ระบบบริการอัตโนมัติสำหรับร้านอาหาร

AUTOMATIC SERVICE SYSTEM FOR RESTAURANT

ภัคพร สุขประสิทธิ์ปรีดี

ศุภกิตติ์ บุญตะนัย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ระบบบริการอัตโนมัติสำหรับร้านอาหาร

AUTOMATIC SERVICE SYSTEM FOR RESTAURANT

ภัคพร สุขประสิทธิ์ปรีดี

ศุภกิตติ์ บุญตะนัย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

AUTOMATIC SERVICE SYSTEM FOR RESTAURANT

PAKAPORN SUKPRASITPREEDEE

SUPAKIT BOONTANAI

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERINGKING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACAFEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2562

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์การวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบบริการอัตโนมัติสำหรับร้านอาหาร

AUTOMATIC SERVICE SYSTEM FOR RESTAURANT

ผู้จัดทำ นางสาว ภัคพร สุขประสิทธิ์ปรีดี 60010761

นาย ศุภกิตติ์ บุญตะนัย 60010995

.....**อาจารย์ที่ปรึกษา**

(ผศ. สุมิตร พนาอุดมทรัพย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ระบบบริการอัตโนมัติสำหรับร้านอาหาร

โดย

นางสาว ภัคพร สุขประสิทธิ์ปรีดี 60010761

นาย ศุภกิตติ์ บุญตะนัย 60010995

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. สุมิตร พนาอุดมทรัพย์

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

รายงานเล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอระบบบริการอัตโนมัติสำหรับร้านอาหารในรูปแบบของโมดูลที่ลูกค้าสามารถสั่งอาหารและเจ้าของกิจการสั่งการเพื่อเตรียมส่งอาหารได้จากหน้าเว็บเพจ ซึ่งการพัฒนาโมดูลนี้มีขึ้นเพื่อเป็นช่องทางในการลดการสัมผัสในช่วงการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด 19 โดยข้อมูลที่ได้สั่งการผ่านหน้าเว็บเพจจะถูกส่งผ่านทางอินเทอร์เน็ตเพื่อเข้าสู่ Main Server ให้จัดการข้อมูล และกระจายคลื่นสัญญาณวิทยุจากตัวส่งสัญญาณที่ Main Sever ในรูปแบบของการส่งข้อมูลแบบอนุกรม มาที่ตัวรับสัญญาณที่โมดูล จากนั้นจึงทำการกรองข้อมูลที่ได้รับเพื่อใช้เฉพาะส่วนที่แสดงเป้าหมายเป็นตำแหน่งที่ต้องการให้เป็นอินพุตของระบบควบคุม ซึ่งการควบคุมระบบของโมดูลจะใช้การควบคุมแบบสัดส่วน (P Controller) ในการควบคุมการจ่ายค่าแรงดันให้มอเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์ทำงานสัมพันธ์กับคำสั่งที่ถูกสั่งผ่านหน้าเว็บเพจในขั้นเริ่มแรก โดยที่มีค่าที่อ่านได้จากเซนเซอร์วัดตำแหน่งเป้าหมายในโมดูลเป็น Feedback เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่แม่นยำ

คำสำคัญ : โมดูล, การควบคุมแบบสัดส่วน (P Controller), Feedback

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Automatic Service System for Restaurant

By

Pakaporn Sukprasitpreedee 60010761

Supakit Boontanai 60010995

Advisor

Asst.prof. Sumit Panaudomsup

Academic Year 2020

ABSTRACT

This report was made to present the Automatic Service System for Restaurant as a module that customers can order food and restaurant owner can command this system to prepare and serve food from a webpage. The development of this module is aimed at reducing exposure during the COVID-19 epidemic. The information that has been commanded from the webpage will be sent through the internet to access the Main Server to manage this information, then the Main Server will transmit a radio wave signal from a transmitter signal device in form of a Serial communication to receiver signal device on the module. After that, the received information will be filtered to use especially the part that is identifying the desire position and set it up to be an input of the control system. The module's system control is P (Proportional) control to control the distribution of voltage to the motor so that the motor operates in relation to the commands that are directed through the web page at the beginning, readout from position sensor on the module is Feedback of system used for accuracy.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานระบบบริการอัตโนมัติสำหรับร้านอาหาร (Automatic Service System For Restaurant) ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุมิตร พนาอุดมทรัพย์ ที่กรุณารับเป็นที่ปรึกษา ที่ได้ให้โอกาสในการทำโครงงานมาศึกษาเรียนรู้ในส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ อีกทั้งยังให้ความรู้ คำแนะนำ รวมไปถึงคอยดูแล เป็นที่ปรึกษา และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เพื่อปรับปรุงแก้ไขโครงงานมาตลอดช่วงเวลาในการทำ โครงงาน คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ ทุกคนในคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอ นิกส์ ที่มีส่วนร่วมให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำและคำปรึกษาตลอดระยะเวลาทำโครงงาน ทำให้ได้ความรู้ และเทคนิคที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงงานเสมอมา

การศึกษาค้นคว้าปริญญานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และความดีอันเกิดจากการศึกษาค้นคว้า ครั้งนี้ คณะผู้จัดทำขอมอบแด่ บิดา มารดา อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน คณะผู้จัดทำมีความซาบซึ้งใน ความกรุณาอันดียิ่งจากทุกท่านที่ได้กล่าวนามมา จึงขอขอบพระคุณทุกท่าน และหากผิดพลาดประการใดขอ อภัยไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้จัดทำ

ภัคพร สุขประสิทธิ์ปรีดี

ศุภกิตติ์ บุญตะนัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูป VI

สารบัญตาราง IX

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 วิธีการดำเนินโครงงาน 2

1.5 สถานที่ทำการวิจัย 4

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการออกแบบ (อ้างอิงจากท้องตลาด) 5

2.2 การคำนวณทางแมคคานิกส์และกลไกที่เกี่ยวข้อง 6

2.3 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม 9

2.4 การควบคุมแบบอัตโนมัติ (Automatic control) 15

2.5 Pulse Width Modulation (PWM) 23

2.6 มอเตอร์เกียร์ (Gear motor) 25

2.7 การควบคุมของผู้ใช้เว็ปไซต์ (Web application) 28

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบโครงสร้างและกลไกทางแมคคานิกส์ 33

3.2 การควบคุมระบบ 40

3.3 Web Application 49

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 การออกแบบโครงสร้างและกลไกทางแมคคานิกส์ 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 โปรแกรมควบคุมการทำงาน 57
4.3 การแก้ไขปัญหาการทำงาน 61
4.4 Web Application 66
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 69
5.2 ข้อเสนอแนะ 69
เอกสารอ้างอิง 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 หุ่นเสิร์ฟอาหาร PuduBot	6
2.2 แบบโครงสร้างที่ออกแบบ และแผนภาพวัตถุอิสระ	6
2.3 รอกเดี่ยวตายตัว	7
2.4 รอกเดี่ยวเคลื่อนที่	8
2.5 รอกพวง	8
2.6 การสื่อสารแบบขนาน	10
2.7 รูปแบบการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส	10
2.8 รูปแบบการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	11
2.9 รูปแสดงการต่อสายสัญญาณเชื่อมกันระหว่างสองอุปกรณ์	11
2.10 กราฟแสดงการทำงานที่มีช่วงแรงดันของ TTL ต่างกัน	12
2.11 TTL เทียบกับ RS232	13
2.12 ภาพแสดงลักษณะ Packet ของข้อมูล	14
2.13 ข้อมูลใน frame หรือ pocket	15
2.14 กราฟแสดงการควบคุมแบบ ON – OFF	17
2.15 กราฟแสดงการควบคุมแบบ ON - OFF โดยมี Hysteresis	17
2.16 แผนภาพบล็อกของการควบคุมแบบพีไอดี	18
2.17 กราฟ PV ต่อเวลา เมื่อ K_p กำหนดเป็น 3 ค่า (K_i และ K_d คงที่)	20
2.18 กราฟ PV ต่อเวลา เมื่อ K_i กำหนดเป็น 3 ค่า (K_p และ K_d คงที่)	21
2.19 กราฟ PV ต่อเวลา สำหรับ K_d 3 ค่า (K_p และ K_i คงที่)	22
2.20 กราฟแสดงสัญญาณเปิด (HIGH) และปิด (LOW)	23
2.21 ตัวอย่างสัญญาณ PWM	24
2.22 ส่วนประกอบภายในมอเตอร์	25
2.23 รูปแสดงมอเตอร์เกียร์แบบต่างๆ	26
2.24 ตัวอย่างการติดตั้งใช้งานมอเตอร์เกียร์	27
2.25 โครงสร้างภาษา html	30
2.26 โครงสร้างภาษา html	30
2.27 โครงสร้างภาษา html	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.1 แบบกลไกการทำงานภายในแต่ละโมเดล 34

3.2 ภาพด้านหน้าของตัวหุ่นเสิร์ฟอาหาร 35

3.3 ภาพด้านข้างของตัวหุ่นเสิร์ฟอาหาร 36

3.4 ภาพด้านหลังของตัวหุ่นเสิร์ฟอาหาร 37

3.5 DC Motor 12V 100rpm รุ่น ZGA60FM-G 38

3.6 LYX DC Motor ขนาด 12 V 15 rpm รุ่น LX44WG 39

3.7 กระดาษอัด 39

3.8 ส่วนยึดรอกและจานหมุนที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์สามมิติ 40

3.9 บอร์ดควบคุม Arduino UNO R3 40

3.10 บอร์ดควบคุมมอเตอร์ Cytron 10Amp 5V-30V DC Motor Driver 41

3.11 มอเตอร์ LYX DC Motor ขนาด 12 V 15 rpm รุ่น LX44WG 41

3.12 อุปกรณ์สำหรับการส่งข้อมูลสื่อสารไร้สาย HC-12 SI4463 433 MHz 41

3.13 เซ็นเซอร์วัดระยะ VL53L0X V2 Laser Ranging Sensor Module 42

3.14 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานก่อนเข้าสู่ระบบควบคุม (System) เพื่อควบคุม
การเคลื่อนที่ของชั้นเสิร์ฟในลำดับถัดไป 43

3.15 DC Motor 12V 100rpm รุ่น ZGA60FM-G 44

3.16 เซ็นเซอร์ Ultrasonic รุ่น HY-SRF05 45

3.17 กราฟแสดงระยะทางต่อเวลา เมื่อให้ค่า PWM ค่าหนึ่ง 45

3.18 กราฟแสดงความเร็วต่อเวลา เมื่อให้ค่า PWM เท่ากับรูปก่อนหน้า 46

3.19 กราฟแสดงความเร็วเฉลี่ย (เส้นสีแดง) เมื่อให้ค่า PWM เท่ากับรูปก่อนหน้า 46

3.20 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของความเร็วในการเคลื่อนที่ต่อเปอร์เซ็นต์ของ PWM 47

3.21 แผนภาพการควบคุมระบบแบบ P Control 47

3.22 กราฟแสดงการกรองสัญญาณรบกวนจากค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์ 48

3.23 กราฟแสดงผลการเคลื่อนที่ของการให้ค่า Kp ค่าต่างๆ โดยที่ตำแหน่งเป้าหมายอยู่ที่
เส้นสีแดง 48

4.1 แบบโครงสร้างของหุ่นเสิร์ฟอาหาร 53

4.2 สแตนเลสรับชั้นที่ใช้รองรับแผ่นไม้ มีความแข็งแรงเพียงพอเมื่อบรรจุอาหาร 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 ด้านหลังของโครงสร้างชั้นเสิร์ฟทั้งสามถูกประกอบเข้าด้วยกันและมี V slot wheel	55
4.4 V slot wheel ที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงตาม aluminium profile ได้	55
4.5 รอกที่ด้านบนของ aluminium profile	56
4.6 รอกที่ยึดติดกับมอเตอร์	56
4.7 แบตเตอรี่แห้งรุ่น 12V 7Ah LION MP7A-12V SLA BATT	57
4.8 header file ที่เก็บฟังก์ชันการทำงานแต่ละส่วนไว้ใน Class	59
4.9 หน้าหลัก (main) ของโปรแกรมที่เรียกใช้ฟังก์ชันจาก header file	61
4.10 กราฟระยะทางต่อเวลาที่อ่านได้จากการใช้เซ็นเซอร์ Ultrasonic รุ่น HY-SRF05	62
4.11 แก้ไขฟังก์ชัน Position() ให้ตรงกับเซ็นเซอร์ที่ใช้	62
4.12 แก้ไขส่วน header ของโปรแกรมจากด้านซ้ายเป็นด้านขวา	62
4.13 แก้ไขส่วน setup โปรแกรมจากด้านซ้ายเป็นด้านขวา	63
4.14 แก้ไขฟังก์ชันส่วนควบคุมจาก PIDp(int X) เป็น EnableMotor()	64
4.15 แก้ไขหน้า main โปรแกรมที่ใช้มอเตอร์ LYX DC Motor ขนาด 12 V 15 rpm รุ่น LX44WG และเซ็นเซอร์ VL53L0X V2 Laser Ranging Sensor Module	66
4.16 ส่วนของ bootstrap	66
4.17 ส่วนการอ้างอิงข้อมูลจาก bootstrap	67
4.18 ส่วนการทำงานเบื้องต้นของ Web Application	67
4.19 ส่วนการทำงานเบื้องต้นของ Web Application	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินโครงงาน	3
2.1 แสดงรายละเอียดของ PuduBot	5
2.2 ผลของการเพิ่มค่าตัวแปรอย่างอิสระ	23
2.3 มาตรฐาน html และเวอร์ชั่นของ html	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในช่วงปีที่ผ่านมาทั่วโลกได้เกิดการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 ซึ่งรวมถึงประเทศไทย อันเป็นเหตุให้มีผู้ติดเชื้อและเสียชีวิตเป็นจำนวนมาก จากข้อมูลรายงานของศูนย์บริหารสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เมื่อวันที่ 31 ธันวาคม 2562 ประเทศไทยมีผู้ติดเชื้อสะสมมากถึง 6,884 ราย และมีผู้เสียชีวิตสะสม 61 ราย โดยรวมสถานการณ์ปัจจุบันทั่วโลกยังคงมีผู้ติดเชื้อสะสมเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่วนใหญ่เชื้อไวรัสแพร่กระจายผ่านการสัมผัสกับผู้ติดเชื้อ ผ่านทางละอองเสมหะจากการไอ จาม น้ำมูก น้ำลาย ละอองเหล่านี้มีมีน้ำหนักมากจึงไปได้ไม่ไกลนัก และจะตกลงสู่พื้นอย่างรวดเร็วในเวลาต่อมา จากพฤติกรรมของการแพร่ระบาดนี้เอง ทำให้ผู้คนในสังคมตื่นตระหนกและตระหนักได้ถึงความสำคัญของวิกฤตที่กำลังเผชิญในขณะนั้น จึงเริ่มปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตเพื่อป้องป้องกันหรือลดความเสี่ยงที่ตนจะติดเชื้อ หนึ่งในพฤติกรรมที่สังเกตเห็นได้ชัดเจนได้มากที่สุดก็คือ การเลือกเว้นระยะห่างระหว่างผู้คน ในส่วนของภาคธุรกิจก็มีการปรับนโยบายให้สอดคล้องกับประกาศจากหน่วยงานรัฐบาลและพฤติกรรมที่เปลี่ยนไปของผู้คนด้วย และหากจะพูดถึงหนึ่งในธุรกิจที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด ก็คงหนีไม่พ้น ธุรกิจเกี่ยวกับการบริการ เนื่องด้วยลักษณะของงานบริการ การจะเว้นระยะห่างกับผู้คนจึงเป็นไปได้ยาก

จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นนี้ เราเลยนำกลุ่มธุรกิจอาหารและเครื่องดื่มมาเป็นกรณีในการศึกษาหาแนวทางการแก้ปัญหา แม้ว่าในขณะนี้นั้นบริการจัดส่งถึงที่จะเข้าถึงผู้คนได้มากขึ้น แต่ก็มีผู้คนจำนวนไม่น้อยที่มีความต้องการจะบริโภคในร้าน โดยปัญหาในจุดนี้เรามีความต้องการจะนำเสนอระบบบริการอัตโนมัติสำหรับร้านอาหารในรูปแบบของโมดูลที่ลูกค้าสามารถสั่งอาหารและเจ้าของกิจการสั่งการเพื่อเตรียมส่งอาหารได้จากหน้าเว็บเพจ

อีกประเด็นหนึ่งที่เราเลือกที่จะนำเสนอระบบบริการอัตโนมัติสำหรับร้านอาหารในรูปแบบของโมดูลที่ลูกค้าสามารถสั่งอาหารและเจ้าของกิจการสั่งการเพื่อเตรียมส่งอาหารได้จากหน้าเว็บเพจ เนื่องจากในปัจจุบันผู้คนเริ่มมีความสนใจที่จะนำเทคโนโลยีด้านหุ่นยนต์และการจัดการข้อมูลเข้ามามีส่วนร่วมกับงานด้านบริการในร้านอาหารมากขึ้น แม้ว่าในประเทศไทยจะยังไม่ได้รับความนิยมในเชิงพานิชย์มากนัก อาจจะเนื่องจากหลายปัจจัย แต่ทางผู้จัดทำมีความเชื่ออย่างยิ่งว่าในอนาคตอันใกล้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับงานบริการจะมีประโยชน์และเพิ่มความสะดวกในชีวิตประจำวันให้กับผู้คนในสังคมอย่างแน่นอน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 โดยให้เว้นระยะห่างระหว่างผู้คน

2. เพื่อลดภาระของพนักงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการบริการ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษารูปแบบการทำงานของผลิตภัณฑ์ที่วางขายอยู่ในท้องตลาด

2. ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนากลไกการทำงานของโมดูล

3. ศึกษาการควบคุมมอเตอร์

4. ศึกษาการสร้างเว็ปไซต์

1.4 วิธีการดำเนินโครงงาน

1. กำหนดหัวข้อการศึกษา และวัตถุปะสงค์ เพื่อตั้งขอบเขตการดำเนินงานที่ชัดเจน และวางแผนการดำเนินงานในขั้นต่างๆ

2. ศึกษาหาข้อมูลอ้างอิงเพื่อใช้ในการออกแบบตัวหุ่นและระบบควบคุม ให้ตรงกับวัตถุประสงค์และเหมาะสมกับการใช้งานจริง

3. ออกแบบ ปรับปรุงแก้ไข ประเมินความเป็นไปได้ในแบบที่สามารถใช้ได้เหมาะสมที่สุด และจัดทำหุ่นขึ้น

4. เขียน Block diagram ของระบบควบคุม เพื่อวางแผนจัดการการควบคุมหุ่นให้เป็นไปตามเป้าหมาย และเขียนโปรแกรมควบคุมตาม Block diagram ที่ได้ออกแบบ

5. ออกแบบหน้าเว็บเพจที่ใช้สั่งการทำงานตัวหุ่นยนต์ ควบคู่กับระบบควบคุมที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

6. ตรวจสอบความเรียบร้อยของโครงงานและแก้ไขให้เสร็จสมบูรณ์

7. สรุปผลการดำเนินงานและจัดทำรูปเล่ม

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงงาน

หัวข้อ	ส.ค. 2563	ก.ย. 2563	ต.ค. 2563	พ.ย. 2563	ธ.ค. 2563	ม.ค. 2564	ก.พ. 2564	มี.ค. 2564
1. กำหนดหัวข้อการศึกษาและวัตถุประสงค์ เพื่อตั้งขอบเขตการดำเนินงานที่ชัดเจน และวางแผนการดำเนินงานในขั้นต่างๆ	←	→						
2. ศึกษาหาข้อมูลอ้างอิงเพื่อใช้ในการออกแบบตัวหุ่นและระบบควบคุม ให้ตรงกับวัตถุประสงค์และเหมาะสมกับการใช้งานจริง	←	→						
3. ออกแบบ ปรับปรุงแก้ไข ประเมินความเป็นไปได้ในแบบที่สามารถใช้ได้เหมาะสมที่สุด และจัดทำหุ่นขึ้น		←	→					
4. เขียน Block diagram ของระบบควบคุม เพื่อวางแผนจัดการการควบคุมหุ่นให้เป็นไปตามเป้าหมาย และเขียนโปรแกรมควบคุมตาม Block diagram ที่ได้ออกแบบ			←	→	→	→		
5. ออกแบบหน้าเว็บเพจที่ใช้สั่งการทำงานตัวหุ่นยนต์ ควบคู่กับระบบควบคุมที่ใช้				←	→	→	→	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

6. ตรวจสอบความเรียบร้อยของโครงงานและแก้ไขให้เสร็จสมบูรณ์						←	→	
7. สรุปผลการดำเนินงานและจัดทำรูปเล่ม						←		→

1.5 สถานที่ทำการวิจัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ประโยชน์ต่อตนเอง

สามารถออกแบบหุ่นที่ตรงตามวัตถุประสงค์และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ เขียนโปรแกรมควบคุมได้อย่างแม่นยำและมีความสเถียร เขียนเว็บเพจที่สามารถควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ตได้ และสามารถนำแนวคิดไปพัฒนาต่อยอดเพื่อแก้ไขปัญหาในด้านอื่นๆต่อได้ นอกจากนี้ยังได้ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น ความมีวินัย และการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้เป้าหมายตรงตามกำหนดการ

2. ประโยชน์ต่อสังคม

โครงงานพิเศษที่จัดทำสามารถนำไปพัฒนาเพิ่มเติมให้ใช้ในร้านอาหารได้จริง เพื่อเป็นการลดการสัมผัสเพื่อสุขอนาภัยของลูกค้าและยังสามารถช่วยแบ่งเบางานของพนักงานในร้านอาหารได้ หรือสามารถประยุกต์ใช้ในงานกิจการอื่นๆได้ เช่น ใช้ส่งของ หรือเอกสาร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการออกแบบ (อ้างอิงจากท้องตลาด)

ทางผู้จัดทำเลือกที่จะศึกษาผลิตภัณฑ์ของ shenzhen pudu technology co. ltd เนื่องจากการใช้งานของผลิตภัณฑ์สอดคล้องกับสิ่งที่ทางผู้จัดทำตั้งใจไว้ มีความหลากหลายของสินค้า และเป็นที่นิยมมาก รวมถึงมีตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย โดยผลิตภัณฑ์ที่นำมาศึกษา คือ PuduBot โดยมีรายละเอียดสินค้าดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของ PuduBot

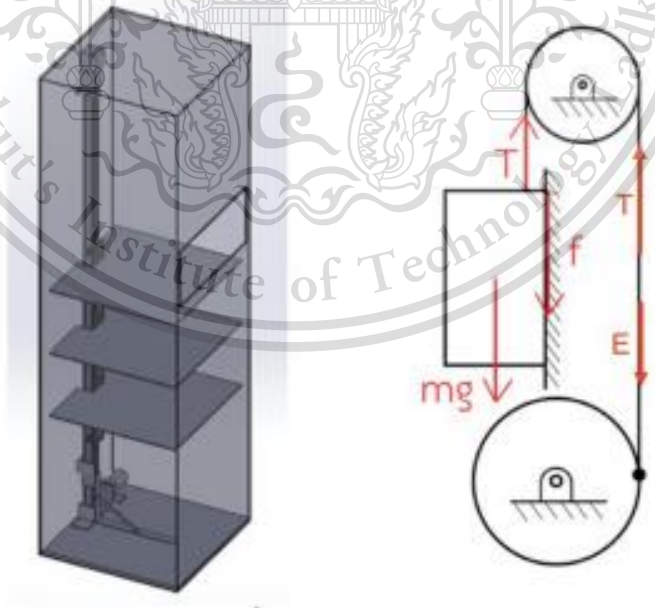
Package Dimension	584×604×1295mm
Machine Weight	35Kg
Gross Weight	45Kg(with Carton)/68Kg(with Wooden Box)
Machine Size	516×500×1288mm
Battery Life	10-24Hr
Charging Time	4Hr
Cruise Speed	0.5~1.2m/s Adjustable
Tray Load	13Kg/Tray
Machine Material	ABS/Aviation-grade Aluminum Alloys

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.1 หุ่นเสิร์ฟอาหาร PuduBot

จากการศึกษา PuduBot ในส่วนของชั้นเสิร์ฟนั้นไม่มีกลไกการทำงานอะไร ในส่วนนี้ทางผู้จัดทำจึงคิดที่จะนำจุดนี้มาพัฒนาต่อยอดในโครงการที่กำลังเดินงานอยู่

2.2 การคำนวณทางแมคคานิกส์และกลไกที่เกี่ยวข้อง



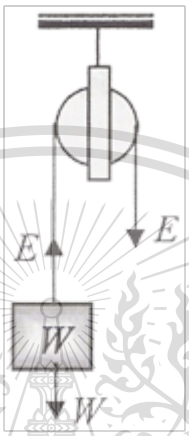
รูปที่ 2.2 แบบโครงสร้างที่ออกแบบ และแผนภาพวัตถุอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รอก คือ เครื่องกลที่ช่วยอำนวยความสะดวก หรือช่วยผ่อนแรงในการทำงาน มีลักษณะกลมแบนหมุนได้คล้ายวงล้อ ใช้เชือกหรือโซ่คล้องสำหรับดึง แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

2.2.1 รอกเดี่ยวตายตัว

ไม่ผ่อนแรงแต่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงาน



รูปที่ 2.3 รอกเดี่ยวตายตัว

หลักในการคำนวณ

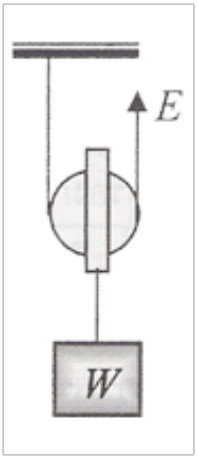
$$W = E \tag{2.1}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักวัตถุหรือแรงต้านทาน และ E คือ แรงพยายาม

2.2.2 รอกเดี่ยวเคลื่อนที่

เป็นรอกที่อำนวยความสะดวกและช่วยผ่อนแรงได้ 2 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.4 รอกเดี่ยวเคลื่อนที่

หลักในการคำนวณ

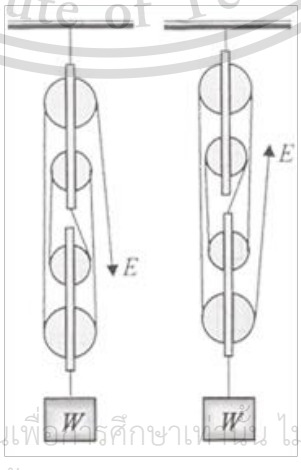
$$2E = W$$

$$E = \frac{W}{2} \qquad (2.2)$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักวัตถุหรือแรงต้านทาน และ E คือ แรงพยายาม

2.2.3 รอกพวง

ผ่อนแรงได้มากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นเชือกที่คล้องผ่านรอก



รูปที่ 2.5 รอกพวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หลักในการคำนวณ

$$E = \frac{W}{n} \tag{2.3}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักวัตถุหรือแรงต้านทาน E คือ แรงพยายาม และ n คือ จำนวนรอกที่ใช้งาน

2.3 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

2.3.1 พื้นฐานการรับส่งข้อมูล

การรับส่งข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์หมายถึง การรับส่งข้อมูลเป็นจำนวนไบต์ ระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภท คือ

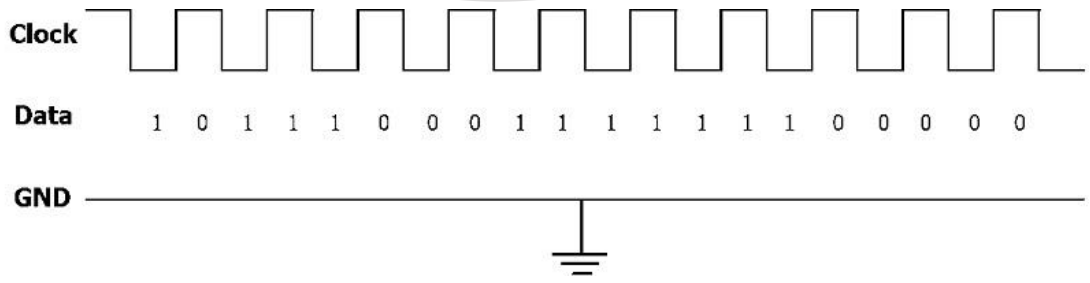
2.3.1.1 การสื่อสารแบบขนาน (Parallel Communication) สามารถทำได้โดยการส่งข้อมูลจากตัวส่ง (Transmitter) ไปยังตัวรับ (Receiver) ครั้งละ 1 ไบต์ ซึ่งจำเป็นต้องใช้สายสัญญาณ 1 เส้น ในการส่งข้อมูล 1 บิต ดังนั้นการส่งข้อมูลจำนวน 1 ไบต์ จำเป็นต้องใช้สายสัญญาณอย่างน้อย 9 เส้น ดังรูป การสื่อสารแบบขนาน คือต้องใช้สายสัญญาณ 8 สาย สำหรับการส่งข้อมูล และ 1 สาย สำหรับกราวน์ ในการส่งข้อมูล ข้อดีของการสื่อสารแบบขนานคือมีความเร็วในการส่งข้อมูลสูง ข้อเสียคือใช้สายสัญญาณในการส่งข้อมูลจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.6 การสื่อสารแบบขนาน

2.3.1.2 การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication) สามารถทำได้โดยการส่งข้อมูลจากตัวส่ง (Transmitter) ไปยังตัวรับ (Receiver) ครั้งละ 1 ไบต์ ดังนั้นการส่งข้อมูลจำนวน 1 ไบต์จำเป็นต้องใช้สายสัญญาณอย่างน้อย 2 เส้น ในการส่งข้อมูล คือต้องใช้สายสัญญาณ 1 สาย สำหรับการส่งข้อมูล และ 1 สาย สำหรับกราวน์ สามารถแบ่งการสื่อสารแบบอนุกรมออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

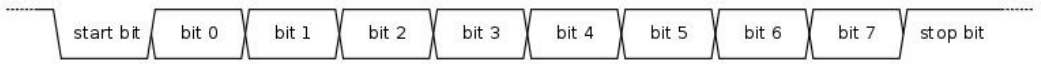
1) แบบซิงโครนัส (Synchronous) เป็นรูปแบบหนึ่งของวิธีการส่งข้อมูล โดยใช้สัญญาณ Clock มาเป็นตัวกำหนดจังหวะในการรับส่งข้อมูล การส่งข้อมูลแบบนี้ เป็นการรับส่งที่ค่อนข้างมีเสถียรภาพ และส่งได้ที่ความเร็วสูง มีโอกาสที่ข้อมูลจะสูญหายระหว่างการส่งน้อย ตัวอย่างการส่งข้อมูลลักษณะนี้เช่น I2C, I2S, SPI



รูปที่ 2.7 รูปแบบการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

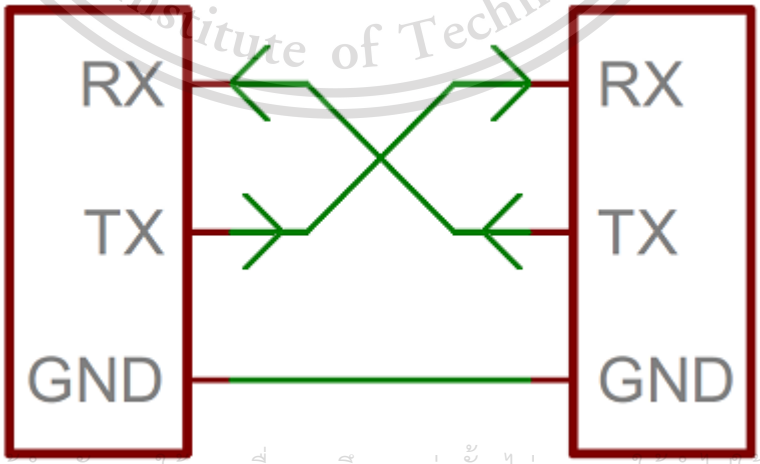
2) แบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) เป็นการส่งข้อมูลที่ไม่ต้องใช้สัญญาณ Clock มาเป็นตัวกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูล แต่ใช้วิธีกำหนดรูปแบบการรับส่งข้อมูลขึ้นมาแทน และ อาศัยการกำหนดอัตราเร็วของการรับ และส่งที่เท่ากันทั้งฝั่งรับและฝั่งส่ง ข้อดีของการใช้ Asynchronous คือ สามารถสื่อสารแบบ Full Duplex รับ และ ส่งได้ในเวลาเดียวกัน แต่การสื่อสารแบบ Asynchronous มีโอกาสที่ข้อมูลจะสูญหายขณะรับหรือส่งข้อมูลมากกว่าแบบ Synchronous



รูปที่ 2.8 รูปแบบการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

2.1) UART

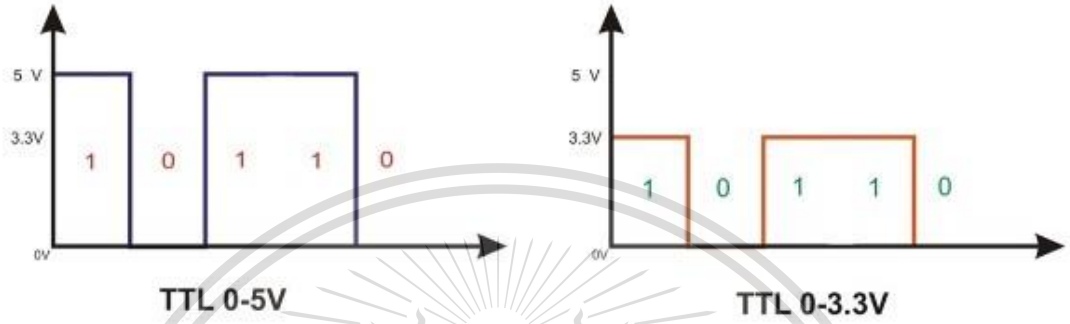
UART ย่อมาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter หมายถึงอุปกรณ์ทางคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่สื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส โดยผู้ใช้สามารถกำหนดรูปแบบที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล กำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลในหน่วยบิตต่อวินาทีหรือบอดเรท (Baud rate) ให้แก่อุปกรณ์ที่จะติดต่อสื่อสารกันให้มีค่าตรงกันจึงจะสามารถสื่อสารกันได้ สายสัญญาณที่ใช้จะใช้สาย 2 เส้น คือ Tx ในการส่งข้อมูล และ Rx ในการรับข้อมูล ระดับของสัญญาณดิจิทัลที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลของ UART มีอยู่ 2 แบบ คือ



รูปที่ 2.9 รูปแสดงการต่อสายสัญญาณเชื่อมกันระหว่างสองอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

(1) TTL (Transistor-Transistor Logic) เป็นระดับแรงดันที่ถูกกำหนดขึ้นในยุคแรกๆเพื่อใช้ในการสื่อสารระหว่าง Transistor กับ Transistor ภายในวงจรรวม ระดับแรงดันของสัญญาณ TTL จะมีค่าอยู่ที่ 0 – 5 โวลต์ แต่ในปัจจุบันมีอุปกรณ์หลายชนิดที่ทำงานในช่วง 0 – 3.3 โวลต์ หรือเรียกอีกอย่างว่า LVTTL (Low Voltage TTL) ตัวอย่างบอร์ดที่ใช้แรงดันสัญญาณระดับนี้ เช่น บอร์ดต่างๆที่ใช้โมดูล ESP32, บอร์ดต่างๆที่ใช้โมดูล ESP8266, Arduino DUE, Raspberry Pi เป็นต้น



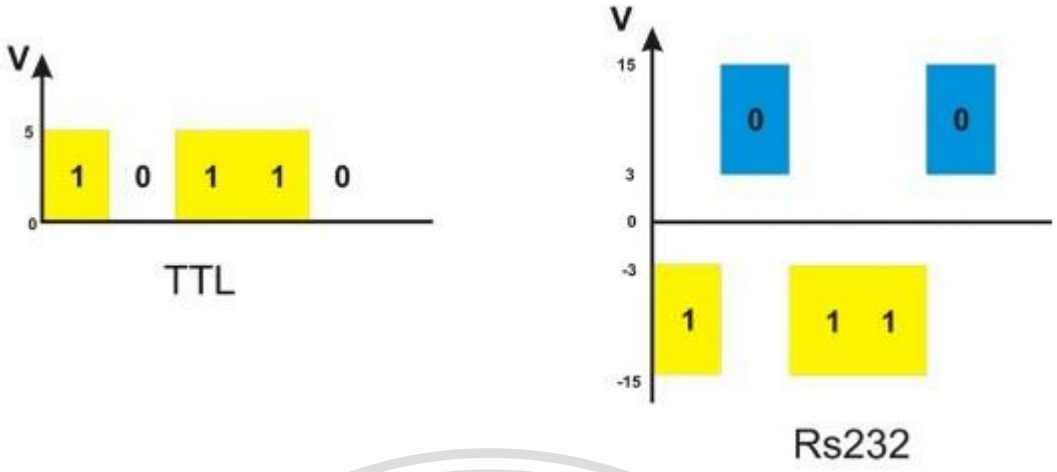
รูปที่ 2.10 กราฟแสดงการทำงานที่มีช่วงแรงดันของ TTL ต่างกัน

(2) RS232 (Recommended Standard 232) คือ มาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรม ใช้เพื่อเพิ่มระยะทางในการส่งข้อมูลแบบอนุกรมให้สามารถส่งได้ระยะทางที่มากขึ้น โดยมีการเปลี่ยนระดับแรงดัน ของ Logic จากเดิมที่จะอยู่ในช่วง 0-5 โวลต์ หรือ 0-3.3 โวลต์ เป็นช่วง -15 ถึง 15 โวลต์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

(2.1) Logic 0 ของ RS232 จะอยู่ในช่วง 3 ถึง 15 โวลต์

(2.2) Logic 1 ของ RS232 จะอยู่ในช่วง -3 ถึง -15 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.11 TTL เทียบกับ RS232

2.3.2 กฎของการสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมแบบ Asynchronous จะมีกลไกในตัวเองจำนวนหนึ่ง ที่จะช่วยให้มั่นใจได้ว่าการโอนถ่ายข้อมูลนั้นสมบูรณ์ไม่มีข้อผิดพลาด กลไกดังต่อไปนี้ทำให้สามารถละทิ้งสัญญาณ clock จากภายนอกได้คือ Baud rate, Data bits, Synchronization bits และ Parity bits

ด้วยกลไกการส่งสัญญาณที่หลากหลาย จะพบว่าไม่ได้มีเพียงแค่วิธีเดียวในการส่งข้อมูลแบบ Serial ซึ่งจริง ๆ แล้ว Protocol สามารถตั้งค่าได้มากมาย ส่วนที่สำคัญคือการทำให้แน่ใจว่า อุปกรณ์บนบัส Serial ได้รับการตั้งค่าให้ใช้ Protocol เดียวกัน

2.3.2.1 Baud rate (อัตราการรับส่งข้อมูล)

Baud Rate คือ ความเร็วในการรับ - ส่งข้อมูลอนุกรมมีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที bits per second (bps) เป็นตัวกำหนดความเร็วในการส่งข้อมูลผ่านทางสาย Serial ซึ่งจะบอกจำนวนบิตที่รับ - ส่งในเวลา 1 วินาที เช่น ส่งข้อมูลด้วยอัตรา 9600 บิตต่อวินาที คือการส่งข้อมูลตัวอักขระขนาด 10 บิต (บิต Start 1 บิต บิตข้อมูล 8 บิต บิต Stop 1 บิต) ได้ 960 ตัวอักขระใน 1 วินาที ซึ่งสามารถใช้ Baud rate คำนวณย้อนกลับจะสามารถรู้ได้ว่าใช้เวลาเท่าใดในการส่งข้อมูล 1 bit ดังนั้น ค่านี้จะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาการส่งข้อมูลในสาย Serial

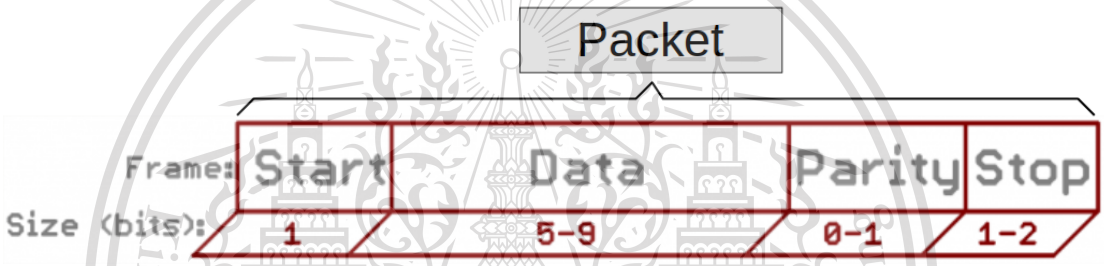
อัตราการรับส่งข้อมูล มีข้อกำหนดเพียงข้อเดียวคือ อุปกรณ์ทั้งสองทำงานในอัตราเดียวกัน อัตราความเร็วรับส่งข้อมูลแบบมาตรฐาน ได้แก่ 1200, 2400, 4800, 19200, 38400, 57600 และ 115200 หน่วยเป็น bps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ยิ่งอัตรารับส่งข้อมูลสูงขึ้นจะสามารถรับส่งได้เร็วขึ้น แต่โดยปกติมักใช้ความเร็วไม่เกิน 115200 bps สำหรับ Microcontroller เพราะเมื่ออัตรารับส่งสูงเกินไป การทำงานจะเริ่มผิดพลาดจากสัญญาณ clock และช่วงเวลาการสุ่มตัวอย่างไม่สามารถติดตามได้

2.3.2.2 Framing the data (การทำกรอบข้อมูล)

สำหรับข้อมูลต่างๆที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดใดๆ ในขณะที่ทำการสื่อสารแบบอนุกรมกับอุปกรณ์อื่นๆนั้นข้อมูลจะถูกแบ่งเป็นส่วนๆ เรียกว่า Frame ของข้อมูล ส่วนใหญ่ในหนึ่ง Frame ของข้อมูลจะมีบรรจุด้วยข้อมูลขนาด 1 ไบต์ และภายใน Frame ของข้อมูลนั้นจะประกอบไปด้วยรายละเอียดต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 2.12 ภาพแสดงลักษณะ Packet ของข้อมูล

1) Data bit หรือ Data chunk คือ ชุดของข้อมูล สามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 5-9 บิตโดยมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 8 บิต

2) Synchronization bits เป็น bit พิเศษเนื่องจากมี 2 – 3 bit ที่ถูกส่งไปพร้อมกับ Data chunk แต่ละอัน ซึ่งตัวมันจะเป็นทั้ง bit เริ่มต้น (Start) และ bit สิ้นสุด (Stop) โดยจำนวนของ bit เริ่มต้นจะเป็น 1 bit เสมอแต่จำนวนของ bit สิ้นสุดสามารถเลือกได้ว่าจะให้เป็น 1 หรือ 2 bit (โดยทั่วไปจะเป็น 1 bit)

bit เริ่มต้นจะถูกกำหนดโดยสายข้อมูล (Data Line) ว่าจะเป็น LOW หรือ HIGH แต่ bit หยุดจะเป็นค่าเดียวกับสถานะว่าง (Idle)

ที่มาของการกำหนด bit จะสมมติว่าให้มีสายข้อมูลที่มีสองสถานะแสดงด้วยแรงดันไฟฟ้าสองค่า คือ 0 โวลต์ และ 5 โวลต์ เพื่อแทนค่า 0 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งแรงดันไฟฟ้านี้จะส่งผ่านเส้นลวดระหว่างตัวส่งกับตัวรับ เมื่อเลือกสถานะว่างเป็น 1 หากสายขาด หรือมีการตัดสาย ผู้รับจะรับรู้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

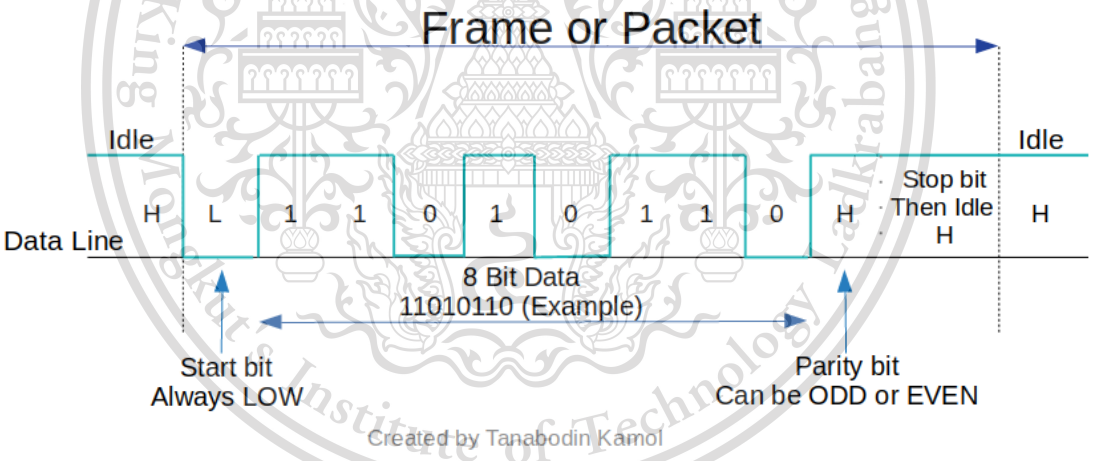
เนื่องจากสถานะจะเปลี่ยนเป็น 0 แต่เมื่อเลือกสถานะว่างเป็น 0 แล้วลวดถูกตัด ผู้รับจะไม่สามารถรับรู้ได้และถือว่าไม่มีการส่งข้อมูลใด ๆ มา

3) Parity bit เป็นรูปแบบในการตรวจสอบข้อผิดพลาดระดับต่ำที่สามารถทำได้ง่าย มี 2 รูปแบบคือ คี่(ODD) หรือ คู่ (EVEN)

พาริตีบิตคู่ จะมีค่าเป็น 1 เมื่อจำนวนของเลข 1 ในข้อมูลเป็นจำนวนคี่ (ซึ่งจะทำให้จำนวนเลข 1 ทั้งหมดเป็นจำนวนคู่ เมื่อรวมกับบิตนี้)

แพริตีบิตคี่ จะมีค่าเป็น 1 เมื่อจำนวนของเลข 1 ในข้อมูลเป็นจำนวนคู่ (ซึ่งจะทำให้จำนวนเลข 1 ทั้งหมดเป็นจำนวนคี่ เมื่อรวมกับบิตนี้)

Parity bit เป็นเพียงทางเลือกที่จะใช้หรือไม่ใช้ก็ได้ ไม่ได้มีการใช้อย่างแพร่หลาย แต่จะมีประโยชน์เมื่อมีการส่งผ่านวิธีที่มีสัญญาณรบกวนมาก เพราะจะทำให้การส่งข้อมูลช้าลงได้ (เมื่อข้อมูลผิดพลาดจะส่งให้กันใหม่อีกรอบ)



รูปที่ 2.13 ข้อมูลใน frame หรือ pocket

2.4 การควบคุมแบบอัตโนมัติ (Automatic control)

การควบคุมแบบดั้งเดิมที่เป็น Manual Control คือ ใช้มนุษย์เป็นผู้ควบคุมทั้งหมด เช่น ปิด-เปิด วาล์วเองกดสวิตช์ หรือ ปุ่มจ่ายไฟเอง ในปัจจุบันได้ถูกแทนที่ด้วยการควบคุมแบบอัตโนมัติแล้วทั้งสิ้นเนื่องจากมีต้นทุนต่ำกว่า และมีเสถียรภาพสูงกว่า การควบคุมดังกล่าวจะเป็นลักษณะของการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) คือ มีการวัดและส่งค่าที่วัดกลับมายังส่วนควบคุม เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น มีข้อห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

คำนวณ และจ่ายสัญญาณควบคุมที่เหมาะสมไปยังอุปกรณ์ใช้งาน จากที่กล่าวมาการควบคุมแบบอัตโนมัติ จะต้องประกอบด้วย 3 ภาคเสมอ คือ

1) ภาคการวัด เช่น เทอร์โมคัปเปิล, หัววัดความชื้น มีหน้าที่วัดค่าที่โพรเซสแล้วส่งมายังภาคควบคุม

2) ภาคควบคุม เช่น เครื่องควบคุมอุณหภูมิ มีหน้าที่รับค่าจากภาควัด นำมาคำนวณแล้วส่งให้ภาคจ่าย

3) ภาคจ่าย เช่น ในระบบทำความร้อน ตัวจ่าย คือ ฮีตเตอร์ ในระบบควบคุมอัตราการไหล ตัวจ่าย คือ วาล์ว เป็นต้น มีหน้าที่เพิ่มหรือลดค่าที่ควบคุมอยู่ บางครั้งก็เรียกตัวจ่ายเหล่านี้ว่า Final Element

กำหนดให้ความหมายของตัวแปรแต่ละตัวมีความหมาย ดังนี้

1) SP คือ Setpoint หรือ ค่าที่ต้องการควบคุม เช่น ต้องการต้มน้ำที่ 100 องศาเซลเซียส

2) PV คือ Process Variable หรือ ค่าที่วัดมาจาก โพรเซส เช่น อุณหภูมิในถังน้ำที่อุณหภูมิปกติเป็น 30 องศาเซลเซียส

3) MV คือ Manipulated Variable หรือ สัญญาณควบคุมที่เครื่องควบคุมคำนวณได้มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (0-100 เปอร์เซ็นต์)

4) E คือ Error หรือ ผลต่างระหว่างค่าที่ต้องการควบคุมกับค่าที่วัดได้ (E = SP-PV)

2.4.1 การควบคุมแบบ ON-OFF หรือ Two position control

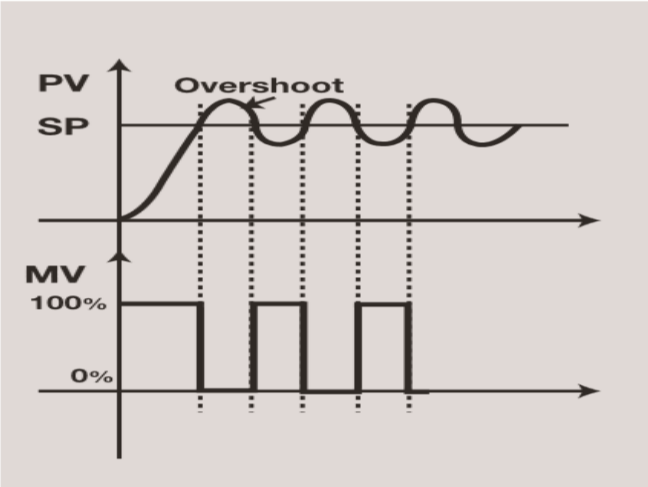
ในระบบควบคุมแบบ ON-OFF เครื่องควบคุมจะสั่งเอาต์พุตทำงานเพียง 2 สภาวะเท่านั้น คือ ON และ OFF เป็นการควบคุมแบบง่ายที่สุด และราคาไม่แพง ดังนั้น จึงนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในงานควบคุมทางอุตสาหกรรม ในกรณีที่ผลจากการแกว่งของอุณหภูมิที่ควบคุมเป็นที่ยอมรับได้ (ในที่นี้จะยกตัวอย่างการควบคุมอุณหภูมิมาอธิบาย)

กำหนดให้สัญลักษณ์เอาต์พุตของเครื่องควบคุมเป็น MV และผลต่างระหว่าง SV กับ PV เป็น E (Error) ฉะนั้นในการควบคุมแบบ ON-OFF สัญญาน MV จะมีค่าเป็น 100% (ON) หรือ 0% (OFF) เท่านั้น โดยจะขึ้นอยู่กับว่า E มีค่าเป็น + หรือเป็น - นั่นคือ

1) MV = 100% (ON) เมื่อ E > 0 (PV < SP)

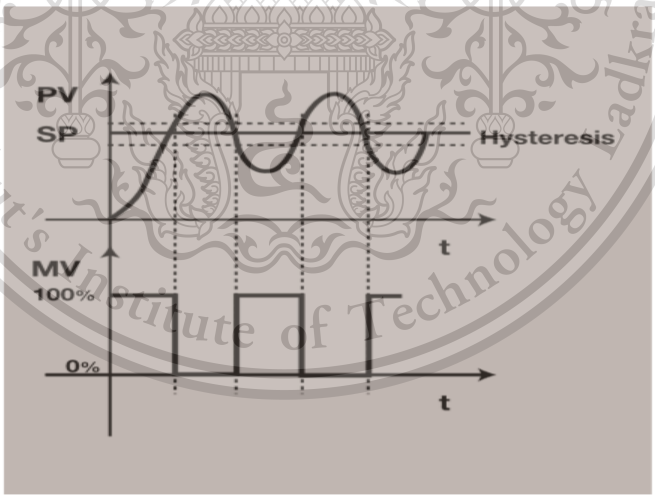
2) MV = 0% (OFF) เมื่อ E < 0 (PV > SP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.14 กราฟแสดงการควบคุมแบบ ON – OFF

ในกรณีอุณหภูมิที่โพรเซสมีการกระเพื่อมที่ Setpoint จะมีผลทำให้เอาต์พุตของเครื่องควบคุม ON และ OFF อยู่ตลอดเวลา ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยกำหนด Hysteresis หรือ Differential gap หรือ Dead band เพื่อลดการตัด-ต่อที่เกิดขึ้น แต่ผลเสียคือจะทำให้เกิด Overshoot มากขึ้น



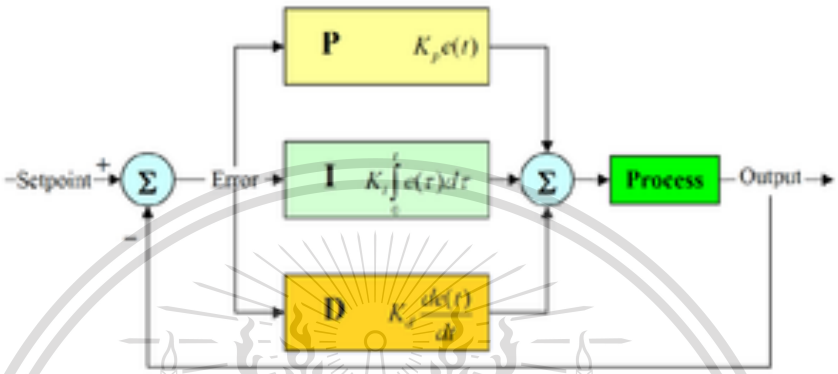
รูปที่ 2.15 กราฟแสดงการควบคุมแบบ ON - OFF โดยมี Hysteresis

ลักษณะของ ON - OFF Control คือจะเกิดการแกว่งของอุณหภูมิ (Oscillation) อยู่ตลอดเวลา โดยในกรณีที่มี Hysteresis ความถี่ในการตัดต่อจะลดลง แต่ค่า Overshoot จะมากขึ้น ในระบบที่ช้า คาบในการแกว่งจะยาวกว่าในระบบที่เร็วกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.4.2 การควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ (PID Controller)

เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดที่หามาจากความแตกต่างของตัวแปรในกระบวนการและค่าที่ต้องการ ตัวควบคุมจะพยายามลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการ ค่าตัวแปรของ PID ที่ใช้จะปรับเปลี่ยนตามธรรมชาติของระบบ



รูปที่ 2.16 แผนภาพบล็อกของการควบคุมแบบพีไอดี

วิธีคำนวณของ PID ขึ้นอยู่กับสามตัวแปร คือ ค่าสัดส่วน ปริพันธ์ และ อนุพันธ์ ค่าสัดส่วนกำหนดจากผลของความผิดพลาดในปัจจุบัน ค่าปริพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของผลรวมความผิดพลาดที่ซึ่งพึ่งผ่านพ้นไป และ ค่าอนุพันธ์กำหนดจากผลบนพื้นฐานของอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความผิดพลาด น้ำหนักที่เกิดจากการรวมกันของทั้งสามนี้จะใช้ในการปรับกระบวนการ

โดยการปรับค่าคงที่ใน PID ตัวควบคุมสามารถปรับรูปแบบการควบคุมให้เหมาะกับที่กระบวนการต้องการได้ การตอบสนองของตัวควบคุมจะอยู่ในรูปของการไหวตัวของตัวควบคุมจนถึงค่าความผิดพลาด ค่าโอเวอร์ชูต (overshoots) และ ค่าแกว่งของระบบ (oscillation) วิธี PID ไม่รับประกันได้ว่าจะเป็นระบบควบคุมที่เหมาะสมที่สุดหรือสามารถทำให้กระบวนการมีความเสถียรแน่นอน

การประยุกต์ใช้งานบางครั้งอาจใช้เพียงหนึ่งถึงสองรูปแบบ ขึ้นอยู่กับกระบวนการเป็นสำคัญ พีไอดีบางครั้งจะถูกเรียกว่าการควบคุมแบบ PI, PD, P หรือ I ขึ้นอยู่กับว่าใช้รูปแบบใดบ้าง

การควบคุมแบบ PID ได้ชื่อตามการรวมกันของเทอมของตัวแปรทั้งสามตามสมการ (2.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$MV(t) = P_{out} + I_{out} + D_{out} \quad (2.4)$$

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

1) สัดส่วน

เทอมของสัดส่วน (บางครั้งเรียก อัตราขยาย) จะเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนของค่าความผิดพลาด การตอบสนองของสัดส่วนสามารถทำได้โดยการคูณค่าความผิดพลาดด้วยค่าคงที่ K_p หรือที่เรียกว่าอัตราขยายสัดส่วน

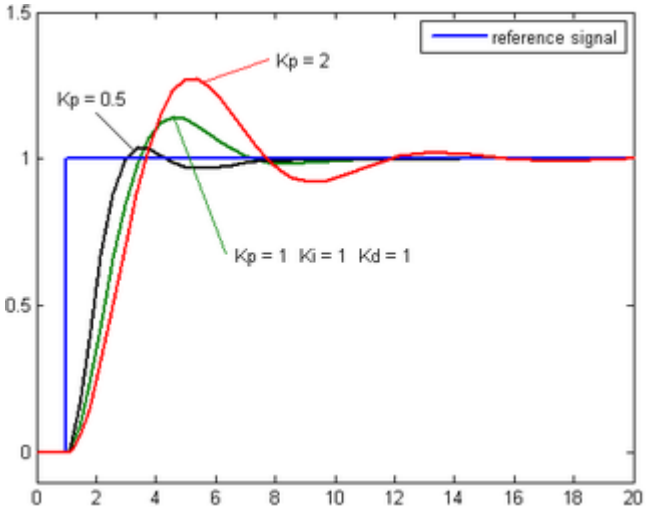
เทอมของสัดส่วนจะเป็นไปตามสมการ

$$P_{out} = K_p(e)t \quad (2.5)$$

เมื่อ P_{out} คือ สัญญาณขาออกของเทอมสัดส่วน K_p คือ อัตราขยายสัดส่วน หรือ ตัวแปรปรับค่าได้ e คือ ค่าความผิดพลาด = SP – PV และ t คือ เวลา

ผลอัตราขยายสัดส่วนที่สูงค่าความผิดพลาดก็จะเปลี่ยนแปลงมากเช่นกัน แต่ถ้าสูงเกินไประบบจะไม่เสถียรได้ ในทางตรงกันข้าม ผลอัตราขยายสัดส่วนที่ต่ำ ระบบควบคุมจะมีผลตอบสนองต่อกระบวนการน้อยตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.17 กราฟ PV ต่อเวลา เมื่อ K_p กำหนดเป็น 3 ค่า (K_i และ K_d คงที่)

2) ปริพันธ์

ผลจากเทอมปริพันธ์ (บางครั้งเรียก reset) เป็นสัดส่วนของขนาดความผิดพลาดและระยะเวลาของความผิดพลาด ผลรวมของความผิดพลาดในทุกช่วงเวลา (ปริพันธ์ของความผิดพลาด) จะให้ออฟเซตสะสมที่ควรจะเป็นในก่อนหน้า ความผิดพลาดสะสมจะถูกคูณโดยอัตราขยายปริพันธ์ ขนาดของผลของเทอมปริพันธ์จะกำหนดโดยอัตราขยายปริพันธ์ (K_i)

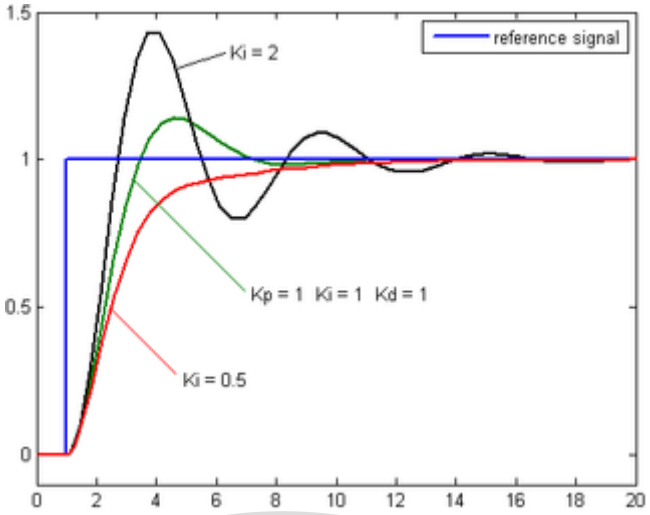
เทอมปริพันธ์จะเป็นไปตามสมการ

$$I_{out} = K_i \int_0^t e(\tau)\, d\tau \qquad (2.6)$$

เมื่อ I_{out} คือ สัญญาณขาออกของเทอมปริพันธ์ K_i คือ อัตราขยายปริพันธ์ หรือ ตัวแปรปรับค่าได้ e คือ ความผิดพลาด = SP – PV t คือ เวลา และ τ คือ ตัวแปรปริพันธ์หุ่น

เทอมปริพันธ์ (เมื่อรวมกับเทอมสัดส่วน) จะเร่งกระบวนการให้เข้าสู่จุดที่ต้องการและขจัดความผิดพลาดที่เหลืออยู่ที่เกิดจากการใช้เพียงเทอมสัดส่วน แต่อย่างไรก็ตาม เทอมปริพันธ์เป็นการตอบสนองต่อความผิดพลาดสะสมในอดีต จึงสามารถทำให้เกิดโอเวอร์ชูตได้ (ข้ามจุดที่ต้องการและเกิดการหันเหไปทางทิศทางอื่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.18 กราฟ PV ต่อเวลา เมื่อ K_i กำหนดเป็น 3 ค่า (K_p และ K_d คงที่)

3) อนุพันธ์

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

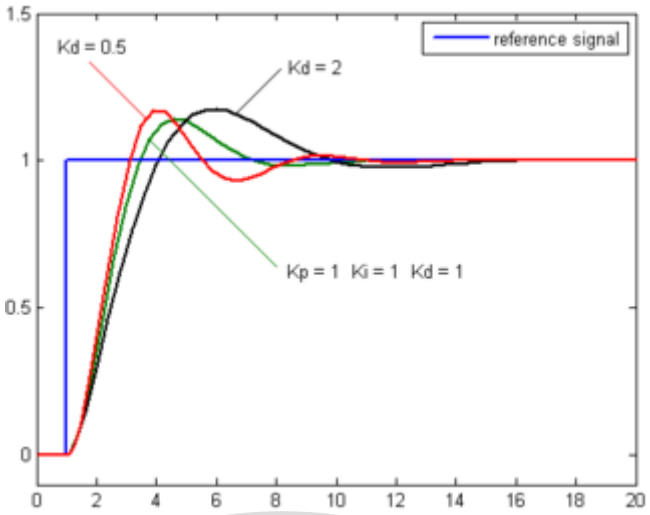
เทอมอนุพันธ์เป็นไปตามสมการ

$$D_{out} = K_d \frac{d}{dt} e(t) \tag{2.7}$$

เมื่อ D_{out} คือ สัญญาณขาออกของเทอมอนุพันธ์ K_d คือ อัตราขยายอนุพันธ์ หรือ ตัวแปรปรับค่าได้ e คือ ความผิดพลาด = SP – PV และ t เวลา

เทอมอนุพันธ์จะชะลออัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณขาออกของระบบควบคุมและด้วยผลนี้จะช่วยให้ระบบควบคุมเข้าสู่จุดที่ต้องการ ดังนั้นเทอมอนุพันธ์จะใช้ในการลดขนาดของโอเวอร์ชูตที่เกิดจาเทอมปริพันธ์และทำให้เสถียรภาพของการรวมกันของระบบควบคุมดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอนุพันธ์ของสัญญาณรบกวนที่ถูกขยายในระบบควบคุมจะไวมากต่อการรบกวนในเทอมของความผิดพลาดและสามารถทำให้กระบวนการไม่เสถียรได้ถ้าสัญญาณรบกวนและอัตราขยายอนุพันธ์มีขนาดใหญ่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.19 กราฟ PV ต่อเวลา สำหรับ K_d 3 ค่า (K_p และ K_i คงที่)

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

$$u(t) = MV(t) = K_p(e)t + K_i \int_0^t e(\tau)\,d\tau + K_d \frac{d}{dt}e(t) \quad (2.8)$$

การปรับจูนค่าตัวแปรปรับค่าได้ในระบบควบคุม PID นี้มีขั้นตอน คือ ถ้าระบบยังคงทำงานขั้นแรกให้ตั้งค่า K_i และ K_d เป็นศูนย์ เพิ่มค่า K_p จนกระทั่งสัญญาณขาออกเกิดการแกว่ง (oscillate) แล้วตั้งค่า K_p ให้เหลือครึ่งหนึ่งของค่าที่ทำให้เกิดการแกว่งสำหรับการตอบสนองชนิด "quarter amplitude decay" แล้วเพิ่ม K_i จนกระทั่งออฟเซตถูกต้องในเวลาที่พอเพียงของกระบวนการ แต่ถ้า K_i มากไปจะทำให้ไม่เสถียร สุดท้ายถ้าต้องการ ให้เพิ่มค่า K_d จนกระทั่งลูปอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่ถ้า K_d มากเกินไปจะเป็นเหตุให้การตอบสนองและโอเวอร์ชูตเกินยอมรับได้ ปกติการปรับจูน PID ถ้าเกิดโอเวอร์ชูตเล็กน้อยจะช่วยให้เข้าสู่จุดที่ต้องการเร็วขึ้น แต่ในบางระบบไม่สามารถยอมให้เกิดโอเวอร์ชูตได้ และถ้าค่า K_p น้อยเกินไปก็จะทำให้เกิดการแกว่ง

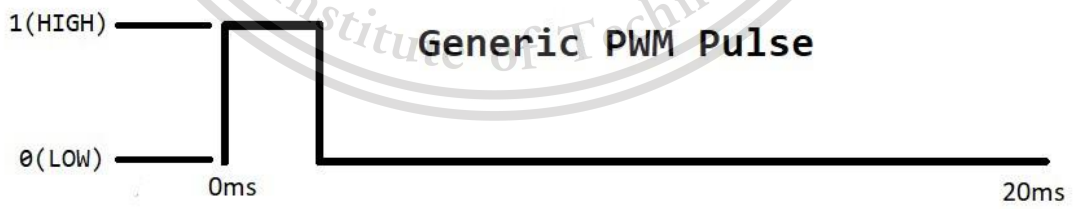
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.2 ผลของการเพิ่มค่าตัวแปรอย่างอิสระ

ตัวแปร	ช่วงเวลาขึ้น (Rise time)	โอเวอร์ชูต (Overshoot)	เวลาสู่สมดุล (Settling time)	ความผิดพลาดสถานะคงตัว (Steady-state error)	เสถียรภาพ
K_p	ลด	เพิ่ม	เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย	ลด	ลด
K_i	ลด	เพิ่ม	เพิ่ม	ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ	ลด
K_d	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ตามทฤษฎีไม่มีผล	ดีขึ้น ถ้า K_d มีค่าน้อย

2.5 Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse Width Modulation (PWM) เป็นเทคนิคที่ทำให้สามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลแบบ analog ด้วยสัญญาณ digital ได้ โดยตัวควบคุมการสร้างสัญญาณดิจิตอล (Digital control) จะสร้างสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมออกมา โดยสัญญาณที่สร้างออกมาจะสลับกันระหว่าง เปิด (HIGH) กับ ปิด (LOW) รูปแบบสัญญาณเปิด-ปิดนี้สามารถจำลองเป็นแรงดันไฟฟ้าระหว่าง เปิด (5 Volts) กับ ปิด (0 Volts)



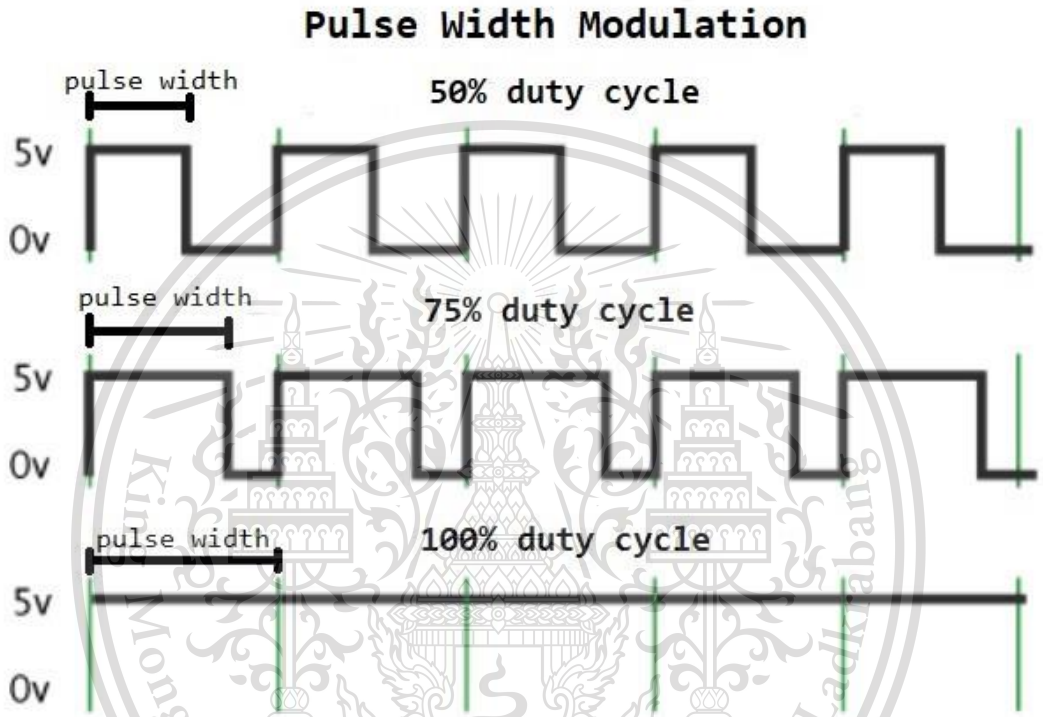
รูปที่ 2.20 กราฟแสดงสัญญาณเปิด (HIGH) และปิด (LOW)

จะเรียกช่วงที่สัญญาณ HIGH หรือ เป็น 1 ว่าเป็นช่วงเปิด คือ ช่วงที่มีแรงดันไฟฟ้า ทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ ส่วนช่วงที่สัญญาณเป็น LOW หรือ เป็น 0 เป็นปิด คือ ช่วงที่แรงดันไฟฟ้าจะเป็น 0 ทำให้ไม่มีการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.1 Duty cycle

ช่วงของเวลาที่สัญญาณเป็นเปิด เมื่อเทียบกับช่วงเวลาที่สัญญาณออกมาทั้งหมด เราจะเรียกช่วงเวลาตรงนี้ว่า ความกว้างของสัญญาณ (Pulse width) ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลแบบ analog ที่ต่างกัน เราจะใช้ความกว้างของสัญญาณที่แตกต่างกันในการบ่งบอกค่าของข้อมูล analog



รูปที่ 2.21 ตัวอย่างสัญญาณ PWM

จากรูปข้างต้น ความกว้างของเส้นสีเขียวจะแสดงถึงช่วงเวลาปกติ ระยะเวลาหรือช่วงเวลานี้เรียกว่า period เป็นค่าผกผันของความถี่อุปกรณ์ หากความถี่ของอุปกรณ์มีค่าประมาณ 50 Hz (ความถี่ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์) ความกว้างของเส้นสีเขียวจะเป็นช่วงเวลา 20 ms (หาได้จากความสัมพันธ์ของ T = 1/f)

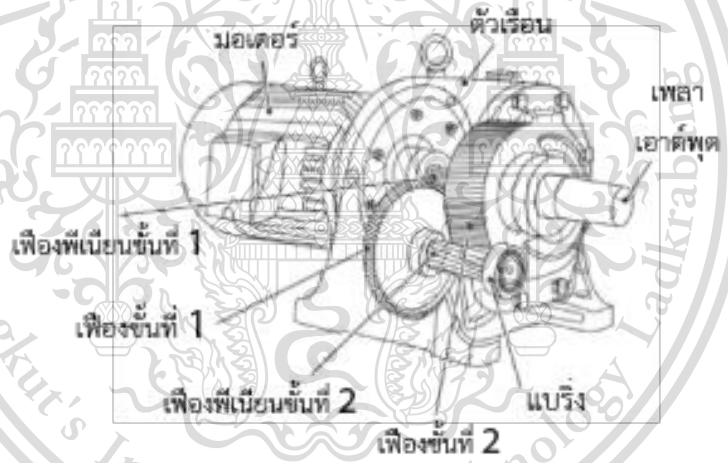
ถ้าอุปกรณ์ที่จะใช้มีการทำงานที่ความกว้างของสัญญาณ 1000–2000 us การทำงาน 100% มีความหมายว่าเจอสัญญาณเปิด 2000 us ถ้ามีการทำงานเพียง 50% จะเจอสัญญาณเปิดเป็นเวลา 1500 us ความสามารถในการทำงานเป็นเปอร์เซ็นต์นี้ คือ Duty cycle ที่สามารถบอกความกว้างของสัญญาณทำงานและความถี่ของสัญญาณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.6 มอเตอร์เกียร์ (Gear motor)

มอเตอร์เกียร์ หรือ Gear Motor คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมรอบการทำงานของการเคลื่อนที่วัตถุได้อย่างเหมาะสม เช่น เครื่องลำเลียงสินค้า เป็นต้น โดยอาศัยหลักการทำงานจากมอเตอร์แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลทำให้วัตถุสามารถเคลื่อนที่ได้ และฟันเฟืองหรือเกียร์ก็จะทำหน้าที่ลดรอบความเร็วหรือทดรอบแรงบิด ซึ่งลักษณะภายนอกของอุปกรณ์นี้จะมีรูปทรงคล้ายกับท่อนโลหะทรงกระบอกที่ประกอบด้วยตัวเรือน หน้าแปลน และก้านเพลายื่นออกมา ส่วนด้านในประกอบด้วยกลไกการทำงานต่างๆ เช่น ก้านเพลา แบริ่ง ฟันเฟือง ฯลฯ ทั้งนี้เนื่องจากมอเตอร์เกียร์มีหลายรูปแบบ ดังนั้น จึงควรพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมกับประเภทงานเพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

2.6.1 ลักษณะและข้อแนะนำ



รูปที่ 2.22 ส่วนประกอบภายในมอเตอร์

มอเตอร์เกียร์เป็นอุปกรณ์ระบบส่งกำลังที่ติดตั้งรวมอยู่กับเกียร์รถหรือเครื่องจักรต่างๆ ช่วยให้ตัวเครื่องมีประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น มีข้อแนะนำในการใช้ ดังนี้

1) ตรวจสอบการใช้ไฟฟ้า (1 เฟส 100 โวลต์ หรือ 3 เฟส 200 โวลต์)

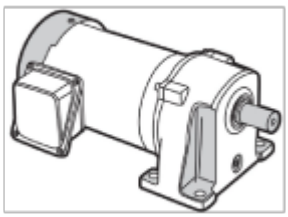
2) ตรวจสอบขนาดมอเตอร์ (วัตต์)

3) ตรวจสอบความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)

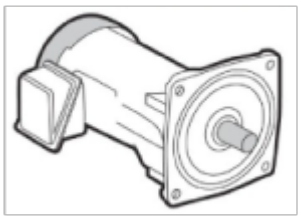
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4) ตรวจสอบอัตราทด

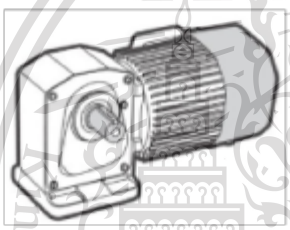
5) ตรวจสอบว่ามอเตอร์เกียร์ดังกล่าวสามารถติดตั้งกับเครื่องจักรได้หรือไม่



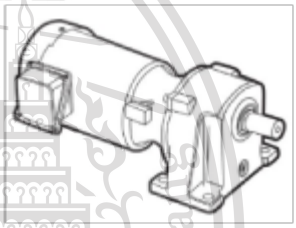
(ก) แบบติดตั้งด้วยขาตั้งเพลาขนาน



(ข) แบบติดตั้งด้วยหน้าแปลนเพลาขนาน



(ค) แบบแกนตั้งฉาก



(ง) แบบที่มีคลัตช์เบรก

รูปที่ 2.23 รูปแสดงมอเตอร์เกียร์แบบต่างๆ

2.6.2 วิธีใช้งานมอเตอร์เกียร์

การเลือกใช้ควรเลือกประเภทมอเตอร์เกียร์ให้เหมาะกับจุดประสงค์การใช้งาน โดยพิจารณาเลือกจากขนาดวัตต์หรือกำลังแรงม้าของมอเตอร์ที่ต้องการใช้งาน อัตราการทดรอบหรือรอบความเร็วที่ต้องการใช้งาน รูปแบบลักษณะในการติดตั้ง และระบบไฟแบบ 1 เฟส หรือ 3 เฟส เป็นต้น อีกทั้งควรตรวจสอบว่ามอเตอร์เกียร์สามารถติดตั้งเข้ากับเครื่องจักรหรือเครื่องยนต์ได้หรือไม่ โดยการเชื่อมต่อกระแสไฟและยึดสกรูให้แน่นหนา และตรวจสอบการทำงานได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 2.24 ตัวอย่างการติดตั้งใช้งานมอเตอร์เกียร์

2.6.3 ประเภทของมอเตอร์เกียร์

2.4.3.1 มอเตอร์เกียร์ตรง (Helical Gear Motor)

มอเตอร์เกียร์ตรง (Helical Gear Motor) ลักษณะภายในมีฟันเฟืองแบบเฉียงที่ให้คุณสมบัติสามารถลดรอบมอเตอร์และเพิ่มแรงบิดให้เหมาะสมกับงานหลายประเภท โดยมีให้เลือกใช้หลากหลายรูปแบบทั้งแบบขาตั้ง หน้าแปลน หรือแบบมอเตอร์เกียร์ 2 เพลาออก ซึ่งนิยมนำมาใช้งานในภาคครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรมกันเป็นจำนวนมาก เช่น ประตูเลื่อนอัตโนมัติ งานรอกยกของ และอีกมากมาย

2.6.3.2 มอเตอร์เกียร์แบบขาตั้ง (Parallel Shaft Gear Motor)

มอเตอร์เกียร์แบบขาตั้ง (Parallel Shaft Gear Motor) โครงสร้างภายนอกประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า กล่องเกียร์ และก้านเพลายื่นออกมา โดยที่ฝั่งเกียร์จะมีฐานเป็นขาตั้งที่ใช้สำหรับติดตั้งและยึดเข้ากับเครื่องจักรได้อย่างแน่นหนา ทำให้มอเตอร์เกียร์ทำงานได้แข็งแกร่งทนทาน และให้แรงบิดในการขับเคลื่อนสูง จึงเหมาะสำหรับงานส่งกำลังที่ใช้งานหนักอย่างต่อเนื่อง เช่น งานยก งานลำเลียงสินค้า ขับเคลื่อนเครื่องจักร เป็นต้น

2.6.3.3 มอเตอร์เกียร์แบบหน้าแปลน (Flange Shaft Gear Motor)

มอเตอร์เกียร์แบบหน้าแปลน (Flange Shaft Gear Motor) มีลักษณะเด่นบริเวณฝั่งก้านเพลาที่อยู่ตรงกลางด้านข้างจะยื่นออกมาเพื่อใช้รองรับการทำงานร่วมกับมอเตอร์หรือเครื่องยนต์ได้ในตัว ทำให้มอเตอร์เกียร์แบบหน้าแปลนสามารถส่งแรงบิดสูงได้เต็มกำลัง ทำงานเงียบ และสะดวกใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การติดตั้งใช้งานทั้งภายในและภายนอกอาคาร จึงเหมาะสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรมหนักและเบาทุกชนิด เช่น งานยก สายพานลำเลียงสินค้า เป็นต้น

2.6.3.4 มอเตอร์เกียร์แพลนเนตตารี่ (Planetary Gear Motor)

มอเตอร์เกียร์แพลนเนตตารี่ (Planetary Gear Motor) โครงสร้างถูกออกแบบมาให้ส่งถ่ายกำลังจากชุดฟันเฟืองที่เคลื่อนที่รอบแกนของฟันเฟืองตัวอื่นและในขณะเดียวกันก็จะหมุนรอบตัวเองด้วย ซึ่งเป็นคุณสมบัติพิเศษที่สามารถถ่ายโอนน้ำหนักระหว่างการใช้งานได้ดี และมีประสิทธิภาพในการระบายความร้อน จึงเป็นที่นิยมใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมและเครื่องยนต์กันอย่างแพร่หลาย

2.6.3.5 มอเตอร์เกียร์ 2 เพลาออก (Reducer Double Shaft Gear Motor)

มอเตอร์เกียร์ 2 เพลาออก (Reducer Double Shaft Gear Motor) หรือมอเตอร์เกียร์ 2 เพลา จะมีลักษณะโดดเด่นที่ก้านเพลาจะยื่นออกมาจากหัวเกียร์ทั้งสองด้าน คือ ด้านข้างหรือด้านบน ซึ่งจะช่วยเพิ่มความแข็งแรง ต้านทานต่อแรงกระแทกและการสึกหรอ ทำให้สามารถใช้ในระบบการทำงานที่ซับซ้อนได้ดี โดยมีให้เลือกใช้งานทั้งแบบขาตั้งและแบบหน้าแปลน จึงเหมาะสำหรับใช้ติดตั้งเข้ากับยอย (Coupling) โซ่เฟือง สายพานลำเลียง เป็นต้น

2.7การควบคุมของผู้ใช้เว็ปไซต์ (Web application)

2.7.1 HTML

HTML ย่อมาจากคำว่า Hypertext Markup Language ซึ่งพัฒนาขึ้นมาจากภาษา SGML (Standard Generalized Markup Language) โดย นักฟิสิกส์ชื่อ Tim Berners - Lee ในปี ค.ศ. 1990 แห่งสถาบันวิจัย CERN(Conseil Europeen Pour la Recherche Nucleaire) ใช้สำหรับนักวิจัยในสถาบันเพื่อแบ่งปันข้อมูลกัน จากนั้นก็ได้แพร่ขยายออกไป และถูกพัฒนา เรื่อย ๆ ระบบนี้ได้ถูกตั้งชื่อว่า World Wide Web:WWW ที่เรารู้จักกันจนถึงปัจจุบัน

HTML เป็นภาษามาตรฐานที่ใช้พัฒนาเอกสารในรูปแบบของเว็บเพจโดยสามารถนำเสนอข้อมูลตัวอักษร ภาพเสียง และไฟล์ในรูปแบบอื่นๆ บนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การเรียกใช้เอกสารเหล่านี้ทำได้โดยการใช้โปรแกรมเว็บบราวเซอร์ (Web Browser) เช่น Internet Explorer ,Mozilla Firefox , Google Chrome ฯลฯ เรียกดูแฟ้มที่สร้างด้วยภาษา HTML ข้อดีของ HTML คือสามารถใช้ได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ และระบบปฏิบัติการได้หลากหลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.3 มาตรฐาน html และเวอร์ชั่นของ html

HTML 1.0	เกิดขึ้นในปี 1993 โดย Tim Berners-Lee และ Dave Raggett ได้กำหนดให้เอกสาร HTML ที่ได้พัฒนาขึ้น แม้จะเขียนด้วยมาตรฐานใดๆ ก็ตาม ต้องไม่ทำให้เอกสารที่สร้างนั้นอ่านไม่ได้
HTML 2.0	เกิดขึ้นในปี 1995 ถูกพัฒนาขึ้นโดย IETF (Internet Engineering Task ForceX)ซึ่งมุ่งหวังให้สามารถเปิดแสดงผลกับบราเซอร์ทั่วไปได้
HTML 3.0	ในปี 1995 ได้มีการพัฒนา HTML ให้มีความสามารถเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มการทำงานเกี่ยวกับตาราง การปรับข้อความล้อมรอบภาพ และแสดงส่วนที่ซับซ้อนได้ดีขึ้น
HTML 4.0	ในปี 1997 ได้มีการพัฒนาและดูแลมาตรฐานของ HTML ด้วยองค์กรกลางที่ชื่อ W3C(The World Wide Web Consortium) เพื่อพัฒนาเทคโนโลยี WWW ให้ล้ำหน้ายิ่งขึ้นโดยได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานด้วย Style sheet Frame การฝังออบเจคต์ของโปรแกรมเสริมเพื่อแสดงภาพและเสียง การสร้างฟอร์ม และการใช้งานร่วมกับภาษา Script แบบต่างๆ
HTML 4.1	ในปี 1997 ได้ปรับการทำงานที่ผิดพลาดให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (หลังจาก HTML 4.01 องค์กรW3C ได้หยุดพัฒนา HTML โดยเปลี่ยนไปพัฒนาภาษามาตรฐานใหม่ที่ชื่อว่า XHTML เพื่อจะขยายการใช้เว็บไปสู่อุปกรณ์ต่างๆได้เพิ่มมากขึ้น แต่ยังคงให้บราวเซอร์ใช้งานโปรแกรมภาษา HTML ได้เช่นเดิม)

2.7.1.1 ลักษณะของภาษา html

องค์ประกอบของภาษา html สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นข้อความทั่ว ๆ ไป กับส่วนที่เป็นคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดรูปแบบข้อความที่แสดง ซึ่งเราเรียกคำสั่งนี้ว่า แท็ก (Tag) โดยแท็กคำสั่งของ HTML จะอยู่ในเครื่องหมาย < และ > รูปแบบดังนี้ <แท็กเปิด> ข้อความ <แท็กปิด> เช่น <title> ชื่อหัวเว็บ </title> โดยที่ Tag HTML แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

1) Tag เดี่ยว เป็น Tag ที่ไม่ต้องมีการปิดรหัส เช่น <HR>,
 เป็นต้น

2) Tag เปิด/ปิด รูปแบบของ Tag นี้จะเป็นแบบ <tag> .... </tag> โดยที่ <tag> เราเรียกว่า tag เปิด </tag> เราเรียกว่า tag ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในกรณีที่เราต้องการใช้แท็กซ้อนกันมากกว่า 1 แท็ก เราจะต้องใช้แท็กปิด ปิดแท็กในสุดก่อน แล้วจึงไล่ปิดแท็กอื่น ๆตามลำดับ เช่น

รูปที่ 2.25 โครงสร้างภาษา html

เราสามารถพิมพ์เป็นตัวเล็ก หรือ ตัวใหญ่ก็ได้ (เวอร์ชั่น 4 ขึ้นไป) เช่น <HTML>,<html>,<Html> จะมีความหมายเหมือนกัน แต่ควรจะพิมพ์ตัวเล็กทั้งหมด เพื่อให้รองรับกับเอกสาร XHTML ด้วย

บางแท็กจะมีตำกำหนดคุณสมบัติ เรียกว่า แอททริบิวท์ (Attribute) และค่าที่ถูกกำหนดให้ใช้แท็ก (Value) โดยจะ เขียนไว้ หลังแท็ก เช่น

รูปที่ 2.26 โครงสร้างภาษา html

จากรูป แท็ก hr เป็นการกำหนดเส้นขั้นทางแนวนอน แอททริบิวท์ width กำหนดคุณสมบัติความยาวของเส้น และค่าที่กำหนด 600 คือค่าความยาวของเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.7.1.2 โครงสร้างพื้นฐานของภาษา html

โครงสร้างของภาษา html แบ่งได้เป็น 4 ส่วนหลัก ดังนี้

รูปที่ 2.27 โครงสร้างภาษา html

1) แท็ก html <html>..</html>

เป็นแท็กแรกที่ต้องมีในภาษา html ซึ่งบ่งบอกว่านี่คือภาษา html โดยจะอยู่ที่จุดเริ่มต้นของเอกสาร และท้ายเอกสารในแต่ละแฟ้ม

2) ส่วนหัวของเอกสาร(header) <head> ..</head>

คำสั่งที่อยู่ในส่วนนี้จะใช้บรรยายรายละเอียดเกี่ยวกับ web page ซึ่งจะไม่แสดงผลที่ web page โดยตรง

2.1) การกำหนดชื่อเว็บเพจ โดยใช้แท็ก <title>...</title> ซึ่งข้อความภายในแท็กนี้จะเป็นชื่อหัวเรื่องเว็บเพ็จที่ต้องการ ซึ่งจะต้องมีความยาวไม่เกิน 64 ตัวอักษร ข้อความนี้จะไปปรกฏที่ title bar ของ บราวเซอร์ที่เราใช้งานอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2) การกำหนดรูปแบบของข้อความและเลย์เอาท์ในหน้าเว็บเพจ ที่เรียกว่า สไตล์ชีต

2.3) การแทรกหรือใส่สคริปต์โปรแกรม เช่น javaScript

3) เนื้อหา(body) <body>..</body> เป็นส่วนเนื้อหาที่จะไปแสดงผลบนหน้าเว็บ ซึ่งการแสดงผลจะต้องใช้ Tag จำนวนมาก ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล เช่น ข้อความ, รูปภาพ, เสียง, วีดิโอ หรือไฟล์ต่างๆ

ส่วนเนื้อหาเอกสารเว็บ ประกอบด้วย Tag มากมายตามลักษณะของข้อมูล ที่ต้องการนำเสนอ การป้อนคำสั่งในส่วนนี้ ไม่มีข้อจำกัดสามารถป้อนติดกัน หรือ 1 บรรทัดต่อ 1 คำสั่งก็ได้ แต่มักจะยึดรูปแบบที่อ่านง่าย คือ การทำย่อหน้าในชุดคำสั่งที่เกี่ยวข้องกัน ทั้งนี้ให้ป้อนคำสั่งทั้งหมดภายใต้ Tag **<body>..</body>**

ข้อดีของ HTML5

1) สามารถรองรับการทางานวิดีโอภาพ และเสียงได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องใช้ Flash Player ที่ต้องมีการติดตั้ง Plug in
2) ออกแบบมาให้รองรับการทำงานการจัดการรูปแบบของคอลัมน์ได้ดีกว่า html รุ่นเดิม สามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่าย และเป็นมาตรฐานมากกว่า
3) รองรับเทคโนโลยีใหม่ เช่น การวาดภาพการสนับสนุนการแสดงผลแบบสามมิติและสามารถแสดงตำแหน่ง และข้อมูลบนแผนที่ได้บนบราวเซอร์ทันที
4) สามารถทำงานได้บนทุก ๆ อุปกรณ์ หรือทุก ๆ แพลตฟอร์ม
5) สนับสนุนการทำงานแบบ Offline แก้ไข ลบ บันทึก หรือรองรับการทำงานการเก็บประวัติการทำงาน
6) HTML5 มีผลดีต่อการทำ SEO เป็นอย่างมาก
7) HTML 5 เป็นการนำเทคโนโลยีที่อยู่ในโลก native ย้ายเข้ามาสู่ในโลกของเว็บทำให้มันมีข้อดีคือฟีเจอร์ที่มีประสิทธิภาพในการทำงานจากโลก native มาผสานกับความคล่องตัวเข้าถึงได้จากทุกที่ของเว็บ

ข้อเสียของ HTML 5

1) Tag ในบาง Tag และความสามารถบางอย่างยังไม่สามารถใช้งานได้กับทุกบราวเซอร์
2) ยังอยู่ในขั้นตอนของการพัฒนายังไม่มีความสมบูรณ์ 100% และยังไม่เป็นที่รู้จักเท่าที่ควร
3) แม้ว่า HTML 5 จะสามารถนำมาสร้าง web หรือ application ได้และมีการทำกราฟิกได้เพิ่มมากขึ้นแต่การพัฒนา application ยังไม่สามารถเทียบเท่า application แบบ Native ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินโครงงานทั้งหมดซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอน หลักการ และวิธีการดำเนินงานตลอดทั้งการทำโครงงาน โดยก่อนเริ่มดำเนินงานได้มีการวางแผนขั้นตอนและขอบข่ายของงานไว้ เพื่อให้มีแนวทางที่ชัดเจนประกอบการทำงานให้เป็นไปตามลำดับขั้น

ขั้นตอนในการดำเนินโครงงานหลังจากที่ได้ศึกษาหัวข้อโครงงาน ตั้งวัตถุประสงค์ และวางขอบข่ายของงานเรียบร้อยแล้ว ต่อมาจะเริ่มการออกแบบโครงสร้างและกลไกทางแมคคานิกส์ของหุ่น จากนั้นเริ่มทำการวางระบบอิเล็กทรอนิกส์หรือวงจรสำหรับควบคุมการทำงานของหุ่น หลังจากที่ได้เตรียมส่วนฮาร์ดแวร์ของตัวหุ่นแล้ว ลำดับถัดมาจะเป็นการทำงานส่วนซอฟต์แวร์ซึ่งจะทำงานควบคู่กัน คือ การเขียนโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของระบบ และการเขียนแอพพลิเคชั่นสำหรับควบคุมหุ่น โดยในรายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ มีดังนี้

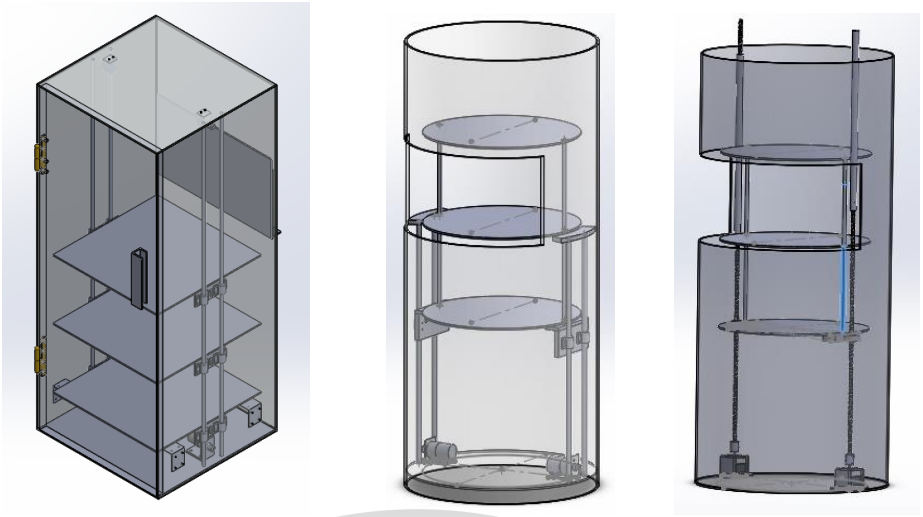
3.1 การออกแบบโครงสร้างและกลไกทางแมคคานิกส์

3.1.1 หลักการของกลไกการทำงานภายใน

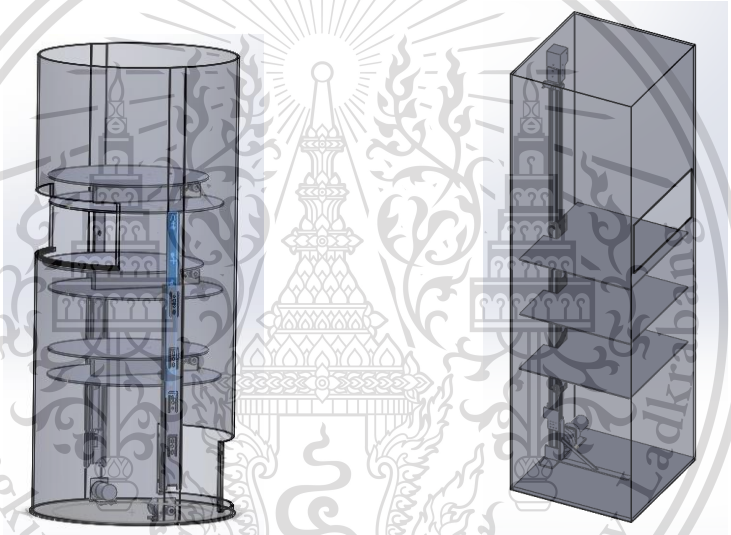
จากการออกแบบโครงสร้างของตัวหุ่น จำเป็นต้องพิจารณาถึงกลไกต่างๆที่สามารถติดตั้งภายในพื้นที่จำกัดของตัวหุ่น ในเบื้องต้นได้ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solidworks เพื่อนำมาพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการสร้างจริง นอกเหนือจากการคำนวณเชิงกลที่นำมาเป็นหลักพิจารณาแล้ว ยังนำเรื่องของทรัพยากรและทักษะที่มีมาพิจารณาประกอบด้วย และในบางส่วนก็นำการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมเข้ามาช่วยแก้ปัญหา

ในขั้นแรกของการออกแบบกลไกการทำงานนั้น ทางผู้จัดทำได้พูดคุยระดมความคิดเกี่ยวกับแนวทางในการออกแบบภาพรวมของหุ่น จากนั้นลองทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solidworks โดยนี่เป็นโมเดลทั้งหมดที่เราได้ทำการออกแบบใน Solidworks

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ก) โมเดลที่ 1 (ข) โมเดลที่ 2 (ค) โมเดลที่ 3



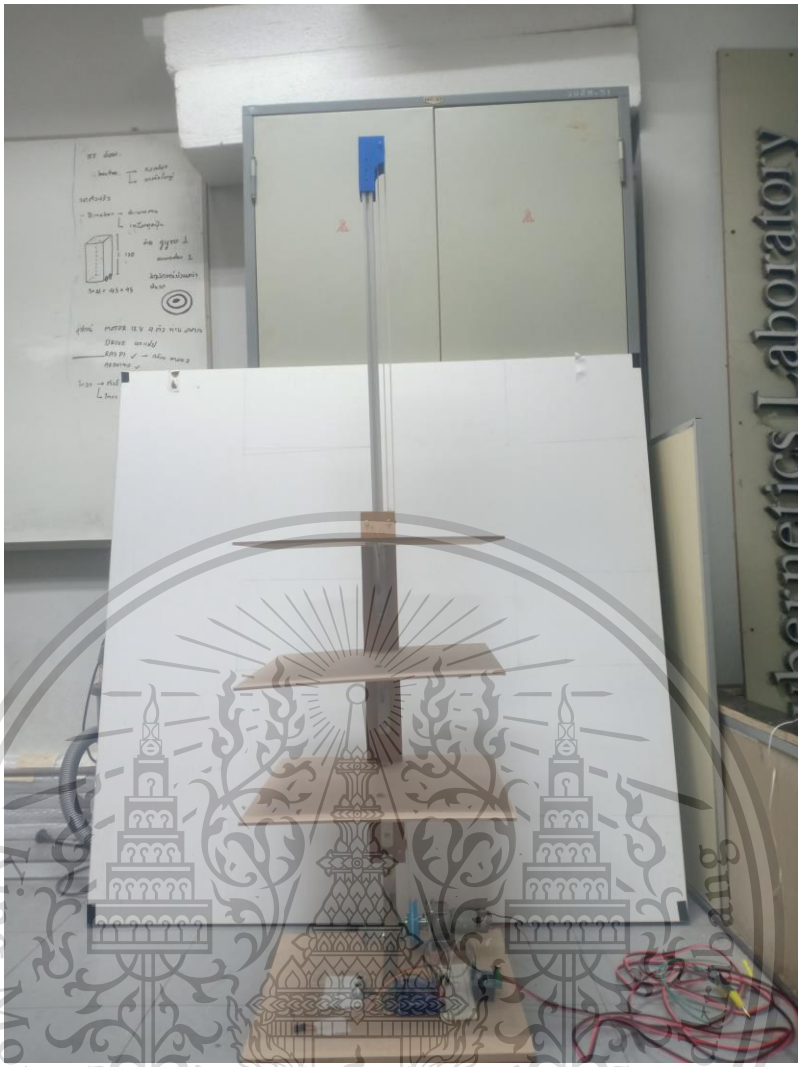
(ง) โมเดลที่ 4 (จ) โมเดลที่ 5

รูปที่ 3.1 แบบกลไกการทำงานภายในแต่ละโมเดล

หลังจากผ่านกระบวกการออกแบบและพูดคุยกันมาหลายรอบ เนื่องจากข้อจำกัดหลายด้าน ท้ายที่สุดจึงได้สินใจเลือกใช้โมเดลที่ 5 โดยกลไกการทำงานของตัวหุ่นนั้น เป็นกลไกแบบรอกเดี่ยวตายตัว คือ ใช้รอกในการดึงชั้นเสิร์ฟขึ้นไปยังตำแหน่งที่เราต้องการ และมีมอเตอร์เป็นต้นกำลัง

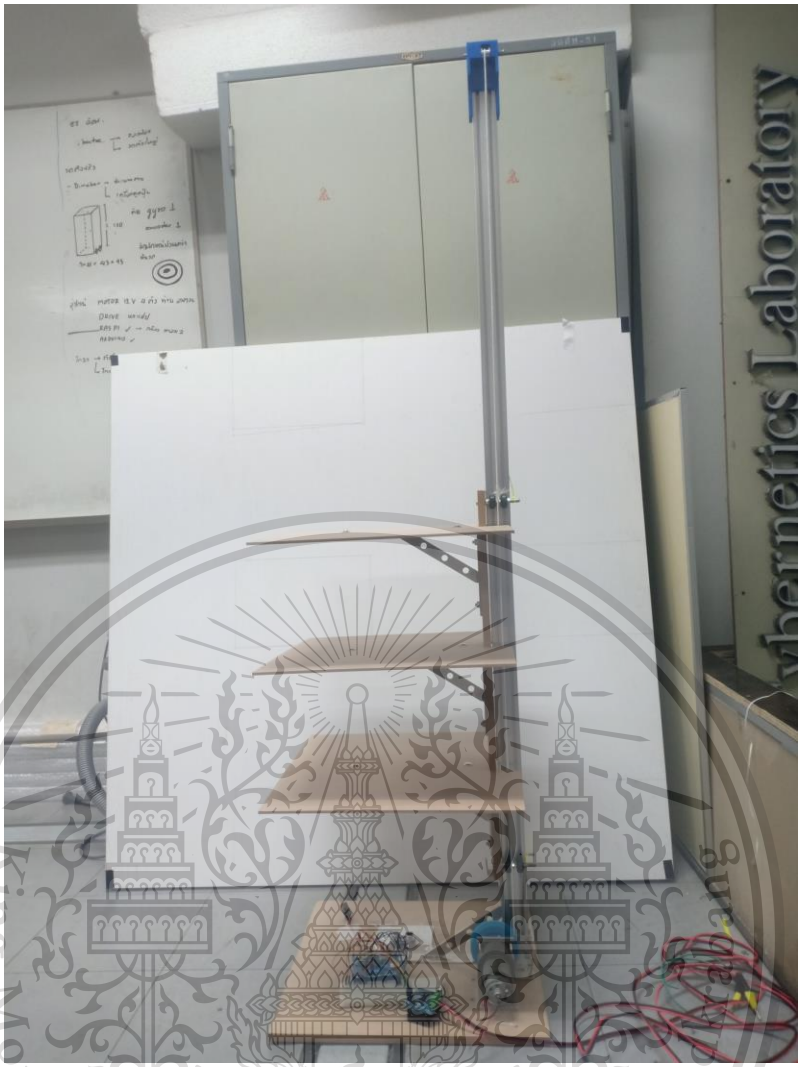
ด้านหลังของชั้นเสิร์ฟจะมีล้อคอยยึดติดไว้กับเสา เพื่อป้องกันไม่ให้ชั้นเสิร์ฟมีอาการส่ายขณะเคลื่อนที่ และสาเหตุที่เลือกล้อ เพราะ ล้อไม่สร้างแรงเสียดทานจนเป็นภาระให้กับต้นกำลังมากเกินไป และยังสามารถจัดหาได้ในราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



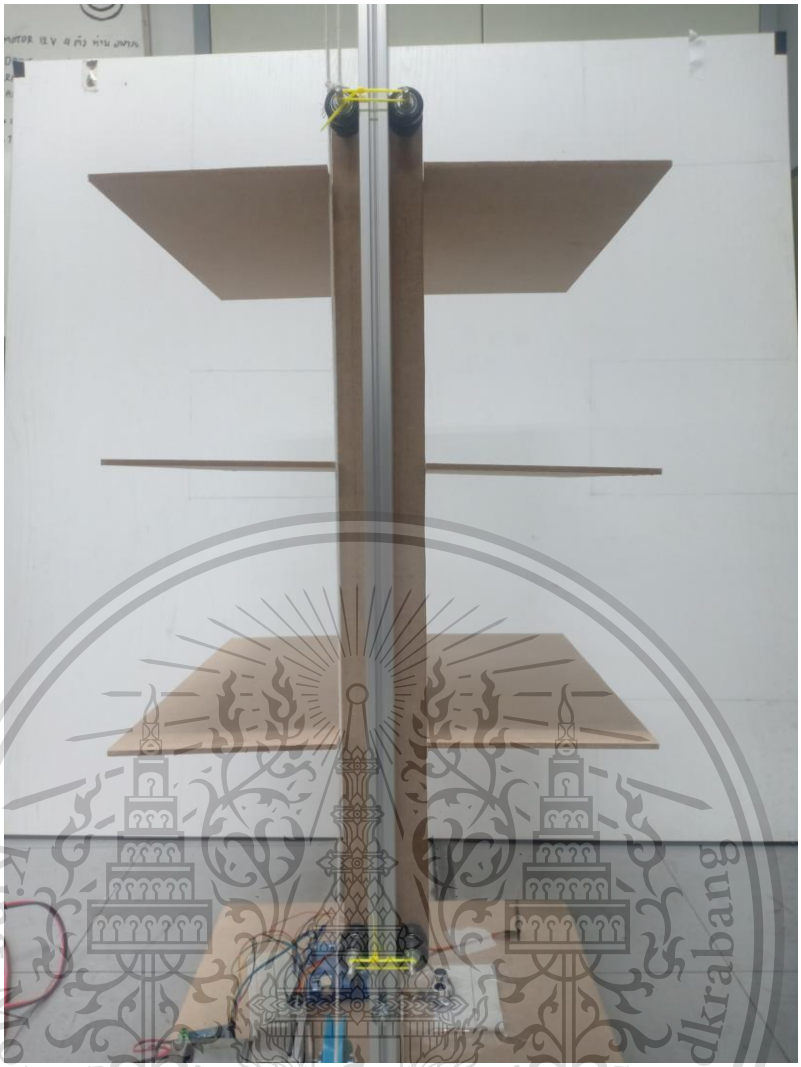
รูปที่ 3.2 ภาพด้านหน้าของตัวหุ่นเสิร์ฟอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.3 ภาพด้านข้างของตัวหุ่นเสิร์ฟอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.4 ภาพด้านหลังของตัวหุ่นเสิร์ฟอาหาร

3.1.2 การเลือกใช้มอเตอร์และวัสดุที่ใช้

หลักการของรอกเดี่ยวตายตัว คือ จะไม่ช่วยผ่อนแรง เพียงแค่อำนวยความสะดวกเท่านั้น ดังนั้นน้ำหนักของวัตถุ (W) จึงมีค่าเท่ากับแรงพยายาม (E) ทางผู้จัดทำประมาณน้ำหนักของอาหารและชั้นเสิร์ฟรวมกันที่ 5 กิโลกรัม ซึ่งในกรณีนี้เราสมมติให้แรงเสียดทานมีค่าน้อยมาก จนไม่ต้องคำนึงถึง สามารถเขียนเป็น สมการได้ดังนี้

$$E = W = 5\ kg \cdot f = 50\ N \tag{3.1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เมื่อทราบแรงที่จำเป็นในการขับเคลื่อนกลไกแล้ว ต่อมาจึงคำนวณแรงบิด (T) เพื่อนำพิจารณาหาขนาดของมอเตอร์ โดยได้กำหนดระยะแขนของแรง (r) ในที่นี้คือรัศมีของจานหมุน ซึ่งเบื้องต้นขนาดของจานหมุนอ้างอิงมาจากพื้นที่ที่สามารถติดตั้งได้ สามารถเขียนเป็น สมการได้ดังนี้

$$T = F \times r \tag{3.2}$$

$$T = 50\ N \times 26\ mm = 1300\ N \cdot mm = 1.3\ N \cdot m \tag{3.3}$$

เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น จึงกำหนดให้ในจุดนี้มีค่า Safety factor 2 เท่า ดังนั้นแรงบิดที่นำมาใช้เลือกมอเตอร์จึงมีค่าเท่ากับ

$$T = 1.3\ N \cdot m \times 2 = 2.6\ N \cdot m \tag{3.3}$$

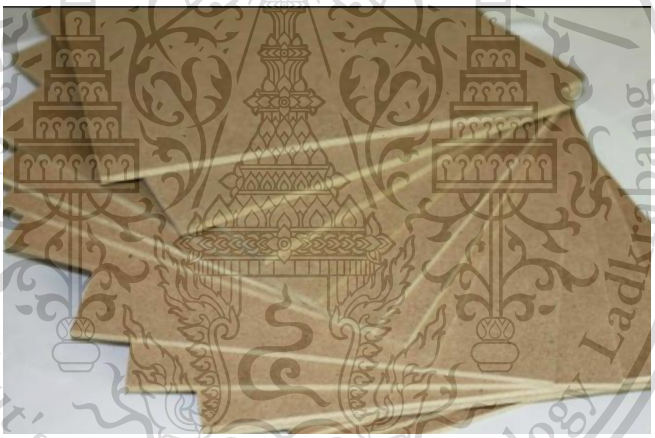
ในช่วงแรกของการทดลองได้ใช้ DC Motor 12V 100rpm รุ่น ZGA60FM-G ต่อมาพบปัญหาขณะชั้นเสิร์ฟหยุดอยู่ในตำแหน่งที่ต้องเสิร์ฟ ซึ่งในช่วงเวลานี้มอเตอร์ยังคงทำงานเพื่อให้ชั้นเสิร์ฟยังคงค้างในตำแหน่งเดิม จนกว่าจะถึงเวลาเคลื่อนที่ ซึ่งช่วงนี้เองที่มอเตอร์ทำงานได้ไม่เสถียรตามที่ต้องการ จึงตัดสินใจเปลี่ยนเป็น มอเตอร์ LYX DC Motor ขนาด 12 V 15 rpm รุ่น LX44WG เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น และเพื่อเป็นการประหยัดการจ่ายพลังงานให้มอเตอร์ เนื่องจากมอเตอร์นี้สามารถล็อกตำแหน่งได้โดยไม่ต้องจ่ายไป จะกล่างรายละเอียดต่อไปในบทที่ 4

รูปที่ 3.5 DC Motor 12V 100rpm รุ่น ZGA60FM-G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 3.6 LYX DC Motor ขนาด 12 V 15 rpm รุ่น LX44WG

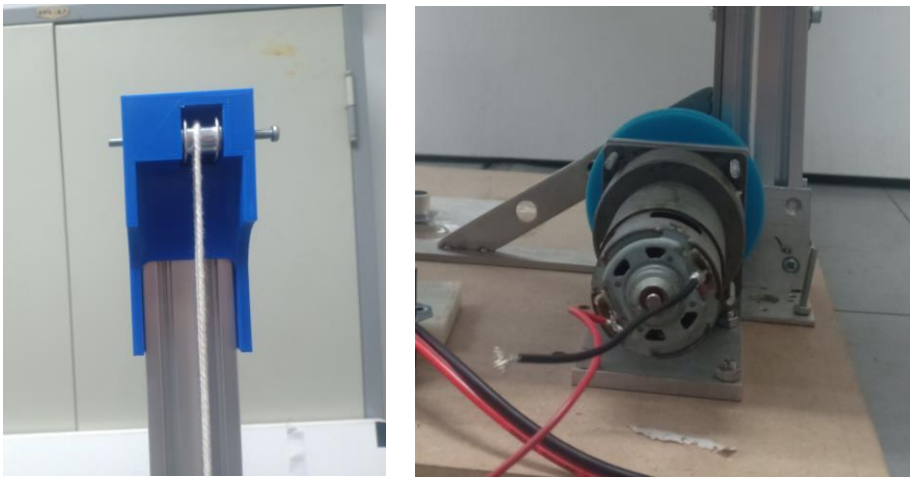
ในเบื้องต้นวัสดุของส่วนฐานของตัวหุ่นและชั้นเสิร์ฟนั้น จะเป็นกระดาษอัด เนื่องจากสามารถเจาะ ตัด ติดตั้งอุปกรณ์ หรือแก้ไขทำได้โดยง่าย จึงเหมาะกับการนำมาใช้ในการสร้างตัวต้นแบบ



รูปที่ 3.7 กระดาษอัด

มีบางชิ้นส่วนที่ได้นำเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติเข้ามามีส่วนช่วย เพื่อประหยัดต้นทุน และชิ้นส่วนบางชิ้นร้านค้าไม่สามารถจัดหาขนาดตามที่ต้องการได้ แม้ว่าชิ้นงานที่ออกมาจะเป็นพลาสติก แต่จากการสังเกตุการณ์การทดสอบหลายครั้ง ชิ้นงานที่พิมพ์ออกมาไม่มีการเสียรูปภายใต้แรงที่กระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



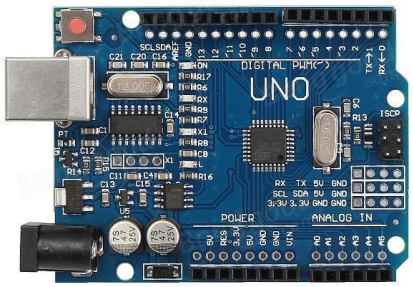
รูปที่ 3.8 ส่วนยึดรอกและจานหมุนที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์สามมิติ

3.2 การควบคุมระบบ

3.2.1 วงจรควบคุม

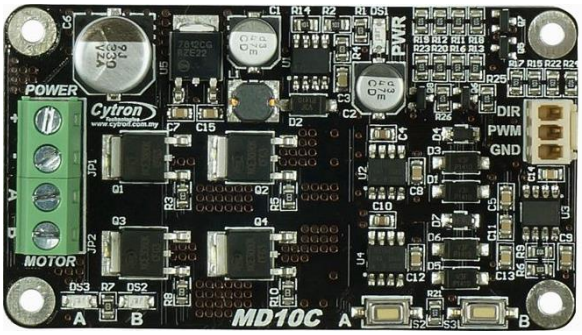
เมื่อออกแบบส่วนแมคคานิกส์แล้ว ต่อมาจะเป็นขั้นตอนในการเลือกใช้อุปกรณ์ความคุมระบบหรือส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ อุปกรณ์ที่เลือกใช้ ดังนี้

บอร์ดควบคุมที่เลือกใช้ (Microcontroller board) คือ Arduino UNO R3 บอร์ดควบคุมมอเตอร์ (Motor Drive Module) จะใช้ บอร์ดของ Cytron รุ่น 10Amp 5V-30V DC Motor Driver โดยใช้กับมอเตอร์ LYX DC Motor ขนาด 12 V 15 rpm รุ่น LX44WG เซ็นเซอร์วัดระยะ VL53L0X V2 Laser Ranging Sensor Module และอุปกรณ์สำหรับการส่งข้อมูลสื่อสารไร้สาย (Wireless Serial Module) HC-12 SI4463 433 MHz



รูปที่ 3.9 บอร์ดควบคุม Arduino UNO R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

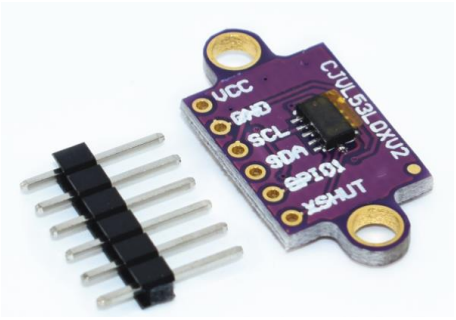


รูปที่ 3.10 บอร์ดควบคุมมอเตอร์ Cytron 10Amp 5V-30V DC Motor Driver

รูปที่ 3.11 มอเตอร์ LYX DC Motor ขนาด 12 V 15 rpm รุ่น LX44WG

รูปที่ 3.12 อุปกรณ์สำหรับการส่งข้อมูลสื่อสารไร้สาย HC-12 SI4463 433 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.13 เซ็นเซอร์วัดระยะ VL53L0X V2 Laser Ranging Sensor Module

อุปกรณ์ที่เลือกใช้นี้เป็นส่วนที่ได้ผ่านการแก้ไขปรับปรุงเพื่อแก้ปัญหาการใช้งานแล้ว ส่วนอุปกรณ์ก่อนการปรับปรุง จะเป็นส่วนขั้นตอนของการเก็บข้อมูลและทดลอง ตามหัวข้อถัดๆมา ดังนี้

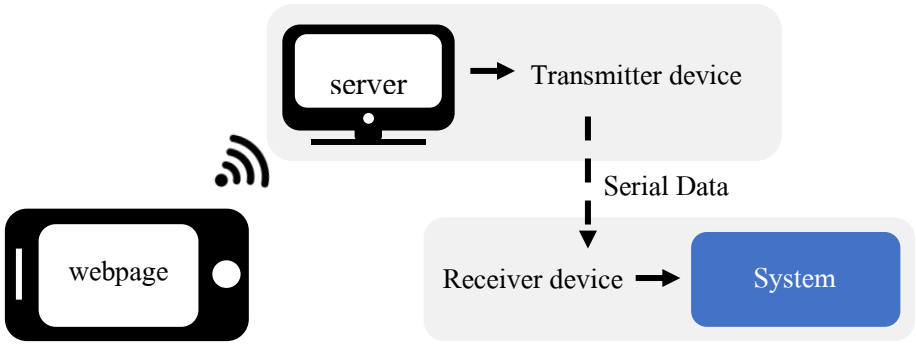
3.2.2 หลักการทำงานของระบบ

ในการทำงานซึ่งก็คือการเสิร์ฟอาหารในร้านอาหารให้ลูกค้า จะสามารถทำงานได้จากการเขียนโค้ดคำสั่งลงบน Arduino UNO R3 ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆที่กล่าวมา ซึ่งตัวโปรแกรมจะมีส่วนการทำงานแยกย่อยออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ควบคุมมอเตอร์ ส่วนอ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดระยะ และส่วนสำหรับการสื่อสารไร้สาย ซึ่งการทำงานของทั้งสามส่วนนี้จะสัมพันธ์กัน หลักการทำงานในแต่ละส่วนโดยละเอียดจะกล่าวแยกย่อยเป็นหัวข้อถัดๆไป

หลักการทำงานคร่าวๆ คือ จากโครงสร้างทางแมคคานิกส์ที่ออกแบบให้หุ่นยนต์เสิร์ฟอาหารมี 3 ชั้นที่สามารถเลื่อนขึ้นลงได้ด้วยการใช้รอกและเชือก โดยมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้รอกหมุนและดึงเชือก ทำให้เคลื่อนที่ขึ้นลง ในการควบคุมการเคลื่อนที่จึงใช้บอร์ดสำหรับควบคุมมอเตอร์เพื่อควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของขึ้นเสิร์ฟให้เคลื่อขึ้นหรือลงหรือคือการควบคุมทิศการหมุนของมอเตอร์ ทั้งนี้ระบบจะไม่สามารถรับรู้ได้ด้วยตัวเองว่าเคลื่อนที่ได้ระยะสูงเท่าไหร่ จึงต้องมีเซ็นเซอร์ที่จะช่วยวัดระดับความสูงของชั้นที่เคลื่อนที่ไป โดยเซ็นเซอร์จะถูกติดตั้งที่ฐานของหุ่น ดังนั้นระยะในการวัดคือจากฐานของหุ่นถึงชั้นล่างสุดของชั้นเสิร์ฟ เมื่อเคลื่อนที่สูงขึ้นหรือต่ำลง ค่าที่อ่านได้จากการตรวจวัดของเซ็นเซอร์และส่งไปที่ Arduino board จะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามความสูง

เมื่อสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของชั้นเสิร์ฟได้แล้ว ยังต้องควบคุมการเสิร์ฟให้เสิร์ฟได้ถูกตำแหน่ง เช่น อาหารที่ชั้นเสิร์ฟไหนตรงกับโต๊ะของลูกค้าโต๊ะไหน ซึ่งการควบคุมส่วนนี้จะควบคุมโดยการสื่อสารแบบไร้สาย โดยการรับข้อมูลแบบอนุกรมที่ได้รับจาก server หลัก (กระจายสัญญาณวิทยุที่สัมพันธ์กันกับข้อมูลรายการสั่งอาหาร เวลาทำอาหารและเสิร์ฟอาหารจากอินเตอร์เน็ต โดยมีการสั่งการจากหน้าเว็บเพจ) ทำให้การเคลื่อนที่ของชั้นเสิร์ฟเป็นไปได้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.14 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานก่อนเข้าสู่ระบบควบคุม (System) เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของชั้นเสิร์ฟในลำดับถัดไป

เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างเป็นระบบจึงมีการเขียนเป็นแผนภาพการทำงานของหุ่นเสิร์ฟอาหารทั้งหมด ดังรูป เมื่อรับข้อมูลจาก server แล้วเข้าสู่ระบบ จะผ่านกระบวนการควบคุมเพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้ได้ตำแหน่งในการเสิร์ฟตรงตามเป้าหมาย

3.2.3 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

การทำงานส่วนนี้เริ่มจากการสั่งงานจากทางหน้าเว็บเพจ ซึ่งจะมีสองส่วน คือ ส่วนสำหรับลูกค้าที่จะใช้ในการสั่งอาหารหรือเช็คบิล และส่วนสำหรับร้านอาหารที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์เสิร์ฟอาหารนี้

เริ่มต้นจากการสั่งอาหารที่หน้าเว็บเพจข้อมูลข้อเมนูอาหาร เวลาที่สั่ง ตำแหน่งโต๊ะ จะถูกส่งไปที่ server ที่เป็นตัวจัดการข้อมูลและจะกระจายสัญญาณวิทยุผ่านตัวส่งสัญญาณ ซึ่งในระบบนี้จะใช้อุปกรณ์สำหรับการส่งข้อมูลสื่อสารไร้สาย HC-12 SI4463 433 MHz ที่มีตัวส่งที่ server และตัวรับที่หุ่นเสิร์ฟอาหาร โดยสัญญาณที่ถูกส่งมาและรับที่ตัวรับในรูปแบบอนุกรมที่มีการเรียงต่อกันของข้อมูลจะผ่านการกรองข้อมูลก่อนเข้าระบบ เพื่อเลือกใช้เฉพาะข้อมูลที่จำเป็นสำหรับหุ่นเสิร์ฟอาหารให้เคลื่อนที่ชั้นเสิร์ฟตรงตามเป้าหมาย

หน้าเว็บเพจอีกส่วนสำหรับควบคุมหุ่นเสิร์ฟอาหาร จะเป็นหน้าเว็บสำหรับผู้ควบคุมหุ่นเสิร์ฟในขั้นตอนการใส่อาหารเข้าตัวหุ่น จะสามารถสั่งการให้เลื่อนชั้นขึ้นลงได้เองเพื่อใส่อาหาร และทำการบันทึกข้อมูลอาหารว่าชั้นใดตรงกับโต๊ะของลูกค้าโต๊ะใด โดยหลักการในการเคลื่อที่ขึ้นลงของชั้นเสิร์ฟยังคงใช้การรับส่งสัญญาณวิทยุจาก server เช่นเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ในส่วนนี้จะทำการเขียนโค้ดที่ตัวส่งและตัวรับสัญญาณเพื่อทดสอบการรับส่งข้อมูลว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ก่อน จากนั้นจึงจะนำข้อมูลที่ได้นี้เข้าสู่ระบบและผ่านกระบวนการต่อไป

3.2.4 การทำงานของมอเตอร์ร่วมกับเซ็นเซอร์

เพื่อควบคุมทิศการหมุนของมอเตอร์ที่จะส่งผลต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของชั้นเสิร์ฟ โดยการใช้ Motor Drive Module ในการควบคุมมอเตอร์ ซึ่งการเคลื่อนที่ของชั้นจำเป็นต้องมีความเร็วที่พอดีและนิ่งเพียงพอเพื่อไม่ให้อาหารที่บรรจุอยู่หกเลอะเทอะ ดังนั้น จึงต้องมีการทดลองเก็บข้อมูลขณะมอเตอร์ทำงาน โดยมอเตอร์ที่ใช้ในช่วงแรกจะใช้ DC Motor 12V 100rpm รุ่น ZGA60FM-G

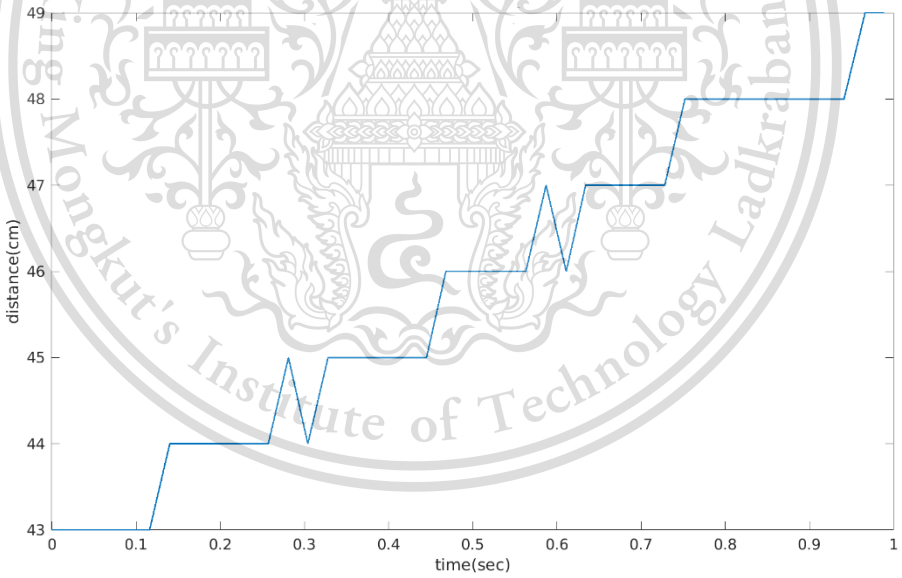
รูปที่ 3.15 DC Motor 12V 100rpm รุ่น ZGA60FM-G

อุปกรณ์ที่ทำงานร่วมกับการทำงานของมอเตอร์ คือ เซนเซอร์ ซึ่งจะเป็นตัววัดระยะการเคลื่อนที่ของชั้นเสิร์ฟ ดังนั้นจึงต้องสามารถอ่านค่าได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากจะต้องทำงานกับการสั่งงานส่วนอื่นๆของระบบ ขั้นแรกจะทดลองกับเซ็นเซอร์ Ultrasonic รุ่น HY-SRF05 ที่สามารถหาได้ทั่วไปราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

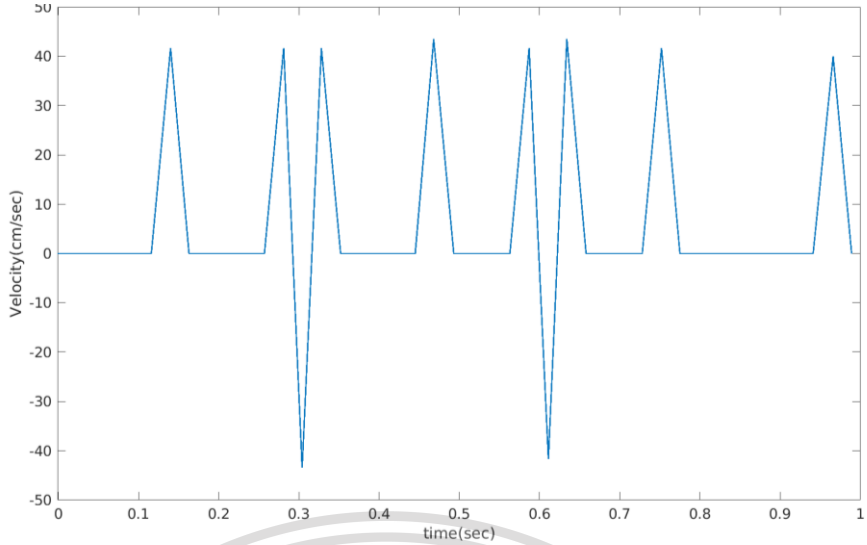
รูปที่ 3.16 เซ็นเซอร์ Ultrasonic รุ่น HY-SRF05

การทดสอบแรก ทดสอบเพื่อหาลักษณะการทำงานของมอเตอร์ จากการเคลื่อนที่ขึ้นลงของชั้นเสิร์ฟตามระยะที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ เมื่อให้ค่า PWM ที่แตกต่างกัน โดยเริ่มทดสอบจากให้ค่า PWM ค่าหนึ่งกับมอเตอร์ จะพบความเปลี่ยนแปลงดังรูป



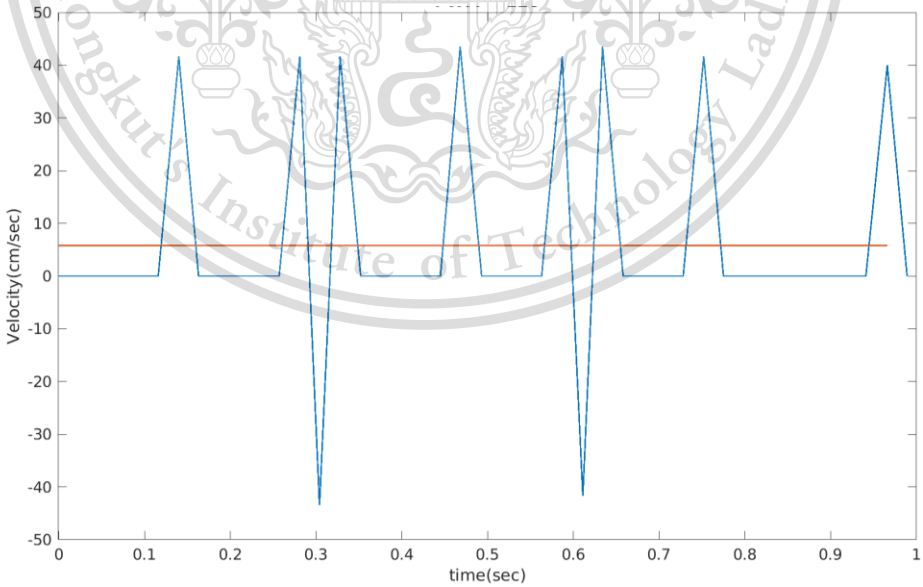
รูปที่ 3.17 กราฟแสดงระยะทางต่อเวลา เมื่อให้ค่า PWM ค่าหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



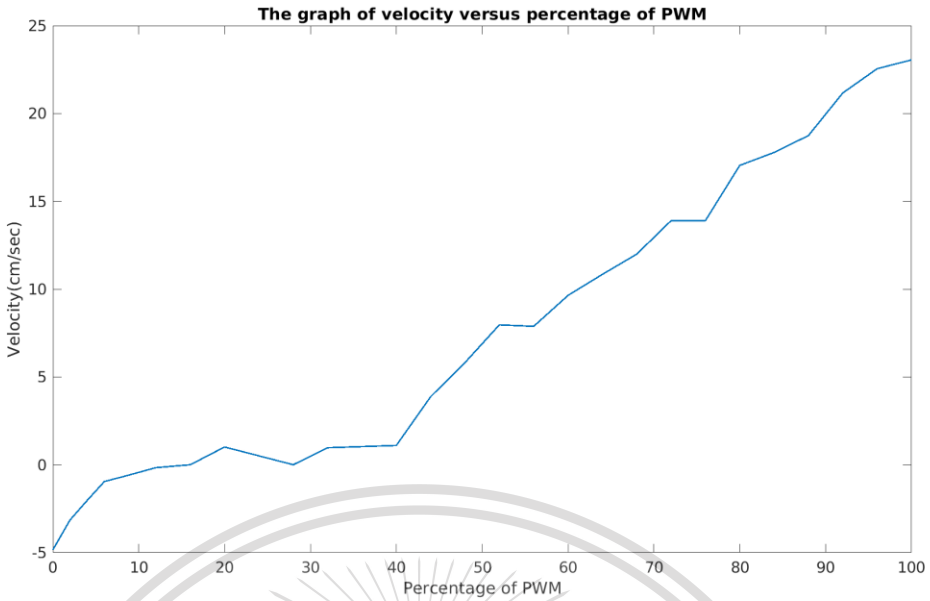
รูปที่ 3.18 กราฟแสดงความเร็วต่อเวลา เมื่อให้ค่า PWM เท่ากับรูปก่อนหน้า

จะพบว่าเมื่อให้ค่า PWM กับมอเตอร์นี้แล้ว ความเร็วที่ได้ตามรูปจะยังไม่คงที่ จึงต้องหาความเร็วเฉลี่ยก่อน จากนั้นจะให้ค่า 0-100% ของ PWM กับมอเตอร์ จะพบว่าที่ค่า PWM สูงขึ้น ความเร็วในการเคลื่อนที่ก็มากขึ้นตาม



รูปที่ 3.19 กราฟแสดงความเร็วเฉลี่ย (เส้นสีแดง) เมื่อให้ค่า PWM เท่ากับรูปก่อนหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

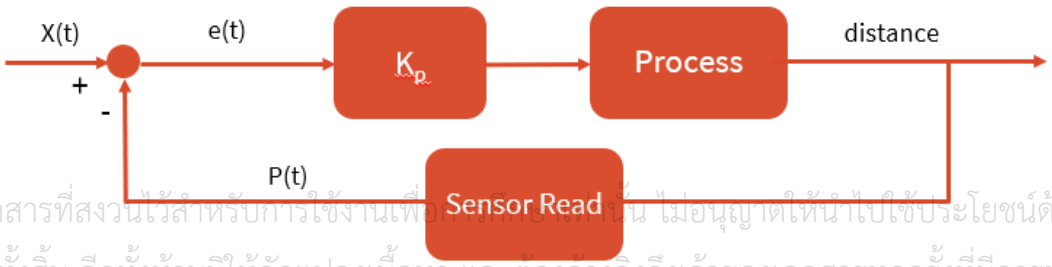


รูปที่ 3.20 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของความเร็วในการเคลื่อนที่ต่อเปอร์เซ็นต์ของ PWM

2.3.5 ระบบควบคุม

จากลักษณะมอเตอร์ที่เลือกใช้เป็นมอเตอร์ที่ไม่สามารถล็อกตำแหน่งได้ ทำให้ต้องจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ตลอดเวลารวมถึงขณะที่ชั้นเสิร์ฟหยุดนิ่งที่ชั้นใดชั้นหนึ่ง จึงเลือกการควบคุมแบบ P Control เพื่อควบคุมการจ่าย PWM ให้มอเตอร์ได้ทำงานได้ตรงตามเป้าหมาย

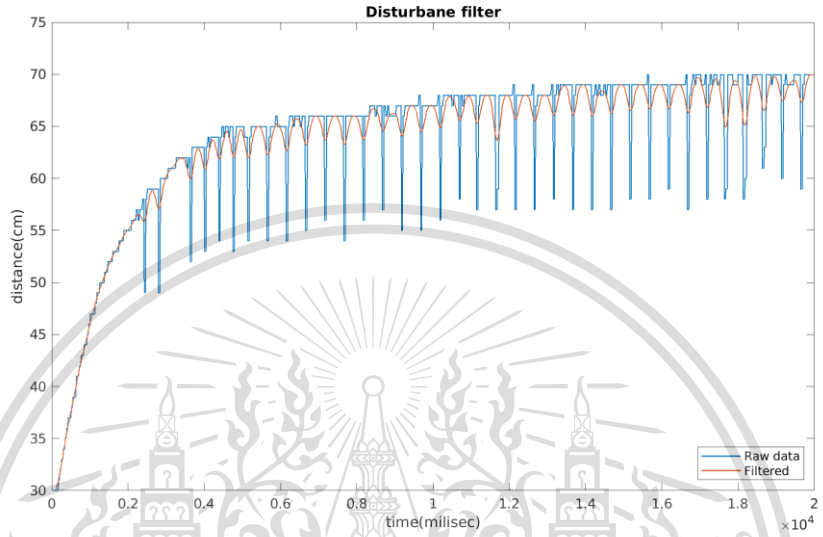
ระบบควบคุมการทำงานมีอินพุตคือ x(t) เป็นข้อมูลอนุกรมที่ได้รับและผ่านการกรอง แทนตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการ ผ่านการควบคุมแบบ P Control ที่จะเปรียบเทียบอินพุตกับค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์และคูณกับค่า Kp เพื่อปรับค่าก่อนจะเข้าสู่กระบวนการเพื่อให้ได้เอาท์พุตคือค่า PWM ที่จะป้อนให้มอเตอร์ทำงานสู่ตำแหน่งเป้าหมาย



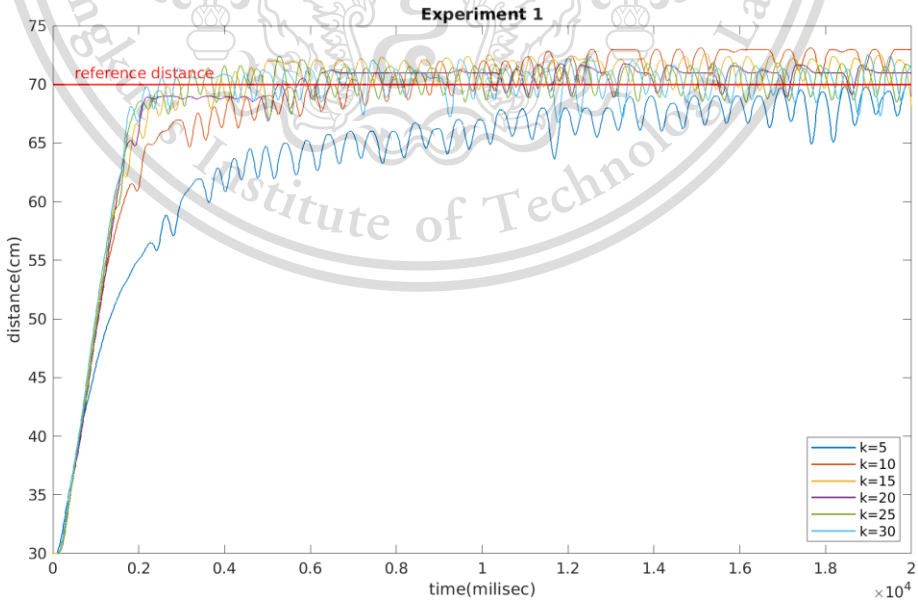
รูปที่ 3.21 แผนภาพการควบคุมระบบแบบ P Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ค่า Kp ที่ได้ ได้จากการทดลองใส่ค่า Kp แต่ละค่า โดยจะทดลองซ้ำๆและเขียนกราฟระยะทางต่อเวลาที่ระบบใช้ในการเคลื่อนที่สู่เป้าหมาย ซึ่งค่าที่ใช้จะเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ยอมรับได้ ที่ทำให้เข้าใกล้เป้าหมายเร็วและแม่นยำ



รูปที่ 3.22 กราฟแสดงการกรองสัญญาณรบกวนจากค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 3.23 กราฟแสดงผลการเคลื่อนที่ของการให้ค่า Kp ค่าต่างๆ โดยที่ตำแหน่งเป้าหมายอยู่ที่เส้นสีแดง

จากรูปแสดงให้เห็นว่า การให้ค่า Kp ที่ต่างกันจะมีผลต่อการทำงานของหุ่น ทำให้ได้ลักษณะการเคลื่อนที่ของชั้นเสิร์ฟที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น เมื่อค่า Kp = 5 การเคลื่อนที่เข้าสู่เป้าหมายค่อนข้างช้าและไม่แม่นยำ ยังห่างจากเป้าหมาย เมื่อค่า Kp = 10 การเคลื่อนที่เข้าสู่เป้าหมายเร็วขึ้นและใกล้เคียงกับเป้าหมายมากขึ้น เป็นต้น โดยจะทำการทดลองซ้ำๆหลายๆรอบ เพื่อประกอบการพิจารณาเลือกค่า Kp ที่จะใช้ในระบบควบคุม

2.3.6 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

หลังจากที่ได้ออกแบบหุ่นเสิร์ฟอาหาร เลือกอุปกรณ์ใช้งาน และมีหลักการทำงานตามที่กล่าวมาครบถ้วนแล้ว ในการเขียนโปรแกรมจะแบ่งส่วนการทำงานตั่งๆออกเป็นฟังก์ชันที่สามารถดึงมาใช้งานได้สะดวก โดยที่ฟังก์ชันทั้งหมดจะเก็บอยู่ใน class ของ header file

สำหรับการเรียกใช้ฟังก์ชันต่างๆจะเรียกใช้ที่หน้า main ของโปรแกรม การทำวิธีนี้นอกจากสะดวกต่อการใช้งานยังทำให้โค้ดที่หน้า main สั้นกระชับ สามารถกลับมาแก้ไขปรับปรุงได้สะดวก แก้ได้เฉพาะส่วนได้ง่ายขึ้น

3.3 Web Application

แสดงผลบนอุปกรณ์ได้หลากหลาย เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ หรืออุปกรณ์อื่นๆที่สามารถเข้าถึงในเบื้องต้นทางผู้จัดทำยังไม่ได้ตัดสินใจว่าจะให้แสดงผลผ่านอุปกรณ์ใด จึงตัดสินใจเลือกเขียน Web Appliction เพราะ สามารถการใช้งานอินเทอร์เน็ตได้ ภาษาที่นำมาใช้ในการเขียน Web Appliction คือภาษา HTML เนื่องจาก สามารถแสดงผลได้กับทุก Web browser นอกจากนี้ยังใช้ bootstrap เข้ามาช่วยในการเขียนด้วยเช่นกัน

โดย Web Appliction มีหน้าที่คือ ดึงข้อมูลบางส่วนจาก firebase มาแสดงผล และ ส่งชุดข้อมูลกลับไปที่ firebase เพื่ออัปเดตข้อมูล โดยรายละเอียดคุณสมบัติการใช้งานจะมีดังนี้

3.3.1 HTML

HTML ย่อมาจาก Hypertext Markup Language เป็นภาษาคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่ง ที่มีโครงสร้างการเขียนโดยอาศัยตัวกำกับ (TAG) ควบคุมการแสดงผลข้อความ รูปภาพ หรือวัตถุ อื่นๆ ผ่านโปรแกรมเบราเซอร์ แต่ละ Tag อาจจะมีส่วนขยาย เรียกว่า Attribute สำหรับระบุ หรือควบคุมการแสดงผล ของเว็บได้ด้วย HTML เป็นภาษาที่ถูกพัฒนาโดย World Wide Web Consortium (W3C) จากแม่แบบของภาษา SGML (Standard Generalized Markup Language)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยตัดความสามารถบางส่วนออกไป เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจและเรียนรู้ได้ง่าย และด้วยประเด็นดังกล่าว ทำให้บริการ www เติบโตขยายตัวอย่างกว้างขวาง **โดยมีข้อดีดังต่อไปนี้**

3.3.1.1 โครงสร้างของภาษา HTML

จะมีองค์ประกอบหลักๆ อยู่ 2 ส่วน คือ ข้อความที่ต้องการให้แสดงบนจอภาพและข้อความที่เป็นคำสั่ง

โดยคำสั่งในเอกสาร html นี้จะเรียกว่า แท็ก (Tag) โดยแท็กจะต้องขึ้นต้นด้วย < ตามด้วยชื่อแท็ก ปิดท้ายด้วย > ดังนี้ <Tag name> ซึ่งจะเรียกว่า แท็กเปิดแล้วจะต้องปิดท้ายข้อความด้วยแท็กปิด ซึ่งจะมีลักษณะดังนี้ </Tag name> รูปแบบเต็ม ๆ จะเป็นดังนี้

<Tag name> ข้อความที่ต้องการให้แสดง</Tag name>

ชื่อแท็กต่างๆ สามารถพิมพ์ตัวใหญ่หรือตัวเล็กก็ได้ความหมายเหมือนกัน

3.3.1.2 ข้อดีของ HTML

1) เว็บไซต์ที่สร้างจากภาษา HTML5 สามารถแสดงผลได้กับทุก Web browser

2) HTML5 ช่วยลดการติดตั้งซอฟท์แวร์เพิ่มเติม เช่น Adobe Flash, Microsoft Silverlight เพราะ HTML5 สามารถสนับสนุน วิดีโอ และ องค์ประกอบเสียง รวมทั้งสื่อมัลติมีเดียต่างๆมากขึ้นโดยไม่ต้องใช้โปรแกรมอื่นช่วย

3) HTML5 ทำงานควบคู่กับ CSS3 ได้ดี ช่วยให้สามารถเพิ่มลูกเล่นต่างๆบนเว็บไซต์ได้สวยงามมากยิ่งขึ้น

4) รองรับอุปกรณ์หลากหลายทั้ง Desktop PC, Mac และ Mobile เช่น Smart Phone, Tablet

5) คำสั่ง code เป็นระเบียบ เขียนง่ายและสั้นมากกว่าเวอร์ชั่นเดิม ทำให้ Search Engine เก็บข้อมูลได้ง่าย

6) รองรับเทคโนโลยีใหม่ เช่น การวาดภาพ การสนับสนุนการแสดงผลแบบสามมิติ และสามารถแสดงตำแหน่งและข้อมูลบนแผนที่ได้บน Web browser ทันที

3.3.2 Bootstrap

Bootstrap คือ Frontend Framework ที่รวม HTML, CSS และ JS เข้าด้วยกันสำหรับพัฒนา Web ที่รองรับทุก Smart Device หรือ เรียกว่า Responsive Web หรือ Mobile First

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.3 Firebase

เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ของ Google โดย Firebase คือ Platform ที่รวบรวมเครื่องมือต่าง ๆ สำหรับการจัดการในส่วนของ Backend หรือ Server side ซึ่งทำให้สามารถ Build Mobile Application ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังลดเวลาและค่าใช้จ่ายของการทำ Server side หรือการวิเคราะห์ข้อมูลให้อีกด้วย โดยมีทั้งเครื่องมือที่ฟรี และเครื่องมีที่มีค่าใช้จ่าย Firebase มีบริการให้ใช้หลายอย่าง สามารถแบ่งเป็นหมวดหมู่ดังนี้

3.3.3.1 Build Better Apps

Cloud Firestore – จัดเก็บและซิงค์ข้อมูลระหว่างผู้ใช้และอุปกรณ์ในระดับโลกโดยใช้ฐานข้อมูล NoSQL ที่โฮสต์บนคลาวด์ Cloud Firestore ให้การซิงโครไนซ์แบบสดและการสนับสนุนออฟไลน์พร้อมกับการสืบค้นข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ การผสานรวมกับผลิตภัณฑ์ Firebase อื่น ๆ ช่วยให้สามารถสร้างแอปแบบไร้เซิร์ฟเวอร์ได้อย่างแท้จริง

Authentication – จัดการผู้ใช้ในระบบที่เราสร้างด้วยวิธีที่ง่ายและปลอดภัย Firebase Auth มีหลายวิธีในการตรวจสอบสิทธิ์รวมถึงอีเมลและรหัสผ่านผู้ให้บริการบุคคลที่สามเช่น Google หรือ Facebook และใช้ระบบบัญชีที่มีอยู่โดยตรง สร้างอินเทอร์เฟซตอนเองหรือใช้ประโยชน์จากโอเพ่นซอร์ส UI ที่ปรับแต่งได้อย่างเต็มที่

Hosting – ลดความซับซ้อนของเว็บโฮสติ้งที่สร้างด้วยเครื่องมือที่สร้างขึ้นเฉพาะสำหรับเว็บแอปสมัยใหม่ เมื่อมีการอัปโหลดเนื้อหาเว็บ จะส่งเนื้อหาเหล่านั้นไปยัง CDN ทั่วโลกโดยอัตโนมัติและมอบใบรับรอง SSL ฟรีเพื่อให้ผู้ใช้ในระบบได้รับประสบการณ์ที่ปลอดภัยเชื่อถือได้และมีเวลาแฝงต่ำไม่ว่าจะอยู่ที่ใดก็ตาม

Realtime Database – Realtime Database คือฐานข้อมูลดั้งเดิมของ Firebase เป็นโซลูชันที่มีประสิทธิภาพและมีเวลาแฝงต่ำสำหรับแอปบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่ต้องการสถานะการซิงค์ระหว่างไคลเอนต์แบบเรียลไทม์ จึงเลือกใช้ Cloud Firestore แทน Realtime Database สำหรับนักพัฒนาส่วนใหญ่ที่เริ่มโปรเจ็กต์ใหม่

3.3.3.2 Improve app quality

Crashlytics – ลดเวลาในการแก้ไขปัญหาด้วยการเปลี่ยนข้อขัดข้องให้เป็นรายการปัญหาที่จัดการได้ รับข้อมูลเชิงลึกที่ชัดเจนและนำไปปฏิบัติได้ว่าปัญหาใดที่ต้องจัดการก่อนโดยเห็นผลกระทบของผู้ใช้ในแดชบอร์ด Crashlytics การแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์จะช่วยให้มีความเสถียรแม้ในขณะเดินทาง Crashlytics เป็นตัวรายงานข้อขัดข้องหลักของ Firebase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Performance Monitoring – วินิจฉัยปัญหาประสิทธิภาพของแอปที่เกิดขึ้นบนอุปกรณ์ของผู้ใช้ ใช้การติดตามเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของบางส่วนของแอปและดูมุมมองสรุปในคอนโซล Firebase อยู่เหนือเวลาเริ่มต้นของแอปและตรวจสอบคำขอ HTTP โดยไม่ต้องเขียนโค้ดใด ๆ

Test Lab – เรียกใช้การทดสอบอัตโนมัติและกำหนดเองสำหรับแอปบนอุปกรณ์เสมือนและจริงที่โฮสต์โดย Google ใช้ Firebase Test Lab ตลอดวงจรการพัฒนา เพื่อค้นหาจุดบกพร่องและความไม่สอดคล้องกันเพื่อให้สามารถนำเสนอประสบการณ์ที่ยอดเยี่ยมบนอุปกรณ์หลากหลายประเภท

3.3.3.3 Grow your business

Google Analytics – วิเคราะห์คุณลักษณะและพฤติกรรมของผู้ใช้ในแดชบอร์ดเดียวเพื่อทำการตัดสินใจอย่างชาญฉลาดเกี่ยวกับแผนงานผลิตภัณฑ์ รับข้อมูลเชิงลึกแบบเรียลไทม์จากรายงานหรือส่งออกข้อมูลเหตุการณ์ดิบไปยัง Google BigQuery สำหรับการวิเคราะห์ที่กำหนดเอง

Remote Config – กำหนดวิธีการแสดงผลแอปสำหรับผู้ใช้แต่ละคน เปลี่ยนรูปลักษณ์เปิดตัวฟีเจอร์ทีละน้อยเรียกใช้การทดสอบ A / B ส่งมอบเนื้อหาที่กำหนดเองให้กับผู้ใช้บางรายหรือทำการอัปเดตอื่น ๆ โดยไม่ต้องปรับใช้เวอร์ชันใหม่ทั้งหมดนี้ทำได้จากคอนโซล Firebase ตรวจสอบผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงและทำการปรับเปลี่ยนในเวลาไม่กี่นาที

Cloud Messaging – ส่งข้อความและการแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้ข้ามแพลตฟอร์มทั้ง Android, iOS และเว็บได้ฟรี สามารถส่งข้อความไปยังอุปกรณ์เดียวกลุ่มอุปกรณ์หรือหัวข้อเฉพาะหรือกลุ่มผู้ใช้ Firebase Cloud Messaging (FCM) ปรับขนาดเป็นแอปที่ใหญ่ที่สุดโดยส่งข้อความหลายแสนล้านข้อความต่อวัน

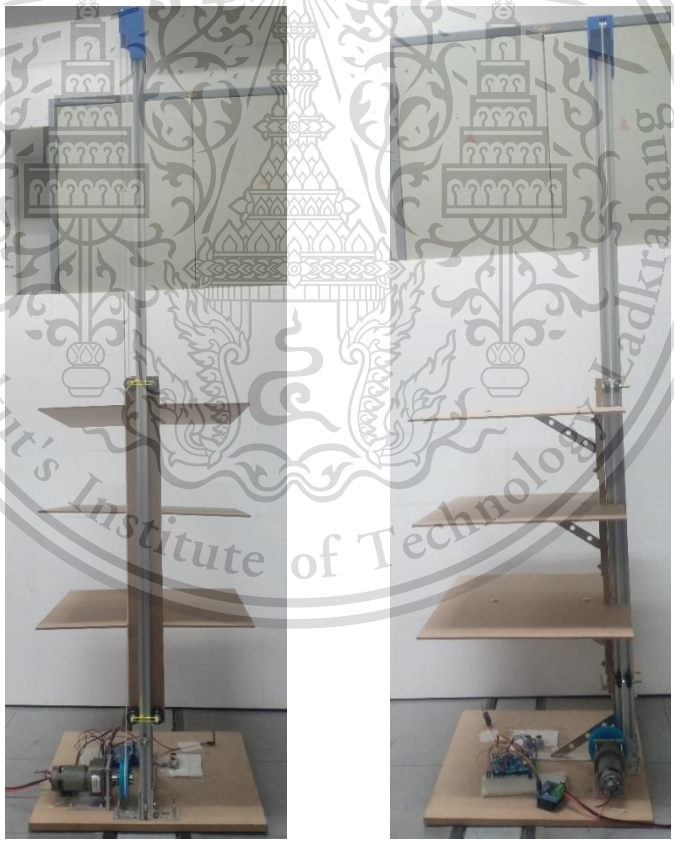
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การออกแบบโครงสร้างและกลไกทางแมคคานิกส์

จากการออกแบบกลไกทางแมคคานิกส์ในการเคลื่อนที่ของชั้นเสิร์ฟโดยใช้หลักการของการหมุนรอกและดึงเชือก ทำให้ชั้นที่ติดกับเชือกเคลื่อนที่ตามกัน ส่วนโครงสร้างในการทำจึงเลือกใช้วัสดุที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพงและใช้ของที่มีอยู่มาปรับใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุดในงบที่จำกัด แบบที่ได้จึงเป็นดังนี้



(ก) ภาพด้านหน้า (ข) ภาพด้านข้าง

รูปที่ 4.1 แบบโครงสร้างของหุ่นเสิร์ฟอาหาร

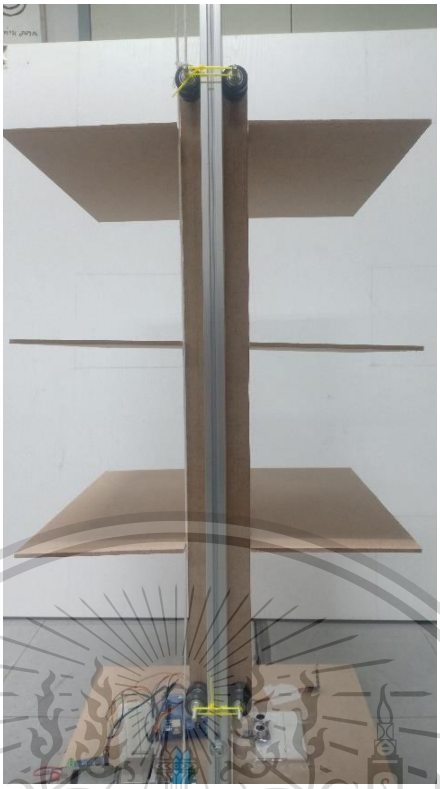
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

วัสดุที่ใช้ทำฐานและชั้นเสิร์ฟทำจากไม้ MDF (กระดาษอัด) หนา 12 มิลลิเมตรและ 4 มิลลิเมตรตามลำดับ โดยส่วนชั้นเสิร์ฟทั้งสามจะถูกประกอบเข้าด้วยกันกับแผ่นไม้ MDF หน้า 12 มิลลิเมตร โดยใช้ฉากสแตนเลสรับชั้นรองแผ่นไม้ทั้งสาม ซึ่งแต่ละชั้นมีช่วงห่างกัน 20 เซนติเมตร

รูปที่ 4.2 สแตนเลสรับชั้นที่ใช้รองรับแผ่นไม้ มีความแข็งแรงเพียงพอเมื่อบรรจุอาหาร

ชั้นทั้งสามที่ถูกประกอบเข้าด้วยกันจะสามารถเลื่อนขึ้นลงได้ตาม aluminium profile โดยการใช้หลักการเดียวกับ V slot wheel ที่มีการดัดแปลงให้เข้ากับขนาดของชั้นทั้งสาม และชั้นทั้งสามนี้จะถูกผูกติดกับเชือกที่คล้องกับรอกที่ด้านบนของ aluminium profile และรอกที่ติดกับมอเตอร์ที่ฐาน เมื่อมอเตอร์หมุนจึงทำให้เคลื่อนที่ขึ้นลงได้ แหล่งพลังงานที่เลือกใช้ คือ แบตเตอรี่แห้งรุ่น 12V 7Ah LION MP7A-12V SLA BATT ตามพิกัดของมอเตอร์ที่เลือกใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

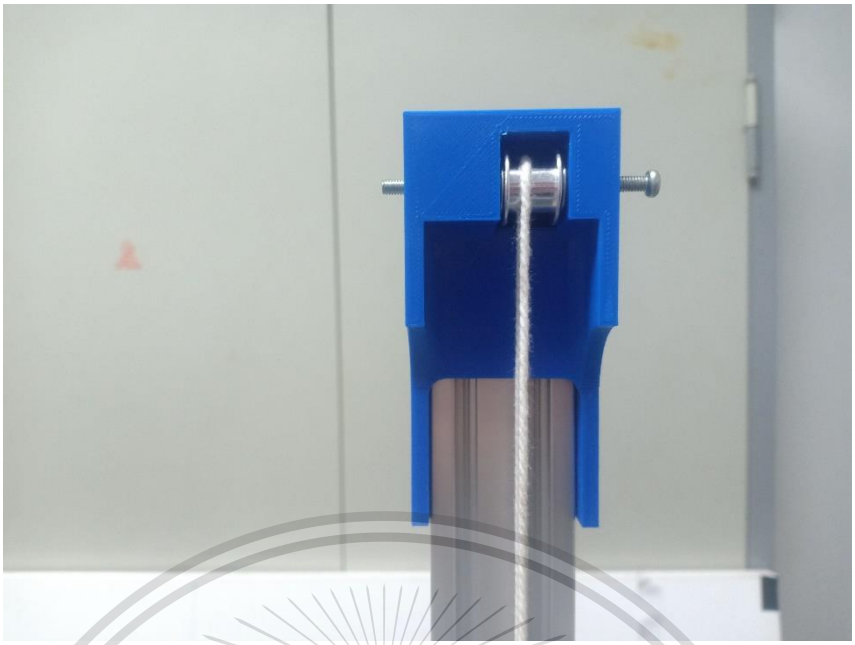


รูปที่ 4.3 ด้านหลังของโครงสร้างชั้นเสิร์ฟทั้งสามถูกประกอบเข้าด้วยกันและมี V slot wheel

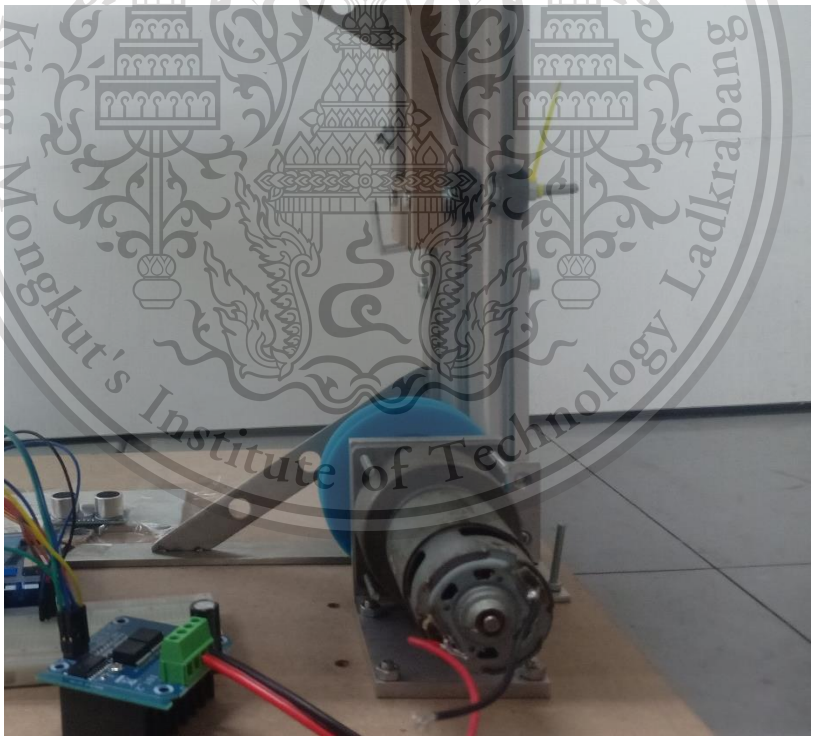
(ก) ภาพด้านข้าง (ข) ภาพด้านหลัง

รูปที่ 4.4 V slot wheel ที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงตาม aluminium profile ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.5 รอกที่ด้านบนของ aluminium profile



รูปที่4.6 รอกที่ยึดติดกับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.7 แบตเตอรี่แห้งรุ่น 12V 7Ah LION MP7A-12V SLA BATT

4.2 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

จากกลไกทางแมคคานิกส์ที่ได้ จากนั้นได้เขียนโปรแกรมควบคุมโดยการใช้การควบคุมระบบแบบ P control เพื่อควบคุมการจ่ายค่า PWM ให้มอเตอร์ ตามการเก็บข้อมูลความเร็วในการเคลื่อนที่ของชั้นเสิร์ฟที่ได้ในบทที่ 3 โดยใช้มอเตอร์ DC Motor 12V 100rpm รุ่น ZGA60FM-G และเซ็นเซอร์ Ultrasonic รุ่น HY-SRF05

การเขียนโปรแกรมจะแบ่งส่วนที่ทำงานแต่ละส่วนออกเป็นฟังก์ชันที่อยู่ใน class ของ header file เมื่อต้องการเรียกใช้ก็สามารถเรียกใช้เฉพาะแต่ละฟังก์ชันได้ที่หน้า maim ของโปรแกรม เพื่อให้หน้า main ของโปรแกรมสั้นกระชับ สะอาดตา และไม่สับสนเมื่อต้องการปรับปรุงแก้ไขในเวลาถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

recieve_serial_hc12 | Control.h §

```
class Control {
  private :

  public :

    int Position() {
      int x, y;
      digitalWrite(Trig, LOW);
      delayMicroseconds(5);

      digitalWrite(Trig, HIGH);
      delayMicroseconds(10);
      digitalWrite(Trig, LOW);
      x = pulseIn(echo, HIGH);
      y = x * 0.034 / 2;
      return y;

    }

    void PIDp(int X) {
      if (t1 - t2 > TS) {
        P = Position();
        e = X - P;
        Kp = 20;

        center = 60;

        PID = center + Kp * e;

        if (PID > 255) {
          PID = 255;
        }
        else if (PID < 0) {
          PID = 0;
        }
        if (X <= offset && e <= 5 && e >= -5) {
          PID = 0;
        }
        analogWrite(UP, PID);
        t2 = t1;
      }
    }

    void HC12() {
      String SA, SB;
      int i, j;
      int a1, a2, a3;
      if (dataSerial.available() > 0) {
        char a = dataSerial.read();
        //Serial.println(a);
        data += a;
        if (a == '*') {
          a1 = data.indexOf('S');
          a2 = data.indexOf('A');
```

(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
a3 = data.indexOf('*');
for ( i = a1 + 1; i < a2; i++) { //S
  SA += data[i]; // S-SA-A
}
n = SA.toInt(); //n = box no.
//Serial.println(n);

if ((n == 1) && (a1 > 0)) {
  for ( i = a2 + 1; i < a3; i++) {
    SB += data[i]; // A-SB-*
  }
  act = SB.toInt(); // act = 'active box
  //Serial.println(act);
  data = {""};
  //dataSerial.flush();
  dataSerial.end();
  dataSerial.begin(9600);
}
else {
  data = {""};
  //dataSerial.flush();
  dataSerial.end();
  dataSerial.begin(9600);
  j = 0;
}
}

}
}
};
```

รูปที่ 4.8 header file ที่เก็บฟังก์ชันการทำงานแต่ละส่วนไว้ใน Class

หน้าที่ต่างๆของแต่ละฟังก์ชันมีดังนี้ ฟังก์ชัน Position() ทำหน้าที่รับค่าที่ได้จากการอ่านค่าของเซ็นเซอร์นำมาแปลงเป็นระยะทาง ทำให้ได้เอาท์พุตของฟังก์ชันนี้เป็นค่าระยะทางที่วัดได้ ฟังก์ชัน PIDp(int X) ควบคุมการจ่าย PWM ให้มอเตอร์ทำให้ได้การเคลื่อนที่สู่เป้าหมายตามต้องการ โดยที่ต้องมีค่าอินพุตให้กับฟังก์ชันคือ X เป็นตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการ ที่จะไปเปรียบเทียบกับค่า P (ตำแหน่งปัจจุบัน) ในฟังก์ชัน เพื่อหาค่า error และเข้าสู่กระบวนการควบคุมต่อไป และฟังก์ชัน HC12() จะเป็นฟังก์ชันสำหรับการรับข้อมูลสัญญาณวิทยุที่ได้จาก server โดยในฟังก์ชันจะกรองส่วนที่ใช้บอกตำแหน่งเสิร์ฟ ให้สามารถสั่งงานเลื่อนชั้นเสิร์ฟได้ตรงกับตำแหน่งที่ได้รับจาก server

เมื่อมีฟังก์ชันส่วนต่างๆแล้ว จะนำแต่ละฟังก์ชันมาใช้งานที่หน้า main ได้ โดยการเรียกใช้งาน header file ชื่อ Control.h และเรียกใช้งานแต่ละฟังก์ชัน เช่น Control.Position() เป็นการเรียกใช้งานฟังก์ชัน Position() ที่อยู่ในไฟล์ Control.h ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

recieve_serial_hc12 | Arduino 1.8.13

ไฟล์ แก้ไข งาน เครื่องมือ ช่วยเหลือ

ใหม่

recieve_serial_hc12 § | Control.h §

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial dataSerial(8, 9);

#define echo 11
#define Trig 3
#define UP 5
#define DOWN 6
int offset, Y;
int  t2, t3;
unsigned int t1;
int PID, Kp, e, center;
int TS = 40;
int i;
int action = 0;
String data;
int n, act;
int b1;
int P;

#include "Control.h"
Control Control;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dataSerial.begin(9600);
  pinMode(echo, INPUT);
  pinMode(Trig, OUTPUT);
  pinMode(UP, OUTPUT);
  pinMode(DOWN, OUTPUT);
  delay(2000);
  t1 = millis();
  t3 = t1;
  t2 = t1;
}

void loop() {
  t1 = millis();
  Control.HC12();
  if (act == 1) {
    Y = offset;
    act = 0;
  }
```

(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

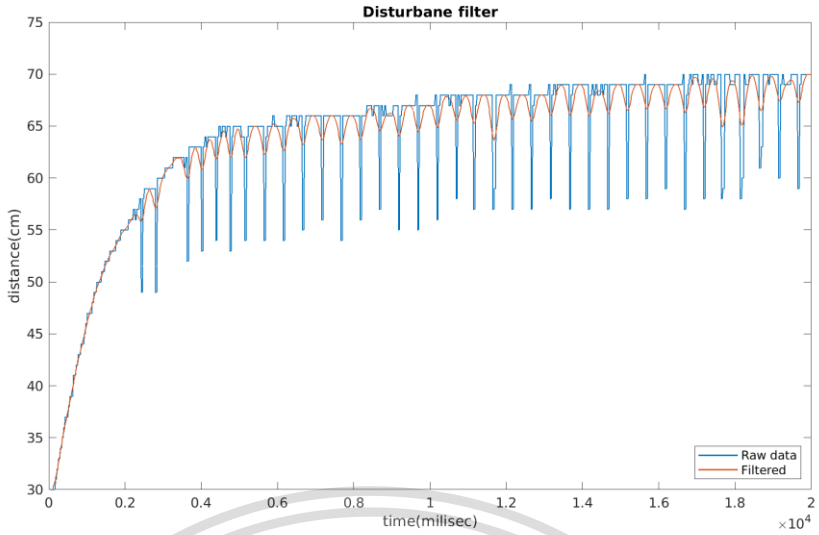
```
else if (act == 2) {
  Y = offset + 20;
  act = 0;
}
else if (act == 3) {
  Y = offset + 40;
  act = 0;
}

   Control.PIDp(Y);
   if (action == 1) {
     Y = offset;
     action = 0;
   }
   delay(2);
 }
```

รูปที่ 4.9 หน้าหลัก (main) ของโปรแกรมที่เรียกใช้ฟังก์ชันจาก header file

4.3 การแก้ไขปัญหาการทำงาน

เมื่อทดสอบการทำงานจากการโปรแกรมในหัวข้อ 4.2 พบว่า การเคลื่อนที่ของชั้นเสิร์ฟเกิดการสั่น ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อการเสิร์ฟอาหาร อาจทำให้อาหารหกได้ จึงได้พิจารณาการทำงานของระบบใหม่อีกรอบ พบว่า ปัญหาเกิดจากการอ่านค่าของเซ็นเซอร์ Ultrasonic รุ่น HY-SRF05 เมื่อมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงของชั้นเสิร์ฟไม่สเถียร มีสัญญาณรบกวนมาก (ตามกราฟผลการทดลองในบทที่ 3) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากหลักการทำงานของเซ็นเซอร์เองที่อาศัยการสะท้อนของเสียง ดังนั้นจึงได้เปลี่ยนเซ็นเซอร์เป็น VL53L0X V2 Laser Ranging Sensor Module ซึ่งมีหลักการทำงานแบบสะท้อนแสงจากการยิงเลเซอร์ที่ตัวเซ็นเซอร์ และแก้ไขรายละเอียดภายในฟังก์ชัน Position() ให้ตรงกับเซ็นเซอร์ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.10 กราฟระยะทางต่อเวลาที่อ่านได้จากการใช้เซ็นเซอร์ Ultrasonic รุ่น HY-SRF05 มีสัญญาณรบกวนมาก

```
int Position() {
  y = (sensor.readRangeSingleMillimeters());
  return y;
}
```

รูปที่ 4.11 แก้ไขฟังก์ชัน Position() ให้ตรงกับเซ็นเซอร์ที่ใช้

```
#define echo 11
#define Trig 3
#include <Wire.h>
#include <VL53L0X.h>
VL53L0X sensor;
int Clock = A4; //SDA
int Data = A5; //SCL
```

รูปที่ 4.12 แก้ไขส่วน header ของโปรแกรมจากด้านซ้ายเป็นด้านขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dataSerial.begin(9600);
  pinMode(echo, INPUT);
  pinMode(Trig, OUTPUT);
  pinMode(UP, OUTPUT);
  pinMode(DOWN, OUTPUT);
```

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dataSerial.begin(9600);
  Wire.begin();
  pinMode (Data, INPUT);
  pinMode (Clock, INPUT);
  pinMode(UP, OUTPUT);
  pinMode(DOWN, OUTPUT);
```

รูปที่ 4.13 แก้ไขส่วน setup โปรแกรมจากด้านซ้ายเป็นด้านขวา

เมื่อเปลี่ยนเซ็นเซอร์แล้ว (อุปกรณ์และโปรแกรมฟังก์ชันการทำงานส่วนอื่นๆยังเหมือนเดิม) พบว่าการเคลื่อนที่ของชั้นเสิร์ฟนิ่งมากขึ้นเนื่องจากสัญญาณรบกวนลดลง แต่จากมอเตอร์ที่ใช้อยู่เป็นมอเตอร์ DC Motor 12V 100rpm รุ่น ZGA60FM-G ซึ่งเป็นมอเตอร์ที่มี planetary gear สามารถเกิด backdrive ได้ จึงทำให้เมื่อชั้นเสิร์ฟเคลื่อนที่ขึ้น จะต้องจ่ายไฟค้างไว้เพื่อไม่ให้ชั้นเสิร์ฟร่วงลง ขณะลูกค้ากำลังหยิบอาหาร จึงเป็นสาเหตุให้ใช้การควบคุมแบบ P control ควบคุมการจ่าย PWM ให้มอเตอร์ แต่การใช้วิธีนี้ต้องจ่ายไฟให้มอเตอร์อยู่ตลอดทำให้เปลืองพลังงานมาก จึงเปลี่ยนมอเตอร์เป็นมอเตอร์ LYX DC Motor ขนาด 12 V 15 rpm รุ่น LX44WG ซึ่งเป็นมอเตอร์ที่มี worm gear ป้องกันการเกิด backdrive ได้ นั่นคือ สามารถล็อคตำแหน่งอยู่ที่ส่วนสูงใดๆโดยไม่ร่วงลงมาได้ ซึ่งจะเป็นการประหยัดพลังงาน โดยการควบคุมจะใช้แบบ on/off control เมื่อมอเตอร์หมุนทำให้ชั้นเสิร์ฟเคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งที่ต้องการก็สามารถ off การจ่ายไฟให้มอเตอร์ได้โดยที่ชั้นเสิร์ฟไม่ร่วงลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
void EnableMotor() {
  if (Y != 0) {
    if (P > Y) {

      if (abs(P - Y) <= 50) {
        analogWrite(PWM, 0);
      }
      else {
        digitalWrite(DIR, 0);
        analogWrite(PWM, 255);
      }
    }
    else if (P < Y) {
      if (abs(P - Y) <= 50) {
        analogWrite(PWM, 0);
      }
      else {
        digitalWrite(DIR, 1);
        analogWrite(PWM, 255);
      }
    }
  }
}
```

รูปที่ 4.14 แก้ไขฟังก์ชันส่วนควบคุมจาก PIDp(int X) เป็น EnableMotor()

ส่วนของโปรแกรมจะแก้ไขฟังก์ชันส่วนระบบควบคุมจาก P control ที่ใช้ PIDp(int X) ให้เป็นแบบ on/off control โดยใช้ชื่อฟังก์ชัน EnableMotor() โดยการเปรียบเทียบตำแหน่งเป้าหมายกับตำแหน่งปัจจุบันของชั้นเสิร์ฟซึ่งได้จากค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ ในการเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงหากอยู่ห่างจากช่วงที่กำหนดให้จ่าย PWM (on) จนกว่ามอเตอร์จะเข้าใกล้ช่วงจึงหยุดจ่าย PWM (off) ให้มอเตอร์ โดยที่ฟังก์ชันส่วนการอ่านค่าเซ็นเซอร์และส่วนรับและกรองสัญญาณที่ได้รับยังคงเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

V7.1_motor_gear_signal § Control.h §

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial dataSerial(8, 9);

#include <Wire.h>
#include <VL53L0X.h>
VL53L0X sensor;

#define DIR 7
#define PWM 6

int Clock = A4; //SDA
int Data = A5; //SCL
float y;
int t1,t2;
int offset, Y;
String data;
int n, act;
int P;

#include "Control.h"
Control Control;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dataSerial.begin(9600);
  Wire.begin();
  pinMode (Data, INPUT);
  pinMode (Clock, INPUT);
   pinMode(DIR, OUTPUT);
   pinMode(PWM, OUTPUT);
   sensor.init();

   t1=millis();
   t2=t1;
   offset = 315;
   Y = 315;
 }

 void loop() {
   Control.HC12();
   P = Control.Position();
      if (act == 1) {
       Y = offset;
       act = 0;
     }
```

(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
    else if (act == 2) {
      Y = offset + 200;
      act = 0;
    }
    else if (act == 3) {
      Y = offset + 400;
      act = 0;
    }

  tl=millis();
  if (tl - t2 > 300) {
            Control.EnableMotor();
            t2=tl;
          }
        }
```

รูปที่ 4.15 แก้ไขหน้า main โปรแกรมที่ใช้มอเตอร์ LYX DC Motor ขนาด 12 V 15 rpm รุ่น LX44WG และเซ็นเซอร์ VL53L0X V2 Laser Ranging Sensor Module

4.4 Web Appliction

การเขียนโปรแกรม Web Application แม้ทางผู้จัดทำจะเขียนโดยใช้ภาษา html แต่ด้วยการนำ bootstrap มาใช้ควบคู่ทำให้สามารถใช้ภาษา CSS และ JS มามีส่วนร่วมในการพัฒนาต่อด้วย โดย Web Application จะทำการดึงข้อมูลมาจาก Firebase มาใช้งานหรือแสดงผล

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
    <title>Untitled Document</title>
    <!-- Bootstrap -->
    <link href="css/bootstrap-4.4.1.css" rel="stylesheet">
```

รูปที่ 4.16 ส่วนของ bootstrap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
var firebaseConfig = {
  apiKey: "AIzaSyBBV4stTPkphIGBZDVNWlk5kp8rjdnOIl0",
  authDomain: "test-project-baifern.firebaseapp.com",
  databaseURL: "https://test-project-baifern-default-rtdb.firebaseio.com",
  projectId: "test-project-baifern",
  storageBucket: "test-project-baifern.appspot.com",
  messagingSenderId: "184271191668",
  appId: "1:184271191668:web:744ac179d058f7a7609b21",
  measurementId: "G-E7XLZND82P"
};
// Initialize Firebase
firebase.initializeApp(firebaseConfig);
firebase.analytics();

var database = firebase.database();
var data = database.ref('Order')
```

รูปที่ 4.17 ส่วนการอ้างอิงข้อมูลจาก bootstrap

```
</head>
<body style="padding-top: 70px">
<nav class="navbar fixed-top navbar-expand-lg navbar-light bg-light"> <a class="navbar-brand" href="#"><img src="image/113.png" width="30" height="30"
alt=""/></a>
  <button class="navbar-toggler" type="button" data-toggle="collapse" data-target="#navbarSupportedContent1" aria-controls="navbarSupportedContent1"
  aria-expanded="false" aria-label="Toggle navigation"> <span class="navbar-toggler-icon"></span> </button>
  <div class="collapse navbar-collapse" id="navbarSupportedContent1">
    <ul class="navbar-nav mr-auto">
      <li class="nav-item active"> <a class="nav-link" href="prepare to serve.html">Prepare to Serve <span class="sr-only">(current)</span></a> </li>
      <li class="nav-item"> <a class="nav-link" href="#">Serving</a> </li>
      <li class="nav-item dropdown"> <a class="nav-link dropdown-toggle" href="#" id="navbarDropdown1" role="button" data-toggle="dropdown" aria-
      haspopup="true" aria-expanded="false"> Status </a>
        <div class="dropdown-menu" aria-labelledby="navbarDropdown1"> <a class="dropdown-item" href="#">Unit01</a> <a class="dropdown-item"
        href="#">Unit02</a> <a class="dropdown-item" href="#">Unit03</a>
          <div class="dropdown-divider"></div>
          <a class="dropdown-item" href="#">Something else here</a> </div>
      </li>
    </ul>
    <form class="form-inline my-2 my-lg-0">
      <input class="form-control mr-sm-2" type="search" placeholder="Search" aria-label="Search">
      <button class="btn btn-outline-success my-2 my-sm-0" type="submit">Search</button>
    </form>
  </div>
</nav>
```

รูปที่ 4.18 ส่วนการทำงานเบื้องต้นของ Web Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
var database = firebase.database();
var data = database.ref('Order')
            const dbRef = firebase.database().ref();
dbRef.child("Order").child(userId).get().then((snapshot) => {
  if (snapshot.exists()) {
    console.log(snapshot.val());
  } else {
    console.log("No data available");
  }
}).catch((error) => {
  console.error(error);
});
function writeNewPost(uid, username, picture, title, body) {
  // A post entry.
  var postData = {
    author: username,
    uid: uid,
    body: body,
    title: title,
    starCount: 0,
    authorPic: picture
  };

  // Get a key for a new Post.
  var newPostKey = firebase.database().ref().child('Serve').push().key;

  // Write the new post's data simultaneously in the posts list and the user's post list.
  var updates = {};
  updates['/posts/' + newPostKey] = postData;
  updates['/user-posts/' + uid + '/' + newPostKey] = postData;

  return firebase.database().ref().update(updates);
}
```

รูปที่ 4.19 ส่วนการทำงานเบื้องต้นของ Web Application

การเขียน Web Application ยังไม่ได้มีการทดสอบการทำงานร่วมกับโมดูล หรืออุปกรณ์ เนื่องด้วยปัญหาที่เกิดขึ้นขณะนี้จากสถานการณ์การระบาดของโรค covid-19 จึงยังไม่สามารถสรุปผลการทดลองในขั้นตอนสุดท้ายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานฉบับนี้ได้นำเสนอระบบบริการอัตโนมัติสำหรับร้านอาหาร (Automatic Service System For Restaurant) เพื่อใช้ในการบริการในร้านอาหาร เพื่อต้องการลดความเสี่ยงของการติดเชื้อโคโรน่าไวรัสสายพันธุ์ใหม่ 2019 จากการใกล้ชิดหรือสัมผัสกัน และเพื่อเป็นการส่งเสริมการนำเทคโนโลยีมาใช้ในงานบริการ อีกทั้งการใช้งานในระยะยาวคาดหวังว่าจะสามารถลดภาระค่าใช้จ่ายในการประกอบกิจการได้อีกด้วย ซึ่งระบบนี้จะช่วยลดภาระพนักงานที่ต้องคอยบริการลูกค้าภายในร้าน

ระบบบริการอัตโนมัติสำหรับร้านอาหาร (Automatic Service System For Restaurant) แม้ว่าจะยังไม่ได้มีการทดสอบใช้งานจริง เนื่องจากปัญหาหลายด้านที่เกิดขึ้นในขณะนี้ แต่หลังจากการทดสอบกลไกการทำงาน ทางผู้จัดทำมีความเชื่อว่าตัวของอุปกรณ์และระบบสามารถนำไปปรับแก้ไขให้สามารถใช้งานได้นอกเหนือจากการบริการในร้านอาหาร ทางผู้จัดทำหวังว่าข้อมูลจากการทดลองจะได้รับการตรวจสอบแก้ไขและพัฒนาคุณภาพ และกระบวนการผลิตให้มีมาตรฐานที่ดีขึ้นของผลิตภัณฑ์ต่อไปในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากวัตถุประสงค์ของการจัดทำโครงงานนี้เพื่อการบริการในร้านอาหาร หุ่นที่ได้จัดทำนี้ยังสามารถนำไปปรับใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆได้ เช่น ใช้ในสำงานงาน เพื่อส่งเอกสารแทนการใช้พนักงานเดินส่ง เป็นต้น โดยที่หุ่นที่จัดทำขึ้นนี้เป็นโมดูลที่จะสามารถนำไปประกอบกับโมดูลอื่นตามการใช้งาน เช่น ในการเสิร์ฟอาหารอาจนำโมดูลเชื่อมกับรถเพื่อไปยังโต๊ะเป้าหมายได้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

[1] การควบคุมแบบอัตโนมัติ (AUTOMATIC CONTROL). 2564. [Online].

เข้าถึงได้จาก: https://www.supremelines.co.th/สาระน่ารู้/2059-การควบคุมแบบอัตโนมัติ-automatic-control.html.

[2] การออกแบบวงจรรับ – ส่งข้อมูลแบบอนุกรมด้วย FPGA ตอนที่ 1. 2564. [Online].

เข้าถึงได้จาก: http://www.astronlogic.com/web/articles/articles.php?fid=serial_1&pid=serial1.

[3] ข้อดีของHTML. 2564. [Online]. เข้าถึงได้จาก: https://html50.wordpress.com /ข้อดีและข้อเสีย-html/.

[4] นายมีชัย ทัพธานี. 2559. **ภาษาHTMLเบื้องต้น.** [Online]. เข้าถึงได้จาก: http://www.pw.ac.th/krumeechai/ch2.html.

[5] บทความ ESPino32 ตอนที่ 7 การสื่อสารอนุกรมแบบ UART. 2564. [Online]. เข้าถึงได้จาก: https://blog.thaieasyelec.com/espino32-ch7-how-to-use-uart/.

[6] มอเตอร์เกียร์ ชิ้นส่วนส่งกำลังสำหรับเครื่องจักร. 2564. [Online]. เข้าถึงได้จาก: https://th.misumi-ec.com/th/pr/recommend_category/gear_motor/.

[7] มานพ กองอุ่น. 2559. **Booststrap คืออะไร.** [Online]. เข้าถึงได้จาก: https://www.programmerthailand.com/tutorial/post/view/96/bootstrap- คืออะไร.

[8] ระบบควบคุมพีไอดี. 2562. [Online]. เข้าถึงได้จาก: https://th.wikipedia.org/wiki/ระบบควบคุมพีไอดี.

[9] ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษาขอนแก่น. 2560. **รอกเดี่ยวตายตัว.** [online]. เข้าถึงได้จาก: http://www.kksci.com/elreaning/park/page/park_1.html.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[10] Tanabodin Kamol. 2562. **การสื่อสารแบบ Serial กับ Parallel.** [Online]. เข้าถึงได้จาก: https://medium.com/icreativesystems/serial-parallel-communicate-2da37e3a87c2.

[11] Tanabodin Kamol. 2561. **มารู้จักกับสัญญาณ PWM กันเถอะ.** [Online]. เข้าถึงได้จาก: https://medium.com/icreativesystems/to-know-pwm-373efa1322ce.

[12] Firebase. 2021. **Realtime database.** [Online]. Available: https://firebase.google.com/docs/database.

[13] LDR Technology. 2021. **More About Padubot.** [Online]. Available: https://www.ldrtech.sg/lorabots-delivery-robots-pudubot/.

[14] Jordandee. 2021. **Pulse Width Modulation.** [Online]. Available: https://learn.sparkfun.com/tutorials/pulse-width-modulation.

[15] Jimblom. 2021. **Serial Communication.** [Online]. Available: https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-communication/all.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.