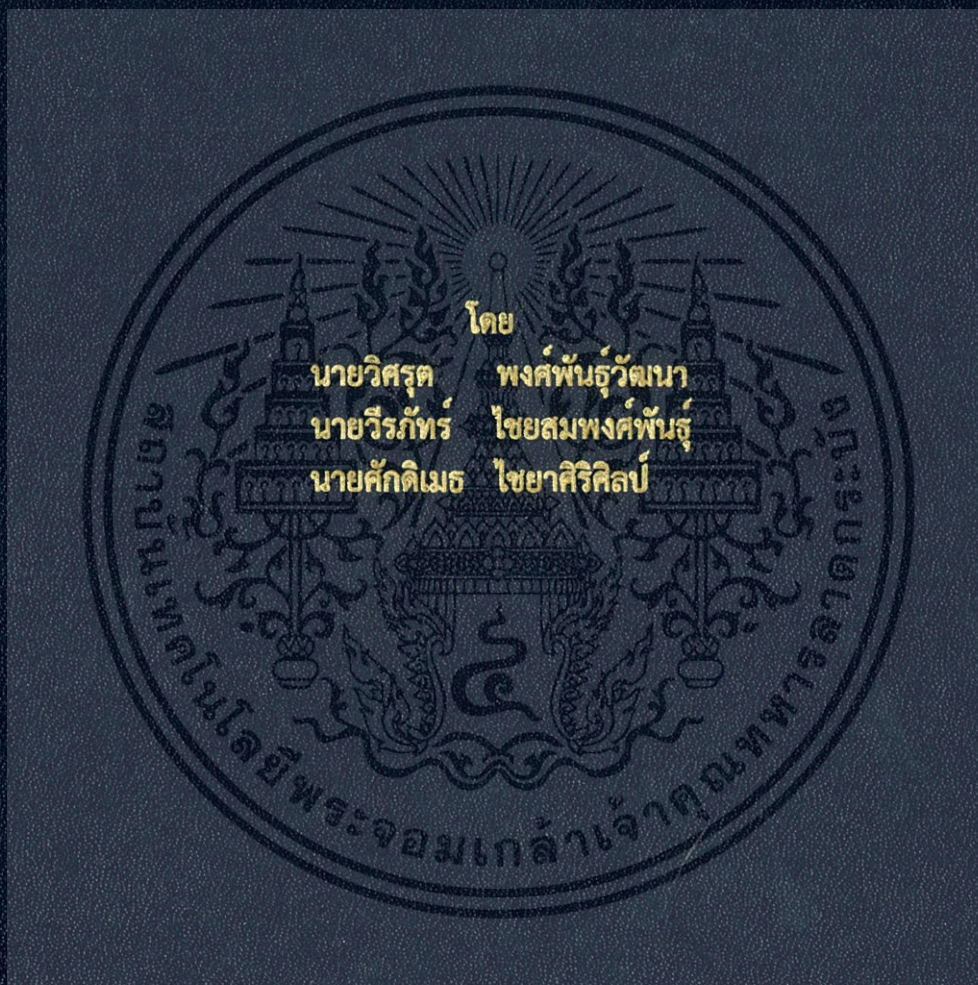


ระบบควบคุมสารอาหารอัตโนมัติสำหรับไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT
Automatic Nutrient Control System for NFT Hydroponics



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

ระบบควบคุมสารอาหารอัตโนมัติสำหรับไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT

Automatic Nutrient Control System for NFT Hydroponics



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมสารอาหารอัตโนมัติสำหรับไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT

Automatic Nutrient Control System for NFT Hydroponics



โดย

นายวิศรุต	พงศ์พันธุ์วัฒนา	56011149
นายวีรภัทร์	ไชยสมพงศ์พันธุ์	56011158
นายศักดิ์เมธ	ไชยาศิริศิลป์	56011201

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.มนต์ชัย แซ่ม้อย

ผศ.ดร.พิชญ์ สุพรรณกุล

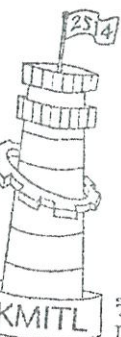
ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559



ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งจนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้เพื่อการค้า
อาจารย์ที่ปรึกษา
15 มิ.ย. 2560

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

กรรมการผู้ตรวจชิ้นงาน

15 มิ.ย. 60

วิศวกรรมโทรคมนาคม
Telecommunications Engineering

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมสารอาหารอัตโนมัติสำหรับไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT

Automatic Nutrient Control System for NFT Hydroponics

ผู้จัดทำ

1. นายวิศรุต พงศ์พันธ์วัฒนา 56011149
2. นายวีรภัทร์ ไชยสมพงศ์พันธ์ 56011158
3. นายศักติเมธ ไชยาศิริศิลป์ 56011201


.....
(ผศ.มนต์ชัย ไช้มชัย)

อาจารย์ที่ปรึกษา


.....
(ผศ.ดร.พิชญ์ สุพรรณกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับคำปรึกษาและคำแนะนำที่ดีเป็นประโยชน์อย่างมากจาก ผศ.มนต์ชัย แซ่ม้อย และ ผศ.ดร.พิชญ์ สุพรรณกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมโครงการนี้ ที่คอยให้การอบรมชี้นำความรู้ต่างๆ ในการทำโครงการนี้ ต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับพวกข้าพเจ้า ตลอดจนรุ่นพี่ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการทดลอง

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของพวกข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจและมอบความรักความห่วงใยให้กับพวกข้าพเจ้าเสมอมา

สุดท้ายขอคุณค่าและประโยชน์ความดีอันพึงมีจากโครงการนี้ ขอมอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และถ้าหากมีข้อผิดพลาดประการใดพวกข้าพเจ้าจะขอน้อมรับไว้ อีกทั้งยังหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงการนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจ

วิศรุต พงศ์พันธุ์วัฒนา
วีรภัทร์ ไชยสมพงศ์พันธุ์
ศักดิเมธ ไชยาศิริศิลป์
ผู้จัดทำ

ระบบควบคุมสารอาหารอัตโนมัติสำหรับไฮโดรโปนิคส์แบบ NFT
Automatic Nutrient Control System for NFT Hydroponics

โดย นายวิศรุต พงศ์พันธุ์วัฒนา 56011149

นายวีรภัทร์ ไชยสมพงศ์พันธุ์ 56011158

นายศักดิ์เมธ ไชยาศิริศิลป์ 56011201

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.มนต์ชัย แซ่มซอย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร.พิชญ์ สุพรรณกุล

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างระบบควบคุมสารอาหารอัตโนมัติสำหรับไฮโดรโปนิคส์แบบเทคนิคฟิล์มธาตุอาหาร (NFT) โดยระบบจะควบคุม สภาพความเป็นกรดต่าง (PH) และสภาพการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายธาตุอาหาร เพื่อให้เหมาะสมกับพืชที่ทำการเพาะปลูก ซึ่งในโครงการนี้ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจค่า PH และ EC ของสารละลายธาตุอาหาร และนอกจากนั้นยังมีการส่งข้อความไปแจ้งเตือนผู้ใช้งานผ่านโทรศัพท์อัจฉริยะเพื่อความสะดวก

ABSTRACT

The objective of this project is to design and fabricate an automatic nutrient control system for nutrient film technique (NFT) hydroponics. The potential of hydrogen ion (PH) and electrical conductivity (EC) of the nutrient solution are controlled to suitable for each plant. The microcontroller is used to check PH and EC. Moreover, the message is alerted via a smartphone for convenience.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1	บทนำ
	1
1.1	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา
	1
1.2	วัตถุประสงค์
	1
1.3	ขอบเขตของโครงการ
	1
บทที่ 2	ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง
	3
2.1	การปลูกพืชไร่นา
	3
2.2	อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
	8
บทที่ 3	การออกแบบและการจัดทำปริญญานิพนธ์
	25
3.1	การออกแบบ
	25
3.2	เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
	32
3.3	การจัดเก็บผลการทดลอง
	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	40
4.1 ผลการทดสอบเครื่องมือวัดสภาพน้ำไฟฟ้า	40
4.2 ผลการทดสอบเครื่องมือวัดค่า pH	43
4.3 ผลการทดลองแอฟพลิเคชัน	46
4.4 ทำการทดลองกับรางวัลปลูกจริง	51
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	54
5.1 สรุปผล	54
5.2 ข้อเสนอแนะ	54
บรรณานุกรม	55
ภาคผนวก	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	2
2.1	3
2.2	4
2.3	5
2.4	5
2.5	8
2.6	9
2.7	9
2.8	13
2.9	14
2.10	16
2.11	17
2.12	18
2.13	19
2.14	20
2.15	20
2.16	23
2.17	24
3.1	25
3.2	19
3.3	28
3.4	29
3.5	29
3.6	30
3.7	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.8 กราฟแสดงค่า pH และ EC ของสารอาหาร	31
3.9 TAB สำหรับเปลี่ยนหน้า	31
3.10 ปริมาณสาร A, B และ Nitric acid	32
3.11 Arduino uno wifi	33
3.12 Ethernet shield	34
3.13 pH Sensor	35
3.14 ขั้ววัดค่าสภาพน้ำไฟฟ้า	35
3.15 Peristaltic pump	36
3.16 Relay Module	37
3.17 Switching power supply	37
3.18 Ultrasonic Module	38
3.19 LED Grow Light	39
4.1 วัดค่าสภาพน้ำไฟฟ้าน้ำประปา	40
4.2 ค่าที่วัดได้จากน้ำประปา	41
4.3 ค่าสภาพน้ำไฟฟ้าน้ำประปาด้วยเครื่องมือวัด	41
4.4 วัดสารละลายเกลือแกง	42
4.5 ค่าที่วัดได้จากสารละลายเกลือแกง	42
4.6 วัดค่าสภาพน้ำไฟฟ้าของสารละลายเกลือแกงด้วยเครื่องมือวัด	43
4.7 วัดสารละลายมาตรฐานที่เป็น กรด	44
4.8 ค่าที่วัดได้จากสารละลายมาตรฐานที่เป็น กรด	44
4.9 วัดสารละลายมาตรฐานที่เป็น กลาง	45
4.10 ค่าที่วัดได้จากสารละลายมาตรฐานที่เป็น กลาง	45
4.11 วัดสารละลายมาตรฐานที่เป็น เบส	46
4.12 ค่าที่วัดได้จากสารละลายมาตรฐานที่เป็น เบส	46
4.13 อุณหภูมิบนแอปพลิเคชัน	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.14 ค่า EC บนแอปพลิเคชัน	47
4.15 ค่า pH บนแอปพลิเคชัน	48
4.16 กราฟบนแอปพลิเคชัน	48
4.17 ปริมาณสารอาหารสำรองบนแอปพลิเคชัน	49
4.18 แจ็งเตอนเมื่อสารอาหาร A เหลือน้อย	49
4.19 แจ็งเตอนเมื่อสารอาหาร B เหลือน้อย	50
4.20 แจ็งเตอนเมื่อกรดไนตริกเหลือน้อย	50
4.21 แจ็งเตอนเมื่อระบบขาดการเชื่อมต่อ	51
4.22 เพาะเมล็ดลงในถ้วยปลูก	52
4.23 การเจริญเติบโต เมื่อเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์	52
4.24 การเจริญเติบโต เมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์	53
4.25 การเจริญเติบโต เมื่อเวลาผ่านไป 3 สัปดาห์	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่า pH และ EC ที่เหมาะสมในการปลูกพืชแต่ละชนิด	7
3.1	ค่า EC และ pH ที่เหมาะสมของพืชแต่ละชนิด	26
3.2	ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน กับ กรด – เบส	34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นับได้ว่าเป็นฐานการผลิตพืชผลทางเกษตรที่ยิ่งใหญ่จึงได้ชื่อว่าเป็นครัวของโลกโดยเฉพาะในประเทศไทยทั้งนี้ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้เวลาปลูกแบบดั้งเดิมมีการใช้สารเคมีเพื่อเร่งผลผลิตและกำจัดศัตรูพืช เกษตรกรบางส่วนจึงหันมาใช้วิธีการปลูกพืชแบบไร้ดินหรือ ไฮโดรโปนิคส์ ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์ต้องมีการควบคุมปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม เช่น อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหาร ความเป็นกรดต่างของสารละลายธาตุอาหาร (PH) และค่าสภาพการนำไฟฟ้า (EC) ในปัจจุบันการปลูกผักไร้ดินหรือที่เรียกว่าการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิคส์ ได้รับความนิยมนอย่างมาก ซึ่งการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิคส์นั้นจะได้ผักที่สะอาดปลอดสารพิษ และที่สำคัญ ในการปลูกผักนั้นไม่จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการปลูกมาก สามารถปลูกในพื้นที่อาศัยที่มีอยู่จำกัด โดยไม่ต้องคำนึงถึงคุณภาพของดินในการปลูกและได้ค่าตอบแทนสูงเนื่องจากผักที่ปลูกนั้นสามารถควบคุมคุณภาพการปลูกได้ง่าย ด้วยเหตุนี้โครงการนี้จึงเป็นโครงการที่ต้องการตรวจวัดคุณภาพการปลูก โดยการพัฒนาาระบบ ตรวจวัดค่าที่แม่นยำนำไปประยุกต์ใช้เป็นเทคโนโลยีการควบคุมคุณภาพของน้ำที่ผสมสารอาหาร ให้คุณภาพของสารละลายนั้นอยู่ในเกณฑ์ที่ผักต้องการ

1.2 วัตถุประสงค์

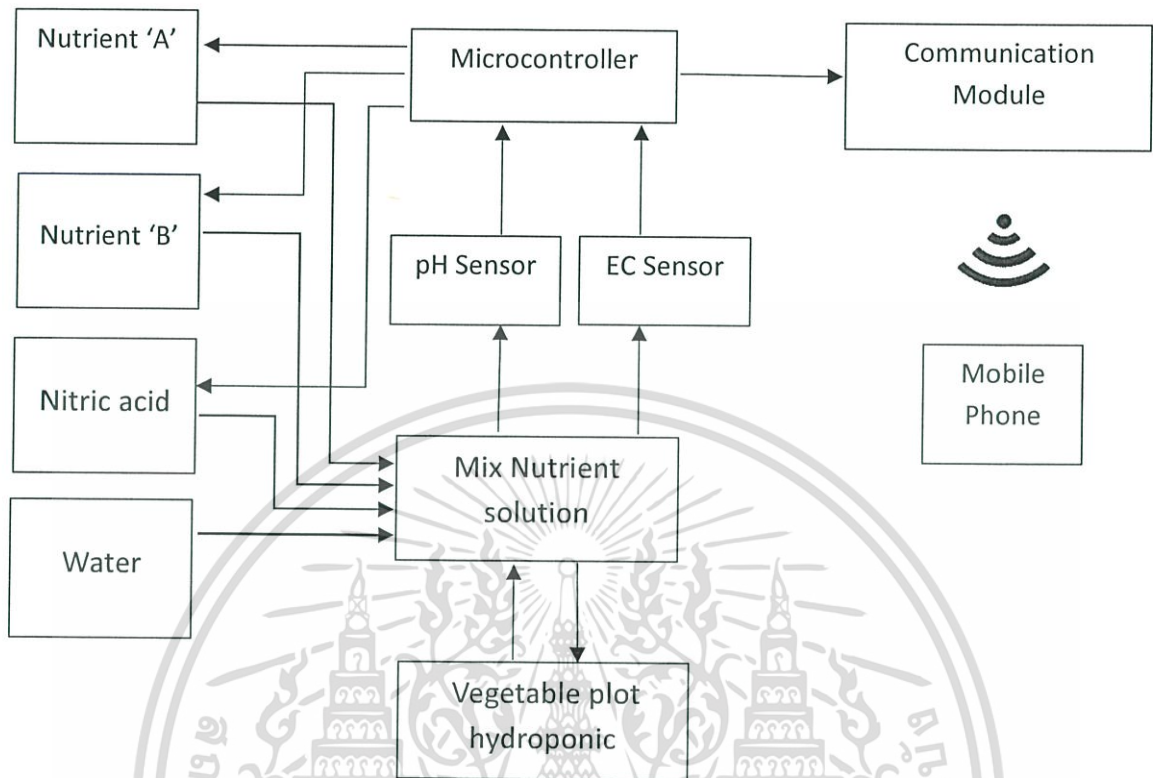
- 1) เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการส่งสัญญาณไร้สาย
- 2) เพื่อออกแบบและสร้างระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ที่มีการควบคุมสารอาหาร
- 3) เพื่อใช้เป็นต้นแบบของระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ที่ไม่ต้องใช้คนดูแลตลอดเวลา

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

บล็อกไดอะแกรมของระบบได้แสดงไว้ในรูปที่ 1.1 ซึ่งมีขอบเขตประกอบไปด้วย

- 1) สามารถตรวจสอบและวัดค่า EC, pH ในระบบได้
- 2) สามารถควบคุมสารอาหารในระบบให้อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

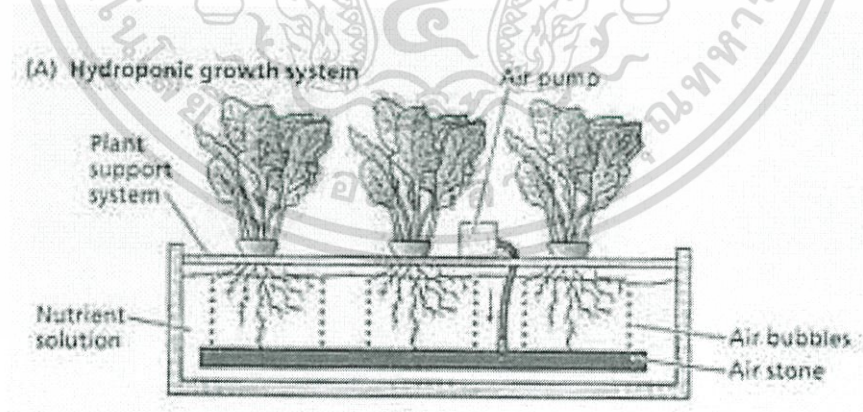
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 การปลูกพืชไร้ดิน

เป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากการปลูกพืช (Hydroponics) สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาโรคระบาดต่างๆ ที่เกิดจากดิน และยังสามารถทำการปลูกได้ในพื้นที่ที่จำกัด อีกทั้งผู้ผลิตยังสามารถควบคุมปริมาณผลผลิตได้ตามความต้องการของตลาดอีกด้วย การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์นั้นเป็นการให้สารละลายธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชผ่านทางรากพืชโดยตรง และปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคนิคหลากหลายวิธีซึ่งจำแนกได้สี่ประเภทดังนี้

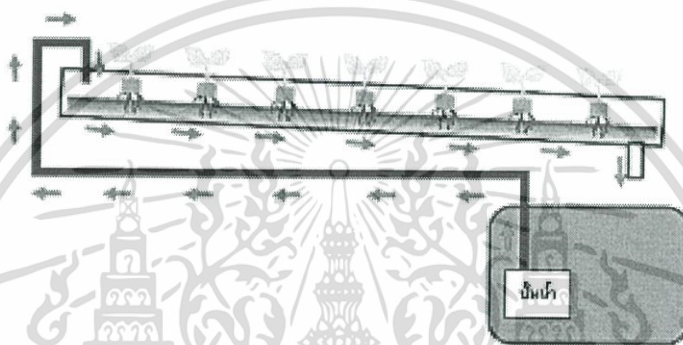
ระบบน้ำลึก (DeepFlowTechnique) หรือ (DFT) เป็นเทคนิคการปลูกพืชโดยให้รากพืชแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารความลึก 10 - 15 เซนติเมตรและทำการเติมออกซิเจนในสารละลายดังรูปที่ 2.1 ระบบน้ำลึกมีความยืดหยุ่นสูงสามารถปลูกพืชได้หลายประเภทรวมถึงใช้เงินลงทุนต่ำแต่มีข้อด้อยที่ต้องปรับระดับน้ำให้เหมาะสม และรากพืชยังได้รับอากาศไม่เพียงพออีกทั้งไม่มีการหมุนเวียนสารละลายทำให้สิ้นเปลืองสารละลายและพืชเป็นโรคได้ง่ายทำให้ผลผลิตตกต่ำ



รูปที่ 2.1 ระบบน้ำลึก [1]

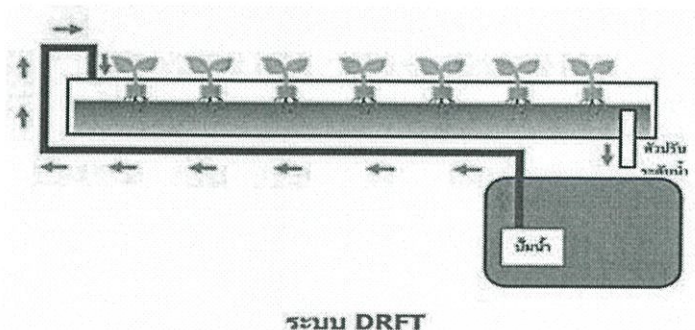
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบน้ำตื้น (Nutrient Film Technique) หรือ (NFT) ซึ่งเป็นระบบที่ได้เลือกทำในโครงการนี้ ถูกพัฒนามาจากระบบน้ำลึก โดยจะทำการปล่อยสารละลายธาตุอาหาร จากถังเก็บสารละลายธาตุอาหารให้ไหลเป็นแผ่นบางๆ ผ่านรากพืชด้วยอัตราความเร็ว 2 ลิตรต่อนาที และมีระดับความลึกของสารละลาย 0.5 เซนติเมตร ความลาดเอียงของราง 2 เปอร์เซ็นต์ดังรูปที่ 2.2 ระบบน้ำตื้นรากพืชจะได้รับออกซิเจนและสารอาหารอย่างเพียงพอ มีการหมุนเวียนของสารละลาย แต่ระบบ NFT ต้องใช้เงินลงทุนสูง



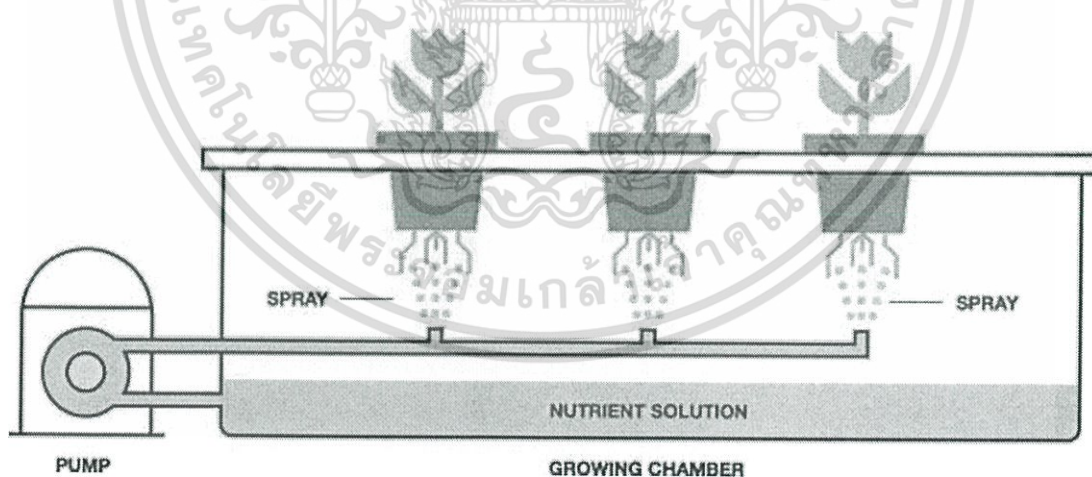
รูปที่ 2.2 ระบบน้ำตื้น [1]

ระบบกึ่งน้ำลึก (Dynamic root floating technique) หรือ (DRFT) แบบรากแช่อีกแบบ แต่ต่างกันที่พื้นที่ในการเติบโตของพืชจะมีมากมาย ความลึกตั้งแต่ 4 - 8 นิ้ว หรือ อาจจะมากกว่าก็ได้ เทคนิคนี้ถูกใช้ปลูกผักได้ในจำนวนมากเป็นเทคนิคที่พัฒนาจากระบบ NFT เพื่อปรับปรุงข้อบกพร่องของ ระบบ NFT โดยมีหลักการทำงาน คล้ายกับระบบ NFT โดยสามารถปรับระดับความลึกของสารละลายระหว่าง 1-10 เซนติเมตรให้เหมาะสมกับพืชที่ปลูกได้ ดังรูปที่ 2.3 ในระบบ DRFT เมื่อหยุดทำงานเนื่องจากขาดพลังงานรากพืชยังสามารถดูดซึมสารอาหารอย่างต่อเนื่องได้ เพราะร่างลำเลียงยังมีสารละลายอยู่แต่ระบบ DRFT ยังประสบปัญหาความร้อนสะสมในร่างลำเลียงอยู่



รูปที่ 2.3 ระบบกึ่งน้ำลึก [1]

ระบบรากแขวนลอย (Aeroponics) คือการจับให้รากพืชลอยอยู่กลางอากาศ และใช้หัวพ่นหมอกฉีดพ่นสารละลายให้ไปสัมผัสกับรากพืช โดยการตั้งเวลาการฉีดให้เหมาะสม ระบบนี้เป็นระบบปิด 100% กล่าวคือ ทำให้การประหยัดน้ำสูงสุด แต่มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก มากกว่าทุกระบบที่กล่าวมาข้างต้น แต่ในบางพื้นที่ที่น้ำขาดแคลนเป็นอย่างมาก ระบบนี้ถูกนำมาใช้เพื่อความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ และในระบบนี้ยังเหมาะกับการปลูกพืชแบบหัวด้วย เช่น แครอท หัวหอม มันเทศ ฯลฯ ลักษณะการปลูกชนิดนี้เป็นดังรูปที่ 2.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิคส์คือการปลูกพืชในน้ำที่มีธาตุอาหารพืชละลายอยู่ หรือการปลูกพืชในน้ำที่มีธาตุอาหารละลายอยู่ หรือการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืช ทดแทนการปลูกพืชผลการเกษตรทั่วไป ซึ่งจำเป็นต้องมีการควบคุมค่าความเข้มข้น EC และค่า pH ของสารละลายเพื่อใช้พืชสามารถใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารได้อย่างครบถ้วนในทุกฤดูกาล และทุกช่วงในการเจริญเติบโตของพืช สำหรับค่าความเข้มข้นและค่า pH มีความสำคัญดังต่อไปนี้

2.1.1 กระบวนการดูดธาตุอาหารของพืชที่ทำให้ค่า pH เกิดการเปลี่ยนแปลง

สาเหตุที่ค่า pH เปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากการที่รากพืชดูดธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารแล้วปลดปล่อย ไฮโดรเจน (H^+) และ ไฮดรอกไซด์ สู่อินทรีย์สารละลายธาตุอาหารทำให้ pH เปลี่ยนแปลงซึ่งมี 2 กรณี คือในกรณีที่ 1 ธาตุอาหารมีไอออนลบหรือแอนไอออน เช่น ไนเตรต ซัลเฟต ฟอสเฟต แล้วปลดปล่อยไฮดรอกไซด์ สู่อินทรีย์สารละลายธาตุอาหารจะทำให้มีค่า pH สูงขึ้น และกรณีที่ 2 ธาตุอาหารที่มีไอออนบวก หรือแคตไอออน เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียมแอมโมเนียม แล้วปลดปล่อยไฮโดรเจน สู่อินทรีย์สารละลายธาตุอาหาร จะทำให้สารละลายมี pH ลดลง

2.1.2 ค่า EC ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

เป็นค่าที่ใช้วัดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารพืชโดยรวมความเข้มข้นของสารละลาย ธาตุอาหารพืชปกติควรอยู่ระหว่าง 1,000 - 1,500 ppm เพื่อให้แรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ของกระบวนการดูดซึมของรากเกิดได้สะดวก ดังนั้นค่า EC ที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 1.0 - 4.0 mS/cm ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืชโดยหากค่า EC สูงจะเป็นอันตรายต่อพืชต้องเฝ้าระวังด้วยน้ำถ้าค่า EC ต่ำต้องเพิ่มความเข้มข้นให้เพียงพอเนื่องจากพืชใช้สารละลายตลอดเวลาทำให้ค่า EC เปลี่ยนแปลงเสมอดังนั้นจำเป็นต้องตรวจวัดทุกวันและปรับค่า ตามความจำเป็นสารอาหารโดยทั่วไปของพืชในประเทศไทยมีค่า EC อยู่ระหว่าง 1.5 - 3.0 mS/cm ซึ่งจะเหมาะสมกับพืชท้องถิ่นภายในประเทศและการควบคุมค่า EC ของสารอาหาร ต้องกำหนดให้แตกต่างกันตามช่วงการเจริญเติบโตของพืช เช่น ขณะยังเป็นต้นกล้าจะควบคุมให้ EC ต่ำกว่าเกณฑ์แล้วจึงเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตของพืช เช่น ณ ช่วงต้นกำหนดค่าที่ 1.0 mS/cm แต่เมื่อเจริญเติบโตไปเรื่อยๆจนกระทั่งถึงวันก่อนเก็บเกี่ยว ก็จะเปลี่ยนเป็น 2.0mS/cm รวมทั้งค่า EC จะแตกต่างกันออกไปตามฤดูกาล โดยพืชแต่ละชนิดมีความต้องการค่า EC ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ค่า pH และ EC ที่เหมาะสมในการปลูกพืชแต่ละชนิด

พืช	pH	EC (mS/cm)
ผักสลัด	6.0 – 7.0	1.1 – 1.7
กะหล่ำปลี	6.5 – 7.0	2.5 – 3.0
กวางตุ้งใบ,ฮ่องเต้	6.0 – 7.0	1.5 – 2.5
บล็อกโคลี่	6.0 - 6.5	1.8 – 2.4
ผักโขม	5.0 – 7.0	1.4 – 1.8

อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการปลูก

1. รางปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ท่อ PVC ขนาดยาว 1 เมตร กว้าง 60 เซนติเมตร
2. ปื้มสารละลาย ใช้ส่งสารละลายเข้าระบบ และ ใช้วนน้ำเพื่อไม่ให้เป็นตะกอน
3. ธาตุอาหาร A,B และกรดไนตริก
4. ถังพลาสติกสำหรับใส่สารละลาย
5. ถ้วยพลาสติก
6. ฟองน้ำใช้สำหรับ เพาะเมล็ด
7. เมล็ดพันธุ์ผัก กรีนโอ๊ค

วิธีปลูก

1. ทำการอนุบาลผักเป็นเวลา 10 – 14 วันผักจะมีใบอ่อน หลังจากนั้นทำการย้ายลงรางปลูกโดย สัปดาห์แรกให้ผักได้รับแสงอ่อนๆ แล้วค่อยขยายเวลารับแสงให้มากขึ้นเรื่อยๆ พยายามหลีกเลี่ยงแสงแดดจัด เพราะจะทำให้ผักตายได้ หากหลีกเลี่ยงไม่ได้ใช้สแลนพรางแสง 50% ในช่วงเที่ยงหรือบ่าย เพื่อลดอุณหภูมิ
2. การเตรียมธาตุอาหาร A , B และ กรดไนตริก
3. ระบบทำการควบคุมให้ค่ามาตรฐานตลอดช่วงเวลาการปลูก

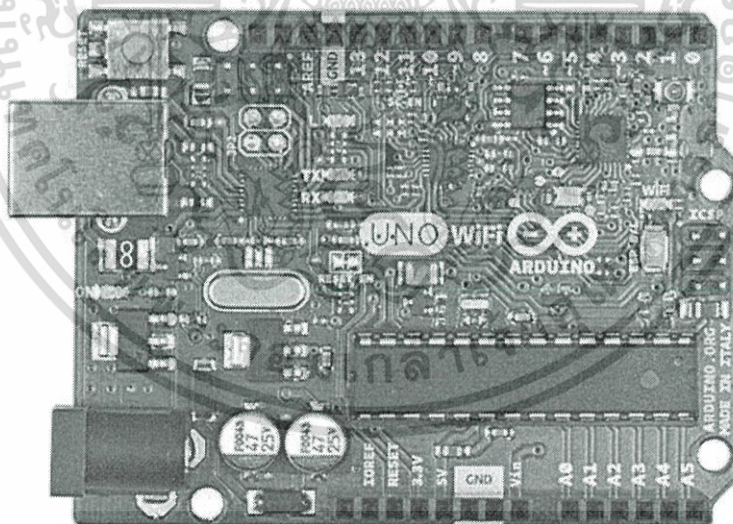
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 Arduino uno wifi

Arduino Uno Wi-Fi เป็น Arduino Uno ใหม่ ดังรูปที่ 2.5 ที่มีโมดูล Wi-Fi แบบสมบูรณ์มีพื้นฐานมาจาก ATmega328P (ข้อมูล) กับ ESP8266 Wi-Fi โมดูลแบบที่ถูกพัฒนา (ข้อมูล) มี 14 ดิจิตอลอินพุต / เอาต์พุต (ซึ่ง 6 พอร์ต สามารถใช้เป็น PWM เอาต์พุต) 6 อนุล็อก 16 MHz แร่เซรามิก การเชื่อมต่อ USB ,แจ็คไฟที่หัว ICSP และปุ่มรีเซ็ต ทุกอย่างที่เป็นเพื่อสนับสนุน ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพียงแค่เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยสาย USB หรืออำนาจกับอแดปเตอร์เพื่อ DC หรือแบตเตอรี่ที่จะเริ่มต้น

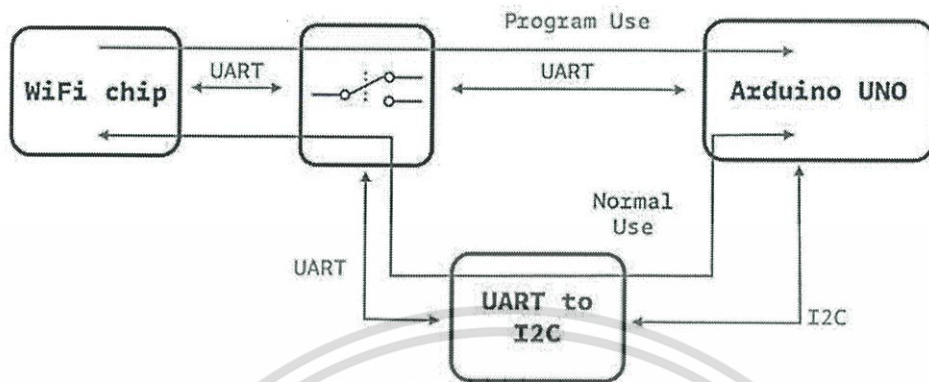
ESP8266 Wi-Fi โมดูลประกอบด้วย SoC กับ protocol stack แบบถูกพัฒนา TCP/IP ที่สามารถให้การเข้าถึงเครือข่าย Wi-Fi (หรืออุปกรณ์สามารถทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อ.) หนึ่งในคุณสมบัติที่มีประโยชน์ของ Uno Wi-Fi คือการสนับสนุนสำหรับ OTA (Over-the-air) การเขียนโปรแกรมอย่างใดอย่างหนึ่งสำหรับการถ่ายโอนภาพร่าง Arduino หรือเฟิร์มแวร์ Wi-Fi



รูปที่ 2.5 Arduino uno wifi [6]

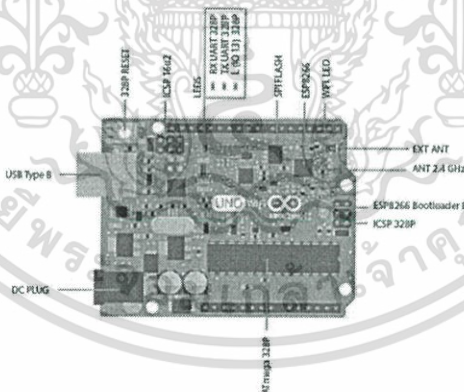
บน Arduino Uno Wi-Fi มี SC16IS750IBS IO Expander เดี่ยว UART ด้วยอินเตอร์เฟส I2C บัส / SPI ที่ช่วยให้การสื่อสารระหว่าง ATMEGA 16u2, AtMega328p และ ESP8266EX ดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แผนภาพการทำงานผ่านการเชื่อมต่อ wifi บนบอร์ด arduino [6]

Arduino Uno Wi-Fi ช่วยให้สามารถติดต่อสื่อสารผ่านทาง Wi-Fi ด้วยเซ็นเซอร์หรือตัวกระตุ้นโดยติดตั้งอยู่บนบอร์ดในการสร้างอย่างง่ายตายและรวดเร็วระบบ IoT และสามารถใช้ Arduino Uno Wi-Fi เป็นลูกค้าของเครือข่ายโดย Wi-Fi เป็นเซิร์ฟเวอร์ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ ลูกค้าสามารถสร้างการเชื่อมต่อ Wi-Fi โดย Arduino uno wifi นี้มีขาในการเชื่อมต่อดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ขาต่างๆ ของ Arduino uno wifi [6]

สำหรับการเขียนโปรแกรมของ Arduino นั้นจะใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบภาษาซีประยุกต์ แบบหนึ่ง ที่มีโครงสร้างการทำงานของตัวภาษาโดยรวมคล้ายกับ ภาษาซีมาตรฐาน (ANSI-C) ทั่วไป เพียงแต่ว่าได้มีการปรับปรุงเพื่อลดความยุ่งยากในการใช้งานลง เพื่อให้ผู้ใช้งานและ เขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมได้ง่ายและสะดวกมากกว่าเขียนภาษาซีแบบมาตรฐานโดยตรง ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว การเขียนโปรแกรม Arduino สามารถใช้คำสั่งต่างๆ ที่เป็นคำสั่งตามมาตรฐานของ ANSI-C เข้ามาใช้ในการเขียนโปรแกรมได้ทันทีโดยรูปแบบการเขียนโปรแกรมและการใช้งานคำสั่งนั้น สามารถอ้างอิงได้จากหนังสือตำราของภาษาซีมาตรฐาน ANSI-C ได้โดยตรง

ภาษาซีของ Arduino มีการจัดแบ่งรูปแบบโครงสร้างของการเขียนโปรแกรมออกเป็น ส่วนย่อยหลายๆส่วน โดยเรียกแต่ละส่วนว่า ฟังก์ชัน เมื่อนำฟังก์ชันรวมเข้าด้วยกัน ก็จะเรียกว่า โปรแกรมโดยโครงสร้างการเขียนโปรแกรมของ Arduino ทุกโปรแกรมจะต้องประกอบไปด้วย ฟังก์ชัน จำนวนเท่าใดก็ได้ แต่อย่างน้อยที่สุดต้องมีฟังก์ชัน จำนวน 2 ฟังก์ชัน คือ `setup()` และ `loop()` โครงสร้างพื้นฐานของภาษาซีที่ใช้กับ Arduino นั้นจะประกอบไปด้วย 3 ส่วนด้วยกันคือ

1) Header ในส่วนนี้จะมีหรือไม่มีก็ได้ถ้ามีต้องกำหนดไว้ในส่วนเริ่มต้นของโปรแกรม ซึ่งส่วนของ Header ได้แก่ส่วนที่เป็น Compiler Directive รวมไปถึงส่วนของการประกาศตัวแปร และค่าคงที่ ที่จะใช้ในโปรแกรม

2) `Setup()` ในส่วนนี้เป็นฟังก์ชันบังคับ ที่ต้องกำหนดใหม่ในทุกโปรแกรม ถึงแม้ว่าในบางโปรแกรมจะไม่ต้องใช้งานก็ยังไม่จำเป็นต้องประกาศไว้ด้วยเสมอไปแต่ไม่ต้องเขียนคำสั่งไว้ในระหว่างวงเล็บปีกกา `{}` ที่ใช้เป็นตัว กำหนดขอบเขตของฟังก์ชัน โดยฟังก์ชัน นี้จะใช้สำหรับบรรจุคำสั่ง ในส่วนที่ต้องการให้โปรแกรมทำงานเพียงรอบเดียวตอนเริ่มต้น ทำงานของโปรแกรมครั้งแรกเท่านั้น ซึ่งได้แก่คำสั่งเกี่ยวกับการ Setup ค่าการทำงานเช่น การกำหนดหน้าที่การใช้งานของ PinMode และการกำหนดค่า Baud Rate สำหรับใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรม เป็นต้น

3) `loop()` เป็นฟังก์ชันบังคับ ที่ต้องกำหนดให้มีในทุกโปรแกรมเช่นเดียวกับ ฟังก์ชัน `setup()` โดยฟังก์ชัน `loop()` นี้จะใช้บรรจุคำสั่ง ที่ต้องการให้โปรแกรมทำงานเป็นวงรอบซ้ำกันไปไม่รู้จบ ซึ่งถ้า เปรียบเทียบกับ รูปแบบของ ANSI-C ส่วนนี้ก็คือ ฟังก์ชัน `main()` นั่นเอง ส่วนแรกเป็นส่วนเริ่มต้น ของโปรแกรมเรียกว่า Header โดยประกอบด้วยคำสั่ง `#include` ซึ่งเป็นคำสั่ง พิเศษที่เรียกว่า Compiler Directive ซึ่งไม่ใช่คำสั่ง สำหรับสั่งงานในโปรแกรม ดังนั้นคำสั่ง นี้จึงไม่ต้องมีเครื่องหมายเซมิโคลอนปิดท้ายคำสั่ง เหมือนคำสั่งอื่น ๆ โดย Compiler Directive จะใช้ ทำหน้าที่สำหรับบอกให้ Compiler รับรู้เงื่อนไขในการแปลคำสั่งเท่านั้น ในกรณีคำสั่ง `#include` จะใช้ สำหรับบอกให้ Compiler รับรู้ว่าการแปลคำสั่ง ของโปรแกรมนี้อาศัยไฟล์ภายนอกใดบ้างที่ จำเป็นต้องใช้ร่วมในการแปลคำสั่ง ให้กับ โปรแกรมนี้ โดยจากตัวอย่างข้างต้นจะเป็นการบอกให้ Compiler ทำการผนวกไฟล์ชื่อ “`Servo.h`” เข้ามาใช้เพื่อเรียกใช้คำสั่ง ที่บรรจุไว้เข้ามาใช้งานใน โปรแกรม เมื่อพบคำสั่ง `#include` ตัวแปลภาษาของตัว Arduino จะไปค้นหาไฟล์ระบุไว้ใน

เครื่องหมาย < > หลังคำสั่ง #include จากตำแหน่งไดเรกทอรีที่เก็บ รวบรวมไลบรารีของโปรแกรม Arduino ไว้ ซึ่ง ก็คือ “..\arduino-0012\hardware\libraries\” เช่น เมื่อได้ทำการติดตั้งโปรแกรมของ Arduino ไว้ที่ Directory ที่ชื่อว่า “c:\arduino-0012” ไฟล์ภายนอกส่วนที่เป็น Library Function และ Header ต่างๆ จะถูกรวบรวมเก็บ ไว้ที่ “c:\arduino-0012\hardware\libraries\” เมื่อโปรแกรมพบคำสั่ง #include โปรแกรมของ Arduino จะไปทำการค้นหาไฟล์จากตำแหน่งของไดเรกทอรีที่ชื่อ “c:\arduino-0012\hardware\libraries\” นั่นเอง โดยส่วนHeaderจะนับรวมไปถึงคำสั่งที่ใช้ประกาศสร้างตัวแปร(Variable Declaration) และ ค่าคงที่(Constant Declaration) รวมทั้งฟังก์ชัน (Function Declaration)

สำหรับส่วนที่มีความสำคัญและจำเป็นที่สุดของโปรแกรม Arduino ที่จำเป็นต้องมี และจะขาด ไม่ได้ในการเขียนโปรแกรมของ Arduino คือ ฟังก์ชัน setup() และฟังก์ชัน loop() ซึ่งฟังก์ชัน ทั้ง 2 ส่วนนี้ มีรูปแบบโครงสร้างที่เหมือนกัน แต่ถูกกำหนดด้วยชื่อของฟังก์ชัน เป็นการเฉพาะ คือ setup() และ loop() โดย setup() จะเขียนไว้ก่อน loop() ซึ่งทั้ง 2 ฟังก์ชันนี้มีขอบเขตเริ่มต้นและสิ้นสุดอยู่ภายใต้เครื่องหมาย {} หน้าที่ของฟังก์ชัน setup() ใน Arduino คือใช้ทำหน้าที่เป็นส่วนของโปรแกรมน้อยๆสำหรับใช้ บรรจุคำสั่งต่างๆที่ใช้สำหรับกำหนด การทำงานของระบบหรือ กำหนดคุณสมบัติการทำงานให้กับ อุปกรณ์ คำสั่งทั้งหมดที่บรรจุไว้ภายใต้ฟังก์ชันของ setup() จะ ถูกเรียกขึ้นมาทำงานเพียงรอบเดียวคือ ในตอนเริ่มต้น การทำงานของโปรแกรม หลังการรีเซ็ตให้ MCU เกิดการเริ่มต้นทำงานเท่านั้น คำสั่ง ที่นิยมบรรจุไว้ในฟังก์ชัน ส่วนนี้ ได้แก่คำสั่ง สำหรับ กำหนดโหมดการทำงานของ Digital Pin หรือ คำสั่งสำหรับกำหนดคุณสมบัติของพอร์ตสื่อสารอนุกรมหน้าที่ของฟังก์ชัน loop() ใน Arduino คือ ใช้เพื่อทำหน้าที่เป็นส่วนหลักของโปรแกรมหลัก สำหรับใช้บรรจุคำสั่ง ควบคุมการทำงานของโปรแกรม ที่ต้องการใช้โปรแกรมทำงานโดยคำสั่งที่บรรจุไว้ในฟังก์ชัน นี้จะถูกเรียกขึ้นมาทำงานถนัดตามลำดับ และเงื่อนไขที่กำหนดไว้จะเห็นได้ว่า โปรแกรมนี้จะประกอบไปด้วยคำสั่งที่เขียนขึ้นเองส่วนหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งเป็นคำสั่งจากภายนอกที่มีการสร้างและเก็บรวบรวมเป็นไฟล์ในรูปแบบของไลบรารี ฟังก์ชันเก็บอยู่ภายนอกโปรแกรมเมื่อต้องการใช้งานก็สั่งผนวกไฟล์นั้นเข้ามาใช้งานในโปรแกรมจาก นั้นก็สามารถเรียกใช้งานคำสั่งที่สร้างเก็บไว้ในไฟล์นั้นได้ตามต้องการ

2.2.2 Ethernet shield

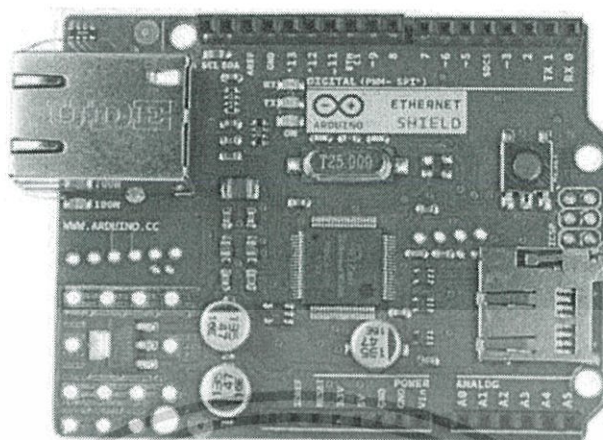
Arduino Ethernet Shield V1 ดังรูปที่ 2.8 ช่วยให้บอร์ด Arduino สามารถเชื่อมต่อ อินเทอร์เน็ตได้ ขึ้นอยู่กับชิป Wiznet W5100 อินเทอร์เน็ต Wiznet W5100 ให้บริการเครือข่าย (IP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สแต็กที่สามารถใช้งานได้ทั้ง TCP และ UDP รองรับการเชื่อมต่อซ็อกเก็ตพร้อมกันได้ถึง 4 แบบ ใช้ไลบรารี Ethernet เพื่อเขียนสเก็ทซ์ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตโดยใช้อินเทอร์เน็ตเชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino โดยใช้ส่วนหัวห่อหุ้มสายยาวที่ยื่นผ่านซิลด์วิธีนี้ทำให้รูปแบบของขาไม่พังทลายและอนุญาตให้วางซ้อนกันไว้ที่ด้านบนการแก้ไขล่าสุดของบอร์ดจะทำให้ 1.0 สลักบน rev 3 ของบอร์ด Arduino UNO Ethernet Shield V1 มีการเชื่อมต่อ RJ-45 มาตรฐานพร้อมด้วยหม้อแปลง ไฟฟ้าแบบรวมและ Power over Ethernet มีช่องเสียบการ์ด micro-SD ในตัวซึ่งสามารถใช้เก็บไฟล์สำหรับให้บริการผ่านเครือข่ายได้ มันเข้ากันได้กับบอร์ด Arduino / Genuino ทั้งหมด เครื่องอ่านการ์ด micro SD ในบอร์ดสามารถเข้าถึงได้จาก SD Library เมื่อทำงานกับห้องสมุดนี้ SS อยู่บน Pin 4 การแก้ไขต้นฉบับของโลมีช่องเสียบการ์ด SD ขนาดเต็มนี้ไม่ได้รับการสนับสนุน ยังมีรีเซ็ตตัวควบคุมเพื่อให้แน่ใจว่าโมดูล W5100 Ethernet ถูกรีเซ็ตอย่างถูกต้องเมื่อเปิดเครื่องขึ้น การปรับเปลี่ยนโลก่อนหน้านั้นไม่สามารถใช้งานร่วมกับเมกะและจำเป็นต้องตั้งค่าด้วยตนเองหลังจากเปิดเครื่องจำเป็นต้องใช้ arduino มีการใช้แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน 5 โวลต์ ความเร็วในการเชื่อมต่อ 10 / 100Mb ใช้กับการเชื่อมต่อกับ Arduino บนพอร์ต SPI ปัจจุบันมีโมดูล Power over Ethernet (PoE) ที่ออกแบบมาเพื่อดึงกระแสไฟจากสายเคเบิล Ethernet ประเภท 5 แบบธรรมดา

- รองรับ IEEE802.3af
- เอาต์พุตและเสียงรบกวนต่ำ (100mVpp)
- ช่วงแรงดันไฟฟ้าขาเข้า 36V ถึง 57V
- ป้องกันการโอเวอร์โวลด์และลัดวงจร
- เอาต์พุต 9V
- ตัวแปลง DC / DC ประสิทธิภาพสูง พิมพ์ 75% โหลด 50%
- การแยก 1500V (input to output)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 Ethernet shield [7]

2.2.3 ทฤษฎีของเครื่องมือวัด

2.2.3.1 เครื่องมือตรวจวัดค่าสภาพการนำไฟฟ้าในน้ำ (EC Sensor)

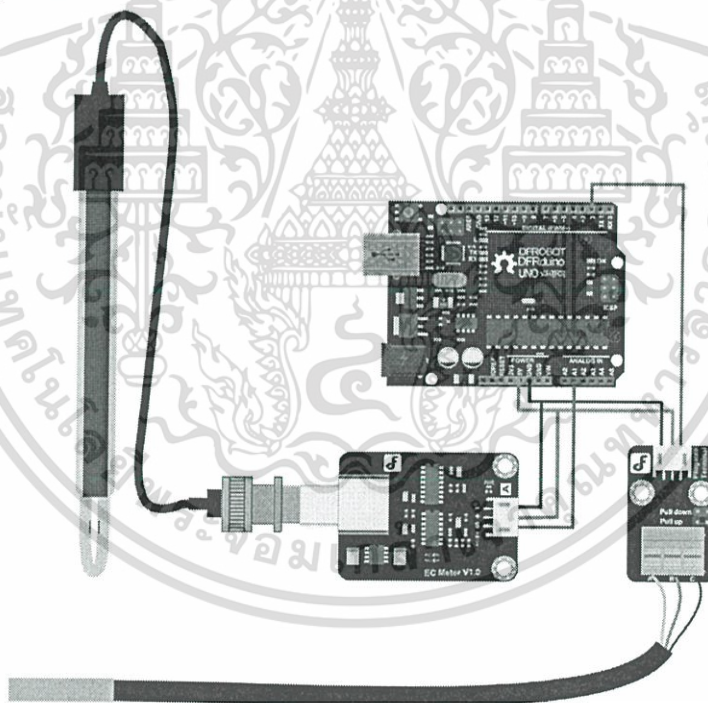
เป็นวิธีวัดความสามารถของน้ำในการส่งผ่านกระแสไฟฟ้า ซึ่งเกิดจากมีอยู่ของสารประกอบอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น แอนไอออนของคลอไรด์ไนเตรต ซัลเฟต และฟอสเฟต (แอนไอออนคือไอออนที่มีประจุลบ) หรือ แคทไอออนของโซเดียมแมกนีเซียม เหล็ก และอะลูมิเนียม (แคทไอออนคือไอออนที่มีประจุบวก) สารประกอบอินทรีย์ เช่น น้ำมัน ฟีนอล แอลกอฮอล์ และน้ำตาล นำไฟฟ้าได้ไม่ดีนักและมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าเมื่อละลายอยู่ในน้ำ การนำไฟฟ้ายังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอีกด้วยถ้าอุณหภูมิสูงค่าการนำไฟฟ้าก็จะยิ่งมากขึ้นด้วยเหตุผล เหล่านี้เองจึงรายงานค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (25 C) หน่วยพื้นฐานที่ใช้วัด การนำไฟฟ้าคือ โมห์ (mho) หรือ ซีเมนส์ (siemens) ค่าการนำไฟฟ้าวัดเป็นไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร ($\mu\text{mhos/cm}$) หรือ ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ($\mu\text{s/cm}$) น้ำกลั่นมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0.5 - 3 $\mu\text{mhos/cm}$ หลายคนสงสัยว่ามีการวัด EC (การนำไฟฟ้า) ไปทำไม เช่น ความเค็มของดิน, ระบบน้ำชลประทานหรือการแก้ปัญหาปุ๋ยเป็นตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมเขตรากของพืช ปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและคุณภาพ การปรากฏตัวของระดับเกลือสูงเป็นสัญญาณเตือนเพื่อให้การปรับระดับเกลือต่ำอาจนำไปสู่การขาดสารอาหารไม่ต้องรอให้ปัญหาในวัดก่อนที่ความเสียหายที่แสดงให้เห็นในพืช ในแง่ของ ของเหลวที่เรามักจะใช้เป็นส่วนกลับของความต้านทานซึ่งก็คือค่าสภาพการนำไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sigma = \frac{1}{R} \quad (2.1)$$

σ คือ สภาพนำไฟฟ้า (S/m) และ R คือ ความต้านทาน (Ω)

การนำไฟฟ้าของน้ำสามารถสะท้อนให้เห็นถึงระดับของอิเล็คโทรไลต์ที่อยู่ในน้ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอิเล็คโทรไลต์การนำของสารละลายที่ต่างกันอะนาล็อก EC Meter ตัวนี้มีเอกลักษณ์และมันถูกออกแบบมาเป็นพิเศษสำหรับการควบคุม Arduino และได้สร้างในลักษณะที่เรียบง่ายสะดวกและปฏิบัติหลังจากที่การเชื่อมต่อที่ง่ายตามแผนภาพและ อัฟโหลด โปรแกรมที่จะสามารถที่จะวัดค่า EC ได้อย่างง่ายดาย ในระบบหน่วย SI สภาพการนำไฟฟ้ามีหน่วยเป็น ซีเมนส์/เมตร (S/M) และหน่วยอื่น ๆ : S/M, MS/CM , ไมโครวินาที/ซม. ความสัมพันธ์ของการแปลงคือ $1\text{S/m} = 1000\text{ms/m} = 1000000 \text{ uS/m} = 10\text{ms/CM} = 10000 \text{ uS/CM}$ วิธีการเชื่อมต่อเป็นดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 รูปแบบการเชื่อมต่อ EC Sensor [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักของการวัดค่า EC

ประการแรกเปิดดู schematic วงจรและหา U3B ชิพ มันประกอบด้วยวงจรปรับขนาดแบบย้อนกลับ ฟังก์ชันการถ่ายโอนมีค่า $V_o = R_{10} / R * V_i$ R_{10} เป็นแรงต้านทานย้อนกลับ และมีค่าเป็น 820Ω ตามวงจร R คือ แรงต้านทานเมื่อขั้วไฟฟ้าที่ใส่อยู่ในสารละลาย ค่ามันจะเกี่ยวข้องกับค่าการนำของสารละลาย R_{10} / R เรียกว่ากำลังการขยาย เมื่อ R ที่มีการเปลี่ยนแปลงการขยายยังมีการเปลี่ยนแปลงดังนั้น V_o มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น V_o มีความสัมพันธ์กับ R ทางด้านขวาของวงจรการปรับขนาดแบบย้อนกลับจะมีค่าแน่นอน มันเป็นฟังก์ชันการถ่ายโอน $V_o = |V_i|$ ตัวอย่าง Arduino เอาท์พุทของวงจรที่มีค่าแน่นอนคุ่มค่าในการคำนวณค่าสภาพการนำไฟฟ้าต่อไปนี้จะวิเคราะห์หลักการวัดอย่างคร่าวๆ

ความหมายของความต้านทาน :

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.2)$$

ρ คือค่าสภาพความต้านทาน, L คือความยาวขององค์ประกอบตัวต้านทาน และ A คือส่วนตัดของตัวต้านทานสำหรับการใช้งานในกระบวนการวัดค่า EC ความหมายของสภาพการนำไฟฟ้า

$$K = \frac{1}{\rho} \quad (2.3)$$

จากสองสมการด้านบนเราจะได้สมการนี้

$$K = \frac{1}{R} \times \frac{L}{A} \quad (2.4)$$

$\frac{1}{R}$ เรียกว่าค่าสภาพการนำไฟฟ้าส่วน และ $G \frac{L}{A}$ เรียกว่าค่าคงที่ Vessel ในที่นี้แทนด้วย Q

ฟังก์ชันการถ่ายโอนของการวัดคือ

$$V_{out} = \frac{R_{10}}{R} \times |V_m| \quad (2.5)$$

R คือความต้านทานของอิเล็กโทรดเมื่อใส่ลงในสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

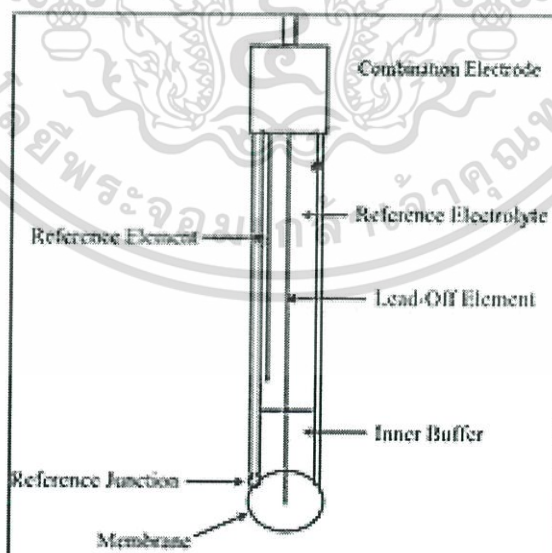
สรุปว่าเราได้จะได้สมการนี้ขึ้นมา

$$K = \frac{Q}{R_{10} \times |V_{IN}|} \times V_{OUT} \quad (2.6)$$

Q คือค่าคงที่ของ Vessel และแตกต่างจากกันอิเล็กทรอนิกส์ทรอดในวงจร R_{10} มีค่าเป็น 820 Ω นอกจากนี้ V_{in} ยังคงเป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับวงจรที่ก่อให้เกิดสัญญาณ มีค่าประมาณ 200mV ดังนั้นเราจะเห็นแรงดันเอาต์พุตการนำไฟฟ้ามีค่าเป็นเป็นเชิงเส้นค่อยๆเพิ่มขึ้น

2.2.3.2 เครื่องมือวัดค่า pH

เครื่องมือวัดค่า pH อาศัยหลักการวัดความต่างศักย์ของไฟฟ้า (electrical potential) ที่เกิดขึ้นระหว่างอิเล็กโทรดวัด (indicatorelectrode) ซึ่งจุ่มอยู่ในสารละลายแล้วเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าให้เป็นค่า pH โดยการเทียบค่ากับบัฟเฟอร์มาตรฐาน (standard buffer) การคำนวณค่า pH ดัดแปลงมาจากสมการของเนิร์นสต์ (Nernst's equation) ซึ่งหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า ของเซลล์ไฟฟ้า (electrical cell) ใดๆ โดยการวัดเทียบกับไฮโดรเจนอิเล็กโทรด (hydrogen electrode) ซึ่งกำหนดให้มีแรงเคลื่อนทางไฟฟ้าเท่ากับ 0 โวลต์ที่ 25 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 เครื่องมือตรวจวัดค่า pH แบบขั้วอิเล็กโทรด [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางปฏิบัติไม่นิยมใช้ไฮโดรเจนอิเล็กโทรดเป็นอิเล็กโทรดอ้างอิงสำหรับการหาค่า pH เพราะไฮโดรเจนอิเล็กโทรดมีขนาดใหญ่ไม่สะดวกต่อการใช้งาน ดังนั้น National Bureau of Standard (NBS) จึงกำหนดค่า pH ของบัฟเฟอร์มาตรฐานขึ้นมาโดยการวัดค่า pH ของบัฟเฟอร์มาตรฐานด้วยอิเล็กโทรดวัดชนิด Ag/AgCl เปรียบเทียบกับไฮโดรเจนอิเล็กโทรด เมื่อไม่ใช่วิธีรอยต่อระหว่างของเหลว (liquid junction) การวัดค่า pH ของสารละลายตัวอย่าง ที่ต้องการทราบค่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่า pH ของบัฟเฟอร์มาตรฐานจึงสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{pH}(x) = \text{pH}(s) + \frac{(E_s - E_x)F}{RT \ln(10)} \quad (2.8)$$

$\text{pH}(x)$ คือค่า pH ของสารละลายที่ต้องการวัด, $\text{pH}(s)$ คือค่า pH มาตรฐานมีค่าเท่ากับ 7, E_s คือความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จุดอ้างอิง หรือที่ขั้ววัดมาตรฐาน, E_x คือความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ขั้ววัดค่า pH, F คือค่าคงที่ฟาราเดย์มีค่าเท่ากับ $9.6485 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$, R คือค่าคงที่ของแก๊สมมีค่าเท่ากับ $8.3145 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, T คืออุณหภูมิในหน่วยเคลวิน การวัดค่า pH ของน้ำด้วย pH Sensor kits ดังรูปที่ 2.11

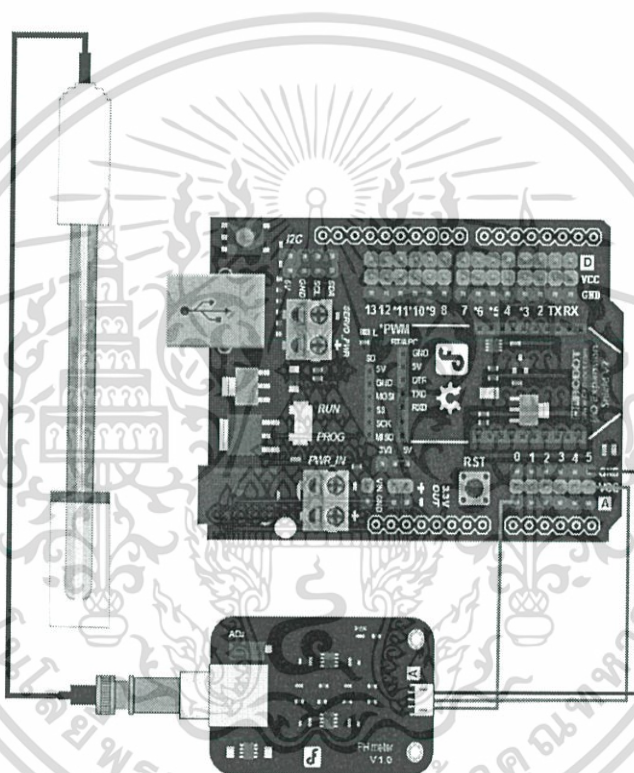


รูปที่ 2.11 โมดูลในการตรวจวัดค่า pH [5]

จำเป็นที่ต้องวัดคุณภาพน้ำและพารามิเตอร์อื่น pH มิเตอร์แบบอนาล็อกตัวนี้ได้รับการออกแบบ มาเป็นพิเศษสำหรับควบคุม Arduino และมีความสะดวกในการใช้งาน การเชื่อมต่อและคุณสมบัติ การเชื่อมต่อตามรูปที่ 2.12 ควรต่ออย่างระมัดระวังเพราะถ้าสลับสายอาจทำให้บอร์ดพังได้ เพราะ ตัว pH Sensor module ออกแบบมาไว้ใช้กับไฟที่ 3.3 V แต่ตัว MCU ของบอร์ดสามารถรับไฟได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 5 V เพื่อติดต่อกับ Arduino ได้จะได้รับการวัดค่า pH ที่ $\pm 0.1\text{pH}$ (25 c) สำหรับสิ่งที่สำคัญมากที่สุดช่วงนี้คือความแม่นยำและเป็นอุปกรณ์มีราคาประหยัดนี้จะทำให้เครื่องมือที่ดี นอกจากนี้ยังมีไฟ LED ที่ทำงานเป็นไฟแสดงสถานะการเชื่อมต่อและเซ็นเซอร์ pH 2.0 อินเตอร์เฟซหัว BNC ที่จะใช้มันเพียงแค่เชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดค่า pH ที่มีการเชื่อมต่อ BND และเสียบอินเตอร์เฟซ pH 2.0 เข้ากับพอร์ตอนาล็อกใด ๆ คอนโทรลเลอร์ Arduino หากเปิดโปรแกรมจะได้รับค่า pH ที่แสดงผลออกมา



รูปที่ 2.12 การเชื่อมต่อ PH Sensor กับ Arduino [5]

2.2.2.3 เครื่องมือตรวจวัดค่าอุณหภูมิ

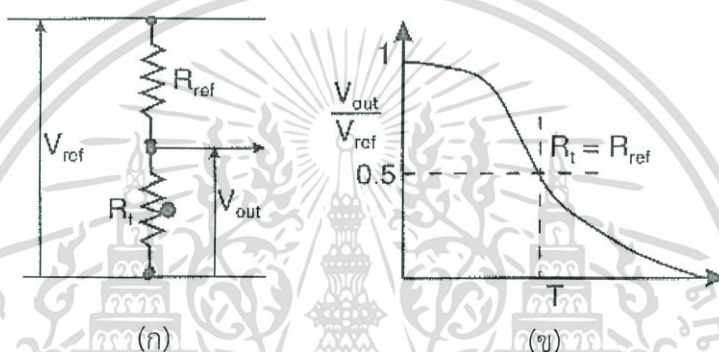
เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ (temperature sensor) วัดอุณหภูมิโดยใช้การเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจากสัญญาณอนาล็อกไปสู่สัญญาณดิจิทัล ที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ โดยมีรูปแบบเซ็นเซอร์ ที่ใช้คือเทอร์มิสเตอร์ เป็นเซ็นเซอร์ที่มีค่าความต้านทาน ภายในมีความไวต่อการวัดอุณหภูมิเป็นอย่างมาก ซึ่งข้อดีของเทอร์มิสเตอร์คือสัญญาณกว้าง ไม่ต้องการการอ้างอิงแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียคือค่าที่ได้ไม่ถูกต้อง และแน่นอนซึ่งค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความต้านทานคือ

$$\frac{1}{T} = A + B \ln(R) + C (\ln(R))^3 \quad (2.9)$$

ซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นโดยจะเพิ่มเทอร์มิสเตอร์ลงไปในวงจรดังรูป 2.13



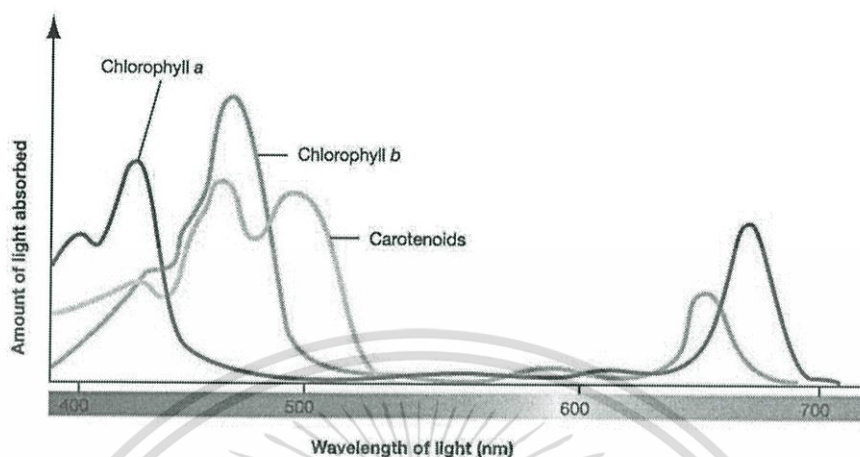
รูปที่ 2.13 (ก) วงจรแบ่งแรงดัน (ข) เอกลักษณ์ของวงจร [4]

จากวงจรดังรูปการวัดผลจะได้ผลดีถ้า R_t มีค่าอยู่ในย่านใกล้เคียงกับ R_{ref} และจะค่อยๆ แล่งลงสำหรับ R_t ที่มีค่าต่างกันออกไปดังนั้นโดยปกติการใช้งานจึงมักจะเซต วงจรให้วงจรมีการตอบสนองค่าที่อยู่ในช่วงกลางๆ

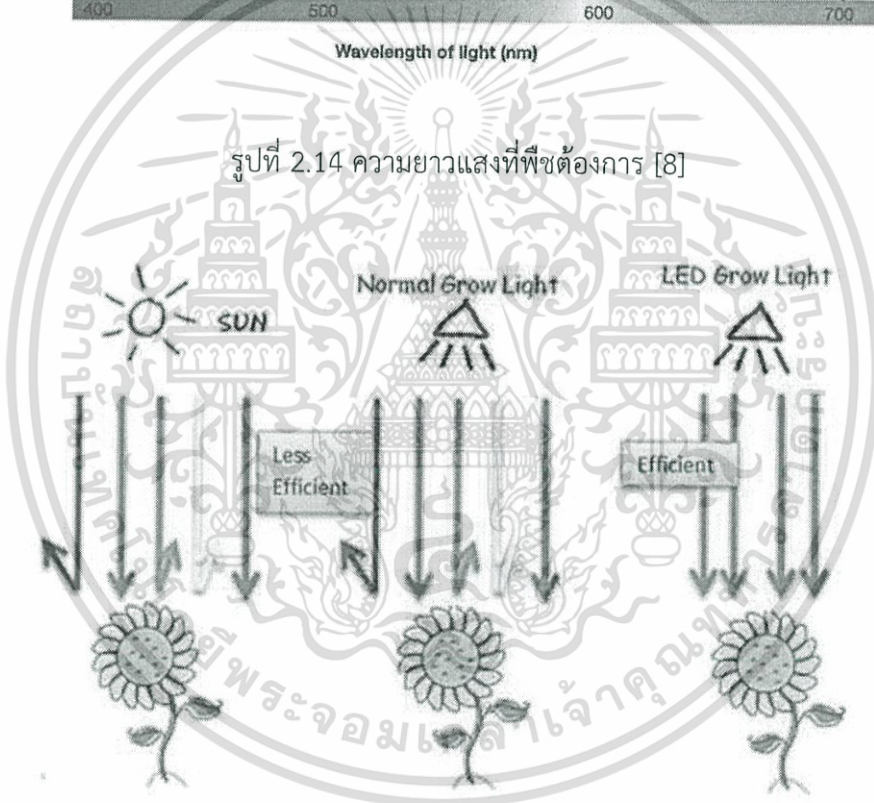
2.2.4 หลอดไฟ LED Grow Light

หลอดไฟ LED Grow Light คือหลอดไฟที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับปลูกต้นไม้ โดยเฉพาะ โดยหลอดไฟ LED Grow Light นั้นจะใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ มาใช้ในการผลิต โดยจะนำคุณสมบัติพิเศษที่เราสามารถพบได้ใน เฉพาะตัวหลอด LED เท่านั้นมาใช้ ซึ่งคุณสมบัติพิเศษของตัวหลอด LED ดังกล่าว ก็คือที่เราสามารถเลือกที่จะให้ตัวหลอด LED ขับเฉพาะความยาวคลื่นแสงที่เราต้องการได้ ซึ่งในกรณีนี้เราจะเลือกความยาวคลื่นแสงที่ประมาณ 430 - 460 nm และ 630-660 nm เนื่องจากความยาวคลื่นแสงในช่วงนี้เหมาะสำหรับการสังเคราะห์แสงของต้นไม้มากที่สุด และยังช่วยในการเจริญเติบโตของต้นไม้มากที่สุดอีกด้วย ดังรูปที่ 2.14 และ รูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 ความยาวแสงที่พืชต้องการ [8]



รูปที่ 2.15 ผลตอบสนองของแสงแต่ละช่วงความยาวคลื่น [8]

ประโยชน์ของแสงสีน้ำเงิน (ความยาวคลื่นแสงประมาณ 430-460 nm)

- เป็นช่วงความยาวคลื่นแสงที่ Chlorophyll a และ Chlorophyll b สามารถดูดซึมได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระตุ้นการผลิต Chlorophyll ทำให้ต้นไม้สามารถสังเคราะห์แสงได้มากยิ่งขึ้น
- เร่งการเจริญเติบโตของลำต้น ช่วยให้ลำต้นแข็งแรงและมีสีเขียวสด สวยงาม
- ประโยชน์ของแสงสีแดง (ความยาวคลื่นแสงประมาณ 630-660 nm)
- เป็นช่วงความยาวคลื่นแสงที่ Chlorophyll a และ Chlorophyll b สามารถดูดซึมได้ดี
- เร่งดอก เร่งผล ช่วยบำรุงดอกและผลให้สมบูรณ์ และช่วยขยายขนาดของผลผลิต
- เร่งการเจริญเติบโตของราก และช่วยให้รากแข็งแรง
- เร่งการเจริญเติบโตของลำต้น
- ประโยชน์แสงอัลตราไวโอเล็ต (ความยาวคลื่นแสงประมาณ 315-400 nm)
- ช่วยฆ่าเชื้อ และลดการเกิดโรคพืช

สำหรับตัวหลอดไฟ LED Grow Light นั้นมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศมานานเนื่องจากสภาพภูมิอากาศในต่างประเทศบางประเทศนั้นไม่เอื้ออำนวยต่อการปลูกต้นไม้ โดยเฉพาะในบางประเทศนั้นจะมีอุณหภูมิค่อนข้างหนาวเย็นและบางประเทศนั้นมีเมฆหมอกหนา ปกคลุมทั่วท้องฟ้าตลอดทั้งปี ทำให้ไม่สามารถที่จะปลูกต้นไม้ภายนอกบ้านได้ ซึ่งเค้าจะใช้หลอดไฟ LED Grow Light สำหรับปลูกต้นไม้โดยเฉพาะนี้มาให้แสงแทนแดดจริงเพื่อที่จะสามารถปลูกเลี้ยงต้นไม้ในที่ร่มหรือในบ้านได้ นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของต้นไม้ โดยจะเปิดไฟชนิดนี้ให้กับต้นไม้ ในช่วงเวลากลางคืนหลังจากพระอาทิตย์ตก เพื่อช่วยให้ระยะเวลาในการสังเคราะห์แสงของต้นไม้ยาวนาน มากขึ้นกว่าเดิม จากปกติที่จะสามารถสังเคราะห์แสงได้เฉพาะช่วงกลางวันที่มีแสงแดดเท่านั้น

หลอดไฟ LED Grow Light เป็นหลอดไฟที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการผลิต โดยจุดเด่นหลักๆของหลอดคือ กินไฟน้อยแต่ให้แสงมาก อายุการใช้งานค่อนข้างนาน สามารถใช้งานได้มากที่สุด 50,000 ชั่วโมง ซึ่งถ้าเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่วไปแล้ว หลอด LED จะสามารถใช้งานได้ยาวนานกว่า ถึงสิบเท่าเลยทีเดียว นอกจากนี้ LED สามารถที่จะจับความยาวของคลื่นค่อนข้างเฉพาะเจาะจง ทำให้เราสามารถที่จะเลือกความยาวของคลื่นแสงที่เราต้องการได้ ด้วยข้อดีนี้เองหลอดไฟ LED Grow Light ที่ใช้กันในปัจจุบันนี้ได้ถือกำเนิดขึ้น

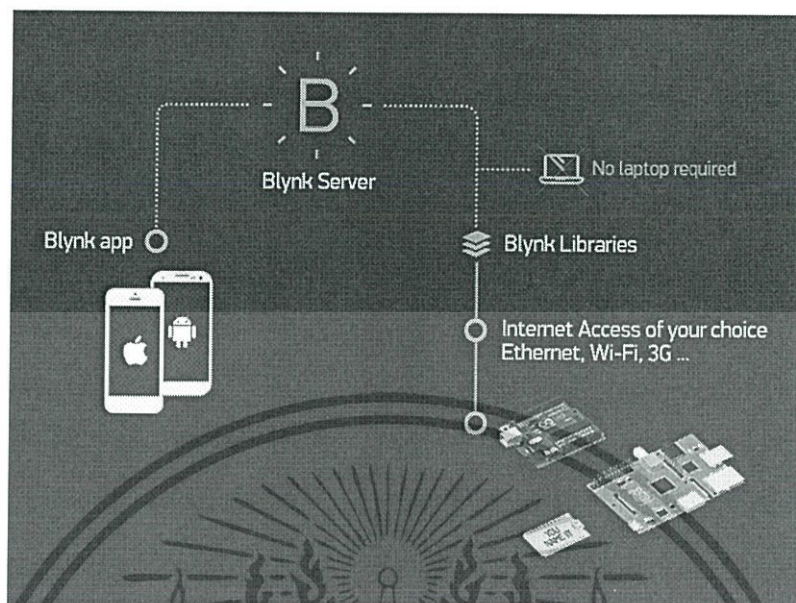
- ช่วยประหยัดพลังงาน และประหยัดค่าไฟมากกว่าหลอดชนิดอื่น
- ความยาวของคลื่นแสงที่ได้ ตรงกับที่ต้นไม้ต้องการใช้ในการสังเคราะห์แสง
- แสงที่ออกมาจากตัวหลอดจะมีความร้อนต่ำ ซึ่งจะไม่ทำให้ต้นไม้เสียหาย
- อายุการใช้งานยาวนาน แสงไม่ดรอป ไม่ต้องเปลี่ยนหลอดบ่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ซอฟต์แวร์ในการพัฒนาแอปพลิเคชันโทรศัพท์สมาร์ทโฟนผ่านระบบ ios และ Android

Blynk เป็นแพลตฟอร์มที่มีแอป iOS และ Android เพื่อควบคุม Arduino, Raspberry Pi และสิ่งที่ชอบผ่านทางอินเทอร์เน็ตเป็นแดชบอร์ดแบบดิจิทัลที่สามารถสร้างอินเทอร์เน็ตเพชกราฟิก สำหรับโครงการได้โดยการลากและวางวิดเจ็ต สะดวกต่อการที่จะตั้งทุกอย่างขึ้นและเริ่มต้น Blynk ไม่ได้เชื่อมโยงกับบอร์ดเฉพาะหรือชิป แต่สนับสนุนฮาร์ดแวร์ที่เลือก ไม่ว่าจะ Arduino หรือ Raspberry Pi ของคุณจะเชื่อมโยงกับอินเทอร์เน็ตผ่าน Wi-Fi Ethernet หรือชิพ ESP8266 ใหม่ Blynk จะช่วยให้สามารถออนไลน์และพร้อมสำหรับ Internet Of Things นอกจากนี้ Blynk ถูกออกแบบมาสำหรับอินเทอร์เน็ตของสิ่งต่างๆสามารถควบคุมฮาร์ดแวร์จากระยะไกลสามารถ แสดง ข้อมูลเซ็นเซอร์สามารถจัดเก็บข้อมูลปรับแต่งและทำสิ่งต่างๆอื่น ๆ ได้มีส่วนประกอบสำคัญสามอย่างในแพลตฟอร์ม

Blynk App ช่วยสร้างอินเทอร์เน็ตเพชที่นำทางสำหรับโครงการโดยใช้ วิดเจ็ตต่างๆ ที่มีให้ เซิร์ฟเวอร์ Blynk รับผิดชอบการสื่อสารทั้งหมดระหว่างสมาร์ทโฟนและฮาร์ดแวร์ และสามารถใช้ Cloud Blynk หรือเรียกใช้เซิร์ฟเวอร์ Blynk ส่วนตัวได้ภายในเครื่อง เป็นโอเพนซอร์สสามารถจัดการอุปกรณ์ได้หลายพันเครื่องและยังสามารถเปิดตัวบน Raspberry Pi ห้องสมุด Blynk สำหรับแพลตฟอร์มฮาร์ดแวร์ที่เป็นที่นิยมทั้งหมดช่วยให้สามารถสื่อสารกับ เซิร์ฟเวอร์ และดำเนินการคำสั่งเข้าและขาออกทั้งหมดทุกครั้งที่คุณกดปุ่มในแอป Blynk ข้อความจะเดินทางไปยังพื้นที่ Blynk Cloud ซึ่งจะพบทางฮาร์ดแวร์ของคุณ มันทำงานเหมือนกันในทิศทางตรงกันข้ามและทุกอย่างเกิดขึ้นในเวลาอันรวดเร็วดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การเชื่อมต่อของ Blynk [9]

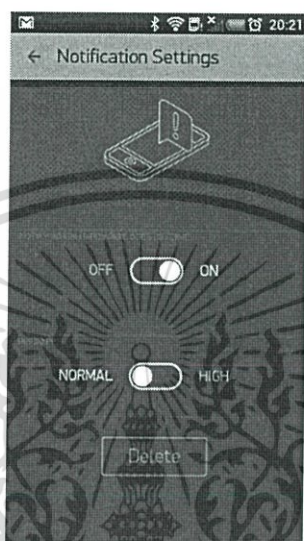
สิ่งที่จำเป็นสำหรับ Blynk

- ฮาร์ดแวร์ Arduino, Raspberry Pi หรือชุดพัฒนาที่คล้ายคลึงกัน Blynk ทำงานผ่านทางอินเทอร์เน็ตซึ่งหมายความว่าฮาร์ดแวร์ที่เลือกจะสามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ บอร์ดบางตัวเช่น Arduino Uno จำเป็นต้องมีเรอ์เน็ตหรือ Wi-Fi Shield เพื่อสื่อสารกับคนอื่น ๆ ที่ใช้อินเทอร์เน็ตอยู่แล้วเช่น ESP8266, Raspberri Pi กับ WiFi dongle, Particle Photon หรือ SparkFun Blynk Board แต่แม้ว่าจะไม่มี Shield ก็สามารถเชื่อมต่อผ่าน USB ไปยังแล็ปท็อปหรือเดสก์ท็อป ได้มีอะไรน่าสนใจคือรายการของฮาร์ดแวร์ที่ทำงานร่วมกับ Blynk มีขนาดใหญ่และจะเติบโตอย่างต่อเนื่อง
- สมาร์ทโฟน pp Blynk เป็นตัวสร้างอินเทอร์เน็ตเพชที่ออกแบบมาอย่างดี ทำงานได้ทั้งบน iOS และ Android

การแจ้งเตือนผ่าน blynk widget Push Notification ดังรูปที่ 2.17 ช่วยให้คุณสามารถส่งการแจ้งเตือนแบบพุชจากฮาร์ดแวร์ของคุณ ไปยังอุปกรณ์ได้ ขณะนี้มี 2 ตัวเลือกเพิ่มเติม ได้แก่ แจ้งเตือนเมื่อฮาร์ดแวร์ออฟไลน์ คุณจะได้รับการแจ้งเตือนแบบกดในกรณีที่ฮาร์ดแวร์ ของคุณออฟไลน์ ออฟไลน์ออฟเซ็คกำหนดระยะเวลาที่ฮาร์ดแวร์สามารถออฟไลน์ได้ (หลังจากเลิกใช้แล้ว) ก่อนที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งการแจ้งเตือน ในกรณีที่เกินระยะเวลา - จะมีการส่งการแจ้งเตือน "ฮาร์ดแวร์ออฟไลน์" คุณจะได้รับการแจ้งเตือนในกรณีที่ฮาร์ดแวร์ถูกเชื่อมต่อใหม่ภายในระยะเวลาที่กำหนด ลำดับความสำคัญสูงที่มีลำดับความสำคัญจะมีโอกาสมากขึ้นที่ข้อความของคุณจะถูกส่งโดยไม่มี ความล่าช้าใดๆ



รูปที่ 2.17 widget notification

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

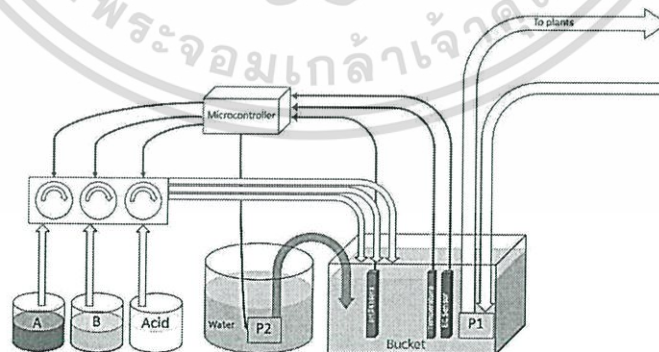
บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปฏิญญาฉบับ

3.1 การออกแบบ

3.1.1 การทำงานของระบบควบคุมสารอาหาร

ระบบจะทำงานอัตโนมัติโดยทำการวัดและควบคุมค่า EC และ pH ของสารละลายใน ระบบให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมกับพืชนั้น ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ตรวจวัดค่า ควบคุม ติดตามและแสดงผล โดยค่า EC และ pH ของสารละลายจากการตรวจวัดค่าจะส่งข้อมูล ไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อ เปรียบเทียบกับค่า EC และ pH ที่ได้ตั้งค่าไว้ ว่าอยู่ในเกณฑ์ตามความ เหมาะสมกับพืชชนิดนั้นหรือไม่ ถ้าค่าที่วัดได้ไม่ได้อยู่ในช่วงที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะ ควบคุมการปรับค่าต่างๆ โดยหากค่า EC ต่ำกว่าเกณฑ์เหมาะสมที่ตั้งไว้ ระบบจะสั่งเปิดการทำงาน Peristaltic pump เพื่อเติมสารละลายธาตุอาหารลงไปในระบบ หากค่า pH ที่วัดได้ มีค่ามากกว่า เกณฑ์เหมาะสมที่ตั้งไว้ ระบบจะสั่งเปิดการทำงาน Peristaltic pump เพื่อเติมกรดไนตริก ลงไป ในสายละลายในระบบ หากค่า EC ต่ำกว่าเกณฑ์เหมาะสมที่ตั้งไว้ ระบบจะสั่งเปิดการทำงาน Peristaltic pump เพื่อเติมสารละลายธาตุอาหารลงไปในระบบ และหากค่า pH มีค่าต่ำกว่า หรือ ค่า EC มีค่าสูงกว่าเกณฑ์เหมาะสมที่ตั้งไว้ ระบบจะสั่งเปิดการทำงาน จ่ายน้ำประปาเข้าไปในระบบ โดยแสดงภาพรวมการทำงานของระบบควบคุมดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การควบคุมค่า EC ในระบบ

สารอาหารของพืชทั่วไปจะมีค่า EC ระหว่าง 2.0 – 4.0 mS/cm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สำหรับประเทศไทยนั้นใช้ค่า EC อยู่ระหว่าง 1.5 – 2.5 mS/cm ซึ่งจะเหมาะสมกับค่าพืชท้องถิ่นในประเทศ และการควบคุม EC ของสารอาหารต้องกำหนดให้แตกต่างตามช่วงการเจริญเติบโตของพืช เช่น ขณะเป็นต้นอ่อน ค่า EC จะถูกควบคุมให้ต่ำกว่าเกณฑ์แล้วเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด ดังนั้น Carruthers (1988) และ Jones(1977) ได้แนะนำการควบคุมค่า EC และ pH สำหรับการปลูกพืชดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่า EC และ pH ที่เหมาะสมของพืชแต่ละชนิด [1]

ที่	พืช	pH	EC (mS/cm)
1	ผักสลัด	6.0 – 7.0	1.1 – 1.7
2	กะหล่ำปลี	6.5 – 7.0	2.5 – 3.0
3	กวางตุ้งใบ, ช่องเต้	6.0 – 7.0	1.5 – 2.5
4	บล็อกโคลี	6.0 – 6.5	1.8 – 2.4
5	ผักโขม	5.0 – 7.0	1.4 – 1.8
6	คะน้า	6.0 – 6.4	1.5 – 3.5
7	ผักกาดหอม	6.0 – 6.5	0.8 – 1.2

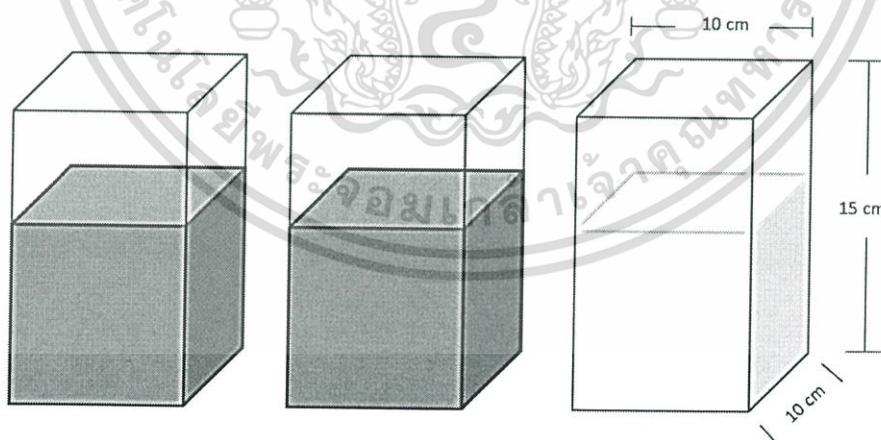
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การควบคุมค่า pH ของระบบ

การควบคุมสารละลายในระบบให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อให้พืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ โดยค่า pH ของสารละลายทั่วไปควรอยู่ในช่วง 5.5 – 6.5 หรือควรจะอยู่ในช่วง 5.8 – 6.2 ซึ่งเป็นช่วงที่พืชสามารถดูดธาตุอาหารทุกตัวได้ดี สำหรับการปลูกพืชในระบบปิด ต้องวัดค่า pH สม่าเสมอโดยในการปรับค่า pH ของสารละลายให้อยู่ในเกณฑ์โดยใช้กรดไนตริกหรือ กรดฟอสฟอริกเพราะเป็นสารเคมีที่อยู่กลุ่มธาตุอาหารหลักของพืชจึงไม่ก่อให้เกิด การเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ที่ไม่สมดุลของสารละลาย

3.1.4 การแจ้งเตือนกรณีปุ๋ยหมด

เนื่องจากระบบควบคุมสารอาหารนี้ออกแบบมาเพื่อให้สามารถควบคุมค่า EC และ pH ให้อยู่ในเกณฑ์ได้อย่างอัตโนมัติ จึงไม่จำเป็นต้องคอยดูแลตลอดเวลา แต่กรณีที่ปุ๋ยสำรองสำหรับเติมเหลือน้อยหรือหมด ทำให้ระบบไม่สามารถทำงานต่อได้ จึงได้ทำการออกแบบการแจ้งเตือนนี้ขึ้น เพื่อแจ้งเตือนว่าปุ๋ยสำรองนั้นเหลือน้อยแล้ว ให้ทำการแก้ไขโดยการเติมปุ๋ยสำรองในถังบรรจุปุ๋ยสำรอง โดยในระบบได้ทำการออกแบบถังบรรจุปุ๋ย ขนาด 10 ซม. * 10 ซม. * 15 ซม. ปริมาตร 1.5 ลิตร ดังรูปที่ 3.2 ระบบจะทำการเตือนเมื่อปุ๋ยเหลือน้อยกว่า 0.4 ลิตร

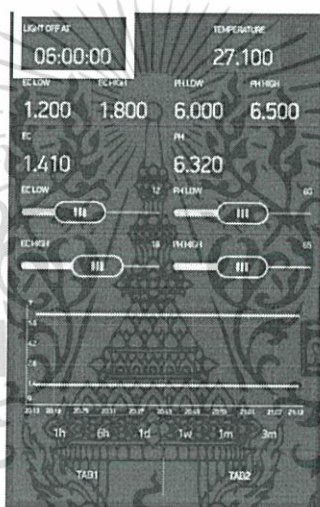


รูปที่ 3.2 ถังบรรจุปุ๋ยสำรอง สำหรับเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 แอปพลิเคชัน

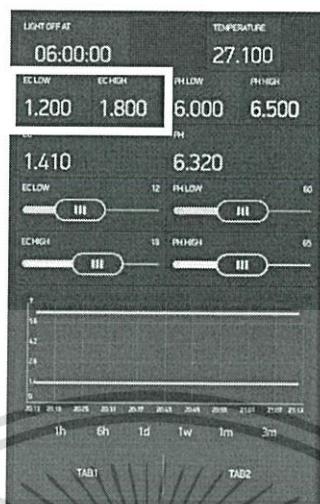
ระบบควบคุมสารอาหารสำหรับผักไฮโดรโปนิกส์ NFT นี้มีส่วนสำคัญคือการควบคุมค่า EC และ pH ของสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งพืชแต่ละชนิดนั้นมีความต้องการปริมาณความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่างกัน ดังนั้นจึงต้องปรับค่า EC และ pH ของสารละลายธาตุให้ตรงกับความต้องการของพืชที่จะปลูก จึงได้ทำการออกแบบแอปพลิเคชันที่สามารถทำการปรับช่วงของเกณฑ์ EC และ pH ได้ เพื่อให้สะดวกสำหรับการใช้งาน โดยในแอปพลิเคชันจะมีการแสดงผลต่างเริ่มต้นจาก เวลาที่เปิด-ปิด ของไฟปลูกพืช ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เวลาเปิด-ปิดไฟ

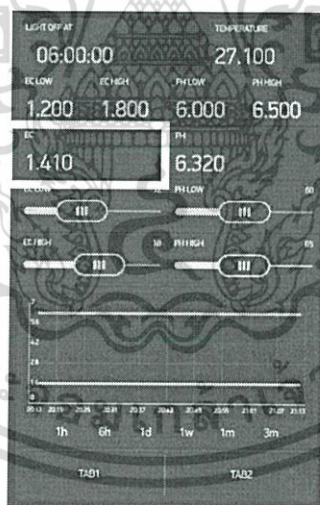
ถัดลงมาจากเวลาเปิด-ปิดไฟ จะเป็นช่วงของค่า EC ที่ได้ทำการกำหนดไว้ ดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ช่วงของค่า EC ที่ได้ทำการกำหนดไว้

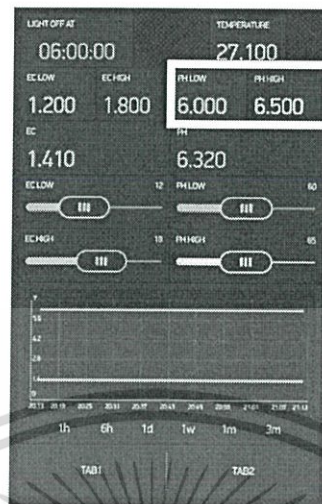
จากนั้นจะเป็นค่า EC ของสารละลายธาตุอาหารที่วัดได้ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ค่า EC ที่วัดได้จากสารอาหาร

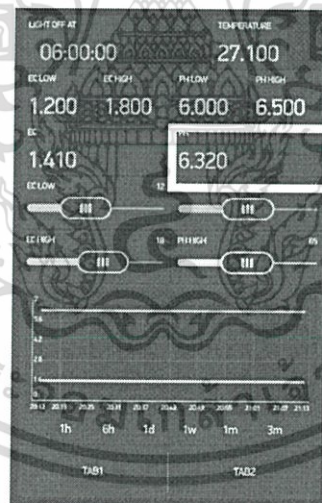
ถัดมาฝั่งขวาจะเป็นช่วงของค่า pH ที่ได้ทำการกำหนดสำหรับควบคุมค่า pH ให้อยู่ในเกณฑ์ที่พืชต้องการ ดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ช่วงของค่า pH ที่ได้ทำการกำหนดไว้

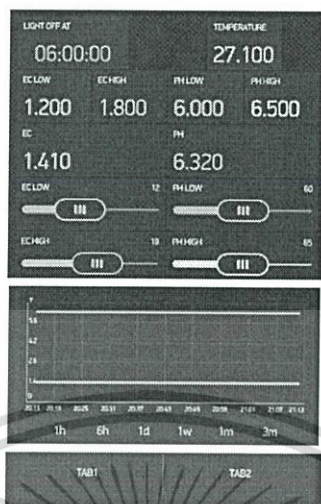
ถัดลงมาจะเป็นค่า pH ที่วัดได้จากสารอาหาร ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ค่า pH ที่วัดได้จากสารอาหาร

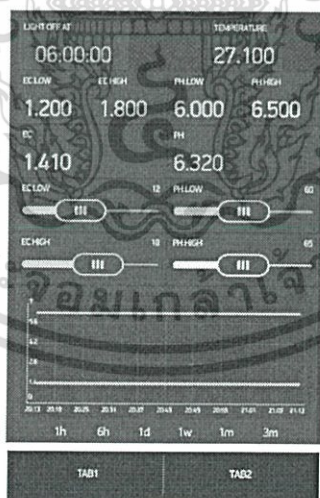
จากนั้นจะเป็นกราฟ ที่แสดงค่า pH และ EC ของสารอาหาร ดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



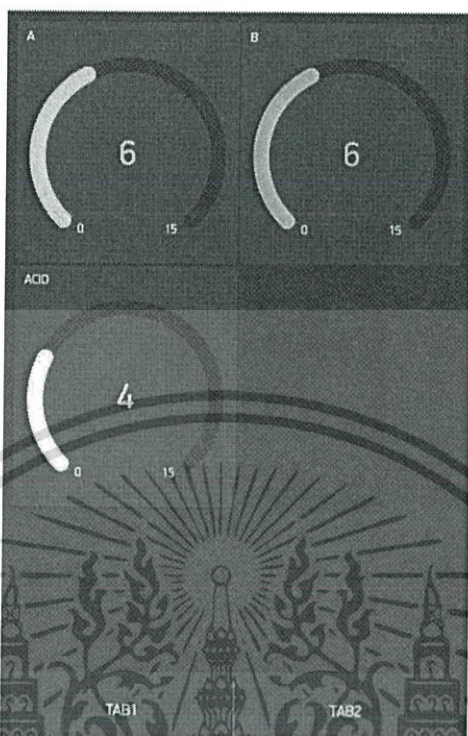
รูปที่ 3.8 กราฟแสดงค่า pH และ EC ของสารอาหาร

ด้านล่างสุดของหน้าต่างแอปพลิเคชันดังรูปที่ 3.9 สามารถเปลี่ยนไป หน้า 2 โดยที่หน้า 2 นั้นจะแสดงปริมาณสาร A, B และ Nitric acid ที่สำรองไว้สำหรับการเติมเพื่อควบคุมค่า EC และ pH ให้ตรงกับเกณฑ์ที่กำหนดดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.9 TAB สำหรับเปลี่ยนหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



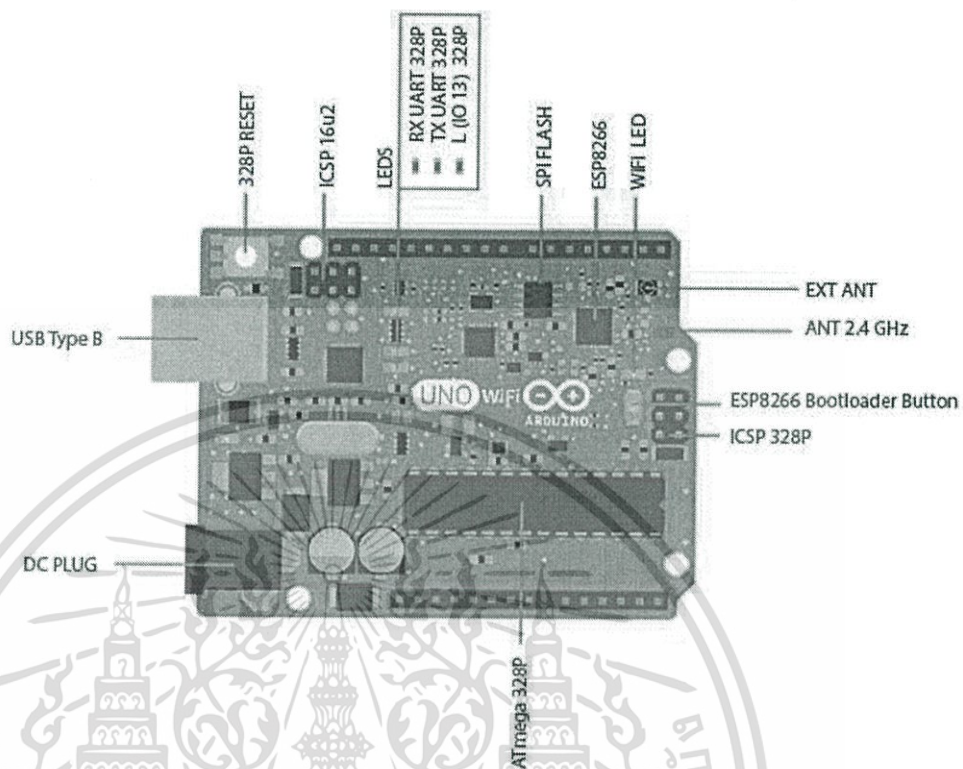
รูปที่ 3.10 ปริมาณสาร A, B และ Nitric acid

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 Arduino uno wifi

Arduino Uno Wi-Fi เป็น Arduino Uno ใหม่ ดังรูปที่ 3.11 ที่มีโมดูล Wi-Fi แบบสมบูรณ์มีพื้นฐานมาจาก ATmega328P (ข้อมูล) กับ ESP8266 Wi-Fi โมดูลแบบที่ถูกพัฒนา (ข้อมูล) มี 14 ดิจิตอลอินพุต / เอาต์พุต (ซึ่ง 6 พอร์ต สามารถใช้เป็น PWM เอาต์พุต) 6 อนุลือก 16 MHz แร่เซรามิก การเชื่อมต่อ USB , แจ็คไฟที่หัว ICSP และปุ่มรีเซ็ต เพียงแค่เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยสาย USB หรืออำนาจกับบอร์ดเตอรเพื่อ DC ESP8266 Wi-Fi โมดูลประกอบด้วย SoC กับ protocol stack แบบถูกพัฒนา TCP / IP ที่สามารถให้การเข้าถึงเครือข่าย Wi-Fi (หรืออุปกรณ์สามารถทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อ.) หนึ่งในคุณสมบัติที่มีประโยชน์ของ Uno Wi-Fi คือการสนับสนุนสำหรับ OTA (Over-the-air) การเขียนโปรแกรมอย่างใดอย่างหนึ่งสำหรับการถ่ายโอนภาพร่าง Arduino หรือ เฟิร์มแวร์ Wi-Fi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 Arduino uno wifi [6]

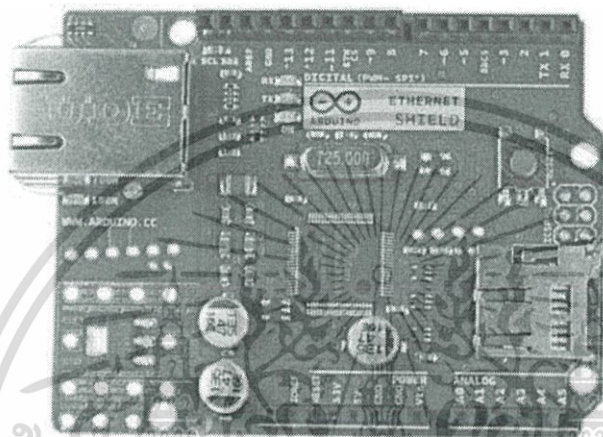
3.2.2 Ethernet Shield

Arduino Ethernet Shield V1 ช่วยให้บอร์ด Arduino สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ ดังรูปที่ 3.12 ขึ้นอยู่กับชิป Wiznet W5100 อีเทอร์เน็ต Wiznet W5100 ให้บริการเครือข่าย (IP) สแต็กที่สามารถใช้งานได้ทั้ง TCP และ UDP รองรับการเชื่อมต่อซ็อกเก็ตพร้อมกันได้ถึง 4 แบบ ใช้ไลบรารี Ethernet เพื่อเขียนสเก็ทซ์ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตโดยใช้อีเทอร์เน็ตเชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino โดยใช้ส่วนหัวห่อหุ้มสายยาวที่ยื่นผ่านซิล วิธีนี้ทำให้รูปแบบของขาไม่เสียหายและสามารถวางซ้อนกันไว้ที่ด้านบน มีการใช้แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน 5 โวลต์ ความเร็วในการเชื่อมต่อ 10/100Mb ใช้กับการเชื่อมต่อกับ Arduino บนพอร์ต SPI ปัจจุบันมีโมดูล Power over Ethernet (PoE) ที่ออกแบบมาเพื่อดึงกระแสไฟจากสายเคเบิล Ethernet ประเภท 5 แบบธรรมดา

- รองรับ IEEE802.3af
- เอาท์พุทและเสียงรบกวนต่ำ (100 mVpp)
- ช่วงแรงดันไฟฟ้าขาเข้า 36V ถึง 57V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ป้องกันการโอเวอร์โหนดและลัดวงจร
- เอาต์พุต 9V
- ตัวแปลง DC / DC ประสิทธิภาพสูง พิมพ์ 75% โหลด 50%
- การแยก 1500V (input to output)



รูปที่ 3.12 Ethernet shield [7]

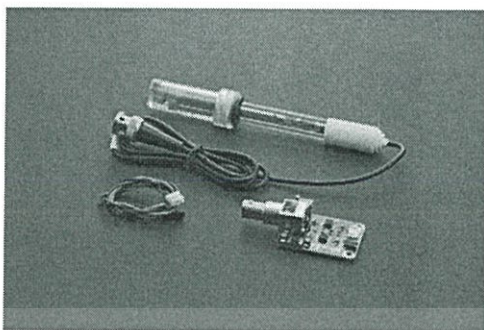
3.2.3 เครื่องมือวัดความเป็นกรดเป็นเบส (pH Sensors)

เครื่องมือวัดนี้ดังรูปที่ 3.13 เมื่อทำการวัดจะให้ค่าแรงดันซึ่งจะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่า pH โดยจะวัดค่าแรงดันของสารละลายบัฟเฟอร์สามค่า คือ pH เท่ากับ 4,7 และ 10 แล้วจะได้ความสัมพันธ์เชิงเส้นมาดังตารางที่ 3.2 ก็สามารถนำไปเปรียบเทียบวัดค่า pH ต่างๆได้

ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน กับ กรด - เบส [1]

ค่าความเป็นกรด - เบส	แรงดัน (mv)
4	201
7	395
10	577

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 pH Sensor [5]

3.2.4 เครื่องมือวัดสภาพความนำไฟฟ้า (EC Sensor)

เครื่องมือวัดสภาพความนำไฟฟ้าดังรูปที่ 3.14 เป็นที่นิยมในการใช้ ในการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ หรือ ระบบฟิชไรต์น นอกจากนี้ในการตรวจสอบปริมาณของสารอาหาร หรือสิ่งสกปรกในน้ำ



รูปที่ 3.14 ขั้ววัดค่าสภาพนำไฟฟ้า

3.2.4.1 การชดเชยอุณหภูมิ

อุณหภูมิในของเหลวจะมีผลต่อสภาพการนำไฟฟ้า ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องทำการชดเชยโดยจะต้องชดเชยค่าโดยจะสามารถใช้การประมาณค่าเชิงเส้นของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แล้วแปลงเท่ากับค่าสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สมการการชดเชยอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$EC25 = \frac{EC}{(1 + a(T - 25))}$$

เมื่อ	$EC25$	คือ ค่าเทียบเท่ากับสภาพนำไฟฟ้าที่ 25 องศาเซลเซียส
	EC	คือ ค่าสภาพนำไฟฟ้าที่วัดได้
	T	คือ อุณหภูมิที่วัดได้ในหน่วยองศาเซลเซียส
	a	คือ ค่าโดยทั่วไปของสารละลายมีค่าเท่ากับ 0.019 องศาเซลเซียส

3.2.5 Peristaltic pump

เป็นปั๊มที่ใช้การบีบ, รีดท่อซิลิโคนที่อยู่ในหัวปั๊ม เพื่อนำของเหลว จากด้านหนึ่ง ไปยังอีกด้านหนึ่ง ทำให้ของเหลว ยังคงอยู่ในท่อ และ ไม่ต้องสัมผัส กับ มอเตอร์ หรือ mechanic อื่นๆ Peristaltic pump ออกแบบมาให้สามารถ ถอดหัวปั๊มออกมาทำความสะอาด หรือ เปลี่ยนท่อซิลิโคน ได้ง่าย เหมาะกับงาน aquarium, chemicals, liquids, dosing additives ดังรูปที่ 3.15

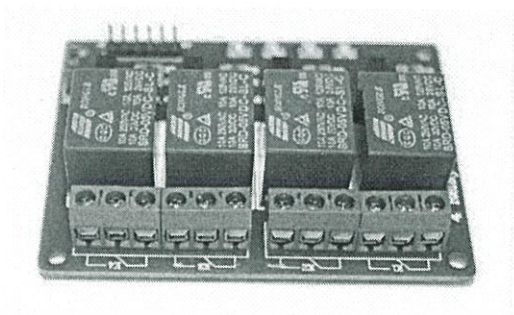


รูปที่ 3.15 Peristaltic pump [10]

3.2.6 Relay Module

บอร์ดรีเลย์ใช้แรงดัน 5 โวลต์ แบบแยกอิสระ Isolation Control 4 ช่อง แบบ Active LOW ทำงานเมื่อมีสัญญาณ 0 มาทริก พร้อมไฟ LED แสดงผลการทำงาน ดังรูปที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 Relay Module [11]

3.2.7 Switching power supply

MEAN WELL Switching Power Supply ขนาด 25 วัตต์ มีแรงดัน DC 12 Volt 2.1 Amp มี Protections: Short circuit / Overload / Over voltage/ Over temperature สามารถเลือกใช้ไฟเข้า 110 หรือ 220 VAC ดังรูปที่ 3.17

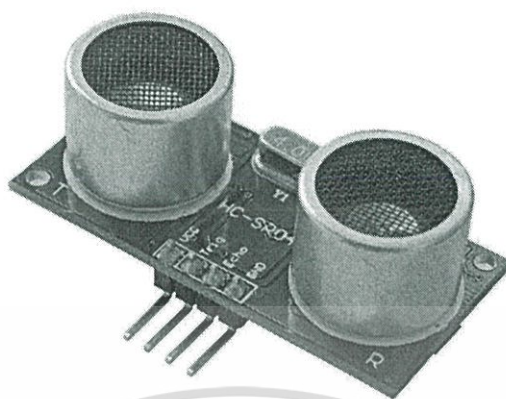


รูปที่ 3.17 Switching power supply [11]

3.2.8 Ultrasonic Module

เซนเซอร์ Ultrasonic ใช้เสียงสะท้อนกลับในการคำนวณวัดระยะทาง สามารถนำมาใช้งานในการวัดระยะทาง แม่นยำที่ 2 - 400 cm ดังที่รูป 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



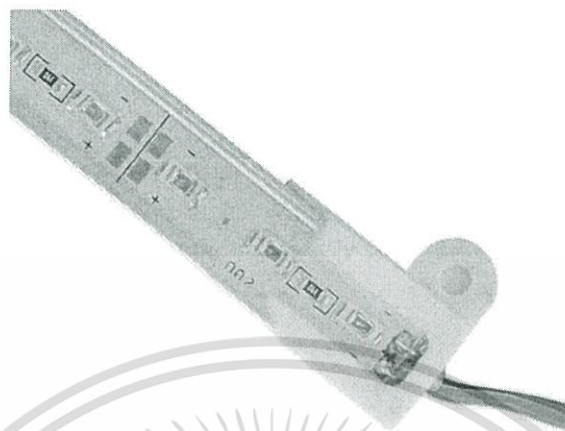
รูปที่ 3.18 Ultrasonic Module [11]

3.2.9 LED Grow Light

หลอดไฟดังรูปที่ 3.19 ออกแบบมาเพื่อการปลูกพืช โดยหลอดไฟชนิดนี้นั้นจะประกอบไปด้วย LED สีแดงและน้ำเงิน โดยจะเห็นแสงจากหลอดไฟชนิดนี้เป็นสีชมพูออกม่วง เนื่องจากความยาวคลื่นของสีแดงและน้ำเงินนั้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชจึงนิยมนำมาใช้เพื่อทดแทนแสงจากดวงอาทิตย์ เหมาะสำหรับการปลูกพืชในที่ร่ม โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) 12V
- Equivalent Wattage (CFL) = 12w
- Power Consumption = 9.6w (=0.8A)
- ความยาวรางไฟ 50 cm
- หนึ่งรางครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 45cm - 80cm
- สีไฟออกขาวอมชมพูอ่อน
- ควรแขวนสูงจากต้นไม้ประมาณ 30 – 60 cm
- ใช้ LED Chips SMD 5630 (IP68 กันน้ำ)
- จำนวน LED 36 ดวง (อัตราส่วน Red 660nm 4 : Blue 450nm 1)
- ความสว่าง 600 – 700 lm
- ระยะเวลาเปิดเหมาะสมอยู่ที่ 8-12 ชั่วโมง / วัน
- อายุการใช้งานประมาณ 15,000 ชั่วโมง
- ตัวรางทำจากอลูมิเนียม แข็งแรง ทนทาน ระบายความร้อนได้ดี และไม่เป็นสนิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 LED Grow Light [11]

3.3 การเก็บผลการทดลอง

- 3.3.1) ทดสอบการวัดค่า pH ด้วย pH Sensor
- 3.3.2) ทดสอบการวัดค่า EC ด้วย EC Sensor
- 3.3.3) ทดสอบการทำงานของ Peristaltic pump เมื่อค่า pH , EC ไม่อยู่ในเกณฑ์
- 3.3.4) การทำงานของแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบเครื่องมือวัดสภาพนำไฟฟ้า

ในการทดลองนี้จะนำเครื่องมือวัดสภาพนำไฟฟ้า มาทำการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารละลายมาตรฐาน 2 ชนิด ที่มีค่าสภาพนำไฟฟ้าแตกต่างกัน โดยจะทำการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำประปาที่มีค่าสภาพนำไฟฟ้า 0.2 ms/cm และ สารละลายเกลือแกง ที่มีค่าสภาพนำไฟฟ้า 1.00 us/cm การวัดกับสารละลายมาตรฐานเป็นการอ้างอิงซึ่งค่าที่เครื่องมือวัดได้มานั้นจะถูกนำมาเปรียบเทียบ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง โดยการวัดน้ำประปา เป็นไปตามรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3



รูปที่ 4.1 วัดค่าสภาพนำไฟฟ้าน้ำประปา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

COM3 (Arduino Uno WiFi)
Send
ElCheapo Arduino EC-PPM measurements
By: Michael Ratcliffe Mike@MichaelRatcliffe.com
Free software: you can redistribute it and/or modify it under GNU

Make sure Probe and Temp Sensor are in Solution and solution is well mixed

Measurements at 5's Second intervals [Dont read Ec morre than once every 5 seconds]:
EC: 0.21 Simens 31.20 *C
EC: 0.21 Simens 31.20 *C
EC: 0.21 Simens 31.20 *C
EC: 0.21 Simens 31.20 *C
EC: 0.21 Simens 31.20 *C
EC: 0.21 Simens 31.20 *C
EC: 0.21 Simens 31.20 *C

```

รูปที่ 4.2 ค่าที่วัดได้จากน้ำประปา



รูปที่ 4.3 ค่าสภาพน้ำไฟฟ้าประปาด้วยเครื่องมือวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการวัดค่าสภาพน้ำไฟฟ้าของสารละลายเกลือแกง เป็นไปดังรูปที่ 4.4, 4.5 และ 4.6



รูปที่ 4.4 วัดสารละลายเกลือแกง

```
COM3 (Arduino Uno Wifi)
ElCheapo Arduino EC-PPM measurements
By: Michael Ratcliffe Mike@MichaelRatcliffe.com
Free software: you can redistribute it and/or modify it under GNU
Make sure Probe and Temp Sensor are in Solution and solution is well mixed

Measurements at 5's Second intervals [Dont read Ec morre than once every 5 seconds]:
EC: 1.04 Simens 31.20 *C
EC: 1.04 Simens 31.20 *C
EC: 1.04 Simens 31.20 *C
EC: 1.04 Simens 31.20 *C
EC: 1.04 Simens 31.20 *C
EC: 1.04 Simens 31.20 *C
```

รูปที่ 4.5 ค่าที่วัดได้จากสารละลายเกลือแกง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

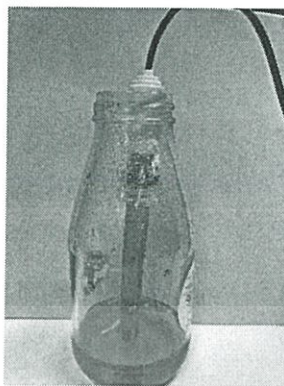


รูปที่ 4.6 วัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารละลายเกลือแกงด้วยเครื่องมือวัด

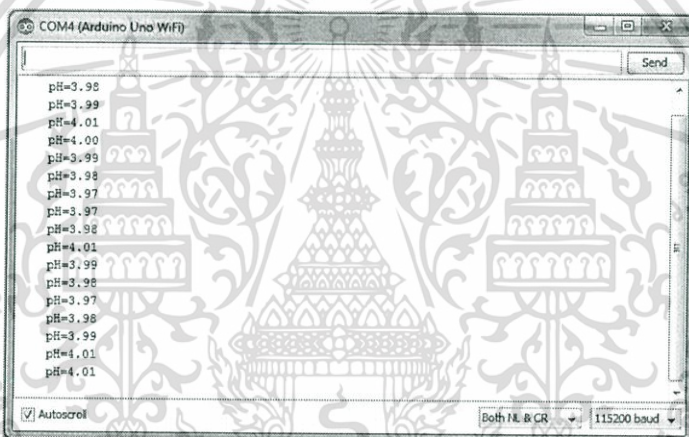
4.2 ผลการทดสอบเครื่องมือวัดค่า pH

ในการทดลองนี้จะนำเครื่องมือวัดค่าความเป็น กรด - ด่าง (pH) มาทำการวัดค่า pH ของสารละลายมาตรฐาน 3 ชนิด ที่มีค่า pH ต่างกัน โดยจะทำการวัดค่า pH ของสารละลายมาตรฐานที่มีค่า pH เป็น กรด , กลาง และ เบส โดยมีค่า pH เป็น 4 , 7 และ 10 ตามลำดับ การวัดกับสารละลายมาตรฐานเป็นการอ้างอิงซึ่งค่าที่เครื่องมือวัดได้มานั้นจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับตรวจสอบความถูกต้อง โดยการวัดสารละลายมาตรฐานที่มีค่า pH 4 เป็นไปตามรูปที่ 4.7 และ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



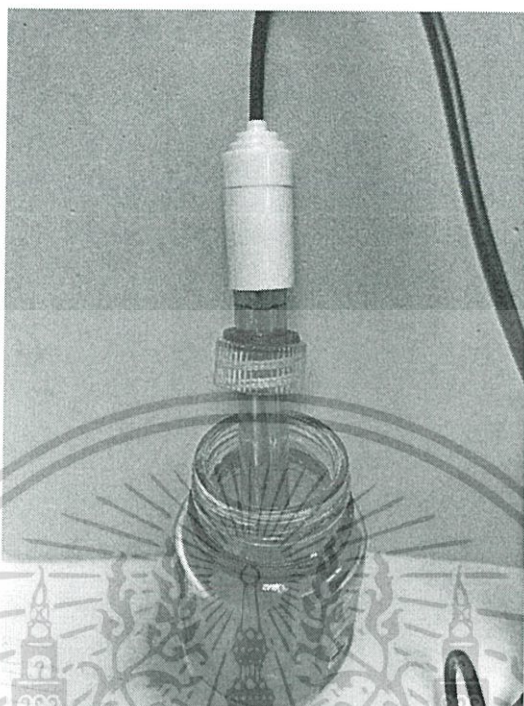
รูปที่ 4.7 วัดสารละลายมาตรฐานที่เป็น กรด



รูปที่ 4.8 ค่าที่วัดได้จากสารละลายมาตรฐานที่เป็น กรด

จากนั้นทำการวัดค่า pH สารละลายมาตรฐานที่มีค่าเป็น กลาง เป็นไปดังรูปที่ 4.9 และ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



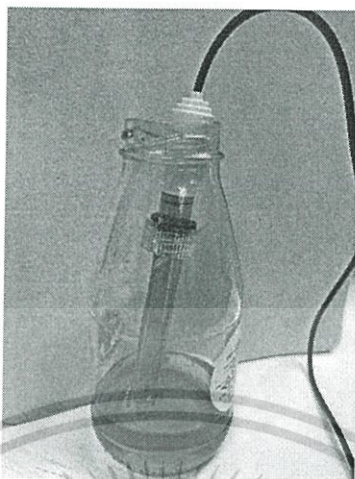
รูปที่ 4.9 วัดสารละลายมาตรฐานที่เป็น กลาง



รูปที่ 4.10 ค่าที่วัดได้จากสารละลายมาตรฐานที่เป็น กลาง

จากนั้นทำการวัดค่า pH สารละลายมาตรฐานที่มีค่าเป็น เบส เป็นไปดังรูปที่ 4.11 และ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 วัดสารละลายมาตรฐานที่เป็น เบส



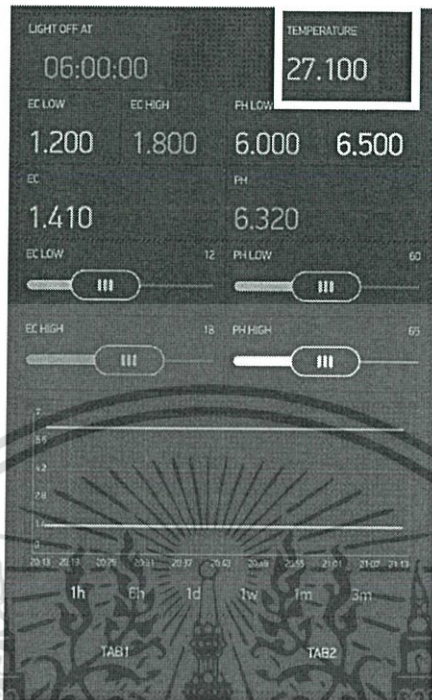
รูปที่ 4.12 ค่าที่วัดได้จากสารละลายมาตรฐานที่เป็น เบส

4.3 ผลการทดลองแอปพลิเคชัน

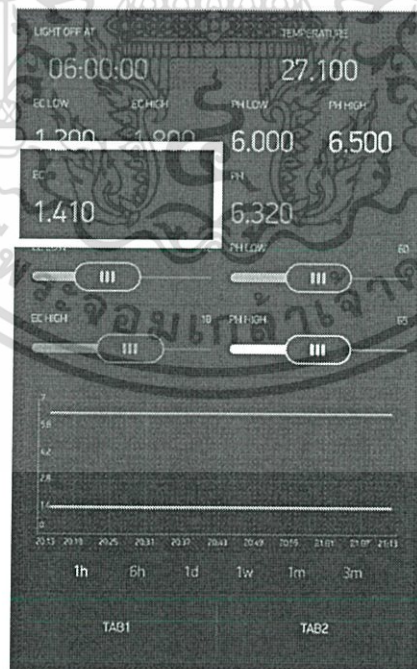
ในส่วนนี้จะเป็นการทดลองที่ได้จากแอปพลิเคชันที่ได้ออกแบบ โดยในแอปพลิเคชันนี้ได้มีการออกแบบการแสดงผลค่า EC, pH, การแสดงผลของปริมาณสารอาหาร สารรอง และการแจ้งเตือน

โดยในส่วนของการแสดงผลนั้นเป็นไปดังรูปที่ 4.13 ถึง รูปที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

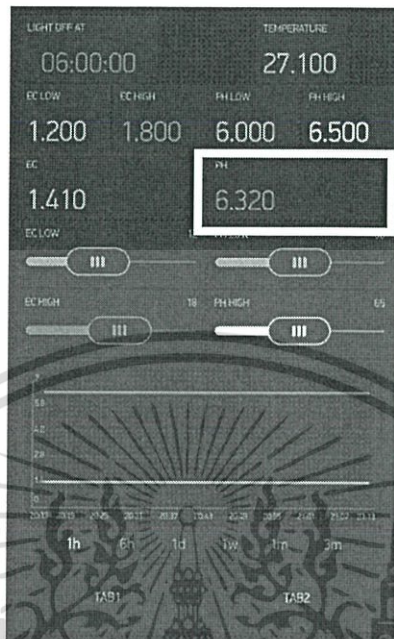


รูปที่ 4.13 อุณหภูมิบนแอปพลิเคชัน

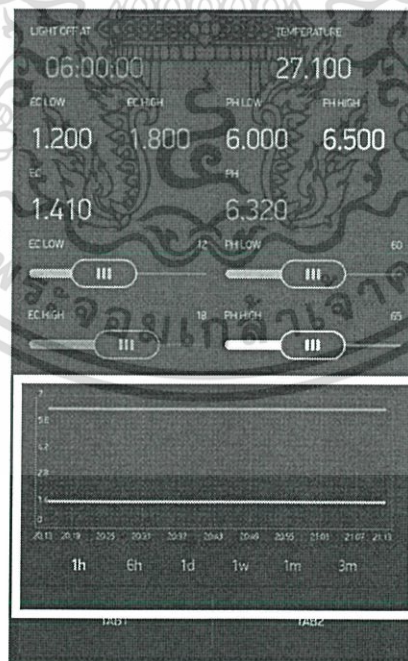


รูปที่ 4.14 ค่า EC บนแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

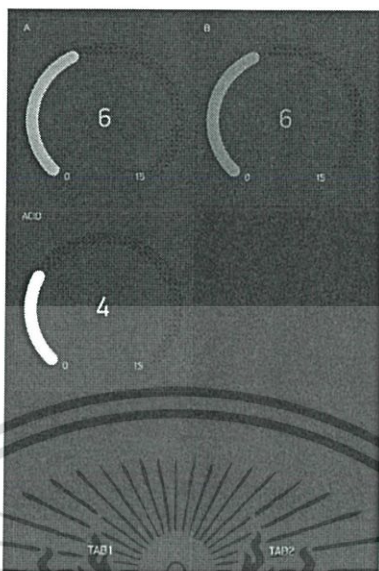


รูปที่ 4.15 ค่า pH บนแอปพลิเคชัน



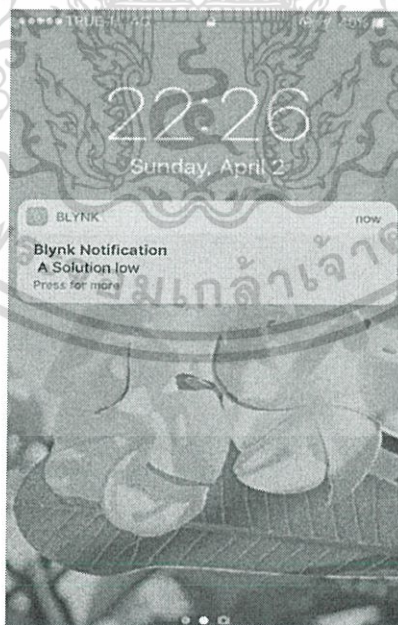
รูปที่ 4.16 กราฟบนแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



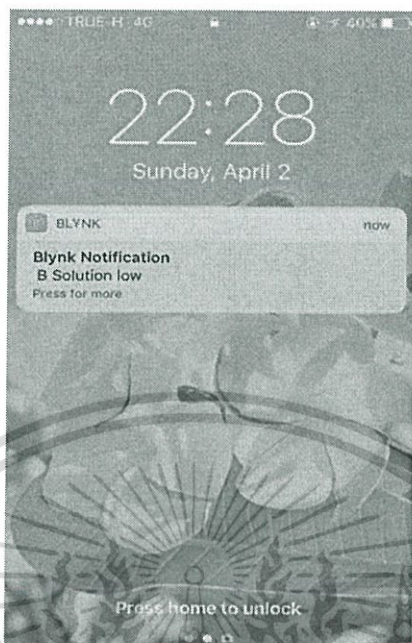
รูปที่ 4.17 ปริมาณสารอาหารสำหรับแอปพลิเคชัน

จากนั้นทำการทดลองระบบแจ้งเตือนโดยจะมีการแจ้งเตือนเมื่อ สารอาหาร A , สารอาหาร B , กรดไนตริก เหลือน้อย และเมื่อระบบขาดการเชื่อมต่อ ดังรูปที่ 4.18 ถึง 4.21

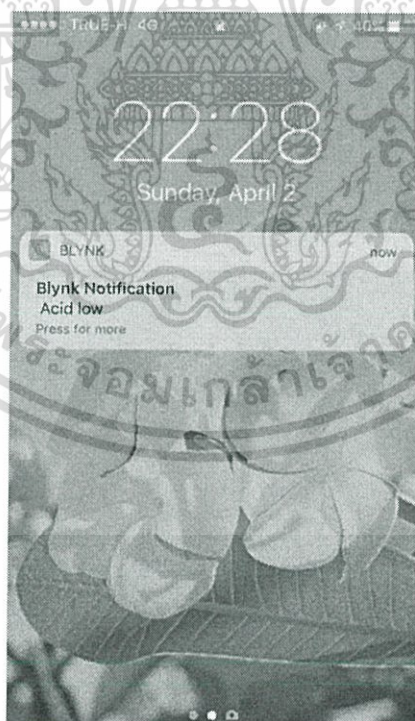


รูปที่ 4.18 แจ้งเตือนเมื่อสารอาหาร A เหลือน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

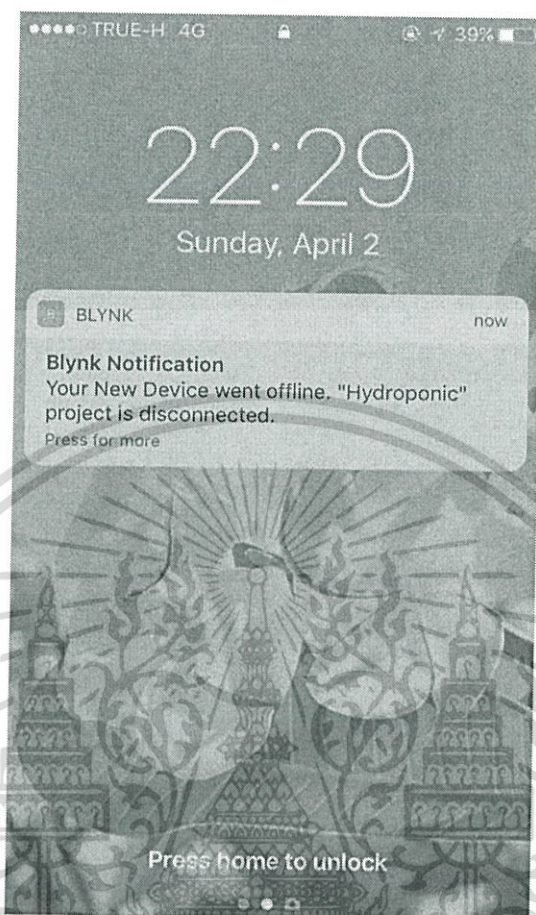


รูปที่ 4.19 แจ้งเตือนเมื่อสารอาหาร B เหลือน้อย



รูปที่ 4.20 แจ้งเตือนเมื่อกรดไนตริกเหลือน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

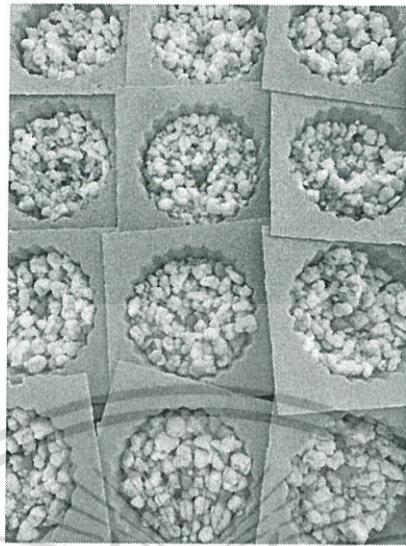


รูปที่ 4.21 แจ้งเตือนเมื่อระบบขาดการเชื่อมต่อ

4.4 ทำการทดลองกับรางปลูกจริง

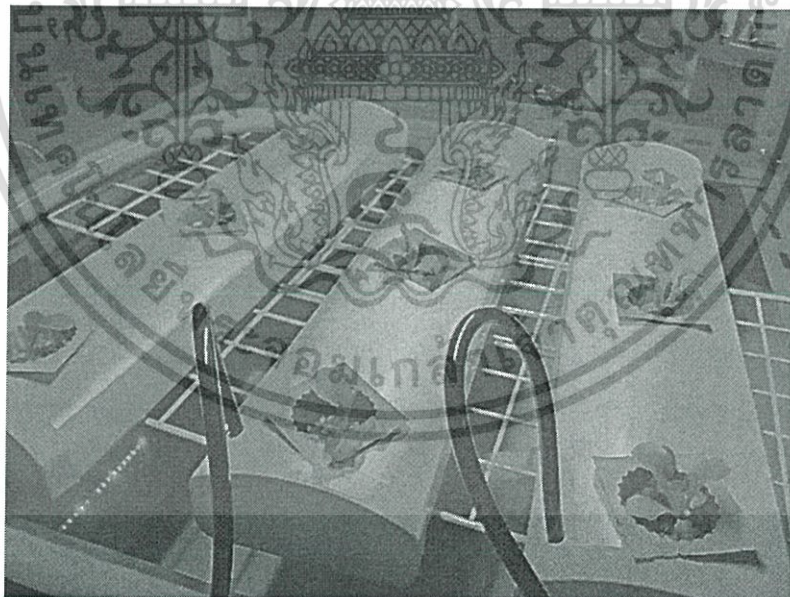
ในการทดลองนี้จะนำเครื่องมือวัดนั้น ไปทดลองควบคุมระบบสารละลาย ธาตุอาหารของผักไฮโดรโปนิกส์ในรางปลูก โดยนำอุปกรณ์เครื่องมือไปติดตั้งเข้ากับถังเก็บสารละลายธาตุของรางปลูก โดยได้ทดลองเป็นเวลา 3 สัปดาห์ การเจริญเติบโตเป็นไปดังรูปที่ 4.22 ถึง รูปที่ 4.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



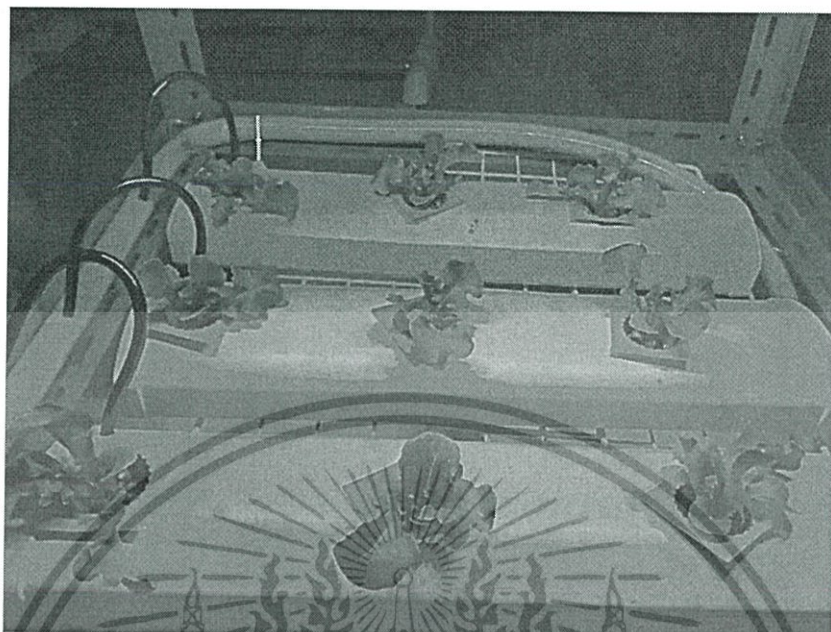
รูป 4.22 เพาะเมล็ดลงในถาดปลูก

เมื่อทำการอนุบาลผักจนเริ่มมีใบ จากนั้นทำการย้ายลงรางปลูกเพื่อทำการเพาะปลูก



รูปที่ 4.23 การเจริญเติบโต เมื่อเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 การเจริญเติบโต เมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์



รูปที่ 4.25 การเจริญเติบโต เมื่อเวลาผ่านไป 3 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการทำโครงการนี้ได้ทำการออกแบบระบบควบคุมสารอาหารอัตโนมัติ สำหรับไฮโดรโปนิคส์แบบ NFT โดยระบบที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานี้สามารถวัดค่า สภาพนำไฟฟ้า และกรด - ด่าง ได้ โดยระบบนี้จะนำค่าสภาพนำไฟฟ้าและกรด - ด่างที่วัดได้ขึ้นมาขึ้น ไปทำการเปรียบเทียบกับ เกณฑ์ความเหมาะสม ของผักไฮโดรโปนิคส์ที่เราปลูก ถ้าหากค่าสภาพนำไฟฟ้า ต่ำกว่าเกณฑ์ ระบบสามารถเติม ธาตุอาหาร A และ B ลงในสารละลายของระบบได้ ถ้าหากมีค่ากรด - ด่าง สูงกว่าเกณฑ์ ระบบสามารถเติมกรดไนตริก ลงในสารละลายของระบบ เพื่อลดค่ากรด - ด่าง ได้ และ ถ้าหากค่าสภาพนำไฟฟ้าสูงกว่าเกณฑ์ หรือ ค่า กรด - ด่าง น้อยกว่าเกณฑ์ ระบบสามารถ เติมน้ำเปล่า เพื่อปรับค่าให้อยู่ในเกณฑ์ได้ และระบบนี้สามารถปรับค่าเกณฑ์ของค่าสภาพนำไฟฟ้า และกรด - ด่างได้จากแอปพลิเคชันที่ได้ออกแบบขึ้น โดยแอปพลิเคชันนั้นยังสามารถบอกค่าสภาพนำไฟฟ้า และ ค่ากรด - ด่าง ที่วัดได้ผ่านทางหน้าต่างของแอปพลิเคชัน อีกทั้งยังสามารถบอกปริมาณของธาตุอาหารสำรองสำหรับปรุงสารอาหารได้ ว่าเหลือปริมาณเท่าไร และยังสามารถแจ้งเตือนได้ เมื่อธาตุอาหารสำรองนั้นใกล้หมด

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทำโครงการนี้พบว่าเครื่องมือที่ใช้วัดสภาพนำไฟฟ้ากับเครื่องมือที่ใช้วัดค่าความเป็น กรด - ด่างนั้น เมื่อใช้งานพร้อมกันจะทำให้การตรวจวัดค่ามีความผิดพลาดขึ้นมาได้ เนื่องจากประจุไอออนลบรอบๆขั้วอิเล็กโทรดของเครื่องมือวัดค่าความเป็น กรด - ด่าง บางส่วนจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วขั้ว GND ของเครื่องมือวัดสภาพนำไฟฟ้า ดังนั้นจึงต้องหาวิธีแก้ไขความผิดพลาดของเรื่องนี้

บรรณานุกรม

- [1] Pattana Baramee. “Hydroponics System”
http://hydroponicscool.blogspot.com/2012/05/hydroponics_330.html
- [2] Michael Ratcliffe .“ Three Dollar EC - PPM Meter”
<https://hackaday.io/project/7008-fly-wars-a-hackers-solution-to-world-hunger/log/24646-three-dollar-ec-ppm-meter-arduino>
- [3] รศ.ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์. “เครื่องวัดพีเอช”
<http://home.kku.ac.th/chuare/12/pHmeter.pdf>
- [4] ภัทรศักดิ์ ชุณหะมณีวัฒน์. “เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และ เซนเซอร์วัดความดัน”
https://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/sensor/temp_pres/
- [5] DFRobot Store “PH meter(SKU: SEN0161)”
[http://dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter\(SKU:_SEN0161\)](http://dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter(SKU:_SEN0161))
- [6] Arduitrronics “Arduino Uno Wifi”
<https://www.arduitronics.com/product/1111/arduino-uno-wifi-board-from-italy-2>
- [7] Siriwimon Sunthon. “ศึกษาข้อมูลของบอร์ด Arduino.”
<https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>.
- [8] Food and Agriculture. Organization of the United Nations(FAO), “Global food security index 2012”, Economist Intelligence Unit, p 10, 2012
- [9] Blynk cc. “About Blynk”
<http://docs.blynk.cc/>
- [10] Adafruit “Peristaltic pump 12V”
<https://blog.adafruit.com/2013/04/22/adafruit-12v-peristaltic-pump/>
- [11] Thaieasyelec “Electronics Product”
<http://www.thaieasyelec.com/products.html>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#define BLYNK_PRINT Serial
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include <BlynkSimpleEthernet.h>
#include <SimpleTimer.h>

#define trigPin1 2
#define echoPin1 3
#define trigPin2 4
#define echoPin2 5
#define trigPin3 6
#define echoPin3 7
long duration, distance, Sensor1,Sensor2,Sensor3;

#define RELAY1 8
#define RELAY2 9

#include <OneWire.h>
int DS18S20_Pin = 0; //DS18S20 Signal pin on digital 0
//Temperature chip i/o
OneWire ds(DS18S20_Pin); // on digital pin 0
int R1= 1000;
int Ra=25; //Resistance of powering Pins
int ECPin= A0;
float PPMconversion=0.7;
float TemperatureCoef = 0.019;
float K=2.88;
float Temperature=10;
float EC=0;
float EC25 =0;
int ppm =0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

float raw= 0;
float Vin= 5;
float Vdrop= 0;
float Rc= 0;
float buffer=0;
float EClow = 1.2;
float EChigh = 1.8;
float pHlow = 6.0;
float pHhigh = 6.5;

```

```

#define SensorPin A2
unsigned long int avgValue;
float b;
int buf[10],temp;
unsigned long previousTime = 0;
char auth[] = "a5c6a178c6844dfc93c154cc88c285e2";
SimpleTimer timer;
void setup()
{
  // Debug console
  Serial.begin(9600);
  Blynk.begin(auth);
  pinMode(RELAY1, OUTPUT);
  pinMode(RELAY2, OUTPUT);
  digitalWrite(RELAY1,HIGH);
  digitalWrite(RELAY2,HIGH);
  pinMode(A3, OUTPUT);
  pinMode(A4, OUTPUT);
  pinMode(A5, OUTPUT);
  analogWrite(A3,1023);
  analogWrite(A4,1023);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

analogWrite(A5,1023);
pinMode(trigPin1, OUTPUT);
pinMode(echoPin1, INPUT);
pinMode(trigPin2, OUTPUT);
pinMode(echoPin2, INPUT);
pinMode(trigPin3, OUTPUT);
pinMode(echoPin3, INPUT);
pinMode(ECPin,INPUT);
delay(100);
delay(100);
R1=(R1+Ra);// Taking into account Powering Pin Resitance
timer.setInterval(3600000L, GetEC);
timer.setInterval(5000L, ultracheck);
}
void loop()
{
  Blynk.run();
  timer.run(); // Initiates SimpleTimer
}
BLYNK_WRITE(V1)
{
  float pinValue1 = param.asInt(); // assigning incoming value from pin V1 to a variable
  float EClow = pinValue1/10;
  Blynk.virtualWrite(V2, EClow);
}
BLYNK_WRITE(V3)
{
  float pinValue2 = param.asInt(); // assigning incoming value from pin V1 to a variable
  float EChigh = pinValue2/10;
  Blynk.virtualWrite(V4, EChigh);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

BLYNK_WRITE(V5)
{
  float pinValue3 = param.asInt(); // assigning incoming value from pin V1 to a variable
  float pHlow = pinValue3/10;
  Blynk.virtualWrite(V6, pHlow);
}
BLYNK_WRITE(V7)
{
  float pinValue4 = param.asInt(); // assigning incoming value from pin V1 to a variable
  float pHhigh = pinValue4/10;
  Blynk.virtualWrite(V8, pHhigh);
}
float getTemp(){
  //returns the temperature from one DS18S20 in DEG Celsius
  byte data[12];
  byte addr[8];
  if ( !ds.search(addr)) {
    //no more sensors on chain, reset search
    ds.reset_search();
    return -1000;
  }
  if ( OneWire::crc8( addr, 7) != addr[7]) {
    Serial.println("CRC is not valid!");
    return -1000;
  }
  if ( addr[0] != 0x10 && addr[0] != 0x28) {
    Serial.print("Device is not recognized");
    return -1000;
  }
  ds.reset();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ds.select(addr);
ds.write(0x44,1); // start conversion, with parasite power on at the end
delay(750); // Wait for temperature conversion to complete
byte present = ds.reset();
ds.select(addr);
ds.write(0xBE); // Read Scratchpad
for (int i = 0; i < 9; i++) { // we need 9 bytes
  data[i] = ds.read();
}
ds.reset_search();
byte MSB = data[1];
byte LSB = data[0];
float tempRead = ((MSB << 8) | LSB); //using two's compliment
float TemperatureSum = tempRead / 16;
return TemperatureSum;
}
void GetEC(){
  int ECLOOP = 0;
  do
  {
for( int i=0;i<5;i++)
  {
Temperature = getTemp();
analogWrite(A5,0);
raw= analogRead(ECPin);
raw= analogRead(ECPin);
analogWrite(A5,1023);
Vdrop= (Vin*raw)/1024.0;
Rc=(Vdrop*R1)/(Vin-Vdrop);
Rc=Rc-Ra; //accounting for Digital Pin Resitance
EC = 1000/(Rc*K);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

EC25 = EC/ (1+ TemperatureCoef*(Temperature-25.0));
ppm=(EC25)*(PPMconversion*1000);
Blynk.virtualWrite(V10, EC25);
Blynk.virtualWrite(V9, Temperature);
}
if(EC25 < EClow)
{
  digitalWrite(RELAY1,LOW);
  unsigned long delayTime = millis();
  if((millis()-delayTime)/1000>6.67)
  {
    digitalWrite(RELAY1,HIGH);
  }
  delayTime = millis();
  if((millis()-delayTime)/1000>300)
  {
    digitalWrite(RELAY2,LOW);
  }
  delayTime = millis();
  if((millis()-delayTime)/1000>6.67)
  {
    digitalWrite(RELAY2,HIGH);
  }
}
else if(EC25 > EChigh)
{
  digitalWrite(RELAY4,LOW); //Add Water
  unsigned long delayTime = millis();
  if((millis()-delayTime)/1000>6.67)
  {
    digitalWrite(RELAY2,HIGH);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
}
else
{
    ECLOOP = 2;
}
}while( ECLOOP <1);
int PHLOOP = 0;
do
{
for(int i=0;i<10;i++)
{
    buf[i]=analogRead(SensorPin);
    delay(10);
}
for(int i=0;i<9;i++)
{
for(int j=i+1;j<10;j++)
{
    if(buf[i]>buf[j])
    {
        temp=buf[i];
        buf[i]=buf[j];
        buf[j]=temp;
    }
}
}
}
avgValue=0;
for(int i=2;i<8;i++)
avgValue+=buf[i];
float pHValue=(float)avgValue*5.0/1024/6;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

pHValue=(3.5*pHValue)-0.8;
Blynk.virtualWrite(V11,pHValue);
if(pHValue < pHLow)
{
  unsigned long delayTime = millis();
  if((millis()-delayTime)/1000>6.67){
  }
}
else if(EC25 > pHHigh)
{
  digitalWrite(RELAY3,LOW); //Add NO3
  unsigned long delayTime = millis();
  if((millis()-delayTime)/1000>6.67){
  digitalWrite(RELAY3,HIGH);
  }
}
else
{
  PHLOOP = 2;
}
}while( PHLOOP <1);
}
void ultracheck()
{
  SonarSensor(trigPin1, echoPin1);
  Sensor1 = distance;
  SonarSensor(trigPin2, echoPin2);
  Sensor2 = distance;
  SonarSensor(trigPin3, echoPin3);
  Sensor3 = distance;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.print("sensor 1 : ");
Serial.println(Sensor1);
Serial.print("sensor 2 : ");
Serial.println(Sensor2);
Serial.print("sensor 3 : ");
Serial.println(Sensor3);
float Sensor11 , Sensor22 , Sensor33;
Sensor11 = (12-Sensor1)*10;
Sensor22 = (12-Sensor2)*10;
Sensor33 = (12-Sensor3)*10;
Serial.print("sensor 1 : ");
Serial.println(Sensor11);
Blynk.virtualWrite(V20, Sensor11);
Serial.print("sensor 2 : ");
Serial.println(Sensor22);
Blynk.virtualWrite(V21, Sensor22);
Serial.print("sensor 3 : ");
Serial.println(Sensor33);
Blynk.virtualWrite(V22, Sensor33);
delay(500);
if(Sensor11 < 30)
{
  Blynk.notify(" A Solution low");
}
if(Sensor22 < 30)
{
  Blynk.notify(" B Solution low");
}
if(Sensor33 < 30)
{
  Blynk.notify(" Acid low");
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}  
}  
void SonarSensor(int trigPin,int echoPin)  
{  
digitalWrite(trigPin, LOW);  
delayMicroseconds(2);  
digitalWrite(trigPin, HIGH);  
delayMicroseconds(10);  
digitalWrite(trigPin, LOW);  
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);  
distance = (duration/2) / 29.1;  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้