หุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร

The Cartesian robot using the machine vision system

พสิษฐ์ ลิ้มจิตสมบูรณ์

ภัสสร โซวเซ็ง

สมพล ธณีบุญ

สุชานันท์ สอนสังข์

อสมาภรณ์ ศรีวิลาศ

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า แขนงวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ. 2562

The Cartesian robot using the machine vision system

Pasit Limjitsomboon
Patson Sowseng
Sompon Taneeboon
Suchanan Sonsung
Asamaporn Srivilas

This Project Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Bachelor of Science in Technical Education Program in Major of Computer Engineering. Electrical Engineering. Faculty of Industrial Education. Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

2019

ใบรับรองโครงงาน

ชื่อโครงงาน	หุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร		
ชื่อนักศึกษา	นายพสิษฐ์	ลิ้มจิตสมบูรณ์	รหัสนักศึกษา 035950504018 – 8
	นางสาวภัสสร	โชวเชิง	รหัสนักศึกษา 035950504020 – 4
	นายสมพล	ธณีบุญ	รหัสนักศึกษา 035950504008 – 9
	นางสาวสุชานันท์	สอนสังข์	รหัสนักศึกษา 035950504010 – 5
	นางสาวอสมาภรณ์	ศรีวิลาศ	รหัสนักศึกษา 035950504011 – 3
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า แขนงวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ขนิษฐา ดีสุบิน		

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า แขนงวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ว่าที่ ร.ต.พรชัย เตชะธนเศรษฐ์)
รักษาราชการในตำแหน่ง
หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบโครงงาน

..... ประธานกรรมการ
(ดร.ขนิษฐา ดีสุบิน)

..... กรรมการ
(ดร.มนตรี บุญเรืองเศษ)

..... กรรมการ
(อาจารย์อัมภาภรณ์ พีรวณิชกุล)

ชื่อโครงงาน	หุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร		
ชื่อนักศึกษา	นายพสิษฐ์	ลิ้มจิตสมบูรณ์	รหัสนักศึกษา 035950504018 – 8
	นางสาวภัสสร	โซวเซ็ง	รหัสนักศึกษา 035950504020 – 4
	นายสมพล	ธณีบุญ	รหัสนักศึกษา 035950504008 – 9
	นางสาวสุชานันท์	สอนสังข์	รหัสนักศึกษา 035950504010 – 5
	นางสาวอสมาภรณ์	ศรีวิลาศ	รหัสนักศึกษา 035950504011 – 3
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า แขนงวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ขนิษฐา ดีสุบิน		

บทคัดย่อ

โครงงานหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาหลักการประมวลผลภาพแบบอัตโนมัติโดยใช้กล้องเว็บแคม 2) เพื่อสร้างหุ่นยนต์หยิบจับและวางชิ้นงานจากการประมวลผลและการสั่งการด้วยคอมพิวเตอร์ และ 3) เพื่อพัฒนาโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ในการรับคำสั่งและประมวลผลผ่านคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อ Wifi กับบอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์

จากการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักรสรุปผลได้ดังนี้ 1) เมื่อนำหุ่นยนต์ที่สร้างมาทำตามภารกิจที่กำหนดไว้ หุ่นยนต์สามารถวิ่งตามโปรแกรมที่เขียนขึ้นและสามารถทำตามภารกิจที่กำหนดไว้ได้ 2) การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เกิดปัญหา เพราะเนื่องจากปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่างๆ ของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ทำให้เกิดความผิดพลาดในการเคลื่อนที่ และ 3) ภาพที่ได้จากกล้องเว็บแคมโดยผ่านการประมวลผล สามารถค้นหาวัตถุและทำงานตามคำสั่งที่ต้องการได้

(จำนวนทั้งสิ้น 117 หน้า)

Title	The Cartesian robot using the machine vision system		
Student	Mr. Pasit	Limjitsomboon	NO. 035950504018 – 8
	Ms. Patson	Sowseng	NO. 035950504020 – 4
	Mr. Sompon	Taneeboon	NO. 035950504008 – 9
	Ms. Suchanan	Sonsung	NO. 035950504010 – 5
	Ms. Asamaporn	Srivilas	NO. 035950504011 – 3
Major	Electrical engineering miner Computer engineering		
Advisor	Dr.Kanittha Deesudin		

Abstract

Projects robot Cartesian coordinate system uses machine vision. Has the following objectives: 1) to study the principles of image processing using an automatic camera 2) to build a robotic pick and place an object from compile and process instruction , and 3) to develop the robotic operation programming received instruction process via a computer with wifi connection and microcontroller board.

The test run of the robot Cartesian coordinate system used to seeing. Summary of results are as follows: 1) When the robot is made to follow the defined mission. The robot can run applications written and can follow a defined mission, 2) the movement of the robot crashes because the factors and conditions hardware and software Made the mistake of moving, and 3) images from a webcam through processing can find objects and obey the instructions they need

(Total of 117 pages)

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักรนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ดร.ขนิษฐา ดีสุบิน อาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ประจำแขนงวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิด ช่วยเหลือตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่อง ดูแลเอาใจใส่ และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งอย่างยิ่งและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

โครงงานนี้ได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ขอขอบพระคุณ บิดา และมารดา ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่ง รวมถึงญาติ พี่ น้อง และเพื่อน ที่ให้กำลังใจและการสนับสนุนช่วยเหลือตลอดมา

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือในการทำโครงงาน

ขอขอบคุณ ดร.มนตรี บุญเรืองเศษ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ให้คำปรึกษา คำชี้แนะ และคำแนะนำเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมของการควบคุมตัวหุ่นยนต์

ขอขอบคุณ อาจารย์ไกรศักดิ์ โพธิ์ทองคำ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ให้คำปรึกษา คำชี้แนะ และคำแนะนำเกี่ยวกับชิ้นส่วน อุปกรณ์ ในการสร้างหุ่นยนต์ รวมถึงเทคนิคและวิธีการในการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

คุณค่าและประโยชน์ทั้งหมดที่เป็นผลประโยชน์จากโครงงานนี้ คณะผู้จัดทำขอมอบเพื่อทดแทนคุณแด่บิดา มารดา และคณาจารย์ทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง

พสิษฐ์	ลิ้มจิตสมบูรณ์
ภัสสร	โซวเซ็ง
สมพล	ธณีบุญ
สุชานันท์	สอนสังข์
อสมาภรณ์	ศรีวิลาศ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปประกอบ	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ปัญหาและที่มาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	3
1.5 แผนการดำเนินงาน	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.7 นิยามศัพท์	5
2. ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 หุ่นยนต์และหุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรม	6
2.2 อุปกรณ์นำเข้าและส่งออกของข้อมูล	14
2.3 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์	16
2.4 โปรแกรม LabVIEW2017	19
2.5 การประมวลผลภาพ	28
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
3. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	36
3.1 วิธีการดำเนินการสร้าง	36
3.2 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน	38
3.3 การออกแบบหุ่นยนต์	38
3.4 ขั้นตอนการประกอบตัวหุ่นยนต์ต้นแบบ	39
3.5 แผนภาพแสดงการทำงานของหุ่นยนต์ต้นแบบ (Use Case Diagram)	60
4. ผลการดำเนินงาน	61
4.1 หุ่นยนต์ที่ประกอบเสร็จ	61
4.2 วิธีการทดสอบ	62
4.3 ผลการทดสอบ	66

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	4.4 ผลสำเร็จของการดำเนินงาน	67
	5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	68
	5.1 สรุปผลการทดลอง	68
	5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน	68
	5.3 ข้อเสนอแนะ	69
บรรณานุกรม		70
ภาคผนวก		71
ผนวก ก	คู่มือการใช้งานหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร	72
ผนวก ข	โปรแกรมควบคุมการทำงานหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร	77
ผนวก ค	รายการงบประมาณ	111
ประวัติผู้จัดทำ		113

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1.1	พิกัดคาร์ทีเซียนสามมิติ (ระบบพิกัดฉากสามมิติ)	5
2.1	หุ่นยนต์ชนิดติดตั้งอยู่กับที่ (fixed robot)	7
2.2	หุ่นยนต์ชนิดเคลื่อนที่ได้ (mobile robot)	7
2.3	Cartesian Robot Work Envelop Of Cartesian Robot	8
2.4	องค์ประกอบของระบบควบคุมหุ่นยนต์	9
2.5	ตัวหุ่นยนต์ยี่ห้อต่างๆ	10
2.6	แสดงโครงสร้างของท่อนแขนของตัวหุ่นยนต์	11
2.7	ข้อต่อ (Joint) ของหุ่นยนต์	12
2.8	องค์ประกอบของระบบควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติ	13
2.9	สวิตช์ตรวจจับการชน	14
2.10	ไมโครคอลโทรลเลอร์ รุ่น NATION INSTRUMENTS NI myRIO	15
2.11	กล้องเว็บแคมแบบมีสาย	15
2.12	กล้องเว็บแคมแบบไร้สาย	16
2.13	เฟืองตรง (Spur Gears)	17
2.14	เฟืองสะพาน (Rack Gears)	17
2.15	โครงสร้างของ AC servo Motor	18
2.16	โครงสร้างของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	19
2.17	โครงสร้างและการทำงานของ AC Servo Motor	19
2.18	แสดงลักษณะของ Front Panel	20
2.19	แสดง Object ที่อยู่บน Front Panel ของ LabVIEW	21
2.20	แสดง Controls Palette ที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel	21
2.21	แสดง Tools Palette ที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel	22
2.22	ตัวอย่าง Block Diagram	22
2.23	แสดงตัวอย่าง Block Diagram Node	23
2.24	แสดงเครื่องมือสำหรับ Dam – Data Acquisition	23
2.25	แสดงลักษณะทั่วไปของ Icon และ Connector	24
2.26	แสดงข้อมูลประเภท Numeric	25
2.27	แสดงข้อมูลประเภท Boolean	25
2.28	แสดง Block Diagram ของ LabVIEW	27
2.29	แสดง Block Diagram เครื่องมือวัดที่สร้างจาก LabVIEW	27
2.30	อุปกรณ์พื้นฐานในการประมวลผลภาพ	28
2.31	การกระทำการกับภาพแบบจุด	31

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.32	ค่าระดับความเข้มเทาของภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด	32
2.33	ขอบภาพชนิดต่างๆ	33
2.34	การประมวลผลภาพในแต่ละแบนด์ย่อยของแบบจำลองสี RGB	34
2.35	การเปลี่ยนแบบจำลองสี RGB เป็นแบบจำลองสี IQ	34
3.1	แผนผังแสดงการดำเนินงาน	37
3.2	การออกแบบหุ่นยนต์	39
3.3	อุปกรณ์ในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง	39
3.4	ขั้นตอนการประกอบฐานของหุ่นยนต์ชั้นที่หนึ่ง	40
3.5	อุปกรณ์ในส่วนล้อที่เชื่อมฐานของหุ่นยนต์ชั้นที่หนึ่ง	41
3.6	ขั้นตอนการประกอบล้อที่เชื่อมฐานของหุ่นยนต์ชั้นที่หนึ่ง	41
3.7	อุปกรณ์ในการติดตั้งบอร์ดและสายไฟในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง	42
3.8	ขั้นตอนการติดตั้งบอร์ดและสายไฟในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง	43
3.9	อุปกรณ์ในส่วนฐานชั้นที่สอง	45
3.10	ขั้นตอนการประกอบฐานของหุ่นยนต์ชั้นที่สอง	46
3.11	อุปกรณ์ในการติดตั้งบอร์ดและสายไฟในส่วนฐานชั้นที่สอง	47
3.12	ขั้นตอนการติดตั้งบอร์ดและสายไฟในส่วนฐานชั้นที่สอง	47
3.13	อุปกรณ์ในการติดตั้งโมดูลตรวจจับการชน	48
3.14	ขั้นตอนในการติดตั้งโมดูลตรวจจับการชน	49
3.15	อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งแกน Y	49
3.16	ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งแกน Y	50
3.17	อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งแกน X	51
3.18	ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งแกน X	53
3.19	อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งแกน Z และตัวหยิบจับ (Gripper)	54
3.20	ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งแกน Z และตัวหยิบจับ (Gripper)	56
3.21	อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งกล้องเว็บแคม	56
3.22	ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งกล้องเว็บแคม	58
3.23	การออกแบบการเดินสายไฟของ NI myRIO ตัวที่ 1 กับ DC Controller	59
3.24	การออกแบบการเดินสายไฟของมอเตอร์ตัวที่ 1 (ก) และ 2 (ข) กับ DC Controller	59
3.25	การออกแบบการเดินสายไฟของ NI myRIO ตัวที่ 2 กับ Servo Controller	59
3.26	การออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของช่อง (Chain) ใน Servo Controller	60
3.27	Use Case Diagram ของชุดควบคุมและสั่งการ	60

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.1	หุ่นยนต์ที่ประกอบเสร็จ	61
4.2	ภาพสำเร็จในการประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง	62
4.3	ภาพสำเร็จในการประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ในส่วนฐานชั้นที่สอง	62
4.4	การกำหนดตำแหน่งของการวาง Box ทั้ง 2 กล่อง	63
4.5	การวางตำแหน่งในสนามจริงที่ใช้ในการทดสอบ	64
4.6	แสดงการปล่อยให้หุ่นวิ่งในสนามแบบอัตโนมัติ	65
4.7	แสดงภาพที่หุ่นยนต์ส่งกลับไปยังผู้ควบคุม	66
ก-1	คู่มือการใช้งานหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียน	73
ก-2	ตำแหน่งการการติดตั้งสนาม (การวาง BOX)	74
ก-3	ขนาดของ BOX	75
ก-4	ขนาดของ Cube	75
ข-1	โปรแกรมส่วนของการขับเคลื่อนหุ่นยนต์	78
ข-2	โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1	82
ข-3	โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 กรณีวัตถุอยู่ขวา	86
ข-4	โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 กรณีวัตถุอยู่ซ้าย	89
ข-5	โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 2	92
ข-6	โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 3	95
ข-7	โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 4	99

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินงาน	4
2.1	ข้อดีและข้อจำกัดของหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียน	9
2.2	เปรียบเทียบระหว่างโครงสร้างท่อนแขนของหุ่นยนต์และแขนของมนุษย์	11
2.3	ชื่อเรียกและหน้าที่ของแต่ละข้อต่อและเปรียบเทียบกับแขนของมนุษย์	12
2.4	เปรียบเทียบคำศัพท์ที่ใช้ใน LabView	28
3.1	อุปกรณ์ในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง	40
3.2	อุปกรณ์ในส่วนล้อ	41
3.3	อุปกรณ์ในการติดตั้งบอร์ดและสายไฟในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง	43
3.4	อุปกรณ์ในส่วนฐานชั้นที่สอง	46
3.5	อุปกรณ์ในการติดตั้งบอร์ดและสายไฟในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง	47
3.6	อุปกรณ์ในการติดตั้งโมดูลตรวจจับการชน	48
3.7	อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งแกน Y	50
3.8	อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งแกน X	52
3.9	อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งแกน Z และตัวหยิบจับ (Gripper)	54
3.10	อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งกล้องเว็บแคม	57
3.11	การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของช่อง (Chain) ใน Servo Controller	60
ค-1	งบประมาณของโครงการ	112

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มาของโครงงาน

ปัจจุบันประเทศไทยเข้าสู่ยุคที่เรียกว่า “ไทยแลนด์ 4.0” ทำให้อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ และหุ่นยนต์ ได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก ทั้งในด้านของการศึกษา การแพทย์ การสำรวจ การทหาร การเกษตรและอุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนมากที่สุด คือ ด้านของอุตสาหกรรมการผลิต โดยภาคอุตสาหกรรมการผลิตได้นำหุ่นยนต์ แขนกล หรืออุปกรณ์อัตโนมัติต่างๆ เข้ามาใช้ในการทำงานแทนมนุษย์ เพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่าย ลดความเสี่ยงอัตรายที่เกิดจากการทำงาน หรือแม้แต่ช่วยทำให้การผลิตชิ้นงาน ผลิตภัณฑ์ หรืออุปกรณ์บางชนิดที่มนุษย์ไม่สามารถทำได้ เพื่อให้การผลิตชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์นั้นๆ มีความถูกต้อง แม่นยำ และให้ผลลัพธ์ที่รวดเร็ว ปริมาณที่ได้มากกว่าการทำด้วยมือของมนุษย์

สำหรับกระบวนการผลิตในงานทางด้านอุตสาหกรรม หุ่นยนต์แขนกลถือว่าเป็นส่วนสำคัญอย่างมากในการผลิตหลายๆ ขั้นตอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของการหยิบ จับ และการเคลื่อนย้ายวัตถุจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งนึง ซึ่งจะพบได้มากในกระบวนการผลิตเกือบทุกประเภท จึงเป็นเหตุผลให้การควบคุมหุ่นยนต์แขนกล จะต้องเคลื่อนที่ หยิบ จับ และวางวัตถุได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ หรือให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรจะถูกพิจารณาเป็นลำดับต้นๆ อาทิเช่น การควบคุมแขนของหุ่นยนต์ผ่าตัดระยะไกล จำเป็นจะต้องควบคุมแขนของหุ่นยนต์ให้มีความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด ถ้าหากว่าการควบคุมแขนของหุ่นยนต์ไม่มีความถูกต้องและแม่นยำที่เพียงพอ ก็อาจจะก่อให้เกิดความผิดพลาดร้ายแรงหรืออาจจะเกิดอันตรายถึงชีวิต ดังนั้นเพื่อที่จะออกแบบตัวควบคุมให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด จำเป็นต้องอาศัยหลักการออกแบบตัวควบคุมให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน รวมไปถึงการออกแบบตัวควบคุมเพื่อลดความผิดพลาดในการเคลื่อนที่ให้เหลือน้อยที่สุด

ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้เล็งเห็นบทบาทของหุ่นยนต์ที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคตของประเทศไทย จึงได้ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร คือ การที่ใช้กล้องในการตรวจสอบชิ้นงานอัตโนมัติ ควบคู่กับการประยุกต์ใช้งานแขนกลและเครื่องจักรที่ใช้การประมวลผลและสั่งการด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้หุ่นยนต์สามารถหยิบจับและวางชิ้นงานต่างๆ ได้แม่นยำ โดยการป้อนคำสั่งผ่านคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อ Wifi กับบอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์ของหุ่นยนต์ได้เช่นกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการประมวลผลภาพแบบอัตโนมัติโดยใช้กล้องเว็บแคม

1.2.2 เพื่อสร้างหุ่นยนต์หยิบจับและวางชิ้นงานจากการประมวลผลและการสั่งการด้วยคอมพิวเตอร์

1.2.3 เพื่อพัฒนาโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ในการรับคำสั่งและประมวลผลผ่านคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อ Wifi กับบอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.3.1 หุ่นยนต์ต้นแบบ

1.3.1.1 หุ่นยนต์ต้นแบบใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ NATION INSTRUMENTS รุ่น NI myRIO ในการประมวลผลการทำงาน

1.3.1.2 ใช้กล้องเว็บแคมในการรับคำสั่งการควบคุมต่างๆ ได้ในระยะไม่เกิน 15 เซนติเมตร

1.3.1.3 หุ่นยนต์ต้นแบบความกว้าง ความยาว และความสูง ไม่เกิน ด้านละ 45 เซนติเมตร (ไม่รวมแขนกล)

1.3.1.4 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ด้วยระบบมอเตอร์

1.3.1.5 หุ่นยนต์ใช้แบตเตอรี่เป็นตัวให้พลังงาน ขนาด 12 โวลต์

1.3.1.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง 3 ชนิด ได้แก่

1) อุปกรณ์ Tetrix Max Expansion Set
2) อุปกรณ์ Tetrix Max Building System
3) อุปกรณ์ Tetrix Prime Building System

1.3.1.7 หุ่นยนต์ต้นแบบมีระบบเซ็นเซอร์ในการตรวจสอบการชนเมื่อเจอสิ่งกีดขวาง

1.3.1.8 หุ่นยนต์ต้นแบบสามารถส่งภาพกลับไปยังผู้ควบคุม โดยผ่านทางจอคอมพิวเตอร์

1.3.1.9 คำสั่งที่เป็นตัวกำหนดการทำงานของหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ โดยคำสั่งที่ใช้ในการประมวลผลมีดังนี้

1) ตัวหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ออกจากจุด Start แล้วเคลื่อนที่ไปยัง Box ที่ 1 เพื่อเก็บ Cube จำนวน 1 cube
2) หุ่นยนต์จะทำการหยิบ Cube ออกจากพื้นที่สีเทาที่อยู่บน Box ที่ 1
3) หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปยัง Box ที่ 2 แล้ววาง Cube ลงบนพื้นที่สีเทาที่อยู่ด้านบน Box ที่ 2
4) ตัวหุ่นยนต์จะต้องเคลื่อนที่กลับไปที่ Start ถึงจะถือว่าเสร็จสิ้นภารกิจ

1.3.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ต้นแบบ

1.3.2.1 โปรแกรมที่ใช้ควบคุมหุ่นยนต์ต้นแบบพัฒนาขึ้นจาก โปรแกรม LABVIEW 2017 จาก National Instrument

1.3.2.2 โปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ต้นแบบจะต้องถูกป้อนคำสั่งจากผู้สร้างหุ่นยนต์ต้นแบบ โดยมีลักษณะคำสั่งที่ถูกป้อนแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1) ส่วนที่เป็นการขับเคลื่อนของตัวหุ่นยนต์ต้นแบบจะมีลักษณะของการสั่งงานดังนี้

1.1) สั่งให้เดินหน้า – ถอยหลัง

1.2) สั่งให้เลื่อนซ้าย – เลื่อนขวา

2) ส่วนที่เป็นการจับภาพของตัวหุ่น จะเป็นการใช้กล้องเว็ปแคม รุ่น C525 Portable HD WEBCAM ในการจับภาพในแนวราบ

3) ส่วนของแขนกล จะแบ่งออกเป็น 3 แกน ดังนี้

3.1) แนวแกน X จะรับคำสั่งเป็นการเลื่อนไปทางซ้ายและขวา

3.2) แนวแกน Y จะรับคำสั่งเป็นการเลื่อนไปด้านหน้าและด้านหลัง

3.3) แนวแกน Z จะรับคำสั่งเป็นการเลื่อนขึ้นบนและลงล่าง

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาทฤษฎี ขั้นตอนการทำงาน กลไกของหุ่นยนต์ ส่วนประกอบต่างๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 วางแผนขั้นตอนการทำงาน (โดยการเขียน flowchart) ออกแบบตัวหุ่นยนต์ กลไกการทำงาน (Hardware) และการเขียนโปรแกรม (Software)

1.4.3 สร้างตัวหุ่นยนต์ กลไกการทำงาน และโปรแกรมของหุ่นยนต์ในส่วนต่างๆ จากนั้นทำการทดลองใช้งาน

1.4.4 ทำการปรับปรุง แก้ไข ตัวหุ่นยนต์และโปรแกรมให้สอดคล้องการทำงานและสรุปผล

1.4.5 จัดทำรูปเล่มและรายละเอียดต่างๆ

1.5 แผนการดำเนินงาน

1.5.1 ระยะเวลาการดำเนินโครงงาน

เริ่มต้นโครงงาน สิงหาคม พ.ศ. 2562

สิ้นสุดโครงงาน มีนาคม พ.ศ. 2563

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

รายการ	พ.ศ. 2562																				พ.ศ. 2563											
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม				มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาทฤษฎี ขั้นตอนกลไกของหุ่นยนต์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←	—	—	→																												
2. วางแผนและออกแบบตัวหุ่นยนต์ กลไกลการทำงานของหุ่นยนต์		←	—	—	→																											
3. สร้างหุ่นยนต์ เขียนโปรแกรม ของหุ่นยนต์ส่วนต่างๆ จากนั้นทำการทดลองใช้งาน					←	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	→																
4. แก้ไข ปรับปรุง ตัวหุ่นยนต์และโปรแกรมการทำงานและสรุปผล											←	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	→								
5. จัดทำรูปเล่มและรายละเอียดต่างๆ																						←	—	—	—	—	—	→				

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

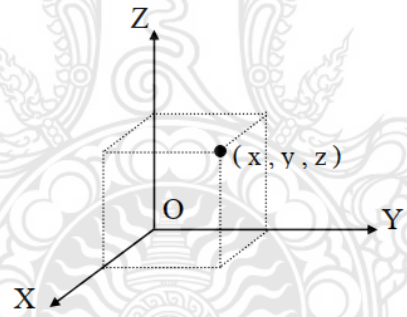
1.6.1 ได้นำกระบวนการประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพสำหรับการควบคุมหุ่นยนต์ไปใช้ในการพัฒนาหุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรม

1.6.2 เป็นแนวทางการสร้างและพัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรม

1.6.3 ได้นำความรู้ที่ได้จากการสร้างหุ่นยนต์และพัฒนาโปรแกรมไปปรับใช้ เพื่อทำหน้าที่แทนมนุษย์ในจุดที่เป็นอันตราย

1.7 นิยามศัพท์

ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinate system) เป็นระบบที่ใช้กำหนดตำแหน่งของจุดแต่ละจุดบนระนาบโดยอ้างถึงตัวเลข 2 จำนวน ซึ่งแต่ละจำนวนเรียกว่า พิกัดเอ็กซ์และพิกัดวาย ของจุดนั้น และเพื่อที่จะกำหนดพิกัดของจุด จะต้องมีเส้นแกนสองเส้นตัดกันเป็นมุมฉากที่จุดกำเนิด ได้แก่ แกนเอ็กซ์ และ แกนวาย ซึ่งเส้นแกนดังกล่าวจะมีหน่วยบอกความยาวเป็นระยะ ระบบพิกัดคาร์ทีเซียนยังสามารถใช้ได้ในปริภูมิสามมิติ (ซึ่งจะมี แกนแซด และ พิกัดแซด เพิ่มเข้ามา) หรือในมิติที่สูงกว่าอีกด้วย



รูปที่ 1.1 พิกัดคาร์ทีเซียนสามมิติ (ระบบพิกัดฉากสามมิติ)
(ที่มา : https://www.geogebra.org/m/bhpxyqhn)

หุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียน เป็นหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อตอบสนองการทำงานได้ทั้ง 3 แกน คือ แกน X แกน Y และแกน Z

ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร เป็นระบบที่นำหลักการประมวลผลภาพ มาใช้ในการรับคำสั่ง โดยใช้การมองเห็นด้วยกล้องเว็บแคม

บทที่ 2
เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการสร้างหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร ได้มีการศึกษาข้อมูลของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 หุ่นยนต์และหุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรม

2.2 อุปกรณ์นำเข้าและส่งออกของข้อมูล

2.3 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์

2.4 โปรแกรม LabVIEW2017

2.5 การประมวลผลภาพ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หุ่นยนต์และหุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรม

2.1.1 ความหมายของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ (robot) คือ เครื่องจักรกลหรือหุ่นที่มีเครื่องกลไกอยู่ภายใน สามารถทำงานได้หลายอย่างร่วมกับมนุษย์ หรือทำงานแทนมนุษย์ และสามารถจัดลำดับแผนการทำงานก่อนหรือหลังได้ ระดับขั้นการทำงานของหุ่นยนต์สามารถจำแนกได้ 6 ระดับ ตามเกณฑ์มาตรฐานของสมาคมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม แห่งญี่ปุ่น (Japanese Industrial Robot Association: JIRA) ดังนี้

2.1.1.1 ระดับที่ 1 กลไกที่ถูกควบคุมด้วยมนุษย์ (manual-handling device)

2.1.1.2 ระดับที่ 2 หุ่นยนต์ที่ทำงานตามแผนล่วงหน้าที่กำหนดไว้ โดยไม่สามารถปรับเปลี่ยนแผนงานได้ (fixed-sequence robot)

2.1.1.3 ระดับที่ 3 หุ่นยนต์ที่ทำงานตามแผนล่วงหน้าที่กำหนดไว้ โดยสามารถปรับเปลี่ยนแผนงานได้ (variable-sequence robot)

2.1.1.4 ระดับที่ 4 ผู้ควบคุมเป็นผู้สอนงานให้แก่หุ่นยนต์ หุ่นยนต์จะทำงานเล่นย้อนกลับ ตามที่หน่วยความจำบันทึกไว้ (playback robot)

2.1.1.5 ระดับที่ 5 ผู้ควบคุมบันทึกข้อมูลเชิงตัวเลขการเคลื่อนที่ให้แก่หุ่นยนต์ และหุ่นยนต์สามารถทำงานได้เอง โดยไม่ต้องมีการสอนงาน (numerical control robot)

2.1.1.6 ระดับที่ 6 หุ่นยนต์มีความฉลาด สามารถเรียนรู้สภาพแวดล้อมและตัดสินใจทำงานได้ด้วยตัวเอง (intelligent robot)

2.1.2 ความสำคัญของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์เริ่มเข้ามามีบทบาทกับชีวิตประจำวันของมนุษย์เรื่อยมา เทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในปัจจุบัน ทำให้ความสามารถของหุ่นยนต์พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว สามารถทำงานต่างๆ ที่มนุษย์ไม่สามารถทำได้จำนวนมาก ซึ่งการนำหุ่นยนต์เข้าใช้งานแทนมนุษย์ สามารถแบ่งประเภทตามความสามารถของหุ่นยนต์ได้ ดังนี้

2.1.2.1 ความสามารถในงานวิจัย การสำรวจ และวิทยาศาสตร์

2.1.2.2 ความสามารถในงานอุตสาหกรรม และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

2.1.2.3 ความสามารถในด้านความมั่นคง

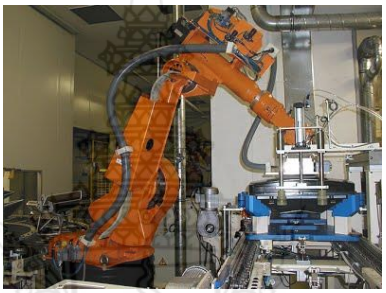
2.1.2.4 ความสามารถในด้านบันเทิงและครัวเรือน

2.1.2.5 ความสามารถในด้านการแพทย์

2.1.3 ประเภทของหุ่นยนต์

2.1.3.1 จำแนกตามลักษณะการใช้งาน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1) หุ่นยนต์ชนิดติดตั้งอยู่กับที่ (fixed robot) หุ่นยนต์ประเภทนี้มีลักษณะเป็นแขนกล ซึ่งสามารถขยับ และเคลื่อนไหวได้เฉพาะข้อต่อ นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.1 หุ่นยนต์ชนิดติดตั้งอยู่กับที่ (fixed robot)
(ที่มา : www.punthamid.blogspot.com)

2) หุ่นยนต์ชนิดเคลื่อนที่ได้ (mobile robot) หุ่นยนต์ประเภทนี้สามารถเคลื่อนที่ไปได้ด้วยตัวเอง โดยการใช้ล้อ ขา หรือการขับเคลื่อนในรูปแบบอื่นๆ

รูปที่ 2.2 หุ่นยนต์ชนิดเคลื่อนที่ได้ (mobile robot)
(ที่มา : www.punthamid.blogspot.com)

2.1.4 องค์ประกอบของหุ่นยนต์

ในหุ่นยนต์ 1 ตัวประกอบด้วยอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆ มากมาย ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดมีหน้าที่แตกต่างกันตามลักษณะ และวัตถุประสงค์ของการใช้งาน การเลือกใช้อุปกรณ์

และชิ้นส่วนต่างๆ จึงจำเป็นต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจ รวมถึงความเหมาะสม เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว คงทน และประหยัดพลังงาน หุ่นยนต์จึงแบ่งส่วนประกอบใหญ่ๆ ออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

2.1.4.1 อุปกรณ์ทางกล (Mechanic) ชิ้นส่วนกลไกต่างๆ ของหุ่นยนต์ เช่น โครงสร้าง เพลา เฟือง สกรูส่งกำลัง สายพาน โซ่ สปริง ข้อต่อสวมเพลา คลัตช์ เบรก ข้อต่อก้านต่อโยง ตลับลูกปืนและปลอกสวม

2.1.4.2 อุปกรณ์ขับเร้า (Actuator) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้าให้กลายเป็นการกระจัด การเคลื่อนที่ หรือแรง เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ระบบนิวแมติก ระบบไฮดรอลิก

2.1.4.3 อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic equipment) อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ที่ใช้สัญญาณทางระบบไฟฟ้า เช่น อุปกรณ์ตรวจรู้ วงจรขับต่างๆ อุปกรณ์แสดงผล

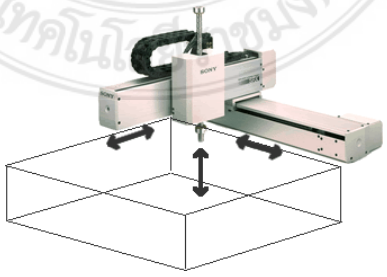
2.1.4.4 อุปกรณ์ควบคุม (Controller) สมองกลที่ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ เช่น สมองกลที่ประดิษฐ์จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องควบคุมขนาดเล็ก คอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จรูป เครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถสร้างโปรแกรมได้ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

2.1.5 หุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรม

เป็นเครื่องจักรกลอัตโนมัติอีกรูปแบบหนึ่งที่ถูกออกแบบและสร้างมาเพื่อนำมาใช้ทดแทนคนในกระบวนการผลิตต่างๆ หรือนำมาใช้เพื่อช่วยในกระบวนการผลิตในลักษณะหุ่นยนต์ทำงานร่วมกับคน ซึ่งหุ่นยนต์ที่ถูกสร้างมานั้นมีหลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ต้องการนำมาประยุกต์ใช้งาน สำหรับหุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรมนั้นสามารถแบ่งออกได้ ตามลักษณะการทำงาน ได้ 7 ชนิด คือ Cartesian Robot , Cylindrical Robot , Polar Coordinate Robot , Scalar Robot , Articulate Robot , Spine Robot และ Parallel link Robot

2.1.6 หุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียน Cartesian (gantry) Robot

แกนทั้ง 3 ของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงเส้น (Prismatic) ถ้าโครงสร้างมีลักษณะคล้าย Overhead Crane จะเรียกว่าเป็นหุ่นยนต์ชนิด Gantry แต่ถ้าหุ่นยนต์ไม่มีขาตั้งหรือขาเป็นแบบอื่น เรียกว่า ชนิดคาร์ทีเซียน (Cartesian)



รูปที่ 2.3 Cartesian Robot Work Envelop Of Cartesian Robot
(ที่มา : www.linearmotiontips.com)

เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรงตลอดแนวการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงเหมาะกับงานเคลื่อนย้ายของหนักๆ หรือเรียกว่างาน Pick and Place เช่น ใช้โหลดชิ้นงานเข้าเครื่องจักร (Machine loading) ใช้จัดเก็บชิ้นงาน(Stacking) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในงานประกอบ (Assembly) ที่ไม่ต้องการเข้าถึงในลักษณะที่มีมุมหมุน เช่น ประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และงานทดสอบต่างๆ

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อจำกัดของหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียน

ข้อดี	ข้อจำกัด
1. เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงทั้ง 3 มิติ 2. การเคลื่อนที่สามารถทำความเข้าใจง่าย 3. มีส่วนประกอบง่ายๆ 4. โครงสร้างแข็งแรงตลอดการเคลื่อนที่	1. ต้องการพื้นที่ติดตั้งมาก 2. บริเวณที่หุ่นยนต์เข้าไปทำงานได้ จะเล็กกว่าขนาดของตัวหุ่นยนต์ 3. ไม่สามารถเข้าถึงวัตถุจากทิศทางข้างใต้ได้ 4. แกนแบบเชิงเส้นจะ Seal เพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลวได้ยาก

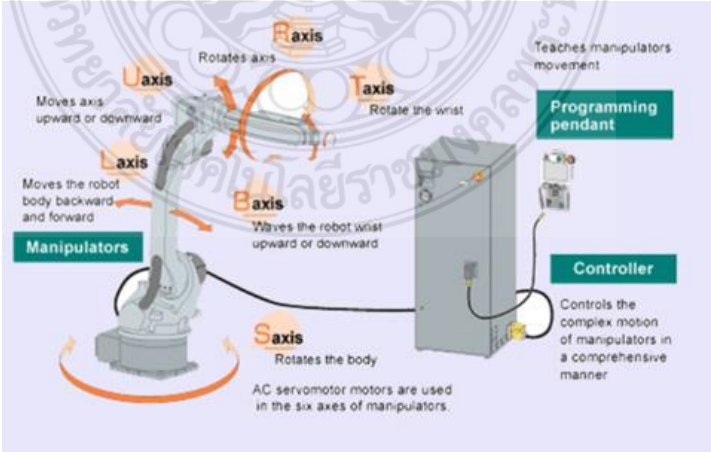
2.1.7 องค์ประกอบของระบบควบคุมหุ่นยนต์

องค์ประกอบของระบบในการควบคุมหุ่นยนต์ประกอบด้วย องค์ประกอบหลักดังนี้

2.1.7.1 Programming Pendant อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการป้อนคำสั่งโดยผู้ควบคุม (User)

2.1.7.2 Controller ส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับคำสั่งจากผู้ควบคุมผ่านโปรแกรม และนำมาประมวลผล เพื่อทำการควบคุมหรือสั่งการทำงานของหุ่นยนต์

2.1.7.3 Manipulator หรือที่เรียกว่า ตัวหุ่นยนต์ ที่จะทำงานตามคำสั่งที่ผ่านการประมวลผลจาก Controller



รูปที่ 2.4 องค์ประกอบของระบบควบคุมหุ่นยนต์
(ที่มา : www.mmthailand.com)

จากรูปที่ 2.4 แสดงด้านบนนั้นเป็นองค์ประกอบของระบบควบคุมหุ่นยนต์ ซึ่งจะมีอยู่ด้วยกัน 3 ส่วนหลัก และจะเห็นได้ว่าองค์ประกอบทั้ง 3 นั้น จะมีความสัมพันธ์กันในกระบวนการควบคุมซึ่งในแต่ละส่วนนั้นก็มีรายละเอียดที่สลับซับซ้อนอยู่มากทีเดียวและนี่จึงเป็นเหตุผลที่ต้องทำความรู้จักกับมันให้มากเพื่อที่จะได้สามารถทำงานร่วมกับมันได้

2.1.8 โครงสร้างตัวหุ่นยนต์ (Robot Structure)

ตัวหุ่นยนต์ (Robot Body) เป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เพราะเวลาที่จะพิจารณาเลือกใช้หุ่นยนต์สักตัวเพื่อทำมาใช้ช่วยในกระบวนการผลิตจะต้องคำนึงถึงลักษณะของงาน พื้นที่ สิ่งแวดล้อม เนื่องจากตัวหุ่นยนต์นั้นเป็นส่วนที่ต้องนำมาใช้ในกระบวนการทำงานอยู่ตลอดเวลา ซึ่งลักษณะงานที่แตกต่างกันก็จะเป็นตัวบ่งบอกในเรื่องของขนาดโครงสร้างของตัวหุ่นยนต์ด้วย ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับคน หากคนที่ตัวเล็กอาจยกของได้น้อยกว่าคนตัวใหญ่นั่นเอง ดังนั้นจึงต้องมาศึกษาให้เข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของตัวหุ่นยนต์ก่อนว่าประกอบไปด้วยอะไรบ้าง เพราะหากไม่ทราบก็จะไม่สามารถโปรแกรมหุ่นยนต์ให้ทำงานได้

รูปที่ 2.5 ตัวหุ่นยนต์ยี่ห้อต่างๆ
(ที่มา : www.mmthailand.com)

จากรูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างของตัวหุ่นยนต์ (Robot Body) ยี่ห้อต่างๆ ในตลาดหุ่นยนต์ จะเห็นได้ว่าถึงแม้จะต่างยี่ห้อกัน แต่ลักษณะของโครงสร้างจะมีลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกัน ความแตกต่างจะอยู่ที่ลักษณะของการออกแบบเท่านั้น โดยโครงสร้างที่สำคัญถูกออกแบบมาจะประกอบด้วยส่วนของท่อนแขน (Link) และส่วนของข้อต่อ (Joint) และลักษณะโครงสร้างของหุ่นยนต์ทั้ง 2 ส่วนนั้น ยังเป็นตัวกำหนดชนิดของหุ่นยนต์

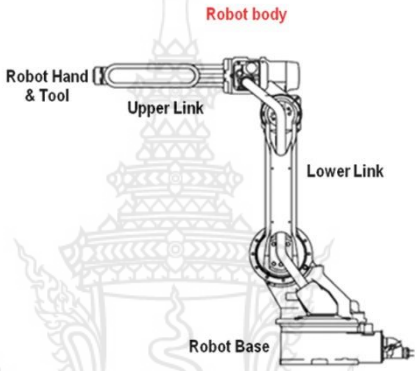
2.1.8.1 ท่อนแขน (Link) และส่วนของข้อต่อ (Joint) เป็นโครงสร้างหลักของตัวหุ่นยนต์ ซึ่งทั้งสองส่วนนี้จะเป็นส่วนที่เราต้องทำการโปรแกรมให้หุ่นยนต์เกิดการเคลื่อนที่และจะทำงานสัมพันธ์กันตามโปรแกรมที่ผู้ใช้กำหนดไว้

1) ท่อนแขน (Link) คือ โครงสร้างของหุ่นยนต์ที่เป็นท่อนแขน มีหน้าที่ในการเข้าสู่พื้นที่การทำงาน โดยความยาวของท่อนแขนจะเป็นตัวบ่งบอกสมรรถนะของตัวหุ่นยนต์

และความสามารถในการเข้าสู่พื้นที่การทำงานด้วย หุ่นยนต์อุตสาหกรรมชนิด Articulate Robot จะมีท่อนแขนอยู่จำนวน 2 Link ดังนี้

1.1) ท่อนแขนท่อนบน (Upper Link) เป็นส่วนของท่อนแขนบนสำหรับเข้าสู่พื้นที่การทำงาน และเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับข้อมือ Robot Hand สำหรับติดตั้ง Robot Tool

1.2) ท่อนแขนท่อนล่าง (Lower Link) เป็นส่วนของท่อนแขนที่ทำหน้าที่ในการรับน้ำหนักทั้งหมดที่เกิดขึ้นของตัวหุ่นทั้งหมดเป็นส่วนที่รองรับน้ำหนักของแขนท่อนบนและเชื่อมต่ออยู่กับฐานของหุ่นยนต์



รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของท่อนแขนของตัวหุ่นยนต์
(ที่มา : www.mmthailand.com)

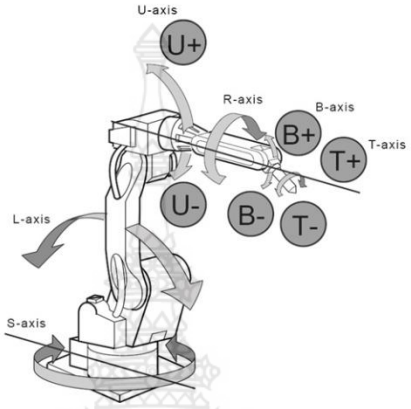
ตามที่ทราบกันในเบื้องต้นแล้วว่าหุ่นยนต์อุตสาหกรรมชนิด Articulate Robot นั้นถูกออกแบบมาให้มีลักษณะคล้ายกับแขนของมนุษย์ ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องของท่อนแขน ทั้ง 2 ส่วน จึงขอเปรียบเทียบกับแขนของมนุษย์ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบระหว่างโครงสร้างท่อนแขนของหุ่นยนต์และแขนของมนุษย์

หุ่นยนต์	แขนมนุษย์
1. ฐานหุ่นยนต์ (Robot Base)	1. ส่วนของเอว
2. แขนท่อนล่าง (Lower Link)	2. ส่วนของท่อนแขนตั้งแต่หัวไหล่ถึงข้อศอก
3. แขนท่อนบน (Upper Link)	3. ส่วนของท่อนแขนตั้งแต่ข้อศอกถึงข้อมือ
4. มือหุ่นยนต์ (Robot Hand)	4. ส่วนตั้งแต่ข้อมือถึงกลางฝ่ามือ
5. เครื่องมือ (Robot Tools)	5. นิ้วมือ

2) ข้อต่อ (Joint) คือ โครงสร้างของหุ่นยนต์ส่วนที่เป็นข้อต่อที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระหว่างท่อนแขนของตัวหุ่นยนต์และยังทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์ให้สามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการ กล่าวคือการที่เราทำโปรแกรมหุ่นยนต์

ให้เคลื่อนที่ คือ โปรแกรมการทำงานของข้อต่อทั้งหมดของหุ่นยนต์ หมายความว่า ส่วนของข้อต่อ คือ ส่วนที่ทำการติดตั้ง Servo Motor โดยปกติแล้ว หุ่นยนต์อุตสาหกรรมชนิด Articulate Robot จะมีข้อต่อทั้งหมด 6 Joint หรือบางครั้งคนที่อยู่ในวงการการควบคุมหุ่นยนต์ เรียกว่าหุ่นยนต์ 6 แกน (6 Axis) ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ข้อต่อ (Joint) ของหุ่นยนต์
(ที่มา : www.mmthailand.com)

จากรูปที่ 2.7 แสดงให้เห็นถึงข้อต่อ (Joint) ของหุ่นยนต์ซึ่งมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 6 Joint โดยมีชื่อเรียกและหน้าที่ของแต่ละข้อต่อ และเปรียบเทียบกับแขนของมนุษย์ได้ตามตารางที่ 2.3

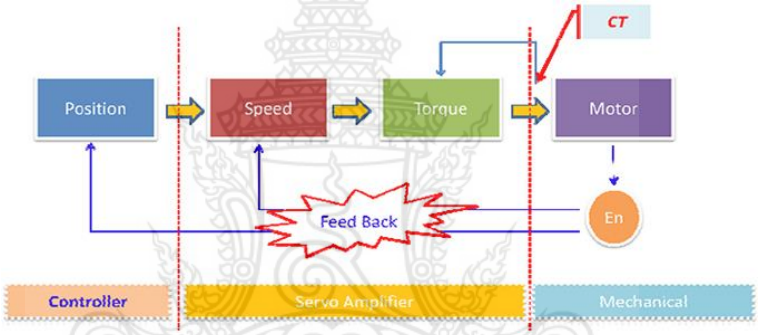
ตารางที่ 2.3 ชื่อเรียกและหน้าที่ของแต่ละข้อต่อและเปรียบเทียบกับแขนของมนุษย์

หุ่นยนต์			เทียบเคียงความหมายกับมนุษย์
Axis or Joint No.	**Name**	**Description**	
Axis 1 or Joint 1	S	Rotation of the complete manipulator	ส่วนเอว
Axis 2 or Joint 2	L	Forward and reverse movement the lower arm.	ส่วนหัวไหล่
Axis 3 or Joint 3	U	Vertical movement of the upper arm.	ส่วนข้อศอก
Axis 4 or Joint 4	R	Rotation of the complete wrist centre.	ส่วนหมุนแขนท่อนบนจนถึงข้อมือ
Axis 5 or Joint 5	B	Bending of wrist around the wrist centre.	ส่วนข้อมือ
Axis 6 or Joint 6	T	Rotation of mounting flange(turn disc)	ส่วนหมุนข้อมือ

2.1.9 องค์ประกอบของระบบควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติ

การที่จะทำการควบคุมหรือโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ให้เกิดการเคลื่อนที่ได้นั้นก็จำเป็นที่จะต้องมีองค์ประกอบอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องกับการโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ด้วย ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าหุ่นยนต์นั้นก็คือเครื่องจักรกลอัตโนมัติอีกรูปแบบหนึ่งที่นำมาประยุกต์ให้สามารถทำงานทดแทนแรงงานคน ดังนั้นเมื่อเป็นเครื่องจักรกลอัตโนมัติก็หมายความว่าสามารถที่จะโปรแกรมการทำงานให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยปกติแล้วเครื่องจักรกลอัตโนมัติทุกรูปแบบจะมีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ 3 ส่วน คือ ชิ้นส่วนทางกล (Mechanical Unit) , ตัวควบคุมการขับเคลื่อน (Drives Unit) และชิ้นส่วนควบคุม (Controller Unit)

องค์ประกอบของระบบการทำงานในเครื่องจักรกลอัตโนมัติที่กล่าวมาข้างต้นทั้ง 3 ส่วนนั้น เมื่อระบบมีการสั่งให้เกิดการทำงานแล้วจะต้องทำงานในการติดต่อสื่อสารซึ่งกันและกันตลอดเวลา เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและมีความแม่นยำ ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 องค์ประกอบของระบบควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติ
(ที่มา : www.mmthailand.com)

จากรูปที่ 2.8 แสดงให้เห็นองค์ประกอบของระบบการควบคุมเครื่องจักรกลอัตโนมัติรวมไปถึงระบบการควบคุมหุ่นยนต์อัตโนมัติด้วย หุ่นยนต์จำเป็นต้องมีการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงต้องมีมอเตอร์ (Motor) เป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนโดยมอเตอร์นั้นจะอยู่ในส่วนที่เป็นข้อต่อ ของหุ่นยนต์นั่นเอง สิ่งที่เราต้องการในการทำงานของหุ่นยนต์นั่นคือ หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้โดยสามารถควบคุมความเร็ว (Speed) ของหุ่นยนต์ให้เร็วหรือช้าได้ด้วยการควบคุมมอเตอร์ นอกจากนี้ ตัวหุ่นยนต์เองจะมีน้ำหนักจากอุปกรณ์ประกอบต่างๆ รวมถึงน้ำหนักของท่อนแขนบนตัวหุ่นยนต์ น้ำหนักที่เกิดขึ้นคือภาระโหลดของตัวมอเตอร์ ดังนั้น มอเตอร์จึงจำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมเรื่องของแรงบิด (Torque) เพื่อเอาชนะน้ำหนักและแรงโน้มถ่วงของโลกที่เกิดขึ้นได้ด้วย อีกทั้ง ในเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยปกติจะต้องมีการหยุดเพื่อทำงานในตำแหน่งต่างๆ ที่ผู้ใช้ต้องการ มอเตอร์จึงต้องมีความแม่นยำในการทำงาน กล่าวคือ มอเตอร์จะต้องสามารถควบคุมตำแหน่ง (Position) เพื่อให้สามารถเคลื่อนจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งได้อย่างแม่นยำ มอเตอร์ที่นำมาใช้กับระบบหุ่นยนต์จึงต้องเป็นมอเตอร์ชนิดที่สามารถควบคุมได้ คือ Servo Motor กล่าวโดยสรุปแล้ว มอเตอร์ (Motor) คือ ส่วนที่เป็น Mechanical Unit, อุปกรณ์ที่ทำการควบคุมความเร็วและแรงบิด คือ Servo Amplifier

หรือ Drives Unit และอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการคุมตำแหน่ง (Position) ก็คือส่วนของ Controller Unit และยังมีเอนโค้ดเดอร์ (En : Encoder) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบเพื่อทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณในการทำงานของมอเตอร์ ให้เกิดความแม่นยำและถูกต้องในลักษณะของการส่งสัญญาณป้อนกลับ (Feed Back) ยังมีระบบการตรวจสอบประมาณกระแส (CT) ที่จ่ายเข้ามอเตอร์เพื่อรักษาความสามารถด้านแรงบิดของมอเตอร์ด้วย

2.2 อุปกรณ์นำเข้าและส่งออกของข้อมูล

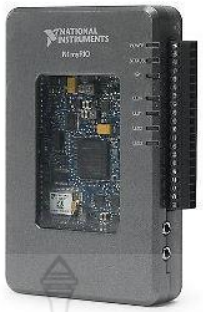
2.2.1 ไมโครสวิตช์สำหรับติดกับหุ่นยนต์

ใช้เพื่อเช็คการชนให้สัญญาณเป็นดิจิตอล เมื่อมีการชนหรือสวิตช์ถูกกดให้สัญญาณเป็น 1 เมื่อสถานะปกติให้สัญญาณเป็น 0 สำหรับการทดสอบการทำงานของไมโครสวิตช์ที่ใช้ตรวจสอบการชน ของรถหุ่นยนต์นั้น สามารถทำได้โดยการกดก้านสวิตช์เพื่อให้สวิตช์ทำงาน โดยสภาวะปกติหน้าสัมผัสของสวิตช์จะเปิดอยู่ แต่เมื่อทำการกดก้านสวิตช์หน้าสัมผัสของสวิตช์จะปิดเข้าหากัน ซึ่งจะทำให้สภาวะทางลอจิกของหน้าสัมผัสสวิตช์ด้านที่ต่อกับ Port I/O อยู่มีค่าเป็น “0” และ LED แสดงผลจะติดสว่าง

รูปที่ 2.9 สวิตช์ตรวจจับการชน
(ที่มา : https://www.arduino4.com)

2.2.2 บอร์ดไมโครคอลโทรลเลอร์ รุ่น NATION INSTRUMENTS NI myRIO

เป็นอุปกรณ์รุ่นล่าสุดที่สถาปัตยกรรม RIO ย่อมาจาก Reconfigurable I/O ขนาดกระทัดรัดสามารถพกพาได้ง่ายมีช่องสัญญาณอินพุต เอาต์พุต หลายช่องสัญญาณและราคาไม่สูงทำให้NI myRIO เป็นอุปกรณ์ที่เหมาะสำหรับใช้เป็นเครื่องมือประกอบการเรียนการสอนและการทำวิจัยสำหรับนิสิตและนักศึกษา เพื่อให้นักศึกษาได้สามารถพิสูจน์ทฤษฎีที่เรียนมาด้านการลงมือทำจริง NI myRIO สามารถประยุกต์ใช้เพื่อการพัฒนาแอพพลิเคชั่นได้หลากหลายแขนงทั้งแอพพลิเคชั่นด้านวิทยาศาสตร์ อาทิเช่น โครงงานวิศวกรรม, ด้านอิเล็กทรอนิกส์เชิงกล, ด้านระบบไฟฟ้าควบคุม, ด้านหุ่นยนต์อัตโนมัติหรือระบบควบคุมแบบสมองกลฝังตัว เป็นต้น



รูปที่ 2.10 ไมโครคอลโทรลเลอร์ รุ่น NATION INSTRUMENTS NI myRIO
(ที่มา : https://th.aliexpress.com/item/1620409137.html)

2.2.3 กล้องเว็บแคม (Webcam)

เป็นอุปกรณ์เสริมชนิดหนึ่งของคอมพิวเตอร์ ที่สามารถจับภาพเคลื่อนไหวในการใช้งานได้ โดยภาพของเราจะไปปรากฏบนหน้าจอมอนิเตอร์ และยังสามารถส่งภาพเคลื่อนไหวผ่านเครือข่ายเพื่อให้อีกฝั่งที่เราสนทนาด้วยได้เห็นภาพเหมือนอยู่ต่อหน้ากัน ซึ่งใช้งานง่ายและมีความสะดวกมากยิ่งขึ้น โดยราคาของกล้องเว็บแคมจะขึ้นอยู่กับยี่ห้อ และรุ่นของกล้อง ซึ่งแต่ละยี่ห้อจะมีราคาที่แตกต่างกันไป

2.2.3.1 ชนิดของกล้องเว็บแคมสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด โดยแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันดังนี้

1) กล้องเว็บแคมแบบมีสาย จะมีความยุ่งยากในเรื่องการใช้สายต่อพ่วงเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่จะมีราคาถูกกว่าแบบไร้สายมาก ทำให้คนส่วนใหญ่นิยมซื้อกล้องเว็บแคมแบบมีสายมาใช้งาน

รูปที่ 2.11 กล้องเว็บแคมแบบมีสาย
(ที่มา : http://doungja.blogspot.com/2013/08/webcam.html)

2) กล้องเว็บแคมแบบไร้สาย จะมีราคาค่อนข้างแพงมากเมื่อเทียบกับแบบมีสาย เนื่องจากตัวกล้อง ต้องใช้เทคโนโลยีแบบไร้สายที่เรียกว่า Wireless Wifi หรือ IEEE 802.11 ที่ค่อนข้างมีต้นทุนสูง จึงส่งผลให้ตัวกล้องมีราคาแพงจึงไม่ค่อยได้รับความนิยมนัก

รูปที่ 2.12 กล้องเว็บแคมแบบไร้สาย
(ที่มา : http://doungja.blogspot.com/2013/08/webcam.html)

2.2.4.2 ประโยชน์จากการใช้กล้องเว็บแคม

1) ทำให้การติดต่อสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ตสะดวกมากขึ้น

2) ประหยัดเวลาไม่ต้องเดินทางไปประชุมกับลูกค้าตามที่ต่างๆ

3) ช่วยให้ปลอดภัยจากการเดินทางไปประชุมหรือไปสัมมนาตามสถานที่ที่อยู่ห่างไกลได้เป็นอย่างดี

4) นำไปประยุกต์ใช้เป็นชุดอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยคล้ายกับกล้องวงจรปิด สามารถใช้โปรแกรมที่ติดมากับกล้องเว็บแคม ทำหน้าที่คอยตรวจจับภาพเคลื่อนไหว แล้วทำการบันทึกจากตำแหน่งหรือจุดที่กำหนดไว้

5) ช่วยให้สามารถเผยแพร่ภาพเหตุการณ์ต่างๆ จากกล้องเว็บแคมผ่านทางเว็บไซต์ เพื่อให้คนทั่วโลกสามารถเข้ามารับชมได้

2.3 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการขับเคลื่อนของหุ่นยนต์

2.3.1 เฟือง (gears)

เป็นชิ้นส่วนเครื่องกลที่มีรูปร่างโดยทั่วไปเป็นจานแบนรูปทรงกลม ส่วนขอบมีลักษณะเป็นแฉก เฟืองผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ส่งกำลังในลักษณะของแรงบิดด้วยการหมุนของตัวเฟืองที่มีฟันอยู่ในแนวรัศมีโดยการส่งกำลังจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีเฟืองตั้งแต่สองตัวขึ้นไป ถ้าเฟืองตัวแรกหมุน เฟืองตัวที่สองจะหมุนในทิศทางตรงกันข้าม เกิดเป็นระบบส่งกำลังขึ้น การนำเฟืองมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ผู้ใช้จำเป็นต้องมีความเข้าใจหน้าที่และการทำงานของเฟือง เช่น ทำหน้าที่ส่งผ่านกำลังและการเคลื่อนที่เปลี่ยนขนาดแรงบิดและความเร็วรอบ เปลี่ยนทิศทางการหมุนหรือทิศทางการเคลื่อนที่ ซึ่งเฟืองมีหลายประเภท โดยทั่วไปแล้วจะแบ่งตามรูปร่างและลักษณะการใช้งาน

2.3.1.1 เฟืองตรง (Spur Gears) ใช้งานกันมากที่สุดในบรรดาเฟืองชนิดต่างๆ เป็นเฟืองที่มีฟันขนานกับแกนหมุนและใช้ในการส่งกำลังการหมุนจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่ง อัตราทด (Ratio) ของเฟืองแต่ละตัว เฟืองตรงส่วนมากจะนำมาใช้ในระบบส่งกำลัง (Transmission Component) เช่น ชุดเฟืองทดลองของเครื่องกลึงเพื่อเดินกลึงอัตโนมัติ หรือชุดเฟืองทดลองของเครื่องจักรกลการเกษตรที่ความเร็วรอบต่ำๆ ข้อดีของเฟืองตรงขณะใช้งานจะไม่เกินแรงในแนวแกน ประสิทธิภาพในการทำงานสูง หน้ากว้างของเฟืองตรงสามารถเพิ่มได้เพื่อให้เกิดผิวสัมผัสที่มากขึ้น เพื่อลดการสึกหรอให้น้อยลง

รูปที่ 2.13 เฟืองตรง (Spur Gears)
(ที่มา : http://www.pakoengineering.com)

2.3.1.2 เฟืองสะพาน (Rack Gears) ใช้ในการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่จากการเคลื่อนที่ในลักษณะการหมุนหรือการเคลื่อนที่เชิงมุมเป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา เฟืองสะพาน (Rack) มีลักษณะเป็นแท่งยาวตรง สามารถหมุนกลับลำตัวได้ประมาณ 90 องศา และมีฟันเฟืองอยู่ด้านบนขบอยู่กับส่วนที่เป็นฟันเฟือง เช่น เฟืองสะพานของเครื่องกลึงยันศูนย์ ที่ช่วยให้แท่นเลื่อนเคลื่อนที่ ซ้าย ขวา หรือเฟืองสะพานของเครื่องเจาะที่ทำหน้าที่เคลื่อนเพลาเครื่องเจาะให้ขึ้นลง

รูปที่ 2.14 เฟืองสะพาน (Rack Gears)
(ที่มา : http://www.pakoengineering.com)

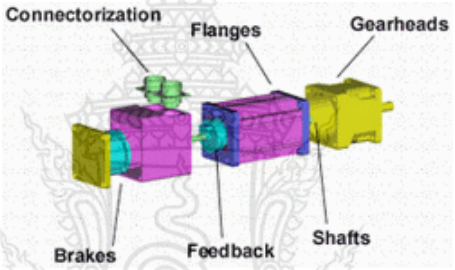
2.3.1.3 การหาอัตราทดของเฟืองตรง เป็นสัดส่วนระหว่างเฟือง 2 ตัว ขึ้นไปที่ส่งกำลังถึงกัน ซึ่งเฟืองตัวหนึ่งจะเป็นตัวขับและอีกเฟืองตัวจะเป็นตัวตาม โดยการเคลื่อนที่ของเฟืองทั้งสองจะมีทิศทางที่ตรงกันข้ามกัน เช่น เฟืองขับหมุนตามเข็มนาฬิกา เฟืองตามจะหมุนทวนเข็มนาฬิกา เฟืองขับและเฟืองตาม จะมีความเร็วรอบและจำนวนฟันเฟืองที่ต่างกัน ซึ่งตัวไหนจะมากกว่าหรือน้อยกว่าก็ขึ้นอยู่กับความต้องการที่ปลายทางว่าต้องการ เพิ่มหรือลดความเร็ว โดยเฟืองขับและเฟืองตามจะมีความสัมพันธ์กัน

2.3.2 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

เป็นมอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวเองไม่ว่าจะเป็นระยะ ความเร็ว มุมการหมุน โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับเป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว, ควบคุมแรงบิด, ควบคุมแรงตำแหน่ง , ระยะทางในการเคลื่อนที่ของตัวมอเตอร์

มอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถควบคุมในลักษณะงานเบื้องต้นได้ โดยให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง ขนาดของเซอร์โวจะมีหน่วยในการบอกขนาดเป็นวัตต์ (Watt)

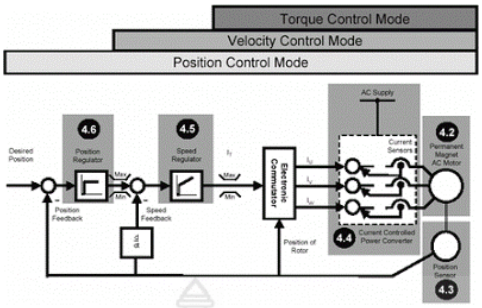
2.3.2.1 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์ ข้อจำกัดอย่างหนึ่งของระบบควบคุมเซอร์โว คือ การใช้งานจะต้องเป็นแบบวงปิด (Closed loop) เท่านั้น การใช้งานระบบควบคุมเซอร์โวไม่สามารถเลือกควบคุมเป็นแบบวงเปิด (Open loop) ได้เหมือนกันระบบขับเคลื่อนเอซี (AC Drives) การตอบสนองของระบบเซอร์โว เช่น อัตราเร่ง แรงบิด และตำแหน่งที่ควบคุมจะไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์หากไม่มีสัญญาณป้อนกลับไปยังชุดขับเคลื่อนเซอร์โว การควบคุมการทำงานในระบบนี้อุปกรณ์ป้อนกลับหรือเอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) จะมีบทบาทความสำคัญอย่างยิ่งเสมือนกับเป็นของคู่กันชนิดที่เรียกว่าขาดซึ่งกันและกันไม่ได้ ในทางปฏิบัติจึงทำให้เซอร์โวมอเตอร์และเอ็นโค้ดเดอร์ถูกออกแบบและผลิตสร้างขึ้นมาคู่กันในลักษณะเป็นแพ็คเกจ (Package ซึ่งมี Encoder ติดอยู่ที่ส่วนท้ายของมอเตอร์ ดังรูป 2.15



รูปที่ 2.15 โครงสร้างของ AC servo Motor
(ที่มา : http://www.advance-electronic.com)

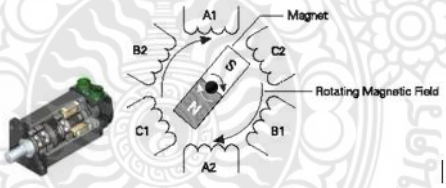
2.3.2.2 โครงสร้างของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ จะคล้ายกับมอเตอร์ 3 เฟสทั่วไป ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ สเตเตอร์และโรเตอร์ โดยสเตเตอร์จะประกอบด้วยขดลวด 3 ชุด ขดลวดภายในจะต่อเป็นแบบสตาร์ (Star หรือ WYE) และมีสายต่อมาที่ขั้วต่อสายด้านนอก 3 เส้น (จุดนิวทรอลจะอยู่ด้านใน) ส่วนโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) ไม่มีขดลวดพัน, ไม่มีคอมมิวเตเตอร์และไม่มีแปรงถ่าน (Brushless) โครงสร้างที่ไม่มีขดลวดพันและแปรงถ่าน จะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์สูงขึ้น ไม่มีการสูญเสียในขดลวดทองแดง ไม่ต้องบำรุงรักษาเนื่องจากแปรงถ่าน ไม่เกิดประกายไฟเนื่องจากการเรียงกระแสจากแปรงถ่านผ่านคอมพิวเตอร์ไปยังขดลวดทองแดงที่พันอยู่ในตัวโรเตอร์

2.3.2.3 โครงสร้างของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ลักษณะของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จะเป็นระบบควบคุมแบบลูปปิด(Closed loop control) ซึ่งประกอบด้วย 3 โหมดการควบคุมคือ โหมดการควบคุมแรงบิด (Torque Control Mode) ซึ่งอยู่วงรอบหรือลูปในสุด โหมดการควบคุมอัตราเร่ง (Velocity Control Mode) และโหมดการควบคุมตำแหน่ง (Position Control Mode) ซึ่งอยู่ลูปด้านนอกสุด โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญๆ ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 โครงสร้างของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์
(ที่มา : http://www.advance-electronic.com)

2.3.2.4 การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้จะคล้ายกับการทำงานของซิงโครนัสมอเตอร์ 3 เฟส เมื่อมีการควบคุมให้คอนโทรลเลอร์จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดที่สเตเตอร์ แกนเหล็กของสเตเตอร์จะกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าและหมุนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แปรผันตามความถี่ เรียกว่า ความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน (synchronous speed) และจะดูดให้โรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวรหมุนเคลื่อนที่ตาม จากลักษณะโครงสร้างของโรเตอร์และหลักการทำงานที่เหมือนกับซิงโครนัสมอเตอร์ซึ่งเป็นมอเตอร์แบบเอซี แต่ไม่มีแปรงถ่าน (Brushless) ไม่มีคอมพิวเตอร์ จึงทำให้มอเตอร์ชนิดนี้มีชื่อเรียกขานแตกต่างกันออกไป เช่น เรียกทับศัพท์ว่า Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) ซึ่งหมายถึง ซิงโครนัสมอเตอร์ที่ไม่มีแปรงถ่าน หรือเรียกว่าเอซีเซอร์โวมอเตอร์ (AC Servo motor)



รูปที่ 2.17 โครงสร้างและการทำงานของ AC Servo Motor
(ที่มา : http://www.advance-electronic.com)

2.4 โปรแกรม LabVIEW2017

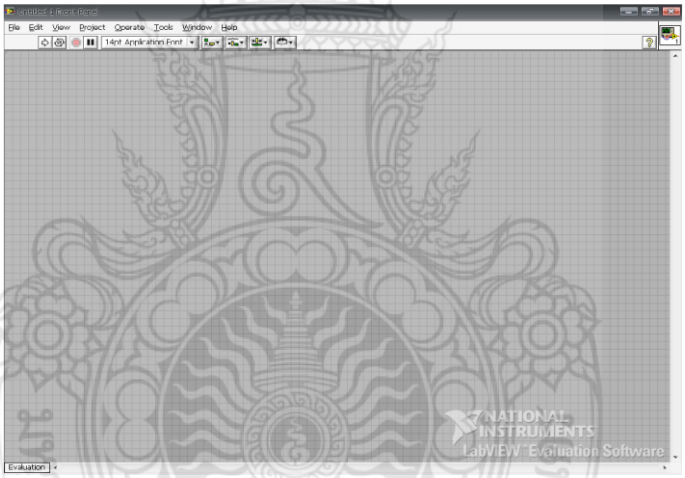
โปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมที่สร้างเพื่อนำมาใช้ในด้านการวัดและเครื่องมือวัดสำหรับงานทางวิศวกรรม LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench ซึ่งหมายความว่าเป็นโปรแกรมที่สร้าง เครื่องมือวัดเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม ดังนั้นจุดประสงค์หลักของการทำงานของโปรแกรมนี้ก็คือการจัดการในด้านการวัดและเครื่องมือวัด อย่างมีประสิทธิภาพ และในตัวของโปรแกรมจะประกอบไปด้วยฟังก์ชันที่ใช้ช่วยใน

การวัดมากมายและแน่นอนที่สุด โปรแกรมนี้จะมีประโยชน์อย่างสูงเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดทางวิศวกรรมต่างๆ

2.4.1 ส่วนประกอบของโปรแกรม LabView

โปรแกรมที่เขียนขึ้นมาโดย LabVIEW เรียกว่า Virtual Instrument (VI) เพราะว่าลักษณะที่ปรากฏทางจอภาพเมื่อผู้ใช้ใช้งานจะเหมือนกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางวิศวกรรม ในขณะเดียวกันหลังฉากของอุปกรณ์เสมือนจริงเหล่านั้นจะเป็นการทำงานของ ฟังก์ชัน , Subroutines และโปรแกรมหลักเหมือนกับภาษาทั่วไป สำหรับ VI หนึ่งๆ จะประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วน ซึ่งได้แก่

2.4.1.1 ส่วนที่ 1 Front Panel หรือหน้าปัทม์ จะเป็นส่วนที่ใช้สื่อความกันระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม (หรือที่นิยมเรียก User Interface) โดยทั่วไปจะมีลักษณะเหมือนกับหน้าปัทม์ของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้งานด้านการวัดทั่ว ๆไป โดยทั่วไปจะประกอบด้วย สวิตช์ปิดเปิด, ปุ่มปิด, ปุ่มกด จอแสดงผลหรือแม้แต่ค่าที่ผู้ใช้สามารถกำหนด สำหรับผู้ที่คุ้นเคยกับการเขียนโปรแกรมประเภท Visual ทั้งหลายคงจะเข้าใจกันดีว่า Front Panel นี้จะเปรียบเสมือนเป็น GUI ของโปรแกรม



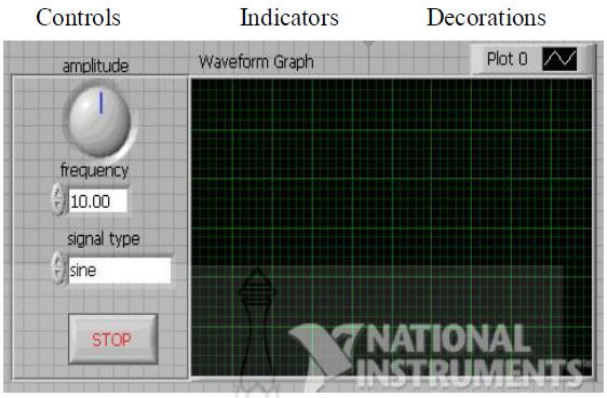
รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะของ Front Panel

1) Object ที่อยู่บน Front Panel จะมีอยู่ 3 ประเภท คือ

1.1) Control คือ ประเภทที่รับค่าจากผู้ใช้ (Input) ซึ่งผู้ใช้สามารถพิมพ์ค่า หรือใช้เมาส์คลิกเพื่อเปลี่ยนแปลงค่าได้ เช่น ปุ่มหมุน ปุ่มเลื่อน สวิตช์ เป็นต้น

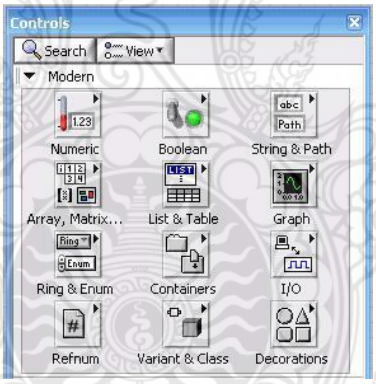
1.2) Indicators คือ ประเภทที่ใช้แสดงค่าต่างๆ เท่านั้น (Output) ผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขได้ เช่น กราฟ มิเตอร์ LED

1.3) Decorations เป็น Object ที่ไม่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมและโค้ดบน Block Diagram เลยแต่มีไว้เพื่อความสวยงามเป็นระเบียบของ Front panel เท่านั้นนั่นเอง ลักษณะของ Front Panel



รูปที่ 2.19 แสดง Object ที่อยู่บน Front Panel ของ LabVIEW

เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel จะประกอบไปด้วย Control Palette และ Tools Palette ซึ่ง LabVIEW มี Controls Palette ที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel แสดงดังรูปที่ 2.20 ซึ่งเป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) โดยจะจัดเป็นกลุ่มต่างๆ เช่น กลุ่มของตัวเลข (Numeric) ซึ่งภายในกลุ่มจะมี Control และ Indicator ต่างๆ ที่เกี่ยวกับตัวเลข



รูปที่ 2.20 แสดง Controls Palette ที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel

2) Tools Palette คือ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมจะใช้ทั้งการออกแบบ Front Panel และ Block Diagram ในส่วนนี้จะกล่าวถึง Tools Palette สำหรับออกแบบ Front Panel ซึ่งมีดังต่อไปนี้

2.1) Operation Tool ใช้ในการเปลี่ยนแปลงค่าหรือเลือกค่าคงที่ใน Block Diagram

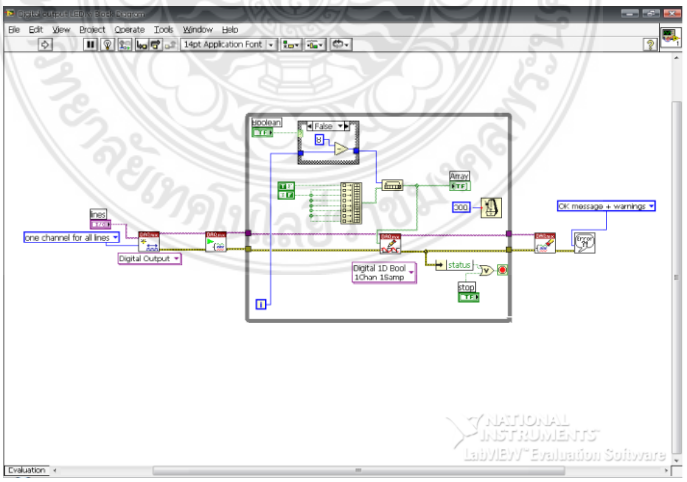
2.2) Position/Size/Select ใช้ในการเลือก/เคลื่อนย้าย/จัดขนาดของสิ่งที่สร้างขึ้นบน Block Diagram

2.3) Edit Text Tool ใช้ในการแก้ไขข้อความที่เป็นตัวอักษร หรือเพิ่มข้อความลงบน Front Panel

2.4) Wiring Tool ใช้ในการโยงสาย (Wiring) ระหว่าง Terminal หรือ Node ซึ่งสายที่โยงนี้จะเป็นเส้นทางเดินของข้อมูล

รูปที่ 2.21 แสดง Tools Palette ที่ใช้ในการออกแบบ Front Panel

2.4.1.2 ส่วนที่ 2 Block Diagram เปรียบเสมือนกับ Source Code หรือโปรแกรมของ LabVIEW ซึ่งปรากฏว่าอยู่ในรูปของภาษา G ซึ่ง Block Diagram ถือว่าเป็น Executable Program คือ สามารถที่จะทำงานได้ทันที และข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือ LabVIEW จะมีการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรมตลอดเวลา ทำให้โปรแกรมจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อไม่มีข้อผิดพลาดในโปรแกรมเท่านั้นโดยผู้ใช้สามารถจะดูรายละเอียดความผิดพลาดแสดงให้เห็นได้ตลอดเวลาทำให้การเขียนโปรแกรมนั้นง่ายขึ้น ส่วนประกอบภายใน Block Diagram นี้จะประกอบด้วย ฟังก์ชัน ค่าคงที่ โปรแกรมควบคุมการทำงานหรือโครงสร้าง จากนั้นในแต่ละส่วนจะปรากฏในรูปของบล็อค (Block) จะได้รับการต่อสาย (Wire) สำหรับ Block ที่เหมาะสมเข้าด้วยกันเพื่อกำหนดลักษณะการไหลของข้อมูลระหว่าง Block ทำให้ข้อมูลได้รับการประมวลผลตามที่ต้องการและแสดงผลออกมาให้ผู้ใช้ต่อไป



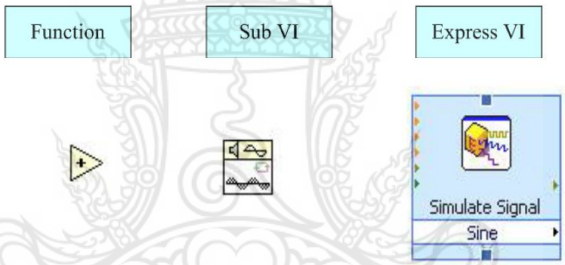
รูปที่ 2.22 ตัวอย่าง Block Diagram

1) Node คือ รูป Icon ที่อยู่บน Block Diagram ซึ่งมี Input และ Output และจะทำงานตามหน้าที่เมื่อมีการรันโปรแกรม โดยแบ่งเป็น 3 ชนิดหลัก คือ

1.1) Function คือ โหนดที่มีหน้าที่พื้นฐานของคอมพิวเตอร์ ซึ่งไม่สามารถที่จะเจาะเข้าไปดูรายละเอียดภายในได้อีก เช่น การบวก การคูณ

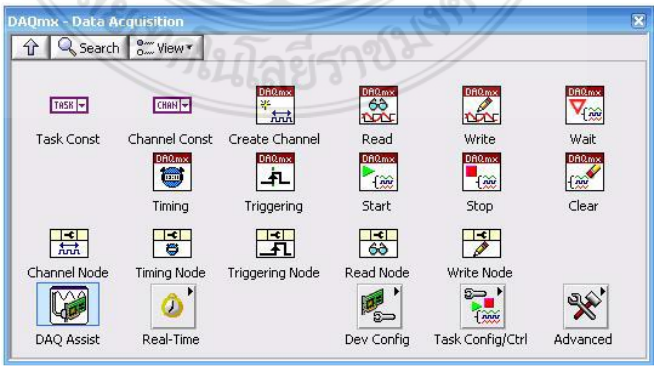
1.2) Subroutine (หรือ Subprogram) คือ โปรแกรมย่อยที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อถูกนำมาเรียกใช้ในอีกโปรแกรมหนึ่ง สามารถเปิดเข้าไปดู front panel และ block diagram ได้เมื่อ double click ที่ Icon ของมัน

1.3) Express VIs เป็น subVIs ประเภทพิเศษคือเมื่อเลือก Express VI มาวางบน Block Diagram มันจะปรากฏหน้าต่าง Configuration ขึ้นมาเพื่อให้เราเข้าไปป้อนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตามต้องการและเมื่อเราป้อนค่าเสร็จ มันก็จะสร้างโค้ดไว้ภายในอัตโนมัติตามที่ได้ตั้งค่าไว้ ซึ่งความสามารถของ Express VI ทำให้ไม่จำเป็นต้องต่อสายอินพุตเพราะพารามิเตอร์ ทั้งหมดได้ถูกสร้างขึ้นมาแล้วถูกเก็บไว้ภายในเรียบร้อยแล้ว จึงทำให้การเขียน LabVIEW ง่ายและเร็วขึ้นมาก



รูปที่ 2.23 แสดงตัวอย่าง Block Diagram Node

เครื่องมือที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมบน Block Diagram ซึ่ง LabVIEW ใช้ Functions Palette จะมีฟังก์ชันและโปรแกรมย่อยต่างๆ ที่มีอยู่แล้วให้ผู้ใช้เลือกใช้ โดยฟังก์ชันและโปรแกรมย่อยจัดเป็นกลุ่ม เช่น Numeric Function จะมีฟังก์ชันเกี่ยวกับตัวเลข เช่น บวก ลบ คูณ หาร



รูปที่ 2.24 แสดงเครื่องมือสำหรับ Dam – Data Acquisition

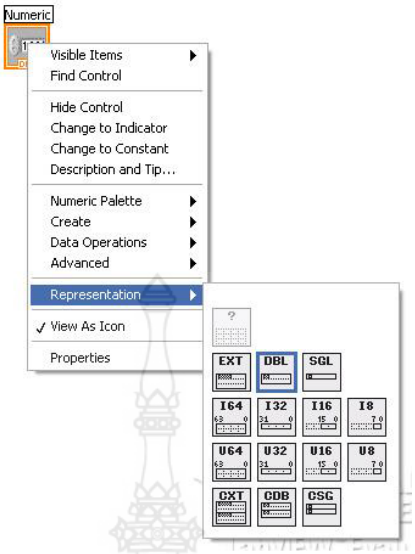
2.4.1.3 ส่วนที่ 3 Icon และ Connector เปรียบเสมือนโปรแกรมย่อย Subroutine ในโปรแกรมปกติทั่วๆ ไปโดย Icon จะหมายถึง Block Diagram ตัวหนึ่งที่มีการส่งข้อมูลเข้าและออกผ่านทางคอนเน็คเตอร์ (Connector) ซึ่งใน LabVIEW จะเรียกโปรแกรมย่อย (Subroutine) ว่า SubVI ข้อดีของการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา G คือ สามารถสร้าง VI ทีละส่วนขึ้นมาให้ทำงานด้วยตัวเองได้อย่างอิสระ จากนั้นในภายหลักหากเราต้องการก็สามารถเขียน โปรแกรมอื่นขึ้นมาเพื่อเรียกใช้งาน VI ที่เคยสร้างขึ้นก่อนหน้านี้ทีละตัว ซึ่งทำให้ VI ที่เราเขียนขึ้นก่อนกลายเป็น SubVI การเขียนในลักษณะนี้เรียกว่า เขียนเป็นโมดูล (Module) สำหรับลักษณะทั่วไปของ Icon และ Connector จะแสดงดังรูปที่ 2.25 จะเห็นว่าเมื่อแสดงในรูปของคอนเน็คเตอร์ จะพบว่ามีช่องต่อข้อมูลหรือที่เรียกว่า Terminal ปรากฏให้เห็น

รูปที่ 2.25 แสดงลักษณะทั่วไปของ Icon และ Connector

2.4.3 ประเภทของข้อมูล

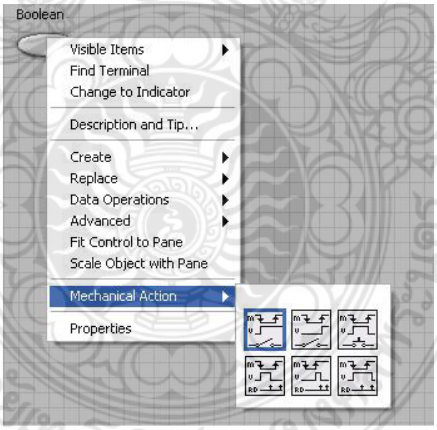
ในการเขียนโปรแกรมทั่วๆ ไปจะต้องมีการประกาศตัวแปรก่อนที่จะใช้ตัวแปรนั้น แต่สำหรับโปรแกรม LabVIEW มันจะจัดการให้เองหมดโดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทำ เพียงแค่เลือกประเภทของข้อมูลที่มาวางบนโค้ดให้ถูกต้องเท่านั้น ประเภทของข้อมูลภายใน LabVIEW ก็มีหลายอย่างที่เหมือนกับโปรแกรมในภาษาอื่น ๆ และยังมีอีกบางประเภทที่ใช้ใน LabVIEW เท่านั้น โปรแกรม LabVIEW แบ่งข้อมูลเป็น 6 ชนิดดังนี้คือ

2.4.3.1 ข้อมูลประเภทตัวเลข (Numeric) มีทั้งจำนวนเต็มซึ่งใน Block Diagram จะแสดงเป็นสีน้ำเงิน และจำนวนทศนิยมจะแสดงเป็นสีส้ม และสามารถเปลี่ยนไปมาได้โดยการคลิกขวาที่ตัวเลขนั้น แล้วเลือก representation และเลือกประเภทตัวเลขได้เลย



รูปที่ 2.26 แสดงข้อมูลประเภท Numeric

2.4.3.2 ข้อมูลประเภทที่มีสองค่า (Boolean) คือจริง(True) และเท็จ (false) บน Block Diagram จะแสดงข้อมูลเป็นสีเขียว และสำหรับ Front Panel ตัว Boolean จะมีลักษณะเป็นตัวควบคุมหรือสวิตช์ ถ้าเป็น Output ก็จะเป็น LED หรือหลอดไฟประเภทต่างๆ



รูปที่ 2.27 แสดงข้อมูลประเภท Boolean

2.4.3.3 ข้อมูลประเภทที่เป็นตัวอักษร (String) ไอคอนจะแสดงเป็นสีชมพู สำหรับการแสดงผลจะมีอยู่ 4 แบบ คือ

1) การแสดงปกติ (Normal Display)

2) การแสดงแบบโค้ด (Code Display) มีประโยชน์สำหรับแสดงตัวอักษรที่ตาเปล่ามองไม่เห็น การเว้นวรรค แท็บ หรือการขึ้นบรรทัดใหม่

3) การแทนตัวอักษรด้วย (Password Display)

4) แสดงผลเป็นรหัสเลขฐานสิบหก (Hex Display)

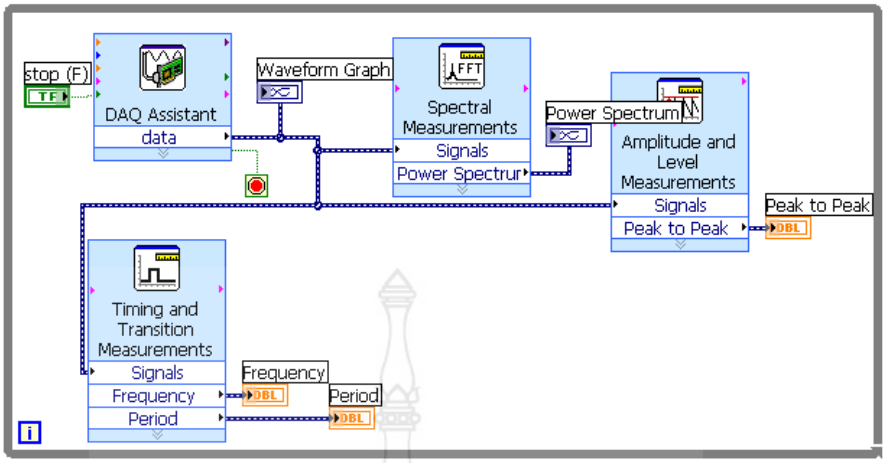
2.4.3.4 ข้อมูลประเภทแสดงให้ผู้ใช้เห็นเป็นตัวหนังสือ (Enum) แต่ค่าจริงเป็นตัวเลข ดังนั้นบน Block Diagram จึงแสดงข้อมูลประเภทนี้เป็นสีน้ำเงิน ซึ่งเหมือนกับจำนวนเต็ม

2.4.3.5 ข้อมูลประเภทที่เป็นไดนามิก (Dynamic) เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของ Waveform บน Block Diagram ถูกแสดงด้วยสีน้ำเงินเข้มซึ่งภายในจะประกอบด้วยอาร์เรย์ของเวฟฟอร์ม (Time Stamp) ชื่อของสัญญาณ ข้อมูลประเภท Dynamic นี้ส่วนใหญ่ใช้ใน Express VI จำพวกการอ่าน กำเนิด และวิเคราะห์สัญญาณ

2.4.3.6 เป็นข้อมูลที่ประกอบด้วยวันที่และเวลา (Time Stamp) เป็นข้อมูลที่มีความละเอียดถึงมิลลิวินาที Time Stamp บน Block diagram จะมีหน้าตาที่เป็นสีน้ำตาลเส้นหน้าสามารถนำมาแปลงให้เป็น วันที่ เวลา แบบตัวอักษรได้

2.4.4 ดาต้าโฟล์ว (DATA FLOW)

เป็นโปรแกรมที่ใช้รูปภาพหรือสัญลักษณ์แทนการเขียนด้วยตัวอักษรเหมือนโปรแกรมปกติทั่วไป ซึ่งข้อดีข้อแรกก็คือการลดความผิดพลาดด้านการสะกดผิดหรือพิมพ์ผิดออกไป ข้อแตกต่างอีกประการหนึ่งที่สำคัญของการเขียนโปรแกรมแบบ G กับการเขียนด้วยตัวหนังสือ คือ การเขียนด้วยภาษา G นี้เป็นการเขียนโดยใช้หลักการของ Data Flow ซึ่งเมื่อเริ่มส่งข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม เราจะต้องกำหนดทิศทางไหลของข้อมูลว่าจะไปที่ส่วนใด ผ่านการประเมินผลและคำนวณในส่วนใดบ้าง และจะให้แสดงผลอย่างไร ซึ่งลักษณะการเขียนภาษา G หรือ Data Flow นี้จะมีลักษณะเหมือนกับการเขียน Block Diagram ซึ่งทำให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถให้ความสนใจกับการเคลื่อนที่และเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้โดยไม่ต้องจดจำรูปแบบคำสั่งที่ยุ่งยาก เนื่องจาก LabVIEW ใช้ลักษณะการเขียนแบบ Block Diagram ซึ่งวิศวกรส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยอยู่แล้ว จึงเป็นการง่ายที่จะทำความเข้าใจและนำไปพัฒนาใช้ต่อไปได้ และถ้าหากเราจำได้ถึงขั้นตอนการเขียนโปรแกรมว่าก่อนที่จะเขียนโปรแกรม จะต้องเขียน Flow Chart ให้เสร็จสิ้นก่อน หลังจากตรวจสอบ Flow Chart เรียบร้อยแล้วเราจึงนำไปเขียนโปรแกรม ซึ่งจะมีความสะดวกมากขึ้น ถ้าหากการเขียน Flow Chart ของ LabVIEW คือการเขียนโปรแกรมนั่นเองซึ่งเป็นการลดขั้นตอนการทำงานลงไปได้เป็นอย่างมาก แม้ว่าการเขียนโปรแกรมใน LabVIEW ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมใดมาก่อน แต่การมีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมหรือใช้โปรแกรมสำเร็จรูปอื่นๆ จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดี LabVIEW จะมี Front Panel ซึ่งเปรียบเสมือนได้กับสิ่งที่ผู้ใช้จะเห็นและควบคุมการทำงาน ผู้ใช้สามารถสร้างรูปแบบขึ้นเองได้อย่างรวดเร็วเพราะ LabVIEW มีส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้สำหรับออกแบบหน้าจอมากมาย เช่น จอแสดงผลแบบออพิโลสโครบ, ปุ่มหมุน (Dial) และ สวิทช์ เป็นต้น โดย LabVIEW จะแสดงผลและควบคุมการทำงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ พื้นที่ส่วนเขียนโปรแกรมจะเรียกว่า Block Diagram เปรียบเสมือนกับฮาร์ดแวร์ภายในเครื่องมือวัด



รูปที่ 2.28 แสดง Block Diagram ของ LabVIEW

โปรแกรม LabVIEW อาศัยหลักการทำงานของเครื่องมือวัดหรือการวัดคุมทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบตามที่ผู้ใช้ต้องการ หลักการดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

2.4.4.1 Acquisition ซึ่งเป็นส่วนที่รับข้อมูล (Input) จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าสู่ระบบ คือ คอมพิวเตอร์ โดยข้อมูลที่เข้าสู่ระบบนี้อาจมาจากการ์ด DAQ (สำหรับสัญญาณทางไฟฟ้า)

2.4.4.2 Analysis หลังจากที่ได้รับข้อมูลแล้วอาจจะผ่านฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะแสดงผลในรูปที่สื่อความหมายในสิ่งที่ผู้ใช้งานสามารถนำไปแสดงแทนสื่อที่วัดได้และใช้งานได้

2.4.4.3 Presentation คือ การแสดงผลในรูปแบบที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน โดยอาจแสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เช่น DMM (Digital Multimeter) แสดงผลเฉพาะที่วัดได้โดยไม่จำเป็นต้องรู้ความสำคัญกับเวลา หรือ Spectrum Analysis จะแสดงสัญญาณในรูปความถี่ หรือการพิมพ์ออกมาเป็นรายงานหรือเก็บข้อมูลในฮาร์ดดิสก์

รูปที่ 2.29 แสดง Block Diagram เครื่องมือวัดที่สร้างจาก LabVIEW

2.4.5 คำศัพท์ที่ใช้ในโปรแกรม

โปรแกรม LabVIEW นี้ออกจะแตกต่างจากที่เราใช้กันในภาษาการเขียนโปรแกรมตัวหนังสือทั่วๆ ไปในหลายด้าน ดังนั้นเพื่อให้ผู้ที่เริ่มใช้โปรแกรมเข้าใจถึงศัพท์ที่ใช้ในโปรแกรม จึงเปรียบเทียบศัพท์ใช้ในโปรแกรม LabVIEW กับโปรแกรมพื้นฐานทั่วไป ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบคำศัพท์ที่ใช้ใน LabView

LabView	โปรแกรมพื้นฐาน	หน้าที่ (คำอธิบาย)
VI	Program	โปรแกรมหลัก
Function	Function	ฟังก์ชันสำเร็จรูปที่สร้างขึ้นมากับโปรแกรมนั้น เช่น sin, log เป็นต้น
SubVI	Subroutine	โปรแกรมย่อยที่ถูกเรียกใช้โดยโปรแกรมหลัก
Front Panel	user interface	ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้
Block Diagram	Program code	การเขียนตามขั้นตอนของที่แต่ละโปรแกรมกำหนดขึ้น

2.5 การประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพ (Image Processing) คือ การกระทำการอย่างใดอย่างหนึ่งกับภาพต้นฉบับ (Input image) เพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ (Output image) ที่มีลักษณะของภาพเป็นไปตามที่ต้องการซึ่งการกระทำการกับภาพที่ใช้ในการประมวลผลภาพดิจิตอลมีอยู่มากมายหลายแบบ ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะและการแยกแยะประเภทของการกระทำการกับภาพจะช่วยให้สามารถคาดคะเนภาพผลลัพธ์ที่จะได้จากการกระทำการแต่ละแบบหรือประมาณความซับซ้อนของการกระทำการกับภาพที่จะนำไปใช้ได้

2.5.1 ขั้นตอนการประมวลผลภาพดิจิตอล

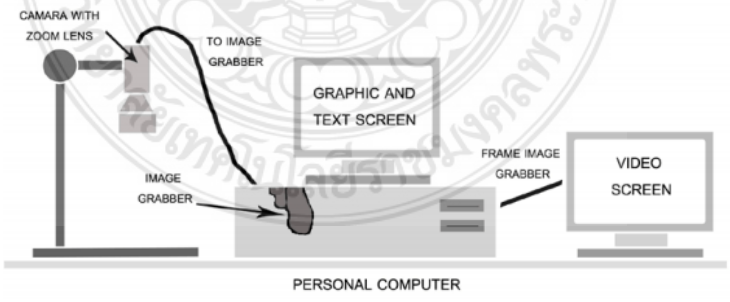
ประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ

2.5.1.1 ขั้นตอนการนำข้อมูลภาพเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์

2.5.1.2 ขั้นตอนการนำคอมพิวเตอร์มาพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อประมวลผลภาพ

2.5.1.3 ขั้นตอนการแสดงผลภาพ

2.5.2 อุปกรณ์พื้นฐานในการประมวลผลภาพ



รูปที่ 2.30 อุปกรณ์พื้นฐานในการประมวลผลภาพ

โดยทั่วไปอุปกรณ์พื้นฐานในการประมวลผลภาพตามขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นจะประกอบด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีอุปกรณ์ตรวจจับภาพ (Frame grabber card) ซึ่งจะต่อกับกล้องวิดีโอตัวจับภาพดังรูปที่ 2.30 ขั้นตอนการนำภาพเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นการแปลง

สัญญาณภาพทั่วไปที่เป็นสัญญาณอะนาล็อกให้เป็นสัญญาณภาพดิจิตอลเพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลภาพได้ทั้งนี้สามารถทำได้โดยนำข้อมูลภาพจากตัวจับภาพซึ่งโดยทั่วไปแล้วภาพดิจิตอลที่ได้จากการแปลงสัญญาณจะถูกเก็บในหน่วยความจำที่มีอยู่ในอุปกรณ์ตัวจับภาพและสามารถนำมาประมวลผลได้โดยการเขียนโปรแกรมภาษาระดับสูง เช่น ภาษาซีอุปกรณ์ตัวจับภาพที่นิยมใช้จะสามารถเก็บภาพขนาด 512x512 จุดภาพ (pixel) และแต่ละจุดภาพสามารถแสดงระดับเทาได้อย่างน้อย 256 ระดับส่วนกล้องวิดีโอที่ใช้ในการเก็บภาพมักจะเป็นกล้องซีซีดี (Charge Coupled Device (CCD) camera) ก่อนการประมวลผลภาพต้องเตรียมข้อมูลภาพซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

2.5.2.1 ปรับปรุงข้อมูลภาพในส่วนที่ไม่คมชัด

2.5.2.2 กำจัดสัญญาณรบกวน

2.5.2.3 การปรับคอนทราสต์ (Contrast) หรือปรับปรุงคุณสมบัติของการมองเห็น เช่น การปรับค่าความเข้มของจุดภาพการกลับข้อมูลภาพเป็นต้น

2.5.2.4 การแบ่งแยกข้อมูลสภาพออกจากสีพื้นโดยใช้ค่าเทรชโฮลด์ (Threshold)

2.5.2.5 การแปลงข้อมูลภาพในทางเรขาคณิต เช่น การหมุนภาพการเปลี่ยนแปลงขนาดภาพและการแก้ไขตำแหน่งของจุดภาพ

2.5.2.6 การแก้ไขข้อมูลภาพในส่วนที่มีการผิดเพี้ยน

2.5.3 ภาพดิจิตอล

เป็นข้อมูลภาพที่มีระดับความเข้มเทาที่สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันสองมิติของค่าระดับความเข้มแสงซึ่งระดับความเข้มเทา (Gray Level) ก็คือค่าระดับของสัญญาณที่ผ่านกระบวนการควอนไทซ์ (Quantization) ที่จะเป็นตัวบ่งบอกความมืดหรือความสว่างของแต่ละจุดภาพ (Pixel) โดยค่าของฟังก์ชัน fx, y) จะแสดงถึงค่าความเข้มแสงที่จุดพิกัดสปาเชียล (Spatial) x, y ใดๆ โดยทั่วไปนิยมเขียนแทนภาพดิจิตอลสองมิติ f (x, y) ขนาด M x W ให้อยู่ในรูปของเมทริกซ์สองมิติ

คุณภาพของรูปภาพติจิตอลจะขึ้นอยู่กับจำนวนพิกเซลและจำนวนค่าระดับความเข้มเทาคือจำนวนพิกเซลในแต่ละแถวและแต่ละหลักของรูปภาพดิจิตอลเป็นจำนวนค่าสุ่มตัวอย่างทั้งหมดหรือเป็นความละเอียดของสัญญาณภาพดิจิตอลดังนั้นการลดจำนวนพิกเซลลงจะเป็นการลดความละเอียดของรูปภาพดิจิตอลจึงมีผลทำให้รูปภาพผลลัพธ์ที่ได้อาจผิดเพี้ยนไปจากรูปภาพต้นฉบับได้ในทำนองเดียวกันจำนวนค่าระดับของสัญญาณดิจิตอลจะถูกกำหนดด้วยจำนวนค่าระดับความเข้มเทาที่ใช้ในการแสดงผลภาพดิจิตอลนั่นคือคุณภาพของรูปภาพดิจิตอลจะขึ้นอยู่กับจำนวนค่าระดับความเข้มเทาที่ใช้แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มจำนวนพิกเซลหรือจำนวนค่าระดับความเข้มเทาในบางครั้งก็อาจจะไม่เพิ่มคุณภาพของรูปภาพดิจิตอลหรืออาจจะเพิ่มน้อยมาก

โดยปกติแล้วภาพจะดูคมชัดเท่าไรขึ้นอยู่กับว่าภาพนั้นมีจำนวนพิกเซลอยู่มากเท่าใดซึ่งมักจะบอกความละเอียดของภาพ (Resolution) โดยดูจากจำนวนพิกเซลต่อนิ้ว (PixeVinch : PPI) หรือพิกเซลต่อตารางนิ้ว (Pixels/inch) หากภาพยิ่งมีจำนวนพิกเซลต่อหนึ่งตารางนิ้วมากภาพก็ยิ่งมีความละเอียดเหมือนจริงมากขึ้นโดยภาพที่มีความละเอียดมากๆ จะเรียกว่าภาพนี้มีเรสโซลูชั่นสูงส่วนภาพที่มีความละเอียดน้อยก็จะเรียกว่าภาพนี้มีเรสโซลูชั่นต่ำ เช่น ภาพขนาดกว้าง 1 นิ้วยาว 1 นิ้วที่มีความละเอียด 72 พิกเซลต่อนิ้ว จะมีจำนวนพิกเซลทั้งหมด 5184 จุดพิกเซล (72x72 = 5184)

2.5.4 ประเภทของภาพ

โดยทั่วไปสามารถแบ่งประเภทของภาพบิตแมป (Bitmap image) คือ ภาพที่ประกอบขึ้นจากจุดขนาดเล็กๆ หรือพิกเซลจำนวนมากที่เรียงต่อกันจนเป็นภาพตามคุณสมบัติการแสดงผลของสีภาพได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

2.5.4.1 ภาพระดับความเข้มเทา (Intensity Image or Gray Scale Image) ลักษณะของภาพชนิดนี้ในแต่ละพิกเซลจะมีค่าความเข้มของแสงในแต่ละระดับที่แตกต่างกันไปตั้งแต่ระดับเทาดำไปยังระดับสีขาวซึ่งสามารถกำหนดระดับความเข้มของแสงได้โดยใช้ค่าระดับความเข้มเทา (Gray Scale หรือ Gray level) โดยปกติภาพแบบระดับสีเทาจะมีค่าระดับความเข้มเทาเท่ากับ 8 บิตดังนั้นค่าความเข้มแสงจะถูกแบ่งออกเป็น 256 ระดับเมื่อค่าระดับความเข้มเทามีค่าเป็น 0 จะหมายถึงจุดภาพนั้นมีค่าความเข้มของแสงต่ำจะทำให้จุดภาพเป็นสีดำในทางกลับกันหากค่าระดับความเข้มเทาเป็น 255 จะหมายถึงจุดภาพนั้นมีค่าความเข้มของแสงมากจะทำให้จุดภาพเป็นสีขาวซึ่งสีขาวจะถูกแทนด้วยค่าความเข้มเทาเท่ากับ 255 (11111111) และสีดำจะถูกแทนด้วยค่าระดับความเข้มเทาเท่ากับ 000000000) ส่วนค่าระหว่าง 0-255 จะมีค่าไล่เฉดสีจากสีดำไปหาสีขาว

2.5.4.2 ภาพสี (Color Image) ภาพชนิดนี้แต่ละพิกเซลของภาพจะเก็บค่าระดับความเข้มเทาของแต่ละแถบแสงของแม่สีหลัก 3 สีที่ซ้อนกันอยู่คือสีแดง (Red) สีเขียว (Green) สีน้ำเงิน (Blue) ซึ่งในแต่ละพิกเซลนั้นๆ จะแสดงผลของค่าสีของแต่ละพิกเซลตามระดับความเข้มในแต่ละแถบแสงสีนั้น

2.5.4.3 ภาพไบนารี (Binary Image) ภาพไบนารีจะแสดงลักษณะของข้อมูลภาพในรูปแบบขาวดำกล่าวคือในแต่ละพิกเซลของภาพจะถูกแสดงด้วยค่าแบบไบนารี (Binary) คือมี 1 บิต ซึ่งประกอบไปด้วยค่า 1 และ 0 โดยที่ 1 หมายถึงจุดภาพสีขาวและ 0 หมายถึงจุดภาพสีดำภาพประเภทนี้เหมาะสำหรับภาพที่เกี่ยวกับตัวอักษร (Text) ภาพลายนิ้วมือ (Finger print) เป็นต้น

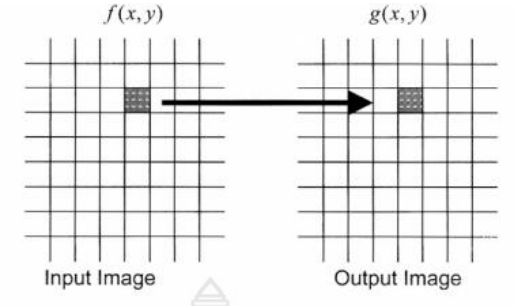
2.5.4.4 ภาพแบบดัชนี (Index Image) ภาพประเภทนี้ในแต่ละพิกเซลของภาพจะเก็บค่าดัชนี (Index Number) ซึ่งเป็นตัวเลขจำนวนเต็มซึ่งจะถูกนำค่าดัชนีดังกล่าวไปเทียบกับตารางสี (Color Table) ซึ่งเป็นตารางแสดงค่าแสงสีแดงสีเขียวและสีน้ำเงินซึ่งค่าดัชนีนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นว่าภาพในแต่ละตำแหน่งพิกเซลใดๆ มีค่าอัตราส่วนของแม่แสง 3 สีในอัตราส่วนเท่าไร

2.5.5 ขนาดของไฟล์ภาพ (Image File Sizes)

ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ส่วนคือ ขนาดของภาพ (Size) และจำนวนบิตที่ใช้ในการแสดงค่าสีหรือระดับความเข้มของแสงในแต่ละพิกเซลของภาพเมื่อกำหนดให้ M x N คือ ขนาดสัญญาณภาพและ L คือจำนวนบิตที่ใช้ควอนไทซ์ในแต่ละจุดภาพดังนั้นขนาดของไฟล์ภาพ (S) หรือจำนวนบิตทั้งหมดที่ต้องใช้สำหรับหน่วยความจำในการเก็บข้อมูลภาพ

2.5.6 การประมวลผลภาพแบบจุด (Point Image Processing)

เป็นวิธีการกระทำการกับภาพต้นฉบับที่ค่าระดับความเข้มเทาที่แสดงในแต่ละพิกเซลของภาพผลลัพธ์จะขึ้นอยู่กับค่าระดับความเข้มเทาของพิกเซลในภาพต้นฉบับพิกเซลต่อพิกเซลในตำแหน่งที่สมนัยกันโดยที่ค่าเปลี่ยนแปลงของพิกเซลของภาพผลลัพธ์ไม่ได้ขึ้นกับค่าพิกเซลที่อยู่บริเวณใกล้เคียงของภาพต้นแบบ ดังรูปที่ 2.31 แสดงลักษณะการกระทำการกับภาพแบบจุดต่อจุด



รูปที่ 2.31 การกระทำการกับภาพแบบจุด

2.5.6.1 การกระทำทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Operations) การกระทำทางคณิตศาสตร์นี้เป็นการกระทำการแบบจุดกับภาพต้นฉบับอย่างง่ายที่สุดซึ่งวิธีการนี้สามารถที่จะนำเลขจำนวนใดๆก็ตามไปบวกลบคูณหรือหารกับค่าระดับความเข้มเทาเติมของภาพต้นฉบับผลลัพธ์ของการกระทำทางคณิตศาสตร์มีผลต่อการปรับเพิ่มหรือลดค่าระดับความสว่าง (Brightness) และค่าคอนทราสต์ (Contrast) ของภาพแบบเป็นเชิงเส้นโดยค่าระดับความสว่างของภาพจะปรับเพิ่มหรือลดได้โดยนำค่า b ไปบวกหรือลบกับภาพต้นฉบับ ส่วนค่าคอนทราสต์ของภาพจะปรับเพิ่มหรือลดได้โดยนำค่า a ไปคูณหรือหารกับภาพต้นฉบับ ในกระบวนการกระทำกับภาพทางคณิตศาสตร์นั้นมีสิ่งจำเป็นที่ควรจะต้องพิจารณาคือเมื่อทำการบวกลบคูณหรือหารกับภาพต้นฉบับเมื่อผลลัพธ์ของค่าระดับความเข้มเทาใหม่ที่ได้มีค่าไม่เป็นจำนวนเต็มจะต้องทำการปัดเศษเพื่อให้ค่าระดับความเข้มเทาใหม่ที่ได้เป็นจำนวนเต็มแต่อย่างไรก็ตามในบางครั้งและมีความเป็นไปได้เสมอที่ค่าผลลัพธ์ของค่าระดับความเข้มเทาใหม่มีค่าน้อยกว่า 0 หรือมากกว่า 255 ในกรณีนี้จำเป็นต้องทำการตัดค่าระดับความเข้มเทาที่ได้ตามกฎเกณฑ์

2.5.6.2 ภาพแบบเนกาทีฟ (Image Negative) การทำภาพแบบเนกาทีฟ เป็นการแปลงกลับของข้อมูลภาพโดยที่ในแต่ละพิกเซลของภาพที่ค่าระดับความเข้มเทาสูงสุดจะถูกแปลงให้มีค่าระดับความเข้มเทาต่ำสุดและในทางตรงกันข้ามจุดพิกเซลที่มีค่าระดับความเข้มเทาต่ำสุดจะถูกแปลงให้จุดพิกเซลนั้นมีค่าระดับความเข้มเทาสูงสุดยกตัวอย่างเช่น ถ้าข้อมูลภาพมีขนาด 8 บิต ค่าสูงสุดของข้อมูลคือ 255 และค่าข้อมูลต่ำสุดคือ 0

2.5.7 การแยกส่วนของภาพ (Image Segmentation)

เป็นเทคนิคหรือวิธีการประมวลผลภาพที่วัตถุประสงค์การแยกวัตถุหรือลักษณะจุดเด่น (Feature) ในภาพออกจากพื้นหลังของภาพวิธีการพื้นฐานที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการแยกวัตถุหรือลักษณะจุดเด่นของภาพออกจากพื้นหลักภาพมี 2 วิธี ดังนี้

2.5.7.1 การหาขอบภาพ (Edge Detection) ขอบของภาพเป็นส่วนของข้อมูลที่แสดงถึงโครงร่างของวัตถุภายในภาพซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของภาพที่มีความสำคัญและมีประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ เช่นขอบของภาพสามารถนำไปใช้ในการระบุถึงขนาดของวัตถุที่อยู่ในภาพการนำไปประยุกต์ใช้ในการแยกแยะระหว่างวัตถุหรือข้อมูลในภาพกับส่วนของพื้นหลังของภาพหรือการนำไปใช้ในการระบุวัตถุที่อยู่ภายในภาพโดยทั่วไปลักษณะของขอบภาพที่ดีจะต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

1) มีความบางคือจุดที่เป็นขอบภาพจะต้องมีความกว้างเพียงจุดเดียว

2) มีความต่อเนื่องโดยจุดของขอบภาพในวัตถุเดียวกันมีความต่อเนื่องกัน ถ้าจุดที่เป็นขอบภาพมีอยู่เพียงจุดเดียวโดยไม่ต่อเนื่องกับจุดใดในย่านใกล้เคียงอาจจะเป็นขอบภาพที่ไม่สมบูรณ์หรืออาจจะเป็นสัญญาณรบกวนได้

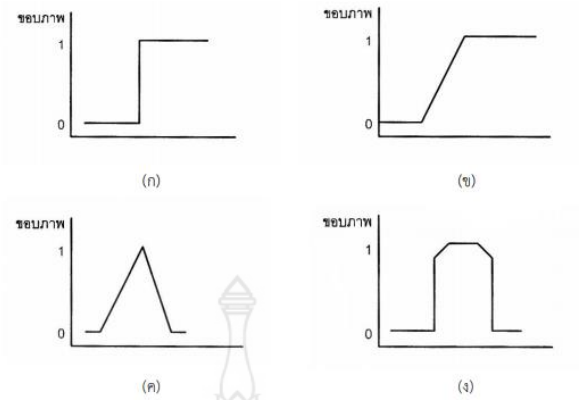
3) ตำแหน่งของจุดที่เป็นขอบภาพควรมีความถูกต้องโดยขอบที่มีความถูกต้องนั้นจะต้องอยู่ในส่วนที่ค่าความเข้มของจุดภาพที่สูงกว่า

อาจกล่าวได้ว่าขอบต่างๆ ภายในภาพเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าระดับความเข้มเทาแบบทันทีทันใดจากค่าระดับต่ำๆ ไปเป็นค่าระดับความเข้มเทาสูงๆ หรือในทางตรงกันข้ามเปลี่ยนจากค่าระดับความเข้มเทาสูงๆ ไปเป็นค่าระดับความเข้มเทาต่ำๆ หรืออีกนัยหนึ่ง คือ ส่วนที่เกิดจากความไม่ต่อเนื่องของค่าระดับความเข้มเทาของพิกเซลที่อยู่บริเวณติดกัน (Neighborhood Pixels) กล่าวคือค่าระดับความเข้มเทาของพิกเซลที่อยู่ติดกันมีค่าแตกต่างกันมากดังตัวอย่างในรูปที่ 2.32 จากรูปจะเห็นได้ว่าค่าระดับความเข้มเทาของข้อมูลภาพในหลักที่ 2 และ 3 มีความแตกต่างกันมากดังนั้นจะสรุปได้ว่าบริเวณช่วงการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใดระหว่างค่าระดับความเข้มเทาของข้อมูลภาพในหลักที่ 2 และ 3 เป็นขอบภาพของภาพ

50	50	160	160
50	50	160	160
50	50	160	160
50	50	160	160

รูปที่ 2.32 ค่าระดับความเข้มเทาของภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด

รูปแบบของขอบภาพที่ปรากฏในรูปภาพโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยขอบภาพหลายชนิด ดังแสดงในรูปที่ 2.33 โดยรูปที่ 2.33 (ก) เป็นขอบภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดขอบภาพแบบนี้ส่วนใหญ่จะเป็นภาพที่มนุษย์จำลองขึ้นมาส่วนภาพโดยทั่วไปจะเป็นขอบภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มทีละน้อยดังในรูปที่ 2.33 (ข) ส่วนรูปที่ 2.33 (ค) จะเป็นขอบภาพที่ค่าความเข้มค่อยๆ เพิ่มขึ้นและลงทีละน้อยในลักษณะของรูปหน้าจั่วและรูปที่ 2.33 (ง) แสดงขอบภาพที่เป็นสัน



รูปที่ 2.33 ขอบภาพชนิดต่างๆ

2.5.7.2 เทคนิคการทำเทรชโฮลด์ (Threshold) เนื่องจากในบางครั้งการวิเคราะห์หรือการประมวลผลของข้อมูลภาพจำเป็นที่จะต้องทำการแยกวัตถุหรือสิ่งที่สนใจในข้อมูลภาพออกมาจากพื้นหลังของภาพ เช่น การแยกตัวอักษรสีดำออกจากพื้นหลังสีขาวในงานทางด้านการรู้จำตัวอักษร หรือการประยุกต์ใช้การประมวลภาพทางด้านการรู้จำใบหน้าคนนั้นจำเป็นที่จะต้องแยกส่วนตัวอักษรหรือใบหน้าของคนออกจากพื้นหลังภาพจากนั้นจึงนำตัวอักษรหรือภาพหน้าคนที่แยกส่วนออกมาได้นำไปวิเคราะห์หรือประมวลผลภาพในขั้นตอนต่อไปเพื่อให้สามารถเรียนรู้ประเภทของตัวอักษรหรือจดจำใบหน้าของคนได้

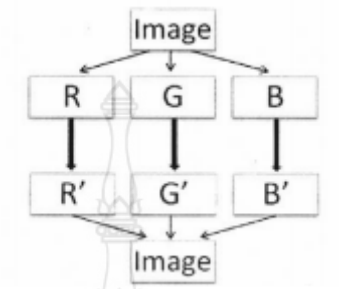
2.5.8 การประมวลผลภาพสี (Color Image Processing)

สามารถนำเทคนิคและวิธีการประมวลผลภาพระดับความเข้มเทาที่ได้กล่าวมาแล้วนำมาใช้ในการประมวลผลภาพสีได้เช่น การประมวลผลภาพแบบจุดการปรับเพิ่มหรือลดความสว่าง การขยายฮีสโทแกรมภาพเป็นต้นแต่เนื่องจากภาพสีในแบบจำลองสี RGB ประกอบไปด้วยข้อมูลภาพของแม่สีหลัก 3 สีที่ซ้อนกันอยู่คือข้อมูลภาพของแม่สีแดงสีเขียวและสีน้ำเงินดังนั้นในการประมวลผลภาพสีนั้นจะทำการประมวลผลทีละแบนด์ของข้อมูลภาพของแต่ละแม่สีหลักกล่าวคือขั้นตอนของการประมวลผลภาพในแต่ละแม่สีหลักนั้นจะมีขั้นตอนการประมวลผลภาพแยกออกจากกันจากนั้นจึงนำผลลัพธ์ของภาพที่ประมวลผลได้ในแต่ละข้อมูลภาพของแม่สีหลักมารวมกันแสดงผลเป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพสีในบางกรณีภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพสีในบางครั้งอาจมีผลทำให้ภาพผลลัพธ์มีความไม่สมบูรณ์หรือมีความผิดเพี้ยนของสีในภาพผลลัพธ์ได้ดังนั้นเพื่อแก้ไขความผิดเพี้ยนของสีที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากการทำการประมวลผลภาพทีละข้อมูลภาพหรือแบนด์ย่อยของแต่ละแม่สีหลักแยกจากกันที่สามารถที่จะทำการเปลี่ยนแปลงภาพสีในรูปแบบจำลอง RGB ให้แสดงผลอยู่ในรูปของแบบจำลองสีแบบอื่นๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลภาพเฉพาะส่วนของข้อมูลภาพที่แสดงถึงค่าความเข้มแสงหรือความสว่างของสีเท่านั้น การประมวลผลภาพสีสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีคือ

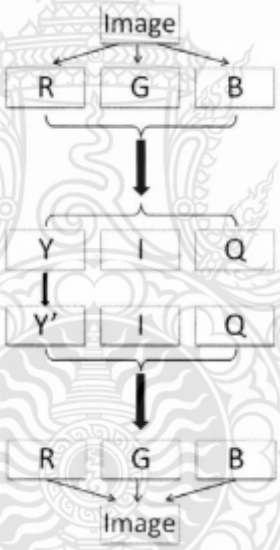
2.5.8.1 การประมวลผลภาพในแต่ละแบนด์ย่อยของแบบจำลองสี RGB

2.5.8.2 การเปลี่ยนแบบจำลองสี RGB เป็นแบบจำลองสี IQ แล้วทำการประมวลผลภาพเฉพาะในแบนด์ย่อย Y เท่านั้น (แบนด์ 1 และ 2 ไม่ต้องทำการประมวลผลภาพ) จากนั้นทำการ

เปลี่ยนแบบจำลองสี IQ เป็นแบบจำลองสี RGB รูปแบบการประมวลผลภาพสีทั้ง 2 วิธีนี้ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 2.34 และรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.34 การประมวลผลภาพในแต่ละแบนด์ย่อยของแบบจำลองสี RGB



รูปที่ 2.35 การเปลี่ยนแบบจำลองสี RGB เป็นแบบจำลองสี IQ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชานนท์ และคณะ (2560) โครงงานเรื่องชุดจำลองแขนกลอุตสาหกรรม ได้นำเสนอการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมเพื่อจำลองการทำงานของแขนกลในลักษณะงานหยิบจับวัตถุ จึงได้ทำการออกแบบวงจรเพื่อใช้ควบคุมแขนกลโดยใช้ Arduino เป็นตัวคอนโทรลเลอร์ ในการสั่งงานเซอร์โวมอเตอร์เพื่อควบคุมแขนกล และออกแบบโปรแกรมควบคุมแขนกลสำหรับติดต่อกับผู้ใช้งานด้วยโปรแกรม LabVIEW โดยหลักการทำงาน ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าตำแหน่งเป้าหมาย (X, Y, Z) ที่ต้องการให้แขนกลหยิบ และวางวัตถุลงบนโปรแกรมควบคุมแขนกล จากนั้นโปรแกรมจะประมวลผลค่าตำแหน่งเป้าหมาย ด้วยสมการจลศาสตร์แบบผกผันออกมาเป็นค่ามุมการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม

ของเซอร์โว มอเตอร์ทั้ง 5 ตัว แล้วส่งข้อมูลที่ได้ไปยังบอร์ด Arduino ให้ขับเซอร์โวมอเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ในแต่ละแกนของแขนกลไปยังตำแหน่งเป้าหมายที่ผู้ใช้กำหนดไว้ ซึ่งจากการทดลองพบว่าสามารถควบคุมให้แขนกล ย้ายวัตถุจากตำแหน่งหนึ่งไปวางยังอีกตำแหน่งหนึ่งได้

พันศักดิ์ เนระแก (2558) โครงงานเรื่องการออกแบบหุ่นยนต์แบบหยิบและวางที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร มีวัตถุประสงค์งานวิจัยนี้จะเป็นการออกแบบและสร้างเครื่องจักรต้นแบบที่ใช้ในการหยิบและวางในกระบวนการประกอบโดยเพิ่มความสามารถในการทำงานของหุ่นยนต์ด้วยการใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักรประกอบการทำงานของหุ่นยนต์วิธีการออกแบบมีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ 1) ระบบลำเลียงชิ้นงานอัตโนมัติโดยใช้โปรแกรม KV STUDIO เขียนระบบการทำงานของชุดลำเลียงชิ้นงาน 2) การใช้โปรแกรม NI Vision IBuilder ในการกำหนดรูปแบบจุดศูนย์กลางของรูปแบบความเหมือนสีที่ใช้ในการค้นหาขอบเขตในการค้นหาและส่วนของโปรแกรม NI LabVIEW ร่วมกับโมดูล NI Vision ใช้ในการออกแบบกระบวนการทำงานของระบบการมองเห็นของเครื่องจักรเพื่อค้นหาพิกัดและแนวการวางตัวของชิ้นงานและควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์หุ่นยนต์ที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นแบบ Scara Robot โดยการจะสั่งให้ Rivuit เคลื่อนที่ได้นั้นเราจะต้องส่งชุดคำสั่ง Protocol B ซึ่งเป็นชุดคำสั่งเฉพาะในการสั่งการ Robot เพื่อให้ระบบการทำงานทั้งสองส่วนทำงานสอดประสานและทำงานอย่างถูกต้องไปพร้อมกันผลที่คาดว่าจะได้รับระบบลำเลียงชิ้นงาน สามารถลำเลียงชิ้นงานมาหยุดที่จุดจับยึดและระบบการมองเห็นด้วยภาพของเครื่องจักรที่ได้ทำการออกแบบสามารถตรวจจับตำแหน่งตามแนวแกน X, Y และแนวการวางตัวตามแนวแกน U ได้อย่างถูกต้องตามรูปแบบของชิ้นงานที่ได้รับและสามารถสั่งการให้หุ่นยนต์หยิบและวางชิ้นส่วนในการประกอบได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

มุฑิตา สงฆจันทร์ (2558) รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์การควบคุมหุ่นยนต์แขนกลโดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบทำซ้ำชนิดคาพารามิเตอรที่เหมาะสมที่สุด ได้นำเสนอการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลโดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบทำซ้ำชนิดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดซึ่งวิธีการควบคุมแบบการเรียนรู้แบบทำซ้ำจะให้ผลลัพท์ของค่าประจำนอร์มของค่าความผิดพลาดที่ลดลงจนมีค่าเป็นศูนย์หรือเข้าใกล้ศูนย์เมื่อรอบการทำงานเพิ่มขึ้นวัตถุประสงค์ของการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลคือต้องการให้หุ่นยนต์แขนกลเคลื่อนที่ไปหยิบจับสิ่งของที่ตำแหน่งที่ต้องการได้ดังนั้นจึงได้ประยุกต์ใช้วิธีการควบคุมแบบการเรียนรู้แบบทำซ้ำมาควบคุมการเคลื่อนที่ของแต่ละข้อต่อของหุ่นยนต์แขนกลเพื่อลดความผิดพลาดในการเคลื่อนที่และทำให้เคลื่อนที่เข้าสู่ตำแหน่งเป้าหมายได้แม่นยำมากขึ้นและยังใช้กระบวนการประมวลผลภาพรวมทั้งทฤษฎีการวิเคราะห์ทางจลนศาสตร์แปรผันและกลศาสตร์ผกผันเพื่อนำมาคำนวณหาตำแหน่งของวัตถุและค่าตำแหน่งของวัตถุจะเป็นค่าตำแหน่งเป้าหมายที่ใช้อ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งปัจจุบันของหุ่นยนต์แขนกลค่าความแตกต่างที่ได้จะเป็นค่าความผิดพลาดที่จะถูกปรับแก้ให้ลดลงด้วยวิธีการเรียนรู้แบบทำซ้ำจนกระทั่งค่าความผิดพลาดที่ได้มีค่าน้อยที่สุดซึ่งจะหมายถึงหุ่นยนต์แขนกลเคลื่อนที่เข้าสู่ตำแหน่งเป้าหมายได้ใกล้เคียงที่สุดจากผลการวิจัยจะพบว่ากระบวนการวิธีการเรียนรู้แบบทำซ้ำชนิดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แขนกลได้ทำให้หุ่นยนต์แขนกลสามารถเข้าถึงตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการ

บทที่ 3
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ในการศึกษาขั้นตอนและวิธีการดำเนินการสร้างหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร มีขั้นตอนดำเนินงานดังต่อไป

3.1 วิธีการดำเนินการสร้าง

3.2 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน

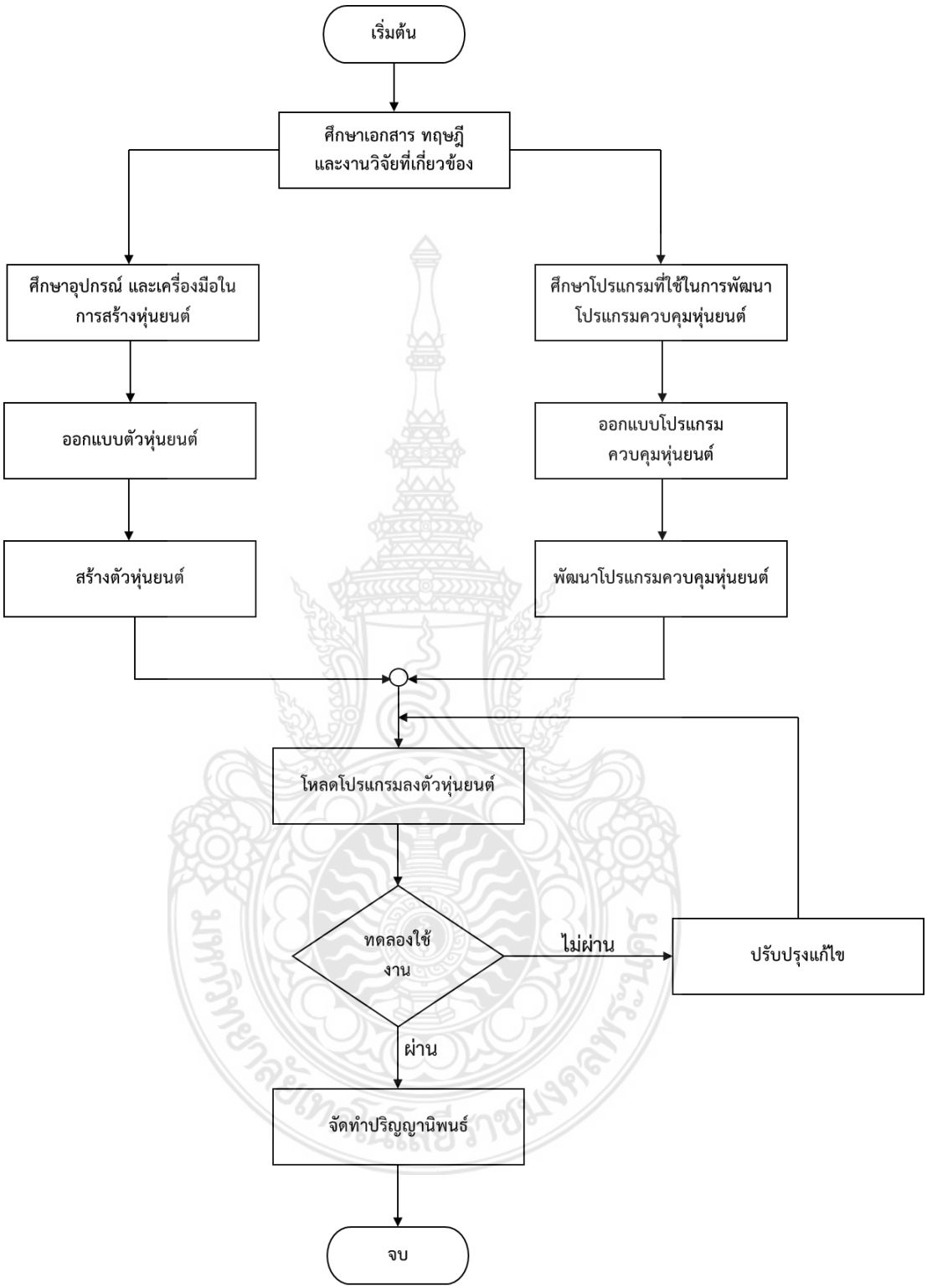
3.3 การออกแบบหุ่นยนต์

3.4 ขั้นตอนการประกอบตัวหุ่นยนต์ต้นแบบ

3.5 แผนภาพแสดงการทำงานของหุ่นยนต์ต้นแบบ (Use Case Diagram)

3.1 วิธีการดำเนินการสร้าง

ในการสร้างหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร ผู้จัดทำได้มีการดำเนินการดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการดำเนินงาน

3.2 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาอุปกรณ์และเครื่องมือในการสร้างหุ่นยนต์ เช่น การออกแบบและการสร้างตัวหุ่นยนต์ ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ เช่น การออกแบบโปรแกรมควบคุมและการพัฒนาโปรแกรมควบคุมของหุ่นยนต์

3.2.2 ศึกษาข้อมูลด้านซอฟต์แวร์

3.2.2.1 ศึกษาโปรแกรม LabView 2017

3.2.2.1 ควบคุมการทำงานโดยโปรแกรม LabView

3.2.2.2 สามารถส่งภาพกลับไปยังผู้ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ต้นแบบโดยผ่านทางจอควบคุมการทำงาน

3.2.1.3 หุ่นยนต์ต้นแบบจะทำงานแบบอัตโนมัติ แต่ต้องมีผู้ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ต้นแบบโดยผ่านทางจอควบคุม

3.2.3 ศึกษาข้อมูลด้านฮาร์ดแวร์

3.2.3.1 ใช้โปรแกรม LabView 2017 ในการควบคุมให้หุ่นยนต์ต้นแบบทำงาน

3.2.3.2 ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 12 โวลต์ เป็นตัวขับเคลื่อนให้หุ่นยนต์เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา

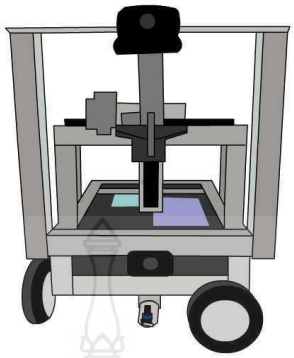
3.2.3.3 ตัวหุ่นยนต์ต้นแบบต้องส่งภาพกลับมายังผู้ควบคุม

3.2.3.4 ใช้เซอร์โว รุ่น HS-485HB ในการหมุนกล้องเว็บแคม และขับเคลื่อนแกนของแขนกล ทั้ง 3 แกน

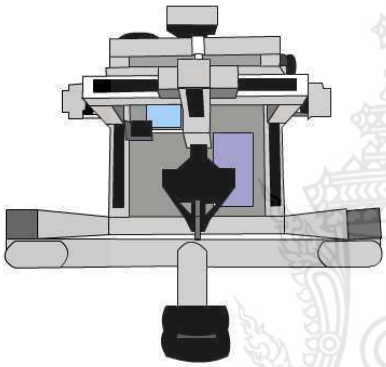
3.2.3.5 ใช้แบตเตอรี่ขนาด 3,000 mA เป็นตัวพลังงานแก่หุ่นยนต์ต้นแบบ

3.3 การออกแบบหุ่นยนต์

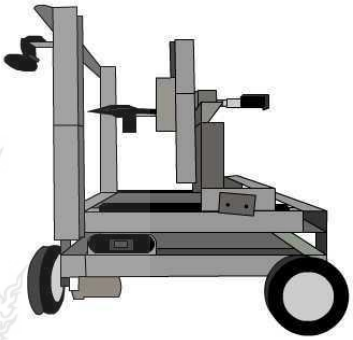
เป็นการออกแบบหุ่นยนต์ให้ขับเคลื่อนเป็นระนาบในแนวแกน X และแนวแกน Y (เดินหน้า – ถอยหลัง , ซ้าย – ขวา) ซึ่งเคลื่อนที่บนสนามที่เป็นพื้นที่มีลักษณะเป็นผิวเรียบและมัน จึงออกแบบเป็นล้อที่มีอิสระต่อการขับเคลื่อน โดยการใช้ล้อ Omni และส่งภาพกลับมายังผู้ควบคุม จึงออกแบบให้ใช้กล้องเว็บแคมอยู่ด้านบนสุดของตัวหุ่นยนต์



(ก) ด้านหน้า



(ข) ด้านบน



(ค) ด้านข้าง

รูปที่ 3.2 การออกแบบหุ่นยนต์

3.4 ขั้นตอนการประกอบตัวหุ่นยนต์ต้นแบบ

3.4.1 ขั้นตอนการประกอบโครงสร้างของตัวหุ่นยนต์ต้นแบบ

3.4.1.1 ขั้นตอนการประกอบฐานของหุ่นยนต์ชั้นที่หนึ่ง

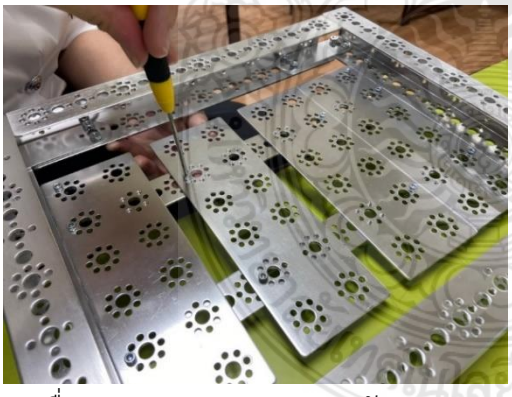
รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์ในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง

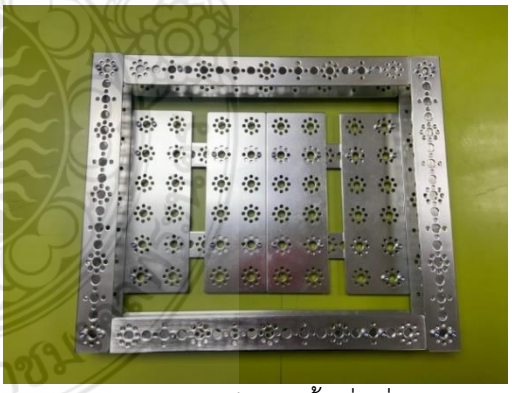
รหัสอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)
39068	TETRIX MAX 288 mm Channel	4
39271	TETRIX MAX Flat 288 mm x 27 mm	2
39073	TETRIX MAX Flat Building Plates	4
39061	TETRIX MAX Flat Brackets	4
39274	TETRIX MAX Flat 64 mm x 27 mm	4
39094	Kep Nuts 6-32	ไม่จำกัดจำนวน
39098	Socket Head Cap Screws 6-32 x 5/16*	ไม่จำกัดจำนวน

1) จับ 288 mm Channel มาประกอบ 4 ด้าน เป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

2) ไข Cap Screws และ Kep Nuts ทั้ง 4 ด้าน



3) เชื่อม Flat Building Plates กับ Flat 288 mm x 27 mm ภายในฐาน



4) ภาพสำเร็จฐานชั้นที่หนึ่ง

รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการประกอบฐานของหุ่นยนต์ชั้นที่หนึ่ง

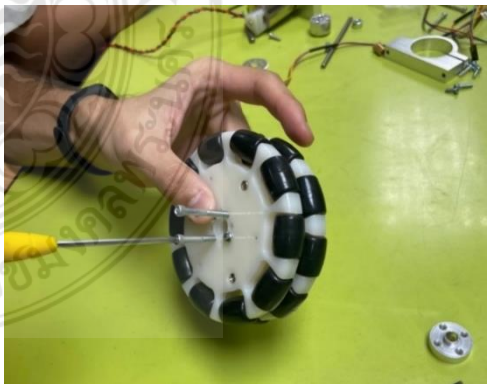
3.4.1.2 ขั้นตอนการประกอบล้อที่เชื่อมฐานของหุ่นยนต์ชั้นที่หนึ่ง

รูปที่ 3.5 อุปกรณ์ในส่วนล้อที่เชื่อมฐานของหุ่นยนต์ชั้นที่หนึ่ง

ตารางที่ 3.2 อุปกรณ์ในส่วนล้อ

รหัสอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)
36466	TETRIX MAX 4 Omni Wheel Pack	2
39089	TETRIX MAX Motor mount	1
39530	TETRIX MAX DC Gear Motor	1
39079	TETRIX MAX Motor Hub Pack	1
39172	TETRIX MAX Axle Hubs	1
39097	Socket Head Cap Screws 6-32 x 1/2*	2

(ก)



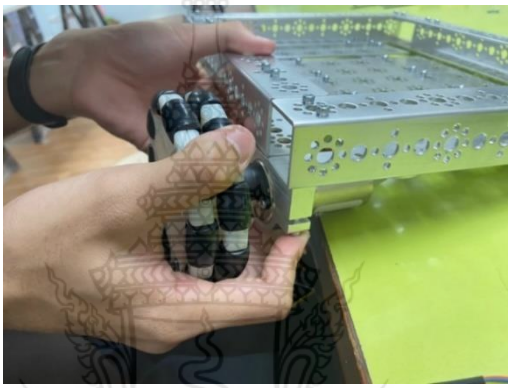
(ข)

1) ประกอบล้อ Omni 2 ชิ้น เข้าด้วยกัน โดยใช้ Motor Hub Pack เชื่อมล้อทั้ง 2 ชิ้นเข้าด้วยกัน และไขล็อคด้วยน็อคยาว โดยเริ่มจาก (ก) และ (ข) ตามลำดับ

รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการประกอบล้อที่เชื่อมฐานของหุ่นยนต์ชั้นที่หนึ่ง

2) นำล้อ Omni มาประกอบเข้า Motor mount

3) Omni และ Motor mount เสร็จสมบูรณ์



4) เมื่อได้ส่วนของล้อครบ 4 ชุด แล้วนำมาประกอบเข้ากับ DC Gear Motor ใช้น็อตยาวล็อคให้แน่นติดกับโครงชั้นที่หนึ่ง ทั้ง 4 ด้าน

รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการประกอบล้อที่เชื่อมฐานของหุ่นยนต์ชั้นที่หนึ่ง (ต่อ)

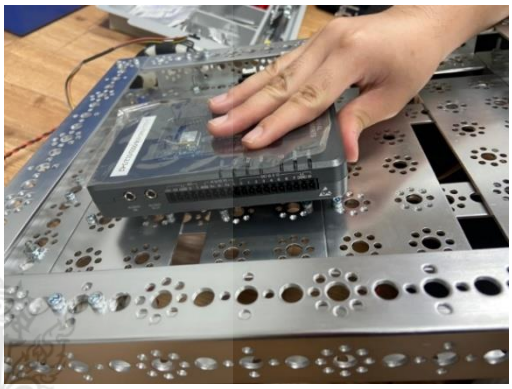
3.4.1.3 ขั้นตอนการติดตั้งบอร์ดและวงจรในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง

รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ในการติดตั้งบอร์ดและสายไฟในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง

ตารางที่ 3.3 อุปกรณ์ในการติดตั้งบอร์ดและสายไฟในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง

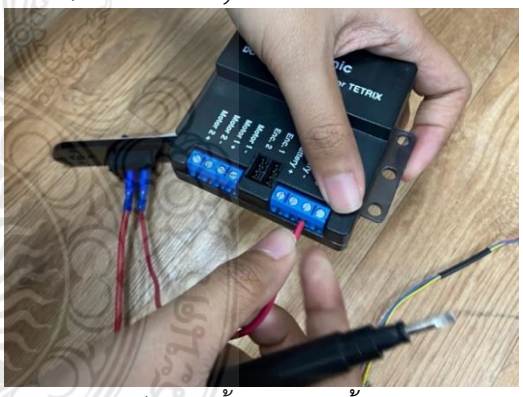
รหัสอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)
ไม่มีรหัสอุปกรณ์	บอร์ด ไมโครคอลโทรลเลอร์ รุ่น myRIO + ฐานรอง	1
ไม่มีรหัสอุปกรณ์	บอร์ด ไดร์ฟ	1
ไม่มีรหัสอุปกรณ์	Servo Controller	2
ไม่มีรหัสอุปกรณ์	สายต่อบอร์ด	1 (ชุด)
ไม่มีรหัสอุปกรณ์	ชุดสวิตช์	1 (ชุด)

1) ทำการติดตั้งฐานรองระหว่างฐานชั้นที่หนึ่ง



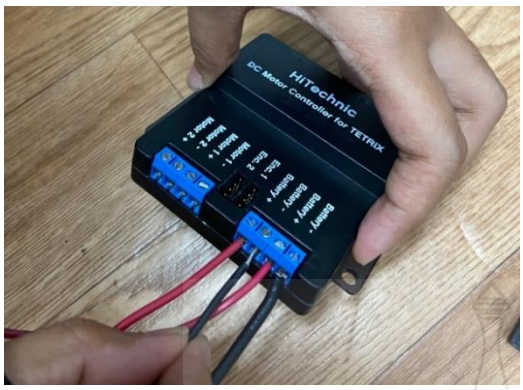
2) ดันบอร์ด myRIO ลงไปให้ตรงล็อค

3) เริ่มด้วยการนำชุดสวิตช์มาเสียบสายไฟเพื่อต่อเข้ากับบอร์ด



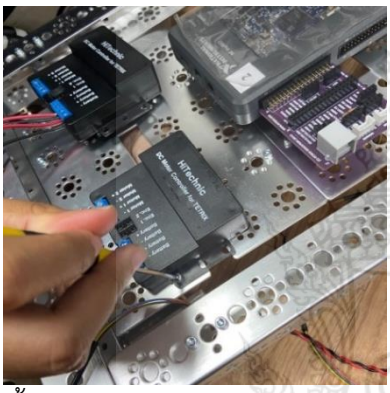
4) เสียบสายไฟเข้าขั้วบวกและขั้วลบให้ถูกต้อง

รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการติดตั้งบอร์ดและสายไฟในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง



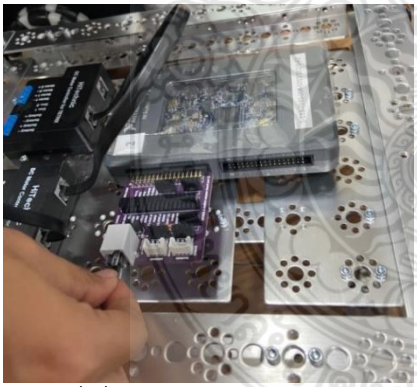
5) ต่อสายไฟบอร์ด DC Motor Controller

6) ต่อสายไฟบอร์ด Servo Controller และ DC Motor Controller ต่อเข้าด้วยกัน



7) ติดตั้งบอร์ด Servo Controller เข้ากับฐานชั้นที่หนึ่ง

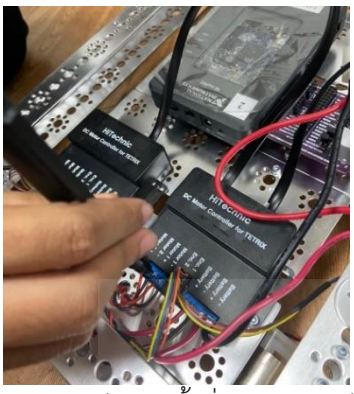
8) เชื่อมสายระหว่าง บอร์ด Servo Controller



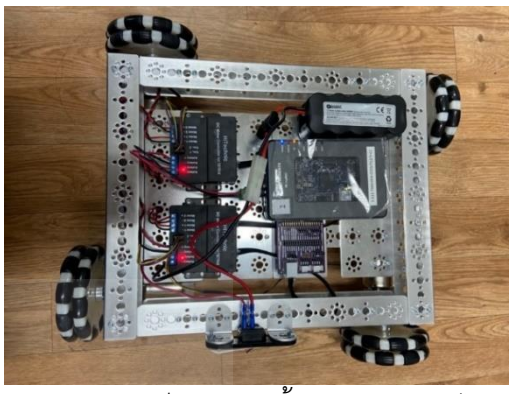
9) นำสายที่เชื่อมกับบอร์ด Servo Controller มาเชื่อมต่อเข้ากับ Drive board

10) เชื่อมสายระหว่าง บอร์ด Servo Controller กับ บอร์ด MyRIO

รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการติดตั้งบอร์ดและสายไฟในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง (ต่อ)



11) เดินสายไฟล้อทั้งสี่ชุด และสายไฟแบตเตอร์รี่เข้ากับบอร์ด Servo Controller



12) ภาพสำเร็จ การติดตั้งบอร์ดและสายไฟฐานชั้นที่หนึ่ง

รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการติดตั้งบอร์ดและสายไฟในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง (ต่อ)

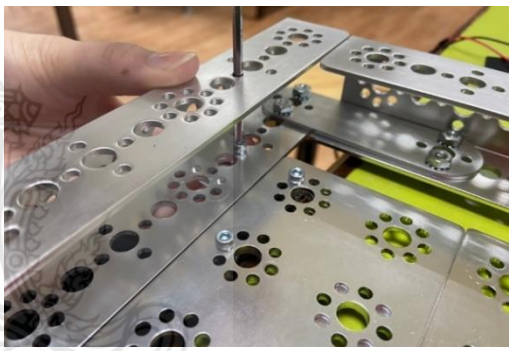
3.4.1.4 ขั้นตอนการประกอบฐานของหุ่นยนต์ชั้นที่ 2 ใช้วิธีเดียวกับชั้นที่หนึ่ง เพียงเพิ่มแผ่นเหล็กขนาดเล็กทรงแบนและสี่เหลี่ยมเพื่อยึดด้านข้างอีกอย่างละ 4 ชิ้น

รูปที่ 3.9 อุปกรณ์ในส่วนฐานชั้นที่สอง

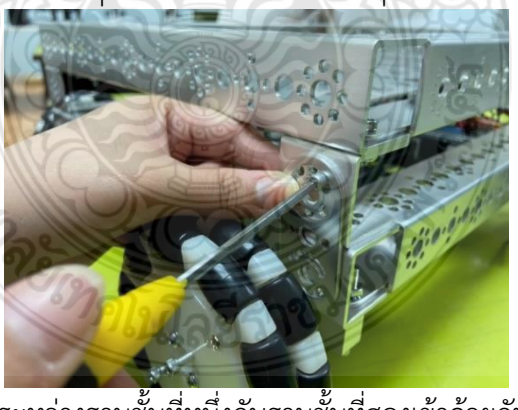
ตารางที่ 3.4 อุปกรณ์ในส่วนฐานชั้นที่สอง

รหัสอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)
39065	TETRIX MAX 32 mm Channel	4
39068	TETRIX MAX 288 mm Channel	4
39271	TETRIX MAX Flat 288 mm x 27 mm	2
39073	TETRIX MAX Flat Building Plates	4
39061	TETRIX MAX Flat Brackets	4
41791	TETRIX MAX Adjustable Angle Flat Bracket	4
39094	Kep Nuts 6-32	ไม่จำกัดจำนวน
39097	Socket Head Cap Screws 6-32 x 1/2*	ไม่จำกัดจำนวน
39098	Socket Head Cap Screws 6-32 x 5/16*	ไม่จำกัดจำนวน

1) วาง 288 mm Channel ให้เป็นรูปสี่เหลี่ยม และใช้ Cap Screws และ Kep Nuts



2) วาง Building Plates แล้วไข Cap Screws และ Kep Nuts ประกอบเรียงกันให้เป็นฐาน



3) ยึดอุปกรณ์เพื่อเชื่อมระหว่างฐานชั้นที่หนึ่งกับฐานชั้นที่สองเข้าด้วยกัน โดยใช้ Flat Bracket กับ Cap Screws และ Kep Nuts

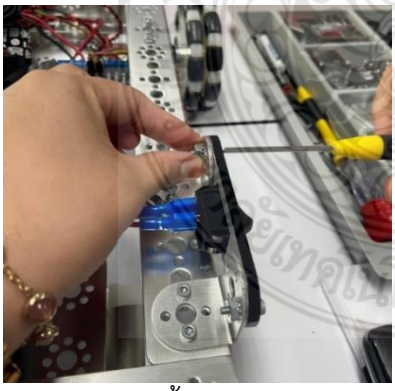
รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการประกอบฐานของหุ่นยนต์ชั้นที่สอง

3.4.1.5 ขั้นตอนการติดตั้งบอร์ดและวงจรในส่วนฐานชั้นที่สอง

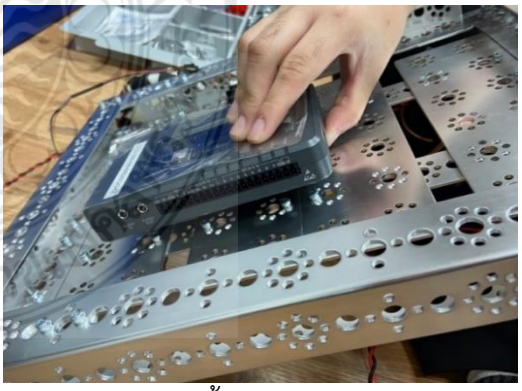
รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ในการติดตั้งบอร์ดและสายไฟในส่วนฐานชั้นที่สอง

ตารางที่ 3.5 อุปกรณ์ในการติดตั้งบอร์ดและสายไฟในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง

รหัสอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)
ไม่มีรหัสอุปกรณ์	บอร์ด ไมโครคอลโทรลเลอร์ รุ่น myRIO + ฐานรอง	1 (ชุด)
ไม่มีรหัสอุปกรณ์	บอร์ด ไดร์ฟ	1 (ชุด)
ไม่มีรหัสอุปกรณ์	Servo Controller	2 (ชุด)
ไม่มีรหัสอุปกรณ์	สายต่อบอร์ด	1 (ชุด)
ไม่มีรหัสอุปกรณ์	สายแลน	1 (ชุด)
ไม่มีรหัสอุปกรณ์	ชุดสวิตช์	1 (ชุด)

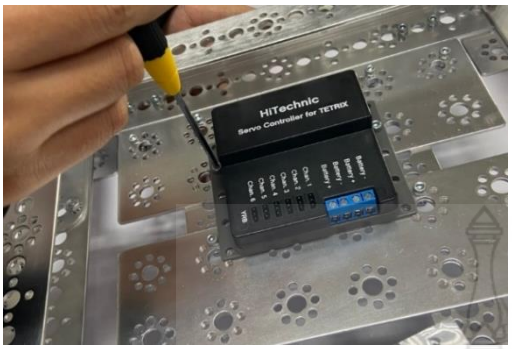


1) ติดตั้ง ชุดสวิทช์

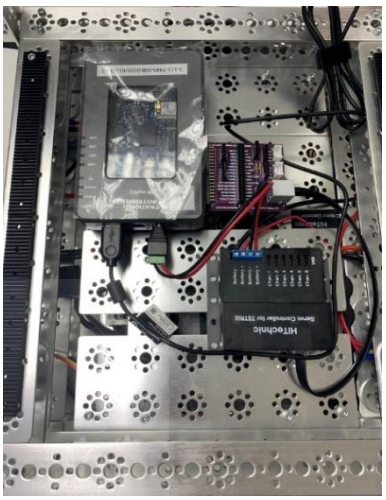


2) ติดตั้งบอร์ด MyRIO

รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการติดตั้งบอร์ดและสายไฟในส่วนฐานชั้นที่สอง



3) ติดตั้งบอร์ด Servo Controller



4) เดินสายไฟเข้ากับชุดสวิตช์ แบตเตอร์รี่ บอร์ด myRIO และบอร์ด Servo Controller

รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการติดตั้งบอร์ดและสายไฟในส่วนฐานชั้นที่สอง (ต่อ)

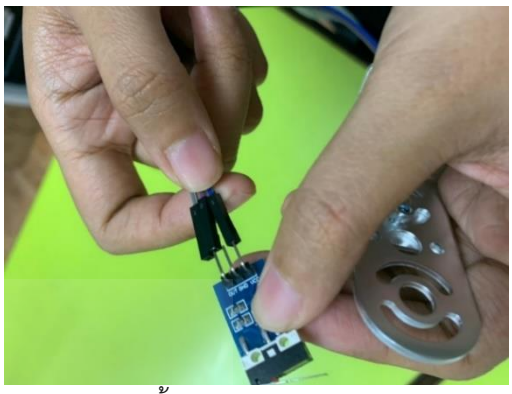
3.3.1.6 ขั้นตอนการติดตั้งโมดูลตรวจจับการชน

รูปที่ 3.13 อุปกรณ์ในการติดตั้งโมดูลตรวจจับการชน

ตารางที่ 3.6 อุปกรณ์ในการติดตั้งโมดูลตรวจจับการชน

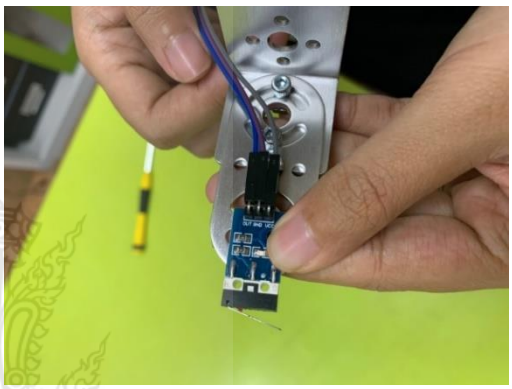
รหัสอุปกรณ์	**ชื่ออุปกรณ์**	**จำนวน (ชิ้น)**
ไม่มีรหัสอุปกรณ์	โมดูลตรวจจับการชน + สายจั้ม	1
39281	TETRIX MAX Inside Corner Brackets	1
41791	TETRIX MAX Adjustable Angle Flat Bracket	1
39098	Socket Head Cap Screws 6-32 x 5/16*	ไม่จำกัดจำนวน
39094	Kep Nuts 6-32	ไม่จำกัดจำนวน

1) ไข Cap Screws เข้ากับ Flat Bracket และ Kep Nuts



2) เสียบสายจั้มเข้ากับ โมดูลตรวจจับการชน

3) นำโมดูลตรวจจับการชน มาติดเข้ากับ Flat Bracket



4) ภาพสำเร็จ

รูปที่ 3.14 ขั้นตอนในการติดตั้งโมดูลตรวจจับการชน

3.4.2 ขั้นตอนการประกอบโครงสร้างแกนของตัวหุ่นยนต์ต้นแบบ

3.4.2.1 ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งแกน Y

รูปที่ 3.15 อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งแกน Y

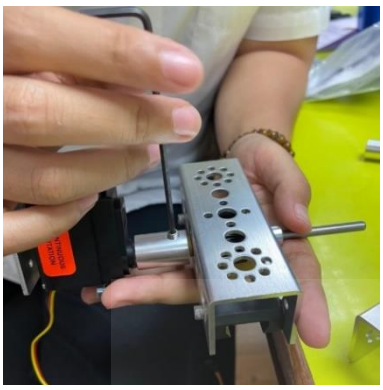
ตารางที่ 3.7 อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งแกน Y

รหัสอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)
39060	TETRIX MAX Sngl Standard-Scale Servo Motor	2
39300	TETRIX MAX Rack and Pinion linear Slide Pack	4
39066	TETRIX MAX 96 mm Channel	2
40379	TETRIX MAX 1425CR Continuous Rotation Servo	2
39092	TETRIX MAX Axle Set collars	2
39091	TETRIX MAX Bronze Bushings	4
39107	TETRIX MAX Stand-Off Posts 6-32 x 32 mm	2
39101	TETRIX MAX Axle spacers 3/8	2
39088	TETRIX MAX 100 mm Axles Pack	1
39094	Kep Nuts 6-32	ไม่จำกัดจำนวน
39097	Socket Head Cap Screws 6-32 x 1/2*	ไม่จำกัดจำนวน
39098	Socket Head Cap Screws 6-32 x 5/16*	ไม่จำกัดจำนวน

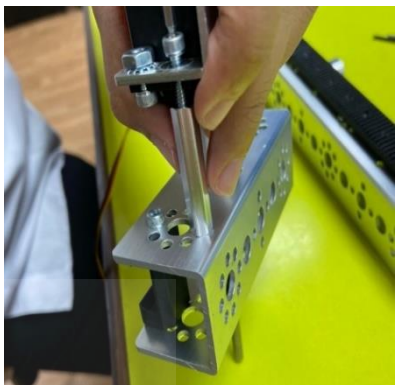
1) ติดตั้งสะพานเฟืองลงในฐานที่ชั้นสอง

2) ประกอบ DC Motor เข้ากับแผ่นวาง (หรือชุดอุปกรณ์ที่มีให้)

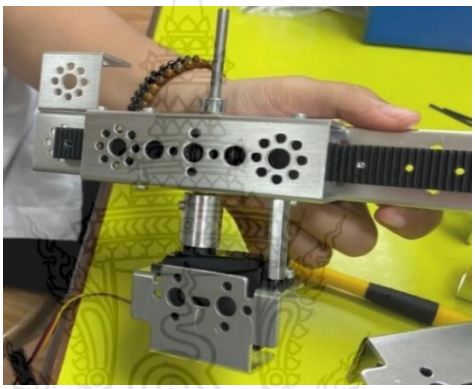
รูปที่ 3.16 ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งแกน Y



3) นำ DC Motor มาประกอบรวมกับชุดเดินสะพานเฟือง



4) ไข Cap Screws ล็อคระหว่างชุดเดินรางกับแผ่นรอง DC



5) ภาพสำเร็จ

รูปที่ 3.16 ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งแกน Y (ต่อ)

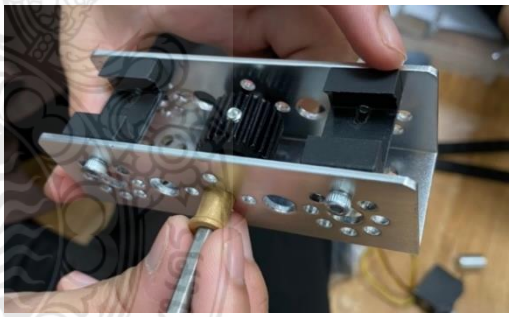
3.4.2.2 ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งแกน X

รูปที่ 3.17 อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งแกน X

ตารางที่ 3.8 อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งแกน X

รหัสอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)
40379	TETRIX MAX 1425^{CR} Continuous Rotation Servo	1
39068	TETRIX MAX 288 mm Channel	1
39066	TETRIX MAX 96 mm Channel	2
39270	TETRIX MAX Inside C Connectors	4
39060	TETRIX MAX Sngl Standard-Scale Servo Motor	1
39300	TETRIX MAX Rack and Pinion linear Slide Pack	2
39091	TETRIX MAX Bronze Bushings	3
39092	TETRIX MAX Axle Set collars	2
39103	TETRIX MAX Stand-Off Posts 6-32 x 2	1
39101	TETRIX MAX Axle spacers 3/8	1
39088	TETRIX MAX 100 mm Axles Pack	1
39094	Kep Nuts 6-32	ไม่จำกัดจำนวน
39098	Socket Head Cap Screws 6-32 x 1/2*	ไม่จำกัดจำนวน
39098	Socket Head Cap Screws 6-32 x 5/16*	ไม่จำกัดจำนวน

1) ใส่ตัวคุมสะพานเฟือง 2 ชิ้น



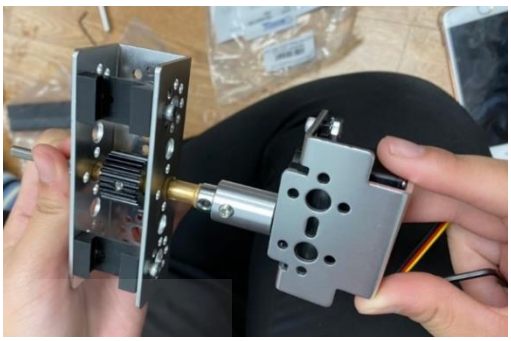
2) ใส่ตัวเดินสะพานเฟือง (เฟือง)

3) จัดให้อยู่กึ่งกลาง

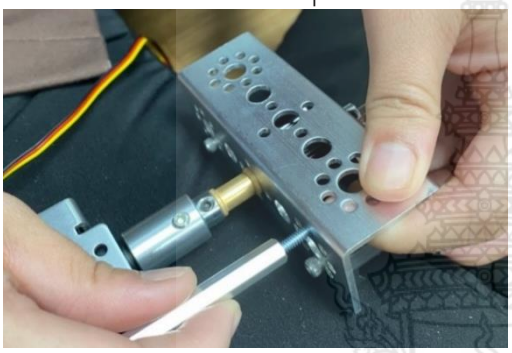
4) ไข Axles Pack ให้แน่น

รูปที่ 3.18 ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งแกน X

5) ไข servo ล็อคกับ Sngl Standard-Scale และติดตั้ง Axle spacers



6) ประกอบเข้ากับตัวเดินสะพานเฟือง



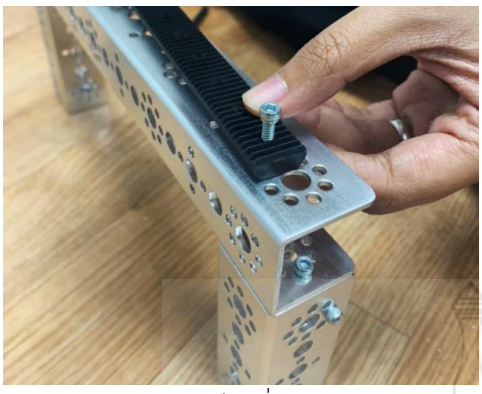
7) เสริม Posts 6-32 x 2 เพื่อล็อคกับตัวเดินสะพานเฟือง

8) ประกอบ Channel ขนาด 69 mm กับ connectors เพื่อสร้างฐานแกน x

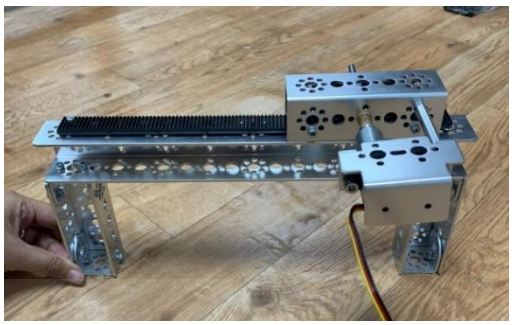
9) ประกอบให้ได้จำนวน 2 ชิ้น

10) นำตั้งขึ้นเพื่อเป็นฐาน แล้วนำ channel 288 mm มาเชื่อมให้เป็นสะพานเฟืองยาว

รูปที่ 3.18 ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งแกน X (ต่อ)



11) ใส่สะพานเฟืองลงไปที่ channel 288 mm แล้วไข Cap Screws ให้แน่น



12) เมื่อเรียบร้อยจะดังภาพ

รูปที่ 3.18 ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งแกน X (ต่อ)

3.4.2.3 ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งแกน Z และตัวหยิบจับ (Gripper)

รูปที่ 3.19 อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งแกน Z และตัวหยิบจับ (Gripper)

ตารางที่ 3.9 อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งแกน Z และตัวหยิบจับ (Gripper)

รหัสอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)
40538	HiTec HS322-HD Servo Motor	1
40234	TETRIX MAX PRIME Gripper Kit	1
39068	TETRIX MAX 288 mm Channel	1
39066	TETRIX MAX 96 mm Channel	2
39270	TETRIX MAX Inside C Connectors	4
39060	TETRIX MAX Sngl Standard-Scale Servo Motor Brkt	1
39300	TETRIX MAX Rack and Pinion linear Slide Pack	2

ตารางที่ 3.9 อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งแกน Z และตัวหยิบจับ (Gripper) (ต่อ)

รหัสอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)
39091	TETRIX MAX Bronze Bushings	2
39092	TETRIX MAX Axle Set collars	2
39107	TETRIX MAX Stand-Off Posts 6-32 x 32 mm	1
39088	TETRIX MAX 100 mm Axles Pack	1
39101	TETRIX MAX Axle spacers 3/8	1
39094	Kep Nuts 6-32	ไม่จำกัดจำนวน
39098	Socket Head Cap Screws 6-32 x 1/2*	ไม่จำกัดจำนวน
39098	Socket Head Cap Screws 6-32 x 5/16*	ไม่จำกัดจำนวน

1) นำสะพานเฟืองมาไขเข้ากับ 96 mm Channel

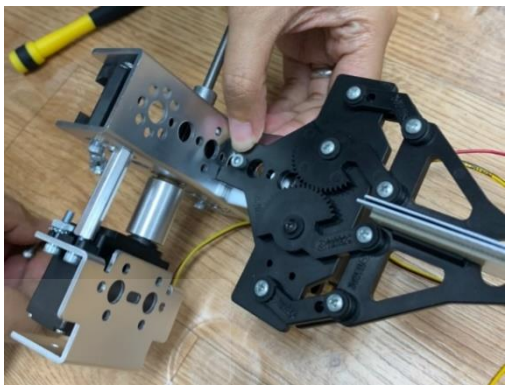
2) แล้วนำ 288 mm Channel มาต่อเรียงกัน

3) นำตัวเดินสะพานเฟืองแกน x มาใส่ connectors เพื่อเชื่อมกับแกน z

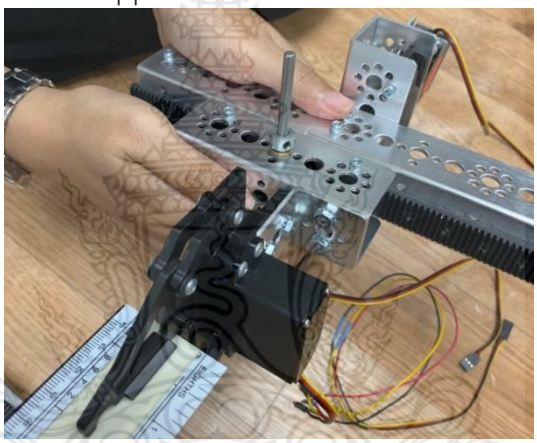
4) เชื่อมตัวเดินสะพานเฟือง แกน x เข้ากับฐานรางแกน z

รูปที่ 3.20 ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งแกน Z และตัวหยิบจับ (Gripper)

5) ประกอบตัวเดินสะพานเฟืองแกน z ขึ้นมา 1 เซต แล้วนำ corner brackets มาเชื่อมกับตัวเดินร่างแกน z เพื่อไว้ต่อ Gripper



6) ไข Gripper ล็อคเข้ากับตัวเดินสะพานเฟืองแกน z



7) นำตัวเดินสะพานเฟืองแกน z มาใส่กับสะพานเฟืองแกน z

รูปที่ 3.20 ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งแกน Z และตัวหยิบจับ (Gripper) (ต่อ)

3.4.2.4 ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งกล้องเว็บแคม

รูปที่ 3.21 อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งกล้องเว็บแคม

ตารางที่ 3.10 อุปกรณ์ในการประกอบและติดตั้งกล้องเว็บแคม

รหัสอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)
39271	TETRIX MAX Flat 288 mm x 27 mm	1
39067	TETRIX MAX 96 mm Channel	4
39061	TETRIX MAX Flat Building	3
39274	TETRIX MAX Flat 64 mm x 27 mm	2
39062	TETRIX MAX L Brackets	2
39094	Kep Nuts 6-32	ไม่จำกัดจำนวน
39098	Socket Head Cap Screws 6-32 x 5/16*	ไม่จำกัดจำนวน
ไม่มีรหัสอุปกรณ์	webcam	1 (ชุด)

1) เชื่อม Flat Brackets 2 ชิ้น เข้ากับ 96 mm Channel

2) ประกอบ 2 ชิ้น เพื่อเป็นฐานตั้งคานกล้อง

3) ไข L Brackets ต่อกับ 160 mm Channel เลือกมา 1 ด้าน

4) ประกอบ 2 ชิ้น

รูปที่ 3.22 ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งกล้องเว็บแคม

5) ใช้ flat 64 mm x 27 mm ต่อกับ L Brackets ทำทั้ง 2 เซต

6) นำ Flat 288 mm x 27 mm ต่อกับ L Brackets

7) ล็อค Flat 288 mm x 27 mm กับ L Brackets ทั้ง 2 ด้าน

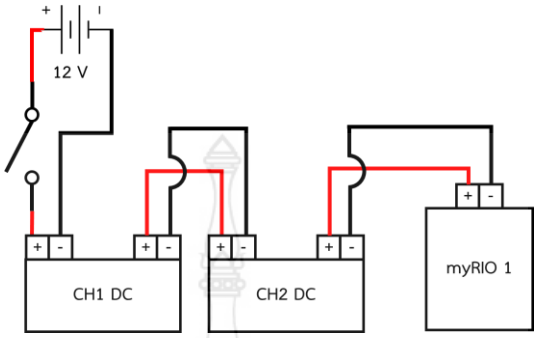
8) นำ Flat Brackets มาต่อตรงกึ่งกลาง ของ Flat 288 mm x 27 mm

9) ติดกล้อง ตรง Flat Brackets

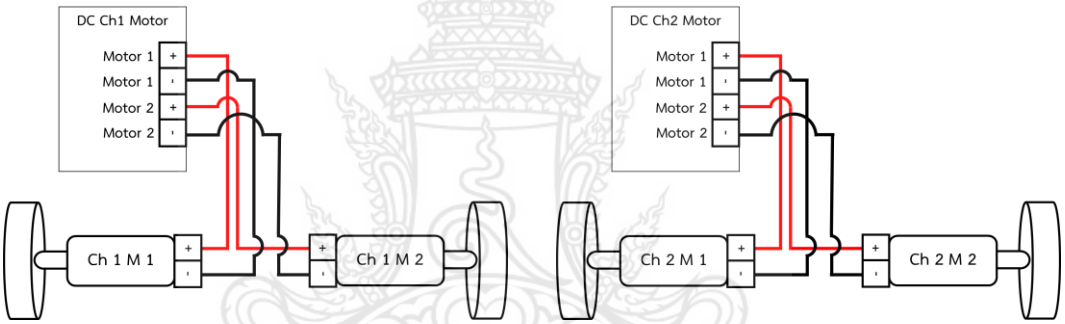
รูปที่ 3.22 ขั้นตอนการประกอบและติดตั้งกล้องเว็บแคม (ต่อ)

3.4.3 การเดินสายไฟ

3.4.3.1 การเดินสายไฟในส่วนของการขับเคลื่อน



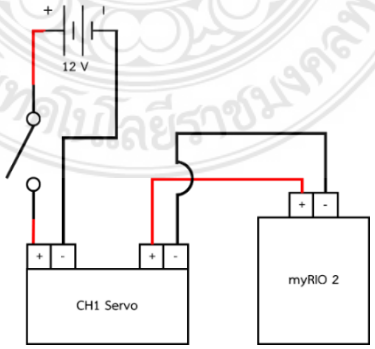
รูปที่ 3.23 การออกแบบการเดินสายไฟของ NI myRIO ตัวที่ 1 กับ DC Controller



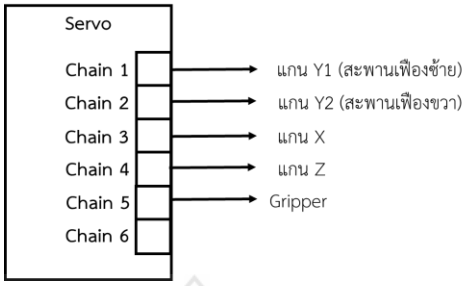
(ก) (ข)

รูปที่ 3.24 การออกแบบการเดินสายไฟของมอเตอร์ตัวที่ 1 (ก) และ 2 (ข) กับ DC Controller

3.4.4 การออกแบบการเดินสายไฟในส่วนของแขนกลและตัวหยิบจับ



รูปที่ 3.25 การออกแบบการเดินสายไฟของ NI myRIO ตัวที่ 2 กับ Servo Controller



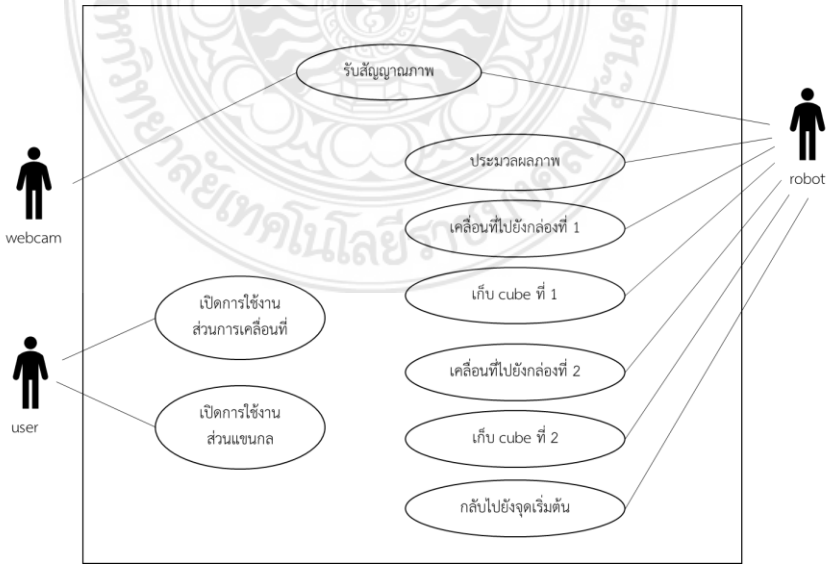
รูปที่ 3.26 การออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของช่อง (Chain) ใน Servo Controller

จากรูปที่ 3.26 เนื่องจาก Servo Controller for TETRIX® 1 สามารถเชื่อมต่อและควบคุมอุปกรณ์ Servo ได้สูง 6 ตัว จึงออกแบบการวางช่องของ Gripper, ที่สไลด์ในแนวแกน X, แกน Y และแกน Z ตามคำอธิบายตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ของช่อง (Chain) ใน Servo Controller

ตำแหน่ง	อุปกรณ์
Chain 1	แกน Y1 (สะพานเฟืองด้านซ้าย)
Chain 2	แกน Y2 (สะพานเฟืองด้านขวา)
Chain 3	แกน X
Chain 4	แกน Z
Chain 5	Gripper

3.5 แผนภาพแสดงการทำงานของหุ่นยนต์ต้นแบบ (Use Case Diagram)



รูปที่ 3.27 Use Case Diagram ของชุดควบคุมและสั่งการ

บทที่ 4
ผลการศึกษา

ในการศึกษาผลของการดำเนินงาน ผู้จัดทำโครงการหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร ได้ศึกษาในหัวข้อต่อไปนี้

4.1 หุ่นยนต์ที่ประกอบเสร็จ

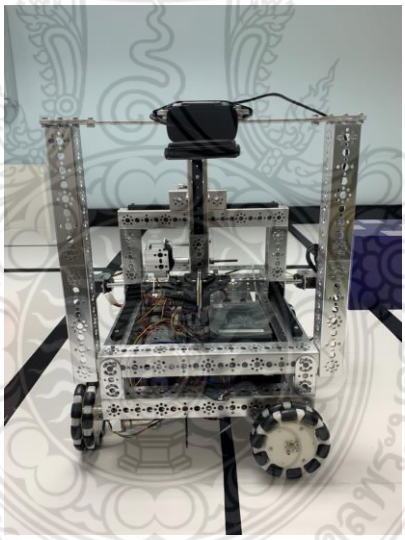
4.2 วิธีการทดสอบ

4.3 ผลการทดสอบ

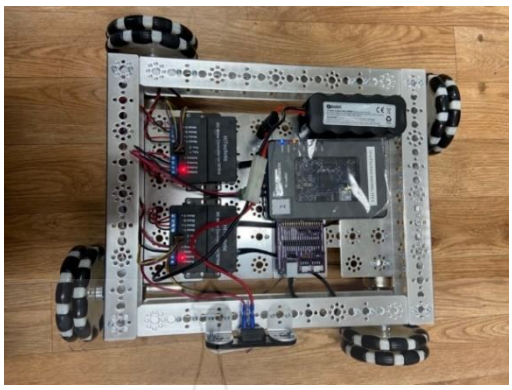
4.4 ผลสำเร็จของการดำเนินงาน

4.1 หุ่นยนต์ที่ประกอบเสร็จ

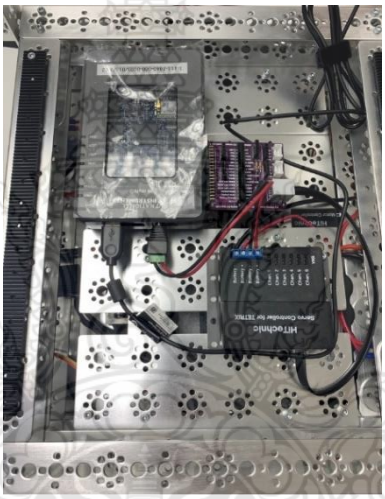
ในการทำโครงการครั้งนี้ทางคณะผู้จัดทำได้ออกแบบหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร ไว้ 2 ส่วน ซึ่งแต่ละส่วนจะภาระหน้าที่และการทำงานที่แตกต่างกันไป



รูปที่ 4.1 หุ่นยนต์ที่ประกอบเสร็จ



รูปที่ 4.2 ตำแหน่งการประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ในส่วนฐานชั้นที่หนึ่ง



รูปที่ 4.3 ตำแหน่งการประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ในส่วนฐานชั้นที่สอง

4.2 วิธีการทดสอบ

4.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

4.2.1.1 หุ่นยนต์พิกัดคาร์ที่เซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร

ผู้จัดทำได้ทำการสร้างหุ่นยนต์พิกัดคาร์ที่เซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักรขึ้นมา โดยการออกแบบจะมีอยู่ 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนของตัวหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร และส่วนของโปรแกรม LABVIEW 2017 ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ซึ่งส่วนของการใช้วัสดุในการสร้างหุ่นยนต์นั้น ได้สร้างขึ้นมาจากชุดอุปกรณ์ 3 ชุด ได้แก่ Tetrix Max Expansion Set , Tetrix Max Building System และ Tetrix Prime Building System ซึ่งประกอบเข้าด้วยกัน โดยรวมแล้วมีขนาดความกว้าง 39.5 เซนติเมตร, ความยาว 43.5 เซนติเมตร, ความสูง 43.5 เซนติเมตร (รวมแขนกล) และมีน้ำหนักประมาณ 10 กิโลกรัม ดังรูปที่ 4.1

4.2.1.2 สนามการทดสอบ

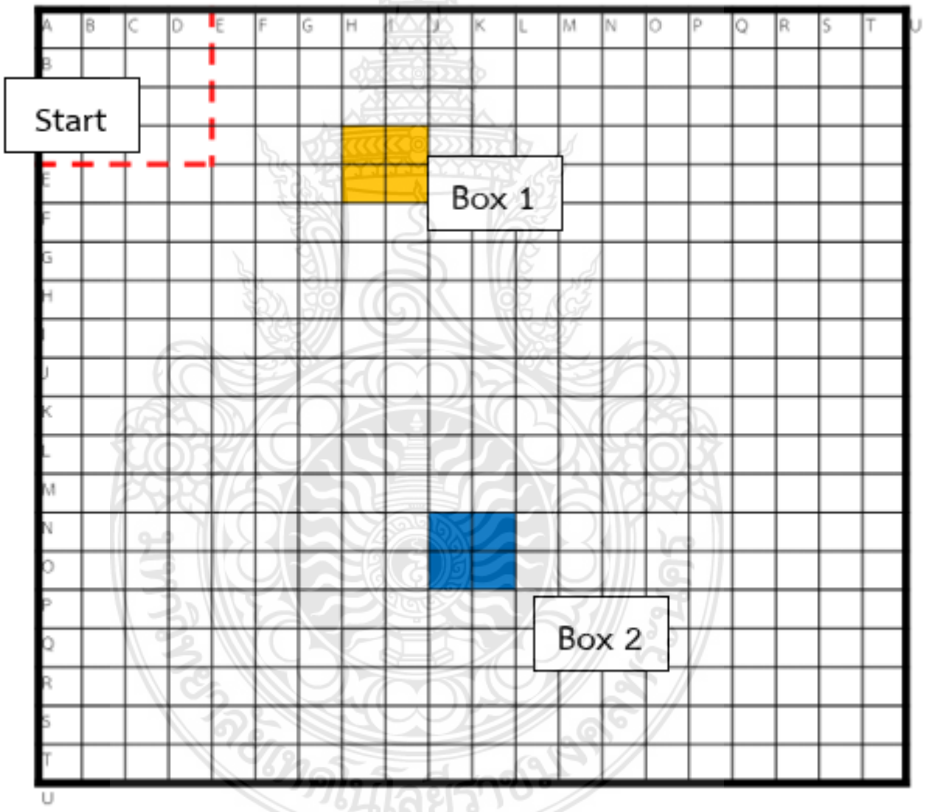
ลักษณะของสนามนี้จะเป็นการเดินแบบอิสระ โดยที่สนามจะมีการกำหนดตำแหน่งของ Box ทั้ง 2 กล่อง แบบคงที่ (ตำแหน่งตายตัว) ดังรูปที่ 4.5 โดยที่หุ่นยนต์จะทำตามภารกิจที่วางไว้ ดังนี้

1) ตัวหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ออกจากจุด Start แล้วเคลื่อนที่ไปยัง Box ที่ 1 เพื่อเก็บ Cube จำนวน 1 cube

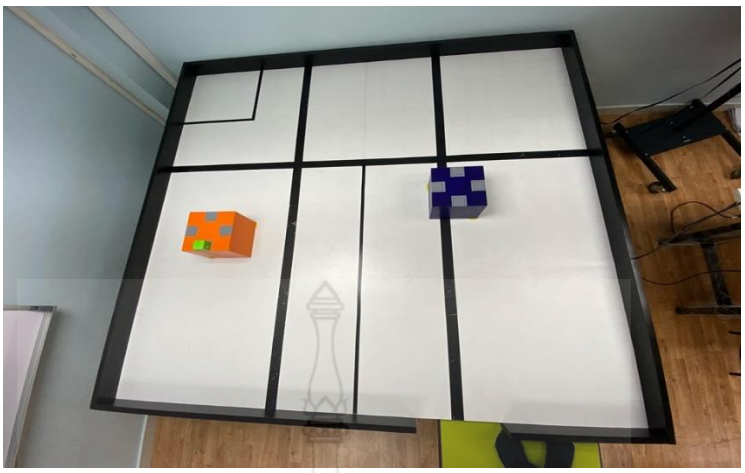
2) หุ่นยนต์จะทำการหยิบ Cube ออกจากพื้นที่สีเทาที่อยู่บน Box ที่ 1

3) หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปยัง Box ที่ 2 แล้ววาง Cube ลงบนพื้นที่สีเทาที่อยู่ด้านบน Box ที่ 2

4) ตัวหุ่นยนต์จะต้องเคลื่อนที่กลับไปที่ Start ถึงจะถือว่าเสร็จสิ้นภารกิจ

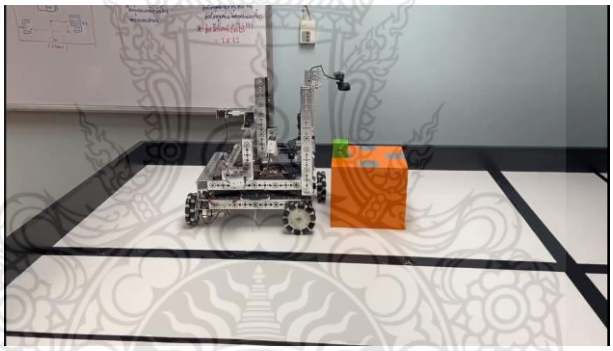


รูปที่ 4.4 การกำหนดตำแหน่งของการวาง Box ทั้ง 2 กล่อง

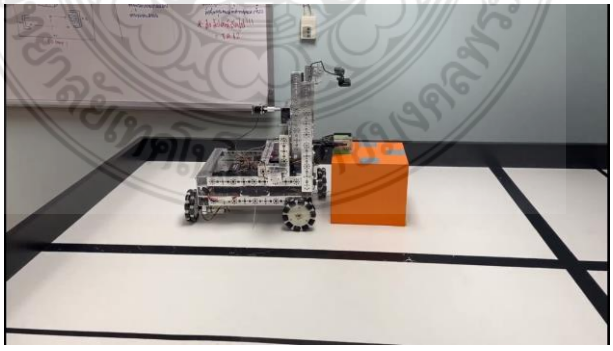


รูปที่ 4.5 การวางตำแหน่งในสนามจริงที่ใช้ในการทดสอบ

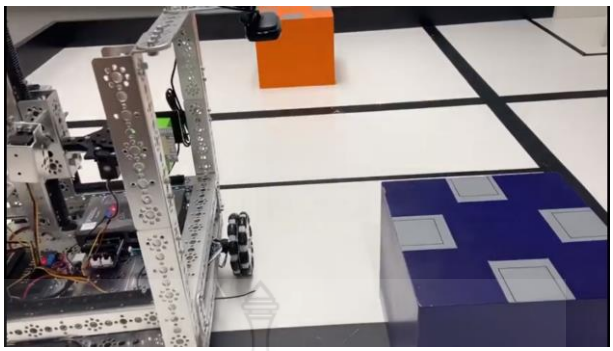
4.2.2 ขั้นตอนการทดสอบ



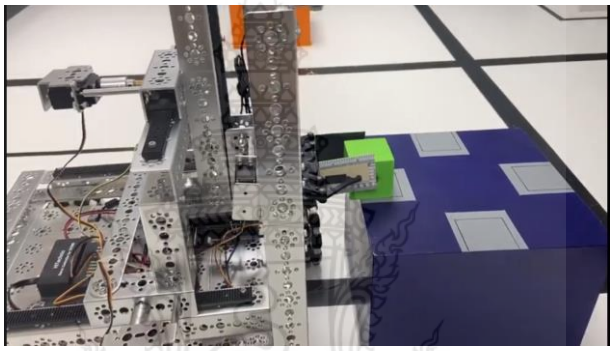
(ก) หุ่นยนต์เคลื่อนที่ออกจากจุด Start



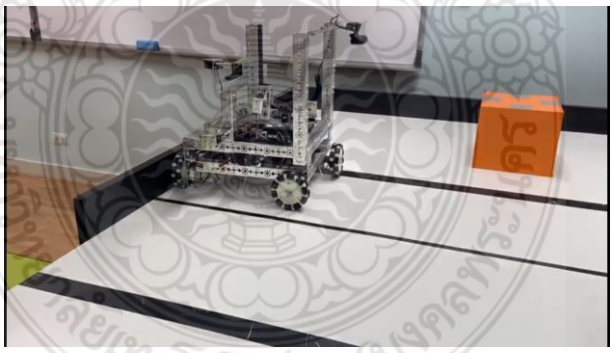
(ข) หุ่นยนต์เคลื่อนที่มายัง Box ที่ 1 และทำการเก็บ Cube ที่อยู่บนพื้นที่สีเทา



(ค) หุ่นยนต์เคลื่อนที่มายัง Box ที่ 2

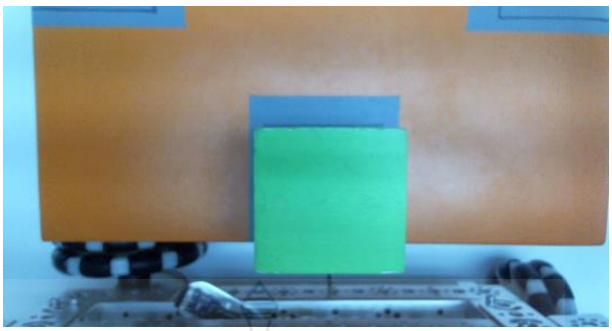


(ง) หุ่นยนต์ทำการวาง Cube ลงบนพื้นที่สีเทาใน Box ที่ 2

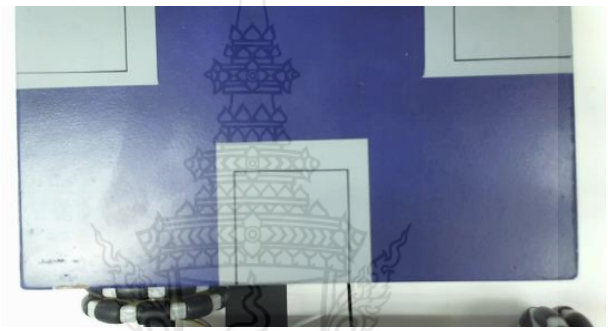


(จ) หุ่นยนต์เคลื่อนที่กลับไปยังจุด Start

รูปที่ 4.6 แสดงการปล่อยให้หุ่นวิ่งในสนามแบบอัตโนมัติ



(ก) แสดงภาพเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยัง Box ที่ 1



(ข) แสดงภาพเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยัง Box ที่ 2

(ค) แสดงภาพเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ (ไม่เจอวัตถุ)

รูปที่ 4.7 แสดงภาพที่หุ่นยนต์ส่งกลับไปยังผู้ควบคุม

4.3 ผลการทดสอบ

ในการทดสอบหุ่นยนต์พิกัดคาร์ที่เซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร ผลที่ได้จากการทดสอบมีดังนี้

4.3.1 จากการทดลองหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ตามคำสั่งจากโปรแกรม LABVIEW 2017 แบบอัตโนมัติ โดยหุ่นยนต์การทำงานตามคำสั่งในโปรแกรมที่เขียนขึ้น

4.3.2 หุ่นยนต์สามารถรับภาพจากกล้องเว็บแคมที่อยู่ด้านบนตัวหุ่น และส่งภาพกลับมายังจอภาพของผู้ควบคุมได้

4.3.3 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ใช้ล้อ Omni ในการเคลื่อนที่ โดยมีแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ เป็นตัวให้พลังงาน และการเคลื่อนที่ของหุ่นจะเคลื่อนที่โดยมีลักษณะ ไปทางซ้าย - ไปทางขวา, เดินหน้าและถอยหลัง โดยใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนด้วย 2 ล้อ และมี 2 ล้อเป็นการเคลื่อนที่แบบอิสระ

4.3.4 หุ่นยนต์สามารถทำตามภารกิจที่วางไว้ได้ ภายในเวลา 2 นาที

4.4 ผลสำเร็จของการดำเนินงาน

ผลที่ได้จากการดำเนินการ คือ การได้เรียนรู้การสร้างหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร เรียนรู้การใช้โปรแกรม LABVIEW 2017 ทางคณะผู้จัดทำได้ทำเต็มความสามารถ แต่ไม่เป็นไปตามความคาดหวังเท่าที่ควร มีข้อผิดพลาดอยู่บ่อยครั้ง ซึ่งทำให้ในบางเวลาการทำงานเกิดความล่าช้าและผิดแผนที่วางไว้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การดำเนินโครงงานครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหลักการประมวลผลภาพแบบอัตโนมัติ โดยใช้กล้องเว็บแคม, เพื่อสร้างหุ่นยนต์หยิบจับและวางชิ้นงานจากการประมวลผลและการสั่งการด้วยคอมพิวเตอร์ และเพื่อพัฒนาโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ในการรับคำสั่งและประมวลผลผ่านคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อ Wifi กับบอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์ และหลังจากที่ผู้จัดทำได้ศึกษาข้อมูลพร้อมดำเนินการสร้างหุ่นยนต์ตามขั้นตอนขึ้นแล้วนั้น ได้สรุปการดำเนินงานในด้านต่างๆ ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักรนั้นสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 เมื่อนำหุ่นยนต์ที่สร้างมาทำตามภารกิจที่กำหนดไว้ หุ่นยนต์สามารถวิ่งตามโปรแกรมที่เขียนขึ้นและสามารถทำตามภารกิจที่กำหนดไว้ได้

5.1.2 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เกิดปัญหา เนื่องจากปัจจัยและสภาพแวดล้อม คือ แสงที่ตกกระทบของพื้นสนาม พื้นสนามเรียบไม่สม่ำเสมอและมีรอยต่อของสนาม แบตเตอรี่ที่ให้พลังงานหุ่นยนต์ มุมในการจับภาพกล้องเว็บแคม และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ทำให้เกิดความผิดพลาดในการเคลื่อนที่

5.1.3 ภาพที่ได้จากกล้องเว็บแคมโดยผ่านการประมวลผล สามารถค้นหาวัตถุและทำงานตามคำสั่งที่ต้องการได้

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

5.2.1 ปัญหาด้าน Hardware

5.2.1.1 การใช้ล้อ OMNI ทำให้เคลื่อนที่ได้ไม่แม่นยำตามที่ต้องการ

5.2.1.2 น้ำหนักของแบตเตอรี่และโครงสร้างของหุ่นยนต์มาก ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ไม่แม่นยำตามที่ต้องการ

5.2.1.3 สนามที่ใช้ในการทดสอบ

1) พื้นผิวของสนามที่ใช้ในการทดสอบมีลักษณะบวม เป็นพื้นผิวที่ไม่เรียบ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่

2) รอยต่อของสนามที่ใช้ในการทดสอบ มีลักษณะที่ต่อกันไม่สนิท ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่

5.2.1.4 กล้องเว็บแคม (Webcam)

1) กล้องเว็บแคม มีลักษณะเป็นกล้องที่ปรับองศาของการรับภาพได้ (สามารถขยับไปมาได้) จึงทำให้หากมีการปรับเปลี่ยนมุมกล้องแล้ว จะต้องทำการถ่ายรูปและนำไปประมวลผลภาพใหม่

2) ภาพที่ได้จากกล้องเว็บแคม ในบางครั้งกล้องไม่สามารถโฟกัสวัตถุได้ และบางครั้งการอ่านค่าสีของกล้องผิดไปจากปกติ เนื่องจากแสงไฟในห้องที่ใช้ในการทดสอบตกกระทบพื้นสนามและตัววัตถุ

5.2.1.5 อุปกรณ์ Gripper ที่นำมาใช้ในการหยิบจับวัตถุ (Cube) มีหน้าสัมผัสในการหยิบค่อนข้างน้อย จึงทำให้ไม่สามารถหยิบจับวัตถุ (Cube) ได้ตามที่ต้องการ

5.2.2 ปัญหาด้าน Software

5.2.2.1 library ของโปรแกรมมีปัญหา ทำให้ไม่สามารถเขียนการควบคุม Motor แบบ Run to position ได้

5.2.2.2 แสงไฟ เงาที่ตกกระทบและเส้นบนสนาม เป็นปัจจัยที่ทำให้การประมวลผลของภาพเกิดความผิดพลาด

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรลดโครงสร้างในส่วนต่างๆ (ส่วนที่ไม่จำเป็น) ให้น้อยลง เพื่อให้หุ่นยนต์มีน้ำหนักเบาลง และไม่ทำให้หุ่นมีขนาดที่ใหญ่จนเกินไป

5.3.2 ควรเปลี่ยนการใช้ Continuous Servo ในแกนต่างๆ ของแขนกล เป็น DC Motor เพื่อให้การหยิบจับแม่นยำ แข็งแรง และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.3.3 การประมวลผลของภาพของโปรแกรมมีหลายวิธี อาจลองใช้วิธีการอื่นๆ เข้ามาช่วยในการจับวัตถุให้ดีขึ้น

5.3.4 ควรใช้กล้องเว็บแคมที่ไม่สามารถปรับองศาของการรับภาพได้ เพื่อให้มุมของภาพที่ได้ไม่ผิดพลาด

บรรณานุกรม

กิจไพบูลย์ ชีวพันธุศรี. **การสร้างระบบอัตโนมัติด้วย LabVIEW ร่วมกับระบบ Data Acquisition และ Machine Vision สำหรับผู้เริ่มต้น**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ด ยูเคชั่น, 2556.

ชานนท์ ลอยลม และคณะ. “**ชุดจำลองแขนกลอุตสาหกรรม**” ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยบูรพา, 2560.

พันศักดิ์ เนระแก. “**การออกแบบหุ่นยนต์แบบหยิบและวางที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร**” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี, 2558.

มุฑิตา สงฆจันทร. “**การควบคุมหุ่นยนต์แขนกลโดยใชวิธีการเรียนรูแบบทำซ้ำชนิดคาพารามิเตอร ที่เหมาะสมที่สุด**” รายงานวิจัยปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2558.

ระบบปฏิบัติการเบื้องต้น. [ออนไลน์]. 2561. สืบค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2562. สืบค้นจาก https://knowledge.snru.ac.th/การประมวลผลภาพดิจิตอล/.

สุพิศรา. **เว็ปแคมคืออะไร**. [ออนไลน์]. 2561. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2562. สืบค้นจาก https://knowledge.snru.ac.th/การประมวลผลภาพดิจิตอล/ วันที่สืบค้น

อัครชัย ใจตรง. **การประมวลผลภาพดิจิตอล**. [ออนไลน์]. 2561. สืบค้นเมื่อ 13 สิงหาคม 2562. สืบค้นจาก https://knowledge.snru.ac.th/การประมวลผลภาพดิจิตอล/

อานนท์ หม้อสุวรรณ. “**การออกแบบตัวควบคุมอย่างง่ายและต้นทุนต่ำสำหรับแขนกลอุตสาหกรรม**” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2557.

Modern Manufacturing. **พื้นฐานหุ่นยนต์อุตสาหกรรมตอนที่ 1-3**. [ออนไลน์]. 2560. สืบค้นเมื่อ 13 สิงหาคม 2562. สืบค้นจาก https://www.mmthailand.com

ภาคผนวก

ผนวก ก
คู่มือการใช้งานหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร

รูปที่ ก-1 คู่มือการใช้งานหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียน

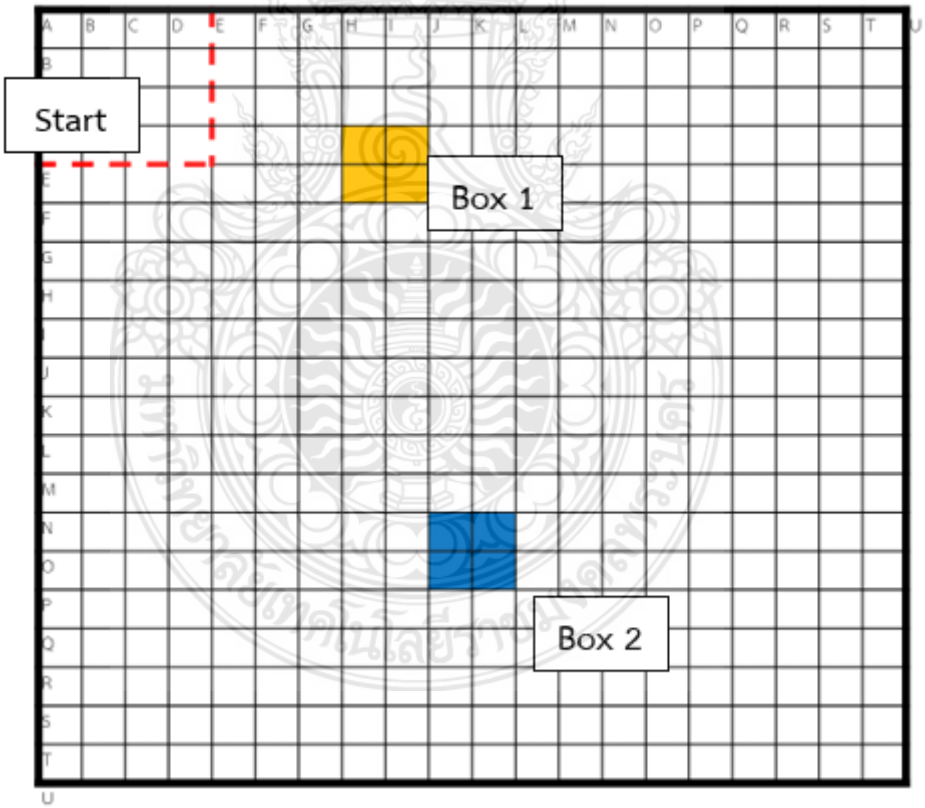
คู่มือการใช้งาน
หุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร

1. เกี่ยวกับหุ่นยนต์

หุ่นยนต์พิกัดคาร์ที่เซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักรขึ้นมา โดยการออกแบบจะมีอยู่ 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนของตัวหุ่นยนต์พิกัดคาร์ที่เซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร และส่วนของโปรแกรม LABVIEW 2017 ควบคุมการทำงาน ของหุ่นยนต์ ซึ่งส่วนของการใช้วัสดุในการสร้างหุ่นยนต์นั้น ได้สร้างขึ้นมาจากชุดอุปกรณ์ 3 ชุด ได้แก่ Tetrix Max Expansion Set , Tetrix Max Building System และ Tetrix Prime Building System ซึ่งประกอบเข้าด้วยกัน โดยรวมแล้วมีขนาดความกว้าง 39.5 เซนติเมตร, ความยาว 43.5 เซนติเมตร, ความสูง 43.5 เซนติเมตร (รวมแขนกล) และมีน้ำหนักประมาณ 5 กิโลกรัม

2. การติดตั้งสนาม Box และ Cube

2.1 การติดตั้งสนาม



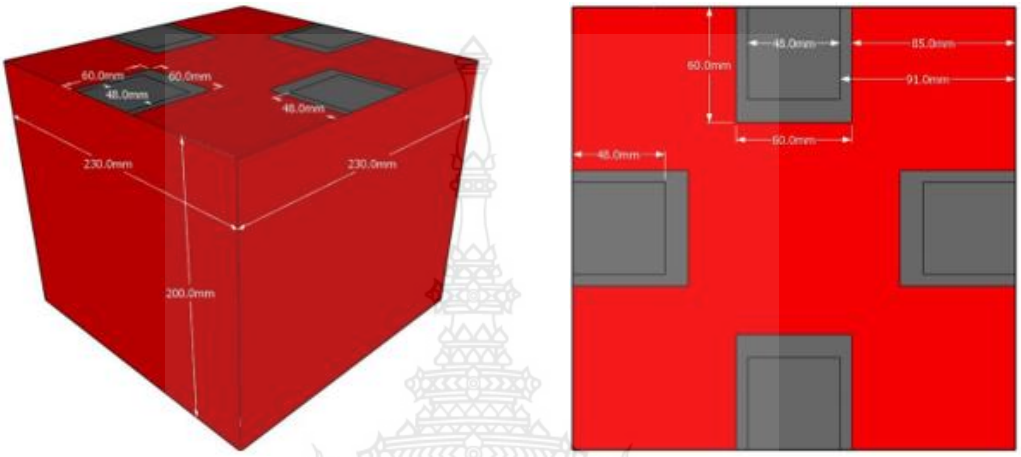
รูปที่ ก-2 ตำแหน่งการการติดตั้งสนาม (การวาง BOX)

2.2 การติดตั้ง Box

ขนาดของลูกบาศก์ (230 x 230 x 200 มิลลิเมตร) (+/-2 มม.) สีของกล่อง ได้แก่ สีฟ้า สีแดง สีเขียว สีส้ม และสีเหลือง

วัสดุของกล่องเป็นไม้ มีสี่เหลี่ยมแนวทางที่มีขนาดเดียวกันของ cubes เพื่อระบุตำแหน่งที่แน่นอนของลูกบาศก์ขนาดเล็กที่ด้านบนของกล่อง

มีสี่เหลี่ยมสีเทา ซึ่งหุ่นยนต์ได้รับอนุญาตให้วางก้อนในระหว่างรอบ ขนาดของสี่เหลี่ยมสีเทาคือ (60 x 60 มิลลิเมตร)

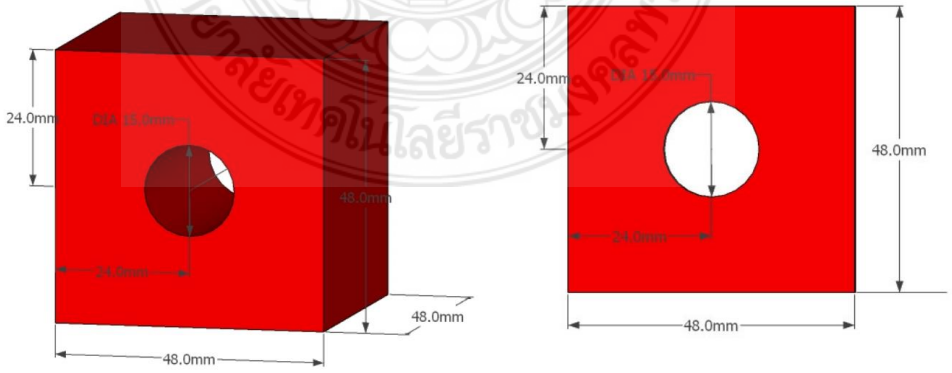


(ก) (ข)

รูปที่ ก-3 ขนาดของ BOX

2.3 การติดตั้ง Cube

ขนาดของ Cube (48 x 48 x 48 มิลลิเมตร) (+/-2 มม.) ด้วยกระบอกกลวงตรงกลางผ่านลูกบาศก์ (Ø 15 +/-1mm) มี 4 กล่องที่ด้านบนของแต่ละกล่อง สีของก้อนคือ สีฟ้า สีแดง สีเขียว สีส้ม และสีเหลือง



รูปที่ ก-4 ขนาดของ Cube

3. การใช้งานหุ่นยนต์

3.1 ภารกิจของหุ่น

ลักษณะของสนามนี้จะเป็นการเดินแบบอิสระ โดยที่สนามจะมีการกำหนดตำแหน่งของ Box ทั้ง 2 กล่อง แบบคงที่ (ตำแหน่งตายตัว) โดยที่หุ่นยนต์จะทำตามภารกิจที่วางไว้ ดังนี้

1) ตัวหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ออกจากจุด Start แล้วเคลื่อนที่ไปยัง Box ที่ 1 เพื่อเก็บ Cube จำนวน 1 cube

2) หุ่นยนต์จะทำการหยิบ Cube ออกจากพื้นที่สีเทาที่อยู่บน Box ที่ 1

3) หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปยัง Box ที่ 2 แล้ววาง Cube ลงบนพื้นที่สีเทาที่อยู่ด้านบน Box ที่ 2

4) ตัวหุ่นยนต์จะต้องเคลื่อนที่กลับไปที่ Start ถึงจะถือว่าเสร็จสิ้นภารกิจ

3.2 ลักษณะการทำงาน

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ใช้ล้อ Omni ในการเคลื่อนที่ โดยมีแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์เป็นตัวให้พลังงาน และการเคลื่อนที่ของหุ่นจะเคลื่อนที่โดยมีลักษณะ ไปทางซ้าย - ไปทางขวา, เดินหน้าและถอยหลัง โดยใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนด้วย 2 ล้อ และมี 2 ล้อเป็นการเคลื่อนที่แบบอิสระ

3.3 การเปิดใช้งาน

3.3.1 ก่อนเปิดใช้งาน ให้ตรวจสอบก่อนว่าแกน X Y Z อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นหรือไม่

- แกน X ต้องอยู่ซ้ายสุด
- แกน Y ต้องอยู่หลังสุด
- แกน Z ต้องอยู่บนสุด

3.3.2 เสียบไฟ Battery เข้ากับ Switch ทั้ง 2 ด้าน

3.3.3 เปิดสวิชต์ทั้ง 2 ด้าน รอประมาณ 30 วินาที

3.3.4 กดปุ่ม Micro Switch ด้านบนก่อนเพื่อให้แขนกลอยู่ในตำแหน่งพร้อมใช้งาน และเปิดการทำงานของกล้อง Webcam

3.3.5 กดปุ่ม Micro Switch ที่อยู่ด้านล่าง เพื่อเริ่มต้นการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

3.4 การปิดใช้งาน

3.4.1 หุ่นยนต์ต้องอยู่นิ่งกับที่ ไม่มีการกระทำใดๆ

3.4.2. กดปุ่ม Micro Switch ด้านบนก่อนเพื่อให้แขนกลอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น และปิดการทำงานของกล้องเว็บแคท

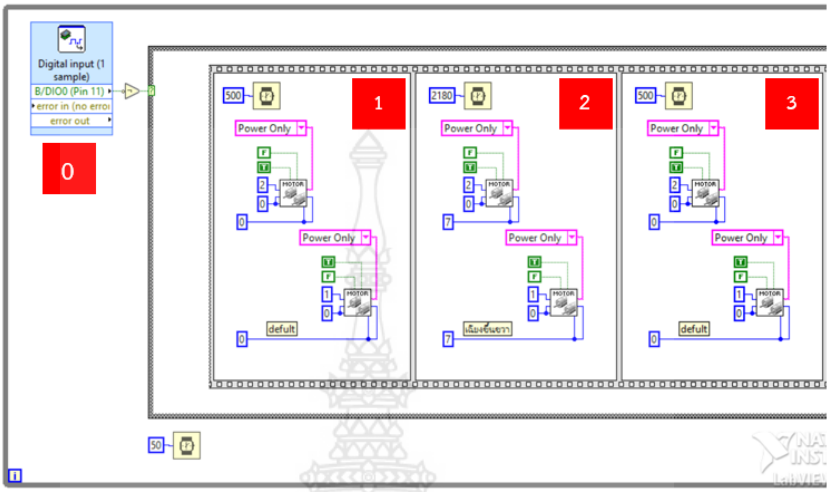
3.4.3 ปิดสวิชต์ทั้ง 2 ด้าน

3.4.4 ถอดสายไฟ Battery ที่ต่อเข้ากับ Switch ทั้ง 2 ด้าน

ผนวก ข
โปรแกรมควบคุมการทำงานหุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียน ที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร

1. การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

1.1 โปรแกรมส่วนของการขับเคลื่อนหุ่นยนต์



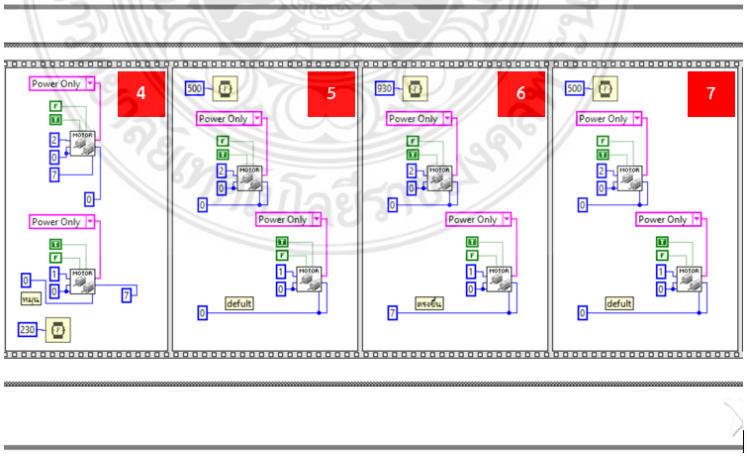
รูปที่ ข-1 โปรแกรมส่วนของการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ (1)

หมายเลข 0 Digital input (1sample) สวิตช์ตัวล่างเอาไว้เปิดการใช้งาน

หมายเลข 1 Default ให้ Motor ทั้งหมดหยุดทำงานเป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Motor ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป

หมายเลข 2 เคลื่อนที่ไปด้านหน้าเฉียงขวา โดยการเคลื่อนที่ไปด้านหน้าและด้านขวาพร้อมกัน

หมายเลข 3 Default ให้ Motor ทั้งหมดหยุดทำงานเป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Motor ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป



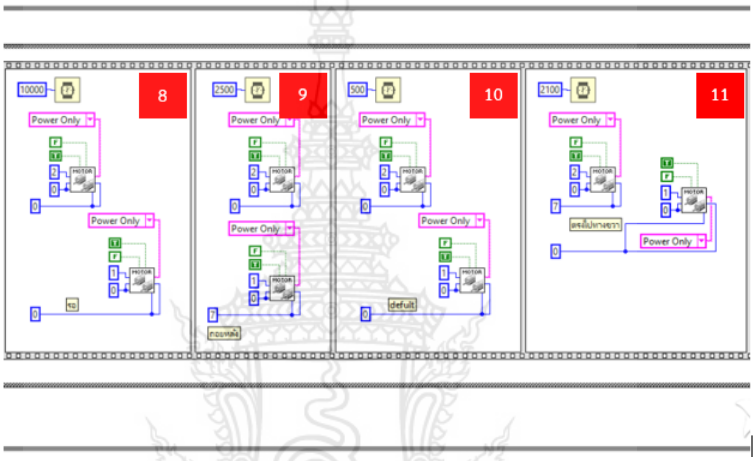
รูปที่ ข-1 โปรแกรมส่วนของการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ (2)

หมายเลข 4 หุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบหมุนไปด้านขวา โดยการเคลื่อนที่ Motor 1-2 และ Motor 2-1 เพื่อปรับให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าไปยัง Box ได้ตรง

หมายเลข 5 Default ให้ Motor ทั้งหมดหยุดทำงานเป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Motor ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป

หมายเลข 6 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านหน้า

หมายเลข 7 Default ให้ Motor ทั้งหมดหยุดทำงานเป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Motor ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป



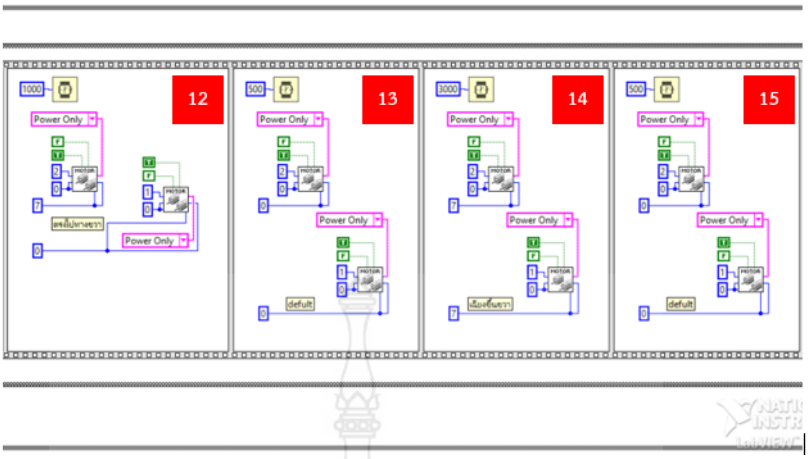
รูปที่ ข-1 โปรแกรมส่วนของการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ (3)

หมายเลข 8 หุ่นยนต์หยุดรอ 10 วินาที เพื่อให้โปรแกรมส่วนแขนกลทำการหยิบ Cube บน Box ที่ 1

หมายเลข 9 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านหลัง

หมายเลข 10 Default ให้ Motor ทั้งหมดหยุดทำงานเป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Motor ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป

หมายเลข 11 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านขวา



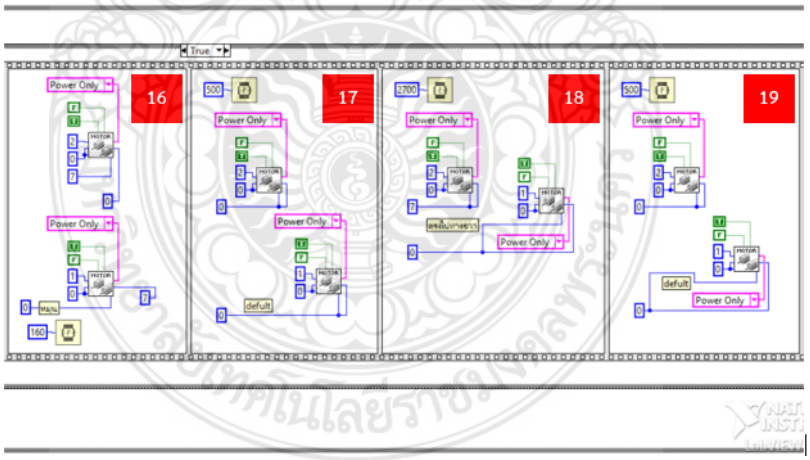
รูปที่ ข-1 โปรแกรมส่วนของการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ (4)

หมายเลข 12 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านขวา

หมายเลข 13 Default ให้ Motor ทั้งหมดหยุดทำงานเป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Motor ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป

หมายเลข 14 เคลื่อนที่ไปด้านหน้าเฉียงขวา โดยการเคลื่อนที่ไปด้านหน้าและด้านขวาพร้อมกัน

หมายเลข 15 Default ให้ Motor ทั้งหมดหยุดทำงานเป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Motor ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป



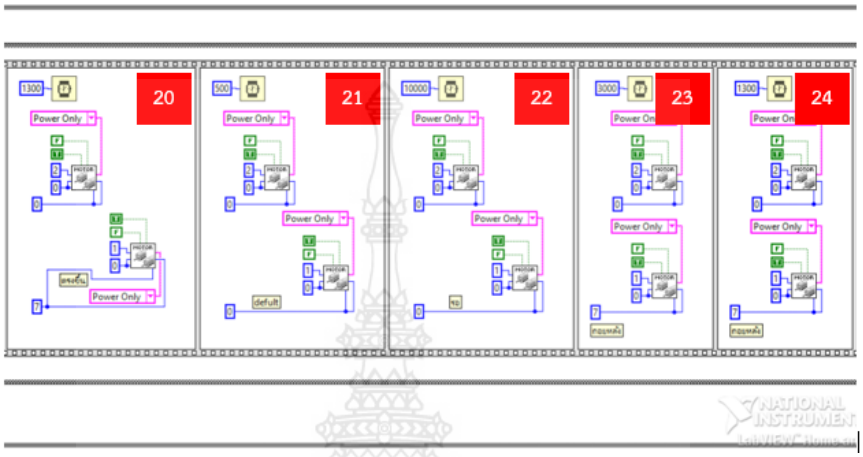
รูปที่ ข-1 โปรแกรมส่วนของการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ (5)

หมายเลข 16 หุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบหมุนไปด้านขวา โดยการเคลื่อนที่ Motor 1-2 และ Motor 2-1 เพื่อปรับให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าไปยัง Box ได้ตรง

หมายเลข 17 Default ให้ Motor ทั้งหมดหยุดทำงานเป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Motor ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป

หมายเลข 18 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านขวา

หมายเลข 19 Default ให้ Motor ทั้งหมดหยุดทำงานเป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Motor ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป



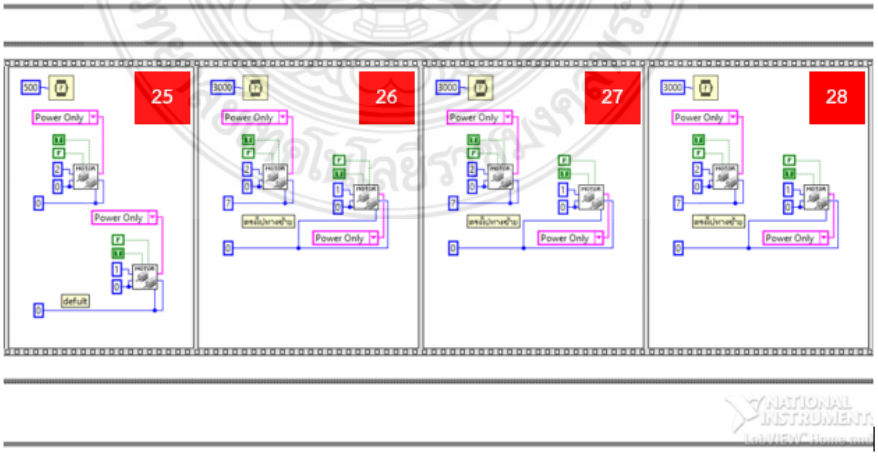
รูปที่ ข-1 โปรแกรมส่วนของการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ (6)

หมายเลข 20 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านหน้า

หมายเลข 21 Default ให้ Motor ทั้งหมดหยุดทำงานเป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Motor ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป

หมายเลข 22 หุ่นยนต์หยุดรอ 10 วินาที เพื่อให้โปรแกรมส่วนแขนกลทำการวาง Cube บน Box ที่ 2

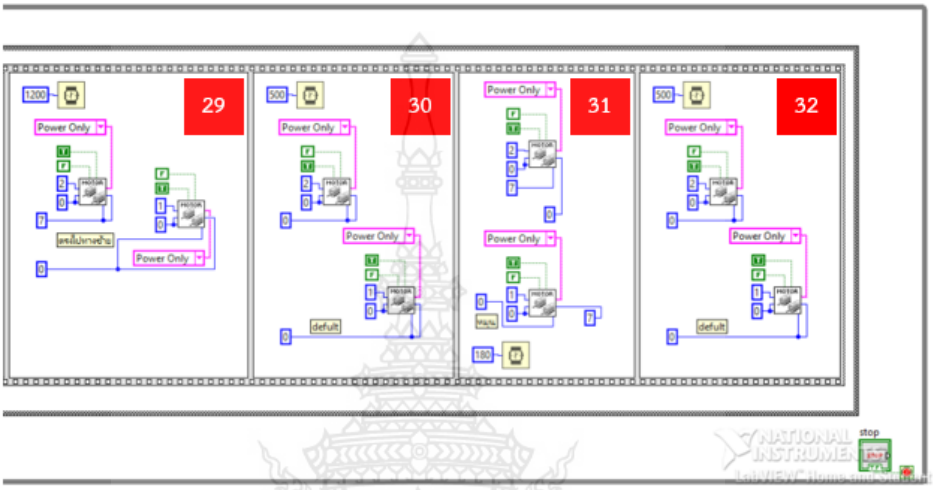
หมายเลข 23-24 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านหลัง



รูปที่ ข-1 โปรแกรมส่วนของการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ (7)

หมายเลข 25 Default ให้ Motor ทั้งหมดหยุดทำงานเป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Motor ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป

หมายเลข 26-28 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านซ้ายเพื่อกลับไปสู่จุดเริ่มต้น



รูปที่ ข-1 โปรแกรมส่วนของการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ (8)

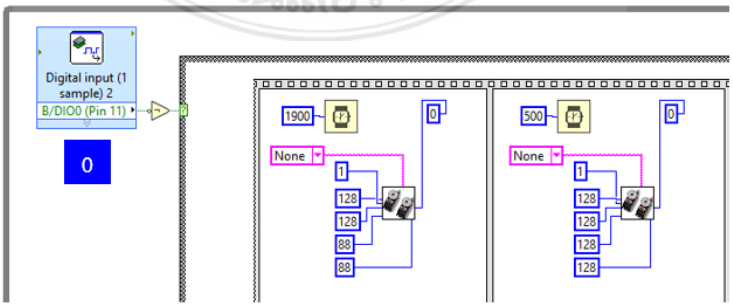
หมายเลข 29 ให้หุ่นยนต์ตรงไปทางซ้าย

หมายเลข 30 Default ให้ Motor ทั้งหมดหยุดทำงานเป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Motor ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป

หมายเลข 31 หุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบหมุนไปด้านขวา โดยการเคลื่อนที่ Motor 1-2 และ Motor 2-1 เพื่อปรับให้หุ่นยนต์อยู่ในจุดเริ่มต้นที่ตรง

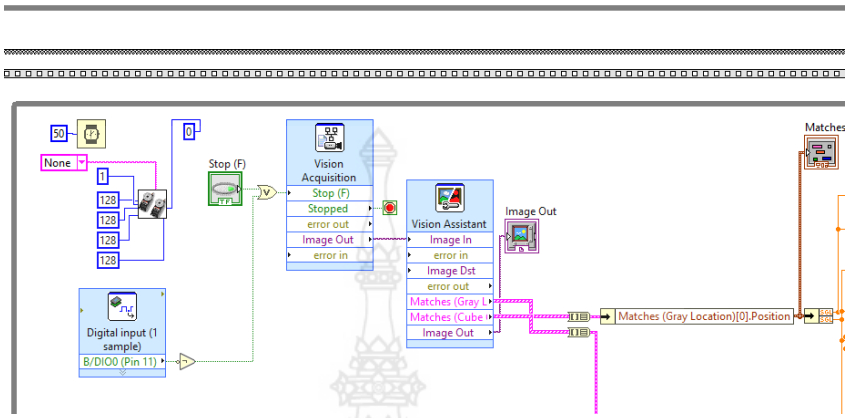
หมายเลข 32 Default ให้ Motor ทั้งหมดหยุดทำงานเป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Motor ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป

1.2 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ (ส่วนที่ 1)



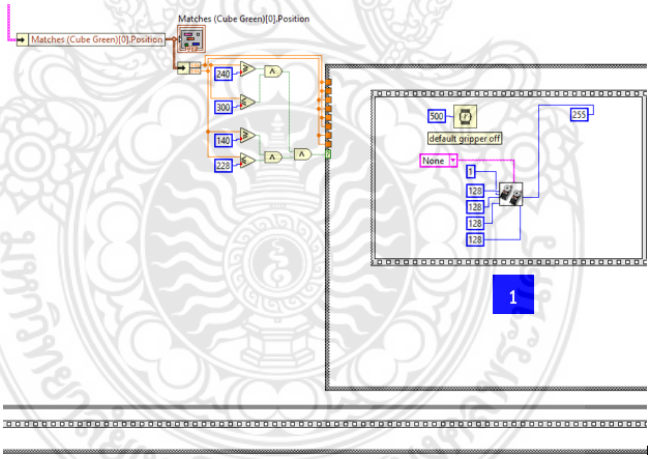
รูปที่ ข-2 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 (การเปิดใช้งาน)

หมายเลข 0 Digital input (1sample) สวิตช์ตัวบนเอาไว้เปิดการใช้งาน แตะสวิตช์ = T ปล่อยสวิตช์ = F



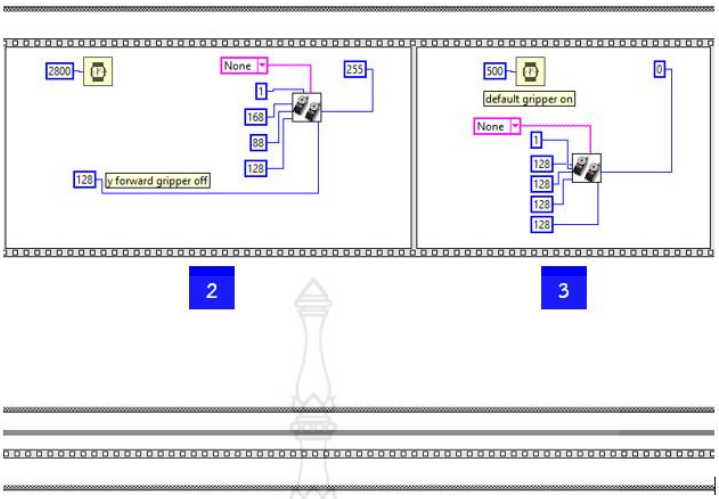
รูปที่ ข-2 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 (กรณีวัตถุอยู่ตรงกลาง)

หมายเลข n/a เงื่อนไข 1 เมื่อตำแหน่ง X มีค่าตั้งแต่ 240-300 และค่า y มีค่าตั้งแต่ 140-228 ถ้าตรงตามเงื่อนไข ให้ทำ



รูปที่ ข-2 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 (กรณีวัตถุอยู่ตรงกลาง (1))

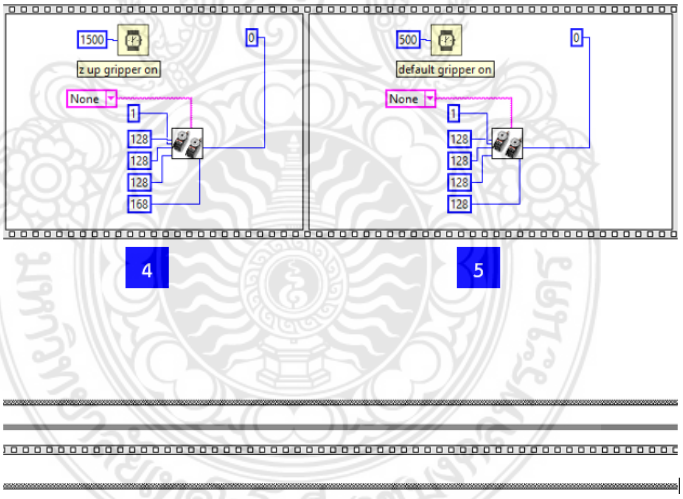
หมายเลข 1 default gripper off เพื่อ gripper อ้าและอยู่กับที่



รูปที่ ข-2 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 (กรณีวัตถุอยู่ตรงกลาง (2))

หมายเลข 2 แกน y เดินหน้า gripper จะทำการอ้า

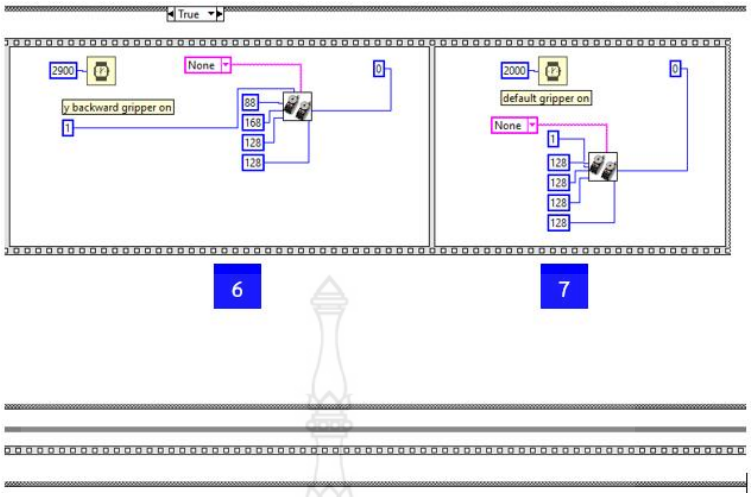
หมายเลข 3 default gripper on เพื่อ gripper จะทำการหนีบ Cube และอยู่กับที่



รูปที่ ข-2 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 (กรณีวัตถุอยู่ตรงกลาง (3))

หมายเลข 4 แกน z จะเลื่อนขึ้น gripper จะหนีบ Cube อยู่

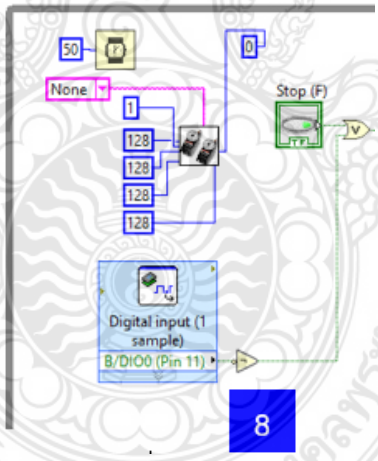
หมายเลข 5 default gripper on เพื่อ gripper จะหนีบ Cube และอยู่กับที่



รูปที่ ข-2 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 (กรณีวัตถุอยู่ตรงกลาง (4))

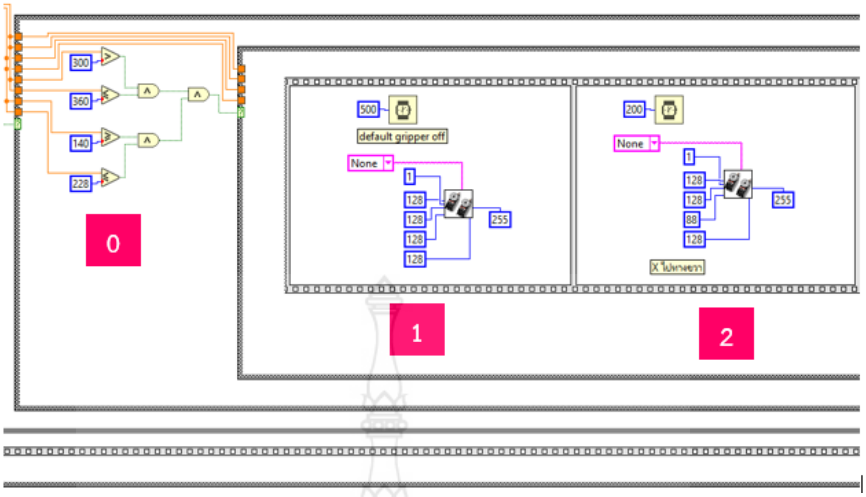
หมายเลข 6 แกน y จะเลื่อนถอยหลัง gripper จะหนีบ Cube อยู่

หมายเลข 7 default gripper on เพื่อ gripper จะทำการหนีบและอยู่กับที่



รูปที่ ข-2 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 (กรณีวัตถุอยู่ตรงกลาง (5))

หมายเลข 8 gripper หนีบ Cube อยู่เป็นเวลา 2 วินาทีและทำการปล่อย และทุกแกนจะกลับมาอยู่ที่ค่ากลางที่กำหนดไว้

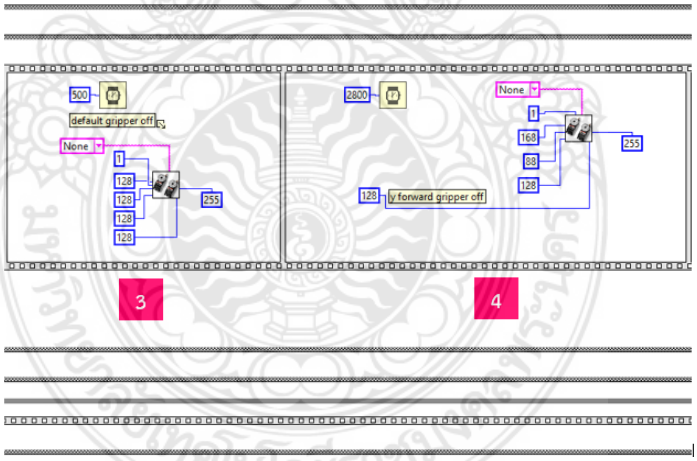


รูปที่ ข-3 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 กรณีวัตถุอยู่ขวา (1)

หมายเลข 0 เงื่อนไขที่ 2 เมื่อตำแหน่ง X มีค่าตั้งแต่ 300-360 และค่า y มีค่าตั้งแต่ 140-228 ถ้าตรงตามเงื่อนไข ให้ทำ

หมายเลข 1 default gripper off เพื่อ gripper อ้าและอยู่กับที่

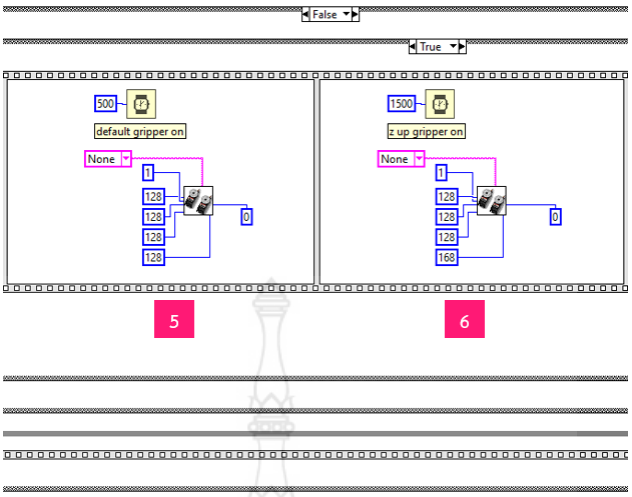
หมายเลข 2 แกน x จะเลื่อนไปทางขวา



รูปที่ ข-3 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 กรณีวัตถุอยู่ขวา (2)

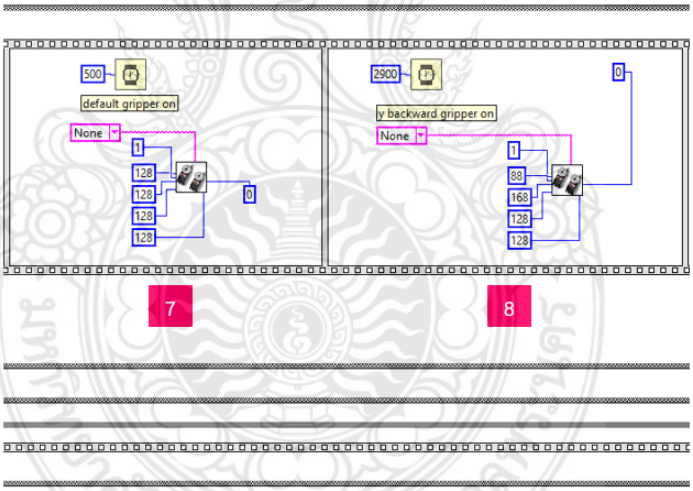
หมายเลข 3 default gripper off เพื่อ gripper อ้าและอยู่กับที่

หมายเลข 4 แกน y เดินหน้า gripper จะอ้าอยู่



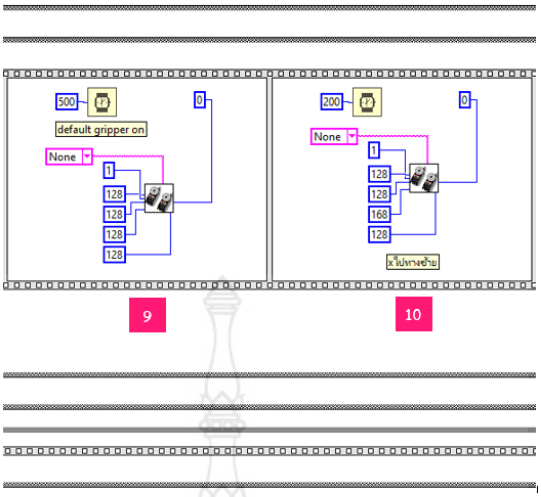
รูปที่ ข-3 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 กรณีวัตถุอยู่ขวา (3)

หมายเลข 5 default gripper on เพื่อ gripper จะทำการหนีบ Cube และอยู่กับที่
หมายเลข 6 แกน z จะเลื่อนขึ้น gripper จะหนีบ Cube อยู่



รูปที่ ข-3 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 กรณีวัตถุอยู่ขวา (4)

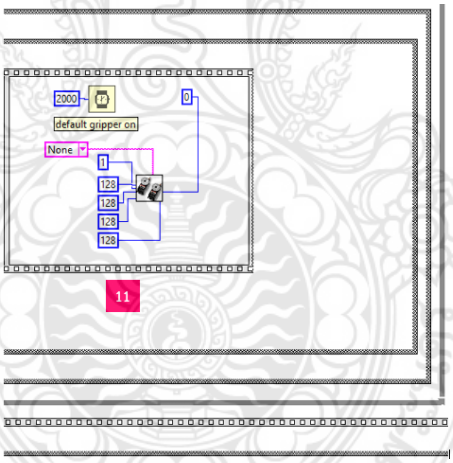
หมายเลข 7 default gripper on เพื่อ gripper จะหนีบและอยู่กับที่
หมายเลข 8 แกน y จะเลื่อนถอยหลัง gripper จะหนีบ Cube อยู่



รูปที่ ข-3 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 กรณีวัตถุอยู่ขวา (5)

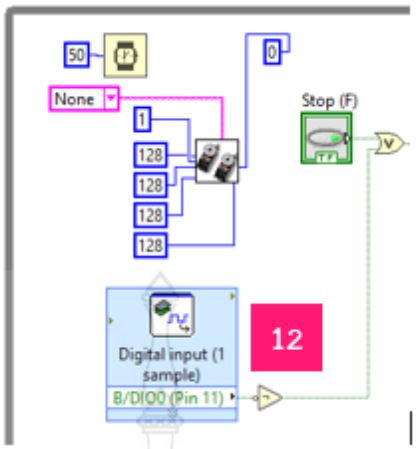
หมายเลข 9 default gripper on เพื่อ gripper จะหนีบและอยู่กับที่

หมายเลข 10 แกน x จะเลื่อนไปทางซ้าย



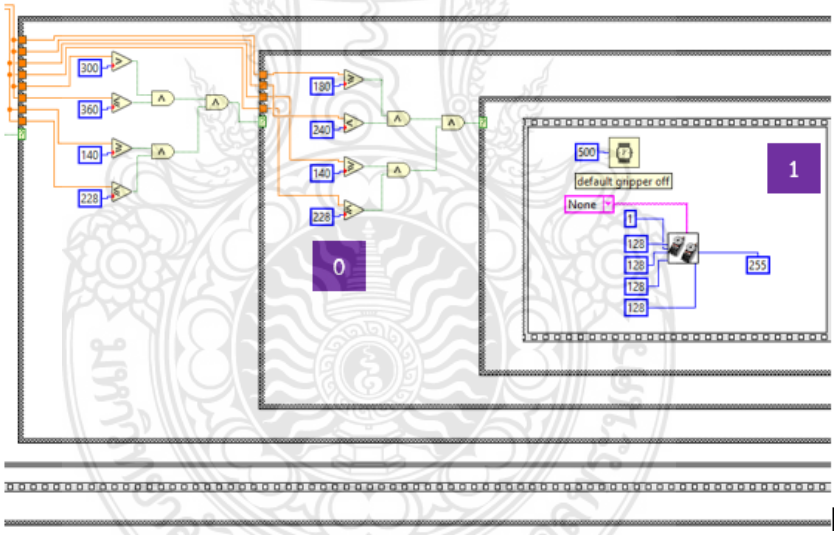
รูปที่ ข-3 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 กรณีวัตถุอยู่ขวา (6)

หมายเลข 11 default gripper on เพื่อ gripper จะทำการหนีบและอยู่กับที่



รูปที่ ข-3 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 กรณีวัตถุอยู่ขวา (7)

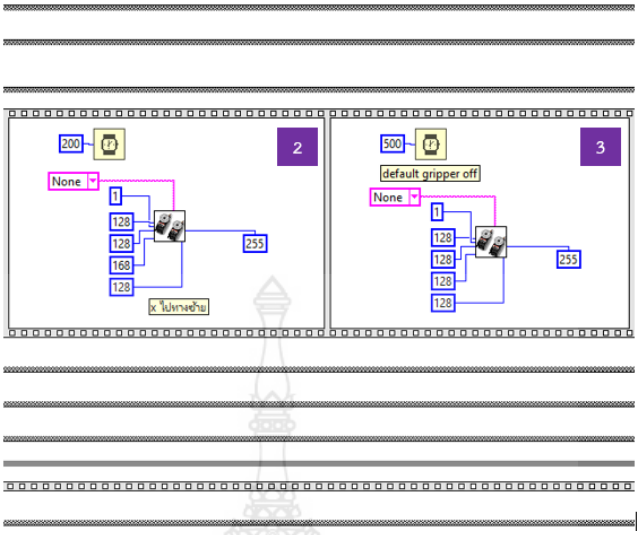
หมายเลข 12 gripper หนีบ Cube อยู่เป็นเวลา 2 วินาทีและทำการปล่อย และทุกแกนจะกลับมาอยู่ที่ค่ากลางที่กำหนดไว้



รูปที่ ข-4 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 กรณีวัตถุอยู่ซ้าย (1)

หมายเลข 0 เงื่อนไขที่ 3 เมื่อตำแหน่ง X มีค่าตั้งแต่ 180-240 และค่า y มีค่าตั้งแต่ 140-228 ถ้าตรงตามเงื่อนไข ให้ทำ

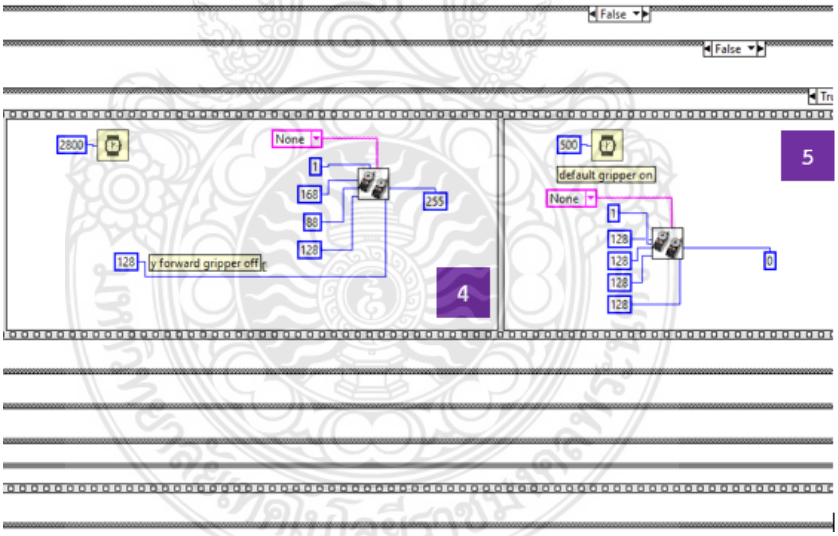
หมายเลข 1 default gripper off เพื่อ gripper อ้าและอยู่กับที่



รูปที่ ข-4 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 กรณีวัตถุอยู่ซ้าย (2)

หมายเลข 2 แกน x จะเลื่อนไปทางซ้าย

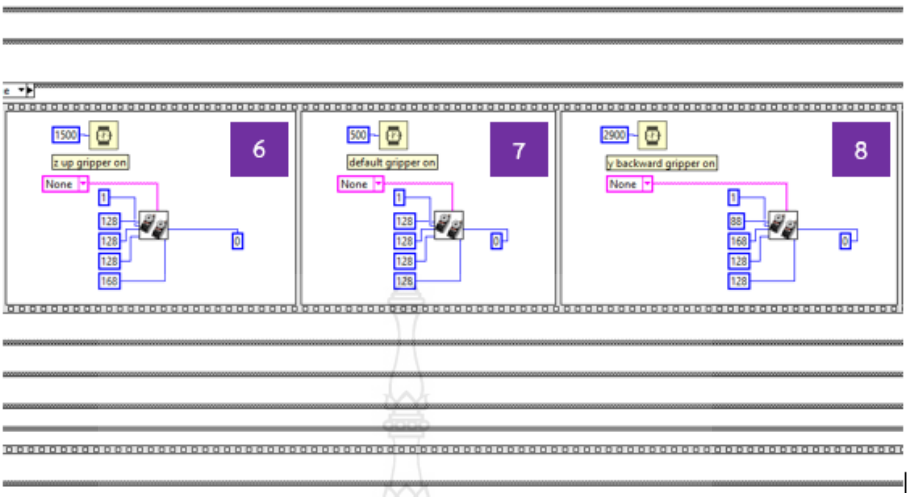
หมายเลข 3 default gripper off เพื่อ gripper อ้าและอยู่กับที่



รูปที่ ข-4 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 กรณีวัตถุอยู่ซ้าย (3)

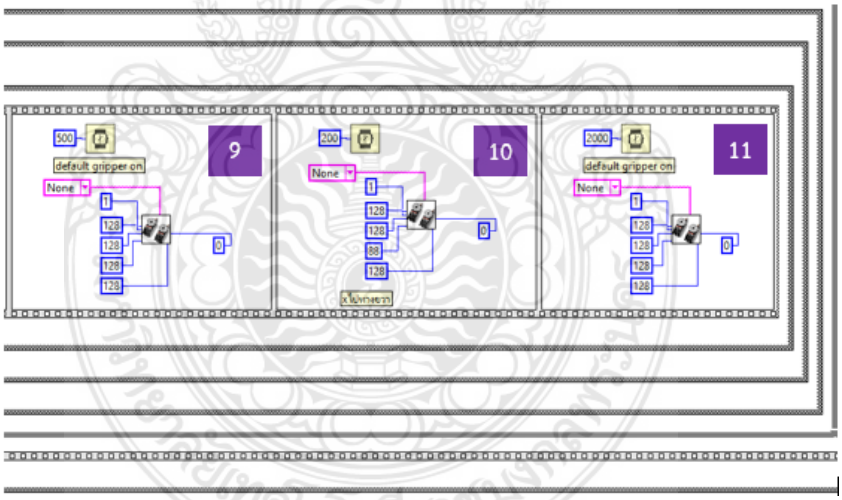
หมายเลข 4 แกน y เดินหน้า gripper จะอ้าอยู่

หมายเลข 5 default gripper on เพื่อ gripper จะทำการหนีบ Cube และอยู่กับที่



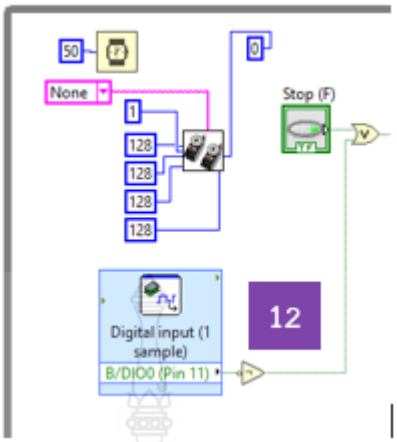
รูปที่ ข-4 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 กรณีวัตถุอยู่ซ้าย (4)

หมายเลข 6 แกน z จะเลื่อนขึ้น gripper จะหนีบ Cube อยู่
หมายเลข 7 default gripper on เพื่อ gripper จะหนีบและอยู่กับที่
หมายเลข 8 แกน y จะเลื่อนถอยหลัง gripper จะหนีบ Cube อยู่



รูปที่ ข-4 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 กรณีวัตถุอยู่ซ้าย (5)

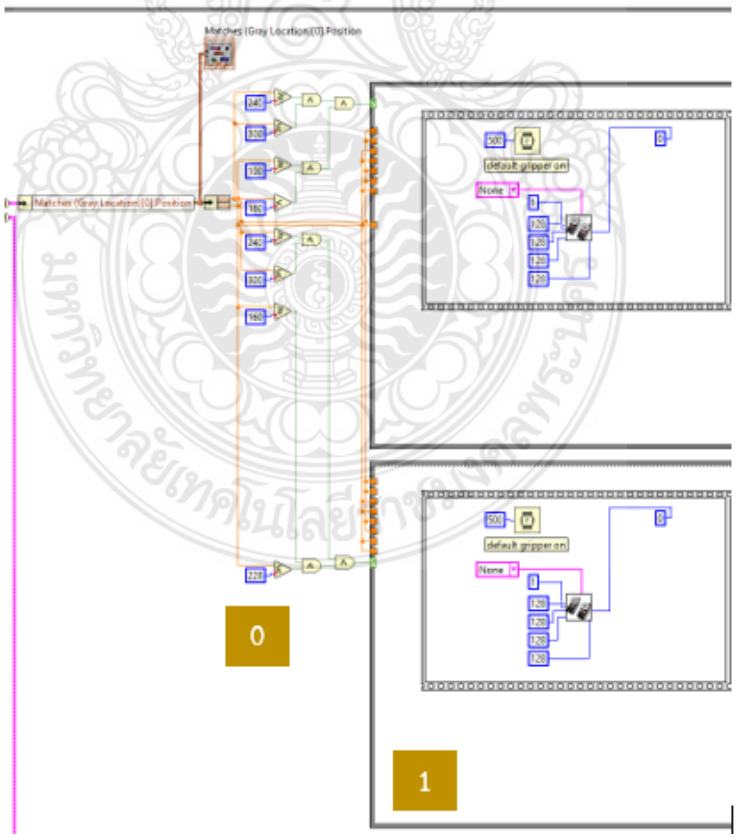
หมายเลข 9 default gripper on เพื่อ gripper จะหนีบและอยู่กับที่
หมายเลข 10 แกน x จะเลื่อนไปทางขวา
หมายเลข 11 default gripper on เพื่อ gripper จะทำการหนีบและอยู่กับที่



รูปที่ ข-4 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 1 กรณีวัตถุอยู่ซ้าย (6)

หมายเลข 12 gripper หนีบ Cube อยู่เป็นเวลา 2 วินาทีและทำการปล่อย และทุกแกนจะกลับมาอยู่ที่ค่ากลางที่กำหนดไว้

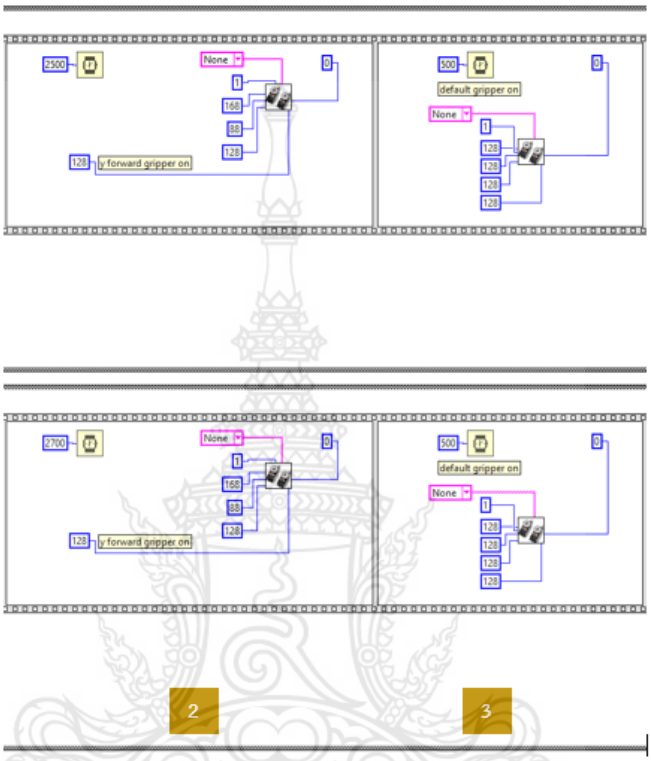
1.3 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ (ส่วนที่ 2)



รูปที่ ข-5 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 2 (1)

หมายเลข 0 เงื่อนไข เมื่อตำแหน่ง X มีค่าตั้งแต่ 240-300 และค่า y มีค่าตั้งแต่ 100-160 และ 160-288 ถ้าตรงตามเงื่อนไข

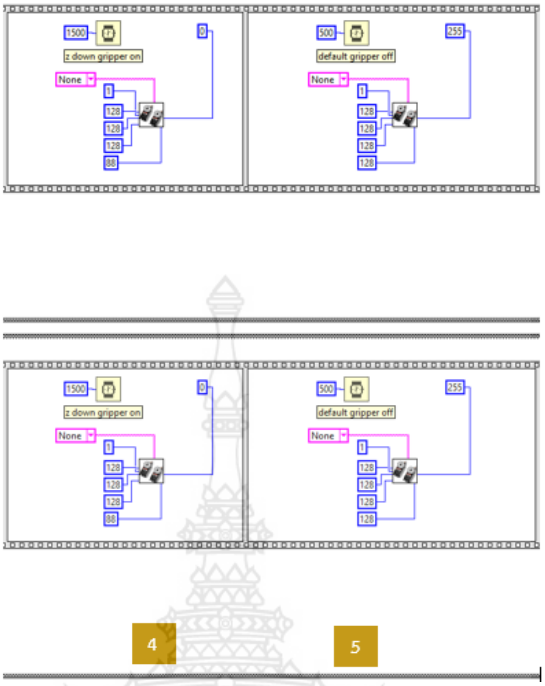
หมายเลข 1 default gripper on เพื่อ gripper หนีบ Cube และอยู่กับที่



รูปที่ ข-5 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 2 (2)

หมายเลข 2 แกน y เดินหน้า gripper จะหนีบ cube อยู่

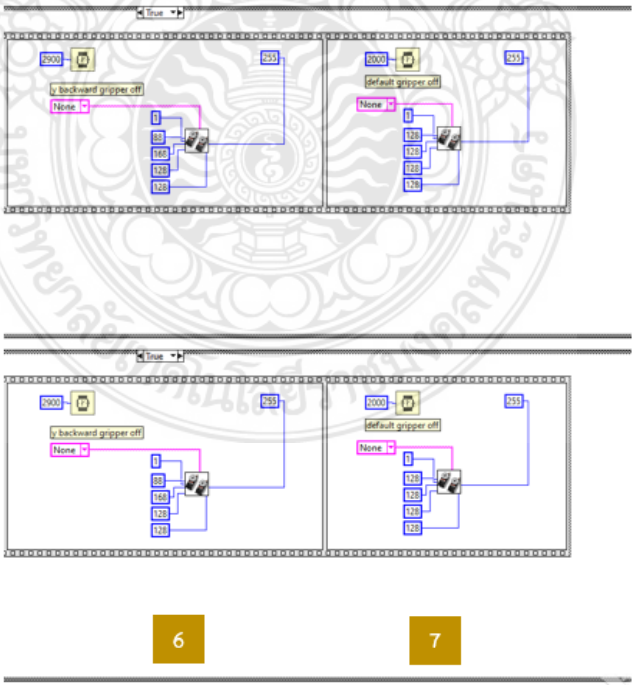
หมายเลข 3 default gripper on เพื่อ gripper หนีบ cube และอยู่กับที่



รูปที่ ข-5 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 2 (3)

หมายเลข 4 แกน z จะเลื่อนลง gripper จะหนีบ cube อยู่

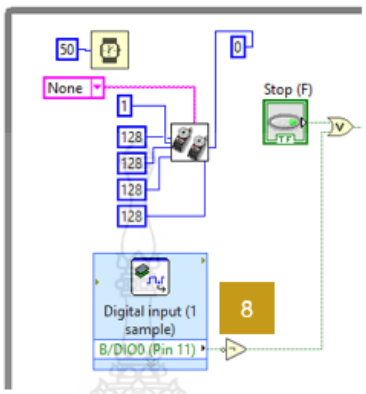
หมายเลข 5 default gripper off เพื่อ gripper อ้าพร้อมวาง cube และอยู่กับที่



รูปที่ ข-5 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 2 (4)

หมายเลข 6 แกน y ถอยหลังกลับ gripper อ้าอยู่

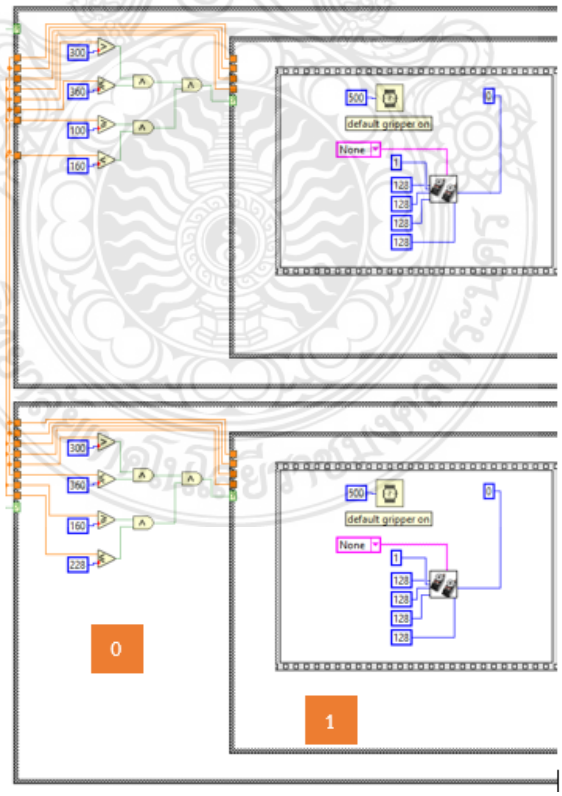
หมายเลข 7 default gripper off เพื่อ gripper อ้า และอยู่กับที่



รูปที่ ข-5 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 2 (5)

หมายเลข 8 gripper จะกลับมาหนีบและทุกแกนจะกลับมาอยู่ที่ค่ากลางที่กำหนดไว้

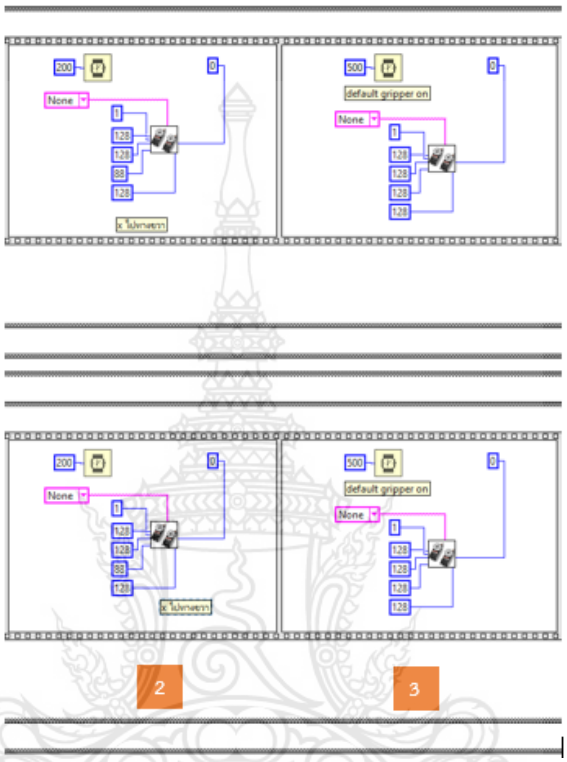
1.4 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 3



รูปที่ ข-6 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 3 (1)

หมายเลข 0 เงื่อนไข เมื่อตำแหน่ง X มีค่าตั้งแต่ 300-360 และค่า y มีค่าตั้งแต่ 100-160 และ 160-288 ถ้าตรงตามเงื่อนไข ให้ทำ

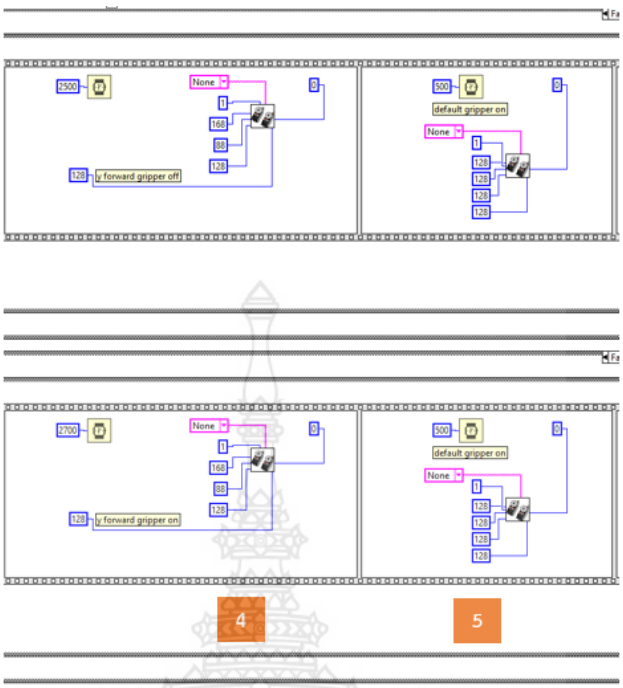
หมายเลข 1 default gripper on เพื่อ gripper หนีบ Cube และอยู่กับที่



รูปที่ ข-6 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 3 (2)

หมายเลข 2 แกน x ไปเลื่อนทางขวา

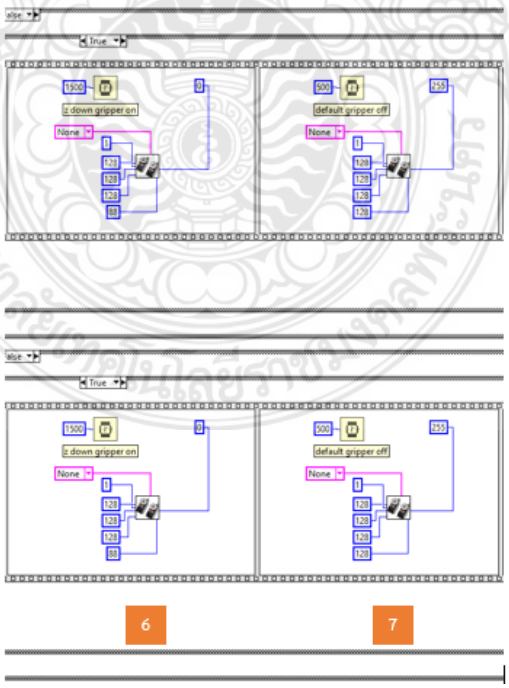
หมายเลข 3 default gripper on เพื่อ gripper หนีบ cube และอยู่กับที่



รูปที่ ข-6 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 3 (3)

หมายเลข 4 แกน y เดินหน้า gripper จะหนีบ cube อยู่

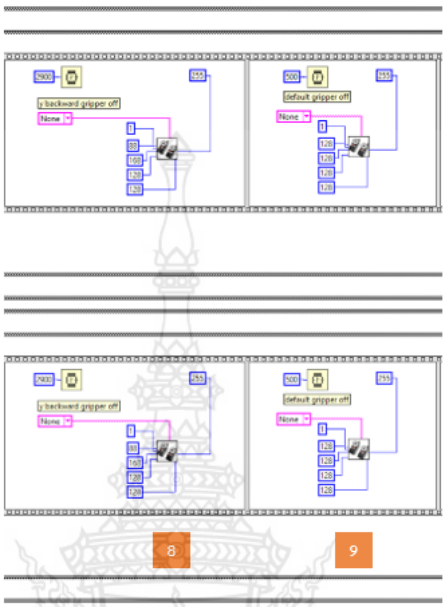
หมายเลข 5 default gripper on เพื่อ gripper หนีบ cube และอยู่กับที่



รูปที่ ข-6 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 3 (4)

หมายเลข 6 แกน z จะเลื่อนลง gripper จะหนีบ cube อยู่

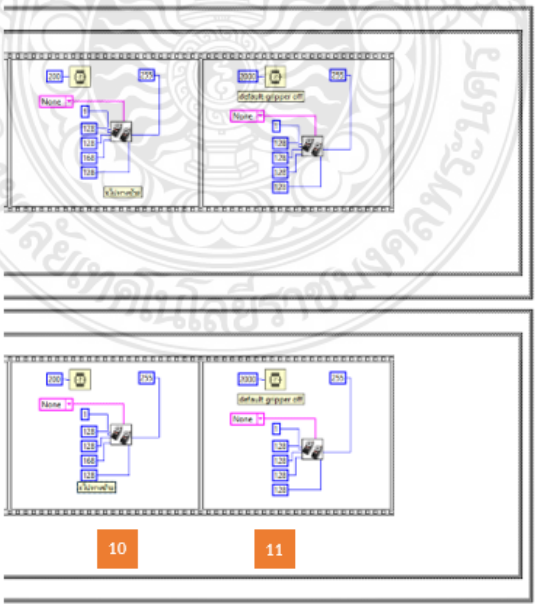
หมายเลข 7 default gripper off เพื่อ gripper อ้าพร้อมวาง cube และอยู่กับที่



รูปที่ ข-6 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 3 (5)

หมายเลข 8 แกน y ถอยหลังกลับ gripper อ้าอยู่

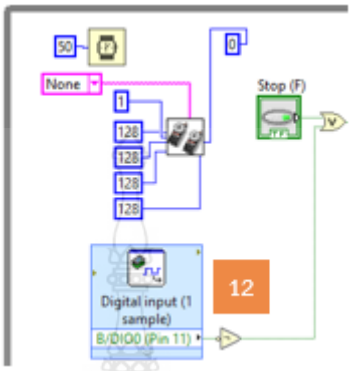
หมายเลข 9 default gripper off เพื่อ gripper อ้า และอยู่กับที่



รูปที่ ข-6 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 3 (6)

หมายเลข 10 แกน x เลื่อนไปทางซ้าย

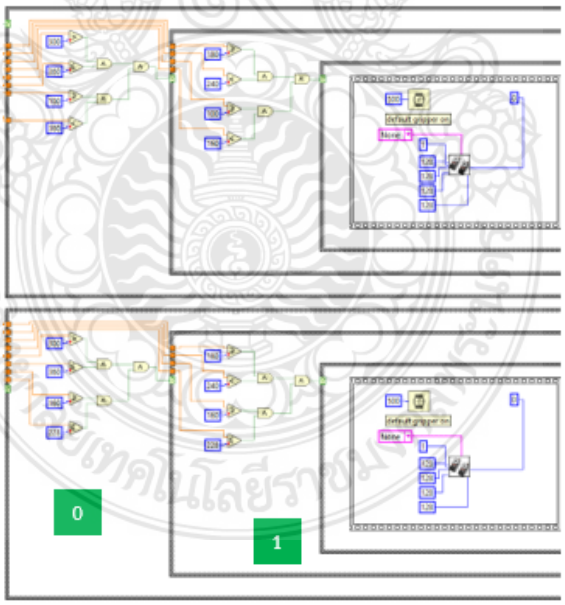
หมายเลข 11 default gripper off เพื่อ gripper อ้า และอยู่กับที่



รูปที่ ข-6 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 3 (7)

หมายเลข 12 gripper จะกลับมาหนีบและทุกแกนจะกลับมาอยู่ที่ค่ากลางที่กำหนดไว้

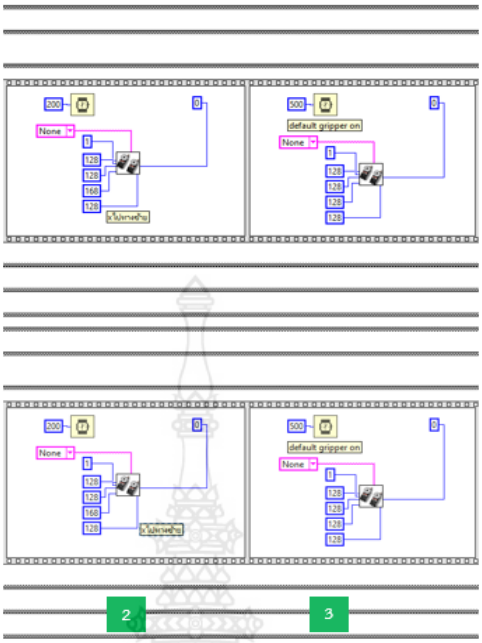
1.5 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ (ส่วนที่ 4)



รูปที่ ข-7 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 4 (1)

หมายเลข 0 เงื่อนไข เมื่อตำแหน่ง X มีค่าตั้งแต่ 180-240 และค่า y มีค่าตั้งแต่ 100-160 และ 160-288 ถ้าตรงตามเงื่อนไข ให้ทำ

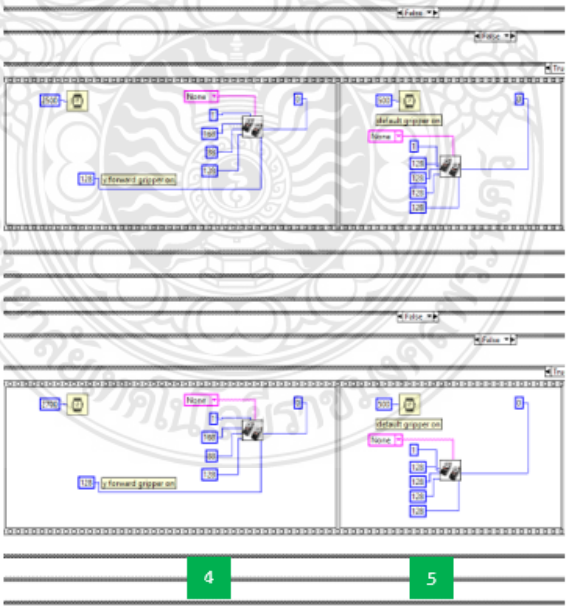
หมายเลข 1 default gripper on เพื่อ gripper หนีบ Cube และอยู่กับที่



รูปที่ ข-6 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 4 (2)

หมายเลข 2 แกน x เลื่อนไปทางซ้าย

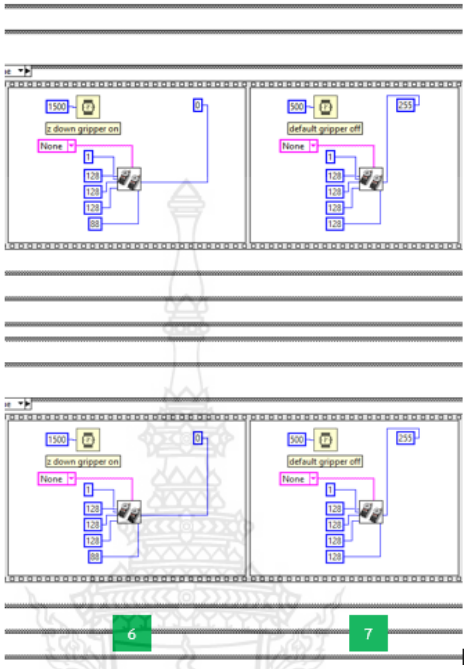
หมายเลข 3 default gripper on เพื่อ gripper หนีบ cube และอยู่กับที่



รูปที่ ข-6 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 4 (3)

หมายเลข 4 แกน y เดินหน้า gripper จะหนีบ cube อยู่

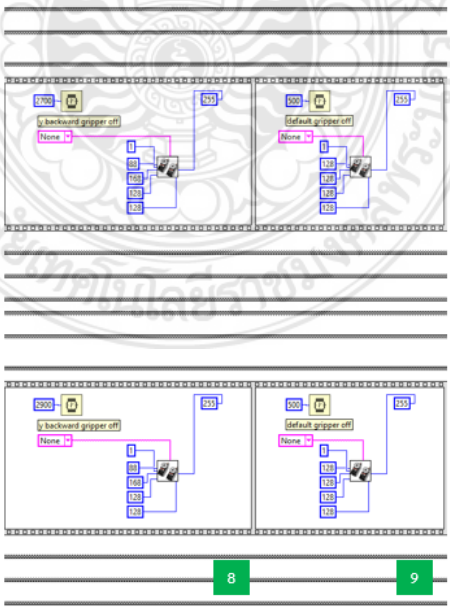
หมายเลข 5 default gripper on เพื่อ gripper หนีบ cube และอยู่กับที่



รูปที่ ข-6 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 4 (4)

หมายเลข 6 แกน z จะเลื่อนลง gripper จะหนีบ cube อยู่

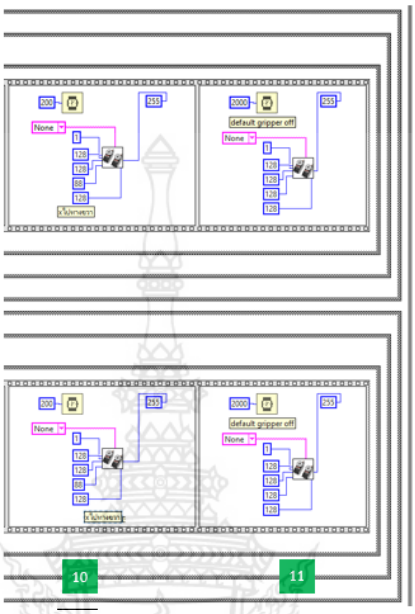
หมายเลข 7 default gripper off เพื่อ gripper อ้าพร้อมวาง cube และอยู่กับที่



รูปที่ ข-6 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 4 (5)

หมายเลข 8 แกน y ถอยหลังกลับ gripper อ้าอยู่

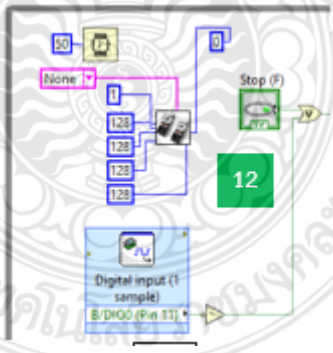
หมายเลข 9 default gripper off เพื่อ gripper อ้า และอยู่กับที่



รูปที่ ข-6 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 4 (6)

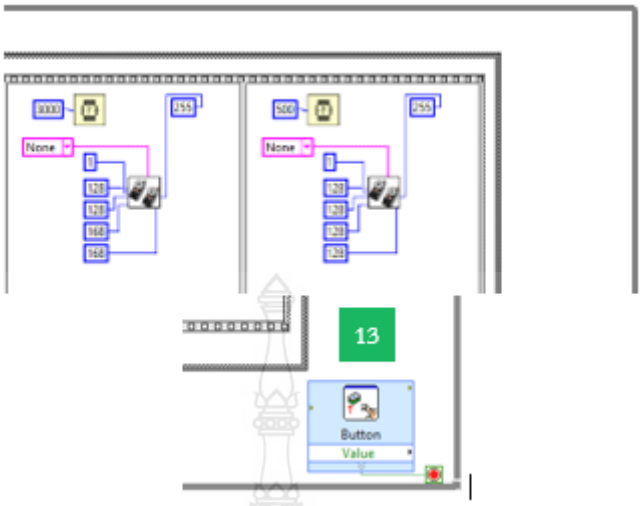
หมายเลข 10 แกน x เลื่อนไปทางขวา

หมายเลข 11 default gripper off เพื่อ gripper อ้า และอยู่กับที่



รูปที่ ข-6 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ (ส่วนที่ 4) (6)

หมายเลข 12 gripper จะกลับมาหนีบและทุกแกนจะกลับมาอยู่ที่ค่ากลางที่กำหนดไว้



รูปที่ ข-6 โปรแกรมส่วนของแขนกลและการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 4 (7)

หมายเลข 13 ออก Loop การใช้งานกล้อง กดสวิตช์ 1 ที หรือกด stop ที่ในหน้า GUI และ กด Button เพื่อปิดใช้งาน MyRIo

อัลกอริทึมที่ใช้ในการทำงาน
หุ่นยนต์พิกัดคาร์ทีเซียนที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร

loop while (Button บน MyRIO != 0)
do
{
if (micro switch แตะ)
{
Servo แกน X เคลื่อนที่ไปตำแหน่งจุดกลาง Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z เคลื่อนที่ไปตำแหน่งล่างสุด Gripper จับ(On) //step1
Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On) //step2

loop while (micro switch =! แตะ) //step3
do
{
Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่ Gripper จับ(On) //step3.1
เปิดใช้งานล้องและการประมวลผลภาพ //step3.2

เมื่อเจอวัตถุสีเขียว
if (Pixel จุดกลางของวัตถุสีเขียวมีค่า ((X >= 240 && X <= 300)&&(Y >= 140 && Y <= 228))
{
Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)
Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหน้า และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper ปล่อย(Off)
Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)
Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z เคลื่อนที่ไปตำแหน่งบนสุด Gripper จับ(On)
Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)
Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหลัง และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

}

else if (Pixel จุดกลางของวัตถุสีเขียวมีค่า ((X > 300 && X <= 360)&&(Y >= 140 && Y <= 228))

{

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

Servo แกน X เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านขวาเล็กน้อย Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper ปล่อย(Off)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหน้า และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper ปล่อย(Off))

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z เคลื่อนที่ไปตำแหน่งบนสุด Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหลัง และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านซ้ายเล็กน้อย Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 2 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

}

else if (Pixel จุดกลางของวัตถุสีเขียวมีค่า ((X >= 180 && X < 240)&&(Y >= 140 && Y <= 228))

{

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

Servo แกน X เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านซ้ายเล็กน้อย Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper ปล่อย(Off)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหน้า และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper ปล่อย(Off))

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z เคลื่อนที่ไปตำแหน่งบนสุด Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหลัง และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านขวาเล็กน้อย Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 2 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

}

**เมื่อเจอจุดวาง ที่ Pixel จุดกลางของจุดวางมีค่า Y >= 160 && Y <= 228 **

if (Pixel จุดกลางของจุดวางมีค่า ((X >= 240 && X <= 300)&&(Y >= 160 && Y <= 228))

{

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหน้าเป็นเวลา 2.7 วินาที และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z เคลื่อนที่ไปตำแหน่งล่างสุด Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหลัง และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper ปล่อย(Off)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

}

else if (Pixel จุดกลางของจุดวางมีค่า ((X > 300 && X <= 360)&&(Y >= 160 && Y <= 228))

{

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านขวาเล็กน้อย Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหน้าเป็นเวลา 2.7 วินาที และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z เคลื่อนที่ไปตำแหน่งล่างสุด Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหลัง และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper ปล่อย(Off)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

Servo แกน X เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านซ้ายเล็กน้อย Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper ปล่อย(Off)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 2 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

}

else if (Pixel จุดกลางของจุดวางมีค่า ((X >= 180 && X < 240)&&(Y >= 160 && Y <= 228))

{

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านซ้ายเล็กน้อย Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหน้าเป็นเวลา 2.7 วินาที และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z เคลื่อนที่ไปตำแหน่งล่างสุด Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหลัง และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper ปล่อย(Off)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

Servo แกน X เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านขวาเล็กน้อย Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper ปล่อย(Off)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 2 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

}

**เมื่อเจอจุดวาง ที่ Pixel จุดกลางของจุดวางมีค่า Y >= 100 && Y <= 160 **

if (Pixel จุดกลางของจุดวางมีค่า ((X >= 240 && X <= 300)&&(Y >= 100 && Y <= 160))

{

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหน้าเป็นเวลา 2.5 วินาที และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z เคลื่อนที่ไปตำแหน่งล่างสุด Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหลัง และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper ปล่อย(Off)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

}

else if (Pixel จุดกลางของจุดวางมีค่า ((X > 300 && X <= 360)&&(Y >= 100 && Y <= 160))

{

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านขวาเล็กน้อย Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหน้าเป็นเวลา 2.5 วินาที และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z เคลื่อนที่ไปตำแหน่งล่างสุด Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหลัง และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper ปล่อย(Off)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

Servo แกน X เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านซ้ายเล็กน้อย Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper ปล่อย(Off)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 2 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

}

else if (Pixel จุดกลางของจุดวางมีค่า ((X >= 180 && X < 240)&&(Y >= 100 && Y <= 160))

{

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านซ้ายเล็กน้อย Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหน้าเป็นเวลา 2.5 วินาที และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper จับ(On)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z เคลื่อนที่ไปตำแหน่งล่างสุด Gripper จับ(On)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

Servo แกน X อยู่กับที่ Servo แกน Y เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านหลัง และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper ปล่อย(Off)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

Servo แกน X เคลื่อนที่ไปตำแหน่งด้านขวาเล็กน้อย Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z อยู่กับที่ Gripper ปล่อย(Off)

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 2 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off)

```
                }
                }
```

Servo แกน X เคลื่อนที่ไปตำแหน่งซ้าย Servo แกน Y อยู่กับที่ และ Servo แกน Z เคลื่อนที่ไปตำแหน่งบนสุด Gripper ปล่อย(Off) //step4

Default Servo ทั้งหมดหยุดอยู่กับที่เป็นเวลา 0.5 วินาทีเพื่อไม่ให้ Servo ทำงานผิดพลาดในคำสั่งถัดไป Gripper ปล่อย(Off) //step5

```
        }
}
```

ผนวก ค
รายการงบประมาณ

ตารางที่ ค.1 งบประมาณของโครงการ

รายละเอียดค่าวัสดุ	งบประมาณ (บาท)
หมวดค่าวัสดุ	
- TETRIX® MAX Continuous Rotation Servo (จำนวน 4 ตัว)	3,000.00
- TETRIX® MAX DC Motor (จำนวน 4 ตัว)	4,000.00
- C525 Portable HD WEBCAM (จำนวน 2 ตัว)	1,000.00
- ค่าวัสดุสำนักงาน	4,000.00
- ค่าจัดทำเล่มรายงาน	2,500.00
รวมงบประมาณ	**14,500.00**

(หนึ่งหมื่นสี่พันห้าร้อยบาทถ้วน)

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ-นามสกุล นายพสิษฐ์ ลิ้มจิตสมบูรณ์
วัน เดือน ปี เกิด วันศุกร์ ที่ 6 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2541
สถานที่เกิด จังหวัด กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน เลขที่ 1275 หมู่ที่ 3 ตำบลสำโรงเหนือ อำเภอเมือง
จังหวัดสมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10270

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2553-2555 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนมัธยมวัดด่านสำโรง
จังหวัดสมุทรปราการ

พ.ศ. 2556-2558 มัธยมศึกษาปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์
โรงเรียนมัธยมวัดด่านสำโรง จังหวัดสมุทรปราการ

พ.ศ 2559-ปัจจุบัน ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
แขนงวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ-นามสกุล นางสาวภัสสร โซวเซ็ง
วัน เดือน ปี เกิด วันจันทร์ ที่ 27 เดือน เมษายน พ.ศ. 2541
สถานที่เกิด จังหวัดสมุทรสงคราม
ที่อยู่ปัจจุบัน เลขที่ 129 หมู่ที่ 2 ตำบลแหลมใหญ่ อำเภอเมือง
จังหวัดสมุทรสงคราม รหัสไปรษณีย์ 75000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2553-2555 มัธยมศึกษาต้น โรงเรียนศรัทธาสมุทร จังหวัดสมุทรสงคราม
พ.ศ. 2556-2558 มัธยมศึกษาปลาย แผนการเรียน ศิลป์-คำนวณ
โรงเรียนศรัทธาสมุทร จังหวัดสมุทรสงคราม
พ.ศ 2559-ปัจจุบัน ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
แขนงวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ-นามสกุล นายสมพล ธณีบุญ
วัน เดือน ปี เกิด วันพฤหัสบดี ที่ 28 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2540
สถานที่เกิด จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน เลขที่ 111/250 ซอยเลียบคลองภาษีเจริญฝั่งใต้ 5/1
แขวงหนองแขม เขตหนองแขม จังหวัดกรุงเทพมหานคร
รหัสไปรษณีย์ 10160

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2553-2555 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม
จังหวัดกรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2556-2558 มัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์
โรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม จังหวัดกรุงเทพมหานคร

พ.ศ 2559-ปัจจุบัน ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
แขนงวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ-นามสกุล นางสาวสุชานันท์ สอนสังข์
วัน เดือน ปี เกิด วันเสาร์ ที่ 9 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2541
สถานที่เกิด จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน เลขที่ 36/507 หมู่ที่ 6 หมู่บ้านจันทิมาธานี 2 ซอย 8 ถนนกาญจนาภิเษก ตำบลบางรักพัฒนา อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี รหัสไปรษณีย์ 11110

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2553-2555 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนราชวินิตมัธยม จังหวัดกรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2556-2558 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคโนโลยีปัญญาภิวัฒน์ จังหวัดนนทบุรี

พ.ศ 2559-ปัจจุบัน ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า แขนงวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ-นามสกุล นางสาวอสมาภรณ์ ศรีวิลาศ
วัน เดือน ปี เกิด วันพฤหัสบดี ที่ 4 เดือน มกราคม พ.ศ. 2539
สถานที่เกิด จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน 7/174 หมู่ที่ 2 หมู่บ้านโนโววิลล์ ตำบลคูคต อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12130

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2556-2558 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคโนโลยีปัญญาภิวัฒน์ จังหวัดนนทบุรี

พ.ศ 2559-ปัจจุบัน ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า แขนงวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร