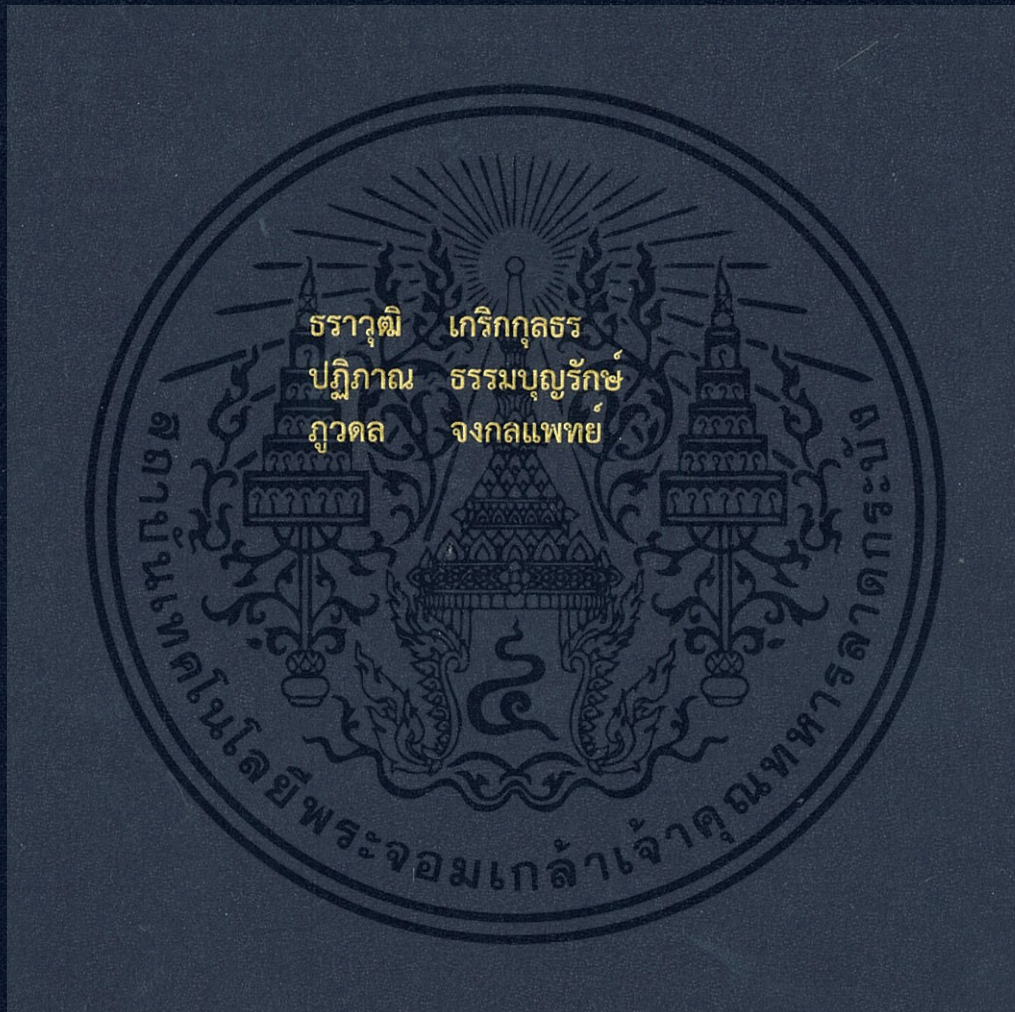


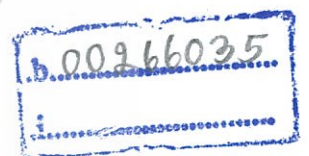
แขนกลควบคุมด้วยแขนมนุษย์
ROBOTIC ARM CONTROL WITH HUMAN ARM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

แขนกลควบคุมด้วยแขนมนุษย์

ROBOTIC ARM CONTROL WITH HUMAN ARM



TB00221

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROBOTIC ARM CONTROL WITH HUMAN ARM



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง แขนกลควบคุมด้วยแขนมนุษย์
ROBOTIC ARM CONTROL WITH HUMAN ARM

ผู้จัดทำ นายธราวุฒิ เกริกกุลธร 57010601
 นายปฎิภาณ ธรรมบุญรักษ์ 57010716
 นายภูวตล จงกลแพทย์ 57011006



.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพตล มณีรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนกควบคุมด้วยแขนมนุษย์

โดย

นายธราวุฒิ เกริกกุลธร 57010601

นายปฏิภาณ ธรรมบุญรักษ์ 57010716

นายภูวดล จงกลแพทย์ 57011006

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาทฤษฎีและออกแบบสร้างแขนกลรวมถึงอุปกรณ์ควบคุมแขนกลด้วยแขนมนุษย์ จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีแขนกลให้มีศักยภาพมากขึ้น รวมไปถึงความหลากหลายในการใช้งานทางด้านอุตสาหกรรม ทางด้านการแพทย์ และทางทหาร เพื่อลดความเสี่ยงจากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับมนุษย์ทางด้านต่างๆ ซึ่งอาจเกิดอันตรายได้ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอแขนกลที่สามารถบังคับได้ด้วยวงจรควบคุมที่สวมอยู่บนแขนของผู้ควบคุม โดยวงจรของตัวควบคุมนี้ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ของ Arduino Board ในการรับและส่งสัญญาณ จากตัวรับรู้ความงอ ตัวรับรู้การหมุนและมุมเอียงที่ติดอยู่กับตัวควบคุม จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ของวงจรควบคุมจะส่งสัญญาณไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ของวงจรรับสัญญาณที่ตัวแขนกล เพื่อนำค่าจากตัวรับรู้ที่วัดค่าได้ไปขับเซอร์โวมอเตอร์ เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่และทิศทางของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROBOTIC ARM CONTROL WITH HUMAN ARM

By

Mr.Tharawut Krekktorn 57010601

Mr.Patiparn Thamboonrak 57010716

Mr.Puwadon Jongkolpath 57011006

Advisor

Asst. Prof. Dr. Noppadol Maneerat

Academic Year 2017

ABSTRACT

This thesis presents research and construction design of robotic arm and controller. The purpose is mechanical arm technology development and variety of applications such as medical, industrial, military, etc. for reduce the risk of human error in various ways which could be dangerous. The robotic arm can be controlled by controller's circuit which be developed on human arm. The controller circuit consists of microcontroller (Arduino) to receive and transmit signals from sensors that attached to the robotic arm. Then microcontroller on the hand glove sends a signal to microcontroller on robotic arm to control the servo motor to control the movement and direction of the arm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญาบัตรฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม รวมถึงเจ้าหน้าที่ คณาจารย์ และคณะผู้บริหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำที่ดี ตลอดเวลาที่ผ่านมา คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ ทุกคนที่สนับสนุนอุปกรณ์ และให้คำปรึกษา รวมถึงขอขอบพระคุณครอบครัว ญาติๆ ที่คอยสนับสนุนการทำงาน ให้ความช่วยเหลืออื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ ต่อโครงการ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

การศึกษาค้นคว้าปริญญาบัตรครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และความดีอันเกิดจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบแต่ บิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน คณะผู้จัดทำมีความซาบซึ้งในความกรุณาอันดีจากทุกท่านที่ได้กล่าวนามมา จึงขอขอบพระคุณทุกท่าน และหากผิดพลาดประการใดขออภัยไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำ

นายธราวุฒิ เกริกกุลธร

นายปฏิภาณ ธรรมบุญรักษ์

นายภูวดล จงกลแพทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	1
1.3 วัตถุประสงค์	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำปริญญานิพนธ์	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทำงานที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)	3
2.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller Board)	4
2.2.1 ความรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น	4
2.2.2 ภาษาที่ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์	5
2.2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR	6
2.2.4 ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR	7
2.2.5 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	9
2.3 การสื่อสารไร้สาย (Wireless Communication)	12
2.3.1 XBee 2mW PCB Antenna-Series 2	12
2.3.2 Bluetooth Module HC05	12
2.3.3 Wireless Module NRF24L01	13
2.4 เซนเซอร์	13
2.4.1 เซนเซอร์วัดความโค้งงอ (Flex Sensor)	14

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 เซนเซอร์อัตราเร่ง (Acceleration Sensor)	15
2.4.3 เซนเซอร์ไจโรสโคป (Gyroscope Sensor)	16
2.5 แหล่งจ่ายไฟ	18
2.5.1 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)	18
2.5.2 หลักการทำงานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	19
บทที่ 3 หลักการออกแบบและขั้นตอนการปฏิบัติงาน	20
3.1 ภาพรวมการออกแบบของระบบ และ Block Diagram	20
3.2 การออกแบบโครงสร้างของชิ้นงาน	21
3.3 วงจรการทำงาน	22
3.4 หลักการออกแบบถูงมือ	23
3.5 แผนผังการทำงาน	25
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	26
4.1 บอร์ดทดลองขับเคลื่อนแกนกล	26
4.2 บอร์ดทดลองการตอบสนองของเซนเซอร์ไจโรสโคป	27
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง	29
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	42
5.1 สรุปผลการทดลอง	42
5.2 ปัญหาที่พบในโครงงาน	42
5.3 การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น	43
5.4 ข้อเสนอแนะในการค้นคว้าและพัฒนาต่อ	43
เอกสารอ้างอิง	44
ภาคผนวก	46
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมการทำงานในส่วนของแกนกล	47
ภาคผนวก ข โปรแกรมควบคุมการทำงานในส่วนของถูงมือควบคุม	51
ประวัติผู้เขียน	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)	3
2.2 ลักษณะโครงสร้างภายในของเซอร์โวมอเตอร์	3
2.3 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์	4
2.4 โครงสร้างการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR	6
2.5 ลักษณะสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR	7
2.6 Tiny AVR	8
2.7 Mega AVR	8
2.8 Xmega AVR	9
2.9 USB AVR	9
2.10 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3	10
2.11 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno SMD	10
2.12 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 R3	11
2.13 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Nano	11
2.14 ตัวอุปกรณ์ XBee 2mW PCB Antenna - Series 2	12
2.15 ตัวอุปกรณ์ Bluetooth Module HC05	12
2.16 ตัวอุปกรณ์ Wireless Module NRF24L01	13
2.17 เซนเซอร์ใช้วัดความโค้งงอ (Flex Sensor)	14
2.18 วงจรของเซนเซอร์ใช้วัดความโค้งงอ (Flex Sensor)	14
2.19 โครงสร้างพื้นฐานของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริก	15
2.20 เซนเซอร์อัตราเร่ง (Acceleration Sensor)	16
2.21 Mechanical Gyroscope	16
2.22 เซนเซอร์ไจโรสโคป GY-85 (Gyroscope Sensor)	17
2.23 เซนเซอร์ไจโรสโคป MPU-6050 (Gyroscope Sensor)	17
2.24 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)	18
2.25 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.1 Block Diagram แสดงการทำงานของระบบแขนกล	20
3.2 แขนกลที่ทำจากอะคริลิกสีแดง	21
3.3 ชิ้นส่วนแขนกลที่หัก เขียนด้วยโปรแกรม SolidWorks	21
3.4 วงจรแขนกล	22
3.5 วงจรถ่วงมือควบคุม	23
3.6 ส่วนเซนเซอร์จับความเคลื่อนไหว	23
3.7 ส่วนส่งสัญญาณ	24
3.8 แผนผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมแขนกลทั้งหมด	25
4.1 Sensor Shield V5.0 ที่ต่อไฟเลี้ยงแล้ว ประกอบกับ Arduino และต่อสายของ เซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 7 ตัว	26
4.2 ตัวแขนกลที่ติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 7 ตัว เรียบร้อยแล้ว	27
4.3 บอร์ดทดลองเซนเซอร์ไจโรสโคป เพื่อทดลองการตอบสนองจากเซนเซอร์ไจโรสโคป	28
4.4 บอร์ดการทดลองทั้งสองบอร์ด	28
4.5 หลอดไฟ LED จำนวน 7 หลอดแสดงถึงสถานะ การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์เมื่อรับค่า จากเซนเซอร์บนบอร์ดทดสอบของไจโรสโคป	29
4.6 สถานะระดับปกติของตัวเซนเซอร์ทำให้ LED ไม่แสดงผล	29
4.7 สถานะเอียงของตัวเซนเซอร์ทำให้ LED แสดงผล	30
4.8 เซอร์โวมอเตอร์จำนวน 7 ตัวจะแสดงสถานะ เมื่อรับค่าจากเซนเซอร์บนบอร์ดทดสอบ ของไจโรสโคปเซนเซอร์	30
4.9 สถานะเอียงของตัวเซนเซอร์ทำให้เซอร์โวมอเตอร์แสดงผลจุดที่ 1	31
4.10 สถานะเอียงของตัวเซนเซอร์ทำให้เซอร์โวมอเตอร์แสดงผลจุดที่ 2	31
4.11 สถานะเอียงของตัวเซนเซอร์ทำให้เซอร์โวมอเตอร์แสดงผลจุดที่ 3	32
4.12 สถานะเอียงของตัวเซนเซอร์ทำให้เซอร์โวมอเตอร์แสดงผลจุดที่ 4	32
4.13 การทดลองควบคุมแขนกลโดยใช้ถ่วงมือควบคุม	33
4.14 สถานะเอียงของถ่วงมือทำให้แขนกลเอียงแสดงผลจุดที่	33
4.15 สถานะเอียงของถ่วงมือทำให้แขนกลเอียงแสดงผลจุดที่ 2	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.16 สถานะเอียงของถูงมือทำให้แขนกลเอียงแสดงผลจุดที่ 3	34
4.17 สถานะเอียงของถูงมือทำให้แขนกลเอียงแสดงผลจุดที่ 4	35
4.18 สถานะเอียงของถูงมือทำให้แขนกลเอียงแสดงผลจุดที่ 5	35
4.19 เซนเซอร์วัดความโค้งงอที่ข้อมือควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ที่ข้อมือของแขนกล	36
4.20 สถานะงอของข้อมือทำให้แขนกลงอแสดงผลจุดที่ 1	38
4.21 สถานะงอของข้อมือทำให้แขนกลงอแสดงผลจุดที่ 2	38
4.22 สถานะงอของข้อมือทำให้แขนกลงอแสดงผลจุดที่ 3	39
4.23 เซนเซอร์วัดความโค้งงอที่นิ้วควบคุมการเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้นิ้วจับของแขนกล	39
4.24 สถานะงอของนิ้วมือทำให้แขนกลนิ้วจับแสดงผลจุดที่ 1	40
4.25 สถานะงอของนิ้วมือทำให้แขนกลนิ้วจับแสดงผลจุดที่ 2	40
4.26 สถานะงอของนิ้วมือทำให้แขนกลนิ้วจับแสดงผลจุดที่ 3	41

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ตารางแสดงค่าการทดลองมุมมองจากเซนเซอร์วัดความโค้งงอตัวที่ 1 ของเซอร์โวมอเตอร์ ครั้งที่ 1	36
4.2 ตารางแสดงค่าการทดลองมุมมองจากเซนเซอร์วัดความโค้งงอตัวที่ 1 ของเซอร์โวมอเตอร์ ครั้งที่ 2	37
4.3 ตารางแสดงค่าการทดลองมุมมองจากเซนเซอร์วัดความโค้งงอตัวที่ 1 ของเซอร์โวมอเตอร์ ครั้งที่ 3	37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำปริญญานิพนธ์ และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ โดยมีรายละเอียดที่จะกล่าวดังต่อไปนี้

1.1 ที่มาและความสำคัญปริญญานิพนธ์

เนื่องจากปัจจุบันมีเทคโนโลยีมากมายเกี่ยวกับหุ่นยนต์ในการทำงานในด้านต่างๆ ตามความต้องการของมนุษย์ ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกสร้างขึ้นเพื่อทำงานแทนที่ที่มีความอันตรายต่อมนุษย์ จึงได้เกิดเทคโนโลยีแขนกลขึ้นมา เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีความอันตราย รวมถึงการใช้งานทางการแพทย์ที่อาจมีความผิดพลาดที่เกิดจากความเหนื่อยล้าของมนุษย์ ซึ่งการสื่อสารระหว่างคนและแขนกลจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพที่สุด

แขนกลที่สามารถบังคับแขนกลตามการขยับตามมือของผู้บังคับจึงถูกคิดค้นขึ้น โดยควบคุมแขนผ่านตัวกลาง ไลโรสโคปเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของแขนผู้บังคับในจุดต่างๆ แล้วส่งค่าที่วัดไปยังตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อไปบังคับให้แขนกลขยับตาม ซึ่งจะเพิ่มความสามารถของแขนกลให้เคลื่อนไหวได้คล่องแคล่ว หลากหลายมากขึ้น เพิ่มศักยภาพของเทคโนโลยี เพื่อจะนำไปต่อยอดได้ในรูปแบบต่างๆ

1.2 ขอบเขตของโครงการ

1. แขนกลสามารถขยับตามมือได้
2. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของแขนกลโดยใช้โปรแกรมภาษาซีชื่อ Arduino
3. ใช้เซนเซอร์ติดไว้กับมือในการตรวจจับการเคลื่อนไหว

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการควบคุมแขนกลผ่านตัวเซนเซอร์เพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหว
2. เพื่อศึกษาความไวในการตอบสนองการควบคุมแขนกลผ่านตัวเซนเซอร์
3. เพื่อพัฒนาแขนกลให้มีความหลากหลายในการเคลื่อนไหวมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำโครงการ

1. สร้างแผนกลเชื่อมต่อกับๆ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเซอร์โวมอเตอร์เพื่อใช้ในการบังคับการเคลื่อนไหวของแขนกล
2. ติดตั้งเซนเซอร์ต่างๆ กับถุมือบังคับ เพื่อตรวจสอบค่าตำแหน่งการเคลื่อนไหวของแขนผู้บังคับ
3. เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของแขนกลลงในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์
4. ทดสอบการทำงานของแขนกล โดยใช้ถุมือบังคับ และปรับปรุงแก้ไข
5. รวบรวมและสรุปผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อช่วยในการทำงานในกรณีทำงานที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายต่อชีวิตของมนุษย์ และสามารถต่อยอดไปสู่การทำงานที่ใช้ความละเอียดสูง เช่น ทางการแพทย์ แขนกลผ่าตัด หรือใช้งานระยะไกลอย่างการควบคุมแขนกลผ่านทางสัญญาณดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการทำงานที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี และเนื้อหาที่ควรศึกษาเพื่อนำมาใช้ในการทำโครงงาน โดยจะบอกถึงทฤษฎีและหลักการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง DC Motor ดังรูปที่ 2.1 ที่ถูกประกอบร่วมกับชุดเกียร์ และส่วนควบคุมต่างๆ ไว้ในโมดูลเดียวกัน ดังรูปที่ 2.2 โดยจะมีสัญญาณใช้งาน 1 เส้น และอีก 2 เส้น เป็น VCC และ GND ซึ่งสามารถควบคุมให้ตัวเซอร์โวมอเตอร์ หมุนซ้ายหรือขวาได้ +90 องศา จนถึง -90 องศา (180 องศา) โดยสามารถสั่งงานในการหมุนให้หมุนไปได้ตามองศาต่างๆ ที่ต้องการ ได้ด้วยตัวของเซอร์โวมอเตอร์เอง เช่น ต้องการหมุน 1 องศา หรือ 15 องศา ไม่ต้องมีส่วนควบคุม หรือ เซนเซอร์ใดๆ กลับมาตรวจสอบอีกทำให้ง่าย และสะดวกในการนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ



รูปที่ 2.1 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)



รูปที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างภายในของเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

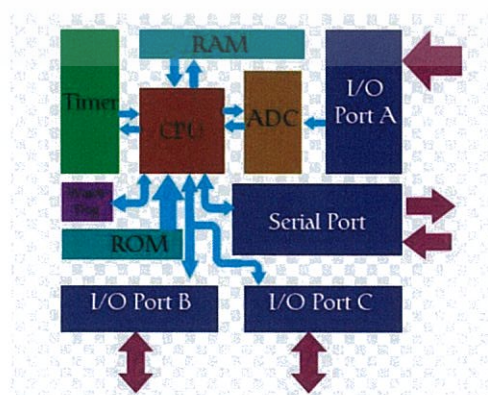
เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นมอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่ (State) ระยะเวลา ความเร็ว มุมการหมุน โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานต่างๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว (Speed), ควบคุมแรงบิด (Torque), ควบคุมแรงตำแหน่ง (Position), ระยะทางในการเคลื่อนที่เชิงมุม (Position Control) ของตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถควบคุมในลักษณะงานเบื้องต้นได้ โดยให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง

2.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller Board)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller มักย่อว่า μC , uC หรือ MCU) คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู, หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวเดียวกัน

2.2.1 ความรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ถ้าแปลความหมายแบบตรงตัวก็คือ ระบบควบคุมขนาดเล็กเรียกอีกอย่างหนึ่งคือ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โดยผ่านการออกแบบวงจรให้เหมาะกับงานต่างๆ ดังรูปที่ 2.3 และยังสามารถโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมขา Input/Output เพื่อสั่งงานให้ไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้อีกด้วย ซึ่งก็นับว่าเป็นระบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ทั้งทางด้าน Digital และ Analog ยกตัวอย่าง เช่น ระบบสัญญาณตอบรับอัตโนมัติ, ระบบบัตรคิว, ระบบตอกบัตรพนักงาน และอื่นๆ ยิ่งระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ในยุคปัจจุบันสามารถทำการเชื่อมต่อกับระบบ Network ของคอมพิวเตอร์ทั่วไปได้อีกด้วย ดังนั้นการสั่งงานจึงไม่ใช่แค่หน้าแผงวงจร แต่สามารถสั่งงานในระยะไกลได้



รูปที่ 2.3 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2. ภาษาที่ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

ภาษาที่ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ละตระกูล แต่ภาษาที่ใช้โดยทั่วไป สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.2.2.1 ภาษาเครื่อง/ภาษา Assembly

ภาษาเครื่อง (Machine Language) คือ โปรแกรมที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถเข้าใจได้ แต่เป็นภาษาที่มนุษย์สามารถอ่านได้ ซึ่ง ภาษา Assembly คือ รูปแบบของภาษาเครื่องที่มนุษย์สามารถอ่านได้ และเป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่ในการแปลงจากคำสั่งที่มนุษย์อ่านออกได้ให้เป็นภาษาเครื่อง โปรแกรมที่เขียนโดยภาษา Assembly จะทำงานได้เร็วและมีขนาดเล็ก เพราะมันสามารถเข้าถึง Hardware ได้โดยตรง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการเขียนด้วย

2.2.2.2 Interpreter

Interpreter คือ ภาษาระดับสูงซึ่งใกล้เคียงกับภาษาของมนุษย์ โดยจะฝังตัวอยู่ในหน่วยความจำ และทำหน้าที่อ่านคำสั่งจากโปรแกรมขึ้นมาทีละคำสั่งแล้วปฏิบัติตามคำสั่งนั้นๆ ตัวอย่างของ Interpreter ที่รู้จักกันดีคือ ภาษา BASIC ข้อเสียของ Interpreter คือ ทำงานช้าเนื่องจากต้องแปลคำสั่งทีละคำสั่ง

2.2.2.3 Compiler

Compiler คือ ภาษาระดับสูงซึ่งทำหน้าที่แปลโปรแกรมที่เขียนขึ้นให้เป็นภาษาเครื่องจากนั้นจึงนำเอาโปรแกรมที่แปลเสร็จแล้วเข้าไปเก็บในหน่วยความจำ ทำให้การทำงานเร็ว ตัวอย่างเช่น ภาษา C เป็นต้น

ปัจจุบันนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น เนื่องจากมีการใช้งานง่ายและราคาไม่แพง จึงทำให้มีหลายบริษัทที่ทำการผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์มากขึ้น ทำให้มีการแบ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ออกเป็นตระกูลต่างๆ อาทิเช่น AVR, ARM, BASIC STAMP, MCS-51, PIC, ST โดยในที่นี้จะทำการศึกษาในตระกูล AVR

2.2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR

AVR เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลหนึ่งผลิตโดยบริษัท Atmel AVR อยู่ในรูปแบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) มีลักษณะสถาปัตยกรรมตั้งรูปที่ 2.5 เป็นแบบ RISC (Reduced Instruction Set Computing) มีความเร็วในการประมวลผล 1 คำสั่งต่อ 1 สัญญาณนาฬิกา โดยจะประกอบด้วยหน่วยความจำโปรแกรมภายในที่เป็นแบบแฟลช โปรแกรมข้อมูลได้แบบ In-System Programmable และในบางเบอร์ยังสามารถกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำที่สร้างเป็น Boot Loader ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำโดยบางรุ่นใช้ไฟเพียง 1.5 V-5.5 V และยังมีโหมดประหยัดพลังงานอีก 6 โหมด มีโครงสร้างการทำงานภายในดังรูปที่ 2.4



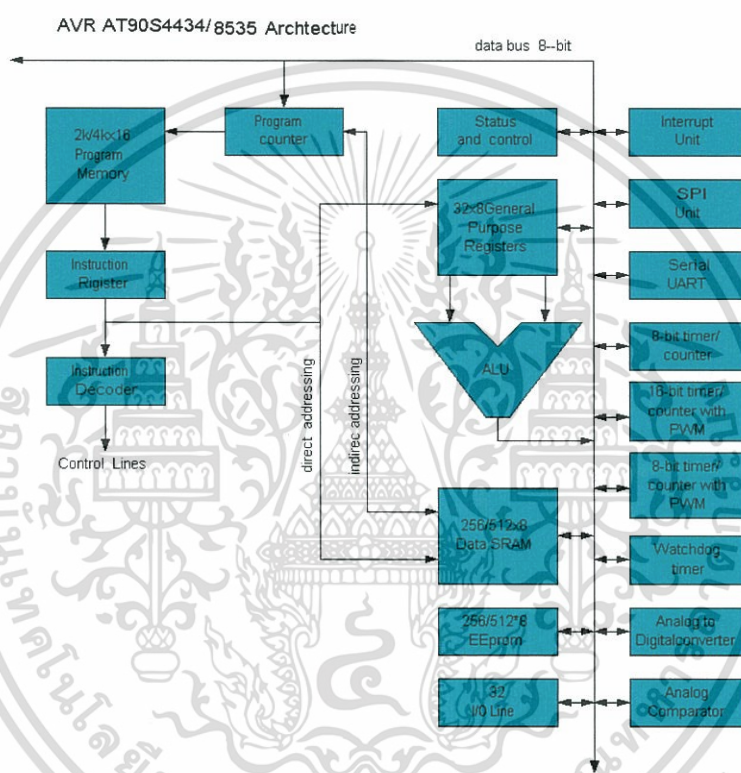
รูปที่ 2.4 โครงสร้างการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR

ยกตัวอย่างคุณสมบัติเบื้องต้นของไอซีเบอร์ Atmega8A ได้ดังต่อไปนี้

- เป็น IC ขนาด 8-Bit ใช้พลังงานต่ำ
- มีโครงสร้างภายในแบบ RISC
- มีคำสั่งควบคุมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ 130 คำสั่ง คำสั่งส่วนมากจะทำสำเร็จในรอบสัญญาณนาฬิกาเดียว
- มีจำนวนรีจิสเตอร์ทั่วไปขนาด 32×8
- มีหน่วยความจำภายในแบบ EEPROM ขนาด 512 Bytes
- มีหน่วยความจำภายในแบบ SRAM ขนาด 1K Byte
- เขียน/ลบ ได้ถึง 10,000 ครั้ง สำหรับหน่วยความจำแบบ Flash และ 100,000 ครั้ง สำหรับหน่วยความจำแบบ EEPROM
- Programming Lock for Software Security ปกป้องกันข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Timer/Counters ขนาด 8-bit 2 ตัว และมี Separate Prescaler โหมด Compare อีก 1 ตัว
- มี PWM 3 ช่อง
- มีการติดต่อแบบ Master/Slave SPI Serial Interface
- ใช้งาน RC Oscillator ภายในไอซี และภายนอกไอซีได้
- ทำงานที่แรงดัน 2.7-5.5V for ATmega8A
- ทำงานที่ความถี่ 0-16 MHz for ATmega8A



รูปที่ 2.5 ลักษณะสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR

2.2.4 ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR

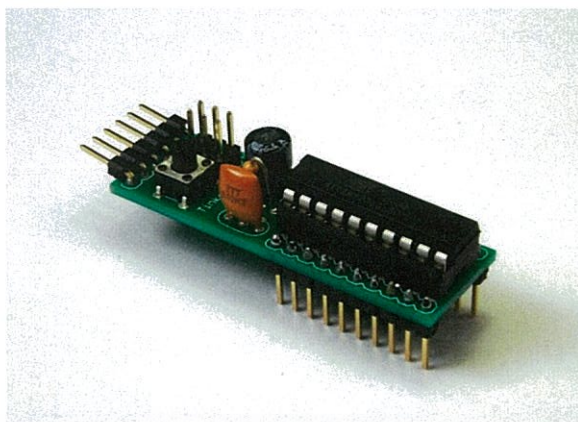
ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR สามารถแบ่งออกได้ 4 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

2.2.4.1 TinyAVR-ATTiny Series

ตัวอย่างเช่น ATTiny13, ATTiny2313 ดังรูปที่ 2.6

- มีหน่วยความจำโปรแกรม 1-8 kB
- มีจำนวนขาใช้งาน 6-32 ขา
- มีส่วนของอุปกรณ์เสริมที่ค่อนข้างจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 Tiny AVR

2.2.4.2 MegaAVR–ATMega Series

ตัวอย่างเช่น ATmega8, ATmega16, ATmega32, ATmega64 ดังรูปที่ 2.7

- มีหน่วยความจำโปรแกรม 4-256 kB
- มีจำนวนขาใช้งาน 28-100 ขา
- มีชุดคำสั่งที่สามารถจัดการกับหน่วยความจำที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น
- มีส่วนของอุปกรณ์เสริมมากในตัว IC



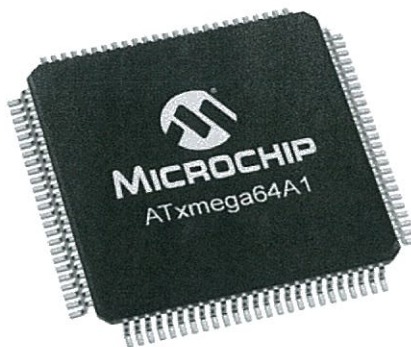
รูปที่ 2.7 Mega AVR

2.2.4.3 XMegaAVR–ATXMega Series

ตัวอย่างเช่น ATXMega64A1, ATXMega128A1 ดังรูปที่ 2.8

- มีหน่วยความจำโปรแกรม 16-384 kB
- มีจำนวนขาใช้งาน 44-64-100 ขา
- มีชุดคำสั่งที่สามารถจัดการกับระบบ DMA และการเข้าถึงเหตุการณ์ได้รวดเร็วมากขึ้น โดยใช้การสื่อสารในแบบต่างๆ ได้หลายรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 XMega AVR

2.2.4.4 Application Specific AVR

เป็นไอซีที่สร้างเพื่อใช้งานเฉพาะ ตัวอย่างเช่น CAN AVR (ATMega64C1), LCD AVR (ATMega3290P/V), USB AVR (AT90USB1287) ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 USB AVR

2.2.5 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source ตัว Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

2.2.5.1 Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 ดังรูปที่ 2.10 คำว่า Uno เป็นภาษาอิตาลี ซึ่งแปลว่าหนึ่ง เป็นบอร์ด Arduino รุ่นแรกที่ผลิตออกมา มีขนาดประมาณ 68.6 x 53.4 mm. เป็นบอร์ดมาตรฐานที่นิยมใช้งานมากที่สุด เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มต้นเรียนรู้ Arduino และมี Shields ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ด Arduino รุ่นอื่นๆ ที่ออกแบบมาเฉพาะมากกว่า โดยบอร์ด Arduino Uno ได้มีการพัฒนาเรื่อยมา ตั้งแต่ R2 R3 และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซีเป็นแบบ SMD เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง และส่วนใหญ่โปรเจกต์และ Library ต่างๆ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

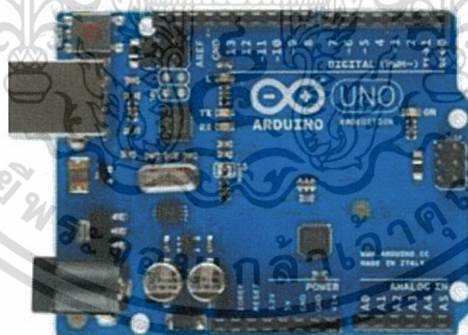
ที่พัฒนาขึ้นมา Support จะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก และข้อดีอีกอย่างคือ กรณีที่ MCU เสีย ผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย Arduino Uno R3 มี MCU ที่เป็น Package DIP



รูปที่ 2.10 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

2.2.5.2 Arduino Uno SMD

Arduino Uno SMD ดังรูปที่ 2.11 เป็นบอร์ดที่มีคุณสมบัติและการทำงานเหมือนกับบอร์ด Arduino Uno R3 ทุกประการ แต่จะแตกต่างกันที่ Package ของ MCU ซึ่งบอร์ดนี้จะมี MCU ที่เป็น Package SMD ตัวประมวลผลขนาดเล็กกว่า



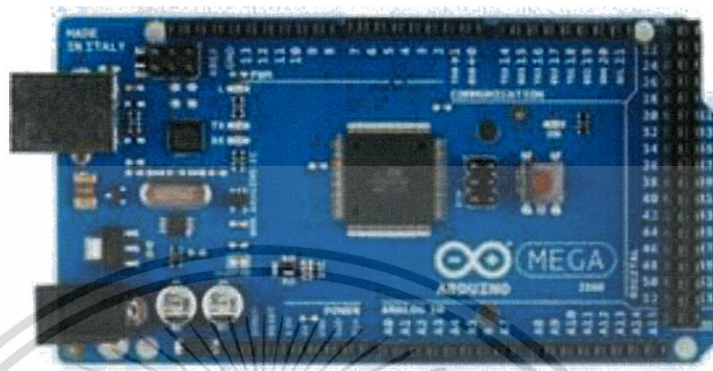
รูปที่ 2.11 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno SMD

2.2.5.3 Arduino Mega 2560 R3

Arduino Mega 2560 ดังรูปที่ 2.12 จะเหมือนกับ Arduino Mega ADK ต่างกันตรงที่บนบอร์ดไม่มี USB Host มาให้ การโปรแกรมยังต้องทำผ่านโปรโตคอล UART อยู่บนบอร์ดใช้ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATmega2560 เป็นบอร์ด Arduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้อง

ใช้ IO มากกว่า Arduino Uno R3 เช่น งานที่ต้องการรับสัญญาณจากเซนเซอร์หรือควบคุมมอเตอร์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

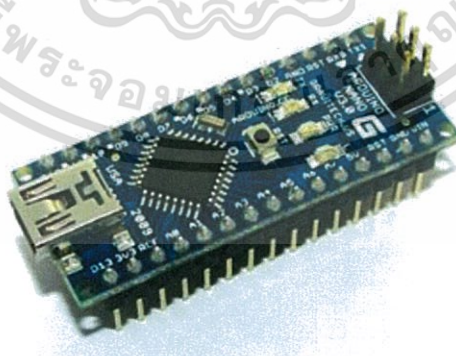
เซอร์ไวโมเตอร์หลายๆ ตัว ทำให้ Pin IO ของบอร์ด Arduino Uno R3 ไม่สามารถรองรับได้ ทั้งนี้ บอร์ด Mega 2560 R3 ยังมีหน่วยความจำแบบ Flash มากกว่า Arduino Uno R3 ทำให้สามารถเขียนโค้ดโปรแกรมได้มากกว่า ในความเร็วของ MCU ที่เท่ากัน



รูปที่ 2.12 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 R3

2.2.5.4 Arduino Nano

Arduino Nano ดังรูปที่ 2.13 มีขนาดเพียง 1.8 x 4.8 เซนติเมตร หรือมีขนาดประมาณนิ้วหัวแม่มือ ซึ่งถือว่ามีขนาดเล็กมาก เมื่อเทียบกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อื่น บนบอร์ด Arduino Nano มีวงจรสำหรับปรับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับตัวเองอยู่แล้ว เพียงแค่เสียบสาย USB เข้ากับ Arduino Nano และต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ บอร์ดจะสามารถใช้งานได้



รูปที่ 2.13 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Nano

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การสื่อสารไร้สาย (Wireless Communication)

การสื่อสารไร้สายคือ การถ่ายโอนข้อมูลสารสนเทศระหว่างจุดสองจุดหรือมากกว่า โดยไม่ได้เชื่อมต่อกันด้วยตัวนำไฟฟ้า

2.3.1 XBee 2mW PCB Antenna-Series 2

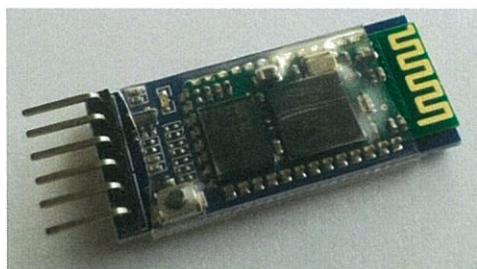
XBee 2mW PCB Antenna-Series 2 (ZigBee Mesh) ดังรูปที่ 2.14 เป็นโมดูล รับส่งสัญญาณไร้สาย ย่านความถี่ 2.4 GHz ตามมาตรฐานโปรโตคอล ZigBee/IEEE 802.15.4 โดยใช้พลังงานต่ำ (ที่ 3.3 Volt) รับส่งข้อมูลอัตราความเร็ว 250Kbps สายอากาศแบบ Chip Antenna (PCB Antenna) รองรับเครือข่ายแบบ Mesh (รับส่งระยะสั้น)



รูปที่ 2.14 ตัวอุปกรณ์ XBee 2mW PCB Antenna-Series 2

2.3.2 Bluetooth Module HC05

Bluetooth Module HC05 ดังรูปที่ 2.15 เป็นโมดูล Bluetooth ที่ใช้งานในการเชื่อมต่อกับสมาร์ตโฟนต่างๆ ให้สมาร์ตโฟนสามารถสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino AVR PIC etc.) ได้ ผ่าน Serial Port โมดูลรุ่น HC05 สามารถตั้งให้ใช้งานเป็นได้ทั้งหมด Master (ให้อุปกรณ์อื่นมาเชื่อมต่อ) และโหมด Slave (เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น) การตั้งค่าต่างๆ เช่น ชื่ออุปกรณ์ รหัสผ่าน ทำได้ผ่าน AT Command ซึ่งจะต้องมีการต่อขาพิเศษเพื่อให้โมดูลเข้าโหมดการตั้งค่า หรือกดปุ่มบนโมดูลค้างไว้



รูปที่ 2.15 ตัวอุปกรณ์ Bluetooth Module HC05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 Wireless Module NRF24L01

Wireless Module NRF24L01 ดังรูปที่ 2.16 เป็น Transceiver Wireless Module ที่มีพร้อมกับวงจร Power Amplifier (PA) ทำให้มีกำลังสูงขึ้น และวงจร Low Noise Amplifier เป็นวงจรขยายสัญญาณและกำจัดสัญญาณรบกวน ทำให้ Module NRF24L01+PA+LNA มีประสิทธิภาพในการ รับส่งสัญญาณได้ดีกว่ารุ่นอื่นๆ และสามารถรับ/ส่งข้อมูลได้สูงสุดถึง 2Mbps ออกแบบมาให้รองรับข้อกำหนด ISM Band ทำงานบนความถี่ 2.4GHz โดยใช้การรับ/ส่งข้อมูลแบบ Enhanced Shock Burst (ESB) ซึ่งเป็น Protocol พื้นฐานสำหรับการส่งข้อมูลแบบ 2 Way Data Packet ที่มี Buffer ที่สำหรับใช้รับ/ส่งข้อมูลมาให้แล้ว เช่น Packet Buffering, Packet Acknowledgement และ Automatic Retransmission of Lost Packets ทำให้สะดวกต่อการใช้งานมากขึ้น



รูปที่ 2.16 ตัวอุปกรณ์ Wireless Module NRF24L01 แบบไม่มีเสาสัญญาณ

2.4 เซนเซอร์

เป็นวัตถุนิตหนึ่งที่มีหน้าที่ตรวจจับเหตุการณ์หรือการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมของตัวมันเอง จากนั้นมันก็จะให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกันออกมา ตัวรับรู้เป็นตัวแปรสัญญาณ (Transducer) ชนิดหนึ่ง มันสามารถให้สัญญาณออกมาได้หลากหลายชนิด แต่โดยทั่วไปจะใช้สัญญาณไฟฟ้าหรือสัญญาณแสง ยกตัวอย่างเช่น คู่ควบความร้อน (Thermocouple) จะแปลงค่าอุณหภูมิ (สิ่งแวดล้อม) ให้เป็นแรงดันไฟฟ้าที่สอดคล้องกัน ในทางเดียวกันเทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทในหลอดแก้วจะเปลี่ยนอุณหภูมิที่วัดได้ให้อยู่ในรูปการขยายตัวหรือการหดตัวของของเหลว ซึ่งสามารถอ่านได้บนหลอดแก้วที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว ตัวรับรู้ทุกชนิดจะต้องผ่านการสอบเทียบ (Calibrate) โดยเทียบกับค่ามาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ

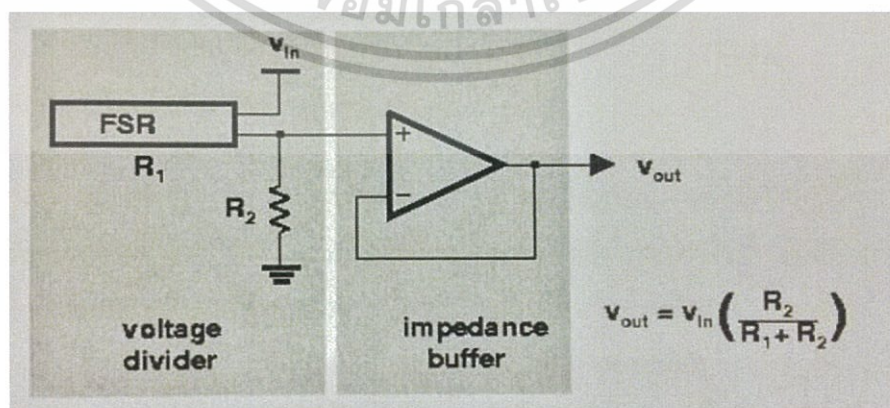
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 เซนเซอร์ใช้วัดความโค้งงอ (Flex Sensor)

โครงการแขนกลขยับตามมือมนุษย์มีหลักการทำงานดังนี้คือ เซนเซอร์ใช้วัดความโค้งงอ (Flex Sensor) ดังรูปที่ 2.17 ซึ่งเป็นเซนเซอร์ชนิดเพียโรโรอิเล็กทริก จะทำงานเกิดการโค้งงอขึ้น ในตอนแรกเซนเซอร์ใช้วัดความโค้งงอ จะติดอยู่กับถุงมือพร้อมกับเซนเซอร์รับค่าและส่งสัญญาณ ที่ตัวแขนกลประกอบด้วย ตัวรับสัญญาณไมโครคอนโทรลเลอร์ และ เซอร์โวมอเตอร์ เมื่อขยับข้อมือลงเซนเซอร์ใช้วัดความโค้งงอ จะเกิดการโค้งงอทำให้เพียโรโรอิเล็กทริกเกิดการเปลี่ยนแปลง เป็นผลให้เกิดความต่างศักย์ขึ้น ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นนี้จะป้อนสัญญาณเข้ากับตัวถอดรหัสสัญญาณ จากนั้นตัวเข้ารหัสสัญญาณจะส่งสัญญาณให้กับตัวส่งสัญญาณ และตัวส่งสัญญาณจะส่งสัญญาณที่ได้ให้กับตัวรับสัญญาณที่ติดอยู่กับแขนกล ทันทีที่ตัวรับสัญญาณได้รับสัญญาณก็จะป้อนสัญญาณนี้ไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ถอดรหัสสัญญาณ ซึ่งจะแปรสัญญาณที่ได้ และป้อนให้กับตัวเซอร์โวมอเตอร์ แขนกลจึงขยับเซนเซอร์ที่มือ ดังแสดงวงจรดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.17 เซนเซอร์ใช้วัดความโค้งงอ (Flex Sensor)

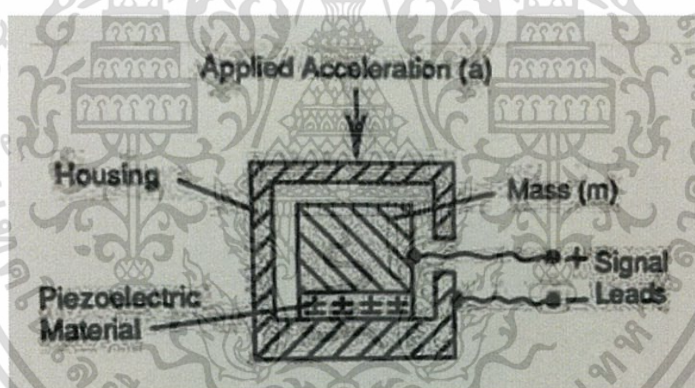


รูปที่ 2.18 วงจรของเซนเซอร์ใช้วัดความโค้งงอ (Flex Sensor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 เซนเซอร์อัตราเร่ง (Acceleration Sensor)

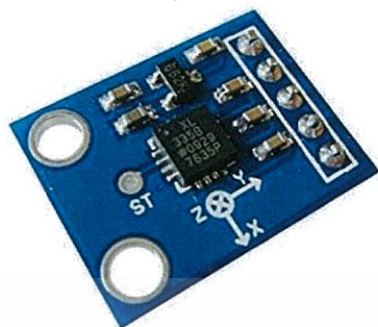
มิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Accelerometer) มีคุณสมบัติพื้นฐานทางไฟฟ้าของผลึกเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Crystal) ถูกค้นพบโดย Pierre และ Jacques Curie ในราวปี ค.ศ. 1880 ซึ่ง Piezoelectric Crystal มีคุณสมบัติพิเศษคือ เมื่อถูกแรงทางกลมากระทำ จะสร้างประจุไฟฟ้าขึ้นมา โดยเป็นสัดส่วนกับแรงกระทำ ซึ่งจากคุณสมบัติพิเศษนี้ได้ถูกดัดแปลงนำมาใช้สร้างอุปกรณ์ต่างๆ อีกมาก เช่น ใช้แบตเตอรี่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับนาฬิกาข้อมือดิจิตอลที่ใช้ทั่วไป และยังใช้สร้างมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริกอีกด้วย โครงสร้างของมอเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริกจะประกอบด้วย Seismic Mass ยึดติดกับ Piezoelectric Crystal และบรรจุอยู่ในตัวถังป้องกัน โดย Piezoelectric Crystal ที่นิยมนำมาใช้งาน ได้แก่ ผลึกควอตซ์ และผลึกโซเดียมโปตัสเซียมตาเตรต (Sodium Potassium Tartrate) เพราะมีความทนทานต่อแรงกระทำ และราคาไม่แพงมาก สามารถอธิบายหลักการของการทำงานดังรูปที่ 2.19 ได้ดังนี้



รูปที่ 2.19 โครงสร้างพื้นฐานของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริก

เซนเซอร์อัตราเร่ง ดังรูปที่ 2.20 เมื่อ Seismic Mass (m) ถูกทำให้เกิดอัตราเร่งขึ้น (ถูกกด) จะส่งผ่านแรงกดไปกระทำกับ Piezoelectric Crystal ที่ถูกยึดติดอยู่ด้วยกัน ด้วยคุณสมบัติพิเศษของ Piezoelectric Crystal จะทำให้ประจุไฟฟ้าถูกสร้างขึ้น และถูกสายนำสัญญาณออกไปยังเอาต์พุตของวงจร โดยที่ด้านเอาต์พุตจะต้องมีวงจรขยายประจุไฟฟ้า (Charge Amplifier) เพื่อขยายค่าประจุไฟฟ้าที่ได้ให้เป็นแรงดันเอาต์พุตตามสัดส่วนของอัตราเร่งที่เกิด จะสามารถแสดงผลได้ด้วยโวลต์มิเตอร์วัดอัตราเร่งโดยวัดแบบเพียโซอิเล็กทริก จะตอบสนองต่อทางด้านความถี่สูงได้ดีแต่ในทางกลับกันก็จะ

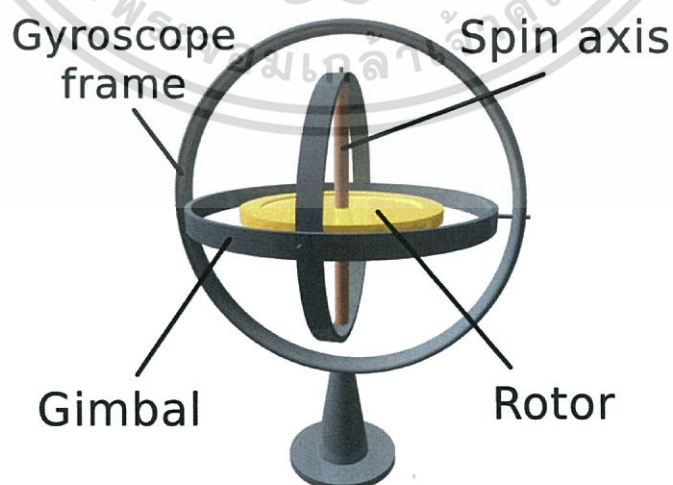
มีผลตอบสนองทางด้านความถี่ต่ำที่ไม่ดีเท่าที่ควร มีขนาดค่อนข้างเล็กน้ำหนักเบา และสามารถใช้งานที่มีอัตราเร่งได้สูงถึง $250,000 \text{ m/s}^2$



รูปที่ 2.20 เซนเซอร์อัตราเร่ง (Acceleration Sensor)

2.4.3 เซนเซอร์ไจโรสโคป (Gyroscope Sensor)

ไจโรสโคป เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยแรงเฉื่อยของล้อหมุน เพื่อช่วยรักษาระดับทิศทางของแกนหมุน ประกอบด้วยล้อหมุนเร็วบรรจุอยู่ในกรอบอีกทีหนึ่ง ทำให้เอียงในทิศทางต่างๆ ได้โดยอิสระ คือ หมุนในแกนใดก็ได้ โมเมนตัมเชิงมุมของล้อดังกล่าวทำให้ยังคงรักษาตำแหน่งไว้ได้ แม้กรอบล้อจะเอียง จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้สามารถนำหลักการนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์ต่างๆ มากมาย เช่น เข็มทิศ และนักบินอัตโนมัติของเครื่องบิน เรือ กลไกบังคับหางเสือของตอร์ปิโด อุปกรณ์ป้องกันการก่อกวนเรดาร์ และระบบนำร่องเฉื่อย (Inertial Guidance) รวมถึงระบบในยานอวกาศ และสถานีอวกาศ



รูปที่ 2.21 Mechanical Gyroscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.1 คุณสมบัติของไจโรสโคป

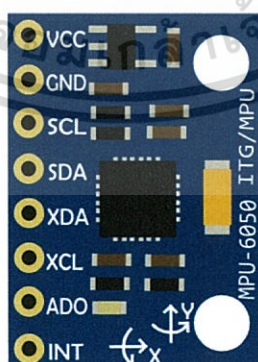
ไจโรสโคปแสดงพฤติกรรมอันประกอบด้วย การหมุนควง และการแกว่ง (Nutation) ไจโรสโคปสามารถนำไปใช้เพื่อสร้างเข็มทิศไจโรสโคป หรือไจโรคอมแพสส์ (Gyrocompasses), ซึ่งจะมาช่วยเสริมหรือแทนที่เข็มทิศแบบแม่เหล็ก (ที่ใช้กันอยู่ในเรือ, เครื่องบิน, ยานพาหนะทั่วไป และ ยานอวกาศ) เพื่อช่วยในการรักษาความมีเสถียรภาพในการทรงตัว (กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิล, จักรยาน, รถจักรยานยนต์ และเรือ) หรือนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของระบบการนำวิถีด้วยความเฉื่อย

2.4.3.2 การใช้งานของไจโรสโคป

การประยุกต์ใช้ไจโรสโคปเซ็นเซอร์ เพื่อใช้ในการวัดความเอียงของจุดหมุนที่ใช้ในแขนกล อาจทำหน้าที่ใกล้เคียงกับตัวเซนเซอร์อัตราเร่ง มีบางอุปกรณ์ที่มีทั้งตัวเซนเซอร์ไจโรสโคป และตัวเซนเซอร์อัตราเร่งอยู่ในอุปกรณ์ชิ้นเดียวกัน ซึ่งในการทดลองจะใช้อุปกรณ์ GY-85 ดังรูปที่ 2.22 และ MPU-6050 ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.22 เซนเซอร์ไจโรสโคป GY-85 (Gyroscope Sensor)



รูปที่ 2.23 เซนเซอร์ไจโรสโคป MPU-6050 (Gyroscope Sensor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 แหล่งจ่ายไฟ

ทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ โดยจะทำการเปลี่ยนแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ที่ใช้กันตามบ้านเรือนให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 3.3, 5 และ 12 โวลต์ ตามที่ต้องการ เพื่อจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ นอกจากนี้ยังต้องมีวงจรที่ควบคุมระดับของแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ (Voltage Regulators) เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์

2.5.1 สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) ดังรูปที่ 2.24 เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงที่ค่าแรงดันแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไปสลับโวลต์สูง ให้เป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำเพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ได้เช่นเดียวกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น (Linear Power Supply) ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบ จะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำเช่นเดียวกัน แต่สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายจะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็ก และน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้งสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าอีกด้วย



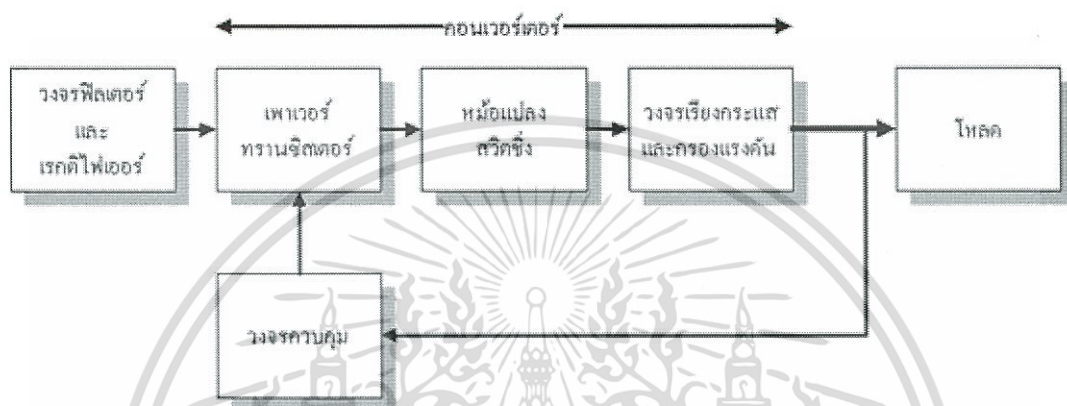
รูปที่ 2.24 สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

ในปัจจุบันสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตอย่างมาก เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กซึ่งต้องการแหล่งจ่ายไฟที่มีกำลังสูงแต่มีขนาดเล็ก เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องโทรสาร และโทรศัพท์ จำเป็นจะต้องใช้สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย แนวโน้มการนำสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายมาใช้ในเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภทจึงเป็นไปได้สูง การศึกษาหลักการทำงาน และการออกแบบสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานอิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 หลักการทำงานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายโดยทั่วไปมีองค์ประกอบพื้นฐานที่คล้ายคลึงกัน และไม่ซับซ้อนมากนัก ดังแสดงในรูปที่ 2.25 หัวใจสำคัญของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจะอยู่ที่คอนเวอร์เตอร์ เนื่องจากทำหน้าที่ทั้งลดทอนแรงดันและคงที่ค่าแรงดันเอาต์พุตด้วย องค์ประกอบต่างๆ ทำงานตามลำดับดังนี้



รูปที่ 2.25 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

แรงดันไฟสลับค่าสูงจะผ่านเข้ามาทางวงจร RFI (Radio Frequency Interference) ฟิลเตอร์เพื่อกรองสัญญาณรบกวนและแปลงเป็นไฟตรงค่าสูงด้วยวงจรเรกติไฟร์ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะทำงานเป็นเพาเวอร์คอนเวอร์เตอร์ โดยการตัดต่อแรงดันเป็นช่วงๆ ที่ความถี่ประมาณ 20-200 KHz จากนั้นจะผ่านไปยังหม้อแปลงสวิตชิงเพื่อลดแรงดันลง เอาต์พุตของหม้อแปลงจะต่อกับวงจรเรียงกระแส และกรองแรงดันให้เรียบ การคงค่าแรงดันจะทำได้โดยการป้อนกลับค่าแรงดันที่เอาต์พุตกลับมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแสมากขึ้นหรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุต ซึ่งจะมีผลทำให้แรงดันเอาต์พุตคงที่ได้

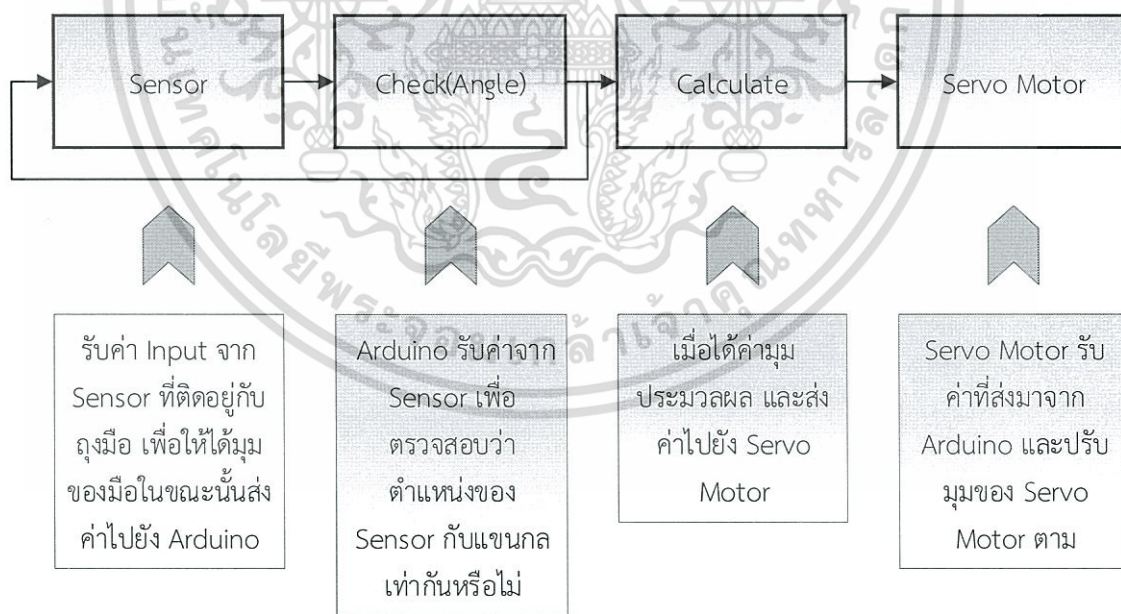
บทที่ 3

หลักการออกแบบและขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทำงานของแขนกล ทั้งส่วนของการออกแบบโปรแกรม และภาพรวมการทำงานของโปรแกรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ภาพรวมการออกแบบของระบบ และ Block Diagram

แขนกลควบคุมด้วยแขนมนุษย์นี้ ถูกออกแบบให้มีความทำงานโดยรวมคือ เมื่อผู้ใช้งานสวมถุงมือที่ติดตั้งเซนเซอร์ไว้ และทำงานขยับแขนเซนเซอร์จะส่งค่ามุมที่อ่านได้ไปให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ติดอยู่กับถุงมือ จากนั้นตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ติดอยู่กับถุงมือจะส่งค่าต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์อีกตัวที่ติดอยู่กับแขนกล ประมวลผลและสุดท้ายสั่งการให้ตัวเซอร์โวมอเตอร์หมุนตามองศาของถุงมือที่ขยับ โดย Block Diagram แสดงการทำงานของระบบจะถูกแสดงไว้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 Block Diagram แสดงการทำงานของระบบแขนกล

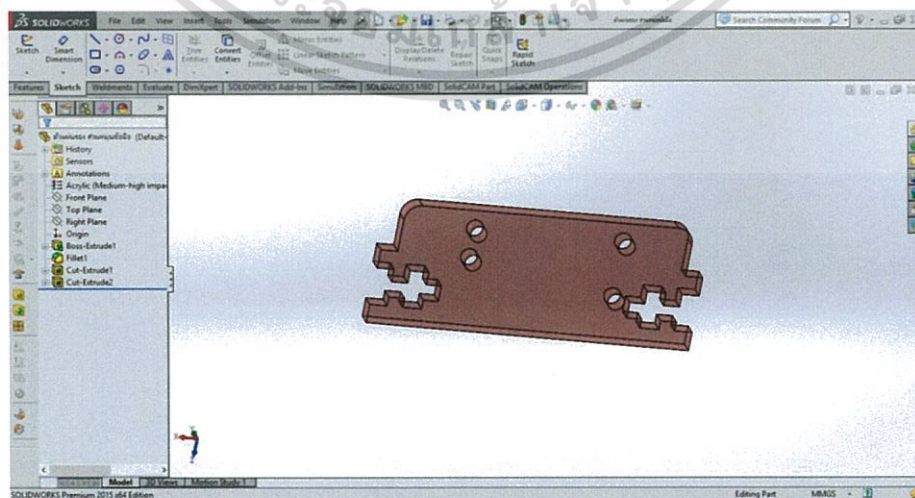
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบโครงสร้างของชิ้นงาน

เนื่องจากโครงงานแขนกลควบคุมด้วยแขนมนุษย์นี้ เป็นการค้นคว้าและออกแบบวิธีการควบคุมแขนกลให้สามารถขยับได้ตามแขนของผู้สวมใส่ถุงมือ ดังนั้นจะไม่เน้นไปในส่วนของแขนกล เพราะเป็นเอาต์พุตแต่จะเน้นไปที่ตัวโปรแกรมการควบคุมแขนกล จึงออกแบบให้ตัวโครงของแขนกลเป็นอะคริลิก ดังแสดงในรูปที่ 3.2 เพราะน้ำหนักเบา และราคาถูก แต่อะคริลิกก็มีข้อเสียคือเปราะบาง เพราะในการทดลองมีชิ้นส่วนหนึ่งหัก จึงได้เขียนชิ้นส่วนนั้นใหม่ด้วยโปรแกรม SolidWorks ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 แขนกลที่ทำจากอะคริลิกสีแดง



รูปที่ 3.3 ชิ้นส่วนแขนกลที่หัก เขียนด้วยโปรแกรม SolidWorks

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

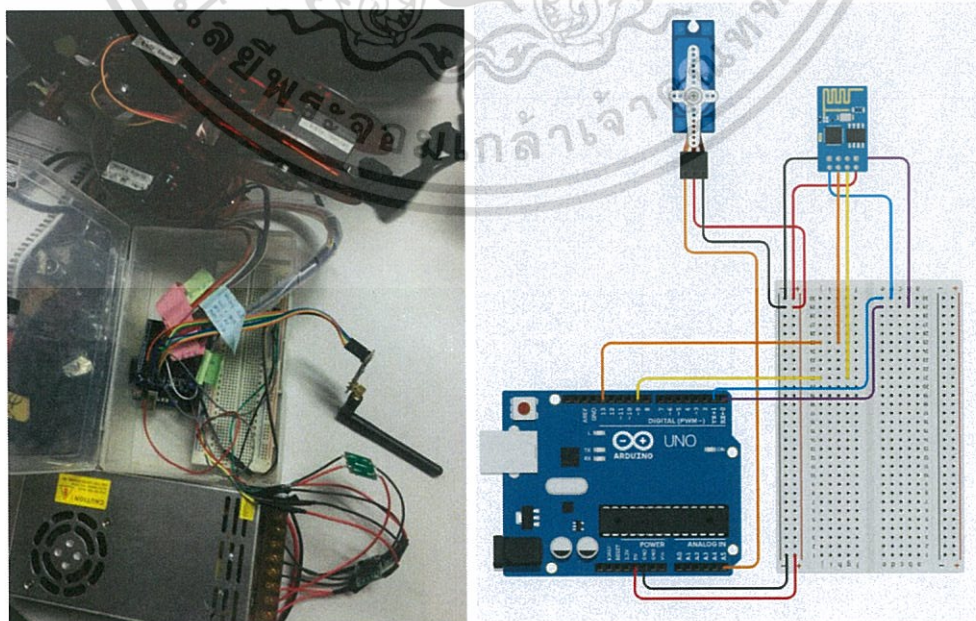
โดยตัวแขนกลจะมีส่วนประกอบต่างๆ ติดตั้งไว้ที่ตัวแขนกล และบนตัวถูงมือจะมี ส่วนประกอบที่ต่างกันออกไป

ส่วนประกอบของแขนกล และถูงมือควบคุม

- โครงแขนกลอะคริลิก 1 ชุด
- ถูงมือควบคุม 1 คู่
- Servo Motor 7 ตัว
- บอร์ด Microcontroller (Arduino) 2 ตัว
- ตัวรับ-ส่งสัญญาณ 2 ตัว
- Flex Sensor 2 ตัว
- Gyroscope Sensor 2 ตัว

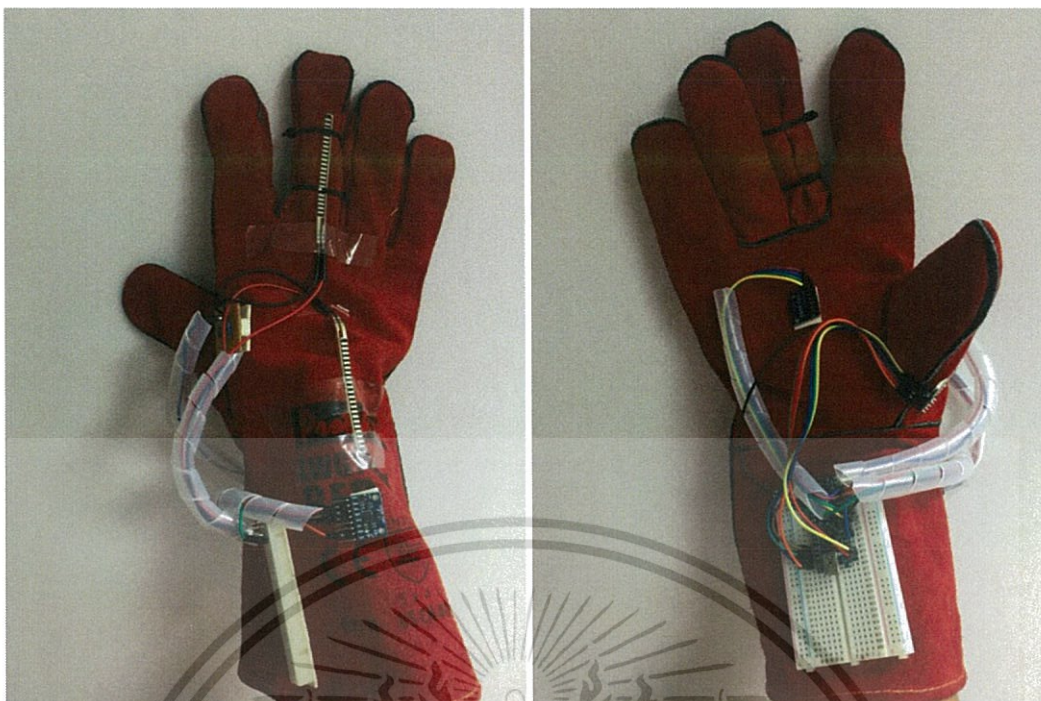
3.3 วงจรการทำงาน

วงจรการทำงานของแขนกลจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ วงจรที่ถูงมือควบคุม และวงจรที่ตัว แขนกล ซึ่งวงจรแขนกลจะประกอบด้วย เซอร์โวมอเตอร์ 7 ตัว, บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) 1 ตัว และตัวรับ-ส่งสัญญาณ 1 ตัว ดังรูปที่ 3.4 และวงจรถูงมือควบคุมจะประกอบด้วย ไซโรสโคปเซนเซอร์ 2 ตัว, เซนเซอร์วัดความโค้งงอ 2 ตัว, บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) 1 ตัว และตัวรับ-ส่งสัญญาณ 1 ตัว ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 วงจรแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

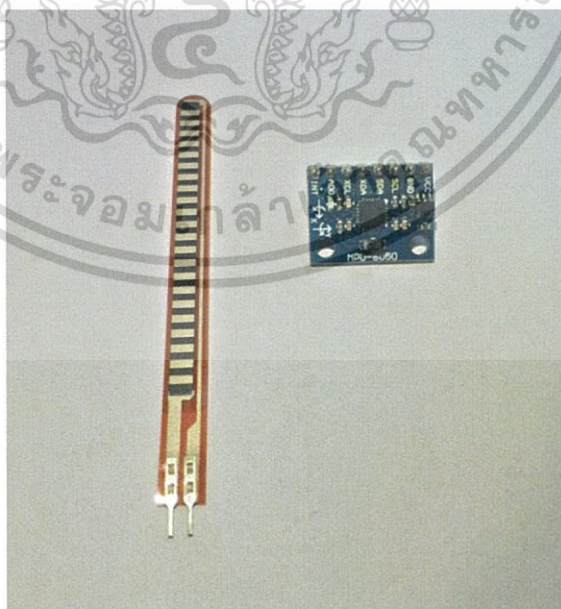


รูปที่ 3.5 วงจรถุงมือควบคุม

3.4 หลักการออกแบบถุงมือ

การออกแบบถุงมือ จะมีส่วนการทำงาน 2 ส่วน คือ

- ส่วนที่ 1 ส่วนของเซนเซอร์จับความเคลื่อนไหว ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ส่วนเซนเซอร์จับความเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะประกอบไปด้วย เซนเซอร์วัดความโค้งงอ ซึ่งจะติดอยู่ที่นิ้วมือ สำหรับจับการงอของนิ้วมือเพื่อใช้ในการหุบเข้าของมือจับที่ตัวแขนกล เซนเซอร์อัตราเร่ง ติดอยู่ที่กลางถุมือ สำหรับจับการเอียงของมือเพื่อใช้เป็นตัวกำหนดให้เซอร์โวมอเตอร์งอแขนตามที่ต้องการ

- ส่วนที่ 2 ส่วนของ ตัวส่งสัญญาณ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ส่วนส่งสัญญาณ

โดยจะประกอบไปด้วย ตัวส่งสัญญาณ Wireless Module NRF24L01 ซึ่งจะติดอยู่ที่ตัวถุมือ ต่อกออกมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งสัญญาณไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อีกตัวหนึ่งที่ติดอยู่กับแขนกล เพื่อใช้ในการคำนวณองศาการเคลื่อนที่ของแขนกลต่อไป

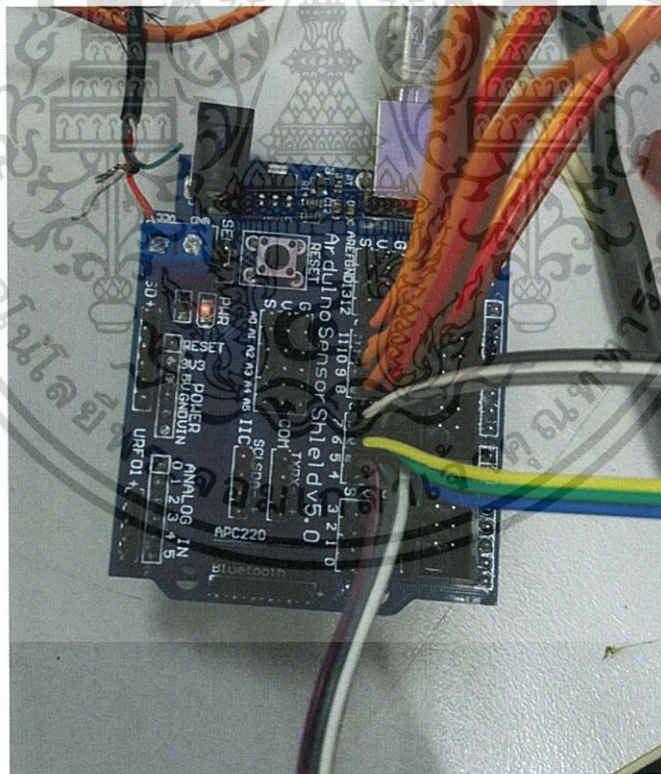
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง การทำงานของบอร์ดทดลองขับเคลื่อนของแขนกล โดยมีรายละเอียดของการทดลองดังนี้

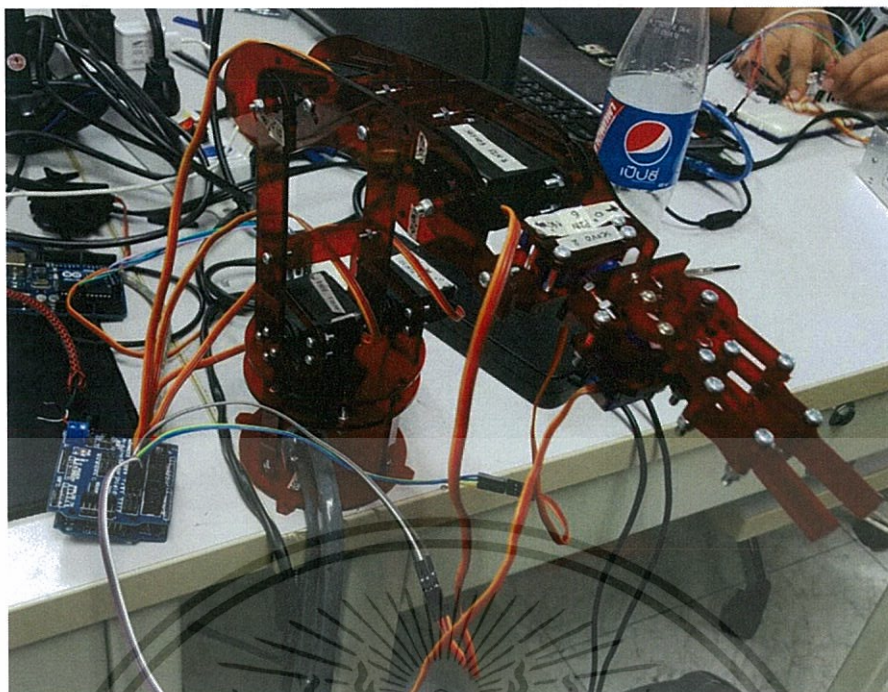
4.1 บอร์ดทดลองขับเคลื่อนแขนกล

บอร์ดทดลองขับเคลื่อนแขนกล ดังรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 สามารถทำงานได้ด้วยไฟเลี้ยงจากแหล่งจ่ายแรงดัน 5 ถึง 6 โวลต์ จ่ายไปที่ Arduino Shield V5.0 และไฟเลี้ยงจากแหล่งจ่ายแรงดัน 5 โวลต์ ไปที่ Arduino Board ทำหน้าที่ส่งเอาต์พุตไปยังตัวเซอร์โวมอเตอร์ เพื่อให้ขับแขนกลตามที่ต้องการ



รูปที่ 4.1 Sensor Shield V5.0 ที่ต่อไฟเลี้ยงแล้ว ประกอบกับ Arduino และต่อสายของเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 7 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ตัวแขนกลที่ติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 7 ตัว เรียบร้อยแล้ว

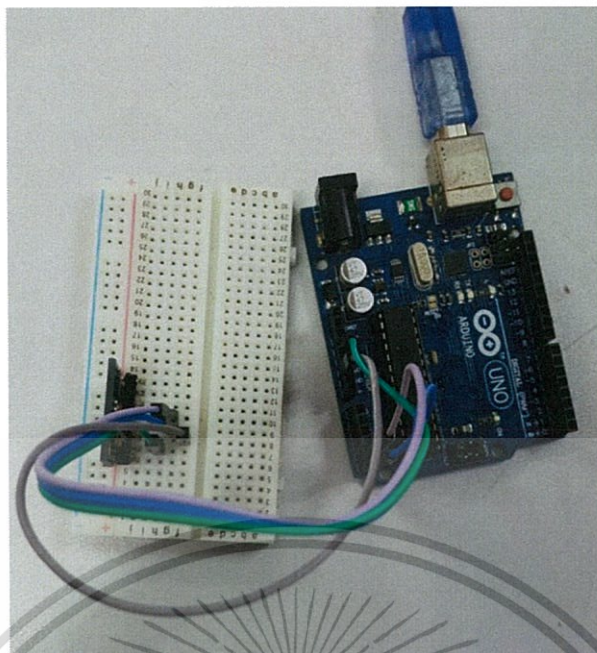
4.1.1 ส่วนประกอบบนบอร์ดทดลองขับเคลื่อนแขนกล ประกอบด้วย

1. Arduino UNO R3 SMD
2. Sensor Shield V5.0
3. Servo Tower Pro MG996R
4. Servo Tower Pro SG90
5. LED

4.2 บอร์ดทดลองการตอบสนองของเซนเซอร์ใจโรสโคป

บอร์ดทดลองการตอบสนองของเซนเซอร์ใจโรสโคป ดังรูปที่ 4.3 สามารถทำงานได้ด้วยไฟเลี้ยงจากแหล่งจ่ายแรงดัน 5 โวลต์ ไปที่ Arduino Board ทำหน้าที่ประมวลผลจากใจโรสโคปเซนเซอร์ที่ติดอยู่บนบอร์ดทดลอง และจ่ายเอาต์พุตออกไปที่หลอด LED

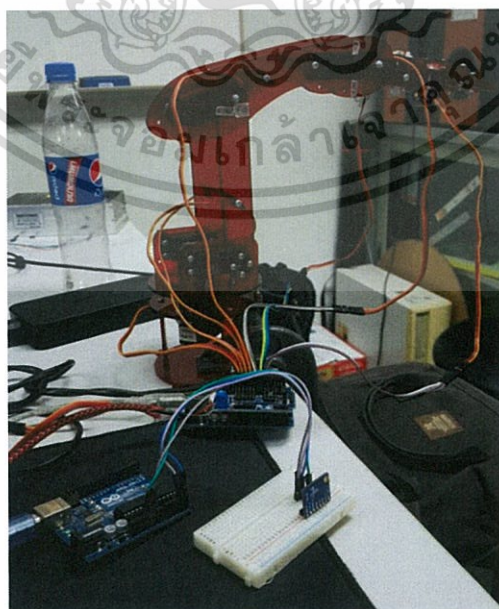
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 บอร์ดทดลองเซนเซอร์ไจโรสโคป เพื่อทดลองการตอบสนองจากเซนเซอร์ไจโรสโคป

4.2.1 ส่วนประกอบบนบอร์ดทดลองการตอบสนองของเซนเซอร์ไจโรสโคปประกอบด้วย

1. Arduino UNO R3 SMD
2. Gyroscope Sensor
3. LED



รูปที่ 4.4 บอร์ดการทดลองทั้งสองบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

ในส่วนของการวิเคราะห์ผลการทดลองคือ การอธิบายถึงผลการทดลองที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ทั้งบอร์ดทดลองโดยใช้ LED แสดงผล และบอร์ดทดลองโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์แสดงผล

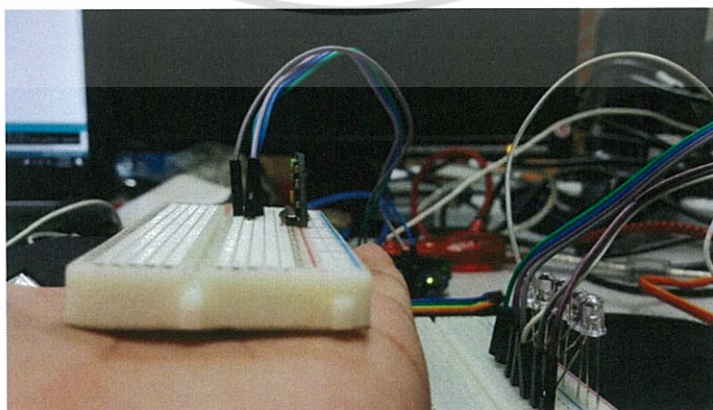
4.3.1 ผลการทดลองของบอร์ดทดลองโดยใช้ LED แสดงผล

จากรูปที่ 4.5 ผลการทดลองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงคือ การเอียงตัวเซนเซอร์ทำให้ค่าที่อ่านได้จากเดิมเปลี่ยนแปลงไป เซนเซอร์ก็จะส่งค่าที่ได้ใหม่ไปที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลแล้วส่งสัญญาณเป็นเอาต์พุตไปที่เซอร์โวมอเตอร์ทำงานได้แต่ในการทดลองใช้ LED เป็นตัวแสดงผลแทน



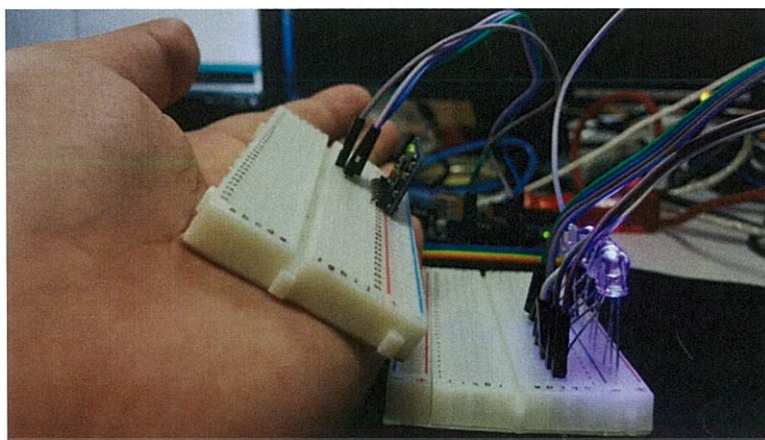
รูปที่ 4.5 หลอดไฟ LED จำนวน 7 หลอดแสดงถึงสถานะ การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์เมื่อรับค่าจากเซนเซอร์บนบอร์ดทดสอบของไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 แสดงถึงผลการทดลองเมื่อทดลองขยับเซนเซอร์ แสดงการตอบสนองด้วยลักษณะของหลอด LED



รูปที่ 4.6 สถานะระดับปกติของตัวเซนเซอร์ทำให้ LED ไม่แสดงผล

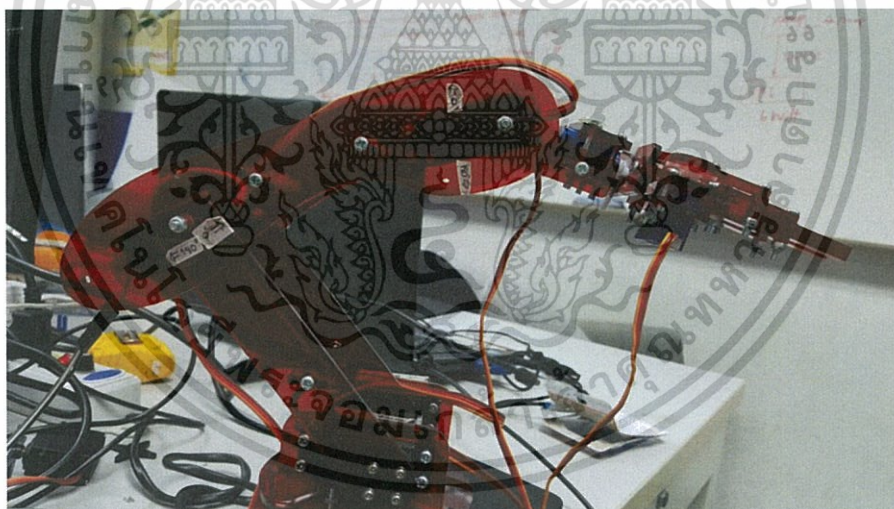
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 สถานะเอียงของตัวเซนเซอร์ทำให้ LED แสดงผล

4.3.2 ผลการทดลองของบอร์ดทดลองโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์แสดงผล

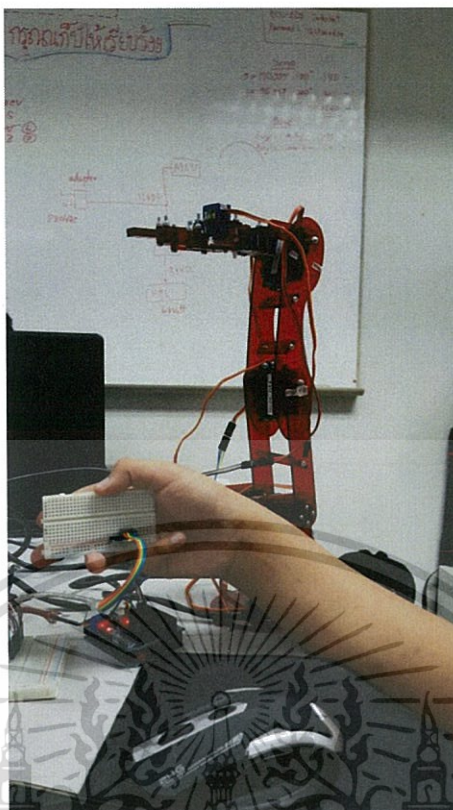
การทดลองของบอร์ดทดลองโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์แสดงผลจากรูปที่ 4.8 ทดลองแบบเดียวกับที่ทดลองกับ LED ผลการทดลองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง จะแสดงผลที่เซอร์โวมอเตอร์แทน



รูปที่ 4.8 เซอร์โวมอเตอร์จำนวน 7 ตัวจะแสดงสถานะ เมื่อรับค่าจากเซนเซอร์บนบอร์ดทดสอบของ
ไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 4.9 ถึงรูปที่ 4.12 แสดงถึงผลการทดลองเมื่อทดลองขยับเซนเซอร์ แสดงการตอบสนอง
ด้วยลักษณะของหลอด LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

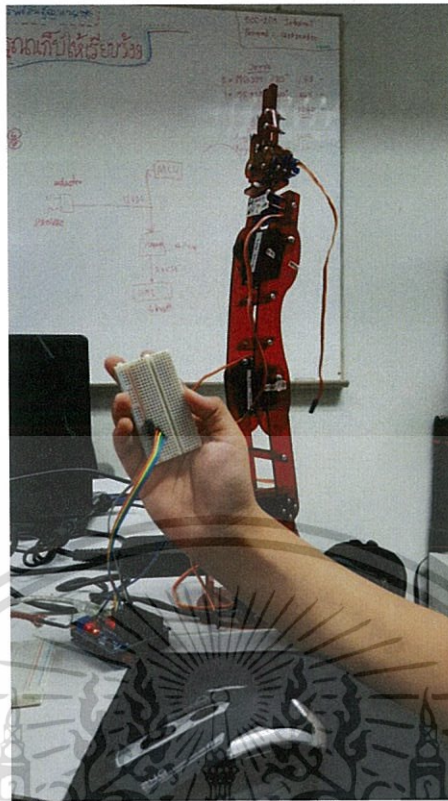


รูปที่ 4.9 สถานะเอียงของตัวเซนเซอร์ทำให้เซอร์โวมอเตอร์แสดงผลจุดที่ 1

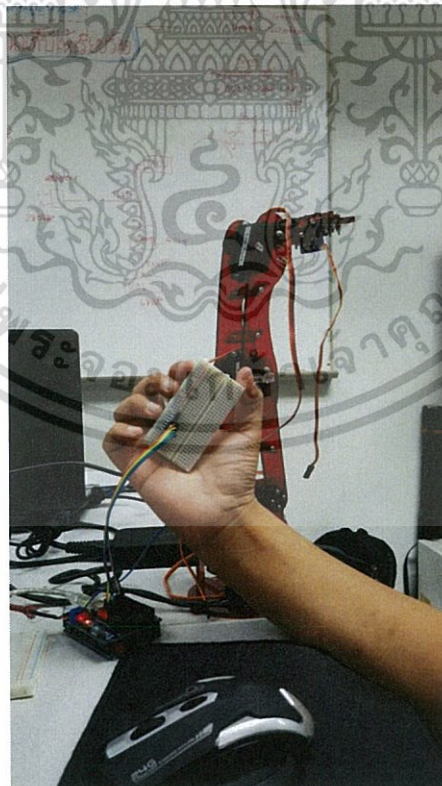


รูปที่ 4.10 สถานะเอียงของตัวเซนเซอร์ทำให้เซอร์โวมอเตอร์แสดงผลจุดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 สถานะเอียงของตัวเซนเซอร์ทำให้เซอร์โวมอเตอร์แสดงผลจุดที่ 3

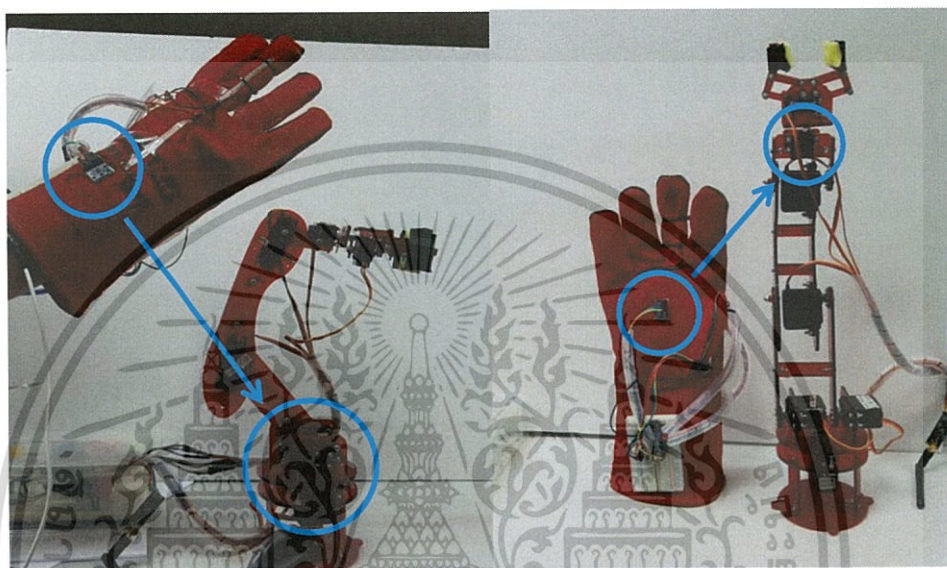


รูปที่ 4.12 สถานะเอียงของตัวเซนเซอร์ทำให้เซอร์โวมอเตอร์แสดงผลจุดที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

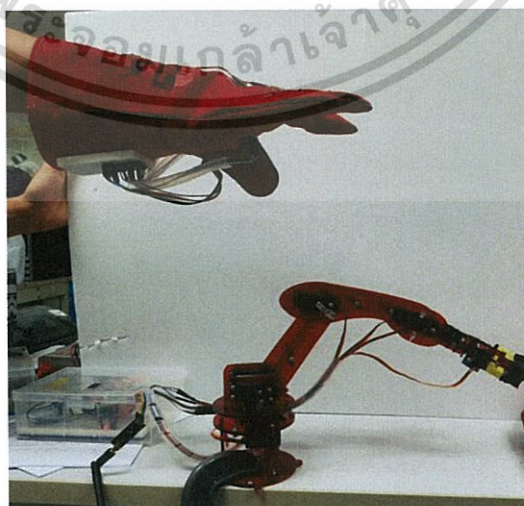
4.3.3 ผลการทดลองของการควบคุมแขนกลแบบไร้สายโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์แสดงผล

การทดลองควบคุมแขนกลโดยใช้ถุงมือควบคุม โดยใช้โรสโคปเซนเซอร์ที่แขน ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้านล่างของแขนกล และใช้โรสโคปเซนเซอร์อีกตัวที่มือควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้านบนของแขนกล แสดงดังรูปที่ 4.13 ผลการทดลองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงคือ การเอียงตัวเซนเซอร์ทำให้ค่าที่อ่านได้จากเดิมเปลี่ยนแปลงไป



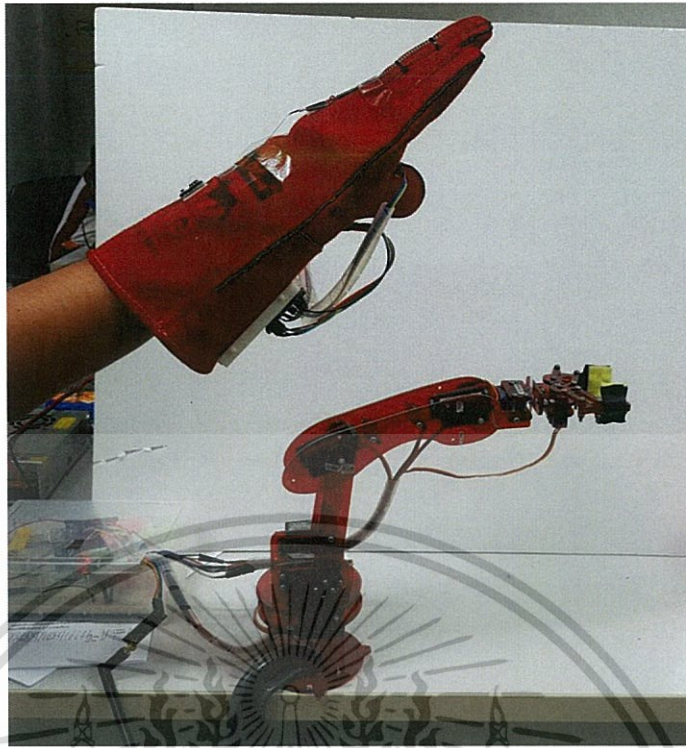
รูปที่ 4.13 การทดลองควบคุมแขนกลโดยใช้ถุงมือควบคุม

รูปที่ 4.14 ถึงรูปที่ 4.18 แสดงถึงผลการทดลองเมื่อทดลองเอียงของถุงมือ และทำการตอบสนองด้วยแขนกลแบบไร้สาย

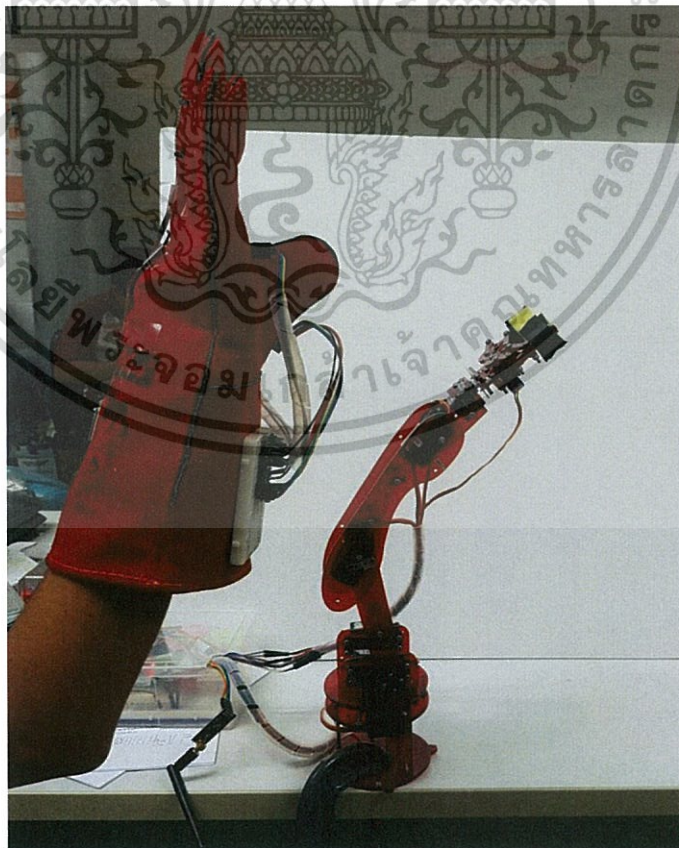


รูปที่ 4.14 สถานะเอียงของถุงมือทำให้แขนกลเอียงแสดงผลจุดที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

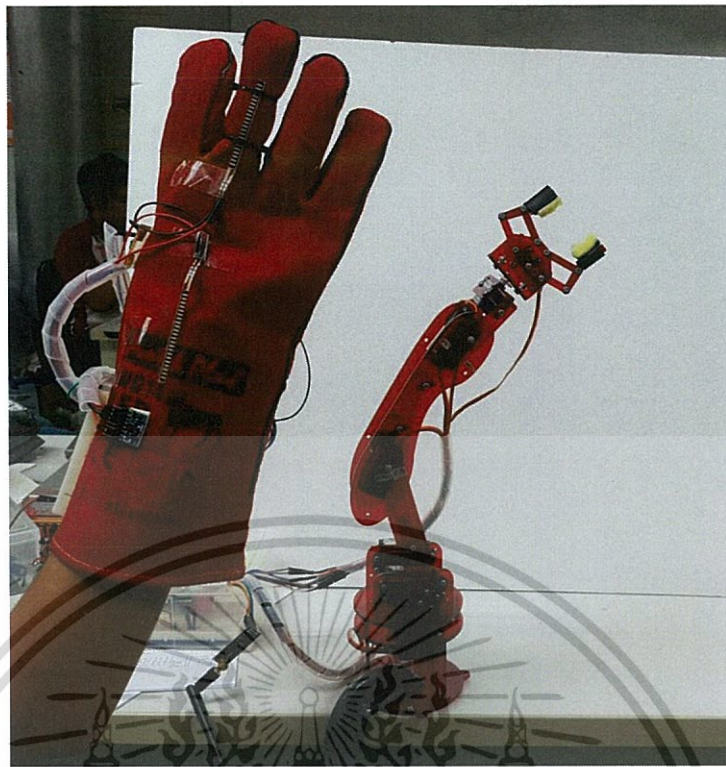


รูปที่ 4.15 สถานะเอียงของถ้งมือทำให้แขนกลเอียงแสดงผลจุดที่ 2

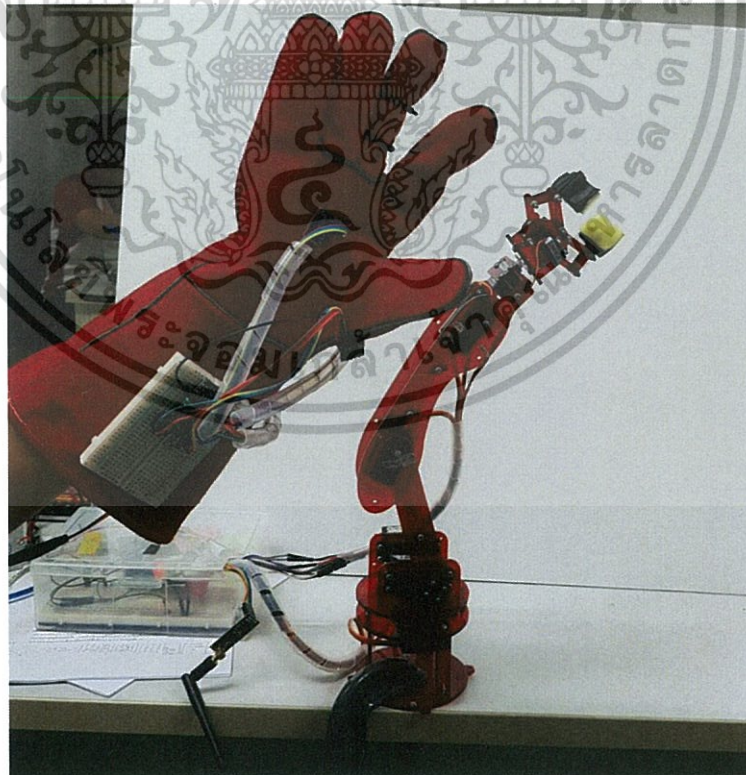


รูปที่ 4.16 สถานะเอียงของถ้งมือทำให้แขนกลเอียงแสดงผลจุดที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



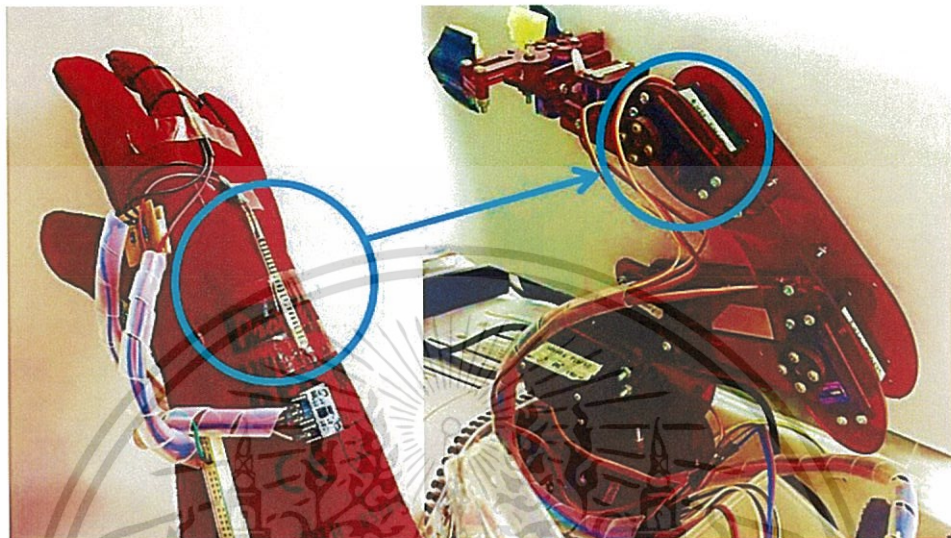
รูปที่ 4.17 สถานะเอียงของถุงมือทำให้แขนกลเอียงแสดงผลจุดที่ 4



รูปที่ 4.18 สถานะเอียงของถุงมือทำให้แขนกลเอียงแสดงผลจุดที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดความโค้งงอโดยเซนเซอร์วัดความโค้งงอตัวแรกที่ข้อมือ จะควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ที่ข้อมือของแขนกล ดังรูปที่ 4.19 ผลการทดลองที่ได้ 3 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 4.1 ถึงรูปที่ 4.3 และแสดงดังรูปที่ 4.20 ถึงรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.19 เซนเซอร์วัดความโค้งงอที่ข้อมือควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ที่ข้อมือของแขนกล

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าการทดลองมุมมองจากเซนเซอร์วัดความโค้งงอตัวที่ 1 ของเซอร์โวมอเตอร์ ครั้งที่ 1

มุมมองของเซนเซอร์วัดความโค้งงอ	มุมมองที่เซอร์โวมอเตอร์แสดงค่า
0	0
15	17
30	32
45	47
60	62
75	76
90	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงค่าการทดลองมุมมองจากเซนเซอร์วัดความโค้งงอตัวที่ 1 ของเซอร์โวมอเตอร์
ครั้งที่ 2

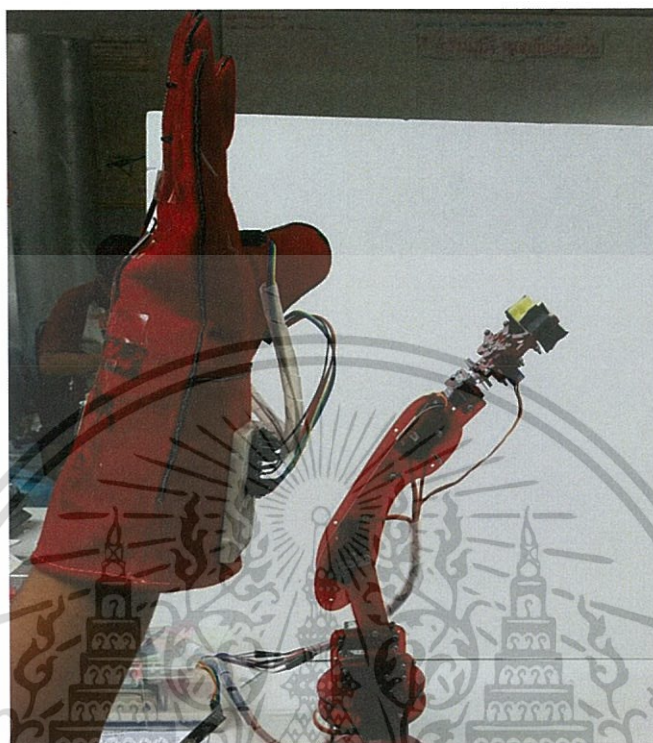
มุมมองของเซนเซอร์วัดความโค้งงอ	มุมมองที่เซอร์โวมอเตอร์แสดงค่า
0	0
15	18
30	33
45	46
60	64
75	77
90	93

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าการทดลองมุมมองจากเซนเซอร์วัดความโค้งงอตัวที่ 1 ของเซอร์โวมอเตอร์
ครั้งที่ 3

มุมมองของเซนเซอร์วัดความโค้งงอ	มุมมองที่เซอร์โวมอเตอร์แสดงค่า
0	0
15	18
30	32
45	45
60	62
75	76
90	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.20 ถึงรูปที่ 4.22 แสดงถึงผลการทดลองเมื่อทดลองงอของข้อมือ และทำการ
ตอบสนองด้วยแขนกลแบบไร้สาย

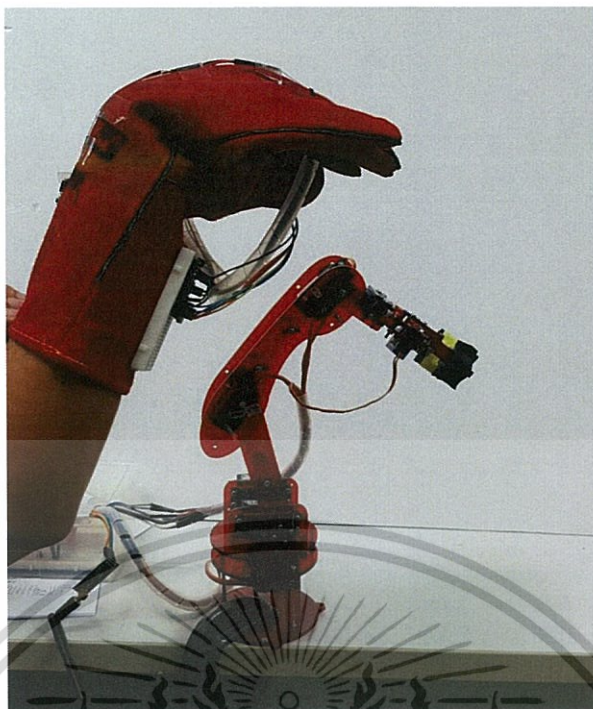


รูปที่ 4.20 สถานะงอของข้อมือทำให้แขนกลงอแสดงผลจุดที่ 1



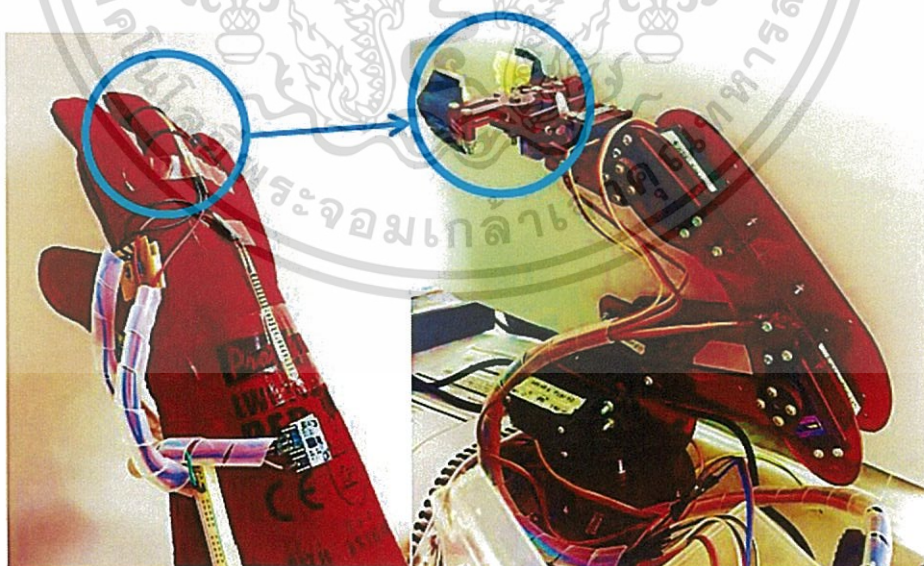
รูปที่ 4.21 สถานะงอของข้อมือทำให้แขนกลงอแสดงผลจุดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 สถานะของข้อมือทำให้แขนกลแสดงผลจุดที่ 3

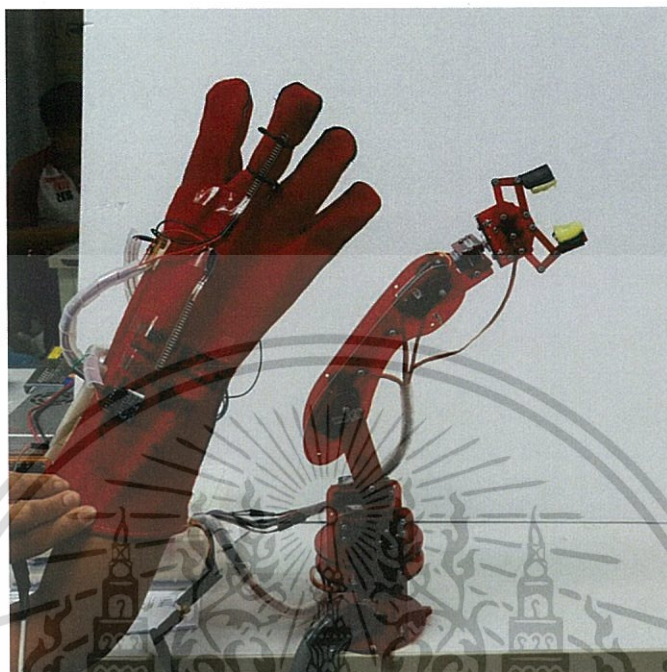
ทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดความโค้งงอ โดยเซนเซอร์วัดความโค้งงอ ตัวที่สองที่นิ้ว จะควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้หนีบจับของแขนกล ดังรูปที่ 4.23 ซึ่งการทดลองนี้ใช้แสดงแค่การหนีบจับของแขนเท่านั้นจึงไม่ได้เก็บค่ามุม แต่จะแสดงผลดังรูปที่ 4.24 ถึงรูปที่ 4.26



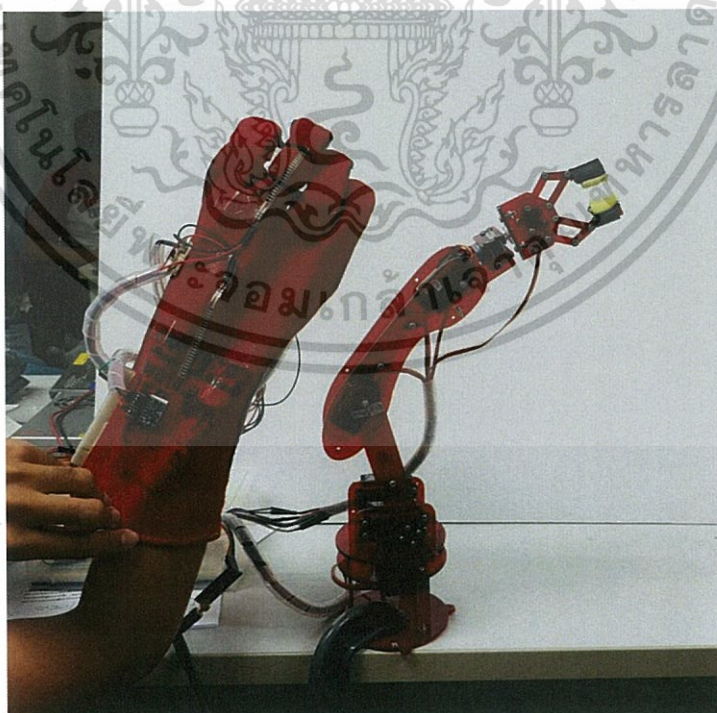
รูปที่ 4.23 เซนเซอร์วัดความโค้งงอที่นิ้วควบคุมการเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้หนีบจับของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.24 ถึงรูปที่ 4.26 แสดงถึงผลการทดลองเมื่อทดลองงอของข้อมือ และทำการ
ตอบสนองด้วยแขนกลแบบไร้สาย

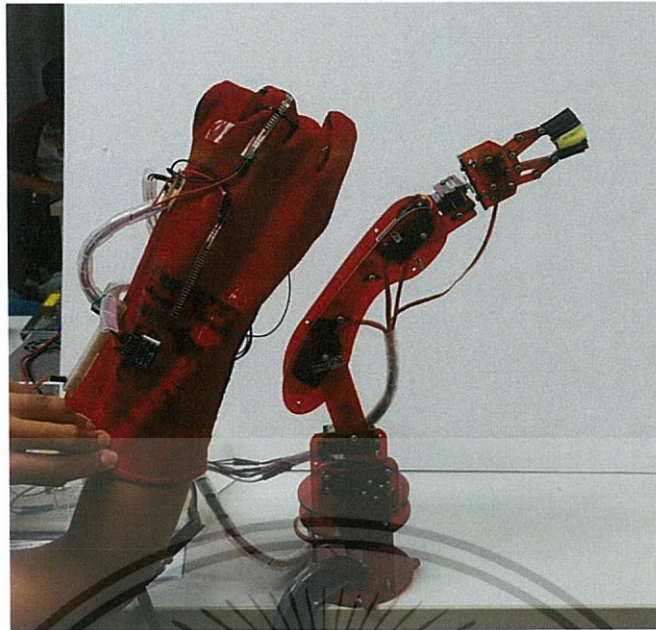


รูปที่ 4.24 สถานะงอของนิ้วมือทำให้แขนกลหนีบจับแสดงผลจุดที่ 1



รูปที่ 4.25 สถานะงอของนิ้วมือทำให้แขนกลหนีบจับแสดงผลจุดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 สถานะของนิ้วมือทำให้แขนกลหยิบจับแสดงผลจุดที่ 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองบอร์ดที่ควบคุมแขนกล ซึ่งผลการทดลองพบว่าการทดลองใช้ไจโรสโคป เซนเซอร์ และ เซนเซอร์วัดความโค้งงอแขนกลสามารถขับเซอร์โวมอเตอร์ตามได้ครบทั้ง 7 ตัว และสามารถทำงานพร้อมกันได้ แต่อาจมีการกระตุกบ้างในบางครั้ง ส่วนความคลาดเคลื่อนจากทางแมคคานิกส์ในตัวโครงสร้างของแขนกลก็สามารถออกแบบ คำนวณและแก้ไขโครงสร้างได้

5.2 ปัญหาที่พบในโครงการ

ปัญหาที่พบในโครงการนี้ส่วนใหญ่จะมีในส่วนของโปรแกรม และจะมีปัญหาที่แยกออกเป็น ส่วนของวงจรที่แขนกล และส่วนของวงจรที่ถุมือ ดังนี้

ส่วนของวงจรแขนกล

1. ตัวโครงแขนกลที่ทำจากอะคริลิก ทำให้แตกหักได้ง่าย
2. ไฟเลี้ยงเซอร์โวมอเตอร์ไม่พอ เมื่อเวลาต่อใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ครบทั้งหมด 7 ตัว
3. องศาการหมุนเริ่มต้นของเซอร์โวมอเตอร์ไม่เท่ากันทำให้ต้องหาจุดเริ่มต้นใหม่
4. อุปกรณ์บางชนิดใช้ไฟเลี้ยงไม่เกิน 3.3 โวลต์ ทำให้เมื่อต่อ 5 โวลต์ อุปกรณ์เสียหาย

ส่วนของวงจรถุมือ

1. เซนเซอร์วัดความโค้งงอค่าความต้านทานเริ่มต้นไม่เท่ากัน
2. เซนเซอร์วัดความโค้งงอมีสัญญาณรบกวนเยอะ ทำให้ได้ค่าองศาที่ไม่เสถียร
3. ไจโรสโคปเซนเซอร์ในคู่มือการใช้งาน บอกว่าสามารถวัดค่าได้ 3 แกน แต่พอใช้

งานจริง ปรากฏว่าวัดค่าได้แค่ 2 แกนเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้น

จากปัญหาที่พบในโครงการตามข้อ 5.2 ทำให้ต้องแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพื่อให้โครงการดำเนินต่อไปได้ และวิธีการแก้ปัญหา มีดังต่อไปนี้

ส่วนของวงจรแขนกล

1. ในส่วนชิ้นส่วนที่หัก ได้มีการใช้ 3D Printer ทำขึ้นมาใหม่
2. ทำการต่อแหล่งจ่ายเข้ากับเซอร์โวมอเตอร์เพื่อเพิ่มไฟเลี้ยงเซอร์โวมอเตอร์ให้

สามารถใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ครบทั้งหมด 7 ตัว

3. คำนวณองศาการหมุนเริ่มต้นของเซอร์โวมอเตอร์ใหม่ และปรับให้เป็น องศาเริ่มต้นแทนตัวเก่า
4. ศึกษาคู่มือของอุปกรณ์ทุกชนิดให้ถี่ถ้วนก่อนการใช้งานอุปกรณ์

ส่วนของวงจรถ่วงมือ

1. คำนวณค่าความต้านทานเริ่มต้นของเซนเซอร์วัดความโค้งงอใหม่ และปรับให้เป็นค่าความต้านทานเริ่มต้นแทนตัวเก่า
2. ใช้วงจร Filter เพื่อกรองสัญญาณรบกวนออกเพื่อให้ได้ที่เสถียรไปใช้งาน
3. ติดต่อตัวแทนจำหน่ายเพื่อสอบถามการใช้งานของข้อมูลอุปกรณ์ให้เข้าใจและตรงตามที่ต้องการก่อนสั่งมาใช้งาน

5.4 ข้อเสนอแนะในการค้นคว้าและพัฒนาต่อ

ตัวแขนกลสามารถพัฒนาต่อเพื่อการใช้งานที่เหมาะสม สามารถเพิ่มอัตราส่วนในการใช้งานกับวัตถุขนาดใหญ่ เช่น ใช้ในการยกของ ใช้ในการก่อสร้างขนาดใหญ่ และยังสามารถลดอัตราส่วนเพื่อใช้งานที่ละเอียดอ่อน เช่น ใช้ในการแพทย์ ทั้งนี้ต้องเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมความปลอดภัยของมนุษย์ผู้ใช้งานถ้าเกิดเหตุขัดข้องในการทำงานของตัวโปรแกรมหรือแขนกล และเพิ่มความสามารถในการควบคุมระยะไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อควบคุมแขนกลได้จากทุกที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ณัฏภพ วัชรารากูตติ, ธิรรุตติ ก้อนจันตะ & ปาริฉัตร ศรีปัญญา. 2553. **ถุมือควบคุมรจลจลอง.** ปริญญานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [2] วีระวงศ์ พิสิท & ณัฐพร ตั้งปอง. 2554. **อุปกรณ์ตากอาหารแห่งระบบอัตโนมัติ.** ปริญญานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [3] ธนภัทร สุขพันธ์ & ปิยะดล ชัตติสะ. 2554. **เครื่องวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก.** ปริญญานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [4] นคร ภักดีชาติ, ณัฐพล วงศ์สุนทรชัย & ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. **คู่มือการทดลอง dsPIC Microcontroller เบื้องต้น ด้วยโปรแกรมภาษา C กับ MPLAB C30.** กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย : บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.
- [5] ทันพงษ์ ภูรักษา. **เอกสารประกอบการสอนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น.** [Online]. Available <https://www.sbt.ac.th/new/?q=node/149>
- [6] พงศ์ธวัช ชีพพิมลชัย & อโณ ไซติมณี. **สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายเบื้องต้น.** [Online]. Available https://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/switching_regulator/
- [7] Thaieasyelec. **NRF24L01 with Antenna.** [Online]. Available <http://www.thaieasyelec.com/products/wireless-modules/wifi-modules/nrf24l01-with-antenna-detail.html>
- [8] Arduitrionics. **Bluetooth Serial Module.** [Online]. Available <https://www.arduitronics.com/product/125/bluetooth-serial-module-hc-06-slave-mode>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [9] Wikipedia. การสื่อสารไร้สาย. [Online]. Available
<https://th.wikipedia.org/wiki/การสื่อสารไร้สาย/>
- [10] Wikipedia. ไวรัสโคป. [Online]. Available
<https://th.wikipedia.org/wiki/ไวรัสโคป/>
- [11] Wikipedia. ตัวรับรู้. [Online]. Available
<https://th.wikipedia.org/wiki/ตัวรับรู้/>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมควบคุมการทำงานในส่วนของแขนกล

```

#include <Servo.h>
#include <SPI.h>
#include <RF24.h>

Servo Servo_motor_1;
Servo Servo_motor_2;
Servo Servo_motor_3;
Servo Servo_motor_4;
Servo Servo_motor_5;
Servo Servo_motor_6;
Servo Servo_motor_7;
int y2,yy2,yyy2;
RF24 radio(9,10);
const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL;
struct Mydata
{
  byte flex1;
  byte flex2;
  byte gyro1;
  byte gyro2;
  byte pos;
}
Mydata data;
void resetservo()
{

```

```

  Servo_motor_1.write(0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Servo_motor_2.write(90);
Servo_motor_3.write(90);
Servo_motor_4.write(45);
Servo_motor_5.write(120);
Servo_motor_6.write(120);
Servo_motor_7.write(90);
}

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Servo_motor_1.attach(2);
  Servo_motor_2.attach(3);
  Servo_motor_3.attach(4);
  Servo_motor_4.attach(5);
  Servo_motor_5.attach(6);
  Servo_motor_6.attach(7);
  Servo_motor_7.attach(8);
  resetservo();
  radio.begin();
  radio.openReadingPipe(1,pipe);
  radio.setPALevel(RF24_PA_MAX);
  radio.setDataRate(RF24_2MBPS);
  radio.startListening();
}

void loop()
{
  if (radio.available())
  {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

while (!done)
{
done = radio.read(&data, sizeof(Mydata));
yy2 = data.gyro2;
if(yy2 >= 60 && yy2 <= 180)
{
yyy2 = yy2;
}
else if(yy2 <= 60 )
{
yyy2 = 60;
}
else if(yy2 >= 180 )
{
yyy2 = 180;
}
y2 = map(yyy2, 60, 180, 20, 120);
Servo_motor_1.write(data.flex1);
Servo_motor_2.write(data.gyro1);
Servo_motor_3.write(data.flex2);
Servo_motor_4.write(45);
Servo_motor_5.write(y2);
Servo_motor_6.write(y2);
Servo_motor_7.write(data.pos);
Serial.print(data.flex1);
Serial.print("\t ");
Serial.print(data.flex2);
Serial.print("\t");
Serial.print(data.gyro1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Serial.print("\t ");  
Serial.print(data.gyro2);  
Serial.print("\t ");  
Serial.println(data.pos);  
if (data.flex1 == 0 && data.gyro1 == 0 && y2 == 0 && data.pos == 0)  
{  
  resetservo();  
}  
}  
}  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โปรแกรมควบคุมการทำงานในส่วนของถุงมือควบคุม

```

#include <SPI.h>
#include <RF24.h>
#include <Wire.h>
#include <I2Cdev.h>
#include <MPU6050.h>
MPU6050 mpu1(0x68);
MPU6050 mpu2(0x69);
int16_t ax1=0, ay1=0, az1=0;
int16_t gx1, gy1, gz1;
int16_t ax2=0, ay2=0, az2=0;
int16_t gx2, gy2, gz2;
int f1,f2,x1,y1,vely2,valx1;
float ps = 90.00;
struct Mydata
{
  byte flex1;
  byte flex2;
  byte gyro1;
  byte gyro2;
  byte pos;
}
Mydata data;
RF24 radio(9,10);
const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL;
void setup()

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
Wire.begin();
mpu1.initialize();
mpu2.initialize();
Serial.begin(115200);
radio.begin();
radio.openWritingPipe(pipe);
radio.setPALevel(RF24_PA_MAX);
radio.setDataRate(RF24_2MBPS);
radio.stopListening();
}
void elb()
{
if (valx1 > 120)
{
ps -= 0.5;
if (ps <= 60)
{
ps = 60;
}
}
else if (valx1 < 45)
{
ps += 0.5;
if (ps >= 165)
{
ps = 165;
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
void loop()
{
  mpu1.getMotion6(&ax1, &ay1, &az1, &gx1, &gy1, &gz1);
  mpu2.getMotion6(&ax2, &ay2, &az2, &gx2, &gy2, &gz2);
  f1 = map(analogRead(A0), 490, 700, 150, 0);
  f2 = map(analogRead(A1), 300, 500, 90, 5);
  f1 = constrain(f1, 0, 150);
  f2 = constrain(f2, 5, 90);
  valx1 = map(ax1, -17000, 17000, 179, 0);
  data.gyrox1=0.945*data.gyrox1+0.0549*valx1;
  valy2 = map(ay2, -17000, 17000, 0, 150);
  data.gyroy2=0.945*data.gyroy2+0.0549*valy2;
  data.flex1=0.945*data.flex1+0.0549*f1;
  data.flex2=0.945*data.flex2+0.0549*f2;
  elb();
  data.pos = ps;
  Serial.print(data.flex1);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(data.flex2);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(data.gyrox1);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(data.gyroy2);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(data.pos);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(analogRead(A0));
  Serial.print("\t");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Serial.println(analogRead(A1));  
radio.write(&data, sizeof(Mydata));  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



นายธราวุฒิ เกริกกุลธร

เกิดวันที่ : 4 มิถุนายน พ.ศ.2538

ที่อยู่ : 12 ซ.12 ถ.พิชัยณรงค์สงคราม ต.ปากเพรียว อ.เมือง จ.สระบุรี 18000

โทรศัพท์ : 099-447-5204

อีเมล : tharawut_k@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

2551 – 2556

โรงเรียนสระบุรีวิทยาคม
สายการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์

2557 – 2560

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

ฝึกงาน

: บริษัท พีชเซอร์ เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด (June 2017 – July 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



นายปฏิภาณ ธรรมบุญรักษ์

เกิดวันที่ : 17 มกราคม พ.ศ.2539

ที่อยู่ : 80 ม.2 ต.บางเตย อ.สามพราน จ.นครปฐม

โทรศัพท์ : 095-217-5946

อีเมล : ptp.thamboonrak@gmail.com

ประวัติการศึกษา

2551 – 2556

โรงเรียนวัดไร่ขิงวิทยา

สายการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์

2557 – 2560

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

ฝึกงาน : กฟผ. (June 2017 – July 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



นายภูวดล จงกลแพทย์

เกิดวันที่ : 24 มกราคม พ.ศ.2539

ที่อยู่ : 541/51 ถ.สมุทรสงคราม-บางแพ ต.แม่กลอง อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม
75000

โทรศัพท์ : 095-959-5627

อีเมล : puwadol.jkp@gmail.com

ประวัติการศึกษา

2551 – 2556 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ ราชบุรี

สายการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์

2557 – 2560

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

ฝึกงาน : Thai Airways International Public Co.,Ltd (June 2017 – July
2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้