แขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า

AUTOMATED ARM ROBOT SORT AND PACK THE CARTONS

เกวลี สงประสพ

พัชรพล ศรีอินทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2020
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับที่...../.....
งานทะเบียนและประมวลผล
ฉบับที่.....

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

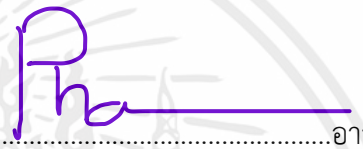
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เรื่อง แขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า

AUTOMATED ARM ROBOT SORT AND PACK THE CARTONS

ผู้จัดทำ

1. นางสาวเกวลี สงประสพ รหัสนักศึกษา 60511038
2. นายพัชรพล ศรีอินทร์ รหัสนักศึกษา 60511062



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อปริญญานิพนธ์ แขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า
นักศึกษา นางสาวเกวลี สงประสพ รหัสนักศึกษา 60511038
นายพัชรพล ศรีอินทร์ รหัสนักศึกษา 60511062
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกูล
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอนำเสนอ แขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า การออกแบบระบบของชิ้นงาน ถูกแบ่งออกเป็น 3 ระบบที่สำคัญ ได้แก่ ระบบแขนกล ระบบลำเลียง และระบบแพ็คสินค้า ระบบที่หนึ่ง จุดหมุนแต่ละส่วนของแขนกลเป็นการใช้เซอร์โวมอเตอร์ 6 จุดหมุน ระบบที่สอง ใช้มอเตอร์ปัดน้ำฝนเป็นตัวขับเคลื่อนโรลเลอร์คอนเวเยอร์ และระบบที่สาม เป็นการแพ็คกล่องสินค้าด้วยอุปกรณ์นิวเมติกส์ ในส่วนของตัวควบคุมระบบเครื่องทั้งหมดนั้นจะถูกควบคุมด้วยพีแอลซีและอาดุยโน่ยูโน

หลักการทำงานเริ่มจากชั้นเก็บไม้พาเลทจ่ายไม้พาเลทออกมา 1 ชิ้น ถูกเคลื่อนที่ด้วยโรลเลอร์คอนเวเยอร์เพื่อลำเลียงไปยังด้านหน้าของแขนกล แขนกลจะจัดเรียงกล่องสินค้าบนไม้พาเลทจำนวน 8 กล่อง กว้าง 2 กล่อง ยาว 2 กล่อง และสูง 2 กล่อง เมื่อจัดเรียงครบ โรลเลอร์คอนเวเยอร์ลำเลียงไม้พาเลทไปยังระบบแพ็คกล่องสินค้า โดยการรัดในแนวกว้าง 2 เส้น เมื่อเสร็จกระบวนการแพ็คกล่องสินค้าแล้ว จะมีเซนเซอร์รอตรวจจับไม้พาเลท เพื่อแจ้งเตือนด้วยไฟสถานะสีเขียว และมีเสียงจากลำโพง เพื่อแจ้งให้ผู้ใช้งานทราบ

จากการทดลอง ระบบแขนกล ระบบลำเลียง และระบบแพ็คสินค้า สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automated Arm Robot Sort and Pack the Cartons	
Students	Ms. Kevalee Songprasop	Student ID 60511038
	Mr. Patcharapol Sriin	Student ID 60511062
Advisor	Asst. Prof. Dr. Phasapon Manosukritkul	
Degree	Bachelor of Engineering	
Program in	Electronics Engineering	
Academic Year	2020	

ABSTRACT

This bachelor thesis presents an Automated Arm Robot Sort and Pack the Cartons. The automatic arm system is divided into 3 key sections; mechanical arm system, conveying system and carton packing system. Firstly, there are 6 servo motors which install each pivot point of the robot arm. Secondly, conveyor rollers are driven by a wiper motor. Lastly, packaging system which is operated by a pneumatic device. The whole system is controlled by PLC and Arduino UNO. Starting of the system is that storage rack of pallet releases a piece of pallet wood which move on the conveyor and it is handed to the automatic robot arm. Then the arm will automatically place 8 product cartons on the wood pallet (wide x length x height is that 2x2x2). when the arm has set product cartons ready after that, the wood pallet is carried by conveyor to go to packaging system that there are 2 tire cables which fasten product cartons. Final stage, when the packaging system has been done next, there is a sensor which is detector in order to detect the wood pallet and shows green light and projects sound to workers to acknowledge.

In summarise, all system of this project has been operated productively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้และโครงงานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ ต้องอาศัยการทุ่มเทแรงกายแรงใจ ความอดทน และความพยายามเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังมีบุคคลอีกหลายคนที่ได้ให้การสนับสนุน ให้การช่วยเหลือมากมายในแต่ละด้านที่แตกต่างกันไป ผู้จัดทำจึงขอใช้พื้นที่ส่วนนี้กล่าวคำขอบพระคุณและคำขอบคุณไปยังผู้มีส่วนร่วมเกี่ยวข้องทุกท่าน

ขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การส่งเสริมและสนับสนุนค่าใช้จ่ายตลอดเวลาในการเรียนและทำโครงงานชิ้นนี้ พร้อมด้วยกำลังใจ ความรัก และความห่วงใยที่ผู้จัดทำได้รับเสมอมา

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกูล อาจารย์ที่ปรึกษา และคณาจารย์ ผู้ซึ่งให้คำแนะนำ คำปรึกษา ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งในการออกแบบ และการสร้างชิ้นงาน รวมไปถึงการจัดรูปแบบเล่มของโครงงาน ตลอดจนการติดตามเกี่ยวกับโครงงานตลอดมา

ขอขอบพระคุณ นายอภิชาติ สงประสพ และนายอภิชัย สงประสพ เป็นผู้ใหญ่ใจดีทั้ง 2 ท่าน ที่คอยสนับสนุนและช่วยเหลือทั้งในด้านชิ้นงาน ด้านโปรแกรม รวมไปถึงอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ ตลอดจนอาหารทุกมื้อ และที่พักอาศัย ผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ ที่คอยช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาในการทำโครงงานจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งในด้านของความรู้ การแบ่งปันอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมถึงกำลังใจและการช่วยเหลือในทุกด้านที่มีให้เสมอมา

คุณค่า ประโยชน์ และคุณงามความดีที่ได้จากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแก่ผู้มีส่วนร่วมส่วนเกี่ยวข้องทุกคน

เกวลี สงประสพ

พัชรพล ศรีอินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VII
สารบัญรูปภาพ VIII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 สมมติฐานของโครงงาน 1
1.4 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.6 แผนการดำเนินงาน 2
1.7 โครงสร้างของปริญญานิพนธ์ 4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 พีแอลซี 5
2.2 อาดุยโน่ 7
2.3 รีเลย์ 8
2.3.1 หลักการเบื้องต้น 9
2.3.2 หน้าสัมผัสของรีเลย์ 9
2.3.3 ชนิดของรีเลย์ 10
2.4 มอเตอร์ปัดน้ำฝน 10
2.5 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย 11
2.6 โซลินอยด์วาล์ว 11
2.7 กระบอกสูบนิวเมติก 12
2.8 โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ 13
2.9 ไฟแจ้งเตือนสถานะลำโพง 14
2.10 มอเตอร์เกียร์ 15
2.11 เซอร์โวมอเตอร์ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.11.1 การเลือกใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ 16
2.11.2 ชนิดของเซอร์โวมอเตอร์ 16
2.11.3 การใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ 9

บทที่ 3 วิธีการออกแบบ 19
3.1 บล็อกไดอะแกรมของส่วนต่าง ๆ ในโครงงาน 19
3.2 การออกแบบโครงสร้าง 20
3.2.1 ตู้ควบคุม 21
3.2.2 ไฟแสดงสถานะและเสียงแจ้งเตือน 22
3.2.3 จุดเก็บไม้พาเลท 23
3.2.4 แขนกล 24
3.2.5 อุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน 25
3.2.6 สายพาน 25
3.2.7 จุดแพ็คสินค้าและจุดรัดสายพลาสติก 26
3.3 การออกแบบวงจรภายใน 27
3.4 การออกแบบโปรแกรมภายในพีแอลซี 33
3.4.1 ขั้นตอนการเข้าโปรแกรมเพื่อออกแบบวงจรภายใน 33
3.4.2 คำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมระบบต่าง ๆ 39
3.4.3 การระบุแอดเดรสและชื่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการเขียนแลดเดอร์ 40
3.4.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมทั้งระบบ 41
3.5 การออกแบบโปรแกรมภายในอาดุยโน่ 45
3.5.1 ขั้นตอนการเข้าโปรแกรมสำหรับออกแบบคำสั่งและเงื่อนไข 46
3.5.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมทั้งระบบ 48

บทที่ 4 ผลการทดลอง 52
4.1 การทดลองการลำเลียงไม้พาเลท 52
4.2 การทดลองการจัดเก็บไม้พาเลท 53
4.3 การทดลองการทำงานของแขนกล 56
4.3.1 การทดลองการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ 56
4.3.2 การทดลองการหยิบกล่องสินค้าของแขนกล 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 การทดลองการแพ็คกล่องสินค้า 60

บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง 64
5.1 สรุปผลการทดลอง 64
5.1.1 สรุปผลการทดลองการลำเลียงไม้พาเลท 64
5.1.2 สรุปผลการทดลองการจัดเก็บไม้พาเลท 64
5.1.3 สรุปผลการทดลองการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ 64
5.1.4 สรุปผลการทดลองการหยิบกล่องสินค้าของแขนกล 64
5.1.5 สรุปผลการทดลองการแพ็คกล่องสินค้า 64
5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง 65
5.3 ข้อเสนอแนะ 65

เอกสารอ้างอิง 66
ภาคผนวก ก โปรแกรมโครงงานแขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า 67
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานโครงงานแขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า 88
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet) 93
ประวัติผู้เขียน 126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงงานภาคเรียนที่ 1 3
1.2 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงงานภาคเรียนที่ 2 3
3.1 แอดเดรสและชื่อของตัวแปร 40
4.1 ทดลองการลำเลียงไม้พาเลท 53
4.2 ทดลองการจัดเก็บไม้พาเลท (1) 55
4.3 ทดลองการจัดเก็บไม้พาเลท (2) 55
4.4 ทดสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ 58
4.5 ทดลองการหยิบกล่องสินค้าของแขนกล 60
4.6 ทดลองการแพ็คกล่องสินค้า 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 พีแอลซี 5
2.2 ลักษณะโครงสร้างของพีแอลซี 6
2.3 บอร์ดอาดุยโน่ยูโน 7
2.4 รีเลย์ 24 โวลต์ 8
2.5 รีเลย์ 5 โวลต์ 8
2.6 มอเตอร์ปัดน้ำฝน 10
2.7 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย 11
2.8 โซลินอยด์วาล์ว 11
2.9 กระบอกสูบนิวเมติก 12
2.10 โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ 13
2.11 ไฟแจ้งเตือนสถานะและลำโพง 14
2.12 มอเตอร์เกียร์ 15
2.13 เซอร์โวมอเตอร์ 15
2.14 สัญญาณพัลส์ที่ส่งผลต่อองศาการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ 17
3.1 บล็อกไดอะแกรมส่วนต่าง ๆ ในการออกแบบแขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า 19
3.2 โครงสร้างการออกแบบทั้งหมด 21
3.3 ตู้ควบคุมภายในมีพีแอลซี Panasonic FP1-C56 22
3.4 ไฟแสดงสถานะและเสียงแจ้งเตือน 22
3.5 ไม้พาเลทขนาดกว้าง 130 มิลลิเมตร ยาว 130 มิลลิเมตร 40 มิลลิเมตร 23
3.6 ที่จัดเก็บไม้พาเลท โดยบรรจุได้ 6 ชิ้น 23
3.7 แขนกลไว้สำหรับจัดเรียงสินค้าบนไม้พาเลท 24
3.8 กล่องสินค้าที่ถูดจัดเรียงบนไม้พาเลท 24
3.9 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งในชิ้นงาน 25
3.10 สายพานสำหรับเคลื่อนย้ายสินค้า 25
3.11 จุดแพ็คสินค้าและจุดบรรจุสายพลาสติก 26
3.12 สินค้าที่จัดเรียงและถูกแพ็คแล้ว 26
3.13 วงจรภายในโดยรวม 27
3.14 การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับระบบนิวเมติก 28
3.15 การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ 29
3.16 การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับอาดุยโน่และขดลวดความร้อน 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.17 การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับระบบแจ้งเตือน 31
3.18 การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับมอเตอร์เกียร์และฮีตเตอร์ 32
3.19 ไอคอนโปรแกรม FPWIN GR 33
3.20 การเลือกหมายเลขรุ่น 33
3.21 หมายเลขรุ่นที่ผู้จัดทำเลือกใช้ FP1-C56 34
3.22 หน้าต่างเริ่มต้นการใช้งาน 34
3.23 การตั้งค่าการสื่อสารระหว่างพีแอลซีกับคอมพิวเตอร์ 35
3.24 การตรวจสอบช่องเชื่อมต่อให้ถูกต้อง 35
3.25 การกำหนดค่าพีแอลซี 36
3.26 การปิดการแจ้งเตือนที่ไม่จำเป็นสำหรับไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดระหว่างอัปโหลดโปรแกรม 36
3.27 เสร็จสิ้นการตั้งค่าเบื้องต้น 37
3.28 การบันทึกไฟล์ก่อนการอัปโหลดโปรแกรม 37
3.29 เลือกที่อยู่ที่ต้องการบันทึกไฟล์ 38
3.30 การอัปโหลดโปรแกรมเข้าสู่พีแอลซี 38
3.31 คำสั่ง Interlock ที่ใช้ในโครงงาน 39
3.32 คำสั่ง Timer ที่ใช้ในโครงงาน 39
3.33 แลดเดอร์สำหรับระบบสถานะแจ้งเตือน 41
3.34 แลดเดอร์สำหรับระบบเริ่มการทำงาน 42
3.35 แลดเดอร์สำหรับระบบแขนกล 43
3.36 แลดเดอร์สำหรับระบบแพ็คกล่องสินค้า 44
3.37 แลดเดอร์สำหรับระบบปล่อยไม้พาเลทชิ้นต่อไป 45
3.38 ไอคอนโปรแกรมอาดุยโน่ 46
3.39 การตั้งค่าโปรแกรมก่อนใช้งาน 46
3.40 การเลือกบอร์ดสำหรับการใช้งาน 47
3.41 การเลือกช่องเชื่อมต่อสำหรับการใช้งาน 47
3.42 รูปแบบการกำหนดตัวแปรในส่วนของ Header 48
3.43 รูปแบบการกำหนด Setup() ฟังก์ชันที่บังคับใช้ในโปรแกรม 49
3.44 คำสั่ง if else ที่ใช้ในโครงงาน 50
4.1 ระยะห่างจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดกระบวนการมีระยะห่างทั้งหมด 130 เซนติเมตร 52
4.2 ไม้พาเลทครบ 6 ชิ้น เป็นไปตามเงื่อนไข ไฟสถานะสีส้มจึงติด 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.3 ไม้พาเลทน้อยกว่า 6 ชิ้น ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ไฟสถานะสีส้มจึงไม่ติด 54
4.4 ไม้พาเลทเกิน 6 ชิ้น ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ไฟสถานะสีส้มจึงไม่ติด 55
4.5 ผลการทดสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ที่องศา 10 องศา และ 50 องศา 56
4.6 ผลการทดสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 ที่องศา 0 องศา และ 180 องศา 57
4.7 ผลการทดสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 ที่องศา 90 องศา และ 180 องศา 57
4.8 ผลการทดสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 4 ที่องศา 90 องศา และ 180 องศา 57
4.9 ผลการทดสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 5 ที่องศา 0 องศา และ 80 องศา 58
4.10 ผลการทดสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 6 ที่องศา 0 องศา และ 180 องศา 58
4.11 ผลการทดลองหยิบกล่องสินค้าคู่ที่ 1 59
4.12 ผลการทดลองหยิบกล่องสินค้าคู่ที่ 2 59
4.13 ผลการทดลองหยิบกล่องสินค้าคู่ที่ 3 59
4.14 ผลการทดลองหยิบกล่องสินค้าคู่ที่ 4 60
4.15 ผลการทดลองการแพ็คกล่องสินค้า 61
4.16 ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิฮีตเตอร์ 61
4.17 ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิลวดความร้อน 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในส่วนบทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญ วัตถุประสงค์ของโครงงาน สมมติฐานของโครงงาน ขอบเขตของโครงงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ แผนการดำเนินงาน และโครงสร้างของปริญญานิพนธ์

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากในปัจจุบันการขนย้ายหรือการเคลื่อนย้ายสิ่งของต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นเป็นรูปแบบการทำงานแบบซ้ำ ๆ ทำงานอย่างต่อเนื่อง เน้นความรวดเร็วและประหยัดเวลา เพื่อให้ได้ผลผลิตจำนวนมาก การใช้แรงงานมนุษย์ อาจก่อให้เกิดความล่าช้า และการเพิ่มต้นทุนในการผลิต

จากสาเหตุดังกล่าว ผู้จัดทำเล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหานี้ จึงมีแนวคิดในการออกแบบระบบจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้าด้วยแขนกล เพื่อเป็นแบบจำลองขนาดเล็กที่สามารถเรียนรู้ได้ง่ายและสามารถนำไปประยุกต์ต่อยอดได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม
2. เพื่อเรียนรู้และฝึกฝนการเขียนโปรแกรมทั้งพีแอลซีและอาดุยโน่
3. เพื่อศึกษาการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในโปรเจคนี้
4. เพื่อศึกษาการออกแบบและสร้างชุดจำลองแขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า

1.3 สมมติฐานของโครงงาน

แขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า ส่วนแรกด้านการควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ใช้โปรแกรม FPWIN GR ในการเขียนคำสั่งต่าง ๆ เพื่อให้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ไปควบคุมโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ ไฟแจ้งเตือนสถานะพร้อมเสียงจากลำโพง โซลินอยด์วาล์ว มอเตอร์ปัดน้ำฝน และมอเตอร์เกียร์ อีกส่วนหนึ่งควบคุมด้วยอาดุยโน่ ใช้โปรแกรมอาดุยโน่ ในการเขียนเงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อให้บอร์ดอาดุยโน่ส่งสัญญาณควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

แขนกลสามารถจัดเรียงกล่องสินค้าบนไม้พาเลท จากนั้นเคลื่อนที่ต่อไปยังจุดแพ็คกล่องสินค้าและสามารถแจ้งเตือนด้วยไฟสถานะสีเขียวพร้อมเสียงจากลำโพงได้ เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการทั้งหมดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1. ระบบสายพานสามารถลำเลียงกล่องสินค้าได้ มีทั้งหมด 3 สายพาน
2. แขนกลสามารถทำงานได้ทั้งหมด 6 จุดหมุน
3. ระบบแขนกลสามารถรับสัญญาณจากพีแอลซีขั้นต่ำ 4 เอาต์พุตได้
4. ระบบแขนกลสามารถหยิบจับกล่องสินค้าครั้งละ 2 กล่องได้
5. ระบบแขนกลสามารถจัดเรียงกล่องสินค้าบนไม้พาเลทได้จำนวน 8 กล่อง มีการเรียงดังนี้ ชั้นล่าง 4 กล่อง และชั้นบน 4 กล่อง กล่องทุก ๆ ชิ้นมีขนาด กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร และสูง 5 เซนติเมตร
6. ชั้นจัดเก็บไม้พาเลท สามารถจุได้จำนวน 6 ชิ้น
7. ระบบแพ็คกล่องสินค้าสามารถทำงานได้โดยรัดสายในแนวกว้าง 2 เส้น
8. เมื่อสินค้าครบตามจำนวนที่กำหนดไว้จะมีการแจ้งเตือนเสียงโดยลำโพงและไฟแอลอีดีสำหรับแจ้งเตือนสถานะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. งานชิ้นนี้สามารถใช้เป็นแหล่งข้อมูลในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับแขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้าแก่ผู้ที่สนใจได้
2. ได้รับความรู้และความเข้าใจในการศึกษาการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในโปรเจคนี้
3. เข้าใจหลักการการทำงานทั้งระบบ
4. งานชิ้นนี้สามารถนำไปต่อยอดในอนาคตได้

1.6 แผนการดำเนินงาน

1. ค้นคว้าหาข้อมูลของอุปกรณ์ รวมถึงหลักการการทำงานต่าง ๆ ของอุปกรณ์
2. ออกแบบโครงสร้างของชิ้นงาน
3. จัดหาอุปกรณ์ และสั่งซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงาน
4. ทดลองเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์
5. นำชิ้นงานมาประกอบร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์
6. ทดลองใช้งานจริง รวมไปถึงการแก้ปัญหา และอุปสรรคที่เกิดจากการทำงาน
7. สรุปผลการทดลอง
8. จัดทำรายงาน และนำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการดำเนินงานที่ผู้จัดทำได้วางแผนไว้ เริ่มจากการศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูล ออกแบบโครงสร้าง ศึกษาอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการทำโครงงาน การจัดหาอุปกรณ์ ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จัดทำโครงงานการทดลอง ทดสอบการทำงานทั้งหมด เก็บผลการทดลอง การแก้ไข จัดทำรายงาน และเตรียมการนำเสนอ จะแบ่งตามภาคเรียนที่ 1 และ 2 ซึ่งได้ชี้แจงรายละเอียดในตารางที่ 1.1 และ 1.2 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงงานภาคเรียนที่ 1

รายละเอียด	ช่วงเวลาดำเนินงาน (สิงหาคม - พฤศจิกายน 2563)															
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาและรวมรวมข้อมูลเกี่ยวกับโครงงาน																
2. เข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษา																
3. นำเสนอหัวข้อโครงงานต่อคณาจารย์																
4. ศึกษาอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการทำโครงงาน																
5. จัดซื้ออุปกรณ์																
6. สร้างโครงสร้างระบบต่าง ๆ																
7. ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์																
8. นำชิ้นงานและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ประกอบเข้าด้วยกัน																
9. ทดสอบการทำงานทั้งหมด																
10. จัดทำรายงานและเตรียมการนำเสนอ																
11. นำเสนอโครงงาน																

ตารางที่ 1.2 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงงานภาคเรียนที่ 2

รายละเอียด	ช่วงเวลาดำเนินงาน (มกราคม - พฤษภาคม 2564)																			
	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาการใช้โปรแกรม Arduino ควบคุมแขนกล																				
2. จัดซื้ออุปกรณ์																				
3. เขียนโปรแกรมควบคุมแขนกล																				
4. ทดลองการทำงานของแขนกลและระบบอื่น ๆ ทั้งหมด																				
5. จัดทำเล่มปริญญานิพนธ์																				
5. นำเสนอโครงงาน																				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 โครงสร้างของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอเรื่อง แขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า ด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ และอาดุยโน่ เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงาน อธิบายขั้นตอนการทำงาน ผลการทดลอง สรุปและข้อเสนอแนะ

บทที่ 1 บทนำ ในส่วนบทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญ วัตถุประสงค์ของโครงงาน สมมติฐานของโครงงาน ขอบเขตของโครงงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ แผนการดำเนินงาน และโครงสร้างของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ในส่วนบทนี้จะกล่าวถึง พีแอลซี อาดุยโน่ รีเลย์ มอเตอร์ปัดน้ำฝน สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย โซลินอยด์วาล์ว กระบอกสูบนิวเมติก โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ ไฟแจ้งเตือนสถานะและลำโพง มอเตอร์เกียร์ และเซอร์โวมอเตอร์

บทที่ 3 ในส่วนบทนี้กล่าวถึง การออกแบบระบบทั้งหมด การทำงานของแขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า โดยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้ บล็อกไดอะแกรมของส่วนต่าง ๆ ในโครงงาน การออกแบบโครงสร้าง การออกแบบวงจรภายใน การออกแบบโปรแกรมภายในพีแอลซี และการออกแบบโปรแกรมภายในอาดุยโน่

บทที่ 4 ผลการทดลอง ในส่วนบทนี้จะกล่าวถึง การทดลองการลำเลียงไม้พาเลท การทดลองการจัดเก็บไม้พาเลท การทดลองการทำงานของแขนกล และการทดลองการแพ็คกล่องสินค้า

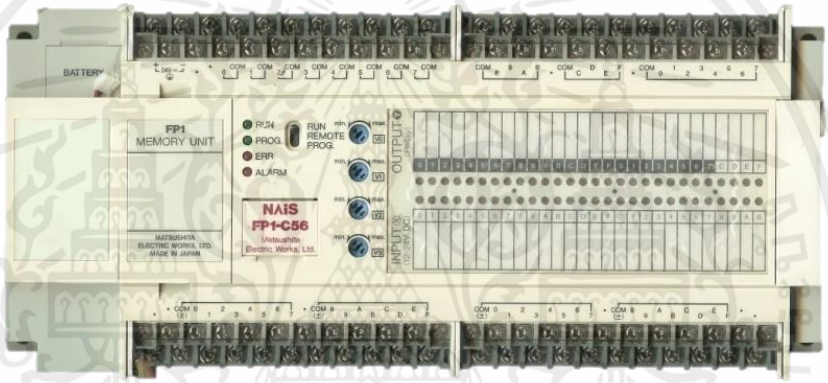
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง ในส่วนบทนี้จะกล่าวถึง การสรุปผลการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนบทนี้จะกล่าวถึง พีแอลซี อาดุยโน่ รีเลย์ มอเตอร์ปัดน้ำฝน สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย โซลินอยด์วาล์ว กระบอกสูบนิวเมติก โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ ไฟแจ้งเตือนสถานะและลำโพง มอเตอร์เกียร์ และเซอร์โวมอเตอร์

2.1 พีแอลซี



รูปที่ 2.1 พีแอลซี

จากรูปที่ 2.1 พีแอลซี (Programmable Logic Controller : PLC) [1] หมายถึง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ถูกคิดค้นและพัฒนาการมาใช้ทดแทนระบบควบคุมแบบเก่า ซึ่งเป็นยุคแรกที่จะใช้รีเลย์ จำนวนมากในการควบคุมวงจรไฟฟ้า ทำให้เกิดความยุ่งยากในการควบคุม ดังนั้นจึงได้นำระบบพีแอลซีมาใช้ในการควบคุม เนื่องจากมีความสะดวกมากขึ้นทั้งในด้านการควบคุมและการแก้ไขระบบการทำงานได้ดีขึ้น

พีแอลซี [2] เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมการทำงานโดยภายในจะมีไมโครโพรเซสเซอร์ (Micro Processer) เป็นอุปกรณ์หลักในการสั่งการ โดยที่พีแอลซีจะมีส่วนที่เป็นอินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) ที่สามารถต่อไปใช้งานได้ทันทีกับอุปกรณ์ เช่น ตัวจับสัญญาณ สวิตช์ต่าง ๆ จะต่อเข้ากับอินพุตของพีแอลซี และส่วนที่เป็นเอาต์พุตจะต่อไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์แสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างของพีแอลซี
(ที่มา: www.electric108.com/article/18/plc-programmable-logic-controller)

จากรูปที่ 2.2 ชี้ให้เห็นถึงโครงสร้างของพีแอลซี ที่ซึ่งเป็นส่วนควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม โปรแกรมของพีแอลซีนั้น ถูกพัฒนามาเพื่อทดแทนวงจรรีเลย์ โดยลักษณะโครงสร้างของพีแอลซีถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. หน่วยประมวลผล (CPU) ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม เปรียบเสมือนสมองของพีแอลซี ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีไมโครโพรเซสเซอร์เบส (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ เคาน์เตอร์ ไทม์เมอร์ และซีเควนเซอร์ สำหรับให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้ ตัวประมวลผลจะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตต่าง ๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาต์พุต

2. หน่วยความจำ (Memory Unit) ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต จะมีค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่ง ซึ่งพีแอลซีประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ แรม (RAM) และรอม (ROM)

แรม ทำหน้าที่เก็บข้อมูลโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการทำงานของพีแอลซี หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็ก ๆ ต่อไว้สำหรับใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูล เมื่อเกิดการไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงในแรมทำได้ง่าย เพราะฉะนั้นจึงเหมากับงานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อย ๆ

รอม ทำหน้าที่เก็บข้อมูลโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซีตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบ รอมยังสามารถแบ่งได้เป็นอีพีรอม จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม ยังมีแบบอีพีรอม หน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียน และลบโปรแกรม ซึ่งสามารถใช้งานได้เหมือนกับแรม แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง แต่ราคาจะแพงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของรอม และแรมไว้ด้วยกัน

3. อินพุต/เอาต์พุต หน่วยอินพุต ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้วแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมแล้วส่งไปยังหน่วยประมวลผลต่อไป

2.2 อาดุยโน่

รูปที่ 2.3 บอร์ดอาดุยโน่ยูโน
(ที่มา: blog.thaieasyelec.com/what-is-arduino-ch1)

จากรูปที่ 2.3 อาดุยโน่ (Arduino) [3] เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ในตระกูลเอวีอาร์ ที่มีการพัฒนาระบบแบบโอเพ่นซอร์ต หมายถึง การเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ตัวบอร์ดอาดุยโน่ ถูกออกแบบมาให้ใช้งานและเรียนรู้ได้ง่าย การเขียนไลบารี่ของอาดุยโน่ขึ้นมา สำหรับให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความแตกต่างกัน สามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้ ตัวโครงการได้ออกบอร์ดทดลองมาหลาย ๆ รูปแบบ สำหรับใช้งานกับไอดีอีของตนเอง สาเหตุหลักที่ทำให้อาดุยโน่เป็นนิยมมาก เพราะซอฟต์แวร์ที่ใช้งานร่วมกันสามารถโหลดได้ฟรี ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรม อีกทั้งยังเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย มีข้อมูลการฝึกเขียนโปรแกรมสำหรับการเรียนรู้และต่อยอดเป็นโปรเจคชิ้นใหญ่ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 รีเลย์

รีเลย์ (Relay) [4] เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก สำหรับใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะการทำงาน โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด สำหรับทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสของรีเลย์คล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย

รูปที่ 2.4 รีเลย์ 24 โวลต์

(ที่มา: th.aliexpress.com/i/32827538942.html)

จากรูปที่ 2.4 ในโปรเจคนี้ รีเลย์ 24 โวลต์ ถูกนำมาใช้ในการขับมอเตอร์เกียร์ ให้สามารถหมุนได้ทั้ง 2 ทิศทาง มีด้วยกัน 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง เป็นตัวขับมอเตอร์ตัวแรก ที่มีฮีตเตอร์ในการเชื่อมสายรัดพลาสติกให้ติดกัน และส่วนที่สอง เป็นตัวขับมอเตอร์ตัวที่สอง ที่เป็นตัวป้อนสายรัดพลาสติก ในการรัดกล่องสินค้า โดยมอเตอร์ทั้ง 2 ตัวนั้น จะถูกหมุนตามเข็มนาฬิกา และสามารถหมุนทวนเข็มนาฬิกา หรือหมุน 2 ทิศทางนั่นเอง

รูปที่ 2.5 รีเลย์ 5 โวลต์

(ที่มา: www.arduino4.com/product/533/4-channel-5v-relay)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.5 ในโปรเจคนี้ รีเลย์ 5 โวลต์ ถูกนำมาใช้ในการทริกจากเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุไปยังพีแอลซี ลักษณะคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ หากเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุได้ จะทำการทริกหน้าสัมผัส (Contacts) กับอีกหน้าสัมผัสหนึ่ง เพื่อให้พีแอลซีเริ่มการทำงานตามเงื่อนไขที่เขียนไว้ได้

2.3.1หลักการเบื้องต้น

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ที่นิยมนำมาทำเป็นสวิตช์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ โดยจะต้องป้อนกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านขดลวดจำนวนหนึ่ง สำหรับนำไปควบคุมวงจรกำลังงานสูง ๆ ที่ต่ออยู่กับหน้าสัมผัสหรือคอนแทคของรีเลย์

หลักการทำงานเบื้องต้นของรีเลย์ การทำงานเริ่มจากปิดสวิตช์ สำหรับป้อนกระแสให้กับขดลวด (Coil) โดยทั่วไปจะเป็นขดลวดพันรอบแกนเหล็ก ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไปดูดเหล็กอ่อนที่เรียกว่าอาร์เมเจอร์ (Armature) ให้ต่ำลงมา ที่ปลายของอาร์เมเจอร์ด้านหนึ่งมักยึดติดกับสปริง (Spring) และปลายอีกด้านหนึ่งยึดติดกับหน้าสัมผัส การเคลื่อนที่อาร์เมเจอร์ การควบคุมการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัส ให้แยกจากหรือแตะกับหน้าสัมผัสอีกอันหนึ่งซึ่งยึดติดอยู่กับที่ เมื่อทำการเปิดสวิตช์ อาร์เมเจอร์จะกลับสู่ตำแหน่งเดิม ซึ่งสามารถนำหลักการนี้ไปควบคุมโหลด (Load) หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ได้ตามต้องการ

2.3.2 หน้าสัมผัสของรีเลย์

ปัจจุบันรีเลย์ที่มีขดลวดชุดเดียวสามารถควบคุมหน้าสัมผัสได้หลายชุด อาร์เมเจอร์อันเดียวถูกยึดอยู่กับหน้าสัมผัสที่เคลื่อนที่ได้ 4 ชุด ดังนั้นรีเลย์ตัวนี้จึงสามารถควบคุมการแตะหรือจากกันของหน้าสัมผัสได้ถึง 4 ชุด

แต่ละหน้าสัมผัสที่เคลื่อนที่ได้มีชื่อเรียกว่าขั้ว (Pole) มี 4 ขั้ว จึงเรียกหน้าสัมผัสแบบนี้ว่าเป็นแบบ โฟพีเอสที (Four Pole Single Throw) ถ้าแต่ละขั้วที่เคลื่อนที่แล้วแยกจากหน้าสัมผัสอันหนึ่งไปแตะกับหน้าสัมผัสอีกอันหนึ่งเหมือนกับสวิตช์โยก โดยเป็นการเลือกหน้าสัมผัส ที่ขนาบอยู่ทั้งสองด้าน หน้าสัมผัสแบบนี้มีชื่อว่า เอสพีดีที (Single Pole Double Throw)

ในกรณีที่ไม่มีการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดของรีเลย์ ในสภาวะของการทำงานแบบเอ็นโอ (Normally Open) คือสภาวะปกติหน้าสัมผัสกับขั้วแยกจากกัน ถ้าต้องการให้สัมผัสกันจะต้องป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวด ในส่วนสภาวะการทำงานแบบเอ็นซี (Normally Closed) คือสภาวะปกติหน้าสัมผัสกับขั้วสัมผัสกัน ถ้าต้องการให้แยกกันจะต้องป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวด นอกจากนี้ยังมีแบบแยกก่อนแล้วสัมผัส (Break-Make) หมายถึงหน้าสัมผัสระหว่าง 1 และ 2 จะแยกจากกันก่อนที่หน้าสัมผัสที่ 1 และ 3 จะสัมผัสกัน แต่ถ้าหากตรงข้ามกันนั้น คือ หน้าสัมผัสที่ 1 และ 2 จะสัมผัสกัน และจะไม่แยกจากกัน จนกว่าหน้าสัมผัสที่ 1 และ 3 จะสัมผัสกัน (Make-Break)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ชนิดของรีเลย์

รีเลย์ที่ผลิตในปัจจุบันมีอยู่มากมายหลายชนิด ผู้เรียบเรียงจะขอแนะนำรีเลย์ที่นิยมใช้งาน และรู้จักกันแพร่หลาย 4 ชนิด สำหรับเป็นแนวทางในการศึกษาเชิงลึกดังนี้

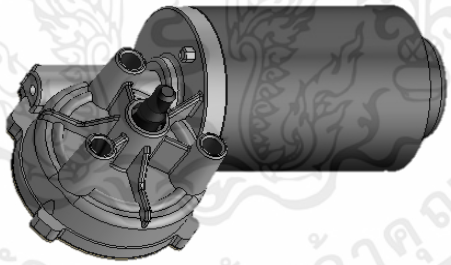
1. อาร์เมเจอร์ (Armature Relay) เป็นรีเลย์ที่นิยมใช้กันมากที่สุด บางครั้งเรียกรีเลย์แบบนี้ว่า รีเลย์ชนิดแคลปเปอร์ (Clapper Relay)

2. รีดรีเลย์ (Reed Relay) เป็นรีเลย์ไฟฟ้าที่มีลักษณะเหมือนแคปซูลขนาดเล็กที่ประกอบด้วยส่วนที่เรียกว่ารีดแคปซูล ซึ่งมีคอยล์พันบนแกนบ๊อบบิ้น รีดแคปซูลจะเป็นหลอดแก้วภายในบรรจุก๊าซเฉื่อย หน้าสัมผัสเป็นโลหะผสมแผ่นบาง ๆ ปลายตัด 2 แผ่น วางซ้อนแต่ไม่สัมผัสกัน เป็นสวิตช์ชุดเดียวทางเดียวหน้าสัมผัสปกติเปิดวงจร (SPST-NO)

3. รีดสวิตช์ (Reed Switch) เป็นรีเลย์อีกชนิดหนึ่งแต่ไม่มีชุดขดลวดสำหรับสร้างสนามแม่เหล็ก การควบคุมการปิดเปิดหน้าสัมผัส ของสวิตช์จะใช้สนามแม่เหล็กจากภายนอกมาควบคุมหน้าสัมผัส

4. โซลิดสเตตรีเลย์ (Solid-State Relay) เป็นรีเลย์ที่ไม่มีโครงสร้างทางกลอยู่ภายในมีขั้วต่ออย่างละ 2 ขั้ว ขั้วอินพุต เป็นขั้วสำหรับป้อนสัญญาณควบคุม สำหรับบังคับให้ขั้วเอาต์พุตปิดหรือเปิดวงจร โดยจะมีการแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างขั้วอินพุตและเอาต์พุต

2.4 มอเตอร์ปัดน้ำฝน



รูปที่ 2.6 มอเตอร์ปัดน้ำฝน

จากรูปที่ 2.6 มอเตอร์ปัดน้ำฝนเป็นมอเตอร์ที่มีลักษณะการทำงานเหมือนกับมอเตอร์เกียร์ โดยมีความแตกต่างในด้านของแรงบิด และความเร็ว ซึ่งมอเตอร์ปัดน้ำฝนมีแรงบิดที่สูงสามารถขับเคลื่อนที่กำลังสูง ๆ หรือวัตถุที่มีน้ำหนักมากได้ แต่ในทางกลับกันมอเตอร์ปัดน้ำฝนมีความเร็วที่ต่ำกว่ามอเตอร์เกียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

รูปที่ 2.7 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย
(ที่มา: www.scmashopping.com/product/1748/สวิตชิ่งดีซีเพาเวอร์ซัพพลาย)

จากรูปที่ 2.7 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switch Power Supplies) [5] เป็นอุปกรณ์แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ที่คงค่าแรงดันแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงค่าสูงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงค่าต่ำได้

ในชีวิตประจำวัน สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก ตัวอย่างเช่น พวกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่ต้องการแหล่งจ่ายไฟที่มีกำลังสูง เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ โทรทัศน์ เครื่องโทรสาร และอีกต่าง ๆ มากมายล้วนต้องใช้สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายในการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์นั้น ๆ แทบทั้งสิ้น

2.6 โซลินอยด์วาล์ว

รูปที่ 2.8 โซลินอยด์วาล์ว
(ที่มา: www.pneumaticplant.com/index.php/โซลินอยด์วาล์ว-solenoid-valve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.8 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) [6] คือ วาล์วควบคุมทิศทางลมโดยใช้คอยล์ไฟฟ้าสั่งการร่วมกับสปริงหรือคอยล์ไฟฟ้าอีกตัวเมื่อต้องการให้วาล์วอยู่อีกตำแหน่งหนึ่ง

โซลินอยด์วาล์ว ประกอบด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับทำหน้าที่ปิดเปิดวาล์ว เมื่อเปิดและปิดสวิตช์ กระแสไหลผ่านขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะดูดเดือยวาล์วเพื่อเปิดวาล์ว และเมื่อปิดสวิตช์ตัดกระแสไฟฟ้า เดือยวาล์วจะกลับไปสู่ตำแหน่งเดิม โดยน้ำหนักของตัวเองเพื่อปิดวาล์ว เช่น โซลินอยด์วาล์วน้ำ โซลินอยด์วาล์วแก๊ส โซลินอยดว์าล์วไฮดรอลิค และโซลินอยด์วาล์วลม

วาล์วที่ทำงานด้วยไฟฟ้า มีทั้งชนิด 2/2, 3/2, 4/2, 5/2 และ 5/3 หากกล่าวถึงชนิดของวาล์วแบบเป็นตัวเลข เช่น 2/2, 4/2 หรือ 5/2 นั้น ตัวเลขหน้าบอกถึงจำนวนทางเข้าออกของวาล์วนั้น ๆ ว่ามีกี่ทางหรือมีกี่รู (Port) ส่วนตัวเลขที่ตามหลังเครื่องหมายทับ (/) นั้นบอกถึงจำนวนสถานะหรือจำนวนตำแหน่ง (Position) ของวาล์ว เช่น วาล์ว 2/2 คือ วาล์วที่มี 2 ทาง และ มี 2 สถานะ คือ ปิดและเปิด ส่วนวาล์ว 5/2 คือวาล์วที่มี 5 ทาง และมี 2 สถานะ เป็นต้น

2.7 กระบอกสูบนิวเมติก

รูปที่ 2.9 กระบอกสูบนิวเมติก
(ที่มา: www.pneumaticplant.com/index.php/กระบอกลม-air-cylinder)

จากรูปที่ 2.9 กระบอกสูบนิวเมติก (Air Cylinder) [7] จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมให้เป็นพลังงานกล ลักษณะของการเคลื่อนที่นั้นส่วนมากจะเป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง ในสมัยก่อนที่ลูกสูบลมจะเข้ามามีบทบาทในงานอุตสาหกรรมยังใช้กลไกทางกลและทางไฟฟ้า มีความยุ่งยากในการควบคุม และปัญหาของช่วงชักจำกัด ดังนั้นในอุตสาหกรรมสมัยใหม่จึงพัฒนาลูกสูบกระบอกลมมาใช้ในงานจนถึงปัจจุบัน กระบอกลมมักจะทำด้วยท่อชนิดไม่มีตะเข็บ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม ทองเหลือง สแตนเลส ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ใช้ ภายในท่อจะต้องเจียรนัยให้เรียบ สำหรับลดการสึกหรอของซีลที่จะเกิดขึ้น และยังลดแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบอีกด้วย ตัวฝาสูบทั้งสองด้านส่วนใหญ่จะนิยมการหล่อเพื่อขึ้นรูป บางแบบอาจใช้การอัดขึ้นรูป การยึดตัวกระบอกสูบลมเข้ากับฝาอาจใช้เกลียวขันเหมาะกับกระบอกสูบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 25 มิลลิเมตร ลงมา ถ้ากระบอกสูบมีขนาดที่ใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่านี้ นิยมใช้สกรูร้อยขันรัดทั้งหัวเท้าไว้ สำหรับตัวก้านสูบอาจทำมา จากสแตนเลสหรือเหล็กชุบผิวโครเมียมที่เกลียวปลายก้านสูบจะทำด้วยกรรมวิธีรีดขึ้นรูป

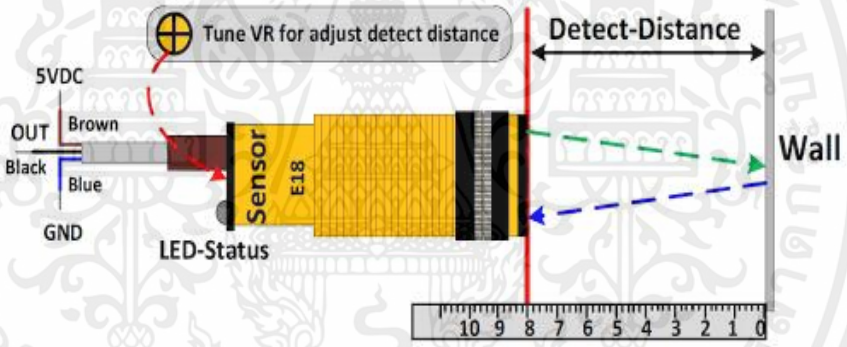
หลักการทำงานของกระบอกลม

ป้อนลมเข้าที่ A ลมจะระบายทิ้งที่ B ก้านสูบเคลื่อนที่ออก

ป้อนลมเข้าที่ B ลมจะระบายทิ้งที่ A ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า

กระบอกสูบสองทางชนิดมีตัวกันกระแทกเมื่อป้อนลมเข้าที่ A ก้านสูบเคลื่อนที่ออกก่อนที่ลูกสูบจะสุดช่วงชัก ซีลกันกระแทกจะปิดทางระบายลมทำให้เกิดแรงต้านลมจะค่อย ๆ ระบายออกทางท่อเล็กจนกว่าก้านสูบจะเคลื่อนที่สุดช่วงชักเมื่อป้อนลมเข้าที่ B ก้านสูบเคลื่อนที่เข้า ก่อนที่ลูกสูบจะสุดช่วงชัก จะเกิดแรงต้านของลมเช่นเดียวกับในจังหวะการเคลื่อนที่ออกของกระบอกสูบ การลดแรงกระแทกสามารถทำได้โดยปรับที่สกรูกันกระแทก

2.8 โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์



รูปที่ 2.10 โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์

(ที่มา: www.ett.co.th/productSensor/E18-D80NK/E18-D80NK.html)

จากรูปที่ 2.10 โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ (Photoelectric Sensor) [8] จะอาศัยหลักการสะท้อนหรือการหักเหของแสงจากตัวส่งไปยังตัวรับแสง โดยภายในโครงสร้างของโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ภาคส่งสัญญาณ (Emitter) และภาครับสัญญาณ (Receiver) ซึ่งส่วนของภาคส่งสัญญาณแสงนั้น จะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode : LED) โดยแอลอีดีจะมีหน้าที่สร้างแสงที่เป็นพัลส์เพื่อส่งออกไปโดยแสงที่ส่งออกไปนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของแอลอีดีว่าจะเป็นแบบแสงที่มองเห็น (Visible Light) หรือแสงที่มองไม่เห็น (Non Visible Light) โดยแสงที่มองเห็นจะเป็นแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าได้ เช่น แสงสีแดง แสงสีเขียว แสงสีขาว แสงสีน้ำเงิน และแสงที่มองไม่เห็นจะเป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาเปล่า เมื่อแสงที่ถูกส่งออกมาจากตัวแอลอีดีของภาคส่งสัญญาณ ส่งต่อไปยังภาครับสัญญาณ โดยภายในประกอบด้วยตัว โฟโตไดโอด (Photo Diode) หรืออีกชื่อหนึ่งคือโฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) ซึ่งทำหน้าที่ในการรับแสง และทำการเปลี่ยนพลังงานแสงที่ได้รับให้เป็นพลังงานไฟฟ้าสำหรับส่งไปยังวงจรฟิลเตอร์ความถี่ พีแอลแอล (Phase Lock Loop) จากนั้นจะเป็นการกรองเฉพาะความถี่ ให้ตรงกับแสงที่ตัวส่งเป็นผู้ส่งมาเท่านั้น โดยจะตัดตัวความถี่อื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป เมื่อมีวัตถุหรือชิ้นงานวิ่งผ่าน จะทำให้ตัวรับไม่สามารถรับสัญญาณแสงได้ ซึ่งทำให้ภาควงจรตรวจจับสามารถรับรู้ได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงแล้วจะทำการส่งต่อไปยังภาคขับเอาต์พุต สำหรับเปลี่ยนแปลงสถานะเอาต์พุตต่อได้

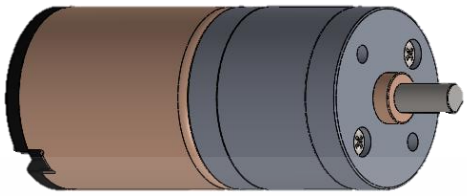
2.9 ไฟแจ้งเตือนสถานะและลำโพง

รูปที่ 2.11 ไฟแจ้งเตือนสถานะและลำโพง
(ที่มา: mall.factomart.com/what-is-a-tower-light)

จากรูปที่ 2.11 ไฟแจ้งเตือนสถานะและลำโพง (Tower Lamp) [9] คือ สัญญาณเตือนประเภทหนึ่งที่มีลักษณะเป็นชั้น ๆ เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ใช้สำหรับแสดงสภาวะการทำงานของเครื่องจักร เช่น สายพานลำเลียง การผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องจักรที่ต้องการได้รับการดูแลอย่างสม่ำเสมอ หุ่นยนต์ และเครื่องจักรอัตโนมัติ เป็นต้น โดยจะมีไฟบอกสัญญาณแสดงสภาวะการทำงาน ซึ่งจะแสดงสภาวะการทำงานของเครื่องจักรช่วยเพิ่มความปลอดภัยในโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

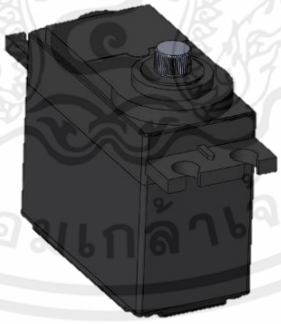
2.10 มอเตอร์เกียร์



รูปที่ 2.12 มอเตอร์เกียร์

จากรูปที่ 2.12 มอเตอร์เกียร์ (Gear Motor) [10] เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไว้ใช้สำหรับควบคุมรอบการทำงานของการเคลื่อนที่วัตถุได้อย่างเหมาะสม เช่น เครื่องลำเลียงสินค้า เป็นต้น โดยอาศัยหลักการทำงานจากมอเตอร์แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลทำให้วัตถุสามารถเคลื่อนที่ได้ และฟันเฟืองหรือเกียร์ทำหน้าที่ลดรอบความเร็วหรือทดรอบแรงบิด ซึ่งลักษณะภายนอกของอุปกรณ์นี้จะมีรูปทรงคล้ายกับท่อนโลหะทรงกระบอกที่ประกอบด้วยตัวเรือน หน้าแปลน และส่วนก้านเพลายื่นออกมา ส่วนด้านในประกอบด้วยกลไกการทำงานต่าง ๆ เช่น ก้านเพลา แบริ่ง ฟันเฟือง ฯลฯ

2.11 เซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 2.13 เซอร์โวมอเตอร์

จากรูปที่ 2.13 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) [11] เป็นการรวมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเข้ากับวงจรควบคุม โดยที่ความแตกต่างที่สำคัญของเซอร์โวมอเตอร์กับมอเตอร์แบบอื่น ๆ นั่นคือ เซอร์โวมอเตอร์จะรู้ตำแหน่งที่ตัวเองอยู่ และสั่งเปลี่ยนตำแหน่งโดยการเปลี่ยนองศาได้ นิยมใช้งานในเครื่องบินบังคับ เรือบังคับ โดยกำหนดทิศทางของหางเสือเป็นองศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.1 การเลือกใช้งานเซอร์โวมอเตอร์

1. เซอร์โวมอเตอร์(ส่วนใหญ่)ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ และมีองศาการหมุนที่ 0 ถึงประมาณ 180 องศา (ยกเว้นมีการดัดแปลงให้หมุน 360 องศา) นอกจาก 2 ข้อนี้ที่เซอร์โวมอเตอร์ทุกรุ่นมีเหมือนกัน ยังมีอีก 4 ข้อที่เซอร์โวมอเตอร์แต่ละรุ่นมีไม่เหมือนกัน

2. แรงบิด (Torque) เป็นเลขบอกกำลังของเซอร์โวมอเตอร์ ยิ่งตัวเลขนี้มีค่ามาก แสดงว่าเซอร์โวมอเตอร์มีแรงมาก

3. ความเร็วในการหมุน (Speed) เป็นตัวเลขที่บอกว่าเซอร์โวมอเตอร์สามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้เร็วแค่ไหน ยิ่งตัวเลขมีค่ามาก แสดงว่าเซอร์โวมอเตอร์มีความเร็วในการเปลี่ยนตำแหน่งที่เร็วมาก

4. วัสดุที่ใช้ทำแกนหมุน วัสดุที่ใช้ทำแกนหมุนของเซอร์โวมอเตอร์มี 2 ชนิด คือ พลาสติก และเหล็ก สำหรับแกนหมุนพลาสติกเมื่อใช้งานเซอร์โวมอเตอร์อย่างหนักเป็นเวลานานจะทำให้เฟืองของเซอร์โวมอเตอร์ครูด ดังนั้นหากนำเซอร์โวมอเตอร์ไปใช้งานหนักเป็นเวลานาน จึงควรเลือกแกนเหล็ก เพราะแกนเหล็กมีโอกาศที่เฟืองครูดได้น้อยกว่า

5. ขนาดของแกนหมุน เซอร์โวมอเตอร์แต่ละรุ่นมีขนาดของแกนหมุนที่แตกต่างกันตามแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละรุ่น

2.11.2 ชนิดของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1. เซอร์โวมอเตอร์ 180 องศา

เป็นเซอร์โวมอเตอร์ที่นิยมใช้งานทั่วไป มีหลายรุ่น หลายขนาด และหลายราคา สามารถควบคุมให้หมุดได้ตามองศาที่ต้องการ โดยหมุนได้ 0 ถึง 180 องศา (ในบางรุ่นหมุนได้สุดที่ประมาณ 200 องศา)

2. เซอร์โวมอเตอร์ 360 องศา

เป็นเซอร์โวมอเตอร์ที่ส่วนใหญ่ดัดแปลงมาจากแบบ 180 องศา โดยทำการดัดแปลงวงจรควบคุม และนำเอาวอลุ่มออก สำหรับให้เซอร์โวมอเตอร์สามารถหมุนแกนได้ครบรอบ 360 องศา เซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้ไม่สามารถควบคุมองศาได้ ควบคุมได้แค่ความเร็ว และทิศทางการหมุนเท่านั้น

2.11.3 การใช้งานเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์มีสาย 3 เส้น ประกอบด้วย

1. ซิกเนล (Signal) (สีส้ม หรือ สีขาว) คือ สายสัญญาณควบคุมการหมุน

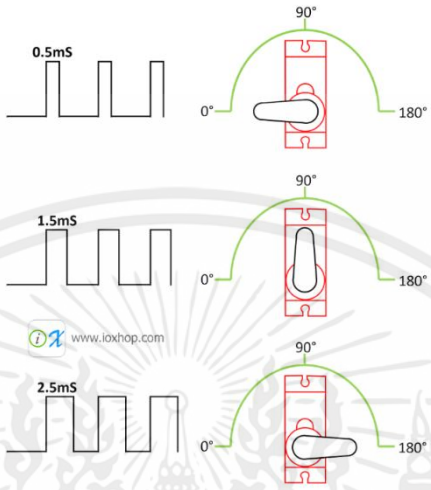
2. วีซีซี (VCC) (สีแดง) คือ สายสำหรับจ่ายไฟบวก 5 โวลต์

3. กราวด์ (GND) (สีน้ำตาล หรือ สีดำ) คือ สายสำหรับจ่ายไฟลบหรือกราวด์

การควบคุมการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์จะทำที่สายสัญญาณ โดยป้อนสัญญาณแบบการปรับความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation : PWM) ที่ความถี่ 50 เฮิร์ต เข้าไป โดยมีความกว้างพัลส์บวกที่ 0.5 มิลลิเซค (ค่าต่ำสุด) ถึง 2.5 มิลลิเซค (ค่าสูงสุด) หรือ 1 มิลลิเซค (ค่าต่ำสุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 2 มิลลิเซค (ค่าสูงสุด) ตามแต่รุ่นของเซอร์โวมอเตอร์ โดยหากป้อนสัญญาณพัลส์ ที่มีความกว้างช่วงบวกเข้าไปเท่ากับค่าต่ำสุด เซอร์โวมอเตอร์จะหมุนไปที่ 0 องศา หากป้อนสัญญาณพัลส์ เข้าไปเท่ากับค่าสูงสุด เซอร์โวมอเตอร์จะหมุนไปที่ 180 องศา ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 สัญญาณพัลส์ที่ส่งผลต่อองศาการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์
(ที่มา: www.ioxhop.com/article/105/ทุกเรื่องที่ควรรู้เกี่ยวกับเซอร์โวมอเตอร์และการใช้งาน)

การหาค่าความกว้างช่วงบวกของสัญญาณพัลส์จากค่าองศา สามารถหาได้จากสูตร

$$\text{ความกว้างพัสล์บวก} = \frac{\text{ค่าสูงสุด} - \text{ค่าต่ำสุด}}{180} \times \text{องศาที่ต้องการ} + \text{ค่าต่ำสุด} \quad (2.1)$$

ตัวอย่าง หากต้องการให้เซอร์โวมอเตอร์ที่ทำงาน 0.5 มิลลิเซค - 2.5 มิลลิเซค หมุนไปที่จุด 120 องศา ความกว้างพัสล์บวกจะเป็นเท่าใด

$$\text{ความกว้างพัสล์บวก} = \frac{2.5\text{mS} - 0.5\text{mS}}{180} \times 120 + 0.5\text{mS}$$

$$\text{ความกว้างพัสล์บวก} = 1.833\text{mS}$$

จึงสรุปได้ว่า ความกว้างพัสล์บวก คือ 1.833 มิลลิเซค

สัญญาณพัลส์เกิดจากพัสล์บวกและพัสล์ลบ การหาความกว้างพัสล์ลบต้องหาคาบเวลาของสัญญาณก่อน และคาบเวลาของสัญญาณหาได้จากความถี่ โดยใช้สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\boldsymbol{T = \frac{1}{f}} \tag{2.2}$$

เมื่อ T คือ คาบเวลาของสัญญาณ

f คือ ความถี่

เนื่องจากเซอร์โวมอเตอร์ทำงานด้วยสัญญาณพัลส์ ที่ความถี่ 50Hz ดังนั้นคาบเวลาของสัญญาณจึงหาได้ดังนี้

$$\boldsymbol{T = \frac{1}{50Hz}}$$

$$\boldsymbol{T = 20mS}$$

จึงสรุปได้ว่าที่ความถี่ 50Hz มีคาบเวลาของสัญญาณเป็น 20mS

การหาคาบเวลาของสัญญาณเกิดจากการนำค่าความกว้างพัสล์บวกมาบวกกับค่าความกว้างพัสล์ลบ ($T = t_1 + t_2$) ดังนั้นหากรู้กว้างพัสล์บวก และรู้คาบเวลาของสัญญาณ หาความกว้างพัสล์ลบได้จากสูตร

$$\boldsymbol{t_2 = T - t_1} \tag{2.3}$$

เมื่อ T คือ ความกว้างคลื่น

t_1 คือ ความกว้างพัสล์บวก

t_2 คือ ความกว้างพัสล์ลบ

เมื่อแทนค่าความกว้างคลื่นและความกว้างพัสล์บวกลงไปจะได้

$$\boldsymbol{t_2 = 20mS - 1.833mS}$$

$$\boldsymbol{t_2 = 18.167mS}$$

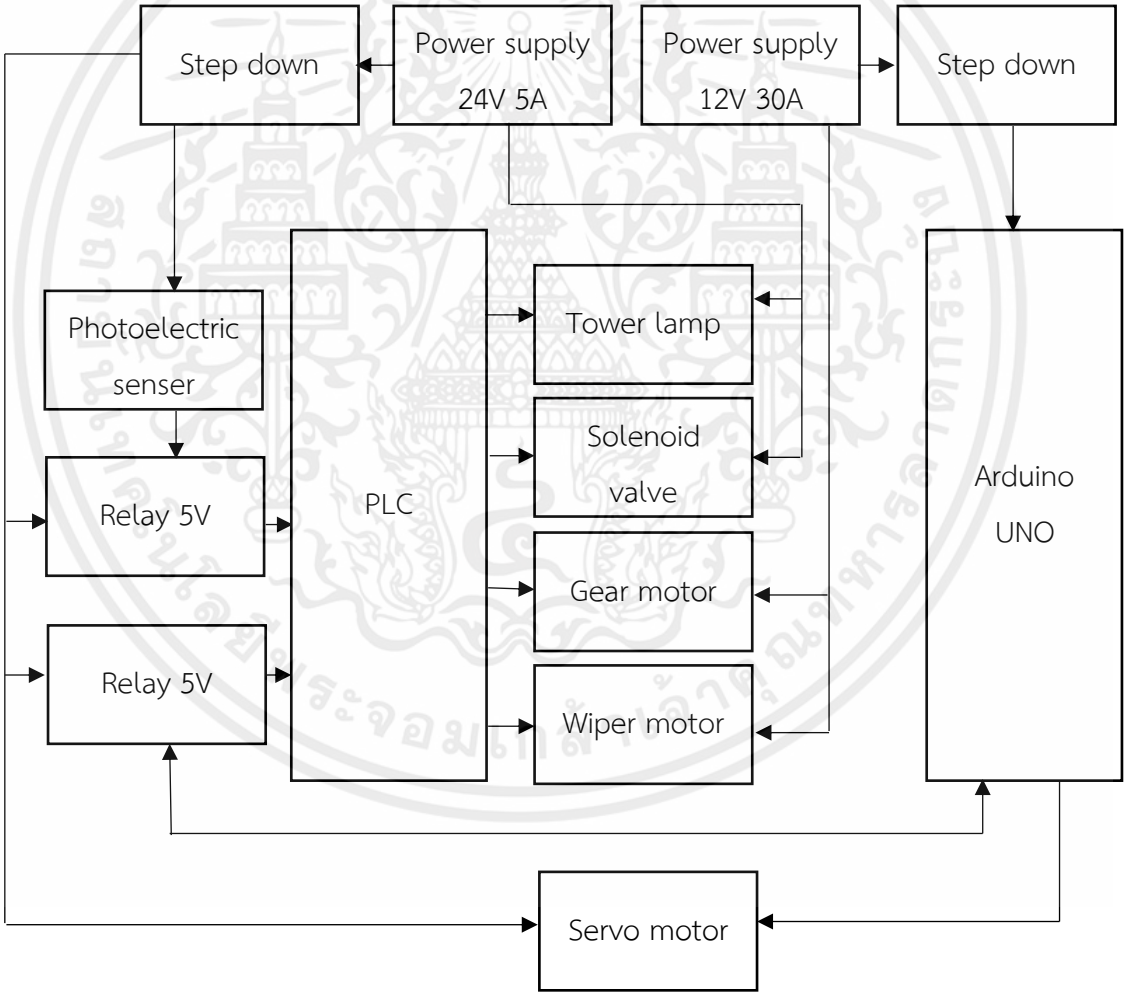
จึงสรุปว่า ความกว้างพัสล์ลบมีค่า 18.167 มิลลิเซค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการออกแบบ

ในส่วนบทนี้กล่าวถึง การออกแบบระบบทั้งหมด การทำงานของแขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า โดยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้ บล็อกไดอะแกรมของส่วนต่าง ๆ ในโครงงาน การออกแบบโครงสร้าง การออกแบบวงจรภายใน การออกแบบโปรแกรมภายในพีแอลซี และการออกแบบโปรแกรมภายในอาดุยโน่

3.1 บล็อกไดอะแกรมของส่วนต่าง ๆ ในโครงงาน



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมส่วนต่าง ๆ ในการออกแบบแขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 ผู้จัดทำสามารถอธิบายรายละเอียดบล็อกไดอะแกรมของแขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้าได้ดังนี้

1. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง มีหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ 5 แอมแปร์ และไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 30 แอมแปร์ สำหรับเป็นแหล่งจ่ายไฟให้อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถทำงานได้

2. พีแอลซี เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่าง ๆ โดยภายในมีไมโครโพรเซสเซอร์เป็นส่วนสั่งการที่สำคัญ โดยจะมีส่วนที่เป็นอินพุต 24 ช่อง และเอาต์พุต 32 ช่อง ที่สามารถต่อใช้งาน เซนเซอร์หรือสวิตช์ต่าง ๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายในชิ้นงาน

3. เซนเซอร์ ภายในระบบใช้โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจสอบตำแหน่งของชิ้นงาน และตรวจนับจำนวน สำหรับให้ระบบสามารถทำงานได้

4. โซลินอยด์วาล์ว เป็นอุปกรณ์สวิตช์ที่อาศัยหลักการทำงานของแม่เหล็กไฟฟ้าทำงานร่วมกับไฟฟ้าเป็นตัวกำหนดการทำงานการปิดหรือการเปิดสำหรับควบคุมการไหลของแรงดันลมในการผลักของกระบอกสูบ

5. กระบอกลม คืออุปกรณ์ที่ใช้ลมทำให้ก้านกระบอกลม เคลื่อนที่ไปในทางแนวเส้นตรงเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานในรูปแบบความดันลมให้เป็นพลังงานกล สามารถปรับความเร็วได้ตามแรงดันลม

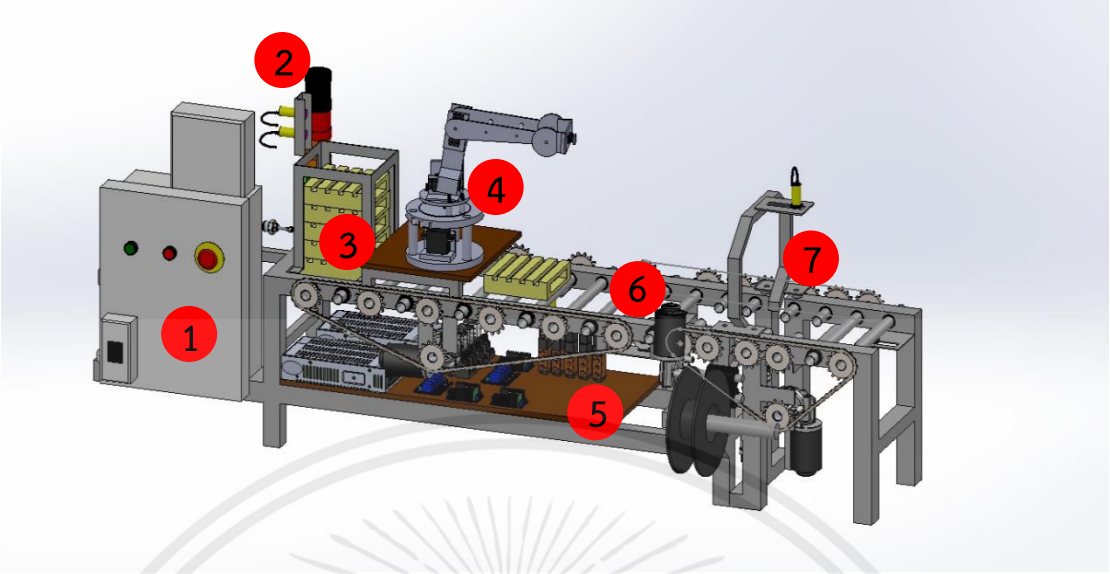
6. มอเตอร์ คืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลในการขับเคลื่อนสายพาน การขับสายรัด และการหมุนชิ้นงาน

7. ไฟแจ้งเตือนสถานะ โดยมีความหมายจากสีดังนี้ ไฟสีเขียวแสดงสถานะทำงานเสร็จแล้วพร้อมกับมีเสียงแจ้งเตือน ไฟสีเหลืองแสดงสถานะเครื่องอยู่ในขณะการทำงาน ไฟสีแดงแสดงสถานะเครื่องหยุดทำงานชั่วคราว

3.2 การออกแบบโครงสร้าง

ในส่วนของการออกแบบโครงสร้าง จะกล่าวถึงโครงสร้างโดยรวมของตัวชิ้นงาน ตัวชิ้นงานจะประกอบไปด้วย จุดเก็บพาเลทไม้ จุดจัดเรียงสินค้า และจุดแพ็คสินค้า การขับเคลื่อนสินค้าไปยังจุดต่าง ๆ โดยใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนโซ่ที่ติดกับสเตอร์ สเตอร์ถูกเชื่อมติดกับโรเลอร์เหล็กทรงกระบอก โครงสร้างเป็นเหล็กกล่องที่เชื่อมไฟฟ้าติดกัน ดังนั้นทางผู้จัดทำขออธิบายรายละเอียดการทำงานและการออกแบบดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 โครงสร้างการออกแบบทั้งหมด

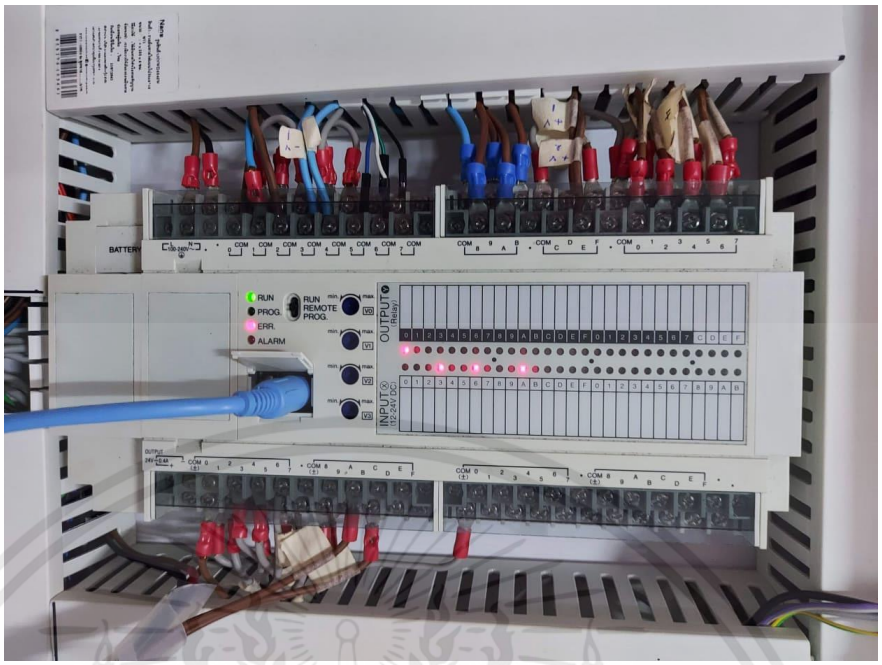
จากรูปที่ 3.2 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงสร้างการออกแบบทั้งหมดประกอบไปด้วย

1. ตู้ควบคุม
2. ไฟแสดงสถานะและเสียงแจ้งเตือน
3. จุดเก็บไม้พาเลท
4. แขนกล
5. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
6. สายพาน
7. จุดแพ็คสินค้าและจุดบรรจุสายพลาสติก

3.2.1 ตู้ควบคุม

ตู้ควบคุมสำหรับติดตั้งหน่วยประมวลพีแอลซี Panasonic FP1-C56 ที่ทำงานโดยการส่งค่าสัญญาณไปควบคุมส่วนต่าง ๆ ของระบบทั้งหมด ให้ตัวชิ้นงานทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ถูกกำหนดไว้ในโปรแกรม หากตัวแปรใดทำงานอยู่หรือมีค่าลอจิกเท่ากับ 1 บนหน่วยประมวลพีแอลซีจะแสดงสัญลักษณ์ไฟสีแดง แต่ถ้าหากไม่ทำงานหรือมีค่าลอจิกเท่ากับ 0 บนหน่วยประมวลพีแอลซีจะไม่แสดงสัญลักษณ์ไฟสีแดง ดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ตู้ควบคุมภายในมีพีแอลซี Panasonic FP1-C56

3.2.2 ไฟแสดงสถานะและเสียงแจ้งเตือน

ไฟแสดงสถานะดังรูปที่ 3.4 มีการแสดงไฟสถานะทั้งหมด 3 สีดังนี้

1. สีแดง หมายถึง หยุดกระบวนทำงานเมื่อกดปุ่มสีแดง
2. สีเหลือง หมายถึง เครื่องอยู่ระหว่างการทำงาน
3. สีเขียว หมายถึง เครื่องทำงานเสร็จสิ้นกระบวนการแล้วและมีเสียงแจ้งเตือน

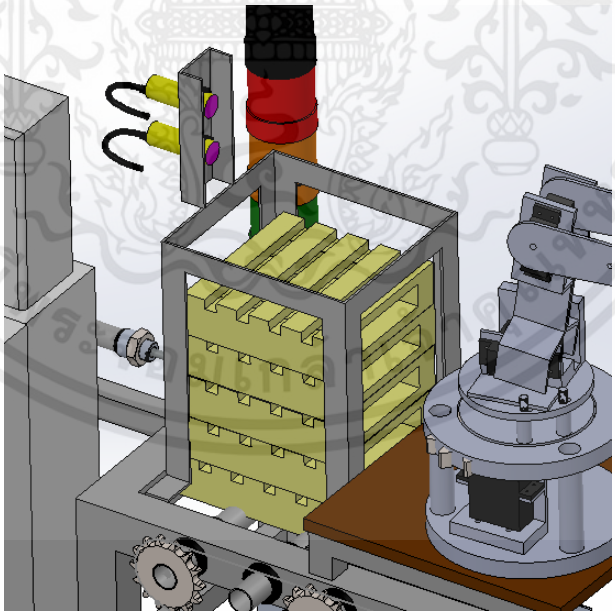
รูปที่ 3.4 ไฟแสดงสถานะและเสียงแจ้งเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 จุดเก็บไม้พาเลท

ในส่วนของจุดเก็บไม้พาเลท สามารถจัดเก็บไม้พาเลทได้จำนวน 6 ชิ้น พาเลทไม้ทำจากไม้สน ประกอบในบล็อกเหล็กสำหรับให้ได้ความสมมาตรในทุก ๆ ส่วน ไม้พาเลทที่ใช้นั้นมีขนาดกว้าง 130 มิลลิเมตร ยาว 130 มิลลิเมตร และสูง 40 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.5 และ 3.6

รูปที่ 3.5 ไม้พาเลทขนาดกว้าง 130 มิลลิเมตร ยาว 130 มิลลิเมตร 40 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.6 ที่จัดเก็บไม้พาเลท โดยบรรจุได้ 6 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 แขนกล

ในส่วนของระบบแขนกลหรือจุดจัดเรียงสินค้า เป็นบริเวณที่มีแขนกลคอยหยิบจับกล่องสินค้าทีละมาวางบนไม้พาเลท ให้ครบจำนวน 8 กล่อง กล่องสินค้ามีขนาดกว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร สูง 50 มิลลิเมตร ระบบแขนกลควบคุมด้วยอาดุยโน่ โดยที่อาดุยโน่สามารถสื่อสารกับพีแอลซี ได้ด้วยรีเลย์ 5 โวลต์ ดังนั้นโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งของไม้พาเลท และกล่องสินค้า ดังรูปที่ 3.7 และ 3.8

รูปที่ 3.7 แขนกลไว้สำหรับจัดเรียงสินค้าบนไม้พาเลท

รูปที่ 3.8 กล่องสินค้าที่ถูดจัดเรียงบนไม้พาเลท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

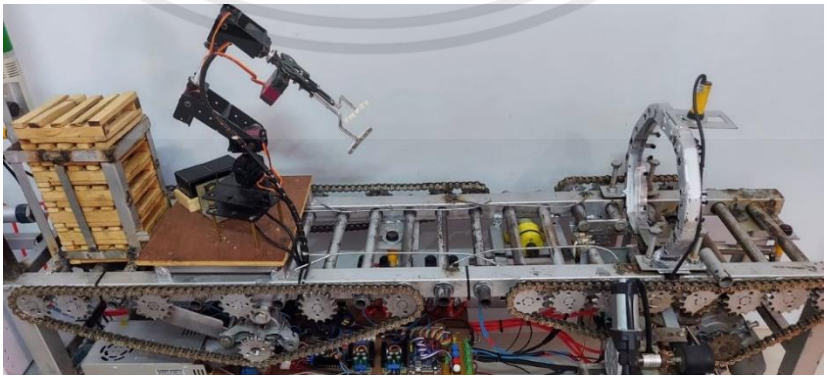
3.2.5 อุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ภายในเครื่อง ได้แก่ สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย 12 โวลต์ 30 แอมป์ สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย 24 โวลต์ 5 แอมป์ วงจรลดแรงดันและกระแส ใช้สำหรับแจกจ่ายพลังงานให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในเครื่อง นิวเมติกเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมลมให้กับอุปกรณ์ลม เช่น กระบอกลม รีเลย์ ใช้สำหรับควบคุมลอจิกต่าง ๆ ให้กับอุปกรณ์ และอาดูโน่ เป็นควบคุมลอจิกต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งในชิ้นงาน

3.2.6 สายพาน

สายพานลำเลียง ทางผู้จัดทำใช้มอเตอร์ปัดฝนในการหมุนเฟืองด้วยระบบโซ่ โดยที่เฟืองติดกับท่ออทรงกระบอก มีตัวเชื่อมต่อ คือ ซุปเปอร์ลีน (Superlene) ป้องกันการขูดระหว่างแท่งเหล็กสองชิ้นและในช่วงเวลาหมุนได้อย่างไม่ติดขัด ระบบสายพานมีขนาดความยาว 130 เซนติเมตร กว้าง 27 เซนติเมตร และสูง 47 เซนติเมตร มีแท่งเหล็กกรวงทรงกระบอก 20 ชิ้น มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร เฟืองที่ใช้ภายในเครื่องมีขนาด 14 ฟัน 27 ชิ้น ดังรูปที่ 3.10

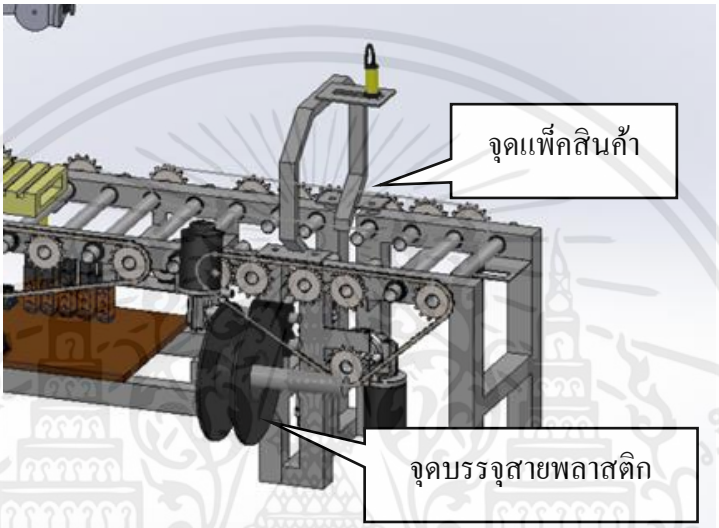


รูปที่ 3.10 สายพานสำหรับเคลื่อนย้ายสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 จุดแพ็คสินค้าและจุดรัดสายพลาสติก

การทำงานของจุดแพ็คสินค้า คือ การรัดสายพลาสติกสีดำสำหรับรัดกล่อง มีมอเตอร์ในการขับเคลื่อนสายเข้าไปในระบบ สายจะวิ่งตามราง เมื่อวนครบรอบจะมีตัวหนีบหนีบสายไว้ มอเตอร์ข้างต้นจะดึงสายกลับสำหรับรัดกล่องสินค้า หลังจากนั้นระบบนิวเมติกจะทำงาน ให้ความร้อนแล้วทำการบีบอัดให้สายติดกัน หมุนสินค้าแล้วทำการรัดสายทั้งหมด 2 เส้น เมื่อครบแล้วจึงจะขับเคลื่อนออกจากจุดการทำงานนี้ ดังรูปที่ 3.11 และ 3.12



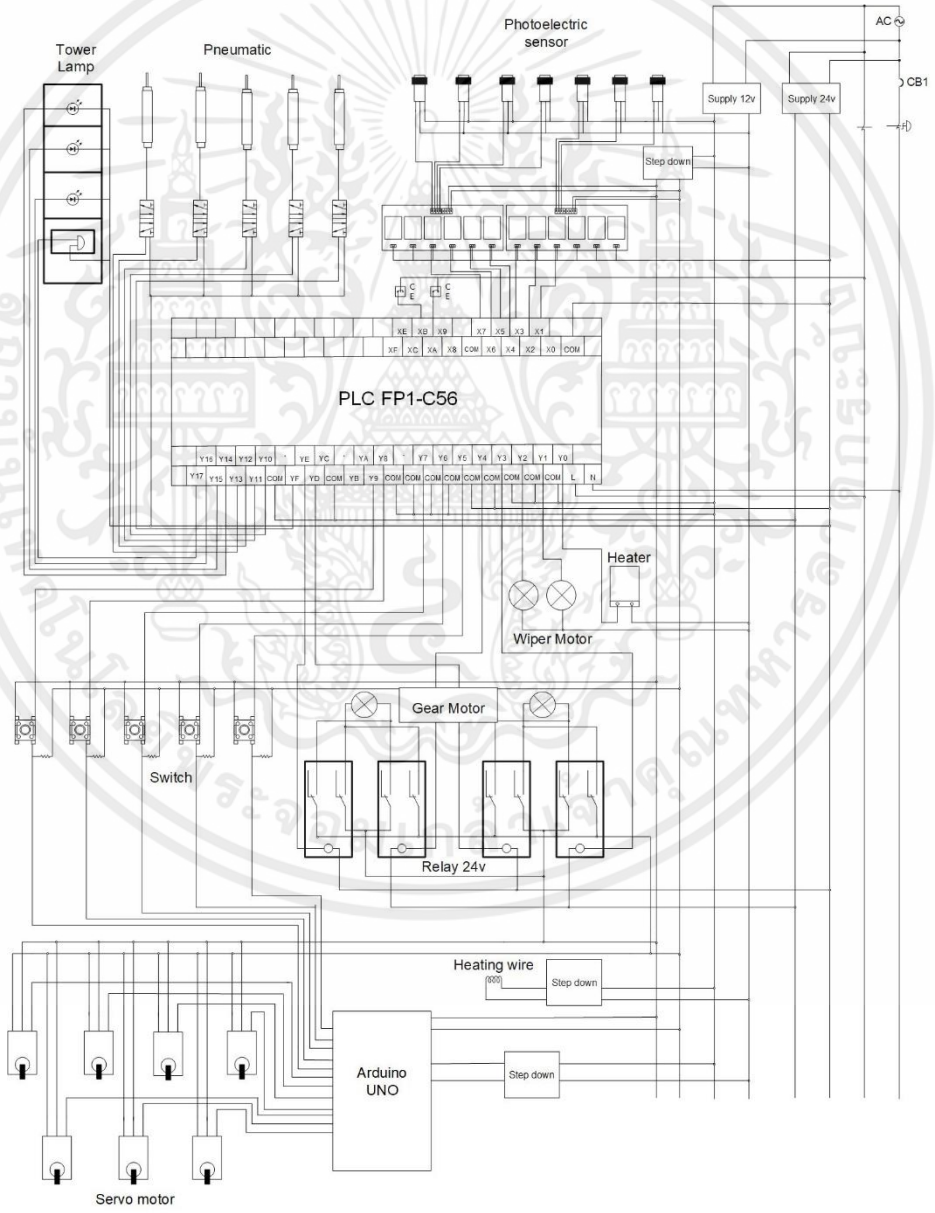
รูปที่ 3.11 จุดแพ็คสินค้าและจุดบรรจุสายพลาสติก

รูปที่ 3.12 สินค้าที่จัดเรียงและถูกแพ็คแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

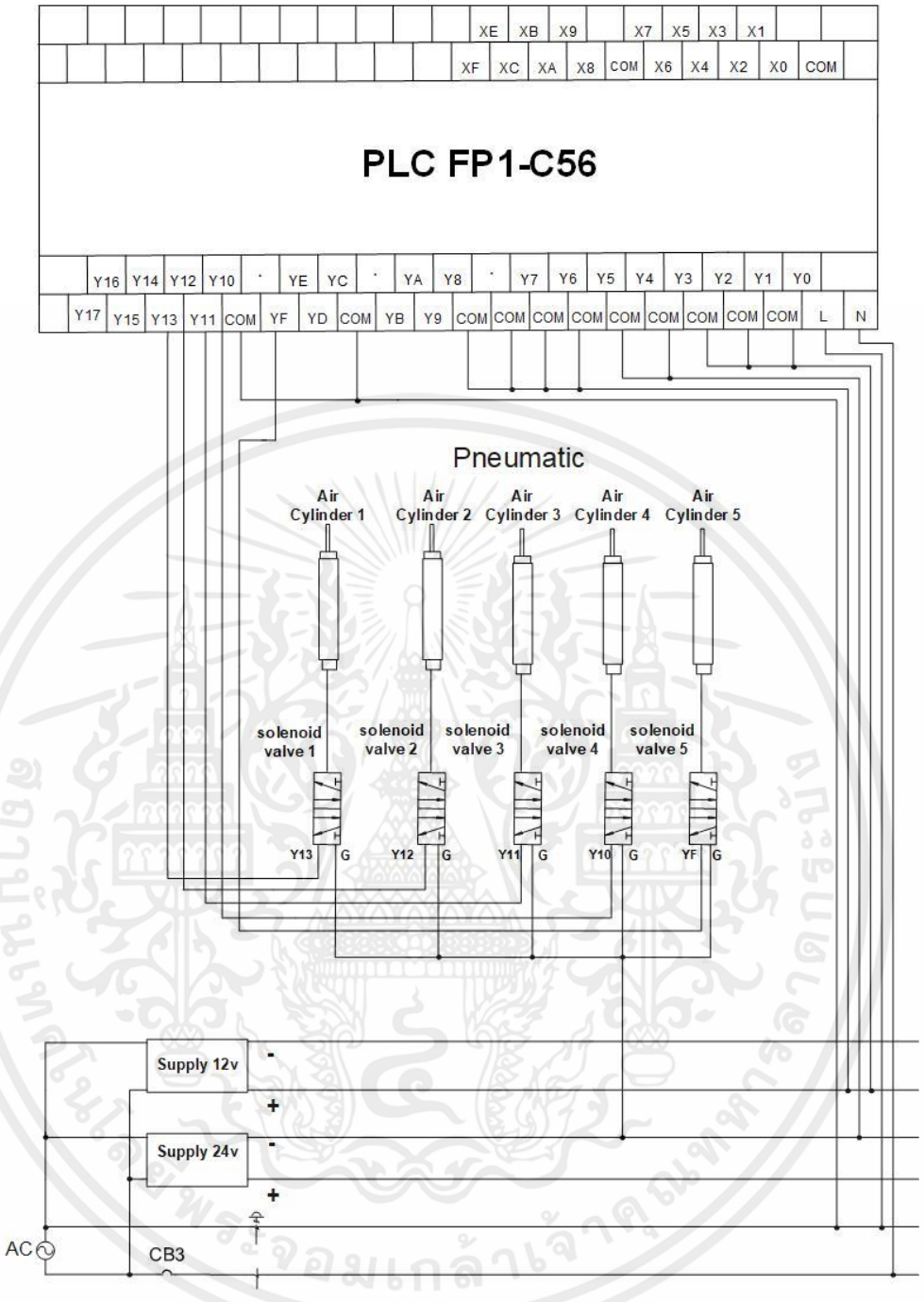
3.3 การออกแบบวงจรภายใน

พีแอลซี ที่ผู้จัดทำใช้งานในโครงงานนี้ คือ Panasonic FP1-C56 มีอินพุต 32 ช่อง และมีเอาต์พุต 24 ช่อง ในส่วนของอินพุตรองรับอุปกรณ์ที่ใช้แหล่งจ่ายเพียงแค่ 12 โวลต์ และ 24 โวลต์เท่านั้น สำหรับแหล่งจ่ายไฟที่มีระดับแรงดันไฟฟ้าอื่น ๆ สามารถใช้รีเลย์ร่วมด้วยได้ ส่วนเอาต์พุตเป็นชนิดแบบรีเลย์ภายในพีแอลซี ไม่ว่าอุปกรณ์นั้น ๆ ใช้ระดับแรงดันไฟฟ้าเท่าไหร่ ก็สามารถออกแบบวงจรใช้ร่วมกับพีแอลซีรุ่นนี้ได้ อุปกรณ์ที่ฟ้าต่อใช้ภายในวงจร ได้แก่ โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ รีเลย์วงจรลดแรงดัน ไฟแจ้งเตือนสถานะ โซลินอยด์วาล์ว กระบอกลม มอเตอร์เกียร์ มอเตอร์ปัดน้ำฝน เซอร์โวมอเตอร์ และอาดุยโน่ยูโน ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 วงจรภายในโดยรวม

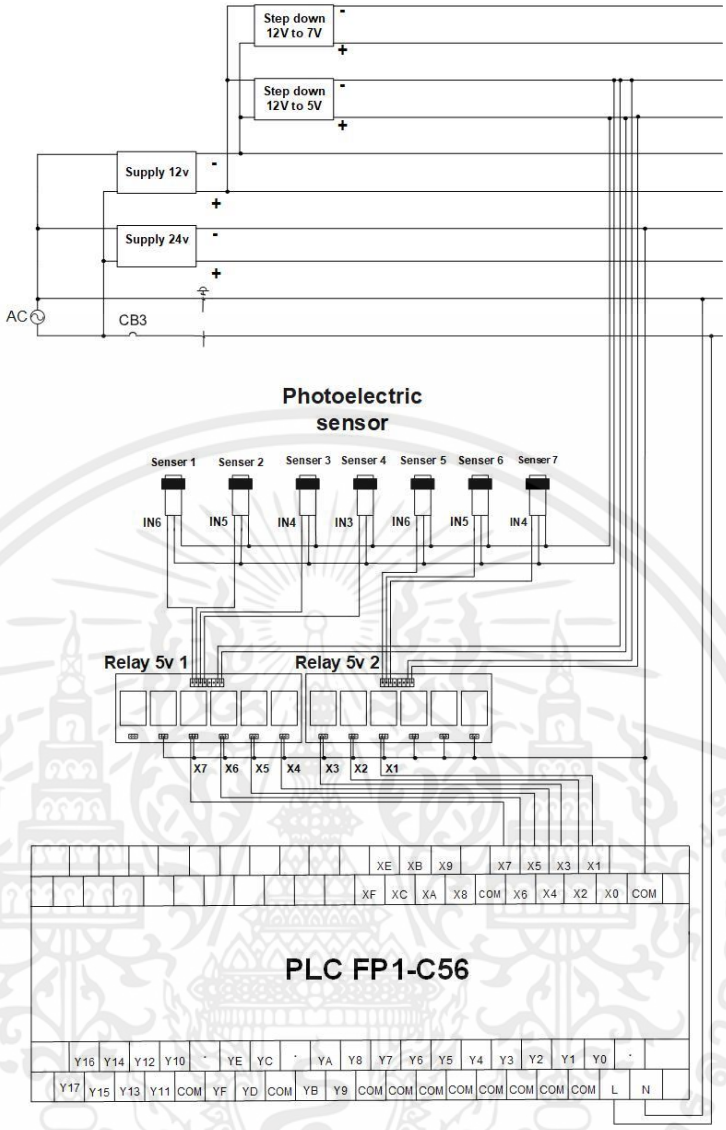
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับระบบนิวเมติก

จากรูปที่ 3.14 ระบบนิวเมติกทั้งหมดประกอบไปด้วย กระบอกลม และโซลินอยด์วาล์ว โดยโซลินอยด์วาล์ว มีฝั่งบวก และฝั่งลบ นำฝั่งบวกต่อเข้ากับฝั่งเอาต์พุตของพีแอลซี ในที่นี้จะเป็นตัวแปรที่ YF, Y10, Y11 Y12 และ Y13 นำฝั่งลบต่อเข้ากับแรงดันไฟฟ้า -24 โวลต์ นำแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า +24 โวลต์ ต่อเข้าที่ขาคอมมอน

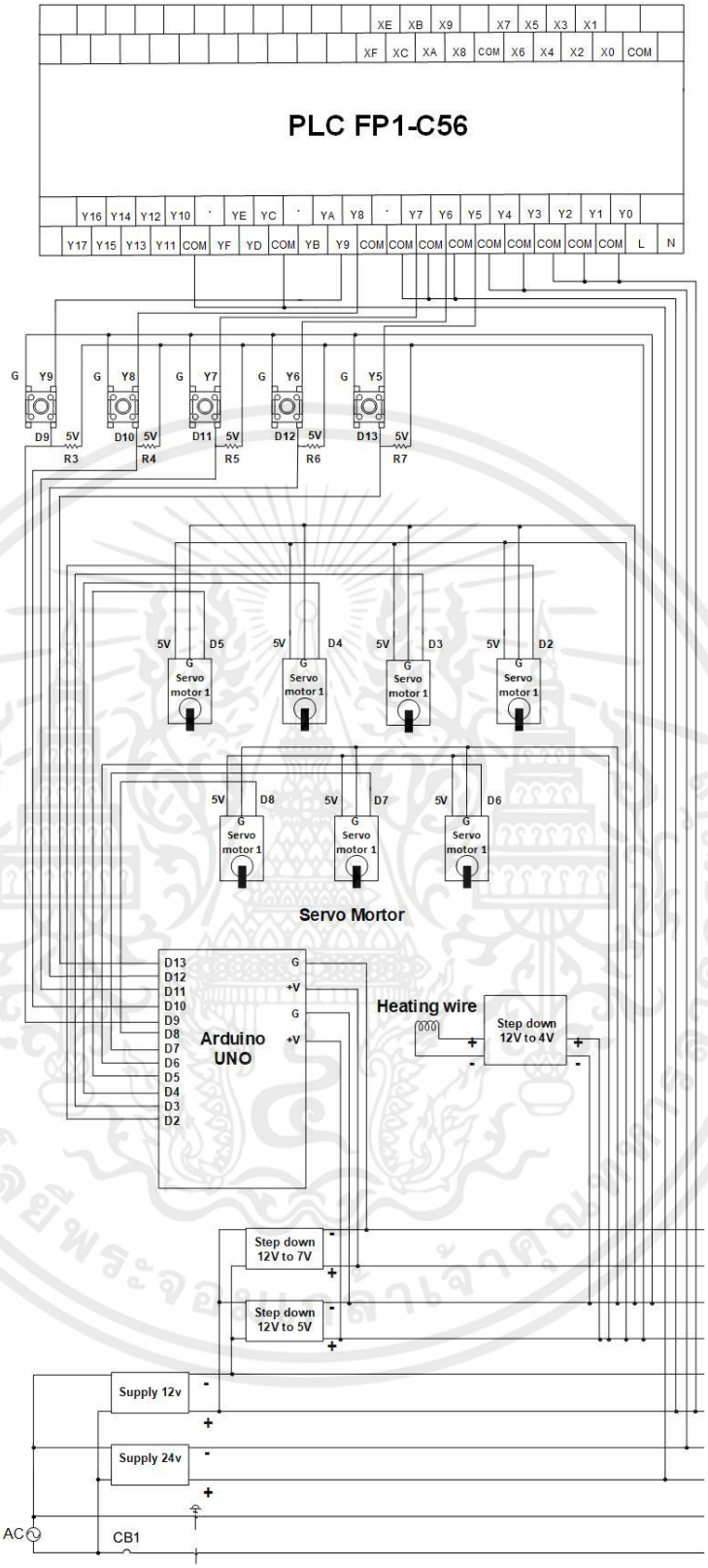
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ

จากรูปที่ 3.15 เซนเซอร์จับวัตถุมี 3 สาย ได้แก่ วีซีซี, กราวด์ และ เอาต์พุต นำสายวีซีซีต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ สายกราวด์ ต่อเข้ากับแรงดับไฟฟ้า -5 โวลต์ และสาย เอาต์พุต ต่อเข้าที่ขาสัญญาณของบอร์ดรีเลย์ โดยบอร์ดรีเลย์มีทั้งฝั่งอินพุต และฝั่งเอาต์พุต ฝั่งอินพุต มีวีซีซี, กราวด์และอินพุตในส่วนของฝั่งเอาต์พุต มี เอ็นซี, คอมมอน และเอ็นโอ การต่อใช้งาน นำแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า +5 โวลต์ ต่อเข้ากับวีซีซี (เนื่องจากเป็นรีเลย์ 5V) นำแรงดันไฟฟ้า -5 โวลต์ ต่อเข้ากับกราวด์และนำสายเอาต์พุตของเซนจับวัตถุต่อเข้ากับอินพุตของบอร์ดรีเลย์ จากนั้นนำแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า -24 โวลต์ ต่อเข้ากับคอมมอน ของบอร์ดรีเลย์ นำเอ็นซี ต่อเข้ากับฝั่งอินพุตของพีแอลซี ในที่นี้จะเป็นตัวแปรที่ X1, X2, X3, X4, X5, X6 และ X7 และในส่วนสุดท้าย นำแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ ต่อเข้ากับคอมมอนของพีแอลซี

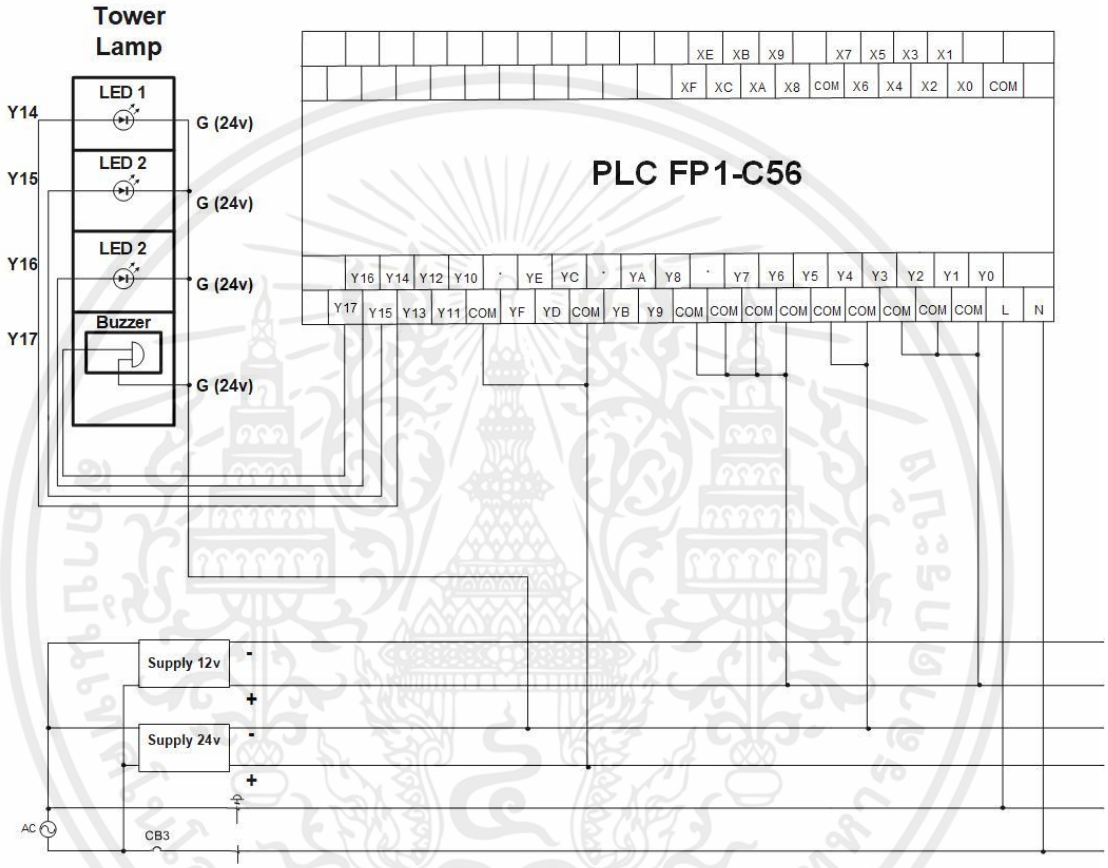
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับอาดุยโน่และขดลวดความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

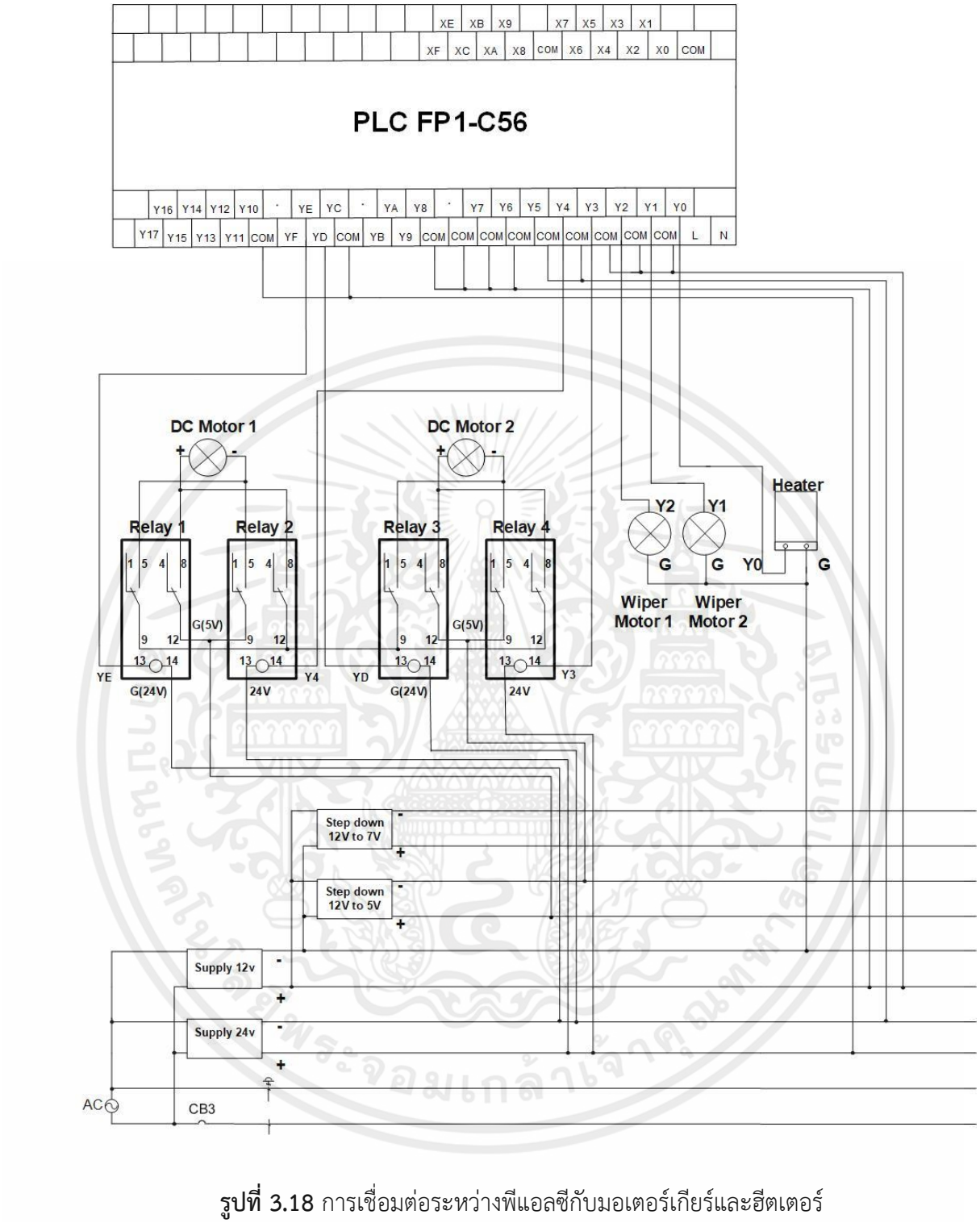
จากรูปที่ 3.16 นำแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า +12 โวลต์ โดยต่อเข้ากับคอมมอนฝั่งเอาต์พุตของพีแอลซี เอาต์พุตของพีแอลซีตัวแปรที่ Y5, Y6, Y7, Y8 และ Y9 เป็นตัวป้อนลอจิกให้กับอาดุยโน่ที่ขา D10, D11, D12 และ D13 จากนั้นขา D2, D3, D4, D5, D6, D7 และ D8 เป็นขาที่ใช้บอร์ดอาดุยโน่ในการควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ และในส่วนสุดท้ายนี้ขดลวดความร้อนจะใช้แรงดันไฟอยู่ที่ 3 โวลต์ เพื่อไม่ให้ขดลวดร้อนเกินไป



รูปที่ 3.17 การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับระบบแจ้งเตือน

จากรูปที่ 3.17 ระบบแจ้งเตือน มีฝั่งขั้วบวก 3 สาย และฝั่งขั้วลบ 1 สาย นำฝั่งขั้วบวกต่อเข้ากับฝั่งเอาต์พุตของพีแอลซีในที่นี้ตัวแปรที่ Y14, Y15, Y16 และ Y17 นำฝั่งขั้วลบต่อเข้ากับขั้วแหล่งจ่ายแรงดัน -24 โวลต์ และนำแรงดัน +24 โวลต์ ต่อเข้ากับคอมมอนของพีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับมอเตอร์เกียร์และฮีตเตอร์

จากรูปที่ 3.18 รีเลย์ขับมอเตอร์ 2 ทาง จะมีทั้งหมด 8 ขา แต่ใช้งานเพียง 6 ขา ได้แก่ ขา 1, 5, 4, 8, 9, 12, 13 และ 14 โดยที่การขับมอเตอร์จะใช้รีเลย์ 2 ตัว ต่อการขับมอเตอร์ 1 ตัว ขา 5 ต่อเข้ากับมอเตอร์ฝั่งขั้วลบ ขา 8 ต่อเข้ากับมอเตอร์ฝั่งขั้วบวก ขา 12 ต่อเข้ากับแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ขา 13 ต่อเข้ากับเอาต์พุตของพีแอลซี ขา 14 ต่อเข้ากับ -24 โวลต์ และให้นำแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+24 โวลต์ ต่อเข้ากับคอมมอนของพีแอลซี ในส่วนของมอเตอร์ปัดน้ำฝนไม่ต้องใช้รีเลย์ เนื่องจากต้องการให้หมุนเพียงทางเดียว ดังนั้นการต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า +12 โวลต์ ต่อเข้าที่คอมมอนของพีแอลซี นำฝั่งขั้วบวกของมอเตอร์ต่อเข้ากับเอาต์พุตของพีแอลซี และนำฝั่งขั้วลบของมอเตอร์ต่อเข้ากับ -12 โวลต์ ในส่วนสุดท้ายนี้ฮีตเตอร์จะใช้แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์

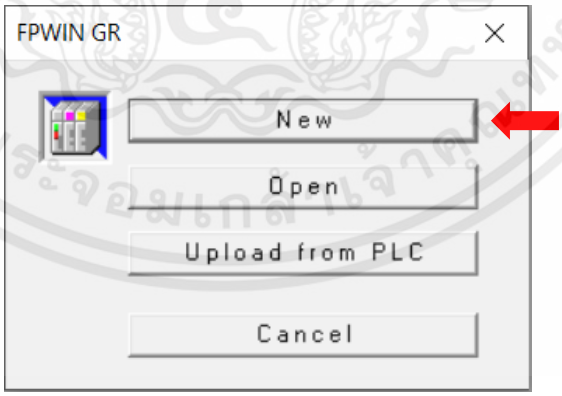
3.4 การออกแบบโปรแกรมภายในพีแอลซี

การออกแบบโปรแกรมภายใน ผู้จัดทำใช้โปรแกรม FPWIN GR เหมาะสำหรับพีแอลซี ที่ใช้นั่นคือ Matsushita หมายเลขรุ่น FP1-C56 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสะดวกของแต่ละบุคคลในการเลือกใช้โปรแกรม ซึ่งผู้จัดทำจะอธิบายขั้นตอนการเข้าโปรแกรม การเขียนโปรแกรม และตั้งค่าการออกแบบวงจรภายใน ให้ผู้ที่ต้องการใช้งานเข้าใจได้อย่างครบถ้วน

3.4.1 ขั้นตอนการเข้าโปรแกรมสำหรับออกแบบวงจรภายใน

รูปที่ 3.19 ไอคอนโปรแกรม FPWIN GR

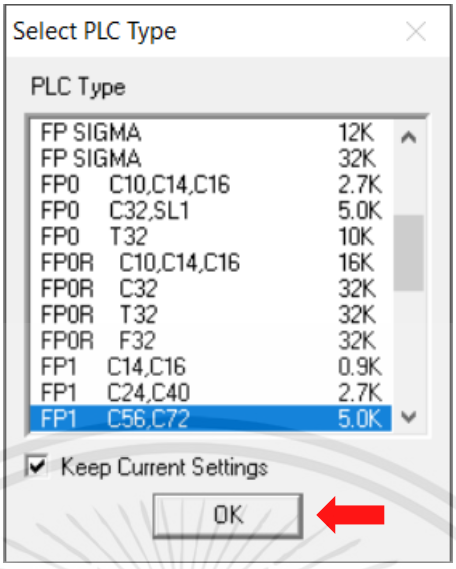
1. เข้าโปรแกรม FPWIN GR ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.20 การเลือกหมายเลขรุ่น

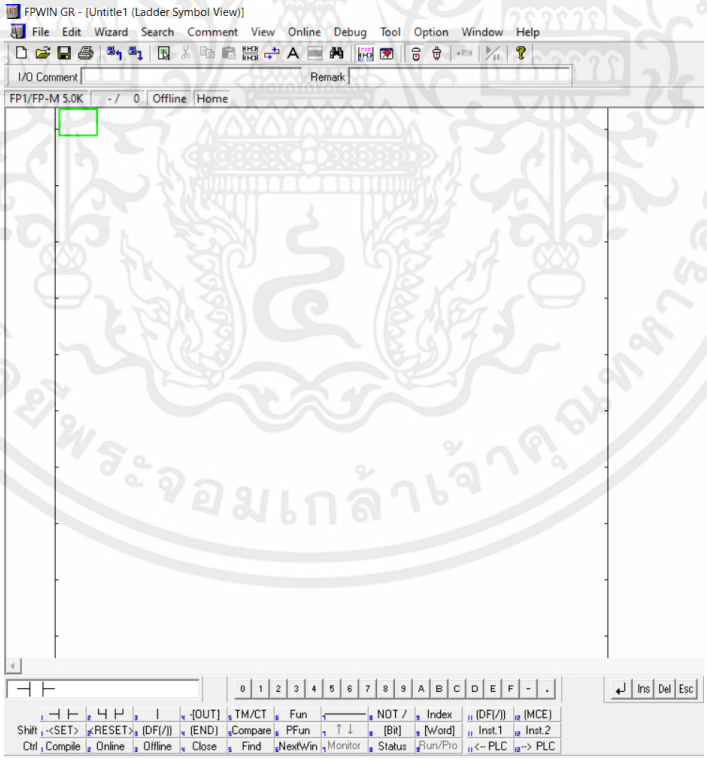
2. กด New สำหรับไปยังหน้าต่างเลือกรุ่นพีแอลซีที่ใช้ ดังรูปที่ 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 หมายเลขรุ่นที่ผู้จัดทำเลือกใช้ FP1-C56

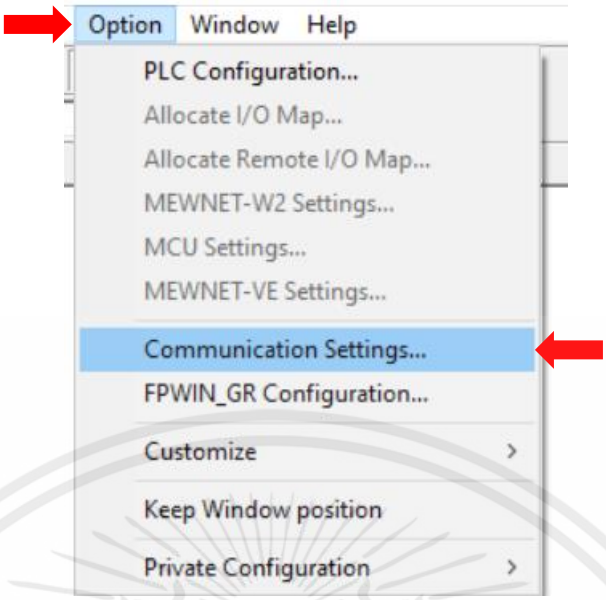
3. เลือกหมายเลขรุ่นของพีแอลซีที่ใช้ และกด OK ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.22 หน้าต่างเริ่มต้นการใช้งาน

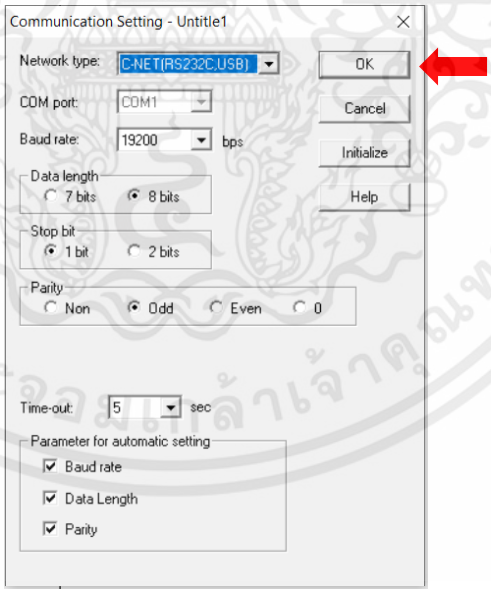
4. หลังจากเลือกหมายเลขรุ่นพีแอลซีแล้ว จะมีหน้าต่างเริ่มต้นใช้งาน ดังรูปที่ 3.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 การตั้งค่าการสื่อสารระหว่างพีแอลซีกับคอมพิวเตอร์

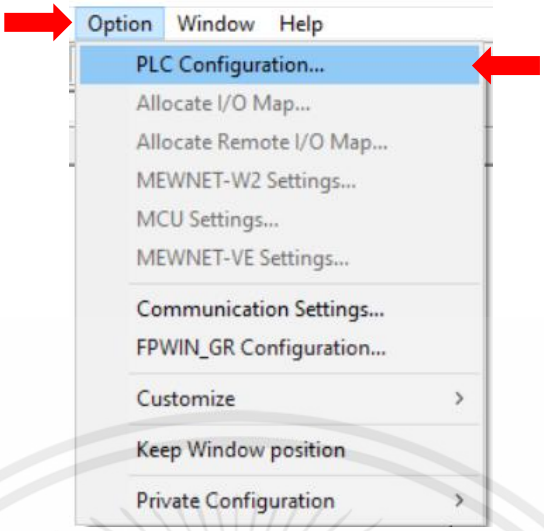
5. ก่อนเริ่มเขียนโปรแกรม ตรวจสอบการตั้งค่าการสื่อสารระหว่างพีแอลซีกับคอมพิวเตอร์ กด Options > Communication Settings ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.24 การตรวจสอบช่องเชื่อมต่อให้ถูกต้อง

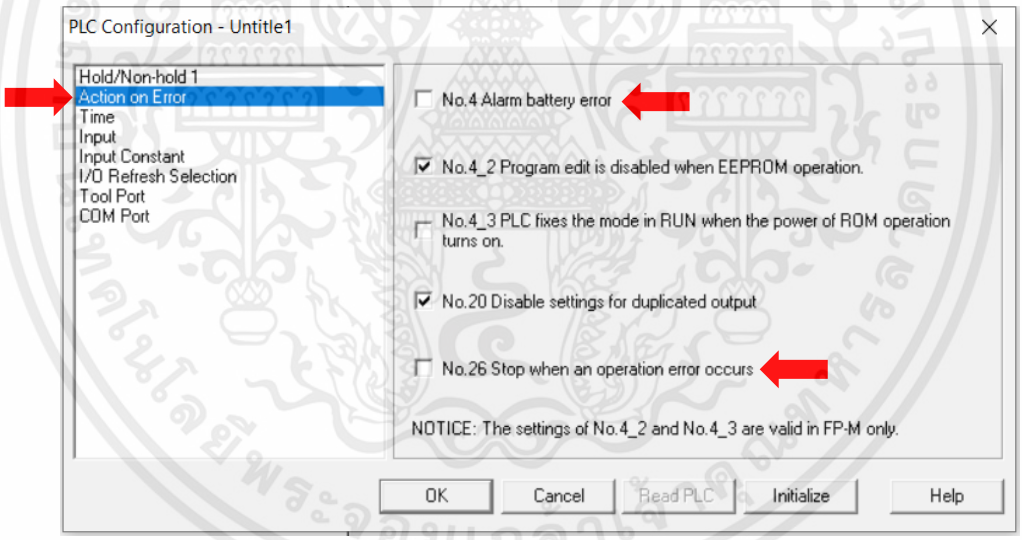
6. ในส่วนแรก COM port เลือกให้ตรงกับช่องที่เสียบกับคอมพิวเตอร์ ส่วนที่สอง Baud rate มาตรฐาน 19200 bps เมื่อตรวจสอบเรียบร้อย กด OK ดังรูปที่ 3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 การกำหนดค่าพีแอลซี

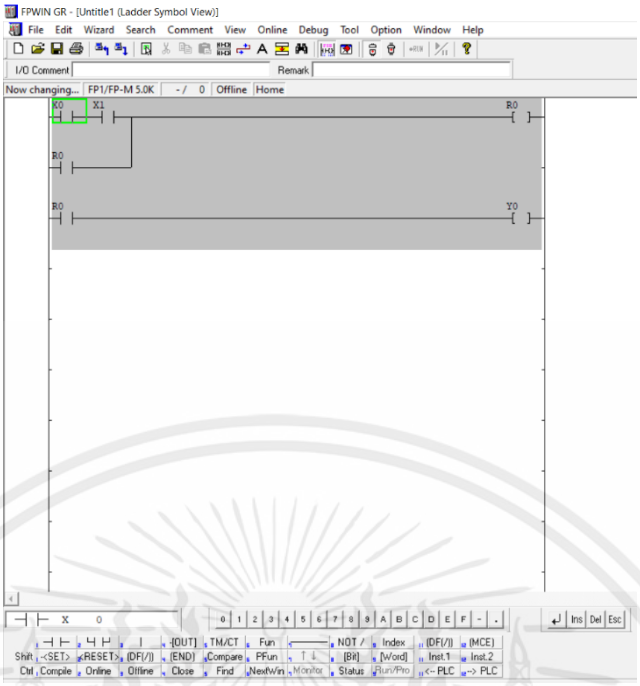
7. กด Option > PLC Configuration ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.26 การปิดการแจ้งเตือนที่ไม่จำเป็นสำหรับไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดระหว่างอัปโหลดโปรแกรม

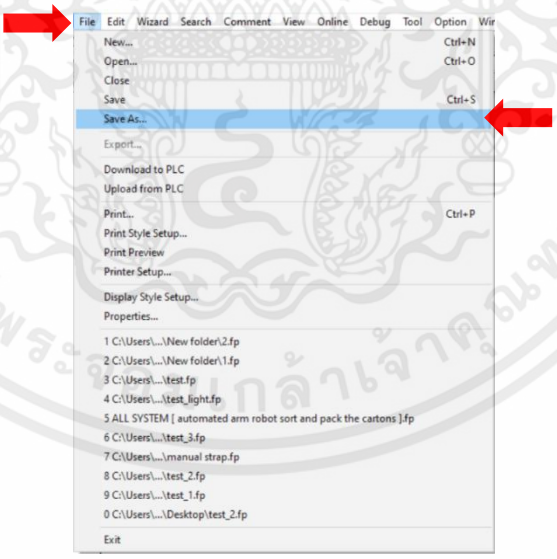
8. ทำการปิดการแจ้งเตือนแบตเตอรี่ผิดพลาด และหยุดเมื่อเกิดข้อผิดพลาดในส่วนการทำงาน หากไม่นำเครื่องหมายถูกออก จะไม่สามารถอัปโหลดโปรแกรมได้ เลือก Action on Error > นำเครื่องหมายถูกที่ No.4 Alarm battery error และ No.26 Stop when an operation error occurs ออก และกด OK ดังรูปที่ 3.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 เสร็จสิ้นการตั้งค่าเบื้องต้น

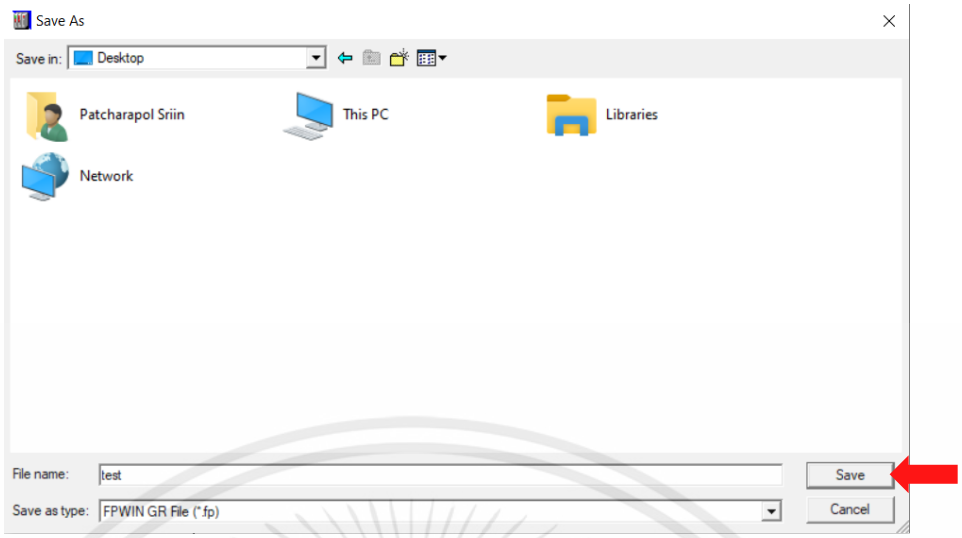
9. เขียนโปรแกรมได้ตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.28 การบันทึกไฟล์ก่อนการอัปโหลดโปรแกรม

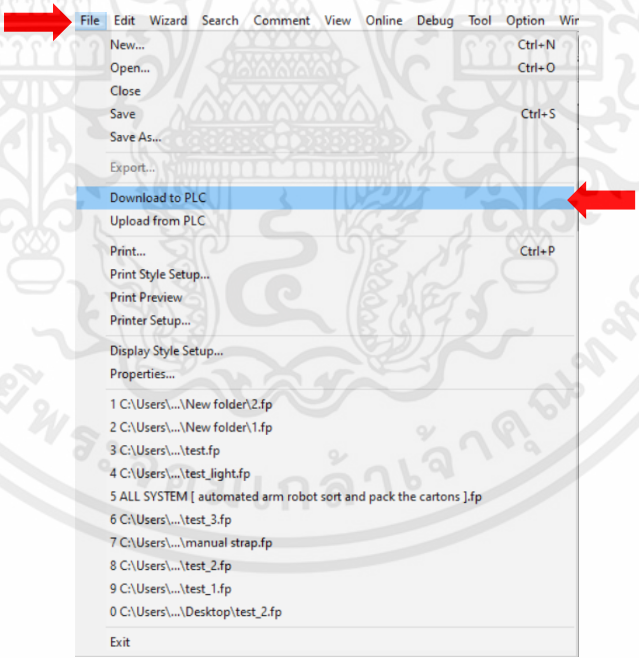
10. เมื่อทำการเขียนโปรแกรมเสร็จแล้ว ให้ทำการบันทึกก่อนการอัปโหลด กด File > Save As ดังรูปที่ 3.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.29 เลือกที่อยู่ที่ต้องการบันทึกไฟล์

11. บันทึกไปยังแฟ้มงานที่ต้องการ จากนั้นกด Save ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.30 การอัปโหลดโปรแกรมเข้าสู่พีแอลซี

12. อัปโหลดโปรแกรมเข้าไปยังพีแอลซี กด Download to PLC ดังรูปที่ 3.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 คำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมระบบต่าง ๆ

1. คำสั่ง Interlock ที่ใช้ในโครงงาน

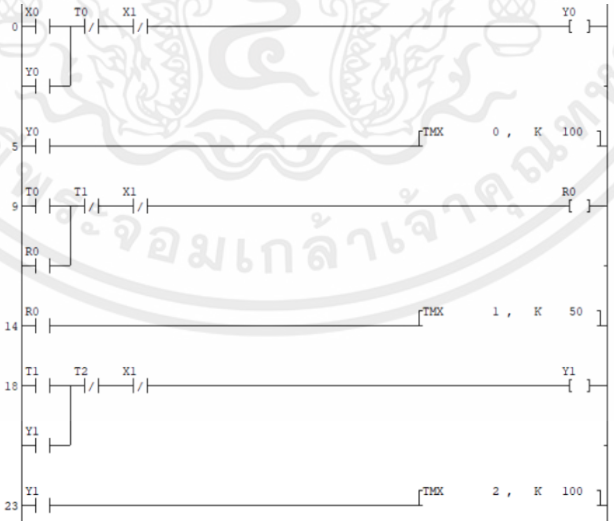
เป็นการกำหนดให้ส่วนของเอาต์พุตทำงานอย่างต่อเนื่อง จนกว่าจะมีคำสั่งอินพุตอีกตัวหนึ่งป้อนเข้ามาสำหรับขัดจังหวะการทำงานของเอาต์พุตตัวนั้น เช่น กำหนดให้ทางด้านอินพุตมี X0 และ X1 คือ สวิตช์ และด้านเอาต์พุตมี Y0 คือ มอเตอร์

รูปที่ 3.31 คำสั่ง Interlock ที่ใช้ในโครงงาน

จากรูปที่ 3.31 การทำงาน X0 เป็นลอจิก 1 Y0 จะเป็นลอจิก 1 เมื่อ X0 เป็นลอจิก 0 Y0 ยังคงเป็นลอจิก 1 เพราะ Y0 อินเตอร์ล็อคที่ X0 ไว้ ดังนั้นจึงทำงานค้างสถานะไว้ จะหยุดระบบการทำงานก็ต่อเมื่อ X1 เป็นลอจิก 1

2. คำสั่ง Timer ที่ใช้ในโครงงาน

เป็นการหน่วงเวลา การนับเวลาถอยหลังสำหรับเปลี่ยนแปลงค่าลอจิก สามารถนำไปขัดจังหวะได้เช่นเดียวกับคำสั่งอินเตอร์ล็อคได้ เช่น กำหนดให้ทางด้านอินพุตมี X0 และ X1 คือ สวิตช์ และด้านเอาต์พุตมี Y0 และ Y1 คือ มอเตอร์



รูปที่ 3.32 คำสั่ง Timer ที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.32 การทำงาน X0 เป็นลอจิก 1 Y0 จะเป็นลอจิก 1 ในขณะเดียวกัน Y0 ป้อนลอจิก 1 ให้กับทามเมอร์ศูนย์ ทามเมอร์ศูนย์นับเวลาถอยหลัง 10 วินาที สำหรับตัดการทำงาน Y0 ดังนั้น Y0 จะเป็นลอจิก 0 หรือหยุดการทำงาน ต่อไปเมื่อทามเมอร์ศูนย์ทำงานแล้ว ยังสั่งให้ R0 ที่เป็นเอาต์พุตภายใน เป็นลอจิก 1 R0 ป้อนลอจิก 1 ให้ทามเมอร์หนึ่ง ทามเมอร์หนึ่งนับเวลาถอยหลัง 5วินาที สำหรับตัดการ R0 ดังนั้น R0 จะเป็นลอจิก 0 หรือหยุดการทำงาน ต่อไปเมื่อทามเมอร์หนึ่งทำงานแล้ว ยังสั่งให้ Y1 เป็นลอจิก 1 Y1 ป้อนลอจิก 1 ให้ทามเมอร์สอง ทามเมอร์สองนับเวลาถอยหลัง 10 วินาที สำหรับตัดการทำงาน Y1 ในส่วนของ X1 มีไว้สำหรับการตัดการทำงานทั้งระบบ เมื่อเกิดข้อผิดพลาดระหว่างการทำงาน

3.4.3 การระบุแอดเดรสและชื่อของตัวแปรต่าง ๆ ในการเขียนแลดเดอร์

การระบุแอดเดรส และการระบุบอกชื่อของตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการเขียนแลดเดอร์เพื่อความเข้าใจ และแม่นยำมากขึ้น โดยผู้จัดทำได้ออกแบบตารางในการระบุแอดเดรสของอินพุตและเอาต์พุต ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แอดเดรสและชื่อของตัวแปร

INPUT		OUTPUT	
Address	Comment	Address	Comment
X00	-	Y00	Heater
X01	Check PALLET 1	Y01	Conveyor 1
X02	Check PALLET 2	Y02	Conveyor 2
X03	Check ARMROBOT	Y03	Heater Forward
X04	Check PACK	Y04	Strap Forward
X05	FINISH WORKING	Y05	Counter CW
X06	Check BOX 1	Y06	CW
X07	Check BOX 2	Y07	-
X08	-	Y08	B Box
X09	-	Y09	C Box
X0A	STOP	Y0A	D Box
X0B	START	Y0B	E Box
X0C	-	Y0C	-
X0D	-	Y0D	Heater Backward
X0E	-	Y0E	Strap Backward

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

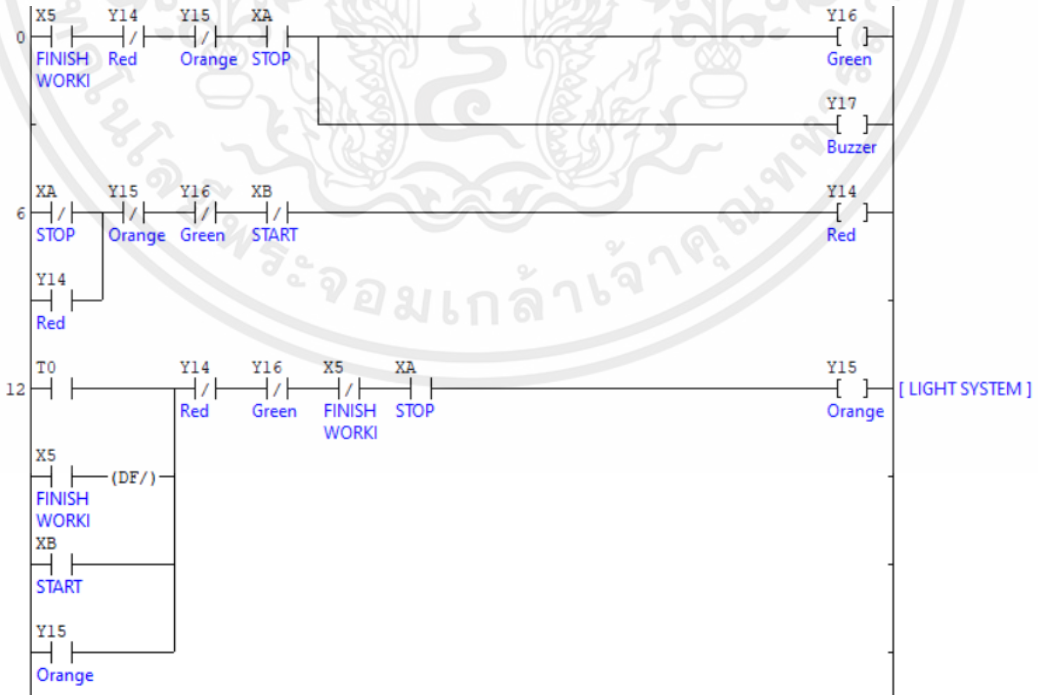
ตารางที่ 3.1 แอดเดรสและชื่อของตัวแปร (ต่อ)

INPUT		OUTPUT	
Address	Comment	Address	Comment
X0F	-	Y0F	Release Pallet
-	-	Y10	Close Lower
-	-	Y11	Close Upper
-	-	Y12	Lift Pallet
-	-	Y13	Cutter
-	-	Y14	Red
-	-	Y15	Orange
-	-	Y16	Green
-	-	Y17	Buzzer

3.4.4 การเขียนโปรแกรมควบคุมทั้งระบบ

ผู้จัดทำได้ออกแบบการเขียนโปรแกรมออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ ระบบสถานะแจ้งเตือน ระบบเริ่มการทำงาน ระบบแขนกล ระบบแพ็คกล่องสินค้า และระบบปล่อยพาเลทชิ้นต่อไป

1. ระบบสถานะแจ้งเตือน



รูปที่ 3.33 แลดเดอร์สำหรับระบบสถานะแจ้งเตือน

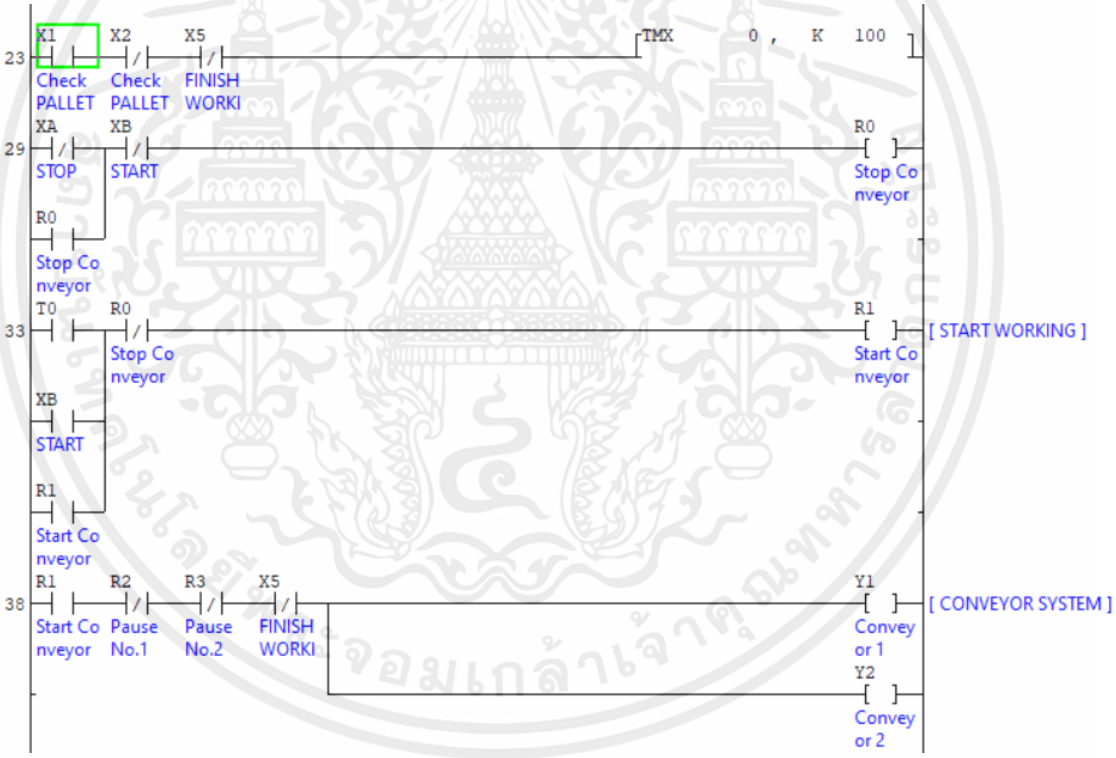
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.33 บรรทัดที่ 0 หาก X5 เป็นลอจิก 1 จะทำให้ Y16 เป็นลอจิก 1 โดยที่ไฟสถานะสีเขียวและลำโพงจะทำงานชั่วคราวเนื่องจากไม่มีการอินเตอร์ล็อค จะหยุดทำงานก็ต่อเมื่อ Y14 หรือ Y15 หรือ XA ตัวใดตัวหนึ่งมีลอจิกเป็น 0

บรรทัดที่ 6 หาก XA เป็นลอจิก 1 จะทำให้ Y14 เป็นลอจิก 1 ไฟสถานะสีแดงจะการทำงานค้างเนื่องจากมีการอินเตอร์ล็อค จะหยุดระบบการทำงานก็ต่อเมื่อ Y15 หรือ Y16 หรือ XB ตัวใดตัวหนึ่งมีลอจิกเป็น 0

บรรทัดที่ 15 หาก T0 หรือ X5 ขอบขาลง หรือ XB เป็นลอจิก 1 จะทำให้ Y15 เป็นลอจิก 1 ไฟสถานะสีส้มจะทำงานค้างเนื่องจากมีการอินเตอร์ล็อค จะหยุดทำงานก็ต่อเมื่อ Y14 หรือ Y16 หรือ X5 หรือ XA ตัวใดตัวหนึ่งมีลอจิกเป็น 0

2. ระบบเริ่มการทำงาน



รูปที่ 3.34 แลดเดอร์สำหรับระบบเริ่มการทำงาน

จากรูปที่ 3.34 บรรทัดที่ 23 จะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่อ X1 เป็นลอจิก 1 หาก X2 ที่เป็นเซนเซอร์คอยตรวจจับไม้พาเลท หากไม้พาเลทเกินหรือขาดไม่เท่ากับ 6 ชิ้น X2 จะมีสถานะลอจิกเป็น 0 ถ้าไม้พาเลทครบ 6 ชิ้น จะทำการส่งลอจิก 1 ไปยัง T0 ให้นับเวลา 10 วินาที ก่อนเริ่มทำงาน

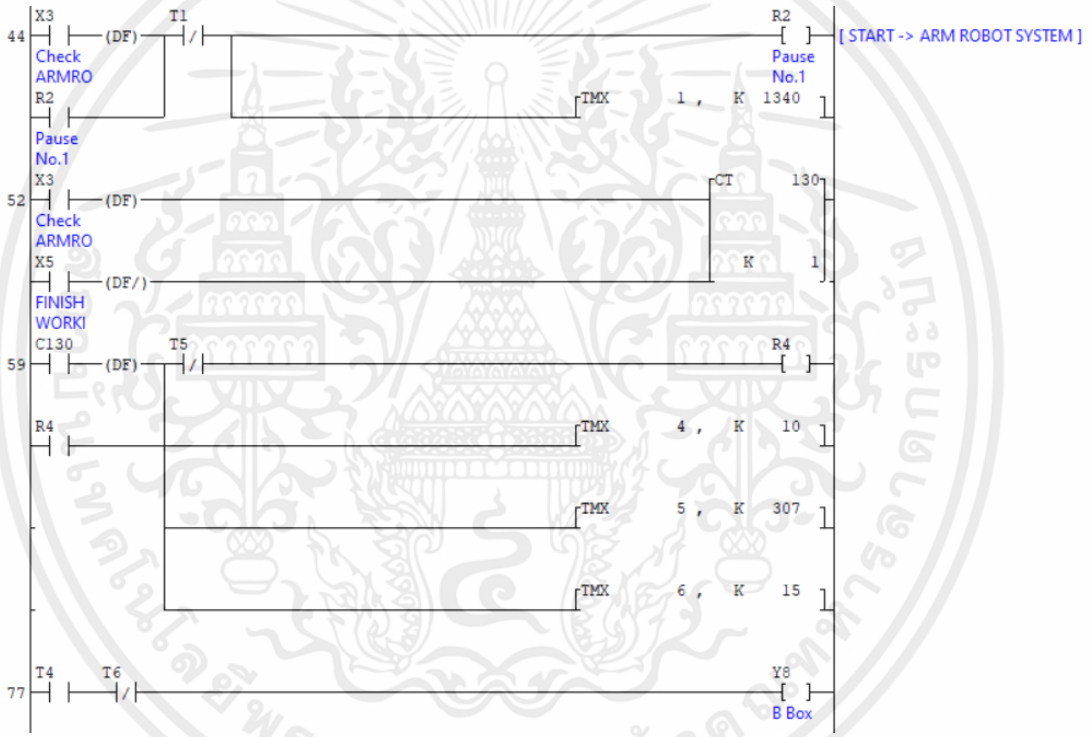
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรทัดที่ 29 หาก XA เป็นลอจิก 1 จะทำให้ R0 เป็นลอจิก 1 R0 เป็นตัวหยุดระบบการทำงานของสายพาน จะทำงานค้างเนื่องจากมีการอินเตอร์ล็อค จะหยุดทำงานก็ต่อเมื่อ XB เป็นลอจิก 0

บรรทัดที่ 33 หาก T0 หรือ XB เป็นลอจิก 1 จะทำให้ R1 เป็นลอจิก 1 R1 เป็นตัวขับสายพาน จะทำงานค้างเนื่องจากมีการอินเตอร์ล็อค จะหยุดการทำงานก็ต่อเมื่อ R0 เป็นลอจิก 1

บรรทัดที่ 38 หาก R1 เป็นลอจิก 1 จะทำให้ Y1 และ Y2 เป็นลอจิก 1 สายพานจะทำงาน จะหยุดการทำงานก็ต่อเมื่อ R2 หรือ R3 หรือ X5 ตัวใดตัวหนึ่งเป็นลอจิก 0

3. ระบบแขนกล



รูปที่ 3.35 แลดเดอร์สำหรับระบบแขนกล

จากรูปที่ 3.35 บรรทัดที่ 44 หาก X3 ขอบขาขึ้น เป็นลอจิก 1 จะทำให้ R2 เป็นลอจิก 1 ทำงานค้างเนื่องจากมีการอินเตอร์ล็อค T1 จะนับเวลา 134 วินาที ก่อนจะตัดการทำงานของ R2 ซึ่ง R2 เป็นตัวหยุดระบบการทำงานของสายพานชั่วคราว สำหรับให้แขนกลได้จัดเรียงกล่องสินค้าบนไม้พาเลท

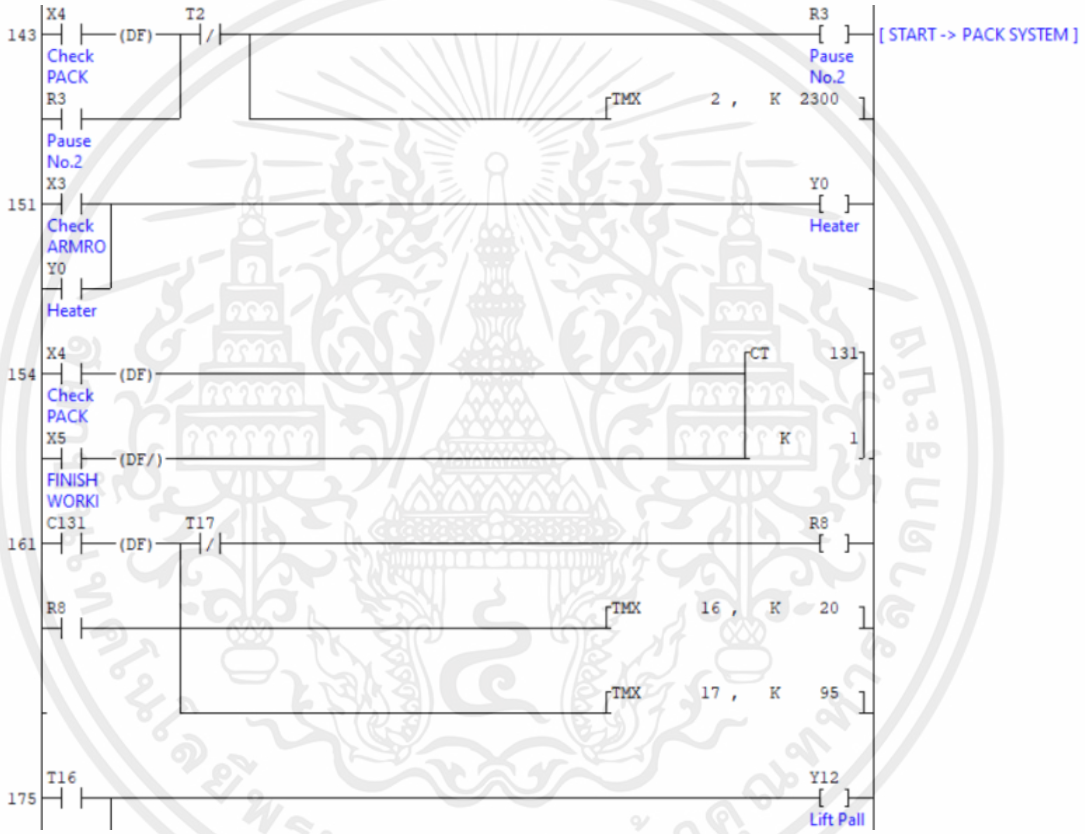
บรรทัดที่ 52 หาก X3 ขอบขาขึ้น เป็นลอจิก 1 จะทำให้ C130 เป็นลอจิก 1 โดยมี X5 ขอบขาลง เป็นตัวรีเซ็ตค่า C130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรทัดที่ 59 หาก C130 ขอบขาขึ้น เป็นลอจิก 1 จะทำให้ R4 เป็นค่าลอจิก 1 ทำงานค้างเนื่องจากมีการอินเตอร์ล็อค พร้อมกับ T4 T5 และ T6 นับเวลา 10 307 และ15 วินาที ตามลำดับ

บรรทัดที่ 77 หาก T4 เป็นลอจิก 1 จะทำให้ Y8 เป็นลอจิก 1 แขนกลจะเคลื่อนที่ไปยังกล่องสินค้าที่เตรียมไว้ และหยิบจับกล่องสินค้าไปวางเรียงบนไม้พาเลท

4. ระบบแพ็คกล่องสินค้า



รูปที่ 3.36 แลดเดอร์สำหรับระบบแพ็คกล่องสินค้า

จากรูปที่ 3.3.6 บรรทัดที่ 143 หาก X4 ขอบขาขึ้น เป็นลอจิก 1 จะทำให้ R3 เป็นลอจิก 1 ทำงานค้างเนื่องจากมีการอินเตอร์ล็อค T2 จะนับเวลา 230 วินาที ก่อนจะตัดการทำงานของ R3 ซึ่ง R3 เป็นตัวหยุดการทำงานของสายพานชั่วคราว สำหรับให้ระบบแพ็คสินค้าทำงานครบขั้นตอน

บรรทัดที่ 151 หาก X3 เป็นลอจิก 1 จะทำให้ Y0 เป็นลอจิก 1 ทำงานค้างเนื่องจากมีการอินเตอร์ล็อคเป็นการสั่งให้ฮีตเตอร์เกิดความร้อน

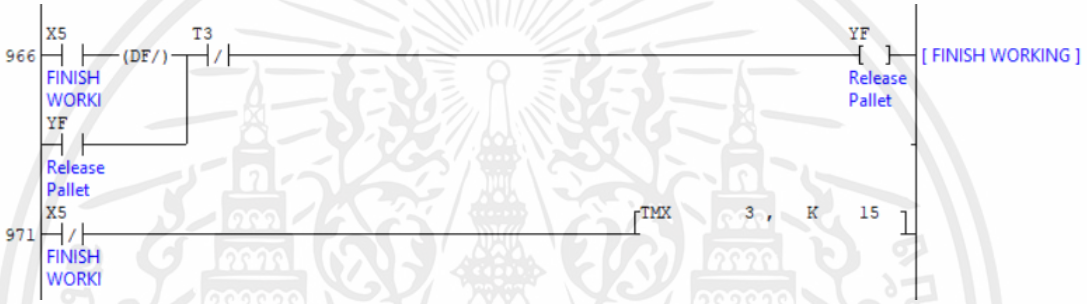
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรทัดที่ 154 หาก X4 ขอบขาขึ้น เป็นลอจิก 1 จะทำให้ C131 เป็นลอจิก 1 โดยมี X5 ขอบขาลง เป็นตัวรีเซ็ตค่า C131

บรรทัดที่ 161 หาก C131 ขอบขาขึ้น เป็นลอจิก 1 จะทำให้ R8 เป็นลอจิก 1 ทำงานค้างเนื่องจากมีการอินเตอร์ล็อค พร้อมกับ T16 และ T17 นับเวลา 2 วินาที และ 9.5 วินาที ตามลำดับ เมื่อ T17 นับเวลาครบ 9.5 วินาที จะตัดการทำงานของ R8

บรรทัดที่ 175 หาก T16 เป็นลอจิก 1 จะทำให้ Y12 เป็นลอจิก 1 จะเริ่มการทำงานของระบบแพ็คกล่องสินค้า

5. ระบบปล่อยพาเลทชิ้นต่อไป



รูปที่ 3.37 แลดเดอร์สำหรับระบบปล่อยไม้พาเลทชิ้นต่อไป

จากรูปที่ 3.37 บรรทัดที่ 966 หาก X5 ขอบขาลง เป็นลอจิก 1 จะทำให้ YF เป็นลอจิก 1 ทำงานค้างเนื่องจากมีการอินเตอร์ล็อค ซึ่ง YF เป็นตัวปล่อยไม้พาเลทชิ้นต่อไป

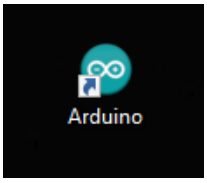
บรรทัดที่ 971 หาก X5 ขอบขาลง เป็นลอจิก 1 จะทำให้ T1 นับเวลา 1.5 วินาที สำหรับตัดการทำงาน YF

3.5 การออกแบบโปรแกรมภายในอาดุยโน่

ในส่วนนี้ผู้จัดทำเลือกใช้อาดุยโน่ ซึ่งตัวภาษาของอาดุยโน่นั้น นำเอาโอเพ่นซอร์สของโปรเจคที่มีชื่อว่า Wiring มาพัฒนาต่อเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูลเอวีอาร์ การออกแบบโปรแกรมภายใน ผู้จัดทำใช้บอร์ดอาดุยโน่ยูโน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสะดวกของแต่ละบุคคลในการเลือกใช้ชนิดของบอร์ด โดยผู้จัดทำจะอธิบายการเข้าใช้งานโปรแกรม การเขียนโปรแกรม และการตั้งค่าต่าง ๆ ให้กับผู้ที่ต้องการใช้งานได้อย่างเข้าใจครบถ้วน

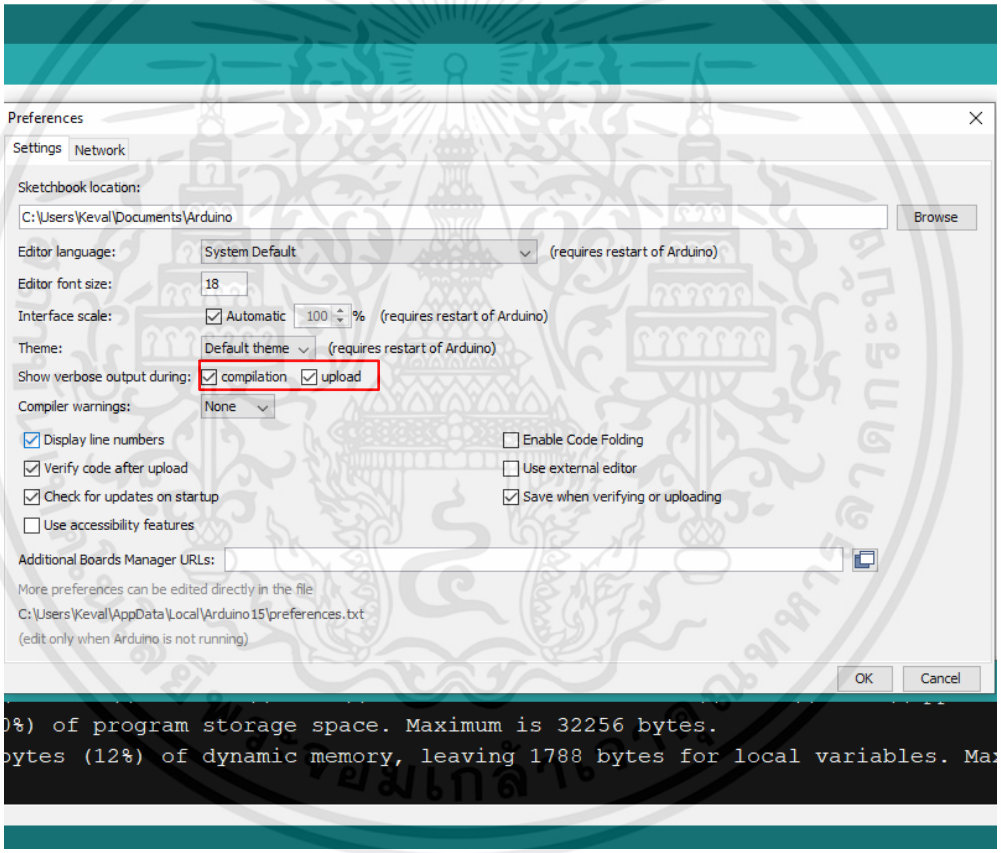
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 ขั้นตอนการเข้าโปรแกรมสำหรับออกแบบคำสั่งและเงื่อนไข



รูปที่ 3.38 ไอคอนโปรแกรมอาดุยโน่

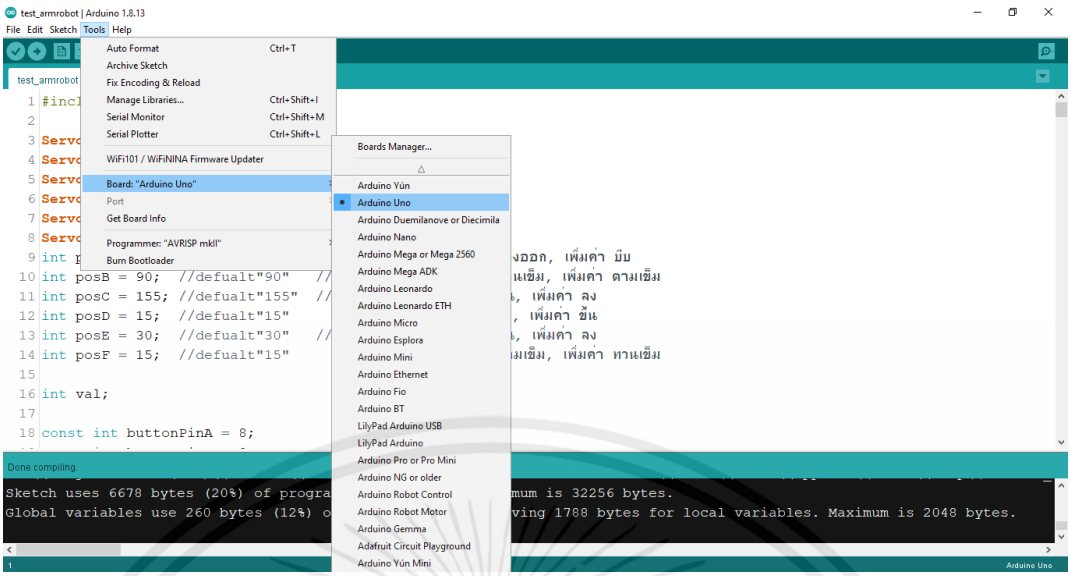
1. เข้าโปรแกรมอาดุยโน่ ดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.39 การตั้งค่าโปรแกรมก่อนใช้งาน

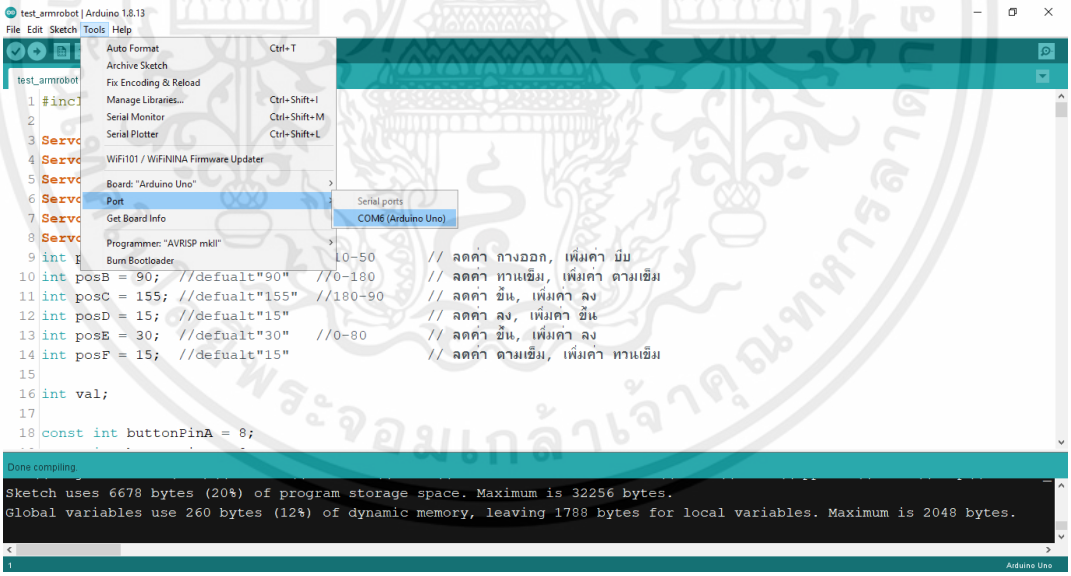
2. เลือก File > Preferences > Show verbose output during ให้เลือกเป็นเครื่องหมายถูก ที่ Compilation และ Upload สำหรับลดข้อผิดพลาดในการคอมไพล์ และอัปโหลด ดังรูปที่ 3.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.40 การเลือกบอร์ดสำหรับการใช้งาน

3. ไปที่ Tools > Board จากนั้นทำการเลือกบอร์ดที่ต้องการใช้งาน หากไม่มีบอร์ดที่ต้องการใช้งานให้ไปเลือกที่คำสั่ง Boards Manager สำหรับการเพิ่มบอร์ด ดังรูปที่ 3.40



รูปที่ 3.41 การเลือกช่องเชื่อมต่อสำหรับการใช้งาน

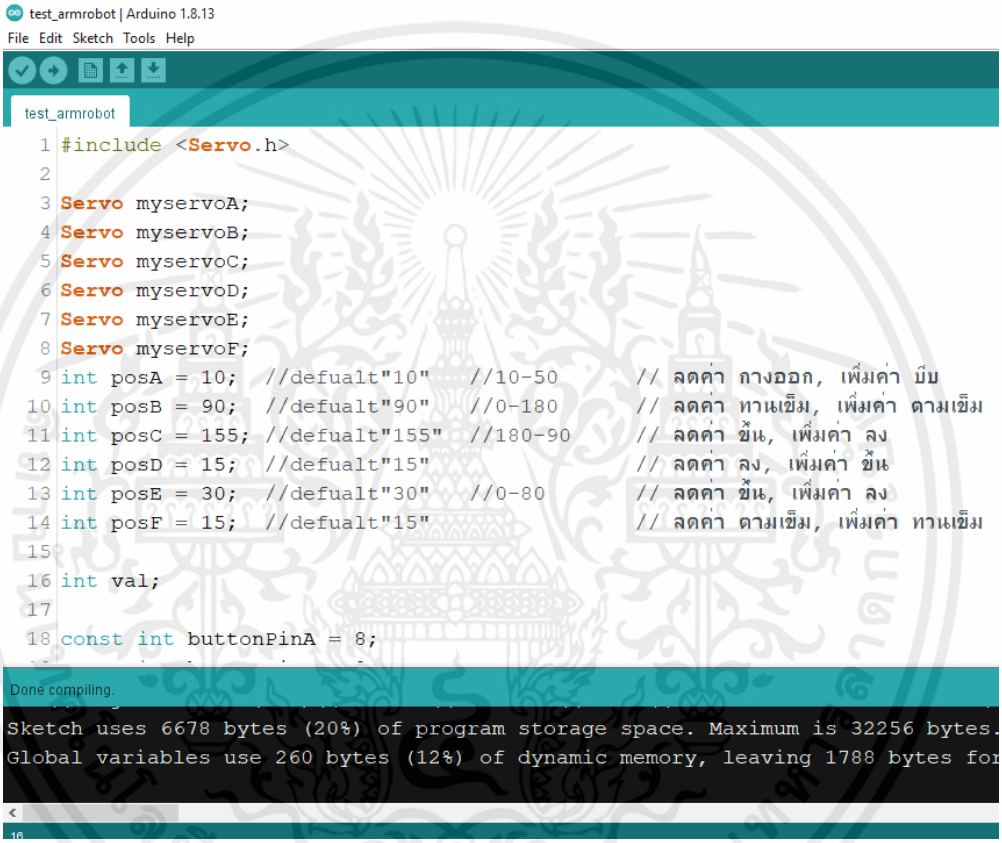
4. เลือกช่องเชื่อมต่อสายสำหรับการอัปโหลดข้อมูลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไปยังหน่วยประมวลผล ดังรูปที่ 3.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมทั้งระบบ

การเขียนโปรแกรมควบคุมทั้งระบบ ทางผู้จัดทำได้แบ่งการเขียนโปรแกรมทั้งหมดเป็น 3 ส่วน ได้แก่ Header, Setup() และ Loop() ทั้ง 3 ส่วนนี้เป็นโครงสร้างพื้นฐานทางโปรแกรมของภาษาซี ดังนี้

1. การออกแบบในส่วนของ Header



รูปที่ 3.42 รูปแบบการกำหนดตัวแปรในส่วนของ Header

จากรูปที่ 3.42 Header เป็นส่วนที่กำหนดค่าเริ่มต้นของโปรแกรม จะมีหรือไม่มีก็ได้ ไว้สำหรับกำหนดตัวแปรค่าคงที่ต่าง ๆ และส่วนที่เป็นคำสั่งคอมไพล์เลอร์อีกด้วย

ยกตัวอย่าง รูปแบบการกำหนดตัวแปรในส่วนของ Header ที่ใช้ในโครงงาน

1.1 #include <Servo.h> ตัวแปรภาษาของอาดุยโน่จะไปค้นหาไฟล์ที่ชื่อ Servo.h จากตำแหน่งของไดเรกทอรี่ที่เก็บไฟล์ไลบารี่ของโปรแกรมอาดุยโน่

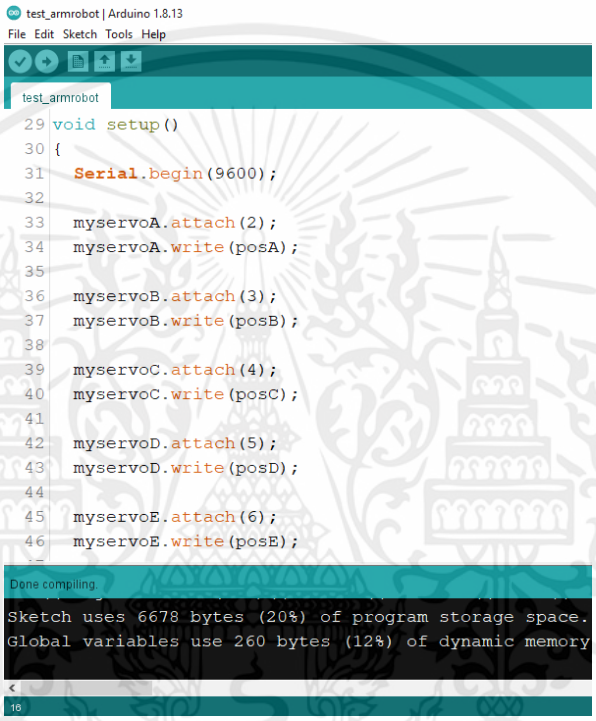
1.2 Servo myservoA; การประกาศตัวแปรสำหรับการใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ สามารถกำหนดชื่อตัวแปรเองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 int posA = 10; การประกาศคำสั่ง int เป็นชนิดของข้อมูลพื้นฐานที่ต้องกำหนดให้เหมาะสม จากคำสั่งที่ใช้ คือการกำหนดค่าเริ่มต้นของเซอร์โวมอเตอร์ให้เริ่มที่ 10 องศา

1.4 const int buttonPinA = 8; การเพิ่ม const หน้าคำสั่ง int หมายถึง ไม่สามารถเปลี่ยนค่าได้ขณะที่โปรแกรมเริ่มทำงาน buttonPinA = 8 คือการกำหนดปุ่ม A ที่ขา 8

2. การออกแบบในส่วนของ Setup()



รูปที่ 3.43 รูปแบบการกำหนด Setup() ฟังก์ชันที่บังคับใช้ในโปรแกรม

จากรูปที่ 3.43 ส่วนของ Setup() เป็นการกำหนดฟังก์ชันภายที่บังคับใช้ในโปรแกรมต้องใส่ส่วนนี้ไว้เสมอ ไม่จำเป็นต้องเขียนคำสั่งไว้ใน ( ) โดยฟังก์ชันจะบรรจุคำสั่งที่ใช้ในโปรแกรมนั้น โปรแกรมจะทำการอ่านเพียงรอบเดียว เช่น การกำหนดหน้าที่การใช้งานของคำสั่ง PinMode และการกำหนดค่า Baud rate สำหรับใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรม เป็นต้น

ยกตัวอย่าง รูปแบบการกำหนด Setup() ฟังก์ชันที่บังคับใช้ในโปรแกรม

2.1 คำสั่ง Serial.begin(9600); คือเริ่มการติดต่อส่งข้อมูลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ทาง Serial Monitor ส่วนตัวเลข 9600 คือการกำหนดว่าจะใช้ความเร็วที่ 9600 ยิ่งมีค่ามากยิ่งส่งข้อมูลได้เร็วขึ้น สามารถเปลี่ยนค่าได้ดังนี้ 300, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800 และ 921600

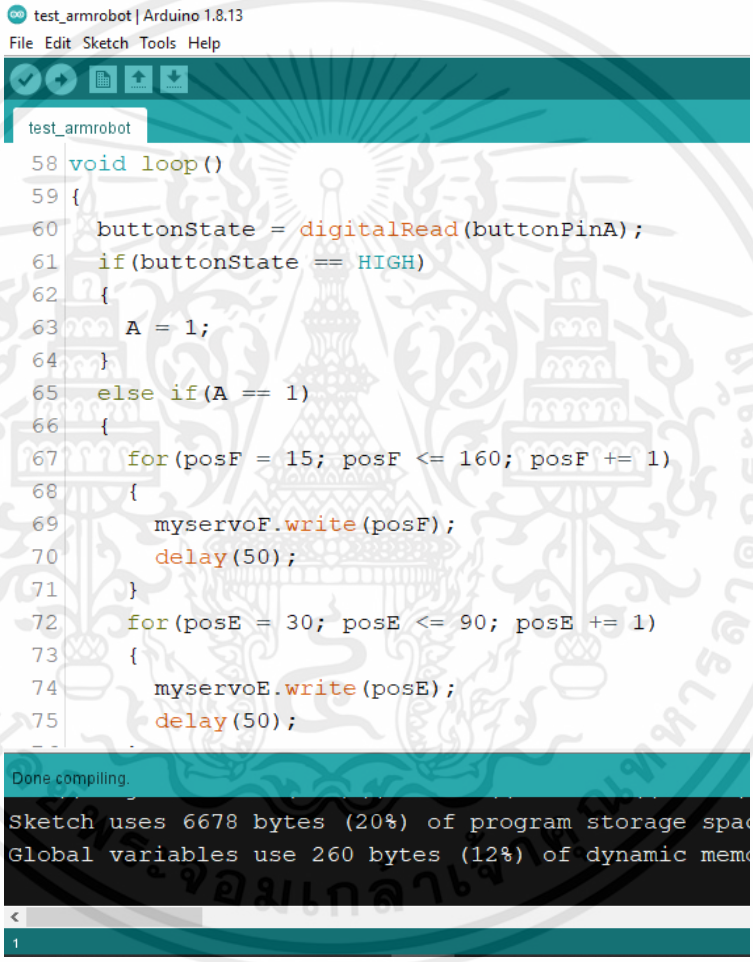
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ฟังก์ชั่นภายในที่ใช้มีดังนี้

- attach() คือ ฟังก์ชั่นที่ใช้สำหรับการกำหนดขาสัญญาณที่เซอร์โวมอเตอร์เมื่อต่อกับอาดุยโน่ และช่วยกำหนดความกว้างของพัลส์ที่ 0 องศา และ 180 องศา

- Write() คือ ฟังก์ชั่นที่ใช้สำหรับควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ให้หมุนไปยังองศาที่กำหนด

3. การออกแบบในส่วนของ Loop()



รูปที่ 3.44 คำสั่ง if else ที่ใช้ในโครงงาน

จากรูปที่ 3.44 ถ้าหากต้องการเขียนโปรแกรม สำหรับการตรวจสอบเงื่อนไข ดังนั้น คำสั่ง If จะตรวจสอบเงื่อนไข หากตรงตามเงื่อนไข โปรแกรมจะเริ่มทำงาน และถ้าต้องการใช้หลายเงื่อนไขให้เลือกใช้คำสั่ง Else โดยอธิบายแต่ละบรรทัดได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 บรรทัดที่ 60 หมายถึง กำหนดให้ตัวแปร buttonState อ่านค่าดิจิตอลจากอินพุตที่ buttonPinA

3.2 บรรทัดที่ 61 – 64 หมายถึง ถ้าค่าของตัวแปร buttonState เท่ากับ HIGH ดังนั้น A มีค่าเท่ากับ 1

3.3 บรรทัดที่ 65 – 68 หมายถึง แล้วถ้า A เท่ากับ 1 ให้เริ่มการทำงานลูป

3.4 บรรทัดที่ 67 หมายถึง สำหรับ posF ที่มีค่าเท่า 15 องศา มีเงื่อนไขว่า posF มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 160 องศา ให้เพิ่มค่ามุมทีละ 1 องศา จนครบ 160 องศา

3.5 บรรทัดที่ 69 – 70 หมายถึง ใช้คำสั่ง myservoF เขียนข้อมูลลงใน posF และหน่วงเวลา 50 มิลลิเซค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

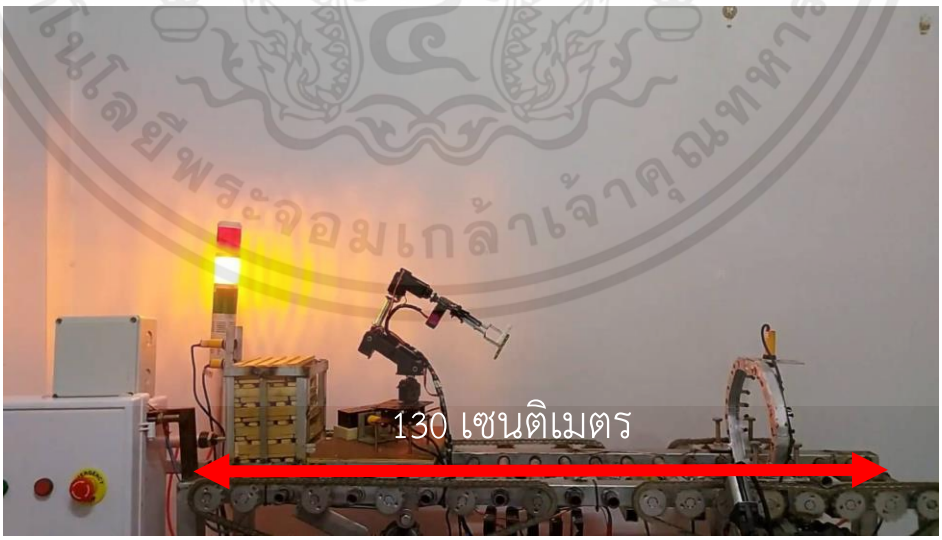
บทที่ 4
ผลการทดลอง

ในส่วนบทนี้จะกล่าวถึง การทดลองการลำเลียงไม้พาเลท การทดลองการจัดเก็บไม้พาเลท การทดลองการทำงานของแขนกล และการทดลองการแพ็คกล่องสินค้า

4.1 การทดลองการลำเลียงไม้พาเลท

การทดลองการลำเลียงไม้พาเลทจากจุดจัดเก็บไม้พาเลทไปยังจุดสิ้นสุดกระบวนการ โดยมีเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุทำหน้าที่คอยตรวจจับไม้พาเลท ถ้าหากที่จัดเก็บไม้พาเลทมีจำนวนครบ 6 ชิ้น จะเริ่มการทำงานใน 10 วินาที หลังจากจากนั้นมอเตอร์ปัดน้ำฝนจะเป็นตัวขับเคลื่อนสายพานลำเลียงและลำเลียงไม้พาเลทออกมาจากจุดเก็บไม้พาเลท รวมเวลาในการจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. การทดลองจับเวลาการลำเลียงไม้พาเลทจำนวน 6 ชิ้น ทั้งหมด 5 ครั้ง
2. สังเกตไฟสถานะที่แสดงทั้งหมด 5 ครั้ง โดยไฟสถานะแบ่งออกได้ดังนี้
   - ไฟสถานะระหว่างการทำงาน
   - ไฟสถานะสิ้นสุดกระบวนการทำงาน
3. คำนวณเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการลำเลียงทั้ง 5 ครั้ง และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
4. บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ระยะห่างจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดกระบวนการมีระยะห่างทั้งหมด 130 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ทดลองการลำเลียงไม้พาเลท

ไม้พาเลท (ชิ้นที่)	เวลาที่ใช้ในการลำเลียงไม้พาเลท (วินาที)					ไฟสถานะระหว่างการทำงาน (ระบุสี)	ไฟสถานะสิ้นสุดกระบวนการ (ระบุสี)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5		
1	374	370	372	374	375	สีส้ม	สีเขียว
2	371	372	373	376	377	สีส้ม	สีเขียว
3	376	375	378	379	376	สีส้ม	สีเขียว
4	375	378	377	372	372	สีส้ม	สีเขียว
5	371	374	371	374	375	สีส้ม	สีเขียว
6	377	379	379	379	377	สีส้ม	สีเขียว

ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการลำเลียงไม้พาเลท โดยที่ $\bar{x}$ คือ เวลาเฉลี่ยในการลำเลียงไม้พาเลท

จากสูตร: $$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (4.1)$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ คือ ผลบวกของข้อมูลทุกค่า

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

374+370+372+374+375+371+372+373+376+377+376+375+378+379+376+375+378+377+372+372+371+374+371+374+375+377+379+379+379+377 = 11,248 วินาที

ดังนั้น $$\bar{x} = \frac{11248}{30}$$

$$\bar{x} = 374.93 \text{ วินาที}$$

สรุปตารางการทดลองที่ 4.1 ได้ดังนี้ คือ เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการลำเลียงไม้พาเลทในระยะทาง 130 เซนติเมตร ได้เท่ากับ 374.93 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองการจัดเก็บไม้พาเลท

การทดลองการจัดเก็บไม้พาเลท โดยบรรจุไม้พาเลทในที่จัดเก็บไม้พาเลทได้ทั้งหมด 6 ชิ้น โดยมีเซนเซอร์ตรวจจับไม้พาเลท หากไม้พาเลทขาดหรือเกินจำนวน 6 ชิ้น ระบบจะไม่เริ่มการทำงาน และมีกระบอกลมที่ทำหน้าที่ประคองไม้พาเลทให้ออกมาครั้งละ 1 ชิ้น โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. บรรจุไม้พาเลทลงในที่จัดเก็บไม้พาเลทครั้งละ 1 ชิ้น จนถึงชิ้นที่ 7 และให้สังเกตดังนี้
   - สังเกตไฟสถานะเป็นเวลา 20 วินาที ก่อนบรรจุชิ้นถัดไป และบันทึกผล
   - สังเกตการทำงานของเครื่องว่ามีการเคลื่อนไหวหรือไม่
2. เมื่อชั้นเก็บไม้พาเลทครบ 6 ชิ้น ให้ทดลองเป็นจำนวน 5 ครั้ง และให้สังเกตดังนี้
   - จับเวลาตั้งแต่ไม้พาเลทครบ 6 ชิ้น จนกระทั่งเครื่องทำงาน
   - สังเกตไฟสถานะเมื่อเครื่องทำงานแล้ว
3. บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3

รูปที่ 4.2 ไม้พาเลทครบ 6 ชิ้น เป็นไปตามเงื่อนไข ไฟสถานะสีส้มจึงติด

รูปที่ 4.3 ไม้พาเลทน้อยกว่า 6 ชิ้น ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ไฟสถานะสีส้มจึงไม่ติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 ไม้พาเลทเกิน 6 ชิ้น ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ไฟสถานะสีส้มจึงไม่ติด

ตารางที่ 4.2 ทดลองการจัดเก็บไม้พาเลท (1)

ชิ้นที่	สถานะในการทำงาน	ไฟสถานะที่แสดง (ระบุสี)
1	✗	ไม่แสดงผล
2	✗	ไม่แสดงผล
3	✗	ไม่แสดงผล
4	✗	ไม่แสดงผล
5	✗	ไม่แสดงผล
6	✓	สีส้ม
7	✗	ไม่แสดงผล

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง เครื่องทำงาน

✗ หมายถึง เครื่องไม่ทำงาน

ตารางที่ 4.3 ทดลองการจัดเก็บไม้พาเลท (2)

ครั้งที่	ไฟสถานะที่แสดง (ระบุสี)	เวลาก่อนเริ่มทำงาน (วินาที)
1	สีเหลือง	10
2	สีเหลือง	10
3	สีเหลือง	10
4	สีเหลือง	10
5	สีเหลือง	10
	เฉลี่ย	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปตารางการทดลองที่ 4.2 ได้ดังนี้ คือ ชิ้นที่ 1 ถึงชิ้นที่ 5 และชิ้นที่ 7 หากจำนวนไม้พาเลทขาดหรือเกิน 6 ชิ้น จะไม่เริ่มการทำงาน ไฟสถานะไม่แสดง และชิ้นที่ 6 หากจำนวนไม้พาเลทที่ใส่ไว้ครบ 6 ชิ้น จะเริ่มการทำงานโดยมีไฟแสดงสถานะสีส้มแสดง

สรุปตารางการทดลองที่ 4.3 ได้ดังนี้ คือ หากไม้พาเลทครบ 6 ชิ้น จะเริ่มการทำงานเครื่องโดยมีไฟแสดงสถานะสีส้มแสดง โปรแกรมจะทำการนับถอยหลังเป็นเวลา 10 วินาที ทั้ง 5 ครั้ง

4.3 การทดลองการทำงานของแขนกล

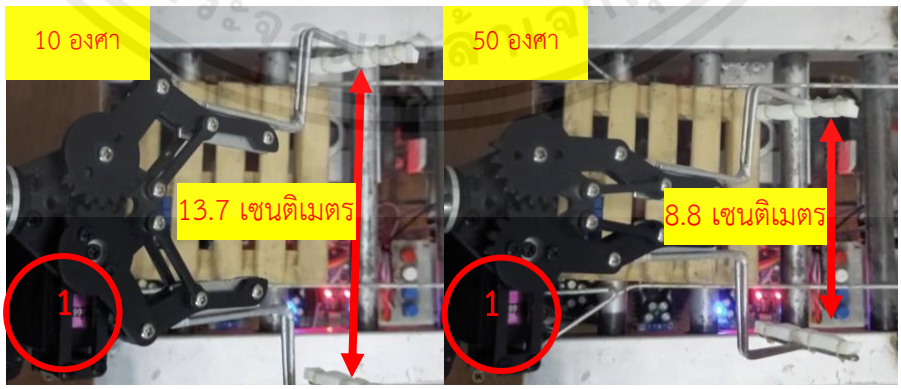
เซอร์โวมอเตอร์เป็นอุปกรณ์หลักของการขับเคลื่อนโครงสร้างแขนกลทั้งหมด 6 จุดหมุน สำหรับนำไปใช้งานในการหยิบจับกล่องสินค้ามาวางเรียงกันบนไม้พาเลท โดยการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

4.3.1 การทดสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

ในการทดลองนี้จะเป็นการทดสอบองศาของเซอร์โวมอเตอร์ ตั้งแต่ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ 6 โดยเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 6 ตัว ถูกนำไปยึดติดกับโครงสร้างของระบบแขนกล และองศาที่ระบุไว้ คือ องศาที่เหมาะสมในการหมุน โดยมีการทดสอบมีดังนี้

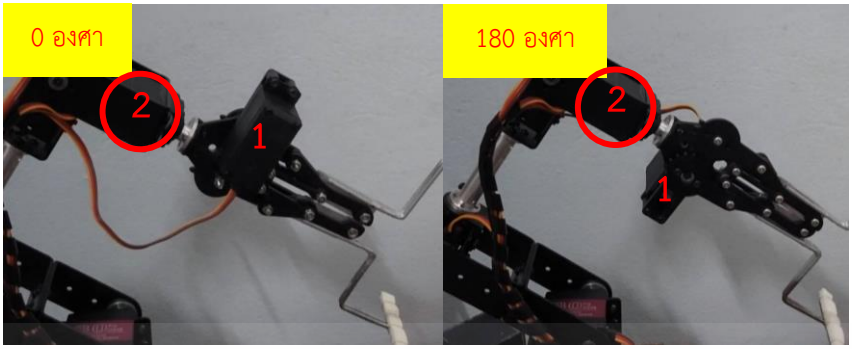
1. ทดสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 6 ตัว โดยมีองศาที่แตกต่างกันดังนี้
- ตัวที่ 1 ทดสอบที่ 10 องศา และ 50 องศา
- ตัวที่ 2 ทดสอบที่ 0 องศา และ 180 องศา
- ตัวที่ 3 ทดสอบที่ 90 องศา และ 180 องศา
- ตัวที่ 4 ทดสอบที่ 90 องศา และ 180 องศา
- ตัวที่ 5 ทดสอบที่ 0 องศา และ 80 องศา
- ตัวที่ 6 ทดสอบที่ 0 องศา และ 180 องศา

2. บันทึกผลการทดสอบลงในตารางที่ 4.4



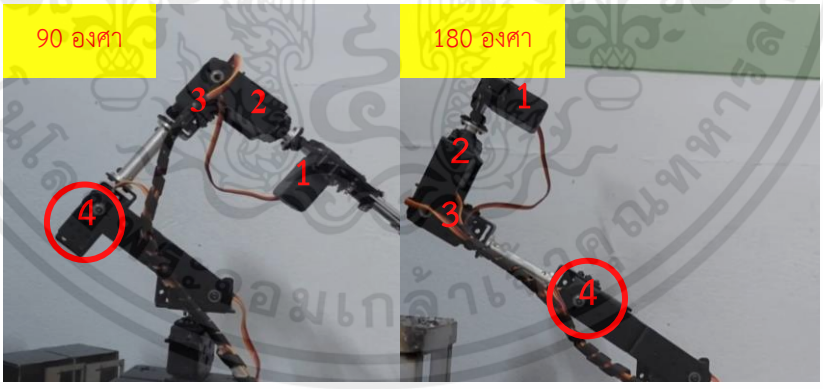
รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ที่องศา 10 องศา และ 50 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



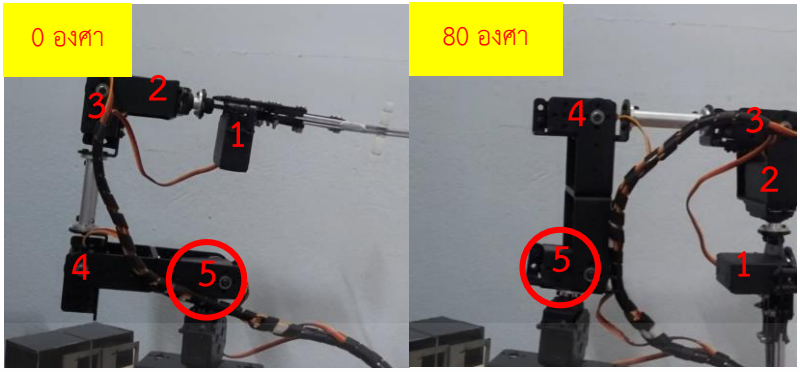
รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 ที่องศา 0 องศา และ 180 องศา

รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 ที่องศา 90 องศา และ 180 องศา

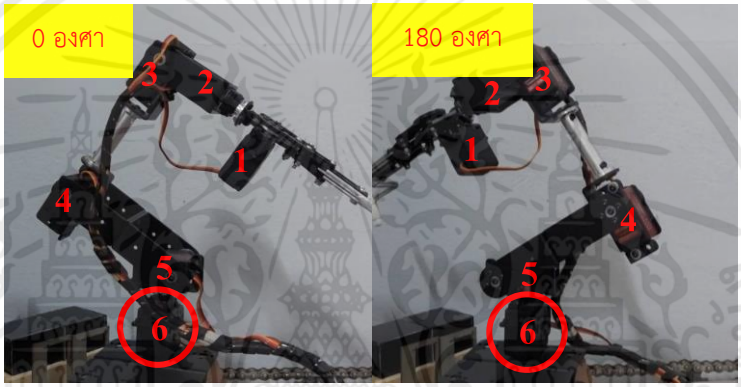


รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 4 ที่องศา 90 องศา และ 180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 5 ที่องศา 0 องศา และ 80 องศา



รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 6 ที่องศา 0 องศา และ 180 องศา

ตารางที่ 4.4 ทดสอบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์	องศาที่เลือกใช้ (องศา)	สถานะการทำงาน
ตัวที่ 1	10 – 50	✓
ตัวที่ 2	0 - 180	✓
ตัวที่ 3	90 - 180	✓
ตัวที่ 4	90 - 180	✓
ตัวที่ 5	0 - 80	✓
ตัวที่ 6	0 - 180	✓

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง เซอร์โวมอเตอร์สามารถทำงานในช่วงองศาที่ทดสอบได้

✕ หมายถึง เซอร์โวมอเตอร์ไม่สามารถทำงานในช่วงองศาที่ทดสอบได้

สรุปตารางการทดลองที่ 4.4 ได้ดังนี้ คือ เซอร์โวมอเตอร์สามารถหมุนตามองศาที่กำหนดไว้ภายในโปรแกรมอาดุยโน่ได้อย่างถูกต้อง และไม่ติดขัดกับโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การทดลองการหยิบกล่องสินค้าของแขนกล

ในการทดลองนี้จะเป็นการควบคุมแขนกลให้ทำการหยิบกล่องสินค้าจำนวน 2 กล่อง ทั้งหมด 4 คู่ และจัดวางเรียงกล่องสินค้าบนไม้พาเลท ชั้นล่าง 4 กล่อง และชั้นบน 4 กล่อง โดยกล่องมีขนาด กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร และสูง 5 เซนติเมตร มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. สังเกตการทำงานของแขนกล และพิจารณาดังนี้

- แขนกลสามารถหยิบกล่องสินค้าได้ ให้ใส่เครื่องหมาย ✓
- แขนกลไม่สามารถหยิบกล่องสินค้าได้ ให้ใส่เครื่องหมาย ✗

2. บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.5

รูปที่ 4.11 ผลการทดลองหยิบกล่องสินค้าคู่ที่ 1

รูปที่ 4.12 ผลการทดลองหยิบกล่องสินค้าคู่ที่ 2

รูปที่ 4.13 ผลการทดลองหยิบกล่องสินค้าคู่ที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.14 ผลการทดลองหยิบกล่องสินค้าคู่ที่ 4

ตารางที่ 4.5 ทดลองการหยิบกล่องสินค้าของแขนกล

การหยิบกล่องสินค้าของแขนกล	สถานะการทำงาน
กล่องคู่ที่ 1	✓
กล่องคู่ที่ 2	✓
กล่องคู่ที่ 3	✓
กล่องคู่ที่ 4	✓

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง แขนกลสามารถหยิบกล่องสินค้าคู่นั้น ๆ ได้

✕ หมายถึง แขนกลไม่สามารถหยิบกล่องสินค้าคู่นั้น ๆ ได้

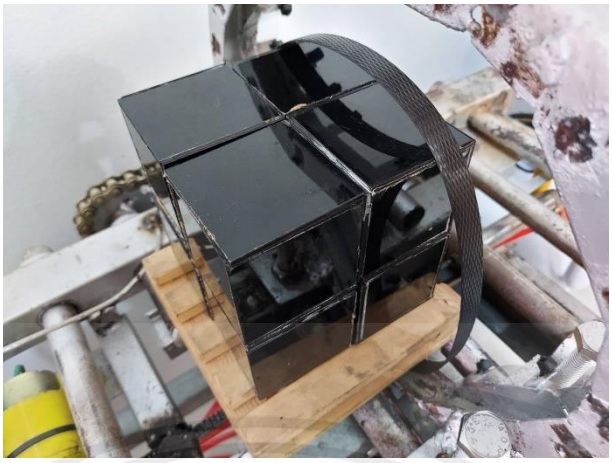
สรุปตารางการทดลองที่ 4.5 ได้ดังนี้ คือ แขนกลสามารถหยิบจับกล่องสินค้าได้ถูกต้องครบถ้วนตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ภายในโปรแกรมอาดุยโน่ทั้งหมด 4 คู่ หรือ 8 กล่อง

4.4 การทดลองการแพ็คกล่องสินค้า

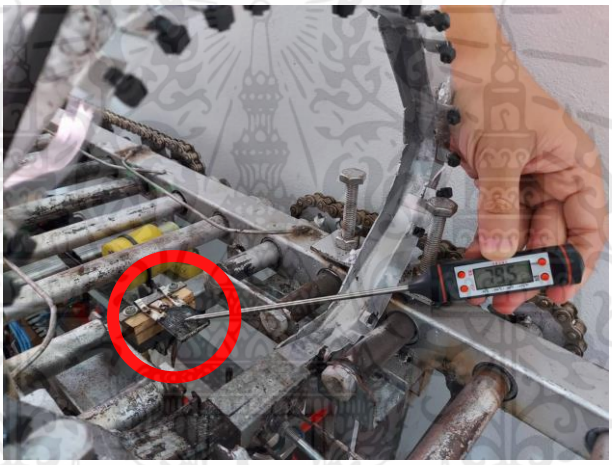
การทดลองการแพ็คกล่องสินค้า เมื่อกล่องสินค้าถูกวางเรียงบนไม้พาเลทครบ 8 กล่อง แล้วไม้พาเลทจะถูกลำเลียงมายังจุดแพ็คกล่องสินค้า จะมีเซนเซอร์คอยตรวจจับไม้พาเลท หากเซนเซอร์ตรวจจับได้ ระบบแพ็คกล่องสินค้าจะเริ่มการทำงาน โดยการป้อนสายรัดพลาสติกด้วยมอเตอร์กระจกมีระบบนิวเมติก เชื่อมสายรัดให้ติดกัน ตัดสายพลาสติกด้วยลวดความร้อน และมีเซอร์โวมอเตอร์หมุนชิ้นงานในการรัดในด้านอื่น ๆ ให้ครบ 2 เส้น มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. วัดอุณหภูมิฮีตเตอร์ที่ใช้สำหรับการเชื่อมสายรัดให้ติดกัน
2. วัดอุณภูมิลวดความร้อนที่ใช้สำหรับการตัดสายพลาสติก
3. จับเวลาการรัดสายเส้นที่ 1 และ 2
4. บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ผลการทดลองการแพ็คกล่องสินค้า



รูปที่ 4.16 ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิฮีตเตอร์

รูปที่ 4.17 ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิลวดความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ทดลองการแพ็คกล่องสินค้า

ลำดับไม้พาเลท	อุณหภูมิที่ใช้ (องศาเซลเซียส)		เวลาในการรัดสาย (วินาที)	
	ฮีตเตอร์	ลวดความร้อน	เส้นที่ 1	เส้นที่ 2
1	79.5	108.9	59	60
2	78.9	110.6	58	59
3	80.2	109.2	60	59
4	79.9	108.5	59	58
5	79.1	109.8	59	60
6	78.8	110.7	59	59

1. การหาค่าเฉลี่ยอุณหภูมิฮีตเตอร์ โดยที่ $\bar{x}$ คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของฮีตเตอร์

79.5+78.9+80.2+79.9+79.1+78.8 = 476.4 องศาเซลเซียส

ดังนั้น $$\bar{x} = \frac{476.4}{6}$$

$$\bar{x} = 79.4 \text{ องศาเซลเซียส}$$

2. การหาค่าเฉลี่ยอุณหภูมิลวดความร้อน โดยที่ $\bar{x}$ คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของลวดความร้อน

108.9+110.6+109.2+108.5+109.8+110.7 = 657.7 องศาเซลเซียส

ดังนั้น $$\bar{x} = \frac{657.7}{6}$$

$$\bar{x} = 109.617 \text{ องศาเซลเซียส}$$

3. การหาค่าเฉลี่ยเวลาการรัดสายเส้นที่ 1 โดยที่ $\bar{x}$ คือ เวลาเฉลี่ยในการรัดสายเส้นที่หนึ่ง

59+58+60+59+59+59 = 354 วินาที

ดังนั้น $$\bar{x} = \frac{354}{6}$$

$$\bar{x} = 59 \text{ วินาที}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การหาค่าเฉลี่ยเวลาการรัดสายเส้นที่ 2 โดยที่ $\bar{x}$ คือ เวลาเฉลี่ยในการรัดสายเส้นที่สอง
60+59+59+58+60+59 = 355 วินาที

ดังนั้น $$\bar{x} = \frac{355}{6}$$

$$\bar{x} = 59.167 \text{ วินาที}$$

สรุปตารางการทดลองที่ 4.6 โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ด้วยกันดังนี้ คือ ส่วนของอุณหภูมิและเวลา อุณหภูมิเฉลี่ยของฮีตเตอร์ได้เท่ากับ 79.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยลวดความร้อนได้เท่ากับ 109.617 องศาเซลเซียส เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการรัดสายเส้นที่ 1 ได้เท่ากับ 374.93 วินาที และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการรัดสายเส้นที่ 2 ได้เท่ากับ 59.167 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ในส่วนบทนี้จะกล่าวถึง การสรุปผลการทดลอง การวิเคราะห์ผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

แขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้าสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้จัดทำจึงสรุปผลการทดลองย่อย ๆ ได้ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการทดลองการลำเลียงไม้พาเลท

จากการทดลอง เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการลำเลียงไม้พาเลทชิ้นที่ 1 ถึง 6 ได้เท่ากับ 374.93 วินาที หรือเท่ากับ 6.25 นาที ไฟสถานะระหว่างการทำงานนั้น สามารถแจ้งเตือนได้ถูกต้อง คือ สีส้ม และไฟสถานะสิ้นสุดกระบวนการสามารถแจ้งเตือนได้ถูกต้อง คือ สีเขียว

5.1.2 สรุปผลการทดลองการจัดเก็บไม้พาเลท

จากการทดลอง เมื่อบรรจุไม้พาเลทลงชั้นจัดเก็บไม้พาเลท 1 ชิ้น 2 ชิ้น 3 ชิ้น 4 ชิ้น 5 ชิ้น และ 7 ชิ้น จะเห็นได้ว่าบรรจุขาดหรือเกิน ไม่ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด เมื่อผ่านไป 10 วินาที หรือ 20 วินาที สถานะในการทำงานของเครื่องนั้นจะไม่ทำงาน ไฟสถานะไม่แสดงผล แต่ถ้าหากเป็นไม้พาเลท 6 ชิ้น จะเห็นได้ว่าเมื่อบรรจุครบ ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้นั้น เมื่อผ่านไป 10 วินาที สถานะในการทำงานของเครื่องนั้นจะทำงาน ไฟสถานะแสดงผล คือ สีส้ม

5.1.3 สรุปผลการทดลองการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

จากการทดลอง เซอร์โวมอเตอร์ตั้งแต่ตัวที่ 1 ถึง 6 สามารถทำงานในช่วงองศาที่กำหนดได้ โดยไม่ติดขัดกับโครงสร้าง

5.1.4 สรุปผลการทดลองการหยิบกล่องสินค้าของแขนกล

จากการทดลอง แขนกลสามารถหยิบจับกล่องสินค้าครั้งละ 2 กล่อง จำนวน 4 ครั้ง และจัดเรียงกล่องสินค้าบนไม้พาเลทจำนวน 8 กล่อง ชั้นล่าง 4 กล่อง ชั้นบน 4 กล่อง ได้

5.1.5 สรุปผลการทดลองการแพ็คกล่องสินค้า

จากการทดลอง อุณหภูมิเฉลี่ยที่ใช้ในการฮีตเตอร์ ได้เท่ากับ 79.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยของลวดความร้อน ได้เท่ากับ 109.617 องศาเซลเซียส เวลาเฉลี่ยในการรัดสายเส้นที่ 1 ได้เท่ากับ 59 วินาที และเวลาเฉลี่ยในการรัดสายเส้นที่ 2 ได้เท่ากับ 59.167 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลอง ผู้จัดทำวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

ระบบแขนกล ยังคงมีปัญหาเกี่ยวกับความเสถียรของมอเตอร์ ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงแนะนำว่าควรเปลี่ยนไปใช้สเต็ปปิ่งมอเตอร์ (Stepping Motor) แทนการใช้เซอร์โวมอเตอร์

ระบบแพ็คกล่องสินค้า มีปัญหาทางด้านโครงสร้าง เช่น การป้อนสายเข้า และดึงสายกลับสำหรับการรัดกล่องสินค้า ผู้จัดทำแนะนำว่าควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญทางด้านโครงสร้างสำหรับแก้ไขและให้คำแนะนำต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. โครงสร้างของโรลเลอร์คอนเวเยอร์ควรออกแบบให้ตรงตามหลักมาตรฐานความปลอดภัยในโรงงาน

2. โครงงานนี้เป็นแบบจำลอง ดังนั้นอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ค่อนข้างมีขนาดที่เล็ก ดังนั้นในส่วนการจัดหาอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับชิ้นงานนั้นค่อนข้างหาได้ยาก การเลือกขนาดชิ้นงานจำเป็นต้องคิดให้ถี่ถ้วนมากกว่านี้

3. เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างโครงสร้างชิ้นงานควรมีให้พร้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] พิศนุรัตน์ ขจร, ตีแตก PLC Mitsubishi, พิมพ์ครั้งที่ 1, สมุทรปราการ, ไทยซัพพอร์ทโซลูชั่น จำกัด, 2560.

[2] ผศ.ปฏิพัทธ์ หงส์สุวรรณ, เรียนรู้และใช้งาน PLC ฉบับสมบูรณ์, นนทบุรี: สำนักพิมพ์ ไอดีซี อินโฟดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์, 2552.

[3] จีราวุธ วารินทร์, Arduino Uno พื้นฐานสำหรับงาน IoT, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, บริษัท รีไวว่า จำกัด, 2561.

[4] “รีเลย์” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : www.psptech.co.th/รีเลย์relayคืออะไร-15696.page
เข้าครั้งสุด 24 พฤศจิกายน 2563

[5] สุวัฒน์ แซ่ดั่น, เทคนิคและการออกแบบ สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย, กรุงเทพฯ: หุ้นไข่ไก่, 2558.

[6] ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, ระบบนิวเมติกและรวมวงจร, กรุงเทพฯ: ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2557.

[7] “กระบอกสูบนิวเมติก” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : www.pneumaticplant.com/index.php/กระบอกลม-air-cylinder
เข้าครั้งสุด 24 พฤศจิกายน 2563

[8] “โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : mall.factomart.com/principle-of-photoelectric-sensor
เข้าครั้งสุด 24 พฤศจิกายน 2563

[9] “ไฟแจ้งเตือนสถานะและลำโพง” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : mall.factomart.com/what-is-a-tower-light
เข้าครั้งสุด 24 พฤศจิกายน 2563

[10] “มอเตอร์เกียร์” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : th.misumi-ec.com/th/pr/recommend_category/gear_motor
เข้าครั้งสุด 24 พฤศจิกายน 2563

[11] “เซอร์โวมอเตอร์” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : www.ioxhop.com/article/105/ทุกเรื่องที่ควรรู้เกี่ยวกับเซอร์โวมอเตอร์และการใช้งาน
เข้าครั้งสุด 24 พฤศจิกายน 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

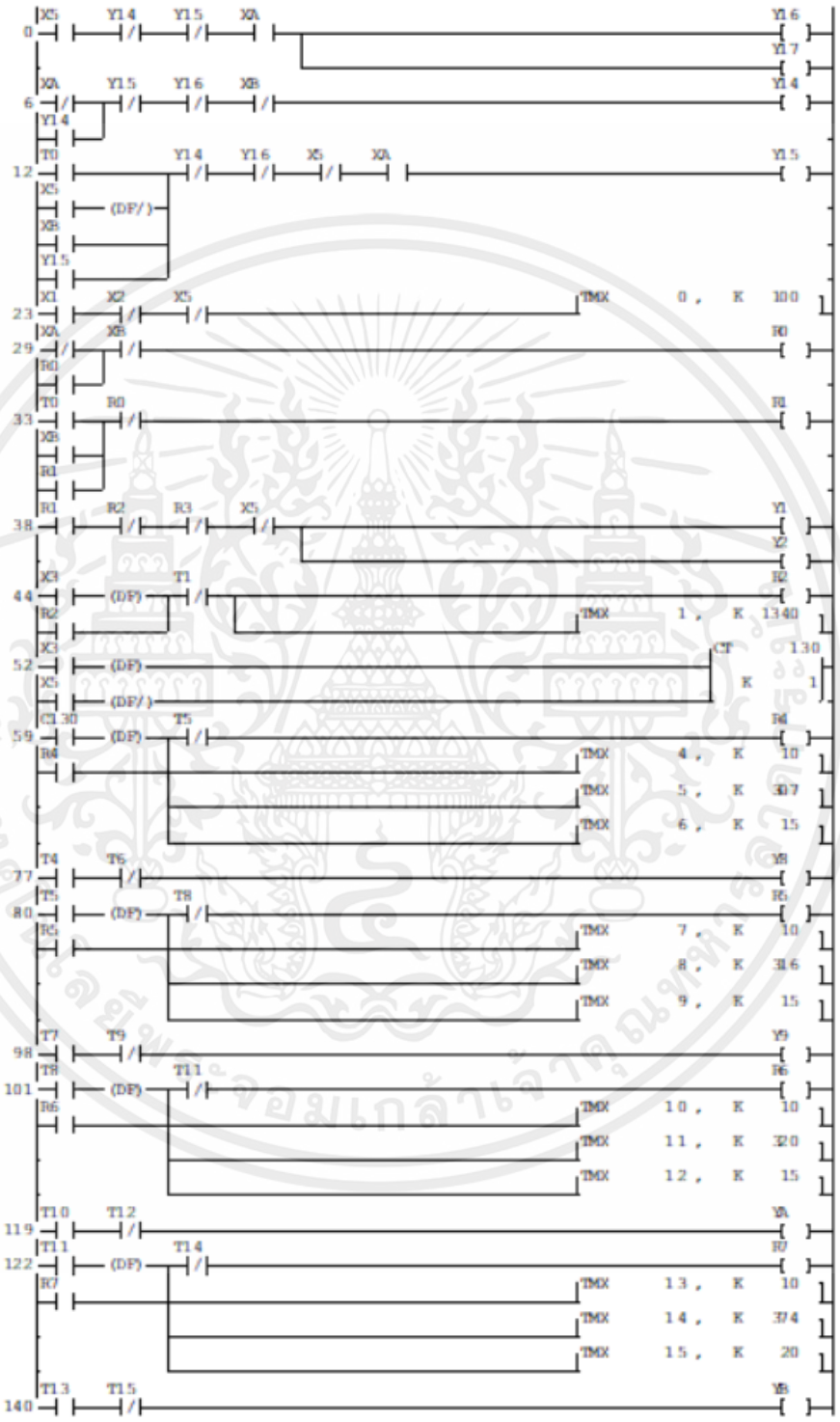
ภาคผนวก ก

โปรแกรมโครงงานแขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

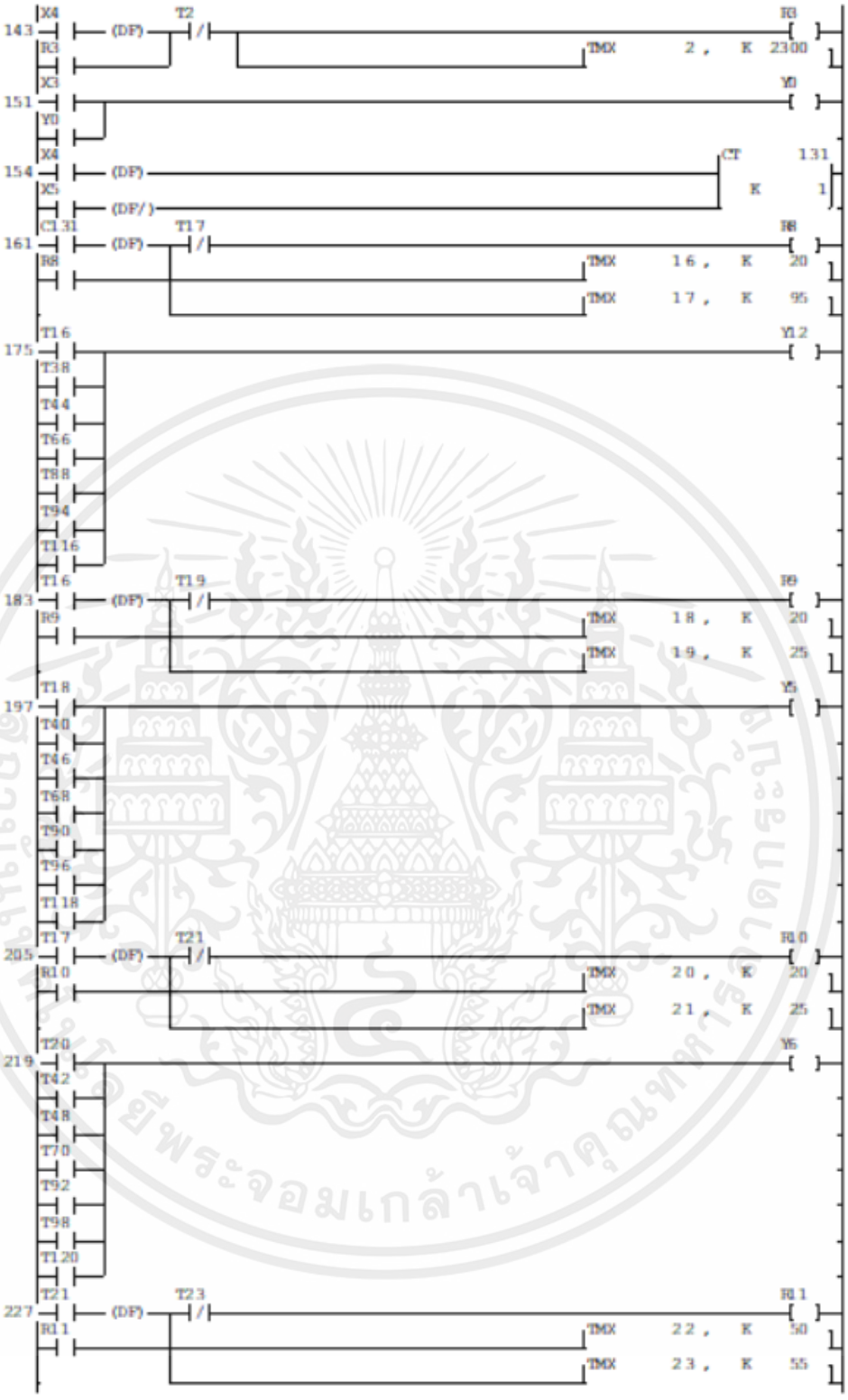
แลดเดอร์โปรแกรมพีแอลซี

แลดเดอร์โปรแกรมพีแอลซีที่ใช้สำหรับการควบคุมตัวเครื่องทั้งหมด ดังรูปที่ ก. 1



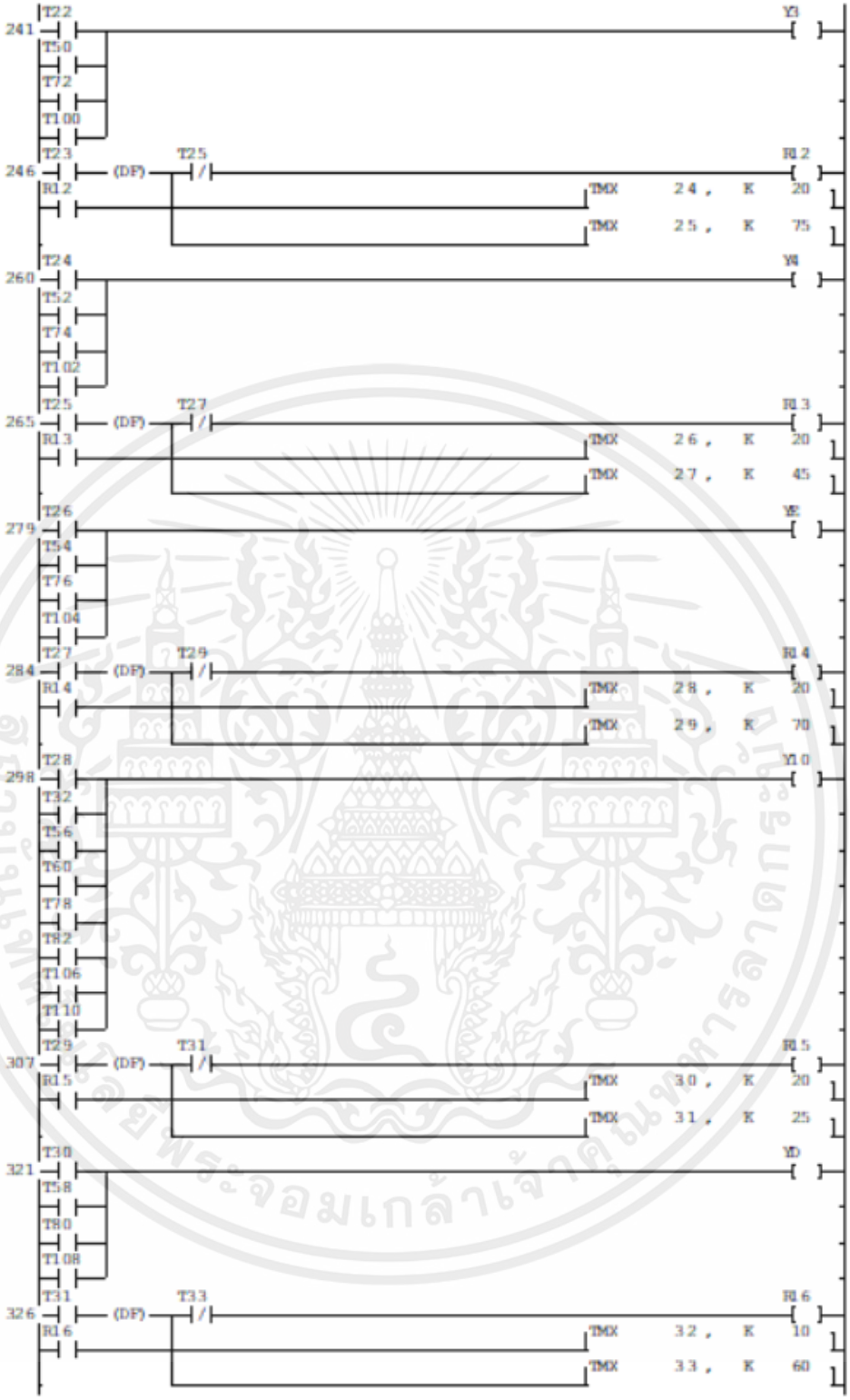
รูปที่ ก. 1 แลดเดอร์ควบคุมการทำงานทั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



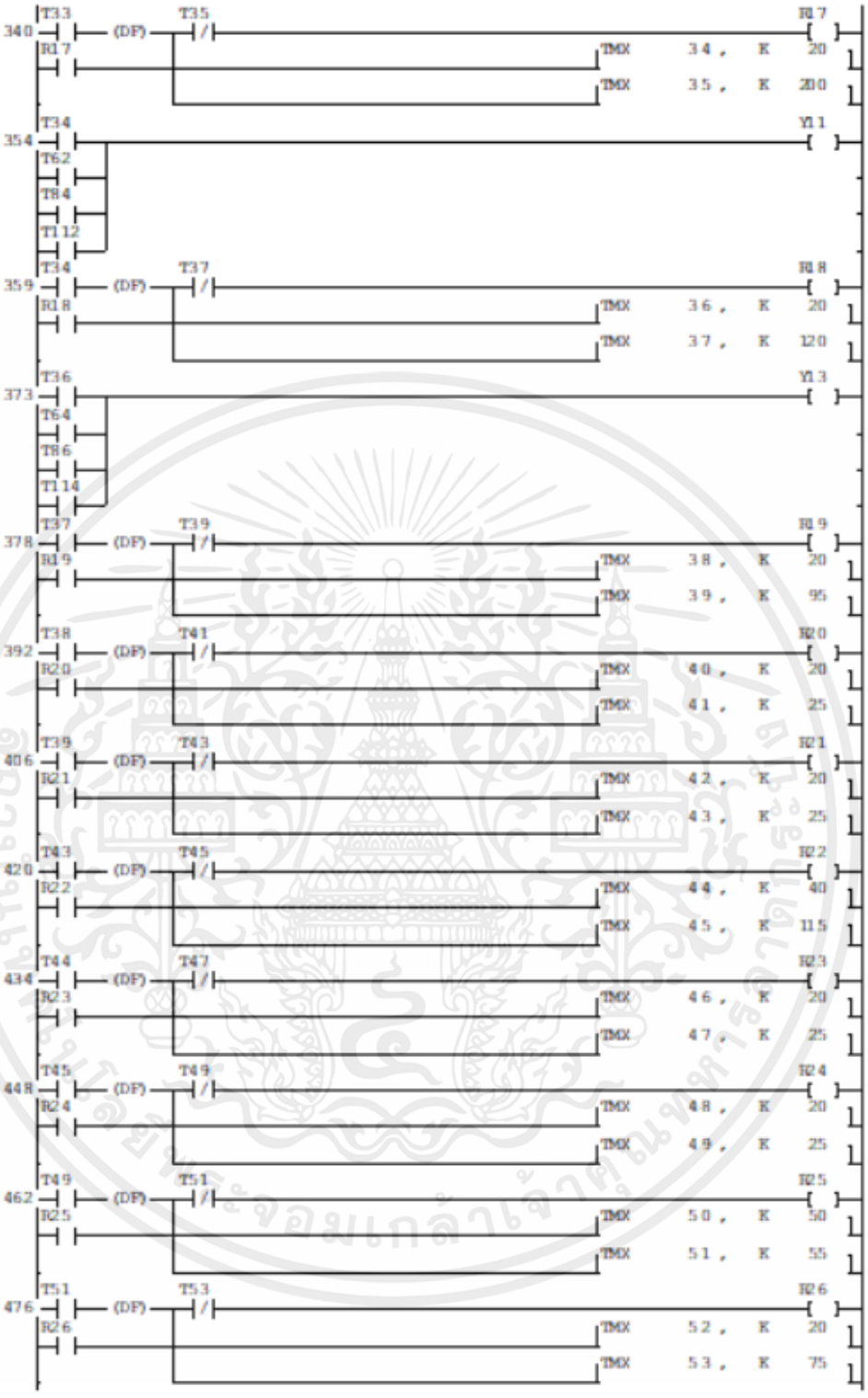
รูปที่ ก. 1 แลดเดอร์ควบคุมการทำงานทั้งระบบ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



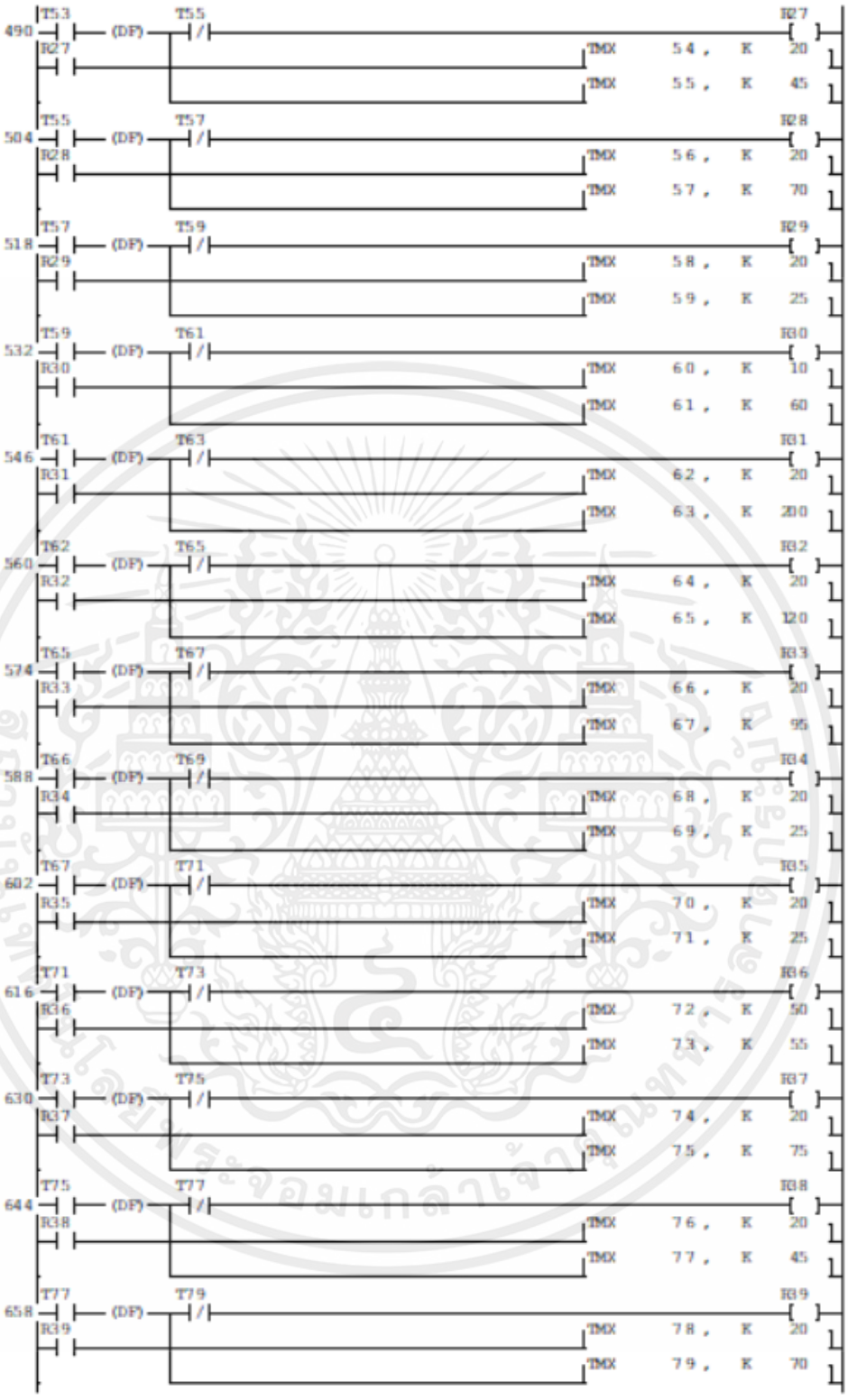
รูปที่ ก. 1 แลดเดอร์ควบคุมการทำงานทั้งระบบ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



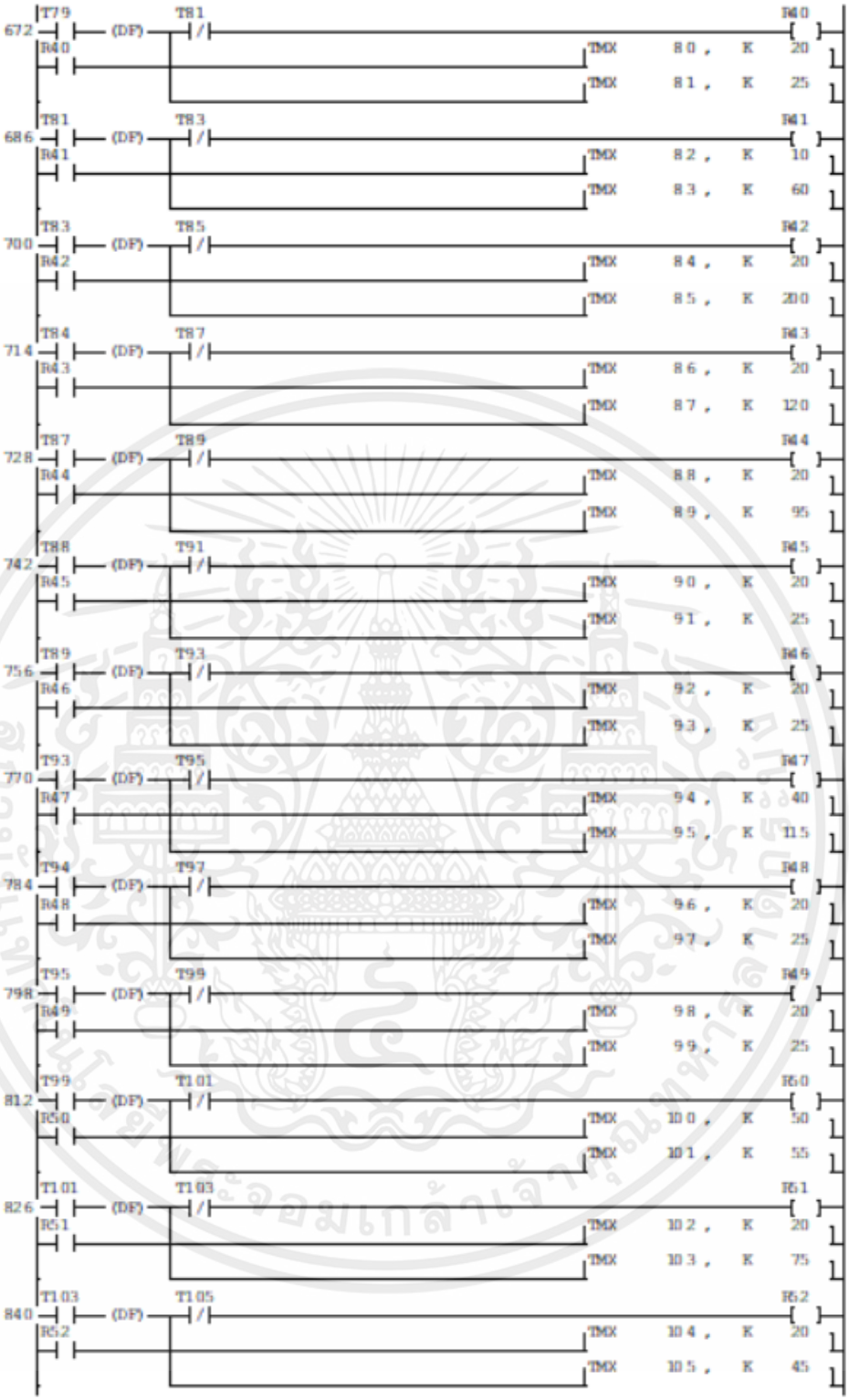
รูปที่ ก. 1 แลดเดอร์ควบคุมการทำงานทั้งระบบ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



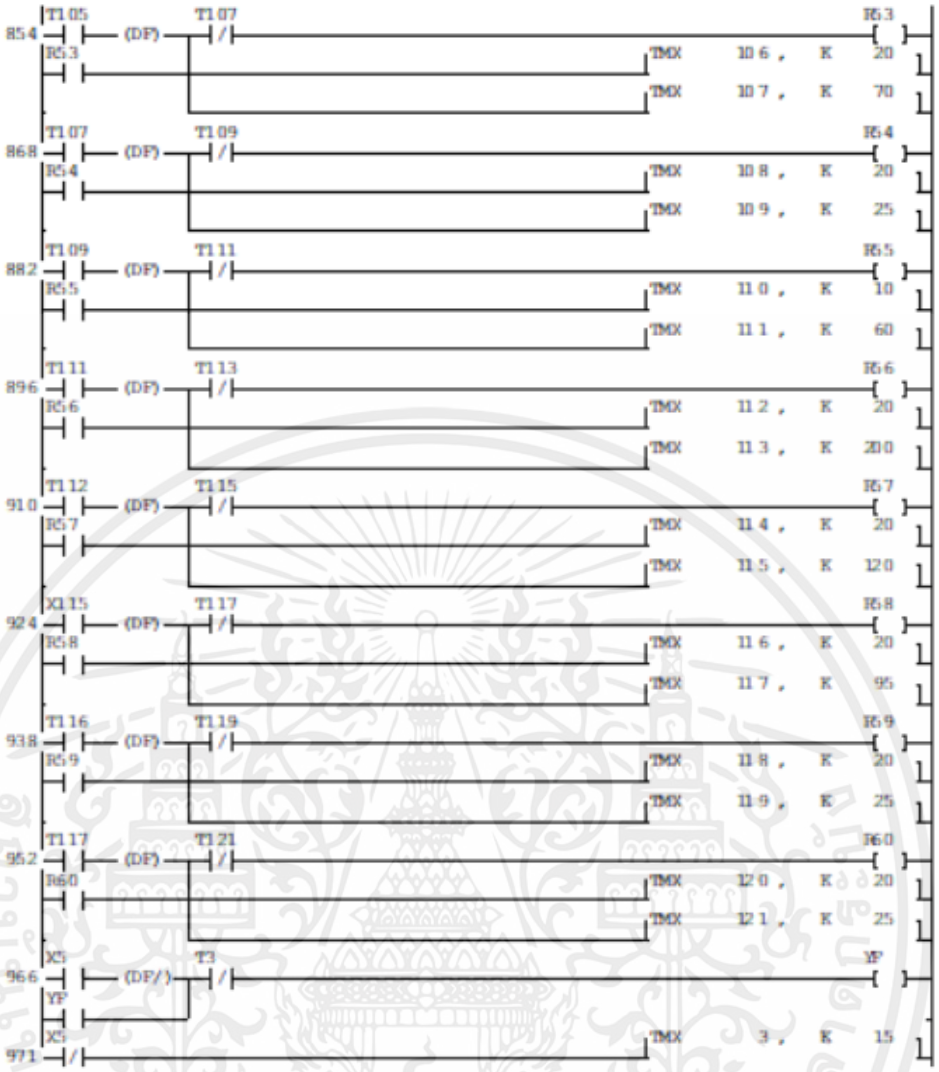
รูปที่ ก. 1 แลดเดอร์ควบคุมการทำงานทั้งระบบ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก. 1 แลดเดอร์ควบคุมการทำงานทั้งระบบ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก. 1 แลดเดอร์ควบคุมการทำงานทั้งระบบ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โค้ดโปรแกรมอาดุยโน่

```
#include <Servo.h>

Servo myservoA;
Servo myservoB;
Servo myservoC;
Servo myservoD;
Servo myservoE;
Servo myservoF;
int posA = 10;  //defualt"10"     //10-50      // ลดค่า กางออก, เพิ่มค่า บีบ
int posB = 90;  //defualt"90"     //0-180      // ลดค่า ทวนเข็ม, เพิ่มค่า ตามเข็ม
int posC = 155; //defualt"155"  //180-90    // ลดค่า ขึ้น, เพิ่มค่า ลง
int posD = 15;  //defualt"15"                 // ลดค่า ลง, เพิ่มค่า ขึ้น
int posE = 30;  //defualt"30"     //0-80       // ลดค่า ขึ้น, เพิ่มค่า ลง
int posF = 15;  //defualt"15"                 // ลดค่า ตามเข็ม, เพิ่มค่า ทวนเข็ม

int val;

const int buttonPinA = 8;
const int buttonPinB = 9;
const int buttonPinC = 10;
const int buttonPinD = 11;

int buttonState = 0;
int A = 0;
int B = 0;
int C = 0;
int D = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  myservoA.attach(2);
  myservoA.write(posA);

  myservoB.attach(3);
  myservoB.write(posB);

  myservoC.attach(4);
  myservoC.write(posC);

  myservoD.attach(5);
  myservoD.write(posD);

  myservoE.attach(6);
  myservoE.write(posE);

  myservoF.attach(7);
  myservoF.write(posF);

  pinMode(buttonPinA, INPUT);
  pinMode(buttonPinB, INPUT);
  pinMode(buttonPinC, INPUT);
  pinMode(buttonPinD, INPUT);
}

void loop()
{
  buttonState = digitalRead(buttonPinA);
  if(buttonState == HIGH)
  {
    A = 1;
  }
  else if(A == 1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 {
   for(posF = 15; posF <= 160; posF += 1)
   {
     myservoF.write(posF);
     delay(50);
   }
   for(posE = 30; posE <= 90; posE += 1)
   {
     myservoE.write(posE);
     delay(50);
   }
   for(posA = 10; posA <= 55; posA += 1)// (Def >> A) ----------------------------------------
---------
   {
     myservoA.write(posA);
     delay(50);
   }
   for(posE = 90; posE >= 65; posE -= 1)
   {
     myservoE.write(posE);
     delay(50);
   }
   for(posF = 160; posF >= 30; posF -= 1)// (A >> B) ----------------------------------------
-----
   {
     myservoF.write(posF);
     delay(50);
   }
   for(posB = 90; posB <= 100; posB += 1)
   {
     myservoB.write(posB);
     delay(50);
   }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
for(posC = 155; posC >= 150; posC -= 1)
{
  myservoC.write(posC);
  delay(50);
}
for(posD = 15; posD >= 0; posD -= 1)
{
  myservoD.write(posD);
  delay(50);
}
for(posE = 65; posE <= 75; posE += 1)
{
  myservoE.write(posE);
  delay(50);
}
for(posA = 55; posA >= 10; posA -= 1)// (B) ----------------------------------------------
{
  myservoA.write(posA);
  delay(50);
}
for(posE = 75; posE >= 30; posE -= 1)
{
  myservoE.write(posE);
  delay(50);
}
for(posB = 100; posB >= 90; posB -= 1)
{
  myservoB.write(posB);
  delay(50);
}
for(posC = 150; posC <= 155; posC += 1)
{
  myservoC.write(posC);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    delay(50);
   }
   for(posD = 0; posD <= 15; posD += 1)
   {
    myservoD.write(posD);
    delay(50);
   }
   for(posF = 30; posF >= 15; posF -= 1)
   {
    myservoF.write(posF);
    delay(50);
   }
   A = 0;
  }
/*-----------------------------------------------*/ //FINISHED A button
  buttonState = digitalRead(buttonPinB);
  if(buttonState == HIGH)
  {
   B = 1;
  }
  else if(B == 1)
  {
   for(posF = 15; posF <= 160; posF += 1)
   {
    myservoF.write(posF);
    delay(50);
   }
   for(posE = 30; posE <= 90; posE += 1)
   {
    myservoE.write(posE);
    delay(50);
   }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    for(posA = 10; posA <= 50; posA += 1)// (Def >> A) ----------------------------------------
---------
    {
      myservoA.write(posA);
      delay(50);
    }
    for(posE = 90; posE >= 65; posE -= 1)
    {
      myservoE.write(posE);
      delay(50);
    }
    for(posF = 160; posF >= 25; posF -= 1)// (A >> C) ----------------------------------------
-------
    {
      myservoF.write(posF);
      delay(50);
    }
    for(posB = 90; posB <= 95; posB += 1)
    {
      myservoB.write(posB);
      delay(50);
    }
    for(posC = 155; posC >= 150; posC -= 1)
    {
      myservoC.write(posC);
      delay(50);
    }
    for(posD = 15; posD <= 25; posD += 1)
    {
      myservoD.write(posD);
      delay(50);
    }
    for(posE = 65; posE <= 100; posE += 1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    {
      myservoE.write(posE);
      delay(50);
    }
    for(posA = 50; posA >= 10; posA -= 1)// (C) ----------------------------------------------------------
-----
    {
      myservoA.write(posA);
      delay(50);
    }
    for(posE = 100; posE >= 30; posE -= 1)
    {
      myservoE.write(posE);
      delay(50);
    }
    for(posB = 95; posB >= 90; posB -= 1)
    {
      myservoB.write(posB);
      delay(50);
    }
    for(posC = 150; posC <= 155; posC += 1)
    {
      myservoC.write(posC);
      delay(50);
    }
    for(posD = 25; posD >= 15; posD -= 1)
    {
      myservoD.write(posD);
      delay(50);
    }
    for(posF = 25; posF >= 15; posF -= 1)
    {
      myservoF.write(posF);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      delay(50);
    }
    B = 0;
  }
/*-----------------------------------------------------*/ //FINISHED B button
  buttonState = digitalRead(buttonPinC);
  if(buttonState == HIGH)
  {
    C = 1;
  }
  else if(C == 1)
  {
    for(posF = 15; posF <= 160; posF += 1)
    {
      myservoF.write(posF);
      delay(50);
    }
    for(posE = 30; posE <= 90; posE += 1)
    {
      myservoE.write(posE);
      delay(50);
    }
    for(posA = 10; posA <= 50; posA += 1)// (Def >> A) ----------------------------------------
------
    {
      myservoA.write(posA);
      delay(50);
    }
    for(posE = 90; posE >= 65; posE -= 1)
    {
      myservoE.write(posE);
      delay(50);
    }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    for(posF = 160; posF >= 30; posF -= 1)// (A >> D) ------------------------------------------
--
    {
      myservoF.write(posF);
      delay(50);
    }
    for(posB = 90; posB <= 100; posB += 1)
    {
      myservoB.write(posB);
      delay(50);
    }
    for(posC = 155; posC <= 170; posC += 1)
    {
      myservoC.write(posC);
      delay(50);
    }
    for(posE = 65; posE <= 75; posE += 1)
    {
      myservoE.write(posE);
      delay(50);
    }
    for(posA = 50; posA >= 10; posA -= 1)// (D) ------------------------------------------------
    {
      myservoA.write(posA);
      delay(50);
    }
    for(posE = 75; posE >= 30; posE -= 1)
    {
      myservoE.write(posE);
      delay(50);
    }
    for(posB = 100; posB >= 90; posB -= 1)
    {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    myservoB.write(posB);
    delay(50);
   }
   for(posC = 170; posC >= 155; posC -= 1)
   {
    myservoC.write(posC);
    delay(50);
   }
   for(posF = 30; posF >= 15; posF -= 1)
   {
    myservoF.write(posF);
    delay(50);
   }
   C = 0;
  }
/*-----------------------------------------------------*/ //FINISHED C button
buttonState = digitalRead(buttonPinD);
  if(buttonState == HIGH)
  {
   D = 1;
  }
  else if(D == 1)
  {
   for(posF = 15; posF <= 160; posF += 1)
   {
    myservoF.write(posF);
    delay(50);
   }
   for(posE = 30; posE <= 90; posE += 1)
   {
    myservoE.write(posE);
    delay(50);
   }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    for(posA = 10; posA <= 50; posA += 1)// (Def >> A) ----------------------------------------
---------
    {
      myservoA.write(posA);
      delay(50);
    }
    for(posE = 90; posE >= 50; posE -= 1)
    {
      myservoE.write(posE);
      delay(50);
    }
    for(posF = 160; posF >= 25; posF -= 1)// (A >> E) ----------------------------------------
-
    {
      myservoF.write(posF);
      delay(50);
    }
    for(posB = 90; posB <= 95; posB += 1)
    {
      myservoB.write(posB);
      delay(50);
    }
    for(posD = 15; posD <= 50; posD += 1)
    {
      myservoD.write(posD);
      delay(50);
    }
    for(posE = 50; posE <= 100; posE += 1)
    {
      myservoE.write(posE);
      delay(50);
    }
    for(posC = 155; posC <= 180; posC += 1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
  myservoC.write(posC);
  delay(50);
}
for(posA = 50; posA >= 10; posA -= 1)// (E) ----------------------------------------------------
{
  myservoA.write(posA);
  delay(50);
}
for(posE = 100; posE >= 30; posE -= 1)
{
  myservoE.write(posE);
  delay(50);
}
for(posB = 95; posB >= 90; posB -= 1)
{
  myservoB.write(posB);
  delay(50);
}
for(posC = 180; posC >= 155; posC -= 1)
{
  myservoC.write(posC);
  delay(50);
}
for(posD = 50; posD >= 15; posD -= 1)
{
  myservoD.write(posD);
  delay(50);
}
for(posF = 25; posF >= 15; posF -= 1)
{
  myservoF.write(posF);
  delay(50);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

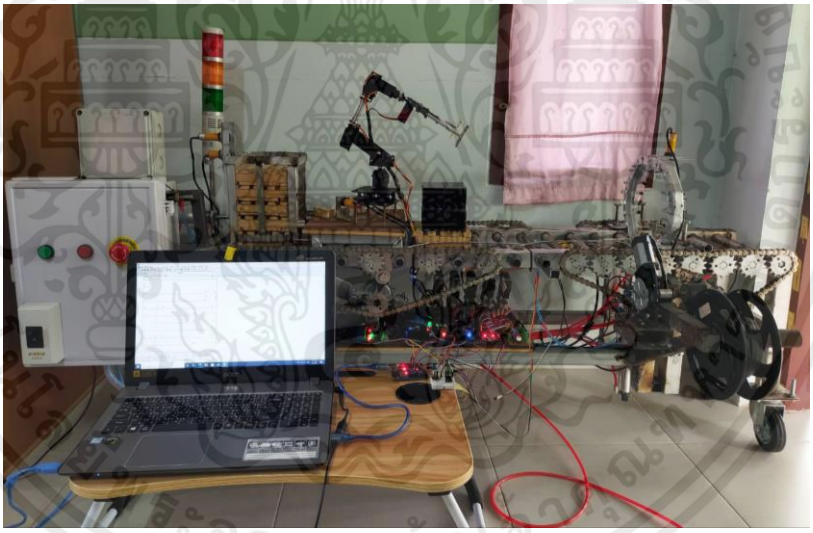
```
    }
    D = 0;
  }
/*-----------------------------------------------------*/ // FINISHED D button
  else
  {
    myservoA.write(posA);
    myservoB.write(posB);
    myservoC.write(posC);
    myservoD.write(posD);
    myservoE.write(posE);
    myservoF.write(posF);
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้งานโครงงานแขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานโครงงานแขนกลอัตโนมัติจัดเรียงและแพ็คกล่องสินค้า



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการทำงานของตัวเครื่องทำงานได้ 2 แบบ Manual และ Automatic

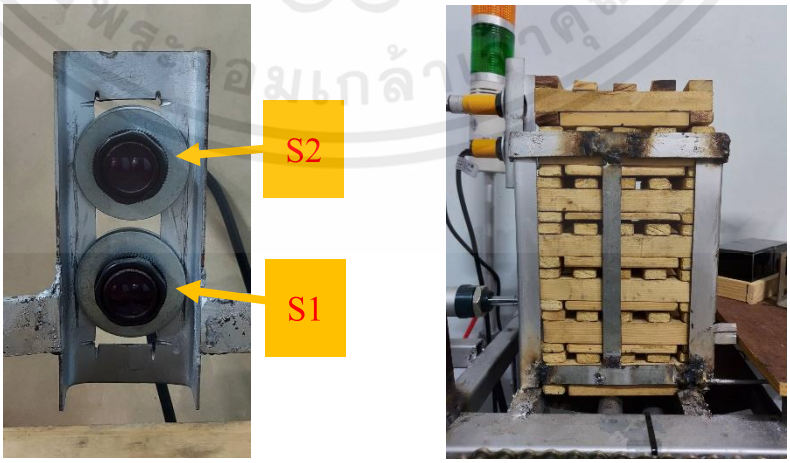
1. ระบบ Manual

รูปที่ ข. 1 ตู้ควบคุม

จากรูปที่ ข. 1 เป็นตู้ควบคุมที่ภายในมีพีแอลซี สำหรับควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่อง ได้แก่ ระบบจัดเก็บไม้พาเลท ระบบสายพาน ระบบแขนกล และระบบแพ็คกล่องสินค้า

ปุ่มสีเขียว: เริ่มการทำงาน
ปุ่มสีแดง: หยุดการทำงาน
ปุ่ม Emergency: ตัดการทำงานทั้งระบบทันที
ปุ่ม Breaker Switch: ON จ่ายไฟเลี้ยง / OFF ไม่จ่ายไฟเลี้ยง

2. ระบบ Automatic



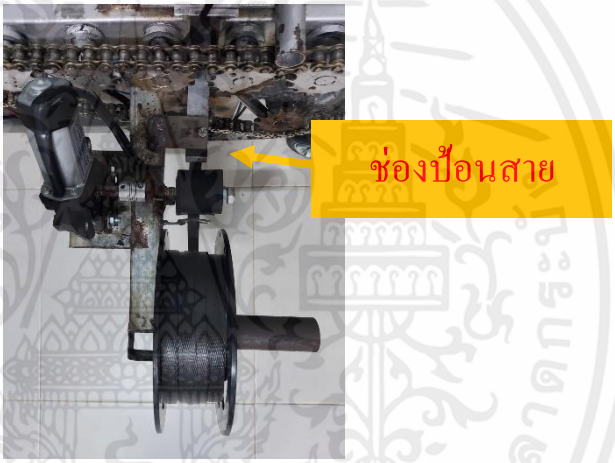
รูปที่ ข. 2 เซนเซอร์ตรวจจับไม้พาเลท และชั้นจัดเก็บไม้พาเลท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ ข. 2 เงื่อนไขแรกหากเซนเซอร์ตรวจจับไม้พาเลทตัวที่ 1 เป็นลอจิก 1 แต่ตัวที่ 2 เป็นลอจิก 0 เครื่องจะเริ่มการทำงานในอีก 10 วินาที เงื่อนไขที่สองหากเซนเซอร์ตรวจจับไม้พาเลทตัวที่ 1 เป็นลอจิก 1 แต่ตัวที่ 2 เป็นลอจิก 1 เครื่องจะไม่มีการทำงาน ในส่วนของชั้นจัดเก็บไม้พาเลทนั้นสามารถบรรจุไม้พาเลทได้ 6 ชิ้น

	ตรวจจับไม้พาเลท		ตรวจจับไม้พาเลท	สถานะ
Sensor 1	✓	Sensor 2	✗	เริ่มการทำงานในอีก 10 วินาที
Sensor 1	✓	Sensor 2	✓	ไม่เริ่มการทำงาน

บรรจุสายรัดในช่องป้อนสาย



รูปที่ ข. 3 การบรรจุสายรัดในช่องป้อนสาย

จากรูปที่ ข. 3 เตรียมสายรัดให้พร้อมโดยการสอดเข้าวงแหวน ผ่านลูกกลิ้ง และสอดเข้าไปยังช่องป้อนสายสำหรับเตรียมพร้อมให้กับระบบแพ็คกล่องสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการแจ้งเตือนสถานะของเครื่อง

รูปที่ ข. 4 ไฟแจ้งเตือนสถานะ และลำโพง

จากรูปที่ ข. 4 ส่วนแรกหากตัวเครื่องกำลังทำงานอยู่ ไฟสถานะที่แสดงผลนั้นจะเป็นไฟสีส้ม ส่วนที่สองหากตัวเครื่องหยุกการทำงานหรือค้างการทำงานอยู่ ไฟสถานะที่แสดงผลนั้นจะเป็นไฟสีแดง ส่วนสุดท้ายหากเครื่องเสร็จสิ้นกระบวนการทำงาน ไฟสถานะที่แสดงผลนั้นจะเป็นไฟสีเขียว

ไฟสีแดง	:	เครื่องหยุดทำงานชั่วคราว
ไฟสีส้ม	:	เครื่องกำลังทำงาน
ไฟสีเขียว	:	สิ้นสุดหนึ่งกระบวนการ
ลำโพง	:	สิ้นสุดหนึ่งกระบวนการ

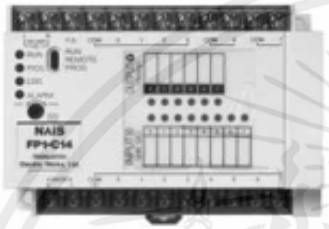
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The compact C14 and C16

EEPROM memory with a program capacity of 900 steps. These units are suited to relatively simple I/O control. Being compact, the units are perfect for applications where space is a problem. The C14 has three independent output commons.



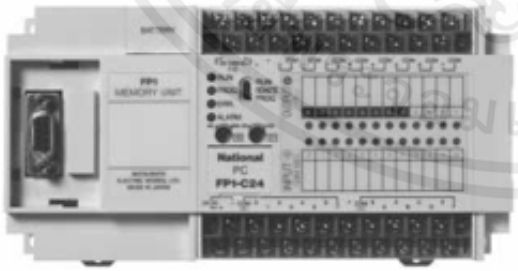
C14 Control Unit

■ Specifications

Operation speed	1.6 μs
Built-in memory	EEP-ROM
Program capacity	900 steps
Instructions	Basic: 41 High-level: 85
Expandability	1 Expansion Unit
Input configurations	C14 series: Sourse/Sink C16 series: Sourse or Sourse/Sink
Output configurations	C14 series: 1 output/common × 2 4 outputs/common × 1 C16 series: 8 outputs/common × 1
Advanced functions	• High-speed counter Single-phase: 10 kHz 2-phase: 5 kHz • Pulse output (Tr. output types) • Pulse catch input • Adjustable input time filtering • Manual dial-set register • Forced set/reset control • Password protection • Constant length scan setting • Self-diagnostic
Link function	• Computer link (using C-NET Adapters) • I/O link (using an FP1 I/O Link Unit)

C24, C40, C56 and C72 with high-level functions and optional serial communication

RAM memory is standard. A ROM memory unit is available. An interrupt function is included, ideal for high-speed processing. The program capacity is 2,720 steps for the C24 and C40 series, and 5,000 steps for the C56 and C72 series. Types with a built in RS232C port and clock/calender (C24C, C40C, C56C and C72C types) are available.



C24C Control Unit

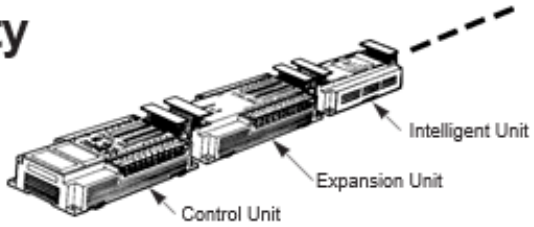
■ Specifications

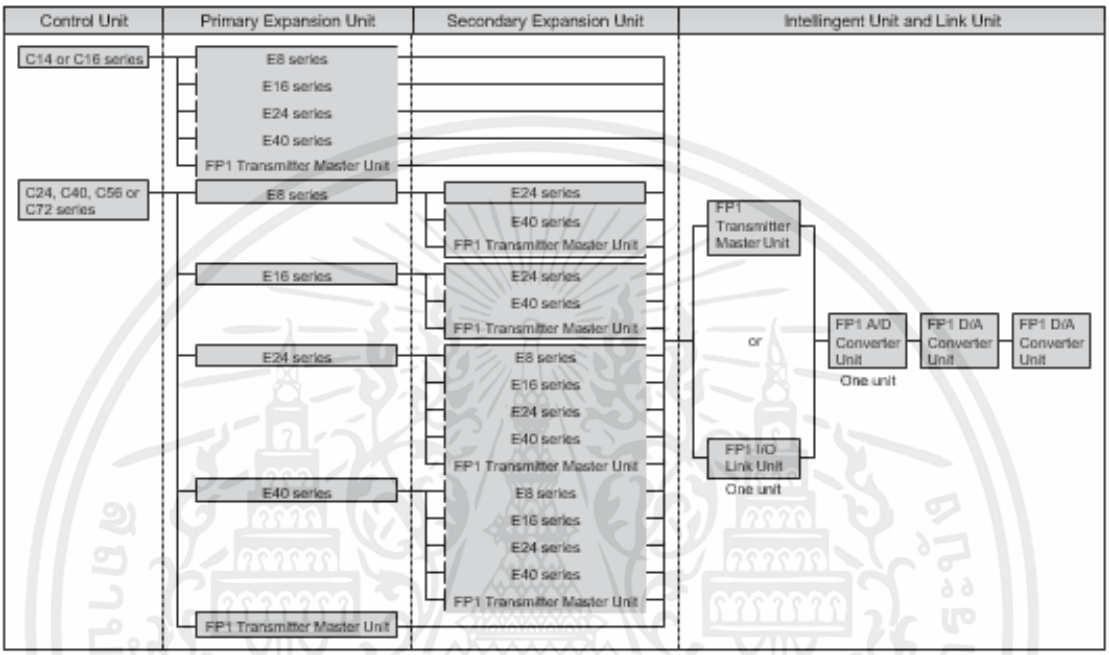
Operation speed	1.6 μs
Built-in memory	RAM
Program capacity	C24, C40 series 2,720 steps C56, C72 series 5,000 steps
Instructions	C24/C40 series C56/C72 series Basic: 80 (*1) 81 (*1) High-level: 111 111
Expandability	2 Expansion Units
Input configurations	C24/C40 series: + common or ± common style C56/C72 series: ± common style
Output configurations	C24 series: 1 output/common × 8 C40 series: 1 output/common × 8 8 outputs/common × 1 C56 series: 1 output/common × 8 8 outputs/common × 2 4 outputs/common × 1 C72 series: 1 output/common × 8 8 outputs/common × 2 4 outputs/common × 2
Advanced functions	• High-speed counter Single-phase: 10 kHz 2-phase: 5 kHz • Pulse output (Tr. output types) • Pulse catch input • Adjustable input time filtering • Manual dial-set registers • Forced set/reset control • Password protection • Constant length scan setting • Self-diagnostic • Clock/Calendar ("C" types)
Link function	• Computer link (using C-NET Adapters) • I/O link (using an FP1 I/O Link Unit) • MODEM communication • Serial communication through RS232C port ("C" types)

Note:
(*1): CPU Ver. 2.7 or later

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Expandability





Be sure to check that the units are expanded according to the following restrictions:

1) Expansion Units

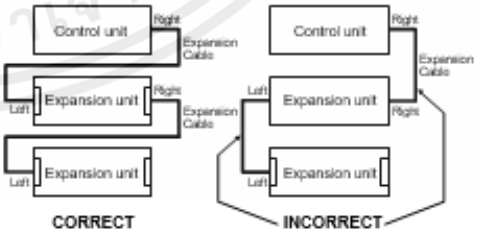
■ **Control Units (C14 and C16 series)**
- Number of expansion units: 1 unit
- Total number of I/O points:
  C14 series: Max. 54 points
  C16 series: Max. 56 points

■ **Control Units (C24, C40, C56 or C72 series)**
- Number of expansion units: 1 or 2 units
- Total number of I/O points:
  C24 series: Max. 104 points
  C40 series: Max. 120 points
  C56 series: Max. 136 points
  C72 series: Max. 152 points

2) Intelligent Units and Link Unit

- Number of expansion units together:
  FP1 A/D converter unit: 1 unit, FP1 D/A converter unit: 2 units,
  FP1 transmitter master unit or FP1 I/O link unit: 1 unit (Select either of the two.)
- There are no restrictions on the order of connection of intelligent units and link unit.

Notes:
- There are no restrictions on the order of connection of intelligent units and link units.
- Expansion units (E8 and E16) do not have a power supply. Therefore, two of these cannot be connected.
- Units must be connected next to each other unless an optional long cable is used when the units are aligned as shown in the illustration to the right.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

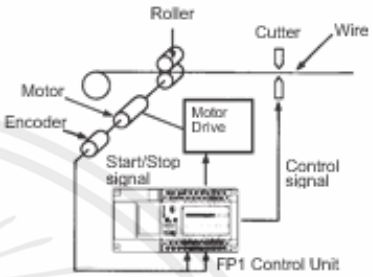
Advanced Control Functions

The FP1 performs advanced functions usually available only in larger, more expensive controllers. The FP1 offers expandability and integrated communications capability simplifying sytem configuration.

■ High-speed counter function (all models)

A high-speed counter function which supports four modes: Two-phase input, UP, DOWN, and UP/DOWN.
FP1 can read the inputs regardless of the scan time, and allows processing with no delay in response time.

Max. counting speed	1-phase: 10 kHz 2-phase: 5 kHz
Counting range	–8, 388, 608 to 8, 388, 607

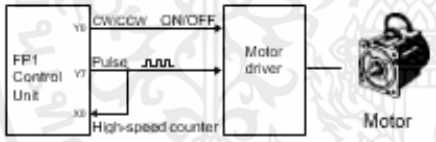


■ Pulse output function (transistor output type)

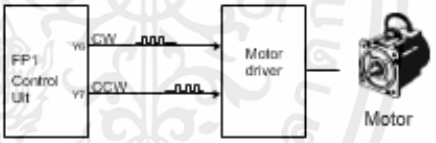
This function allows the output of a direct pulse (45 Hz to 4900 Hz) from the FP1. In combination with a motor driver, motor control can be performed. A special positioning controller is not needed. The C56 and C72 units have two pulse outputs, so they also can support motor drivers with one input for forward and the other input for reverse.

• **Position control:**

C14, C16, C24, and C40:
These support drivers with one pulse input and one direction switching input. When using a driver with two pulse inputs, a switching circuit using an external relay is needed.



C56 and C72:
These also support drivers with two pulse inputs. In addition, it is not necessary to connect the pulse output to the high-speed counter. (To prevent incorrect forward/reverse drive, an interlock circuit outside of the FP1 can be used.)

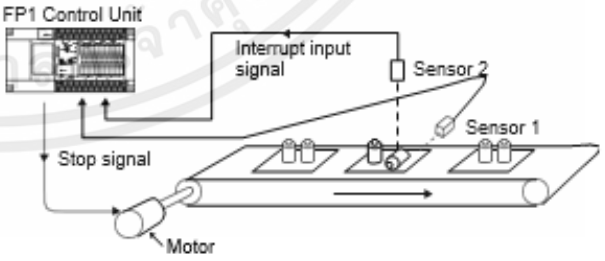


■ Interrupt function - input or timed (C24, C40, C56, and C72)

This function executes an interrupt program immediately when an external input (minimum pulse width of 0.2 ms) occurs. It also enables high-speed processing based on a fixed time which is not effected by scan time. This "heart-beat" interrupt is useful when performing control which would be disrupted by variations in processing time due to such factors as timing synchronization.

• **Example of an input interrupt on a board inspection line**

The FP1 immediately executes the interrupt function when an edge detection signal comes in to an interrupt input from Sensor 1. Sensor 2 inspects the part, and if an abnormality is detected, the conveyor stops and the problem is reported.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Computer Communication Functions

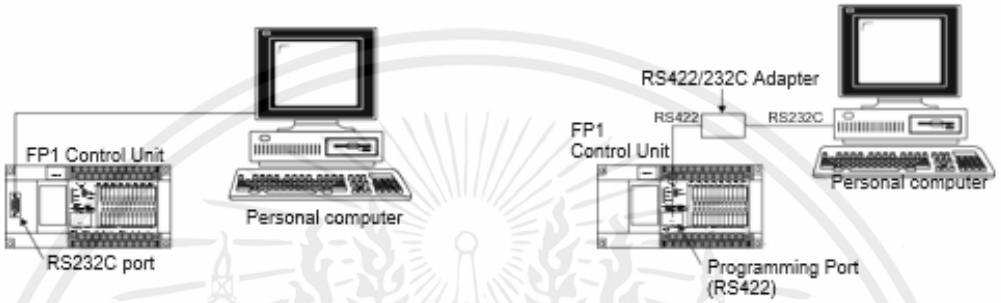
■ Computer link function

This function allows you to read and write the contact information and data register content to and from a host computer. It can be used for data collection and monitoring of operating conditions as well as downloading data to an FP1.

1) Communication between one computer and one FP1 Control Unit

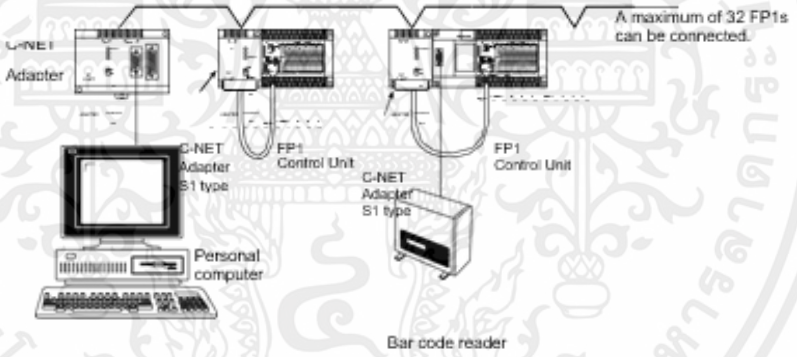
RS232C connection (C24C, C40C, C56C and C72C types)
The optional RS232C port can be used for direct connection to a computer.

RS422 connection (Programming port)
The standard RS422 port can also be used to link to a computer by connecting it through an RS232C to RS422 adapter.



2) Communication between one computer and multiple FP1 control units (Up to 32)

Using C-NET adapters, a maximum of 32 FP1 units can be connected to one computer. If a bar code reader, for example, is connected to the RS232C port, this system can be used for collection of various production control information.



■ Modem communication (C24, C40, C56 and C72 series)

With a MODEM, data transfer and long-distance communication between a personal computer and an FP1 unit can be performed. This can be done even when using FP Programming software. Select a cable in accordance with the specifications of the MODEM used.

The FP1 can even initiate a call to a computer through the RS232C port, via a modem. This can be used for alarm purposes or simple information upload.

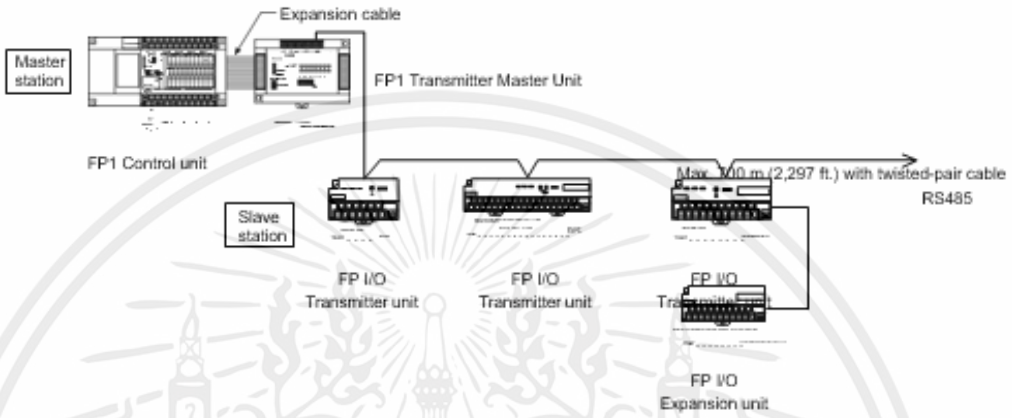
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Remote I/O Communication Functions

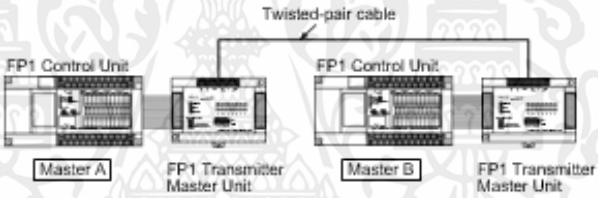
■ MEWNET-TR (Remote I/O) system

- Discrete I/O can be shared between a master and slave station at a remote site.
- A maximum of 48 inputs and 32 outputs can be controlled per master unit (32 inputs and 32 outputs for C14, C16 types).
- By connecting two FP1 transmitter master units, a maximum of 80 inputs and 64 outputs can be controlled.
- This system supports a total communication distance of 700 m (2,297 ft.) per port with twisted-pair cable.
- Master-to-master communications are also possible.

Master-Slave communication

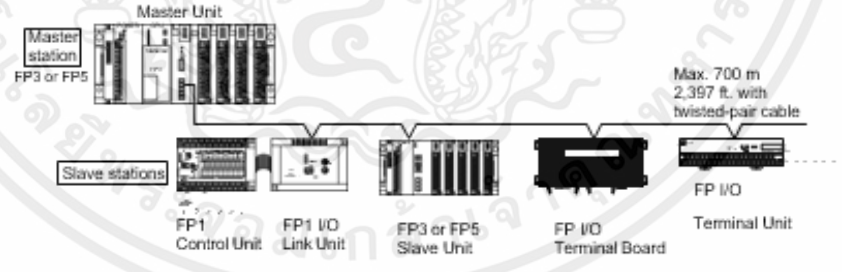


Master-Master communication (I/O link communication)



■ MEWNET-F (Remote I/O) system

- With an FP1 I/O link unit, I/O information can be exchanged with the master unit of an FP3 series programmable controller through a 2 conductor cable.



- Twisted-pair cable

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Conductor:

- Size: Min. 1.25 mm^2 (AWG 16 or larger)
- Resistance: Max. 16.8 Ω/km (at 20 °C 68 °F)

Cable:

- Insulation material: Polyethylene
- Insulation thickness: Max. 0.5 mm 0.020 inch
- Jacket diameter: Approx. 8.5 mm 0.335 inch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specifications

1. Control Specifications

Item		C14 Series	C16 Series	C24 Series	C40 Series	C56 Series	C72 Series
Programming method		Relay symbol					
Control method		Cyclic operation					
Program memory		Built in EEPROM (without battery)		Built in RAM (lithium battery backup) EEPROM (Master memory unit)/EPROM (Memory unit)			
Program capacity		900 steps		2,720 steps		5,000 steps	
Operation speed		1.6 μs/step: basic instruction					
Kinds of instruction	Basic	41		80 (*5)		81 (*5)	
	High-level	85		111			
External input (X)		208 points (*1)					
External output (Y)		208 points (*1)					
Internal relay (R)		256 points		1,008 points			
Special internal relay (R)		64 points					
Timer/Counter (T/C)		128 points		144 points			
Auxiliary timer		Not available				Unlimited number of points (0.01 s to 327.67 s)	
Data register (DT)		256 words		1,660 words		6,144 words	
Special data register (DT)		70 words					
Index register (IX, IY)		2 words					
MCR points		16 points		32 points			
Number of labels (JMP, LOOP)		32 points		64 points			
Differential points (DF or DF/)		Unlimited number of points					
Number of step ladders		64 stages		128 stages			
Number of subroutines		8 subroutines		16 subroutines			
Number of interrupts		Not available		9 programs			
Special functions	High-speed counter	1 point Count input (X0, X1) Reset input (X2)		Counting mode: 1 CH (Up mode, Down mode, 2 phase mode) Counting range: –8388608 to 8388607 Max. counting speed: Up/Down mode 10 kHz, 2 phase mode 5 kHz Min. input pulse width: 1 phase @ 50μs, 2 phases @ 10μs			
	Manual dial-set register	1 point		2 points	4 points		
	Pulse catch input	4 points		Total 8 points			
	Interrupt input	Not available					
	Time interrupt	Not available		10ms to 30s interval			
	RS232C port (*4)	Not available		Communication rate: 300 / 600 / 1,200 / 2,400 / 4,800 / 9,600 / 19,200 Communication distance per port: 15 m (49.2 ft.) Connector: D-SUB 9 pins connector			
	Clock/Calendar	Not available		Clock/Calendar available			
	I/O link	32 inputs, 32 outputs					
	Pulse output	1 point (Y7), pulse output frequency: 45 Hz to 4900 Hz				2 points (Y6, Y7) pulse output frequency: 45 Hz to 4900 Hz (*2)	
	Constant scan	2.5 ms × set value (160ms or less)					
Adjustable input time filtering		1 to 128ms					
Self-diagnostic functions		Such as watchdog timer, battery detection, program check					
Memory backup at 25 °C (77 °F)		(*3)		Approx. 27,000 h (C24C, C40C, C56C, and C72C types) Approx. 53,000 h (except C24C, C40C, C56C, and C72C types)			

Notes:
- (*1): The actual number of points that can be used is the total number of I/O points of the control unit and the expansion unit.
- (*2): The two pulse outputs, Y6 and Y7, are not available at the same time.
- (*3): For C14 and C16 series, the hold type data are backed up by the internal capacitor. Back-up time for them is 10 days.
- (*4): Functions for C24C, C40C, C56C, and C72C types.
- (*5): Some of the instructions are available for CPU Ver. 2.7 or later.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. General Specifications

Item		Description
Ambient temperature		0°C to 55°C (32°F to 131°F)
Ambient humidity		30% to 85% RH (non-condensing)
Storage temperature		–20°C to 70°C (–4°F to 158°F)
Storage humidity		30% to 85% RH (non-condensing)
Breakdown voltage		AC type: 1,500 V rms for 1 min Between AC terminal and frame ground terminal DC type: 500 V rms for 1 min Between DC terminal and frame ground terminal
Insulation resistance		Min. 100 MΩ: Between AC terminal and frame ground terminal (measured with a 500 V DC megger) Min. 100 MΩ: Between DC terminal and frame ground terminal (measured with a 500 V DC megger)
Vibration resistance		10 Hz to 55 Hz, 1 cycle/min: double amplitude of 0.75 mm (0.030 inch), 10 min on 3 axes
Shock resistance		Shock of 98 m/s² or more, 4 times on 3 axes
Noise immunity		1,000 Vp-p with pulse widths 50 ns and 1 µs (based on in-house measurements)
Operating condition		Free from corrosive gases and excessive dust
Rated operating voltage		AC type: 100 V to 240 V AC DC type: 24 V DC
Operating voltage range		AC type: 85 V to 264 V AC DC type: 20.4 V to 26.4 V DC
Current consumption	Control Unit (all series)	AC type C14, C16 series: 0.3 A or less (at 100 V AC) 0.2 A or less (at 200 V AC) C24, C40 series: 0.5 A or less (at 100 V AC) 0.3 A or less (at 200 V AC) C56, C72 series: 0.6 A or less (at 100 V AC) 0.4 A or less (at 200 V AC) DC type C14, C16 series: 0.3 A or less (at 24 V DC) (See note.) C24 series: 0.4 A or less (at 24 V DC) C40 series: 0.5 A or less (at 24 V DC) C56, C72 series: 0.6 A or less (at 24 V DC)
	Expansion Unit (E24 and E40 series only)	AC type E24, E40 series: 0.5 A or less (at 100 V AC) 0.3 A or less (at 200 V AC) DC type E24 series: 0.4 A or less (at 24 V DC) E40 series: 0.5 A or less (at 24 V DC)
	FP1 A/D Converter Unit	AC type: 0.2 A or less (at 100 V AC) 0.2 A or less (at 200 V AC) DC type: 0.3 A or less (at 24 V DC)
	FP1 D/A Converter Unit	
	FP1 I/O Link Unit	AC type: 0.12 A or less (at 100 V AC) 0.08 A or less (at 200 V AC) DC type: 0.2 A or less (at 24 V DC)
Built-in DC power output for inputs	Control Unit (AC type only)	C14, C16 series: 110 mA C24, C40 series: 230 mA C56, C72 series: 400 mA
	Expansion Unit (AC type only)	E24, E40 series: 230 mA
No-influence time by momentary power drop		Min. 10 ms

Note: When the expansion unit. E16 output type (Part number: AFP13110) is connected, the rated current consumption is 0.4 A or less.

3. Input Specifications

Item	Description
Rated input voltage	12 V to 24 V DC
Operating voltage range	10.2 V to 26.4 V DC
ON voltage/current	10 V or less/3 mA or less
OFF voltage/current	2.5 V or more/1 mA or more
Input impedance	Approx. 3 kΩ
Response time ON ↔ OFF	2 ms or less (at normal input) (See note) 50 µs or less (In setting high speed counter) 200 µs or less (In setting interrupt input) 500 µs or less (In setting pulse catch)
Operating mode indicator	LED
Connection method	Terminal block (M3.5 screw)
Insulation method	Optical coupler

Note: Input response time can be changed using the input time filtering function to 1 ms, 2 ms, 4 ms, 8 ms, 16 ms, 32 ms, 64 ms or 128 ms. This function is available for the first 8 inputs on all CPU units. For expansion units and other inputs on base units, the response time is fixed at 2 ms.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Output Specifications

1) Relay output

Item	Description
Output type	Normally open (1 Form A)
Rated control capacity	2 A 250 V AC, 2 A 30 V DC (5 A/common)
Response time OFF → ON ON → OFF	8 ms or less 10 ms or less
Mechanical life time	5×10^7 operations or more
Electrical life time	10^5 operations or more
Surge absorber	None
Operating mode indicator	LED
Connection method	Terminal block (M3.5 screw)

2) Transistor output

Item	Description
Insulation method	Optical coupler
Output type	Transistor PNP or NPN open collector
Rated load voltage range	5 V to 24 V DC
Operating load voltage range	4.75 V to 26.4 V DC
Max. load current	0.5 A/point (at 24 V DC) (*1)
Max. surge current	3 A
OFF state leakage current	100 µA or less
ON state voltage drop	1.5 V or less
Response time (*2) OFF → ON ON → OFF	1 ms or less 1 ms or less
Surge absorber	Zener diode
Operating mode indicator	LED
Connection method	Terminal block (M3.5 screw)

Notes:

- (*1): For C56 and fC72 series control units, the current for one common should be no more than the following:
  1 point/common circuit: 0.5 A/common
  4 points/common circuit: 1 A/common
  8 points/common circuit: 2 A/common
- (*2): For C14, C16, C24, and C40 series, Y7 only is 100 µs maximum, and for C56 and C72 series, Y6 and Y7 are 100 µs maximum.

3) Triac output (E8 Triac output type only)

Item	Description
Insulation method	Optical coupler
Output type	Triac
Rated load voltage range	100 V to 240 V AC
Operating load voltage range	85 V to 250 V AC
Max. load current	1A / point, 1A / common
Min. load current	30 mA
Max. surge current	15 A, 100 ms or less
OFF strate leakage current	4 mA or less (at 240 V AC)
ON state voltage drop	1.5 V or less (at 0.3 A to 1 A load) 5 V or less (at 0.3 A or less load)
Response time OFF → ON ON → OFF	1 ms or less 0.5 cycle + 1 ms or less
Surge absorber	Varister
Operating mode indicator	LED
Connection method	Terminal block (M3.5 screw)

5. Intelligent Units

1) FP1 A/D Converter Unit

Item	Description
Analog input points	4 channels/unit
Analog input range	0 to 5 V and 0 to 10 V 0 to 20 mA
Resolution	1/1000
Overall accuracy	±1 % of full scale
Response time	2.5 ms/channel
Input impedance	1 MΩ or more (at 0 to 5 V and 0 to 10 V range) 250 Ω (at 0 to 20 mA range)
Absolute input range	+7.5 V (at 0 to 5 V range) +15 V (at 0 to 10 V range) +30 mA (at 0 to 20 mA range)
Digital output range	K0 to K1000 (H0000 to H03E8)
Insulation method	Optical coupler: between terminal and internal circuit Not insulated: between channels
Connection method	Terminal block (M3.5 screw)

2) FP1 D/A Converter Unit

Item	Description
Analog output points	2 channels/unit
Analog output range	0 to 5 V and 0 to 10 V 0 to 20 mA
Resolution	1/1000
Overall accuracy	±1 % of full scale
Response time	2.5 ms/channel
Output impedance	0.5 Ω or less (at voltage output terminal)
Maximum output current	20 mA (at voltage output terminal)
Allowable load resistance	0 to 500 Ω (at current output terminal)
Digital output range	K0 to K1000 (H0000 to H03E8)
Insulation method	Optical coupler: between terminal and internal circuit Not insulated: between channels
Connection method	Terminal block (M3.5 screw)

6. Link Units

1) FP1 Transmitter Master Unit

Item	Description
Interface	RS485
Data transmission velocity	0.5 M bps
Number of controllable I/O points	64 points (Input: 32, Output: 32, setting when shipped) When 2 transmitter master units are connected, the I/O points are as follows, 104 points (Input: 56, Output: 48, C14, C16 series) 144 points (Input: 80, Output: 64, C24, C40, C56 and C72 series)
Transmission distance	Max. 700 m (2,297 ft.) with twisted-pair cable

2) FP1 I/O Link Unit

Item	Description
Number of controllable Input/Output points	64 points (Input: 32 points and Output: 32 points)
Slot occupation per FP1 I/O link unit	1 slot

3) C-NET Adapter S1 Type

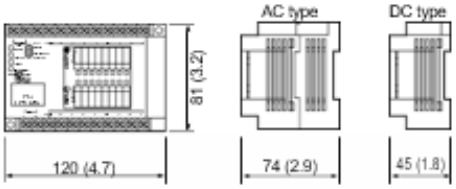
Item	Description
Interface	RS485 × 1 port, RS422 × 1 port
Conversion format	Between RS485 and RS422 interfaces

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

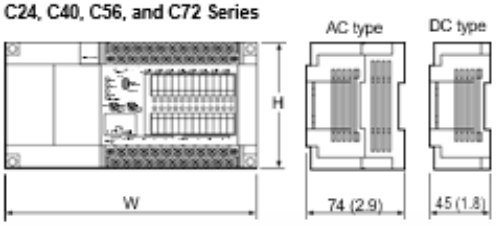
Dimensions

1) Control Units

C14 and C16 Series



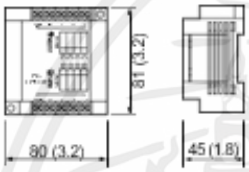
C24, C40, C56, and C72 Series



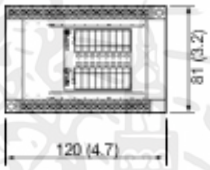
Item	W	H
C24 Series	190 (7.5)	96 (3.8)
C40 Series	260 (10.2)	
C56 Series		120 (4.7)
C72 series	300 (11.8)	

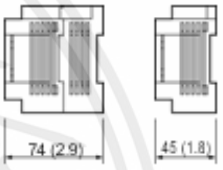
2) Expansion Units

E8 Series (except E8 Triac output type)

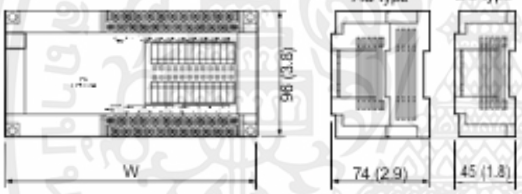


E8 Triac output type and E16 Series





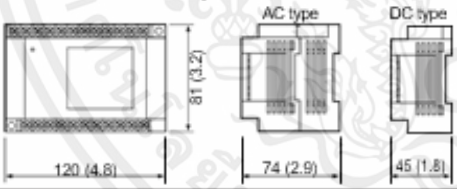
E24 and E40 Series



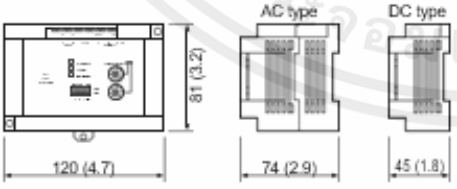
Item	W
E24 Series	190 (7.5)
E40 Series	260 (10.2)

3) Intelligent Units

FP1 A/D Converter Unit, FP1 D/A Converter Unit

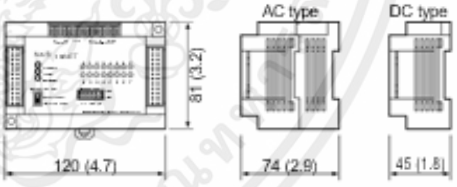


FP1 I/O Link Unit

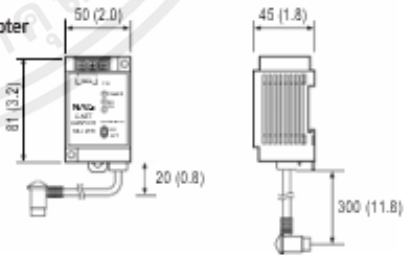


4) Link Units

FP1 Transmitter Master Unit



C-NET Adapter S1 Type



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Product Types and Part Numbers

1. Control Units

	Series	Description					
		Built-in memory	I/O point	Operating voltage	Input type	Output type	Part number
C14	Standard types	EEPROM	14 Input: 8 Output: 6	24 V DC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12313B AFP12343B AFP12353B
				100 V to 240 V AC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12317B AFP12347B AFP12357B
					120 V AC	Relay	AFP12314B
C16	Standard types	EEPROM	16 Input: 8 Output: 8	12 V DC	Source	Transistor (NPN open collector)	AFP12111B
				24 V DC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12113B AFP12143B AFP12153B
				100 V to 240 V AC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12117B AFP12147B AFP12157B
C24	Standard types	RAM	24 Input: 16 Output: 8	24 V DC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12213B AFP12243B AFP12253B
				100 V to 240 V AC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12217B AFP12247B AFP12257B
	C24C types (with RS232C port and Clock/Calender function)	RAM	24 Input: 16 Output: 8	24 V DC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12213CB AFP12243CB AFP12253CB
				100 V to 240 V AC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12217CB AFP12247CB AFP12257CB
C40	Standard types	RAM	40 Input: 24 Output: 16	24 V DC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12413B AFP12443B AFP12453B
				100 V to 240 V AC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12417B AFP12447B AFP12457B
	C40C types (with RS232C port and Clock/Calender function)	RAM	40 Input: 24 Output: 16	24 V DC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12413CB AFP12443CB AFP12453CB
				100 V to 240 V AC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12417CB AFP12447CB AFP12457CB
C56	Standard types	RAM	56 Input: 32 Output: 24	24 V DC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12513B AFP12543B AFP12553B
				100 V to 240 V AC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12517B AFP12547B AFP12557B
	C56C types (with RS232C port and Clock/Calender function)	RAM	56 Input: 32 Output: 24	24 V DC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12513CB AFP12543CB AFP12553CB
				100 V to 240 V AC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12517CB AFP12547CB AFP12557CB
C72	Standard types	RAM	72 Input: 40 Output: 32	24 V DC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12713B AFP12743B AFP12753B
				100 V to 240 V AC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12717B AFP12747B AFP12757B
	C72C types (with RS232C port and Clock/Calender function)	RAM	72 Input: 40 Output: 32	24 V DC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12713CB AFP12743CB AFP12753CB
				100 V to 240 V AC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP12717CB AFP12747CB AFP12757CB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Expansion Units

Series	Description				
	I/O point	Operating voltage	Input type	Output type	Part number
E8	8 Input: 8	——	Source/Sink	——	AFP13803
			120Vac	——	AFP13804
	8 Input: 4 Output: 4	——	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP13813 AFP13843 AFP13853
	8 Output: 8	——	——	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector) Triac	AFP13810 AFP13840 AFP13850 AFP13870
E14	14 Input: 8 Output: 6	——	120Vac	Relay	AFP13314
E16	16 Input: 16	——	Source/Sink	——	AFP13103
	16 Input: 8 Output: 8	——	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP13113 AFP13143 AFP13153
	16 Output: 16	——	——	Relay Transistor (NPN open collector)	AFP13110 AFP13140
E24	24 Input: 16 Output: 8	24 V DC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP13213 AFP13243 AFP13253
		100 V to 240 V AC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP13217 AFP13247 AFP13257
E40	40 Input: 24 Output: 16	24 V DC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP13413 AFP13443 AFP13453
		100 V to 240 V AC	Source/Sink	Relay Transistor (NPN open collector) Transistor (PNP open collector)	AFP13417 AFP13447 AFP13457

3. Intelligent Units

Type	Specification	Operating voltage	Part number
FP1 A/D Converter Unit	• Analog input points: 4 channels/unit • Analog input range: 0 to 5 V, 0 to 10 V, 0 to 20 mA • Digital output range: K0 to K1000	24 V DC	AFP1402
		100 V to 240 V AC	AFP1406
FP1 D/A Converter Unit	• Analog output points: 2 channels/unit • Analog output range: 0 to 5 V, 0 to 10 V, 0 to 20 mA • Digital input range: K0 to K1000	24 V DC	AFP1412
		100 V to 240 V AC	AFP1416

4. Link Units

Type	Specification	Operating voltage	Part number
FP1 Transmitter Master Unit (TR-NET)	FP1 transmitter master unit enables the FP1 to exchange I/O information with slave stations at a remote site using a twisted-pair cable. By connecting with another FP1 transmitter master unit or with an FP3 transmitter master unit, you can exchange I/O information with another FP1. Communication medium (RS485 port): Twisted-pair cable up to 32 inputs and 32 outputs can be controlled per unit.	24 V DC	AFP1752
		100 V to 240 V AC	AFP1756
FP1 Remote I/O Link Unit	The FP1 I/O link unit is the interface unit for exchanging I/O information between an FP3/FP5 and an FP1. When the FP1 is connected to the FP3/FP5 remote I/O system via the FP1 I/O link unit, you can exchange I/O information, using a 2-conductor cable.	24 V DC	AFP1732
		100 V to 240 V AC	AFP1736
C-NET Adapter	RS485 ↔ RS422/RS232C signal converter. Used for communication between a computer and FP programmable controllers - Up to 32 stations. Communication medium (RS485 port): 2-conductor cable or twisted-pair cable	24 V DC	AFP8532
		100 V to 240 V AC	AFP8536
C-NET Adapter S1 type (for FP1 Control Unit only)	RS485 ↔ RS422 signal converter for FP1 control unit. Used for communication between the C-NET adapter and an FP1 control unit.	——	AFP15401

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Programming Tools

Type		Part number	Description
FPsoft Windows Programming Software		FPSOFT-FD	Program editing software used with commercially available computer.
FP Programmer II		AFP1114	Handheld programmer for FP series programmable controllers.
FP1 Peripheral Cable	3 m (9.8 ft.)	AFP15201-US9	Cable for connection between the FP1 RS422 programming port and a PC, 9-pin RS232C port.
	50 cm (1.6 ft.)	AFP15205-US	Cable for connection between the FP1 RS422 programming port and the hand held programmer or ATM terminal.
	1.5 m (4.9 ft.)	AFP15215-US	

6. Memory (for C24, C40, C56 and C72 series)

Type		Part number	Description
FP1 Memory Unit		AFP1201	EPROM
FP1 Memory Unit	for C24/C40 series	AFP1202	EEPROM
	for C56/C72 series	AFP1203	EEPROM

7. FP ROM Writer

Type		Part number	Description
FP ROM Writer		AFP5651	ROM programmer for FP series programmable controllers [EEPROM (28C256 or equivalent) cannot be programmed]
FP1 Peripheral Cable	50 cm (1.6 ft.)	AFP15205-US	Cable for connection between the FP1 RS422 programming port and the ROM writer when the RS422/232C Adapter (AFP8550) is used.
	1.5 m (4.9 ft.)	AFP15215-US	
FP1 ROM Writer Socket Adapter		AFP1810	Adapter needed to program the FP1 memory unit [AFP1201] using the FP ROM writer or commercially available ROM writer. Can also be used to program the EEPROM memory units.

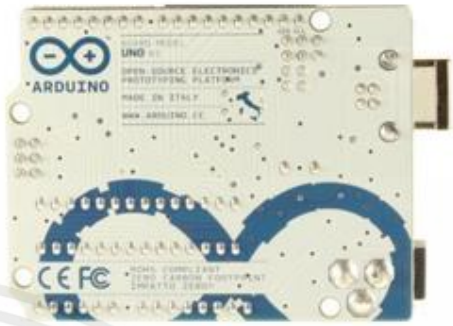
8. Maintenance Parts

Type		Part number	Description
Lithium Battery		AFP1801	For FP1 control unit (C24, C40, C56, and C72 series)
FP1 Short-circuit Bar		AFP1803	Used to short the COM terminals when loads at the same voltage are connected to the FP1's outputs.
FP1 Expansion Cable	7 cm (2.8 inch)	AFP15101	Cable needed for connection between the control unit and expansion unit.
	30 cm (11.8 inch)	AFP15103	
	50 cm (19.7 inch)	AFP15105	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Arduino Uno

Arduino Uno R3 Front



Arduino Uno R3 Back

Arduino Uno R2 Front

Arduino Uno SMD

Arduino Uno Front

Arduino Uno Back

Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 (datasheet). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.
The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega16U2 (Atmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.

> Revision 2 of the Uno board has a resistor pulling the 8U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.
> Revision 3 of the board has the following new features:

- 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which operate with 5V and with the Arduino Due that operate with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.
- Stronger RESET circuit.
- Atmega 16U2 replace the 8U2.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the index of Arduino boards.

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Schematic & Reference Design

EAGLE files: arduino-uno-Rev3-reference-design.zip (NOTE: works with Eagle 6.0 and newer)
Schematic: arduino-uno-Rev3-schematic.pdf
Note: The Arduino reference design can use an Atmega8, 168, or 328, Current models use an ATmega328, but an Atmega8 is shown in the schematic for reference. The pin configuration is identical on all three processors.

Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.
External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.
The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.
The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.**This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the EEPROM library).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using pinMode(), digitalWrite(), and digitalRead() functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the attachInterrupt() function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the analogWrite() function.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the SPI library.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the analogReference() function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin.** Support TWI communication using the Wire library.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with analogReference().
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the mapping between Arduino pins and ATmega328 ports. The mapping for the Atmega8, 168, and 328 is identical.

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega16U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '16U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, on Windows, a .inf file is required. The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).
A SoftwareSerial library allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.
The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the documentation for details. For SPI communication, use the SPI library.

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software (download). Select "Arduino Uno from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the reference and tutorials.
The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a bootloader that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol (reference, C header files).
You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see these instructions for details.
The ATmega16U2 (or 8U2 in the rev1 and rev2 boards) firmware source code is available . The ATmega16U2/8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by:

- On Rev1 boards: connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2.
- On Rev2 or later boards: there is a resistor that pulling the 8U2/16U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

You can then use Atmel's FLIP software (Windows) or the DFU programmer (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See this user-contributed tutorial for more information.

Automatic (Software) Reset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2/16U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload. This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.
The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see this forum thread for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Four screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solenoid valve (5/2 、 5/3 way)

AIRTAC

4V100 Series

Specification

Model	4V110-M5 4V120-M5	4V130C-M5 4V130E-M5 4V130P-M5	4V110-06 4V120-06	4V130C-06 4V130E-06 4V130P-06
Fluid	Air(to be filtered by 40um filter element)			
Acting	Internal piloted			
Port size 1	In=Out=M5		In=Out=1/8"	
Orifice size	5.5mm² (Cv=0.31)	5.0mm² (Cv=0.28)	12.0mm² (Cv=0.67)	9.0mm² (Cv=0.50)
Valve type	5 port 2 position	5 port 3 position	5 port 2 position	5 port 3 position
Operating pressure	0.15~0.8MPa(21~114Psi)			
Proof pressure	1.5MPa(215Psi)			
Temperature ℃	-20~70			
Material of body	Aluminum alloy			
Lubrication 2	Not required			
Max. frequency 3	5 cycle/sec	3 cycle/sec	5 cycle/sec	3 cycle/sec
Weight	4V110-M5:120g 4V120-M5:175g	200g	4V110-06:120g 4V120-06:175g	300g

1. PT thread、NPT thread and G thread are available;
2. It can not stop in the midway of lubricating. Lubricants like ISO VG32 or equivalent are recommended.
3. The maximum actuation frequency is in the no-load state.

Symbol

Product feature

1. Pilot-oriented mode optional for internal or external;
2. Structure in sliding column mode: good tightness and sensitive reaction;
3. Three position solenoid valves have three kinds of central function for your choice;
4. Double control solenoid valves have memory function;
5. Internal hole adopts special processing technology which has little attrition friction, low start pressure and long service life;
6. No need to add oil for lubrication;
7. It is available to form integrated valve group with the base to save installation space;
8. Affiliated manual devices are equipped to facilitate installation and debugging;
9. Several standard voltage grades are optional;

Coil specification

Item	Specification
Standard voltage	AC220V、AC110V、AC24V、DC24V、DC12V
Scope of voltage	AC：±15%　DC：±10%
Power consumption	AC：2.5VA　DC：2.5W
Protection	IP65 (DIN40050)
Temperature classification	B Class
Electrical entry	Terminal、Grommet
Activating time	0.05 sec and below

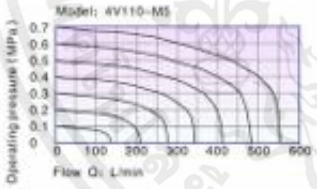
Ordering code

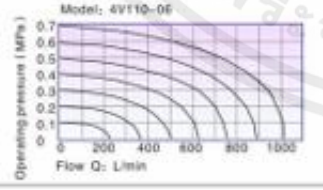
4V　1　10　—　06　—　A　—　□　—　P

- Code: 1: 100 Series
- Model: 4V: Solenoid valve (5/2 5/3 way)
- Valve type: 10: Single solenoid 5/2 way; 20: Double solenoid 5/2 way; 30C: Double solenoid 5/3 way closed center; 30E: Double solenoid 5/3 way exhaust center; 30P: Double solenoid 5/3 way pressure center
- Port size: M5: M5; 06: 1/8"
- Voltage: A: AC220V; B: DC24V; C: AC110V; E: AC24V; F: DC12V
- 1 Thread type: P: PT; T: NPT; G: G
- Electrical entry: Blank: Terminal; I: Grommet

1 When the thread is M5 type, the code is blank
Please refer to P1-33 for manifold specification and the order way.

Flow chart





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

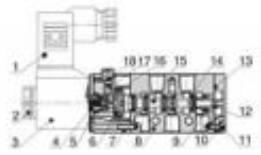
Solenoid valve (5/2 、 5/3 way)

AIRTAC

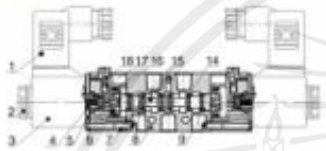
4V100 Series

Inner structure

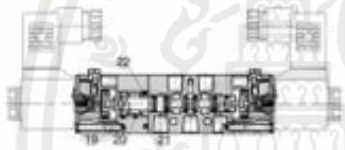
4V110



4V120



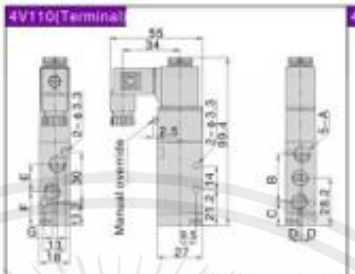
4V130C



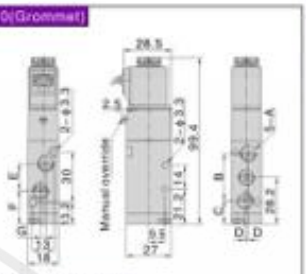
NO.	Item	NO.	Item	NO.	Item
1	Connector	9	Wearing ring	17	Overside spring
2	Coil nut	10	Bottom cover	18	Manual override
3	Coil	11	Fixed screw	19	Spring holder
4	Armature	12	Spool spring	20	Return spring
5	Fixed plate	13	Bottom cover gasket	21	Side cover
6	Piston	14	Spool O-ring	22	Spring holder
7	Pilot kit	15	Spool		
8	Body	16	Piston O-ring		

Dimensions

4V110(Terminal)

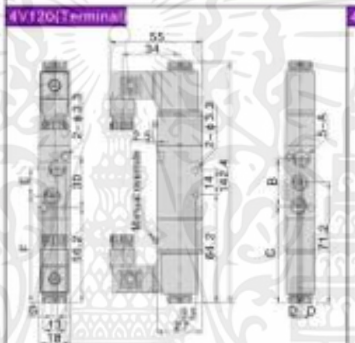


4V110(Grommet)

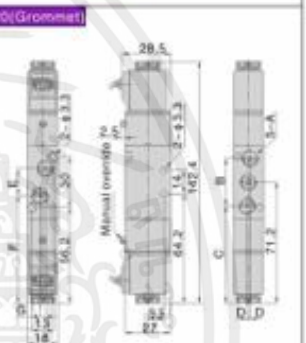


Model/Item	A	B	C	D	E	F	G
4V110-M5	M5 x 0.8	27	14.7	0	14	21.2	0
4V110-06	1/8"	28	14.2	1	16	20.2	3

4V120(Terminal)

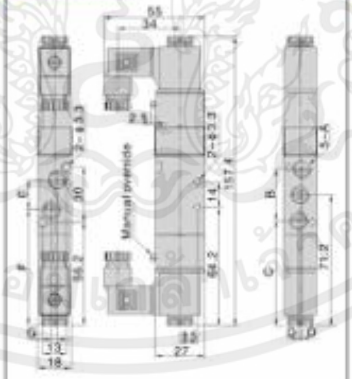


4V120(Grommet)

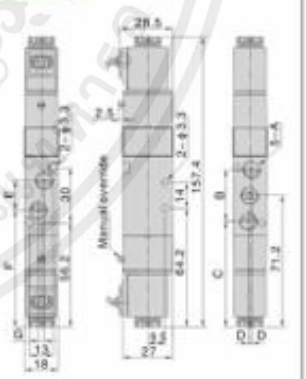


Model/Item	A	B	C	D	E	F	G
4V120-M5	M5 x 0.8	27	57.7	0	14	64.3	0
4V120-06	1/8"	28	57.2	1	16	63.2	3

4V130(Terminal)



4V130(Grommet)



Model/Item	A	B	C	D	E	F	G
4V130-M5	M5 x 0.8	27	57.7	0	14	64.3	0
4V130-06	1/8"	28	57.2	1	16	63.2	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solenoid valve (5/2 、 5/3 way)

AirTAC

4V200 Series

Specification

Model	4V210-06 4V220-06	4V230C-06 4V230E-06 4V230P-06	4V210-08 4V220-08	4V230C-08 4V230E-08 4V230P-08
Fluid	Air(to be filtered by 40um filter element)			
Acting	Internal piloted			
Port size ①	In=Out=Exhaust=1/8"		In=Out =1/4" Exhaust=1/8"	
Orifice size	14.0mm² (Cv=0.78)	12.0mm² (Cv=0.67)	16.0mm² (Cv=0.89)	12.0mm² (Cv=0.67)
Valve type	5 port 2 position	5 port 3 position	5 port 2 position	5 port 3 position
Operating pressure	0.15~0.8MPa(21~116Psi)			
Proof pressure	1.5MPa(215Psi)			
Temperature ℃	-20~70			
Material of body	Aluminum alloy			
Lubrication ②	Not required			
Max. frequency ③	5 cycle/sec	3 cycle/sec	5 cycle/sec	3 cycle/sec
Weight	4V210-06:220g 4V220-06:320g	360g	4V210-08:220g 4V220-08:320g	360g

1. PT thread、NPT thread and G thread are available;
2. It can not stop in the midway of lubricating. Lubricants like ISO VG32 or equivalent are recommended.
3. The maximum actuation frequency is in the no-load state.

Symbol

Coil specification

Item	Specification
Standard voltage	AC220V、AC110V、AC24V、DC24V、DC12V
Scope of voltage	AC：±15%　DC：±10%
Power consumption	AC：3.5VA　DC：3.0W
Protection	IP65 (DIN40050)
Temperature classification	B Class
Electrical entry	Terminal、Grommet
Activating time	0.05 sec and below

Product feature

1. Pilot-oriented mode: optional for internal or external;
2. Structure in sliding column mode: good tightness and sensitive reaction;
3. Three position solenoid valves have three kinds of central function for your choice;
4. Double control solenoid valves have memory function;
5. Internal hole adopts special processing technology which has little attrition friction, low start pressure and long service life;
6. No need to add oil for lubrication;
7. It is available to form integrated valve group with the base to save installation space;
8. Affiliated manual devices are equipped to facilitate installation and debugging;
9. Several standard voltage grades are optional;

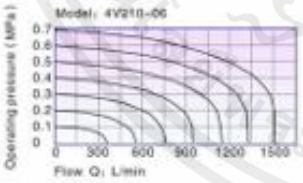
Ordering code

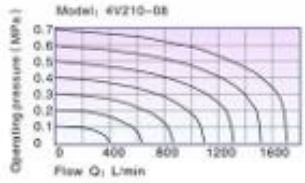
4V　2　10　—　08　—　A　—　□　—　P

- Code: 2: 200 Series
- Model: 4V: Solenoid valve (5/2 5/3 way)
- Valve type: 10: Single solenoid 5/2 way; 20: Double solenoid 5/2 way; 30C: Double solenoid 5/3 way closed center; 30E: Double solenoid 5/3 way exhaust center; 30P: Double solenoid 5/3 way pressure center
- Port size: 06: 1/8"; 08: 1/4"
- Voltage: A: AC220V; B: DC24V; C: AC110V; E: AC24V; F: DC12V
- Thread type: P: PT; T: NPT; G: G
- Electrical entry: Blank: Terminal; 1: Grommet

Please refer to P1-33 for manifold specification and the order way.

Flow chart





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

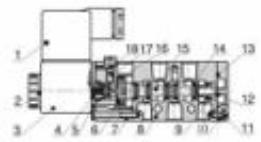
Solenoid valve (5/2 、 5/3 way)

AirTAC

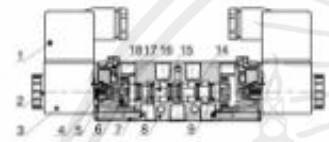
4V200 Series

Inner structure

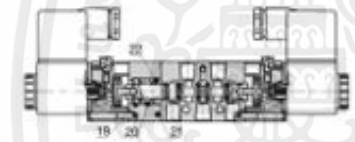
4V210



4V220



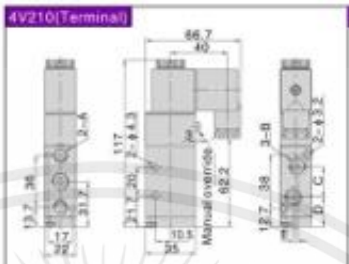
4V230C



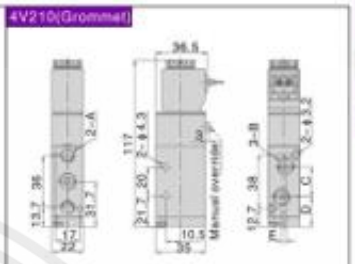
NO.	Item	NO.	Item	NO.	Item
1	Connector	9	Wearing ring	17	Override spring
2	Coil nut	10	Bottom cover	18	Manual override
3	Coil	11	Fixed screw	19	Spring holder
4	Armature	12	Spool spring	20	Return spring
5	Fixed plate	13	Bottom cover gasket	21	Side cover
6	Piston	14	Spool O-ring	22	Spring holder
7	Pilot kit	15	Spool		
8	Body	16	Piston O-ring		

Dimensions

4V210(Terminal)

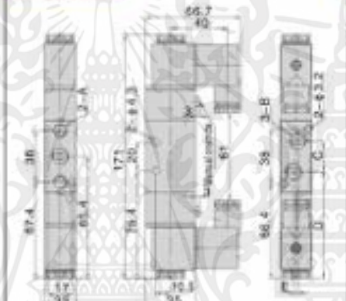


4V210(Grommet)

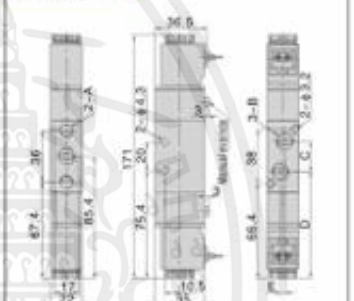


Model/Item	A	B	C	D	E
4V210-06	1/8"	1/8"	18	22.7	0
4V210-08	1/8"	1/4"	21	21.2	3

4V220(Terminal)

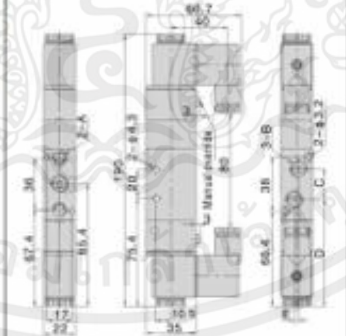


4V220(Grommet)

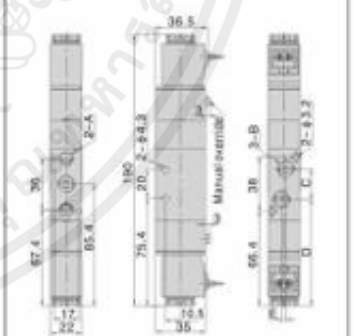


Model/Item	A	B	C	D	E
4V220-06	1/8"	1/8"	18	76.4	0
4V220-08	1/8"	1/4"	21	74.9	3

4V230(Terminal)



4V230(Grommet)



Model/Item	A	B	C	D	E
4V230-06	1/8"	1/8"	18	76.4	0
4V230-08	1/8"	1/4"	21	74.9	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solenoid valve (5/2 、 5/3 way)

AirTAC

4V300 Series

Specification

Model	4V310-08 4V320-08	4V330C-08 4V330E-08 4V330P-08	4V310-10 4V320-10	4V330C-10 4V330E-10 4V330P-10
Fluid	Air(to be filtered by 40um filter element)			
Acting	Internal piloted			
Port size 1	In=Out=Exhaust=1/4"		In=Out =3/8" Exhaust=1/4"	
Orifice size	25.0mm² (Cv=1.40)	18.0mm² (Cv=1.00)	30.0mm² (Cv=1.68)	18.0mm² (Cv=1.00)
Valve type	5 port 2 position	5 port 3 position	5 port 2 position	5 port 3 position
Operating pressure	0.15~0.8MPa(21~114Psi)			
Proof pressure	1.5MPa(215Psi)			
Temperature ℃	-20~70			
Material of body	Aluminum alloy			
Lubrication 2	Not required			
Max. frequency 3	4 cycle/sec	3 cycle/sec	4 cycle/sec	3 cycle/sec
Weight	4V310-08:310g 4V320-08:400g	450g	4V310-10:310g 4V320-10:400g	450g

1. PT thread、NPT thread and G thread are available;
2. It can not stop in the midway of lubricating. Lubricants like ISO VG32 or equivalent are recommended;
3. The maximum actuation frequency is in the no-load state.

Symbol

Coil specification

Item	Specification
Standard voltage	AC220V、AC110V、AC24V、DC24V、DC12V
Scope of voltage	AC：±15%　DC：±10%
Power consumption	AC：3.5VA　DC：3.0W
Protection	IP65 (DIN40050)
Temperature classification	B Class
Electrical entry	Terminal、Grommet
Activating time	0.05 sec and below

Product feature

1、Pilot-oriented mode: optional for internal or external;
2、Structure in sliding column mode: good lightness and sensitive reaction;
3、Three position solenoid valves have three kinds of central function for your choice;
4、Double control solenoid valves have memory function;
5、Internal hole adopts special processing technology which has little attrition friction, low start pressure and long service life;
6、No need to add oil for lubrication;
7、It is available to form integrated valve group with the base to save installation space;
8、Affiliated manual devices are equipped to facilitate installation and debugging;
9、Several standard voltage grades are optional;

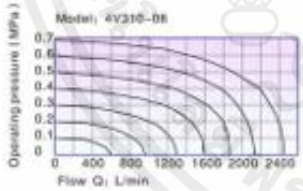
Ordering code

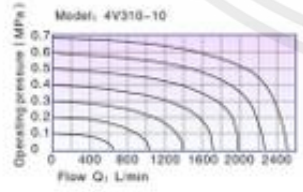
4V　3　10　—　10　—　A　—　□　—　P

Model	Code	Valve type	Port size	Voltage	Thread type	Electrical entry
4V：Solenoid valve (5/2、5/3 way)	3：300 Series	10：Single solenoid 5/2 way 20：Double solenoid 5/2 way 30C：Double solenoid 5/3 way closed center 30E：Double solenoid 5/3 way exhaust center 30P：Double solenoid 5/3 way pressure center	08：1/4" 10：3/8"	A：AC220V B：DC24V C：AC110V E：AC24V F：DC12V	P：PT T：NPT G：G	Blank：Terminal 1：Grommet

Please refer to P1-33 for manifold specification and the order way.

Flow chart





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

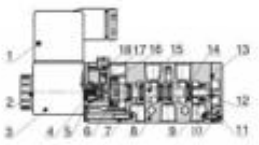
Solenoid valve (5/2 、 5/3 way)

AIRTAC

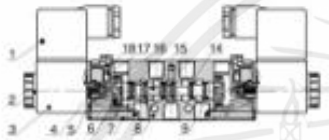
4V300 Series

Inner structure

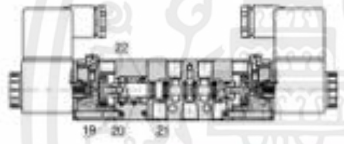
4V310



4V320



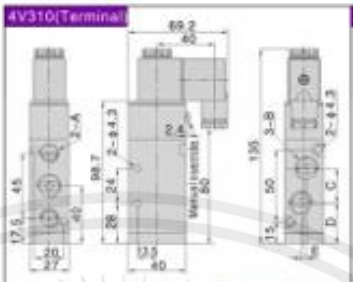
4V330C



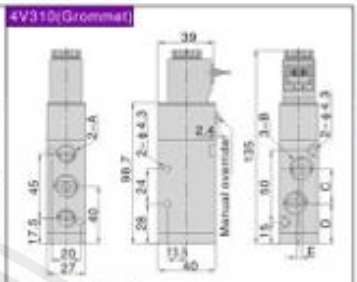
NO.	Item	NO.	Item	NO.	Item
1	Connector	9	Wearing ring	17	Override spring
2	Coil nut	10	Bottom cover	18	Manual override
3	Coil	11	Fixed screw	19	Spring holder
4	Armature	12	Spool spring	20	Return spring
5	Fixed plate	13	Bottom cover gasket	21	Side cover
6	Piston	14	Spool O-ring	22	Spring holder
7	Pilot kit	15	Spool		
8	Body	16	Piston O-ring		

Dimensions

4V310(Terminal)

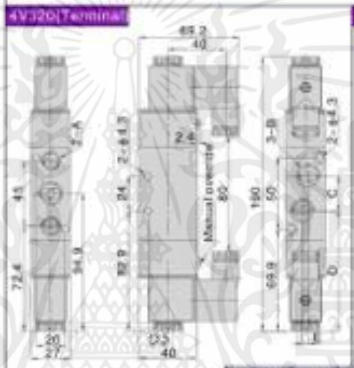


4V310(Grommet)

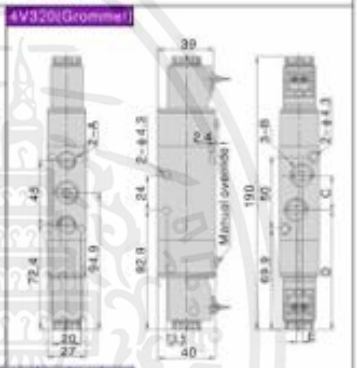


Model/Item	A	B	C	D	E
4V310-08	1/4"	1/4"	22	29	0
4V310-10	1/4"	3/8"	24	28	4

4V320(Terminal)

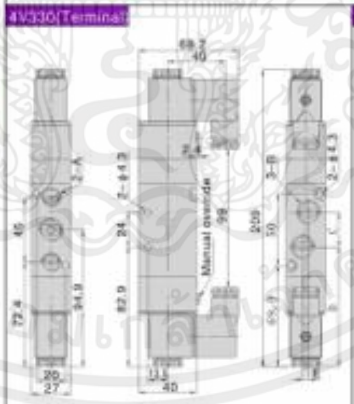


4V320(Grommet)

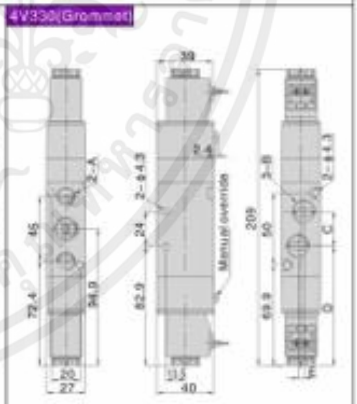


Model/Item	A	B	C	D	E
4V320-08	1/4"	1/4"	22	83.9	0
4V320-10	1/4"	3/8"	24	82.9	4

4V330(Terminal)



4V330(Grommet)



Model/Item	A	B	C	D	E
4V330-08	1/4"	1/4"	22	83.9	0
4V330-10	1/4"	3/8"	24	82.9	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solenoid valve (5/2 、 5/3 way)

AirTAC

4V400 Series

Specification

Model	4V410-15	4V420-15	4V430C-15	4V430E-15	4V430P-15
Fluid	Air(to be filtered by 40um filter element)				
Acting	Internal piloted				
Port size ①	In-Out=Exhaust=1/2"				
Orifice size	50.0mm² (Cv=2.79)		30.0mm² (Cv=1.68)		
Valve type	5 port 2 position		5 port 3 position		
Operating pressure	0.15~0.8MPa(21~114Psi)				
Proof pressure	1.5MPa(215Psi)				
Temperature ℃	-20~70				
Material of body	Aluminum alloy				
Lubrication ②	Not required				
Max. frequency ③	3 cycle/sec				
Weight	590g	720g	770g		

1. PT thread、NPT thread and G thread are available;
2. It can not stop in the midway of lubricating. Lubricants like ISO VG32 or equivalent are recommended;
3. The maximum actuation frequency is in the no-load state.

Symbol

Coil specification

Item	Specification
Standard voltage	AC220V、AC110V、AC24V、DC24V、DC12V
Scope of voltage	AC：±15%　DC：±10%
Power consumption	AC：3.5VA　DC：3.0W
Protection	IP65 (DIN40050)
Temperature classification	B Class
Electrical entry	Terminal、Grommet
Activating time	0.05 sec and below

Product feature

1、Pilot-oriented mode: optional for internal or external;
2、Structure in sliding column mode: good tightness and sensitive reaction;
3、Three position solenoid valves have three kinds of central function for your choice;
4、Double control solenoid valves have memory function;
5、Internal hole adopts special processing technology which has little attrition friction, low start pressure and long service life;
6、No need to add oil for lubrication;
7、It is available to form integrated valve group with the base to save installation space;
8、Affiliated manual devices are equipped to facilitate installation and debugging;
9、Several standard voltage grades are optional;

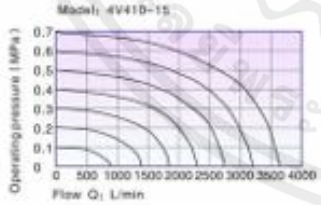
Ordering code

4V　4　10　—　15　—　A　—　□　—　P

- 4V：Solenoid valve (5/2 5/3 way)
- Code：4：400 Series
- Valve type：10：Single solenoid 5/2 way；20：Double solenoid 5/2 way；30C：Double solenoid 5/3 way closed center；30E：Double solenoid 5/3 way exhaust center；30P：Double solenoid 5/3 way pressure center
- Port size：15：1/2"
- Voltage：A：AC220V；B：DC24V；C：AC110V；E：AC24V；F：DC12V
- Electrical entry：Blank：Terminal；I：Grommet
- Thread type：P：PT；T：NPT；G：G

Please refer to P5-33 for manifold specification and the order way.

Flow chart



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

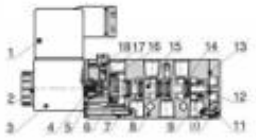
Solenoid valve (5/2 、 5/3 way)

AIRTAC

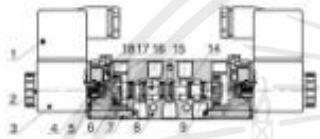
4V400 Series

Inner structure

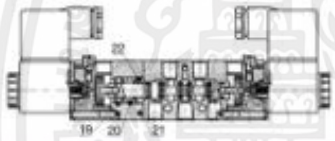
4V410



4V420



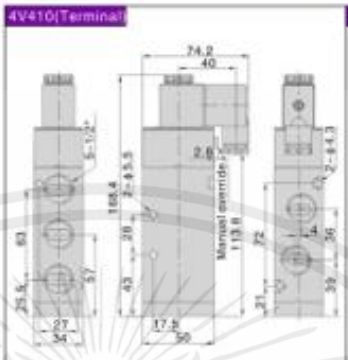
4V430C



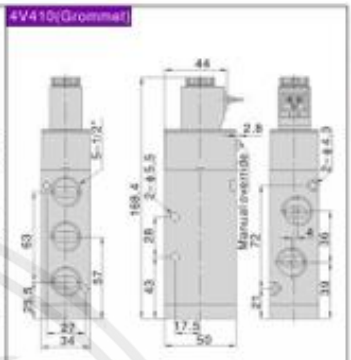
NO.	Item	NO.	Item	NO.	Item
1	Connector	9	Wearing ring	17	Override spring
2	Coil nut	10	Bottom cover	18	Manual override
3	Coil	11	Fixed screw	19	Spring holder
4	Armature	12	Spool spring	20	Return spring
5	Fixed plate	13	Bottom cover gasket	21	Side cover
6	Piston	14	Spool O-ring	22	Spring holder
7	Pilot kit	15	Spool		
8	Body	16	Piston O-ring		

Dimensions

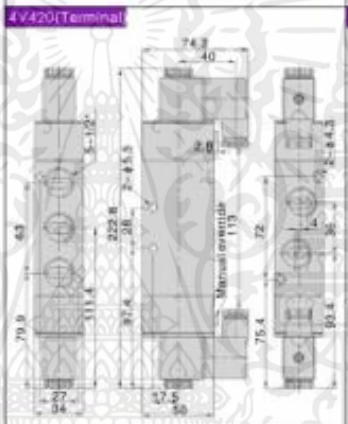
4V410(Terminal)



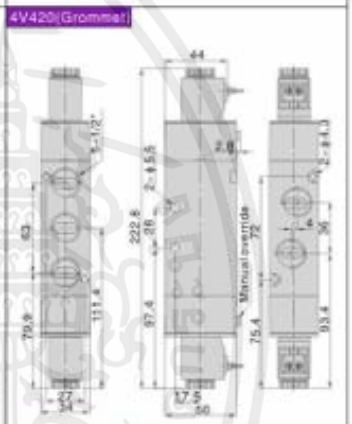
4V410(Grommet)



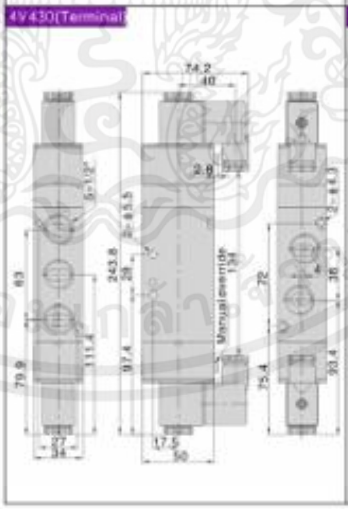
4V420(Terminal)



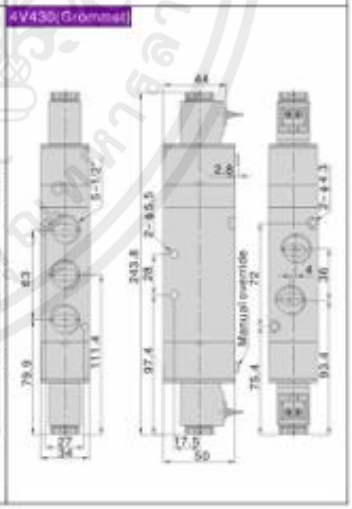
4V420(Grommet)



4V430(Terminal)



4V430(Grommet)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Manual of IR Sensor Switch E18-D80NK-N

IR-Sensor Switch E18 This is Sensor Infrared device for distance detection that can be adjusted in the range of 6 cm.-80 cm.; and Output is Logic TTL; 0 (GND) and 1 (5V).

Specifications

-Adjust distance detection in the range of 6 cm.-80 cm. by Adjustable VR and display the status by LED

- Sensing device should be opaque material or any material that allows less light to pass through; black color is the best because Sensor device works well by using reflection of Infrared

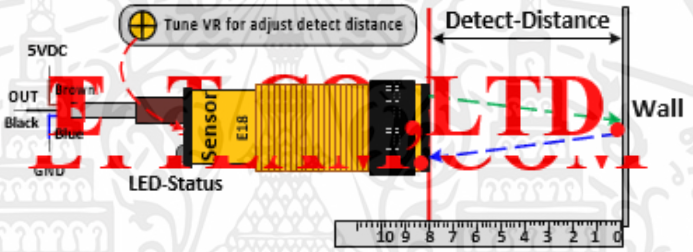
-OUTPUT is Open Collector; it has to connect R 10 K Pull Up at Out Putt

-Signal Output is Digital TTL; 0 = GND and 1 = 5V

-Use Power Supply DC 5V Current 100mA

How to setup distance detection: Before using, it has to setup preferable distance detection for using with Sensor as follows;

1) Provide 5V Power Supply (brown cable) and GND (blue cable) to Sensor
2) Turn the head of Sensor upright to the ground or wall (it is the best if ground or wall is black color)
3) Measure the preferable distance detection from ground or wall to the head of Sensor by ruler; and hold Sensor at the preferable position to detect for awhile
4) Adjust VR at the end of Sensor. Look at the change of LED at the end of Sensor as described below;



- **If LED is OFF (OUTPUT = 1),** please adjust VR in a clockwise direction until LED becomes ON (OUTPUT = 0) and then stop adjusting VR. The position that LED changes the state is the specified distance detection. This is conditional operation; *if the distance of Sensor is less than or equal to the distance detection,* LED Status is ON and OUTPUT becomes Logic 0; but if the distance of Sensor is greater than the distance detection, LED Status is OFF and OUTPUT becomes Logic 1 instead.

- **If LED is ON (OUTPUT = 0),** please adjust VR in an anticlockwise direction until LED becomes OFF (OUTPUT = 1) and then stop adjusting VR. The position that LED changes the state is the specified distance detection. This is conditional operation; *if the distance of Sensor is greater than or equal to the distance detection,* LED Status is OFF and OUTPUT becomes Logic 1; but if the distance of Sensor is less than the distance detection, LED Status is ON and OUTPUT becomes Logic 0 instead.

5) Test the operation of Sensor by moving Sensor. When the head of Sensor moves and passes the specified distance detection, LED of Sensor is lit up if the distance of Sensor is less or equal to the specified distance detection; but LED is OFF if the distance of Sensor is greater than or equal to the specified distance detection. If it does not accord with any conditional operation described above, it means that it fails to setup any distance detection for Sensor.

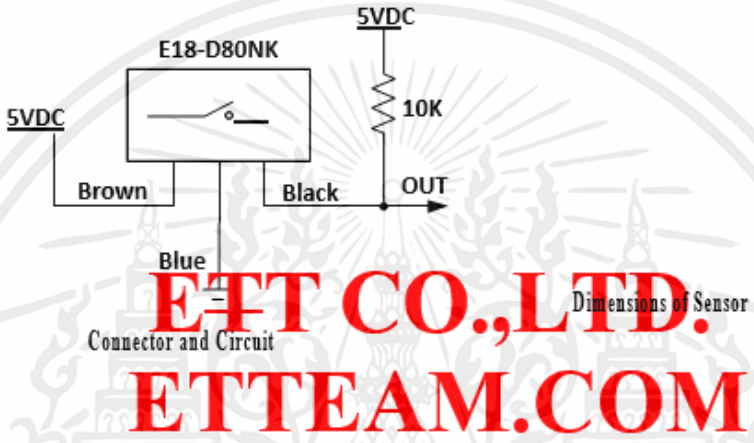
Referred to experiment in use, it found that color of ground or wall or any material that is used to reflect to Sensor is not enough dark. If the wall that is used to reflect is light color, the least distance detection of Sensor is also higher; so, the specified distance detection of user is lower than the least distance detection of Sensor. In this case, it should use wall with the dark color or it may setup the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

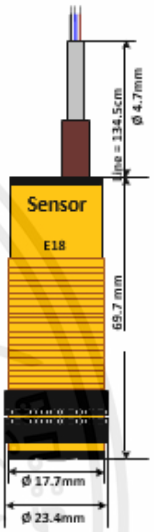
distance detection higher, depend on material of user. User has to test and setup distance detection by self because each color of wall that reflects to Sensor is different; and finally, user needs to return to step 1-5. Referred to experiment, the least distance detection of the black wall that can reflect to Sensor is 6 cm; the operating result accords with step 5, it means that it succeeds and Sensor is ready to use and connect.

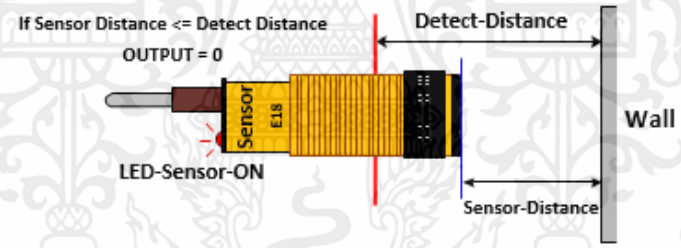
How to use Sensor after setup distance detection

Please look at the circuit below and connect Sensor with Connectors according to the specified color; Brown Cable is 5VDC Power Supply, Blue Cable is GND, and Black Cable is OUTPUT(TTL). Next, please look at the conditional operation of Sensor to write program correctly.

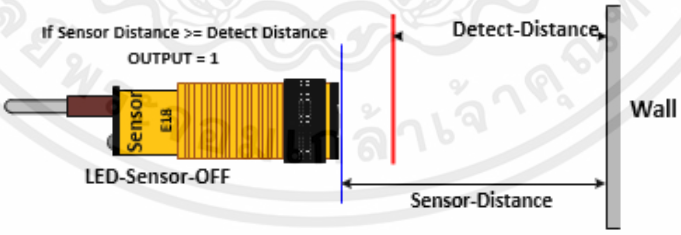


ETT CO.,LTD.
ETTEAM.COM





When distance of Sensor <= the specified distance detection, LED Status is ON and OUTPUT = 0



When distance of Sensor >= the specified distance detection, LED Status is OFF and OUTPUT = 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Introduction

Motor 1 Specification – 12V DC Motor

Features

- 12V – 200RPM –
- 3.6KG•CM torque DC gearhead motor
- 30:1 Gear Ratio
- 2mm rear encoder shaft
- Good compromise between speed and torque for small robotic designs.

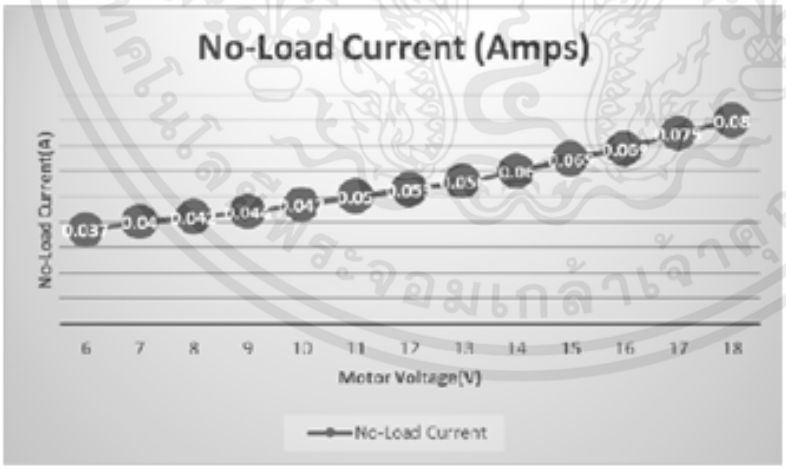
1.1 Description

Motor1 is a 12V DC geared motor with a .25" motor output shaft and a 2mm rear encoder shaft. The 2mm shaft works with our ENC300 quadrature encoder to allow the motor to be used in position control applications. Motor controllers that are rated for 12V@2A are ideal for controlling this motor. However, motor controllers with lower current ratings can also be used if they have over-current and over-temperature protection.

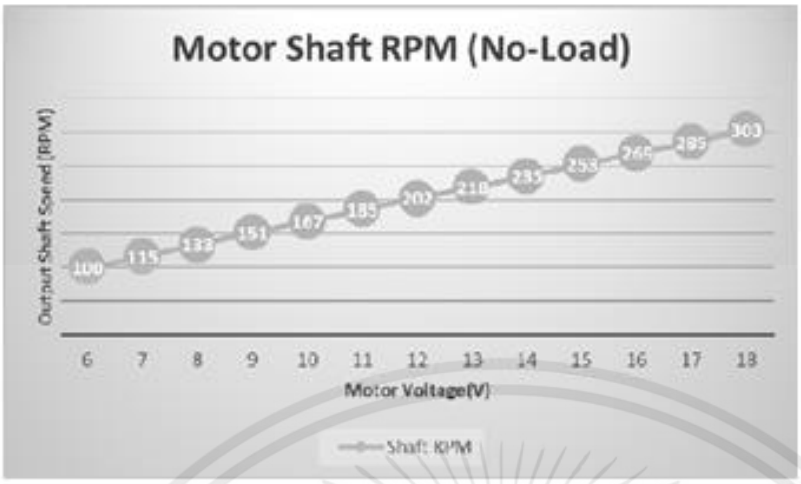
2. Motor1 Specifications

2.1 DC Gearhead Motor Characteristics

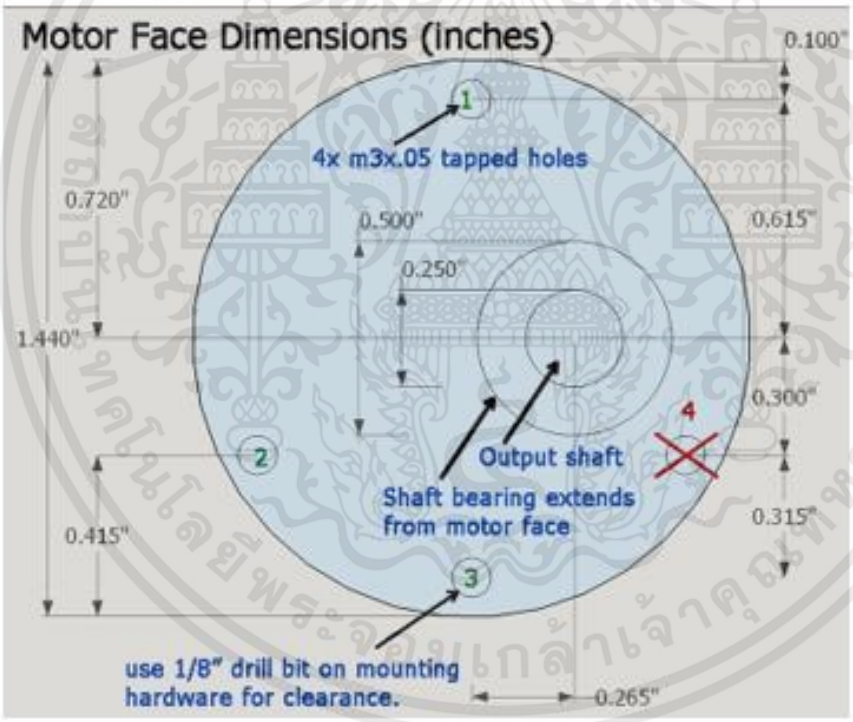
Characteristic	Value	Unit
Operating voltage	4.5-18	V
Startup torque (kilogram-force centimeter)	3.6	KG•CM
Startup torque (inch-pound)	3.1	Inch•lbf
Gear ratio	30:1	
No-Load Current (12V)	0.053	A
Stall Current	1.5	A
No-Load Speed (12V)	200	RPM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

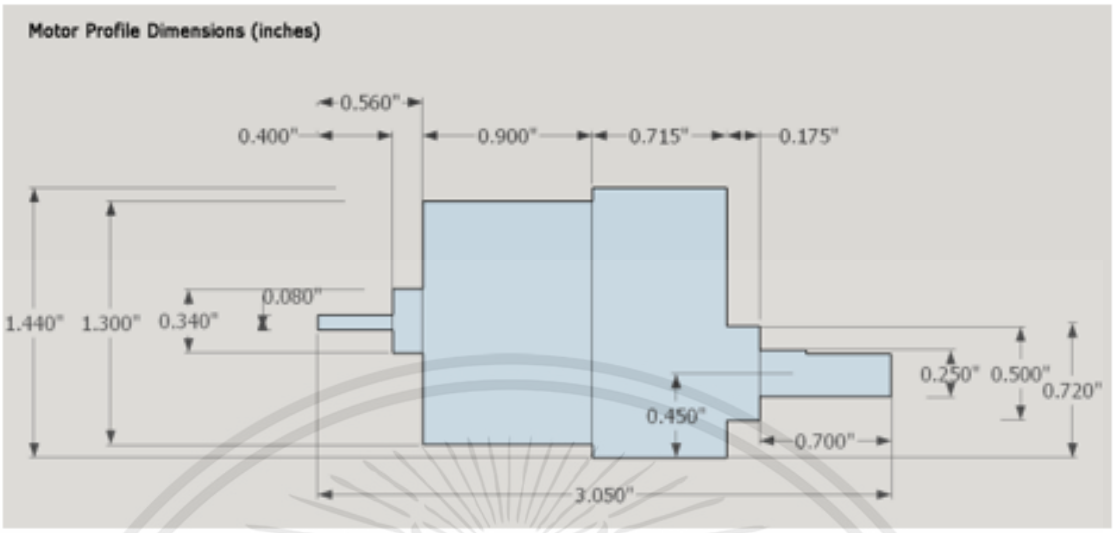


3. Mechanics



Notes on mounting hardware: The motor has 4 mounting holes on its face (labeled 1-4 in the image above). They are threaded for m3 x .05 metric machine screws. We have used 8mm long screws successfully to mount the motor to a 1/8" thick L-bracket. However, mounting hole 4 is in close proximity to the internal motor mechanics, and it is recommended that you avoid using it.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



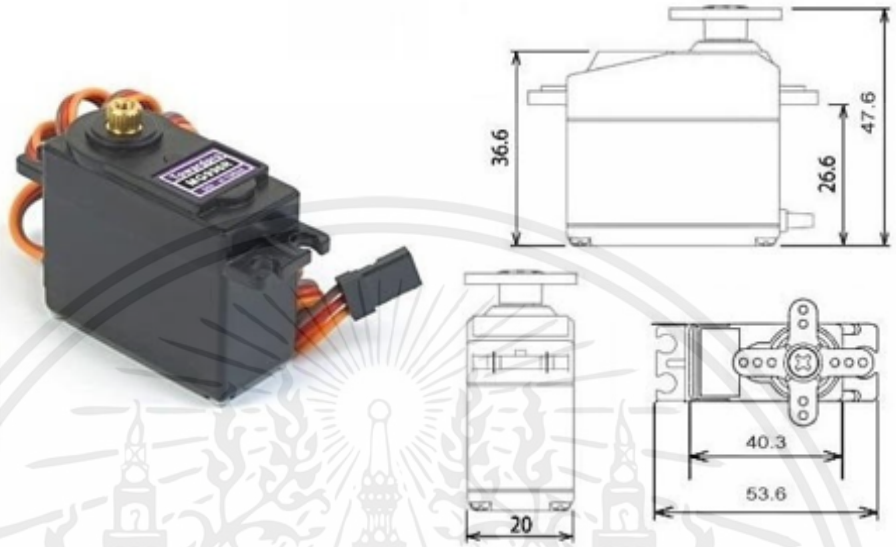
Disclaimer of Liability and Accuracy: Information provided by Solutions Cubed is believed to be accurate and reliable. However, Solutions Cubed assumes no responsibility for inaccuracies or omissions. Solutions Cubed assumes no responsibility for the use of this information and all use of such information shall be entirely at the user's own risk.

Life Support Policy: Solutions Cubed does not authorize any Solutions Cubed product for use in life support devices and/or systems without express written approval from Solutions Cubed.

Warrantee: Solutions Cubed warrants all products against defects in materials and workmanship for a period of 90 days. If you discover a defect, we will, at our option, repair or replace your product or refund your purchase price. This warrantee does not cover products that have been physically abused or misused in any way.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MG996R High Torque
Metal Gear Dual Ball Bearing Servo



This High-Torque MG996R Digital Servo features metal gearing resulting in extra high 10kg stalling torque in a tiny package. The MG996R is essentially an upgraded version of the famous MG995 servo, and features upgraded shock-proofing and a redesigned PCB and IC control system that make it much more accurate than its predecessor. The gearing and motor have also been upgraded to improve dead bandwith and centering. The unit comes complete with 30cm wire and 3 pin 'S' type female header connector that fits most receivers, including Futaba, JR, GWS, Cirrus, Blue Bird, Blue Arrow, Corona, Berg, Spektrum and Hitec.

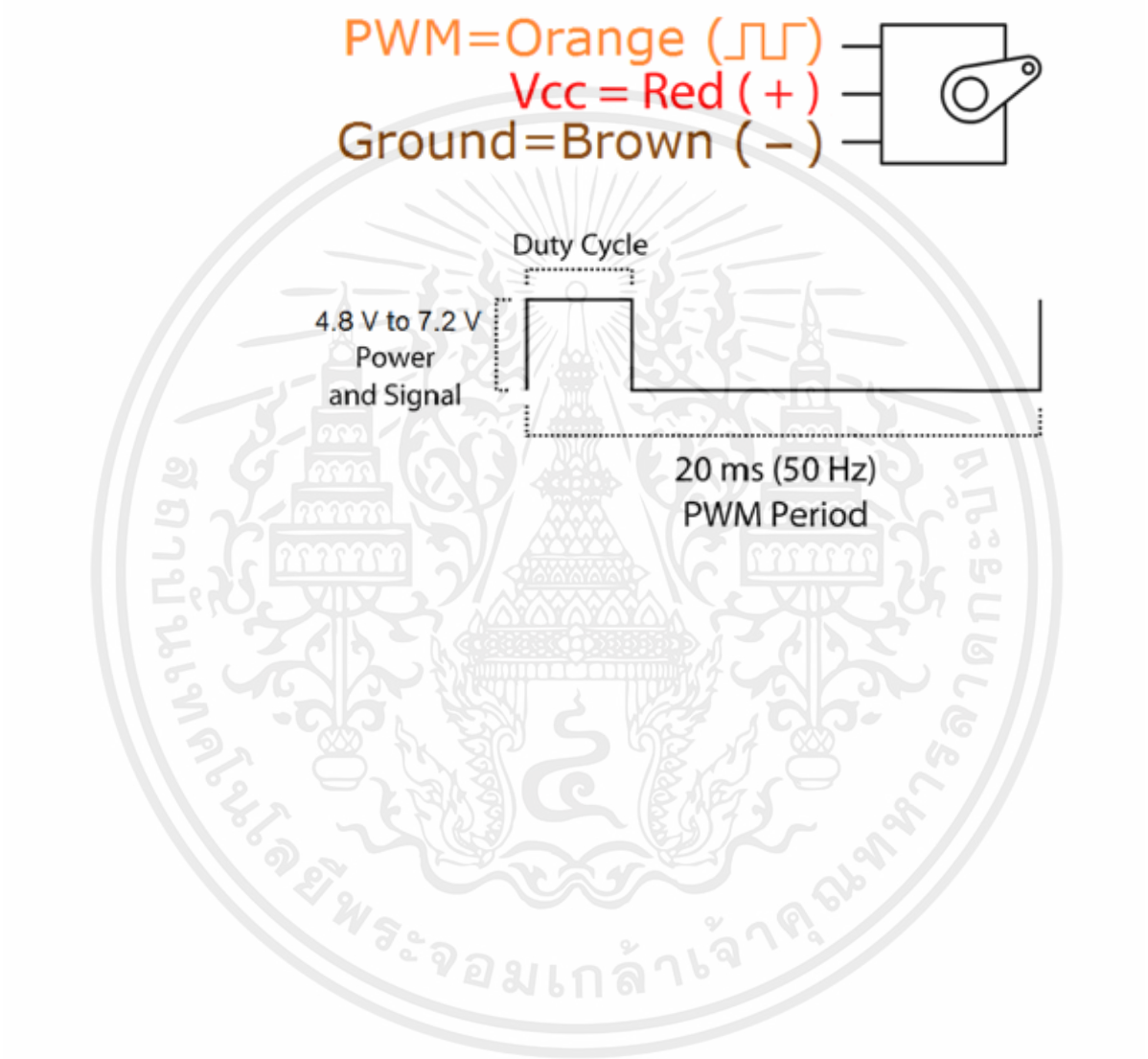
This high-torque standard servo can rotate approximately 120 degrees (60 in each direction). You can use any servo code, hardware or library to control these servos, so it's great for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. The MG996R Metal Gear Servo also comes with a selection of arms and hardware to get you set up nice and fast!

Specifications

- Weight: 55 g
- Dimension: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.
- Stall torque: 9.4 kgf·cm (4.8 V), 11 kgf·cm (6 V)
- Operating speed: 0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60° (6 V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Operating voltage: 4.8 V a 7.2 V
- Running Current 500 mA – 900 mA (6V)
- Stall Current 2.5 A (6V)
- Dead band width: 5 µs
- Stable and shock proof double ball bearing design
- Temperature range: 0 °C – 55 °C



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล นายพัชรพล ศรีอินทร์

วัน เดือน ปีเกิด 16 มกราคม 2542

ที่อยู่ 149/225 ม.6 ถ.ชนเกษม ต.มะขามเตี้ย อ.เมือง
จ.สุราษฎร์ธานี 84000

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2560 สายวิทย์ – คณิต
โรงเรียนเทศบาล 5 เทศบาลนครสุราษฎร์ธานี

Tel: 0631458916

Email: 60511062@kmitl.ac.th

ชื่อ - นามสกุล นางสาวเกวลี สงประสพ

วัน เดือน ปีเกิด 21 เมษายน 2542

ที่อยู่ 59/113 ม.2 ถ.สายเอเชีย ต.บ้านกรด อ.บางปะอิน
จ.พระนครศรีอยุธยา 13160

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2560 สายวิทย์ – คณิต
โรงเรียนอยุธยานุสรณ์

Tel: 0616453587

Email: 60511038@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้