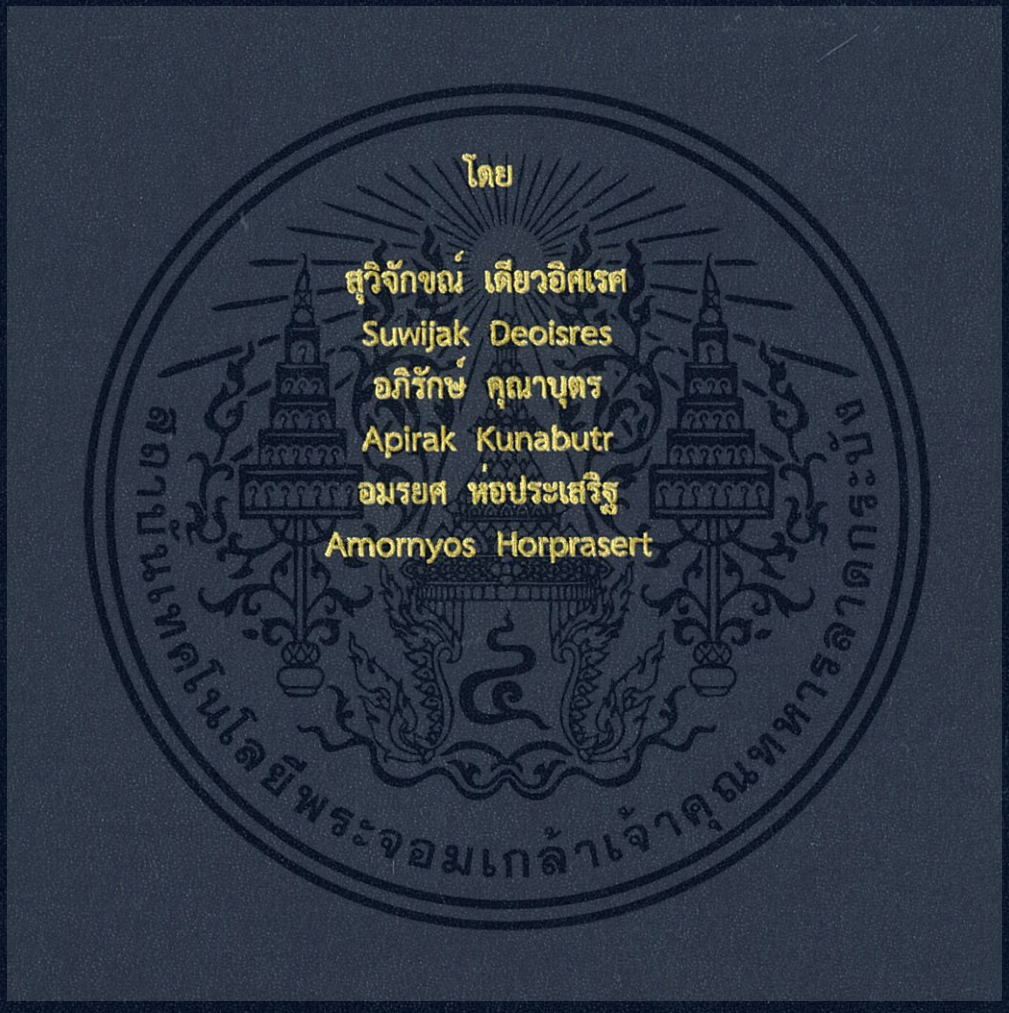
แขนกลเพื่อการเก็บกู้วัตถุระเบิด

Robotic arm for disposal an explosive ordnance



โดย

สุวิจักขณ์ เดียวอิศเรศ

Suwijak Deoisres

อภิรักษ์ คุณาบุตร

Apirak Kunabutr

อมรยศ ห่อประเสริฐ

Amornyos Horprasert

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แขนกลเพื่อการเก็บกู้วัตถุระเบิด

Robotic arm for disposal an explosive ordnance

T143862

โดย

สุวิจักขณ์ เดียวอิศเรศ รหัส 55011370

อภิรักษ์ คุณาบุตร รหัส 55011417

อมรยศ ห่อประเสริฐ รหัส 55011427

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

b.12810520

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 143862

วัน,เดือน,ปี 04 ต.ค. 2559

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกลาเจาคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2558

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง แขนกลเพื่อการเก็บกู้วัตถุระเบิด

Robotic arm for disposal an explosive ordnance

ผู้จัดทำ นายสุวิจักขณ์ เดียวอิศเรศ รหัสประจำตัว 55011370

นายอภิรักษ์ คุณาบุตร รหัสประจำตัว 55011417

นายอมรยศ ห่อประเสริฐ รหัสประจำตัว 55011427

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(ผศ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	แขนกลเพื่อการเก็บกู้วัตถุระเบิด
นักศึกษา	นายสุวิจักขณ์ เดียวอิศเรศ รหัสประจำตัว 55011370
	นายอภิรักษ์ คุณาบุตร รหัสประจำตัว 55011417
	นายอมรยศ ห่อประเสริฐ รหัสประจำตัว 55011427
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผศ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ อธิบายเกี่ยวกับการออกแบบและการสร้างแขนกลเพื่อการเก็บกู้วัตถุระเบิด ซึ่งนำระบบการควบคุม PID มาประยุกต์ใช้สำหรับการควบคุมตำแหน่งของแขนกล ส่วนประกอบหลักของระบบแขนกลจะประกอบด้วย โครงสร้างแขนกลที่ทำจากเหล็กและอลูมิเนียม มีการเคลื่อนที่ใน 5 องศาอิสระ รวมทั้งมีมือจับที่ปลายของแขนกล อุปกรณ์ขับเคลื่อนจะใช้มอเตอร์กระแสตรงในการขับส่วนต่าง ๆ ของแขนให้เคลื่อนที่ และวงจรควบคุมซึ่งประอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino มีไว้สำหรับการโปรแกรมการขับเคลื่อนของแขนกล และอีกส่วนหนึ่งคือวงจรขับมอเตอร์ ใช้สำหรับการควบคุมมอเตอร์ให้หมุนได้ทั้งในทิศตามเข็มนาฬิกาและทิศทวนเข็มนาฬิกา ส่วนของวงจรควบคุมนี้จะกำหนดการทำงานของอุปกรณ์ขับเคลื่อน ให้ขับเคลื่อนแขนกลให้เป็นไปตามที่ต้องการของผู้ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Robotic arm for disposal an explosive ordnance		
Student	Mr. Suwijak	Deoisres	ID. 55011370
	Mr. Apirak	Kunabutr	ID. 55011417
	Mr. Amornyos	Horprasert	ID. 55011427
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Electronics Engineering		
Year	2015		
Thesis Advisor	Associate Professor Polsart Lertprasert		

Abstract

This thesis describes a design and construction of a robotic arm for disposal an explosive ordnance. Using the PID controller applications. Its main components include mechanical arm made from iron and aluminum. The arm has 5 degree of freedom and included an end effector at the arm's end. DC motor is selected to be the actuator to move each part of the arm. And the controller circuits which includes an Arduino microcontroller to program the arm's movement another part is the motor driver circuit which use to spin the DC motor either in both clockwise and counter clockwise direction. The controller circuit will determines the actuator to move the robotic arm as the operator desires.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ ให้การสนับสนุนด้านอุปกรณ์ และสถานที่ในการทำงาน รวมถึงการดูแลอย่างดีในด้านต่างๆ นอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนจากอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนนักศึกษาชั้นปีที่สามและรุ่นพี่ทั้งปริญญาตรีและปริญญาโท รวมไปถึงตึกภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ที่เป็นสถานที่ทำงานให้เสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนในการทำโครงงานชิ้นนี้ จึงใคร่ขอขอบพระคุณผู้มี อุปการคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้

ผู้จัดทำ

สุวิจักขณ์ เดียวอิศเรศ

อภิรักษ์ คุณาบุตร

อมรยศ ห่อประเสริฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....I

Abstract.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญรูป.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....1

1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....1

1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....3

2.1 แขนหุ่นยนต์.....3

2.1.1 ชนิดของแขนหุ่นยนต์.....3

2.1.1.1 Cartesian robot / Gantry robot.....3

2.1.1.2 Cylindrical robot.....3

2.1.1.3 Spherical / Polar robot.....4

2.1.1.4 SCARA robot.....4

2.1.1.5 Articulated robot.....4

2.1.1.6 Parallel robot.....4

2.1.1.7 Anthropomorphic robot.....5

2.2 ระบบควบคุมพีไอดี (PID controller).....5

2.2.1 สัดส่วน.....6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 2 (ต่อ)

2.2.2 ปริพันธ์....6

2.2.3 อนุพันธ์....7

2.2.4 ผลรวม....8

2.3 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์....8

บทที่ 3 การออกแบบ....9

3.1 หลักการทำงานของแขนกล....9

3.2 ระบบควบคุม....9

3.2.1 Microcontroller....9

3.2.2 วงจรขับมอเตอร์ (Motor Driver Circuit)....11

3.3 มอเตอร์....14

3.4 การคำนวณแรงบนแขนกล....15

3.5 User's Interface....17

3.5.1 Arduino....18

3.5.2 การสร้างหุ่นจำลองแขนกลใน LabVIEW....19

3.5.2.1 ขั้นตอนการสร้างหุ่นจำลอง....20

3.5.2.2 การออกแบบไดอะแกรมเพื่อการควบคุมและการแสดงผลของแขนกล....21

3.5.2.3 การเริ่มใช้อุปกรณ์แขนกลและตั้งค่าการแสดงผล....22

3.5.2.4 การควบคุมแขนกล....22

3.5.2.5 การควบคุมมือจับ....23

3.5.2.6 การอ่านค่าจาก Arduino เพื่อนำค่าไปแสดงผล....23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง..... 24

4.1 โครงสร้างแขนกล..... 24

4.2 ทดสอบระบบควบคุม PID..... 24

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 27

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 27

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 27

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 หุ่นยนต์แบบ Cartesian robot หรือ Gantry robot....3
2.2 หุ่นยนต์แบบ Cylindrical robot....3
2.3 หุ่นยนต์แบบ Spherical robot หรือ Polar robot....4
2.4 หุ่นยนต์แบบ SCARA robot....4
2.5 หุ่นยนต์แบบ Articulated robot....4
2.6 หุ่นยนต์แบบ Parallel robot....5
2.7 หุ่นยนต์แบบ Anthropomorphic robot....5
2.8 แผนภาพบล็อกของการควบคุมแบบพีไอดี....6
2.9 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์....8
3.1 Block Diagram การทำงานของแขนกล....9
3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560....10
3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3....10
3.4 วงจรขับมอเตอร์ H-Bridge ซึ่งมี MOSFET เป็นอิเล็คทรอนิกส์สวิตซ์....11
3.5 วงจรขับเกต MOSFET (Gate Driver)....12
3.6 Block Diagram ของระบบควบคุม PID....13
3.7 Flow Chart การทำงานของระบบควบคุมแบบ....14
3.8 Free body diagram ของแขนกล....15
3.9 Free body diagram ของแขนกลในขณะที่ยืดตรง....16
3.10 แขนกลที่เสร็จสมบูรณ์....17
3.11 การเชื่อมต่ออาดูโน่กับแล็บวิว....18
3.12 Interface ของการแสดงแขนกล....19
3.13 Interface เมื่อถูกเล่น....19
3.14 Robot Simulation Model Builder....20
3.15 Robotics Project Wizard....20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.16 การออกแบบตัวจำลองของแขนกล....21

3.17 Diagram การทำงานของ Interface....21

3.18 Diagram ของการเริ่มใช้อุปกรณ์แขนกลและตั้งค่าแสดงผล....22

3.19 Diagram ของการควบคุมตัวแขน....22

3.20 Diagram ของการควบคุมมือจับ....23

3.21 การอ่านค่าต่าง ๆ โดยได้ Arduino for LabVIEW Interface....23

4.1 แขนกลขณะกำลังยกวัตถุ....24

4.2 ระยะการอ้ากว้างที่สุดของ Gripper....24

4.3 กราฟผลการตอบสนองของระบบใน Joint ที่ 1....25

4.4 กราฟผลการตอบสนองของระบบใน Joint ที่ 2....25

4.5 กราฟผลการตอบสนองของระบบใน Joint ที่ 3....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แขนกล เป็นเครื่องจักรประเภทหนึ่งที่ถูกออกแบบมาให้ทำงานแทนมนุษย์ในบางเรื่องที่เป็นงานทำซ้ำๆ เป็นเวลานาน ซึ่งจะทำให้เกิดการเหนื่อยล้าจนอาจจะทำให้เกิดการผิดพลาดได้ เช่น ในโรงงานอุตสาหกรรม มีการใช้แขนกลในการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อความแม่นยำและรวดเร็ว แต่ก็มีงานอีกประเภทที่ใช้แขนกลทำงานแทนมนุษย์เนื่องจากเป็นงานที่ค่อนข้างเสี่ยงอันตรายต่อชีวิต ซึ่งก็คืองานทางด้านการเก็บกู้ระเบิด ซึ่งที่ผ่านมามีผู้คนเป็นจำนวนมากต้องสูญเสียไปเนื่องจากเหตุการณ์วางระเบิดของผู้ก่อการร้าย ในปัจจุบันจึงได้มีการเก็บกู้ระเบิดโดยใช้หุ่นยนต์ขึ้น ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ในลักษณะของแขนกล เพื่อเข้าไปทำงานในพื้นที่เสี่ยงภัยอันตรายแทนมนุษย์ ซึ่งเป็นการลดการสูญเสียได้พอสมควร

การใช้แขนกลเพื่อการเก็บกู้วัตถุระเบิดในปัจจุบันนิยมใช้งานโดยการติดตั้งแขนกลไว้บนรถหุ่นยนต์ที่มีขนาดเล็กทำให้สามารถเข้าไปปฏิบัติงานในที่ที่มีพื้นที่คับแคบได้ดี อีกทั้งตัวแขนกลยังมีการติดตั้งอุปกรณ์เสริม เช่น ปืนฉีดน้ำแรงดันสูง กล้องวิดีโอเพื่อสำรวจ เซนเซอร์ตรวจจับสารประกอบทำระเบิด เป็นต้น

ในโครงงานนี้ได้เน้นการสร้างระบบควบคุมตำแหน่งของแขนกล โดยใช้วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการขับเคลื่อนของแขน การโปรแกรมจะเป็นไปตามวิธีการควบคุมแบบ PID control และมี User's Interface สำหรับผู้ควบคุมแขนกล เพื่อเป็นประโยชน์ในการควบคุมระยะไกล

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. ศึกษาและออกแบบแขนกลที่มี 5 องศาอิสระ
2. ศึกษาและออกแบบวงจร H-Bridge ในการขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
3. ใช้ระบบควบคุมแบบ PID เพื่อควบคุมมอเตอร์กระแสตรงในการขับเคลื่อนแขนกล
4. ออกแบบการควบคุมแขนกลให้มีความง่ายโดยการใช้รีโมทคอนโทรล
5. สร้าง User's Interface แสดงรูปของแขนกลให้เป็นไปตามแขนกลตัวจริง

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1. แขนกลจะมีโครงสร้างที่แข็งแรงและมีกำลังมากพอที่ยกของที่มีน้ำหนักประมาณ 1-2 kg ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การควบคุมแบบ PID จะมีความแม่นยำและรวดเร็วพอสมควร

3. ระบบควบคุมสามารถเรียนรู้และใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน

4. มี User's Interface ที่แสดงรูปแขนกลที่ตรงกับแขนกลตัวจริง

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1. ประดิษฐ์แขนกลที่มี 5 องศาอิสระ และสามารถยกของที่มีน้ำหนักราวๆ 1-2 kg ได้

2. ประดิษฐ์วงจรควบคุมมอเตอร์ และทำการควบคุมมอเตอร์โดยใช้ระบบ PID โดยไมโครคอนโทรลเลอร์

3. ประดิษฐ์อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมแขนกล ให้มีการควบคุมที่ง่าย

4. มี User's Interface สำหรับผู้ควบคุมแขนกล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

คณะผู้จัดทำหวังว่าในการศึกษาโครงงานชิ้นน่าจะทำให้ทางคณะผู้จัดทำมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบกลไกของเครื่องจักรซึ่งเป็นความรู้ที่อยู่นอกเหนือสาขาที่เรียนนี้มากยิ่งขึ้น มีเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์และระบบ PID ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น ซึ่งความรู้ในส่วนนี้จะสามารถนำไปต่อยอดได้อีกมากมายในอนาคตเช่น การทำงาน หรือการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆขึ้นมา อีกทั้งยังเป็นกรณีศึกษาสำหรับคนที่สนใจทำโครงงานเกี่ยวกับแขนกล ซึ่งจะได้ทราบถึงปัญหาและข้อดีข้อเสียของแขนกลในรูปแบบที่ผู้จัดทำสร้างขึ้น สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ไม่เสียเวลาผิดพลาดเหมือนอย่างโครงงานนี้ และสุดท้ายทางผู้จัดทำหวังว่าโครงงานชิ้นนี้ยังจะเป็นประโยชน์ให้แก่คนรุ่นหลังสามารถนำไปศึกษาและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพที่มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

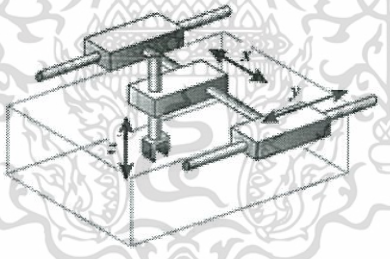
หลักการและทฤษฎี

2.1 แขนหุ่นยนต์

แขนหุ่นยนต์เป็นแขนกลชนิดหนึ่งที่สามารถโปรแกรมให้มีการทำงานคล้ายแขนของมนุษย์ได้ แขนนั้นอาจเป็นการรวมกันของกลไกต่างๆ หรืออาจเป็นส่วนหนึ่งของหุ่นยนต์ที่ซับซ้อน การเชื่อมต่อในส่วนข้อต่อทำให้สามารถเคลื่อนไหวแบบหมุนหรือเคลื่อนไหวเป็นแนวตรงได้ การเชื่อมต่อของหุ่นยนต์จะพิจารณาในรูปแบบ Kinematic Chain ที่จุดปลายของ Kinematic Chain ของหุ่นยนต์จะถูกเรียกว่า End effector ซึ่งเปรียบเสมือนมือของมนุษย์

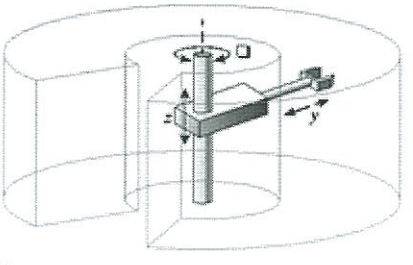
2.1.1 ชนิดของแขนหุ่นยนต์

2.1.1.1 Cartesian robot / Gantry robot: ใช้สำหรับจับวางวัตถุ ประยุกต์ใช้การอุดกันรั่ว การประกอบชิ้นส่วน การจับใช้เครื่องมือและการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า เป็นหุ่นยนต์ที่มีข้อต่อเหลี่ยม 3 ข้อต่อ แกนจะตรงกันกับพิกัดคาร์ทีเซียน



รูปที่ 2.1 หุ่นยนต์แบบ Cartesian robot หรือ Gantry robot

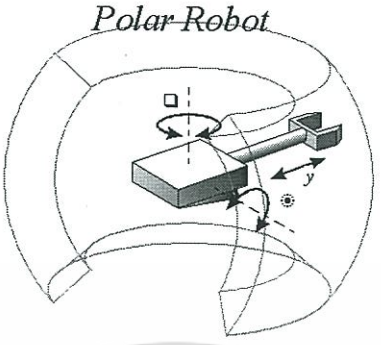
2.1.1.2 Cylindrical robot: ใช้ในงานประกอบ จับใช้เครื่องมือ การเชื่อมจุดและใช้เครื่องมือการหล่อแบบ die casting เป็นหุ่นยนต์ที่มีแกนในรูปแบบระบบพิกัดทรงกระบอก



รูปที่ 2.2 หุ่นยนต์แบบ Cylindrical robot

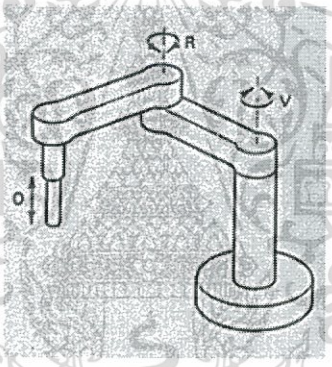
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 Spherical robot / Polar robot: ใช้จับใช้เครื่องมือ การเชื่อมจุด เครื่องมือหล่อแบบ die casting เครื่องจักร fettling การเชื่อมด้วยแก๊สและการเชื่อมด้วยไฟฟ้า เป็นหุ่นยนต์ที่มีแกนในรูปแบบของพิกัดเชิงขั้ว



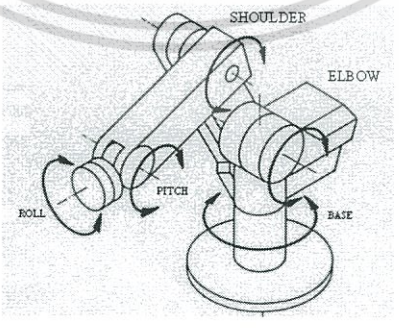
รูปที่ 2.3 หุ่นยนต์แบบ Spherical robot หรือ Polar robot

2.1.1.4 SCARA robot: ใช้สำหรับจับวางวัถุ ประยุกต์ใช้การอุดกันรั่ว การประกอบชิ้นส่วนและจับใช้เครื่องมือ หุ่นยนต์นี้มีข้อต่อที่หมุนแบบขนาด 2 ข้อต่อ เพื่อให้มีการทำงานในแนวราบ



รูปที่ 2.4 หุ่นยนต์แบบ SCARA robot

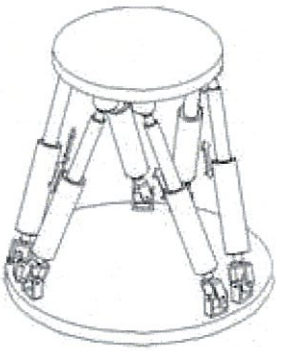
2.1.1.5 Articulated robot: ใช้สำหรับงานประกอบชิ้นส่วน เครื่องมือหล่อแบบ die casting เครื่องจักร fettling การเชื่อมด้วยแก๊สและการพ่นสีสเปรย์ เป็นหุ่นยนต์ที่มีจุดหมุนอย่างน้อย 3 ข้อต่อ



รูปที่ 2.5 หุ่นยนต์แบบ Articulated robot

2.1.1.6 Parallel robot: ใช้เป็นฐานในการเคลื่อนไหวห้องนักบินในเครื่องขับจำลอง เป็นหุ่นยนต์ข้อต่อแบบหมุนแท่งปริซึมหรือข้อต่อแบบหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 หุ่นยนต์แบบ Parallel robot

2.1.1.7 Anthropomorphic robot: หุ่นยนต์นี้พยายามเลียนแบบลักษณะให้เหมือนแขนและมือมนุษย์ เช่น มีนิ้วที่เคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ

รูปที่ 2.7 หุ่นยนต์แบบ Anthropomorphic robot

2.2 ระบบควบคุมพีไอดี (PID controller)

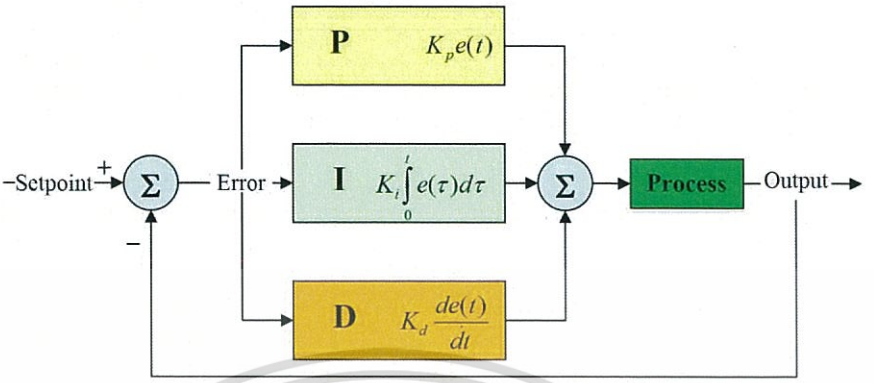
เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดที่หามาจากความแตกต่างของตัวแปรในกระบวนการและค่าที่ต้องการ ตัวควบคุมจะพยายามลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการ ค่าตัวแปรของ PID ที่ใช้จะปรับเปลี่ยนตามธรรมชาติของระบบ

วิธีคำนวณของ PID ขึ้นอยู่กับสามตัวแปรคือค่าสัดส่วน**ปริพันธ์และอนุพันธ์** ค่าสัดส่วนกำหนดจากผลของความผิดพลาดในปัจจุบัน ค่าปริพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของผลรวมความผิดพลาดที่ซึ่งพึ่งผ่านพ้นไป และค่าอนุพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด น้ำหนักที่เกิดจากการรวมกันของทั้งสามนี้จะใช้ในการปรับกระบวนการ

โดยการปรับค่าคงที่ใน PID ตัวควบคุมสามารถปรับรูปแบบการควบคุมให้เหมาะกับที่กระบวนการต้องการได้ การตอบสนองของตัวควบคุมจะอยู่ในรูปของการไหวตัวของตัวควบคุมจนถึงค่าความผิดพลาด ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอเวอร์ชูต (overshoots) และ ค่าแกว่งของระบบ (oscillation) วิธี PID ไม่รับประกันได้ว่าจะเป็นระบบควบคุมที่เหมาะสมที่สุดหรือสามารถทำให้กระบวนการมีความเสถียรแน่นอน



รูปที่ 2.8 แผนภาพบล็อกของการควบคุมแบบพีไอดี

การควบคุมแบบ PID ได้ชื่อตามการรวมกันของเทอมของตัวแปรทั้งสามตามสมการ

$$\mathrm{MV}(t) = P_{\mathrm{out}} + I_{\mathrm{out}} + D_{\mathrm{out}} \tag{2.1}$$

เมื่อ P_{out}, I_{out}, และ D_{out} เป็นผลของสัญญาณขาออกจากระบบควบคุม PID จากแต่ละเทอมซึ่งนิยามตามรายละเอียดด้านล่าง

2.2.1 สัดส่วน

เทอมของสัดส่วน (บางครั้งเรียก อัตราขยาย) จะเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนของค่าความผิดพลาด การตอบสนองของสัดส่วนสามารถทำได้โดยการคูณค่าความผิดพลาดด้วยค่าคงที่ K_p หรือที่เรียกว่าอัตราขยายสัดส่วนเทอมของสัดส่วนจะเป็นไปตามสมการ

$$P_{\mathrm{out}} = K_p e(t) \tag{2.2}$$

เมื่อ

P_{out}: สัญญาณขาออกของเทอมสัดส่วน
K_p: อัตราขยายสัดส่วน, ตัวแปรปรับค่าได้
e: ค่าความผิดพลาด $= SP - PV$
t: เวลา

ผลอัตราขยายสัดส่วนที่สูงค่าความผิดพลาดก็จะเปลี่ยนแปลงมากเช่นกัน แต่ถ้าสูงเกินไประบบจะไม่เสถียรได้ ในทางตรงกันข้าม ผลอัตราขยายสัดส่วนที่ต่ำ ระบบควบคุมจะมีผลตอบสนองต่อกระบวนการน้อยตามไปด้วย

2.2.2 ปริพันธ์

ผลจากเทอมปริพันธ์ (บางครั้งเรียก reset) เป็นสัดส่วนของขนาดความผิดพลาดและระยะเวลาของความผิดพลาด ผลรวมของความผิดพลาดในทุกช่วงเวลา (ปริพันธ์ของความผิดพลาด) จะให้ออฟเซตสะสมที่ต้า

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรจะเป็นในก่อนหน้า ความผิดพลาดสะสมจะถูกคูณโดยอัตราขยายปริพันธ์ ขนาดของผลของเทอมปริพันธ์จะกำหนดโดยอัตราขยายปริพันธ์ K_i เทอมปริพันธ์จะเป็นไปตามสมการ

$$I_{\text{out}} = K_i \int_0^t e(\tau)\, d\tau \tag{2.3}$$

เมื่อ

I_{out}: สัญญาณขาออกของเทอมปริพันธ์

K_i: อัตราขยายปริพันธ์, ตัวแปรปรับค่าได้

e: ความผิดพลาด $= SP - PV$

t: เวลา

τ: ตัวแปรปริพันธ์หุ่น

เทอมปริพันธ์ (เมื่อรวมกับเทอมสัดส่วน) จะเร่งกระบวนการให้เข้าสู่จุดที่ต้องการและขจัดความผิดพลาดที่เหลืออยู่ที่เกิดจากการใช้เพียงเทอมสัดส่วน แต่อย่างไรก็ตาม เทอมปริพันธ์เป็นการตอบสนองต่อความผิดพลาดสะสมในอดีต จึงสามารถทำให้เกิดโอเวอร์ชูตได้ (ข้ามจุดที่ต้องการและเกิดการหันเหไปทางทิศทางอื่น)

2.2.3 อนุพันธ์

อัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาดจากกระบวนการนั้นคำนวณหาจากความชันของความผิดพลาดทุกๆเวลา (นั่นคือ เป็นอนุพันธ์อันดับหนึ่งสัมพันธ์กับเวลา) และคูณด้วยอัตราขยายอนุพันธ์ K_d ขนาดของผลของเทอมอนุพันธ์ (บางครั้งเรียก อัตรา) ขึ้นกับ อัตราขยายอนุพันธ์ K_d เทอมอนุพันธ์เป็นไปตามสมการ

$$D_{\text{out}} = K_d \frac{d}{dt} e(t) \tag{2.4}$$

เมื่อ

D_{out}: สัญญาณขาออกของเทอมอนุพันธ์

K_d: อัตราขยายอนุพันธ์, ตัวแปรปรับค่าได้

e: ความผิดพลาด $= SP - PV$

t: เวลา

เทอมอนุพันธ์จะชะลออัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณขาออกของระบบควบคุมและด้วยผลนี้จะช่วยให้ระบบควบคุมเข้าสู่จุดที่ต้องการ ดังนั้นเทอมอนุพันธ์จะใช้ในการลดขนาดของโอเวอร์ชูตที่เกิดจาเทอมปริพันธ์และทำให้เสถียรภาพของการรวมกันของระบบควบคุมดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอนุพันธ์ของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รบกวนที่ถูกขยายในระบบควบคุมจะไวมากต่อการรบกวนในเทอมของความผิดพลาดและสามารถทำให้กระบวนการไม่เสถียรได้ถ้าสัญญาณรบกวนและอัตราขยายอนุพันธ์มีขนาดใหญ่เพียงพอ

2.2.4) ผลรวม

เทอมสัดส่วน, ปริพันธ์, และอนุพันธ์ จะนำมารวมกันเป็นสัญญาณขาออกของการควบคุมแบบ PID กำหนดให้ $u(t)$ เป็นสัญญาณขาออก สมการสุดท้ายของวิธี PID คือ

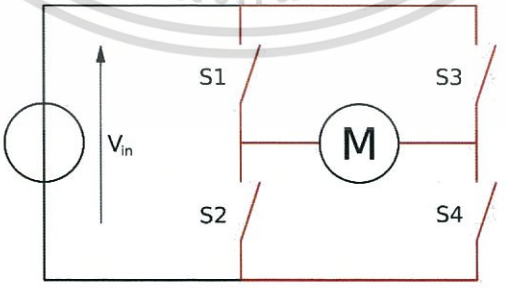
$$\mathrm{u(t) = MV(t) = } K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau)\,d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t) \qquad (2.5)$$

2.3 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

การขับมอเตอร์กระแสตรงในโครงงานนี้จะใช้วงจรที่เรียกว่า วงจร H-Bridge มาเป็นวงจรขับมอเตอร์ วงจร H bridge นี้จะใช้มอสเฟทกำลัง (Power MOSFET) ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Device) ที่จะสามารถใช้คุณสมบัติการคัตออฟ (cut-off) และการ Saturation มาประยุกต์ใช้แทนสวิตช์และที่สำคัญที่สุดคือจะเป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์คือจะสามารถควบคุมการเปิดปิดได้

หลักการของวงจร จะประกอบไปด้วยสวิทช์ 4 ตัว นั่นก็คือ S1 ,S2 ,S3 และ S4 ซึ่งในรูปตัวอย่าง(รูปที่ 2.9) จะใช้ DC Motor เป็น Load ของวงจรในสภาวะเริ่มต้น สวิทช์ ทุกตัว Off อยู่ จะไม่มีอะไรเกิดขึ้น เพราะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่มอเตอร์ ทำการ On สวิทช์ S1 และ S4 พร้อมกัน จะเป็นการเชื่อมวงจร ทำให้มีกระแสไฟฟ้า ไหลผ่านมอเตอร์ จึงทำให้มอเตอร์สามารหมุนได้ ในทิศทาง Forward (จะหมุนแบบตามเข็มนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกานั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะของ การพันขดลวดภายในมอเตอร์)

และในทางกลับกัน ถ้าหากทำการ On สวิทช์ S3 และ S2 พร้อมกัน จะเป็นการเชื่อมวงจร และทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ไหลผ่านมอเตอร์ ทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้ และเป็นการหมุนในทิศทาง Reverse (กลับทิศทางกับกรณีแรก)



รูปที่ 2.9 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์

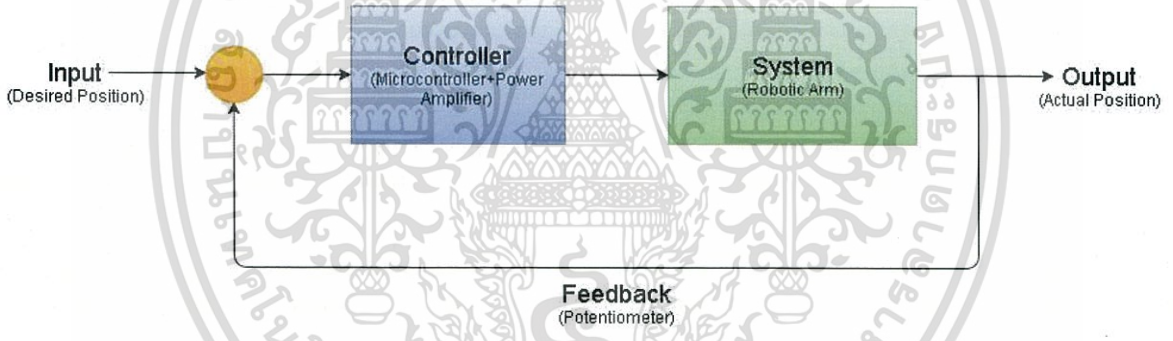
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 หลักการทำงานของแขนกล

Block diagram ด้านล่างนี้แสดงถึงหลักการทำงานคร่าวๆของโครงงานนี้ ซึ่งมีหลักการทำงานคือจะมีการส่งค่าตำแหน่งที่ต้องการมายังส่วนของคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นจะทำการประมวลผลโดยใช้หลักการควบคุมแบบ PID แล้วส่ง Output ไปยัง DC Motor จากนั้นมอเตอร์ก็จะหมุน ในขณะที่มอเตอร์กำลังหมุนก็จะมีการป้อนกลับสัญญาณบอกตำแหน่งปัจจุบันของมอเตอร์กลับมาที่คอนโทรลเลอร์ เมื่อเข้าใกล้ตำแหน่งที่ต้องการมากขึ้น Output จากคอนโทรลเลอร์ก็จะมีค่าลดลงส่งผลให้มอเตอร์หมุนช้าลงเมื่อเข้าใกล้ตำแหน่งที่ต้องการและหยุดลงในที่สุด



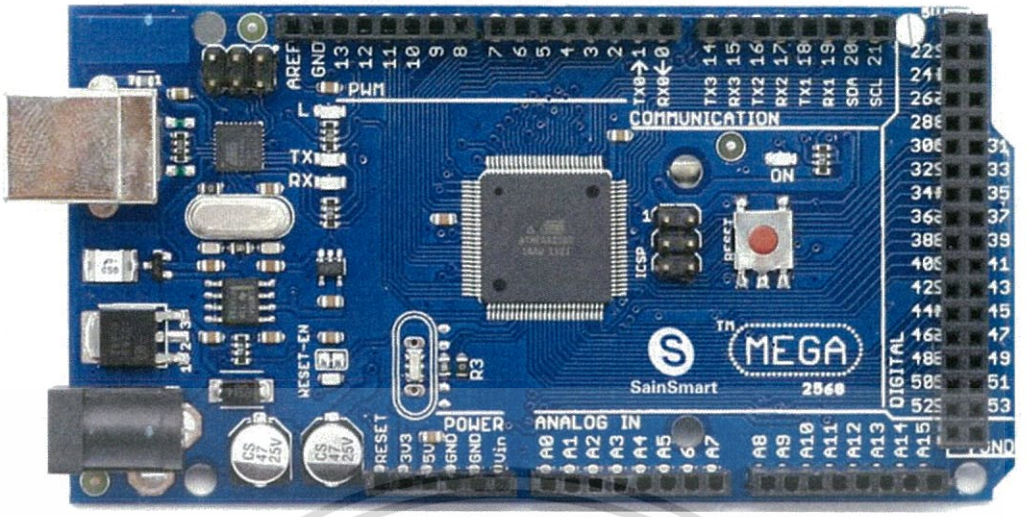
รูปที่ 3.1 Block Diagram การทำงานของแขนกล

3.2 ระบบควบคุม

3.2.1 Microcontroller

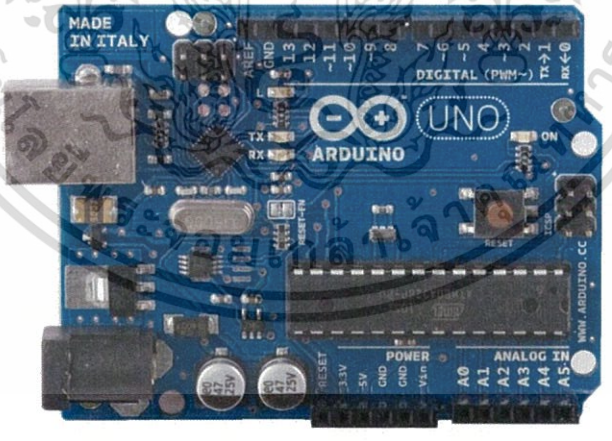
ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้อุปกรณ์ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็น Arduino Mega 2560 ซึ่ง Arduino Mega 2560 นั้นมีฟังก์ชันการทำงานหลายอย่างมากมายเพียงพอต่อการใช้งานในโครงงานนี้ เช่น มี Analog Digital Converter ขนาด 10 บิต ซึ่งจะทำให้ได้การคำนวณตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแขนกลได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น และมีพอร์ตการใช้งาน PWM (Pulse Width Modulation) มากถึง 15 พอร์ต ทำให้สามารถที่จะเขียนโปรแกรมควบคุมมอเตอร์ได้หลายตัวในขณะที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพียงตัวเดียวได้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560

ไมโครคอนโทรลเลอร์อีกตัวหนึ่งที่เลือกใช้คือ Arduino Uno R3 ซึ่งใช้สำหรับการเชื่อมต่อกับโปรแกรม LabVIEW สำหรับการแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ โดยจะรับค่า feedback จาก Arduino Mega 2560 และนำมาแสดงผลเป็นตัวจำลองแขนกลที่สามารถแสดงรูปร่างตามแขนกลตัวจริงได้



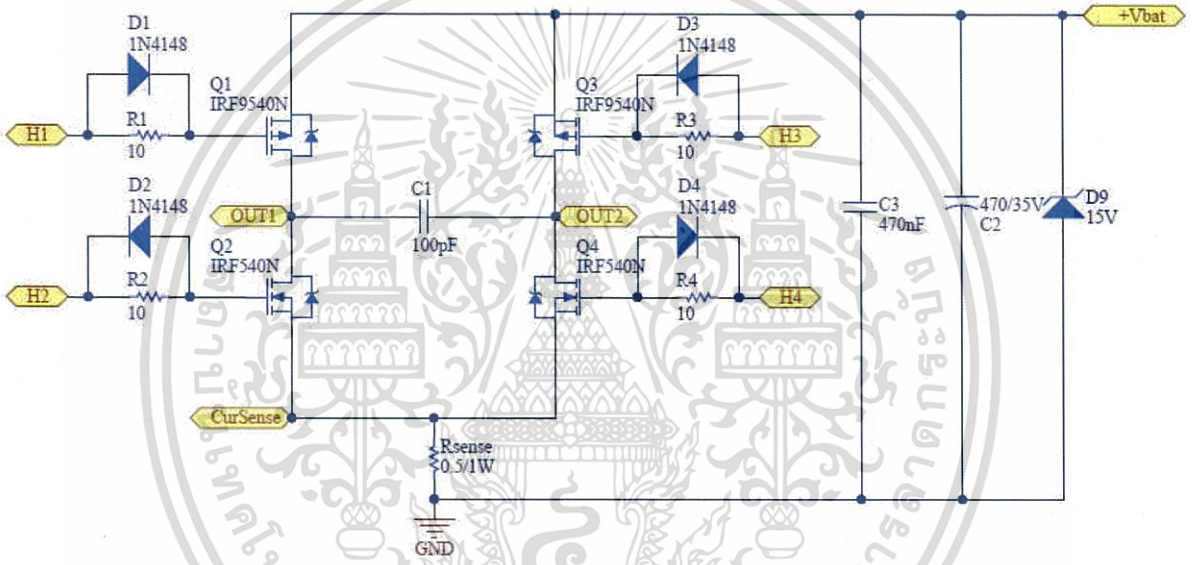
รูปที่ 3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

เมื่อได้ทำการเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็ยังเหลือส่วนอีกส่วนของ Controller ก็คือวงจรขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 วงจรขับมอเตอร์ (Motor Driver Circuit)

ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้ทำการออกแบบวงจรขับมอเตอร์สำหรับโครงงานนี้โดยเฉพาะเพื่อเป็นการนำความรู้ที่ได้เรียนมา นำมาประยุกต์ใช้งานให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และเพื่อการศึกษาวงจรขับมอเตอร์ให้ลึกซึ้งขึ้นไปอีก ซึ่งได้เลือกใช้การขับมอเตอร์แบบวงจร H-Bridge ซึ่งเป็นการนำ Electronic Switch อาทิเช่น BJT (Bipolar Junction Transistor) หรือที่ได้เลือกใช้ในวงจรนี้ก็คือ MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)มาทำงานในลักษณะของสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมความเร็ว ทิศทางและตำแหน่งของตัวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

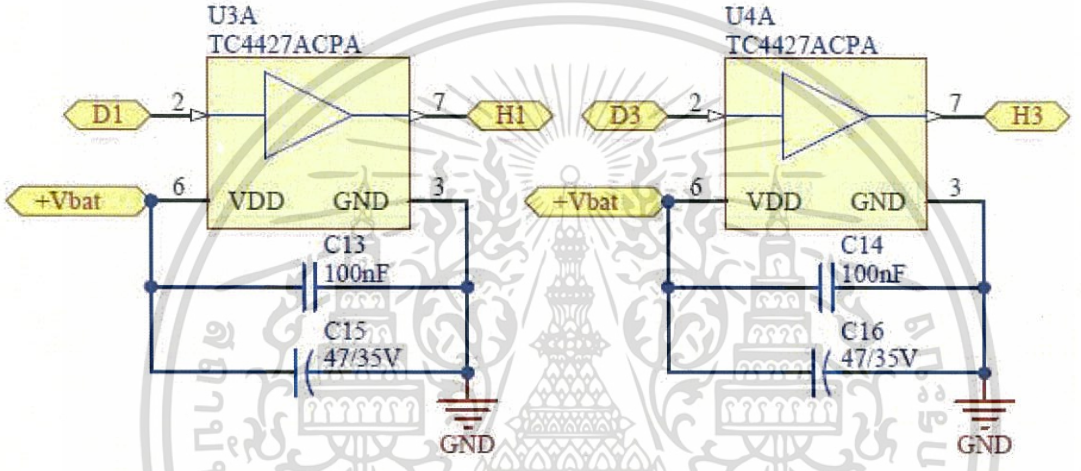


รูปที่ 3.4 วงจรขับมอเตอร์ H-Bridge ซึ่งมี MOSFET เป็นอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์

ซึ่งหลักการทำงานคร่าวๆของวงจร H-Bridge ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 แต่จะมีส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาดังรูปที่ 3.4 เช่น R1,R2,R3 และ R4 ซึ่งจะเป็นตัวต้านทานที่ต่อเพิ่มขึ้นมาเพื่อป้องการขาเกตของตัว MOSFET เสียหายเนื่องการดึงกระแสในการเก็บประจุของตัว Parasitic capacitor บริเวณขาเกตซึ่งจะทำให้เกิด spike ของแรงดันบริเวณขาเกตุส่งผลให้แรงดันเกินค่าของ Threshold Voltage ซึ่งเมื่อมีการสวิตช์ที่ความถี่สูงมากๆ ก็อาจจะทำให้ขาเกตของ MOSFET เสียหายได้ จึงได้ใส่ตัวต้านทานค่าเล็กๆไปเพื่อลด Spike ที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ในส่วนของ H-bridge เรียบร้อยแล้ว จะพบปัญหาต่อไปก็คือแรงดันที่ออกเอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีค่าเพียง 5 โวลต์เท่านั้น แต่แรงดันที่ใช้เป็นไฟเลี้ยงวงจร H-Bridge และใช้ในการขับมอเตอร์ก็คือ 14.8 โวลต์จาก Battery ซึ่งค่าแรงดันจากไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะมีปัญหาในการชับสวิตซ์ฝั่ง High-side หรือก็คือตัว P-MOS นั่นเอง ซึ่งจะ Turn-Off ตัว P-MOS ได้เนื่องแรงดันขา G กับ S นั้นมีค่าแตกต่างกันมากเกิน Threshold voltage อยู่เสมอ ส่งผลให้ตัว P-MOS ทำงานอยู่ตลอดเวลา ซึ่งอาจจะทำให้วงจรทำงานผิดปกติ และเกิดความเสียหายได้ เพื่อป้องกันปัญหานี้จึงต้องมีวงจรขับขาเกต MOSFET มาช่วยในส่วนนี้

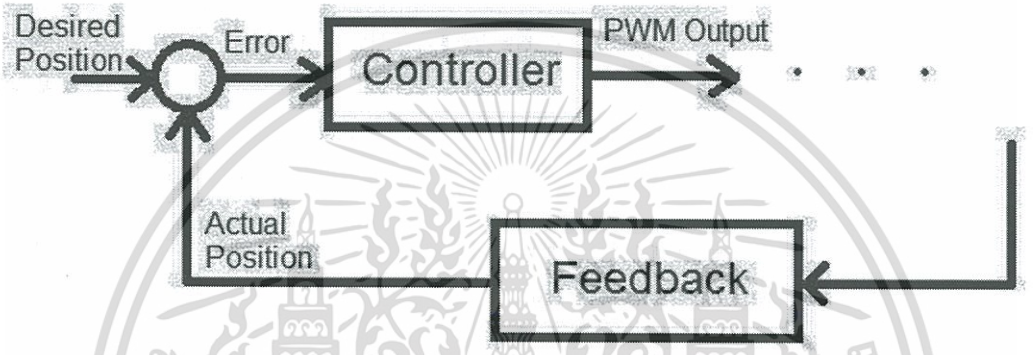


รูปที่ 3.5 วงจรขับเกต MOSFET (Gate Driver)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ระบบควบคุม P (Proportional Control)

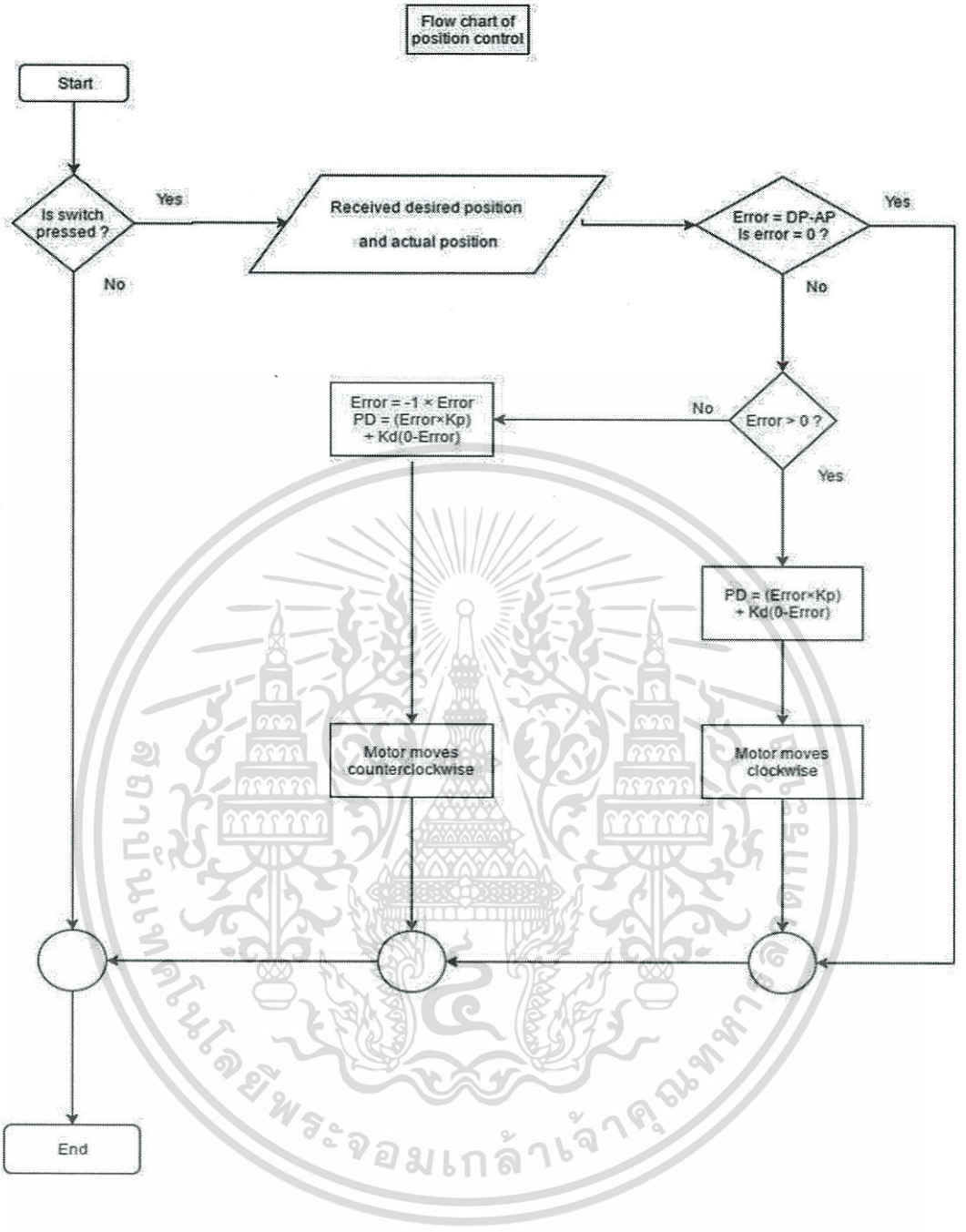
ในการควบคุมตำแหน่งของแขนกลนั้นจะใช้ระบบการควบคุม P (Proportional Control) ซึ่งเป็นการควบคุมรูปแบบหนึ่งในระบบควบ PID เพียงแต่จะใช้พจน์ P เท่านั้นโดยจะนำค่าป้อนกลับจาก Output มาคูณกับ Kp หรือก็คือ Proportional Gain ซึ่งได้กำหนดค่าไว้เท่ากับ 1 จากนั้นจะทำการคำนวณค่า PWM ที่จะป้อนเป็น Output ออกมาเพื่อไปขับมอเตอร์



รูปที่ 3.6 Block Diagram ของระบบควบคุม PID

จากรูป block diagram ข้างต้น Desired Position คือตำแหน่งที่เราต้องการให้แขนกลขับเคลื่อนไป และ Actual Position คือตำแหน่งจริงๆของตัวแขน ณ ขณะนั้นซึ่งเป็นค่ามาจากระบบการป้อนกลับที่สร้างขึ้น ค่า Error เกิดจากการนำ Desired Position ลบออกด้วย Actual Position ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บอกผลต่างระหว่างระยะทางที่กำหนดกับระยะทางที่เกิดขึ้นจริงๆเพื่อที่จะได้สามารถบอกได้ว่าจะต้องจ่ายเอาท์พุต PWM อีกเท่าไหร่จึงจะมีค่า Error เป็นศูนย์หมายความว่า Desired Position มีค่าเท่ากับ Actual Position แล้วนั่นคือแขนกลก็จะหยุดการเคลื่อนไหว ซึ่งเขียนเป็น Flow Chart ได้ในลักษณะนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 Flow Chart การทำงานของระบบควบคุมแบบ PID

3.3 มอเตอร์

ในการที่จะขยับแขนกลในแต่ละจุดหมุนจำเป็นจะต้องใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงในการขับเคลื่อนข้อต่อ แต่ว่า DC Motor นั้นมีจำนวนรอบที่สูงมากนั่นหมายความว่าแรงบิดของตัวมอเตอร์นั่นจะต่ำ ซึ่งจะไม่สามารถนำมาใช้ในแขนกลนี้ได้

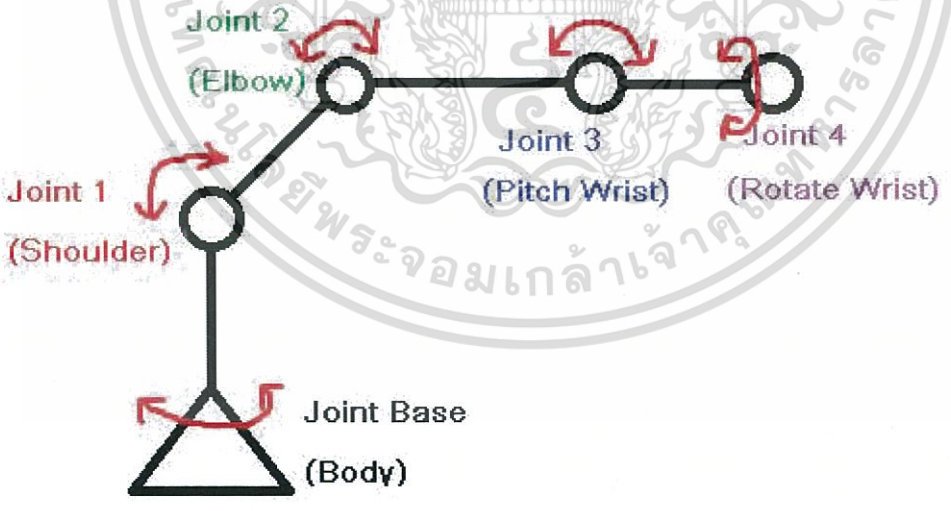
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงได้ทำการศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติม จึงพบว่ามอเตอร์ที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้มากที่สุดก็คือ DC Gear Motor ซึ่งก็มีลักษณะเช่นเดียวกับ DC Motor ปกติ เพียงแต่ว่ามีการทดเกียร์อยู่ด้านในตัวถังของมอเตอร์นั่น ทำให้ DC Gear Motor นั้นได้แรงบิดที่สูงขึ้นมากหลายเท่าตัว แต่ก็ต้องแลกกับการที่จำนวนรอบต่อนาทีนั้นต่ำลง ซึ่งถ้าพิจารณาแล้วจำนวนรอบต่อนาทีที่สูงนั้นไม่มีความจำเป็นในงานของแขนกล เนื่องจากแขนกลนั้นต้องการแรงบิดมากกว่า แล้วแขนก็ไม่สามารถหมุนได้รอบทิศทางด้วยความเร็วสูงอยู่แล้ว จึงตัดสินใจเลือกใช้ DC Gear Motor ในการขับเคลื่อนข้อต่อของแขนกล

3.4 การคำนวณแรงบนแขนกล

ในส่วนของแขนกล (Robotic Arm) นั้นได้เลือกออกแบบแขนกลที่มี 5 Degree of Freedom ซึ่งจะมีลักษณะหน้าตาคร่าวๆดังนี้จากนั้นในการออกแบบเราจะต้องคำนวณถึงโมเมนต์หรือทอร์กในแต่ละจุดหมุน เพื่อใช้ในการเลือกมอเตอร์ที่จะใช้ และยังต้องกำหนดขนาดความยาวของแต่ละจุดหมุนและข้อต่อแต่ละจุดให้มีความสัมพันธ์กันและมีความเหมาะสมที่จะทำให้โครงสร้างของแขนกลนั้นสามารถรับน้ำหนักได้ดี

การคำนวณหาแรงบนข้อต่อจะทำให้ทราบถึงกำลังที่ต้องใช้ในแต่ละส่วน และเลือกมอเตอร์ที่มีขนาดกำลังที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้งานได้ในแต่ละข้อต่อ ในการคำนวณจะพิจารณาให้มอเตอร์สามารถรับน้ำหนักของแขนกลและยกวัตถุที่ต้องการได้ ขั้นตอนแรกให้เขียน Free Body Diagram ของแขนกล



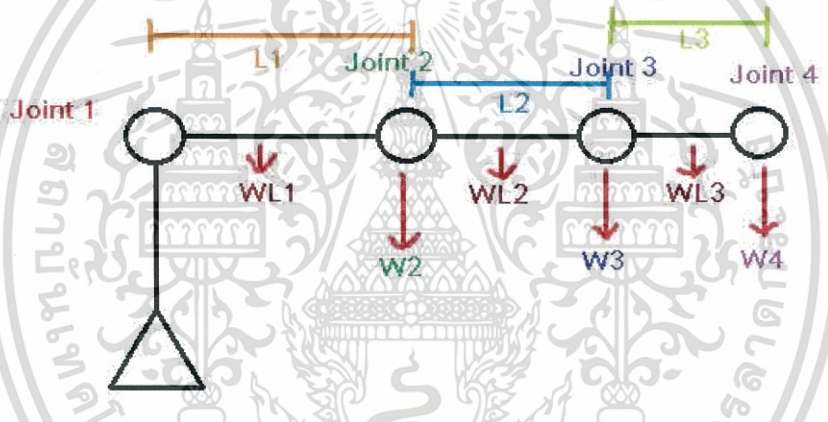
รูปที่ 3.8 Free body diagram ของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้เขียน Free body diagram เรียบร้อยแล้วจะสามารถวิเคราะห์โมเมนต์ของแต่ละจุดหมุนได้ โดยจุดหมุนที่จะทำการวิเคราะห์มีสองจุด คือ Joint 1 และ Joint 2 และต้องทำการวิเคราะห์ในขณะที่ตัวจุดหมุนมีการรับโหลดมากที่สุด ซึ่งจากสูตรการคำนวณหาโมเมนต์รอบจุดหมุน

$$Torque = Force \times Length \quad (N \cdot m) \tag{3.1}$$

โมเมนต์รอบจุดหมุนมีค่าเท่ากับแรงที่กระทำที่ตั้งฉากกับจุดหมุนคูณกับระยะทางระหว่างแนวแรงถึงจุดหมุน เพราะฉะนั้น กรณีที่โมเมนต์จะมีค่ามากที่สุดคือมีแรงมากระทำมากที่สุดในระยะทางที่ยาวที่สุด จึงได้ทำการวาด Free body diagram ออกมาใหม่ในลักษณะของการยืดแขนตรง



รูปที่ 3.9 Free body diagram ของแขนกลในขณะที่ยืดตรง

จาก Free body diagram ที่ได้นี้ ได้ทำการใส่รายละเอียดที่จะคำนวณลงไปซึ่งก็คือน้ำหนักของแต่ละจุดหมุนและน้ำหนักของแต่ละข้อต่อ (Linkage) ซึ่งจะต้องนำมาคำนวณด้วยเช่นกัน ดังนั้น

Torque ที่ Joint 1 :

$$Torque\ at\ Joint\ 1 = \left(WL1 \times \frac{L1}{2}\right) + (W2 \times L1) + \left[WL2 \times \left(\frac{L2}{2} + L1\right)\right] + [W3 \times (L1 + L2)] + \left[WL3 \times \left(\frac{L3}{2} + L2 + L1\right)\right] + [W4 \times (L1 + L2 + L3)] \tag{3.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

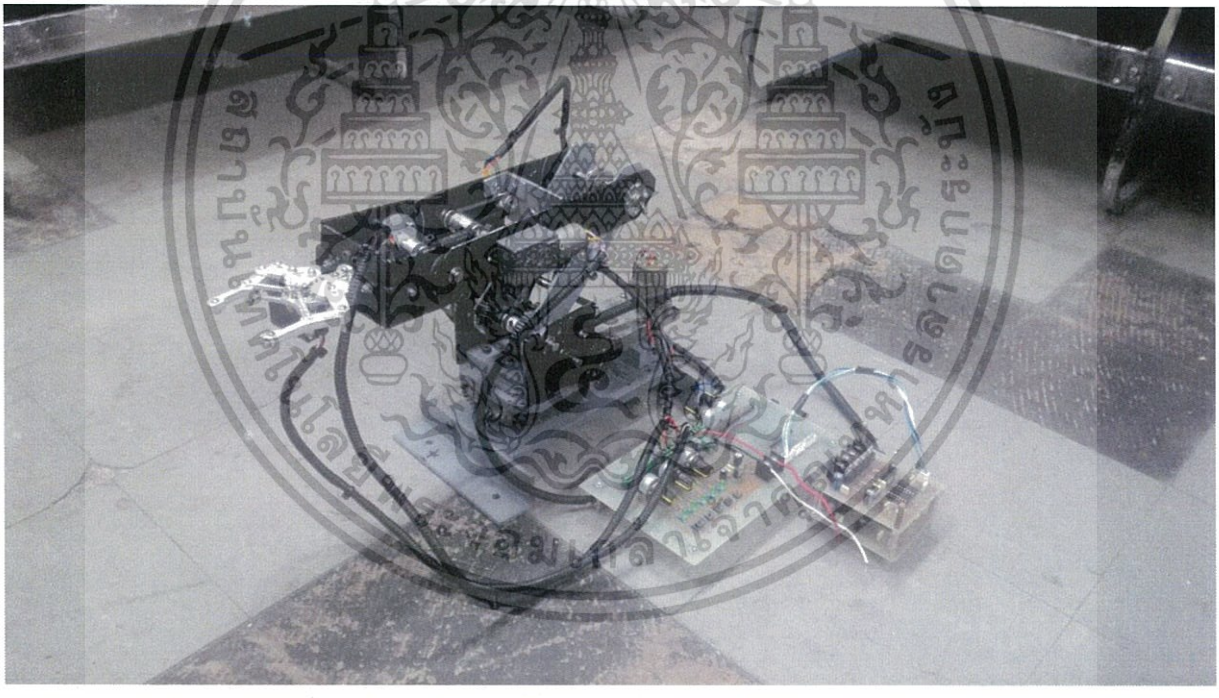
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

Torque ที่ Joint 2 :

$$Torque\ at\ Joint\ 2 = \left(WL2 \times \frac{L2}{2}\right) + (W3 \times L2) + \left[WL3 \times \left(\frac{L3}{2} + L2\right)\right] + [W4 \times (L3 + L2)] \quad (3.3)$$

จากสมการจะเห็นว่าโมเมนต์รอบจุดหมุน 1 จะมีค่ามากกว่า จุดหมุน 2 ค่อนข้างมากเนื่องจากต้องรับน้ำหนักของทั้ง joint 2 , joint 3 และ joint 4 เข้าด้วยกัน นั่นหมายความว่า joint 1 จำเป็นจะต้องเลือกใช้มอเตอร์ที่มีแรงบิดค่อนข้างสูงที่สุดและลดหย่อนลงมาใน joint 2 ,3 และ 4 ตามลำดับ

เมื่อได้ข้อมูลมาพอสมควรแล้วจึงได้ทำการออกแบบแขนกลเต็มตัว และได้ทำการสร้างจนเสร็จเรียบร้อยดังรูป



รูปที่ 3.10 แขนกลที่เสร็จสมบูรณ์

3.5 User's Interface

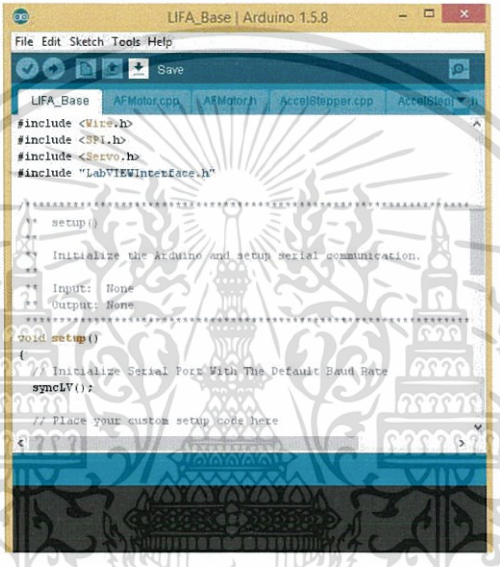
ในส่วนของการสร้างอินเตอร์เฟซเพื่อจำลองการเคลื่อนที่ ค่าแบตเตอรี่ และการตอบสนองเมื่อจับถูกของของแขนกลนี้จะต้องใช้ซอฟแวร์ในการเชื่อมต่อและซอฟแวร์ที่ใช้แสดงทั้งหมดสองโปรแกรม ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
143862

Arduino IDE และ LabVIEW เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่สะดวกต่อการทำงาน ในการแสดงผลจะใช้ Arduino เป็นกลางในการเชื่อต่อกับ LabVIEW และแขนกล

3.5.1 Arduino

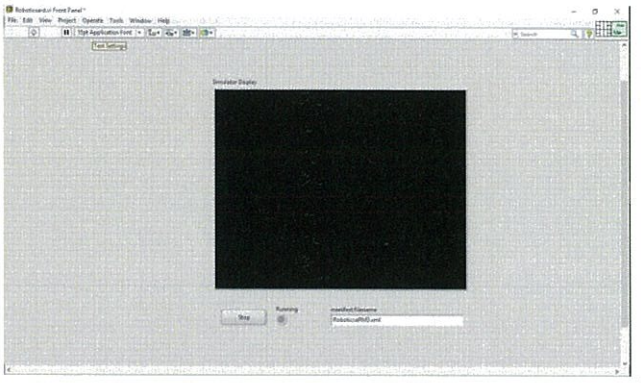
ในการเชื่อมต่อระหว่างแขนกลและ LabVIEW ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้ Arduino ในการเชื่อมต่อโดยเมื่อทำการอัพโหลด Source Code จาก LabVIEW Interface for Arduino ในชื่อ “LIFA_Base” เมื่อทำการอัพโหลด Source Code นี้ลงไปแล้ว Arduino จะทำการเชื่อมต่อกับ LabVIEW ในการใช้งานสร้าง Interface



รูปที่ 3.11 การเชื่อมต่อ Arduino กับ LabVIEW3.5.2 LabVIEW

ในการสร้าง Interface เพื่อแสดงข้อมูลต่างๆ LabVIEW เป็นอีกโปรแกรมหนึ่งที่ทั่วโลกยอมรับที่จะนำมาใช้ในการแสดงหรือควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



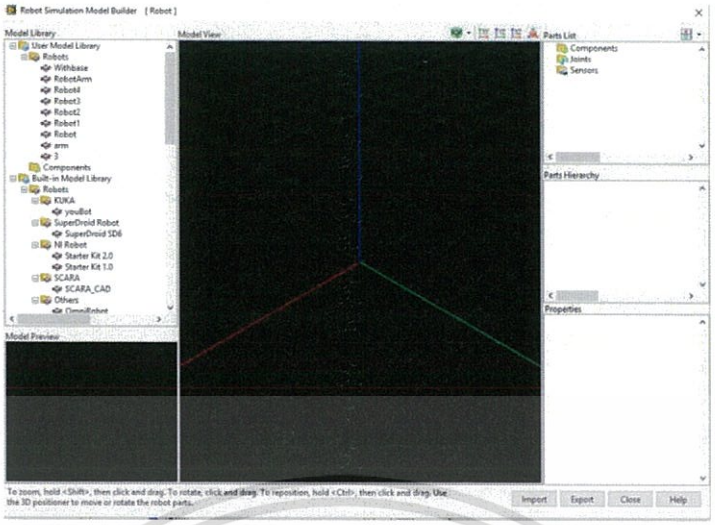
รูปที่ 3.12 Interface ของการแสดงแขนกล

รูปที่ 3.13 Interface เมื่อแขนกลมีการทำงาน

3.5.2 การสร้างหุ่นจำลองแขนกลใน LabVIEW

ในการสร้างหุ่นจำลองของแขนกลนี้จะใช้อุปกรณ์การสร้างโดยเข้าไปที่ Tool > Robot Simulation Model Builder ในโปรแกรม LabVIEW สามารถสร้างได้โดยการเลือกส่วนประกอบ ข้อต่อและเซ็นเซอร์ต่างๆ ในการสร้างแขนกล หรือดัดแปลงจากหุ่นยนต์ตัวอย่างที่มีมาให้ใน Model library ตามประสงค์

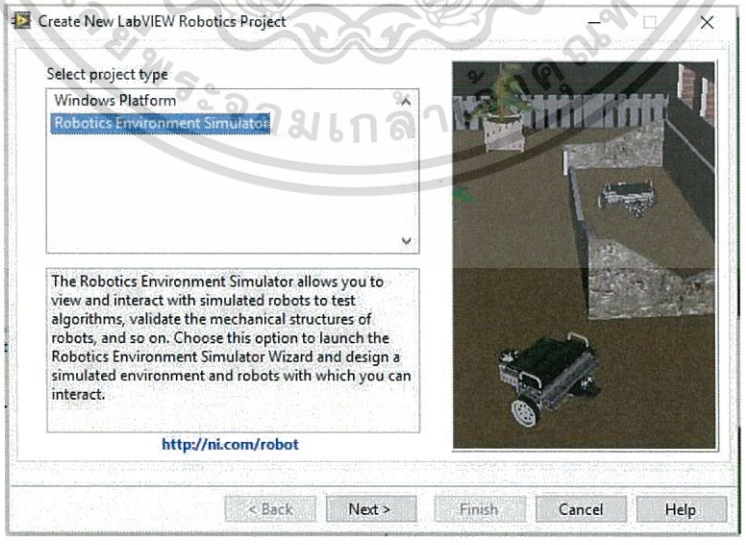
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 Robot Simulation Model Builder

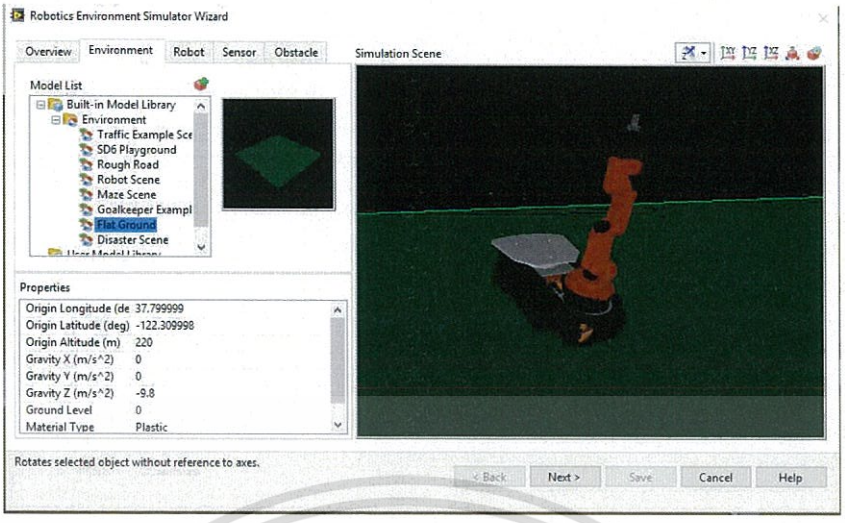
3.5.2.1 ขั้นตอนการสร้างหุ่นจำลอง

ในขั้นตอนการสร้างหุ่นจำลองไปใช้สร้างการแสดงนั้น เริ่มจากเข้าไปที่โปรแกรม Launch Robotics Project Wizard ของ LabVIEW จากนั้นในเลือก Robotic Simulation หลังจากนั้นให้เลือกแขนกลที่เราได้สร้างไว้ สภาพแวดล้อมของแขนกล และอุปสรรค เพื่อที่จะนำไปสร้างในหน้าจอแสดงผล เมื่อจัดองค์ประกอบการแสดงผลเสร็จแล้ว ต่อไปจะเป็นการสร้างการควบคุม วัด และแสดงค่าของแขนกล



รูปที่ 3.15 Robotics Project Wizard

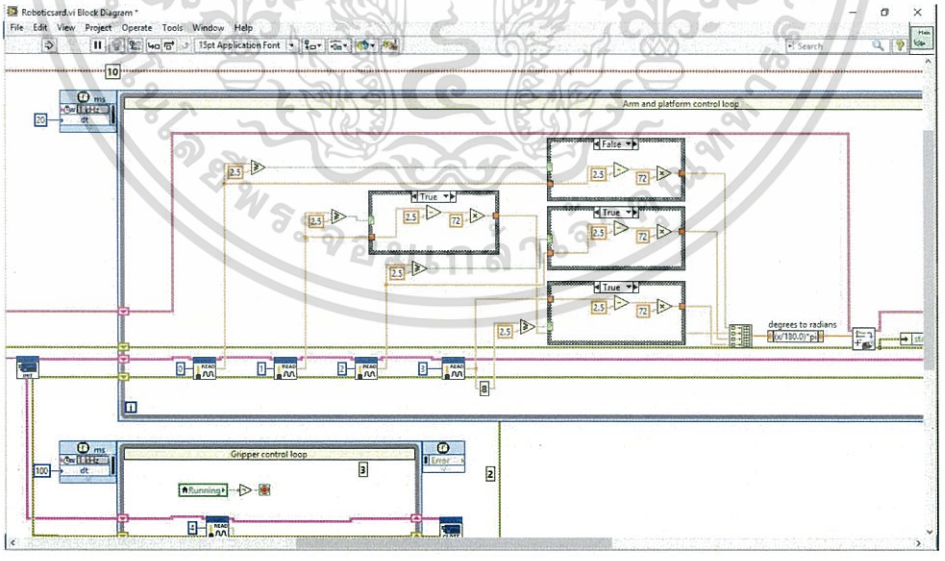
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 การออกแบบตัวจำลองของแขนกล

3.5.2.2 การออกแบบไดอะแกรมเพื่อการควบคุมและการแสดงผลของแขนกล

ในส่วนของการของออกแบบการวิจัยทำ Interface ของแขนกลในครั้งนี้ เราเลือกใช้กระบวนการวิธีทำในเครื่องมือ KUKA Youbot

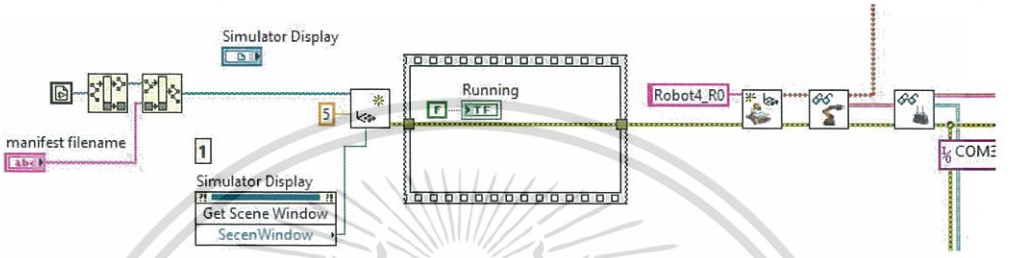


รูปที่ 3.17 Diagram การทำงานของ Interface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.3 การเริ่มใช้อุปกรณ์แขนกลและตั้งค่าการแสดงผล

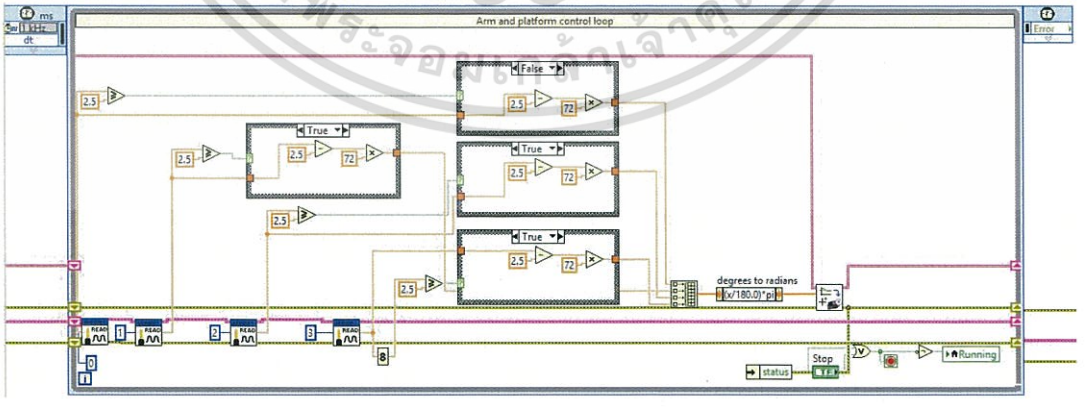
เลือกอุปกรณ์ที่ชื่อ Initialize KUKA youbot.vi อุปกรณ์นี้จะทำหน้าที่เปิดการใช้งาน KUKA youbot เมื่อเชื่อมกับ Get Arm.vi และ Get Gripper.vi สองเครื่องมือนี้จะทำหน้าที่ให้เปิดการควบคุมแขนกลและมือจับได้ และส่วนในการแสดงผลนี้จะให้หน้าจออยู่ในหน้า Front Panel จะเป็นการง่ายที่จะกดหยุดในหน้าจอเดียวกัน การใช้งานในรูปแบบนี้จะต้องเลือก Simulator Display เป็น Get Scene Window



รูปที่ 3.18 Diagram ของ การเริ่มใช้อุปกรณ์แขนกลและตั้งค่าแสดงผล

3.5.2.4 การควบคุมแขนกล

เลือกใช้อุปกรณ์ที่ชื่อ Set Motors Position Set point เพื่อทำการวางตำแหน่งของแต่ละข้อต่อในแขนกลทั้ง 4 ข้อต่อ โดยทั้ง 4 ค่านี้ จะถูกวัดจากตัวต้านทานปรับค่าได้ แล้วนำค่าทั้ง 4 มาปรับค่าให้เป็นองศาเพื่อให้แสดงการเคลื่อนที่ของแต่ละข้อต่อ

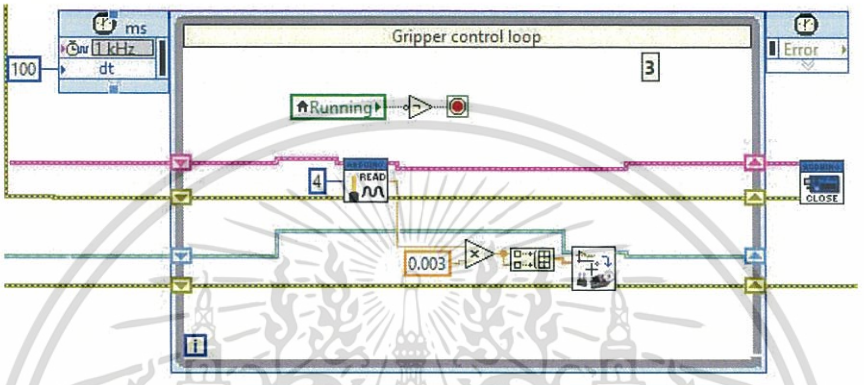


รูปที่ 3.19 Diagram ของการควบคุมตัวแขน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.5 การควบคุมมือจับ

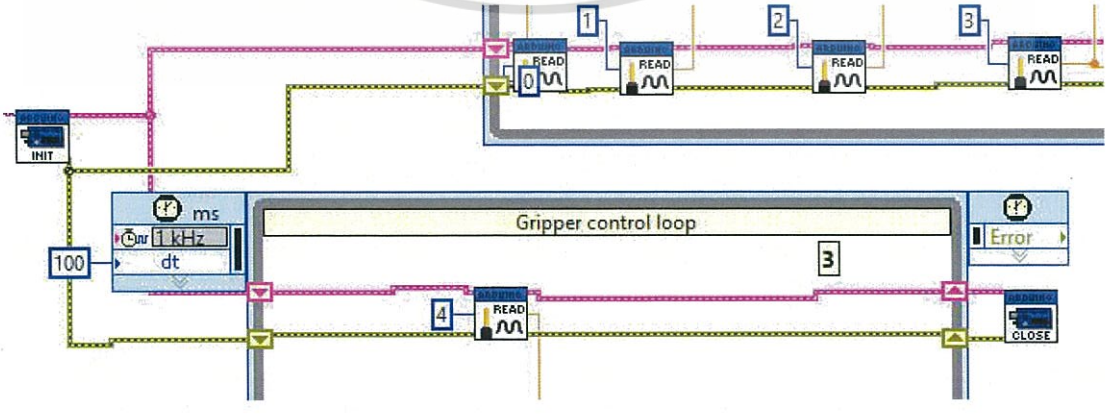
การแสดงการควบคุมมือจับนั้นจะใช้อุปกรณ์ที่ชื่อ Set Motors Position Set point จาก คลิกขวา > Robotics > KUKA you bot > Arm > Gripper > Set Motors Position Set point เครื่องมือนี้จะทำหน้าที่ควบคุมและแสดงตำแหน่งของมือจับ ในการควบคุมครั้งนี้จะเคลื่อนที่ในหนึ่งแกนและเคลื่อนที่เท่ากันทั้งทั้งเข้ียวเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงจากค่าที่ได้รับมาจากตัวต้านทานปรับค่าได้



รูปที่ 3.20 Diagram ของการควบคุมมือจับ

3.5.2.6 การอ่านค่าจาก Arduino เพื่อนำค่าไปแสดง

การอ่านค่าต่าง ๆ จาก Arduino นั้นจำเป็นต้องเปิดการใช้งาน LabVIEW for Arduino ใช้เลือกเครื่องมือที่ชื่อ Init จาก Arduino > Init การทำแสดงการเคลื่อนที่ของแขนกลนี้ เราจะใช้อุปกรณ์ Analog read อ่านค่าต่างๆจากตัวต้านทานปรับค่าได้และนำไปดัดแปลงเพื่อแสดงการเคลื่อนที่ของแขนกลและการขยับของมือจับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.21 การอ่านค่าต่างๆโดยได้ Arduino for LabVIEW Interface

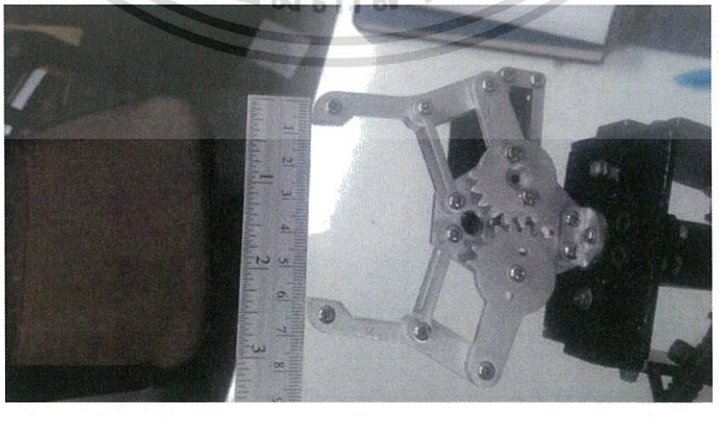
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 โครงสร้างแขนกล

ทดสอบการยกน้ำหนักของแขนกลด้วยวัตถุที่มีน้ำหนักต่างกันพบว่าแขนกลสามารถยกวัตถุที่มีน้ำหนักไม่เกิน 1000g และมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 60 mm ได้ทุกท่าทางของแขนกลทั้งในระยะที่ยืดออกสุดและระยะทำงาน

รูปที่ 4.1 แขนกลขณะกำลังยกวัตถุ

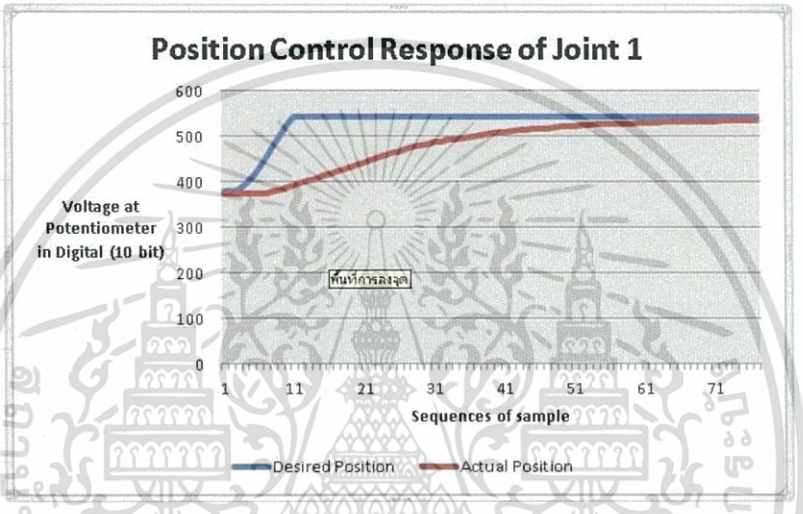


รูปที่ 4.2 ระยะการอ้ากว้างที่สุดของ Gripper

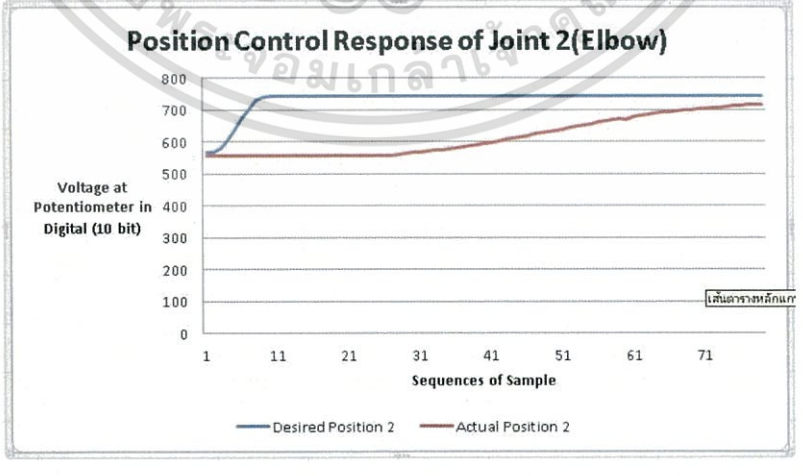
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ทดสอบระบบควบคุม PID

ทำการขับเคลื่อนแขนกลโดยการป้อน Input เข้าไปในระบบ เพื่อดูกราฟการตอบสนองของระบบเมื่อได้รับ Input ซึ่งมาเปรียบเทียบกับ Feedback จาก Output เพื่อไปควบคุมแขนกลเพื่อให้ได้ตำแหน่งตามที่ต้องการ และเก็บค่าของ Output และ Input ซึ่งก็คือค่าแรงดันตกคร่อม Potentiometer ที่นำมาใช้เป็นระบบ Feedback มา plot บนแกน y โดยแปลงเป็นเลขดิจิตอลที่มีความละเอียด 10 บิต และค่าของจำนวนครั้งที่ sampling เก็บค่าแรงดันมา plot บนแกน x ได้ผลการทดลองดังนี้

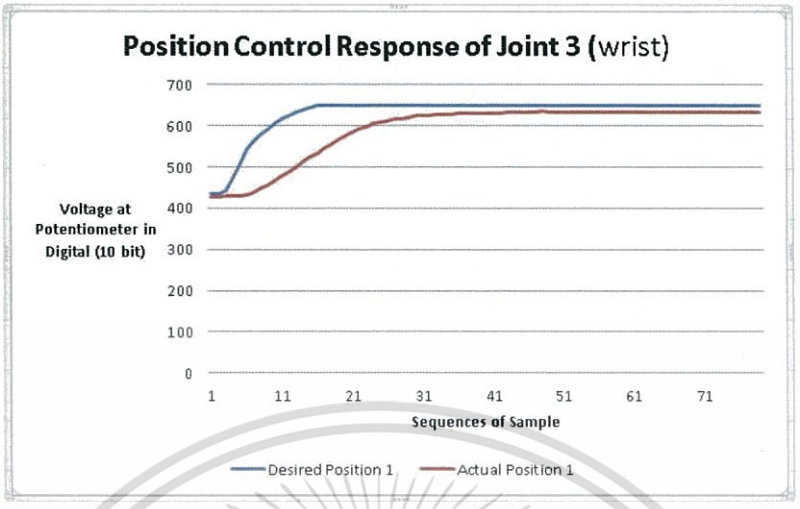


รูปที่ 4.3 กราฟผลการตอบสนองของระบบใน Joint ที่ 1



รูปที่ 4.4 กราฟผลการตอบสนองของระบบใน Joint ที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟผลการตอบสนองของระบบใน Joint ที่ 3

จากรูปกราฟ เส้นสีน้ำเงินแสดงถึงตำแหน่งที่ต้องการ (Input) ส่วนเส้นสีแดงแสดงถึงตำแหน่งของตัวแขนกลที่ได้มีการส่ง Feedback กลับมา (Output)

ผลการตอบสนองของระบบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของ Input ในแต่ละ Joint จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง Input ไป ระบบใน Joint ที่ 3 มีการตอบสนองที่รวดเร็วที่สุดรองลงมาคือ Joint ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ทั้งนี้สาเหตุอาจจะมาจากส่วนโครงสร้างของแขนกลที่มีลักษณะในแต่ละ Joint ที่แตกต่างกัน การทดรอบที่ต่างกันของแต่ละ Joint ความตึงของสายพานที่ต่ออยู่ในระบบป้อนกลับ และตัว Motor ที่ใช้ในแต่ละ Joint ก็ยังต่างกันอีกด้วย เป็นสาเหตุที่ทำให้ระบบในแต่ละ Joint มีการตอบสนองที่ไม่เหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการที่ได้ทำการวิจัย ศึกษา ออกแบบและทำการสร้างแขนกล 5 แกนนี้ขึ้นมา และได้ทำการทดลองใช้งานในการยกวัตถุชนิดต่างๆ ที่น้ำหนักและขนาดต่างๆกันพบว่าแขนกลสามารถทำงานได้ค่อนข้างน่าพอใจเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ สามารถยกของที่มีน้ำหนักราว 1000g และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางราวๆ 60 mm ซึ่งก็ค่อนข้างครอบคลุมสำหรับงานบางงานเช่นการหยิบจับสายไฟ หรือขวดน้ำขนาดเล็กเป็นต้น และในส่วนของระบบการควบคุมตำแหน่งที่นำหลักการของ PID Control มาใช้ก็มีการควบคุมตำแหน่งที่ค่อนข้างแม่นยำพอสมควร มีความคลาดเคลื่อนน้อยเมื่อเปิด-ปิดเครื่องใหม่ถึงแม้ระบบจะมีการตอบสนองที่ค่อนข้างช้าเนื่องจากส่วนของโครงสร้างของแขนกลแต่ก็ไม่เป็นปัญหาสำหรับงานที่ไม่จำเป็นต้องใช้ความเร็วในการทำงาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

ชื่อโครงงานนี้ใช้ชื่อว่า “แขนกลเพื่อการเก็บกู้วัตถุระเบิด” ในการใช้งานจริงนั้นจำเป็นจะต้องติดอุปกรณ์เสริมที่จำเป็นสำหรับงานเก็บกู้วัตถุระเบิดเช่น ปืนฉีดน้ำแรงดันสูงที่ใช้สำหรับตัดการทำงานของระเบิดแสวงเครื่อง กล้องสำหรับมองด้านหน้าเพื่อการปฏิบัติงานในระยะไกล กล้องอินฟราเรดสำหรับการปฏิบัติงานในตอนกลางคืน หรืออาจจะเป็นเซนเซอร์สำหรับตรวจจับระเบิดเป็นต้น

ในส่วนของโครงสร้างควรออกแบบระบบส่งกำลังให้ดียิ่งขึ้นกว่านี้ เช่นระบบสายพานควรวางตำแหน่งให้แม่นยำ มีแรงตึงที่สามารถรับน้ำหนักได้มากกว่านี้ เป็นต้น การที่มีแรงยกน้ำหนักมากขึ้นก็จะสามารถปฏิบัติงานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น และในส่วนของอุปกรณ์ขับเคลื่อนควรเลือกมอเตอร์ที่มีแรงบิดสูงและมีเซนเซอร์ Encoder ในตัวเพื่อที่จะได้มีระบบ Feedback ที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นกว่าการใช้ Potentiometer ที่มีความเป็น Linear ต่ำมาเป็นระบบ Feedback

และสุดท้ายส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ควรมีการออกแบบวงจรที่มีการแยกระบบกราวด์ระหว่างมอเตอร์และตัวคอนโทรลเลอร์เพื่อที่จะป้องกันสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ที่จะมาสร้างความเสียหายให้กับส่วนของคอนโทรลเลอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Microchip Technology, 2005, PICmicro DC Motor Control Tips ‘n Trick

[2] Saeed B. Niku (2002) : “Introduction to Robotics : Analysis, System, Application” , Prentice Hall, Inc.

[3] Jeremy Blum (2013) : “Exploring Arduino® : Tools and Techniques for Engineering Wizardry” , John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana

[4] Shravan Kumar Yadav, DC Motor Position Control Using Fuzzy Proportional-Derivative Controllers with Different Defuzzification Methods , IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering Volume 10 Issue 1 Ver.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้