การวัดปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์

MEASURING VOLUME USING LIDAR TECHNOLOGY

โดย

นายกษิเดชา กุลขจรพันธ์

นายจักรรินทร์ เผือกคำ

นางสาวธัญญเรศ ศรเดช

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์

MEASURING VOLUME USING LIDAR TECHNOLOGY

โดย

นายกษิเดช กุลขจรพันธ์ 62010042

นายจักรรินทร์ เผือกคำ 62010106

นางสาวธัญญเรศ ศรเดช 62010412

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.กฤษณ์ วงศ์รุจิระ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การวัดปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์

MEASURING VOLUME USING LIDAR TECHNOLOGY

ผู้จัดทำ

1. นายกษิเดชา กุลขจรพันธ์ 62010042
2. นายจักรรินทร์ เผือกคำ 62010106
3. นางสาวธัญญเรศ ศรเดช 62010412

..... **อาจารย์ที่ปรึกษา**

ผศ.ดร. กฤษณ์ วงศ์รุจิระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินปริญญานิพนธ์ “การวัดปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์” จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาคือ ผศ.ดร.กฤษณ์ วงศ์รุจิระ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษา ค้นคว้าวิจัยให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึงสนับสนุนสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ระหว่างการจัดทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ และประสบการณ์ให้แก่ผู้จัดทำ

นายกษิเดชา กุลขจรพันธ์
นายจักรรินทร์ เผือกคำ
นางสาวธัญญเรศ ศรเดช
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์

MEASURING VOLUME USING LIDAR TECHNOLOGY

โดย นายกษิเดชา กุลขจรพันธ์ 62010042
นายจักรรินทร์ เผือกคำ 62010106
นางสาวธัญญเรศ ศรเดช 62010412

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.กฤษณ์ วงศ์รุจิระ

บทคัดย่อ

เนื่องจากในปัจจุบันเทคโนลียีไลดาร์เป็นเทคโนโลยีที่มีประโยชน์มาก เช่น การประเมินความสูง การวัดระยะห่างจากวัตถุ ไลดาร์มีความแม่นยำสูงด้วยการตรวจจับด้วยแสง จึงถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายทั้ง อุตสาหกรรมยานยนต์ กล้องถ่ายรูป การบันทึกวิดีโอ เครื่องมือวัดระยะ หรือใช้ในการสำรวจ และการใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เทคโนโลยีไลดาร์จึงเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบปริมาตรของวัตถุ เพื่อใช้ในอุตสาหรรมต่าง ๆ เช่น ใช้หาปริมาตรสินค้าที่ถูกเก็บอยู่ในโกดังสินค้า ปริญญานิพนธ์นี้เน้นการศึกษาเทคโนโลยีไลดาร์สำหรับการหาปริมาตร โดยใช้โปรโตคอลชื่อ ESP-NOW ซึ่งเป็นโปรโตคอลสำหรับการสื่อสาร ใช้แลกเปลี่ยนรับและส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 โดยใช้ในพื้นที่ไร้สัญญาณ WI-FI เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการสื่อสารไร้สาย โดยการนำเทคโนโลยีไลดาร์และ ESP-NOW มาประยุกต์ใช้งานพัฒนาเป็นอุปกรณ์วัดปริมาตรที่สามารถประมวลผลและส่งข้อมูลไร้สายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Lidar technology is a highly advanced technique that has become a widely adopted method in present times. This state-of-the-art technology utilizes laser light to measure the height, distance of objects with exceptional precision. It has been implemented in a plethora of industries, including the automotive sector, photography, videography, surveying and mapping, and industrial measurement tools. Additionally, its utilization is particularly beneficial in determining the volume of goods stored in warehouses and other industrial settings, as it offers a high degree of accuracy and ease of use. The implementation of Lidar technology has greatly contributed to the advancement and progress of various fields and industries. This thesis studies the use of lidar technology to improve the ease and accuracy of finding volume measurements. Furthermore, it employs the use of the ESP-NOW protocol, which is a communication and data exchange protocol between ESP32 microcontroller devices in a wireless network environment, to enhance wireless communication performance. The integration of lidar technology and ESP-NOW protocol is utilized to develop a volume measuring device that can process and transmit data wirelessly

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		I
บทคัดย่อ		II
สารบัญ		IV
สารบัญรูป		VII
สารบัญตาราง		X
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง**	**3**
	2.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ	3
	2.2 TF-LUNA LIDAR MODULE	7
	2.3 ESP32	9
	2.4 ESP-NOW	11
	2.5 MQTT (MESSAGE QUEUE TELEMETRY TRANSPORT)	12
	2.6 SERVO MOTOR	15
	2.7 SWITCHING POWER SUPPLY 5V 5A	16
	2.8 MICRO LIMIT SWITCH	17
	2.9 ARDUINO IDE	18
	2.10 VISUAL STUDIO CODE	19
	2.11 ภาษา HTML	20
	2.12 ภาษา CSS	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	2.13 JAVASCRIPT	24
	2.14 NODE.JS	25
	2.15 DATABASE	26
	2.16 MYSQL	27
	2.17 PYTHON	29
	2.18 LINE NOTIFY	29
บทที่ 3	**การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์**	**31**
	3.1 การออกแบบ	31
	3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	51
	3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	52
บทที่ 4	**ผลการทดลอง**	**53**
	4.1 ผลการทดสอบการควบคุมมอเตอร์เซอร์โว	53
	4.2 ผลการทดลองการวัดระยะทางด้วยไลดาร์	55
	4.3 ผลการทดลองการการรับ-ส่งข้อมูลด้วยระบบ ESP-NOW	58
	4.4 ผลการทดลองการทำงานร่วมกันของมอเตอร์ และไลดาร์	61
	4.5 ผลการทดลองการทำงานของไลดาร์ มอเตอร์ และการรับ-ส่งข้อมูลด้วยระบบ ESP-NOW	62
	4.6 ผลการทดลองการทำงานของ ESP32 ส่งข้อมูลด้วยระบบ MQTT	63
	4.7 ผลการทดลองโปรแกรมคำนวณหาปริมาตรและการแสดงผล	64
	4.8 ผลการทดลองหาปริมาตรของวัตถุ	68
	4.9 ผลการทดลองความแม่นยำในการวัดปริมาตรทรายในถัง	71
	4.10 ผลการทดลองวัดปริมาตรทรายในถังในรูปแบบหน้าตัดต่าง ๆ	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 5	**สรุปผลและข้อเสนอแนะ**	**76**
	5.1 สรุปผล	76
	5.2 ข้อเสนอแนะ	76
บรรณานุกรม		**77**
ภาคผนวก ก	คำสั่งควบคุมการทำงานมอเตอร์และเซนเซอร์บนระบบ ESP-NOW (ฝั่งส่ง)	79
ภาคผนวก ข	คำสั่งควบคุมการทำงานระบบ ESP-NOW (ฝั่งรับ)	89
ภาคผนวก ค	โปรแกรมคำนวณปริมาตร, เชื่อมต่อฐานข้อมูล และโปรแกรมแจ้งเตือนผ่าน LINE	100
ภาคผนวก ง	โปรแกรมเซิร์ฟเวอร์เชื่อมต่อฐานข้อมูล	112
ภาคผนวก จ	โปรแกรม WEB DASHBOARD (CALCULATOR.HTML)	115
ภาคผนวก ฉ	โปรแกรม WEB DASHBOARD (SCRIPT.JS)	119
ภาคผนวก ช	โปรแกรม WEB DASHBOARD (SCRIPT2.JS)	124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1 นิยามจากรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก 4
2.2 ภาพการจำลองปริมาตรภายในวัตถุ 4
2.3 หารัสมีของทรงกรวย 6
2.4 โมดูล TF-LUNA LIDAR 7
2.5 การทำงานของโมดูล TF-LUNA LIDAR 8
2.6 รูปโครงสร้างโมดูล TF-LUNA LIDAR 8
2.7 ESP32 โมดูล 10
2.8 ระบบการสื่อสาร ESP-NOW 12
2.9 MQTT PUBLISH / SUBSCRIBE ARCHITECTURE 12
2.10 เซอร์โวมอเตอร์ 15
2.11 SWITCHING POWER SUPPLY 5V 5A 17
2.12 MICRO LIMIT SWITCH 18
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ 31
3.2 การทำงานมอเตอร์เซอร์โว 33
3.3 วงจรการทดลองควบคุมการหมุนมอเตอร์เซอร์โวด้วยเครื่องกำเนิดสัญญาณรูปคลื่น 34
3.4 วงจรการทดลองควบคุมการหมุนมอเตอร์เซอร์โวด้วย ESP32 34
3.5 วงจรทดลองการควบคุมไลดาร์ ESP32 35
3.6 การทำงานของไลดาร์ และมอเตอร์ 36
3.7 ออกแบบการทดลองทดลองการรับ-ส่งข้อมูลด้วยระบบ ESP-NOW 37
3.8 การทำงานทดลองฝั่งส่ง ESP-NOW 37
3.9 การทำงานทดลองฝั่งรับ ESP-NOW 37
3.10 การส่งข้อมูลด้วย MQTT บน ESP32 38
3.11 การรับข้อมูลบน SERVER 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

3.12 การทำงานฝั่งส่งบนระบบ ES8P-NOW 39
3.13 การทำงานฝั่งรับบนระบบ ESP-NOW 40
3.14 การทำงานของโปรแกรม 40
3.15 จำลองปริมาตรทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส 41
3.16 ด้านการหมุนของมอเตอร์ตามแนวขวาง 41
3.17 การทำงานของเว็บเซิร์ฟเวอร์ 42
3.18 ออกแบบหน้าเว็บแสดงข้อมูลจาก ESP32 43
3.19 ออกแบบหน้าเว็บแสดงกราฟปริมาตร 43
3.20 การออกแบบฐานข้อมูล 44
3.21 การสร้าง ACCESS TOKEN APPLICATION LINE 45
3.22 ออกแบบกล่องหาปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ภายใน 45
3.23 ออกแบบกล่องหาปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ภายนอก 46
3.24 กล่องหาปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ภายในที่ต่อวงจรด้วยอุปกรณ์ 47
3.25 กล่องหาปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ภายนอก 47
3.26 การติดตั้งอุปกรณ์เมื่อมีกล่อง 48
3.27 การติดตั้งอุปกรณ์เมื่อไม่มีกล่อง 48
3.28 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อทดลองความแม่นยำของการวัดปริมาตร 49
3.29 การตั้งอุปกรณ์เพื่อทดลองวัดปริมาตรทรายที่ลดลงในถัง 50
3.30 ถังเปล่าที่ตักทรายออกจนหมด 50
4.1 การทดสอบควบคุมมอเตอร์ด้วยการปรับความกว้างของพัลส์ 53
4.2 การทดสอบการควบคุมมอเตอร์ด้วย ESP32 54
4.3 ต่อวงจรด้วยอุปกรณ์ 55
4.4 การทำการทดลองวัดระยะทางด้วยไลดาร์ 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.5	รูปผลการทดลองที่ระยะ 1 เมตร	56
4.6	ผลการรับส่งข้อมูลระหว่างตัวส่งกับตัวรับ ESP-NOW	58
4.7	ระยะห่างสูงสุดที่ทดสอบได้ในการรับ-ส่งข้อมูล ESP-NOW	59
4.8	การทำการทดลองการทำงานร่วมกันของมอเตอร์ และไลดาร์	61
4.9	ผลที่ได้จากการทำงานร่วมกันของมอร์เตอร์ และไลดาร์	61
4.10	ผลข้อมูลที่ได้จากฝั่งส่ง	62
4.11	ผลข้อมูลที่ได้ฝั่งรับ	63
4.12	การทำงานของ ESP32 ส่งข้อมูลด้วย MQTT	63
4.13	ข้อมูลที่ถูก PUBLISH จาก ESP32	64
4.14	ข้อมูลที่ SERVER SUBSCRIBE และบันทึกลงในไฟล์	64
4.15	ผลลัพธ์การทดลองโปรแกรมคำนวณหาปริมาตร	64
4.16	ข้อมูลที่เก็บในไฟล์ข้อมูล	65
4.17	ผลลัพธ์ที่แสดงบนหน้า WEB DASHBOARD	66
4.18	ผลลัพธ์ที่แสดงบนหน้า WEB DASHBOARD เมื่อปริมาตรที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 20	66
4.19	การแจ้งเตือน LINE NOTIFY เมื่อปริมาตรที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 20	67
4.20	ผลลัพธ์ที่แสดงบนหน้า WEB DASHBOARD เมื่อปริมาตรลดลงจนหมด	67
4.21	การแจ้งเตือน LINE NOTIFY เมื่อปริมาตรลดลงจนหมด	67
4.22	ปริมาตรที่แสดงผลบน WEB DASHBOARD เมื่อมีปริมาตร	69
4.23	ปริมาตรที่แสดงผลบน WEB DASHBOARD เมื่อไม่มีปริมาตร	69
4.24	ปริมาตรของทรายที่ลดลงแสดงผลบน WEB DASHBOARD	70
4.25	ปริมาตรของทรายในรูปแบบหน้าตัดพาราโบลาที่แสดงผลบน WEB DASHBOARD	74
4.26	ปริมาตรของทรายในรูปแบบหน้าตัดระนาบในแนวเรียบที่แสดงผลบน WEB DASHBOARD	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 คุณสมบัติของโมดูล TF-LUNA LIDAR 9
2.2 ส่วนประกอบของ MQTT 13
2.3 การแยก PUBLISHER กับ SUBSCRIBER ของ BROKER 14
2.4 คุณสมบัติของ SWITCHING POWER SUPPLY 5V 5A 17
3.1 ค่าระยะห่างจากการคำนวณ 42
4.1 ผลการทดลองการควบคุมมอเตอร์ด้วยการปรับความกว้างของพัลส์ 54
4.2 การปรับค่า OFF-SET ของค่าความกว้างพัลส์เพื่อให้มอเตอร์หมุนไปตามมุมที่ต้องการ 55
4.3 ผลการทดลองการวัดระยะทางด้วยโมดูลไลดาร์ 57
4.4 ตารางผลของการส่งข้อมูลเมื่อระยะรับส่งอยู่ที่ 220 เมตร 59
4.5 ผลลัพธ์จากโปรแกรมคำนวณปริมาตร 65
4.6 ผลการทดลองการวัดปริมาตรทรายที่ลดลง 70
4.7 ผลการทดลองครั้งที่ 1 71
4.8 ผลการทดลองครั้งที่ 2 71
4.9 ผลการทดลองครั้งที่ 3 72
4.10 ผลการทดลองครั้งที่ 4 72
4.11 ผลการทดลองครั้งที่ 5 72
4.12 ผลการทดลองครั้งที่ 6 73
4.13 ผลการทดลองวัดปริมาตรทรายในถังในรูปแบบหน้าตัดพาราโบลา 73
4.14 ผลการทดลองวัดปริมาตรทรายในถังในรูปแบบหน้าตัดระนาบในแนวเรียบ 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการวัดปริมาตรเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างมาก ในงานอุตสาหกรรมไม่ว่าจะเป็นการหาปริมาตรของถังเก็บอาหารสัตว์ การวัดปริมาตรของถังเก็บทรายและปูน ซึ่งในงานอุตสาหกรรมจะมีการใช้งานอย่างมาก และอัตราการลดลงของปริมาตรสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ เช่นเดียวกันกับการเพิ่มขึ้นของปริมาตร อาทิ ปริมาตรอาหารสัตว์บ่งบอกได้ถึงการกินอาหารของสัตว์ ซึ่งจะเป็นตัวชี้วัดการเจริญเติบโต ส่วนปริมาตรของถังเก็บทรายหรือปูนสามารถบ่งบอกได้ถึงปริมาณการนำไปใช้งานหรืออัตราส่วนการการนำไปใช้

ทางผู้จัดทำได้ทำการศึกษาและเลือกใช้เทคโนโลยีไลดาร์ มาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการวัดหาระดับความสูงของวัตถุโดยได้เลือกใช้เป็น TF-Luna ranging LiDAR module เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่สามารถหาระยะห่างของเซ็นเซอร์กับวัตถุโดยใช้แสง และมีระยะที่ตรวจจับได้ตั้งแต่ 0.2 เมตรถึง 8 เมตร ทั้งยังรองรับการส่งข้อมูลด้วย UART ซึ่งสามารถใช้ร่วมกับ ESP32 ได้ ผู้จัดทำจึงเลือกใช้ ESP32 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากการใช้งานในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่ไร้สัญญาณ Wi-Fi และต้องการส่งข้อมูลแบบไร้สาย ผู้จัดทำจึงเลือกใช้การส่งข้อมูลระหว่างบอร์ด ESP32 ด้วยการสื่อสาร ESPNOW และเลือกใช้การสื่อสารแบบ MQTT สำหรับส่งข้อมูลให้ทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์ และยังสามารถแยกข้อมูลจากแต่ละบอร์ดที่ส่งมาได้ด้วย และผู้จัดทำเขียนโปรแกรมคำนวณปริมาตร พร้อมทั้งแสดงผลข้อมูลสำหรับดูอัตราการลดลงของปริมาตรบนเว็บเซิร์ฟเวอร์

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาการใช้งาน ESP-NOW
2) เพื่อนำระบบ ESP-NOW มาประยุกต์ใช้ส่งและรับข้อมูลในพื้นที่ไร้สัญญาณ Wi-Fi
3) เพื่อนำโมดูลไลดาร์มาประยุกต์ใช้ในการหาปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ออกแบบ และสร้างอุปกรณ์ใช้สำหรับวัดปริมาตรของวัตถุด้วยการใช้เทคโนโลยีไลดาร์ เพื่อทำการศึกษา และทำการทดลองหาปริมาตรจากไลดาร์ โดยเริ่มจากใช้ไลดาร์วัดระยะห่างจากวัตถุที่ต้องการทราบปริมาตรกับไลดาร์ ซึ่งในการหาระยะห่างระหว่างไลดาร์ กับวัตถุที่ต้องการนั้นต้องอาศัย การทำงานร่วมกันระหว่างไลดาร์กับเซอร์โวมอเตอร์ เพื่อจะได้ค่าระยะห่างจากจุดรอบ ๆ โดยจะถูกควบคุมการทำงานด้วย ESP32 ข้อมูลระยะห่างที่ได้จะถูกส่งข้อมูลสื่อสารไร้สายไปยังบอร์ด ESP32 อีกตัวด้วย ESP-NOW และส่งข้อมูลแบบ Message Queue Telemetry Transport เพื่อส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ สำหรับเซิร์ฟเวอร์จะใช้งานเป็น Unbutu VM (Virtual Machine) บน Multipass ทั้งนี้เมื่อเซิร์ฟเวอร์ได้รับข้อมูลแล้ว จะทำการคำนวณปริมาตร และนำค่าปริมาตรที่ได้ไปเก็บไว้ในเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูล เพื่อให้เว็บเซิร์ฟเวอร์นำข้อมูลไปแสดงที่หน้าเว็บไซต์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ปริญญานิพนธ์เรื่อง “การวัดปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์” ได้ทำการออกแบบการวัดปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ ซึ่งอุปกรณ์นี้ทำให้ผู้ใช้งานสามารถทราบปริมาตรได้ ดังนั้นปริญญานิพนธ์ที่นำเสนอจึงมีหลักการที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ

2.1.1 การคำนวณปริมาตร

การคำนวณปริมาตรของวัตถุ มีการใช้สูตรการคำนวณโดยการจำลองหาความสูงจากสิ่งที่อยู่ภายในวัตถุ ซึ่งได้มีการใช้ฟังก์ชันตรีโกณมิติ ในการหาค่ามุมของไลดาร์ ที่ยิงตกกระทบสิ่งที่อยู่ภายในวัตถุ

โดยฟังก์ชันตรีโกณมิติ (Trigonometric function) เป็นฟังก์ชันของมุมที่ใช้ในการศึกษารูปสามเหลี่ยมและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในลักษณะที่เป็นคาบ ซึ่งนิยามด้วยอัตราส่วนของด้านของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก 2 ด้าน หรือ อัตราส่วนพิกัดจุดบนวงกลมหนึ่งหน่วย หรือ นิยามในรูปทั่วไป เช่น อนุกรมอนันต์ หรือ สมการเชิงอนุพันธ์ รูปสามเหลี่ยมที่นำมาใช้จะอยู่ในระนาบแบบยุคลิด ซึ่งจะมีผลรวมของมุมทุกมุม เท่ากับ 180 องศา เสมอ

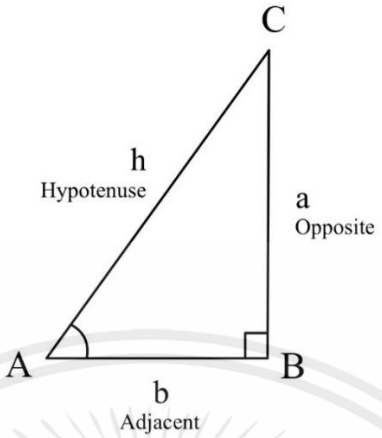
รูปสามเหลี่ยมมุมฉากจะมีมุมหนึ่งมีขนาด 90 องศา หรือ $\pi/2$ เรเดียน ในที่นี้คือ มุม C ส่วนมุม A และมุม B นั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ฟังก์ชันตรีโกณมิติจะกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างความยาวด้าน และมุมภายในรูปสามเหลี่ยมมุมฉากในการนิยามฟังก์ชันตรีโกณมิติของมุม A จะกำหนดให้มุมใดมุมหนึ่งภายในรูปสามเหลี่ยมมุมฉากเป็นมุม A ดังรูปที่ 2.1 และเรียกชื่อด้านแต่ละด้านของรูปสามเหลี่ยมดังนี้

1) ด้านตรงข้ามมุมฉาก (Hypotenuse) คือด้านที่อยู่ตรงข้ามมุมฉาก เป็นด้านที่ยาวที่สุดของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ในที่นี้คือ h

2) ด้านตรงข้าม (Opposite) คือด้านที่อยู่ตรงข้ามมุมที่ต้องการ ในที่นี้คือ a

3) ด้านประชิด (Adjacent) คือด้านที่อยู่ติดกับมุมที่ต้องการ และมุมฉากในที่นี้คือ b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

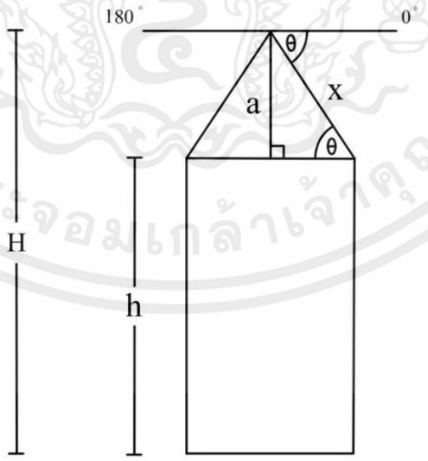


รูปที่ 2.1 นิยามจากรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก

ในที่นี้ได้ใช้ค่า ไซน์ ของมุม คือ อัตราส่วนของความยาวด้านตรงข้าม ต่อความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก ในการคำนวณหาปริมาตร คือ

$$\sin(A) = \frac{\text{ข้าม}}{\text{ฉาก}} = \frac{a}{h} \tag{2.1}$$

จากรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ภาพการจำลองปริมาตรภายในวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $$\sin(\theta) = \frac{a}{x} \quad (2.2)$$

$$h = H - a \quad (2.3)$$

$$a = x\sin(\theta) \quad (2.4)$$

สมการความสูง $$h = H - x\sin(\theta) \quad (2.5)$$

โดย a คือ ความสูงจากไลดาร์ถึงวัตถุ

H คือ ความสูงทั้งหมดของถังไซโล

h คือ ความสูงของวัตถุ

x คือ ระยะทางจากไลดาร์ถึงวัตถุ

จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำหาปริมาตรจาก การคำนวณหาปริมาตร จะใช้ความสูงจากการคำนวณหาความสูงของระยะทางจากไลดาร์ถึงวัตถุ มาใช้ในการคำนวณ โดยจะมีสูตรการคำนวณปริมาตรที่แตกต่างกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับรูปทรงของวัตถุนั้น ๆ ได้แก่

สูตรหาปริมาตรทรงกรวย $$v = \frac{1}{3}\pi\, r^2 h \quad (2.6)$$

สูตรหาปริมาตรทรงกระบอก $$v = \pi r^2 h \quad (2.7)$$

สูตรหาปริมาตรทรงสี่เหลี่ยม $$v = wlh \quad (2.8)$$

สูตรหาปริมาตรทรงพีระมิด $$v = \frac{1}{3}wlh \quad (2.9)$$

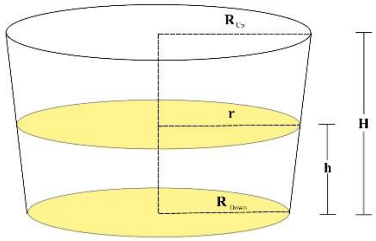
สูตรหาปริมาตรทรงปริซึม $$v = \frac{1}{2}wlh \quad (2.10)$$

สูตรหาปริมาตรทรงกรวยตัด $$v = \frac{1}{3}\pi(R^2 + Rr + r^2)h \quad (2.11)$$

ในการหาปริมาตรของทรงกรวยแลทรงกรวยตัดนั้น ในแต่ละความสูงจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ไม่เท่ากัน หรือขนาดของรัสมีที่ไม่เท่ากัน โดยสามารถหารัสมีของกรวยได้จากการเทียบรูปสามเหลี่ยมคล้าย จะได้สูตรการหารัสมีของกรวยดังสมการที่ 2.12 และดังรูปที่ 2.3

สมการหารัสมีของทรงกรวย $$r = \frac{h\left(R_{Up} - R_{Down}\right)}{H} + R_{Down} \quad (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 หารัสมีของทรงกรวย

2.1.2 การหาค่าเฉลี่ย

2.1.2.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean)

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต คือ ผลรวมของค่าของตัวอย่างทุกค่าของข้อมูล แล้วหารด้วยจำนวนตัวอย่างของข้อมูล

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต เป็นค่าที่มีความสำคัญ เพราะค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นค่ากลางของข้อมูลที่ดีที่สุด เนื่องจากเป็นค่าที่ไม่เอนเอียง มีความแปรปรวนต่ำที่สุด และมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่ค่าเฉลี่ยเลขคณิตมีข้อจำกัดในการใช้ เช่น ถ้าข้อมูลมีการกระจายมาก ค่าเฉลี่ยเลขคณิตจะไม่สามารถเป็นค่ากลางของข้อมูลได้

สูตร $$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \qquad (2.13)$$

เมื่อ x_i แทนค่าสังเกตของข้อมูลลำดับที่ i

n แทนจำนวนตัวอย่างข้อมูล

2.1.2.2 มัธยฐาน (Median)

มัธยฐาน เป็นค่ากลางของข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งของข้อมูลที่อยู่ตรงกลางโดยที่ข้อมูลต้องทำการเรียงลำดับจากมากไปน้อย หรือจากน้อยไปมาก การหาค่ามัธยฐานมี 2 ขั้นตอนดังนี้

1) เรียงลำดับข้อมูลจากมากไปน้อย หรือจากน้อยไปมาก

2) ทำการหาตำแหน่งกึ่งกลางของข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 1

การหาค่ามัธยฐาน เมื่อข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงความถี่และมีจำนวนข้อมูลเป็นจำนวนคี่ สามารถหาตำแหน่งของข้อมูลที่มีค่ามัธยฐานได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งของมัธยฐาน $\frac{n+1}{2}$ (2.14)

การหาค่ามัธยฐาน เมื่อข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงความถี่และมีจำนวนข้อมูลเป็นจำนวนคู่ สามารถหาตำแหน่งของข้อมูลที่มีค่ามัธยฐานได้โดย

มัธยฐาน = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในตำแหน่งที่ $\frac{n}{2}$ (2.15)

2.1.2.3 ฐานนิยม (Mode)

ค่าฐานนิยมเป็นค่ากลางซึ่งจะนำมาใช้ในกรณีที่ข้อมูลมีการซ้ำกันมากๆจนผิดปกติ สามารถใช้ได้กับข้อมูลที่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ และข้อมูลเชิงปริมาณ ค่าฐานนิยมสามารถมีได้มากกว่า 1 ค่า

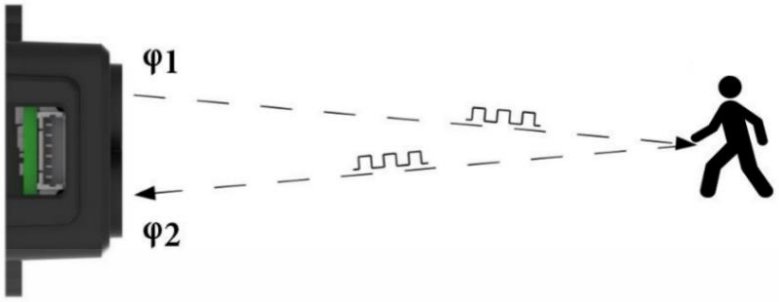
การหาค่าฐานนิยม(Mo) เมื่อข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงความถี่ สามารถทำได้โดยการนับจำนวนข้อมูลที่ซ้ำกันมากที่สุดซึ่งจะเป็นค่าฐานนิยม

2.2 TF-Luna LiDAR Module

รูปที่ 2.4 โมดูล TF-Luna LiDAR

TF-Luna เป็น ไลดาร์ (LiDAR) แบบกำหนดจุดเดียวตามหลักการ TOF (Time of Flight) ปล่อยคลื่นมอดูเลตของรังสีอินฟราเรดไป และจะสะท้อนกลับหลังจากที่กระทบจากวัตถุ LiDAR วัดความแตกต่างของเฟสไป-กลับ จากนั้นคำนวณระยะทางสัมพัทธ์ระหว่าง LiDAR และวัตถุที่ตรวจพบ ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับการตรวจจับช่วงอัตราเฟรมที่เสถียร แม่นยำสูง LiDAR สร้างขึ้นด้วยอัลกอริทึมที่ปรับให้เหมาะกับสภาพแวดล้อมการใช้งานต่างๆ และนำเสนอประสิทธิภาพการวัดระยะทางในฟิลด์ และสถานการณ์การใช้งานที่ซับซ้อน รองรับสองอินเทอร์เฟซสำหรับการสื่อสาร UART และ I2C และการกำหนดค่า พารามิเตอร์บน LiDAR สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การทำงานของโมดูล TF-Luna LiDAR

ข้อดีของโมดูล TF-Luna LiDAR

1) มีขนาดกะทัดรัด และมีน้ำหนักเบา

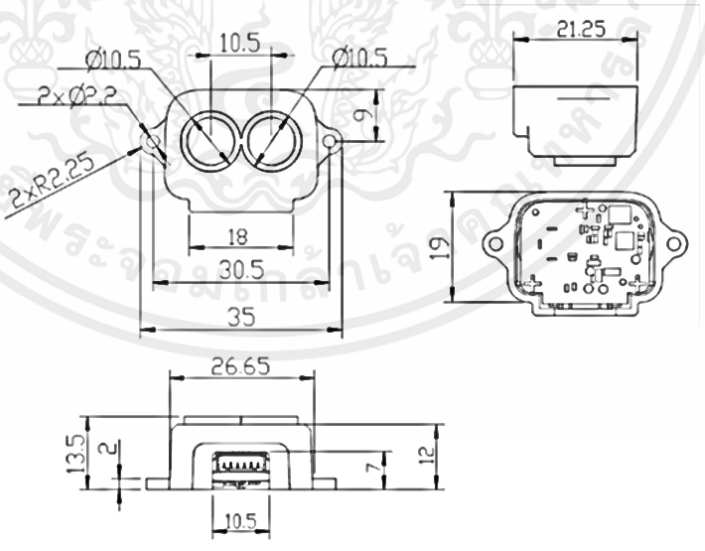
2) ใช้พลังงานต่ำสามารถใช้งานได้ยาวนาน

3) การตรวจจับช่วงอัตราเฟรมสูงผ่านความเสถียรและความแม่นยำสูง

4) อัลกอริทึมที่สร้างขึ้นเพื่อให้เหมาะกับสภาพแวดล้อมการใช้งานต่างๆ

5) ยกระดับเฟิร์มแวร์ได้ง่ายผ่านการเชื่อมต่อ TTL-USB กับคอมพิวเตอร์

ลักษณะและโครงสร้างของโมดูล TF-Luna LiDAR



รูปที่ 2.6 รูปโครงสร้างโมดูล TF-Luna LiDAR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของโมดูล TF-Luna LiDAR

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของโมดูล TF-Luna LiDAR

คุณสมบัติ	ค่า
ช่วงระยะที่สามารถวัดได้	1 เซนติเมตร ถึง 8 เมตร
เฟรมเรท	1 ถึง 125 Hz
ความระเอียดของระยะทาง	1 เซนติเมตร
ความแม่นยำ	±6 เซนติเมตร ที่ 0.2 เมตร ถึง 3 เมตร ±2 % ที่ 3 เมตร ถึง 8 เมตร
ความยาวคลื่นเลเซอร์	850 นาโนเมตร
ความไวแสง	70 คลักซ์
ข้อมูลเอาต์พุต	ค่าระยะทางจุดเดียว
แรงดัน	5V±0.1V
การใช้พลังงาน	≤0.35W
กระแสสูงสุด	150mA
อุณหภูมิในการทำงาน	-10°C ถึง 60°C
ขนาด (ยาว * กว้าง * สูง)	35*21.2*12.5 มิลลิเมตร

2.3 ESP32

ESP32 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ Wi-Fi และสามารถเชื่อมต่อ Bluetooth Low-Energy โดยที่ ESP32 มีคุณสมบัติ ได้แก่ ซีพียูใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง สัญญาณนาฬิกา 240MHz มีแรมในตัว 512KB รองรับการเชื่อมต่อรอมภายนอกสูงสุด 16MB มาพร้อมกับ Wi-Fi มาตรฐาน 802.11 b/g/n รองรับการใช้งานในโหมด Station softAP และ Wi-Fi direct มีบลูทูธในตัว รองรับการใช้งานในโหมด 2.0 และโหมด 4.0 BLE ซึ่งใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.6V ถึง 3V และสามารถทำงานได้ในอุณหภูมิที่ -40°C ถึง 125°C

นอกจากนี้ ESP32 ยังมีวงจรกรองสัญญาณรบกวนในวงจรขยายสัญญาณ เซนเซอร์แม่เหล็ก เซนเซอร์สัมผัส (Capacitive touch) รองรับ 10 ช่อง รองรับการเชื่อมต่อคลิสตอล 32.768kHz สำหรับใช้กับส่วนวงจรนับเวลา และขาการใช้งานต่าง ๆ ของ ESP32 ได้แก่

1) มี GPIO จำนวน 32 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) รองรับ UART จำนวน 3 ช่อง

3) รองรับ SPI จำนวน 3 ช่อง

4) รองรับ I^2C จำนวน 2 ช่อง

5) รองรับ ADC จำนวน 12 ช่อง

6) รองรับ DAC จำนวน 2 ช่อง

7) รองรับ I^2S จำนวน 2 ช่อง

8) รองรับ PWM / Timer ทุกช่อง

9) รองรับการเชื่อมต่อกับ SD-Card

ESP32 มีการรองรับฟังก์ชันความปลอดภัยต่าง ๆ ได้แก่ รองรับการเข้ารหัส Wi-Fi แบบ WEP และ WPA/WPA2 PSK/Enterprise ยังมีวงจรเข้ารหัส AES / SHA2 / Elliptical Curve Cryptography / RSA-4096 ในตัว

ด้านประสิทธิ์ภาพการใช้งาน ตัว ESP32 สามารถทำงานได้ดี โดย

1) รับ – ส่ง ข้อมูลได้ความเร็วสูงสุดที่ 150Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT40 ได้ความเร็วสูงสุด 72Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT20 ได้ความเร็วสูงสุดที่ 54Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11g และได้ความเร็วสูงสุดที่ 11Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11b

2) เมื่อใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล UDP จะสามารถรับ – ส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 135Mbps

3) ในโหมด Sleep ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 2.5 uA

รูปที่ 2.7 ESP32 โมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ESP-NOW

ESP-NOW คือการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างบอร์ด ESP32 สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้ด้วย Arduino IDE การสื่อสารแบบ ESP-NOW เป็นโปรโตคอลที่พัฒนาโดย Espressif สำหรับส่งข้อมูลขนาดเล็กแบบประหยัดพลังงานด้วยความถี่ 2.4G ทำให้อุปกรณ์สื่อสารกันได้โดยตรงแบบไม่ต้องผ่านตัวกลาง สามารถสื่อสารได้ทั้งแบบอุปกรณ์ และอุปกรณ์ หรือแบบหลายอุปกรณ์แบบเครือข่ายได้พร้อมกันในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ผ่านทางระบบไร้สายหรือ Wi-Fi โดยรองรับการสื่อสารแบบเข้ารหัสและไม่เข้ารหัส รองรับการส่งข้อมูล/รับข้อมูลได้สูงสุดเฟรมละ 250 ไบต์ และรองรับการใช้ callback สำหรับรับการแจ้งเตือนผลของการส่งข้อมูล ขีดจำกัดของ ESP-NOW มีด้วยกัน 3 ประเด็น คือ

1) เมื่อใช้การเข้ารหัส (Encryption) ในการสื่อสารจะทำงานได้เพียง 10 อุปกรณ์ในโหมด Station และเหลือเพียง 6 อุปกรณ์เมื่อทำงานโหมด SoftAP หรือ SoftAP+Station

2) การสื่อสารแบบไม่เข้ารหัสสามารถทำงานร่วมกันได้ไม่เกิน 20 อุปกรณ์

3) ข้อมูลในเฟรมของการรับ/ส่งหรือส่วนของ Payload นั้นมีขนาดได้ไม่เกิน 250 ไบต์

สถาปัตยกรรมการสื่อสารของ ESP-NOW กำหนดให้ในแต่ละวงสื่อสารมีโหนดที่เรียกว่า master หรือ controller กับ slave หรือ peer โดยระหว่าง 2 ประเภทสามารถสื่อสารได้ 2 ลักษณะ คือ

1) สื่อสารทางเดียว (one-way communication) ที่ให้อุปกรณ์หนึ่งเป็นผู้ส่งและอีกอุปกรณ์เป็นผู้รับ โดยทำงานได้ 3 รูปแบบ คือ

- 1 ผู้ส่ง และ 1 ผู้รับ (one to one)
- 1 ผู้ส่ง หลายผู้รับ (one master, multiple slaves)
- หลายผู้ส่ง และ 1 ผู้รับ (multiple masters, one slave)

2) การสื่อสารสองทาง (two-way communication) ที่ให้ทั้ง master และ slave สามารถเป็นทั้งผู้ส่งและผู้รับ

ความสามารถของ ESP-NOW

1) สื่อสารแบบไร้สายความถี่ 2.4G แบบประหยัดพลังงาน

2) สร้างเครือข่ายการรับส่งสัญญาณแบบไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) จ่ายไฟแล้วเชื่อมต่ออัตโนมัติ ไม่ต้องตั้งค่าใหม่

4) เข้า/ถอดรหัสข้อมูล สื่อสารระหว่างบอร์ด

5) ส่งแพ็คเกจข้อมูลสูงสุดครั้งละ 250 ไบต์

6) เชื่อมต่อได้สูงสุด 20 โหนด

7) มีฟังก์ชันตรวจสอบสถานะการรับและส่งข้อมูล

8) ระยะส่ง ESP32/ESP8266 ประมาณ 100 ถึง 200 เมตร ขึ้นกับอุปกรณ์และสภาพแวดล้อม

รูป 2.8 ระบบการสื่อสาร ESP-NOW

2.5 MQTT (Message Queue Telemetry Transport)

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) เป็นโปรโตคอลการส่งข้อความขนาดเล็กที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในแอปพลิเคชันแบบเครื่องต่อเครื่อง (M2M) และ Internet of Things (IoT) MQTT ได้รับการออกแบบมาให้เรียบง่ายและมีประสิทธิภาพ เหมาะสำหรับการใช้งานในอุปกรณ์และเครือข่ายที่มีทรัพยากรจำกัด โดยมีความยืดหยุ่นและการปรับขยายได้ สามารถใช้งานได้ทั้งในสภาพแวดล้อมแบนด์วิดท์ต่ำและแบนด์วิดท์สูง

รูปที่ 2.9 MQTT Publish / Subscribe Architecture

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของ MQTT สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของ MQTT

Client MQTT	ไคลเอ็นต์ MQTT คืออุปกรณ์ใดๆ ตั้งแต่เซิร์ฟเวอร์ไปจนถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เรียกใช้ไลบรารี MQTT หากไคลเอ็นต์ส่งข้อความ มันทำหน้าที่เป็น publisher และหากไคลเอ็นต์รับข้อความ มันทำหน้าที่เป็นผู้รับ โดยทั่วไปแล้ว อุปกรณ์ใดๆ ที่สื่อสารโดยใช้ MQTT ผ่านเครือข่าย ก็สามารถเรียกว่าเป็นอุปกรณ์ไคลเอ็นต์ MQTT
Broker MQTT	โบรกเกอร์ MQTT เป็นระบบแบ็กเอนด์ที่ประสานงานการรับส่งข้อความระหว่างไคลเอนต์ต่างๆ หน้าที่ของโบรกเกอร์นั้นรวมถึงการรับและการกรองข้อความ การระบุไคลเอนต์ที่สมัครรับข้อความแต่ละข้อความ และการส่งข้อความไปให้ไคลเอนต์เหล่านั้น นอกจากนี้ยังมีหน้าที่งานอื่น ๆ ด้วย เช่น - การอนุญาตและการรับรองความถูกต้องให้ไคลเอ็นต์ MQTT - การส่งต่อข้อความไปยังระบบอื่นเพื่อการวิเคราะห์เพิ่มเติม - การจัดการข้อความที่พลาดไป และเซสชันของไคลเอ็นต์
Connection MQTT	ไคลเอนต์และโบรกเกอร์เริ่มต้นการสื่อสารโดยใช้การเชื่อมต่อ MQTT ไคลเอนต์เริ่มต้นการเชื่อมต่อโดยส่งข้อความ CONNTECT ถึงโบรกเกอร์ MQTT โบรกเกอร์ยืนยันว่าสร้างการเชื่อมต่อแล้ว โดยการตอบกลับด้วยข้อความ CONNACK ทั้งไคลเอนต์ MQTT และโบรกเกอร์จำเป็นต้องใช้สแต็ก TCP/IP ในการสื่อสาร ไคลเอนต์จะไม่เชื่อมต่อกันเอง แต่จะเชื่อมต่อเฉพาะกับโบรกเกอร์เท่านั้น
topic MQTT	คำว่า "หัวข้อ" หมายถึงคำหลักที่โบรกเกอร์ MQTT ใช้ในการกรองข้อความสำหรับไคลเอ็นต์ MQTT หัวข้อจะได้รับการจัดระเบียบตามลำดับชั้น ที่คล้ายกับไฟล์หรือไดเร็กทอรีหรือโฟลเดอร์ ตัวอย่างเช่น ลองพิจารณาระบบบ้านอัจฉริยะในบ้านหลายชั้นซึ่งมีอุปกรณ์อัจฉริยะต่างๆ ในแต่ละชั้น ในกรณีเช่นนั้น โบรกเกอร์ MQTT อาจจัดหัวข้อเป็น: - บ้านของเรา/ชั้นล่าง/ห้องนั่งเล่น/แสงสว่าง บ้านของเรา/ชั้นหนึ่ง/ห้องครัว/อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของ MQTT (ต่อ)

MQTT publish	ไคลเอ็นต์ MQTT เผยแพร่ข้อความที่มีหัวข้อและข้อมูลในรูปแบบไบต์ ไคลเอ็นต์จะกำหนดรูปแบบข้อมูล เช่น ข้อความ, ข้อมูลไบนารี, ไฟล์ XML, หรือ JSON ตัวอย่างเช่น หลอดไฟในระบบสมาร์ทโฮมอาจเผยแพร่ข้อความ เปิด สำหรับหัวข้อ ห้องนั่งเล่น/แสงสว่าง
MQTT subscribe	ไคลเอนต์ MQTT ส่งข้อความ SUBSCRIBE ไปให้โบรกเกอร์ MQTT เพื่อจะรับข้อความในหัวข้อที่สนใจ ข้อความนี้ประกอบด้วยตัวระบุที่ไม่ซ้ำกันและรายการการสมัครรับข้อมูล ตัวอย่างเช่น แอปบ้านอัจฉริยะในโทรศัพท์ของคุณต้องการแสดงจำนวนไฟที่เปิดอยู่ในบ้านของคุณ แอปจะสมัครรับหัวข้อ แสงสว่าง และเพิ่มตัวนับสำหรับข้อความ เปิดทุกข้อความ

โปรโตคอล MQTT ทำงานบนหลักการแบบ publish/subscribe ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายแบบดั้งเดิม client และ server จะสื่อสารกันโดยตรง ไคลเอนต์จะร้องขอทรัพยากรหรือข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์ จากนั้นเซิร์ฟเวอร์จะประมวลผลและส่งข้อความตอบกลับมา อย่างไรก็ตาม MQTT ใช้รูปแบบ publish/subscribe เพื่อจะได้แยกผู้ส่งข้อความ (publisher) ออกจากผู้รับข้อความ (subscriber) องค์ประกอบที่สามที่เรียกว่า Broker ข้อความจะเป็นตัวจัดการการสื่อสารระหว่าง publisher และsubscriber ข้อมูลแทน งานของ Broker คือการกรองข้อความขาเข้าทั้งหมดจาก publisher และกระจายไปยัง subscriber รับข้อความอย่างถูกต้อง Broker จะแยก publisher กับ subscriber รับข้อความออกจากกันดังนี้

ตารางที่ 2.3 การแยก publisher กับ subscriber ของ Broker

การแยกเชิงพื้นที่	การแยกเชิงเวลา	การแยกการซิงโครไนซ์
Publisher และ subscriber จะไม่ทราบตำแหน่งเครือข่ายของกันและกัน และไม่แลกเปลี่ยนข้อมูล เช่น ที่อยู่ IP หรือหมายเลขพอร์ต ซึ่งกันและกัน	Publisher และ subscriber จะไม่ต้องทำงานหรือมีการเชื่อมต่อเครือข่ายในเวลาเดียวกัน	ทั้งpublisher และ subscriber สามารถส่งหรือรับข้อความได้โดยไม่รบกวนการทำงานกัน เช่น subscriber จะไม่ต้องรอให้ publisher ส่งข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความปลอดภัยของ MQTT การสื่อสาร MQTT ใช้โปรโตคอล SSL เพื่อคุ้มครองข้อมูลที่ละเอียดอ่อนที่ส่งโดยอุปกรณ์ IoT คุณสามารถใช้ข้อมูลประจำตัว การรับรองความถูกต้อง และการอนุญาตระหว่างไคลเอ็นต์และโบรกเกอร์ได้ โดยใช้ใบรับรอง SSL และ/หรือรหัสผ่าน โดยปกติแล้ว โบรกเกอร์ MQTT จะรับรองความถูกต้องของไคลเอ็นต์โดยใช้รหัสผ่านของตัวเอง และตัวระบุไคลเอ็นต์ที่ไม่ซ้ำกันซึ่งจัดสรรให้กับไคลเอ็นต์แต่ละรายการ ในการนำมาใช้งานส่วนใหญ่ ไคลเอ็นต์จะตรวจสอบความถูกต้องของเซิร์ฟเวอร์ด้วยใบรับรองหรือการค้นหา DNS และคุณยังสามารถใช้โปรโตคอลการเข้ารหัสลับได้ ด้วย MQTT

2.6 Servo Motor

เซอร์โวมอเตอร์เป็นมอเตอร์ประเภทหนึ่งที่ใช้ในงานหลายประเภท รวมถึงหุ่นยนต์ ระบบอัตโนมัติ และระบบควบคุม ออกแบบมาให้ควบคุมการเคลื่อนไหวได้อย่างแม่นยำ มีความแม่นยำสูงและสามารถทำซ้ำได้เซอร์โวมอเตอร์ทำงานโดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับเพื่อรักษาตำแหน่งหรือความเร็วที่แม่นยำ

รูปที่ 2.10 เซอร์โวมอเตอร์

โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์จะประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ สเตเตอร์ และโรเตอร์ โดยสเตเตอร์จะประกอบด้วยขดลวด 3 ชุด ขดลวดภายในจะต่อเป็นแบบ และมีสายต่อมาที่ขั้วต่อสายด้านนอก 3 เส้น ส่วนโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร ไม่มีขดลวดพัน ไม่มีคอมมิวเตเตอร์ และไม่มีแปรงถ่าน

โครงสร้างที่ไม่มีขดลวดพัน และแปรงถ่านจะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์สูงขึ้น ไม่มีการสูญเสียในขดลวดทองแดง ไม่ต้องบำรุงรักษาเนื่องจากแปรงถ่านไม่เกิดประกายไฟ เพราะการเรียงกระแสจากแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตอร์ไปยังขดลวดทองแดงที่พันอยู่ในตัวโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซอร์โวมอเตอร์ทำงานโดยรับสัญญาณควบคุมจากคอนโทรลเลอร์และใช้เซ็นเซอร์เพื่อวัดตำแหน่งและความเร็วของวัตถุ จากข้อเสนอแนะนี้ เซอร์โวมอเตอร์จะปรับการทำงานโดยอัตโนมัติเพื่อให้ได้ตำแหน่งหรือความเร็วที่ต้องการ ตัวควบคุมจะส่งกระแสพัลส์ไปยังมอเตอร์ ซึ่งทำให้มอเตอร์หมุน เซ็นเซอร์จะตรวจจับตำแหน่งและความเร็วของเพลามอเตอร์และส่งข้อมูลนี้กลับไปยังตัวควบคุม จากนั้นตัวควบคุมจะเปรียบเทียบตำแหน่งปัจจุบันของมอเตอร์กับตำแหน่งที่ต้องการและปรับกระแสที่ส่งไปยังมอเตอร์ให้สอดคล้องกัน กระบวนการนี้ซ้ำจนกว่ามอเตอร์จะถึงตำแหน่งที่ต้องการ โดยสรุป เซอร์โวมอเตอร์ทำงานโดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับเพื่อปรับการทำงานและบรรลุการควบคุมตำแหน่งและความเร็วของวัตถุที่ถูกควบคุมอย่างแม่นยำและแม่นยำ

ชนิดของเซอร์โวมอเตอร์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) เซอร์โวมอเตอร์ 180 องศา สามารถควบคุมให้หมุดได้ตามองศาที่ต้องการ โดยหมุนได้ 0 ถึง 180 องศา ในบางรุ่นหมุนได้ 200 องศา

2) เซอร์โวมอเตอร์ 360 องศา เป็นเซอร์โวมอเตอร์ที่ส่วนใหญ่ดัดแปลงมาจากแบบ 180 องศา โดยดัดแปลงวงจรควบคุม และตัดแกนหรือนำเอาวอลุ่มออก เพื่อให้เซอร์โวมอเตอร์สามารถหมุนได้ครบรอบ แต่ไม่สามารถควบคุมองศาได้ ควบคุมได้แค่ความเร็ว และทิศทางการหมุน

การใช้งานเซอร์โวมอเตอร์มีสาย 3 เส้น ประกอบด้วย

1) Signal (สีส้ม หรือ สีขาว) - สายสัญญาณควบคุมการหมุนแบบ PWM

2) VCC (สีแดง) - สายสำหรับจ่ายไฟบวก 5V

3) GND (สีน้ำตาล หรือ สีดำ) - สายสำหรับจ่ายไฟลบ หรือกราวด์ (GND)

การควบคุมการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์จะทำที่สาย Signal โดยป้อนสัญญาณ PWM ความถี่ 50 เฮิร์ต เข้าไป โดยมีความกว้างพัสล์บวกที่ 0.5 มิลลิวินาที (ค่าต่ำสุด) ถึง 2.5 มิลลิวินาที (ค่าสูงสุด) หรือ 1มิลลิวินาที (ค่าต่ำสุด) ถึง 2 มิลลิวินาที (ค่าสูงสุด) โดยหากป้อนสัญญาณ PWM ที่มีความกว้างช่วงบวกเข้าไปเท่าค่าต่ำสุด เซอร์โวมอเตอร์จะหมุนไปที่ 0 องศา หากป้อนสัญญาณ PWM เข้าไปเท่าค่าสูงสุด เซอร์โวมอเตอร์จะหมุนไปที่ 180 องศา

2.7 Switching Power Supply 5V 5A

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย หรือ Switch Mode Power Supplies (SMPS) เป็นอุปกรณ์แหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่ง ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ(AC) แปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง(DC) เพื่อจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ที่ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงต่างๆ ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ตามความต้องการ มีรูปร่างเป็นกล่องสี่เหลี่ยม มีเคสเป็นรูกลมๆเล็กๆเพื่อระบายความร้อน

รูปที่ 2.11 Switching Power Supply 5V 5A

คุณสมบัติของ Switching Power Supply 5V 5A

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติของ Switching Power Supply 5V 5A

คุณสมบัติ	ค่า
แรงดันไฟฟ้าขาออก	5V dc
กระแสไฟฟ้าขาออก	5A
กำลังไฟ	25W
จำนวนเอาต์พุต	1
แรงดันไฟฟ้าขาเข้า	88 ถึง 264 V ac
ประสิทธิภาพ	77.5%
อุณหภูมิ	-10 ถึง 60 องศาเซลเซียส

2.8 Micro Limit Switch

ไมโครลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) เป็นอุปกรณ์เปิด/ปิดวงจรไฟฟ้าที่ใช้สำหรับจำกัดระยะทางและตัด/ต่อวงจรการทำงานของระบบอัตโนมัติต่างๆ ในงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปโครงสร้างของลิมิตสวิตช์จะมีลักษณะเป็นกล่องสวิตช์สี่เหลี่ยมขนาดกะทัดรัด ซึ่งประกอบด้วยปุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตช์เปิด/ปิดหลากหลายรูปทรงให้เลือกใช้งาน และภายในจะเป็นจุดเชื่อมต่อที่มีหลักการทำงาน 2 ลักษณะ ได้แก่ ปกติเปิด (NO) ไม่จ่ายกระแสไฟ และปกติปิด (NC) จ่ายกระแสไฟ โดยสามารถเลือกต่อวงจรให้เหมาะสมกับรูปแบบการทำงานได้ตามต้องการ

สำหรับข้อแตกต่างระหว่างไมโครสวิตช์และลิมิตสวิตช์นั้นคือ ลิมิตสวิตช์ตัวใหญ่กว่าทำมาเพื่อรับแรงสัมผัสที่มากกว่า และรับโหลดได้สูงกว่า ซึ่งทำให้สามารถสวิตช์การทำงานของอุปกรณ์โหลดสูง ๆ ตามที่กำหนดได้ ในระหว่างที่ไมโครสวิตช์ใช้ได้ในสวิตช์อุปกรณ์อื่นให้เปิดการทำงานและรับแรงโหลดแทน มีการจำกัดที่รับแรงต้านทางไฟฟ้า หรือโหลดได้ในวงที่จำกัด

ไมโครลิมิตสวิตช์ มีคุณสมบัติ ดังนี้

1) เปลี่ยนสัญญาณกลเป็นสัญญาณไฟฟ้า

2) ใช้สำหรับตรวจสอบตำแหน่งในเครื่องมือกลและเครื่องมือแบบอัตโนมัติ

3) สามารถใช้งานได้ในบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมเลวร้ายเกินกว่าที่สามารถใช้ไมโครสวิตช์ได้ อุปกรณ์อินพุตแบบมีไมโครสวิตช์ติดตั้งในตัวและมีวัสดุหุ้มที่ทนทาน

รูปที่ 2.12 Micro Limit Switch

2.9 Arduino IDE

Arduino คือ Open-Source Platform สำหรับการสร้างต้นแบบทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีจุดมุ่งหมายให้ Arduino Platform เป็น Platform ที่ง่ายต่อการใช้งาน

ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นชิ้นส่วนหลัก ถูกนำมาประกอบร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน หรือที่เรียกกันว่า บอร์ด Arduino, โดยบอร์ด Arduino เองก็มีหลายรุ่นให้เลือกใช้ โดยในแต่ละรุ่นอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดของบอร์ด หรือสเปก เช่น จำนวนของขารับส่งสัญญาณ แรงดันไฟที่ใช้ ประสิทธิภาพของ MCU เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์ ภาษา Arduino ที่ใช้คือ ภาษา C/C++ ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุม MCU Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Arduino คอมไพล์โปรแกรม (Compile) และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด (Upload) การเขียนโค้ดของโปรแกรม Arduino IDEในการเขียนโปรแกรมสำหรับบอร์ด Arduino จะต้องเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาของ Arduino (Arduino Programming Language) ซึ่งตัวภาษาของ Arduino ก็จะนำเอาโอเพ่นซอร์สโปรเจคชื่อ Wiring มาพัฒนาต่อ ภาษาของ Arduino แบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนที่ 1 โครงสร้างภาษา (Structure) ตัวแปรและค่าคงที่ ส่วนที่สองฟังก์ชัน (Function)

ข้อดีของ Arduino ได้แก่

1) Arduino เป็นที่นิยมในวงการ MCU มาได้หลายปี สามารถหาอ่านคู่มือวิธีใช้ วิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ง่ายบนอินเทอร์เน็ต

2) Arduino พร้อมใช้งานทันที เพราะบอร์ด Arduino ติดตั้งอุปกรณ์จำเป็นพื้นฐานมาให้แล้ว

3) Arduino สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานด้วยไวยากรณ์ภาษา C / C++

4) Arduino ราคาไม่แพงเกินไปสำหรับผู้ที่อยากจะเริ่มต้นใช้งาน

5) การอัปโหลดโปรแกรมที่เขียนบนคอมพิวเตอร์ลงไปที่ Arduino สามารถทำได้ง่าย เพียงใช้สาย USB ต่อเข้าที่บอร์ด Arduino และคอมพิวเตอร์ แล้วอัปโหลดด้วยโปรแกรม Arduino IDE

2.10 Visual Studio Code

Visual Studio Code หรือ VSCode เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการแก้ไขและปรับแต่งโค้ด ซึ่ง Visual Studio Code นั้น เหมาะสำหรับการใช้งานข้ามแพลตฟอร์ม รองรับการใช้งานทั้งบน Windows macOS และ Linux โดยมีภาษา JavaScript, TypeScript และ Node.js สามารถเชื่อมต่อกับ Git ได้ มีเครื่องมือส่วนขยายต่าง ๆ ให้เลือกใช้ ไม่ว่าจะเป็น

1) การเปิดใช้งานภาษาอื่น ๆ เช่น ภาษา C/C++, Java, Python, PHP

2) Themes

3) Debugger

4) Commands

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 ภาษา HTML

HTML (Hypertext Markup Language) เป็นภาษามาร์กอัปมาตรฐานที่ใช้สำหรับสร้างและจัดโครงสร้างเนื้อหาบน www เปิดตัวครั้งแรกในปี 1991 และได้กลายเป็นรากฐานของการพัฒนาเว็บตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา

HTML เป็นภาษามาร์กอัปที่ใช้ชุดแท็กและแอตทริบิวต์เพื่อกำหนดโครงสร้างและเนื้อหาของหน้าเว็บ มันถูกออกแบบมาให้ทั้งมนุษย์และเครื่องจักรสามารถอ่านได้ และใช้ในการสร้างเนื้อหาเว็บที่หลากหลาย รวมถึงข้อความ รูปภาพ เสียง วิดีโอ และอื่นๆ

เอกสาร HTML ประกอบด้วยชุดของแท็กที่ซ้อนกันซึ่งกำหนดโครงสร้างและเนื้อหาของเอกสาร สามารถใช้แท็กเพื่อสร้างหัวเรื่อง ย่อหน้า รายการ ลิงก์ และองค์ประกอบอื่นๆ ที่ประกอบกันเป็นหน้าเว็บ สามารถเพิ่มแอตทริบิวต์ลงในแท็กเพื่อให้ข้อมูลเพิ่มเติม เช่น แหล่งที่มาของรูปภาพหรือเป้าหมายของลิงก์

HTML มักจะใช้ร่วมกับเทคโนโลยีการพัฒนาเว็บอื่นๆ เช่น CSS (Cascading Style Sheets) และ JavaScript เพื่อสร้างหน้าเว็บที่ซับซ้อนและไดนามิกมากขึ้น เทคโนโลยีเหล่านี้ร่วมกันเป็นรากฐานสำหรับการพัฒนาเว็บสมัยใหม่ และได้ปฏิวัติวิธีที่เราเข้าถึงและโต้ตอบกับข้อมูลออนไลน์ ซึ่งในปัจจุบันโปรแกรมภาษา HTML รุ่นใหม่ มีข้อดี ต่างๆ เพิ่มขึ้นมากมาย เช่น

1) สามารถแสดงผลบนเว็บบราว์เซอร์ทุกตัวที่สนับสนุน HTML เช่น Microsoft Internet Explorer, Netscape, American Online เป็นต้น

2) HTML ที่ถูกบันทึกใน Text Editor จะมีชนิดของไฟล์เป็น HTM สำหรับระบบปฏิบัติการ DOS และจะมีชนิดของไฟล์เป็น HTML หรือ HTM ในระบบปฏิบัติการ Windows หรือ ระบบปฏิบัติการ Unix

3) สามารถใช้งานร่วมกับโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้สำหรับสร้างเว็บเพจทั่วไปได้ง่าย และไฟล์ที่ได้จะมีขนาดเล็ก เช่น เมื่อเขียนโปรแกรม HTML จาก Notepad แล้วสามารถนำไปเปิดแก้ไขหรือตกแต่งเพิ่มเติมในโปรแกรม FrontPage หรือ Dreamweaver และโปรแกรมอื่นๆ ได้ อย่างสะดวกและรวดเร็ว

หลักการสร้างเว็บเพจด้วยภาษา HTML

การจะสร้างเว็บเพจด้วยภาษา HTML ได้นั้นจะต้องมีเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างเว็บเพจอยู่ 2 อย่าง คือ เท็กซ์เอดิเตอร์ (Text Editor) และเว็บบราว์เซอร์ (Web Browser)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) เท็กซ์เอดิเตอร์ (Text Editor) คือโปรแกรมต่าง ๆ ที่ใช้ในการกำหนดข้อความ และรูปแบบคำสั่งต่าง ๆ ของภาษา HTML ซึ่งปัจจุบันผู้เขียนโปรแกรมส่วนใหญ่จะใช้โปรแกรม Notepad ในการเขียนโปรแกรม HTML เป็นหลัก

2) เว็บบราว์เซอร์ (Web Browser) คือส่วนที่ใช้สำหรับแสดงผลลัพธ์ของเอกสารที่เขียนด้วยภาษา HTML เหมือนกับกการคอมไพล์ (Compiled) หรือ รัน (Run) โปรแกรมภาษาทางคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไป

โครงสร้างของภาษา HTML

การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา HTML มีส่วนประกอบทีสำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นข้อความที่จะพิมพ์ และส่วนที่เป็นคำสั่ง ส่วนที่เป็นคำสั่งที่ใช้ในการจัดการรูปร่างและรูปแบบของตัวอักษรหรือเอกสารจะเรียกว่า แท็ก (TAG) และส่วนที่เป็นคำสั่งแท็ก (TAG) นี้จะถูกเขียนอยู่ในเครื่องหมาย < > ทุกคำสั่ง เช่น <BR>, <BODY>, <HEAD> เป็นต้น รูปแบบของแท็ก <TAG> แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1) รูปแบบคำสั่งที่มีเพียงคำสั่งเดียวหรือมีเพียงแท็ก (TAG) เดียวก็สามารถใช้งานได้ เช่น

2) รูปแบบคำสั่งที่เป็นสองส่วนหรือแท็กคู่ มีส่วนเริ่มต้นและต้องมีส่วนจบของคำสั่งถึงจะสามารถทำงานได้สมบูรณ์ โดยส่วนจบของแต่ละคำสั่งจะมีเครื่องหมาย Slash (/) ไว้หน้าแท็ก (TAG) คำสั่งนั้น เช่น <HTML> </HTML>

การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา HTML จะมีโครงสร้างหลักและการจัดวางคำสั่งหลักที่เป็นมาตรฐานเหมือนกันทั่วโลก โดยจะประกอบด้วยคำสั่งหลัก ๆ อยู่ 5 คำสั่งด้วยกันดังนี้

1) <HTML> </HTML> เป็นคำสั่งหลักที่ทำหน้าที่บอกจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเอกสาร

2) <HEAD> </HEAD> เป็นคำสั่งที่ทำหน้าที่กำหนดส่วนหัวเรื่อง

3) <TITLE> </TITLE>เป็นคำสั่งที่ใช้กำหนดข้อความที่ต้องการนำมาแสดงผลบนแถบ Title bar คำสั่งนี้จะอยู่ภายในคำสั่งส่วน <HEAD> </HEAD> โดยกำหนดความยาวของตัวอักษรไม่เกิน 64 ตัวอักษร

4) <BODY> </BODY>เป็นคำสั่งที่กำหนดข้อความและรูปแบบของคำสั่งต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับปรับแต่งเอกสารที่จะนำเสนอออกทางจอภาพ

5) หมายเหตุ (หมายเหตุ) สำหรับคำสั่ง comment จะใช้ <! เป็นแท็กเปิดและใช้ > เป็นแท็กปิดข้อความที่อยู่ระหว่าง<! ... > จะไม่ถูกแสดงบน เว็บบราวเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 ภาษา CSS

CSS (Cascading Style Sheets) เป็นภาษาที่ใช้ในการกำหนดรูปลักษณ์และเค้าโครงของหน้าเว็บ มันถูกใช้ร่วมกับ HTML และภาษาพัฒนาเว็บอื่น ๆ เพื่อสร้างหน้าเว็บที่ดึงดูดสายตาและตอบสนอง CSS ทำงานโดยกำหนดชุดของกฎและรูปแบบที่ใช้กับองค์ประกอบ HTML ในหน้าเว็บ ลักษณะเหล่านี้อาจรวมถึงสิ่งต่างๆ เช่น ขนาดและลักษณะแบบอักษร สี ระยะห่าง และการวางตำแหน่ง ตลอดจนเค้าโครงและองค์ประกอบการออกแบบที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น คอลัมน์ กริด และภาพเคลื่อนไหว

ข้อดีอย่างหนึ่งของ CSS คือความสามารถในการแยกการนำเสนอของหน้าเว็บออกจากเนื้อหา ซึ่งหมายความว่านักออกแบบและนักพัฒนาสามารถสร้างและแก้ไขลักษณะที่ปรากฏของหน้าเว็บโดยไม่ต้องแก้ไขโค้ด HTML โดยตรง ทำให้ง่ายต่อการบำรุงรักษาและอัปเดตหน้าเว็บเมื่อเวลาผ่านไป CSS ยังสนับสนุนการออกแบบที่ตอบสนองซึ่งช่วยให้หน้าเว็บสามารถปรับรูปแบบและลักษณะที่ปรากฏตามขนาดและการวางแนวของอุปกรณ์ที่กำลังดูอยู่ นี่เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการสร้างหน้าเว็บที่ปรับให้เหมาะสำหรับการดูบนอุปกรณ์ต่างๆ ตั้งแต่คอมพิวเตอร์เดสก์ท็อปไปจนถึงโทรศัพท์มือถือ CSS เป็นเครื่องมือที่ทรงพลังและหลากหลายสำหรับการพัฒนาเว็บ และถูกใช้โดยนักพัฒนาและนักออกแบบทั่วโลกเพื่อสร้างหน้าเว็บที่ทันสมัย ดึงดูดสายตา และตอบสนอง

คุณสมบัติของ CSS

1) สามารถแยกการตกแต่งเว็บไซต์ ออกจากเนื้อหา และโครงสร้างของ HTML ทำให้สามารถนำเอกสารหลัก (HTML, PHP, ASP.net, ...) ไปใช้งานกับ Application อื่นได้

2) สามารถแก้ไขการตกแต่งเอกสารหลายหน้าโดยใช้ CSS เพียงชุดเดียว

3) โหลดได้เร็วขึ้น (โหลดเนื้อหาก่อน)

4) กำหนดการแสดงผลให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ กันได้ เช่น จอคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ WebTV โทรศัพท์มือถือ แทปเลท ฯลฯ

5) มีขีดความสามารถในการออกแบบที่หลากหลาย ซึ่งวิธีธรรมดาไม่สามารถทำได้

ประเภทของ CSS

ประเภทของ CSS ตามการนำไปใช้งานโดยทั่วไปแล้ว CSS นั้นแบ่งออกเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) In-line Style : เป็นวิธีการเขียน CSS ลงไปใน HTML TAG โดยตรง วิธีนี้จะเป็นการบังคับให้ CSS ทำงานเฉพาะเจาะจงจุดนั้นจุดเดียว ไม่สามารถนำมาใช้ซ้ำได้

2) Internal Style : เป็นวิธีการเขียน CSS ให้อยู่ภายในเอกสารเดียวกับเอกสารหลัก เช่น HTML จะเขียนไว้ที่ส่วน <HEAD> เป็นต้น วิธีนี้จะสามารถเรียกใช้งาน CSS ชุดเดียวกันได้หลายครั้งในเอกสารนั้น แต่ไม่สามารถเรียกใช้จากเอกสารอื่นได้

3) External Style Sheet : เป็นวิธีการเขียน CSS แบบมาตรฐาน คือการแยกไฟล์ CSS ออกไปไว้ภายนอกเอกสารหลัก วิธีนี้จะทำให้สามารถเรียกใช้งาน CSS ชุดเดียวกันได้จากหลายเอกสาร เป็นวิธีที่ยืดหยุ่นในการใช้งานมากที่สุด จึงมักแนะนำให้ใช้วิธีการเขียนแบบนี้

4) Browser CSS Default : เป็น CSS มาตรฐานที่ติดมากับ Browser ตัวนั้นๆ เช่น เมื่อเราพิมพ์ <H1> บราวเซอร์จะแสดงผลเป็นหัวข้อใหญ่ เป็นต้น โดย Browser แต่ละตัวอาจจะแสดงผลแตกต่างกันเล็กน้อย

ประโยชน์ชองภาษา CSS

ภาษา CSS มีประโยชน์หลายอย่างเลยทีเดียวซึ่งทำให้การพัฒนาเว็บเพจด้วยภาษา HTML เป็นเรื่องที่ง่ายมากขึ้น

1) ภาษา CSS จะช่วยในการจัดรูปแบบแสดงผลให้กับภาษา HTML ซึ่งจะช่วยลดการใช้ภาษา HTML ให้น้อยลง โดยเหลือเพียงแต่ส่วนที่เป็นเอกสารที่เป็นภาษา HTML เท่านั้นทำให้มีการแก้ไขและทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

2) ทำให้ขนาดไฟล์ HTML น้อยลงเนื่องจาก ภาษา CSS จะช่วยลงการใช้ภาษา HTML ลงทำให้ขนาดไฟล์นั้นก็เล็กลงไปด้วยเช่นกัน

3) ภาษา CSS เป็นภาษา Style Sheets โดย Style Sheets ชุดเดียวสามารถใช้กำหนดรูปแบบการแสดงผลให้เอกสาร HTML ทั้งหน้า หรือทุกหน้ามีผลเหมือนกันได้ จึงทำให้เวลาที่มีการแก้ไขก็จะแก้ไขได้ง่ายขึ้นเพียงแก้ไข Style Sheets ที่ใช้งานเพียงชุดเดียวเท่านั้น

4) ทำให้เว็บไซต์มีมาตราฐานเพราะการใช้งาน CSS นั้นจะทำให้การแสดงผลในสื่อต่าง ๆ ถูกปรับเปลี่ยนไปได้อย่างเหมาะสม เช่น การแสดงผลบนหน้าจอ และการแสดงผลในมือถือ

5) CSS สามารถที่จะใช้งานได้หลากหลาย เว็บบราวเซอร์ ทำให้การใช้งานนั้นสะดวกมากยิ่งขึ้น

6) CSS สามารถกำหนดแยกไว้ต่างหากจากไฟล์เอกสาร HTML และสามารถนำมาใช้ร่วม กับเอกสารหลายไฟล์ได้ การแก้ไขก็แก้เพียง จุดเดียวก็มีผลกับเอกสารทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CSS กับ HTML นั้นทำหน้าที่คนละอย่างกัน โดย HTML จะทำหน้าที่ในการวางโครงร่างเอกสารอย่างเป็นรูปแบบ ถูกต้อง เข้าใจง่าย ไม่เกี่ยวข้องกับการแสดงผล ส่วน CSS จะทำหน้าที่ในการตกแต่งเอกสารให้สวยงาม เรียกได้ว่า HTML คือส่วน coding ส่วน CSS คือส่วน design

2.13 JavaScript

JavaScript คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ภาษาหนึ่งที่มีไว้เพื่อจัดการพฤติกรรมของหน้าเว็บไซต์ นอกเหนือจาก HTML ที่ใช้จัดการเรื่องของเนื้อหาของเว็บและ CSS ที่ใช้จัดการเรื่องของโครงสร้างและดีไซน์ของเว็บ JavaScript ยังสามารถใช้งานในส่วนของโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์และเซิร์ฟเวอร์ ยกตัวอย่างเช่น Node.js หรือในฐานข้อมูลก็สามารถใช้งานได้เช่นกัน เช่น MongoDB และ CouchDB

JavaScript สามารถช่วยเราจัดการงานต่าง ๆ โดยไม่จำเป็นที่จะต้องทำการโหลดหน้าเว็บใหม่ซ้ำ ๆ หากเราเคยเห็นการกดปุ่ม Button แล้ว ข้อความบางข้อความแสดงผลหรือซ่อนข้อความนั้นโดยไม่จำเป็นต้องโหลดหน้านั้นใหม่อีกครั้ง หรือมีการเปลี่ยนสีของตัวอักษร เปลี่ยนแปลงเนื้อหา นั่นละครับ คือ หน้าเว็บไซต์นั้นๆ ถูกเรียกใช้งานด้วย JavaScript แล้ว หากเราสรุปหน้าที่การทำงานของ JavaScript อย่างคร่าวๆ จะได้ดังนี้

1) JavaScript สามารถเปลี่ยนเนื้อหา HTML ได้

2) JavaScript สามารถเปลี่ยนค่าภายใน HTML Attributes ได้

3) JavaScript สามารถเปลี่ยนสไตล์ CSS ของ HTML ได้

4) JavaScript สามารถซ่อนส่วน HTML ที่ไม่ต้องการได้

5) JavaScript สามารถแสดงส่วน HTML ที่ต้องการได้

ประโยชน์ของ JavaScript

1) เรียนรู้และใช้งานง่าย: JavaScript เป็นภาษาโปรแกรมที่ค่อนข้างง่ายซึ่งเรียนรู้และใช้งานได้ง่าย แม้แต่สำหรับผู้เริ่มต้น นอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนโดยเครื่องมือและทรัพยากรที่หลากหลายซึ่งทำให้ง่ายต่อการพัฒนาและดีบักโค้ด

2) ความเข้ากันได้ข้ามแพลตฟอร์ม: JavaScript สามารถใช้ข้ามแพลตฟอร์มและอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงเดสก์ท็อป อุปกรณ์พกพา และเว็บบราว์เซอร์ สิ่งนี้ทำให้เป็นภาษาอเนกประสงค์ที่สามารถใช้ในการพัฒนาแอพพลิเคชั่นได้หลากหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) หน้าเว็บแบบไดนามิกและโต้ตอบ: JavaScript ช่วยให้นักพัฒนาสามารถสร้างหน้าเว็บแบบไดนามิกและโต้ตอบที่สามารถตอบสนองการป้อนข้อมูลของผู้ใช้และมอบประสบการณ์ผู้ใช้ที่น่าดึงดูดยิ่งขึ้น

4) ไลบรารีเฟรมเวิร์กและเครื่องมือมากมาย: JavaScript มีไลบรารีเฟรมเวิร์กและเครื่องมือมากมายที่สามารถใช้เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย

5) การเขียนโปรแกรมฝั่งเซิร์ฟเวอร์: JavaScript สามารถใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมฝั่งเซิร์ฟเวอร์ สิ่งนี้ทำให้นักพัฒนาสามารถสร้างเว็บแอปพลิเคชันที่ซับซ้อนได้

6) JavaScript มีชุมชนขนาดใหญ่ ของนักพัฒนาที่ให้การสนับสนุน แหล่งข้อมูล และคำแนะนำเพื่อช่วยให้นักพัฒนารายอื่นเรียนรู้และใช้ภาษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อจำกัดของ JavaScript

การทำงานของ JavaScript เกิดขึ้นบนบราวเซอร์ (เรียกว่าเป็น client-side script) ดังนั้นไม่ว่าคุณจะใช้เซิร์ฟเวอร์อะไร หรือที่ไหน ก็ยังคงสามารถใช้ JavaScript ในเว็บเพจได้ ต่างกับภาษาสคริปต์อื่น เช่น Perl, PHP หรือ ASP ซึ่งต้องแปลความและทำงานที่ตัวเครื่องเซิร์ฟเวอร์ (เรียกว่า server-side script) ดังนั้นจึงต้องใช้บนเซิร์ฟเวอร์ ที่สนับสนุนภาษาเหล่านี้เท่านั้น

จากลักษณะดังกล่าวก็ทำให้ JavaScript มีข้อจำกัด คือไม่สามารถรับและส่งข้อมูลต่างๆ กับเซิร์ฟเวอร์โดยตรง เช่น การอ่านไฟล์จากเซิร์ฟเวอร์ เพื่อนำมาแสดงบนเว็บเพจ หรือรับข้อมูลจากผู้ชม เพื่อนำไปเก็บบนเซิร์ฟเวอร์ เป็นต้น ดังนั้นงานลักษณะนี้ จึงยังคงต้องอาศัยภาษา server-side script อยู่

2.14 Node.js

Node.js เป็นการเขียนโปรแกรมด้วย JavaScript ที่ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ หรือ Cross Platform Runtime Environment สำหรับฝั่งเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งเหมาะสำหรับการสร้างแอปพลิเคชันที่ต้องการใช้ข้อมูลจำนวนมาก และนิยมใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ใช้ข้อมูลแบบ Realtime สามารถทำงานได้ทุกระบบปฏิบัติการ โดยถูกนำมาเป็น Web Server, IoT, Webkit, TVOS, OS และอื่น ๆ เป็นต้น

Node.JS ใช้ V8 Engine ที่ถูกพัฒนาโดย The Chromium Project สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของภาษา JavaScript ร่วมกับ Web Browser ให้ดีมากขึ้น โดยการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการ Compile ก่อนประมวลผล (Just-in-time Compilation) ด้วยการเป็นตัวแปลงโค้ดภาษา JavaScript หรือ JavaScript Engine ให้เป็น Machine Code ทำให้สามารถทำงานนอก Browser อื่นได้ เนื่องจากตามปกติ JavaScript สามารถรันได้บน Client เท่านั้น

Node.JS ทำงานแบบ Single Process โดยมี Event-loop เข้ามาช่วยในการทำงานแบบ Asynchronous คือ รูปแบบการทำงานของชุดคำสั่งที่เขียนขึ้นมา โดยทำงานแบบไม่เรียงขั้นตอน เนื่องจากชุดคำสั่งทำงานพร้อมกัน และเมื่อคำสั่งไหนเสร็จเรียบร้อยจะแสดงผลลัพธ์ก่อน แบบ Non-Blocking I/O สามารถส่ง Request ของ User 1 และ User 2 พร้อมกันได้เลย ซึ่งลดการใช้ Thread ได้ โดย Node.JS ไม่เหมาะสำหรับการทำงานที่เป็น CPU Intensive เพราะทำให้ถูกระงับการทำงานทั้งหมด

นอกจากนี้ Node.JS มีเครื่องมือที่สะดวกและรวดเร็วในการจัดการ Package อย่าง NPM (Node Package Manager) หรือ YARN (Dependency Management Tool) ช่วยลดเวลาในการเขียนโค้ดใหม่ทั้งหมด ทำให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น พัฒนาได้อย่างครอบคลุมทั้ง Frontend และ Backend โดยตัวอย่าง Framework และ Library ฝั่ง Frontend เช่น ReactJS, VueJS เป็นต้น และตัวอย่างฝั่ง Backend เช่น Express, NestJS, Meteor เป็นต้น โดยเรียนรู้แค่ภาษา JavaScript สามารถเริ่มต้นพัฒนาแบบ Fullstack ได้

2.15 Database

ฐานข้อมูล (Database) คือ กลุ่มของข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมไว้ โดยมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยไม่ได้บังคับว่าข้อมูลทั้งหมดนี้จะต้องเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลเดียวกันหรือแยกเก็บหลายๆ แฟ้มข้อมูล ซึ่งถูกจัดเก็บอย่างเป็นระบบ โดยมีซอฟต์แวร์เข้ามาควบคุมกระบวนการใช้งาน การทำงาน หรือการประมวลผล ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีหลายภาษาที่สามารถทำงานร่วมกันกับฐานข้อมูล MySQL ไม่ว่าจะเป็น C, C++, Python, Java

Database System

ระบบฐานข้อมูล (Database System) คือ ระบบที่รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันเข้าไว้ด้วยกันอย่างมีระบบมีความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ ที่ชัดเจน ในระบบฐานข้อมูลจะประกอบด้วยแฟ้มข้อมูลหลายแฟ้มที่มีข้อมูล เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเข้าไว้ด้วยกันอย่างเป็นระบบและเปิดโอกาสให้ผู้ใช้สามารถใช้งานและดูแลรักษาป้องกันข้อมูลเหล่านี้ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีซอฟต์แวร์ที่เปรียบเสมือนสื่อกลางระหว่างผู้ใช้และโปรแกรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า ระบบจัดการฐานข้อมูล หรือ DBMS (data base management system)มีหน้าที่ช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลได้ง่ายสะดวกและมีประสิทธิภาพ การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้อาจเป็นการสร้างฐานข้อมูล การแก้ไขฐานข้อมูล หรือการตั้งคำถามเพื่อให้ได้ข้อมูลมา โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องรับรู้เกี่ยวกับรายละเอียดภายในโครงสร้างของฐานข้อมูล

ประโยชน์ของฐานข้อมูล

1) ลดการเก็บข้อมูลที่ซ้ำซ้อน ข้อมูลบางชุดที่อยู่ในรูปของแฟ้มข้อมูลอาจมีปรากฏอยู่หลาย ๆ แห่งเพราะมีผู้ใช้ข้อมูลชุดนี้หลายคน เมื่อใช้ระบบฐานข้อมูลแล้วจะช่วยให้ความซ้ำซ้อนของข้อมูลลดน้อยลง

2) รักษาความถูกต้องของข้อมูล เนื่องจากฐานข้อมูลมีเพียงฐานข้อมูลเดียว ในกรณีที่มีข้อมูลชุดเดียวกันปรากฏอยู่หลายแห่งในฐานข้อมูล ข้อมูลเหล่านี้จะต้องตรงกัน ถ้ามีการแก้ไขข้อมูลนี้ทุก ๆ แห่งที่ข้อมูลปรากฏอยู่จะแก้ไขให้ถูกต้องตามกันหมดโดยอัตโนมัติด้วยระบบจัดการฐานข้อมูล

3) การป้องกันและรักษาความปลอดภัยให้กับข้อมูลทำได้อย่างสะดวก การป้องกันและรักษาความปลอดภัยกับข้อมูลระบบฐานข้อมูลจะให้เฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องเท่านั้นซึ่งก่อให้เกิดความปลอดภัย(security) ของข้อมูลด้วย

2.16 MySQL

MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์แบบโอเพ่นซอร์ส (RDBMS) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการจัดเก็บและจัดการข้อมูลที่มีโครงสร้าง เป็นระบบฐานข้อมูลที่ได้รับความนิยมมากที่สุดระบบหนึ่งในปัจจุบัน และมักใช้ในเว็บแอปพลิเคชัน แพลตฟอร์มอีคอมเมิร์ซ และแอปพลิเคชันซอฟต์แวร์อื่นๆ

MySQL เปิดตัวครั้งแรกในปี พ.ศ. 2538 โดยนักพัฒนาชาวสวีเดน Michael Widenius และ David Axmark และหลังจากนั้นก็มีเจ้าของและพัฒนาโดยบริษัทต่างๆ รวมถึง Oracle Corporation MySQL เขียนด้วยภาษาโปรแกรม C และ C++ และอยู่ภายใต้สัญญาอนุญาตสาธารณะทั่วไปของ GNU

MySQL เป็นที่รู้จักในด้านประสิทธิภาพ ความสามารถในการปรับขนาด และใช้งานง่าย รองรับประเภทข้อมูลที่หลากหลาย รวมถึงข้อความ จำนวนเต็ม ทศนิยม และวันที่ รวมถึงภาษาคิวรี SQL ที่มีประสิทธิภาพซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถจัดการและดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MySQL ยังมีคุณสมบัติด้านความปลอดภัยต่างๆ เช่น การเข้ารหัสข้อมูลระหว่างการส่งและเมื่อไม่ได้ใช้งาน เช่นเดียวกับการตรวจสอบสิทธิ์ผู้ใช้และการควบคุมการเข้าถึง สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการต่างๆ รวมถึง Windows, Linux และ macOS และได้รับการสนับสนุนจากชุมชนนักพัฒนาและผู้ใช้ขนาดใหญ่และกระตือรือร้น

โดยรวมแล้ว MySQL เป็นระบบฐานข้อมูลที่เชื่อถือได้และยืดหยุ่น ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานที่หลากหลาย ตั้งแต่เว็บแอพพลิเคชั่นขนาดเล็กไปจนถึงระบบองค์กรขนาดใหญ่

2.16.1 ภาษา SQL

SQL ย่อมาจาก structured query language คือภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อจัดการกับฐานข้อมูลโดยเฉพาะ เป็นภาษามาตราฐานบนระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และเป็นระบบเปิด (open system) หมายถึงเราสามารถใช้คำสั่ง SQL กับฐานข้อมูลชนิดใดก็ได้ และคำสั่งงานเดียวกันเมื่อสั่งงานผ่าน ระบบฐานข้อมูลที่แตกต่างกันจะได้ ผลลัพธ์เหมือนกัน ทำให้เราสามารถเลือกใช้ฐานข้อมูล ชนิดใดก็ได้โดยไม่ติดยึดกับฐานข้อมูลใดฐานข้อมูลหนึ่ง นอกจากนี้แล้ว SQL ยังเป็นชื่อโปรแกรมฐานข้อมูล ซึ่งโปรแกรม SQL เป็นโปรแกรมฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างของภาษาที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน มีประสิทธิภาพการทำงานสูง สามารถทำงานที่ซับซ้อนได้โดยใช้คำสั่งเพียงไม่กี่คำสั่ง โปรแกรม SQL จึงเหมาะที่จะใช้กับระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ และเป็นภาษาหนึ่ง ซึ่งแบ่งการทำงานได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1) Select query ใช้สำหรับดึงข้อมูลที่ต้องการ

2) Update query ใช้สำหรับแก้ไขข้อมูล

3) Insert query ใช้สำหรับการเพิ่มข้อมูล

4) Delete query ใช้สำหรับลบข้อมูลออกไป

ประโยชน์ของภาษา SQL

1) สร้างฐานข้อมูลและ ตาราง

2) สนับสนุนการจัดการฐานข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย การเพิ่ม การปรับปรุงและการลบข้อมูล

3) สนับสนุนการเรียกใช้หรือ ค้นหาข้อมูล

ประเภทของคำสั่งภาษา SQL

1) ภาษานิยามข้อมูล (Data Definition Language : DDL) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการสร้างฐานข้อมูล กำหนดโครงสร้างข้อมูลว่ามี Attribute ใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของข้อมูล รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงตาราง และการสร้างดัชนี คำสั่ง : CREATE,DRO, ALTER

2) ภาษาจัดการข้อมูล (Data Manipulation Language :DML) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเรียกใช้ เพิ่ม ลบ และเปลี่ยนแปลงข้อมูลในตาราง คำสั่ง : SELECT, INSERT, UPDATE,DELETE

3) ภาษาควบคุมข้อมูล (Data Control Language : DCL) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดสิทธิการอนุญาติ หรือ ยกเลิก การเข้าถึงฐานข้อมูล เพื่อป้องกันความปลอดภัยของฐานข้อมูล คำสั่ง : GRAN, REVOKE

2.17 Python

Python เป็นภาษาโปรแกรมระดับสูงที่ได้รับความนิยมซึ่งใช้สำหรับวัตถุประสงค์ที่หลากหลาย รวมถึงการพัฒนาเว็บ การวิเคราะห์ข้อมูล ปัญญาประดิษฐ์ การคำนวณทางวิทยาศาสตร์ และอื่นๆ เปิดตัวครั้งแรกในปี 1991 โดย Guido van Rossum และได้กลายเป็นหนึ่งในภาษาโปรแกรมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดในโลก

หนึ่งในเหตุผลสำคัญที่ทำให้ Python ได้รับความนิยมคือความเรียบง่ายและอ่านง่าย ซึ่งทำให้ทั้งผู้เริ่มต้นและโปรแกรมเมอร์ที่มีประสบการณ์เขียนและเข้าใจโค้ดได้ง่าย Python มีชุมชนขนาดใหญ่และกระตือรือร้นของนักพัฒนาที่มีส่วนร่วมในการพัฒนาและสนับสนุนภาษา และมีไลบรารีและเฟรมเวิร์คมากมายสำหรับแอปพลิเคชันต่างๆ

Python เป็นภาษาที่ตีความได้ หมายความว่าไม่จำเป็นต้องคอมไพล์ก่อนรัน นอกจากนี้ยังเป็นแบบข้ามแพลตฟอร์ม ซึ่งหมายความว่าสามารถใช้กับระบบปฏิบัติการได้หลากหลาย รวมถึง Windows, Linux และ macOS ความเก่งกาจและใช้งานง่ายของ Python ทำให้เป็นตัวเลือกที่ยอดเยี่ยมสำหรับงานเขียนโปรแกรมที่หลากหลายโปรแกรมที่ใช้กราฟิกติดต่อกับผู้ใช้งาน (GUI) งานคำนวนทางวิทยาศาสตร์และสถิติ งานพัฒนาซอฟต์แวร์ และซอฟต์แวร์ควบคุมระบบ เป็นต้น

2.18 LINE Notify

Line Notify เป็นบริการบนเว็บที่ให้บริการโดยแอพส่งข้อความ Line ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถส่งการแจ้งเตือนจากบริการบนเว็บต่าง ๆ ไปยังแอพส่งข้อความ Line ของตนได้ ด้วย Line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Notify ผู้ใช้สามารถรับการแจ้งเตือนเกี่ยวกับการอัพเดทสภาพอากาศ การแจ้งเตือนข่าว ราคาหุ้น และข้อมูลอื่นๆ ได้โดยตรงจากแอพ Line โดยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบแอพหรือเว็บไซต์อื่นๆ ตลอดเวลา

Line Notify มี API อย่างง่ายที่นักพัฒนาสามารถใช้เพื่อรวมการแจ้งเตือนของ Line เข้ากับบริการบนเว็บและแอปพลิเคชันของตนเอง ซึ่งช่วยให้นักพัฒนาสามารถส่งการแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้ได้อย่างง่ายดายบนแอป Line ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกในการแจ้งข่าวสารและการมีส่วนร่วมของผู้ใช้

หากต้องการใช้ Line Notify ผู้ใช้จำเป็นต้องลงทะเบียนบัญชี Line และติดตั้งแอพ Line บนอุปกรณ์ของตนก่อน จากนั้นพวกเขาสามารถสมัครใช้งาน Line Notify และสร้างโทเคนการเข้าถึง ซึ่งสามารถใช้เพื่อส่งการแจ้งเตือนจากบริการบนเว็บหรือแอปพลิเคชันไปยังแอป Line ได้

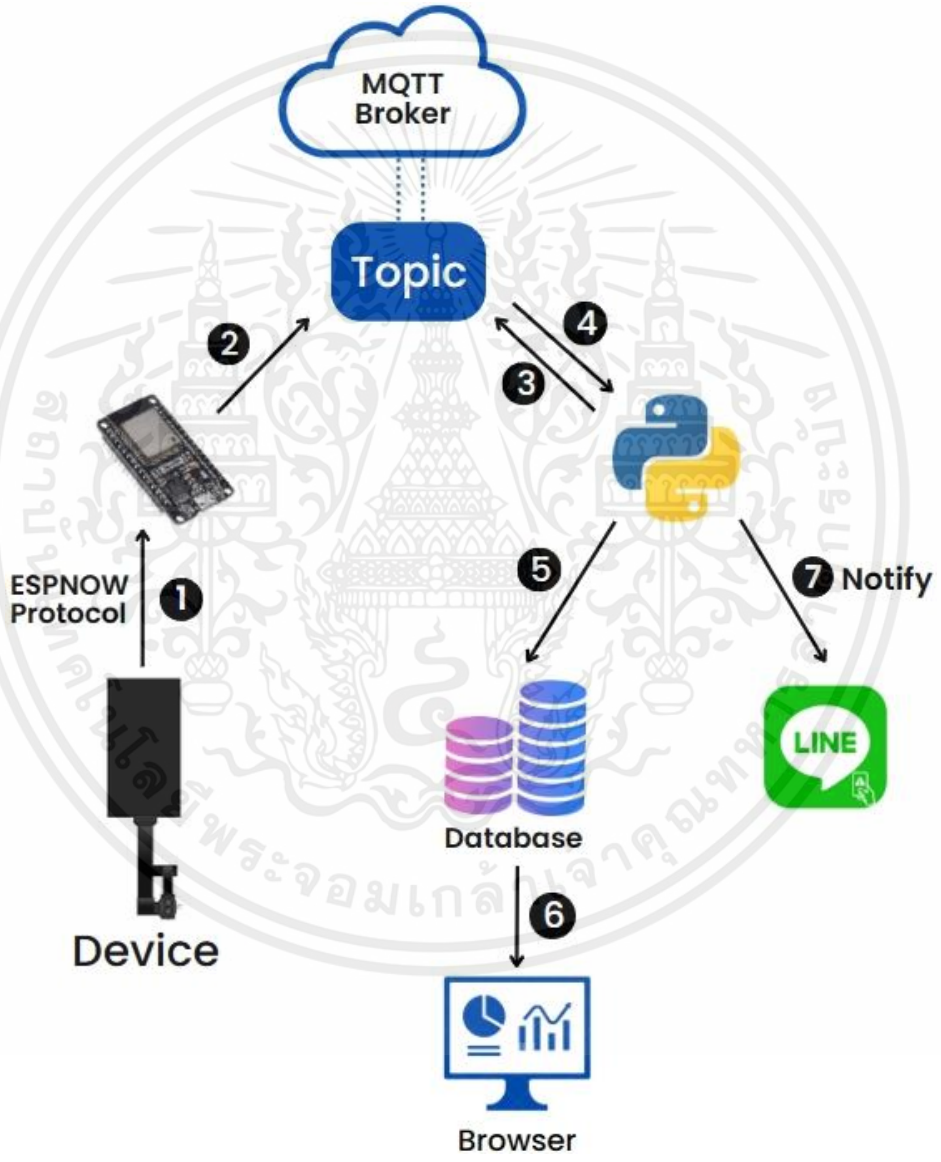
Line Notify เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับทั้งนักพัฒนาและผู้ใช้ เนื่องจากช่วยให้สามารถสื่อสารข้อมูลสำคัญและการอัปเดตได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์

3.1 การออกแบบ



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

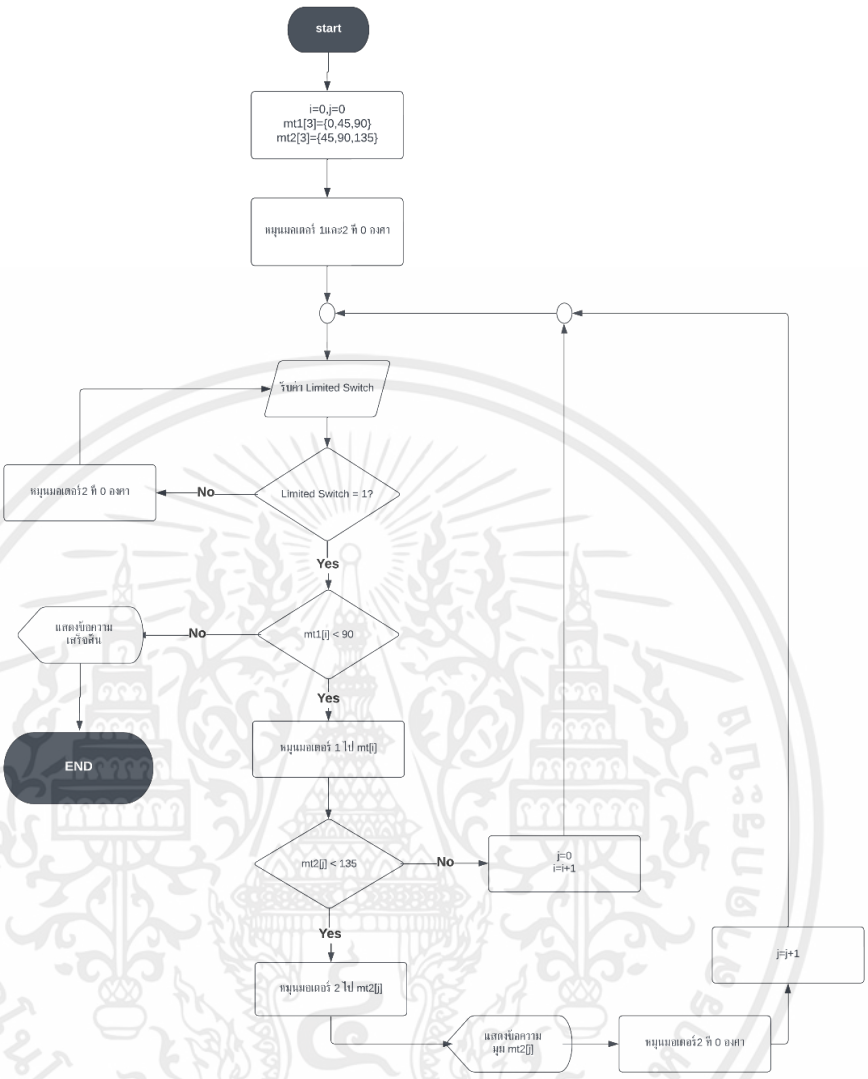
3.1.1 การออกแบบการทำงานของระบบ

บล็อกไดอะแกรมการวัดปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ดังรูปที่ 3.1 โดยวัตถุที่นำมาใช้วัดปริมาตรต้องมีคุณสมบัติที่ไม่โปร่งแสง และเป็นวัตถุที่สะท้อนแสงได้ จึงได้ออกแบบการทำงานโดยใช้เทคโนโลยีไลดาร์ ติดตั้งอยู่ด้านบนเหนือกว่าวัตถุ เมื่อไลดาร์ทำงานจะได้ระยะห่างของไลดาร์ถึงวัตถุ ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาความสูงของวัตถุได้ และนำความสูงไปคำนวณหาปริมาตรของวัตถุ โดยการหาระยะห่างระหว่างไลดาร์ถึงวัตถุนั้น ต้องใช้เซอร์โวมอเตอร์ ในการหมุนเพื่อให้ได้ระยะจากจุดรอบ ๆ เพื่อให้ได้ความสูงโดยรวมของวัตถุ และสามารถกำหนดองศาการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์อยู่ระหว่าง 0 องศา ถึง 180 องศา และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็น ESP32 ควบคุมการทำงาน นอกจากนี้ได้เพิ่มการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบไร้สาย ระหว่างบอร์ด ESP32 และได้ใช้การส่งข้อมูลแบบ Message Queue Telemetry Transport สำหรับนำข้อมูลไปใช้ต่อบนฝั่งเซิร์ฟเวอร์ และหลังจากคำนวณปริมาตรจะถูกเก็บไว้ใน เซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูลเพื่อให้เว็บเซิร์ฟเวอร์สามารถนำข้อมูลไปแสดงผลหน้าเว็บไซต์ได้

3.1.2 การออกแบบการทำงานของมอเตอร์เซอร์โว

ในการทดลองออกแบบมอเตอร์เซอร์โวแบบ 180 องศา จำนวนทั้งหมด 2 ตัว ซึ่งมีการหมุนแบบแนวตามขวาง (horizontal) และแนวดิ่ง (vertical) โดยแนวตามขวางกำหนดการหมุนมีมุม 0, 45 และ 90 องศา สำหรับแนวดิ่งกำหนดการหมุนมีมุม 45, 90 และ 135 องศา โดยการทำงานสำหรับทุกองศาของมอเตอร์แนวตามขวาง จะกำหนดให้มอเตอร์แนวดิ่งหมุนมุมให้ครบ ก่อนเปลี่ยนไปองศาถัดไป สำหรับมอเตอร์ที่หมุนตามแนวดิ่งก่อนหมุนไปยังองศาถัดไปจะตรวจสอบมุมเริ่มต้นโดยหมุนกลับไปยัง 0 องศา และรอค่าจากลิมิตสวิตช์จากการถูกกดที่ตำแหน่ง 0 องศา เมื่อได้รับค่าจากลิมิตสวิตช์ มอเตอร์ตามแนวดิ่งจะทำงานหมุนไปยังองศาถัดไป ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

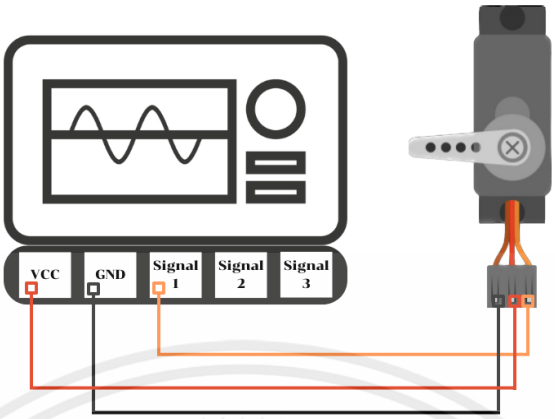


รูปที่ 3.2 การทำงานมอเตอร์เซอร์โว

3.1.3 การออกแบบการทดลองการหมุนมอเตอร์เซอร์โว

3.1.3.1 ทดลองกำหนดสัญญาณพัลส์จากเครื่องกำเนิดสัญญาณรูปคลื่น ทำการทดลองต่อมอเตอร์เซอร์โวเข้ากับเครื่องกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นดังรูปที่ 3.3 โดยใช้สัญญาณชนิดพัลส์ และปรับค่าความกว้างพัลส์เริ่มจาก 0.00 มิลลิวินาที จนมีการเปลี่ยนแปลง สังเกตการเปลี่ยนแปลงการหมุนให้ได้ตามองศา 0, 45, 90 และ 135 พร้อมบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



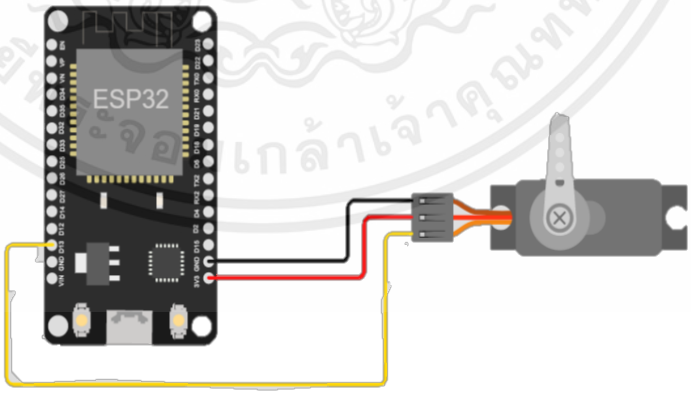
รูปที่ 3.3 วงจรการทดลองควบคุมการหมุนมอเตอร์เซอร์โวด้วยเครื่องกำเนิดสัญญาณรูปคลื่น

3.1.3.2 ทดลองกำหนดสัญญาณพัลส์จาก ESP32

ทำการทดลองต่อมอเตอร์เซอร์โวเข้ากับESP32 โดยใช้สัญญาณชนิดพัลส์กำหนดความกว้างพัลส์ ด้วยคำสั่ง

คำสั่ง	Servo.writemicrosecond(*uS*);

โดยกำหนด uS เริ่มจาก 0.00 ไมโครวินาที เพิ่มขึ้นจนมีการเปลี่ยนแปลงสังเกตการเปลี่ยนแปลงการหมุนให้ได้ตามองศา 0, 45, 90 และ 135 พร้อมบันทึกผล

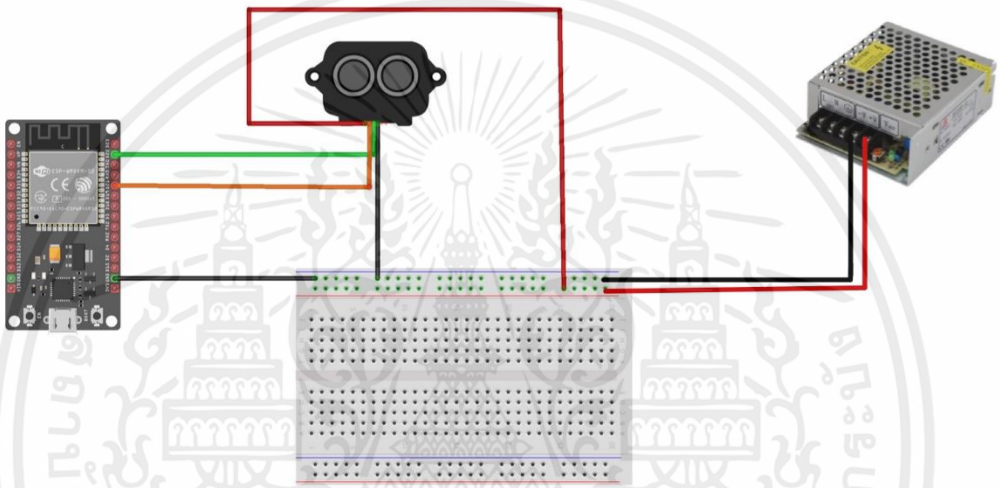


รูปที่ 3.4 วงจรการทดลองควบคุมการหมุนมอเตอร์เซอร์โวด้วย ESP32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การออกแบบการทดลองวัดระยะทางด้วยไลดาร์

ในการทดลองได้วัดระยะทางด้วยไลดาร์ ในระยะทางต่างๆที่ควบคุมด้วย ESP32 โดยวัดระยะที่ 1 เมตร, 2 เมตร, 3 เมตร, 4 เมตร, 5 เมตร, 6 เมตร, 7 เมตร และ 8 เมตร นำค่าที่ได้จากการวัดระยะทางด้วยไลดาร์เทียบกับระยะทางจริง นำไปคำนวณหาค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนและบันทึกผล

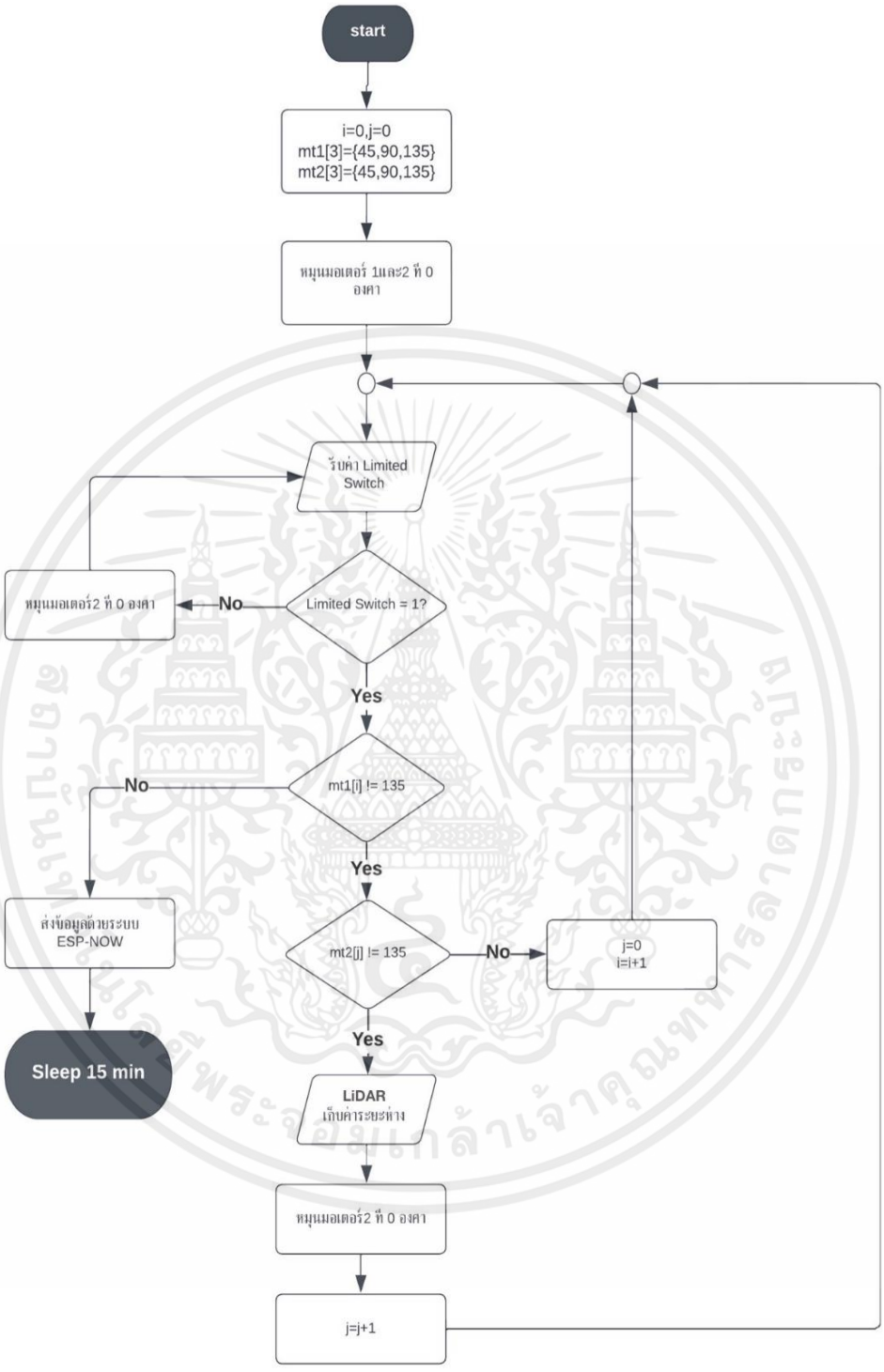


รูปที่ 3.5 วงจรทดลองการควบคุมไลดาร์ ESP32

3.1.5 การออกแบบการทดลองการทำงานร่วมกันของไลดาร์ และมอเตอร์

ในการทดลองนำไลดาร์ และลิมิตสวิตช์ ต่อร่วมกับมอเตอร์เซอร์โว และไมโครคอลโทรลเลอร์ ESP32 และออกแบบโปรแกรมการทำงานได้ดังรูปที่ 3.6 จากนั้นสังเกตและบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 การทำงานของไลดาร์ และมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 การออกแบบการทดลองการรับ-ส่งข้อมูลด้วยระบบ ESP-NOW

ในการทดลองใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ ESP32 2 ตัว โดยกำหนดมีฝั่งส่งข้อมูล 1 ตัว ซึ่งจะสุ่มค่าตัวเลขจำนวนเต็มและตัวเลขทศนิยม หากส่งสำเร็จจะแสดงข้อความฝั่งส่งว่า “Delivery Success” และเมื่อส่งล้มเหลวจะแสดงข้อความว่า “Delivery Failed” และฝั่งรับข้อมูล 1 ตัว เมื่อข้อมูลถูกส่งมาจะแสดงข้อความเป็น ข้อมูลที่ถูกส่งมา โดยทดลองหาระยะทางที่สามารถส่งได้ไกลที่สุดในพื้นที่โล่งแจ้ง เช่น สนามกีฬาฟุตบอล และหาร้อยละการส่งสำเร็จในระยะทางที่ไกลที่สุดในพื้นที่โล่งแจ้ง

รูปที่ 3.7 ออกแบบการทดลองทดลองการรับ-ส่งข้อมูลด้วยระบบ ESP-NOW

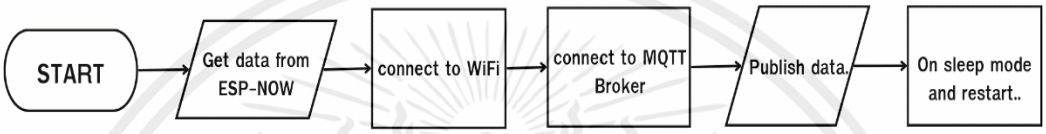
รูปที่ 3.8 การทำงานทดลองฝั่งส่ง ESP-NOW

รูปที่ 3.9 การทำงานทดลองฝั่งรับ ESP-NOW

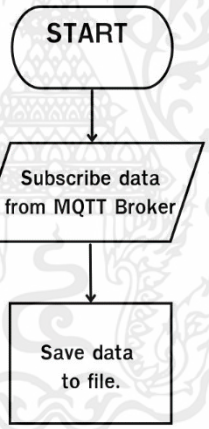
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7 การออกแบบการทำงานของ ESP32 ส่งข้อมูลด้วยระบบ MQTT

ในการทดลองออกแบบให้ ESP32 รับข้อมูลจากระบบ ESP-NOW โดยเมื่อได้รับข้อมูลมาแล้วจะทำการเชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi และเมื่อเชื่อมต่อได้แล้วจะเชื่อมต่อกับ MQTT Broker เมื่อเชื่อมต่อกับ MQTT Broker สำเร็จจะส่งข้อมูล (publish) และเมื่อส่งแล้ว ESP32 จะเปิด sleep mode เพื่อให้ ESP32 รีสตาร์ทโดยจะให้กลับมาทำงานก่อน ESP32 อีกตัวจะทำงานอย่างน้อย 1 นาที และ Server จะรับข้อมูล (subscribe) และเก็บข้อมูลบันทึกในไฟล์



รูปที่ 3.10 การส่งข้อมูลด้วย MQTT บน ESP32

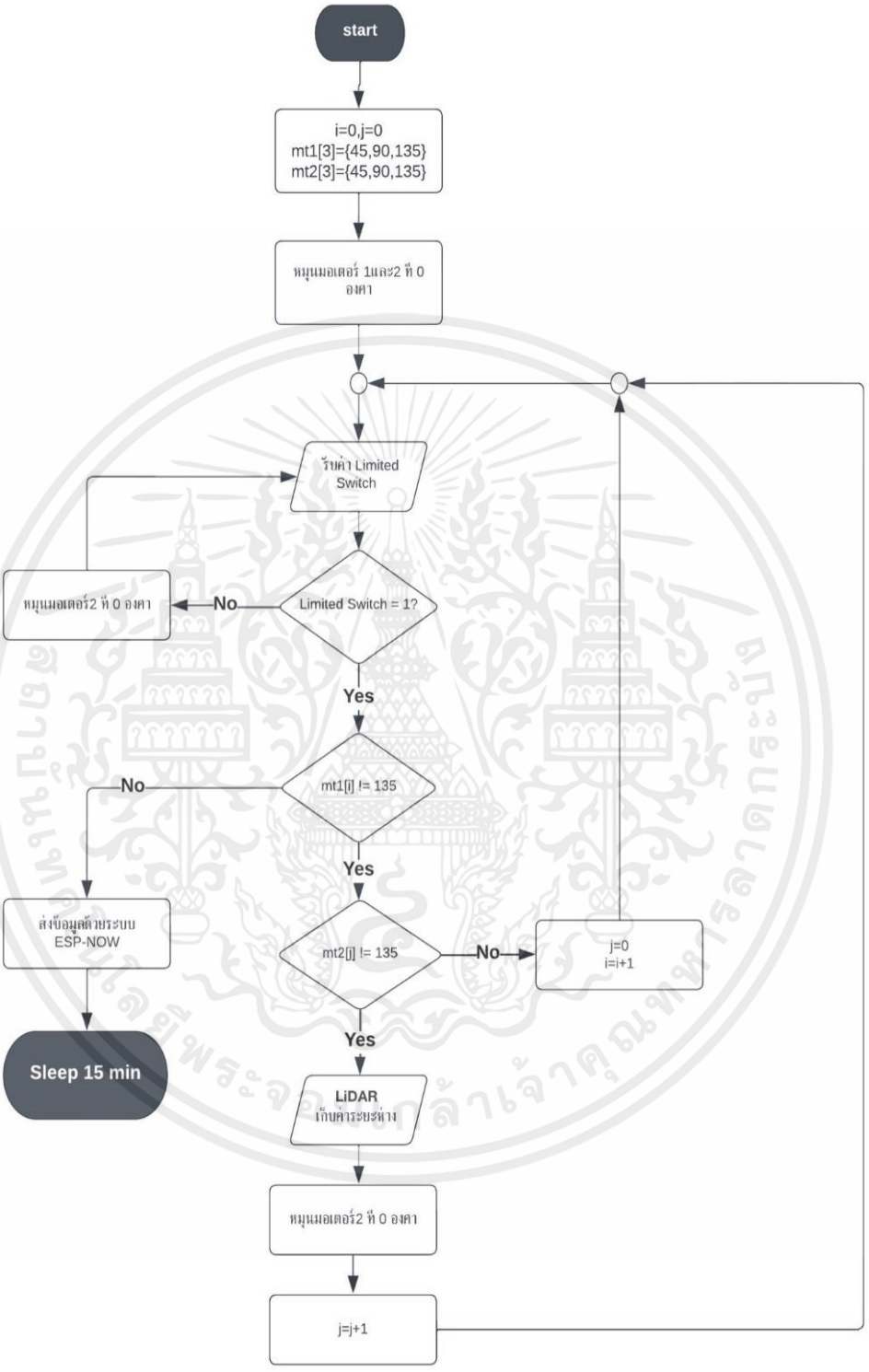


รูปที่ 3.11 การรับข้อมูลบน Server

3.1.8 การออกแบบการทำงานของเทคโนโลยีไลดาร์ มอเตอร์ และการรับ-ส่งข้อมูลด้วยระบบ ESP-NOW

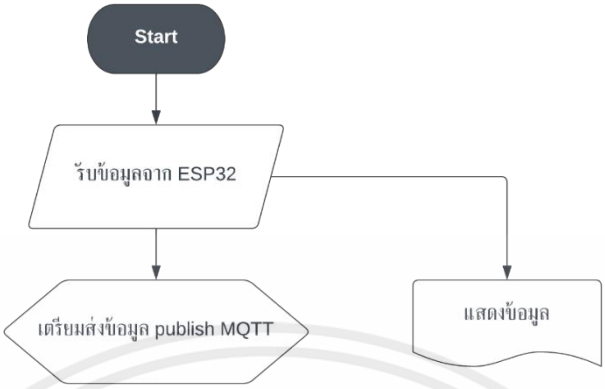
ในการทดลองใช้อุปกรณ์และไลดาร์ มาใช้งานร่วมกับการรับ-ส่งข้อมูลด้วยระบบ ESP-NOW โดยเขียนโปรแกรมให้ส่งข้อมูลระยะห่างของมุมต่างๆ และเมื่อส่งข้อมูลแล้วจะให้ทางฝั่งส่งหยุดการทำงาน และทำงานอีกครั้งเมื่อครบ 15 นาที และบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 การทำงานฝั่งส่งบนระบบ ES8P-NOW

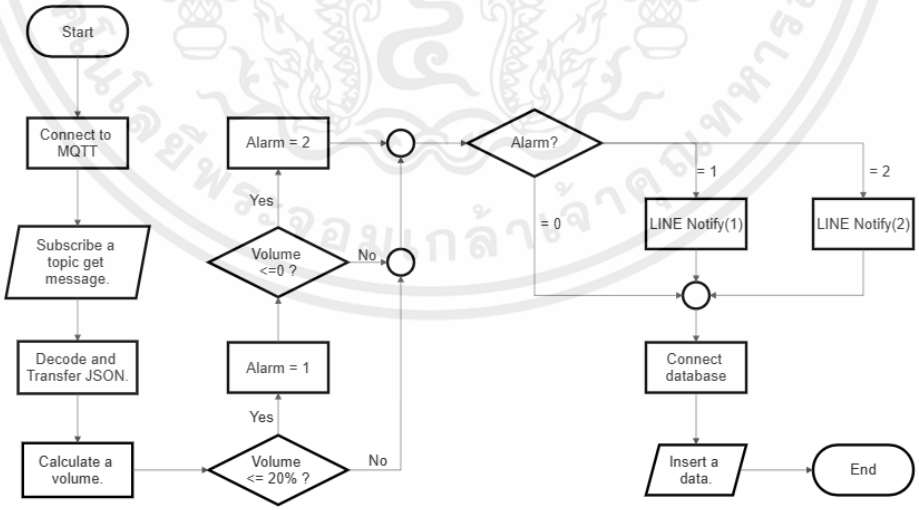
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 การทำงานฝั่งรับบนระบบ ESP-NOW

3.1.9 การออกแบบการทำงานของโปรแกรมคำนวณปริมาตร

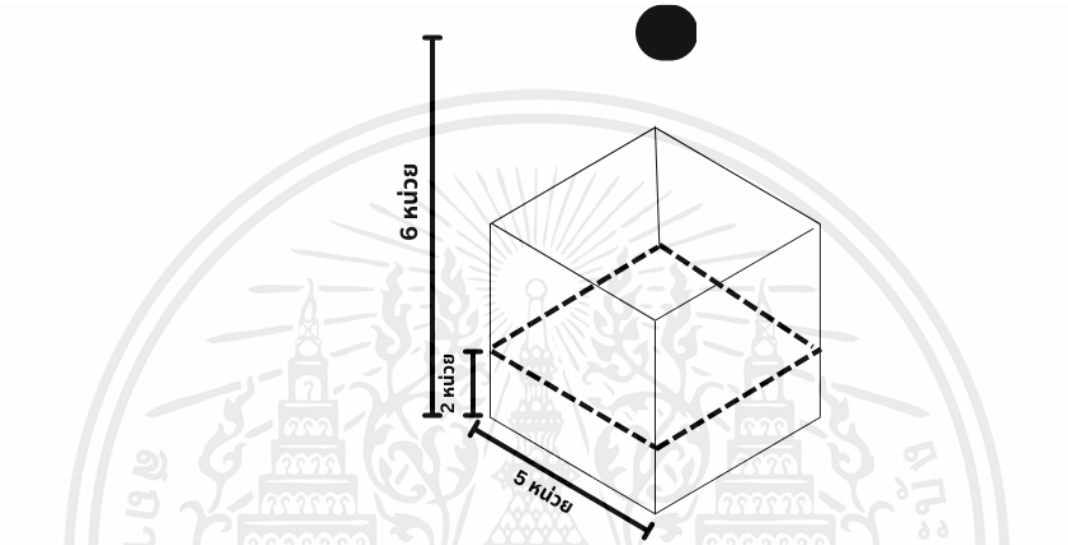
สำหรับการออกแบบโปรแกรมเมื่อมีข้อมูลที่ถูกส่งขึ้นบน Topic ของ MQTT โปรแกรมจะนำข้อความนั้นมาถอดรหัสและแปลงชนิดข้อมูลอยู่ในรูปแบบของ JSON จากนั้นจะนำไปคำนวณความสูง และปริมาตรของวัตถุ เมื่อคำนวณหาปริมาตรแล้วจะเก็บค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ค่าปริมาตร เป็นต้น ไว้ในเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูล



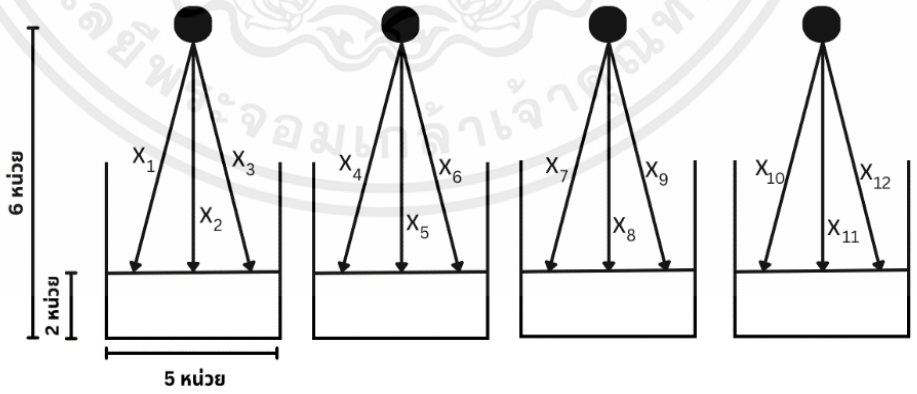
รูปที่ 3.14 การทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.9.1 การออกแบบการจำลองค่าและปริมาตร โดยการจำลองปริมาตรในวัตถุสี่เหลี่ยมขนาด 5x5 หน่วย และคำนวณหาระยะห่างระหว่างไลดาร์ถึงวัตถุ ทั้งหมด 12 ค่า ซึ่งถูกส่งเข้าโปรแกรมคำนวณหาปริมาตร แล้วบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 3.15 จำลองปริมาตรทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส



รูปที่ 3.16 ด้านการหมุนของมอเตอร์ตามแนวขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

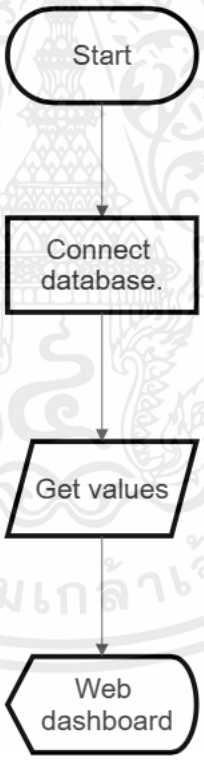
ตารางข้อมูลจากการคำนวณ (มุมที่ใช้คือ 45 องศา, 90 องศา และ 135 องศา)

ตารางที่ 3.1 ค่าระยะห่างจากการคำนวณ

ตัวแปร	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
ระยะห่าง	$4\sqrt{2}$	4	$4\sqrt{2}$	$4\sqrt{2}$	4	$4\sqrt{2}$	$4\sqrt{2}$	4	$4\sqrt{2}$	$4\sqrt{2}$	4	$4\sqrt{2}$

3.1.10 การออกแบบการทำงานของเว็บเซิร์ฟเวอร์

ออกแบบการทดลองให้เว็บเซิร์ฟเวอร์ เชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูล และดึงค่าที่อยู่ในตารางของฐานข้อมูล มาแสดงผลหน้าเว็บไซต์ ดังรูปที่ 3.17 จากนั้นบันทึกผล

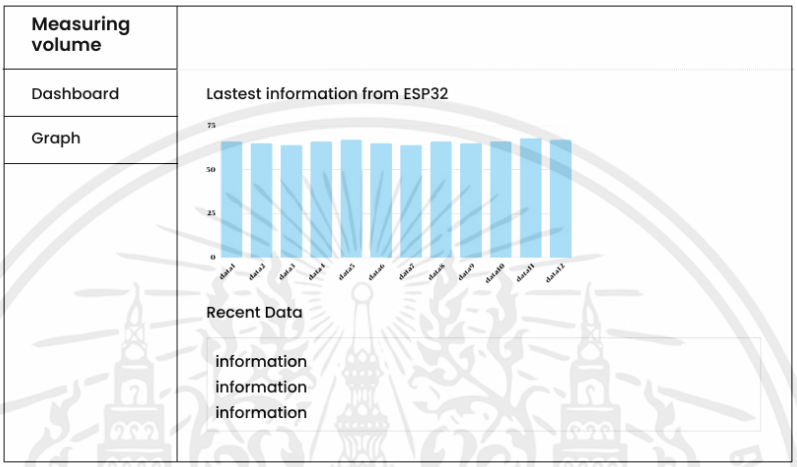


รูปที่ 3.17 การทำงานของเว็บเซิร์ฟเวอร์

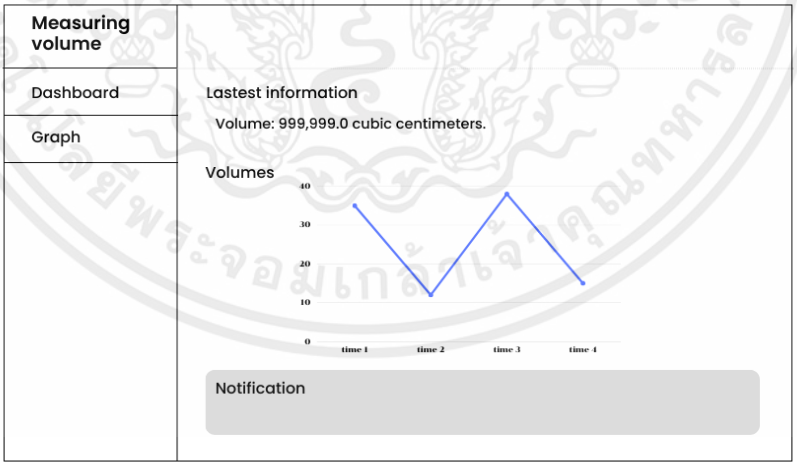
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.11 การออกแบบหน้าเว็บไซต์

ในการออกแบบหน้าเว็บไซต์ โดยใช้ภาษา HTML, CSS และJavascript สำหรับออกแบบการแสดงผลหน้าเว็บไซต์ดังรูปที่ 3.18 และ 3.19



รูปที่ 3.18 ออกแบบหน้าเว็บแสดงข้อมูลจาก ESP32

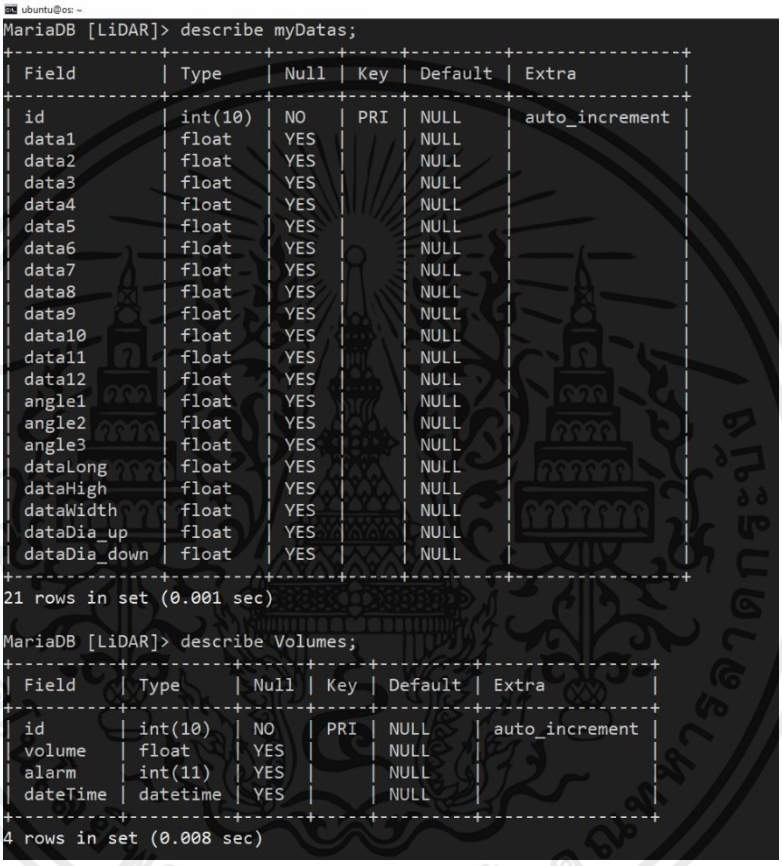


รูปที่ 3.19 ออกแบบหน้าเว็บแสดงกราฟปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.12 การออกแบบฐานข้อมูล

สร้างฐานข้อมูล (Database) ผ่าน MySQL ในการเก็บไฟล์ข้อมูล โดยออกแบบและสร้างตาราง เพื่อใช้เก็บข้อมูลต่าง ๆ เช่น ค่าของsensor ค่ามุม ค่าความสูง ค่าความกว้าง ค่าความยาวค่าปริมาตร และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น id, alarm, datetime ดังรูปที่ 3.20



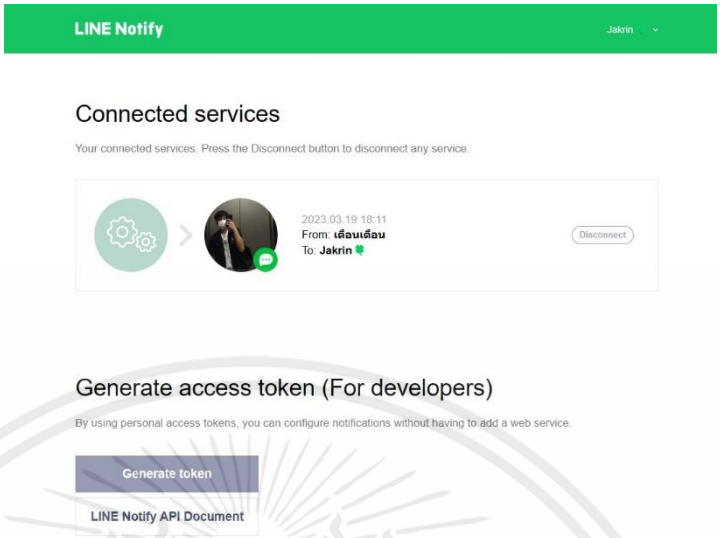
```
ubuntu@os: ~
MariaDB [LiDAR]> describe myDatas;
+--------------+---------+------+-----+---------+----------------+
| Field        | Type    | Null | Key | Default | Extra          |
+--------------+---------+------+-----+---------+----------------+
| id           | int(10) | NO   | PRI | NULL    | auto_increment |
| data1        | float   | YES  |     | NULL    |                |
| data2        | float   | YES  |     | NULL    |                |
| data3        | float   | YES  |     | NULL    |                |
| data4        | float   | YES  |     | NULL    |                |
| data5        | float   | YES  |     | NULL    |                |
| data6        | float   | YES  |     | NULL    |                |
| data7        | float   | YES  |     | NULL    |                |
| data8        | float   | YES  |     | NULL    |                |
| data9        | float   | YES  |     | NULL    |                |
| data10       | float   | YES  |     | NULL    |                |
| data11       | float   | YES  |     | NULL    |                |
| data12       | float   | YES  |     | NULL    |                |
| angle1       | float   | YES  |     | NULL    |                |
| angle2       | float   | YES  |     | NULL    |                |
| angle3       | float   | YES  |     | NULL    |                |
| dataLong     | float   | YES  |     | NULL    |                |
| dataHigh     | float   | YES  |     | NULL    |                |
| dataWidth    | float   | YES  |     | NULL    |                |
| dataDia_up   | float   | YES  |     | NULL    |                |
| dataDia_down | float   | YES  |     | NULL    |                |
+--------------+---------+------+-----+---------+----------------+
21 rows in set (0.001 sec)

MariaDB [LiDAR]> describe Volumes;
+----------+----------+------+-----+---------+----------------+
| Field    | Type     | Null | Key | Default | Extra          |
+----------+----------+------+-----+---------+----------------+
| id       | int(10)  | NO   | PRI | NULL    | auto_increment |
| volume   | float    | YES  |     | NULL    |                |
| alarm    | int(11)  | YES  |     | NULL    |                |
| dateTime | datetime | YES  |     | NULL    |                |
+----------+----------+------+-----+---------+----------------+
4 rows in set (0.008 sec)
```

รูปที่ 3.20 การออกแบบฐานข้อมูล

3.1.13 การออกแบบระบบการแจ้งเตือน

ในการวัดปริมาตรได้มีการออกแบบการแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์ หากปริมาตรที่วัดได้มีต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์จะเริ่มมีการแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify ด้วยการออก Access Token และเลือกห้องสนทนาที่ต้องการส่งการแจ้งเตือน ดังรูปที่ 3.21 แล้วนำไปเชื่อมต่อกับโปรแกรมคำนวณปริมาตร

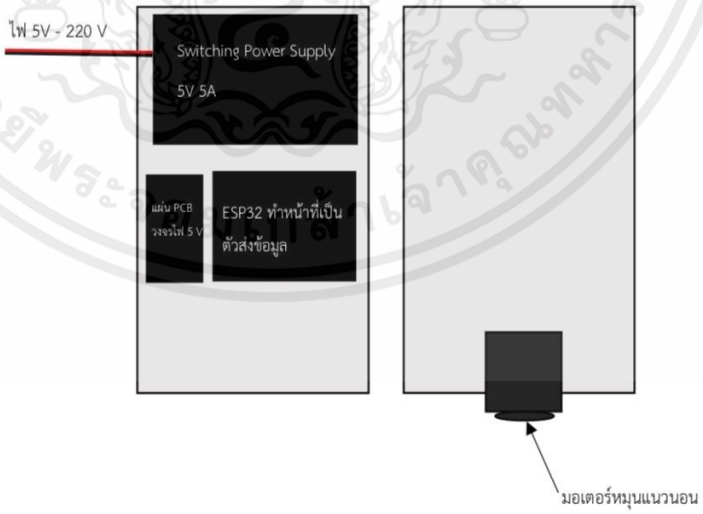
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 การสร้าง Access Token Application LINE

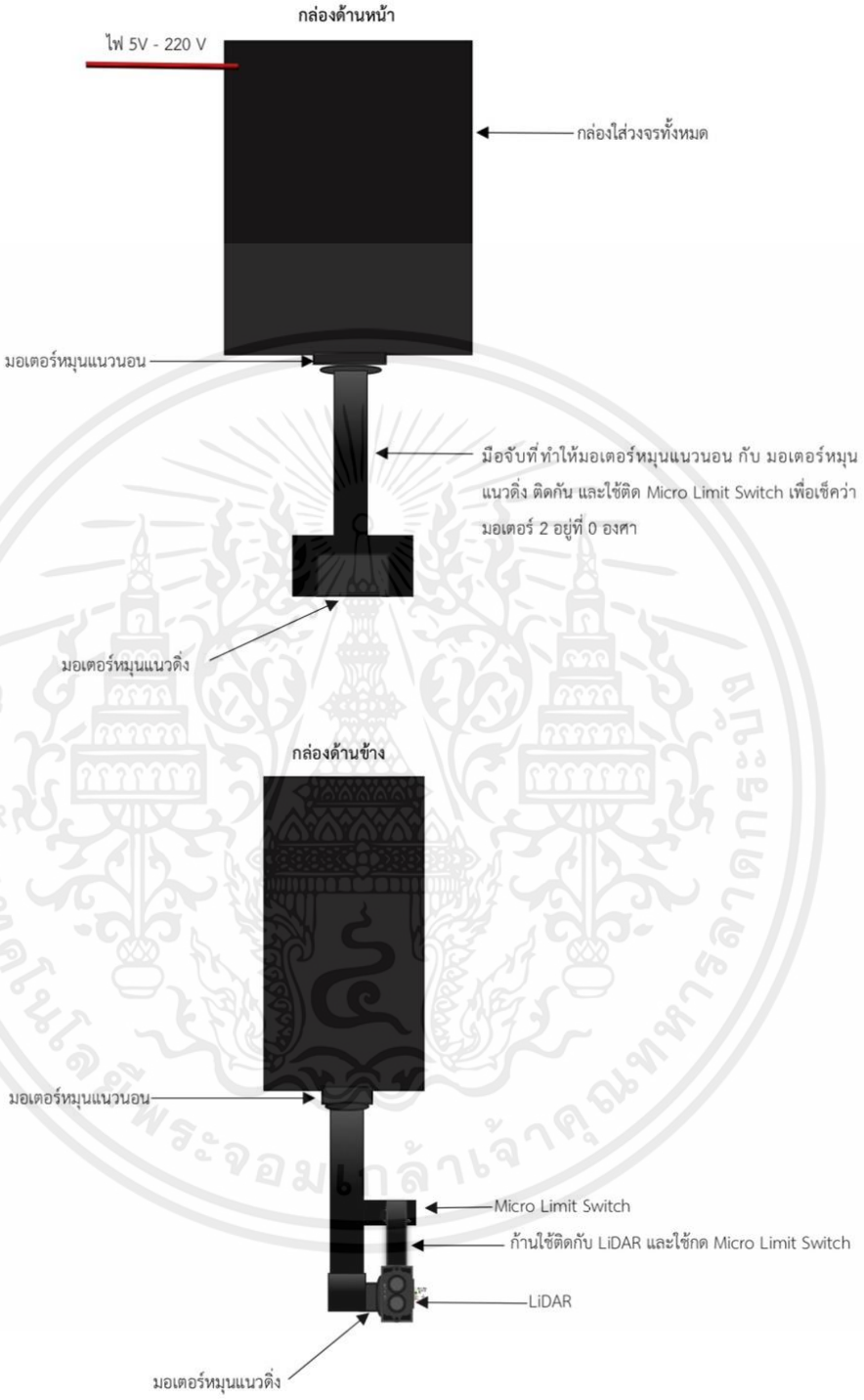
3.1.14 การออกแบบกล่องหาปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ และประกอบกล่อง

3.1.14.1 การออกแบบกล่องหาปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ โดยสามารถออกแบบได้ ดังรูปที่ 3.22 และรูปที่ 3.223



รูปที่ 3.22 ออกแบบกล่องหาปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ภายใน

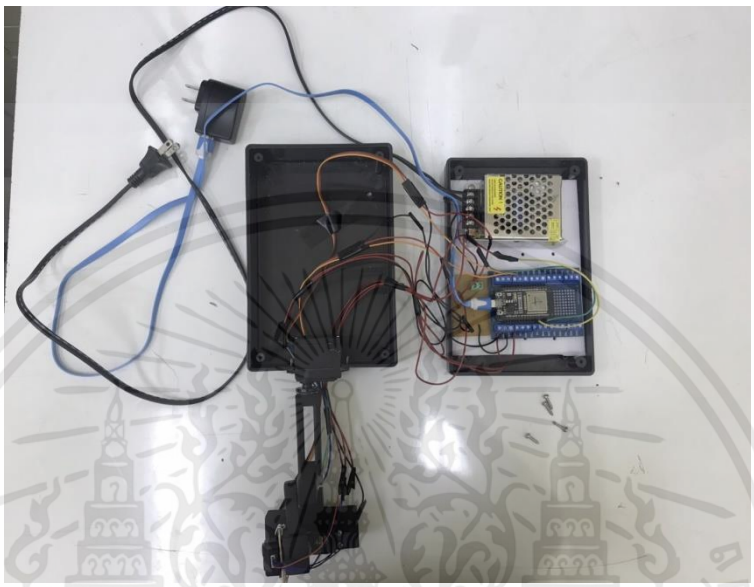
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



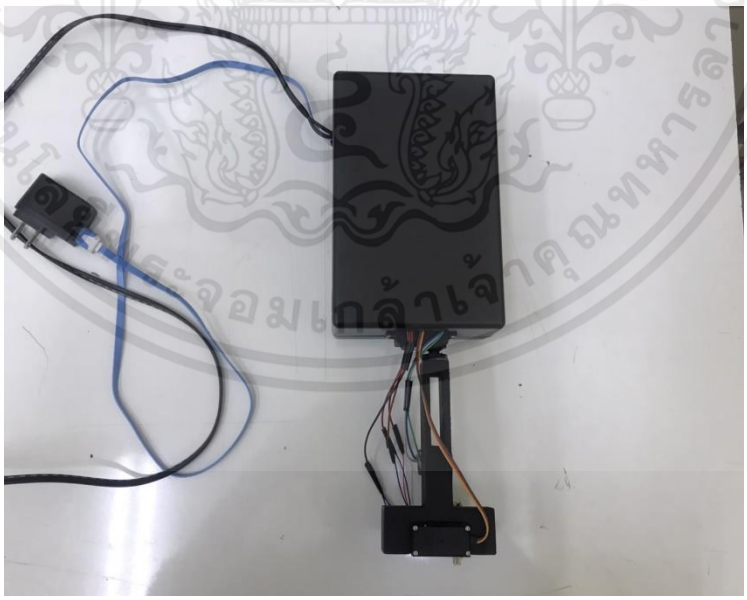
รูปที่ 3.23 ออกแบบกล่องหาปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.14.2 การประกอบกล่องอุปกรณ์สามารถ ประกอบกล่องอุปกรณ์ได้ดังรูปที่ 3.24 และรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.24 กล่องหาปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ภายในที่ต่อวงจรด้วยอุปกรณ์



รูปที่ 3.25 กล่องหาปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.15 ออกแบบการทดลองวัดปริมาตรกล่องที่อยู่ภายในพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม

ในการทดลองจะวางกล่องไว้ในพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมขนาด 60X60 เซนติเมตร ความสูงจากไลดาร์ถึงพื้นเท่ากับ 70 เซนติเมตร มุมที่ใช้คือ 70 องศา, 90 องศา และ 110 องศา ตามลำดับ เพื่อให้ไลดาร์หมุน และวัดระยะของแต่ละจุด และติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.26 เมื่อในพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมมีกล่องอยู่ 4 กล่อง และดังรูปที่ 3.27 เมื่อพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมเป็นพื้นที่ว่าง

รูปที่ 3.26 การติดตั้งอุปกรณ์เมื่อมีกล่อง

รูปที่ 3.27 การติดตั้งอุปกรณ์เมื่อไม่มีกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.16 การทดลองความแม่นยำในการวัดปริมตารทรายในถัง

การทดลองจะเป็นการวัดปริมาตรทรายในถังที่มีทรายปริมาตรเท่าเดิม 3 ครั้ง และเพิ่มทรายไปเรื่อย ๆ ครั้งละ 3,400 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยความสูงของไลดาร์ถึงพื้นเท่ากับ 67 เซนติเมตร และใช้มุม 80 องศา, 90 องศา และ 100 องศา ตามลำดับ เพื่อให้ไลดาร์หมุน และวัดระยะของแต่ละจุด โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.28

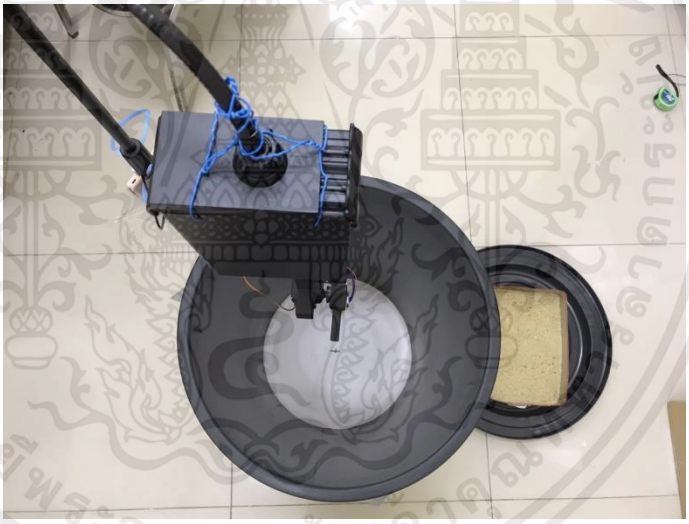
รูปที่ 3.28 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อทดลองความแม่นยำของการวัดปริมาตร

3.1.17 การทดลองหาปริมาตรทรายที่ลดลงในถังโดยตักทรายออก

ในการทดลองเป็นการจำลองการลดลงของทรายในถังหากนำไปประยุกต์ใช้กับถังไซโลใส่อาหารไก่ หรืออาหารหมู โดยในการทดลองมีปริมาตรทรายทั้งหมดเท่ากับ 15,220.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร และทำการตักทรายออกครั้งละ 3,400.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยตักออกเรื่อย ๆ จนปริมาตรทรายในถังเหลือ 0.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยความสูงของไลดาร์ถึงพื้นเท่ากับ 67 เซนติเมตร และใช้มุม 80 องศา, 90 องศา และ 100 องศา ตามลำดับ เพื่อให้ไลดาร์หมุน และวัดระยะของแต่ละจุด โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.29 และตักทรายออกเรื่อย ๆ จนทรายหมดดังรูปที่ 3.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.29 การตั้งอุปกรณ์เพื่อทดลองวัดปริมาตรทรายที่ลดลงในถัง



รูปที่ 3.30 ถังเปล่าที่ตักทรายออกจนหมด

3.1.18 การทดลองวัดปริมาตรทรายในถังในรูปแบบหน้าตัดต่าง ๆ

3.1.18.1 วัดปริมาตรทรายในถังในรูปแบบพาราโบลา ในการทดลองเป็นการจำลองหน้าตัดทรายในถังให้เป็นหน้าตัดแบบพาราโบลาหงาย โดยภายในถังมีปริมาตรทรายทั้งหมดเท่ากับ 15,220.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.18.2 วัดปริมาตรทรายในถังในรูปแบบระนาบในแนวเรียบ ในการทดลองเป็นการจำลองหน้าตัดทรายในถังให้เป็นหน้าตัดระนาบในแนวเรียบ โดยภายในถังมีปริมาตรทรายทั้งหมดเท่ากับ 13,400.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้จัดทำเลือกใช้ ESP32 เป็นชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มาใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ เซ็นเซอร์ และใช้โปรโตคอลที่มีชื่อว่า ESP-NOW เพื่อใช้ประโยชน์ในการส่งข้อมูลระยะไกล

3.2.2 เซนเซอร์วัดระยะทาง

ผู้จัดทำเลือกใช้โมดูล TF-Luna LiDAR วัดระยะทางด้วยใช้หลักการ Time of Flight ปล่อยคลื่นมอดูเลตของรังสีอินฟราเรดไป และจะสะท้อนกลับหลังจากที่กระทบจากวัตถุ ใช้ในการทดสอบระยะระหว่างโมดูลกับวัตถุในระยะต่าง ๆ

3.2.3 มอเตอร์เซอร์โว

ผู้จัดทำเลือกใช้มอเตอร์เซอร์โว 180 องศา ใช้สำหรับหมุนเซนเซอร์วัดระยะตามมุม 45 องศา, 90 องศา และ 135 องศา ตามลำดับ

3.2.4 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

ผู้จัดทำเลือกใช้สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายเป็นอุปกรณ์แหล่งจ่ายค่าแรงดันไฟต่ำขนาด 5 โวลต์ 5 แอมแปร์ สำหรับจ่ายไฟให้กับมอเตอร์เซอร์โว และไลดาร์

3.2.5 ไมโครลิมิตสวิตช์

ผู้จัดทำเลือกใช้ลิมิตสวิตช์ เป็นอุปกรณ์เปิด และปิดวงจรไฟฟ้า ใช้สำหรับการกำหนดการทำงานของมอเตอร์เซอร์โว

3.2.6 แบตเตอรี่สำรอง

ผู้จัดทำเลือกใช้แบตเตอรี่สำรอง เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า เมื่อต้องทำการทดลองที่ไม่สามารถต่อกับไฟฟ้า 220 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

3.3.1 การทดสอบการทำงานของมอเตอร์เซอร์โว 180 องศา

ทดสอบการหมุนมอเตอร์เซอร์โว 180 องศาด้วยไมโครคอลโทรลเลอร์ ESP32 ด้วยการกำหนดค่าความกว้างพัลส์โดยการเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE สั่งการผ่านอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และหาค่าความกว้างพัลส์ตามมุม 0,45,90 และ135องศา จากนั้นบันทึกค่าที่ได้และนำไปเปรียบเทียบเพื่อลดความคลาดเคลื่อน

3.3.2 การทดสอบการวัดระยะของไลดาร์

ทำการทดสอบวัดระยะการตรวจจับวัตถุด้วยไลดาร์ โดยการเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE สั่งการผ่านอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ในการตรวจวัดระยะของวัตถุ จากนั้นบันทึกค่าที่วัดได้และนำไปคำนวณหาค่าความสูงเฉลี่ย

3.3.3 การทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลระยะไกลด้วยระบบ ESP-NOW

ทำการทดสอบการรับ-ส่งข้อมูลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 โดยการเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรม Arduino IDE โดยมีชุดคำสั่งฝั่งส่งข้อมูล และฝั่งรับข้อมูล ทดสอบหาระยะทางการส่งที่ไกลที่สุดที่สามารถส่งได้ในพื้นที่โล่งแจ้ง จากนั้นบันทึกผลและนำค่าที่ได้หาค่าร้อยละของจำนวนการส่งข้อมูลระยะไกลที่สุดสำเร็จ

3.3.4 การทดลองโปรแกรมคำนวณหาปริมาตร

ในการทดลองจำลองปริมาตรจากการคำนวณหาค่าระยะห่างระหว่างไลดาร์ถึงผิวปริมาตร จำนวน 12 ตำแหน่ง และนำค่าที่ได้กรอกเป็นข้อมูลสำหรับใช้คำนวณโปรแกรม จากนั้นเปรียบเทียบปริมาตรที่ได้จากโปรแกรม กับปริมาตรที่กำหนดไว้แล้วหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

3.3.5 การทดลองหาปริมาตรของวัตถุ

ในการทดลองได้ทำการจำลองวัดปริมาตรของกล่องที่อยู่ภายในพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม โดยการลดจำนวนกล่องลงในการทดลองแต่ละครั้ง และทดลองหาความแม่นยำของการวัดปริมาตรทรายในถัง โดยกำหนดให้มีปริมาตรทรายเท่าเดิมในการวัดแต่ละครั้ง แล้วเพิ่มปริมาตรทรายไปเรื่อย ๆ จากนั้นทดลองวัดปริมาตรทรายที่ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

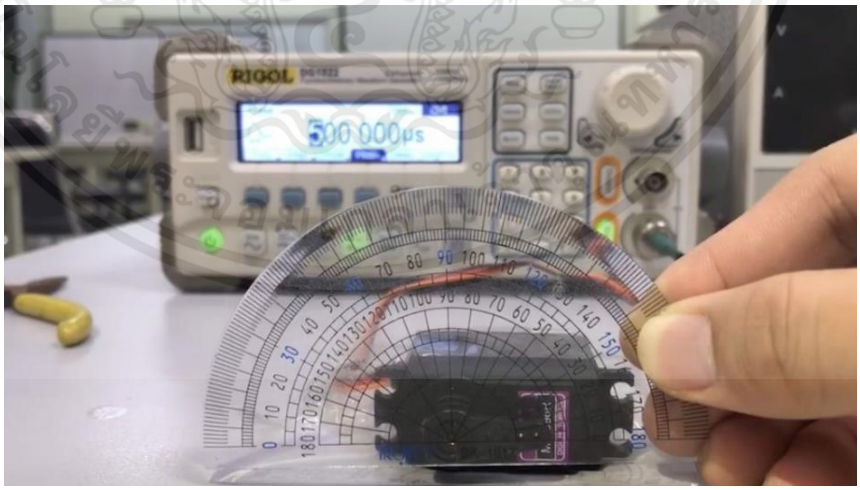
ผู้จัดทำได้ทำการเก็บผลการทำงานของระบบ โดยแบ่งการทดลองและจัดเก็บผลการทดลองเป็นส่วน ๆ ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบการควบคุมมอเตอร์เซอร์โว

ผลการทดสอบการควบคุมมอเตอร์เซอร์โวจะมี 2 ส่วน คือ การทดสอบการควบควบคุมมอเตอร์เซอร์โวตามองศาการเปลี่ยนแปลงต่อความกว้างพัลส์ และการทดสอบการควบคุมมอเตอร์เซอร์โวด้วย ESP32

4.1.1 การทดสอบควบคุมมอเตอร์เซอร์โวตามองศาการเปลี่ยนแปลงต่อความกว้างพัลส์

ทำการทดสอบควบคุมมอเตอร์เซอร์โวตามองศาการเปลี่ยนแปลงต่อความกว้างพัลส์ โดยทำการปรับค่าความกว้างพัลส์ที่เริ่มตั้งแต่ 0.00 มิลลิวินาที ถึง 2.50 มิลลิวินาที โดยต้องการให้มอเตอร์หมุนไปที่มุม 0 องศา, 45 องศา, 90 องศา, 135 องศา, และ 180 องศา ตามลำดับ โดยทำการทดลองดังรูปที่ 4.1 และได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การทดสอบควบคุมมอเตอร์ด้วยการปรับความกว้างของพัลส์

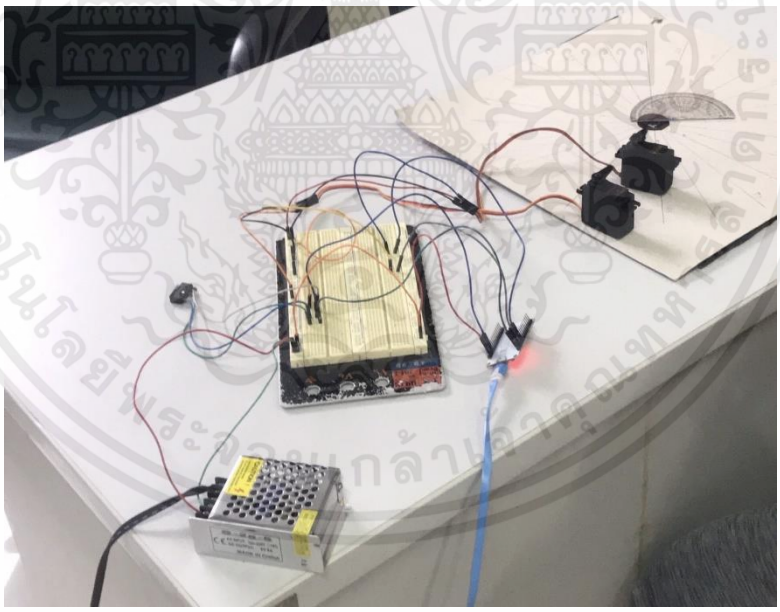
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการควบคุมมอเตอร์ด้วยการปรับความกว้างของพัลส์

องศา (ดีกรี)	ความกว้างพัลส์ (มิลลิวินาที)
0	0.00 ถึง 0.50
45	1.00
90	1.50
135	2.00
180	2.50

4.1.2 การทดสอบการควบคุมมอเตอร์เซอร์โวด้วย ESP32

จากการทดสอบดังรูป 4.2 พบว่ามอเตอร์สามารถหมดไปได้ตามคำสั่งแต่มุมที่ต้องการให้หมุนไปนั้นไม่ตรงตามที่ต้องการจึงต้องทำการปรับค่า Off-Set ของค่าความกว้างพัลส์ในโปรแกรมเพื่อให้มอเตอร์หมุนไปที่มุมที่ต้องการดังตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การทดสอบการควบคุมมอเตอร์ด้วย ESP32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

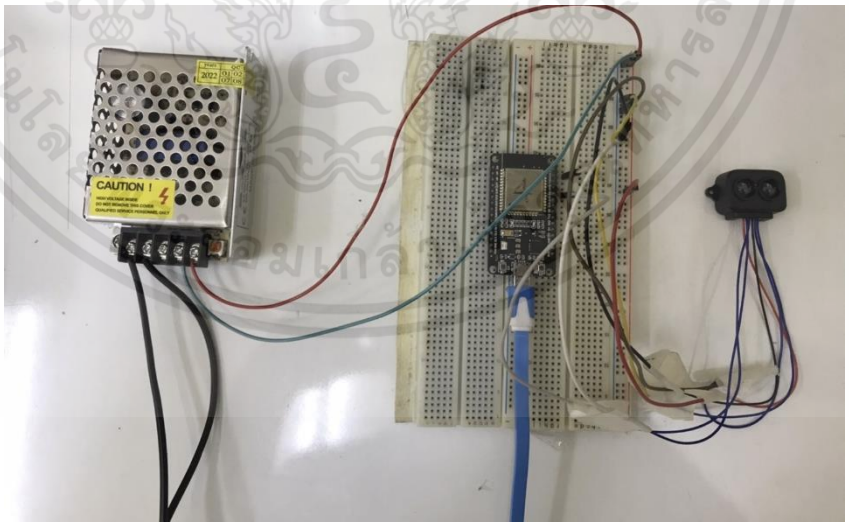
ตารางที่ 4.2 การปรับค่า Off-Set ของค่าความกว้างพัลส์เพื่อให้มอเตอร์หมุนไปตามมุมที่ต้องการ

องศา (ดีกรี)	ความกว้างพัลส์ที่ปรับค่า Off-Set (มิลลิวินาที)
0	0.00 ถึง 0.50
45	1.015
90	1.515
135	2.015

การที่ปรับเพิ่มค่าความกว้างพัลส์เมื่อมอเตอร์เซอร์โวถูกควบคุมด้วย ESP32 เนื่องจากมอเตอร์หมุนไปยังมุมที่ต้องการได้แม่นยำมากขึ้น

4.2 ผลการทดลองการวัดระยะทางด้วยไลดาร์

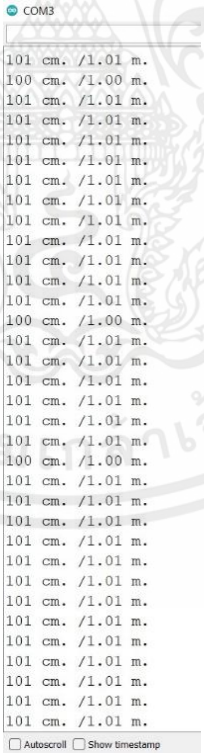
ทำทดลองการวัดระยะทางด้วยไลดาร์ โดยการกำหนดระยะในการทดลองที่ 1 เมตร, 2 เมตร, 3 เมตร, 4 เมตร, 5 เมตร, 6 เมตร, 7 เมตร และ 8 เมตร ตามลำดับ ทำการต่ออุปกรณ์และทดลองดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 ได้ผลการทดลองแสดงที่หน้าต่าง Serial Monitoring ดังรูป 4.5 และสรุปผลการทดลองในการทดลองการวัดตามระยะที่กำหนดทั้งหมด ดังตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ต่อวงจรด้วยอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 การทำการทดลองวัดระยะทางด้วยไลดาร์



รูปที่ 4.5 รูปผลการทดลองที่ระยะ 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการวัดระยะทางด้วยโมดูลไลดาร์

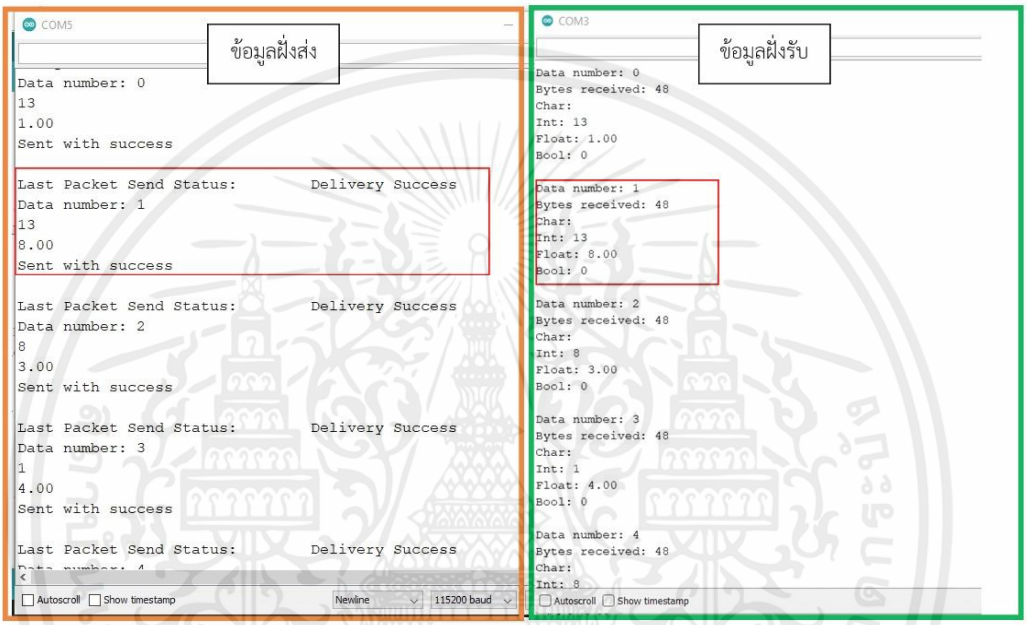
ระยะจริง	ระยะที่วัดได้ ครั้งที่ 1	ระยะที่วัดได้ ครั้งที่ 2	ระยะที่วัดได้ ครั้งที่ 3	ระยะที่วัดได้ เฉลี่ย	ร้อยละความ ผิดพลาด
1 เมตร	1.01 เมตร	1.00 เมตร	1.01 เมตร	1.007 เมตร	0.700
2 เมตร	2.00 เมตร	2.01 เมตร	2.00 เมตร	2.003 เมตร	0.150
3 เมตร	3.01 เมตร	3.01 เมตร	3.01 เมตร	3.010 เมตร	0.333
4 เมตร	4.01 เมตร	4.00 เมตร	4.01 เมตร	4.007 เมตร	0.175
5 เมตร	5.00 เมตร	5.00 เมตร	5.01 เมตร	5.003 เมตร	0.060
6 เมตร	6.02 เมตร	6.04 เมตร	6.06 เมตร	6.040 เมตร	0.667
7 เมตร	7.07 เมตร	7.06 เมตร	7.08 เมตร	7.070 เมตร	1.000
8 เมตร	8.08 เมตร	8.10 เมตร	8.10 เมตร	8.093 เมตร	1.163

จากตารางที่ 4.3 พบว่าการวัดระยะของโมดูล TF-Luna LiDAR ที่ระยะ 1 เมตร ถึง 8 เมตร มีร้อยละความผิดพลาดประมาณร้อยละ 1 หรือประมาณไม่เกิน 10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองการการรับ-ส่งข้อมูลด้วยระบบ ESP-NOW

ทำการทดลองโดยการสร้างข้อมูลขึ้นมา 1 ชุด และส่งข้อมูลไปยังตัวรับข้อมูลเพื่อดูระยะห่างที่ข้อมูลสามารถส่งถึงกันได้ และร้อยละความผิดพลาดในการส่งเมื่อถึงระยะสูงสุดที่สามารถส่งได้โดยได้ผลการทดลองการส่งข้อมูลดังรูป 4.6



รูปที่ 4.6 ผลการรับส่งข้อมูลระหว่างตัวส่งกับตัวรับ ESP-NOW

ระยะห่างระหว่างตัวส่ง และตัวรับข้อมูล ทำการทดสอบที่สนามกีฬาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งเป็นพื้นที่โล่งจึงเหมาะกับการทดลองระยะการส่งข้อมูล โดยระยะที่สามารถส่งได้สูงสุดคือ 220 เมตร ดังรูปที่ 4.7 แสดงระยะห่างสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 ระยะห่างสูงสุดที่ทดสอบได้ในการรับ-ส่งข้อมูล ESP-NOW

ในการส่งข้อมูลหากส่งสำเร็จจะแสดงข้อความฝั่งส่งว่า “Delivery Success” และเมื่อส่งล้มเหลวจะแสดงข้อความว่า “Delivery Failed” เมื่อถึงระยะห่างในการรับ-ส่งข้อมูลที่ 220 เมตร มีผลการส่ง Success และ Failed ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางผลของการส่งข้อมูลเมื่อระยะรับส่งอยู่ที่ 220 เมตร

การส่งข้อมูล	สถานะการส่งข้อมูล
ครั้งที่ 1	Delivery Success
ครั้งที่ 2	Delivery Success
ครั้งที่ 3	Delivery Success
ครั้งที่ 4	Delivery Success
ครั้งที่ 5	Delivery Success
ครั้งที่ 6	Delivery Success
ครั้งที่ 7	Delivery Success
ครั้งที่ 8	Delivery Success

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางผลของการส่งข้อมูลเมื่อระยะรับส่งอยู่ที่ 220 เมตร (ต่อ)

ครั้งที่ 9	Delivery Success
ครั้งที่ 10	Delivery Success
ครั้งที่ 11	Delivery Success
ครั้งที่ 12	Delivery Success
ครั้งที่ 13	Delivery Success
ครั้งที่ 14	Delivery Success
ครั้งที่ 15	Delivery Success
ครั้งที่ 16	Delivery Success
ครั้งที่ 17	Delivery Failed
ครั้งที่ 18	Delivery Success
ครั้งที่ 19	Delivery Success
ครั้งที่ 20	Delivery Success
ครั้งที่ 21	Delivery Success
ครั้งที่ 22	Delivery Success
ครั้งที่ 23	Delivery Success
ครั้งที่ 24	Delivery Success
ครั้งที่ 25	Delivery Success
ครั้งที่ 26	Delivery Success
ครั้งที่ 27	Delivery Success
ครั้งที่ 28	Delivery Success
ครั้งที่ 29	Delivery Failed
ครั้งที่ 30	Delivery Failed

จากตารางที่ 4.4 พบการในการส่ง 30 ครั้ง ส่งข้อมูลได้สำเร็จ 27 ครั้ง และส่งข้อมูลไม่สำเร็จ 3 ครั้ง ซึ่งสามารถคิดร้อยละความผิดพลาดได้เท่ากับ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดลองการทำงานร่วมกันของมอเตอร์ และไลดาร์

ทำการทดลองการทำงานร่วมกันของมอเตอร์ และไลดาร์ โดยการนำมอเตอร์ และและไลดาร์ นำมาต่อเข้ากับบอร์ด ESP32 การทำการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.8 และได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.9

รูปที่ 4.8 การทำการทดลองการทำงานร่วมกันของมอเตอร์ และไลดาร์

```
--- START ---
Bytes received: 48
(0,45): 28.00
(0,90): 26.00
(0,135): 30.00
(45,45): 29.00
(45,90): 26.00
(45,135): 30.00
(90,45): 28.00
(90,90): 26.00
(90,135): 30.00
(135,45): 26.00
(135,90): 26.00
(135,135): 30.00
```

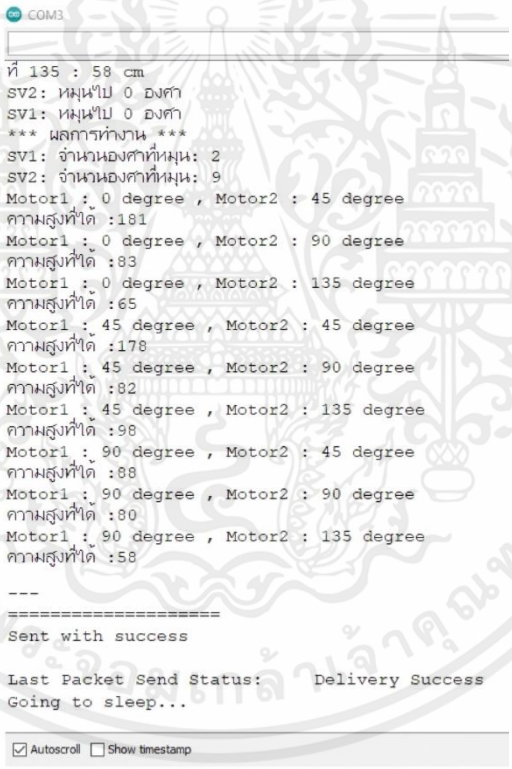
รูปที่ 4.9 ผลที่ได้จากการทำงานร่วมกันของมอร์เตอร์ และไลดาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทำงานของอุปกรณ์ในรูปที่ 4.9 จะเป็นการหมุนมอเตอร์ตามมุมที่กำหนดขึ้น เพื่อให้ไลดาร์สามารถวัดระยะได้ในมุมที่กำหนด ได้ผลดังรูปที่ 4.10 จากการทดลองพบว่ามอเตอร์และไลดาร์ สามารถทำงานร่วมกันได้ โดยค่าที่ได้คือ ค่าความสูงในมุมต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้น

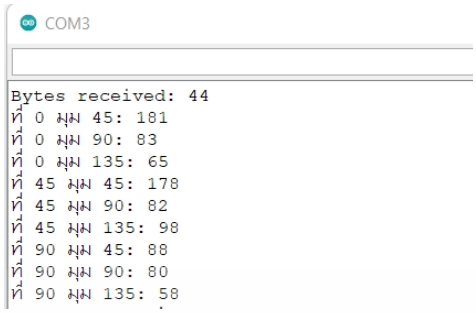
4.5 ผลการทดลองการทำงานของไลดาร์ มอเตอร์ และการรับ-ส่งข้อมูลด้วยระบบ ESP-NOW

ทำการทดลองการทำงานของไลดาร์ และมอเตอร์ แล้วนำข้อมูลที่ได้ส่งไปหาตัวรับด้วย ESP-NOW และได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.10 ผลข้อมูลที่ได้จากฝั่งส่ง

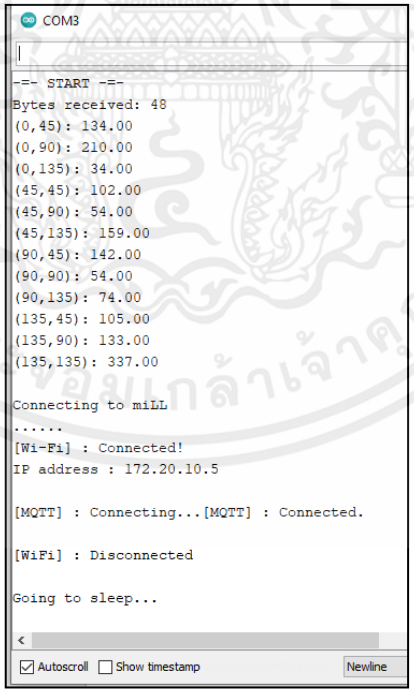
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ผลข้อมูลที่ได้ฝั่งรับ

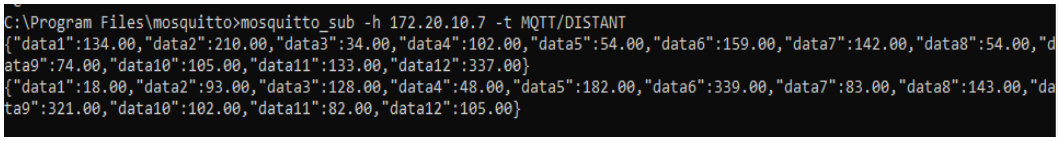
4.6 ผลการทดลองการทำงานของ ESP32 ส่งข้อมูลด้วยระบบ MQTT

จากรูปที่ 4.12 พบว่าโปรแกรม Arduino บน ESP32 สามารถรับข้อมูลจาก ESP-NOW ได้ และ เชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi กับ MQTT Broker ได้ แล้วส่งข้อมูล (publish) และรีสตาร์ทกลับมารอรับค่าได้ต่อ สำหรับรูปที่ 4.13 และ 4.14 พบว่าข้อมูลที่ถูกส่งขึ้นมาบน MQTT Broker ทางเซิร์ฟเวอร์สามารถเก็บข้อมูลและบันทึกลงไฟล์ข้อมูลได้

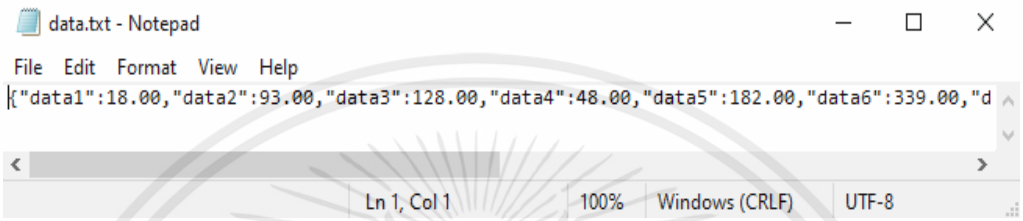


รูปที่ 4.12 การทำงานของ ESP32 ส่งข้อมูลด้วย MQTT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



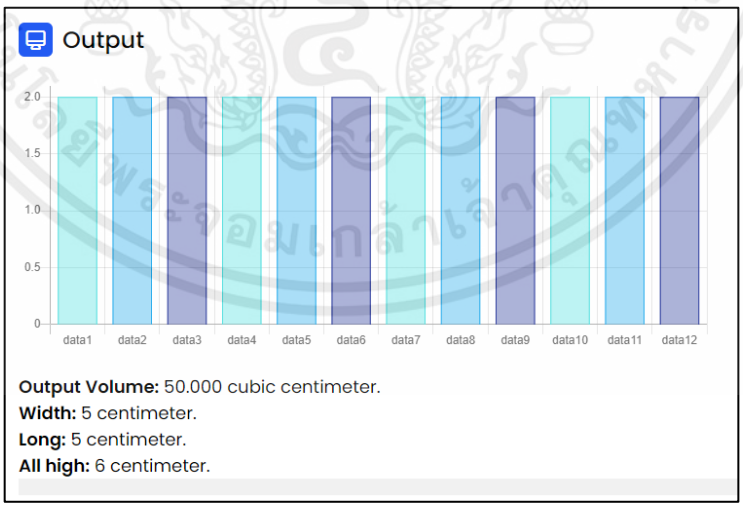
รูปที่ 4.13 ข้อมูลที่ถูก publish จาก ESP32



รูปที่ 4.14 ข้อมูลที่ Server subscribe และบันทึกลงในไฟล์

4.7 ผลการทดลองโปรแกรมคำนวณหาปริมาตรและการแสดงผล

จากการทดลองโปรแกรมคำนวณปริมาตร โดยค่าที่ได้จากการวัดของไลดาร์ จะส่งข้อมูลขึ้นระบบ MQTT เพื่อใช้ในการดึงข้อมูลลงมาบนเซิร์ฟเวอร์และนำไปประมวลผลผ่านโปรแกรมหาค่าปริมาตร ดังรูปที่ 4.15 และตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.15 ผลลัพธ์การทดลองโปรแกรมคำนวณหาปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

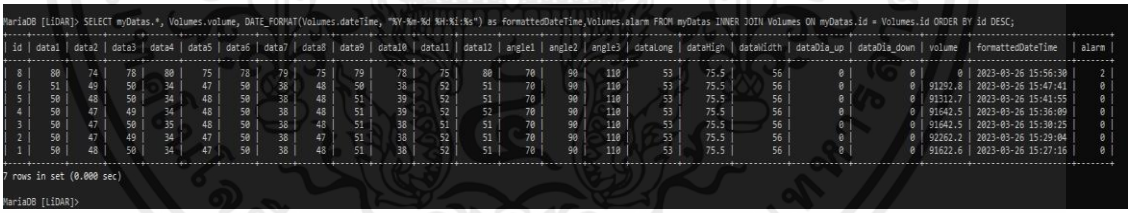
ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์จากโปรแกรมคำนวณปริมาตร

ข้อมูล	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ความสูง (cm)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ปริมาตร (cm^2)	50											

จากการคำนวณปริมาตรทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส หาได้จาก ความกว้าง × ความยาว × ความสูง มีค่าเท่ากับ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร และค่าที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณปริมาตร เท่ากับ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งนำไปหาค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดได้เท่ากับ

$$\frac{\left|50_{\text{โปรแกรม}} - 50_{\text{ค่าจริง}}\right|}{50_{\text{จริง}}} \times 100 = 0.00\ \%$$

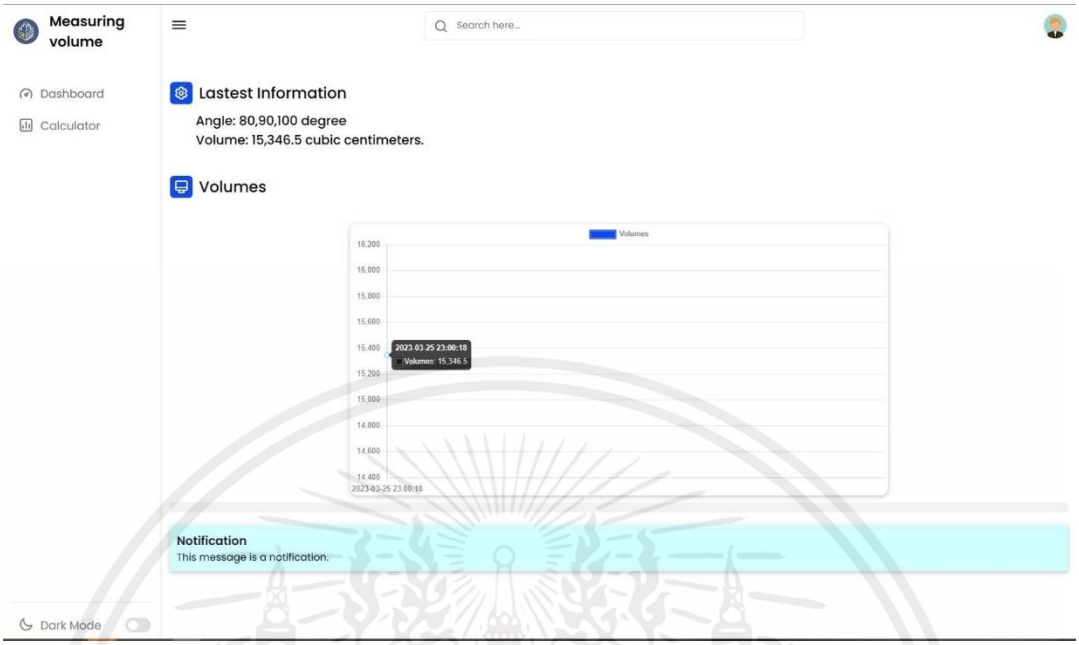
การแสดงผลของข้อมูล ข้อมูลจากการวัดของไลดาร์จะถูกเก็บค่าไว้ในฐานข้อมูลและแสดงผลผ่านหน้า Web dashboard ดังรูปที่ 4.16 และ 4.17 เมื่อปริมาตรที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 20 จะมีการแจ้งเตือนที่หน้า Web dashboard และ LINE Notify ดังรูปที่ 4.18 และ 4.19 เมื่อปริมาตรลดลงจนหมด จะมีการแจ้งเตือนที่หน้า Web dashboard และ LINE Notify ดังรูปที่ 4.20 และ 4.21



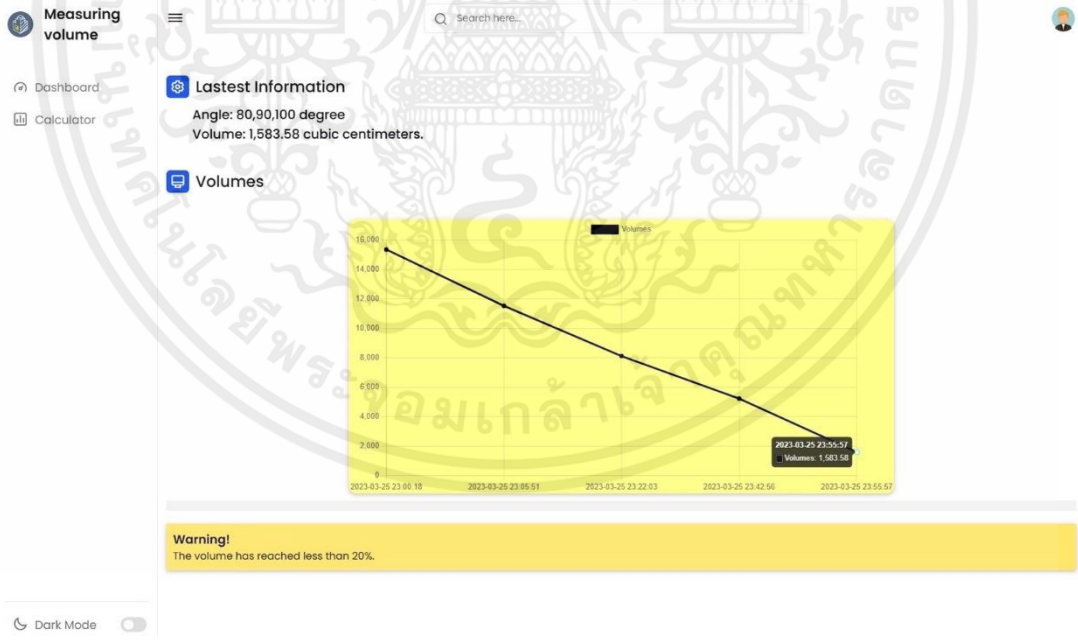
```
MariaDB [LIDAR]> SELECT myDatas.*, Volumes.volume, DATE_FORMAT(Volumes.dateTime, "%Y-%m-%d %H:%i:%s") as formattedDateTime,Volumes.alarm FROM myDatas INNER JOIN Volumes ON myDatas.id = Volumes.id ORDER BY id DESC;
+----+-------+-------+-------+-------+-------+-------+-------+-------+-------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+-----------+-------------+-------------+-------------+--------+---------------------+-------+
| id | data1 | data2 | data3 | data4 | data5 | data6 | data7 | data8 | data9 | data10 | data11 | data12 | angle1 | angle2 | angle3 | dataLong | dataHigh | dataWidth | dataDia_up | dataDia_down | volume | formattedDateTime   | alarm |
+----+-------+-------+-------+-------+-------+-------+-------+-------+-------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+----------+----------+-----------+------------+--------------+--------+---------------------+-------+
|  8 |    80 |    74 |    78 |    80 |    75 |    78 |    79 |    75 |    79 |     78 |     75 |     80 |     70 |     90 |    110 |       53 |     75.5 |        56 |          0 |            0 |      0 | 2023-03-26 15:56:30 |     2 |
|  6 |    51 |    49 |    50 |    34 |    47 |    50 |    38 |    48 |    50 |     38 |     52 |     51 |     70 |     90 |    110 |       53 |     75.5 |        56 |          0 |            0 |  91292.8 | 2023-03-26 15:47:41 |     0 |
|  5 |    50 |    48 |    50 |    34 |    48 |    50 |    38 |    48 |    51 |     39 |     52 |     51 |     70 |     90 |    110 |       53 |     75.5 |        56 |          0 |            0 |  91312.7 | 2023-03-26 15:41:55 |     0 |
|  4 |    50 |    47 |    49 |    34 |    48 |    50 |    38 |    48 |    51 |     39 |     52 |     52 |     70 |     90 |    110 |       53 |     75.5 |        56 |          0 |            0 |  91642.5 | 2023-03-26 15:36:09 |     0 |
|  3 |    50 |    47 |    50 |    35 |    48 |    50 |    38 |    48 |    51 |     38 |     51 |     51 |     70 |     90 |    110 |       53 |     75.5 |        56 |          0 |            0 |  91642.5 | 2023-03-26 15:30:25 |     0 |
|  2 |    50 |    47 |    49 |    34 |    47 |    50 |    38 |    47 |    51 |     38 |     52 |     51 |     70 |     90 |    110 |       53 |     75.5 |        56 |          0 |            0 |  92262.2 | 2023-03-26 15:19:04 |     0 |
|  1 |    50 |    48 |    50 |    34 |    47 |    50 |    38 |    48 |    51 |     38 |     52 |     51 |     70 |     90 |    110 |       53 |     75.5 |        56 |          0 |            0 |  91622.6 | 2023-03-26 15:27:16 |     0 |
+----+-------+-------+-------+-------+-------+-------+-------+-------+-------+--------+--------+--------+--------+--------+--------+----------+----------+-----------+------------+--------------+--------+---------------------+-------+
7 rows in set (0.000 sec)

MariaDB [LIDAR]>
```

รูปที่ 4.16 ข้อมูลที่เก็บในไฟล์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

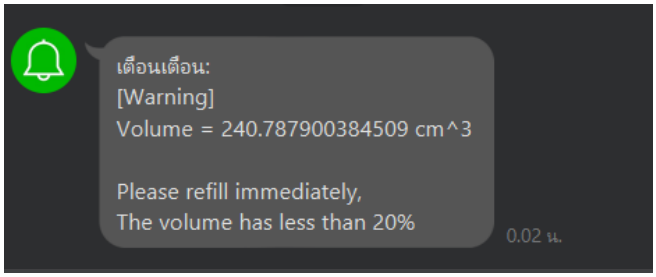


รูปที่ 4.17 ผลลัพธ์ที่แสดงบนหน้า Web dashboard

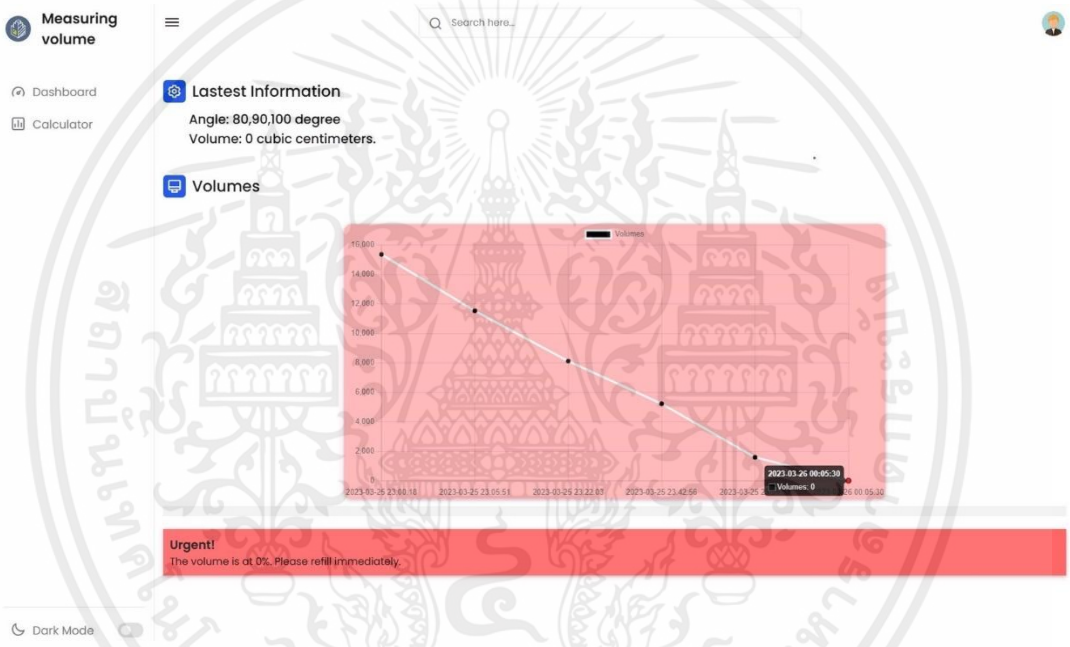


รูปที่ 4.18 ผลลัพธ์ที่แสดงบนหน้า Web dashboard เมื่อปริมาตรที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 20

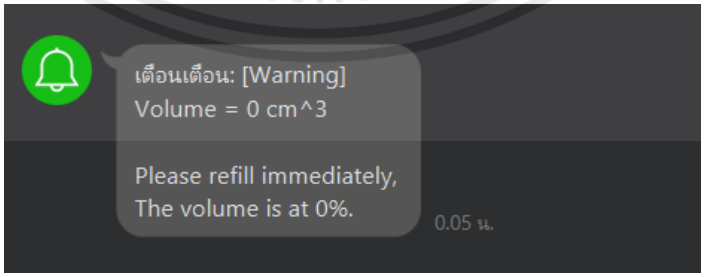
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 การแจ้งเตือน LINE Notify เมื่อปริมาตรที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 20



รูปที่ 4.20 ผลลัพธ์ที่แสดงบนหน้า Web dashboard เมื่อปริมาตรลดลงจนหมด



รูปที่ 4.21 การแจ้งเตือน LINE Notify เมื่อปริมาตรลดลงจนหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ผลการทดลองหาปริมาตรของวัตถุ

4.8.1 ผลการทดลองวัดปริมาตรกล่องที่อยู่ภายในพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม

ผลการทดลองวัดปริมาตรกล่องที่อยู่ภายในพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม มีผลการทดลองดังนี้

ผลการทดลองครั้งที่ 1

ใช้กล่องทั้งหมด 4 กล่อง โดยเมื่อรวมปริมาตรกล่องทั้งหมดมีปริมาตรเท่ากับ 89,240.10 ลูกบาศก์เซนติเมตร และปริมาตรที่ได้จากการทดลองคือ 91,292.80 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยคิดค่าร้อยละความผิดพลาดได้เท่ากับร้อยละ 2.30 และแสดงปริมาตรดังรูปที่ 4.22

ผลการทดลองครั้งที่ 2

ใช้กล่องทั้งหมด 3 กล่อง โดยนำกล่องที่ 4 ออกทำให้ปริมาตรทั้งหมดมีเท่ากับ 81,086.10 ลูกบาศก์เซนติเมตร และปริมาตรที่ได้จากการทดลองคือ 82,814.70 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยคิดร้อยละความผิดพลาดได้เท่ากับร้อยละ 2.13

ผลการทดลองครั้งที่ 3

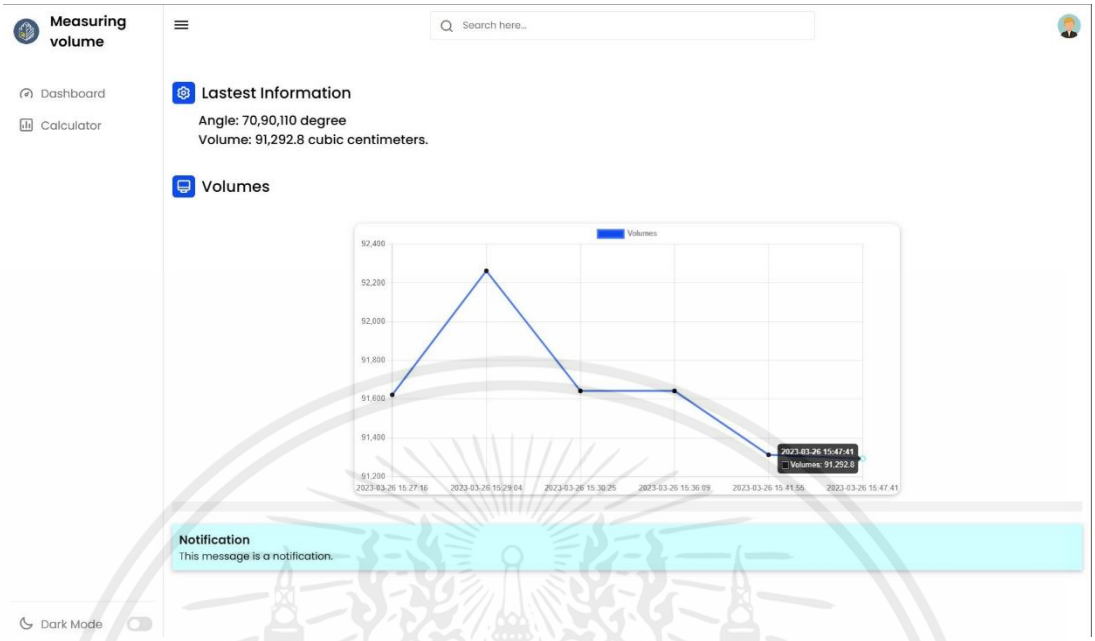
ใช้กล่องทั้งหมด 3 กล่อง โดยนำกล่องที่ 2 ออกแล้วนำกล่องที่ 4 มาวางแทน ทำให้ปริมาตรทั้งหมดมีเท่ากับ 65,469.10 ลูกบาศก์เซนติเมตร และปริมาตรที่ได้จากการทดลองคือ 65,793.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยคิดร้อยละความผิดพลาดได้เท่ากับ 0.49

ผลการทดลองครั้งที่ 4

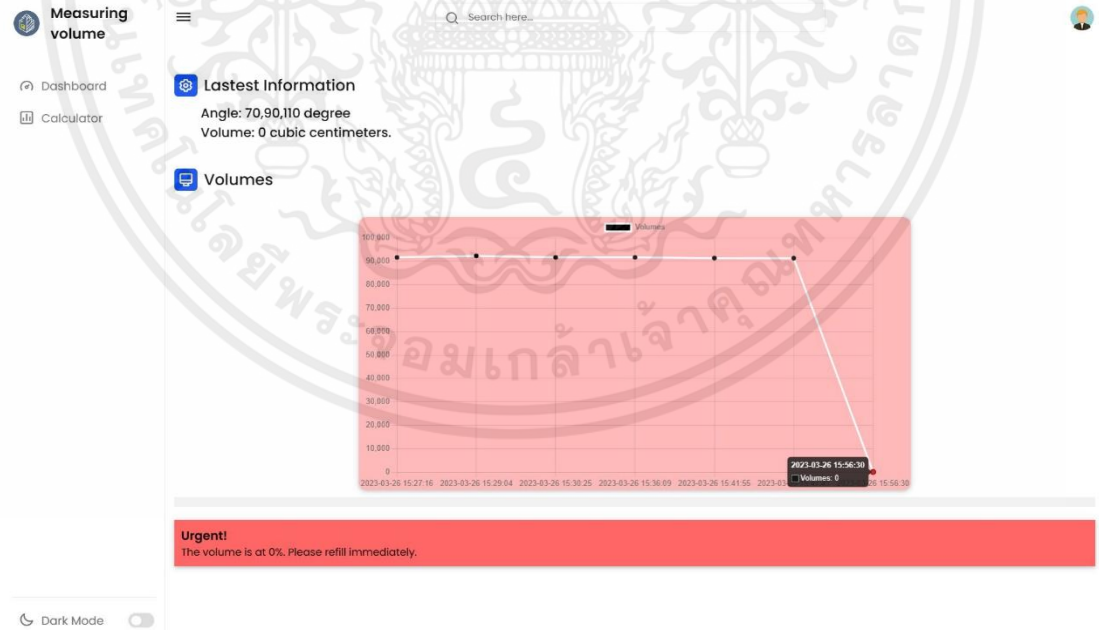
ให้พื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมเป็นพื้นที่ว่าง ไม่มีกล่องทำให้ปริมาตรจริงมีเท่ากับ 0 ลูกบาศก์เซนติเมตร และปริมาตรที่ได้จากการทดลองคือ 0 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยคิดร้อยละความผิดพลาดได้เท่ากับ 0 และแสดงปริมาตรดังรูปที่ 4.23

จากการทดลองพบว่ากล่องวัดปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ สามารถวัดระยะแล้วนำมาหาปริมาตรในพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมได้ และปริมาตรที่วัดได้ยังมีปริมาตรที่ใกล้เคียงกับปริมาตรจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 ปริมาตรที่แสดงผลบน Web dashboard เมื่อมีปริมาตร

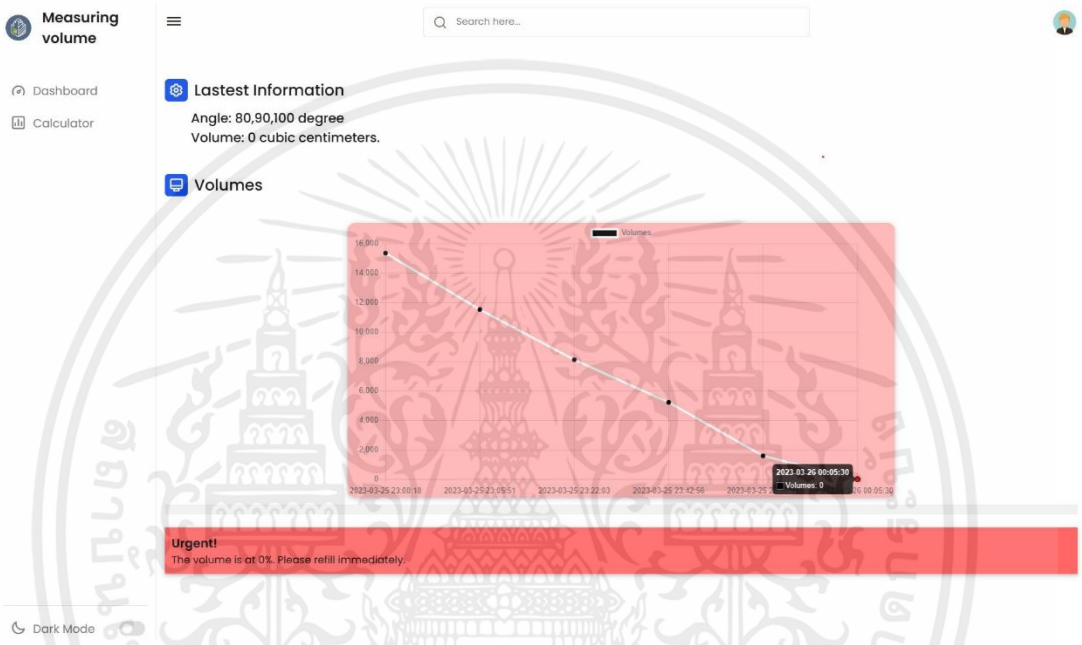


รูปที่ 4.23 ปริมาตรที่แสดงผลบน Web dashboard เมื่อไม่มีปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8.2 ผลการทดลองหาปริมาตรทรายที่ลดลงในถังโดยการตักทรายออก

จากการทดลองหาปริมาตรทรายที่ลดลงในโดยในถังมีทรายปริมาตรเท่ากับ 15,220 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งจะได้ปริมาตรทรายที่ลดลงดังรูปที่ 4.24 และผลการทดลองดังตารางที่ 4.6



รูปที่ 4.24 ปริมาตรของทรายที่ลดลงแสดงผลบน Web dashboard

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการวัดปริมาตรทรายที่ลดลง

ปริมาตรจริง (cm^3)	ปริมาตรที่วัดได้ (cm^3)	ร้อยละความผิดพลาด
15,220.00	15,346.50	0.83
11,820.00	11,518.60	2.55
8,420.00	8,110.72	3.67
5,020.00	5,220.00	3.99
1,620.00	1,583.58	2.25
0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองการวัดปริมาตรทรายที่ลดลงโดยการตักออกจากถัง โดยมีปริมาตรทรายเริ่มต้นทั้งหมดเป็น 15,220.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร และการตักออกครั้งละ 3,400.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งปริมาตรที่วัดได้แตกต่างจากปริมาตรจริง โดยมีค่าร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณร้อยละ 2.66 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.9 ผลการทดลองความแม่นยำในการวัดปริมาตรทรายในถัง

ผลการทดลองความแม่นยำในการวัดปริมาตรทรายในถัง มีผลการทดลอง ดังนี้

ผลการทดลองครั้งที่ 1

ไม่มีทรายอยู่ในถังจึงทำให้ในถังมีปริมาตรเท่ากับ 0.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร และได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองครั้งที่ 1

ครั้งที่	ปริมาตรจริง (cm^3)	ปริมาตรที่วัดได้ (cm^3)	ร้อยละความผิดพลาด
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00

ผลการทดลองครั้งที่ 2

ทรายในถังมีปริมาตรจริงเท่ากับ 3,400.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร และได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองครั้งที่ 2

ครั้งที่	ปริมาตรจริง (cm^3)	ปริมาตรที่วัดได้ (cm^3)	ร้อยละความผิดพลาด
1	3,400.00	3,285.58	3.37
2	3,400.00	3173.28	6.67
3	3,400.00	3172.66	6.68

ผลการทดลองครั้งที่ 3

ทรายในถังมีปริมาตรจริงเท่ากับ 6,800.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร และได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองครั้งที่ 3

ครั้งที่	ปริมาตรจริง (cm^3)	ปริมาตรที่วัดได้ (cm^3)	ร้อยละความผิดพลาด
1	6,800.00	6,951.29	2.22
2	6,800.00	6,488.55	4.58
3	6,800.00	6,487.37	4.60

ผลการทดลองครั้งที่ 4

ทรายในถังมีปริมาตรจริงเท่ากับ 10,200.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร และได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองครั้งที่ 4

ครั้งที่	ปริมาตรจริง (cm^3)	ปริมาตรที่วัดได้ (cm^3)	ร้อยละความผิดพลาด
1	10,200.00	10,455.80	2.51
2	10,200.00	10,339.70	1.34
3	10,200.00	10,102.20	0.96

ผลการทดลองครั้งที่ 5

ทรายในถังมีปริมาตรจริงเท่ากับ 13,600.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร และได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองครั้งที่ 5

ครั้งที่	ปริมาตรจริง (cm^3)	ปริมาตรที่วัดได้ (cm^3)	ร้อยละความผิดพลาด
1	13,600.00	14,141.70	3.83
2	13,600.00	14,262.10	4.64
3	13,600.00	14,141.10	3.98

ผลการทดลองครั้งที่ 6

ทรายในถังมีปริมาตรจริงเท่ากับ 15,220.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร และได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองครั้งที่ 6

ครั้งที่	ปริมาตรจริง (cm3)	ปริมาตรที่วัดได้ (cm3)	ร้อยละความผิดพลาด
1	15,220.00	15,345.20	0.82
2	15,220.00	15,222.70	0.02
3	15,220.00	15,103.10	0.77

จากการทดลองใช้กล่องวัดปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ พบว่ามีความผิดพลาดในการวัดปริมาตรของทราย โดยความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 3.36% ซึ่งเป็นค่าที่สูงเล็กน้อย แต่ยังคงมีความแม่นยำในการวัด ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.10 การทดลองวัดปริมาตรทรายในถังในรูปแบบหน้าตัดต่าง ๆ

4.10.1 วัดปริมาตรทรายในถังในรูปแบบหน้าตัดพาราโบลา

จากการทดลองวัดปริมาตรทรายในถังในรูปแบบหน้าตัดพาราโบลา ซึ่งในถังมีปริมาตรทรายทั้งหมดเท่ากับ 15,220.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยทำการวัดปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ ค่าที่ได้ดังตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.25

จากการทดลองการหาระยะห่างจากไลดาร์ ด้วยวิธีการเฉลี่ยแบบฐานนิยม(จำนวน 20 ครั้ง/1ค่า) พบว่ามีค่าร้อยละความผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 0.737

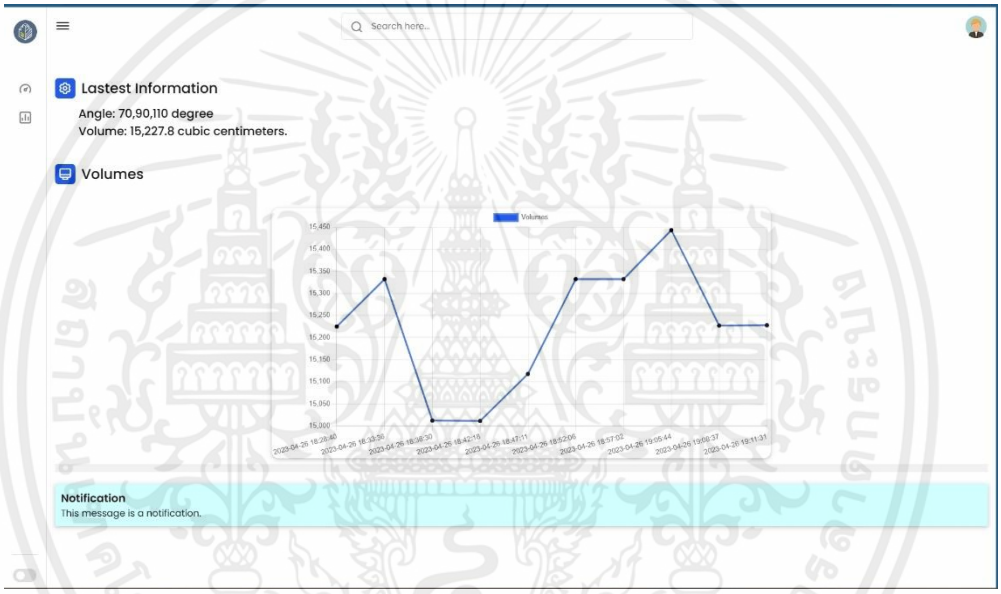
ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองวัดปริมาตรทรายในถังในรูปแบบหน้าตัดพาราโบลา

การทดลอง	ปริมาตรทราย (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
ครั้งที่ 1	15,224.9
ครั้งที่ 2	15,332.1
ครั้งที่ 3	15,012.1
ครั้งที่ 4	15,011.3
ครั้งที่ 5	15,117.7
ครั้งที่ 6	15,332.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองวัดปริมาตรทรายในถังในรูปแบบหน้าตัดพาราโบลา (ต่อ)

ครั้งที่ 7	15,332.1
ครั้งที่ 8	15,442.9
ครั้งที่ 9	15,227.1
ครั้งที่ 10	15,227.8



รูปที่ 4.25 ปริมาตรของทรายในรูปแบบหน้าตัดพาราโบลาที่แสดงผลบน Web dashboard

4.10.2 วัดปริมาตรทรายในถังในรูปแบบหน้าตัดระนาบในแนวเรียบ

จากการทดลองวัดปริมาตรทรายในถังในรูปแบบหน้าตัดระนาบในแนวเรียบ มีปริมาตรทรายทั้งหมดเท่ากับ 13,400.00 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยทำการวัดปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ ค่าที่ได้ดังตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.26

จากการทดลองการหาระยะห่างจากไลดาร์ ด้วยวิธีการเฉลี่ยแบบฐานนิยม(จำนวน 20 ครั้ง/1ค่า) พบว่ามีค่าร้อยละความผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 0.403 ถึง 4.567

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองวัดปริมาตรทรายในถังในรูปแบบหน้าตัดระนาบในแนวเรียบ

การทดลอง	ปริมาตรทราย (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
ครั้งที่ 1	13,346.3
ครั้งที่ 2	13,203.6
ครั้งที่ 3	12,994.4
ครั้งที่ 4	13,005.0
ครั้งที่ 5	12,783.8
ครั้งที่ 6	12,997.5
ครั้งที่ 7	12,789.8
ครั้งที่ 8	13,263.9

รูปที่ 4.25 ปริมาตรของทรายในรูปแบบหน้าตัดระนาบในแนวเรียบที่แสดงผลบน Web dashboard

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ออกแบบ และจัดทำกล่องวัดปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ มีเป้าหมายเพื่อทำการศึกษา และทำการทดลองหาปริมาตรจากไลดาร์

จากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ การส่งข้อมูล โปรแกรมคำนวณปริมาตร และการแสดงผลผ่านหน้าเว็บเซิร์ฟเวอร์ โดยเริ่มทดสอบการทำงานร่วมกันระหว่างไลดาร์กับเซอร์โวมอเตอร์ เพื่อหาระยะห่างระหว่างไลดาร์กับวัตถุซึ่งสามารถวัดระยะออกมาได้ จากนั้นส่งข้อมูลระยะห่างที่ได้ไปยังบอร์ด ESP32 อีกตัวด้วย ESP-NOW ได้ถูกต้อง และส่งข้อมูลที่ได้ไปยัง MQTT Broker และนำข้อมูลไปที่ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ได้ เมื่อฝั่งเซิร์ฟเวอร์ได้ข้อมูลแล้วก็สามารถคำนวณปริมาตรแล้วเก็บข้อมูลบันทึกไว้ในเซิร์ฟเวอร์ฐานข้อมูล และแสดงผลการวัดปริมาตรที่หน้า Web dashboard ถ้าหากปริมาตรที่วัดได้มีค่าเหลือน้อยหรือลดลงจนหมดจะมีระบบการแจ้งเตือนผ่านทาง LINE Notify ซึ่งสามารถทำให้ผู้ใช้งานสามารถทราบค่าของปริมาตรนั้นได้ โดยปริมาตรที่คำนวณออกมาได้มีร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.66% ถึง 3.36% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) การควบคุมองศาการหมุนด้วยมอเตอร์เซอร์โวมีผลต่อระยะที่ไลดาร์วัดได้

2) การส่งข้อมูลสื่อสารไร้สาย ESP-NOW สภาพแวดล้อมมีผลต่อเสถียรภาพในการส่งข้อมูล เช่น คนเดินผ่านหรือมีวัตถุมาบัง ก็จะทำให้เกิดการส่งข้อมูลผิดพลาดขึ้นได้

3) การติดตั้งกล่องวัดปริมาตรด้วยเทคโนโลยีไลดาร์ มีผลต่อปริมาตรของวัตถุที่จะวัดควรติดตั้งให้สามารถตรวจจับวัตถุได้อย่างทั่วถึง

4) การวัดปริมาตรในพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมควรจะมีวัตถุอยู่เต็มพื้นที่หน้าตัดเนื่องจากถ้ามีวัตถุไม่เต็มอาจจะทำให้ปริมาตรที่ได้ไม่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] กิตติยาณี. “ค่าเฉลี่ยทั่วไป.” https://sites.google.com/site/gskrittiyanee/home

[2] คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. “การอบรมเชิงปฏิบัติการ แนะนำ ESP32.” http://ias.it.msu.ac.th/course/BasicBook_ESP32.pdf

[3] จริญญา แสงวงศ์. “เทคนิคการอินเตอร์เฟส (Interfacing Technich).” http://nanjarinya.blogspot.com/2018/03/4-hc-sr04.html

[4] ทันพงษ์ ภู่รักษ์. “การเขียนโค้ดของโปรแกรม Arduino IDE.” http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_3.pdf

[5] บัญชา. “ค่าเฉลี่ยคณิต.” http://pibul2.psru.ac.th/~buncha/Chp1_5.htm

[6] เรียนรู้กับครูอั๋น. “ฟังก์ชันตรีโกณมิติ.” https://coolaun.com/m5/ad51/trigone/

[7] Admin ITGenius. “จุดเด่นและหลักการทำงาน MySQL.https://www.itgenius.co.th/article/จุดเด่นและหลักการทำงาน%20MySQL.html

[8] Admin ITGenius. “MySQL คืออะไร.https://www.itgenius.co.th/article/(MySQL)%20คืออะไร.html

[9] AmplySoft. “MySQL คืออะไร.” https://www.amplysoft.com/knowledge/what-is-mysql.html

[10] Advance. “เซอร์โวมอเตอร์ (SERVO MOTOR).” http://www.advance-electronic.com/ blog/detail/86/th/

[11] AWS. “MQTT คืออะไร.” https://aws.amazon.com/th/what-is/mqtt/

[12] Benewake. “TF-Luna LiDAR Module.” http://en.benewake.com/res/wuliu/docs/1597850409316938 9SJ-PM-TF-Luna%20A05%20Product%20Manual.pdf

[13] BorntoDev. “ภาษาPython.” https://www.borntodev.com/c/Xakhrcirthnchotichwalwithy/ทำความรู้จัก-python-ภาษาเปลี่ยนโลก-5fddbe6484e78

[14] JarutEx. “ESP-NOW.” https://www.jarutex.com/index.php/2021/09/30/6178/

[15] LineOfficeAccount. “LINE Notification.” https://www.lineofficialaccount.com/what_is_line_notify.php

[16] LnwShop. “ทุกเรื่องที่ควรรู้เกี่ยวกับเซอร์โวมอเตอร์และการใช้งาน.” https://www.artronshop.co.th/article/92/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[17] LnwShop. “สอนวิธีใช้งาน ESP-NOW.” https://www.allnewstep.com/article/

[18] LNW shop. “TF-Luna LiDAR Module - Short-Range Distance Sensor.” https://www.arduitronics.com/product/3855/tf-luna-lidar-module-short-range-distance-sensor

[19] Manuals.plus. “ข้อมูลจำเพาะของโมดูล Benewake SJ-GU-TF-Luna LiDAR.” https://manuals.plus/th/benewake/benewake-sj-gu-tf-luna-lidar-module-specification#axzz7qpNsEhWL

[20] Mcucity. “switching power supply 5v 5a.” https://www.mcucity.com/product/1727/5v-5a-switching-power-supply-s-25-5

[21] Mindphp.com. “Database คืออะไร.” https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2055-database-คืออะไร23.html

[22] Mindphp.com. “Database คืออะไร.” https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2055-database-คืออะไร23.html

[23] Mindphp.com. “SQL คืออะไร.” https://www.mindphp.com/คู่มือ/73คืออะไร/2088-sql-คืออะไร.html

[24] Mindphp.com. “Visual Studio Code คืออะไร.” https://www.mindphp.com/บทความ/microsoft/4829-visual-studio-code.html

[25] Misumi. “ลิมิตสวิตช์ สำหรับวงจรไฟฟ้าในงานอุตสาหกรรม.” https://th.misumi-ec.com/th/pr/recommend_category/limit_switch/#

[26] Openlandscape. “Node.js คืออะไร.” https://blog.openlandscape.cloud/nodejs

[27] Piyadanai. “ภาษา HTML.” ttps://krupiyadanai.wordpress.com/บทเรียน-html/รู้จักภาษา-html/

[28] PoundXI. “Arduino.” https://poundxi.com/arduino

[29] RSComponents. “Switching Power Supply.” https://th.rs-online.com/web/p/switching-power-supplies/1618213

[30] Wynnsoft Solution. “CSS คืออะไร ? มีประโยชน์อย่างไรบ้าง.” https://www.wynnsoftsolution.net/th/article/view/80/

[31] WEBDODEE. “JavaScript คืออะไร ใช้งานอย่างไร.” https://www.webdodee.com/what-is-javascript/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
คำสั่งควบคุมการทำงานมอเตอร์และเซนเซอร์บนระบบ ESP-NOW (ฝั่งส่ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include <ESP32Servo.h>
#include <string.h>
#include <Arduino.h>
#include <esp_now.h>
#include <WiFi.h>
#include<Wire.h>
#include<TFLI2C.h>
// Config Data Sent
uint8_t broadcastAddress[] = {0x7C, 0x9E, 0xBD, 0xF7, 0x9E, 0x88}; //mac
address
int angle[4]={0,45,90,135}; // motor_1 angle
int angle2[4]={0,70,90,110}; // motor_2 angle
float fWidth=0; // width
float fLong=0; // long
float fHigh=60; // high
float fDup=42; // dia
float fDdown=34; // dia
float setHighObject = 60;
//String Objects = "square"; // pass | {square, cone, cylinder}
String Objects = "cone"; // pass
//String Objects = "cylinder"; //pass
//----------------------


//----------------------
// Parameters for sent via ESPNOW.
typedef struct struct_message {
  float data1=0.00;
  float data2=0.00;
  float data3=0.00;
  float data4=0.00;
  float data5=0.00;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  float data6=0.00;
  float data7=0.00;
  float data8=0.00;
  float data9=0.00;
  float data10=0.00;
  float data11=0.00;
  float data12=0.00;
  int angle1=0;
  int angle2=0;
  int angle3=0;
  float setWidth=0;
  float setLong=0;
  float setHigh=0;
  float setDup=0;
  float setDdown=0;
  String Objects;
  float setHighObject = 0;
} struct_message;
struct_message dataDistance;
esp_now_peer_info_t peerInfo;
float highTotal[1000];
Servo mt1;
Servo mt2;
int time_min = 5,pinSW=2,numHigh=0;
float offset=0.015;
TFLI2C tfI2C;
int16_t tfDist;
int16_t tfAddr = TFL_DEF_ADR;
int checkSW=0,checkServo1=0,checkServo2=0,checkLidar=0;
int process=0;
//----------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// Start program.
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Wire.begin();
  mt1.attach(13);
  mt2.attach(14);
  pinMode(pinSW, INPUT);
  Serial.println("START!");
  WiFi.mode(WIFI_STA);
   if (esp_now_init() != ESP_OK) {
   Serial.println("Error initializing ESP-NOW");
   return;
  }
  esp_now_register_send_cb(OnDataSent);
  memcpy(peerInfo.peer_addr, broadcastAddress, 6);
  peerInfo.channel = 0;
  peerInfo.encrypt = false;

  // Add peer
  if (esp_now_add_peer(&peerInfo) != ESP_OK){
   Serial.println("Failed to add peer");
   return;
  }
}
//------------------------------
// Function Sent data ESP-NOW
void OnDataSent(const uint8_t *mac_addr, esp_now_send_status_t status)
{
  Serial.print("\r\nLast Packet Send Status:\t");
  Serial.println(status == ESP_NOW_SEND_SUCCESS ? "Delivery Success" :
"Delivery Fail");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
//------------------------------
// Sleep Mode
void goSleep(float time_mins){
  // Serial.println("Going to sleep...");
  esp_sleep_enable_timer_wakeup(time_mins * 60 * 1000 * 1000);
  esp_deep_sleep_start();
}
//----------------------------
// Servo 1 process.
void servo1(int angle){
  // Serial.println("servo1 process!");
  // Serial.print("SV1: หมุนไป ");
  // Serial.print(angle);
  // Serial.println(" องศา");
  int msec=0;
  msec=1000*(((2.5-0.5)*angle/180)+0.5)+offset;
  mt1.writeMicroseconds(msec);
}
//-------------------------
// Servo 2 process.
void servo2(int angle){
  // Serial.println("servo2 process!");
  // Serial.print("SV2: หมุนไป ");
  // Serial.print(angle);
  // Serial.println(" องศา");
  int msec=0;
  msec=(1000*(((2.5-0.5)*angle/180)+0.5))+offset;
  mt2.writeMicroseconds(msec);
}
//-------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// LiDAR process.
void lidar(){
  int numLidar = 0,lidarMsg=0;
  while(checkLidar != 1){
    if(lidarMsg == 0){
        // Serial.print("lidar processing");
        lidarMsg = 1;
      }
    if(numLidar == 60){
        Serial.println();
        Serial.println("[Lidar] Not processed.");
        Serial.println("[System] Restarting.. to 15 secounds");
        restartValue();
        Serial.println("[System] Restart now.");
        goSleep(0.25);
      }
    if(tfI2C.getData(tfDist, tfAddr)){
      Serial.println("[LiDAR]: "+String(tfDist) + " cm.");
      highSave(numHigh,tfDist);
      numHigh++;
      checkLidar = 1;
      }
    Serial.print(".");
    delay(500);
    numLidar++;
  }
}
//---------------------------------
// Add Data and Commit.
void espNow(){
  Serial.println("espnow process.");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  dataDistance.setHigh = fHigh;
  dataDistance.setLong = fLong;
  dataDistance.setWidth = fWidth;
  dataDistance.setDup = fDup;
  dataDistance.setDdown = fDdown;
  dataDistance.data1 = highTotal[0];
  dataDistance.data1 = highTotal[0];
  dataDistance.data2 = highTotal[1];
  dataDistance.data3 = highTotal[2];
  dataDistance.data4 = highTotal[3];
  dataDistance.data5 = highTotal[4];
  dataDistance.data6 = highTotal[5];
  dataDistance.data7 = highTotal[6];
  dataDistance.data8 = highTotal[7];
  dataDistance.data9 = highTotal[8];
  dataDistance.data10 = highTotal[9];
  dataDistance.data11 = highTotal[10];
  dataDistance.data12 = highTotal[11];
  dataDistance.angle1 = angle2[1];
  dataDistance.angle2 = angle2[2];
  dataDistance.angle3 = angle2[3];
  dataDistance.Objects = Objects;
  dataDistance.setHighObject = setHighObject;
  sentData0();
}
//---------------------------------
// Check limit switch.
void limitSW(){
  //Serial.println("check limitSW!");
  checkSW = digitalRead(pinSW);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//----------------------------------
// Function save data.
void highSave(int x,float h){
  highTotal[x]=h;
}
//----------------------------------
// Function loop.
void loop() {
  if(process == 0){
    mt1.writeMicroseconds(0);
    mt2.writeMicroseconds(0);
    delay(1500);
    for(int i=0;i<4;i++){
    servo1(angle[i]);
    for(int j=0;j<4;j++){
      int numSwitch =0;
      while(checkSW != 1){
        if(numSwitch == 300){
        Serial.println();
        Serial.println("[Switch] Not processed.");
        Serial.println("[System] Restarting.. to 15 secounds");
        restartValue();
        Serial.println("[System] Restart now.");
        goSleep(0.25);
        }
        limitSW();
        delay(100);
        numSwitch++;
      }
      if(checkSW != 0){
        servo2(angle2[j]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        delay(1500);
        if(angle2[j]!=0){
          int numLoop=0;
          while(checkLidar!=1){
            lidar();
            delay(500);
          }
        }
      checkLidar = 0;
      checkSW = 0;
      mt2.writeMicroseconds(0);
      }
      else{
       // Serial.println("limit != 0");
        mt2.writeMicroseconds(0);
      }
    }
  }
  process++;
  restartValue();
  result();
  espNow();
  }
  else{
    Serial.println("sleepy mode");
    goSleep(time_min);
  }
  delay(500);
  Serial.println("=end=");
}
//--------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
// Check Data sent success or fail.
void sentData0(){
   esp_err_t result = esp_now_send(broadcastAddress, (uint8_t *)
&dataDistance, sizeof(dataDistance));
  if (result == ESP_OK) {
    Serial.println("Sent with success");
  }
  else {
    Serial.println("Error sending the data");
  }
  delay(2000);
}
//--------------------------
//Show Data.
void result(){
 for(int i=0;i<12;i++){
   //Serial.println(String(i)+" : "+String(highTotal[i]));
 }
}
//----------------------
// Restart Servo.
void restartValue(){
  mt2.writeMicroseconds(0);
  mt1.writeMicroseconds(0);
}
//--------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
คำสั่งควบคุมการทำงานระบบ ESP-NOW (ฝั่งรับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//data1 - 12, angle, long, width, high, Dia
#include <esp_now.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <WiFi.h>
const char* ssid     = "WiFi-name"; //WiFi-name
const char* password = "WiFi-password"; //WiFi password
#define MQTT_SERVER   "IP" // MQTT IP <172.20.10.7>
#define MQTT_PORT     1883
#define MQTT_USERNAME "user" // MQTT username
#define MQTT_PASSWORD "passwd" // MQTT password
#define MQTT_NAME     "ESP01" // MQTT name
#define MQTT_TOPIC    "TOPIC" // MQTT TOPIC <MQTT/DISTANT>
int x=0;
float time_min=3;
int checkData = 0,checkWiFi = 0,checkMQTT=0;
char dataToMqtt[255];
String dataString;
bool messageSent = false; // ตัวแปรเก็บสถานะการส่งข้อมูล
int retryCount = 0; // ตัวแปรนับจำนวน retry
const int MAX_RETRY = 20; // จำนวน retry สูงสุด
float data1=0.00;
float data2=0.00;
float data3=0.00;
float data4=0.00;
float data5=0.00;
float data6=0.00;
float data7=0.00;
float data8=0.00;
float data9=0.00;
float data10=0.00;
float data11=0.00;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
float data12=0.00;
int angle1=0;
int angle2=0;
int angle3=0;
float setWidth=0;
float setLong=0;
float setHigh=0;
float setDup=0;
float setDdown=0;
float setHighObject=0;
String Objects;
WiFiClient client;
PubSubClient mqtt(client);
// Structure example to receive data
// Must match the sender structure
typedef struct struct_message {
  float data1=0.00;
  float data2=0.00;
  float data3=0.00;
  float data4=0.00;
  float data5=0.00;
  float data6=0.00;
  float data7=0.00;
  float data8=0.00;
  float data9=0.00;
  float data10=0.00;
  float data11=0.00;
  float data12=0.00;
  int angle1=0;
  int angle2=0;
  int angle3=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  float setWidth=0;
  float setLong=0;
  float setHigh=0;
  float setDup=0;
  float setDdown=0;
  String Objects;
  float setHighObject = 0;
} struct_message;
struct_message myData;
// callback function that will be executed when data is received
void OnDataRecv(const uint8_t * mac, const uint8_t *incomingData, int
len) {
  memcpy(&myData, incomingData, sizeof(myData));
   Serial.print("Bytes received: ");
   Serial.println(len);
   Serial.print("Width: ");
  Serial.println(myData.setWidth);
  Serial.print("Long: ");
  Serial.println(myData.setLong);
  Serial.print("High: ");
  Serial.println(myData.setHigh);
  Serial.print("D_up: ");
  Serial.println(myData.setDup);
  Serial.print("D_down: ");
  Serial.println(myData.setDdown);
  Serial.print("data1: ");
  Serial.println(myData.data1);
  Serial.print("data2: ");
  Serial.println(myData.data2);
  Serial.print("data3: ");
  Serial.println(myData.data3);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Serial.print("data4: ");
Serial.println(myData.data4);
Serial.print("data5: ");
Serial.println(myData.data5);
Serial.print("data6: ");
Serial.println(myData.data6);
Serial.print("data7: ");
Serial.println(myData.data7);
Serial.print("data8: ");
Serial.println(myData.data8);
Serial.print("data9: ");
Serial.println(myData.data9);
Serial.print("data10: ");
Serial.println(myData.data10);
Serial.print("data11: ");
Serial.println(myData.data11);
Serial.print("data12: ");
Serial.println(myData.data12);
Serial.print("angle: ");
Serial.print(myData.angle1);
Serial.print(", ");
Serial.print(myData.angle2);
Serial.print(", ");
Serial.println(myData.angle3);
data1=myData.data1;
data2=myData.data2;
data3=myData.data3;
data4=myData.data4;
data5=myData.data5;
data6=myData.data6;
data7=myData.data7;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  data8=myData.data8;
  data9=myData.data9;
  data10=myData.data10;
  data11=myData.data11;
  data12=myData.data12;
  angle1=myData.angle1;
  angle2=myData.angle2;
  angle3=myData.angle3;
  setWidth=myData.setWidth;
  setLong=myData.setLong;
  setHigh=myData.setHigh;
  setDup=myData.setDup;
  setDdown=myData.setDdown;
  Objects=myData.Objects;
  setHighObject=myData.setHighObject;
  checkData = 1;
  WiFi.disconnect(true);
}
void connectWiFi(){
  WiFi.disconnect(true);
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.mode(WIFI_AP);
  WiFi.begin(ssid, password);
  int numWiFi=0;
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    if(numWiFi == 90){
      Serial.println("");
      Serial.println("[Wi-Fi] : Not Connect in 45 sec.");
      Serial.println("[System] Restarting.. to 10 secounds");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        goSleep(0.167);
      }
      Serial.print(".");
      delay(500);
      numWiFi++;
    }
    Serial.println("");
    Serial.println("[Wi-Fi] : Connected!");
    Serial.print("IP address : ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
    checkWiFi = 1;
  }
  void mqtt_connect()
  {
    mqtt.setServer(MQTT_SERVER, MQTT_PORT);
    if(Objects == "square"){
      Serial.println("1 "+String(Objects));
      dataString = String("{\"opt\": \"sq\"") + String(",\"d1\":") + String(data1, 2) +
String(",\"d2\":") + String(data2, 2) + String(",\"d3\":") + String(data3, 2) + String(",\"d4\":")
+ String(data4, 2) + String(",\"d5\":") + String(data5, 2) + String(",\"d6\":") + String(data6,
2) + String(",\"d7\":") + String(data7, 2) + String(",\"d8\":") + String(data8, 2) +
String(",\"d9\":") + String(data9, 2) + String(",\"d10\":") + String(data10, 2) +
String(",\"d11\":") + String(data11, 2) + String(",\"d12\":") + String(data12, 2) +
String(",\"an1\":") + String(angle1) + String(",\"an2\":") + String(angle2) + String(",\"an3\":")
+ String(angle3) + String(",\"dL\":") + String(setLong, 3) + String(",\"dH\":") +
String(setHigh, 2) + String(",\"dW\":") + String(setWidth, 2) + String("}");
    }
    if(Objects == "cone"){
      Serial.println("2 "+String(Objects));
      dataString = String("{\"opt\": \"cone\"") + String(",\"d1\":") + String(data1,
2) + String(",\"d2\":") + String(data2, 2) + String(",\"d3\":") + String(data3, 2) +
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
String(",\"d4\":") + String(data4, 2) + String(",\"d5\":") + String(data5, 2) + String(",\"d6\":")
+ String(data6, 2) + String(",\"d7\":") + String(data7, 2) + String(",\"d8\":") + String(data8,
2) + String(",\"d9\":") + String(data9, 2) + String(",\"d10\":") + String(data10, 2) +
String(",\"d11\":") + String(data11, 2) + String(",\"d12\":") + String(data12, 2) +
String(",\"an1\":") + String(angle1) + String(",\"an2\":") + String(angle2) + String(",\"an3\":")
+ String(angle3) + String(",\"dH\":") + String(setHigh, 2) + String(",\"Dup\":") +
String(setDup, 2) + String(",\"Ddown\":") + String(setDdown, 2) + String(",\"Ho\":") +
String(setHighObject, 2) + String("}");
                }
                if(Objects == "cylinder"){
                  Serial.println("3 "+String(Objects));
                  dataString = String("{\"opt\": \"cyl\"") + String(",\"d1\":") + String(data1, 2)
+ String(",\"d2\":") + String(data2, 2) + String(",\"d3\":") + String(data3, 2) +
String(",\"d4\":") + String(data4, 2) + String(",\"d5\":") + String(data5, 2) + String(",\"d6\":")
+ String(data6, 2) + String(",\"d7\":") + String(data7, 2) + String(",\"d8\":") + String(data8,
2) + String(",\"d9\":") + String(data9, 2) + String(",\"d10\":") + String(data10, 2) +
String(",\"d11\":") + String(data11, 2) + String(",\"d12\":") + String(data12, 2) +
String(",\"an1\":") + String(angle1) + String(",\"an2\":") + String(angle2) + String(",\"an3\":")
+ String(angle3) + String(",\"dH\":") + String(setHigh, 3) + String(",\"Dup\":") +
String(setDup, 2) + String("}");
                  }
                if (mqtt.connected() == false) {
                  Serial.println();
                  Serial.print("[MQTT] : Connecting...");
                  if (mqtt.connect(MQTT_NAME, MQTT_USERNAME, MQTT_PASSWORD)) {
                    Serial.println("[MQTT] : Connected.");
                    //sprintf(dataToMqtt,
"{\"data1\":%.2f,\"data2\":%.2f,\"data3\":%.2f,\"data4\":%.2f,\"data5\":%.2f,\"data6\":%.2f,
\"data7\":%.2f,\"data8\":%.2f,\"data9\":%.2f,\"data10\":%.2f,\"data11\":%.2f,\"data12\":%.
2f,\"angle1\":%d,\"angle2\":%d,\"angle3\":%d,\"dataLong\":%.3f,\"dataHight\":%.3f,\"data
Width\":%.3f,\"dataDia_up\":%.3f,\"dataDia_down\":%.3f}", data1, data2, data3, data4,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
data5, data6, data7, data8, data9, data10, data11, data12, angle1, angle2, angle3, setLong, setHigh, setWidth, setDia_up, setDia_down);
                    while (!messageSent && retryCount < MAX_RETRY) {
                      if (mqtt.publish(MQTT_TOPIC, dataString.c_str())) {
                        Serial.println("Message sent successfully");
                        messageSent = true; // สั่งให้หยุด retry หลังจากส่งสำเร็จ
                        checkData=2;
                        checkMQTT=1;
                      } else {
                        Serial.println("Error sending message, retrying...");
                        retryCount++; // เพิ่มจำนวน retry
                        delay(1000); // หน่วงเวลา 1 วินาทีก่อน retry
                      }
                    }
                      if (!messageSent) {
                       Serial.println("Failed to send message after " + String(MAX_RETRY) + " retries");
                      }
                    } else {
                      Serial.println("[MQTT] : Failed.");
                    }
                  }
                }
                void espNow(){
                   // Set device as a Wi-Fi Station
                  WiFi.mode(WIFI_STA);
                  // Init ESP-NOW
                  if (esp_now_init() != ESP_OK) {
                    Serial.println("Error initializing ESP-NOW");
                    return;
                  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  // Once ESPNow is successfully Init, we will register for recv CB to
  esp_now_register_recv_cb(OnDataRecv);
  }
void goSleep(float time_mins){
  Serial.println("Going to sleep...");
  esp_sleep_enable_timer_wakeup(time_mins * 60 * 1000 * 1000);
  esp_deep_sleep_start();
}
void setup() {
  // Initialize Serial Monitor
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("-=- START -=-");
}
 void loop() {
  while(checkData == 0){
    espNow();
  }
  delay(500);
  if(checkData == 1){
    connectWiFi();
    if(checkWiFi != 0){
      int numMqtt=0;
        while(checkMQTT != 1){
        mqtt_connect();
        if(numMqtt == 8){
          Serial.println("[MQTT] : Not Connect in 2 minutes.");
          Serial.println("[System] Restarting.. to 10 secounds");
          goSleep(0.167);
        }
        delay(500);
        numMqtt++;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      }
    }
  }
  if (checkData == 2) {
    WiFi.disconnect(true);
    Serial.println();
    Serial.println("[WiFi] : Disconnected");
    Serial.println();
    checkMQTT = 0;
    checkData = 0;
    checkWiFi = 0;
    goSleep(time_min);
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
โปรแกรมคำนวณปริมาตร, เชื่อมต่อฐานข้อมูล และโปรแกรมแจ้งเตือนผ่าน LINE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
import mysql.connector
        import json
        import paho.mqtt.client as mqtt
        import datetime
        import math
        import pytz
        import requests
        #Configuer Paramiter Mqtt
        hostMqtt = '172.20.10.7'
        portMqtt = 1883
        topicMqtt = "MQTT/DISTANT"
        #Time-Zone
        tz_bangkok = pytz.timezone('Asia/Bangkok')
        # ข้อมูลสำหรับการเชื่อมต่อกับ Messaging API
        url = "https://notify-api.line.me/api/notify"
        #access_token = "z95oZGM2QbePjoZK33eGxTetRqcciTCC5Z3tPPnrgDm"
        access_token = "YNQWr9lPvFtBx5be5Cet0rpjwvTa4j4CKQQ5p3RtCux"
        # ข้อความที่ต้องการส่ง
        headers = {'content-type':'application/x-www-form-
urlencoded','Authorization':'Bearer '+access_token}
        def on_message(client, userdata, message): #function DATA to Databases.
            print("[Message]")
            offsetSQ = 1.5
            offsetCO = 1
            offsetCY = 0
            data1 = 0
            data2 = 0
            data3 = 0
            data4 = 0
            data5 = 0
            data6 = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
data7 = 0
data8 = 0
data9 = 0
data10 = 0
data11 = 0
data12 = 0
angle1 = 0
angle2 = 0
angle3 = 0
long = 0
high = 0
width = 0
d_up = 0
d_down = 0
Ho = 0
check_Volume = 0
calVolumes = 0
#Message from topic
payload = message.payload
#Tranfer JSON
print("payload: ",payload.decode("utf-8"))
data = json.loads(payload.decode("utf-8")) #.decode("utf-8")
print("data: ",data)
print("Volume calculating...")
now = datetime.datetime.now(tz_bangkok)
print(now)
volume = 0.00
option = data['opt']
if option == "sq":
    data1 = data['d1']
    data2 = data['d2']
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        data3 = data['d3']
        data4 = data['d4']
        data5 = data['d5']
        data6 = data['d6']
        data7 = data['d7']
        data8 = data['d8']
        data9 = data['d9']
        data10 = data['d10']
        data11 = data['d11']
        data12 = data['d12']
        angle1 = data['an1']
        angle2 = data['an2']
        angle3 = data['an3']
        long = data['dL']
        high = data['dH']
        width = data['dW']
    if option == "cone":
        data1 = data['d1']
        data2 = data['d2']
        data3 = data['d3']
        data4 = data['d4']
        data5 = data['d5']
        data6 = data['d6']
        data7 = data['d7']
        data8 = data['d8']
        data9 = data['d9']
        data10 = data['d10']
        data11 = data['d11']
        data12 = data['d12']
        angle1 = data['an1']
        angle2 = data['an2']
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            angle3 = data['an3']
            high = data['dH']
            d_up = data['Dup']
            d_down = data['Ddown']
            Ho = data['Ho']
        if option == "cyl":
            data1 = data['d1']
            data2 = data['d2']
            data3 = data['d3']
            data4 = data['d4']
            data5 = data['d5']
            data6 = data['d6']
            data7 = data['d7']
            data8 = data['d8']
            data9 = data['d9']
            data10 = data['d10']
            data11 = data['d11']
            data12 = data['d12']
            angle1 = data['an1']
            angle2 = data['an2']
            angle3 = data['an3']
            high = data['dH']
            d_up = data['Dup']
        if option == "sq":
            print("sq")
            angle = [angle1,angle2,angle3]
            values                                                    =
[data1,data2,data3,data4,data5,data6,data7,data8,data9,data10,data11,data12]
            valuesHigh = []
            for i in range(len(values)):
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                valuesHigh.append(high - (values[i] *
math.sin(math.radians(angle[i%3])))-offsetSQ)
            print(valuesHigh)
            sum = 0
            for i in range(len(valuesHigh)):
                if i == 4 or i == 7 or i == 10 :
                    sum += 0
                else:
                    sum += valuesHigh[i]*width*long/9
            volume = sum
            check_Volume = 1
        if option == "cyl":
            print("cyl")
            angle = [angle1,angle2,angle3]
            values =
[data1,data2,data3,data4,data5,data6,data7,data8,data9,data10,data11,data12]
            valuesHigh = []
            for i in range(len(values)):
                valuesHigh.append(high - (values[i] *
math.sin(math.radians(angle[i%3])))-offsetCY)
            print(valuesHigh)
            sum = 0
            for i in range(len(valuesHigh)):
                if i == 4 or i == 7 or i == 10 :
                    sum += 0
                else:
                    sum += valuesHigh[i]*(d_up/2)*(d_up/2)*math.pi
            volume = sum
            check_Volume = 1
        if option == "cone":
            print("cone")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                angle = [angle1,angle2,angle3]
                values =
[data1,data2,data3,data4,data5,data6,data7,data8,data9,data10,data11,data12]
                valuesHigh = []
                for i in range(len(values)):
                    valuesHigh.append(high - (values[i] *
math.sin(math.radians(angle[i%3])))-offsetCO)
                print(valuesHigh)
                sum = 0
                r_cal = 0
                stateVolumes = []
                for i in range(len(valuesHigh)):
                    print(i+1,end=" : ")
                    print("r_cal",end=" , ")
                    r_cal = (valuesHigh[i] * (d_up/6 - d_down/6) / Ho) + d_down/6
                    print(r_cal,end=" , ")
                    calVolumes = (1/3) * valuesHigh[i] * math.pi * ((r_cal**2) +
(r_cal*(d_down/6)) + (d_down/6)**2)
                    if i != 1 and i != 4 and i != 7 and i != 10:
                        sum += calVolumes
                    else:
                        print("90 Degree",end=" ")
                        stateVolumes.append(calVolumes)
                        if len(stateVolumes) == 4:
                            print("Plus",end=" , ")
                            avgVolume = stateVolumes[1]
                            sum += avgVolume
                        else:
                            print("No plus",end=" , ")
                    print("Sum: ",sum)
                    volume = sum
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            print("volume: ",volume)
            check_Volume = 1
        if volume <= 0:
            volume = 0
        #Alam
        alarm = 0
        if option == "sq":
            #if volume < (width * long * high) * 20 / 100:
            #    print("Volume less than 20% !!")
            #    alarm = 1
            if volume == 0:
                print("Volume less than 0% !!")
                alarm = 2
        if option == "cyl":
            if volume < (math.pi * (d_up/2) * (d_up/2) * high) * 20 / 100:
                print("Volume less than 20% !!")
                alarm = 1
            if volume == 0:
                print("Volume less than 0% !!")
                alarm = 2
        if option == "cone":
            if volume <= ((1/3) * Ho * math.pi * (((d_up/2)**2) +
((d_up/2)*(d_down/2)) + (d_down/2)**2)) * 20 / 100:
                print("Volume less than 20% !!")
                alarm = 1
            if volume == 0:
                print("Volume less than 0% !!")
                alarm = 2
        # Line noticfy
        if alarm != 0:
            if alarm == 1:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            msg0 = "\n[Warning]"
            msg1 = "\nVolume = "
            msg2 = "\n\nPlease refill immediately,"
            msg3 = "\nThe volume has less than 20%"
        elif alarm == 2:
            msg0 = "[Warning]\n"
            msg1 = "Volume = "
            msg2 = "\n\nPlease refill immediately,"
            msg3 = "\nThe volume is at 0%."
        msg = msg0+msg1+str(volume)+" cm^3"+msg2+msg3
        r = requests.post(url, headers=headers, data = {'message':msg})
        print (r.text)
    if check_Volume:
        #Cursor for query
        cursor = mydb.cursor()
        #Set command query
        sql = """
            INSERT INTO myDatas
            (data1,
            data2,
            data3,
            data4,
            data5,
            data6,
            data7,
            data8,
            data9,
            data10,
            data11,
            data12,
            angle1,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                angle2,
                angle3,
                dataLong,
                dataHigh,
                dataWidth,
                dataDia_up,
                dataDia_down)
                VALUES (%s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s,
%s, %s, %s, %s, %s, %s)
                """
            val = (
                data1,
                data2,
                data3,
                data4,
                data5,
                data6,
                data7,
                data8,
                data9,
                data10,
                data11,
                data12,
                angle1,
                angle2,
                angle3,
                long,
                high,
                width,
                d_up,
                d_down)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            cursor.execute(sql, val)
            mydb.commit()
            cursor.close()
            print("[Table(myDatas)]: Query OK.")
            #Volume
            cursor = mydb.cursor()
            #Set command query
            sql = """
                INSERT INTO Volumes
                (volume,
                alarm,
                dateTime)
                VALUES (%s, %s, %s)
                """
            val = (
                volume,
                alarm,
                now)
            cursor.execute(sql, val)
            mydb.commit()
            cursor.close()
            print("[Table(Volumes)]: Query OK.")
            print("----------------------------\n")
        else:
            print("Fail: check_volumes [line:82]")
            print("----------------------------\n")
    if __name__ == "__main__":
        while(True):
            try:
                #Start Program
                print ("Start on program...")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                #Connect to MQTT
                client = mqtt.Client()
                client.connect(hostMqtt,portMqtt) #Host and port MQTT-Broker
port default 1883.
                print(f"Connecting Mqtt host: {hostMqtt} ,port: {portMqtt}...")
                client.subscribe(topicMqtt) #MQTT topic.
                print(f"Subscribe on topic: {topicMqtt}")

                #Connect to Databases
              mydb      =      mysql.connector.connect(host="172.20.10.9",#Configre
MySQL
                                    user="admin",
                                    password="admin",
                                    database="LiDAR")
                print("Connecting on database...")
                # wait Publish message to function on_message.
                client.on_message = on_message

                client.loop_forever()
              except Exception as e:
                print("Error: ", e)
                print("----------------------------\n")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
โปรแกรมเซิร์ฟเวอร์เชื่อมต่อฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
const express = require('express');
const mysql = require('mysql2');
const app = express();
port = 3000
const db = mysql.createConnection({
  host: '172.20.10.13', //172.20.10.9 , 10.18.6.159
  user: 'admin',
  password: 'admin',
  database: 'LiDAR'
});
db.connect((err) => {
  if (err) {
    throw err;
  }
  console.log('Connected to MySQL database...');
});
app.use(function(req, res, next) {
    res.header("Access-Control-Allow-Origin", "*");
    res.header("Access-Control-Allow-Headers", "Origin, X-Requested-With, Content-Type, Accept");
    next();  });
app.get('/data', async(req, res) => {
    //db.query('SELECT * FROM myDatas ORDER BY id DESC LIMIT 1;',(err, results) => {
    // SQL command
    db.query('SELECTmyDatas. *, Volumes.volume, DATE_FORMAT(Volumes.dateTime, "%Y-%m-%d %H:%i:%s") as formattedDateTime,Volumes.alarm FROM myDatas INNER JOIN Volumes ON myDatas.id = Volumes.id ORDER BY id DESC',(err, results) => {
        if (err) {
          throw err;
        }
        console.log(results);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        res.json(results);
      });
});
app.listen(port, () => {
  console.log(`Server started on port ${port}...`);
});
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

โปรแกรม Web Dashboard (calculator.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
link rel="icon" type="image/png" href="../images/image.png"
    <link rel="stylesheet" href="style/style.css">
    <!---====== Iconscout CSS ===== -->
    <linkrel="stylesheet"
href="https://unicons.iconscout.com/release/v4.0.0/css/line.css">
    <!--<title>Admin Dashboard Panel</title>-->
    <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js"></script>
</head>
<body>
    <nav>
        <div class="logo-name">
            <div class="logo-image">
                <img src="../images/logo.png" alt="">
            </div>
            <span class="logo_name">Measuring volume</span>
        </div>
        <div class="menu-items">
            <ul class="nav-links">
                <li><a href="../index.html">
                    <i class="uil uil-tachometer-fast-alt"></i>
                    <span class="link-name">Dashboard</span>
                </a></li>
                <li><a href="#">
                    <i class="uil uil-chart"></i>
                    <span class="link-name">Calculator</span>
            </ul>
            <ul class="logout-mode">
                <li class="mode">
                    <a href="#">
                        <i class="uil uil-moon"></i>
                    <span class="link-name">Dark Mode</span>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            </a>
            <div class="mode-toggle">
              <span class="switch"></span>
            </div>
          </li>
          </ul>
      </div>
</nav>
<section class="dashboard">
    <div class="top">
        <i class="uil uil-bars sidebar-toggle"></i>

        <div class="search-box">
            <i class="uil uil-search"></i>
            <input type="text" placeholder="Search here...">
        </div>
        <img src="../images/profile.jpg" alt="">
    </div>
    <div class="dash-content">
        <div class="overview">
            <div class="title">
                <i class="uil uil-setting"></i>
                <span class="text">Lastest Information</span>
            </div>
            <div class="boxes">
                <div class="box box1">
                    <span class="data-list">
                        Angle: <span id="angles">None</span> degree
                        <br>Volume:
                            <span id="result">None</span> cubic centimeters.
                    </span>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            </div>
          </div>
        </div>
        <div class="activity">
          <div class="title">
            <i class="uil uil-monitor"></i>
            <span class="text">Volumes</span>
          </div>
          <div class="activity-data">
            <div class="Chart">
              <canvas id="myChart"></canvas>
            </div>
          </div>
          <div id="red" class="red" style="display: none;">
            <h3>Urgent!</h3>
            <p>The volume is at 0%. Please refill immediately.</p>
          </div>
          <div id="yellow" class="yellow" style="display: none;">
            <h3>Warning!</h3>
            <p>The volume has reached less than 20%.</p>
          </div>
          <div id="blue" class="blue" style="display: none;">
            <h3>Notification</h3>
            <p>This message is a notification.</p>
          </div>
        </div>
      </div>
    </section>
    <script src="script/script.js"></script>
  </body>
</html>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

โปรแกรม Web Dashboard (script.js)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
const body = document.querySelector("body"),
      modeToggle = body.querySelector(".mode-toggle");
      sidebar = body.querySelector("nav");
      sidebarToggle = body.querySelector(".sidebar-toggle");
let getMode = localStorage.getItem("mode");
if(getMode && getMode === "dark"){
    body.classList.toggle("dark");
}
let getStatus = localStorage.getItem("status");
if(getMode && getMode === "close"){
    body.classList.toggle("close");
}
modeToggle.addEventListener("click", () =>{
    body.classList.toggle("dark");
    if(body.classList.contains("dark")){
        localStorage.setItem("mode","dark");
    }
    else{
        localStorage.setItem("mode","light");
    }
});
sidebarToggle.addEventListener("click", () => {
    sidebar.classList.toggle("close");
    if(sidebar.classList.contains("close")){
        localStorage.setItem("status","open");
    }
    else{
        localStorage.setItem("status","close");
    }
});
async function getData() {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//const response = await fetch('http://10.18.15.25:3000/data'); //172.20.10.7
const response = await fetch('http://172.20.10.13:3000/data');
const data = await response.json();
const dataAngles = document.getElementById('angles');
const dataHigh = document.getElementById('high');
const dataWidth = document.getElementById('width');
const dataLong = document.getElementById('long');
const dataDia = document.getElementById('d');
const Result0 = document.getElementById('result');
const Result1 = document.getElementById('result1');
const Result2 = document.getElementById('result2');
const Result3 = document.getElementById('result3');
const Result4 = document.getElementById('result4');
console.log("Number of data: "+data.length);
const l_data = data.length-1;
var data_json = JSON.stringify(data);
console.log("Data: "+data_json);
if(JSON.stringify(data[0]) != undefined){
    Result0.innerHTML = JSON.stringify(data[0]);
}
if(JSON.stringify(data[1]) != undefined){
    Result1.innerHTML = JSON.stringify(data[1]);
}
if(JSON.stringify(data[2]) != undefined){
    Result2.innerHTML = JSON.stringify(data[2]);
}
if(JSON.stringify(data[3]) != undefined){
    Result3.innerHTML = JSON.stringify(data[3]);
}
if(JSON.stringify(data[4]) != undefined){
    Result4.innerHTML = JSON.stringify(data[4]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}

var json_msg = JSON.stringify(data[0]);
console.log("Data lastest: "+json_msg);
var values = JSON.parse(json_msg);
var data1 = values.data1;
var data2 = values.data2;
var data3 = values.data3;
var data4 = values.data4;
var data5 = values.data5;
var data6 = values.data6;
var data7 = values.data7;
var data8 = values.data8;
var data9 = values.data9;
var data10 = values.data10;
var data11 = values.data11;
var data12 = values.data12;
var width = values.dataWidth;
var high = values.dataHigh;
var long = values.dataLong;
var Dia = values.dataDia;
var volumes = values.volume;
var dateTime = values.dateTime;
console.log(data1)
chart.data.datasets[0].data = [
    data1,
    data2,
    data3,
    data4,
    data5,
    data6,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        data7,
        data8,
        data9,
        data10,
        data11,
        data12,
    ];
    chart.update();

    /*
    angle = [];
    angle.push(values.angle1,values.angle2,values.angle3);
    dataAngles.innerHTML = angle;
    dataHigh.innerHTML = high;
    dataWidth.innerHTML = width;
    dataLong.innerHTML = long;
    dataDia.innerHTML = Dia;
    */
}
getData();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

โปรแกรม Web Dashboard (script2.js)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
const body = document.querySelector("body"),
      modeToggle = body.querySelector(".mode-toggle");
      sidebar = body.querySelector("nav");
      sidebarToggle = body.querySelector(".sidebar-toggle");
      chartAlarm = body.querySelector("canvas");
let getMode = localStorage.getItem("mode");
if(getMode && getMode === "dark"){
    body.classList.toggle("dark");
}
let getStatus = localStorage.getItem("status");
if(getMode && getMode === "close"){
    body.classList.toggle("close");
}
modeToggle.addEventListener("click", () =>{
    body.classList.toggle("dark");
    if(body.classList.contains("dark")){
        localStorage.setItem("mode","dark");
    }
    else{
        localStorage.setItem("mode","light");
    }
});
sidebarToggle.addEventListener("click", () => {
    sidebar.classList.toggle("close");
    if(sidebar.classList.contains("close")){
        localStorage.setItem("status","open");
    }
    else{
        localStorage.setItem("status","close");
    }
});
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
const angle = [];
    async function getData() {
      //const response = await fetch('http://10.18.15.25:3000/data'); //172.20.10.7
      const response = await fetch('http://172.20.10.13:3000/data');
      const data = await response.json();
      const dataContainer = document.getElementById('data-container');
      const dataLast = document.getElementById('data-last');
      const dataAngles = document.getElementById('angles');
      const Volumes = document.getElementById('result');
      console.log("Number of data: "+data.length);
      const l_data = data.length-1;
      var data_json = JSON.stringify(data);
      console.log("Data: "+data_json);
      var json_msg = JSON.stringify(data[0]);
      console.log("Data lastest: "+json_msg);
      var values = JSON.parse(json_msg);
      var data1 = values.data1;
      var data2 = values.data2;
      var data3 = values.data3;
      var data4 = values.data4;
      var data5 = values.data5;
      var data6 = values.data6;
      var data7 = values.data7;
      var data8 = values.data8;
      var data9 = values.data9;
      var data10 = values.data10;
      var data11 = values.data11;
      var data12 = values.data12;
      var width = values.dataWidth;
      var high = values.dataHigh;
      var long = values.dataLong;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
var Dia = values.dataDia;
var volumes = values.volume;
var dateTime = values.formattedDateTime;
var alarm = values.alarm;
console.log("date: "+dateTime);
console.log("Alarm: "+alarm);
angle.push(values.angle1,values.angle2,values.angle3);
dataAngles.innerHTML = angle;
console.log("Calculated Volume.");
const result = volumes.toLocaleString('en-US');
Volumes.innerHTML = result;
  dateChart = [];
  labels_X = [];
  dataVolumes = [];
  labels_Y = [];
  var Volume;
  var Times;
  var date0;
  var date0_msg;
  for(let i = data.length-1; i >= 0;i-- ){
      date0_msg = JSON.stringify(data[i]);
      date0 = JSON.parse(date0_msg)
      //console.log("data0: "+date0);
      Times = date0.formattedDateTime;
      Volume = date0.volume;
      //console.log("Times: "+Times);
      dateChart.push(Times);
      dataVolumes.push(Volume);
      //console.log(dateChart);
  };
  for(let i = 0; i < data.length;i++ ){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    labels_X.push(dateChart[i]);
};
for(let i = 0; i < data.length;i++ ){
    labels_Y.push(dataVolumes[i]);
};

var ctx = document.getElementById('myChart').getContext('2d');
var chart = new Chart(ctx, {
    type: 'line',
    data: {
        labels: labels_X,
        datasets: [{
            label: 'Volumes',
            data: [0,0,0,0],
            borderColor: '#3e6ff4',
            backgroundColor: '#0E4BF1',
            pointBackgroundColor: '#000',
            pointBorderColor: '#000',
            pointHoverBackgroundColor: '#fff',
            pointHoverBorderColor: '#0ef1f1'
        }]
    },
    options: {
        scales: {
            yAxes: [{
                ticks: {
                    beginAtZero: true,
                    fontColor: '#000'
                }
            }],
            xAxes: [{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ticks: {
                    fontColor: '#000'
                }
            }]
        }
    }
});
chart.data.datasets[0].data = labels_Y;
chart.update();
const red = document.getElementById('red');
const yellow = document.getElementById('yellow');
const blue = document.getElementById('blue');
if(alarm == 2){
    localStorage.setItem("Alarm","danger");
    red.style.display = 'block';
    yellow.style.display = 'none';
    blue.style.display = 'none';
}
if(alarm == 1){
    localStorage.setItem("Alarm","warning");
    red.style.display = 'none';
    yellow.style.display = 'block';
    blue.style.display = 'none';
}
if(alarm == 0){
    localStorage.setItem("Alarm","none");
    red.style.display = 'none';
    yellow.style.display = 'none';
    blue.style.display = 'block';
}
const canvas = document.getElementById("myChart");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    let getAlarm = localStorage.getItem("Alarm");
        if(getAlarm && getAlarm === "danger"){
            canvas.style.backgroundColor = "#ffb3b3";
            chart.data.datasets[0].borderColor = "#fff";
            chart.data.datasets[0].backgroundColor = "#000";
            chart.data.datasets[0].pointHoverBackgroundColor = 'red';
            chart.data.datasets[0].pointHoverBorderColor = 'black';
        }
        if(getAlarm && getAlarm === "warning"){
            canvas.style.backgroundColor = "#ffff80";
            chart.data.datasets[0].borderColor = "#000";
            chart.data.datasets[0].backgroundColor = "#000";
        }
        if(getAlarm && getAlarm === "none"){
            canvas.style.backgroundColor = "white";
        }
}
getData();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้