โครงงานหุ่นยนต์ควบคุมด้วยถุงมือ

Gesture Controlled Robot

นายณภัทร ภักดิ์ประไพ

นายนวพล ทรัพย์เปี่ยมสุข

นางสาวรดาภัทร์ บุญสุข

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gesture Controlled Robot

Napat Pakpapat

Navapol Sabpiamsuk

Radaphat Bunsuk

THIS THESIS SUMMITTED IN PARTIAL FULFULLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IM MECHATRONICS ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หุ่นยนต์ควบคุมด้วยถุงมือ
Gesture Controlled Robot

ผู้จัดทำ นายณภัทร ภักดิ์ประไพ 62010245
นายนวพล ทรัพย์เปี่ยมสุข 62010473
นางสาวรดาภัทร์ บุญสุข 62010756

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพดล มณีรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์ควบคุมด้วยถุงมือ

โดย

นายณภัทร ภักดิ์ประไพ 62010245

นายนวพล ทรัพย์เปี่ยมสุข 62010473

นางสาวรดาภัทร์ บุญสุข 62010756

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพดล มณีรัตน์

ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษา ออกแบบพัฒนา*หุ่นยนต์ควบคุมด้วยถุงมือ* โดยออกแบบให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ลักษณะท่าทางของมือ และซึ่งสามารถเข้าใจได้ง่าย โดยหลักการออกแบบถุงมือควบคุมรถนั้น จะอาศัยเการวัดความโค้งงอของแต่ละนิ้ว ในการทำมือลักษณะต่างๆ และทำการส่งข้อมูลแบบไร้สายไปยังหุ่นยนต์ จากนั้นระบบหุ่นยนต์จะทำงานตามท่าทางของมือผู้สั่งการ องค์ความรู้นี้สามารถเป็นพื้นฐานของการพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมและหุ่นยนต์เพื่อใช้ประโยชน์ต่างๆทั้งในอุตสาหกรรมต่าง การแพทย์ การทหาร การสำรวจ ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gesture Controlled Robot

By

Napat Pakpapai 62010245

Navapol Sabpiamsuk 62010473

Radaphat Bunsuk 62010756

Advisor

Asst. Prof. Dr. Noppadol Maneerat

Academic Year 2022

Abstract

This thesis presents studying, designing, and developing *Gesture Controlled Robot* system. Robot controlling system that depends on hand gesture will make it easier and more flexibility for controlling robot since hand gesture is global language and easy to understand. Controller makes in manner of glove measure values on while each finger is flexing and compare them to each gesture finger's position. Hence, Gesture data transmit to Robot's system and control it depends on your gesture. This knowledge and innovation could become the basics of more complex robotic systems use for humanity greater good.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพจน์ฉบับนี้ เพื่อสำเร็จการศึกษาของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สามารถดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจาก ผศ.ดร.นพดล มณีรัตน์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ความรู้ ข้อแนะนำที่ดีตลอดมา คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่สนับสนุน ข้อแนะนำต่างๆทั้งการเขียนโปรแกรม การให้คำปรึกษา รวมไปถึงความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจ เป็นแรงบันดาลใจให้เสมอมา จนปริญญานิพจน์สำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำหวังว่าปริญญานิพจน์ฉบับนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป หากมีข้อผิดพลาดประการใด ก็ขออภัยมา ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ
นายณภัทร ภักดิ์ประไพ
นายนวพล ทรัพย์เปี่ยมสุข
นางสาวรดาภัทร์ บุญสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิจกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำโครงงาน 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทำงาน 3

2.1 เซนเซอร์วัดความโค้งงอ (Flex sensor) 3

2.2 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์แบบ H-bridge 4

2.2.1 วงจร H-bridge 4

2.2.2 วงจรแบบ Static 4

2.3 ทรานซิสเตอร์ (transistor) 5

2.3.1 ประเภทของทรานซิสเตอร์ 6

2.3.2 การให้ไบแอสกับทรานซิสเตอร์ 7

2.3.2 สภาวะการทำงานของทรานซิสเตอร์ 8

2.4 ไดโอด (Diode) 9

2.4.1 การไบแอสไดโอด 9

2.4.2 ประเภทของไดโอด 10

2.5 วิทยุบังคับ 11

2.5.1 หลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุบังคับ 11

2.5.2 หลักการทำงานของเครื่องบังคับวิทยุ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

2.6 โมดูลสื่อสารไร้สาย (nRF24L01) 14

2.6.1 หลักการทำงาน 15

2.6.2 การสื่อสารแบบ SPI Bus (Serial Peripheral Interface Bus) 16

บทที่ 3 หลักการออกแบบและขั้นตอนการทำงาน 17

3.1 แนวคิดและการออกแบบ 17

3.1.1 แนวคิดหลักการการทำงาน 17

3.1.2 ออกแบบการทำงาน 18

3.1.3 ออกแบบถุงมือควบคุม 20

3.1.4 ออกแบบรถหุ่นยนต์ 21

3.1.5 ออกแบบโปรแกรมในการทำงาน 22

3.2 ขั้นตอนการทำงาน 24

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง 25

4.1 ทดลองวัดค่าเซ็นเซอร์วัดความโค้งงอ flex sensor 25

4.2 ทดลองการรับ-ส่งข้อมูลของโมดูลสื่อสารไร้สาย 29

4.3 ทดลองต้นแบบการทำงานของรถหุ่นยนต์ควบคุมด้วยถุงมือ 32

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผล 36

5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินงาน 36

5.1.1 ทดลองวัดค่าเซ็นเซอร์วัดความโค้งงอ flex sensor 36

5.1.2 ทดลองการรับ-ส่งข้อมูลของโมดูลสื่อสารไร้สาย 36

5.1.3 ทดลองต้นแบบการทำงานของรถหุ่นยนต์ควบคุมด้วยถุงมือ 36

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ 37

5.2.1 ปัญหา 37

5.2.2 ข้อเสนอแนะ 37

5.3 ประโยชน์ที่ได้จากโครงงาน 38

5.4 แนวทางการพัฒนา 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก 39

ภาคผนวก ก โปรแกรมวัดค่าเซ็นเซอร์วัดความโค้งงอ flex sensor 40

ภาคผนวก ข โปรแกรมทดลองภาคส่งข้อมูล (TX) 41

ภาคผนวก ค โปรแกรมทดลองภาครับข้อมูล (RX) 42

ภาคผนวก ง โปรแกรมต้นแบบถุงมือควบคุม 44

ภาคผนวก จ โปรแกรมต้นแบบระบบหุ่นยนต์ (โดยแสดงผลเป็น LED) 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ค่าความสารถในการทำงานของ nRF24L01 14
ตารางที่ 2.2 สัญญาณแต่ละเส้นของ SPI 16
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าของ flex sensor I, M และ R เมื่อเซนเซอร์อยู่ในสถานะต่างๆ
จากการทดลอง 5 ครั้ง 27
ตารางที่ 5.1 ค่าต่างๆของเซนเซอร์แต่ละตัวที่จะนำไปใช้ 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 เซนเซอร์วัดความโค้งงอ (Flex sensor) ขนาด 2.2” และ 4.5” 3
2.2 แผนผังแสดงวงจร H Bridge 4
2.3 วงจร static เมื่อเปิดสวิตช์ Q1 และ Q4 5
2.4 วงจร static เมื่อเปิดสวิตช์ Q3 และ Q2 5
2.5 ทรานซิสเตอร์ BJT และสัญลักษณ์ 6
2.6 โครงสร้างของทรานซิสเตอร์ FET 6
2.7 ความแตกต่างระหว่างทรานซิสเตอร์ BJT และ FET 6
2.8 การไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และ PNP 8
2.9 ไดโอดและสัญลักษณ์ของไดโอด 9
2.10 **ตัวอย่าง**สัญลักษณ์ของไดโอดแบบต่างๆ 10
2.11 แผนผังการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณวิทยุ 11
2.12 แผนผังการทำงานของเครื่องรับสัญญาณวิทยุ 12
2.13 โมดูลสื่อสารไร้สาย (NRF24L01) 14
2.14 ตำแหน่งของพินบนโมดูล nRF24L01 15
2.15 การสื่อสารระหว่างโมดูล nRF24L01 16
2.16 การสื่อสารแบบ SPI 17
3.1 ท่าทางของมือและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 18
3.2 ท่าทางของมือและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ (ต่อ) 19
3.3 Controller Glove Design 20
3.4 Robot Car Design 21
3.5 แผนภาพการทำงานเบื้องต้นของโปรแกรมถุงมือควบคุม 22
3.7 แผนภาพการทำงานเบื้องต้นของโปรแกรมรถหุ่นยนต์ 23
4.1 ทำการแปะชื่อเพื่อระบุ flex sensor I, M, R แทนเซ็นเซอร์ที่ใช้กับนิ้วชี้, กลาง, นางตามลำดับ..... 25
4.2 ภาพจำลองวงจรสำหรับอ่านค่า flex sensors 26
4.3 วงจรสำหรับอ่านค่า flex sensor 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.4 หน้าจอโปรแกรม และ Serial Monitor แสดงค่าของ flex sensor แต่ละตัว ณ เวลานั้นๆ 28

4.5 ภาพจำลองวงจรการส่งข้อมูล (TX) และรับข้อมูล (RX) 29

4.6 ชุดอุปกรณ์ภาคส่ง(TX) ด้วยใช้โมดูลสื่อสารแบบไร้สาย nRF24L01 (ซ้าย) 30

4.7 ชุดอุปกรณ์ภาครับ(RX) ด้วยใช้โมดูลสื่อสารแบบไร้สาย nRF24L01 (ขวา) 30

4.8 Serial monitor ที่พอร์ต COM5 ; RX เมื่อไม่ได้รับสัญญาณ 30

4.9 Serial monitor ที่พอร์ต COM7 ; TX (ซ้าย) 31

4.10 Serial monitor ที่พอร์ต COM5 ; RX เมื่อได้รับสัญญาณ (ขวา) 31

4.11 ภาพจำลองวงจรต้นแบบถุงมือควบคุม 32

4.12 ภาพจำลองวงจรต้นแบบจำลองระบบหุ่นยนต์ 33

4.13 วงจรต้นแบบถุงมือควบคุม (ซ้าย) 34

4.14 วงจรต้นแบบจำลองการทำงานหุ่นยนต์ (ขวา) 34

4.15, 4.16 และ 4.17 LED ในวงจรจำลองการทำงานหุ่นยนต์ที่แสดงผล
เมื่อ flex sensor I, M, R ตัวหนึ่งมีการโค้งงอตามลำดับ 34

4.18 และ 4.19 LED ในวงจรจำลองการทำงานหุ่นยนต์ที่แสดงผล เมื่อ flex sensor 2 ตัว ทำงานพร้อมกัน
(ในที่นี้จะเป็นเซนเซอร์ M และ R) และ 3 ตัวทำงานพร้อมกันตามลำดับ 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

จากการพัฒนาก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยี นวัตกรรมต่างๆถูกนำมาใช้งานในชีวิตประจำวันของมนุษย์ในด้านต่างๆ นับตั้งแต่การอำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตประจำวันธรรมดาทั่วไป จนถึงการทำสิ่งที่มีความยาก และซับซ้อนช่วยที่มนุษย์เราไม่อาจทำได้ด้วยตนเอง เทคโนโลยีที่รู้จักกันดีอย่างหนึ่ง คือ รถหุ่นยนต์ ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ซึ่งถูกนำมาใช้งานในหลายๆด้าน โดยรถหุ่นยนต์เหล่านี้ต่างควบคุมโดยวิธีการ และอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งอุปกรณ์ควบคุมบางชนิดมีความซับซ้อน ทำความเข้าใจในการใช้งานได้ยาก

ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ศึกษาค้นคว้า และออกแบบอุปกรณ์ควบคุมรถหุ่นยนต์ซึ่งสามารถใช้งานได้ง่าย และเข้าใจได้อย่างกว้างขวางจึงได้ให้ความสนใจกับอุปกรณ์ควบคุมที่ใช้งานผ่านลักษณะท่าทางของมือ เนื่องจากมือมนุษย์นั้นมีการเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ และแสดงท่าทางได้หลากหลาย รวมทั้งสามารถสัญลักษณ์มือที่เข้าใจกันได้ง่าย จึงได้สนใจทออกแบบหุ่นยนต์ที่สามารทำงานสัมพันธ์สอดคล้องกับท่าทางของมือในหลายรูปแบบ โดยอุปกรณ์จะอาศัยการโค้งงอของสรีระของมือผู้ใช้งานเป็นลักษณะของถุงมือ ซึ่งนอกจากการใช้งานที่เข้าใจด้ง่ายแล้วยังสามารถพัฒนาให้ควบคุมได้อย่างหลากหลายและละเอียดอ่อนตามความอิสระของมือได้ จากแนวคิดดังที่ได้กล่าวมาจึงเป็นที่มาของ *โครงงานหุ่นยนต์ควบคุมด้วยถุงมือ (Gesture Controlled Robot)*

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษา ออกแบบ และพัฒนาระบบหุ่นยนต์และอุปกรณ์ควบคุมที่ทำงานสัมพันธ์กับท่าทางของมือโดยอาศัยการโค้งงอของสรีระของมือ ในลักษณะของถุงมือควบคุม ในการควบคุมระบบโดยไร้สาย

2. เพื่อศึกษาการควบคุมระบบหุ่นยนต์ที่มีความหลากหลาย และมีการใช้งานที่สามารถเข้าใจได้ง่าย

3. เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมและหุ่นยนต์ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆได้ อาทิ หุ่นยนต์ในการสำรวจ หุ่นยนต์อุตสาหกรรม หุ่นยนต์ทางการแพทย์ ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ศึกษาทฤษฎีการเขียนโปรแกรมควบคุมเบื้องต้น ตลอดจนหลักการทำงานของอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย

2. ศึกษา และออกแบบวงจรและอุปกรณ์เซนเซอร์ที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในอุปกรณ์ถุงมือควบคุมและรถหุ่นยนต์อย่างง่าย

3. ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมซึ่งสามารถควบคุมระบบการทำงานของอุปกรณ์บนบอร์ดตัวรับข้อมูล และแสดงผลการทำงานได้อย่างสอดคล้องกับลักษณะท่าทางของมือ

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำโครงงาน

จากการทำการศึกษาค้นคว้าโครงงานที่สนใจต่างๆ จึงได้เลือกหัวข้อโครงงานเป็น *หุ่นยนต์ควบคุมด้วยถุงมือ* ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงเริ่มทำการศึกษา โดยออกแบบอุปกรณ์ควบคุมที่สามารถสั่งงานการทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ แล้วจึงออกแบบโดยได้เลือกใช้ตัวรับค่าเป็นเซนเซอร์ชนิด flex sensor หรือ เซนเซอร์วัดการโค้งงอของวัตถุ ซึ่งจากการศึกษาจึงได้นำเซนเซอร์มาใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับรับค่าจากการโค้งงอของสรีระของมือจากท่าทางการสั่งการต่างๆ ซึ่งมีการโค้งงอที่นิ้วมือ

จากนั้นค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์จะส่งผ่านอุปกรณ์สื่อสายไร้สายสำหรับส่งข้อมูล (Data transmitter) ไปยังตัวหุ่นยนต์ซึ่งมีอุปกรณ์สำหรับรับข้อมูล (Data Receiver) โดยการรูปแบบการทำงานของหุ่นยนต์นั้นจะสัมพันธ์กับท่าทางของมือผู้สั่งการซึ่งเกิดจากการวัดค่าของ flex sensor ที่แตกต่างกันตามสรีระท่าทางของมือผู้สั่งการ อาทิ เมื่องอนิ้วมือที่สั่งการมอเตอร์ข้างใดข้างหนึ่งมากขึ้นทำให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วที่มากขึ้นตามไปด้วย ทำให้รถหุ่นยนต์เลี้ยวไปด้านตรงข้ามกับมอเตอร์นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการทำงาน

2.1 เซนเซอร์วัดความโค้งงอ (Flex sensor)

เซนเซอร์วัดความโค้งงอทำงานโดยอาศัยความต้านทานของตัวเซนเซอร์ที่ต่างกันไปซึ่งแปรผันตามการโค้งงอของตัวเซนเซอร์ flex sensor ทั่วไปทำมาจากฟีนอลิกเรซินและหมึกนำไฟฟ้าเป็นฐาน และมีตัวนำที่แบ่งเป็นส่วนๆวางไว้บนด้านหนึ่งของเซนเซอร์ โดยเซนเซอร์จะทำงานเมื่อมีการโค้งงอออกจากด้านเป็นตัวนำ โดยหมึกนำไฟฟ้าบนเซนเซอร์ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทาน เมื่อเซนเซอร์ถูกงอ พื้นผิวที่นำไฟฟ้าจะถูกยืดออกตัวนำแต่ละส่วนห่างกันมากขึ้น ทำให้ความต้านทานสูงขึ้น

โดยเซนเซอร์วัดความโค้งงอทั่วไปจะมีความต้านทานทั่วไปจะอยู่ที่ 25kΩ และสูงสุดเมื่อเซนเซอร์งอ 90° โดยความต้านทานจะมีค่าประมาณ 1000kΩ และทั่วไปจะมีความยาว 2 ขนาดได้แก่ 2.2” และ 4.5” โดยในโครงงานนี้จะใช้ flex sensor ขนาด 4.5” เนื่องจากสามมารถวัดค่าได้แม่นยำกว่า และเหมาะสมกับวัตถุประสงค์

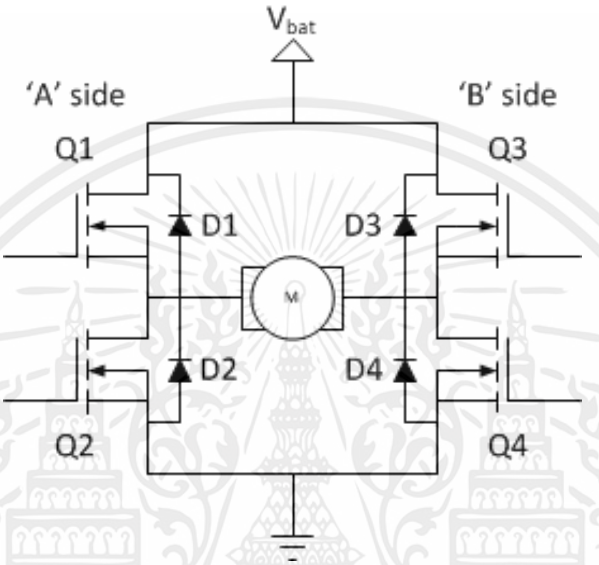
รูปที่ 2.1 เซนเซอร์วัดความโค้งงอ (Flex sensor) ขนาด 2.2” และ 4.5”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์แบบ H-bridge

2.2.1 วงจร H-bridge

วงจร H-bridge เป็นวงจรทั่วไปประกอบด้วยสวิตช์สี่ตัว โดยมีโหลด (โดยในโครงงานนี้มีโหลดเป็น DC Motor) อยู่ตรงกลาง และวงจรอยู่ในลักษณะของตัวอักษร H



รูปที่ 2.2 แผนผังแสดงวงจร H Bridge

จากรูปที่ 2.2 Q1-Q4 เป็นสวิตช์ที่มักเป็นทรานซิสเตอร์แบบ Bi-polar หรือ FET และไดโอด D1-D4 เป็น catch diode ซึ่งมักใช้เป็นไดโอดชนิด Schottky ส่วนบนของวงจรเชื่อมต่อไปยัง Power supply และที่ส่วนล่างวงจรจะต่อไปยัง ground ซึ่งโดยทั่วไปนั้นสวิตช์ทั้ง 4 สามารถเปิด-ปิดได้อย่างอิสระ โดยมีข้อจำกัดเพียงเล็กน้อย

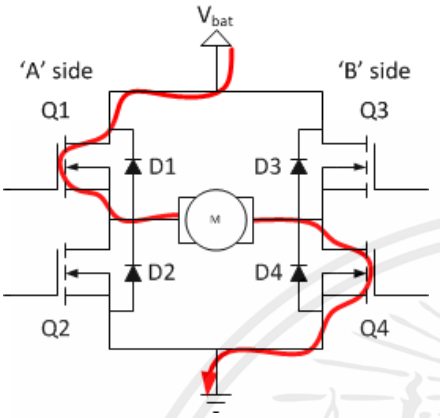
2.2.2 วงจรแบบ Static

เมื่อสวิตช์ Q1 และ Q4 เปิด power supply จะจ่ายไปยัง ด้าน A ของมอเตอร์และ ด้าน B ของมอเตอร์ จะต่อไปยัง ground ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมอเตอร์จาก A ไป B ดังรูปที่ 2.3 ทำให้ก้านเพลาของมอเตอร์หมุนไปในทิศทางหนึ่ง

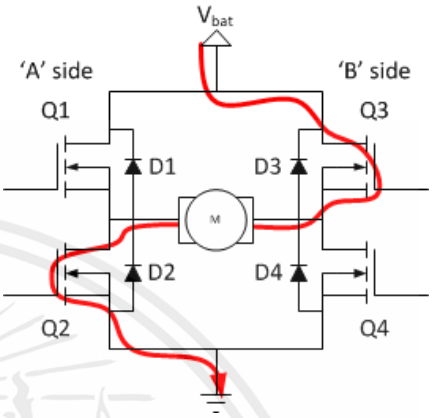
ในทางตรงกันข้าม เมื่อสวิตช์ Q2 และ Q3 เปิด การทำงานเกิดในทิศทางตรงข้าม กระแสไฟไหลจาก B ไป A ดังรูปที่ 2.4 ทำให้ก้านเพลาของมอเตอร์หมุนไปในทิศทางตรงข้าม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวงจร H bridge ไม่ควรเปิดสวิตช์ด้านเดียวกัน (Q1+Q2 หรือ Q3+Q4) โดยพร้อมกัน เนื่องจากจะทำให้ความต้านทานระหว่าง Power supply และ Ground ต่ำลงมากทำให้เกิดการลัดวงจร เรียกว่า “shoot-through” ทำให้วงจรเสียหายได้



รูปที่ 2.3 วงจร static เมื่อเปิดสวิตช์ Q1 และ Q4



รูปที่ 2.4 วงจร static เมื่อเปิดสวิตช์ Q3 และ Q2

2.3 ทรานซิสเตอร์ (transistor)

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้งานแทนหลอดสุญญากาศซึ่งมีค่าสูญเสียต่ำและประสิทธิภาพสูงกว่ามาก ทรานซิสเตอร์สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายอย่าง เช่น ใช้ขยายสัญญาณ และทำหน้าที่เป็นสวิตช์ เพื่อรักษาแรงดันไฟฟ้า เป็นต้น

หน้าที่หลักของทรานซิสเตอร์ คือ *“ขยายกระแสไฟฟ้า”* โดยการควบคุมกระแสไฟฟ้าอินพุตส่วนน้อยบริเวณขาเบส(Base : B) แล้วทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตส่วนใหญ่บริเวณขาคอลเล็กเตอร์ (Collector : C) นั่นทรานซิสเตอร์ ส่วนมากทำจากซิลิกอน ซึ่งไม่มีคุณสมบัติของตัวนำ แต่เมื่อผ่านกระบวนการ doping โดยการใส่สารเจือปนเข้าไป ทำให้สามารถรับอิเล็กตรอนอิสระนำพากระแสไฟฟ้าได้บางส่วน จึงเป็นสารกึ่งตัวนำ โดยซิลิกอนแบ่งเป็น ชนิด n (n-type) ซึ่งจะจ่ายอิเล็กตรอน และ ชนิด p (p-type) ซึ่งเป็นตัวรับอิเล็กตรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

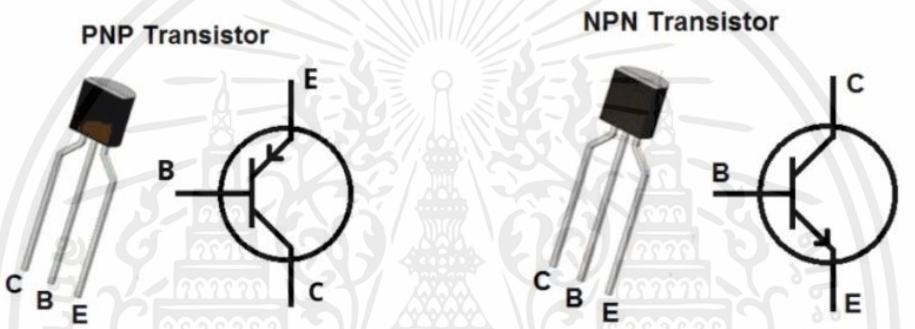
2.3.1 ประเภทของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่

1. BJT: Bipolar Junction Transistor ใช้ทั่วไป ทำหน้าที่เป็นตัวขยายสัญญาณ และเป็นสวิตช์เปิดปิด โดยทั่วไปจะมีโครงสร้าง 3 ชั้น แบ่งได้สองแบบ ได้แก่ โครงสร้างแบบ PNP และ NPN และประกอบด้วยสามขา ได้แก่ *ขาเบส (Base; B)* เป็นขาสำหรับรับสัญญาณ

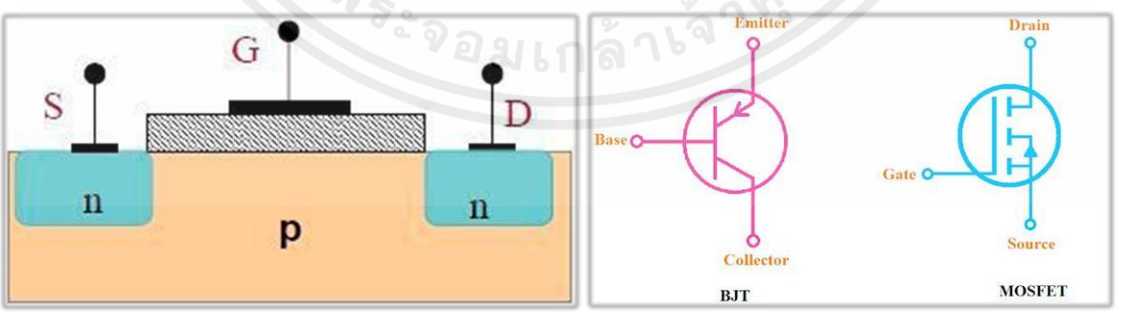
ขาอิมิตเตอร์ (Emitter; E) ขาขั้วลบ

ขาคอลเล็กเตอร์ (Collector; C) ขาขั้วบวก



รูปที่ 2.5 ทรานซิสเตอร์ BJT และสัญลักษณ์

2. FET: Field-Effect Transistor ใช้เป็นตัวขยายสัญญาณแบบไร้เสียงรบกวน ขยายสัญญาณบัฟเฟอร์ และสวิตช์อนาล็อก ซึ่งโครงสร้างอาจถูกคลือบด้วย โลหะ และ ออกไซด์ (MOSFET, MESFET) ทำให้สามารถใช้ในที่ที่มีสัญญาณรบกวนได้

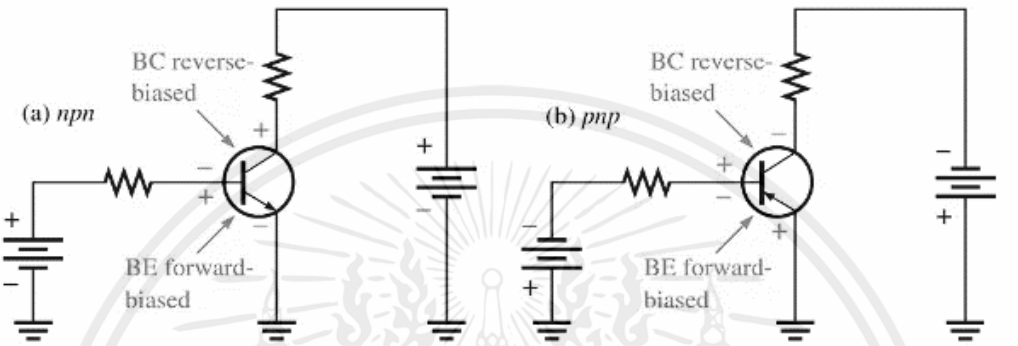


รูปที่ 2.6 และ 2.7 โครงสร้างของทรานซิสเตอร์ FET และความแตกต่างระหว่างทรานซิสเตอร์ BJT และ FET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การให้ไบแอสกับทรานซิสเตอร์

การไบแอสหรือการจัดแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสม เพื่อให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน ต้องป้อนแรงดันไฟฟ้า 2 ชุด คือ ชุดแรกจ่ายไบแอสตรงให้กับขาเบส(B)กับขาอิมิตเตอร์(E) และชุดที่สองจ่ายไบแอสกลับที่ขาคอลเล็กเตอร์ (C)เทียบกับขาอิมิตเตอร์(E) โดยที่แรงดันไฟฟ้าไบแอสกลับนี้มีค่าหลายโวลต์ หรือสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าที่ขาเบส (B)เมื่อเทียบกับขาอิมิตเตอร์(E)



รูปที่ 2.8 การไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และ PNP

การให้ไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

เป็นการให้ไบแอสแก่ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP เมื่อปรับค่าแรงดันไฟฟ้า VEE ต่ำกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าคัตอิน (ต่ำกว่า 0.7 โวลต์ สำหรับสารกึ่งตัวนำชนิดซิลิกอน) จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านรอยต่อระหว่างขาเบส(B) กับอิมิตเตอร์(E) ถึงแม้ว่ารอยต่อนี้จะได้รับแรงดันไฟฟ้าไบแอสกลับก็ตาม ส่วนรอยต่อระหว่างขาเบส(B)กับคอลเล็กเตอร์(C) ซึ่งได้รับไบแอสกลับนั้นจะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน เหมือนกับไดโอดที่ได้รับไบแอสกลับ

เมื่อปรับแรงดันไฟฟ้า V_{EE} ให้สูงกว่า 0.7 โวลต์ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านรอยต่อระหว่างขาเบสกับอิมิตเตอร์ เรียกว่า *กระแสไฟฟ้าเบส (I_B)* ไหลผ่านออกจากขั้วบวกของแบตเตอรี่ ผ่านรอยต่ออิมิตเตอร์กับเบส ออกทางขาเบสไปยังขั้วลบของแบตเตอรี่ ดังนั้น แรงดันไฟฟ้าไบแอสกลับที่ตกคร่อมระหว่างขาอิมิตเตอร์กับคอลเล็กเตอร์ จึงมีแรงเพียงพอที่จะผลักให้โฮลและอิเล็กตรอนให้ข้ามรอยต่อไปได้ จึงเกิดกระแสไฟฟ้าอีกชุดหนึ่งไหลผ่านตามค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ระหว่างขาเบสกับขาคอลเล็กเตอร์ เรียกกระแสไฟฟ้านี้ว่า *กระแสไฟฟ้าคอลเล็กเตอร์ (I_C)* และผลรวมของกระแสไฟฟ้าเบส (IB) กับกระแสไฟฟ้าคอลเล็กเตอร์ (IC) จะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขาอิมิตเตอร์ (IE) นั่นคือ $I_E = I_B + I_C$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้ไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

การจ่ายไบแอสให้กับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN จะใช้หลักการเดียวกับการให้ไบแอสทรานซิสเตอร์ชนิด PNP คือ จ่ายไบแอสตรงให้กับขาเบส และขาอิมิตเตอร์ ส่วนขาคอลเล็กเตอร์กับขาเบสจะจ่ายแรงดันไฟฟ้าไบแอสกลับ เมื่อค่าแรงดันไฟฟ้า V_{EE} มากกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าคัต – อิน จะมีกำลังมากพอ ที่จะผลักโฮลที่อยู่ในเบสให้ไหลผ่านรอยต่อระหว่างขาเบสกับขาอิมิตเตอร์เข้าไปยังอิมิเตอร์ (ขั้วลบ V_{EE})จากนั้นจะถูกศักย์ไฟฟ้าลบจากขั้วลบของ V_{EE} ดึงดูดให้วิ่งไปยัง V_{EE} และจากปรากฏการณ์นี้จึงเกิดกระแสไฟฟ้าเบส (I_B) ทำให้ศักย์ไฟฟ้าบวกค่าสูงของ V_{CC} มีกำลังสูงพอที่จะผลักโฮลในเบสให้ผ่านรอยต่อเข้าไปในอิมิตเตอร์ และถูกศักย์ไฟฟ้าลบจากแบตเตอรี่ V_{CC} ดึงดูดให้วิ่งออกจากขาอิมิตเตอร์ผ่าน V_{EE} เข้ามายังขั้วลบของ V_{CC}

เมื่อโฮลในเบสถูกผลักออกไปเข้าอิมิตเตอร์จะทำให้เบสขาดโฮล จึงแสดงอำนาจของประจุไฟฟ้าลบดึงดูดประจุไฟฟ้าบวกจาก V_{CC} ให้เคลื่อนที่ออกจากขั้วบวกของ V_{CC} ผ่านมาทางขาคอลเล็กเตอร์ผ่านรอยต่อระหว่างคอลเล็กเตอร์กับเบส เพื่อมาแทนที่โฮลในเบสที่ขาดไป แต่ก็ถูกผลักต่อให้เลยเบสไปที่อิมิตเตอร์และถูกศักย์ไฟฟ้าลบจาก V_{CC} ดึงดูดให้เข้ามายังขั้วลบ จึงเกิดเป็นกระแสไฟฟ้าคอลเล็กเตอร์ (I_C) ซึ่งมีทิศทางตรงข้ามกับทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

2.3.2 สภาวะการทำงานของทรานซิสเตอร์

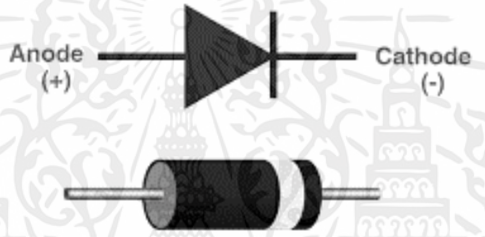
สามารถแบ่งตามสภาวะการทำงานได้ 3 สภาวะ คือ

1. สภาวะไม่นำกระแสไฟฟ้า (Cut Off) คือ สภาวะที่ไม่จ่ายแรงดันไฟฟ้าไบแอสตรงให้กับขาเบส และขาอิมิตเตอร์ (VBE) กระแสไฟฟ้าเบสจึงหยุดไหล จึงทำให้กระแสไฟฟ้าคอลเล็กเตอร์หยุดไหลด้วยเรียกอีกอย่างว่า ย่านคัตออฟ
2. สภาวะนำกระแสไฟฟ้า (Conduction) คือ สภาวะที่กระแสไฟฟ้าคอลเล็กเตอร์สามารถที่จะไหลได้ จึงทำให้กระแสไฟฟ้าเบสควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าคอลเล็กเตอร์ได้ เรียกอีกอย่างว่า ย่านทำงาน
3. สภาวะอิ่มตัว (Saturation) คือ สภาวะที่กระแสไฟฟ้าคอลเล็กเตอร์ไม่เปลี่ยนแปลงสูงขึ้น หรือมีค่าคงที่ แม้ว่ากระแสไฟฟ้าเบสจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นถึงจุด ๆ หนึ่งก็ตาม เราเรียกอีกอย่างว่า ย่านอิ่มตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ไดโอด (Diode)

ไดโอด (Diode) คือ อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ได้จากการนำสารกึ่งตัวนำชนิดพี และสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นมาต่อชนกัน เรียกว่า รอยต่อพีเอ็น (P – N Junction) คุณสมบัติของไดโอด คือ ***"ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ในทิศทางเดียว"*** วิธีการกระตุ้นให้ไดโอดทำงานจะเรียกว่า การไบแอส (Bias) ได้แก่ การให้ไบแอสตรง (Forward Bias) โดยกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านไดโอดได้ และการให้ไบแอสกลับ (Reverse Bias) จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดไม่ได้ จากคุณสมบัติที่นำกระแสไฟฟ้าในทิศทางเดียว จึงนิยมนำไดโอดมาทำเป็นตัวเรียงกระแสไฟฟ้า หรือเร็กติไฟเออร์ (Rectifier) ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง และใช้เป็นตัวแยกสัญญาณในเครื่องรับวิทยุ เป็นต้น ไดโอดมี 2 ขา คือ *ขาแอโนด(Anode ; A)* หรือขาขั้วบวก *และขาแคโทด (Cathode ; K)* หรือขาขั้วลบ



รูปที่ 2.9 ไดโอดและสัญลักษณ์ของไดโอด

2.4.1 การไบแอสไดโอด

การไบแอสไดโอด เป็นการจัดแรงดันไฟฟ้าให้ไดโอดทำงาน มี 2 ลักษณะ คือ

1. การไบแอสตรง(Forward Bias)

ทำได้โดยการต่อ แรงดันไฟฟ้าขั้วบวกของแบตเตอรี่ (Battery) เข้ากับขั้วบวก ส่วนขั้วลบต่อไปยังขั้วลบ การต่อลักษณะนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดได้ ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าที่ไบแอสนี้ต้องมีค่ามากกว่าแรงดันไฟฟ้าบริเวณรอยต่อของไดโอด จึงจะสามารถทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดได้ (ซิลิกอน 0.7 โวลต์ เจอร์เมเนียม 0.3 โวลต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การไบแอสกลับ (Reverse Bias)

ทำได้โดยการต่อแรงดันไฟฟ้าขั้วบวกของแบตเตอรี่เข้ากับขาบวก ส่วนขั้วลบต่อไปยังขาลบ ของไดโอด การต่อลักษณะนี้จะทำให้ขั้วบวกของแบตเตอรี่ดึงดูดอิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ให้ออกมาอยู่อีกด้านหนึ่งของรอยต่อ ส่วนขั้วลบของแบตเตอรี่ก็จะดึงดูดโฮลที่อยู่ในสารกึ่งตัวนำชนิดพี ให้ออกมาอยู่อีกด้านหนึ่งของรอยต่อ

2.4.2 ประเภทของไดโอด

1. Light Emitting Diode (LED) หรือไดโอดเปล่งแสง

2. Laser Diode ไดโอดเปล่งแสงที่มีความเข้มข้นสูง ใช้ในอุปกรณ์ DVD, CD และอุปกรณ์ LASER

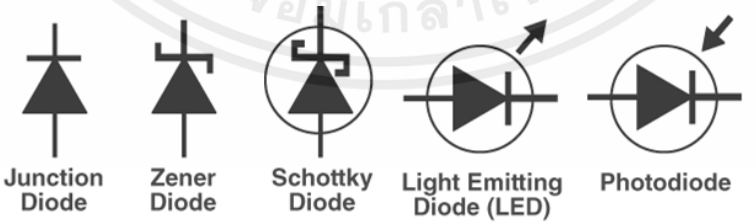
3. Avalanche Diode ไดโอดที่ทำงานที่ไบแอสกลับ มีความว่องไวในการตรวจจับสูง ใช้ตรวจจับภาพ

4. Zener Diode เป็นไดโอดที่มีประโยชน์มาก สามารถให้ความต่างศักย์อ้างอิงที่คงที่ ทังานที่ไบแอสกลับ เมื่อกระแสไหลผ่านเกิดขีดจำกัดความต้านทานจะให้ความต่างศักย์ที่คงที่

5. Schottky Diode มีแรงดันส่งน้อยกว่าชนิดอื่นๆ สามรถเห็นความเปลี่ยนแปลงได้เมื่อกระแสต่ำ มีระดับแรงดันในช่วงต่างๆตามการใช้งาน มักใช้ในวงจรเรียงกระแส

6. Photodiode สามารถตรวจจับแสงสร้างกระแสที่ผ่านขนาดเล็กมาก สามารถใช้สร้างกระแสไฟฟ้าได้ พบในโซล่าเซลล์ และตัวตรวจจับแสง

7. P-N Junction Diode (Rectifier diode) เป็นสารกึ่งตัวนำใช้เพื่อเรียงกระแส มีโครงสร้างสองชั้น ยอมให้กระแสไหลผ่านในทิศทางเดียว



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างสัญลักษณ์ของไดโอดแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 วิทยุบังคับ

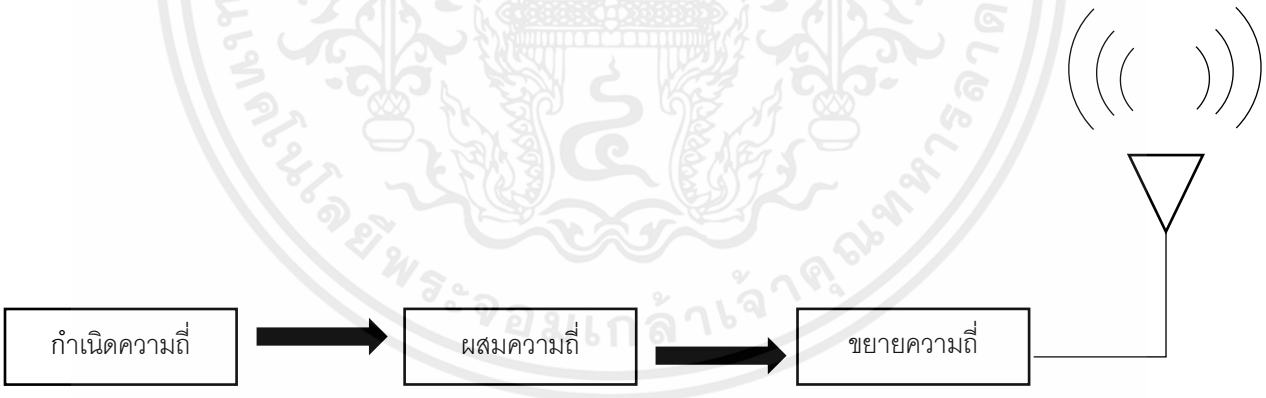
วิทยุบังคับประกอบด้วยเครื่องรับและเครื่องส่ง มีคลื่นวิทยุเป็นกลางในการส่งสัญญาณจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับ การทำงานจะเริ่มจากเครื่องส่งเป็นตัวให้กำเนิดสัญญาณ และส่งไปยังเครื่องรับ จากนั้นเครื่องรับจะทำการแยกสัญญาณควบคุมออกจากคลื่นวิทยุโดยการถอดรหัส และส่งไปยังมอเตอร์ ซึ่งมอเตอร์เปลี่ยนสัญญาณควบคุมให้เป็นพลังงานกล เพื่อให้มอเตอร์เคลื่อนไหวตามที่ต้องการบังคับ

2.5.1 หลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุบังคับ

เครื่องส่งสัญญาณจะทำการผสมคลื่น ซึ่งจะนำสัญญาณข่าวสาร(Signal Frequency) กับคลื่นพาหะความถี่สูง จากนั้นส่งไปยังเครื่องรับ ซึ่งจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. สัญญาณข่าวสาร (Signal Frequency)
2. สัญญาณคลื่นพาห์ (Carrier Signal)
3. ตัวผสมสัญญาณ (Modulator or Mixer)

เครื่องส่งสัญญาณวิทยุเครื่องหนึ่งจะแบ่งเป็นภาคต่างๆ ดังรูป



รูปที่ 2.11 แผนผังการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) กำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ (RF Source)

เมื่อสัญญาณ RF ออกจากวงจรออสซิลเลเตอร์(เป็นวงจรที่มีผลึกแร่บังคับความถี่ หรือ คริสตัลอยู่ในวงจร) แล้วส่งไปผสมกับสัญญาณที่ได้รับ โดยมีวงจรผสมกับสัญญาณเป็นภาคผสมคลื่น แล้วขยายสัญญาณให้มีกำลังแรงขึ้น เพื่อป้อนเข้าสายอากาศแล้วส่งต่อไป

2) การผสมคลื่น (Modulation)

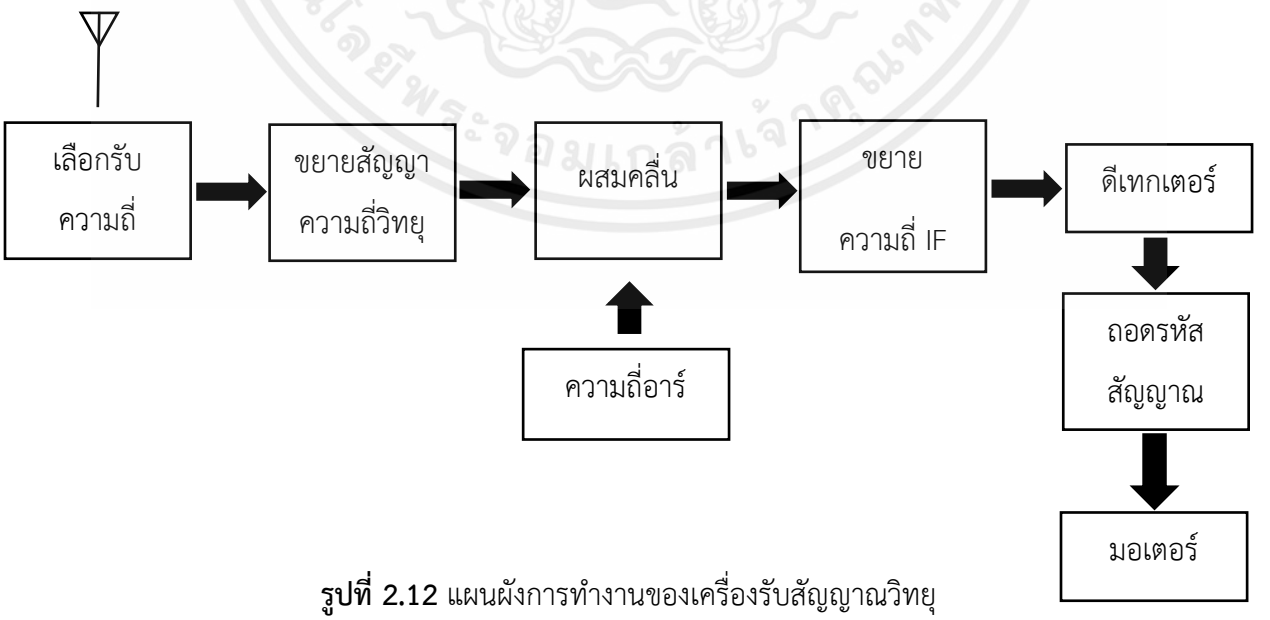
เพื่อให้สัญญาณควบคุมสามารถเดินทางได้ไกลขึ้น จึงต้องมีการผสม ของสัญญาณควบคุม ที่ไม่สามารถเดินทางไปได้ไกลได้ กับสัญญาณความถี่วิทยุที่สามารถเดินทางไปได้ไกล ซึ่งการผสมคลื่นเรียกว่า มอดูเลชั่น(Modulation) และการผสมคลื่นที่เป็นที่นิยมมีอยู่ 2 แบบ ได้แก่

2.1) การผสมคลื่นทางความสูง (AM : Amplitude Modulation) คือ การนำความถี่เสียงมาผสมกับความถี่วิทยุ และความถี่วิทยุนั้นมีการเปลี่ยนแปลงความแรงตามความถี่เสียงที่เข้ามาผสม

2.2) การผสมคลื่นทางความถี่ (FM : Frequency Modulation) คือ การนำความถี่เสียง (AF) ผสมกับความถี่วิทยุ (RF) ซึ่งความถี่ของคลื่นวิทยุจะเปลี่ยนแปลงตามความถี่เสียงที่ควบคุม

2.5.2 หลักการทำงานของเครื่องบังคับวิทยุ

จากรูป 2.13 เมื่อสัญญาณวิทยุจากเครื่องส่งมายังเครื่องรับ มีการผ่านกระบวนการต่างๆ โดยเริ่มจากการขยายสัญญาณให้มีขนาดสูงขึ้น ผสมกับความถี่จากวงจรออสซิลเลเตอร์ได้เป็นความถี่ (Intermediate Frequency : IF) แล้วไปสู่การขยายเซรามิกฟิลเตอร์จนไปถึงดีเทกเตอร์ และส่งเข้าไอซีที่ทำหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณ แล้วส่งออกไปยังมอเตอร์ต่อไป เครื่องรับสัญญาณวิทยุเครื่องหนึ่งจะแบ่งเป็นภาคต่างๆ ดังรูป



รูปที่ 2.12 แผนผังการทำงานของเครื่องรับสัญญาณวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การเลือกรับความถี่

วงจรจูนเนอร์ คือวงจรได้ทำหน้าที่เลือกรับความถี่ที่ต้องการให้เข้ามาในเครื่องรับวิทยุ ซึ่งมีวงจรจูนเนอร์นั้นประกอบด้วยขดลวด และคาปาซิเตอร์

2) การขยายสัญญาณความถี่วิทยุ

การขยายสัญญาณเกิดขึ้นเพราะต้องการให้สัญญาณวิทยุที่เดินทางมาถูกขยายให้มีกำลังสูงขึ้น เพื่อให้เพียงพอในการผสมกับสัญญาณวงจร Radio Frequency Amplifier (RF) ออสซิลเลเตอร์ โดยเริ่มจากการที่สัญญาณวิทยุเดินทางผ่านอากาศมาจนกระทบสายอากาศที่เป็นตัวนำเส้นเดียว ผ่านวงจรขยายความถี่สูง และไปผสมกับสัญญาณ RF ในส่วนถัดไป

3) การเกิดความถี่วิทยุ

การเกิดสัญญาณความถี่วิทยุในข้อนี้นั้นจะแตกต่างจากความถี่ของเครื่องส่งวงจร ซึ่งจะเป็นความถี่ที่เกิดจากวงจรออสซิลเลเตอร์ แบบควบคุมความถี่จากแร่ จะสร้างความถี่ขึ้นมาความถี่เดียวและความถี่นั้นจะผลต่างความถี่ที่รับเข้ามาเป็น 455 kHz และนำไปผสมคลื่นในส่วนถัดไป

4) การผสมคลื่น

การผสมคลื่นจากการนำการขยายสัญญาณความถี่วิทยุ (ในข้อที่ 2.2) มาผสมกับสัญญาณวิทยุ RF (ในข้อที่ 2.3) ผลลัพธ์ที่ได้คือค่าความถี่ของ Intermediate Frequency (IF) ดังนี้

1. วงจรจูนเนอร์ จะทำการเลือกความถี่ (RF) ที่ต้องการ
2. วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) จะทำการสร้างความถี่ขึ้นจากเครื่องรับ

นำสัญญาณของทั้ง 2 ข้อมารวมกัน จะได้ผลบวก

$$Mixer = Osc + RF$$

นำสัญญาณของทั้ง 2 ข้อมาหักล้างกัน จะได้ผลต่าง

$$Mixer = Osc - RF$$

ผลต่างที่ได้นั้นจะมีค่าอยู่ที่ 455 kHz ซึ่งจะเป็นค่าความถี่กลาง (IF) และความถี่ทั้งหมดจะถูกกรองโดยเซอร์รามิคฟิลเตอร์ โดยจะกรองเฉพาะความถี่ 455 kHz เท่านั้นที่สามารถผ่านได้ เรียกความถี่นั้นว่าความถี่กลาง (IF) และทำการส่งไปยังส่วนถัดไป

5) การขยายความถี่ IF (Intermediate Frequency Amplifier)

ความถี่ที่ถูกส่งมานั้น จะส่งมายังวงจรขยายแบบจูนแอมปลิฟายเออร์ โดยจะมีการกำหนดย่านความถี่ที่สามารถผ่านได้ และทำการขยายความถี่ IF 455 kHz ให้มีกำลังสูงขึ้น และส่งไปยังส่วนถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) การตรวจจับสัญญาณ

เมื่อทำการขยายความถี่ IF แล้ว สัญญาณจะถูกตรวจจับ สัญญาณที่ถูกตรวจจับจะมีรูปร่างเหมือนกับสัญญาณ Encoder ของเครื่องส่ง แล้วทำการส่งไปยังวงจรเข้ารหัสต่อไป

7) การถอดรหัสสัญญาณ

ในส่วนนี้จะทำการถอดรหัสสัญญาณและแยกการควบคุมแต่ละช่องของสัญญาณได้ตามต้องการ

2.6 โมดูลสื่อสารไร้สาย (nRF24L01)

รูปที่ 2.13 โมดูลสื่อสารไร้สาย (NRF24L01)

เป็นโมดูลที่สามารถใช้ได้ทั้งเป็นตัวรับและตัวส่งข้อมูล โดยที่มีคลื่นความถี่ 2.4 GHz สามารถใช้สื่อสารได้ไกลถึง 100 เมตร อุปกรณ์นี้ประกอบด้วย ตัวปล่อยความถี่ ตัวควบคุมคลื่น ตัวขยายสัญญาณ ตัวแยกสัญญาณ

Frequency range	2.4 – 2.5GHz ISM band
Data rates	250Kbps / 1Mbps / 2Mbps
Max. output power	0dBm
Operating voltage	1.9 – 3.6V
Max. operating current	12.3mA
Standby current	22μA
Logic inputs	5V tolerant
Communication range	100m (open space)

ตารางที่ 2.1 ค่าความสารถในการทำงานของ nRF24L01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.14 ตำแหน่งของพินบนโมดูล nRF24L01

โมดูลสื่อสารไร้สาย nRF24L01 มีขาพิน 8 พินจัดวางดังภาพที่ 2.15 โดยแต่ละพินจะทำหน้าที่ต่างๆ ดังนี้

PIN_GND มีหน้าที่เป็นกราวด์ของระบบ

PIN_VCC มีหน้าที่เป็นแหล่งพลังงาน ใช้แรงดันไฟฟ้า 3.3 โวลต์

PIN_CE (chip enable) มีหน้าที่เป็นขาอินพุต ที่เปิดการควบคุมการรับ และส่งข้อมูลของอุปกรณ์

PIN_CSN (chip Select Not) มีหน้าที่เป็นขาที่รับหรือส่งคำสั่ง SPI สื่อสารระหว่างตัวโมดูลและไมโครคลอโทรลเลอร์ เมื่อถูกตั้งค่าไว้ที่ LOW SPI จะถูกปิด ทำให้อุปกรณ์กลายเป็นตัวรับสัญญาณ

PIN_SCK (Serial Clock) มีหน้าที่เป็นตัวสร้างสัญญาณพัลส์ เพื่อสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตามสัญญาณพัลส์

PIN_MOSI (Master Out Slave In) มีหน้าที่ส่งข้อมูลด้วยSPI ให้โมดูลเป็นตัวรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์

PIN_MISO (Master In Slave Out) มีหน้าที่ข้อมูลที่ส่งด้วยSPI ถูกรับโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

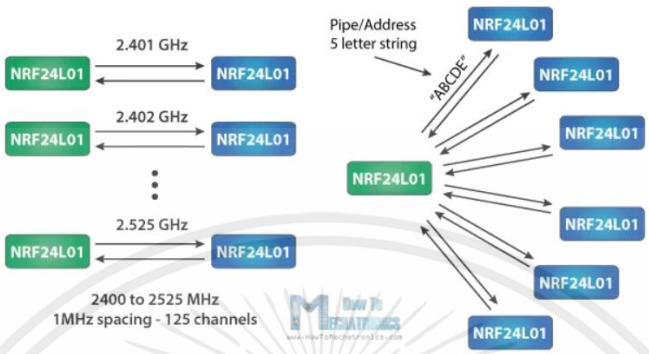
PIN_IRQ (Interrupt Pin) มีหน้าที่เป็นพินที่จะสร้างตัว Interrupt ทุกครั้งที่ได้รับSPIชุดใหม่ และใช้เพื่อส่งข้อมูลตอบกลับไปยังตัวส่ง

2.6.1 หลักการทำงาน

ช่องสัญญาณความถี่ RF โมดูลNRF24L01 รับส่งข้อมูลในความถี่จำเพาะ เรียกว่าช่องสัญญาณ ในการใช้โมดูลในการสื่อสารมากกว่า2ตัว โมดูลนั้นต้องอยู่ในช่องสัญญาณเดียวกัน ช่องสัญญาณเหล่านี้มีความถี่อยู่ระหว่าง 2.400-2.525 GHz โมดูลนี้สามารถมีช่องสัญญาณได้ 125 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้โมดูลหลายตัวในการรับ-ส่ง ช่องสัญญาณแต่ละช่องจะถูกแบ่งข้อมูลเป็น 6 เส้นทาง เรียกว่า Data Pipes โดยแต่ละ Data Pipes จะมี adders ของตัวเอง เรียกว่า Data Pipes adders โดยมี Data Pipes 1 ช่องสัญญาณ ที่สามาถรับข้อมูลได้ ในเวลาหนึ่ง



รูปที่ 2.15 การสื่อสารระหว่างโมดูล nRF24L01

2.6.2 การสื่อสารแบบ SPI Bus (Serial Peripheral Interface Bus)

การสื่อสารระหว่างบอร์ด Arduino 2 บอร์ดของโครงงานนี้ ใช้การสื่อสารแบบ SPI Bus (Serial Peripheral Interface Bus) โดยจะส่งข้อมูลทีละบิต (Bit Serial) และใช้สัญญาณ Clock เป็นตัวกำหนดจังหวะการทำงาน และกำหนดบทบาทของอุปกรณ์โดยมี SPI Master และ SPL Slave

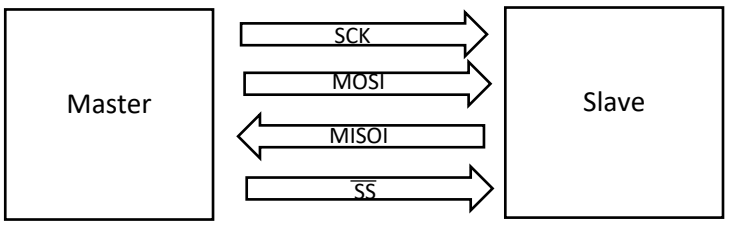
SPI Master จะเริ่มสื่อสารข้อมูลและสร้างสัญญาณ Clock (SCK) มากำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูล

SPI Slave จะตอบสนองข้อมูลของ SPI Master

โดย SPI ใช้สัญญาณ 4 เส้น ได้แก่

SCK (Serial Clock)	สัญญาณ CLK ที่ถูกสร้างจาก SPI Master
MOSI (Master-Out Slave-In)	สัญญาณสำหรับส่งข้อมูลบิตออกจาก SPI Master ไปยัง SPI Slave
MISO (Master-In Slave-Out)	สัญญาณสำหรับส่งข้อมูลบิตออกจาก SPI Slave ไปยัง SPI Master
$\overline{SS}$ (Slave Select, Active-Low)	สัญญาณจาก SPI Master เพื่อระบุว่าต้องการสื่อสารกับ SPI Slave หรือไม่

ตารางที่ 2.2 สัญญาณแต่ละเส้นของ SPI



รูปที่ 2.16 การสื่อสารแบบ SPI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการออกแบบและขั้นตอนการทำงาน

3.1 แนวคิดและการออกแบบ

3.1.1 แนวคิดหลักการการทำงาน

แนวคิดหลักในการทำโครงงานนี้ คือ ต้องการวิธีการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ด้วยวิธีการที่สามารถเข้าใจได้ง่าย แปลกใหม่ รวมถึงสามารถแสดงผลได้อย่างหลากหลาย ด้วยเหตุดังกล่าวผู้จัดทำจึงได้พิจารณาจากการทำงานของมือของมนุษย์ ซึ่งเป็นอวัยวะที่สามารถทำงานได้อย่างหลากหลาย และคล่องแคล่ว รวมถึงเป็นเรื่องที่เข้าใจกันได้อย่างกว้างขวาง

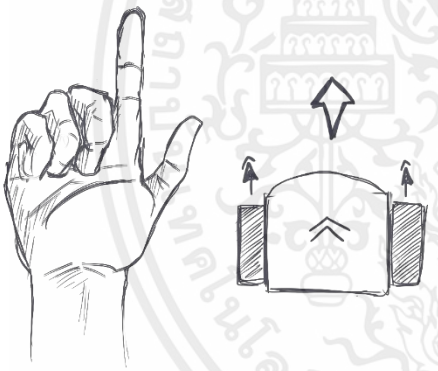
ผู้จัดทำจึงได้พิจารณาถึงท่าทางต่างๆของมือ มานำพิจารณาเพื่อใช้ในการแปลงผลเป็นข้อมูลเพื่อนำไปควบคุมลักษณะการเคลื่อนที่ในรูปแบบต่างๆของหุ่นยนต์ผ่านระบบการสื่อสารไร้สาย โดยใช้บอร์ด Microcontroller เป็นระบบรับและประมวลผลข้อมูลจากท่าทางของมือ และสั่งการแสดงผลการทำงานของตัวหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

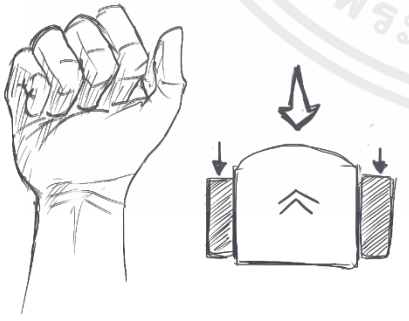
3.1.2 ออกแบบการทำงาน

เบื้องต้นเพื่อแปลงลักษณะท่าทางในของมือเป็นสัญญาณที่ใช้เพื่อควบคุมระบบของหุ่นยนต์ จึงเริ่มพิจารณาจากลักษณะท่าทางต่างๆของมือ พบว่าในการแสดงท่าทางของมือเพื่อใช้ในการทำงานต่างๆ อาทิ การหยิบ จับวัตถุ ไปจนถึงการทำสัญลักษณ์มือ ดังนั้นจะอาศัยการโค้งงอของแต่ละนิ้วในรูปแบบต่างๆ เพื่อแสดงท่าทางให้สัมพันธ์เหมาะสมต่อวัตถุประสงค์ในการทำงาน เพื่อแปลงผลจากท่าทางของมือเป็นข้อมูล

โดยการทำงานจะใช้การวัดค่าความโค้งงอที่แตกต่างกันในแต่ละนิ้วเพื่อแสดงผลแทนแต่ละท่าทางของมือ และเพื่อวัดความโค้งงอของนิ้ว จึงได้ใช้อุปกรณ์สำหรับวัดการโค้งงอเรียกว่า flex sensor มาใช้งาน โดย flex sensor จะถูกตีดตั้งไว้ที่นิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วนางนิ้วละตัวโดยเซนเซอร์แต่ละตัวจะติดไว้บนถุงมือ เพื่อวัดการโค้งงอสำหรับแต่ละนิ้วเพื่อแสดงผลในแบบต่างๆกัน โดยท่าทางแต่ละท่าทางในการแสดงผลนั้น ควรจะเป็นท่าทางที่สามารถทำได้ไม่ยาก ซึ่งในการควบคุมแต่ละท่าทาง จะแสดงผลดังนี้



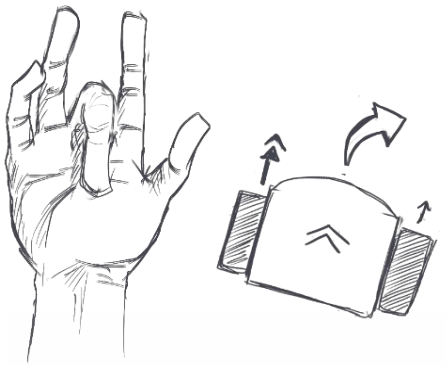
เมื่อมือแสดงลักษณะชี้ไปข้างหน้า โดยนิ้วชี้ชี้ตรง นิ้วกลางและนิ้วนางงอเข้า จะทำให้ DC มอเตอร์ทั้ง 2 ทำงานด้วยความเร็วเท่ากัน ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า



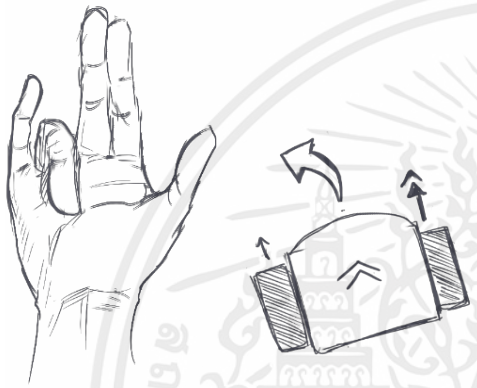
เมื่อทุกนิ้วงอเข้าหาตัว ในลักษณะคล้ายกับกำมือ โดยนิ้วชี้ กลาง และนางงอเข้าทั้งหมด DC มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวจะหมุนในทิศทางตรงข้ามจากปกติ ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ถอยหลัง

รูปที่ 3.1 ท่าทางของมือและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เมื่อทำการงอนิ้วกลางเพียงนิ้วเดียว โดยนิ้วชี้และนิ้วนางคลายออก จะสั่งการให้ DC มอเตอร์ฝั่งซ้ายหมุนด้วยความเร็วสูงกว่ามอเตอร์ฝั่งขวาของหุ่นยนต์ ทำให้หุ่นยนต์เลี้ยวขวา



เมื่อทำการงอนิ้วนาง โดยนิ้วชี้และนิ้วกลางคลายออก จะสั่งการให้ DC มอเตอร์ฝั่งขวาหมุนด้วยความเร็วสูงกว่ามอเตอร์ฝั่งซ้ายของหุ่นยนต์ ทำให้หุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย

รูปที่ 3.2 ท่าทางของมือและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ (ต่อ)

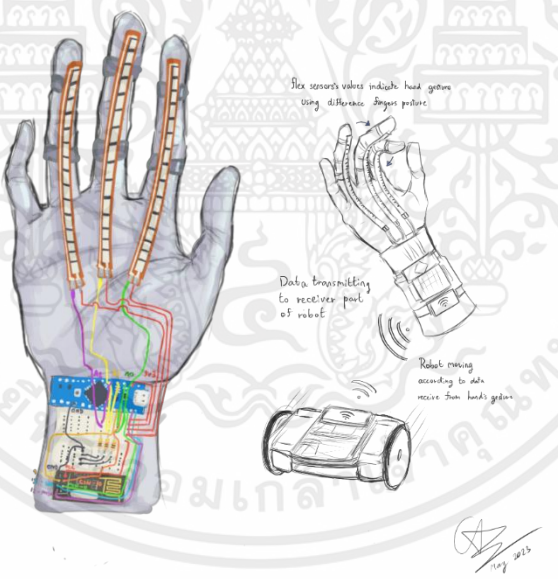
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ออกแบบถุงมือควบคุม

ส่วนของถุงมือควบคุมสามารถแบ่งส่วนหลักๆได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนวัดค่าการโค้งงอของนิ้ว และส่วนไมโครคอนโทรเลอร์สำหรับรับค่าและส่งข้อมูล โดย

ส่วนวัดค่าการโค้งงอของนิ้ว จะเป็นส่วนที่อยู่บริเวณนิ้วมือ โดยจะมี*เซนเซอร์วัดความโค้งงอ (flex sensor)* ขนาด 4.5 นิ้ว ทำหน้าที่ในการวัดค่าความโค้งงอที่นิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วนาง และป้อนสัญญาณขาเข้า เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนของ*ไมโครคอนโทรเลอร์ (Microcontroller unit; MCU)* จะติดตั้งไว้บริเวณข้อมือโดยจะใช้บอร์ดควบคุม Arduino NANO ซึ่งมีขนาดเล็ก สำหรับเป็นหน่วยกลางการควบคุม โดยจะรับสัญญาณขาเข้ามาจากส่วนวัดความโค้งงอ และจะนำข้อมูลส่งไปยัง*ตัวส่งข้อมูล (transmitter)* ซึ่งจะใช้*โมดูลสื่อสารไร้สาย nRF24L01 ความถี่ 2.4 GHz* เป็นอุปกรณ์สำหรับส่งสัญญาณข้อมูลไปยัง*ตัวรับข้อมูล (Receiver)* ที่ตัวหุ่นยนต์ โดยจะมีการติดตั้งสวิตช์สำหรับเปิด-ปิดการทำงานได้ตามต้องการ



รูปที่ 3.3 Controller Glove Design

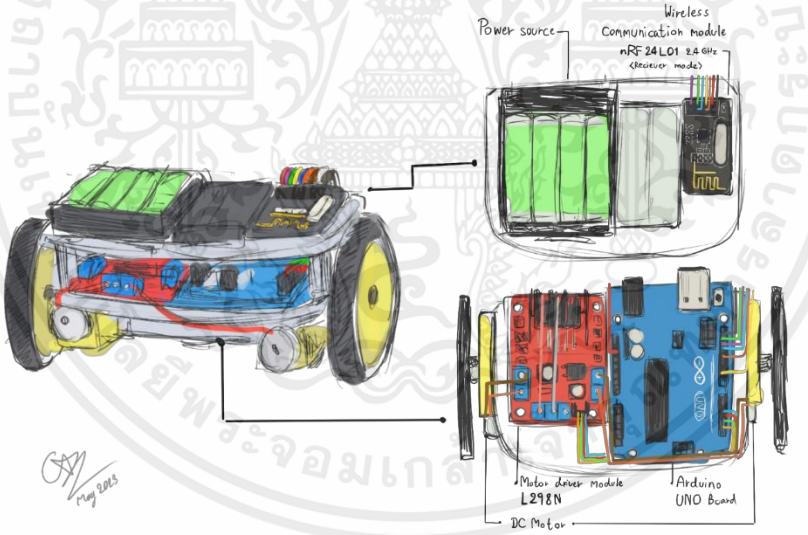
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 ออกแบบรถหุ่นยนต์

ส่วนของรถหุ่นยนต์สามารถแบ่งเป็นส่วนหลักๆได้ 2 ส่วน คือ วงจรรับสัญญาณและประมวลผลสัญญาณ วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ ซึ่งมีส่วนประกอบและหน้าที่ดังนี้

ส่วนวงจรรับสัญญาณและประมวลผลสัญญาณ ใช้อุปกรณ์รับสัญญาณเป็น*โมดูลสื่อสารไร้สาย nRF24L01, 2.4 GHz* โดยอุปกรณ์จะตั้งค่าเป็น*ตัวรับข้อมูล (Receiver)* ทำหน้าที่รับสัญญาณถุงมือควบคุม เพื่อรับค่าสัญญาณที่ได้จากตัวส่งสัญญาณแล้วส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้เป็นบอร์ดควบคุม Arduino UNO ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณที่ได้ไปประมวลผลผ่านโปรแกรมที่เขียนไว้ และส่งสัญญาณขาออกไปยังส่วนควบคุมมอเตอร์ต่อไป

ในส่วนของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์นั้นจะประกอบด้วย วงจรควบคุมการหมุนของมอเตอร์แบบ H-Bridge เป็น*วงจรควบคุมมอเตอร์ L298N* ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และรักษาระดับแรงดันให้เพียงพอในการขับเคลื่อนมอเตอร์ และควบคุมทิศทางการทำงานของมอเตอร์ให้วิ่งไปในทิศทางที่ต้องการ และมี*มอเตอร์ DC* สำหรับขับเคลื่อนล้อของรถหุ่นยนต์ และวงจรของมอเตอร์นี้จะต่อจากแหล่งจ่ายพลังงาน

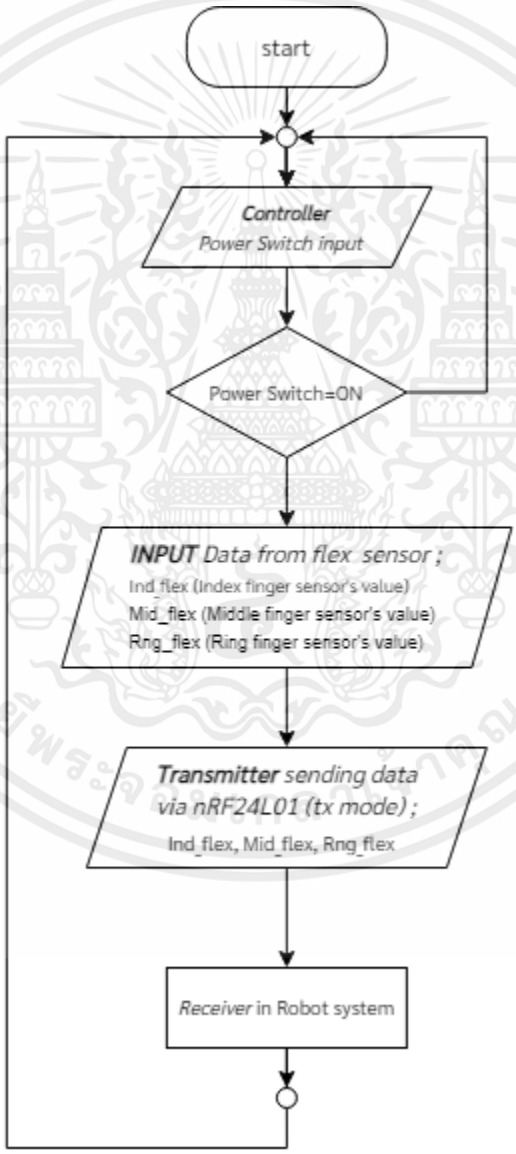


รูปที่ 3.4 Robot Car Design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

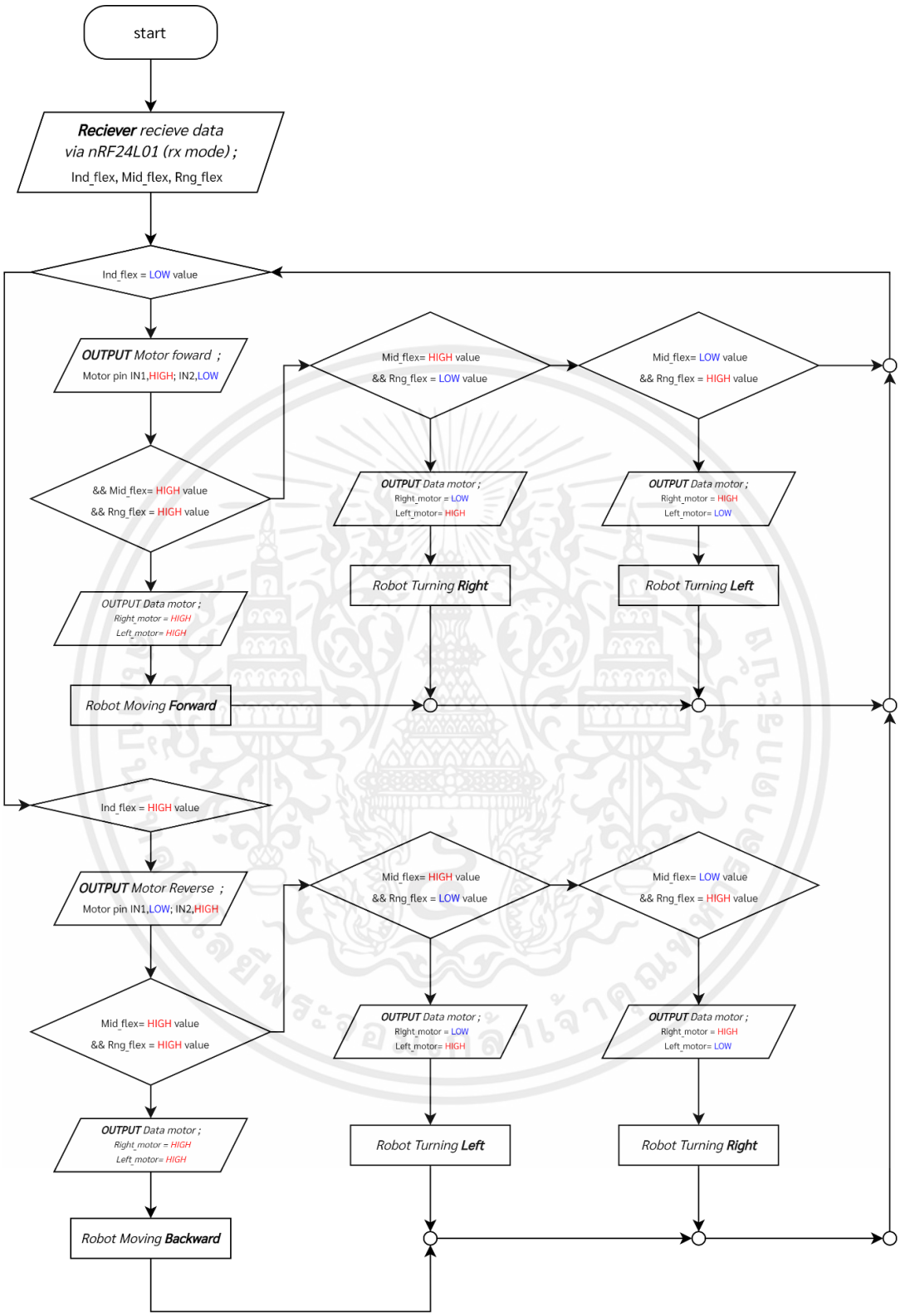
3.1.5 ออกแบบโปรแกรมในการทำงาน

เขียนแผนผังสำหรับภาพรวมในการเขียนโปรแกรมในการทำงาน โดยรับค่าเป็นสัญญาณขาเข้าจากเซ็นเซอร์วัดความโค้งงอ 3 ตัวที่นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง มาเทียบค่าเพื่อหาลักษณะท่าทางของมือ และการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ในท่าทางนั้นๆ โดยลักษณะท่าทาง และการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในแบบต่างๆ แล้วนำมาเขียนแผนผังการทำงานของถุงมือควบคุม และตัวรถหุ่นยนต์อย่างง่าย โดยได้แผนผังการทำงาน (Flowchart) เป็นหลักการทำงานอย่างง่าย ดังแผนภาพการทำงาน



รูปที่ 3.5 แผนภาพการทำงานเบื้องต้นของโปรแกรมถุงมือควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แผนภาพการทำงานเบื้องต้นของโปรแกรมรถหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในการออกแบบการทำงาน วงจรควบคุม และหุ่นยนต์ รวมทั้งโปรแกรมระบบการทำงานของทั้งตัวควบคุม และหุ่นยนต์นั้น เป็นเพียงการวางแผนการในการทำงานเบื้องต้น เพื่อให้สามารถเข้าใจขั้นตอน วิธีการดำเนินงาน ให้สามารถปฏิบัติการทำงานได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสามารถมีการปรับเปลี่ยนตามความเหมาะสมถูกต้องและเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ต่อไป

3.2 ขั้นตอนการทำงาน

1. ศึกษาและออกแบบหลักการทำงานเบื้องต้น รวมทั้งศึกษาอุปกรณ์ของแต่ละส่วนประกอบที่นำมาใช้งาน

2. ออกแบบถุงมือควบคุม รถหุ่นยนต์ และโปรแกรมที่ใช้ในแต่ละส่วนให้สอดคล้องกับการทำงานท่ต้องการ

3. ทดลองการทำงานของอุปกรณ์และระบบในแต่ละส่วน ทำการตรวจสอบผลการทำงานและปรับปรุงให้เหมาะสม

4. เมื่อระบบและอุปกรณ์ต่างๆทำงานได้อย่างเหมาะสมแล้ว นำอุปกรณ์ประกอบเข้าด้วยกันเป็นต้นแบบถุงมือควบคุม และรถหุ่นยนต์ แล้วทำการทดสอบโดยรวม

5. ตรวจสอบผลการทำงานและปรับปรุงให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

ในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองที่ได้ จากการทดลองอุปกรณ์ต่างๆที่นำมาใช้ในโครงงาน เพื่อทำความเข้าใจวิธีการและหลักการการทำงานของอุปกรณ์ เพื่อให้สามารถนำอุปกรณ์ต่างๆมาประยุกต์ใช้งานในโครงงานได้อย่างถูกต้อง และเป็นไปตามวัตถุประสงค์ อุปกรณ์ที่นำมาใช้เป็นหลักนั้น ได้แก่ เซ็นเซอร์วัดความโค้งงอ flex sensor และ โมดูลสื่อสารไร้สาย nRF24L01 โดยจะมีเนื้อหาการทดลอง ดังต่อไปนี้

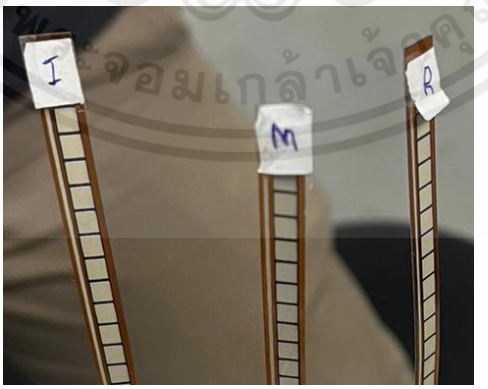
4.1 ทดลองวัดค่าเซ็นเซอร์วัดความโค้งงอ flex sensor

อุปกรณ์การทดลอง

1. เซ็นเซอร์วัดความโค้งงอ (flex sensor) 4.5” 3 ตัว
2. ตัวต้านทานขนาด 15 kΩ 3 ตัว
3. บอร์ด Arduino UNO 1 ชิ้น
4. โปรโตบอร์ด 1 ชิ้น

วิธีการทดลอง

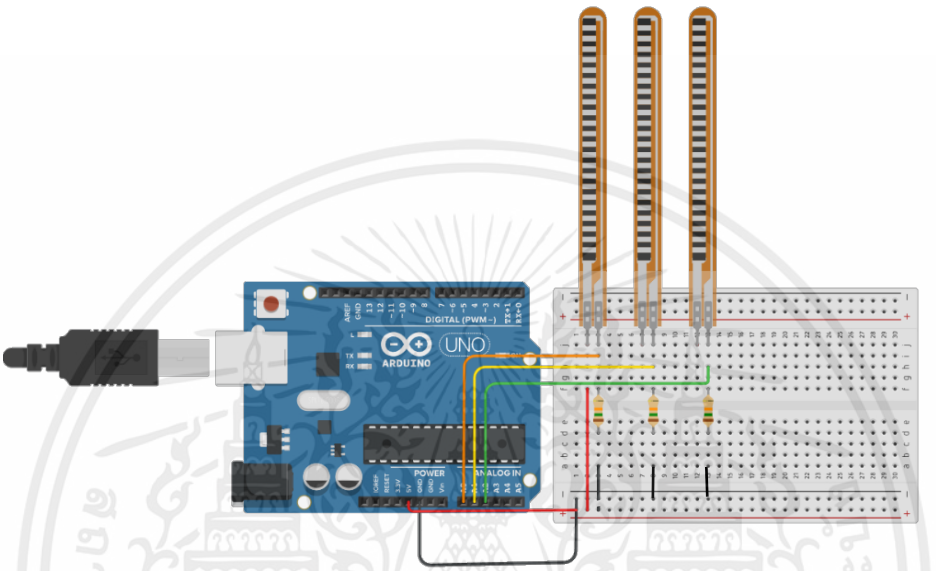
นำ flex sensor ทั้ง 3 ตัวมาทำการ ระบุตัวเซนเซอร์แต่ละตัวเป็นเซ็นเซอร์ I, M, R (แทนนิ้วชี้ว, นิ้วกลาง , นิ้วนาง ; Index, Middle, Ring finger’s sensor ตามลำดับ) เพื่อให้สามารถบันทึก และระบุค่าของเซนเซอร์แต่ละตัวได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 4.1 ทำการแปะชื่อเพื่อระบุ flex sensor I, M, R แทนเซ็นเซอร์ที่ใช้กับนิ้วชี้, กลาง, นางตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการต่อวงจรโดยจะใช้ pin 5 V ของ Arduino UNO ต่อไปยังขาบวกของ flex sensor แต่ละตัว ส่วนขาลบของ flex sensor แต่ละตัวนั้นจะต่อไปยัง Analog pin ของบอร์ด Arduino โดยเซ็นเซอร์ I, M, R จะต่อไปยัง pin A0, A1 และ A2 ตามลำดับ และแต่ละตัวจะต่อไปยังตัวต้านทาน 15 kΩ เซ็นเซอร์ละตัวซึ่งจะถูกต่อไปยังกราวนด์ของระบบ



รูปที่ 4.2 ภาพจำลองวงจรสำหรับอ่านค่า flex sensors

จากนั้นทำการเขียน *โปรแกรมสำหรับอ่านค่า flex sensors* ลงในบอร์ด Arduino UNO ให้เซนเซอร์แต่ละตัวให้แสดงผลออกมาเป็นค่าที่เซนเซอร์ที่วัดได้ ณ ขณะ นั้นๆ ซึ่งจะแสดงบน serial monitor ของโปรแกรม จากนั้นทำการงอ flex sensor ให้การโค้งงอมากที่สุด และปล่อยในสถานะปกติ โดยทำการปล่อย และงอเซนเซอร์ 5 ครั้ง และทำการอ่านและบันทึกค่าเซ็นเซอร์บน Serial monitor ในแต่ละครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

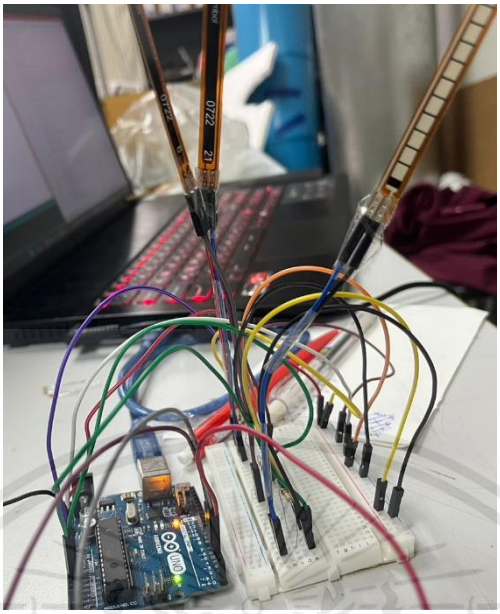
ผลการทดลอง

จากการทดลองมือทำการต่อวงจรสำหรับ flex sensors ตามวิธีการทดลอง และทำการอัพโหลดโปรแกรมสำหรับอ่านค่า flex sensor ไปยังบอร์ด Arduino UNO แล้ว เมื่อทำการเปิดหน้า Serial Monitor ของโปรแกรม จะมีการแสดงค่าของ flex sensor I, M และ R ในสถานะปกติอย่างต่อเนื่อง และเมื่อทำการงอเซ็นเซอร์แต่ละตัวจนสุด ค่าของเซ็นเซอร์จะมีค่าสูงขึ้นจนถึงจุดหนึ่งแล้วจึงคงที่ โดยค่าเซ็นเซอร์แต่ละตัวที่วัดได้แต่ละครั้งเป็นดังตารางที่ 4.1

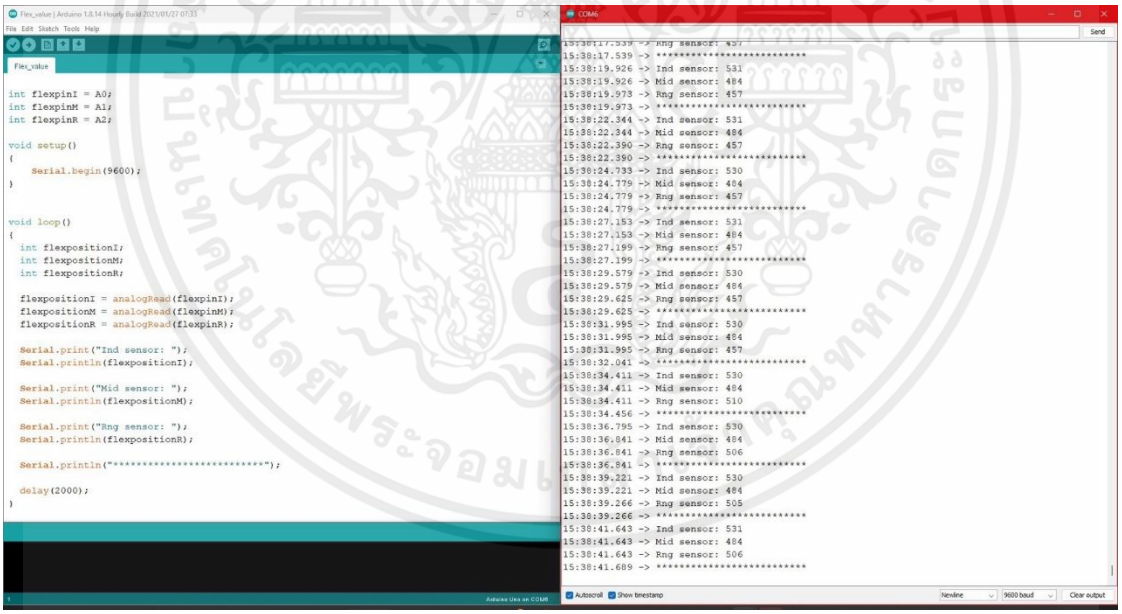
ทดลองครั้งที่	ค่าที่วัดได้เมื่อ	Flex sensor I	Flex sensor M	Flex sensor R
1	ปกติ	530	475	469
	งอสุด	704	684	655
2	ปกติ	528	485	469
	งอสุด	715	704	660
3	ปกติ	518	482	470
	งอสุด	712	706	636
4	ปกติ	538	490	481
	งอสุด	715	712	652
5	ปกติ	526	484	494
	งอสุด	727	724	657

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าของ flex sensor I, M และ R เมื่อเซนเซอร์อยู่ในสถานะต่างๆ จากการทดลอง 5 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 วงจรสำหรับอ่านค่า flex sensor



รูปที่ 4.4 หน้าจอโปรแกรม และ Serial Monitor แสดงค่าของ flex sensor แต่ละตัว ณ เวลานั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

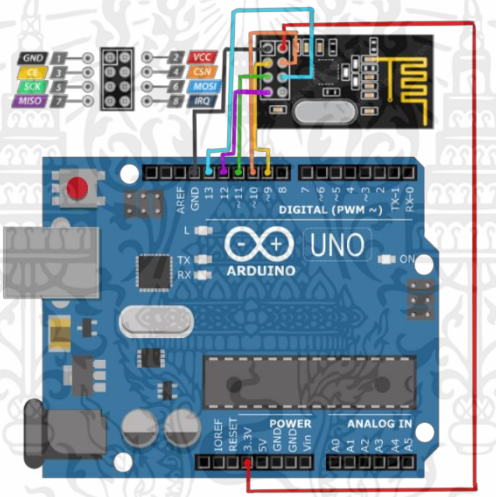
4.2 ทดลองการรับ-ส่งข้อมูลของโมดูลสื่อสารไร้สาย

อุปกรณ์การทดลอง

1. โมดูลสื่อสารไร้สาย nRF24L01 2 ตัว
2. บอร์ด Arduino UNO 2 ชิ้น

วิธีการทดลอง

การทดลองการทำงานของโมดูลสื่อสารไร้สาย โดยใช้โมดูล nRF24L01 2.4 GHz จำนวน 2 ตัว ในการต่อวงจร 2 วงจร ได้แก่ วงจรภาคส่งข้อมูล (Transmitter : TX) และ วงจรภาครับข้องมูล (Receiver : RX) โดยแต่ละวงจรจะมีอุปกรณ์สำคัญเป็นโมดูลสื่อสารไร้สาย nRF24L01 และบอร์ด Arduino UNO วงจรละ 1 ชิ้น

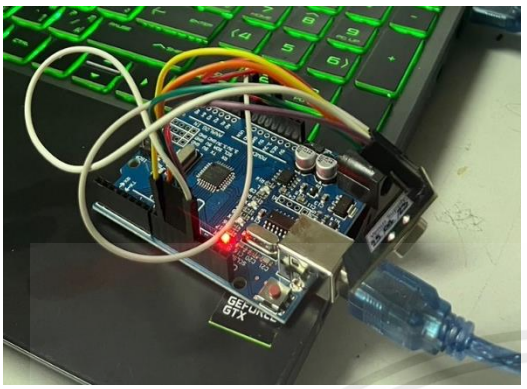


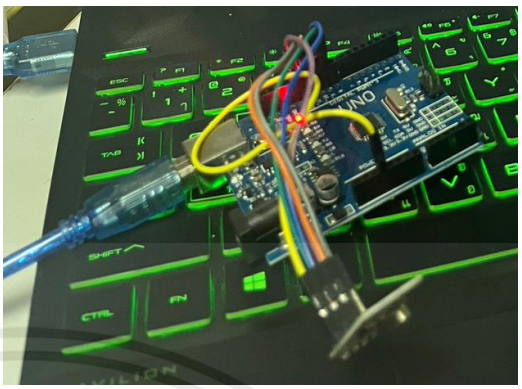
รูปที่ 4.5 ภาพจำลองวงจรการส่งข้อมูล (TX) และรับข้อมูล (RX)

จากนั้นทดลองโดยทำการโปรแกรมชุดอุปกรณ์ภาครับ ซึ่งจะโปรแกรมตั้งค่าเป็น RX mode และเปิดการใช้งาน Serial monitor และสังเกตผลที่ได้บน Serial Monitor ของภาครับ จากนั้นทำการโปรแกรมชุดอุปกรณ์ภาคส่งข้อมูล ซึ่งตั้งค่าโปรแกรมเป็น TX mode และเปิดใช้ช่องรับส่งข้อความเดียวกันกับภาคส่ง รวมทั้งโปรแกรมให้ส่งข้อมูลออกไปเป็นข้อความชุดหนึ่ง จากนั้นทำการตรวจสอบ Serial monitor ของชุดอุปกรณ์ภาครับอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

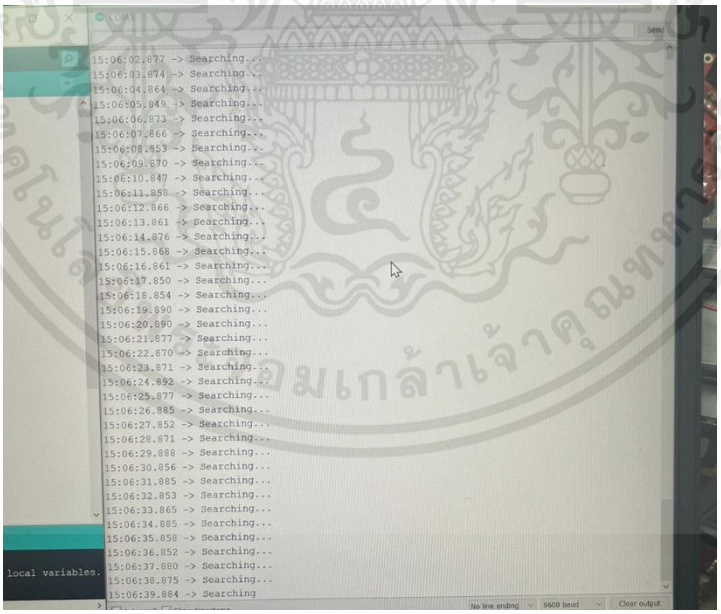




รูปที่ 4.6 ชุดอุปกรณ์ภาคส่ง(TX) ด้วยใช้โมดูลสื่อสารแบบไร้สาย nRF24L01 (ซ้าย)

รูปที่ 4.7 ชุดอุปกรณ์ภาครับ(RX) ด้วยใช้โมดูลสื่อสารแบบไร้สาย nRF24L01 (ขวา)

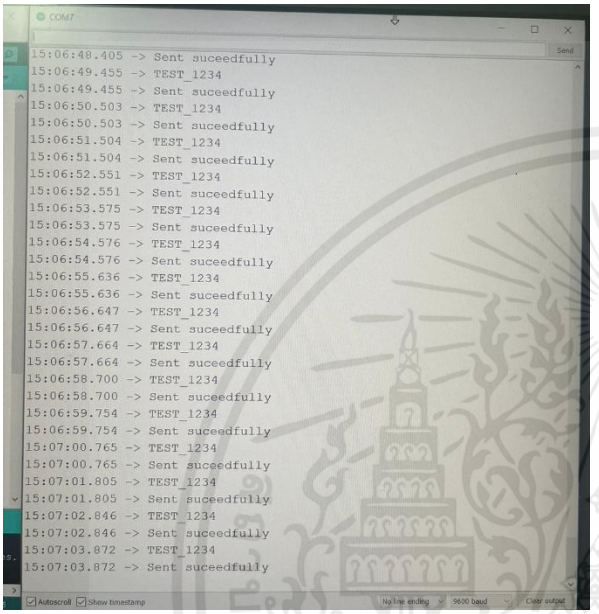
จากการทดลองเมื่อทำการอัปโหลดโปรแกรมในส่วนของชุดอุปกรณ์ภาครับ และเปิด Serial monitor (ที่ Port COM5) โดยไม่ได้ทำการเปิดชุดอุปกรณ์ภาคส่ง Serial monitor ของชุดอุปกรณ์ภาครับจะแสดงคำว่า “Searching...” อย่างต่อเนื่อง

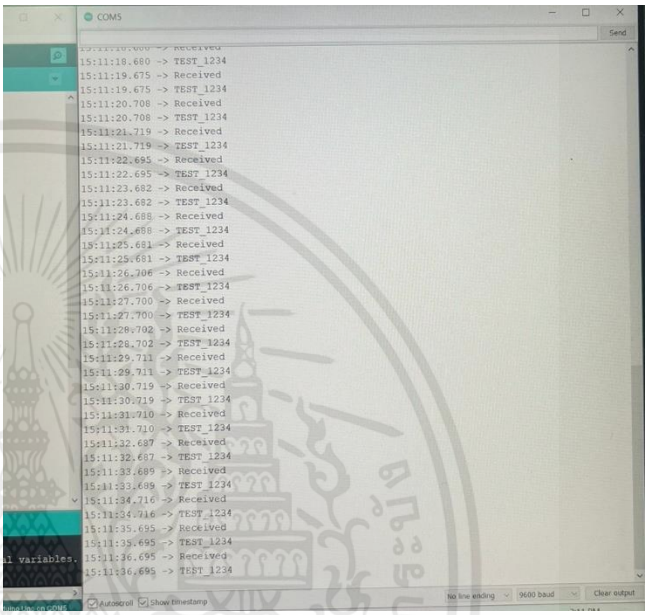


รูปที่ 4.8 Serial monitor ที่พอร์ต COM5 ; RX เมื่อไม่ได้รับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นเมื่อทำการอัปโหลดโปรแกรมและเปิดใช้งานชุดอุปกรณ์ภาคส่ง โดยโปรแกรมให้ส่งชุดข้อความ “Test_1234” เมื่อทำการส่งสำเร็จ Serial monitor (ที่ Port COM7) จะแสดงชุดข้อความที่ส่ง ตามด้วยข้อความ “sent successfully” จากนั้นที่ Serial monitor ของชุดอุปกรณ์ภาครับเมื่อรับข้อมูล จะเปลี่ยนการแสดงผลข้อความเป็น “Test_1234” ที่ได้รับข้อมูลมา ตามด้วยข้อความ “Received”





รูปที่ 4.9 Serial monitor ที่พอร์ต COM7 ; TX (ซ้าย)

รูปที่ 4.10 Serial monitor ที่พอร์ต COM5 ; RX เมื่อได้รับสัญญาณ (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

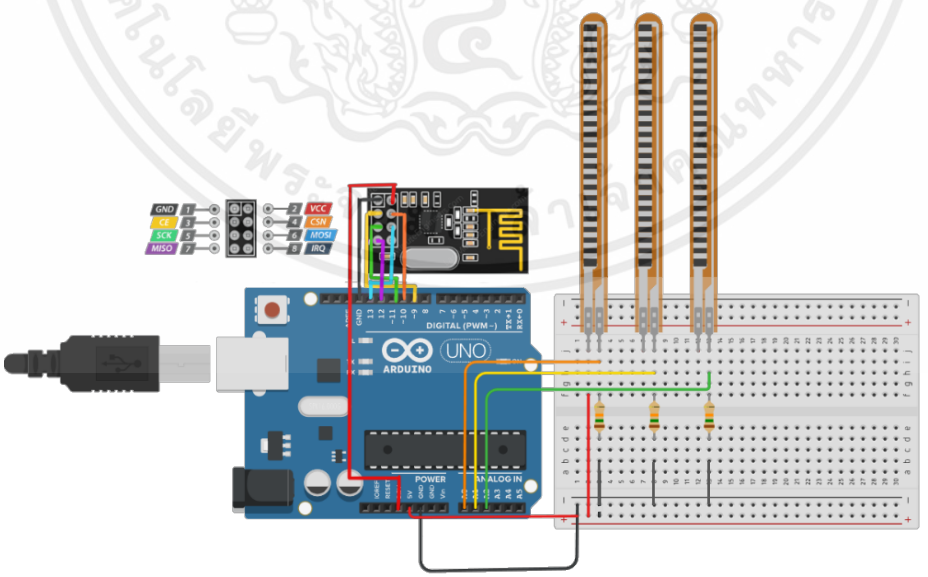
4.3 ทดลองต้นแบบการทำงานของรถหุ่นยนต์ควบคุมด้วยถุงมือ

อุปกรณ์การทดลอง

1. เซ็นเซอร์วัดความโค้งงอ (flex sensor) 4.5” 3 ตัว
2. โมดูลสื่อสารไร้สาย nRF24L01 2 ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด 15 kΩ 3 ตัว
   ขนาด 300 Ω 3 ตัว
4. ไดโอดเปล่งแสง (Light emitting diode; LED) 3 ตัว
5. บอร์ด Arduino UNO 2 ชิ้น
6. โปรโตบอร์ด 2 ชิ้น

วิธีการทดลอง

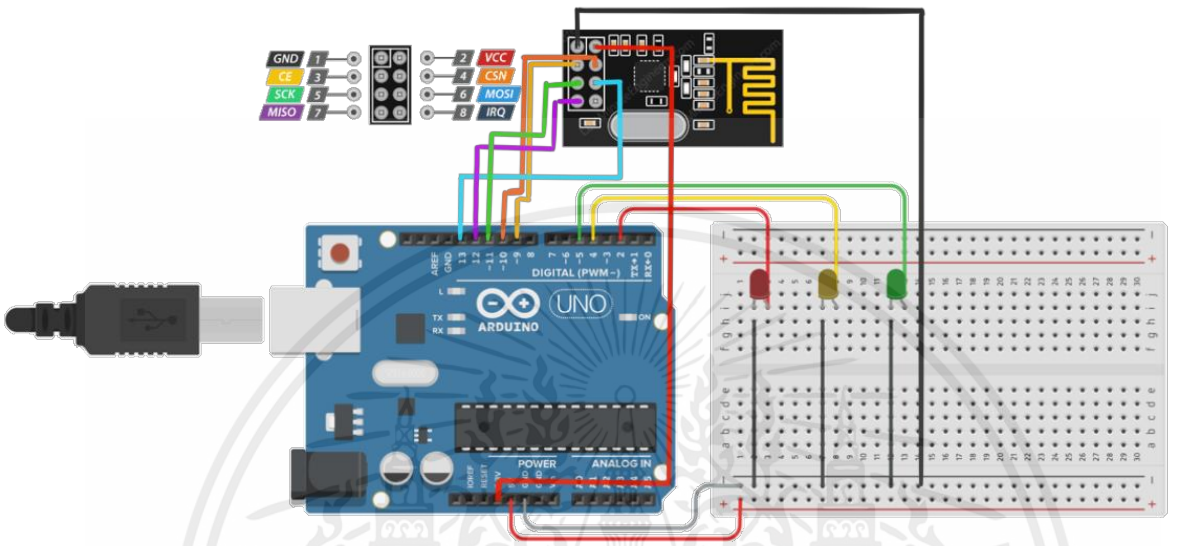
ทำการต่อวงจรภาคส่งโดยเป็นวงจรที่รับค่าจาก flex sensor เช่นเดียวกับการทดลองที่ 4.1 ผสมกับวงจรส่งข้อมูล (TX) ดังการทดลองที่ 4.2 เป็นชุดอุปกรณ์ภาคส่งที่ส่งค่าจาก flex sensor เป็นชุดอุปกรณ์ส่งสัญญาณ จากนั้นทำการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลโดยอาศัยค่าของ flex sensor ของเซนเซอร์ I, M และ R ที่ได้จากการทดลองที่ 4.1 มาปรับใช้ในการโปรแกรมให้ส่งค่าที่แตกต่างกันเมื่อเซนเซอร์แต่ละตัวมีการงอเป็น *โปรแกรมต้นแบบถุงมือควบคุม*



รูปที่ 4.11 ภาพจำลองวงจรต้นแบบถุงมือควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการต่อวงจรภาครับข้อมูล (RX) ดังการทดลองที่ 4.2 และต่อเอาท์พุตจากบอร์ดของภาครับไปยังไดโอดเปล่งแสง (LED) 3 ตัว และเขียนโปรแกรมโดยให้ LED แสดงผลแตกต่างกันออกไป เมื่อตัวสื่อสารไร้สายได้รับข้อมูลจากภาคส่งที่แตกต่างกัน เป็น*โปรแกรมต้นแบบหุ่นยนต์*

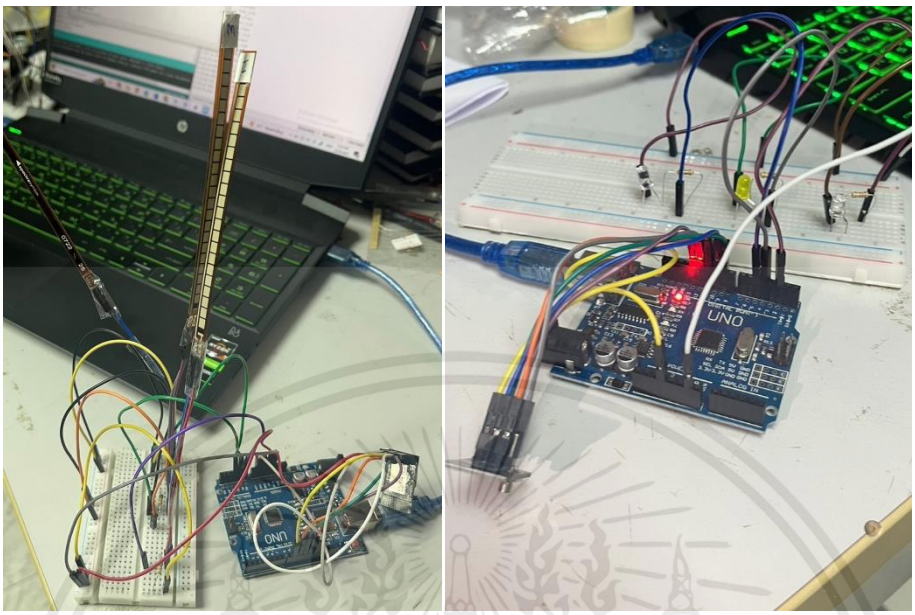


รูปที่ 4.12 ภาพจำลองวงจรต้นแบบจำลองระบบหุ่นยนต์

ผลการทดลอง

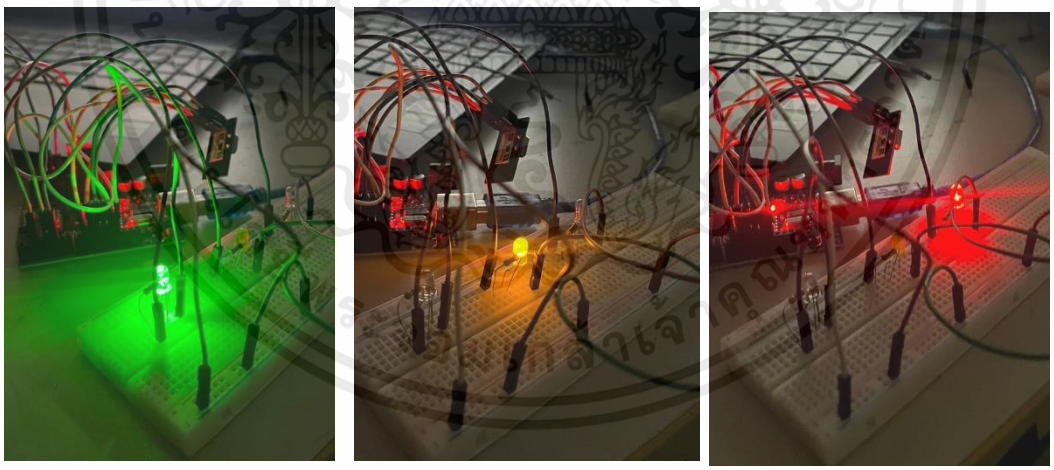
จากการทดลอง เมื่อทำการต่อวงจร และอัปโหลดโปรแกรมในภาคส่งและภาครับสำเร็จ เมื่อเซ็นเซอร์ I ที่อุปกรณ์ภาคส่งถูกงอถึงระดับหนึ่งที่ถูกตั้งไว้ จะทำให้ LED สีเขียวที่ชุดอุปกรณ์ภาครับทำงาน ในลักษณะเดียวกันกับเมื่อเซ็นเซอร์ M ที่อุปกรณ์ภาคส่งถูกงอถึงระดับหนึ่ง LED สีเหลืองที่ชุดอุปกรณ์ภาครับก็จะทำงาน และ เมื่อเซ็นเซอร์ R ที่อุปกรณ์ภาคส่งถูกงอ LED สีแดงที่ชุดอุปกรณ์ภาครับก็จะทำงาน โดยหากมีการงอพร้อมกัน LED ที่ทำงานสัมพันธ์กับเซนเซอร์นั้นๆก็จะทำงาน โดยเซนเซอร์ I, M และ R ที่ภาคส่ง จะทำงานร่วมกับ LED สีเขียว เหลือง และแดงที่ภาครับตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



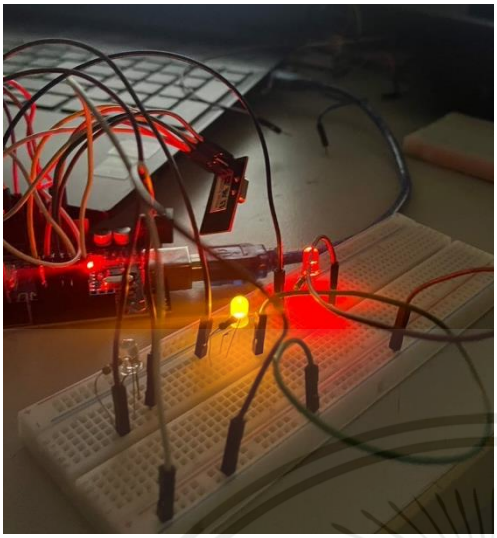
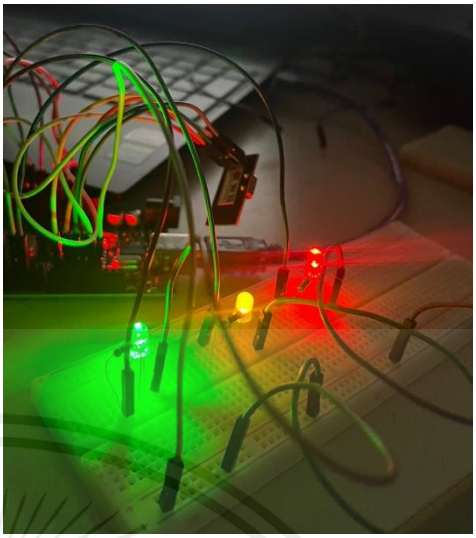
รูปที่ 4.13 วงจรต้นแบบถุงมือควบคุม (ซ้าย)

รูปที่ 4.14 วงจรต้นแบบจำลองการทำงานหุ่นยนต์ (ขวา)



รูปที่ 4.15, 4.16 และ 4.17 LED ในวงจรจำลองการทำงานหุ่นยนต์ที่แสดงผล เมื่อ flex sensor I, M, R ตัวหนึ่งมีการโค้งงอตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.18 และ 4.19 LED ในวงจรจำลองการทำงานหุ่นยนต์ที่แสดงผล เมื่อ flex sensor 2 ตัวทำงานพร้อมกัน (ในที่นี้จะเป็นเซนเซอร์ M และ R) และ 3 ตัวทำงานพร้อมกันตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผล

5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินงาน

5.1.1 ทดลองวัดค่าเซ็นเซอร์วัดความโค้งงอ flex sensor

จากการทดลองพบว่า ค่าที่ flex sensor แต่ละตัวแสดงผลแตกต่างกันออกไป และได้หาค่าต่ำสุดที่จะนำมาใช้ในการโปรแกรม โดยได้เผื่อค่าไว้ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดไว้ เพื่อนำมาหาค่าเมื่อมีการงอที่เพียงพอ โดยได้ค่าแต่ละค่าของเซนเซอร์แต่ละตัวต่างกันไป

เซนเซอร์	ค่าต่ำสุดโดยประมาณ	ค่าสูงสุดโดยประมาณ
I; สำหรับนิ้วชี้	520	725
M; สำหรับนิ้วกลาง	500	720
R; สำหรับนิ้วนาง	505	660

ตารางที่ 5.1 ค่าต่างๆของเซนเซอร์แต่ละตัวที่จะนำไปใช้

5.1.2 ทดลองการรับ-ส่งข้อมูลของโมดูลสื่อสารไร้สาย

อุปกรณ์สื่อสารไร้สายสามารถส่ง และรับข้อมูลได้ตามเป้าหมายในหลายๆระยะ โดยข้อมูลที่สามารถรับและแสดงผลได้อย่างถูกต้องแม่นยำจะเป็นชุดข้อความ แต่มักเกิดปัญหาเมื่อส่งค่าไม่คงที่

5.1.3 ทดลองต้นแบบการทำงานของรถหุ่นยนต์ควบคุมด้วยถุงมือ

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองก่อนหน้า ได้นำค่าต่ำสุดที่เซนเซอร์แต่ละตัวจะวัดได้เมื่ออยู่ในสถานะปกติมาปรับใช้ โดยมีการปรับ เพิ่มค่าไว้มากกว่าค่าที่ได้เล็กน้อย เพื่อให้ป้องกันการคลาดเคลื่อน และจากการทดลองโมดูลสื่อสาร ได้แปลงค่าที่ได้จากเซนเซอร์เป็นช่วงเทียบกับตัวอักษร เพื่อให้สามรถส่ง และรับข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

เมื่อได้ปัจจัยดังกล่าวนำเงื่อนไขในการงอเซนเซอร์ต่างๆให้แสดงผลด้วย LED พบว่าเซนเซอร์แต่ละตัวสามารถควบคุมการทำงานของ LED ได้อย่างเหมาะสม โดยหากเปลี่ยนตัวแสดงผลจาก LED เป็น DC motor คาดว่าเซนเซอร์จะสามารถควบคุมการทำงานของมอเตอร์ได้อย่างถูกต้องเช่นกันเมื่อเงื่อนไขการทำงานเหมาะสม ดังนั้น วงจรและโปรแกรมที่ได้ถือเป็นต้นแบบของ*หุ่นยนต์ควบคุมด้วยถุงมือ*ได้ตามจุดประสงค์ที่คาดหวัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.2.1 ปัญหา

1. flex sensor มีความสามารถในการวัดที่ไม่เท่ากันในแต่ละตัว และค่าของเซนเซอร์แต่ละตัวเองมีความคลาดเคลื่อนวัดค่าได้ต่างกันเมื่อวัดค่าในแต่ละครั้ง

2. โมดูลสื่อสารไร้สายมีการผิดพลาดในการส่ง-รับข้อมูลบ่อยครั้ง อาทิ อุปกรณ์ภาครับตรวจไม่พบสัญญาณจากภาคส่ง

3. ในการส่ง-รับข้อมูลแบบไร้สาย มักรับค่าได้ไม่ถูกต้อง เมื่อค่าที่รับเป็นค่าที่ไม่คงที่ อาทิ ค่าที่ได้จากเซนเซอร์โดยตรง

4. อุปกรณ์ที่ใช้เกิดชำรุดเสียหายบ่อยครั้ง โดยที่ไม่สามารถสังเกตได้ ทำให้การทำงานของวงจรโดยรวมไม่เป็นไปตามที่ควรจะเป็น

5. ระยะเวลาในการทำงานไม่เป็นไปตามที่วางแผนไว้ เนื่องจากหลายปัจจัย

5.2.2 ข้อเสนอแนะ

1. ใช้เซนเซอร์ที่มีคุณภาพ และได้มาตรฐาน หรืออาจทำการโปรแกรมระบบโดยนำค่าที่วัดได้มาเทียบเป็นเกณฑ์ (Threshold) เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากความไวในการวัดข้อมูลของเซนเซอร์

2. ใช้อุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สายที่มีความถูกต้องง แม่นยำกว่านี้ หรือออกแบบวงจรเพื่อขยายสัญญาณ กำจัดสัญญาณรบกวน และปัจจัยต่างๆ

3. ประยุกต์ใช้อุปกรณ์เพิ่มเติม อาทิ ตัวเข้ารหัส (Encoder) และถอดรหัส (Decoder) เพื่อให้สามารถส่งค่าที่ไม่คงที่ในรูประบบสัญญาณแบบแอนาล็อก และส่งสัญญาณที่เข้ารหัสแล้ว ไปยังภาครับซึ่งจะแปลงสัญญาณเข้ารหัสเป็นข้อมูลในรูปแบบที่ต้องการได้

4. ควรมีการตรวจเช็คอุปกรณ์ด้วยวิธีการต่างๆทุกครั้งก่อนใช้งาน รวมทั้งไม่นำอุปกรณ์เก่าที่ไม่ถูกนำมาใช้มาใช้ในระบบ เพราะนอกจากจะทำให้วงจรทำงานผิดพลาดแล้ว อาจทำให้อุปกรณ์อื่นเสียหายได้

5. ควรมีการวางแผน และจัดตารางการ และจัดแบ่งการทำงานที่แน่นอน ชัดเจน เด็ดขาด และเผื่อเวลาไว้สำหรับสถานการณ์ฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ประโยชน์ที่ได้จากโครงงาน

1. มีความเข้าใจมากขึ้นถึงระบบเซ็นเซอร์ สัญญาณ และวงจรไฟฟ้า ทั้งพื้นฐานของอุปกรณ์ การใช้งานและระบบอิเล็กทรอนิกส์ การวิเคราะห์และประยุกต์ใช้อุปกรณ์ต่างๆ

2. สร้างความเข้าใจทางทฤษฎีพื้นฐาน และสามารถวิเคราะห์ ออกแบบ และประยุกต์ใช้การสื่อสารแบบไร้สาย โดยเฉพาะการสื่อสาร ส่ง-รับข้อมูลผ่านสัญญาณวิทยุ

3. มีความเข้าใจมากขึ้น ในการเขียน วิเคราะห์ และแก้ไขโปรแกรม ทั้งพื้นฐานและเงื่อนไขต่างๆเพื่อให้ระบบ และอุปกรณ์ทำงานตามที่ต้องการ

4. ได้ฝึกประสบการณ์ในการเลือก วิเคราะห์ ออกแบบอุปกรณ์ วงจร และการทดลองรวมทั้งได้รู้จักอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และข้อมูลทฤษฎีต่างๆมากขึ้น

5. ได้มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานตั้งแต่ภาคทฤษฎีการในการออกแบบ คำนวณ จนไปถึงการปฏิบัติงานจริงกับอุปกรณ์ ฝึกการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้น สามารถแก้ไขให้ระบบทำงานได้อย่างเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ถึงแม้ปัญหาที่เกิดอาจไม่เป็นไปตามทฤษฎี

5.4 แนวทางการพัฒนา

สามารถนำวงจรและโปรแกรมต้นแบบของถุงมือควบคุม และระบบหุ่นยนต์ที่ได้ ไปพัฒนาให้เป็นตัวควบคุม และหุ่นยนต์ที่ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ อาจมีการพัฒนาในส่วนของการรับ-ส่งข้อมูลสัญญาณแบบไร้สายที่สามารถรับ-ส่งข้อมูลที่แม่นยำ และหลากหลาย เพื่อให้สามารถรับค่าจากเซนเซอร์มาแปลงผลได้หลายแบบยิ่งขึ้น นอกจากนี้อาจมีการออกแบบตัวอุปกรณ์เพิ่มเติม และพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในระบบเพื่อให้ระบบควบคุมและหุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างหลากหลายมากขึ้น เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมวัดค่าเซ็นเซอร์วัดความโค้งงอ flex sensor

```
int flexpinI = A0;
int flexpinM = A1;
int flexpinR = A2;
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  int flexpositionI;
  int flexpositionM;
  int flexpositionR;
  flexpositionI = analogRead(flexpinI);
  flexpositionM = analogRead(flexpinM);
  flexpositionR = analogRead(flexpinR);
  Serial.print("Ind sensor: ");
  Serial.println(flexpositionI);
  Serial.print("Mid sensor: ");
  Serial.println(flexpositionM);
  Serial.print("Rng sensor: ");
  Serial.println(flexpositionR);
  Serial.println("**************************");
  delay(2000);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โปรแกรมทดลองภาคส่งข้อมูล (TX)

```
#include <nRF24L01p.h>
#include <RF24.h>
#include <RF24_config.h>
#include <SPI.h>
const int pinCE = 9;
const int pinCSN = 10;
RF24 radio(pinCE, pinCSN);
const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL;
char data[16]="TEST_1234" ;
void setup(void)
{
radio.begin();
radio.openWritingPipe(pipe);
}
void loop(void)
{
radio.write(data, sizeof data);
Serial.println(data[16]);
Serial.println("Sent suceedfully");
delay(1000);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

โปรแกรมทดลองภาครับข้อมูล (RX)

```
#include <nRF24L01p.h>
#include <RF24.h>
#include <RF24_config.h>
#include <SPI.h>
const int pinCE = 9;
const int pinCSN = 10;
RF24 radio(pinCE, pinCSN);
const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL;
void setup()
{
radio.begin();
radio.openReadingPipe(1,pipe);
radio.setPALevel(RF24_PA_MAX);
radio.setDataRate(RF24_2MBPS);
radio.startListening();
}
void loop()
{
  if (radio.available())
{
Serial.println("Received");
char data[32]={0};
radio.read(&data, sizeof(data));
delay(1000);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  else
{
Serial.print("Searching");
delay(400);
Serial.print(".");
delay(200);
Serial.print(".");
delay(200);
Serial.println(".");
delay(200);
}
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

โปรแกรมต้นแบบถุงมือควบคุม

```
//transmitter ตัวส่ง
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>

//DataPin
  int flexpinI = A0;
  int flexpinM = A1;
  int flexpinR = A2;

  int flexpositionI;
  int flexpositionM;
  int flexpositionR;

 char dataI;
 char dataM;
 char dataR;


//RadioSetup
RF24 radio (9, 10);       // CE=9 CSN=10
const uint64_t pipe =62010245 ; // Ch name

void setup()
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Serial.begin(9600);
  radio.begin();
  radio.openWritingPipe (pipe);
  radio.setPALevel(RF24_PA_MAX);
  radio.setDataRate(RF24_2MBPS);
  Serial.println("Started");
  radio.stopListening();
  Serial.println("Transmitting");

}

void loop()
{
  const char text[] = "Connected";
  radio.write(&text, sizeof(text));

  flexpositionI = analogRead(flexpinI);
  flexpositionM = analogRead(flexpinM);
  flexpositionR = analogRead(flexpinR);

  ctrl();

  Serial.print("Ind sensor: ");
  Serial.println(flexpositionI);
  Serial.print("Index:");
  Serial.println(dataI);

  Serial.print("Mid sensor: ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Serial.println(flexpositionM);
  Serial.print("Mid:");
  Serial.println(dataM);

  Serial.print("Rng sensor: ");
  Serial.println(flexpositionR);
  Serial.print("Ring:");
  Serial.println(dataR);

  Serial.println("--------------------------------");

  radio.write(&dataI, sizeof(dataI));
  radio.write(&dataM, sizeof(dataM));
  radio.write(&dataR, sizeof(dataR));
  delay(500);
}


void ctrl()
{
  //Index Data A=0 C=MAX
    if(flexpositionI<=550)
  {   dataI= 'A'; }
   else if (flexpositionI>550&&flexpositionI<=675)
  {    dataI= 'B';}
   else if (IndexVal>675)
  {    dataI= 'C';}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  //Middle Data X=0 Z=MAX
   if(flexpositionM<=500)
{   dataM= 'X'; }
  else if (flexpositionM>500&&flexpositionM<=670)
{    dataM= 'Y';}
  else if (flexpositionM>670)
{    dataM= 'Z';}


  //RING Data 2=MAX
 if(flexpositionR<=510)
{   dataR= '0'; }
  else if (flexpositionR>510&&flexpositionR<=650)
{    dataR= '1';}
  else if (flexpositionR>650)
{    dataR= '2';}

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

โปรแกรมต้นแบบระบบหุ่นยนต์ (โดยแสดงผลเป็น LED)

```
//reciever ตัวรับ
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#include <SPI.h>

int led_1=2;
int led_2=4;
int led_3=5;

int flexpinI = A0;
int flexpinM = A1;
int flexpinR = A2;


RF24 radio(9, 10); // CE=9 CSN=10
const uint64_t pipe =62010245 ;  // channel setup



void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  radio.begin();
  radio.openReadingPipe(1,pipe);
  radio.setPALevel(RF24_PA_MAX);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  radio.setDataRate(RF24_2MBPS);
  radio.startListening();
  pinMode(led_1, OUTPUT);
  pinMode(led_2, OUTPUT);
  pinMode(led_3, OUTPUT);

}


void loop()
{
  int flexpositionI;
  int flexpositionM;
  int flexpositionR;



  if(radio.available())
    {
       const char text[32] = "";
      radio.read(&text, sizeof(text));
      Serial.println(text);


      radio.read(&dataI, sizeof(dataI));
      Serial.print("Index:");
      Serial.println(dataI);


      radio.read(&dataM, sizeof(dataM));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Serial.print("Mid:");
      Serial.println(dataM);
      radio.read(&dataR, sizeof(dataR));
      Serial.print("Ring:");
      Serial.println(dataR);
      Serial.println("-------------------------");
      ctrl;
      delay(1000);
    }
}

void ctrl()
{
    if(dataI=='A'||dataI=='B')
    {
      digitalWrite(led_1,HIGH);
    }

   if(dataM=='Y'||dataM=='Z')
    {
      digitalWrite(led_2,HIGH);
    }
    if(dataR=='1'||dataM=='2')
    {
      digitalWrite(led_3,HIGH);
    }

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้