รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบแนะนำและดูแลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ

The formation of Hydroponics instructional automatic system

ดร.อำนาจ ขาวเน

และคณะ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2560

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบแนะนำและดูแลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ

The formation of Hydroponics instructional automatic system

ดร.อำนาจ ขาวเน

และคณะ

b00264210
RC00012

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2560

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบแนะนำและดูแลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ

แหล่งเงิน เงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 100,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

1. ดร.อำนาจ ขาวเน ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ (หัวหน้าโครงการ)

2. นายมนุเชษฐ์ รุ่งรักษา ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ (ผู้ร่วมโครงการวิจัย)

3. นายวชิรวิชญ์ สิริภักดิ์ธนากร ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ (ผู้ร่วมโครงการวิจัย)

4. นางสาวศิริรัตน์ อุปะไชย ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ (ผู้ร่วมโครงการวิจัย)

บทคัดย่อ

ในการออกแบบ IoT (Internet of Things) ร่วมกับ LoRa จะทำให้ได้ระบบอัตโนมัติสื่อสารไร้สายทางไกลที่มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้กับงานได้หลากหลายภาพแบบ โดยที่ภาพแบบของโครงการนี้คือ ระบบแนะนำและดูแลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการรวมการเกษตรกรรมเข้ากับเทคโนโลยี จากการศึกษาทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปรนิกส์ทำให้ทราบว่ามีหลายปัจจัยที่ผู้ปลูกควรคำนึง เช่น การควบคุมค่าความเข้มข้นของสารละลายต่างๆ ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมกับผักแต่ละชนิด ปริมาณแสงที่ผักต้องการ และอุณหภูมิ เป็นต้น ปัจจัยที่กล่าวมาถือเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำมาจัดทำระบบแนะนำและดูแลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ โดยโครงการเรื่องระบบแนะนำและดูแลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ (The formation of Hydroponics instructional automatic system) มีวัตถุประสงค์ในการสร้างระบบปลูกผักอัตโนมัติแบบไฮโดรโปนิกส์ เป็นแนวทางในการพัฒนาการเกษตรควบคู่กับเทคโนโลยี เพื่อเรียนรู้พัฒนาการทำงานของ LoRa และ IoT (Internet of Things)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: The formation of Hydroponics instructional automatic system

Researcher: Dr. Amnach Khawne, Mr. Manuchet Rungraksa, Mr. Wachirawich Siripaktanakon and Ms. Sirirat Upachai

Faculty: Engineering **Department:** Computer Engineering

ABSTRACT

The design of IoT (Internet of Things) using with LoRa can lead into an efficiency automatic long-range wireless system that can be applied in various style of projects. This project is about an automatic system in growing hydroponic plant, which is a combination of agriculture and technology. From the result of growing hydroponic plants, it shows that there are many factors which the grower should consider such as the concentration of various solutions, pH range that is suitable for each plant, light quantity and temperature. Those basic factors are considered in designing the system. The formation of Hydroponics instructional automatic system has a main purpose in creating an automatic hydroponic growing system, to be a guideline for agriculture development alongside with technology and to develop the LoRa and IoT (Internet of Things).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่อง ระบบแนะนำและดูแลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ (The formation of Hydroponics instructional automatic system) การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560

ขอขอบพระคุณ ดร.อำนาจ ขาวเน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษาในการจัดทำโครงการในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณร้านกรุงเทพเครื่องสวน, ฟาร์มต้นผักแมวน้ำ, H2O Hydro Garden และ Salad Station Hydroponics ฟาร์ม ที่ได้ให้โอกาสในการสัมภาษณ์ สอบถามข้อมูลเกี่ยวกับการเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ การติดตั้งระบบ การออกแบบดำเนินการจัดทำฟาร์ม ข้อมูลที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผัก อีกทั้งยังให้โอกาสในการสำรวจภายในฟาร์มอีกด้วย ซึ่งข้อมูลจากผู้มีประสบการณ์ทั้งหมดนี้สามารถนำมาศึกษา คิดค้น ต่อยอดและออกแบบ เพื่อพัฒนาระบบแนะนำและดูแลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ ให้ตอบสนองต่อความต้องการผู้ใช้ได้

ดร.อำนาจ ขาวเน และคณะ

ภาคผนวก ข

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VIII

สารบัญภาพ IX

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ 1

1.3 ขอบเขตของโครงการ 1

1.4 เป้าหมายของโครงการ 2

1.5 สิ่งที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 แนวคิดของโครงการ 3

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.2.1 เกี่ยวกับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ 3

2.2.2 เกี่ยวกับ LoRa Device 4

2.2.3 เกี่ยวกับ LoRa Gateway 5

2.2.4 เกี่ยวกับ Single Channel Gateways 5

2.2.5 เกี่ยวกับ Router, Broker และ Handler 5

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 7

3.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ 7

3.2 การดำเนินการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปรนิกส์ 8

3.2.1 การศึกษาข้อมูลและจัดทำโรงเรือนเพาะปลูก 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.2 การจัดทำโรงเรือนเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ 9
3.2.3 ขั้นตอนการเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ 11
3.3 การออกแบบระบบแนะนำและดูแลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ 13
3.3.1 ระบบ Hardware 13
3.3.2 ระบบ IoT (Internet of Thing) : LoRa 13
3.3.3 ระบบ Cloud 13
3.4 การออกแบบ E-SENSOR LoRa Node 14
3.4.1 Schematic ของ E-SENSOR LoRa Node หน้าที่ 1 15
3.4.2 Schematic ของ E-SENSOR LoRa Node หน้าที่ 2 16
3.4.3 รายละเอียดของวงจร E-SENSOR LoRa Node 17
3.4.4 ลายวงจรของ E-SENSOR LoRa Node Top Layer 21
3.4.5 ลายวงจรของ E-SENSOR LoRa Node Bottom Layer 22
3.4.6 หลักการทำงานของ E-SENSOR LoRa Node 22
3.5 การออกแบบ Nutrient Feeder with LoRa 23
3.5.1 Schematic ของ Nutrient Feeder with LoRa หน้า 1 24
3.5.2 Schematic ของ Nutrient Feeder with LoRa หน้า 2 25
3.5.3 รายละเอียดของวงจร Nutrient Feeder with LoRa 26
3.5.4 ลายวงจรของ Nutrient Feeder with LoRa Top Layer 32
3.5.5 ลายวงจรของ Nutrient Feeder with LoRa Bottom Layer 33
3.5.6 หลักการทำงานของ Nutrient Feeder with LoRa 34
3.6 การออกแบบ Thermalstat with LoRa 37
3.6.1 Schemetic ของ Thermalstat with LoRa 38
3.6.2 รายละเอียดของวงจร Thermalstat with LoRa 39
3.6.3 ลายวงจรของ Thermalstat with LoRa Top Layer 42
3.6.4 ลายวงจรของ Thermalstat with LoRa Bottom Layer 42
3.6.5 หลักการทำงานของ Thermalstat with LoRa 43
3.7 การออกแบบ LoRa IoT Plug 44
3.7.1 Schematic ของ LoRa IoT Plug 45
3.7.2 รายละเอียดของวงจร LoRa IoT Plug 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.7.3 ลายวงจรของ LoRa IoT Plug Top Layer 48
3.7.4 ลายวงจรของ LoRa IoT Plug Bottom Layer 48
3.7.5 หลักการทำงานของ LoRa IoT Plug 49
3.8 Entity Relationship (ER) ของระบบ 50
3.8.1 ตาราง node 51
3.8.2 ตาราง Mix 52
3.8.3 ตาราง chiller 53
3.8.4 ตาราง plug 54
3.8.5 ตาราง User 55
3.8.6 ตาราง crop 56
3.9 การออกแบบ User Interface Web application 57
3.9.1 User Interface การลงทะเบียนเข้าใช้งานระบบ 57
3.9.2 User Interface การเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวผู้ใช้งาน 59
3.9.3 User Interface การติดต่อผู้ดูแลระบบ 60
3.9.4 User Interface การใช้งานระบบ 61
บทที่ 4 ผลการวิจัย 68
4.1 ผลการวิจัยจากการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ 68
4.1.1 ผลการทดลองเพาะเมล็ดพันธุ์ผัก 68
4.1.2 ผลการทดลองการดูแลผักไฮโดรโปนิกส์หลังการย้ายต้นกล้าเข้ารางปลูก 68
4.2 การใช้งานสั่งการ เพื่อควบคุมระบบผ่าน Web application 71
4.2.1 การลงทะเบียนเข้าใช้งานระบบ 71
4.2.2 การเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวผู้ใช้งาน 73
4.2.3 การติดต่อผู้ดูแลระบบ 74
4.2.4 การใช้งานระบบ 75
4.2.5 Web Site Map Diagram ของระบบ 82
4.3 ผลการทดลองฮาร์ดแวร์ 83
4.3.1 ผลการทดลองฮาร์ดแวร์ 83
4.3.2 วิธีแก้ไข 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 84

5.1 สรุปผลการวิจัย 84

5.2 การวิเคราะห์ปัญหา 84

5.3 แนวทางแก้ปัญหา 84

5.4 ข้อเสนอแนะ 85

บรรณานุกรม 86

ภาคผนวก ก ประมวลภาพการทำงาน 89

ก.1 การเพาะปลูกผักไฮโดรโปรนิกส์ 89

ก.2 การทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องใช้ในระบบ 93

ภาคผนวก ข สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย 96

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย 104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ 7
3.2 รายการวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดทำโรงเรือนและเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยระบบ NFT (Nutrient Film Technique) 3

3.1 ลงพื้นที่สอบถามข้อมูลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ 8

3.2 แบบโครงสร้างโรงเรือนสาธิตการเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ 9

3.3 การเพาะเมล็ดพันธุ์ผัก 12

3.4 การย้ายต้นกล้าเข้ารางปลูก 12

3.5 ระบบแนะนำและดูแลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ 13

3.6 บล็อกไดอะแกรมของ E-SENSOR LoRa Node 14

3.7 Schematic ของ E-SENSOR LoRa Node หน้าที่ 1 15

3.8 Schematic ของ E-SENSOR LoRa Node หน้าที่ 2 16

3.9 รายละเอียดของวงจร E-SENSOR LoRa Node 17

3.10 RAK811 Module 17

3.11 CO2 sensor 18

3.12 Relay Module 18

3.13 Temperature และ Humidity sensor 19

3.14 Regulator 3.3V 19

3.15 UART to USB Module 20

3.16 Step-up 5V Module 20

3.17 Battery Charger Module 21

3.18 ลายวงจรของ E-SENSOR LoRa Node Top Layer 21

3.19 ลายวงจรของ E-SENSOR LoRa Node Bootom Layer 22

3.20 Flowchart ของ Nutrient Feeder with LoRa 22

3.21 บล็อกไดอะแกรมของ Nutrient Feeder with LoRa 23

3.22 Schematic ของ Nutrient Feeder with LoRa หน้า 1 24

3.23 Schematic ของ Nutrient Feeder with LoRa หน้า 2 25

3.24 รายละเอียดของวงจร Nutrient Feeder with LoRa 26

3.25 DS3231 Real time clock Module 27

3.26 RAK811 Module 27

3.27 Display Module 28

3.28 Water temperature sensor 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.29 Relay Module 29
3.30 Switch Module 29
3.31 DC Jack 30
3.32 Regulator 5V 30
3.33 Level Shifter Module 30
3.34 Regulator 3.3V 31
3.35 Motor Driver 31
3.36 pH & Conductivity Module 32
3.37 ลายวงจรของ Nutrient Feeder with LoRa Top Layer 32
3.38 ลายวงจรของ Nutrient Feeder with LoRa Bottom Layer 33
3.39 Flowchart ของ Nutrient Feeder with LoRa หน้า 1 34
3.40 Flowchart ของ Nutrient Feeder with LoRa หน้า 2 35
3.41 Flowchart ของ Nutrient Feeder with LoRa หน้า 3 36
3.42 บล็อกไดอะแกรมของ Thermalstat with LoRa 37
3.43 Schemetic ของ Thermalstat with LoRa 38
3.44 รายละเอียดของวงจร Thermalstat with LoRa 39
3.45 RAK811 Module 39
3.46 Display Module 40
3.47 Water temperature sensor 40
3.48 Relay Module 41
3.49 Switch Module 41
3.50 AC to DC Module 41
3.51 ลายวงจรของ Thermalstat with LoRa Top Layer 42
3.52 ลายวงจรของ Thermalstat with LoRa Bottom Layer 42
3.53 Flowchart ของ Thermalstat with LoRa หน้า 1 43
3.54 Flowchart ของ Thermalstat with LoRa หน้า 2 43
3.55 บล็อกไดอะแกรมของ LoRa IoT Plug 44
3.56 Schematic ของ LoRa IoT Plug 45
3.57 รายละเอียดของวงจร LoRa IoT Plug 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.58 RAK811 Module 46
3.59 AC to DC Module....47
3.60 Relay Module 47
3.61 ลายวงจรของ LoRa IoT Plug Top Layer....48
3.62 ลายวงจรของ LoRa IoT Plug Bottom Layer 48
3.63 Flowchart ของ LoRa IoT Plug 49
3.64 บล็อกไดอะแกรม Entity Relationship (ER) ของระบบทั้งหมด....50
3.65 Entity node 51
3.66 Entity Mix 52
3.67 Entity chiller....53
3.68 Entity plug....54
3.69 Entity User 55
3.70 Entity calendar....56
3.71 User Interface การลงทะเบียนเพื่อเข้าใช้งานระบบ....57
3.72 User Interface การเข้าสู่ระบบ....58
3.73 User Interface กรณีผู้ใช้ลืมรหัสผ่าน....58
3.74 User Interface การเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวผู้ใช้งาน....59
3.75 User Interface การติดต่อผู้ดูแลระบบ....60
3.76 User Interface หน้าหลัก....61
3.77 User Interface การตั้งค่าต่างๆ ของแปลง....62
3.78 User Interface กรณีผู้ใช้มีการปลูกผัก....63
3.79 User Interface ปฏิทินของระบบ 64
3.80 User Interface ข้อมูลปัจจุบันของระบบ....65
3.81 User Interface การควบคุมระบบ 66
3.82 User Interface สรุปข้อมูลแปลงปลูก....67
4.1 การทดลองเพาะเมล็ดพันธุ์ผัก....68
4.2 การเจริญเติบโตของผักช่วงอายุ 1-10 วันแรกหลังการย้ายต้นกล้าเข้ารางปลูก....69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.3 การเจริญเติบโตของผักช่วงอายุ 11-20 หลังการย้ายต้นกล้าเข้ารางปลูก 70
4.4 ลงทะเบียนเพื่อเข้าใช้งานระบบ 71
4.5 เข้าสู่ระบบ 72
4.6 การเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวผู้ใช้งาน 73
4.7 การติดต่อผู้ดูแลระบบ 74
4.8 หน้าหลัก 75
4.9 การกำหนดค่าข้อมูลของแปลงปลูก เพื่อเริ่มต้นใช้งานระบบ 76
4.10 การบันทึกข้อมูลแปลงปลูก 77
4.11 ประวัติการบันทึกข้อมูล 78
4.12 ข้อมูลปัจจุบันของระบบ 79
4.13 การควบคุมระบบ 80
4.14 สรุปข้อมูลแปลงปลูก 81
4.15 Web Site Map Diagram 82
4.16 Up link ของอุปกรณ์ 83
4.17 CMWX1ZZABZ-078 และ B-L072Z-LRWAN1 83
ก.1 จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ 89
ก.2 ประกอบเหล็กฉากรูเพื่อใช้เป็นโครงสร้างของตู้สาธิต 89
ก.3 โครงสร้างของตู้สาธิตสำหรับเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ 90
ก.4 ตู้สาธิตสำหรับเพาะปลูกต้นกล้า 90
ก.5 การทำทะเบียนผักเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเจริญเติบโต 91
ก.6 ตู้สาธิตที่ผ่านการแก้แบบโครงสร้างตามความเหมาะสม 91
ก.7 มิเตอร์สำหรับวัดค่า EC 92
ก.8 มิเตอร์สำหรับวัดค่า pH 92
ก.9 ทดสอบวัดค่า EC โดยใช้มิเตอร์และโพรบในการวัดค่า 93
ก.10 ทดสอบวัดค่า pH โดยใช้มิเตอร์และโพรบในการวัดค่า 93
ก.11 E-SENSOR LoRa Node 94
ก.12 Nutrient Feeder with LoRa 94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ก.13 Thermalstat with LoRa 95

ก.14 LoRa IoT Plug 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทคโนโลยี IoT (Internet of Things) เป็นเทคโนโลยีที่มีแนวคิดในการทำให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถสื่อสารระหว่างกันได้ผ่านอินเตอร์เน็ต การเติบโตของ IoT (Internet of Things) ได้เปลี่ยนแปลงสิ่งต่างๆ สู่การเป็นระบบอัตโนมัติที่ใช้ทรัพยากรมนุษย์น้อยลง แต่ได้ประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ส่วนของมาตราฐานที่ใช้ในการสื่อสารสำหรับ IoT (Internet of Things) นั้น LoRa คือ หนึ่งในมาตราฐานที่มีประสิทธิภาพมีความสามารถเด่นในการสื่อสารระยะไกล ใช้พลังงานและต้นทุนต่ำ

ในการออกแบบ IoT (Internet of Things) ร่วมกับ LoRa จะทำให้ได้ระบบอัตโนมัติสื่อสารไร้สายทางไกลที่มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้กับงานได้หลากหลายภาพแบบ โดยที่ภาพแบบของโครงการนี้คือ ระบบแนะนำและดูแลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการรวมการเกษตรกรรมเข้ากับเทคโนโลยี เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการเกษตรสู่การเป็นระบบอัตโนมัติ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1) เพื่อสร้างระบบแปลงปลูกผักอัตโนมัติแบบไฮโดรโปนิกส์ พร้อมทั้งซอฟต์แวร์ที่ติดต่อกับระบบ
2) เพื่อเรียนรู้ และพัฒนาการทำงานของ LoRa และ IoT (Internet of Things)
3) เพื่อเป็นตัวอย่าง และแนวทางการพัฒนาเกษตรกรรมในประเทศไทย

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1) อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถรับส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์และเว็บแอพพลิเคชันได้
2) ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านเว็บแอพพลิเคชันได้ตลอดเวลา
3) ระบบสามารถทำงานได้อัตโนมัติ และทำให้ผักเจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม
4) ซอฟต์แวร์ของระบบรองรับการทำงานของฐานข้อมูล และ IoT (Internet of Things) สามารถนำข้อมูลการเจริญเติบโตของผักมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 เป้าหมายของโครงการ

1) จัดทำระบบแนะนำและดูแลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์
2) ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลเบื้องต้นของผักในแปลงปลูกให้ผู้ใช้ทราบได้ เช่น อุณหภูมิในระบบ ค่า EC ค่า pH เป็นต้น
3) ระบบสามารถควบคุมปัจจัยการเจริญเติบโตของผักได้ เช่น การควบคุมสารอาหารในน้ำ แสงอุณหภูมิ เป็นต้น
4) สามารถนำข้อมูลการเจริญเติบโตของผักมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบได้

1.5 สิ่งที่คาดว่าจะได้รับ

1) ระบบแปลงปลูกผักอัตโนมัติแบบไฮโดรโปนิกส์ เพื่อเป็นต้นแบบการพัฒนาระบบ IoT(Internet of Things), เกษตรกรรม และระบบอัตโนมัติ
2) ได้ความรู้ในการออกแบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
3) มีความเข้าใจและสามารถใช้งานเทคโนโลยี IoT (Internet of Things) และ LoRa

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถนำความรู้ทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และความรู้พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการจัดทำโครงการได้
2) สามารถนำความรู้และเทคโนโลยีมาพัฒนาเกษตรกรรมด้านการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดของโครงการ

การปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์เป็นที่นิยมในประเทศไทยเป็นอย่างมาก ซึ่งผู้ประกอบการส่วนใหญ่จะมีปัญหากับการปรับค่าความเข้มข้นของสารละลายในน้ำ ค่ากรด-ด่าง อุณหภูมิแก่ผักให้ได้ค่าอยู่ในช่วงที่ต้องการและจะต้องมีคนดูแลตรวจสอบตลอดระยะเวลาตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว แต่ผลผลิตที่ได้ไม่เป็นที่น่าพอใจมากนัก เนื่องจากความบอบบางของผักที่ต้องการการดูแลใกล้ชิด สารอาหารที่ใช้ต้องมีความเข้มข้นที่เหมาะสมแก่การปลูก หากความเข้มข้นน้อยเกินไปจะทำให้ผักเจริญเติบโตช้าลงและหากมากเกินไปจะทำให้ผักเจริญเติบโตผิดปกติ การควบคุมความเป็นกรด-ด่างของสารละลายจะต้องเหมาะสมแก่การปลูกเช่นกัน ถ้าหากความเป็นกรด-ด่างมากไปจะมีผลต่อการดูดซึมธาตุอาหารหรือน้อยไปจะเป็นอันตรายต่อผักได้

โดยการนำระบบสมองกลเข้ามาวัดผล และสั่งการอุปกรณ์ต่างๆ ควบคู่กับ IoT (Internet of Things) นั้น สามารถพัฒนาระบบไฮโดรโปนิกส์แบบเดิมสู่ระบบอัตโนมัติที่สามารถสั่งการและสื่อสารไร้สายได้

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 เกี่ยวกับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

2.2.1.1 การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยระบบ NFT (Nutrient Film Technique)

การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยระบบ NFT (Nutrient Film Technique) คือ ระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำไหลวน โดยใช้ปั๊มน้ำในการสูบน้ำสารอาหารเข้าสู่รางปลูกที่มีความลาดเอียง เพื่อให้น้ำสารอาหารไหลผ่านรางเข้าสู่รากผัก โดยน้ำสารอาหารจะไหลผ่านเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ประมาณ 2-5 มิลลิเมตร ซึ่งจะทำให้รากผักได้รับปริมาณก๊าซออกซิเจนมากขึ้นและเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตของผัก แสดงลักษณะดังภาพ

ภาพที่ 2.1 การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยระบบ NFT (Nutrient Film Technique)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 ค่า EC และ pH ที่ต้องควบคุมและดูแลให้เหมาะสมในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

ค่า EC (Electrical Conductivity) คือ ค่าที่แสดงถึงปริมาณการนำไฟฟ้าของสารละลายในน้ำ จะใช้สำหรับวัดค่าความเข้มข้นของสารอาหาร (ปุ๋ย) ที่ผสมลงไปในน้ำ เพื่อจะนำน้ำสารอาหารที่ผ่านการผสม แล้วปั๊มเข้าสู่รางให้รากผักดูดสารอาหาร ทำให้ผักสามารถเจริญเติบโตได้ โดยการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์จำเป็นจะต้องมีการควบคุมปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในน้ำให้เหมาะสมกับชนิดของผักที่เพาะปลูก เนื่องจากผักแต่ละชนิดต้องการสารอาหารในปริมาณที่ต่างกัน กล่าวคือ ค่า EC ต่ำ มีผลทำให้ผักมีลำต้นและใบที่อ่อนนุ่มเหมาะสำหรับการเพาะปลูกผักในกลุ่มสลัด และค่า EC สูง มีผลทำให้ผักมีลำต้นและใบแข็งแรง เหมาะสำหรับการเพาะปลูกผักในกลุ่มผักไทย เช่น คะน้า ผักกาดขาว ขึ้นฉ่าย เป็นต้น สำหรับค่า pH (Potential of Hydrogen ion) คือ ค่าที่แสดงถึงความเป็นกรด-ด่างของสารละลายโดยในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์จะต้องมีการเติมปุ๋ย A และ ปุ๋ย B ซึ่งในการเติมปุ๋ยจะมีผลทำให้ค่า pH เปลี่ยน อีกทั้งน้ำที่ใช้ในการผสมปุ๋ยในแต่ละพื้นที่มีค่า pH ที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการวัดค่า pH เพื่อให้ทราบความเป็นกรด-ด่างหลังจากการผสมเข้ากับน้ำสารอาหาร หากค่า pH สูงหรือต่ำจนเกินไปจะต้องปรับค่าให้เหมาะสมตามที่ผักต้องการโดยทั่วไปจะควบคุมค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 5.5-6

2.2.2 เกี่ยวกับ LoRa Device

LoRa Device จะสามารถติดต่อสื่อสารใน LoRa Network ได้ 2 ภาพแบบ คือ OTAA (Over the AirActivation) และ ABP (Activation by Personalization) อุปกรณ์ที่จะเชื่อมต่อ Network นั้นจำเป็นต้องลงทะเบียนใช้งานก่อน จะทำการส่งข้อมูลผ่านไปยัง Gateway เมื่อได้ลงทะเบียนใช้งานแล้วข้อมูล Gateway ก็จะส่งข้อมูลต่อไป แต่เมื่อพบว่าข้อมูลนั้นไม่รู้จักก็จะไม่ทำงานอะไรต่อ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเปิดการใช้งานตัวอุปกรณ์ใน Network ก่อน

ซึ่งสามารถทำได้ 2 ทาง คือ กำหนดค่าคงที่แล้วบอกกับ Network เพื่อเชื่อมต่อ (ABP) และการให้ค่าแอดเดรสแบบไดนามิคซึ่งคล้ายๆ กับการทำงานของ WiFi ที่ Router จะให้ค่าแอดเดรส (OTAA)

2.2.2.1 OTAA (Over the Air Activation)

Over the Air Activation เป็นภาพแบบที่ TTN (The Thing Network) ใช้งานเพื่อที่จะให้อุปกรณ์สามารถใช้งานได้บน Network สิ่งที่ OTAA แตกต่างจาก WiFi นั้นคือ OTAA จะสามารถเชื่อมต่อกับ Network ได้จากข้อมูลที่เก็บไว้ในอุปกรณ์ไม่จำเป็นต้องใช้รหัสหรือการป้อนข้อมูลเข้าไปก่อน ซึ่งข้อมูลที่เก็บไว้สำหรับการเข้าร่วมใน Network นั้นประกอบด้วย

1) AppEUI คือ Application End-device Unique Identifier
2) DevEUI คือ Device End-device Unique Identifier

อุปกรณ์แต่ละตัวนั้นจะมี DevEUI (Device Id) และ AppEUI (Application Identifier) ที่เฉพาะ ซึ่งอุปกรณ์ 2 ตัวนี้จะเป็นตัวที่เชื่อมต่อเข้ากับ Network และทางด้าน Network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็จะต้องรู้จัก AppEui ของอุปกรณ์เช่นกัน และจำเป็นต้องมีความพร้อมสำหรับการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ ดังนั้นTTN Network จะให้ TTNCTL Tool และ Web Interface สำหรับดูอุปกรณ์ต่างที่ต้องการมาเชื่อมต่อไปยัง Network หลังจากการเปิดการใช้งานอุปกรณ์ แล้วจะส่งข้อมูลที่มี DevAddr (Device address) Network ที่จะใช้โดยตัวอุปกรณ์เอง

2.2.2.2 ABP (Activation by Personalization)

ในการเชื่อมต่อแบบ ABP นั้น จำเป็นจะต้องให้อุปกรณ์ติดตามเฟรมของการส่งข้อมูลว่าถูกต้องกับที่ส่งไปหรือไม่ เพื่อป้องกันการเข้าถึงจากอุปกรณ์อื่นที่มี ID เดียวกัน ABP นั้นไม่จำเป็นต้องใช้ขั้นตอนการเข้าเหมือนกับ OTAA แต่อุปกรณ์จะถูกโปรแกรมด้วยโค้ดที่เฉพาะทางไว้ โดยใช้ DevAddr ในการติดต่อ อีกทั้งยังมี AppSKey และ DevSKey เพื่อใช้สำหรับการเข้ารหัสข้อมูลที่เก็บไว้ยังตัวอุปกรณ์

2.2.3 เกี่ยวกับ LoRa Gateway

LoRa Gateway จะมีหน้าที่ส่งข้อมูลไปยัง Router ซึ่งอาจจะมากกว่าหนึ่งตัว จะเรียกการส่งเฟรมข้อมูลจากอุปกรณ์มาหา LoRa Gateway ว่า Uplink Message และจะใช้โปรโตคอล UDP ในการส่งข้อมูลโดยส่วนมากจะใช้ Port 1700

อีกทั้ง LoRa Gateway ยังสามารถที่จะส่งข้อมูลกลับมาที่อุปกรณ์ได้เหมือนกัน เรียกว่า Downlink Message เป็นวิธีเดียวกับที่ OTAA ใช้ในการเชื่อมต่อ แต่เพื่อป้องกันข้อมูลนั้นไปรวมกับคำสั่งที่สามารถส่งแบบ Downlink ได้เช่นกัน จึงจำเป็นให้ LoRa Gateway ตรวจสอบหาตัว Downlink หลังจากที่ส่ง Uplink ไปแล้ว

2.2.4 เกี่ยวกับ Single Channel Gateways

เป็นอุปกรณ์ที่รับและส่งค่าได้แค่ 1 ช่องทางและความเร็วเดียวเท่านั้น หมายความว่าจะได้รับข้อมูลแค่ส่วนเดียวเท่านั้น แต่เหมาะสำหรับการใช้งานในที่ที่มีการใช้งานเยอะๆ หรือ Network ส่วนตัว ที่ต้องการที่จะให้บริการเฉพาะอุปกรณ์ที่รู้จักเท่านั้น ไม่มีการส่งข้อมูล Downlink ซึ่งจำเป็นจะต้องเชื่อมแบบ ABP เท่านั้น

2.2.5 เกี่ยวกับ Router, Broker และ Handler

2.2.5.1 Router

จะรับ UDP Message จาก LoRa Gateway แล้วส่งต่อไปให้ยัง Broker สำหรับ TTN Broker มีหน้าที่ดูว่า LoRa Gateway ต่างๆ เชื่อมต่อกับ Broker อย่างไร เพื่อป้องกันไม่ให้ใช้เวลานานเกินไปกว่าที่ TTN กำหนด

2.2.5.2 Broker

เป็นตัวกลางระหว่าง Router กับ Handler ซึ่งจะต้องหา Handler ที่เหมาะสมกับข้อมูลที่เข้ามาตามการลงทะเบียนไว้กับ Handler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.3 Handler

เป็นอุปกรณ์สำหรับส่งข้อมูลประเภท MQTT ไปยัง Application ที่ต้องการ โดยที่ Handler จำเป็นจะต้องรู้ว่าอุปกรณ์ไหนได้ลงทะเบียนกับ Application ไหนไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

รายละเอียดการดำเนินการ	ปี พ.ศ.2560							ปี พ.ศ.2561
	พ.ค.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค. - มี.ค.
1. การเตรียมงานวิจัย/การศึกษาเอกสาร								
2. กำหนดแผนการ/วิธีการดำเนินงาน								
3. ดำเนินงานวิจัย/เก็บข้อมูล								
3.1 ลงพื้นที่ศึกษาข้อมูล								
3.2 ออกแบบโครงสร้างเรือนเพาะปลูก								
3.3 จัดทำโรงเพาะปลูกตามแบบที่กำหนด								
3.4 ทดลองปลูกผักและทำการจดบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผัก								
3.5 สรุปข้อมูลการเจริญเติบโตของผักจากการทดลอง และนำผลที่ได้มาออกแบบระบบ								
3.6 ดำเนินการจัดทำระบบตามแบบที่กำหนด								
4. ทำแบบทดสอบ เลือกสุ่มบุคคลเพื่อเก็บความคิดเห็น จากผู้ทดลองใช้ระบบ								
5. การวิเคราะห์ สรุป ข้อมูลจากแบบสอบถาม								
6. ปรับปรุงและพัฒนาระบบ								
7. สรุปข้อมูล จัดทำรายงาน และเผยแพร่โครงการ								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การดำเนินการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปรนิกส์

3.2.1 การศึกษาข้อมูลและจัดทำโรงเรือนเพาะปลูก

3.2.1.1 ลงพื้นที่สอบถามข้อมูลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

การลงพื้นที่ศึกษาข้อมูลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์จากผู้ดูแลฟาร์มผักโดยตรง เพื่อสัมภาษณ์และสอบถามข้อมูลในการเพาะปลูก ทำให้ทราบแนวคิด วิธีการ และปัญหาจากการเพาะปลูก สามารถนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบโรงเรือนให้มีความเหมาะสมในการจัดทำระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติได้ แสดงลักษณะดังภาพ

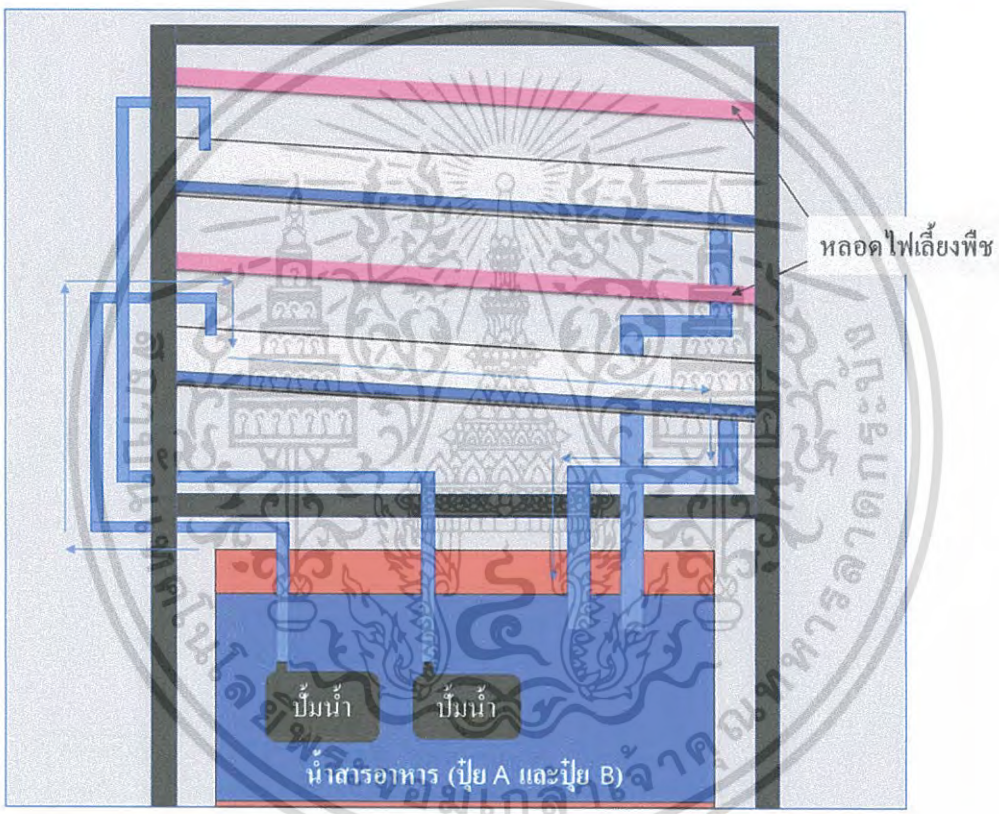
ภาพที่ 3.1 ลงพื้นที่สอบถามข้อมูลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การจัดทำโรงเรือนเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

3.2.2.1 แบบโครงสร้างโรงเรือนสาธิตการเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

สำหรับการออกแบบโรงเรือนสาธิตเพื่อใช้ในการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบระบบปิด ออกแบบโรงเรือนขนาดกว้าง 1.2 เมตร ยาว 1.2 เมตร และสูง 2 เมตร และมีขนาดตู้ที่จะใช้สำหรับวางรางเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์และสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร สูง 1.5 เมตร ซึ่งใช้เหล็กฉากรูในการจัดทำโครงสร้างดังกล่าว เพื่อให้สะดวกในการจัดทำ และสามารถปรับระดับความลาดเอียงของรางปลูกผักให้เหมาะกับการเพาะปลูกได้ แสดงลักษณะดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 3.2 แบบโครงสร้างโรงเรือนสาธิตการเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 รายการวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดทำโรงเรือนและเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

รายการวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดทำโรงเรือนและเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แสดงลักษณะดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 รายการวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดทำโรงเรือนและเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

ลำดับ	รายการวัสดุ อุปกรณ์
โครงสร้างโรงเรือน	
1	เหล็กฉากรู ขนาด 1" x 1" x 18 ม.ม.
2	น็อต+แผ่นฉาก
ระบบน้ำ	
1	ท่อ PVC 3/4" (แบบบาง)
2	ท่อ PE 20 ม.ม.
3	สายทิวดำ (PVC TUBE BLACK) ขนาด 4 ม.ม.
4	บูชทิว
5	ข้อปิดท่อ PVC 3/4"
6	ข้องอ 90 องศา PE 20 ม.ม.
7	ข้อต่อสามทาง PE 20 ม.ม.
8	ข้องอ 90 องศา PVC 2"
9	กาวทาท่อ 50 กรัม
10	เทปพันเกลียว
11	ซิลิโคน สีใส ขนาด 330 ม.ล.
12	ปั๊มน้ำ sonic AP-5000
13	Air pump
อุปกรณ์สำหรับเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์	
1	รางปลูก NFT (พร้อมเจาะ) ยาว 1 เมตร
2	ฝาปิดท้ายรางปลูก NFT
3	รางรับน้ำ NFT ยาว 1 เมตร
4	PVC แผ่น สำหรับยึดรางปลูก NFT
5	โฟมปลูกผักไฮโดรโปรนิกส์
6	ถาดรองปลูกผักไฮโดรโปรนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7	ถ้วยปลูกผักไฮโดรโปรนิกส์
8	เมล็ดผักกรีนโอ๊ค
9	ปุ๋ย AB HYDRO COOL แบบน้ำ
10	เพอร์ไลท์
11	pH UP (แบบผง)
12	pH Down (แบบผง)
13	สารละลาย pH เทียบค่า pH 4 และ 6.86 (แบบน้ำ)
14	มิเตอร์วัด EC
15	มิเตอร์วัด pH
16	ปั๊มน้ำ sonic AP-5000
17	Air pump

3.2.3 ขั้นตอนการเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

3.2.3.1 การเพาะเมล็ดพันธุ์ผัก

1) เตรียมถาดเพาะเมล็ด ฟองน้ำสำหรับเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ และเมล็ดผัก
2) นำฟองน้ำแช่น้ำสะอาด นวดให้ชุ่มน้ำ แล้ววางฟองน้ำลงบนถาดเพาะเมล็ด
3) วางเมล็ดพันธุ์ผักอย่างระมัดระวังลงบนฟองน้ำ (1 เมล็ดต่อฟองน้ำ 1 ชิ้น) ให้เมล็ดลงไปในฟองน้ำประมาณ 1-3 มิลลิเมตร
4) นำผ้าชุบน้ำ แล้วคลุมแผ่นฟองน้ำเพื่อรักษาความชื้น วางถาดเพาะปลูกในที่ร่มในช่วง 3 วันแรก หมั่นพรมน้ำให้กับผักเป็นประจำ ในวันที่ 4 เอาผ้าออก ย้ายต้นกล้าวางไว้ในที่มีแสง
5) เมื่อต้นกล้าอายุ 4-5 วัน ให้ผสมปุ๋ย A และปุ๋ย B ลงในน้ำ (ผสมแบบเจือจาง) แล้วเติมน้ำสารอาหารลงในถาดเพาะปลูกประมาณครึ่งของความสูงฟองน้ำ และวางถาดเพาะเมล็ดในที่ที่มีแสงมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.3 การเพาะเมล็ดพันธุ์ผัก

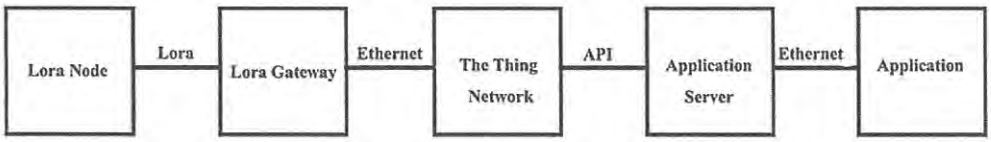
3.2.3.2 การดูแลผักไฮโดรโปนิกส์หลังการย้ายต้นกล้าเข้ารางปลูก

1) เมื่อต้นกล้าอายุ 7-10 วัน หรือสังเกตุว่ามีรากงอกผ่านฟองน้ำแล้ว ให้นำต้นกล้าใส่ถ้วยเพาะปลูก NFT อย่างระมัดระวัง นำถ้วยเพาะปลูกที่ใส่ต้นกล้าสมบูรณ์แล้วลงรางเพาะปลูกที่เตรียมไว้
2) ผสมปุ๋ย A และปุ๋ย B ตามคู่มือของปุ๋ย โดยวัดค่า pH และค่า EC ตามคู่มือของการใช้ปุ๋ย และชนิดผักที่ปลูก
3) เปิดระบบให้อุปกรณ์ต่างๆ ทำงานเพื่อให้ระบบหมุนเวียนน้ำและแสงสว่างกับผัก
4) ตรวจวัดค่า pH และค่า EC ในช่วงเวลา 16.00 – 19.00 น. ของทุกวัน หากค่า pH ต่ำหรือสูงจนเกินไปให้ทำการปรับค่าโดยใช้สารละลาย pH UPหรือ pH Down และหากค่า EC ต่ำไปให้เติมปุ๋ยเพิ่มหรือเติมน้ำเพื่อเจือจางสารละลาย เพื่อลดค่า EC ที่สูงจนเกินไป
5) การเติมน้ำปุ๋ยเพิ่มลงในถังให้ผสมแยกจากถังผสมเข้าราง แล้วปรับค่า pH และค่า EC ให้เหมาะสมก่อนจะนำน้ำสารอาหารไปเติมผสมในถังผสมปุ๋ยที่ปั๊มเข้ารางปลูก
6) ควรหยุดผสมน้ำปุ๋ยก่อนเก็บผลผลิตประมาณ 7-14 วัน เพื่อลดสารตกค้างในผัก

ภาพที่ 3.4 การย้ายต้นกล้าเข้ารางปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบระบบแนะนำและดูแลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.5 ระบบแนะนำและดูแลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ

3.3.1 ระบบ Hardware

เป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับการดูแลและควบคุมการเจริญเติบโตของผัก โดยออกแบบตู้สาธิตและระบบ Embedded System เพื่อทำการทดสอบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในระบบปิด ซึ่งจะประกอบด้วย

1) ระบบตู้สาธิต โดยออกแบบให้สอดคล้องกับเทคการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์
2) ระบบควบคุมปัจจัยการเจริญเติบโตของผัก เช่น การควบคุมสารอาหารในน้ำ แสง อุณหภูมิ เป็นต้น โดยออกแบบให้ระบบสามารถควบคุมการทำงานได้อัตโนมัติผ่านระบบ Embedded system ซึ่งสามารถรับส่งข้อมูลกับ Cloud Platform ผ่านการสื่อสารด้วยเทคโนโลยี LoRa

3.3.2 ระบบ IoT (Internet of Thing) : LoRa

เป็นระบบที่ใช้ส่งข้อมูลจาก ระบบ Hardwares เพื่อนำข้อมูลที่ได้จัดเก็บลง Database วิเคราะห์และให้การควบคุมดูแลการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์

1) ออกแบบ PCB (Print Circuit Board) สำหรับ End-Device และเขียน Firmware ให้สามารถสื่อสารผ่านเทคโนโลยี LoRa ได้ โดยออกแบบให้สามารถขยายขนาดระบบได้ง่ายและมีความสะดวกสบายในการใช้งานของผู้ใช้งาน
2) ออกแบบ Firmware ของ LoRa Gateway ให้สามารถเชื่อมต่อกับระบบ Cloud Platform ที่ต้องการได้

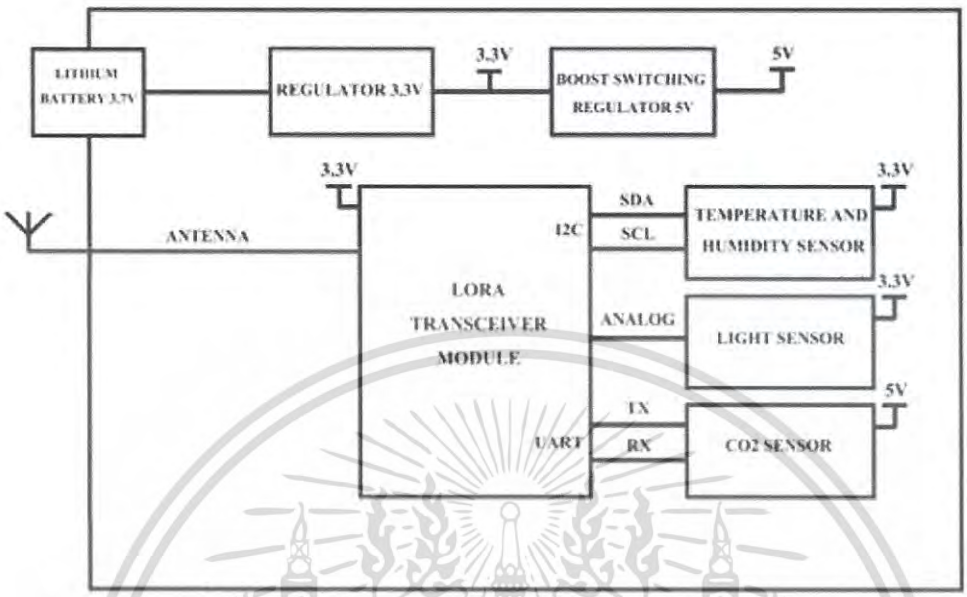
3.3.3 ระบบ Cloud

เป็นระบบที่รับข้อมูลจาก End-Device มาจัดเก็บในภาพแบบของ Database ผ่าน LoRa สามารถนำเสนอข้อมูลของระบบผ่าน Website เพื่อแสดงสถานะของระบบให้กับผู้ใช้งาน และสามารถทำ Remote Config ให้กับอุปกรณ์ End-Device โดยรับคำสั่งจากผู้ใช้งานได้

1) ออกแบบและพัฒนา ระบบ Private IoT Cloud Platform ที่สอดคล้องกับเทคโนโลยี LoRa และระบบอื่นๆ ที่จำเป็น เช่น Database เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบ E-SENSOR LoRa Node



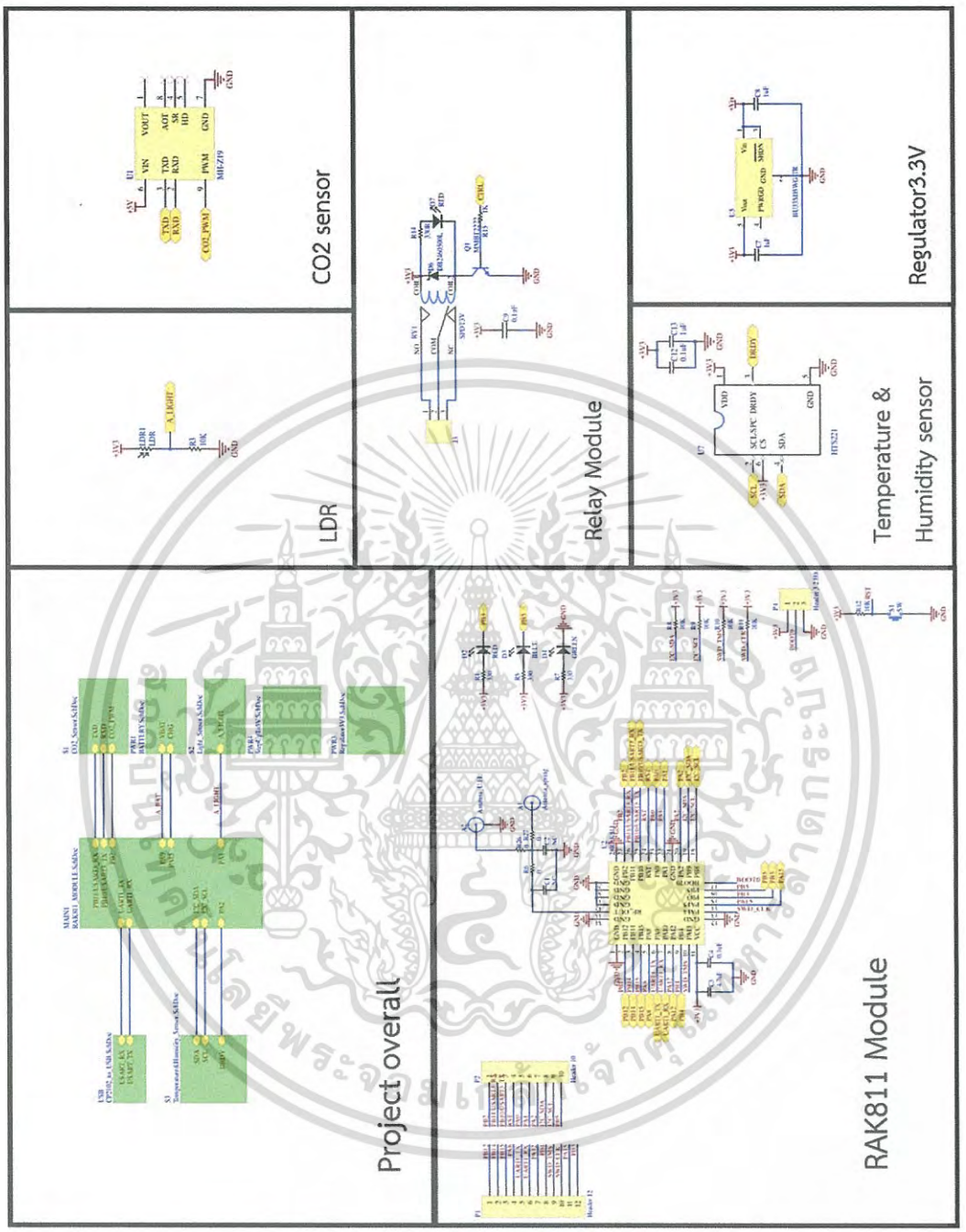
ภาพที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมของ E-SENSOR LoRa Node

E-SENSOR LoRa Node ออกแบบมาเพื่อเป็นบอร์ด LoRa อเนกประสงค์ โดยสามารถนำมาใช้ในการวัดสภาพแวดล้อม และควบคุมอุปกรณ์ภายนอกของระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติได้ซึ่ง E-SENSOR LoRa Node มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) ทำการสื่อสารผ่านสัญญาณ LoRa ได้ ด้วย LoRa Transceiver Module ซึ่งรองรับคลื่นในย่านความถี่ 915 MHz
2) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ โดย HTS221 ซึ่งให้ความละเอียดที่สูง มีขนาดเล็กและใช้พลังงานต่ำ สื่อสารกับไมโครคอนโทลเลอร์ผ่าน I2C ทำงานที่ 3.3 โวลล์ได้
3) เซนเซอร์วัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 0 - 5000 ppm โดย MH-Z19 ทำงานที่ 5 โวลล์ ทำการสื่อสารผ่าน UART
4) เซนเซอร์วัดความสว่างของแสงด้วย LDR ซึ่งจะได้ค่าโวลล์ที่แปรผันกับความสว่างเป็นค่าอนาล็อก
5) มีแหล่งพลังงานอยู่ที่แบตเตอรี่ชนิดลิเที่ยมโพลิเมอร์ หรือ ลิเที่ยวไอออน 3.7 โวลล์ สามารถชาร์จแบตเตอรี่ และใช้พลังงานผ่าน USB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

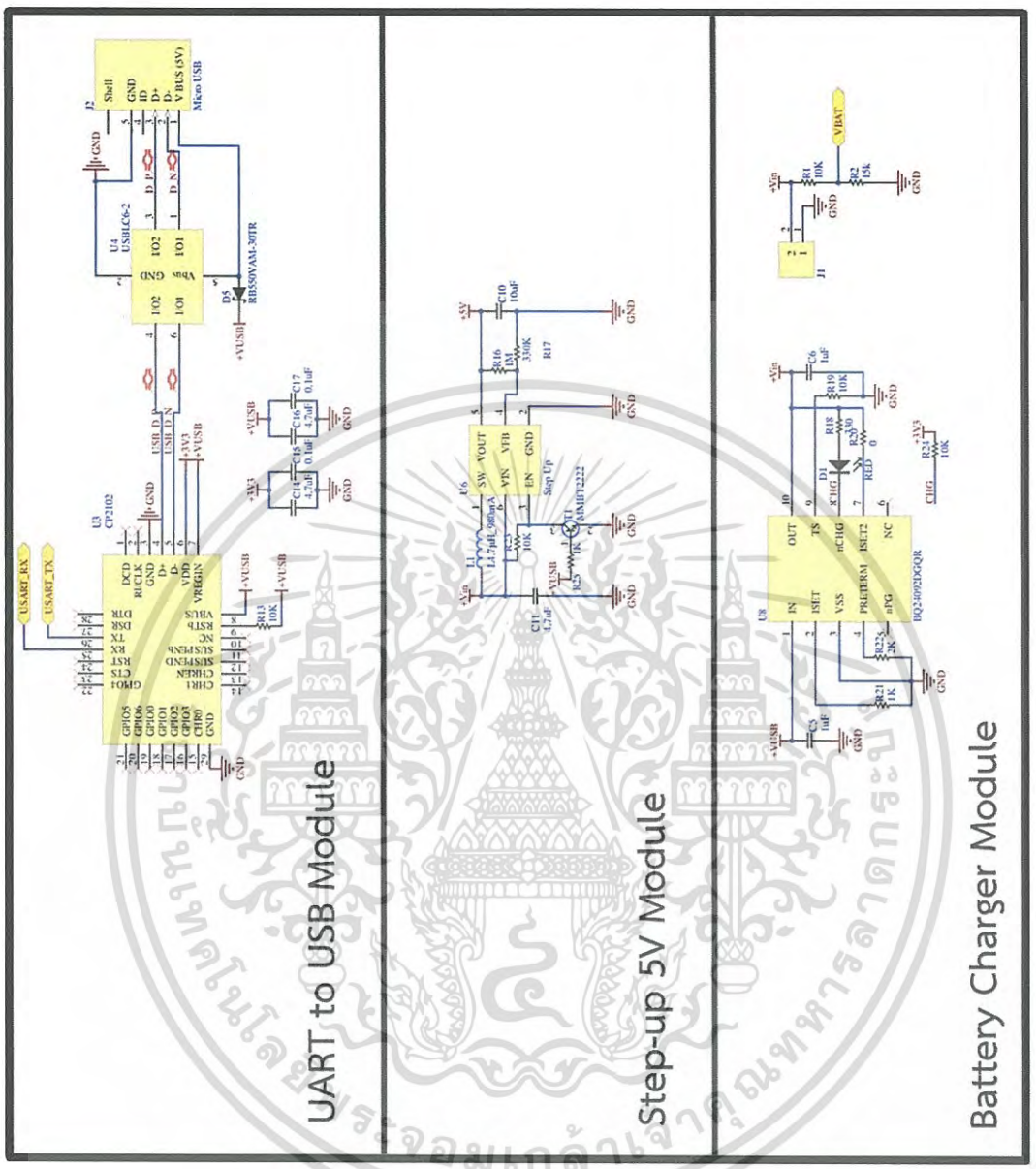
3.4.1 Schematic ของ E-SENSOR LoRa Node หน้าที่ 1



ภาพที่ 3.7 Schematic ของ E-SENSOR LoRa Node หน้าที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

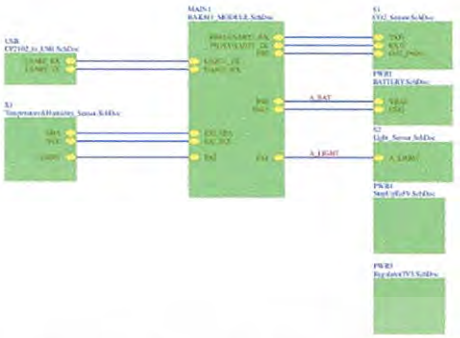
3.4.2 Schematic ของ E-SENSOR LoRa Node หน้าที่ 2



ภาพที่ 3.8 Schematic ของ E-SENSOR LoRa Node หน้าที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 รายละเอียดของวงจร E-SENSOR LoRa Node

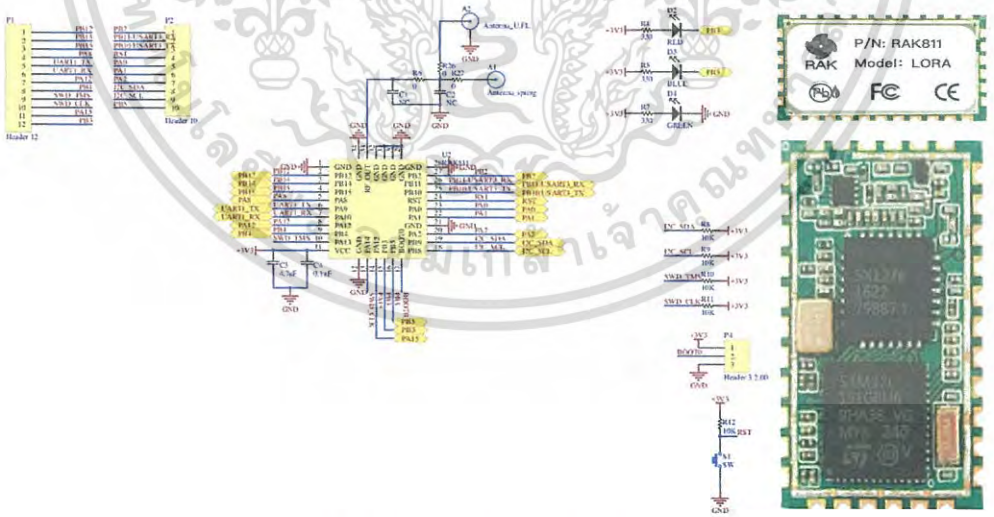


ภาพที่ 3.9 รายละเอียดของวงจร E-SENSOR LoRa Node

การเชื่อมต่อต่างๆ ของ RAK811 กับโมดูลอื่นๆ ได้แก่

1) CO2 sensor 1 ชุด สำหรับวัดค่าคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ
2) Battery Charger Module 1 ชุด สำหรับจัดการแหล่งพลังงาน และชาร์จแบตเตอรี่
3) LDR 1 ชุด สำหรับการตรวจจับไฟเปิดหรือปิด
4) UART to USB Module 1 ชุด สำหรับการติดต่อผ่าน USB
5) Temperature & Humidity sensor 1 ชุด ใช้วัดอุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ

3.4.3.1 RAK811 Module

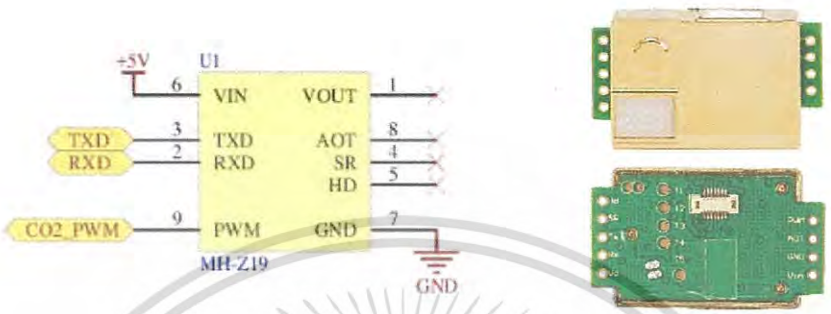


ภาพที่ 3.10 RAK811 Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RAK 811 เป็นโมดูลตัวหลักที่ใช้ ประกอบไปด้วยไมโครคอลโทลเลอร์ STM32L151 และ SX1276 ซึ่งเป็นชิป LoRa Transmitter โดยมีการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อให้ชิปทำงานได้

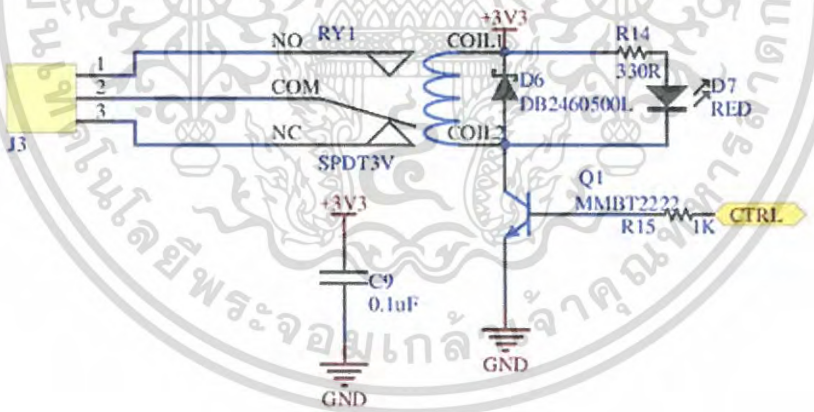
3.4.3.2 CO2 sensor



ภาพที่ 3.11 CO2 sensor

ใช้โมดูล MH-Z19 เป็นเซนเซอร์ในการวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซน์ สามารถสื่อสารผ่าน UART และผ่านความถี่ สามารถวัดคาร์บอนไดออกไซน์ในช่วง 0 - 5000 ppm ได้

3.4.3.3 Relay Module

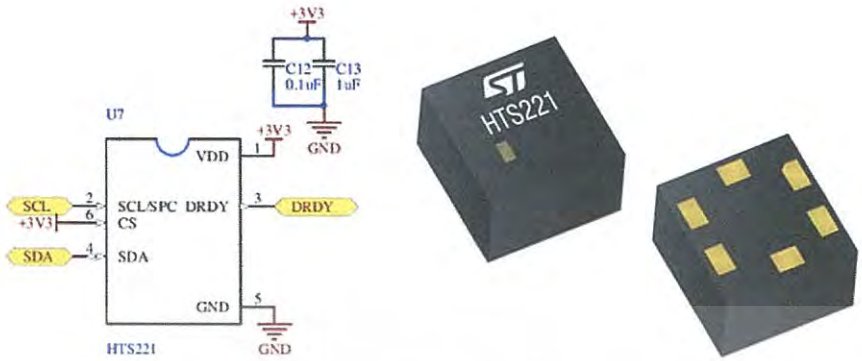


ภาพที่ 3.12 Relay Module

เป็นวงจรไว้ควบคุมรีเลย์ ออกแบบมาเพื่อใช้กับรีเลย์ที่มีคอยล์ 3 โวลล์ และขับด้วยไมโครคอลโทลเลอร์ไฟเลี้ยง 3.3 โวลล์ ไฟ LED ติดเพื่อรีเลย์ทำงาน โดยรีเลย์จะทำงานเมื่อไมโครคอลโทลเลอร์ขับลอจิกสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

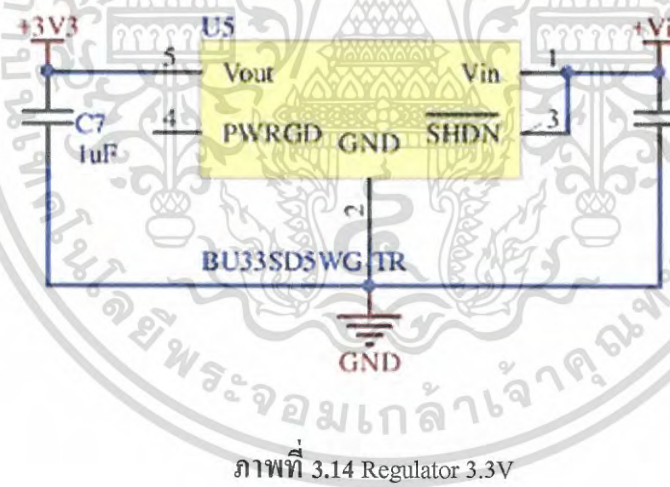
3.4.3.4 Temperature และ Humidity sensor



ภาพที่ 3.13 Temperature และ Humidity sensor

ใช้ชิป hts221 โดย STMicroelectronics เป็นเซนเซอร์วัดความชื้น และอุณหภูมิ สื่อสารผ่าน I2C ตัวชิปมีขนาดเล็ก แต่สามารถวัดค่าได้อย่างแม่นยำ

3.4.3.5 Regulator 3.3V

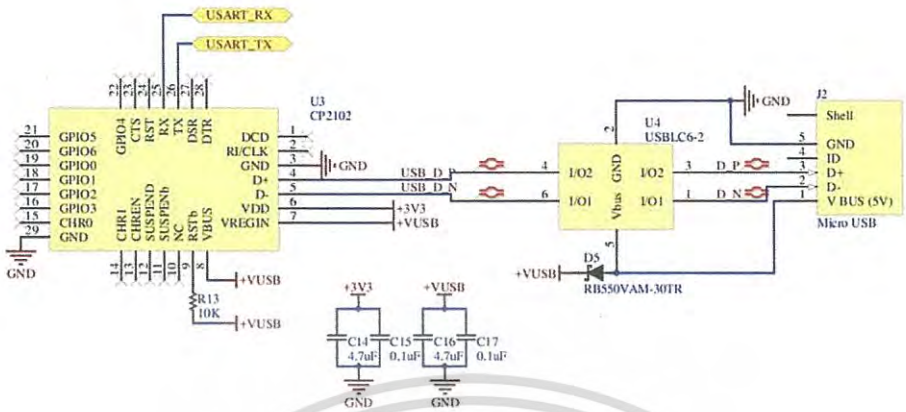


ภาพที่ 3.14 Regulator 3.3V

ชิปเล็กกุเลเตอร์มีหน้าที่ แปลงไฟเข้าให้เป็นไฟ 3.3 โวลล์ เพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานให้อุปกรณ์ต่างๆ ในบอร์ด เช่น Rak811 Hts221 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

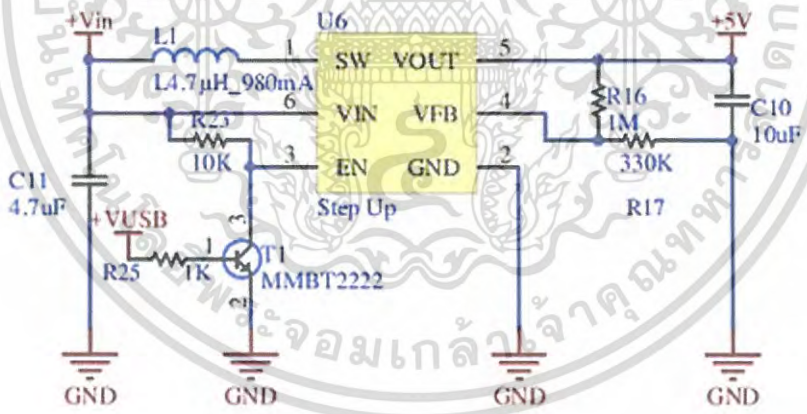
3.4.3.6 UART to USB Module



ภาพที่ 3.15 UART to USB Module

ใช้ชิป CP2102 โดย Silicon labs มีความสามารถในการแปลงการสื่อสารแบบ UART เป็น USB ทำให้สามารถที่จะส่งข้อมูลระหว่างบอร์ด กับคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง

3.4.3.7 Step-up 5V Module

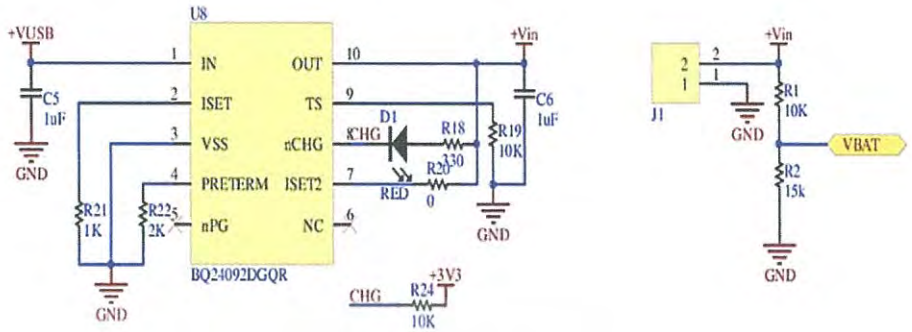


ภาพที่ 3.16 Step-up 5V Module

ชิปเพิ่มแรงดันมีหน้าที่แปลงไฟ 3.3 โวลล์ เป็น 5 โวลล์ เพื่อนำไปเป็นพลังงานให้เซนเซอร์วัดคาร์บอนไดออกไซน์ MH-Z19 โดยจะหยุดทำงาน เมื่อมีไฟจาก USB โดยการที่ทราสซิสเตอร์ทำงาน ทำให้ขา EN มีลอจิกต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

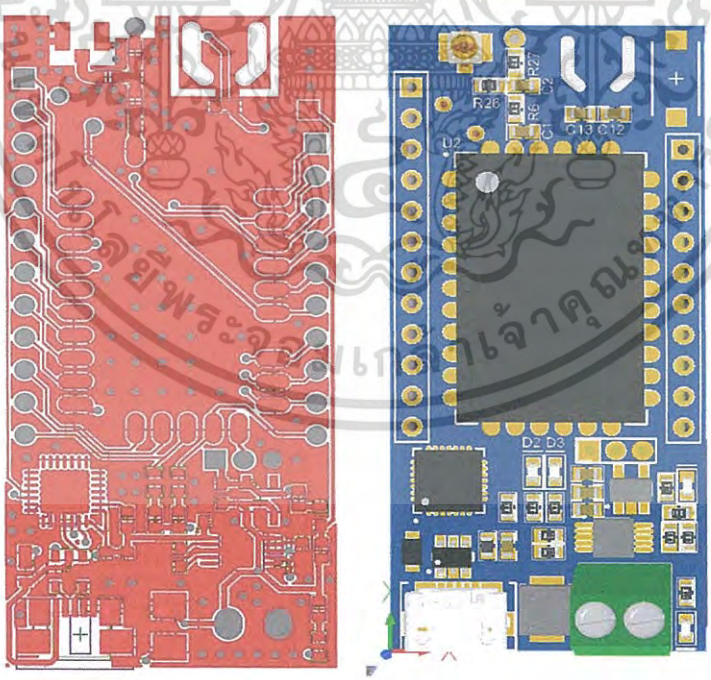
3.4.3.8 Battery Charger Module



ภาพที่ 3.17 Battery Charger Module

ใช้ชิป BQ24092DGQR โดย Texas instruments เป็นชิปสำหรับจัดการไฟเข้าและชาร์จแบตเตอรี่ได้ทั้ง LI-ION และ LI-POLYMER เพื่อมีไฟเข้ามาในชิป โดยในที่นี้คือ ไฟจาก USB จะหยุดใช้แบตเตอรี่ แล้วใช้ไฟจาก USB แทน โดยมีการต่อไฟออกจากวงจรแบ่งความดัน เพื่อใช้สำหรับการอ่านแรงดันไฟด้วยไมโครคอลโทลเลอร์

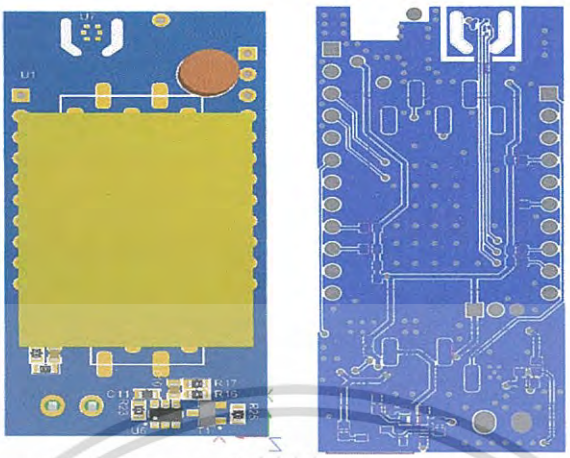
3.4.4 ลายวงจรของ E-SENSOR LoRa Node Top Layer



ภาพที่ 3.18 ลายวงจรของ E-SENSOR LoRa Node Top Layer

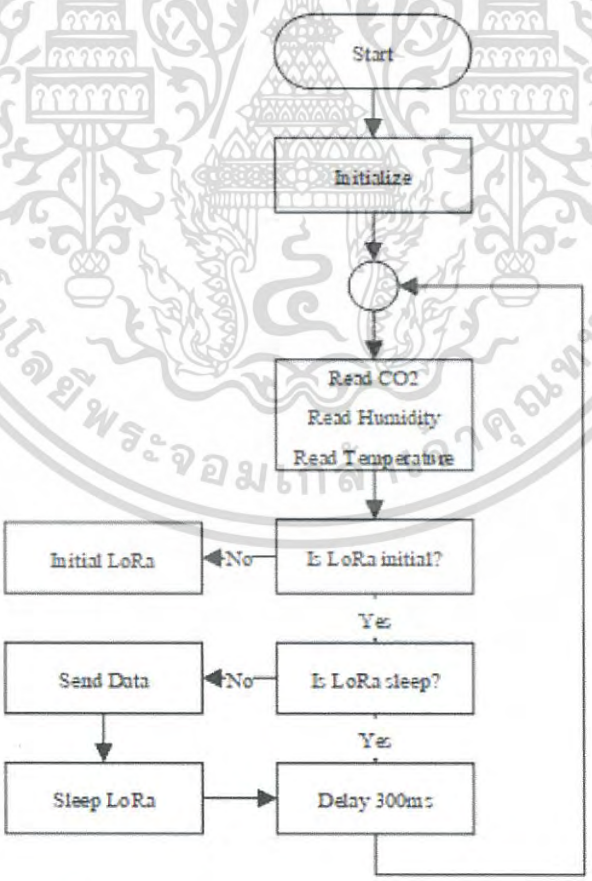
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 ลายวงจรของ E-SENSOR LoRa Node Bottom Layer



ภาพที่ 3.19 ลายวงจรของ E-SENSOR LoRa Node Bootom Layer

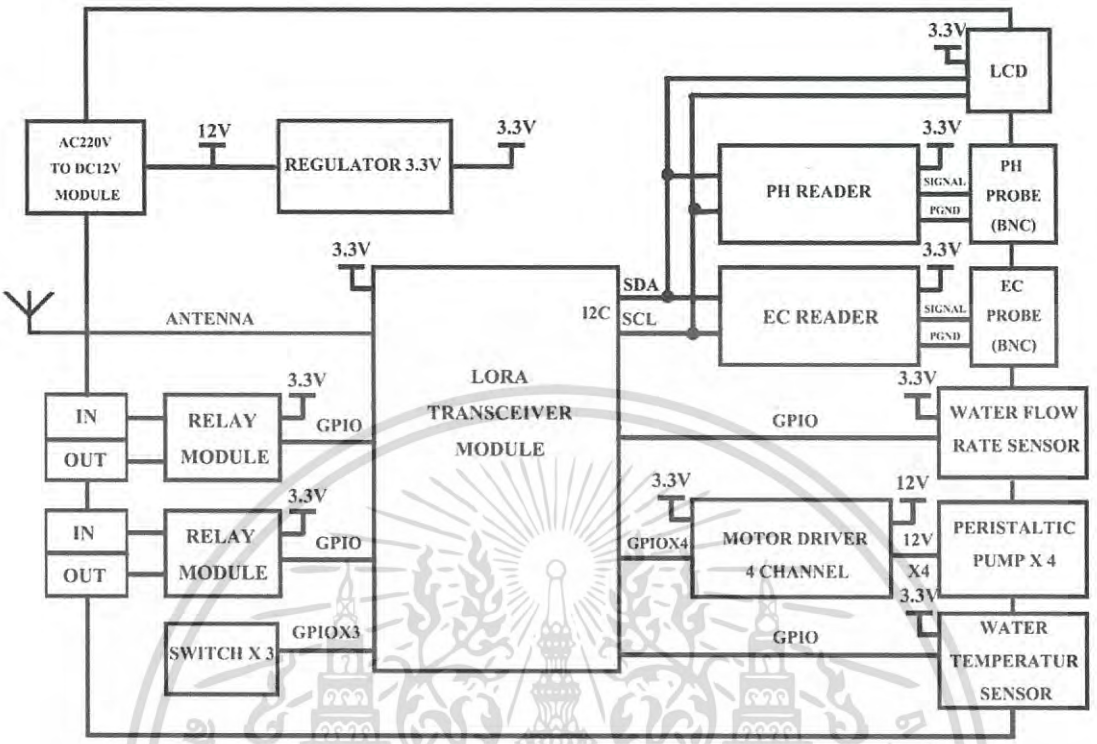
3.4.6 หลักการทำงานของ E-SENSOR LoRa Node



ภาพที่ 3.20 Flowchart ของ Nutrient Feeder with LoRa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบ Nutrient Feeder with LoRa



ภาพที่ 3.21 บล็อกไดอะแกรมของ Nutrient Feeder with LoRa

Nutrient Feeder with LoRa เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับควบคุมการส่งสารละลายปุ๋ย เพื่อเข้าไปผสมกับน้ำก่อนที่จะปั๊มน้ำสารอาหารเข้าสู่รางเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งจะทำงานเพื่อให้ได้ปุ๋ยน้ำตามที่ผู้ใช้ได้ตั้งค่าไว้ สามารถติดตามข้อมูลได้ และถูกตั้งค่าผ่านแอพพลิเคชันด้วยการสื่อสารทาง LoRa โดยผู้ใช้ ซึ่ง Nutrient Feeder with LoRa มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

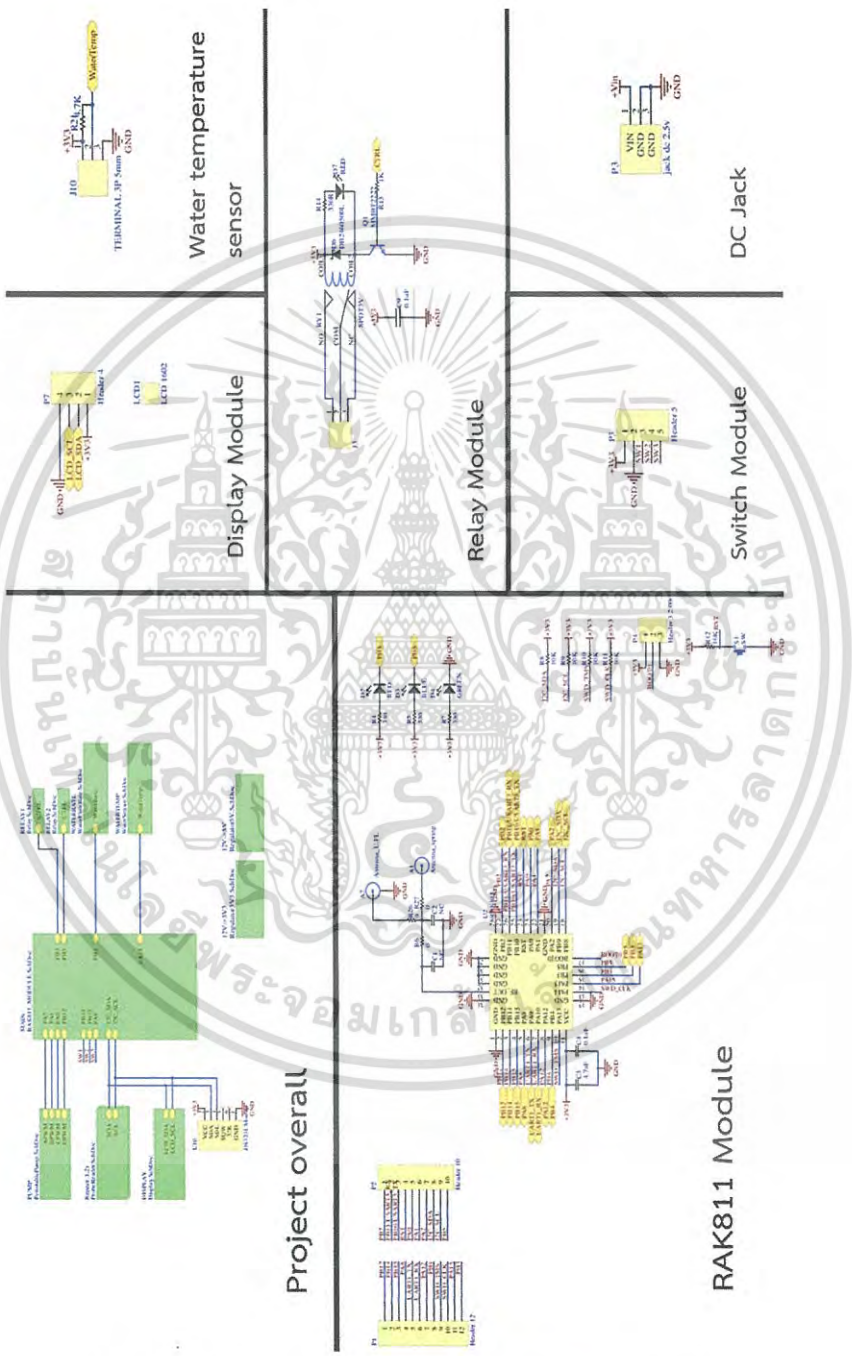
1) ทำการสื่อสารผ่านสัญญาณ LoRa ได้ด้วย LoRa Transceiver Module ซึ่งรองรับคลื่นในย่านความถี่ 915 MHz
2) อ่านค่า EC และ pH ผ่านทางวงจรแยก ซึ่งจะแปลงค่าจากโพรบ แล้วนำค่าที่ได้มาประมวลผลเพื่อสั่งการปั๊มจ่ายสารละลายปุ๋ย โดยจะสื่อสารด้วย I2C
3) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิของน้ำ เพื่อนำมาใช้ในการปรับค่าของ EC
4) แสดงผลผ่านทาง LCD โดยจะสื่อสารด้วย I2C
5) เซนเซอร์วัดการไหลของน้ำ เพื่อนำมาคำนวนปริมาณน้ำในถัง โดยจะทำงานที่ 3.3 โวลล์ แล้วได้ผลลัพธ์ในภาพแบบของความถี่
6) จะใช้ปั๊มเพอริสตอลติก ขนาด 12 โวลล์ เพื่อจ่ายของเหลวอย่างแม่นยำ ซึ่งจะทำการควบคุมปั๊มเพอริสตอลติกด้วยไมโครคอนโทลเลอร์ผ่านชิปขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) มีสวิตซ์ 3 ปุ่ม เพื่อรองรับคำสั่งจากผู้ใช้

8) มีรีเลย์ 2 ช่อง เพื่อควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น โซลินอยด์วาวล์ เป็นต้น และมีแหล่งพลังงานอแดปเตอร์แปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลล์ เป็นกระแสตรง 12 โวลล์

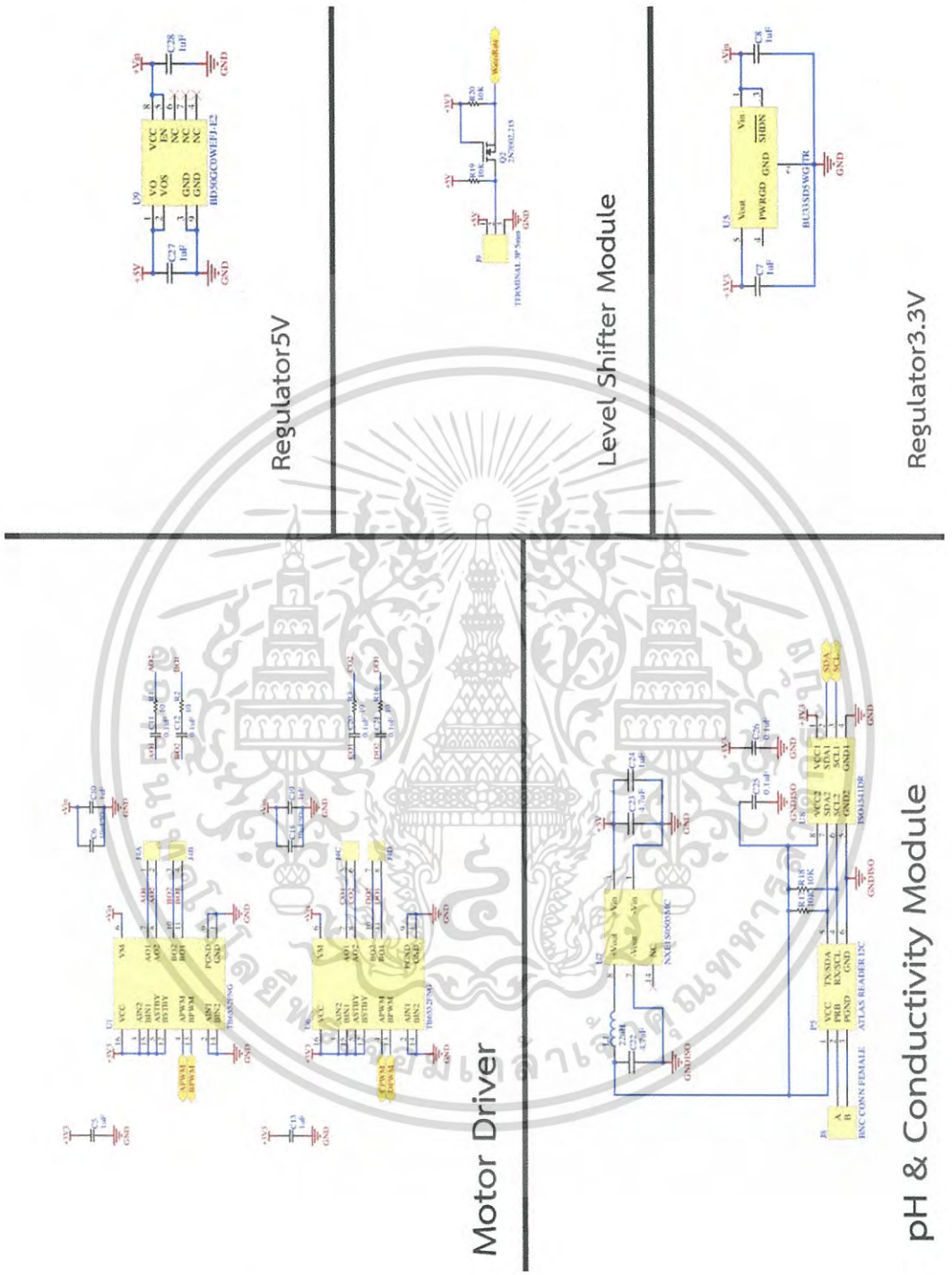
3.5.1 Schematic ของ Nutrient Feeder with LoRa หน้า 1



ภาพที่ 3.22 Schematic ของ Nutrient Feeder with LoRa หน้า 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

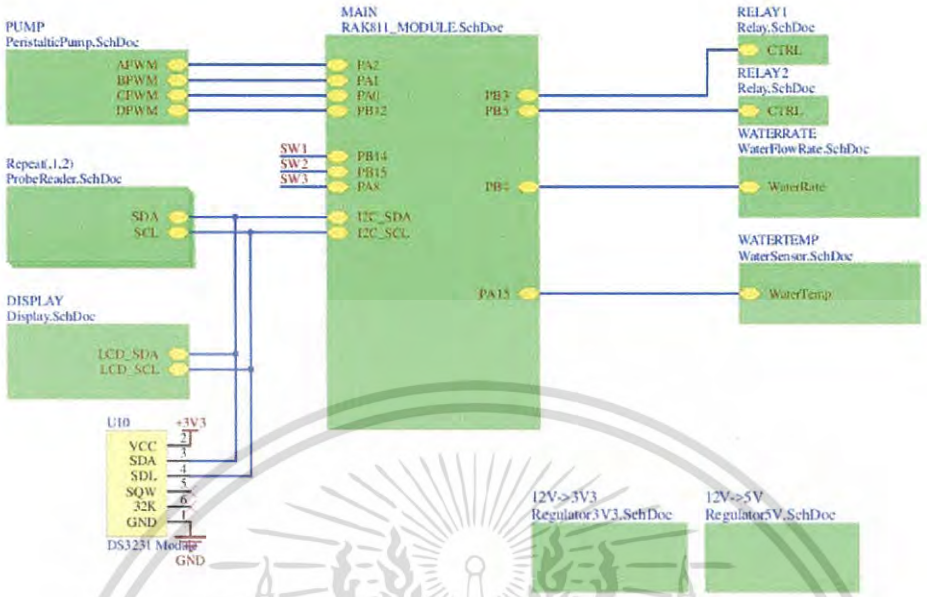
3.5.2 Schematic ของ Nutrient Feeder with LoRa หน้า 2



ภาพที่ 3.23 Schematic ของ Nutrient Feeder with LoRa หน้า 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 รายละเอียดของวงจร Nutrient Feeder with LoRa



ภาพที่ 3.24 รายละเอียดของวงจร Nutrient Feeder with LoRa

การเชื่อมต่อต่างๆ ของ RAK811 กับโมดูลอื่นๆ ได้แก่

1) Relay Module 2 ชุด หนึ่งชุดสำหรับควบคุมโซลินอยวาร์ว เพื่อควบคุมน้ำ อีกหนึ่งเพื่อการทำงานอเนกประสงค์
2) Water temperature sensor 1 ชุด วัดอุณหภูมิน้ำ เพื่อใช้ในการตั้งค่าเซนเซอร์วัด pH และ Conductivity
3) Water flow-rate sensor 1 ชุด ใช้วัดอัตราการใช้ของน้ำ เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณน้ำในระบบ
4) Motor Driver Module สำหรับปั๊ม Peristaltic 4 ตัว สำหรับการจ่ายสารที่ใช้ในการผสมปุ๋ย ได้แก่ pH UP, pH Down, ปุ๋ย A และ ปุ๋ย B
5) pH sensor 1 ชุด ใช้วัดค่าความเป็นกรด ด่าง ของสารละลาย เพื่อใช้กำหนดค่าที่เหมาะสมกับพืช
6) Conductivity sensor 1 ชุด ใช้วัดค่าการนำไฟฟ้า ของสารละลาย เพื่อใช้กำหนดความเข้มข้นของปุ๋ย
7) Switch Module 1 ชุด เพื่อควบคุมระบบ
8) Display Module 1 ชุด เพื่อแสดงผลต่างๆ

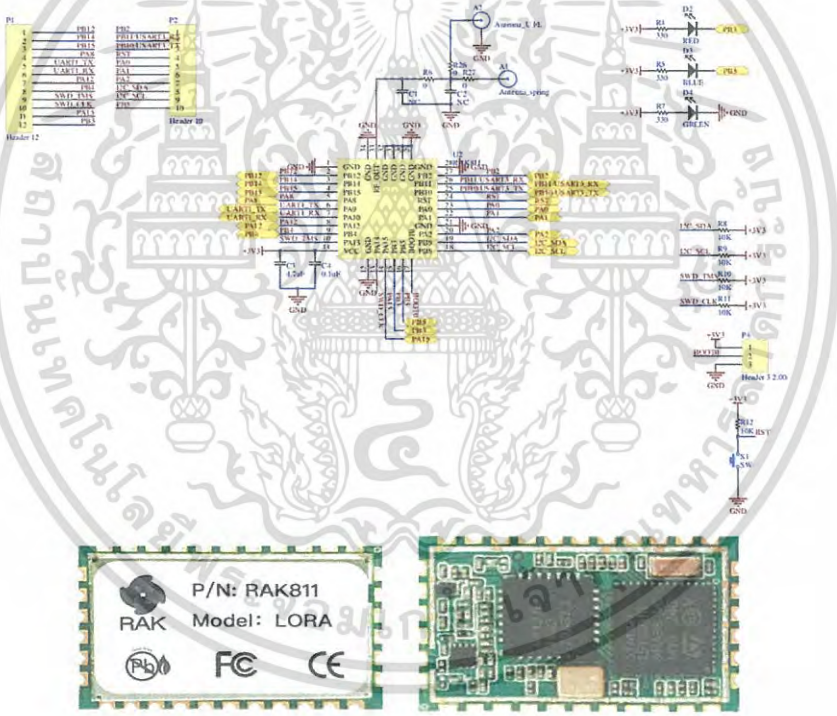
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3.1 DS3231 Real time clock Module

ภาพที่ 3.25 DS3231 Real time clock Module

ใช้โมดูล DS3231 เป็นโมดูล Real time clock ที่มาพร้อมหน่วยความจำ สามารถตั้งเวลา และอ่านค่าผ่านการสื่อสารแบบ I2C

3.5.3.2 RAK811 Module

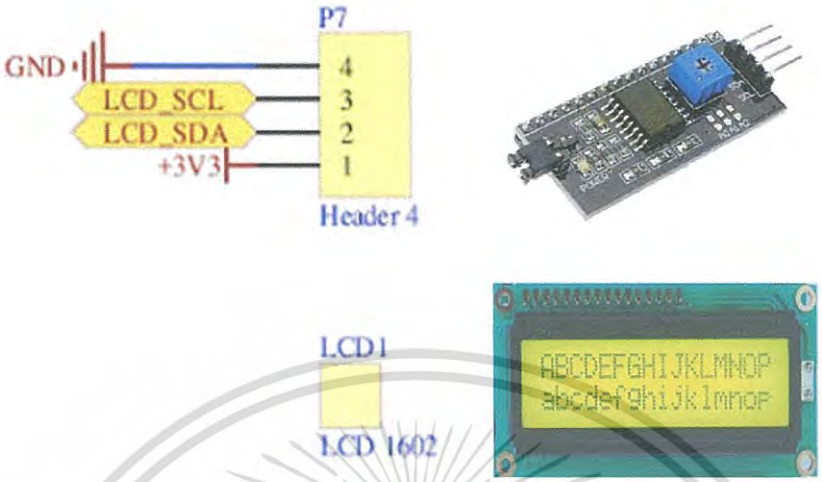


ภาพที่ 3.26 RAK811 Module

RAK 811 เป็นโมดูลที่ใช้เป็นตัวหลัก ประกอบไปด้วยไมโครคอลโทลเลอร์ STM32L151 และ SX1276 ซึ่งเป็นชิป LoRa Transmitterโดยมีการต่ออุปกรณ์ ไฟฟ้า เพื่อให้ชิปทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

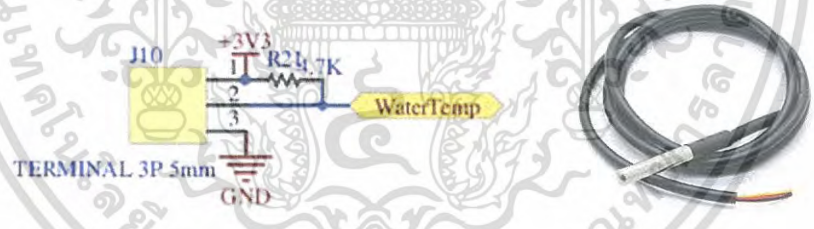
3.5.3.3 Display Module



ภาพที่ 3.27 Display Module

ใช้การแสดงผลผ่านจอ LCD 1602 โดยสื่อสารผ่าน I2C ด้วยใช้โมดูล LCM1602 IIC ช่วยในการแปลง I2C เป็น parallel เพื่อสื่อสารกับ LCD 1602

3.5.3.4 Water temperature sensor

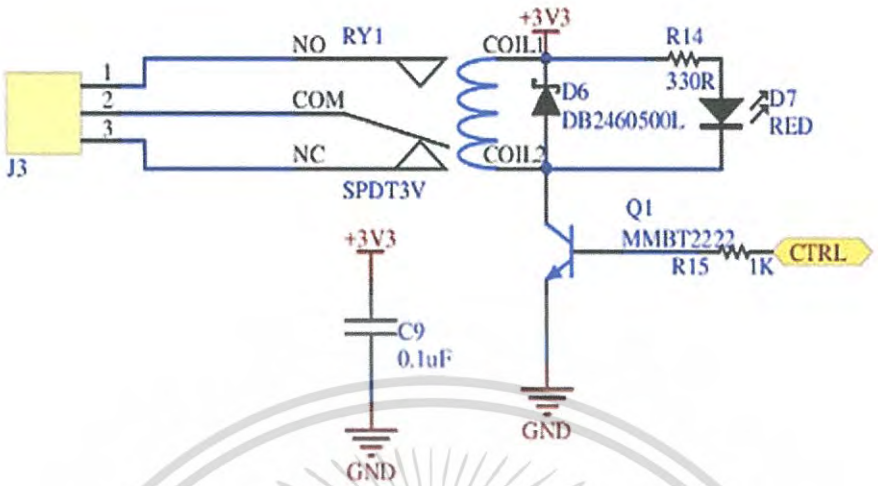


ภาพที่ 3.28 Water temperature sensor

ใช้โมดูล DS18D20 เป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่ติดตั้งมาให้ใช้กับน้ำ สามารถสื่อสารผ่านสายข้อมูลเพียงเส้นเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

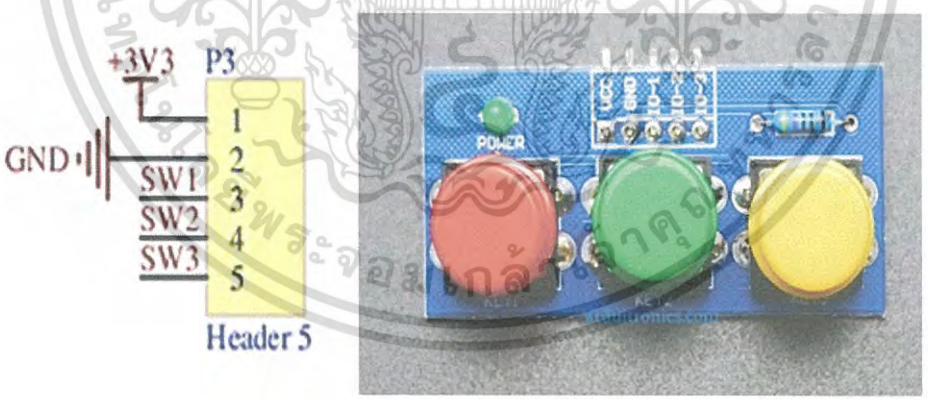
3.5.3.6 Relay Module



ภาพที่ 3.29 Relay Module

เป็นวงจรไว้ควบคุมรีเลย์ ออกแบบมาเพื่อใช้กับรีเลย์ที่มีคอยล์ 3 โวลล์ และขับด้วยไมโครคอลโทลเลอร์ไฟเลี้ยง 3.3 โวลล์ ไฟ LED ติดเพื่อรีเลย์ทำงาน โดยรีเลย์จะทำงานเมื่อไมโครคอลโทลเลอร์ขับลอจิกสูง

3.5.3.7 Switch Module

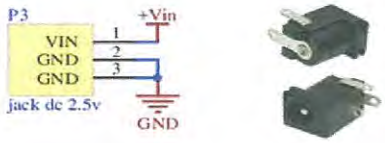


ภาพที่ 3.30 Switch Module

โมดูลสวิตซ์ 3 ปุ่ม สำหรับใช้ควบคุมบอร์ด เมื่อกดจะเป็นการเชื่อมสายสัญญาณกับ Ground

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

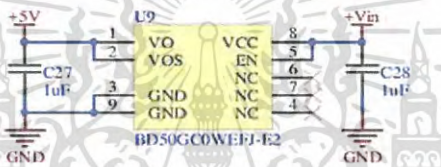
3.5.3.8 DC Jack



ภาพที่ 3.31 DC Jack

อุปกรณ์เชื่อมต่อกับอแดปเตอร์ภายนอก 12 โวลล์ ใช้กับหัวแจ็คขนาด 2.5 มิลลิเมตร

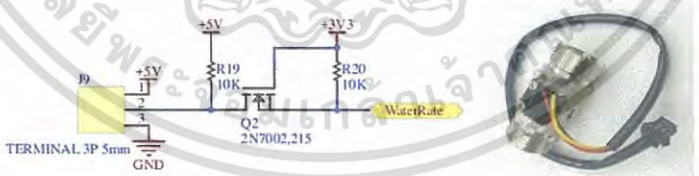
3.5.3.9 Regulator 5V



ภาพที่ 3.32 Regulator 5V

ชิปเล็กกุเลเตอร์มีหน้าที่แปลงไฟ 12 โวลล์เป็น 5 โวลล์ เพื่อนำไปเป็นพลังงานให้ เซนเซอร์วัด pH, Conductivity และ Water-rate ซึ่งจำเป็นต้องใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลล์

3.5.3.10 Level Shifter Module

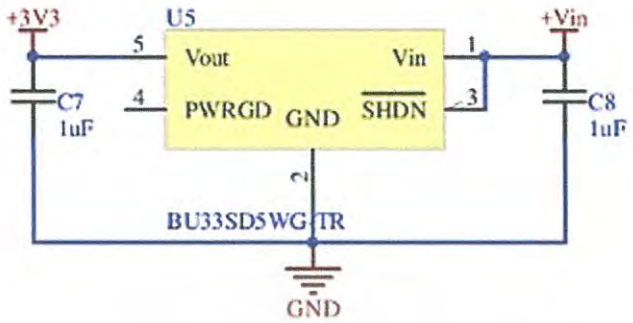


ภาพที่ 3.33 Level Shifter Module

เป็นโมดูลในการแปลงลอจิก 5 โวลล์เป็น 3.3 โวลล์ เพื่อให้ใช้กับไมโครคอลโทลเลอร์ได้ นำมาใช้กับโมดูลวัดกระแสน้ำซึ่งมีลอจิก 5 โวลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

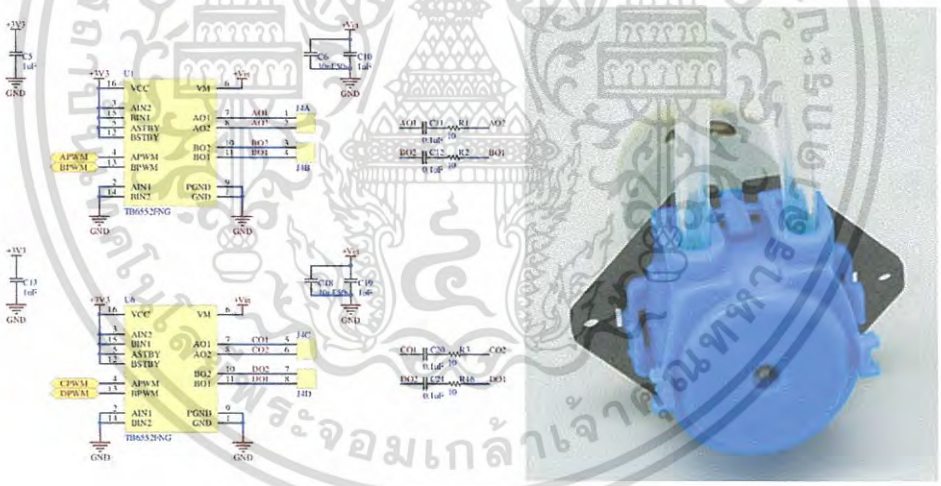
3.5.3.11 Regulator 3.3V



ภาพที่ 3.34 Regulator 3.3V

ชิปเล็กกุเลเตอร์มีหน้าที่แปลงไฟเข้าให้เป็นไฟ 3.3 โวลล์ เพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานให้อุปกรณ์ต่างๆ ในบอร์ด เช่น Rak811 Motor driver เป็นต้น

3.5.3.12 Motor Driver

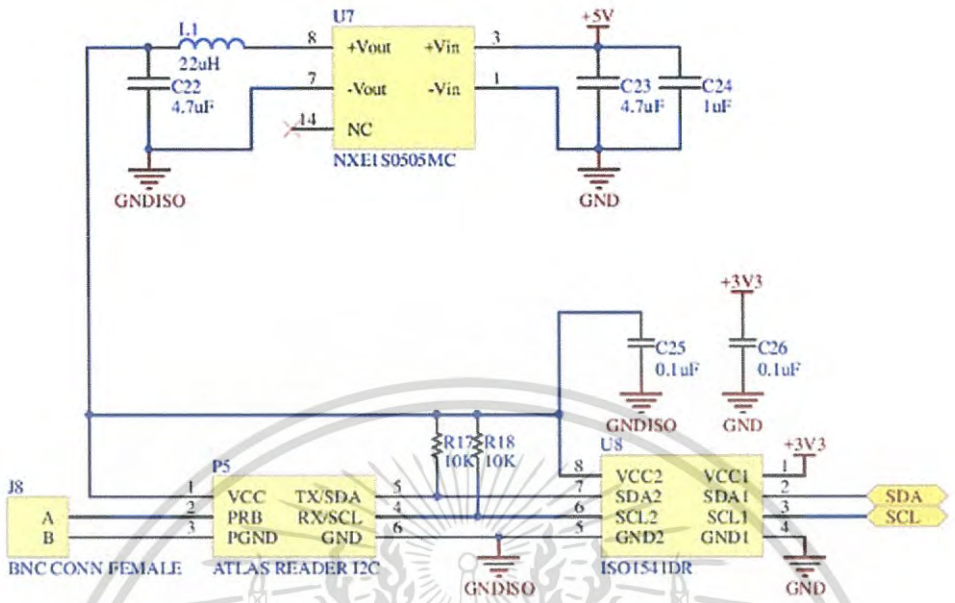


ภาพที่ 3.35 Motor Driver

ใช้ชิป TB6552FNG โดย Toshiba Semiconductor and Storage สามารถควบคุมมอเตอร์ได้ 2 ตัว จึงใช้ชิป 2 ตัว เพื่อใช้กับมอเตอร์ 4 ตัว ตัวโมดูลออกแบบมาเพื่อให้ใช้ PWM ในการสั่งการ ใช้ดิจิตอลเอาร์พุต 1 ช่อง ต่อมอเตอร์ 1 ตัว โดยใช้ควบคุมมอเตอร์ของปั๊ม Peristaltic ซึ่งมีหน้าที่จ่ายสารที่เป็นของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

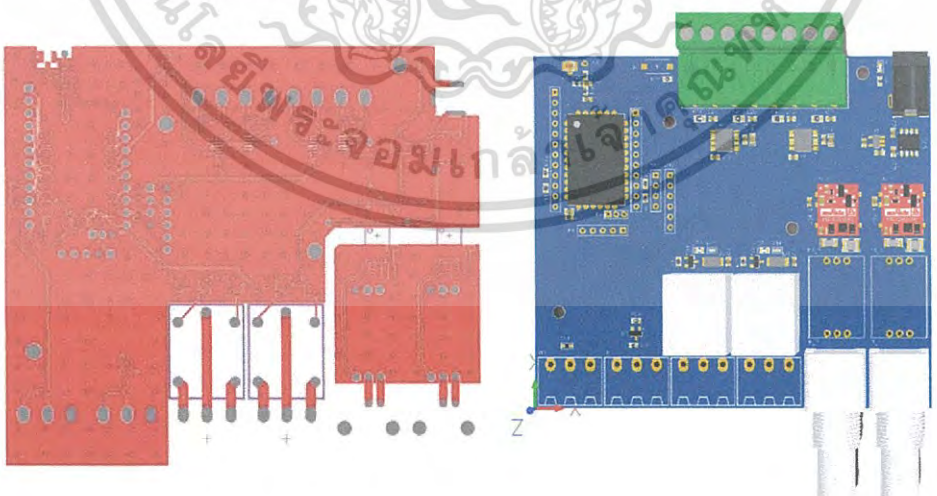
3.5.3.13 pH & Conductivity Module



ภาพที่ 3.36 pH & Conductivity Module

เป็นโมดูลที่ไว้เชื่อมต่อกับโมดูล และเซนเซอร์ที่ใช้ วัดค่า pH และ Conductivity โดยโมดูลมีการทำไอโซเลทไฟเลี้ยง รวมถึง I2C ซึ่งเป็นวิธีการสื่อสารกับโมดูลออกจากกัน เพื่อความแม่นยำในการวัดค่าจากเซนเซอร์

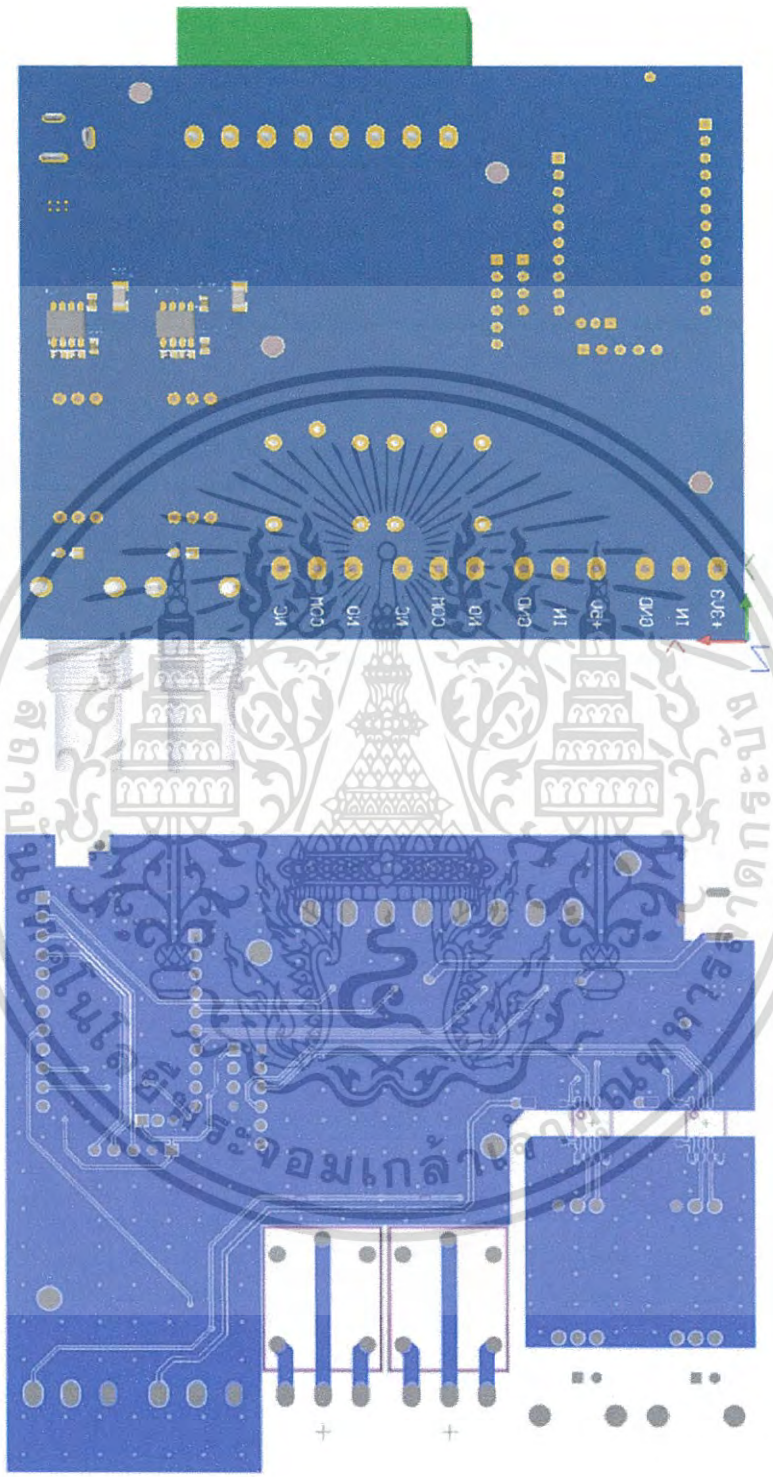
3.5.4 ลายวงจรของ Nutrient Feeder with LoRa Top Layer



ภาพที่ 3.37 ลายวงจรของ Nutrient Feeder with LoRa Top Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

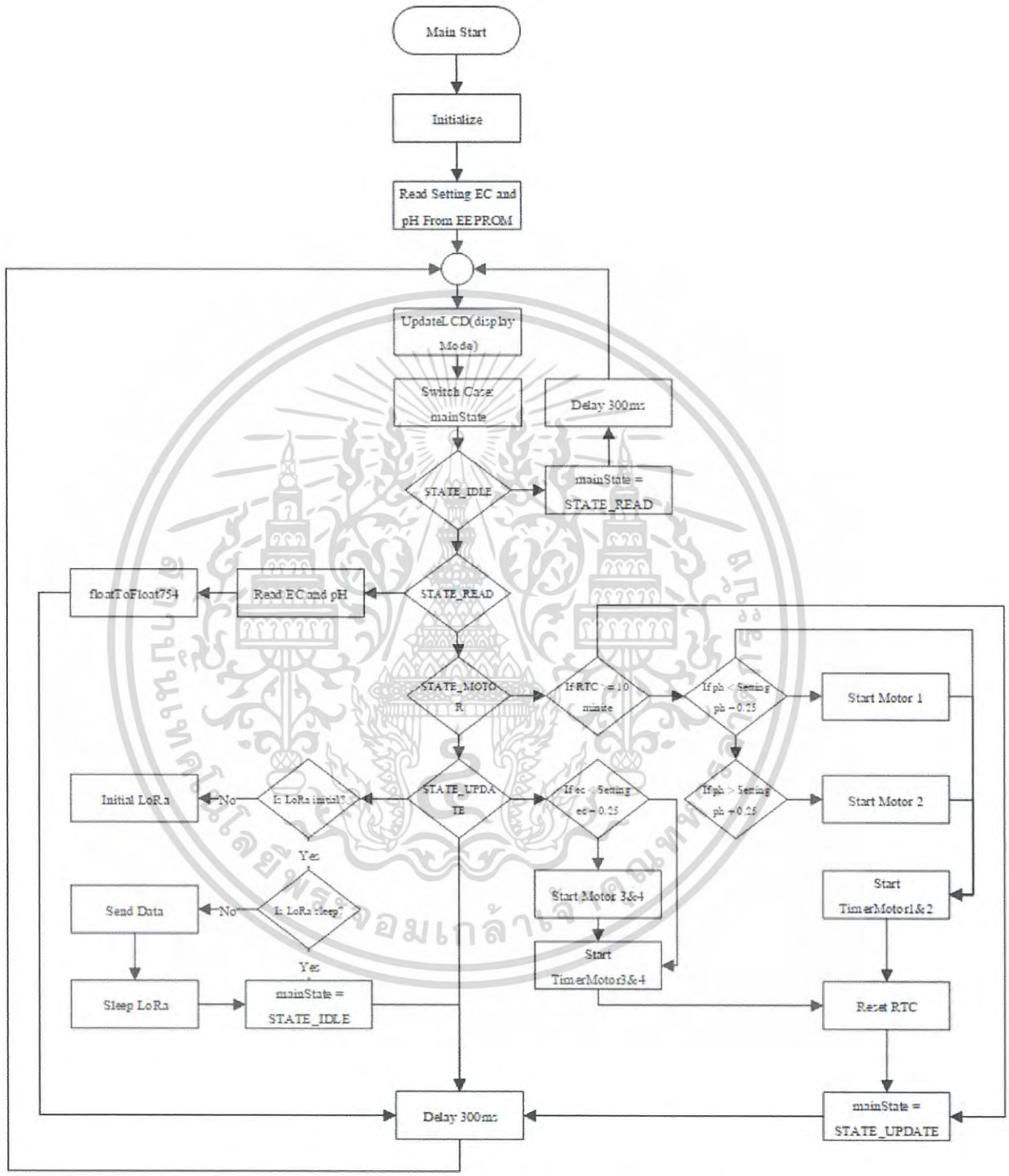
3.5.5 ลายวงจรของ Nutrient Feeder with LoRa Bottom Layer



ภาพที่ 3.38 ลายวงจรของ Nutrient Feeder with LoRa Bottom Layer

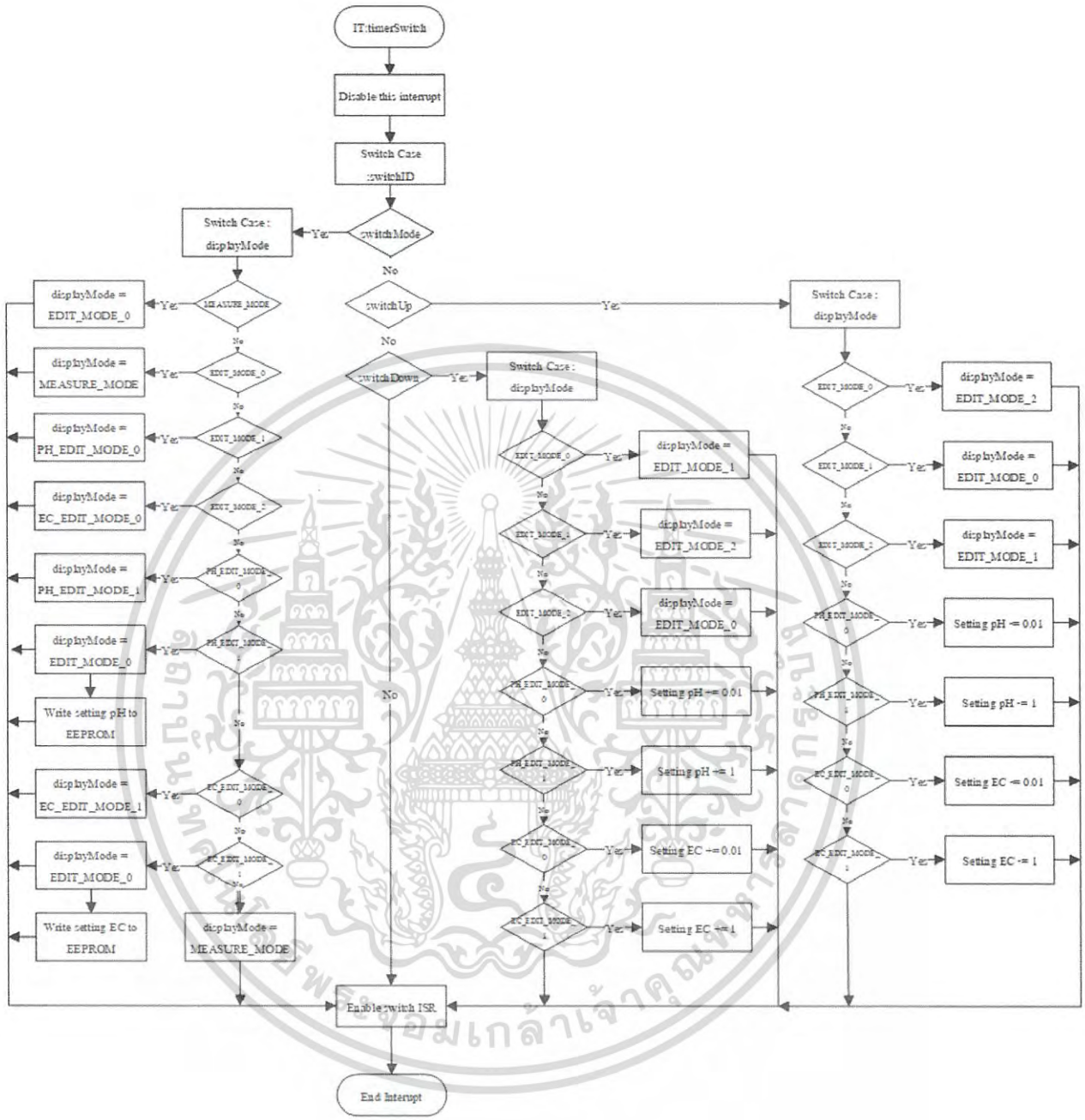
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.6 หลักการทำงานของ Nutrient Feeder with LoRa



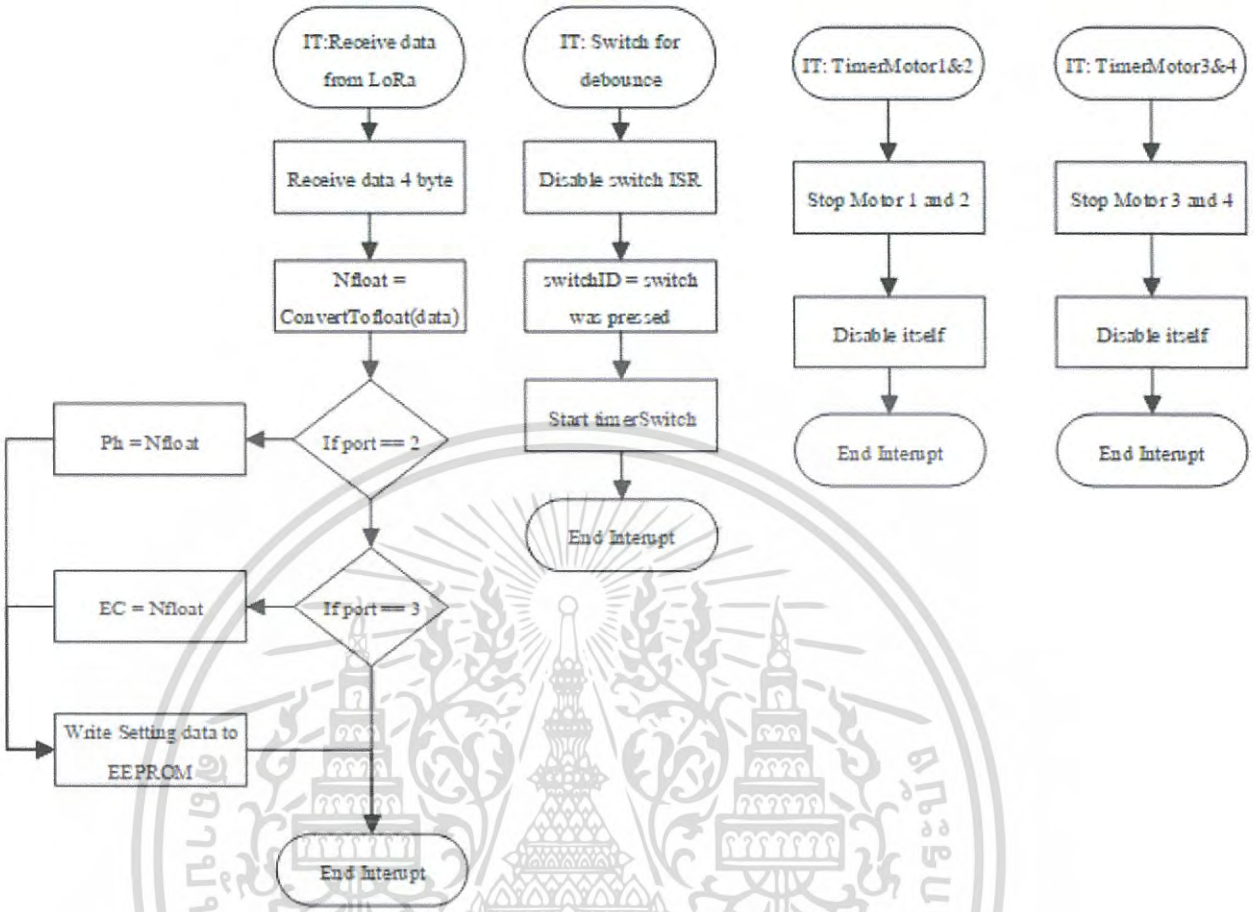
ภาพที่ 3.39 Flowchart ของ Nutrient Feeder with LoRa หน้า 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.40 Flowchart ของ Nutrient Feeder with LoRa หน้า 2

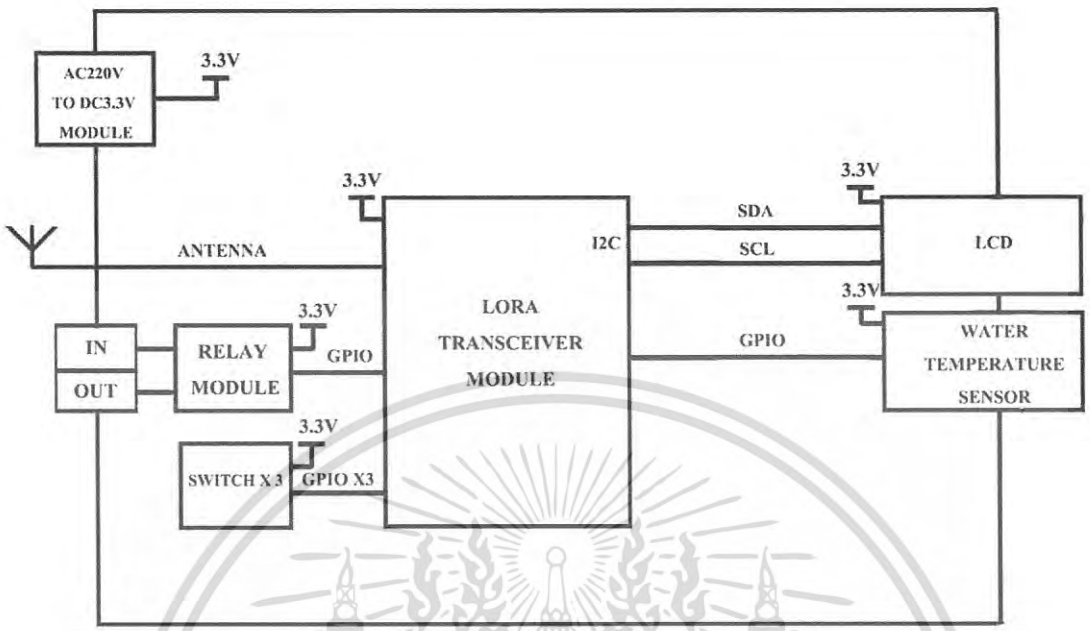
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.41 Flowchart ของ Nutrient Feeder with LoRa หน้า 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การออกแบบ Thermalstat with LoRa



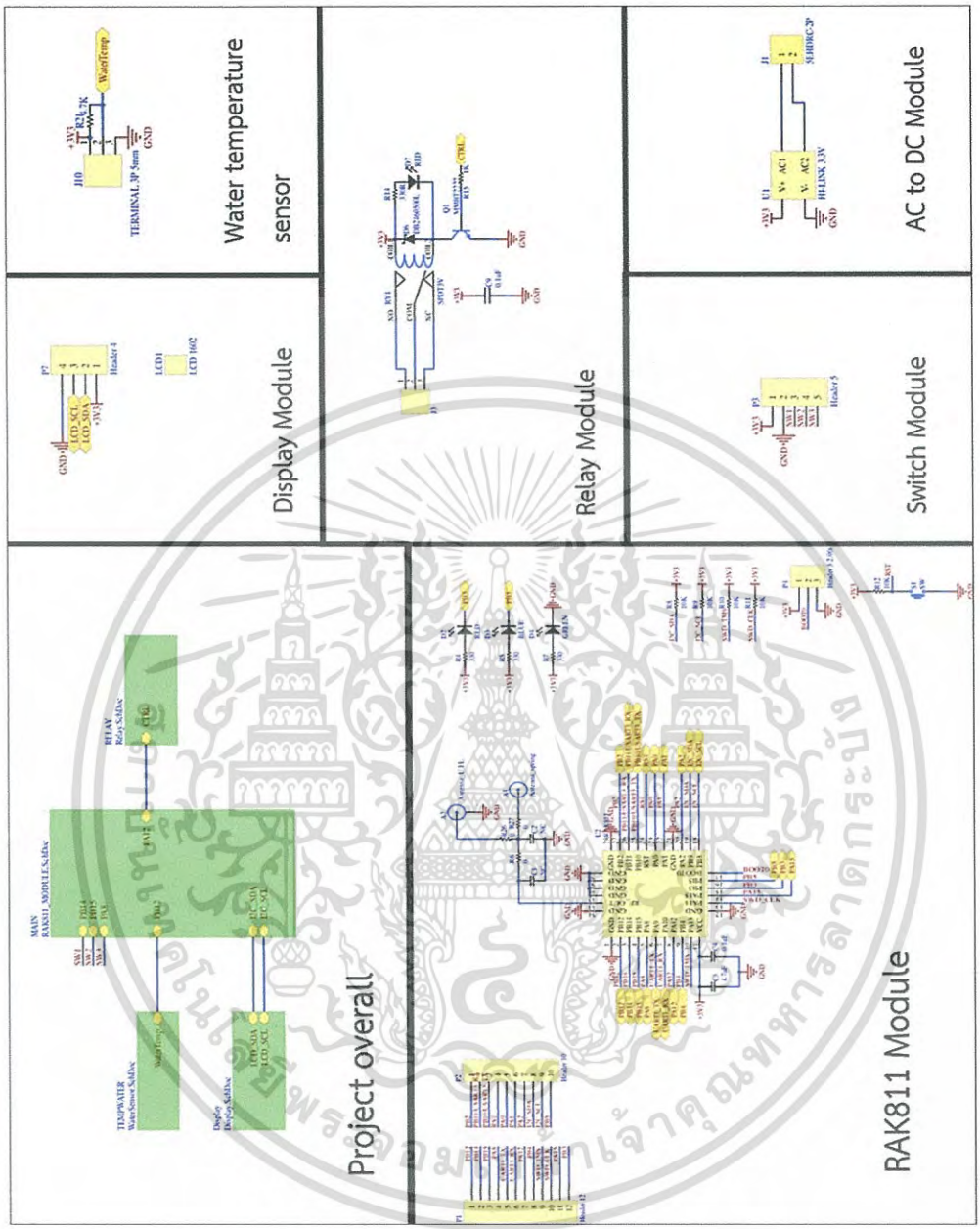
ภาพที่ 3.42 บล็อกไดอะแกรมของ Thermalstat with LoRa

Thermalstat with LoRa เป็นวงจรสำหรับควบคุมการทำงานของชิวเลอร์ ให้ปรับอุณหภูมิตามที่ตั้งไว้ สามารถติดตามข้อมูลได้ และถูกตั้งค่าผ่านแอพพลิเคชันด้วยการสื่อสารทาง LoRa โดยผู้ใช้งาน ซึ่ง Thermalstat with LoRa มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) ทำการสื่อสารผ่านสัญญาณ LoRa ได้ด้วย LoRa Transceiver Module ซึ่งรองรับคลื่นในย่านความถี่ 915 MHz
2) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิของน้ำ DS18B20 โดยทำงานที่ 3.3 โวลล์ แล้วได้ผลลัพธ์ในภาพแบบของความถี่ และนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้เพื่อกำหนดการทำงาน
3) แสดงผลผ่านทาง LCD โดยจะทำการสื่อสารด้วย I2C
   มีสวิตช์ 3 ปุ่ม รองรับคำสั่งจากผู้ใช้มีรีเลย์ 1 ช่อง เพื่อควบคุมการทำงานของคอมเพลสเซอร์ และมีแหล่งพลังงานมาจากไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

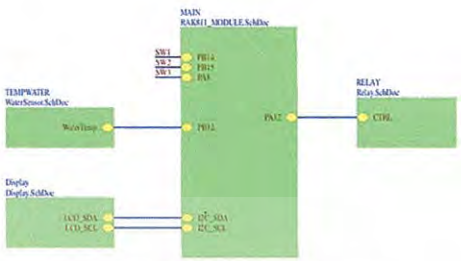
3.6.1 Schemetic ของ Thermalstat with LoRa



ภาพที่ 3.43 Schemetic ของ Thermalstat with LoRa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 รายละเอียดของวงจร Thermalstat with LoRa

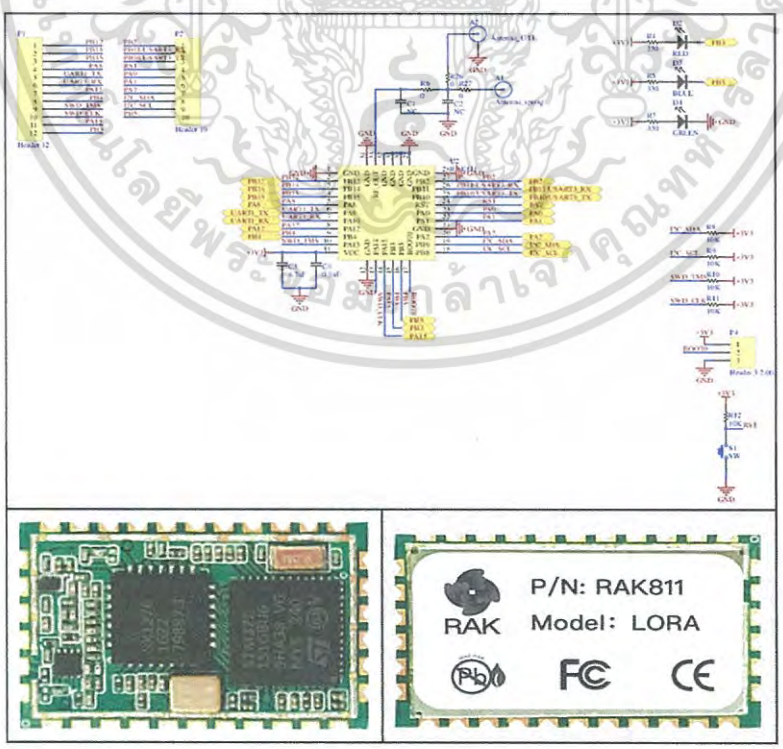


ภาพที่ 3.44 รายละเอียดของวงจร Thermalstat with LoRa

การเชื่อมต่อต่างๆ ของ RAK811 กับโมดูลอื่นๆ ได้แก่

1) Relay Module 1 ชุด สำหรับควบคุมการทำงานเครื่องทำความเย็น
2) Water temperature sensor 1 ชุด สำหรับวัดอุณหภูมิน้ำ
3) Switch Module 1ชุด ใช้สำหรับให้ผู้ใช้ควบคุมกับบอร์ด
4) Display Module 1 ชุด แสดงผลให้ผู้ใช้

3.6.2.1 RAK811 Module

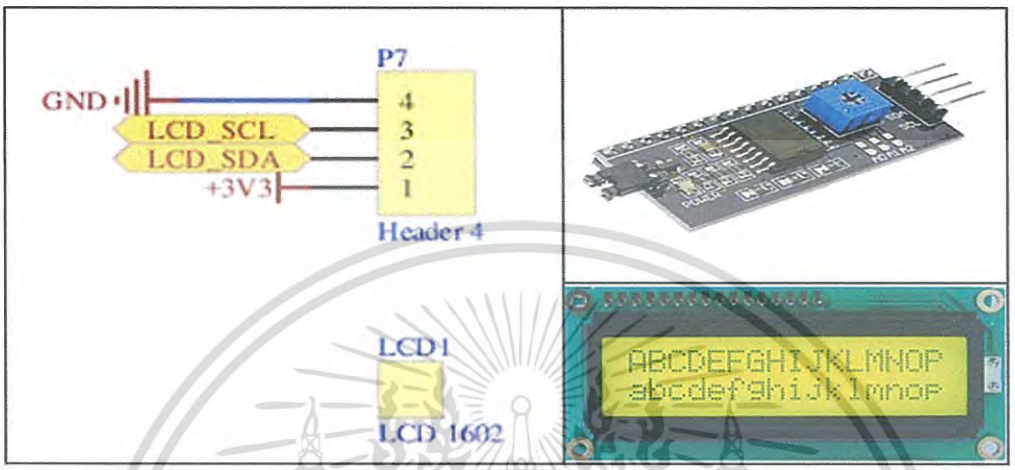


ภาพที่ 3.45 RAK811 Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RAK 811 เป็นโมดูลที่ใช้เป็นตัวหลัก ประกอบไปด้วยไมโครคอลโทลเลอร์ STM32L151 และ SX1276 ซึ่งเป็นชิป LoRa Transmitter โดยมีการต่ออุปกรณ์ ไฟฟ้า เพื่อให้ชิปทำงานได้

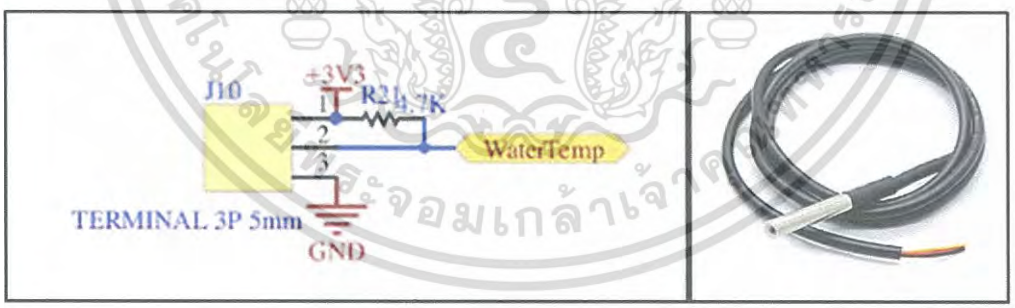
3.6.2.2 Display Module



ภาพที่ 3.46 Display Module

ใช้การแสดงผลผ่านจอ LCD 1602 โดยสื่อสารผ่าน I2C ด้วยใช้โมดูล LCM1602 IIC ช่วยในการแปลง I2C เป็น Parallel เพื่อสื่อสารกับ LCD 1602

3.6.2.3 Water temperature sensor

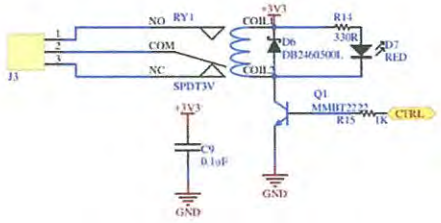


ภาพที่ 3.47 Water temperature sensor

ใช้โมดูล DS18D20 เป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่ติดตั้งมาให้ใช้กับน้ำ สามารถสื่อสารผ่านสายข้อมูลเพียงเส้นเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2.4 Relay Module



ภาพที่ 3.48 Relay Module

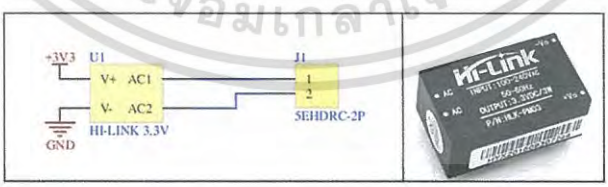
เป็นวงจรไว้ควบคุมรีเลย์ ออกแบบมาเพื่อใช้กับรีเลย์ที่มีคอยล์ 3 โวลล์ และขับด้วยไมโครคอลโทลเลอร์ไฟเลี้ยง 3.3 โวลล์ ไฟ LED ติดเพื่อรีเลย์ทำงาน โดยรีเลย์จะทำงานเมื่อไมโครคอลโทลเลอร์ขับลอจิกสูง

3.6.2.5 Switch Module

ภาพที่ 3.49 Switch Module

โมดูลสวิตซ์ 3 ปุ่ม สำหรับใช้ควบคุมบอร์ด เมื่อกดจะเป็นการเชื่อมสายสัญญาณกับ ground

3.6.2.6 AC to DC Module

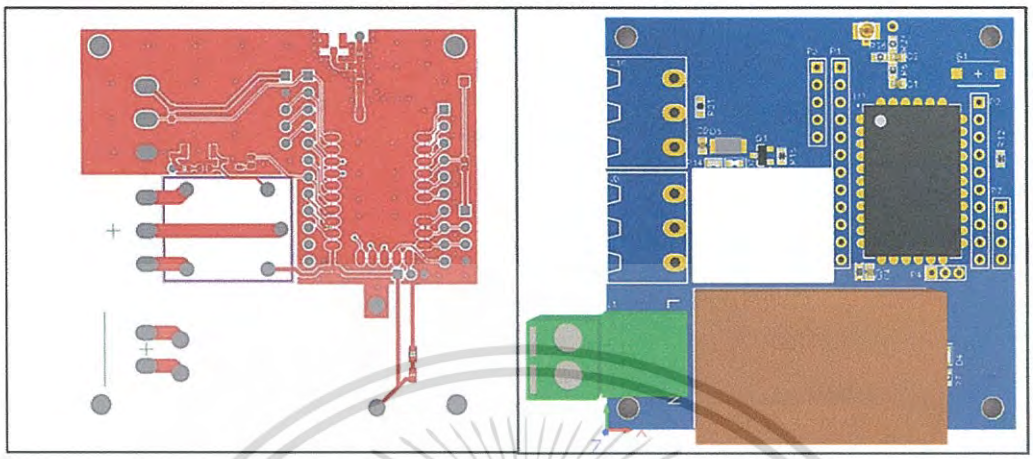


ภาพที่ 3.50 AC to DC Module

ใช้โมดูล Hi-Link ในการแปลงไฟ 220 โวลล์กระแสสลับ เป็น 3.3 โวลล์กระแสตรง

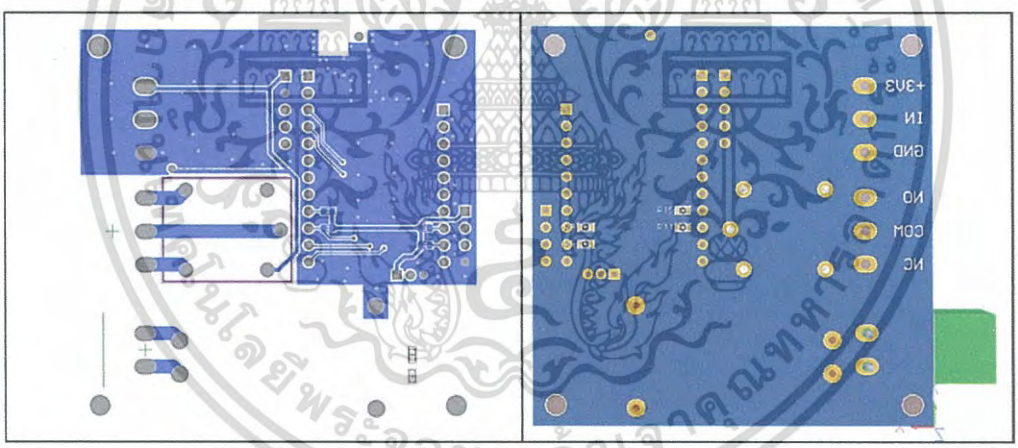
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 ลายวงจรของ Thermalstat with LoRa Top Layer



ภาพที่ 3.51 ลายวงจรของ Thermalstat with LoRa Top Layer

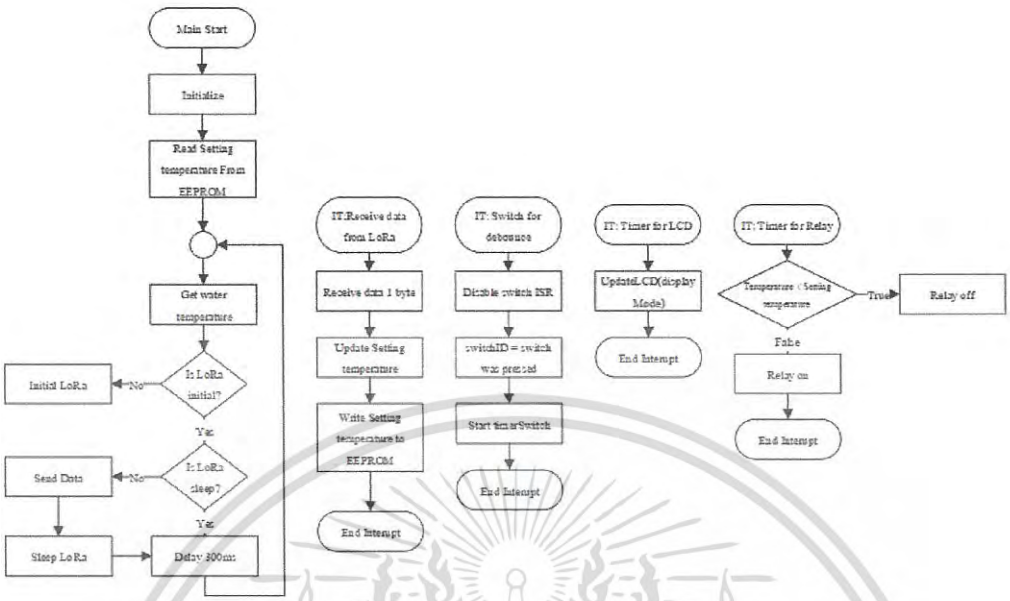
3.6.4 ลายวงจรของ Thermalstat with LoRa Bottom Layer



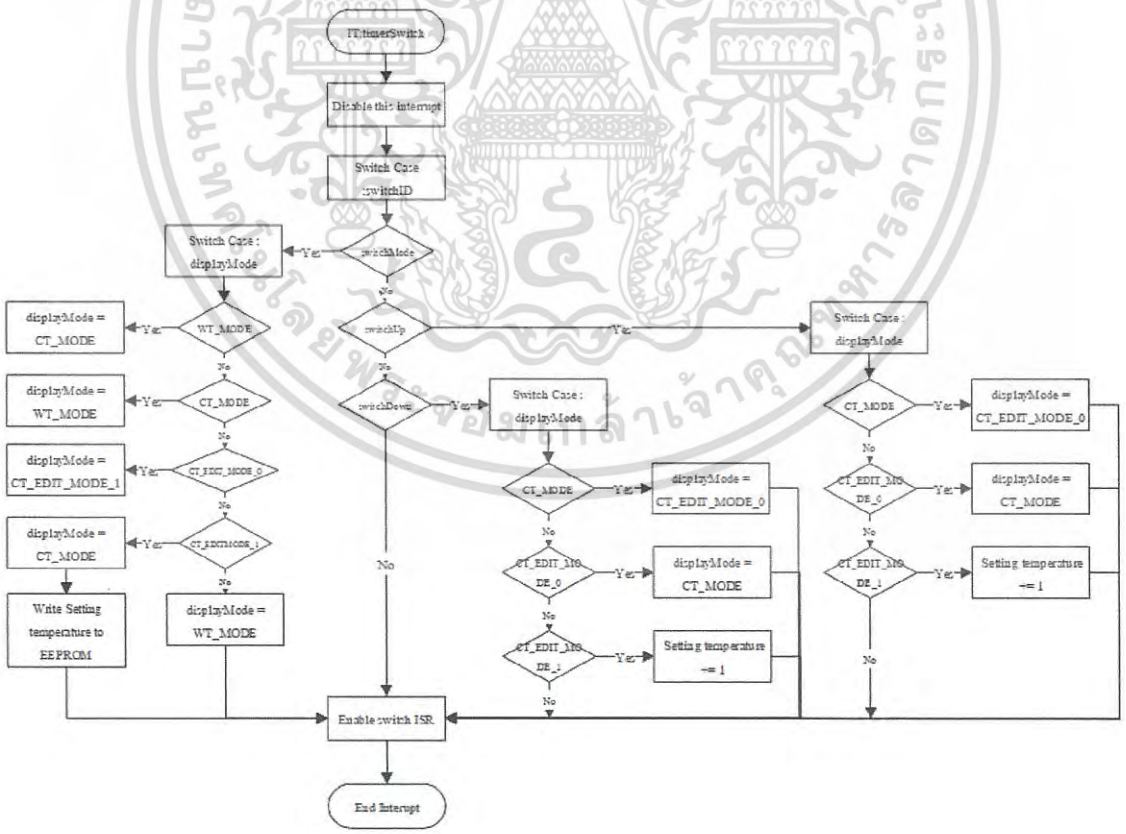
ภาพที่ 3.52 ลายวงจรของ Thermalstat with LoRa Bottom Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.5 หลักการทำงานของ Thermalstat with LoRa



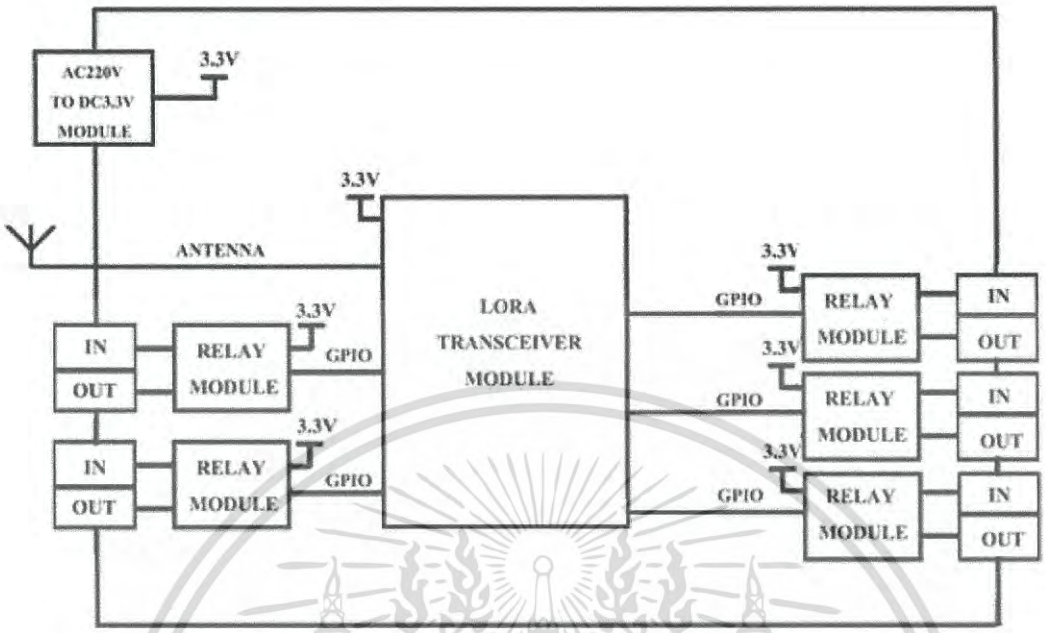
ภาพที่ 3.53 Flowchart ของ Thermalstat with LoRa หน้า 1



ภาพที่ 3.54 Flowchart ของ Thermalstat with LoRa หน้า 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การออกแบบ LoRa IoT Plug



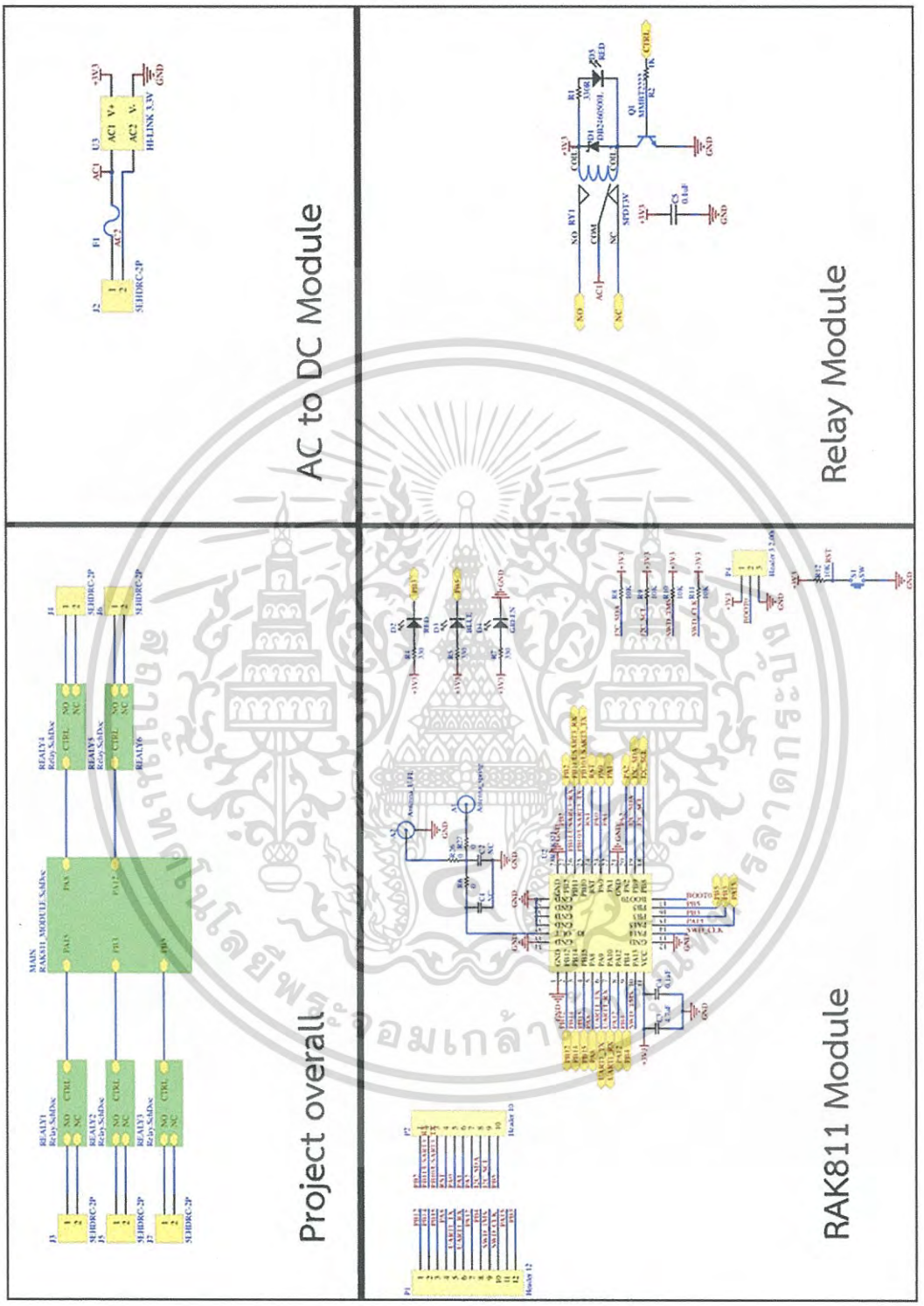
ภาพที่ 3.55 บล็อกไดอะแกรมของ LoRa IoT Plug

LoRa IoT Plug เป็นอุปกรณ์ปลั๊กพ่วง ที่สามารถควบคุมการเปิดปิด ผ่าน LoRa ได้ ซึ่ง LoRa IoT Plug มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) สื่อสารผ่านสัญญาณ LoRa ได้ด้วย LoRa Transceiver Module ซึ่งรองรับคลื่นในย่านความถี่ 915 MHz
2) มีรีเลย์ 5 ช่อง เพื่อควบคุมการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลล์ 5 ตัว และมีแหล่งพลังงานมาจากไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

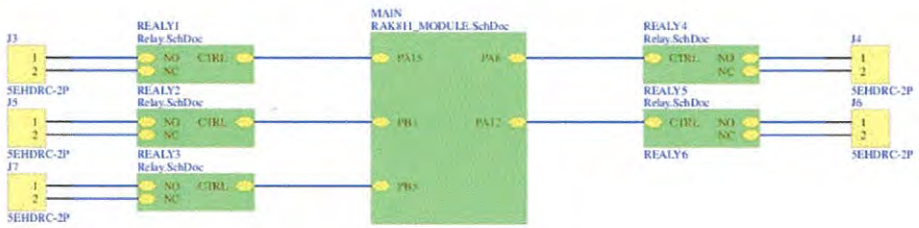
3.7.1 Schematic ของ LoRa IoT Plug



ภาพที่ 3.56 Schematic ของ LoRa IoT Plug

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

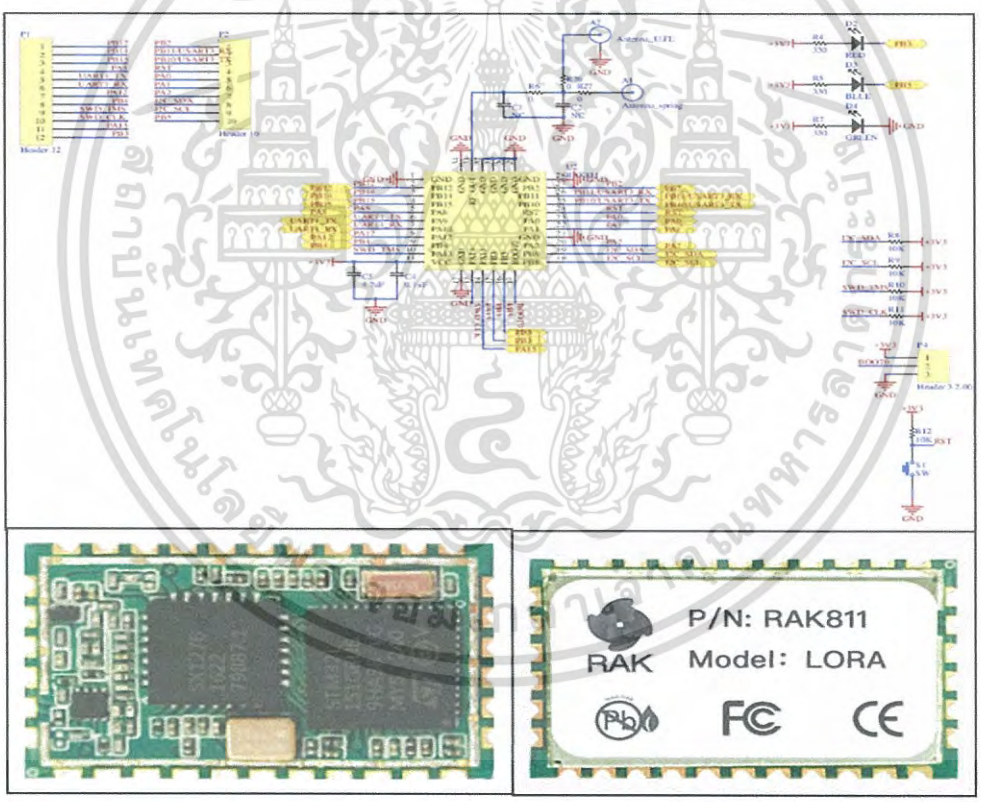
3.7.2 รายละเอียดของวงจร LoRa IoT Plug



ภาพที่ 3.57 รายละเอียดของวงจร LoRa IoT Plug

แสดงการเชื่อมต่อพินต่างของ RAK811 Module กับ Relay Module 5 ชุด

3.7.2.1 RAK811 Module

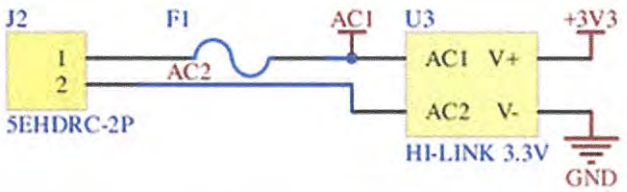


ภาพที่ 3.58 RAK811 Module

RAK 811 เป็นโมดูลที่ใช้เป็นตัวหลัก ประกอบไปด้วยไมโครคอลโทลเลอร์ STM32L151 และ SX1276 ซึ่งเป็นชิป LoRa Transmitterโดยมีการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อให้ชิปทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

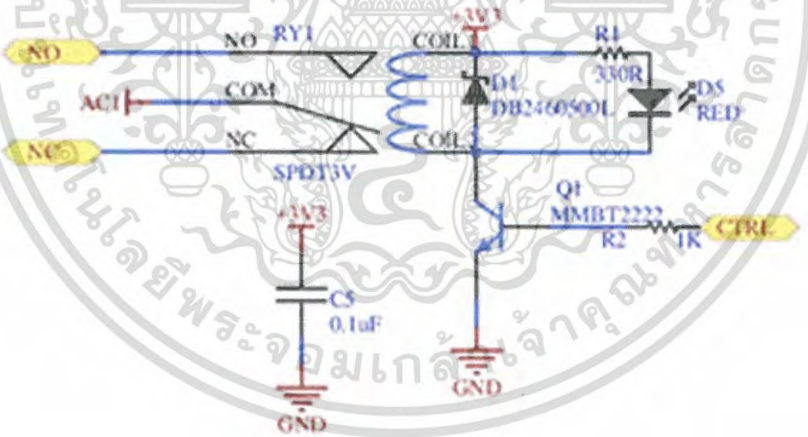
3.7.2.2 AC to DC Module



ภาพที่ 3.59 AC to DC Module

ใช้โมดูล Hi-Link ในการแปลงไฟ 220 โวลล์กระแสสลับ เป็น 3.3 โวลล์กระแสตรงมีการต่อฟิวส์ เพื่อความปลอดภัย เนื่องจากตัวบอร์ดต้องจ่ายไฟให้ตัวอุปกรณ์อื่นๆ

3.7.2.3 Relay Module

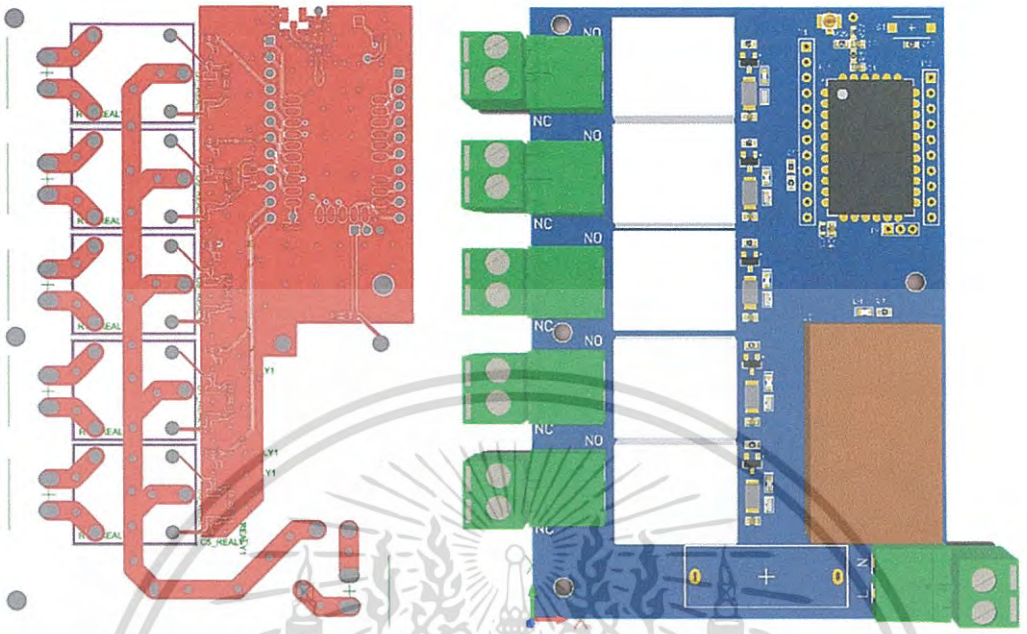


ภาพที่ 3.60 Relay Module

เป็นวงจรไว้ควบคุมรีเลย์ ออกแบบมาเพื่อใช้กับรีเลย์ที่มีคอยล์ 3 โวลล์ และขับด้วยไมโครคอลโทลเลอร์ไฟเลี้ยง 3.3 โวลล์ ไฟ LED ติดเพื่อรีเลย์ทำงาน โดยรีเลย์จะทำงานเมื่อไมโครคอลโทลเลอร์ขับลอจิกสูง โดยเชื่อมขา COM ของรีเลย์กับไฟ AC 1 เส้น

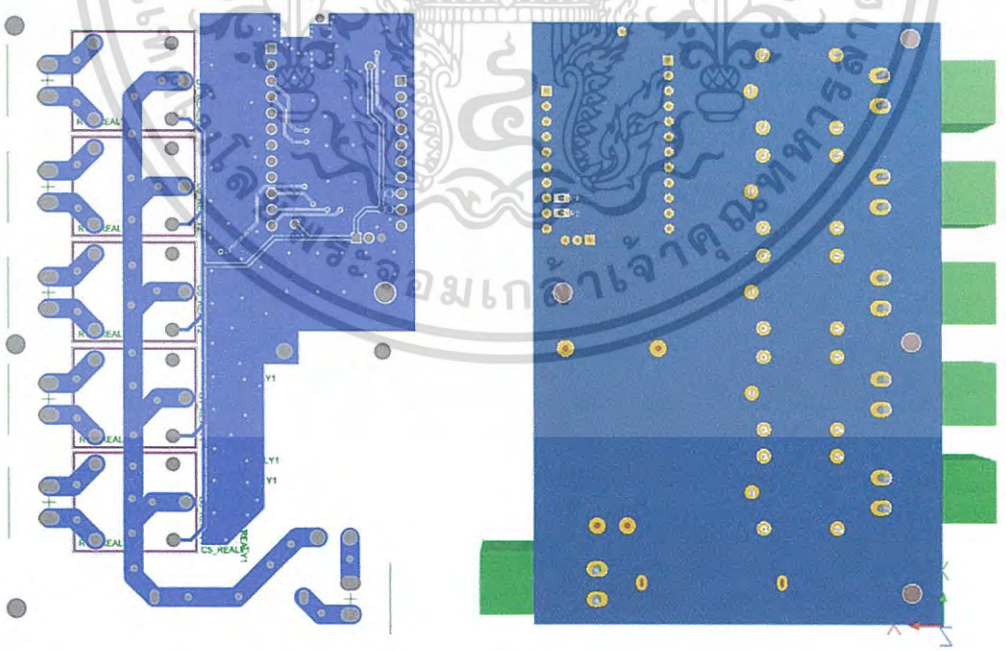
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.3 ลายวงจรของ LoRa IoT Plug Top Layer



ภาพที่ 3.61 ลายวงจรของ LoRa IoT Plug Top Layer

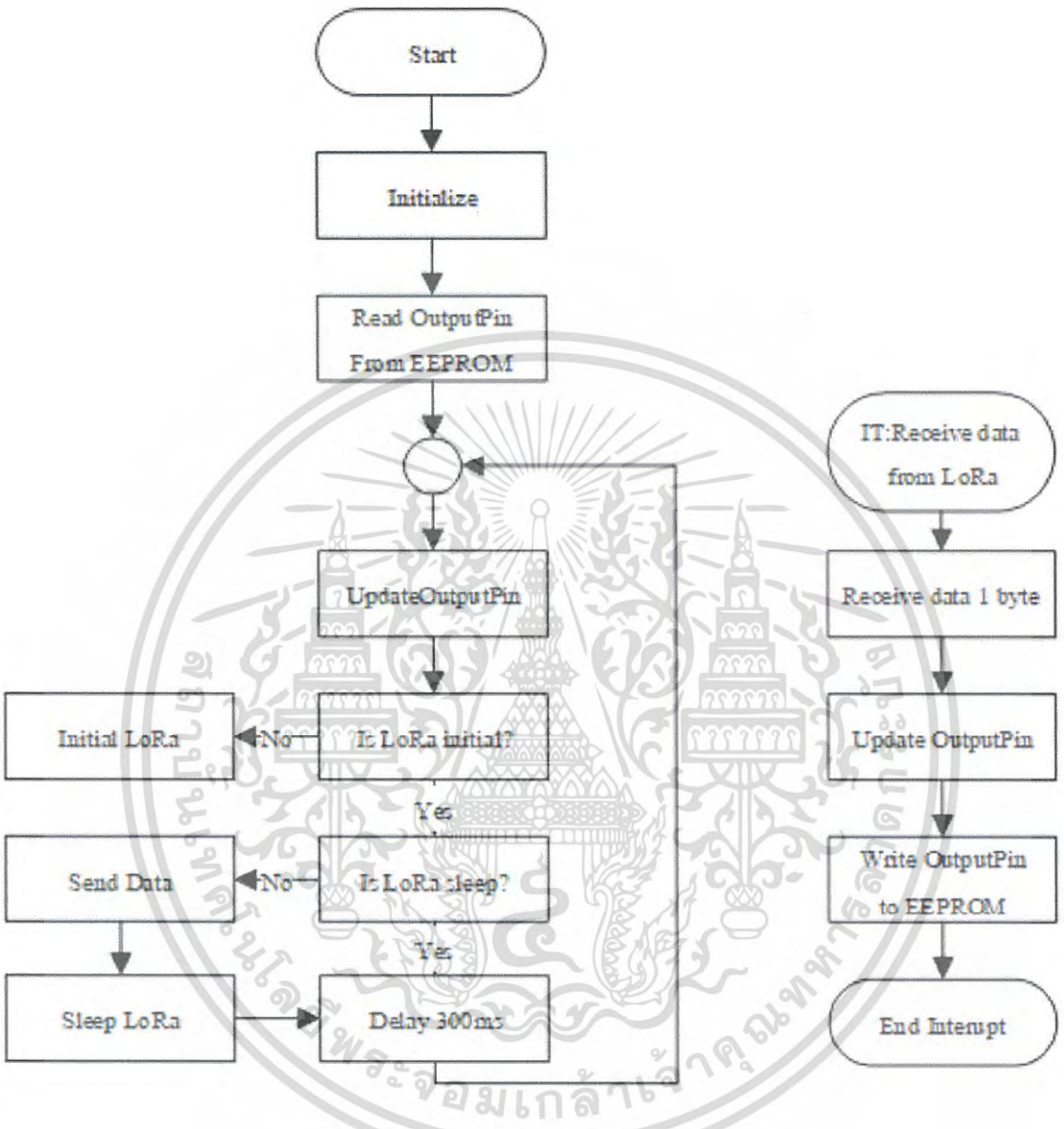
3.7.4 ลายวงจรของ LoRa IoT Plug Bottom Layer



ภาพที่ 3.62 ลายวงจรของ LoRa IoT Plug Bottom Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.5 หลักการทำงานของ LoRa IoT Plug

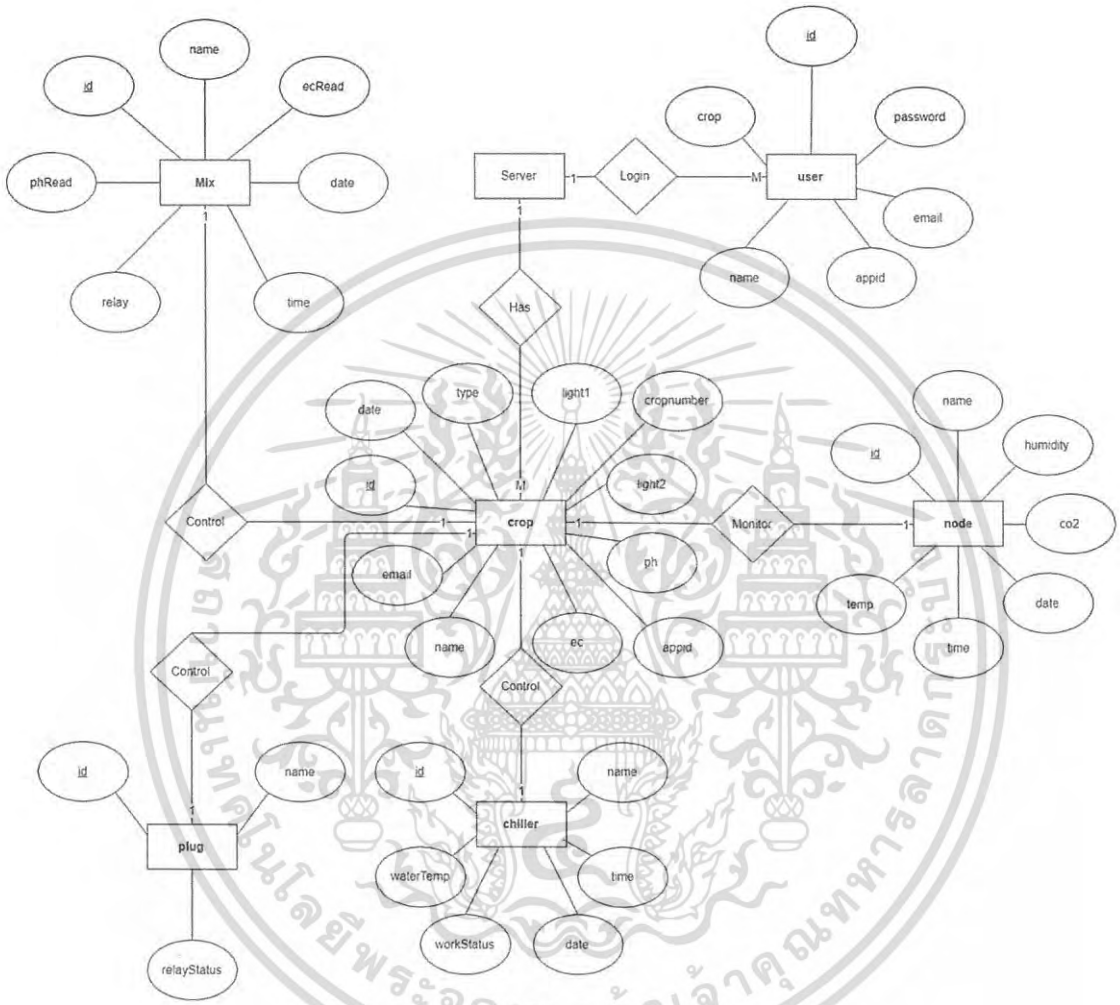


ภาพที่ 3.63 Flowchart ของ LoRa IoT Plug

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 Entity Relationship (ER) ของระบบ

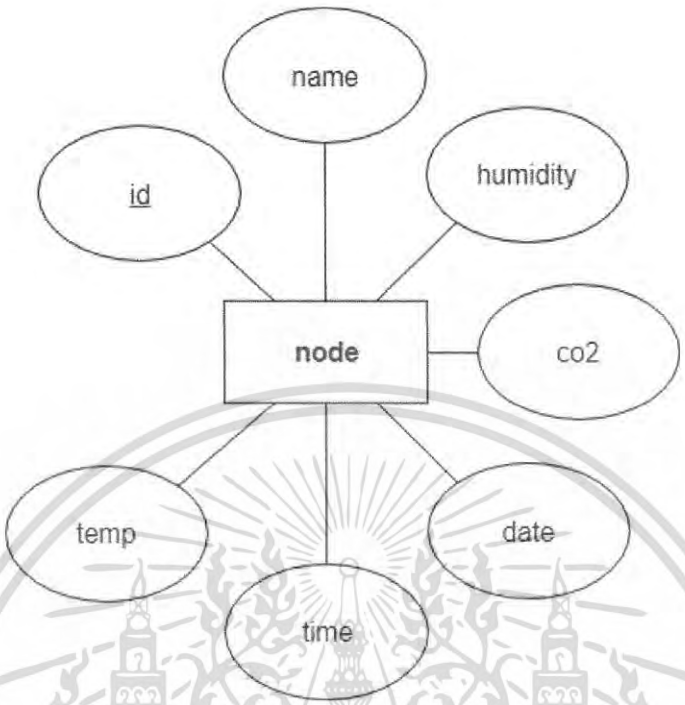
Entity Relationship (ER) เป็นบล็อกไดอะแกรมที่ใช้สำหรับแสดงความสัมพันธ์ของ LoRa Node ทั้ง 4 ชนิดกับ User ที่ใช้งาน แสดงลักษณะดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 3.64 บล็อกไดอะแกรม Entity Relationship (ER) ของระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.1 ตาราง node



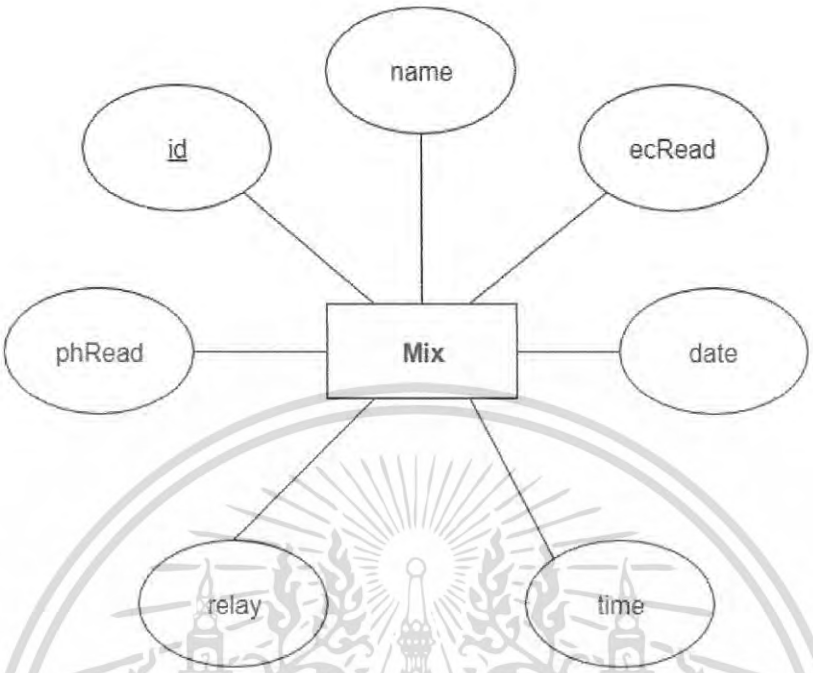
ภาพที่ 3.65 Entity node

มีหน้าที่เก็บข้อมูลจาก Device ชนิดแรกนั่นคือ E-SENSOR มีหน้าที่ในการเก็บข้อมูลจากแปลงปลูกเพื่อนำมา Monitor ผ่านทาง Server มี Attribute ทั้งหมด 7 Attribute ประกอบด้วย

1) id เป็น Primary Key ที่เก็บข้อมูลประเภท Number จะไล่ค่าขึ้นไปตามจำนวนข้อมูลที่ Device ส่งมา
2) co2 เก็บข้อมูลประเภท Float ข้อมูลที่เก็บเป็นค่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้
3) name เก็บข้อมูลประเภท String สำหรับชื่อเฉพาะของตัว Device เอง
4) temperature เก็บข้อมูลประเภท Float ข้อมูลที่เก็บเป็นค่าของอุณหภูมิในอากาศที่วัดได้
5) humidity เก็บข้อมูลประเภท Float ข้อมูลที่เก็บเป็นค่าของความชื้นในอากาศที่วัดได้
6) time เก็บข้อมูลประเภท String ข้อมูลที่เก็บเป็นค่าของเวลาที่รับข้อมูลเข้ามา
7) date เก็บข้อมูลประเภท date ข้อมูลที่เก็บของวันที่ที่รับข้อมูลเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.2 ตาราง Mix



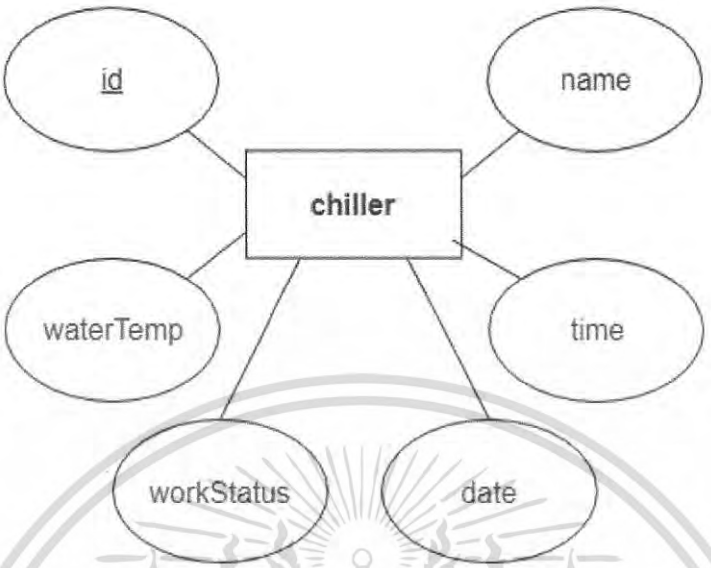
ภาพที่ 3.66 Entity Mix

มีหน้าที่เก็บข้อมูลจาก Device ชนิดที่สอง คือ Nutrient Feed และจะสั่งการเปลี่ยนแปลงค่า pH และ EC ไปยังตัว Device มี Attribute ทั้งหมด 7 Attribute ประกอบด้วย

1) id เป็น Primary Key ที่เก็บข้อมูลประเภท Number จะไล่ค่าขึ้นไปตามจำนวนข้อมูลที่ Device ส่งมา
2) name เก็บข้อมูลประเภท String สำหรับชื่อเฉพาะของตัว Device เอง
3) relay เก็บข้อมูลประเภท Byte ของค่าสถานะ Relay ที่วัดได้
4) phRead เก็บข้อมูลประเภท Float ข้อมูลที่เก็บเป็นค่า pH ที่วัดได้จากน้ำ
5) ecWrite เก็บข้อมูลประเภท Float ข้อมูลที่เก็บเป็นค่า EC ที่วัดได้จากน้ำ
6) time เก็บข้อมูลประเภท String ข้อมูลที่เก็บเป็นค่าของเวลาที่รับข้อมูลเข้ามา
7) date เก็บข้อมูลประเภท date ข้อมูลที่เก็บของวันที่ที่รับข้อมูลเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.3 ตาราง chiller



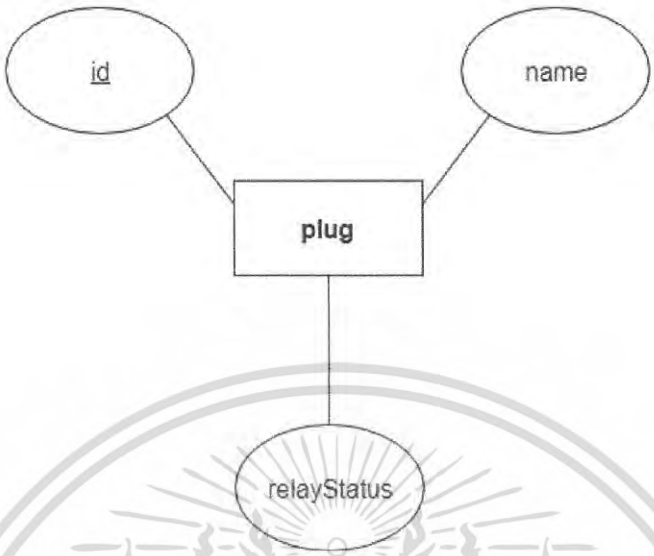
ภาพที่ 3.67 Entity chiller

มีหน้าที่เก็บข้อมูลจาก Device ชนิดที่สาม คือ Thermalstat และจะสั่งการเปลี่ยนแปลงค่า Water Temperature ไปยังตัว Device มี Attribute ทั้งหมด 8 Attribute ประกอบด้วย

1) id เป็น Primary Key ที่เก็บข้อมูลประเภท Number จะไล่ค่าขึ้นไปตามจำนวนข้อมูลที่ Device ส่งมา
2) name เก็บข้อมูลประเภท String สำหรับชื่อเฉพาะของตัว Device เอง
3) workStatus เก็บข้อมูลประเภท Boolean ข้อมูลที่เก็บเป็นค่าเปิด/ปิดสำหรับควบคุมตัว Node
4) waterTemp เก็บข้อมูลประเภท Float ข้อมูลที่เก็บเป็นค่าอุณหภูมิของน้ำที่วัดได้
5) time เก็บข้อมูลประเภท String ข้อมูลที่เก็บเป็นค่าของเวลาที่รับข้อมูลเข้ามา
6) date เก็บข้อมูลประเภท date ข้อมูลที่เก็บของวันที่ที่รับข้อมูลเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.4 ตาราง plug



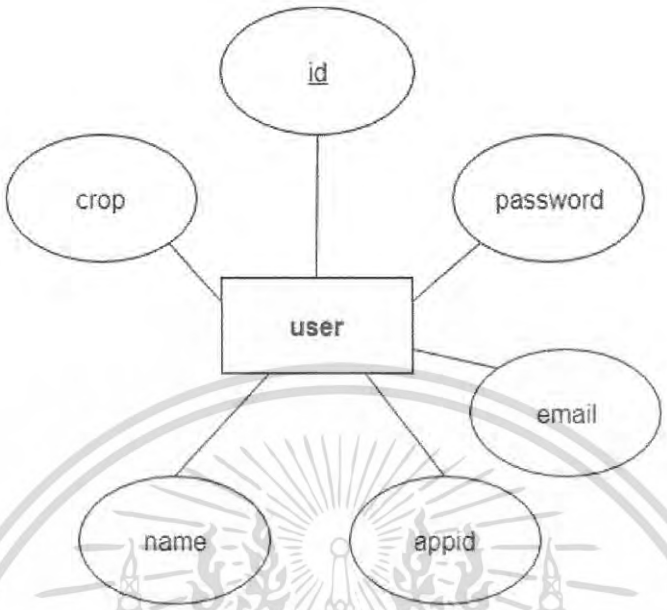
ภาพที่ 3.68 Entity plug

มีหน้าที่เก็บข้อมูลจาก Device ชนิดที่สาม คือ IoT Plug และจะสั่งการเปลี่ยนแปลงค่า Relay ไปยังตัว Device มี Attribute ทั้งหมด 3 Attribute ประกอบด้วย

1) id เป็น Primary Key ที่เก็บข้อมูลประเภท Number จะไล่ค่าขึ้นไปตามจำนวนข้อมูลที่ Device ส่งมา
2) relayStatus เก็บข้อมูลประเภท Boolean ข้อมูลที่เก็บเป็นค่าเปิด/ปิดสำหรับควบคุมตัว Node n
3) name เก็บข้อมูลประเภท String สำหรับชื่อเฉพาะของตัว Device เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.5 ตาราง User



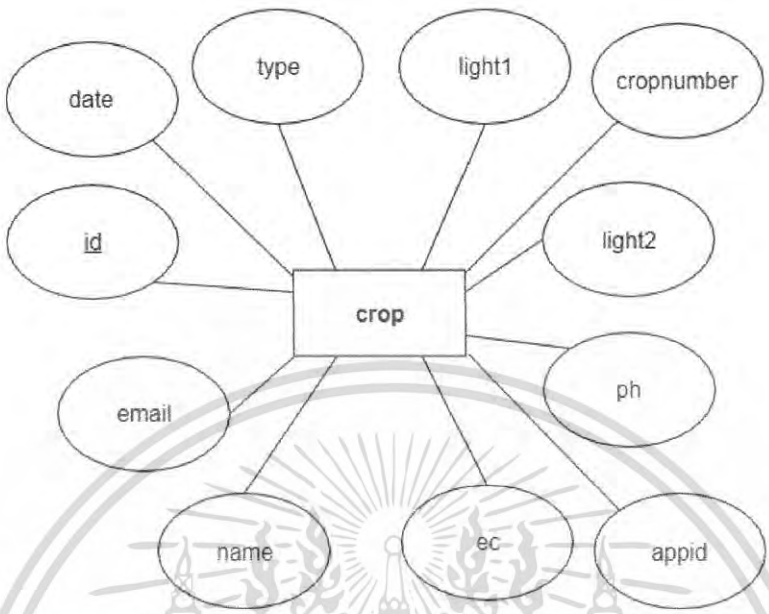
ภาพที่ 3.69 Entity User

มีหน้าที่เก็บข้อมูลของ User แต่ละคนที่ได้สมัครเข้าใช้งานระบบ มี Attribute ทั้งหมด 6 Attribute ประกอบด้วย

1) id เป็น Primary Key ที่เก็บข้อมูลประเภท Number จะไล่ค่าขึ้นไปตามจำนวนข้อมูลที่มีผู้ใช้เข้ามาสมัคร
2) name เก็บข้อมูลประเภท String สำหรับชื่อของตัวผู้ใช้เอง
3) appid เก็บข้อมูลประเภท String สำหรับข้อมูล Application ID จากทาง The Thing Network
4) password เก็บข้อมูลประเภท String สำหรับรหัสผ่านของตัวผู้ใช้เอง
5) email เก็บข้อมูลประเภท String สำหรับอีเมลล์ของตัวผู้ใช้เอง
6) crop เก็บข้อมูลประเภท Integer มีค่า 1-4 สำหรับจำนวนแปลงปลูกที่ผู้ใช้สามารถดูแลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.6 ตาราง crop



ภาพที่ 3.70 Entity calendar

มีหน้าที่เก็บข้อมูลของวันที่ผู้ใช้งานแต่ละคนทำการบันทึกข้อความไว้ มี Attribute ทั้งหมด 9 Attribute ประกอบด้วย

1) id เป็น Primary Key ที่เก็บข้อมูลประเภท Number จะไล่ค่าขึ้นไปตามจำนวนข้อมูลของแปลงปลูก
2) name เก็บข้อมูลประเภท String สำหรับชื่อแปลงที่ผู้ใช้เป็นคนตั้ง
3) cropnumber เก็บข้อมูลประเภท Number สำหรับการระบุว่าเป็นแปลงปลูกที่เท่าไหร่
4) date เก็บข้อมูลประเภท Date สำหรับวันที่ทำการเพิ่มแปลงปลูก
5) type เก็บข้อมูลประเภท String สำหรับการบอกว่าปลูกผักชนิดอะไร
6) ph เก็บข้อมูลประเภท Float สำหรับค่า pH ของระบบ
7) ec เก็บข้อมูลประเภท Float สำหรับค่า ec ของระบบ
8) light1 เก็บข้อมูลประเภท String สำหรับวันที่และช่วงเวลาที่จะเปิดหรือปิดไฟ
9) light2 เก็บข้อมูลประเภท String สำหรับวันที่และช่วงเวลาที่จะเปิดหรือปิดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 การออกแบบ User Interface Web application

การออกแบบ User Interface Web application ของระบบแนะนำและดูแลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ เพื่อนำมาใช้ในส่วน Front-End ในการเขียน Java Script, CSS และ HTML เป็นต้น เพื่อจัดทำหน้า Web application ให้ผู้ใช้สามารถใช้งานสั่งการ ควบคุมระบบผ่านหน้า Web application ได้ อีกทั้งยังนำมาใช้ในส่วน Back-End เพื่อจัดการฐานข้อมูลของระบบ และอื่นๆ การจัดทำ Web application ทั้งในส่วน Front-End และ Back-End จะเห็นว่าเมื่อมีการออกแบบ User Interface ไว้ จะทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจในการจัดทำ Web application มากขึ้น

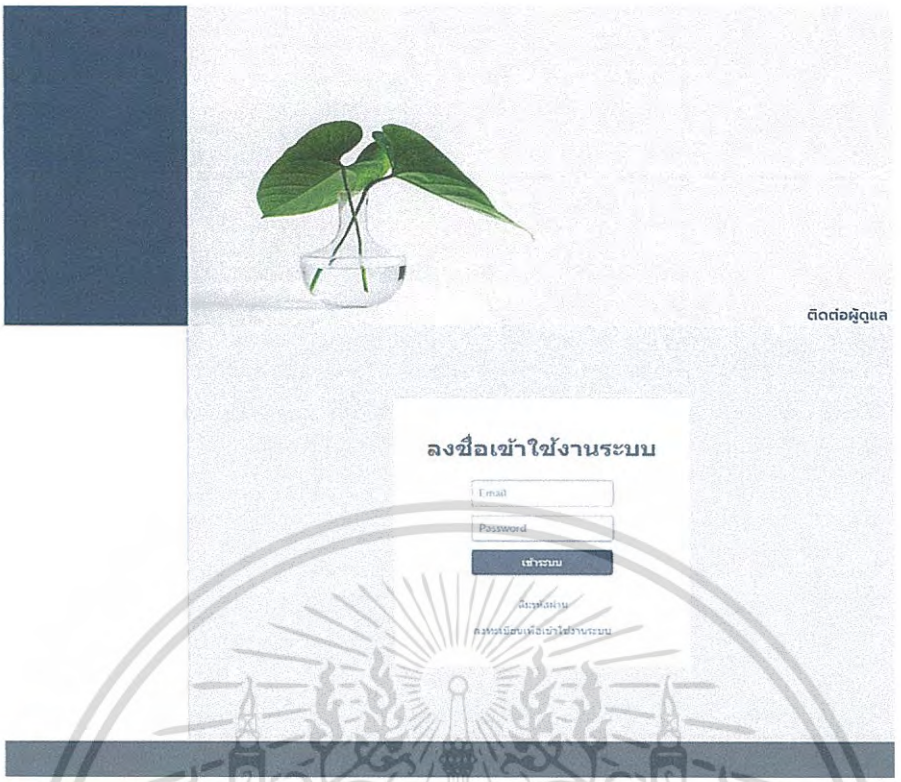
โดย Web application ของระบบแนะนำและดูแลการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบอัตโนมัติ จะแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ คือ ส่วนของการลงทะเบียนเข้าใช้งานระบบ, ส่วนของการเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวผู้ใช้งาน, ส่วนของการติดต่อผู้ดูแลระบบ และส่วนของการใช้งานระบบ อธิบายดังหัวข้อต่อไป

3.9.1 User Interface การลงทะเบียนเข้าใช้งานระบบ

ผู้ใช้จะต้องทำการลงทะเบียนเพื่อเข้าใช้งานระบบโดยการกรอกชื่อ อีเมลล์ ตั้งรหัสผ่านและยืนยันรหัสผ่านให้ตรง แสดงลักษณะดังภาพที่ 3.71 เมื่อผู้ใช้งานลงทะเบียนสำเร็จจะสามารถเข้าสู่ระบบได้โดยการกรอกชื่อผู้ใช้ และอีเมลล์เพื่อลงชื่อเข้าใช้งาน แสดงลักษณะดังภาพที่ 3.72 กรณีผู้ใช้ลืมรหัสผ่านให้กรอกอีเมลล์เพื่อรับลิงค์ในการตั้งรหัสผ่านใหม่ แสดงลักษณะดังภาพที่ 3.73

ภาพที่ 3.71 User Interface การลงทะเบียนเพื่อเข้าใช้งานระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.72 User Interface การเข้าสู่ระบบ

ภาพที่ 3.73 User Interface กรณีผู้ใช้ลืมรหัสผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.2 User Interface การเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวผู้ใช้งาน

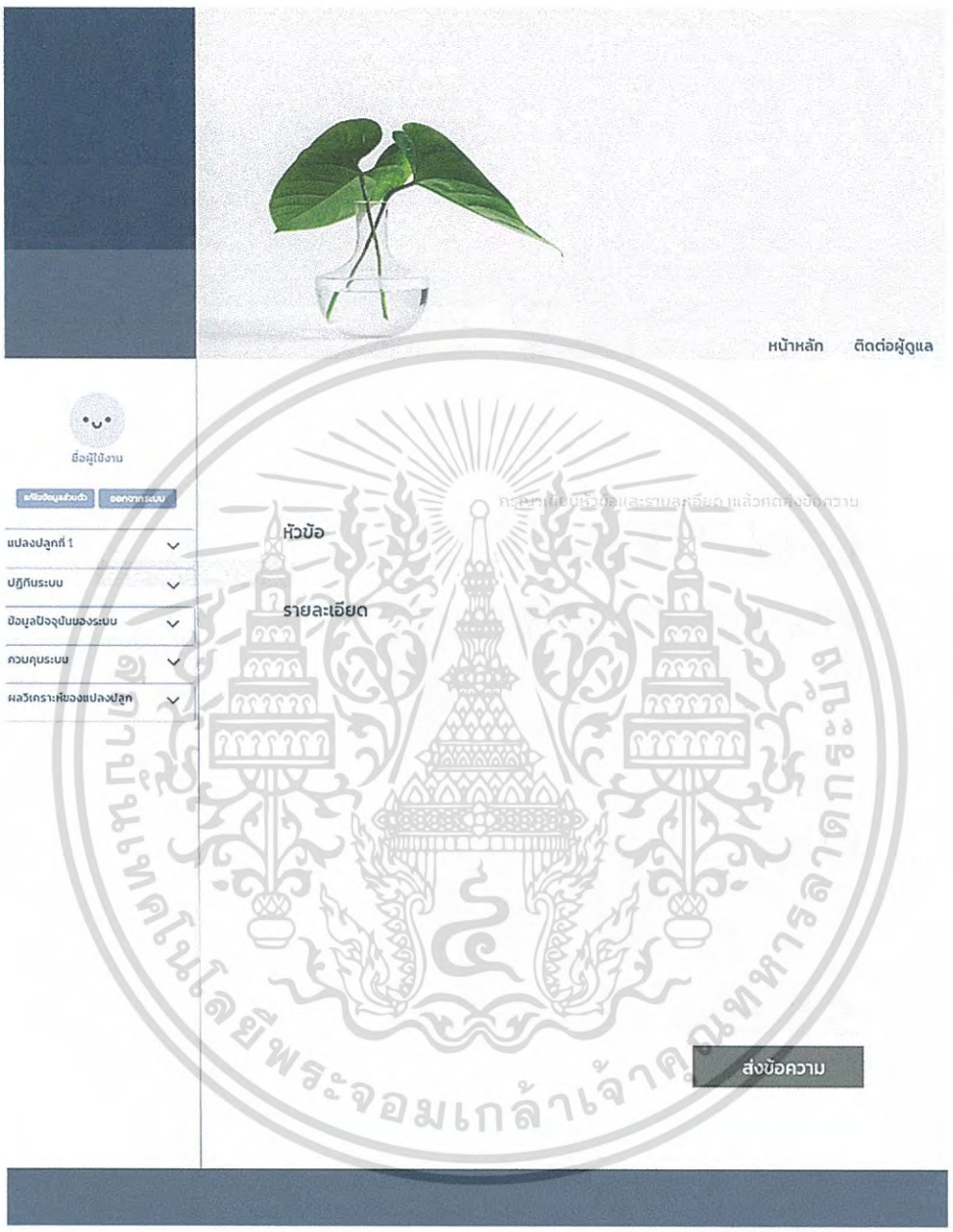
ผู้ใช้สามารถเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวได้ หลังจากการลงทะเบียนเข้าสู่ระบบ โดยข้อมูลที่สามารถเพิ่มได้ คือ ชื่อ-สกุล, อีเมลล์, ชื่อผู้ใช้งาน, หมายเลขโทรศัพท์ และสามารถเปลี่ยนแปลงรหัสผ่านได้

ภาพที่ 3.74 User Interface การเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.3 User Interface การติดต่อผู้ดูแลระบบ

ผู้ใช้สามารถติดต่อผู้ดูแลระบบเพื่อเพิ่มหรือแก้ไข Web application ได้



ภาพที่ 3.75 User Interface การติดต่อผู้ดูแลระบบ

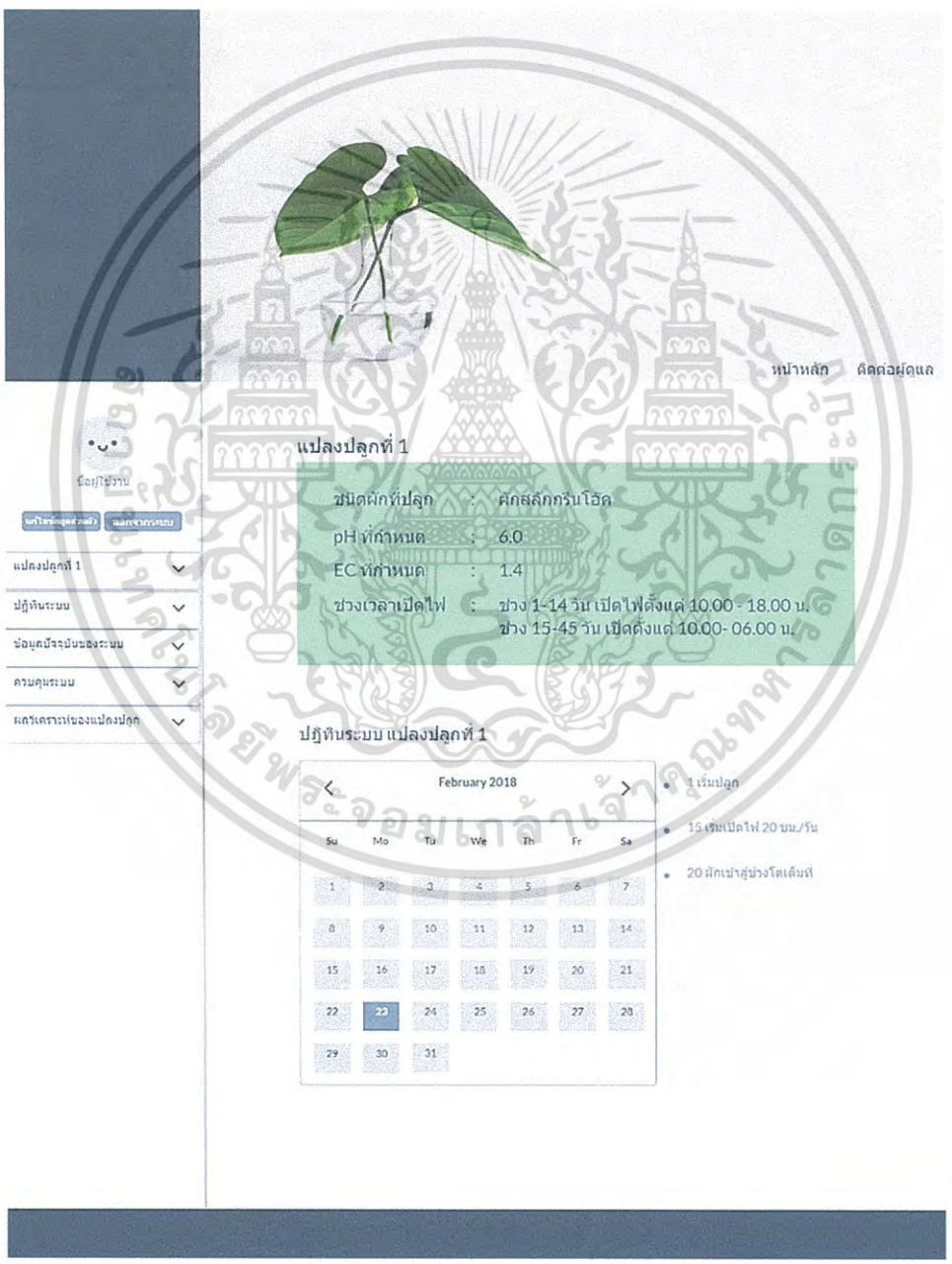
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.4 User Interface การใช้งานระบบ

การใช้งานระบบประกอบไปด้วยหน้าหลัก, การตั้งค่าเพื่อกำหนดข้อมูลของแปลงปลูก, ปฏิทินของระบบ, ข้อมูลปัจจุบันของระบบ, การควบคุมระบบ และสรุปข้อมูลแปลงปลูก อธิบายดังหัวข้อต่อไปนี้

3.9.4.1 User Interface หน้าหลัก

หน้าหลักจะแสดงข้อมูลแปลงปลูก ปฏิทิน และข้อมูลที่ผู้ใช้บันทึกในแต่ละวันของเดือน

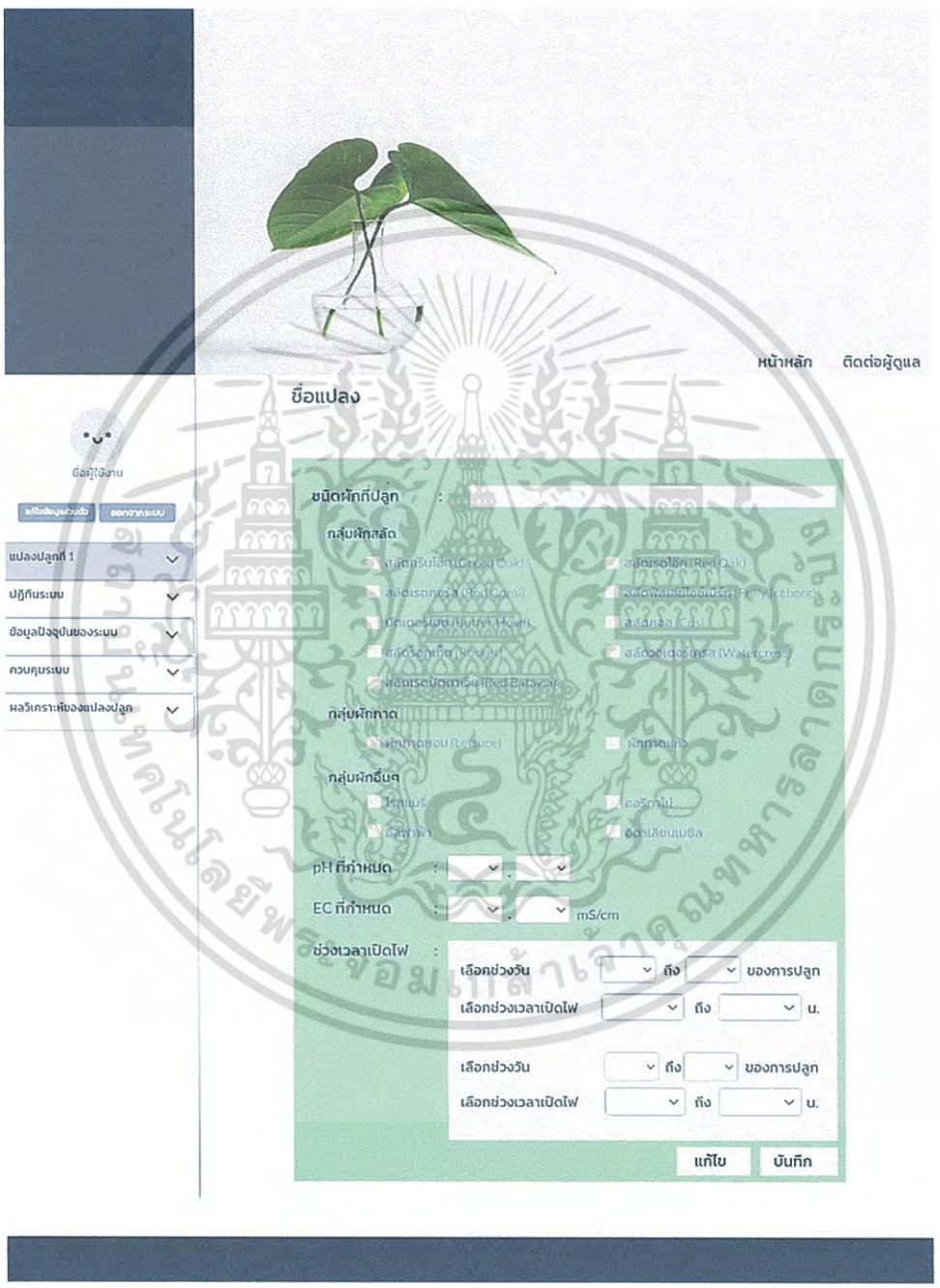


ภาพที่ 3.76 User Interface หน้าหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

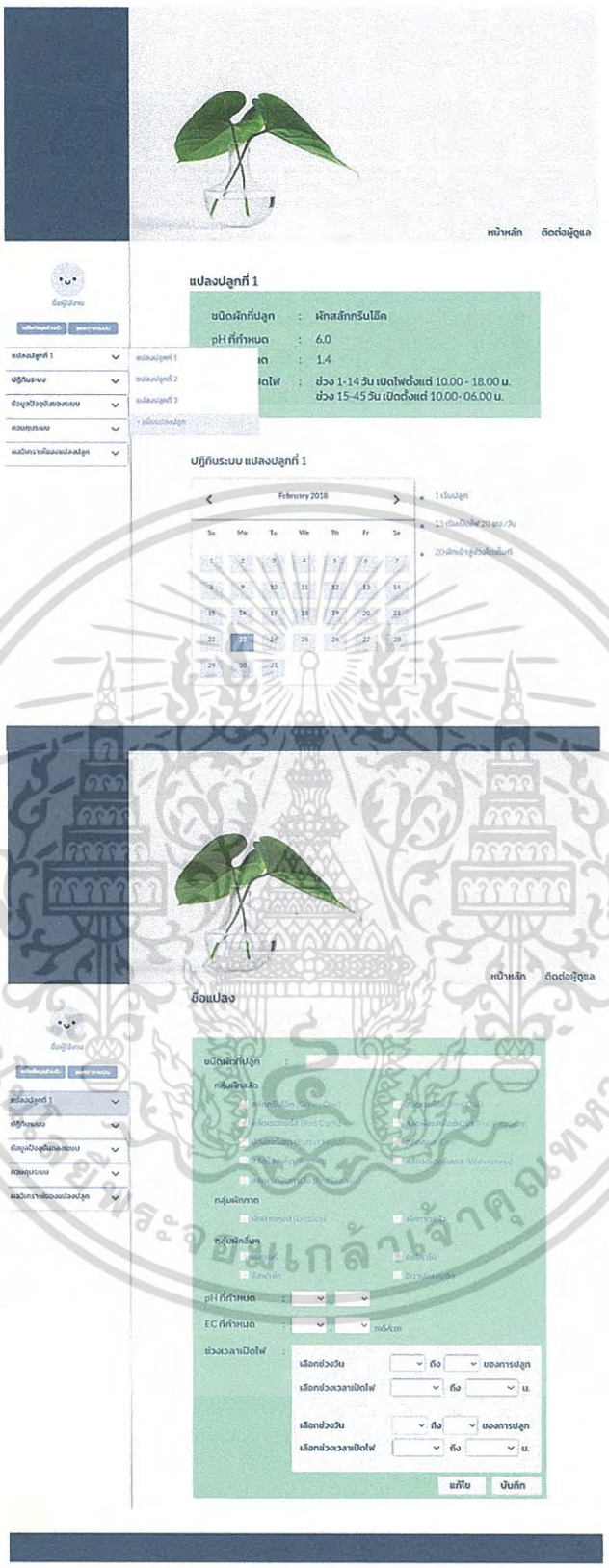
3.9.4.2 User Interface การตั้งค่าเพื่อกำหนดข้อมูลของแปลงปลูก

ผู้ใช้จะต้องทำการตั้งค่าต่างๆ ของแปลง เพื่อให้ระบบควบคุมการปลูกตามข้อมูลที่กำหนด แสดงลักษณะดังภาพที่ 3.77 กรณีผู้ใช้มีการปลูกผักมากกว่า 1 แปลงปลูก สามารถเพิ่มแปลงปลูกและข้อมูลของแปลงได้ แสดงลักษณะดังภาพที่ 3.78



ภาพที่ 3.77 User Interface การตั้งค่าต่างๆ ของแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

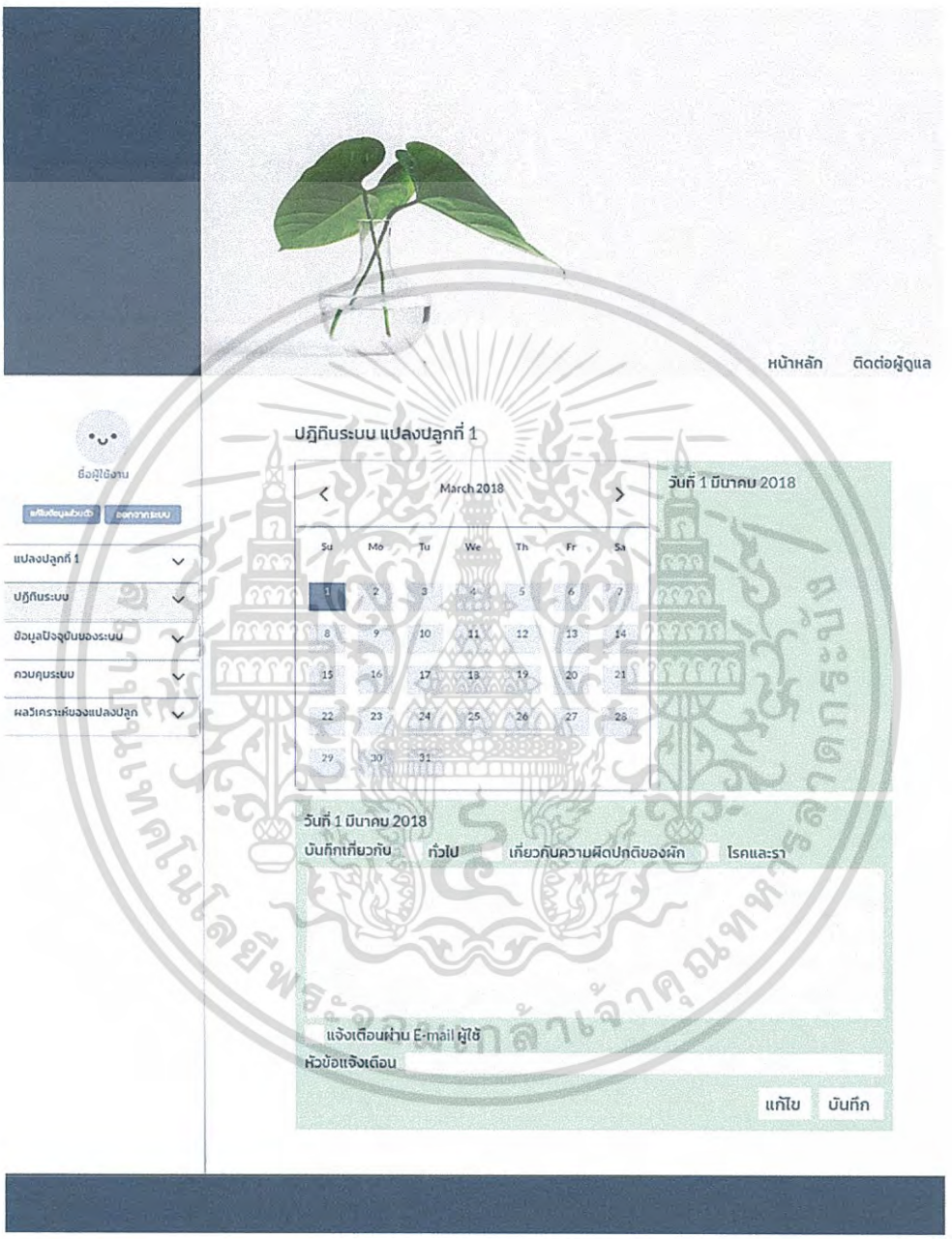


ภาพที่ 3.78 User Interface กรณีผู้ใช้มีการปลูกผัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.4.3 User Interface ปฏิทินของระบบ

ปฏิทินของระบบ ผู้ใช้สามารถบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแปลงปลูกได้ อีกทั้งยังสามารถตั้งค่าให้ระบบแจ้งเตือนผ่านอีเมลล์ได้

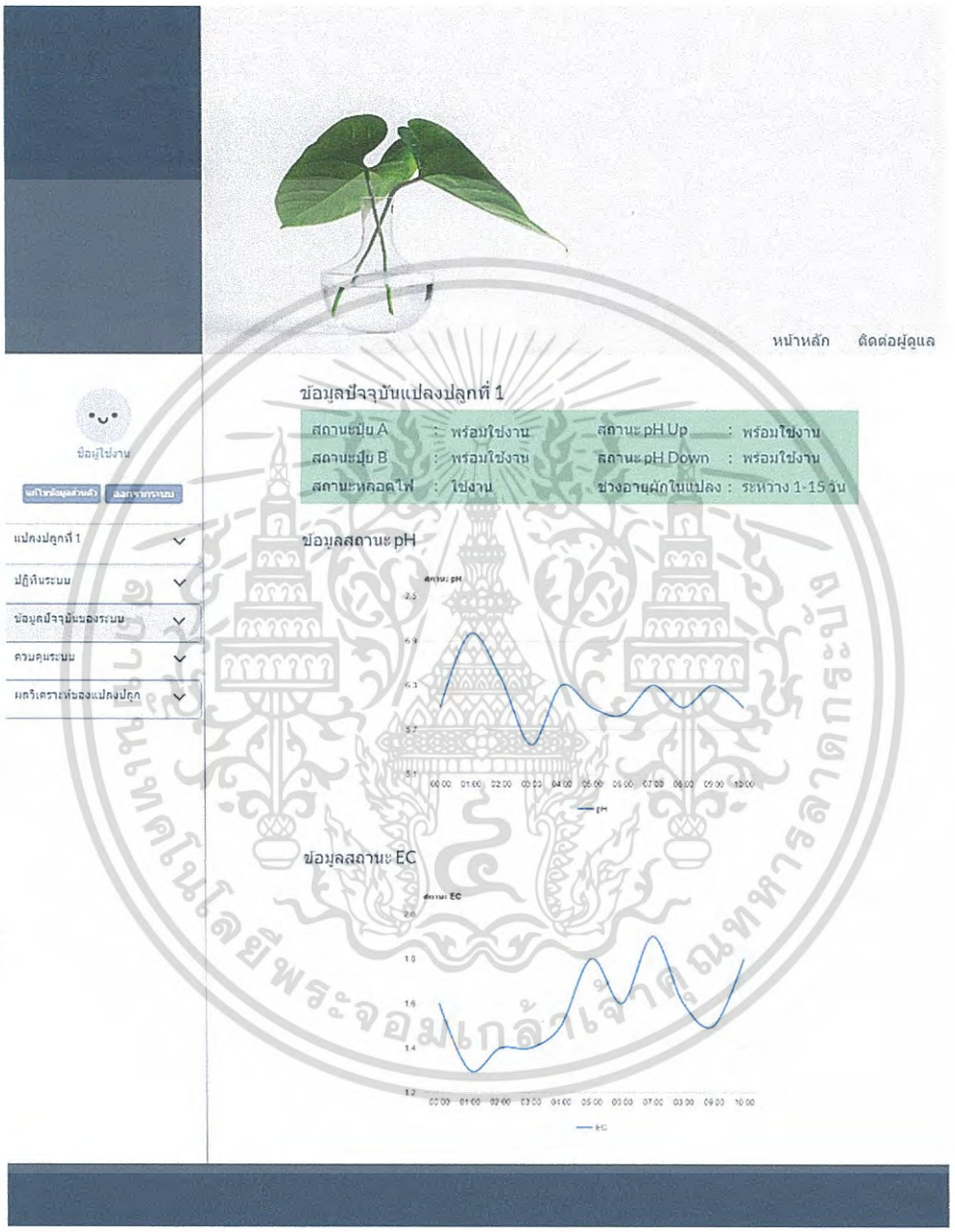


ภาพที่ 3.79 User Interface ปฏิทินของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.4.4 User Interface ข้อมูลปัจจุบันของระบบ

ข้อมูลปัจจุบันของระบบจะแสดงข้อมูลสถานะอุปกรณ์ต่างๆ และแสดงกราฟสถานะ pH – EC ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยจะแสดงข้อมูลทุกๆ 2 ชั่วโมง

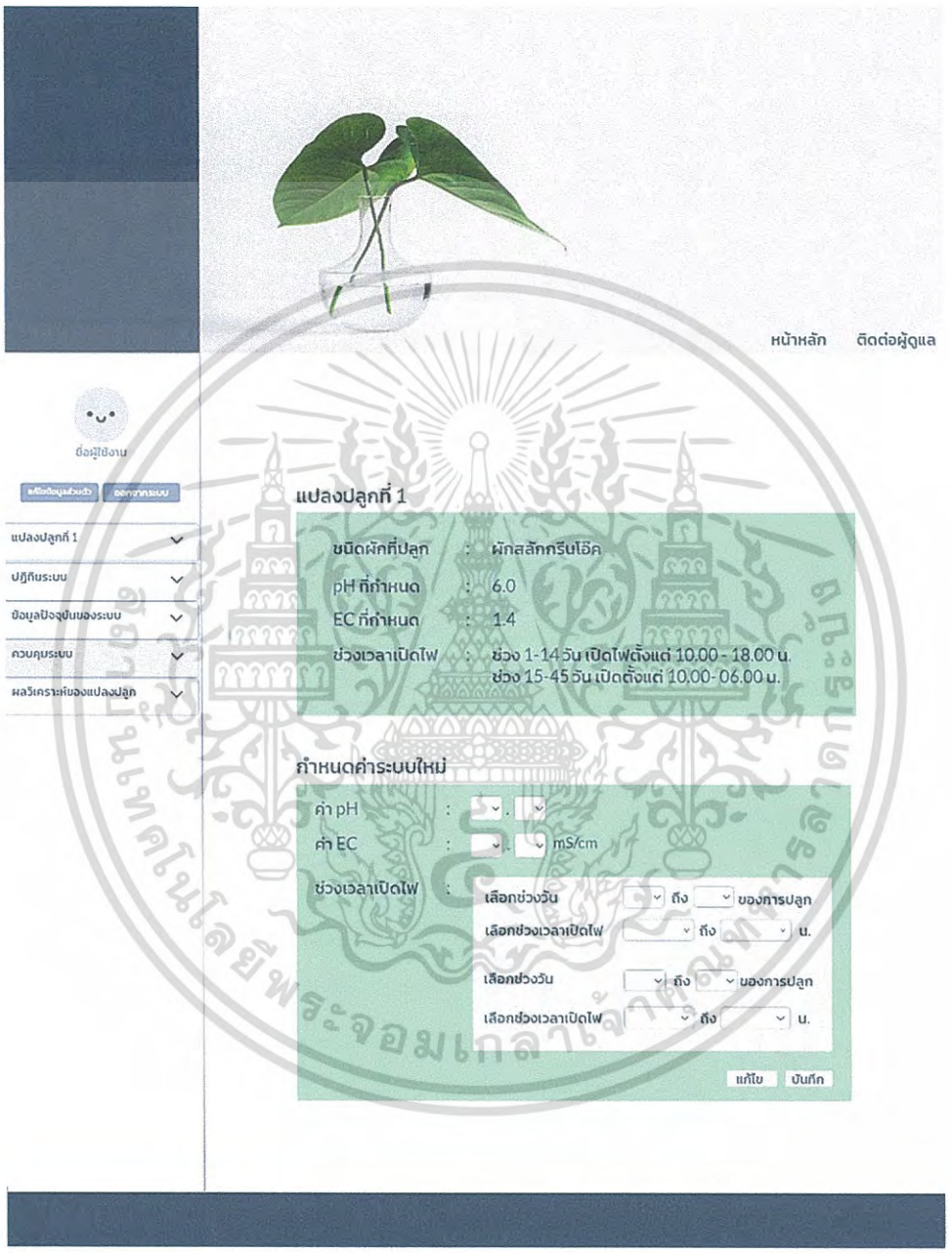


ภาพที่ 3.80 User Interface ข้อมูลปัจจุบันของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.4.5 User Interface การควบคุมระบบ

ผู้ใช้สามารถควบคุมหรือเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ ของระบบในแปลงปลูกได้ กล่าวคือ การเปลี่ยนค่า pH, EC และช่วงเวลาในการเปิดไฟ

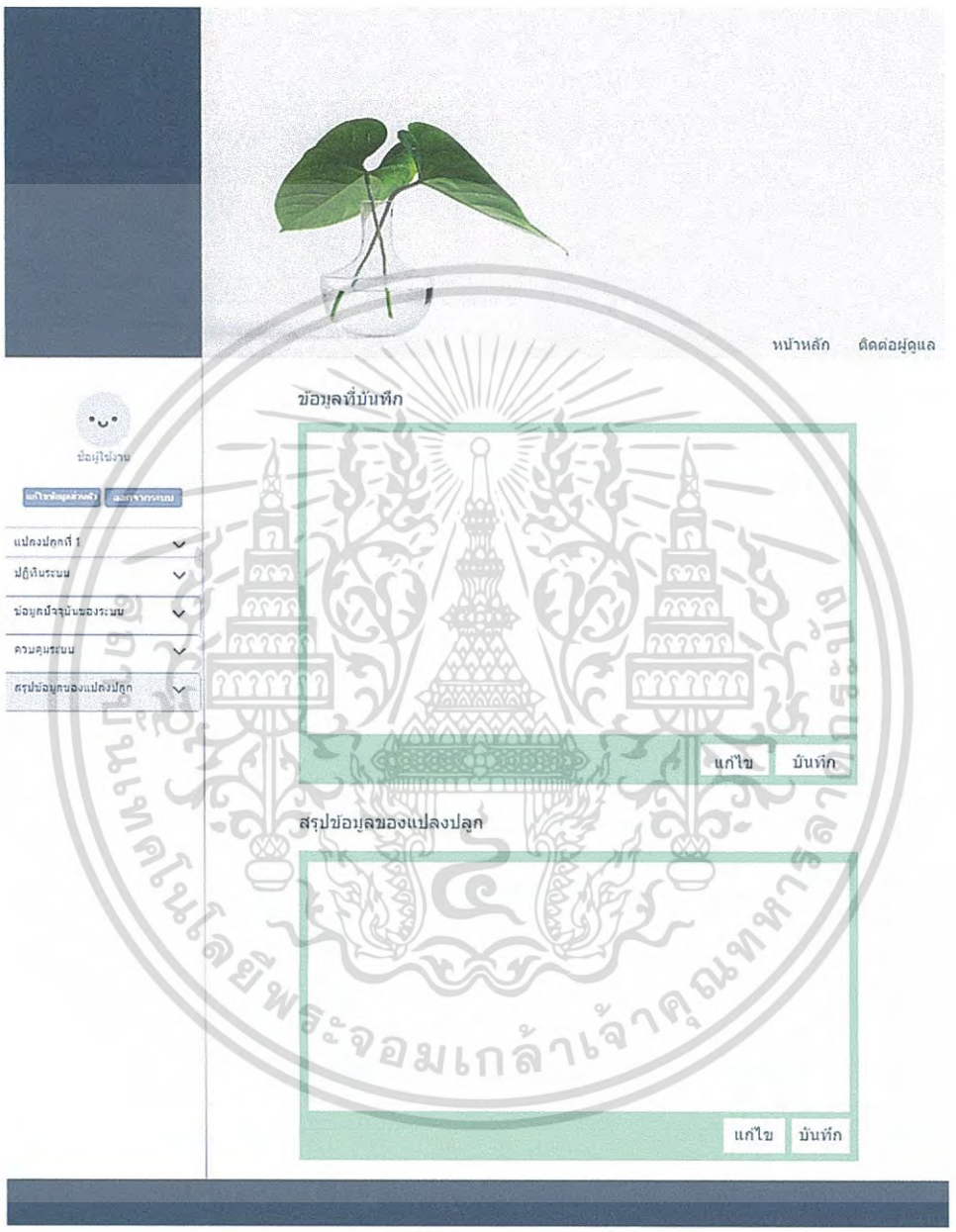


ภาพที่ 3.81 User Interface การควบคุมระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.4.6 User Interface สรุปข้อมูลแปลงปลูก

ผู้ใช้สามารถบันทึกรายงานผลการปลูก โดยระบบจะนำข้อมูลที่ผู้ใช้บันทึกในปฏิทินมาแสดงผลให้ และผู้ใช้สามารถเขียนรายงานสรุปการปลูกของแปลงเพิ่มเติมได้



ภาพที่ 3.82 User Interface สรุปข้อมูลแปลงปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยจากการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

4.1.1 ผลการทดลองเพาะเมล็ดพันธุ์ผัก

จากการทดลองเพาะเมล็ดพันธุ์ผักสลัดกรีนโอ๊ตพบว่า ความชื้นมีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ผัก ช่วงอายุ 1-3 วันแรกของการเพาะเมล็ดจำเป็นต้องให้การดูแลและควบคุมความชื้นให้ผักอย่างสม่ำเสมอ โดยการใช้ผ้าคลุมฟองน้ำที่เพาะปลูกและพรมน้ำให้เปียกตลอดเวลา ช่วงอายุ 4 วันให้เปิดผ้าคลุมและให้แสงกับผักในปริมาณที่มากขึ้น เพราะหากผักได้รับแสงไม่เพียงพอ จะทำให้ต้นยืดเข้าหาแสง

ช่วงอายุ 5-14 วัน รากผักจะงอกออกมาจากฟองน้ำเพาะเมล็ด ซึ่งจำเป็นต้องหาพื้นที่ว่างระหว่างฟองน้ำเพาะปลูกกับถาดเพาะปลูก เพื่อให้รากสามารถงอกออกมาได้ แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักระหว่างการเพาะเมล็ดพันธุ์ผักดังภาพ

ภาพ ก) ภาพ ข) ภาพ ค)

ภาพที่ 4.1 การทดลองเพาะเมล็ดพันธุ์ผัก

ภาพ ก) ผักอายุ 4 วัน

ภาพ ข) ผักอายุ 9 วัน

ภาพ ค) ผักอายุ 13 วัน

4.1.2 ผลการทดลองการดูแลผักไฮโดรโปนิกส์หลังการย้ายต้นกล้าเข้ารางปลูก

จากการทดลองการดูแลผักไฮโดรโปนิกส์หลังการเพาะเมล็ดพันธุ์ผักพบว่า ผักจะมีความต้องการหลายปัจจัยเพื่อการเจริญเติบโตแต่ละช่วงอายุที่แตกต่างกัน เช่น แสงสว่าง น้ำสารอาหาร พื้นที่สำหรับการงอกของราก ค่าความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยในน้ำสารอาหาร เป็นต้น ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.1 ช่วงอายุ 1-10 วันแรกหลังการย้ายต้นกล้าเข้ารางปลูก

จากการทดลองพบว่าช่วงอายุ 1-10 วันแรกหลังการย้ายต้นกล้าเข้ารางปลูก รากของผักบางส่วนยังไม่งอกออกจากฟองน้ำเพาะเมล็ด ทำให้ผักไม่สามารถดูดน้ำสารอาหารจากรางปลูกได้ ดังนั้นจึงต้องดูแลให้ฟองน้ำหย่อนลงมาถึงน้ำในรางปลูก เพื่อให้ฟองน้ำช่วยในการดูดน้ำสารอาหารเข้าสู่รากผักได้ อีกทั้งยังพบว่าผักมีความต้องการน้ำสารอาหารต่อวันในปริมาณน้อยมาก แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักดังภาพ

ภาพ ก)

ภาพ ข)

ภาพ ค)

ภาพที่ 4.2 การเจริญเติบโตของผักช่วงอายุ 1-10 วันแรกหลังการย้ายต้นกล้าเข้ารางปลูก
ภาพ ก) การเจริญเติบโตของผักช่วงอายุ 2 วัน
ภาพ ข) การเจริญเติบโตของผักช่วงอายุ 6 วัน
ภาพ ค) การเจริญเติบโตของผักช่วงอายุ 11 วัน

4.1.2.2 ช่วงอายุ 11-20 หลังการย้ายต้นกล้าเข้ารางปลูก

จากการทดลองพบว่าช่วงอายุ 11-20 หลังการย้ายต้นกล้าเข้ารางปลูก ผักจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วทั้งราก ลำต้น และใบ มีความต้องการน้ำสารอาหารต่อวันในปริมาณมากกว่าช่วงอายุ 1-10 วันแรกหลังการย้ายต้นกล้าเข้ารางปลูก จึงควรมีการเพิ่มน้ำสารอาหารความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ย ปริมาณแสง และควรเพิ่มความชันของรางปลูกเพื่อทำให้เกิดปริมาณก๊าซออกซิเจนในน้ำมากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตของผักแสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพ ก) ภาพ ข) ภาพ ค)

ภาพที่ 4.3 การเจริญเติบโตของผักช่วงอายุ 11-20 หลังการย้ายต้นกล้าเข้ารางปลูก

ภาพ ก) การเจริญเติบโตของผักช่วงอายุ 14 วัน

ภาพ ข) การเจริญเติบโตของผักช่วงอายุ 17 วัน

ภาพ ค) การเจริญเติบโตของผักช่วงอายุ 20 วัน

4.1.2.2 ผลการเก็บข้อมูลค่า EC และค่า pH

จากการรวบรวมข้อมูลค่า EC และค่า pH โดยการใช้มิเตอร์สำหรับวัดค่า EC และค่า pH แล้วทำการจดบันทึกข้อมูลค่าปัจจุบันของวัน และค่าที่เปลี่ยนไปเมื่อทำการปรับแล้ว ซึ่งการเก็บข้อมูลจะทำในช่วงเวลา 16.00 – 19.00 น. ของแต่ละวัน ทั้งนี้ได้ทำการทดลองบันทึกข้อมูลพร้อมกับการปรับค่าอย่างต่อเนื่อง และพักการเก็บข้อมูลในบางวัน เพื่อศึกษาการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของค่า EC และค่า pH ผลการเก็บข้อมูลค่า EC และค่า pH พบว่าเมื่อเติมสารละลายใดๆ ลงในน้ำสารอาหาร จะทำให้ค่า EC เพิ่มขึ้น (มีความเข้มข้นของสารละลายในน้ำเพิ่ม) การเติมปุ๋ย A และปุ๋ย B ลงในถังผสมน้ำสารอาหารจะทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

ในกรณีที่ปล่อยให้น้ำสารอาหารไหลเวียนเข้าสู่รางโดยไม่มีการปรับค่าใดๆ จะทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้น และค่า EC จะลดลงเมื่อปริมาณน้ำสารอาหารลดลงในปริมาณน้อย จะพบในช่วงอายุของผักประมาณ 1-10 วันแรก เพราะผักดูดน้ำสารอาหารในปริมาณน้อย อีกทั้งค่า EC จะเพิ่มขึ้นเมื่อผักดูดน้ำสารอาหารในปริมาณมาก ทำให้น้ำสารอาหารในถังลดลง เมื่อไม่มีการปรับค่าหรือเติมน้ำ จะทำให้ค่า EC เพิ่มขึ้น เพราะปริมาณความเข้มข้นของสารละลายในน้ำเพิ่มขึ้นนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การใช้งานสั่งการ เพื่อควบคุมระบบผ่าน Web application

การจัดทำ Web application ตาม User Interface ทั้งในส่วน Front-End และ Back-End นั้น ในบางกรณีมีความซับซ้อน ยุ่งยากที่จะจัดทำ จำเป็นต้องมีการหาวิธี ปรับภาพแบบให้เหมาะสมและง่ายต่อการพัฒนาในครั้งต่อๆ ไป ซึ่งอธิบายรายละเอียดการใช้งานสั่งการ เพื่อควบคุมระบบผ่าน Web application ดังหัวข้อต่อไปนี้

4.2.1 การลงทะเบียนเข้าใช้งานระบบ

ผู้ใช้จะต้องทำการลงทะเบียนเพื่อเข้าใช้งานระบบโดยการกรอกชื่อ อีเมลล์ Application ID ตั้งรหัสผ่านและยืนยันรหัสผ่านให้ตรง แสดงลักษณะดังภาพที่ 4.4 เมื่อผู้ใช้งานลงทะเบียนสำเร็จจะสามารถเข้าสู่ระบบได้โดยการกรอกชื่อผู้ใช้ และอีเมลล์เพื่อลงชื่อเข้าใช้งาน แสดงลักษณะดังภาพที่ 4.5

ภาพที่ 4.4 ลงทะเบียนเพื่อเข้าใช้งานระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.5 เข้าสู่ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวผู้ใช้งาน

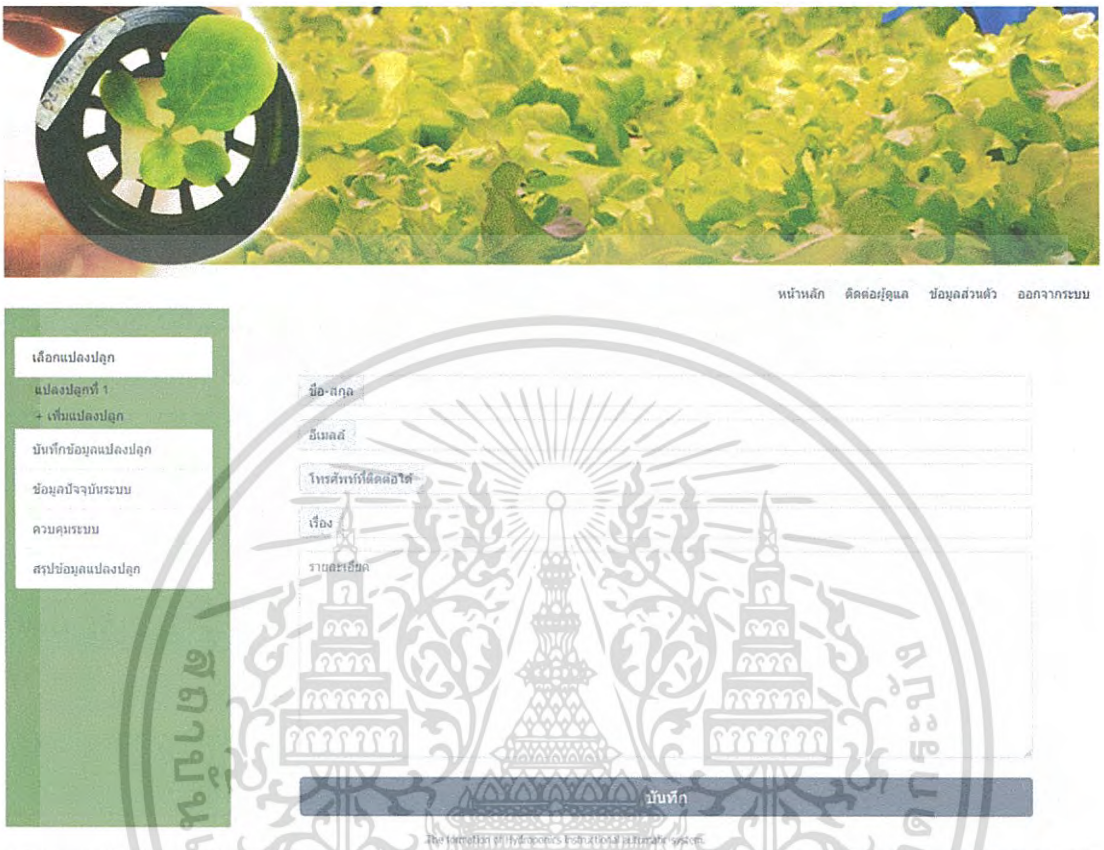
ผู้ใช้สามารถเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวได้ หลังจากการลงทะเบียนเข้าสู่ระบบ โดยข้อมูลที่สามารถเพิ่มได้ คือ ชื่อ-สกุล, Application ID, อีเมลล์, ชื่อผู้ใช้งาน, หมายเลขโทรศัพท์ และสามารถเปลี่ยนแปลงรหัสผ่านได้ รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงภาพโปรไฟล์ของผู้ใช้ด้วย

ภาพที่ 4.6 การเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การติดต่อผู้ดูแลระบบ

ผู้ใช้สามารถติดต่อผู้ดูแลระบบเพื่อเพิ่มหรือแก้ไข Web application ได้



ภาพที่ 4.7 การติดต่อผู้ดูแลระบบ

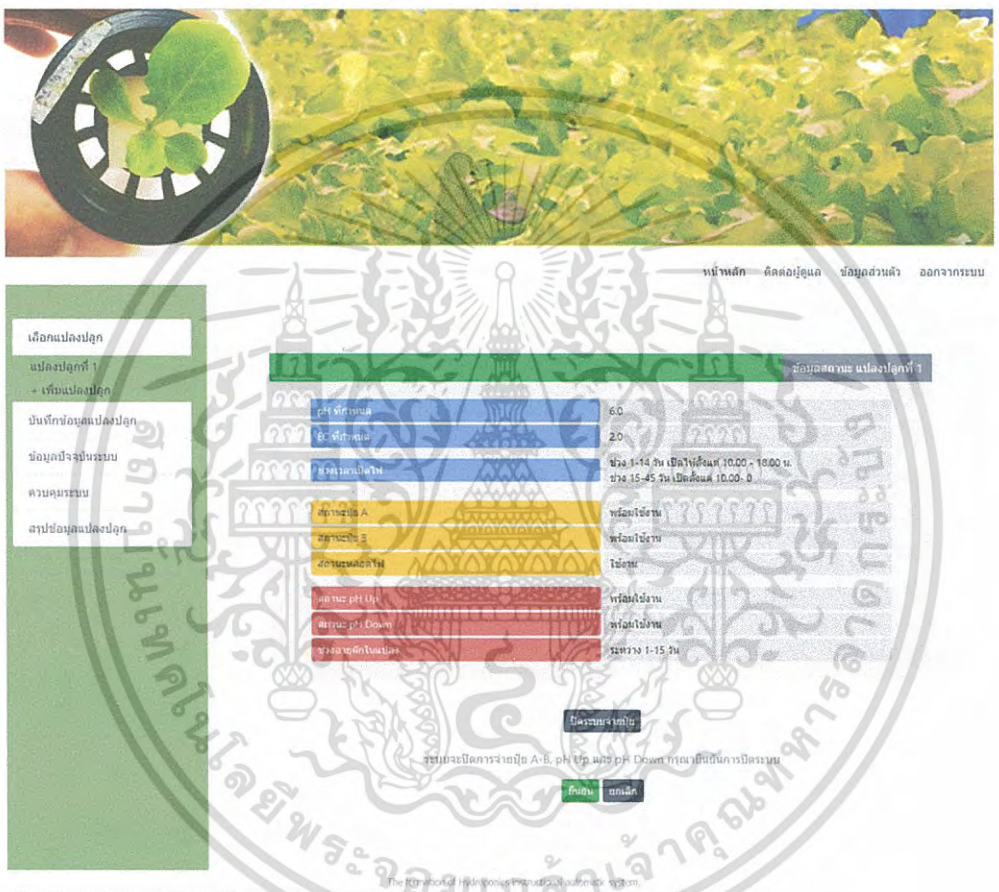
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การใช้งานระบบ

การใช้งานระบบประกอบไปด้วยหน้าหลัก, การตั้งค่าเพื่อกำหนดข้อมูลของแปลงปลูก, บันทึกข้อมูลแปลงปลูก, ข้อมูลปัจจุบันของระบบ, การควบคุมระบบ และสรุปข้อมูลแปลงปลูก อธิบายดังหัวข้อต่อไปนี้

4.2.4.1 หน้าหลัก

หน้าหลักจะแสดงข้อมูลสถานะแปลงปลูก

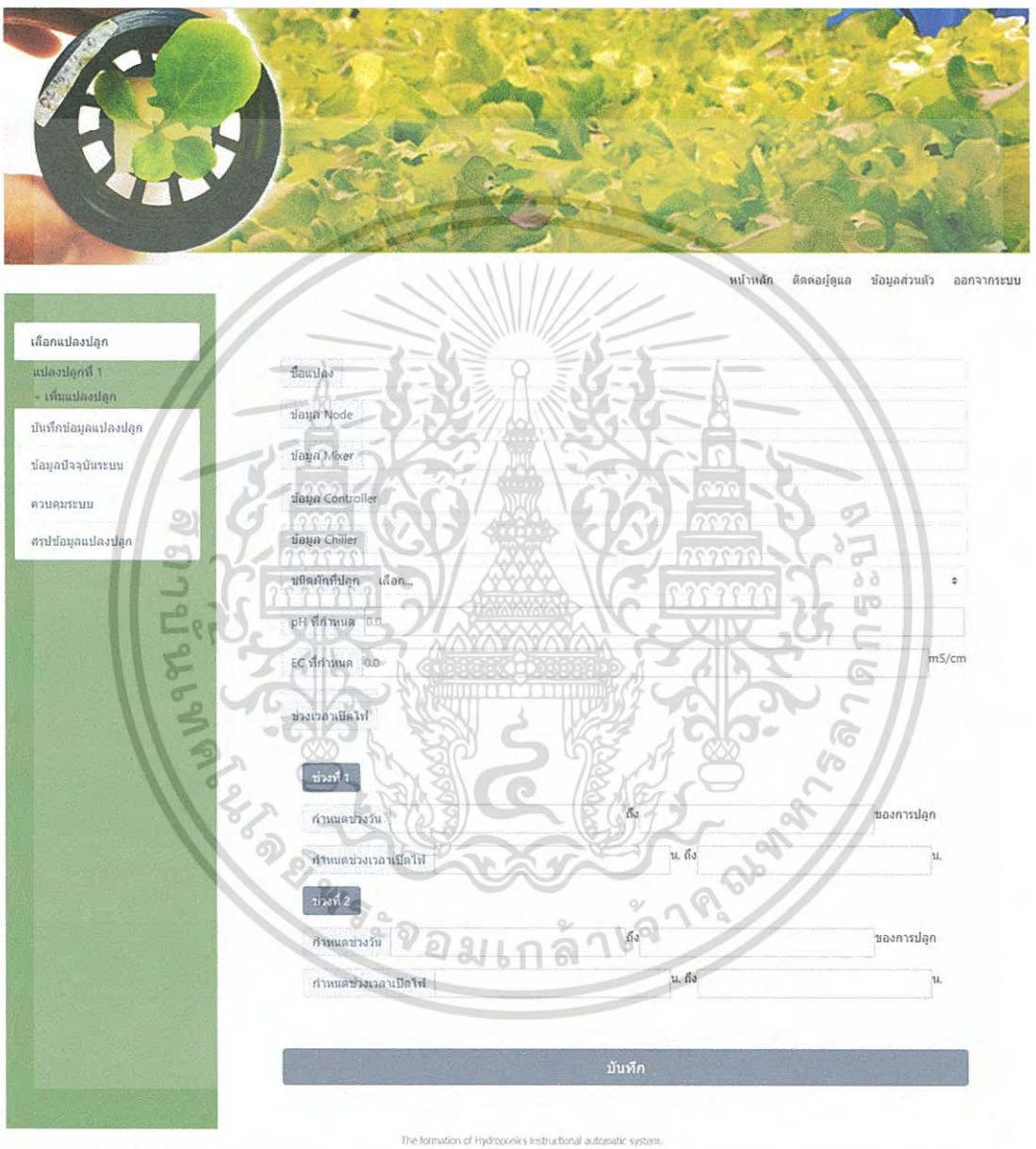


ภาพที่ 4.8 หน้าหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.2 การกำหนดค่าข้อมูลของแปลงปลูก เพื่อเริ่มต้นใช้งานระบบ

ผู้ใช้จะต้องทำการตั้งค่าต่างๆ ของแปลง เพื่อให้ระบบควบคุมการปลูกตามข้อมูลที่กำหนด กรณีผู้ใช้มีการปลูกผักมากกว่า 1 แปลงปลูก สามารถเพิ่มแปลงปลูกที่แถบเมนูด้านซ้าย และกำหนดค่าข้อมูลของแปลงปลูก เพื่อเริ่มต้นใช้งานระบบได้



ภาพที่ 4.9 การกำหนดค่าข้อมูลของแปลงปลูก เพื่อเริ่มต้นใช้งานระบบ

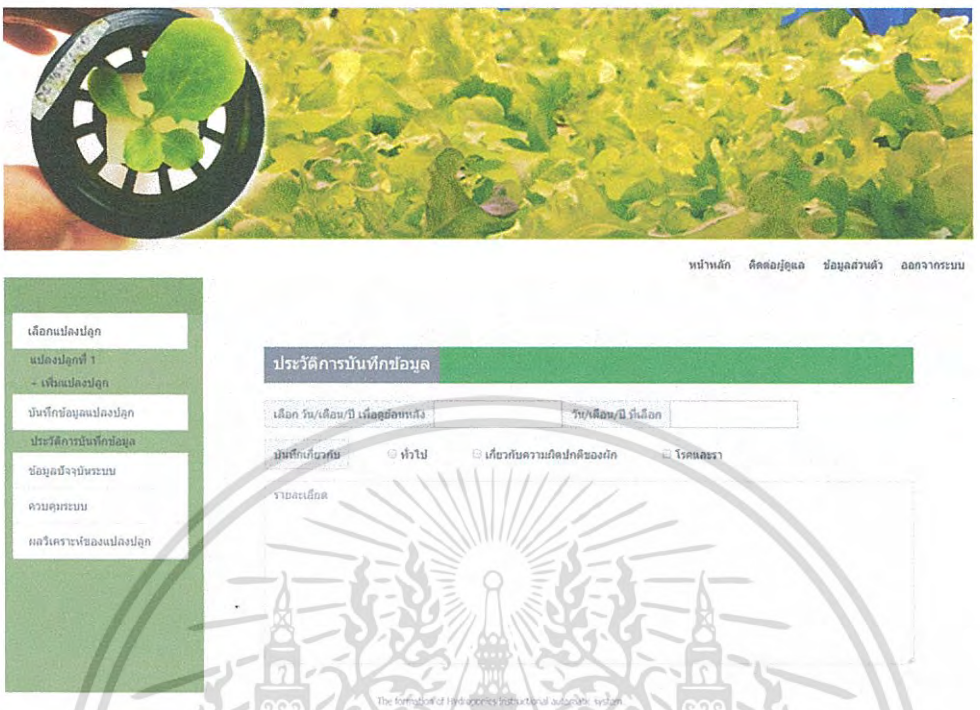
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.3 การบันทึกข้อมูลแปลงปลูก

ปฏิทินของระบบ ผู้ใช้สามารถบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแปลงปลูกได้ อีกทั้งยังสามารถตั้งค่าให้ระบบแจ้งเตือนผ่านอีเมลล์ได้ แสดงลักษณะดังภาพที่ 4.10 อีกทั้งผู้ใช้ยังสามารถกลับไปดูประวัติการบันทึกข้อมูลแปลงปลูกย้อนหลังได้ โดยการกดปุ่ม “ประวัติการบันทึกข้อมูล” ที่แถบเมนูด้านซ้าย แสดงลักษณะดังภาพที่ 4.11

ภาพที่ 4.10 การบันทึกข้อมูลแปลงปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

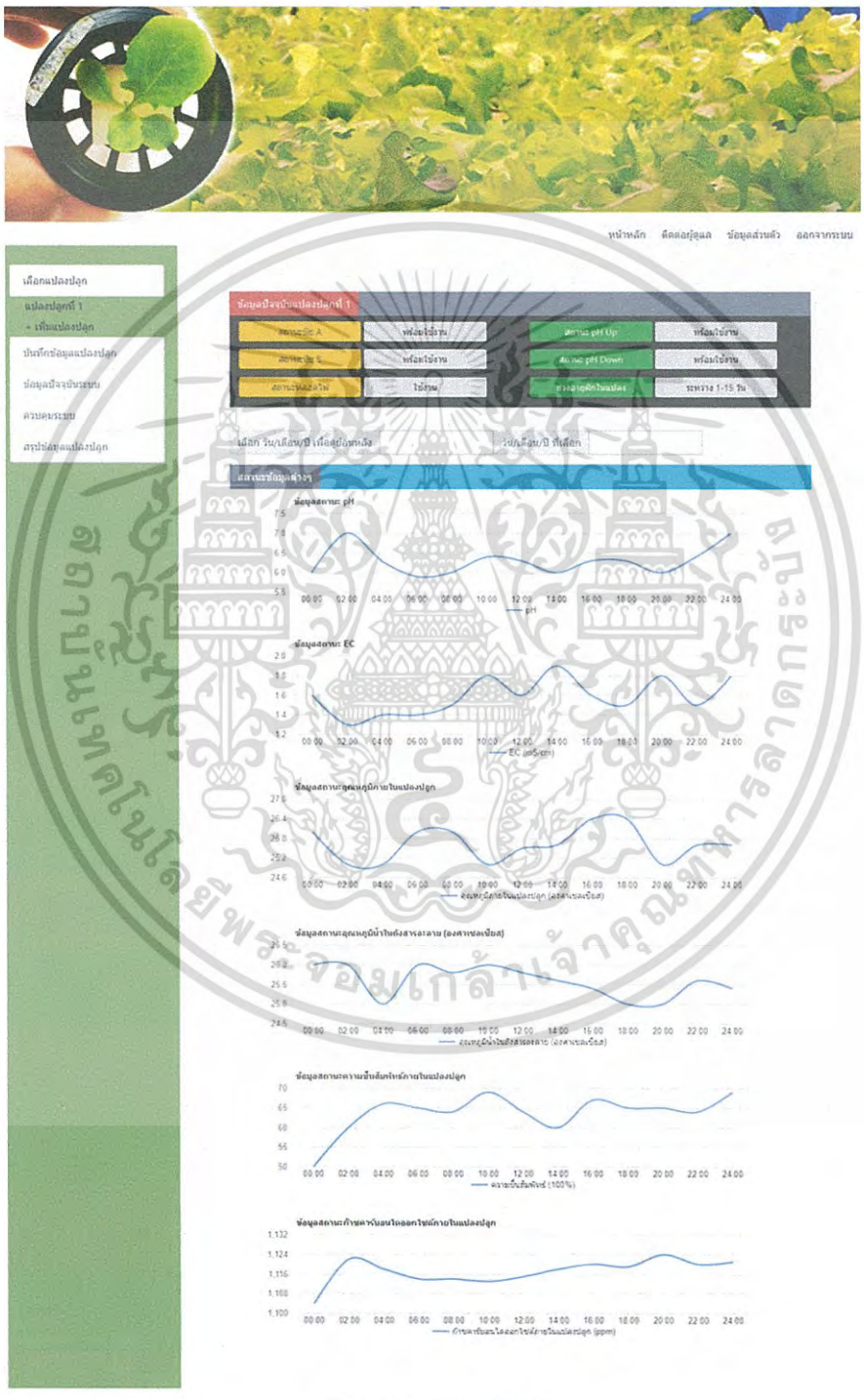


ภาพที่ 4.11 ประวัติการบันทึกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.4 ข้อมูลปัจจุบันของระบบ

ข้อมูลปัจจุบันของระบบจะแสดงสถานะอุปกรณ์ต่างๆ และแสดงกราฟสถานะ pH – EC ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยจะแสดงข้อมูลทุกๆ 2 ชั่วโมง อีกทั้งผู้ใช้ยังสามารถดูสถานะ pH – EC ย้อนหลังได้ โดยการเลือกวัน/เดือน/ปี ที่ต้องการดู

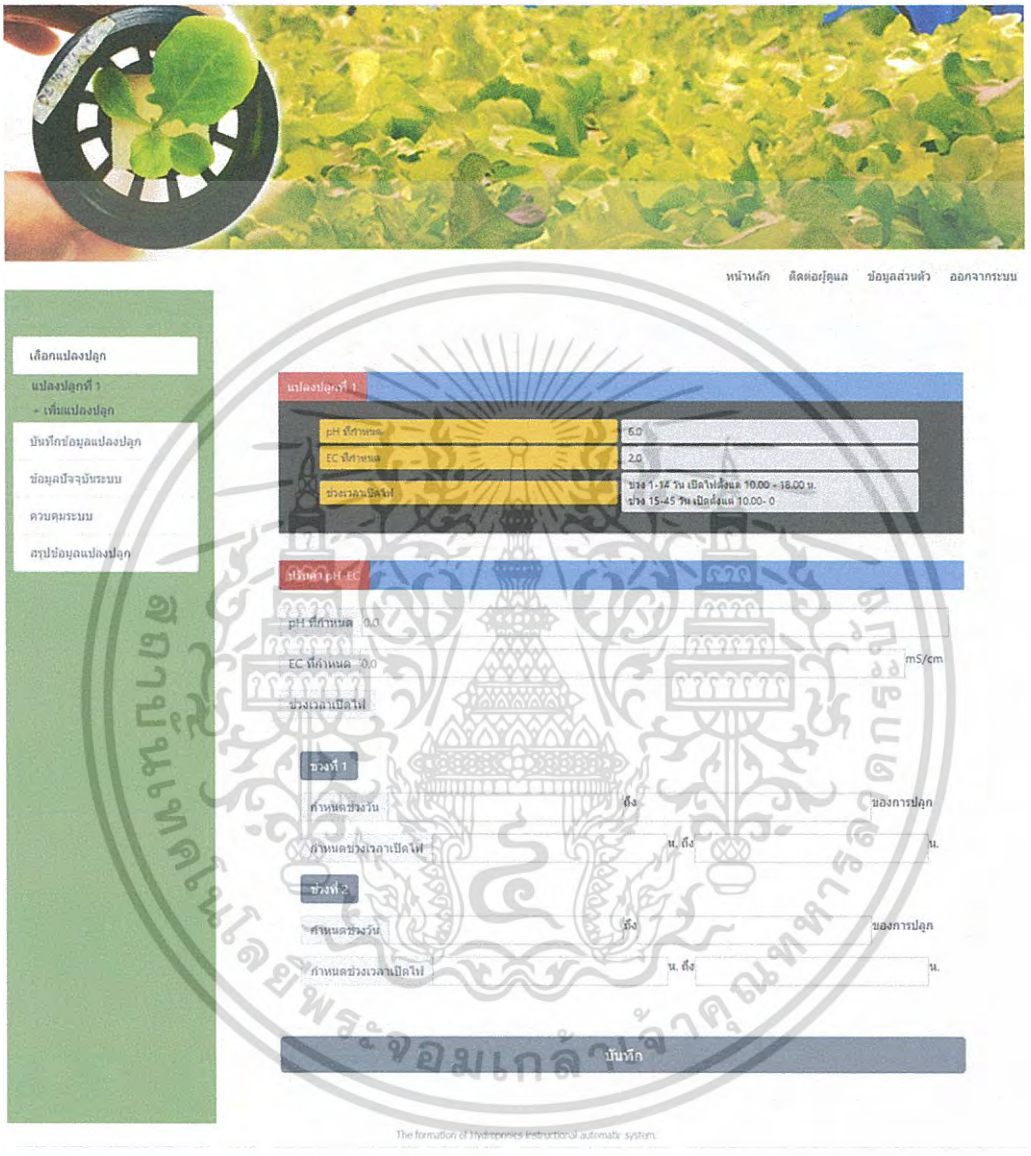


ภาพที่ 4.12 ข้อมูลปัจจุบันของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.5 การควบคุมระบบ

ผู้ใช้สามารถควบคุมหรือเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ ของระบบในแปลงปลูกได้ กล่าวคือ การเปลี่ยนค่า pH, EC และช่วงเวลาในการเปิดไฟ

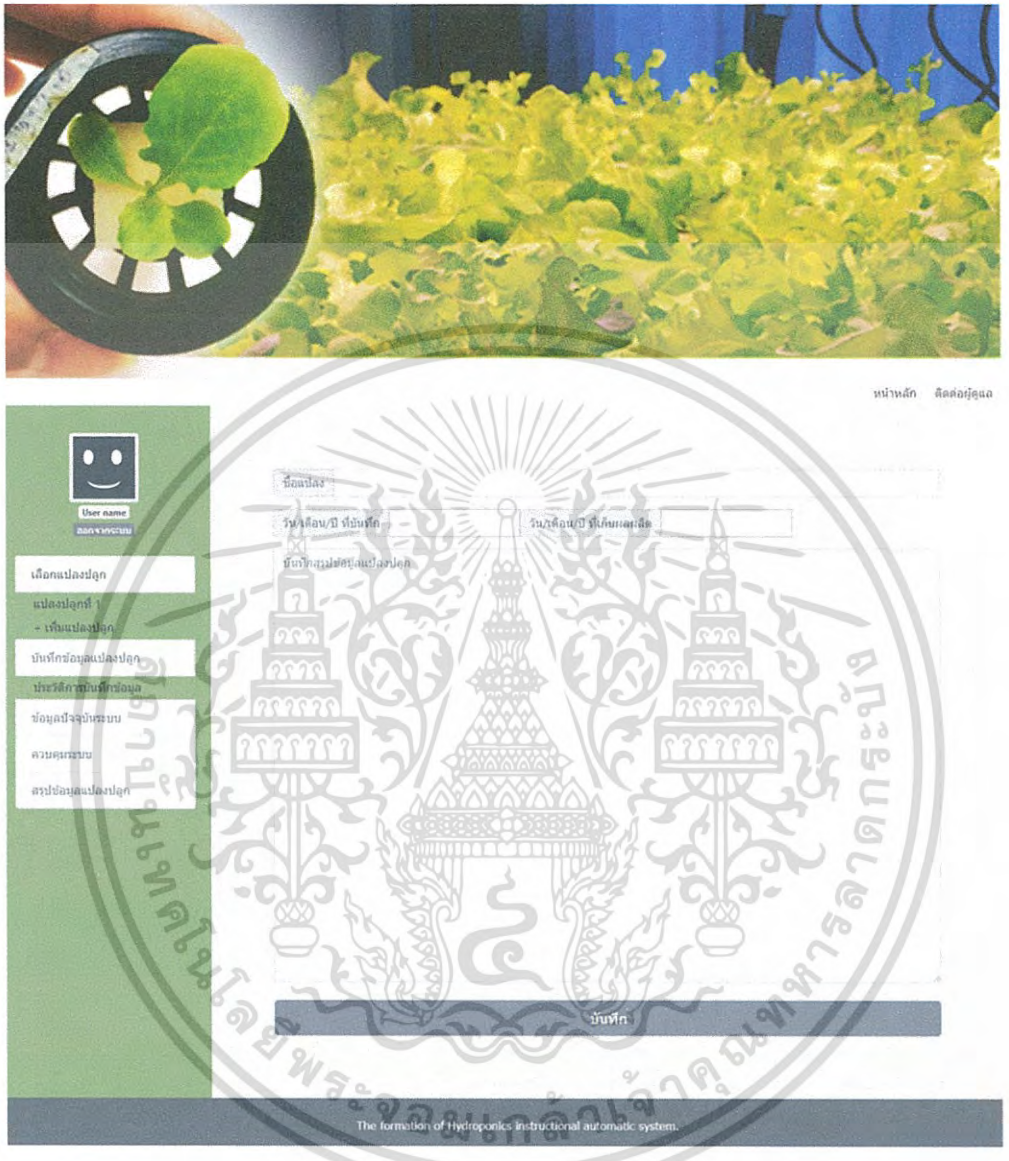


ภาพที่ 4.13 การควบคุมระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.6 สรุปข้อมูลแปลงปลูก

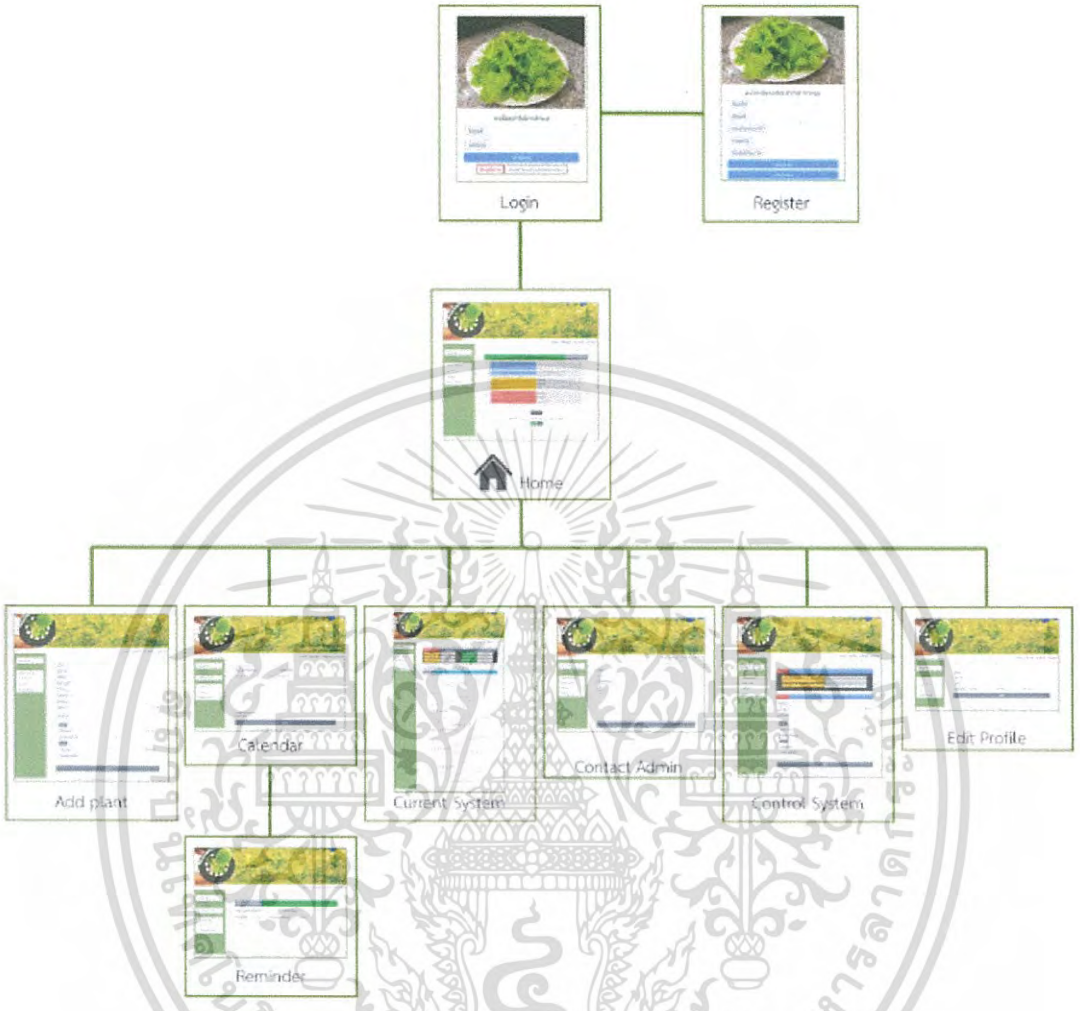
ผู้ใช้สามารถเขียนบันทึกสรุปข้อมูลของแปลงปลูกได้



ภาพที่ 4.14 สรุปข้อมูลแปลงปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 Web Site Map Diagram ของระบบ



ภาพที่ 4.15 Web Site Map Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองฮาร์ดแวร์

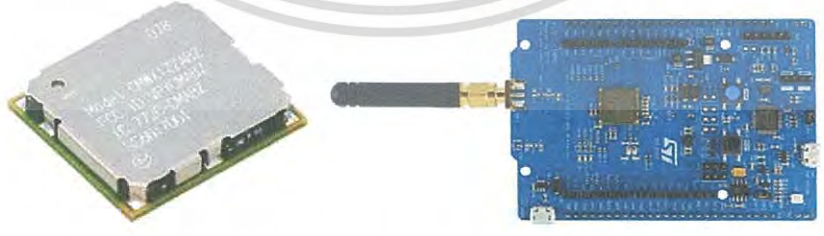
4.3.1 ผลการทดลองฮาร์ดแวร์

1) บอร์ดแต่ละบอร์ดสามารถโปรแกรมได้ และทำงานกับอุปกรณ์ต่างได้
2) บอร์ดแต่ละสามารถติดต่อผ่าน Lora ผ่าน gateway ได้
3) การสื่อสารทาง Lora มีปัญหาด้านการส่งสัญญาณที่ค่อนข้างไม่เสถียร

ภาพที่ 4.16 Up link ของอุปกรณ์

4.3.2 วิธีแก้ไข

เปลี่ยนโมดูล Lora transmitter เป็นตัวอื่น เช่น CMWX1ZZABZ-078 ซึ่งใช้ในบอร์ด B-L072Z-LRWAN1 โดย STMicroelectronics และควบคุมอิมพีแดนซ์ที่สายสัญญา RF



ภาพที่ 4.17 CMWX1ZZABZ-078 และ B-L072Z-LRWAN1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปรนิกส์พบว่า มีหลายปัจจัยที่ผู้ปลูกควรทราบ ซึ่งได้แก่ การควบคุมค่าความเข้มข้นของสารละลายต่างๆ ในน้ำสารอาหาร ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมกับผักแต่ละชนิด ปริมาณแสงที่ผักต้องการในแต่ละช่วงอายุ อุณหภูมิรอบข้างของตู้เพาะปลูกและอุณหภูมิของน้ำสารอาหาร อัตราการไหลของน้ำในรางเพาะปลูก เป็นต้น

ซึ่งจากการทดลองเพาะปลูกและข้อมูลผลการวิจัยเกี่ยวกับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์นั้น มีประโยชน์อย่างยิ่งในการแก้ไขและลงรายละเอียดการออกแบบระบบในส่วนต่างๆ ได้ โดยทางด้านระบบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์จำเป็นต้องออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์แต่ละตัวให้เหมาะสม เพื่อให้สามารถถนอมการใช้งานอุปกรณ์ภายในระบบได้นานที่สุด การเลือกจัดซื้ออุปกรณ์แต่ละตัว จะคำนึงถึงความคุ้มค่า การใช้งาน และการบำรุงรักษาด้วย อีกทั้งการออกแบบระบบฐานข้อมูล ที่จะจัดเก็บข้อมูลทั้งหมดต้องคำนึงถึงสิ่งที่เป็นปัจจัยของการเจริญเติบโตของผัก เพื่อให้สามารถนำฐานข้อมูลที่จัดเก็บมาใช้ประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบ เพื่อความสะดวกในการดูแลแปลงเพาะปลูกของผู้ใช้และเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาพัฒนาเพิ่มผลผลิตให้ได้มากขึ้น

5.2 การวิเคราะห์ปัญหา

1) ความแม่นยำในการวัดค่า EC ของอุปกรณ์ไม่ตรงกัน กล่าวคือมิเตอร์สำหรับวัดค่า EC สามารถวัดค่าได้ไม่ตรงกับ EC Probe เนื่องจาก EC Probe จะสามารถวัดค่าได้แม่นยำ เมื่อนำอุปกรณ์ไปวัดค่าในน้ำนิ่ง สำหรับถังผสมน้ำสารอาหารมีการปั๊มอากาศเข้าสู่น้ำตลอดเวลา ทำให้น้ำในถังไม่นิ่งจึงมีผลต่อค่าความคาดเคลื่อนของผลลัพธ์ที่วัดได้
2) ปริมาณแสงที่ไม่เพียงพอ ทำให้ผักที่ไม่ได้รับแสงลำต้นยืดเข้าหาแสง ไม่เป็นพุ่ม และให้น้ำหนักต้นเบา
3) ในบางวันที่ไม่มีการปรับค่า EC และค่า pH ให้กับการผสมน้ำสารอาหารพืช จะส่งผลให้ผักได้รับค่า EC และค่า pH ที่ไม่เหมาะสมต่อความต้องการ
4) เมื่อทดลองปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผัก ซึ่งในบางกรณีไม่ตรงตามแผนงานและแบบที่วางไว้

5.3 แนวทางแก้ปัญหา

1) ออกแบบการส่งน้ำสารอาหารมาจัดเตรียมในภาชนะ เพื่อควบคุมให้น้ำในนิ่งก่อนแล้วใช้ EC Probe วัดค่า เพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เพิ่มจำนวนหลอดไฟเลี้ยงพืชให้เพียงพอต่อความต้องการของผัก
3) ออกแบบระบบให้สามารถควบคุมอัตราการผสมสารละลายต่างๆ ที่มีผลต่อการควบคุมค่า EC และค่า pH
4) ปรับแผนงานและแบบให้เหมาะสมตามการเจริญเติบโตของผักให้ได้มากที่สุด

5.4 ข้อเสนอแนะ

1) ในการออกแบบระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์อัตโนมัติควรศึกษา และทำการทดลองเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ก่อน เพื่อจะทำให้ทราบปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการพัฒนาระบบและจะทำให้ระบบมีประโยชน์ต่อการนำไปใช้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

arduinoAll. 2 017. **WATER TEMP SENSOR**. [Online]. Available : https://www.arduinoall .com/product/107/digital-temperature-temp-sensor-probe-ds18b20-for-thermometer-waterproof-100cm

Atlas Scientific. 2 017. **PH**. [Online]. Available : https://www.atlas-scientific.com/product_pages /probes/ph_probe.html

Atlas Scientific. 2017. **PH READER**. [Online]. Available : https://www.atlas-scientific.com/product _pages/circuits/ezo_ph.html

Atlas Scientific. 2 017. **EC**. [Online]. Available : https://www.atlas-scientific.com/product_pages/ kits/ec_k1_0_kit.html?

Atlas Scientific. 2 017. **EC READER**. [Online]. Available : https://www.atlas-scientific.com/ product_pages/circuits/ezo_ec.html

Shanghai Utrao Medical Instrument Co., Ltd.. 2 010. **PERISSTALTIC MOTOR**. [Online]. Available : https://th.aliexpress.com/item/Kamoer-metering-pump-dosing-pump-for-water-milk/2045297039. html?spm=a2g0s.9042311.0.0.MnyQ9F

Povi-BIoTechnology Store. 2 0157. **LIGH GROW**. [Online]. Available : https://th. aliexpress.com/item/POVI-Hydroponic-LED-Grow-Light-indoor-planting-and-supplementary-lighting-for-plan ts-full-spectrum-vegetable-grow/32752965513.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.MnyQ9F

HiHuiLai meter sensor Store. 2 015. **WATER FLOW SENSOR**. [Online]. Available : https://th.aliexpress.com/item/DN20-1-5-50L-min-Brass-Magnetic-Hall-Turbine-3-4-water-flow-sensor-mete r/32450030424.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.MnyQ9F

things4u. 2016. **LoRa**. [Online]. Available : https://things4u.github.io/DeveloperGuide/Architecture Guide/architecture.html

Douglas Wilson. 2017. **"body-parser": "^1.17.1"**. [Online]. Available : https://www.npmjs.com/ package/body-parser

Douglas Wilson. 2017. **"connect-flash": "~0.1.1**. [Online]. Available : https://www.npmjs.com/ package/body-parser

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Douglas Wilson. 2017. "**cookie-parser**": "**^1.4.3**. [Online]. Available : https://www.npmjs.com /package/body-parser

Douglas Wilson. 2017. "**ejs**": "**^1.0.0**". [Online]. Available : https://www.npmjs.com/package/body-parser

Douglas Wilson. 2017. "**express**": "**^4.14.1**". [Online]. Available : https://www.npmjs .com/package/body-parser

Douglas Wilson. 2017. "**express-session**": "**^1.15.4**". [Online]. Available : https://www.npmjs.com/ package/body-parser

Douglas Wilson. 2017. "**jsonwebtoken**": "**^7.3.0**". [Online]. Available : https://www.npmjs .com/package/body-parser

Douglas Wilson. 2017. "**mysql**": "**^2.13.0**". [Online]. Available : https://www.npmjs .com/package/body-parser

Douglas Wilson. 2017. "**passport**": "**~0.3.2**". [Online]. Available : https://www.npmjs.com /package/body-parser

Douglas Wilson. 2017. "**passport-local**": "**^1.0.0**". [Online]. Available : https://www.npmjs.com /package/body-parser

Douglas Wilson. 2017. "**ttn**": "**^2.3.1**". [Online]. Available : https://www.npmjs.com/package/body-parser

@mdo and @fat. 2017. **Grid system**. [Online]. Available : https://getbootstrap.com/docs/4.1/getting-started/introduction/

@mdo and @fat. 2017. **Alerts**. [Online]. Available : https://getbootstrap.com/docs/4.1/getting-started/introduction/

@mdo and @fat. 2017. **Buttons**. [Online]. Available : https://getbootstrap.com/docs/4.1/getting-started/introduction/

@mdo and @fat. 2017. **Button group**. [Online]. Available : https://getbootstrap.com/docs/4.1/getting-started/introduction/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

@mdo and @fat. 2 017. **Cards**. [Online]. Available : https://getbootstrap.com/docs/4.1/getting-started/introduction/

@mdo and @fat. 2 017. **Collapse**. [Online]. Available : https://getbootstrap.com/docs/4.1/getting-started/introduction/

@mdo and @fat. 2017. **Dropdowns**. [Online]. Available : https://getbootstrap.com/docs/4.1/getting-started/introduction/

@mdo and @fat. 2 017. **Colors**. [Online]. Available : https://getbootstrap.com/docs/4.1/getting-started/introduction/

@mdo and @fat. 2017. **Input group**. [Online]. Available : https://getbootstrap.com/docs/4.1/getting-started/introduction/

@mdo and @fat. 2017. **List group**. [Online]. Available : https://getbootstrap.com/docs/4.1/getting-started/introduction/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ประมวลภาพการทำงาน

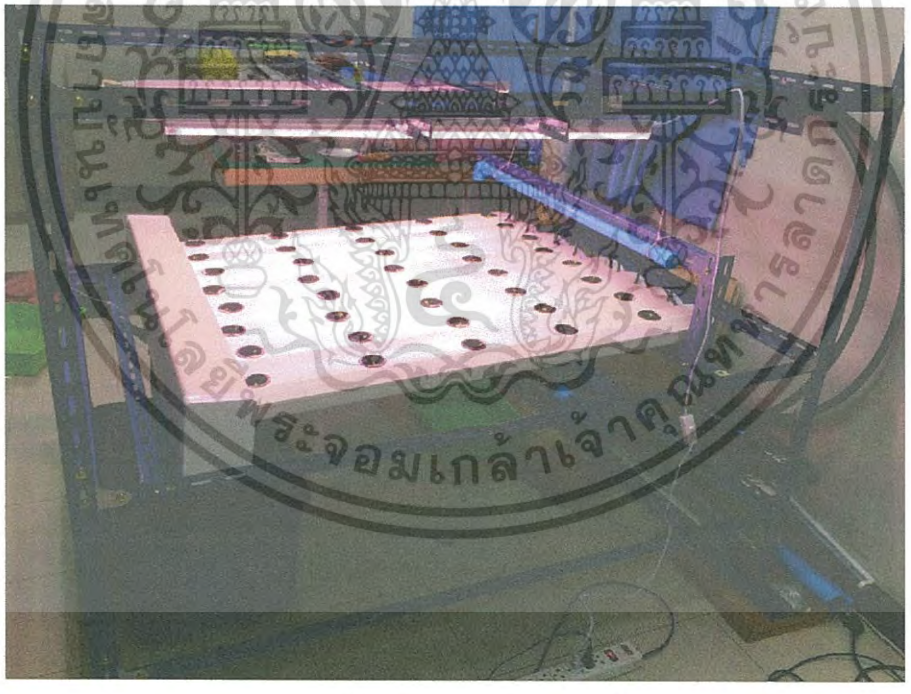
ก.1 การเพาะปลูกผักไฮโดรโปรนิกส์

ภาพ ก.1 จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์

ภาพ ก.2 ประกอบเหล็กฉากรูเพื่อใช้เป็นโครงสร้างของตู้สาธิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพ ก.3 โครงสร้างของตู้สาธิตสำหรับเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์



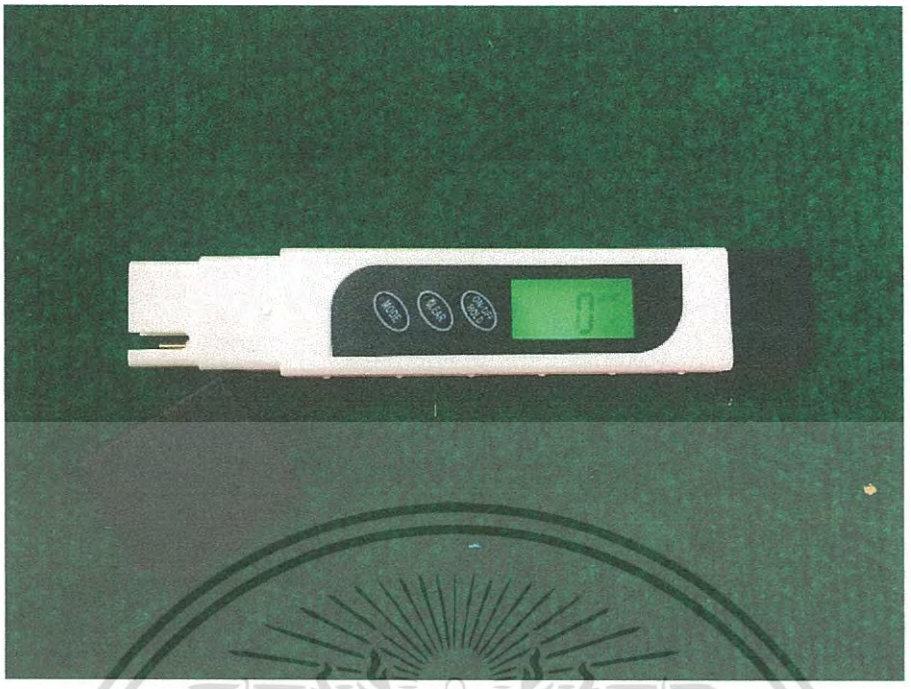
ภาพ ก.4 ตู้สาธิตสำหรับเพาะปลูกต้นกล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพ ก.5 การทำทะเบียนผักเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเจริญเติบโต

ภาพ ก.6 ตู้สาธิตที่ผ่านการแก้แบบโครงสร้างตามความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

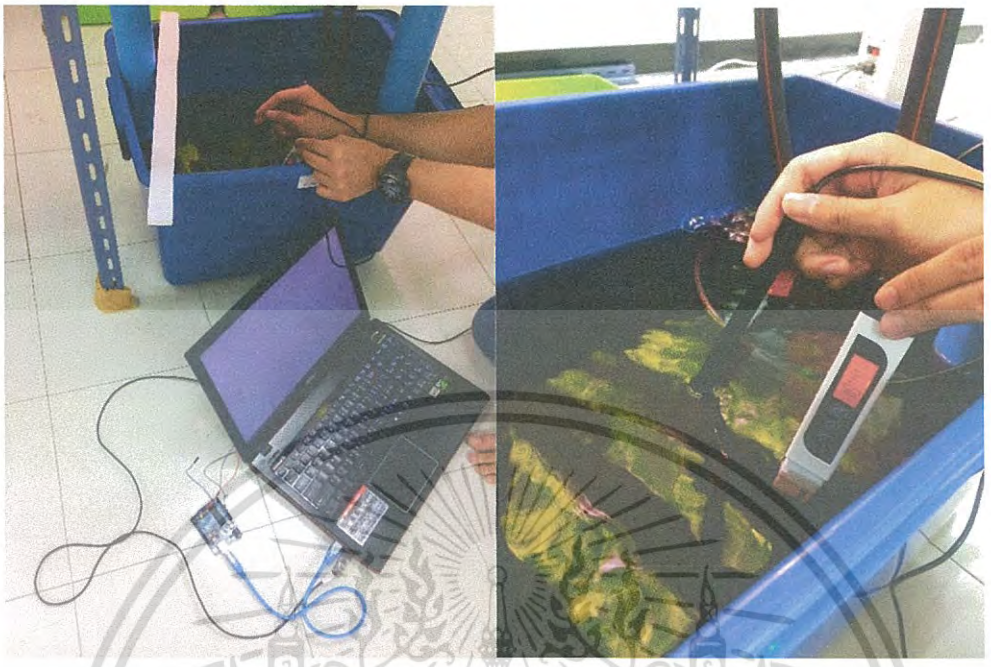


ภาพ ก.7 มิเตอร์สำหรับวัดค่า EC

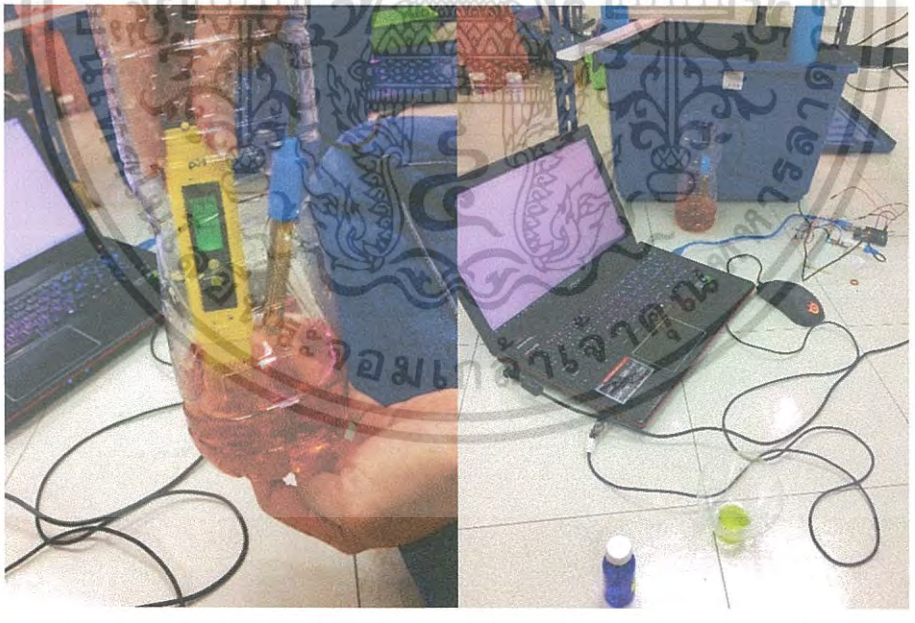
ภาพ ก.8 มิเตอร์สำหรับวัดค่า pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องใช้ในระบบ



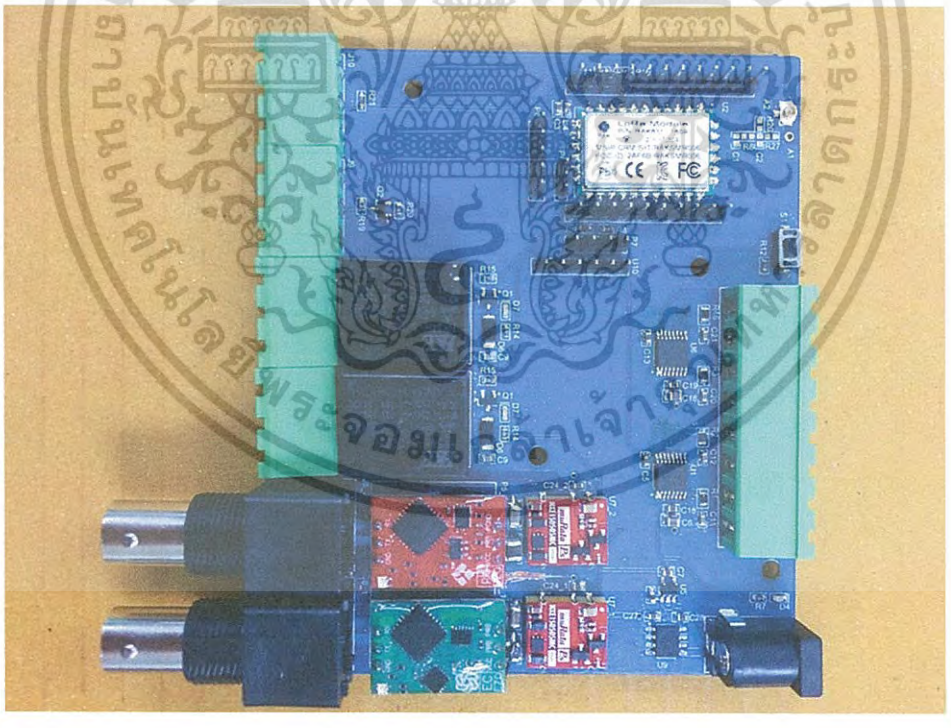
ภาพ ก.9 ทดสอบวัดค่า EC โดยใช้มิเตอร์และโพรบในการวัดค่า



ภาพ ก.10 ทดสอบวัดค่า pH โดยใช้มิเตอร์และโพรบในการวัดค่า

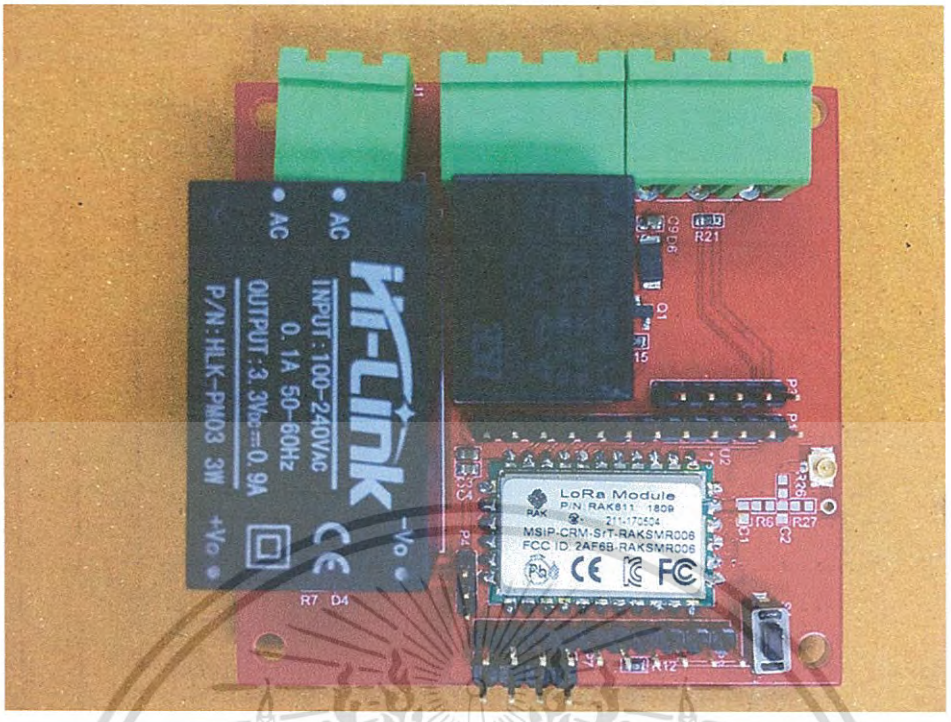
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพ ก.11 E-SENSOR LoRa Node

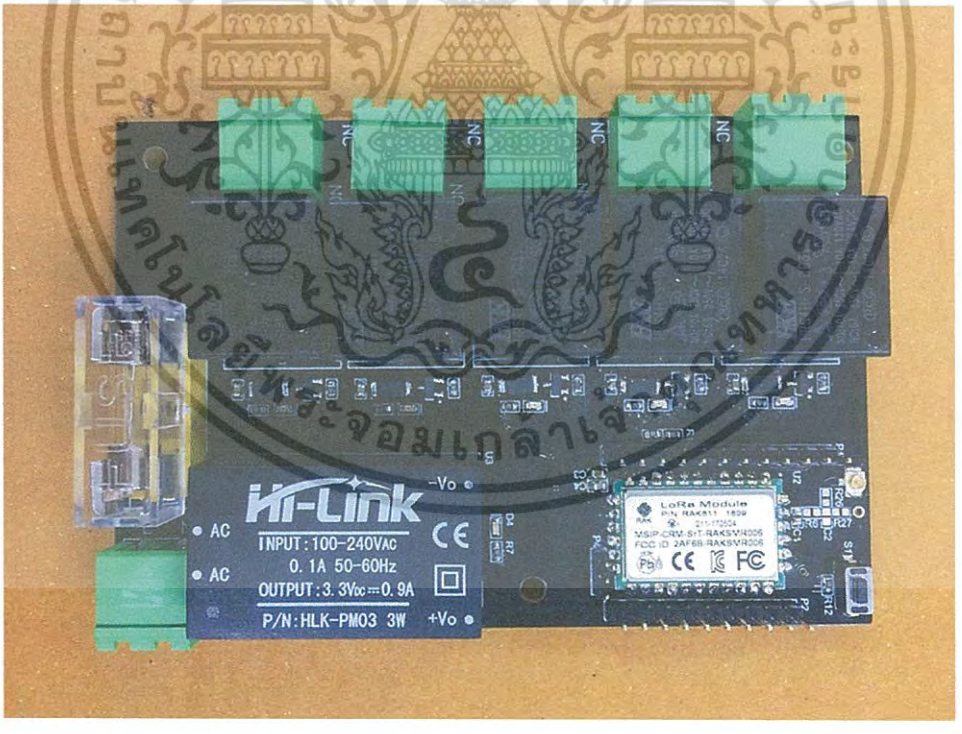


ภาพ ก.12 Nutrient Feeder with LoRa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพ ก.13 Thermalstat with LoRa



ภาพ ก.14 LoRa IoT Plug

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกรายการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย สัญญาเลขที่ 2560-01-01021 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 31 พฤษภาคม 2561

แหล่งทุน : เงินรายได้

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างถึง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย						รวม
			รับ	จ่าย	คงเหลือ	ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน				งบลงทุน	รายจ่าย
							ค่าจ้างชั่วคราว	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่าสาธารณูปโภค	ค่าครุภัณฑ์	
	งบประมาณที่ได้รับการอนุมัติ (ตามแผน)		100,000.00										-
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 1 = 85%)		85,000.00										
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 2 = 15%)		15,000.00										
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 3)												
	หัก ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 1)			55,701.82			-	-	-	-	-	-	-
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 2)			44,340.45			-	-	-	-	-	-	-
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 3)			-			-	-	-	-	-	-	-
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 4)			-			-	-	-	-	-	-	-
	งบประมาณคงเหลือ		100,000.00		0.00	0.00							
	รายละเอียดค่าใช้จ่าย												
ครั้งที่ 1													
4 ต.ค. 60	เหล็กฉากรู	134/6672	100,000.00	2,247.00	97,753.00								-
	น็อตฉาก			176.55	97,576.45								-
11 ต.ค. 60	Conductivity K 10 Kit (#EC-KIT-1.0)	718-387-2075		7,519.57	90,056.88								-
	EZO™ pH Circuit (#EZO-pH)			2,076.53	87,980.35								-
	pH Probe (#ENV-40-pH)			3,249.97	84,730.38								-
11 ต.ค. 60	Kamoer New KP Peristaltic Pump	87068947522583		2,053.68	82,676.70								
11 ต.ค. 60	LED light for lighting	87068947512583		6,884.88	75,791.82								
11 ต.ค. 60	G 3/4" Brass water copper flow sensor	87143433742583		341.25	75,450.57								
13 ต.ค. 60	รางปลูก NFT พร้อมฝาปิดราง (พร้อมเจาะ) ยาว 1 เมตร	19/1236		1,520.00	73,930.57								-
	ฝาปิดรางท้ายรางปลูก NFT			240.00	73,690.57								-
	รางรับฝา NFT ยาว 1 เมตร			960.00	72,730.57								-
	PVC แปบ สำหรับยึดราง NFT			100.00	72,630.57								-
	ฟองน้ำปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ (สีดำ)			180.00	72,450.57								-
	ถาดรองปลูกผักไฮโดรโปนิกส์			100.00	72,350.57								-
	ถ้วยปลูกผักไฮโดรโปนิกส์			90.00	72,260.57								-
	เมล็ดผักกรีนโอ๊ค (ไม่เคลือบ)			60.00	72,200.57								
	ปุ๋ย AB HYDRO COOL แบบน้ำ			360.00	71,840.57								

บันทึกรายการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย สัญญาเลขที่ 2560-01-01021 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 31 พฤษภาคม 2561

แหล่งทุน : เงินรายได้

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างถึง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย						รวม
			รับ	จ่าย	คงเหลือ	ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน				งบลงทุน	รายจ่าย
	เฟอร์ไลท์ (4 ลิตร)			150.00	71,690.57								
	ปั๊ม AP 5000			500.00	71,190.57								
	Air pump			180.00	71,010.57								
	โซลินอยด์วาล์ว 12v Normal open 1/2" หรือ 3/4"			700.00	70,310.57								
13 ต.ค. 60	ท่อ PVC 3/4" บาง	19/1237		67.00	70,243.57								
	ท่อ 20 มม.			80.00	70,163.57								
	สายไมโคร ขนาด 4 ม.ม.			50.00	70,113.57								
	ข้อต่อสายไมโคร			60.00	70,053.57								
	ปิดปลายท่อ 3/4" PVC			12.00	70,041.57								
	ข้องอ 90 PVC-PE 3/4" 20 ม.ม.			20.00	70,021.57								
	ข้อลด PVC-PE 3/4" 20 ม.ม.			20.00	70,001.57								
	ข้อต่อตรง เกลียวใน ขนาด 3/4"			20.00	69,981.57								
	ข้อต่อตรง เกลียวนอก ขนาด 3/4"			20.00	69,961.57								
	สะดือราง NFT			30.00	69,931.57								
	กาวทาท่อ 50 กรัม			30.00	69,901.57								
	ซิลิโคนใส ขนาด 330 มล.			100.00	69,801.57								
	อุปกรณ์ต่อ			500.00	69,301.57								
15 ต.ค. 60	ปั๊มน้ำ Sonic AP-3500	19/1240		370.00	68,931.57								
	ข้องอ 90 PE 20 ม.ม.			100.00	68,831.57								
	ข้อต่อสามทาง PE 20 ม.ม.			24.00	68,807.57								
	ข้องอ 90 PVC 2"			90.00	68,717.57								
	ฝาปิดรางน้ำทิ้ง NFT			160.00	68,557.57								
	เทปพันเกลียว			30.00	68,527.57								
	ปืนยิงซิลิโคน			100.00	68,427.57								
	pH UP			100.00	68,327.57								
	pH DOWN			100.00	68,227.57								
	สารละลาย pH เทียบค่า pH 4 และ 6.86 (แบบน้ำ)			150.00	68,077.57								
	มิเตอร์วัด EC (แบบดิจิตอลธรรมดา)			600.00	67,477.57								
	มิเตอร์วัด pH (แบบดิจิตอลธรรมดา)			650.00	66,827.57								
17 ต.ค. 60	Raspberry Pi 3 Model B SBC	39130895		3,117.00	63,710.57								

บันทึกรายการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย สัญญาเลขที่ 2560-01-01021 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 31 พฤษภาคม 2561

แหล่งทุน : เงินรายได้

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างถึง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย						รวม
			รับ	จ่าย	คงเหลือ	ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน				งบลงทุน	รายจ่าย
30 ต.ค. 60	ถ่าน	207/10320		74.90	63,635.67								
	ที่รัดสาย			58.85	63,576.82								
30 ต.ค. 60	กล่องมีล้อ	005-210084		129.00	63,447.82								
3 พ.ย. 60	LoRa/LoRaWAN	6228480089921154475		9,182.25	54,265.57								
18 พ.ย. 60	1PCS module MH-Z19 infrarea co2	88017979822583		1,263.44	53,002.13								
21 พ.ย. 60	Grow tent with light for indoor	88017979832583		5,315.23	47,686.90								
22 พ.ย. 60	POVI Hydroponic LED Grow Light	88051325462583		2,695.88	44,991.02								
22 พ.ย. 60	Wisnode LoRA/LoRaWAN module	88085772932583		692.84	44,298.18								
	รวมครั้งที่ 1		100,000.00	55,701.82	44,298.18	-	-	-	-	-	-	-	-
ครั้งที่ 2													
5 ก.พ. 61	เทปดำ	225/11250		12.84	44,285.34								
	กระดาษ A4			128.40	44,156.94								
	เข็มขัดลัดสายไฟ			58.85	44,098.09								
5 ก.พ. 61	JCPกล่องเก็บของ	001-394922		135.67	43,962.42								
	ถุงมือยาง L			45.67	43,916.75								
	ไฮเซฟรางปลั๊ก3ขา			205.67	43,711.09								
15 มี.ค. 61	915MHz Copper Spring Antenna	90499941082583		156.46	43,554.63								
15 มี.ค. 61	RAK811 LoRa module	90499941072583		2,748.14	40,806.49								
15 มี.ค. 61	FUSION PCB	180315201002		1,325.70	39,480.79								
22 มี.ค. 61	เคเบิ้ลไทด์ 2.5 x 200	15/250		25.00	39,455.79								-
	น้ำยาทำความสะอาดคราบฟลัก			40.00	39,415.79								-
	ตะกั่ว 0.5LB 0.8 mm			230.00	39,185.79								-
	สายไฟจั้ม			200.00	38,985.79								-
	สาย awg18			480.00	38,505.79								-
	คีมปากจิ้งจก			65.00	38,440.79								
	คีมตัด			65.00	38,375.79								-
	สาย tr - st 2m			30.00	38,345.79								-
	คีมเข้าหางปลา			150.00	38,195.79								-
	ฟิค			15.00	38,180.79								-

บันทึกรายการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย สัญญาเลขที่ 2560-01-01021 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 31 พฤษภาคม 2561

แหล่งทุน : เงินรายได้

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างถึง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย						รวม
			รับ	จ่าย	คงเหลือ	ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน				งบลงทุน	รายจ่าย
	ฟัค			15.00	38,165.79								-
	พัดลม dc220v 6นิ้ว			800.00	37,365.79								-
	แผ่นซับตะกั่ว			40.00	37,325.79								-
	ที่วางหัวแร้ง			100.00	37,225.79								
22 มี.ค. 61	เทปดำ	4/112		30.00	37,195.79								
	เครื่องแลมร้อน			1500.00	35,695.79								
22 มี.ค. 61	สาย AC 3M	121/10		100.00	35,595.79								
	สาย AC 5M			80.00	35,515.79								
22 มี.ค. 61	MICRO SDHC SANDISK	101-005830		289.00	35,226.79								
	หมึกเติมEPSON#T03Y20			250.00	34,976.79								
	หมึกเติมEPSON#T03Y40			250.00	34,726.79								
	หมึกเติมEPSON#T03Y30			250.00	34,476.79								
	หมึกเติมEPSON#T03Y10			375.00	34,101.79								
	กระดาษถ่ายDOUBLE A#A			1080.00	33,021.79								
	กด.การ์ดสีONE#A4/150			63.00	32,958.79								
	แผ่นรองตัดINCA#20X30			145.00	32,813.79								
	กรรไกรSCOTCH#7"/CAT1"			124.00	32,689.79								
	คัตเตอร์MESA#ST-10/S			120.00	32,569.79								
	เครื่องเย็บ+ลวดช้าง#			118.00	32,451.79								
	ใบมีดคัตเตอร์ONE#SX			40.00	32,411.79								
	ปลั๊กไฟDATA#WL45/3Y			1160.00	31,251.79								
	ถุงขยะดำหนาSUNVO#3X			59.00	31,192.79								
22 มี.ค. 61	แก๊สโซฮอล์	18010003960		500.00	30,692.79								
22 มี.ค. 61	ปลาย PX2RT-2C	309/15422		204.64	30,488.15								
	หัวแร้ง PX201			2672.11	27,816.04								
	ที่ดูด GS-104			291.04	27,525.00								
	ปลาย PX2RT-2C			204.64	27,320.36								
22 มี.ค. 61	ลวดซับ CP-15B	310/15453		445.66	26,874.70								
22 มี.ค. 61	กระปุก FLUX MS-035 PRO'SKIT(Cn)	23B/18031276		70.00	26,804.70								
	ตัวทำความสะอาดปลายหัวแร้ง SH-1025			180.00	26,624.70								

บันทึกรายการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย สัญญาเลขที่ 2560-01-01021 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 31 พฤษภาคม 2561

แหล่งทุน : เงินรายได้

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างถึง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย						รวม
			รับ	จ่าย	คงเหลือ	ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน				งบลงทุน	รายจ่าย
	ลวดซับตะกั่ว 2MM 8PK-031B			29.00	26,595.70								
	ท่อหด 5 มม.KUHS 225 TW สีดำ UNICHEA			10.00	26,585.70								
	ท่อหด 5 มม.KUHS 225 TW สีดำ UNICHEA			10.00	26,575.70								
	ท่อหด 4.5 มม.KUHS 225 TW สีดำ UNICHEA			9.50	26,566.20								
	ท่อหด 5 มม.KUHS 225 TW สีดำ UNICHEA			9.50	26,556.70								
22 มี.ค. 61	คอมเพรสเซอร์ AZ1335Y	IC1890685		1626.40	24,930.30								
	มอเตอร์พัดลม 10W			449.40	24,480.90								
	พลเตอร์ไดเออร์ 1/4" แพร์			80.25	24,400.65								
	ใบพัด 4 แฉก 9"			53.50	24,347.15								
	ขาตั้งมอเตอร์			53.50	24,293.65								
	รังผึ้ง 2 แถว			813.20	23,480.45								
22 มี.ค. 61	MOSFET N-CH 60V/0.3A,0.83W	801/0009		9.84	23,470.61								
	LDO REGULATOR 5V/1A,2.110W			22.57	23,448.04								
	IC CMOS LDO REGULATORS 3.3/500mA			14.23	23,433.81								
	PHOTO CONDUCTIVE CELL 650nm			15.99	23,417.82								
	TRANSISTOR NPN 40V/0.6A			9.63	23,408.19								
	RELAY COIL 3VDC, 10A, 1 FORM C			167.56	23,240.63								
	IC PFM/PWM BOOST REG 225m, 3.3V-5.0V			57.56	23,183.08								
	SWD TACT SWITCH 12VDC/50mA			21.83	23,161.25								
	FUSE HOLDER 250VAC/50mA			12.36	23,148.89								
	GLASS FUSE FAST ACTING 6A/250V			11.17	23,137.72								
	GLASS FUSE FAST ACTING 10A/250V			8.89	23,128.83								
	CHIP RESISTOR 1/10W 1% 1KOHM			11.77	23,117.06								
	CHIP RESISTOR 1/10W 1% 4.7KOHM			11.77	23,105.29								
	CHIP CAP 0.1uF/50VDC, +/-10%			57.78	23,047.51								
	CHIP CAP 10uF/50VDC +/-10%, X5R			22.10	23,025.41								
	CHIP CAP 4.7uF/10VDC, +/-10%, X5R			23.75	23,001.66								
	CHIP CAP 4.7uF/50VDC +/- 10%			31.89	22,969.77								
	CHIP LED, GREEN COLOR, WATER CLEAR			39.59	22,930.18								
	SCHOTTKY DIODE 40V/1A			41.30	22,888.88								

บันทึกรายการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย สัญญาเลขที่ 2560-01-01021 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 31 พฤษภาคม 2561

แหล่งทุน : เงินรายได้

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างถึง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย						รวม
			รับ	จ่าย	คงเหลือ	ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน				งบลงทุน	รายจ่าย
	CHIP LED RED COLOR 63mcd			11.56	22,877.32								
	INDUCTOR 4.7uH +/-20%, 980mA			17.59	22,859.73								
	SCHOTTKY BARRIER DIODE 30V/1A			14.55	22,845.18								
	CHIP LED YELLOW COLOR 590nm			28.46	22,816.72								
	PLUG-IN TERMINAL BLOCK 2PIN, PITCH 5.0MM			37.88	22,778.84								
	P.C. BOARD SOCKET 1*10 PINS, FEMALE			27.93	22,750.91								
	P.C. BOARD SOCKET 1*12 PINS, FEMALE			34.09	22,716.82								
	DC JACK 2.50MM, 0.3A30VDC			17.30	22,699.52								
	TERMINAL BLOCK 2PINS,3.50MM			13.80	22,685.72								
	PLUG-IN TERMINAL BLOCK 3PIN, PITCH 5.0MM			61.25	22,624.47								
	PLUG-IN TERMINAL BLOCK 8PIN, PITCH 5.0MM			29.21	22,595.26								
	PIN HEADER CONNECTOR 40 PINS			13.06	22,582.20								
	PIN HEADER CONNECTOR 40 PINS, PITCH 2.0M			7.18	22,575.02								
	PLUG-IN TERMINAL BLOCK 3PINS, PITCH 5.0MM			172.70	22,402.32								
	PLUG-IN TERMINAL BLOCK 8PINS, PITCH 5.0MM			109.85	22,292.47								
	PLUG-IN TERMINAL BLOCK 2PINS, PITCH 5.0MM			88.70	22,203.77								
	CHIP RESISTOR 1/10W, 5%, 10K OHM			9.63	22,194.14								
23 มี.ค. 61	IC VATT CHARFER LI-ION 10MSOP	62022625		187.46	22,006.68								
	IC BRIDGE USB TO UART 28QFN			175.90	21,830.79								
	SENS HUMI/TEMP 2.5V I2C 4.5% SMD			384.93	21,445.85								
	DGTL ISO 2.5KV 2CH I2C 8SOIC			595.90	20,849.96								
	DC/DC CONVENTER 5V 1W			432.78	20,417.18								
	IC MOTOR DRIVER PAR 16SSOP			254.25	20,162.94								
	TVS DIODE 5.25V 17V SOT23-6			84.33	20,078.55								
	RES SMD 15K OHM 1% 1/10W 0603			45.85	20,032.70								
	RES SMD 1M OHM 1% 1/10W 0603			45.85	19,986.85								
	RES SMD 2K OHM 1% 1/10W 0603			45.85	19,941.00								
	RES SMD 10 OHM 1% 1/2W 0805			222.78	19,718.22								
	RES SMD 330 OHM 1% 1/10W 0603			55.48	19,662.74								
	RES SMD 330K OHM 1% 1/10W 0603			45.85	19,616.89								

แหล่งทุน : เงินรายได้

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างถึง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย						รวม
			รับ	จ่าย	คงเหลือ	ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน				งบลงทุน	รายจ่าย
	CAP CER 10UF 10V X5R 0603			85.67	19,531.22								
	CAP CER 1UF 16V X5R 0603			87.27	19,443.95								
	FIXED IND 22UH 330MA 270 MOHM			100.76	19,343.19								
	UUSB BREC BOTMT FLANGELESS SMT			124.84	19,218.34								
	CONN BNC JACK R/A 50 OHM PCB			249.11	18,969.24								
	CONN UMCC JACK STR 500HM SMD			135.44	18,833.80								
24 มี.ค. 61	Digital Temperature Temp Sensor Probe DS18	IV6103240008		150.00	18,683.80								
	DS3231 Module โมดูลนาฬิกา DS3231			70.00	18,613.80								
	1602 LCD(Blue Screen) 16x2 LCD			240.00	18,373.80								
	อะแดปเตอร์ แหล่งจ่ายไฟ 9V 1 แอมป์ Adapter 9V			75.00	18,298.80								
	Third Hand Tool with Magnifying Glass			240.00	18,058.80								
	Switching Power Supply 220V to 3.3V 3W			330.00	17,728.80								
	รางถ่าน 18650 3.7V			20.00	17,708.80								
	Rasberry Pi 2/3 Case box red and white			200.00	17,508.80								
	Li-Ion Original LG 18650 F1L 3350mAh			360.00	17,148.80								
	Heat Sink Set for Rasberry Pi with Logo			150.00	16,998.80								
	โมดูลสวิตช์กดติด/ปล่อยดับ 3 ปุ่ม 3 สี			60.00	16,938.80								
24 มี.ค. 61	อะแดปเตอร 12 โวลท์ 5แอมป์	INV-9067		220.00	16,718.80								
24 มี.ค. 61	vs-9-rain โซลินอยด์วาล์ว ขนาด 9 โวลล์(DC) 3/4" (f	A6103-0711		1205.00	15,513.80								
26 มี.ค. 61	ขดสปริงstainless	1/255		550.00	14,963.80								
11 เม.ย. 61	ชุดประกอบซิลเลอร์	ACC/060/18		3745.00	11,218.80								
12 เม.ย. 61	1x40 ขาตรง	385/19221		15.00	11,203.80								
	เสารองโลหะกลม 15mm			60.00	11,143.80								
	เสารองโลหะกลม 30mm			70.00	11,073.80								
12 เม.ย. 61	PIN HEADER 40 PINS 2.54mm, SMT R TYPE	803/0549		53.24	11,020.56								
	P.C. BOARD SOCKET 3PINS FEMALE			27.05	10,993.51								
	P.C. BOARD SOCKET 1X5PINS, FEMALE			15.84	10,977.67								
	P.C. BOARD SOCKET 1X4PINS, FEMALE			12.83	10,964.79								
	CONNECTOR SMA FEMALE WITH CABLE			98.86	10,865.93								
	IC SINGLE OUTPUT LDO REG 5V/1A			28.54	10,837.39								

บันทึกรายการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย สัญญาเลขที่ 2560-01-01021 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงวันที่ 30 พฤษภาคม 2561

แหล่งทุน : เงินรายได้

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างถึง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย							รวม
			รับ	จ่าย	คงเหลือ	ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน					งบลงทุน	รายจ่าย
15 เม.ย. 61	ซิลิโคน100% ไร้กรดกันเชื้อรา ZYNTEC CL	007898		109.00	10,728.39									
	อะคริลิคซีลแลนด์ CROCODILE CH450G			85.00	10,643.39									
	ปืนยิงซิลิโคน JSS เหล็ก YE 9"			129.00	10,514.39									
21 เม.ย. 61	แผ่นอะคิลิก	237/11847		342.40	10,171.99									
22 เม.ย. 61	แปลงซักผ้าสวิทตี้ใหญ่	151/355		20.00	10,151.99									
	ปลั๊ก5ตาVena 16A250V. PM-0			42.00	10,109.99									
	แผ่นใยขัด+ฟองน้ำเมอร์รี่ไบรท์			5.00	10,104.99									
24 เม.ย. 61	ฉาก	238/11873		37.45	10,067.54									
	น้ำยาติดอะคิลิค			62.06	10,005.48									
	พุ่กัน#3			10.70	9,994.78									
25 เม.ย. 61	CONNECTOR SMA FEMALE WITH CABLE	83/0130		455.43	9,539.35									
	RESISTOR 1/4W, +/-1%, 300K OHM			81.40	9,457.95									
26 เม.ย. 61	เสารองกลม 15 mm	INV-201804260112		50.00	9,407.95									
	เสารองกลม 25 mm			60.00	9,347.95									
22 พ.ค. 61	เล่มวิทยานิพนธ์	61/284		1524	7,823.95									
	ซีดี			72	7,751.95									
28 พ.ค. 61	Xilinx Platform USB Cable DLC9LP	0005/2561/05-0123		1123.5	6,628.45									
	Xilinx Spantan-6(XC6SLX9) FPGA Developmen			1765.5	4,862.95									
28 พ.ค. 61	แผงวงจรเชื่อมต่อโมดูล WiPy 2.0	6101876		747.67	4,115.28									
	WiPy 2.0 โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ภาษาไพทอนแบ			950.67	3,164.61									
	Pixy โมดูลกล้องตรวจจับสีและวัตถุ			2576.66	587.95									
31 พ.ค. 61	สายรัด	244/12197		58.85	529.10									
	น็อต			21.4	507.70									
	กระดานไวท์บอร์ด			256.8	250.90									
	ไม้บรรทัดยาว			211.86	39.04									
	ปากกาไวท์บอร์ดน้ำเงิน			42.8	0.00									
	ลวดเย็บกระดาษ			38.52	0.00									
	รวมครั้งที่ 2		-	44,340.45	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ลงชื่อหัวหน้าโครงการ .....

วันที่ 31 พ.ค. 2561

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล ดร. อำนาจ ขาวเน

ตำแหน่งปัจจุบัน

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต	วิศวกรรมโทรคมนาคม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	1998
วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต	วิศวกรรมไฟฟ้า	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2002
ปริญญาเอก ด้านสหวิทยาการ	สหวิทยาการ	มหาวิทยาลัยโตไก	2011

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2000	Thai government scholarship	-
2000	Association International Education	Japan (AIEJ scholarship).
2007	Dual Degree program scholarship	Tokai University, JAPAN.
2008	Ministry of information technology	THAILAND.

ชื่อ-สกุล นายวชิรวิชญ์ สิริภักดิ์ธนากร

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-สกุล นายมนุเชษฐ์ รุ่งรักษา

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2560

ชื่อ-สกุล นางสาวศิริรัตน์ อุปะไชย

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้