

ระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติ
AUTOMATIC FARM



โดย
นายรัฐนันท์ จารุศิลา
นายอนิก สมจิตรชอบ
นายอาทิตย์ วรสุทธิ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติ
AUTOMATIC FARM



โดย
นายรัฐนันท์ จารุศิลา 61010898
นายอนิก สมจิตรชอบ 61011189
นายอาทิตย์ วรสุทธิ 61011234

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร. ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์
ดร. สมปอง วิเศษพานิชกิจ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2564

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติ

AUTOMATIC FARM

ผู้จัดทำ

1. นายรัฐนันท์ จารุศิลา 61010898
2. นายอนิก สมจิตรชอบ 61011189
3. นายอาทิตย์ วรสุทธิ์ 61011234



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์)



..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.สมปอง วิเศษพานิชกิจ)

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ “ระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติ” จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ธเนศ พัฒนธาดาทพงษ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.สมปอง วิเศษพานิชกิจ และ ผศ.ดร.นภัทร สระเอี่ยม อาจารย์ผู้ให้คำปรึกษาต้องขอขอบพระคุณอาจารย์ทั้งสามท่านเป็นอย่างสูงที่ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา คอยติดตามความคืบหน้า ชี้แนะแนวทางการทำงานและการแก้ไขปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา รวมถึงสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในปริญญาานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ และรุ่นพี่ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำและประสบการณ์ให้แก่ผู้จัดทำในการจัดทำปริญญาานิพนธ์

ขอขอบคุณครอบครัว เพื่อน และผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่คอยให้ความห่วงใย และเป็นกำลังใจเสมอมา ทำให้การจัดทำปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และคอยสนับสนุนให้โอกาสทางด้านการศึกษา

นายรัฐนันท์ จารุศิลา
นายอนิก สมจิตรชอบ
นายอาทิตย์ วรสุทธิ์
ผู้จัดทำ

ระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติ
AUTOMATIC FARM

โดย	นายรัฐนันท์ จารุศิลา	61010898
	นายอนิก สมจิตรชอบ	61011189
	นายอาทิตย์ วรสุทธิ	61011234

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ธเนศ พัฒนธาดาพงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.สมปอง วิเศษพานิชกิจ

บทคัดย่อ

เกษตรกรรมในประเทศไทยยังประสบปัญหาหลายด้านโดยเฉพาะในเรื่องของผลผลิต เนื่องจากเกษตรกรขาดข้อมูลเชิงลึก และ สภาพอากาศในปัจจุบันมีความแปรปรวนมาก การตรวจสอบสภาพของสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่ทำการเพาะปลูกเป็นสิ่งจำเป็น ในปัจจุบันเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีการสื่อสารโทรคมนาคมมีการใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายอย่างแพร่หลาย หากนำเครือข่ายไร้สายมาประยุกต์ใช้งานเพื่อตรวจสอบสภาพของสิ่งแวดล้อม จะทำให้การตรวจสอบสิ่งแวดล้อมมีประสิทธิภาพมากขึ้น เทคโนโลยี Internet of Thing ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ ที่สำคัญ ทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่อีกมากมาย โดยแนวคิด “ระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติฟาร์ม” คือ การใช้เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และเทคโนโลยีการสื่อสารโทรคมนาคม มาทำการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่ออำนวยความสะดวก การจัดการฟาร์มเกษตรกรรมในรูปแบบที่เรียกว่า ระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติ (Automatic farm) เป็นการนำเอาเทคโนโลยีมาช่วยส่งเสริมในด้านการเกษตร วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ผลิตชุดควบคุมสำหรับตรวจวัดสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิและความชื้นในอากาศ รวมไปถึง ความชื้นในดิน เพื่อให้บุคคลทั่วไปสามารถใช้งานได้ง่ายสะดวกสบาย ประหยัดเวลา ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet) ด้วยเทคโนโลยี Wi-Fi ข้อมูลที่ส่งจากเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเป็นข้อมูลสภาพแวดล้อมเป็นปัจจุบัน และข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เกษตรกรสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนการเพาะปลูก ปรับปรุงขั้นตอนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิต และระบบอัตโนมัติฟาร์มจะทำการช่วยดูแลเมื่อเกิดปัญหาขึ้น เช่น ดินเป็นกรดหรือเบส สภาพอากาศร้อนเกินไป เกิดเชื้อรา หรือมีแมลงมากเกินไป ระบบจะทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าวตามแผนการปลูกที่กำหนดไว้โดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Agricultural in Thailand still effected by many problems especially in term of producing. Because farmer lack insights and climate change rapidly. It is essential to measure weather of the surrounding area where we planted. Nowadays technology of electronics and technology of telecommunication has been used in many areas. We can enhance the efficiency of measuring climate by apply wireless network into method of measuring. Internet of thing have been used in many ways and it makes vast amount of innovation. Concept of “Automatic farm” is using technology of electronics and technology of telecommunication to make measuring surrounding area to be more feasible and to manage farm automatically. Automatic farm use technology to enhance agricultural and objective of this project is to make it more convenient for other to measure surrounding area such as temperature, humidity, and soil moisture by using it through internet with Wi-Fi. Data collected from sensor will be real time and will constantly change. Farmer can use this data to make growth plan for their plant to adjust production process to increase production and Automatic Farm will automatically counteract to problems according to growth plan. There are many problems that can occur such as, soil become acidic or alkaline, temperature is too high for designated plant, mold begin to grow or there is pest in the farm plot.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VIII
สารบัญตาราง	XVI
บทที่ 1	
บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
บทที่ 2	
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 หลักการทำงานและข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นของ ESP32	3
2.2 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ DHT11	6
2.3 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน	10
2.4 หลักการทำงานเซนเซอร์วัดความเข้มแสง GY-30 (BH1750FVI)	15
2.5 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน	17
2.6 ศึกษาข้อมูลพีชที่เลือกใช้ในการปลูกเพื่อทดลอง	19
2.7 การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์	25
2.8 ภาษาคอมไพเลอร์ที่ใช้ในระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติ	29
2.9 ฮาร์ดแวร์และโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง	37
2.10 หลักการทำงานของ AI ที่ใช้ในระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติ	46
2.11 หลักการทำงานของรีเลย์	54
2.12 หลักการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว	56
2.13 หลักการทำงานของมอเตอร์ L298N	58
2.14 หลักการทำงานของวงจรรขยาย	61
2.15 หลักการทำงานของไอซี LM324N	65
2.16 หลักการทำงานของ ESP32 CAM	67
2.17 หลักการทำงานของ FT232RL FTDI	70
2.18 หลักการทำงานของ DS3231	71

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3	
การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์	77
3.1 การออกแบบ	77
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	96
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	102
บทที่ 4	
ผลการทดลอง	103
4.1 ผลการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	103
4.2 ผลการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน	105
4.3 ผลการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดความเข้มแสง	106
4.4 ผลการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน	107
4.5 ผลการทดลองการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดค่าต่าง ๆ ที่รวมกันในแต่ละโหนด	109
4.6 ผลการทดลอง Mesh Network ของเซนเซอร์แต่ละโหนด (Mesh Wi-Fi : Painlessmesh)	109
4.7 ผลการทดลองการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify	118
4.8 ผลการทดลองการทำงานของ Web Application	119
4.9 ผลการทดลองการทำงานของ ESP32 CAM	124
4.10 ผลการทดลองการทำงานของ AI	126
4.11 ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์ตั้งเวลา	148
4.12 ผลการทดลองการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมค่าต่าง ๆ	149
4.13 ผลการทดลองการเจริญเติบโตของผักกาดหอม	154
บทที่ 5	
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	156
5.1 สรุปผล	156
5.2 ข้อเสนอแนะ	157
บรรณานุกรม	158

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า	
ภาคผนวก ก	คำสั่งชุดเซนเซอร์โหนดที่ 1	166
ภาคผนวก ข	คำสั่งชุดเซนเซอร์โหนดที่ 2	174
ภาคผนวก ค	คำสั่งชุดเซนเซอร์โหนดที่ 3	182
ภาคผนวก ง	คำสั่งกล้อง ESP32 CAM ในการถ่ายรูปและส่งเข้าสู่ฐานข้อมูล	189
ภาคผนวก จ	คำสั่งชุดระบบควบคุม	196
ภาคผนวก ฉ	คำสั่งสร้าง Data set ที่ใช้ในการ Train model insect	205
ภาคผนวก ช	คำสั่งสร้าง Data set ที่ใช้ในการ Train model fungus	207
ภาคผนวก ซ	คำสั่งการ Train model insect	209
ภาคผนวก ฌ	คำสั่งการ Train model fungus	212
ภาคผนวก ฎ	คำสั่งการ Test model insect	215
ภาคผนวก ฏ	คำสั่งการ Test model fungus	218
ภาคผนวก ฐ	คำสั่งดึงข้อมูลรูปจาก mysql มาจำแนกมีแมลง หรือไม่จึงส่งข้อความกลับไปยัง mysql เมื่อจำแนกสำเร็จ	221
ภาคผนวก ฑ	คำสั่งดึงข้อมูลรูปจาก mysql มาจำแนกมีแมลง หรือไม่จึงส่งข้อความกลับไปยัง mysql เมื่อจำแนกสำเร็จ	225
ภาคผนวก ท	คำสั่งส่วนการเข้าสู่ระบบการใช้งาน WEB APPLICATION	229
ภาคผนวก ธ	คำสั่งส่วนการกรอกข้อมูลสมาชิกในการใช้งาน WEB APPLICATION	231
ภาคผนวก ด	คำสั่งส่วนการสมัครสมาชิกในการใช้งาน WEB APPLICATION	233
ภาคผนวก ต	คำสั่งส่วนตรวจสอบข้อมูลสมาชิกในการเข้าสู่ระบบการใช้งาน WEB APPLICATION	237
ภาคผนวก ถ	คำสั่งหน้าแสดงผลหน้าหลักผู้ใช้งาน WEB APPLICATION	239
ภาคผนวก ฑ	คำสั่งส่วนแสดงผลข้อมูลที่ได้รับจากเซนเซอร์เข้าสู่ WEB APPLICATION	241
ภาคผนวก ท	คำสั่งส่วนแสดงผลแผนการปลูกของพืชบน WEB APPLICATION	247
ภาคผนวก ฐ	คำสั่งส่วนเลือกจำนวนชั้นของแผนการปลูกบน WEB APPLICATION	250
ภาคผนวก ฑ	คำสั่งส่วนกรอกข้อมูลแผนการปลูกของพืชบน WEB APPLICATION	252
ภาคผนวก บ	คำสั่งส่วนใส่ข้อมูลแผนการปลูกของพืชเข้าสู่ฐานข้อมูลบน WEB APPLICATION	255
ภาคผนวก ป	คำสั่งส่วนการเฉลี่ยค่าของเซนเซอร์จากทั้ง 3 โหนดเพื่อการควบคุมระบบทำงานอัตโนมัติผ่าน WEB APPLICATION	258

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า	
ภาคผนวก ผ	คำสั่งส่วนเรียกข้อมูลเซนเซอร์และแผนการปลูกเพื่อใช้ในการควบคุมระบบทำงานอัตโนมัติผ่าน WEB APPLICATION	262
ภาคผนวก ฝ	คำสั่งส่วนรับข้อมูลเซนเซอร์จากการสื่อสารรูปแบบ MQTT เพื่อเก็บข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูลอัตโนมัติผ่าน WEB APPLICATION	265
ภาคผนวก พ	คำสั่งส่วนแสดงข้อมูลกราฟจากเซนเซอร์โดยแสดงข้อมูลของ 7 วันสุดท้ายบน WEB APPLICATION	268
ภาคผนวก ฝ	คำสั่งส่วนแสดงข้อมูลเฉลี่ยจากเซนเซอร์โดยแสดงใช้ข้อมูลของ 7 วันสุดท้ายผ่าน WEB APPLICATION	272
ภาคผนวก ก	คำสั่งส่วนการเชื่อมต่อเข้ากับฐานข้อมูลของ WEB APPLICATION	275
ภาคผนวก ม	ชุดคำสั่ง styles.css	277
ภาคผนวก ย	ชุดคำสั่ง Line Notify	280

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
1.1	บล็อกไดอะแกรมของปริญญาณิพนธ์ที่นำเสนอ	2
2.1	ชิพไอซี ESP32 ในรูปตัวถัง QFN-42	5
2.2	ESP32 (Devkit)	5
2.3	ตำแหน่งขาบนบอร์ด ESP32 (Devkit)	6
2.4	ตำแหน่งขาของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT11	7
2.5	รูปร่างของเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้น DHT11	7
2.6	กระบวนการสื่อสารโดยรวม	8
2.7	MCU ส่งสัญญาณเริ่มต้นและการตอบกลับของ DHT	9
2.8	รูปแบบการส่งข้อมูลบิต 0 ของ DHT	9
2.9	รูปแบบการส่งข้อมูลบิต 1 ของ DHT	10
2.10	ตำแหน่งขาของเซนเซอร์ความชื้นในดิน	11
2.11	รูปร่างของเซนเซอร์ความชื้นในดิน	12
2.12	ตำแหน่งขาของเซนเซอร์วัดความเข้มแสง GY-30 (BH1750FVI)	16
2.13	รูปร่างของเซนเซอร์ความเข้มแสง GY-30 (BH1750FVI)	16
2.14	เซนเซอร์วัดความชื้น+แสง+ค่า pH ในดิน	18
2.15	ฝักกาดหอม	21
2.16	เครือข่ายแบบ Mesh Topology	25
2.17	ส่วนประกอบของ MQTT	28
2.18	หน้าเว็บดาวนโหลดภาษา Python	36
2.19	ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE	37
2.20	ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม phpMyAdmin	39
2.21	สัญลักษณ์ของ MySQL	41
2.22	หน้าเว็บดาวนโหลดโปรแกรม visual studio code	42
2.23	รูปแบบของ kernel ที่นำไปใช้เป็นเส้นขีดแบ่งในการแยกรูปภาพ	43
2.24	ผลิตภัณฑ์ Google Cloud ที่โดดเด่น	45
2.25	ฟังก์ชันหลักของเคอร์เนล	47
2.26	ค่า c ที่แตกต่างกัน	47
2.27	ค่า Gamma (Υ) ที่แตกต่างกัน	48
2.28	รูปแบบของ kernel ที่นำไปใช้เป็นเส้นขีดแบ่งในการแยกรูปภาพ	48

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.29	49
2.30	52
2.31	53
2.32	55
2.33	55
2.34	55
2.35	57
2.36	57
2.37	58
2.38	58
2.39	59
2.40	61
2.41	61
2.42	62
2.43	63
2.44	64
2.45	64
2.46	66
2.47	66
2.48	67
2.49	67
2.50	67
2.51	68
2.52	70
2.53	70

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.54 DS3231	71
2.55 รูปวงจรของ DS3231	72
2.56 บล็อกไดอะแกรมของ DS3231	73
2.57 รูปแบบขาอุปกรณ์ DS3231	73
2.58 I ² C รูปแบบการส่งข้อมูล	76
3.1 การทำงานโดยรวมของระบบ	77
3.2 ลักษณะการเชื่อมต่อ DHT11 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	78
3.3 แผนภาพการทำงานของ DHT11 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	79
3.4 ลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดความชื้นในดินกับ ESP32	80
3.5 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน	80
3.6 ลักษณะการเชื่อมต่อ GY-30 (BH1750FVI) เซนเซอร์วัดความเข้มแสงกับ ESP32	81
3.7 แผนภาพการทำงานของ GY-30 (BH1750FVI) เซนเซอร์วัดความเข้มแสง	82
3.8 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส อัตราขยาย 4 เท่า	83
3.9 ลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดค่า pH ในดินกับ ESP32	83
3.10 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน	84
3.11 ลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์กับ ESP32	85
3.12 ลักษณะการเชื่อมต่อ DS3231 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์กับ ESP32	86
3.13 ลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ กับ ESP32	87
3.14 แผนภาพการใช้งานระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติทั้งหมด	88
3.15 ลักษณะการเชื่อมต่อ ESP32 CAM กับ FT232RL FTDI	90
3.16 ออกแบบแปลงเพาะทดลองที่ใช้ในการปลูก	91
3.17 ออกแบบการวางตำแหน่งอุปกรณ์ที่ใช้ในแปลงเพาะทดลองที่ใช้ในการปลูก	91
3.18 หน้าต่างแสดงหน้าในการเข้าสู่ระบบบน Web Application	92
3.19 หน้าต่างแสดงหน้าในการกรอกข้อมูลเพื่อสมัครเข้าใช้งานระบบ Web Application	92
3.20 หน้าต่างแสดงผลการสมัครเพื่อเข้าใช้งานระบบ Web Application	93

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.21 หน้าต่างแสดงผลหน้าใช้งานหลักของ WEB APPLICATION หน้าต่างแสดงผลจากเซนเซอร์บน Web Application	93
3.22 แบบการเชื่อมต่อเครือข่ายโครงสร้างแบบบางส่วน	94
3.23 ความแตกต่างการใช้ full mesh topology กับ partial mesh	94
3.24 การออกแบบกล่องชุดเซนเซอร์	95
3.25 การออกแบบกล่อง ESP32 CAM	95
3.26 การออกแบบบรอก	96
3.27 ESP32 (DEVKIT)	96
3.28 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT11	97
3.29 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน	97
3.30 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง GY-30 (BH1750FVI)	98
3.31 เซนเซอร์วัดความชื้น+แสง+ค่า PH ในดิน	98
3.32 รีเลย์ 8 ช่อง	99
3.33 โซลินอยด์วาล์ว	99
3.34 โมดูลควบคุมมอเตอร์ L298N	100
3.35 ESP32 CAM	100
3.36 โมดูล FT232RL FTDI	101
3.37 โมดูลนาฬิกา DS3231	101
4.1 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของ DHT11 กรณีที่ 1	103
4.2 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของ DHT11 กรณีที่ 2	104
4.3 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของ DHT11 กรณีที่ 3	104
4.4 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของเซนเซอร์วัดความชื้นในดินกรณีที่ 1	105
4.5 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของเซนเซอร์วัดความชื้นในดินกรณีที่ 2	105
4.6 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของเซนเซอร์วัดความชื้นในดินกรณีที่ 3	106
4.7 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของเซนเซอร์วัดความเข้มแสงกรณีที่ 1	106

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของเซนเซอร์วัดความเข้มแสงกรณีที่ 2	107
4.9 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของเซนเซอร์วัดค่า PH ดินกรณีที่ 1	107
4.10 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของเซนเซอร์วัดค่า PH ดินกรณีที่ 2	108
4.11 ค่าจากเข็มที่หน้าปัดของเซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน	108
4.12 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของเซนเซอร์	109
4.13 Network diagram กรณีที่ 1 ทั้ง 3 โหนดสามารถทำงานได้	110
4.14 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 1 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับ โหนดที่ 2	110
4.15 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 2 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับ โหนดที่ 1 และ 3	111
4.16 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 3 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับ โหนดที่ 2	111
4.17 Network diagram กรณีที่ 2 โหนดที่ 1 ขาดการเชื่อมต่อหรือไม่สามารถทำงานได้	112
4.18 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 2 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับ โหนดที่ 3	112
4.19 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 3 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับ โหนดที่ 2	113
4.20 NETWORK DIAGRAM กรณีที่ 3 โหนดที่ 2 ขาดการเชื่อมต่อหรือไม่สามารถทำงานได้	113
4.21 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 1 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับ โหนดที่ 3	114
4.22 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 3 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับ โหนดที่ 1	114
4.23 Network diagram กรณีที่ 4 โหนดที่ 3 ขาดการเชื่อมต่อหรือไม่สามารถทำงานได้	115
4.24 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 1 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับ โหนดที่ 2	115

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.25 ผลการทดสอบผ่าน SERIAL MONITOR ของโหนดที่ 2 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับโหนดที่ 1	116
4.26 ระยะห่างโหนด 1กับโหนด 2 (40 เมตร)	117
4.27 ระยะห่างโหนด 2กับโหนด 3 (40 เมตร) (ซ้าย) ระยะห่างโหนด 2กับโหนด 3 (40 เมตร) (มุมมองที่ขยายออก) (ขวา)	118
4.28 หน้าต่างการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify	119
4.29 หน้าต่างแสดงหน้าในการเข้าสู่ระบบบน Web Application	119
4.30 หน้าต่างแสดงหน้าในการกรอกข้อมูลเพื่อสมัครเข้าใช้งานระบบ Web Application	120
4.31 หน้าต่างแสดงผลการสมัครเพื่อเข้าใช้งานระบบ Web Application	120
4.32 หน้าต่างแสดงผลหน้าใช้งานหลักของ Web Application	121
4.33 หน้าต่างแสดงผลจากเซนเซอร์บน Web Application	121
4.34 หน้าต่างแสดงกราฟจากเซนเซอร์บน Web Application	122
4.35 หน้าต่างแสดงผลแผนการปลูก บน Web Application	122
4.36 หน้าต่างหน้าในการกรอกข้อมูลจำนวนชั้นของแผนการปลูกบน Web Application	123
4.37 หน้าต่างหน้าในการกรอกข้อมูลของแผนการปลูก บน Web Application	124
4.38 หน้าต่างแสดงผลการเพิ่มแผนการปลูกบน Web Application	124
4.39 ชุดกล้อง ESP32 CAM	125
4.40 ภาพจาก ESP32 CAM ที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล	125
4.41 ภาพที่ถ่ายจากชุดกล้อง ESP32 CAM	126
4.42 ทำการเทรนโมเดล Train 70/Test 30 หาค่า kernel และ parameter ที่เหมาะสมที่สุด	129
4.43 ทำการเทรนโมเดล Train 85/Test 15 หาค่า kernel และ parameter ที่เหมาะสมที่สุด	130
4.44 โมเดลทำการตรวจสอบมีแมลง	130
4.45 โมเดลทำการตรวจสอบไม่มีแมลง	131
4.46 ทำการเทรนโมเดล หาค่า kernel และ parameter ที่เหมาะสมที่สุด	132
4.47 แสดงการสร้างโมเดล	132

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.48	ทำการจัดเก็บรูปในไฟล์ pickle	133
4.49	ทำการเทรนโมเดล Train 50/Test 50 หาค่า kernel และ parameter ที่เหมาะสมที่สุด	137
4.50	ทำการเทรนโมเดล Train 70/Test 30 หาค่า kernel และ parameter ที่เหมาะสมที่สุด	137
4.51	ทำการเทรนโมเดล Train 85/Test 15 หาค่า kernel และ parameter ที่เหมาะสมที่สุด	137
4.52	ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train	139
4.53	ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train	139
4.54	ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train	139
4.55	ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train	140
4.56	ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train	140
4.57	ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train	140
4.58	ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train	141
4.59	ความแม่นยำของโมเดลที่ได้จากการ train	141
4.60	ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train	142
4.61	ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train	142
4.62	ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train	142
4.63	ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train	143
4.64	ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train	143
4.65	ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train	143
4.66	ทำการ run code คำนวณ confusion matrix	144
4.67	ทำการ run code คำนวณ confusion matrix	145
4.68	ใช้คำสั่ง gcloud init เชื่อมต่อ google cloud platform	146
4.69	ใช้คำสั่ง gcloud app deploy app.yaml -project เพื่อทำการเลือกโปรเจกต์ที่สร้างไว้ใน google cloud platform ทำการเลือกประเทศสำหรับ app engine ที่จะสร้าง	146
4.70	อัปเดตโค้ดคำสั่ง และ model AI เสร็จสิ้น	147

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.71	147
ทำการจำแนกและส่งผลลัพธ์เข้า mysql(0=ไม่มีเชื้อรา)ทำการตรวจสอบ รูปทุกๆ 1 ชม.ตั้งแต่ 8.00-18.00 น.	
4.72	148
ลักษณะการเชื่อมต่อ DS3231 กับ ESP32	
4.73	148
ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของ DS3231	
4.74	149
การทำงานของพัดลมระบายอากาศ	
4.75	150
การทำงานของสปริงเกอร์รดน้ำ	
4.76	150
ผลการเพิ่มความชื้นในดิน	
4.77	151
การทำงานของมอเตอร์ควบคุมการเปิด-ปิดสแลนกันแดด	
4.78	151
ผลการลดความเข้มแสงของสแลนกันแดด	
4.79	152
ผลการลดค่า pH ในดิน	
4.80	153
ผลการเพิ่มค่า pH ในดิน	
4.81	153
ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของระบบควบคุม	
4.82	154
การเพาะเมล็ดผักกาดหอม	
4.83	154
ผักกาดหอมในระยะ 7 วัน	
4.84	155
ผักกาดหอมในระยะ 12 วัน	
4.85	155
ผักกาดหอมในระยะ 19 วัน	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การแปลง PPFD เป็น Lux	22
2.2 คุณสมบัติของ L298	59
2.3 การเชื่อมต่อระหว่าง Micro SD Card กับโมดูล ESP32 CAM	69
4.1 Model 1 train 50/test 50	132
4.2 Model 1 train 70/test 30	132
4.3 Model 1 train 85/test 15	132
4.4 Model 2 train 50/test 50 ครั้งที่ 1	133
4.5 Model 2 train 70/test 30 ครั้งที่ 1	134
4.6 Model 2 train 85/test 15 ครั้งที่ 1	135
4.7 Model 2 train 50/test 50	137
4.8 Model 2 train 70/test 30	137
4.9 Model 2 train 85/test 15	137
4.10 SVM model: ผักกาดหอมมีแมลงหรือไม่	137
4.11 SVM model: ผักกาดหอมมีเชื้อราหรือไม่	140

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอินเทอร์เน็ตได้เข้ามามีบทบาทและความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนเรามากขึ้นในหลาย ๆ ด้าน ทั้งด้านการศึกษา การพาณิชย์ ความบันเทิงและด้านการเกษตร เป็นต้น ในระบบอินเทอร์เน็ตยังมีบริการอื่น ๆ อีกมากมายพอจะสรุปได้ว่าอินเทอร์เน็ตมีความสำคัญในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ทันสมัยการติดต่อสื่อสารที่สะดวกและรวดเร็ว เช่น IOT เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "INTERNET OF THINGS" เป็นเครือข่ายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่มีความสามารถเข้าถึงกันได้ด้วย อินเทอร์เน็ต (Internet) สามารถส่งการทางานต่าง ๆ ผ่านอุปกรณ์ได้ เช่น สั่งเปิด ปิด ประตู สั่งเปิด ปิดไฟ เครื่องใช้ต่าง ๆ ภายในบ้าน ผ่านโทรศัพท์มือถือได้ เป็นต้น สามารถนำ IOT (Internet of things) มาใช้เพื่อความสะดวกรวดเร็วได้ในด้านต่าง ๆ เพื่อความสะดวกและรวดเร็ว

แนวคิดของการทำเกษตรอัจฉริยะ คือ การเกษตรแม่นยำสูง (Precision Agriculture หรือ Precision Farming) โดยเป็นการทำการเกษตรให้เข้ากับสภาพพื้นที่ เน้นพื้นที่ที่ไม่ใช่พื้นที่เกษตรขนาดใหญ่ เน้นประสิทธิภาพในการเพาะปลูก ตั้งแต่การคัดเลือกเมล็ดพันธุ์จนถึงกระบวนการปลูกที่นำเอาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการตรวจวัดทั้งเรื่องของสภาพดิน ความชื้นในดิน แร่ธาตุในดิน ความเป็นกรดด่าง สภาพปริมาณแสงธรรมชาติ รวมถึงเรื่องศัตรูพืชต่าง ๆ และสามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้เข้มงวดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากบริบทดังกล่าวจึงได้มีแนวคิดในการจัดทำปฏิญานิพนธ์นี้มาเพื่อออกแบบระบบเกษตรที่สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติโดยใช้แนวคิดของอินเทอร์เน็ต IOT และการทำเกษตรอัจฉริยะโดยวัดค่าต่าง ๆ ด้วยเซนเซอร์ จากนั้นนำค่าที่วัดได้ไปใช้ ให้มีการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ไปยัง ESP32 เพื่อส่งข้อมูลไปยัง Database เพื่อนำข้อมูลไปเก็บไว้ แล้วดึงข้อมูลมาแสดงผลบน Web Application จากนั้นระบบสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติตามเวลาที่กำหนด และทำงานได้โดยอัตโนมัติเมื่อค่าที่ได้รับจากเซนเซอร์เกินที่กำหนดไว้

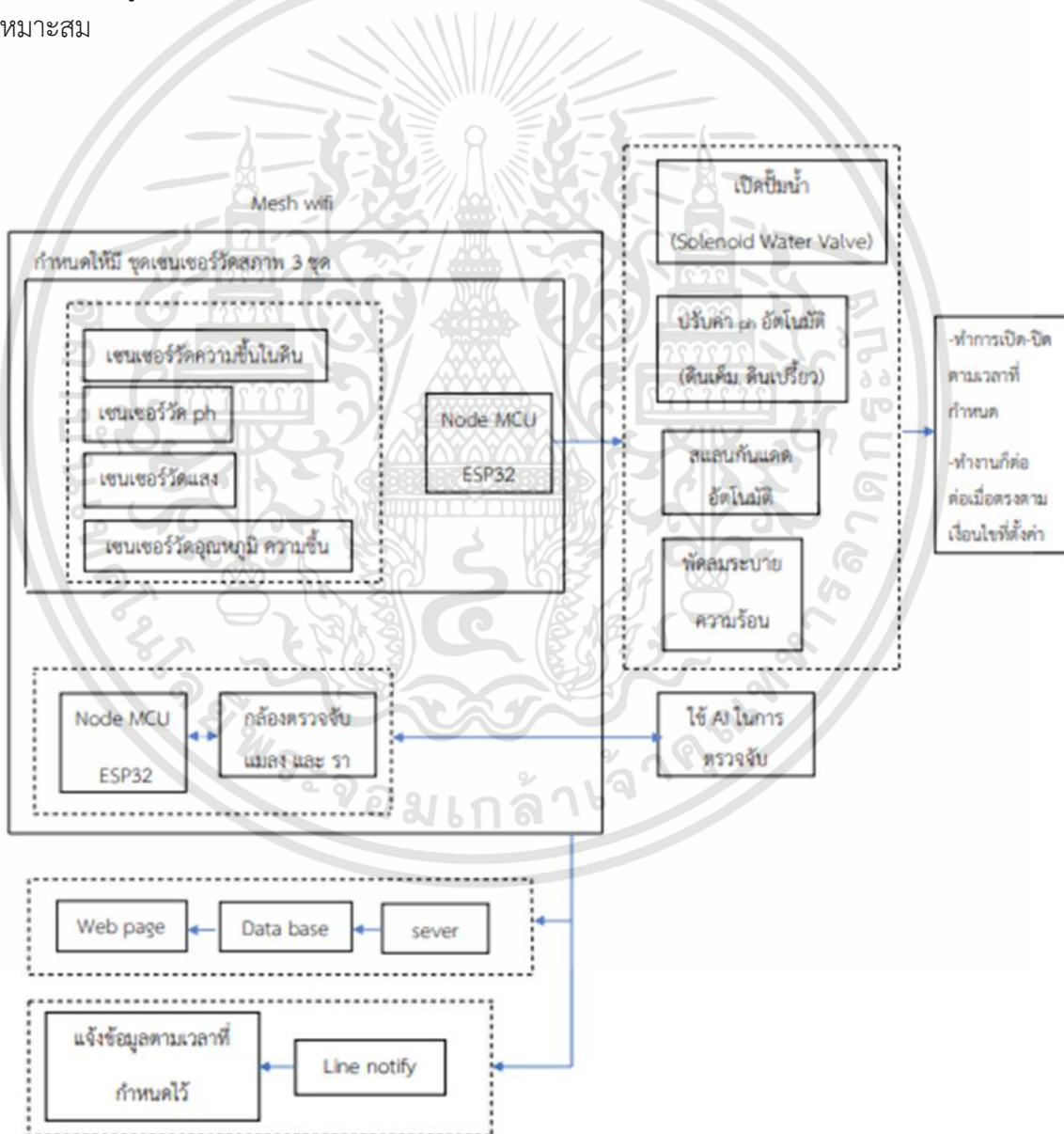
1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาหลักการทำงานของ Wi-Fi บน ESP32
- 2) เพื่อศึกษาหลักการสื่อสารและการรับ-ส่งข้อมูลโครงข่ายแบบ Mesh Topology บน ESP32
- 3) เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเซนเซอร์ต่าง ๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติ
- 4) เพื่อศึกษาและออกแบบ AI ที่ใช้ในการตรวจจับแมลงและโรคราในพืช
- 5) เพื่อแจ้งข้อมูลค่าต่าง ๆ จากเซนเซอร์ผ่าน line notify ส่งไปยังเกษตรกรตามระยะเวลาที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติ โดยใช้ ESP32 ทำงานร่วมกับ เซนเซอร์ต่าง ๆ และมีการใช้วงจรถวายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำของเซนเซอร์บางตัว และใช้ระบบ AI ในการตรวจจับแมลงและโรครา โดยรับ-ส่งข้อมูลแต่ละโหนดด้วย Mesh Wi-Fi ระบบสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติตามเวลาที่กำหนด และทำงานได้โดยอัตโนมัติเมื่อค่าที่ได้รับจากเซนเซอร์จะสามารถแก้ไขโดย สั่งการอุปกรณ์เพื่อทำการควบคุมค่าต่าง ๆ และจะหยุดทำงานเมื่อได้รับค่าที่เหมาะสม ทำการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวผลผลิต บันทึกผลใน 1 รอบฤดูกาลเพาะปลูก แสดงผลข้อมูลของเซนเซอร์ต่าง ๆ ผ่านเว็บไซต์และแจ้งเตือนผ่าน line notify ตามระยะเวลาที่เหมาะสม



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของปริญญานิพนธ์ที่นำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

การทำโครงงานนี้จะศึกษาหลักการทำงานของโครงข่ายแบบ Mesh Topology และหลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ให้เข้าใจอย่างละเอียดก่อนที่จะประกอบส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน อุปกรณ์ที่สำคัญของโครงงานนี้คือ Node MCU และเซนเซอร์ต่าง ๆ ซึ่งประกอบไปด้วย เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์, เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน, เซนเซอร์วัดความเข้มแสง, เซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน, ไอซี L324N, รวมไปถึงนำหลักการของ AI มาใช้ในระบบและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้เพื่อให้ระบบทำงานได้โดยอัตโนมัติ

หลังจากที่ได้รับค่าต่าง ๆ จากเซนเซอร์มาแล้ว มีการวางระบบให้มีการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ไปยัง ESP32 เพื่อส่งข้อมูลไปยัง Database เพื่อนำข้อมูลไปเก็บไว้ แล้วดึงข้อมูลมาแสดงผลบน Web Application จากนั้นระบบสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ เช่น ทำการรดน้ำ เปิด-ปิดสแลนกันแดดและพัดลมระบายความร้อน ปรับค่า pH และค่าความชื้นในดิน ตามช่วงเวลาที่กำหนด และทำงานได้โดยอัตโนมัติเมื่อค่าที่ได้รับจากเซนเซอร์เกินที่กำหนดไว้ จะสามารถแก้ไขโดย สั่งการอุปกรณ์เพื่อทำการควบคุมค่าต่าง ๆ และจะหยุดทำงานเมื่อได้รับค่าที่เหมาะสมเพื่อความสะดวกต่อผู้ใช้งาน และเขียนโปรแกรมการแจ้งเตือนค่าเซนเซอร์ให้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ต้องมีการวิเคราะห์และหาข้อมูลในส่วนนั้น ๆ เพื่อเป็นข้อมูลที่จะนำไปทำโครงงานและพัฒนาต่อ

2.1 หลักการทำงานและข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นของ ESP32

ESP32 เป็นชื่อของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ Wi-Fi และ Bluetooth 4.2 BLE ในตัว ผลิตโดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน โดยมีราคาไม่เกิน 500 บาท (บอร์ดพัฒนาสำเร็จรูป) โดยตัวไอซี ESP32 มีสเปคโดยละเอียด ดังนี้ [1]

- 1) ซีพียูใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง สัญญาณนาฬิกา 240MHz
- 2) มีแรมในตัว 512KB
- 3) รองรับการเชื่อมต่อรอมภายนอกสูงสุด 16MB
- 4) มาพร้อมกับ Wi-Fi มาตรฐาน 802.11 b/g/n รองรับการใช้งานทั้งในโหมด Station softAP และ Wi-Fi direct
- 5) มี Wi-Fi และ Bluetooth 4.2 BLE
- 6) ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 3.3V ถึง 5V
- 7) ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40°C ถึง 125°C

นอกจากนี้ ESP32 ยังมีเซนเซอร์ต่าง ๆ มาในตัวด้วย ดังนี้

- 1) วงจรกรองสัญญาณรบกวนในวงจรขยายสัญญาณ
- 2) เซ็นเซอร์แม่เหล็ก
- 3) เซ็นเซอร์สัมผัส (Capacitive touch) รองรับ 10 ช่อง
- 4) รองรับการเชื่อมต่อคริสตอล 32.768 kHz สำหรับใช้กับส่วนวงจรนับเวลาโดยเฉพาะ

2.1.1 ขบวนการใช้งานของ ESP32

- 1) มี GPIO จำนวน 32 ช่อง
- 2) รองรับ UART จำนวน 3 ช่อง
- 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 ยังรองรับฟังก์ชันเกี่ยวกับความปลอดภัยต่าง ๆ ดังนี้

- 1) รองรับการเข้ารหัส Wi-Fi แบบ WEP และ WPA/WPA2 PSK/Enterprise
- 2) มีวงจรเข้ารหัส AES / SHA2 / Elliptical Curve Cryptography /RSA-4096 ในตัว

2.1.2 ประสิทธิภาพการใช้งาน ESP32

- 1) รับ – ส่ง ข้อมูลได้ความเร็วสูงสุดที่ 150 Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT40 ได้ความเร็วสูงสุด 72 Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT20 ได้ความเร็วสูงสุดที่ 54 Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11g และ ได้ความเร็วสูงสุดที่ 11 Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11b
- 2) เมื่อใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล UDP จะสามารถรับ – ส่งข้อมูล ได้ที่ความเร็ว 135Mbps
- 3) ในโหมด Sleep ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 2.5 uA



รูปที่ 2.1 ชิพไอซี ESP32 ในรูปตัวถัง QFN-42

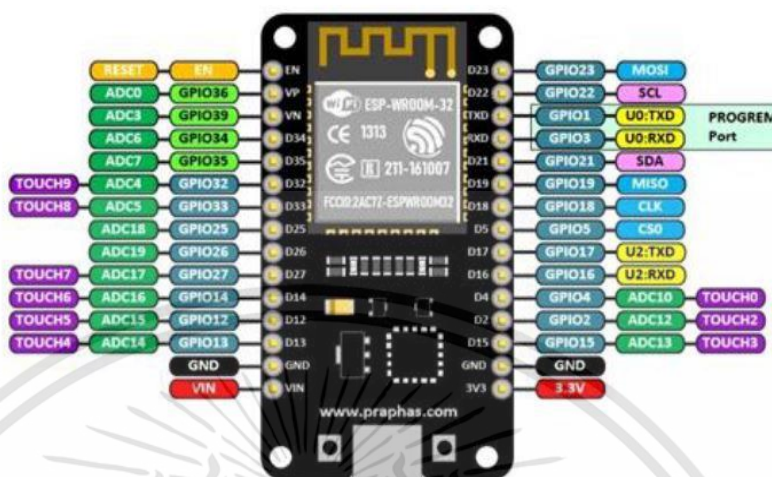
2.1.3 สเปคของบอร์ด ESP32 (Devkit)

- 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 [2]



รูปที่ 2.2 ESP32 (Devkit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ตำแหน่งขาบนบอร์ด ESP32 (Devkit)

2.2 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ DHT11

DHT11 เป็นเซนเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิและความชื้น สัญญาณเอาต์พุตดิจิตอลมีความซับซ้อนเนื่องจากมีการนำไปเปรียบเทียบกับให้ได้ตามมาตรฐาน โดยการใช้วิธีการเข้าถึงสัญญาณดิจิตอลรูปแบบพิเศษ และเทคโนโลยีในการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งทำให้มีความน่าเชื่อถือ และสามารถใช้งานได้ยาวนาน เซนเซอร์นี้มีรูปแบบต้านทานการวัดค่าองค์ประกอบของความชื้น และการวัดค่าองค์ประกอบค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิติดลบ(NTC) และเชื่อมต่อกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต ที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ซึ่งให้คุณภาพที่ดี, มีการตอบสนองที่รวดเร็ว, มีความสามารถในการป้องกันการรบกวน และมีราคาที่เหมาะสมต่อคุณภาพที่ได้รับ

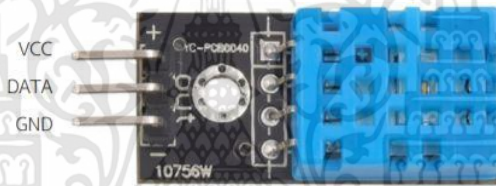
องค์ประกอบแต่ละตัวของ DHT11 จะถูกนำไปตรวจสอบอย่างเข้มงวดในห้องปฏิบัติการที่มีความแม่นยำสูงในการตรวจสอบการวัดค่าความชื้น ค่าสัมประสิทธิ์จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำในรูปแบบของการติดตั้งโปรแกรมครั้งเดียว(OTP) ซึ่งถูกนำมาใช้โดยเซนเซอร์ในกระบวนการตรวจจับสัญญาณภายใน รูปแบบอินเทอร์เฟซอนุกรมแบบสายเดี่ยว ทำให้การทำงานของอุปกรณ์ ง่ายและรวดเร็ว มีขนาดเล็ก ใช้พลังงานต่ำและสามารถเชื่อมต่อสัญญาณในการสื่อสารได้สูงถึง 20 เมตร ทำให้เป็นทางเลือกที่ดีที่สุด ในหลายๆด้าน โดยแพ็คเกจของส่วนประกอบเป็นรูปแบบ 4 ขาในแถวเดียว ซึ่งสะดวกต่อการเชื่อมต่อและแพ็คเกจพิเศษสามารถนำมาใช้งานได้ตามความต้องการของผู้ใช้

2.2.1 คุณสมบัติของ DHT11 [3]

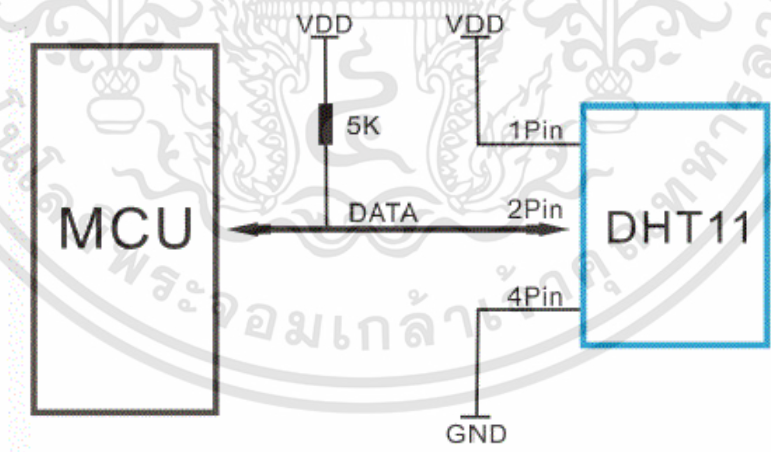
- 1) ย่านวัดความชื้น 20 - 90% RH ค่าความแม่นยำ $\pm 5\%$ RH
- 2) ย่านวัดอุณหภูมิ 0 - 50 องศา ค่าความแม่นยำ ± 2 องศาเซลเซียส
- 3) ใช้ไฟเลี้ยง 3 - 5.5 V_{DC}
- 4) อ่านค่าสัญญาณทุก 1 วินาที

2.2.2 ขาการใช้งานของ DHT11

- 1) ขาที่ 1 V_{CC} ใช้ไฟเลี้ยง 3 - 5.5 V
- 2) ขาที่ 2 DATA เป็นขาสัญญาณข้อมูล
- 3) ขาที่ 3 GND กราวด์



รูปที่ 2.4 ตำแหน่งขาของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT11

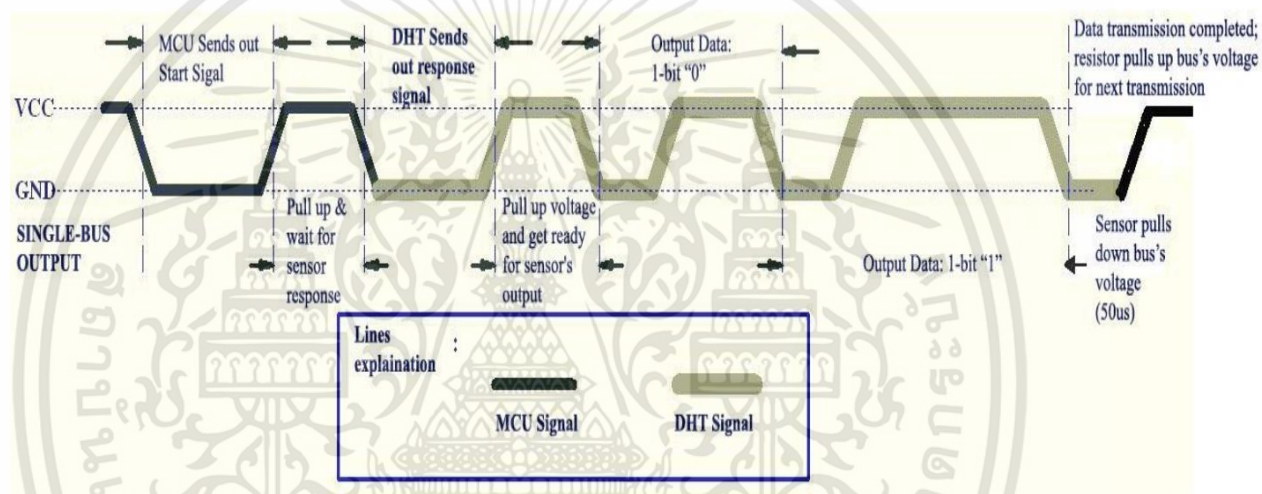


รูปที่ 2.5 รูปวงจรของเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้น DHT11

2.2.3 หลักการทำงานของ DHT11

2.2.3.1 กระบวนการสื่อสารโดยรวม

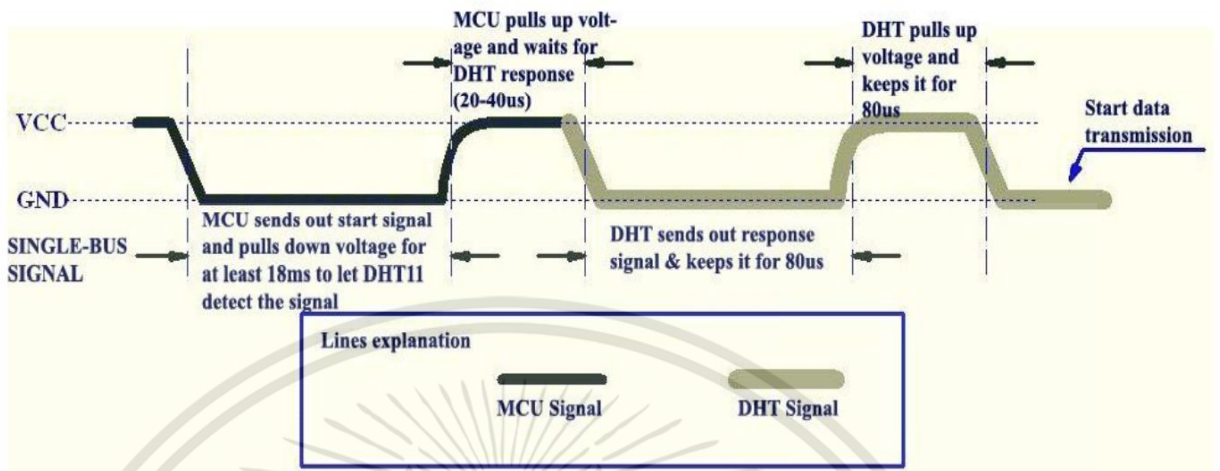
เมื่อ MCU ส่งสัญญาณเริ่มต้น DHT11 จะเปลี่ยนจากโหมดใช้พลังงานต่ำเป็นโหมดทำงาน รอให้ MCU เสร็จสิ้นสัญญาณเริ่มต้น เมื่อเสร็จแล้ว DHT11 จะส่งสัญญาณตอบสนองของข้อมูล 40 บิตที่มีข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิถึง MCU ผู้ใช้สามารถเลือกที่จะรวบรวม(อ่าน)ข้อมูลบางส่วน ถ้าไม่มีสัญญาณเริ่มต้นจาก MCU, DHT11 จะไม่ส่งสัญญาณตอบสนองต่อ MCU เมื่อรวบรวมข้อมูลแล้ว DHT11 จะเปลี่ยนเป็นโหมดใช้พลังงานต่ำ จนกว่าจะได้รับสัญญาณเริ่มต้นจาก MCU อีกครั้ง [4]



รูปที่ 2.6 กระบวนการสื่อสารโดยรวม

2.2.3.2 MCU ส่งสัญญาณเริ่มต้นไปยัง DHT

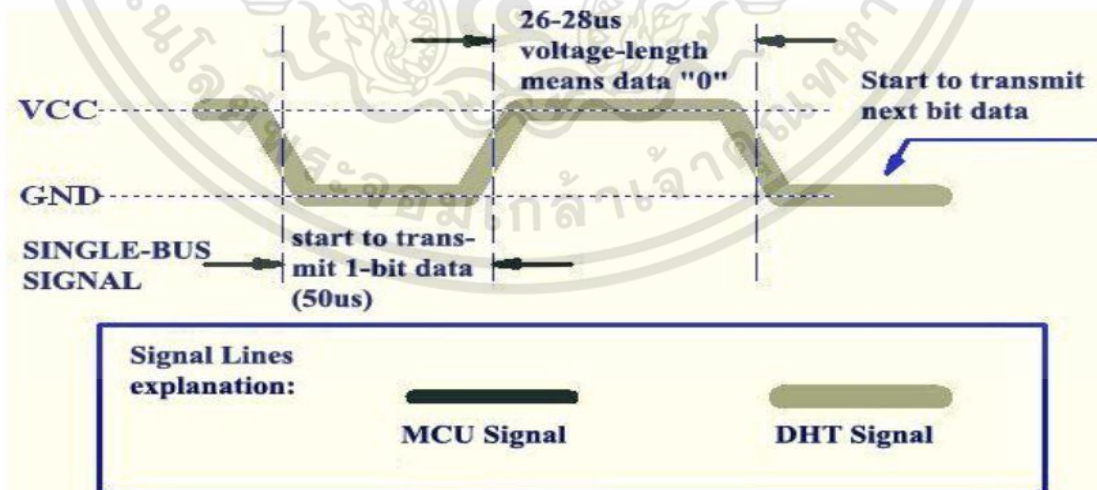
ข้อมูลบัสเดียวในสถานะว่างจะแสดงในรูปแบบความต่างศักย์ไฟฟ้าสูง เมื่อการสื่อสารระหว่าง MCU และเริ่มการทำงานของ DHT11 โปรแกรมของ MCU จะตั้งค่าระดับแรงดัน Data Single-bus จากสูงไปต่ำและกระบวนการนี้ต้องใช้เวลาน้อยกว่า 18 ms เพื่อให้แน่ใจว่า DHT ตรวจพบสัญญาณของ MCU จากนั้น MCU จะดึงแรงดันไฟฟ้าขึ้นมาและรอ 20-40 us สำหรับการตอบสนองของ DHT



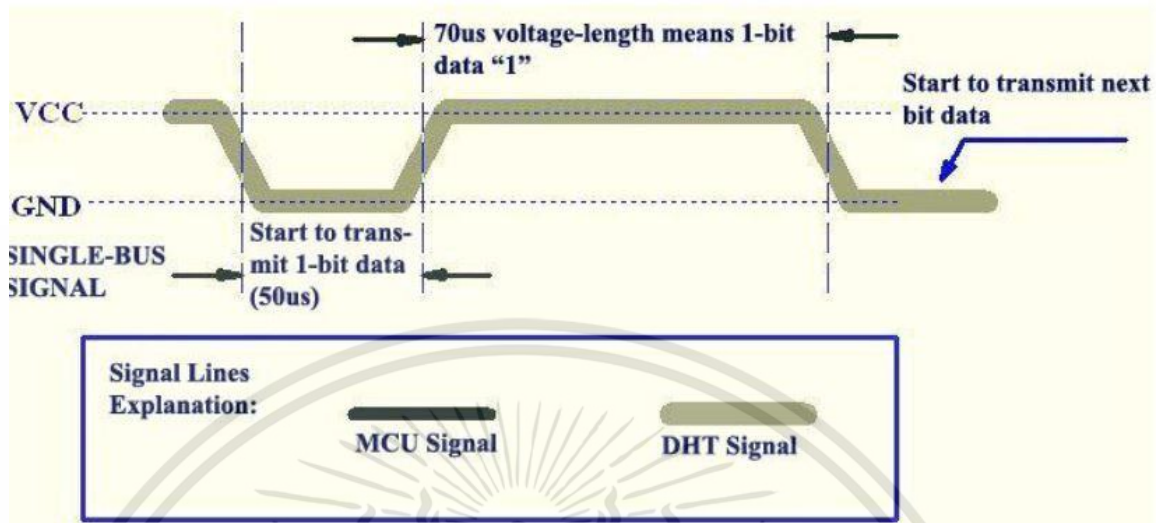
รูปที่ 2.7 MCU ส่งสัญญาณเริ่มต้นและการตอบกลับของ DHT

2.2.3.3 การตอบสนอง DHT ต่อ MCU

เมื่อ DHT ตรวจพบสัญญาณเริ่มต้น มันจะส่งสัญญาณตอบสนองระดับแรงดันต่ำ ซึ่งกินเวลา 80us จากนั้นโปรแกรมของ DHT จะตั้งค่า Data Single-bus voltage level จากต่ำไปสูง และเก็บไว้ 80us สำหรับการเตรียม DHT สำหรับการส่งข้อมูลเมื่อ DATA Single-Bus อยู่ที่ระดับแรงดันไฟต่ำ แสดงว่า DHT กำลังส่งการตอบสนองสัญญาณ. เมื่อ DHT ส่งสัญญาณตอบสนอง มันจะดึงแรงดันไฟฟ้าขึ้นมาและเก็บไว้ที่ 80us และเตรียมรับส่งข้อมูลเมื่อ DHT กำลังส่งข้อมูลไปยัง MCU ข้อมูลทุกบิตจะเริ่มต้นด้วยระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำ 50 us และความยาวของสัญญาณไฟฟ้าแรงสูงต่อไปนี้จะกำหนดว่าบิตข้อมูลเป็น "0" หรือ "1"



รูปที่ 2.8 รูปแบบการส่งข้อมูลบิต 0 ของ DHT



รูปที่ 2.9 รูปแบบการส่งข้อมูลบิต 1 ของ DHT

2.2.4 ทฤษฎีและหลักการของอุณหภูมิและความชื้น

อุณหภูมิ คือคุณสมบัติทางกายภาพของสสารที่แสดงปริมาณทางความร้อนและความเย็น หรือระดับของความร้อนหรือความเย็นของวัตถุ อุณหภูมิเป็นคุณลักษณะทางกายภาพ อุณหภูมิวัดด้วยเทอร์โมมิเตอร์ โดยหน่วยการวัดอุณหภูมิมียุหลายหน่วยแต่ที่นิยมใช้มากที่สุดคือองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) และฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) และเคลวิน (K) [5]

ความชื้นอากาศ คือปริมาณไอน้ำที่ปะปนอยู่ในอากาศได้มาจากแหล่งการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ บนโลก การคายน้ำของพืช ตลอดจน การหายใจของสัตว์ ทำให้เกิดไอน้ำซึ่งทำให้มองไม่เห็นเนื่องจากมีสถานะเป็นแก๊สลอยอยู่ทั่วไปในอากาศ อากาศทุกหนทุกแห่งมีไอน้ำแทรกตัวปะปนอยู่ แต่อาจมีปริมาณมากน้อยต่างกัน [6]

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) คือสัดส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศขณะนั้นต่อปริมาณไอน้ำอิ่มตัว (ปริมาณไอน้ำสูงสุดที่อากาศจะสามารถรับไว้ได้ ที่อุณหภูมิและปริมาตรของอากาศเดียวกัน) โดยทั่วไปแล้วนิยามที่จะแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์เป็นร้อยละ หรือเปอร์เซ็นต์ [7]

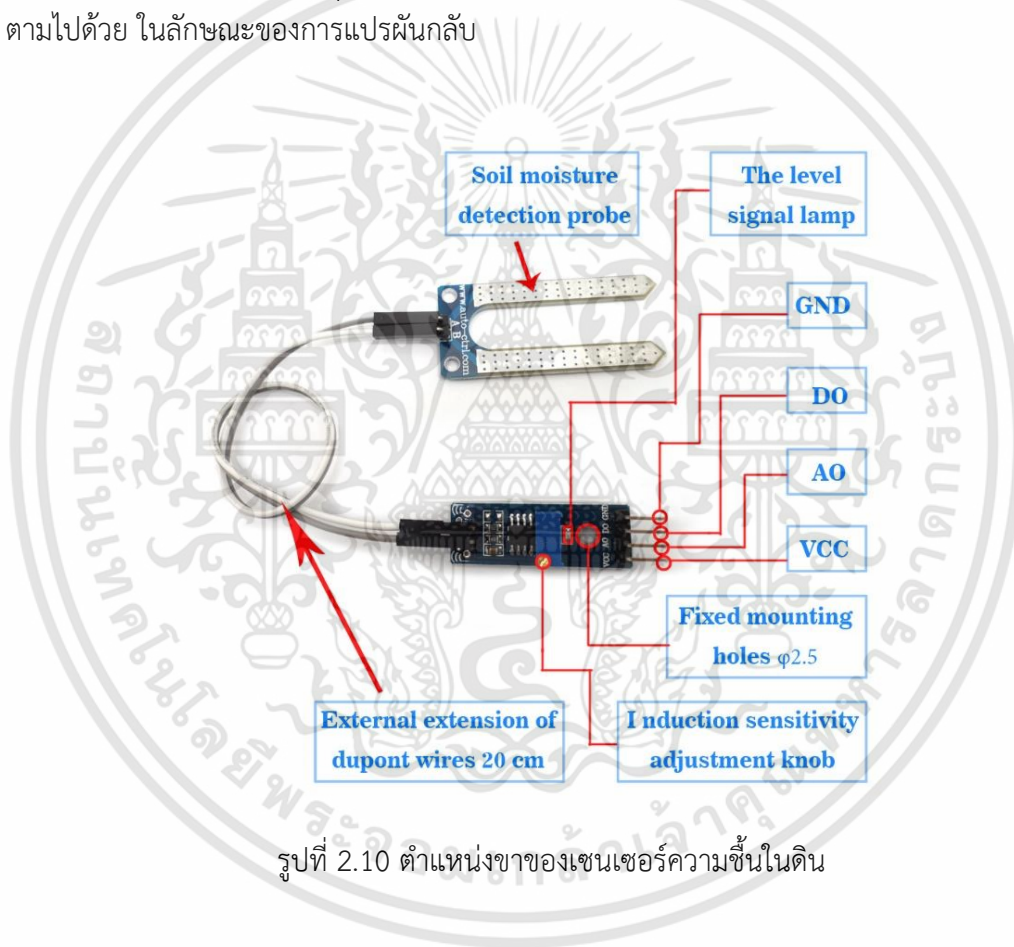
2.3 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน Soil Moisture Sensor ใช้วัดความชื้นในดิน สามารถต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้นาฬิกาอินพุตอ่านค่าความชื้น หรือเลือกใช้สัญญาณดิจิทัลที่ส่งมาจากโมดูล สามารถปรับความไวได้ด้วยการปรับ Trimpot [8]

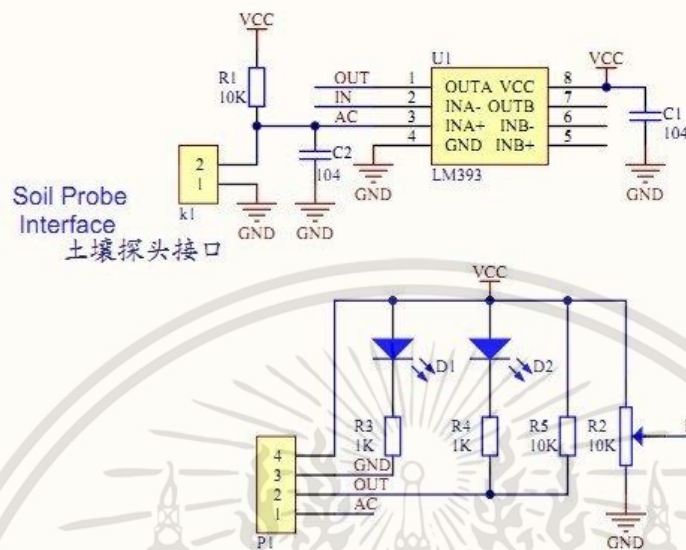
2.3.1 หลักการทำงาน

การใช้งาน จะต้องเสียบแผ่น PCB สำหรับวัดลงดิน เพื่อให้วงจรแบ่งแรงดันทำงานได้ครบวงจร จากนั้นจึงใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM393 เพื่อวัดแรงดันเปรียบเทียบกันระหว่างแรงดันที่วัดได้จากความชื้นในดิน กับแรงดันที่วัดได้จากวงจรแบ่งแรงดันปรับค่าโดยใช้ Trimpot หากแรงดันที่วัดได้จากความชื้นของดิน มีมากกว่า ก็จะทำให้วงจรปล่อยลอจิก 1 ไปที่ขา D0 แต่หากความชื้นในดินมีน้อย ลอจิก 0 จะถูกปล่อยไปที่ขา D0

ขา A0 เป็นขาที่ต้องต่อโดยตรงกับวงจรที่ใช้ในการวัดความชื้นในดิน ซึ่งให้ค่าแรงดันออกมาตั้งแต่ 0 - 5V (ในทางอุดมคติ) โดยหากความชื้นในดินมีมาก แรงดันที่ปล่อยออกไปก็จะน้อยตามไปด้วย ในลักษณะของการแปรผกผันกลับ



รูปที่ 2.10 ตำแหน่งขาของเซนเซอร์ความชื้นในดิน



รูปที่ 2.11 รูปวงจรของเซนเซอร์ความชื้นในดิน

2.3.2 การนำไปใช้งาน

หากนำไปใช้งานด้านการวัดความชื้นแบบละเอียด แนะนำให้ใช้งานขา A0 ต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อวัดค่าแรงดันที่ได้ ซึ่งจะได้ออกมาใช้เปรียบเทียบกับค่าความชื้นได้ หากมีความชื้นน้อย แรงดันจะใกล้ 5V มาก หากความชื้นมาก แรงดันก็จะลดต่ำลง Soil moisture sensor module นี้สามารถให้ค่าได้ 2 แบบ

- 1) อ่านค่าเป็นแบบแอนะล็อก หมายถึงอ่านค่าความชื้นและให้ค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1024
- 2) อ่านค่าเป็นแบบดิจิทัล โดยเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ ถ้ามากกว่าก็ให้ logic HIGH ถ้าต่ำกว่าก็ LOW จากนั้นค่าที่อ่านได้ก็จะเอาป้อนให้กับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน IC LM393 (DUAL DIFFERENTIAL COMPARATORS) โดยตั้งค่าได้จาก Variable Resistor ซึ่งเป็นการปรับค่าแรงดันที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

2.3.3 ทฤษฎีและหลักการของความชื้นในดิน

ความชื้นของดินประกอบด้วย 2 สถานะ คือ สถานะที่เป็นของเหลว เราเรียกว่า น้ำในดิน และสถานะที่เป็นแก๊ส เราเรียกว่า ไอน้ำในดิน ในประเทศที่มีอากาศหนาวจัด ความชื้นของดินอาจจะอยู่ในรูปของน้ำแข็ง ส่วนประเทศในเขตร้อน ส่วนใหญ่น้ำในดินจะอยู่ในรูปของของเหลว ดังนั้นความชื้นของดิน กับน้ำในดิน จึงมีความหมายเดียวกัน คือ ส่วนที่อยู่ในสถานะที่เป็นของเหลว

ถ้าในส่วนของช่องว่างในดินมีน้ำอยู่เต็มไม่มีแก๊สอยู่เลยเรียกว่า ดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated soil) แต่ถ้าในช่องว่างของดินมีทั้งน้ำ และแก๊สอยู่ด้วยเรียกว่า ดินที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated soil) ดังนั้น ดินที่ใช้ในการทำการเกษตรส่วนใหญ่ คือดินที่ไม่อิ่มตัว ความชื้นในดินมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง สำหรับสิ่งมีชีวิตในดิน ได้แก่ สัตว์ พืช หรือจุลินทรีย์ เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพืช และสัตว์ เพื่อใช้ในขบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) ต่าง ๆ เช่น ขบวนการสังเคราะห์แสงของพืชและจุลินทรีย์ในดินบางชนิด พืชสามารถที่จะนำเอาธาตุอาหารไปใช้ได้ ธาตุอาหารเหล่านั้น จะต้องอยู่ในรูปของสารละลาย น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีและมีปริมาณมาก หาได้ง่ายและสะดวก น้ำเป็นตัวกลางที่ดีในการเคลื่อนย้ายไอออนจากบริเวณหนึ่งไปยังอีกบริเวณหนึ่ง อีกทั้งยังลำเลียงธาตุอาหารที่อยู่ในรูปของไอออนจากดินเข้าสู่ภายในลำต้นของพืช และเข้าไปในจุลินทรีย์ นอกจากนี้ น้ำยังมีความร้อนจำเพาะ และความร้อนแฝงที่สูง ทำให้เปลี่ยนอุณหภูมิได้ยาก ทำให้น้ำในดินมีอุณหภูมิไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป ทำให้ดินมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, (2541) [9] ให้ทรรศนะความชื้นของดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไว้ 3 ประเภท คือ

- 1) ความชื้นที่เป็นประโยชน์ (available moisture) หมายถึงความชื้นส่วนที่อยู่ภายใต้อำนาจดูดยึดของดิน ที่พืชดูดไปจากดิน ในอัตราส่วนที่ทัดเทียมกับอัตราการระเหยน้ำของพืช
- 2) ความชื้นที่ไม่เป็นประโยชน์ (unavailable moisture) หมายถึงความชื้นส่วนที่ดินดูดยึดไว้ ด้วยพลังงานที่มากกว่าที่จะให้พืชดูดไปใช้ในอัตราที่ทัดเทียมกับอัตราการระเหยน้ำของพืช
- 3) ความชื้นเกินจำเป็น (superfluous moisture) หมายถึงความชื้นส่วนที่เกินอำนาจดูดยึดตามปกติของดิน ซึ่งโดยปกติขังอยู่ในที่ว่างขนาดใหญ่ที่เป็นที่อยู่ของอากาศ และเมื่อมีโอกาสจะเคลื่อนพันบริเวณที่รากพืชลึกลงไปในหน้าตัดดิน โดยอิทธิพลแรงดึงดูดของโลก

2.3.3.1 ประเภทของความชื้นในดิน [10]

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถเก็บน้ำไว้เพื่อให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ น้ำในดินสามารถเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ด้วยแรงดึงดูดของโลก แรงระหว่างไอออนในสารละลายและแรงระหว่างโมเลกุลของน้ำ น้ำในดินอาจปรากฏในรูปต่าง ๆ ดังนี้

- 1) น้ำในแร่ หรือความชื้นที่อยู่ในองค์ประกอบของสารเคมี (chemically combined water) โดยอยู่ในรูปของน้ำผลึก (water of crystallization) คือเป็นองค์ประกอบทางเคมีของส่วนประกอบที่เป็นของแข็งของดิน ดินที่แห้งสนิทซึ่งได้จากการอบที่อุณหภูมิ 105 – 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จะยังคงมีความชื้นประเภทนี้ อยู่ ความชื้นในดินชนิดนี้ไม่เป็นประโยชน์กับพืช

- 2) น้ำเยื่อ (hygroscopic water) น้ำประเภทนี้จะอยู่ในรูปของเยื่อบาง ๆ หนาราว 2 - 3 โมเลกุลของน้ำ (layer of water molecule) รอบอนุภาคดิน พืชไม่สามารถดูดน้ำประเภทนี้ไปใช้ประโยชน์ได้ ดินที่แห้งแห้งในร่ม (air dry soil) จะมีความชื้นในดินอยู่ในรูปของ น้ำเยื่อ และสามารถไล่ความชื้นนี้ให้ออกไปหมดได้ โดยนำดินที่แห้งแห้งในร่มนี้ไปอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง
- 3) น้ำซึบ (capillary water) ความชื้นในดินประเภทนี้จะอยู่ในลักษณะที่เป็นเยื่อบาง ๆ รอบอนุภาคดินถัดจากชั้นของน้ำเยื่อ และอยู่ในลักษณะที่บรรจุอยู่ในที่ว่าง (pore) ขนาดเล็กมาก ๆ ของดิน น้ำซึบประกอบด้วยน้ำส่วนที่เป็นประโยชน์ (available water) และส่วนที่ไม่เป็นประโยชน์ (unavailable water) ต่อพืช
- 4) น้ำอิสระและน้ำซึม (gravitational water or drainage water) เป็นน้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่ของดิน โดยถูกดูดยึดจากอนุภาคดินด้วยแรงที่น้อยมาก และจะถูกอิทธิพลแรงดึงดูดของโลกทำให้เคลื่อนออกจากดิน พืชจึงใช้ประโยชน์จากน้ำในดินประเภทนี้ได้้น้อยมาก

2.3.3.2 ระดับความชื้นที่พืชสามารถรับได้จะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้[11]

- 1) ความชื้น 80% - 100% : สภาวะอันตรายต่อพืช ถ้ามีความชื้นสูงในระดับนี้เป็นเวลานาน มีโอกาสสูงมากที่จะทำให้รากเน่า หรือเกิดเชื้อราขึ้นได้
- 2) ความชื้น 70% - 79% : สภาวะดินแฉะ หากไม่ควบคุมให้ดี หรือปล่อยเป็นเวลานานก็อาจเข้าสู่สภาวะอันตรายได้
- 3) ความชื้น 50% -69% : สภาวะที่พืชชอบ เนื่องจากพืชจะมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในสภาวะนี้
- 4) ความชื้น 40% - 49% : สภาวะแห้ง ควรเพิ่มความชื้นให้แก่ดิน เพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้
- 5) ความชื้น 0% - 39% : สภาวะวิกฤติ สามารถทำให้พืชแห้งและเหี่ยวเฉาตายได้

2.4 หลักการทำงานเซนเซอร์วัดความเข้มแสง GY-30 (BH1750FVI)

เซนเซอร์วัดความเข้มแสงคือโมดูลเซนเซอร์ความเข้มแสง BH1750FVI พร้อมตัวแปลง AD 16 บิตในตัวการสร้างสัญญาณดิจิทัล ข้อมูลจากโมดูลนี้คือความเข้มของแสงในหน่วย lx (lux meter) มันสื่อสารกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านบัส I²C

เซนเซอร์ BH1750FVI ได้รับการออกแบบมาเพื่อเพิ่มการตรวจจับแสงโดยรอบให้กับจอ LCD ในรถยนต์ กล้อง โทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์ที่คล้ายคลึงกัน เพื่อควบคุมการหรี่แสงพื้นหลังของจอแสดงผลโดยอัตโนมัติ ความจริงที่ว่าเอาต์พุตสามารถอ่านได้โดยตรงใน Lux (lx) ทำให้มีประโยชน์ในแอปพลิเคชันการตรวจจับแสงจำนวนมาก[12]

เซนเซอร์ออกแบบมาเพื่อตรวจจับสเปกตรัมแสงที่สายตามนุษย์มองเห็นได้ด้วยความไวสูงสุดที่ 560 นาโนเมตร ซึ่งอยู่ในสเปกตรัมสีเขียว ช่วงเต็มช่วงประมาณ 400 nm ถึง 700 nm เซนเซอร์ทำงานได้ดีกับแสงที่มองเห็นได้เป็นสีขาวส่วนใหญ่ รวมทั้งแสงแดด หลอดไส้ ฟลูออเรสเซนต์ ฮาโลเจน และไฟ LED สีขาว และไม่ทำการรับค่าจากแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) และแสงอินฟราเรด (IR) โมดูล GY-30 ประกอบด้วยตัวควบคุม 3.3V และสามารถขับเคลื่อนจาก 3.3V หรือ 5V I²C มีวงจรเปลี่ยนระดับลอจิกเพื่อให้โมดูลเข้ากันได้กับลอจิกทั้ง 3.3V และ 5V พิน SDA ใช้ MOSFET สำหรับการแปลระดับเนื่องจากเป็นสัญญาณสองทิศทาง ขา SCL ใช้ไดโอดหรือตัวต้านทานเพื่อปรับระดับเนื่องจากเป็นแบบทิศทางเดียว

Address line มีตัวต้านทานแบบดึงลง 1K บนโมดูลเพื่อให้ที่อยู่ I²C มีค่าเริ่มต้นเป็น 0x23 หากไม่ได้เชื่อมต่อขา หาก Address line ถูกเพิ่มขึ้น ที่อยู่จะเป็น 0x5C

2.4.1 คุณสมบัติของ GY-30 (BH1750FVI) [13]

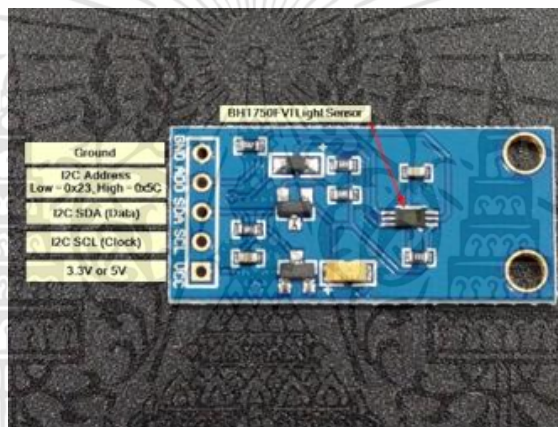
- 1) แรงดันใช้งาน: 3.3V ~ 6V
- 2) อินเทอร์เฟซบัส I²C (รองรับการใช้งานในโหมด F/S)
- 3) ความไวต่อแสงที่มองเห็นได้ โดยมีค่าสูงสุดที่ 560 nm
- 4) สเปกตรัมที่สามารถอ่านค่าได้คือการตอบสนองของสายตามนุษย์โดยประมาณ
- 5) ช่วงกว้างและความละเอียดสูง (1 ~ 65535 lx)
- 6) การพึ่งพาแหล่งกำเนิดแสงมีน้อย (เช่น หลอดไส้ หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดฮาโลเจน โคมไฟ ไฟ LED สีขาว แสงอาทิตย์)
- 7) ผลการวัดที่ปรับได้ส่งผลต่อการทำงานของหน้าตาออปติคัล (สามารถตรวจจับได้ต่ำสุด 0.11 lx สูงสุด 100000 lx โดยใช้ฟังก์ชันนี้) (1 ~ 65535 lx)
- 8) อิทธิพลของอินฟราเรดมีน้อยมาก
- 9) ความแปรผันการวัด (+/- 20%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

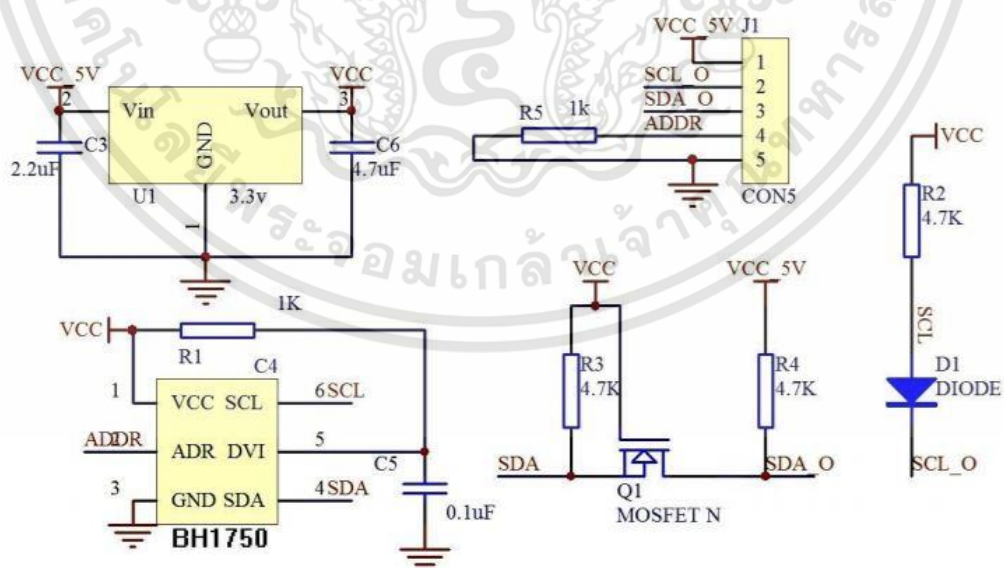
- 10) ไม่รับสัญญาณแสงรบกวน 50/60Hz
- 11) สามารถใช้งานได้กับแสงสีขาวส่วนใหญ่

2.4.2 ขบวนการใช้งานของ GY-30(BH1750FVI)

- 1) ขาที่ 1 GND = กราวด์
- 2) ขาที่ 2 AD0 = ที่อยู่ ค่าเริ่มต้นถูกตั้ง LOW = 0x23 สูง = 0x5C
- 3) ขาที่ 3 SDA = ข้อมูล I²C
- 4) ขาที่ 4 SCL = สัญญาณนาฬิกา I²C
- 5) ขาที่ 5 V_{CC} = กำลังไฟ (3.3V หรือ 5V)



รูปที่ 2.12 ตำแหน่งขาของเซนเซอร์วัดความเข้มแสง GY-30 (BH1750FVI)



รูปที่ 2.13 รูปวงจรของเซนเซอร์ความเข้มแสง GY-30 (BH1750FVI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ทฤษฎีและหลักการของแสงและความเข้มแสง

แสง (Light) แสงเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้ารูปแบบหนึ่งที่เดินทางผ่านอวกาศเป็นคลื่น เช่นเดียวกับไมโครเวฟและรังสีเอกซ์ คลื่นเหล่านี้มีความยาวคลื่นและมีความถี่ ความแตกต่างคือมนุษย์มีตัวรับที่สามารถรับรู้พลังงานที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 400-700 nm และเปลี่ยนเป็นภาพ [14] ความยาวคลื่นสอดคล้องกับสีที่แตกต่างกัน แสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 420 nm จะถูกมองว่าเป็นสีน้ำเงิน และแสงที่มีความยาวคลื่น 525 nm มองเห็นเป็นสีเขียวและ 635 nm มนุษย์มองเห็นเป็นสีแดง ความยาวคลื่นที่ยาวมากกว่านี้ขึ้นไปจะเรียกว่าอินฟราเรดและคลื่นที่สั้นกว่า 420 nm คือรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากนั้นจึงเอกซเรย์

ความเข้มแสง คือการมองเห็นของมนุษย์ขึ้นอยู่กับแสง แสงสะท้อนออกจากพื้นผิวเข้าสู่ดวงตาผ่านกระจกตาและรูม่านตาเพื่อสร้างภาพบนเรตินา ดวงตามีความไวต่อความเข้มของแสงที่กว้างมาก แต่ในระดับต่ำจะสูญเสียความสามารถในการแยกแยะรายละเอียด นั่นเป็นเหตุผลว่าทำไมงานที่มีความแม่นยำเช่นการผ่าตัด การวัดหรือการประกอบชิ้นส่วนที่มีความละเอียดจึงทำได้ดีที่สุดภายใต้แสงจ้า การทำงานภายใต้แสงที่ไม่เพียงพอทำให้เกิดความเหนื่อยล้าและข้อผิดพลาด อุบัติเหตุทางอุตสาหกรรมมักเกิดขึ้นเมื่อระดับแสงน้อย นอกจากนี้ความเข้มของแสงที่ดีจะเป็นตัวกำหนดว่าผู้คนสามารถชมการแสดงและถ่ายภาพที่มีคุณภาพได้ดีเพียงใด[14]

หลักการวัดความเข้มแสง หน่วยความเข้มแสงพื้นฐานคือแคนเดลาซึ่งเป็นแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากเทียนหนึ่งแท่งหรือในอีกความหมายคือแหล่งกำเนิดที่ปล่อยรังสีเอกซ์ความถี่ 540×10^{12} เฮิร์ตซ์และความเข้มการแผ่รังสีในทิศทางนั้นที่ $1/683$ วัตต์ต่อ สเตเรเดียน แหล่งกำเนิดแสง เช่น หลอดไส้ของหลอดไฟจะเปล่งแสงไปทุกทิศทาง อย่างมีประสิทธิภาพที่ศูนย์กลางของทรงกลมของแสงที่แผ่ออกมา พลังงานทั้งหมดของแสงทั้งหมดที่ถูกปล่อยออกมาเรียกว่า “ฟลักซ์ส่องสว่าง” หนึ่งแคนเดลาต่อสเตเรเดียนเรียกว่าลูเมนซึ่งเป็นหน่วยวัดความเข้มแสงที่คนคุ้นเคยมากที่สุด อย่างไรก็ตามสิ่งที่สำคัญที่สุดในแง่ของการวัดความเข้มของแสงคือจำนวนลูเมนที่ตกลงบนพื้นผิวซึ่งแสดงเป็นลักซ์ หนึ่งลักซ์คือหนึ่งลูเมนต่อตารางเมตร ความสว่างนี้สัมพันธ์กับระยะทางจากแหล่งกำเนิด

2.5 หลักการทำงานของเซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน

เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน + วัดความสว่างของแสง + วัดค่า pH สามารถเลือกโหมดในการอ่านค่าได้เมื่อเสียบลงพื้นดิน เซนมิเตอร์จะแสดงค่าที่ต้องการวัด ให้ค่าเป็นแบบอะนาล็อกแบบเข็ม สามารถต่อกับบอร์ด Arduino ได้โดยตรง การต่อใช้ขั้วบวกของวงจรต่อกับขา Analog ของบอร์ด Arduino และขั้วกราวด์ต่อเข้ากับขา GND ของบอร์ด Arduino

เมื่อวัดค่า pH และความชื้นของดิน ขั้นแรกให้สอดโพรบเข้าไปในดินให้มากที่สุด โดยเหลือไว้ประมาณ 1 cm. ที่ด้านบนของโพรบ กดปุ่มไปที่ pH เป็นการเลือกการวัดค่า pH, โดยอ้างอิงจากจอแสดงผลของเซนเซอร์ดังรูปที่ 3.14 คือค่า 8-3.5, ALKALINE เป็นด่าง, ACIDIC เป็น

กรด, ค่า 7 เป็นกลาง, ยิ่งค่าน้อย, ยิ่งมีความเป็นกรดสูง, โดยค่าที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับพืชพันธุ์แต่ละชนิด [15]

2.5.1 คุณสมบัติ [16]

- 1) 3 ใน 1 มัลติฟังก์ชันความชื้น PH และเครื่องวัดแสง
- 2) มีความแม่นยำในการวัด
- 3) เพียงเสียบโพรบของมิเตอร์ลงในดินให้เหลือประมาณ 1 cm ให้เปลี่ยนไปใช้การตั้งค่าที่คุณต้องการวัดและอ่านสเกล ตัวอย่างเช่น การเลือก MOIST มาตราส่วน 1-3 (ส่วนสีแดง) หมายถึงต้องรดน้ำ 4 -7 (ส่วนสีเขียว) หมายถึงเหมาะสม 8-10 (ส่วนสีน้ำเงิน) หมายถึงเปียกเกินไป
- 4) การอ่านความชื้น อยู่ในระดับ 0 (แห้ง) ถึง 10 (เปียก) ช่วงการอ่านแสงตั้งแต่ 0 (มืด) ถึง 2000 (แสง) และการอ่านค่า pH ระหว่าง pH 3.5 (กรด) และ pH 8 (ด่าง)



รูปที่ 2.14 เซนเซอร์วัดความชื้น+แสง+ค่า pH ในดิน

2.5.2 ค่า pH ของดินโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่อไปนี

pH ของดินเรียกอีกอย่างว่า "ปฏิกิริยาของดิน" เป็นปฏิกิริยากรด-เบสของสารละลายในดิน ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในสารละลายดินเป็นหลักและแสดงเป็นค่า pH สารละลายที่มีค่า pH 7 เป็นสารละลายที่เป็นกลาง ค่า pH น้อยกว่า 7 ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เป็นกรด และค่า pH ที่มากกว่า 7 เป็นปฏิกิริยาอัลคาไลน์

- 1) <4.5 ความเป็นกรดที่แรงมาก
- 2) 4.5-5.5 ความเป็นกรดแก่
- 3) 5.5-6.5 ความเป็นกรด
- 4) 6.5-7.5 เป็นกลาง

- 5) 7.5-8.5 ความเป็นต่าง
- 6) 8.5-9.5 ความเป็นต่างเข้มข้น
- 7) >9.5 เป็นต่างมาก

2.5.3 ทฤษฎีและหลักการของ pH ในดิน

ค่า pH ของดินมีอิทธิพลอย่างมากต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของพืช ดินจำนวนมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและตอนเหนือของประเทศจีนมีค่า pH สูง ในขณะที่ดินสีแดงทางตอนใต้มีค่า pH ต่ำ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะปลูกพืชและพืชที่เข้ากันได้กับ pH ของดิน

ค่า pH ของดินมีความสัมพันธ์ที่ตึงกับความพร้อมของธาตุอาหารพืช โครงสร้างดิน และการเจริญเติบโตของพืช ประการแรก ธาตุอาหารอินทรีย์ในดินต้องเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน เพื่อให้สามารถแปลงเป็นสารอาหารที่ออกฤทธิ์รวดเร็วสำหรับการดูดซึมพืช ในขณะที่จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุจะเติบโตใน สภาพแวดล้อมที่เป็นกลาง ดังนั้นธาตุอาหารในดินจึงมีประสิทธิภาพสูง เมื่อเข้าใกล้ปฏิกิริยาที่เป็นกลาง ประการที่สอง pH ของดินมีผลกระทบต่อโครงสร้างของดิน ในดินที่เป็นกรด ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนและแคลเซียมไอออนจะถูกแลกเปลี่ยนกับการชะล้าง ดังนั้นดินที่เป็นกรดจึงทำให้โครงสร้างของดินรวมตัวกันได้ง่าย ดินที่เป็นด่างประกอบด้วยไฮดรอกไซด์ไอออนทดแทนและประจุไฮดรอกไซด์ (HO⁻) จำนวนมาก ซึ่งกระจายอยู่ในอนุภาคของดินและทำให้ดินเป็นแผ่นและแห้ง ส่งผลให้คุณสมบัติทางโครงสร้างไม่ดีของดินที่เป็นด่าง นอกจากนี้ ค่า pH ของดินยังสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการเจริญเติบโตของพืช ในธรรมชาติ พืชบางชนิดมีข้อกำหนดที่เข้มงวดเกี่ยวกับสภาพกรดเบสของดิน พวกมันสามารถเติบโตได้ในช่วงกรดและเบสที่เฉพาะเจาะจงเท่านั้น พืชเหล่านี้สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ค่า pH ของดิน ดังนั้นจึงเรียกว่าพืชตัวบ่งชี้ ตัวอย่างเช่น ขวนขมสามารถเติบโตได้เฉพาะในดินที่เป็นกรดซึ่งเรียกว่าดินตัวบ่งชี้ของดินที่เป็นกรด เมื่อทราบช่วงการเจริญเติบโตที่เหมาะสมแล้ว เราสามารถเลือกพืชผลที่เหมาะสมตามค่า pH ของดิน หรือปรับดินตามพืชผลได้ pH ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

2.6 ศึกษาข้อมูลพืชที่เลือกใช้ในการปลูกเพื่อทดลอง

โดยในโครงการนี้เลือกใช้ผักกาดหอมในการปลูกเพื่อทดสอบ โดยผักกาดหอมเป็นพืชที่จัดอยู่ในตระกูล Compositae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lactuca sativa*

2.6.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [17]

2.6.1.1 ราก

รากของผักกาดหอมเป็นระบบรากแก้ว มีรากแก้วที่แข็งแรง อวบอ้วน และเจริญอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเมื่อปลูกในดินร่วนปนทรายที่มี ความชื้นเพียงพอ รากแก้วสามารถหยั่งลึกลงไปดินได้ถึง 5 ฟุต หรือมากกว่า แต่รากแก้วจะเสียหายในขณะที่ย้ายปลูก ดังนั้นรากที่เหลือจะเป็นรากแขนง ซึ่งแผ่กระจายอยู่ใต้ผิวดินประมาณ 1-2 ฟุต โดยปริมาณของรากจะอยู่รวมกัน เป็นกลุ่มหนาแน่น ไม่ค่อยแพร่กว้างออกไปมากนัก อย่างไรก็ตามการย้ายปลูกนั้นมิผลดีในการช่วยให้ผักกาดหอมประเภทหัวห่อหัวได้ดีขึ้น

2.6.1.2 ลำต้น

ลำต้นของผักกาดหอมในระยะแรกมักจะมองไม่ค่อยเห็น เนื่องจากใบมักจะปกคลุมไว้ จะเห็นชัดก็ต่อเมื่อระยะแทงช่อดอก ลักษณะลำต้นผักกาดหอม จะตั้งตรงสูงชะลูดขึ้นจนสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน ลำต้นมีลักษณะอวบอ้วน ถ้าปลูกในที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก ๆ จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 2 นิ้ว ลำต้นมีลักษณะเป็นข้อสั้น แต่ละข้อจะเป็นที่เกิดของใบ

2.6.1.3 ใบ

ใบแตกออกมาจากลำต้นโดยรอบ สีใบมีตั้งแต่เขียวอ่อน เขียวปนเหลือง จนถึงสีเขียวแก่ บางพันธุ์มีสีแดงหรือน้ำตาลปนอยู่ ทำให้มีสีแดง บรอนซ์หรือน้ำตาลปนเขียว พันธุ์ที่ห่อเป็นหัวจะมีใบหนา เนื้อใบอ่อนนุ่ม ใบ จะห่อหัวอัดกันแน่นคล้ายกะหล่ำปลี ใบที่ห่ออยู่ข้างในจะเป็นมัน บางชนิดมีใบม่วงนอเพราะมีเส้นใบเห็นได้ชัด ขอบใบมีลักษณะเป็นหยัก ขนาดและรูปร่างของใบผักกาดหอมจะแตกต่างกันตามชนิด

2.6.1.4 ดอก

ดอกผักกาดหอมมีลักษณะเป็นช่อแบบที่เรียกว่า panicle ประกอบด้วยกลุ่มของดอกที่อยู่เป็นกระจุกตรงยอดแต่ละกระจุก ประกอบด้วยดอกย่อย 15-25 ดอกหรือมากกว่า ก้านช่อดอกจะยาวประมาณ 2 ฟุต ช่อดอกอันแรกจะเกิดที่ยอดก่อน จากนั้นจะเกิดช่อดอกข้างตรงมุมใบขึ้นภายหลัง ช่อดอกที่เกิดจากส่วนยอดโดยตรงจะมีอายุมากที่สุด ส่วนช่อดอกอื่น ๆ จะมีอายุรองลงมา ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ กลีบดอกสีเหลือง ตรงโคน เชื่อมติดกัน รังไข่มี 1 ห้อง เกสรตัวเมียมี 1 อัน มีลักษณะเป็น 2 แฉก เกสรตัวผู้ 5 อัน รวมกันเป็นยอดยาวห่อหุ้มก้านเกสรตัวเมียและยอดเกสรตัวเมียไว้

2.6.1.5 เมล็ด

เมล็ดผักกาดหอมเป็นชนิดเมล็ดเดี่ยว (achene) ซึ่งเจริญมาจากรังไข่อันเดียว เมล็ดจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง เปลือกเมล็ดจะไม่แตกเมื่อเมล็ดแห้ง เมล็ดของผักกาดหอมมี

ลักษณะแบนยาว หัวท้ายแหลมเป็นรูปหอก มีเส้นเล็ก ๆ ลาดยาวไปตามด้านยาวของเมล็ดที่ผิว เปลือกหุ้มเมล็ด เมล็ดมีสีเทาปนครีม ความยาวของเมล็ดประมาณ 4 มิลลิเมตร และกว้างประมาณ 1 มิลลิเมตร

2.6.2 ผักกาดหอมใบ

ผักกาดหอมใบ (Leaf lettuce) เป็นผักกาดหอมที่ใบไม่ห่อเป็นหัว นิยมปลูกกันทั่วไปในประเทศไทย ผักกาดหอมประเภทนี้ใบจะกว้างใหญ่และหยิกเจริญเติบโตออกไปทางด้านบนและด้านข้าง ไม่ห่อเป็นหัว ต้นเป็นพุ่มเตี้ย ผักกาดหอมใบจะทนต่ออากาศร้อนได้ดีกว่าประเภทอื่น ๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- 1) ชนิดที่มีสีเขียวทั้งต้น ได้แก่พันธุ์ Grand Rapids, Simpson's Curled, Boston Curled และ Slobott เป็นต้น
- 2) ชนิดที่มีสีน้ำตาลทั้งต้น ได้แก่พันธุ์ Prize Head เป็นต้น



รูปที่ 2.15 ผักกาดหอม

2.6.3 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

ผักกาดหอมเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิด ไม่ว่าจะ เป็นดินเหนียว ดินร่วน หรือดินร่วนปนทราย แต่สามารถปลูกผักกาดหอม ได้ผลดีที่สุดที่ดินร่วน ซึ่งมีการระบายน้ำและระบายอากาศดี ความเป็นกรด เป็นด่าง (pH) ของดินอยู่ระหว่าง 6.0-6.8 มีความชื้นในดินพอสมควร พื้นที่ ปลูกผักกาดหอมควรให้ได้รับแสงเต็มที่ตลอดวัน เพราะผักกาดหอมต้องการ

แสงเต็มที่ตลอดวัน ผักกาดหอมเป็นพืชฤดูเดียวเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศเย็น ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมนั้นถ้าเป็นผักกาดหอมใบจะอยู่ระหว่าง 21-26 องศาเซลเซียส หากปลูกผักกาดหอมในสภาพอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้ผักกาดหอมมีรสขม และแทงช่อดอกเร็ว แต่อย่างไรก็ตามผักกาดหอมสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์

2.6.3.1 ผลของความเข้มแสงต่อการเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอม

การปลูกกลางแจ้งภายใต้แสงอาทิตย์ความเข้มแสง $1,200 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ [18] ในหน่วยของ PPFD หรือ Photosynthetic Photon Flux Density คือค่าของแสงที่สำคัญที่สุดสำหรับการปลูกต้นไม้ เพราะว่าเป็นค่าที่ได้ถูกนำมาประยุกต์แล้ว การวัดค่า PPFD คือการวัดว่าจริง ๆ แล้วพืชได้รับแสง(ที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์แสง)เท่าไร มีหน่วยเป็น $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ [19] โดยสามารถแปลงให้อยู่ในหน่วย Lux ดังตารางที่ 3.1 โดยสรุปได้ว่าผักกาดหอมปลูกกลางแจ้งภายใต้แสงอาทิตย์ความเข้มแสง $1,200 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ หรือ 64,800 Lux

การแปลงหน่วย PPFD เป็น Lux จากการคำนวณข้างล่างสามารถนำไปแปลงค่า Lux เป็น PPFD (ความหนาแน่นฟลักซ์ของโฟตอนในการสังเคราะห์แสง)วัดอยู่ในรูป $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ และแสดงเป็นไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที PPFD เป็นวิธีที่ถูกต้องในการแสดงความเข้มของ PAR (400-700 nm) ที่เป็นแบบในทันทีที่กระทบต่อจุด ๆ หนึ่งบนพืชอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่า PPFD คือควอนตัมมิเตอร์เหมือนกับ LBGQM ของการปลูกพืชด้วยน้ำ

ตารางที่ 2.1 การแปลง PPFD เป็น Lux [20]

Lux to PPFD ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		PPFD ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) to Lux	
Sunlight	0.0185	Sunlight	54
Cool White Fluorescent	0.0165	Cool White Fluorescent	74
Mogul Base HPS	0.0122	Mogul Base HPS	82
DE 1000W HPS	0.0130	DE 1000W HPS	77
Metal Halide	0.0141	Metal Halide	71
Philips 315W Agro 3100K CMH	0.0170	Philips 315W Agro 3100K CMH	59
Philips 315W 4200K CMH	0.0154	Philips 315W 4200K CMH	65
Multiply the Lux by the conversion factor to get PPFD. For example, full sunlight is 108,000 Lux or $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($108,000 \times 0.0185$)		Multiply the PPFD by the conversion factor to get Lux. For example, full sunlight is $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ or 108,000 Lux (2000×54).	
Conversion data provided by Apogee Instruments, Logan, UT			

2.6.4 การเตรียมดิน

2.6.4.1 แปลงเพาะกล้า การเตรียมแปลงเพื่อทำการเพาะกล้านั้นจะทำการปลูกผักกาดหอมท่อนหัว ส่วนการปลูกผักกาดหอมใบนั้นไม่ต้องทำการ เพาะกล้า ทำการหว่านเมล็ดลงแปลงปลูกโดยตรง การเตรียมแปลงเพาะกล้าโดยขุดหรือไถพลิกดินให้ลึกประมาณ 10-15 เซนติเมตร แล้วตากดินไว้ประมาณ 5-7 วัน ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักผสมลงในดิน พรวนย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าดินให้ละเอียด แล้วทำการโรยเมล็ดลงเพาะ ถ้าต้องการปลูกผักกาดหอม 1 ไร่ ควรเตรียมแปลงเพาะกล้าขนาดประมาณ 2-2.5 ตารางเมตร

2.6.4.2 แปลงปลูก การเตรียมดินสำหรับปลูกผักกาดหอมใบซึ่งเป็นการเตรียมดินเพื่อหว่านเมล็ดโดยตรง หรือเตรียมดินสำหรับปลูกผักกาดหอมจากการเพาะกล้ามาแล้ว ควรขุดหรือไถพลิกดินลึกประมาณ 20-30 เซนติเมตร ตากดินไว้ประมาณ 7-10 วัน ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วประมาณ 2-3 ตันต่อไร่ คลุกให้เข้ากับดิน แล้วพรวนย่อยหน้าดินให้ละเอียด พร้อมทั้งจะทำการหว่านเมล็ดหรือนำต้นกล้ามาปลูก

2.6.5 การเพาะกล้า

การเพาะกล้าจะทำเมื่อปลูกผักกาดหอมห่อ เพาะกล้าในแปลงขนาด 2-2.5 ตารางเมตร สำหรับปลูกในพื้นที่ 1 ไร่ ใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 50 กรัม (ประมาณ 4 หมื่นเมล็ด) หลังจากเตรียมแปลงเพาะแล้วให้หว่านเมล็ดลงบน แปลงให้กระจายไปทั่วแปลง แล้วใช้ดินที่ผสมกับปุ๋ยคอกโรยทับบาง ๆ คลุม ด้วยฟางข้าว รดน้ำให้ชุ่ม หรือจะใช้วิธีโรยเป็นแถว ให้แต่ละแถวห่างกันประมาณ 10 เซนติเมตร ดูแลรักษาจนกระทั่งกล้ามีใบจริง 2-3 ใบ ให้ทำการ ถอนต้นกล้าออกบ้าง เพื่อไม่ให้เบียดกันแน่นเกินไป เพราะอาจทำให้ต้นกล้า เกิดโรคโคนเน่าและต้นกล้าอ่อนแอได้ เมื่อต้นกล้ามีอายุ 25-30 วัน หรือมีใบจริง 3-4 ใบ จึงทำการย้ายกล้าลงปลูกในแปลง

2.6.6 การปลูก

ผักกาดหอมสามารถปลูกได้ทั้งวิธีการหว่านเมล็ดลงแปลงปลูกโดยตรงและการย้ายกล้าปลูก มีทั้งการปลูกแบบแถวเดี่ยวและแบบแถวคู่ มีวิธีการดังนี้

การปลูกโดยการหว่านเมล็ด เป็นวิธีการปลูกที่นิยมใช้กับผักกาดหอมใบ โดยการหว่านเมล็ดให้กระจายทั่วทั้งผิวนแปลงปลูกอย่างสม่ำเสมอ หรือโรยเมล็ดลงในแปลงเป็นแถวก็ได้ แต่ก่อนหว่านเมล็ดควรคลุกเมล็ดด้วยสารเคมีป้องกันเชื้อรา เช่น แคปแทนหรือไฮแรม เพื่อป้องกันโรคเน่าคอดิน หลังจาก หว่านเมล็ดแล้วให้ใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วหว่านกลบหนาประมาณ 0.5 – 1 เซนติเมตร แล้วคลุมดินด้วยหญ้าแห้งหรือฟางแห้งสะอาดบาง ๆ รดน้ำ ด้วยบัวฝอยละเอียด เมื่อต้นกล้ามีใบจริง 2-3 ใบ ให้รีบถอนแยกต้นที่อ่อนแอทิ้ง และจัดระยะระหว่างต้นให้พอเหมาะ ถ้าแน่นทึบเกินไปกล้าผักจะตายง่าย และทำการถอนแยกครั้งสุดท้ายเมื่ออายุได้ 3 สัปดาห์พร้อมกับจัดระยะระหว่างต้น 20 X 20 เซนติเมตร หรือ 30 X 30 เซนติเมตร หากปลูกในช่วงหน้าร้อนควรมีการคลุมแปลงปลูกเพื่อพรางแสงแดด จะทำให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น โดยใช้ไม้ไผ่หรือไม้ทำโครงสูง 2-2.5 เมตร แล้วใช้ไม้ไผ่พาดและมุงด้วยทางมะพร้าว สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่ใช้หว่านในพื้นที่ 1 ไร่ ใช้ประมาณ 1-2 ลิตร แต่ถ้าใช้วิธีหยอดเมล็ดเป็นแถวโดยให้มีระยะระหว่างแถวประมาณ 20 เซนติเมตร จะใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 100-160 กรัมต่อไร่

สำหรับฤดูปลูกผักกาดหอมในประเทศไทยนั้น ผักกาดหอมใบสามารถ ปลูกได้ตลอดปี ส่วนผักกาดหอมหัวปลูกได้ผลดีในช่วงฤดูหนาวประมาณ เดือนตุลาคมถึงธันวาคม

2.6.7 การปฏิบัติดูแลรักษา

ผักกาดหอมเป็นผักที่ต้องการการดูแลรักษาอย่างดีสม่ำเสมอ เพราะเป็นผักที่ใช้ประโยชน์จากส่วนยอดและใบ หากยอดถูกทำลายแล้วถึงแม้จะมียอดเกิดขึ้นใหม่ก็ได้ขนาดไม่เท่า ยอดเดิม ดังนั้นผู้ปลูกจะต้องปฏิบัติดูแลรักษาเป็นพิเศษอย่างน้อยวันละ 1 ครั้งนอกเหนือจากการปฏิบัติดูแลรักษาตามปกติ

2.6.7.1 การให้น้ำ เนื่องจากผักกาดหอมเป็นผักรากตื้นจึงไม่สามารถดูดน้ำในระดับลึกได้ จึงควรให้น้ำอย่างสม่ำเสมอและเพียงพอ โดยในระยะ 2 สัปดาห์แรกหลังจากย้ายปลูกควรให้น้ำทุกวันในตอนเช้าและเย็น โดยใช้บัวฝอยละเอียดรดรอบ ๆ โคนต้น ไม่รดจนและเกินไป และให้น้ำแบบวันเว้นวันในสัปดาห์ต่อ ๆ มา สำหรับผักกาดหอมใบนั้นควรจะมีการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอและเพียงพอ เนื่องจากอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ส่วนผักกาดหอมหัวนั้นควรดูจากสภาพความชื้นในดินเป็นสำคัญ แต่ในระยะที่กำลังห่อหัวอยู่นั้นไม่ควรให้น้ำไปถูกหัวเพราะอาจทำให้เกิดโรคเน่าและได้

2.6.7.2 การใส่ปุ๋ย ช่วงเตรียมดินควรใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักรองพื้นประมาณ 2-3 ตันต่อไร่ เมื่อผักกาดหอมอายุได้ 7 วันควรใส่ปุ๋ยยูเรีย โดยละลายน้ำรดในอัตรา 1 ช้อนแกงต่อน้ำ 1 ปีบ ต่อเนื้อที่ 5 ตารางเมตร รดวันเว้นวัน เพื่อเร่งการเจริญเติบโตในระยะแรก เมื่อผักกาดหอมอายุได้ 15-20 วัน ให้ใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 สำหรับพันธุ์ใบ และใช้ปุ๋ยสูตร 13-13-3 สำหรับพันธุ์หัวหัว ในอัตรา 30-50 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินแต่ละแห่งด้วย ผักกาดหอมต้องการธาตุโปแตสเซียมมากกว่าไนโตรเจน โปแตสเซียมจะทำให้ใบผักกาดหอมบางและไม่มีรอยจุดบนใบ ผักกาดหอมที่ได้รับธาตุไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้ใบมีสีเขียวเข้มรสชาติไม่อร่อย การใส่ปุ๋ยผักกาดหอมพันธุ์ใบควรใส่ทั้งหมดในครั้งเดียวตอนเตรียมดินปลูก แต่สำหรับผักกาดหอมหัวหัวควรแบ่งใส่ 2 ครั้ง คือครั้งแรกใส่ประมาณ 2 ใน 3 ส่วน โดยใส่ตอนปลูกแล้วพรวนดินกลบ ส่วนที่เหลือใส่เมื่ออายุได้ 21 วัน โดยโรยข้างต้นห่าง ๆ แล้วพรวนดินกลบ

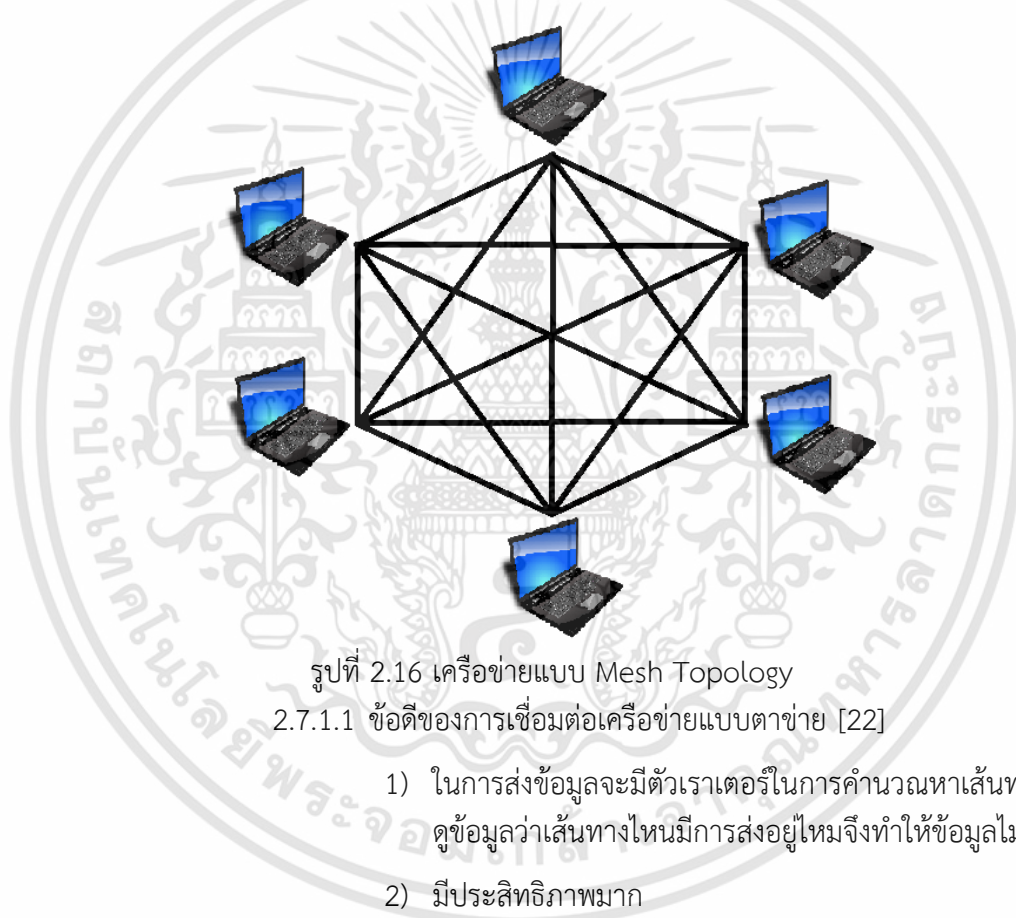
2.6.8 การเก็บเกี่ยว

อายุการเก็บเกี่ยวของผักกาดหอมขึ้นอยู่กับพันธุ์เป็นสำคัญ อายุการเก็บเกี่ยวผักกาดหอมใบประมาณ 40-50 วันหลังจากหวานเมล็ดลดลงแปลง การเก็บควรเลือกเก็บขณะที่ใบยังอ่อน กรอบ ไม่เหนียวกระด้าง ไม่ควรเก็บขณะต้นแก่เพราะจะมีรสขม วิธีการตัดโดยใช้มีดตัดตรงโคนต้น แล้วตัดแต่งใบเสียทิ้งไป ชูบน้ำเพื่อล้างยางสีขาวออกและสลัดน้ำออกให้หมด เพราะถ้ามีน้ำขังอยู่จะเน่าเสียได้ง่าย หลังจากนั้นนำไปจัดเรียงใส่ช่องที่รองกันด้วยใบตอง หรือใบไม้อื่น ๆ ผลผลิตประมาณ 1,100-3,000 กิโลกรัมต่อไร่

2.7 การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์

2.7.1 โครงสร้างเครือข่ายแบบตาข่าย MESH Topology

โครงสร้างแบบตาข่าย (MESH topology) เครือข่ายที่มีรูปแบบจะมีการเชื่อมต่อระหว่างโหนดมากกว่าหนึ่งการเชื่อมต่อ การที่โหนดทุกตัวนั้นเชื่อมต่อกันทั้งหมดหรือโหนดบางส่วนก็สามารถเชื่อมต่อได้หลายอย่างนั้นเป็นการทำงานของเครือข่ายอย่างเต็มรูปแบบ ประโยชน์ของโครงสร้างแบบตาข่าย คือหากการส่งข้อมูลเกิดความผิดพลาดจะสามารถเปลี่ยนเส้นทางการส่งไปยังโหนดอื่นได้ แต่การติดตั้งนั้นซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูงกว่าระบบอื่น ๆ โดยในการเชื่อมต่อแบบตาข่ายจะนิยมเชื่อมต่อกันบนระบบไร้สาย [21]



รูปที่ 2.16 เครือข่ายแบบ Mesh Topology

2.7.1.1 ข้อดีของการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบตาข่าย [22]

- 1) ในการส่งข้อมูลจะมีตัวเราเตอร์ในการคำนวณหาเส้นทางและดูข้อมูลว่าเส้นทางไหนมีการส่งอยู่ไหมจึงทำให้ข้อมูลไม่ชนกัน
- 2) มีประสิทธิภาพมาก
- 3) หากเส้นทางไหนมีปัญหาตัวเราเตอร์ก็จะคำนวณเส้นทางใหม่โดยอัตโนมัติ

2.7.1.2 ข้อเสียของการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบตาข่าย

- 1) มีราคาแพง
- 2) ใช้ต้นทุนสูงหากมีเครื่องคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้นก็จะทำให้มีเส้นทางที่มากขึ้นเพราะใน 1 เครื่องต้องต่อเข้ากับทุกเครื่อง
- 3) มีความซับซ้อนในการเชื่อมต่อ

2.7.2 Wi-Fi

Wi-Fi ย่อมาจาก wireless fidelity คือ เทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารแบบไร้สาย โดยมีมาตรฐานรองรับใช้งานทั่วโลกคือ IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ดูแลด้านการกำหนดมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลบนระบบคอมพิวเตอร์โดยตรง สัญญาณไวไฟ จะมีเลขมาตรฐานของคลื่นคือ 802.11 และตามด้วยตัวอักษร a/b/g/n/ac/ax ซึ่งเป็นการระบุ Class ของสัญญาณไวไฟที่มีผลต่อความเร็วโดยตรง โดย Class เหล่านี้เป็นการแบ่งประเภทตามเกณฑ์ของ IEEE โดยมีรายละเอียดดังนี้ [23]

- 1) Wi-Fi 1 (802.11b) เป็นมาตรฐานของไวไฟ ซึ่งรองรับความเร็วสูงสุดที่ 1-11 Mbps และส่งสัญญาณบนคลื่น 2.4 GHz
- 2) Wi-Fi 2 (802.11a) เป็นมาตรฐานของไวไฟ ซึ่งรองรับความเร็วสูงสุดที่ 1.5-54 Mbps และส่งสัญญาณบนคลื่น 5 GHz
- 3) Wi-Fi 3 (802.11g) เป็นมาตรฐานของไวไฟ ซึ่งรองรับความเร็วสูงสุดที่ 3-54 Mbps และส่งสัญญาณบนคลื่น 2.4 GHz
- 4) Wi-Fi 4 (802.11n) เป็นมาตรฐานของไวไฟ ซึ่งรองรับความเร็วสูงสุดที่ 72-600 Mbps และส่งสัญญาณบนคลื่น 2.4 และ 5 GHz
- 5) Wi-Fi 5 (802.11ac) เป็นมาตรฐานของไวไฟ ซึ่งรองรับความเร็วสูงสุดที่ 433-6,933 Mbps และส่งสัญญาณบนคลื่น 5 GHz
- 6) Wi-Fi 6 (802.11ax) เป็นมาตรฐานรุ่นล่าสุดของไวไฟ ซึ่งรองรับความเร็วสูงสุดที่ 600-9,608 Mbps โดย Wi-Fi 6 จะส่งสัญญาณบนคลื่น 2.4, 5 ส่วน Wi-Fi 6E จะส่งสัญญาณที่คลื่น 6 GHz

ในการแบ่งมาตรฐานของ Wi-Fi ออกเป็น 6 ประเภทนั้น จะเห็นได้ว่า มีสิ่งหนึ่งที่มีความแตกต่างกันอีก นั่นก็คือประเภทของคลื่น Wi-Fi ทั้ง 2.4 GHz, 5 GHz และ 6 GHz ซึ่งทั้งสามนี้ จะมีความแตกต่างกันดังนี้

- 1) 2.4 GHz คลื่นประเภทนี้จะเป็นคลื่นความถี่ต่ำ ซึ่งมีรัศมีการกระจายของสัญญาณที่กว้างและไกล มีอุปกรณ์ที่รองรับเป็นจำนวนมาก แต่จะมี Bandwidth หรือช่องสัญญาณที่น้อย (11 ช่อง) และมีความเร็วในการส่ง/รับข้อมูลที่ไม่เร็วมากนัก
- 2) 5 GHz คลื่นประเภทนี้จะเป็นคลื่นความถี่สูง ซึ่งมีรัศมีการกระจายสัญญาณต่ำกว่า อุปกรณ์ที่รองรับมักจะมีราคาค่อนข้างสูง แต่เป็นคลื่นที่มี Bandwidth เยอะ (23 ช่อง) มีการถ่ายโอนข้อมูลที่รวดเร็วมก ทำให้สามารถเชื่อมต่อหลายอุปกรณ์พร้อมกันโดยที่ความเร็วยังสูงอยู่
- 3) 6 GHz คลื่นประเภทนี้จะเป็นคลื่นความถี่ที่สูงกว่า และเป็นความถี่ที่มีอุปกรณ์รองรับน้อยมาก มีการกระจายสัญญาณที่ต่ำ แต่มีความเร็วในการเชื่อมต่อที่สูงมากกว่า 5 GHz มีค่าความหน่วงของสัญญาณน้อยมาก สามารถรองรับอุปกรณ์ได้หลายเครื่องพร้อมกันโดยที่ความเร็วไม่ตก นอกจากนี้ยังมีช่องสัญญาณที่กว้างลดการรบกวนกันเองของสัญญาณ Wi-Fi อีกด้วย

มาตรฐานของ Wi-Fi แต่ละประเภที่นั้น ก็เป็นการพัฒนาที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตแบบไร้สายได้ดีมากขึ้น ทั้งในแง่ของความเร็วที่เพิ่มขึ้น รวมไปถึงขอบเขตสัญญาณ ถึงแม้ว่าคลื่นความถี่สูงจะมีระยะการกระจายคลื่นต่ำ แต่หากใช้งานในพื้นที่ที่คลื่นครอบคลุมก็จะใช้งานไวไฟได้ดี

2.7.3 Mesh Wi-Fi

Mesh Wi-Fi คือ การเชื่อมต่อไร้สายแบบตาข่ายใยแมงมุมที่ทุกเครื่องเชื่อมต่อถึงกันทั้งหมด โดยไม่มีข้อจำกัดเหมือนอุปกรณ์เน็ตเวิร์คแต่ก่อนที่โดยมากจะเชื่อมต่อแบบกึ่งก้าน หรือเป็นดาว แต่ Mesh จะเชื่อมต่อได้ทั้งแบบต่อตรง โดนามิค และไม่มีลำดับชั้น ไปยังจุด (node) ต่าง ๆ สามารถเพิ่มจุดกระจายสัญญาณได้อย่างง่ายดายและได้มากเท่าที่ระบบจะทำได้ สัญญาณปล่อยออกมามีเสถียรภาพและมีรักษาความเร็วอินเทอร์เน็ตได้ดีกว่าอุปกรณ์ทวนสัญญาณ (Repeater) ทั่วไป ใช้ชื่อ Wi-Fi (SSID) เดียวกันได้ ไม่ต้องวุ่นวายเชื่อมต่อใหม่เมื่อเดินจากห้องนั่งเล่นขึ้นไปห้องนอน โดยระบบจะเลือกการเชื่อมต่อแต่ละจุดให้อัตโนมัติตามความเหมาะสม ซึ่งถ้ามีเครื่องใดเครื่องหนึ่งหลุดออกจากระบบ เครื่องจะเชื่อมต่อเส้นทางใหม่ให้โดยอัตโนมัติ ทำให้ใช้ระบบไม่ล่มและใช้งานต่อเนื่องได้อย่างไม่มีสะดุด [24]

โดยสามารถสรุป MESH Wi-Fi ได้ดังนี้

- 1) ขยาย Wi-Fi ไปทั่วบ้านได้ทั้งแบบเดินสาย(ความเร็วเน็ตเต็ม) และไม่เดินสาย(ความเร็วเน็ตลดลงตามระยะทาง)
- 2) ตั้งค่าให้ชื่อ Wi-Fi (SSID) เป็นชื่อเดียวกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) ความเร็วที่ได้ต่อจุด (node) มีคุณภาพดีกว่า Repeater ทั่วไป
- 4) ถ้าจุดใดจุดหนึ่งล่ม จะไม่ทำให้ระบบทั้งหมดล่มตามไปด้วย

2.7.4 MQTT

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) คือโปรโตคอลในการส่งข้อมูลที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในระบบ IOT มันทำงานแบบ Broker and Clients Network มันถูกออกแบบให้สามารถส่งข้อมูลแบบ Real-Time ในปริมาณข้อมูลทีน้อย ทำให้ใช้พลังงานต่ำมันถูกพัฒนาขึ้นมาจาก TCP/IP ที่มีการส่งข้อมูลแบบ One-To-One ทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรมากซึ่งไม่เหมาะกับระบบ IOT เนื่องจากในระบบ IOT มีการส่งข้อมูลตลอดเวลา และ 1 อุปกรณ์อาจรับหรือส่งข้อมูลไปยังหลายอุปกรณ์ หรือการส่งข้อมูลแบบ One-To-All โดยอุปกรณ์ทุกตัวที่ทำการ Subscriber ไปยัง Topic ใดๆ บน Broker จะได้รับข้อมูลที่ Publisher ส่งให้ Topic นั้นๆบน Broker ทั้งหมด

MQTT ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ [25]

- 1) MQTT Client เป็นส่วน publish ข้อมูลต่างๆ ขึ้นไปยัง MQTT Broker และสามารถ Subscribe ข้อมูลต่างๆจาก MQTT Broker ผ่านทาง TCP/IP Protocol ถ้ามองในมุมมองของ Internet of Things (IoT) อุปกรณ์จำพวกนี้จะเป็น Device ที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายได้ เช่น บอร์ด Arduino Uno Wifi 2, Arduino MKR Wifi 1010, บอร์ด ESP32, บอร์ด ESP8266, บอร์ด Raspberry Pi, เว็ปไซต์, สมาร์ทโฟน
- 2) MQTT Broker หรือ MQTT Server เป็นซอฟต์แวร์สำหรับรับข้อมูลจาก MQTT Client ที่ได้ publish เข้ามาและสามารถ publish ข้อมูลจาก MQTT Broker ไปยัง MQTT Client ที่ได้ Subscribe ข้อมูลไว้ได้ หากมองในมุมมองของ Internet of Things อุปกรณ์นี้อาจจะเป็น Cloud Server ของค่ายต่างๆ เช่น CloudMQTT, NETPIE, Azure, AWS เป็นต้น หรือใช้ Single Board Computer เช่น บอร์ด Raspberry Pi, LattePanda, Beagle Bone, nanoPi, อื่นๆ แล้วติดตั้งซอฟต์แวร์เพิ่มเติมก็สามารถใช้งานได้เช่นกัน



รูปที่ 2.17 ส่วนประกอบของ MQTT

โดยที่ [26]

- Broker(Server) คือ ตัวกลางในการรับข้อมูลจาก Publisher และส่งข้อมูลให้กับ Subscriber Clients(Subscriber / Publisher)
- Publisher คือ ตัวส่งข้อมูลให้กับ Topic ที่อยู่ใน Broker เรียกว่าการ Publish
- Subscriber คือ ตัวรับข้อมูลจาก Topic ที่อยู่ใน Broker เรียกว่าการ Subscribe
- Topic คือ หัวเรื่องที่เราต้องการรับส่งข้อมูล ระหว่าง Publisher กับ Subscriber

2.8 ภาษาคอมไพเลอร์ที่ใช้ในระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติ

ภาษาคอมไพเลอร์ หมายถึง ภาษาใด ๆ ที่ผู้ใช้งานใช้สื่อสารกับคอมไพเลอร์ หรือคอมไพเลอร์ด้วยกัน แล้วคอมไพเลอร์สามารถทำงานตามคำสั่งนั้นได้ คำนี้มักใช้เรียกแทนภาษาโปรแกรม แต่ความเป็นจริงภาษาโปรแกรมคือส่วนหนึ่งของภาษาคอมไพเลอร์เท่านั้น และมีภาษาอื่น ๆ ที่เป็นภาษาคอมไพเลอร์เช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น HTML เป็นทั้งภาษามาร์กอัปและภาษาคอมไพเลอร์ด้วย แม้ว่ามันจะไม่ใช้ภาษาโปรแกรม หรือภาษาเครื่องนั้นก็นับเป็นภาษาคอมไพเลอร์ ซึ่งโดยทางเทคนิคสามารถใช้ในการเขียนโปรแกรมได้ แต่ก็ไม่จัดว่าเป็นภาษาโปรแกรม

ภาษาคอมไพเลอร์สามารถแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ ภาษาระดับสูง (high level) และภาษาระดับต่ำ (low level) ภาษาระดับสูงถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานง่ายและสะดวกสบายมากกว่าภาษาระดับต่ำ โปรแกรมที่เขียนถูกต้องตามกฎหมายและไวยากรณ์ของภาษาจะถูกแปล (compile) ไปเป็นภาษาระดับต่ำเพื่อให้คอมไพเลอร์สามารถนำไปใช้งานหรือปฏิบัติตามคำสั่งได้ต่อไป ซอฟต์แวร์สมัยใหม่ส่วนมากเขียนด้วยภาษาระดับสูง แปลไปเป็นออบเจกต์โค้ด (object code) แล้วเปลี่ยนให้เป็นชุดคำสั่งในภาษาเครื่อง

ภาษาคอมไพเลอร์อาจแบ่งกลุ่มได้เป็นอีกสองประเภทคือ ภาษาที่มนุษย์อ่านออก (human-readable) และภาษาที่มนุษย์อ่านไม่ออก (non human-readable) ภาษาที่มนุษย์อ่านออกถูกออกแบบมาเพื่อให้มนุษย์สามารถเข้าใจและสื่อสารได้โดยตรงกับคอมไพเลอร์ ส่วนใหญ่เป็นภาษาอังกฤษ ส่วนภาษาที่มนุษย์อ่านไม่ออกจะมีโค้ดบางส่วนที่ไม่อาจอ่านเข้าใจได้ [27]

2.8.1 ภาษา HTML

HTML ย่อมาจาก Hypertext Markup Language เป็นภาษาคอมไพเลอร์รูปแบบหนึ่ง ที่มีโครงสร้างการเขียนโดยอาศัยตัวกำกับ (TAG) ควบคุมการแสดงผลข้อความ รูปภาพ หรือวัตถุอื่น ๆ ผ่านโปรแกรมเบราว์เซอร์ แต่ละ Tag อาจจะมีส่วนขยาย เรียกว่า Attribute สำหรับระบุ หรือควบคุมการแสดงผล ของเว็บได้ด้วย HTML เป็นภาษาที่ถูกพัฒนาโดย World Wide

Web Consortium (W3C) จากแม่แบบของภาษา SGML (Standard Generalized Markup Language) โดยตัดความสามารถบางส่วนออกไป เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจและเรียนรู้ได้ง่าย [28]

โครงสร้างของภาษา HTML จะมีองค์ประกอบหลัก ๆ อยู่ 2 ส่วน คือ

- 1) ข้อความที่ต้องการให้แสดงบนจอภาพ
- 2) ข้อความที่เป็นคำสั่ง

โดยคำสั่งในเอกสาร html นี้จะเรียกว่า แท็ก (Tag) โดยแท็กจะต้องขึ้นต้นด้วย < ตามด้วย ชื่อแท็ก ปิดท้ายด้วย > ดังนี้ <Tag name> ซึ่งจะเรียกว่า แท็กเปิดแล้วจะต้องปิดท้ายข้อความด้วยแท็กปิด ซึ่งจะมีลักษณะดังนี้ </Tag name> ตัวอย่างของรูปแบบแท็ก <Tag name> ข้อความที่ต้องการให้แสดง</Tag name>

โครงสร้างของภาษา html จะประกอบด้วย 2 ส่วนด้วยกัน คือส่วนที่เป็นส่วนหัว (head) และส่วนเนื้อหา (body) โดยมีรูปแบบภาษาดังนี้

```
<html>
  <head>
    <title>ข้อความที่ต้องการให้แสดงบน title บาร์ </title>
  </head>
  <body>
    คำสั่งและข้อความให้แสดงบน browser
  </body>
</html>
```

โดย <html> ... </html> เป็นบล็อกแรกที่จะต้องมีในเอกสาร และจะครอบคลุมบล็อกต่าง ๆ คือ เอกสาร html ทุกเอกสารจะต้องขึ้นต้นด้วย <html> และ ปิดท้ายด้วย </html> แต่ละ file และบล็อกอื่น ๆ จะถูกเขียนอยู่ในบล็อกนี้ โดยจะมีบล็อกหลัก ๆ อยู่ 2 บล็อกก็คือ บล็อก head และ body

โดย <head> ... </head> เป็นส่วนหัวเรื่องของเอกสาร ภายในจำเป็นจะมี บล็อก <title>... </title> ซึ่งจะเป็นแท็กผู้เขียน html นั้นใช้ตั้งเป็นชื่อเรื่องสำหรับบอกโดยรวมว่าเอกสารนั้นต้องการเสนออะไร แล้วเวลาที่จะ bookmark ชื่อที่จะ save คือชื่อที่อยู่ใน บล็อก ชื่อเรื่อง นี้ ชื่อหัวข้อนี้อาจจะต้องมีความยาวไม่เกิน 64 ตัวอักษร

โดย <body> ... </body> เป็นบล็อกที่บรรจุข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการให้แสดงบนเบราว์เซอร์ ไม่ว่าจะ เป็น ข้อความ รูป ตาราง หรือแท็กที่ใช้ในการกำหนดรูปแบบของเอกสาร

รูปแบบตัวอักษรแบบ Physical Style

- 1) ... สั่งให้แสดงตัวอักษรแบบหนา
- 2) <I>...</I> สั่งให้แสดงตัวอักษรเอน
- 3) <U>...</U> ช่วยเน้นข้อความด้วยการขีดเส้นใต้
- 4) <TT>...</TT>สั่งให้แสดงตัวอักษรแบบตัวพิมพ์ดีด(มีความกว้างของแต่ละตัวอักษรเท่ากันหมด)
- 5) ^{...}สั่งให้แสดงตัวอักษรยก(superscript)
- 6) _{...}สั่งให้แสดงตัวอักษรแบบห้อย(subscript)

รูปแบบตัวอักษรแบบ Logical Style

- 1) <ADDRESS>...</ADDRESS> กำหนดให้เป็นตัวอักษรเอน มักใช้กับที่อยู่
- 2) <CITE>...</CITE>สั่งให้แสดงตัวอักษรเอน ในการอ้างอิง
- 3) <VAR>...</VAR>สั่งให้แสดงตัวอักษรเอน ระบุตัวแปร
- 4) <CODE>...</CODE>สั่งให้แสดงตัวอักษรแบบ monospace ในการเขียนรหัสโปรแกรม
- 5) <SAMPLE>...</SAMPLE>สั่งให้แสดงตัวอักษรแบบ monospace ในการเขียนตัวอย่าง
- 6) ...สั่งให้แสดงตัวอักษรตัวเข้มมีค่าเหมือนกับ ...
- 7) <BLINK>...</BLINK>สั่งให้แสดงตัวอักษรกระพริบ (ใช้ได้เฉพาะกับ Netscape Navigator)
- 8) <MARQUEE>...</MARQUEE>สั่งให้แสดงตัวอักษรวิ่ง (ใช้ได้เฉพาะกับ Internet Explorer)

รูปแบบตัวอักษรแบบพิเศษ

- 1) > เขียนแทนด้วย <
- 2) < เขียนแทนด้วย >
- 3) & เขียนแทนด้วย &
- 4) " เขียนแทนด้วย "

2.8.2 ภาษา CSS

ภาษา CSS หรือที่ชื่อเต็ม ๆ คือ "Cascading Style Sheets" มันเป็นภาษาที่ใช้พัฒนาลักษณะรูปแบบ ใส่พื้นหลัง หรือเพิ่มกรอบข้อความของหน้าเว็บเพื่อเพิ่มความสวยงามให้หน้าเว็บของเรา CSS สามารถกำหนดรูปแบบพร้อมกันทีเดียวได้ ทำให้เวลาแก้ไขไม่ต้องคอยแก้ทีละส่วน

CSS เริ่มพัฒนาในปี ค.ศ. 1994 ถูกกำหนดมาตรฐานโดย W3C การใช้ CSS ในการจัดรูปแบบการแสดงผล จะช่วยลดการใช้ภาษา HTML ในการตกแต่งเอกสารเว็บเพจ ทำให้ซอสโค้ด (Source Code) ภายในเอกสาร HTML เหลือเพียงส่วนเนื้อหา ทำให้เข้าใจง่ายขึ้น [29]

2.8.2.1 ประโยชน์ของ CSS [30]

- 1) ช่วยให้เนื้อหาภายในเอกสาร HTML มีความเข้าใจได้ง่ายขึ้น และในการแก้ไขเอกสารก็สามารถทำได้ง่ายกว่าเดิม เพราะการใช้ CSS จะช่วยลดการใช้ภาษา HTML ลงได้ในระดับหนึ่ง และแยกระหว่างเนื้อหา กับรูปแบบในการแสดงผลได้อย่างชัดเจน
- 2) ทำให้สามารถดาวน์โหลดไฟล์ได้เร็ว เนื่องจาก code ในเอกสาร HTML ลดลง จึงทำให้ไฟล์มีขนาดเล็กลง
- 3) สามารถกำหนดรูปแบบการแสดงผลจากคำสั่ง style sheet ชุดเดียวกัน ให้มีการแสดงผลในเอกสารแบบเดียวกันทั้งหน้าหรือในทุก ๆ หน้าได้ ช่วยลดเวลาในการปรับปรุงและทำให้การสร้างเอกสารบนเว็บมีความรวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมการแสดงผล ให้คล้ายหรือเหมือนกันได้ในหลาย Web Browser
- 4) ช่วยในการกำหนดการแสดงผลในรูปแบบที่มีความเหมาะสมกับสื่อต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี
- 5) ทำให้เว็บไซต์มีความเป็นมาตรฐานมากขึ้นและมีความทันสมัย สามารถรองรับการใช้งานในอนาคตได้ดี

2.8.2.2 การใส่ CSS ใน HTML

- 1) แบบ Inline Styles เป็นการเขียนแทรกลงไปในบรรทัดที่ต้องการแก้ไขที่ไฟล์ HTML

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) แบบ Internal CSS Style แยก CSS ออกจาก HTML แต่อยู่ในหน้าเดียวกันกับไฟล์ HTML โดยแทรก CSS ที่ `<head >< /head >`
- 3) แบบ External Style Sheet สร้าง CSS เป็นไฟล์ .css แล้วนำไปใช้ในหน้าเว็บด้วยการเพิ่ม `<link rel="stylesheet" href="ชื่อไฟล์.css" type="text/css" />` ที่ส่วน `< head >< /head >` ในหน้า HTML

2.8.2.3 ตัวอย่างคำสั่งใน CSS

- 1) font-weight: ขนาดตัวอักษร; กำหนดความหนาตัวอักษร
- 2) text-align: ตำแหน่งตัวอักษร; กำหนดตำแหน่งตัวอักษร
- 3) color: สีตัวอักษร; กำหนดสีตัวอักษร
- 4) font-family: 'รูปแบบตัวอักษร'; กำหนดรูปแบบตัวอักษร
- 5) background-color: สีพื้นหลัง; ใส่สีพื้นหลัง

2.8.3 ภาษา Javascript

เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้พัฒนาเว็บเพจร่วมกับ HTML ที่ทำให้หน้าเว็บมีความเคลื่อนไหว อาจจะใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ผู้ใช้งานกรอก หรือใช้เพื่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงบนหน้าเว็บ และเพิ่มลูกเล่นให้เว็บสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้งานได้

JavaScript เริ่มพัฒนาโดย Brendan Eich พนักงาน บริษัท เน็ตสเคป เดิม JavaScript ใช้ชื่อว่า Mocha และภายหลังได้เปลี่ยนชื่อมาเป็น Live Script และในปี ค.ศ. 1995 (พ.ศ. 2538) ได้ปรับปรุงแล้วตั้งชื่อใหม่ว่า JavaScript จนถึงปัจจุบัน รูปแบบการเขียนภาษาที่ใช้คล้ายคลึงกับ ภาษา C [31]

2.8.3.1 การใส่ JavaScript ใน HTML

- 1) แบบ Inline Styles คำสั่งจะอยู่ในหน้าเดียวกับ HTML โดยจะใช้ `< script ></script >` กำหนดขอบเขตคำสั่งของ JavaScript
- 2) แบบ External Style Sheet สร้าง JavaScript เป็นไฟล์ .js แล้วนำเข้าไปใช้ในหน้าเว็บด้วยการเพิ่ม `< script type="text/Javascript" src="ชื่อไฟล์.js" >< /script>` ไว้ที่ส่วน `< head >< /head >` ของไฟล์ .html

2.8.3.2 ตัวอย่างคำสั่งใน JavaScript

- 1) OnClick เมื่อคลิกเมาส์ที่ปุ่มจะเกิดการเปลี่ยนแปลง
- 2) OnKeyDown เมื่อกดคีย์บอร์ด จะมี Pop Up ขึ้นมาทันที
- 3) OnMouseUp คลิกที่ปุ่มจะมี Pop Up ขึ้นมา
- 4) OnSubmit ใส่ข้อความแล้วจะมีหน้า Pop Up ขึ้นมาให้ ยืนยัน

2.8.4 ภาษา SQL

SQL ย่อมาจาก structured query language คือภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เพื่อจัดการกับฐานข้อมูลโดยเฉพาะ เป็นภาษามาตรฐานบนระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และเป็นระบบเปิด (open system) หมายถึงเราสามารถใช้อำนาจ sql กับฐานข้อมูลชนิดใดก็ได้ และ คำสั่งงานเดียวกันเมื่อสั่งงานผ่าน ระบบฐานข้อมูลที่แตกต่างกันจะได้ ผลลัพธ์เหมือนกัน ทำให้เราสามารถเลือกใช้ฐานข้อมูล ชนิดใดก็ได้โดยไม่ติดขัดกับฐานข้อมูลใดฐานข้อมูลหนึ่ง นอกจากนี้แล้ว SQL ยังเป็นชื่อโปรแกรมฐานข้อมูล ซึ่งโปรแกรม SQL เป็นโปรแกรมฐานข้อมูลที่มีโครงสร้างของภาษาที่ เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน มีประสิทธิภาพการทำงานสูง สามารถทำงานที่ซับซ้อนได้โดยใช้อำนาจเพียงไม่กี่ คำสั่ง โปรแกรม SQL จึงเหมาะที่จะใช้กับระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ และเป็นภาษาหนึ่ง ซึ่งแบ่ง การทำงานได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

- 1) Select query ใช้สำหรับดึงข้อมูลที่ต้องการ
- 2) Update query ใช้สำหรับแก้ไขข้อมูล
- 3) Insert query ใช้สำหรับการเพิ่มข้อมูล
- 4) Delete query ใช้สำหรับลบข้อมูลออกไป

2.8.4.1 ประโยชน์ของภาษา SQL [32]

- 1) สร้างฐานข้อมูลและ ตาราง
- 2) สนับสนุนการจัดการฐานข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย การเพิ่ม การปรับปรุง และการลบข้อมูล
- 3) สนับสนุนการเรียกใช้หรือ ค้นหาข้อมูล

2.8.4.2 ประเภทของคำสั่งภาษา SQL

- 1) ภาษานิยามข้อมูล(Data Definition Language : DDL) เป็น คำสั่งที่ใช้ในการสร้างฐานข้อมูล กำหนดโครงสร้างข้อมูลว่ามี

Attribute ใด ชนิดของข้อมูล รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงตาราง และการสร้างดัชนี คำสั่ง : CREATE,DROP,ALTER

- 2) ภาษาจัดการข้อมูล (Data Manipulation Language :DML) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเรียกใช้ เพิ่ม ลบ และ เปลี่ยนแปลงข้อมูลในตาราง คำสั่ง : SELECT,INSERT,UPDATE,DELETE
- 3) ภาษาควบคุมข้อมูล (Data Control Language : DCL) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดสิทธิการอนุญาต หรือ ยกเลิก การเข้าถึงฐานข้อมูล เพื่อป้องกันความปลอดภัยของฐานข้อมูล คำสั่ง : GRANT,REVOKE

2.8.5 ภาษา Python

ไพทอน เป็นภาษาเขียนโปรแกรมระดับสูงที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการเขียนโปรแกรมสำหรับวัตถุประสงค์ทั่วไป ภาษาไพทอน นั้นสร้างโดย Guido van Rossum และถูกเผยแพร่ครั้งแรกในปี 1991 ไพทอน นั้นเป็นภาษาแบบ interprete ที่ถูกออกแบบโดยมีปรัชญาที่จะทำให้โค้ดอ่านได้ง่ายขึ้น และโครงสร้างของภาษานั้นจะทำให้โปรแกรมเมอร์สามารถเข้าใจแนวคิด การเขียนโค้ดโดยใช้บรรทัดที่น้อยลงกว่าภาษาอย่าง C++ และ Java ซึ่งภาษานั้นถูกกำหนดให้มีโครงสร้างที่ตั้งใจให้การเขียนโค้ดเข้าใจง่ายทั้งในโปรแกรมเล็กไปจนถึงโปรแกรมขนาดใหญ่ [33]

ไพทอน นั้นมีคุณสมบัติเป็นภาษาเขียนโปรแกรมแบบไดนามิกส์และมีระบบการจัดการหน่วยความจำอัตโนมัติและสนับสนุนการเขียนโปรแกรมหลายรูปแบบ ที่ประกอบไปด้วย การเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ imperative การเขียนโปรแกรมแบบฟังก์ชัน และการเขียนโปรแกรมแบบขั้นตอน มันมีไลบรารีที่ครอบคลุมการทำงานอย่างหลากหลาย ตัวแปลภาษา (Interpreter) ของภาษา ไพทอน นั้นมีให้ใช้ในหลายระบบปฏิบัติการ ทำให้โค้ดของภาษา Python สามารถรันในระบบต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง และถูกจัดการโดยองค์กรไม่แสวงหาผลกำไรอย่าง Python Software Foundation

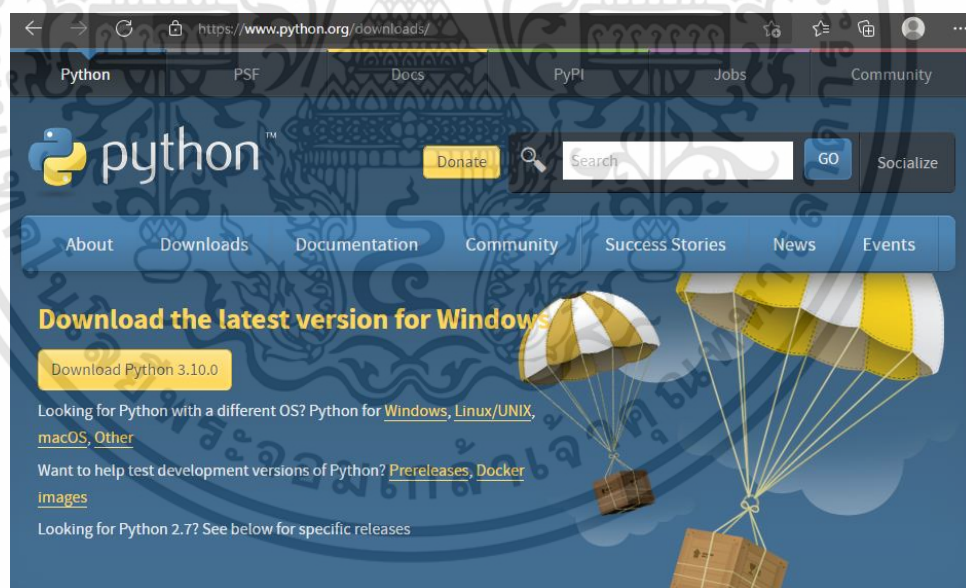
2.8.5.1 การติดตั้งภาษา Python

- 1) คลิกที่ไฟล์ ที่ดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ต่อไปนี้ และคลิกที่ Run <https://www.python.org/downloads/>
- 2) คลิกเลือกที่ "Add Python to PATH" เพื่อให้ระบบทำการกำหนด PATH เพื่อให้ภาษา Python สามารถทำงานได้กับ Command line อัตโนมัติในทุกที่ คลิกที่ Install now เพื่อเริ่มการติดตั้งภาษา Python

- 3) รอจนกว่าการติดตั้งจะเสร็จ หลังจากที่มีการติดตั้งเสร็จสิ้นแล้วคลิก Close

2.8.5.2 การติดตั้งไลบรารีของภาษา Python

- 1) เปิดหน้าcommand prompt โดยการค้นหาที่ช่องค้นหาของคอมพิวเตอร์
- 2) ตรวจสอบว่าสามารถใช้งานไพทอนได้หรือไม่ โดยพิมพ์ว่า `python -version` และกด ENTER
- 3) ตรวจสอบว่าสามารถใช้งานฟังก์ชัน pip ได้หรือไม่ โดยพิมพ์ว่า `python -m pip --version` และกด ENTER
- 4) จากนั้นทำการติดตั้งไลบรารีโดยพิมพ์ `python -m pip install` ตามด้วยชื่อไลบรารีที่คุณต้องการลง เช่น หากใช้ mysql ให้พิมพ์ `python -m pip install mysql`



รูปที่ 2.18 หน้าเว็บดาวน์โหลดภาษา Python

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ซอฟต์แวร์และโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 Arduino IDE

Arduino Integrated Development Environment (IDE) เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาเพื่อให้ง่ายต่อการเขียนซอฟต์แวร์สำหรับแพลตฟอร์ม open source นี้ แพลตฟอร์ม Arduino เป็นแพลตฟอร์มอิเล็กทรอนิกส์ยอดนิยมที่ออกแบบมาเพื่อลดความซับซ้อนของกระบวนการออกแบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 2.19

IDE มักใช้โดยโปรแกรมเมอร์เพื่อเร่งกระบวนการเขียนโปรแกรม คุณสมบัติทั่วไปของ IDE รวมถึงการกำหนดหมายเลขบรรทัดอัตโนมัติการเน้นไวยากรณ์ แม้ว่าจะเป็นไปได้ในทางเทคนิคที่จะเขียนซอฟต์แวร์โดยใช้โปรแกรมแก้ไขข้อความอย่างง่าย แต่กระบวนการนั้นง่ายกว่ามากเมื่อเขียนโค้ดใน IDE ภาษาการเขียนโปรแกรมจำนวนมากมี IDEs ของตนเองและมีการพัฒนา IDE สำหรับวัตถุประสงค์ทั่วไปหลายอย่าง IDE วัตถุประสงค์ทั่วไปเหล่านี้สามารถใช้กับภาษาการเขียนโปรแกรมที่รองรับได้หลากหลาย [34]

```

sketch_sep16a | Arduino 1.8.15
File Edit Sketch Tools Help

sketch_sep16a
int analogPin = 13;
int val = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  val = analogRead(analogPin);
  val = map(val, 4095, 650, 0, 100);
  Serial.print(F("Moisture : "));
  //Serial.print("val = ");
  Serial.print(val);
  Serial.println(F(" %"));
  delay(1500);
}

```

รูปที่ 2.19 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม Arduino IDE

2.9.1.1 ข้อดีของซอฟต์แวร์ Arduino [35]

- 1) รองรับการพัฒนาในบอร์ดหลายโมเดล และสามารถเพิ่มบอร์ดอื่น ๆ ที่ไม่ใช่บอร์ด Arduino ให้สามารถพัฒนาโปรแกรมและอัปโหลดโปรแกรมลงบนบอร์ดได้

- 2) ภายใน Arduino IDE ประกอบไปด้วยชุดคำสั่งต่าง ๆ ตัวอย่างโปรแกรม และตัวอย่างไลบรารีต่าง ๆ ที่ได้ติดตั้งมาพร้อมใช้งานแล้ว
- 3) สามารถดาวน์โหลดไลบรารีเพิ่มเติมและติดตั้งเพิ่มเติมได้
- 4) มี Cloud แบบออนไลน์ ใช้สำหรับเก็บข้อมูล ดึงข้อมูลไปแสดงผลได้

2.9.2 phpMyAdmin

phpMyAdmin คือโปรแกรมที่ถูกพัฒนาโดยใช้ภาษา PHP เพื่อใช้ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล Mysql แทนการคีย์คำสั่ง เนื่องจากถ้าเราจะใช้ฐานข้อมูลที่เป็น MySQL บางครั้งจะมีความลำบากและยุ่งยากในการใช้งาน ดังนั้นจึงมีเครื่องมือในการจัดการฐานข้อมูล MySQL ขึ้นมาเพื่อให้สามารถจัดการตัว DBMS ที่เป็น MySQL ได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น โดย phpMyAdmin ก็ถือเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งในการจัดการนั่นเอง phpMyAdmin เป็นส่วนต่อประสานที่สร้างโดยภาษา PHP ซึ่งใช้จัดการฐานข้อมูล MySQL ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยสามารถที่จะทำการสร้างฐานข้อมูลใหม่ หรือทำการสร้าง TABLE ใหม่ ๆ และยังมี function ที่ใช้สำหรับการทดสอบการ query ข้อมูลด้วยภาษา SQL พร้อมกันนั้น ยังสามารถทำการ insert delete update หรือแม้กระทั่งใช้ คำสั่งต่าง ๆ เหมือนกับกับการใช้ภาษา SQL ในการสร้างตารางข้อมูล [36]

phpMyAdmin เป็นโปรแกรมประเภท MySQL Client ตัวหนึ่งที่ใช้ในการจัดการข้อมูล MySQL ผ่าน web browser ได้โดยตรง phpMyAdmin ตัวนี้จะทำงานบน Web server เป็น PHP Application ที่ใช้ควบคุมจัดการ MySQL Server ความสามารถของ phpMyAdmin คือ

- 1) สร้างและลบ Database
- 2) สร้างและจัดการ Table เช่น แทรก record, ลบ record, แก้ไข record, ลบ Table, แก้ไข field
- 3) โหลดเท็กซ์ไฟล์เข้าไปเก็บเป็นข้อมูลในตารางได้
- 4) หาผลสรุป (Query) ด้วยคำสั่ง SQL



รูปที่ 2.20 ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม phpMyAdmin

2.9.3 MySQL Database

MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์โอเพนซอร์สบนพื้นฐานของ SQL ซึ่ง MySQL ได้รับการออกแบบและปรับให้เหมาะสมสำหรับเว็บแอปพลิเคชันและสามารถทำงานบนแพลตฟอร์มใดก็ได้ MySQL ทำงานเป็นดาต้าเบสเซิร์ฟเวอร์ และอนุญาตให้ผู้ใช้หลายคนจัดการและสร้างฐานข้อมูลจำนวนมาก มันเป็นองค์ประกอบสำคัญใน LAMP (LAMP ย่อมาจาก Linux, Apache, MySQL และ PHP) เมื่อมีความต้องการพัฒนานวัตกรรมใหม่ อินเทอร์เน็ต MySQL กลายเป็นแพลตฟอร์มทางเลือกสำหรับนักพัฒนาเว็บไซต์และเว็บแอปพลิเคชัน เนื่องจากได้รับการออกแบบมาเพื่อประมวลผลการค้นหานั้นล้าน และในการติดตั้ง WordPress ส่วนใหญ่ใช้ LAMP stack เพราะเป็นโอเพนซอร์สและทำงานร่วมกับ WordPress ได้อย่างราบรื่น MySQL เป็นตัวเลือกยอดนิยมสำหรับธุรกิจอีคอมเมิร์ซที่ต้องการจัดการการโอนเงินหลายครั้ง ซึ่งมีความยืดหยุ่นตามความต้องการตามคุณสมบัติหลักของ MySQL ยกตัวอย่าง หากฐานข้อมูลของคุณเป็นผู้เก็บเอกสารที่ WordPress ใช้เพื่อจัดระเบียบและจัดเก็บข้อมูลสำคัญทั้งหมดจากเว็บไซต์ของคุณ (ระบบ Posts, pages, images, ฯลฯ) แล้ว MySQL เป็น บริษัท ที่สร้างผู้เก็บเอกสารประเภทนี้

WordPress ต้องการ MySQL เพื่อจัดเก็บและดึงข้อมูลทั้งหมดรวมถึงเนื้อหาโพสต์โปรดไฟล์ผู้ใช้ และประเภทโพสต์ที่กำหนดเอง ผู้ให้บริการเว็บโฮสติ้งส่วนใหญ่ติดตั้ง MySQL บนเว็บเซิร์ฟเวอร์อยู่แล้ว เนื่องจากมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ในหลาย ๆ เว็บแอปพลิเคชัน เช่น WordPress

MySQL เป็น DBMS ที่อยู่เบื้องหลังเว็บไซต์ชั้นนำและแอปพลิเคชันบนเว็บในโลก ได้แก่ Airbnb, Uber, LinkedIn, Facebook, Twitter และ YouTube [37]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3.1 ชนิดของข้อมูลที่สนับสนุน ชนิดข้อมูลที่ MySQL สนับสนุน แบ่งเป็นสามประเภทหลักใหญ่ ๆ

- 1) ชนิดข้อมูลที่เป็นตัวเลข ประกอบด้วย BIT (มีใช้ได้กับ MyISAM, InnoDB, Memory), TINYINT, SMALLINT, MEDIUMINT, INT, BIGINT และ Float
- 2) ชนิดข้อมูลที่เกี่ยวกับวันที่และเวลา ประกอบด้วย DATETIME, DATE, TIMESTAMP, TIME และ YEAR
- 3) ชนิดข้อมูลที่เกี่ยวกับตัวอักษร ประกอบด้วย CHAR, VARCHAR, BINARY, VARBINARY, BLOB, TEXT, ENUM และ SET

2.9.3.2 ส่วนเชื่อมต่อกับภาษาการพัฒนาด้านอื่น (database connector) [38]

มีส่วนติดต่อ (interface) เพื่อเชื่อมต่อกับภาษาในการพัฒนา อื่น ๆ เพื่อให้เข้าถึงฟังก์ชันการทำงานกับฐานข้อมูล MySQL ได้เช่น ODBC (Open Database Connector) อันเป็นมาตรฐานกลางที่กำหนดมาเพื่อให้ใช้เป็นสะพานในการเชื่อมต่อกับโปรแกรมหรือระบบอื่น ๆ เช่น MyODBC อันเป็นไดรเวอร์เพื่อใช้สำหรับการเชื่อมต่อในระบบปฏิบัติการวินโดวส์, JDBC คลาสส่วนเชื่อมต่อสำหรับ Java เพื่อใช้ในการติดต่อกับ MySQL และมี API (Application Programming Interface) ต่าง ๆ มีให้เลือกใช้มากมายในการที่เข้าถึง MySQL โดยไม่ขึ้นอยู่กับภาษาการพัฒนาใดภาษาหนึ่ง นอกเหนือจากตัวเชื่อมต่อกับภาษาอื่น (Connector) ที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมี API ที่สนับสนุนในขณะนี้คือ

- 1) DBI สำหรับการเชื่อมต่อกับ ภาษา perl
- 2) Ruby สำหรับการเชื่อมต่อกับ ภาษา ruby
- 3) Python สำหรับการเชื่อมต่อกับ ภาษา python
- 4) .NET สำหรับการเชื่อมกับภาษา .NET framework
- 5) MySQL++ สำหรับการเชื่อมต่อกับ ภาษา C++
- 6) Ch สำหรับการเชื่อมต่อกับ Ch (C/C++ interpreter)
- 7) PHP สำหรับการเชื่อมต่อกับ ภาษา PHP



รูปที่ 2.21 สัญลักษณ์ของ MySQL

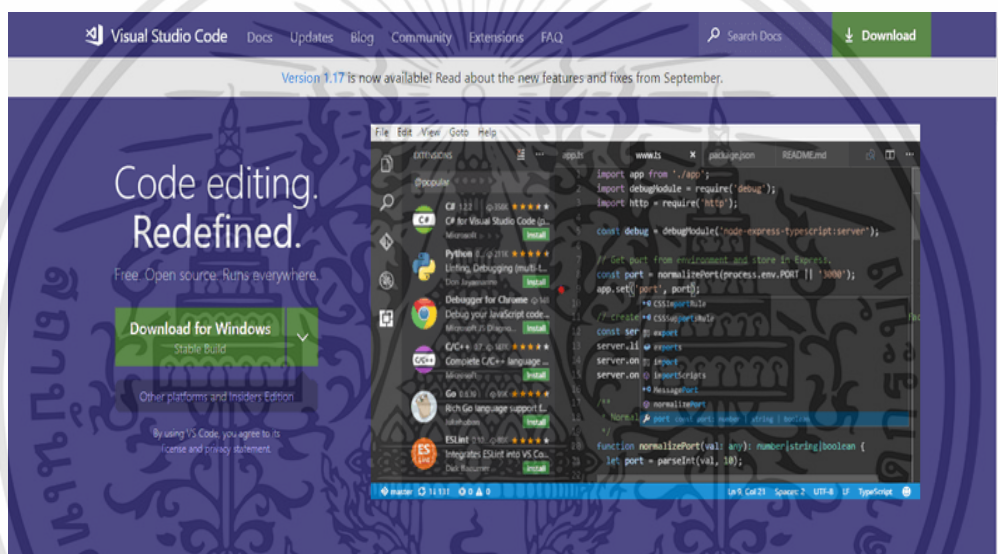
2.9.4 โปรแกรม visual studio code

VS Code หรือ Visual Studio Code จากบริษัทไมโครซอฟต์ เป็นโปรแกรมประเภท Editor ใช้ในการแก้ไขโค้ดที่มีขนาดเล็ก แต่มีประสิทธิภาพสูง เป็น Open Source โปรแกรมจึงสามารถนำมาใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย เหมาะสำหรับนักพัฒนาโปรแกรมที่ต้องการใช้งานหลายแพลตฟอร์ม รองรับการใช้งานทั้งบน Windows , macOS และ Linux รองรับหลายภาษาทั้ง JavaScript, TypeScript และ Node.js ในตัว และสามารถเชื่อมต่อกับ Git ได้ สามารถนำมาใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน มีเครื่องมือและส่วนขยายต่าง ๆ ให้เลือกใช้มากมาย รองรับการใช้งานภาษาอื่น ๆ ทั้ง ภาษา C++ , C# , Java , Python , PHP หรือ Go [39]

2.9.4.1 วิธีการติดตั้งโปรแกรม Visual Studio Code

- 1) เข้าไปที่เว็บ <https://code.visualstudio.com/> เมื่อเข้าเว็บแล้วให้กดปุ่มดาวน์โหลด
- 2) เมื่อเปิดตัวติดตั้งขึ้นมาหน้าจอแสดงว่า(Welcome to the Visual Studio Code Setup Wizard)กดปุ่ม Next >
- 3) หน้าจอจะแสดงข้อตกลงของโปรแกรม(License Agreement)ให้เลือก I accept the agreement กดปุ่ม Next >
- 4) หน้าจอจะแสดงหน้าต่างซึ่งแสดงโฟลเดอร์ที่จะใช้เก็บไฟล์ของโปรแกรม (Select Destination Location) กดปุ่ม Next >

- 5) หน้าจอจะแสดงเลือก (Select Start Menu Folder) กดปุ่ม Next >
- 6) หน้าจอจะแสดง (Select Additional Tasks) กดปุ่ม Next >
- 7) หน้าจอ จะแสดง (Ready to Install) กดปุ่ม Install
- 8) เมื่อโปรแกรมทำการติดตั้งเสร็จจะแสดงหน้าจอ (Completing the Visual Studio Code Setup Wizard) กดปุ่ม Finish



รูปที่ 2.22 หน้าเว็บดาวน์โหลดโปรแกรม visual studio code

2.9.5 Line Notify

Line Notify คือ บริการที่สามารถรับข้อความแจ้งเตือนจากเว็บเซอร์วิสต่าง ๆ ที่สนใจได้ทาง LINE โดยหลังเสร็จสิ้นการเชื่อมต่อกับทางเว็บเซอร์วิสแล้ว จะได้รับการแจ้งเตือนจากบัญชีทางการของ “LINE Notify” ซึ่งให้บริการโดย LINE สามารถเชื่อมต่อกับบริการที่หลากหลายและยังสามารถรับการแจ้งเตือนทางกลุ่มได้อีกด้วย ซึ่งบริการหลักๆ ที่สามารถเชื่อมต่อได้แก่ GitHub, IFTTT หรือ Mackerel เป็นต้น

โดยการใช้งาน Line notify ใช้เพื่อแจ้งสถานะการออนไลน์ไปอีกระบบปลายทางได้ จึงทำให้สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนจากบริการต่าง ๆ หรืออุปกรณ์ใด ๆ ก็ตาม ที่สามารถเชื่อมต่อกับ internet และสามารถเชื่อมด้วย http post มายัง Account ของ Line ได้ ซึ่งการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยรวมของ Line notify จะมีรูปแบบดังนี้ คือ เริ่มแรกต้องสร้าง token ของ account ในระบบของ Line เสียก่อน จากนั้นเก็บ token เอาไว้ และเมื่อต้องการที่จะส่งข้อความแจ้งเตือนต่าง ๆ จะใช้ token นี้เพื่อส่งข้อความแจ้งเตือน ผ่านทาง http post [40]

2.9.6 Google Cloud

Google Cloud คือแพลตฟอร์ม Public Cloud ที่พัฒนาโดย Google รวบรวมบริการทั้ง Cloud Computing, Cloud Storage, Database, Network, Data Analytics, AI & Machine learning และบริการอื่นๆ อีกมากมาย ด้วยมาตรฐานความปลอดภัยระดับสากล ที่มีความน่าเชื่อถือ [41]



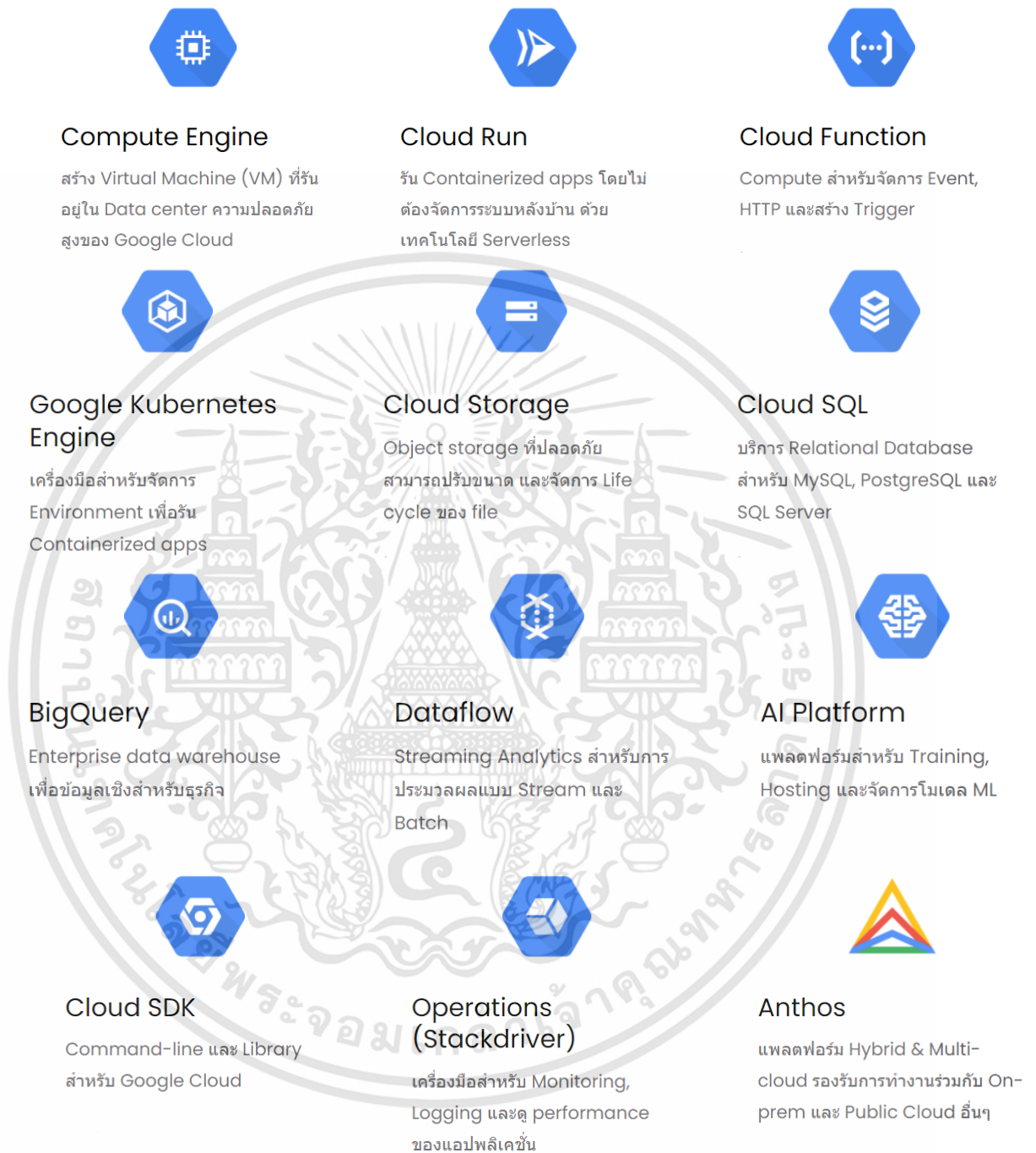
รูปที่ 2.23 Google Cloud regions

บริการต่าง ๆ ของ GCP ก็จะเน้นเรื่องโครงสร้างพื้นฐาน 3 อย่าง

- 1) Compute – การประมวลผล ทั้งในรูปแบบ Virtual Machine
- 2) Storage – บริการเก็บไฟล์ และฐานข้อมูลแบบต่าง ๆ รวมไปถึง Data Warehouse (BigQuery)
- 3) Network – สำหรับเชื่อม Compute และ Storage เข้าด้วยกัน

Cloud Scheduler คือบริการ cron แบบ serverless ที่ GCP จัดการโครงสร้างพื้นฐานให้ ปกติแล้ว ระบบตั้งเวลารันงานถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับนักพัฒนา ช่วยในเรื่องการรันงานต่างๆ ไม่จำเป็นต้องกตรันเอง แต่ปัญหาของระบบรันงานอัตโนมัติในปัจจุบันคือยังต้องจัดการโครงสร้างพื้นฐานเอง ทำให้ค่อนข้างวุ่นวาย Cloud Scheduler จะช่วยจัดการปัญหาเหล่านี้ให้หมดไป Cloud Scheduler นั้นเป็นบริการแบบ serverless ที่ GCP จัดการโครงสร้างพื้นฐานให้ ผู้ใช้งานเพียงสร้างตารางงานขึ้นมาเท่านั้น Cloud Scheduler จะจัดการส่วนที่เหลือให้ Cloud Scheduler เป็นระบบที่วางใจได้ และทนทานต่อความผิดพลาด ความสามารถหลัก ๆ ของ Cloud Scheduler ก็จะมีเหมือนกับ cron

Google App Engine (GAE) คือ platform ที่สร้างขึ้นเพื่อนักพัฒนาสามารถพัฒนา Web Application บน google data center ซึ่งเป็นเทคโนโลยี Cloud Computing ที่ให้บริการแบบ Platform-as-a-Service จาก Google คู่แข่งของ Google App Engine ในปัจจุบัน ได้แก่ Heroku, Windows Azure เป็นต้น Google App Engine จะช่วยให้นักพัฒนา Web browser (เว็บเบราว์เซอร์) สามารถติดตั้ง ปรับปรุง และขยายระบบได้อย่างไม่จำกัด ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการวาง Server (เซิร์ฟเวอร์) หรือ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและดูแล Server โดยปกติแล้ว เว็บไซต์เริ่มต้น จะได้ชื่อโดเมนย่อยของ appspot.com เช่น example.appspot.com เป็นต้น แต่นักพัฒนาสามารถเลือกชื่อโดเมนเฉพาะได้โดยมีค่าใช้จ่ายเล็กน้อย



รูปที่ 2.24 ผลิตภัณฑ์ Google Cloud ที่โดดเด่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 หลักการทำงานของ AI ที่ใช้ในระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติ

2.10.1 Support Vector Machine (SVM)

การจำแนกรูปภาพโดยการใช้การใช้แมชชีนเลิร์นนิง – Support Vector Machine (SVM) แมชชีนเลิร์นนิง เป็น ความสามารถหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งทำให้คอมพิวเตอร์สามารถทำงานในรูปแบบของการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยที่ไม่ต้องทำการตั้งโปรแกรมไว้อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นหัวข้อที่น่าสนใจและซับซ้อนเป็นอย่างมาก ซึ่งสามารถขับเคลื่อนเทคโนโลยีในอนาคตได้ มีแอปพลิเคชันของแมชชีนเลิร์นนิงมากมาย หนึ่งในนั้นก็คือการจำแนกรูปภาพ เพื่อที่จะจำแนกรูปภาพเราใช้ SVM Scikit-Learn เป็นซอฟต์แวร์ฟรีสำหรับไลบรารีของแมชชีนเลิร์นนิงสำหรับภาษาไพทอน และ SVM เป็นส่วนหนึ่งของ Scikit-Learn [42] โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ดังนี้

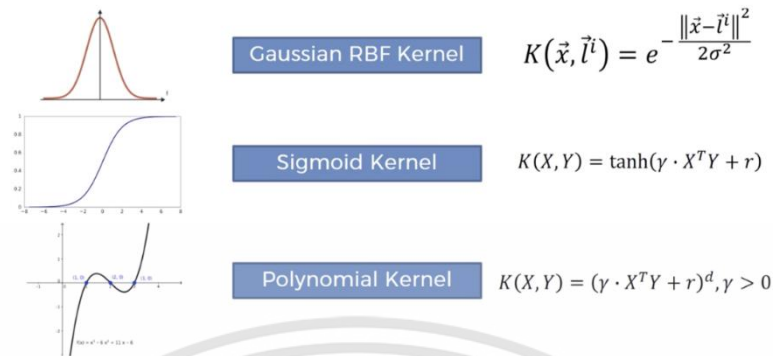
- 1) ไวยากรณ์ไพทอน
- 2) ไลบรารี Pandas
- 3) Support Vector Machine (SVM) จากไลบรารี sklearn
- 4) GridSearchCV
- 5) ไลบรารี skimage
- 6) ไลบรารี matplotlib

Support Vector Machine (SVM) คือ อัลกอริทึมที่ใช้ในการดูแลแมชชีนเลิร์นนิงที่สามารถนำมาใช้สำหรับการจำแนกและการย้อนกลับ แต่ส่วนใหญ่จะถูกนำมาใช้กับการจำแนกรูปภาพ ใน SVM อัลกอริทึม จะทำการแทนให้ข้อมูลแต่ละตัวเป็นจุดในมิติ n (n ในที่นี้คือค่าตัวเลขของจำนวนคุณสมบัติที่มี) และค่าของแต่ละคุณสมบัติ เป็นค่าเฉพาะของพิกัด จากนั้นจะทำการแยกโดยการหาไฮเปอร์เพลนที่จำแนกระหว่างคลาสได้ดี

2.10.1.1 พารามิเตอร์ของ SVM

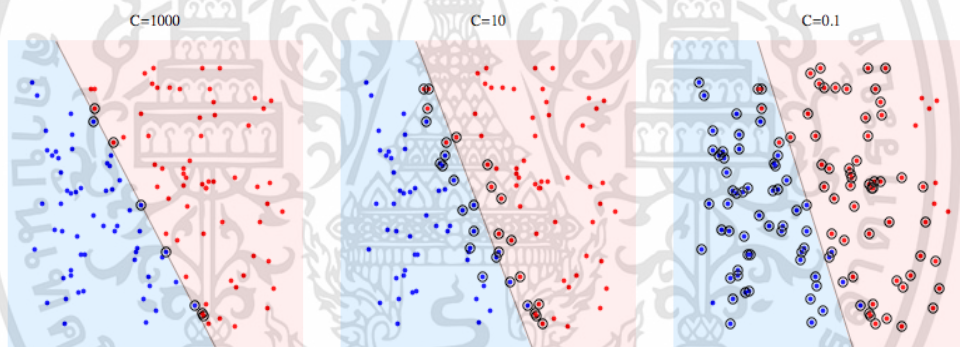
การจะทำให้โมเดลของ SVM มีความแม่นยำมากขึ้นจะมีพารามิเตอร์ที่ต้องปรับหลายอย่าง ส่วนใหญ่แบ่งเป็น 3 ส่วน

- 1) Kernel ฟังก์ชันหลักของเคอร์เนลคือ การนำข้อมูลจากมิติที่ต่ำกว่ามาแปลงให้อยู่ในมิติที่สูงกว่าส่วนมากจะนำมาใช้ในปัญหาการแยกแบบไม่เป็นเชิงเส้น



รูปที่ 2.25 ฟังก์ชันหลักของเคอร์เนล

2) C (การทำให้เป็นมาตรฐาน) C เป็นพารามิเตอร์ที่แสดงถึงการแยกแยะที่ผิดหรืออยู่ในส่วนของข้อผิดพลาด ซึ่งเป็นส่วนที่แสดงให้เห็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของ SVM ว่าความผิดพลาดเท่าไรที่ยังสามารถนำมาใช้ได้ นี่เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมการแลกเปลี่ยนระหว่างขอบเขตการตัดสินใจกับการคำนวณที่ผิดพลาด

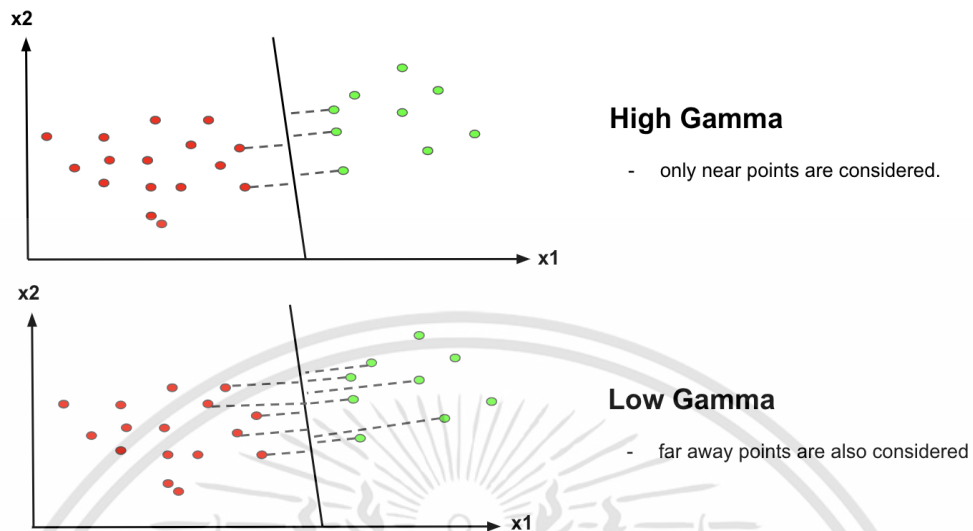


รูปที่ 2.26 ค่า c ที่แตกต่างกัน

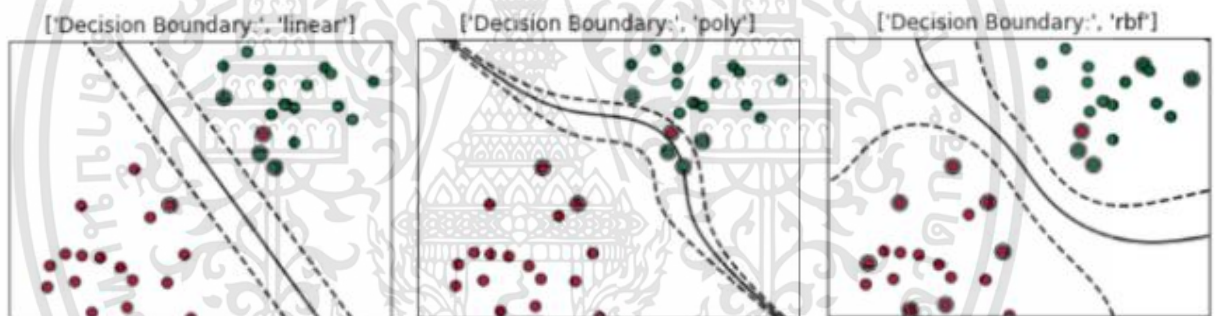
เมื่อ C มีค่ามากจะทำให้สามารถแยกจุดข้อมูลได้อย่างถูกต้อง และอาจจะส่งผลให้เกิดการโอเวอร์ฟิต

- C น้อย ทำให้ค่าของการคำนวณผิดพลาดต่ำ
- C มาก ทำให้ค่าของการคำนวณผิดพลาดสูง

3) Gamma (γ) ใช้ในการกำหนดระยะห่างในการคำนวณเส้นแบ่งแยกชนิด เมื่อแกมมามีค่ามากจุดที่อยู่ใกล้จะส่งผลต่อขอบเขตการตัดสินใจมากและเมื่อแกมมามีค่าน้อยจุดที่อยู่ไกลจะส่งผลต่อขอบเขตการตัดสินใจเหมือนกัน



รูปที่ 2.27 ค่า Gamma (γ) ที่แตกต่างกัน



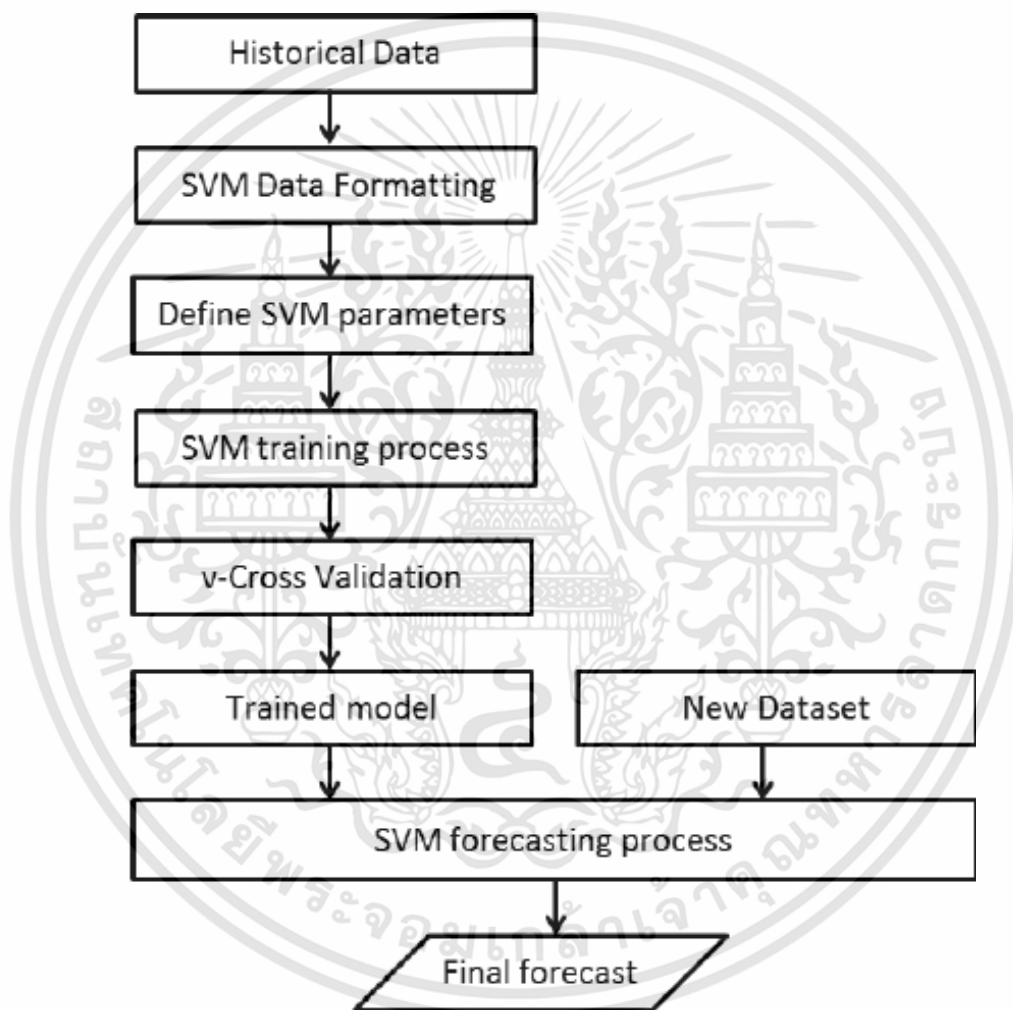
รูปที่ 2.28 รูปแบบของ kernel ที่นำไปใช้เป็นเส้นขีดแบ่งในการแยกรูปภาพ

GridSearchCV เป็นไลบรารีที่เป็นส่วนหนึ่งของ sklearn's model_selection package ซึ่งช่วยในการวนซ้ำผ่านไฮเปอร์พารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า และตามรูปแบบที่มีในชุดเรียนรู้ ซึ่งสามารถเลือกพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดจากไฮเปอร์พารามิเตอร์ที่แสดงได้

2.10.1.2 หลักการทำงานของ SVM model

ตัวอย่างของข้อมูลที่ใช้ในโมเดลข้อมูลพวกนี้ต้องถูกจัดเรียงอย่างถูกต้อง เพื่อที่จะสามารถนำมาอ่านได้โดยขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดค่าตั้งต้นของ SVM และเคอร์เนลฟังก์ชันที่นำมาใช้ใน SVM อัลกอริทึม ค่าความผิดพลาดในรูปแบบ C และขอบเขตสูงสุดของ γ จะต้องถูก

เลือกโดยการสุ่ม จากนั้นจะเริ่มทำการเทรน โดยตัวอย่างจะถูกแบ่งเป็น V ส่วน หนึ่งสับเซตจะถูกใช้ เป็น ตัวตรวจสอบความถูกต้องและที่เหลือนำไปใช้ในการเทรนโมเดล กระบวนการนี้ป้องกันปัญหาที่ อาจเกิดจากการใช้ตัวอย่างจำนวนมากเกินไป และทำให้โมเดลมีการทำงานได้อย่างรวดเร็ว เมื่อมี การสร้างโมเดลที่เทรนแล้ว จะมีการนำข้อมูลชุดใหม่มาให้โมเดล SVM จะทำการระบุผลกับข้อมูล ใหม่นี้โดยเทียบกับโมเดลที่เทรนมา [43]



รูปที่ 2.29 การดำเนินการฝังงานของแบบจำลอง SVM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.1.3 Linear SVM (SVM เชิงเส้น)

ชุดข้อมูลที่นำมาฝึกของจุด n ในรูปแบบ $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ เมื่อ y_i เป็นได้ทั้ง 1 และ -1 โดยแสดงความแตกต่างเพื่อให้รู้ว่า x_i อยู่ในรูปแบบไหน ในแต่ละ x_i เป็นเวกเตอร์จริงในมิติ p จะต้องทำการหาของเขตสูงสุดของ hyperplane ที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มของ x_i ถ้า $y_i = 1$ จากกลุ่มของจุดและ $y_i = -1$ ซึ่งได้มีการกำหนดไว้เพื่อให้ระยะทางระหว่าง hyperplane และจุด x_i ที่ใกล้ที่สุดมีค่ามากที่สุดทุกๆ hyperplane สามารถเขียนในรูปชุดของจุด x เป็น

$$w^T x - b = 0 \quad (2.1)$$

เมื่อ w (ไม่จำเป็นต้องนอร์มอลไลซ์) เป็นเวกเตอร์ที่ตั้งฉากกับ hyperplane โดยที่ w ไม่จำเป็นต้องเป็นเวกเตอร์ยูนิต พารามิเตอร์ $\frac{b}{\|w\|}$ กำหนดค่าคลาดเคลื่อน ของ hyperplane จากจุดศูนย์ร่วมกับเวกเตอร์ตั้งฉาก w

2.10.1.4 Hard-margin (ขอบเขตแข็ง)

ถ้าการฝึกข้อมูลสามารถแบ่งได้โดยใช้เส้นตรง จะสามารถเลือก hyperplane 2 อันที่ขนานกันที่แบ่งรูปแบบของข้อมูล 2 รูปแบบเพื่อที่ระยะห่างระหว่างกันห่างกันมากที่สุด พื้นที่ที่กำหนดโดย 2 hyperplane จะเรียกว่าขอบเขต และ ขอบเขตสูงสุดของ hyperplane ที่อยู่ครึ่งทางระหว่างกัน โดยใช้ข้อมูลที่ทำกรนอร์มอลไลซ์ hyperplane เหล่านี้สามารถแสดงในสมการ $w^T x - b = 1$ (จุดที่อยู่บนหรือเหนือขอบเขตนี้เป็นรูปแบบหนึ่งให้เป็น 1) และ $w^T x - b = -1$ (จุดที่อยู่บนหรือใต้ขอบเขตนี้เป็นรูปแบบหนึ่งให้เป็น -1) ระยะทางระหว่าง hyperplane ทั้ง 2 คือ $\frac{2}{\|w\|}$ เพื่อให้ค่าระหว่างแกนมากที่สุดจะต้องทำให้ค่า $\|w\|$ มีค่าน้อยที่สุด ระยะที่คำนวณโดยใช้ระยะจากจุดสู่แนวของสมการ และสามารถกันไม่ให้จุดข้อมูลไปอยู่ในขอบเขต และทำการเพิ่มข้อจำกัดของแต่ละ i โดยที่ $w^T x - b \geq 1$ ถ้า $y_i = 1$ หรือ $w^T x - b \leq -1$ ถ้า $y_i = -1$

ข้อจำกัดแสดงจุดข้อมูลจะต้องอยู่ในฝั่งของขอบเขตที่ถูกต้องสามารถแสดงได้ในรูปของ $y_i(w^T x - b) \geq 1$ สำหรับทุกค่า $1 \leq i \leq n$ (1) สามารถนำมารวมกันเพื่อแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพการทำให้ค่า $\|w\|$ มีค่าน้อยที่สุด โดย $y_i(w^T x - b) \geq 1$ สำหรับทุกค่า $i = 1, \dots, n$

w และ b ที่แก้ไขปัญหานี้เป็นตัวกำหนดการแบ่งพวกของ $x \mapsto \text{sgn}(w^T x - b)$ เมื่อ $\text{sgn}(\cdot)$ คือ ฟังก์ชันเครื่องหมาย จุดสำคัญคือ ขอบเขตสูงสุดของ hyperplane จะถูกกำหนดโดย \bar{x}_i ที่อยู่ใกล้ที่สุดโดย x_i เหล่านี้เรียกว่าซัพพอร์ตเวกเตอร์

2.10.1.5 Soft-margin (ขอบเขตอ่อน)

เพื่อให้ SVM เป็นแต่ละแบบโดยที่ข้อมูลไม่สามารถแบ่งแยกจากกันได้ โดยเส้นตรง สามารถใช้ hingeloss ฟังก์ชันมาช่วยได้โดย $\max(0, 1 - y_i(w^T x_i - b))$ โดย y_i เป็นเป้าหมายตัวที่ i (1 หรือ -1) และ $w^T x - b$ คือผลที่ได้ตัวที่ i

ฟังก์ชันนี้เป็นศูนย์เมื่อ ค่าข้อจำกัดใน (1) ได้รับการเติมเต็ม ถ้า x_i อยู่ในฝั่งขอบเขตที่ถูกต้อง สำหรับข้อมูลที่อยู่นอกฝั่ง ค่าของฟังก์ชัน แบ่งเป็นส่วนสัดส่วนของระยะทางจากขอบเป้าหมายคือการทำให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จากนั้นทำการลดลงให้น้อยที่สุด

$$\lambda \|w\|^2 + \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \max(0, 1 - y_i(w^T x_i - b)) \right] \quad (2.2)$$

เมื่อ พารามิเตอร์ $\lambda > 0$ จะแยกการเปลี่ยนระหว่าง การเพิ่มขนาดของขอบ และค่า x_i อยู่บนฝั่งที่ถูกต้อง สำหรับค่า λ ที่น้อยจะเหมือนกับขอบเขตแข็ง SVM ถ้าข้อมูลที่ใส่แยก อยู่ในรูปแบบเชิงเส้น

2.10.1.6 Nonlinear Kernels (เคอร์เนลแบบไม่เป็นเชิงเส้น)

วิธีการคำนวณขอบเขตเดิมสูงสุดเดิมเป็นของ แวนนิค ในปีค.ศ.1963 เป็นการสร้างการแยกเชิงเส้น ในปี ค.ศ.1992 เบอร์นาร์ด โบเซอร์, อีซาเบล กูยอน และ วลาดีเมียร์ แวนนิค เสนอแนวทางในการแบ่งแยกแบบไม่เป็นเชิงเส้น โดยใช้วิธีการเคอร์เนลเพื่อให้ขนาดของขอบ hyperplane มากที่สุด อัลกอริทึมที่ได้ออกมาจะมีรูปแบบคล้ายๆกันยกเว้นแต่การที่ผลคูณจุด แทนค่าด้วยฟังก์ชันเคอร์เนลที่ไม่เป็นเชิงเส้น ทำให้อัลกอริทึมที่เข้าใกล้ขอบเขตสูงสุดของ hyperplane การเปลี่ยนแปลงเป็นการเปลี่ยนแบบไม่เป็นเชิงเส้นและเปลี่ยนมิติที่สูง เคอร์เนลแบบทั่วไป

- 1) พหุนาม(เป็นเนื้อเดียวกัน) $k(\vec{x}_i, \vec{x}_j) = (\vec{x}_i \cdot \vec{x}_j)^d$ เมื่อ $d = 1$ จะเป็นแบบเชิงเส้น
- 2) พหุนาม(ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน) $k(\vec{x}_i, \vec{x}_j) = (\vec{x}_i \cdot \vec{x}_j + r)^d$
- 3) เกาเซีย ฟังก์ชันพื้นฐานเรเดียล $k(\vec{x}_i, \vec{x}_j) = \exp(-\gamma \|\vec{x}_i - \vec{x}_j\|^2)$ เมื่อ $\gamma > 0$ หรืออาจแทนเป็น $\gamma = 1/(2\sigma^2)$
- 4) ฟังก์ชันซิกมอยด์ (ไฮเพอร์โบลิคแทนเจนต์) $k(\vec{x}_i, \vec{x}_j) = \tanh(k\vec{x}_i \cdot \vec{x}_j + c)$ โดยทั่วไป $k > 0$ และ $c < 0$

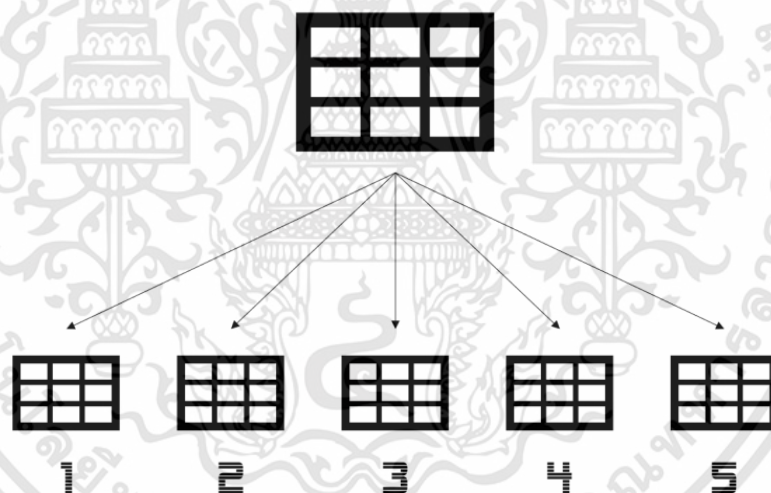
เคอร์เนลจะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง โดยสมการ ค่าของ w อยู่ในพื้นที่การแปลงกับ ผลคูณจุดด้วย w สำหรับการแยกชนิดสามารถนำมาคำนวณด้วยวิธีการเคอร์เนล

2.10.1.7 การปรับค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์ของการประมาณการ

ไฮเปอร์พารามิเตอร์ เป็นพารามิเตอร์ที่ไม่ได้มีการเรียนรู้โดยตรงใน scikit-learn ซึ่งเป็นการส่งต่อในรูปแบบอาร์กิวเมนต์ เพื่อสร้างคลาสการประเมิน การหารูปแบบตาราง ถูกนำมาใช้โดยทั่วไปในการปรับค่าไฮเปอร์พารามิเตอร์ที่ใช้ในการสร้างและประเมินโมเดลสำหรับการรวมกันแต่ละรูปแบบของอัลกอริทึมของพารามิเตอร์ในตาราง

2.10.1.8 วิธี K-Fold Cross Validation

K-Fold Cross Validation หรือเรียกสั้นๆว่า k-fold cv เป็นหนึ่งในเทคนิคการทำ Resampling ใดเดียวของ k-fold cv คือการแบ่งข้อมูลเป็น k ส่วนเท่าๆกันเพื่อสร้างและทดสอบโมเดล (train + validate) คำนวณค่าเฉลี่ย accuracy หรือ error (i.e. model performance) ก่อนที่จะนำโมเดลไปใช้ทำนายข้อมูล test set รูปด้านล่าง [44]



รูปที่ 2.30 แสดงการแบ่งข้อมูลเป็น 5 folds เท่าๆกัน

2.10.1.9 วิธีวัดคุณภาพของ Model AI

การวัดประสิทธิภาพ Cross-validation Test การทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลด้วยวิธี Cross-validation นี้จะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นหลายๆส่วน (k) เช่นกำหนดให้ $k\text{-fold}=3$ แสดงว่ามีการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน หรือการทดลอง 3 ครั้งโดยผลลัพธ์ที่ได้จะบอกผลการทดลองครั้งที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ [45]

		Predicted Class		
		Positive	Negative	
Actual Class	Positive	True Positive (TP)	False Negative (FN) Type II Error	Sensitivity $\frac{TP}{(TP + FN)}$
	Negative	False Positive (FP) Type I Error	True Negative (TN)	Specificity $\frac{TN}{(TN + FP)}$
		Precision $\frac{TP}{(TP + FP)}$	Negative Predictive Value $\frac{TN}{(TN + FN)}$	Accuracy $\frac{TP + TN}{(TP + TN + FP + FN)}$

รูปที่ 2.31 การประเมินประสิทธิภาพด้วยอัลกอริทึม Confusion Matrix

True Positive (TP)	คือ ทายว่าถูกต้อง แล้วตอบตรงตามที่ทายไว้
True Negative (TN)	คือ ทายว่าไม่ถูกต้อง แล้วตอบตรงตามที่ทายไว้
False Positive (FP)	คือ ทายว่าถูกต้อง แต่คำตอบคือไม่ถูกต้อง
False Negative (FN)	คือ ทายว่าไม่ถูกต้อง แต่คำตอบคือถูกต้องโดยที่ Precision เป็นการวัดความแม่นยำของข้อมูล โดยพิจารณาแยกที่ละคลาส แสดงวิธีการคำนวณในสมการที่ (2.3)
Sensitivity	เป็นการวัดความถูกต้องของ Model โดยพิจารณาแยกที่ละคลาส แสดงวิธีการคำนวณในสมการที่ (2.4)
Accuracy	เป็นการวัดความถูกต้องของ Model โดยพิจารณารวมทุกคลาส แสดงวิธีการคำนวณในสมการที่ (2.5)
Specificity	คำนวณจากจำนวนการคาดการณ์ negative ที่ถูกต้องหารด้วยจำนวน negative ทั้งหมด แสดงวิธีการคำนวณในสมการที่ (2.6)

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2.3)$$

$$Sensitivity \text{ recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2.4)$$

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP} \quad (2.5)$$

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 หลักการทำงานของรีเลย์

รีเลย์(relay) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในวงจรควบคุมอัตโนมัติ ทำหน้าที่เปรียบเสมือนสวิตช์ไฟ ที่ใช้แรงดันไฟฟ้าในการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อควบคุมวงจรต่าง ๆ รีเลย์จะทำงานโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก สำหรับใช้ดึงดูดหน้าสัมผัส(contact)ให้เปลี่ยนทิศทางการไหลของไฟฟ้า เพื่อควบคุมการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ คล้ายกับสวิตช์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย [46]

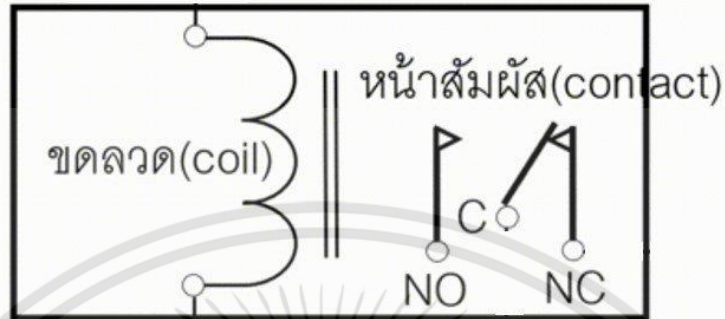
2.11.1 ส่วนประกอบของรีเลย์

- 1) ส่วนของขดลวด (coil) เหนียวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แก่โลหะไปกระตุ้นให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนียวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน(ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่คุณผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระตุ้นให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน
- 2) หน้าสัมผัส(contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์ ที่กำหนด ทิศทางการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการ

2.11.2 จุดต่อใช้งานมาตรฐานในวงจร

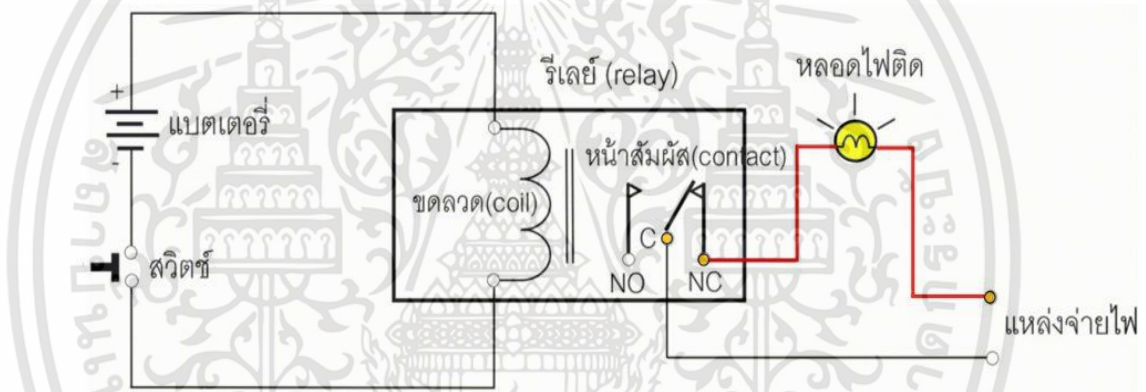
- 1) จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่า ปกติปิด คือ หากยังไม่มีการจ่ายไฟให้ขดลวด(coil) หน้าสัมผัสนี้จะเชื่อมต่อกับจุดต่อ C โดยทั่วไปแล้วเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา
- 2) จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่า ปกติเปิด คือ หากยังไม่มีการจ่ายไฟให้ขดลวด(coil) หน้าสัมผัสจะยังไม่เชื่อมต่อกับจุดต่อ C โดยทั่วไปแล้วเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานในช่วงเวลาจำกัดเท่านั้น
- 3) จุดต่อ C ย่อมาจาก common หมายถึง จุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ

รีเลย์ (relay)

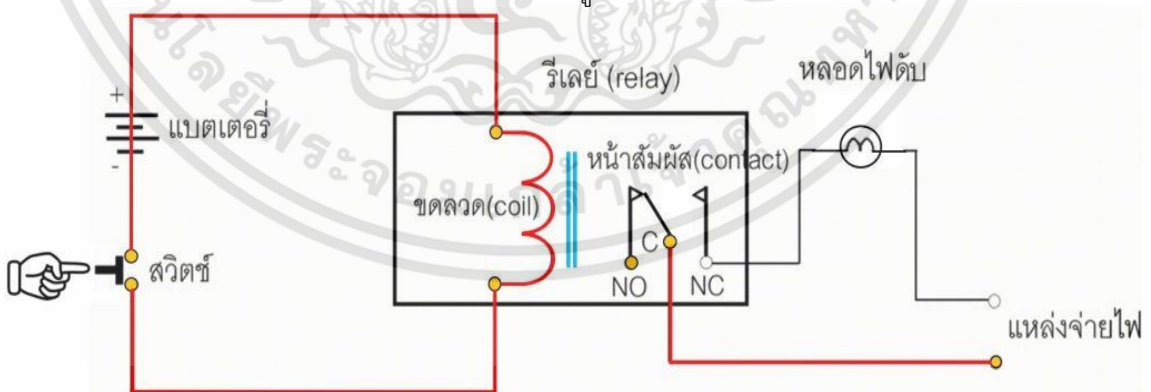


รูปที่ 2.32 ตัวอย่างหน้าสัมผัสแบบ Normal Close (NC)

2.11.3 ตัวอย่างการทำงานของรีเลย์



รูปที่ 2.33 ในสภาวะปกติที่ไม่มีการกดสวิตช์ แบตเตอรี่ไม่จ่ายไฟให้ขดลวด (coil) ทำให้ไม่เกิดการเหนี่ยวนำหน้าสัมผัส (contact) จึงอยู่ในสภาวะปกติปิด (NC) ไฟติด



รูปที่ 2.34 เมื่อกดสวิตช์ แบตเตอรี่จ่ายไฟให้ขดลวด (coil) ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำส่งผลให้หน้าสัมผัส (contact) เปลี่ยนสถานะเป็นสภาวะปกติเปิด (NO) ทำให้ไฟดับ

2.11.4 ข้อจำกัดในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป [47]

- 1) แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ ที่ตัวรีเลย์จะระบุค่า แรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน) เช่น 12VDC คือต้องใช้แรงดันที่ 12 VDC เท่านั้นหากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายใน ตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ เพราะตัวรีเลย์ จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากชนิดพิเศษ)
- 2) การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10A 220AC คือ หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 แอมแปร์ที่ 220VAC แต่การใช้ก็ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่า เพราะถ้ากระแสมาก หน้าสัมผัส ของรีเลย์จะละลายเสียหายได้
- 3) จำนวนหน้าสัมผัสการใช้งาน ควรดูว่ารีเลย์นั้นมีหน้าสัมผัสให้ใช้งานกี่อัน และมีขั้วคอมมอนด้วยหรือไม่

2.11.5 ประเภทของรีเลย์

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือ โซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจร ไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

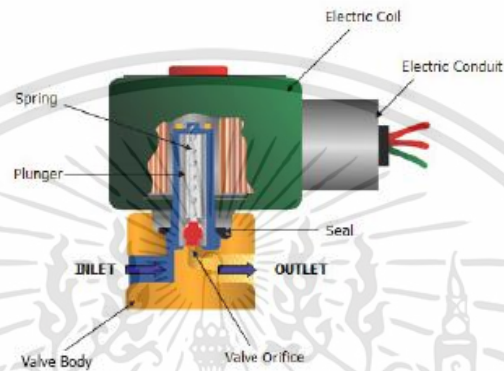
- 1) รีเลย์กำลัง (power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magneticcontactor)ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา
- 2) รีเลย์ควบคุม (control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุม มักเรียกกันว่า "รีเลย์"

2.12 หลักการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) คือ วาล์วที่ทำงานด้วยไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมปริมาตรของของไหลที่ไหลผ่านท่อ โดยการเปิดหรือปิดที่รู orifices ของตัววาล์ว การทำงานของโซลินอยด์วาล์ว 2/2 โดยทั่วไปมีการควบคุมให้เปิดปิดได้ด้วย 3 ระบบ คือระบบเปิดปิดโดยตรง (Direct acting) ระบบเปิดปิดทางอ้อม (Pilot control) และระบบลูกผสม (Combined Operation) [48]

2.12.1 ระบบเปิดปิดโดยตรง (Direct acting)

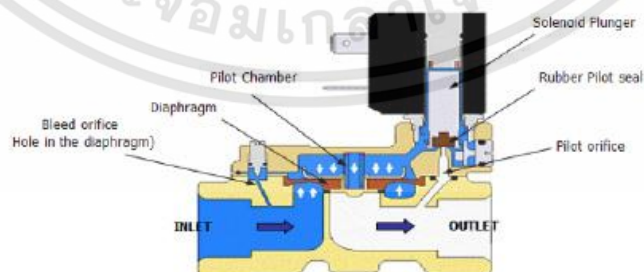
โซลินอยด์วาล์ว 2 ทาง ที่มีระบบการทำงานแบบเปิดปิดโดยตรงนั้น มีทางเข้าหนึ่งทางและทางออกหนึ่งทาง พุน (plunger) ซึ่งมีซีลอยู่ปลายด้านล่างทำหน้าที่เปิดและปิดรูทางผ่าน (orifice) ของของไหลเมื่อจ่ายไฟฟ้าเข้าหรือหยุดจ่ายไฟที่คอยล์ของวาล์ว



รูปที่ 2.35 ระบบเปิดปิดโดยตรง

2.12.2 ระบบเปิดปิดทางอ้อม (Pilot control)

ระบบการทำงาน วาล์วเปิด-ปิดโดยอาศัยหลักการความต่างของความดัน กล่าวคือ มีการจ่ายไฟเข้าคอยล์เพื่อให้ Plunger ยก Pilot Seal ขึ้นทำให้ของเหลวที่อยู่ด้านบนของแผ่นไดอะแฟรมไหลผ่านซึ่งจะทำให้ความดันด้านบนแผ่นไดอะแฟรมลดลงต่ำกว่าความดันของของไหลที่ไหลเข้ามา จึงทำให้แผ่นไดอะแฟรมยกขึ้นซึ่งจะทำให้เกิดการเปิดของวาล์ว โครงสร้างแบบนี้จะใช้กับวาล์วที่มีขนาด 3/8" (สามหุน หรือ 9.53 mm) ขึ้นไป ในขณะที่คอยล์ไม่จำเป็นต้องมีขนาดใหญ่ เพราะคอยล์ทำหน้าที่เพียงแค่เปิดรู Pilot จึงทำให้ราคาถูกและเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย

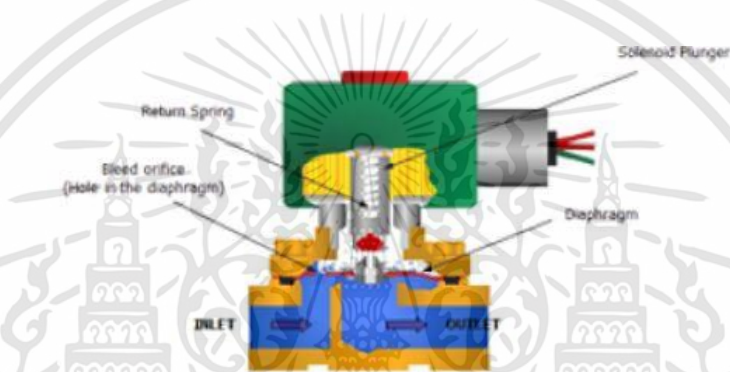


รูปที่ 2.36 ระบบเปิดปิดทางอ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.3 ระบบลูกผสม (Combined Operation)

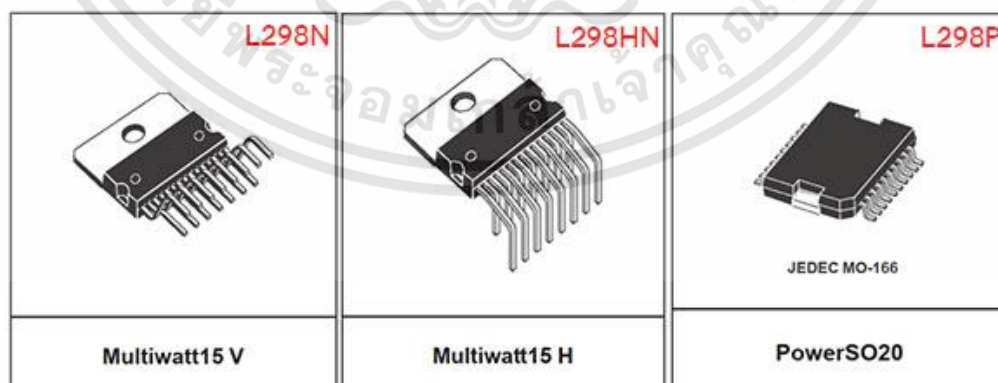
ระบบการทำงานแบบลูกผสมนั้นมีทางเข้าหนึ่งทางและทางออกหนึ่งทาง การเปิดรูผ่านหลัก (orifice) ซึ่งอยู่ภายในตัววาล์วนั้นเป็นการผสมผสานทั้งการทำให้ความดันของพื้นที่ด้านบนและ ด้านล่างของแผ่นไดอะแฟรมเสียดลบลวกับแรงที่ทุ่น (plunger) ของโซลินอยด์วาล์วช่วยออกแรงยกแผ่นไดอะแฟรมโดยตรงด้วย การทำงานหลัก ๆ ของแผ่นไดอะแฟรมก็เหมือนกับระบบ เปิดปิดทางอ้อมจะต่างก็ตรงที่ว่าแม้จะมีความดันขาเข้าเพียงน้อยนิดวาล์วก็สามารถเปิดได้ด้วยแรงยกของทุ่น (plunger)



รูปที่ 2.37 ระบบลูกผสม

2.13 หลักการทำงานของมอเตอร์ L298N

L298 เป็นไอซี Dual Full-Bridge Driver จาก ST Microelectronics สามารถขับโหลดแรงดันและกระแสสูงได้ ซึ่งทางผู้ผลิตได้ผลิตออกมาในรูปแบบตัวถัง 3 แบบ ตัวทำเป็นการบอกชนิดของตัวถัง ซึ่งจะมี 3 แบบ คือ N, HN และ P แสดงดังรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.38 L298 ทั้ง 3 รูปแบบ

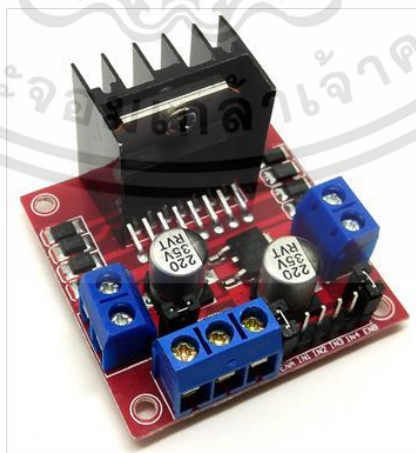
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของ L298 [49]

Symbol	Parameter	Min - Max	Unit
Vs	Power Supply	2.5 to 46	V
Vss	Logic Supply Voltage	4.5 to 7	V
Vi, Ven	Input Voltage Enable Voltage	-0.3 to 7	V
Io	Peak Output Current (each Channel)		
	- Non Repetitive (t = 100 μ s)	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off; ton = 10ms)	2.5	
	-DC Operation	2	
Vsense	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
Ptot	Total Power Dissipation (Tcase = 75°C)	25	W
Top	Junction Operating Temperature	-25 to 130	°C
Tstorage, Tjunction	Storage Temperature Junction Temperature	-40 to 150	°C

การควบคุมมอเตอร์นิยมนำใช้งานโมดูลสำเร็จรูปแบบต่าง ๆ ทั้งนี้โมดูลสำเร็จรูปจะต้องเลือกตามกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้สูงสุด เช่น มอเตอร์ใช้กระแสไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 1A ควรจะใช้โมดูลควบคุมมอเตอร์ที่รองรับกระแสไฟฟ้าได้ 2A เป็นต้น

โมดูลควบคุมมอเตอร์ที่นิยมนำใช้งานจะเป็นโมดูลที่ใช้ไอซี L298N สามารถขับมอเตอร์ที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 2A ได้ รองรับแรงดันอินพุตสำหรับควบคุมมอเตอร์ตั้งแต่ 5V ถึง 35V รองรับมอเตอร์ได้ 2 ตัว โดยแต่ละตัวมีช่องควบคุมจำนวน 3 ช่อง คือ IN จำนวน 2 ช่องสำหรับควบคุมทิศทางและความเร็วด้วย PWM และช่อง EN สำหรับควบคุมเปิด-ปิดการทำงานทั้งหมด ทั้งนี้ขา EN มักจะต่อกับ +5V อยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องนำมาต่อเข้ากับ ESP32 อีก



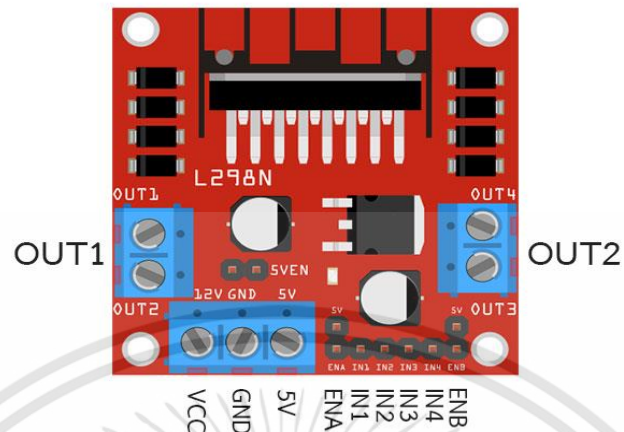
รูปที่ 2.39 โมดูลขับมอเตอร์ใช้ไอซี L298N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

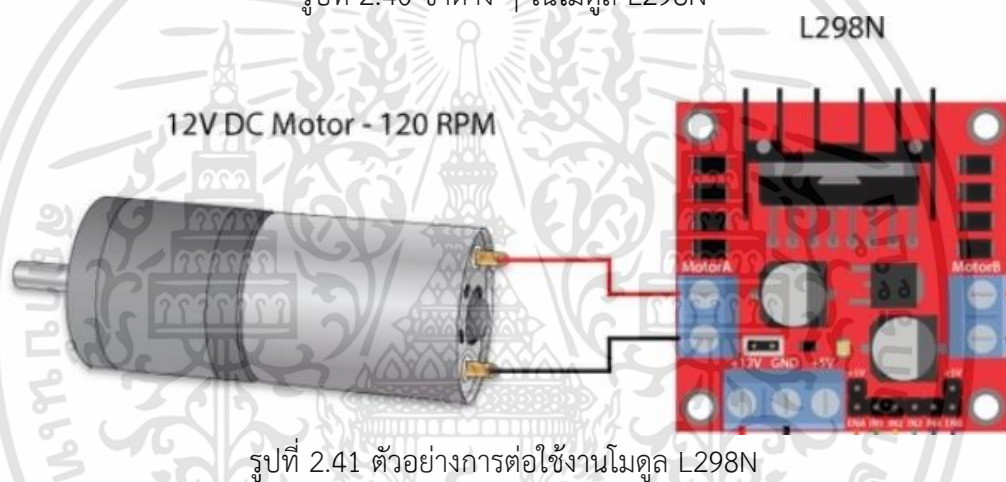
2.13.1 ขาการใช้งานของโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ใช้ไอซี L298N

โมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N เป็นโมดูลที่มีการทำวงจรมอเตอร์พร้อมใช้งาน สามารถเสียบสายควบคุมจาก Arduino ได้ทันที และมี Screw Terminal สำหรับต่อสายไฟขับเคลื่อนมอเตอร์ ซึ่งการใช้งานขาต่าง ๆ ของโมดูลแสดงดังรูปที่ 2.40

- 1) VCC เป็นจุดต่อไฟแรงสูงสำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ รองรับตั้งแต่ 5 – 35 V (แนะนำให้ใช้สูงสุดแค่ 35 V)
- 2) GND เป็นจุดต่อกราวด์ร่วม
- 3) 5V เป็นจุดต่อไฟเลี้ยงวงจร โดยจะต่อมาจาก 5V ของบอร์ด Arduino (ให้สังเกตด้านหลังจะมีจุดเชื่อมต่อ 5VEN เราจะใช้ประโยชน์ได้คือหากเชื่อมต่อจุดนี้ไว้ โมดูลจะดึงไฟจาก VCC ไปผ่านไอซี 5V Regulator สำหรับใช้เลี้ยงวงจร ทำให้ไม่ต้องต่อ 5V มาจาก Arduino แต่หากเราต่อไว้ 5V ของโมดูลจะส่งไฟออกไปเลี้ยงบอร์ด Arduino แทน ทำให้ไม่ต้องจ่ายไฟให้ Arduino อีก ซึ่งมีจุดที่ควรระวังคือหากเชื่อมต่อไว้แล้วจะต้องจ่าย Vcc ให้มากกว่าที่ใช้งาน 2V สมมติมอเตอร์ 12V เชื่อมต่อ 5VEN ไว้ ก็จะต้องจ่ายไฟเข้าที่ Vcc เป็น 14V เนื่องจาก L298 เป็น Transistor Dual Full-Bridge ซึ่งทรานซิสเตอร์จะทำให้แรงดันตรอปลง 2 V เป็นปกติ)
- 4) ENA เป็นขาสำหรับควบคุมความเร็วของมอเตอร์ชุด A (ในรูปพิมพ์ OUT1) หากเชื่อมต่อกับ 5V ด้านหลังไว้จะทำให้มอเตอร์หมุนที่ความเร็วคงที่ แต่หากต้องการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ให้หมุนช้าเร็วก็ต้องถอดการเชื่อมต่อออกแล้วดึงสัญญาณ PWM มาควบคุม ENA แทน
- 5) IN1 และ IN2 ใช้ควบคุมทิศการหมุนของมอเตอร์ ถ้าไฟไหลจาก 1 ไป 2 ก็จะหมุนทิศหนึ่ง ถ้าไฟไหลจาก 2 มา 1 ก็จะหมุนกลับอีกทิศ
- 6) ENB, IN3 และ IN4 มีหน้าที่เหมือน IN1 และ IN2 แต่จะเป็นการควบคุมมอเตอร์ชุด B (ในรูปพิมพ์ OUT2) แทน
- 7) OUT1 และ OUT2, OUT3 และ OUT4 สำหรับต่อสายไฟไปควบคุมมอเตอร์ A และมอเตอร์ B ตามลำดับ



รูปที่ 2.40 ขาต่าง ๆ ในโมดูล L298N

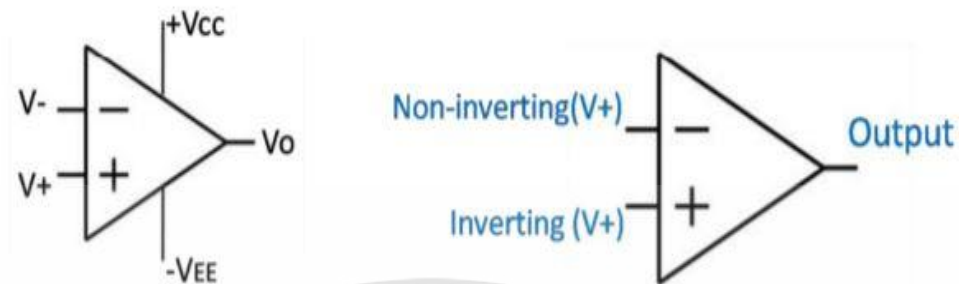


รูปที่ 2.41 ตัวอย่างการต่อใช้งานโมดูล L298N

2.14 หลักการทำงานของวงจรถยาย

ออปแอมป์ (Op-Amp) เป็นชื่อย่อสำหรับเรียกวงจรถยายที่มาจาก Operating Amplifier เป็นวงจรถยายแบบต่อตรง (Direct coupled amplifier) ที่มีอัตราขยายสูงมากใช้การป้อนกลับแบบลบไปควบคุมลักษณะการทำงาน ทำให้ผลการทำงานของวงจรมั่นคงกับพารามิเตอร์ภายในของออปแอมป์ วงจรภายในประกอบด้วยวงจรถยายที่ต่ออนุกรมกัน วงจรถยายดิฟเฟอเรนเชียลด้านทางเข้า วงจรถยายดิฟเฟอเรนเชียลภาคที่สอง วงจรเลื่อนระดับและวงจรถยายกำลังด้านทางออก สัญลักษณ์ที่ใช้แทนออปแอมป์จะเป็นรูปสามเหลี่ยม ไอซีออปแอมป์เป็นไอซีที่แตกต่างไปจากลิเนียร์ไอซีทั่ว ๆ ไปคือไอซีออปแอมป์มีขาอินพุต 2 ขา เรียกว่าขาเข้าไม่กลับเฟส (Non-Inverting Input) หรือ ขา + และขาเข้ากลับเฟส (Inverting Input) หรือขา - ส่วนทางด้านออกมีเพียงขาเดียว เมื่อสัญญาณป้อนเข้าขาไม่กลับเฟสสัญญาณทางด้านออกจะมีเฟสตรงกับทางด้านเข้า แต่ถ้าป้อนสัญญาณเข้าที่ขาเข้ากลับเฟส สัญญาณทางออกจะมีเฟสต่างไป 180 องศา จากสัญญาณทางด้านเข้า [50]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.42 สัญลักษณ์ของออปแอมป์

2.14.1 คุณสมบัติของออปแอมป์ในทางอุดมคติ

- 1) อัตราขยายมีค่าสูงมากเป็นอนันต์ ($A_v = \infty$)
- 2) อินพุทอิมพีแดนซ์มีค่าสูงมากเป็นอนันต์ ($Z_i = \infty$)
- 3) เอาท์พุทอิมพีแดนซ์มีค่าต่ำมากเท่ากับศูนย์ ($Z_o = 0$)
- 4) ความกว้างของแบนด์วิธ (Bandwidth) ในการขยายสูงมาก
- 5) สามารถขยายสัญญาณได้ทั้งสัญญาณ AC และ DC
- 6) การทำงานไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ

เมื่อศึกษาคุณสมบัติของออปแอมป์ในอุดมคติแล้วพบว่า ออปแอมป์ได้รวมข้อดีของวงจรขยายไว้ได้อย่างครบถ้วน เนื่องจากมีอัตราขยายเป็นอนันต์และสามารถขยายสัญญาณได้ทั้งไฟกระแสถัดและไฟกระแสตรง การนำไปใช้งานในบางครั้งเมื่อต้องการลดอัตราขยายก็สามารถทำได้โดยการป้อนกลับ (Feed Back) เพื่อมาลดอัตราขยายลง และข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือ อิมพีแดนซ์ทางอินพุทมีอิมพีแดนซ์สูงมาก จึงทำให้เหมือนไม่มีกระแสอินพุท ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้วงจรทางอินพุทไม่ไหลตรงจรส่งกำลังในส่วนหน้า เช่นเดียวกันที่เอาท์พุทมีอิมพีแดนซ์เป็นศูนย์สามารถนำไปเชื่อมต่อกับวงจรอื่นได้ดี

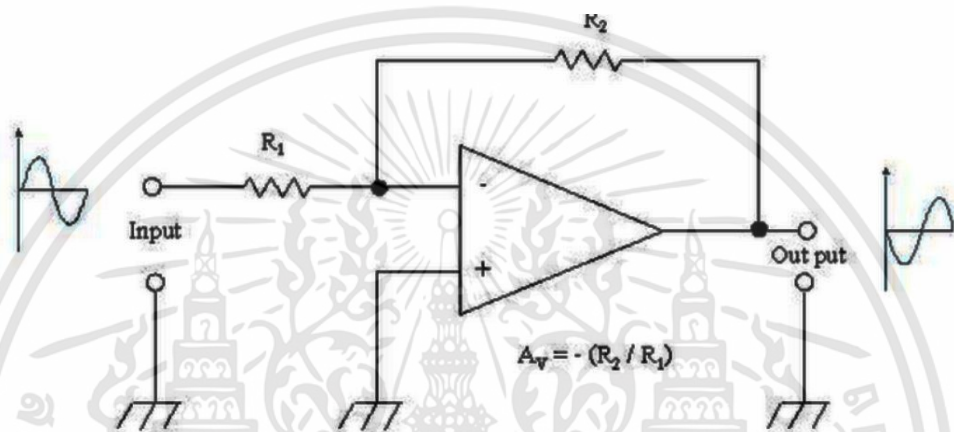
2.14.2 การใช้งานทั่วไป

2.14.2.1 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส (Inverting Amplifier)

ในวงจรขยายออปแอมป์นั้นสามารถที่จะกำหนดอัตราขยายของวงจรได้ โดยการใช้ วงจรเนกาทีฟฟีดแบ็ค (Negative Feedback) เมื่อเราป้อนสัญญาณเข้าทางขากลับเฟส (ขา -) แรงดันด้านทางออกจะมีมุมเฟสต่างไปจากแรงดันทางเข้า 180 องศา ซึ่งมีลักษณะตรงข้าม สัญญาณตรงกันข้ามนี้จะถูกป้อนกลับผ่าน R_2 เข้ามายังขาอินเวอร์ตอีกครั้งหนึ่ง ตรงจุดนี้จะทำให้สัญญาณเกิดการหักล้างกันอัตราขยายก็จะลดลง ถ้าตัวต้านทานที่เป็นตัวป้อนกลับมีค่ามาก จะทำให้สัญญาณป้อนกลับมีขนาดเล็กอัตราขยายออกจึงสูง ถ้าตัวต้านทานที่ป้อนกลับมีค่าน้อย

สัญญาณป้อนกลับไปได้มากอัตราการขยายก็จะลดลง ฉะนั้นอัตราส่วนของความต้านทาน R_1 และ R_2 จะเป็นตัวกำหนดอัตราการขยายของวงจรโดยไม่ขึ้นกับอัตราการขยายของออปแอมป์ ซึ่งสามารถหาอัตราการขยายแรงดันได้จากสมการ

$$A_v = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right) \quad (2.7)$$

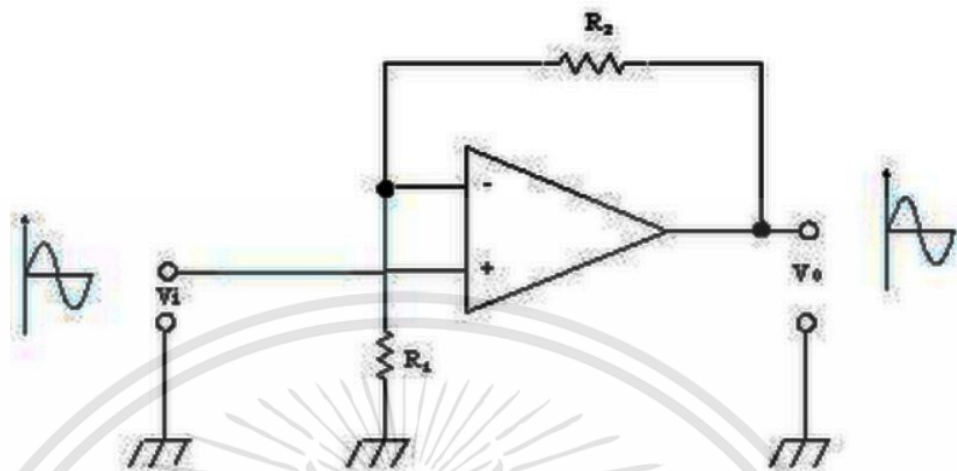


รูปที่ 2.43 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส

2.14.2.2 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Non-Inverting Amplifier)

วงจรขยายนี้เป็นวงจรขยายอีกแบบหนึ่งที่ต้องการเฟสในการขยายเป็นเฟสเดียวกัน ดังนั้นการป้อนสัญญาณอินพุตจึงต้องป้อนเข้าที่ขาอินพุตไม่กลับเฟส (+) ซึ่งเมื่อขยายออกที่เอาต์พุตแล้วจะได้สัญญาณเอาต์พุตที่มีเฟสเหมือนเดิม ดังนั้นในวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสนี้การป้อนกลับเพื่อลดอัตราการขยายจึงยังคงต้องป้อนไปยังขาอินเวอร์ตติ้ง (-) เพื่อให้เกิดการหักล้างของสัญญาณกันภายในตัวไอซีออปแอมป์ โดยสามารถหาอัตราการขยายของวงจรได้จากสมการ

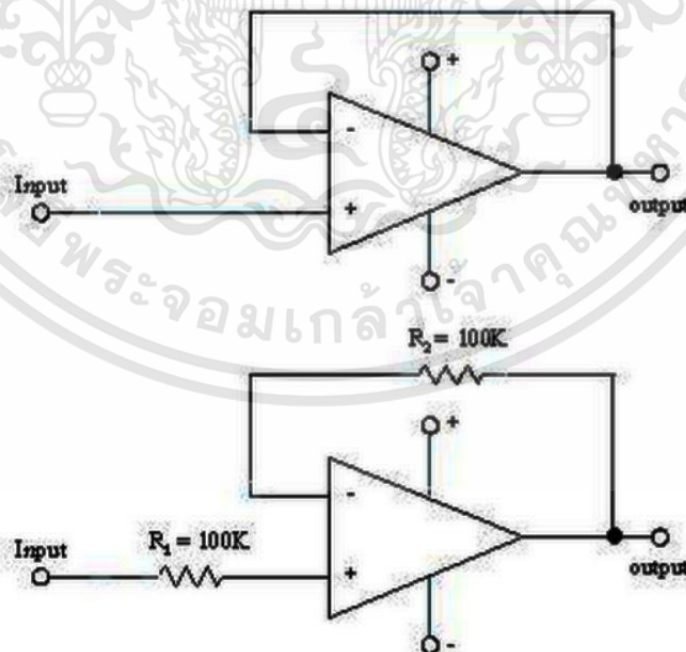
$$A_v = \frac{R_2}{R_1} \quad (2.8)$$



รูปที่ 2.44 วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส

2.14.2.3 วงจรบัฟเฟอร์ (Buffer)

วงจรบัฟเฟอร์หรือวงจรกันชน เป็นวงจรที่ใช้เชื่อมวงจรสองวงจรเข้าด้วยกัน เช่นระบบไอซีที่ต่างตระกูลกันหรือทรานซิสเตอร์ที่ไม่แมทซ์อินพุตแอนด์เอาต์พุตกัน คือวงจรที่จำเป็นต้องใช้บัฟเฟอร์เพราะคุณสมบัติของออปแอมป์ทางเอาต์พุตอินพุตแอนด์เอาต์พุตต่ำ เมื่อเชื่อมต่อกับวงจรอื่นแล้วจะไม่ทำให้วงจรอื่นมีผลแตกต่างไปจากเดิม วงจรบัฟเฟอร์นั้นจะมีอัตราขยายเท่ากับ 1



รูปที่ 2.45 วงจรบัฟเฟอร์

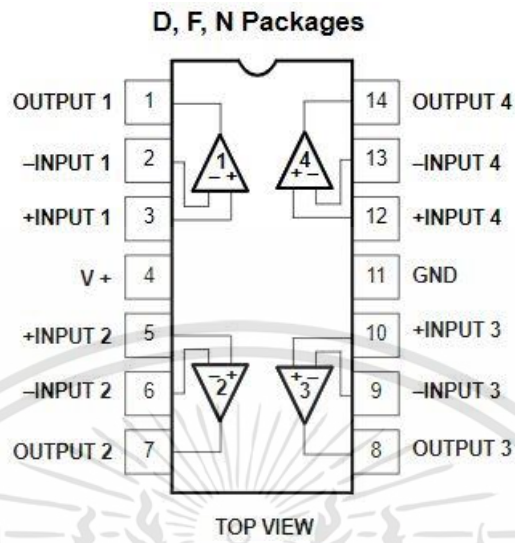
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15 หลักการทำงานของไอซี LM324N

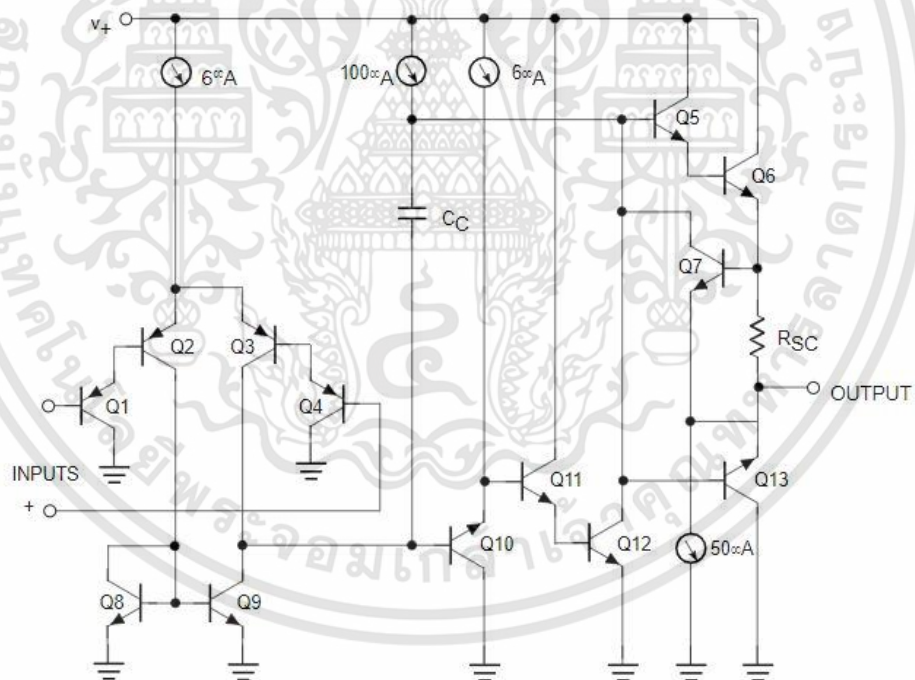
คำอธิบาย LM124/SA534/LM2902 ซีรีส์ประกอบด้วยแอมพลิฟายเออร์ที่ชดเชยความถี่ภายในอิสระกำลังสูงสี่ตัวที่ออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อใช้งานจากแหล่งจ่ายไฟเดียวในช่วงแรงดันไฟฟ้าที่หลากหลาย มีคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์ คือ ในโหมดเชิงเส้นช่วงแรงดันไฟฟ้าของโหมตทั่วไปอินพุตรวมถึงกราวด์และแรงดันเอาต์พุตยังสามารถแกว่งไปที่กราวด์ แม้ว่าจะใช้งานจากแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟเพียงตัวเดียว ได้รับความถี่ครอสโอเวอร์และอินพุตกระแสแบบไบอัส ได้รับการชดเชยอุณหภูมิ [46] LM324N : 14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP) ช่วงอุณหภูมิ 0°C ถึง +70°C DGW# SOT27-1 [51]

2.15.1 คุณสมบัติของ LM324N

- 1) ชดเชยความถี่ภายในเพื่อให้ได้ unity gain
- 2) แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีอัตราขยายที่มาก : 100dB
- 3) แบนด์วิดท์กว้าง (unity gain) : 1 MHz (ชดเชยอุณหภูมิ)
- 4) ช่วงแหล่งจ่ายไฟกว้าง แหล่งจ่ายไฟเดี่ยว : 3V_{DC} ถึง 30V_{DC} หรือ แหล่งจ่ายไฟแบบคู่: ±1.5V_{DC} ถึง ±15V_{DC}
- 5) มีการใช้กระแสไฟที่ต่ำมาก : โดยพื้นฐานแล้วไม่ขึ้นกับแรงดันไฟจ่าย (1mW/op amp ที่ +5V_{DC})
- 6) มีการใช้กระแสอินพุตไบอัสต่ำ : 45 nA_{DC} (ชดเชยอุณหภูมิ)
- 7) แรงดันออฟเซตอินพุตต่ำ : 2 mV_{DC} และกระแสไฟออฟเซต: 5 nA_{DC}
- 8) ช่วงแรงดันไฟอินพุตส่วนต่างเท่ากับแรงดันไฟของแหล่งจ่ายไฟ
- 9) แรงดันไฟขาออกขนาดใหญ่ : 0 V_{DC} ถึง VCC-1.5 V_{DC}

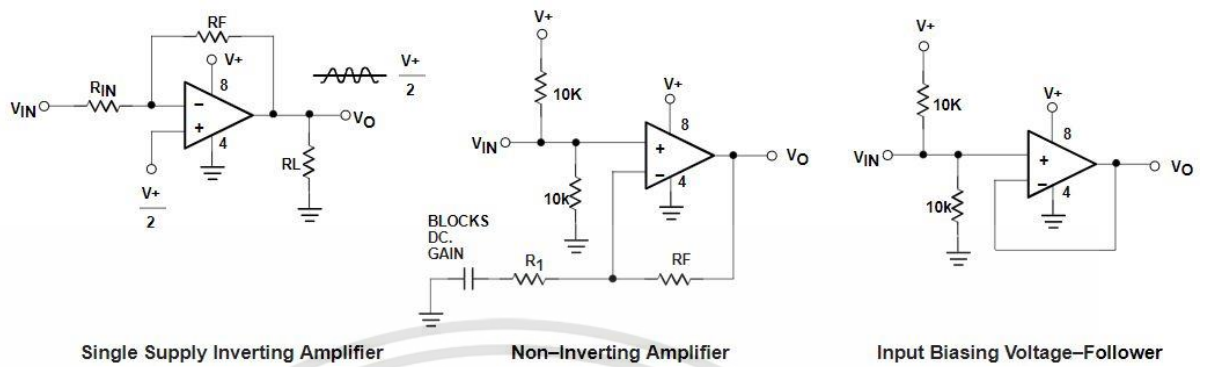


รูปที่ 2.46 การกำหนดค่าขาของ LM324N



รูปที่ 2.47 รูปวงจรของ LM324N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.48 การใช้งานทั่วไป

2.16 หลักการทำงานของ ESP32 CAM

ESP32 CAM เป็นโมดูลที่สามารถใช้งานร่วมกับบอร์ดต่าง ๆ รวมทั้ง Arduino โดยภายในโมดูลของ ESP32 CAM เป็นชิพ ESP32-S และประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในตัว สามารถเชื่อมต่อไวไฟและบลูทูธได้ มีกล้อง OV2640 และช่องเสียบ MicroSD Card สำหรับจัดเก็บข้อมูลภายในบอร์ด โดยบนโมดูลมีขาทั้งหมด 16 ขา ดังแสดงในรูปที่ 2.50 และแผนผังภายในโมดูล ESP32 CAM แสดงดังรูปที่ 2.51 [52]

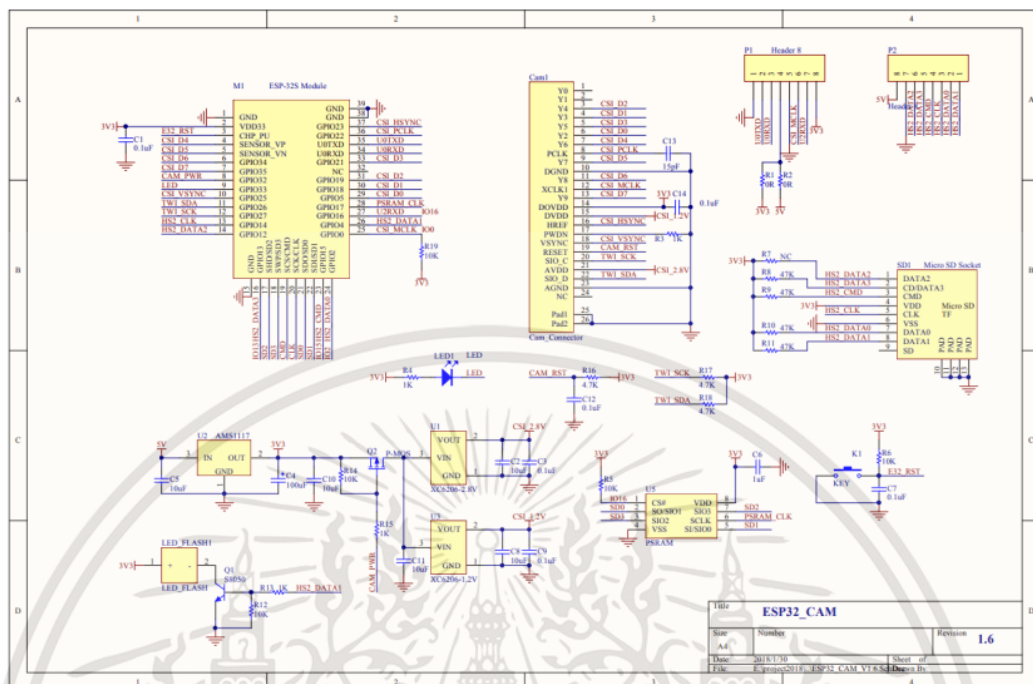


รูปที่ 2.49 ESP32 CAM



รูปที่ 2.50 แสดงขาของ ESP32 CAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.51 รูปร่างของโมดูล ESP32 CAM [53]

2.16.1 ขากรใช้งานของ ESP32 CAM

1) Power Pin

ESP32 CAM ประกอบด้วยขา GND 3 ขา, ขา Power 2 ขา คือ 3.3 โวลต์ และ 5 โวลต์ โดยสามารถจ่ายไฟให้กับ ESP32 CAM ผ่าน Pin 3.3 V หรือ 5 V

2) Output Pin

โดยบนโมดูลจะระบุเป็น Vcc สามารถจ่ายเอาต์พุตได้ 3.3 V หรือ 5 V

3) Serial Pin

ที่ขา GPIO 1 และ GPIO 3 เป็น Serial Pin โดยบนโมดูลจะระบุเป็น Pin TX และ RX ตามลำดับเนื่องจาก ESP32 CAM ไม่มีโปรแกรมภายในตัว จึงจำเป็นต้องใช้ Serial Pin ในการสื่อสารกับบอร์ดและอพลอดโค้ด

4) GPIO 0

บนโมดูลจะระบุเป็นขา IO0 ซึ่งมีหน้าที่ในการระบุว่าเป็น ESP32 CAM อยู่ในโหมด Flashing หรือไม่ เมื่อขา GPIO 0 เชื่อมต่อกับขา GND แล้ว ESP32 CAM จะเข้าสู่โหมด Flashing และทำให้สามารถอัปโหลดโค้ดไปยังบอร์ดได้ โดยการเชื่อมต่อของ MicroSD Card กับโมดูล ESP32 CAM แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การเชื่อมต่อขาระหว่าง Micro SD Card กับโมดูล ESP32 CAM

Micro SD card	ESP32 CAM
CLK	GPIO 14
CMD	GPIO 15
DATA0	GPIO 2
DATA1 / flashlight	GPIO 4
DATA2	GPIO 12
DATA3	GPIO 13

จากตารางที่ 2.3 แสดงขาที่ใช้เชื่อมต่อระหว่าง Micro SD Card และ ESP32 CAM ซึ่งมีทั้งหมด 16 ขา โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) ไฟแฟลช

บนโมดูล ESP32 CAM มีไฟ LED ภายในตัวซึ่งสามารถใช้เป็นแฟลชได้เมื่อถ่ายภาพ โดย LED นั้นเชื่อมต่อภายในกับขา GPIO 4 ดังแสดงในรูปที่ 2.4

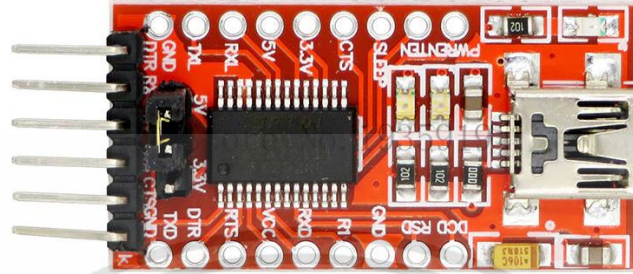
2) การเชื่อมต่อระหว่างกล้องกับโมดูล ESP32 CAM

กล้องวิดีโอบนโมดูล ESP32 CAM เป็นกล้อง OV2640 โดยการเชื่อมต่อของกล้องกับโมดูล ESP32 CAM แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การเชื่อมต่อขาระหว่างกล้องวิดีโอและโมดูล ESP32 CAM

OV2640 CAMERA	ESP32	Variable name in code
D0	GPIO 5	Y2_GPIO_NUM
D1	GPIO 18	Y3_GPIO_NUM
D2	GPIO 19	Y4_GPIO_NUM
D3	GPIO 21	Y5_GPIO_NUM
D4	GPIO 36	Y6_GPIO_NUM
D5	GPIO 39	Y7_GPIO_NUM
D6	GPIO 34	Y8_GPIO_NUM
D7	GPIO 35	Y9_GPIO_NUM
XCLK	GPIO 0	XCLK_GPIO_NUM
PCLK	GPIO 22	PCLK_GPIO_NUM
VSYNC	GPIO 25	VSYNC_GPIO_NUM
HREF	GPIO 23	HREF_GPIO_NUM
SDA	GPIO 26	SIOD_GPIO_NUM

2.17 หลักการทำงานของ FT232RL FTDI

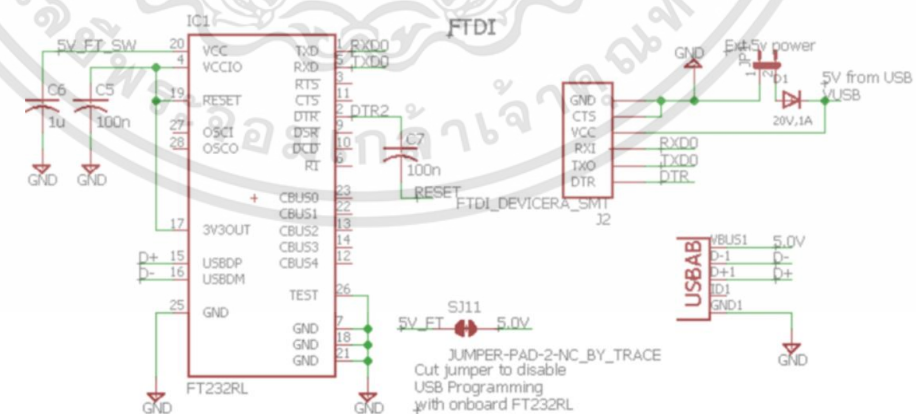


รูปที่ 2.52 โมดูล FT232RL FTDI

โมดูลแปลง USB เป็น TTL โดยใช้ไอซีเบอร์ FT232RL ของ FTDI สามารถเลือกใช้แรงดันได้ทั้ง 3.3 V และ 5 V โดยมีขาต่างๆ ดังนี้ RXD, TXD, CTS, DCD, DSR, RTS, DTR, RI และ GND โดยที่ USB เป็น TTL UART สำหรับอัปโหลดโปรแกรมเข้าตัวบอร์ด Arduino ทุกรุ่นที่ไม่มี USB [54]

2.17.1 คุณสมบัติของ FT232RL FTDI

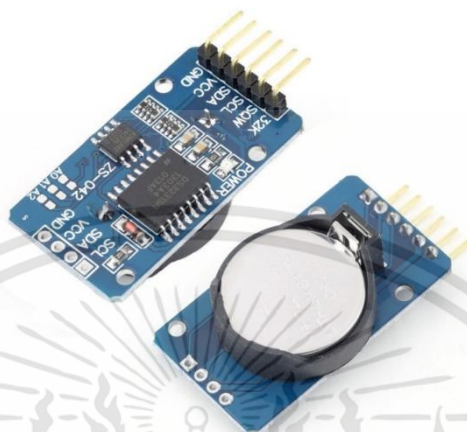
- 1) ชิป: FT232RL
- 2) ดึงพอร์ตสัญญาณทั้งหมดของชิป FT232RL ออกตัวบ่งชี้การสื่อสารตัวรับส่งสัญญาณ
- 3) RXD / TXD แหล่งจ่ายไฟ USB สามารถเลือก 5V หรือ 3.3V กำหนดโดยจัมเปอร์
- 4) การป้องกันกระแสเกินโดยใช้ฟิวส์กึ่งตัวเอง 500mA
- 5) คำจำกัดความของขา : DTR, RXD, TX, VCC, CTS, GND
- 6) อินเทอร์เฟซ: Mini USB



รูปที่ 2.53 รูปวงจรของโมดูล FT232RL FTDI [55]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.18 หลักการทำงานของ DS3231

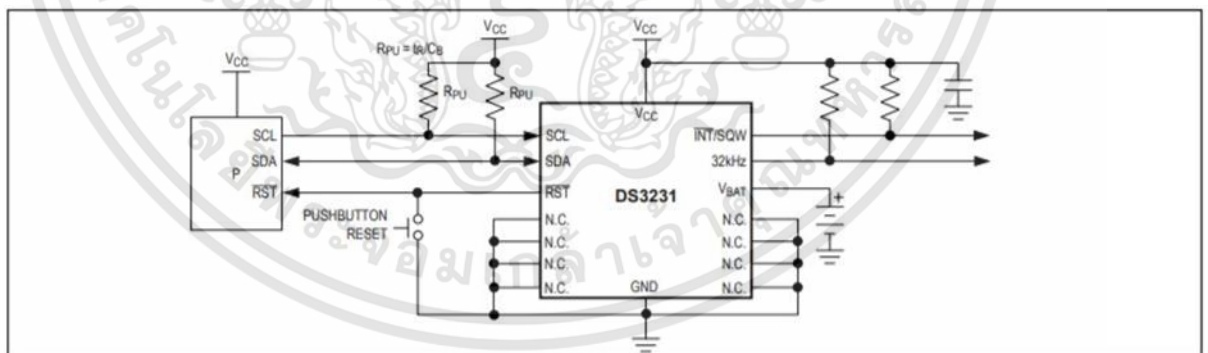


รูปที่ 2.54 DS3231

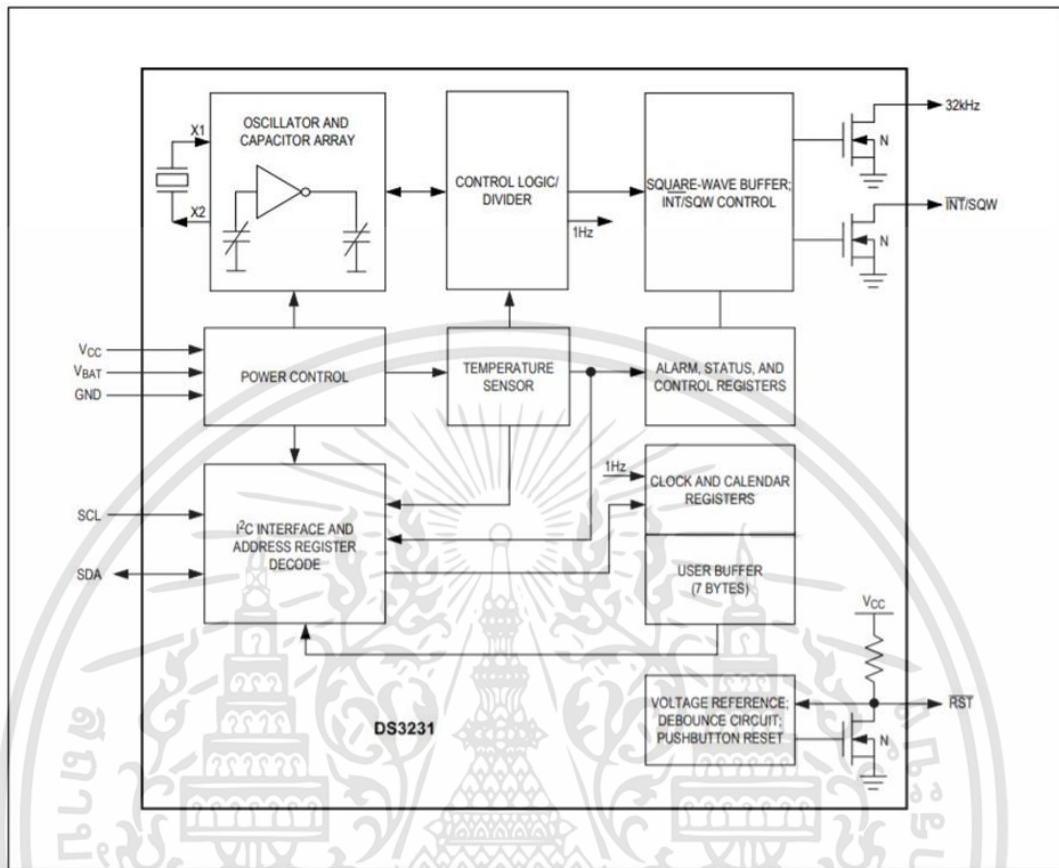
DS3231 มีราคาต่ำ มีความแม่นยำสูง การสื่อสารอนุกรมแบบ ซิงโครนัส เพื่อใช้สื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ความเร็วต่ำ (I²C) เป็นอุปกรณ์ที่ให้ค่าเวลาตามจริง (RTC) โดยมีการทำงานร่วมกับคริสตัลอสซิลเลเตอร์ที่มีส่วนทดแทนอุณหภูมิ (TCXO) และคริสตัล อุปกรณ์รวมไปถึงการรับพลังงานผ่านแบตเตอรี่ และมีการรักษาความแม่นยำทางด้านเวลาเมื่อพลังงานที่ส่งไปให้อุปกรณ์หลักถูกขัดขวาง มีคริสตัลเรโซเนเตอร์ เพื่อเพิ่มความแม่นยำให้อุปกรณ์ในระยะยาว รวมไปถึงการลดจำนวนชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต DS3231 สามารถใช้ได้ไม้อุณหภูมิแบบทั่วไปและอุตสาหกรรม และมี 16 ขา อุปกรณ์ที่ให้ค่าเวลาตามจริง (RTC) ควบคุมข้อมูลของ วินาที นาที ชั่วโมง วัน วันที่ เดือน และ ปี วันที่สิ้นสุดของแต่ละเดือนจะถูกเปลี่ยนแปลงตามอัตโนมัติสำหรับเดือนที่มีวันน้อยกว่า 31 วัน รวมถึงปีอธิกสุรทิน โดยสามารถทำงานได้ทั้งรูปแบบ 24 ชั่วโมงและ 12 ชั่วโมงโดยใช้ AM/PM เป็นตัวกำหนด สามารถตั้งเวลาแจ้งเตือนของแต่ละวันได้ 2 แบบและสามารถกำหนดให้ส่งสัญญาณสี่เหลี่ยมออกมาได้ ข้อมูลถูกส่งผ่านตามลำดับ โดย I²C บัสสองทิศทาง การควบคุมการทดแทนอุณหภูมิจากการอ้างอิงค่าความต่างศักย์และการตรวจสอบสถานะวงจรเปรียบเทียบของ VCC เพื่อตรวจจับความผิดพลาดของพลังงาน เพื่อส่งสัญญาณให้รีเซ็ต และเพื่อให้อุปกรณ์เปลี่ยนเป็นการใช้พลังงานสำรองแบบอัตโนมัติเมื่อจำเป็น ขา RST จะถูกกำหนดเป็นการกดปุ่มสำหรับการสร้างไมโครโปรเซสเซอร์รีเซ็ต [56]

2.18.1 ข้อมูลอุปกรณ์

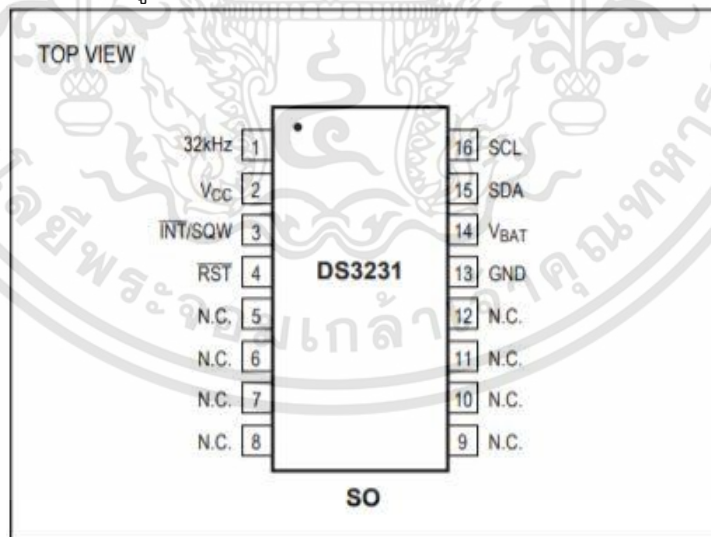
- 1) มีความแม่นยำสูง ใช้ RTC ในการควบคุมการทำงานเกี่ยวกับเวลาทั้งหมด
- 2) RTC นับวินาที นาที ชั่วโมง วัน วันที่ เดือน และ ปี วันที่สิ้นสุดของแต่ละเดือนจะถูกเปลี่ยนแปลงตามอัลกอริทึมสำหรับเดือนที่มีวันน้อยกว่า 31 วัน รวมถึงปีอธิกสุรทิน โดยสามารถใช้ได้ถึงปี ค.ศ. 2100
- 3) มีความแม่นยำ ± 2 ppm จาก 0°C ถึง $+40^{\circ}\text{C}$
- 4) มีความแม่นยำ ± 3.5 ppm จาก -40°C ถึง $+85^{\circ}\text{C}$
- 5) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลให้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำ $\pm 3^{\circ}\text{C}$
- 6) RST ขาออก/กดปุ่มจะทำการรีเซ็ตยกเลิขาเข้า
- 7) ตั้งแจ้งเตือนได้ 2 ช่วงเวลา
- 8) สามารถควบคุมการส่งสัญญาณต์เอาท์พุตคลื่นรูปแบบสี่เหลี่ยมได้
- 9) สามารถเชื่อมต่อได้ง่ายในไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนใหญ่
- 10) เร็ว(400kHz) และเป็นระบบควบคุมแบบ I²C
- 11) มีแบตเตอรี่สำรองเพื่อการควบคุมเวลาที่ถูกต้อง
- 12) ใช้พลังงานต่ำส่งผลให้ใช้งานส่วนพลังงานสำรองได้นานขึ้น
- 13) การทำงานใช้ 3.3V
- 14) ช่วงอุณหภูมิการทำงาน โดยทั่วไป (0°C ถึง $+70^{\circ}\text{C}$) และในอุตสาหกรรม (-40°C ถึง $+85^{\circ}\text{C}$)
- 15) อยู่ในมาตรฐานของ Underwriters Laboratories® (UL)



รูปที่ 2.55 รูปวงจรของ DS3231



รูปที่ 2.56 บล็อกไดอะแกรมของ DS3231



รูปที่ 2.57 รูปแบบขาอุปกรณ์ DS3231

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลขาอุปกรณ์

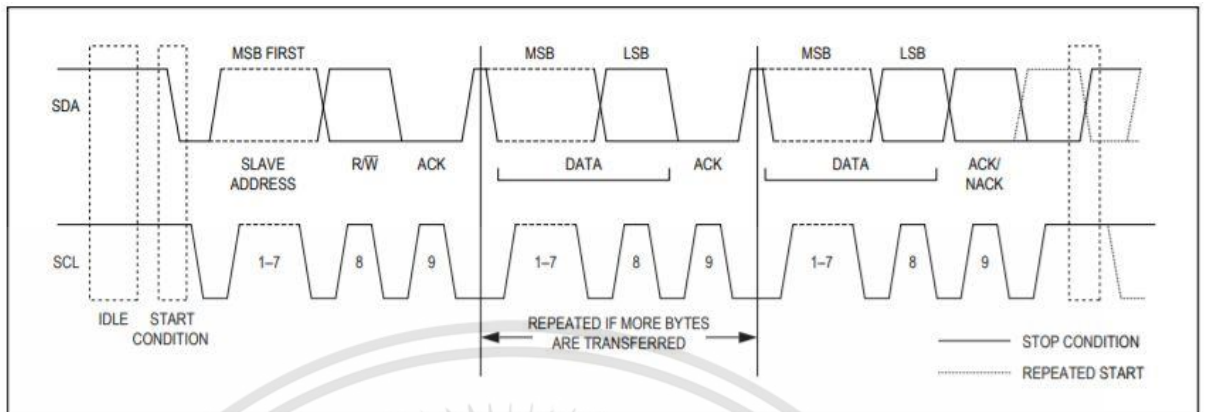
พิน	ชื่อ	ฟังก์ชัน
1	32 kHz	32kHz ขาออก ขาอุปกรณ์เปิด-ระบาย จะต้องมิตัวต้านทานแบบแบบปรับค่าได้แบบภายนอก เมื่อถูกใช้งาน ขาออกจะทำงานกับตัวจ่ายพลังงาน อาจจะถูกเปิดค้างไว้ถ้าไม่ถูกใช้งาน
2	Vcc	พินพลังงานกระแสตรง สำหรับแหล่งพลังงานหลัก ขาอุปกรณ์นี้ถูกแยกออกโดยใช้ 0.1 μ F ถึง 1.0 μ F ตัวเก็บประจุ ถ้าไม่ถูกใช้งานเชื่อมต่อกับสายดิน
3	INT/SQW	การทำงาน-การรบกวนที่ต่ำ หรือสัญญาณขาออกแบบสี่เหลี่ยมเป็นการเปิด ขาอุปกรณ์เปิด-ระบายจำเป็นต้องมิตัวต้านทานแบบปรับค่าได้แบบภายนอก เชื่อมต่อกับตัวจ่ายพลังงานที่ 5.5V หรือต่ำกว่า ขาอุปกรณ์ที่ทำงานหลายอย่างนี้ถูกกำหนดโดย บิตINTCN ในตัวควบคุม เมื่อ INTCN ตั้งลอจิกเป็น 0 ขาอุปกรณ์ขาออกจะส่งสัญญาณขาออกเป็นสี่เหลี่ยมและความถี่จะถูกควบคุมโดยบิต RS1 และ RS2 เมื่อ INTCN ถูกตั้งลอจิกเป็น 1 จากนั้นจะทำการจับเวลาให้ตรงกันระหว่างระบบควบคุมและที่ลงทะเบียน ไม่ว่าจะมีการลงทะเบียนหรือไม่จะทำการเริ่มการทำงานของขาอุปกรณ์ INT/SQW (ถ้าถูกตั้งเวลาไว้) เพราะเมื่อบิต INTCN ถูกตั้งลอจิกเป็น 1 เมื่อมีพลังงานถูกนำมาใช้ขาอุปกรณ์จะถูกตั้งให้ขัดขวางขาออกโดยการหยุดการทำงานของ การตั้งแฉ่งเตือน ความต่างศักย์แบบปรับค่าได้สามารถมากถึง 5.5V ไม่ว่าจะมิต่างความต่างศักย์ในVCCเท่าไร ถ้าไม่ถูกใช้ขาอุปกรณ์นี้จะไม่มีการเชื่อมต่อ
4	RST	การทำงาน-การรีเซ็ตต่ำ ขาอุปกรณ์นี้เป็นขาเปิด-ระบาย ขาเข้า/ขาออก แสดงถึงสถานะของ Vcc เมื่อเทียบกับมาตรฐาน V _{PF} เมื่อ Vcc มีค่าต่ำกว่า V _{PF} ขาอุปกรณ์ RST จะเปลี่ยนเป็นแบบต่ำ เมื่อ Vcc มีค่ามากกว่า V _{PF} สำหรับ t _{RST} ขาอุปกรณ์ RST จะถูกปรับค่าเป็นสูงโดยตัวต้านทานภายในแบบปรับค่าได้การทำงานแบบต่ำ ขาออกแบบเปิด-ระบาย ถูกรวมไปกับฟังก์ชันด้วยกลไกการกดปุ่มขาเข้า ขาอุปกรณ์นี้สามารถถูกนำมาใช้ในโดยการร้องขอการกดปุ่มรีเซ็ต มีค่าภายใน 50 k Ω ตัวต้านทานปรับค่าได้ต่อ Vcc ไม่มีตัวต้านทานภายนอกปรับค่าได้ควรถูกนำไปเชื่อมต่อ ถ้าออสซิลเลเตอร์ ไม่ถูกนำมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		t_{REC} จะถูกส่งต่อและ RST จะสูงขึ้นทันที
5-12	N.C.	เมื่อไม่มีการเชื่อมต่อจะต้องต่อกับสายดิน
13	GND	สายดิน
14	V_{BAT}	แหล่งพลังงานสำรอง เมื่อใช้อุปกรณ์กับ V_{BAT} เป็นแหล่งพลังงานหลัก ใช้อุปกรณ์นี้ควรใช้กับ 0.1 μF ถึง 1.0 μF ตัวเก็บประจุแบบมีการรั่วต่ำ เมื่อใช้อุปกรณ์กับ V_{BAT} เป็นแหล่งพลังงานสำรองไม่จำเป็นต้องมีตัวเก็บประจุ เมื่อ V_{BAT} ไม่ถูกใช้งานจะต้องต่อเข้ากับสายดิน อุปกรณ์ได้รับการยอมรับโดย UL เพื่อให้มั่นใจในการชาร์จแบบย้อนกลับเมื่อใช้กับแบตเตอรี่ลิเทียม ไปที่ www.maximintegrated.com/qa/info/ul .
15	SDA	ข้อมูลอนุกรม ขาเข้า/ขาออก ใช้อุปกรณ์นี้เป็น ข้อมูลขาเข้า/ขาออก สำหรับ I ² C อนุกรมอินเทอร์เฟซ ใช้อุปกรณ์แบบเปิด-ระบายจำเป็นต้องมีตัวต้านทานปรับค่าได้แบบภายนอก ความต่างศักย์ปรับค่าได้มากถึง 5.5 V ไม่ว่าจะมีความต่างศักย์บน Vcc เท่าไรก็ตาม
16	SCL	นาฬิกาอนุกรมขาเข้า ใช้อุปกรณ์นาฬิกาขาเข้าสำหรับ I ² C อนุกรมอินเทอร์เฟซถูกใช้ในการประสานข้อมูล การเคลื่อนไหวบนอนุกรมอินเทอร์เฟซ มากถึง 5.5 V สามารถใช้ได้กับขาอุปกรณ์นี้ไม่ว่าจะมีความต่างศักย์บน Vcc เท่าไรก็ตาม

2.18.2 I²C บัสข้อมูลอนุกรม

DS3231 รองรับการส่งข้อมูล 2 ทิศทางแบบบัส I²C อุปกรณ์ที่ส่งข้อมูลไปที่บัสจะถูกเรียกว่าตัวส่งข้อมูล และตัวที่รับข้อมูลจะเรียกว่าตัวรับข้อมูล อุปกรณ์ที่ควบคุมข้อความเรียกว่า มาสเตอร์ อุปกรณ์ที่ควบคุมโดยมาสเตอร์เรียกว่า สเลฟ บัสจะถูกควบคุมโดยมาสเตอร์ ที่สร้างสัญญาณนาฬิกา (SCL), ควบคุมการเข้าถึงของบัส และสร้างเงื่อนไขการเริ่มและหยุด DS3231 ทำงานเป็นสเลฟในบัส I²C การเชื่อมต่อไปที่บัสถูกสร้างผ่าน SCL ขาเข้า และการเปิด-ระบายของสาย SDA I/O ในมาตรฐานของบัสในรูปแบบธรรมดา (100 kHz เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงสุด) รูปแบบเร็ว (400 kHz เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงสุด) DS3231 ทำงานในทั้ง 2 รูปแบบ



รูปที่ 2.58 I²C รูปแบบการส่งข้อมูล



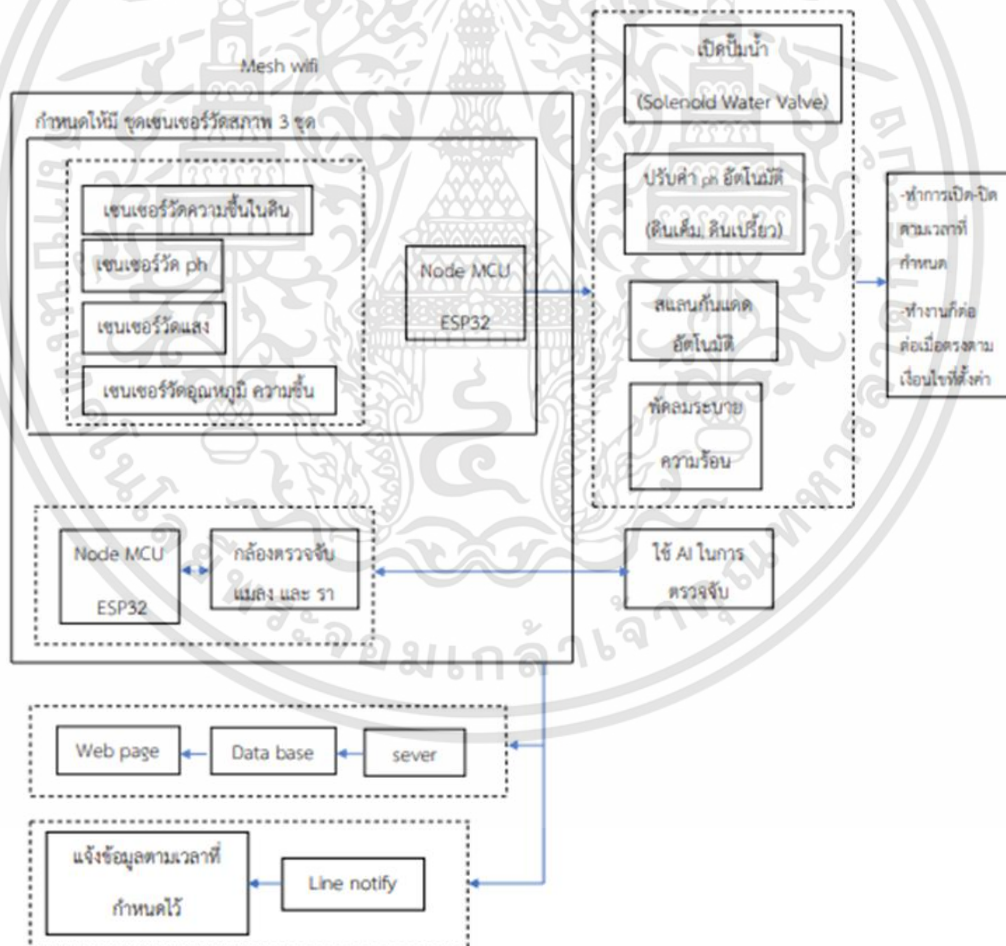
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์

การศึกษาและการออกแบบระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติสิ่งที่จะต้องคำนึงอย่างแรกคือ ความเที่ยงตรงของค่าที่วัดได้ซึ่งจะต้องอยู่ภายใต้มาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้ ตามด้วยปัจจัยที่ผลต่อการวัดค่าของเซนเซอร์ เช่น การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ควรจัดให้อยู่ในจุดที่เหมาะสมไม่ปิดทึบ การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความเข้มแสง ควรจัดให้อยู่ในจุดที่สามารถรับแสงได้ และการเพิ่มวงจรรขยายในส่วนอุปกรณ์ตรวจวัดค่า pH ในเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวัดค่า เป็นต้น การทำงานของระบบ ดังรูปที่ 3.1

3.1 การออกแบบ



รูปที่ 3.1 การทำงานโดยรวมของระบบ

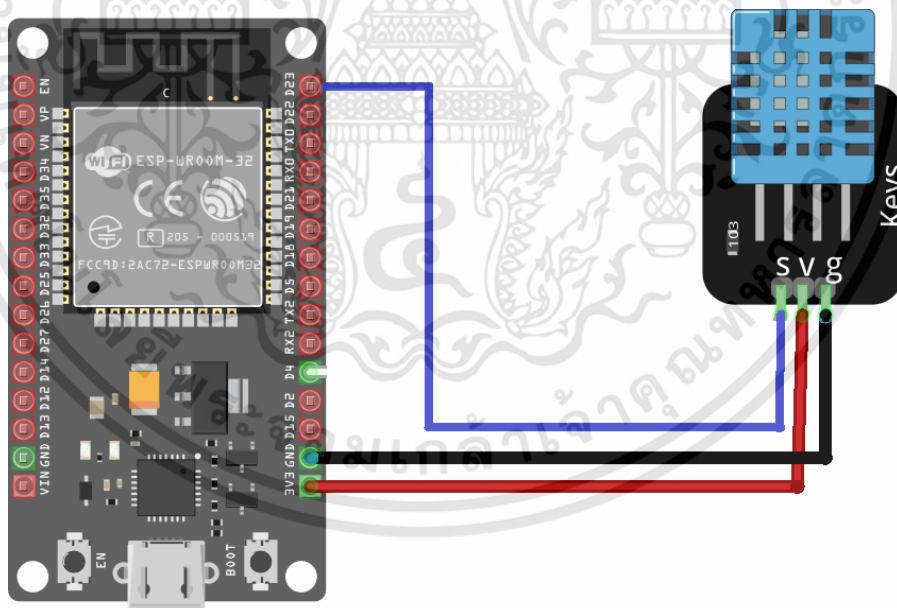
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ส่วนอุปกรณ์ตรวจวัดค่าต่าง ๆ

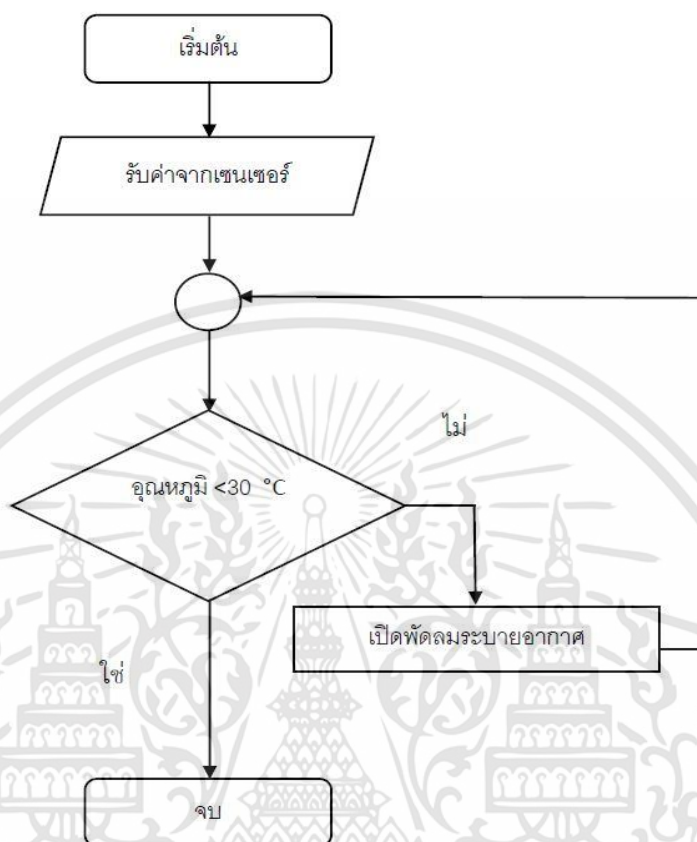
ในส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดค่าต่าง ๆ ประกอบด้วยเซนเซอร์เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์,เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน,เซนเซอร์วัดความเข้มแสงและเซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน หลังจากที่ได้รับค่าต่าง ๆ จากเซนเซอร์มาแล้ว มีการวางระบบให้มีการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ไปยัง ESP32 เพื่อส่งข้อมูลไปยัง Database เพื่อนำข้อมูลไปเก็บไว้ แล้วดึงข้อมูลมาแสดงผลบน Web Application และทำการรดน้ำ เปิด-ปิดสแลนกันแดดและพัดลมระบายความร้อน ปรับค่า pH และค่าความชื้นในดิน โดยมีรายละเอียดของการออกแบบการใช้งานเซนเซอร์ต่าง ๆ และการนำไปใช้ในระบบ มีดังนี้

3.1.1.1 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น

การออกแบบอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้น จำเป็นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของเซนเซอร์ และตำแหน่งที่เหมาะสมของเซนเซอร์ในการวัดค่า กล่าวคือ จะต้องออกแบบให้มีความโปร่งให้ตัวเซนเซอร์สามารถรับอุณหภูมิและความชื้นภายนอก โดยใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ DHT11 แสดงวิธีการเชื่อมต่อ DHT11 เข้ากับอุปกรณ์ ESP32 แสดงดังรูปที่ 3.2 โดยแผนภาพการทำงานของ DHT11 ในระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติแสดงดังรูปที่ 3.3



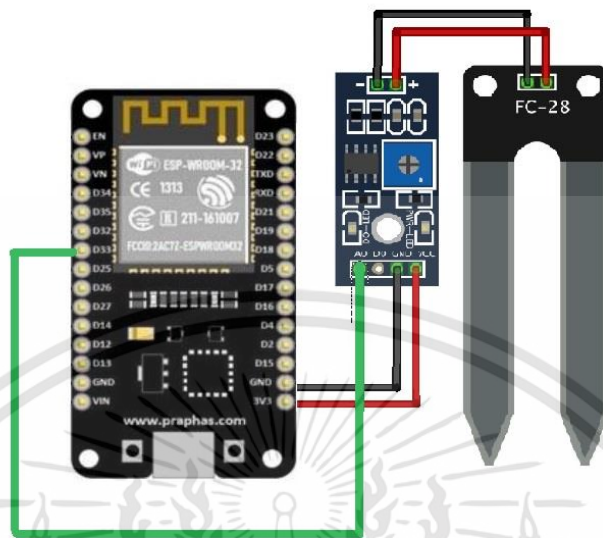
รูปที่ 3.2 ลักษณะการเชื่อมต่อ DHT11 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์กับ ESP32



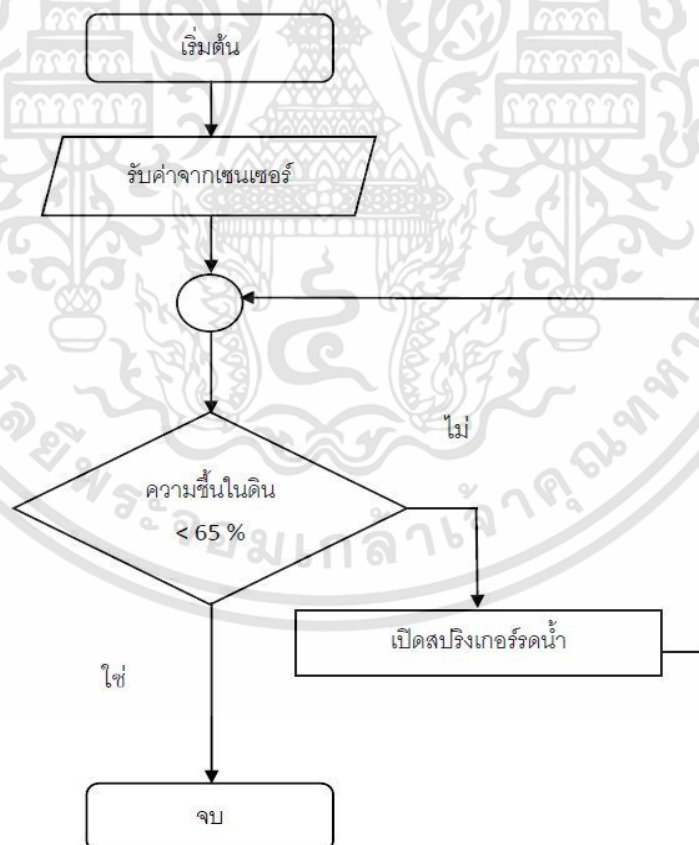
รูปที่ 3.3 แผนภาพการทำงานของ DHT11 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

3.1.1.2 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในดิน

การออกแบบอุปกรณ์วัดค่าความชื้นในดิน โดยใช้เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน แสดงวิธีการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดความชื้นในดินเข้ากับอุปกรณ์ ESP32 แสดงดังรูปที่ 3.4 โดยแผนภาพการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นในดินในระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติแสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 ลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดความชื้นในดินกับ ESP32

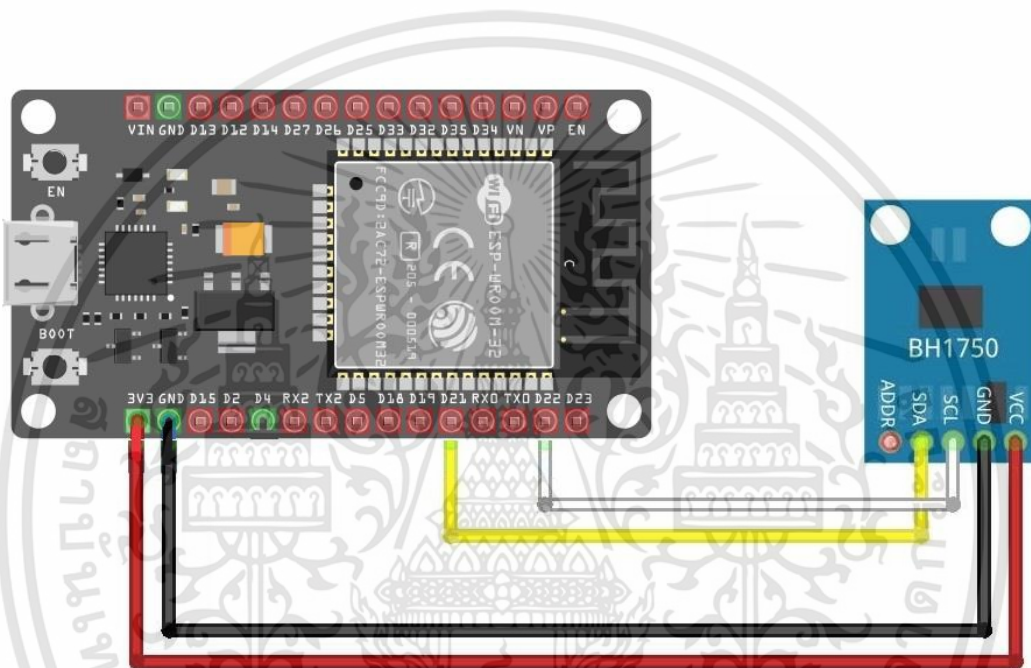


รูปที่ 3.5 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

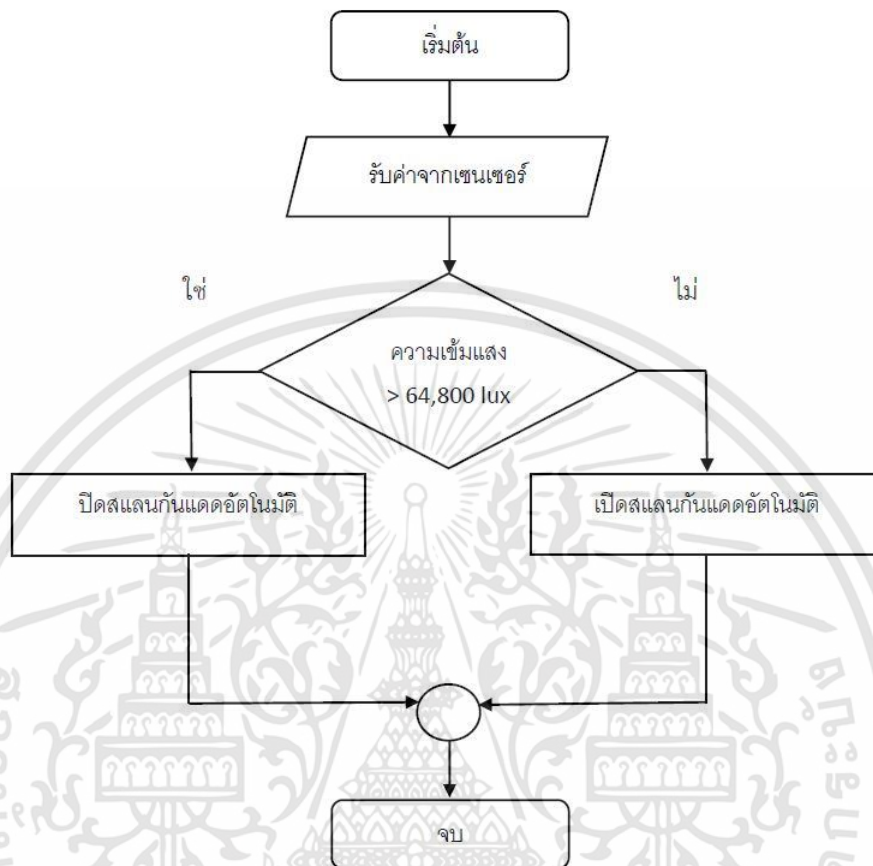
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.3 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความเข้มแสง

การออกแบบอุปกรณ์วัดค่าความเข้มแสง จำเป็นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของ เซนเซอร์ และตำแหน่งที่เหมาะสมของเซนเซอร์ในการวัดค่า กล่าวคือ จะต้องออกแบบให้อยู่ใน ตำแหน่งที่สามารถรับแสงได้ โดยใช้เซนเซอร์วัดความเข้มแสง GY-30 (BH1750FVI) แสดงวิธีการ เชื่อมต่อ GY-30 (BH1750FVI) เข้ากับอุปกรณ์ ESP32 แสดงดังรูปที่ 3.6 โดยแผนภาพการทำงานของ GY-30 (BH1750FVI) ในระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติแสดงดังรูปที่ 3.7



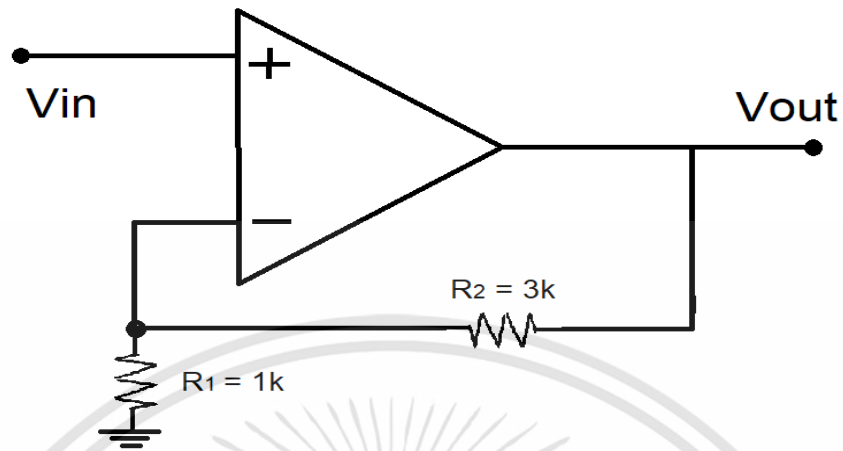
รูปที่ 3.6 ลักษณะการเชื่อมต่อ GY-30 (BH1750FVI) เซนเซอร์วัดความเข้มแสงกับ ESP32



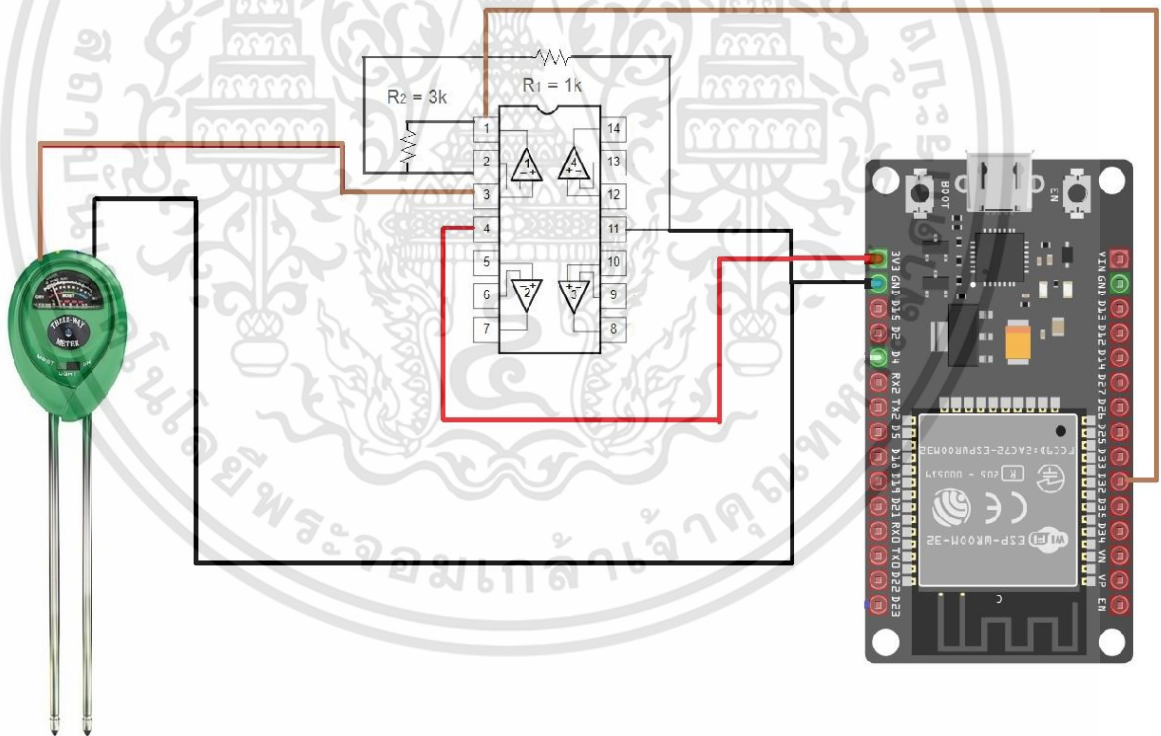
รูปที่ 3.7 แผนภาพการทำงานของ GY-30 (BH1750FVI) เซนเซอร์วัดความเข้มแสง

3.1.1.4 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดค่า pH ในดิน

การออกแบบอุปกรณ์วัดค่า pH ในดิน โดยใช้เซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน ซึ่งเซนเซอร์วัดค่า pH ในดินที่ใช้ มีค่าความคลาดเคลื่อนในช่วงค่า pH ที่ 8.0-6.0 โดยจะได้ข้อมูลเป็นแอนะล็อก ซึ่งเป็นค่าโวลต์แล้วนำมาแปลง ให้อยู่ในหน่วยของค่า pH โดยออกแบบการแก้ปัญหาด้วยการใช้ไอซีเบอร์ L324N มาสร้างวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสที่อัตราขยาย 4 เท่า โดยอ้างอิงจากสมการที่ (2.2) โดยกำหนดให้ $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ และ $R_2 = 3\text{ k}\Omega$ แสดงวงจรขยายดังรูปที่ 3.8 แสดงวิธีการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดค่า pH ในดินเข้ากับอุปกรณ์วงจรขยายและ ESP32 แสดงดังรูปที่ 3.9 โดยแผนภาพการทำงานของเซนเซอร์วัดค่า pH ในดินในระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติแสดงดังรูปที่ 3.10

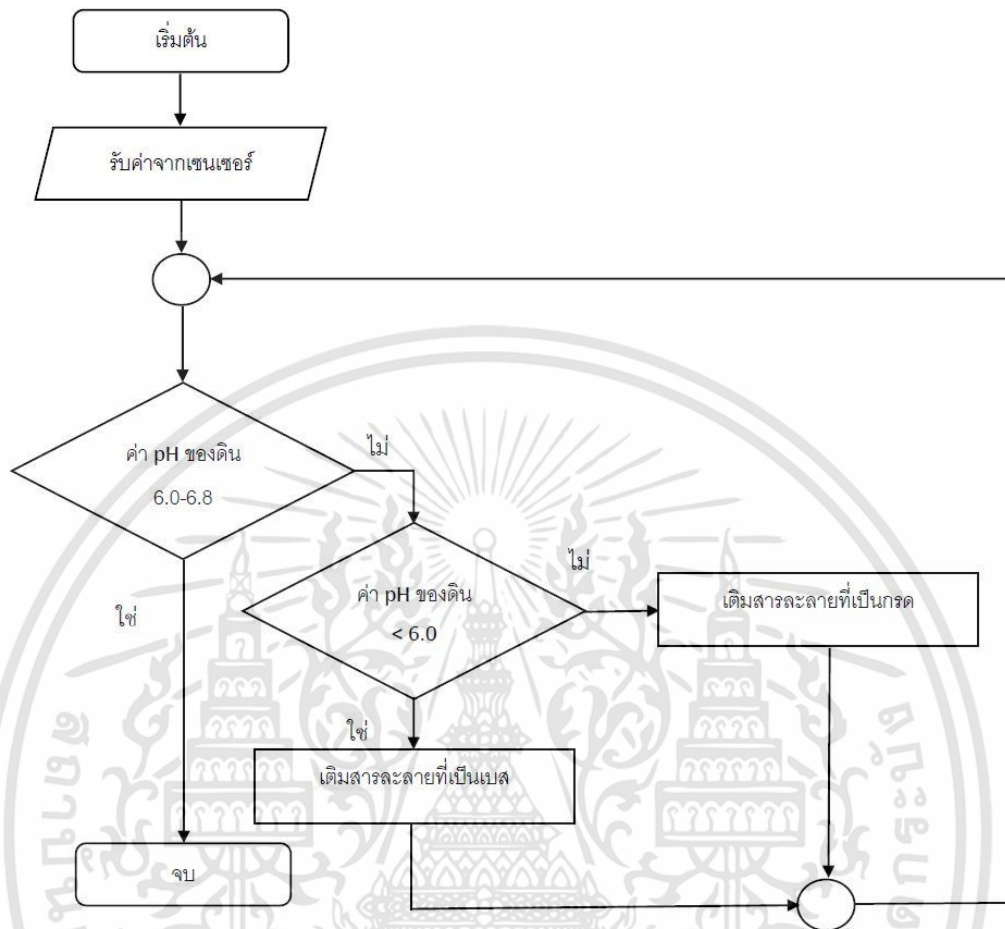


รูปที่ 3.8 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส อัตราขยาย 4 เท่า



รูปที่ 3.9 ลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์วัดค่า pH ในดินกับ ESP32

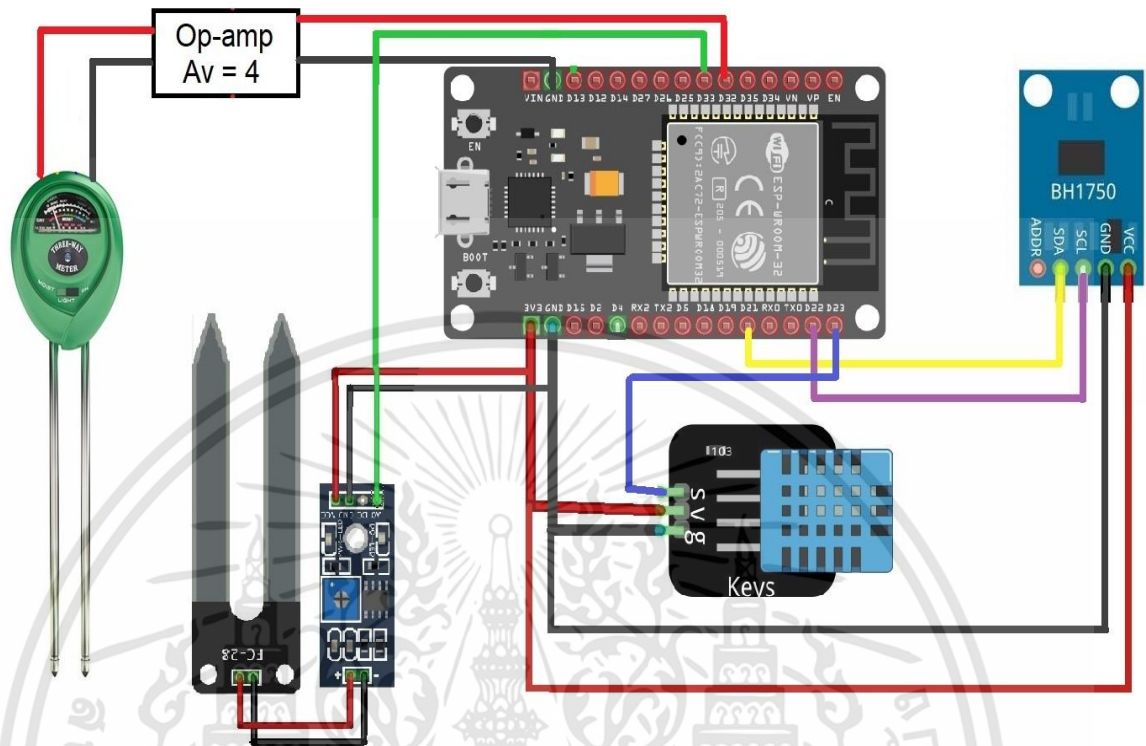
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แผนภาพการทำงานของเซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน

3.1.1.5 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าต่าง ๆ ที่รวมกันในแต่ละโหนด

การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าต่าง ๆ ที่ประกอบด้วยเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์, เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน, เซนเซอร์วัดความเข้มแสงและเซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน โดยอุปกรณ์ตรวจวัดค่าบางค่าจะต้องคำนึงถึงความแม่นยำของค่าที่วัดได้ จัดลักษณะของตัวอุปกรณ์ให้มีความเหมาะสมในการจัดเก็บค่า แสดงลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์กับ ESP32 แสดงดังรูปที่ 3.11

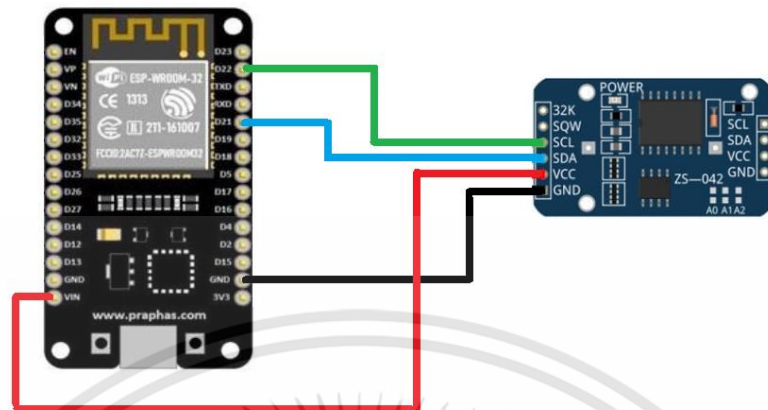


รูปที่ 3.11 ลักษณะการเชื่อมต่อเซนเซอร์กับ ESP32

3.1.2 ส่วนอุปกรณ์ควบคุมค่าต่าง ๆ

3.1.2.1 การออกแบบอุปกรณ์ตั้งเวลา

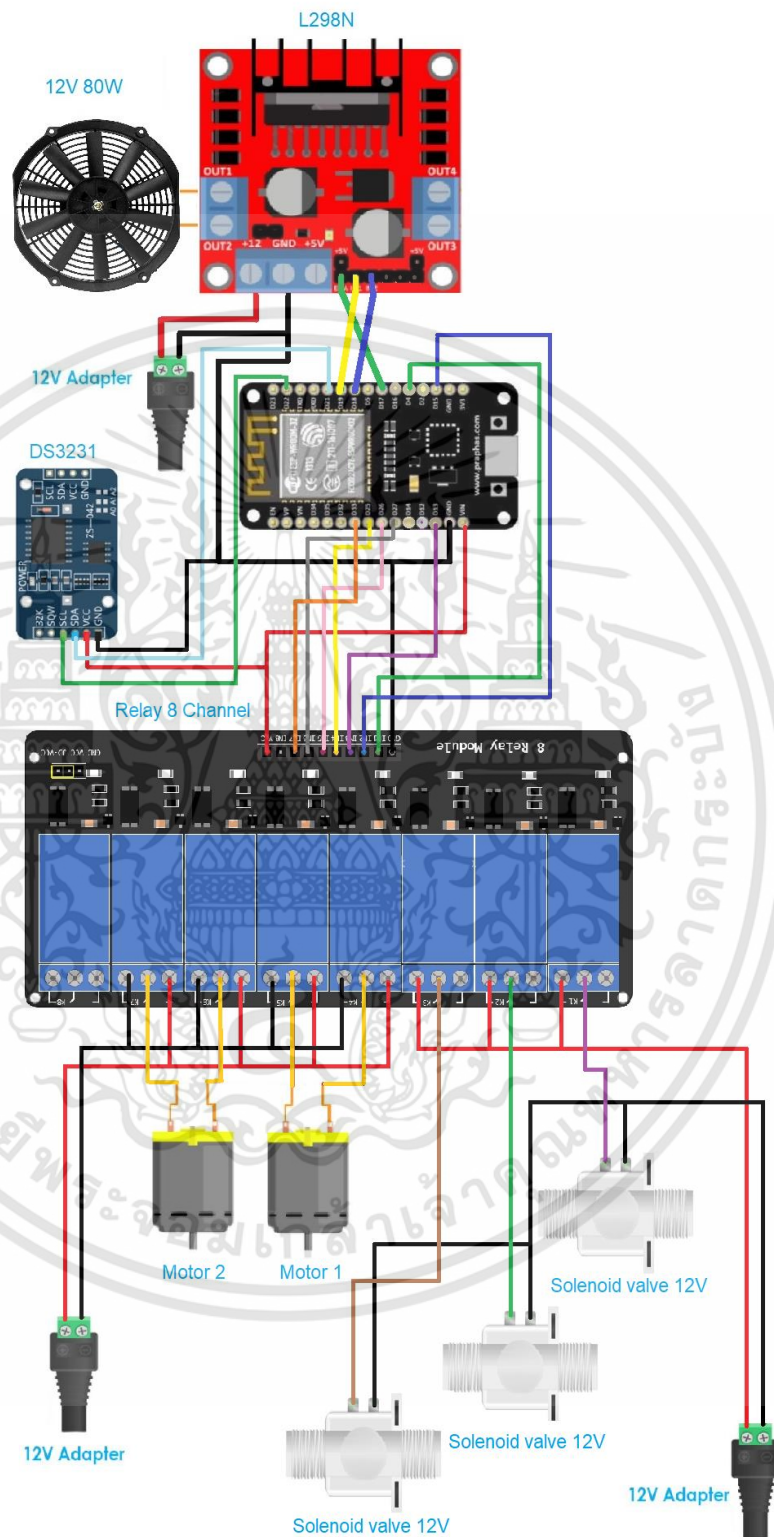
ออกแบบการตั้งเวลาด้วย DS3231 แสดงวิธีการเชื่อมต่อ DS3231 เข้ากับอุปกรณ์ ESP32 แสดงดังรูปที่ 3.12 โดยกำหนดด้วยการแสดงค่าตามเวลาที่กำหนดเพื่อใช้เป็นตัวตั้งเวลาในระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติ



รูปที่ 3.12 ลักษณะการเชื่อมต่อ DS3231 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์กับ ESP32

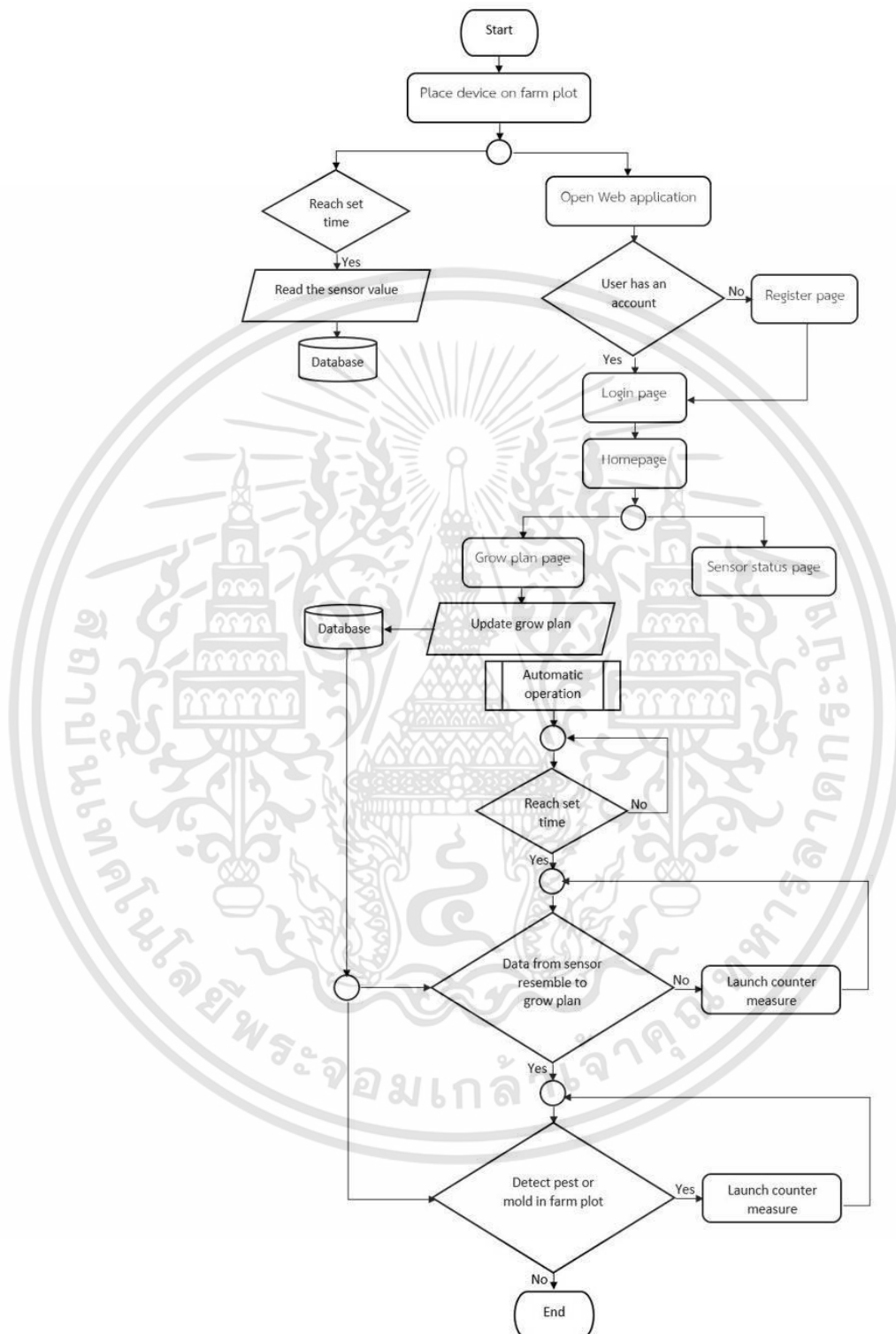
3.1.2.2 การออกแบบอุปกรณ์ควบคุมค่าต่าง ๆ

ในส่วนของอุปกรณ์ควบคุมค่าต่าง ๆ ประกอบด้วย DS3231, โซลินอยด์วาล์ว, L298N, พัดลมระบายความร้อน, มอเตอร์และรีเลย์ โดย DS3231 ควบคุมการตั้งเวลา มอเตอร์ตัวที่ 1 ควบคุมการเปิดสแลนอัตโนมัติและมอเตอร์ตัวที่ 2 ควบคุมการปิดสแลนอัตโนมัติ และโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 1 เปิดการให้น้ำ โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 2 เปิดการให้ปุ๋ยและโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 เปิดการให้ยาฆ่าแมลงและยาฆ่าเชื้อรา โดยมีรายละเอียดของการออกแบบการใช้งานอุปกรณ์ควบคุมค่าต่าง ๆ เข้ากับอุปกรณ์ ESP32 แสดงดังรูปที่ 3.13 และแสดงแผนภาพการใช้งานระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติทั้งหมดดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.13 ลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ กับ ESP32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

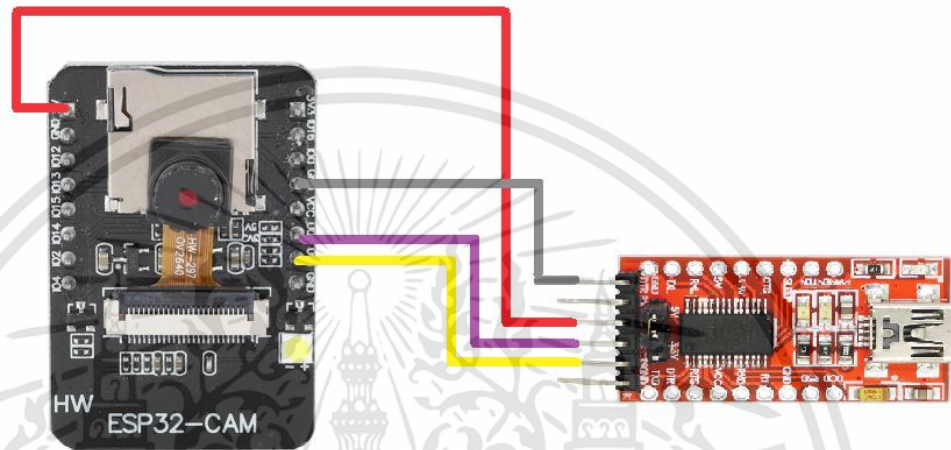


รูปที่ 3.14 แผนภาพการใช้งานระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ส่วน ESP32 CAM

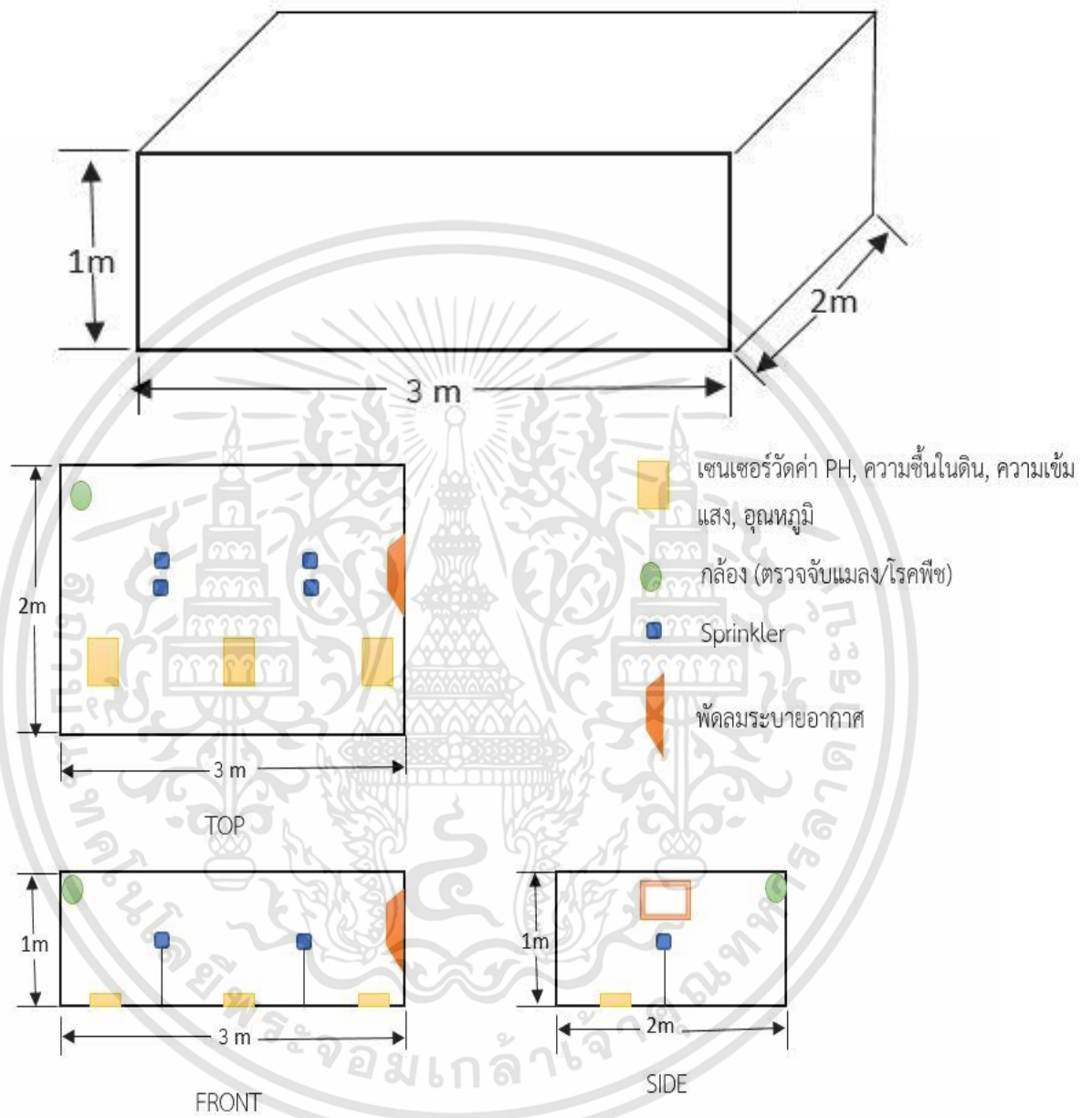
ในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้เป็นกล่อง AI ในการตรวจจับแมลงกับโรคเชื้อราในพืชคือ ESP32 CAM และโดยแสดงลักษณะการเชื่อมต่อ ESP32 CAM กับ FT232RL FTDI แสดงดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ลักษณะการเชื่อมต่อ ESP32 CAM กับ FT232RL FTDI

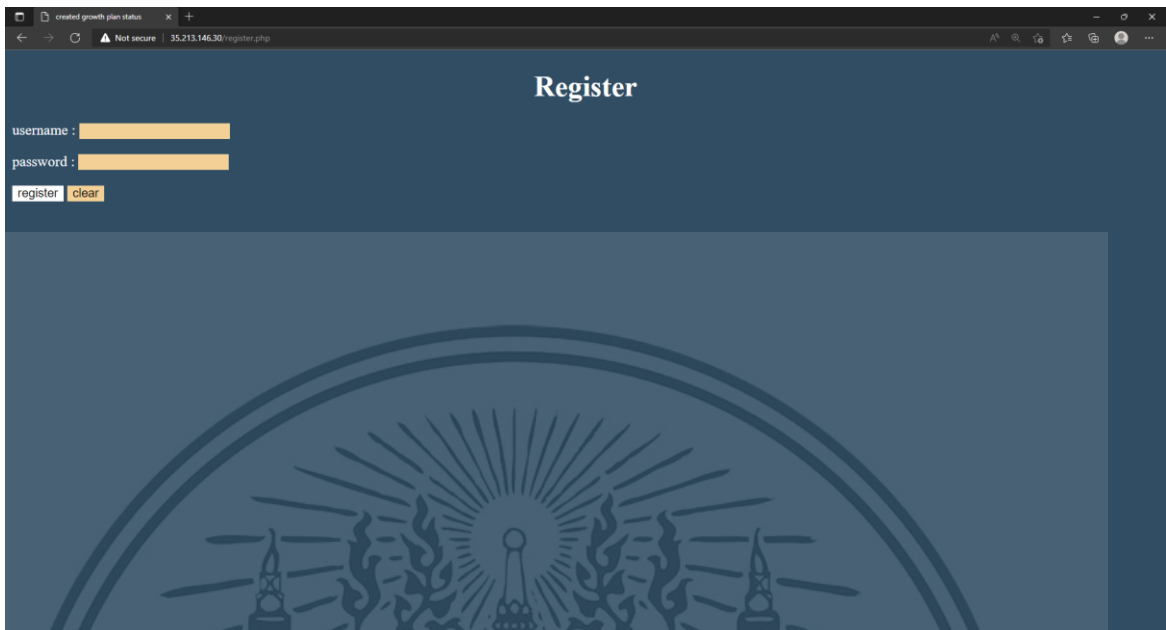
3.1.4 ส่วนแปลงเพาซทดลองที่ใช้ในการปลูก

ออกแบบแปลงเพาะทดลองที่ใช้ในการปลูกและเลือกปลูกผักกาดหอม โดยออกแบบแปลงเพาะทดลองที่ใช้ในการปลูกผักกาดหอมให้มีขนาดความกว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร และสูง 1 เมตร ออกแบบการวางตำแหน่งของเซนเซอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 3.15 และรูปที่ 3.16

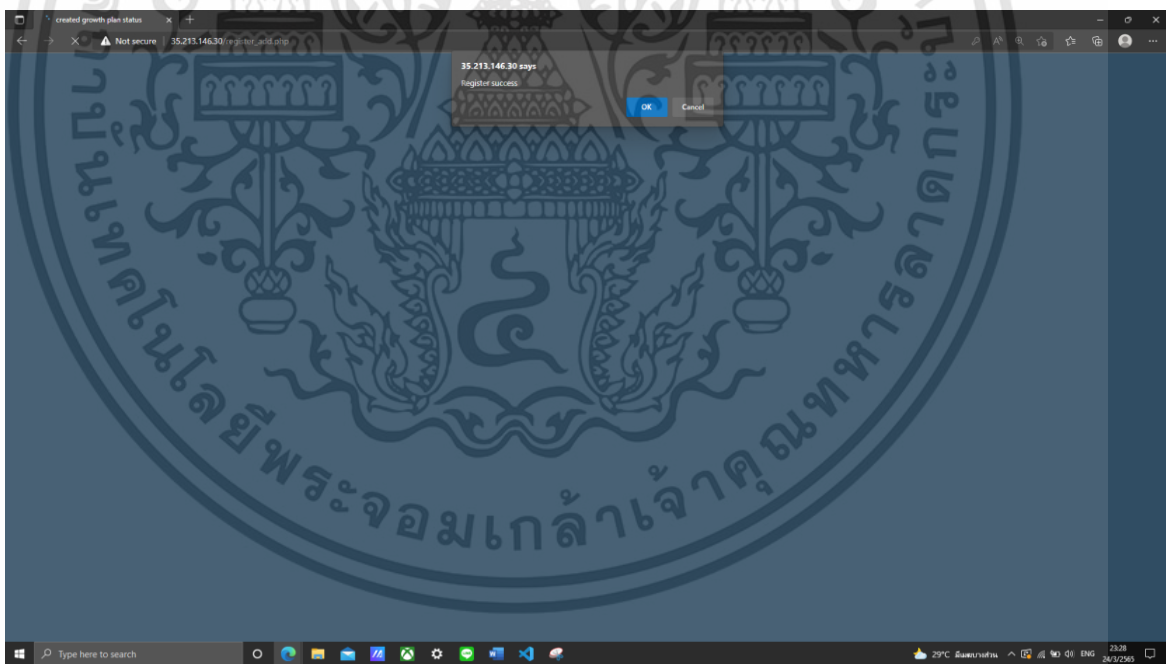


รูปที่ 3.15 ออกแบบแปลงเพาะทดลองที่ใช้ในการปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

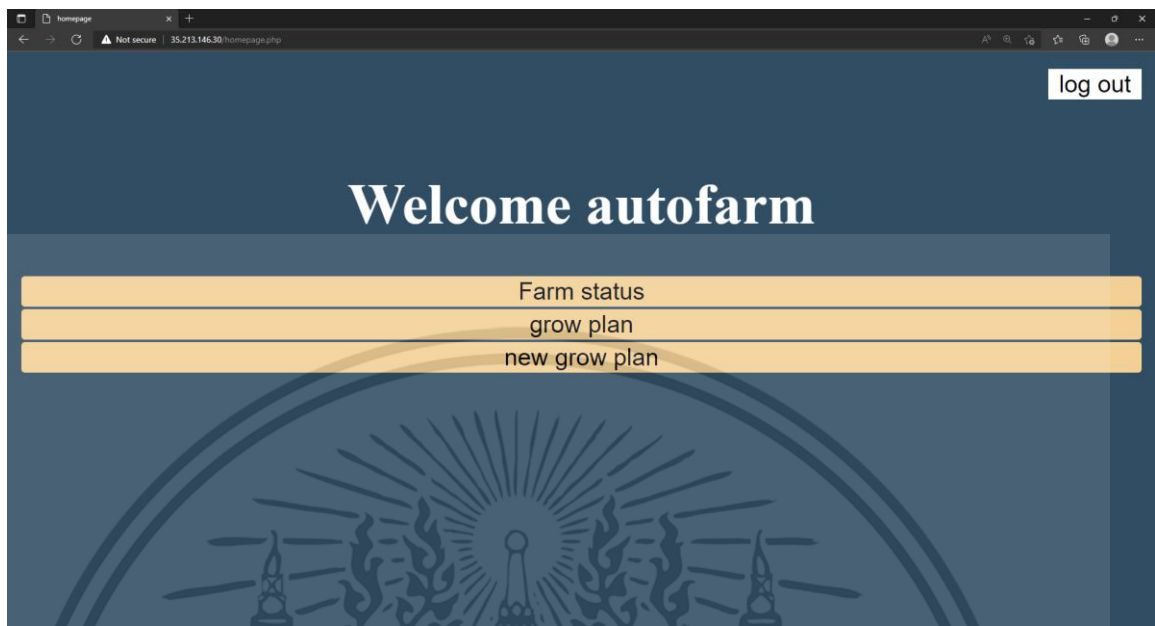


รูปที่ 3.18 หน้าต่างแสดงหน้าในการกรอกข้อมูลเพื่อสมัครเข้าใช้งานระบบ Web Application



รูปที่ 3.19 หน้าต่างแสดงผลการสมัครเพื่อเข้าใช้งานระบบ Web Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 หน้าต่างแสดงผลหน้าใช้งานหลักของ Web Application

Node1	
Temperature 43.00 °C graph	pH 7.60 graph
Moisture 77.00 % graph	Humidity 65.00 % graph
Insect detected	Disease not detected
light -1 lux graph	

Node2	
Temperature 30.40 °C graph	pH 8.30 graph
Moisture 0.00 % graph	Humidity 79.00 % graph
Insect detected	Disease not detected
light 0 lux graph	

Node3	
Temperature 43.00 °C graph	pH 7.60 graph
Moisture 77.00 % graph	Humidity 65.00 % graph
Insect detected	Disease not detected
light -1 lux graph	

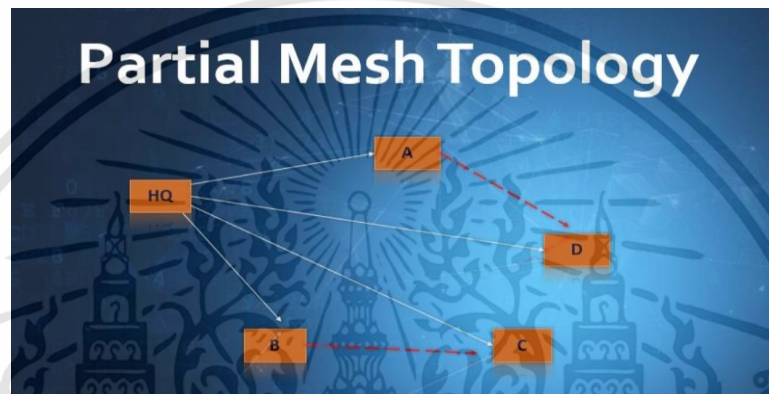
รูปที่ 3.21 หน้าต่างแสดงผลจากเซนเซอร์บน Web Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

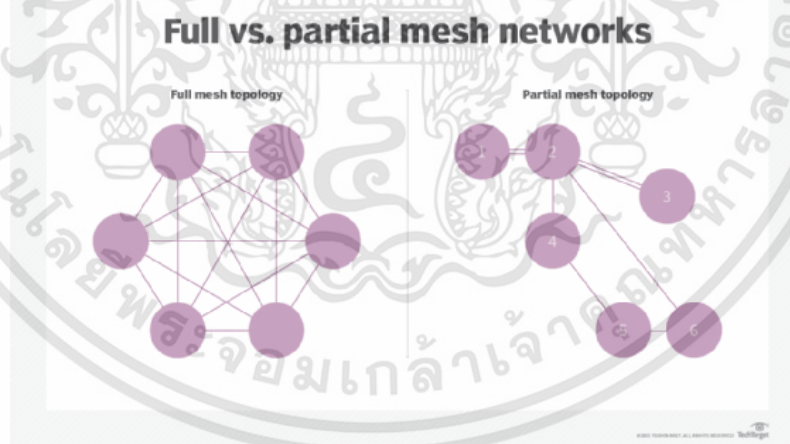
3.1.6 ส่วนของการติดต่อสื่อสาร

การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กำหนดให้เป็น Mesh Topology ซึ่งจะออกแบบโดยใช้ Mesh Topology แบบ Partial Mesh Topology แสดงดังรูปที่ 3.22 ซึ่งจะมีความแตกต่างกับ Full Mesh Topology แสดงดังรูปที่ 3.23

Partial Mesh Topology เป็นการเชื่อมต่อกันทุกเครื่องแต่ไม่ทั้งหมดเชื่อมต่อเท่าที่จำเป็น เครื่องไหนที่ไม่จำเป็นก็ไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อ จึงทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายไปได้



รูปที่ 3.22 แบบการเชื่อมต่อเครือข่ายโครงสร้างแบบบางส่วน



รูปที่ 3.23 ความแตกต่างการใช้ full mesh topology กับ partial mesh topology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7 การออกแบบอุปกรณ์ด้วย 3D print

โดยออกแบบผ่านเว็บเบราว์เซอร์ <https://www.tinkercad.com/>

3.1.7.1 การออกแบบกล่องชุดเซนเซอร์

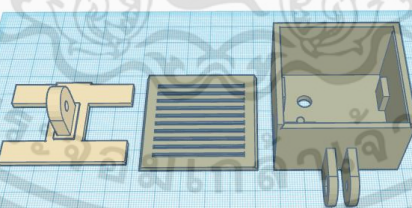
ออกแบบกล่อง เพื่อใช้บรรจุวงจรการเชื่อมต่อชุดเซนเซอร์กับ ESP32 ซึ่ง โดยกล่องมีขนาดความกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 65 x 90 x 135 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.24 การออกแบบกล่องชุดเซนเซอร์

3.1.7.2 การออกแบบกล่อง ESP32 CAM

ออกแบบกล่อง เพื่อใช้บรรจุ ESP32 CAM กับ FT232RL FTDI

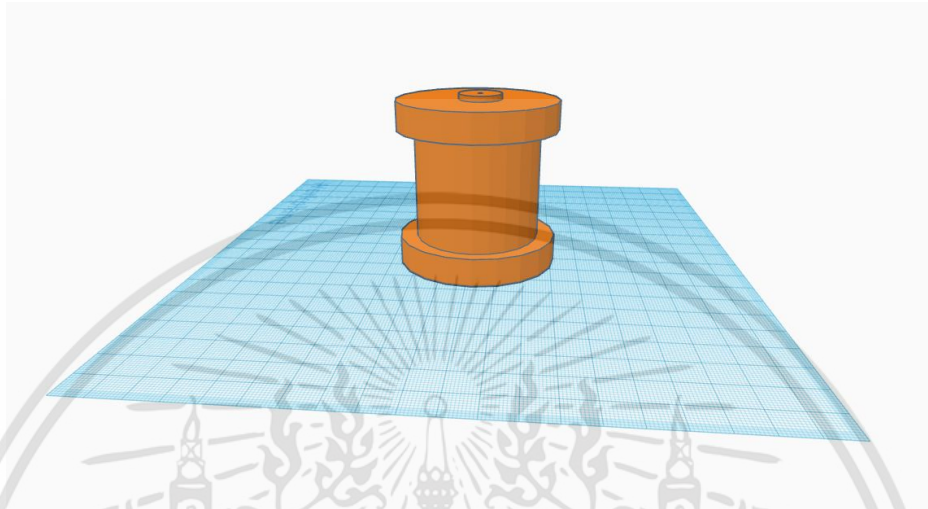


รูปที่ 3.25 การออกแบบกล่อง ESP32 CAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7.3 การออกแบบบรอก

ออกแบบบรอกเพื่อใช้กับมอเตอร์ในการเปิด-ปิดสแลนกันแดดอัตโนมัติ



รูปที่ 3.26 การออกแบบบรอก

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยรายการดังนี้

3.2.1 ESP32 (Devkit)

ESP32 รุ่น WROOM-32 แบบ 30 ขา เป็นโมดูล Wi-Fi และ Bluetooth สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานผ่าน Arduino IDE ได้ ใช้การเขียนเหมือนกับ Arduino



รูปที่ 3.27 ESP32 (Devkit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT11

DHT 11 เป็นเซนเซอร์เพื่อการรับรู้หรือตรวจวัดระดับอุณหภูมิและวัดความชื้นสัมพัทธ์เบอร์ DHT 11 และมีเทคโนโลยีการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นช่วยให้มั่นใจได้ถึงความน่าเชื่อถือและเสถียรภาพในระยะยาวที่ดีเยี่ยม



รูปที่ 3.28 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT11

3.2.3 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน Soil Moisture Sensor ใช้วัดความชื้นในดิน สามารถต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้อินพุตอินพุตอ่านค่าความชื้น หรือเลือกใช้สัญญาณดิจิทัลที่ส่งมาจากโมดูล

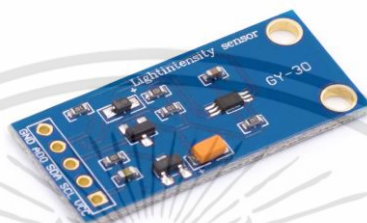


รูปที่ 3.29 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง GY-30 (BH1750FVI)

เซนเซอร์วัดความเข้มแสงคือโมดูลเซนเซอร์ความเข้มแสง BH1750FVI พร้อมตัวแปลง AD 16 บิตในตัวการสร้างสัญญาณดิจิทัล ข้อมูลจากโมดูลนี้คือความเข้มของแสงในหน่วย lx (lux meter) มันสื่อสารกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านบัส I²C



รูปที่ 3.30 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง GY-30 (BH1750FVI)

3.2.5 เซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน

เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน + วัดความสว่างของแสง + วัดค่า pH สามารถเลือกโหมดในการอ่านค่าได้เมื่อเสียบลงพื้นดินเข็มมิเตอร์จะแสดงค่าที่ต้องการวัด ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่ ให้ค่าเป็นแบบอะนาล็อกแบบเข็ม สามารถต่อกับ Arduino ได้โดยตรง การต่อใช้ขั้วบวกของจอต่อกับขา Analog ของ Arduino และขั้วกราวด์ต่อเข้ากับขา GND ของ Arduino



รูปที่ 3.31 เซนเซอร์วัดความชื้น+แสง+ค่า pH ในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 รีเลย์ 8 ช่อง

รีเลย์(relay) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในวงจรควบคุมอัตโนมัติ ทำหน้าที่เปรียบเสมือนสวิตช์ไฟ ที่ใช้แรงดันไฟฟ้าในการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อควบคุมวงจรต่าง ๆ รีเลย์จะทำงานโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก สำหรับใช้ดึงดูดหน้าสัมผัส(contact)ให้เปลี่ยนทิศทางการไหลของไฟฟ้า เพื่อควบคุมการจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ คล้ายกับสวิตช์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย



รูปที่ 3.32 รีเลย์ 8 ช่อง

3.2.7 โซลินอยด์วาล์ว 12 V

โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) คือ วาล์วที่ทำงานด้วยไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมปริมาตรของของไหลที่ไหลผ่านท่อ โดยการเปิดหรือปิดที่รู orifices ของตัววาล์ว การทำงานของโซลินอยด์วาล์ว 2/2 โดยทั่วไปมีการควบคุมให้เปิดปิดได้ด้วย 3 ระบบ คือระบบเปิดปิดโดยตรง (Direct acting) ระบบเปิดปิดทางอ้อม (Pilot control) และระบบลูกผสม (Combined Operation)

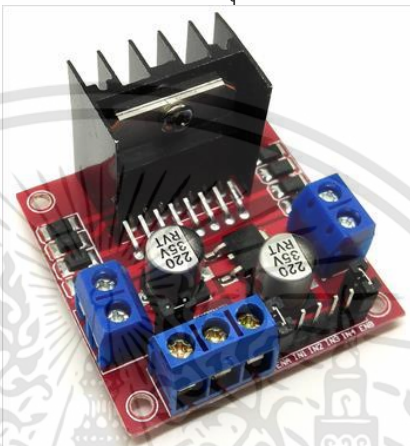


รูปที่ 3.33 โซลินอยด์วาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8 โมดูลควบคุมมอเตอร์ L298N

โมดูลควบคุมมอเตอร์ที่นิยมใช้งานจะเป็นโมดูลที่ใช้ไอซี L298N สามารถขับมอเตอร์ที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 2A ได้ รองรับแรงดันอินพุตสำหรับควบคุมมอเตอร์ตั้งแต่ 5V ถึง 35V รองรับมอเตอร์ได้ 2 ตัว โดยแต่ละตัวมีช่องควบคุมจำนวน 3 ช่อง คือ IN จำนวน 2 ช่องสำหรับควบคุมทิศทางและความเร็วด้วย PWM และช่อง EN สำหรับควบคุมเปิด-ปิดการทำงานทั้งหมด



รูปที่ 3.34 โมดูลควบคุมมอเตอร์ L298N

3.2.9 ESP32 CAM

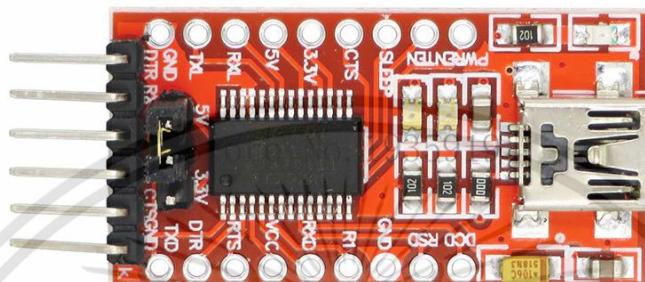
ESP32 CAM เป็นโมดูลที่สามารถใช้งานร่วมกับบอร์ดต่าง ๆ รวมทั้ง Arduino โดยภายในโมดูลของ ESP32 CAM เป็นชิพ ESP32-S และประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในตัวสามารถเชื่อมต่อไวไฟและบลูทูธ (Bluetooth) ได้ รวมทั้งมีกล้องวิดีโอซึ่งเป็นกล้อง OV2640 และช่องเสียบ MicroSD Card สำหรับจัดเก็บข้อมูลภายในบอร์ด โดยบนโมดูลมีขา (Pin) ทั้งหมด 16 ขา



รูปที่ 3.35 ESP32 CAM

3.2.10 โมดูล FT232RL FTDI

โมดูลแปลง USB เป็น TTL โดยใช้ไอซีเบอร์ FT232RL ของ FTDI สามารถเลือกใช้แรงดันได้ทั้ง 3.3 V และ 5 V โดยมีขาต่างๆ ดังนี้ RXD,TXD,CTR,DCD,DSR,RTS,DTR,RI และ GND โดยที่ USB เป็น TTL UART สำหรับอัปโหลดโปรแกรมเข้าตัวบอร์ด Arduino ทุกรุ่นที่ไม่มี USB



รูปที่ 3.36 โมดูล FT232RL FTDI

3.2.11 โมดูลนาฬิกา DS3231

DS3231 สามารถใช้ได้inoumหมุมแบบทั่วไปและอุตสาหกรรม และมี 16 ขา ยาว 300 มิลลิเมตร อุปกรณ์ที่ให้ค่าเวลาตามจริง (RTC) ควบคุมข้อมูลของ วินาที นาที ชั่วโมง วัน วันที่ เดือน และ ปี วันที่สิ้นสุดของแต่ละเดือนจะถูกเปลี่ยนแปลงตามอัลกอริทึมสำหรับเดือนที่มีวันน้อยกว่า 31 วัน รวมถึงปีอธิกสุรทิน โดยสามารถทำงานได้ทั้งรูปแบบ 24 ชั่วโมงและ 12 ชั่วโมงโดยใช้ AM/PM เป็นตัวกำหนด สามารถตั้งเวลาแจ้งเตือนของแต่ละวันได้ 2 แบบและสามารถกำหนดให้ส่งสัญญาณสี่เหลี่ยมออกมาได้



รูปที่ 3.37 โมดูลนาฬิกา DS3231

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

ได้ทำการทดสอบอุปกรณ์วัดค่าต่าง ๆ เก็บผลการทดลองจากการวัดค่า จากเซนเซอร์โดยทำการควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการวัดค่าแต่ละประเภท ซึ่งได้ผลการทดลองตามค่าสภาพแวดล้อมดังนี้

- 1) ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
- 2) ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์วัดค่าความชื้นในดิน
- 3) ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์วัดค่าความเข้มแสง
- 4) ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์วัดค่า pH ในดิน
- 5) ผลการทดลองการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดค่าต่าง ๆ ที่รวมกันในแต่ละโหนด
- 6) ผลการทดลอง Mesh Network ของเซนเซอร์แต่ละโหนด (Mesh Wi-Fi : Painlessmesh)
- 7) ผลการทดลองการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify
- 8) ผลการทดลองการทำงานของ Web Application
- 9) ผลการทดลองการทำงานของ ESP32 CAM
- 10) ผลการทดลองการทำงานของ AI
- 11) ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์ตั้งเวลา
- 12) ผลการทดลองการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมค่าต่าง ๆ
- 13) ผลการทดลองการเจริญเติบโตของผัก

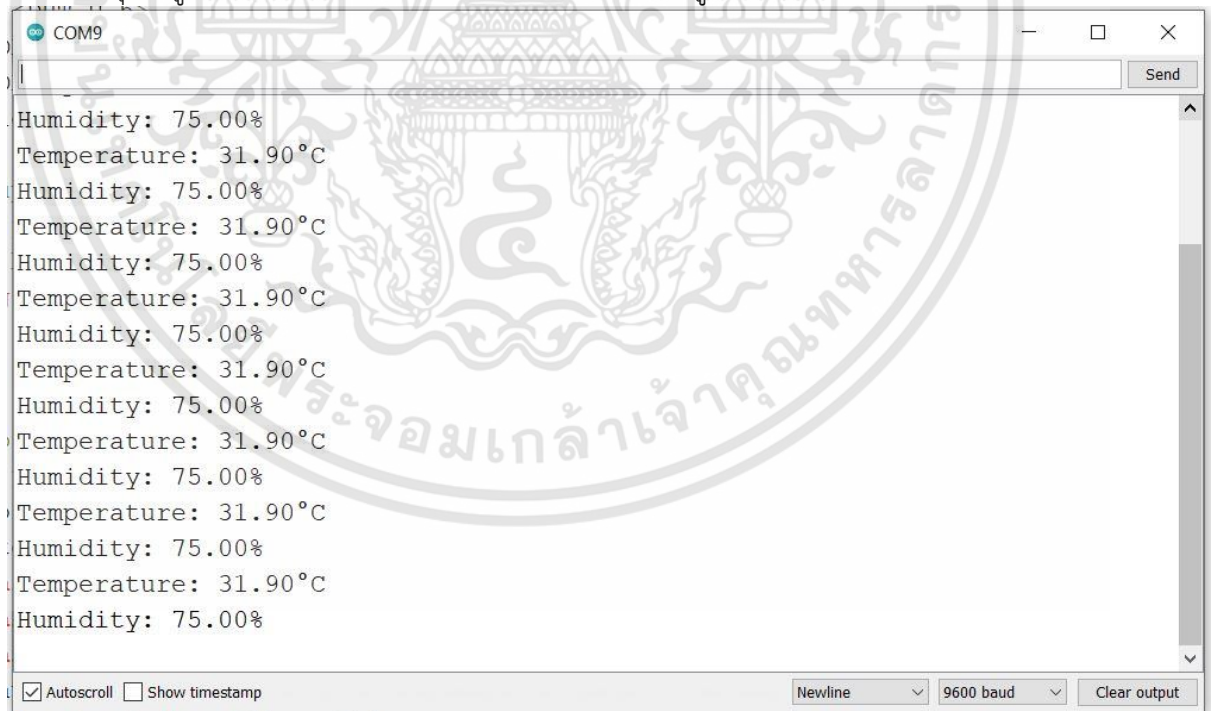
บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในระบบระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติได้มีการนำอุปกรณ์ และเซนเซอร์ต่าง ๆ เข้ามาใช้เพื่อวัดค่าต่าง ๆ จึงต้องมีการทดสอบความแม่นยำของอุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน เพื่อให้มีความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ก่อนนำไปใช้งานจริงในระบบโดยผลการทดสอบอุปกรณ์และเซนเซอร์แต่ละตัว รวมไปถึงการใช้งานกล้องที่ใช้ตรวจจับแมลงและโรคเชื้อรา, การใช้งาน Web Application, การทดสอบ AI และระบบควบคุมการทำงานทั้งหมดที่ใช้ในระบบการเกษตรอัตโนมัติเป็นดังนี้

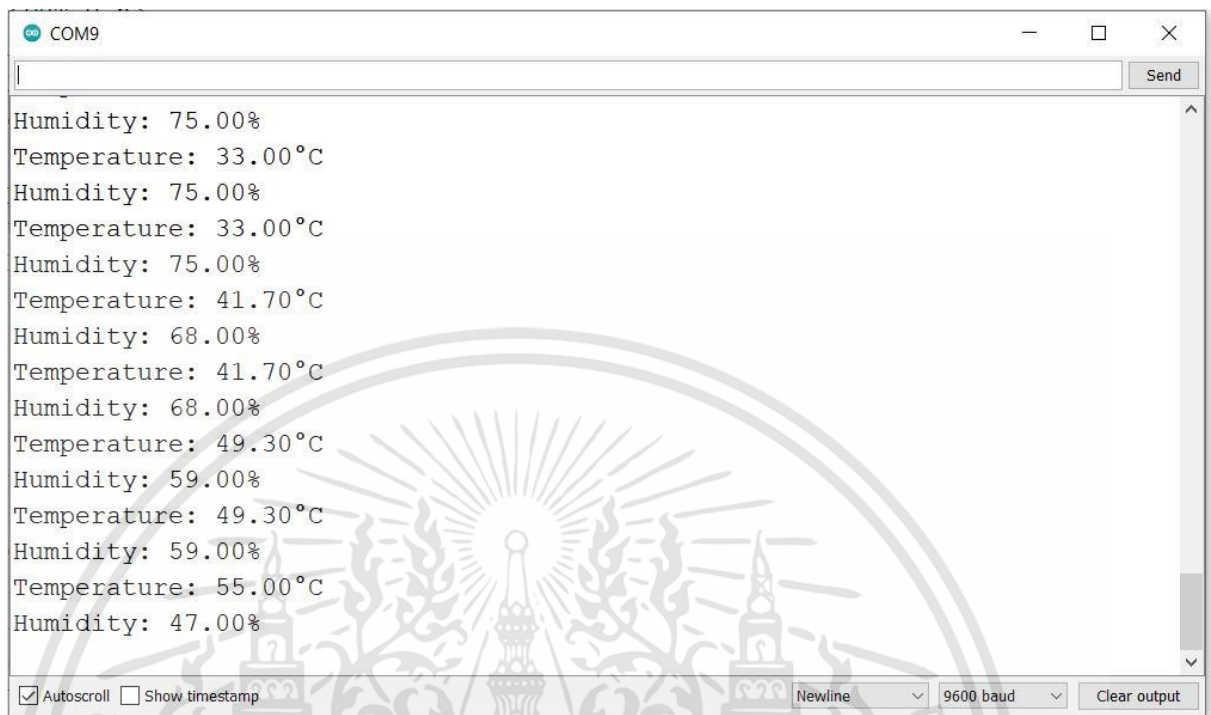
4.1 ผลการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

ทำการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องโดยใช้เซนเซอร์ DHT11 เมื่อทำการส่งข้อมูลไปยัง ESP32 แล้วนำค่าที่ได้มาแสดงผลบน Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino โดยแบ่งเป็น 3 กรณี ดังนี้ กรณีที่ 1 ทดสอบที่อุณหภูมิห้อง แสดงดังรูปที่ 4.1 กรณีที่ 2 ทดสอบที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มอุณหภูมิด้วยการใช้เครื่องเป่าลมร้อน แสดงดังรูปที่ 4.2 และกรณีที่ 3 ทดสอบที่อุณหภูมิลงลดด้วยการเปิดเครื่องปรับอากาศ แสดงดังรูปที่ 4.3

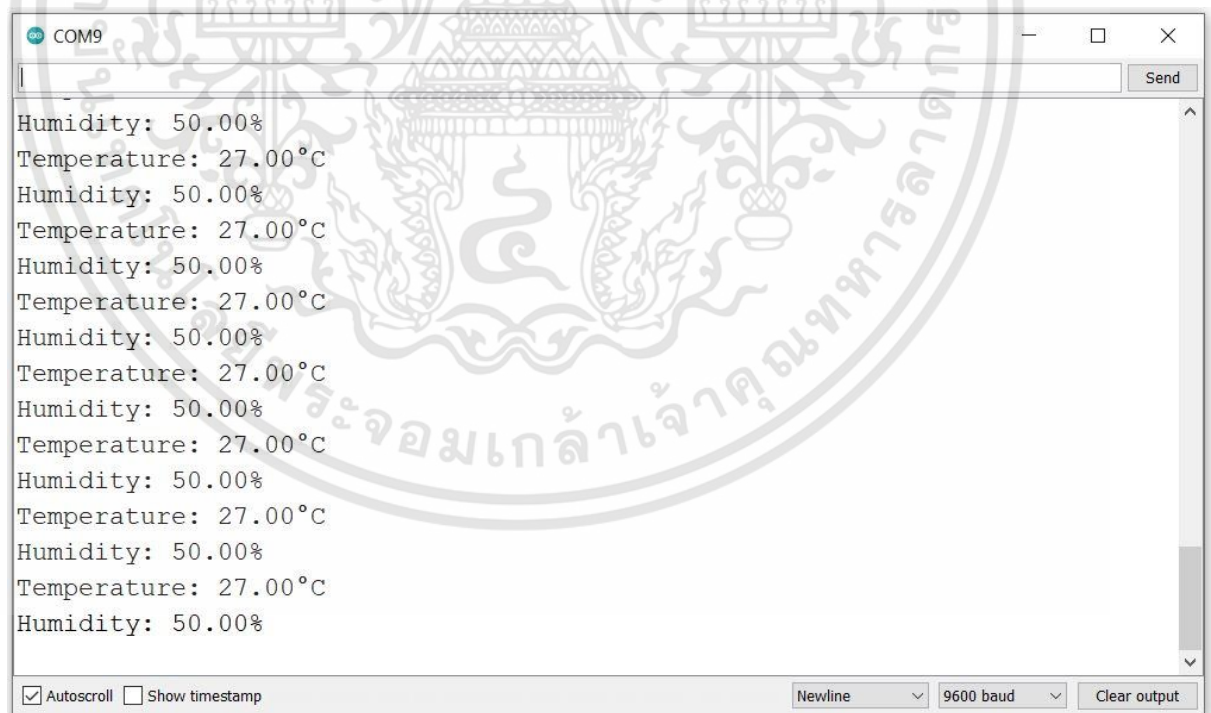


รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของ DHT11 กรณีที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของ DHT11 กรณีที่ 2

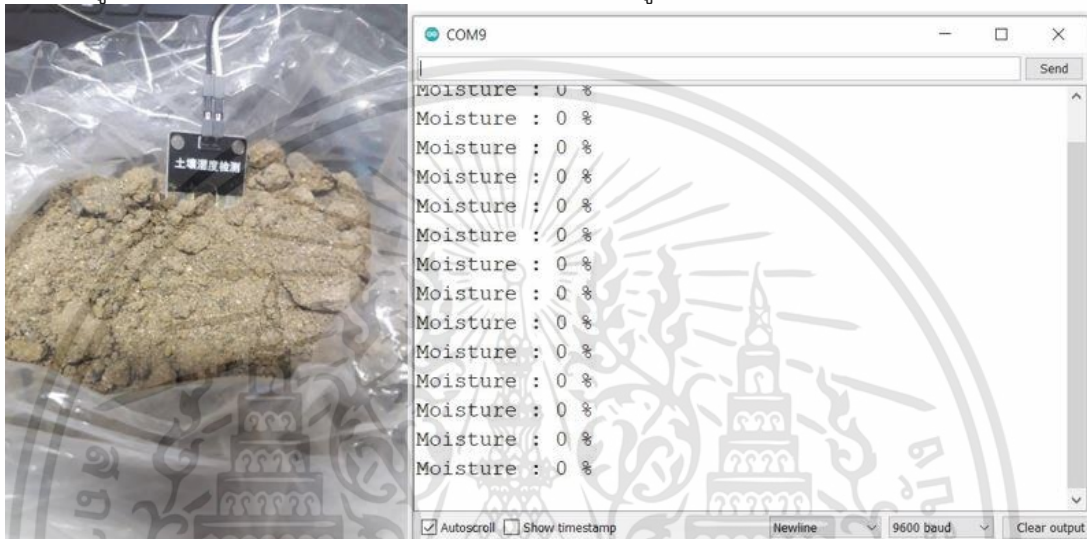


รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของ DHT11 กรณีที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

ทำการทดสอบวัดค่าความชื้นในดินโดยใช้เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน เมื่อทำการส่งข้อมูลไปยัง ESP32 แล้วนำค่าที่ได้มาแสดงผลบน Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino โดยแบ่งเป็น 3 กรณี ดังนี้ กรณีที่ 1 ทดสอบดินที่แห้งสนิท แสดงดังรูปที่ 4.4 กรณีที่ 2 ทดสอบดินที่ชื้น แสดงดังรูปที่ 4.5 และกรณีที่ 3 ทดสอบดินที่แฉะ แสดงดังรูปที่ 4.6

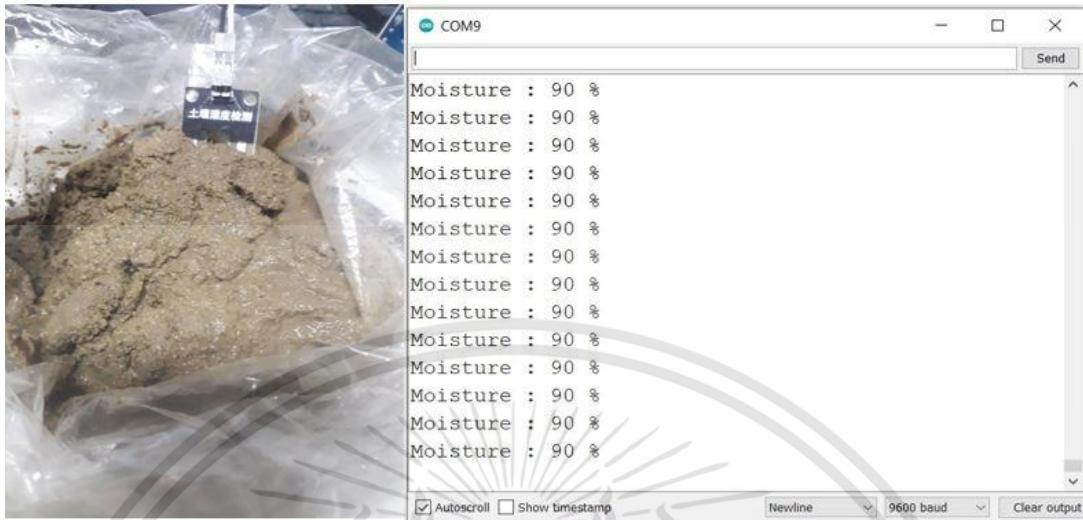


รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของเซนเซอร์วัดความชื้นในดินกรณีที่ 1



รูปที่ 4.5 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของเซนเซอร์วัดความชื้นในดินกรณีที่ 2

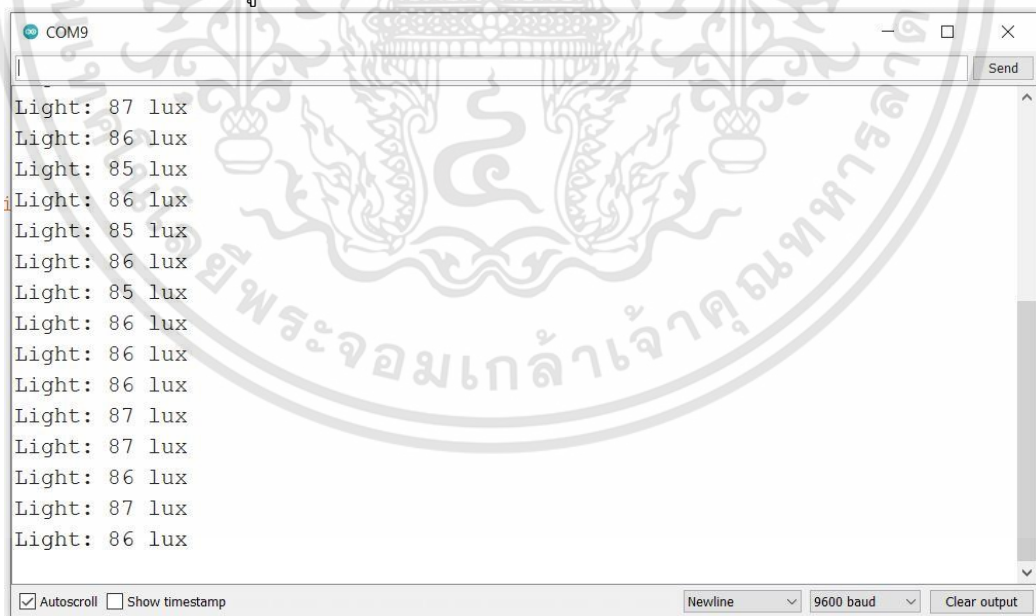
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของเซนเซอร์วัดความชื้นในดินกรณีที่ 3

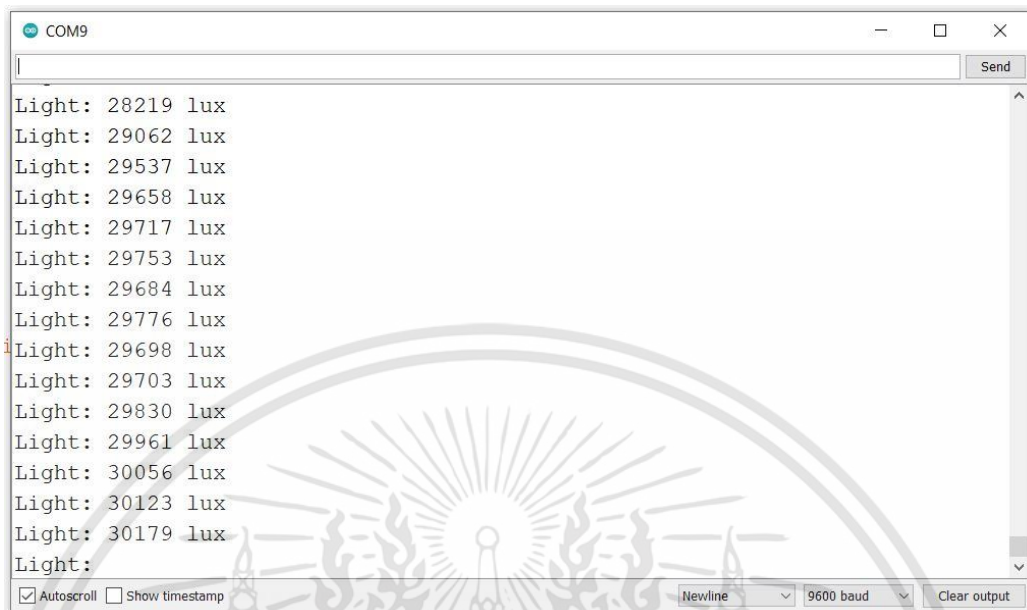
4.3 ผลการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดความเข้มแสง

ทำการทดสอบวัดค่าความเข้มแสงโดยใช้เซนเซอร์ GY-30 (BH1750FVI) เมื่อทำการส่งข้อมูลไปยัง ESP32 แล้วนำค่าที่ได้มาแสดงผลบน Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino โดยแบ่งเป็น 2 กรณี ดังนี้ กรณีที่ 1 ทดสอบที่ความสว่างน้อย แสดงดังรูปที่ 4.7 และกรณีที่ 2 ทดสอบที่ความสว่างมาก แสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของเซนเซอร์วัดความเข้มแสงกรณีที่ 1

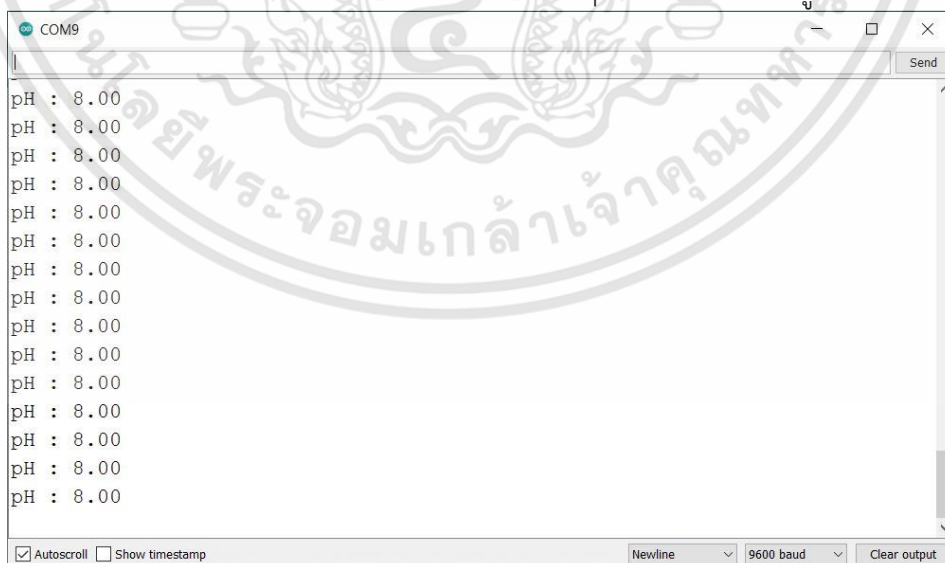
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของเซนเซอร์วัดความเข้มแสงกรณีที่ 2

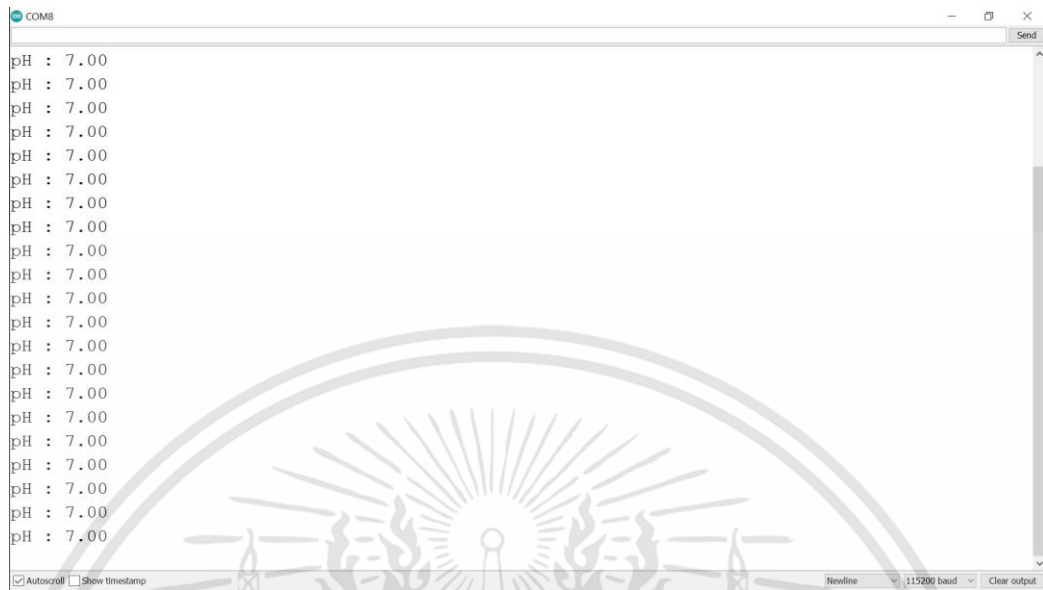
4.4 ผลการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน

ทำการทดสอบวัดค่า pH ในดินโดยใช้เซนเซอร์วัดค่า pH ในดินเมื่อทำการส่งข้อมูลไปยัง ESP32 แล้วนำค่าที่ได้มาแสดงผลบน Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino โดยแบ่งเป็น 2 กรณี ดังนี้ กรณีที่ 1 เชื่อมเซนเซอร์วัดค่า pH กับ ESP32 โดยตรง แสดงดังรูปที่ 4.9 และกรณีที่ 2 ทดสอบโดยเพิ่มวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสที่อัตราขยาย 4 เท่าแสดงดังรูปที่ 4.10 เปรียบกรณีที่ 1 และ 2 โดยอ้างอิงค่าจากเข็มที่หน้าปัดของเซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน แสดงดังรูปที่ 4.11

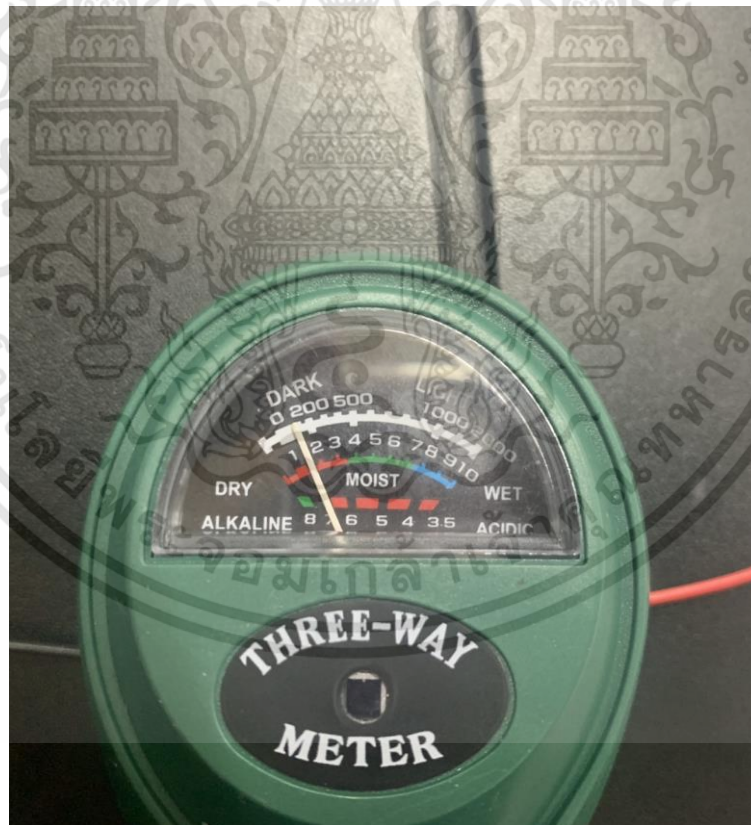


รูปที่ 4.9 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของเซนเซอร์วัดค่า pH ดินกรณีที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของเซนเซอร์วัดค่า pH ดินกรณีที่ 2



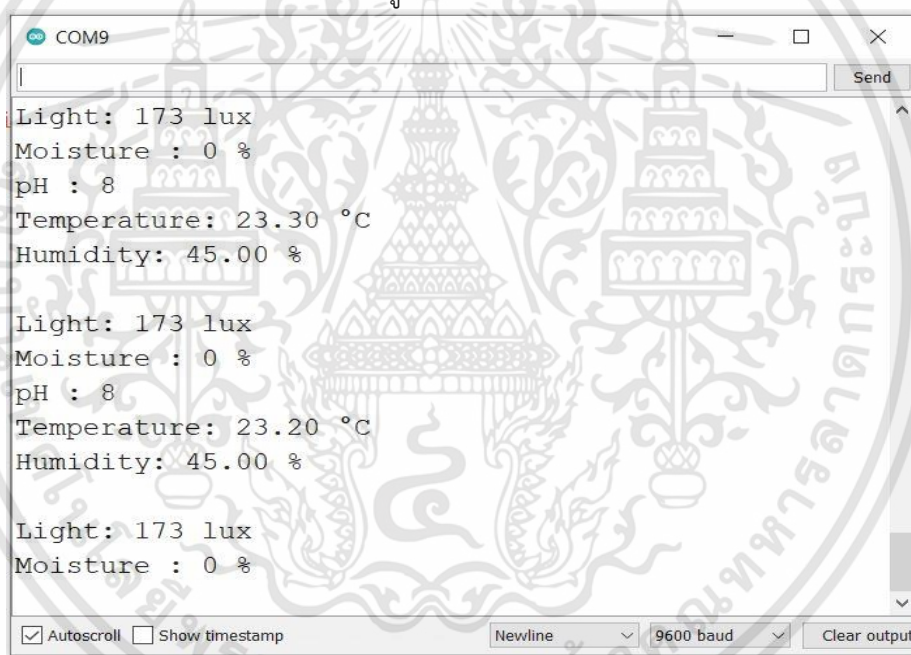
4.11 ค่าจากเข็มที่หน้าปัดของเซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองเมื่อทำการใส่วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส 4 เท่าในเซนเซอร์ pH ค่าที่อ่านได้จาก Serial Monitor มีค่าตรงตามเข็มวัดบนเซนเซอร์ pH ซึ่งจากการทดลองได้ทำการปรับให้การอ่านค่าเป็นแบบไม่ละเอียดไว้เพื่อสังเกตค่าที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน เมื่อนำไปใช้จริงจะเพิ่มความละเอียดของทศนิยมให้เหมาะสม จึงสรุปได้ว่าในกรณีที่ 2 มีความใกล้เคียงมากกว่าในกรณีที่ 1 ดังนั้นจึงมีการเพิ่มวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสที่อัตราการขยาย 4 เท่า เพื่อให้ค่าที่มีความแม่นยำมากขึ้น

4.5 ผลการทดลองการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดค่าต่าง ๆ ที่รวมกันในแต่ละโหนด

ทำการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์, วัดค่าความชื้นในดิน, วัดค่าความเข้มแสงและวัดค่า pH ในดิน เมื่อทำการส่งข้อมูลไปยัง ESP32 แล้วนำค่าที่ได้มาแสดงผลบน Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino แสดงดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของเซนเซอร์

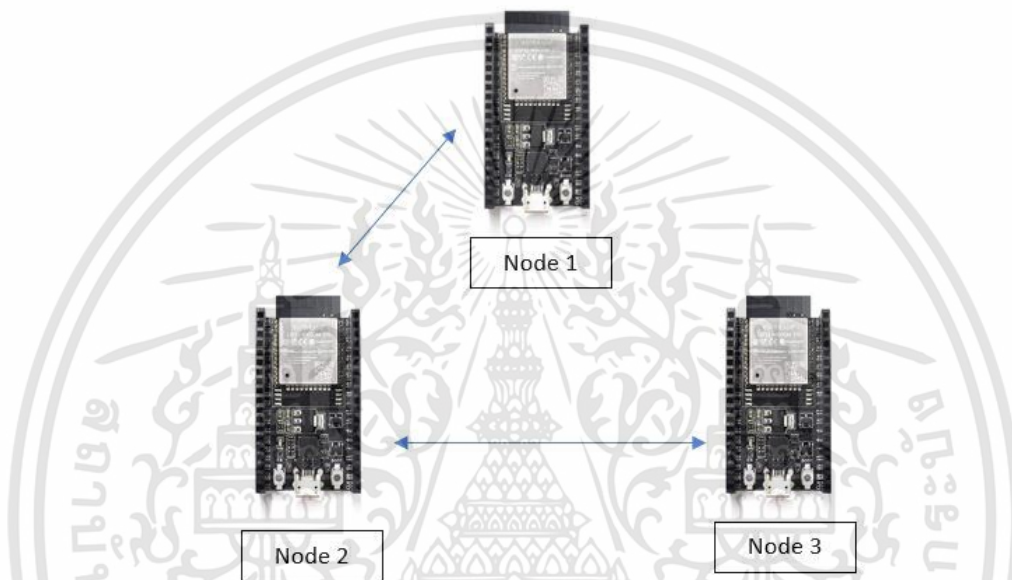
4.6 ผลการทดลอง Mesh Network ของเซนเซอร์แต่ละโหนด (Mesh Wi-Fi : Painlessmesh)

Mesh Network คือโครงสร้างของ Network แบบหนึ่งที่มีลักษณะเป็นโหนดซึ่งเชื่อมต่อถึงกันหมดและทำงานร่วมกันในการส่งผ่านข้อมูลจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง ซึ่งการทำงานในการส่งผ่านข้อมูลครั้งนี้โดยเชื่อมต่อแบบอิสระ ซึ่งหมายความว่าโครงสร้างของ Mesh นั้น

สามารถปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลา ถ้าเกิดว่าโหนดใดโหนดหนึ่งเกิดความล้มเหลว โหนดที่เหลือก็สามารถสื่อสารต่อกันไปได้

ทำการทดสอบการติดต่อสื่อสารแบบ Mesh Topology โดยแบ่งเป็น 3 กรณี มีโหนดที่ใช้ทดสอบ 3 โหนด แสดงเป็น Network diagram ดังนี้

กรณีที่ 1 ทั้ง 3 โหนดสามารถทำงานได้ แสดง Network diagram ของกรณีที่ 1 ดังรูปที่ 4.13 และแสดงผลการทดสอบแต่ละโหนดในแต่ละกรณีดังรูปที่ 4.14-4.16



รูปที่ 4.13 Network diagram กรณีที่ 1 ทั้ง 3 โหนดสามารถทำงานได้

```

COM8
18:03:11.165 -> Moisture: 0.00 %
18:03:11.165 -> Light: 78.00 lux
18:03:11.165 -> pH : 8.00
18:03:11.165 ->
18:03:12.130 -> Node: 2
18:03:12.130 -> Temperature: 23.90 °C
18:03:12.130 -> Humidity: 40.00 %
18:03:12.130 -> Moisture: 0.00 %
18:03:12.130 -> Light: 78.00 lux
18:03:12.176 -> pH : 8.00
18:03:12.176 ->
18:03:13.159 -> Node: 2
18:03:13.159 -> Temperature: 23.90 °C
18:03:13.159 -> Humidity: 41.00 %
18:03:13.159 -> Moisture: 0.00 %
18:03:13.159 -> Light: 77.00 lux
18:03:13.159 -> pH : 8.00
Autoscroll  Show timestamp Newline 115200 baud Clear output
  
```

รูปที่ 4.14 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 1 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับโหนดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

COM3
18:03:12.867 ->
18:03:13.516 -> Node: 1
18:03:13.516 -> Temperature: 21.90 °C
18:03:13.516 -> Humidity: 44.00 %
18:03:13.516 -> Moisture: 0.00 %
18:03:13.516 -> Light: 89.00 lux
18:03:13.516 -> pH : 8.00
18:03:13.516 ->
18:03:13.563 -> Node: 3
18:03:13.563 -> Temperature: 22.90 °C
18:03:13.563 -> Humidity: 50.00 %
18:03:13.563 -> Moisture: 0.00 %
18:03:13.563 -> Light: 136.00 lux
18:03:13.563 -> pH : 8.00
18:03:13.563 ->
18:03:14.541 -> Node: 1
Autoscroll Show timestamp Newline 115200 baud Clear output

```

รูปที่ 4.15 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 2 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับโหนดที่ 1 และ 3

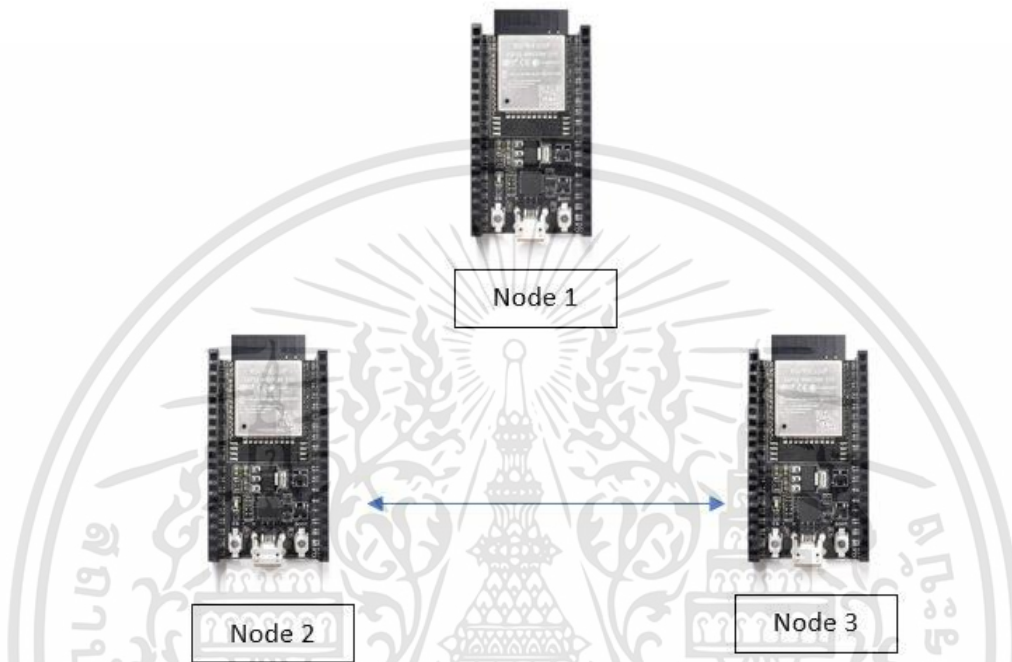
```

COM9
18:03:13.099 -> Node: 2
18:03:13.099 -> Temperature: 23.90 °C
18:03:13.099 -> Humidity: 41.00 %
18:03:13.099 -> Moisture: 0.00 %
18:03:13.099 -> Light: 77.00 lux
18:03:13.099 -> pH : 8.00
18:03:13.099 ->
18:03:14.127 -> Node: 2
18:03:14.127 -> Temperature: 23.90 °C
18:03:14.127 -> Humidity: 41.00 %
18:03:14.127 -> Moisture: 0.00 %
18:03:14.127 -> Light: 78.00 lux
18:03:14.127 -> pH : 8.00
18:03:14.127 ->
18:03:15.380 -> Node: 2
18:03:15.380 -> Temperature: 23.90 °C
Autoscroll Show timestamp Newline 115200 baud Clear output

```

รูปที่ 4.16 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 3 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับโหนดที่ 2

กรณีที่ 2 โหนดที่ 1 ขาดการเชื่อมต่อหรือไม่สามารถทำงานได้ แสดง Network diagram ของกรณีนี้ 2 ดังรูปที่ 4.17 และแสดงผลการทดสอบแต่ละโหนดในแต่ละกรณีดังรูปที่ 4.18 และ 4.19



รูปที่ 4.17 Network diagram กรณีที่ 2 โหนดที่ 1 ขาดการเชื่อมต่อหรือไม่สามารถทำงานได้

```

COM3
18:10:45.271 -> Adjusted time 1282031297. Offset = -86381
18:10:45.736 -> Node: 3
18:10:45.782 -> Temperature: 23.70 °C
18:10:45.782 -> Humidity: 49.00 %
18:10:45.782 -> Moisture: 0.00 %
18:10:45.782 -> Light: 135.00 lux
18:10:45.782 -> pH : 8.00
18:10:45.782 ->
18:10:46.759 -> Node: 3
18:10:46.805 -> Temperature: 23.70 °C
18:10:46.805 -> Humidity: 49.00 %
18:10:46.805 -> Moisture: 0.00 %
18:10:46.805 -> Light: 135.00 lux
18:10:46.805 -> pH : 8.00
18:10:46.805 ->
18:10:47.781 -> Adjusted time 1284862732. Offset = 339308
Autoscroll Show timestamp Newline 115200 baud Clear output

```

รูปที่ 4.18 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 2 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับโหนดที่ 3

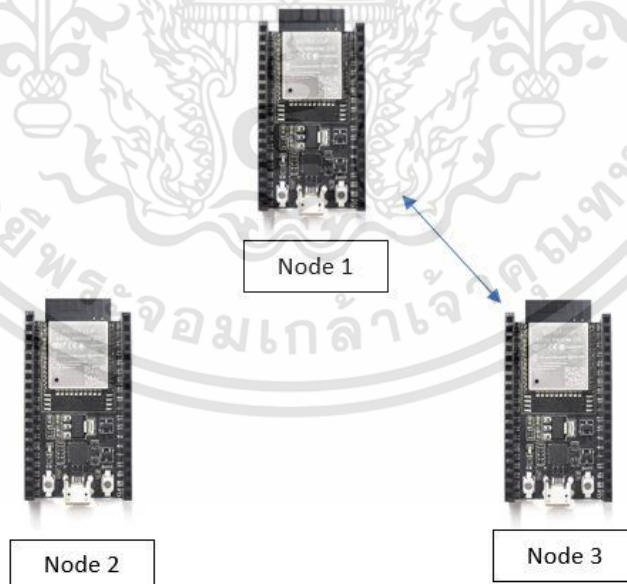
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

COM9
18:10:45.607 -> Node: 2
18:10:45.607 -> Temperature: 24.10 °C
18:10:45.607 -> Humidity: 40.00 %
18:10:45.607 -> Moisture: 0.00 %
18:10:45.607 -> Light: 84.00 lux
18:10:45.607 -> pH : 8.00
18:10:45.607 ->
18:10:46.678 -> Node: 2
18:10:46.678 -> Temperature: 24.10 °C
18:10:46.678 -> Humidity: 40.00 %
18:10:46.725 -> Moisture: 0.00 %
18:10:46.725 -> Light: 85.00 lux
18:10:46.725 -> pH : 8.00
18:10:46.725 ->
18:10:49.425 -> Node: 2
18:10:49.425 -> Temperature: 24.10 °C
Autoscroll Show timestamp Newline 115200 baud Clear output

```

รูปที่ 4.19 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 3 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับโหนดที่ 2
 กรณีที่ 3 โหนดที่ 2 ขาดการเชื่อมต่อหรือไม่สามารถทำงานได้ แสดง Network diagram ของกรณีที่ 3 ดังรูปที่ 4.20 และแสดงผลการทดสอบแต่ละโหนดในแต่ละกรณีดังรูปที่ 4.21 และ 4.22



รูปที่ 4.20 Network diagram กรณีที่ 3 โหนดที่ 2 ขาดการเชื่อมต่อหรือไม่สามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

COM8
18:16:56.134 ->
18:17:05.735 -> Changed connections
18:17:09.153 -> Changed connections
18:17:09.153 -> --> startHere: New Connection, nodeId = 85187941
18:17:09.153 -> Adjusted time 1663551401. Offset = 66
18:17:09.947 -> Node: 3
18:17:09.947 -> Temperature: 23.70 °C
18:17:09.947 -> Humidity: 51.00 %
18:17:09.947 -> Moisture: 0.00 %
18:17:09.947 -> Light: 135.00 lux
18:17:09.947 -> pH : 8.00
18:17:09.947 ->
18:17:10.973 -> Node: 3
18:17:10.973 -> Temperature: 24.10 °C
18:17:10.973 -> Humidity: 51.00 %
18:17:10.973 -> Moisture: 0.00 %
18:17:10.973 -> Light: 134.00 lux
 Autoscroll  Show timestamp Newline 115200 baud Clear output

```

รูปที่ 4.21 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 1 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับโหนดที่ 3

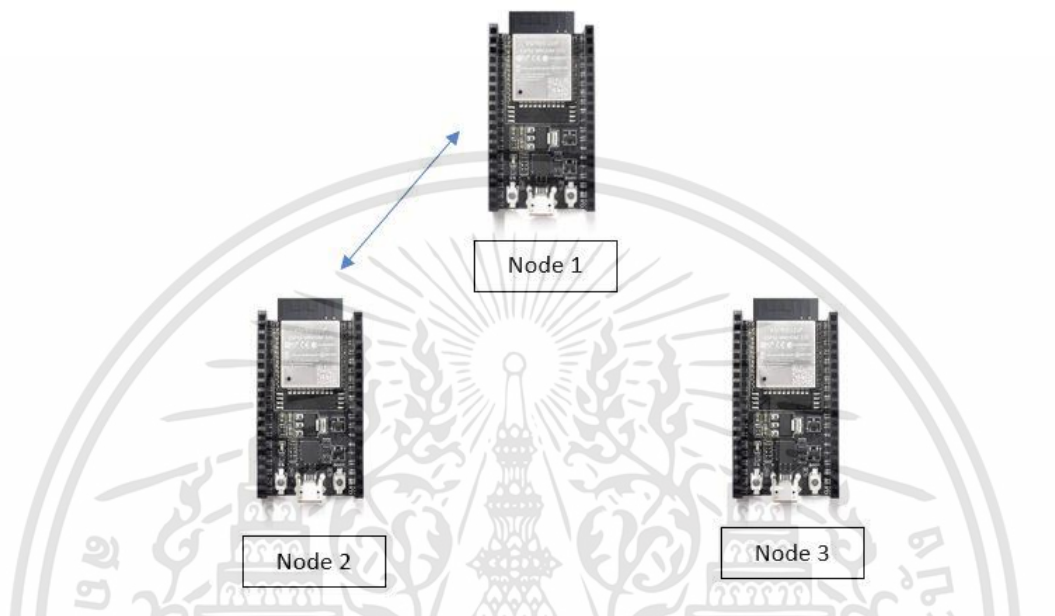
```

COM9
18:17:08.626 -> Changed connections
18:17:08.626 -> --> startHere: New Connection, nodeId = 85155705
18:17:09.415 -> Node: 1
18:17:09.415 -> Temperature: 22.30 °C
18:17:09.415 -> Humidity: 45.00 %
18:17:09.415 -> Moisture: 0.00 %
18:17:09.415 -> Light: 87.00 lux
18:17:09.415 -> pH : 8.00
18:17:09.415 ->
18:17:10.439 -> Node: 1
18:17:10.439 -> Temperature: 22.30 °C
18:17:10.439 -> Humidity: 45.00 %
18:17:10.439 -> Moisture: 0.00 %
18:17:10.439 -> Light: 87.00 lux
18:17:10.439 -> pH : 8.00
18:17:10.439 ->
 Autoscroll  Show timestamp Newline 115200 baud Clear output

```

รูปที่ 4.22 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 3 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับโหนดที่ 1

กรณีที่ 4 โหนดที่ 3 ขาดการเชื่อมต่อหรือไม่สามารถทำงานได้ แสดง Network diagram ของกรณีนี้ 4 ดังรูปที่ 4.23 และแสดงผลการทดสอบแต่ละโหนดในแต่ละกรณีดังรูปที่ 4.24 และ 4.25



รูปที่ 4.23 Network diagram กรณีที่ 4 โหนดที่ 3 ขาดการเชื่อมต่อหรือไม่สามารถทำงานได้

```

COM8
18:20:58.516 -> Humidity: 41.00 %
18:20:58.516 -> Moisture: 0.00 %
18:20:58.516 -> Light: 88.00 lux
18:20:58.516 -> pH : 8.00
18:20:58.516 ->
18:20:59.448 -> Node: 2
18:20:59.448 -> Temperature: 24.20 °C
18:20:59.448 -> Humidity: 41.00 %
18:20:59.448 -> Moisture: 0.00 %
18:20:59.448 -> Light: 86.00 lux
18:20:59.448 -> pH : 8.00
18:20:59.448 ->
18:21:00.428 -> Node: 2
18:21:00.428 -> Temperature: 24.20 °C
18:21:00.428 -> Humidity: 41.00 %
18:21:00.428 -> Moisture: 0.00 %
18:21:00.428 -> Light: 85.00 lux
  
```

รูปที่ 4.24 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 1 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับโหนดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

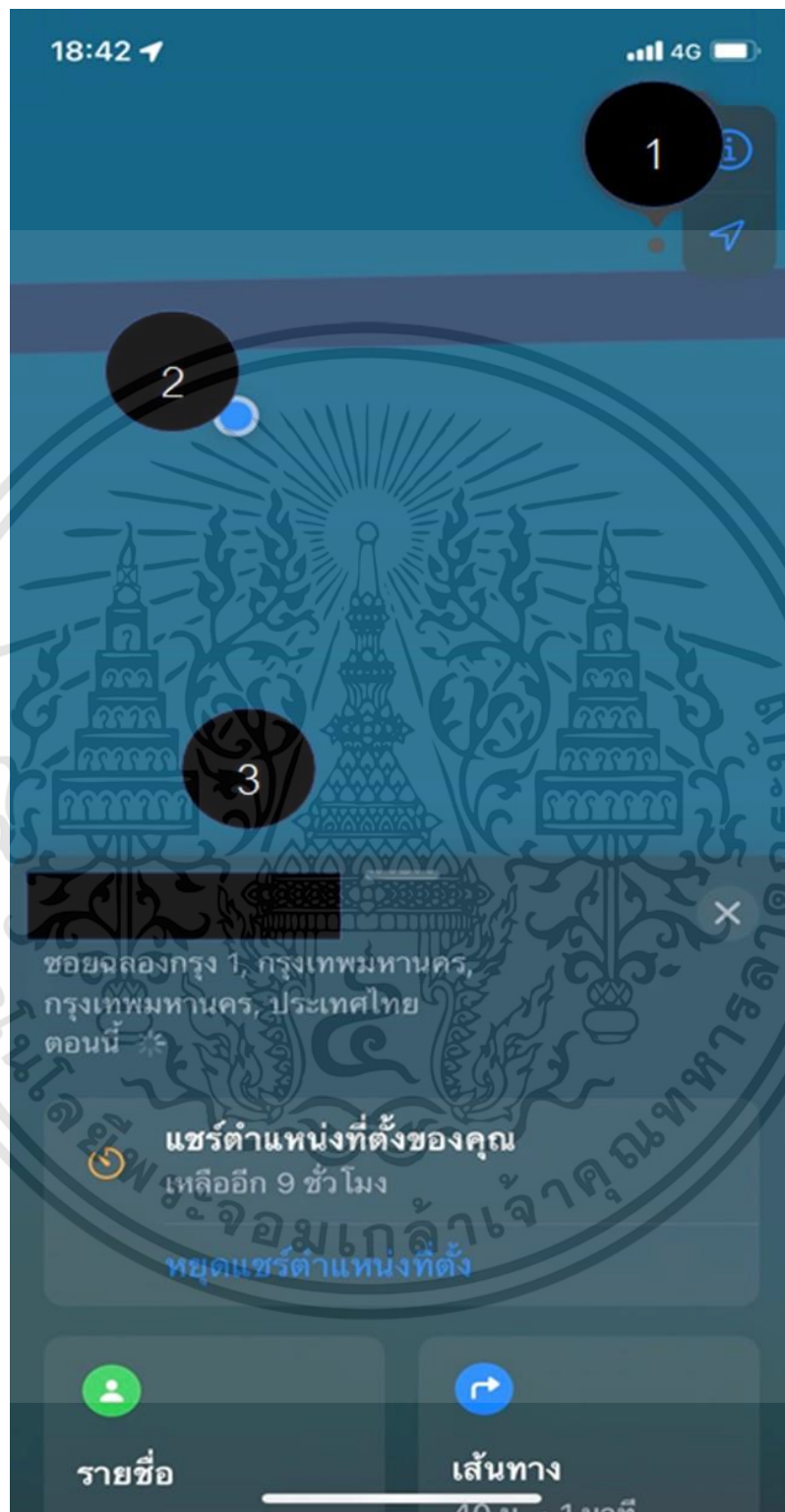
```

COM3
18:20:58.012 -> pH : 8.00
18:20:58.012 ->
18:20:59.036 -> Node: 1
18:20:59.036 -> Temperature: 22.30 °C
18:20:59.036 -> Humidity: 44.00 %
18:20:59.036 -> Moisture: 0.00 %
18:20:59.036 -> Light: 88.00 lux
18:20:59.036 -> pH : 8.00
18:20:59.036 ->
18:21:00.012 -> Node: 1
18:21:00.012 -> Temperature: 22.30 °C
18:21:00.012 -> Humidity: 44.00 %
18:21:00.060 -> Moisture: 0.00 %
18:21:00.060 -> Light: 88.00 lux
18:21:00.060 -> pH : 8.00
18:21:00.060 ->
 Autoscroll  Show timestamp
Newline 115200 baud Clear output

```

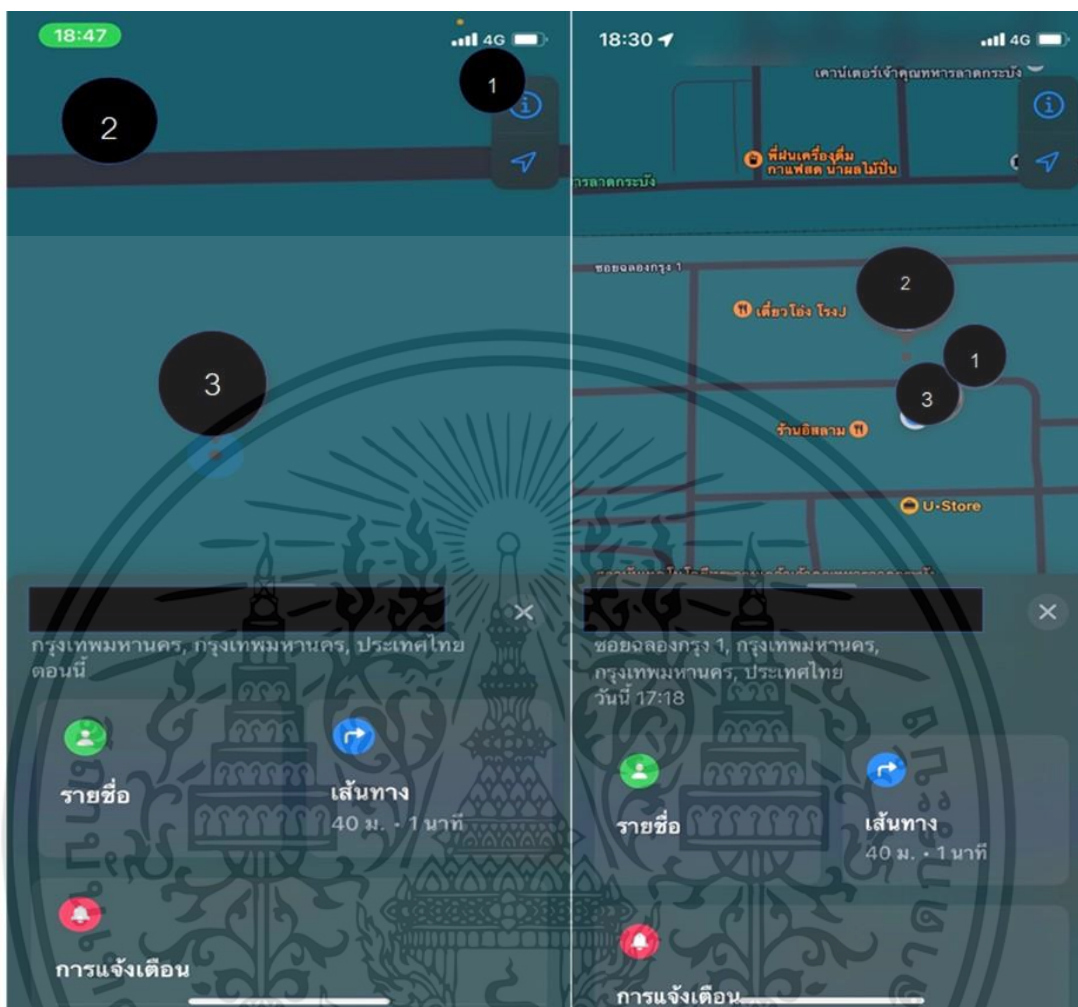
รูปที่ 4.25 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของโหนดที่ 2 มีการรับ-ส่งข้อมูลกับโหนดที่ 1

ระยะทางการเชื่อมต่อของ Mesh Wi-Fi ในรูปแบบ partial mesh topology นั้นมีข้อจำกัดคืออุปกรณ์ที่ใช้โดย ESP32 จะมีระยะห่างในการเชื่อมต่ออยู่ที่ 45 เมตรเมื่อเกินระยะนี้ไป จะหลุดการเชื่อมต่อไป โดยทำการวัดระยะจากแอปพลิเคชัน Find My แสดงดังรูปที่ 4.26 และ 4.27



รูปที่ 4.26 ระยะห่างโหนด 1 กับโหนด 2 (40 เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 ระยะห่างโหนด 2 กับโหนด 3 (ชาย) ระยะห่างโหนด 2 กับโหนด 3 (40 เมตร) (มุมมองที่ขยายออก) (ขวา)

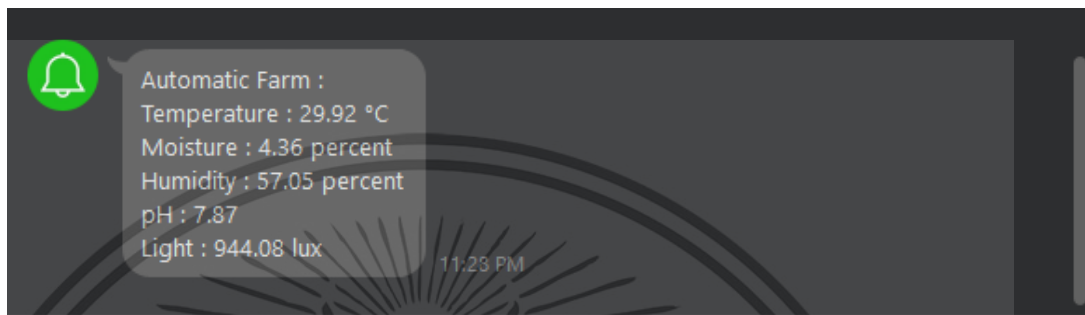
4.7 ผลการทดลองการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify

โดยเริ่มจากการสร้างไลน์โทเคนซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 1) เข้าไปที่เว็บไซต์ Line Notify : <https://notify-bot.line.me/en/> เพื่อทำการสร้าง Token สำหรับการเขียนโปรแกรมในการติดต่อ Line Notify
- 2) ทำการเข้าสู่ระบบของไลน์บนเว็บไซต์
- 3) กดที่ข้อมูลส่วนตัวและเลือกหน้าของฉัน
- 4) กดเลือกที่หัวข้อ Generate token และเลือกส่วนที่จะเพิ่มให้ติดต่อ จากนั้น
- 5) กด Generate token จากนั้นกดคัดลอกโทเคน
- 6) นำโทเคนที่ได้รับไปใส่ในคำสั่งส่วน Line Notify

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบโปรแกรมการแจ้งเตือนโดยส่งข้อมูลจากฐานข้อมูล สามารถทำการแจ้งเตือนในไลน์ส่วนตัวและไลน์กลุ่มได้ โดยแสดงค่าเฉลี่ยจากชุดเซนเซอร์ทั้ง 3 ชุด หน้าต่างการแจ้งเตือนจะแสดงดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 หน้าต่างการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify

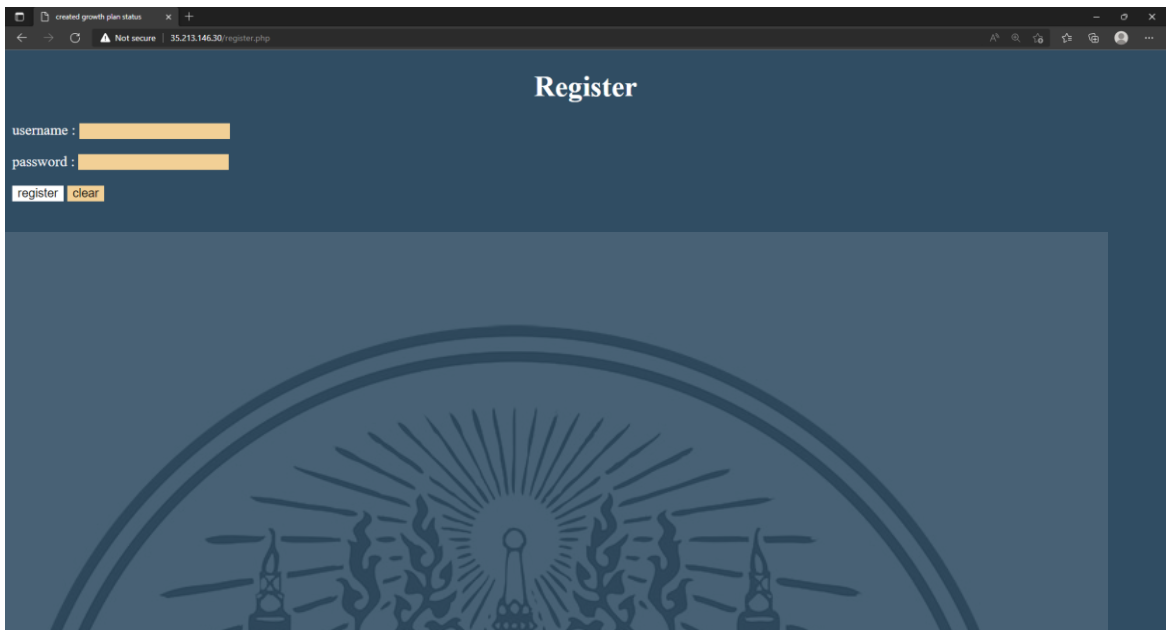
4.8 ผลการทดลองการทำงานของ Web Application

ผลการทดสอบ Web Application ที่ใช้ในระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติได้มีการออกแบบหน้าเว็บสำหรับแสดงผลการเข้าใช้งาน โดยที่ผู้ใช้งานสามารถกรอกข้อมูลสำหรับวางแผนการปลูกของพืชแต่ละชนิด และแสดงผลค่าเซนเซอร์ทั้งในรูปแบบค่าตัวเลขและแสดงผลในรูปแบบของกราฟ

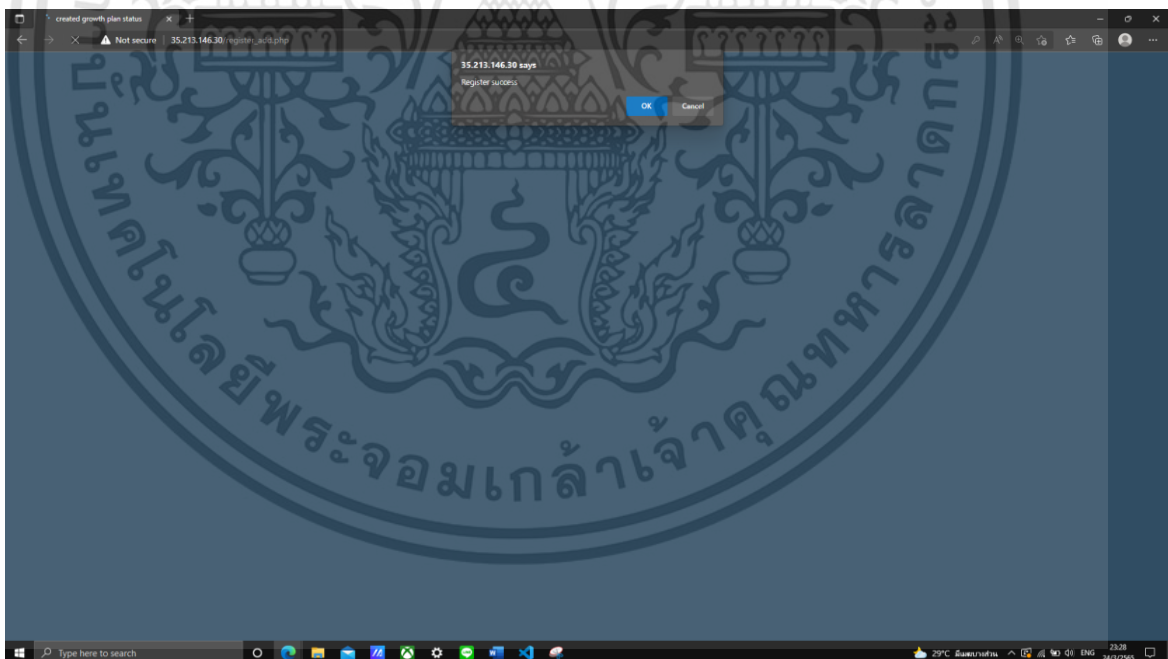


รูปที่ 4.29 หน้าต่างแสดงหน้าในการเข้าสู่ระบบบน Web Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

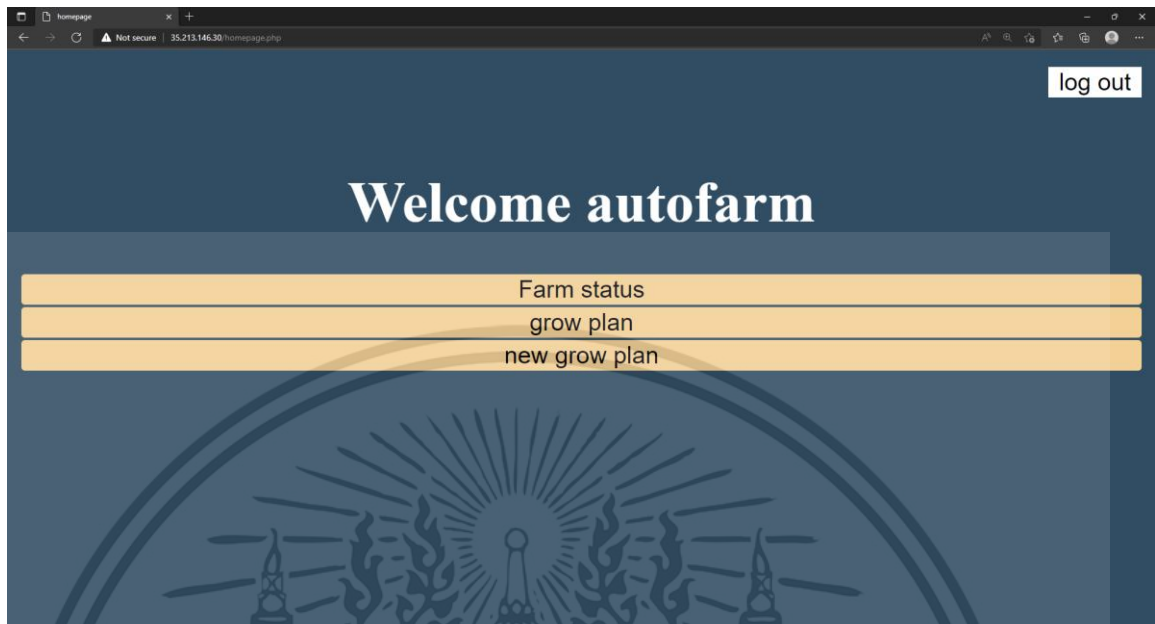


รูปที่ 4.30 หน้าต่างแสดงหน้าในการกรอกข้อมูลเพื่อสมัครเข้าใช้งานระบบ Web Application



รูปที่ 4.31 หน้าต่างแสดงผลการสมัครเพื่อเข้าใช้งานระบบ Web Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

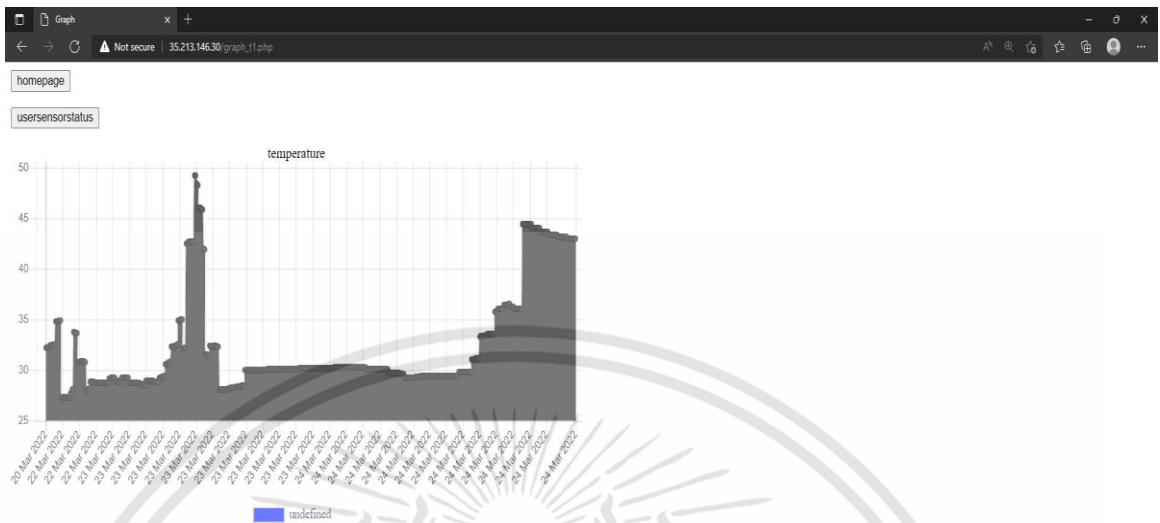


รูปที่ 4.32 หน้าต่างแสดงผลหน้าใช้งานหลักของ Web Application

Node1			
Temperature	43.00 °C	pH	7.60
	graph		graph
Moisture	77.00 %	Humidity	65.00 %
	graph		graph
Insect	detected	Disease	not detected
light	-1 lux		
	graph		
Node2			
Temperature	30.40 °C	pH	8.30
	graph		graph
Moisture	0.00 %	Humidity	79.00 %
	graph		graph
Insect	detected	Disease	not detected
light	0 lux		
	graph		
Node3			
Temperature	43.00 °C	pH	7.60
	graph		graph
Moisture	77.00 %	Humidity	65.00 %
	graph		graph
Insect	detected	Disease	not detected
light	-1 lux		
	graph		

รูปที่ 4.33 หน้าต่างแสดงผลจากเซนเซอร์บน Web Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



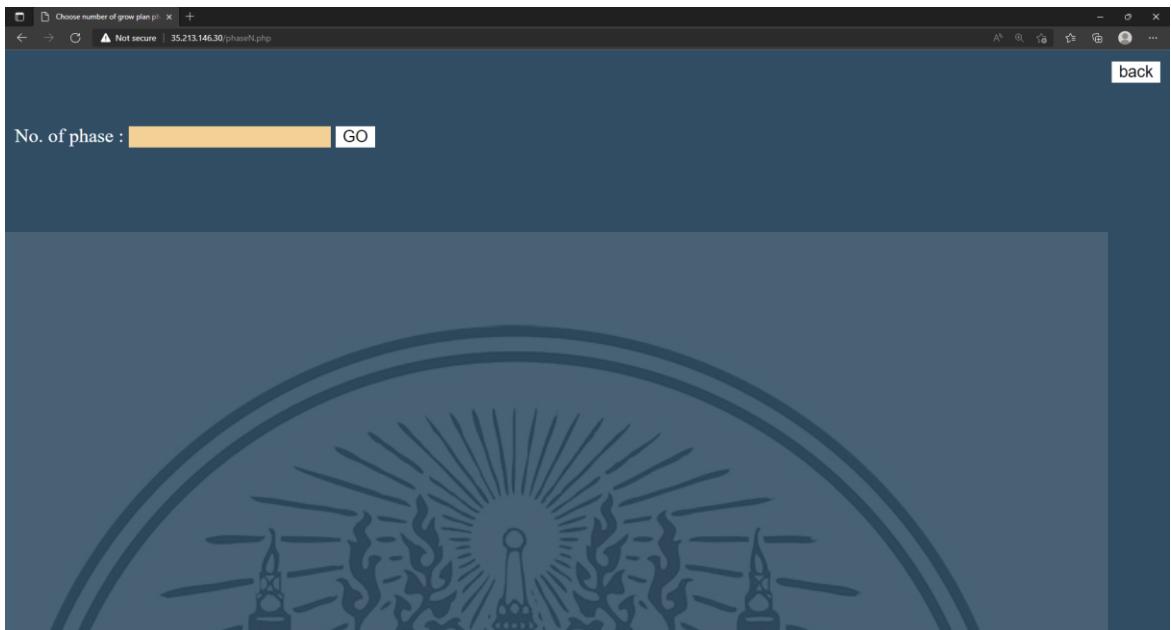
รูปที่ 4.34 หน้าต่างแสดงกราฟจากเซนเซอร์บน Web Application

The figure is a screenshot of a web application displaying a table titled "Grow plan : lettuce1". The table has seven columns: Phase, Temperature, Moisture, Humidity, pH, Light, and ending_day(Date). The data row shows Phase 1, Temperature 30, Moisture 65, Humidity 60, pH 6.8, Light 64800, and ending_day(Date) 2022-04-30. A "back" button is visible in the top right corner of the application interface.

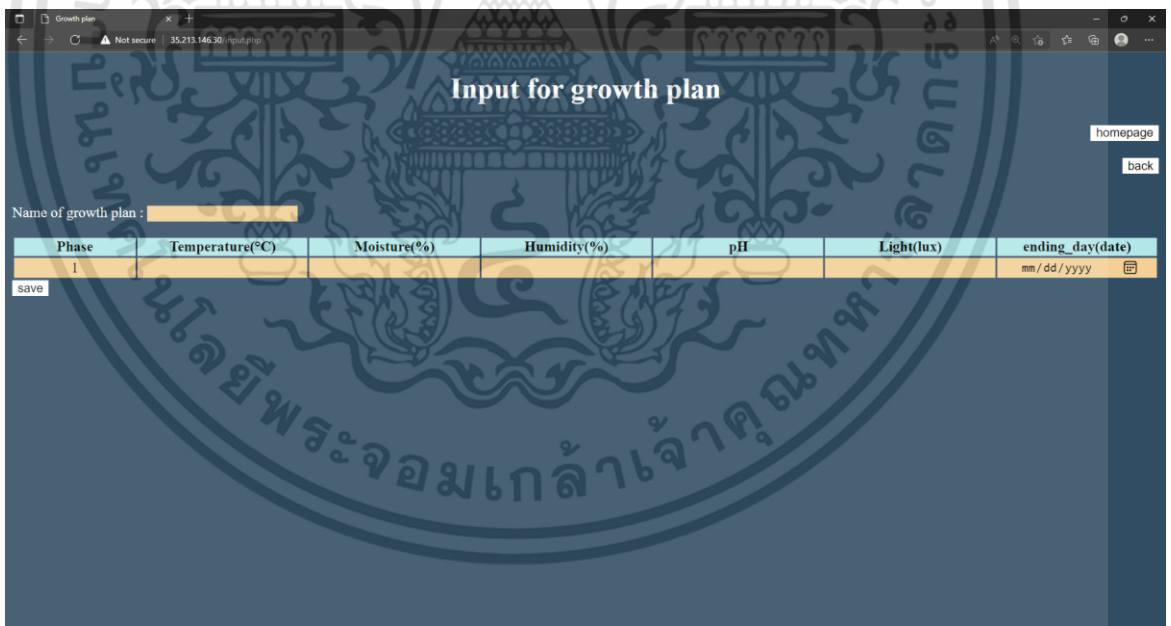
Phase	Temperature	Moisture	Humidity	pH	Light	ending_day(Date)
1	30	65	60	6.8	64800	2022-04-30

รูปที่ 4.35 หน้าต่างแสดงผลแผนการปลูก บน Web Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

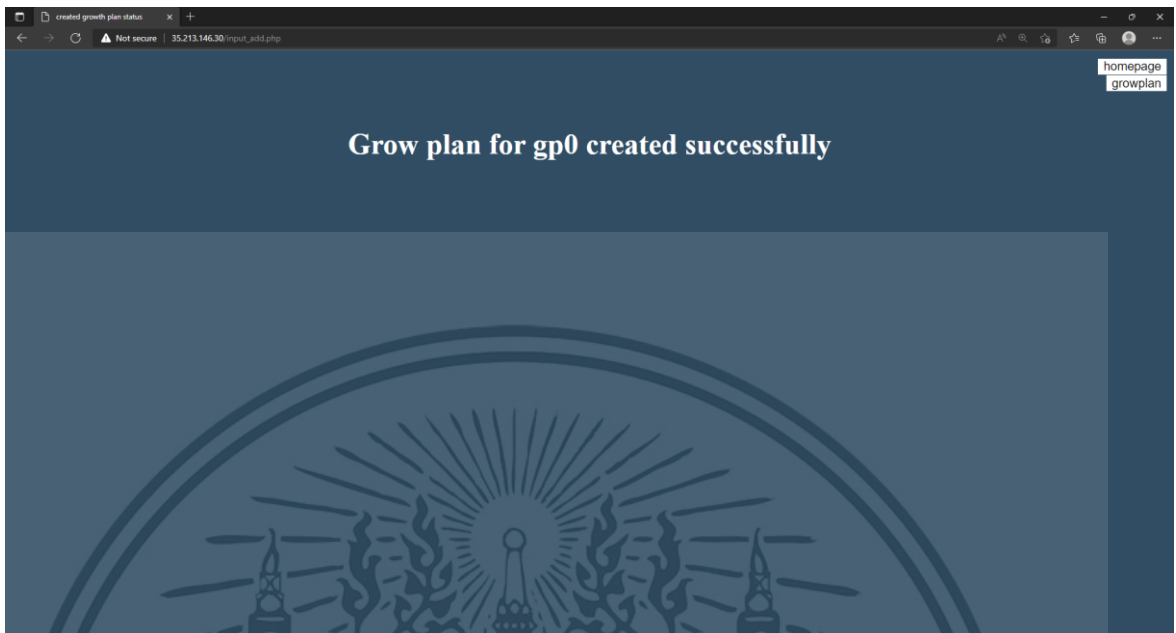


รูปที่ 4.36 หน้าต่างหน้าในการกรอกข้อมูลจำนวนชั้นของแผนการปลูกบน Web Application



รูปที่ 4.37 หน้าต่างหน้าในการกรอกข้อมูลของแผนการปลูก บน Web Application

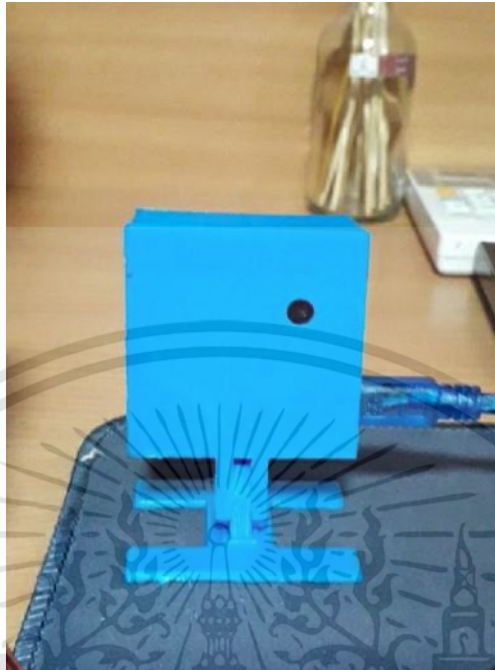
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.38 หน้าต่างแสดงผลการเพิ่มแผนการปลูกบน Web Application

4.9 ผลการทดลองการทำงานของ ESP32 CAM

ทำการทดสอบการใช้งานของกล้องที่ใช้ในการตรวจจับแมลงและโรคเชื้อรา โดยใช้กล้อง ESP32 CAM ทดสอบโดยทำการถ่ายภาพและส่งข้อมูลภาพที่ได้ไปที่ฐานข้อมูล โดยแสดงชุดกล้องที่ใช้งานดังรูปที่ 4.39 แสดงข้อมูลภาพในฐานข้อมูลดังรูปที่ 4.40 และภาพตัวอย่างการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.41



รูปที่ 4.39 ชุดกล้อง ESP32 CAM

id	image	time
14	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-07 16:34:17
15	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-07 16:34:45
16	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-07 16:37:07
17	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-07 16:37:32
18	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-07 16:38:02
19	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-07 16:38:32
20	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-07 16:39:18
21	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-10 11:03:28
22	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-10 11:03:54
23	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-10 11:04:24
24	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-10 11:04:56
25	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-10 11:05:24
26	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-10 11:05:56
27	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-10 11:06:24
28	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-10 11:06:54
29	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-10 11:08:45
30	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-10 11:09:41
31	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-10 11:11:37
32	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-10 11:41:33
33	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-10 12:11:35
34	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-16 14:52:29
35	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-16 15:22:21
36	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-17 14:23:20
37	data:image/jpeg;base64,%2F9j%2F4AAQSkZJ...	2022-03-17 15:14:03
*	NULL	NULL

รูปที่ 4.40 ภาพจาก ESP32 CAM ที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.41 ภาพที่ถ่ายจากชุดกล้อง ESP32 CAM

4.10 ผลการทดลองการทำงานของ AI

ทำการทดสอบการใช้งานของ AI ที่ใช้ในการตรวจจับแมลงและโรคเชื้อรา โดย support vector machine ทำการจำแนก 2 อย่าง

- ผักกาดหอมมีเชื้อราและเป็นโรคหรือไม่
- ผักกาดหอมมีแมลงหรือไม่

จะทำการ Train 50/ Test 50, Train 70/ Test 30 และ Train 85/ Test 15 ครั้งละสามรอบ

4.10.1 Model1: ผักกาดหอมมีแมลงหรือไม่

4.10.1.1 Train 50/Test 50 ครั้งที่ 1 พารามิเตอร์ = C:[0.1,1,10]
gamma:[0.1,1,10] kernel:[linear, poly]

	พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ gamma	พารามิเตอร์ kernel	mean test score
0	0.1	0.1	linear	0.776603
1	0.1	0.1	poly	0.791402
2	0.1	1	linear	0.776603
3	0.1	1	poly	0.791402
4	0.1	10	linear	0.776603
5	0.1	10	poly	0.791402
6	1	0.1	linear	0.776603
7	1	0.1	poly	0.791402
8	1	1	linear	0.776603
9	1	1	poly	0.791402
10	1	10	linear	0.776603
11	1	10	poly	0.791402
12	10	0.1	linear	0.776603
13	10	0.1	poly	0.791402
14	10	1	linear	0.776603
15	10	1	poly	0.791402
16	10	10	linear	0.776603
17	10	10	poly	0.791402

การประมาณการที่ได้คะแนนสูงสุด(หรือ มีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด) จาก
ข้อมูลที่เหลือ C=0.1, gamma=0.1, kernel=poly

4.10.1.2 Train 70/Test 30 ครั้งที่ 1

พารามิเตอร์= C:[0.1,1,10] gamma:[0.1,1,10] kernel:[linear, poly]

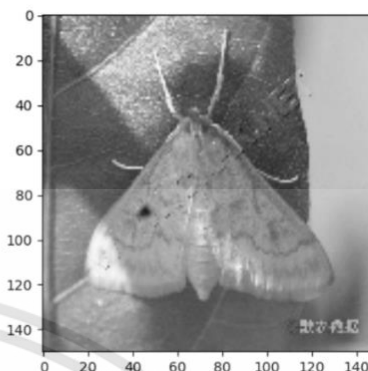
	พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ gamma	พารามิเตอร์ kernel	mean test score
0	0.1	0.1	linear	0.775428
1	0.1	0.1	poly	0.786506
2	0.1	1	linear	0.775428
3	0.1	1	poly	0.786506
4	0.1	10	linear	0.775428
5	0.1	10	poly	0.786506
6	1	0.1	linear	0.775428
7	1	0.1	poly	0.786506
8	1	1	linear	0.775428
9	1	1	poly	0.786506
10	1	10	linear	0.775428
11	1	10	poly	0.786506
12	10	0.1	linear	0.775428
13	10	0.1	poly	0.786506
14	10	1	linear	0.775428
15	10	1	poly	0.786506
16	10	10	linear	0.775428
17	10	10	poly	0.786506

การประมาณการที่ได้คะแนนสูงสุด(หรือ มีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด) จาก
ข้อมูลที่เหลือ C=0.1, gamma=0.1, kernel=poly

```

Splitted Successfully
The Model is trained well with the given images
param_C param_gamma param_kernel mean_test_score
0 0.1 0.1 linear 0.775428
1 0.1 0.1 poly 0.786506
2 0.1 1 linear 0.775428
3 0.1 1 poly 0.786506
4 0.1 10 linear 0.775428
5 0.1 10 poly 0.786506
6 1 0.1 linear 0.775428
7 1 0.1 poly 0.786506
8 1 1 linear 0.775428
9 1 1 poly 0.786506
10 1 10 linear 0.775428
11 1 10 poly 0.786506
12 10 0.1 linear 0.775428
13 10 0.1 poly 0.786506
14 10 1 linear 0.775428
15 10 1 poly 0.786506
16 10 10 linear 0.775428
17 10 10 poly 0.786506
SVC(C=0.1, gamma=0.1, kernel='poly', probability=True)

```



รูปที่ 4.42 ทำการเทรนโมเดล Train 70/Test 30 หาค่า kernel และ parameter ที่เหมาะสมที่สุด

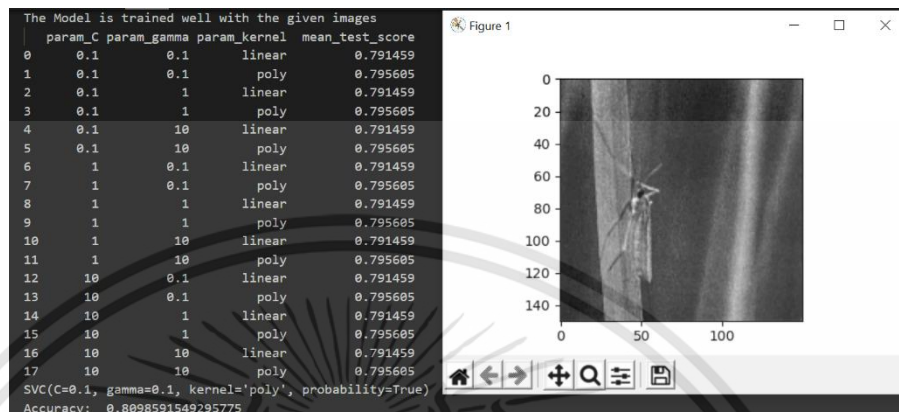
4.10.1.3 Train 85/Test 10 ครั้งที่ 1

พารามิเตอร์ = C:[0.1,1,10] gamma:[0.1,1,10] kernel:[linear, poly]

	พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ gamma	พารามิเตอร์ kernel	mean test score
0	0.1	0.1	linear	0.791459
1	0.1	0.1	poly	0.795605
2	0.1	1	linear	0.791459
3	0.1	1	poly	0.795605
4	0.1	10	linear	0.791459
5	0.1	10	poly	0.795605
6	1	0.1	linear	0.791459
7	1	0.1	poly	0.795605
8	1	1	linear	0.791459
9	1	1	poly	0.795605
10	1	10	linear	0.791459
11	1	10	poly	0.795605
12	10	0.1	linear	0.791459
13	10	0.1	poly	0.795605
14	10	1	linear	0.791459
15	10	1	poly	0.795605
16	10	10	linear	0.791459
17	10	10	poly	0.795605

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

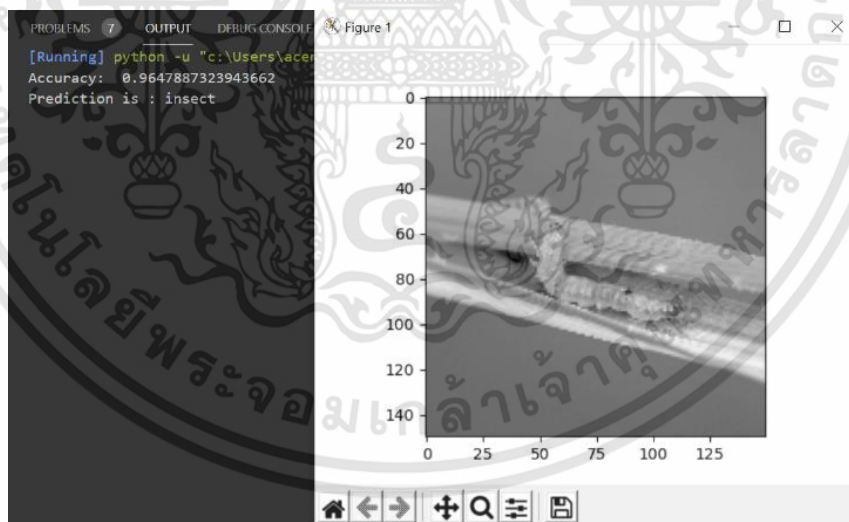
การประมาณการที่ได้คะแนนสูงสุด(หรือ มีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด) จากข้อมูลที่เหลือ $C=0.1$, $\gamma=0.1$, $\text{kernel}=\text{poly}$



รูปที่ 4.43 ทำการเทรนโมเดล Train 85/Test 15 หาค่า kernel และ parameter ที่เหมาะสมที่สุด

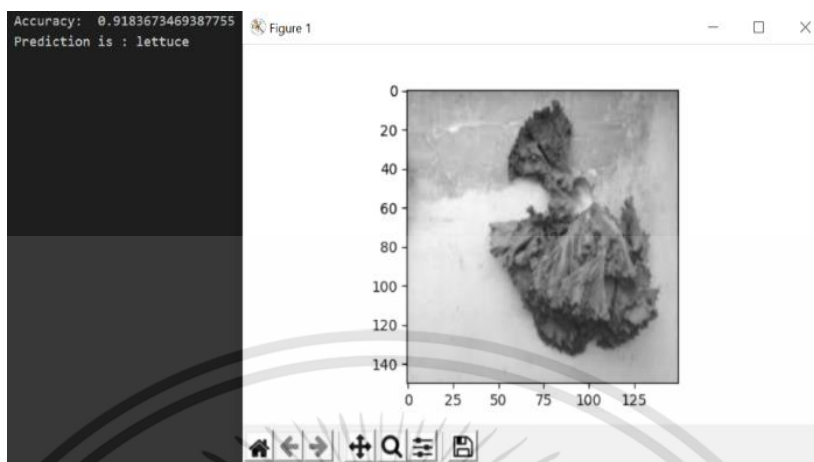
4.10.2 ทำการ test model

นำโมเดลที่ได้รับการ Train 85/Test 15 มาทำการสุ่มเพื่อตรวจสอบความแม่นยำในการจำแนกมีแมลงหรือไม่



รูปที่ 4.44 โมเดลทำการตรวจสอบมีแมลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.45 โมเดลทำการตรวจสอบไม่มีแมลง

4.10.3 Model2: ฟักกาดหอมมีเชื้อราหรือไม่

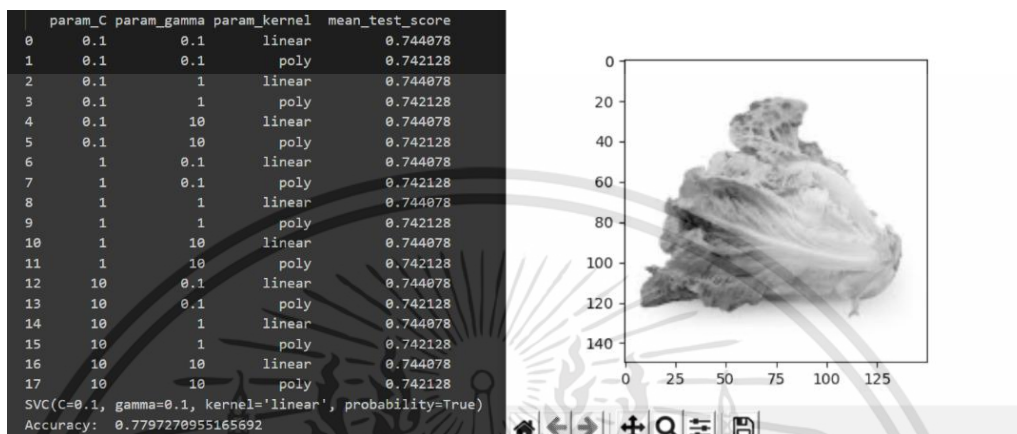
4.10.3.1 Train 50/Test 50 ครั้งที่ 1

พารามิเตอร์= C:[0.1,1,10] gamma:[0.1,1,10] kernel:[linear, poly]

	พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ gamma	พารามิเตอร์ kernel	mean test score
0	0.1	0.1	linear	0.744078
1	0.1	0.1	poly	0.742128
2	0.1	1	linear	0.744078
3	0.1	1	poly	0.742128
4	0.1	10	linear	0.744078
5	0.1	10	poly	0.742128
6	1	0.1	linear	0.744078
7	1	0.1	poly	0.742128
8	1	1	linear	0.744078
9	1	1	poly	0.742128
10	1	10	linear	0.744078
11	1	10	poly	0.742128
12	10	0.1	linear	0.744078
13	10	0.1	poly	0.742128
14	10	1	linear	0.744078
15	10	1	poly	0.742128
16	10	10	linear	0.744078
17	10	10	poly	0.742128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประมาณการที่ได้คะแนนสูงสุด(หรือ มีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด) จากข้อมูลที่เหลือ $C=0.1$, $\gamma=0.1$, $\text{kernel}=\text{poly}$



รูปที่ 4.46 ทำการเทรนโมเดล หาค่า kernel และ parameter ที่เหมาะสมที่สุด

4.10.4 การสร้าง Support vector machine



รูปที่ 4.47 แสดงการสร้าง model

4.10.4.1 การเตรียม Dataset

- 1) เตรียมรูปที่ใช้ในการสร้าง dataset
- 2) ทำการหารูปภาพจาก website: shutterstock.com, github.com, google.com
- 3) นำรูปที่ใช้ในการสร้าง dataset จัดเก็บในรูปแบบไฟล์ pickle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

dir = 'C:\\Users\\acer\\Desktop\\data set\\image_clf_test'
categories = ['insect', 'lettuce']
data = []

for category in categories:
    path = os.path.join(dir,category)
    label= categories.index(category)

    for img in os.listdir(path):
        imgpath = os.path.join(path,img)
        pet_img=cv2.imread(imgpath,0)
        try:
            pet_img=cv2.resize(pet_img,(200,200))
            image = np.array(pet_img).flatten()
            data.append([image,label])
        except Exception as e:
            pass

pick_in = open('new_data.pickle','wb')
pickle.dump(data,pick_in)
pick_in.close()

```

รูปที่ 4.48 ทำการจัดเก็บรูปในไฟล์ pickle

4.10.4.2 การ train model

Model1: ผักกาดหอมมีแมลงหรือไม่

พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับโมเดล ผักกาดหอมมีแมลงหรือไม่

พารามิเตอร์= C=0.1 gamma=0.1 kernel=linear

ตารางที่ 4.1 Model 1 Train 50/Test 50

ครั้งที่	พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ gamma	พารามิเตอร์ kernel	mean test score	test model Accuracy
1	0.1	0.1	linear	0.776603	0.789573908469267
2	0.1	0.1	linear	0.815256	0.809573908469267
3	0.1	0.1	linear	0.809397	0.820333041191937

ตารางที่ 4.2 Model 1 Train 70/Test 30

ครั้งที่	พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ gamma	พารามิเตอร์ kernel	mean test score	test model Accuracy
1	0.1	0.1	linear	0.775428	0.812207
2	0.1	0.1	linear	0.813678	0.811678
3	0.1	0.1	linear	0.818424	0.818424

ตารางที่ 4.3 Model 1 Train 85/Test 15

ครั้งที่	พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ gamma	พารามิเตอร์ kernel	mean test score	test model Accuracy
1	0.1	0.1	linear	0.791459	0.80986
2	0.1	0.1	linear	0.822601	0.82837
3	0.1	0.1	linear	0.815174	0.84063

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model2: ผักกาดหอมมีแมลงหรือไม่

หาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับโมเดล ผักกาดหอมมีเชื้อราหรือไม่

พารามิเตอร์= C:[0.1,1,10] gamma:[0.1,1,10] kernel:[linear, poly]

ตารางที่ 4.4 Model 2 Train 50/Test 50 ครั้งที่ 1

ลำดับที่	พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ gamma	พารามิเตอร์ kernel	mean test score
1	0.1	0.1	Linear	0.690227
2	0.1	0.1	poly	0.711493
3	0.1	1	Linear	0.690227
4	0.1	1	poly	0.711493
5	0.1	10	Linear	0.690227
6	0.1	10	poly	0.711493
7	1	0.1	Linear	0.690227
8	1	0.1	poly	0.711493
9	1	1	Linear	0.690227
10	1	1	poly	0.711493
11	1	10	Linear	0.711493
12	1	10	poly	0.711493
13	10	0.1	Linear	0.690227
14	10	0.1	poly	0.711493
15	10	1	Linear	0.690227
16	10	1	poly	0.711493
17	10	10	Linear	0.690227
18	10	10	poly	0.711493

การประมาณการที่ได้คะแนนสูงสุด(หรือ มีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด) จากข้อมูลที่เหลือ C=0.1, gamma=0.1, kernel=poly

ตารางที่ 4.5 Model 2 Train 70/Test 30 ครั้งที่ 1

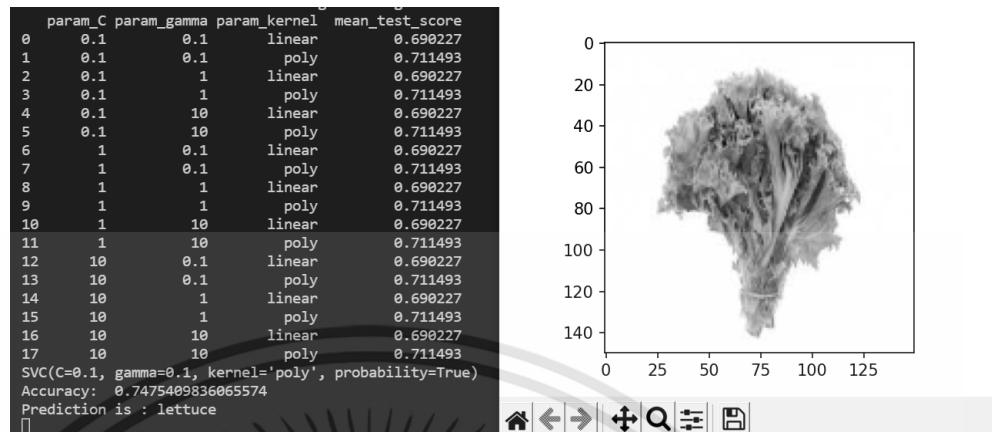
ลำดับที่	พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ gamma	พารามิเตอร์ kernel	mean test score
1	0.1	0.1	Linear	0.738893
2	0.1	0.1	poly	0.740075
3	0.1	1	Linear	0.738893
4	0.1	1	poly	0.740075
5	0.1	10	Linear	0.738893
6	0.1	10	poly	0.740075
7	1	0.1	Linear	0.738893
8	1	0.1	poly	0.740075
9	1	1	Linear	0.738893
10	1	1	poly	0.740075
11	1	10	Linear	0.738893
12	1	10	poly	0.740075
13	10	0.1	Linear	0.738893
14	10	0.1	poly	0.740075
15	10	1	Linear	0.738893
16	10	1	poly	0.740075
17	10	10	Linear	0.738893
18	10	10	poly	0.740075

การประมาณการที่ได้คะแนนสูงสุด(หรือ มีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด) จากข้อมูลที่เหลือ C=0.1, gamma=0.1, kernel=poly

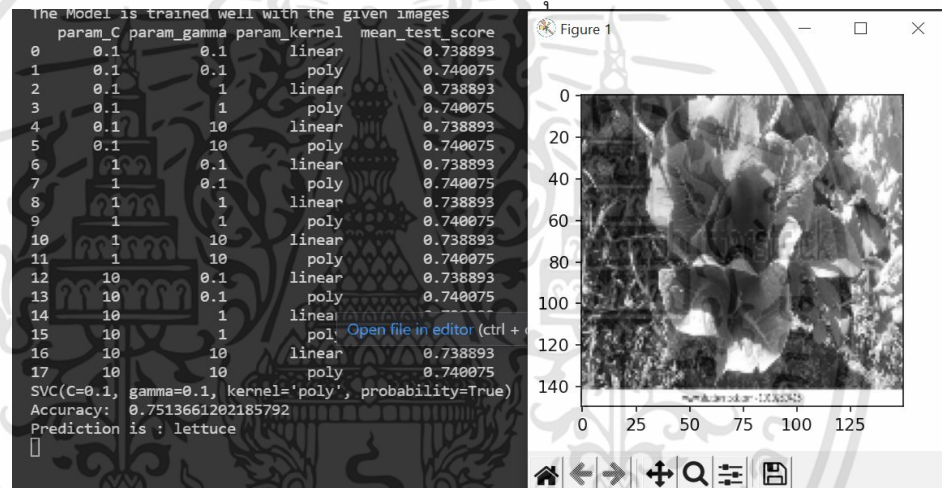
ตารางที่ 4.6 Model 2 Train 85/Test 15 ครั้งที่ 1

ลำดับที่	พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ gamma	พารามิเตอร์ kernel	mean test score
1	0.1	0.1	Linear	0.732859
2	0.1	0.1	poly	0.754078
3	0.1	1	Linear	0.732859
4	0.1	1	poly	0.754078
5	0.1	10	Linear	0.732859
6	0.1	10	poly	0.754078
7	1	0.1	Linear	0.732859
8	1	0.1	poly	0.754078
9	1	1	Linear	0.732859
10	1	1	poly	0.754078
11	1	10	Linear	0.732859
12	1	10	poly	0.754078
13	10	0.1	Linear	0.732859
14	10	0.1	poly	0.754078
15	10	1	Linear	0.732859
16	10	1	poly	0.754078
17	10	10	Linear	0.732859
18	10	10	poly	0.754078

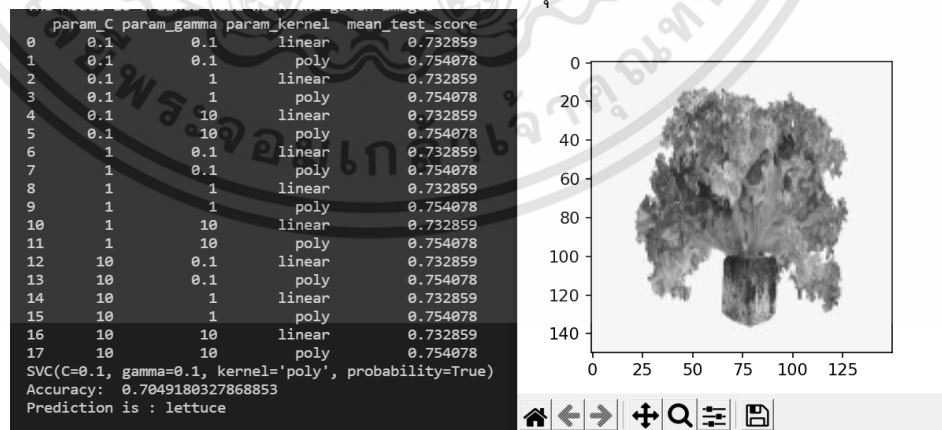
การประมาณการที่ได้คะแนนสูงสุด(หรือ มีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด) จากข้อมูลที่เหลือ C=0.1, gamma=0.1, kernel=poly



รูปที่ 4.49 ทำการเทรนโมเดล Train 50/Test 50 ทาค่า kernel และ parameter ที่เหมาะสมที่สุด



รูปที่ 4.50 ทำการเทรนโมเดล Train 70/Test 30 ทาค่า kernel และ parameter ที่เหมาะสมที่สุด



รูปที่ 4.51 ทำการเทรนโมเดล Train 85/Test 15 ทาค่า kernel และ parameter ที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับโมเดล ผักกาดหอมมีเชื้อราหรือไม่

พารามิเตอร์= C=0.1 gamma=0.1 kernel= polynomial

ตารางที่ 4.7 Model 2 Train 50/Test 50

ครั้งที่	พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ gamma	พารามิเตอร์ kernel	mean test score	test model Accuracy
1	0.1	0.1	poly	0.711493	0.7475409836065574
2	0.1	0.1	linear	0.759047	0.7311475409836066
3	0.1	0.1	poly	0.740977	0.759047

ตารางที่ 4.8 Model 2 Train 70/Test 30

ครั้งที่	พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ gamma	พารามิเตอร์ kernel	mean test score	test model Accuracy
1	0.1	0.1	poly	0.740075	0.7513661202185792
2	0.1	0.1	poly	0.7540983606557377	0.764624
3	0.1	0.1	poly	0.736558	0.7622950819672131

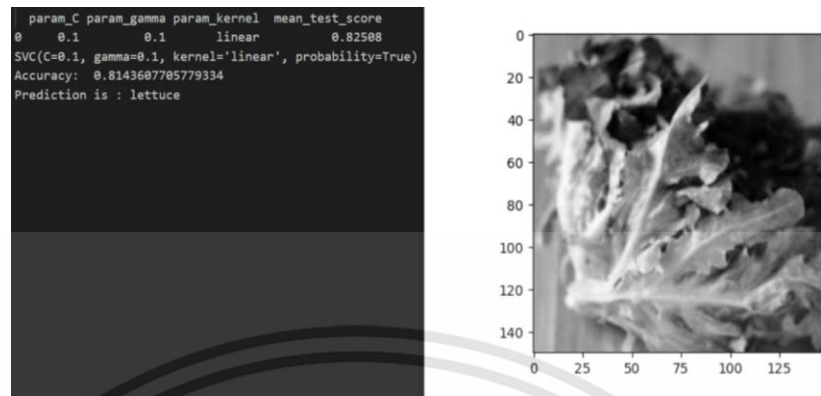
ตารางที่ 4.9 Model 2 Train 85/Test 15

ครั้งที่	พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ gamma	พารามิเตอร์ kernel	mean test score	test model Accuracy
1	0.1	0.1	poly	0.754078	0.7049180327868853
2	0.1	0.1	poly	0.745439	0.7759562841530054
3	0.1	0.1	poly	0.75507	0.7213114754098361

ตารางที่ 4.10 SVM model: ผักกาดหอมมีแมลงหรือไม่

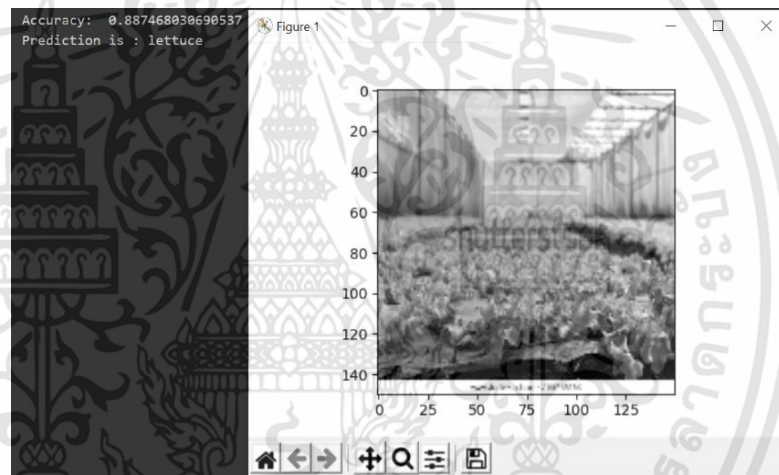
พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ gamma	พารามิเตอร์ kernel	mean test score	test model Accuracy
0.1	0.1	linear	0.82508	0.8143607705779334

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.52 ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train

4.10.4.3 ทำการทดสอบโมเดลจากรูปที่ไม่เคยนำมา train

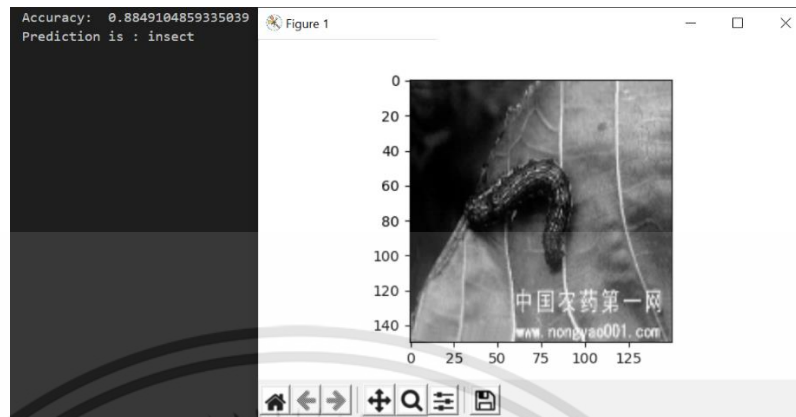


รูปที่ 4.53 ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train

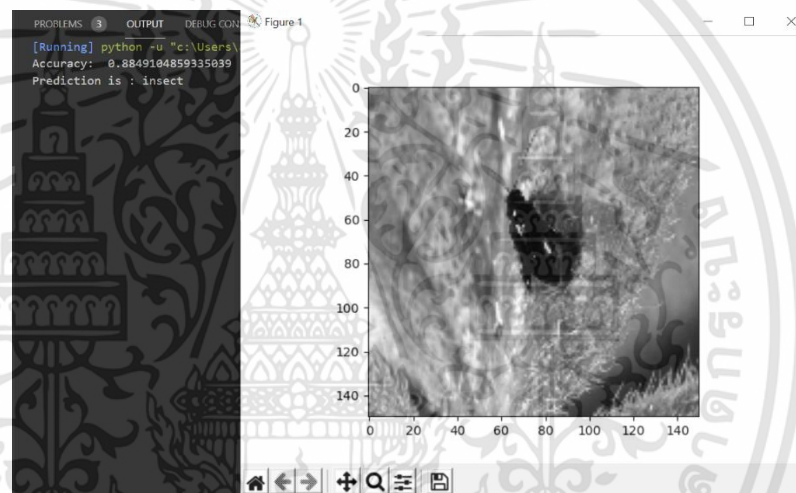


รูปที่ 4.54 ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.55 ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train

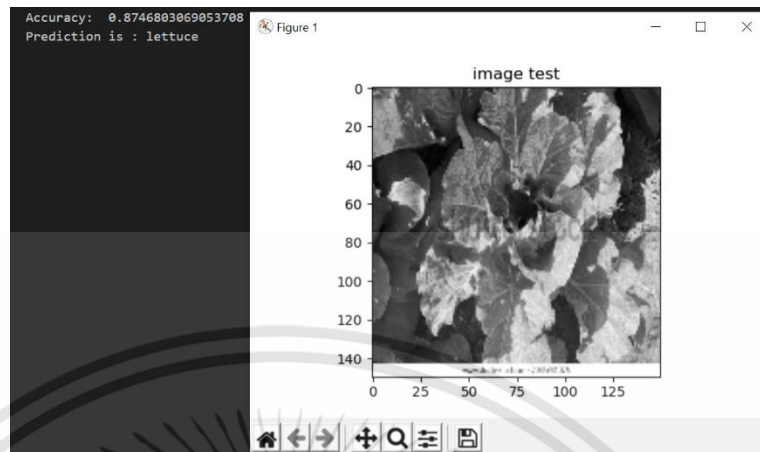


รูปที่ 4.56 ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train



รูปที่ 4.57 ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train

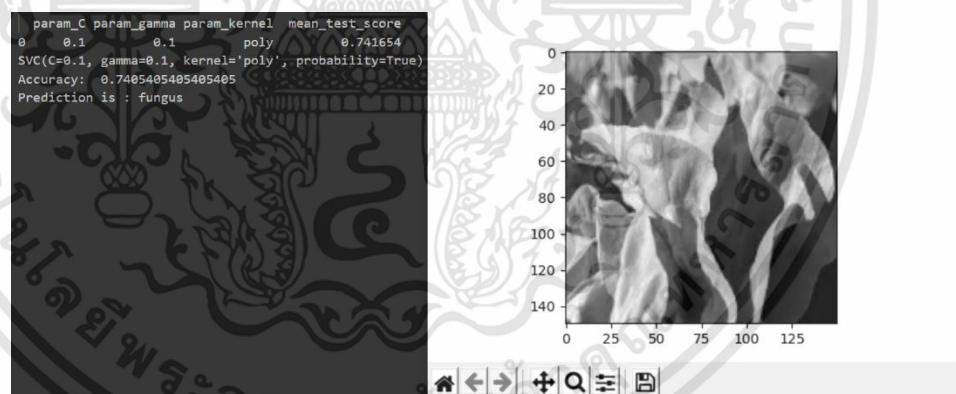
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.58 ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train

ตารางที่ 4.11 SVM model: ผักกาดหอมมีเชื้อราหรือไม่

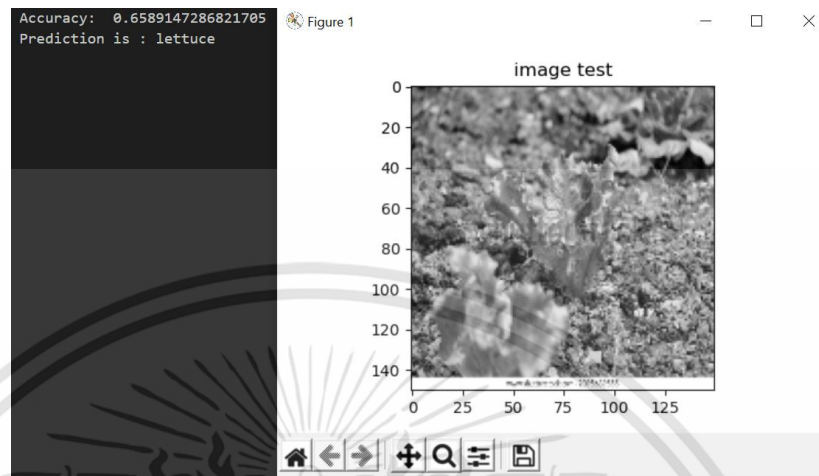
พารามิเตอร์ C	พารามิเตอร์ gamma	พารามิเตอร์ kernel	mean test score	test model Accuracy
0.1	0.1	poly	0.741654	0.7405405405405405



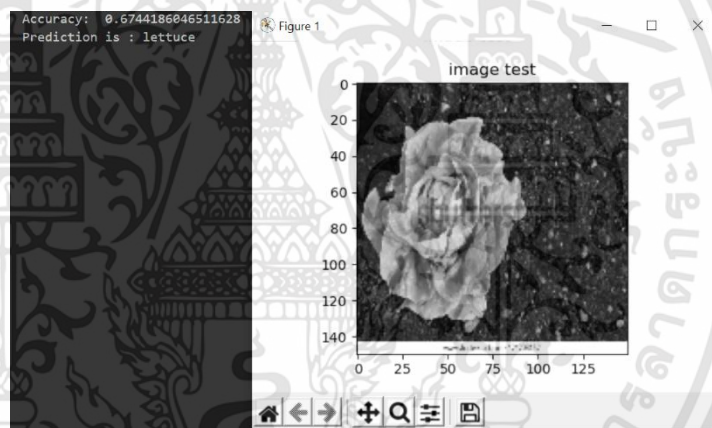
รูปที่ 4.59 ความแม่นยำของโมเดลที่ได้จากการ train

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

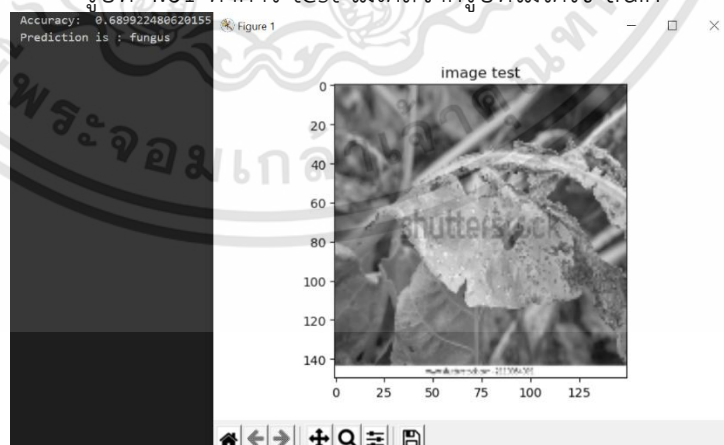
ทำการทดสอบโมเดลจากรูปที่ไม่เคยนำมา train



รูปที่ 4.60 ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train

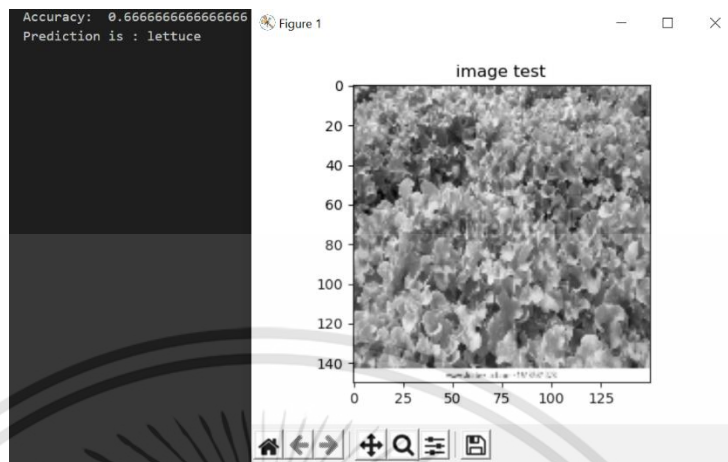


รูปที่ 4.61 ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train

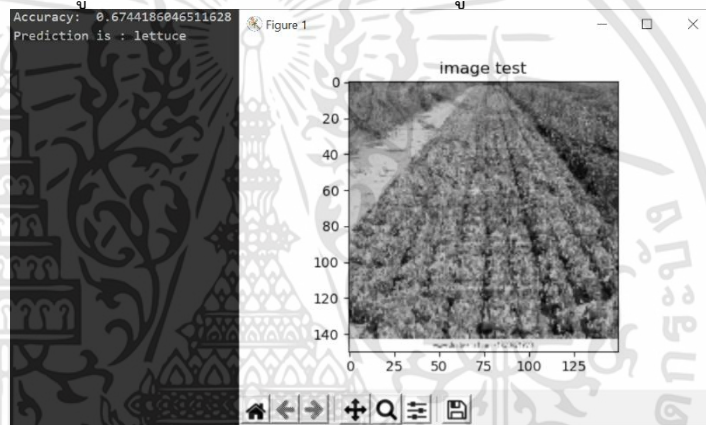


รูปที่ 4.62 ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train

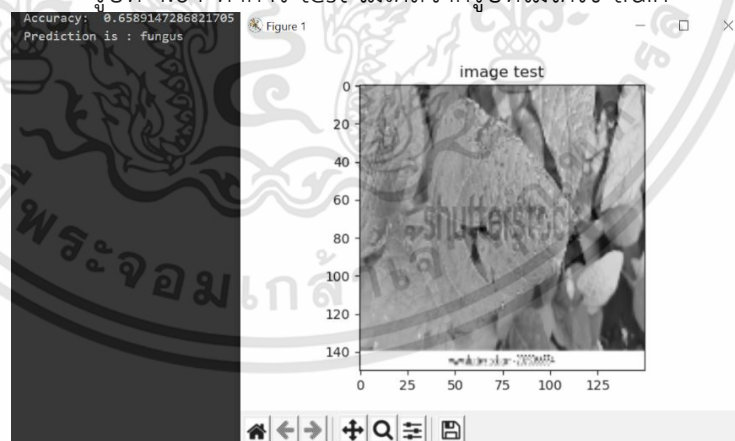
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.63 ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train



รูปที่ 4.64 ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train



รูปที่ 4.65 ทำการ test โมเดลจากรูปที่ไม่ได้ใช้ train

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10.4.4 วิธีวัดคุณภาพของ model

ทำการใช้ Confusion Matrix วัดคุณภาพของ model insect



รูปที่ 4.66 ทำการ run code คำนวณ confusion matrix

True Positive (TP) = 271

False Negative (FN) = 27

True Negative (TN) = 76

False Positive (FP) = 17

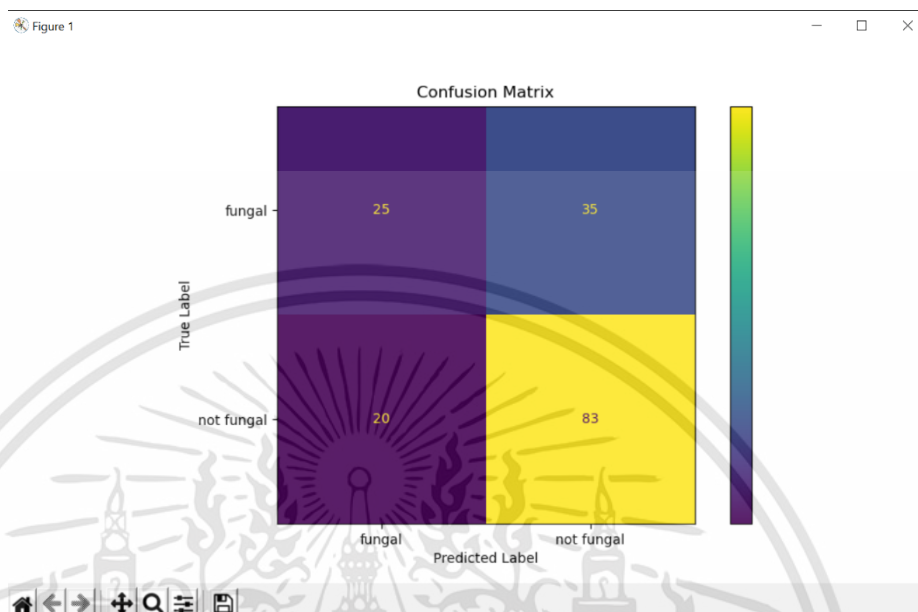
Precision = $TP / (TP + FP) = 0.941$

Sensitivity(recall) = $TP / (TP + FN) = 0.909$

Specificity = $TN / (TN + FP) = 0.817$

Accuracy = $(TP + TN) / (TP + TN + FP + FN) = 0.887$

ทำการใช้ Confusion Matrix วัดคุณภาพของ model fungus



รูปที่ 4.67 ทำการ run code คำนวณ confusion matrix

True Positive (TP) = 25

False Negative (FN) = 35

True Negative (TN) = 83

False Positive (FP) = 20

Precision = $TP / (TP + FP) = 0.55$

Sensitivity (recall) = $TP / (TP + FN) = 0.416$

Specificity = $TN / (TN + FP) = 0.805$

Accuracy = $(TP + TN) / (TP + TN + FP + FN) = 0.67$

4.10.5 การนำภาพจากฐานข้อมูลมาจำแนกโดยใช้ AI

อัปโหลดโค้ดคำสั่งดึงข้อมูลรูปจาก mysql มาจำแนกมีแมลง และมีเชื้อราหรือไม่จึงส่งข้อความกลับไปยัง mysql เมื่อจำแนกสำเร็จ

```

Command Prompt - gcloud_init
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\acer>cd C:\Users\acer\Desktop\mlinsect

C:\Users\acer\Desktop\mlinsect>gcloud init
Welcome! This command will take you through the configuration of gcloud.

Settings from your current configuration [default] are:
accessibility:
  screen_reader: 'True'
core:
  account: rattanan.xtaco@gmail.com
  disable_usage_reporting: 'False'
  project: trydeploy-insect

Pick configuration to use:
[1] Re-initialize this configuration [default] with new settings
[2] Create a new configuration
[3] Switch to and re-initialize existing configuration: [a]
[4] Switch to and re-initialize existing configuration: [b]
Please enter your numeric choice: 1

Your current configuration has been set to: [default]

You can skip diagnostics next time by using the following flag:
  gcloud init --skip-diagnostics

Network diagnostic detects and fixes local network connection issues.
Checking network connection...working...

```

รูปที่ 4.68 ใช้คำสั่ง gcloud init เชื่อมต่อ google cloud platform

```

Command Prompt - gcloud app deploy app.yaml -project trydeploy-insect
multiple accounts and/or projects.
Run `gcloud topic configurations` to learn more.

Some things to try next:

* Run `gcloud --help` to see the Cloud Platform services you can interact with. And run `gcloud help COMMAND` to get help on any gcloud command.
* Run `gcloud topic --help` to learn about advanced features of the SDK like arg files and output formatting

Updates are available for some Cloud SDK components. To install them,
please run:
  $ gcloud components update

C:\Users\acer\Desktop\mlinsect>gcloud app deploy app.yaml --project trydeploy-insect
Services to deploy:

descriptor: [C:\Users\acer\Desktop\mlinsect\app.yaml]
source: [C:\Users\acer\Desktop\mlinsect]
target project: [trydeploy-insect]
target service: [default]
target version: [20220331t141729]
target url: [https://trydeploy-insect.as.r.appspot.com]
target service account: [App Engine default service account]

Do you want to continue (Y/n)? Y

```

รูปที่ 4.69 ใช้คำสั่ง gcloud app deploy app.yaml --project เพื่อทำการเลือกโปรเจกต์ที่สร้างไว้ใน google cloud platform ทำการเลือกประเทศสำหรับ app engine ที่จะสร้าง

```

C:\Users\acer\Desktop\mlinsect>gcloud app deploy app.yaml --project trydeploy-insect
Services to deploy:

descriptor:          [C:\Users\acer\Desktop\mlinsect\app.yaml]
source:              [C:\Users\acer\Desktop\mlinsect]
target project:      [trydeploy-insect]
target service:      [default]
target version:      [20220331t141729]
target url:           [https://trydeploy-insect.as.r.appspot.com]
target service account: [App Engine default service account]

Do you want to continue (Y/n)? Y

Beginning deployment of service [default]...
Uploading 1 file to Google Cloud Storage
100%
100%
File upload done.
Updating service [default]...done.
Setting traffic split for service [default]...done.
Deployed service [default] to [https://trydeploy-insect.as.r.appspot.com]

You can stream logs from the command line by running:
  $ gcloud app logs tail -s default

To view your application in the web browser run:
  $ gcloud app browse

```

รูปที่ 4.70 อัปโหลดโค้ดคำสั่ง และ model AI เสร็จสิ้น

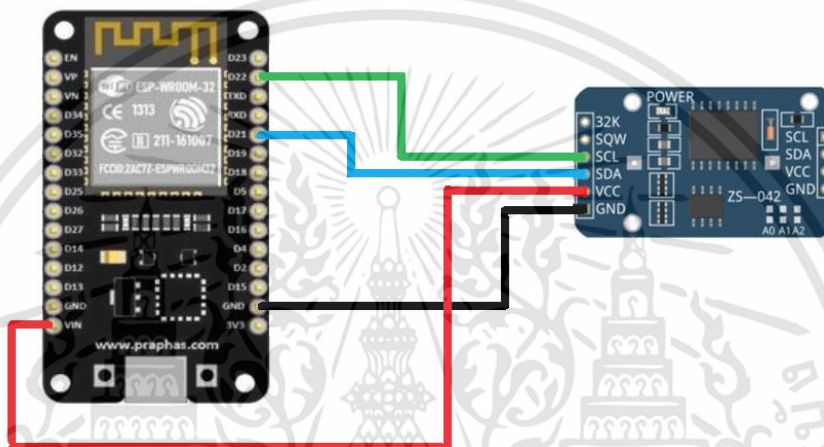
id	fungus	time
59	0	2022-03-22 08:00:06
60	0	2022-03-22 09:00:05
61	0	2022-03-22 09:00:05
62	0	2022-03-22 10:00:05
63	0	2022-03-22 10:00:05
64	0	2022-03-22 11:00:06
65	0	2022-03-22 11:00:06
66	0	2022-03-22 12:00:07
67	0	2022-03-22 12:00:07
68	0	2022-03-22 13:00:06
69	0	2022-03-22 13:00:06
70	0	2022-03-22 14:00:07
71	0	2022-03-22 14:00:07
72	0	2022-03-22 15:00:06
73	0	2022-03-22 15:00:06
74	0	2022-03-22 16:00:06
75	0	2022-03-22 16:00:06
76	0	2022-03-22 17:00:06
77	0	2022-03-22 17:00:06
78	0	2022-03-22 18:00:06

รูปที่ 4.71 ทำการจำแนกและส่งผลลัพธ์เข้า mysql(0=ไม่มีเชื้อรา)ทำการตรวจสอบ
รูปทุกๆ 1 ชม.ตั้งแต่ 8.00-18.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 ผลการทดลองส่วนอุปกรณ์ตั้งเวลา

ผลการทดสอบอุปกรณ์ตั้งเวลา ทำการทดสอบการตั้งเวลาด้วย DS3231 แสดงวิธีการเชื่อมต่อ DS3231 เข้ากับอุปกรณ์ ESP32 แสดงดังรูปที่ 4.72 เมื่อทำการส่งข้อมูลไปยัง ESP32 แล้ว นำค่าที่ได้มาแสดงผลบน Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino ดังรูปที่ 4.73 โดยกำหนดด้วยการแสดงค่าตามเวลาที่กำหนดเพื่อใช้เป็นตัวตั้งเวลาในระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติซึ่งตั้งเวลาในระบบคือ รดน้ำ ทุก 8.00 น. และ 18.00 น. ของทุกวัน



รูปที่ 4.72 ลักษณะการเชื่อมต่อ DS3231 กับ ESP32



รูปที่ 4.73 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของ DS3231

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12 ผลการทดลองการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมค่าต่าง ๆ

4.12.1 ผลการทดลองควบคุมอุณหภูมิ

ทำการทดสอบลดค่าอุณหภูมิโดยรับค่าจากเซนเซอร์ DHT11 หากอุณหภูมิมีค่ามากกว่า 30 °C ระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติจะเปิดพัดลมระบายความร้อน แสดงดังรูปที่ 4.74 โดยจากผลการทดสอบพบว่า อุณหภูมิภายในแปลงทดลองไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า คาดว่าจำนวนพัดลมและขนาดของพัดลมที่ไม่เหมาะสมกับขนาดของแปลงทดลองจึงทำให้ค่าอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปิดพัดลมระบายความร้อน



รูปที่ 4.74 การทำงานของพัดลมระบายอากาศ

4.12.2 ผลการทดลองควบคุมความชื้นของดิน

ทำการทดสอบปรับค่าความชื้นของดินโดยรับค่าจากเซนเซอร์วัดค่าความชื้นของดิน หากความชื้นของดินมีค่ามากกว่า 65 % ระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติจะเปิดสปริงเกอร์ผ่านโซ

ลินอยด์วาล์วแสดงดังรูปที่ 4.75 โดยจากผลการทดสอบพบว่าสามารถเพิ่มความชื้นในดินได้ประมาณ 1 % ในทุกๆ 30-40 วินาที แสดงดังรูปที่ 4.76



รูปที่ 4.75 การทำงานของสปริงเกอร์น้ำ

14:39:19.296	-> Moisture: 58.00 %
14:39:29.271	-> Moisture: 58.00 %
14:39:39.294	-> Moisture: 58.00 %
14:39:49.268	-> Moisture: 58.00 %
14:39:59.285	-> Moisture: 58.00 %
14:40:09.292	-> Moisture: 58.00 %
14:40:19.292	-> Moisture: 58.00 %
14:40:29.295	-> Moisture: 58.00 %
14:40:39.294	-> Moisture: 59.00 %
14:40:49.306	-> Moisture: 58.00 %
14:40:59.287	-> Moisture: 59.00 %
14:41:09.268	-> Moisture: 59.00 %
14:41:19.294	-> Moisture: 59.00 %
14:41:29.295	-> Moisture: 59.00 %
14:41:39.312	-> Moisture: 60.00 %
14:41:49.285	-> Moisture: 60.00 %
14:41:59.296	-> Moisture: 60.00 %
14:42:09.307	-> Moisture: 60.00 %
14:42:19.268	-> Moisture: 61.00 %

รูปที่ 4.76 ผลการเพิ่มความชื้นในดิน

4.12.3 ผลการทดลองควบคุมความเข้มแสง

ทำการทดสอบลดค่าความเข้มแสงโดยรับค่าจากเซนเซอร์ GY-30 (BH1750FVI) หากความเข้มแสงมีค่ามากกว่า 64,800 lux ระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติจะปิดสแลนกันแดดผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ แสดงดังรูป 4.77 โดยจากผลการทดสอบพบว่าสามารถลดความเข้มแสงได้ประมาณ 45-55 % ซึ่งสแลนกันแดดที่ใช้สามารถลดความเข้มแสงได้ 50 % แสดงดังรูปที่ 4.78



รูปที่ 4.77 การทำงานของมอเตอร์ควบคุมการเปิด-ปิดสแลนกันแดด

```

COM9
14:23:25.220 -> Light: 16688 lux
14:23:30.432 -> Light: 16683 lux
14:23:35.618 -> Light: 16679 lux
14:23:40.817 -> Light: 15569 lux
14:23:46.047 -> Light: 16096 lux
14:23:51.241 -> Light: 16098 lux
14:23:56.438 -> Light: 7377 lux
14:24:01.639 -> Light: 7563 lux
14:24:06.842 -> Light: 7540 lux
14:24:12.039 -> Light: 7501 lux
14:24:17.229 -> Light: 7484 lux
14:24:22.433 -> Light: 16101 lux
14:24:27.640 -> Light: 16076 lux
14:24:32.836 -> Light: 16059 lux
14:24:38.050 -> Light: 16041 lux
14:24:43.241 -> Light: 16035 lux
14:24:48.441 -> Light: 16028 lux

COM9
15:38:32.125 -> Light: 10952 lux
15:38:37.323 -> Light: 10929 lux
15:38:42.508 -> Light: 10864 lux
15:38:47.704 -> Light: 10831 lux
15:38:52.896 -> Light: 10824 lux
15:38:58.139 -> Light: 10762 lux
15:39:03.329 -> Light: 10255 lux
15:39:08.530 -> Light: 6256 lux
15:39:13.732 -> Light: 5599 lux
15:39:18.932 -> Light: 5650 lux
15:39:24.134 -> Light: 5669 lux
15:39:29.323 -> Light: 5576 lux
15:39:34.522 -> Light: 5511 lux
15:39:39.698 -> Light: 6893 lux
15:39:44.912 -> Light: 7833 lux
15:39:50.124 -> Light: 7854 lux

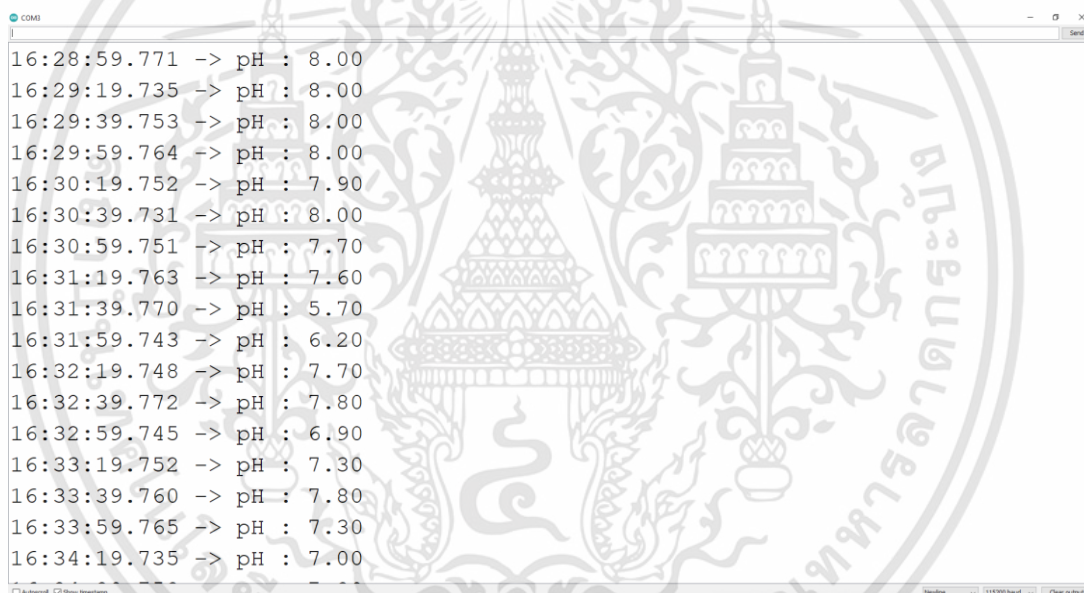
```

รูปที่ 4.78 ผลการลดความเข้มแสงของสแลนกันแดด

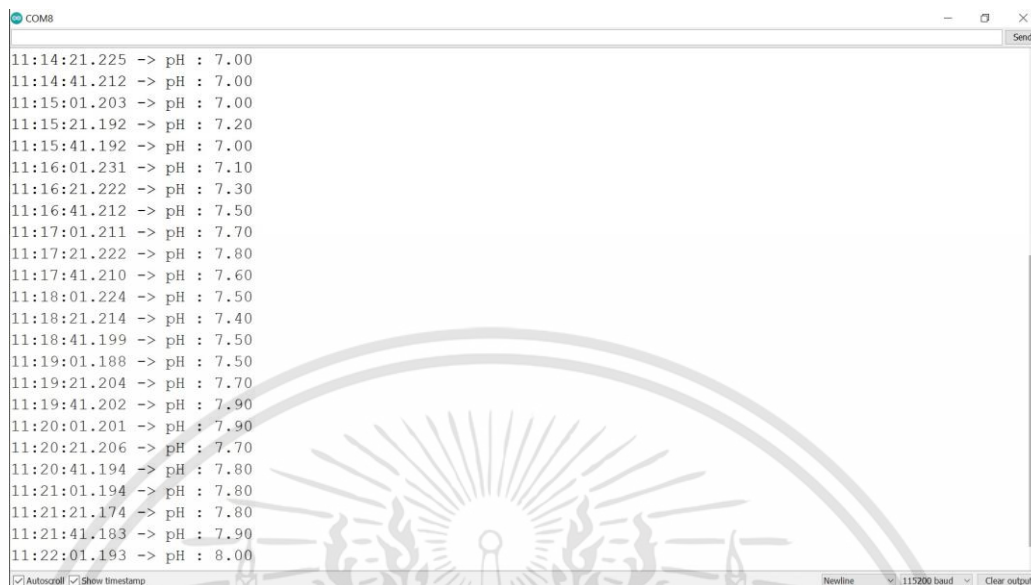
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12.4 ผลการทดลองควบคุมค่า pH ในดิน

ทำการทดสอบปรับค่า pH ในดินโดยรับค่าจากเซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน โดยค่า pH ที่เหมาะสมของผักกาดหอมคือ 6.0-6.8 ระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติจะเปิดสปริงเกอร์ผ่านโซลินอยด์วาล์ว ในการทดลองปรับค่า pH นี้ทำการทดลองในดินที่ไม่ได้ใช้ปลูก เนื่องจากการปรับค่า pH ในดินอาจจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และในการปรับค่า pH ในดินเกษตรกรมักจะทำ การปรับหน้าดินก่อนการปลูกและในการปรับแต่ละครั้งใช้เวลานาน ทั้งนี้ระยะเวลาขึ้นอยู่กับพืชแต่ ละชนิด โดยใช้ปูนขาวในการเพิ่มค่า pH และผงกำมะถันในการลดค่า pH โดยผสมน้ำในอัตราส่วน 8 กรัมต่อน้ำ 3 ลิตร และค่อย ๆ ใส่ลงในดินเพื่อเก็บผล โดยผลการทดลองพบว่าค่า pH ที่ได้ มีค่าไม่ คงที่ เนื่องจากไม่ทราบปริมาณที่ใช้และอัตราส่วนที่แน่นอน อีกทั้งทำการปรับค่า pH ในระหว่างที่ ทำการวัดค่า โดยผลการลด pH โดยการเติมผงกำมะถันแสดงดังรูปที่ 4.79 และผลการเพิ่ม pH โดย การเติมปูนขาวแสดงดังรูปที่ 4.80



รูปที่ 4.79 ผลการลดค่า pH ในดิน



```

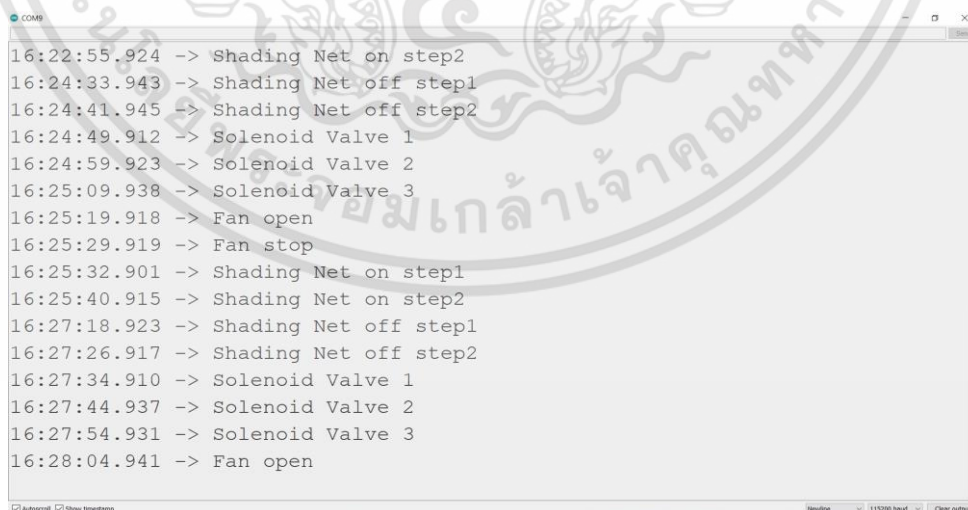
COM8
11:14:21.225 -> pH : 7.00
11:14:41.212 -> pH : 7.00
11:15:01.203 -> pH : 7.00
11:15:21.192 -> pH : 7.20
11:15:41.192 -> pH : 7.00
11:16:01.231 -> pH : 7.10
11:16:21.222 -> pH : 7.30
11:16:41.212 -> pH : 7.50
11:17:01.211 -> pH : 7.70
11:17:21.222 -> pH : 7.80
11:17:41.210 -> pH : 7.60
11:18:01.224 -> pH : 7.50
11:18:21.214 -> pH : 7.40
11:18:41.199 -> pH : 7.50
11:19:01.188 -> pH : 7.50
11:19:21.204 -> pH : 7.70
11:19:41.202 -> pH : 7.90
11:20:01.201 -> pH : 7.90
11:20:21.206 -> pH : 7.70
11:20:41.194 -> pH : 7.80
11:21:01.194 -> pH : 7.80
11:21:21.174 -> pH : 7.80
11:21:41.183 -> pH : 7.90
11:22:01.193 -> pH : 8.00
Autoscroll Show timestamp
Newline 115200 baud Clear output

```

รูปที่ 4.80 ผลการเพิ่มค่า pH ในดิน

4.12.5 ผลการทดลองระบบควบคุมระบบการเกษตรอัตโนมัติโดยรวม

ทำการทดสอบระบบควบคุมค่าต่าง ๆ โดยให้ทำงานพร้อมกันทั้งระบบ ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบควบคุมการรดน้ำ,ปุ๋ย และยาฆ่าแมลงและยาฆ่าเชื้อราทั้งรดน้ำและปุ๋ยตามเวลารวมทั้งเมื่อค่าความชื้นในดินน้อย กำหนดใน Serial Monitor เป็น Solenoid 1,2 และ 3 ตามลำดับ,ระบบควบคุมพัดลมระบายความร้อน กำหนดใน Serial Monitor เป็น Fan และระบบควบคุมสแลนกันแดด กำหนดใน Serial Monitor เป็น Shading Net โดยแสดงผลบน Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino ดังรูปที่ 4.81



```

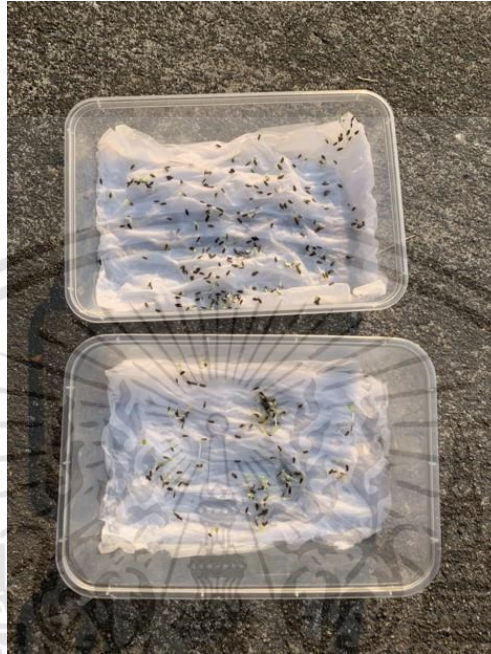
COM8
16:22:55.924 -> Shading Net on step2
16:24:33.943 -> Shading Net off step1
16:24:41.945 -> Shading Net off step2
16:24:49.912 -> Solenoid Valve 1
16:24:59.923 -> Solenoid Valve 2
16:25:09.938 -> Solenoid Valve 3
16:25:19.918 -> Fan open
16:25:29.919 -> Fan stop
16:25:32.901 -> Shading Net on step1
16:25:40.915 -> Shading Net on step2
16:27:18.923 -> Shading Net off step1
16:27:26.917 -> Shading Net off step2
16:27:34.910 -> Solenoid Valve 1
16:27:44.937 -> Solenoid Valve 2
16:27:54.931 -> Solenoid Valve 3
16:28:04.941 -> Fan open
Autoscroll Show timestamp
Newline 115200 baud Clear output

```

รูปที่ 4.81 ผลการทดสอบผ่าน Serial Monitor ของระบบควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.13 ผลการทดลองการเจริญเติบโตของผักกาดหอม



รูปที่ 4.82 การเพาะเมล็ดผักกาดหอม



รูปที่ 4.83 นำเมล็ดผักกาดหอมที่เพาะลงดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.84 ต้นอ่อนผักกาดหอมในระยะ 12 วัน



รูปที่ 4.85 ผักกาดหอมในระยะ 17 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

เนื้อหาภายในปฏิญญาพันธบัตรฉบับนี้เสนอเกี่ยวกับระบบควบคุมการเกษตรอัตโนมัติ มีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดค่าต่าง ๆ จากเซนเซอร์แต่ละตัวโดยประมวลผลผ่าน ESP32 มีการสื่อสารระหว่างกันโดยใช้ Wi-Fi เป็นการเชื่อมต่อระหว่าง ESP32 แล้วแสดงผลขึ้น Web Application เพื่อความสะดวกสบายกับผู้ใช้งาน

ซึ่งแต่ละอุปกรณ์ จะมีการสื่อสารระหว่างกันโดยใช้ ESP32 เป็นตัวโมโครคอนโทรลเลอร์และใช้ Wi-Fi เป็นการเชื่อมต่อระหว่าง ESP32 โดยที่แต่ละอุปกรณ์เชื่อมต่อด้วยโครงข่ายแบบตาข่ายหรือ Mesh Topology โดยอุปกรณ์ที่กล่าวมาเรียกว่า Node MCU โดยมีเซนเซอร์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ประกอบไปด้วย เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์, เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน, เซนเซอร์วัดความเข้มแสงและเซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน โดยสรุปการตรวจวัดค่าเซนเซอร์ต่าง ๆ ได้ดังนี้

อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ในการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์มีการใช้งานเซนเซอร์ DHT11 ซึ่งค่าที่อ่านได้จาก serial monitor ค่อนข้างที่จะมีบางครั้งที่ทดลองค่าที่วัดได้จะคงที่และกระโดดขึ้นหรือลง 2 องศาและกลับมาคงที่ใหม่

ในการตรวจวัดค่า pH ในดินต้องทำการต่อวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสเพื่อที่จะสามารถส่งค่าผ่าน ESP32 ได้เพื่อเพิ่มความแม่นยำของตัวเซนเซอร์อีกด้วย

ความเข้มแสง สามารถตรวจวัดค่าได้ในช่วงที่กว้าง ซึ่งอาจจะทำให้ค่ามีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและไม่คงที่ หากมีการขยับตัวเซนเซอร์เพียงเล็กน้อย

ความชื้นในดิน ในการตรวจวัดค่าความชื้นในดิน ในสภาพดินที่แตกต่างกันมีจะให้ค่าความชื้นที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับดินแต่ละชนิด

ในส่วนของระบบควบคุมค่าต่างๆ สรุปได้ดังนี้ ในการปรับลดอุณหภูมิ ปรับลดค่าอุณหภูมิได้น้อยมากแทบจะไม่เห็นความเปลี่ยนแปลง ในการเพิ่มความชื้นในดิน สามารถเพิ่มความชื้นในดินได้ประมาณ 1 % ในทุกๆ 30-40 วินาที การปรับความเข้มแสง สามารถลดความเข้มแสงได้ประมาณ 45-55 % ซึ่งสแกนกันแดดที่ใช้สามารถลดความเข้มแสงได้ 50 % และการปรับค่า pH ในดินสามารถปรับค่าได้จริง แต่ค่าที่ได้ไม่คงที่ จึงควรปรับก่อนที่จะปลูกจริง ไม่เหมาะสมหากต้องการจะปรับค่า pH ในดินระหว่างที่ปลูก

ในส่วนของ AI ที่ใช้ตรวจแมลงและโรคเชื้อรา หลังจากการทดลองเพื่อทดสอบความแม่นยำในการตรวจจับโรคโดยใช้โมเดลที่สร้างขึ้นจาก SVM พบว่าผลที่ได้มีความแม่นยำในระดับที่น่าพอใจแล้ว เมื่อนำทั้งสองโมเดลมาทำการคำนวณค่า confusion matrix พบว่าโมเดลตรวจจับ

แมลงมีค่าความถูกต้องของ Model อยู่ที่ 88.7% และ โมเดลตรวจจับเชื้อรามีค่าความถูกต้องของ Model อยู่ที่ 67%

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการวัดค่าต่าง ๆ ของเซนเซอร์บางตัว มีความแม่นยำที่ไม่น่าพอใจ ซึ่งอาจเปลี่ยนตำแหน่งการวางให้เหมาะสม, เปลี่ยนชนิด หรือเปลี่ยนรุ่นของเซนเซอร์เป็นชนิดหรือรุ่นที่มีความแม่นยำในการวัดสูง และมีประสิทธิภาพในการใช้งาน จะส่งผลดีในการวัดค่าต่าง ๆ ของเซนเซอร์ให้มีความแม่นยำสูงขึ้น

ในระบบที่ใช้ในการควบคุมค่าต่าง ๆ บางอุปกรณ์ไม่เหมาะในการนำมาใช้จริง เช่น พัดลมระบายความร้อน เนื่องจากมีขนาดเล็กเกินไปจนทำให้ไม่สามารถปรับลดอุณหภูมิตามที่ต้องการได้และการปรับค่า pH นั้นควรปรับก่อนจะปลูกพืชจริง ไม่เหมาะสมหากต้องการจะปรับค่า pH ในดินระหว่างที่ปลูก

ในส่วนของ AI จากการทดลองพบว่าผลที่ได้ยังมีความคลาดเคลื่อนหากภาพที่ถ่ายได้เป็นภาพที่ใบพืชอยู่ติดกันหรือตัวแมลงมีขนาดเล็กลงจนเกินไป ทำให้ไม่สามารถตรวจจับได้ในบางครั้ง

บรรณานุกรม

- [1] RobotSiam. อุปกรณ์หุ่นยนต์เพื่อการศึกษา. “ESP32 เบื้องต้น.”
<https://www.robotsiam.com/product/119/doit-esp32-devkit-v1-development-board-wifi-bluetooth>
- [2] RobotSiam. “DOIT ESP32 DevKit V1 Development Board WiFi + Bluetooth”
<https://www.robotsiam.com/product/119/doit-esp32-devkit-v1development-board-wifi-bluetooth>
- [3] kruteerapong. “DHT11 หลักการทำงาน”
<http://www.kruteerapong.com/u14Knowledge.php>
- [4] Alldatasheet. “DHT11 datasheet”
<https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>
- [5] บริษัท นีโอนิคส์ จำกัด. “ความร้อนและอุณหภูมิคืออะไร”
<https://www.neonics.co.th/thermometers/temperature.html>
- [6] ครูแชมป์. “ความชื้นของอากาศ”
<http://homerom.kruchamp.com/?p=133>
- [7] Michael Elkan. “ความชื้นของอากาศ”
http://krulong37.blogspot.com/2018/02/blog-post_87.html
- [8] ร้านไอโอเอ็กซ์ฮอป. “เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน”
<https://www.ioxhop.com/product/87/%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%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94%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%83%E0%B8%99%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99-soil-moisture-sensor>
- [9] คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพมหานคร
เรื่องกรรมการพิมพ์. 2541.
- [10] nuanphong. “ความชื้นในดิน”
<https://www.kasetkawna.com/article/93/%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%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99>

- [11] SPSMARTPLANTS CO.,LTD. “ความชื้นในดิน”
<https://www.spsmartplants.com/blog/detail/%E0%B8%A3%E0%B8%B9%E0%B9%89%E0%B8%AB%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%88-%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%83%E0%B8%99%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%A1%E0%B8%B5%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%AA%E0%B8%B3%E0%B8%84%E0%B8%B1%E0%B8%8D%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%9E%E0%B8%B7%E0%B8%8A%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%81/5>
- [12] Lake Stevens WA 98258, USA. “GY-30”
<https://protosupplies.com/product/gy-30-bh1750fvi-digital-ambient-light-intensity-sensor-module/>
- [13] “GY-30”
<https://5.imimg.com/data5/TY/AK/MY-1833510/gy-30-bh1750-intensity-digital-light-sensor-module.pdf>
- [14] บริษัท นีโอเนิกส์ จำกัด. “ความเข้มแสง”
<https://www.neonics.co.th/illumination/introduction-to-light-intensity.html>
- [15] AnalogRead. “เซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน”
<https://www.analogread.com/product/3014/3-way-soil-meter-%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94%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%AA%E0%B8%87%E0%B8%84%E0%B9%88%E0%B8%B2-ph-%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99-%E0%B8%AA%E0%B8%95%E0%B9%87%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B9%84%E0%B8%97%E0%B8%A2%E0%B8%AA%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B9%84%E0%B8%A7>
- [16] My arduino. “เซนเซอร์วัดค่า pH ในดิน”
<https://www.myarduino.net/product/1559/%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%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%84%E0%B8%87%E0%B9%84%E0%B8%A7>

B9%88%E0%B8%B2-ph-
 %E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99-
 %E0%B8%84%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B9%81%E0%B8%AA%E0%B
 8%87-
 %E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%8A%E0%B
 8%B7%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B8%94%
 E0%B8%B4%E0%B8%99-ph-sensor-arduino-soil-tester-moisture-light-
 sensor-ph

- [17] ไทยเกษตรศาสตร์. “ผักกาดหอม”
<https://www.thaikasetsart.com/%E0%B8%9C%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%94%E0%B8%AB%E0%B8%AD%E0%B8%A1/>
- [18] จริญญา ฤทธิรัมย์ และ อารักษ์ ธีรอำพน. “ผลของความเข้มแสงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมในระบบแพลนท์แฟคทอรี”
<https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=1316.pdf&id=3963&keeptrack=3>
- [19] Rutchasit Hirunyaphinun. “PPDF”
<http://www.growlaboratory.com/th/blog/whatisppfd>
- [20] “Conversion - PPF to Lux”
<https://s3.amazonaws.com/hydrofarmpubdocs/Greenbeams%20PPF%20Conversion%20Tables.pdf>
- [21] บริษัท ควิกเซอร์ฟ โพรไวเดอร์ จำกัด. “โทโพโลยีระบบเครือข่ายคืออะไร”
[https://www.quickerv.co.th/knowledge-base/solutions/%e0%b9%82%e0%b8%97%e0%b9%82%e0%b8%9e%e0%b9%82%e0%b8%a5%e0%b8%a2%e0%b8%b5%e0%b8%a3%e0%b8%b0%e0%b8%9a%e0%b8%9a%e0%b9%80%e0%b8%84%e0%b8%a3%e0%b8%b7%e0%b8%ad%e0%b8%82%e0%b9%88%e0%b8%b2%e0%b8%a2%e0%b8%84%e0%b8%b7%e0%b8%ad%e0%b8%ad%e0%b8%ad%e0%b8%ad%e0%b8%b0%e0%b9%84%e0%b8%a3/](https://www.quickerv.co.th/knowledge-base/solutions/%e0%b9%82%e0%b8%97%e0%b9%82%e0%b8%9e%e0%b9%82%e0%b8%a5%e0%b8%a2%e0%b8%b5%e0%b8%a3%e0%b8%b0%e0%b8%9a%e0%b8%9a%e0%b9%80%e0%b8%84%e0%b8%a3%e0%b8%b7%e0%b8%ad%e0%b8%82%e0%b9%88%e0%b8%b2%e0%b8%a2%e0%b8%84%e0%b8%b7%e0%b8%ad%e0%b8%ad%e0%b8%ad%e0%b8%b0%e0%b9%84%e0%b8%a3/)
- [22] mindphp. “เครือข่ายแบบตาข่าย Mesh topology”
<https://www.mindphp.com/%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1/212-network/5665-mesh-topology.html>
- [23] AI PEEM. “Wi-Fi คือ”
[https://www.asearcher.com/content/%E0%B8%9E%E0%B8%B2%E0%B9%](https://www.asearcher.com/content/%E0%B8%9E%E0%B8%B2%E0%B9%88%E0%B8%B2-ph-%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99-%E0%B8%84%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B9%81%E0%B8%AA%E0%B8%87-%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%83%E0%B8%99%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99-ph-sensor-arduino-soil-tester-moisture-light-sensor-ph)

84%E0%B8%9B%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%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%8D%E0%B8%8D%E0%B8%B2%E0%B8%93-wifi-%E0%B9%83%E0%B8%AB%E0%B9%89%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%82%E0%B8%B6%E0%B9%89%E0%B8%99-%E0%B8%A1%E0%B8%B5%E0%B8%81%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%9A-%E0%B9%81%E0%B8%95%E0%B8%81%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

- [24] Gimme. “MESH WIFI คืออะไร”
<https://droidsans.com/whatis-mesh-wifi/>
- [25] SUPPORT THAIEASYELEC. “MQTT”
<https://blog.thaieasyelec.com/introduction-to-mqtt/>
- [26] riverplus. “MQTT”
<https://iiot.riverplus.com/mqtt/>
- [27] วิกิพีเดีย. “ภาษาคอมพิวเตอร์.”
<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%A9%E0%B8%B2%E0%B8%84%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%9E%E0%B8%B4%E0%B8%A7%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C>.
- [28] “ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ ภาษาHTML”
<https://sites.google.com/site/karchiporkaermdwyphasahhtml/khwam-ru-beuxng-tn-keiyw-kab-phasahhtml>
- [29] kankann. “ภาษา CSS คืออะไร”
<https://tips.thaiware.com/1330.html>
- [30] Kipakapron. “CSS คืออะไร มีประโยชน์ อย่างไร”
<https://blog.sogoodweb.com/Article/Detail/79237/CSS-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3-%E0%B8%A1%E0%B8%B5%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%82%E0%B8%A2%E0%B8%8A%E0%B8%99%E0%B9%8C-%E0%B8%AD%E0%B8%A2%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B9%84%E0%B8%A3>

- [31] kankann. “ภาษา JavaScript คืออะไร”
<https://tips.thaiware.com/1330.html>
- [32] mindphp. “ภาษา SQL 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%A3/2088-sql-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3.html>
- [33] MarcusCode. “ภาษา Python”
<http://marcuscode.com/lang/python>
- [34] Natinbag. “Arduino® IDE คืออะไร”
<https://www.netinbag.com/th/internet/what-is-an-arduinoreg-ide.html>
- [35] theeraphong. “Arduino คืออะไร”
<https://www.tommology.com/2018/08/13/arduino-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3/>
- [36] mindphp. “phpMyAdmin 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%A3/2285-phpmyadmin-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3.html>
- [37] zixzax. “MySQL คืออะไร”
<https://zixzax.net/database/mysql-database-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3/>
- [38] วิกิพีเดีย. “MySQL”
<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%AA%E0%B8%84%E0%B8%B4%E0%B8%A7%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%A5>

- [39] 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/>
- [40] Ibuddyweb Co.,Ltd. “Line notify คืออะไร”
<https://www.ibuddyweb.com/news/line-notify/>
- [41] บริษัท คลาวด์ เอช จำกัด. “Google Cloud”
<https://cloud-ace.co.th/what-is-google-cloud>
- [42] Vegi Shanmukh. “Image Classification Using Machine Learning-Support Vector Machine”
<https://medium.com/analytics-vidhya/image-classification-using-machine-learning-support-vector-machine-svm-dc7a0ec92e01>
- [43] researchgate. “การทำงานของ SVM model”
https://www.researchgate.net/figure/Operation-Flow-Chart-of-the-SVM-Model_fig1_261040572
- [44] Wikipedia. “SVM”
https://en.wikipedia.org/wiki/Support-vector_machine
- [45] chengz. “วัดประสิทธิภาพ Model จาก Confusion Matrix”
https://medium.com/@cheng3374/%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%AA%E0%B8%B4%E0%B8%97%E0%B8%98%E0%B8%B4%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%9E-model-%E0%B8%88%E0%B8%B2%E0%B8%81-confusion-matrix-69d391bcd48?fbclid=IwAR1Bap0G6ihH2O7nfLcvJKZA44umd8odzl7pAXAwge30Zpbz-VJq0Oau3_g#:~:text=Confusion%20Matrix%20%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%95%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%AA%E0%B8%B3%E0%B8%84%E0%B8%B1%E0%B8%8D,%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%20%E0%B8%A1%E0%B8%B5%E0%B8%84%E0%B9%88%E0%B8%B2%20%E2%80%9C%20%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%88%E0%B8%88%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%87%20%E2%80%9D
- [46] นุสวัชร (ป้อม) เจริญยืนนาน. “รีเลย์ หลักการทำงาน”
<https://misumitechnical.com/technical/electrical/relay-working-principles/>
- [47] PSP Tech.co.th. “รีเลย์ (Relay) คืออะไร”

<http://www.pspstech.co.th/%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%A2%E0%B9%8Crelay%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3-15696.page>

[48] บริษัท แสงชัยมิเตอร์ จำกัด. “หลักการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว”

https://www.sangchaimeter.com/support_detail/imari-solenoid

[49] Fitrox Electronics. “การใช้งานโมดูล L298N”

<http://fitrox.lnwshop.com/article/105/%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C-%E0%B8%AA%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B9%87%E0%B8%9B%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C-%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B9%82%E0%B8%A7-%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88-9-%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-L298n>

[50] บริษัท จักรชัยอิเล็กทรอนิกส์ กรุ๊ป จำกัด. “วงจรขยาย”

<http://www.chakchaelectronics.com/articles/42310209/index.php?mo=4>

[51] ALLDATASHEET.COM. “LM324N datasheet”

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/17880/PHILIPS/LM324N.html>

[52] RobotSiam. “การใช้งาน ESP32-CAM กล้อง OV2640 เป็น Video Stream ภาพเคลื่อนไหว.”

<https://www.robotsiam.com/article/72/%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-esp32-cam-%E0%B8%81%E0%B8%A5%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%87-ov2640-%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B9%87%E0%B8%99-video-stream-%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%9E%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>

- [53] Sara Santos. “ESP32-CAM AI-Thinker Pinout Guide: GPIOs Usage Explained.”
<https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-ai-thinker-pinout/>
- [54] RobotSiam. “FT232RL FTDI”
<https://www.robotsiam.com/product/255/ft232rl-ftdi-usb-to-ttl-serial-converter-module>
- [55] H. S. Jacinto. “FT232RL FTDI”
https://www.researchgate.net/figure/FTDI-232RL-schematic-FTDI_fig6_332303244
- [56] “DS3231 datasheet”
<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include "EspMQTTClient.h"
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include "painlessMesh.h"
#include <Arduino_JSON.h>
#include <WiFi.h>
#include <DHT.h>
//arduinoJSON version 6.18.5
#define MESH_PREFIX "autofarmmesh"
#define MESH_PASSWORD "autofarmmesh"
#define MESH_PORT 5555
#define DHTPIN 23
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
int nodeNumber = 1;
float temperature ;
float humidity ;
int moist_analogPin = 33;
int ph_analogPin = 32;
float moisture;
float ph;
int light;
String readings;
String packed;
byte data[100];
unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long interval = 30000;
// Replace with your network credentials
const char* wifissid = "HOME";
const char* wifipassword = "12345678";

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

EspMQTTClient client(
  "HOME",
  "12345678",
  "34.143.138.7",
  "", // Omit this parameter to disable MQTT authentication
  "", // Omit this parameter to disable MQTT authentication
  "node1",
  1883
);

#define BH1750_ADDR 0x23
int readBH1750(byte dev_addr) {
  Wire.beginTransmission(dev_addr);
  Wire.write(0x10);
  if (Wire.endTransmission() != 0) return -1;
  delay(200);
  Wire.requestFrom((int)dev_addr, 2);
  return (Wire.available() >= 2) ? (Wire.read()<<8|Wire.read() : -1;
}

Scheduler userScheduler; // to control your personal task
painlessMesh mesh;

// User stub
void sendMessage1() ; // Prototype so PlatformIO doesn't complain
Task taskSendMessage1( TASK_SECOND * 1 , TASK_FOREVER, &sendMessage1 );

void sendMessage2() ; // Prototype so PlatformIO doesn't complain
Task taskSendMessage2( TASK_SECOND * 1 , TASK_FOREVER, &sendMessage1 );

String getReadings1(){
  JSONVar jsonReadings;
  temperature = dht.readTemperature();
  humidity = dht.readHumidity();
  moisture = analogRead(moist_analogPin);
  moisture = map(moisture, 4095, 960, 0, 100);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

light = readBH1750(BH1750_ADDR);
ph = analogRead(ph_analogPin);
ph = map(ph, 0, 700, 75, 30);

jsonReadings["node"] = nodeNumber;
jsonReadings["temperature"] = temperature;
jsonReadings["humidity"] = humidity;
jsonReadings["moisture"] = moisture;
jsonReadings["light"] = light;
jsonReadings["ph"] = ph;
readings = JSON.stringify(jsonReadings);
return readings;
}
void sendMessage1(){
String msg = getReadings1();
uint32_t node2 = 1474991665;
uint32_t node3 = 85187941;
uint32_t node4 = 85155705;
if(mesh.isConnected(node2))
{
mesh.sendSingle(node2,msg);
mesh.sendSingle(node4,msg);
}
else
{
if(mesh.isConnected(node3))
{
mesh.sendSingle(node3,msg);
mesh.sendSingle(node4,msg);
}
else
{
mesh.sendBroadcast(msg);
}
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Needed for painless library
void receivedCallback( uint32_t from, String &msg ) {
  //Serial.printf("startHere: Received from %u msg=%s\n", from, msg.c_str());
  JSONVar myObject = JSON.parse(msg.c_str());
  int node = myObject["node"];
  double temperature = myObject["tempearature"];
  double humidity = myObject["humidity"];
  double moisture = myObject["moisture"];
  double light = myObject["light"];
  double ph = myObject["ph"];
  Serial.print(F("Node: "));
  Serial.println(node);
  Serial.print(F("Temperature: "));
  Serial.print(temperature);
  Serial.println(F(" °C"));
  Serial.print(F("Humidity: "));
  Serial.print(humidity);
  Serial.println(F(" %"));
  Serial.print(F("Moisture: "));
  Serial.print(moisture);
  Serial.println(F(" %"));
  Serial.print(F("Light: "));
  Serial.print(light);
  Serial.println(F(" lux"));
  Serial.print(F("pH : "));
  Serial.println(ph);
}

void newConnectionCallback(uint32_t nodeId) {
  Serial.printf("--> startHere: New Connection, nodeId = %u\n", nodeId);
}

void changedConnectionCallback() {
  Serial.printf("Changed connections\n");
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void nodeTimeAdjustedCallback(int32_t offset) {
    Serial.printf("Adjusted time %u. Offset = %d\n", mesh.getNodeTime(), offset);
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    Serial.println("Booting");

    WiFi.begin(wifissid, wifipassword);
    while (WiFi.waitForConnectResult() != WL_CONNECTED) {
        Serial.println("Connection Failed! try Rebooting...");
        delay(5000);
        ESP.restart();
    }
    Wire.begin();
    dht.begin();

    //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(&receivedCallback);
    mesh.onNewConnection(&newConnectionCallback);
    mesh.onChangedConnections(&changedConnectionCallback);
    mesh.onNodeTimeAdjusted(&nodeTimeAdjustedCallback);

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

}

void onConnectionEstablished() {

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

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    Serial.println(payload);
  });
  //client.publish("sensor", packed);
  Serial.println("Connection Established...");

}

void loop() {
  temperature = dht.readTemperature();
  humidity = dht.readHumidity();
  moisture = analogRead(moist_analogPin);
  moisture = map(moisture, 4095, 960, 0, 100);
  light = readBH1750(BH1750_ADDR);
  ph = analogRead(ph_analogPin);
  ph = map(ph, 0, 700, 75, 30);
  ph = ph/10;

  String packed = String(nodeNumber)
  +"," +String(temperature)
  +"," +String(humidity)
  +"," +String(moisture)
  +"," +String(light)
  +"," +String(ph);
  //Serial.println(packed);
  //packed.getBytes(data, 200);
  unsigned long currentMillis = millis();
  // if WiFi is down, try reconnecting every CHECK_WIFI_TIME seconds
  if ((WiFi.status() != WL_CONNECTED) && (currentMillis - previousMillis >= interval)) {
    Serial.print(millis());
    Serial.println("Reconnecting to WiFi...");
    WiFi.disconnect();
    WiFi.reconnect();
    previousMillis = currentMillis;
  }
  client.loop();
  bool isMqttConnected();
  Serial.println(client.isMqttConnected());

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if (client.isConnected())
{
client.subscribe("mesh/sensor", [] (const String &payload) {
Serial.println(payload);
});

//client.publish("sensor", "testing");
Serial.println("Connection Established...");
client.publish("sensor1", packed);
Serial.println("Connection Succes");
Serial.println("Data is published!");

}
mesh.update();
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include "EspMQTTClient.h"
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include "painlessMesh.h"
#include <Arduino_JSON.h>
#include "WiFi.h"
#include <DHT.h>
#define MESH_PREFIX "autofarm"
#define MESH_PASSWORD "autofarmmesh"
#define MESH_PORT 5555
#define DHTPIN 23
#define DHTTYPE DHT11

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
int nodeNumber = 2;
float temperature ;
float humidity ;
int moist_analogPin = 33;
int ph_analogPin = 32;
float moisture;
float ph;
int light;
String readings;
String packed;
byte data[100];
unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long interval = 30000;

// Replace with your network credentials
const char* wifissid = "HOME";
const char* wifipassword = "12345678";

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

EspMQTTClient client(
  "HOME",
  "12345678",
  "34.143.138.7",
  "", // Omit this parameter to disable MQTT authentication
  "", // Omit this parameter to disable MQTT authentication
  "node2",
  1883
);

#define BH1750_ADDR 0x23
int readBH1750(byte dev_addr) {
  Wire.beginTransmission(dev_addr);
  Wire.write(0x10);
  if (Wire.endTransmission() != 0) return -1;
  delay(200);
  Wire.requestFrom((int)dev_addr, 2);
  return (Wire.available() >= 2) ? (Wire.read()<<8)|Wire.read() : -1;
}

Scheduler userScheduler; // to control your personal task
painlessMesh mesh;
// User stub
void sendMessage1() ; // Prototype so PlatformIO doesn't complain
Task taskSendMessage1( TASK_SECOND * 1 , TASK_FOREVER, &sendMessage1 );

String getReadings1(){
  JSONVar jsonReadings;
  temperature = dht.readTemperature();
  humidity = dht.readHumidity();
  moisture = analogRead(moist_analogPin);
  moisture = map(moisture, 4095, 960, 0, 100);
  light = readBH1750(BH1750_ADDR);
  ph = analogRead(ph_analogPin);
  ph = map(ph, 0, 700, 75, 30);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ph = ph/10;
jsonReadings["node"] = nodeNumber;
jsonReadings["temperature"] = temperature;
jsonReadings["humidity"] = humidity;
jsonReadings["moisture"] = moisture;
jsonReadings["light"] = light;
jsonReadings["ph"] = ph;
readings = JSON.stringify(jsonReadings);
return readings;
}
void sendMessage1(){
String msg = getReadings1();
uint32_t node1 = 85155745;
uint32_t node3 = 85187941;
uint32_t node4 = 85155705;
if(mesh.isConnected(node1))
{
mesh.sendSingle(node1,msg);
mesh.sendSingle(node4,msg);
if(mesh.isConnected(node3))
{
mesh.sendSingle(node3,msg);
mesh.sendSingle(node4,msg);
}
}
else if(mesh.isConnected(node3))
{
mesh.sendSingle(node3,msg);
mesh.sendSingle(node4,msg);
if(mesh.isConnected(node1))
{
mesh.sendSingle(node1,msg);
mesh.sendSingle(node4,msg);
}
}
}
else

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    mesh.sendBroadcast(msg);
}
}
// Needed for painless library
void receivedCallback( uint32_t from, String &msg ) {
    //Serial.printf("startHere: Received from %u msg=%s\n", from, msg.c_str());
    JSONVar myObject = JSON.parse(msg.c_str());
    int node = myObject["node"];
    double temperature = myObject["temperature"];
    double humidity = myObject["humidity"];
    double moisture = myObject["moisture"];
    double light = myObject["light"];
    double ph = myObject["ph"];
    Serial.print(F("Node: "));
    Serial.println(node);
    Serial.print(F("Temperature: "));
    Serial.print(temperature);
    Serial.println(F(" °C"));
    Serial.print(F("Humidity: "));
    Serial.print(humidity);
    Serial.println(F(" %"));
    Serial.print(F("Moisture: "));
    Serial.print(moisture);
    Serial.println(F(" %"));
    Serial.print(F("Light: "));
    Serial.print(light);
    Serial.println(F(" lux"));
    Serial.print(F("pH : "));
    Serial.println(ph);
    Serial.println(F(""));
}
void newConnectionCallback(uint32_t nodeId) {
    Serial.printf("--> startHere: New Connection, nodeId = %u\n", nodeId);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void changedConnectionCallback() {
  Serial.printf("Changed connections\n");
}

void nodeTimeAdjustedCallback(int32_t offset) {
  Serial.printf("Adjusted time %u. Offset = %d\n", mesh.getNodeTime(), offset);
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Booting");
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(wifissid, wifipassword);
  uint32_t notConnectedCounter = 0;
  while (WiFi.waitForConnectResult() != WL_CONNECTED) {
    Serial.println("Connection Failed! try Rebooting...");
    delay(5000);
    ESP.restart();
  }
  Wire.begin();
  dht.begin();

  //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(&receivedCallback);
  mesh.onNewConnection(&newConnectionCallback);
  mesh.onChangedConnections(&changedConnectionCallback);
  mesh.onNodeTimeAdjusted(&nodeTimeAdjustedCallback);

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

}

void onConnectionEstablished() {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

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

}

void loop() {
  temperature = dht.readTemperature();
  humidity = dht.readHumidity();
  moisture = analogRead(moist_analogPin);
  moisture = map(moisture, 4095, 960, 0, 100);
  light = readBH1750(BH1750_ADDR);
  ph = analogRead(ph_analogPin);
  ph = map(ph, 0, 700, 75, 30);
  ph = ph/10;

  String packed = String(nodeNumber)
  +","+String(temperature)
  +","+String(humidity)
  +","+String(moisture)
  +","+String(light)
  +","+String(ph);
  //Serial.println(packed);
  //packed.getBytes(data, 200);
  unsigned long currentMillis = millis();
  // if WiFi is down, try reconnecting every CHECK_WIFI_TIME seconds
  if ((WiFi.status() != WL_CONNECTED) && (currentMillis - previousMillis >=interval)) {
    Serial.print(millis());
    Serial.println("Reconnecting to WiFi...");
    WiFi.disconnect();
    WiFi.reconnect();
    previousMillis = currentMillis;
  }
  client.loop();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

bool isMqttConnected();
Serial.println(client.isMqttConnected());
if (client.isConnected())
{
client.subscribe("mesh/sensor", [] (const String &payload) {
Serial.println(payload);
});

//client.publish("sensor", "testing");
Serial.println("Connection Established...");
client.publish("sensor2", packed);
Serial.println("Connection Succes");
Serial.println("Data is published!");
}
mesh.update();
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include "EspMQTTClient.h"
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include "painlessMesh.h"
#include <Arduino_JSON.h>
#include<WiFi.h>
#include <DHT.h>
#define MESH_PREFIX "autofarmmesh"
#define MESH_PASSWORD "autofarmmesh"
#define MESH_PORT 5555
#define DHTPIN 23
#define DHTTYPE DHT11

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
int nodeNumber = 3;
float temperature ;
float humidity ;
int moist_analogPin = 33;
int ph_analogPin = 32;
float moisture;
float ph;
int light;
String readings;
String packed;
byte data[100];
unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long interval = 30000;

// Replace with your network credentials
const char* wifissid = "HOME";
const char* wifipassword = "12345678";

```

```

EspMQTTClient client(
  "HOME",
  "12345678",
  "34.143.138.7",
  "", // Omit this parameter to disable MQTT authentication
  "", // Omit this parameter to disable MQTT authentication
  "node1",
  1883
);

#define BH1750_ADDR 0x23
int readBH1750(byte dev_addr) {
  Wire.beginTransaction(dev_addr);
  Wire.write(0x10);
  if (Wire.endTransmission() != 0) return -1;
  delay(200);
  Wire.requestFrom((int)dev_addr, 2);
  return (Wire.available() >= 2) ? (Wire.read()<<8)|Wire.read() : -1;
}
Scheduler userScheduler;
painlessMesh mesh;
// User stub
void sendMessage1() ; // Prototype so PlatformIO doesn't complain
Task taskSendMessage1( TASK_SECOND * 1 , TASK_FOREVER, &sendMessage1 );
String getReadings1(){
  JSONVar jsonReadings;
  temperature = dht.readTemperature();
  humidity = dht.readHumidity();
  moisture = analogRead(moist_analogPin);
  moisture = map(moisture, 4095, 0, 0, 100);
  light = readBH1750(BH1750_ADDR);
  ph = analogRead(ph_analogPin);
  ph = map(ph, 0, 700, 75, 30);
  jsonReadings["node"] = nodeNumber;
  jsonReadings["temperature"] = temperature;
  jsonReadings["humidity"] = humidity;
  jsonReadings["moisture"] = moisture;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

jsonReadings["light"] = light;
jsonReadings["ph"] = ph;
readings = JSON.stringify(jsonReadings);
return readings;
}
void sendMessage1(){
String msg = getReadings1();
uint32_t node2 = 1474991665;
uint32_t node1 = 85155745;
uint32_t node4 = 85155705;
if(mesh.isConnected(node2))
{
mesh.sendSingle(node2,msg);
mesh.sendSingle(node4,msg);
}
else
{
if(mesh.isConnected(node1))
{
mesh.sendSingle(node1,msg);
mesh.sendSingle(node4,msg);
}
else
{
mesh.sendBroadcast(msg);
}
}
}
void receivedCallback( uint32_t from, String &msg ) {
//Serial.printf("startHere: Received from %u msg=%s\n", from, msg.c_str());
JSONVar myObject = JSON.parse(msg.c_str());
int node = myObject["node"];
double temperature = myObject["temperature"];
double humidity = myObject["humidity"];
double moisture = myObject["moisture"];
double light = myObject["light"];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

double ph = myObject["ph"];
Serial.print(F("Node: "));
Serial.println(node);
Serial.print(F("Temperature: "));
Serial.print(temperature);
Serial.println(F(" °C"));
Serial.print(F("Humidity: "));
Serial.print(humidity);
Serial.println(F(" %"));
Serial.print(F("Moisture: "));
Serial.print(moisture);
Serial.println(F(" %"));
Serial.print(F("Light: "));
Serial.print(light);
Serial.println(F(" lux"));
Serial.print(F("pH : "));
Serial.println(ph/10);
Serial.println(F(""));
}
void newConnectionCallback(uint32_t nodeId) {
  Serial.printf("--> startHere: New Connection, nodeId = %u\n", nodeId);
}
void changedConnectionCallback() {
  Serial.printf("Changed connections\n");
}
void nodeTimeAdjustedCallback(int32_t offset) {
  Serial.printf("Adjusted time %u. Offset = %d\n", mesh.getNodeTime(), offset);
}

```

```

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Booting");
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(wifissid, wifipassword);
  while (WiFi.waitForConnectResult() != WL_CONNECTED) {
    Serial.println("Connection Failed! Rebooting...");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay(5000);
ESP.restart();
}
Wire.begin();
dht.begin();
mesh.setDebugMsgTypes( ERROR | STARTUP );
mesh.init( MESH_PREFIX, MESH_PASSWORD, &userScheduler, MESH_PORT );
mesh.onReceive(&receivedCallback);
mesh.onNewConnection(&newConnectionCallback);
mesh.onChangedConnections(&changedConnectionCallback);
mesh.onNodeTimeAdjusted(&nodeTimeAdjustedCallback);
userScheduler.addTask( taskSendMessage1 );
taskSendMessage1.enable();
}
void onConnectionEstablished() {
  client.subscribe("mesh/sensor", [] (const String &payload) {
    Serial.println(payload);
  });
  //client.publish("sensor", packed);
  Serial.println("Connection Established...");
}
void loop() {
  temperature = dht.readTemperature();
  humidity = dht.readHumidity();
  moisture = analogRead(moist_analogPin);
  moisture = map(moisture, 4095, 960, 0, 100);
  light = readBH1750(BH1750_ADDR);
  ph = analogRead(ph_analogPin);
  ph = map(ph, 0, 700, 75, 30);
  ph = ph/10;

  String packed = String(nodeNumber)
  +","+String(temperature)
  +","+String(humidity)
  +","+String(moisture)
  +","+String(light)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

+","+String(ph);
//Serial.println(packed);
//packed.getBytes(data, 200);
unsigned long currentMillis = millis();
// if WiFi is down, try reconnecting every CHECK_WIFI_TIME seconds
if ((WiFi.status() != WL_CONNECTED) && (currentMillis - previousMillis >=interval)) {
  Serial.print(millis());
  Serial.println("Reconnecting to WiFi...");
  WiFi.disconnect();
  WiFi.reconnect();
  previousMillis = currentMillis;
}
client.loop();
bool isMqttConnected();
Serial.println(client.isMqttConnected());
if (client.isConnected())
{
  client.subscribe("mesh/sensor", [] (const String &payload) {
  Serial.println(payload);
  });
  //client.publish("sensor", "testing")
  Serial.println("Connection Established...");
  client.publish("sensor3", packed);
  Serial.println("Connection Succes");
  Serial.println("Data is published!");
  delay(2000);
}
mesh.update();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

const char* ssid = "HOME";
const char* password = "12345678";
IPAddress server_addr(35,213,146,30);
int port = 3306;
char dbUser[] = "cam";
char dbPassword[] = "123456";
String databaseName = "autofarm_sensor";
String tableName = "espcam";
String columnName = "image"; //Data Type: TEXT, MEDIUMTEXT...
unsigned long interval = 30000;

#include <WiFi.h>
#include <MySQL_Connection.h>
#include <MySQL_Cursor.h>
WiFiClient client;
MySQL_Connection conn((Client *)&client);
#include "soc/soc.h"
#include "soc/rtc_cntl_reg.h"
#include "Base64.h"
#include "esp_camera.h"
//CAMERA_MODEL_AI_THINKER
#define PWDN_GPIO_NUM    32
#define RESET_GPIO_NUM  -1
#define XCLK_GPIO_NUM    0
#define SIOD_GPIO_NUM    26
#define SIOC_GPIO_NUM    27
#define Y9_GPIO_NUM      35
#define Y8_GPIO_NUM      34
#define Y7_GPIO_NUM      39
#define Y6_GPIO_NUM      36
#define Y5_GPIO_NUM      21
#define Y4_GPIO_NUM      19
#define Y3_GPIO_NUM      18
#define Y2_GPIO_NUM      5
#define VSYNC_GPIO_NUM   25

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#define HREF_GPIO_NUM 23
#define PCLK_GPIO_NUM 22
const int timeinterval = 1800000;
unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long previousMillis1 = 0;
void setup() {
  WRITE_PERI_REG(RTC_CNTL_BROWN_OUT_REG, 0);

  Serial.begin(115200);
  Serial.setDebugOutput(true);
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  Serial.println("");
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

  long int StartTime=millis();
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
  }

  if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    Serial.println("");
    Serial.print("Camera Ready! Use 'http://'");
    Serial.print(WiFi.localIP());
    Serial.println(" to connect");
    Serial.println("");
  }
  else {
    Serial.println("Connection failed");
    delay(1000);
    ESP.restart();
    return;
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

camera_config_t config;
config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
config.pin_sscb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
config.pin_sscb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
config.xclk_freq_hz = 20000000;
config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;
//init with high specs to pre-allocate larger buffers
if(psramFound()){
    config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
    config.jpeg_quality = 10; //0-63 lower number means higher quality
    config.fb_count = 2;
} else {
    config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA;
    config.jpeg_quality = 12; //0-63 lower number means higher quality
    config.fb_count = 1;
}

// camera init
esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
if (err != ESP_OK) {
    Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x", err);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    delay(1000);
    ESP.restart();
}
//drop down frame size for higher initial frame rate
sensor_t * s = esp_camera_sensor_get();
s->set_framesize(s, FRAMESIZE_VGA); // VGA|CIF|QVGA|HQVGA|QQVGA

SaveCapaturedPhoto2mySQL();
}
void loop() {
    unsigned long currentMillis = millis();
    // if WiFi is down, try reconnecting every CHECK_WIFI_TIME seconds
    if ((WiFi.status() != WL_CONNECTED) && (currentMillis - previousMillis >= interval)) {
        Serial.print(millis());
        Serial.println("Reconnecting to WiFi...");
        WiFi.disconnect();
        WiFi.reconnect();
        previousMillis = currentMillis;
    }
    unsigned long currentMillis1 = millis();
    if (currentMillis1 - previousMillis1 >= timeinterval){
        SaveCapaturedPhoto2mySQL();
        previousMillis1 = currentMillis1;
    }
}
void SaveCapaturedPhoto2mySQL() {
    Serial.println("Connect to mySQL");

    if (conn.connect(server_addr, port, dbUser, dbPassword)) {
        Serial.println("Connection successful");

        camera_fb_t * fb = NULL;
        fb = esp_camera_fb_get();
        if(!fb) {
            Serial.println("Camera capture failed");
            delay(1000);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    ESP.restart();
    return;
}
char *input = (char *)fb->buf;
char output[base64_enc_len(3)];
String imageFile = "data:image/jpeg;base64,";
for (int i=0;i<fb->len;i++) {
    base64_encode(output, (input++), 3);
    if (i%3==0) imageFile += urlencode(String(output));
}
esp_camera_fb_return(fb);

Serial.println("Image size = " + String(imageFile.length()));

MySQL_Cursor *cur_mem = new MySQL_Cursor(&conn);
String INSERT_SQL = "INSERT INTO "+databaseName+"."+tableName+"
("+columnName+") VALUES ("+imageFile+"");
cur_mem->execute(INSERT_SQL.c_str()); // How to modify the code to upload a
big image? (UXGA|SXGA|XGA|SVG)
delete cur_mem;

Serial.println("Data stored!");
Serial.println("");
}
else {
    ledcAttachPin(4, 3);
    ledcSetup(3, 5000, 8);
    ledcWrite(3,10);
    delay(200);
    ledcWrite(3,0);
    delay(200);
    ledcDetachPin(3);
    Serial.println("Connected to " + String(server_addr) + " failed.");
}
client.stop();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//https://github.com/zenmanenergy/ESP8266-Arduino-Examples/
String urlencode(String str)
{
    String encodedString="";
    char c;
    char code0;
    char code1;
    char code2;
    for (int i =0; i < str.length(); i++){
        c=str.charAt(i);
        if (c == ' '){
            encodedString+= '+';
        } else if (isalnum(c)){
            encodedString+=c;
        } else{
            code1=(c & 0xf)+'0';
            if ((c & 0xf) >9){
                code1=(c & 0xf) - 10 + 'A';
            }
            c=(c>>4)&0xf;
            code0=c+'0';
            if (c > 9){
                code0=c - 10 + 'A';
            }
            code2='\0';
            encodedString+='%';
            encodedString+=code0;
            encodedString+=code1;
            //encodedString+=code2;
        }
        yield();
    }
    return encodedString;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ

คำสั่งชุดระบบควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <RTClib.h>
RTC_DS3231 RTC;
#include "ArduinoJson.h"
const char* ssid = "HOME";
const char* password = "12345678";
int temperature;
int moisture;
int light;
int ph;
int insect;
int fungus;
int temperature_gp;
int humidity_gp;
int moisture_gp;
int light_gp;
int ph_gp;
unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long interval = 30000;
char daysOfTheWeek[7][12] = {"Sunday", "Monday", "Tuesday", "Wednesday",
"Thursday", "Friday", "Saturday"};
// Motor A
int motorPin1 = 19;
int motorPin2 = 18;
int enable1Pin = 17;
// Setting PWM properties
const int freq = 3000;
const int pwmChannel = 0;
const int resolution = 8;
int dutyCycle = 180;
//Relay Pin
const int relay1 = 4; //น้ำ

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

const int relay2 = 13; //ปุ่ม
const int relay3 = 15; //ยา
const int relay4 = 25; //สแลน motor1 L
const int relay5 = 26; //สแลน motor1 R
const int relay6 = 27; //สแลน motor2 L
const int relay7 = 33; //สแลน motor2 R

```

```

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  Serial.println("");
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Connecting to WiFi..");
  }

  Serial.println("Connected to the WiFi network");

  Wire.begin();
  RTC.begin();
  RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
  // sets the pins as outputs:
  pinMode(motorPin1, OUTPUT);
  pinMode(motorPin2, OUTPUT);
  pinMode(enable1Pin, OUTPUT);
  pinMode(relay1, OUTPUT);
  pinMode(relay2, OUTPUT);
  pinMode(relay3, OUTPUT);
  pinMode(relay4, OUTPUT);
  pinMode(relay5, OUTPUT);
  pinMode(relay6, OUTPUT);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

pinMode(relay7, OUTPUT);
// configure LED PWM functionalites
ledcSetup(pwmChannel, freq, resolution);
// attach the channel to the GPIO to be controlled
ledcAttachPin(enable1Pin, pwmChannel);
}
void loop () {
unsigned long currentMillis = millis();
if ((WiFi.status() != WL_CONNECTED) && (currentMillis - previousMillis >=interval)) {
    Serial.print(millis());
    Serial.println("Reconnecting to WiFi...");
    WiFi.disconnect();
    WiFi.reconnect();
    previousMillis = currentMillis;
}
if ((WiFi.status() == WL_CONNECTED)) { //Check the current connection status

    HTTPClient http;

    http.begin("http://35.213.146.30/espread2.php"); //Specify the URL
    int httpCode = http.GET(); //Make the request

    if (httpCode > 0) { //Check for the returning code

        String payload = http.getString();
        Serial.println(httpCode);
        Serial.println(payload);
        Serial.println("Parsing start: ");
        StaticJsonBuffer<500> JSONBuffer;
        JsonObject& parsed = JSONBuffer.parseObject(payload); //Parse message

        if (!parsed.success()) { //Check for errors in parsing

            Serial.println("Parsing failed");
            delay(5000);
            return;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

float temperature = parsed["temperature"];
float humidity = parsed["humid_a"];
float moisture = parsed["humid_g"];
float light = parsed["light"];
float ph = parsed["ph"];
int insect = parsed["insect"];
int fungus = parsed["fungus"];
float temperature_gp = parsed["temperature_gp"];
float humidity_gp = parsed["humid_a_gp"];
float moisture_gp = parsed["humid_g_gp"];
float light_gp = parsed["light_gp"];
float ph_gp = parsed["ph_gp"];
Serial.print(F("Temperature: "));
Serial.print(temperature);
Serial.println(F(" °C"));
Serial.print(F("Humidity: "));
Serial.print(humidity);
Serial.println(F(" %"));
Serial.print(F("Moisture: "));
Serial.print(moisture);
Serial.println(F(" %"));
Serial.print(F("Light: "));
Serial.print(light);
Serial.println(F(" lux"));
Serial.print(F("pH : "));
Serial.println(ph);
Serial.print(F("Temperature_gp: "));
Serial.print(temperature);
Serial.println(F(" °C"));
Serial.print(F("Humidity_gp: "));
Serial.print(humidity);
Serial.println(F(" %"));
Serial.print(F("Moisture_gp: "));
Serial.print(moisture_gp);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.println(F(" %"));
Serial.print(F("Light_gp: "));
Serial.print(light_gp);
Serial.println(F(" lux"));
Serial.print(F("pH_gp : "));
Serial.println(ph_gp);
//timer
DateTime now = RTC.now();
do{
  if(now.hour() != 6||18 && now.minute() >= 10 ){

//รดน้ำ Soil Moisture Sensor
if(moisture<moisture_gp)
{
  digitalWrite(relay1, LOW);
  delay(30000);
  digitalWrite(relay1, HIGH);
}
else if(moisture>moisture_gp)
{
  Serial.print(F("not start"));
  digitalWrite(relay1, HIGH);
  delay(3000);
}
//AI
if(insect==1)
{
  digitalWrite(relay3, LOW);
  delay(15000);
  digitalWrite(relay3, HIGH);
}
else if(insect==0)
{
  digitalWrite(relay3, HIGH);
  delay(5000);
}
if(fungus==1)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
  digitalWrite(relay3, LOW);
  delay(15000);
  digitalWrite(relay3, HIGH);
}
else if(fungus==0)
{
  digitalWrite(relay3, HIGH);
  delay(5000);
}
//เปิดพัดลมระบายความร้อน DHT11
if(temperature>temperature_gp)
{
  digitalWrite(motorPin1, LOW);
  digitalWrite(motorPin2, HIGH);
  delay(30000);
  digitalWrite(motorPin1, LOW);
  digitalWrite(motorPin2, LOW);
  ledcWrite(pwmChannel, dutyCycle);
}
else if(temperature<temperature_gp)
{
  digitalWrite(motorPin1, LOW);
  digitalWrite(motorPin2, LOW);
  delay(30000);
  ledcWrite(pwmChannel, dutyCycle);
}
//สแกนกันแดด BH1750
if(light<light_gp)
{
  digitalWrite(relay4, HIGH);
  digitalWrite(relay5, LOW);
  delay(5000);
  digitalWrite(relay4, HIGH);
  digitalWrite(relay5, HIGH);
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else if(light>light_gp)
{
  digitalWrite(relay6, LOW);
  digitalWrite(relay7, HIGH);
  delay(5000);
  digitalWrite(relay6, HIGH);
  digitalWrite(relay7, HIGH);
}
else
{
  digitalWrite(relay4, HIGH);
  digitalWrite(relay5, HIGH);
  digitalWrite(relay6, HIGH);
  digitalWrite(relay7, HIGH);
  delay(5000);
}
}
}
//ตรวจสอบค่าต่างๆจากเซนเซอร์
while(now.hour() == 6 || 18);

//รดน้ำตามเวลา
if (now.hour() == 6 && now.minute() == 10 )
{
  digitalWrite(relay1, LOW);
  delay(30000);
  digitalWrite(relay1, HIGH);
}
else if (now.hour() == 18 && now.minute() == 10 )
{
  digitalWrite(relay1, LOW);
  delay(30000);
  digitalWrite(relay1, HIGH);
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//ให้ปฎิบัติตามเวลา
if (now.dayOfTheWeek() == 1){
if (now.hour() == 6 && now.minute() == 12 )
{
digitalWrite(relay2, LOW);
delay(15000);
digitalWrite(relay2, HIGH);
}
else if (now.hour() == 16 && now.minute() == 18 )
{
digitalWrite(relay2, HIGH);
delay(5000);
}
}
delay(3000);
}
else {
Serial.println("Error on HTTP request");
}
http.end(); //Free the resources
}
}

```



ภาคผนวก ฉ

คำสั่งสร้าง Data set ที่ใช้ในการ Train model insect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

import os
import numpy as np
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
import pickle
import random
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.svm import SVC
from sklearn import svm
from sklearn.model_selection import GridSearchCV

dir = 'C:\\Users\\acer\\Desktop\\data set\\image_clf_test'
categories = ['insect','lettuce']
data = []

for category in categories:
    path = os.path.join(dir,category)
    label= categories.index(category)
    for img in os.listdir(path):
        imgpath = os.path.join(path,img)
        pet_img=cv2.imread(imgpath,1)
        try:
            pet=cv2.resize(pet_img,(150,150))
            image = np.array(pet).flatten()
            data.append([image,label])
        except Exception as e:
            pass

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
import os
import numpy as np
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
import pickle
import random
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.svm import SVC
from sklearn import svm
from sklearn.model_selection import GridSearchCV
dir = 'C:\\Users\\acer\\Desktop\\data set\\image_clf_test'
categories = ['fungus','lettuce']
data = []
for category in categories:
    path = os.path.join(dir,category)
    label= categories.index(category)
    for img in os.listdir(path):
        imgpath = os.path.join(path,img)
        pet_img=cv2.imread(imgpath,1)
        try:
            pet=cv2.resize(pet_img,(150,150))
            image = np.array(pet).flatten()
            data.append([image,label])
        except Exception as e:
            pass
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

import os
import numpy as np
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
import pickle
import random
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.svm import SVC
from sklearn import svm
from sklearn.model_selection import GridSearchCV
dir = 'C:\\Users\\acer\\Desktop\\data set\\image_clf_test'
categories = ['insect', 'lettuce']
pick_in = open('2clf_data_insect.pickle','rb')
data=pickle.load(pick_in)
pick_in.close()
random.shuffle(data)
features = []
labels = []

for feature ,label in data:
    features.append(feature)
    labels.append(label)
param_grid={'C':[0.1],'gamma':[0.1],'kernel':['linear']}
svc=svm.SVC(probability=True)
model=GridSearchCV(svc,param_grid,cv=3,return_train_score=False)
x_train,x_test,y_train,y_test=train_test_split(features,labels,test_size=0.15)
print("Splitted Successfully")
model.fit(x_train,y_train)
score=model.cv_results_
print("The Model is trained well with the given images")
df = pd.DataFrame(model.cv_results_)
print(df[['param_C','param_gamma','param_kernel','mean_test_score']])
print(model.best_estimator_)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
pick = open('insect_ai.sav','wb')
pickle.dump(model,pick)
pick.close
prediction=model.predict(x_test)
accuracy = model.score(x_test,y_test)
categories = ['insect','lettuce']
print('Accuracy: ',accuracy)
print('Prediction is :',categories[prediction[0]])
img_lettuce=x_test[0].reshape(150,150)
plt.imshow(img_lettuce,cmap='gray')
plt.show()
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

import os
import numpy as np
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
import pickle
import random
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.svm import SVC
from sklearn import svm
from sklearn.model_selection import GridSearchCV
dir = 'C:\\Users\\acer\\Desktop\\data set\\image_clf_test'
categories = ['fungus', 'lettuce']
pick_in = open('2clf_data_fungus_2.pickle','rb')
data=pickle.load(pick_in)
pick_in.close()
random.shuffle(data)
features = []
labels = []

for feature ,label in data:
    features.append(feature)
    labels.append(label)
param_grid={'C':[0.1],'gamma':[0.1],'kernel':['poly']}
svc=svm.SVC(probability=True)
model=GridSearchCV(svc,param_grid,cv=3,return_train_score=False)
x_train,x_test,y_train,y_test=train_test_split(features,labels,test_size=0.15)
print('Splitted Successfully')
model.fit(x_train,y_train)
score=model.cv_results_
df = pd.DataFrame(model.cv_results_)
print(df[['param_C','param_gamma','param_kernel','mean_test_score']])
print(model.best_estimator_)
pick = open('fungus_ai_2.sav','wb')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
pickle.dump(model,pick)
pick.close
prediction=model.predict(x_test)
accuracy = model.score(x_test,y_test)
categories = ['fungus','lettuce']
print('Accuracy: ',accuracy)
print('Prediction is :',categories[prediction[0]])
img_lettuce=x_test[0].reshape(150,150)
plt.imshow(img_lettuce,cmap='gray')
plt.show()
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

import os
import numpy as np
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
import pickle
import random
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.svm import SVC
from sklearn.metrics import confusion_matrix
from sklearn.metrics import plot_confusion_matrix
from sklearn.metrics import accuracy_score
dir = 'C:\\Users\\acer\\Desktop\\data set\\testdata_insect'
categories = ['insect', 'lettuce']
pick_in = open('test_datainsect.pickle','rb')
data=pickle.load(pick_in)
pick_in.close()
features = []
labels = []
for feature ,label in data:
    features.append(feature)
    labels.append(label)

print('features = ',features)
x_train,x_test,y_train,y_test=train_test_split(features,labels,test_size=0.99)
print('x_test = ',x_test)
pick = open('insect_ai.sav','rb')
model=pickle.load(pick)
pick .close()
prediction=model.predict(x_test)
print(prediction)
print('x_test=',x_test)
print(x_train)
print(y_train)
print(y_test)
accuracy = model.score(x_test,y_test)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

categories = ['insect','lettuce']
print('Accuracy: ',accuracy)
print('Prediction is :',categories[prediction[0]])
confusion_matrix(y_test, prediction)
matrix = plot_confusion_matrix(model, x_test, y_test,display_labels=["fungus","not
fungus"])
matrix.ax_.set_title('Confusion Matrix', color='black')
plt.xlabel('Predicted Label', color='black')
plt.ylabel('True Label', color='black')
plt.gcf().axes[0].tick_params(colors='black')
plt.gcf().axes[1].tick_params(colors='white')
plt.gcf().set_size_inches(10,6)
plt.show()
print(x_test[0])
print(features[0])
img_lettuce=x_test[0].reshape(150,150)
print(x_test[0])
plt.title('image test')
plt.imshow(img_lettuce,cmap='gray')
plt.show()

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

import os
import numpy as np
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
import pickle
import random
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.svm import SVC
from sklearn.metrics import confusion_matrix
from sklearn.metrics import plot_confusion_matrix
from sklearn.metrics import accuracy_score
dir = 'C:\\Users\\acer\\Desktop\\data set\\testdata_fungus'
categories = ['fungus', 'lettuce']
pick_in = open('test_datafungus_2.pickle','rb')
data=pickle.load(pick_in)
pick_in.close()
random.shuffle(data)
features = []
labels = []
for feature ,label in data:
    features.append(feature)
    labels.append(label)
x_train,x_test,y_train,y_test=train_test_split(features,labels,test_size=0.99)
pick = open('fungus_ai_2.sav','rb')
model=pickle.load(pick)
pick .close()
prediction=model.predict(x_test)
accuracy = model.score(x_test,y_test)
categories = ['fungus','lettuce']
print('Accuracy: ',accuracy)
print('Prediction is :',categories[prediction[0]])
confusion_matrix(y_test, prediction)
matrix = plot_confusion_matrix(model, x_test, y_test,display_labels=["fungus","not
fungus"])

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
matrix.ax_.set_title('Confusion Matrix', color='black')
plt.xlabel('Predicted Label', color='black')
plt.ylabel('True Label', color='black')
plt.gcf().axes[0].tick_params(colors='black')
plt.gcf().axes[1].tick_params(colors='white')
plt.gcf().set_size_inches(10,6)
plt.show()
img_lettuce=x_test[0].reshape(150,150)
plt.title('image test')
plt.imshow(img_lettuce,cmap='gray')
plt.show()
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฎ

คำสั่งดึงข้อมูลรูปจาก mysql มาจำแนกมีแมลง หรือไม่จึงส่งข้อความกลับไปยัง
mysql เมื่อจำแนกสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

from ftplib import B_CRLF
import string
import cv2
import cv2.cv2 as cv
import mysql.connector
import numpy as np
import numpy as ny
import pandas as pd
import numpy
import base64
from base64 import b64decode
import re
from urllib.parse import unquote
import random
import pickle
from sklearn.svm import SVC
print("Reading BLOB data from img table")
connection = mysql.connector.connect(host='35.213.146.30',
                                     database='autofarm_sensor',
                                     user='cam',
                                     password='123456')

cursor = connection.cursor()
sql_fetch_blob_query = """SELECT image from espcam ORDER BY id DESC LIMIT 4"""
cursor.execute(sql_fetch_blob_query)
record = cursor.fetchall()
pic1 = record[0]
pic2 = record[1]
def convertTuple(tup):
    # initialize an empty string
    str = ""
    for item in tup:
        str = str + item
    return str
str_1 = convertTuple(pic1)
str_2 = convertTuple(pic2)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

name, idata_1 = str_1.split(",", 1)
name, idata_2 = str_2.split(",", 1)
url_1 = unquote(idata_1)
url_2 = unquote(idata_2)
b_sql_1 = bytes(url_1, 'utf-8')
b_sql_2 = bytes(url_2, 'utf-8')
aa_1 = b_sql_1 + b'=='
aa_2 = b_sql_2 + b'=='
msg_1 = base64.b64decode(aa_1)
msg_2 = base64.b64decode(aa_2)
im_arr_1 = np.frombuffer(msg_1, dtype=np.uint8)
im_arr_2 = np.frombuffer(msg_2, dtype=np.uint8)
img_np_1 = cv2.imdecode(im_arr_1, cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
img_np_2 = cv2.imdecode(im_arr_2, cv2.IMREAD_COLOR)
print('Resized Dimensions : ',img_np_1.shape)
data = []
pet_img_1=cv2.resize(img_np_1,(150,150))
print('Resized Dimensions : ',pet_img_1.shape)
img_new_1 = np.array(pet_img_1).flatten()
data.append([img_new_1,0])
categories = ['insect', 'lettuce']
random.shuffle(data)
features = []
labels = []
for feature ,label in data:
    features.append(feature)
    labels.append(label)
pick = open('insect_ai.sav','rb')
model=pickle.load(pick)
pick .close()
prediction=model.predict(features)
categories = ['insect','lettuce']
print('Prediction is :',categories[prediction[0]])
print(type(categories[prediction[0]]))
def insertBLOB(name):
    print("Inserting BLOB into img table")

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

try:
    connection = mysql.connector.connect(host='35.213.146.30',
                                         database='autofarm_sensor',
                                         user='cam',
                                         password='123456')

    cursor = connection.cursor()
    sql_insert_blob_query = """ INSERT INTO insect
                                (insect) VALUES (%s)"""
    insert_blob_tuple = (name)
    result = cursor.execute(sql_insert_blob_query, insert_blob_tuple)
    connection.commit()
    print("file inserted successfully as a BLOB into python_employee table", result)
except mysql.connector.Error as error:
    print("Failed inserting BLOB data into MySQL table {}".format(error))
finally:
    if connection.is_connected():
        cursor.close()
        connection.close()
        print("MySQL connection is closed")
if categories[prediction[0]] == 'insect':
    insertBLOB(["1"])
else:
    insertBLOB(["0"])

```



ภาคผนวก รฐ

คำสั่งดึงข้อมูลรูปจาก mysql มาจำแนกมีแมลง หรือไม่จึงส่งข้อความกลับไปยัง
mysql เมื่อจำแนกสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

from ftplib import B_CRLF
import string
import cv2
import cv2.cv2 as cv
import mysql.connector
import numpy as np
import numpy as ny
import pandas as pd
import numpy
import base64
from base64 import b64decode
import re
from urllib.parse import unquote
import random
import pickle
from sklearn.svm import SVC
print("Reading BLOB data from img table")
connection = mysql.connector.connect(host='35.213.146.30',
                                     database='autofarm_sensor',
                                     user='cam',
                                     password='123456')

cursor = connection.cursor()
sql_fetch_blob_query = """SELECT image from espcam ORDER BY id DESC LIMIT 4"""
cursor.execute(sql_fetch_blob_query)
record = cursor.fetchall()
pic1 = record[0]
pic2 = record[1]
def convertTuple(tup):
    # initialize an empty string
    str = ""
    for item in tup:
        str = str + item
    return str
str_1 = convertTuple(pic1)
str_2 = convertTuple(pic2)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

name, idata_1 = str_1.split(",", 1)
name, idata_2 = str_2.split(",", 1)
url_1 = unquote(idata_1)
url_2 = unquote(idata_2)
b_sql_1 = bytes(url_1, 'utf-8')
b_sql_2 = bytes(url_2, 'utf-8')
aa_1 = b_sql_1 + b'=='
aa_2 = b_sql_2 + b'=='
msg_1 = base64.b64decode(aa_1)
msg_2 = base64.b64decode(aa_2)
im_arr_1 = np.frombuffer(msg_1, dtype=np.uint8)
im_arr_2 = np.frombuffer(msg_2, dtype=np.uint8)
img_np_1 = cv2.imdecode(im_arr_1, cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
img_np_2 = cv2.imdecode(im_arr_2, cv2.IMREAD_COLOR)
print('Resized Dimensions : ',img_np_1.shape)
data = []
pet_img_1=cv2.resize(img_np_1,(150,150))
print('Resized Dimensions : ',pet_img_1.shape)
img_new_1 = np.array(pet_img_1).flatten()
data.append([img_new_1,0])
categories = ['insect', 'lettuce']
random.shuffle(data)
features = []
labels = []
for feature ,label in data:
    features.append(feature)
    labels.append(label)
pick = open('insect_ai.sav','rb')
model=pickle.load(pick)
pick .close()
prediction=model.predict(features)
categories = ['insect','lettuce']
print('Prediction is :',categories[prediction[0]])
print(type(categories[prediction[0]]))
def insertBLOB(name):
    print("Inserting BLOB into img table")

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

try:
    connection = mysql.connector.connect(host='35.213.146.30',
                                         database='autofarm_sensor',
                                         user='cam',
                                         password='123456')

    cursor = connection.cursor()
    sql_insert_blob_query = """ INSERT INTO fungus
                                (fungus) VALUES (%s)"""
    insert_blob_tuple = (name)
    result = cursor.execute(sql_insert_blob_query, insert_blob_tuple)
    connection.commit()
    print("file inserted successfully as a BLOB into python_employee table", result)
except mysql.connector.Error as error:
    print("Failed inserting BLOB data into MySQL table {}".format(error))
finally:
    if connection.is_connected():
        cursor.close()
        connection.close()
        print("MySQL connection is closed")
if categories[prediction[0]] == 'insect':
    insertBLOB(["1"])
else:
    insertBLOB(["0"])

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Login</title>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>
<body>
  <h1>Login</h1>
  <form action="login_check.php" method = "post">
    <p>username : <input type="text" name = "username" value = "" required></p>
    <p>password : <input type="password" name = "pswdL" value = "" required></p>
    <input type="submit" name = "log" value="login">
    <input type="reset" name = "log" value="clear">
  </form>
  <form method="POST" action="register.php">
    <input type="submit" name = "reg" value="register"/>
  </form></bo
```



ภาคผนวก ๓
คำสั่งส่วนการกรอกข้อมูลสมัครสมาชิกในการใช้งาน WEB APPLICATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<!DOCTYPE html>

<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>created growth plan status</title>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>
<body>
  <h1>Register</h1>
  <form action="register_add.php" method = "post">
    <p>username : <input type="text" name = "username" pattern="[a-zA-Z]{1,}" value
    ="" required> *please enter only alphabet</p>
    <p>password : <input type="password" name = "pswd" value ="" required></p>
    <input type="submit" name = "log" value="register">
    <input type="reset" name = "log" value="clear">
  </form>
</body>
</html>

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>created growth plan status</title>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>
<?php
include 'condb.php';
$username = $_POST['username'];
$password = $_POST['pswd'];
$dbusername = $_POST['username']._sensor;
$username_gp = $_POST['username']._gp;
$sql = "INSERT INTO sensor.users(username,password) VALUES ('$username','$password')";
if (mysqli_query($condb, $sql)) {
  echo "<h1>". "Register success". "</h1>";
} else {
  echo "<h1>". "Error creating user: " . mysqli_error($condb). "</h1>";
}
$sql1 = "CREATE DATABASE $dbusername";
if ($condb->query($sql1) === TRUE) {
  echo "<h1>". "Database created successfully". "</h1>";
} else {
  echo "<h1>". "Error creating database: " . $condb->error. "</h1>";
}
$sql3 = "CREATE TABLE $dbusername.sensor ( id INT NOT NULL AUTO_INCREMENT ,
node VARCHAR(50) CHARACTER SET utf8 COLLATE utf8_general_ci NOT NULL ,
temperature VARCHAR(50) CHARACTER SET utf8 COLLATE utf8_general_ci NOT NULL ,
humid_a VARCHAR(50) CHARACTER SET utf8 COLLATE utf8_general_ci NOT NULL ,
humid_g VARCHAR(50) CHARACTER SET utf8 COLLATE utf8_general_ci NOT NULL , ph
VARCHAR(50) CHARACTER SET utf8 COLLATE utf8_general_ci NOT NULL ,

```

```

light VARCHAR(50) CHARACTER SET utf8 COLLATE utf8_general_ci NOT NULL , time
TIMESTAMP NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP , PRIMARY KEY (id)) ENGINE =
InnoDB";
if ($condb->query($sql3) === TRUE) {
    echo "<h1>" . "Database created successfully". "</h1>";
} else {
    echo "<h1>" . "Error creating database: " . $condb->error. "</h1>";
}
$sql4 = "CREATE TABLE $dbusername.average ( id INT NOT NULL AUTO_INCREMENT ,
temperature VARCHAR(50) CHARACTER SET utf8 COLLATE utf8_general_ci NOT NULL ,
humid_a VARCHAR(50) CHARACTER SET utf8 COLLATE utf8_general_ci NOT NULL ,
humid_g VARCHAR(50) CHARACTER SET utf8 COLLATE utf8_general_ci NOT NULL , ph
VARCHAR(50) CHARACTER SET utf8 COLLATE utf8_general_ci NOT NULL ,
light VARCHAR(50) CHARACTER SET utf8 COLLATE utf8_general_ci NOT NULL , time
TIMESTAMP NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP , PRIMARY KEY (id)) ENGINE =
InnoDB";
if ($condb->query($sql4) === TRUE) {
    echo "<h1>" . "Database created successfully". "</h1>";
} else {
    echo "<h1>" . "Error creating database: " . $condb->error. "</h1>";
}
$sql5 = "CREATE TABLE $dbusername.espcam ( id INT NOT NULL AUTO_INCREMENT ,
image TEXT NOT NULL , time TIMESTAMP NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP ,
PRIMARY KEY (id)) ENGINE = InnoDB";
if ($condb->query($sql5) === TRUE) {
    echo "<h1>" . "Database created successfully". "</h1>";
} else {
    echo "<h1>" . "Error creating database: " . $condb->error. "</h1>";
}
}
$sql2 = "CREATE DATABASE $username_gp";
if ($condb->query($sql2) === TRUE) {
    echo "<h1>" . "Growth plan Database created successfully". "</h1>";
} else {
    echo "<h1>" . "Error creating database: " . $condb->error. "</h1>";
}
}
mysqli_close($condb);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
?>  
<?php  
echo "<script>if(confirm('Register  
success')){document.location.href='login.php'};</script>";  
?>  
</body>  
</html>
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ด
คำสั่งส่วนตรวจสอบข้อมูลสมาชิกในการเข้าสู่ระบบการใช้งาน WEB APPLICATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<?php
session_start();
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>login-check</title>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>
<body>
<?php
include 'condb.php';
$username = $_POST['username'];
$password = $_POST['password'];
$_SESSION['username'] = $username;
$sql="SELECT id,username,password FROM sensor.users
      WHERE username='".$username.'"
      AND password='".$password.'" ";
$result = mysqli_query($condb,$sql);
if (mysqli_num_rows($result) > 0) {
  while($row = mysqli_fetch_assoc($result)) {
    echo "id: " . $row["id"]. " username : " . $row["username"]. " " . "<br>";
  }
  Header("Location: homepage.php");
}else{
  echo "<script>if(confirm('incorrect username or password please try
again')){document.location.href='login.php'};</script>";
}
mysqli_close($condb);
?>
</body>
</html>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ต

คำสั่งหน้าแสดงผลหน้าหลักผู้ใช้งาน WEB APPLICATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<?php
// Start the session
session_start();
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>homepage</title>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>
<body>
<?php
$username = $_SESSION['username'];
?>
<div style="text-align:right;">
<form method="POST" action="login.php">
  <input type="submit" name = "back" value="log out"/>
</form>
<br>
</div>
<h1>Welcome <?php echo $username?></h1>
<div style="text-align:center;">
<button onclick="location.href='usersensorstatus.php'">Farm status</button>
<br>
<button onclick="location.href='usergrowplan.php'">grow plan</button>
<br>
<button onclick="location.href='phaseN.php'">new grow plan</button>
</div>
</body>
</html>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<?php
// Start the session
session_start();
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Automatic farm status</title>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>
<body>
<div style="text-align:right;"><form method="POST" action="homepage.php">
  <input type="submit" name = "back" value="back"/>
</form><br></div>
<?php
  $username = $_SESSION['username'];
  $dbusername = $username."_sensor"
?>
<?php
include 'condb.php';
$query6 = "SELECT * FROM $dbusername.insect ORDER BY id DESC LIMIT 1";
$result6 = mysqli_query($condb,$query6) or die("Error in sql : $query6"
mysqli_error($query6))
?>
<?php foreach ($result6 as $item6){
  if ($item6['insect']==1){
    $insectresult = 'detected';
  }
  else{
    $insectresult = 'not detected';

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    } } ?>
<?php
$query7 = "SELECT * FROM $dbusername.fungus ORDER BY id DESC LIMIT 1";
$result7 = mysqli_query($condb,$query7) or die("Error in sql : $query7"
mysqli_error($query7))
?>
<?php foreach ($result7 as $item7){
    if ($item7['fungus']==1){
        $fungusresult = 'detected';
    }
    else{
        $fungusresult = 'not detected';
    } } ?>
<?php
$query = "SELECT * FROM $dbusername.sensor WHERE node = '1'ORDER BY id
DESC LIMIT 1";
$result = mysqli_query($condb,$query) or die("Error in sql : $query"
mysqli_error($query))
?>
<table class = "center">
<?php foreach ($result as $item){ ?>
<caption>Node1</caption>
<tr> <th><table><tr><th>Temperature</th></tr><tr>
<td> <?php echo $item['temperature']?> °C<br>
<button onclick="location.href='graph_t1.php'">graph</button>
</br></td></tr></table></th>
<th> <table> <tr> <th>pH</th></tr> <tr>
<td><?php echo $item['ph']?> <br>
<button
onclick="location.href='graph_ph1.php'">graph</button>
</br></td></tr></table></th></tr>
<tr><th><table><tr><th>Moisture</th></tr><tr>
<td><?php echo $item['humid_g']?> %<br>
<button
onclick="location.href='graph_m1.php'">graph</button>
</br></td></tr> </table></th>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<th><table><tr> <th> Humidity</th> </tr> <tr>
    <td> <?php echo $item['humid_a']?> %<br>
    <button
onclick="location.href='graph_h1.php'">graph</button>
    </br> </td> </tr> </table></th></tr><tr>
    <th><table><tr><th>Insect</th> </tr> <tr>
    <td><?php echo $insectresult?> <br>
    </br> </td> </tr></table></th>
    <th><table><tr><th>Disease</th></tr><tr>
    <td><?php echo $fungusresult?><br>
    </br></td></tr></table></th></tr>
    <tr><th><table><tr><th>light</th></tr><tr>
    <td><?php echo $item['light']?> lux<br>
    <button onclick="location.href='graph_l1.php'">graph</button>
    </br></td></tr></table></th></tr><?php } ?></table>
<?php
$query2 = "SELECT * FROM $dbusername.sensor WHERE node = '2'ORDER BY id
DESC LIMIT 1";
$result2 = mysqli_query($condb,$query2) or die("Error in sql : $query2"
(mysqli_error($query2))
?>
<table class = "center">
<?php foreach ($result2 as $item2){ ?>
    <caption>Node2</caption>
    <tr><th><table><tr><th>Temperature</th></tr><tr>
    <td><?php echo $item2['temperature']?> °C<br>
    <button onclick="location.href='graph_t2.php'">graph</button>
    </br></td></tr></table></th>
    <th><table><tr><th>pH</th></tr><tr>
    <td><?php echo $item2['ph']?><br>
    <button
onclick="location.href='graph_ph2.php'">graph</button>
    </br></td></tr></table></th></tr>
    <tr><th><table><tr><th>Moisture</th></tr><tr>
    <td><?php echo $item2['humid_g']?> %<br>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        <button
onclick="location.href='graph_m2.php'">graph</button>

</br></td></tr></table></th><th><table><tr><th>Humidity</th></tr><tr>
        <td><?php echo $item2['humid_a']?> %<br>
        <button
onclick="location.href='graph_h2.php'">graph</button>
        </br></td></tr></table></th></tr>
        <tr><th><table><tr><th>Insect</th></tr><tr>
        <td><?php echo $insectresult?><br>
        </br></td></tr></table></th>
        <th><table><tr><th>Disease</th></tr><tr>
        <td><?php echo $fungusresult?>
        </br></td></tr></table></th></tr>
        <tr><th><table><tr><th>light</th></tr><tr>
        <td><?php echo $item2['light']?> lux<br>
        <button onclick="location.href='graph_l2.php'">graph</button>
        </br></td></tr></table></th></tr><?php } ?></table>
<?php
$query3 = "SELECT * FROM $dbusername.sensor WHERE node = '1'ORDER BY id
DESC LIMIT 1";
$result3 = mysqli_query($condb,$query3) or die("Error in sql : $query3"
(mysqli_error($query3))
?>
<table class = "center">
    <?php foreach ($result3 as $item3){ ?>
        <caption>Node3</caption>
        <tr><th><table><tr><th>Temperature</th></tr><tr>
            <td><?php echo $item3['temperature']?> °C<br>
            <button onclick="location.href='graph_t3.php'">graph</button>
            </br></td></tr></table></th>
            <th><table><tr><th>pH</th></tr><tr>
            <td><?php echo $item3['ph']?><br>
            <button
onclick="location.href='graph_ph3.php'">graph</button>
            </br></td></tr></table></th></tr>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<tr><th><table><tr><th>Moisture</th></tr><tr>
    <td><?php echo $item3['humid_g']?> %<br>
    <button
onclick="location.href='graph_m3.php'">graph</button>
    </br></td></tr></table></th>
    <th><table><tr><th>Humidity</th></tr><tr>
    <td><?php echo $item3['humid_a']?> %<br>
    <button
onclick="location.href='graph_h3.php'">graph</button>
    </br></td></tr></table></th></tr>
    <tr><th><table><tr><th>Insect</th></tr><tr>
    <td><?php echo $insectresult?><br>
    </br></td></tr></table></th>
    <th><table><tr><th>Disease</th></tr><tr>
    <td><?php echo $fungusresult?><br>
    </br></td></tr></table></th></tr>
    <tr><th><table><tr><th>light</th></tr><tr>
    <td><?php echo $item3['light']?> lux<br>
    <button onclick="location.href='graph_l3.php'">graph</button>
    </br></td></tr></table></th></tr><?php } ?></table>
<?php mysqli_close($condb); ?>
</body>
</html>

```



ภาคผนวก ท

คำสั่งส่วนแสดงผลแผนการปลูกของพืชบน WEB APPLICATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<?php
session_start();
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>created growth plan status</title>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>
<body>
<div style="text-align:right;">
<form method="POST" action="homepage.php">
  <input type="submit" name = "back" value="back"/>
</form>
<br>
</div>
<?php
$username = $_SESSION['username'];
$dbusername = $username."_gp"
?>
<?php
$conddb = mysqli_connect("localhost","cam","123456",$dbusername) or die("Error :
".mysqli_error($conddb));
mysqli_query($conddb,"SET NAMES 'utf8' ");
date_default_timezone_set('Asia/Bangkok');
?>
<?php
$sql = "SELECT * FROM INFORMATION_SCHEMA.TABLES WHERE TABLE_TYPE =
'BASE TABLE' AND TABLE_SCHEMA = '$dbusername' order by create_time desc limit 1";
$result1 = mysqli_query($conddb,$sql) or die("Error in sql : $sql".mysqli_error($sql));
while($row = mysqli_fetch_assoc($result1))
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

$query = "SELECT * FROM $row[TABLE_NAME] ";
$result = mysqli_query($condb, $query)?>
<table class="center" style = "border : 1">
  <caption>
    Grow plan : <?php echo $row['TABLE_NAME'] ?>
  </caption>
  <thead>
    <th>Phase</th>
    <th>Temperature</th>
    <th>Moisture</th>
    <th>Humidyty</th>
    <th>pH</th>
    <th>Light</th>
    <th>ending_day(Date)</th>
  </thead>
  <?php
  $i=0
  ?>
  <?php foreach ($result as $item){ ?>
  <tbody>
  <td><?php echo $i+1?></td>
  <td><?php echo $item['temperature']?></td>
  <td><?php echo $item['humid_g']?></td>
  <td><?php echo $item['humid_a']?></td>
  <td><?php echo $item['ph']?></td>
  <td><?php echo $item['light']?></td>
  <td><?php echo $item['ending_day']?></td>
  <?php $i++ ?>
  </tbody>

  <?php }
  } ?>
</table>
<?php mysqli_close($condb); ?>
</body>
</html>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Choose number of grow plan phase</title>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>
<body>
<div style="text-align:right;">
<form method="POST" action="homepage.php">
  <input type="submit" name = "back" value="back"/>
</form><br></div>
<form action="input.php" method = "post" >
  <p>
    No. of phase : <input type="text" name = "n" value = "" required>
    <input type="submit" name = "s" value = "GO">
  </p>
</form></body>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Growth plan</title>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>
<body>
  <h1>Input for growth plan</h1>
  <div style="text-align:right;">
    <form method="POST" action="homepage.php">
    <input type="submit" name = "homepage" value="homepage"/>
    </form><br></div>
  <div style="text-align:right;">
    <form method="POST" action="phaseN.php">
    <input type="submit" name = "phaseN" value="back"/>
    </form><br></div>
  <form action="input_add.php" method = "post">
  <p>Name of growth plan : <input type type="text" name = "tbn" value = ""
required></p>
  <table><tr>
    <th>Phase</th>
    <th>Temperature(°C)</th>
    <th>Moisture(%</th>
    <th>Humidity(%</th>
    <th>pH</th>
    <th>Light(lux)</th>
    <th>ending_day(date)</th>
  </tr><?php
  $n = $_POST['n'];
  for ($i=0; $i<$n; $i++){?>
  <tr>
    <td><?php echo $i+1?></td>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        <td><input type="text" name = "<?php echo $i.'value_th'?>" value = ""
required></td>
        <td><input type="text" name = "<?php echo $i.'value_hg'?>" value = ""
required></td>
        <td><input type="text" name = "<?php echo $i.'value_ha'?>" value = ""
required></td>
        <td><input type="text" name = "<?php echo $i.'value_ph'?>" value = ""
required></td>
        <td><input type="text" name = "<?php echo $i.'value_l'?>" value = ""
required></td>
        <td><input type="date" name = "<?php echo $i.'value_t'?>" value = ""
required></td>
        <input type="hidden" name = "n" value = "<?php echo $n; ?>">
    </tr>
<?php } ?>
</table>
<input type="submit" name = "ins" value="save">
</form>

```



ภาคผนวก บ

คำสั่งส่วนใส่ข้อมูลแผนการปลูกของพืชเข้าสู่ฐานข้อมูลบน WEB APPLICATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<?php
session_start();
?>
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>created growth plan status</title>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>
<body>
<div style="text-align:right;">
  <form method="POST" action="homepage.php">
    <input type="submit" name = "homepage" value="homepage"/>
  </form></div>
<div style="text-align:right;">
  <form method="POST" action="usergrowplan.php">
    <input type="submit" name = "gp" value="growplan"/>
  </form><br></div>
<?php
$username = $_SESSION['username'];
$dbusername = $username."_gp"?>
<?php
$conddb = mysqli_connect("localhost","cam","123456") or die("Error :
".mysqli_error($conddb));
mysqli_query($conddb,"SET NAMES 'utf8' ");
date_default_timezone_set('Asia/Bangkok');?>
<?php
if (isset($_POST['ins']))
{
  $n = $_POST['n'];
  $tbn = $_POST['tbn'];
  $sql1 = "CREATE TABLE $dbusername.$tbn

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

( id INT UNSIGNED AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY AUTO_INCREMENT ,
time_now TIMESTAMP NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP ,
temperature VARCHAR(50) NOT NULL ,
humid_g VARCHAR(50) NOT NULL ,
humid_a VARCHAR(50) NOT NULL ,
ph VARCHAR(50) NOT NULL ,
light VARCHAR(50) NOT NULL ,
ending_day VARCHAR(50) NOT NULL);
// $result1 = mysqli_query($condb,$sql1) or die("Error in sql :
$sql1".mysqli_error($sql1));
if (mysqli_query($condb, $sql1)) {
    echo "<h1>". "Grow plan for $tbn created successfully". "</h1>";
} else {
    echo "<h1>". "Error creating table: " . mysqli_error($condb). "</h1>";
}
for ($i=0; $i<$n; $i++)
{
    $value_th = $_POST[$i."value_th"];
    $value_hg = $_POST[$i."value_hg"];
    $value_ha = $_POST[$i."value_ha"];
    $value_ph = $_POST[$i."value_ph"];
    $value_l = $_POST[$i."value_l"];
    $value_t = $_POST[$i."value_t"];
    $sql2 = "INSERT INTO $dbusername.$tbn
(temperature,humid_g,humid_a,ph,light,ending_day)
VALUES
('$value_th','$value_hg','$value_ha','$value_ph','$value_l','$value_t')";
    $result2 = mysqli_query($condb,$sql2) or die("Error in sql :
$sql2".mysqli_error($sql2));
}
mysqli_close($condb);?>
</body>
</html>

```



ภาคผนวก ป

คำสั่งส่วนการเฉลี่ยค่าของเซนเซอร์จากทั้ง 3 โหนดเพื่อการควบคุมระบบทำงาน
อัตโนมัติผ่าน WEB APPLICATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Automatic farm status</title>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>
<body>
  <?php
  include 'condb.php';
  $query = "SELECT * FROM autofarm_sensor.sensor WHERE node = '1'ORDER BY id
DESC LIMIT 1";
  $result = mysqli_query($condb,$query) or die("Error in sql : $query"
mysqli_error($condb));?>
  <?php foreach ($result as $item){ ?>
  <?php echo $item['node']?>
  <?php echo $item['temperature']?> °C
  <?php echo $item['humid_g']?> %
  <?php echo $item['humid_a']?> %
  <?php echo $item['ph']?>
  <?php echo $item['light']?> lux
  <?php } ?>
  <br>
  <?php
  $query2 = "SELECT * FROM autofarm_sensor.sensor WHERE node = '2'ORDER BY id
DESC LIMIT 1";
  $result2 = mysqli_query($condb,$query2) or die("Error in sql : $query2"
mysqli_error($condb));?>
  <?php foreach ($result2 as $item2){ ?>
  <?php echo $item2['node']?>
  <?php echo $item2['temperature']?> °C
  <?php echo $item2['humid_g']?> %
  <?php echo $item2['humid_a']?> %

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<?php echo $item2['ph']?>
<?php echo $item2['light']?> lux
<?php } ?>
<br>
<?php
$query3 = "SELECT * FROM autofarm_sensor.sensor WHERE node = '3'ORDER BY id
DESC LIMIT 1";
$result3 = mysqli_query($condb,$query3) or die("Error in sql : $query3"
mysqli_error($condb));?>
<?php foreach ($result3 as $item3){ ?>
<?php echo $item3['node']?>
<?php echo $item3['temperature']?> °C
<?php echo $item3['humid_g']?> %
<?php echo $item3['humid_a']?> %
<?php echo $item3['ph']?>
<?php echo $item3['light']?> lux
<?php } ?>
<br>
average
<?php
$avg_temp=((($item['temperature']+$item2['temperature']+$item3['temperature'])/3)?>
<?php $avg_humid_g=((($item['humid_g']+$item2['humid_g']+$item3['humid_g'])/3)?>
<?php
$avg_humid_a=((($item['humid_a']+$item2['humid_a']+$item3['humid_a'])/3)?>
<?php $avg_ph=((($item['ph']+$item2['ph']+$item3['ph'])/3)?>
<?php $avg_light=((($item['light']+$item2['light']+$item3['light'])/3)?>
<?php echo $r_temp = round($avg_temp, 2); ?> °C
<?php echo $r_humid_g = round($avg_humid_g, 2); ?> %
<?php echo $r_humid_a = round($avg_humid_a, 2); ?> %
<?php echo $r_ph = round($avg_ph, 2); ?>
<?php echo $r_light = round($avg_light, 2); ?> lux
<?php
$query4 = "INSERT INTO autofarm_sensor.average
(temperature,humid_g,humid_a,ph,light)
VALUES
('$r_temp','$r_humid_g','$r_humid_a','$r_ph','$r_light')";

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
$result4 = mysqli_query($condb,$query4) or die("Error in sql :  
$query4".mysqli_error($query4));?>  
<?php mysqli_close($condb);?>  
</body>  
</html>
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ผ

คำสั่งส่วนเรียกข้อมูลเซนเซอร์และแผนการปลูกเพื่อใช้ในการควบคุมระบบทำงาน
อัตโนมัติผ่าน WEB APPLICATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<?php
    include 'conddb.php';
    $query = "SELECT * FROM autofarm_sensor.average ORDER BY id DESC LIMIT 1";
    $result = mysqli_query($conddb,$query) or die("Error in sql : $query"
    .mysqli_error($query));?>
<?php foreach ($result as $item){
    $myObj->temperature = $item['temperature'];
    $myObj->humid_g = $item['humid_g'];
    $myObj->humid_a = $item['humid_a'];
    $myObj->ph = $item['ph'];
    $myObj->light = $item['light'];}?>
<?php mysqli_close($conddb); ?>
<?php
    include 'conddb.php';
    $query3 = "SELECT * FROM autofarm_sensor.insect ORDER BY id DESC LIMIT 1";
    $result3 = mysqli_query($conddb,$query3) or die("Error in sql : $query3"
    .mysqli_error($query3));?>
<?php foreach ($result3 as $item3){
    $myObj->insect = $item3['insect'];}?>
<?php mysqli_close($conddb); ?>
<?php
    include 'conddb.php';
    $query4 = "SELECT * FROM autofarm_sensor.fungus ORDER BY id DESC LIMIT 1";
    $result4 = mysqli_query($conddb,$query4) or die("Error in sql : $query4"
    .mysqli_error($query3));?>
<?php foreach ($result4 as $item4){
    $myObj->fungus = $item4['fungus'];}?>
<?php mysqli_close($conddb); ?>
<?php
$dbusername = "autofarm_gp";
$conddb = mysqli_connect("localhost","cam","123456",$dbusername) or die("Error :
".mysqli_error($conddb));
mysqli_query($conddb,"SET NAMES 'utf8' ");
date_default_timezone_set('Asia/Bangkok');

```

```

$sql = "SELECT * FROM INFORMATION_SCHEMA.TABLES WHERE TABLE_TYPE =
'BASE TABLE' AND TABLE_SCHEMA = '$dbusername' order by create_time desc limit 1";
$result1 = mysqli_query($condb,$sql) or die("Error in sql : $sql".mysqli_error($sql));
while($row = mysqli_fetch_assoc($result1))
{
$query2 = "SELECT * FROM $row[TABLE_NAME] ";
$result2 = mysqli_query($condb, $query2);
$i = 0;
foreach ($result2 as $item2){
    $today = date("Y-m-d");
    $expire = $item2['ending_day'];
    $today_time = strtotime($today);
    $expire_time = strtotime($expire);
    if ($expire_time > $today_time) {
        $i++;
        $myObj->temperature_gp = $item2['temperature'];
        $myObj->humid_g_gp = $item2['humid_g'];
        $myObj->humid_a_gp = $item2['humid_a'];
        $myObj->ph_gp = $item2['ph'];
        $myObj->light_gp = $item2['light'];
        $item2['time_day'];
        if ($i==1){
            $myJSON = json_encode($myObj);
            echo $myJSON;
        }
    }
}
}
<?php mysqli_close($condb); ?>

```



ภาคผนวก ฝ

คำสั่งส่วนรับข้อมูลเซนเซอร์จากการสื่อสารรูปแบบ mqtt เพื่อเก็บข้อมูลเข้าสู่
ฐานข้อมูลอัตโนมัติผ่าน WEB APPLICATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

?php
require("phpMQTT.php");
$server = "34.143.138.7"; //Server ip address
$port = 1883;
$username = ""; //username ที่ได้สร้างไว้ตอนตั้งค่า MQTT Broker
$password = ""; //password ที่ได้สร้างไว้ตอนตั้งค่า MQTT Broker
$client_id = "Client-php";
$i = 0;
$mqtt = new phpMQTT($server, $port, $client_id);
function procmsg($topic, $msg){
    $servername = "localhost";
    $username = "root";
    $password = "";
    $dbname = "autofarm_sensor";
    $conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);
    if ($conn->connect_error) {
        die("Connection failed: " . $conn->connect_error);
    }
    echo "Topic: {$topic}\n";
    echo "Message: $msg\n\n";
    list($node, $temperature, $humid_a, $humid_g, $light, $ph) = explode(",", $msg);
    echo("node : " . $node . " temp : " . $temperature."C humid_a : " . $humid_a."%
humid_g : " . $humid_g."% light : " . $light."lux ph : " . $ph);
    $sql = "INSERT INTO sensor (node, temperature, humid_a, humid_g, light, ph)
VALUES ($node, $temperature, $humid_a, $humid_g, $light, $ph)";
    if ($conn->query($sql) === TRUE) {
        echo "New record created successfully";
    }
    else {
        echo "Error: " . $sql . "<br>" . $conn->error;
    }
    $conn->close();
}
echo("test");
$mqtt = new phpMQTT($server, $port, $client_id);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if ($mqtt->connect(true, NULL, $username, $password)) {
    $topics['sensor1'] = array("qos" => 2, "function" => "procmgs");
    //สามารถเปลี่ยนชื่อ sensor1ใน $topics['sensor1'] ให้เป็นtopicที่ต้องการได้ในที่นี้ node ที่2
    ใช้$topics['sensor2']
    //และเซนเซอร์ node ที่3 ใช้$topics['sensor3']
    $mqtt->subscribe($topics,0);
    for($i;$i<20;$i++){
        $mqtt->proc();
    }
    $mqtt->close();}
else{
    exit(1);
}?>

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก พ

คำสั่งส่วนแสดงข้อมูลกราฟจากเซนเซอร์โดยแสดงข้อมูลของ 7 วันสุดท้ายบน WEB APPLICATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<?php
$today = date("Y-m-d");
$lastWeek = date("Y-m-d", strtotime("-7 days"));
include 'condb.php';
$node = '1';
//สามารถเปลี่ยน $node = '1'; เป็น 2 และ 3 ได้ตามเลขชุดเซนเซอร์ที่ต้องการแสดง
$query = "SELECT * FROM autofarm_sensor.sensor WHERE node = $node and
time_now >= '$lastWeek'";
$result = mysqli_query($condb,$query) or die("Error in sql : $query"
mysqli_error($condb));
$chart_data="";
while ($row = mysqli_fetch_array($result)) {
    $time[] = date_format(date_create( $row['time_now']),"d M Y") ;
    $temperature[] = $row['temperature'];}>
//สามารถเปลี่ยน temperature บน $temperature[] = $row['temperature'];}>
//หากต้องการแสดงกราฟของความชื้นบนดิน เป็น $humid_g[] = $row['humid_g'];}>
//ความชื้นสัมพัทธ์ เป็น humid_a
//ค่า ph เป็น ph
//ค่าความเข้มแสง เป็น light
<form method="POST" action="homepage.php">
    <input type="submit" name = "homepage" value="homepage"/>
</form>
<form method="POST" action="usersensorstatus.php">
    <input type="submit" name = "back" value="usersensorstatus"/>
</form>
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
    <head>
        <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
        <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
        <title>Graph</title>
    </head>
    <body>
        <div style="width:50%;hieght:20%;text-align:center">
            <div><?php echo temperature; ?> </div>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//สามารถเปลี่ยน temperature บน <div><?php echo temperature; ?> </div>
//หากต้องการแสดงกราฟของความชื้นบนดิน เป็น <div><?php echo Moisture; ?> </div>
//ความชื้นสัมพัทธ์ เป็น Humidity
//ค่าph เป็น pH
//ค่าความเข้มแสง เป็น Light

        <canvas id="chartjs_line"></canvas>
    </div>
</body>
<script src="//code.jquery.com/jquery-1.9.1.js"></script>
<script src="//cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/Chart.js/2.4.0/Chart.min.js"></script>
<script type="text/javascript">
    var ctx = document.getElementById("chartjs_line").getContext('2d');
    var myChart = new Chart(ctx, {
        type: 'line',
        data: {
            labels:<?php echo json_encode($time); ?>,
            datasets: [{
                backgroundColor: [
                    "#5969ff", "#ff407b", "#25d5f2", "#ffc750", "#2ec551", "#7040fa", "#ff004e"
                ],
                data:<?php echo json_encode($temperature); ?>,
                //สามารถเปลี่ยน temperature บน data:<?php echo json_encode($temperature); ?>,
                //หากต้องการแสดงกราฟของความชื้นบนดิน เป็น data:<?php echo json_encode($humid_g);
                ?>,
                //ความชื้นสัมพัทธ์ เป็น humid_a
                //ค่าph เป็น ph
                //ค่าความเข้มแสง เป็น light

            ]
        },
        options: {
            legend: {
                display: true,
                position: 'bottom',

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

labels: {
  fontColor: '#71748d',
  fontFamily: 'Circular Std Book',
  fontSize: 14,
},,});
</script>
</html>

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<?php
ini_set('display_errors', 1);
ini_set('display_startup_errors', 1);
error_reporting(E_ALL);
date_default_timezone_set("Asia/Bangkok");
$sToken = "d6thfSiWfUlfA8vjP5xBqweYZo389oiO3KyC01PZSHC";
include 'condb.php';
$query = "SELECT AVG(temperature) AS temperature,AVG(humid_a) AS
humid_a,AVG(humid_g) AS humid_g,AVG(ph) AS ph,AVG(light) AS light FROM
sensor.average ORDER BY id DESC LIMIT 1";
$result = mysqli_query($condb,$query) or die("Error in sql : $query"
mysqli_error($query));
foreach ($result as $item){
$temp = "Temperature : " .(round($item['temperature'], 2))." °C\n";
$humid_a = "Humidity : " .(round($item['humid_a'], 2))." percent \n";
$humid_g = "Moisture : " .(round($item['humid_g'], 2))." percent \n";
$ph = "pH : " .(round($item['ph'], 2)). " \n";
$light = "Light : " .(round($item['light'], 2)). " lux\n";
$msg = "\n".$temp.$humid_g.$humid_a.$ph.$light;
$chOne = curl_init();
curl_setopt( $chOne, CURLOPT_URL, "https://notify-api.line.me/api/notify");
curl_setopt( $chOne, CURLOPT_SSL_VERIFYHOST, 0);
curl_setopt( $chOne, CURLOPT_SSL_VERIFYPEER, 0);
curl_setopt( $chOne, CURLOPT_POST, 1);
curl_setopt( $chOne, CURLOPT_POSTFIELDS, "message=".$msg);
$headers = array( 'Content-type: application/x-www-form-urlencoded', 'Authorization:
Bearer '.$sToken.', );
curl_setopt($chOne, CURLOPT_HTTPHEADER, $headers);
curl_setopt( $chOne, CURLOPT_RETURNTRANSFER, 1);
$result = curl_exec( $chOne );
//Result error
if(curl_error($chOne))
{
echo 'error:' . curl_error($chOne);
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
else {  
    $result_ = json_decode($result, true);  
    echo "status : ".$result_['status']; echo "message : ". $result_['message'];  
}  
}  
curl_close( $chOne );  
?>
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<?php
$conddb = mysqli_connect("localhost","root","123456") or die("Error :
".mysqli_error($conddb));
mysqli_query($conddb,"SET NAMES 'utf8' ");
date_default_timezone_set('Asia/Bangkok');
?>
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

body {
    background-color: #304D63;
}
h1 {
    color: white;
    text-align: center;
}
h2 {
    color: white;
}
p {
    color: white;
}
table{
    table-layout : fixed;
    border-radius: 10px;
}
caption{
    font-size: x-large;
    border-style: solid;
    background-color: #8FB9AA;
}
th{
    text-align: center;
    background-color: #B2E7E8;
    width: 200px;
}
td{
    text-align: center;
    background-color: #F2D096;
}
button{
    background-color: #F2D096;
    border: none;
    width : 100%;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

color: black;
border-radius: 2px;
float : right;
}
button:hover {
background-color: #ED8975;
color: black
}
img{
background-color: transparent;
}
.center {
margin-left: auto;
margin-right: auto;
}
input[type=submit]{
background-color: white;
}
input{
border: none;
text-align: center;
background-color: #F2D096;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ย
ชุดคำสั่ง Line Notify

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<?php
ini_set('display_errors', 1);
ini_set('display_startup_errors', 1);
error_reporting(E_ALL);
date_default_timezone_set("Asia/Bangkok");
$Token = "d6thfSiWfUifA8vjP5xBqweYZo389oiO3KyC01PZSHC";
//นำโทเคนที่สร้างมาแทนในตัวแปร $Token
include 'condb.php';
$query = "SELECT AVG(temperature) AS temperature,AVG(humid_a) AS
humid_a,AVG(humid_g) AS humid_g,AVG(ph) AS ph,AVG(light) AS light FROM
sensor.average ORDER BY id DESC LIMIT 1";
$result = mysqli_query($condb,$query) or die("Error in sql : $query"
mysqli_error($query));
foreach ($result as $item){
$temp = "Temperature : " .(round($item['temperature'], 2))." °C\n";
$humid_a = "Humidity : " .(round($item['humid_a'], 2))." percent \n";
$humid_g = "Moisture : " .(round($item['humid_g'], 2))." percent \n";
$ph = "pH : " .(round($item['ph'], 2))." \n";
$light = "Light : " .(round($item['light'], 2))." lux\n";
$msg = "\n".$temp.$humid_g.$humid_a.$ph.$light;
$chOne = curl_init();
curl_setopt( $chOne, CURLOPT_URL, "https://notify-api.line.me/api/notify%22);
curl_setopt( $chOne, CURLOPT_SSL_VERIFYHOST, 0);
curl_setopt( $chOne, CURLOPT_SSL_VERIFYPEER, 0);
curl_setopt( $chOne, CURLOPT_POST, 1);
curl_setopt( $chOne, CURLOPT_POSTFIELDS, "message=".$msg);
$headers = array( 'Content-type: application/x-www-form-urlencoded', 'Authorization:
Bearer '.$Token." , );
curl_setopt($chOne, CURLOPT_HTTPHEADER, $headers);
curl_setopt( $chOne, CURLOPT_RETURNTRANSFER, 1);
$result = curl_exec( $chOne );
//Result error
if(curl_error($chOne))
{
echo 'error:' . curl_error($chOne);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}  
else {  
    $result_ = json_decode($result, true);  
    echo "status : ".$result_['status']; echo "message : ". $result_['message'];  
}  
}  
curl_close( $chOne );  
?>
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้