน้าตู้มีจอแสดงผลขนาด 20*2 จะมีการสั่งการจากไมโครคอนโทรลเลอร์ มีไฟสีเขียวเพื่อแสดงว่าเครื่องพร้อมที่จะใช้งานและไฟสีแดงเพื่อแสดงว่าเครื่องไม่พร้อมที่จะใช้งาน อาจจะได้หลายกรณีเช่น เหยี่ยูหมด หรือ กระป๋องที่อยู่ในรางพักเต็ม เครื่องก็จะแสดงไฟสีแดง

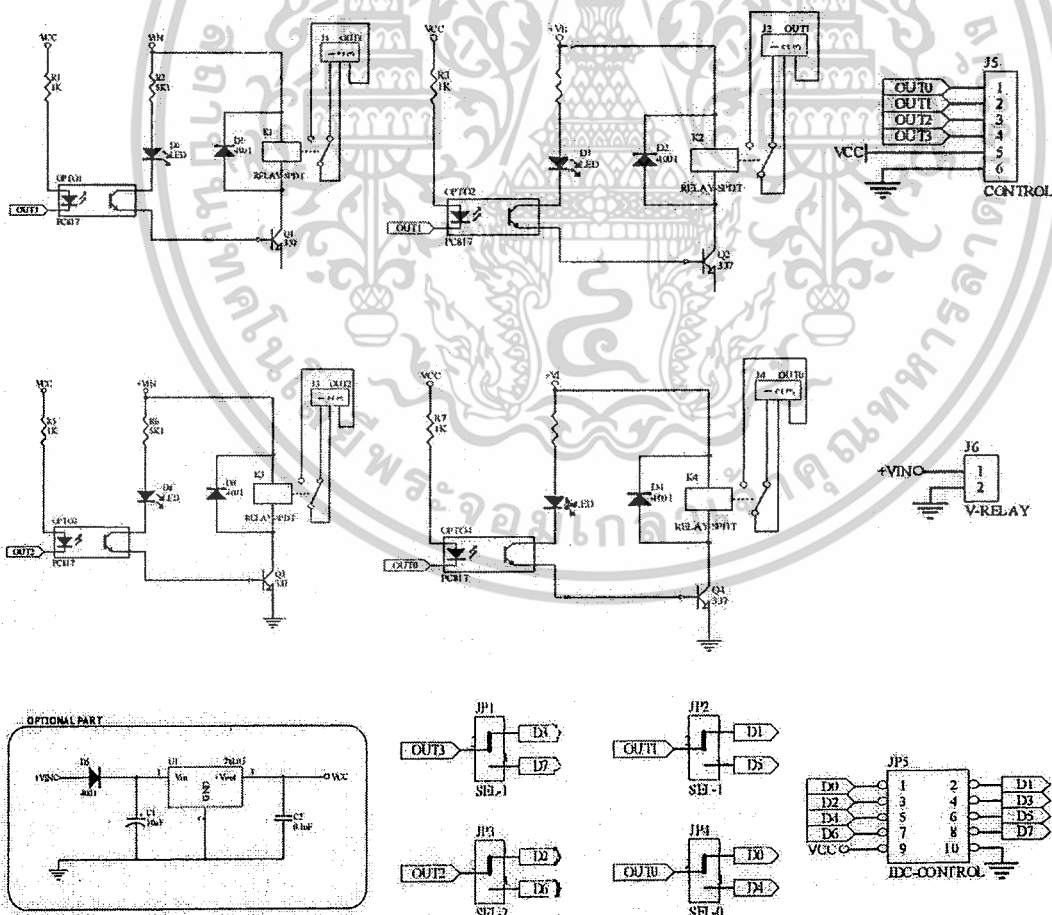
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 โมดูลเอาต์พุตรีเลย์อเนกประสงค์

โมดูลเอาต์พุตรีเลย์อเนกประสงค์ขนาด 4 ช่อง ซึ่งมีคอนแทคให้ใช้งานได้ทั้ง NO และ NC สะดวกต่อการใช้งาน ทั้งนี้โหนดที่ได้ใช้แรงดันไฟฟ้า DC และ AC โดยปกติมีพิกัดกระแสสูงถึง 7A อินเทอร์เฟซพอร์ตผ่านคอนเน็คเตอร์ 6 pin หรือ IDC-10 ตามมาตรฐาน MRT จึงสามารถใช้งานได้ร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ต่าง ๆ ของทางบริษัทได้ทันที อีกทั้งยังเพิ่มความยืดหยุ่นต่อการใช้งานด้วยจัมเปอร์เลือกบิตในการควบคุมได้ด้วย (0-4, 1-5, 2-6, 3-7)



ภาพที่ 3.9 โครงสร้างของโมดูลเอาต์พุตรีเลย์

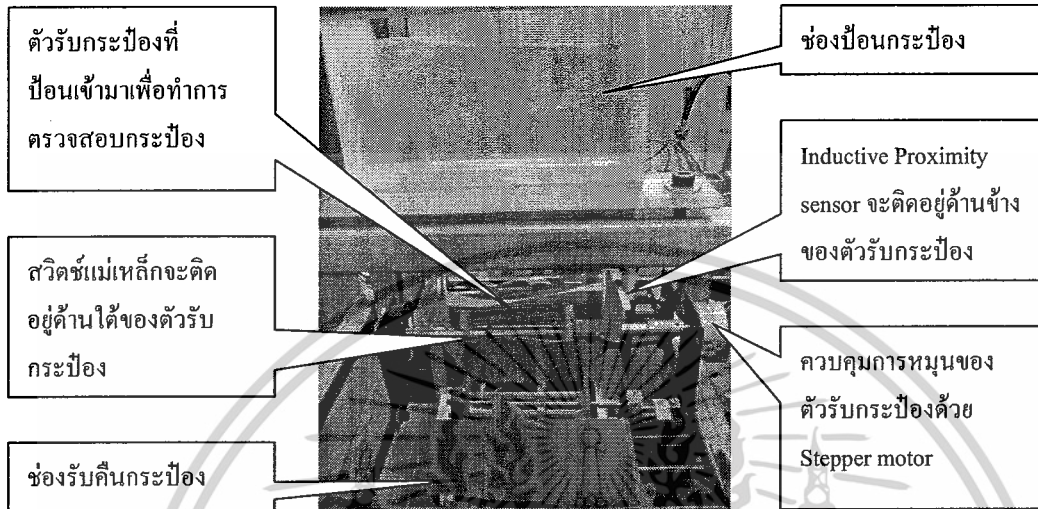


ภาพที่ 3.10 วงจรภายในโมดูลเอาต์พุตรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

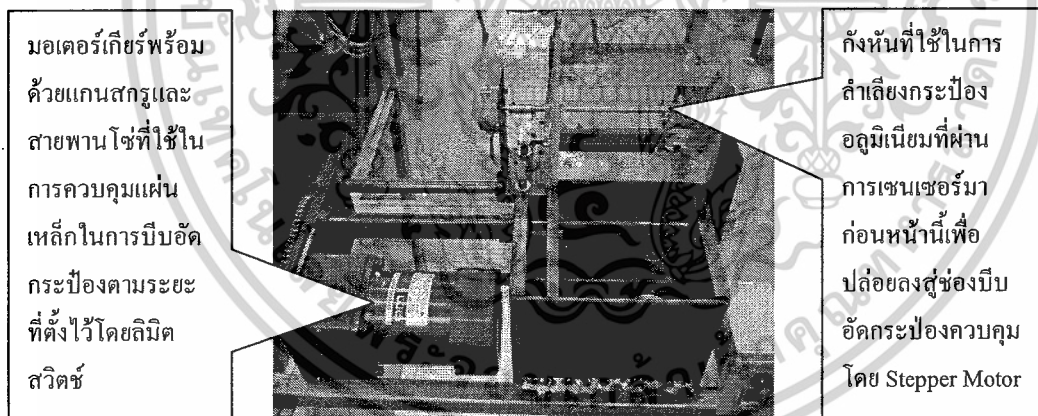
3.7 โครงสร้างของ Hardware

3.7.1 โครงสร้างส่วนของรับกระป๋อง



ภาพที่ 3.11 ชุดรับกระป๋องและตำแหน่งในการติดตั้งเซนเซอร์

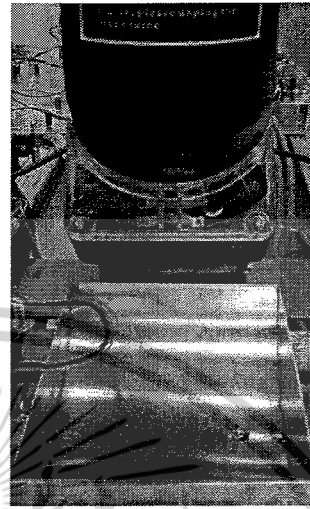
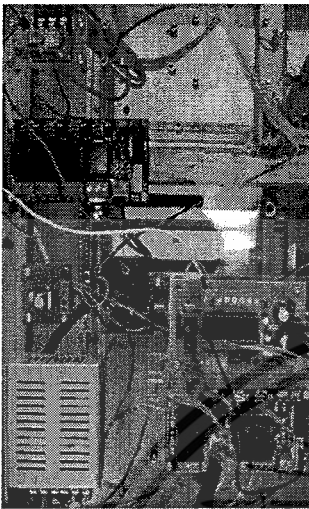
3.7.2 โครงสร้างส่วนของการบีบอัดกระป๋อง



ภาพที่ 3.12 ชุดบีบอัดกระป๋องอลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

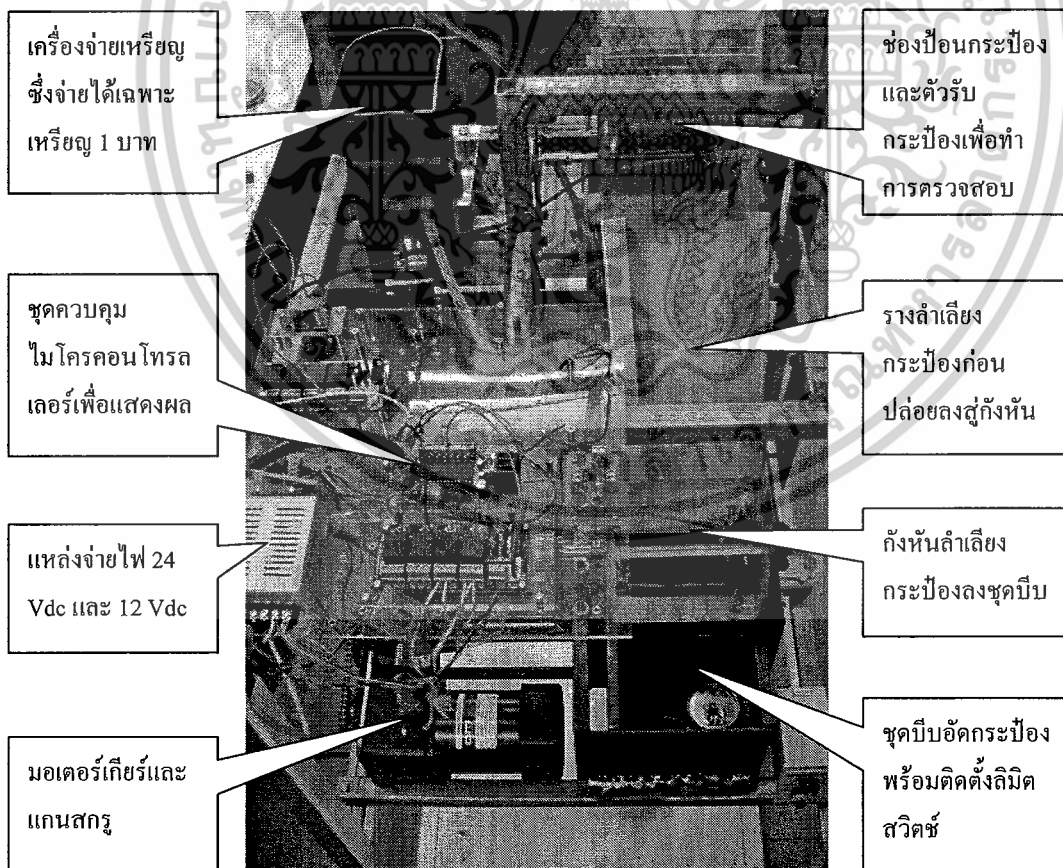
3.7.3 โครงสร้างชุดไมโครคอนโทรลเลอร์และชุดจ่ายเหรียญ



ภาพที่ 3.13 ชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

ภาพที่ 3.14 ชุดจ่ายเหรียญ (Hopper)

3.7.4 โครงสร้างโดยรวมของเครื่องรับซื้อกระป๋องอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.15 ตำแหน่งการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 วิธีการใช้งานและข้อควรระวัง

ก่อนการใช้บริการเครื่องรับซื้อกระป๋องอัตโนมัติ ผู้ใช้บริการควรตรวจสอบว่าเครื่องพร้อมที่จะใช้งานหรือไม่ โดยมีวิธีการตรวจสอบดังนี้

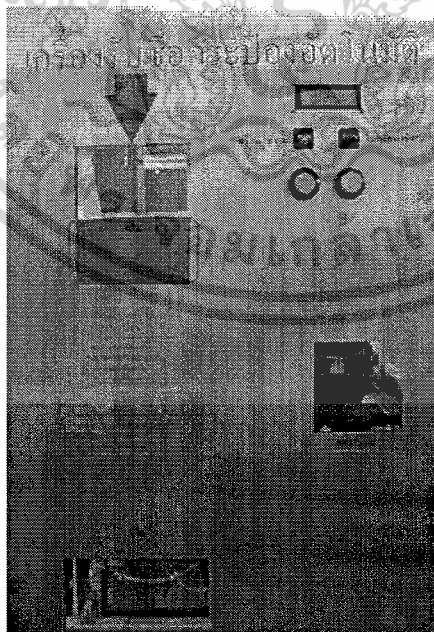
- สัญญาณไฟสีเขียวสว่าง แสดงว่าใช้งานได้ (พร้อมใช้งาน)
- สัญญาณไฟสีแดงสว่าง แสดงว่างค้ใช้บริการชั่วคราว (ไม่พร้อมใช้งาน)

เมื่อเครื่องพร้อมใช้งาน (สัญญาณไฟสีเขียวสว่าง) ให้ทำตามขั้นตอนดังนี้

1. ใส่กระป๋องในช่องรับกระป๋อง
2. รอรับเงิน เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการ
3. ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนแรก

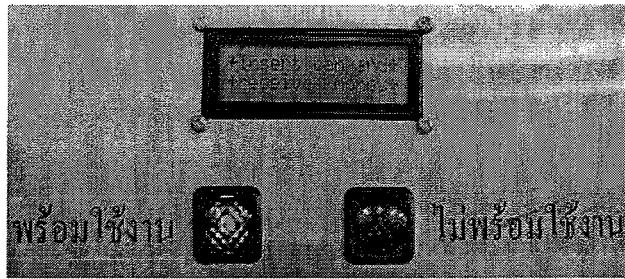
ข้อควรระวังในการใช้บริการเครื่องรับซื้อกระป๋องอัตโนมัติ มีดังนี้

1. ไม่ควรใส่ภาชนะอื่น ๆ นอกเหนือจากกระป๋องน้ำอัดลมออลูมิเนียม
2. ไม่ควรใส่กระป๋องน้ำอัดลมออลูมิเนียมที่มีลักษณะบุบหรือบี้
3. ไม่ควรใส่กระป๋องน้ำอัดลมออลูมิเนียมติดต่อกัน
4. ไม่ควรใส่กระป๋องน้ำอัดลมออลูมิเนียมที่มีน้ำอยู่

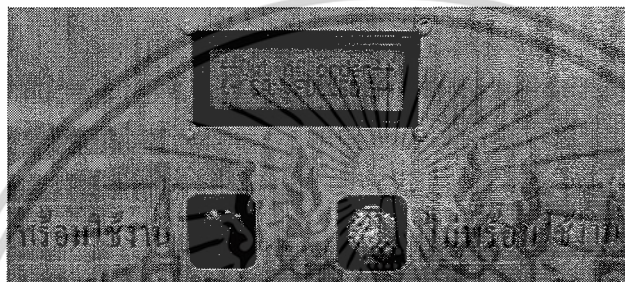


ภาพที่ 4.1 เครื่องรับซื้อกระป๋อง

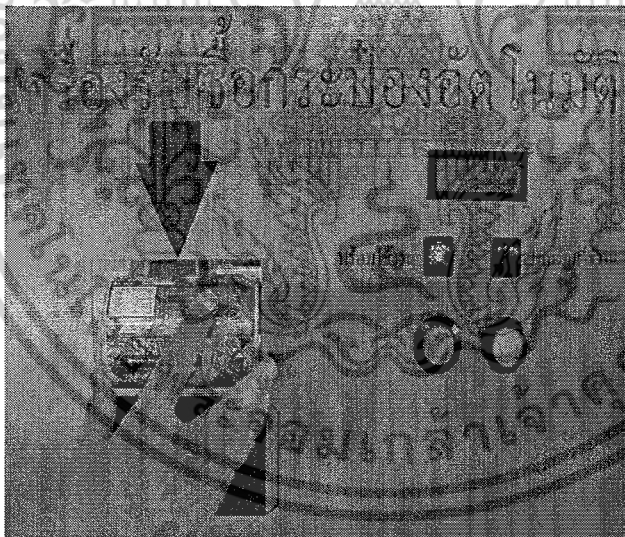
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 เครื่องพร้อมใช้งาน

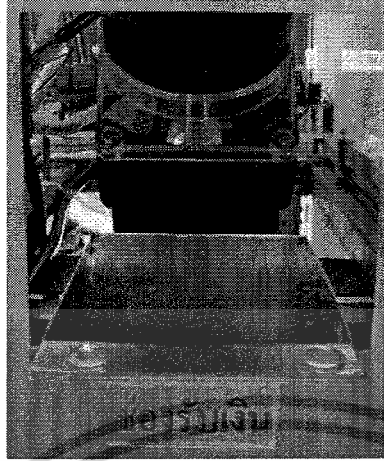


ภาพที่ 4.3 เครื่องไม่พร้อมใช้งาน



ภาพที่ 4.4 การใส่กระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



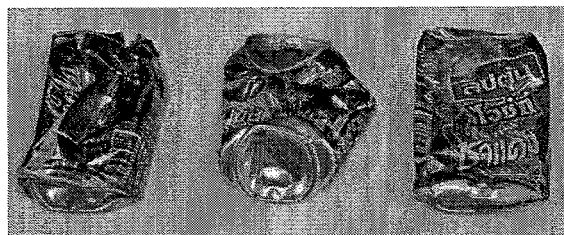
ภาพที่ 4.5 ช่องรับเงิน



ภาพที่ 4.6 ครอบป้องกันที่มีเหล็กเป็นส่วนผสม

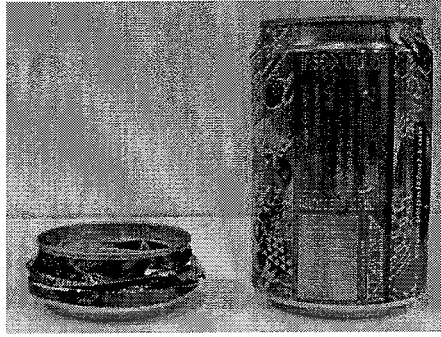


ภาพที่ 4.7 ครอบป้องกันอลูมิเนียม



ภาพที่ 4.8 ชนิดของความผิดพลาดในการบีบอัด

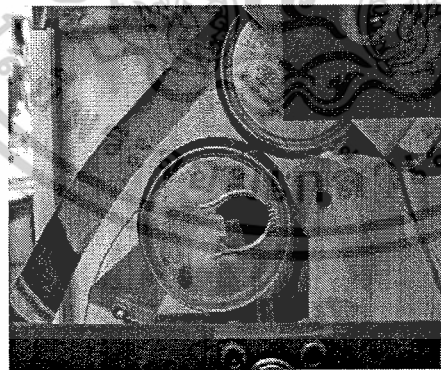
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 กระจ่างที่บีบกับที่ยังไม่ได้บีบ



ภาพที่ 4.10 ความผิดพลาดของชุดลำเลียง



ภาพที่ 4.11 การลำเลียงกระจ่างลงเครื่องบีบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองการทำงาน

4.2.1 การทดลองการตรวจจับกระป๋องอลูมิเนียม

ตารางที่ 4.1 การทดลองการตรวจจับกระป๋องอลูมิเนียม

กระป๋องที่	รับ	ไม่รับ	การคืนเหรียญ	การตรวจจับด้วยฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์	การตรวจจับด้วยสวิตช์แม่เหล็ก
1	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
2	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
3	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
4	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
5	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
6	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
7	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
8	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
9	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
10	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
11	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
12	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
13	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
14	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
15	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
16	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
17	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
18	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
19	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
20	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
21	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
22	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
23	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
24	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
25	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
26	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
27	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
28	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
29	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน
30	/		/	ทำงาน	ไม่ทำงาน

จากการทดลองการตรวจจับกระป๋องอลูมิเนียม ซึ่งในการทดสอบขั้นตอนนี้จะใช้เซนเซอร์ในการตรวจจับมี 2 ชนิด ชนิดแรกจะเป็นฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ ซึ่งจะมีทำหน้าที่ในการตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะเช่นเหล็ก สังกะสี อลูมิเนียม จะมีหลักการทำงานคือเมื่อวัตถุผ่านเข้ามาในระยะตรวจจับที่กำหนดไว้ ทำให้ฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ทำงาน โดยจะส่งสัญญาณต่อไปยังชุดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ ส่วนที่สองเป็นสวิตช์แม่เหล็กที่สร้างขึ้นมาโดยใช้หลักการของแม่เหล็กถาวรเป็นตัวตรวจจับวัตถุ มีหลักการทำงานเหมือนสวิตช์ เมื่อกระป๋องผ่านเข้ามาเป็นประเภทอลูมิเนียม สวิตช์แม่เหล็กจะไม่ทำงาน พร้อมทั้งจะไม่มี การส่งสัญญาณใด ๆ ไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงได้เงื่อนไขว่า ถ้าฟร็อกซิมีตี้ทำงานแต่สวิตช์แม่เหล็กไม่ทำงานจึงทำให้ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์รู้ว่ากระป๋องที่เข้ามาเป็นอลูมิเนียมในทันที จากนั้นภายในระบบก็จะทำงานตามปกติในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดลองการตรวจจับกระป๋องสังกะสี

ตารางที่ 4.2 การทดลองการตรวจจับกระป๋องสังกะสี

กระป๋องที่	รับ	ไม่รับ	การตรวจจับด้วยพริกขี้หนูเขียว	การตรวจจับด้วยสวิตช์แม่เหล็ก
1		/	ทำงาน	ทำงาน
2		/	ทำงาน	ทำงาน
3		/	ทำงาน	ทำงาน
4		/	ทำงาน	ทำงาน
5		/	ทำงาน	ทำงาน
6		/	ทำงาน	ทำงาน
7		/	ทำงาน	ทำงาน
8		/	ทำงาน	ทำงาน
9		/	ทำงาน	ทำงาน
10		/	ทำงาน	ทำงาน
11		/	ทำงาน	ทำงาน
12		/	ทำงาน	ทำงาน
13		/	ทำงาน	ทำงาน
14		/	ทำงาน	ทำงาน
15		/	ทำงาน	ทำงาน
16		/	ทำงาน	ทำงาน
17		/	ทำงาน	ทำงาน
18		/	ทำงาน	ทำงาน
19		/	ทำงาน	ทำงาน
20		/	ทำงาน	ทำงาน
21		/	ทำงาน	ทำงาน
22		/	ทำงาน	ทำงาน
23		/	ทำงาน	ทำงาน
24		/	ทำงาน	ทำงาน
25		/	ทำงาน	ทำงาน
26		/	ทำงาน	ทำงาน
27		/	ทำงาน	ทำงาน
28		/	ทำงาน	ทำงาน
29		/	ทำงาน	ทำงาน
30		/	ทำงาน	ทำงาน

จากตารางผลการทดลองการตรวจจับกระป๋องสังกะสี จะพบว่าเมื่อมีกระป๋องสังกะสีเข้ามา หรือมีกระป๋องที่มีส่วนผสมของเหล็ก พริกขี้หนูเขียวก็จะทำงาน เนื่องจากเป็นการตรวจจับว่ามีโลหะเข้ามา ทำให้สวิตช์แม่เหล็กก็จะทำงานเช่นกัน จากนั้นจึงจะส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อสั่งให้ทำการคืนกระป๋องเหล็กหรือสังกะสีให้แก่ลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การทดลองการตรวจจับกระป๋องโดยการสุ่ม 50:50

ตารางที่ 4.3 การทดลองการตรวจจับกระป๋องโดยการสุ่ม 50:50

กระป๋องที่	ชนิดกระป๋อง		รับ	ไม่รับ	การคืนเหรียญ	หมายเหตุ
	อะลูมิเนียม	สังกะสี				
1	/		/		/	
2	/		/		/	
3		/		/		
4		/		/		
5		/		/		
6	/		/		/	
7		/		/		
8	/		/		/	
9	/		/		/	
10		/		/		
11	/		/		/	
12	/		/		/	
13	/		/		/	
14		/		/		
15		/		/		
16		/		/		
17	/		/		/	
18	/		/		/	
19	/		/		/	
20	/		/		/	
21		/		/		
22		/		/		
23	/		/		/	
24		/		/		
25		/		/		
26		/		/		
27	/		/		/	
28		/		/		
29		/		/		
30	/		/		/	

จากตารางการทดลองการตรวจจับกระป๋องโดยการสุ่ม 50:50 ก็พบว่าเซนเซอร์ทั้งสองชนิดมีระบบการทำงานที่ถูกต้องแม่นยำ ซึ่งเปรียบเทียบจากการใส่กระป๋องทั้งชนิดสังกะสีและอะลูมิเนียม โดยทำการสุ่มกระป๋องที่ใส่เข้าไปในช่องรับกระป๋อง เพื่อที่จะทดสอบประสิทธิภาพในการตรวจจับเซนเซอร์แต่ละชนิด แต่ก็ยังพบว่าสวิตช์แม่เหล็กเองก็ยังมีข้อจำกัดอยู่ม้างเล็กน้อยเช่น เกี่ยวกับผงฝุ่น เนื่องจากเมื่อมีผงฝุ่นเข้าไปติดบริเวณหน้าคอนแทคของสวิตช์แม่เหล็ก อาจจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของสวิตช์แม่เหล็กลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การทดลองการลัดเลียงกระป๋องเข้าสู่เครื่องบีบอัด

ตารางที่ 4.4 การทดลองการลัดเลียงกระป๋องเข้าสู่เครื่องบีบอัด

ครั้งที่	ผ่าน	ไม่ผ่าน	หมายเหตุ
1	/		
2	/		
3		/	เกิน 1 กระป๋อง
4	/		
5	/		
6	/		
7	/		
8		/	เกิน 1 กระป๋อง
9		/	ขาด 1 กระป๋อง
10	/		
11	/		
12	/		
13	/		
14		/	เกิน 1 กระป๋อง
15	/		
16	/		
17		/	เกิน 1 กระป๋อง
18		/	ขาด 1 กระป๋อง
19	/		
20	/		
21	/		
22	/		
23		/	เกิน 1 กระป๋อง
24	/		
25	/		
26	/		
27		/	ขาด 1 กระป๋อง
28	/		
29		/	เกิน 1 กระป๋อง
30	/		

จากตารางการทดสอบการลัดเลียงกระป๋องเข้าสู่เครื่องบีบอัด พบว่ากระบวนการการลัดเลียงกระป๋องเข้าสู่เครื่องบีบอัดยังมีข้อผิดพลาดอยู่มาก ก็เนื่องมาจากการเลือกใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ไม่เหมาะสมแก่การใช้งาน โดยในการทดลองนี้ได้เลือกใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะรองรับน้ำหนักของกระป๋องทั้งหมดได้ เป็นผลให้การหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์นั้นมีลักษณะการหมุนที่คลาดเคลื่อนไป ด้วยเหตุนี้จึงควรเลือกใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นมา และต้องมีแรงดันไฟฟ้ามากพอที่จะรองรับน้ำหนักของกระป๋องได้ทั้งหมด เพื่อทำให้เกิดความผิดพลาดน้อยลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 การทดลองการใช้ระยะเวลาในการบีบอัดกระป๋อง

ตารางที่ 4.5 การทดลองการใช้ระยะเวลาในการบีบอัดกระป๋องแต่ละครั้ง (วินาที)

ครั้งที่	ระยะเวลาในการบีบ	ระยะเวลาในการกลับ	เวลาทั้งหมด
1	16.96	16.62	33.58
2	16.67	16.85	33.52
3	16.68	16.93	33.61
4	16.61	16.95	33.56
5	16.68	16.68	33.36
6	16.71	16.92	33.63
7	16.68	16.72	33.40
8	16.71	16.78	33.49
9	16.94	16.69	33.63
10	16.94	16.89	33.83
11	16.74	16.80	33.54
12	16.87	16.93	33.80
13	16.83	16.89	33.72
14	16.67	16.66	33.33
15	16.90	16.87	33.77
16	16.69	16.65	33.34
17	16.89	16.81	33.70
18	16.65	16.69	33.34
19	16.85	16.89	33.74
20	16.72	16.94	33.66
21	16.94	16.90	33.84
22	16.83	16.87	33.70
23	16.95	16.93	33.88
24	16.94	16.99	33.93
25	16.65	16.68	33.33
26	16.67	16.75	33.42
27	16.92	16.89	33.81
28	16.92	16.91	33.83
29	16.67	16.65	33.32
30	16.93	16.90	33.83
รวม	503.81	504.63	1008.44
เฉลี่ย	16.79	16.82	33.61

จากตารางการทดสอบโดยใช้ระยะเวลาเข้าเกี่ยวข้องในการบีบอัดกระป๋อง ผลการทดสอบการบีบอัดครั้งละ 2 กระป๋อง พบว่าใช้เวลาในการบีบเฉลี่ย 16.79 วินาที และใช้เวลาในการกลับคืนตัวของแผ่นบีบอัดเฉลี่ย 16.82 วินาที ซึ่งโดยรวมในการบีบอัดกระป๋องแต่ละครั้งจะต้องใช้เวลาทั้งหมดเฉลี่ย 33.61 วินาที เมื่อนำเวลาในการบีบอัดกระป๋อง 1 กระป๋อง มาคิดเป็นเวลาเฉลี่ย 16.805 วินาที จึงสามารถสรุปได้ว่า การบีบอัดแบบหัตถ์สกรูจะใช้เวลาในการบีบอัดกระป๋องแต่ละครั้งมาก แต่ในการทดลองนี้เลือกใช้การบีบอัดแบบหัตถ์สกรูเนื่องจากประหยัดต้นทุน ประหยัดพื้นที่และประหยัดค่าบำรุงรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 การทดลองหาขนาดกระป๋องหลังการบีบอัด

ตารางที่ 4.6 การทดลองหาขนาดกระป๋องหลังการบีบอัด

ครั้งที่	ขนาดก่อนบีบ	ขนาดหลังบีบ	ความแตกต่าง
1	115	29	86
2	115	28	87
3	115	28	87
4	115	29	86
5	115	29	86
6	115	29	86
7	115	28	87
8	115	28	87
9	115	29	86
10	115	29	86
11	115	28	87
12	115	28	87
13	115	29	86
14	115	29	86
15	115	28	87
16	115	28	87
17	115	28	87
18	115	29	86
19	115	29	86
20	115	29	86
21	115	28	87
22	115	28	87
23	115	28	87
24	115	28	87
25	115	29	86
26	115	29	86
27	115	28	87
28	115	29	86
29	115	29	86
30	115	28	87
รวม	3450	855	2595
เฉลี่ย	115	28.5	86.5

จากตารางการทดลองเพื่อหาขนาดกระป๋องหลังการบีบอัด พบว่าขนาดกระป๋องก่อนบีบอัด มีขนาด 115 มิลลิเมตร และเมื่อทำการบีบอัดแล้วจะมีขนาด 28.5 มิลลิเมตร ซึ่งก็มีความแตกต่างกัน ในอัตรา 4 เท่า ซึ่งจากการทดลองมีจุดประสงค์ในการบีบอัดเพื่อลดขนาดของกระป๋องและเพิ่มพื้นที่ ในการจัดเก็บกระป๋องได้มากขึ้นเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย วิเคราะห์ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้ เป็นการสร้างเครื่องรับซื้อกระป๋องอูมิเนียมอัด โนมัต ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

1. สามารถคัดแยกชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ทำกระป๋อง ระหว่างอูมิเนียมและสังกะสีได้ โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับ 2 ชนิด ชนิดแรกคือฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์สำหรับตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะ และชนิดที่สองคือเซนเซอร์ตรวจจับสังกะสีหรือเหล็ก ซึ่งผู้ทำการวิจัยได้คิดค้นและประดิษฐ์ขึ้นเอง โดยการประยุกต์ใช้แม่เหล็กถาวรมาใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีหลักการการทำงานเหมือนสวิทช์ทั่วไป จากการทดสอบประสิทธิภาพของเซนเซอร์ พบว่าเซนเซอร์สามารถทำการคัดแยกได้ดี ไม่มีความผิดพลาด

2. สามารถลำเลียงกระป๋องลงสู่เครื่องบีบอัดกระป๋อง ซึ่งใช้กั้นกั้นลำเลียงกระป๋องลงสู่ช่องบีบกระป๋อง โดยใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ในการขับเคลื่อนกั้น ซึ่งสั่งงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่กำหนดองศาในการหมุนไว้ 270 องศา ต่อการหมุน 1 ครั้ง ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพของการลำเลียงกระป๋องพบว่าความสามารถในการลำเลียงกระป๋องยังมีความผิดพลาดอยู่เล็กน้อย (30%)

3. สามารถบีบอัดกระป๋องที่ได้ผ่านการคัดแยกมาแล้ว ให้มีขนาดเล็กลงจาก 115 มิลลิเมตร เป็นขนาด 28.5 มิลลิเมตร (เล็กลงถึง 4 เท่า) โดยใช้หลักการบีบอัดแบบหีดสกรู (LEAD SCREW) พบว่าใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการบีบอัดกระป๋องทั้งหมด 33.61 วินาที

4. สามารถจ่ายเงินตามจำนวนที่กำหนด โดยผู้ทำการวิจัยได้ตั้งค่าไว้ที่ 1 กระป๋อง : 1 บาท ซึ่งผู้ทำการวิจัยได้ใช้ชุดจ่ายเหรียญอัด โนมัตแบบสำเร็จรูป (Hopper) ซึ่งมีการควบคุมด้วยซอร์ฟแวร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51) ติดต่อผ่านพอร์ต RS 232 พบว่าประสิทธิภาพของการจ่ายเหรียญได้ดีเยี่ยม (100%)

5. ผู้ทำการวิจัยได้ทำการติดตั้งจอแสดงผล LCD เพื่อแสดงสถานะการทำงานของเครื่อง โดยจะแสดงข้อความว่า “Insert can and receive money” สำหรับสถานะเครื่องพร้อมใช้งานและก็จะแสดงข้อความ “Can tray full, Please wait...” สำหรับสถานะเครื่องขัดข้องในกรณีที่กระป๋องเต็มหรือเงินไม่เพียงพอต่อการจ่าย ซึ่งจากการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานในขณะที่เครื่องดำเนินการพบว่าจอแสดงผล LCD ยังพบความผิดพลาดอยู่เล็กน้อยเมื่อเปิดเดินเครื่องนานเกินไป

6. สามารถเก็บข้อมูลการรับซื้อกระป๋อง โดยใช้หลักการนับจำนวนกระป๋องผ่านเซนเซอร์ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุม ด้วยเงื่อนไขของการนับจำนวนกระป๋อง โดยกำหนดเอาไว้ว่าเมื่อนับได้ 560 กระป๋อง ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งข้อมูลไปยังจอแสดงผล LCD ว่าไม่สามารถรับซื้อกระป๋องได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 วิจารณ์ผลการวิจัย

1. เซนเซอร์ตรวจจับสามารถทำงานได้ดี แต่ระยะตรวจจับของฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ยังน้อยเกินไป (ประมาณ 2-3 มิลลิเมตร) ซึ่งอาจจะน้อยต่อระยะในการตรวจจับกระป๋อง เนื่องจากบางช่วงของกระป๋องมีลักษณะโค้งเว้าไม่เสมอกันตลอดส่วนเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับสังกะสีหรือเหล็ก ซึ่งผู้ทำการวิจัยได้คิดค้นขึ้นเองนั้น ยังเป็นชนิดต้นแบบและประดิษฐ์ขึ้นมาเอง อาจไม่ได้มาตรฐานเท่ากับที่ผลิตจากโรงงานอุตสาหกรรม

2. เนื่องจากสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่มีขนาด 12 โวลต์ ซึ่งมีแรงในการขับน้อยเมื่อต้องนำไปใช้ในการลำเลียงกระป๋องอูมิเนียม อาจจะทำให้เกิดการติดขัดอยู่บ้างในบางครั้ง

3. เนื่องจากถาดลำเลียงกระป๋องหรือถาดพักกระป๋องอูมิเนียมมีความชันสูงทำให้กระป๋องอูมิเนียมที่ถูกลำเลียงลงสู่เครื่องบีบอัด เกิดการเปลี่ยนแปลงไปได้หลายลักษณะ เกิดทั้งแนวตั้งและแนวนอน แต่เนื่องจากเครื่องบีบอัดกระป๋องได้ตั้งค่าไว้ใช้สำหรับในการบีบอัดกระป๋องในแนวนอนเท่านั้น ดังนั้นเมื่อกระป๋องน้ำอัดลมถูกลำเลียงลงมาในแนวตั้ง การบีบอัดกระป๋องจึงไม่สมบูรณ์และทำให้กระป๋องไม่สามารถผ่านลงมายังถังรองรับได้

4. จอแสดงผล LCD ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ยังมีขนาดที่ค่อนข้างเล็กไป เมื่อต้องใช้ในการแสดงผลข้อความให้ผู้ที่มาใช้บริการเข้าใจ และความเสถียรในการแสดงผลข้อความไม่เพียงพออาจเป็นผลมาจากซอฟต์แวร์ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นเมื่อเปิดเครื่องทำงานเป็นระยะเวลานาน ๆ จะทำให้แสดงผลเป็นหน้าจอว่าง

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้เซนเซอร์ตรวจจับโลหะที่มีระยะการตรวจจับประมาณ 5-6 มิลลิเมตร ขึ้นไปเพื่อลดความผิดพลาดในเรื่องการตรวจจับโลหะ

2. ควรใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่า 12 โวลต์ เช่น 24 โวลต์ เพื่อให้มีแรงขับในการลำเลียงกระป๋องได้อย่างแม่นยำมากขึ้น

3. ปรับระบบการออกแบบถาดลำเลียงใหม่คือลดความชันของถาดลำเลียงลง เปลี่ยนวัสดุที่นำมาทำถาดลำเลียงโดยให้มีลักษณะที่ลดแรงกระแทกของกระป๋องขณะตกกระทบ

4. ปรับปรุงซอฟต์แวร์ให้สอดคล้องกับระบบการทำงานของฮาร์ดแวร์มากขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] รศ.วิศรุต ศรีรัตนะ “เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม” – กรุงเทพฯ : ซีเอ็ด
ยูเคชั่น, 2550
- [2] <http://www.es.co.th> : เป็นเว็บไซต์ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (AT89S52)
- [3] <http://www.gavazzi-automation.com> : เป็นเว็บไซต์ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับเซนเซอร์
- [4] Stephen A. Thomas, “SSL and TLS Essentials Securing the Web,” John Wiley and Sons Inc.
- [5] John Viega, Matt Messier and Pravir Chandra, “Network Security with OpenSSL,” O’Reilly.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Program

```
/**MCU 1***/
#include "reg52.h"
#include "absacc.h"
#include "Function.c"
#include "LCD.c"
#include "I2C.c"
#include "24LC128.c"
#define Stepdelay 15
sbit Infrared = P2^2;
sbit Prox = P2^3;
sbit Magnetic = P3^5;
sbit GreenLamp = P2^5;
sbit RedLamp = P2^4;
sbit Start2MCU2 = P2^0;
sbit Ready2Compress = P2^1;
sbit Step1_1 = P1^0;
sbit Step1_2 = P1^1;
sbit Step1_3 = P1^2;
sbit Step1_4 = P1^3;
sbit Step2_1 = P1^4;
sbit Step2_2 = P1^5;
sbit Step2_3 = P1^6;
sbit Step2_4 = P1^7;
bit blCanFull=0;
int CanInTray=0;
unsigned char
YY,VV,XX=0x00,ZZ=0x00,Command1=0xED,Command2=0x08,Command4=0x50;
//Wr_24LC128(0x0000,Can);
//Rd_24LC128(0x0000);
//Wr_24LC128(0x0001,Coin);
//Rd_24LC128(0x0001);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void StartupInfo()
{
    //Clear_LCD();
    Wr_String(" Automatic CAN ",1);
    Wr_String("Purchase Machine",2);
    Delay(2000);
    //Clear_LCD();
    Wr_String("Instrument Eng.",1);
    Wr_String("++++KMIT'L----",2);
    Delay(2000);
}

void ShowInfo2Customer()
{
    Wr_String("+Insert can and+",1);
    Wr_String("+receive money+",2);
}

void ShowTrayFull()
{
    Wr_String("Can tray full",1);
    Wr_String(" Please wait..." ,2);
}

void delay_ms(unsigned int ms)
{
    unsigned char i;
    unsigned int j;
    for(j=0;j<=ms;j++)
        {for(i=0;i<=250;i++);
    for(i=0;i<=120;i++);
    }
}

void Step1cw(int loop)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int i;
for(i=1;i<=loop;i++)
{
Step1_1=0;
Step1_2=0;
Step1_3=1;
Step1_4=1;
delay_ms(Stepdelay);
Step1_1=1;
Step1_2=0;
Step1_3=0;
Step1_4=1;
delay_ms(Stepdelay);
Step1_1=1;
Step1_2=1;
Step1_3=0;
Step1_4=0;
delay_ms(Stepdelay);
Step1_1=0;
Step1_2=1;
Step1_3=1;
Step1_4=0;
delay_ms(Stepdelay);
}
}

```

```
void Step1ccw(int loop)
```

```

{
int i;
for(i=1;i<=loop;i++)
{
Step1_1=1;
Step1_2=1;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Step1_3=1;
Step1_4=0;
delay_ms(Stepdelay);
Step1_1=1;
Step1_2=1;
Step1_3=0;
Step1_4=1;
delay_ms(Stepdelay);
Step1_1=1;
Step1_2=0;
Step1_3=1;
Step1_4=1;
delay_ms(Stepdelay);
Step1_1=0;
Step1_2=1;
Step1_3=1;
Step1_4=1;
delay_ms(Stepdelay);
}
}
void Step2cw(int loop)
{
int i;
for(i=1;i<=loop;i++)
{
Step2_1=1;
Step2_2=1;
Step2_3=0;
Step2_4=0;
delay_ms(Stepdelay);
Step2_1=1;
Step2_2=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Step2_3=0;
Step2_4=1;
delay_ms(Stepdelay);
Step2_1=0;
Step2_2=0;
Step2_3=1;
Step2_4=1;
delay_ms(Stepdelay);
Step2_1=0;
Step2_2=1;
Step2_3=1;
Step2_4=0;
delay_ms(Stepdelay);
}
}
void Getin_CAN()
{
//Step1 CCW 90 degree
Step1ccw(3);
//Step1 CW 90 degree
delay_ms(50);
Step1cw(3);
CanInTray+=1;
}
void Eject_CAN()
{
//Step1 CW 90 degree
Step1cw(3);
delay_ms(50);
//Step1 CCW 90 degree
Step1ccw(3);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void SetMachineInitial()
{
    //Set StepMotor1
    //Step1 CCW 90 degree
    Step1ccw(3);
    //Step1 CW 90 degree
    delay_ms(20);
    Step1cw(3);
    //Set StepMotor2
    Step2cw(6);
}
void Send2Compress()
{
    Step2cw(6);
    delay_ms(10);
    Start2MCU2=ON;
    delay_ms(10);
    Start2MCU2=OFF;
    CanInTray=2;
}
void PayCoin(int count)
{
    Command1=0xED;
    Command2=0x08;
    ZZ+=1;
    Command4=0x50;
    VV=count;
    YY=Command1^Command2^ZZ^Command4^XX^VV;
    Tx_Byte(Command1);//1:ED
    Tx_Byte(Command2);//2:08
    Tx_Byte(ZZ);//3:LOOP Count
    Tx_Byte(Command4);//4

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Tx_Byte(XX);//5:Hooper Address
Tx_Byte(VV);//6:No of coin to pay
Tx_Byte(0x00);//7:00
Tx_Byte(YY);//8:Check Sum
}
main()
{
  SetMachineInitial();
  Init_Serial(96);
  Init_LCD();
  Cursor_Off();
  StartupInfo();
  ShowInfo2Customer();
  GreenLamp=ON;
  while(1)
  {
    if(Infrared==1 & blCanFull==0)
    {
      delay_ms(300);
      if(Prox==ON & Magnetic==OFF){PayCoin(1);Getin_CAN();}
      else{Eject_CAN();}
    }
    else if(Infrared==1 & blCanFull==1)
    {
      delay_ms(300);
      Eject_CAN();
    }
    if(CanInTray==4)
    {
      if(Ready2Compress){blCanFull=0;RedLamp=OFF;GreenLamp=ON;Send2Compress();S
howInfo2Customer();}
      else{blCanFull=1;RedLamp=ON;GreenLamp=OFF;ShowTrayFull();}
    }
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }

}

}

//*****MCU 2*****
//=====

#include "reg52.h" // include for register

#define ON 0
#define OFF 1

sbit Motor_Reverse=P2^0;
sbit Motor_Forward=P2^1;
sbit BusyStatus = P1^1;
sbit LS1 = P2^5;
sbit LS2 = P2^6;
bit StartCON=0;
void CompressMotor_Forward(void)
{
    Motor_Forward= ON;
    Motor_Reverse=OFF;
}
void CompressMotor_Reverse(void)
{
    Motor_Forward= OFF;
    Motor_Reverse=ON;}
void CompressMotor_Stop(void)
{
    Motor_Forward=OFF;
    Motor_Reverse=OFF;
}
void EnableINT0(void)
{
    EA=1;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    EX0=1;
    ITO=1;
}
void DisableINT0(void)
{
    EA=0;
    EX0=0;
    ITO=0;
}
void INTO_Int()interrupt 0
{
    StartCON = 1;
}
void delay_ms(unsigned int ms)
{ unsigned char i;
  unsigned int j;
  for(j=0;j<=ms;j++)
    {for(i=0;i<=250;i++);
     for(i=0;i<=120;i++);
    }
}

//===== start main program
void main(void)
{
    BusyStatus=OFF;
    if(LS1!=ON) {CompressMotor_Reverse();
                while(LS1==OFF){}
                CompressMotor_Stop();
                delay_ms(2500);
    EnableINT0();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

while(1)
{
    while(StartCON)
    {
        DisableINT0();
        BusyStatus=ON;
        CompressMotor_Forward();
        while(LS2==OFF){}
        CompressMotor_Stop();
        delay_ms(100);
        CompressMotor_Reverse();
        while(LS1==OFF){}
        CompressMotor_Stop();
        StartCON=0;
        delay_ms(100);
        EnableINT0();
        BusyStatus=OFF;
    } //end of while(1)
}
} // end of main

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้