

การออกแบบชุดฝึกอบรมลำเลียง  
DESIGN OF CONVEYOR TRAINING KIT

รวิชา ตั้งสันติพร  
วรพล ตั้งกมลชัยกุล  
สุรศักดิ์ พุ่มदनตรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2555

การออกแบบชุดฝึกอบรมลำเลียง  
DESIGN OF CONVEYOR TRAINING KIT

รวิชา ตั้งสันติพร  
วรพล ตั้งกมลชัยกุล  
สุรศักดิ์ พุ่มดนตรี

ปฏิญานีพจน์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2555

# DESIGN OF CONVEYOR TRAINING KIT

RAVICHA TUNGSUNTIPORN  
WARAPOL TANKAMONCHAIKUN  
SURASAK PUMDONTRI

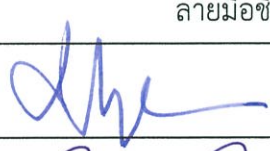
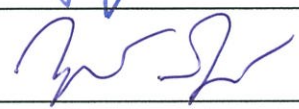
A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN AUTOMATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2012

สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การออกแบบชุดฝึกระบบลำเลียง  
DESIGN OF CONVEYOR TRAINING KIT

นักศึกษาผู้จัดทำ นายริชา ตั้งสันติพร รหัสนักศึกษา 52010977  
นายวรพล ตั้งกมลชัยกุล รหัสนักศึกษา 52011041  
นายสุรศักดิ์ พุ่มดนตรี รหัสนักศึกษา 52011340

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมอัตโนมัติ  
ปีการศึกษา 2555

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ประภาช	อุคคกิม่าพันธ์	
อาจารย์กฤษณ์	เสมอพิทักษ์	

หัวข้อปฏิญานิพนธ์	การออกแบบชุดฝึกกระบบลำเลียง DESIGN OF CONVEYOR TRAINING KIT		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายวิชา	ตั้งสันติพร	รหัสนักศึกษา 52010977
	นายวรพล	ตั้งกมลชัยกุล	รหัสนักศึกษา 52011041
	นายสุรศักดิ์	พุ่มดนตรี	รหัสนักศึกษา 52011340
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ประภาช	อุคคกิม่าพันธ์ุ	
	อาจารย์กฤษณ์	เสมอพิทักษ์	
ปีการศึกษา	2555		

### บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบชุดฝึกกระบบลำเลียง ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของอุปกรณ์ทางกลและส่วนควบคุม ในส่วนของอุปกรณ์ทางกลได้ออกแบบการลำเลียงเป็น 2 ลักษณะ คือการลำเลียงแบบสายพานและการลำเลียงแบบลูกกลิ้ง ส่วนควบคุมได้ออกแบบวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ ออกแบบบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถควบคุมส่วนของอุปกรณ์ทางกลและมีช่องทางการสื่อสารด้วยโปรโตคอลมอดบัสอาร์ทียู (MODBUS RTU) สามารถเชื่อมต่อกับโปรแกรม HMI (Human Machine Interface) ชุดฝึกที่ได้ออกแบบสามารถทำงานได้ตามที่กำหนด และเป็นประโยชน์สำหรับการเรียนรู้การทำงานของระบบลำเลียงรวมถึงการออกแบบโปรแกรมควบคุมระบบลำเลียง

Thesis Title	DESIGN OF CONVEYOR TRAINING KIT	
Authors	Mr. Ravicha	Tungsuntiporn
	Mr. Warapol	Tankamonchaikun
	Mr. Surasak	Pumdontri
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Prapart	Ukakimaparn
	Mr. Krit	Smerpitak
Year	2012	

## ABSTRACT

This thesis presents a design of conveyor training kit that consists of mechanical and control part. 2-Type of mechanical part has been designed, first is belt conveyor the other is roller conveyor. The control part proposed to design speed motor control circuit, microcontroller board, MODBUS communication, and interfacing. The training kit can operate and control based on design, that useful for learning a conveyor, and its applications.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีก็เพราะได้รับความเมตตาจากท่าน รศ.ประภาช อุดคภิมาพันธ์ และ อาจารย์กฤษณ์ เสมอพิทักษ์เป็นอย่างสูงที่ได้ให้แนวทาง ตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ ผู้จัดจำต้องขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้งสองเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ซึ่งมีน้ำใจช่วยเหลือ ทั้งให้คำแนะนำในเรื่องต่าง ๆ ช่วยเหลือเรื่อง อุปกรณ์ เช่น คอมพิวเตอร์ Jig Saw เป็นต้น

กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้ทุนในการทำปริญญาานิพนธ์ อีกทั้งยังเป็นกำลังใจในการทำปริญญาานิพนธ์นี้จนสำเร็จไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปริญญาโท.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท.....	1
1.3 ขอบเขต.....	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 รายละเอียดของปริญญาโท.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 กล่าวนำ.....	3
2.2 ระบบลำเลียงในอุตสาหกรรม.....	3
2.3 ส่วนอุปกรณ์ทางกล.....	3
2.3.1 ระบบสายพานลำเลียง.....	3
2.3.2 เฟือง.....	7
2.3.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	9
2.3.4 อาร์ซีเซอร์โวมอเตอร์.....	10
2.3.5 เซนเซอร์ชนิดใช้แสง.....	12
2.3.6 โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบชิ้นส่วนที่ต้องการ.....	14
2.4 ส่วนการควบคุมและแสดงผล.....	15
2.4.1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	15
2.4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	16
2.4.3 ภาษาซี.....	19
2.4.4 โปรโตคอลมอดบัส.....	19
2.4.5 โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบลายวงจร.....	22
2.4.6 โปรแกรมสำหรับควบคุมและแสดงผล.....	22
2.4.7 OPC.....	23

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ชุดฝึกระบบลำเลียงที่นำเสนอ.....	24
3.1 กล่าวนำ.....	24
3.2 โครงสร้างของชุดฝึกระบบลำเลียงที่นำเสนอ.....	24
3.3 การออกแบบ.....	26
3.3.1 ส่วนอุปกรณ์ทางกล.....	26
3.3.1.1 สายพานลำเลียง.....	26
3.3.1.2 ล้อลำเลียง.....	27
3.3.1.3 ล้อลำเลียงติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์.....	28
3.3.2 ส่วนของการควบคุม.....	28
3.3.2.1 บอร์ดควบคุม.....	28
3.3.2.2 โปรแกรมควบคุมและแสดงผล.....	37
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	46
4.1 กล่าวนำ.....	46
4.2 วัตถุประสงค์.....	46
4.3 การทดสอบวงจรควบคุมความเร็ว.....	46
4.4 การทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างส่วนควบคุมและส่วนอุปกรณ์ทางกล.....	48
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	51
5.1 กล่าวนำ.....	51
5.2 บทสรุป.....	51
5.3 ปัญหาและอุปสรรค.....	51
5.3.1 ปัญหาและอุปสรรคทางกล.....	51
5.3.2 ปัญหาในส่วนของการควบคุมการทำงาน.....	52
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	52
บรรณานุกรม.....	53
ภาคผนวก.....	54

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงการเก็บข้อมูลในรูปแบบมอดบัส.....	21
ตารางที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Modbus, Microcontroller และ Function (บอร์ตควบคุมที่ 1).....	34
ตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Modbus, Microcontroller และ Function (บอร์ตควบคุมที่ 2).....	34
ตารางที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Modbus, Equipment ของบอร์ตควบคุมที่ 1.....	35
ตารางที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Modbus, Equipment ของบอร์ตควบคุมที่ 2.....	36
ตารางที่ 3.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและการแสดงผลของโปรแกรมควบคุม (ระบบลำเลียงแบบที่ 1).....	40
ตารางที่ 3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและการแสดงผลของโปรแกรมควบคุม (ระบบลำเลียงแบบที่ 2).....	43
ตารางที่ 3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Tag ในโปรแกรมควบคุมและ Address ใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ (บอร์ตควบคุมที่ 1).....	44
ตารางที่ 3.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Tag ในโปรแกรมควบคุมและ Address ใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ (บอร์ตควบคุมที่ 2).....	45
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบการควบคุมความเร็วคงที่.....	47
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการสั่งงานและแสดงผลของโปรแกรมควบคุม (สั่งอุปกรณ์ที่ละ 1 ส่วน).....	49
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการคัดแยกขนาดของระบบลำเลียงแบบที่ 1.....	50
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทำงานของระบบลำเลียงแบบที่ 2.....	50

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ระบบลำเลียงในอุตสาหกรรม.....	3
รูปที่ 2.2 พูลเลย์.....	4
รูปที่ 2.3 สายพานแบน.....	5
รูปที่ 2.4 สายพานกลม.....	5
รูปที่ 2.5 สายพานรูปตัววี.....	6
รูปที่ 2.6 สายพานไหม้มีง.....	6
รูปที่ 2.7 ลูกกลิ้ง.....	7
รูปที่ 2.8 ชุดขับ.....	7
รูปที่ 2.9 เฟืองตรง.....	8
รูปที่ 2.10 เฟืองเฉียง.....	8
รูปที่ 2.11 เฟืองก้างปลา.....	8
รูปที่ 2.12 เฟืองสะพาน.....	9
รูปที่ 2.13 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	10
รูปที่ 2.14 สัญญาณพัลส์ควบคุมที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของอาร์ซีเซอร์โวมอเตอร์.....	10
รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบของอาร์ซีเซอร์โวมอเตอร์.....	11
รูปที่ 2.16 ระบบการทำงานของเซอร์โว.....	12
รูปที่ 2.17 โฟโต้เซนเซอร์และสัญลักษณ์.....	13
รูปที่ 2.18 Solidworks.....	14
รูปที่ 2.19 AutoCAD.....	15
รูปที่ 2.20 การควบคุมความเร็วมอเตอร์.....	16
รูปที่ 2.21 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	17
รูปที่ 2.22 การติดต่อสื่อสารแบบ Master/Slave.....	20
รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะเฟรมข้อมูลของมอดบัสอาร์ทียู.....	21
รูปที่ 2.24 Altium Designer.....	22
รูปที่ 2.25 Wonderware InTouch.....	22
รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงการควบคุมชุดเฟืองระบบลำเลียง.....	25
รูปที่ 3.2 รางลำเลียงแบบที่ 1 (สายพานลำเลียง).....	26
รูปที่ 3.3 รางลำเลียงแบบที่ 2 (ล้อลำเลียง).....	27
รูปที่ 3.4 รางลำเลียงแบบที่ 3 (ล้อลำเลียงติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์).....	28
รูปที่ 3.5 แผนภาพแสดงทิศทางในการรับส่งข้อมูล.....	29
รูปที่ 3.6 ภาพรวมของวงจรต่าง ๆ ในบอร์ดควบคุม.....	30
รูปที่ 3.7 วงจรจ่ายพลังงาน.....	30
รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมความเร็ว.....	31
รูปที่ 3.9 วงจรแปลงสัญญาณ UART เป็น RS-485.....	31

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.10 วงจรอินพุตเซนเซอร์แบบใช้แสง.....	32
รูปที่ 3.11 วงจรซีรี่ส์.....	32
รูปที่ 3.12 ส่วนเชื่อมต่ออาร์ซีเซอร์ไวมอเตอร์.....	33
รูปที่ 3.13 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	33
รูปที่ 3.14 บอร์ดควบคุมที่ 1.....	35
รูปที่ 3.15 บอร์ดควบคุมที่ 2.....	36
รูปที่ 3.16 ภาพจำลองระบบลำเลียงแบบที่ 1 ในโปรแกรม Wonderware InTouch.....	37
รูปที่ 3.17 Flow Chart การทำงานของระบบลำเลียงแบบที่ 1.....	39
รูปที่ 3.18 ภาพจำลองระบบลำเลียงแบบที่ 2 ในโปรแกรม Wonderware InTouch.....	41
รูปที่ 3.19 Flow Chart การทำงานของระบบลำเลียงแบบที่.....	42
รูปที่ 3.20 หน้าจอโปรแกรม SMC.....	44
รูปที่ 4.1 ระบบลำเลียงแบบที่ 1.....	48
รูปที่ 4.2 ระบบลำเลียงแบบที่ 2.....	49

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปฏิญญานิพนธ์

ปฏิญญานิพนธ์นี้นำเสนอการออกแบบชุดฝึกกระบบลำเลียงอัตโนมัติในอุตสาหกรรมเพื่อตอบสนองกับอุตสาหกรรมในปัจจุบันที่มีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง จากเดิมอุตสาหกรรมใช้แรงงานมนุษย์ซึ่งการใช้แรงงานมนุษย์มีแนวโน้มลดน้อยลง ค่าใช้จ่ายในการจ้างงานสูงขึ้นและอาจเกิดข้อผิดพลาดหรืออุบัติเหตุต่าง ๆ ในการทำงาน ทำให้เกิดความเสียหายและส่งผลกระทบต่อกระบวนการในอุตสาหกรรม และเนื่องจากในปัจจุบันอุตสาหกรรมต้องการกำลังการผลิตมากขึ้นจึงมีการนำระบบอัตโนมัติมาใช้

จากข้อมูลข้างต้นคณะผู้จัดทำจึง ได้ทำการออกแบบชุดฝึกกระบบลำเลียงและระบบควบคุมตัวลำเลียงโดยเชื่อมต่อกับโปรแกรมควบคุม HMI ผ่านทางการสื่อสารด้วยโปรโตคอลมอดบัส (Modbus Protocol) ได้มีการออกแบบอุปกรณ์ทางกลโดยใช้โปรแกรม Solidworks การสร้างแบบจำลองกระบวนการโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมทำให้สามารถทดสอบกระบวนการลำเลียงรวมถึงการเขียนโปรแกรมควบคุม HMI เพื่อใช้เป็นชุดฝึก

### 1.2 วัตถุประสงค์ของปฏิญญานิพนธ์

1. ออกแบบและสร้างชุดฝึกกระบบลำเลียง เพื่อใช้จำลองระบบลำเลียงใน
2. อุตสาหกรรม ออกแบบโปรแกรมสำหรับควบคุมชุดฝึกกระบบลำเลียง เพื่อใช้จำลองระบบลำเลียงในอุตสาหกรรม
3. เพื่อสร้างชุดฝึกกระบบลำเลียงสำหรับใช้ในการเรียนการสอนเกี่ยวกับระบบลำเลียงในอุตสาหกรรม
4. เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจในการทำงานและการควบคุมระบบลำเลียง

### 1.3 ขอบเขต

1. สร้างชุดฝึกด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เขียนโปรแกรมจำลองการทำงาน
2. เขียนโปรแกรมควบคุมและแสดงผลผ่านทางโปรแกรม HMI
3. สามารถนำชุดฝึกมาประกอบเป็นระบบลำเลียงอื่น ๆ และเขียนโปรแกรมควบคุมกระบวนการ
4. สร้างแบบจำลองระบบลำเลียงโดยใช้ชุดฝึก ประกอบด้วยรางลำเลียง 3 แบบ แบ่งเป็นแบบสายพานลำเลียง 3 ชุด และแบบล้อลำเลียงจำนวน 1 ชุด แบบล้อลำเลียงที่ติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ 1 ชุด โดยนำเสนอจัดวาง 2 รูปแบบ โดย
  - รูปแบบที่ 1 ประกอบด้วยรางแบบสายพานลำเลียง 3 ชุด, แบบล้อลำเลียงจำนวน 1 ชุด, แบบล้อลำเลียงที่ติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ 1 ชุด ทำการตัดแยกขนาดโดยใช้การหมุนซ้าย-ขวาของรางแบบล้อลำเลียง

- รูปแบบที่ 2 ประกอบด้วยรางแบบสายพานลำเลียง 2 ชุด, แบบล้อลำเลียงที่ติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ 1 ชุด ทำการคัดแยกขนาดโดยใช้การหมุนของเซอร์โวมอเตอร์

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการลำเลียงในอุตสาหกรรมมากขึ้น
2. ได้รับความรู้ความเข้าใจในการสร้างชุดฝึกจำลองระบบการลำเลียงในอุตสาหกรรม
3. ได้รับความรู้ความเข้าใจในการเขียนโปรแกรมควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)
4. ได้รับความรู้ความเข้าใจในการใช้โปรแกรม Wonderware InTouch และ Solidworks
5. สามารถนำชุดฝึกระบบลำเลียงไปใช้ในการเรียนการสอน

#### 1.5 รายละเอียดของปฏิญญานิพนธ์

- ปฏิญญานิพนธ์ฉบับนี้มีเนื้อหาทั้งหมด 5 บท โดยแต่ละบทมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
- บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงความสำคัญและที่มาของปฏิญญานิพนธ์, วัตถุประสงค์, ขอบเขตและประโยชน์ของปฏิญญานิพนธ์
- บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงระบบลำเลียงในอุตสาหกรรม, ทฤษฎีและรายละเอียดของส่วนอุปกรณ์ทางกล, ทฤษฎีและรายละเอียดของส่วนการควบคุมและแสดงผล
- บทที่ 3 ชุดฝึกระบบลำเลียงที่นำเสนอ กล่าวถึงโครงสร้างของชุดฝึกระบบลำเลียง การออกแบบส่วนอุปกรณ์ทางกลและส่วนการควบคุม, การทำงานของระบบลำเลียง
- บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการทดลอง, ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง
- บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ กล่าวถึงบทสรุปของปฏิญญานิพนธ์, ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ , ข้อเสนอแนะ

## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 กล่าวนำ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและมีความจำเป็นในการทำโครงการฉบับนี้ ซึ่งได้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของอุปกรณ์ทางกล, ส่วนการควบคุมและแสดงผล โดยในส่วนของอุปกรณ์ทางกลจะกล่าวถึงทฤษฎีและรายละเอียดของอุปกรณ์รวมไปถึงโปรแกรมต่าง ๆ ที่ใช้ในชุดฝึกระบบลำเลียงที่นำเสนอ ประกอบด้วย สายพานลำเลียง, เฟือง, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, เซอร์โวมอเตอร์, เซนเซอร์ชนิดใช้แสงและโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบชิ้นส่วนที่ต้องการและส่วนการควบคุมพัฒนาขึ้นมาโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น pic18f45k20 ที่เขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีและมีการเชื่อมต่อกับ HMI ด้วยโปรโตคอลมอดบัส

### 2.2 ระบบลำเลียงในอุตสาหกรรม

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้ระบบลำเลียง ในการขนย้ายหรือลำเลียงสินค้ากันมากขึ้นในกลุ่มอุตสาหกรรมต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย ประโยชน์ของการใช้ระบบลำเลียงนั้นช่วยให้เกิดความรวดเร็ว, ผ่านแรง, เข้าโปรแกรมคำนวณผลผลิตได้ง่าย, ประสิทธิภาพการผลิต, สะดวกในการทำงาน และยังเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตระบบต่อเนื่อง ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบลำเลียงในอุตสาหกรรม [1]

### 2.3 ส่วนอุปกรณ์ทางกล

#### 2.3.1 ระบบสายพานลำเลียง

ระบบสายพานลำเลียง เป็นระบบขนถ่ายวัสดุแบบต่อเนื่อง ที่สามารถขนถ่ายได้ทั้งแนวระนาบและเอียง (ขึ้น-ลง) ทั้งวัสดุปริมาณมวล (Bulk Materials) และหน่วย (Unit) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดหรือประเภทวัสดุที่ขนถ่ายและลักษณะในการขนถ่าย

### ส่วนประกอบหลักของระบบสายพานลำเลียง

1. พูลเลย์ (Pulley) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 มีหน้าที่ในการเปลี่ยนทิศทาง (direction) และควบคุม (control) ความตึง (tension) หรือความหย่อน (slack) ของสายพานในระบบลำเลียง (belt conveyor system) และบางครั้งก็ทำหน้าที่ปรับสายพานเพื่อให้สายพานเดินได้แนวตลอดการเคลื่อนที่ของสายพาน โดยแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

- พูลเลย์สายพาน (Head Pulley) ทำหน้าที่รับแรงจากชุดขับเพื่อส่งต่อให้สายพานเคลื่อนที่
- พูลเลย์ตาม (Tail Pulley) ทำหน้าที่รองรับสายพาน (ด้านท้ายสายพาน) ซึ่งล้อสายพานทั้งสองยังมีหน้าที่ควบคุมความตึงและการเอียงของสายพานด้วย



รูปที่ 2.2 พูลเลย์

2. สายพาน (Belt) ทำหน้าที่รองรับและขนถ่ายวัสดุให้เคลื่อนที่ไปยังปลายทางที่ต้องการ สายพานลำเลียงเป็นสายพานที่ใช้ขนส่งวัสดุจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยจะต้องมีตัวขับและพูลเลย์ในการทำให้สายพานเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของสายพานจะเกิดจากแรงเสียดทานระหว่างสายพานกับพูลเลย์ แรงเสียดทานดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับผิวสัมผัสระหว่างสายพานกับพูลเลย์และแรงดึงให้สายพานตึง

สายพานแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ดังนี้

- สายพานแบน (Flat belt) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 จะใช้กับพูลเลย์ที่มีรอยหักใช้สำหรับถ่ายทอตกำลังระหว่างเพลาผิวเกลียวได้ระหว่าง 0.1 กิโลวัตต์ ถึง 4,000 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบของล้อได้สูงถึง 200,000 รอบต่อนาที และความเร็วแล่นของสายพานได้ถึง 100 เมตรต่อนาที โครงสร้างของสายพานแบนที่ใช้กันทั่วไปมี 3 แบบ คือ แบบหุ้มตัว แบบชั้นและแบบหล่อ เหมาะกับงานด้านอาหารหรืองานด้านบรรจุภัณฑ์



รูปที่ 2.3 สายพานแบน

- สายพานกลม (Round belt) ดังแสดงในรูปที่ 2.4 จะใช้กับพูลเลย์ที่มีร่องลักษณะการใช้งานเหมาะสำหรับงานส่งกำลังและงานลำเลียง



รูปที่ 2.4 สายพานกลม

- สายพานลิ้มหรือสายพานตัววี (V belt) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 จะใช้กับพูลเลย์ที่มีร่อง มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ปัจจุบันนิยมใช้กันมากในงานเครื่องมือกลเพราะว่าหาง่ายราคาถูก โอกาสในการลื่นไถลมีน้อย มีอยู่ 2 แบบ คือ สายพานลิ้มมาตรฐานเป็นสายพานลิ้มที่มีโซ่อยู่ทั่วไป ส่วนสายพานลิ้มอีกชนิดหนึ่งคือสายพานลิ้มหน้าแคบนิยมใช้ในเครื่องกลที่ส่งกำลังจากมอเตอร์



รูปที่ 2.5 สายพานรูปตัววี

- สายพานไทม์มิ่ง (Timing belt) ดังแสดงในรูปที่ 2.6 จะใช้กับพูลเลย์ที่มีฟันหรือใช้กับล้อฟันเฟือง เป็นสายพานที่ใช้ขับเคลื่อนชิ้นส่วนเครื่องจักรให้ทำงานในลักษณะที่เป็นรอบ เป็นจังหวะแน่นอน สัมพันธ์กับกระบวนการ การส่งถ่ายกำลังของสายพาน Timing Belts เกิดขึ้นระหว่างร่องฟันของพูลเลย์กับฟันของสายพาน



รูปที่ 2.6 สายพานไทม์มิ่ง

3. ลูกกลิ้ง (Roller, Idlers) ดังแสดงในรูปที่ 2.7 มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก โดยจะมีขนาดความโตต่าง ๆ กันไป เมื่ออ้างอิงจากมาตรฐาน CEMA ของเยอรมนี จะมีการกำหนดขนาดว่าลูกกลิ้งมีขนาดความโตตั้งแต่ 4"-7" แบ่งตามประเภทของการใช้งานว่ารับภาระ มากน้อยแค่ไหน หน้าที่ของลูกกลิ้ง คือ เป็นตัวช่วยพยุงหรือรองรับสายพานให้คงรูปและเคลื่อนที่ไปในแนวเส้นตรงได้โดยสะดวกโดยที่วัสดุบนสายพานไม่ร่วงหล่น

ลูกกลิ้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

- ลูกกลิ้งด้านบน (Carry Roller, Carrying Idlers, Trunghing) ทำหน้าที่รองรับสายพาน (ด้านมีวัสดุ)
- ลูกกลิ้งด้านล่าง (Return Roller, Return Idlers) ทำหน้าที่รองรับสายพาน (ด้านกลับ)



รูปที่ 2.7 ลูกกลิ้ง

4. ชุดขับ (Drive Unit) ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังในการขับสายพาน เช่น มอเตอร์ขับ, เกียร์



รูปที่ 2.8 ชุดขับ

5. โครงสร้าง (Structure) ทำหน้าที่รองรับส่วนประกอบต่าง ๆ ที่กล่าวข้างต้น เช่น ขาลูกกลิ้ง ทำหน้าที่รองรับชุดลูกกลิ้ง, โครงสายพาน ทำหน้าที่รองรับล้อขับสายพาน (ลูกกลิ้งหัว) ล้อตาม (ลูกกลิ้งท้าย) รวมไปถึงส่วนประกอบและชิ้นส่วนทั้งหมดของสายพานลำเลียง

6. ส่วนประกอบอื่นๆ หรืออุปกรณ์ช่วย (Ancillary Equipment) เช่น ชุดปรับความตึงสายพาน (Belt Take-up), ชุดทำความสะอาดสายพาน (Belt Cleaners), ชุดลูกกลิ้งกันกระแทก (Impact Roller set), ชุดส่งวัสดุออก (Trippers), ชุดครอบสายพาน (covers) เป็นต้น

### 2.3.2 เฟือง

เฟือง (Gear) เป็นชิ้นส่วนทางกลที่ทำงานโดยการหมุน ใช้สำหรับการส่งกำลังในลักษณะของแรงบิด (Torque) โดยการหมุนของตัวเฟืองที่มีฟันอยู่ในแนวรัศมี การส่งกำลังจะสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีฟันเฟืองตั้งแต่สองตัวขึ้นไป เฟืองมีหลายชนิด ได้แก่

- เฟืองตรง (Spur Gears) ดังแสดงในรูปที่ 2.9 เป็นเฟืองที่มีใช้งานกันมากที่สุดในการบรรดาเฟืองชนิดต่าง ๆ จะมีลักษณะเฉพาะคือฟันของเฟืองจะเป็นแนวขนานไปกับรูเพลลา โดยเฟืองตรงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเฟืองขนานกับเพลลา (Parallel-shaft Gear) เฟืองตรงส่วนมากจะนำมาใช้ในระบบส่งกำลัง (Transmission Component)



รูปที่ 2.9 เฟืองตรง

- เฟืองเฉียง (Helical Gears) ดังแสดงในรูปที่ 2.10 เฟืองเฉียงมีลักษณะทั่วไปเหมือนเฟืองตรง แต่ลักษณะแนวของฟันเฟืองจะไม่ขนานกับเพลลาโดยจะทำมุมเฉียงไปเป็นมุมที่ต้องการ โดยอาจจะเอียงไปทางซ้ายหรือเอียงไปทางขวาขึ้นอยู่กับลักษณะความต้องการในการใช้งาน และการออกแบบของผู้ผลิต โดยเฟืองเฉียงแต่ละคู่ที่ขบกันเพื่อส่งกำลังนั้น เฟืองหนึ่งฟันเฟืองจะเอียงไปทางซ้ายและอีกฟันเฟืองหนึ่งจะเอียงไปทางขวาในมุมที่เท่ากัน



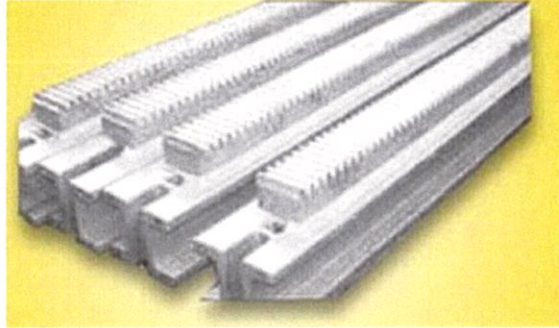
รูปที่ 2.10 เฟืองเฉียง

- เฟืองก้างปลา ( Double Helical Gears) ดังแสดงในรูปที่ 2.11 เพื่อลดแรงรูดด้านข้างในขณะทำงานของเฟืองเฉียง จึงได้ถูกพัฒนารูปแบบจากเฟืองเฉียงมาเป็นเฟืองก้างปลา ซึ่งมีลักษณะของฟันเฟืองที่เอียงเข้าหากันในมุมที่เท่ากันทำให้แรงลิฟท์ของแรงรูด (Trust) เท่ากับศูนย์



รูปที่ 2.11 เฟืองก้างปลา

- เฟืองสะพาน (Rack Gears) ดังแสดงในรูปที่ 2.12 ในหนึ่งชุดของเฟืองสะพานนั้น ประกอบด้วยสองส่วนคือส่วนที่เป็นเฟือง ตัวขับซึ่งส่วนมากแล้วจะเป็นเฟืองตรง แต่ในบางอุปกรณ์ อาจเป็นเฟืองเฉียงก็มีและส่วนที่เป็นเฟืองสะพาน (Rack) ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งยาวตรงและมีฟันเฟือง อยู่ด้านบนขบอยู่กับส่วนที่เป็นฟันเฟือง



รูปที่ 2.12 เฟืองสะพาน

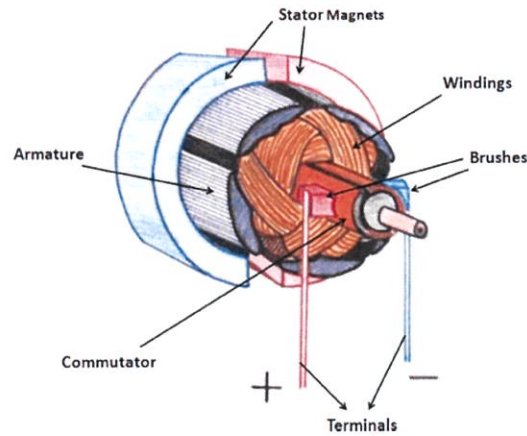
### 2.3.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์, โรงงานถลุงโลหะหรือให้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้น

#### หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อจ่ายแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปที่แปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้น จะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม

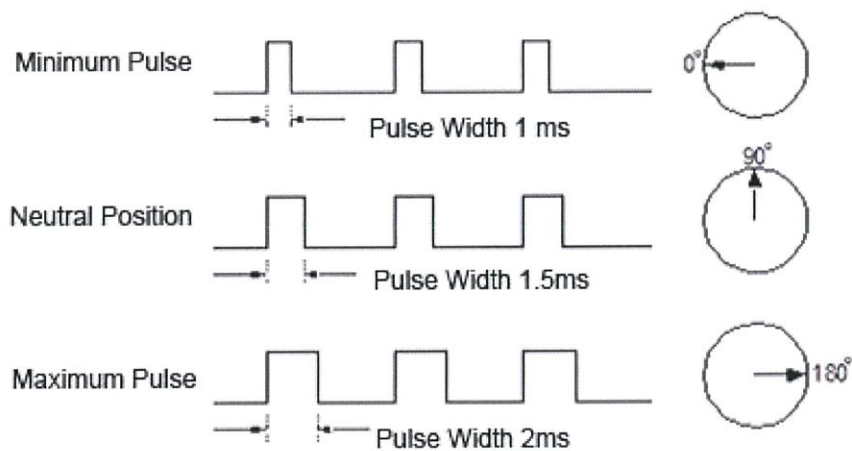
ในขณะที่เดียวกันตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็ก ทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกันทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลลาและแกนเพลลานี้สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor)



รูปที่ 2.13 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง [2]

#### 2.3.4 อาร์ซีเซอร์โวมอเตอร์

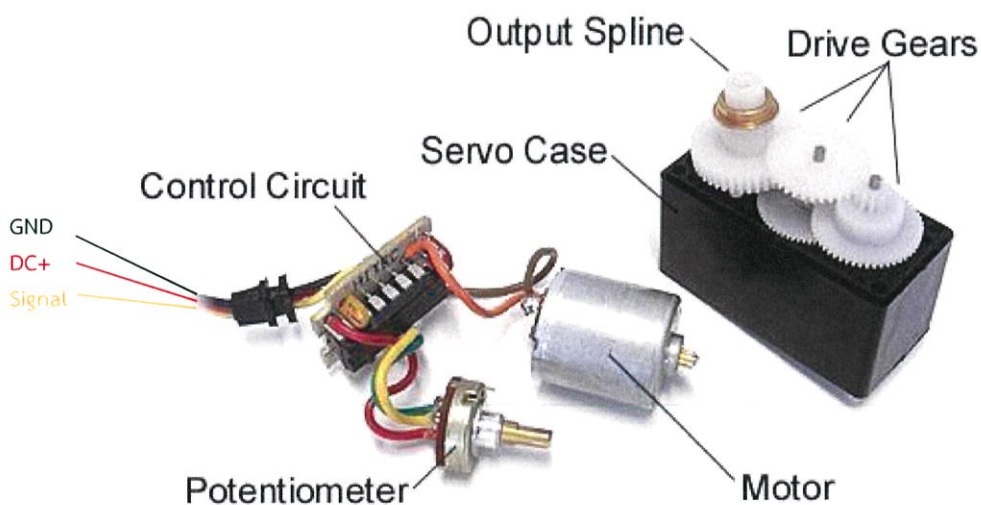
อาร์ซีเซอร์โวมอเตอร์ (RC Servo Motor) คือ มอเตอร์ชนิดหนึ่งที่ถูกออกแบบมาสำหรับการควบคุมตำแหน่ง โดยทั่วไปตำแหน่งที่วัดคือมุมของเพลามีค่าอยู่ตั้งแต่ 0 องศา ถึง +180 องศา การควบคุมจะใช้สัญญาณที่เรียกว่าสัญญาณพัลส์ (Pulse) ที่ความถี่คงที่ แต่ค่าร้อยละของอัตราส่วนระหว่างความกว้างของพัลส์ ( Pulse Width ) กับคาบเวลาของพัลส์ ( T ) เปลี่ยนได้ตามความต้องการของ Servo Motor เช่น ที่ 1 ms อยู่ที่มุม 0 องศา ที่ 2 ms อยู่ที่มุม +180 องศา เป็นต้น นั่นคือค่าเวลาตั้งแต่ 1 ms ถึง 2 ms ก็คือมุมของเพลาคือ 0 องศา ถึง +180 องศา ดังแสดงในรูปที่ 2.14



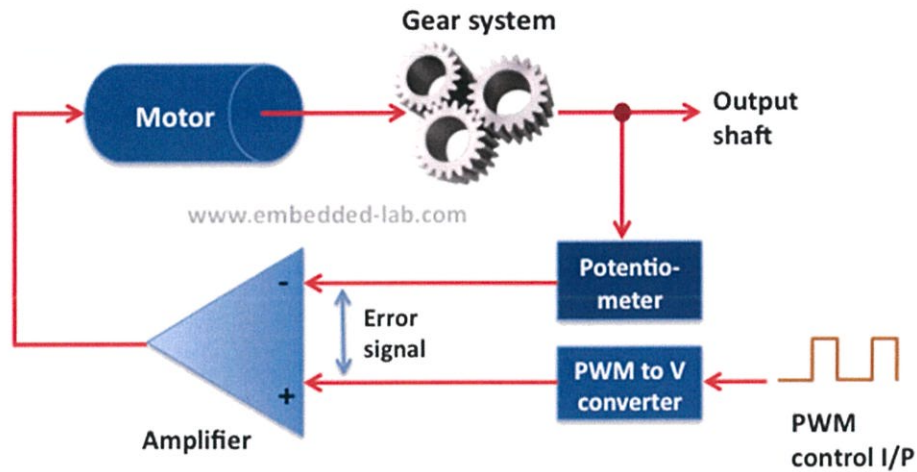
รูปที่ 2.14 สัญญาณพัลส์ควบคุมที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของอาร์ซีเซอร์โวมอเตอร์

### ส่วนประกอบของอาร์ซีเซอร์โว ดังแสดงในรูปที่ 2.15 มีดังนี้

1. Servo Case ส่วนโครงสร้างจะทำมาจากพลาสติก
2. DC Motor ซึ่งเป็นส่วนให้กำลังในการหมุนของเซอร์โว
3. วงจรควบคุม มีหน้าที่ในการถอดรหัสสัญญาณควบคุมจากตัวส่งซึ่งส่งมาเป็นแบบ PWM และส่งการควบคุมไปสั่งการทำงานของมอเตอร์ให้หมุนแขนของเซอร์โวให้อยู่ในตำแหน่งที่ได้ถอดรหัสมา
4. ตัวปรับค่าความต้านทาน คือส่วนที่ตรวจวัดตำแหน่งของเซอร์โวและส่งสัญญาณกลับไปยัง Control Circuit เพื่อแก้ไขตำแหน่งให้ถูกต้องตามสัญญาณที่ได้ตั้งค่า
5. Drive Gear คือชุดทดเกียร์จากการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้ได้แรงบิดที่สูง
6. Output Spline คือส่วนที่ป้องกันการเสียดสีระหว่าง Servo Case และ Output shaft ซึ่งอาจใช้อุปกรณ์ประเภท Baring เพื่อช่วยลดแรงเสียดทานที่ดี
7. Servo wire คือสายไฟของเซอร์โวซึ่งมีรายละเอียดดังนี้
  - เส้นที่ 1 จ่ายไฟกระแส + DC ซึ่งแรงดันปรกติจะอยู่ที่ 5-6 โวลต์
  - เส้นที่ 2 เป็นสาย Ground หรือเป็นขั้ว - DC
  - เส้นที่ 3 เป็นสายสัญญาณ ควบคุมลักษณะ on/off pulsed



รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบของอาร์ซีเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 2.16 ระบบการทำงานของเซอร์โว [3]

จากรูปที่ 2.16 แสดงระบบการทำงานของเซอร์โวโดยที่ตัวส่งจะส่งสัญญาณการควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวไปยังส่วนวงจรควบคุมของเซอร์โวโดยสัญญาณที่ส่งมาจะเป็นสัญญาณแบบ PWM (Pulse Width Modulation) จากนั้น วงจรควบคุมจะถอดรหัสสัญญาณ PWM ที่ได้ให้เป็นตำแหน่งของเซอร์โวที่ต้องการโดยเปรียบเทียบค่าตำแหน่งปัจจุบันกับสัญญาณกลับจากตัวปรับค่าความต้านทานแล้วจึงส่งแรงดันไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ให้ไปหมุนไปในทิศทางที่จะทำให้ตำแหน่งของตัวปรับค่าความต้านทานมีค่าที่ต้องการเท่ากับค่าที่ได้ถอดรหัสมา ซึ่งขณะที่มอเตอร์หมุนก็จะมีเฟืองที่ไปต่อกับแกนของตัวปรับค่าความต้านทาน (ปกติจะอยู่ในแกนเดียวกับ output shaft) ด้วยดังนั้นกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นซ้ำ ๆ จนกว่าค่าของตัวปรับค่าความต้านทานจะมีค่าเท่ากับการถอดรหัสสัญญาณที่ได้รับมาจากตัวส่งการทำงานของมอเตอร์จึงจะหยุด

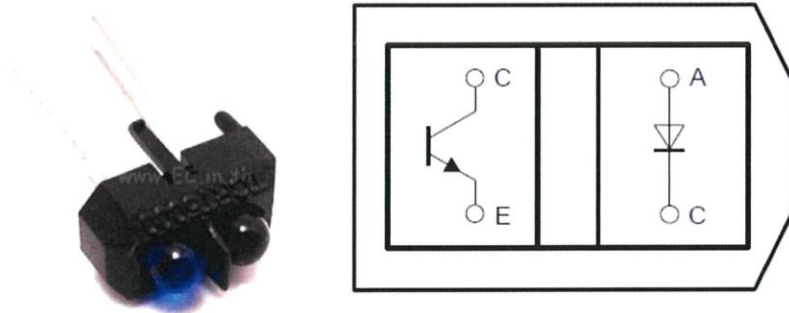
แต่กระบวนการทำงานของวงจรควบคุมจะยังทำงานอยู่ตลอดเวลาเพียงแต่หากค่าของตัวปรับค่าความต้านทานมีค่าเท่ากับสัญญาณที่ถอดรหัสมาจากตัวส่งแล้วก็จะไม่มีการส่งแรงดันไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่าการถอดรหัสสัญญาณโดยมีความเร็วที่ 50 ครั้งต่อหนึ่งวินาที

อาร์ซีเซอร์โวมอเตอร์ สามารถทำการควบคุมผ่านสัญญาณวิทยุโดยมีหลักการทำงานคือการเปลี่ยนคำสั่งที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าจากตัวส่งให้เป็นการเคลื่อนที่ของแขนเซอร์โว ซึ่งโดยปกติแล้วสายสัญญาณของเซอร์โวจะเสียบไว้ที่ช่องใดช่องหนึ่งของตัวส่งเพื่อใช้บังคับชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังนั้นการเคลื่อนที่ของเซอร์โวจึงขึ้นอยู่กับเคลื่อนที่ของสติ๊กที่ตัววิทยุ

### 2.3.5 เซนเซอร์ชนิดใช้แสง

เซนเซอร์ชนิดใช้แสง (Optical sensor หรือ Photo sensor) ดังแสดงในรูปที่ 2.17 โดยทั่วไปใช้ในงานการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับวัตถุและการตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุ เซนเซอร์ชนิดนี้ทำงานโดยอาศัยหลักการส่งและรับแสง มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ ตัวส่งแสง (Emitter) และตัวรับแสง (Receiver) ลักษณะการตรวจจับเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งไปสะท้อนกับวัตถุหรือถูกขวางกั้นด้วยวัตถุ ส่งผลให้ตัวรับแสงรู้สภาวะที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงสภาวะของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับแสงส่วนใหญ่นิยมใช้โฟโตไดโอด (Photo diode) หรือโฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo transistor) ส่วนตัวส่งแสงนั้นโดยทั่วไปใช้ LED (Light Emitting Diode) เนื่องจากการต่อใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำได้ง่าย สะดวกในการบำรุงรักษา ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำและไม่ได้รับผลกระทบจากสภาวะรอบข้างไม่ว่าจะเป็นสนามแม่เหล็ก ความถี่ ความร้อน ความชื้น หรือการสั่นสะเทือน



รูปที่ 2.17 โฟโตเซนเซอร์และสัญลักษณ์ [4]

แบ่งประเภทของ LED ตามความยาวคลื่นของแสงได้ดังนี้

- LED แบบแสงอินฟราเรด มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 910-950 nm ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ให้ความเข้มของแสงสูงและระยะส่งไกล แต่ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้
- LED แบบแสงสีแดง มีความยาวคลื่นประมาณ 650 nm มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ให้ความเข้มของแสงอยู่ในระดับปานกลาง สามารถตรวจจับพื้นผิวที่มีสีดำ สีน้ำเงินและสีเขียวบนพื้นสีขาวได้ดี
- LED แบบแสงสีเขียว มีความยาวคลื่นประมาณ 560 nm ให้ความเข้มของแสงต่ำ มีระยะการตรวจจับที่ไม่ไกล สามารถตรวจจับพื้นที่สีแดงบนพื้นสีขาวได้ดี

นอกจากนี้ยังมี LED ประเภทแสงเลเซอร์ซึ่งเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดในการวัดสูง การเลือกใช้ LED แต่ละแบบขึ้นอยู่กับสีและลักษณะพื้นผิวของวัตถุที่ต้องการตรวจจับ

**ประเภทของเซนเซอร์ชนิดใช้แสง**

สามารถแบ่งตามลักษณะการตรวจจับ และตำแหน่งการติดตั้งตัวรับแสงและตัวส่งแสงได้ 3 ประเภท ได้แก่

- ประเภทตรวจจับโดยตรง (Diffuse-reflective optical sensor)
- ประเภทลำแสงสะท้อนกลับ (Retro - reflective optical sensor)
- ประเภทลำแสงผ่านตลอด (Through - beam optical sensor)

นอกจากเซนเซอร์ชนิดใช้แสงทั้ง 3 ประเภทแล้ว ยังมีเซนเซอร์แบบพิเศษที่ออกแบบมาเพื่อการใช้งานบางอย่างโดยเฉพาะ เช่น ประเภทใยแก้วนำแสง (Fiber-Optic optical sensor) ซึ่งเป็นได้ทั้งแบบสะท้อนวัตถุโดยตรงและแบบแยกตัวรับและตัวส่ง มีระยะการตรวจจับที่ไกลที่สุดขึ้นอยู่กับ

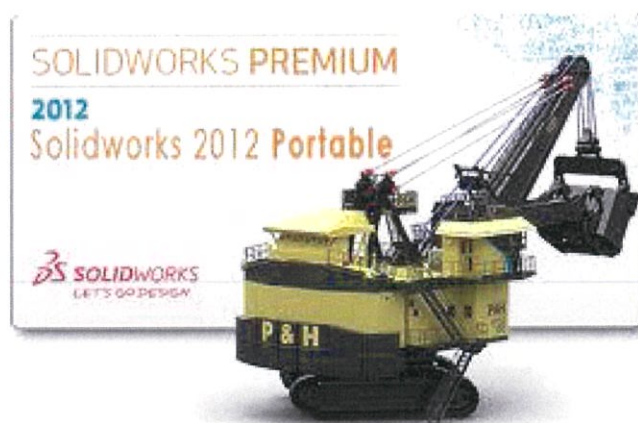
ชนิดและคุณสมบัติของใยแก้วนำแสง เหมาะสำหรับใช้ตรวจจับวัตถุขนาดเล็กและใช้ในงานที่มีพื้นที่ติดตั้งน้อย ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ใช้แสงประเภทนี้ได้แก่ การตรวจจับตำแหน่งของป้ายฉลากบนขวดและฝาจากบนขวด

### 2.3.6 โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบชิ้นส่วนที่ต้องการ

#### - Solidworks

เป็นโปรแกรมเขียนแบบและออกแบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์ ออกแบบเฟอร์นิเจอร์และออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล 3 มิติ มีฟังก์ชันการใช้งานดังต่อไปนี้

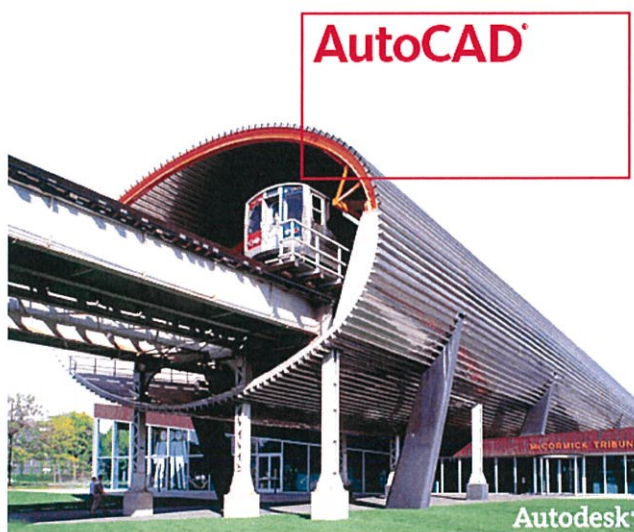
- การสร้าง Part Solid ใช้วิธีการ และเทคโนโลยีของ Surface Modeling
- Assembly Modeling สามารถประกอบชิ้นส่วน 3 มิติ ได้เร็วขึ้นโดยมีขนาดของไฟล์เล็กลงและใช้หน่วยความจำน้อย
- สร้างไฟล์ Drawing 2 มิติ จากไฟล์ชิ้นส่วน 3 มิติ โดยอัตโนมัติและบันทึกไฟล์เป็น \*dwg ได้
- Simulation ใช้ทดสอบการเคลื่อนที่และตรวจสอบหาชิ้นส่วนที่ขัดกัน
- Animator สร้างภาพเคลื่อนไหวแสดงการทำงานของชิ้นส่วนหรือเครื่องจักรกล และสามารถบันทึกไฟล์เป็น \*AVI (ไฟล์วิดีโอ) ได้
- Sheet Metal สามารถสร้างงานพับแบบต่าง ๆ และทำแผ่นคลึงงานโลหะแผ่นได้ และ Module การใช้งานอื่น ๆ เช่น การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์เบื้องต้น



รูปที่ 2.18 Solidworks [5]

## - AutoCAD

เป็นซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Aided Drafting/Design, CAD) ที่สามารถรองรับการทำงานทั้งใน 2 มิติ และ 3 มิติ บริษัทผู้พัฒนาคือ Autodesk แม้ในตลาดซอฟต์แวร์จะมีโปรแกรมประเภท CAD หลายโปรแกรม แต่ในงานออกแบบด้านวิศวกรรม สถาปัตยกรรม และอุตสาหกรรมต่าง ๆ ของหน่วยงาน องค์กรทั้งของรัฐบาลและเอกชนทั่วโลกส่วนใหญ่จะนิยมใช้ AutoCAD เนื่องจากเป็นซอฟต์แวร์ที่มีขีดความสามารถสูงในการสร้างแบบจำลองสามมิติ นักออกแบบสามารถควบคุมการวาด เปลี่ยนมุมมองได้ในทุกทิศทางรอบแบบ กำหนดคุณสมบัติของภาพวาดได้ตามต้องการ ด้วยคำสั่งและเครื่องมือช่วยที่มีประสิทธิภาพ ช่วยให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย ทำให้ AutoCAD เป็นตัวเลือกที่ดีในงานที่มีความละเอียดและต้องการความแม่นยำสูง นอกจากนี้ AutoCAD ยังมีชุดคำสั่งสำหรับสร้างให้แบบจำลองมีแสงเงา สี สันที่ดูเสมือนจริงได้อีกด้วย



รูปที่ 2.19 AutoCAD

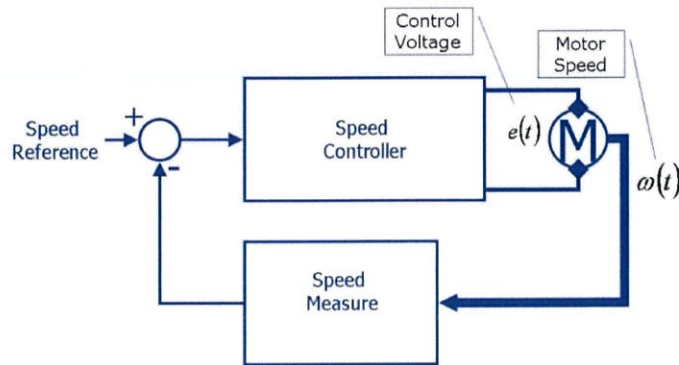
## 2.4 ส่วนการควบคุมและแสดงผล

### 2.4.1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การควบคุมมอเตอร์ หมายถึง การทำให้มอเตอร์ทำงานตามคำสั่งและทำให้เกิดความปลอดภัยต่อตัวมอเตอร์, อุปกรณ์เครื่องจักรที่ต่อกับมอเตอร์ รวมถึงทำให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานด้วย

การทำให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุนสามารถทำได้โดยจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับมอเตอร์ ซึ่งจะทำให้มอเตอร์หมุนที่ความเร็วสูงสุดภายใต้สภาวะที่มอเตอร์รับภาระอยู่ในขณะนั้น ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางก็ทำได้โดยการกลับขั้วของแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีการควบคุมแบบพื้นฐานทั่วไป เช่น การควบคุมด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานปรับค่าโดยต่ออนุกรมกับมอเตอร์ หรือใช้วิธีการการควบคุมโดยการเปลี่ยนค่าของระดับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์



รูปที่ 2.20 การควบคุมความเร็วมอเตอร์

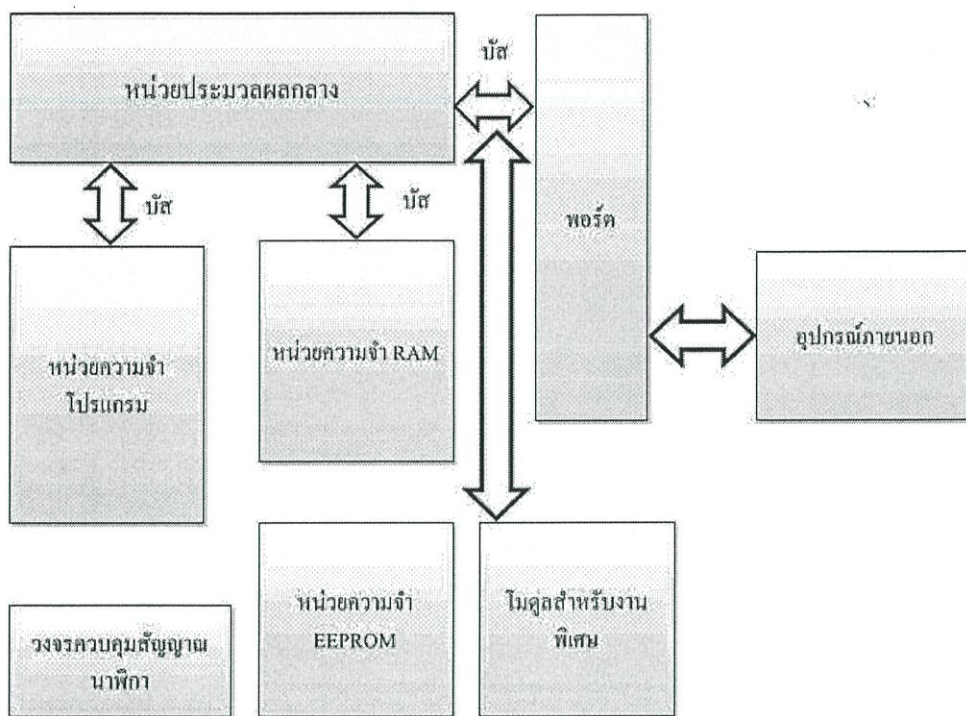
จากรูปที่ 2.20 วงจรควบคุมความเร็วจะประมวลผลเปรียบเทียบระหว่างความเร็วที่กำหนดกับความเร็วจากกระบวนการโดยวัดจากอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็ว จากนั้นจะส่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้าไปควบคุมมอเตอร์ให้ได้ความเร็วที่ต้องการ

## 2.4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller หรือ MCU) รุ่น pic18f45k20 เป็น อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก โดยความหมายนั้นมาจากคำว่าไมโคร (Micro) ที่หมายถึงขนาดเล็กและคำว่าคอนโทรลเลอร์ (Controller) ที่หมายถึงตัวควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุม โดยในตัวควบคุมขนาดเล็กนี้ได้บรรจุความสามารถที่คล้ายกับระบบคอมพิวเตอร์ กล่าวคือภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำและส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์บรรจุเข้าไว้ด้วยกัน

ในปัจจุบันหลายคนมีความสับสนระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครโปรเซสเซอร์มีความแตกต่างกันอย่างไรโครงสร้างของไมโครโปรเซสเซอร์จะประกอบไปด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก บัสข้อมูลและบัสตำแหน่งสำหรับติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกและวงจรถูกกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ในการใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์ จะต้องเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอก ซึ่งหากต้องการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกไม่ว่าจะเป็นส่วนอินพุตหรือส่วนเอาต์พุตต้องอาศัยอุปกรณ์ภายนอกมาช่วยขยายจุดต่อใช้งาน ทำให้การสร้างระบบควบคุมใช้อุปกรณ์จำนวนมากส่งผลให้ระบบมีขนาดใหญ่ ในขณะที่โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีอุปกรณ์พื้นฐานเหมือนกับไมโครโปรเซสเซอร์หากแต่จะบรรจุหน่วยความจำโปรแกรม หน่วยความจำข้อมูลและจุดต่ออินพุตและเอาต์พุตไว้ภายใน ผู้ใช้งานจึงเพียงแค่เขียนโปรแกรมควบคุมลงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เท่านั้น

ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีด้านการผลิตตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ในปัจจุบันทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกบรรจุงานการทำงานพิเศษ เช่น วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล วงจรสร้างสัญญาณควบคุมแบบ PWM วงจรส่งข้อมูลแบบอนุกรม เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีการเพิ่มขีดความสามารถของหน่วยประมวลผลกลางในด้านการคำนวณทางคณิตศาสตร์และเพิ่มความเร็วในการประมวลผล โดยเฉพาะการประมวลผลได้พัฒนาตั้งแต่ 8 บิต 16 บิต และ 32 บิต ทำให้การเรียนรู้และการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ทำได้ง่ายและหลากหลายมากขึ้น



รูปที่ 2.21 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ [6]

โครงสร้างทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.21 สามารถแบ่งออกได้เป็นส่วนใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit) เป็นหน่วยประมวลผลกลางซึ่งภายในมีหน่วยพื้นฐานต่าง ๆ ได้แก่
2. หน่วยควบคุม (Control Unit) เป็นหน่วยที่ใช้สร้างสัญญาณเพื่อควบคุมการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานอย่างมีระเบียบและสัมพันธ์กัน
3. หน่วยกระทำทางคณิตศาสตร์และลอจิก (Arithmetic Logical Unit : ALU) ใช้ทำหน้าที่ทางคณิตศาสตร์และลอจิก เช่น การบวก การลบ ลอจิก AND ลอจิก OR ลอจิก EX-OR การเปรียบเทียบ การเลื่อนบิต การเพิ่มค่า การลดค่า การเซตบิต การรีเซตบิต เป็นต้น โดยมีรีจิสเตอร์หลักที่เรียกว่า แอคคิวมูเลเตอร์ (Accumulator Register)
4. หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ คือข้อมูลใด ๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดานขดในการคำนวณของซีพียูและเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายคล้ายกับหน่วยความจำแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยงและเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง
5. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะ คือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมากโดยที่พอร์ตอินพุตจะใช้เพื่อรับสัญญาณ อาจจะใช้

การกดสวิทช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุตเพื่อแสดงผล เช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

6. ช่องทางเดินของสัญญาณหรือบัส (BUS) คือ เส้นทางที่การแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณจำนวนมากอยู่ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

- บัสข้อมูล เป็นสายสัญญาณที่บรรจุข้อมูล เพื่อการประมวลผลทั้งหมด ขนาดของบัสจะขึ้นอยู่กับความสามารถการประมวลผลของซีพียู สำหรับในงานทั่ว ๆ ไป ขนาดของบัสข้อมูลจะเป็น 8 บิต และในปัจจุบันได้มีการพัฒนาขึ้นมาจนถึง 16, 32 และ 64 บิต

- บัสแอดเดรส เป็นสายสัญญาณที่บรรจุค่าตำแหน่งของหน่วยความจำ โดยการติดต่อกับหน่วยความจำนั้น ซีพียู ต้องกำหนดตำแหน่งที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อน ดังนั้นจำนวนสายสัญญาณของแอดเดรสจึงต้องมีจำนวนมาก ยิ่งมากเท่าไรก็จะเป็นการแสดงความหมายของหน่วยความจำที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถติดต่อกับได้

- บัสควบคุม เป็นกลุ่มของสายสัญญาณควบคุมการติดต่อทั้งหมดของซีพียู กับหน่วยความจำและพอร์ต

7. วงจรควบคุมสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้นมีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

8. โมดูลสำหรับงานพิเศษ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกบรรจุวงจรการทำงานพิเศษ เช่น วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล วงจรสร้างสัญญาณควบคุมแบบ PWM วงจรส่งข้อมูลแบบอนุกรม วงจรตรวจจับสัญญาณอินพุต เป็นต้น ทำให้การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ทำได้ง่ายขึ้น

นอกจากนี้ยังมีส่วนพิเศษอื่น ๆ จะขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตของแต่ละบริษัทที่จะผลิตขึ้นมา ใส่คุณสมบัติพิเศษลงไป เช่น

- ADC (Analog to Digital) ส่วนภาครับสัญญาณอนาล็อกแปลงไปเป็นสัญญาณดิจิตอล
- DAC (Digital to Analog) ส่วนภาคส่งสัญญาณดิจิตอลแปลงไปเป็นสัญญาณแอนะล็อก
- I2C (Inter Integrate Circuit Bus) เป็นการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส เพื่อใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Philips Semiconductors โดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นเท่านั้น คือ serial data (SDA) และสาย serial clock (SCL) ซึ่งสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนหลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกันได้
- SPI (Serial Peripheral Interface) เป็นการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เพื่อรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส มีสัญญาณนาฬิกาเข้ามาเกี่ยวข้องกับระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์หรือจะเป็นอุปกรณ์ภายนอกที่มีการรับส่งข้อมูลแบบ SPI อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ (Master) โดยปกติแล้วจะเป็น

ไมโครคอนโทรลเลอร์หรืออาจกล่าวได้ว่า อุปกรณ์ Master จะต้องควบคุม อุปกรณ์ Slave ได้ โดยปกติตัว Slave มักจะเป็นไอซี (IC) หน้าที่พิเศษต่าง ๆ เช่น ไอซีอุณหภูมิ, ไอซีฐานเวลานาฬิกาจริง (Real-Time Clock) หรืออาจเป็น ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ในโหมด Slave ก็ได้เช่นกัน

- PWM (Pulse Width Modulation) การสร้างสัญญาณพัลส์แบบสแควร์เวฟ ที่สามารถปรับเปลี่ยนความถี่และ Duty Cycle ได้เพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น มอเตอร์
- UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสสำหรับมาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบบ RS-232

### 2.4.3 ภาษาซี

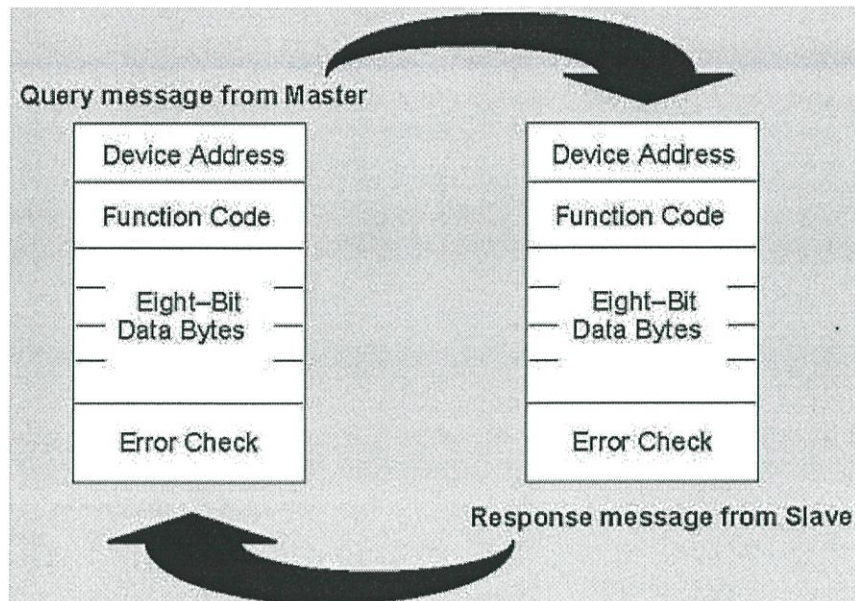
ภาษาซี (C Language) เป็นภาษาเขียนโปรแกรมระบบเชิงคำสั่ง (หรือเชิงกระบวนการ) ถูกออกแบบขึ้นเพื่อใช้แปลด้วยตัวแปลโปรแกรมแบบการเชื่อมโยงที่ตรงไปตรงมา สามารถเข้าถึงหน่วยความจำในระดับล่าง เพื่อสร้างภาษาที่จับคู่อย่างมีประสิทธิภาพกับชุดคำสั่งเครื่องและแทบไม่ต้องการสนับสนุนขณะทำงานภาษาซีจึงเป็นประโยชน์สำหรับหลายโปรแกรมที่ก่อนหน้านี้เคยเขียนในภาษาแอสเซมบลีมาก่อน หากไม่คำนึงถึงความสามารถในระดับล่าง ภาษานี้ถูกออกแบบขึ้นเพื่อส่งเสริมการเขียนโปรแกรมที่ไม่ขึ้นอยู่กับเครื่องใดเครื่องหนึ่ง (machine-independent) โปรแกรมภาษาซีที่เขียนขึ้นตามมาตรฐานและเคลื่อนย้ายได้ สามารถแปลได้บนแพลตฟอร์มคอมพิวเตอร์และระบบปฏิบัติการต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง โดยแก้ไขรหัสต้นฉบับเพียงเล็กน้อยหรือไม่ต้องแก้ไขเลย ภาษานี้สามารถใช้ได้บนแพลตฟอร์มได้หลากหลายตั้งแต่ไมโครคอนโทรลเลอร์ฝังตัวไปจนถึงซูเปอร์คอมพิวเตอร์

### 2.4.4 โพรโตคอลมอดบัส

โพรโตคอลมอดบัส (Modbus Protocol) เป็นการสื่อสารข้อมูลในลักษณะ Master/Slave ซึ่งเป็นการสื่อสารจากอุปกรณ์แม่ (Master) เครื่องเดียว ส่วนใหญ่มักเป็นซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์แสดงผล HMI ไปยังอุปกรณ์ลูก (Slave) ได้หลาย ๆ เครื่อง

โดยสามารถกำหนดหมายเลขอุปกรณ์ได้สูงสุด 255 เครื่อง โดยมีลักษณะการส่งข้อมูล 2 แบบ คือ ข้อมูลแบบแอสกี (ASCII) และข้อมูลแบบเลขฐานสอง (Binary) ในโพรโตคอลมอดบัสที่สื่อสารข้อมูลแบบแอสกีจะเรียก มอดบัสแอสกี (Modbus ASCII) และโพรโตคอลมอดบัสที่สื่อสารข้อมูลแบบเลขฐานสองจะเรียก มอดบัสอาร์ทียู (Modbus RTU) ทำให้มีความแตกต่างในการกำหนดค่าพอร์ตสื่อสาร

การรับส่งข้อมูลด้วยโพรโตคอลมอดบัส สามารถเลือกได้ 2 โหมด คือ โหมดแอสกีและโหมดอาร์ทียู ซึ่งทั้ง 2 โหมดนี้มีความแตกต่างกันที่การกำหนดรูปแบบของชุดข้อมูลภายในเฟรม จะเลือกโหมดใดก็ได้แต่มีเงื่อนไขว่า อุปกรณ์ทุกตัวที่ต่อรวมกันอยู่ในบัสหรือเครือข่ายเดียวกัน จะต้องตั้งให้เลือกใช้โหมดเดียวกันทั้งหมด

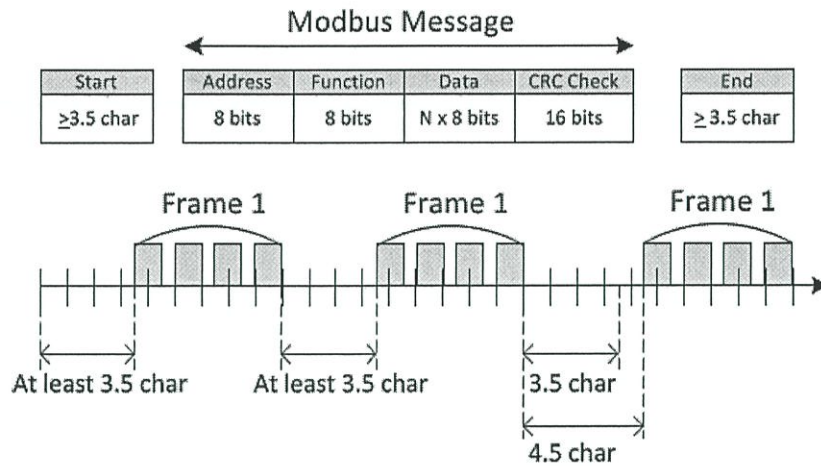


รูปที่ 2.22 การติดต่อสื่อสารแบบ Master/Slave [7]

- โพรโตคอลมอดบัสอาร์ทียู

เฟรมข้อมูลในโหมตอาร์ทียู ดังแสดงในรูปที่ 2.23 ประกอบด้วยข้อมูลแสดงตำแหน่งแอดเดรส 1 ไบต์, หมายเลขฟังก์ชัน 1 ไบต์, ข้อมูลที่ทำการรับส่งจำนวนมากสุดไม่เกิน 252 ไบต์ และรหัสตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแบบ CRC (Cyclical Redundancy Checking) ขนาด 2 ไบต์ ค่า CRC นี้เป็นค่าที่คำนวณมาจากข้อมูลทุกไบต์ โดยที่ตัว Slave ตัวที่ส่งข้อมูลออกมาจะสร้างรหัส CRC แล้วส่งตามท้ายไบต์ข้อมูลออกมา หลังจากนั้นเมื่อ Master ได้รับเฟรมข้อมูลและถอดข้อมูลออกจากเฟรมแล้วจะทำการคำนวณค่า CRC ตามสูตรเดียวกับ Slave เพื่อทำการเปรียบเทียบค่า CRC ทั้ง 2 ค่าว่าตรงกันหรือไม่ หากไม่ตรงกันแสดงว่าเกิดความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลในโหมตอาร์ทียู

การรับส่งข้อมูล 1 ไบต์ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลส่วนใดภายในเฟรมจะต้องทำการส่งบิตข้อมูลรวม 11 บิต คือ บิตเริ่มต้น (Start) 1 บิต, บิตข้อมูล 8 บิต, บิตตรวจสอบ Parity ของข้อมูล 1 บิตและบิตหยุด 1 บิต (Stop) 1 บิต หรือหากเลือกแบบไม่มีบิต Parity ก็จะเป็นแบบ Stop แทน 2 บิต สำหรับการกำหนดให้มีบิต Parity นั้น สามารถเลือกเป็นแบบคู่ (Even Parity) หรือคี่ (Odd Parity) ก็ได้และหากต้องการออกแบบให้สอดคล้องกับอุปกรณ์ที่มีใช้กันทั่วไปมากที่สุด ควรเลือกแบบคู่โดยที่สามารถปรับเปลี่ยนเป็นแบบคี่หรือไม่มีการตรวจสอบ Parity (No Parity) ได้ด้วย



รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะเฟรมข้อมูลของมอดบัสอาร์ทียู

- การเก็บข้อมูลในรูปแบบมอดบัส

ข้อมูลต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่เป็น Slave จะเก็บอยู่ในตาราง 4 ตารางที่มีคุณลักษณะต่างกัน โดยสองตารางแรกจะเก็บข้อมูลของแบบ Discrete ที่เป็นค่า On/Off (Coil) ส่วนอีกสองตารางจะเก็บค่าตัวเลข (Register) โดย Coil และ Register ต่างก็มีตารางแบบ Read-only คืออ่านได้อย่างเดียว และ Read-write คืออ่านได้และเขียนข้อมูลลงไปได้ แต่ละตารางจะมีข้อมูล 9999 ค่า Coil หรือ Contact ซึ่งเป็น Discrete แต่ละตัวจะถูกระบุตำแหน่งด้วย Address ตั้งแต่ 0000 ถึง 270E ซึ่งเป็นเลขฐานสิบหก (แปลงเป็นฐานสิบคือ 0 ถึง 9998) ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงการเก็บข้อมูลในรูปแบบมอดบัส

Data Addresses	Coil/Register Numbers	Type	Table Name
0000 to 270E	1-9999	Read-Write	Discrete Output Coils
0000 to 270E	10001-19999	Read-Only	Discrete Input Contacts
0000 to 270E	30001-39999	Read-Only	Analog Input Registers
0000 to 270E	40001-49999	Read-Write	Analog Output Holding Registers

### 2.4.5 โปรแกรมออกแบบลายวงจร

#### - Altium Designer

โปรแกรมที่ใช้สำหรับออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาด 32 บิต ใช้งานบนโปรแกรมวินโดว NT/XP โปรแกรม Altium Designer มีชุดเครื่องมือออกแบบที่ทำให้ สามารถออกแบบวงจรตั้งแต่ชั้นวางแผนความคิดจนกระทั่งเป็นชิ้นงานแผ่นวงจรได้อย่างง่ายดาย เครื่องมือทั้งหมดของโปรแกรม Altium Designer ใช้งานภายใต้โปรแกรมประยุกต์เดียวคือ Design Explorer ทันทีที่เริ่มใช้งาน หน้าต่าง Design Explorer จะถูกเปิดขึ้น เครื่องมือออกแบบต่าง ๆ จะปรากฏให้เลือกใช้งาน

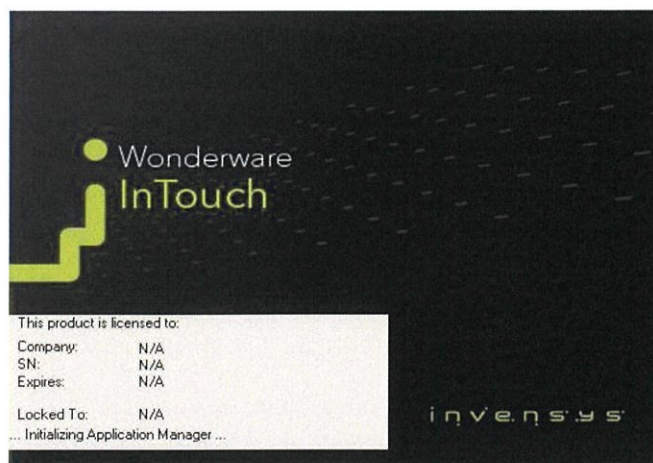


รูปที่ 2.24 Altium Designer

### 2.4.6 โปรแกรมควบคุมและแสดงผล

#### - Wonderware InTouch

เป็นโปรแกรมที่สามารถสร้างหน้า HMI หรือ Human Machine Interface เพื่อแสดงผลการทำงานในกระบวนการนั้น ๆ สามารถทำการเชื่อมต่อเพื่อทำการควบคุมอุปกรณ์หรือกระบวนการต่าง ๆ โดยดูจากภาพกราฟิกจำลองในหน้าจอของโปรแกรม



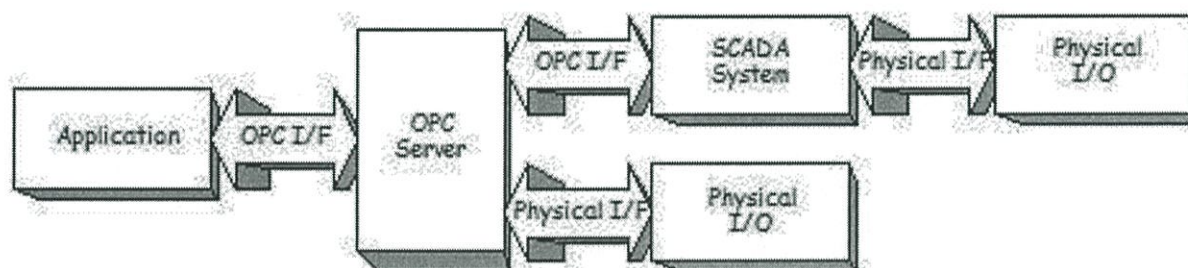
รูปที่ 2.25 Wonderware InTouch

### 2.4.7 OPC

OPC (OLE for Process Control) เป็นชุดการสื่อสารมาตรฐานสำหรับเชื่อมต่อและวิธีการที่จะนำไปใช้ในการสื่อสารกับระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม กระบวนการผลิตและอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติต่าง ๆ OPC เป็นเทคโนโลยีที่อยู่บนพื้นฐาน Window's OLE, COM และ DCOM (Distributed Component Object Model) ซึ่งเทคโนโลยีต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นตัวที่ใช้กำหนดให้โปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละชนิดมีความสามารถที่ใช้งานร่วมกันได้ ความสามารถในการสื่อสารแบบ OLE (Object Link and Embedding Interface) ทำการกำหนดให้เป็นแม่ข่าย (OLE Server) สำหรับส่งข้อมูลไปยังโปรแกรมที่ทำหน้าที่เป็นโปรแกรมลูกข่าย (OLE Client) ตัวอย่างของ OPC เช่น Kepware, SMC

#### ข้อดีของ OPC

- ผู้ใช้มีทางเลือกมากขึ้นในการพัฒนาโปรแกรมในชั้น Business Management หรือ Process Management ได้เป็นอิสระมากขึ้นสามารถลดต้นทุนการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการควบคุมหรือใช้ในการวิเคราะห์หลังได้
- ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถเขียนซอฟต์แวร์ได้โดยไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์ของแต่ละบริษัท
- ขจัดปัญหาความเข้ากันไม่ได้ระหว่างไดรฟ์เวอร์ของฮาร์ดแวร์จากต่างบริษัท



รูปที่ 2.26 การใช้งาน OPC

สามารถนำไปใช้ติดต่อระหว่างเครื่องมือวัดหรืออุปกรณ์ในระดับโรงงานได้โดยตรง หรือกระทำผ่านระบบ SCADA ซึ่งเป็นระบบการเฝ้าดูและควบคุมการทำงาน ในระดับ Process Management ได้ตัวโปรแกรมประยุกต์ (Application) ก็จะนำค่าต่าง ๆ ผ่านตัว OPC Server ไปเพื่อกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งต่อไปสามารถติดต่อกับ OPC Server เพียงตัวเดียวก็สามารถได้ข้อมูลจากระดับโรงงานทุกตัว ดังแสดงในรูปที่ 2.26

## บทที่ 3

# ชุดฝึกระบบลำเลียงที่นำเสนอ

### 3.1 กล่าวนำ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างของระบบลำเลียง วิธีการดำเนินการออกแบบในส่วนของอุปกรณ์ทางกล แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของตัวเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ติดตั้ง ส่วนการควบคุม แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์และโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม รวมทั้งขั้นตอนการทำงานของระบบลำเลียงแบบต่าง ๆ

### 3.2 โครงสร้างของชุดฝึกระบบลำเลียงที่นำเสนอ

โครงสร้างของชุดฝึกประกอบ 2 ส่วน คือ ส่วนควบคุมและส่วนอุปกรณ์ทางกล

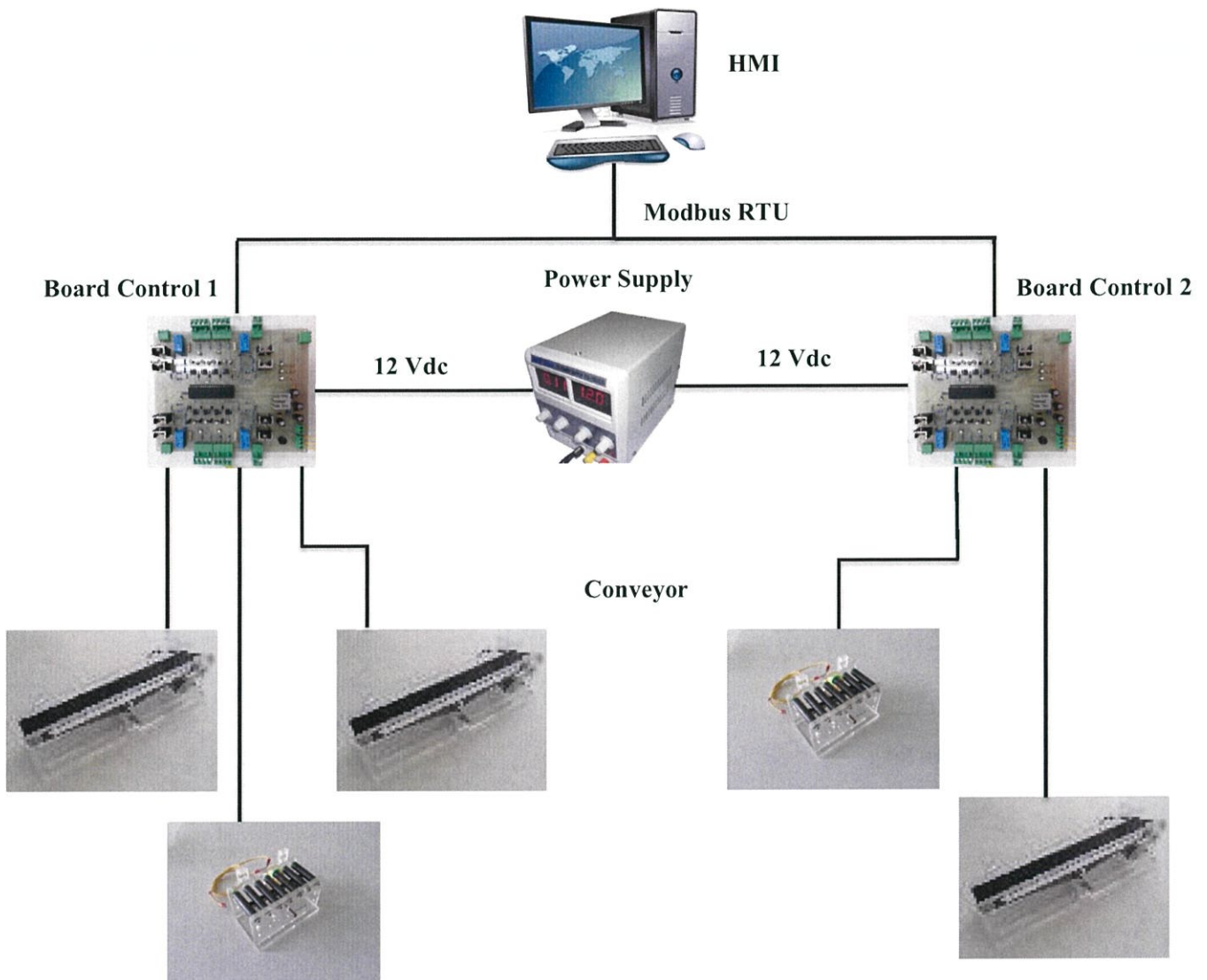
1. ส่วนอุปกรณ์ทางกล ประกอบด้วยรางลำเลียง 3 แบบ ดังนี้

- แบบสายพานลำเลียง จำนวน 3 ชุด
- แบบล้อลำเลียง จำนวน 2 ชุด
- แบบล้อลำเลียงที่ติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ จำนวน 1 ชุด

2. ส่วนควบคุม ประกอบด้วย

- บอร์ดควบคุมจำนวน 2 บอร์ด ทำหน้าที่รับ-ส่งข้อมูล, เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทางกล
- หน้าจอกราฟิกเพื่อทำหน้าที่รับคำสั่งและแสดงผล โดยสามารถแสดงสถานะของอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้ สถานะของมอเตอร์, สถานะของเซนเซอร์, สถานะของเซอร์โวมอเตอร์และมีการเชื่อมต่อกับบอร์ดควบคุมโดยผ่านทางโปรโตคอลมอดบัส

โดยรางลำเลียงทั้งหมดสามารถควบคุมความเร็วให้คงที่และทิศทางการหมุนได้ เพื่อดำเนินกระบวนการให้เป็นไปตามต้องการ



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงการควบคุมชุดฝึกกระบบลำเลียง

จากรูปที่ 3.1 ผู้ใช้งานจะทำการควบคุมระบบลำเลียงผ่านทางหน้าจอกราฟิก โดยข้อมูลจะถูกส่งผ่านโปรโตคอลมอดบัสไปที่บอร์ดควบคุม จากนั้นบอร์ดควบคุมจะทำการควบคุมระบบลำเลียง โดยบอร์ดควบคุมที่ 1 จะควบคุมรางแบบสายพานลำเลียงจำนวน 2 ชุด, รางแบบล้อลำเลียง 1 ชุด และบอร์ดควบคุมที่ 2 จะควบคุมรางแบบสายพานลำเลียงจำนวน 1 ชุด, รางแบบล้อลำเลียงติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ 1 ชุด

### 3.3 การออกแบบ

#### 3.3.1 ส่วนของอุปกรณ์ทางกล (Mechanics)

คือ ส่วนที่เป็นตัวแสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของระบบสายพานลำเลียง โดยจะทำการสร้างชุดสายพานลำเลียง ซึ่งใช้โปรแกรม Solidworks และ AutoCAD ในการวาดแบบ แล้วนำแบบไปทำการตัดเป็นชิ้นงาน โดยใช้อะคริลิกเป็นวัสดุในการทำโครงสร้างทั้งหมด 3 แบบ ได้แก่

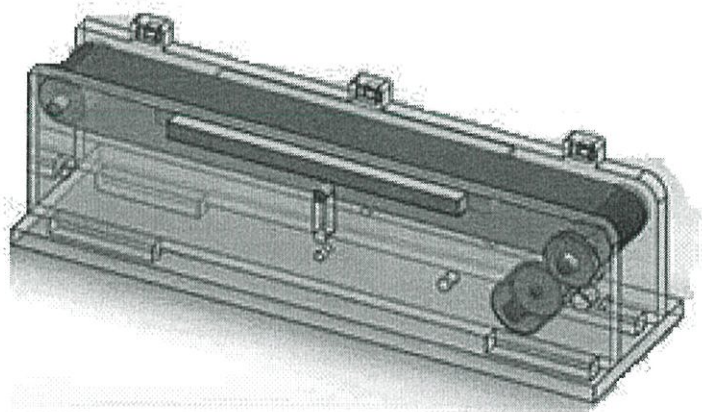
3.3.1.1 สายพานลำเลียง ดังแสดงในรูปที่ 3.2 (จำนวน 3 ชุด มีให้เลือกใช้ 2 ความเร็ว) มีส่วนประกอบดังนี้

ส่วนโครงสร้าง ประกอบด้วย

- ฝาข้าง 2 ด้าน เป็นตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ
- ฐาน มีหน้าที่ยึดฝาทั้งสองด้านและสร้างความแข็งแรงให้กับโครงสร้าง
- แผ่นรองสายพาน เพื่อป้องกันการหย่อนของสายพาน หากได้รับน้ำหนักจำนวนมาก

อุปกรณ์ที่ติดตั้ง ประกอบด้วย

- สายพานแบน ขนาดความกว้าง 3 cm ยาว 28.5 cm
- อุปกรณ์ปรับความตึงของสายพาน
- ล้อสายพาน มี 2 ด้าน คือ ด้านหัวกับด้านท้าย ทำหน้าที่รับแรงจากชุดขับเพื่อส่งต่อให้สายพานเคลื่อนที่และรองรับสายพาน ขนาดความยาว 5 cm
- มอเตอร์กระแสตรง รุ่น Micro Motors L149.4.10 (ความเร็วสูง) และรุ่น 149.4.188 (ความเร็วต่ำ)
- โฟโตเซ็นเซอร์ รุ่น TCRT5000 เพื่อใช้ตรวจจับและแยกขนาดของวัตถุ โดยการติดตั้งที่ระดับความสูงต่างกัน 2 ระดับ



รูปที่ 3.2 รางลำเลียงแบบที่ 1 (สายพานลำเลียง)

รางลำเลียงแบบที่ 1 (สายพานลำเลียง) สามารถเคลื่อนที่ได้ 2 ทิศทาง เพื่อทำการลำเลียงวัตถุในแนวระนาบไปบนสายพานแบบแบน โดยติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนและติดตั้งโฟโตเซ็นเซอร์เพื่อทำการตรวจจับวัตถุ ซึ่งสามารถเลือกจุดติดตั้งได้ 3 จุด ดังรูปที่ 3.2

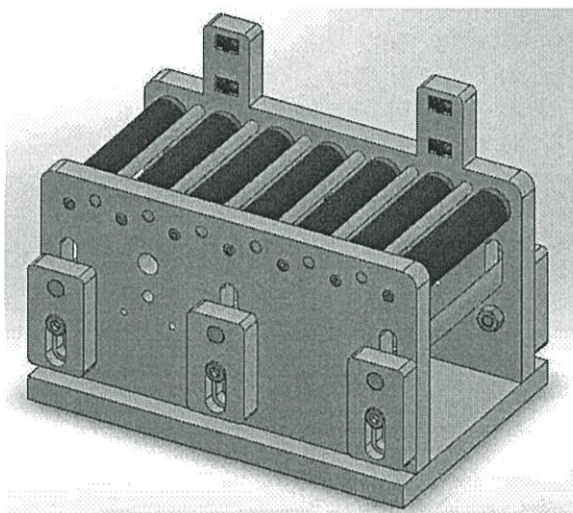
### 3.3.1.2 ล้อลำเลียง ดังแสดงในรูปที่ 3.3 (จำนวน 1 ชุด) มีส่วนประกอบดังนี้

ส่วนโครงสร้าง ประกอบด้วย

- ฝาข้าง 2 ด้าน จะเป็นตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์
- ฐาน มีหน้าที่ยึดฝาทั้งสองด้านและสร้างความแข็งแรงให้กับโครงสร้าง

อุปกรณ์ที่ติดตั้ง ประกอบด้วย

- โรลเลอร์แบบแท่งกลม ขนาดความยาว 5.3 cm
- ชุดล้อขับเคลื่อน ทำหน้าที่ขับเคลื่อนโรลเลอร์ให้เคลื่อนที่ไปพร้อมกัน
- ชุดมอเตอร์เกียร์ 3-6 Vdc อัตราการทด 120:1
- โฟโตเซ็นเซอร์ รุ่น TCRT5000 2 ตัว เพื่อตรวจจับตำแหน่งของวัตถุ ติดตั้งไว้ที่ปลายทั้ง 2 ด้าน ของราง



รูปที่ 3.3 รางลำเลียงแบบที่ 2 (ล้อลำเลียง)

รางลำเลียงแบบที่ 2 (ล้อลำเลียง) สามารถเคลื่อนที่ได้ 2 ทิศทาง เพื่อทำการลำเลียงวัตถุในแนวระนาบ มีโรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ลำเลียง โดยติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและชุดล้อขับเคลื่อนเป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อน มีการติดตั้งโฟโตเซ็นเซอร์เพื่อทำการตรวจจับวัตถุ ซึ่งสามารถเลือกจุดติดตั้งได้ 2 จุด ดังรูปที่ 3.3

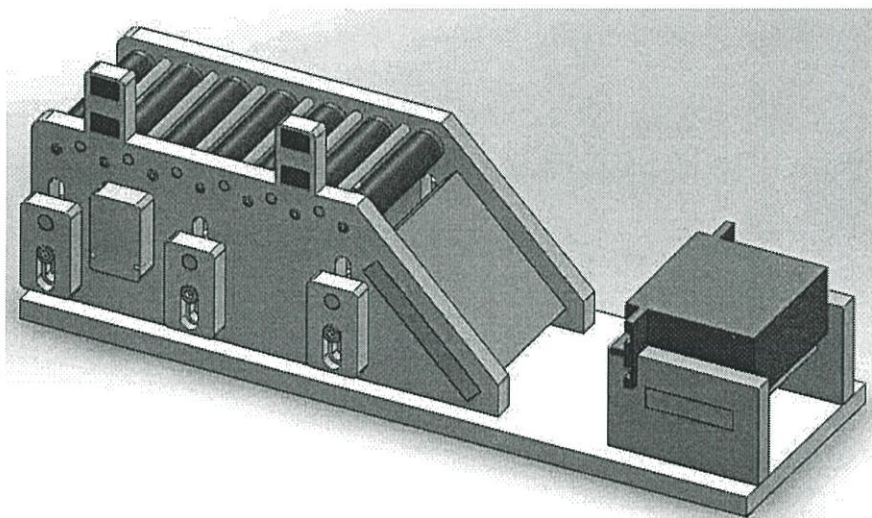
3.3.1.3 ล้อลำเลียงติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.4 (จำนวน 1 ชุด) มีส่วนประกอบดังนี้

ส่วนโครงสร้าง ประกอบด้วย

- ฝาข้าง 2 ด้าน จะเป็นตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์
- ฐาน มีหน้าที่ยึดฝาทั้งสองด้านและสร้างความแข็งแรงให้กับโครงสร้าง
- ฐานสำหรับติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์

อุปกรณ์ที่ติดตั้ง ประกอบด้วย

- โรลเลอร์แบบแท่งกลม ขนาดความยาว 5.3 cm
- ชุดล้อขับเคลื่อน ทำหน้าที่ขับเคลื่อนโรลเลอร์ให้เคลื่อนที่ไปพร้อมกัน
- ชุดมอเตอร์เกียร์ 3-6 Vdc อัตราการทด 120:1
- อาร์ซีเซอร์โวมอเตอร์ รุ่น GWS S04 BBM
- โฟโต้เซนเซอร์ รุ่น TCRT5000



รูปที่ 3.4 รางลำเลียงแบบที่ 3 (ล้อลำเลียงติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์)

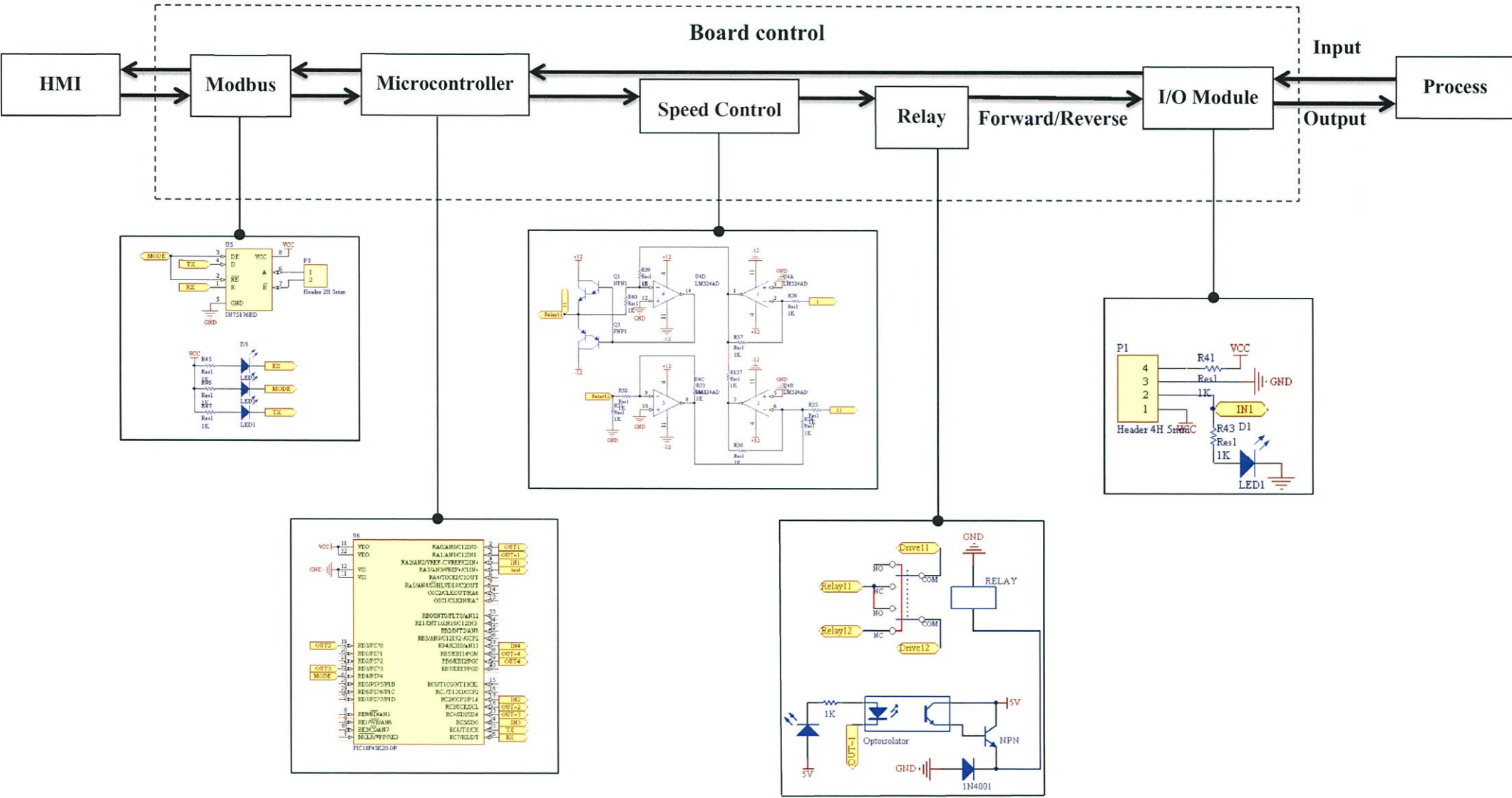
รางลำเลียงแบบที่ 3 (ล้อลำเลียงติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์) สามารถเคลื่อนที่ได้ 1 ทิศทาง เพื่อทำการลำเลียงวัตถุในแนวระนาบ มีโรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ลำเลียง โดยติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและชุดล้อขับเคลื่อนเป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อน มีการติดตั้งโฟโต้เซนเซอร์เพื่อทำการตรวจจับวัตถุ ซึ่งสามารถเลือกจุดติดตั้งได้ 2 จุด และติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์เพื่อทำการผลักวัตถุ ดังรูปที่ 3.4

### 3.3.2 ส่วนของการควบคุม (Control)

คือ ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมและแสดงผลค่าต่าง ๆ ของกระบวนการ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนย่อย ได้แก่ บอร์ดควบคุม, โปรแกรมควบคุมและแสดงผล ดังแสดงในรูปที่ 3.5

#### 3.3.2.1 บอร์ดควบคุม

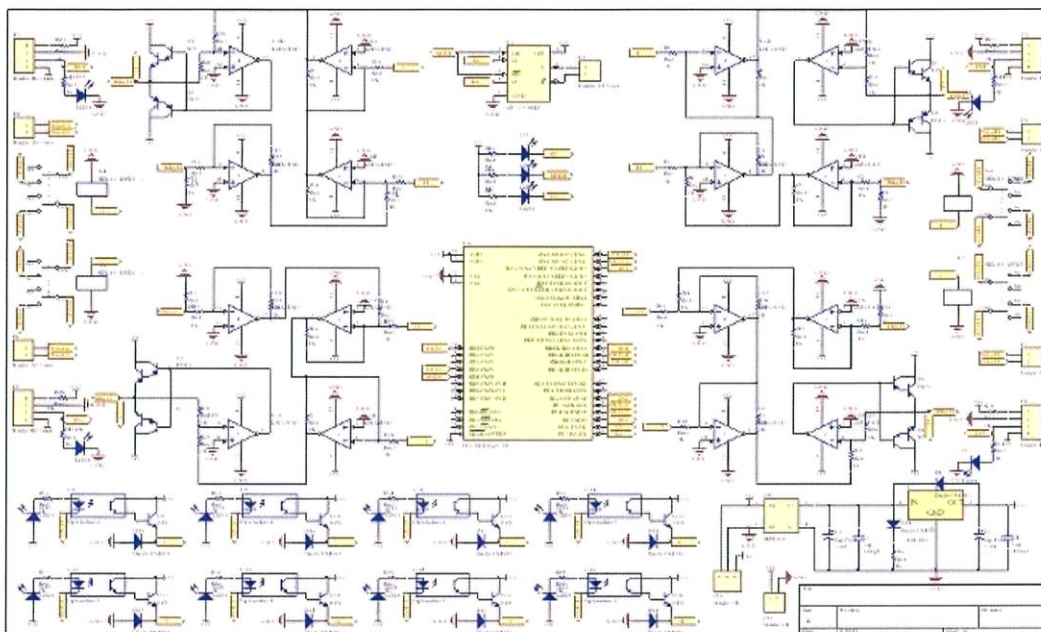
ทำการวาดลายวงจรลงในโปรแกรม Altium Designer และทำการสร้างบอร์ดควบคุม 2 ชุด โดยแต่ละชุดมีการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 แผนภาพแสดงทิศทางการรับส่งข้อมูล

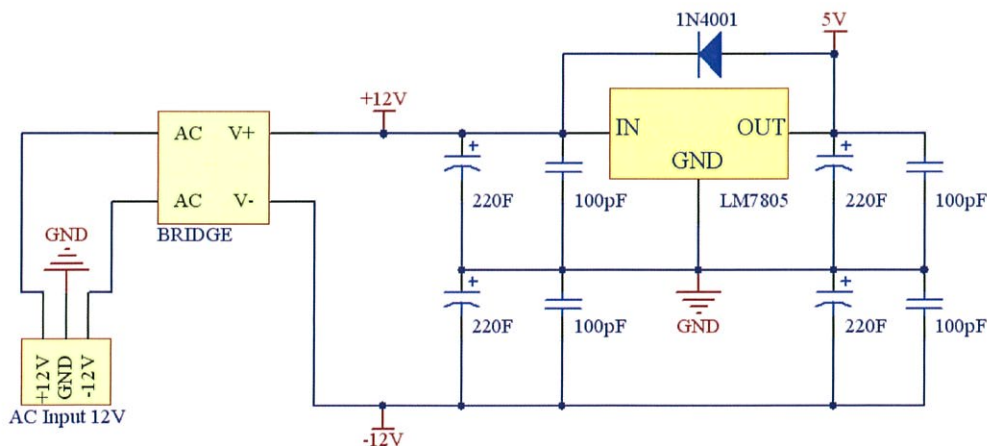
จากรูปที่ 3.5 อธิบายได้ว่า

1. สัญญาณจากเซนเซอร์ (Input) จะส่งมาที่ Input Module ที่ต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผลและจะส่งข้อมูลไปที่ HMI ด้วยโปรโตคอลมอดบัส
2. สัญญาณควบคุม (Output) จาก HMI ส่งจากผู้ใช้หรือโปรแกรมไว้ล่วงหน้าจะถูกส่งมาประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์โดยผ่านทาง โปรโตคอลบอดบัส จากนั้นจะถูกส่งไปที่ วงจรซีรี่ส์และสัญญาณควบคุมจะส่งไปที่ Output Module เพื่อทำการควบคุมมอเตอร์



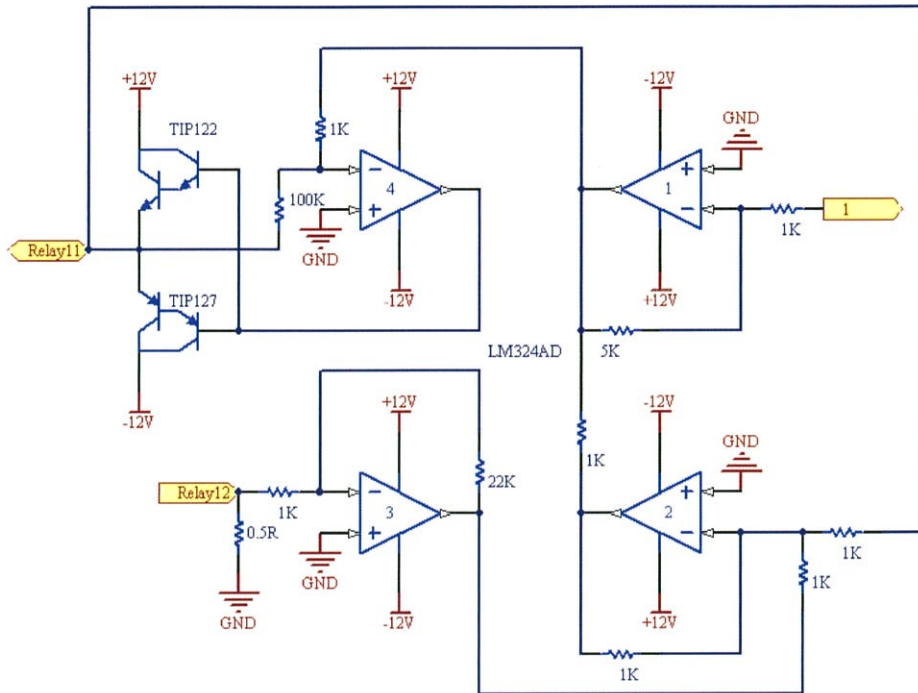
รูปที่ 3.6 ภาพรวมของวงจรต่าง ๆ ในบอร์ดควบคุม

1. วงจรจ่ายพลังงาน (Power Supply) มีช่องต่อแบบ 3 Pin เพื่อใช้สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยทำการจ่ายแรงดัน +12 Vdc, -12 Vdc และกราวด์ โดยมี Regulator ในการแปลงแรงดันไฟฟ้า +12 Vdc เป็น +5 Vdc เพื่อนำไปเลี้ยงวงจรไอซีและไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.7



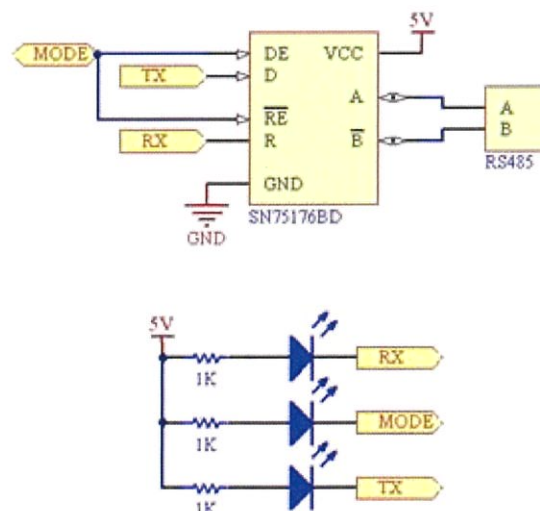
รูปที่ 3.7 วงจรจ่ายพลังงาน

2. วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ (Speed Control) มีทั้งหมด 4 ชุด (coil หมายเลข 1, 4, 5, 8) ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้คงที่ ใช้สัญญาณควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พอร์ต 1 และส่งสัญญาณควบคุมมอเตอร์ที่พอร์ต Relay 11 และ Relay 12 ดังแสดงในรูปที่ 3.8



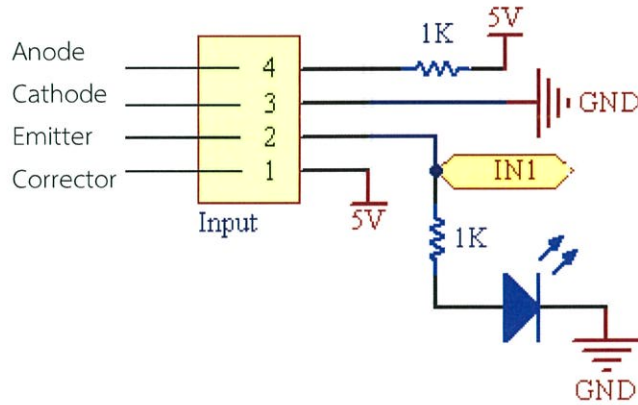
รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมความเร็ว

3. วงจรแปลงสัญญาณ UART เป็น RS-485 ใช้สำหรับเปลี่ยนระดับสัญญาณมาตรฐาน UART (TTL) ให้เป็นมาตรฐาน RS-485 โดยใช้ไอซีเบอร์ SN75176 โดยเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทาง TX และ RX เชื่อมโยงไปที่ RS-485 ผ่านพอร์ต A และ B โดยมี LED เพื่อแสดงสถานะการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.19



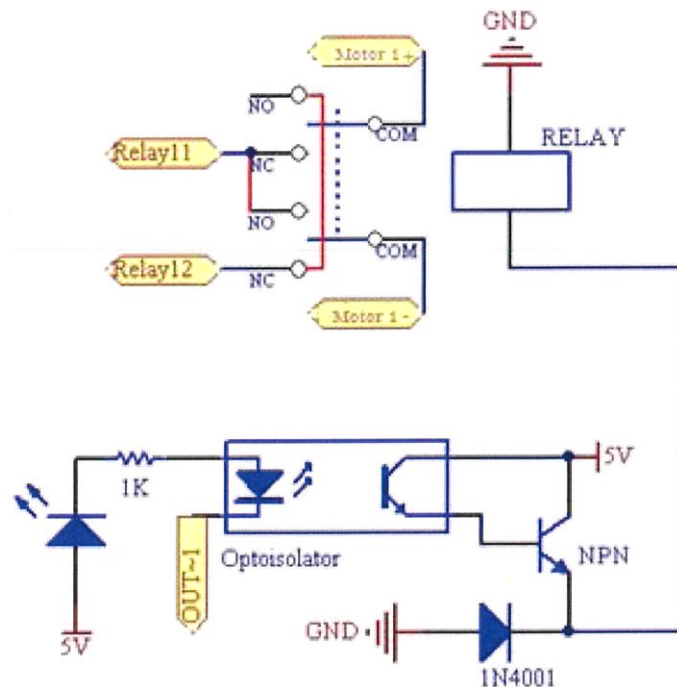
รูปที่ 3.9 วงจรแปลงสัญญาณ UART เป็น RS-485

4. วงจรอินพุตเซนเซอร์แบบใช้แสง มีทั้งหมด 4 ชุด (Input contacts หมายเลข 10001, 10002, 10003, 10004) ทำหน้าที่ตรวจจับวัตถุ โดยมี LED เพื่อแสดงสถานะทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.10



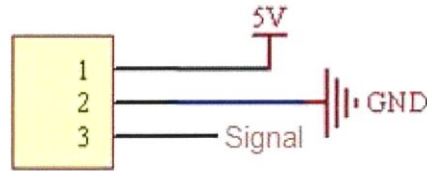
รูปที่ 3.10 วงจรอินพุตเซนเซอร์แบบใช้แสง

5. วงจรขับรีเลย์ มีทั้งหมด 4 ชุด (coil หมายเลข 2, 3, 6, 7) โดยรับสัญญาณควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทาง OUT~1 และรับสัญญาณจากวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ผ่านทาง Relay11 และ Relay12 เพื่อทำการกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ โดยมี LED เพื่อแสดงสถานะการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.11



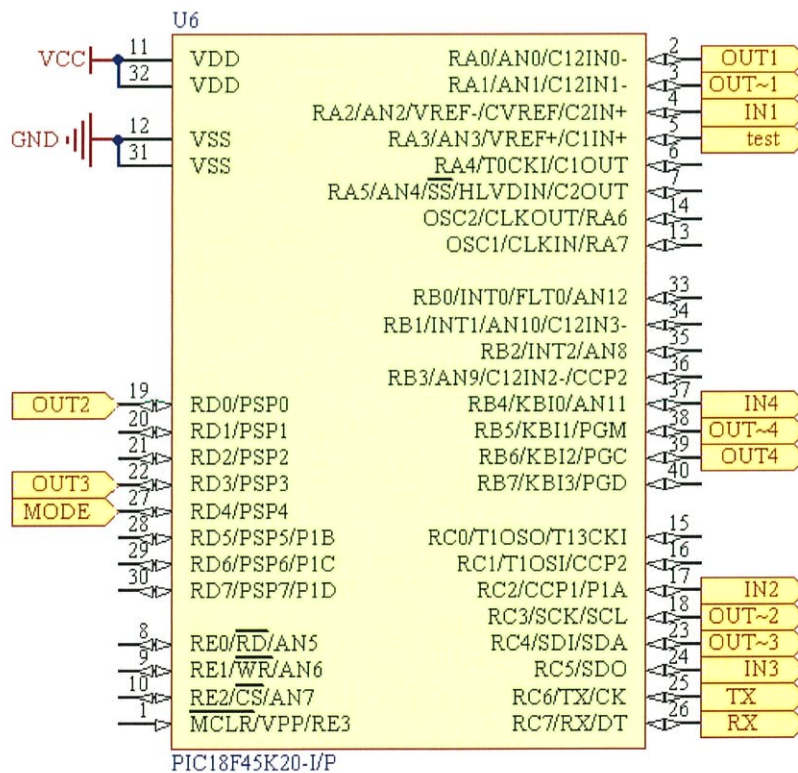
รูปที่ 3.11 วงจรขับรีเลย์

6. ส่วนเชื่อมต่ออาร์ซีเซอร์ไวมอเตอร์ ใช้แรงดัน 5 Vdc จากบอร์ดควบคุม เชื่อมต่อสายไฟ 3 เส้น เข้าที่พอร์ตอินพุตของอาร์ซีเซอร์ไวมอเตอร์ คือ + (5Vdc), กราวด์ (GND), สัญญาณ (Signal) ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ส่วนเชื่อมต่ออาร์ซีเซอร์ไวมอเตอร์

7. ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น pic18f45k20 ทำหน้าที่ประมวลผลอินพุต เอาต์พุต รับค่า และส่งค่าข้อมูล เพื่อควบคุมกระบวนการ โดยในบอร์ดควบคุมที่ 1 มีอินพุตทั้งหมด 4 อินพุต (เช่นเซอร์ 1-4) และมีเอาต์พุต 4 เอาท์พุต (มอเตอร์ 1-4) และในบอร์ดควบคุมที่ 2 มีอินพุตทั้งหมด 4 อินพุต (เช่นเซอร์ 5-8) และมีเอาต์พุต 2 เอาท์พุต (มอเตอร์ 5 และเซอร์ไวมอเตอร์) ดังแสดงในรูปที่ 3.13



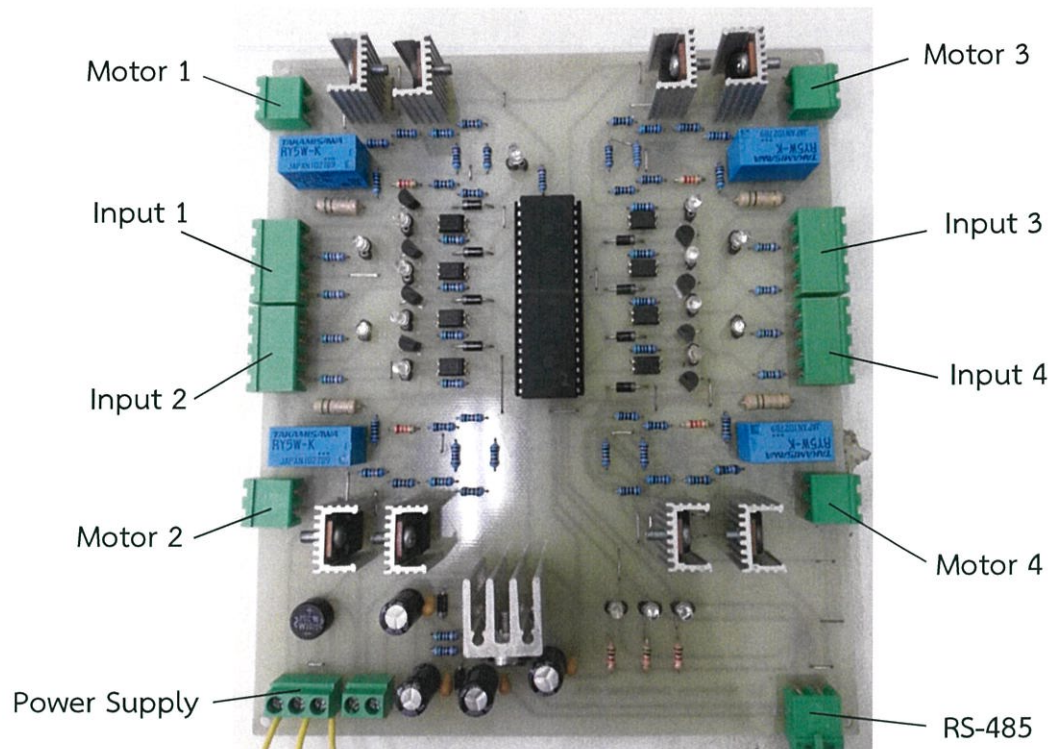
รูปที่ 3.13 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ตารางที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Modbus, Microcontroller และ Function  
(บอร์ดควบคุมที่ 1)

Modbus (Address)	Microcontroller (Pin)	Function
1	A0	Motor 1 (ON/OFF)
2	A1	Relay 1 (กลับทางหมุน)
3	C3	Relay 2 (กลับทางหมุน)
4	D0	Motor 2 (ON/OFF)
5	B6	Motor 3 (ON/OFF)
6	B5	Relay 3 (กลับทางหมุน)
7	C4	Relay 4 (กลับทางหมุน)
8	D3	Motor 4 (ON/OFF)
10001	A2	Sensor 1
10002	E0	Sensor 2
10003	B4	Sensor 3
10004	B0	Sensor 4

ตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Modbus, Microcontroller และ Function  
(บอร์ดควบคุมที่ 2)

Modbus (Address)	Microcontroller (Pin)	Input/Output
1	A0	Motor 5 (ON/OFF)
2	A1	Relay 5 (กลับทางหมุน)
3	C3	Relay 6 (กลับทางหมุน)
4	D0	Motor 6 (ON/OFF)
5	B6	Motor 7 (ON/OFF)
6	B5	Relay 7 (กลับทางหมุน)
7	C4	Relay 8 (กลับทางหมุน)
8	D3	Motor 8 (ON/OFF)
9	A4	Servo (หมุนตาม/ทวนเข็มนาฬิกา)
10001	A2	Sensor 5
10002	E0	Sensor 6
10003	B4	Sensor 7
10004	B0	Sensor 8

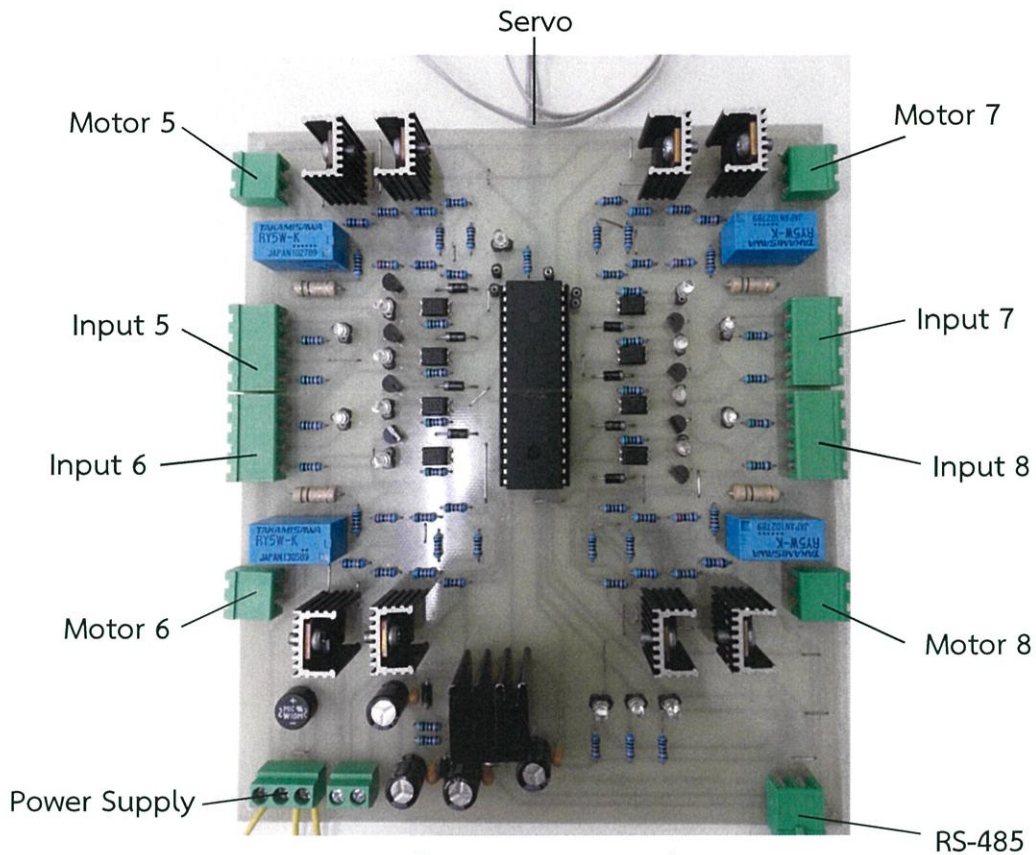


รูปที่ 3.14 บอร์ดควบคุมที่ 1

จากรูปที่ 3.14 บอร์ดที่ 1 มีอินพุตได้ทั้งหมด 4 อินพุต (เซนเซอร์ 1-4) และมีเอาต์พุตได้ทั้งหมด 4 เอาต์พุต (มอเตอร์ 1-4)

ตารางที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Modbus, อุปกรณ์ (Equipment) ของบอร์ดควบคุมที่ 1

Modbus (Address)	Equipment
1	มอเตอร์ 1 (Motor 1)
2	รีเลย์ 1 (Relay 1)
3	รีเลย์ 2 (Relay 2)
4	มอเตอร์ 2 (Motor 2)
5	มอเตอร์ 3 (Motor 3)
6	รีเลย์ 3 (Relay 3)
7	รีเลย์ 4 (Relay 4)
8	มอเตอร์ 4 (Motor 4)
10001	เซนเซอร์ 1 (Input 1)
10002	เซนเซอร์ 2 (Input 2)
10003	เซนเซอร์ 3 (Input 3)
10004	เซนเซอร์ 4 (Input 4)



รูปที่ 3.15 บอร์ดควบคุมที่ 2

จากรูปที่ 3.15 บอร์ดที่ 2 มีอินพุตได้ทั้งหมด 4 อินพุต (เซนเซอร์ 5-8) และมีเอาต์พุตได้ทั้งหมด 5 เอาต์พุต (ใช้เพียง 2 เอาต์พุต คือ มอเตอร์ 5 และเซอร์โวมอเตอร์)

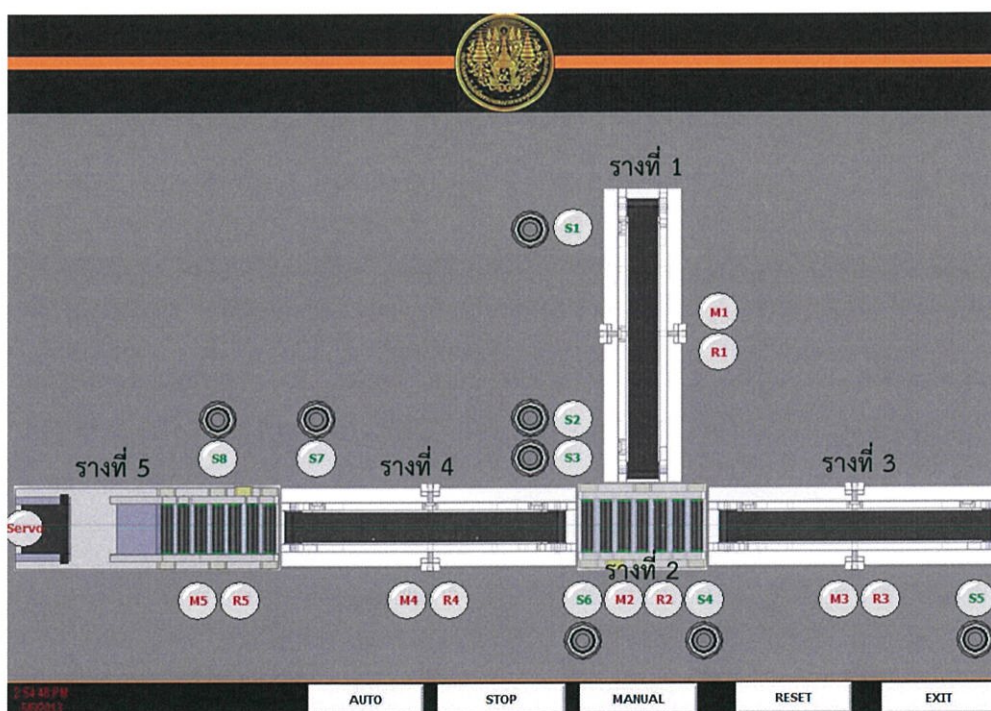
ตารางที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Modbus, อุปกรณ์ (Equipment) ของบอร์ดควบคุมที่ 2

Modbus (Address)	Equipment
1	มอเตอร์ 5 (Motor 5)
2	รีเลย์ 5 (Relay 5)
3	รีเลย์ 6 (Relay 6)
4	มอเตอร์ 6 (Motor 6)
5	มอเตอร์ 7 (Motor 7)
6	รีเลย์ 7 (Relay 7)
7	มอเตอร์ 8 (Motor 8)
8	รีเลย์ 8 (Relay 8)
9	เซอร์โวมอเตอร์ (Servo)
10001	เซนเซอร์ 5 (Input 5)
10002	เซนเซอร์ 6 (Input 6)
10003	เซนเซอร์ 7 (Input 7)
10004	เซนเซอร์ 8 (Input 8)

### 3.3.2.2 โปรแกรมควบคุมและแสดงผล

ใช้โปรแกรม Wonderware InTouch ในการควบคุมและแสดงผล โดยทำการสร้าง หน้าจอกราฟิกแทนโครงสร้างและอุปกรณ์ต่าง ๆ เหมือนกระบวนการจริงและทำการเชื่อมต่อ อุปกรณ์ที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตต่าง ๆ กับภาพกราฟิกที่สร้างขึ้น เมื่อทำการเชื่อมต่อเสร็จสมบูรณ์ ก็จะสามารถรับค่าและสั่งการเพื่อทำการแสดงผลและควบคุมกระบวนการผ่านทาง หน้าจอกราฟิกนี้ได้ โดยหน้าจอกราฟิกนี้มีการแสดงผลสถานะการทำงานของมอเตอร์, เซนเซอร์, เซอร์โวมอเตอร์ โดยในขั้นตอนแรก จะทำการออกแบบหน้าจอกราฟิกที่ควบคุมแบบ Manual เพื่อทำการทดสอบระบบลำเลียง หลังจากนั้นจึงเปลี่ยนจากการควบคุมแบบ Manual เป็นการควบคุมแบบ Auto เพื่อให้ระบบลำเลียงสามารถทำงานเองได้โดยอัตโนมัติ โดยในหน้าจอนี้จะ แสดงภาพกระบวนการลำเลียงจำลอง ซึ่งมีสัญลักษณ์แทนตัวอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ มอเตอร์ (M), เซนเซอร์ (S), เซอร์โวมอเตอร์ (Servo), รีเลย์ (R<sub>M</sub>) โดยจะทำการสร้างหน้าจอกราฟิก 2 หน้า ดังนี้

#### 1. หน้าจอกราฟิกของระบบลำเลียงแบบที่ 1



รูปที่ 3.16 ภาพจำลองระบบลำเลียงแบบที่ 1 ในโปรแกรม Wonderware InTouch

### การทำงานของระบบลำเลียงแบบที่ 1

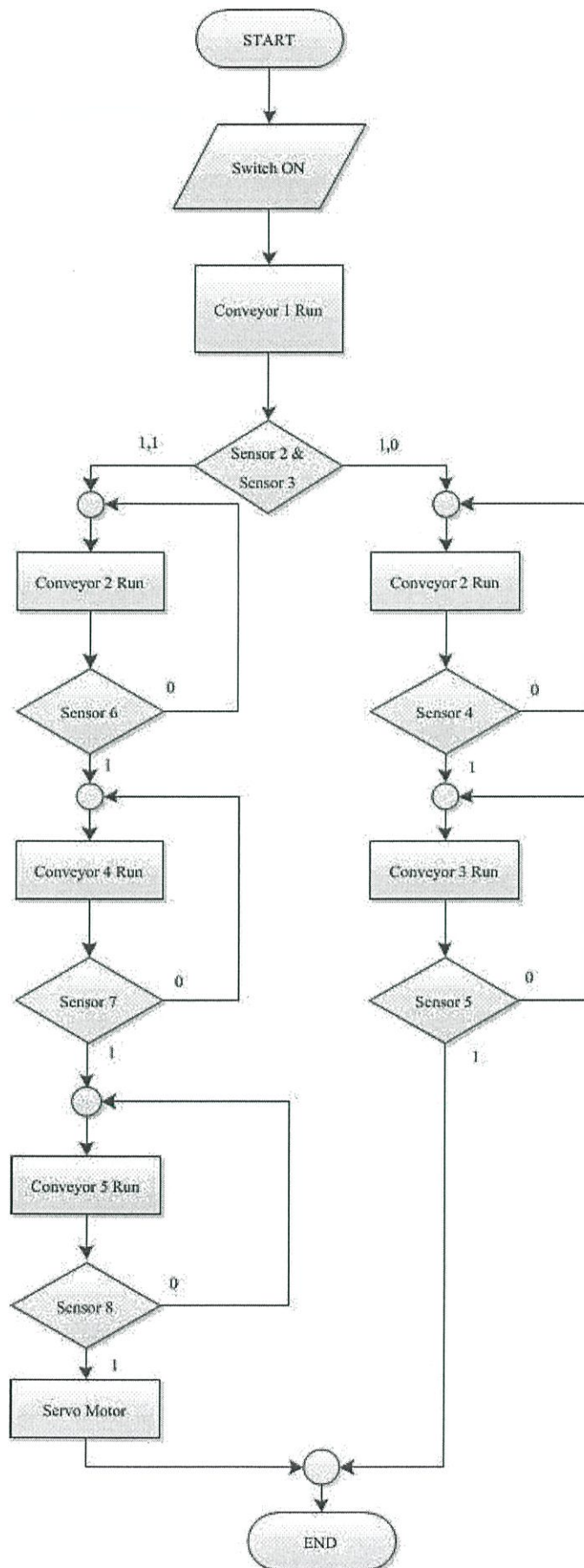
1. ในรางที่ 1 เมื่อวัตถุเคลื่อนที่มาตามสายพาน ผ่านเซนเซอร์ S1 จะทำงานเพื่อทำการตรวจจับวัตถุที่เข้ามาในระบบ จากนั้นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ S2 และ S3 ซึ่งมีการติดตั้งไว้ 2 ระดับ ก็จะทำการตรวจจับเพื่อคัดแยกความสูงของวัตถุ

2. หลังจากที่เซนเซอร์ตรวจสอบความสูงของวัตถุแล้ว วัตถุก็จะถูกส่งมาที่รางที่ 2 โดยรางนี้สามารถเคลื่อนที่ได้ 2 ทิศทาง เพื่อทำการคัดแยกขนาด โดย

- วัตถุจะถูกส่งออกทางด้านขวา เมื่อวัตถุมีขนาดเล็ก (ความสูงไม่เกิน 2.3 cm) เมื่อวัตถุถูกส่งมาสู่รางที่ 2 จะมีเซนเซอร์ S4 ตรวจจับตำแหน่งของวัตถุ เมื่อเซนเซอร์ทำงาน รางที่ 3 ก็จะหมุนเพื่อส่งวัตถุไปตามรางและเมื่อวัตถุเคลื่อนที่มาสู่รางจะมีเซนเซอร์ S5 ตรวจจับตำแหน่งของวัตถุ
- วัตถุจะถูกส่งออกทางด้านซ้าย เมื่อวัตถุมีขนาดใหญ่ (ความสูงมากกว่า 2.3 cm) เมื่อวัตถุถูกส่งมาสู่รางที่ 2 จะมีเซนเซอร์ S6 ตรวจจับตำแหน่งของวัตถุ เมื่อเซนเซอร์ทำงาน รางที่ 4 ก็จะทำงานเพื่อส่งวัตถุไปตามราง เมื่อวัตถุถูกส่งมาสู่รางที่ 4 เซนเซอร์ S7 ที่ติดตั้งไว้ในรางที่ 4 ก็จะทำงาน รางที่ 5 ก็จะหมุนเพื่อส่งวัตถุไปตามราง เมื่อวัตถุผ่านเซนเซอร์ S8 ที่ติดตั้งไว้ในรางที่ 4 วัตถุก็จะถูกผลักออกด้านข้างซ้ายและขวาสลับกัน

ในรูปที่ 3.17 เมื่อทำการเปิดสวิตช์ รางลำเลียงที่ 1 จะทำงาน เพื่อนำวัตถุเข้ามาในระบบวนการ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ 3, 2 จะทำการคัดแยกความสูงของวัตถุ โดย

- เซนเซอร์ทั้งสองส่งลอจิก 1, 0 ตามลำดับ แสดงว่าวัตถุมีขนาดเล็ก รางลำเลียงที่ 2 ก็จะทำงานส่งวัตถุไปทางด้านขวา เมื่อมาสู่รางลำเลียงที่ 2 เซนเซอร์ 4 จะทำงาน เมื่อเซนเซอร์ทำงาน รางลำเลียงที่ 3 จะหมุนเพื่อลำเลียงวัตถุ
- เซนเซอร์ทั้งสองส่งลอจิก 1, 1 ตามลำดับ แสดงว่าวัตถุมีขนาดใหญ่ รางลำเลียงที่ 2 ก็จะทำงานส่งวัตถุไปทางด้านซ้าย เมื่อวัตถุเคลื่อนที่มาสู่รางลำเลียงที่ 2 เซนเซอร์ 6 จะทำงาน เมื่อเซนเซอร์ทำงาน รางลำเลียงที่ 4 จะหมุนเพื่อลำเลียงวัตถุ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่มาสู่รางลำเลียงที่ 4 เซนเซอร์ 7 จะทำงาน เมื่อเซนเซอร์ทำงาน รางลำเลียงที่ 5 จะหมุนเพื่อลำเลียงวัตถุ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่เข้าสู่รางลำเลียงที่ 5 เซนเซอร์ 8 จะทำงาน เซอร์โวมอเตอร์ก็จะทำการผลักวัตถุไปด้านซ้าย-ขวาสลับกัน



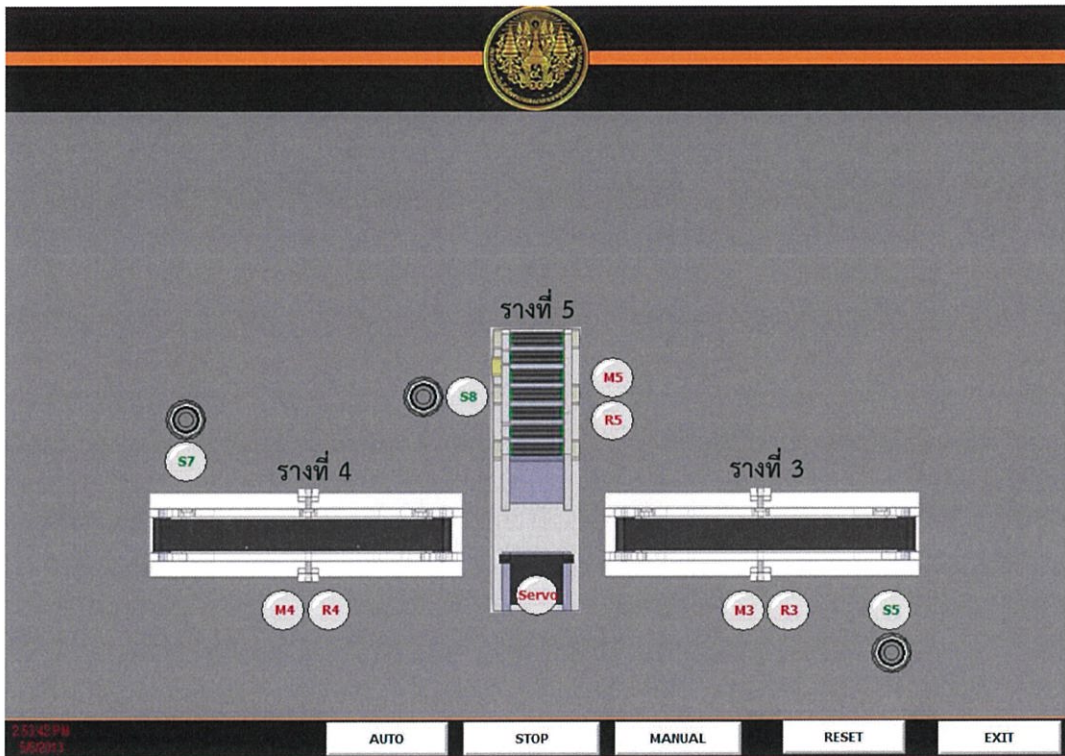
รูปที่ 3.17 Flow Chart การทำงานของระบบลำเลียงแบบที่ 1

ตารางที่ 3.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและการแสดงผลของโปรแกรมควบคุม  
(ระบบลำเลียงแบบที่ 1)

Tag (Wonderware)	Action	
	OFF	ON
M1 (Motor 1)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีแดง, กล่องเลื่อนลงตามรางที่ 1
R <sub>1</sub> (Relay 1)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีแดง
M2 (Motor 2)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีแดง, กล่องเลื่อนไปขวาตามรางที่ 2
R <sub>2</sub> (Relay 2)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีแดง
M3 (Motor 3)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีแดง, กล่องเลื่อนไปขวาตามรางที่ 3
R <sub>3</sub> (Relay 3)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีแดง
M4 (Motor 4)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีแดง, กล่องเลื่อนไปซ้ายตามรางที่ 4
R <sub>4</sub> (Relay 4)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีแดง
M5 (Motor 5)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีแดง, กล่องเลื่อนไปซ้ายตามรางที่ 5
R <sub>5</sub> (Relay 5)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีแดง
Servo	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว, กล่องเลื่อนไปซ้ายและขวา สลับกัน
S1 (Sensor 1)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว
S2 (Sensor 2)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว (เมื่อกล่องมีขนาดใหญ่หรือมี ความสูงมากกว่า 2.3 cm)
S3 (Sensor 3)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว
S4 (Sensor 4)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว
S5 (Sensor 5)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว
S6 (Sensor 6)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว
S7 (Sensor 7)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว
S8 (Sensor 8)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว

หมายเหตุ : การกลับทิศการหมุนของมอเตอร์ จะต้องสั่งให้ M (Motor) และ R (Relay)  
ทำงาน มอเตอร์จึงหมุนกลับทาง

## 2. หน้าจอกราฟิกของระบบลำเลียงแบบที่ 2



รูปที่ 3.18 ภาพจำลองระบบลำเลียงแบบที่ 2 ในโปรแกรม Wonderware InTouch

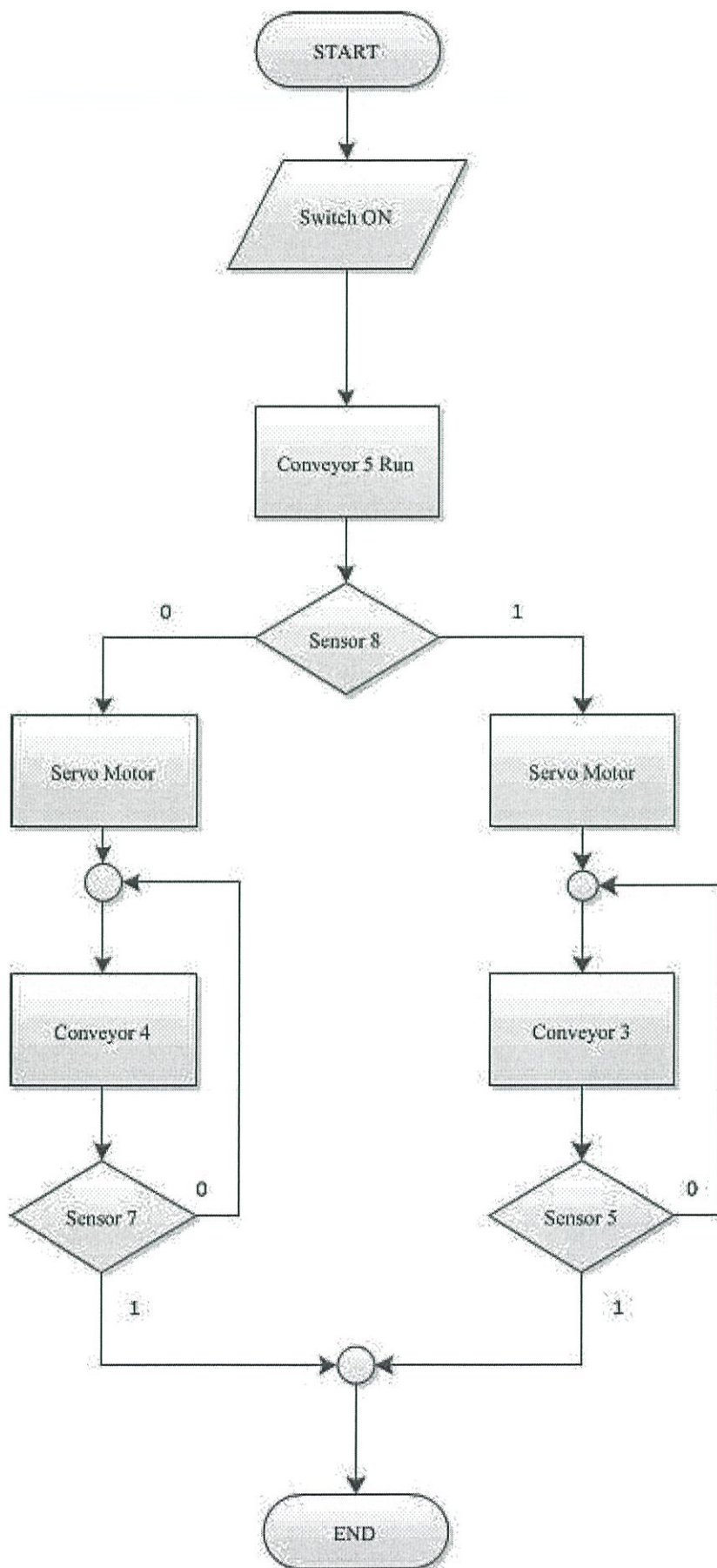
### การทำงานของระบบลำเลียงแบบที่ 2

1. ในรางที่ 5 เมื่อวัตถุเคลื่อนที่มาตามสายพาน ผ่านเซนเซอร์ S8 จะทำงานเพื่อทำการตรวจจับวัตถุที่เข้ามาในระบบและสั่งการเซอร์โวมอเตอร์ให้ผลักวัตถุไปทางด้านซ้ายและขวาสลับกัน

2. หลังจากที่เซนเซอร์ 8 ทำงาน มอเตอร์ในรางที่ 3 หรือรางที่ 4 ก็จะทำงานทำให้วัตถุเคลื่อนไปตามราง เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปตามรางที่ 3 หรือรางที่ 4 เมื่อผ่านเซนเซอร์ S5 หรือ S7 เซนเซอร์จะสั่งให้รางหยุดหมุน

ในรูปที่ 3.19 เมื่อทำการเปิดสวิตช์ รางลำเลียงที่ 5 จะทำงาน เพื่อนำวัตถุเข้ามาในกระบวนการ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ 8

- เซนเซอร์ส่งลอจิก 0 แขนของเซอร์โวมอเตอร์จะผลักวัตถุให้เคลื่อนที่ไปด้านซ้าย รางลำเลียงที่ 4 ก็จะทำงาน เมื่อวัตถุเคลื่อนที่มาสู่ตรงราง ก็จะมีเซนเซอร์ 7 ทำการตรวจจับตำแหน่งของวัตถุ
- เซนเซอร์ส่งลอจิก 1 แขนของเซอร์โวมอเตอร์จะผลักวัตถุให้เคลื่อนที่ไปด้านขวา รางลำเลียงที่ 3 ก็จะทำงาน เมื่อวัตถุเคลื่อนที่มาสู่ตรงราง ก็จะมีเซนเซอร์ 5 ทำการตรวจจับตำแหน่งของวัตถุ

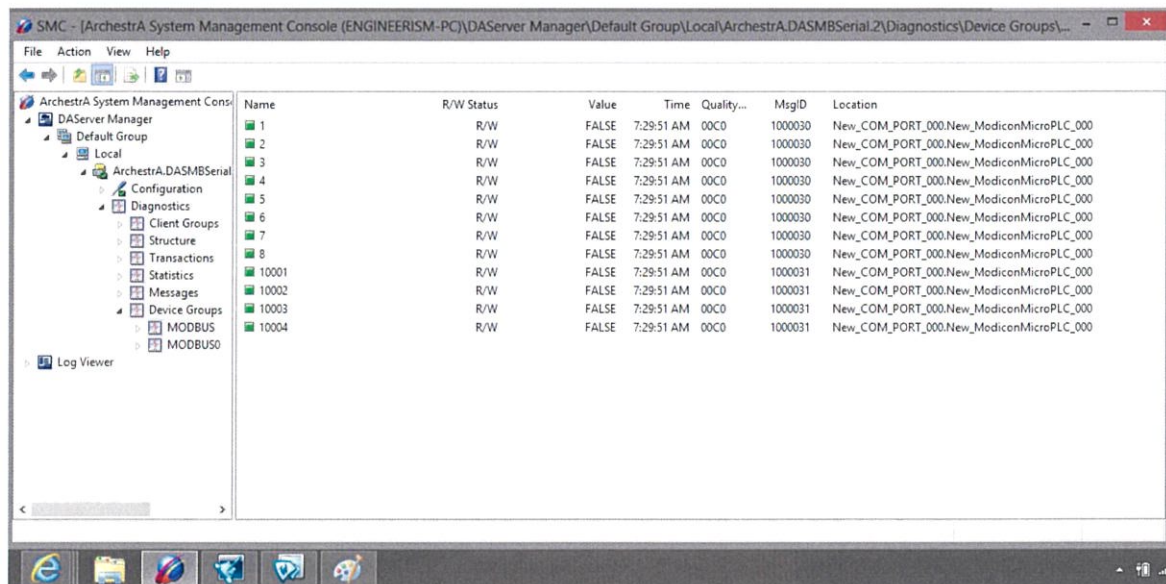


รูปที่ 3.19 Flow Chart การทำงานของระบบลำเลียงแบบที่

ตารางที่ 3.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและการแสดงผลของโปรแกรมควบคุม  
(ระบบลำเลียงแบบที่ 2)

Tag (Wonderware)	Action	
	OFF	ON
M5 (Motor 5)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเทา	ไฟแสดงสถานะเป็นสีแดง, กล้อง เลื่อนลงตามรางที่ 5
R <sub>5</sub> (Relay 5)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเทา	ไฟแสดงสถานะเป็นสีแดง
M3 (Motor 3)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเทา	ไฟแสดงสถานะเป็นสีแดง, กล้อง เลื่อนไปขวาตามรางที่ 3
R <sub>3</sub> (Relay 3)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเทา	ไฟแสดงสถานะเป็นสีแดง
M4 (Motor 4)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเทา	ไฟแสดงสถานะเป็นสีแดง, กล้อง เลื่อนไปซ้ายตามรางที่ 4
R <sub>4</sub> (Relay 4)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเทา	ไฟแสดงสถานะเป็นสีแดง
Servo	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเทา	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว, กล้องเลื่อนไปซ้ายและขวาสลับกัน
S5 (Sensor 5)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเทา	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว
S7 (Sensor 7)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเทา	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว
S8 (Sensor 8)	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเทา	ไฟแสดงสถานะเป็นสีเขียว

- การเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมควบคุมและบอร์ดควบคุมผ่าน OPC SMC



รูปที่ 3.20 หน้าจอโปรแกรม SMC

ตารางที่ 3.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Tag ในโปรแกรมควบคุมและ Address ในไมโครคอนโทรลเลอร์ (บอร์ดควบคุมที่ 1)

Tag	Address	Quality	MsgID
M1	1	00C0	1000030
R <sub>1</sub>	2	00C0	1000030
R <sub>2</sub>	3	00C0	1000030
M2	4	00C0	1000030
M3	5	00C0	1000030
R <sub>3</sub>	6	00C0	1000030
R <sub>4</sub>	7	00C0	1000030
M4	8	00C0	1000030
S1	10001	00C0	1000031
S2	10002	00C0	1000031
S3	10003	00C0	1000031
S4	10004	00C0	1000031

ตารางที่ 3.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Tag ในโปรแกรมควบคุมและ Address ใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ (บอร์ดควบคุมที่ 2)

Tag	Address	Quality	MsgID
M5	1	00C0	1000032
R <sub>5</sub>	2	00C0	1000032
R <sub>6</sub>	3	00C0	1000032
M6	4	00C0	1000032
M7	5	00C0	1000032
R <sub>7</sub>	6	00C0	1000032
R <sub>8</sub>	7	00C0	1000032
M8	8	00C0	1000032
Servo	9	00C0	1000032
S5	10001	00C0	1000033
S6	10002	00C0	1000033
S7	10003	00C0	1000033
S8	10004	00C0	1000033

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 กล่าวนำ

ในส่วนนี้จะเป็นการทดสอบระบบลำเลียงเกี่ยวกับการส่งการผ่านโปรแกรมควบคุมและทดสอบวงจรควบคุมความเร็วคงที่ โดยการเชื่อมต่อกับรางลำเลียงและทำการเพิ่มน้ำหนักเพื่อที่จะนำไปใช้ในการออกแบบการควบคุมระบบลำเลียง

#### 4.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบการทำงานของวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ เมื่อได้รับภาระมากขึ้น
2. เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่างส่วนควบคุมและส่วนอุปกรณ์ทางกล
3. เพื่อค้นหาข้อบกพร่องของระบบลำเลียง

#### 4.3 การทดสอบวงจรควบคุมความเร็ว

##### เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

- รางลำเลียง
- บอร์ดควบคุม
- Power Supply
- มัลติมิเตอร์
- กระจกบอทดวง
- นาฬิกาจับเวลา
- ไม้บรรทัด

##### ขั้นตอนการทดลอง

1. เชื่อมต่อรางลำเลียงเข้ากับบอร์ดควบคุมและคอมพิวเตอร์
2. ใช้กระจกบอทดวง ตวงน้ำให้ได้ปริมาตรตามต้องการ (1 มิลลิลิตร = 1 กรัม)
3. วางกระจกบอทดวงลงไปที่รางลำเลียง โดยกำหนดระยะเริ่มต้นและสิ้นสุด (กำหนดให้ระยะทางที่ใช้ในการทดลองสำหรับรางแบบที่ 1 เท่ากับ 25 cm และรางแบบที่ 2 เท่ากับ 12 cm)
4. สั่งให้กระบวนการเริ่มทำงานและทำการจับเวลา

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบการควบคุมความเร็วคงที่

ร่างลำเลียง	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)		ความเร็ว (cm/s)	
		Forward	Reverse	Forward	Reverse
ร่างแบบที่ 1 (สายพานลำเลียง หมุนช้า)	ไม่มีภาระ	32.91	33.34	0.75	0.74
	120	33.43	33.50	0.74	0.74
	240	33.57	33.59	0.74	0.74
	360	33.60	33.62	0.74	0.74
ร่างแบบที่ 1 (สายพานลำเลียง หมุนเร็ว)	ไม่มีภาระ	2.67	3.08	9.36	8.11
	120	2.69	3.05	9.29	8.19
	240	2.68	3.06	9.32	8.16
	360	2.70	3.07	9.25	8.14
ร่างแบบที่ 2 และ แบบที่ 3 (ล้อลำเลียง)	ไม่มีภาระ	1.30	1.33	9.23	9.02
	120	1.31	1.32	9.16	9.09
	240	1.31	1.31	9.16	9.16
	360	1.32	1.34	9.09	8.95

## - สรุปผลการทดลอง

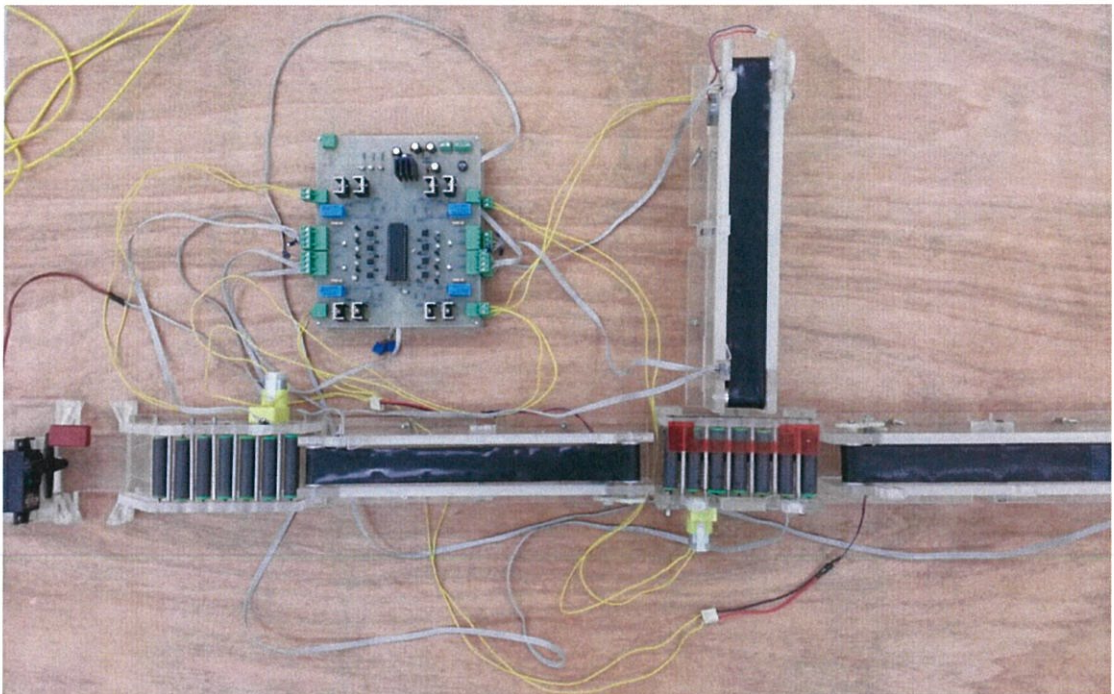
จากการทดลองหาค่าความเร็วของวงจรควบคุมความเร็วขณะที่มีภาระต่าง ๆ จะเห็นว่าระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่มีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยที่ระยะทางเท่าเดิม ทำให้ความเร็วคงที่หรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ซึ่งค่าที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยนี้อาจเกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น ความไม่แม่นยำในการจับเวลา ความไม่สมบูรณ์ของร่างลำเลียง หรือความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักที่ตวงวัด

#### 4.4 การทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างส่วนควบคุมและส่วนอุปกรณ์ทางกล เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

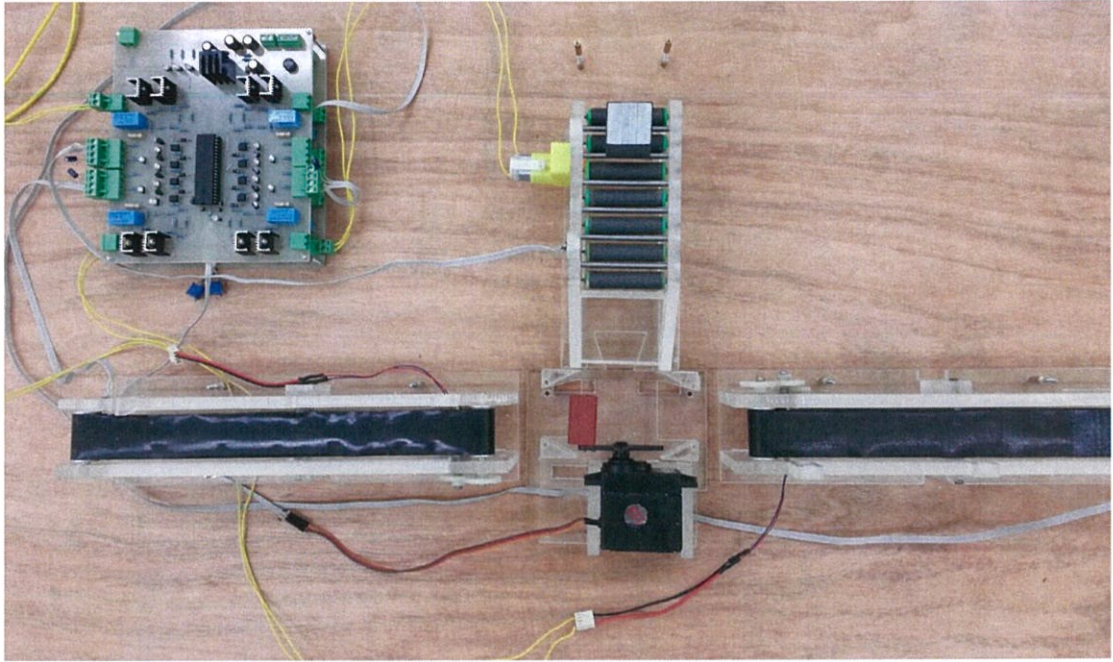
- ร่างลำเลียง
- บอร์ดควบคุม
- Power Supply
- คอมพิวเตอร์

##### ขั้นตอนการทดลอง

1. เชื่อมต่อร่างลำเลียงเข้ากับบอร์ดควบคุมและคอมพิวเตอร์
2. ทดสอบการเชื่อมต่อโดยการสั่งงานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านโปรแกรมควบคุมโดยสั่งอุปกรณ์ทีละ 1 ส่วน และดูผลว่าเป็นไปตามต้องการหรือไม่
3. หลังจากทดสอบอุปกรณ์ครบทุกส่วน จะทำการทดสอบการทำงานของระบบลำเลียงทั้ง 2 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 ระบบลำเลียงแบบที่ 1



รูปที่ 4.2 ระบบลำเลียงแบบที่ 2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการสั่งงานและแสดงผลของโปรแกรมควบคุม (สั่งอุปกรณ์ที่ละ 1 ส่วน)

สัญลักษณ์	อุปกรณ์	สถานะทำงาน	ผลการทดสอบ
M1	มอเตอร์ 1	มอเตอร์ 1 หมุนตามเข็มนาฬิกา	ปกติ
R <sub>1</sub>	รีเลย์ 1	รีเลย์ 1 ทำงาน	ปกติ
M1, R <sub>1</sub>	มอเตอร์ 1, รีเลย์ 1	มอเตอร์ 1 หมุนทวนเข็มนาฬิกา	ปกติ
M2	มอเตอร์ 2	มอเตอร์ 2 หมุนตามเข็มนาฬิกา	ปกติ
R <sub>2</sub>	รีเลย์ 2	รีเลย์ 2 ทำงาน	ปกติ
M2, R <sub>2</sub>	มอเตอร์ 2, รีเลย์ 2	มอเตอร์ 2 หมุนทวนเข็มนาฬิกา	ปกติ
M3	มอเตอร์ 3	มอเตอร์ 3 หมุนตามเข็มนาฬิกา	ปกติ
R <sub>3</sub>	รีเลย์ 3	รีเลย์ 3 ทำงาน	ปกติ
M3, R <sub>3</sub>	มอเตอร์ 3, รีเลย์ 3	มอเตอร์ 2 หมุนทวนเข็มนาฬิกา	ปกติ
M4	มอเตอร์ 4	มอเตอร์ 4 หมุนตามเข็มนาฬิกา	ปกติ
R <sub>4</sub>	รีเลย์ 4	รีเลย์ 4 ทำงาน	ปกติ
M4, R <sub>4</sub>	มอเตอร์ 4, รีเลย์ 4	มอเตอร์ 4 หมุนทวนเข็มนาฬิกา	ปกติ
M5	มอเตอร์ 5	มอเตอร์ 5 หมุนตามเข็มนาฬิกา	ปกติ
R <sub>5</sub>	รีเลย์ 5	รีเลย์ 5 ทำงาน	ปกติ
M5, R <sub>5</sub>	มอเตอร์ 5, รีเลย์ 5	มอเตอร์ 5 หมุนทวนเข็มนาฬิกา	ปกติ
Servo	เซอร์โวมอเตอร์	เซอร์โวมอเตอร์ทำงาน	ปกติ
S1	เซนเซอร์ 1	เซนเซอร์ 1 ทำงาน	ปกติ
S2	เซนเซอร์ 2	เซนเซอร์ 2 ทำงาน	ปกติ
S3	เซนเซอร์ 3	เซนเซอร์ 3 ทำงาน	ปกติ

S4	เซนเซอร์ 4	เซนเซอร์ 4 ทำงาน	ปกติ
S5	เซนเซอร์ 5	เซนเซอร์ 5 ทำงาน	ปกติ
S6	เซนเซอร์ 6	เซนเซอร์ 6 ทำงาน	ปกติ
S7	เซนเซอร์ 7	เซนเซอร์ 7 ทำงาน	ปกติ
S8	เซนเซอร์ 8	เซนเซอร์ 8 ทำงาน	ปกติ

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการคัดแยกขนาดของระบบลำเลียงแบบที่ 1

ครั้งที่	ขนาดวัตถุ	ผลการทดลอง
1	ขนาดเล็ก	ถูกต้อง
2	ขนาดเล็ก	ถูกต้อง
3	ขนาดเล็ก	ผิดพลาด (แยกขนาดผิด)
4	ขนาดเล็ก	ถูกต้อง
5	ขนาดเล็ก	ถูกต้อง
6	ขนาดใหญ่	ถูกต้อง
7	ขนาดใหญ่	ผิดพลาด (แยกขนาดผิด)
8	ขนาดใหญ่	ถูกต้อง
9	ขนาดใหญ่	ถูกต้อง
10	ขนาดใหญ่	ถูกต้อง

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทำงานของระบบลำเลียงแบบที่ 2

ครั้งที่	ทิศทาง	ผลการทดลอง
1	ซ้าย	ถูกต้อง
2	ขวา	ผิดพลาด
3	ซ้าย	ถูกต้อง
4	ขวา	ถูกต้อง
5	ซ้าย	ถูกต้อง
6	ขวา	ถูกต้อง
7	ซ้าย	ผิดพลาด
8	ขวา	ถูกต้อง
9	ซ้าย	ถูกต้อง
10	ขวา	ถูกต้อง

#### - สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการสั่งงานของระบบลำเลียง เกิดความผิดพลาดขึ้นเล็กน้อย มีสาเหตุมาจากความผิดพลาดของโปรแกรมควบคุมและเกิดจากการทำงานของเซนเซอร์ชนิดใช้แสงเพราะแสงสว่างภายในสถานที่ทดลองมีผลต่อความแม่นยำในการตรวจจับของเซนเซอร์

## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 กล่าวนำ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงภาพรวมของโครงการทั้งหมด มีการสรุปผลของการดำเนินงานการทดลอง สรุปปัญหาและข้อเสนอต่าง ๆ ที่สามารถนำไปปรับปรุงแก้ไขหรือสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไปในอนาคต

#### 5.2 บทสรุป

ในอุตสาหกรรมนั้น ระบบลำเลียงถือเป็นส่วนสำคัญ ดังนั้นการควบคุมระบบลำเลียงจึงมีความสำคัญเช่นกัน ซึ่งการที่จะสามารถควบคุมการทำงานของระบบลำเลียงได้นั้น จะต้องอาศัยความรู้และความเข้าใจในระบบลำเลียง เช่น การออกแบบเครื่องจักรกล การเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ การออกแบบการควบคุม เพื่อที่จะสามารถทำการควบคุมระบบลำเลียงได้ตามต้องการ ในระยะเริ่มแรกของการศึกษา ต้องทำการค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ศึกษาการทำงานของกระบวนการและเรียนรู้วิธีใช้เครื่องมือต่าง ๆ จากนั้นจึงทำการสร้างระบบลำเลียงและทำการควบคุม โดยได้ทำการทดลองและได้ข้อสรุปดังนี้

- ความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความตึงของสายพาน, ความต่างศักย์ที่จ่ายให้มอเตอร์, ภาระที่ได้รับ
- เมื่อมอเตอร์ได้รับภาระที่หนักขึ้น วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์จะทำให้ค่าความต่างศักย์ที่จ่ายให้มอเตอร์มีค่ามากขึ้นเพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ให้คงที่
- ความผิดพลาดในการทดลองเกิดจากสาเหตุหลายสาเหตุ เช่น โปรแกรมควบคุมผิดพลาด, สายไฟขาด, ขั้วต่อหลวม, มิเตอร์ชำรุดเสียหาย, สิ่งแวดล้อมในสถานที่ทดลอง

#### 5.3 ปัญหาและอุปสรรค

##### 5.3.1 ปัญหาและอุปสรรคทางกล แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ส่วนของการออกแบบโครงสร้างของระบบสายพาน เช่นการออกแบบรูปร่างรูปแบบของเครื่อง วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ว่าจะเป็นแบบใดใช้วัสดุอุปกรณ์อะไรบ้าง โดยสรุปปัญหาต่าง ๆ ได้ดังนี้

- เรื่องของข้อมูลการทำงานของระบบสายพาน จะต้องทำการศึกษาและทำความเข้าใจการทำงาน of ระบบสายพาน โดยศึกษาจากโปรแกรม ITS และหาข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ผ่านทางอินเทอร์เน็ต ซึ่งใช้ระยะเวลาในส่วนนี้ค่อนข้างมาก
- เรื่องการออกแบบโครงสร้างของระบบสายพาน เนื่องจากผู้ออกแบบไม่มีประสบการณ์ ทางด้านการออกแบบอุปกรณ์ทางกล จึงไม่สามารถทำการออกแบบเพียงครั้งเดียวได้ จึงต้องทำการออกแบบเบื้องต้น แล้วศึกษาเพื่อเพิ่มเติมแก้ไขส่วนต่าง ๆ และกำหนดจุดติดตั้งอุปกรณ์ให้เหมาะสมและสามารถทำงานได้ซึ่งขั้นตอนนี้ใช้เวลานาน

2. ส่วนการสร้างและประกอบอุปกรณ์ทางกล เช่น การคั่นหาวัสดุในการสร้างกระบวนการประกอบ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะต้องทำการติดตั้ง เช่น มอเตอร์, เซนเซอร์, สายพาน, เพลา โดยสรุปปัญหาได้ดังนี้

- ในขั้นตอนการสร้าง ต้องใช้เครื่อง CNC ในการตัด เจาะ กัด วัสดุ ซึ่งการใช้งานของเครื่องนี้ต้องอาศัยการฝึกฝนและความชำนาญในการใช้เครื่อง ซึ่งในระยะแรกนั้นเกิดความผิดพลาดใช้เครื่อง เช่น ระยะผิด, ขนาดคลาดเคลื่อน จึงทำให้เกิดของเสียในขั้นตอนนี้มากและเสียเวลาในการฝึกฝนการใช้เครื่องมาก
- การคั่นหาวัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะนำมาประกอบ เช่น มอเตอร์, เซนเซอร์, เฟือง, เพลา เนื่องจากอุปกรณ์ที่ได้กล่าวมาบางชิ้นต้องมีการคำนวณค่าต่าง ๆ ว่าเหมาะสมหรือไม่ เช่น กำลังขับของมอเตอร์, ชนิดของเซนเซอร์ที่ใช้ ต้องทำการทดสอบจึงทำให้เกิดความล่าช้าในการทำ

### 5.3.2 ปัญหาในส่วนของการควบคุมการทำงาน แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. การสร้างบอร์ดควบคุม จะต้องมีการศึกษาวงจรและโปรแกรมต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุม เช่น วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์, การเขียนไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งต้องใช้เวลาในการศึกษาและทำความเข้าใจ จากนั้นจึงทำการออกแบบบอร์ดควบคุมต่อไป

2. การเชื่อมต่อกันระหว่างโปรแกรมกราฟิก บอร์ดควบคุม และเครื่องกล ขั้นตอนนี้ต้องทำการศึกษาข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตแล้วนำมาประยุกต์ใช้ หากเกิดปัญหาก็จะนำไปปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา

## 5.4 ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการปรับปรุงให้ตัวเครื่องนำใช้และสะดวกในการถอดประกอบมากกว่านี้
2. ควรทำการปรับปรุงโครงสร้างในส่วนของตัวเครื่องให้มีความสมบูรณ์มากกว่านี้ เช่น จุดติดตั้งเซนเซอร์, ระยะของโรลเลอร์
3. ควรทำการปรับปรุงในส่วนของโปรแกรมควบคุมและแสดงผลให้มีความถูกต้องมากขึ้น
4. ควรปรับปรุงในส่วนของหน้าจอกกราฟิกให้มีความสวยงามและสะดวกในการใช้งานมากกว่านี้

## บรรณานุกรม

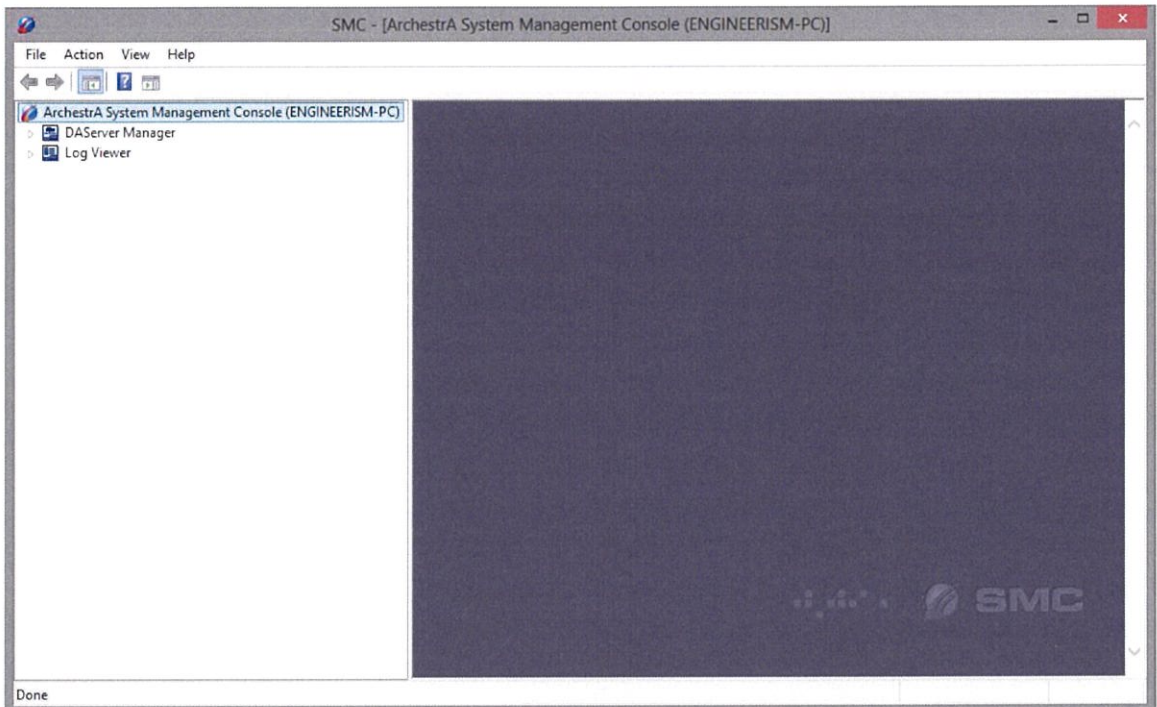
- [1] Thaifoodscience, บทนำปูพื้นฐานทางวิศวกรรมอาหาร [ออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.thaifoodscience.com/article/152-bulk-transportation>
- [2] วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก, โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง [ออนไลน์] แหล่งที่มา <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor1.htm>
- [3] Premier Automation Center, Servo motor [ออนไลน์] แหล่งที่มา [http://www.premier-ac.co.th/index.php?lay=boardshow&ac=webboard\\_show&No=1195843](http://www.premier-ac.co.th/index.php?lay=boardshow&ac=webboard_show&No=1195843)
- [4] นวภัทรา และ ทวีพล, การวัดและเครื่องมือวัด [ออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4347/optical-sensor-photo-sensor>
- [5] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, Solidworks ออกแบบและเขียนแบบวิศวกรรม.กรุงเทพมหานคร, ทริปเพิ้ล กรุ๊ป, 2555
- [6] เดชฤทธิ์ มณีธรรม สำเร็จ เต็มราม, คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC.กรุงเทพมหานคร, เคทีพี, 2549
- [7] pongsakriverplus, การสื่อสารแบบ Modbus Protocol [ออนไลน์] แหล่งที่มา <http://riverplusblog.com/2011/08/18/plc-protocol>

ภาคผนวก

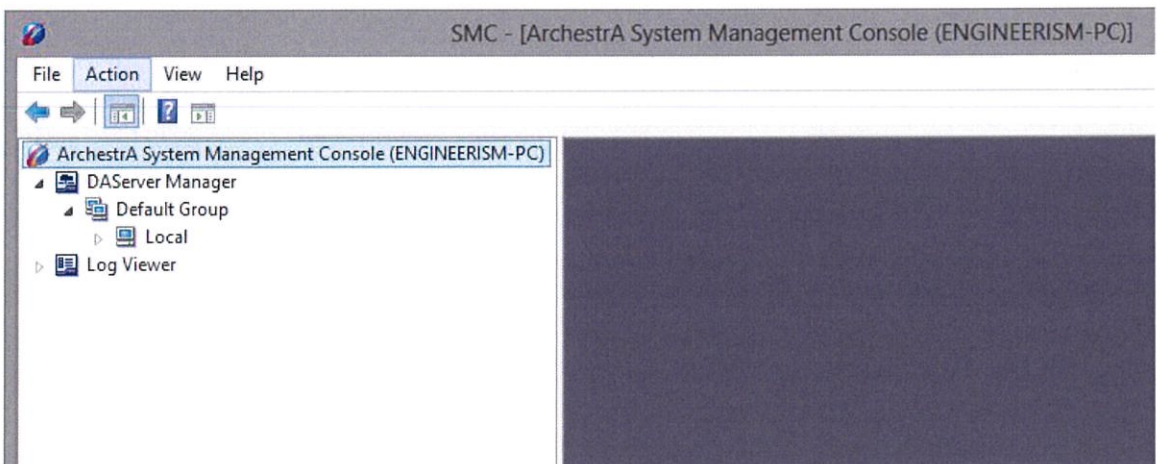
## การเชื่อมต่อระหว่าง OPC SMC กับ Wonderware Intouch

- ส่วนของ OPC SMC

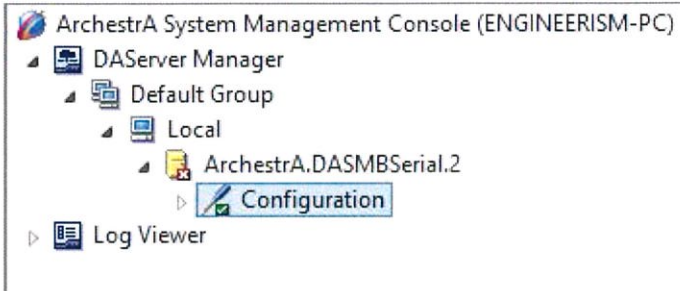
1. เปิดโปรแกรม SMC



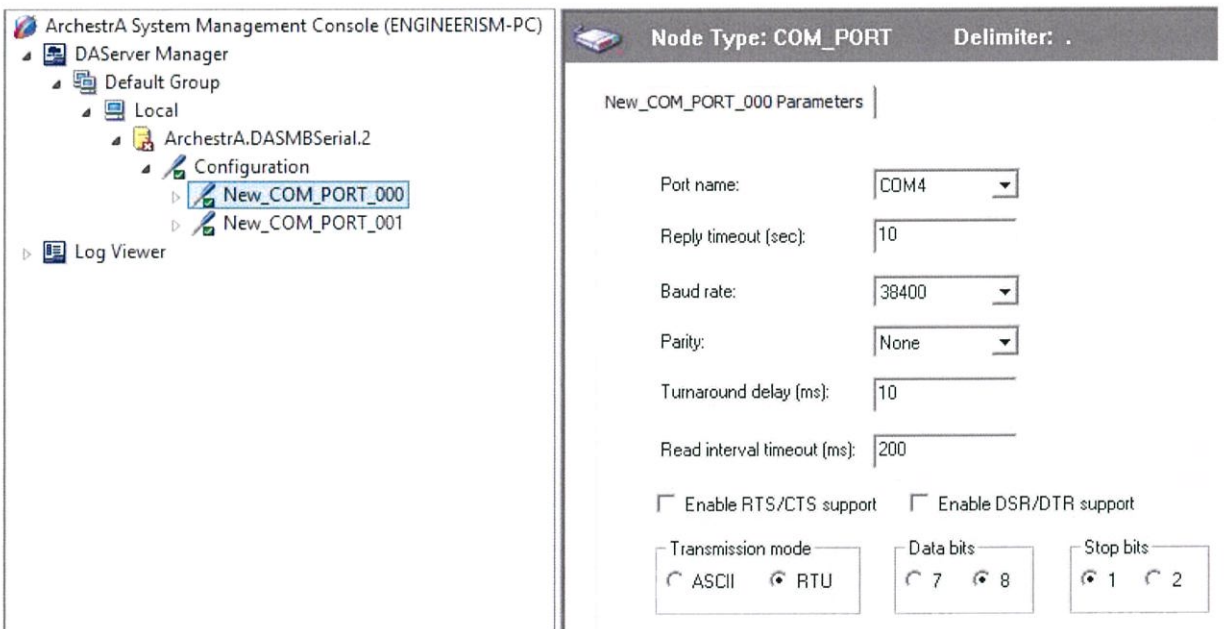
2. ทำการติดตั้ง DASMBSerial



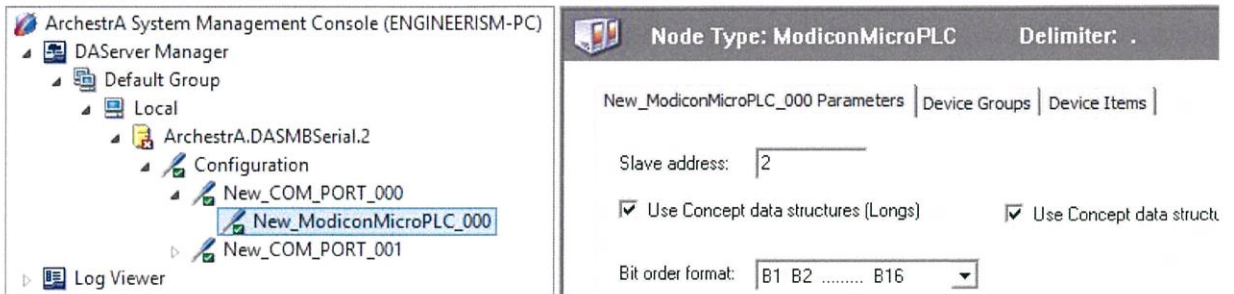
### 3. เปิด Configuration



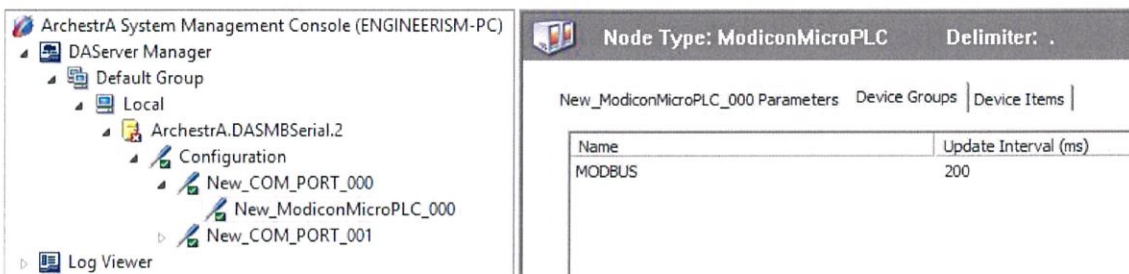
### 4. ทำการ Add COM\_PORT Object (โดย \*Port name: เลือกให้ตรงกับคอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน)



5. Add ModiconMicroPLC Object และตั้งค่า Slave address: ให้ตรงกับ Microcontroller

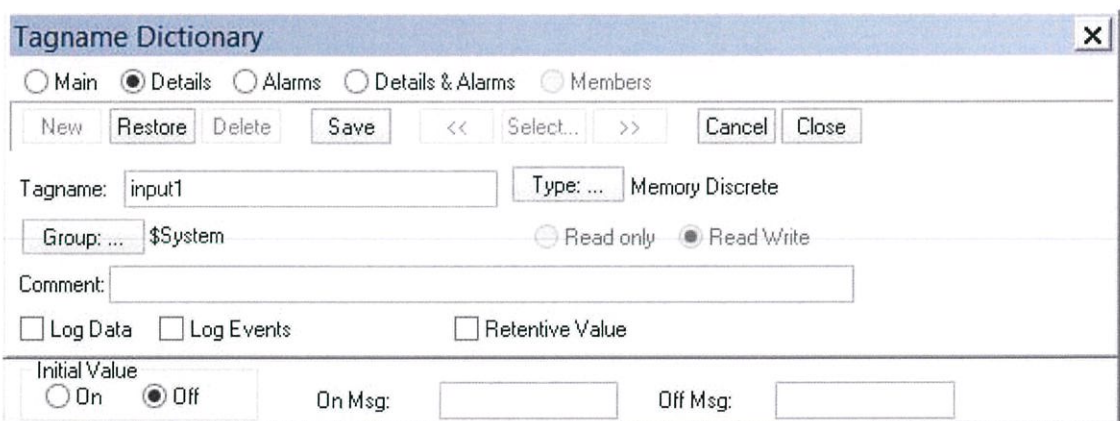


6. เพิ่ม Device Groups

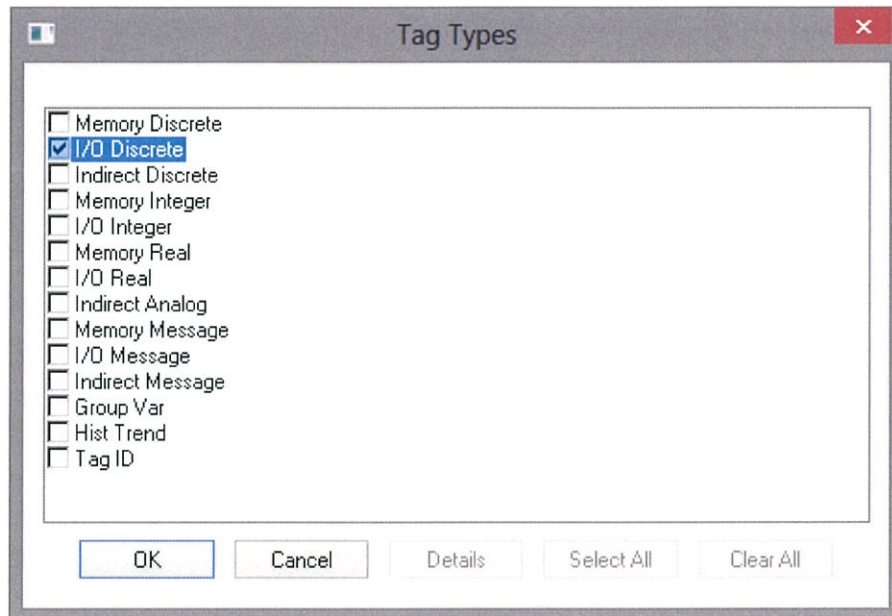


- ส่วนของ Wonderware Intouch

1. ทำการตั้งค่า ดังนี้



2. Type: ... ในส่วนที่เชื่อมต่อภายนอก จะเลือกชนิด I/O Discrete หรือ I/O Integer



The 'Tagname Dictionary' dialog box shows the configuration for a tag. The 'Details' tab is selected. The 'Tagname' field contains 'input1' and the 'Type' is 'I/O Discrete'. The 'Group' is '\$System' and 'Read Write' is selected. The 'Access Name' is 'Galaxy'. The 'Item' field is empty. The 'Initial Value' is 'Off' and 'Input Conversion' is 'Direct'. The 'On Msg' and 'Off Msg' fields are empty. The 'Log Data', 'Log Events', and 'Retentive Value' checkboxes are unchecked. The 'Use Tagname as Item Name' checkbox is unchecked.

- การเชื่อมต่อกับโปรแกรม SMC ตั้งค่าดังนี้

1. \*Topic Name: ตั้งให้ตรงกับ Device Group ใน SMC

**Add Access Name**

Access: MODBUS [OK]

Node Name: [ ] [Cancel]

Application Name: DASMBSerial [Failover]

Topic Name: MODBUS

Which protocol to use:  
 DDE  SuiteLink  Message Exchange

When to advise server:  
 Advise all items  Advise only active items

Enable Secondary Source

2. การตั้งค่า Item:  
สำหรับ Output => ใช้ Item 1-9  
Input => ใช้ Item 10001-10004

**Tagname Dictionary** [X]

Main  Details  Alarms  Details & Alarms  Members

[New] [Restore] [Delete] [Save] [ << ] [Select...] [ >> ] [Cancel] [Close]

Tagname: input1 [Type: ...] I/O Discrete

Group: ... \$System  Read only  Read Write

Comment: [ ]

Log Data  Log Events  Retentive Value

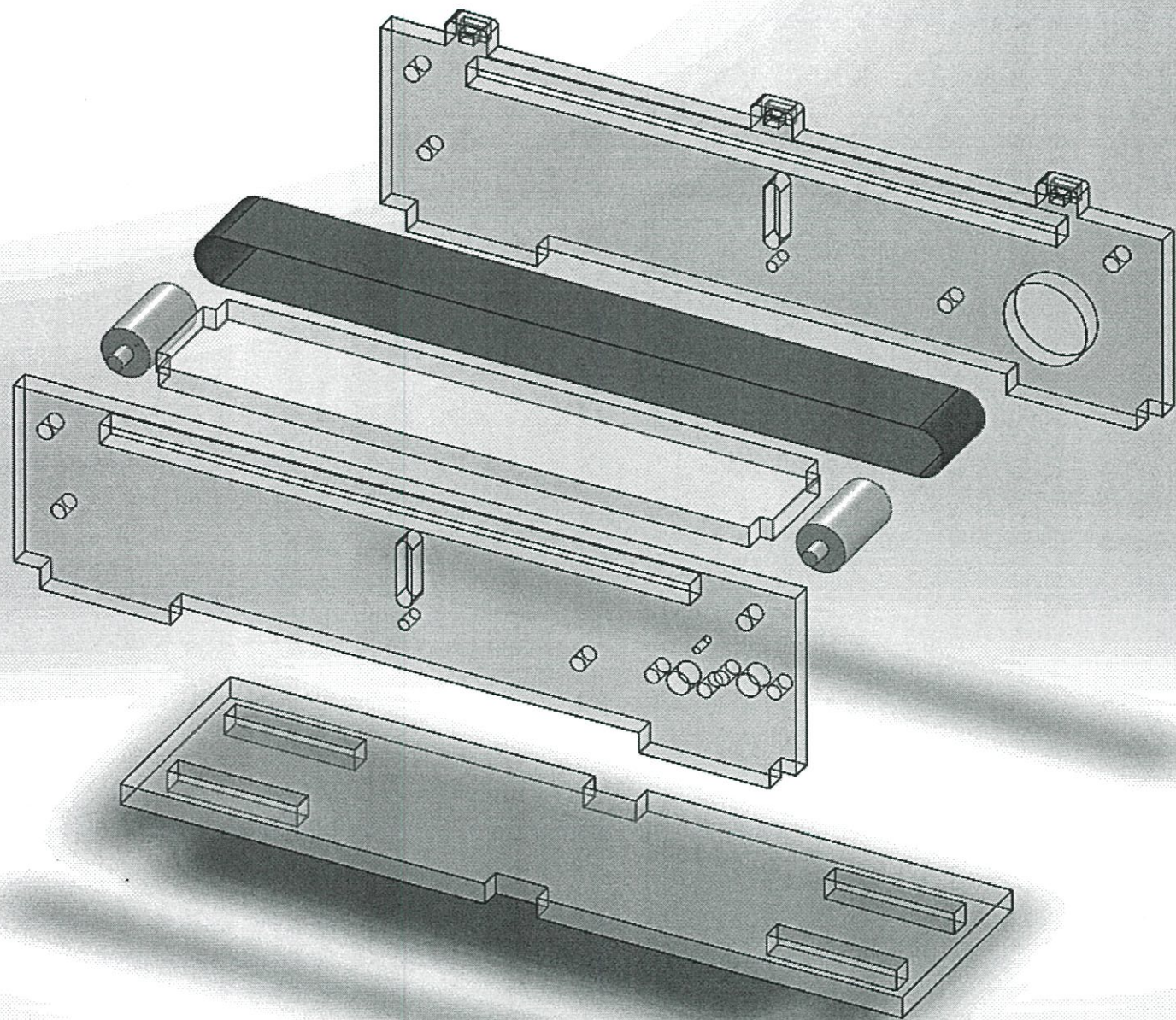
Initial Value:  On  Off

Input Conversion:  Direct  Reverse

On Msg: [ ] Off Msg: [ ]

Access Name: ... MODBUS

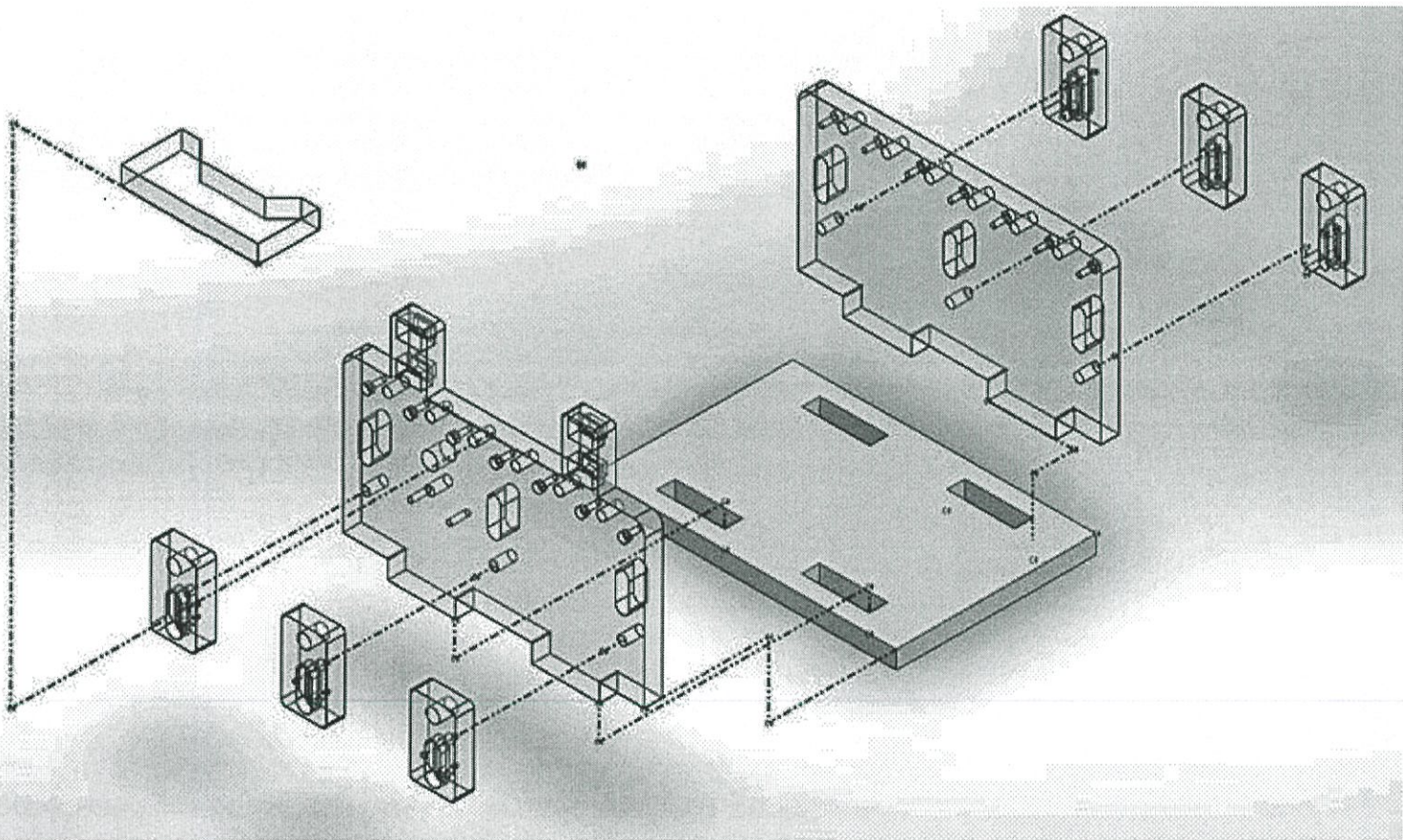
Item: 10001  Use Tagname as Item Name

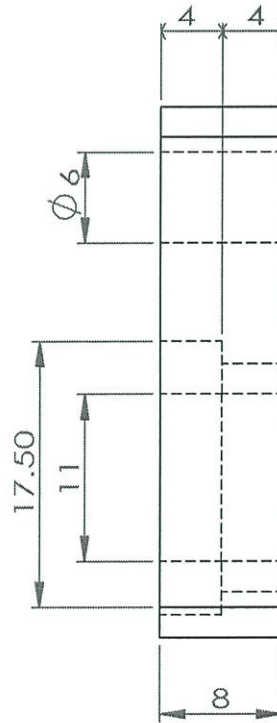
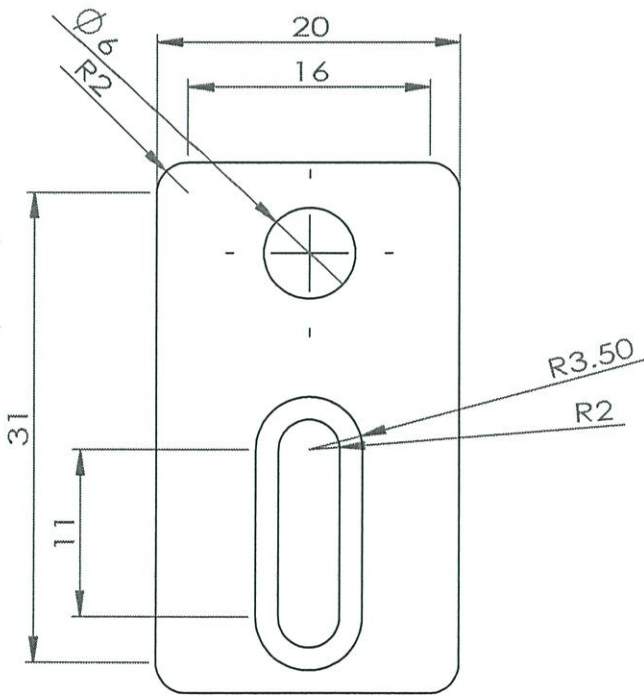
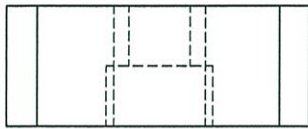
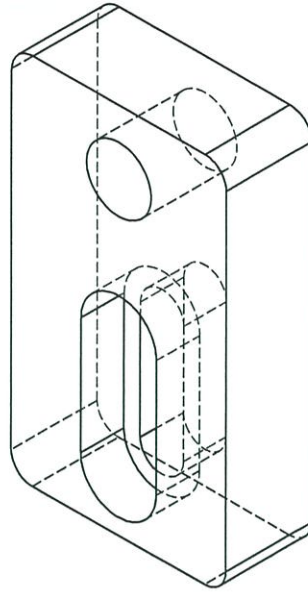












UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN		
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		

TITLE: Adjust height of aluminium

MATERIAL:

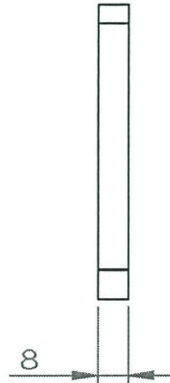
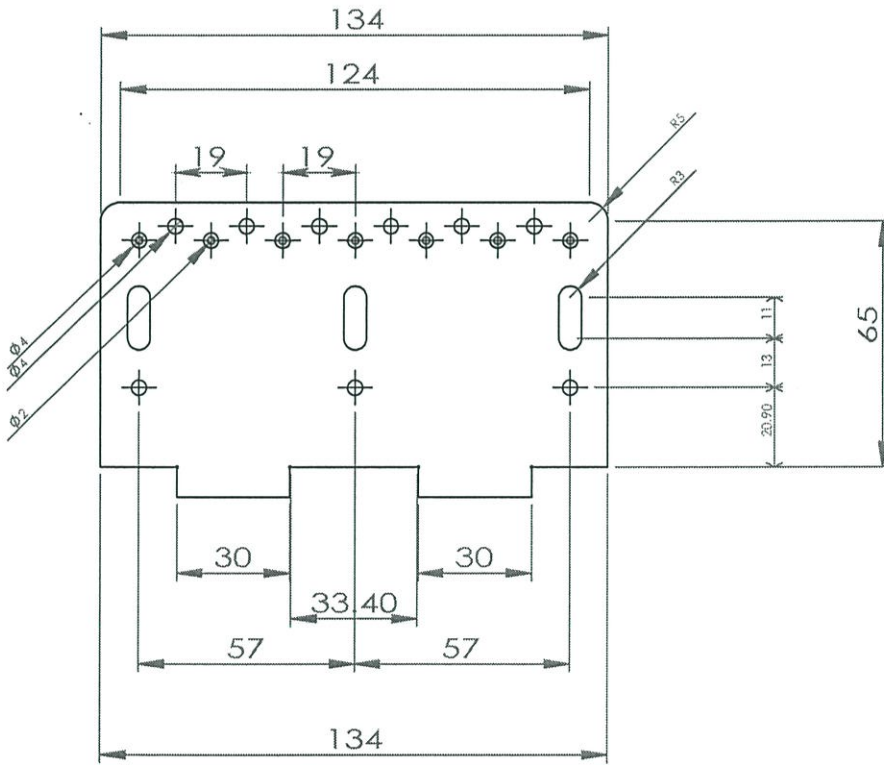
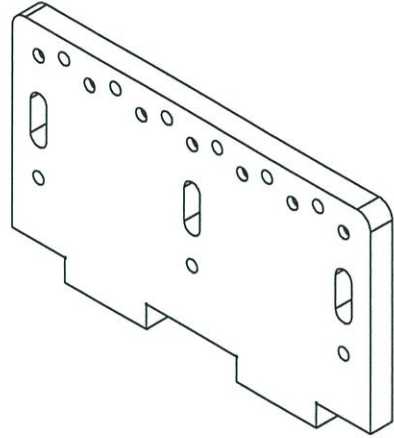
DWG NO.

A4

WEIGHT:

SCALE:2:1

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN				
CHK'D				
APPVD				
MFG				
Q.A				
			MATERIAL:	
			WEIGHT:	

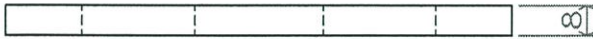
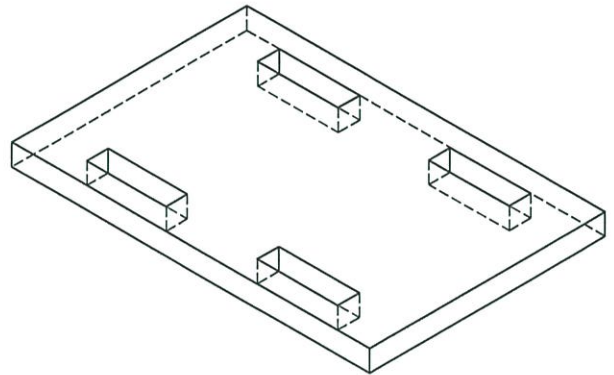
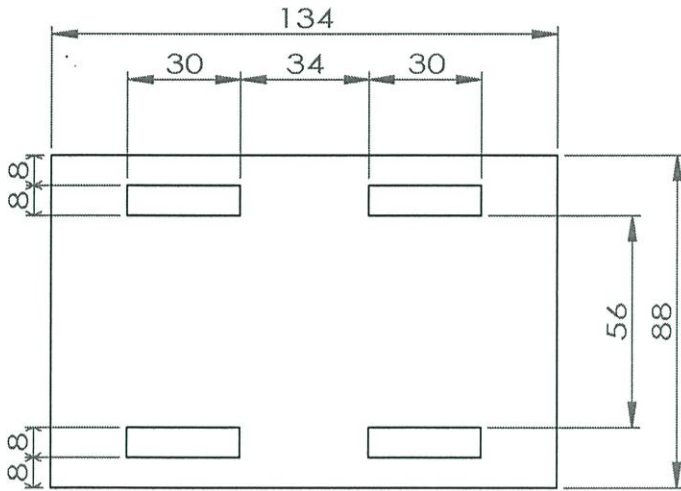
TITLE: Base of Roller opposite motor

DWG NO.

A4

SCALE: 1:2

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPVD					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:

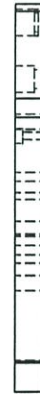
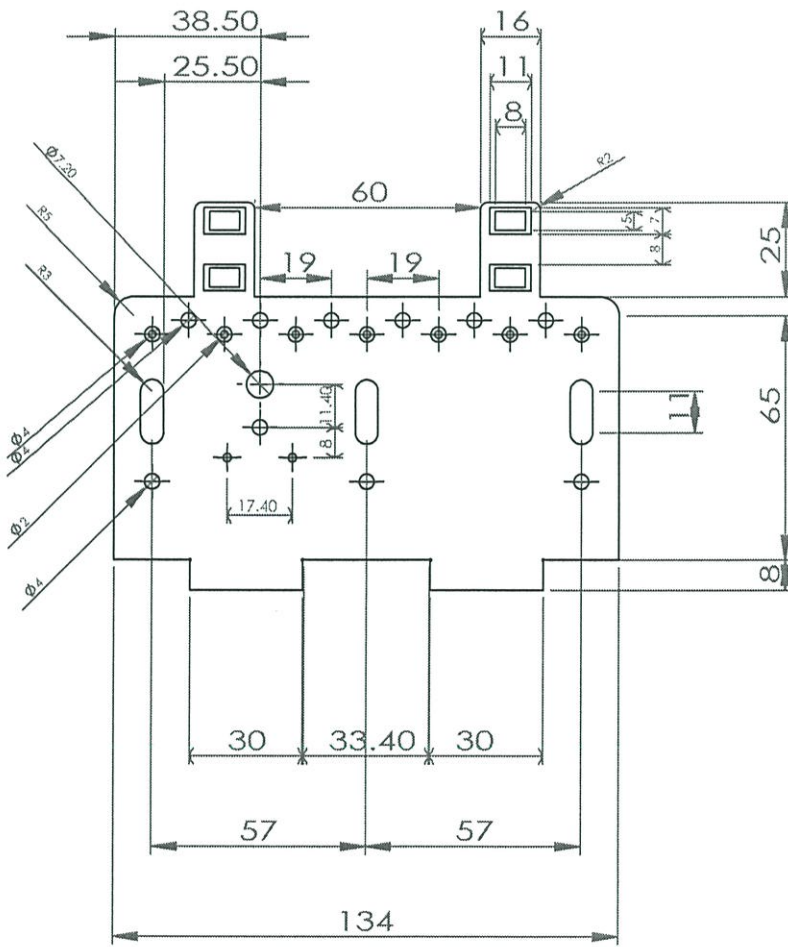
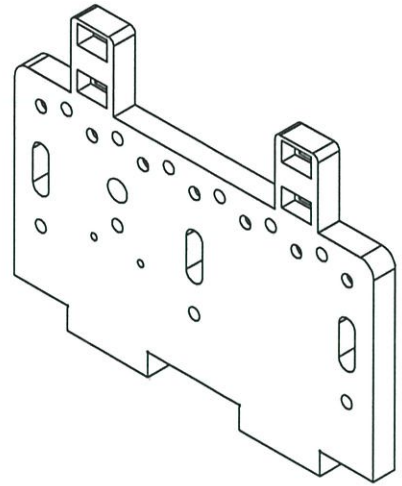
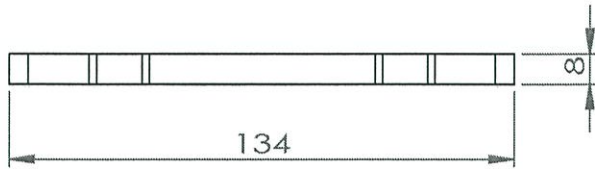
Base of Roller

DWG NO.

A4

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN				
CHK'D				
APP'VD				
MFG				
Q.A				
			MATERIAL:	
			WEIGHT:	

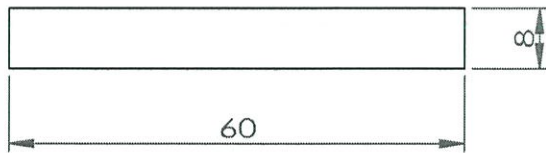
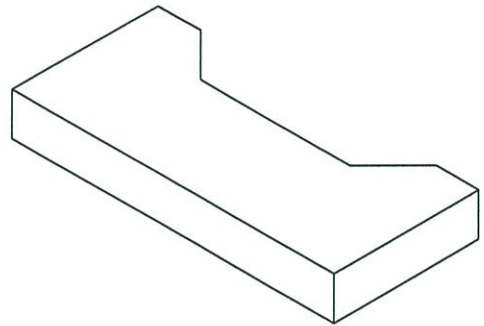
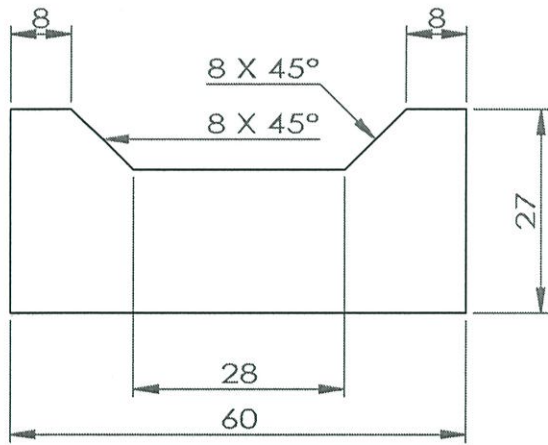
TITLE: Base of Roller with motor

DWG NO.

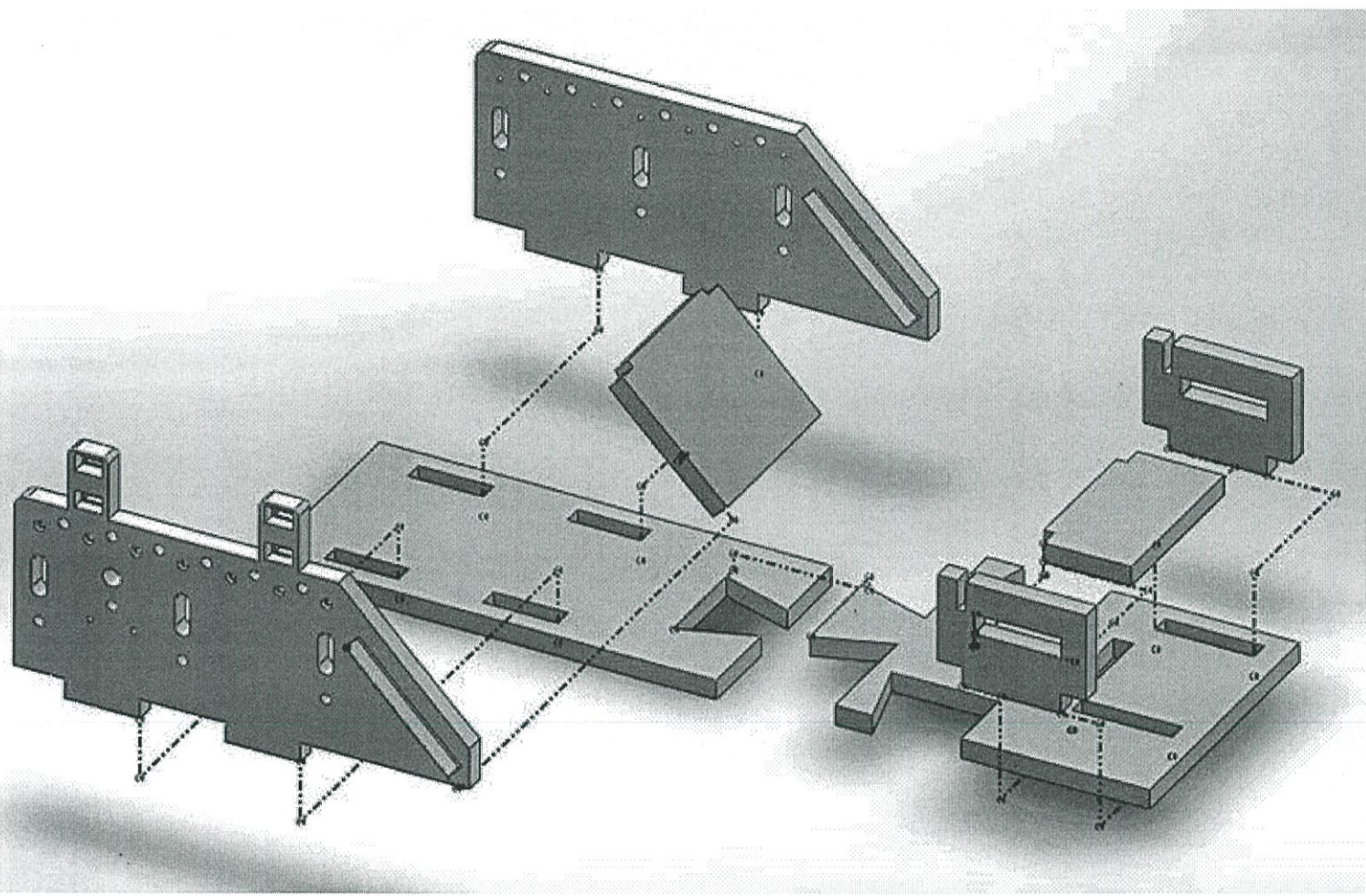
A4

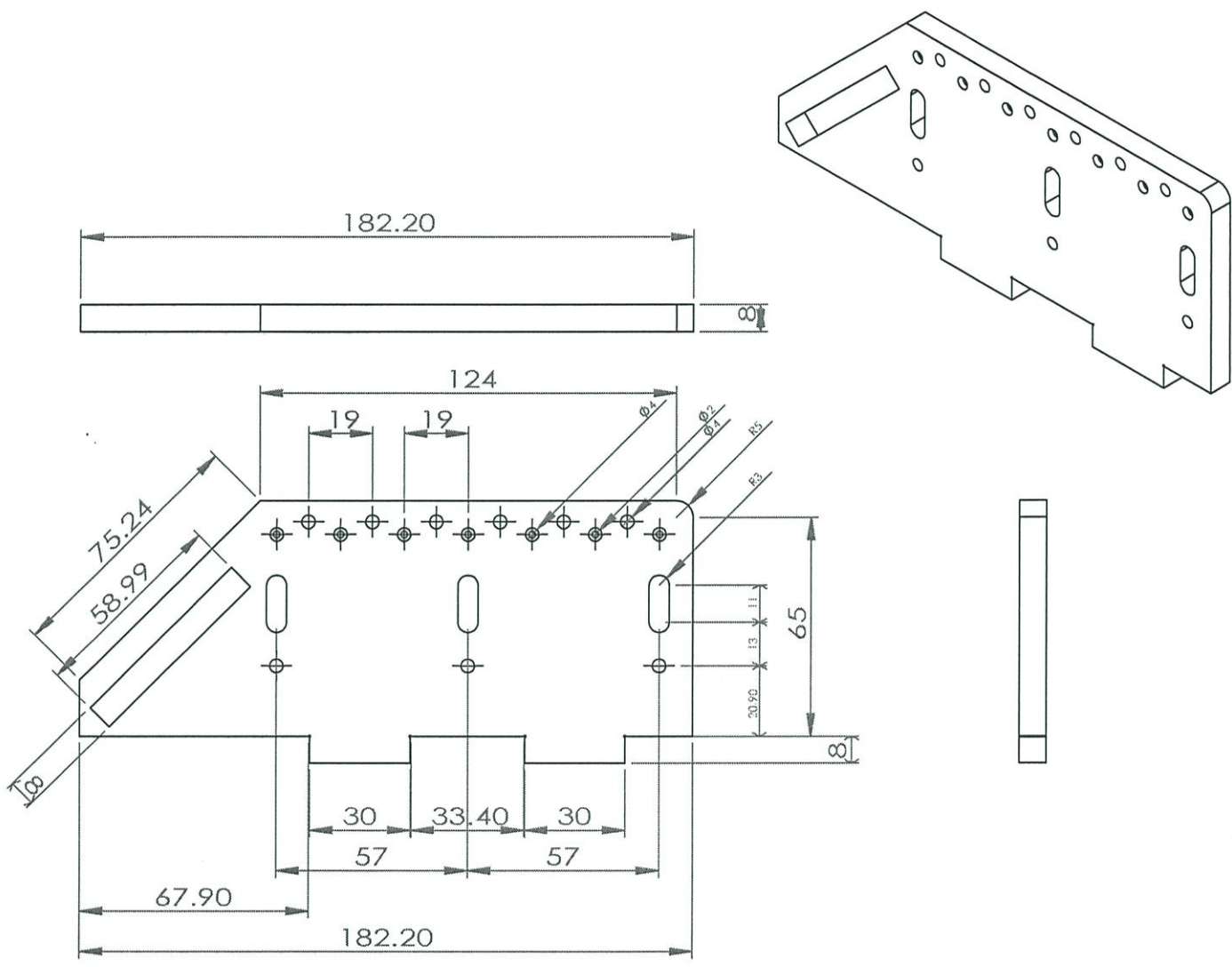
SCALE: 1:2

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN:				SIGNATURE		DATE		TITLE:  <h1>Guide line for object</h1>			
CHK'D											
APPVD											
MFG											
Q.A											
MATERIAL:						DWG NO.					
WEIGHT:						SCALE: 1:1					
SHEET 1 OF 1											
										A4	





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN		
CHK'D		
APPVD		
MFG		
Q.A		

TITLE:  
**Base of Roller opposite motor  
 ( Roller of Servo motor )**

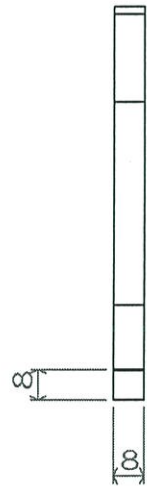
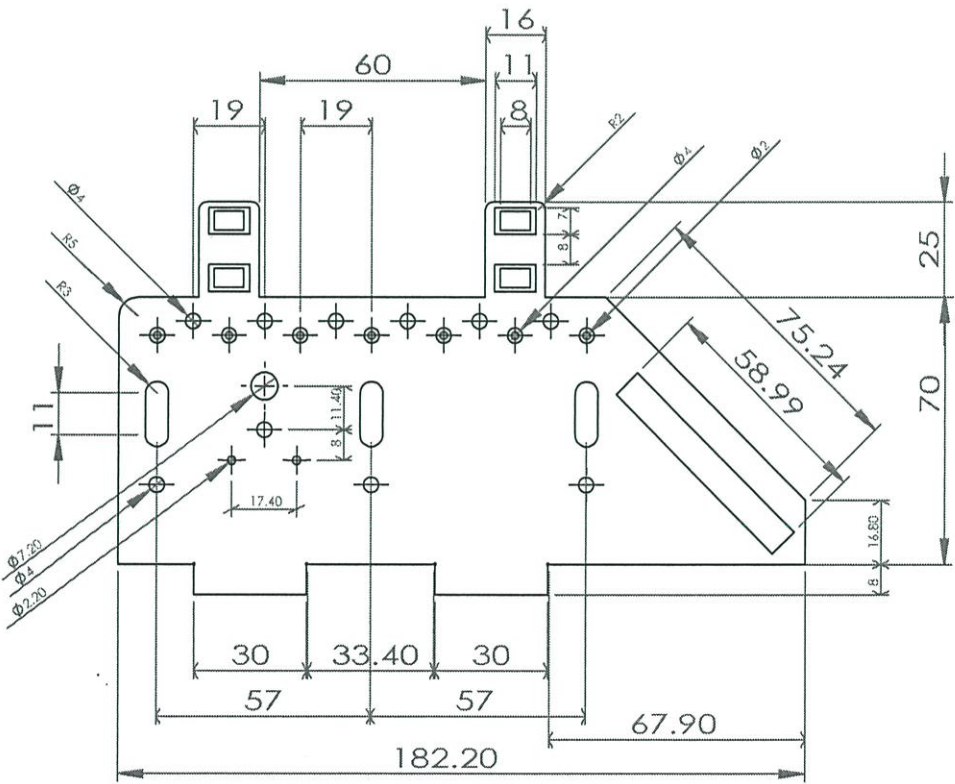
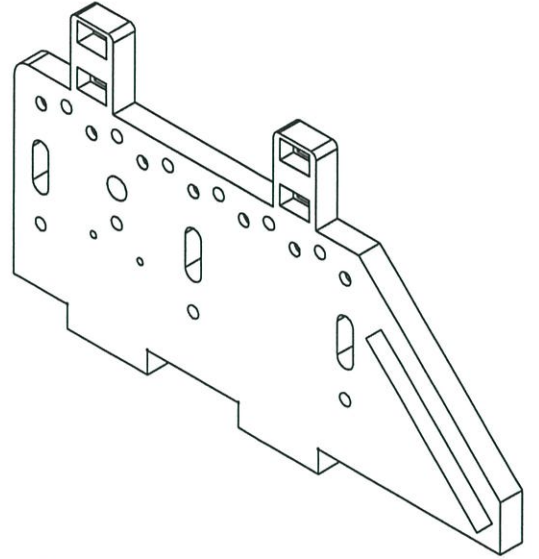
DWG NO. A4

SCALE: 1:2

SHEET 1 OF 1

MATERIAL:

WEIGHT:



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

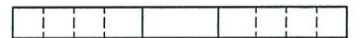
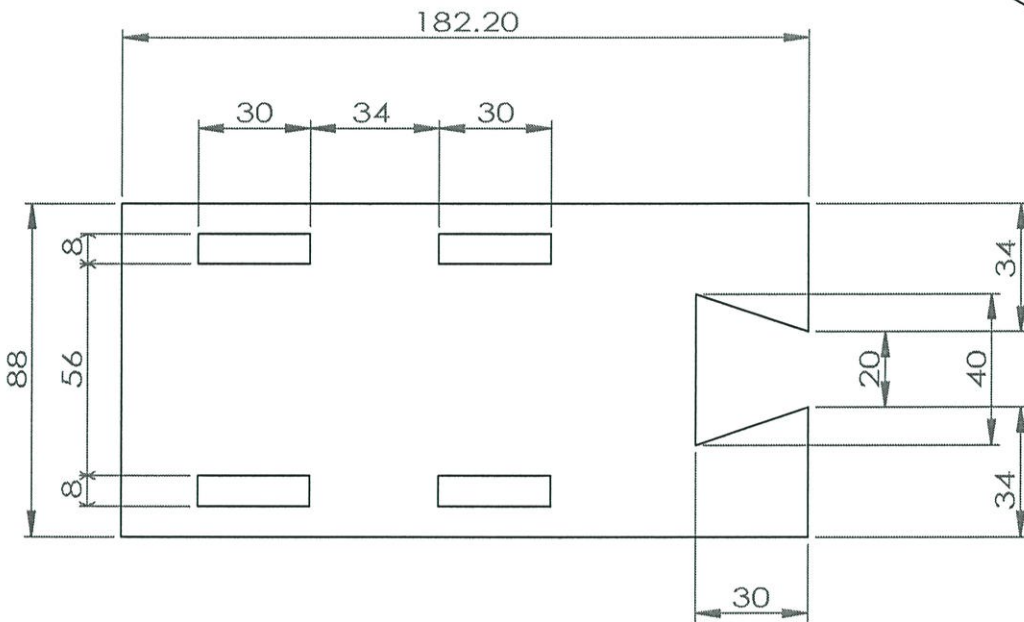
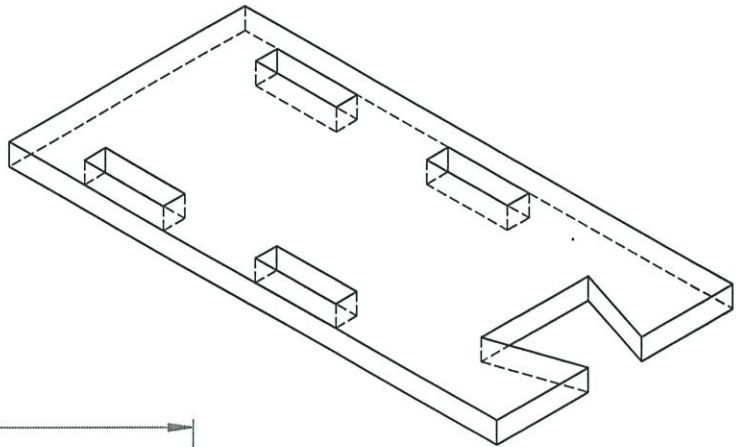
DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN				
CHK'D				
APPVD				
MFG				
Q.A				
			MATERIAL:	
			WEIGHT:	

TITLE:	Base of Roller with motor ( Roller of Servo motor )	
DWG NO.		A4
SCALE: 1:2		SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

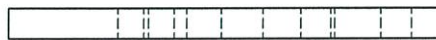
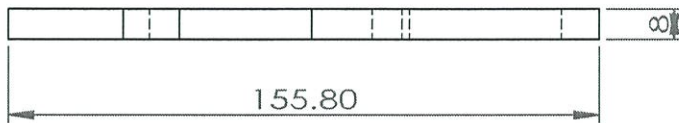
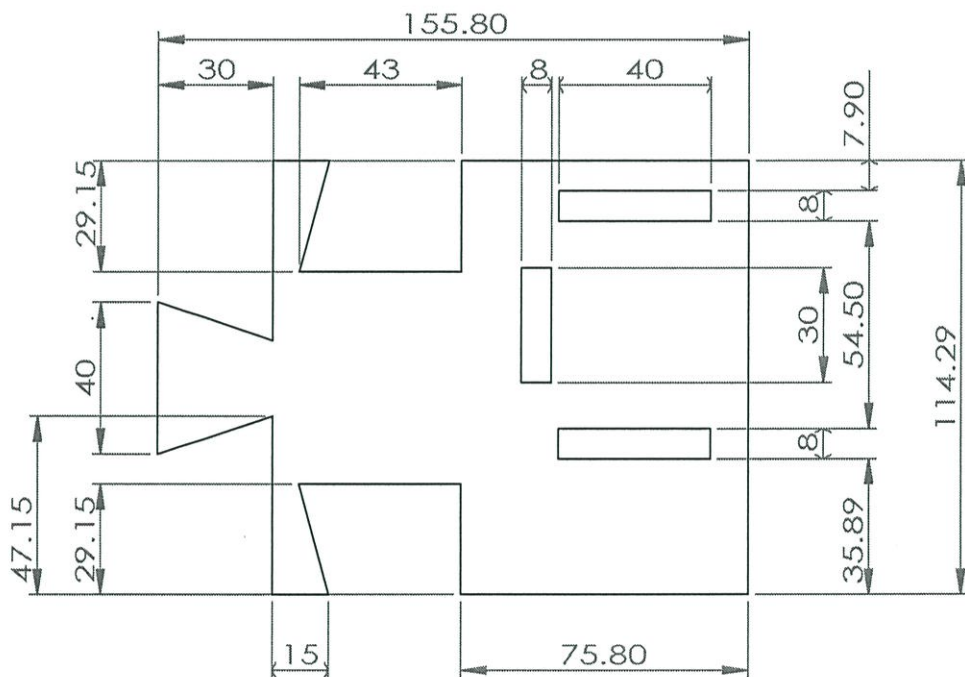
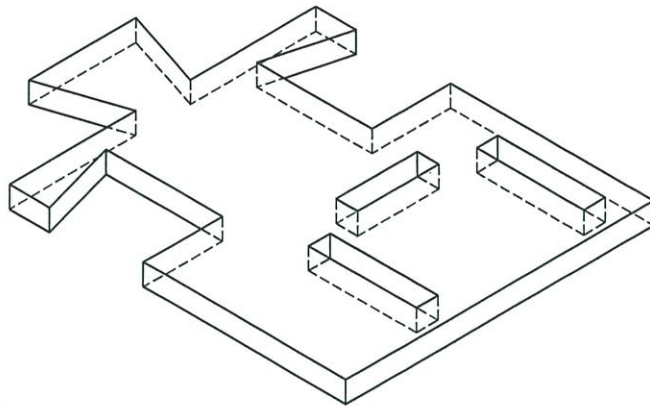
DEBUR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPVD					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:		Base roller servo 1	
DWG NO.			
		A4	
SCALE: 1:5		SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN				
CHK'D				
APPVD				
MFG				
Q.A				
			MATERIAL:	
			WEIGHT:	

TITLE:

Base Roller Servo 2

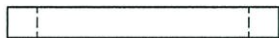
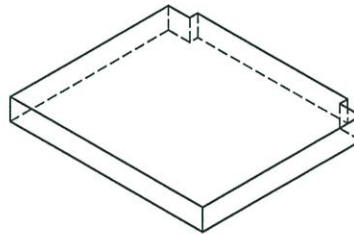
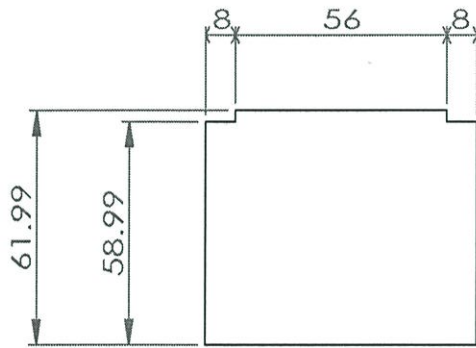
DWG NO.

A4

SCALE: 1:1

SHEET 1 OF 1





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES: .  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APP'VD					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:

Sheet for object slide

DWG NO.

A4

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

