



## รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ระบบพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติโดยใช้ระบบ IoT

AGV DESIGN USING IOT

ณัฐชนน จิรรัตน์กุลชัย

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ	ระบบพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติโดยใช้ระบบ IoT
นักศึกษา	นายณัฐชนน จิรรัตน์กุลชัย
ภาควิชา	วิศวกรรมการวัดและควบคุม
อาจารย์นิเทศ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์
ผู้นิเทศงาน	นายศรัณย์ภัทร แต่งผิว
สถานประกอบการ	บริษัท มูราตะอิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด

### บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอระบบพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ โดยใช้กับระบบ IoT ซึ่งใช้สำหรับการขนส่งของจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งในโรงงาน MT800 ที่บริษัท มูราตะ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่ง AGV ที่ใช้ดังกล่าวนั้นจะใช้กล้อง Pixy Camera V.2 ในการตรวจจับเส้นแทนการใช้เซนเซอร์ตรวจจับแบบแม่เหล็กและใช้ RFID Sensor ในการตรวจจับ ID Tag แล้วส่งข้อมูลของการตรวจจับ ID Tag ผ่านระบบ IoT โดยใช้โปรโตคอล MQTT เพื่อนำมาแสดงผลบนหน้าจอ Monitoring PC

คำสำคัญ : AGV, ระบบ IoT, Pixy Camera V.2, RFID Sensor, ID Tag, MQTT, Monitoring PC

Project Title	AGV Design using IoT
Student	Mr.Natchanon Jirattanakunchai
Department	Instrumentation and Control Engineering
Advisor	Assistant Professor Dr.Noppadol Maneerat
Mentor	Mr. Saranpat Taengphio
Company	Murata Electronics (Thailand), Ltd.

## ABSTRACT

This project presents AGV Design using IoT, which is used for transportation from one location to another in the MT800 factory at Murata Electronics (Thailand), Co., Ltd. Pixy Camera V.2 is used to track lines instead of magnetic line sensors and a RFID sensor is used to detect ID Tag and send ID Tag detection with IoT by using the MQTT protocol to show results on monitoring PC screen.

**Keyword :** AGV, IoT System, Pixy Camera V.2, RFID Sensor, ID Tag, MQTT, Monitoring PC

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยความอนุเคราะห์จาก บริษัท มูราตะอิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด แผนก MTE40 ที่ให้โอกาสในการทำโครงการสหกิจศึกษาในครั้งนี้ อีกทั้งหัวหน้าวิศวกร คุณณัฐพงศ์ สุวรรณ เป็นผู้ชี้แนะแนวทางการทำโครงการสหกิจในครั้งนี้ และผู้ดูแลหรือพี่เลี้ยง คุณศรัณย์ภัทร แต่งผิว ผู้ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับระบบ IoT สุดท้ายขอขอบคุณพี่ๆ จากโรงงาน MT800 และพนักงานทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาสี่เดือน

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลืออันเป็นประโยชน์ต่อการทำโครงการสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์นี้แก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม ทุกท่านที่ให้คำแนะนำในการทำโครงการสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้

คณะผู้จัดทำโครงการสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณทุกท่านอย่างสูงที่ให้การสนับสนุน ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ และประโยชน์อันพึงมีต่อโครงการสหกิจครั้งนี้ โดยโครงการสหกิจสมบูรณ์ฉบับนี้ผู้จัดทำขอมอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ณัฐชนน จิรรัตน์กุลชัย

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ii
กิตติกรรมประกาศ .....	iii
สารบัญ .....	iv
สารบัญรูป .....	vii
สารบัญตาราง .....	xii
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ .....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ .....	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษาและแผนการทำงาน .....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	4
2.1 กล่าวนำ .....	4
2.2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง .....	4
2.2.1 หลักการของเอจวีวีเบื้องต้น .....	4
2.2.2 หลักการใช้งานและการควบคุมความปลอดภัยของรถ AGV .....	5
2.2.3 การออกแบบรถขนส่งวัสดุในโรงงาน .....	7
2.2.4 รายละเอียดรถขนส่งวัสดุในโรงงานด้านฮาร์ดแวร์ของรถ AGV .....	10
2.2.5 รายละเอียด IoT เบื้องต้นและการสื่อสารของรถ AGV .....	11
2.2.6 มอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC).....	13
2.2.7 แบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่ว (Lead Acid Battery) .....	16
2.2.8 RFID .....	18
2.3 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง .....	22
2.3.1 Arduino IDE .....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.2 Microsoft Visual Studio .....	23
2.3.3 MQTTBox .....	24
2.3.4 Solidworks .....	24
2.3.5 Microsoft Word .....	25
2.3.6 Microsoft Excel .....	26
2.3.7 Microsoft Powerpoint .....	26
2.3.8 PixyMon .....	27
2.3.9 OS32C Configuration Tool .....	27
2.4 ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ .....	28
2.4.1 เลเซอร์สแกนเนอร์ (Laser Scanner) - OS32C .....	28
2.4.2 แบตเตอรี่ (Battery) – 3K – รุ่น 3BB .....	38
2.4.3 Oriental Motor (BLH Series) .....	40
2.4.4 Arduino Mega .....	46
2.4.5 Pixy Camera V.2 .....	50
2.4.6 ESP8266/Node MCU .....	51
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ .....</b>	<b>53</b>
3.1 ศึกษาและจำลองเส้นทางการลำเลียงพัสดุในโรงงาน .....	53
3.2 ศึกษาและเริ่มออกแบบโครงพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ .....	55
3.3 ศึกษาระบบ IoT, โพรโตคอล MQTT และศึกษาการใช้กล้อง Pixy Camera V.2 ที่ใช้ในการตรวจจับเส้นตรง .....	59
3.4 คำนวณขนาดมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อน และคำนวณความเร็วของรถตามทีโรงงานมอบหมาย .....	59
3.5 ทดสอบกล้อง Pixy Camera V.2 ให้ตรวจจับเส้นดำ .....	62
3.6 เขียน Flowchart การ Communicate ของพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ .....	65
3.7 เขียนโปรแกรม C# เพื่อเขียนหน้าจอ PC .....	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.8 ออกแบบแผนภาพโปรแกรมการสื่อสาร .....	67
3.9 ออกแบบ Line Switch Module .....	68
3.10 ทำรายการจบในการจัดแจงและสิ่งของโปรเจกต์ .....	69
3.11 ออกแบบ Controller Module ของพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ .....	70
<b>บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงการงาน .....</b>	<b>73</b>
4.1 นำรถไปแทรกเส้นที่โรงงาน MT800 .....	73
4.2 ทดสอบ Controller Module โดยใช้ Laser Scanner .....	73
4.3 ปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหา .....	76
4.3.1 ปัญหาที่พบ .....	76
4.3.2 วิธีการแก้ไขปัญหา .....	76
<b>บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินการโครงการงานและข้อเสนอแนะ .....</b>	<b>77</b>
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน .....	77
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	77
เอกสารอ้างอิง .....	78
ประวัติผู้เขียน .....	81

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างรถ AGV แบบ Driver Train .....	5
2.2 ตัวอย่างรถ AGV แบบ Pallet Truck .....	6
2.3 ตัวอย่างรถ AGV แบบ Unit Load Carrier .....	6
2.4 รถขนส่งวัสดุในโรงงาน .....	10
2.5 หลักการทำงานของรถขนส่งวัสดุในโรงงาน .....	11
2.6 การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งกับอุปกรณ์ต่างๆ .....	12
2.7 บล็อกไดอะแกรมของระบบอัตโนมัติ .....	12
2.8 โมเดลของการวิ่งโดยใช้ AGV มากกว่าหนึ่งคัน .....	13
2.9 การเคลื่อนที่ของมอเตอร์ .....	14
2.10 แผนภาพการคอมมิวเตชัน .....	14
2.11 กำลังสูญเสียทั้งหมด (Total Losses) ของมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน .....	15
2.12 ภาพรวมของระบบ RFID .....	19
2.13 RFID แท็กในรูปแบบต่างๆ .....	19
2.14 บล็อกไดอะแกรมของ Passive Tag .....	20
2.15 รูปตัวอย่าง Active Tag ที่มีแบตเตอรี่ Lithium 2 ก้อนอยู่ภายนอก .....	21
2.16 โครงสร้างภายในเครื่องอ่าน .....	21
2.17 รูปตัวอย่างเครื่องอ่านแบบต่างๆ .....	22
2.18 หน้าต่างโปรแกรม Arduino Ide .....	23
2.19 หน้าต่างโปรแกรม Visual Studio .....	24
2.20 หน้าต่าง MQTTBox .....	24
2.21 หน้าต่างโปรแกรม Solidworks .....	25
2.22 หน้าต่างโปรแกรม Microsoft Word .....	25
2.23 หน้าต่างโปรแกรม Microsoft Excel .....	26
2.24 หน้าต่างโปรแกรม Microsoft Power .....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.25 หน้าต่างโปรแกรม PixyMon .....	27
2.26 หน้าต่างโปรแกรม Omron Laser Scanner OS32C .....	28
2.27 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ .....	30
2.28 ส่วนประกอบและตัวบ่งชี้ระบบของอุปกรณ์ .....	30
2.29 ระบบนำทาง AGV .....	31
2.30 รถยนต์นำทางอัตโนมัติแบบสองทิศทาง (AGV) .....	32
2.31 ยานพาหนะนำทางอัตโนมัติ, หลายโซน (AGV) .....	32
2.32 รถนำทางอัตโนมัติ (AGV), เครื่องสแกนสองเครื่อง, สามด้าน .....	33
2.33 รถนำทางอัตโนมัติ (AGV), เครื่องสแกนสองเครื่อง, สี่ด้าน .....	33
2.34 รายละเอียดของ OS32C .....	34
2.35 การติดตั้งบนพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ .....	36
2.36 การฉายการติดตั้งที่ด้านหน้าของยานพาหนะ .....	37
2.37 การติดตั้งกับตัวถังรถของ AGV .....	38
2.38 แบตเตอรี่โซลาร์เซลล์ (Battery Deep Cycle 3K รุ่น EBB80) .....	39
2.39 มอเตอร์และบอร์ดไดรฟ์มอเตอร์ .....	40
2.40 รายละเอียดของมอเตอร์ .....	41
2.41 รายละเอียดของบอร์ดไดรฟ์มอเตอร์ .....	42
2.42 รหัสผลิตภัณฑ์มอเตอร์ .....	42
2.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Torque กับ Speed .....	43
2.44 ภาพเขียนแบบบอร์ดไดรฟ์มอเตอร์ .....	43
2.45 ภาพเขียนแบบมอเตอร์ .....	44
2.46 องค์ประกอบของระบบ .....	45
2.47 การต่อกับบอร์ดไดรฟ์มอเตอร์ .....	46
2.48 บอร์ดอาร์ดูโน้ .....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.49 พอร์ตของบอร์ด Arduino .....	48
2.50 พอร์ตของตัวกล้อง .....	51
2.51 NodeMCU V0.9 กับ NodeMCU V1.0 .....	52
2.52 ขาของ NodeMCU แจงในรูปแบบ GPIO .....	52
3.1 กระบวนการผลิตของโรงงาน MT800 .....	53
3.2 SA Process (เส้นทางที่ใช้ AGV วิ่งจริงในโรงงาน) .....	54
3.3 ตัวรถในแบบ 3 มิติ .....	57
3.4 ตัวรถในแบบ 3 มิติ (องค์ประกอบหลัก) .....	58
3.5 ภาพเขียนแบบของโครงรถ .....	58
3.6 แผนภาพอิสระของรถ .....	59
3.7 ตัวแปรที่กำหนดที่ใช้ในการคำนวณ .....	60
3.8 วิธีการคำนวณหาขนาดมอเตอร์และแบตเตอรี่ .....	61
3.9 ตารางโมเมนต์ความเฉื่อย .....	62
3.10 กล้อง Pixy Camera V.2.....	63
3.11 การทดลองกล้อง Pixy.....	64
3.12 การปรับ Brightness ในโปรแกรม PixyMon V2.....	65
3.13 Flowchart ของการโปรแกรมระบบ AGV .....	66
3.14 หน้าจอโปรแกรมที่ใช้ Control ตัวรถบน PC .....	67
3.15 แผนภาพโปรแกรมการสื่อสาร .....	68
3.16 โมดูลสวิทช์ .....	69
3.17 งบประมาณที่ใช้ .....	70
3.18 แผนภาพการต่อวงจรโมดูลควบคุมรถ .....	72
4.1 ทดสอบการแทรกเส้นของตัวรถ .....	73
4.2 ทดสอบโดยการนำวัตถุไปวางขวางหน้า Laser Scanner .....	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 ทดสอบวงจรคอนโทรลเลอร์ของตัวรถ .....	74
4.4 การตรวจของเซนเซอร์ Omron Laser Scanner ผ่านโปรแกรมบน PC .....	75
4.5 การอ่านระดับของพลังงานจากแบตเตอรี่ .....	75



# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน .....	8
2.2 รายละเอียดของแบตเตอรี่ .....	39
3.1 ผลลัพธ์และเป้าหมาย .....	55
3.2 ปัญหาในการออกแบบ .....	56



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

พาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัตินั้นได้ถูกพัฒนาอย่างยาวนาน และยังคงถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย เช่น ใช้ในการลำเลียงพัสดุจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง, ใช้ในการแจ้งเตือนเกี่ยวกับพัสดุที่ใช้ลำเลียง, ใช้เป็นพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติขนพัสดุฉุกเฉิน หรือแม้กระทั่งใช้แทนแรงงานมนุษย์ เพื่อให้กระบวนการผลิตมีความเป็นระเบียบมากขึ้น เป็นต้น ซึ่งในขณะที่พาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติทำการขนส่งพัสดุจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง โดยถ้าหากไม่ทำการออกแบบพาหนะ โดยใช้ความปลอดภัยจะส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของพาหนะและอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อแรงงานในกระบวนการผลิต โดยที่กล่าวมาจึงเกิดการออกแบบพาหนะโดยใช้หลักการทางวิศวกรรม และความปลอดภัยเพื่อจัดเก็บข้อมูล (เส้นทางการวิ่งของ AGV, การส่งข้อมูลระหว่างหน้าจอบริการกับพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ)

ทั้งนี้ในบริษัท มูราตะ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด นั้นยังไม่มีการสร้างพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติเป็นของตัวเอง เนื่องจากสั่งซื้อพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติจากผู้ขายบริษัทอื่นๆ เช่น Creform, Omron เป็นต้น

โครงการนี้นักศึกษาสหกิจจึงได้ออกแบบระบบพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ ที่ลำเลียงพัสดุจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งโดยประยุกต์ใช้กับระบบ IoT (Internet of Things) ซึ่งทำให้สามารถนำข้อมูลมาแสดงทางหน้าจอบริการแบบไร้สายได้ โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งระบบเซิร์ฟเวอร์ของตัวเอง โดยเมื่อทำการกดสวิทช์บนโมดูลสวิทช์นั้น บอร์ดไวไฟของโมดูลสวิทช์จะส่งข้อมูลส่งพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติโดยผ่านโปรโตคอล MQTT

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ช่วยสนับสนุนการขนส่ง (ขนส่งผลิตภัณฑ์, วัตถุดิบ, ชิ้นงานในกระบวนการผลิตและสินค้าที่ผ่านมาตรฐาน) ในกระบวนการผลิตในโรงงาน MT800
2. ช่วยสนับสนุนในการลดงานที่ไม่จำเป็นในการขนของของคนงานในกระบวนการผลิต

### 1.3 ขอบเขตของโครงการงาน

1. ศึกษาเส้นทางการลำเลียงพัสดุในโรงงาน ที่จะนำพาหณะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติมาใช้แทนมนุษย์
2. ศึกษาการออกแบบโครงพาหณะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ
3. ศึกษาหลักการการออกแบบการสื่อสารระหว่าง PC และพาหณะลำเลียงอัตโนมัติ
4. ศึกษาระบบ IoT, โพรโตคอล MQTT และศึกษาการใช้กล้อง Pixy Camera V.2 ที่ใช้ในการแทรกเส้น
5. ศึกษาการคำนวณเพื่อหาขนาดมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อน และคำนวณความเร็วของพาหณะตามที่โรงงานมอบหมาย
6. ศึกษาการติดตั้งตัวยึดเซนเซอร์, เซนเซอร์ความปลอดภัย, การยึดล้อและความแข็งแรง
7. สภาพแวดล้อมในการทดสอบพาหณะเป็นพื้นที่ปิดมีแสงสว่างเข้ามาบ้าง จึงต้องศึกษาการปรับ Brightness กับตัวกล้อง Pixy V.2
8. ศึกษาการเขียนโปรแกรม C# เพื่อเขียนหน้าจอ PC

### 1.4 ขั้นตอนการศึกษาและแผนการทำงาน

1. ศึกษาและจำลองเส้นทางการลำเลียงพัสดุในโรงงาน ที่จะนำพาหณะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติมาใช้แทนคน
2. ศึกษาและเริ่มออกแบบโครงพาหณะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ
3. ศึกษาระบบ IoT, โพรโตคอล MQTT และศึกษาการใช้กล้อง Pixy Camera V.2 ที่ใช้ในการแทรกเส้น
4. คำนวณขนาดมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อน และคำนวณความเร็วของรถตามที่โรงงานมอบหมาย
5. ทดสอบกล้อง Pixy Camera V.2 ให้ตรวจจับเส้นดำ
6. เขียน Flowchart การ Communicate ของพาหณะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เขียนโปรแกรม C# เพื่อเขียนหน้าจอ PC
8. ออกแบบแผนภาพโปรแกรมการสื่อสาร
9. ออกแบบ Line Switch Module
10. ทำรายการงบในการจัดแจงและสั่งซื้อของโปรเจกต์
11. นำรถไปแท็กเส้นที่โรงงาน MT800
12. ออกแบบ Controller Module ของพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ
13. ทดสอบ Controller Module โดยใช้ Laser Scanner

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดงานที่ไม่จำเป็นของแรงงานในกระบวนการผลิต
2. ทำให้ระบบการขนส่งพัสดุในการผลิตเป็นระบบมากขึ้นและไม่ยุ่งเหยิงมากไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 กล่าวนำ

บทนี้เป็นกรกล่าวถึงเอกสาร และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการดำเนินโครงการสหกิจ ซึ่งได้แก่ ข้อมูลของพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ, ความหมายของระบบ IoT, ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่ใช้

### 2.2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

#### 2.2.1 หลักการของเอจีวีเบื้องต้น [1]

AGV (Automatic Guide Vehicle : AGV) เป็นรถขนาดเล็กที่เคลื่อนที่ได้เองโดยไม่ต้องมีคนขับ AGV ถูกนำมาใช้งานจริงในอุตสาหกรรมครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1953 ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยตอนนั้นถูกนำมาใช้ขนถ่ายสินค้าในโกดังเก็บสินค้า ทำให้สามารถประหยัดในเรื่องของแรงงานคน และเวลาได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีว่าเป็นอุปกรณ์ลำเลียง ที่มีการบังคับด้วยคนน้อยที่สุดนั้น เป็นการรวมกันของแต่ละส่วนของระบบการผลิตอัตโนมัติ กับการเจริญเติบโตของระบบการผลิตที่มีปริมาณ และความหลากหลายในระดับกลาง ซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System, FMS) ที่มีความต้องการไม่เฉพาะเครื่องจักรที่มีการผลิตแบบยืดหยุ่น แต่ ยังต้องการรวมถึงการขนย้ายการจัดเก็บและการนำออกอย่างยืดหยุ่น ซึ่งนั่นเป็นพื้นฐานในการศึกษา เรื่อง AGV และระบบการจัดเก็บและนำออกแบบอัตโนมัติ (Automatic Storage and Retrieval System : AS/RS) โดยเชื่อมโยงกันกับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

ระบบ AGV เป็นระบบขนถ่ายวัสดุที่ใช้รถทำงานได้โดยอิสระต่อกัน ขับเคลื่อนด้วยตัวเอง ระบบ AGV นี้จะประกอบด้วย

1. ตัวรถกลไก, ระบบขับเคลื่อน, มอเตอร์และแบตเตอรี่
2. ชุดควบคุมการทำงานของรถ
3. ระบบนำร่องทางเดินรถ
4. ส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลหรือเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

โดยทั่วไปส่วนของตัวรถและกลไกของรถนั้นก็ถูกออกแบบมาให้เหมาะกับการประยุกต์ในการใช้งานในอุตสาหกรรมแต่ละประเภท แล้วตัวขับเคลื่อนให้รถเคลื่อนที่นั้นก็จะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกควบคุมด้วยวงจรถอนิกส์ ซึ่งพลังงานในการหมุนมอเตอร์จะได้มาจากแบตเตอรี่ ซึ่งจะมีแรงดันอยู่ระหว่าง 12 ถึง 48 โวลต์ ส่วนชุดควบคุมการทำงานของรถจะมีอยู่ด้วยกันหลายลักษณะ เช่น พีแอลซี (Programmable Logic Control : PLC) ไมโครโพรเซสเซอร์บอร์ด ซิงเกิลบอร์ด

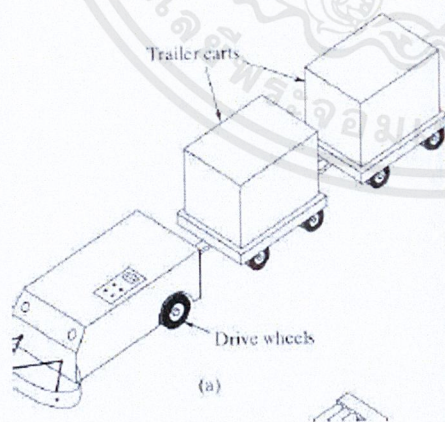
คอมพิวเตอร์ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าผู้ผลิตรายใดจะออกแบบระบบไว้อย่างไร ระบบนำร่องทางเดินของ AGV เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะแบ่งออกเป็นสองแบบคือ แบบกำหนดเส้นทางเดินแน่นอน เช่น แบบใช้สายและแบบใช้แถบสีบนพื้นกำหนดทางเดิน และแบบเส้นทางเดินอิสระซึ่งจะมีการใช้เซนเซอร์หลายชนิดหลายแบบมารวมกัน เช่น ระบบจีพีเอส (Global Positioning System : GPS) สัญญาณวิทยุและเลเซอร์ และองค์ประกอบสุดท้ายของ AGV ก็คือ ส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ โดยจะมีการเชื่อมต่อกันทั้งแบบระบบเครือข่ายไร้สาย (Local Area Network : LAN) และระบบคลื่นวิทยุ ซึ่งการเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ดังกล่าวมีไว้เพื่อการจัดการกับระบบทั้งหมด

### 2.2.2 หลักการใช้งานและการควบคุมความปลอดภัยของรถ AGV [2]

ระบบ AGV (Automated Guided Vehicle System หรือ AGVS) เป็นระบบขนถ่ายวัสดุที่ใช้รถทำงาน ได้โดยให้รถแต่ละคันมีอิสระต่อกัน สามารถขับเคลื่อน ได้ด้วยตัวเอง ซึ่งถูกนำทางด้วยเส้นทางขนส่งที่ฝังอยู่บนพื้นของโรงงาน รถจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่ติดตั้งอยู่ในตัวรถ ซึ่งจะทำให้รถวิ่งได้ในระยะหนึ่ง จากนั้นต้องทำการอัดแบตเตอรี่ใหม่ การกำหนดเส้นทางขนส่งของระบบ AGV นี้อาจจะทำได้โดยใช้สายไฟฟ้าฝังอยู่กับพื้นโรงงาน หรือใช้สีสะท้อนแสงทำบนพื้นโรงงานก็ได้ รถจะใช้เซนเซอร์ (Sensor) เป็นอุปกรณ์ในการนำทาง รถ AGV ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันมีหลายชนิดด้วยกันคือ

1. AGV Driver Train : รถ AGV ชนิดนี้จะประกอบด้วยรถลาก (ซึ่งเป็น AGV) ที่ใช้ลากขบวนของรถพ่วง ดังแสดงในรูปที่ 2.1 รถ AGV ชนิดนี้เป็นรถ AGV ชนิดแรกที่เกิดขึ้นมา และปัจจุบันยังคงเป็นที่นิยมอยู่ รถ AGV ประเภทนี้เหมาะสมที่จะใช้กับโหลดที่มีน้ำหนักมากที่จะต้องทำการขนเป็นระยะทางไกลๆ ในคลังสินค้าหรือในโรงงาน และในระหว่างเส้นทางขนส่งอาจจะต้องมีการโหลดชิ้นงานเข้าหรือออกจากรถ AGV ก็ได้

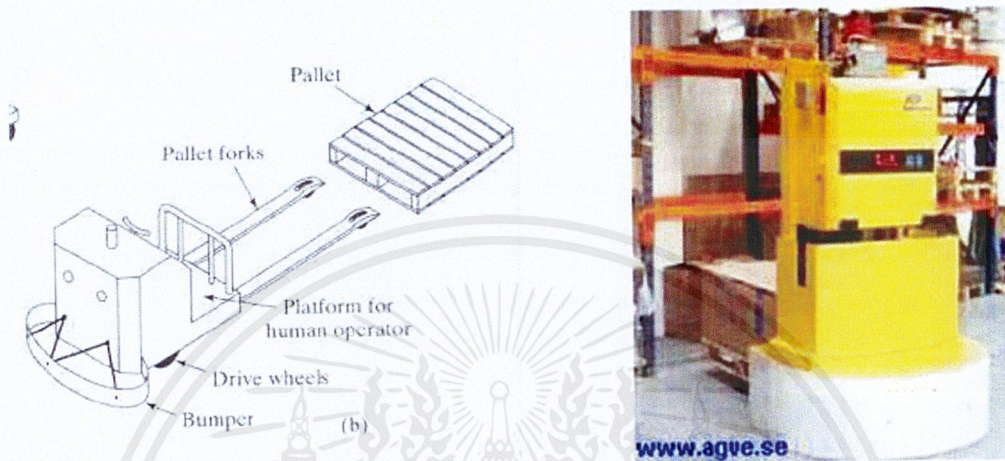


รูปที่ 2.1 ตัวอย่างรถ AGV แบบ Driver Train

2. AGV Pallet Truck : รถ AGV ประเภทนี้จะใช้ขนส่งโหลดที่วางอยู่บนพาเลตไปบนเส้นทางขนส่งที่กำหนดให้ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 การทำงานแบบนี้เดิมทีคนงานจะทำหน้าที่โหลด

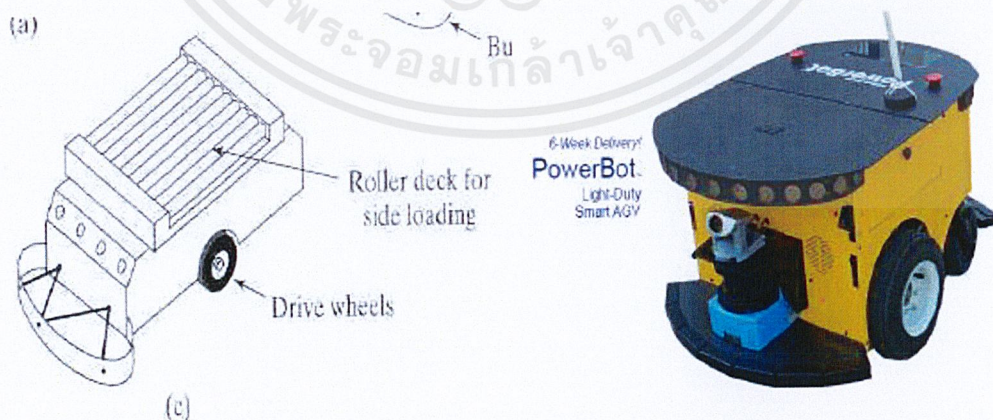
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พาเลตขึ้นมาไว้บนรถด้วยช่อม (Fork) แล้วขับรถไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ในการใช้งานรถ AGV ประเภทนี้ ผู้ควบคุมเพียงแค่ขับรถ AGV ไปยังตำแหน่งเริ่มต้นของเส้นทางเดินรถ จากนั้นทำการโปรแกรมจุดหมาย แล้วปล่อยให้รถ AGV เคลื่อนที่ไปยังจุดหมายเองโดยอัตโนมัติ ซึ่งรถ AGV ชนิดนี้ ปัจจุบันคือ รถ Forklift AGV นั่นเอง



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างรถ AGV แบบ Pallet Truck

3. AGV Unit Load Carrier : รถ AGV ชนิดนี้จะใช้สำหรับเคลื่อนย้าย Unit Load จากสถานีหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่งดังแสดงในรูปที่ 2.3 โดยปกติแล้วรถ AGV ประเภทนี้จะมีระบบนำขี้นงานเข้าออกจากรถ AGV แบบอัตโนมัติติดตั้งอยู่ด้วย ซึ่งระบบนี้อาจมีการขับเคลื่อนด้วยลูกกลิ้งสายพาน แทนลิฟต์ หรืออุปกรณ์ทางกลอื่นๆ



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างรถ AGV แบบ Unit Load Carrier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3 การออกแบบรถขนส่งวัสดุในโรงงาน [3]

#### การออกแบบหาขนาดของมอเตอร์

การหาขนาดของมอเตอร์ที่ในการขับเคลื่อน โดยที่น้ำหนักของรถขนส่งวัสดุในโรงงานมีน้ำหนัก 60 กิโลกรัม และรถกระบะบรรทุกมีน้ำหนัก 10 กิโลกรัม

จากสมการแรงเสียดทานสถิตซึ่งสามารถคำนวณแรงเสียดทานสถิตได้ดังสมการที่ (2.1)

$$F_{fric} = \mu_s \times f \quad (2.1)$$

โดยที่

$F_{fric}$  คือ แรงเสียดทานสถิต (N)

$\mu_s$  คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต

$f$  คือ น้ำหนักของวัตถุ (N)

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตันดังสมการที่ (2.2)

$$\sum F = ma \quad (2.2)$$

โดยที่

$F$  คือ แรงที่กระทำ (N)

$m$  คือ มวลของวัตถุ (Kg)

$a$  คือ ความเร่งของวัตถุ ( $m/s^2$ )

จากสมการที่ (2.2) โดยแทนค่าแรงทั้งหมดโดยแทน  $\sum F = F - F_{fric}$  จะได้

$$F - F_{fric} = ma$$

$$F - \mu_s f = ma$$

จากสมการของน้ำหนักของวัตถุดังสมการที่ (2.3)

$$f = mg \quad (2.3)$$

โดยที่

$m$  คือ มวลของวัตถุ (Kg)

$g$  คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งมีค่าเท่ากับ  $9.81 (m/s^2)$

เมื่อนำน้ำหนักของรถรวมกับน้ำหนักของรถกระบะบรรทุก

$$m = 70 \text{ kg}$$

$$f = 70 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้

$$f = 686.7 N$$

ตารางที่ 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

ลำดับ	แรงเสียดทาน	หน่วย()
1	สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานบนพื้น ทั่วไป	0.8
2	สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานของล้อ	0.015
3	สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานอากาศ	0.02
4	สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานของ แปรง	0.006

จากสมการที่ (2.4)

$$\mu_s = R_n + R_b + R_r + R_a \quad (2.4)$$

โดยที่

 $R_n$  คือ สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานทั่วไป

 $R_b$  คือ สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานล้อ

 $R_r$  คือ สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานอากาศ

 $R_a$  คือ สัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานของแปรง
ทำการหาค่า  $\mu_s$  จากสมการที่ (2.4)

$$\begin{aligned} \mu_s &= R_n + R_b + R_r + R_a \\ &= 0.8 + 0.015 + 0.02 + 0.006 \\ &= 0.841 \end{aligned}$$

จากมอเตอร์กระแสไฟฟ้า 12 โวลต์ มีแรงบิด 4.85 Nm อัตราเร็วเฟืองตัวตาม 90 รอบต่อนาที จำนวนเกียร์ที่อยู่บนเฟืองหนอน 7 ปาก จำนวนฟันบนเฟืองตัวตาม 65 ฟัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของล้อเท่ากับ 12 เซนติเมตร โดยทำการหาอัตราเร็วของเฟืองหนอนดังสมการที่ (2.5)

$$N_1 G = N_2 Z \quad (2.5)$$

โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- $N_1$  คือ อัตราเร็วเฟืองตัวขับ (รอบต่อนาที)  
 $N_2$  คือ อัตราเร็วเฟืองตัวตาม (รอบต่อนาที)  
 $G$  คือ จำนวนเกลียวที่อยู่บนเฟืองขับ (ฟัน)  
 $Z$  คือ จำนวนเกลียวที่อยู่บนเฟืองตาม (ฟัน)

จะได้อัตราเร็วของเฟืองหนอน (เฟืองตัวขับ) คือ

$$N_1 = \frac{90 \times 65}{7}$$

$$N_1 = 835.7 \text{ รอบต่อนาที}$$

หาคำล้งมอเตอร์จากสมการกำลังมอเตอร์ดังสมการที่ (2.6)

$$P = \frac{2\pi TN_2}{60} \quad (2.6)$$

โดยที่

- $P$  คือ กำลังของมอเตอร์ (วัตต์)  
 $T$  คือ แรงบิดของมอเตอร์ (Nm)  
 $N_2$  คือ อัตราเร็วเฟืองตัวตาม (รอบต่อนาที)

จากสมการที่ (2.6) หาได้

$$P = \frac{2\pi \times 4.85 \times 90}{60}$$

$$= 45 \text{ วัตต์}$$

หาแรงบิดของเฟืองตามจากสมการแรงบิดที่เฟืองทดดังสมการที่ (2.7)

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.7)$$

โดยที่

- $T_1$  คือ แรงบิดของเฟืองขับ (Nm)  
 $T_2$  คือ แรงบิดของเฟืองตาม (Nm)  
 $N_1$  คือ อัตราเร็วเฟืองตัวขับ (รอบต่อนาที)  
 $N_2$  คือ อัตราเร็วเฟืองตัวตาม (รอบต่อนาที)

จากสมการหาแรงบิดที่เฟืองทดซึ่งเป็นสมการที่ (2.7) จะได้

$$\begin{aligned}
 T_2 &= \frac{N_1}{N_2} \times T_1 \\
 &= \frac{835.7}{90} \times 4.85 \\
 &= 45 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

หาแรงของมอเตอร์ดังสมการที่ (2.8)

$$T_2 = F_2 * r_2 \quad (2.8)$$

โดยที่

$T_2$  คือ แรงบิดของมอเตอร์ (Nm)

$F_2$  คือ แรงของมอเตอร์ (N)

$r_2$  คือ รัศมีของล้อที่ใช้ขับ (Nm)

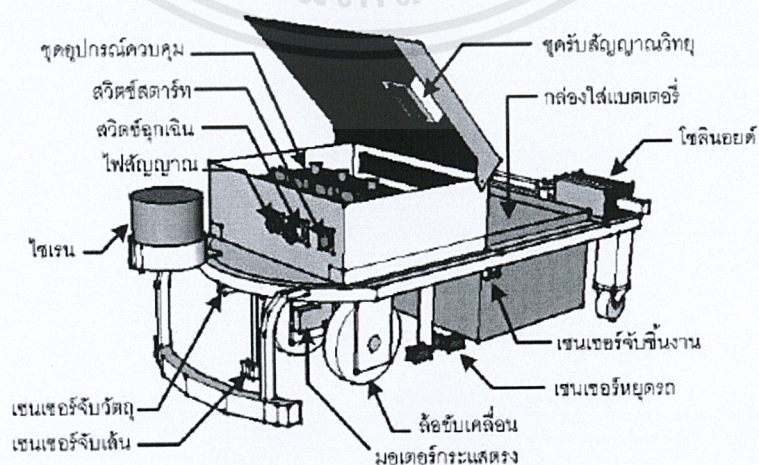
จากสมการหาแรงบิดที่เฟืองทดสมการที่ (2.8)

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{45 \text{ Nm}}{0.06 \text{ m}} \\
 &= 750 \text{ N}
 \end{aligned}$$

แรงที่ใช้ในการฉุดรถต้องมากกว่า 577.5 N ซึ่งแรงของมอเตอร์หนึ่งตัวเท่ากับ 750 N แต่ใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนสองตัวจะได้แรงเท่ากับ 1500 N ดังนั้นจึงเลือกใช้มอเตอร์กระแสไฟฟ้ามาเป็นตัวขับเคลื่อน

#### 2.2.4 รายละเอียดรถขนส่งวัสดุในโรงงานด้านฮาร์ดแวร์ของรถ AGV [3]

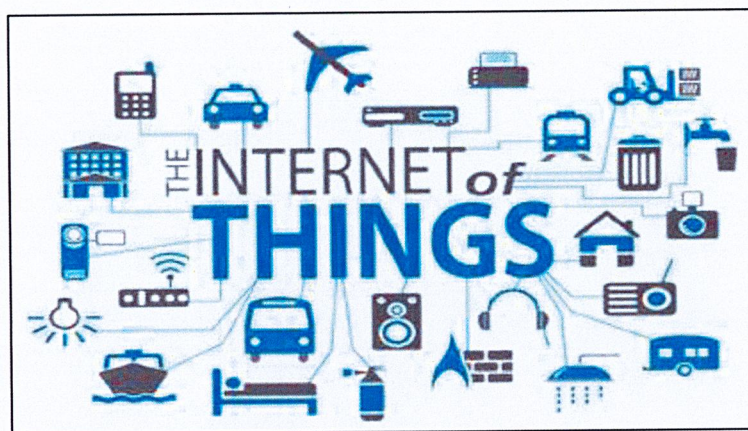
รายละเอียดต่างๆ ของรถ AGV มีดังรูปที่ 2.4



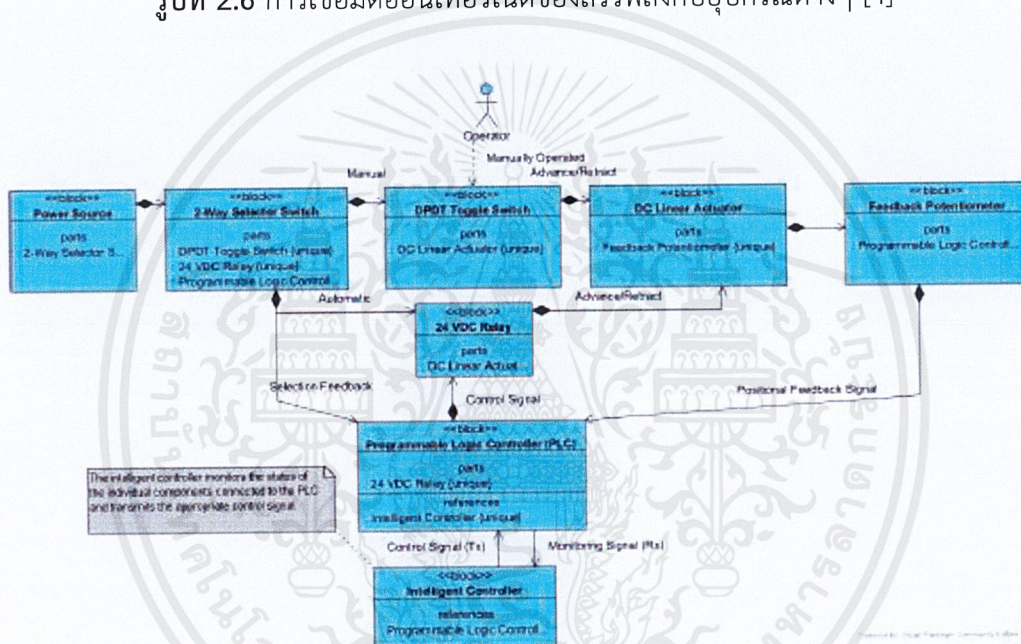
รูปที่ 2.4 รถขนส่งวัสดุในโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 2.6 การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งกับอุปกรณ์ต่างๆ [4]



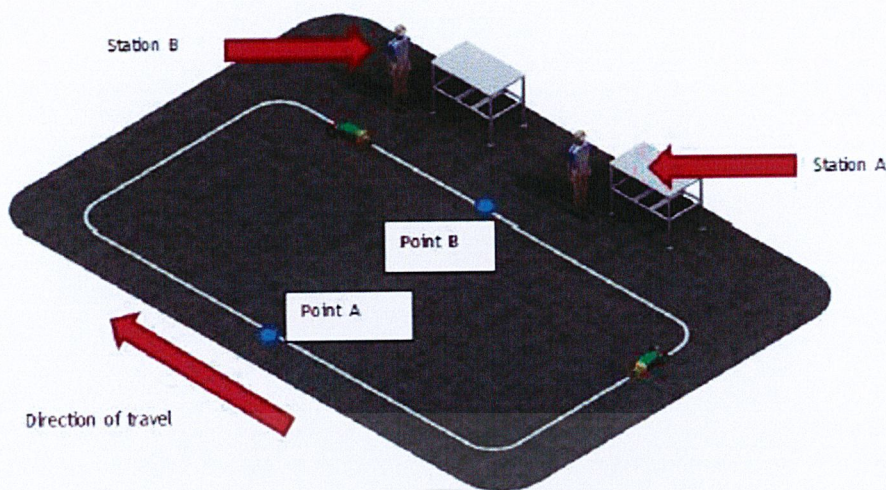
รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมของระบบอัตโนมัติ [5]

การประสานงาน AGV : คอนโทรลเลอร์จำเป็นต้องประสานงาน AGV หลายชุดเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีการชนเกิดขึ้นในขณะที่ AGV ทำงาน คอนโทรลเลอร์ต้องส่ง AGVs เพื่อให้ได้รอบเวลาในการสั่งการ AGV ที่สั้นที่สุดที่เป็นไปได้

ความยืดหยุ่น : จำเป็นต้องมีคอนโทรลเลอร์เพื่อรองรับสภาพแวดล้อม การทำงานที่เป็นไปได้ต่างๆ กับจำนวนของ AGV ที่หลากหลายในระบบ

ระบบควบคุมจากส่วนกลาง : คอนโทรลเลอร์ต้องเป็นแบบศูนย์กลางซึ่งใช้คอมพิวเตอร์ส่วนกลางสำหรับการทำงานของ AGV [5] และใช้สำหรับควบคุมรถ AGV ที่ทำงานเป็นระบบได้โดยใช้ AGV มากกว่า 1 คันใน 1 เส้นทางดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โมเดลของการวิ่งโดยใช้ AGV มากกว่าหนึ่งคัน [6]

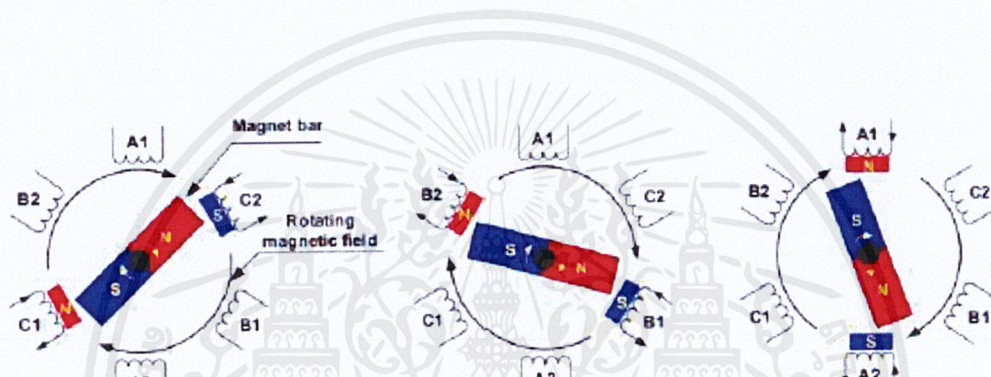
### 2.2.6 มอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC)

มอเตอร์ DC แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) มีอีกชื่อหนึ่งว่ามอเตอร์เปลี่ยนทิศทางด้วยกระแสไฟฟ้า เนื่องจากไม่มีแปรงถ่านที่โรเตอร์และสับเปลี่ยนทิศทางด้วยไฟฟ้าที่ตำแหน่งเฉพาะบนโรเตอร์ มอเตอร์ BLDC เป็นมอเตอร์ซิงโครนัสแม่เหล็กถาวรที่มีรูปคลื่น EMF เป็นเอกลักษณ์ จึงทำงานคล้ายกับมอเตอร์ DC มีแปรงถ่าน มอเตอร์ BLDC จะไม่ทำงานจากแหล่งจ่ายไฟ DC โดยตรง แต่หลักในการทำงานนั้นจะเหมือนมอเตอร์ DC โดยที่มอเตอร์ DC แบบไร้แปรงถ่านมีโรเตอร์พร้อมแม่เหล็กถาวรและสเตเตอร์พันขดลวด มอเตอร์ BLDC จึงเป็นมอเตอร์ DC ที่กลับด้านในออกด้านนอก ไม่มีแปรงถ่านและตัวสับเปลี่ยนทิศทาง และเชื่อมต่อขดลวดกับอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมนี้จะทดแทนฟังก์ชันของตัวสับเปลี่ยนทิศทาง และให้พลังงานกับขดลวดที่เหมาะสม ขดลวดจะได้รับพลังงานในรูปแบบซึ่งหมุนรอบสเตเตอร์ ขดลวดสเตเตอร์ที่ได้รับพลังงานจะส่งไปยังแม่เหล็กของมอเตอร์ และสลับเมื่อโรเตอร์มีแนวตรงกับสเตเตอร์และมอเตอร์ DC แบบไร้แปรงถ่าน เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความน่าเชื่อถือสูง ประสิทธิภาพสูง และมีกำลังต่อปริมาณสูง โดยทั่วไปแล้วมอเตอร์ BLDC ถือเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงที่สามารถให้แรงบิดปริมาณมากในหลายช่วงกำลังได้ [7]

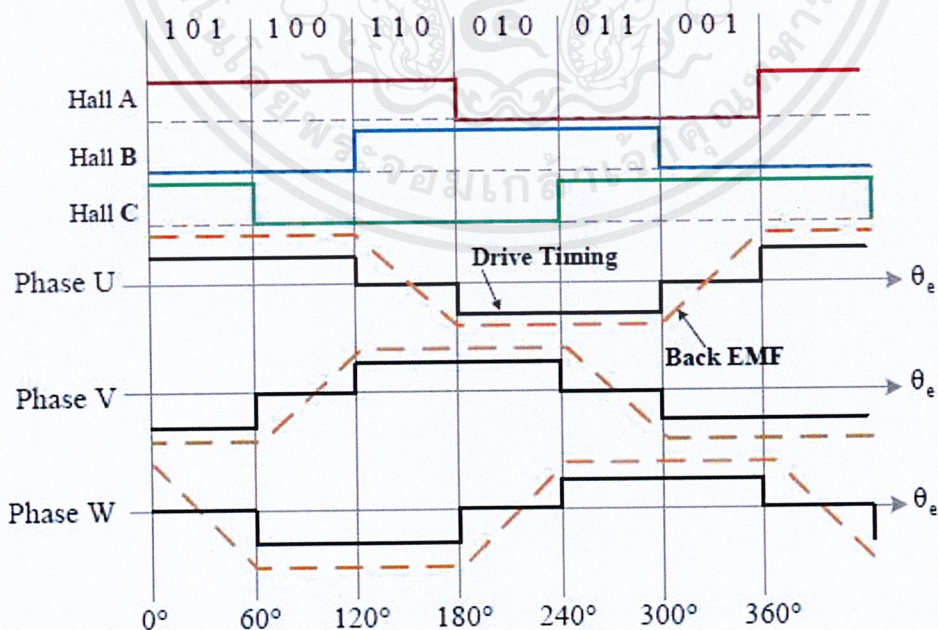
การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน การทำงานของมอเตอร์จะอาศัยพื้นฐานของแรงดูด (Attraction) และแรงผลัก (Repulsion) ระหว่างขั้วแม่เหล็กที่อาศัยหลักการเดียวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับซิงโครนัส ที่มีตัวหมุนเป็นแม่เหล็กถาวรดังรูปที่ 2.9 โดยมีขั้นตอนการเริ่มหมุน เมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดชุดที่หนึ่งของชุดขดลวดที่สเตเตอร์ทั้งสาม และสร้างขั้วแม่เหล็กนั้นเป็นแรงดูดให้สนามแม่เหล็ก ครอบรอบของขั้วที่ต่างกัน โรเตอร์จะเคลื่อนที่ไปถ้ากระแสเลื่อนไปที่ชุดขดลวดที่ติดกัน เกิดลำดับการเปลี่ยนแปลงแต่ละชุด ขดลวดทำให้โรเตอร์ติดตามการเคลื่อนที่ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนามแม่เหล็ก หมุนโดยการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน จะอาศัยการทำงานครึ่งละสองเฟส ผลลัพธ์คือ จะทำให้เกิดแรงบิดมาก ด้วยเหตุที่เฟสที่สามหยุดทำงานซึ่งเป็นข้อดี ของระบบขับเคลื่อนทางกลที่ต้องการแรงบิดมาก สำหรับการควบคุมการทำงานแบบสองเฟส จะใช้หลักการนำพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นให้สอดคล้องกับตำแหน่งของตัวโรเตอร์ โดยใช้ตัวตรวจจับสัญญาณด้วยตัวตรวจจับฮอลล์ทั้งสามตำแหน่งที่ติดตั้งที่สเตเตอร์ โดยสัญญาณจากตัวตรวจจับตำแหน่งจะถูกนำมาสร้างตัวเลขสามหลักที่มีการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 60 องศาทางไฟฟ้า โดยสัญญาณจากตัวตรวจจับฮอลล์นี้จะถูกนำไปกำหนดจังหวะเวลาการขับ (Drive Timing) ของสวิตซ์กำลัง และขณะมอเตอร์หมุนจะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ (Back Electromotive Forces) โดยสัญญาณแสดงในรูปที่ 2.10 และเมื่อพิจารณาตัวโรเตอร์ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลัก 4 ส่วนด้วยกัน คือ



รูปที่ 2.9 การเคลื่อนที่ของมอเตอร์ [8]



รูปที่ 2.10 แผนภาพการคอมมิวเตชัน [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

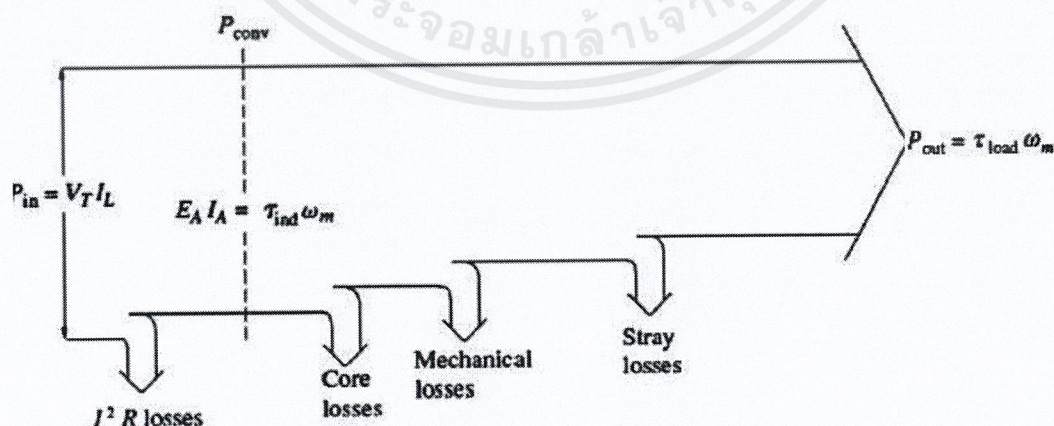
1. แกนเพลลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลลาจะวางอยู่บนแบร์ริง เพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวหนึ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

2. แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอาบฉนวน (Laminated Sheet Steel) เป็นที่สำหรับพันขดลวดอาร์มาเจอร์ซึ่งสร้างแรงบิด (Torque)

3. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (Mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสายของขดลวดอาร์มาเจอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลลาเป็นรูปกลมทรงกระบอกมีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยังขดลวดอาร์มาเจอร์ เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้าง และเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วน ซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็กดังกล่าวมาแล้วเรียกว่าปฏิกิริยามอเตอร์ (Motor Action)

4. ขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลิต (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่ และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการออกแบบของตัวโรเตอร์ ให้เหมาะสมกับงานต่างๆ ในการใช้งานมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านพบว่ามึลักษณะการสร้างแรงบิด และกำลังคล้ายกับมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน และจากการที่แกนหมุนเป็นแม่เหล็กถาวร จึงทำให้เกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับเมื่อใช้งานมอเตอร์ที่ความเร็วสูง

หากพิจารณากำลังสูญเสียและประสิทธิภาพของมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน แสดงดังรูปที่ 2.11 พบว่าการสูญเสียกำลังจากการหมุนของมอเตอร์ และแรงเสียดทานภายในมอเตอร์เป็นหลัก



รูปที่ 2.11 กำลังสูญเสียทั้งหมด (Total Losses) ของมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสรุป ข้อดีและข้อด้อยของมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน มีดังต่อไปนี้

**ข้อดี**

1. ใช้งานได้ในช่วงความเร็ว 0 –100,000 รอบต่อนาที
2. ให้แรงบิดดีที่ความเร็วสูง
3. แรงบิดและขนาดตึกว่ามอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน
4. การกระจายความร้อนในขดลวด Stator ตึกว่ามอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน
5. ประสิทธิภาพสูงเหมาะกับการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบัน

**ข้อด้อย**

1. มีค่าใช้จ่ายจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สูงกว่า
2. ชุดควบคุมการขับเคลื่อนยุ่งยากกว่า [8]

### 2.2.7 แบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่ว (Lead Acid Battery) [9]

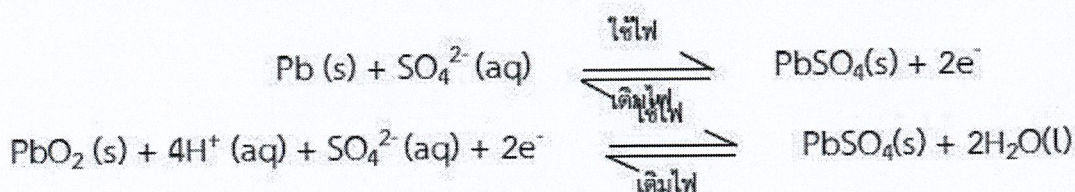
แบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่วถูกคิดค้นขึ้นมาครั้งแรกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1859 โดย Gaston Plante และได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 19 โดยปัจจุบันเป็นแบตเตอรี่ชนิดที่ใช้กันมากที่สุดในการยานยนต์ โดยใช้เป็นแบตเตอรี่สำหรับติดเครื่องยนต์เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เนื่องจาก ราคาของแบตเตอรี่ประเภทนี้มีราคาถูกเนื่องจากวัสดุที่ใช้สามารถหาได้ง่าย และมีกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน แบตเตอรี่ประเภทกรดตะกั่วมีขั้วลบทำจากตะกั่วที่มีลักษณะพรุน (Porous Lead) ส่วนขั้วบวกเป็นตะกั่วออกไซด์ ( $PbO_2$ ) ที่มีลักษณะพรุนเช่นเดียวกัน โดยมีกรดกำมะถันหรือกรดซัลฟิวริก ( $H_2SO_4$ ) เข้มข้นเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และมีปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นทั้งสองในระหว่างการใช้งาน (จ่ายประจุ) สามารถแสดงได้ดังนี้

ปฏิกิริยารวมที่เกิดขึ้นคือ



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วลบคือ

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวกคือ



ทั้งนี้ขณะที่ใช้งานแบตเตอรี่ Pb และ  $PbO_2$  จะทำปฏิกิริยากับ  $SO_4^{2-}$  เกิดเป็น  $PbSO_4(s)$  ที่ทั้งขั้วบวกและขั้วลบ โดยอิเล็กตรอนที่เกิดจากปฏิกิริยาที่ขั้วลบวิ่งผ่านวงจรข้างนอกไปยังขั้วบวก ก่อให้เกิดไฟฟ้าที่สามารถนำไปใช้งาน ส่วน  $H^+$  จะรวมตัวกับ  $O_2$  ที่ถูกปล่อยออกมาจาก  $PbO_2$  เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลายเป็นน้ำ ดังนั้นเมื่ออัดประจุแบตเตอรี่ ปฏิกริยานี้จะเกิดการย้อนกลับทำให้สามารถนำแบตเตอรี่กลับมาใช้งานได้อีก ขั้วทั้งสองนี้มีลักษณะพรุนเพื่อให้พื้นที่ผิวที่จะทำปฏิกิริยาซึ่งก่อให้เกิดไฟฟ้าได้มากขึ้นและส่งผลให้มีกำลังไฟฟ้าสูงขึ้น การปล่อยแบตเตอรี่ให้อยู่ในสถานะที่ไฟหมดเป็นเวลานานทำให้เกิดผลึก  $PbSO_4$  ขนาดใหญ่ซึ่งไปอุดตันรูพรุนเหล่านี้ ส่งผลให้ความต้านทานไฟฟ้าของขั้วเพิ่มขึ้นและเกิดการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ในที่สุด นอกจากนี้บางครั้งเกิดการรวมตัวของ  $H +$  เป็นก๊าซ  $H_2$  และ  $O_2$  เป็นก๊าซ  $O_2$  แพร่ออกจากแบตเตอรี่ ดังนั้นจึงต้องมีการเติมน้ำกลั่นอยู่เสมอเพื่อทดแทน  $H +$  และ  $O_2$  ที่เสียไป อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่สมัยใหม่นั้นไม่ต้องเติมน้ำกลั่นบ่อยครั้งเนื่องจากกล่องของแบตเตอรี่ได้ถูกออกแบบมาให้เอื้ออำนวยต่อการรวมตัวของก๊าซไฮโดรเจน และออกซิเจนให้กลั่นตัวเป็นน้ำ (Sealed/Valve Regulated Lead Acid Battery หรือ Gel Battery) แบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วมีความจุพลังงานต่อน้ำหนักและปริมาตรต่ำ การใช้งานในยานยนต์จึงมักใช้สำหรับการติดเครื่องยนต์ในรถยนต์ขนาดทั่วไป แต่ก็เป็นที่นิยมใช้ในการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กเป็นอย่างมาก โดยแบตเตอรี่กรดตะกั่วสามารถแบ่งประเภทย่อยได้อีก 3 ประเภทคือ

1. แบตเตอรี่กรดตะกั่วสำหรับติดเครื่องยนต์ (Starting Lighting Ignition หรือ SLI Battery) ซึ่งเป็นแบตเตอรี่กรดตะกั่วที่มีสัดส่วนการใช้งานมากที่สุด โดยถูกใช้สำหรับงานที่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูง เป็นระยะสั้น เช่น สำหรับติดเครื่องยนต์ในรถยนต์ หรือติดเครื่องยนต์สำหรับเครื่องจักร ทั้งนี้แบตเตอรี่สำหรับติดเครื่องยนต์จะมีอายุการใช้งานสั้น ประมาณ 1.5 - 3 ปี

2. แบตเตอรี่กรดตะกั่วแบบ Deep Cycle หรือ Traction Battery ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ที่ใช้สำหรับงานที่ต้องการมีการจ่ายกระแสต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน โดยมีการใช้งานอยู่หลายประเภท เช่น สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า รถกอล์ฟ รถ Forklift อุปกรณ์ทางการแพทย์ หรือสำหรับเก็บไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนอื่น เช่น จากเซลล์แสงอาทิตย์ หรือจากกังหันลม เป็นต้น

3. แบตเตอรี่กรดตะกั่วแบบ Stationary ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นแบตเตอรี่ที่ถูกออกแบบมาให้สามารถจ่ายกระแสต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน แต่แบตเตอรี่ชนิดนี้ต่างจากแบตเตอรี่ประเภท Deep Cycle โดยที่มักใช้งานในสถานะประจุถูกอัดอยู่เต็มอยู่ตลอดเวลา และมีการใช้งานเป็นครั้งคราวเท่านั้น มักใช้เพื่อการสำรองไฟฟ้าเวลาฉุกเฉิน (UPS) และใช้งานอยู่กับที่ ดังนั้นความจุพลังงานต่อน้ำหนักจึงไม่มีความสำคัญเท่าแบตเตอรี่ประเภท Deep Cycle ที่ต้องมีการเคลื่อนที่จึงมีขนาดค่อนข้างใหญ่กว่าแบตเตอรี่ประเภทอื่นที่ความจุเดียวกัน แบตเตอรี่ชนิดนี้ได้ถูกออกแบบให้มีอายุการใช้งานนานกว่า 3 ปี และอาจจะใช้งานได้ยาวนานถึง 5-10 ปี

โดยสรุป แบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วมีข้อดีและข้อด้อยดังต่อไปนี้

ข้อดี

1. มีราคาถูกกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่นและมีความซับซ้อนน้อยจึงสามารถผลิตได้ง่าย
2. มีการพัฒนามานานแล้ว จึงมีความเชื่อถือได้และหาข้อมูลต่างๆ ได้ง่าย
3. มีความทนทานหากใช้งานอย่างถูกต้อง
4. มีระดับการคายประจุด้วยตัวเอง (Self Discharge) ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ไม่ต้องการการบำรุงรักษามากนักโดยเฉพาะแบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วแบบแห้ง
6. ไม่เกิดปัญหา Memory Effect
7. สามารถคายประจุ (Discharge) ได้มาก
8. มีขนาดให้เลือกหลากหลาย

#### ข้อด้อย

1. ความจุของพลังงานต่อน้ำหนักต่ำทำให้มีน้ำหนักมาก
2. แบตเตอรี่จะเสื่อมสภาพเร็วหากไม่มีประจุ
3. ตะกั่วและกรดซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักเป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม
4. มีระเบียบที่เข้มงวดในการขนส่งโดยเฉพาะแบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วแบบเปียก เพราะอาจเกิดการรั่วซึมของกรดออกจากแบตเตอรี่ได้

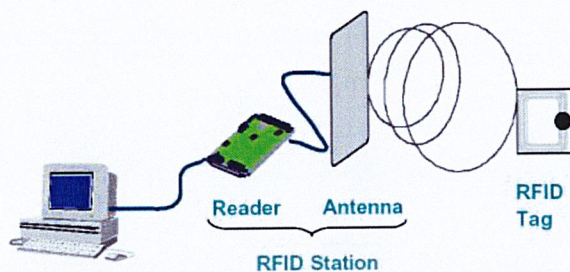
#### 2.2.8 RFID [10]

RFID ย่อมาจาก Radio Frequency Identification เป็นระบบระบุลักษณะของวัตถุด้วยคลื่นความถี่วิทยุที่ได้ถูกพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำไปใช้งานแทนระบบบาร์โค้ด (Barcode) โดยจุดเด่นของ RFID อยู่ที่การอ่านข้อมูลจากแท็ก (Tag) ได้หลายๆ แท็กแบบไร้สัมผัส และสามารถอ่านค่าได้ แม้ในสภาพที่ทัศนวิสัยไม่ดีทนต่อความเปียกชื้นแรงสั่นสะเทือน, การกระแทกกระแทก สามารถอ่านข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง โดยข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในไมโครชิปที่อยู่ในแท็ก ในปัจจุบันได้มีการนำ RFID ไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นๆ นอกเหนือจากนำมาใช้แทนระบบบาร์โค้ดแบบเดิม เช่น ใช้ในบัตรชนิดต่างๆ เช่น บัตรสำหรับใช้ผ่านเข้าออกสถานที่ต่างๆ บัตรที่จอดรถ ตามศูนย์การค้าต่างๆ ที่อาจพบเห็นอยู่ในรูปของแท็กสินค้ามีขนาดเล็ก จนสามารถแทรกลงระหว่างชั้นของเนื้อกระดาษได้ หรือเป็นแคปซูลขนาดเล็กฝังเอาไว้ในตัวสัตว์เพื่อบันทึกประวัติต่างๆ เป็นต้น

ส่วนประกอบของระบบ RFID ในระบบ RFID จะมีองค์ประกอบหลักๆ อยู่ 2 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรกคือ ทรานสปอนเดอร์หรือแท็ก (Transponder/Tag) ใช้ติดกับวัตถุต่างๆ ที่ต้องการ โดยแท็กที่ว่านี้จะบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุชิ้นนั้นๆ เอาไว้ ส่วนที่สองก็คือ เครื่องสำหรับอ่าน/เขียนข้อมูลภายในแท็ก (Interrogator/Reader) ด้วยคลื่นความถี่วิทยุ เพื่อความเข้าใจขอเปรียบเทียบกับระบบบาร์โค้ดเพื่อให้เห็นภาพชัดเจน แท็กในระบบ RFID ก็คือ ตัวบาร์โค้ดที่ติดกันฉลากของสินค้า และเครื่องอ่านในระบบ RFID ก็คือ เครื่องอ่านบาร์โค้ด (Scanner) โดยข้อแตกต่างของทั้งสองระบบคือระบบ RFID จะใช้คลื่นความถี่วิทยุในการอ่าน/เขียนส่วนระบบรหัสแท่งจะใช้แสงเลเซอร์ ในการอ่าน โดยข้อเสียของระบบบาร์โค้ดคือ หลักการอ่านเป็นการใช้แสงในการอ่านแท็กบาร์โค้ด ซึ่งจะต้องอ่านแท็กที่ไม่ปกปิด หรือต้องอยู่ในเส้นตรงเดียวกับลำแสงที่ยิงจากเครื่องสแกน และอ่านได้ที่ละแท็กในระยะใกล้ๆ แต่ระบบ RFID จะแตกต่างโดยสามารถอ่านแท็กได้ โดยไม่ต้องเห็นแท็ก หรือแท็กนั้นซ่อนอยู่ภายในวัตถุและไม่จำเป็นต้องอยู่ในเส้นตรงกับคลื่น เพียงอยู่ในบริเวณที่สามารถรับคลื่นวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ก็สามารถอ่านข้อมูลได้ และการอ่านแท็กในระบบ RFID ยังสามารถอ่านได้หลายๆ แท็กในเวลาเดียวกัน โดยระยะในการอ่านข้อมูลได้ไกลกว่าระบบบาร์โค้ดอีกด้วยดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ภาพรวมของระบบ RFID

### แท็ก (Tag)

โครงสร้างภายในของแท็กจะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ ขดลวดขนาดเล็ก ซึ่งทำหน้าที่เป็นสายอากาศ (Antenna) สำหรับรับส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุและสร้างพลังงานป้อนให้ส่วนของไมโครชิป (Microchip) ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของวัตถุ เช่น รหัสสินค้าโดยทั่วไปตัวแท็กอาจอยู่ในชนิดทั้งเป็นกระดาษแผ่นฟิล์มพลาสติก มีขนาดและรูปร่างต่างๆ กันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่จะนำมาไปติดและมีหลายรูปแบบ เช่น ขนาดเท่าบัตรเครดิต, เหรียญ, กระดุม, ฉลากสินค้าและแคปซูล เป็นต้น ดังรูปที่ 2.13 แต่โดยหลักการอาจแบ่งแท็กที่มีการใช้งานกันอยู่ 2 ชนิดใหญ่ๆ แต่ละชนิดก็จะมี ความแตกต่างกันในแง่ของการใช้งานราคา โครงสร้างและหลักการทำงานอยู่ ซึ่งจะขอกล่าวถึงและอธิบายแยกเป็นหัวข้อดังนี้

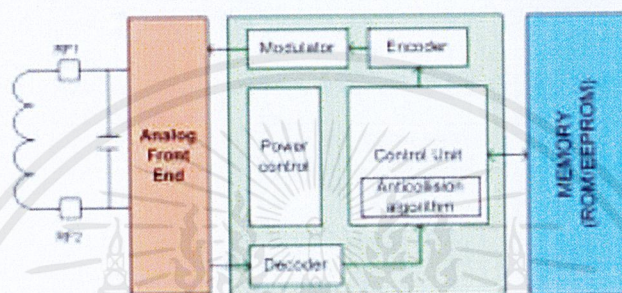


รูปที่ 2.13 RFID แท็กในรูปแบบต่าง ๆ

1. **Passive RFID Tags** แท็กชนิดนี้ไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอกใดๆ เพราะภายในแท็กจะมีวงจรกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดเล็ก เป็นแหล่งจ่ายไฟในตัวอยู่ทำให้การอ่านข้อมูลทำได้ไม่

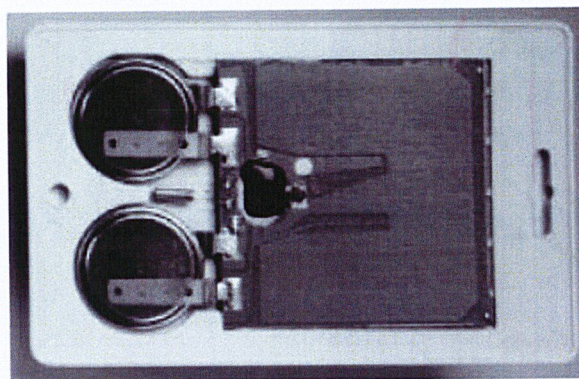
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไกลมากในระยะอ่านสูงสุดประมาณ 1 เมตร ขึ้นอยู่กับความแรงของเครื่องส่งและคลื่นความถี่วิทยุที่ใช้ ปกติแท็กชนิดนี้มักมีหน่วยความจำขนาดเล็ก โดยทั่วไปประมาณ 16 ถึง 1,024 ไบต์ มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ราคาต่อหน่วยต่ำ ไอซีของแท็กชนิดพาสซีฟที่มีการผลิตออกมาจะมีทั้งขนาดและรูปร่างเป็นแท่ง หรือแผ่นขนาดเล็กจนแทบไม่สามารถมองเห็นได้ไปจนถึงขนาดใหญ่สะดุดตา ซึ่งต่างก็มีความเหมาะสมกับชนิดงานที่แตกต่างกัน ส่วนโครงสร้างภายในที่เป็นไอซีของแท็กนั้น ก็จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ส่วนควบคุมการทำงานของภาครับ-ส่งสัญญาณวิทยุ (Analog Front-End) ส่วนควบคุมภาคลอจิก (Digital Control Unit) ส่วนของหน่วยความจำ (Memory) ซึ่งอาจจะเป็นแบบ ROM หรือ EEPROM ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 บล็อกไดอะแกรมของ Passive Tag

**2. Active RFID Tags** แท็กชนิดนี้จะต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ภายนอก เพื่อจ่ายพลังงานให้กับวงจรภายในทำงาน แท็กชนิดนี้มีหน่วยความจำภายในขนาดใหญ่ได้ถึง 1 เมกะไบต์ และสามารถอ่านได้ในระยะไกลสูงสุดประมาณ 10 เมตร แม้ว่าแท็กจะมีข้อดีอยู่หลายข้อแต่ก็มีข้อเสียด้วยเช่นกัน เช่น มีราคาต่อหน่วยแพง มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีระยะเวลาในการทำงานที่จำกัด ดังรูปที่ 2.15 นอกจากการแบ่งจากชนิดที่ว่ามาแล้วแท็กก็ยังถูกแบ่งประเภทจากรูปแบบในการใช้งานได้เป็น 3 แบบคือ แบบที่สามารถถูกอ่านและเขียนข้อมูลได้อย่างอิสระ (Read-Write), แบบเขียนได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้นแต่อ่านได้อย่างอิสระ (Write-Once Read-Many หรือ WORM) และแบบอ่านได้เพียงอย่างเดียว (Read-Only) ด้วย อย่างไรก็ตามแท็กชนิดพาสซีฟจะนิยมใช้มากกว่า ดังนั้นจึงจะขอลงถึงเฉพาะแท็กชนิดนี้เป็นหลัก

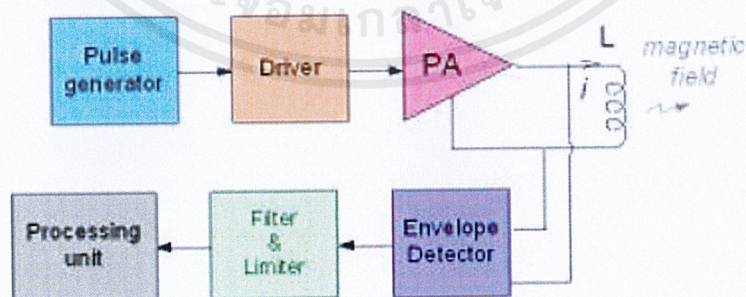


รูปที่ 2.15 รูปตัวอย่าง Active Tag ที่มีแบตเตอรี่ Lithium 2 ก้อนอยู่ภายนอก

### เครื่องอ่าน (Reader)

โดยหน้าที่ของเครื่องอ่านก็คือ การเชื่อมต่อเพื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลลงในแท็กด้วยสัญญาณความถี่วิทยุ ภายในเครื่องอ่านจะประกอบด้วย เสาอากาศที่ทำจากขดลวดทองแดงเพื่อใช้รับส่งสัญญาณภาครับและภาคส่งสัญญาณวิทยุ และวงจรควบคุมการอ่าน-เขียนข้อมูล จำพวกไมโครคอนโทรลเลอร์และส่วนของการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปเครื่องอ่านจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักดังนี้ ดังรูปที่ 2.16

1. ภาครับและส่งสัญญาณวิทยุ
2. ภาคสร้างสัญญาณพาหะ
3. ขดลวดที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศ
4. วงจรจูนสัญญาณ
5. หน่วยประมวลผลข้อมูล และภาคติดต่อกับคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.16 โครงสร้างภายในเครื่องอ่าน

หน่วยประมวลผลข้อมูลที่อยู่ภายในเครื่องอ่านมักใช้เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งอัลกอริทึมที่อยู่ในโปรแกรมจะทำหน้าที่ถอดรหัสข้อมูล (Decoding) ที่ได้รับ และทำหน้าที่ติดต่อกับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ ลักษณะขนาดและรูปร่างของเครื่องอ่านจะแตกต่างกันไปตามประเภทของการใช้งาน เช่น แบบมือถือขนาดเล็กหรือติดผนัง จนไปถึงขนาดใหญ่เท่าประตู (Gate Size) เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.17



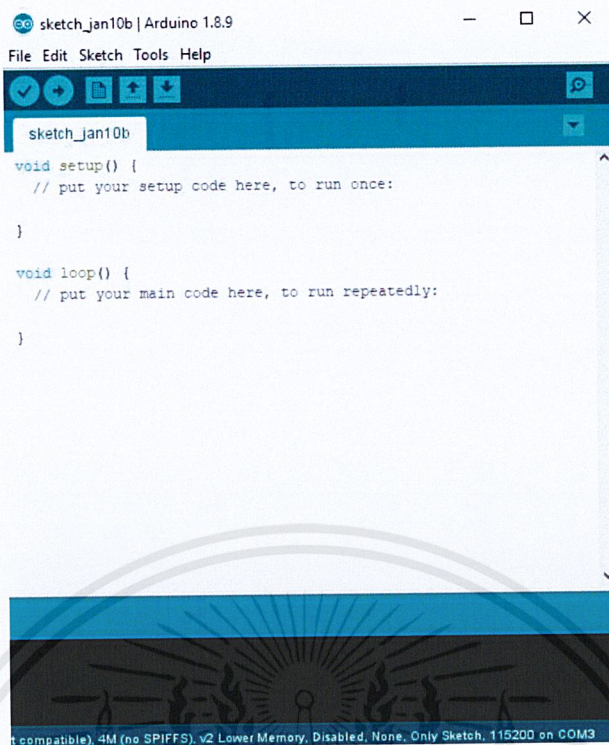
รูปที่ 2.17 รูปตัวอย่างเครื่องอ่านแบบต่าง ๆ

## 2.3 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง

### 2.3.1 Arduino IDE

เป็นซอฟต์แวร์สำหรับใช้เขียนโปรแกรมด้วยภาษา C/C++ เพื่อที่จะคอมไพล์ (Compile) และอัปโหลด (Upload) โปรแกรมลงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller Board) ผ่านสาย USB ซึ่งการเขียนโปรแกรมนั้นการอ้างอิงไลบรารี (Library) ถือเป็นสิ่งสำคัญ ทั้งนี้ไลบรารีขึ้นอยู่กับชนิดของบอร์ด หรือฮาร์ดแวร์ตัวอื่นๆ ที่ใช้ด้วย แต่ถ้าหากการเขียนโปรแกรมนั้นใช้เพียงฟังก์ชันพื้นฐานก็ไม่จำเป็นต้องหาไลบรารีเหล่านั้นมาเพิ่ม โดยปัจจุบัน (พ.ศ.2562, ต.ค.) ตัวโปรแกรมอยู่ในเวอร์ชัน 1.8.10 อีกทั้งยังเหมาะสำหรับผู้ใช้งานระดับเริ่มต้น หรือนักพัฒนาที่ต้องการทำเพียงอุปกรณ์เพื่อเป็นโมเดลแบบจำลองดังรูปที่ 2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

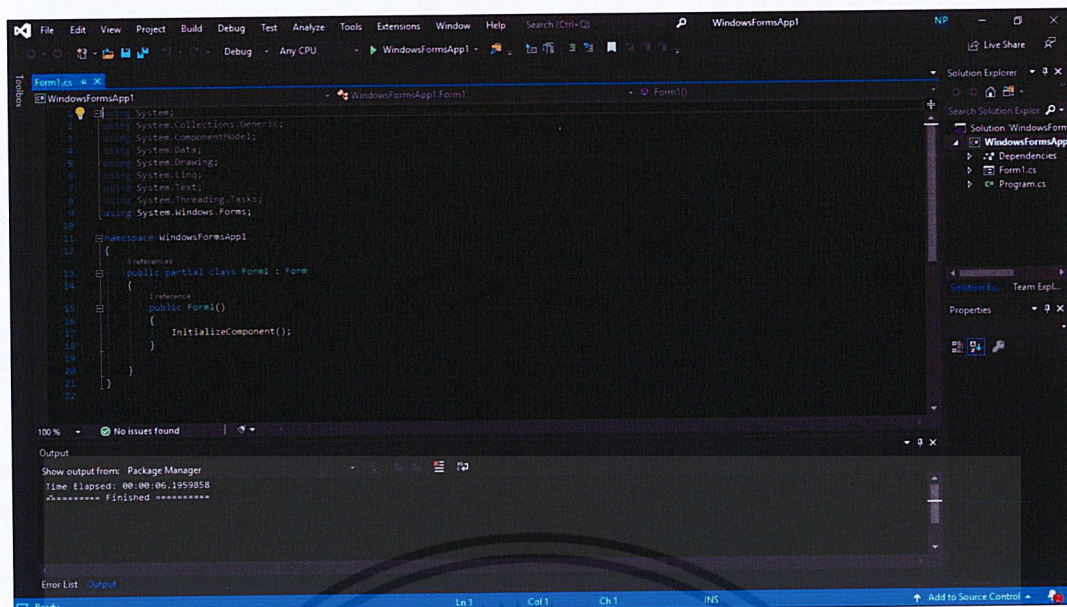


รูปที่ 2.18 หน้าต่างโปรแกรม Arduino Ide

### 2.3.2 Microsoft Visual Studio

คือ โปรแกรมตัวหนึ่งที่เป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาซอฟต์แวร์และระบบต่างๆ ซึ่งสามารถติดต่อสื่อสารพูดคุยกับคอมพิวเตอร์ได้ในระดับหนึ่งแล้ว แต่ยังไม่สามารถพัฒนาเป็นระบบเองได้เหมาะสมสำหรับภาษา C# และ VB.NET เนื่องจากไมโครซอฟต์ได้พัฒนาโปรแกรม และภาษาขึ้นมาควบคู่กันเพื่อให้ใช้งานได้ซึ่งกันและกัน ซึ่งนักโปรแกรมเมอร์จะนำเครื่องมือมาใช้ในการพัฒนาต่อยอดให้เกิดเป็นระบบต่างๆ หรือเป็นเว็บไซต์ และแอปพลิเคชันต่างๆ โดยเฉพาะทำโปรแกรมนับบนระบบปฏิบัติการ Windows ดังรูปที่ 2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 หน้าต่างโปรแกรม Visual Studio

### 2.3.3 MQTTBox

คือ โปรแกรมที่ใช้ในการเป็น Protocol ที่ออกแบบมาเพื่อการเชื่อมต่อแบบ M2M (Machine-to-Machine) คือ อุปกรณ์กับอุปกรณ์ สนับสนุนเทคโนโลยี IoT (Internet of Things) ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 หน้าต่าง MQTTBox

### 2.3.4 Solidworks

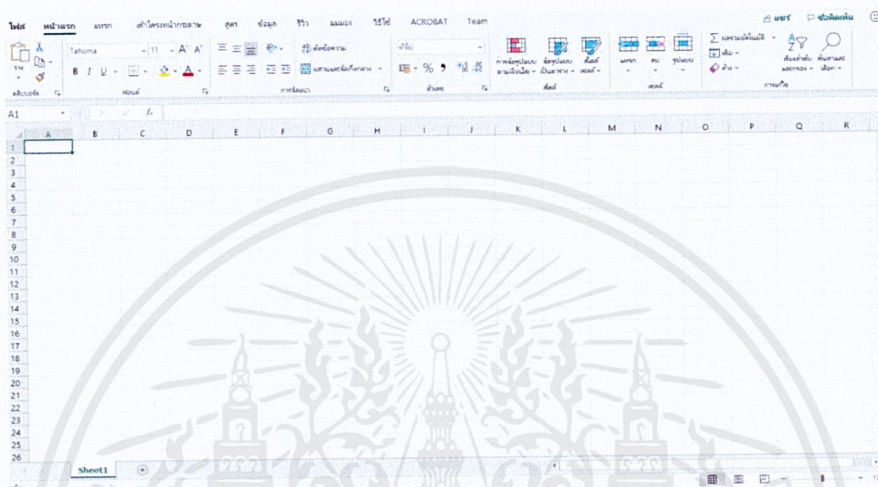
คือ โปรแกรมที่ใช้ออกแบบชิ้นงานทางวิศวกรรม 3 มิติ และเขียนแบบ 2 มิติ เพื่อใช้ในการจำลองชิ้นงานดังรูปที่ 2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 2.3.6 Microsoft Excel

คือ เป็นโปรแกรมทางด้านตารางคำนวณ หรือที่เรียกว่า สเปรดชีต (Spreadsheet) เป็นโปรแกรมในชุด Microsoft Office มีความสามารถในการสร้างตาราง การคำนวณ การวิเคราะห์ การออกรายงานในรูปแบบตารางและกราฟดังรูปที่ 2.23

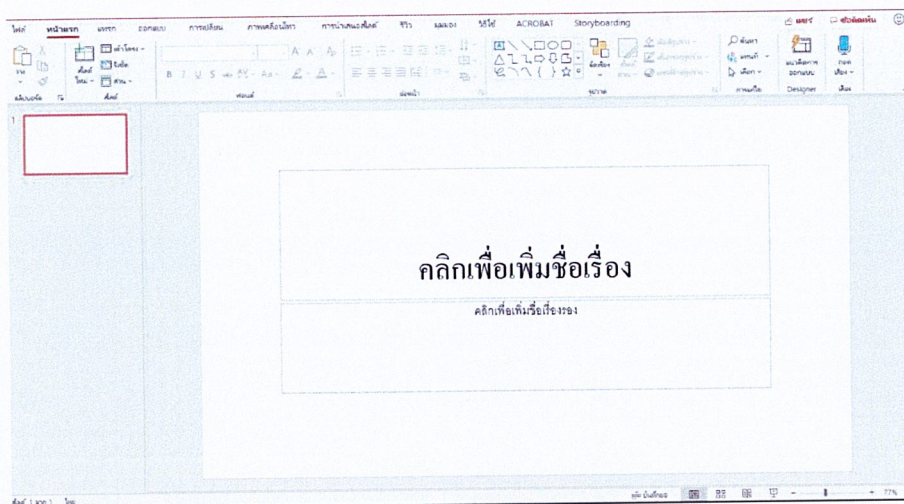


รูปที่ 2.23 หน้าต่างโปรแกรม Microsoft Excel

### 2.3.7 Microsoft Powerpoint

เป็นโปรแกรมหนึ่งในตระกูล Microsoft Office เหมาะสำหรับการจัดสร้างงานนำเสนอข้อมูล (Presentation) สำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในงานได้หลายประเภท เช่น การนำเสนอข้อมูลสินค้าและบริการ การจัดทำ Slide Show การออกแบบแผ่นพับดังรูปที่ 2.24

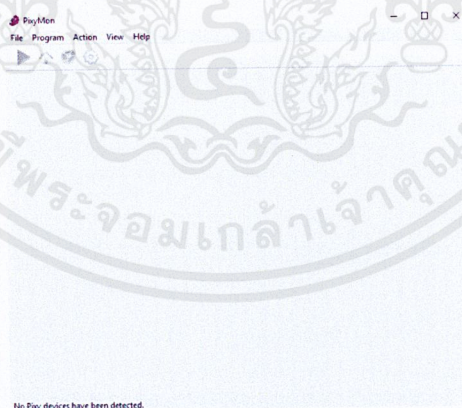
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 หน้าต่างโปรแกรม Microsoft Power

### 2.3.8 PixyMon

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเชื่อมกับกล้อง Pixy เพื่อใช้ในการปรับตั้งค่าคุณสมบัติต่างๆของตัวกล้องและปรับโหมดการเชื่อมต่อของกล้องได้ดังรูปที่ 2.25

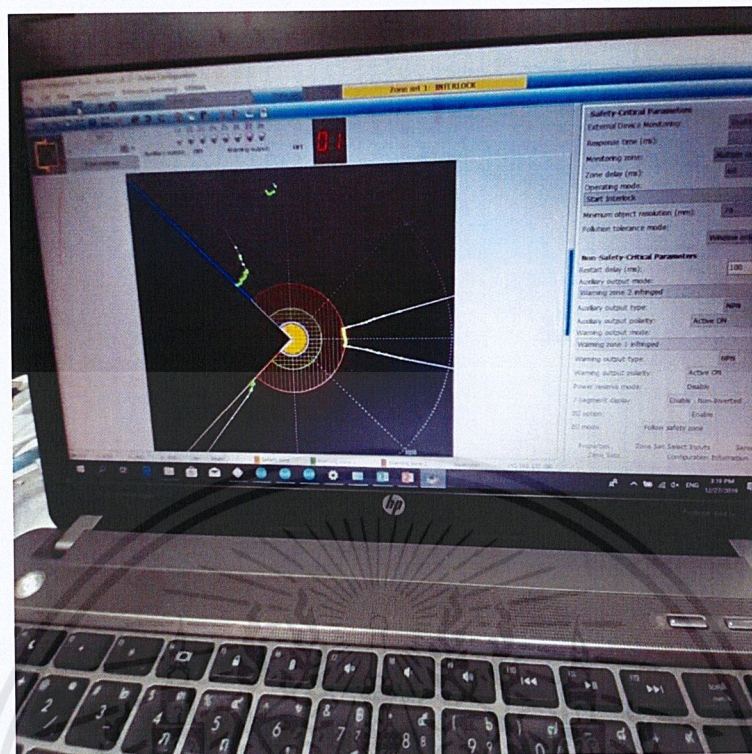


รูปที่ 2.25 หน้าต่างโปรแกรม PixyMon

### 2.3.9 OS32C Configuration Tool

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับตัวเซนเซอร์ Omron Laser Scanner OS32C โดยโปรแกรมนี้จะทำหน้าที่ในการปรับอาณาเขต, สร้างอาณาเขต, ตั้งค่าสถานะต่างๆ ดังรูปที่ 2.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 หน้าต่างโปรแกรม Omron Laser Scanner OS32C

## 2.4 ฮาร์ดแวร์ที่ใช้

### 2.4.1 เลเซอร์สแกนเนอร์ (Laser Scanner) - OS32C [11]

ทฤษฎีการใช้งานเครื่องสแกนเลเซอร์ความปลอดภัย OS32C เป็นเซนเซอร์ความปลอดภัยแบบออปติคัลที่ใช้การสะท้อนแสงแบบกระจายของแสงเลเซอร์พัลส์ซึ่งเพื่อกำหนดตำแหน่งของวัตถุที่เข้าสู่โซนการตรวจสอบที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ภายในเป็นกระจกหมุนรวมกับการสแกนโซนการตรวจสอบ โดยส่งพัลส์ของแสงซึ่งสะท้อนออกวัตถุแรกในเส้นทางของระยะทาง จากเซนเซอร์ไปยังวัตถุจะถูกกำหนด โดยการวัดเวลาที่แสงต้องการกลับมาจากวัตถุที่สัมผัสภายในขอบเขตการตรวจจับของ OS32C สามารถตรวจสอบสามฟิลด์พร้อมกัน หนึ่งโซนความปลอดภัยและสองโซนเตือนภัย

โซนปลอดภัยหนึ่งแห่งใช้สำหรับตรวจจับคนหรือวัตถุอื่นๆ ที่เข้าสู่พื้นที่ที่กำหนดไว้เป็นอันตราย เมื่อตรวจพบว่าวัตถุอยู่ในโซนปลอดภัย OS32C จะส่งสัญญาณหยุดไปยังวงจรควบคุมของเครื่องจักรเพื่อใช้ในการเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซนค่าเตือนสองโซนสามารถกำหนดได้ด้วยระยะทาง ที่ยาวกว่าโซนความปลอดภัยทำให้สามารถกำหนดค่าได้ตรวจจับวัตถุที่เข้าใกล้พื้นที่อันตราย ของโซนปลอดภัยก่อนที่จะเข้าโซนปลอดภัยจริงจะถูกรุก

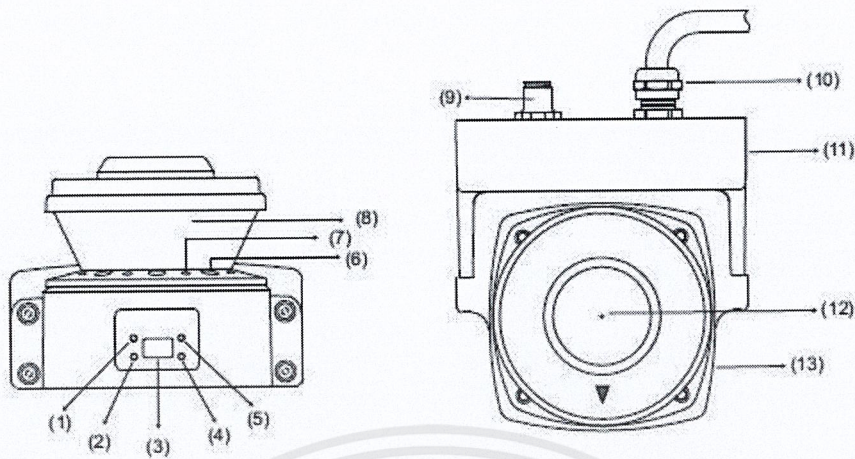
การใช้ประโยชน์สำหรับ OS32C นั้นรวมถึงการใช้ประโยชน์ในการเคลื่อนย้ายง่ายบนรถนำทางอัตโนมัติ (AGV) หรือรถขนส่งของเช่นเดียวกับการใช้งานแบบอยู่กับที่ เช่น ภายในเซลล์ทำงานของหุ่นยนต์หน้าแท่นพิมพ์หรือรอบๆ วัตถุอันตรายอื่นๆ เครื่องจักรกล

### คุณสมบัติ

1. สามารถตรวจจับการบุกรุกภายในเขตปลอดภัยด้วยรัศมีสูงสุด 4 เมตร (ความละเอียดต่ำกว่า 70 มิลลิเมตร) และสองโซนเตือนที่มีรัศมี 15 เมตร ครอบคลุมมุมการสแกนสูงสุด 270 องศา
2. เมื่อตรวจพบวัตถุภายในเขตปลอดภัยตัวบ่งชี้แต่ละส่วนจะเปิดใช้งานทันที (ตัวที่ถูกตรวจจับสีแดง 8 ตัว) ซึ่งระบุตำแหน่งการบุกรุกของวัตถุ
3. มีโซนความปลอดภัยเจ็ดชุดและโซนเตือนภัยพร้อมรองรับการเปลี่ยนแปลง ที่ซับซ้อนของสภาพแวดล้อมการทำงาน
4. ซอฟต์แวร์การกำหนดค่าช่วยให้ง่ายต่อการใช้งานการกำหนดค่าโซนการตรวจสอบ
5. รีเลย์ด้านความปลอดภัยสามารถตรวจสอบโดยตรง โดยฟังก์ชันการตรวจสอบอุปกรณ์ภายนอก
6. ตำแหน่งการติดตั้งหน้าเครื่องของเครื่องสแกนเลเซอร์ความปลอดภัย สามารถตรวจสอบได้โดยฟังก์ชันการตรวจสอบขอบเขตอ้างอิง
7. การออกแบบที่กะทัดรัดช่วยให้สามารถติดตั้งในพื้นที่ไม่กว้างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ส่วนประกอบของอุปกรณ์



รูปที่ 2.27 ส่วนประกอบของอุปกรณ์

Number	Component	Function
(1)	RUN indicator (green)	Will turn ON when safety zone is clear and OSSDs are ON.
(2)	Interlock Indicator (yellow)	Will turn ON when in interlock state, blink under lockout, and blink in case of a failure.
(3)	Status/Diagnostic Display	The scanner's status, configuration/operation, or failure is displayed
(4)	Warning Output Indicator (orange)	Will turn ON when the warning output is ON.
(5)	STOP indicator (red)	Will turn ON when safety zone is blocked, OSSD are OFF or under interlock state.
(6)	Dust Ring	Dust detection cover with reflective surface, for dust accumulation detection
(7)	Individual Sector Indicators	Will turn ON when an intrusion is detected in the safety zone. 8 sectors total. Each sector = 33.75°.
(8)	Scan Window	The window where the laser light is emitted and received.
(9)	Communication Connector	Provides for Ethernet interface.*1
(10)	Power Connector	For power connections, 18-pin connector (pigtail).*1
(11)	I/O Block	Connector module
(12)	Center of rotation	Indicates the location of the axis around which the laser irradiates from.
(13)	Sensor	Sensor head; field replaceable.

\*1: The communication and power connections can also be mounted on the left side of the I/O block.

รูปที่ 2.28 ส่วนประกอบและตัวบ่งชี้ระบบของอุปกรณ์

### ตัวอย่างการใช้งาน

OS32C อาจใช้สำหรับการปกป้องคนงาน แอปพลิเคชันทั่วไปรวมถึงการปกป้องพื้นที่ทำงานเป็นช่องๆ และการป้องกันการชนของ AGV (Automated Guided Vehicle) OS32C เป็นเครื่องตรวจจับความปลอดภัยเลเซอร์อเนกประสงค์ ที่สามารถป้องกันการใช้งานหลายประเภท ตัวอย่างการใช้งานในบพนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ข้อมูลและการเรียนการสอนเท่านั้น และไม่ได้มีวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อเป็นตัวแทนของการแก้ปัญหาการป้องกันที่สมบูรณ์แบบ แต่จะต้องดำเนินการดูแลเพื่อให้แน่ใจว่าทุกด้านของเครื่องจักรหรือเซลล์ทำงานได้รับการตรวจสอบ

### การใช้ OS32C กับรถยนต์ที่มีระบบพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ

ยานพาหนะอัตโนมัติที่ไม่ต้องขับชี้ต้องมีอุปกรณ์ป้องกัน เพื่อป้องกันการชนกันโดยไม่บังเอิญ OS32C จะสแกนเส้นทางของ AGV และจะส่งสัญญาณหยุดไปยังรถยนต์ หากตรวจพบวัตถุหรือบุคคล OS32C สามารถปรับได้ และเชื่อถือได้มากกว่ากันชนที่ไวต่อแรงกดแบบดั้งเดิม ดังนั้นความยืดหยุ่นของ OS32C ช่วยให้สามารถตรวจสอบได้สามประเภทจากรูปที่ 2.29

#### 1. การตรวจจับโซนคำเตือนที่ 1 (Warning Zone 1 Detection)

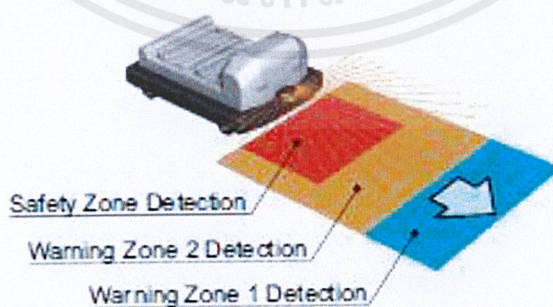
เมื่อเอาต์พุตแจ้งเตือน (Warning Output) ถูกกำหนดให้ทำตามโซนคำเตือน 1 (Warning Zone 1) มันจะส่งสัญญาณไปยัง AGV เมื่อมีการลุกล้ำเขตโซนคำเตือน 1 (Warning Zone 1) สิ่งนี้จะทริกเกอร์รถให้ส่งเสียงเตือน ทำให้บุคคลสามารถเคลื่อนที่ได้ อยู่ห่างจากเส้นทางของยานพาหนะ

#### 2. การตรวจจับโซนคำเตือนที่ 2 (Warning Zone 2 Detection)

เมื่อเอาต์พุตเสริม (Auxiliary Output) ถูกกำหนดให้ทำตามคำเตือนโซน 2 (Warning Zone 2) มันจะส่งสัญญาณไปยัง AGV เมื่อมีการลุกล้ำเขตโซนคำเตือน 2 (Warning Zone 2) สิ่งนี้จะทริกเกอร์รถให้ช้าลงทำให้คนๆ หนึ่งขยับออกไปจากเส้นทางของยานพาหนะ

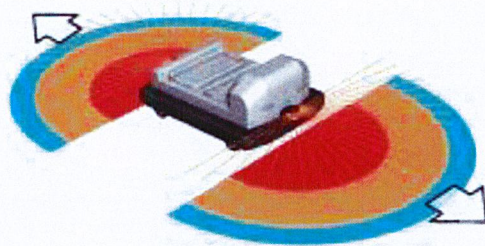
#### 3. การตรวจจับโซนปลอดภัย (Safety Zone Detection)

เอาต์พุตความปลอดภัยของทั้งสองโซนจะส่งคำสั่งหยุดฉุกเฉิน (E-stop) ไปยัง AGV เมื่อโซนความปลอดภัย (Safety Zone) ถูกลุกล้ำ นี้จะส่งสัญญาณให้รถหยุดนิ่ง



รูปที่ 2.29 ระบบนำทาง AGV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 รถยนต์นำทางอัตโนมัติแบบสองทิศทาง (AGV)

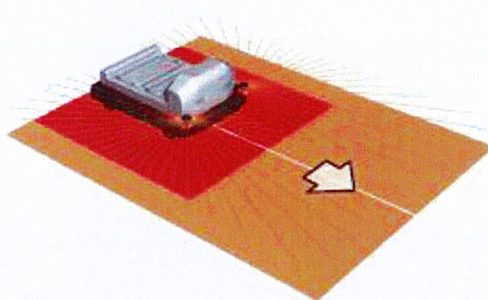
ในการใช้ประโยชน์โดยใช้ OS32C จำนวน 2 เครื่องในรูปที่ 2.30 เป็นอุปกรณ์ป้องกันหลัก เขตค่าเตือนสองของ OS32C ใช้เพื่อให้ค่าเตือนแก่คนเป็นการพิเศษ อนุญาตให้พวกเขาเดินออกจากเส้นทาง AGV นี้เป็นสิ่งสำคัญในการไปถึงประสิทธิภาพการเดินทางสูงสุด



รูปที่ 2.31 ยานพาหนะนำทางอัตโนมัติ, หลายโซน (AGV)

ในประโยชน์การใช้งานนี้ OS32C ในรูปที่ 2.31 เป็นอุปกรณ์ป้องกันหลัก ภาพวาดแสดงให้เห็นถึงการกำหนดค่าการป้องกัน AGV ทั่วไปที่ใช้ชุดโซน 4 โซนเพื่อนำทางยานพาหนะไปรอบๆ โรงงานอย่างปลอดภัย ชุดสี่โซนประกอบด้วยสองโซนสำหรับการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (ความเร็วสูง ความเร็วต่ำ) โซนหนึ่งสำหรับเลี้ยวซ้ายและอีกโซนหนึ่งสำหรับเลี้ยวขวา ชุดโซนความปลอดภัย (Safety Zone) ที่แอ็คทีฟถูกเลือกโดยการควบคุมของ AGV ซึ่งกำหนดค่าไว้เพื่อประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 รถนำทางอัตโนมัติ (AGV), เครื่องสแกนสองเครื่อง, สามด้าน

ในการใช้ประโยชน์โดยใช้ OS32C จำนวน 2 เครื่องในรูปที่ 2.32 ใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันหลัก โดยใช้อาณาเขตป้องกัน 270 องศา ซึ่งเครื่องอยู่ในตำแหน่งที่มุมด้านหน้า กรณีนี้ช่วยให้สแกนเนอร์สองเครื่องสามารถป้องกันสามด้านของ AGV การกำหนดค่านี้เหมาะสำหรับ AGV ที่สามารถจัดทำในสามทิศทางไปข้างหน้าและจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง



รูปที่ 2.33 รถนำทางอัตโนมัติ (AGV), เครื่องสแกนสองเครื่อง, สี่ด้าน

ในการใช้ประโยชน์โดยใช้ OS32C 2 เครื่องในรูปที่ 2.33 ใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันหลักโดยใช้อาณาเขตป้องกัน 270 องศา ซึ่งเครื่องอยู่ในตำแหน่งที่มุมตรงข้าม กรณีนี้ช่วยให้สแกนเนอร์สองเครื่องป้องกันสี่ด้านของ AGV การกำหนดค่านี้เหมาะสำหรับ AGV ที่สามารถเคลื่อนที่ได้สี่ทิศทางไปข้างหน้าย้อนกลับและจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง

## ระดับ/การดำเนินการของเครื่อง

Sensor Type	Type 3 Safety Laser Scanner
Safety Category	PLd/Safety Category 3 (ISO13849-1)
Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-related Systems	SIL 2, PFHd = $8.3 \times 10^{-6}$ (IEC61508)
Detection Capability	Configurable; Non-transparent with a diameter of 30, 40, 50, or 70 mm (1.8% reflectivity or greater)
Monitoring Zone	Monitoring Zone Set Count (Safety Zone + 2 Warning Zones) : 70 sets max.
Operating Range OS32C-xxx	Safety Zone: 1.75 m (min. obj. resolution of 30 mm) 2.5 m (min. obj. resolution of 40 mm) 3.0 m (min. obj. resolution of 50 mm or 70 mm) Warning Zone: 10.0 m
Operating Range OS32C-xxx-4M	Safety Zone: 1.75 m (min. object resolution of 30mm) 2.5 m (min. object resolution of 40 mm) 3.0 m (min. object resolution of 50 mm or 70 mm) 4.0 m (min. object resolution of 70 mm) Warning Zone: 15.0 m
Maximum Measurement Error	100 mm (at range of 3 m or less) *1 110 mm (at range greater than 3 m and up to 4 m) *1
Detection Angle	270°
Angular Resolution	0.4 degree
Laser Beam Diameter	6 mm at optics cover, 14 mm (typical) at 3 m.
Laser Scan Plane Height	67 mm from the bottom of the scanner (see "External Dimensional Drawings" on page 108 for more detail)
Response Time	Response time from ON --> OFF: From 80 ms (2 scans) to 680 ms (up to 17 scans) *8 Response time from OFF --> ON: Configurable. See Table 2-5 on page 16.
Zone Switching Time	From 20 to 320 ms
Line voltage	24 VDC +25%/-30% (ripple p-p 2.5 V max.) *2
Power Consumption	Normal operation: 5 W max., 4 W typical (without output load) *3 Standby mode: 3.75 W (without output load)
Emission Source (Wavelength)	Infrared Laser Diode (905 nm)
Laser Protection Class	Class 1: IEC/EN60825-1(2007) Class 1: JIS C 6802(2005) Class I: CFR21 1040.10, 1040.11
Safety Output (OSSD)	PNP transistor x 2, load current of 250 mA max., residual voltage of 2 V max., load capacitance of 2.2 µf max., leak current of 1 mA max *3, *4, *5.
Auxiliary Output (Non-Safety)	NPN/PNP transistor x 1, load current of 100 mA max., residual voltage of 2 V max., leak current of 1 mA max *4, *5, *7
Warning Output (Non-Safety)	NPN/PNP transistor x 1, load current of 100 mA max., residual voltage of 2 V max., leak current of 1 mA max *4, *5, *7
Operation Mode	Auto Start, Start Interlock, Start/Restart Interlock
Ambient Temperature	Operation: -10 to 50 deg. C, Storage: -25 to 70 deg. C
Ambient Humidity	Operation & Storage: 95%RH max., non-condensing
Ambient Operation Illumination	Incandescent lamp: Illumination on receiving surface 1500 lx max. (an angle of laser scanning plane and disturbance light must be +/-5 degrees or more)
Insulation resistance	20 Mega-ohm or higher (500 VDC)
Dielectric withstand voltage	350 VAC, 1 minute
Enclosure Rating	IP65(IEC60529)
Enclosure	Sensor Head: Die-cast aluminum Optics Cover: Polycarbonate I/O Block: Die-cast aluminum
Dimensions (WxHxD)	133.0 x 104.5 x 142.7 mm (except cable)
Impact Resistance	98 m/s <sup>2</sup> 1000 times for each of X, Y, and Z directions (IEC60068-2-29)
Vibration	10-55 Hz double-amplitude of 0.7 mm, 20 sweepings for X, Y, and Z directions (IEC60068-2-6)
Weight (Main Unit only)	1.3 kg
Power Cable	Up to 30 m

### รูปที่ 2.34 รายละเอียดของ OS32C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input	External Device Monitoring	ON: 0 V short (input current of 50 mA), OFF: Open
	Start	ON: 0 V short (input current of 20 mA), OFF: Open
	Zone Select	ON: 24 V short (input current of 5 mA), OFF: Open
	Standby	ON: 24 V short (input current of 5 mA max.), OFF: Open
Connection Type	Power Cable:	18-pin mini-connector (pigtail)
	Communication Cable:	M12, 4-pin connector
Connection with PC	Communication:	Ethernet *6
	OS Supported:	Windows 2000, Windows XP, Windows Vista, Windows 7
Communication Cable	Up to 100 m for 100 BASE-TX cable	
Approvals	Certificated by: TÜV Rheinland, UL	
	EN61496-1 (Type 3 ESPE), EN61496-3 (Type 3 AOPDDR), EN61508 (SIL2), IEC61496-1 (Type 3 ESPE), IEC61496-3 (Type 3 AOPDDR), IEC61508 (SIL2), UL508, UL1998, CAN/CSA-C22.2 No. 14, CAN/CSA-C22.2 No. 0.8	
*1. An additional measurement error may need to be added due to reflective backgrounds (See p.139 for details).		
*2. For power source specification, see Power Supply Unit in p.120		
*3. Rated current of OS32C is 1.025 A max. (OS32C 210 mA + OSSD A load + OSSD B load + Auxiliary output load + Warning output load + Functional Inputs). Where functional inputs are: EDM input ... 50 mA Start input ... 20 mA Standby input ... 5 mA Zone X input ... 5 mA x 8 (eight zone set select inputs)		
*4. Output voltage is Input voltage - 2.0 VDC.		
*5. Total consumption current of 2 OSSDs, auxiliary output, and warning output must not exceed 700 mA.		
*6. An Ethernet cable with an M12, 4-pin connector is required.		
*7. Output polarity (NPN/PNP) is configurable via the configuration tool.		
*8. Pollution tolerance in RBM mode will increase the scan period, resulting in an increase of the response time. See Table 2-5 for detail.		

### รูปที่ 2.34 รายละเอียดของ OS32C (ต่อ)

#### การติดตั้งและกำหนดค่าสำหรับการพกพาของตัวเซนเซอร์

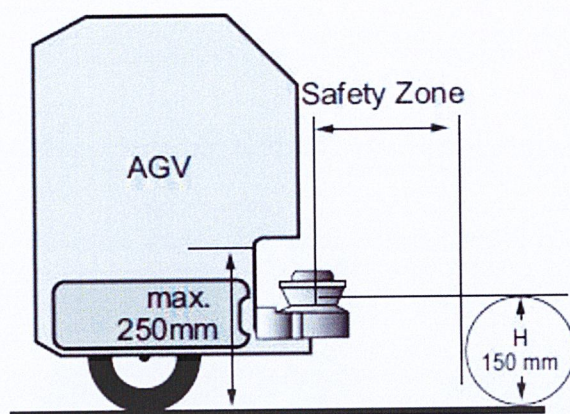
AGV ที่ติดตั้ง OS32C ควรใช้ประโยชน์ในด้านที่เฉพาะเจาะจง หรือตั้งค่าตามที่บริษัทกำหนดเท่านั้น และไม่อนุญาตให้ใช้งานบนถนนสาธารณะ OS32C จะต้องใช้ในแอปพลิเคชัน AGV ที่ยานพาหนะอยู่เท่านั้นพร้อมกับมอเตอร์ไฟฟ้า นอกเหนือจากแนวทางต่อไปนี้เป็นสิ่งสำคัญที่คุณต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิต AGV

#### ความสูงของตำแหน่งในการติดตั้ง

ต้องติดตั้ง OS32C เพื่อให้มีระยะสแกนเพื่อความปลอดภัยแนวอนในเส้นทางของ AGV ความสูงของระนาบสแกนต้องไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ขอแนะนำให้ติดตั้งที่ความสูงของระนาบการสแกน 150 มิลลิเมตร เพื่อให้สามารถตรวจจับวัตถุที่มีความสูง 150 มิลลิเมตร ได้ หลังการติดตั้งพื้นที่อันตรายทั้งหมดจะต้องได้รับการทดสอบเพื่อตรวจสอบการตรวจจับวัตถุขนาด 150 มิลลิเมตร

ดังรูปที่ 2.35

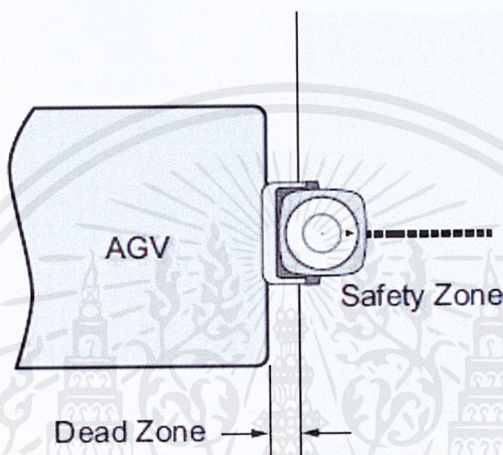
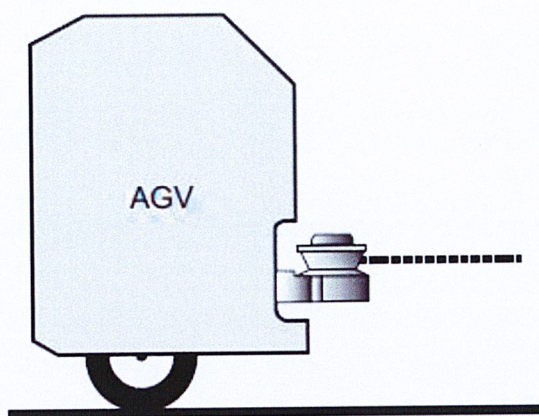
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.35 การติดตั้งบนพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ

### เซนเซอร์ยื่นออกมาด้านหน้าติดตั้ง

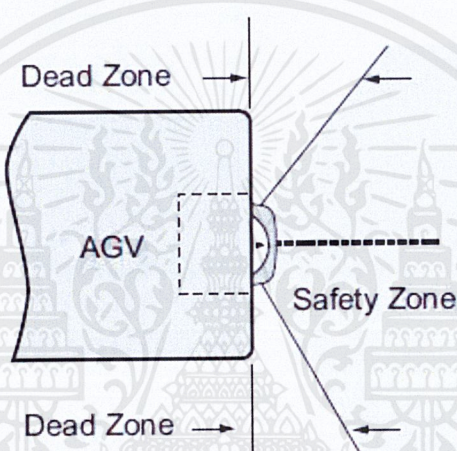
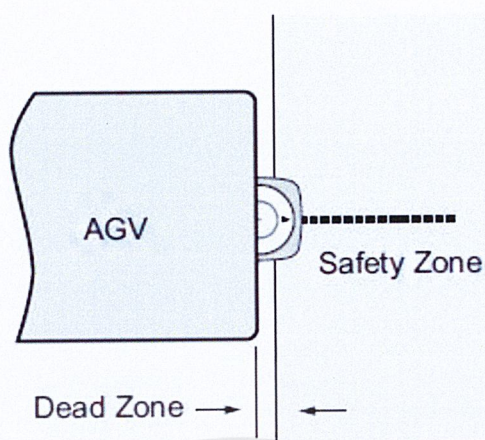
เมื่อต้องการติดตั้งที่ปลายด้านหน้าของยานพาหนะจำเป็นต้องกำจัดโซนที่ตาย (Dead Zone) แล้ว โซนที่ไม่ได้ใช้งานเหล่านี้สามารถลดลงได้โดยการติดตั้ง OS32C แบบฝัง สำหรับยานพาหนะที่มีความเร็วมากกว่า 0.3 เมตร/วินาที ภายใน 3 วินาที จะต้องลดขอบเขตจุดบอดที่เซนเซอร์ไม่สามารถตรวจจับได้ เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ปฏิบัติงานยืนอยู่ในเขตปลอดภัยการตรวจจับ ต้องดำเนินการมาตรการความปลอดภัยเพื่อการป้องกันเพิ่มเติม เช่น การป้องกันแรงกระแทกหรือกันชนที่ไวต่อแรงกดการติดตั้งส่วนหน้าดังรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 การฉายการติดตั้งที่ด้านหน้าของยานพาหนะ

#### การติดตั้งให้เซนเซอร์เหลื่อมเว้าด้านหน้า

แม้ว่าการติดตั้งแบบเหลื่อมเว้าจะช่วยลดขนาดของโซนที่ตาย (Dead Zone) ในบางกรณี เทคนิคนี้จะสร้างมุมที่ตาย (Dead Angle) แล้ว หากติดตั้ง OS32C ลึกลงไปภายในรถยนต์ OS32C จะไม่สามารถสแกนพื้นที่อันตรายอย่างเหมาะสมได้ พื้นที่เหล่านี้เรียกว่า Dead Angles ดังแสดงใน รูปที่ 2.37 สำหรับรถยนต์ที่มีความเร็วมากกว่า 0.3 เมตร/วินาที ภายใน 3 วินาที มาตรการความปลอดภัยจะต้องถูกเพิ่มในการติดตั้ง



รูปที่ 2.37 การติดตั้งกับตัวถังรถของ AGV

#### 2.4.2 แบตเตอรี่ (Battery) – 3K – รุ่น 3BB [12]

แบตเตอรี่สำหรับเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ (EBB Battery) – เป็นแบตเตอรี่ในกลุ่ม Deep Cycle Battery บำรุงรักษาง่าย อายุการใช้งานยาวนานสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าคงที่ได้เป็นระยะเวลานาน และสามารถชาร์จกลับได้ง่ายด้วยกระแสไฟต่ำๆ เป็นพลังงานทดแทนไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมดังรูปที่ 2.38 และตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



www.saraphanbattery.com

รูปที่ 2.38 แบตเตอรี่โซลาร์เซลล์ (Battery Deep Cycle 3K รุ่น EBB80)

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดของแบตเตอรี่

รายละเอียดแบตเตอรี่		
General Performance		
Capacity	Ampere-hour (20 HR)	80
	Ampere-hour (5 HR)	65
	20 Hours tested result	
	Discharged current	4
	Final voltage	10.5
Float Voltage (Recommended)	SG 1.28 at 20C	13.50-13.80V
	SG 1.24 at 20C	13.20-13.50V
Nominal Open Circuit Voltage	SG 1.28 at 20C	12.78
	SG 1.24 at 20C	12.54
Operating Temperature (อุณหภูมิ ในการใช้งาน)	Discharge เมื่อคายไฟ	60 C Max
	Charge เมื่อชาร์จไฟ	60 C Max
	Nominal operate	30-35 C
Maximum Charging Current	กระแสชาร์จไฟสูงสุด	80
Quality Standard		TS16949 / ISO9001
Testing Standard		IEC60896-11 :2002 / BS EN 6089-11 : 2003
Overall Dimension (mm.)	Length ยาว มม.	303
ขนาดแต่ละส่วน	Width กว้าง มม.	170
	Height สูง มม.	201
	Total Height สูงรวมขั้ว	228
	Handle หูจับ	Rope
Approx. Weight kg น้ำหนัก	Dry without Electrolyte ไม่มีน้ำ	18.5
	With Electrolyte มีน้ำกรด	24.8
Volume of acid litre	ปริมาณน้ำกรดที่ใช้	5.1

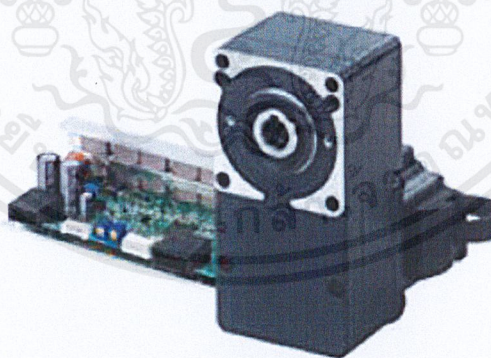
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีบำรุงรักษา

1. ไม่ควรใช้งานเกินพิกัดของแบตเตอรี่
2. ควรชาร์จไฟอย่างถูกต้อง เพื่อไม่ให้เกิดการชาร์จไฟมากเกินไป น้อยเกินไป
3. หลีกเลี่ยงการใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่ร้อนเกินไป หรืออุณหภูมิน้ำกลั่นในแบตเตอรี่สูงเกินกว่า 50 องศาเซลเซียส
4. ซอฟต์แวร์การกำหนดค่าช่วยให้ง่ายต่อการใช้การกำหนดค่าโชนการตรวจสอบ
5. ห้ามก่อให้เกิดประกายไฟขณะชาร์จไฟ เพราะแบตเตอรี่อาจจะระเบิดได้ เนื่องจากแรงดันแก๊สที่เกิดขึ้นในขณะชาร์จไฟ
6. ควรดูแลรักษาแบตเตอรี่ให้แห้ง และสะอาดอยู่เสมอ
7. ไม่ใช้งานเป็นเวลานานๆ ควรชาร์จไฟเดือนละ 1 ครั้ง เพราะพลังงานไฟฟ้าจะลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากการจ่ายไฟด้วยตัวเอง

### 2.4.3 Oriental Motor(BLH Series)[13]

BLH ซีรีส์ผสมรวมมอเตอร์ DC แบบไร้แปรงกำลังแรงสูงเข้ากับไดรฟ์เวอร์ดังรูปที่ 2.39 ประเภทบอร์ด 24 VDC เพื่อตอบสนองความต้องการประหยัดพื้นที่ ช่วงการควบคุมความเร็วคือ 100 ถึง 3000 รอบ/นาที โดยมีรายละเอียดของมอเตอร์ดังรูปที่ 2.40 ค่าการทำงานของบอร์ดไดรฟ์เวอร์ดังรูปที่ 2.41 และรายละเอียดของบอร์ดไดรฟ์เวอร์มอเตอร์ และมอเตอร์ดังรูปที่ 2.42 – 2.47



รูปที่ 2.39 มอเตอร์และบอร์ดไดรฟ์เวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specifications	
Motor Type	Brushless DC Motor
Motor Frame Size	90 mm
Output Power	100 W (1/8 HP)
Power Supply	24 VDC
Driver Type	Analog
Shaft/Gear Type	Hollow Shaft Flat Gearhead
Gear Ratio (X:1)	200 :1
Output Shaft Diameter	20 mm
Rated Torque	68 N·m
Variable Speed Range (r/min)	0.5 ~ 15
Permissible Load Inertia	25000 × 10 <sup>-4</sup> kg·m <sup>2</sup> *When instantaneous stop or instantaneous bi-directional operation is performed = 2500 × 10 <sup>-4</sup> kg·m <sup>2</sup>
Permissible Overhung Load	10 mm from gearhead mounting surface = 1500 N 20 mm from gearhead mounting surface = 1280 N
Permissible Thrust Load	500 N
Type	Cable
Power Input	DC
Position Control Mode	No
Torque Limit Control	No
Vertical Drive (Gravitational Operation)	No
Max. Extension Length (m)	2
RoHS Compliant	Yes
Safety Standards	UL CSA CE
CE Marking	EMC Directives
Insulation Class	UL, CSA: Class A [105°C (221°F)]; EN: Class E [120°C (248°F)]
Insulation Resistance (Motor)	100 M Ω or more when 500 VDC megger is applied between the windings and the frame after continuous operation under normal ambient temperature and humidity.
Insulation Resistance (Driver)	100 M Ω or more when 500 VDC megger is applied between the power supply terminal and heat radiation plate after continuous operation under normal ambient temperature and humidity.
Dielectric Strength (Motor)	Sufficient to withstand 0.5 kVAC at 50Hz applied between the windings and the frame for 1 minute after continuous operation under normal ambient temperature and humidity.
Dielectric Strength (Driver)	Sufficient to withstand 0.5 kVAC at 50Hz applied between the power supply terminal and the heat radiation plate for 1 minute after continuous operation under normal ambient temperature and humidity.
Ambient Temperature Range	0°C ~ +50°C (+32°F ~ +122°F) (nonfreezing)
Ambient Humidity	85% max. (noncondensing)
Operating Atmosphere	No corrosive gases or dust. Cannot be used in radioactive area, magnetic field, vacuum or other special environment.
Degree of Protection	[Motor] IP65 (excluding connectors) [Driver] IP00

รูปที่ 2.40 รายละเอียดของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Driver Functions	
Speed Control Method (Select one of the following)	Internal potentiometer External DC voltage External potentiometer (20kΩ, 1/4W)
Number of Speed Settings	2-speed operation is possible
Multi-Speed Setting Method	External speed potentiometer or external DC voltage: 0 to 5 VDC, 1 mA min VR1
Acceleration/Deceleration Time	0.5 to 10.0 s (Factory setting: 0.5 s) VR2
Instantaneous Stop	Yes
Multi-Axes Control	Yes
Alarm Output	Yes

รูปที่ 2.41 รายละเอียดของบอร์ดไดรฟ์มอเตอร์

### Product Number

#### Motor

**BLHM 4 50 K C - 5 FR**

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦

① Motor Type	<b>BLHM</b> Brushless Motor
② Frame Size	<b>0</b> : 42 mm (1.65 in.) <b>2</b> : 60 mm (2.36 in.) <b>4</b> : 80 mm (3.15 in.) <b>5</b> : 90 mm (3.54 in.)
③ Output Power	(Example) <b>50</b> : 50 W (1/15 HP)
④ Power Supply Voltage	<b>K</b> : 24 VDC
⑤ <b>C</b> Cable Type	
⑥ Gear Ratio/ Shaft Configuration	Number: Gear Ratio for Gearhead Gear Ratio for Geared Motor <b>A</b> : Round Shaft Type
⑦ Blank: Parallel Shaft Gearhead <b>GFS</b> Gear <b>FR</b> Hollow Shaft Flat Gearhead <b>FR</b> Gear	

#### Driver

**BLH2D 50 - K D**

① ② ③ ④

① Driver Type	<b>BLH2D</b> BLH Series Driver [15 W (1/50 HP), 30 W (1/25 HP), 50 W (1/15 HP)] <b>BLHD</b> : BLH Series Driver [100 W (1/8 HP)]
② Output Power	(Example) <b>50</b> : 50 W (1/15 HP)
③ Power Supply Voltage	<b>-K</b> : 24 VDC [15 W (1/50 HP), 30 W (1/25 HP), 50 W (1/15 HP)] <b>K</b> : 24 VDC [100 W (1/8 HP)]
④ Blank: Analog Setting Type <b>D</b> : Digital Setting Type	

#### Connection Cable, Flexible Connection Cable

**CC 02 BLH R**

① ② ③ ④

① Cable Type	<b>CC</b> : Connection Cable
② Length	<b>02</b> : 1.5 m (4.9 ft.)
③ Applicable Model	<b>BLH</b> : Brushless Motor [15 W (1/50 HP), 30 W (1/25 HP), 50 W (1/15 HP)] <b>AXH2, BLH2</b> : Brushless Motor [100 W (1/8 HP)]
④ Blank: Connection Cable <b>R</b> : Flexible Connection Cable	

#### Power Supply Cable and I/O Signal Cable Set

**LH S 003 C D**

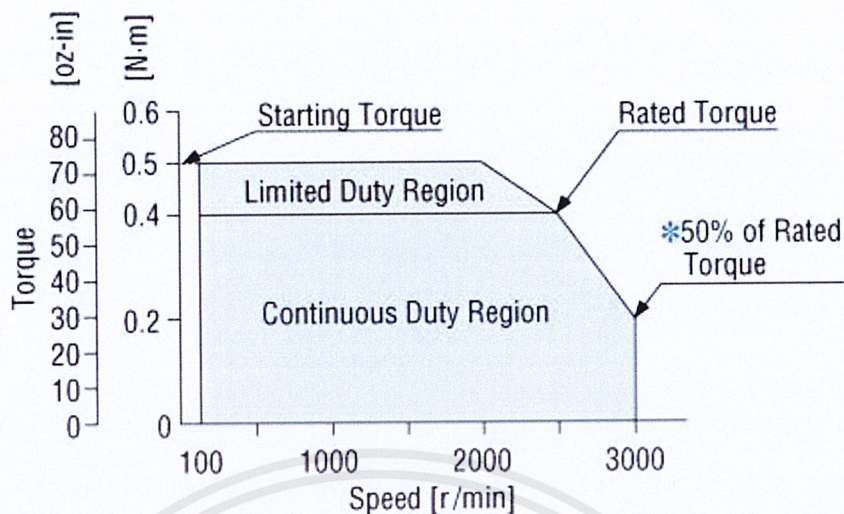
① ② ③ ④ ⑤

① Cable Type	<b>LH</b> : Cable
② <b>S</b> : Set	
③ Length	<b>003</b> : 0.3 m (0.98 ft.)
④ <b>C</b> : Cable	
⑤ Applicable Type	<b>C</b> : Analog Setting Type <b>D</b> : Digital Setting Type

รูปที่ 2.42 รหัสผลิตภัณฑ์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

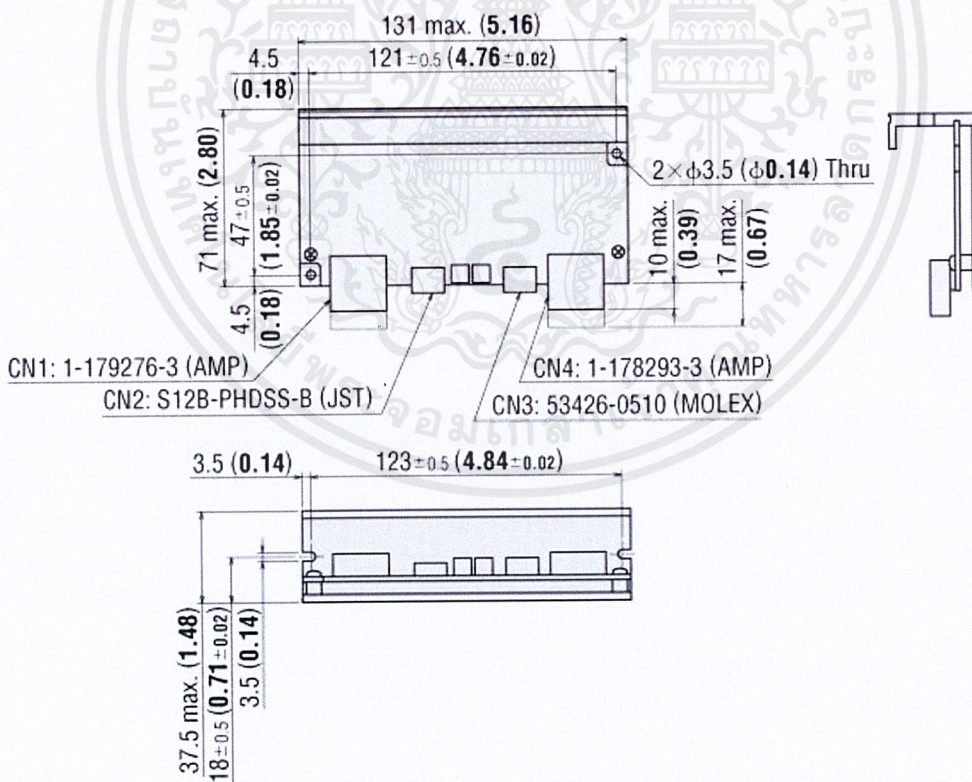
## BLH5100KC-□/BLH5100KC-□FR/BLH5100KC-A



รูปที่ 2.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Torque กับ Speed

BLHD100K

Mass: 0.3 kg (0.66 lb.)



รูปที่ 2.44 ภาพเขียนแบบบอร์ดไดรฟ์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

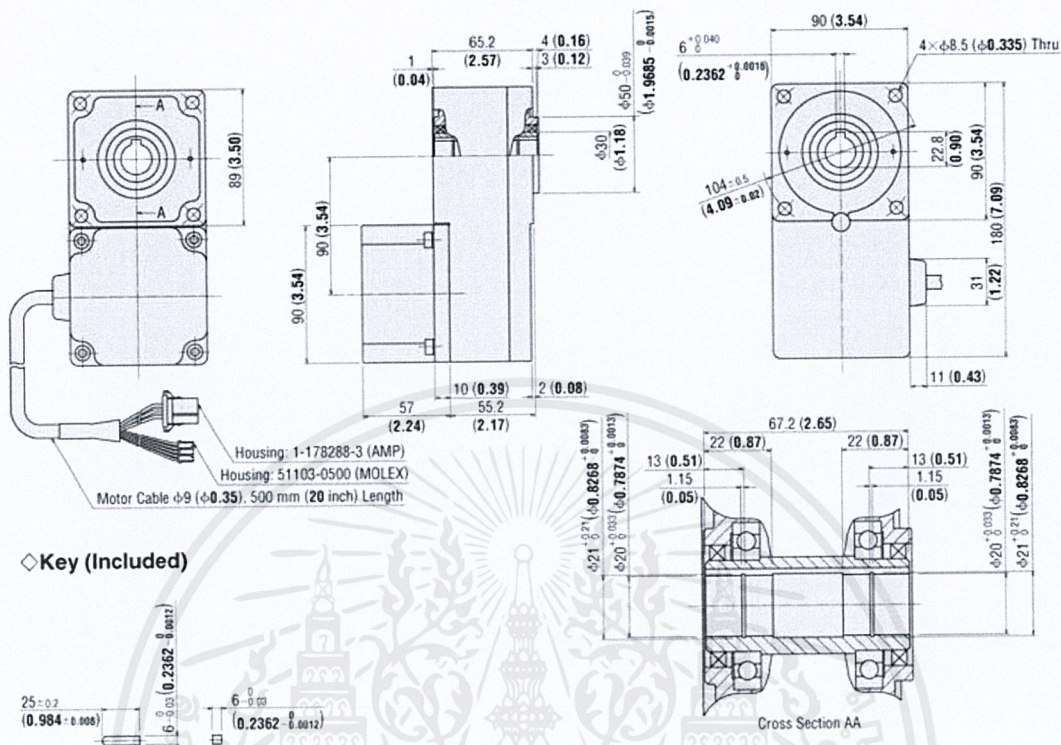
◇ Motor/Hollow Shaft Flat Gearhead

BLH5100KC-□FR

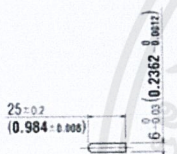
Motor: BLHM5100KC-GFS

Gearhead: GFSSG□FR

Mass: 3.6 kg (7.9 lb.) (Including Gearhead)



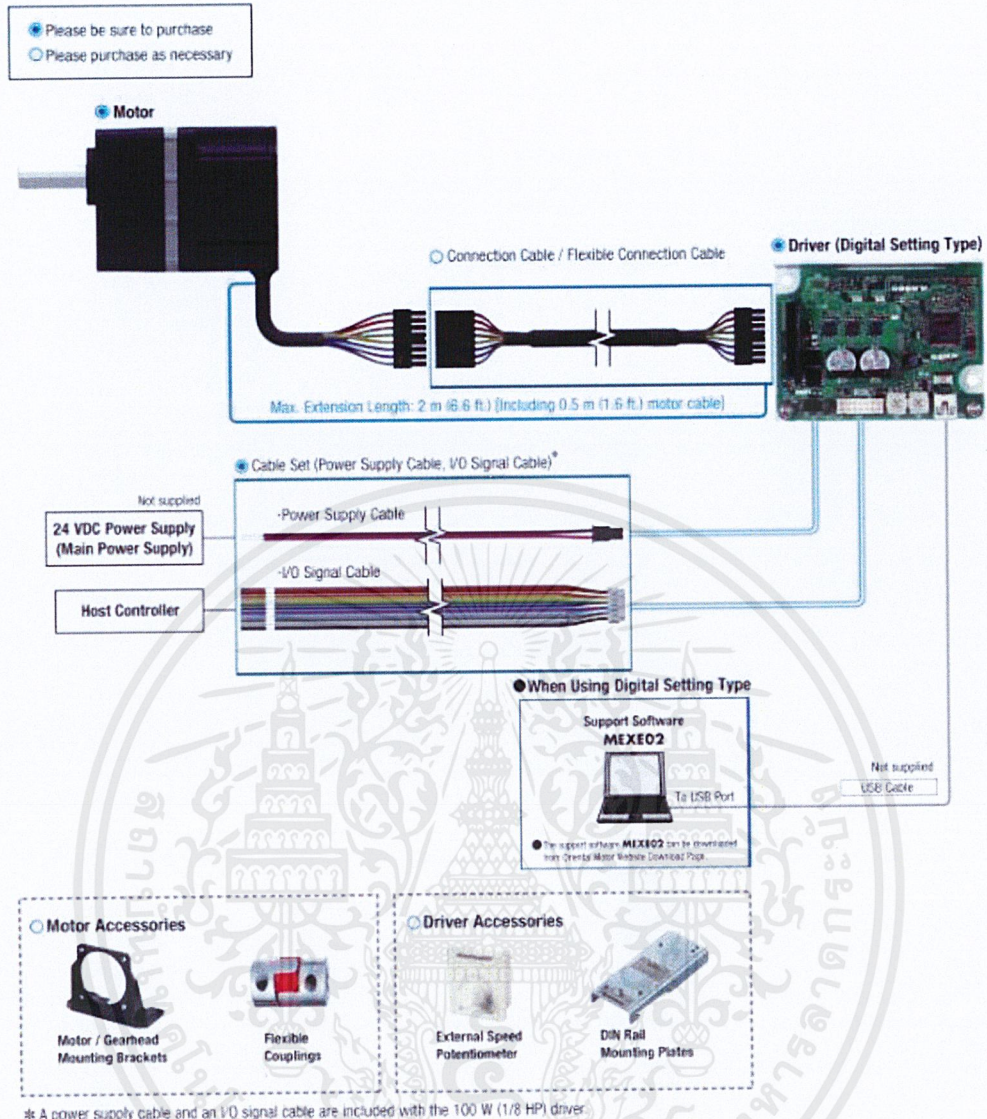
◇ Key (Included)



รูปที่ 2.45 ภาพเขียนแบบมอเตอร์

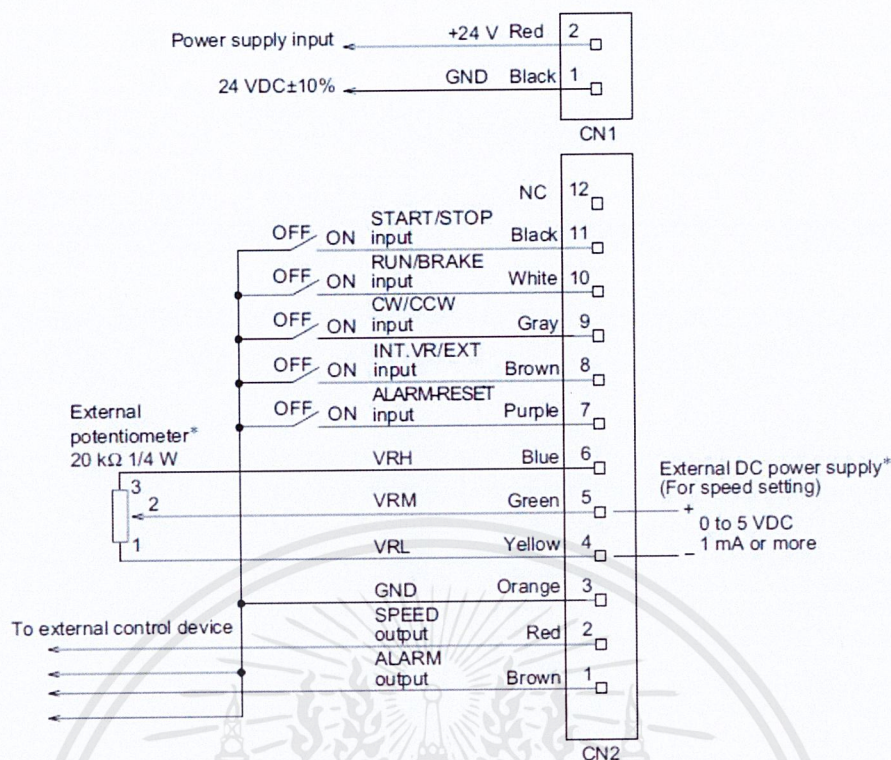
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## System Configuration



รูปที่ 2.46 องค์ประกอบของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.47 การต่อกับบอร์ดไดรฟ์มอเตอร์

#### 2.4.4 Arduino Mega [14]

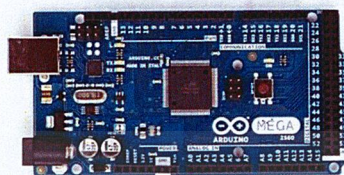
Arduino Mega 2560 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 2.48 ที่ทำงานบนพื้นฐานของ ATmega2560 ซึ่งประกอบด้วย

- 54 Digital Input/Output Pins (15 Pin สามารถใช้เป็น PWM Output ได้)
- 16 Analog Inputs
- 4 UARTs
- 16 MHz Crystal Oscillator (ใช้สำหรับรองความถี่ให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์)
- USB Connection
- ช่องเสียบแหล่งจ่าย
- ICSP Header : In-Circuit Serial Programming (ส่วนที่เป็น AVR ขนาดเล็กสำหรับการโปรแกรม Arduino ซึ่งประกอบด้วย MOSI, MISO, SCK, RESET, VCC, GND)

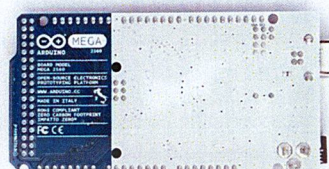
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปุ่มกด Reset

## Arduino Mega 2560



Arduino Mega 2560 R3 Front



Arduino Mega2560 R3 Back

### รูปที่ 2.48 บอร์ดอาร์ดูโน้

โดยบอร์ด Arduino Leonardo นี้มีทุกสิ่งที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์ จำเป็นต้องใช้อย่างการต่อไฟเลี้ยง สามารถทำได้ทั้งการเชื่อมต่อเข้ากับ USB Cable หรือจ่ายไฟด้วย AC-DC Adapter หรือการใช้แบตเตอรี่ ซึ่ง Mega เป็นบอร์ดที่เข้ากันได้กับ Shield ที่ออกแบบมาเพื่อ Arduino Duemilanove หรือ Diecimila

Mega 2560 นี้มีความแตกต่างจากบอร์ดก่อนหน้าตรงที่ไม่ใช้ FTDI USB-to-Serial Driver Chip แต่จะมี ATmega16U2 เข้ามาเป็นโปรแกรมแปลง USB-to-Serial

Arduino Mega2560 Revision 2 มี ATmega8U2 ทำให้อัพเดท Firmware ผ่าน USB Protocol ที่เรียกว่า DFU (Device Firmware Update) ได้ง่ายขึ้น

**Arduino Mega Revision 3 มี Feature ใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นมาดังนี้**

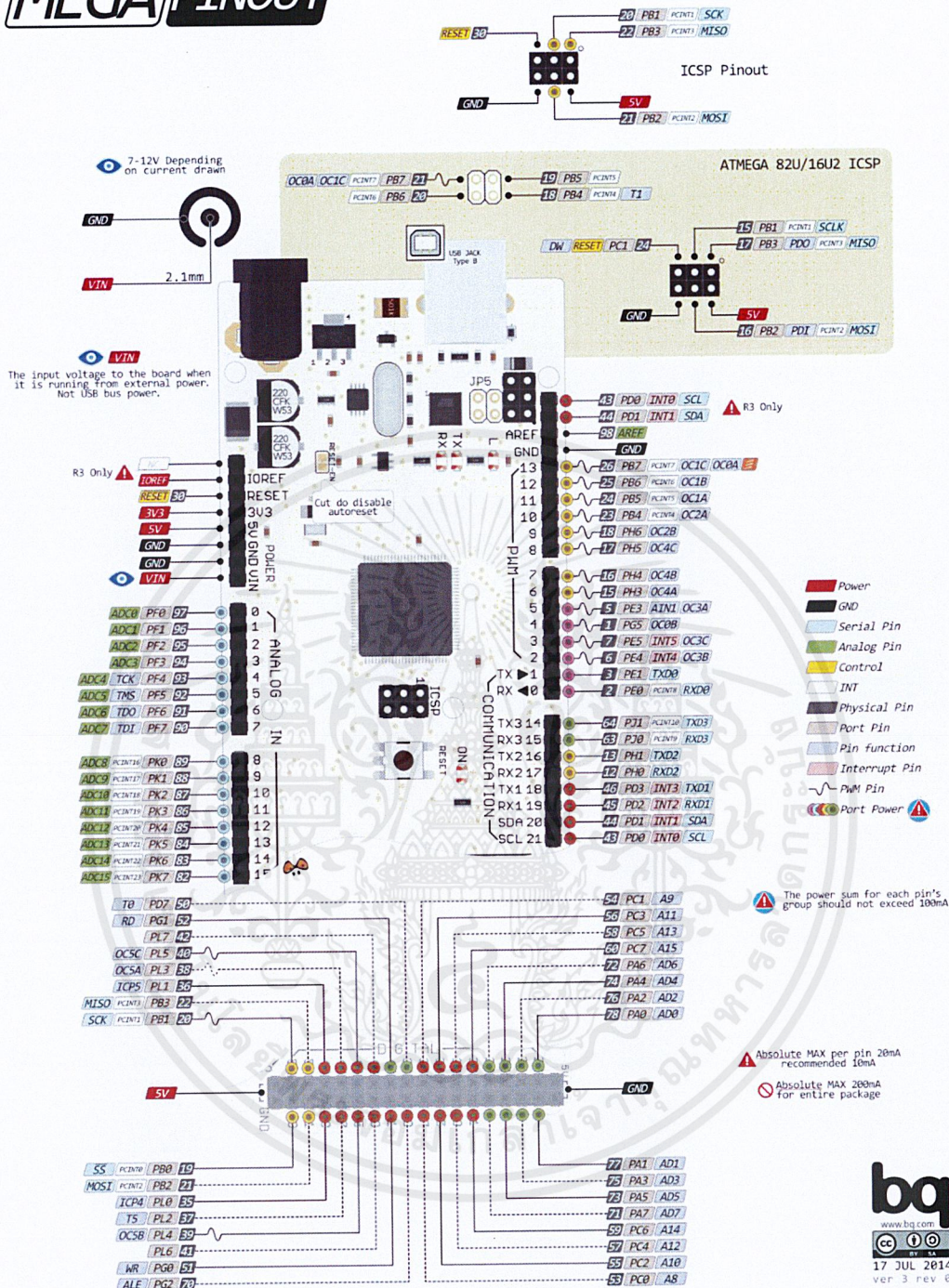
- 1.0 Pinout : เพิ่ม SDA และ SCL (อยู่ใกล้กับ AREF Pin) และอีกสอง Pins ใหม่คือ IOREF เป็น Pin ที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Shields เพื่อแปลงเป็นแรงดันที่ได้จากบอร์ด ส่วนอีก 1 Pin ที่เหลือมีไว้สำหรับใช้ร่วมกับ AVR ในอนาคต

- วงจร Reset ที่ดีขึ้น

- ใช้ ATmega 16U2 แทน 8U2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# MEGA PINOUT



รูปที่ 2.49 พอร์ตของบอร์ด Arduino

## Power

Arduino Mega สามารถเชื่อมรับพลังงานโดยการเชื่อมต่อ Micro USB Connector หรือจาก Power Supply จากภายนอกได้ โดยแหล่งพลังงานจะถูกเลือกโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แหล่งจ่ายจากภายนอกสามารถมาได้จาก AC-to-DC Adapter หรือจากแบตเตอรี่ โดยต่อเข้ากับ 2.1 มิลลิเมตร Center-Positive Plug ไปยังช่องเสียบแหล่งจ่าย และการต่อเข้ากับแบตเตอรี่สามารถทำได้โดยการต่อเข้ากับ GND และ Vin Pin Header ของ Power Connector

บอร์ดสามารถทำงานได้ในช่วงแรงดัน 6 ถึง 20 โวลต์ ถ้าแหล่งจ่ายมีค่าต่ำกว่า 7 โวลต์ อาจส่งผลให้ 5 โวลต์ Pin มีแรงดันที่ต่ำกว่า 5 โวลต์ และบอร์ดอาจจะไม่เสถียร แต่ถ้าหากแรงดันมีค่าสูงกว่า 12 โวลต์ อาจส่งผลให้บอร์ด Overheat และอาจทำให้บอร์ดเสียหายได้ ดังนั้นช่วงแรงดันที่เหมาะสมกับบอร์ดคือ 7 โวลต์ ถึง 12 โวลต์

- VIN เป็น Input Voltage ของบอร์ด Arduino โดยใช้แหล่งจ่ายจากภายนอก
- 5 โวลต์ เป็น Output Pin ที่ควบคุม 5 โวลต์ จากบอร์ด
- 3.3 โวลต์ เป็น 3.3 Volt Supply ที่สร้างขึ้นจาก Regulator บนบอร์ด และให้กระแสได้สูงสุด 50 mA
- GND เป็น Ground Pin
- IOREF เป็น Pin ที่ให้ Voltage Reference กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเลือกค่าแรงดันให้กับ Shield ที่มาเชื่อมต่อกับบอร์ด

### Memory

ATmega2560 มีหน่วยความจำ 256 KB (8 KB ใช้สำหรับ Bootloader) นอกจากนี้ยังมีอีก 8 KB สำหรับ SRAM และ 4 KB สำหรับ EEPROM

### Input and Output

ในแต่ละ Digital Pins ทั้ง 54 Pins บนบอร์ด Arduino Uno สามารถเป็นได้ทั้ง Input และ Output โดยจะทำงานที่แรงดัน 5 โวลต์ และให้กระแสสูงสุด 40 mA

### ฟังก์ชันอื่นๆ เพิ่มเติม

Serial: 0 (Rx) และ 1 (Tx); Serial 1: 19 (Rx) และ 18 (Tx); Serial 2: 17 (Rx) และ 16 (Tx); Serial 3: 15 (Rx) และ 14 (Tx) ใช้สำหรับรับ (Rx) และส่ง (Tx) TTL Serial Data โดย Pin 0 และ 1 จะถูกเชื่อมต่อไปยัง Corresponding Pins ของ ATmega16U2 USB-to-TTL Serial Chip

External Interrupts : 2 (Interrupt 0), 3 (Interrupt 1), 18 (Interrupt 5), 19 (Interrupt 4), 20 (Interrupt 3), 21 (Interrupt 2) Pins เหล่านี้สามารถที่จะกำหนดค่าที่เรียก Interrupt ในค่าต่างๆ ขอบขาขึ้นและลง หรือเปลี่ยนแปลงค่า

PWM : 2 ถึง 13 และ 44 ถึง 46 ให้ Output PWM Output 8-Bits

SPI : 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS) ใช้สำหรับรองรับการสื่อสารแบบ SPI โดยที่ไม่เกี่ยวข้องกับ ICSP Header ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับ Uno, Duemilanove และ Diecimila

LED 13 : เป็น Build-in LED ที่เชื่อมต่อกับ Digital Pin 13 เมื่อ Pin มีค่าเป็น HIGH LED จะติด แต่เมื่อ Pin เป็น LOW LED จะดับ

TWI : 20 (SDA) and 21 (SCL). รองรับการเชื่อมต่อแบบ TWI(I2C)

บอร์ด Mega2560 มี 16 Analog Inputs แต่ละ Pins ให้ความละเอียด 10 Bits

AREF. แรงดันอ้างอิง สำหรับ Analog Input

Reset ใช้ในการ Reset ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทั่วไปจะใช้โดยการเพิ่มปุ่ม Reset ไว้บน Shield เพื่อป้องกันปุ่มที่อยู่บนบอร์ด

### Communication

Arduino Uno สามารถสื่อสารกับคอมพิวเตอร์, Arduino ตัวอื่นๆ หรือ Microcontroller ได้ โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์บนบอร์ดคือ ATmega32U4 จะให้การสื่อสารแบบอนุกรม UART TTL (5 โวลต์) ซึ่งมีอยู่ใน Pins 0 (RX) และ 1 (TX) นอกจากนี้ 32U4 สามารถใช้การสื่อสารแบบอนุกรมผ่าน USB และจะปรากฏเป็น COM Port เสมือนไปยัง Software แต่อย่างไรก็ตามต้องใช้ไฟล์ .inf บนระบบปฏิบัติการ Windows แต่ OSX และ Linux สามารถ Recognize ได้โดยอัตโนมัติ

### Programming

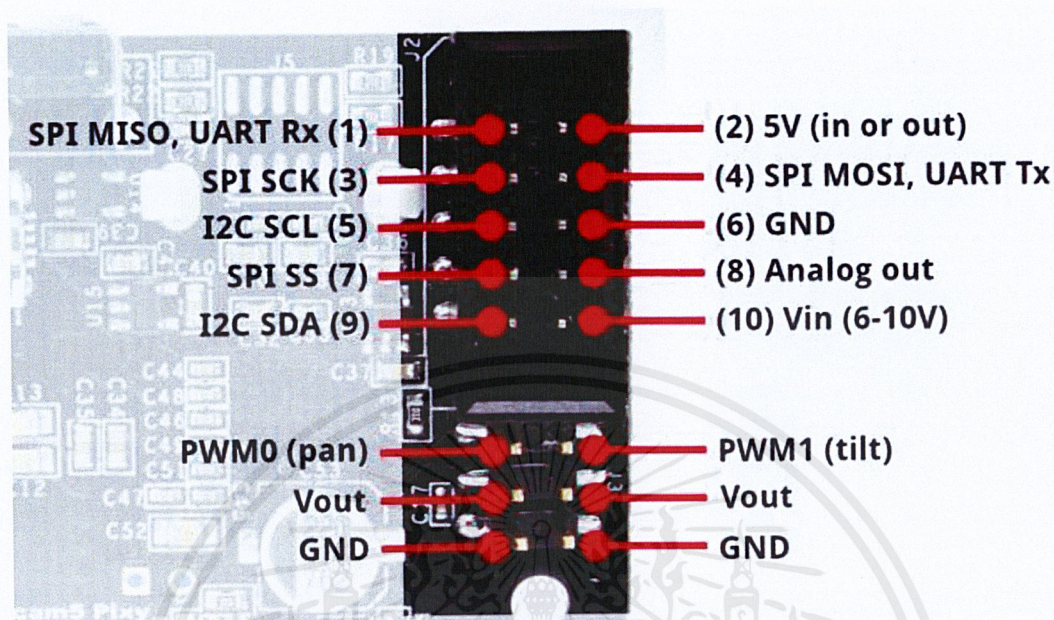
Arduino Uno สามารถรองรับการโปรแกรมด้วย Arduino Software โดยสามารถใช้ได้ทั้งในระบบปฏิบัติการ Windows, Mac OS X และ Linux

#### 2.4.5 Pixy Camera V.2

Pixy2 เป็นรุ่นอัปเดตของโมดูลกล้อง Pixy จากผู้ผลิต Pixy Cam มีขนาดเล็กลง ทำงานได้รวดเร็ว และมีความฉลาดมากขึ้น นอกจากความสามารถในการตรวจจับสีของวัตถุ ยังเพิ่มอัลกอริทึมในการตรวจจับและติดตามเส้นสำหรับใช้ในหุ่นยนต์เดินตามเส้น รวมทั้งสามารถตรวจจับป้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องหมายคำสั่งบนผิวถนนได้อีกด้วย สามารถใช้งานร่วมกับ Arduino หรือ Raspberry Pi ได้ [15]



รูปที่ 2.50 พอร์ตของตัวกล้อง [16]

#### 2.4.6 ESP8266/Node MCU [17]

NodeMCU เป็นบอร์ด Open Source/Hardware มีเฟิร์มแวร์ (Firmware) เป็นฮาร์ดแวร์ที่บรรจุซอฟต์แวร์ ชื่อ ESP8266 เป็นชิปสนับสนุนการทำงานการต่อเชื่อม WiFi อย่างสมบูรณ์ ปัจจุบันกลายเป็นบอร์ดคอนโทรลเลอร์ ได้รับความนิยมกันมาก เนื่องตัวมีขนาดเล็ก ที่มาพร้อมกับ WiFi และกระแสนำใช้งานแบบ IoT ทำให้บอร์ด NodeMCU ตอบสนองความต้องการได้พอดี การต่อเชื่อมกับคอมพิวเตอร์ก็ใช้สาย Mini USB ซึ่งเป็นแบบเดียวกับที่ใช้กับโทรศัพท์มือถือทั่วไปดังรูปที่ 2.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

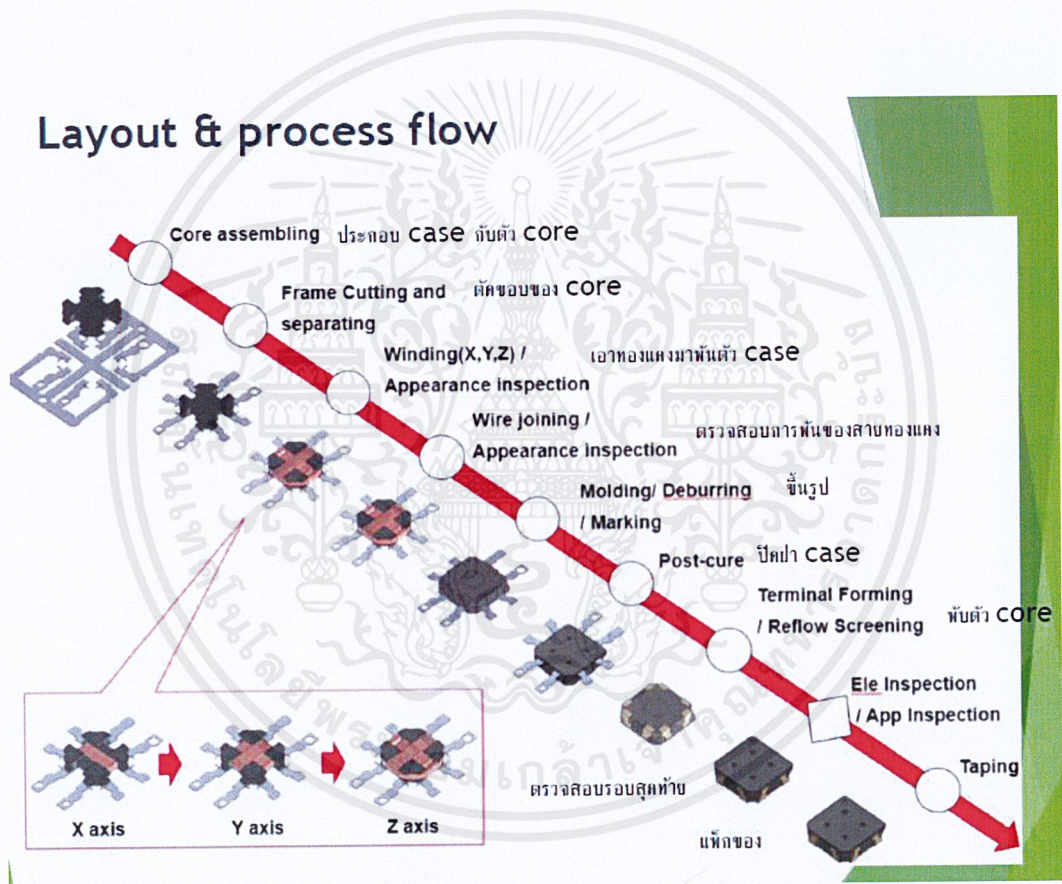


## บทที่ 3

# วิธีการดำเนินโครงการ

### 3.1 ศึกษาและจำลองเส้นทางการลำเลียงพัสดุในโรงงาน

ก่อนที่จะเริ่มสร้างโปรเจกต์นั้นจำเป็นต้องไปสำรวจสถานที่ใช้ในการติดตั้ง หรือสถานที่ที่มีการใช้พาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ (AGV) มาก่อนแล้ว ซึ่งสถานที่ไปสำรวจก็เป็นเส้นทางเดินรถของ Creform ที่ MT300 และศึกษากระบวนการผลิตของโรงงาน MT800 ที่จะใช้พาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ (AGV) ในการลำเลียงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตของโรงงาน MT800

ในการใช้รถ AGV ที่จะใช้การวิ่งนั้น AGV ที่ทางโรงงานได้มอบหมายต้องทำการวิ่งตามเส้นทางในโรงงาน MT800 ซึ่งมี Line Process ดังรูปที่ 3.2 โดยจะเป็น SA Process ที่เป็นเส้นทางลำเลียงการผลิตของโรงงาน และจากการสำรวจในโรงงานนั้นพบว่าจุดที่ใช้ในการรับส่งของ AGV นั้นจะมีจุดในการรับ หรือส่งของทั้งหมดจำนวน 5 จุด ซึ่งมีชื่อจุดแต่ละจุดดังต่อไปนี้

1. จุดลำเลียงของจากจุด Warehouse ไปที่จุด Production Line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

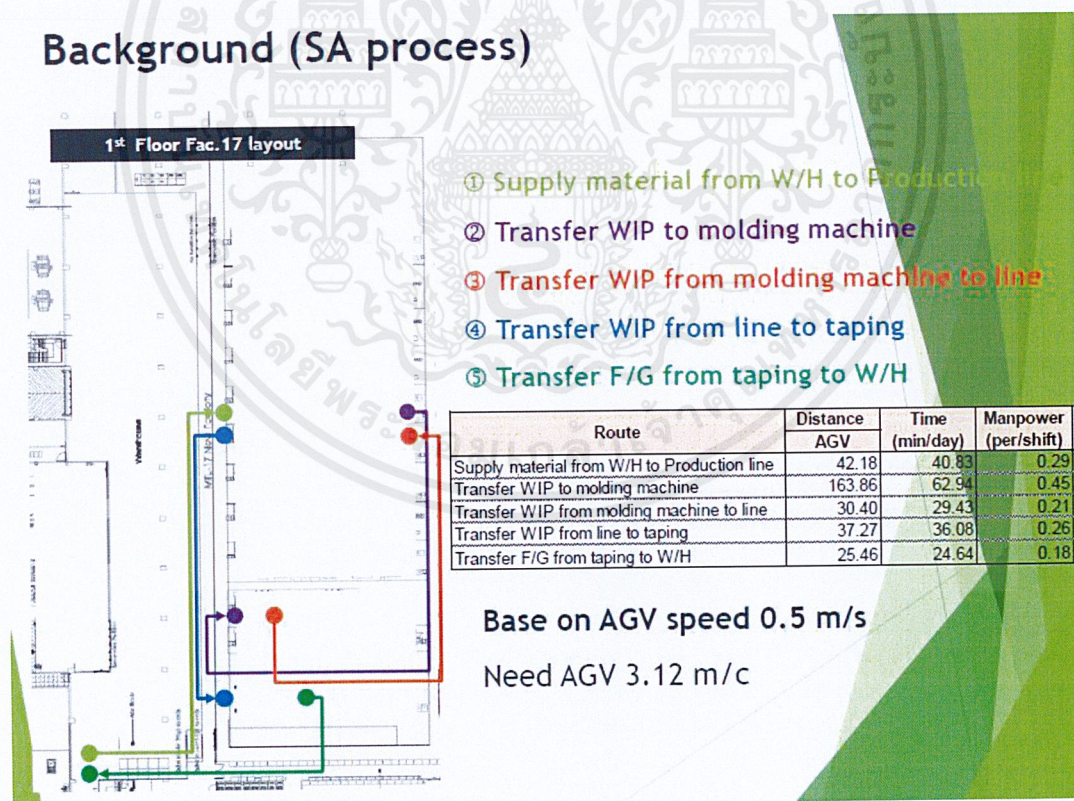
2. จุดส่งของในกระบวนการผลิต (Work In Process) จากจุด Production Line ไปที่จุด Molding Machine

3. จุดส่งของในกระบวนการผลิต (Work In Process) จากจุด Molding Machine ไปที่จุด Line

4. จุดส่งของในกระบวนการผลิต (Work In Process) จากจุด Line ไปที่จุด Taping

5. จุดส่งของสำเร็จรูป (Finish Goods) จากจุด Taping ไปที่จุด Warehouse

โดยในแต่ละเส้นทางในการวิ่งของ AGV นั้นจะมีระยะทางที่คำนวณได้, เวลาที่ใช้ และกำลังคนของแต่ละจุดที่ใช้ในการรับ หรือส่งของ ซึ่งหลักๆ จะมีการกำหนดความเร็วของ AGV ที่โรงงานต้องการมีความเร็วต่ำสุดเท่ากับ 0.5 เมตร/วินาที และต้องการให้ AGV วิ่งใน 1 รอบจากจุดแรกวกกลับมาที่จุดสุดท้าย ซึ่งเป็นจุดแรก ที่ทำการปล่อย AGV นั้นต้องการจำนวน AGV น้อยสุด 3 คันดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 SA Process (เส้นทางที่ใช้ AGV วิ่งจริงในโรงงาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ศึกษาและเริ่มออกแบบโครงพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ

ก่อนที่จะทำการออกแบบโครงพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัตินั้น จำเป็นต้องอ่านข้อมูลทางเว็บไซต์งานวิจัยที่เกี่ยวกับพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ (AGV) หรือศึกษาจากโครงรถ Creform ของโรงงาน MT300 และสำรวจเป้าหมายที่โรงงานว่าต้องการพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ (AGV) แบบไหน ซึ่งเป้าหมายหลักสำคัญที่โรงงานต้องการนั้น คือ ความจุของบน AGV, น้ำหนักรวมของบรรทุกที่ AGV ขับเคลื่อน, ความเร็วต่ำสุดของ AGV, ขนาดของ AGV, งบประมาณที่ใช้ในการสร้าง AGV, เวลาเป้าหมายที่จะสร้างระบบ AGV ให้เสร็จ เป็นต้น ซึ่งเป้าหมายเหล่านี้ได้กล่าวรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลลัพธ์และเป้าหมาย

Item	Target	Result	Judge
Capacity	500 Kpc/line/month	500 Kpc/line/month	G
Reduce Man power	4 person/day	4 person/day	G
M/C loading (kg/times)	>= 250 kg	250 kg	G
M/C speed	0.50 m/sec.	0.50 m/sec.	G
M/C size (W x L x H)	600x1300x500	590x1291x468	G
M/C cost	597 Kbaht	395 Kbaht	G
M/C schedule	End of Nov	End of Nov	G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้เป้าหมายแล้วก็ได้เริ่มทำการออกแบบระบบ AGV ซึ่งขั้นแรกจะเริ่มทำการออกแบบ โดยการเน้นจุดสำคัญไปที่โครง AGV ไม่ว่าจะเป็นโครงกรอบ AGV, โครง AGV หลักที่จะนำมอเตอร์ มาติดตั้ง และใช้ Pin Set ในการลากรถเข็นที่บรรทุกของ เนื่องจากทางแผนกโรงงานไม่เคยทำวิจัย เกี่ยวกับ AGV มาก่อน จึงต้องมีการค้นคว้าหลักการออกแบบ AGV ขึ้นมาแล้วได้ทำการออกแบบ AGV ทางโปรแกรม Solidworks โดยการประกอบชิ้นงานในไฟล์แอสเซมบลีขึ้นเป็นโครง ซึ่งใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ขึ้น และทำการคำนวณเพื่อหาขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้ แต่เมื่อนำเสนอให้ทางแผนก E10 ที่เป็นแผนกที่ทำเครื่องจักรแจกจ่ายให้โรงงานได้ทำการตรวจสอบแล้วพบว่าไม่ผ่าน เนื่องจาก AGV ที่ไม่สามารถใช้วิ่งในโรงงานจริงได้ และจึงต้องเปลี่ยนมาออกแบบโครงเหล็กรูปสี่เหลี่ยมมนกลวงแทนดังรูปที่ 3.3 จึงนำไปสู่การเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่ แล้วส่งผลให้เกิดปัญหาในการคำนวณหาขนาดแบตเตอรี่ที่ใช้ให้สัมพันธ์กับการวิ่ง 8-10 ชั่วโมงดังตารางที่ 3.2

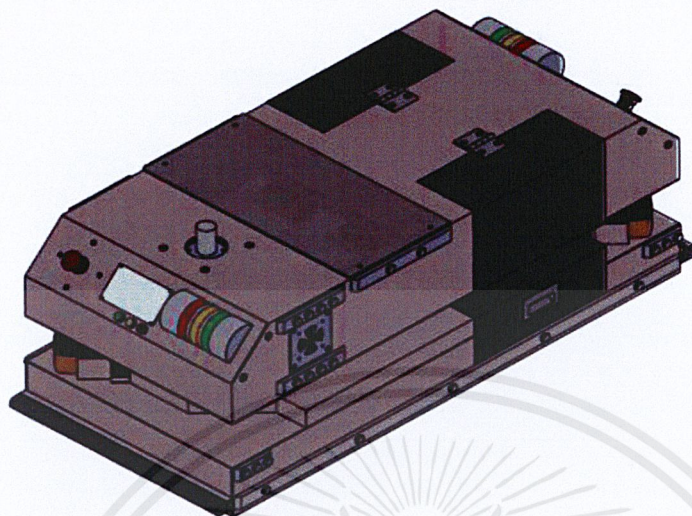
ตารางที่ 3.2 ปัญหาในการออกแบบ

Problem	Cause	Counter measuring	Result
1. Can the structure of the car handle enough torque?	Use aluminum profile	Review design metal cover instead aluminum profile	Already change
2. Is the battery sufficient to operate in one shift?	Considering	Review power consumption of each part	Already change

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Machine structure

### Total view

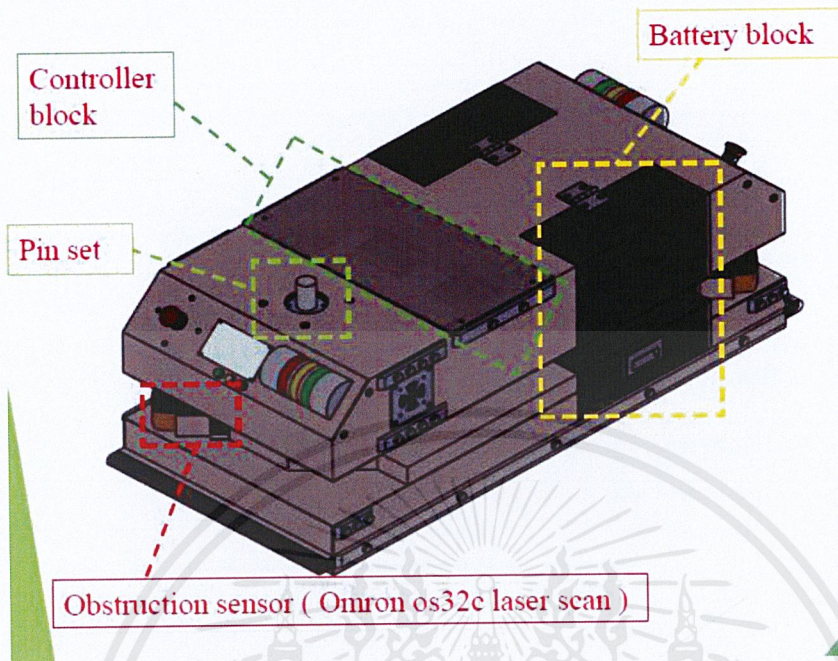


รูปที่ 3.3 ตัวยกรุ่นแบบ 3 มิติ

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบใช้โครงโครงเหล็กรูปสี่เหลี่ยมมนกลางแทนโครงอลูมิเนียมโปรไฟล์ แล้วทำการประกอบโครงโดยใส่ส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้กับ AGV ไม่ว่าจะเป็น Indicator Light, Omron Sensor Laser Scanner, Buzzer 80-90 dB, Monitoring Screen, Electric Pin Set, Electric Bumper, แบตเตอรี่ Block และ Emergency Stop Switch ดังรูปที่ 3.4 และทำการเขียนแบบดังรูปที่ 3.5 ซึ่งเป็นการเขียนแบบมุมที่ 3 ที่ได้จากโครง AGV ที่ทำการออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

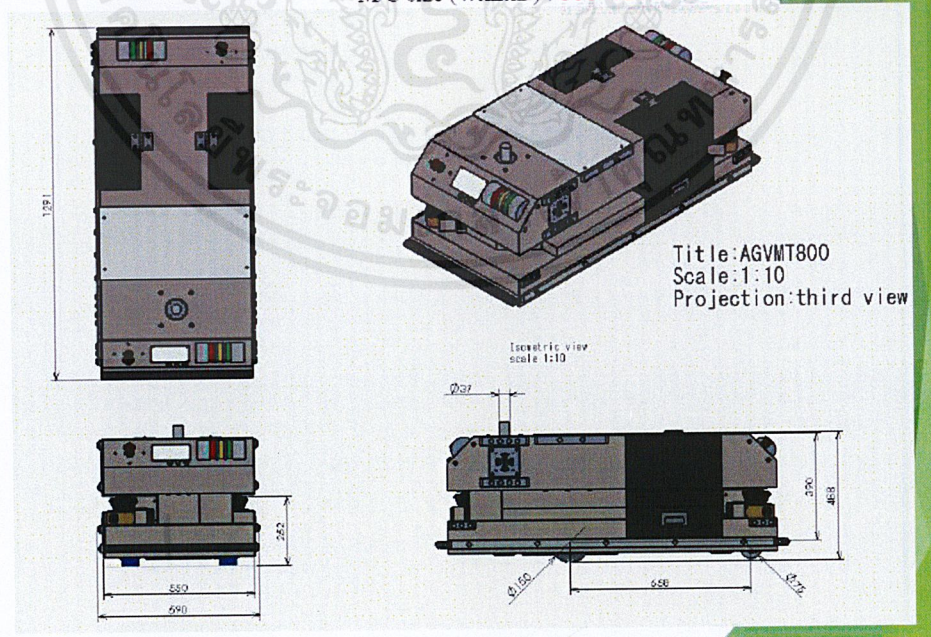
## Machine structure



รูปที่ 3.4 ตั๋วรถในแบบ 3 มิติ (องค์ประกอบหลัก)

## Machine structure

M/C size (WxLxD) : 590x1291x468 mm.



รูปที่ 3.5 ภาพเขียนแบบของโครงรถ

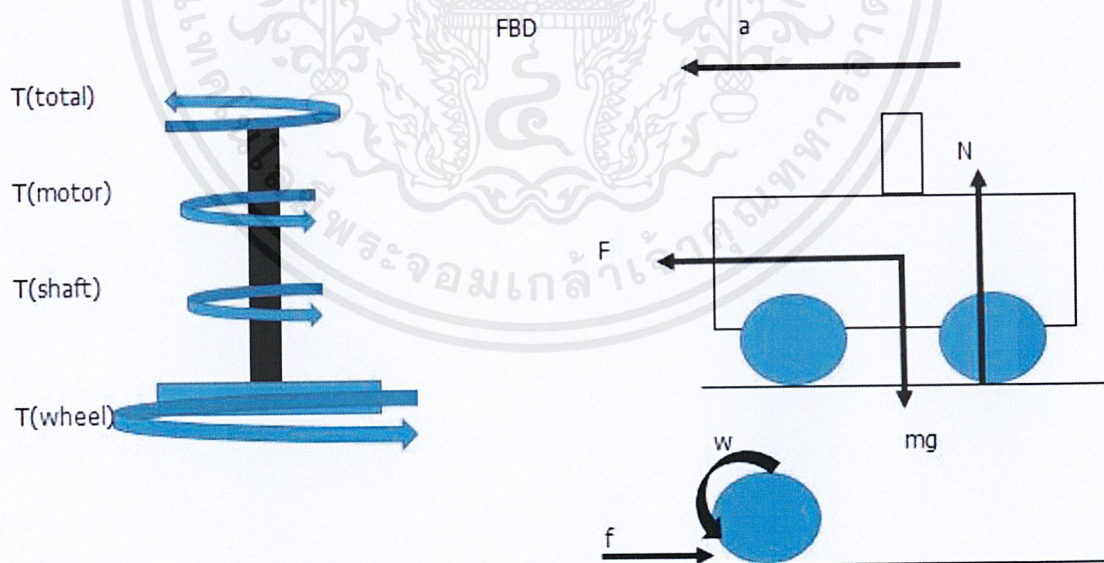
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ศึกษาระบบ IoT, โพรโตคอล MQTT และศึกษาการใช้กล้อง Pixy Camera V.2 ที่ใช้ในการแทรกเส้นตรง

โดยจะศึกษาการใช้ระบบ IoT ซึ่งใช้โปรโตคอล MQTT มาช่วยในการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับตัวรถ และจะใช้กล้อง Pixy Camera V.2 ในการแทรกเส้นโดยส่งข้อมูลให้บอร์ด Arduino แล้วข้อมูลจากบอร์ด Arduino ส่งให้บอร์ด ESP8266 จากนั้นบอร์ด ESP8266 ก็จะส่งข้อมูลที่ได้จากบอร์ด Arduino ส่งขึ้น MQTTBox หรือโปรแกรม Windows บนตัวคอมพิวเตอร์

### 3.4 คำนวณขนาดมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อน และคำนวณความเร็วของรถตามที่โรงงานมอบหมาย

จากที่โรงงานมอบหมายเรื่องขนาดของตัวรถ และระยะเวลาที่รถวิ่งทั้งแบกของและไม่แบกของนั้น จะต้องนำตัวแปรเหล่านี้มาใช้ในการคำนวณในสมการที่ใช้ในการคำนวณ (จาก Textbook : Mechanics of Materials 8th Edition, R.C. Hibbeler) ดังรูปที่ 3.6 และเริ่มทำการคำนวณ โดยกำหนดตัวแปรต่างๆ ดังรูปที่ 3.7



ก. แผนภาพอิสระของเพลลาที่ติดกับล้อ

ข. แผนภาพอิสระของล้อรถ

รูปที่ 3.6 แผนภาพอิสระของรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

given  $v_2 = 0.55 \text{ m/s}$   
 $v_1 = 0 \text{ m/s}$   
 $t_2 = 2 \text{ s}$   
 $t_1 = 0 \text{ s}$   
 $\mu = 0.6$

by I Moment of inertia  
 $\alpha$  angular acceleration  
 $v$  velocity of AGV  
 $\mu$  Friction coefficient  
 $T$  Torque  
 $d$  Diameter  
 $t$  time  
 $r$  radius  
 $m$  mass  
 $a$  linear acceleration  
 $N$  Reaction Force

formula

$$T = I \alpha$$

$$I = \frac{m}{2} (R^2) = \frac{m}{8} (d^2)$$

$$a = \alpha r$$








$$T = I \alpha$$

รูปที่ 3.7 ตัวแปรที่กำหนดที่ใช้ในการคำนวณ

เมื่อได้สมการที่ใช้คำนวณแล้วก็เริ่มทำการคำนวณ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel แล้วทำการคำนวณดังรูปที่ 3.8 เพื่อหาขนาดของมอเตอร์ และขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการติดตั้ง หรือวางบน AGV ซึ่งใช้สมการที่เรียนจากวิชา Mechanics of Materials ชั้นปีที่ 2 ภาคการเรียนที่ 2 โดยอ้างอิงจากหนังสือเรียน (จาก Textbook : Mechanics of Materials 8th Edition, R.C. Hibbeler) และตารางของโมเมนต์ความเฉื่อยมาช่วยในการคำนวณการขับของล้อดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปร่างวัตถุ	แกนหมุน	รูป	โมเมนต์ความเฉื่อย $I$
ทรงกลมตัน มวล $m$ รัศมี $R$	รอบแกน ผ่านจุดศูนย์กลาง		$I = \frac{2}{5} mR^2$
ทรงกลมกลวง มวล $m$ รัศมี $R$	รอบแกน ผ่านจุดศูนย์กลาง		$I = \frac{2}{3} mR^2$
ทรงกระบอกตัน มวล $m$ รัศมี $R$ ยาว $L$	รอบแกน ของทรงกระบอก		$I = \frac{1}{2} mR^2$
ทรงกระบอกกลวง มวล $m$ รัศมี $R$ ยาว $L$	รอบแกน ของทรงกระบอก		$I = mR^2$
แผ่นกลมบาง มวล $m$ รัศมี $R$	รอบแกน ผ่านศูนย์กลาง ตั้งฉากกับแผ่น		$I = \frac{1}{2} mR^2$
แผ่นกลมบาง มวล $m$ รัศมี $R$	รอบแกน ผ่านศูนย์กลาง บนระนาบของแผ่น		$I = \frac{1}{4} mR^2$
แท่งวัตถุเล็ก มวล $m$ ยาว $L$	รอบแกน ผ่านศูนย์กลางมวล ตั้งฉากกับแผ่น		$I = \frac{1}{12} mL^2$

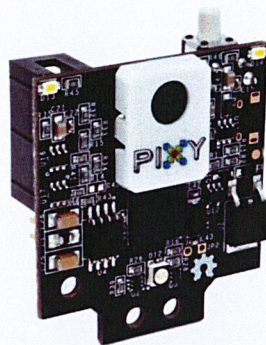
รูปที่ 3.9 ตารางโมเมนต์ความเฉื่อย

### 3.5 ทดสอบกล้อง Pixy Camera V.2 ให้ตรวจจับเส้นดำ

ในการทดสอบพาหนะ โดยนำมาแทรกเส้นดำ ซึ่งจะใช้กล้อง Pixy ดังรูปที่ 3.10 มาใช้เป็นเซนเซอร์ในการนำทางของ AGV และเหตุผลหลักที่ใช้กล้อง Pixy มาใช้นั้น เนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้

1. ต้องการนำเทคโนโลยีเซนเซอร์ในการแทรกเส้นแบบใหม่มาใช้ในโรงงาน
2. ต้องการประหยัดงบประมาณของตัวเซนเซอร์ ซึ่งเซนเซอร์แทรกเส้นที่ขายตามท้องตลาดราคาค่อนข้างแพง และมีความยุ่งยากในการติดต่อผู้ขาย (Vendor)
3. เซนเซอร์กล้อง Pixy นั้นมีโปรแกรมในการปรับระดับค่าต่างๆ ของกล้องได้ง่าย
4. การออกแบบการติดตั้งตัวจับยึดของโครงรถ กับตัวกล้องออกแบบไม่ยาก
5. มี Port สำหรับสื่อสารกับบอร์ด Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 กล้อง Pixy Camera V.2

จากนั้นนำกล้องมาใช้ในการแทรกเส้นดำ โดยการทดลองกรณีการใช้งานกล้อง Pixy Camera V.2 แล้วได้กรณีการทดลองทั้งหมด 5 กรณีดังรูปที่ 3.11 โดยจะสามารถบอกแต่ละกรณีดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ที่เป็นการใช้ตัวกล้องในการแทรกเส้นดำ ซึ่งผลปรากฏว่ากล้องสามารถตรวจจับเส้นดำได้ เนื่องจากกล้องจะอ่านเส้นแล้วทำการส่งข้อมูลไปให้บอร์ด Arduino โดยที่บอร์ดอาร์ดูโน้จะมีไลบรารีของกล้อง Pixy Camera V.2


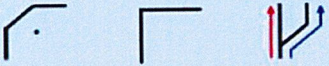


กรณีที่ 2 ที่เป็นการใช้กล้องในการแทรกเส้น 3 ประเภท โดยที่แต่ละประเภทไม่เป็นเส้นตรง และกล้อง Pixy Camera V.2 นั้นสามารถแทรกเส้นดำแบบเลี้ยวได้ เนื่องจากบอร์ด Controller ที่ใช้เป็นบอร์ด Arduino ซึ่งบอร์ดนี้มีไลบรารีมี Syntax หรือฟังก์ชันที่สามารถปรับพิกัดของเส้นตรงระหว่างจุดต้น กับจุดปลายได้จึงสามารถนำมาใช้ควบคุมทิศทางรถให้ทำการเลี้ยวได้

กรณีที่ 3 เป็นการทดสอบการติดตั้งโดยนำโครงจำลองมาครอบตัวรถทดลองที่มีกล้อง Pixy Camera V.2 แล้วให้กล้องแทรกเส้นพบว่ากล้องสามารถแทรกเส้นในที่มืดได้ เนื่องจากตัวกล้องมีไฟ LED ที่ติดตั้งอยู่บน Module ของตัวกล้อง ซึ่งไฟ LED จากกล้องสามารถสั่งเปิด หรือปิดได้ผ่านทางโปรแกรม PixyMon V2

กรณีที่ 4 นั้นจะทำการทดลอง โดยส่งผ่านทาง WiFi ซึ่งจะใช้บอร์ด ESP8266 เป็นบอร์ด WiFi ที่จะรับข้อมูลจากโปรแกรม MQTTbox หรือ Windows โดยใช้โปรโตคอล MQTT ซึ่งใช้ Cloud ของ Google เป็น Server เก็บข้อมูลที่ส่งมาจากโปรแกรมสั่งการ AGV ซึ่งทดสอบ WiFi แล้วได้ผล เนื่องจาก ESP8266 สามารถสื่อสารกับบอร์ด Arduino ได้ผ่านทาง Port Tx และ Rx

กรณีที่ 5 โดยการทดลองนี้มาจากกรณีที่ 2 ถ้ากรณีที่ 2 กล้องสามารถทำได้ ฉะนั้นกรณีที่ 5 กล้องก็สามารถทำได้

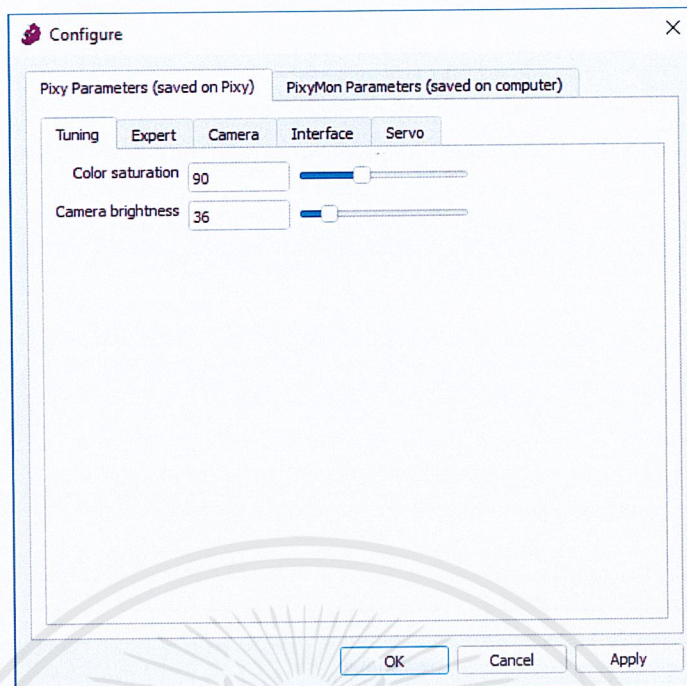
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Item	Purpose	Target	Result	Judge
1	Image processing (PIXY 2) can tracking lining tape in actual situation or not? 	Can detect lining tape	Can detect lining tape	G
2	Turning angle of AGV? R = 0.6m , 90 Degrees , Select 2 way 	Can do 3 type	Can do 3 type	G
3	Accuracy of transportation? 	Can collect cart in position	Can collect cart in position	G
4	MT800 Wi-Fi connection?	Can do	Can do	G
5	Process line width? R = 0.6m , 90 Degrees , Select 2 way 	Can pass	Can pass	G

### รูปที่ 3.11 การทดลองกล้อง Pixy

เมื่อนำกล้องมาลองตรวจจับเส้นดำในพื้นที่ต่างๆ ไปเรื่อยๆ พบว่าบางพื้นที่มีสภาพแวดล้อมแบบปิดมีแสงสว่างเข้ามาบ้างจึงต้องศึกษาการปรับ Brightness กับตัวกล้อง Pixy Camera V.2 ดังรูปที่ 3.12 โดยใช้โปรแกรม PixyMon V2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

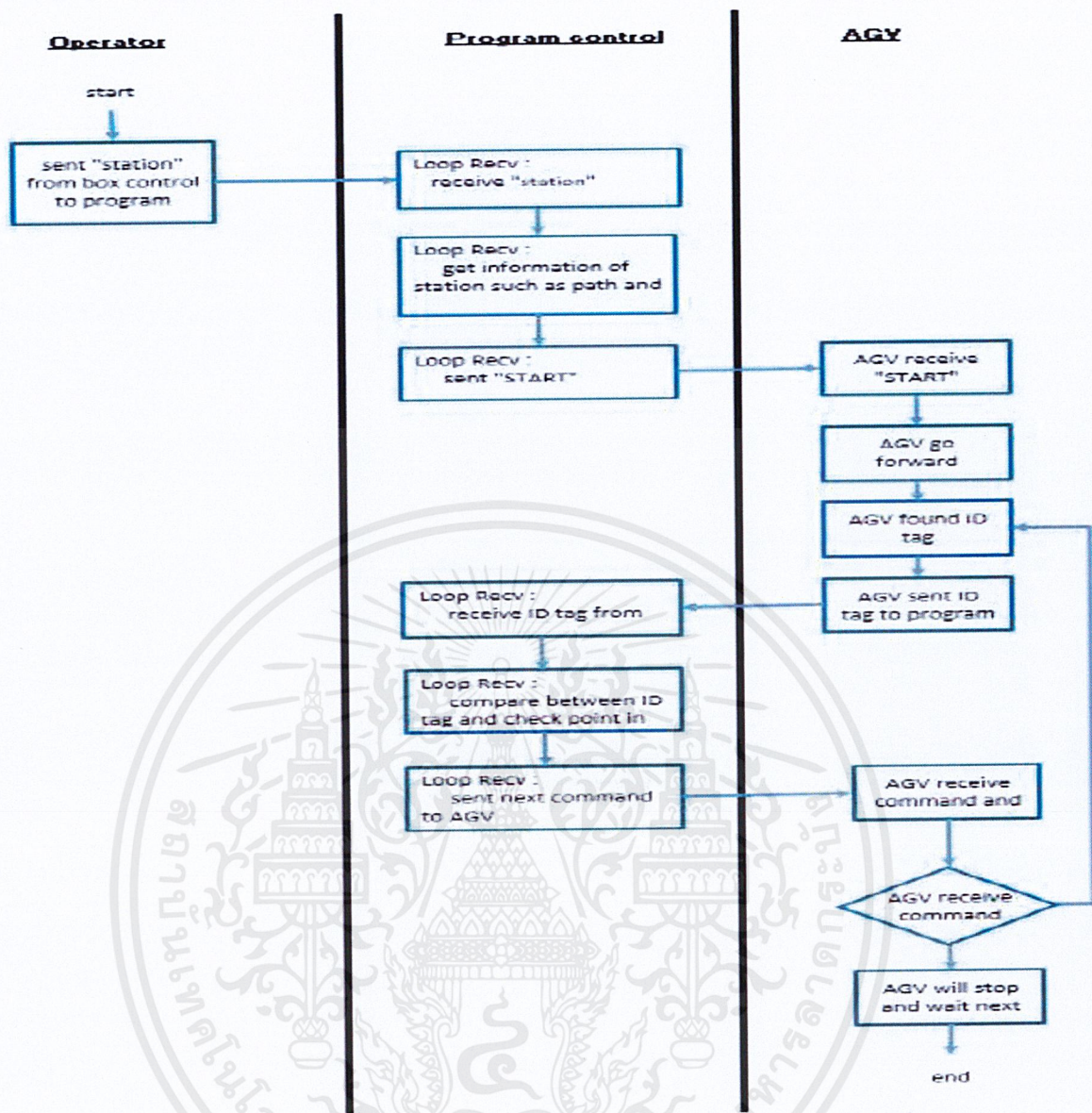


รูปที่ 3.12 การปรับ Brightness ในโปรแกรม PixyMon V2

### 3.6 เขียน Flowchart การ Communicate ของพาหนะลำเลียงพัสดุอัตโนมัติ

ก่อนที่จะนำ AGV ไปวิ่งจริง จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบแผนภาพลำดับการทำงานของการสื่อสารผ่านทางซอฟต์แวร์ กับฮาร์ดแวร์ เพื่อในการเขียนโปรแกรมควบคุม AGV ให้ง่ายสามารถมองภาพรวมของระบบที่จะสั่ง AGV ได้ ซึ่งในการออกแบบการสื่อสารนั้นจะต้องทำการเขียน Flowchart ดังรูปที่ 3.13 โดยหลักๆ จะมี 3 ตัวแปรที่ใช้ในระบบคือ Operator, Program Control และ AGV ซึ่งหลักการสั่งการแบบสรุปก็คือ Operator หรือ Line Switch จะส่งข้อมูลให้ Program Control ผ่านทาง WiFi โดยใช้โปรโตคอล MQTT แล้ว Program Control จะส่งข้อมูลเพื่อให้ AGV ไปยังสถานีเป้าหมาย โดย AGV จะทำการส่งค่าที่ตรวจจับ ID Tag ซึ่งในที่นี้ใช้ Barcode แทน แล้วส่งข้อมูลกลับมาที่ Program Control ผ่านทาง WiFi ด้วยโปรโตคอล MQTT ว่าตอนนี้สถานะ และตำแหน่งของ AGV อยู่ที่ไหน เมื่อ AGV ถึงสถานีเป้าหมายก็จะส่งข้อมูลไปให้ Program Control เช่นกัน แล้ว AGV ก็จะวิ่งกลับมาที่จุดเริ่มต้นตามคำสั่งของ Program Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



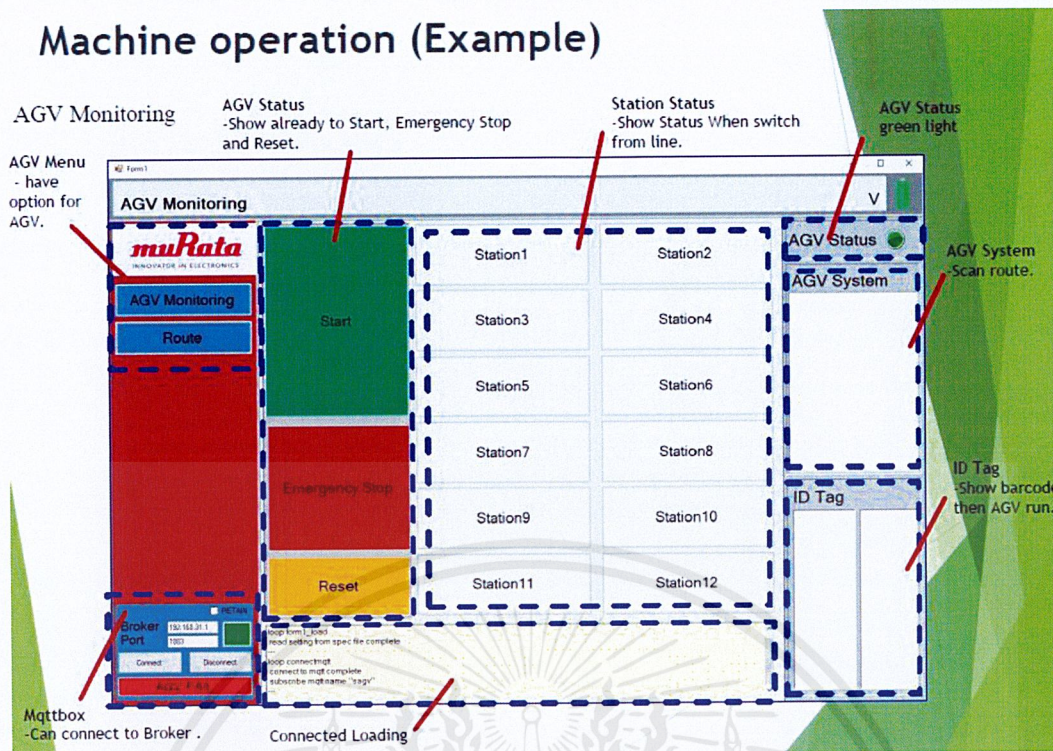
รูปที่ 3.13 Flowchart ของการโปรแกรมระบบ AGV

### 3.7 เขียนโปรแกรม C# เพื่อเขียนหน้าจอ PC

ส่วนนี้จะเป็นการออกแบบและเขียนโปรแกรมสำหรับหน้าจอ Program Control ดังรูปที่ 3.14 โดยใช้โปรแกรม Visual Studio ซึ่งใช้ภาษา C# ในการเขียนโปรแกรม และโปรแกรมที่เขียนนั้นเป็นโปรแกรมที่สามารถแสดงได้บนระบบปฏิบัติการ Windows เท่านั้น เพราะโปรแกรมจะแปลงไฟล์เป็น .exe ซึ่งโปรแกรมนั้นจะมีไลบรารีที่รองรับโปรโตคอล MQTT โปรแกรมจะแสดงองค์ประกอบหลักๆ ตัวอย่าง เช่น Station Status, MQTTBox, ID Tag เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Machine operation (Example)



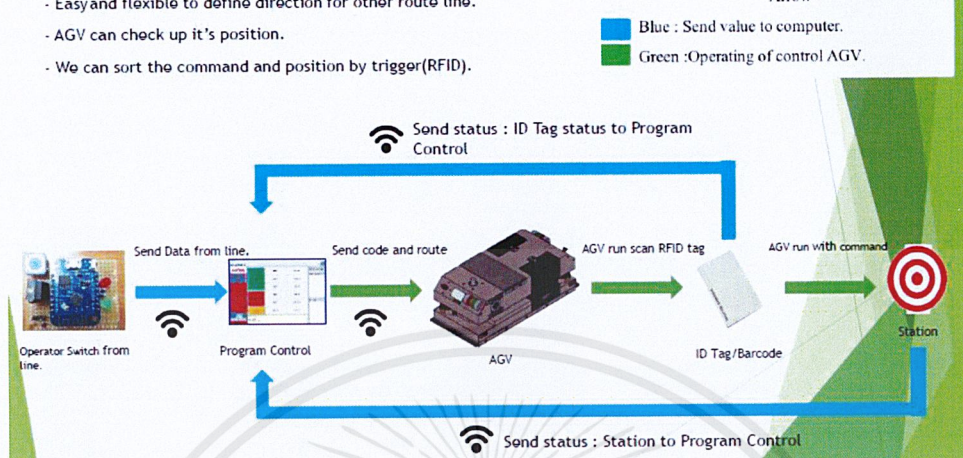
รูปที่ 3.14 หน้าจอโปรแกรมที่ใช้ Control ตั๋วรถบน PC

## 3.8 ออกแบบแผนภาพโปรแกรมการสื่อสาร

หัวข้อนี้เป็นขั้นตอนการออกแบบแผนภาพของโปรแกรมการสื่อสารดังรูปที่ 3.15 ซึ่งหลักการสื่อสารของแผนภาพนี้เริ่มจาก Operation Switch ที่สั่งจาก Line Process แล้วส่งข้อมูลให้ Program Control แล้ว Program Control ก็จะส่งข้อมูล หรือสั่งให้ AGV วิ่งแล้วทำการตรวจจับ ID Tag/Barcode แล้วทำการส่งข้อมูลไปให้ Program Control เพื่อให้ส่วนกลางรู้ว่า AGV อยู่ตำแหน่งของเส้นทางการผลิต และทำให้รู้ว่าจะต้องใช้เวลาเท่าไรในการวิ่งของ AGV ที่จะไปถึง Station/Target เมื่อ AGV ถึงเป้าหมายก็จะส่งข้อมูลให้ Program Control ซึ่งเป็นหน้าต่างโปรแกรม Windows ว่าถึงแล้วแสดงบน AGV Status

## Machine operation (Example)

- Sequential trigger commanding and position
- Send command and position order to AGV by main controller.
- We can define AGV's direction without programming at AGV.
- Easy and flexible to define direction for other route line.
- AGV can check up it's position.
- We can sort the command and position by trigger(RFID).



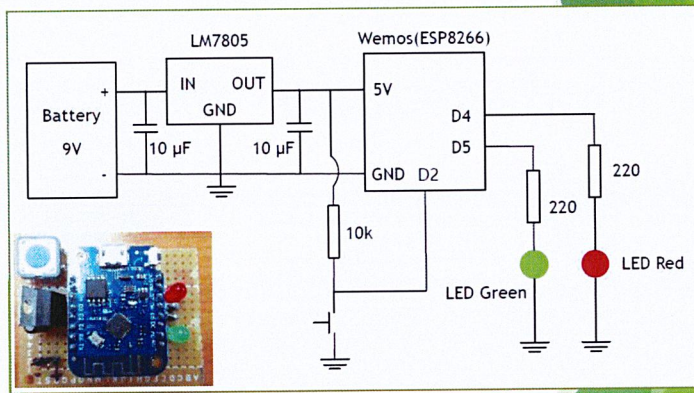
รูปที่ 3.15 แผนภาพโปรแกรมการสื่อสาร

### 3.9 ออกแบบ Line Switch Module

ส่วนนี้จะเป็นการออกแบบ Line Switch ดังรูปที่ 3.16 ซึ่งจะเป็นสวิตช์ที่ใช้ทดสอบในการเรียก AGV โดย Module นี้จะมีบอร์ดหลักคือ บอร์ด ESP8266 เป็นบอร์ด WiFi ที่รับรองโปรโตคอล MQTT เนื่องจากในการเขียนโปรแกรมให้กับตัวบอร์ด ESP8266 นั้น ใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการเขียน ซึ่งมีไลบรารีของบอร์ด ESP8266 และไลบรารี PubSubClient ทำให้บอร์ด ESP8266 สามารถส่งข้อมูลให้ Program Control ด้วยโปรโตคอล MQTT ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Module Design(Line's Switch)



รูปที่ 3.16 โมดูลสวิตช์

### 3.10 ทำรายการขงในการจัดแจงและสั่งของโปรเจกต์

หลังจากทำการ Design ระบบต่างๆ ก็ทำการสร้างตาราง โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อทำการ List รายการของที่จะใช้ในการสร้าง AGV ให้โรงงาน MT800 ซึ่งงบที่บริษัทให้จำนวน 597,000 บาท สำหรับรวมทุกระบบทั้ง AGV Experiment และ AGV ตัวจริงก็ตาม โดยทางแผนก ได้ทำการคำนวณยอดตั้งรูปที่ 3.17 ซึ่งงบที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ 394,741.58 บาท ส่วนมากงบที่สูงมาจากโครง AGV, เซนเซอร์ความปลอดภัย และค่าแรงงาน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Part number	Specification	Q'ty	Unit	Price/Unit	Price
3R-EBB80LL	06-Battery	2	pc	5,900.00	11,800.00
EADN015	Arduino Mega 2560	2	pc	1,893.00	3,786.00
SD-A-287	DC step down 12 V	1	pc	382.00	382.00
SD-A-0006	DC step down 5 V	1	pc	200.00	200.00
SRMK TT-1220 12V/20Ah	06-battery charger	2	pc	5,960.00	11,920.00
DV-0113	battery meter	1	pc	297.00	297.00
A034	Gyro Module (MPU6050)	2	pc	115.00	230.00
	Bumper	2	pc	2,775.60	5,551.20
SJK-BT-50MM	สายแบตเตอรี่รถยนต์ 2 มลิลแฉง	2	pc	1,500.00	3,000.00
SJK-BT-50MM	สายแบตเตอรี่รถยนต์ 2 มลิลฉา	2	pc	1,500.00	3,000.00
509-7633	Battery Terminal, Screw	4	pc	200.00	800.00
OS32C-BP-4M	Obstacle Sensor	2	pc	65,000.00	130,000.00
	Drive wheel	2	pc	500.00	1,000.00
SWE030	Free wheel	2	pc		-
OS32C-CBL-03M	Power cable	1	pc	3,587.13	3,587.13
A102	Bluetooth	1	pc	175.00	175.00
A3384	Fuse	1	pc	80.00	80.00
A051	Shield Arduino Mega	2	pc	135.00	270.00
A606	PCB	2	pc	25.00	50.00
151	Digital DC Voltmeter Ammeter	1	pc	190.00	190.00
A58	Rocker Switch	2	pc	20.00	40.00
CC02AXH2	Extension Cable 1.5m	2	pc	1,590.97	3,181.94
LHS003CC	Power Supply Cable(Analog)	2	pc	244.78	489.56
LHS003CD	Power Supply Cable(Digital)	2	pc	305.94	611.88
PAVR2-20K	External Speed Potentiometer	1	pc	703.51	703.51
PB453	Cable Extension USB	1	pc	247.00	247.00
1597-1557-ND	LCD touchscreen Display	1	pc	1,885.25	1,885.25
wE-302-RYG	Flat-screen LED wall mounted laminated signal lamp	2	pc	1,402.50	2,805.00
	RFID sensor	2	pc	7,500.00	15,000.00
SPU-AVC9993	RFID tag	30	pack	78.83	2,364.90
	Cover AGV	1	set	100,000.00	100,000.00
	Labor cost	1	people	91,094.21	91,094.21
				<b>Summary</b>	<b>394,741.58</b>

รูปที่ 3.17 งบประมาณที่ใช้

### 3.11 ออกแบบ Controller Module ของพาหนะลำเลียงพัสดุดัตโนมิติ

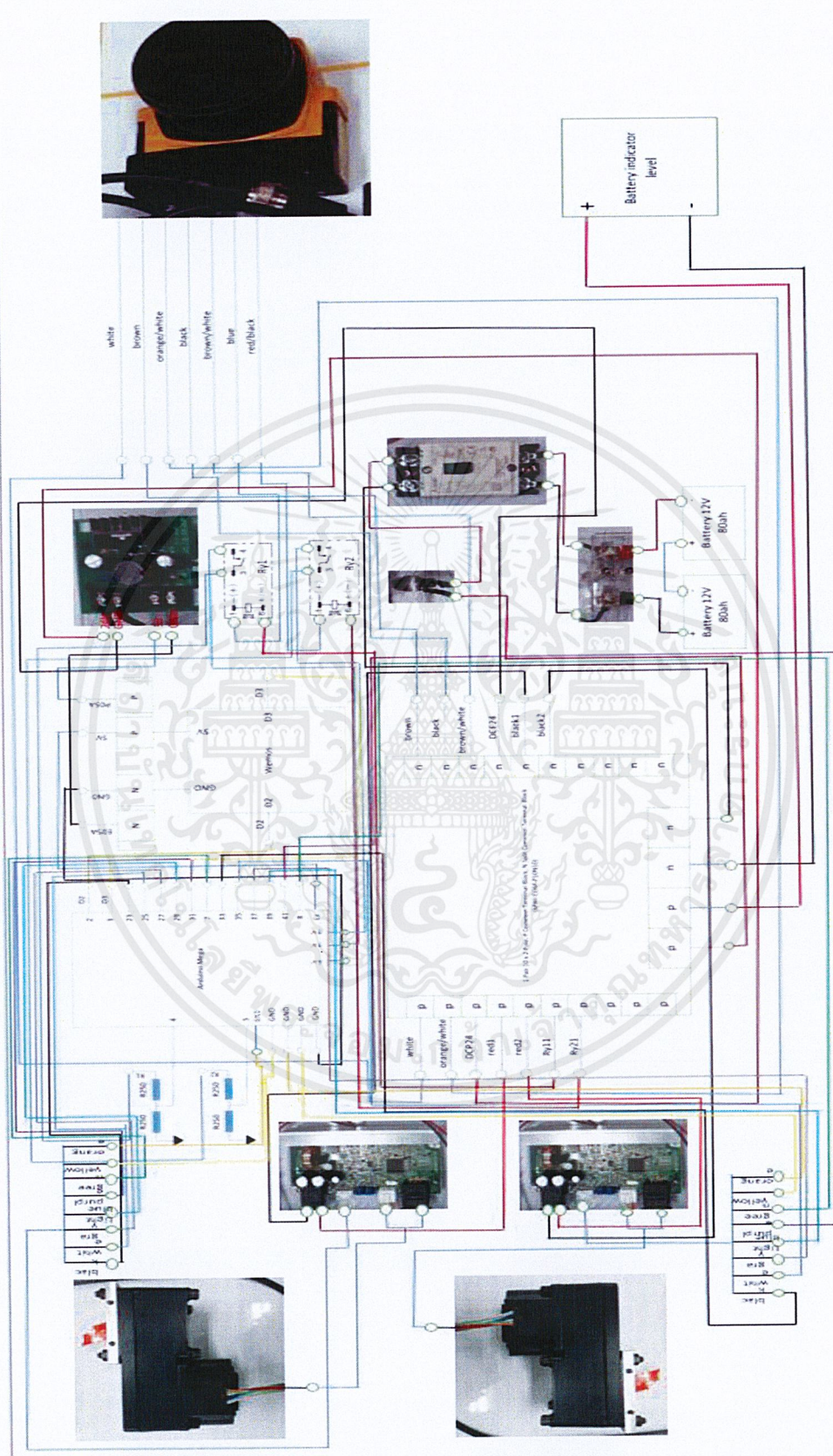
ส่วนนี้เป็นส่วนของการออกแบบ Module สำหรับควบคุม AGV ดังรูปที่ 3.18 โดยได้ทำการทดสอบต่อวงจร ซึ่งใช้อุปกรณ์ที่สั่งจากการทำรายการในหัวข้อที่ 3.10 แล้วได้อุปกรณ์หลักจำพวก เซนเซอร์ความปลอดภัย, แบตเตอรี่, เซอร์กิตเบรกเกอร์, ฟิวส์, วงจรแปลงไฟแบบลดแรงดัน, ที่วัดระดับแบตเตอรี่, มอเตอร์, บอร์ดไดรฟ์มอเตอร์, สายขั้วแบตเตอรี่ตัวแอล และชุด Relay โดยการ ทำงานของ Module นี้หลักมาจากการจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ ซึ่งแบตเตอรี่ที่ใช้มีค่า 12 โวลต์ 80 Ah 2 ก้อน นำมาต่ออนุกรมกันแล้วจ่ายไฟเข้าเซอร์กิตเบรกเกอร์ และฟิวส์ จากการเลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ และฟิวส์นั้นทำให้ทราบว่าต้องใช้นขนาด 10 แอมป์ เนื่องจากมอเตอร์นั้นกินกำลังในวงจรมากที่สุด และแบตเตอรี่ที่ใช้เป็นแบตเตอรี่รถยนต์แบบ Deep Cycle ซึ่งจะดึงกระแสมากที่สุดตาม โหลดที่กินกำลังมากที่สุด ขณะที่กำลังของแบตเตอรี่ที่นำมาต่ออนุกรมกันมีค่าเท่ากับ 1920 วัตต์ และกำลังของมอเตอร์นั้นกินไฟ 100 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ใช้กำลังเท่ากับ 200 วัตต์ ในขณะที่อุปกรณ์ตัวอื่นกินไฟน้อยมากเมื่อกับมอเตอร์จึงไม่ต้องนำมาพิจารณา ซึ่งจะได้ว่ากระแสเท่ากับ 1920 ทหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย 200 เท่ากับ 9.6 แอมป์ (เป็นค่ากระแสสูงสุดที่มอเตอร์ใช้ ซึ่งหมายความว่ามอเตอร์รับ Load สูงสุด หรือ Full Load)

จากนั้นทำการต่ออุปกรณ์จำพวกฟิวส์ และเซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อกันอุปกรณ์ในวงจรเสียหาย นั้น ก็ทำการต่อเซนเซอร์ Laser Scanner ของ Omron ซึ่งเป็นเซนเซอร์ความปลอดภัย, บอร์ด Arduino, บอร์ด ESP8266, บอร์ดไดรฟ์มอเตอร์ และชุด Relay โดยอุปกรณ์เหล่านี้จะเป็นอุปกรณ์ที่จะส่งผลกระทบต่อระบบการทำงานของ AGV ทำให้ AGV เคลื่อนที่ แต่ถ้ามีวัตถุมาขวางหน้า AGV จะทำให้รถค่อยๆ ลดความเร็ว แล้วทำการหยุดฉับพลัน เนื่องมาจากทางแผนกได้ทำการปรับเซนเซอร์สีเหลือง หรือ Laser Scanner โดยใช้โปรแกรม OS32C Configuration Tool ซึ่งทำการทดสอบแค่ 2 โชน ในขณะเดียวกันได้ทำการปรับการทำงานของเซนเซอร์ให้อยู่ในโหมด npn ซึ่งถ้าเซนเซอร์ไม่ทำงานจะจ่าย 24 โวลต์ แต่ทำงานจะจ่ายเป็น 0 โวลต์ แทน ซึ่งนำมาประยุกต์กับการทำงานของชุด Relay โดย Relay ที่ใช้นั้น เป็น Relay ประเภท Normally Open หมายความว่า ถ้าวัตถุเข้าอาณาเขตของ Laser Scanner ในโซนที่กำหนดในระยะภายในที่ทำการปรับไว้ Laser Scanner จะทำการจ่าย 0 โวลต์ทำให้ความต่างศักย์ทางไฟฟ้า หรือแรงดันทางไฟที่จ่ายเข้า Relay นั้นมีค่าเท่ากับ 24 โวลต์ เนื่องจากที่ขั้วฝั่ง Input ของ Relay นั้นได้ต่อไฟ 24 โวลต์ ซึ่งมาจากแบตเตอรี่ทำให้ทางฝั่ง Output ของ Relay ที่ทำการต่อไฟ 5 โวลต์จ่ายไฟเข้า Input Digital ที่บอร์ด Arduino Mega2560 ส่งผลให้บอร์ด Arduino Mega2560 นั้นส่งสัญญาณอนาล็อกไปให้บอร์ดไดรฟ์มอเตอร์ แล้วทำการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ถ้าวัตถุยิ่งเข้าใกล้โซนในมากจนเข้าไปที่โซนที่มอเตอร์ทำการหยุดได้ โดยบอร์ดไดรฟ์ก็จะสั่งให้มอเตอร์หยุด ซึ่งมอเตอร์ที่ใช้เป็น Brushless Motor และมอเตอร์นี้ความสามารถในการเบรคฉับพลันที่แม่นยำมาก แล้ว Arduino ที่ได้รับข้อมูลของสถานะของโซนนั้นก็จะทำการส่งข้อมูลไปให้บอร์ด ESP8266 แล้วส่งให้แสดงสถานะบนหน้าจอ MQTTBox หรือ Program Control ที่เป็นโปรแกรม Windows เขียนด้วยภาษา C#

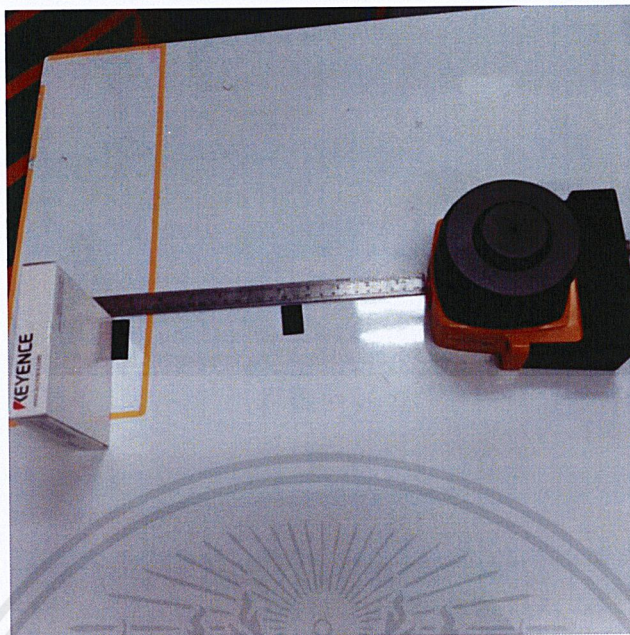
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



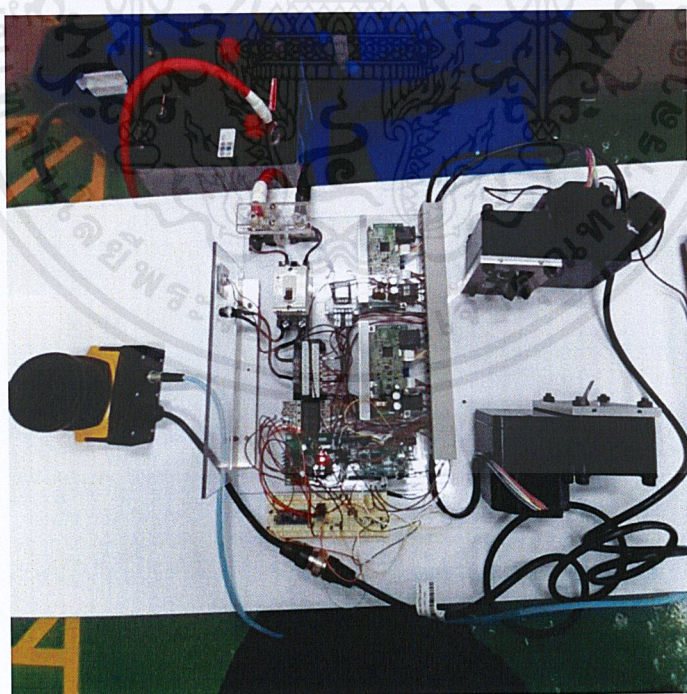
รูปที่ 3.18 แผนภาพการต่อวงจรโมเดลควบคุมรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



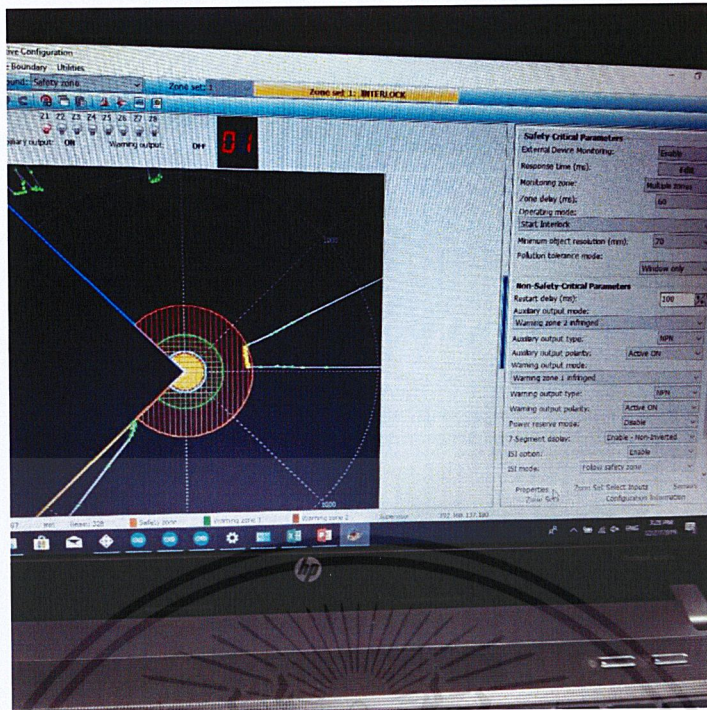


รูปที่ 4.2 ทดสอบโดยการนำวัตถุไปวางขวางหน้า Laser Scanner

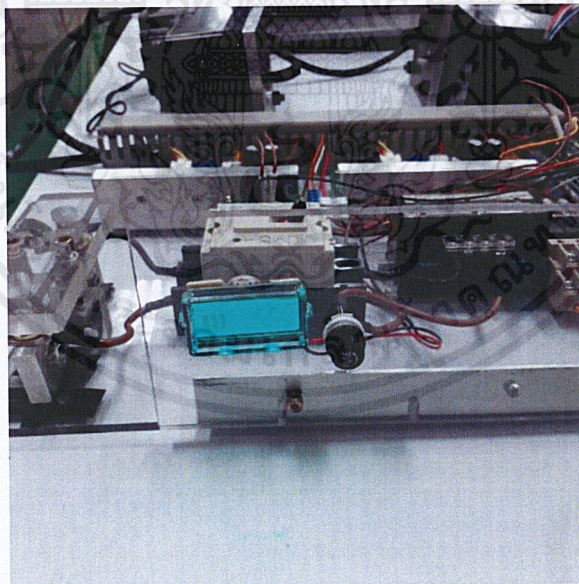


รูปที่ 4.3 ทดสอบวงจรคอนโทรลเลอร์ของตัวรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การตรวจของเซนเซอร์ Omron Laser Scanner ผ่านโปรแกรมบน PC



รูปที่ 4.5 การอ่านระดับของพลังงานจากแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 ปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหา

### 4.3.1 ปัญหาที่พบ

1. ความเสถียรของตัว Controller ที่ควบคุมมอเตอร์ยังไม่เสถียร
2. เรื่อง Safety ของตัวอุปกรณ์
3. มาตรฐานของวงจร

### 4.3.2 วิธีการแก้ไขปัญหา

1. Controller ควรมี Shield ในการป้องกันเช่นหา Cover มาปิดกล่องกันฝุ่นเข้าไปทำอันตรายและทำให้เกิดไฟฟ้าสถิต
2. ควรเขียนแบบวงจรมาตรฐานให้เป็นมาตรฐานแล้วใส่ Safety ลงไปในตัว Module พกการจัดวางอุปกรณ์ และควรระวังการ Short Circuit ของวงจร

## บทที่ 5

# สรุปผลการดำเนินการโครงการและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานในการติดตั้งอุปกรณ์จากบทที่ 4 พบว่ากรณีแรกที่น่ารถไปแทรกเส้นในพื้นที่โรงงาน MT800 นั้น พบว่ารถวิ่งแทรกเส้นยังไม่เสถียรมากนัก เนื่องจากมีสาเหตุมาจากสัญญาณที่ส่งระหว่างบอร์ด Arduino และ ESP8266 นั้นขาดการสื่อสารกันบางช่วง จึงต้องทำการ Reset บอร์ด Arduino และ ESP8266 ใหม่, สาเหตุจากสัญญาณที่ส่งผ่าน MQTT ซึ่งใช้ WiFi ของโรงงานนั้นเป็น Server แล้วตัว PC เป็น Client นั้น สัญญาณอ่อนแอนั้นจึงต้องมีการติดตั้ง Access Point ขึ้นมา เพื่อทำการขยายสัญญาณขึ้น, สาเหตุมาจากเซนเซอร์กล้องที่ใช้แทรกเส้น เนื่องจากพื้นที่ใช้แทรกเส้นนั้น มีจุดที่แสงจากข้างนอกส่องเข้ามายังพื้นที่ใช้ในการวิ่งของตัวรถ จึงต้องมีการปรับพวกแสงของตัวกล้องให้เสถียรตลอดเวลา ส่วนกรณีที่สองคือ Controller Module ที่ใช้ Laser Scanner OS32C ซึ่งวงจรนั้นใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 80 Ah 2 ก้อน กระแสที่สูงอาจทำให้บอร์ด Arduino นั้น Input Digital จากรีเลย์ที่ทำการสับเปลี่ยนโซลีนอยด์ความปลอดภัยผิดพลาด ก็เลยจำเป็นต้องใช้ Voltage Divider เพื่อมาใช้แก้ปัญหา

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำต้นแบบไปทำเป็น Standard ในการพัฒนา AGV ในรุ่นต่อไป
2. AGV ควรมี Safety ของ Controller ที่ต่อกับแบตเตอรี่ เนื่องจากในการทดลองทำงานจริงควบคุม AGV นั้นเป็นวงจรเริ่มแรกและยังไม่มี Standard
3. ยังต้องมีการปรับโครงสร้างเนื่อง AGV ที่ออกแบบเป็น AGV ตัวจริงไม่ใช่ Experiment
4. เนื่องจากบริษัทเพิ่งทำ AGV เป็นครั้งแรกจึงขาดคนให้คำแนะนำที่เกี่ยวกับ AGV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] พงศ์เทพ ดวงเมศ. (2550). การพัฒนาระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจีวี.  
ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [2] จักรพันธ์ สุริยกุล ณ อยุธยา. (2555). การศึกษาผลกระทบของปัจจัยในการใช้งาน AGV ต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง.  
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ) คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
- [3] นิพนธ์ เรื่องวิริยะนันท์,มานะ ทะนะอัน. (2554). การศึกษาารถขนส่งวัสดุในโรงงาน.  
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
- [4] ไพโรจน์ เหลืองวงศกร. (2559). ระบบรักษาความปลอดภัยที่บ้านโดยใช้ESP8266 Home Security by ESP8266  
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
- [5] T. Ferreira<sup>1</sup> & I.A. Gortach<sup>1\*</sup>. (2016). DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED GUIDED VEHICLE CONTROLLER USING A MODEL-BASED SYSTEMS ENGINEERING APPROACH.  
South African Journal of Industrial Engineering
- [6] Rajeev K Piyare, Member, IAENG, and Ravinesh Singh. (2011). Wireless Control of an Automated Guided Vehicle.  
Proceeding of the International MultiConference of Engineerings and Computer Scientists

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [7] DC แบบไร้แปรงถ่าน (BLDC) (Online) 3 สิงหาคม 2563.  
Available : <https://th.element14.com/motor-control-brushless-dc-bl-dc-technology>
- [8] เฉลิมพล เรื่องพัฒนาวิวัฒน์\* และยุทธนา กันทะพะเยา. (2559). การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงไร้แปรงถ่านด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับจักรยาน สามล้อไฟฟ้า. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
- [9] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (2560). การศึกษาเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า
- [10] วัชรกร หนูทอง, อนุกุล น้อยไม้ และปรีนันทน์ วรณสว่าง. (2547). RFID เทคโนโลยีสารพัดประโยชน์
- [11] Omron. (2010-2015). Safety Laser Scanner OS32C Series User's Manual.
- [12] รายละเอียดแบตเตอรี่โซล่าเซลล์ 3K EBB80 (Online) 5 กันยายน 2562.  
Available : [www.saraphanbattery.com](http://www.saraphanbattery.com)
- [13] Item # BLHM5100KC-200FR / BLHD100K (Online) 10 สิงหาคม 2562.  
Available : <https://catalog.orientalmotor.com/item/blh-series-brushless-dc-motor-speed-control/100w-blh-brushless-dc-motor-speed-control/blhm5100kc-200fr-blhd100k>
- [14] ศึกษาข้อมูลของบอร์ด Arduino Mega2560 (Online) 23 กันยายน 2562.  
Available : <http://mbeddedweekly.blogspot.com/2014/08/arduino-mega2560.html>
- [15] Pixy 2 CMUcam5 Image Sensor (Online) 20 สิงหาคม 2562.  
Available : <https://www.thaieasyelec.com/pixy-2-cmucam5-image-sensor.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[16] How to talk to Pixy2 (Online)

Available : [https://docs.pixycam.com/wiki/doku.php?id=wiki:v2:porting\\_guide](https://docs.pixycam.com/wiki/doku.php?id=wiki:v2:porting_guide)

[17] ชีระพล ลิ้มศรีทธา. (2560). เอกสารประกอบการอบรม การใช้ NodeMCU กับงาน IoT.

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นายณัฐชนน จิรรัตน์กุลชัย
วัน เดือน ปี เกิด	27 มีนาคม พุทธศักราช 2541
ที่อยู่ปัจจุบัน	25/82 หมู่ 2 ตำบล บึงคำพร้อย อำเภอ ลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12150
เบอร์โทรศัพท์	0959722083, 0959502031
E-mail	<a href="mailto:59010413@kmitl.ac.th">59010413@kmitl.ac.th</a>
ประวัติการศึกษา	<p>พุทธศักราช 2548-2553 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา จากโรงเรียนอุดมศึกษา รังสิต</p> <p>พุทธศักราช 2554-2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ ลำลูกกา</p> <p>พุทธศักราช 2557-2559 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สายการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ จากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต</p> <p>พุทธศักราช 2560-2563 ศึกษาในระดับอุดมศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร</p>
ประวัติการทำงาน	<p>พุทธศักราช 2562 ฝึกงาน บริษัท มูราตะ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (ออฟฟิศกลางโรงงาน) แผนก MTE40</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้