เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

WIRELESS SENSOR NETWORK

โดย

นายกิตติธัช ภาคจรุง

นายพลธร มาจาก

นายสมปราถ เจริญวลัยพร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

WIRELESS SENSOR NETWORK

โดย

นายกิตติธัช	**ภาคจรุง**	**60010068**
นายพลธร	**มาจาก**	**60010673**
นายสมปราถ	**เจริญวลัยพร**	**60011017**

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.นภัทร สระเอี่ยม

ดร.สมปอง วิเศษพานิชกิจ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

WIRELESS SENSOR NETWORK

ผู้จัดทำ

1. นายกิตติธัช ภาคจรุง 60010068
2. นายพลธร มาจาก 60010673
3. นายสมปราณ เจริญวลัยพร 60011017

.... **อาจารย์ที่ปรึกษา**

(ผศ.ดร.นภัทร สระเอี่ยม)

.... **อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**

(ดร.สมปอง วิเศษพานิชกิจ)

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

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

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง “เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย” จะไม่สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยหากไม่ได้รับความกรุณา ความช่วยเหลือ และคำแนะนำจาก ผศ.ดร.นภัทร สระเอี่ยม อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สมปอง วิเศษพานิชกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และ ผศ.ดร.ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์ อาจารย์ผู้ให้คำปรึกษาต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ทั้งสามท่านเป็นอย่างสูงที่คอยติดตามความคืบหน้า ชี้แนะแนวทางการทำงานและการแก้ไขปัญหา คอยตรวจสอบข้อบกพร่องของโครงงาน ทำให้โครงงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ อาจารย์ รุ่นพี่ และเพื่อนๆ ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมเป็นอย่างยิ่ง ที่คอยช่วยเหลือและสนับสนุน ขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัวของผู้จัดทำเป็นอย่างยิ่งที่ดูแลเอาใจใส่ คอยให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนทางด้านการศึกษา บุคคลต่าง ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ ที่ผู้จัดทำไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณและขอบคุณไว้ในโอกาสนี้

นายกิตติธัช ภาคจรุง
นายพลธร มาจาก
นายสมปราถ เจริญวลัยพร
ผู้จัดทำ

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

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

เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย
WIRELESS SENSOR NETWORK

โดย นายกิตติธัช ภาคจรุง 60010068
นายพลธร มาจาก 60010673
นายสมปราถ เจริญวลัยพร 60011017

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.นภัทร สระเอี่ยม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.สมปอง วิเศษพานิชกิจ

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันอินเตอร์เน็ตได้เข้ามามีบทบาทและความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนเราในหลาย ๆ ด้าน ทั้งด้านการศึกษา การพาณิชย์ ความบันเทิงและอื่น ๆ สรุปได้ว่าอินเตอร์เน็ต มีความสำคัญในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ทันสมัย การติดต่อสื่อสารที่สะดวก และรวดเร็ว INTERNET OF THINGS (IOT) เป็นเครือข่ายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่มีความสามารถเข้าถึงกันได้ด้วยอินเตอร์เน็ต สามารถสั่งการทำงานต่าง ๆ ผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ ปริญญานิพนธ์นี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อตอบสนองความต้องการของคนที่อยากทราบค่าจากเซนเซอร์ต่าง ๆ ที่วัดได้และนำไปประมวลผลต่อโดย ESP32 และส่งค่าที่ได้ทั้งหมดไปยังเซิร์ฟเวอร์ แล้วส่งไปเก็บเป็นฐานข้อมูล เพื่อแสดงผลผ่านหน้าเว็บ

ถ้าค่าของเซนเซอร์ที่ติดไว้ตามจุดต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกบ้านมีค่าเกินที่กำหนดไว้ จะมีการแจ้งเตือนเข้าโทรศัพท์มือถือของเจ้าของบ้าน เพื่อให้ทราบและมีวิธีจัดการแก้ไขกับสถานการณ์นั้น ๆ

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

ABSTRACT

Nowadays, the internet has become an important and important role in our daily life in many ways. Both education, commerce, entertainment and others can be concluded that the internet is important in the application of modern information technology, communication is convenient and fast. INTERNET OF THINGS (IOT) is a network of electronic devices that can be accessed by the internet. Able to command various functions through various devices. This thesis purpose to meet the needs of people who want to know the values from various sensors. It is measured and processed by the ESP32 and sent all the values to the server. Then sent to store as a database to display results through web pages.

If the mounted sensors at various points, both inside and outside the house, have the value exceed the limit. The system will notify the homeowner via mobile phone to resolve the situation.

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

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

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		I
บทคัดย่อ		II
สารบัญ		IV
สารบัญรูป		VII
สารบัญตาราง		XIII
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง**	**4**
	2.1 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว	4
	2.2 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	8
	2.3 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดความเข้มแสง	11
	2.4 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับเสียง	16
	2.5 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM2.5	18
	2.6 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดความกดอากาศ	22
	2.7 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับควัน	25
	2.8 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจเปลวไฟ	26
	2.9 เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย	29
	2.10 โครงสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย	31
	2.11 การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์	33

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

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3	**การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์**	**40**
	3.1 การออกแบบ	40
	3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	67
	3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	84
บทที่ 4	**ผลการทดลอง**	**85**
	4.1 ผลการทดลองอุปกรณ์ส่วนวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	85
	4.2 ผลการทดลองอุปกรณ์ส่วนตรวจจับความเคลื่อนไหว	85
	4.3 ผลการทดลองอุปกรณ์ส่วนวัดค่าความสว่างของแสง	87
	4.4 ผลการทดลองอุปกรณ์ส่วนวัดค่าฝุ่นละออง	88
	4.5 ผลการทดลองอุปกรณ์ส่วนตรวจจับเสียง	89
	4.6 ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์วัดความกดอากาศ	91
	4.7 ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์ตรวจจับควัน	92
	4.8 ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์ตรวจจับเปลวไฟ	94
	4.9 ผลการทดลอง MESH NETWORK ของเซนเซอร์แต่ละโหนด (MESH WIFI : PAINLESSMESH)	95
	4.10 ผลการทดสอบสร้าง WEB APPLICATION ที่มีการแสดงผลข้อมูลที่ได้รับจาก SENSOR NODE ออกมาผ่านตาราง	103
	4.11 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนผ่าน LINE NOTIFY	108
บทที่ 5	**สรุปผลและข้อเสนอแนะ**	**110**
	5.1 สรุปผล	110
	5.2 ข้อเสนอแนะ	111
บรรณานุกรม		**112**

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

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
ภาคผนวก ก	คำสั่ง SENSOR NODE 1	120
ภาคผนวก ข	คำสั่ง SENSOR NODE 2	134
ภาคผนวก ค	คำสั่ง SENSOR NODE 3	147
ภาคผนวก ง	คำสั่ง SENSOR NODE 4	160
ภาคผนวก จ	คำสั่งส่วน WEB APPLICATION (ระบบ LOGIN REGISTER)	173
ภาคผนวก ฉ	คำสั่งส่วน LINE NOTIFY	182

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

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

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

1.1 ภาพรวมการทำงานของเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย 3
2.1 ลักษณะของโมดูลเซนเซอร์จับความเคลื่อนไหว รุ่น HC-SR501 6
2.2 แผนวงจรของเซนเซอร์จับความเคลื่อนไหว VISUAL STUDIO CODE 6
2.3 ขาพินแต่ละขาของเซนเซอร์จับความเคลื่อนไหว 7
2.4 ลักษณะของเซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ รุ่น DHT22 8
2.5 แผนวงจรของเซนเซอร์ความชื้นและอุณหภูมิ 9
2.6 ขาพินแต่ละขาของเซนเซอร์ความชื้นและอุณหภูมิ 9
2.7 หลักการทำงานเซนเซอร์ DHT22 10
2.8 การส่ง บิต 0 ของ DHT22 10
2.9 การส่ง บิต 1 ของ DHT22 11
2.10 ลักษณะของโมดูลเซนเซอร์วัดความเข้มแสง รุ่น LM393 12
2.11 แผนวงจรของเซนเซอร์วัดความเข้มแสง 13
2.12 ขาพินแต่ละขาของเซนเซอร์วัดความเข้มแสง 13
2.13 ลักษณะโครงสร้าง และรูปร่างของตัวต้านทานไวแสง 15
2.14 ลักษณะของเซนเซอร์วัดค่าเสียง 16
2.15 แผนวงจรของเซนเซอร์วัดค่าเสียง 17
2.16 ลักษณะของเซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM 2.5 รุ่น GP2Y1010AU0F 19
2.17 แผนวงจรของเซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM 2.5 19
2.18 ขาพินแต่ละขาของเซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM 2.5 19
2.19 ฟังก์ชันการทำงานของแต่ละขาของเซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM 2.5 20
2.20 การต่อใช้งาน BME280 ร่วมกับ ESP32 24
2.21 ลักษณะของเซนเซอร์วัดความกดอากาศ 24
2.22 แผนวงจรของเซนเซอร์วัดความกดอากาศ 24
2.23 ลักษณะของเซนเซอร์ตรวจจับควัน 26

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

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

2.24	แผงวงจรของเซนเซอร์ตรวจจับควัน	26
2.25	ลักษณะของเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ	27
2.26	แผงวงจรของเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ	27
2.27	ขาพินแต่ละขาของเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ	28
2.28	BLOCK DIAGRAM ของโหนดเซนเซอร์ไร้สาย	29
2.29	ส่วนด้านซ้าย SINGLE-SINK WSN ส่วนด้านขวา MULTI-SINK	31
2.30	เครือข่ายแบบ STAR TOPOLOGY	32
2.31	เครือข่ายแบบ MESH TOPOLOGY	33
2.32	การเชื่อมต่อไร้สายแบบ MESH WIFI	33
2.33	ลักษณะการการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I2C BUS	35
2.34	TIMING DIAGRAM การส่งข้อมูลแบบ I2C BUS	36
2.35	I2C BUS CONTROL BYTE	37
2.36	I2C BUS START CONDITION และ STOP CONDITION	37
2.37	หลักการทำงานของ MQTT	38
3.1	บล็อกไดอะแกรมภาพรวมของปริญญานิพนธ์	40
3.2	ลักษณะการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ DHT 22 กับ ESP32	41
3.3	แผนภาพการทำงานของส่วนวัดอุณหภูมิและความชื้น	42
3.4	ลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM 2.5 (รุ่น GP2Y1010AU0F)	43
	กับ ESP32	47
3.5	แผนภาพการทำงานของส่วนวัดฝุ่นละอองในอากาศ	43
3.6	ลักษณะการเชื่อมต่อ LDR SENSOR PHOTORESISTOR MODULE กับ ESP32	44
3.7	แผนภาพการทำงานของโมดูลวัดแสง	45

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

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

3.8 ลักษณะการเชื่อมต่อ MOTION SENSOR DETECTOR (HC-SR501) กับ ESP32 46

3.9 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว 47

3.10 ลักษณะการเชื่อมต่อ HIGH SENSITIVE SOUND MICROPHONE SENSOR MODULE กับ ESP32 48

3.11 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับเสียง 49

3.12 ลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิ (BME280) กับ ESP32 50

3.13 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิ 51

3.14 ลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์ตรวจจับควัน (MQ2) กับ ESP32 52

3.15 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับควัน 53

3.16 ลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ (INFRARED IR FLAME) กับ ESP32 54

3.17 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ 55

3.18 ลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดในโหนดที่หนึ่ง กับ ESP32 56

3.19 ลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในโหนดที่สอง กับ ESP32 56

3.20 ลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดในโหนดที่สาม กับ ESP32 57

3.21 ลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดในโหนดที่สี่ กับ ESP32 58

3.22 ด้านบนของการออกแบบกล่องบรรจุ ESP32 DOIT DEVKIT V1 59

3.23 ด้านข้างของการออกแบบกล่องบรรจุ ESP32 DOIT DEVKIT V1 59

3.24 ฝาของการออกแบบกล่องบรรจุ ESP32 DOIT DEVKIT V1 60

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

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

3.25 ด้านหน้าของการออกแบบกล่องบรรจุเซนเซอร์ 61
3.26 ด้านบนของการออกแบบกล่องบรรจุเซนเซอร์ 61
3.27 ด้านข้างของการออกแบบกล่องบรรจุเซนเซอร์ 62
3.28 ฝาของการออกแบบกล่องบรรจุเซนเซอร์ 62
3.29 กล่องบรรจุภัณฑ์จริง 63
3.30 หน้า HOME PAGE ของ WEB APPLICATION 64
3.31 หน้า REGISTER ของ WEB APPLICATION 65
3.32 ตารางฐานข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลการลงทะเบียน 65
3.33 หน้า LOG IN ของ WEB APPLICATION 66
3.34 หน้า SENSOR NODE ของ WEB APPLICATION 66
3.35 FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM 69
3.36 ESP32 (DEVKIT) 69
3.37 ตำแหน่งขาบนบอร์ด ESP32 (DEVKIT) 70
3.38 สายแพหรือสายจัมเปอร์ 71
3.39 LIQUID CRYSTAL DISPLAY (ขนาด16×2 I2C) 72
3.40 ตำแหน่งขา จอ LCD ขนาด 16X2 73
3.41 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม ARDUINO IDE 75
3.42 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม TINKERCAD [36] 76
3.43 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม VISUAL STUDIO CODE 77
3.44 XAMPP CONTROL PANEL 78
3.45 สัญลักษณของ MYSQL 79
4.1 ค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้ 85
4.2 รูปแสดงว่ามีการตรวจจับการเคลื่อนไหว 86
4.3 รูปแสดงว่าไม่มีการตรวจจับการเคลื่อนไหว 86

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

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.4 แสดงผลสถานะด้วยข้อความ 87
4.5 แสดงการเชื่อมต่อ LDR SENSOR กับ ESP32 87
4.6 ค่าความสว่างของแสงที่ได้ 88
4.7 แสดงการเชื่อมต่อ GP2Y1010AU0F กับ ESP32 88
4.8 ค่าปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 89
4.9 รูปแสดงว่ามีค่าเสียงที่เงียบ 90
4.10 รูปแสดงว่ามีค่าเสียงที่ดัง 90
4.11 แสดงวิธีการเชื่อมต่อ BME280 กับ ESP32 91
4.12 ผลการทดลองผ่าน SERIAL MONITOR (BME280) 92
4.13 แสดงวิธีการเชื่อมต่อ MQ-2 SMOKE GAS SENSOR กับ ESP32 93
4.14 ผลการทดลองผ่าน SERIAL MONITOR (MQ-2 SMOLE GAS) 93
4.15 แสดงวิธีการเชื่อมต่อ INFRARED IR FLAME DETECTOR SENSOR MODULE กับ ESP32 94
4.16 ผลการทดลองผ่าน SERIAL MONITOR (INFRARED IR FLAME) 94
4.17 โหนดที่ 1 แสดงการรับส่งข้อมูลของโหนดที่ 2 95
4.18 แสดงข้อมูลจากโหนดที่ 2 , 3 และ 4 96
4.19 SERIAL MONITOR ของโหนดที่ 1 แสดงการรับส่งข้อมูลของโหนดอื่น 96
4.20 โหนดที่ 2 แสดงการรับส่งข้อมูลของโหนดที่ 3 97
4.21 แสดงข้อมูลจากโหนดที่ 1 , 3 และ 4 98
4.22 SERIAL MONITOR ของโหนดที่ 2 แสดงการรับส่งข้อมูลของโหนดอื่น 98
4.23 โหนดที่ 3 แสดงการรับส่งข้อมูลของโหนดที่ 2 99
4.24 แสดงข้อมูลจากโหนดที่ 1 , 2 และ 4 100
4.25 SERIAL MONITOR ของโหนดที่ 3 แสดงการรับส่งข้อมูลของโหนดอื่น 100
4.26 โหนดที่ 4 แสดงการรับส่งข้อมูลของโหนดอื่น 101
4.27 แสดงข้อมูลจากโหนดที่ 1 , 2 และ 3 102

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

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.28 SERIAL MONITOR ของโหนดที่ 4 แสดงการรับส่งข้อมูลของโหนดอื่น 102
4.29 ผลจากการเรียกใช้โปรแกรม เมื่อเปิดใช้งานโปรแกรม MOSQUITTO MQTT 103
4.30 แพ็คเก็ตข้อมูลถูก PUBLISH ออกไปยัง MQTT BROKER 104
4.31 หน้าต่าง HOME PAGE ของ WEB APPLICATION 104
4.32 หน้าต่าง SIGN UP บน WEB APPLICATION 105
4.33 หน้าต่าง LOGIN บน WEB APPLICATION 106
4.34 หน้าต่าง SENSOR NODE บน WEB APPLICATION 106
4.35 หน้าต่าง SENSOR NODE 1 บน WEB APPLICATION 107
4.36 หน้าต่าง SENSOR NODE 2 บน WEB APPLICATION 107
4.37 หน้าต่าง SENSOR NODE 3 บน WEB APPLICATION 108
4.38 หน้าต่าง SENSOR NODE 4 บน WEB APPLICATION 108
4.39 หน้าต่างการแจ้งเตือนผ่าน LINE GROUP 109

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

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

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1	เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย	21
2.2	ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ	21
2.3	สรุปการเปรียบเทียบมาตรฐาน WI-FI	34
3.1	ฟังก์ชันการทำงานของแต่ละขาของ จอ LCD ขนาด 16X2	73

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

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอินเตอร์เน็ตได้เข้ามามีบทบาทและความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนเราในหลาย ๆ ด้าน ทั้งด้านการศึกษา การพาณิชย์ ความบันเทิงและอื่นๆ ยกตัวอย่างด้านการศึกษา เช่น สามารถใช้เป็นแหล่งค้นคว้าหาข้อมูลเสมือนเป็นห้องสมุดออนไลน์ สามารถทำการเรียนการสอนผ่านระบบอินเตอร์เน็ตได้ เป็นต้น ด้านการพาณิชย์ เช่น สามารถซื้อขายสินค้าหรือทำการตลาดการโฆษณาผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ด้านความบันเทิง เช่น การเล่นเกมออนไลน์ นอกจากที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ในระบบอินเตอร์เน็ตยังมีบริการอื่นๆ อีกมากมาย พอจะสรุปได้ว่า อินเตอร์เน็ตมีความสำคัญ ในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ทันสมัย การติดต่อสื่อสารที่สะดวกและรวดเร็ว

IOT เรียกอีกอย่างนึงว่า "INTERNET OF THINGS" เป็นเครือข่ายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่มีความสามารถเข้าถึงกันได้ด้วย อินเตอร์เน็ต (Internet) สามารถสั่งการทำงานต่าง ๆ ผ่านอุปกรณ์ได้ เช่น สั่งเปิด-ปิดประตู สั่งเปิด-ปิดไฟ เครื่องใช้ต่าง ๆ ภายในบ้าน ผ่านโทรศัพท์มือถือได้ เป็นต้น สามารถนำ IOT (Internet of things) มาใช้เพื่อความสะดวกสบายได้ เช่น สามารถวัดอุณหภูมิ วัดฝุ่นละออง ตรวจการเคลื่อนไหวในบ้านได้ โดยสั่งการผ่านโทรศัพท์ของตนเองเท่านั้น

จากบริบทดังกล่าวจึงจัดทำปริญญานิพนธ์นี้มาเพื่อตอบสนองความต้องการของคนที่อยากทราบค่าจากเซนเซอร์ จากจุดต่าง ๆ จากนั้นนำค่าที่วัดได้ไปใช้และประมวลผลต่อโดย ESP32 เป็นหน่วยประมวลผลหลัก ก่อนจะส่งค่าที่ได้ทั้งหมดไปยังเซิร์ฟเวอร์ แล้วนำค่าทั้งหมดส่งไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูลเพื่อแสดงผลผ่านหน้าเว็บ หากเซนเซอร์ที่ติดตั้งตามจุดต่าง ๆ ทั้งในและนอกบ้านมีค่าเกินที่กำหนดไว้ ระบบจะแจ้งให้เจ้าของบ้านทราบทางโทรศัพท์มือถือเพื่อแก้ไขสถานการณ์

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

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของ WIFI
2. เพื่อศึกษาการรับส่งข้อมูลโครงข่ายแบบ Mesh Topology
3. เพื่อวัดค่าต่าง ๆ จากเซนเซอร์แต่ละตัวแล้วแสดงผลขึ้น Web Application
4. เพื่อต้องการทราบค่าจากเซนเซอร์ต่าง ๆ ว่าเหมาะสมกับความต้องการหรือไม่
5. มีการแจ้งเตือนค่าของเซนเซอร์เกินค่าที่กำหนดไว้หรือไม่ ให้กับผู้ใช้งานได้ทราบเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน

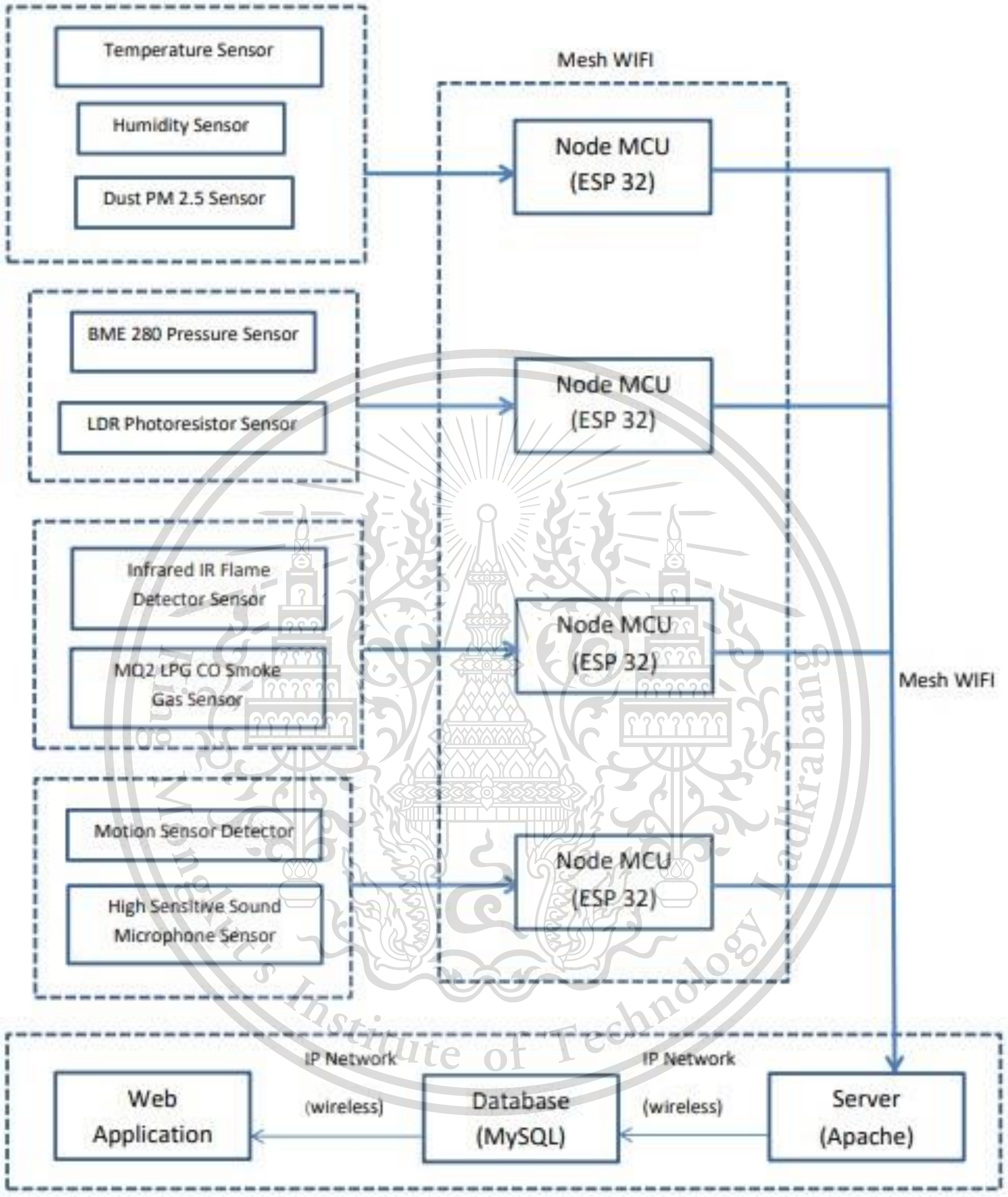
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย มีหลักการทำงานดัง รูปที่ 1.1 ภาพรวมการทำงานของเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายมีขอบเขตของปริญญานิพนธ์ดังนี้

1) ระบบสามารถทำงานโดยใช้การเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลผ่านทางเทคโนโลยีไร้สาย
2) ระบบสามารถส่งข้อมูลระหว่างโหนดแต่ละโหนดได้
3) ระบบสามารถแสดงค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ผ่าน Web Application
4) ทำการแจ้งเตือนความปลอดภัยภายในและภายนอกบ้าน

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

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



รูปที่ 1.1 ภาพรวมการทำงานของเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

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

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

การทำโครงงานนี้จะศึกษาหลักการทำงานของโครงข่ายเมชเซนเซอร์ไร้สาย และหลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ให้เข้าใจอย่างละเอียดก่อนที่จะประกอบส่วนต่างเข้าด้วยกัน อุปกรณ์ที่สำคัญของโครงงานนี้คือ บอร์ด ESP32 และเซนเซอร์ต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วย เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว, เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์, เซนเซอร์วัดความเข้มแสง, เซนเซอร์ตรวจจับเสียง, เซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM2.5, เซนเซอร์วัดความกดอากาศ, เซนเซอร์ตรวจจับควัน และเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ

หลังจากที่ได้รับค่าต่าง ๆ จากเซนเซอร์มาแล้ว มีการวางระบบให้มีการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ไปยัง ESP32 เพื่อส่งข้อมูลไปยัง Server และสร้าง Database เพื่อนำข้อมูลไปเก็บไว้ แล้วดึงข้อมูลมาแสดงผลบน Web Application เพื่อความสะดวกต่อผู้ใช้งาน และเขียนโปรแกรมการแจ้งเตือนค่าเซนเซอร์ให้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ต้องมีการวิเคราะห์และหาข้อมูลในส่วน ๆ นั้น เพื่อเป็นข้อมูลที่จะนำไปทำโครงงานและพัฒนาต่อ

2.1 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว

HC-SR501 เป็นโมดูลเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวที่ทำงานแบบ Passive โดยใช้หลักการ Pyroelectric จะทำการตรวจจับรังสีอินฟาเรด ซึ่งรังสีอินฟาเรดนี้จะเกิดจากการแผ่ความร้อนจากตัวของสิ่งมีชีวิต เมื่อมีสิ่งมีชีวิตผ่านหน้าเซนเซอร์ตัวนี้จะถูกจับรังสีอินฟาเรดได้และถูกส่งไปยังวงจรขยายสัญญาณให้มีความเข้มพอที่จะส่งออกไป [1] ลักษณะของโมดูลเซนเซอร์จับความเคลื่อนไหว รุ่น HC-SR501 แสดงดังรูปที่ 2.1 และแผนวงจรของเซนเซอร์เป็นไปตามรูปที่ 2.2

2.1.1 คุณสมบัติมีดังนี้

1) แรงดันไฟฟ้า: 5V - 20V

2) การใช้พลังงาน: 65 mA

3) เอาต์พุต TTL: 3.3V, 0V

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

4) เวลาล่าช้า: ปรับได้ (3 -> 5 นาที)

5) เวลาล็อค: 0.2 วินาที

6) วิธีการทริกเกอร์: L - ปิดใช้งานทริกเกอร์ซ้ำ H เปิดใช้งานทริกเกอร์ซ้ำ

7) ช่วงการตรวจจับ: น้อยกว่า 120 องศา ภายใน 7 เมตร

8) อุณหภูมิ: - 15 ~ +70 องศาเซลเซียส

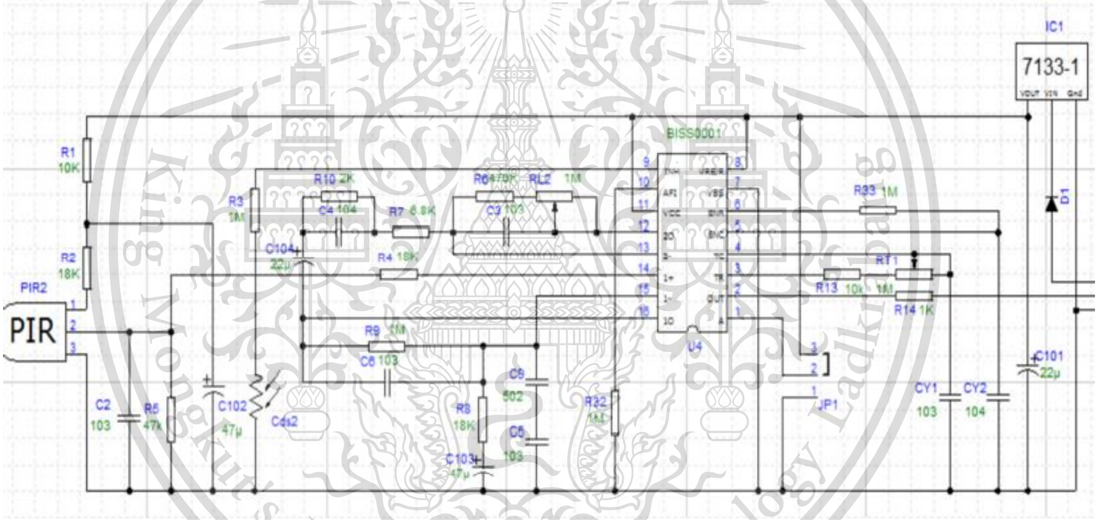
การปรับ Time Delay เป็นการปรับระยะเวลาการหน่วงของสัญญาณ Output เช่น หากมีคนเดินผ่านแล้วได้ทำการบิดไว้ต่ำสุด สัญญาณ Output จะค้างอยู่ 3 วินาที เป็นต้น ซึ่งสามารถปรับตั้งได้ตั้งแต่ 3 วินาที ถึง 5 นาที สามารถปรับค่าตรงนี้ได้โดยการปรับตัวต้านทานทางด้านซ้ายมือ เมื่อหันด้านตัวต้านทานเข้าหาตัว บิดทวนเข็มนาฬิกาจะเป็นการลดค่า บิดสุดคือหน่วงเวลา 3 วินาที บิดตามเข็มนาฬิกาจะเป็นการเพิ่มค่า บิดสุดคือหน่วงเวลา 5 นาที

การปรับระยะตรวจจับ เป็นการปรับระยะสูงสุดในการตรวจจับของเซนเซอร์ เช่น หากปรับไว้สูงสุด ตัวเซนเซอร์จะตรวจจับได้ระยะสูงสุดที่ 7 เมตร สิ่งมีชีวิตที่เดินผ่านตั้งแต่หน้าเซนเซอร์ ถึงระยะ 7 เมตรห่างจากเซนเซอร์จะถูกตรวจจับ) ซึ่งสามารถปรับได้ตั้งแต่ 3 ถึง 7 เมตร โดยปรับได้ด้วยการปรับตัวต้านทานทางด้านขวา เมื่อหันด้านตัวต้านทานเข้าหาตัว บิดทวนเข็มนาฬิกาจะเป็นการลดระยะ (บิดสุดคือตรวจจับไกลสุดที่ 3 เมตร) บิดตามเข็มนาฬิกาจะเป็นการเพิ่มระยะ (บิดสุดคือตรวจจับไกลสุดที่ 7 เมตร)

การปรับ Trigger Mode เป็นการปรับโหมดของ Output โดยแบบ Single นั้นจะเป็นการส่งสัญญาณแค่ครั้งเดียว เช่น สมมติปรับ Time Delay 5 วินาที เมื่อมีคนผ่านสัญญาณ Output จะเป็น HIGH 5 วินาที หากในระยะ 5 วินาทีนั้นมีคนเดินผ่านตัวโมดูลก็จะไม่สนใจ แต่ในกรณีนี้หากปรับเป็น Repeat สัญญาณ Output ก็จะยืดเวลาออกไปอีก 5 วินาทีจากตอนนั้น เป็นต้น ในการตั้ง Trigger Mode นี้ จะมี Jumper Pin เมื่อจั๊มขากลางกับขาที่อยู่ริม (ด้านเดียวกับตัวต้านทานและจะมีตัว L) เป็น Single Trigger แต่หากจั๊มขากลางกับขาอีกด้านจะเป็น Repeat Trigger

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

รูปที่ 2.1 ลักษณะของโมดูลเซนเซอร์จับความเคลื่อนไหว รุ่น HC-SR501



รูปที่ 2.2 แผนวงจรของเซนเซอร์จับความเคลื่อนไหว [2]

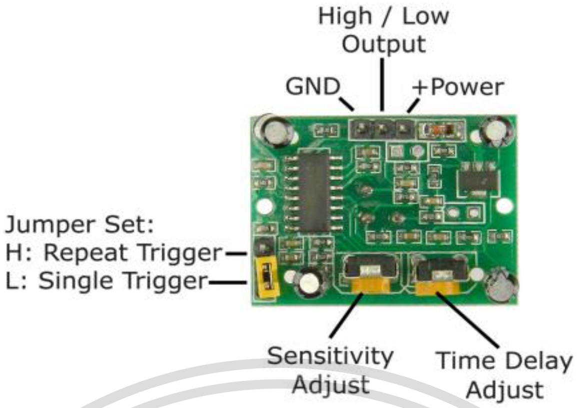
2.1.2 กำหนดขาพินเป็นไปตามรูปที่ 2.3 ดังนี้

1) GND

2) Output

3) VCC

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



รูปที่ 2.3 ขาพินแต่ละขาของเซนเซอร์จับความเคลื่อนไหว

2.1.3 ข้อควรระมัดระวังในการใช้อุปกรณ์

1) โมดูลเซนเซอร์จะเปิดเครื่องหลังจากผ่านไปหนึ่งนาทีในช่วงเวลาการเริ่มต้นระหว่างโมดูลนี้จะส่งออก 0 ถึง 3 ครั้งหนึ่งนาทีต่อมาจะเข้าสู่สถานะสแตนด์บาย

2) ควรพยายามหลีกเลี่ยงแสงไฟและแหล่งที่มาของสัญญาณรบกวนอื่น ๆ ให้ปิดผิวโมดูลโดยตรงของเลนส์เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดความผิดปกติของสัญญาณรบกวน สภาพแวดล้อมควรหลีกเลี่ยงการไหลของลม ลมจะทำให้เกิดการรบกวนบนเซนเซอร์

3) เมื่อร่างกายมนุษย์จากซ้ายไปขวาหรือขวาไปซ้ายผ่านสเปกตรัมอินฟราเรดเพื่อไปถึงเวลาคู่ความแตกต่างของระยะทาง ยิ่งความแตกต่างมากเท่าไหร่เซนเซอร์ก็ยิ่งมีความไวมากขึ้นเท่านั้น

4) ควรติดตั้งเซนเซอร์สองทิศทางแบบขนานให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในแนวเดียวกับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ เพื่อเพิ่มช่วงมุมเซนเซอร์โมดูลที่ใช้เลนส์ทรงกลมยังทำให้หัววัดล้อมรอบการเหนี่ยวนำ แต่ด้านซ้ายและด้านขวายังคงขึ้นและลงในช่วงการตรวจจับ ทั้งสองทิศทางความไวยังคงต้องพยายามติดตั้งข้อกำหนดข้างต้น

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

2.2 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

DHT22 (Digital Humidity and Temperature Sensor) เป็นเซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านระบบสมองกลฝังตัวได้หลากหลาย เช่น การวัดรวมทั้งควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ระบบบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้นในห้อง เป็นต้น

DHT22 จะใช้ขาสัญญาณดิจิทัลเพียงเส้นเดียว (one wire bus) ในการเชื่อมต่อแบบบิตอนุกรมสองทิศทาง (serial data, bi-directional) โดยนำมาเชื่อมต่อกับขา Arduino เพื่ออ่านค่าจากเซนเซอร์

มีเอาต์พุตสัญญาณดิจิตอลที่ปรับเทียบแล้ว ใช้เทคนิคการรวบรวมสัญญาณดิจิตอลและเทคโนโลยีการตรวจจับความชื้นโดยเฉพาะ องค์ประกอบการตรวจจับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ชิปเดี่ยว 8 บิต ลักษณะของเซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ รุ่น DHT22 แสดงดังรูปที่ 2.4 และแผนวงจรของเซนเซอร์เป็นไปตามรูปที่ 2.5 ดังนี้

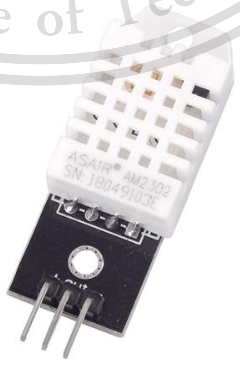
2.2.1 คุณสมบัติมีดังนี้ [3]

1) ใช้แรงดันไฟเลี้ยงได้ในช่วง: 3.3V ถึง 5.5V

2) วัดอุณหภูมิได้ในช่วง: -40 to 80 °C (±0.5 °C accuracy)

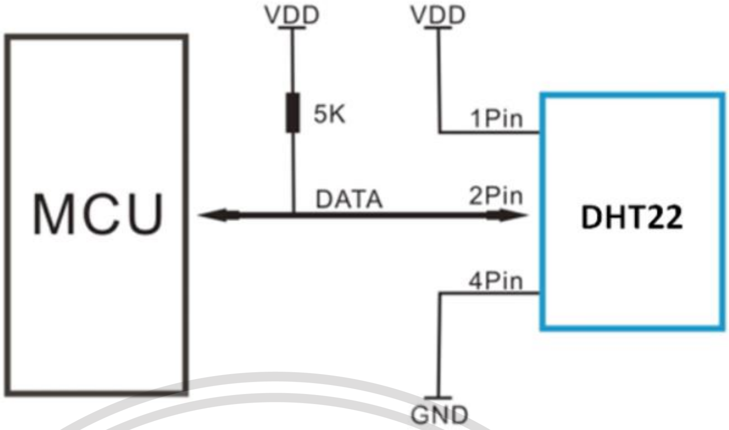
3) วัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ในช่วง: 0 – 100 RH% (2 – 5% accuracy)

4) อัตราการวัดสูงสุด: 0.5Hz



รูปที่ 2.4 ลักษณะของเซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ รุ่น DHT22

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



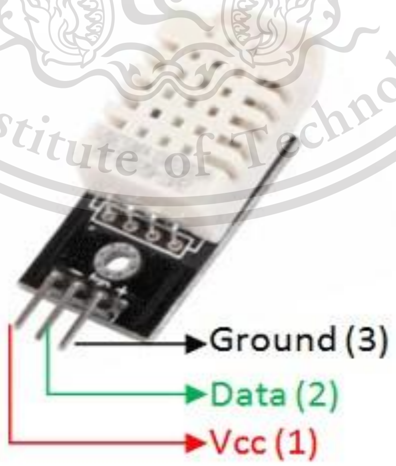
รูปที่ 2.5 แผนวงจรของเซนเซอร์ความชื้นและอุณหภูมิ

2.2.2 การกำหนดขาพินเป็นไปตามรูปที่ 2.6 ดังนี้

1) VCC

2) Data

3) GND

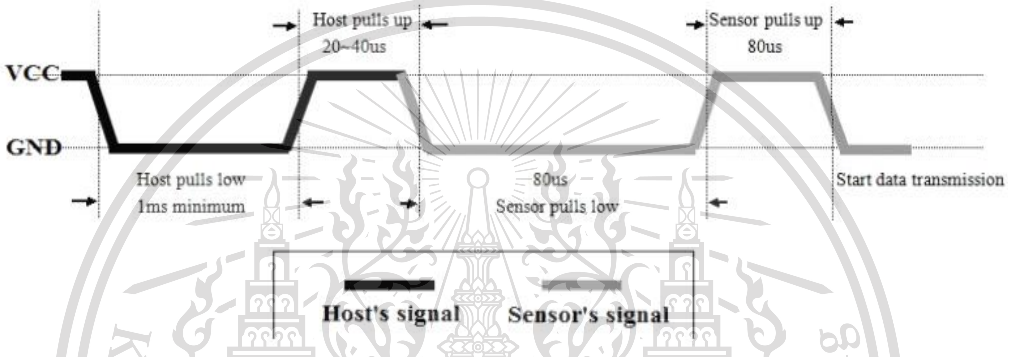


รูปที่ 2.6 ขาพินแต่ละขาของเซนเซอร์ความชื้นและอุณหภูมิ

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

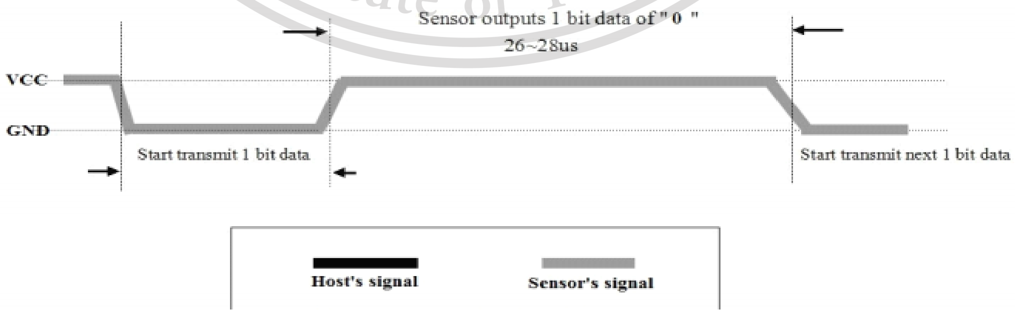
2.2.3 หลักการทำงานของ DHT22

1) เริ่มจาก MCU จะส่งสัญญาณ pull down voltage ไปยัง DHT 22 โดยจะใช้เวลาอย่างต่ำ 1 ms และ MCU จะ pull up voltage เพื่อรอการตอบสนองจาก DHT22 ประมาณ 20-40 us หลังจากนั้น DHT22 จะส่งสัญญาณ pull down voltage เวลา 80 us เป็นการตอบสนองไปยัง MCU แล้ว DHT22 ก็จะ pull up voltage เพื่อเตรียมส่งข้อมูล โดยในการส่งข้อมูลแต่ละบิต DHT22 จะมีการ pull down voltage 50 us ดังรูปที่ 2.7



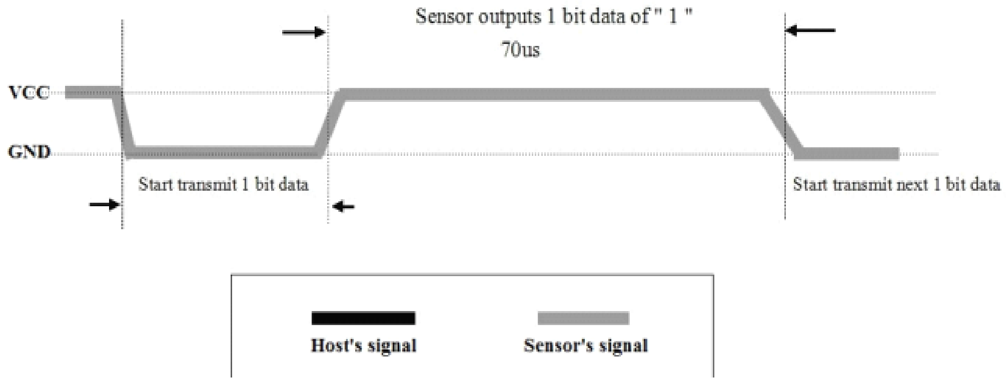
รูปที่ 2.7 หลักการทำงานเซนเซอร์ DHT22

2) หลังจาก DHT มีการ pull down voltage 50 us เพื่อเป็นการบอก MCU ว่าจะส่งข้อมูล 1 บิต โดยการส่งบิตค่า “0” DHT22 จะทำการส่งสัญญาณ pull up voltage 26-28 us และ ส่งบิตค่า “1” DHT จะทำการส่งสัญญาณ pull up voltage 70 us ดังรูปที่ 2.8 และรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.8 การส่ง บิต 0 ของ DHT22

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



รูปที่ 2.9 การส่ง บิต 1 ของ DHT22 [4]

อุณหภูมิ คืออุณหภูมิคือคุณสมบัติทางกายภาพของสสารที่แสดงปริมาณทางความร้อนและความเย็น หรือระดับของความร้อนหรือความเย็นของวัตถุ อุณหภูมิเป็นคุณลักษณะทางกายภาพ อุณหภูมิวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์ โดยหน่วยการวัดอุณหภูมิมีหลายหน่วยแต่ที่นิยมใช้มากที่สุดคือองศาเซลเซียส (° C) และฟาเรนไฮต์ (° F) และเคลวิน (K) [5]

ความชื้นอากาศ คือความชื้นอากาศคือปริมาณไอน้ำที่ปะปนอยู่ในอากาศได้มาจากแหล่งการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆบนโลก การคายน้ำของพืช ตลอดจน การหายใจของสัตว์ ทำให้เกิดไอน้ำซึ่งทำให้มองไม่เห็นเนื่องจากมีสถานะเป็นแก๊สล่องลอยอยู่ทั่วไปในอากาศ อากาศทุกหนทุกแห่งมีไอน้ำแทรกตัวปะปนอยู่ แต่อาจมีปริมาณมากน้อยต่างกัน [6]

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) คือสัดส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศขณะนั้นต่อปริมาณไอน้ำอิ่มตัว (ปริมาณไอน้ำสูงสุดที่อากาศจะสามารถรับไว้ได้ ที่อุณหภูมิและปริมาตรของอากาศเดียวกัน) โดยทั่วไปแล้วนิยมที่จะแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์เป็นร้อยละหรือเปอร์เซนต์ [7]

2.3 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดความเข้มแสง

เซนเซอร์วัดความเข้มแสง มีความไวต่อความเข้มของแสงในสิ่งแวดล้อมมากที่สุด โดยทั่วไปจะใช้สำหรับตรวจจับความสว่างและความเข้มของสภาพแวดล้อมโดยรอบ หากไม่มี ความเข้มของแสงจะไม่ถึงเกณฑ์ที่ส่งผลให้เอาต์พุตระดับต่ำ แต่เมื่อความเข้มของแสงสภาพแวดล้อม

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

ภายนอกเกินเกณฑ์ที่ตั้งไว้จะส่งผลให้เอาต์พุตระดับสูงจะเชื่อมต่อโดยตรงกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับระดับแสง จึงตรวจจับการเปลี่ยนแปลงความเข้มของสิ่งแวดล้อม เอาต์พุตอะนาล็อคขนาดเล็กผ่านการแปลง A/D สามารถรับค่าตัวเลขของความเข้มแสงสิ่งแวดล้อมได้แม่นยำยิ่งขึ้นได้ [8] ลักษณะของโมดูลเซนเซอร์วัดความเข้มแสง รุ่น LM393 แสดงดังรูปที่ 2.10 และแผนวงจรของเซนเซอร์เป็นไปตามรูปที่ 2.11 ดังนี้

2.3.1 คุณสมบัติมีดังนี้

1) แรงดันไฟฟ้าขาเข้า : 3.3V-5V

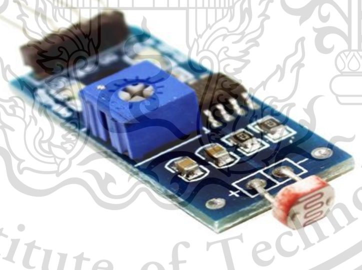
2) เอาต์พุต : รูปแบบแรงดันไฟฟ้าอนาล็อกรูปแบบการสลับแบบดิจิทัล

3) ชิปหลัก : เซนเซอร์ LM393 เซนเซอร์แสง

4) เอาต์พุตเชื่อมต่อโดยตรงกับพอร์ต I / O ของไมโครคอนโทรลเลอร์

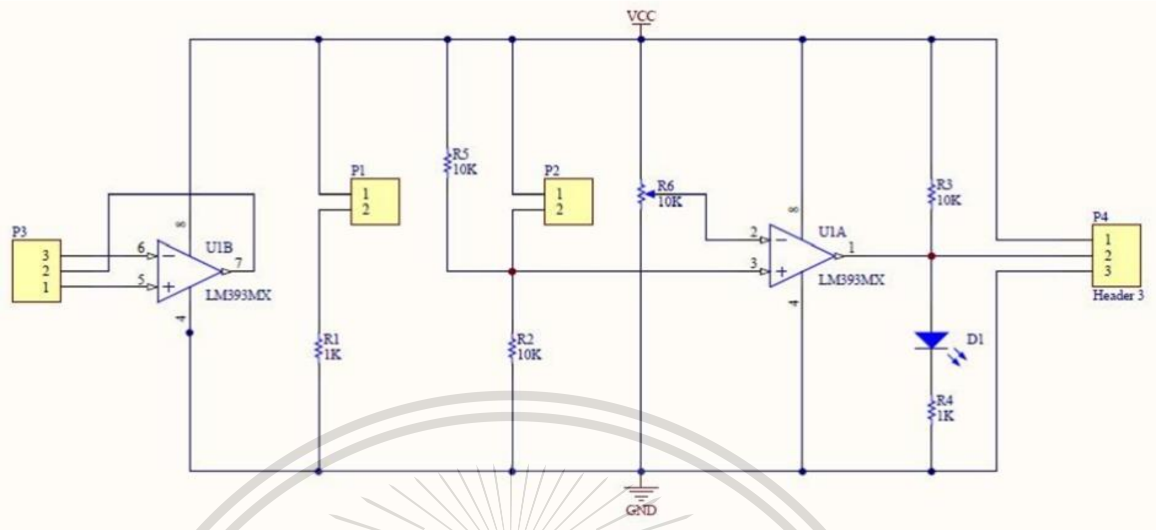
5) สามารถปรับความไวของการตรวจจับสัญญาณได้

6) ไฟแสดงสถานะ(แดง) และไฟแสดงสถานะเอาต์พุตสวิตช์ดิจิตอล(เขียว)



รูปที่ 2.10 ลักษณะของโมดูลเซนเซอร์วัดความเข้มแสง รุ่น LM393

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



รูปที่ 2.11 แผนวงจรของเซนเซอร์วัดความเข้มแสง

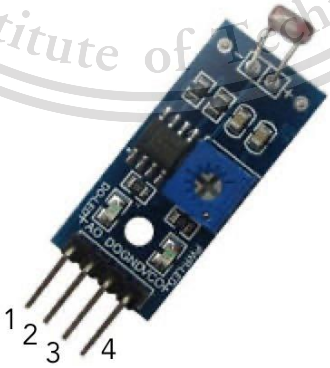
2.3.2 การกำหนดขาพินเป็นไปตามรูปที่ 2.12 ดังนี้

1) AO

2) DO

3) GND

4) VCC



รูปที่ 2.12 ขาพินแต่ละขาของเซนเซอร์วัดความเข้มแสง

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

แสงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งและมีพลังงานการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามนุษย์มองเห็น หรือบางครั้งอาจรวมถึงการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่รังสีอินฟราเรดถึงรังสีอัลตราไวโอเลต

แสงเป็นคลื่น หมายความว่า แสง คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยที่ระนาบการสั่นของสนามแม่เหล็กตั้งฉากกับระนาบการสั่นของสนามไฟฟ้า และตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น อีกทั้งยังมีคุณสมบัติสมบัติในการการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน

แสงเป็นอนุภาค หมายความว่า แสง เป็นก้อนพลังงานที่มีค่าพลังงานคือ $E = hf$ โดยที่ h คือค่าคงตัวของพลังค์ และ f คือความถี่ของแสง เรียกอนุภาคแสงว่าโฟตอน [23]

ลักซ์ : ลักซ์ (สัญลักษณ์ lux, lx) เป็นหน่วยการส่องสว่างระบบ SI โดยวัดจากความสว่างของแสง และการเปล่งแสง ซึ่งมีหน่วยเป็นลูเมนต่อหน่วยพื้นที่ โดยพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางเมตร ความสว่างบนพื้นที่หาได้จาก [9]

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{A}} \qquad (1)$$

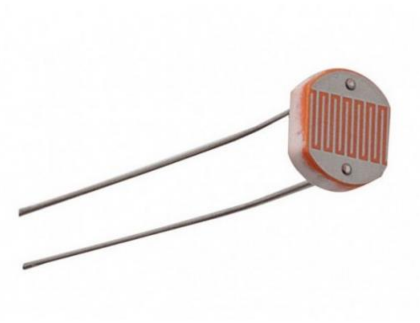
โดยที่ E เป็นความส่องสว่างของแสง (lux, lx)

F เป็นฟลักซ์ส่องสว่าง (lumen : lm)

A เป็นพื้นที่รับแสง (m^2)

ตัวต้านทานไวแสง (LDR) เป็นตัวต้านทานที่ค่าความต้านทาน จะเปลี่ยนไปตามความเข้มของแสงที่ตกกระทบลงบนตัวต้านทาน สร้างมาจากสารประเภทกึ่งตัวนำเอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบไว้ออกมาใช้งานลักษณะโครงสร้างของลักษณะของตัวต้านทานไวแสงแสดงดังรูปที่ 2.13

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



รูปที่ 2.13 ลักษณะโครงสร้าง และรูปร่างของตัวต้านทานไวแสง

การวัดความเข้มแสงโดยใช้ตัวต้านทานไวแสง : ตัวต้านทานของตัวต้านทานไวแสง (LDR) จะแตกต่างกันไปตามปริมาณแสงที่ตกกระทบ ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของโหลด R_L หน่วยเป็น Ohm และความเข้มแสง Lux หน่วยเป็น lux สำหรับ LDR ทั่วไปคือ

$$R_L = \frac{500}{Lux} \qquad (2)$$

ถ้า LDR เชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 5 V ผ่านตัวต้านทาน 10 KOhm ใช้หลักการการแบ่งแรงดัน แรงดันเอาต์พุตของ LDR คือ V_O ซึ่งมีหน่วยเป็นโวลต์จะได้ว่า

$$V_o = 5 \times \frac{R_L}{R_L + 10} \qquad (3)$$

แทน V_O จากสมการที่ 2 เข้าไปยังสมการที่ 3 จะได้ความเข้มแสงคือ

$$Lux = \frac{\frac{2500}{V_O} - 500}{10} \qquad (4)$$

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

2.4 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับเสียง

เซนเซอร์วัดค่าเสียงเป็นในการตรวจจับเสียงและโดยทั่วไปจะใช้ในการตรวจจับความเข้มของเสียง สามารถปรับความแม่นยำได้ง่ายเพื่อความสะดวกในการใช้งานใช้ไมโครโฟนที่จ่ายอินพุตไปยังเครื่องขยายเสียงเครื่องตรวจจับสูงสุดและบัฟเฟอร์

เมื่อเซนเซอร์ตรวจพบเสียงเซนเซอร์จะประมวลผลแรงดันสัญญาณเอาต์พุตซึ่งส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์จากนั้นดำเนินการประมวลผลที่จำเป็นรองรับสัญญาณทั้ง Digital และ Analog หากต้องการใช้แบบ Digital ให้หมุนตัว R ความละเอียดสูง เพื่อตั้งค่า เมื่อเสียงดังถึงค่าที่ต้องการ Sensor จะส่งสัญญาณ Logic High ออกไปยัง Pin D0 ลักษณะของเซนเซอร์วัดค่าเสียง แสดงดังรูปที่ 2.14 และแผนวงจรของเซนเซอร์เป็นไปตามรูปที่ 2.15 ดังนี้

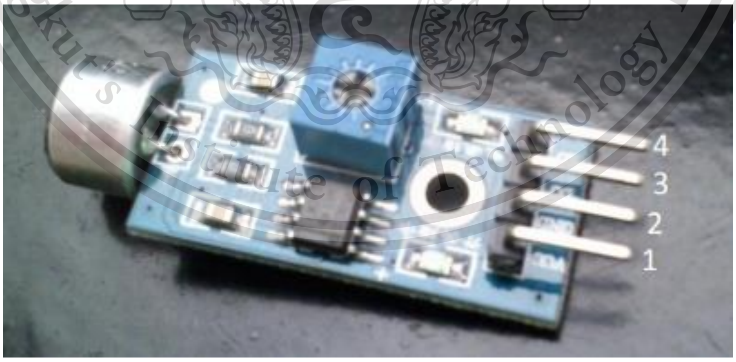
2.4.1 คุณสมบัติมีดังนี้ [24]

1) แรงดันไฟฟ้า: 3.3V - 5V

2) รูปแบบเอาต์พุต: เอาต์พุตสวิตช์ดิจิตอล (0 และ 1 ระดับสูงหรือต่ำ)

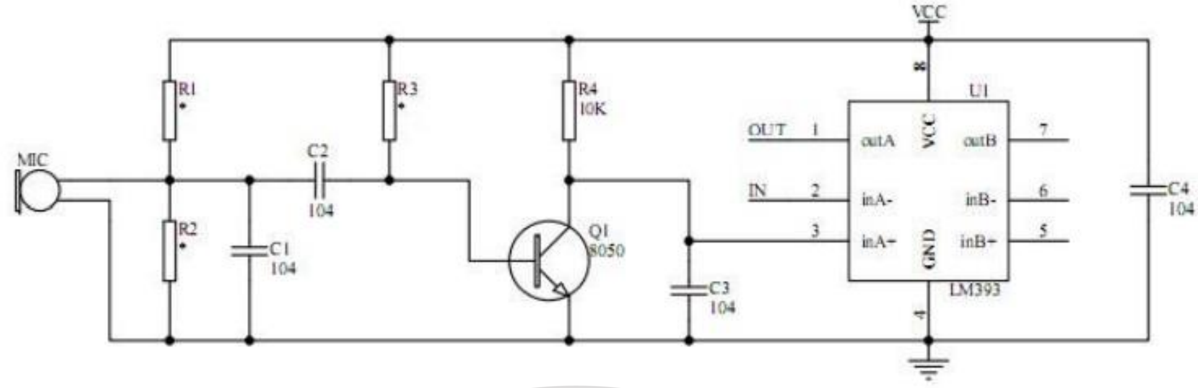
3) D0 คือ Digital Out สามารถตั้งค่าได้ที่ตัว R ปรับค่าได้

4) A0 คือ Analog Out สามารถดึงค่าความไวของเสียงไปโชว์แบบ Realtime



รูปที่ 2.14 ลักษณะของเซนเซอร์วัดค่าเสียง

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



รูปที่ 2.15 แผนวงจรของเซนเซอร์วัดค่าเสียง [10]

2.4.2 การกำหนดขาพินเป็นไปตามรูปที่ 2.14 ดังนี้

1) VCC

2) GND

3) DO

4) AO

เสียง คือเป็นคลื่นเชิงกลที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ เมื่อวัตถุสั่นสะเทือนก็จะทำให้เกิดการอัดตัวและขยายตัวของคลื่นเสียง และถูกส่งผ่านตัวกลาง เช่น อากาศ ไปยังหู แต่เสียงสามารถเดินทางผ่านสสารในสถานะก๊าซ ของเหลว และของแข็งก็ได้ แต่ไม่สามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้

ความดันเสียง คือค่าความดันของคลื่นเสียงที่เปลี่ยนแปลงไปจากความดันบรรยากาศปกติ ซึ่งค่าความดันที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุด คือ ค่าความสูงคลื่นหรือแอมพลิจูด การตอบสนองของหูต่อความดันเสียงไม่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรง แต่มีความสัมพันธ์ลักษณะของลอกาลิทึม (Logarithm) ดังนั้น ค่าระดับความดันเสียง ที่อ่านได้จากการตรวจวัดโดยเครื่องวัดเสียงนั้นเป็นค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบกับความดันเสียงอ้างอิงแล้ว มีหน่วยวัดเป็น เดซิเบล (decibel : dB)

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

ความถี่ คือเสียงสูงเสียงต่ำ สิ่งที่ทำให้เสียงแต่ละเสียงสูงต่ำแตกต่างกันนั้น ขึ้นอยู่กับความเร็วในการสั่นสะเทือนของวัตถุ วัตถุที่สั่นเร็วเสียงจะสูงกว่าวัตถุที่สั่นช้าโดยจะมีหน่วยวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนต่อวินาที เช่น 60 รอบต่อวินาที, 2,000 รอบต่อวินาที เป็นต้น

แอมพลิจูด คือความสูงระหว่างยอดคลื่นและท้องคลื่นของคลื่นเสียง ที่แสดงถึงความเข้มของเสียง (Intensity) หรือความดังของเสียง (Loudness) ยิ่งแอมพลิจูดมีค่ามาก ความเข้มหรือความดังของเสียงก็ยิ่งเพิ่มขึ้น [11]

2.5 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM2.5

GP2Y1010AU0F เป็นเซนเซอร์ฝุ่นโดยการตรวจจับด้วยแสงระบบไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (IRED) และโฟโตทราน ตัวต้านทานถูกจัดเรียงในแนวทแยงมุมในอุปกรณ์นี้ ตรวจจับแสงสะท้อนของฝุ่นละอองในอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมันมีประสิทธิภาพในการตรวจจับอนุภาคที่ละเอียดมากเหมือนควันบุหรี่ นอกจากนี้ยังสามารถแยกควันจากฝุ่นในบ้านตามรูปแบบพัลส์ของแรงดันขาออก ลักษณะของเซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM 2.5 รุ่น GP2Y1010AU0F แสดงดังรูปที่ 2.16 และแผนวงจรของเซนเซอร์เป็นไปตามรูปที่ 2.17 ดังนี้

2.5.1 คุณสมบัติมีดังนี้ [12]

1) ขนาดของ Sensor 46.0*30.0*17.6 mm

2) กระแสไฟฟ้าที่ใช้พลังงานต่ำ (Icc : MAX. 20 mA)

3) แรงดันไฟฟ้า: - 0.3 V ถึง 7 V

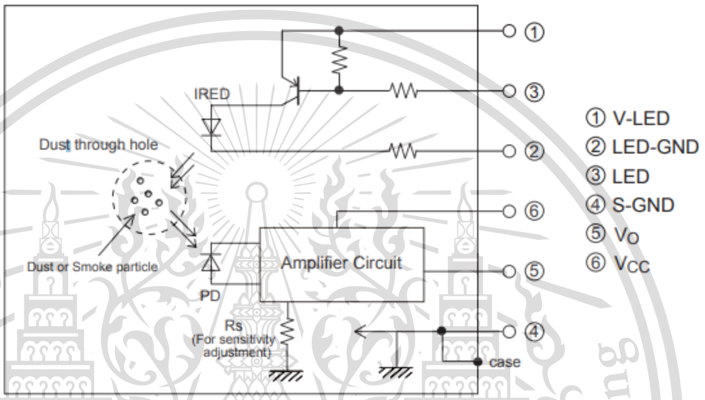
4) แรงดันไฟฟ้าขั้วอินพุต: - 0.3 V ถึง VCC

5) อุณหภูมิในการทำงาน: -10 ℃ ถึง 65 ℃

6) สามารถตรวจจับควันและฝุ่นได้

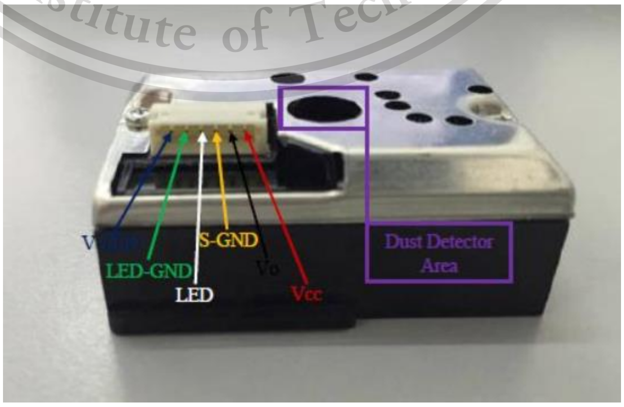
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

รูปที่ 2.16 ลักษณะของเซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM 2.5 รุ่น GP2Y1010AU0F



รูปที่ 2.17 แผนวงจรของเซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM 2.5

2.5.2 กำหนดขาพินเป็นไปตามรูปที่ 2.18 และฟังก์ชันการทำงานของแต่ละขา 2.19 ดังนี้



รูปที่ 2.18 ขาพินแต่ละขาของเซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM 2.5

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

Pin	Function
V-LED	Connect to 5.0V with resistor of 150Ω in between.
LED-GND	Connect to GND.
LED	Connect to any digital pin of Arduino Board.
S-GND	Connect to GND.
Vo	Connect to any analog pin of Arduino Board.
Vcc	Connect to 5.0V.

รูปที่ 2.19 ฟังก์ชันการทำงานของแต่ละขาของเซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM 2.5

ฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอน คือฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน มีขนาดประมาณ 1 ใน 25 ของเส้นผ่าน ศูนย์กลางของเส้นผมมนุษย์ เล็กขนาดที่ขนจมูกของมนุษย์นั้นไม่สามารถกรองได้ ทำให้ฝุ่นละอองชนิดนี้สามารถ แพร่กระจายเข้าสู่ทางเดินหายใจ กระแสเลือด และแทรกซึมสู่กระบวนการทำงานในอวัยวะต่าง ๆของร่างกายเพิ่มความเสี่ยงเป็นโรคเรื้อรัง [13]

ดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index : AQI) เป็นการรายงานข้อมูลคุณภาพอากาศในรูปแบบที่ง่ายต่อความเข้าใจของประชาชนทั่วไป เพื่อเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนได้รับทราบถึงสถานการณ์มลพิษทางอากาศในแต่ละพื้นที่ว่าอยู่ในระดับใด มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยหรือไม่ ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทยแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ ตั้งแต่ 0 ถึง 201 ขึ้นไป ซึ่งแต่ละระดับจะใช้สีเป็นสัญลักษณ์เปรียบเทียบระดับของผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย

โดยดัชนีคุณภาพอากาศ 100 จะมีค่าเทียบเท่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปหากดัชนีคุณภาพอากาศมีค่าสูงเกินกว่า 100 แสดงว่าค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศมีค่าเกินมาตรฐานและคุณภาพอากาศในวันนั้นจะเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน ดังตารางที่ 2.1 และ 2.2

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

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย

AQI	ความหมาย	สีที่ใช้	คำอธิบาย
0 - 25	คุณภาพอากาศดีมาก	ฟ้า	คุณภาพอากาศดีมาก เหมาะสำหรับกิจกรรมกลางแจ้งและการท่องเที่ยว
26 - 50	คุณภาพอากาศดี	เขียว	คุณภาพอากาศดี สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งและการท่องเที่ยวได้ตามปกติ
51 - 100	ปานกลาง	เหลือง	ประชาชนทั่วไป : สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งได้ตามปกติ ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ : หากมีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง
101 - 200	เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ	ส้ม	ประชาชนทั่วไป : ควรเฝ้าระวังสุขภาพ ถ้ามีอาการเบื้องต้น เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น ผู้ที่ต้องดูแลสุขภาพเป็นพิเศษ : ควรลดระยะเวลาการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น ถ้ามีอาการทางสุขภาพ เช่น ไอ หายใจลำบาก ตาอักเสบ แน่นหน้าอก ปวดศีรษะ หัวใจเต้นไม่เป็นปกติ คลื่นไส้ อ่อนเพลีย ควรปรึกษาแพทย์
201 ขึ้นไป	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	แดง	ทุกคนควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมกลางแจ้งหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศสูง หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองหากมีความจำเป็น หากมีอาการทางสุขภาพควรปรึกษาแพทย์

ตารางที่ 2.2 ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ [14]

AQI	$PM_{2.5}$ (มคก./ลบ.ม.)	PM_{10} (มคก./ลบ.ม.)	O_3 (ppb)	CO (ppm)	NO_2 (ppb)	SO_2 (ppb)
	เฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อเนื่อง		เฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อเนื่อง		เฉลี่ย 1 ชั่วโมง	
0 - 25	0 - 25	0 - 50	0 - 35	0 - 4.4	0 - 60	0 - 100
26 - 50	26 - 37	51 - 80	36 - 50	4.5 - 6.4	61 - 106	101 - 200
51 - 100	38 - 50	81 - 120	51 - 70	6.5 - 9.0	107 - 170	201 - 300
101 - 200	51 - 90	121 - 180	71 - 120	9.1 - 30.0	171 - 340	301 - 400
มากกว่า 200	91 ขึ้นไป	181 ขึ้นไป	121 ขึ้นไป	30.1 ขึ้นไป	341 ขึ้นไป	401 ขึ้นไป

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โดยค่า AQI นั้นมาจากการนำความหนาแน่นของฝุ่น PM2.5 มาคำนวณดังนี้

$$I = \frac{I_j - I_i}{X_j - X_i}(X - X_i) + I_i \qquad (5)$$

I = ค่าดัชนีย่อยคุณภาพอากาศ

X = ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากการตรวจวัด

X_i, X_j = ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงความเข้มข้นสารมลพิษที่มีค่า X

I_i, I_j = ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงดัชนีคุณภาพอากาศที่ตรงกับช่วงความเข้มข้น X

จากค่าดัชนีย่อยที่คำนวณได้ สารมลพิษทางอากาศประเภทใดมีค่าดัชนี สูงสุดจะใช้เป็นดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) ณ ช่วงเวลานั้น

2.5.3 ข้อควรระมัดระวังในการใช้อุปกรณ์

1) โปรดอย่าทำความสะอาดเนื่องจากมีบางอุปกรณ์ที่ไม่สามารถทำความสะอาด

2) โปรดอย่าถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เช่น ถอดสกรูเกลียวออก เป็นต้น

3) โปรดหลีกเลี่ยงแสงเนื่องจากเอาต์พุตของเซนเซอร์อาจได้รับผลกระทบเมื่อแสงจากภายนอกผ่านรูฝุ่นเข้ามาทางด้านเอาต์พุต

4) หากเซนเซอร์อยู่ใกล้กับเครื่องกำเนิดเสียงรบกวนเช่นเครื่องดักจับฝุ่นไฟฟ้า ฯลฯ เอาต์พุตของเซนเซอร์อาจได้รับผลกระทบจากสัญญาณรบกวนจากตะกั่วนอกจากนี้เสียงรบกวนจากสายจ่ายไฟยังอาจส่งผลต่อเอาต์พุตของเซนเซอร์

2.6 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดความกดอากาศ

เซนเซอร์ BME280 สำหรับวัดความกดอากาศ อุณหภูมิและความชื้นในอากาศ สื่อสารแบบ I2C ใช้งานกับ Arduino ง่ายด้วยสายไฟเพียง 2 เส้น ใช้ไฟเลี้ยง 1.7-3.6V สามารถวัดอุณหภูมิ

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

ได้ในช่วงกว้างตั้งแต่ -40 ถึง 85 องศาเซลเซียส ความแม่นยำ +/- 0.5 องศาเซลเซียส (ที่ 25 องศาเซลเซียส) [30]

Pressure Sensor หรือบางทีเรียกกันว่า Pressure Transmitter, Pressure Switch, Pressure Transducer, อุปกรณ์ตรวจวัดแรงดันหรือเครื่องวัดแรงดัน มีหน้าที่ในการตรวจวัดแรงดันของของเหลวหรือก๊าซ ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อควบคุม แสดงผลค่าของแรงดันที่ต้องการจะวัด โดยหน่วยในการแสดงผลของค่าแรงดันที่วัดได้นั้น มี Bar, mbar, kpa, psi, mmHg เป็นต้น ซึ่งหลักการทำงานจะแปลงปริมาณความดันทางกายภาพให้ออกมาเป็นสัญญาณมาตรฐานทางไฟฟ้า (สัญญาณ Output) ซึ่งสัญญาณ Output ที่ออกมานั้นจะมีหลายแบบ เช่น Analog 4-20mA, 0-10VDC, NPN, PNP เป็นต้น การต่อใช้งาน BME280 ร่วมกับ ESP32 แสดงดังรูปที่ 2.20 ลักษณะของเซนเซอร์วัดความกดอากาศ ดังรูปที่ 2.21 และแผนวงจรของเซนเซอร์ ดังรูปที่ 2.22 [15]

2.6.1 มีคุณสมบัติดังนี้

1) วัดอุณหภูมิในช่วง -40 ถึง 85°C

2) วัดความชื้นในช่วง 0 ถึง 100 %

3) วัดความดันบรรยากาศในช่วง 300 hPA ถึง 1100 hPA

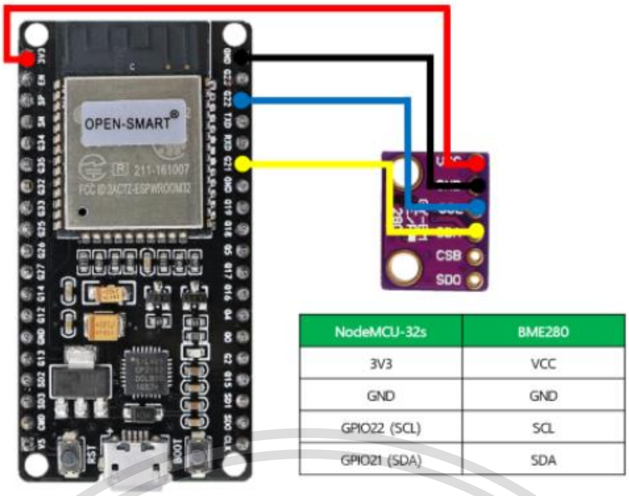
4) กระแส Standby อยู่ที่ 0.2 μA

5) กระแส Sleep Mode อยู่ที่ 0.1 μA

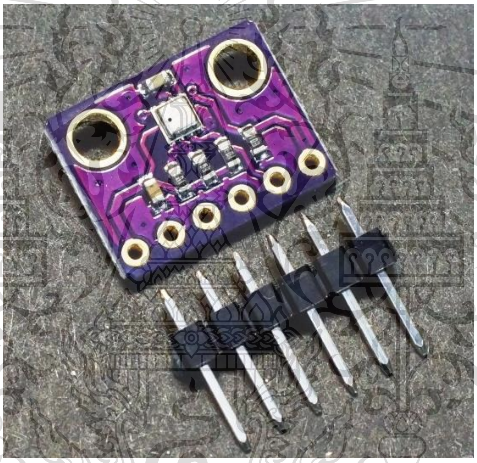
6) รูปแบบการเชื่อมต่อ : I2C , SPI

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

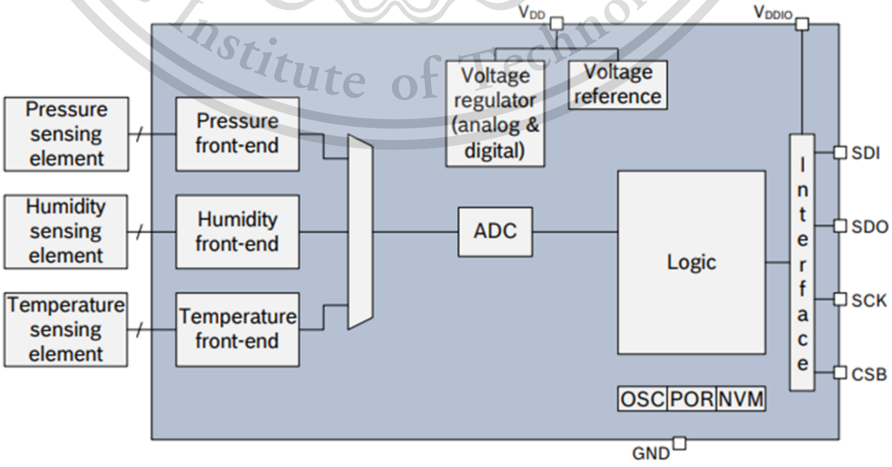
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



รูปที่ 2.20 การต่อใช้งาน BME280 ร่วมกับ ESP32 [16]



รูปที่ 2.21 ลักษณะของเซนเซอร์วัดความกดอากาศ [17]



รูปที่ 2.22 แผนวงจรของเซนเซอร์วัดความกดอากาศ

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

2.7 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับควัน

MQ-2 Smoke Gas Sensor เป็นเซนเซอร์ตรวจจับควัน อุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการตรวจจับอากาศสะอาดที่เป็นก๊าซดีบุกต่ำ (SnO2) เมื่อเซนเซอร์อยู่ในสภาพแวดล้อมที่อากาศหรือก๊าซที่สามารถติดไฟได้ ตัวเซนเซอร์ตรวจจับความเข้มข้นของก๊าซในอากาศเพิ่มขึ้น วงจรไฟฟ้าจะเริ่มทำงานและสามารถนำไปต่อกับอุปกรณ์อื่นๆเพื่อทำงานต่อไป ตามความหลากหลายของโปรแกรม เหมาะสำหรับตรวจจับก๊าซโพรเพน, ไฮโดรเจนความไวสูงหรือก๊าซธรรมชาติและอื่น ๆ

เซนเซอร์ก๊าซไวไฟและควัน สามารถตรวจจับความเข้มข้นของก๊าซที่ติดไฟในอากาศได้ และให้ output ออกมาเป็น analog ตัวเซ็นเซอร์สามารถวัดความเข้มข้นของก๊าซไวไฟได้ระหว่าง 300 ถึง 10,000 ppm และ ทำงานได้ในอุณหภูมิ -20 ถึง 50 องศาเซลเซียส และกินไฟแค่ 150 mA - 5 V

MQ-2 เป็น Sensor ตรวจสอบปริมาณ ก๊าซไวไฟ และ ควัน เช่น LPG, i-butane, propane, methane, alcohol, Hydrogen, smokeในอากาศ ซึ่งเมื่อเริ่มจ่ายพลังงานให้ MQ-2 ที่ขา H ทาให้ เกิดความร้อนขึ้นที่ขดลวด เมื่อ ก๊าซไวไฟต่างๆ เข้ามาทำปฏิกิริยาจะทาให้ ค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นระหว่าง ขา A และ B (RS) ลดลง ลักษณะของเซนเซอร์แสดงดังรูปที่ 2.23 แผงวงจรของเซนเซอร์แสดงดังรูปที่ 2.24

2.7.1 มีคุณสมบัติดังนี้

1) วัดความเข้มข้นของก๊าซไวไฟได้ระหว่าง 300 ถึง 10,000 ppm

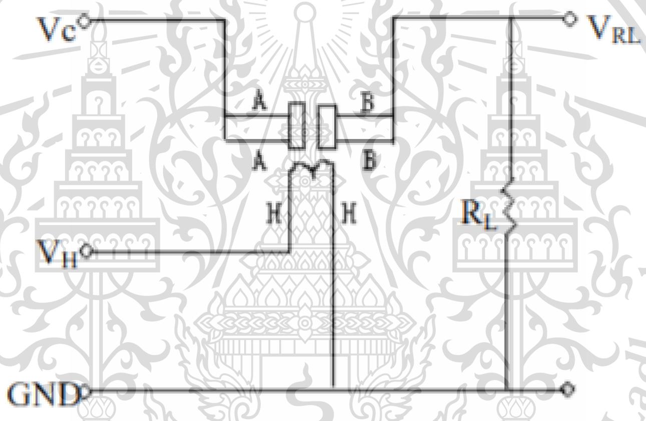
2) แรงดันขาออกแบบอะนาล็อก 0 ถึง 5V ความเข้มข้นที่สูงขึ้นแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้น

3) ความไวสูงสำหรับการตรวจจับก๊าซที่เป็นอันตราย

4) แรงดันใช้งาน 5V

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

รูปที่ 2.23 ลักษณะของเซนเซอร์ตรวจจับควัน



รูปที่ 2.24 แผงวงจรของเซนเซอร์ตรวจจับควัน

2.8 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจเปลวไฟ

Infrared IR Flame Detector Sensor Module (LM 393 IR) เป็นเซนเซอร์ที่มีความไวต่อเปลวไฟ แต่ยังสามารถวัดแสงธรรมดา มักใช้เป็นสัญญาณเตือนเปลวไฟ บนบอร์ดอินเทอร์เฟซ การแสดงผลแบบดิจิตอลสามารถเชื่อมต่อโดยตรงกับไมโครคอนโทรลเลอร์ IO ลักษณะของเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟแสดงดังรูปที่ 2.25 แผงวงจรของเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟแสดงดังรูปที่ 2.26

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

2.8.1 มีคุณสมบัติดังนี้

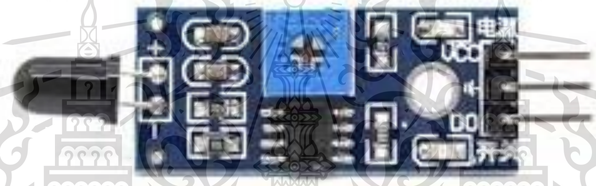
1) เปลวไฟหรือแหล่งกำเนิดแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 760nm ถึง 1100 nm

2) วัดมุมประมาณ 60 องศามีความไวต่อเปลวไฟ

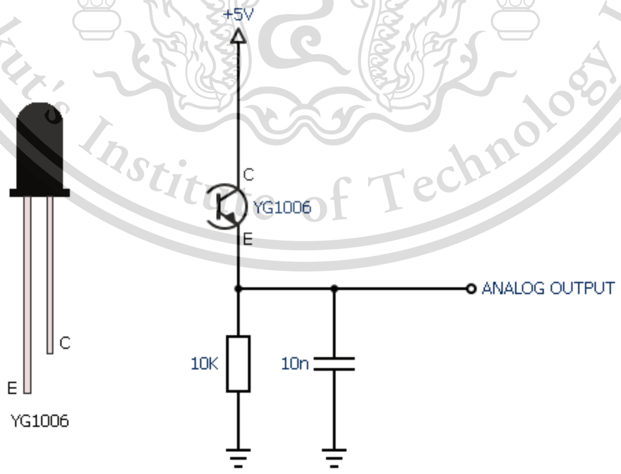
3) ปรับความแม่นยำได้

4) แรงดันไฟฟ้า 3.3V ถึง 5V

5) ระยะทางวัดเปลวไฟการทดสอบเปลวไฟที่เบาสามารถเกิดขึ้นได้ภายใน 0.8 เมตร หากความเข้มของเปลวไฟสูงขึ้น ระยะวัดจะเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.25 ลักษณะของเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ



รูปที่ 2.26 แผงวงจรของเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ

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

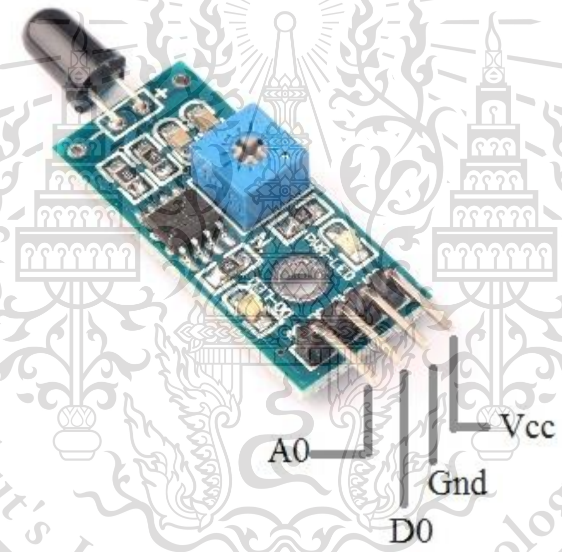
2.8.2 การกำหนดขาพินเป็นไปตามรูปที่ 2.27 ดังนี้

1) VCC

2) GND

3) D0

4) A0



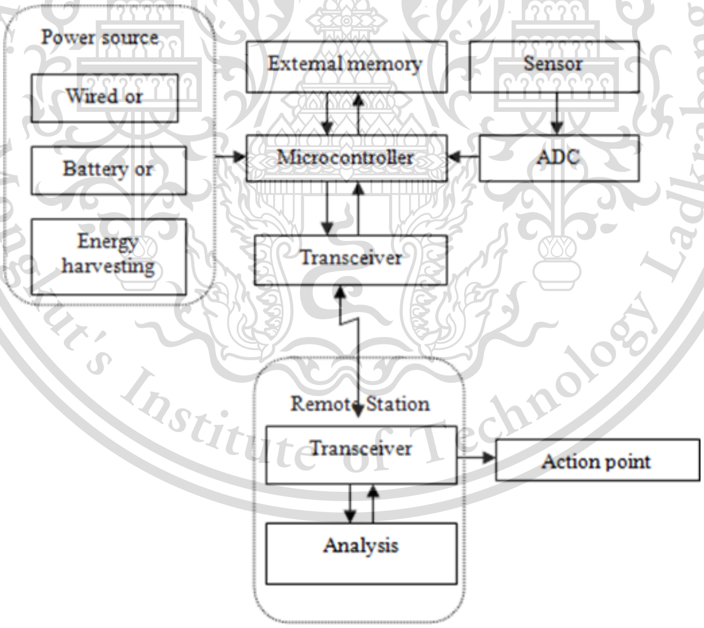
รูปที่ 2.27 ขาพินแต่ละขาของเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

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

2.9 เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายโหนดจะไม่เชื่อมต่อด้วยสายใด ๆ เครื่องรับส่งสัญญาณส่งและรับข้อมูลและสัญญาณควบคุมแบบไร้สายไปยังศูนย์ควบคุมหรือจากศูนย์ควบคุม ในช่องทางการสื่อสารเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายคือคลื่นความถี่ ยิ่งไปกว่านั้นแหล่งพลังงานในโหนดเหล่านี้คือแบตเตอรี่ เนื่องจากโหนดเหล่านี้ถูกนำไปใช้ในพื้นที่ที่ห่างไกลมากแบตเตอรี่จึงถูกเปลี่ยนหลังจากใช้เวลานาน ดังนั้นปัญหาการใช้พลังงานจึงเป็นหัวข้อวิจัยหลักสำหรับเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย ตอนนี้ข้อมูลที่รวบรวมที่ตำแหน่งสนามจะถูกถ่ายโอนไปยังสถานีระยะไกลผ่านตัวรับส่งสัญญาณโดยช่องสัญญาณไร้สาย ข้อมูลของพวกเขาได้รับการประมวลผลเพื่อการวิเคราะห์และกำลังดำเนินการที่จำเป็น ดังแสดงในรูปที่ 2.28 พลังงานสามารถให้ได้สามวิธี (แบตเตอรี่สายไฟหรือโมดูลการเก็บเกี่ยวพลังงาน) ไปยังโหนดเซนเซอร์ ข้อมูลที่รวบรวมโดยโหนดผู้ส่งจะถูกส่งไปยังสถานีระยะไกลผ่านช่องสัญญาณไร้สาย หลังจากประมวลผลข้อมูลที่สถานีระยะไกลจะดำเนินการตามข้อกำหนด



รูปที่ 2.28 Block Diagram ของโหนดเซนเซอร์ไร้สาย

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

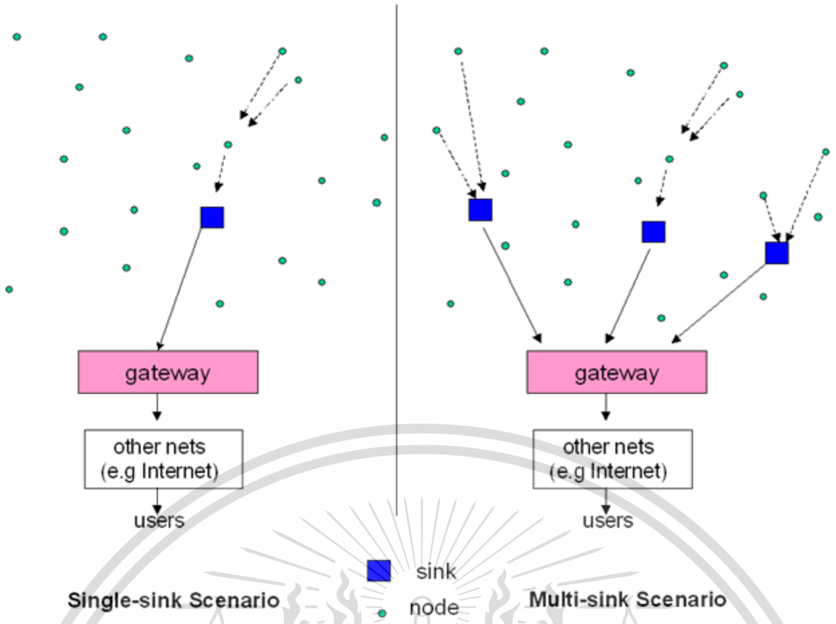
ในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายพารามิเตอร์ที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของเครือข่าย ได้แก่ ความล่าช้าของแพ็กเก็ตความน่าเชื่อถือความทนทานต่อความผิดพลาดการใช้พลังงาน ฯลฯ ค่ากำหนดของพารามิเตอร์เหล่านี้จะเปลี่ยนไปจากแอปพลิเคชันไปยังแอปพลิเคชัน

WSN สามารถกำหนดเป็นเครือข่ายของอุปกรณ์ซึ่งระบุเป็นโหนดซึ่งสามารถรับรู้สภาพแวดล้อมและสื่อสารข้อมูลที่รวบรวมจากฟิลด์ที่ตรวจสอบผ่านลิงค์ไร้สาย ข้อมูลจะถูกส่งต่ออาจผ่านการเชื่อมต่อหลายครั้งไปยัง sink ที่สามารถใช้ในเครื่องหรือเชื่อมต่อกับเครือข่ายอื่น ๆ ผ่านเกตเวย์โหนดสามารถอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ได้

WSN แบบ single-sink แบบดั้งเดิม single-sink ขาดความสามารถในการปรับขนาด โดยการเพิ่มจำนวนโหนดปริมาณข้อมูลที่รวมโดย sink จะเพิ่มขึ้นและเมื่อถึงความจุแล้วขนาดเครือข่ายจะไม่สามารถเสริมได้

สถานการณ์ทั่วไปมากขึ้นรวมถึง sink หลายตัวในเครือข่าย เมื่อพิจารณาจากระดับความหนาแน่นของโหนด sink จำนวนมาก จะลดความน่าจะเป็นของคลัสเตอร์แยกของโหนดที่ไม่สามารถส่งข้อมูลเนื่องจากเงื่อนไขการแพร่กระจายของสัญญาณที่ไม่ดี โดยหลักการแล้ว WSN แบบ multi-sink สามารถปรับขนาดได้ ในขณะที่สิ่งนี้ไม่เป็นความจริงสำหรับเครือข่าย single-sink เมื่อ WSN แบบหลาย multi-sink ไม่ได้แสดงส่วนขยายที่ไม่สำคัญของเคสซิงก์เดียวสำหรับวิศวกรเครือข่าย ในหลายกรณีโหนดส่งข้อมูลที่รวบรวมไปยังหนึ่งใน single-sink ที่เลือกระหว่างหลาย ๆ ซึ่งส่งต่อข้อมูลไปยังเกตเวย์ไปยังผู้ใช้ จากโปรโตคอลซึ่งหมายความว่าการเลือกสามารถทำได้ตามเกณฑ์ที่เหมาะสมซึ่งอาจเป็นความ delay ขั้นต่ำ ปริมาณงานสูงสุด จำนวน hops ขั้นต่ำ ดังนั้นการมี multi-sink จึงมั่นใจได้ถึงประสิทธิภาพเครือข่ายที่ดีขึ้นเกี่ยวกับ single-sink แต่โปรโตคอลการสื่อสารจะต้องซับซ้อนมากขึ้นและได้รับการออกแบบตามเกณฑ์ที่เหมาะสม

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



รูปที่ 2.29 ส่วนด้านซ้าย single-sink WSN ส่วนด้านขวา multi-sink

2.10 โครงสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

โครงสร้างเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย จะแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบดาว (Star topology) และแบบจุดต่อจุด (Peer-to-Peer topology)

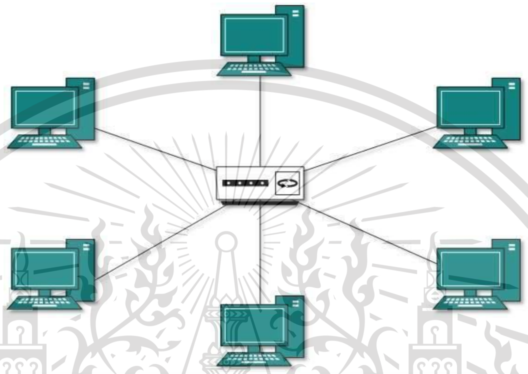
2.10.1 โครงสร้างแบบดาว (Star topology)

โครงสร้างแบบนี้การเริ่มการสื่อสารจะเริ่มขึ้นระหว่างโหนดโดยรอบกับโหนดควบคุมส่วนกลางหรือ (PAN coordinator) ตัวโหนดควบคุมส่วนกลางอาจจะใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานที่มาก เนื่องจากจะต้องติดต่อกับโหนดโดยรอบตลอดเวลา แต่โหนดโดยรอบอาจจะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่อย่างเดียว การประยุกต์ใช้งานจากประโยชน์ที่ได้จากโครงสร้างแบบดาว คือการควบคุมระบบอัตโนมัติ การทำงานของเครือข่ายเกิดขึ้นหลังจากโหนด FFD เริ่มต้นทำงานในครั้งแรก ตัวโหนด FFD ตัวนี้อาจจะทำหน้าที่เป็นโหนดควบคุมส่วนกลาง (PAN coordinator) ในแต่ละเครือข่ายดาว (Star Network) จะมีเลขกำกับ ซึ่งจะไม่ซ้ำกับเครือข่ายอื่น ๆ ภายในช่องสัญญาณสื่อสารเดียวกัน ซึ่งเป็นการทำให้เครือข่ายนีทำงานโดยอิสระกับเครือข่ายอื่น ๆ ดังรูปที่ 2.30

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

ข้อดีของเครือข่ายแบบ Star Topology คือ ช่วยลดจำนวนของทราฟฟิกในเครือข่าย นอกจากนี้ แต่ละอุปกรณ์จะถูกแยกออกจากกัน ทำให้สามารถเปลี่ยนอุปกรณ์ได้ง่าย การที่มีศูนย์กลางทำให้สามารถตรวจสอบทราฟฟิกของข้อมูลได้จุดเดียว

ข้อเสียของเครือข่ายแบบ Star Topology คือ ถ้า Hub เสียหายจะทำให้ทั้งระบบล่ม และมีความสิ้นเปลืองสายสัญญาณ



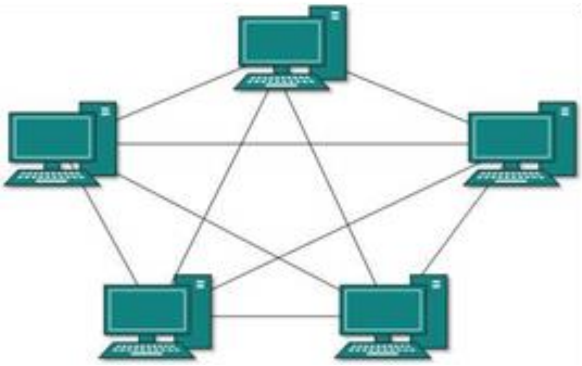
รูปที่ 2.30 เครือข่ายแบบ Star Topology

2.10.2 โครงสร้างแบบจุดต่อจุด (Peer-to-Peer topology) หรือแบบตาข่าย (Mesh topology)

โครงสร้างแบบนี้เหมือนกับโครงสร้างแบบดาว คือ จะมีโหนดควบคุมส่วนกลาง (PAN coordinator) เพียงโหนดเดียวในเครือข่าย แต่ละโหนดสามารถสื่อสารกับโหนดอื่น ๆ ก็ได้เท่าที่อยู่ในย่านที่สามารถติดต่อกันได้ โครงสร้างแบบนี้เป็นเหมือนการทำงานในลักษณะของ Ad-Hoc คือ สามารถที่จะสร้างโครงข่ายแบบนี้ เช่น ในการควบคุมในอุตสาหกรรม การเฝ้าติดตามการเคลื่อนไหวต่างๆ เนื่องจากในระบบเหล่านั้นสามารถใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติของโครงสร้างนี้ได้เป็นอย่างดี ในโครงสร้างแบบนี้ยอมให้มีการสร้างเส้นทางจากโหนดอื่นๆ ผ่านฮอปจำนวนมากได้ (Multiple hops) เพื่อไปยังโหนดอื่นๆ ในเครือข่าย อีกทั้งยังสามารถให้เส้นทางที่มีเสถียรภาพจากการทำงานหาเส้นทางแบบหลายเส้น (Multipath routing) ดังรูปที่ 2.31

ข้อเสียของเครือข่ายแบบ Mesh Topology คือ ค่อนข้างที่จะมีความซับซ้อนมากกว่าเครือข่ายแบบ Star และยากต่อการติดตั้งเพราะว่าต้องเดินสายต่อระหว่าง Node ให้ครบทุก Node

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



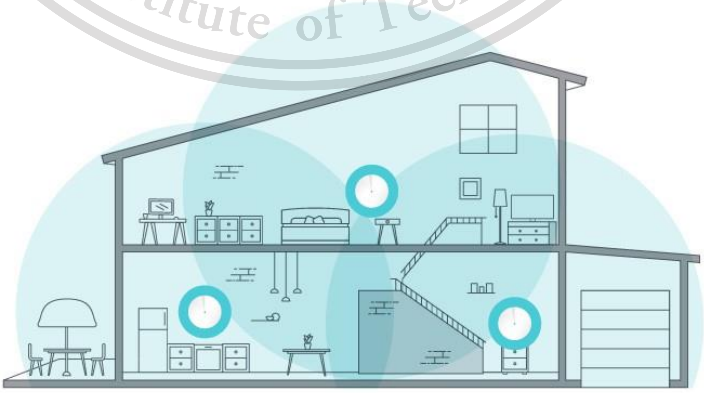
รูปที่ 2.31 เครือข่ายแบบ Mesh Topology [18]

2.11 การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์

2.11.1 ศึกษาข้อมูลการรับส่งข้อมูลโครงข่ายแบบ Mesh Topology

2.11.1.1 การรับส่งข้อมูลโครงข่ายแบบ Mesh WIFI

เป็นการเชื่อมต่อไร้สายแบบตาข่ายใยแมงมุมที่ทุกเครื่องสามารถเชื่อมต่อถึงกันได้ทั้งหมด Mesh จะเชื่อมต่อได้ทั้งแบบต่อตรง ไดนามิค และไม่มีลำดับขั้น ไปยังจุด Node ต่าง ๆ สามารถเพิ่มจุดกระจายสัญญาณได้อย่างง่ายดายและได้มากเท่าที่ระบบจะทำได้ สัญญาณปล่อยออกมามีเสถียรภาพและมีรักษาความเร็วอินเทอร์เน็ตได้ดี ถ้ามีเครื่องใดเครื่องหนึ่งหลุดออกจากระบบ เครื่องจะเชื่อมต่อเส้นทางใหม่ให้โดยอัตโนมัติ ทำให้ใช้ระบบไม่ล่มและใช้งานต่อเนื่อง แสดงดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 การเชื่อมต่อไร้สายแบบ Mesh WIFI

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

2.11.2 Wi-Fi

Wi-Fi คือ เทคโนโลยีการติดต่อสื่อสายแบบไร้สาย โดยมีมาตรฐานรองรับใช้งานทั่วโลกคือ IEEE 802.11 ที่จะทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถสื่อสารไร้สายเชื่อมต่อสู่อินเทอร์เน็ต ซึ่งมาตรฐาน IEEE 802.11 นั้นมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตามความก้าวหน้าของ เทคโนโลยี ตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้งานกับเทคโนโลยี Wi-Fi มีรายละเอียดดังนี้

802.11a คือ มาตรฐานที่มีความเร็วสูงสุดในการติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลคือ 54 Mbps และสามารถทำงานได้ที่ความถี่ 5 GHz อุปกรณ์ในมาตรฐานนี้ไม่สามารถทำงานร่วมกับ มาตรฐาน 802.11b และสามารถใช้งานได้ไกล 100 เมตร ในพื้นที่โล่ง

802.11b คือ มาตรฐานที่มีความเร็วสูงสุดในการติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลคือ 11 Mbps และสามารถทำงานได้ที่ความถี่ 2.4 GHz ซึ่งสามารถใช้งานได้ไกล 150 เมตร ในพื้นที่โล่ง

802.11g คือ มาตรฐานที่มีความเร็วสูงสุดในการติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลคือ 54 Mbps และสามารถทำงานได้ที่ความถี่ 2.4 GHz อุปกรณ์ในมาตรฐานนี้สามารถทำงานร่วมกับ มาตรฐาน 802.11b และสามารถใช้งานได้ไกล 140 เมตร ในพื้นที่โล่ง

802.11n คือ มาตรฐานที่มีความเร็วสูงสุดในการติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลคือ 300 Mbps และสามารถทำงานได้ที่ความถี่ 2.4 และ 5 GHz [19]

ตารางที่ 2.3 สรุปการเปรียบเทียบมาตรฐาน Wi-Fi [20]

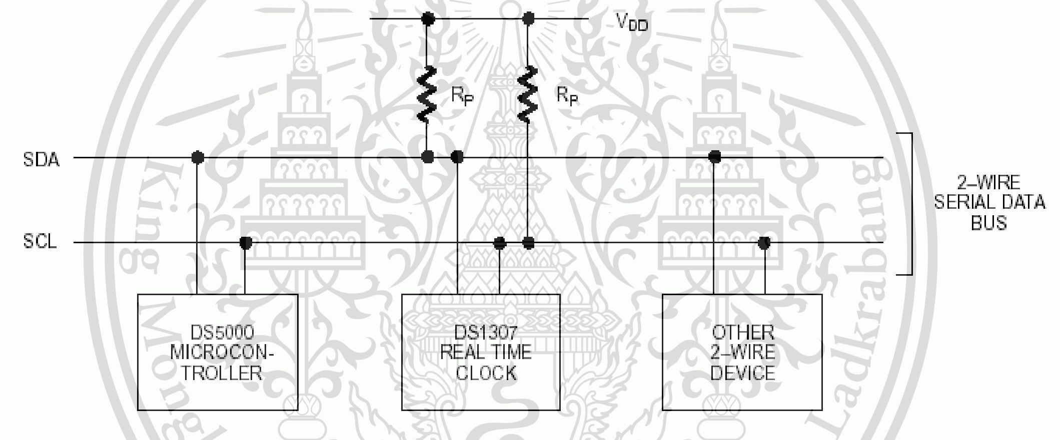
Technology	Standard	Network	Maximum Speed	Length	Frequency
Wi-Fi	IEEE 802.11a	WLAN	54 Mbps	100 meter	5 GHz
Wi-Fi	IEEE 802.11b	WLAN	11 Mbps	100 meter	2.4 GHz
Wi-Fi	IEEE 802.11g	WLAN	54 Mbps	100 meter	2.4 GHz
WiMAX	IEEE 802.16d	WMAN	75 Mbps with 20 MHz BW	6.4-10 kilometer	Sub 11 GHz
WiMAX	IEEE 802.16e	Mobile WMAN	30 Mbps with 10 MHz BW	1.6-5 kilometer	2-6 GHz

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

2.11.3 I^2C BUS

I^2C BUS ย่อมาจาก Inter Integrate Circuit Bus (IIC) เป็นการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous) เพื่อใช้ติดต่อสื่อสาร ระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) กับอุปกรณ์ภายนอก โดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นเท่านั้น คือ serial data (SDA) และสาย serial clock (SCL) ซึ่งสามารถ เชื่อมต่ออุปกรณ์ จำนวนหลายๆ ตัว เข้าด้วยกันได้ ทำให้ MCU ใช้พอร์ตเพียง 2 พอร์ตเท่านั้น

I^2C BUS ใช้สายสัญญาณ 2 เส้น คือ SCL, SDA สำหรับติดกับอุปกรณ์แบบ 2 ทิศทาง โดยที่ขาสัญญาณทั้ง 2 จะต้องต่อกับตัวต้านทานแบบ pull up เนื่องจากเอาต์พุตมีลักษณะเป็น แบบ Open Darin หรือเป็นแบบ Open Collector เพื่อให้เอาต์พุตเชื่อมต่อกันได้หลายตัว ลักษณะการการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I2C BUS ดังรูปที่ 2.33

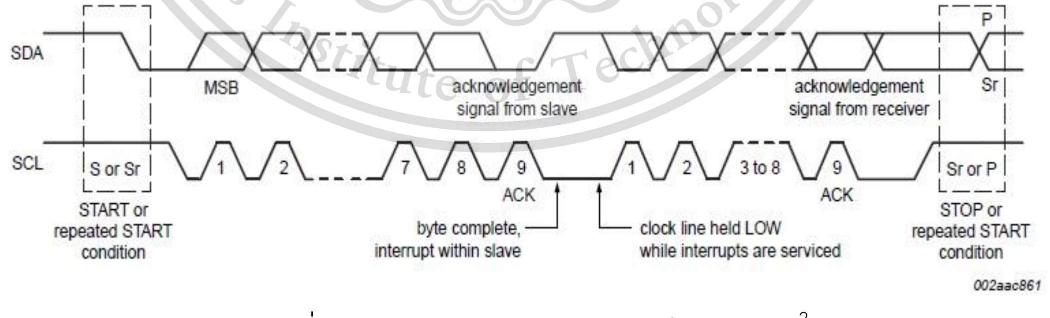


รูปที่ 2.33 ลักษณะการการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I^2C BUS

การรับส่งข้อมูลของ I^2C BUS จะเริ่มต้นด้วยการที่อุปกรณ์ทุกตัวจะมีแรงดันระดับสูง HIGH ต่อมาจะส่งสถานะเริ่มต้น (START Conditions) คือให้ SDA ลดลงไปที่ระดับแรงดังศูนย์ LOW ในขณะที่ SCL ยังอยู่ที่ HIGH โดย SCL จะค้างที่ HIGH นาน 0.6 ไมโครวินาที SCL จะลงไปที่ LOW จากนั้น ระหว่างที่รอสัญญาณขาขึ้นของ Clock แรกอีก 1.3 ไมโครวินาที SDA จะเริ่มกำหนดค่า Bit แรก โดย Master จะส่งค่าบิตแรกไปพร้อมกับสัญญาณ Clock และไอซีที่เป็น Slave บนบัสจะเริ่มอ่านค่าในจังหวะที่ SCL เป็น HIGH จากนั้นก็จะเป็นอย่างนี้ไปอีกเพื่อส่งค่า Address ของไอซีที่ต้องการจะติดต่อด้วยไปรวมทั้งสิ้น 7 บิตและตามด้วยบิตที่ 8 ซึ่งจะระบุว่าจะสั่งให้ Slave รอคำสั่ง (Write ระบุโดย SDA เป็น HIGH) หรือจะรออ่านค่าที่ส่งมาจาก Slave

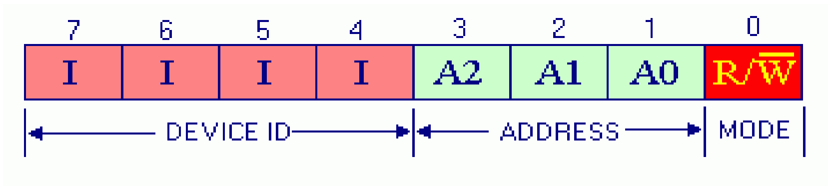
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

(Read ระบุค่าโดย SDA เป็น L) บิตที่ 9 จะเป็นการตอบรับจาก Slave ที่มี Address ตรงกับที่ Master ส่งไป ถ้ามี Slave ตอบรับ Acknowledge โดยการดึงสัญญาณ SDA ลง LOW ก็แปลได้ว่ามี Slave พร้อมจะสื่อสารด้วย แต่ถ้าไม่มี คือ SDA ค้างที่ HIGH คือ Not Acknowledge Master ที่ไม่มีการสนทนา บิตที่ 9 จะเป็นการตอบรับจาก Slave ที่มี Address ตรงกับที่ Master ส่งไป ถ้ามี Slave ตอบรับ Acknowledge โดยการดึงสัญญาณ SDA ลง LOW ก็คือมี Slave พร้อมจะสื่อสาร แต่ถ้าไม่มี คือ SDA ค้างที่ HIGH แปลว่า Not Acknowledge Master ที่ไม่มีการสนทนา หลังจาก Acknowledge กันเรียบร้อย จะเป็นช่วงเวลาที่ SCL ถูกดึงลง LOW เป็นเวลาสั้นๆ และ SDA จะถูกปล่อยว่าง ก่อนที่ Slave ที่ติดต่อด้วยจะเริ่มส่งค่า Bit แรกมาที่ SDA จากนั้นสัญญาณ SCL จาก Master จะปล่อยออกมาเพื่ออ่านค่าสัญญาณบนสาย SDA ในจังหวะที่ SCL เป็น HIGH และรับค่าเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จน Data ครบ 8 บิตแรกตามจังหวะสัญญาณ SCL เมื่อ Data ครบ 8 บิตแรกแล้ว Master จะให้สัญญาณ Acknowledge โดยดึงสัญญาณเป็น LOW เพื่อแสดงให้ Slave รู้ว่า Master จะรอ Data อีก 8 บิตต่อไป (ในกรณีที่ข้อมูลที่ Slave ต้องการส่งเป็นแบบ 16 บิต) จากนั้นเมื่อถึงจังหวะการ Acknowledge ในบิตที่ 9 คราวนี้ Slave ไม่ต้องการส่งข้อมูลต่อแล้ว เพราะครบ 16 บิต Slave จะ ไม่ตอบสนองแล้ว สาย SDA จะถูกปล่อยให้เป็น HIGH จากนั้น Master จะรู้แล้วว่าข้อมูลมาครบถ้วน 16 บิต Master ก็จะสั่งหยุดโดยการส่งสัญญาณ ขาขึ้นในสาย SDA พร้อม ๆกับ SCL เป็น HIGH คือ Stop bit หมายถึงส่งข้อมูลครบ Byte แรก ซึ่งเป็น Address ของ Slave ตัวที่ Master ต้องการสนทนา [21] Timing Diagram การส่งข้อมูลแบบ I2C BUS ดังรูปที่ 2.34 I2C Bus Control Byte ดังรูปที่ 2.35 และ I2C BUS START Condition และ STOP Condition ดังรูปที่ 2.36

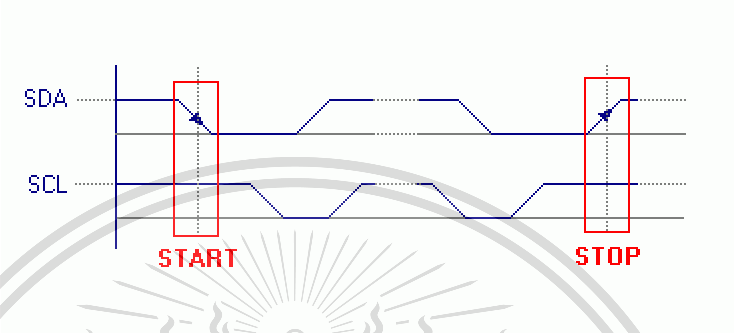


รูปที่ 2.34 Timing Diagram การส่งข้อมูลแบบ I^2C BUS

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



รูปที่ 2.35 I^2C Bus Control Byte



รูปที่ 2.36 I^2C BUS START Condition และ STOP Condition

2.11.4 OTA (Over The Air)

คือ การส่งข้อมูลบนอากาศหรือผ่านทางอากาศ หลายคนเข้าใจว่า OTA ใช้กับมือถือเท่านั้น จริง ๆ แล้ว OTA นี้สามารถใช้กับสิ่งอื่น ๆ ได้ที่มีการส่งข้อมูลการอัพเดทผ่านทางอากาศ ยกตัวอย่างเช่น การอัพเดทช่องรายงานผ่านดาวเทียว ของจานดาวเทียวและกล่องรับสัญญาณ เป็นต้น

สำหรับคนที่ใช้อุปกรณ์พกพา ไม่ว่าจะเป็นแท็บเล็ตหรือสมาร์ทโฟน คำว่า OTA ก็หมายถึง การอัพเดทข้อมูลภายในตัวเครื่อง (ไม่ต้องมีสายเสียบหรืออัพเดทผ่านโปรแกรมใดๆ) เช่น การอัพเดทเฟิร์มแวร์ของระบบ iOS ที่สามารถทำผ่าน OTA ได้โดยเข้าไปที่ ตั้งค่า> ทั่วไป > รายการอัปเดตซอฟต์แวร์ เป็นต้น

การอัพเดทแบบ OTA มันก็คือการอัพเดทบนตัวเครื่อง โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อะไร โดยอาศัยการเชื่อต่อการรับส่งข้อมูล ไม่ต้องโหลดโปรแกรมหรืออะไรมาให้ยุ่งยาก ทำให้ง่ายต่อการอัพเดทซอฟแวร์หรือระบบปฏิบัติการของเครื่อง หรืออุปกรณ์พกพานั้น ๆ [22]

2.11.4.1 OTA ผ่านเครือข่าย WIFI

ปกติเวลาอัพโหลดโปรแกรมใด ๆ ต้องอัพโหลดผ่านสาย USB ซึ่งในบางกรณีที่อุปกรณ์อยู่ด้านในกล่อง ซึ่งลำบากที่จะเข้าไปต่อสาย ความสามารถของการส่งข้อมูลผ่าน

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

สัญญาณ WIFI ทำให้สามารถอัพโหลดโปรแกรมลงไปยังอุปกรณ์ได้ผ่านระบบที่เรียกว่า OTA (Over The Air) [49]

2.11.5 โปรโตคอล MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) เป็นโปรโตคอลที่ถูกออกแบบมาให้มีขนาดเล็กสำหรับการสื่อสารแบบ M2M (Machine to Machine)

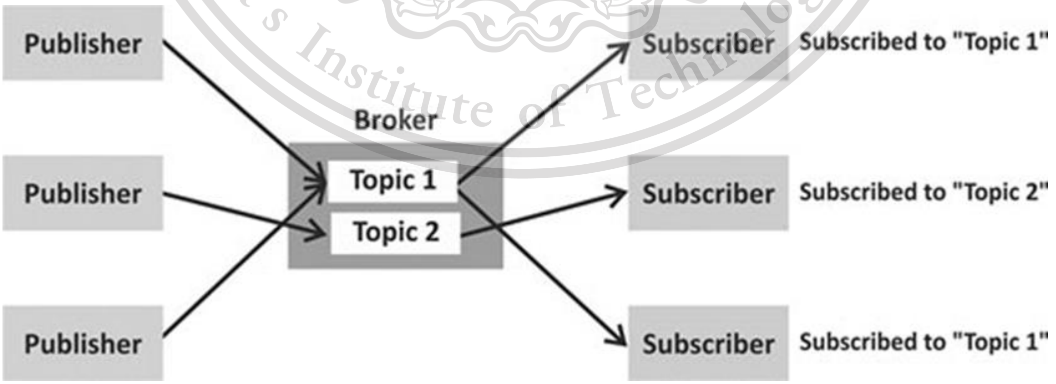
MQTT เป็นสถาปัตยกรรมแบบ Client/Server ซึ่งมี topology แบบ hub-and-spoke sensor ปลายทางจะทำหน้าที่เป็น client ซึ่งทำการสร้างเชื่อมต่อแบบ TCP ไปยัง Server ที่มีชื่อเรียกอีกชื่อว่า Broker ซึ่งมีหน้าที่เป็นเสมือนท่อส่งข้อมูลในการรับส่ง ‘Message’ ระหว่าง Client ที่เป็นได้ทั้ง Publisher และ Subscriber หลักการทำงานของ MQT ดังรูปที่ 2.37

2.11.5.1 โดยมีรายละเอียดการเชื่อมต่อดังนี้

1) Client หมายถึง Publisher หรือ Subscriber ที่เชื่อมต่อแบบรวมศูนย์ไปยัง Broker ซึ่งสามารถเชื่อมต่อได้ทั้งแบบ persistent ที่ทำการสร้าง session ค้างไว้เปิดตลอดเวลาเพื่อติดต่อกับ Broker ซึ่งตรงกันข้ามกับ client ที่เชื่อมต่อแบบ transient ซึ่ง Broker ไม่สามารถติดตามสถานะได้

2) Broker เป็น software ที่ทำหน้ารับข้อความทั้งหมดที่ได้จาก Publisher แล้วจึงส่งต่อไปให้ Subscriber ตามแต่ Topic ที่ client ได้ทำการ subscribe ไว้

3) Topic เป็น address หรือ endpoint บน Broker ที่ client ทำการเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อความระหว่างกัน



รูปที่ 2.37 หลักการทำงานของ MQTT

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

MQTT เป็นเหมือนสเปคของซอฟท์แวร์ที่มี API ไม่กี่ตัวในการเชื่อมต่อ client เข้าด้วยกัน จึงไม่สามารถใช้เป็นตัวกลางในการจัดเก็บและกระจายข้อมูล (Store-and-Forward) เหมือนเช่นในระบบ MoM (Message Oriented Middleware) ที่ทำหน้าที่ในการจัดการคิวในการกระจายข้อมูลในระบบที่ต้องการความน่าเชื่อถือและมีข้อความจำนวนมาก ดังนั้นจึงมีการนำ MQTT ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับ MoM เช่น RabbitMQ หรือ Redis เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

MQTT เหมาะกับการนำไปใช้กับระบบคลาวด์ ที่ให้บริการแบบรวมศูนย์เพราะถูกออกแบบให้เหมาะกับการกระจายข้อมูลแบบ many-to-many ตัวอย่างแอปพลิเคชันที่นำ MQTT ไปใช้อย่างแพร่หลาย เช่น IoT Platform เนื่องจาก device สามารถทำการสร้าง session แลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้โดยไม่ต้องทำการตั้งค่า NAT ทั้งยังสามารถนำไปใช้กับร่วมกับ TLS/SSL เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการรับส่งข้อมูลได้ [50]

2.11.5.2 ประโยนชน์ของ MQTT มีดังนี้

1) แค่เขียนโค้ดง่าย ๆ จากอุปกรณ์ของก็สามารถ เข้าถึงการทำงานของ MQTT ได้แล้ว

2) ประหยัดพลังงานในการส่งข้อมูล ซึ่งใช้กับอุปกรณ์ที่ใช้แค่ ถ่ายแบตเตอร์รี่ หรือ มีขนาด CPU น้อยๆ ได้j

3) ติดตั้งระบบง่ายไม่ว่าจะเป็นฝั่ง broker หรือ client ซึ่งใน Python ก็มี library แล้ว

4) เป็น ระบบแบบ event-driven หรือก็คือสามารถรับข้อมูลได้ตลอดเวลาที่ topic นั้นๆ ถูก publish

5) เพิ่มความเร็วในการส่งข้อมูล เนื่องจาก headers ของข้อมูลนั้นมีขนาดเล็ก

6) สามารถแชร์ข้อมูลจาก อุปกรณ์ ไปยังอุปกรณ์อื่นๆได้ง่าย [25]

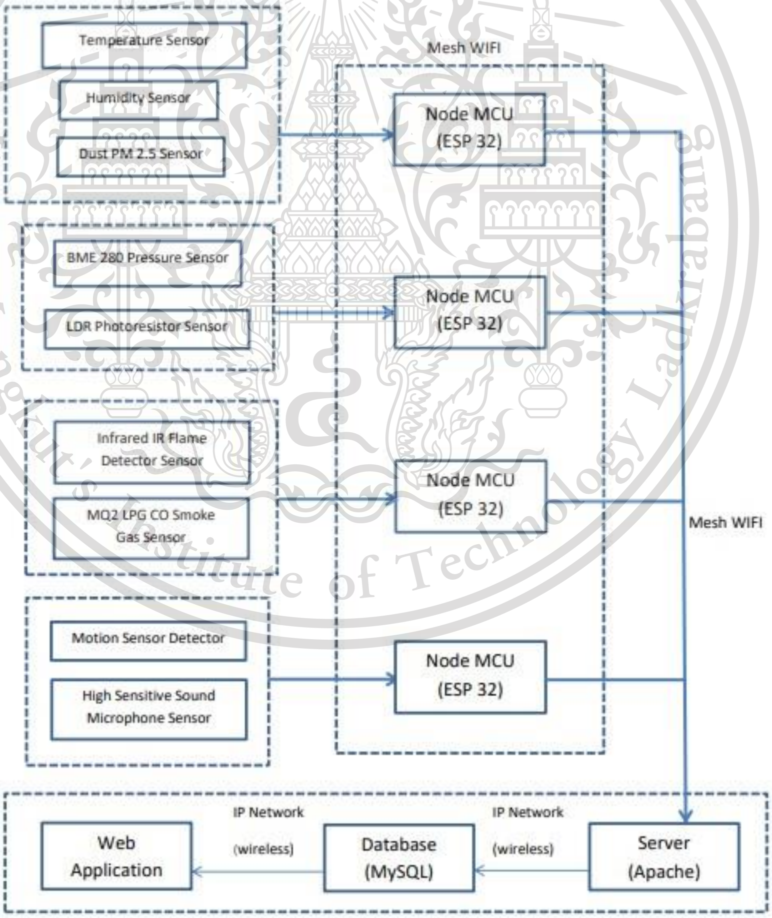
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์

การศึกษาและออกแบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสิ่งที่ต้องคำนึงอย่างแรก คือ ความเที่ยงตรงของค่าที่วัดได้ซึ่งจะต้องอยู่ภายใต้มาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้ตามด้วยปัจจัยที่ผลต่อการวัดค่าของเซนเซอร์ เช่น การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ควรจัดให้อยู่ในจุดที่เหมาะสมไม่ปิดทึบ การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดฝุ่นละออง PM2.5 ควรจัดให้อยู่ในจุดที่สามารถให้อากาศไหลผ่านอุปกรณ์ได้ เป็นต้น การทำงานของระบบ ดังรูปที่ 3.1

3.1 การออกแบบ



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมภาพรวมของปริญญานิพนธ์

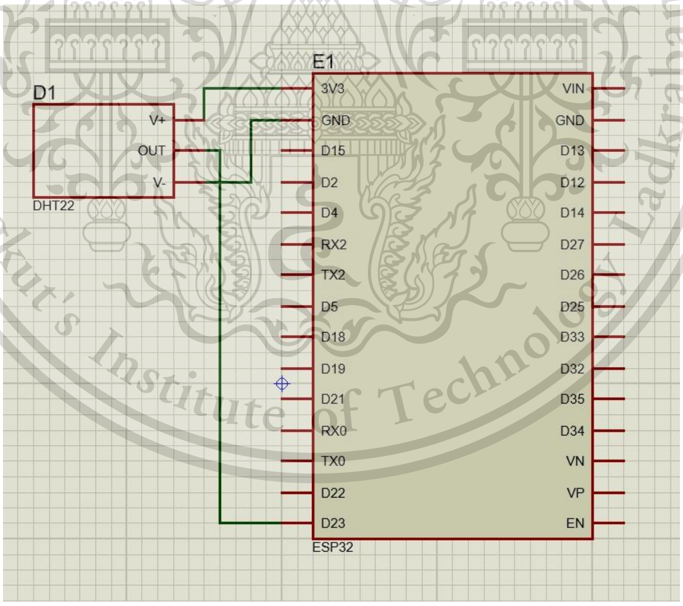
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

3.1.1 ส่วนอุปกรณ์ตรวจวัดค่าต่าง ๆ

อุปกรณ์ส่วนนี้จะจัดทำกล่องอุปกรณ์ขึ้นมา แล้วทำการติดเซนเซอร์ต่าง ๆ ไว้ภายใน เพื่อรับค่าต่าง ๆ โดยมีรูปแบบการทำงานของระบบดังรูปที่ 3.1 จากนั้นค่าที่วัดได้จะถูกนำไปใช้และประมวลผลต่อ โดย ESP32 เป็นหน่วยประมวลผลหลัก ก่อนจะส่งค่าที่ได้ทั้งหมดไปยังเซิร์ฟเวอร์ (Server) แล้วนำค่าทั้งหมดส่งไปเก็บเป็นฐานข้อมูล (Database) เพื่อแสดงผลผ่านหน้าเว็บ โดยมีรายละเอียดของการออกแบบการใช้งานเซนเซอร์ต่าง ๆ และการออกแบบรูปลักษณ์ ดังนี้

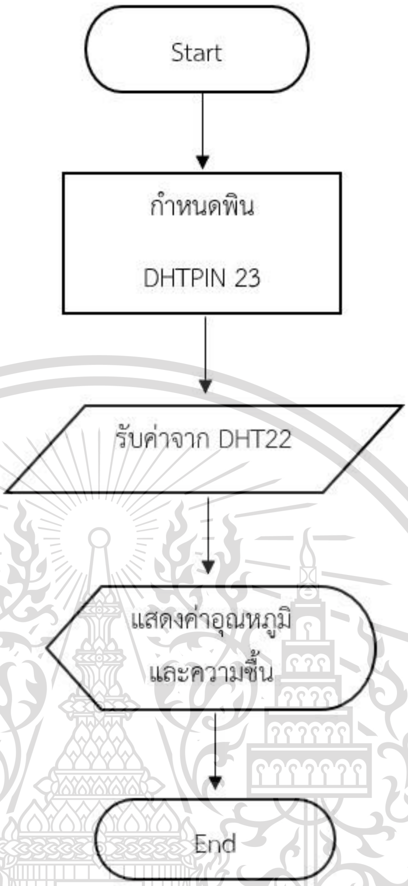
3.1.1.1 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นภายในห้อง

การออกแบบอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในห้อง จำเป็นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของเซนเซอร์ และตำแหน่งที่เหมาะสมของเซนเซอร์ในการวัดค่า กล่าวคือ จะต้องออกแบบให้มีความโปร่งให้ตัวเซนเซอร์สามารถรับอุณหภูมิและความชื้นภายนอก Schematic ของเซนเซอร์ DHT 22 กับ ESP32 ดังรูปที่ 3.2 แผนภาพการทำงานของส่วนวัดอุณหภูมิและความชื้น ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 ลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์ DHT 22 กับ ESP32

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

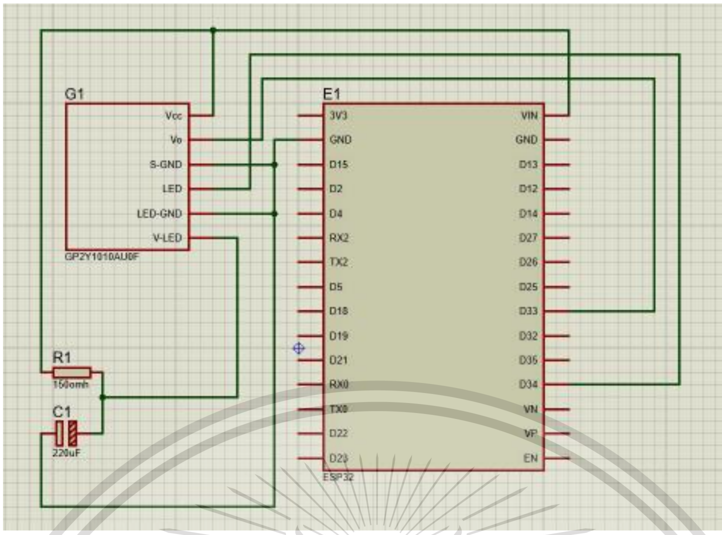


รูปที่ 3.3 แผนภาพการทำงานของส่วนวัดอุณหภูมิและความชื้น

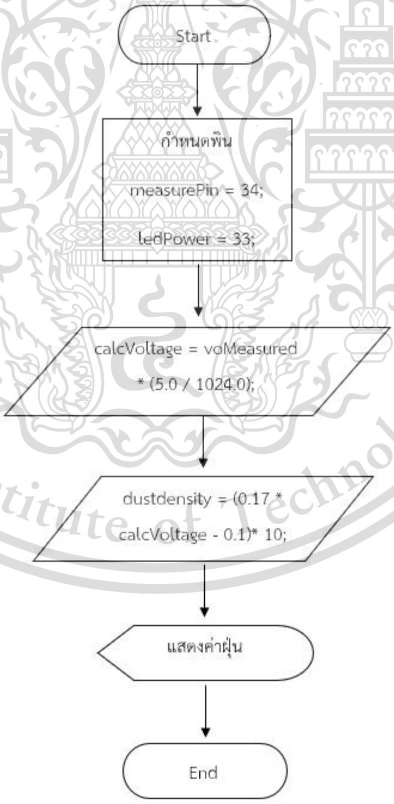
3.1.1.2 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดฝุ่นละออง PM2.5

การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ จำเป็นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์จึงทำการทดลองเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้ตรวจวัด ปริมาณฝุ่นในอากาศและศึกษากระบวนการนำข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์มาใช้งานเพื่อวิเคราะห์แล้วจึงแสดงผล Schematic ของเซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM 2.5 (รุ่น GP2Y1010AU0F) กับ ESP32 ดังรูปที่ 3.4 แผนภาพการทำงานของส่วนวัดอุณหภูมิและความชื้น ดังรูปที่ 3.4 แผนภาพการทำงานของส่วนวัดฝุ่นละอองในอากาศ ดังรูปที่ 3.5

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



รูปที่ 3.4 ลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดค่าฝุ่น PM 2.5 (รุ่น GP2Y1010AU0F) กับ ESP32

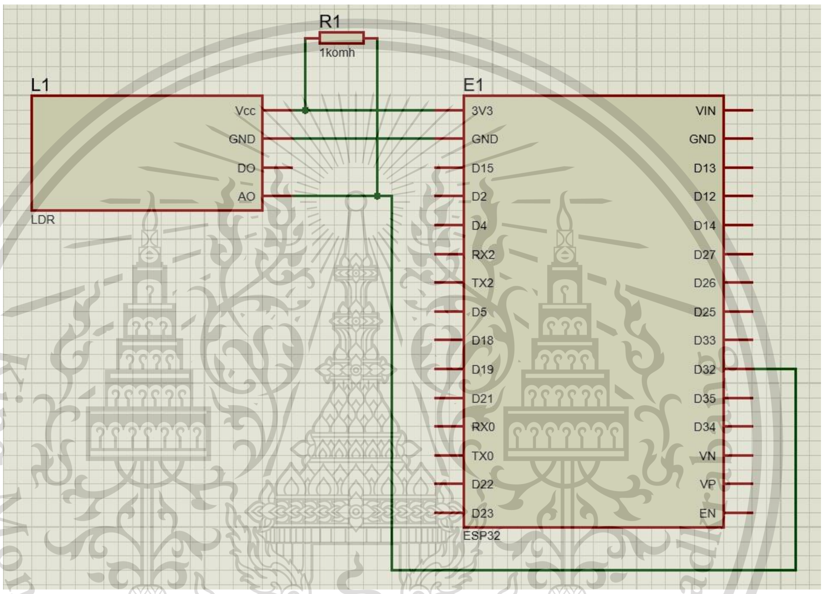


รูปที่ 3.5 แผนภาพการทำงานของส่วนวัดฝุ่นละอองในอากาศ

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

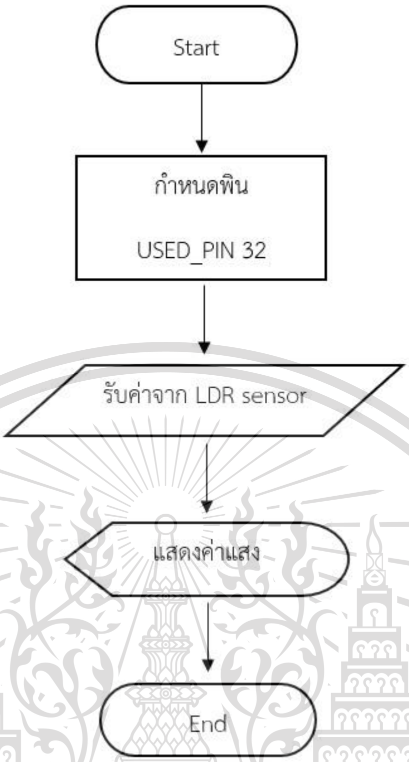
3.1.1.3 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดความสว่างของแสง

โมดูลวัดแสงที่เลือกใช้ในปริญญานิพนธ์นี้คือ LDR sensor Photoresistor Module โดยให้เอาต์พุตเป็นค่าแอนะล็อก จากนั้นนำมาแปลงเป็นค่าดิจิทัลให้ค่าที่ ได้อยู่ในหน่วยมาตรฐานความสว่างของแสงหรือหน่วย ลักซ์ Schematic ของ LDR sensor Photoresistor Module กับ ESP32 ดังรูปที่ 3.6 แผนภาพการทำงานของโมดูลวัดแสง ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.6 ลักษณะการเชื่อมต่อ LDR sensor Photoresistor Module กับ ESP32

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

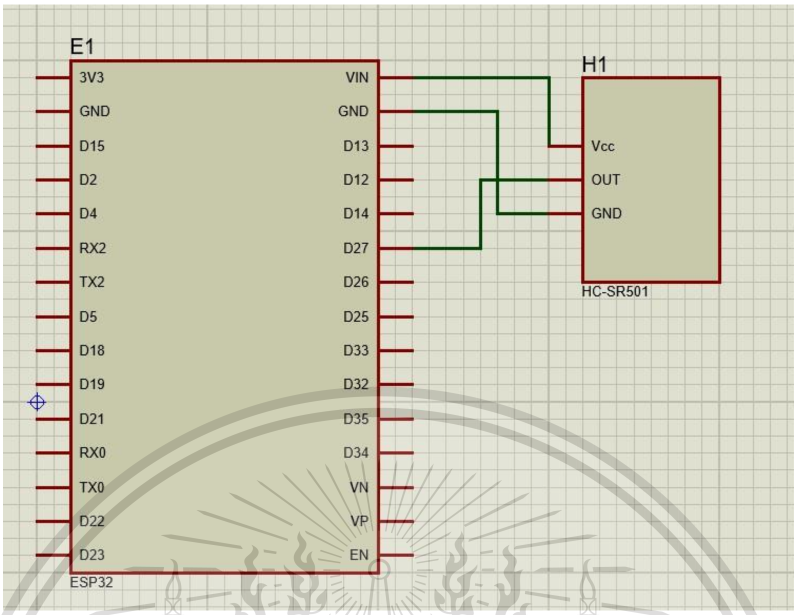


รูปที่ 3.7 แผนภาพการทำงานของโมดูลวัดแสง

3.1.1.4 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

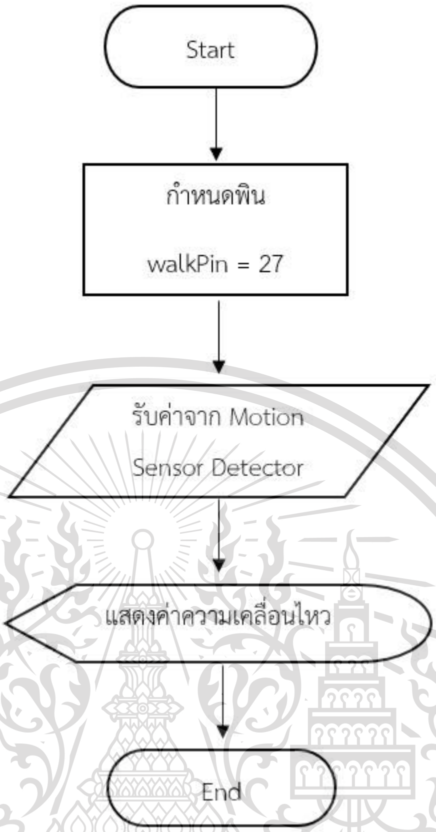
อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวที่เลือกใช้ คือ Motion Sensor Detector (HC-SR501) โดยออกแบบให้ตัวเซนเซอร์สามารถตรวจจับรังสีอินฟาเรดได้เต็มที่ ซึ่งรังสีอินฟาเรดนี้จะเกิดจากการแผ่ความร้อนจากตัวของสิ่งมีชีวิต Schematic ของ Motion Sensor Detector (HC-SR501) กับ ESP32 ดังรูปที่ 3.8 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว ดังรูปที่ 3.9

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



รูปที่ 3.8 ลักษณะการเชื่อมต่อ Motion Sensor Detector (HC-SR501) กับ ESP32

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

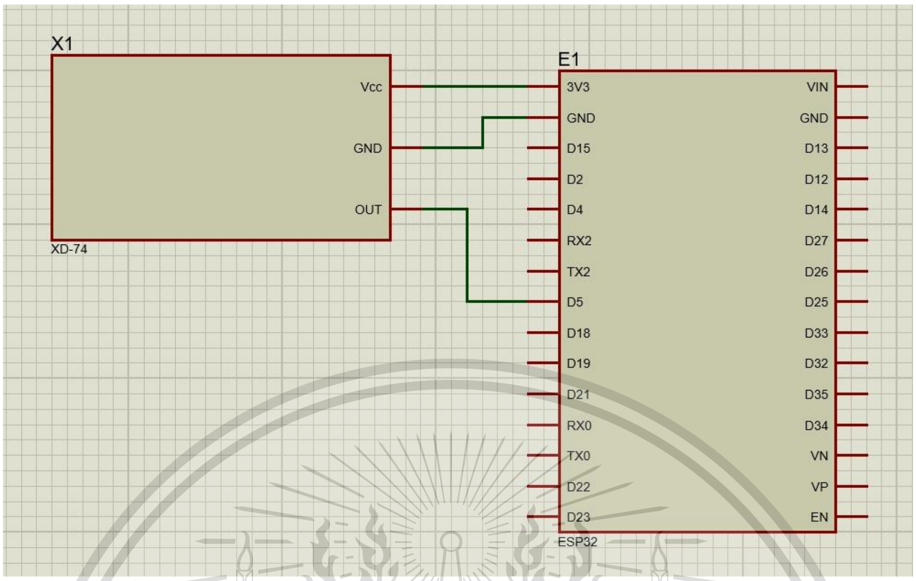


รูปที่ 3.9 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

3.1.1.5 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับเสียง

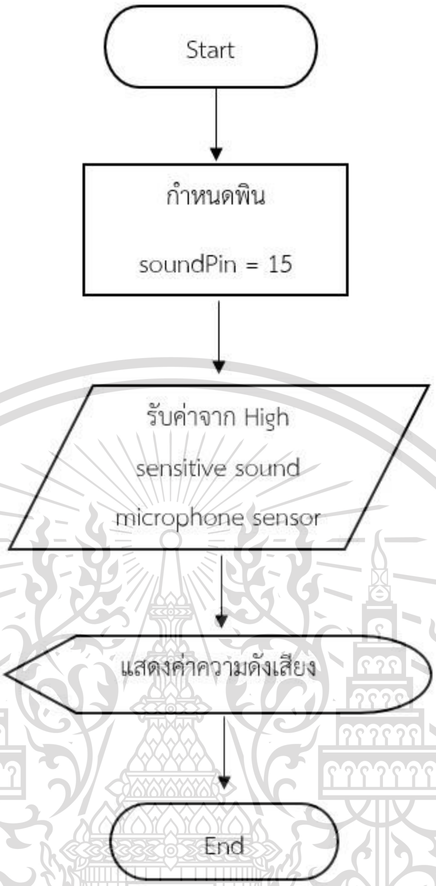
การออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับเสียง โดยทั่วไปจะใช้ในการตรวจจับความเข้มของเสียง ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์เพื่อให้ค่าที่วัดได้เหมาะสม Schematic ของ High Sensitive Sound Microphone Sensor Module กับ ESP32 ดังรูปที่ 3.10 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับเสียง ดังรูปที่ 3.11

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



รูปที่ 3.10 ลักษณะการเชื่อมต่อ High Sensitive Sound Microphone Sensor Module กับ ESP32

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

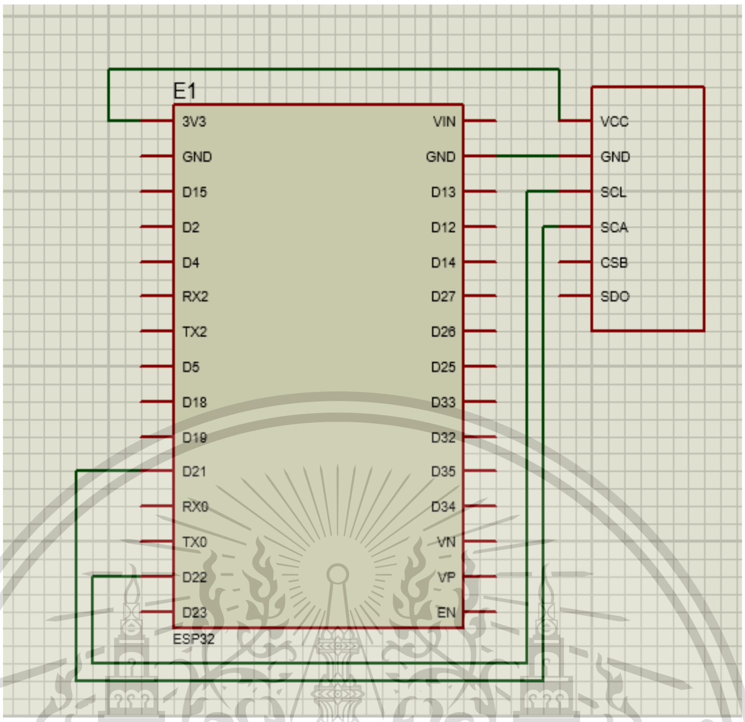


รูปที่ 3.11 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับเสียง

3.1.1.6 การออกแบบอุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศและอุณหภูมิ

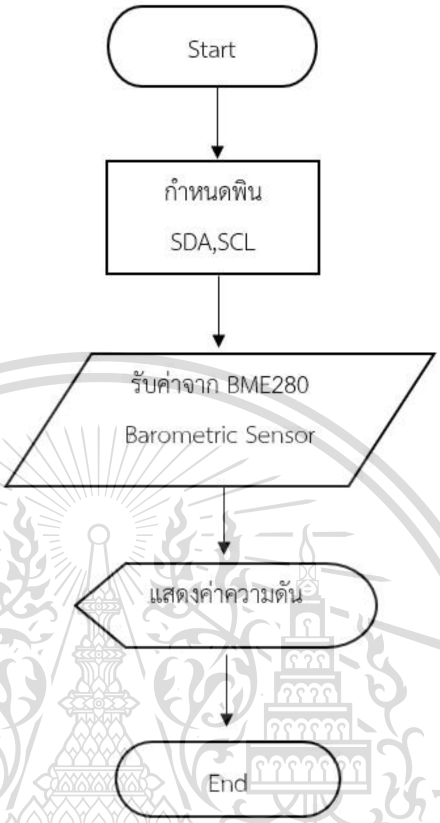
Schematic ของเซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศและอุณหภูมิ (BME280) กับ ESP32 ดังรูปที่ 3.12 และแผนภาพการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศและอุณหภูมิ ดังรูปที่ 3.13

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



รูปที่ 3.12 ลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิ (BME280) กับ ESP32

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

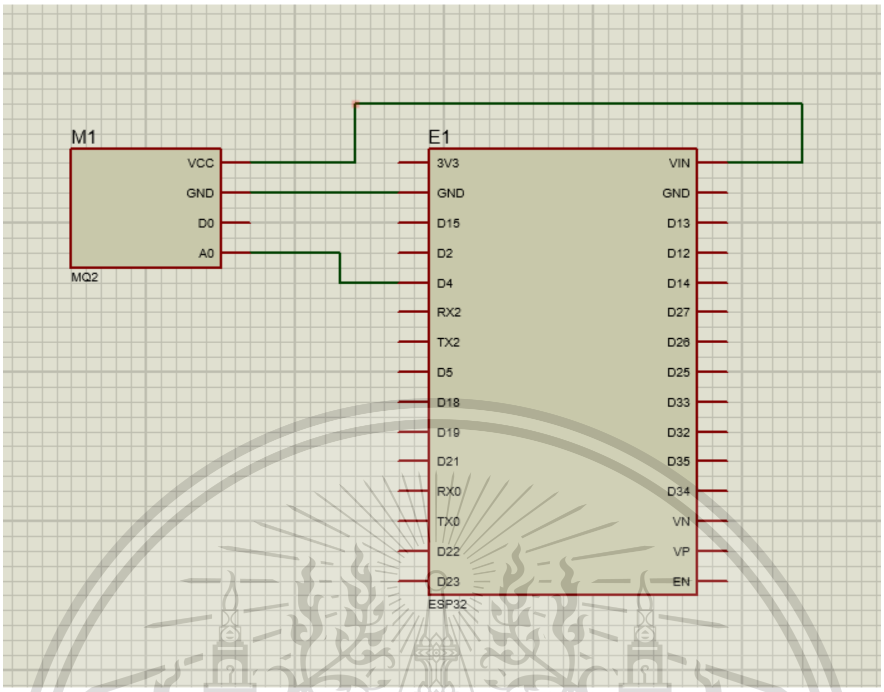


รูปที่ 3.13 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิ

3.1.1.7 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับควัน

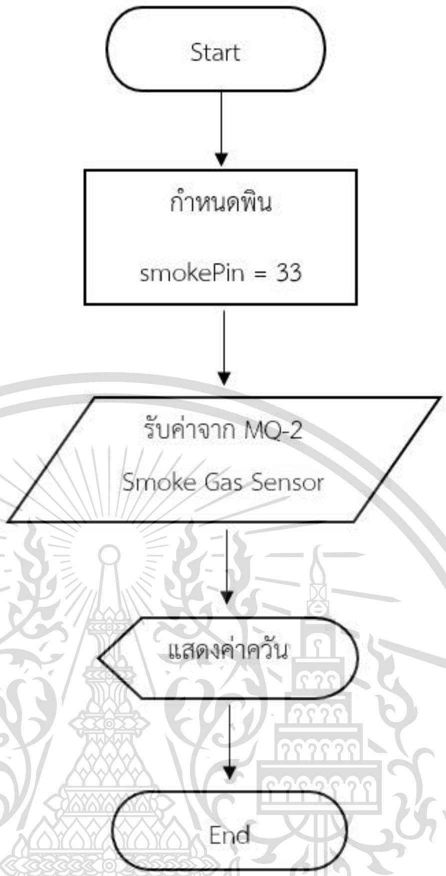
Schematic ของเซนเซอร์ตรวจจับควัน (MQ2) กับ ESP32 ดังรูปที่ 3.14 และแผนภาพการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับควัน ดังรูปที่ 3.15

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



รูปที่ 3.14 ลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์ตรวจจับควัน (MQ2) กับ ESP32

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

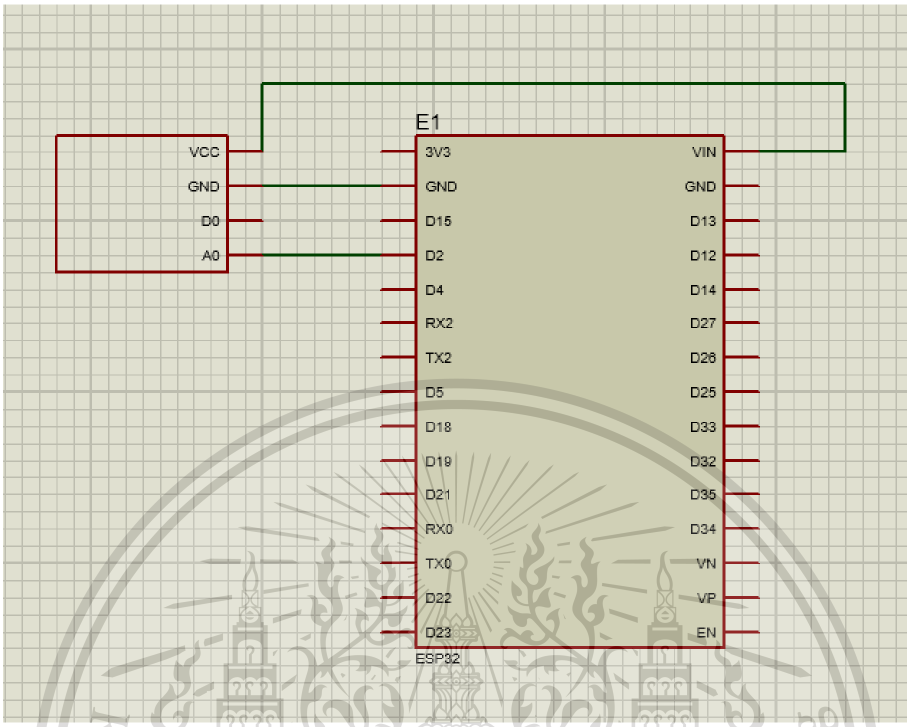


รูปที่ 3.15 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับควัน

3.1.1.8 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจจับเปลวไฟ

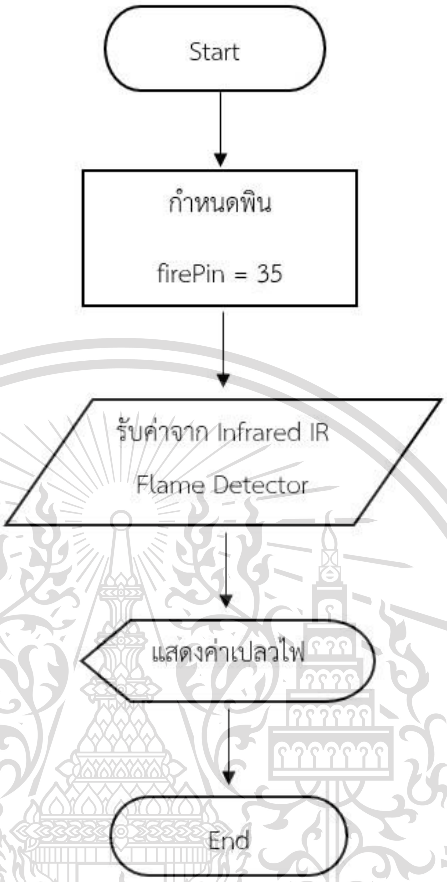
Schematic ของเซนเซอร์เปลวไฟ (Infrared IR Flame) กับ ESP32 ดังรูปที่ 3.16 และแผนภาพการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ ดังรูปที่ 3.17

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



รูปที่ 3.16 ลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ (Infrared IR Flame) กับ ESP32

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

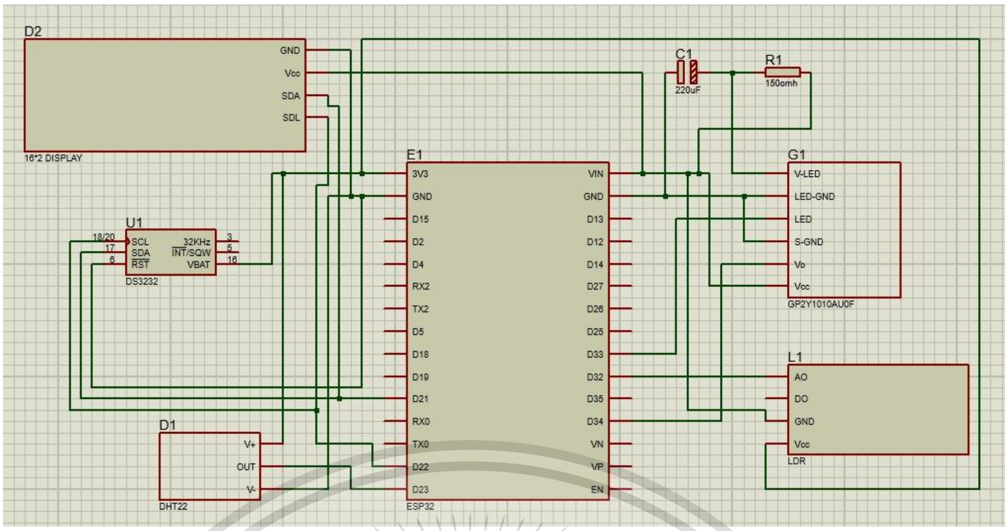


รูปที่ 3.17 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ

3.1.1.9 การออกแบบอุปกรณ์ทั้งหมดในโหนดที่หนึ่ง

การออกแบบรูปลักษณ์ของอุปกรณ์รายงานค่าต่าง ๆ ที่วัดได้ภายในห้อง จะต้องคำนึงถึงความแม่นยำของค่าที่วัดได้ จัดลักษณะของตัวอุปกรณ์ให้มีความเหมาะสมในการติดตั้งภายในห้อง และทำให้สามารถวัดค่าได้แม่นยำมากที่สุด โดยมีรายละเอียดการออกแบบ แสดงดังรูปที่ 3.18

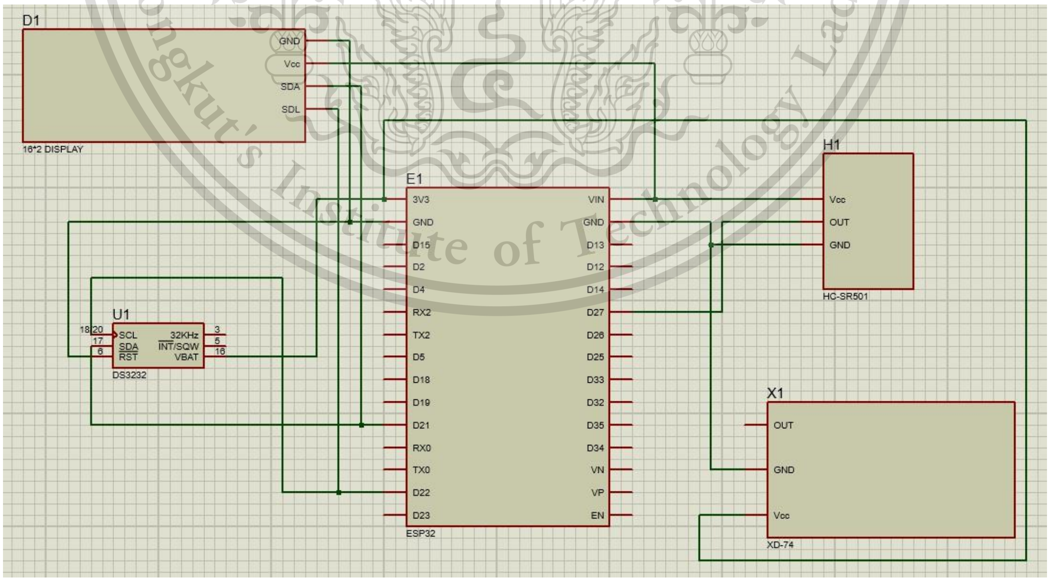
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



รูปที่ 3.18 ลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดในโหนดที่หนึ่ง กับ ESP32

3.1.1.10 การออกแบบอุปกรณ์ทั้งหมดในโหนดที่สอง

ประกอบไปด้วยเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวและเซนเซอร์ตรวจจับเสียง จะต้องคำนึงถึงความแม่นยำของค่าที่วัดได้ จัดลักษณะของตัวอุปกรณ์ให้มีความเหมาะสมในการจัดเก็บค่า แสดงดังรูปที่ 3.19

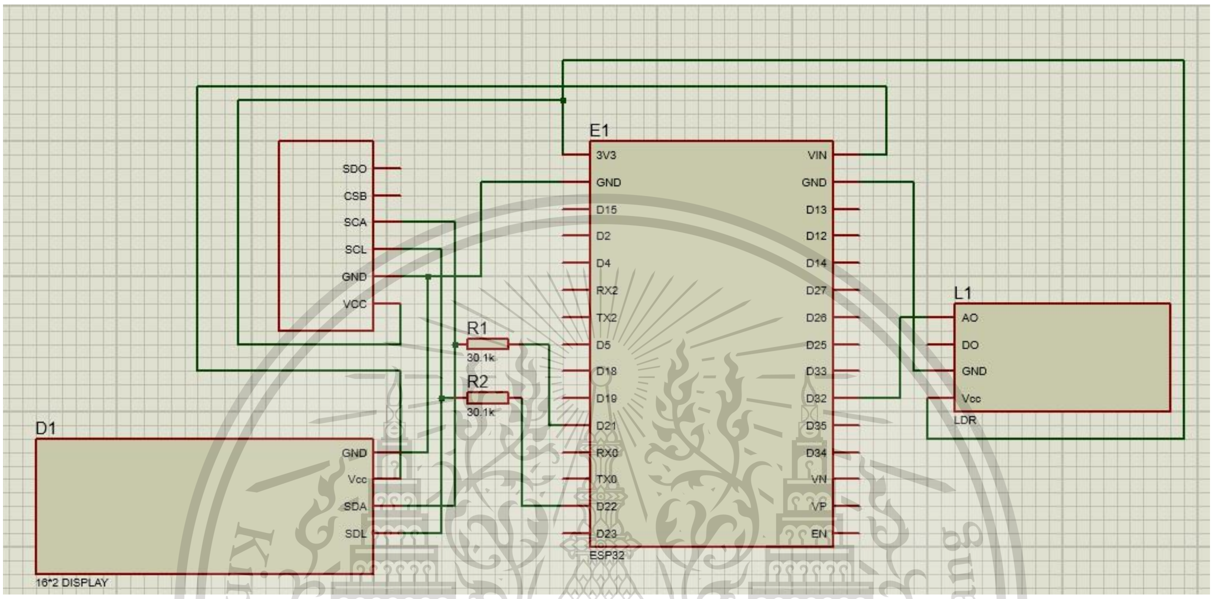


รูปที่ 3.19 ลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในโหนดที่สอง กับ ESP32

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

3.1.1.11 การออกแบบอุปกรณ์ทั้งหมดในโหนดที่สาม

ประกอบไปด้วยเซนเซอร์วัดความกดอากาศและเซนเซอร์วัดความเข้มแสง ลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดในโหนดที่สาม กับ ESP32 แสดงดังรูปที่ 3.20

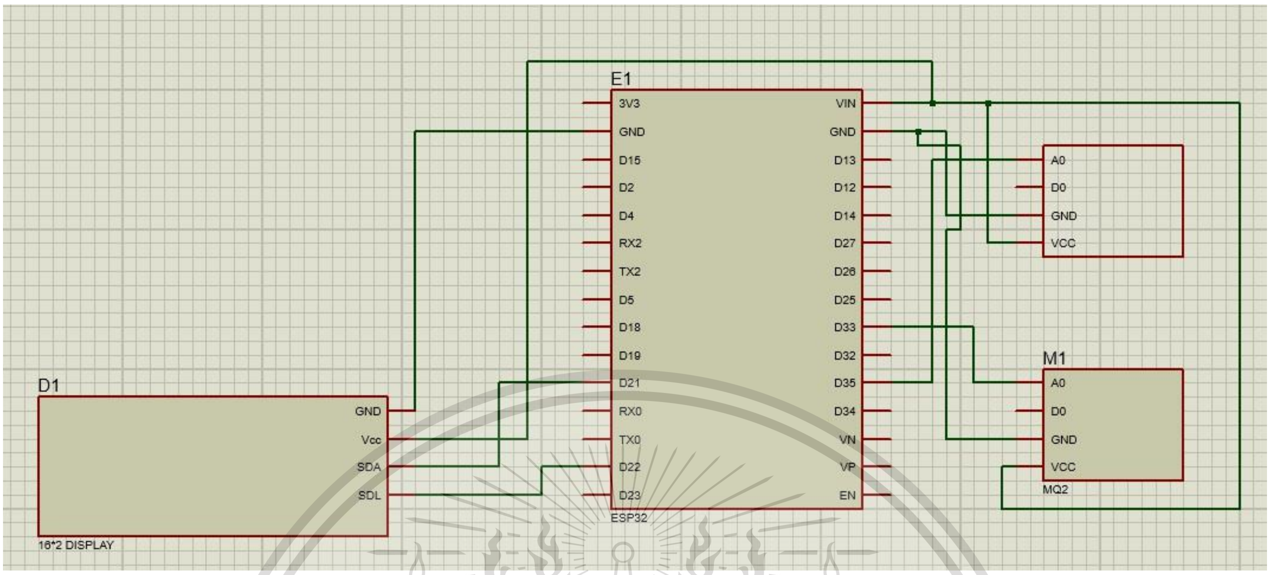


รูปที่ 3.20 ลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดในโหนดที่สาม กับ ESP32

3.1.1.12 การออกแบบอุปกรณ์ทั้งหมดในโหนดที่สี่

ประกอบไปด้วยเซนเซอร์ตรวจจับควันและเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ การออกแบบอุปกรณ์ในโหนดนี้จะต้องคำนึงถึงความแม่นยำของค่าที่วัดได้ จัดอุปกรณ์ให้มีความเหมาะสมในการติดตั้งในพื้นที่ที่เสี่ยงการเกิดไฟไหม้ ลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดในโหนดที่สี่ กับ ESP32 แสดงดังรูปที่ 3.21

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



รูปที่ 3.21 ลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดในโหนดที่สี่ กับ ESP32

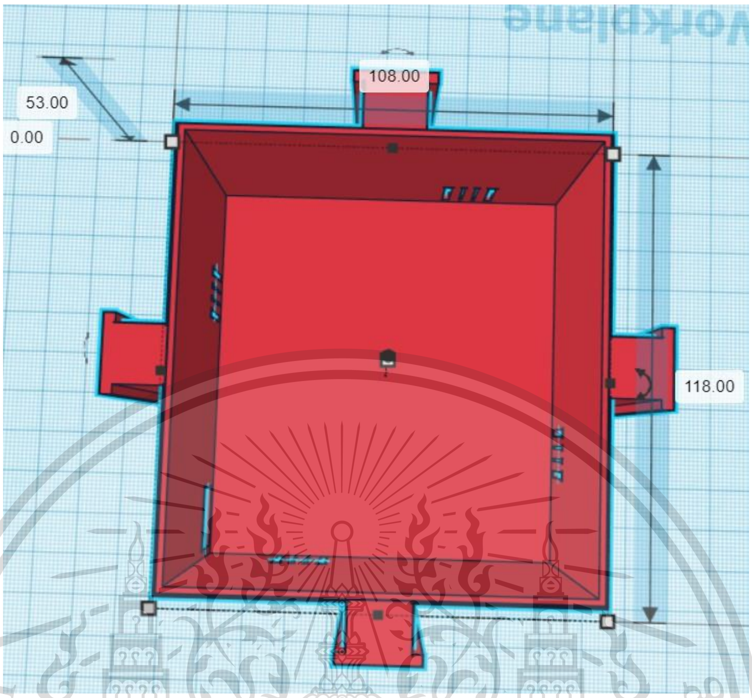
3.1.2 การออกแบบกล่อง

ออกแบบกล่อง เพื่อใช้บรรจุแผ่นวงจร PCB ซึ่งออกแบบผ่านเว็บบราวเซอร์ https://www.tinkercad.com/ โดยอุปกรณ์ในกล่องสามารถสลับสับเปลี่ยนได้ เช่น เซนเซอร์ต่าง ๆ กล่องจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

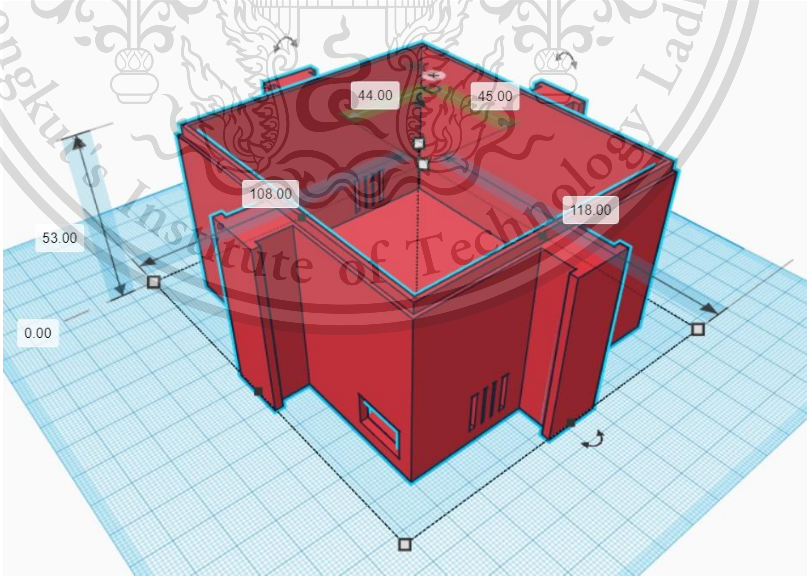
3.1.2.1 กล่องบรรจุ ESP32 DOIT DevKit V1

ข้างในกล่องประกอบด้วย ESP32 DOIT DevKit V1 โดยกล่องมีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 10.8 x 11.8 x 5.3 เซนติเมตร มีตัวล็อคทั้ง 4 ด้าน มีขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 1.2 x 1.2 x 5.0 เซนติเมตร มีช่องเสียบสัญญาณมีทั้ง 4 ช่องคือ ช่อง VCC, ช่องข้อมูลขาเข้า, ช่องข้อมูลขาออก และช่อง GND ช่องเสียบ USB มีขนาด กว้าง x ยาว เท่ากับ 1 x 1.5 เซนติเมตร และ ฝากล่องมีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 8.4 x 9.4 x 0.5 เซนติเมตร กล่องมีลักษณะดังรูปที่ 3.22 รูปที่ 3.23 และรูปที่ 3.24

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

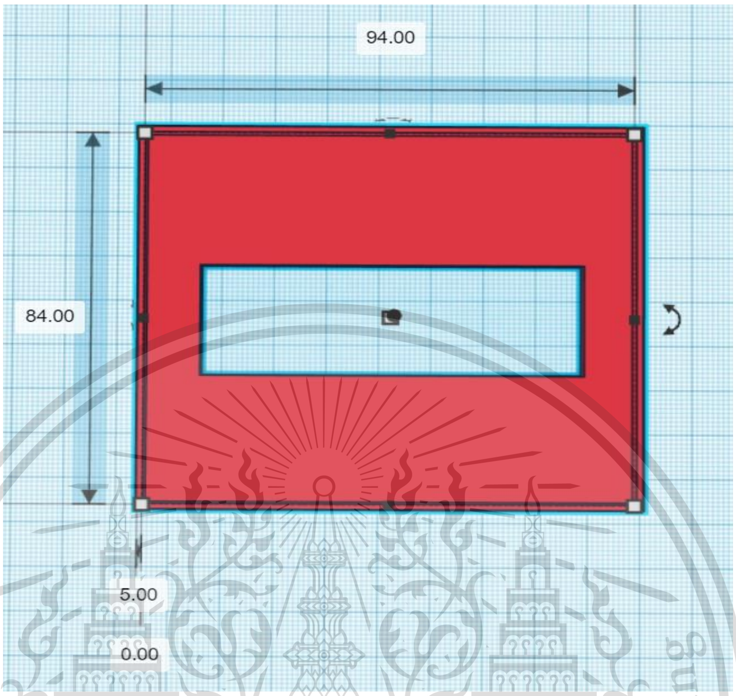


รูปที่ 3.22 ด้านบนของการออกแบบกล่องบรรจุ ESP32 DOIT DevKit V1



รูปที่ 3.23 ด้านข้างของการออกแบบกล่องบรรจุ ESP32 DOIT DevKit V1

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

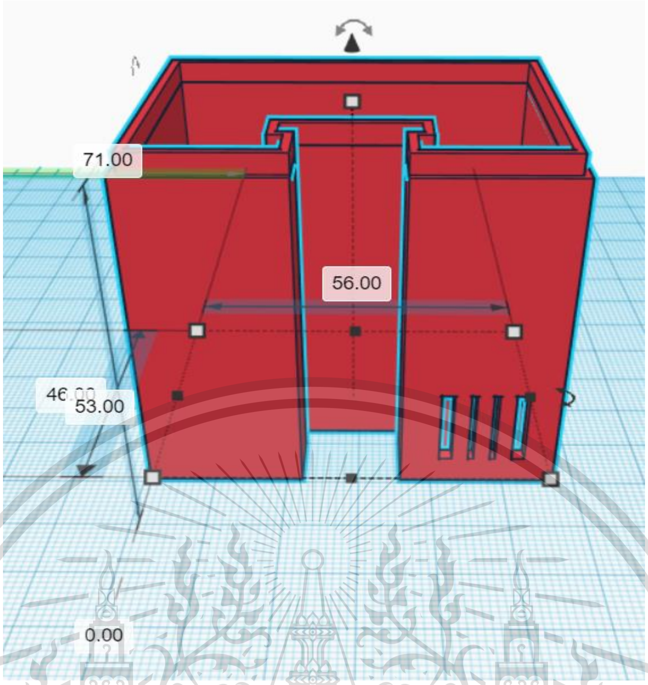


รูปที่ 3.24 ฝาของการออกแบบกล่องบรรจุ ESP32 DOIT DevKit V1

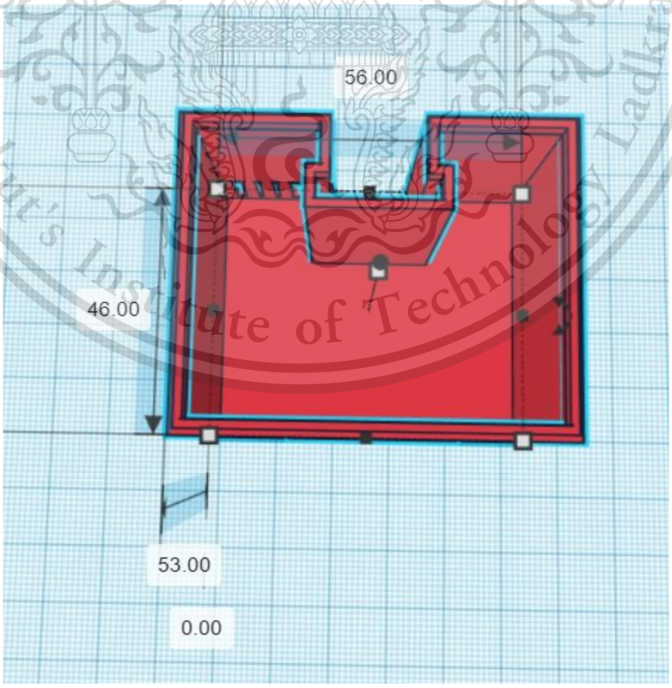
3.1.2.2 กล่องบรรจุเซนเซอร์ต่าง ๆ โดยแต่ละกล่องจะแยกเซนเซอร์

โดยกล่องมีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 4.6 x 5.6 x 5.3 เซนติเมตร ด้านหลังใส่เซนเซอร์มีขนาด กว้าง x ยาว เท่ากับ 2.4 x 2.4 เซนติเมตร มีช่องเสียบสัญญาณมีทั้ง 4 ช่องคือ ช่อง VCC, ช่องข้อมูลขาเข้า, ช่องข้อมูลขาออก และช่อง GND ฝากล่องมีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 4.6 x 5.6 x 0.5 เซนติเมตร กล่องมีลักษณะดังรูปที่ 3.25 รูปที่ 3.26 รูปที่ 3.27 และรูปที่ 3.28

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

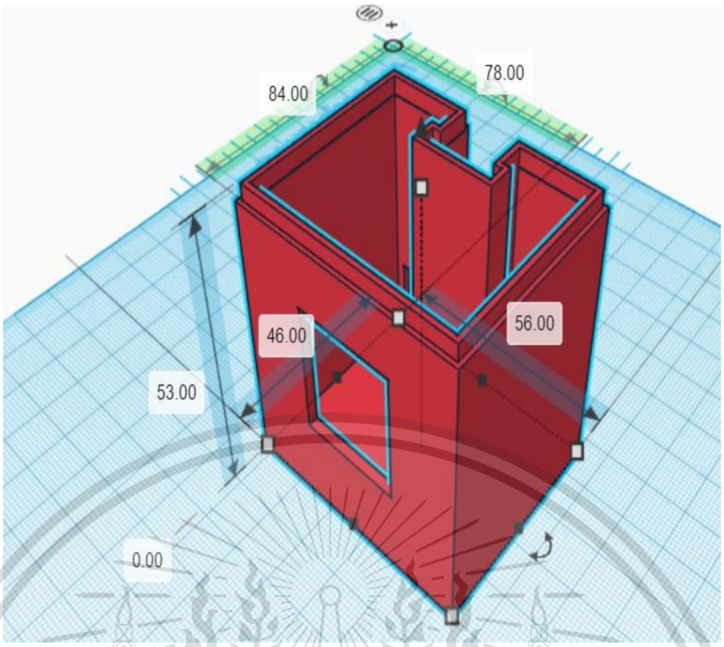


รูปที่ 3.25 ด้านหน้าของการออกแบบกล่องบรรจุเซนเซอร์

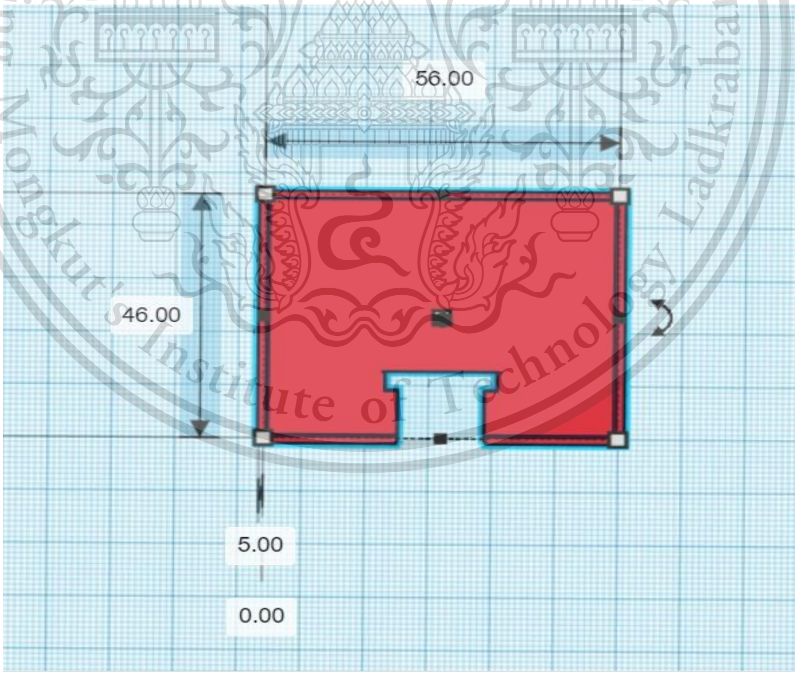


รูปที่ 3.26 ด้านบนของการออกแบบกล่องบรรจุเซนเซอร์

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



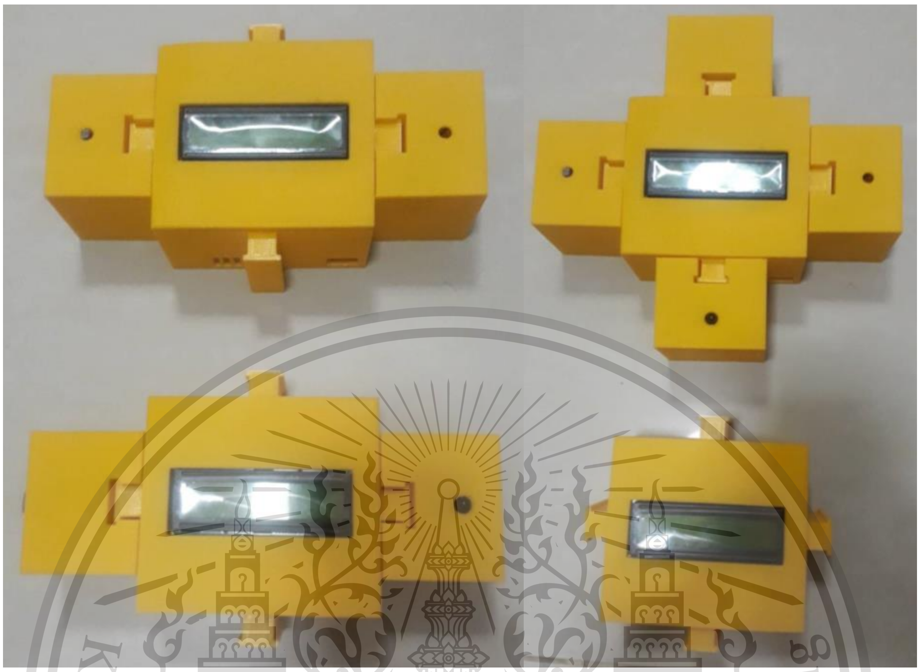
รูปที่ 3.27 ด้านข้างของการออกแบบกล่องบรรจุเซนเซอร์



รูปที่ 3.28 ฝาของการออกแบบกล่องบรรจุเซนเซอร์

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

และกล่องบรรจุภัณฑ์จริง แสดงดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 กล่องบรรจุภัณฑ์จริง

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

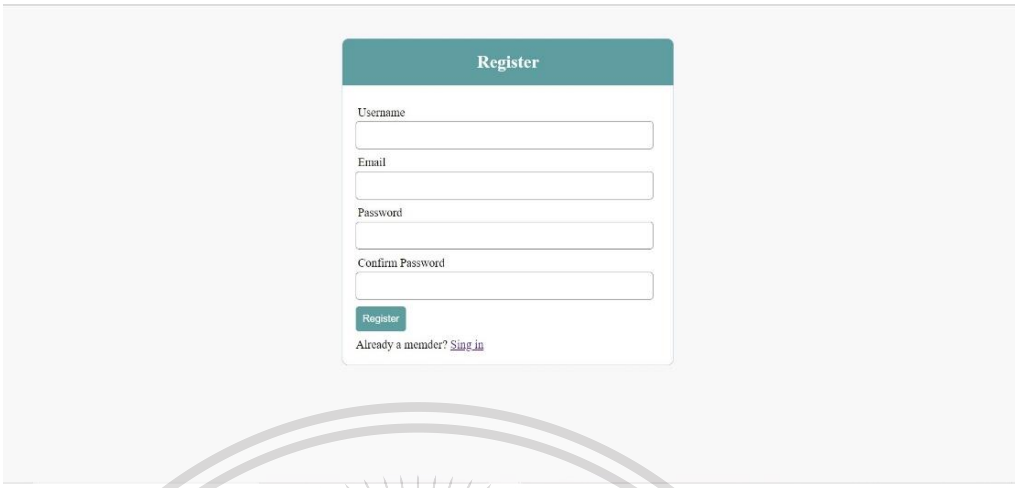
3.1.3 สร้างและแก้ไข Web Application

ในส่วนนี้ได้ทำการสร้างหน้าเว็บโดยเริ่มต้นการทำงานในส่วนของระบบ Register ขั้นตอนแรกจะต้องทำการลงทะเบียนเข้าใช้งานโดยกดเข้าไปที่ Sign up บนหน้า Home Page ของ Web Application ดังรูปที่ 3.30

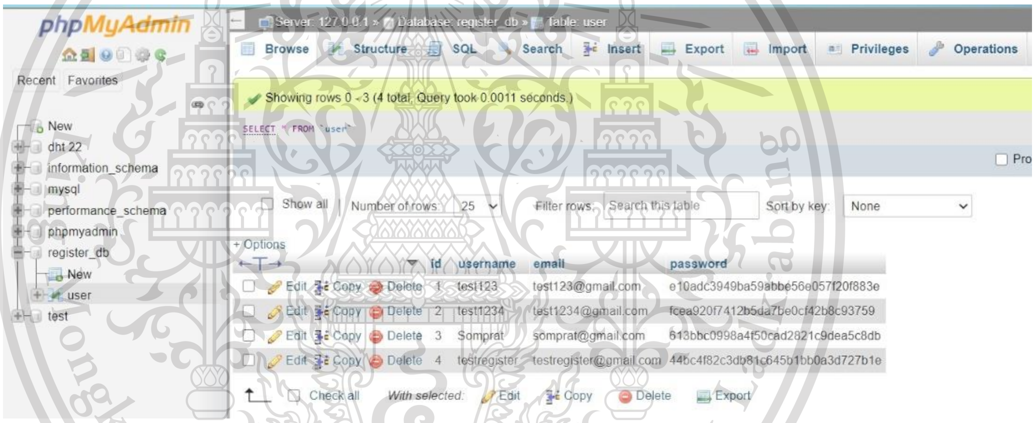
รูปที่ 3.30 หน้า Home Page ของ Web Application

จากนั้นระบบจะนำผู้ใช้เข้าไปยังหน้า Register เพื่อทำการลงทะเบียน ดังรูปที่ 3.31 โดยผู้ใช้จะต้องกรอก Username E-mail และ Password ให้ครบถ้วน โดยข้อมูลของ Username E-mail และ Password จะถูกนำไปจัดเก็บลงในฐานข้อมูล ดังรูปที่ 3.32 ผ่านโปรแกรมไฟล์ php ที่ดึงข้อมูลจากการกรอกข้อมูลไปจัดเก็บลงในฐานข้อมูล จากนั้น กดปุ่ม Register เพื่อไปที่หน้า Login ที่แสดงดังรูป 3.33 จากนั้นให้ทำการกรอกเฉพาะ Username และ Password ให้ถูกต้องตามที่ได้ลงทะเบียนไว้ ผ่านโปรแกรมไฟล์ php ที่จะทำดึงข้อมูล Username และ Password มาจากฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบว่า Username กับ Password ที่ผู้ใช้กรอกถูกต้องหรือตรงกับที่ลงทะเบียนหรือไม่ จากนั้นกดปุ่ม Login ซึ่งจะไปที่หน้า Sensor Node ดังรูปที่ 3.34

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



รูปที่ 3.31 หน้า Register ของ Web Application



รูปที่ 3.32 ตารางฐานข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลการลงทะเบียน

จากรูปที่ 3.32 ตารางฐานข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลการลงทะเบียน มีการเก็บค่าต่าง ๆ เพื่อเรียกดูในภายหลัง โดยมีค่าต่าง ๆ ดังนี้

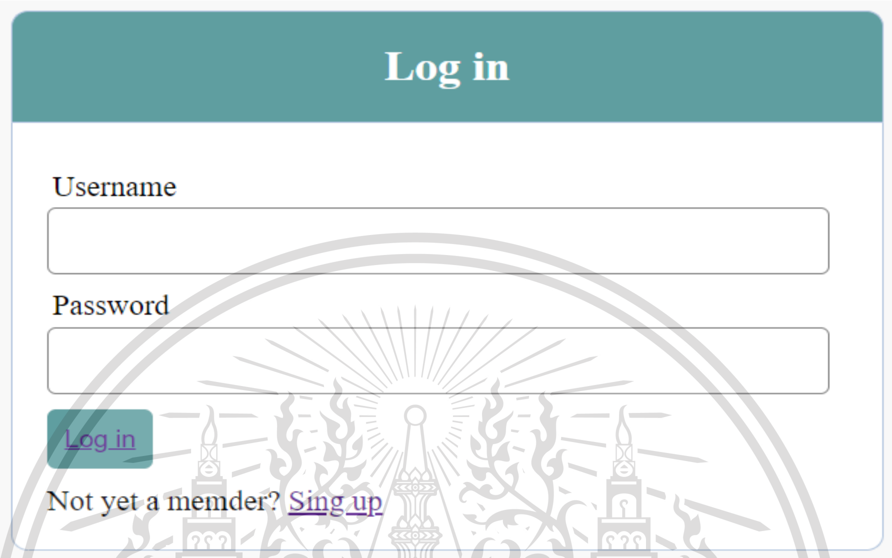
1) id กำหนดให้มี Data type เป็น int ใช้สำหรับเก็บลำดับของข้อมูล

2) username กำหนดให้มี Data type เปน varchar ใช้สำหรับเก็บข้อมูลชื่อผู้ใช้งาน

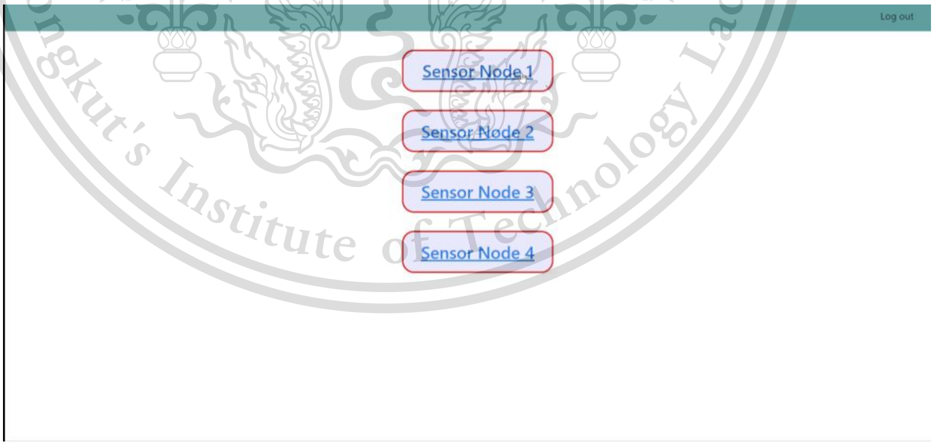
3) email กำหนดให้มี Data type เป็น varchar ใช้สำหรับเก็บข้อมูล email ของผู้ใช้งาน

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

4) password กำหนดให้มี Data type เป็น Varchar ใช้สำหรับเก็บข้อมูลรหัสผ่าน



รูปที่ 3.33 หน้า Log in ของ Web Application



รูปที่ 3.34 หน้า Sensor Node ของ Web Application

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

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 ESP32 (Devkit)

เป็นชิปคำสั่งผสม Wi-Fi และ Bluetooth 2.4 GHz เดียวที่ออกแบบด้วยเทคโนโลยี TSMC ที่ใช้พลังงานต่ำพิเศษ 40 นาโนเมตร ได้รับการออกแบบมาเพื่อให้ได้พลังบีทและประสิทธิภาพ RF ซึ่งแสดงถึงความทนทานความคล่องตัวและความน่าเชื่อถือในการใช้งานและสถานการณ์ด้านพลังงานที่หลากหลาย ชุดชิป ESP32 ประกอบด้วย ESP32-DOWDQ6, ESP32-DOWD, ESP32-D2WD และ ESP32-SOWD ฟังก์ชัน Block Diagram แสดงดังรูปที่ 3.35 ลักษณะของ Esp32 (Devkit) แสดงดังรูปที่ 3.36

เป็นชื่อของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi และ Bluetooth 4.2 BLE ในตัว ผลิตโดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน โดยตัวไอซี ESP32 มีสเปคโดยละเอียด ดังนี้

- ซีพียูใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง สัญญาณนาฬิกา 240MHz มีแรมในตัว 512KB
- รองรับการเชื่อมต่อรอมภายนอกสูงสุด 16MB
- มาพร้อมกับ WiFi มาตรฐาน 802.11 b/g/n รองรับการใช้งานทั้งในโหมด Station softAP และ Wi-Fi direct
- มีบลูทูธในตัว รองรับการใช้งานในโหมด 2.0 และโหมด 4.0 BLE
- ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.6V ถึง 3V
- ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40°C ถึง 125°C

นอกจากนี้ ESP32 ยังมีเซนเซอร์ต่าง ๆ มาในตัวด้วย ดังนี้

- วงจรกรองสัญญาณรบกวนในวงจรขยายสัญญาณ
- เซนเซอร์แม่เหล็ก
- เซนเซอร์สัมผัส (Capacitive touch) รองรับ 10 ช่อง
- รองรับการเชื่อมต่อคลิสตอล 32.768kHz สำหรับใช้กับส่วนวงจรนับเวลาโดยเฉพาะ

3.2.1.1 ขาใช้งานต่าง ๆ ของ ESP32 แสดงดังรูปที่ 3.37 รองรับการเชื่อมต่อบัสต่าง ๆ ดังนี้

1) มี GPIO จำนวน 32 ช่อง

2) รองรับ UART จำนวน 3 ช่อง

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

3) รองรับ SPI จำนวน 3 ช่อง

4) รองรับ I2C จำนวน 2 ช่อง

5) รองรับ ADC จำนวน 12 ช่อง

6) รองรับ DAC จำนวน 2 ช่อง

7) รองรับ I2S จำนวน 2 ช่อง

8) รองรับ PWM / Timer ทุกช่อง

9) รองรับการเชื่อมต่อกับ SD-Card

นอกจากนี้ ESP32 ยังรองรับฟังก์ชั่นเกี่ยวกับความปลอดภัยต่าง ๆ ดังนี้

-รองรับการเข้ารหัส WiFi แบบ WEP และ WPA/WPA2 PSK/Enterprise

-มีวงจรเข้ารหัส AES / SHA2 / Elliptical Curve Cryptography / RSA-4096 ในตัว

ในด้านประสิทธิ์ภาพการใช้งาน 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 2.5uA [26]

3.2.1.2 สเปคของบอร์ด ESP32 (Devkit)

1) ESP32 ทำงานแบบ Dual Core มี โปรเซสเซอร์ 2 ตัวทำงานพร้อมกัน

2) Wi-Fi และ Bluetooth 4.2

3) ภายในมีไมโครคอนโทรลเลอร์ 32 บิต

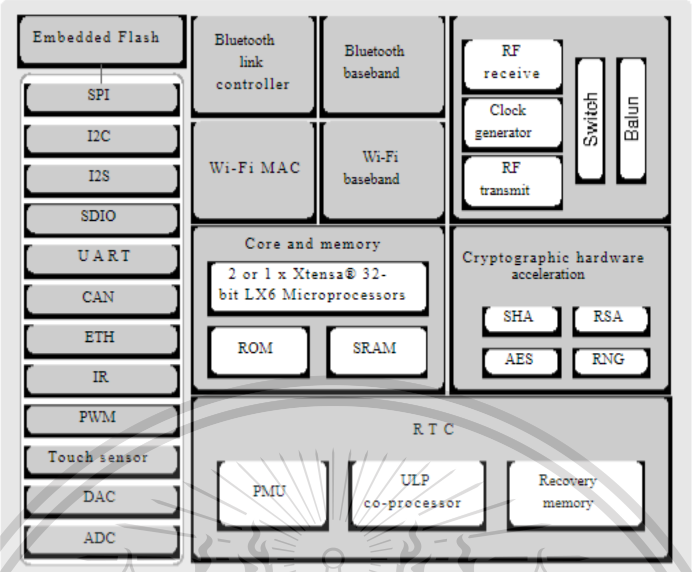
4) ความถี่ Clock ความเร็วสูงสุดถึง 240 MHz

5) หน่วยความจำ RAM 512 kB

6) มีขาทั้งหมด 30 ขา

7) รองรับการเชื่อมต่อแบบ SERIAL, I2C, SPI, GPIO [27]

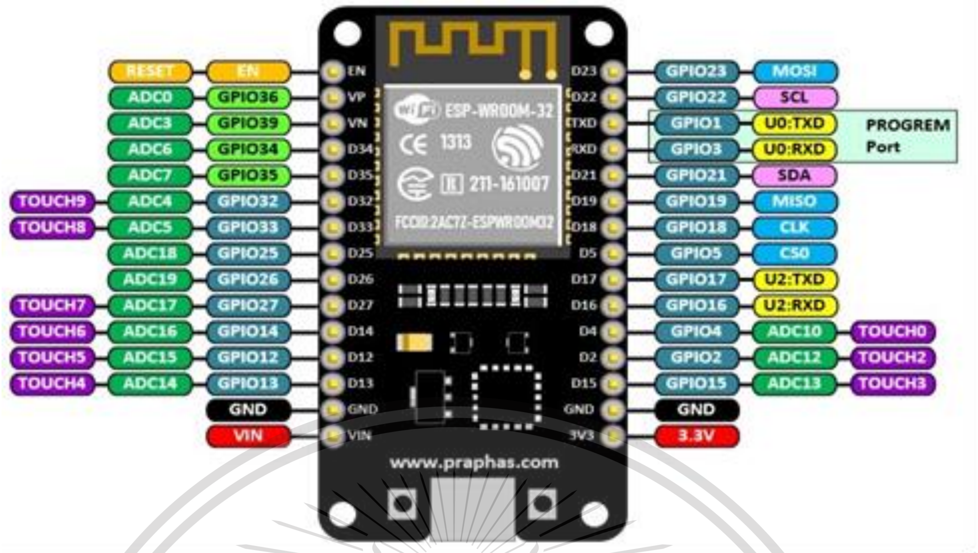
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



รูปที่ 3.35 Functional Block Diagram

รูปที่ 3.36 Esp32 (Devkit)

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



รูปที่ 3.37 ตำแหน่งขาบนบอร์ด ESP32 (Devkit)

3.2.2 สายแพหรือสายไฟจัมเปอร์

สายแพ (Ribbon cable) เป็นสายนำสัญญาณที่มีตัวนำหลายเส้นขนานกันเป็นแผ่นกว้าง นิยมใช้ในงานที่ต้องการเชื่อมโยงสายสัญญาณจำนวนมากเส้นไปด้วยกัน (เช่น บัสในวงจรอิเล็กทรอนิกส์) ซึ่งชื่อภาษาอังกฤษก็มาจากลักษณะของสายที่ดูคล้ายแถบริบบิ้นนั่นเอง ลักษณะของสายแพหรือสายไฟจัมเปอร์ แสดงดังรูปที่ 3.38

เนื่องจากสายแพเป็นสายที่นิยมใช้เชื่อมต่อสัญญาณระหว่างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จึงใช้มากกับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์ ทั้งการเชื่อมต่อฮาร์ดดิสก์, ไดรฟ์ซีดี และ ไดรฟ์ฟลอปปีดิสก์ในระบบ ATA และไมโครคอมพิวเตอร์ยุคแรกๆบางระบบ จะใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกด้วย เช่น BBC Micro หรือ Apple II [28]

สายไฟจัมเปอร์แบบ เมีย-เมีย เหมาะสำหรับใช้งานในวงจรทั่วๆไป หรือใช้กับอุปกณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มี PIN ตัวผู้ เช่น บอร์ด Arduino Nano ที่ตัว Pin ของบอร์ดเป็นตัวผู้ และนอกจากนี้ยังสามารถใช้ร่วมกับสายจัมป์แบบ ผู้-ผู้ เพื่อต่อเพิ่มความยาวของสายไฟ

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

รูปที่ 3.38 สายแพหรือสายจัมเปอร์ [29]

3.2.3 Liquid Crystal Display (ขนาด16×2 I2C)

จอ Liquid Crystal Display (LCD) เป็นจอแสดงผลรูปแบบหนึ่งที่นิยมนำมาใช้งานกันกับระบบสมองกลฝังตัวอย่างแพร่หลาย จอ LCD มีทั้งแบบแสดงผลเป็นตัวอักขระเรียกว่า Character LCD ซึ่งมีการกำหนดตัวอักษรหรืออักขระที่สามารถแสดงผลไว้ได้อยู่แล้ว และแบบที่สามารถแสดงผลเป็นรูปภาพหรือสัญลักษณ์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานเรียกว่า Graphic LCD นอกจากนี้บางชนิดเป็นจอที่มีการผลิตขึ้นมาใช้เฉพาะงาน ทำให้มีรูปแบบและรูปร่างเฉพาะเจาะจงในการแสดงผล เช่น นาฬิกาดิจิตอล เครื่องคิดเลข หรือ หน้าปัดวิทยุ เป็นต้น

LCD ที่แสดงผลเป็นอักขระหรือตัวอักษร ตามท้องตลาดทั่วไปจะมีหลายแบบด้วยกัน มีทั้ง 16 ตัวอักษร 20 ตัวอักษรหรือมากกว่า และจำนวนบรรทัดจะมีตั้งแต่ 1 บรรทัด 2 บรรทัด 4 บรรทัดหรือมากกว่าตามแต่ความต้องการและลักษณะของงานที่ใช้ หรืออาจจะมีแบบสั่งทำเฉพาะงาน จะยกตัวอย่างจอ LCD ขนาด 16×2 Character หรือที่นิยมเรียกกันว่าจอ LCD 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด สามารถหาซื้อได้ง่ายและมีราคาไม่สูง เหมาะสมกับการใช้งานแสดงผลไม่มากในหน้าจอเดียว

จอ LCD 16×2 Character ที่นิยมวางจำหน่ายจะมีอยู่ 2 แบบด้วยกันคือ LCD แบบปกติที่เชื่อมต่อแบบขนาน (Parallel) และ LCD แบบที่เชื่อมต่ออนุกรม (Serial) แบบ I2C โดยทั้ง 2 แบบตัวจอมีลักษณะเดียวกันเพียงแต่แบบ I2C จะมีบอร์ดเสริมทำให้สื่อสารแบบ I2C ได้เชื่อมต่อได้สะดวกขึ้น ลักษณะของ Liquid Crystal Display (ขนาด16×2 I2C) แสดงดังรูปที่ 3.39 [30]

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

LCD Character Display 16x2 with I2C Serial interface Board. เป็นจอที่แสดงผลเป็นตัวอักษรตามช่องแบบตายตัว จอ LCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน [31]

รูปที่ 3.39 Liquid Crystal Display (ขนาด16×2 I2C)

3.2.3.1 คุณสมบัติมีดังนี้

1) แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานคือ 4.7V ถึง 5.3V

2) การใช้กระแสไฟฟ้าคือ 1mA

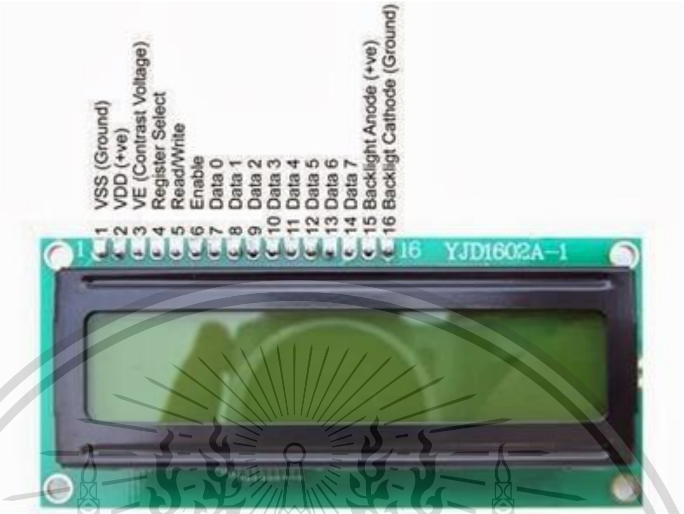
3) ประกอบด้วยสองแถวและแต่ละแถวสามารถพิมพ์ได้ 16 ตัวอักษร

4) สามารถทำงานได้ทั้งในโหมด 8 บิตและ 4 บิต

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

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

3.2.3.2 ตำแหน่งขาของ จอ LCD ขนาด 16x2 มีรูปแบบตำแหน่งขาดัง รูปที่ 3.40 และมีฟังก์ชันการทำงานดังตารางที่ 3.1 [32]



รูปที่ 3.40 ตำแหน่งขา จอ LCD ขนาด 16x2

ตารางที่ 3.1 ฟังก์ชันการทำงานของแต่ละขาของ จอ LCD ขนาด 16x2

PIN	NAME	DESCRIPITON
1	V_{SS} (Ground)	พินกราวด์เชื่อมต่อกับกราวด์ของระบบ
2	V_{dd} (+5 Volt)	4.7V - 5.3V
3	V_E (Contrast V)	กำหนดระดับความคมชัดของการแสดงผล
4	Register Select	เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเปลี่ยนระหว่างคำสั่ง
5	Read/Write	ใช้ในการอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยปกติจะต่อสายดินเพื่อเขียนข้อมูลไปยัง LCD
6	Enable	เชื่อมต่อกับ Microcontroller Pin และสลับระหว่าง 1 ถึง 0 เพื่อรับทราบข้อมูล
7	Data Pin 0	หมุดข้อมูล 0 ถึง 7 สร้างสายข้อมูล 8 บิต สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อส่งข้อมูล 8 บิต LCD เหล่านี้ยังสามารถทำงานในโหมด 4 บิตในกรณีเช่นนี้ Data pin 4,5,6 และ 7 จะถูกปล่อยให้ว่าง

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

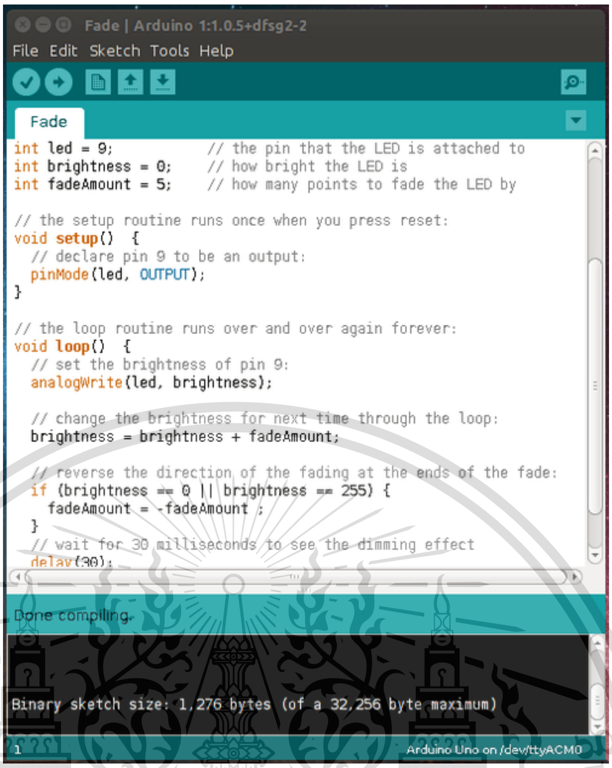
8	Data Pin 1	-
9	Data Pin 2	-
10	Data Pin 3	-
11	Data Pin 4	-
12	Data Pin 5	-
13	Data Pin 6	-
14	Data Pin 7	-
15	LED Positive	ไฟ LED ขั้วบวก
16	LED Negative	ไฟ LED ขั้วลบ

3.2.4 Arduino IDE

Arduino Integrated Development Environment (IDE) เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาเพื่อให้ง่ายต่อการเขียนซอฟต์แวร์สำหรับแพลตฟอร์มโอเพ่นซอร์สนี้ แพลตฟอร์ม Arduino เป็นแพลตฟอร์มอิเล็กทรอนิกส์ยอดนิยมที่ออกแบบมาเพื่อลดความซับซ้อนของกระบวนการออกแบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 3.41

IDE มักใช้โดยโปรแกรมเมอร์เพื่อเร่งกระบวนการเขียนโปรแกรม คุณสมบัติทั่วไปของ IDE รวมถึงการกำหนดหมายเลขบรรทัดอัตโนมัติการเน้นไวยากรณ์และการรวบรวมแบบรวม แม้ว่าจะเป็นไปได้ในทางเทคนิคที่จะเขียนซอฟต์แวร์โดยใช้โปรแกรมแก้ไขข้อความอย่างง่าย แต่กระบวนการนั้นง่ายกว่ามากเมื่อเขียนโค้ดใน IDE ภาษาการเขียนโปรแกรมจำนวนมากมี IDEs ของตนเองและมีการพัฒนา IDE สำหรับวัตถุประสงค์ทั่วไปหลายอย่าง IDE วัตถุประสงค์ทั่วไปเหล่านี้สามารถใช้กับภาษาการเขียนโปรแกรมที่รองรับได้หลากหลาย [33]

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



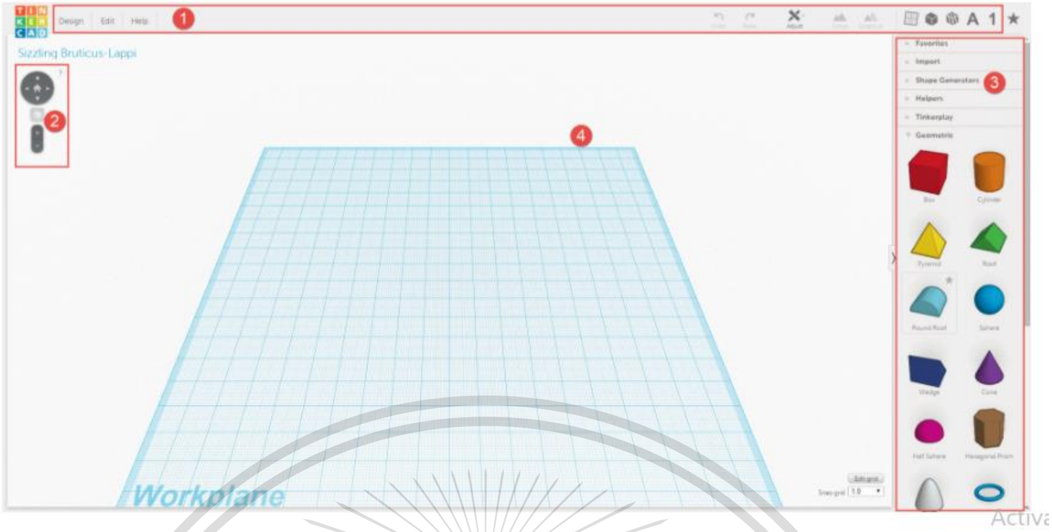
รูปที่ 3.41 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE [34]

3.2.5 Tinkercad

เป็นโปรแกรมที่ทำงานบน Web Browser โดยข้อดีของโปรแกรม Tinkercad คือฟรีและใช้งานง่าย นอกจากความสามารถในการออกแบบแล้ว ยังสามารถ Save เก็บไว้เพื่อนำไปพิมพ์กับเครื่องพิมพ์ 3D Printer ได้

เป็นโปรแกรมออนไลน์เปิดใช้งานฟรี ได้รับการออกแบบมาให้ใช้งานง่าย สะดวกรวดเร็ว ในโปรแกรมจะมีรูปทรง 3 มิติพื้นฐานเข้ามา โดยสามารถสร้างรูปร่างอันซับซ้อนได้จากการประกอบรูปทรงพื้นฐานเหล่านี้ได้ จากรูปทรงพื้นฐานธรรมดาๆ [35] ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 3.42

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



รูปที่ 3.42 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม Tinkercad [36]

3.2.6 Visual Studio Code

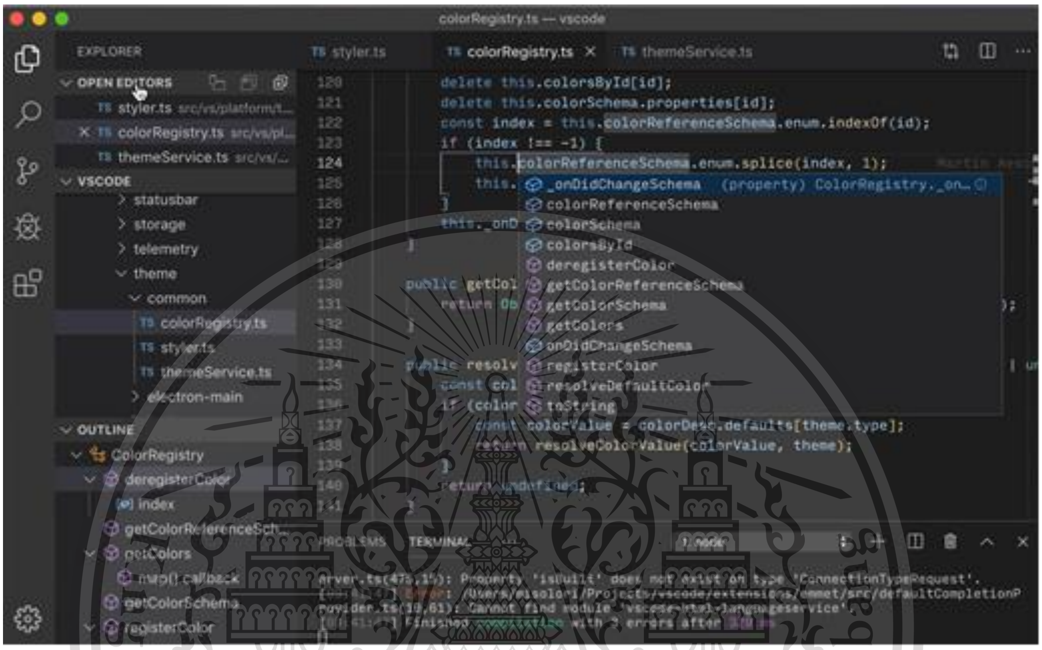
เป็นโปรแกรมแก้ไขซอร์สโค้ดที่พัฒนาโดยไมโครซอฟท์สำหรับ Windows, Linux และ macOS มีการสนับสนุนสำหรับการดีบัก การควบคุม Git ในตัวและ GitHub การเน้นไวยากรณ์ การเติมโค้ดอัจฉริยะ ตัวอย่าง และ code refactoring มันสามารถปรับแต่งได้หลายอย่าง ให้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนธีม แป้นพิมพ์ลัด การตั้งค่า และติดตั้งส่วนขยายที่เพิ่มฟังก์ชันการทำงานเพิ่มเติม ซอร์สโค้ดนั้นฟรีและโอเพนซอร์สและเผยแพร่ภายใต้สิทธิ์การใช้งาน MIT ไบนารีที่คอมไพล์แล้วเป็นฟรีแวร์และฟรีสำหรับการใช้ส่วนตัวหรือเพื่อการค้า

ใช้อิเล็กตรอนเป็นเฟรมเวิร์กที่ใช้ในการปรับใช้แอพพลิเคชั่น Node.js สำหรับเดสก์ท็อปที่รันบนเอ็นจิ้น Blink แม้ว่าจะใช้เฟรมเวิร์กอิเล็กตรอน ซอฟต์แวร์นี้ไม่ได้ใช้อะตอม และใช้คอมโพเนนต์ตัวแก้ไขเดียวกัน (ชื่อรหัส "Monaco") กับที่ใช้ใน Azure DevOps (เดิมชื่อ Visual Studio Online และ Visual Studio Team Services) [37]

เป็นโปรแกรมจากบริษัทไมโครซอฟต์ ประเภท Editor ใช้ในการแก้ไขโค้ดที่มีขนาดเล็ก แต่มีประสิทธิภาพสูง เป็น OpenSource โปรแกรมจึงสามารถนำมาใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย เหมาะสำหรับนักพัฒนาโปรแกรมที่ต้องการใช้งานหลายแพลตฟอร์ม รองรับการใช้งานทั้งบน Windows , macOS และ Linux รองรับหลายภาษาทั้ง JavaScript, TypeScript และ Node.js ในตัว และสามารถเชื่อมต่อกับ Git ได้ง่าย สามารถนำมาใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน มีเครื่องมือและส่วนขยายต่าง ๆ ให้เลือกใช้มากมาย รองรับการเปิดใช้งานภาษาอื่น ๆ ทั้ง ภาษา

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

C++ , C# , Java , Python , PHP หรือ Go สามารถปรับเปลี่ยน Themes ได้ มีส่วน Debugger และ Commands เป็นต้น หน้าต่างโปรแกรม Visual Studio Code แสดงดังรูปที่ 3.43 [38]



รูปที่ 3.43 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม Visual Studio Code [39]

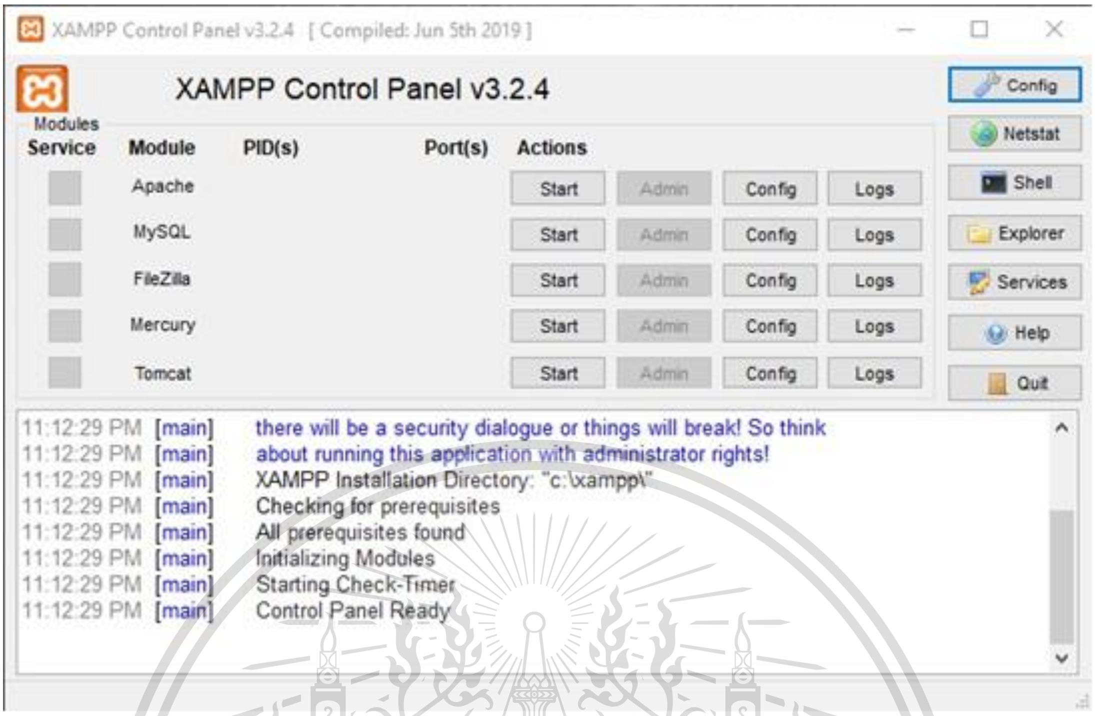
3.2.7 XAMPP

XAMPP เป็นโปรแกรม Apache web server ไว้จำลอง web server เพื่อไว้ทดสอบสคริปหรือเว็บไซต์ในเครื่องของ โดยที่ไม่ต้องเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตและไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายใด ๆ ง่ายต่อการติดตั้งและใช้งาน

โปรแกรม XAMPP จะมาพร้อมกับ PHP ภาษาสำหรับพัฒนาเว็บแอพลิเคชั่นที่เป็นที่นิยม , MySQL Database, Apache จะทำหน้าที่เป็น Web Server, Perl อีกทั้งยังมาพร้อมกับ OpenSSL , phpMyadmin (ระบบบริหารฐานข้อมูลที่พัฒนาโดย PHP เพื่อใช้เชื่อมต่อไปยังฐานข้อมูล สนับสนุนฐานข้อมูล MySQL และ SQLite)

โปรแกรม Xampp จะอยู่ในรูปแบบของไฟล์ Zip, tar, 7z หรือ exe และอยู่ภายใต้ใบอนุญาตของ GNU General Public License แต่บางครั้งอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงเรื่องของลิขสิทธิ์ในการใช้งาน XAMPP Control Panel แสดงดังรูปที่ 3.44 [40]

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



รูปที่ 3.44 XAMPP Control Panel [41]

3.2.8 MySQL

คือ โปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูลที่พัฒนาโดยบริษัท MySQL AB มีหน้าที่เก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ รองรับคำสั่ง SQL เป็นเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูล ที่ต้องใช้ร่วมกับเครื่องมือหรือโปรแกรมอื่นอย่างบูรณาการ เพื่อให้ได้ระบบงานที่รองรับความต้องการของผู้ใช้ เช่น ทำงานร่วมกับเครื่องบริการเว็บ (Web Server) เพื่อให้บริการแก่ภาษาสคริปต์ที่ทำงานฝั่งเครื่องบริการ (Server-Side Script) หรือทำงานร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ (Application Program) โปรแกรมถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย และเป็นระบบฐานข้อมูลโอเพนทซอร์ท (Open Source) ที่ถูกนำไปใช้งานมากที่สุด

MySQL ถือเป็นระบบจัดการฐานข้อมูล (DataBase Management System : DBMS) ฐานข้อมูลมีลักษณะเป็นโครงสร้างของการเก็บรวบรวมข้อมูล การที่จะเพิ่มเติม, เข้าถึงหรือประมวลผลข้อมูลที่เก็บในฐานข้อมูลจำเป็นจะต้องอาศัยระบบจัดการฐานข้อมูล ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการจัดการกับข้อมูลในฐานข้อมูลทั้งสำหรับการใช้งานเฉพาะ และรองรับการทำงานของแอพลิเคชันอื่นๆ ที่ต้องการใช้งานข้อมูลในฐานข้อมูล เพื่อให้ได้รับความสะดวกในการจัดการกับข้อมูลจำนวนมาก สัญลักษณของ MySQL แสดงดังรูปที่ 3.45

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

รูปที่ 3.45 สัญลักษณของ MySQL [42]

3.2.9 Mosquitto

Eclipse Mosquitto เป็น open source (EPL / EDL licensed) ที่ใช้สำหรับทำเป็น Broker ที่ใช้ในโปรโตคอล MQTT เวอร์ชั่น 5.0, 3.1.1 และ 3.1 Mosquitto เหมาะสำหรับใช้กับอุปกรณ์ทั้งหมดตั้งแต่คอมพิวเตอร์บอร์ดเดี่ยวที่ใช้พลังงานต่ำไปจนถึงเซิร์ฟเวอร์เต็มรูปแบบ [43]

3.2.10 ภาษา C++

เป็นภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์อเนกประสงค์ มีโครงสร้างภาษาที่มีการจัดชนิดข้อมูลแบบสแตติก (statically typed) และสนับสนุนรูปแบบการเขียนโปรแกรมที่หลากหลาย (multi-paradigm language) ได้แก่ การโปรแกรมเชิงกระบวนคำสั่ง, การนิยามข้อมูล, การโปรแกรมเชิงวัตถุ, และการโปรแกรมแบบเจเนริก (generic programming) ภาษา C++ เป็นภาษาโปรแกรมเชิงพาณิชย์ที่นิยมมากภาษาหนึ่งนับตั้งแต่ช่วงทศวรรษ 1990

เบียเนอ สเดราสดร็อบ (Bjarne Stroustrup) จากเบลล์แล็บส์ (Bell Labs) เป็นผู้พัฒนาภาษา C++ (เดิมใช้ชื่อ "C with classes") ในปี ค.ศ. 1983 เพื่อพัฒนาภาษา C ดั้งเดิม สิ่งที่พัฒนาขึ้นเพิ่มเติมนั้นเริ่มจากการเพิ่มเติมการสร้างคลาสจากนั้นก็เพิ่มคุณสมบัติต่างๆ ตามมา ได้แก่ เวอร์ชวลฟังก์ชัน การโอเวอร์โหลดโอเปอเรเตอร์ การสืบทอดหลายสาย เทมเพลต และการจัดการเอกเซพชัน มาตรฐานของภาษา C++ ได้รับการรับรองในปี ค.ศ. 1998 เป็นมาตรฐาน ISO/IEC 14882:1998 เวอร์ชันล่าสุดคือเวอร์ชันในปี ค.ศ. 2014 ซึ่งเป็นมาตรฐาน ISO/IEC 14882:2014 (รู้จักกันในชื่อ C++14) [44]

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

3.2.10.1 รูปแบบของการออกแบบภาษา C++

1) ได้ถูกออกแบบมาเพื่อเป็นภาษาสำหรับการเขียนโปรแกรมทั่วไป สามารถรองรับการเขียนโปรแกรมในระดับภาษาเครื่องได้ เช่นเดียวกับภาษา C

2) ในทางทฤษฎี ควรจะมีความเร็วเทียบเท่าภาษา C แต่ในการเขียนโปรแกรมจริงนั้น ภาษา C++ เป็นภาษาที่มีการเปิดกว้างให้โปรแกรมเมอร์เลือกรูปแบบการเขียนโปรแกรม ซึ่งทำให้มีแนวโน้มที่โปรแกรมเมอร์อาจใช้รูปแบบที่ไม่เหมาะสม ทำให้โปรแกรมที่เขียนมีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่ควรจะเป็น และเป็นภาษาที่มีความซับซ้อนมากกว่าภาษา C จึงทำให้มีโอกาสเกิดบั๊กขณะคอมไพล์มากกว่า

3) ได้รับการออกแบบเพื่อเข้ากันได้กับภาษา C ในเกือบทุกกรณี (ดูเพิ่มเติมที่ Compatibility of C and C++)

4) มาตรฐาน ถูกออกแบบมาเพื่อไม่ให้มีการเจาะจงแพลตฟอร์มคอมพิวเตอร์

5) ถูกออกแบบมาให้รองรับรูปแบบการเขียนโปรแกรมที่หลากหลาย (multi-paradigm)

3.2.10.2 ข้อดี

1) เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่มีการพัฒนาขึ้นใช้งานเพื่อเป็นภาษามาตรฐานที่ไม่ขึ้นกับโปรแกรมจัดระบบงานและไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์

2) เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่อาศัยหลักการที่เรียกว่า "โปรแกรมโครงสร้าง" จึงเป็นภาษาที่เหมาะกับการพัฒนาโปรแกรมระบบ

3) เป็นคอมไพเลอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง ให้รหัสออบเจ็กต์สั้น ทำงานได้รวดเร็ว เหมาะกับงานที่ต้องการความรวดเร็วเป็นสำคัญ

4) มีความคล่องตัวคล้ายภาษาแอสแซมบลี ภาษาซีสามารถเขียนแทนภาษา แอสแซมบลีได้ดี ค้นหาที่ผิดหรือ แก้โปรแกรมได้ง่าย ภาษาซีจึงเป็นภาษาระดับสูงที่ทำงาน เหมือนภาษาระดับต่ำ

5) มีความคล่องตัวที่จะประยุกต์เข้ากับงานต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี การพัฒนาโปรแกรม เช่น เวิร์ดโพรเซสซิ่ง สเปรดชีต ดาต้าเบส ฯลฯ มักใช้ภาษาซีเป็นภาษาสำหรับการพัฒนา

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

6) เป็นภาษาที่มีอยู่บนเกือบทุกโปรแกรมจัดระบบงาน มีในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 8 บิต ไปจนถึง 32 บิต เครื่องมินิคอมพิวเตอร์ และเมนเฟรม

7) เป็นภาษาที่รวมข้อดีเด่นในเรื่องการพัฒนา จนทำให้ป็นภาษาที่มีผู้สนใจมากมาย ที่จะเรียนรู้หลักการของภาษา และวิธีการเขียนโปรแกรม ตลอดจนการพัฒนางานบนภาษานี้ [45]

3.2.10.3 ข้อเสีย

1) เป็นภาษาที่เรียนรู้ยาก

2) การตรวจสอบโปรแกรมทำได้ยาก

3) ไม่เหมาะกับการเขียนโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการออกรายงานที่มีรูปแบบซับซ้อนมาก ๆ

3.2.11 ภาษา PHP

PHP คือ ภาษาสำหรับทำงานด้านฝั่งของเซิร์ฟเวอร์ (server-side scripting) ถูกออกแบบมาสำหรับการพัฒนาเว็บไซต์ แต่มันก็ยังสามารถใช้เขียนโปรแกรมเพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไปได้ PHP ถูกสร้างโดย Rasmus Lerdorf ในปี 1994 โดยที่ PHP ในปัจจุบันได้ถูกพัฒนาโดยทีมพัฒนาของภาษา PHP ซึ่งคำว่า PHP นั้นย่อมาจาก Personal Home Page ซึ่งในปัจจุบันนั้นหมายถึง PHP: Hypertext Preprocessor

โค้ดของภาษา PHP นั้นสามารถฝังกับโค้ดของ HTML ได้ ซึ่งมันสามารถนำไปร่วมใช้ร่วมกับระบบเว็บเท็มแพลตที่หลากหลาย ระบบจัดการเนื้อหา (CMS) หรือเว็บเฟรมเวิร์ค การทำงานของภาษา PHP นั้นเป็นแบบ Interpreter ที่ถูกพัฒนาเป็นแบบโมดูลในเว็บเซิร์ฟเวอร์ หรือ Common Gateway Interface (CGI) โดยเซิร์ฟเวอร์จะทำการรวมโค้ดที่ผ่านการแปลผล และประมวลผลเป็นหน้าเว็บเพจ และยังสามารถทำงานได้บน Command-line interface (CLI) และนอกจากนี้ภาษา PHP ยังถูกนำไปพัฒนาแอพพลิเคชันทางด้านกราฟฟิก [46]

PHP เป็นภาษาสคริปต์ (Scripting Language) คำสั่งต่างๆ จะเก็บในรูปของข้อความ (Text) อาจเขียนแทรกอยู่ภายในภาษา HTML หรือใช้งานอิสระก็ได้ แต่ในการใช้งานจริงมักใช้งานร่วมกับภาษา HTML ดังนั้นการเขียนโปรแกรมนี้ต้องมีความรู้ด้านภาษา HTML เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามสามารถใช้โปรแกรมประยุกต์มาช่วยอำนวยความสะดวกในการสร้างงานได้ เช่น Macromedia Dreamweaver หรือโปรแกรมประเภท Editor เช่น EditPlus ฯลฯ โปรแกรม

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

เหล่านี้จะช่วยจำแนกคำ เช่น คำสั่ง คำทั่วไป ตัวแปร ฯลฯ ให้มีสีต่างกันเพื่อสะดวกในการสังเกต และมีตัวเลขบอกบรรทัดทำให้สะดวกในการแก้ไข

PHP คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ Server-Side Script ซึ่งใช้ในการจัดทำเว็บไซต์และสามารถประมวลผลออกมาในรูปแบบ HTML โดยมีรากฐานโครงสร้างคำสั่งมาจากภาษาซี ภาษาจาวา และ ภาษาเพิร์ล เป้าหมายหลักของภาษาPHP คือให้นักพัฒนาเว็บไซต์สามารถเขียนเว็บเพจ ที่มีความตอบโต้ได้อย่างรวดเร็ว

3.2.11.1 ข้อดี

1) ดาวน์โหลดได้ฟรี (Open Source)

2) เรียนรู้ได้ง่าย

3) ประมวลผลได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

4) ใช้ร่วมกับ XML ได้

5) ใช้งานร่วมกับฐานข้อมูลได้หลายชนิด เช่น MySQL

6) สร้างฟอร์มรับส่งข้อมูลกับผู้ใช้ได้

7) ใช้โครงสร้างและไวยากรณ์ภาษาง่ายๆ

8) ใช้งานได้กับทุกระบบปฏิบัติการ

9) ใช้งานได้กับทุกเว็บบราวเซอร์

10) มีฟังก์ชันที่จัดการกับข้อมูลตัวอักษร [47]

3.2.12 ภาษา HTML

HTML (HyperText Markup Language) เป็นภาษาที่ใช้ในการเขียน โปรแกรมภาษาหนึ่งของคอมพิวเตอร์ ที่แสดงผลในลักษณะของเว็บเพจ ซึ่งสามารถแสดงผลได้ใน รูปแบบต่างๆ ไม่ว่าเป็นภาพกราฟิก ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง หรือการเชื่อมโยงไปยังเว็บเพจอื่น ๆ ภาษา HTML เป็นภาษาที่มีลักษณะของโค้ด กล่าวคือ จะเป็นไฟล์ที่เก็บข้อมูลที่เป็นตัวอักษร ในมาตรฐานของรหัสแอสกี (ASCII Code) โดยเขียนอยู่ในรูปแบบของเอกสารข้อความ จึงสามารถ กำหนดรูปแบบและโครงสร้างได้ง่าย

เป็นภาษาคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่ง ที่มีโครงสร้างการเขียนโดยอาศัยตัวกำกับ (Tag) ควบคุมการแสดงผลข้อความ รูปภาพ หรือวัตถุ อื่นๆ ผ่านโปรแกรมเบราเซอร์ แต่ละ Tag อาจจะมีส่วนขยาย เรียกว่า Attribute สำหรับระบุ หรือควบคุมการแสดงผล ของเว็บได้ด้วย HTML เป็น

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

ภาษาที่ถูกพัฒนาโดย World Wide Web Consortium (W3C) จากแม่แบบของภาษา SGML (Standard Generalized Markup Language) โดยตัดความสามารถบางส่วนออกไป เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจและเรียนรู้ได้ง่าย และด้วยประเด็นดังกล่าว ทำให้บริการ www เติบโตขยายตัวอย่างกว้างขวาง

Tag เป็นลักษณะเฉพาะของภาษา HTML ใช้ในการระบุรูปแบบคำสั่ง หรือการลงรหัสคำสั่ง HTML ภายในเครื่องหมาย less-than bracket (<) และ greater-than bracket (>) โดยที่ Tag HTML แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ 1. tag เดี่ยว คือ รูปแบบคำสั่งที่มีเพียงคำสั่งเดียวหรือมีเพียงแท็กเดียว ก็สามารถใช้งานได้เช่น และ 2. tag คู่ คือ รูปแบบคำสั่งที่เป็นสองส่วน คือ มีส่วนเริ่มต้นและต้องมีส่วนจบของคำสั่งถึงจะสามารถทำงานได้ สมบูรณ์โดยส่วนจบของแต่ละคำสั่งจะมีเครื่องหมาย Slash (/) ไว้หน้าแท็กคำสั่งนั้น

3.2.12.1 ลักษณะของแท็กคำสั่ง

1) รูปแบบแท็กจะแยกเป็น 2 ส่วน โดยจะต้องมีส่วนเริ่มต้นเรียกว่า “แท็กเปิด” และส่วนจบของแท็ก เรียกว่า “แท็กเปิด” โดยแท็กปิด จะมีเครื่องหมาย slash (/) นำหน้าคำสั่งใน Tag นั้น ๆ เช่น <B>......</B> (Tag กำหนดตัวหนา), ...จุด link.. (Tag กำหนดการเชื่อมโยงข้อมูล) เป็นต้น

2) บางแท็กอาจไม่ต้องมีแท็กปิดก็สามารถใช้งานได้ เรียกว่า “แท็กเดี่ยว” เช่น <hr>(Tag กำหนดเส้นคั่น),
(Tag กำหนดขึ้นบันทัดใหม่) เป็นต้น

3) คำสั่งในแท้กเขียนด้วยอักษรตัวใหญ่หรือเล็กก็ได้ เช่น <Body> หรือ <BODY> หรือ<body>

4) บาง Tag มีตัวจะมีตัวกำหนดคุณสมบัติ เรียกว่า แอททริบิวท์ (Attribute) และค่าที่ถูกกำหนดของแอททริบิวท์ เรียกว่า Value เช่น <hr width=600> แท็ก hr มีแอททริบิว คือ width แวลู เท่ากับ 600 [48]

3.2.13 Line Notify

คือ บริการที่สามารถได้รับข้อความแจ้งเตือนจากเว็บเซอร์วิสต่าง ๆ ที่สนใจได้ทาง LINE โดยหลังเสร็จสิ้นการเชื่อมต่อกับทางเว็บเซอร์วิสแล้ว จะได้รับการแจ้งเตือนจากบัญชีทางการของ “LINE Notify” ซึ่งให้บริการโดย LINE สามารถเชื่อมต่อกับบริการที่หลากหลาย และยังสามารถรับการแจ้งเตือนทางกลุ่มได้อีกด้วย [51]

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

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

3.3.1 การทดลองของส่วนอุปกรณ์เซนเซอร์ทั้งหมด

การทดสอบอุปกรณ์เพื่อออกแบบกล่อง ได้ทำการเก็บผลการทดลองจากการวัดค่าจากเซนเซอร์โดยทำการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการวัดค่าแต่ละประเภท ซึ่งได้ผลการทดลองตามค่าสภาพแวดล้อมดังนี้

1. ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
2. ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์วัดค่าความสว่างของแสง
3. ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์วัดค่าฝุ่นละออง
4. ผลการทดสอบส่วนอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว
5. ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์ส่วนตรวจจับเสียง
6. ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์วัดความกดอากาศ
7. ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์ตรวจจับควัน
8. ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์ตรวจจับเปลวไฟ
9. ผลการทดลอง Mesh Network ของเซนเซอร์แต่ละโหนด (Mesh WIFI : Painlessmesh)
10. ผลการทดสอบสร้าง Web Application ที่มีการแสดงผลข้อมูลที่ได้รับจาก Sensor Node ออกมาผ่านตาราง
11. ผลการทดสอบการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify

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

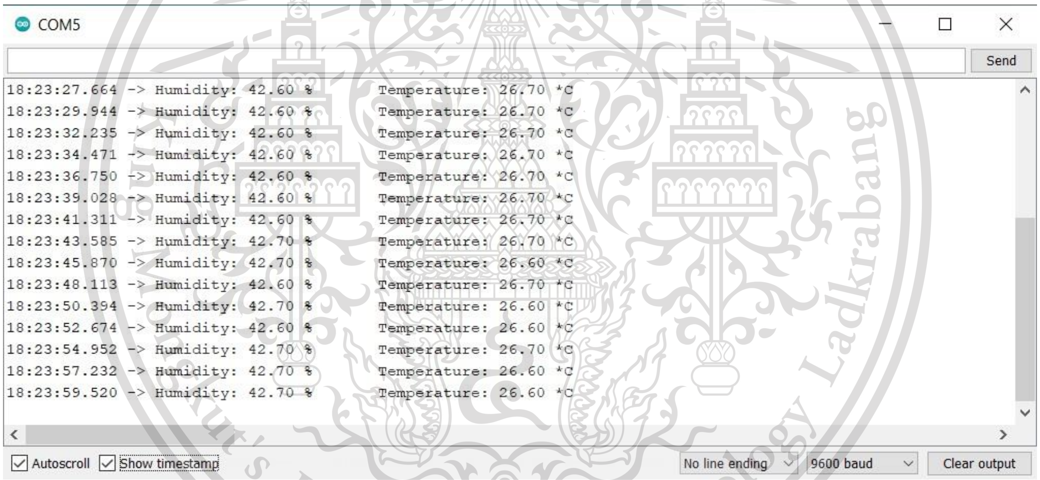
บทที่ 4

ผลการทดลอง

สำหรับการทดสอบการทำงานของระบบ สามารถจัดเก็บผลการทดลอง โดยแบ่งการทดลองและจัดเก็บการทดลองออกเป็นส่วน ๆ ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลองอุปกรณ์ส่วนวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

ทำการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องโดยใช้เซนเซอร์ DHT22 เมื่อทำการส่งข้อมูลไปยัง ESP32 แล้วนำค่าที่ได้มาแสดงผลบน Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino แสดงค่าดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้

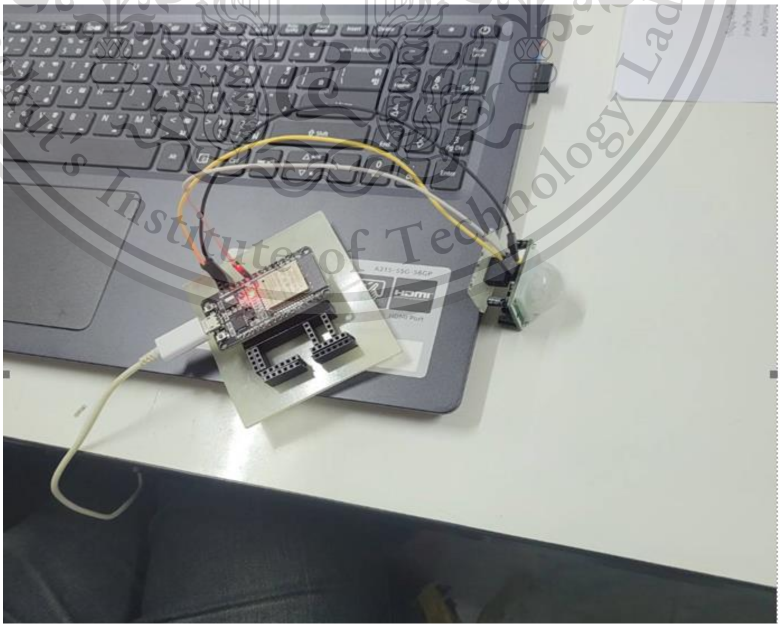
4.2 ผลการทดลองอุปกรณ์ส่วนตรวจจับการเคลื่อนไหว

ได้นำ Sensor Motion Detector HC-SR501 ที่ใช้จับความเคลื่อนไหวมาใช้ ในการตรวจสิ่งที่มีการเคลื่อนไหว ณ ขณะนั้น โดยหลักการคือทำงานแบบ Passive โดยใช้หลักการ Pyroelectric จะทำการตรวจจับรังสีอินฟาเรด ซึ่งรังสีอินฟาเรดนี้จะเกิดจากการแผ่ความร้อนจากตัวของสิ่งมีชีวิต เมื่อมีสิ่งมีชีวิตผ่านหน้าเซนเซอร์ตัวนี้จะถูกจับรังสีอินฟาเรดได้ และถูกส่งไปยังวงจรขยายสัญญาณให้มีความเข้มพอที่จะส่งออกไป เมื่อทำการส่งข้อมูลไปยัง

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

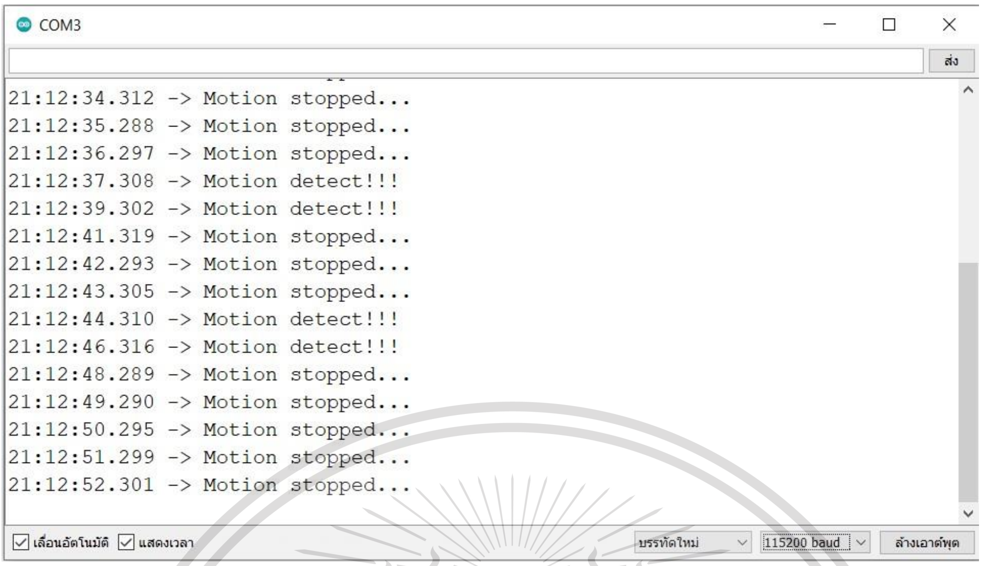
ESP32 แล้วนำค่าที่ได้มาแสดงผลบน Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino โดยตั้งค่าว่าถ้ามีการเคลื่อนไหวจะแสดงข้อความว่า Motion detect!!! ดังรูปที่ 4.2 และถ้าไม่มีการเคลื่อนไหวจะแสดงข้อความว่า Motion stopped... ดังรูปที่ 4.3 และแสดงผลสถานะด้วยข้อความ ดังรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.2 รูปแสดงว่ามีการตรวจจับการเคลื่อนไหว



รูปที่ 4.3 รูปแสดงว่าไม่มีการตรวจจับการเคลื่อนไหว

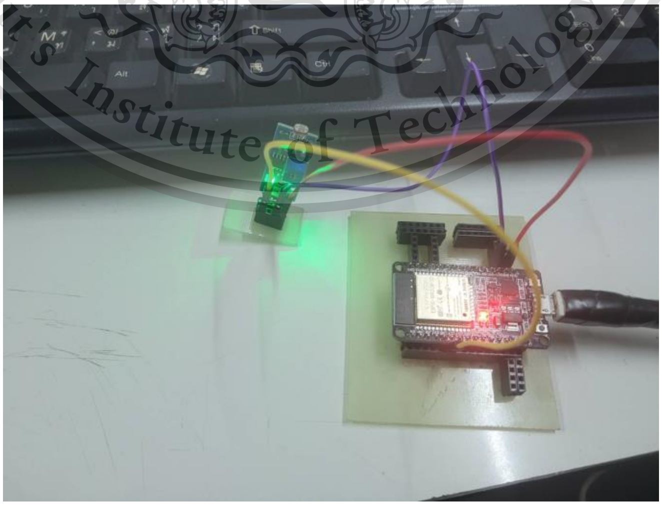
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



รูปที่ 4.4 แสดงผลสถานะด้วยข้อความ

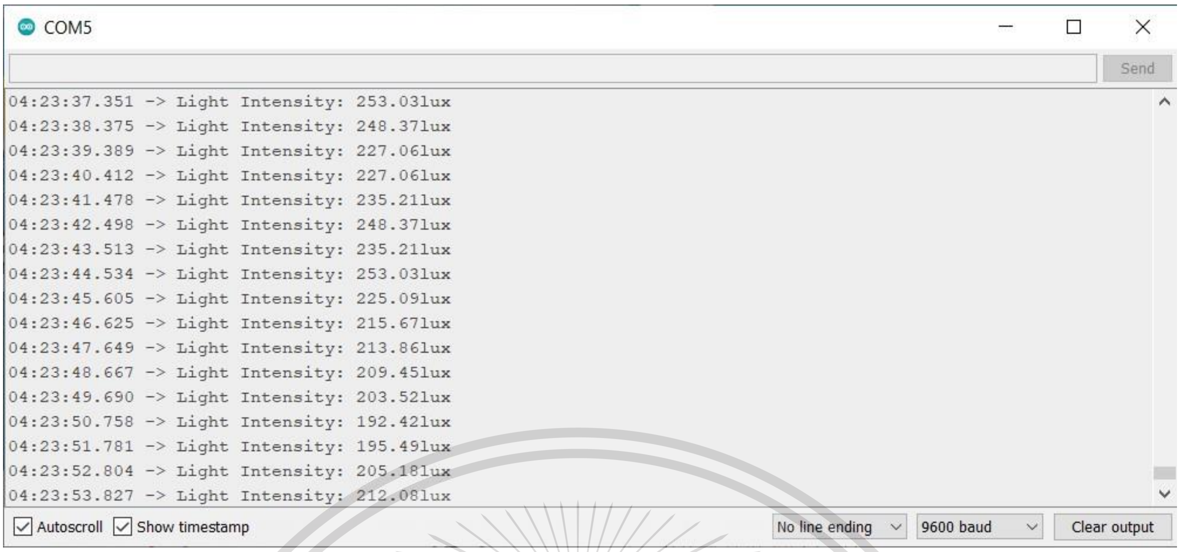
4.3 ผลการทดลองอุปกรณ์ส่วนวัดค่าความสว่างของแสง

ทำการทดสอบวัดค่าแสงภายในห้องโดยใช้เซนเซอร์ LDR Photoresistor แสดงวิธีการเชื่อมต่อ LDR Sensor เข้ากับ อุปกรณ์ ESP32 โดยจะได้ข้อมูลเป็นแอนาล็อค ซึ่งเป็นค่าโวลต์แล้วนำมาแปลง ให้อยู่ในหน่วย lux แสดงดังรูปที่ 4.5 เมื่อทำการส่งข้อมูลไปยัง ESP32 แล้วนำค่าที่ได้มาแสดงผลบน Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.5 แสดงการเชื่อมต่อ LDR Sensor กับ ESP32

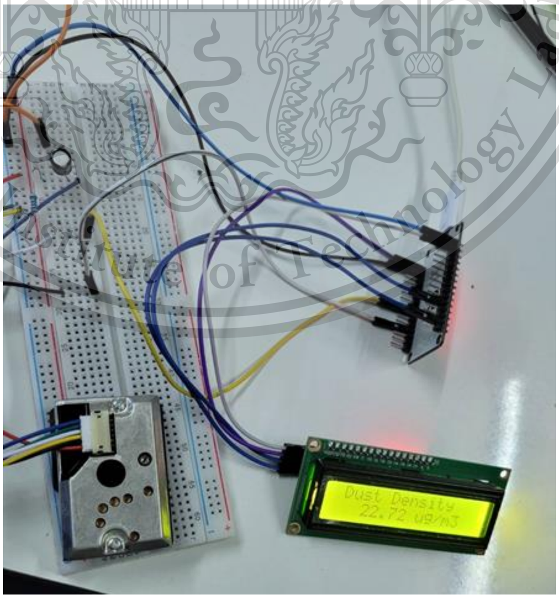
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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



รูปที่ 4.6 ค่าความสว่างของแสงที่ได้

4.4 ผลการทดลองอุปกรณ์ส่วนวัดค่าฝุ่นละออง

ในระบบนี้ใช้ตัวเซนเซอร์ GP2Y1010AU0F ในการตรวจจับค่าฝุ่น PM2.5 แสดงการเชื่อมต่อ GP2Y1010AU0F กับ ESP32 ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงการเชื่อมต่อ GP2Y1010AU0F กับ ESP32

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

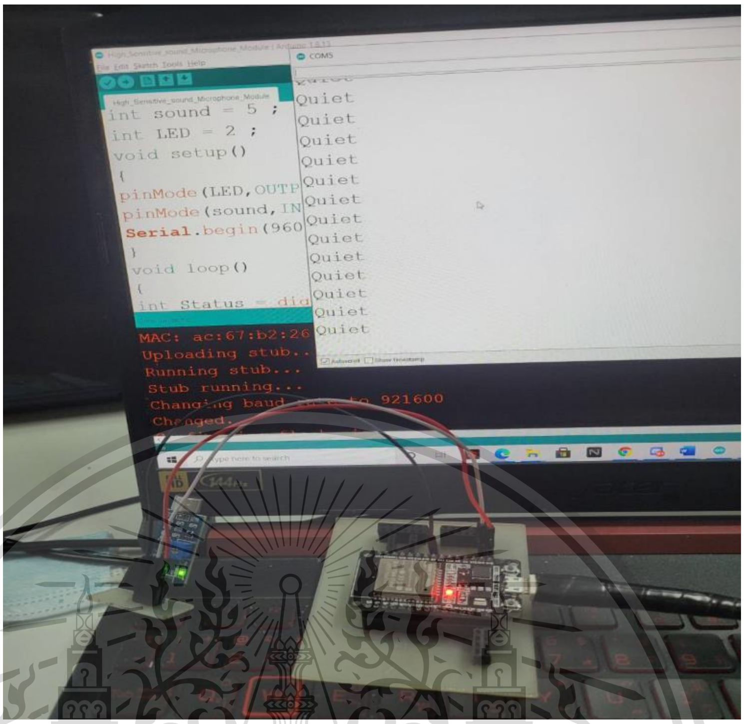
หลังจากจ่ายไฟให้กับเซนเซอร์ GP2Y1010AU0F เซนเซอร์จะตรวจจับค่าฝุ่น PM2.5 และส่งค่ามายัง ESP32 ให้แสดงค่าผ่าน Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino แสดงดังรูปที่ 4.8 โดยค่าฝุ่นที่อ่านได้เป็นค่าความหนาแน่นของฝุ่น PM2.5 ซึ่งนำมาคำนวณค่า AQI เพื่อสามารถบอกระดับ ความปลอดภัยของสภาพอากาศในขณะนั้นได้

รูปที่ 4.8 ค่าปริมาณฝุ่นละออง PM2.5

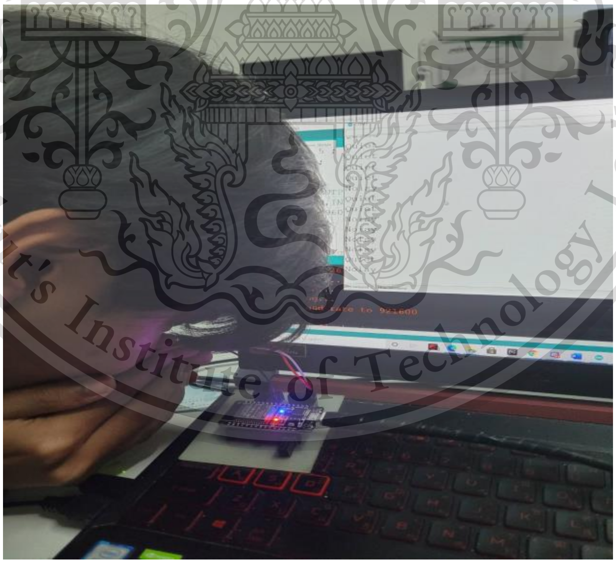
4.5 ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์ส่วนตรวจจับเสียง

ได้นำเซนเซอร์ตรวจจับเสียง มาใช้ตรวจจับเสียง ณ ขณะนั้น เมื่อตรวจพบเสียงเซนเซอร์จะประมวลผลแรงดันสัญญาณเอาต์พุตเมื่อทำการส่งข้อมูลไปยัง ESP32 แล้วนำค่าที่ได้มาแสดงผลบน Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino โดยตั้งค่าว่า ถ้าไม่มีเสียงจะแสดงข้อความว่า Quiet ดังรูปที่ 4.9 และถ้าเสียงดังจะแสดงข้อความว่า Noisy ดังรูปที่ 4.10

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



รูปที่ 4.9 รูปแสดงว่ามีค่าเสียงที่เงียบ



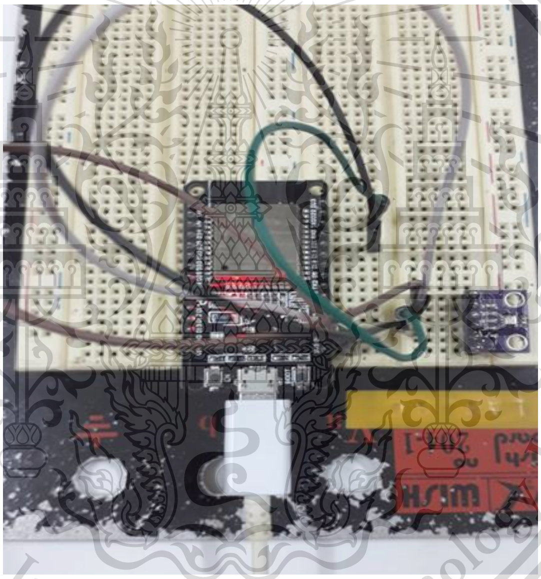
รูปที่ 4.10 รูปแสดงว่ามีค่าเสียงที่ดัง

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

4.6 ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์วัดความกดอากาศ

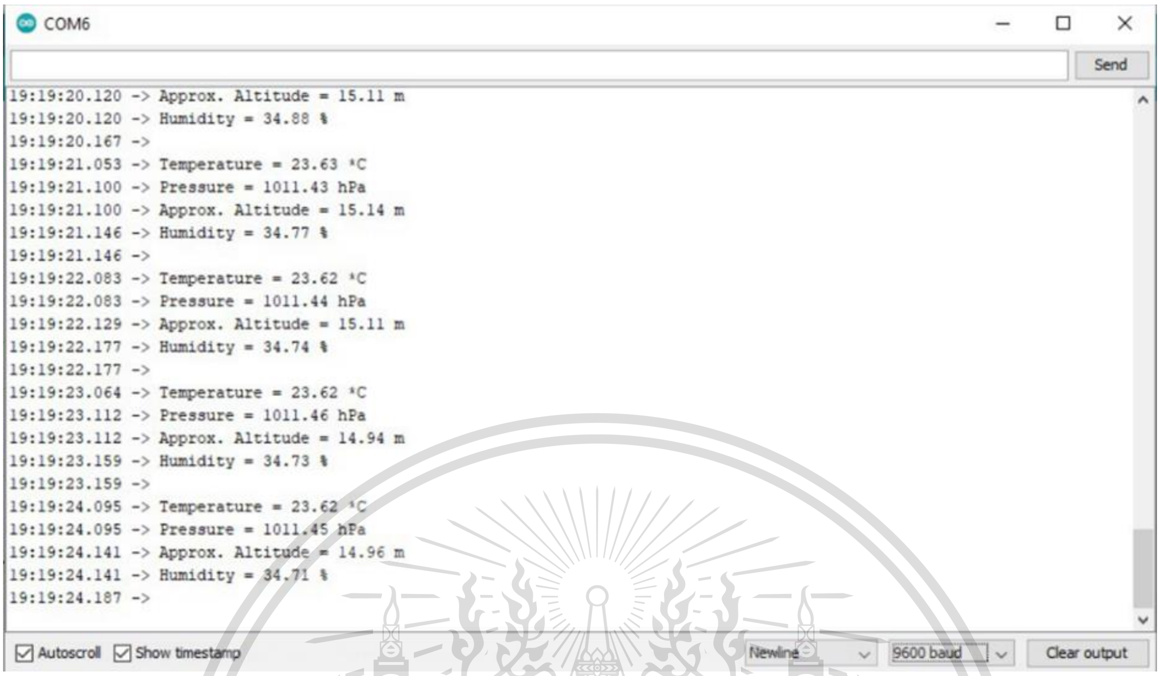
ทำการทดสอบวัดความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศและอุณหภูมิภายในห้อง โดยใช้เซนเซอร์ BME280 Barometric Sensor แสดงวิธีการเชื่อมต่อ BME280 กับ ESP32 ดังรูปที่ 4.11 ผลการทดลองผ่าน Serial Monitor ดังรูปที่ 4.12

BME280 วัดความชื้นด้วยความแม่นยำ ± 3% ความดันบรรยากาศพร้อมความแม่นยำแน่นอน ± 1 hPa และอุณหภูมิที่มีความแม่นยำ ± 1.0 ° C เนื่องจากความดันเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงและการวัดความดันทำได้ดีจึงสามารถใช้เป็นเครื่องวัดความสูงได้ด้วยความแม่นยำ ± 1 เมตร



รูปที่ 4.11 แสดงวิธีการเชื่อมต่อ BME280 กับ ESP32

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



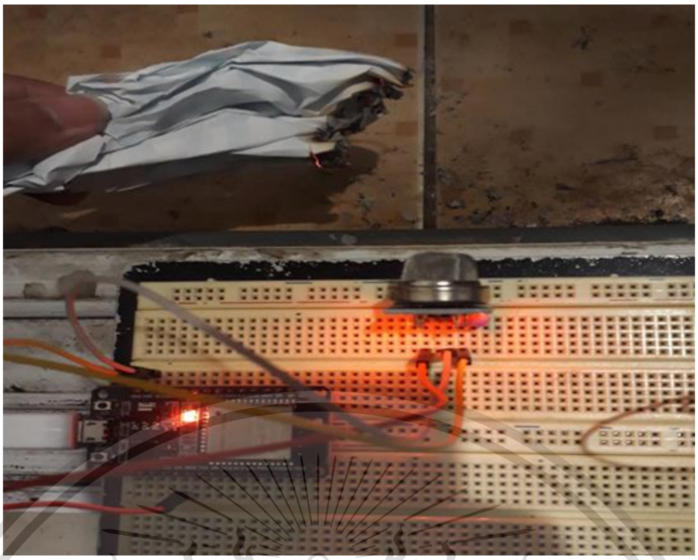
รูปที่ 4.12 ผลการทดลองผ่าน Serial Monitor (BME280)

4.7 ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์ตรวจจับควัน

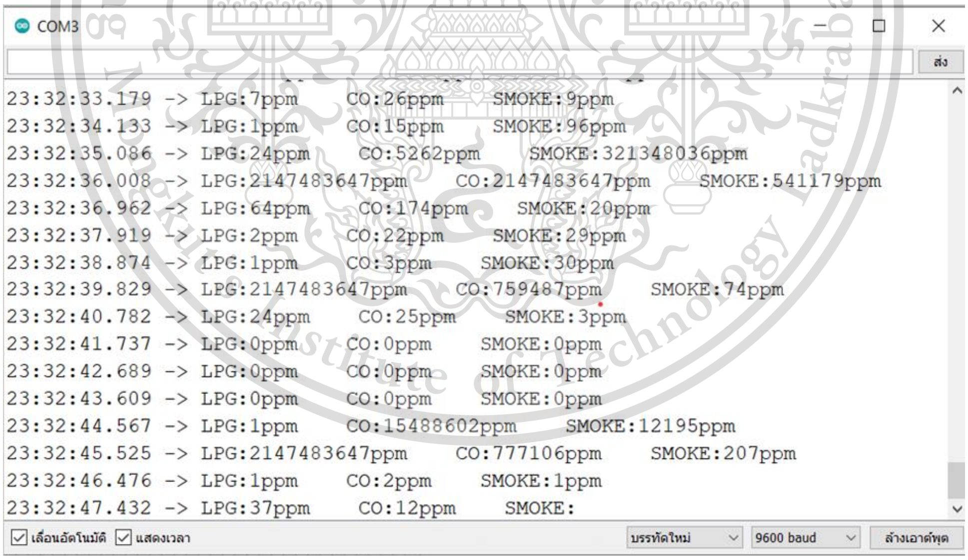
ทำการทดสอบการตรวจจับควันโดยใช้ MQ-2 Smoke Gas Sensor แสดงวิธีการเชื่อมต่อ MQ-2 Smoke Gas Sensor กับ ESP32 ดังรูปที่ 4.13 ผลการทดลองผ่าน Serial Monitor ดังรูปที่ 4.14

เซนเซอร์ก๊าซ MQ-2 มีความไวสูงต่อก๊าซหุงต้มโพรเพนและไฮโดรเจน นอกจากนี้ยังสามารถใช้กับก๊าซมีเทนและไอน้ำอื่น ๆ วัสดุที่มีความไวต่อเซนเซอร์ก๊าซ MQ-2 คือ SnO_2 ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าในอากาศบริสุทธิ์ เมื่อมีก๊าซเป้าหมายที่ติดไฟจะได้ค่าการนำไฟฟ้าของเซนเซอร์จะสูงขึ้นพร้อมกับความเข้มข้นของก๊าซที่เพิ่มขึ้น

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



รูปที่ 4.13 แสดงวิธีการเชื่อมต่อ MQ-2 Smoke Gas Sensor กับ ESP32



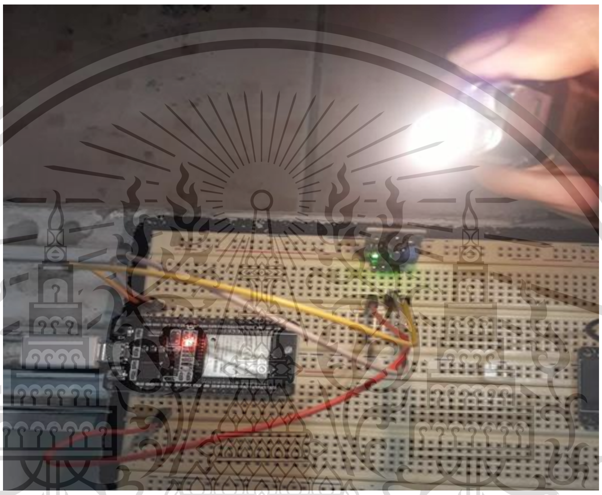
รูปที่ 4.14 ผลการทดลองผ่าน Serial Monitor (MQ-2 Smole Gas)

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

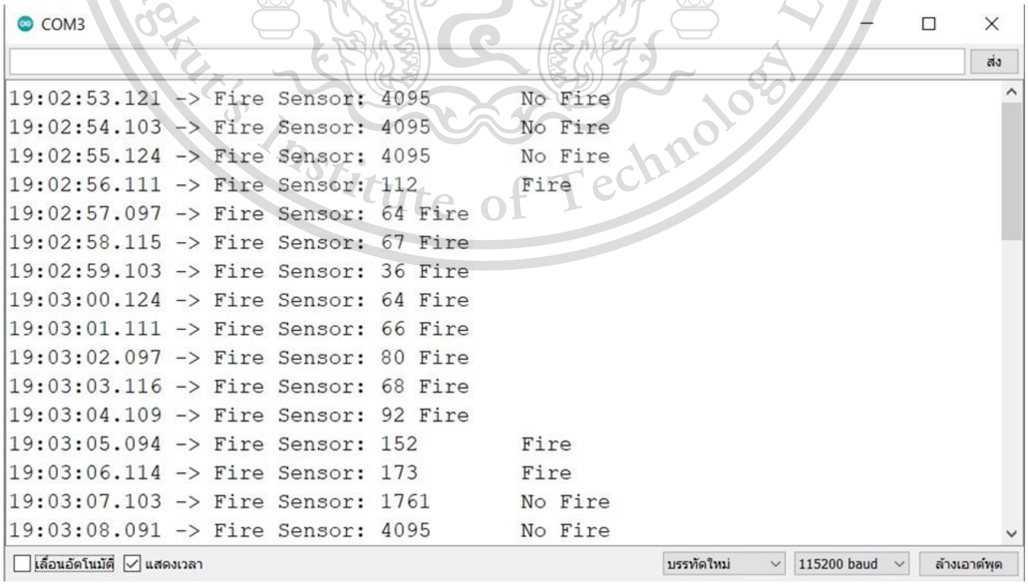
4.8 ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์ตรวจจับเปลวไฟ

ทำการทดสอบการตรวจจับเปลวไฟโดยใช้ Infrared IR Flame Detector Sensor Module แสดงวิธีการเชื่อมต่อ Infrared IR Flame Detector Sensor Module กับ ESP32 ดังรูปที่ 4.15 ผลการทดลองผ่าน Serial Monitor ดังรูปที่ 4.16

IR Flame Sensor ใช้ตรวจจับเปลวไฟโดยใช้เซนเซอร์อินฟาเรดให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาทั้งแบบดิจิตอลและแบบสัญญาณอนาล็อก สามารถปรับความไวได้ที่โวลุมบนโมดูล



รูปที่ 4.15 แสดงวิธีการเชื่อมต่อ Infrared IR Flame Detector Sensor Module กับ ESP32



```
COM3
ส่ง
19:02:53.121 -> Fire Sensor: 4095       No Fire
19:02:54.103 -> Fire Sensor: 4095       No Fire
19:02:55.124 -> Fire Sensor: 4095       No Fire
19:02:56.111 -> Fire Sensor: 112        Fire
19:02:57.097 -> Fire Sensor: 64 Fire
19:02:58.115 -> Fire Sensor: 67 Fire
19:02:59.103 -> Fire Sensor: 36 Fire
19:03:00.124 -> Fire Sensor: 64 Fire
19:03:01.111 -> Fire Sensor: 66 Fire
19:03:02.097 -> Fire Sensor: 80 Fire
19:03:03.116 -> Fire Sensor: 68 Fire
19:03:04.109 -> Fire Sensor: 92 Fire
19:03:05.094 -> Fire Sensor: 152        Fire
19:03:06.114 -> Fire Sensor: 173        Fire
19:03:07.103 -> Fire Sensor: 1761       No Fire
19:03:08.091 -> Fire Sensor: 4095       No Fire
เลื่อนอัตโนมัติ  แสดงเวลา    บรรทัดใหม่  115200 baud  ล้างเอาต์พุต
```

รูปที่ 4.16 ผลการทดลองผ่าน Serial Monitor (Infrared IR Flame)

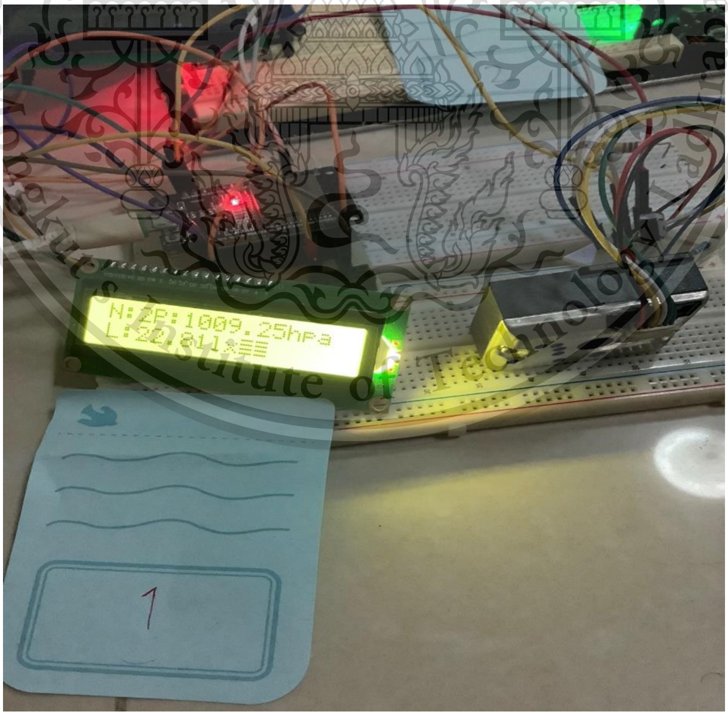
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

4.9 ผลการทดลอง Mesh Network ของเซนเซอร์แต่ละโหนด (Mesh WIFI : Painlessmesh)

Mesh Network ก็คือโครงสร้างของ Network แบบหนึ่งที่มีลักษณะเป็นโหนด ซึ่งเชื่อมต่อถึงกันหมดและทำงานร่วมกันในการส่งผ่านข้อมูลจากโหนดนึงไปยังอีกโหนดนึง ซึ่งการทำงานในการส่งผ่านข้อมูลตรงนี้โดยเชื่อมต่อแบบอิสระ ซึ่งหมายความว่าโครงสร้างของ Mesh นั้นสามารถปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลา ถ้าเกิดว่าโหนดใดโหนดหนึ่งเกิดความล้มเหลว โหนดที่เหลือก็สามารถสื่อสารต่อกันไปได้

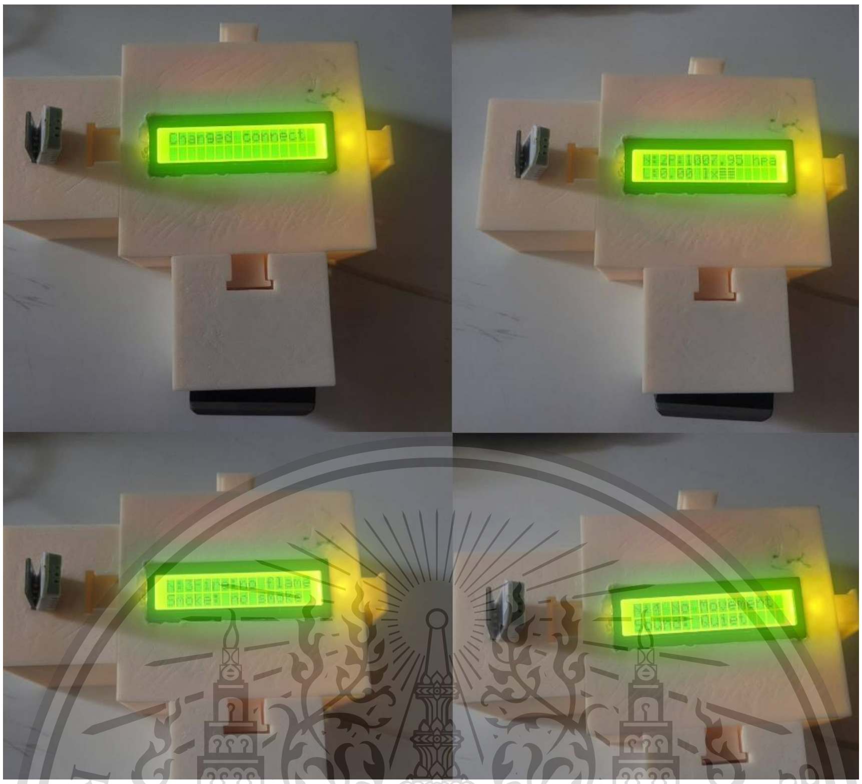
4.9.1 โหนดที่ 1

ประกอบไปด้วย DHT22 และ Dust PM 2.5 Sensor เมื่อเริ่มต้น โหนดจะหาเส้นทางเชื่อมโดยจะแสดงคำว่า “ Changed connections “ เมื่อโหนดเชื่อมต่อกับอีกโหนดสำเร็จ โหนดจะแสดงข้อมูลของอีกโหนด ดังรูปที่ 4.17 และ 4.18 โหนดนี้จะรับข้อมูลจากโหนดที่ 2 , 3 และ 4 โดยแต่ละโหนดจะรับข้อมูลจากอีกโหนดใช้เวลา 35 วินาที แสดงผ่าน Serial Monitor ดังรูปที่ 4.19

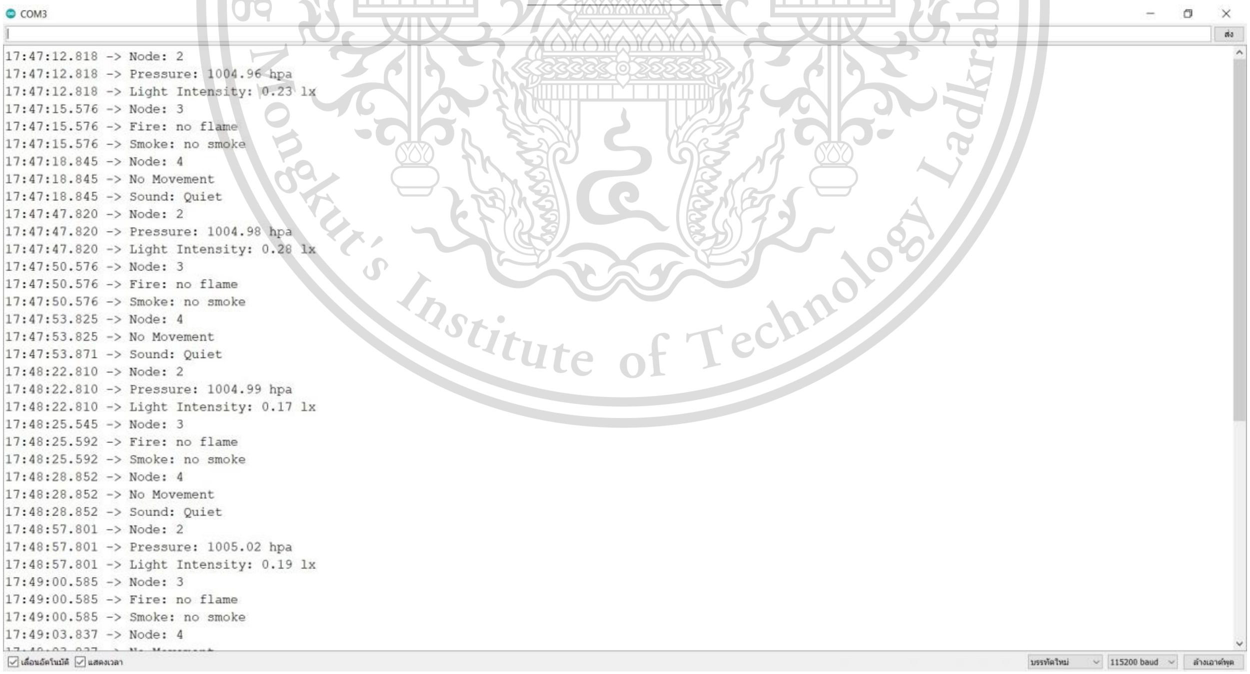


รูปที่ 4.17 โหนดที่ 1 แสดงการรับส่งข้อมูลของโหนดที่ 2

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



รูปที่ 4.18 แสดงข้อมูลจากโหนดที่ 2 , 3 และ 4

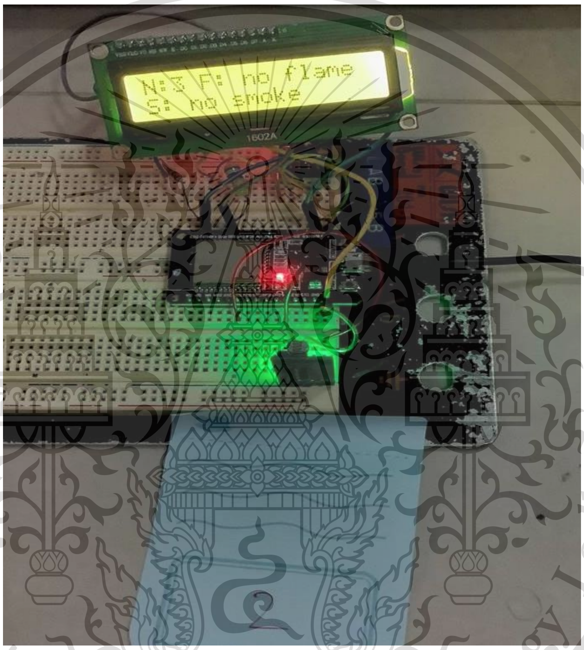


รูปที่ 4.19 Serial Monitor ของโหนดที่ 1 แสดงการรับส่งข้อมูลของโหนดอื่น

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

4.9.2 โหนดที่ 2

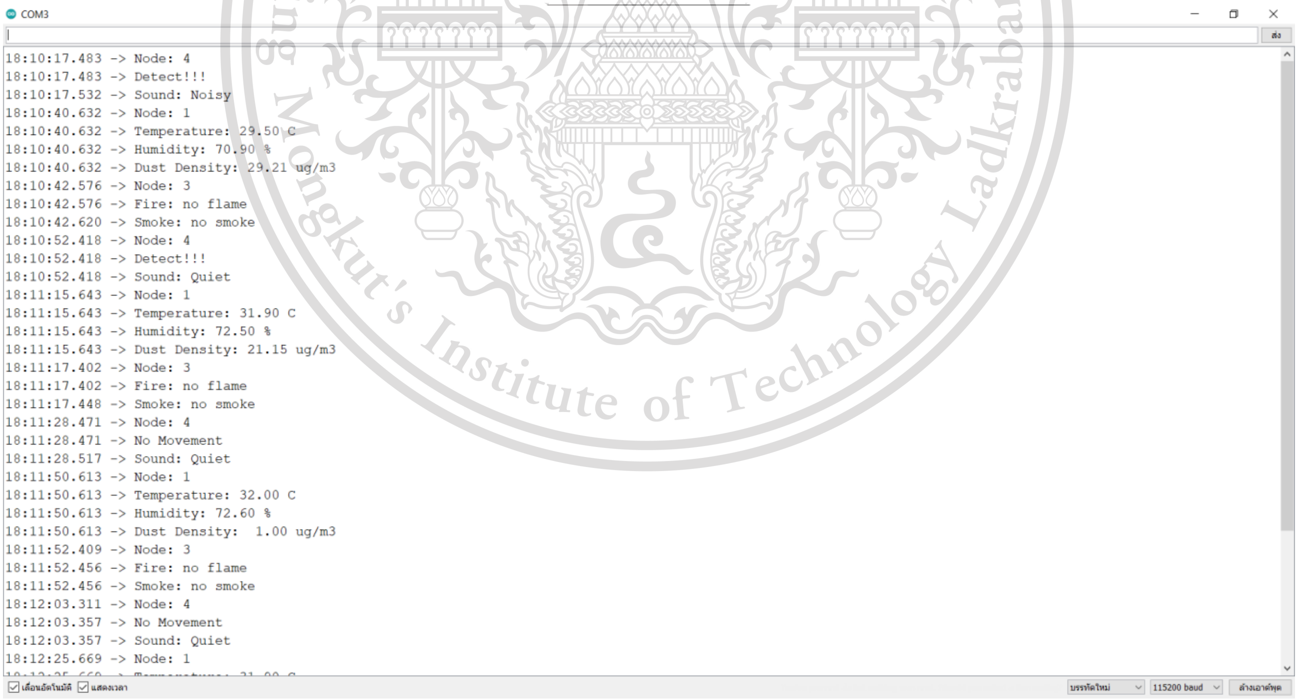
ประกอบไปด้วย Motion Sensor Detector และ High Sensitive Sound Microphone Sensor เมื่อเริ่มต้น โหนดจะหาเส้นทางเชื่อมโดยจะแสดงคำว่า “ Changed connections “ เมื่อโหนดเชื่อมต่อกับอีกโหนดสำเร็จ โหนดจะแสดงข้อมูลของอีกโหนด ดังรูปที่ 4.20 และ 4.21 โหนดนี้จะรับข้อมูลจากโหนดที่ 1 , 3 และ 4 โดยแต่ละโหนดจะรับข้อมูลจากอีกโหนดใช้เวลา 35 วินาที แสดงผ่าน Serial Monitor ดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.20 โหนดที่ 2 แสดงการรับส่งข้อมูลของโหนดที่ 3

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.21 แสดงข้อมูลจากโหนดที่ 1 , 3 และ 4

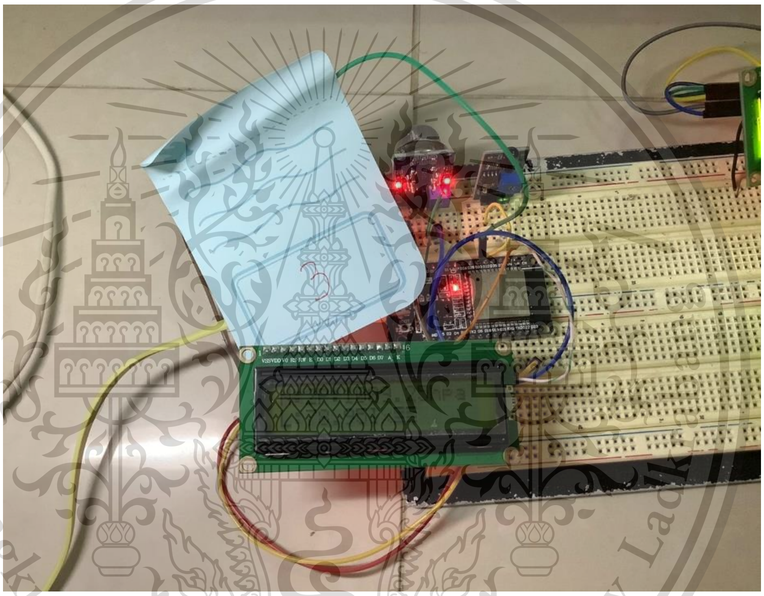


รูปที่ 4.22 Serial Monitor ของโหนดที่ 2 แสดงการรับส่งข้อมูลของโหนดอื่น

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

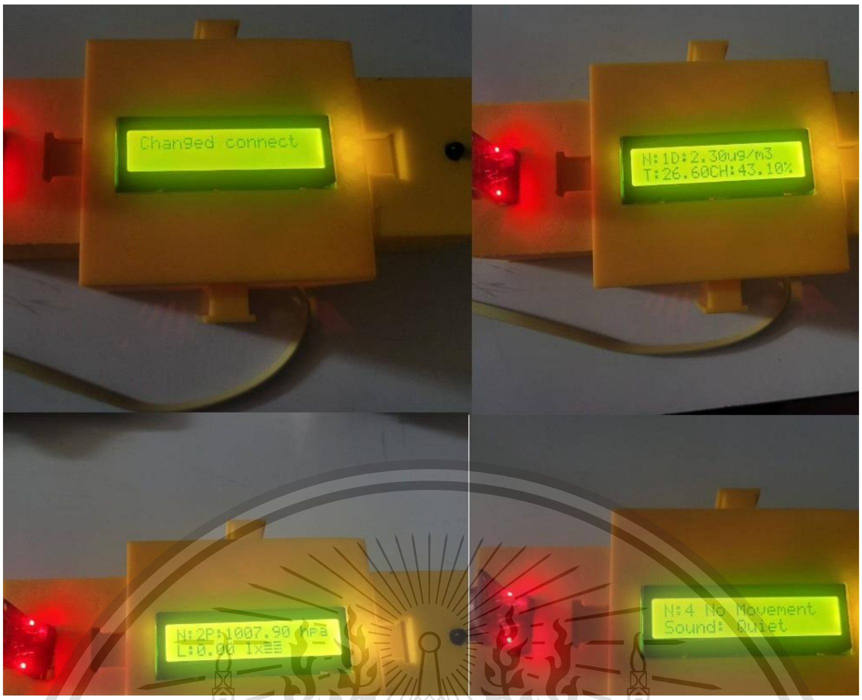
4.9.3 โหนดที่ 3

ประกอบไปด้วย BME 280 Pressure Sensor และ LDR Photoresistor Sensor เมื่อเริ่มต้น โหนดจะหาเส้นทางเชื่อมโดยจะแสดงคำว่า “ Changed connections “ เมื่อโหนดเชื่อมต่อกับอีกโหนดสำเร็จ โหนดจะแสดงข้อมูลของอีกโหนด ดังรูปที่ 4.23 และ 4.24 โหนดนี้จะรับข้อมูลจากโหนดที่ 1 , 2 และ 4 โดยแต่ละโหนดจะรับข้อมูลจากอีกโหนดใช้เวลา 35 วินาที แสดงผ่าน Serial Monitor ดังรูปที่ 4.25

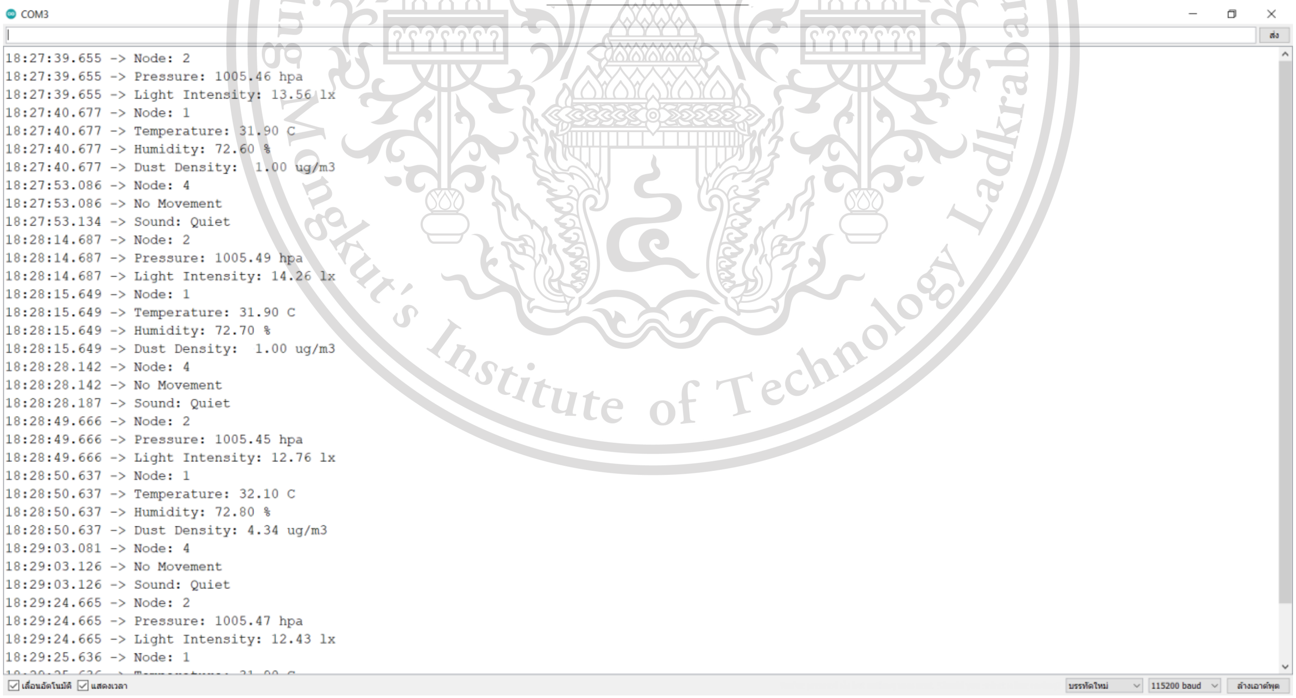


รูปที่ 4.23 โหนดที่ 3 แสดงการรับส่งข้อมูลของโหนดที่ 2

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



รูปที่ 4.24 แสดงข้อมูลจากโหนดที่ 1 , 2 และ 4

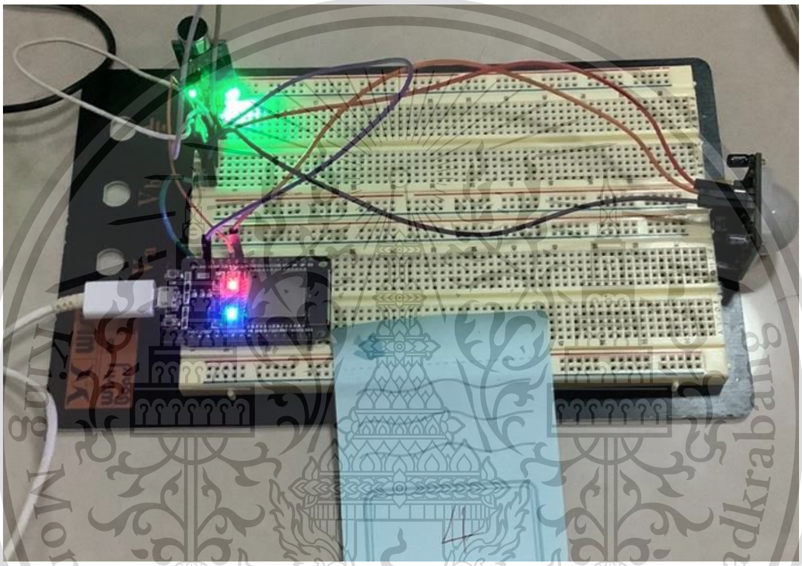


รูปที่ 4.25 Serial Monitor ของโหนดที่ 3 แสดงการรับส่งข้อมูลของโหนดอื่น

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

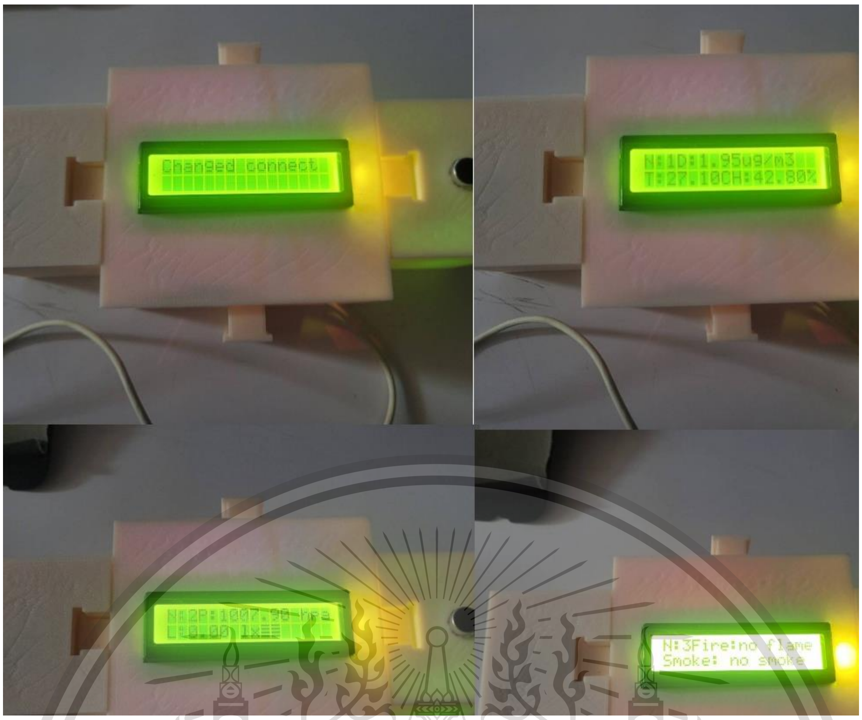
4.9.4 โหนดที่ 4

ประกอบไปด้วย Infrared IR Flame Detector Sensor และ MQ2 Sensor เมื่อเริ่มต้น โหนดจะหาเส้นทางเชื่อมโดยจะแสดงคำว่า " Changed connections " เมื่อโหนดเชื่อมต่อกับอีกโหนดสำเร็จ โหนดจะแสดงข้อมูลของอีกโหนด ดังรูปที่ 4.26 และ 4.27 โหนดนี้จะรับข้อมูลจากโหนดที่ 1 , 2 และ 3 โดยแต่ละโหนดจะรับข้อมูลจากอีกโหนดใช้เวลา 35 วินาที แสดงผ่าน Serial Monitor ดังรูปที่ 4.28

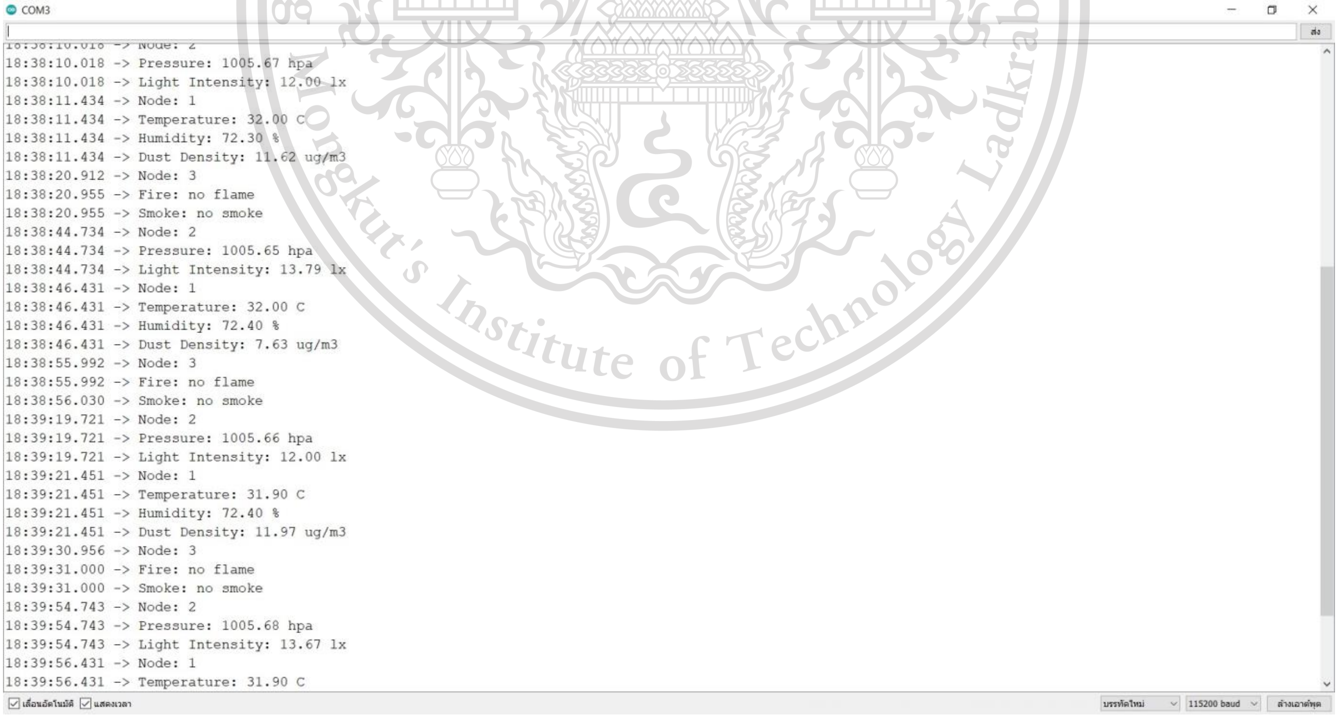


รูปที่ 4.26 โหนดที่ 4 แสดงการรับส่งข้อมูลของโหนดอื่น

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



รูปที่ 4.27 แสดงข้อมูลจากโหนดที่ 1 , 2 และ 3



รูปที่ 4.28 Serial Monitor ของโหนดที่ 4 แสดงการรับส่งข้อมูลของโหนดอื่น

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

4.10 ผลการทดสอบสร้าง Web Application ที่มีการแสดงผลข้อมูลที่ได้รับจาก Sensor Node ออกมาผ่านตาราง

ในการทดลองสร้าง Web Application ที่มีการแสดงผลข้อมูลที่ได้รับจาก Sensor Node ออกมาผ่านตาราง เริ่มจากการที่ Sensor Node ส่งข้อมูลที่เป็นแพ็คเก็ตไปยัง Gateway Node โดยใช้การสื่อสารแบบ Mesh topology จากนั้น Gateway Node จะทำการส่งต่อแพ็คเก็ตข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ ผ่านทาง Wi-Fi ซึ่งมีการเรียกใช้โปรโตคอล MQTT ผ่านโปรแกรม Mosquitto MQTT จากนั้นก็ทำการจัดเก็บแพ็คเก็ตข้อมูลลงฐานข้อมูล SQL และเมื่อต้องการเรียกใช้ข้อมูลในฐานข้อมูล จะทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล SQL มาแสดงค่าออกมาผ่านตาราง เพื่อทดสอบว่าสามารถส่งข้อมูลจาก Sensor Node ไปแสดงผลบน Web Application ได้หรือไม่

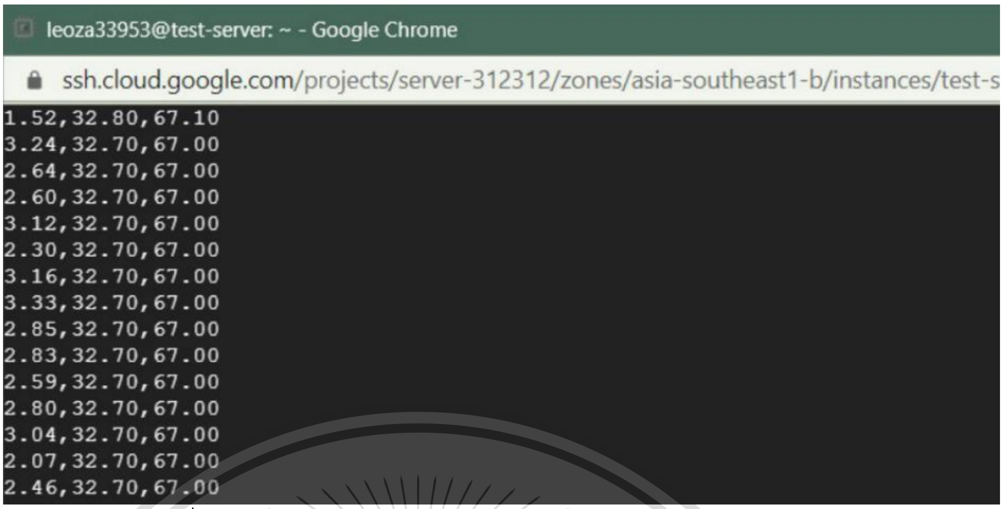
เริ่มจากการเปิดใช้งานโปรแกรม phpMyAdmin สำหรับการจัดการฐานข้อมูล MySQL แล้วทำการสร้างฐานข้อมูลตารางลงในฐานข้อมูล โดยสำหรับฐานข้อมูลที่จะสร้างมีชื่อว่า register_db ประกอบไปด้วยตารางที่เก็บข้อมูลการลงทะเบียนและตารางที่เก็บค่าเซนเซอร์ของแต่ละโหนด จากนั้นทำการเรียกใช้งานโปรโตคอล MQTT ผ่านโปรแกรม Mosquitto MQTT บน Command Prompt แล้วทำการเรียกใช้งานโค้ด หรือโปรแกรมที่จะนำข้อมูลที่ผ่านโปรโตคอล MQTT ไปจัดเก็บลงฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม Insert_data แล้วทำการ Subscribe หัวข้อ mesh/sensor ดังรูปที่ 4.29

```
1617041804: Client e8316dca-2926-4b42-ab7f-079ccf7801d71617041450539 closed its connection.
1617041805: New connection from ::1:53046 on port 1883.
1617041805: New client connected from ::1:53046 as e8316dca-2926-4b42-ab7f-079ccf7801d71617041805927 (p2, c1, k10).
1617041805: No will message specified.
1617041805: Sending CONNACK to e8316dca-2926-4b42-ab7f-079ccf7801d71617041805927 (0, 0)
1617041806: Received SUBSCRIBE from e8316dca-2926-4b42-ab7f-079ccf7801d71617041805927
1617041806:     mesh/sensor (QoS 0)
1617041806: e8316dca-2926-4b42-ab7f-079ccf7801d71617041805927 0 mesh/sensor
1617041806: Sending SUBACK to e8316dca-2926-4b42-ab7f-079ccf7801d71617041805927
1617041807: Received PINGREQ from Client-261369930
```

รูปที่ 4.29 ผลจากการเรียกใช้โปรแกรม เมื่อเปิดใช้งานโปรแกรม Mosquitto MQTT

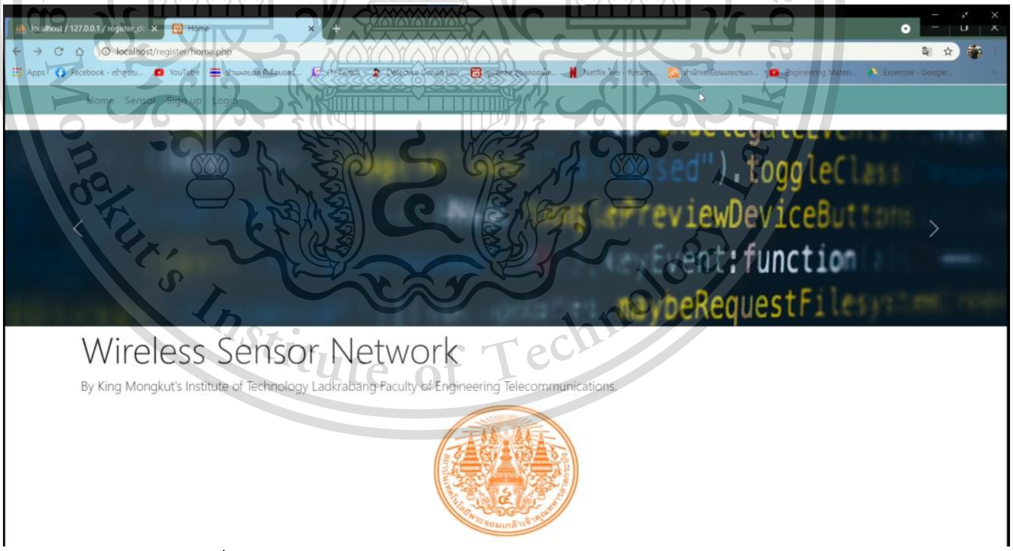
ต่อมาก็ทำการรอให้ Sensor Node รับข้อมูลของเซนเซอร์แต่ละโหนด เมื่อ Gateway Node มีการเชื่อมต่อกับ Wi-Fi เรียบร้อยแล้วจะทำการ Publish แพ็คเก็ตข้อมูลไปยัง Mosquitto MQTT เข้ามาอยู่ในหัวข้อ mesh/sensor และมีการ Publish แพ็คเก็ตข้อมูลนั้นไปต่อยัง Subscriber ที่ติดตามหัวข้อ mesh/sensor หลังจากแพ็คเก็ตข้อมูลถูก Publish ออกไปยัง MQTT Broker แสดงดังรูปที่ 4.30 โดย MQTT Broker ได้ใช้บน Google Cloud Platform

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



รูปที่ 4.30 แพ็คเก็ตข้อมูลถูก Publish ออกไปยัง MQTT Broker

ต่อมาเป็นการเข้าใช้งาน Web Application ขั้นตอนแรกจะต้องทำการลงทะเบียนเข้าใช้งานโดยกด เข้าไปที่ Sign up บนหน้า Home Page ของ Web Application ดังรูปที่ 4.31

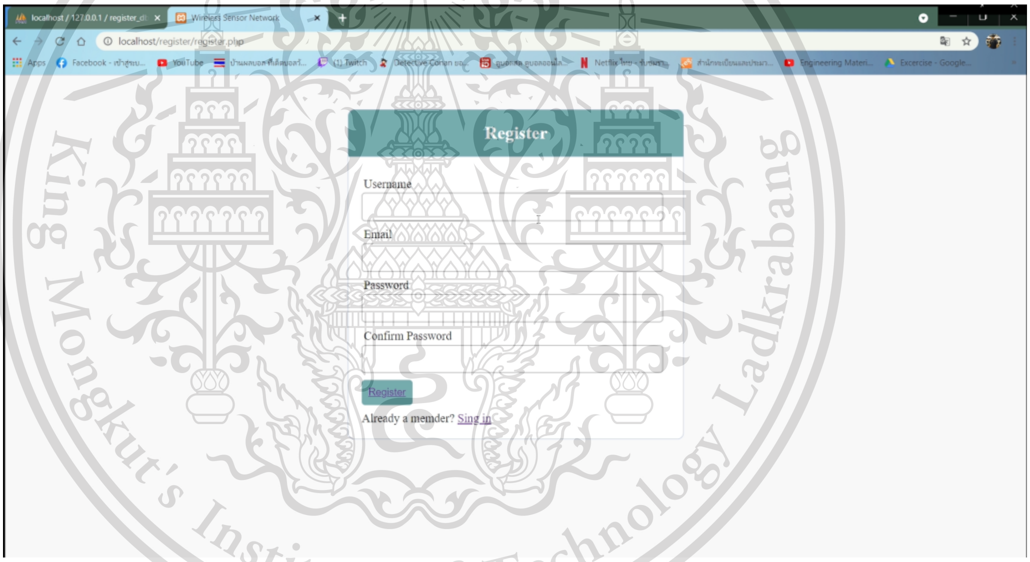


รูปที่ 4.31 หน้าต่าง Home Page ของ Web Application

เมื่อเข้าสู่หน้า Sign up ดังรูปที่ 4.32 ก็จะให้ผู้ใช้กรอก Username E-mail และ Password ให้ ครบถ้วน โดยข้อมูลของ Username E-mail และ Password จะถูกนำไป

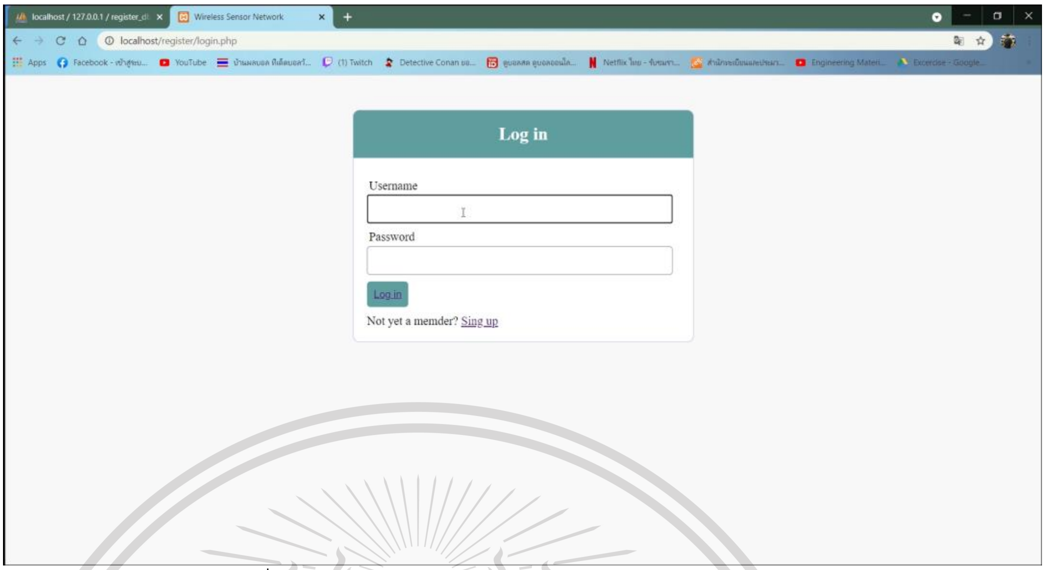
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden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

จัดเก็บลงในฐานข้อมูล ผ่านโปรแกรมไฟล์ php ที่ดึงข้อมูลจากการกรอกข้อมูลไปจัดเก็บลงในฐานข้อมูล จากนั้นกดปุ่ม Sign up เพื่อไปที่ หน้า Login ที่แสดงดังรูปที่ 4.33 ก็ทำการกรอกเฉพาะ Username และ Password ให้ถูกต้องตามที่ได้ลงทะเบียนไว้ผ่านโปรแกรมไฟล์ php ที่จะทำดึงข้อมูล Username และ Password มาจากฐานข้อมูลเพื่อตรวจสอบว่า Username กับ Password ที่ผู้ใช้กรอกถูกต้องหรือตรงกับที่ลงทะเบียนหรือไม่ จากนั้นกดปุ่ม Login ซึ่งจะไปที่หน้า Sensor Node ที่แสดงดังรูปที่ 4.34 หลังจากนี้สามารถเลือกเข้าไปดูค่าของ Sensor Node แต่ละโหนดที่แสดงในรูปแบบตารางได้ตามต้องการ Node1, Node2, Node3 และ Node4 ดังรูปที่ 4.35, 4.36, 4.37 และ 4.38 ตามลำดับ โดยเขียนโปรแกรมดึงข้อมูลจากตารางฐานข้อมูลในส่วนที่เก็บข้อมูลเซนเซอร์ ซึ่งสามารถทำได้ผ่าน Visual Studio Code

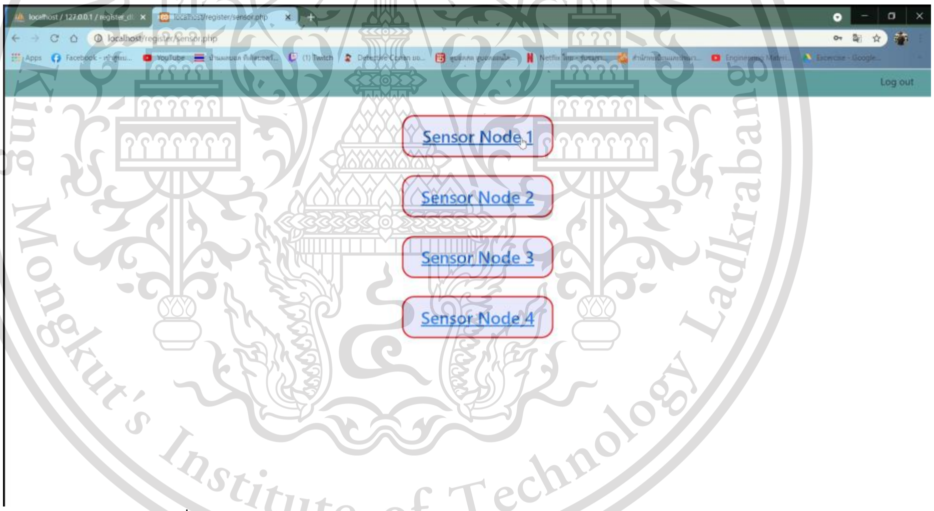


รูปที่ 4.32 หน้าต่าง Sign up บน Web Application

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



รูปที่ 4.33 หน้าต่าง Login บน Web Application

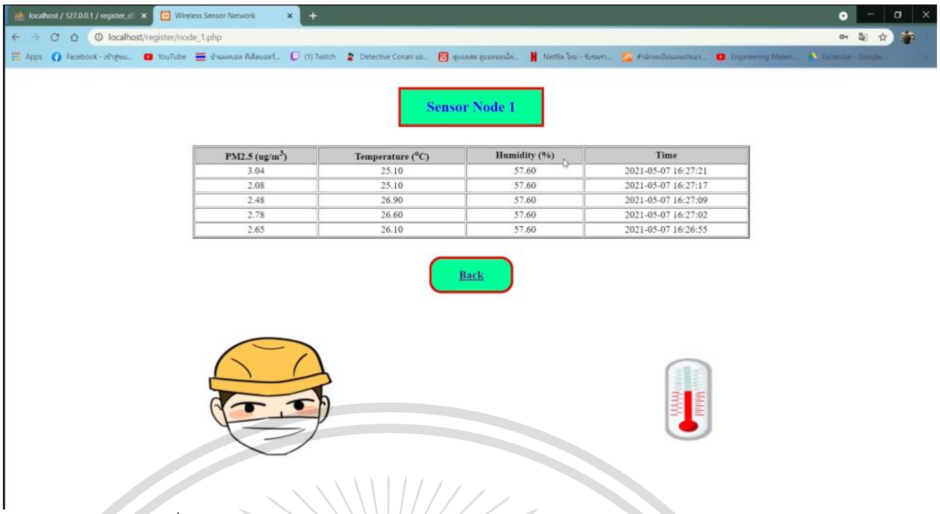


รูปที่ 4.34 หน้าต่าง Sensor Node บน Web Application

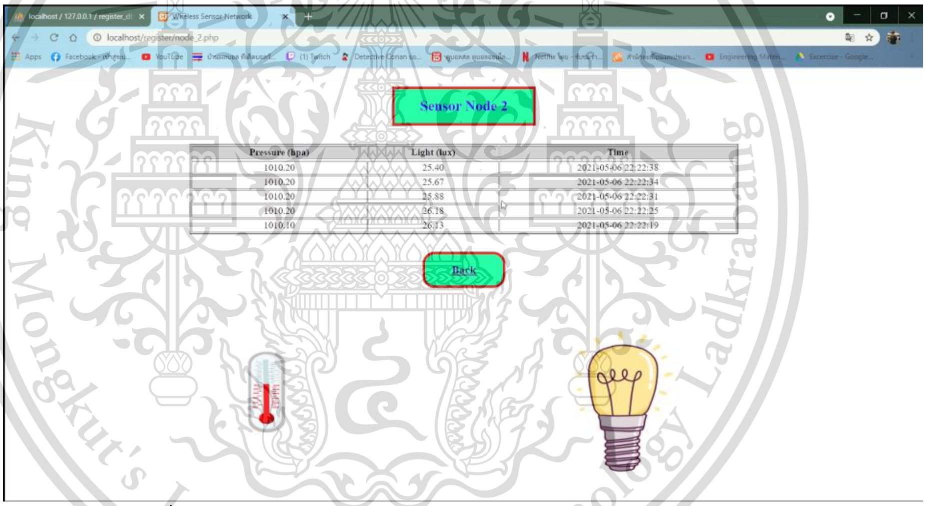
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

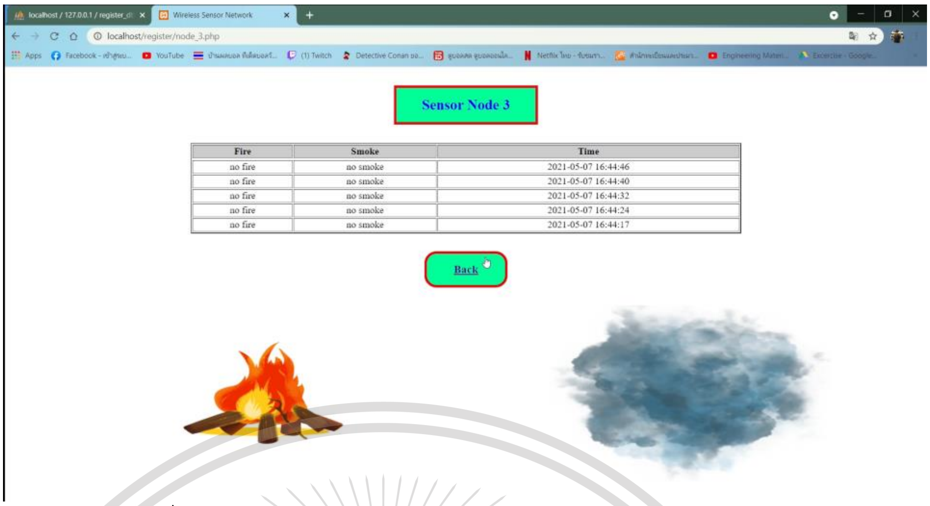


รูปที่ 4.35 หน้าต่าง Sensor Node 1 บน Web Application

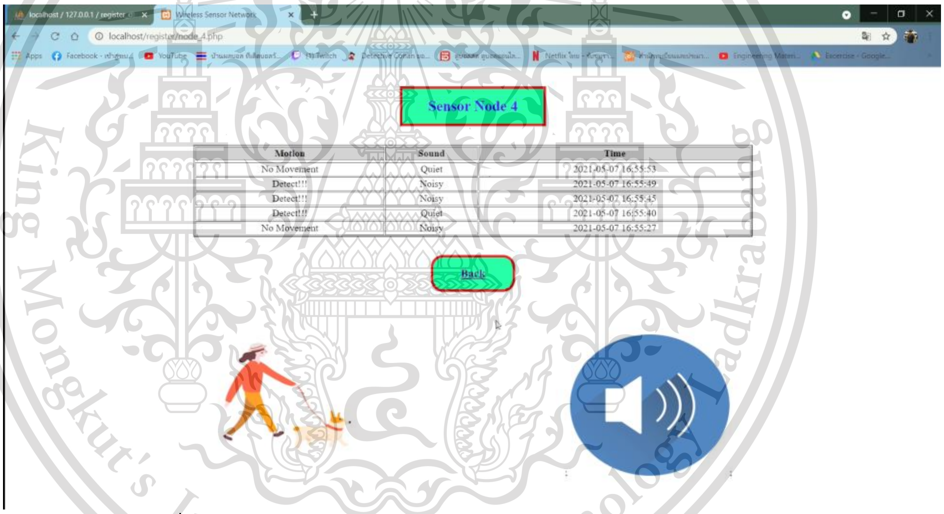


รูปที่ 4.36 หน้าต่าง Sensor Node 2 บน Web Application

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



รูปที่ 4.37 หน้าต่าง Sensor Node 3 บน Web Application

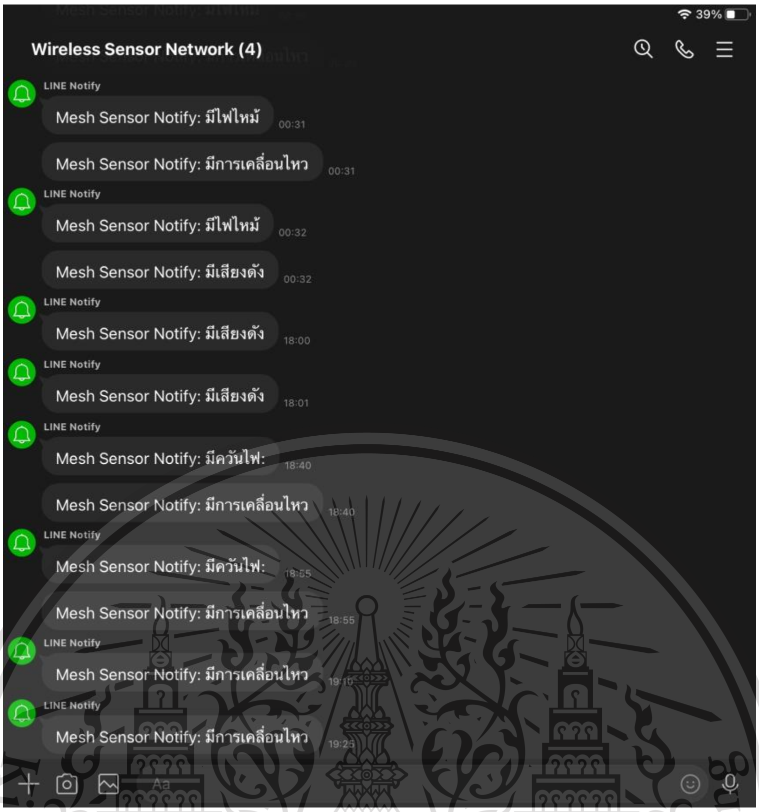


รูปที่ 4.38 หน้าต่าง Sensor Node 4 บน Web Application

4.11 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบแจ้งเตือนค่าที่ Sensor Node ส่งไปยังฐานข้อมูล และทำการแจ้งเตือนค่าที่ได้รับไปยัง Line Group ที่ Line Notify อยู่เป็นสมาชิก หน้าต่างการแจ้งเตือนผ่าน Line Group แสดงดังรูปที่ 4.39

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



รูปที่ 4.39 หน้าต่างการแจ้งเตือนผ่าน Line Group

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

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอเกี่ยวกับเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย มีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดค่าต่าง ๆ จากเซนเซอร์แต่ละตัวโดยประมวลผลผ่าน ESP32 มีการสื่อสารระหว่างกันโดยใช้ Wi-Fi เป็นการเชื่อมต่อระหว่าง ESP32 แล้วแสดงผลขึ้น Web page เพื่อความสะดวกสบายกับผู้ใช้งาน

ซึ่งแต่ละอุปกรณ์จะมีการสื่อสารระหว่างกันโดยใช้ ESP32 เป็นตัวไมโครคอนโทรลเลอร์และใช้ Wi-Fi เป็นการเชื่อมต่อระหว่าง ESP32 โดยที่แต่ละอุปกรณ์เชื่อมต่อด้วยโครงข่ายแบบตาข่ายหรือ Mesh Topology โดยอุปกรณ์ที่กล่าวมาเรียกว่า Sensor Node โดยมีเซนเซอร์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ประกอบไปด้วย เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว (HC-SR501), เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (DHT22), เซนเซอร์วัดความเข้มแสง (LDR), เซนเซอร์ตรวจจับค่าเสียง, เซนเซอร์วัดค่าฝุ่นละออง PM2.5 (GP2Y1010AU0F), เซนเซอร์วัดความกดอากาศ (BME280), เซนเซอร์ตรวจจับควัน (MQ-2) และเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ (LM 393 IR)

ในการวัดค่าเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว พบว่าถ้ามีการเคลื่อนไหวผ่านเซนเซอร์ไวเกินไปอาจทำให้เซนเซอร์ตรวจจับไม่ทัน จึงควรวางตำแหน่งเซนเซอร์ให้ไว้ในขอบเขตการตรวจจับ

ในการวัดค่าเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ พบว่าค่ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

ในการวัดค่าเซนเซอร์วัดความเข้มแสง พบว่าค่ามีการเปลี่ยนแปลงมาก

ในการวัดค่าเซนเซอร์ตรวจจับค่าเสียง พบว่าตอนตรวจจับค่าเสียงนั้น จับค่าเสียงไม่ได้ต่อเนื่องจึงควรปรับความไวของเซนเซอร์

ในการวัดค่าเซนเซอร์วัดค่าฝุ่นละออง PM2.5 พบว่า ค่ามีการเปลี่ยนแปลงมาก เนื่องจากมีฝุ่นหรือควันค้างอยู่ในตัวเซนเซอร์ดังนั้นจึงควรวางเซนเซอร์ไว้ตรงที่มีอากาศถ่ายเทได้

ในการวัดค่าเซนเซอร์วัดความกดอากาศ พบว่าค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

ในการวัดค่าเซนเซอร์ตรวจจับควัน พบว่าค่ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยถ้าต้องการวัดค่าให้มีความละเอียดมากขึ้น จึงปรับความไวของเซนเซอร์

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

ในการวัดค่าเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ พบว่าค่ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยถ้าต้องการวัดค่าให้มีความละเอียดมากขึ้น จึงปรับความไวของเซนเซอร์

โครงข่ายเมช ในการเชื่อมต่อในแต่ละโหนดที่มีการเชื่อมต่อกันและกันมีความช้า บางครั้งเมื่อมีโหนดใดโหนดหนึ่งหลุดเซนเซอร์ออกจากการเชื่อมต่อ โหนดนั้นก็จะไม่ได้รับข้อมูล ณ เวลาที่หลุดออกมา เมื่อจะทำการเชื่อมต่อไปอีกครั้งก็จะใช้เวลานานถึงจะเชื่อมต่อกับโหนดอื่น ๆ ได้

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในการวัดค่าต่าง ๆ ของเซนเซอร์บางตัว มีความแม่นยำที่ไม่น่าพอใจ ซึ่งหากเปลี่ยนชนิด หรือเปลี่ยนรุ่นของเซนเซอร์เป็นชนิดที่มีความแม่นยำสูง และมีประสิทธิภาพในการใช้งาน จะส่งผลดีในการวัดค่าต่าง ๆ ของเซนเซอร์ให้มีความแม่นยำสูงขึ้น

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

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

บรรณานุกรม

[1] ELECTRONICSCOMP . "PIR Motion Detector Sensor Module HC-SR501" https://www.electronicscomp.com/pir-motion-detector-sensor-module-india

[2] โมดูลตรวจจับความเคลื่อนไหว HC-SR501 (PIR Motion Sensor Module). http://www.mltelectronic.com/%E0%B9%82%E0%B8%A1%E0%B8%94%E0%B8%B9%E0%B8%A5%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%88%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A5%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B9%84%E0%B8%AB%E0%B8%A7-HC-SR501-(PIR-Motion-Sensor-Module).

[3] Tenergy Innovation . "Arduino Learning Kit :: EP7 : การอ่านค่าอุณหภูมิและความชื่น ตัวเซนเซอร์ DHT22 ผ่าน onewire bus" https://www.tenergyinnovation.co.th/arduino_learning_kit/arduino-learning-kit-ep7-%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AD%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%84%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%AD%E0%B8%B8%E0%B8%93%E0%B8%AB%E0%B8%A0%E0%B8%B9%E0%B8%A1%E0%B8%B4/

[4] COMPONENTS101 . "DHT22 – Temperature and Humidity Sensor" https://components101.com/sensors/dht22-pinout-specs-datasheet

[5] บริษัท นีโอนิคส์ จำกัด . "ความร้อนและอุณหภูมิคืออะไร" https://www.neonics.co.th/thermometers/temperature.html

[6] ครูแชมป์ . "ความชื้นของอากาศ" http://homeroom.kruchamp.com/?p=133

[7] Michael Elkan . "ความชื้นของอากาศ" http://krulong37.blogspot.com/2018/02/blog-post_87.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

[8] electronics . “LDR ตัวต้านทานไวแสง”

https://sites.google.com/site/elecso25/menu/8

[9] Learning center for Earth Science and Astronomy . “อนุภาคแสง”

http://www.lesa.biz/astronomy/light/photon

[10] “SOUND SENSOR MODULE”

SOUND_SENSOR_MODULE.pdf

[11] วิกิพีเดีย . “เสียง”

https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%87

[12] SHARP . “GP2Y1010AU0F”

https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/gp2y1010au_e.pdf

[13] uatucm337814 . “PM2.5 ฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศ กับวิกฤตสุขภาพที่คนไทยจะต้องแก้”

https://www.excise.go.th/cs/groups/public/documents/document/dwnt/mzm3/~edisp/uatucm337814.pdf

[14] กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ . “ข้อมูลดัชนีคุณภาพอากาศ”

http://air4thai.pcd.go.th/webV2/aqi_info.php

[15] Thailand factomart . “Pressure Sensor”

https://www.factomart.com/th/pressure-sensor/

[16] Raweroj Thongdee . “[ตอนที่ 3] การใช้งานโมดูล BME280 วัดอุณหภูมิ ความชื้น และความดันอากาศ”

https://medium.com/@redzero/%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88-3-%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%A1%E0%B8%94%E0%B8%B9%E0%B8%A5-bme280-%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%AD%E0%B8%B8%E0%B8%93%E0%B8%AB%E0%B8%A0%E0%B8%B9%E0%B8%A1-

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

%E0%B8%B4%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%8A%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%99-%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%94%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A8-a70167195eb2

[17] ProtoSupplies . “GY-BME280 Pressure Humidity Temperature Sensor Module” https://protosupplies.com/product/gy-bme280-pressure-humidity-temperature-sensor-module/

[18] “การสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย” https://sites.google.com/site/communiaudji/rup-baeb-khxng-topology

[19] องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ . “Wi-Fi กับ Wireless ต่างกันอย่างไร ทำไมเรียกไม่เหมือนกัน” http://www.nsm.or.th/other-service/676-online-science/knowledge-inventory/sci-trick/sci-trick-information-technology-museum/3938-wi-fi-%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A-wireless-%E0%B8%95%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%AD%E0%B8%A2%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%84%E0%B8%A3-%E0%B8%97%E0%B8%B3%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%81%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%88%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%99.html

[20] ChalermPun . “เทคโนโลยี Wireless Broadband” https://www.cyberthai.com/th/resource/wireless/item/35-wimax

[21] Thaimicrotron . “การเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบ I2C http://www.thaimicrotron.com/CCS-628/Referrence/I2CBUS.htm

[22] momay . “OTA (Over The Air) คืออะไร ภาษาไอทีเกี่ยวกับการอัพเกรด” https://www.it-productnews.com/2019/03/ota-over-air.html

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

[23] PHYSICS361 . “แสง”

https://physics361.wordpress.com/%E0%B9%80%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B8%87/

[24] SP Micro Tech . “เซ็นเซอร์เสียง High Sensitivity Sound Microphone Sensor Detection Module KY-037”

https://www.spmicrotech.com/product/%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B9%87%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%87-high-sensitivity-sound-microphone-sensor-detection-module/

[25] iot24hours . “ทำความรู้จักกับ MQTT Protocol สำหรับระบบ IoT ที่จำเป็นต้องรู้”

https://medium.com/@iot24hours/%E0%B8%97%E0%B8%B3%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A-mqtt-protocol-%E0%B8%AA%E0%B8%B3%E0%B8%AB%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A-iot-%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%88%E0%B8%B3%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B9%87%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B9%89-9508957a8b61

[26] เจ้าของร้าน . “ESP32 เบื้องต้น :: บทที่ 1 แนะนำ ESP32”

https://www.ioxhop.com/article/62/esp32-%E0%B9%80%E0%B8%9A%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%95%E0%B9%89%E0%B8%99-%B8%97%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88-1-%E0%B9%81%E0%B8%99%E0%B8%B0%E0%B8%99%E0%B8%B3-esp32

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

[27] โรบอทสยาม . “DOIT ESP32 DevKit V1 Development Board WiFi + Bluetooth”
https://www.robotsiam.com/product/119/doit-esp32-devkit-v1-development-board-wifi-bluetooth

[28] วิกิพีเดีย . “สายแพ”
https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%81%E0%B8%9E

[29] COMMANDRONESTORE . “20 cm M-F Jumper 40 เส้น”
https://commandronestore.com/products/bb503.php

[30] THAIEASYELEC . “การใช้งาน Character LCD Display กับ Arduino (ตอนที่1 – รูปแบบการเชื่อมต่อแบบ Parallel)”
https://blog.thaieasyelec.com/how-to-use-character-lcd-display-arduino-ch1-parallel/?fbclid=IwAR0fx6vwG0bXOW6aAI2yFClNoPbj-VYYItdFz7ZIqDSPGsdUw2801og

[31] IOXhop . “การใช้งานจอ Character LCD กับ Arduino แบบละเอียด”
https://www.ioxhop.com/article/30/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%88%E0%B8%AD-character-lcd-%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A-arduino-0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%94
94

[32] THAIEASYELEC . “การใช้งาน Character LCD Display กับ Arduino (ตอนที่1 – รูปแบบการเชื่อมต่อแบบ Parallel)”
https://blog.thaieasyelec.com/how-to-use-character-lcd-display-arduino-ch1-parallel/?fbclid=IwAR0fx6vwG0bXOW6aAI2yFClNoPbj-VYYItdFz7ZIqDSPGsdUw2801og

[33] Natinbag . “Arduino® IDE คืออะไร”
https://www.netinbag.com/th/internet/what-is-an-arduinoreg-ide.html

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

[34] mindphp . “Arduino IDE อาดุยอิโน่ ไอดีอี คืออะไร”
https://www.mindphp.com/%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD/73-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3/3702-arduino-ide-%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%94%E0%B8%B8%E0%B8%A2%E0%B8%AD%E0%B8%B4%E0%B9%82%E0%B8%99%E0%B9%88-%E0%B9%84%E0%B8%AD%E0%B8%94%E0%B8%B5%E0%B8%AD%E0%B8%B5-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3.html

[35] RA Workshop . “TINKERCAD คือโปรแกรมอะไร”
https://ra-software.com/tinkercad-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B9%82%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3/

[36] Nattawat . “Tinkercad โปรแกรมออกแบบที่ใช้งานง่ายมากสำหรับ เครื่องพิมพ์ 3D Printer”
https://www.siamreprap.com/2015/12/using-tinkercad-program-for-3d-printer/

[37] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี . “วิชวลสตูดิโอโค้ด”
https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%8A%E0%B8%A7%E0%B8%A5%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B8%B9%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B9%82%E0%B8%AD%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B9%89%E0%B8%94

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

[38] อาจารย์ ดร.ณัฐพล แสนคำ . “วิธีการใช้งาน Visual Studio Code”

http://cs.bru.ac.th/%E0%B8%AA%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%98%E0%B8%B5%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89-visual-studio-code-2/

[39] blognone . “VS Code”

https://www.blognone.com/node/111527

[40] ท่องเที่ยว ธีม . “Computer2know”

https://computer2know.blogspot.com/2017/03/xampp.html

[41] A0SOFT . “XAMPP”

https://www.aosoft.co.th/article/343/XAMPP-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3.html

[42] Network365 . “MySQL”

http://www.networks365.net/indexac6b.html?route=product/product&product_id=110

[43] Eclipse Mosquitto

https://mosquitto.org/

[44] วิกิพีเดีย . “ซี++”

https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%8B%E0%B8%B5%2B%2B

[45] CPrograming . “ข้อดีข้อเสียของภาษาซี”

https://sites.google.com/site/rattiyacom11/-khxdi-khx-seiy-khxng-phasa-si

[46] MarcusCode . “ภาษา PHP”

http://marcuscode.com/lang/php

[47] นายวิทูลย์ งามขำ ครู คศ.2 โรงเรียนชัยบาดาลวิทยา จังหวัดลพบุรี สพม.5 . “บทเรียนออนไลน์ เรื่อง การเขียนโปรแกรม PHP”

https://sites.google.com/a/chaiwit.ac.th/php/unit1/bi-khwam-ru-thi-1

[48] บทเรียนออนไลน์ครูวิรพล . “ความหมายและความสำคัญของภาษา HTML”

https://sites.google.com/a/moeipit.ac.th/wirapons/hnwy-kar-reiyn-ru4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

[49] เจ้าของร้าน . "วิธีอัพเดทซอร์ฟแวร์ ESP8266 และ ESP32 ผ่าน WiFi ด้วย OTA (Over the air)"
https://www.modulemore.com/article/19/%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%98%E0%B8%B5%E0%B8%AD%E0%B8%B1%E0%B8%9E%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%97%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%9F%E0%B9%81%E0%B8%A7%E0%B8%A3%E0%B9%8C-esp8266-%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0-esp32-%E0%B8%9C%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%99-wifi-%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%A7%E0%B8%A2-ota-over-the-air

[50] โปรโตคอล MQTT
https://www.enconlab.com/chiller/index.php/knowledge/11-c-chiller-system/16-chiller-6

[51] iBuddyWeb . "Line Notify"
https://www.ibuddyweb.com/news/line-notify/#:~:text=LINE%20Notify%20%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%20%E0%B8%9A%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88,%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%A5%E0%B8%B8%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B9%84%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%B5%E0%B8%81%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%A7%E0%B8%A2

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

ภาคผนวก ก

คำสั่ง Sensor Node 1

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

```
#include "EspMQTTClient.h"
#include "painlessMesh.h"
#include <Arduino_JSON.h>
#include <DHT.h>
#include <WiFi.h>
#include <ESPmDNS.h>
#include <WiFiUdp.h>
#include <ArduinoOTA.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>0
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

//---------------------------- WIFI --------------------------------

const char* ssid = "KK-1001";
const char* password = "58914472";

//------------------------ MESH Details ---------------------------

#define   MESH_PREFIX     "RNTMESH" //name for your MESH
#define   MESH_PASSWORD   "MESHpassword" //password for your MESH
#define   MESH_PORT       5555 //default port

//------------------------ SET  --------------------------

#define DHTPIN 23
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
byte degree[8] = {0x03,0x03,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00};

int measurePin = 34;
int ledPower = 33;
```

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

```
int samplingTime = 280;
int deltaTime = 40;
int sleepTime = 9680;

float voMeasured = 0;
float calcVoltage = 0;
float dustdensity = 0;

int nodeNumber = 1 ;
float temperature ;
float humidity ;
float dust ;

//-----------------------SET EspMQTTClient ------------------------------

EspMQTTClient client(
  "KK-1001",
  "58914472",
  "34.87.108.236",  // MQTT Broker server ip
  "sensor",   // Can be omitted if not needed
  "sensor",   // Can be omitted if not needed
  "test",     // Client name that uniquely identify your device
  1883             // The MQTT port, default to 1883. this line can be omitted
);

//------------- String to send to other nodes with sensor readings ----------

String readings;

Scheduler userScheduler;
painlessMesh  mesh;
```

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

```
void sendMessage1() ;
String getReadings1();

//------------ Create tasks: to send messages and get readings ; ----------------

  Task taskSendMessage1(TASK_SECOND * 35 , TASK_FOREVER,
&sendMessage1);

//-----------------------------SEND MESSAGE --------------------------------------

  String getReadings1 () {
  JSONVar jsonReadings;
  temperature = dht.readTemperature();
  humidity = dht.readHumidity();
  dust = dustdensity;
  digitalWrite(ledPower,LOW); // power on the LED
  delayMicroseconds(samplingTime);
  voMeasured = analogRead(measurePin); // read the dust value
  delayMicroseconds(deltaTime);
  digitalWrite(ledPower,HIGH); // turn the LED off
  delayMicroseconds(sleepTime);
  // 0 - 5V mapped to 0 - 1023 integer values
  // recover voltage
  calcVoltage = voMeasured * (5.0 / 1024.0);
  dustdensity = (0.17 * calcVoltage - 0.1)* 10;
   lcd.clear();
   lcd.home();
   lcd.print("N:");
   lcd.print(nodeNumber);
   lcd.print("D:");
   lcd.print(dust);
```

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

```
   lcd.print("ug/m3");
   lcd.setCursor(0,1);
   lcd.print("T:");
   lcd.print(temperature);
   lcd.print("C");
   lcd.print("H:");
   lcd.print(humidity);
   lcd.print("%");
  JSON.stringify(temperature);
  JSON.stringify(humidity);
  JSON.stringify(dust);

  jsonReadings["node"] = nodeNumber;
  jsonReadings["temp"] = temperature;
  jsonReadings["hum"] = humidity;
  jsonReadings["dust"] = dust;

  readings = JSON.stringify(jsonReadings);
  return readings;
}

void sendMessage1 () {
  String msg1 = getReadings1();
  mesh.sendBroadcast(msg1);
}

//---------------------------------- initDHT ------------------------------------

void initDHT(){
   Serial.println(F("DHTxx test!"));
  dht.begin();
```

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

```
}

//--------------------------------- RECEIVED MESSAGE NODE 2 ---------------------------

void receivedCallback1( uint32_t from, String &msg4 ) {
 // Serial.printf("Received from %u msg4=%s\n", from, msg4.c_str());
  JSONVar myObject = JSON.parse(msg4.c_str());
  int node = myObject["node"];
  double pres = myObject["pres"];
  double ligh = myObject["ligh"];
  if(node == 2){
  Serial.print("Node: ");
  Serial.println(node);
   Serial.print("Pressure: ");
   Serial.print(pres);
   Serial.println(" hpa");
   Serial.print("Light Intensity: ");
   Serial.print(ligh);
   Serial.println(" lx");

   lcd.clear();
   lcd.home();
   lcd.print("N:");
   lcd.print(node);
   lcd.print("P:");
   lcd.print(pres);
   lcd.print(" hpa");
   lcd.setCursor(0,1);
   lcd.print("L:");
   lcd.print(ligh);
   lcd.println(" lx");
```

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

```
  }
}

//---------------------------------- RECEIVED MESSAGE NODE 3 ---------------------------

void receivedCallback2( uint32_t from, String &msg7 ) {
 // Serial.printf("Received from %u msg7=%s\n", from, msg7.c_str());
  JSONVar myObject = JSON.parse(msg7.c_str());
  int node = myObject["node"];
  int firevalue = myObject["firevalue"];
  int smokevalue = myObject["smokevalue"];
  if(node == 3){
  Serial.print("Node: ");
  Serial.println(node);
     lcd.clear();
     lcd.home();
     lcd.print("N:");
     lcd.print(node);
     Serial.print("Fire: ");
     lcd.print("Fire:");
  if (firevalue == 1) {
    Serial.println("FLAME, FLAME, FLAME");
    lcd.print("FLAME!!!");
  }
  else {
    Serial.println("no flame");
    lcd.print("no flame");
  }
    Serial.print("Smoke: ");
     lcd.setCursor(0,1);
```

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

```
    lcd.print("Smoke:");
  if (smokevalue == 1) {
    Serial.println("SMOKE, SMOKE, SMOKE");
    lcd.setCursor(7,1);
    lcd.print("SMOKE!!!");
  }
  else {
    Serial.println("no smoke");
    lcd.setCursor(7,1);
    lcd.print("no smoke");
  }

   }
}

//-------------------------------- RECEIVED MESSAGE NODE 4 --------------------------

void receivedCallback3( uint32_t from, String &msg10 ) {
// Serial.printf("Received from %u msg10=%s\n", from, msg10.c_str());
 JSONVar myObject = JSON.parse(msg10.c_str());
 int node = myObject["node"];
 int valwalk = myObject["valwalk"];
 int valsound = myObject["valsound"];
 if(node == 4){
 Serial.print("Node: ");
 Serial.println(node);
    lcd.clear();
    lcd.home();
    lcd.print("N:");
    lcd.print(node);
    if (valwalk == 0) {
```

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

```
    Serial.println("No Movement");
    lcd.print(" No Movement");
  }
  else {
    Serial.println("Detect!!!");
    lcd.print(" Detect!!!");
  }
  Serial.print("Sound: ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Sound:");
  if (valsound == 1) {
    Serial.println("Quiet");
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print(" Quiet");
  }
  else {
    Serial.println("Noisy");
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print(" Noisy");
  }

    }
 }

//--------------------------------- MESH CHANGEDCONNECTIONS -----------------------

void changedConnectionCallback() {
  Serial.printf("Changed connections\n");
  lcd.clear();
  lcd.home();
  lcd.print("Changed connect");
```

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

```
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  initDHT();

  pinMode(ledPower,OUTPUT);
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  lcd.createChar(0, degree);

  Serial.println("Booting");
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.waitForConnectResult() != WL_CONNECTED) {
    Serial.println("Connection Failed! Rebooting...");
    delay(5000);
    ESP.restart();
  }
//------------------------------------ OTA ------------------------------------
    ArduinoOTA
    .onStart([]() {
      String type;
      if (ArduinoOTA.getCommand() == U_FLASH)
        type = "sketch";
      else // U_SPIFFS
        type = "filesystem";

      // NOTE: if updating SPIFFS this would be the place to unmount
SPIFFS using SPIFFS.end()
      Serial.println("Start updating " + type);
```

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

```
  })
  .onEnd([]() {
    Serial.println("\nEnd");
  })
  .onProgress([](unsigned int progress, unsigned int total) {
    Serial.printf("Progress: %u%%\r", (progress / (total / 100)));
  })
  .onError([](ota_error_t error) {
    Serial.printf("Error[%u]: ", error);
    if (error == OTA_AUTH_ERROR) Serial.println("Auth Failed");
    else if (error == OTA_BEGIN_ERROR) Serial.println("Begin Failed");
    else if (error == OTA_CONNECT_ERROR) Serial.println("Connect
Failed");
    else if (error == OTA_RECEIVE_ERROR) Serial.println("Receive Failed");
    else if (error == OTA_END_ERROR) Serial.println("End Failed");
  });

 ArduinoOTA.begin();

 Serial.println("Ready");
 Serial.print("IP address: ");
 Serial.println(WiFi.localIP());




//---------------------------------- MESH -----------------------------------

 //mesh.setDebugMsgTypes( ERROR | MESH_STATUS | CONNECTION | SYNC
| COMMUNICATION | GENERAL | MSG_TYPES | REMOTE ); // all types on
```

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

```
        mesh.setDebugMsgTypes( ERROR | STARTUP );  // set before init() so that
you can see startup messages

        mesh.init( MESH_PREFIX, MESH_PASSWORD, &userScheduler, MESH_PORT
);

        mesh.onReceive(&receivedCallback1);
        mesh.onReceive(&receivedCallback2);
        mesh.onReceive(&receivedCallback3);
        mesh.onChangedConnections(&changedConnectionCallback);

        userScheduler.addTask(taskSendMessage1);
        taskSendMessage1.enable();
      }

      //-------------------------MQTT BROKER-------------------------

      void onConnectionEstablished()
      {
      //  client.subscribe("mesh/sensor", [](const String & payload) {
      //    Serial.println(payload);
      //  });
        Serial.println("Connection Established...");
        client.publish("test", packet);
      }

      void loop() {
      int nodeNumber = 1 ;
        temperature = dht.readTemperature();
        humidity = dht.readHumidity();
        digitalWrite(ledPower, LOW); // power on the LED
```

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

```
delayMicroseconds(samplingTime);
voMeasured = analogRead(measurePin); // read the dust value
delayMicroseconds(deltaTime);
digitalWrite(ledPower, HIGH); // turn the LED off
delayMicroseconds(sleepTime);
// 0 - 5V mapped to 0 - 1023 integer values
// recover voltage
calcVoltage = voMeasured * (5.0 / 1024.0);
dustdensity = (0.17 * calcVoltage - 0.1) * 10;

//  Serial.print("Dust Density: ");
//  Serial.print(dustdensity); // unit: mg/m3
//  Serial.println(" ug/m3");

String sensor = String(dustdensity) + "," + String(temperature) + "," +
String(humidity);
Serial.println(sensor);
packet = sensor;
packet.getBytes(data, 200);

client.loop();

bool isMqttConnected();
  Serial.println(client.isMqttConnected());
if (client.isConnected())
{
  onConnectionEstablished();
  Serial.println("Connection Succes");
  Serial.println("Data is published!");
  delay(2000);
ArduinoOTA.handle();
```

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

```
mesh.update();
}
```

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

ภาคผนวก ข

คำสั่ง Sensor Node 2

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

```
#include "EspMQTTClient.h"
#include "painlessMesh.h"
#include <Arduino_JSON.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BME280.h>
#include <WiFi.h>
#include <ESPmDNS.h>
#include <WiFiUdp.h>
#include <ArduinoOTA.h>
#include <LightDependentResistor.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>0
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

//-------------------------- WIFI ----------------------------

const char* ssid = "KK-1001";
const char* password = "58914472";

//---------------------- MESH Details ------------------------

#define   MESH_PREFIX     "RNTMESH" //name for your MESH
#define   MESH_PASSWORD   "MESHpassword" //password for your MESH
#define   MESH_PORT       5555 //default port

//---------------------- SET  -------------------------

//BME object on the default I2C pins
Adafruit_BME280 bme;

float lux = 0.00 ;
```

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

```
#define OTHER_RESISTOR 3300 //ohms
#define USED_PIN 32
#define USED_PHOTOCELL LightDependentResistor::GL5528
LightDependentResistor photocell(USED_PIN, OTHER_RESISTOR,
USED_PHOTOCELL);

byte degree[8] = {0x03,0x03,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00};

//Number for this node
int nodeNumber = 2;
float pressure;
float light;

//------------------------SET EspMQTTClient ------------------------------

EspMQTTClient client(
  "KK-1001",
  "58914472",
  "34.87.108.236",  // MQTT Broker server ip
  "sensor",   // Can be omitted if not needed
  "sensor",   // Can be omitted if not needed
  "test",     // Client name that uniquely identify your device
  1883             // The MQTT port, default to 1883. this line can be omitted
);

//------------- String to send to other nodes with sensor readings ----------

String readings;

Scheduler userScheduler;
painlessMesh  mesh;
```

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

```
void sendMessage4() ;
String getReadings4();

//------------- Create tasks: to send messages and get readings ; -----------------

  Task taskSendMessage4(TASK_SECOND * 35 , TASK_FOREVER,
&sendMessage4);

//-------------------------------SEND MESSAGE ---------------------------------------

String getReadings4 () {
  JSONVar jsonReadings;
  pressure = bme.readPressure()/100.0F;
  lux = photocell.getCurrentLux();
  light = lux;
  lcd.clear();
   lcd.home();
   lcd.print("N:");
   lcd.print(nodeNumber);
   lcd.print("P:");
   lcd.print(pressure);
   lcd.print(" hpa");
   lcd.setCursor(0,1);
   lcd.print("L:");
   lcd.print(light);
   lcd.println(" lx");
  JSON.stringify(pressure);
  JSON.stringify(light);

  jsonReadings["node"] = nodeNumber;
  jsonReadings["pres"] = bme.readPressure()/100.0F;
```

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

```
  jsonReadings["ligh"] = light ;

  readings = JSON.stringify(jsonReadings);
  return readings;
}

void sendMessage4 () {
  String msg4 = getReadings4();
  mesh.sendBroadcast(msg4);
}

//---------------------------- Init BME280 ----------------------------

void initBME(){
  if (!bme.begin(0x76)) {
    Serial.println("Could not find a valid BME280 sensor, check wiring!");
    while (1);
  }
}

//----------------------------------- RECEIVED MESSAGE NODE 1 ----------------------------

// Needed for painless library
void receivedCallback1( uint32_t from, String &msg1 ) {
 // Serial.printf("Received from %u msg1=%s\n", from, msg1.c_str());
  JSONVar myObject = JSON.parse(msg1.c_str());
  int node = myObject["node"];
  double temp = myObject["temp"];
  double hum = myObject["hum"];
  double dust = myObject["dust"];
  if(node == 1){
```

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

```
  Serial.print("Node: ");
  Serial.println(node);
  Serial.print("Temperature: ");
   Serial.print(temp);
   Serial.println(" C");
   Serial.print("Humidity: ");
   Serial.print(hum);
   Serial.println(" %");
   Serial.print("Dust Density: ");
   Serial.print(dust);
   Serial.println(" ug/m3");

   lcd.clear();
   lcd.home();
   lcd.print("N:");
   lcd.print(node);
   lcd.print("D:");
   lcd.print(dust);
   lcd.print("ug/m3");
   lcd.setCursor(0,1);
   lcd.print("T:");
   lcd.print(temp);
   lcd.print("C");
   lcd.print("H:");
   lcd.print(hum);
   lcd.print("%");
  }
}
```

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

```
//--------------------------------- RECEIVED MESSAGE NODE 4 --------------------------

void receivedCallback2( uint32_t from, String &msg10 ) {
 // Serial.printf("Received from %u msg10=%s\n", from, msg10.c_str());
  JSONVar myObject = JSON.parse(msg10.c_str());
  int node = myObject["node"];
  int valwalk = myObject["valwalk"];
  int valsound = myObject["valsound"];
  if(node == 4){
   Serial.print("Node: ");
  Serial.println(node);
     lcd.clear();
     lcd.home();
     lcd.print("N:");
     lcd.print(node);
     if (valwalk == 0) {
    Serial.println("No Movement");
    lcd.print(" No Movement");
  }
  else {
    Serial.println("Detect!!!");
    lcd.print(" Detect!!!");
  }
  Serial.print("Sound: ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Sound:");
  if (valsound == 1) {
    Serial.println("Quiet");
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print(" Quiet");
  }
```

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

```
  else {
    Serial.println("Noisy");
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print(" Noisy");
  }
 }
}

//------------------------------------ RECEIVED MESSAGE NODE 3 ----------------------------

void receivedCallback3( uint32_t from, String &msg7 ) {
 // Serial.printf("Received from %u msg7=%s\n", from, msg7.c_str());
  JSONVar myObject = JSON.parse(msg7.c_str());
  int node = myObject["node"];
  int firevalue = myObject["firevalue"];
  int smokevalue = myObject["smokevalue"];
  if(node == 3){
  Serial.print("Node: ");
  Serial.println(node);
     lcd.clear();
     lcd.home();
     lcd.print("N:");
     lcd.print(node);
     Serial.print("Fire: ");
     lcd.print("Fire:");
  if (firevalue == 1) {
    Serial.println("FLAME, FLAME, FLAME");
    lcd.print("FLAME!!!");
  }
  else {
    Serial.println("no flame");
```

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

```
    lcd.print("no flame");
  }
    Serial.print("Smoke: ");
     lcd.setCursor(0,1);
     lcd.print("Smoke:");
  if (smokevalue == 1) {
    Serial.println("SMOKE, SMOKE, SMOKE");
    lcd.setCursor(7,1);
    lcd.print("SMOKE!!!");
  }
  else {
    Serial.println("no smoke");
    lcd.setCursor(7,1);
    lcd.print("no smoke");
  }
    }
}

//---------------------------------- MESH CHANGEDCONNECTIONS -----------------------

void changedConnectionCallback() {
  Serial.printf("Changed connections\n");
  lcd.clear();
  lcd.home();
  lcd.print("Changed connect");

}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
```

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

```
initBME();

lcd.begin();
lcd.backlight();
lcd.createChar(0, degree);

Serial.println("Booting");
WiFi.mode(WIFI_STA);
WiFi.begin(ssid, password);
while (WiFi.waitForConnectResult() != WL_CONNECTED) {
  Serial.println("Connection Failed! Rebooting...");
  delay(5000);
  ESP.restart();
}

//-------------------------------- OTA --------------------------------

  ArduinoOTA
  .onStart([]() {
    String type;
    if (ArduinoOTA.getCommand() == U_FLASH)
      type = "sketch";
    else // U_SPIFFS
      type = "filesystem";

    // NOTE: if updating SPIFFS this would be the place to unmount
SPIFFS using SPIFFS.end()
    Serial.println("Start updating " + type);
  })
  .onEnd([]() {
    Serial.println("\nEnd");
```

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

```
        })
        .onProgress([](unsigned int progress, unsigned int total) {
          Serial.printf("Progress: %u%%\r", (progress / (total / 100)));
        })
        .onError([](ota_error_t error) {
          Serial.printf("Error[%u]: ", error);
          if (error == OTA_AUTH_ERROR) Serial.println("Auth Failed");
          else if (error == OTA_BEGIN_ERROR) Serial.println("Begin Failed");
          else if (error == OTA_CONNECT_ERROR) Serial.println("Connect
Failed");
          else if (error == OTA_RECEIVE_ERROR) Serial.println("Receive Failed");
          else if (error == OTA_END_ERROR) Serial.println("End Failed");
        });

      ArduinoOTA.begin();

      Serial.println("Ready");
      Serial.print("IP address: ");
      Serial.println(WiFi.localIP());

     //------------------------------------ MESH ------------------------------------

      //mesh.setDebugMsgTypes( ERROR | MESH_STATUS | CONNECTION | SYNC
| COMMUNICATION | GENERAL | MSG_TYPES | REMOTE ); // all types on
      mesh.setDebugMsgTypes( ERROR | STARTUP );  // set before init() so that
you can see startup messages

      mesh.init( MESH_PREFIX, MESH_PASSWORD, &userScheduler, MESH_PORT
);

      mesh.onReceive(&receivedCallback1);
```

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

```
  mesh.onReceive(&receivedCallback2);
  mesh.onReceive(&receivedCallback3);
  mesh.onChangedConnections(&changedConnectionCallback);

  userScheduler.addTask(taskSendMessage4);
  taskSendMessage4.enable();
}

//---------------------------MQTT BROKER--------------------------

void onConnectionEstablished()
{
//  client.subscribe("mesh/sensor", [](const String & payload) {
//    Serial.println(payload);
//  });
  Serial.println("Connection Established...");
  client.publish("test", packet);
}

void loop() {
int nodeNumber = 2;
pressure = bme.readPressure()/100.0F;
  lux = photocell.getCurrentLux();
String sensor = String(pressure) + "," + String( lux ) ;
  Serial.println(sensor);
  packet = sensor;
  packet.getBytes(data, 200);
  client.loop();

  bool isMqttConnected();
    Serial.println(client.isMqttConnected());
```

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

```
  if (client.isConnected())
  {
    onConnectionEstablished();
    Serial.println("Connection Succes");
    Serial.println("Data is published!");
    delay(2000);
  ArduinoOTA.handle();
  mesh.update();
}
```

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

ภาคผนวก ค

คำสั่ง Sensor Node 3

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

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

```
#include "EspMQTTClient.h"
#include "painlessMesh.h"
#include <Arduino_JSON.h>
#include <WiFi.h>
#include <ESPmDNS.h>
#include <WiFiUdp.h>
#include <ArduinoOTA.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>0
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

//--------------------------- WIFI ---------------------------------

const char* ssid = "KK-1001";
const char* password = "58914472";

//------------------------ MESH Details ---------------------------

#define   MESH_PREFIX      "RNTMESH" //name for your MESH
#define   MESH_PASSWORD    "MESHpassword" //password for your MESH
#define   MESH_PORT        5555 //default port

//------------------------ SET  ---------------------------

int firePin = 35;
int smokePin = 33;
int firevalue = 0 ;
int smokevalue = 0 ;

byte degree[8] = {0x03,0x03,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00};
```

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

```
//Number for this node
int nodeNumber = 3;
int fire ;
int smoke ;

//-----------------------SET EspMQTTClient -------------------------------

EspMQTTClient client(
  "KK-1001",
  "58914472",
  "34.87.108.236",  // MQTT Broker server ip
  "sensor",   // Can be omitted if not needed
  "sensor",   // Can be omitted if not needed
  "test",     // Client name that uniquely identify your device
  1883              // The MQTT port, default to 1883. this line can be omitted
);

//------------- String to send to other nodes with sensor readings ----------

String readings;

Scheduler userScheduler;
painlessMesh  mesh;

void sendMessage7() ;
String getReadings7();

//------------- Create tasks: to send messages and get readings ; -----------------

Task taskSendMessage7(TASK_SECOND * 35 , TASK_FOREVER,
&sendMessage7);
```

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

```
//-----------------------------SEND MESSAGE -------------------------------------

String getReadings7 () {
  JSONVar jsonReadings;
     lcd.clear();
     lcd.home();
     lcd.print("N:");
     lcd.print(nodeNumber);
  fire = analogRead(firePin);
     lcd.print("Fire:");
 // Serial.println(fire);
  if (fire < 1900)
  {
    firevalue = 1;
    lcd.print("FLAME!!!");
  }
  else
  {
    firevalue = 0;
    lcd.print("no flame");
  }
  smoke = analogRead(smokePin);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Smoke:");
  if (smoke > 800)
  {
    smokevalue = 1;
    lcd.setCursor(7,1);
    lcd.print("SMOKE!!!");
  }
  else
```

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

```
  {
    smokevalue = 0;
    lcd.setCursor(7,1);
    lcd.print("no smoke");
  }
  jsonReadings["node"] = nodeNumber;
  jsonReadings["firevalue"] = firevalue;
  jsonReadings["smokevalue"] = smokevalue;

  readings = JSON.stringify(jsonReadings);
  return readings;
}
void sendMessage7 () {
  String msg7 = getReadings7();
  mesh.sendBroadcast(msg7);
}

//---------------------------------------- RECEIVED MESSAGE NODE 4 ----------------------------

// Needed for painless library
void receivedCallback1( uint32_t from, String &msg10 ) {
 // Serial.printf("Received from %u msg10=%s\n", from, msg10.c_str());
  JSONVar myObject = JSON.parse(msg10.c_str());
  int node = myObject["node"];
  int valwalk = myObject["valwalk"];
  int valsound = myObject["valsound"];
  if(node == 4){
  Serial.print("Node: ");
  Serial.println(node);
    lcd.clear();
    lcd.home();
```

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

```
    lcd.print("N:");
    lcd.print(node);
    if (valwalk == 0) {
   Serial.println("No Movement");
   lcd.print(" No Movement");
  }
  else {
   Serial.println("Detect!!!");
   lcd.print(" Detect!!!");
  }
  Serial.print("Sound: ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Sound:");
  if (valsound == 1) {
   Serial.println("Quiet");
   lcd.setCursor(6,1);
   lcd.print(" Quiet");
  }
  else {
   Serial.println("Noisy");
   lcd.setCursor(6,1);
   lcd.print(" Noisy");
  }
   }
}

//---------------------------------- RECEIVED MESSAGE NODE 1 ---------------------------

void receivedCallback2( uint32_t from, String &msg1) {
//  Serial.printf("Received from %u msg1=%s\n", from, msg1.c_str());
  JSONVar myObject = JSON.parse(msg1.c_str());
```

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

```
int node = myObject["node"];
double temp = myObject["temp"];
double hum = myObject["hum"];
double dust = myObject["dust"];
if(node == 1){
Serial.print("Node: ");
Serial.println(node);
Serial.print("Temperature: ");
 Serial.print(temp);
 Serial.println(" C");
 Serial.print("Humidity: ");
 Serial.print(hum);
 Serial.println(" %");
 Serial.print("Dust Density: ");
 Serial.print(dust);
 Serial.println(" ug/m3");

 lcd.clear();
 lcd.home();
 lcd.print("N:");
 lcd.print(node);
 lcd.print("D:");
 lcd.print(dust);
 lcd.print("ug/m3");
 lcd.setCursor(0,1);
 lcd.print("T:");
 lcd.print(temp);
 lcd.print("C");
 lcd.print("H:");
 lcd.print(hum);
 lcd.print("%");
```

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

```
  }
}

//---------------------------------- RECEIVED MESSAGE NODE 2 ---------------------------

void receivedCallback3( uint32_t from, String &msg4 ) {
//  Serial.printf("Received from %u msg4=%s\n", from, msg4.c_str());
  JSONVar myObject = JSON.parse(msg4.c_str());
  int node = myObject["node"];
  double pres = myObject["pres"];
  double ligh = myObject["ligh"];
  if(node == 2){
  Serial.print("Node: ");
  Serial.println(node);
   Serial.print("Pressure: ");
   Serial.print(pres);
   Serial.println(" hpa");
   Serial.print("Light Intensity: ");
   Serial.print(ligh);
   Serial.println(" lx");

   lcd.clear();
   lcd.home();
   lcd.print("N:");
   lcd.print(node);
   lcd.print("P:");
   lcd.print(pres);
   lcd.print(" hpa");
   lcd.setCursor(0,1);
   lcd.print("L:");
   lcd.print(ligh);
```

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

```
    lcd.println(" lx");
  }
}

//---------------------------------- MESH CHANGEDCONNECTIONS ------------------------

void changedConnectionCallback() {
  Serial.printf("Changed connections\n");
  lcd.clear();
  lcd.home();
  lcd.print("Changed connect");

}

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  lcd.createChar(0, degree);

  Serial.println("Booting");
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.waitForConnectResult() != WL_CONNECTED) {
    Serial.println("Connection Failed! Rebooting...");
    delay(5000);
    ESP.restart();
  }
//---------------------------------- OTA ----------------------------------
    ArduinoOTA
```

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

```
.onStart([]() {
  String type;
  if (ArduinoOTA.getCommand() == U_FLASH)
    type = "sketch";
  else // U_SPIFFS
    type = "filesystem";

  // NOTE: if updating SPIFFS this would be the place to unmount
SPIFFS using SPIFFS.end()
  Serial.println("Start updating " + type);
})
.onEnd([]() {
  Serial.println("\nEnd");
})
.onProgress([](unsigned int progress, unsigned int total) {
  Serial.printf("Progress: %u%%\r", (progress / (total / 100)));
})
.onError([](ota_error_t error) {
  Serial.printf("Error[%u]: ", error);
  if (error == OTA_AUTH_ERROR) Serial.println("Auth Failed");
  else if (error == OTA_BEGIN_ERROR) Serial.println("Begin Failed");
  else if (error == OTA_CONNECT_ERROR) Serial.println("Connect
Failed");
  else if (error == OTA_RECEIVE_ERROR) Serial.println("Receive Failed");
  else if (error == OTA_END_ERROR) Serial.println("End Failed");
});

ArduinoOTA.begin();

Serial.println("Ready");
Serial.print("IP address: ");
```

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

```
Serial.println(WiFi.localIP());

//--------------------------------- MESH ----------------------------------

//mesh.setDebugMsgTypes( ERROR | MESH_STATUS | CONNECTION | SYNC | COMMUNICATION | GENERAL | MSG_TYPES | REMOTE ); // all types on
mesh.setDebugMsgTypes( ERROR | STARTUP );  // set before init() so that you can see startup messages

mesh.init( MESH_PREFIX, MESH_PASSWORD, &userScheduler, MESH_PORT );

mesh.onReceive(&receivedCallback1);
mesh.onReceive(&receivedCallback2);
mesh.onReceive(&receivedCallback3);
mesh.onChangedConnections(&changedConnectionCallback);

userScheduler.addTask(taskSendMessage7);
taskSendMessage7.enable();
}

//--------------------------MQTT BROKER-------------------------

void onConnectionEstablished()
{
//  client.subscribe("mesh/sensor", [](const String & payload) {
//    Serial.println(payload);
//  });
Serial.println("Connection Established...");
client.publish("test", packet);
}
```

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

```
void loop() {
int nodeNumber = 3;
  fire = analogRead(firePin);
     lcd.print("Fire:");
 // Serial.println(fire);
  if (fire < 1900)
  {
    firevalue = 1;
    lcd.print("FLAME!!!");
  }
  else
  {
    firevalue = 0;
    lcd.print("no flame");
  }
  smoke = analogRead(smokePin);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Smoke:");
  if (smoke > 800)
  {
    smokevalue = 1;
    lcd.setCursor(7,1);
    lcd.print("SMOKE!!!");
  }
  else
  {
    smokevalue = 0;
    lcd.setCursor(7,1);
    lcd.print("no smoke");
  }
 String sensor = String(fire) + "," + String(smoke) ;
```

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

```
  Serial.println(sensor);
  packet = sensor;
  packet.getBytes(data, 200);

  client.loop();

  bool isMqttConnected();
    Serial.println(client.isMqttConnected());
  if (client.isConnected())
  {
    onConnectionEstablished();
    Serial.println("Connection Succes");
    Serial.println("Data is published!");
    delay(2000);
 ArduinoOTA.handle();
 mesh.update();
}
```

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

ภาคผนวก ง

คำสั่ง Sensor Node 4

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

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

```
#include "EspMQTTClient.h"
#include "painlessMesh.h"
#include <Arduino_JSON.h>
#include <WiFi.h>
#include <ESPmDNS.h>
#include <WiFiUdp.h>
#include <ArduinoOTA.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>0
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

//--------------------------- WIFI ---------------------------------

const char* ssid = "KK-1001";
const char* password = "58914472";

//----------------------- MESH Details -----------------------

#define   MESH_PREFIX     "RNTMESH" //name for your MESH
#define   MESH_PASSWORD   "MESHpassword" //password for your MESH
#define   MESH_PORT       5555 //default port

//----------------------- SET  ---------------------------

int walkPin = 27;
int soundPin = 15;
int valwalk = 0;
int valsound = 0;
int ledPin = 2;

byte degree[8] = {0x03,0x03,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00};
//Number for this node
```

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

```
int nodeNumber = 4;
int walk ;
int sound ;

//------------- String to send to other nodes with sensor readings ----------

String readings;

Scheduler userScheduler;
painlessMesh  mesh;

void sendMessage10() ;
String getReadings10();

//----------------------SET EspMQTTClient -----------------------------

EspMQTTClient client(
  "KK-1001",
  "58914472",
  "34.87.108.236",  // MQTT Broker server ip
  "sensor",   // Can be omitted if not needed
  "sensor",   // Can be omitted if not needed
  "test",     // Client name that uniquely identify your device
  1883            // The MQTT port, default to 1883. this line can be omitted
);

//------------- Create tasks: to send messages and get readings ; -----------------

  Task taskSendMessage10(TASK_SECOND * 35 , TASK_FOREVER, &sendMessage10);
```

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

```
//------------------------------SEND MESSAGE -------------------------------------
String getReadings10 () {
  JSONVar jsonReadings;
   walk = digitalRead(walkPin);
     lcd.clear();
     lcd.home();
     lcd.print("N:");
     lcd.print(nodeNumber);
  if (walk == 0) {
   digitalWrite(ledPin, HIGH);
   lcd.print(" No Movement");
    valwalk = 0 ;
  delay(1000);
  }
   else {
  digitalWrite(ledPin, LOW);
    lcd.print(" Detect!!!");
    valwalk = 1 ;
  }
  sound = digitalRead(soundPin);

  lcd.setCursor(0,1);
   lcd.print("Sound:");
   if(sound == 1)
  {
    valsound = 1 ;
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print(" Quiet");
  }
   else
  {
```

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

```
    valsound = 0 ;
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print(" Noisy");
  }
  jsonReadings["node"] = nodeNumber;
  jsonReadings["valwalk"] = valwalk;
  jsonReadings["valsound"] = valsound;

  readings = JSON.stringify(jsonReadings);
  return readings;

}

void sendMessage10 () {
  String msg10 = getReadings10();
  mesh.sendBroadcast(msg10);
}

//---------------------------------- RECEIVED MESSAGE NODE 3 ------------------------------------

// Needed for painless library
void receivedCallback1( uint32_t from, String &msg7 ) {
//  Serial.printf("Received from %u msg7=%s\n", from, msg7.c_str());
  JSONVar myObject = JSON.parse(msg7.c_str());
  int node = myObject["node"];
  int firevalue = myObject["firevalue"];
  int smokevalue = myObject["smokevalue"];
  if(node == 3){
  Serial.print("Node: ");
  Serial.println(node);
     lcd.clear();
```

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

```
    lcd.home();
    lcd.print("N:");
    lcd.print(node);
    Serial.print("Fire: ");
    lcd.print("Fire:");
  if (firevalue == 1) {
   Serial.println("FLAME, FLAME, FLAME");
   lcd.print("FLAME!!!");
  }
  else {
   Serial.println("no flame");
   lcd.print("no flame");
  }
   Serial.print("Smoke: ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Smoke:");
  if (smokevalue == 1) {
   Serial.println("SMOKE, SMOKE, SMOKE");
   lcd.setCursor(7,1);
   lcd.print("SMOKE!!!");
  }
  else {
   Serial.println("no smoke");
   lcd.setCursor(7,1);
   lcd.print("no smoke");
  }
 }
}
```

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

```
//--------------------------------- RECEIVED MESSAGE NODE 2 ----------------------------------

void receivedCallback2( uint32_t from, String &msg4 ) {
//  Serial.printf("Received from %u msg4=%s\n", from, msg4.c_str());
  JSONVar myObject = JSON.parse(msg4.c_str());
  int node = myObject["node"];
  double pres = myObject["pres"];
  double ligh = myObject["ligh"];
  if(node == 2){
  Serial.print("Node: ");
  Serial.println(node);
   Serial.print("Pressure: ");
   Serial.print(pres);
   Serial.println(" hpa");
   Serial.print("Light Intensity: ");
   Serial.print(ligh);
   Serial.println(" lx");

   lcd.clear();
   lcd.home();
   lcd.print("N:");
   lcd.print(node);
   lcd.print("P:");
   lcd.print(pres);
   lcd.print(" hpa");
   lcd.setCursor(0,1);
   lcd.print("L:");
   lcd.print(ligh);
   lcd.println(" lx");
  }
}
```

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

```
//---------------------------------- RECEIVED MESSAGE NODE 1 -----------------------------------

void receivedCallback3( uint32_t from, String &msg1 ) {
//  Serial.printf("Received from %u msg1=%s\n", from, msg1.c_str());
  JSONVar myObject = JSON.parse(msg1.c_str());
  int node = myObject["node"];
  double temp = myObject["temp"];
  double hum = myObject["hum"];
  double dust = myObject["dust"];
  if(node == 1){
  Serial.print("Node: ");
  Serial.println(node);
  Serial.print("Temperature: ");
   Serial.print(temp);
   Serial.println(" C");
   Serial.print("Humidity: ");
   Serial.print(hum);
   Serial.println(" %");
   Serial.print("Dust Density: ");
   Serial.print(dust);
   Serial.println(" ug/m3");

   lcd.clear();
   lcd.home();
   lcd.print("N:");
   lcd.print(node);
   lcd.print("D:");
   lcd.print(dust);
   lcd.print("ug/m3");
   lcd.setCursor(0,1);
   lcd.print("T:");
```

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

```
   lcd.print(temp);
   lcd.print("C");
   lcd.print("H:");
   lcd.print(hum);
   lcd.print("%");
  }
}

//--------------------------------- MESH CHANGEDCONNECTIONS ----------------------------------

void changedConnectionCallback() {
  Serial.printf("Changed connections\n");
  lcd.clear();
  lcd.home();
  lcd.print("Changed connect");

}

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  lcd.createChar(0, degree);

   pinMode(walkPin, INPUT);
   pinMode(ledPin, OUTPUT);

  Serial.println("Booting");
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(ssid, password);
```

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

```
  while (WiFi.waitForConnectResult() != WL_CONNECTED) {
    Serial.println("Connection Failed! Rebooting...");
    delay(5000);
    ESP.restart();
  }
//--------------------------------- OTA ----------------------------------
    ArduinoOTA
    .onStart([]() {
      String type;
      if (ArduinoOTA.getCommand() == U_FLASH)
        type = "sketch";
      else // U_SPIFFS
        type = "filesystem";

      // NOTE: if updating SPIFFS this would be the place to unmount SPIFFS using
SPIFFS.end()
      Serial.println("Start updating " + type);
    })
    .onEnd([]() {
      Serial.println("\nEnd");
    })
    .onProgress([](unsigned int progress, unsigned int total) {
      Serial.printf("Progress: %u%%\r", (progress / (total / 100)));
    })
    .onError([](ota_error_t error) {
      Serial.printf("Error[%u]: ", error);
      if (error == OTA_AUTH_ERROR) Serial.println("Auth Failed");
      else if (error == OTA_BEGIN_ERROR) Serial.println("Begin Failed");
      else if (error == OTA_CONNECT_ERROR) Serial.println("Connect Failed");
      else if (error == OTA_RECEIVE_ERROR) Serial.println("Receive Failed");
      else if (error == OTA_END_ERROR) Serial.println("End Failed");
```

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

```
  });

  ArduinoOTA.begin();

  Serial.println("Ready");
  Serial.print("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());

//---------------------------------- MESH ----------------------------------

  //mesh.setDebugMsgTypes( ERROR | MESH_STATUS | CONNECTION | SYNC |
COMMUNICATION | GENERAL | MSG_TYPES | REMOTE ); // all types on
  mesh.setDebugMsgTypes( ERROR | STARTUP );  // set before init() so that you can
see startup messages

  mesh.init( MESH_PREFIX, MESH_PASSWORD, &userScheduler, MESH_PORT );

  mesh.onReceive(&receivedCallback1);
  mesh.onReceive(&receivedCallback2);
  mesh.onReceive(&receivedCallback3);
  mesh.onChangedConnections(&changedConnectionCallback);

  userScheduler.addTask(taskSendMessage10);
  taskSendMessage10.enable();
}

//--------------------------MQTT BROKER-------------------------

void onConnectionEstablished()
{
//  client.subscribe("mesh/sensor", [](const String & payload) {
```

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

```
//    Serial.println(payload);
//  });
  Serial.println("Connection Established...");
  client.publish("test", packet);
}

void loop() {
int nodeNumber = 4;
walk = digitalRead(walkPin);
     lcd.clear();
     lcd.home();
     lcd.print("N:");
     lcd.print(nodeNumber);
  if (walk == 0) {
   digitalWrite(ledPin, HIGH);
   lcd.print(" No Movement");
    valwalk = 0 ;
  delay(1000);
  }
   else {
  digitalWrite(ledPin, LOW);
    lcd.print(" Detect!!!");
    valwalk = 1 ;
  }
  sound = digitalRead(soundPin);

  lcd.setCursor(0,1);
   lcd.print("Sound:");
   if(sound == 1)
  {
    valsound = 1 ;
```

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

```
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print(" Quiet");
  }
   else
  {
    valsound = 0 ;
    lcd.setCursor(6,1);
    lcd.print(" Noisy");
  }
String sensor = String(walk) + "," + String(sound) ;
  Serial.println(sensor);
  packet = sensor;
  packet.getBytes(data, 200);

  client.loop();

  bool isMqttConnected();
    Serial.println(client.isMqttConnected());
  if (client.isConnected())
  {
    onConnectionEstablished();
    Serial.println("Connection Succes");
    Serial.println("Data is published!");
    delay(2000);
  ArduinoOTA.handle();
  mesh.update();
}
```

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

ภาคผนวก จ

คำสั่งส่วน Web Application (ระบบ Login Register)

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

ส่วนของ server

```
<?php

   $servername = "localhost";
   $username = "root";
   $password = "";
   $dbname = "register_db";

   // Create Connection
  // $conn = mysqli_connect($servername ,$username ,$password,
$dbname );

   // Check connection
   if (!$conn) {
       die("connection failed" . mysqli_connect_error());
   }
```

ส่วนของ register

```
?>
<?php

    session_start();
    include('server.php');

?>

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-
scale=1.0">
```

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

```
    <title>Register Page</title>
    <link rel="stylesheet" href="style.css">
    <link rel="stylesheet" href="bootstrap.min.css">

    <script src="jquery.min.js"></script>
    <script src="popper.min.js"></script>
    <script src="bootstrap.min.js"></script>
</head>
<body>

<div class="header">
     <h2>Register</h2>
     </div>
<from action="register_db.php" method="post">
    <?php if (isset($_SESSION['error'])) : ?>
        <div class="error">
            <h3>
                <?php
                echo $_SESSION['error'];
                unset ($_SESSION['error']);
                ?>
            </h3>
     </div>
    <?php endif ?>
    <?php include('errors.php'); ?>
     <div class="input-group">
          <label for="username">Username</label>
          <input type="text" name="username">
     </div>
     <div class="input-group">
          <label for="email">Email</label>
```

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

```
            <input type="email" name="email">
        </div>
        <div class="input-group">
            <label for="password_1">Password</label>
            <input type="password" name="password_1">
        </div>
        <div class="input-group">
            <label for="password_2">Confirm Password</label>
            <input type="password" name="password_2">
        </div>
        <div class="input-group">
            <button type="submit" name="reg_user"
class="btn">Register</button>
        </div>
        <p>Already a member ? <a href="login.php">Sign in </a></p>
        </from>
    </body>
    </html>
```

ส่วนของ login

```
    <?php include('server.php'); ?>
    <!DOCTYPE html>
    <html lang="en">
    <head>
        <meta charset="UTF-8">
        <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-
scale=1.0">
        <title>Login Page</title>
        <link rel="stylesheet" href="style.css">
        <link rel="stylesheet" href="bootstrap.min.css">
        <script src="jquery.min.js"></script>
```

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

```
    <script src="popper.min.js"></script>
    <script src="bootstrap.min.js"></script>
</head>
<body>

<div class="header">
     <h2>Login</h2>
     </div>

<from action="login_db.php" method="post">
    <?php if (isset($_SESSION['error'])) : ?>
        <div class="error">
            <h3>
                <?php
                echo $_SESSION['error'];
                unset ($_SESSION['error']);
                ?>
            </h3>
     </div>
    <?php endif ?>
     <div class="input-group">
          <label for="username">Username</label>
          <input type="text" name="usernname">
     </div>
     <div class="input-group">
          <label for="password">Password</label>
          <input type="password" name="password">
     </div>
     <div class="input-group">
          <button type="submit" name="login_user"
class="btn">Login</button>
```

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

```
                </div>
               <p>Not yet a member ? <a href="register.php">Sign up </a></p>
               </from>
          </body>
</html>
```

ส่วนของ login_db

```
          <?php
               session_start();
               include('server.php');

                $errors = array();

               if (isset($_POST['login_user'])){
                    $username = mysqli_real_string($conn, $_POST['username']);
                    $password = mysqli_real_string($conn, $_POST['password']);

                    if (empty($username)) {
                         array_push($errors, "Username is required");
                    }

                    if (empty($password)) {
                         array_push($errors, "Password is required");
                    }

                    if (count($errors) == 0) {
                         $password = md5($password);
                         $query = "SELECT * FROM user WHERE username = '$username'
AND password = '$password' ";
                         $result = mysqli_query($conn, $query);

                         if (mysqli_num_row($result) == 1) {
```

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

```
                    $_SESSION['username'] = $username;
                    $_SESSION['success'] = "You are now logged in";
                    header("location: index.php");
                } else {
                    array_push($errors, "Wrong username/password combination");
                    $_SESSION['error'] = "Wrong username or password try again";
                    header("location: login.php");
                }
            }
        }
?>
```

ส่วนของ register_db

```
        <?php
            session_start();
            include('server.php');

            $errors = array();

            if (isset($_POST['reg_user'])) {
                $username = mysqli_real_escape_string($conn, $_POST['username']);
                $email = mysqli_real_escape_string($conn, $_POST['email']);
                $password_1 = mysqli_real_escape_string($conn,
$_POST['password_1']);
                $password_2 = mysqli_real_escape_string($conn,
$_POST['password_2']);

                if (empty($username)) {
                    array_push($errors, "Username is required");
                }
                if (empty($email)) {
                    array_push($errors, "Email is required");
```

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

```
}
if (empty($password_1)) {
    array_push($errors, "Password is required");
}
if (empty($password_2)) {
    array_push($errors, "The two password do not match");
}

$user_check_query = "SELECT * FROM user WHERE username =
'$username' OR email = '$email' ";
$query = mysqli_query($conn, $user_check_query);
$result = mysqli_fetch_assoc($query);

if ($result) {
    if ($result['username'] === $username){
        array_push($errors, "Username already exists");
    }
    if ($result['email'] === $username){
        array_push($errors, "Email already exists");
    }
}

if (count($errors) == 0 ) {
    $password = md5($password_1);

    $sql = "INSERT INTO user (username, email, password) VALUES
('$username', '$email', '$password')";
    mysqli_query($conn, $sql);

    $_SESSION['username'] = $username;
    $_SESSION['success'] = "You are now logged in";
```

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

```
                header('location: index.php');
            } else {
                array_push($errors, "Username or Email already exists");
                $_SESSION['error'] = "Username or Email already exists";
                header("location: register.php");
            }
        }
?>
```

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

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

ภาคผนวก ฉ

คำสั่งส่วน Line Notify

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

```
<?php
define("LINE_API","https://notify-api.line.me/api/notify");
while(1) {
   $servername = "localhost";
   $username = "root";
   $password = "";
   $dbname = "register_db";
   // Create connection
   $conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);
   // Check connection
   if ($conn->connect_error) {
      die("Connection failed: " . $conn->connect_error);
   }
$begin = mysqli_query($conn,"SELECT * FROM node1 WHERE ID = (SELECT MAX(ID) FROM node1)");
$token = "Line Notify Token"; //ใส่Token ที่copy เอาไว้
```

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

```
//condition

while($row = mysqli_fetch_assoc($begin)){

     $pm=$row["PM2_5"];

     $tem=$row["Temperature"];

     $hum=$row["Humidity"];

    echo $pm;

    if($pm > 201){

     $str = "ค่าฝุ่นละอองสูง:".$pm."ug/m3";

    }

    echo $tem;

    if($tem > 40){
     $str =$str. "อุณหภูมิสูง:".$tem."C";
    }
    else if($tem < 18){
     $str =$str. "อุณหภูมิต่ำ:".$tem."C";
    }

    echo $hum;

    if($hum < 40){
       $str =$str. "ความชื้นอากาศแห้งมาก:".$hum."%";
```

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

```
}
else if($hum > 60){
    $str =$str. "ความชื้นอากาศมีไอน้ำมาก:".$hum."%";
}

}

$begin = mysqli_query($conn,"SELECT * FROM node2 WHERE ID = (SELECT
MAX(ID) FROM node2)");

while($row = mysqli_fetch_assoc($begin)){

    $light=$row["Light"];

    echo $light;

    if($light > 300){

        $str1 = "ความสว่างสูง:".$light."lx";

    }

}

$begin = mysqli_query($conn,"SELECT * FROM node3 WHERE ID = (SELECT
MAX(ID) FROM node3)");

while($row = mysqli_fetch_assoc($begin)){

    $fire=$row["Fire"];
```

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
                         $smo=$row["Smoke"];
                        echo $fire;
                        if($fire == 1){
                         $str2 = "มีไฟไหม้";
                        }
                        echo $smo;
                        if($smo == 1){
                         $str2 =$str2. "มีควันไฟ:";
                        }
                }
              $begin = mysqli_query($conn,"SELECT * FROM node4 WHERE ID = (SELECT
MAX(ID) FROM node4)");
              while($row = mysqli_fetch_assoc($begin)){
                         $mot=$row["Motion"];
                         $sou=$row["Sound"];
                        echo $mot;
```

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

```
if($mot == 1){

 $str3 = "มีการเคลื่อนไหว";

}

echo $sou;

if($sou == 0){

 $str3 =$str3. "มีเสียงดัง";

}

}

function notify_message($message,$token){
  $queryData = array("message" => $message);
  $queryData = http_build_query($queryData,'','&');
  $headerOptions = array(
        'http'=>array(
          'method'=>'POST',
          'header'=>"Content-Type: application/x-www-form-
urlencoded\r\n"
                  ."Authorization: Bearer ".$token."\r\n"
                  ."Content-Length: ".strlen($queryData)."\r\n",
          'content' => $queryData
        ),
      );
  $context = stream_context_create($headerOptions);
  $result = file_get_contents(LINE_API,FALSE,$context);
```

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

```
    $res = json_decode($result);
    return $res;
    return $res1;
    return $res2;
    return $res3;
   }

$res = notify_message($str,$token);

$res1 = notify_message($str1,$token);

$res2 = notify_message($str2,$token);

$res3 = notify_message($str3,$token);

print_r($res);

sleep(900);

}

?>
```

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