โรงเรือนอัตโนมัติสำหรับพืชวงศ์แตงในกรณีศึกษาเมล่อนญี่ปุ่น

AUTOMATION GREENHOUSE FOR CUCURBITACEAE : A STUDY of JAPANESE MELON

ชยพล หมื่นแจ้ง

ฐิติพงศ์ นาคปาน

ณธกร ศรีภมร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

โรงเรือนอัตโนมัติสำหรับพืชวงศ์แตงในกรณีศึกษาเมล่อนญี่ปุ่น

AUTOMATION GREENHOUSE FOR CUCURBITACEAE

: A STUDY of JAPANESE MELON

ชยพล หมื่นแจ้ง
ฐิติพงศ์ นาคปาน
ณธกร ศรีภมร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATION GREENHOUSE FOR CUCURBITACEAE

: A STUDY of JAPANESE MELON

CHAYAPON MEUNCHANG

THITIPONG NARKPARN

NATAKORN SRIPHAMORN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERIG

FACULTY OF ENGINEERING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2018

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ โรงเรือนระบบปิดอัตโนมัติสำหรับพืชวงศ์แตงในกรณีศึกษาเมล่อนญี่ปุ่น
AUTOMATION GREENHOUSE FOR CUCURBITACEAE
: A STUDY of JAPANESE MELON

นักศึกษาผู้จัดทำ นายชยพล หมื่นแจ้ง **รหัสนักศึกษา** 58010254
นายฐิติพงศ์ นาคปาน **รหัสนักศึกษา** 58010327
นายณธกร ศรีภมร **รหัสนักศึกษา** 58010334

ปริญญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2561

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณ กุลพาณิชย์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	AUTOMATION GREENHOUSE FOR CUCURBITACEAE : A STUDY of JAPANESE MELON	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายชยพล หมื่นแจ้ง	**รหัสนักศึกษา** 58010254
	นายฐิติพงศ์ นาคปาน	**รหัสนักศึกษา** 58010327
	นายณธกร ศรีภมร	**รหัสนักศึกษา** 58010334
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณ กุลพาณิชย์	
ปีการศึกษา	2561	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษา และพัฒนาระบบอัตโนมัติที่ใช้ในโรงเรือนระบบปิด เพื่อควบคุมปัจจัยที่ใช้ในการเจริญเติบโตของพืช และสามารถควบคุมกระบวนการของการเพาะปลูกพืชได้จากระยะไกล โดยการใช้อุปกรณ์ในการวัดและควบคุม คือ Raspberry pi ทำหน้าที่เป็น Controller หลักในการควบคุมอุปกรณ์ทำงานร่วมกับ NodeMCU ที่จะเป็นอุปกรณ์รับค่าจาก Sensor มาประมวลผลก่อนส่งค่าไปยัง Raspberry pi โดยโปรแกรมที่นำมาใช้ร่วมกับอุปกรณ์คือ โปรแกรม Aduino IDE ซึ่งมีวิธีดำเนินงาน คือ (1) ศึกษาโครงสร้างระบบอัตโนมัติที่ใช้ในกระบวนการ การใช้งานอุปกรณ์ และการใช้งานโปรแกรม (2) ทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ และออกแบบระบบ (3) ติดตั้งอุปกรณ์ และทดสอบการทำงานของระบบอัตโนมัติ (4) บันทึกผลที่ได้ซึ่งอยู่ในรูปแบบของค่าความหวาน ซึ่งโรงเรือนระบบปิดอัตโนมัตินี้สามารถควบคุมปริมาณน้ำ ปริมาณปุ๋ย แสง และความชื้นได้ โดยสามารถสั่งการได้จากระยะไกลผ่านทางอุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่อ Internet ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	AUTOMATION GREENHOUSE FOR CUCURBITACEAE : A STUDY of JAPANESE MELON
Authors	Mr. Chayapon Meunchang Mr. Thitipong Narkparn Mr .Natakorn Sriphamorn
Thesis Advisor	Assco. Prof. Dr. Suphan Gulpanich
Year	2019

ABSTRACT

This thesis is a study and development of the automation system for using in the closed greenhouses. Raspberry pi was used as a device to measure and control the factors used in plant growth and the process of agriculture remotely. It acts as the primary controller and works cooperatively with NodeMCU which receives the input from sensor, processes the data and sends it to Raspberry pi. The softwares used with these equipments is Codesys and Aduino IDE program. This study included four parts; 1) studying the structure of the automation system and the usage of device and the softwares, 2) testing the device and design the system, 3) installing and testing the automation system and 4) recording the results of the sweetness parameter. This closed greenhouses could control the quantities of water, fertilizers, light and moisture by remotely controlled via the internet.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ.ดร.สุพรรณ กุลพาณิชย์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษา ที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำต่าง ๆ จนช่วยให้การทำปริญญานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เป็นที่เคารพยิ่งที่เป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา รวมทั้งส่งเสียจนได้ร่ำเรียนถึงทุกวันนี้ และขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อน และน้องที่ให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ ให้ความรัก ความปราณี จนทำให้การทำปริญญานิพนธ์ให้สำเร็จสำเร็จดังสมประสงค์

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้โอกาสที่ได้ทำปริญญานิพนธ์เรื่องนี้ รวมทั้งมอบสิ่งดี ๆตลอดเวลาสี่ปีที่ผู้จัดทำศึกษาอยู่ในสถาบันแห่งนี้ คุณความดีใดที่ได้ปรากฏในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ บิดา มารดา ครู-อาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์ 1

1.2 หลักการและเหตุผลของปริญญานิพนธ์ 2

1.3 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ 2

1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 3

1.5 ขั้นตอนการศึกษา 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช 4

2.1.1 ปริมาณน้ำ 4

2.1.2 วิธีการให้น้ำ 4

2.1.3 อุณหภูมิและความชื้น 7

2.1.4 แสง 7

2.1.5 ปุ๋ย 9

2.1.6 ชนิดของปุ๋ย 9

2.2 การวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นด้วย DHT22 Temperature-Humidity Sensor 11

2.3 การวัดระดับน้ำด้วย Level Switch 12

2.4 การวัดปริมาณแสงด้วย BH1750FVI 14

2.5 การวัดปริมาณความชื้นในดินด้วย Soil Moisture Sensor 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 วิธีดำเนินการ **16**

3.1 การออกแบบและการสร้างโรงเรือนปิด 16

3.1.1 การจัดเรียงกระถางปลูกภายในโรงเรือน 16

3.1.2 การออกแบบและการสร้างโรงเรือน 17

3.2 การออกแบบระบบควบคุมการปลูก 19

3.2.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์ 19

3.2.2 การออกแบบซอฟท์แวร์ 24

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง **29**

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 29

4.2 ลำดับขั้นเตรียมการทดลอง 29

4.3 วิธีการทดลอง 30

4.4 ขั้นตอนการวัดค่าความหวานด้วย Brix Refeactometer 33

4.5 บันทึกผลการทดลอง 35

บทที่ 5 บทสรุปและบทวิจารณ์ **38**

5.1 สรุปผลการทดลอง 38

5.2 ข้อเสนอแนะ 38

บรรณานุกรม **39**

ภาคผนวก **40**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ค่าสิ่งแวดล้อมในโรงเรือน....35
4.2 ค่าของธาตุอาหาร....36
4.3 ค่าความหวาน....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ระบบการให้น้ำแบบหยดในสวนไม้ผล....5
2.2 Schedule การให้ธาตุอาหารตามช่วงอายุ....6
2.3 การดูดแสงในช่วงคลื่นต่างๆของรงควัตถุในใบพืช....8
2.4 การส่งสัญญาณของ DHT22....11
2.5 การส่งสัญญาณของ DHT22....11
2.6 การส่งสัญญาณของ DHT22....12
3.1 การจัดเรียงกระถางปลูกภายในโรงเรือน....16
3.2 การออกแบบและการสร้างโรงเรือน....17
3.3 ตัวอย่างการยึดตาข่ายและมุ้งด้วยคลิปล็อค....17
3.4 Heat Convection in Green House....18
3.5 Pad-fan Evaporative Cooling in Greenhouse....18
3.6 ตัวอย่างของ Raspberry Pi 3 b+....19
3.7 ตัวอย่างของ NodeMCU v.3....19
3.8 Power 220VAC Circuit Diagram....20
3.9 Power 24VDC Circuit Diagram....21
3.10 Wiring Diagramของสัญญาณเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ควบคุม....22
3.11 ตู้ที่ใช้ในระบบควบคุมโรงเรือน....23
3.12 รูปแบบการ Communicate ของอุปกรณ์....24
3.13 Flow Chart แสดงขั้นตอนการเขียนโปรแกรมลงอุปกรณ์....25
3.14 FlowChart แสดงขั้นตอนทำงานของโปรแกรมในระบบควบคุม....26
3.15 Display Interface ที่ใช้ในระบบ....27
3.16 การใช้งานร่วมกันของ Hardware และ Software....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.1 การเจริญเติบโต 8 วันหลังจากการเพาะกล้า....30
4.2 ลักษณะของแขนงที่ต้องตัดออก....30
4.3 การพันต้นของเมล่อนเข้ากับเชือกฟาง....31
4.4 ลักษณะของดอกที่แตกออกมา....31
4.5 ลักษณะของดอกตัวเมียหลังการผสม....32
4.6 การพ่นธาตุอาหารเสริมบำรุงลูกและการดูแลต้นเมล่อน....32
4.7 การเก็บเกี่ยวผลเมล่อน....33
4.8 การผ่าเมล่อนออกเป็นซีกๆเพื่อใช้ในการวัดค่าความหวาน....33
4.9 การคั้นเมล่อนใส่แป้น Brix Refractometer เพื่อทำการทดลอง....34
4.10 การส่องเพื่อบันทึกค่าและตัวอย่างของค่าที่วัดได้....34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันประเทศไทยได้เข้าสู่ Thailand 4.0 เน้นการนำเอาเทคโนโลยี IOT เข้ามาประยุกต์ใช้ในหลายๆ ด้าน เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตทั้งภาคอุตสาหกรรม และ เกษตรกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานการทำเกษตรกรรมที่เป็นพื้นฐานสำคัญของประชากรโดยรวมของประเทศ เพื่อการเพิ่มผลผลิตที่ได้ทั้งปริมาณและคุณภาพในอัตราที่มากขึ้นจึงเกิดการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงเข้าสู่เกษตรกร 4.0 ดังเช่น Smart Farming เป็นการใช้นวัตกรรมในการเพาะปลูก การบริหารจัดการ รวมไปถึงการตลาดแบบครบวงจร

โครงงานวิจัยนี้เห็นความสำคัญของสิ่งได้ไปกล่าวมาข้างต้นจึงศึกษาเพื่อพัฒนาระบบอัตโนมัติที่ใช้ในการควบคุมปัจจัยต่างๆ ของการเจริญเติบโตในพืชวงศ์แตง ได้แก่ ปริมาณน้ำ ปริมาณแร่ธาตุและปุ๋ยความชื้น และแสงสว่าง ในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโต โดยการทำโรงเรือนระบบปิดอัตโนมัติ และมุ่งเน้นไปที่หน่วยควบคุมหลักอาศัย Raspberry PI ทำงานร่วมกับชุด Arduino ชุดควบคุมหลักจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ Digital I/O และ การสื่อสารข้อมูล การควบคุมทางลอจิกเช่น เงื่อนไขการทำงานตามเวลา หรือ เงื่อนไขของค่าที่อ่านจากชุดตรวจจับ (Sensor) เพื่อนำค่าเหล่านี้ไปทำการวิเคราะห์ จากนั้นนำผลที่ได้ไปควบคุมอุปกรณ์เอาต์พุต ส่วนในการสื่อสารข้อมูลจะประยุกต์ใช้โปรแกรมแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการณ์ Android และ IOS ที่ชื่อว่า BLYNK ควบคุมผ่าน Smart Phone ในรูปแบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตด้วยสัญญาณ WiFi ผ่าน Router ในขณะที่ ชุดควบคุมหลักก็เชื่อมต่อสัญญาณภายในเครือข่ายเดียวกัน จึงทำให้ผู้ใช้งานสามารถ ติดตามผล ควบคุม และปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรจาก Smart Phone ได้ทันที ในทุกสถานที่ที่มีสัญญาณและเครือข่ายอินเตอร์เน็ต สำหรับชุด Arduino ทำหน้าที่ในการอ่านค่าอนาล็อกโดยการวัดค่า EC (Electrical Conductivity) ค่าความชื้นดินในกระถางปลูก (Soil Moisture) อุณหภูมิ (Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity) และ ปริมาณความเข้มของแสงสว่าง (Luminance) เพื่อเป็นข้อมูลให้ชุดประมวลผลหลักนำไปบันทึก วิเคราะห์และควบคุมในระบบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 หลักการและเหตุผลของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาและออกแบบระบบอัตโนมัติ เพื่อพัฒนาในด้านเกษตรกรรมและประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมการวัดและควบคุมเพื่อให้สามารถช่วยเหลือเกษตรกรในการปลูกเมล่อนญี่ปุ่นภายในโรงเรือนโดยการนำระบบอัตโนมัติเข้ามาช่วยเหลือ ซึ่งทำให้สามารถลดต้นทุนทางด้านแรงงานและสามารถนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่วัดได้ในสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ค่าความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และความชื้นในดินมาวิเคราะห์เพื่อให้ผลผลิตที่ได้มีความเที่ยงตรงในทุกๆ ลูกที่เก็บเกี่ยว โดยหลักการของระบบอัตโนมัตินั้น สามารถออกแบบตามความต้องการของเกษตรกรที่ปลูกเมล่อนอยู่ทั่วไป โดยในระบบควบคุมดังกล่าวนั้นต้องสามารถควบคุมปริมาณและเวลาในการให้ธาตุอาหาร สามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และค่าสถานะต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในโรงเรือน ซึ่งจากการศึกษาได้เลือกใช้ Blynk Application Platform เนื่องจากเป็นระบบที่มีความสามารถในการตอบสนองความต้องการต่างๆ และยังเป็นระบบที่ง่ายต่อการพัฒนา สามารถเชื่อมต่อผ่านอินเตอร์เน็ตเพื่อควบคุมปริมาณการให้น้ำต่อครั้งโดยการควบคุมเวลาในการเปิดปั๊ม และตั้งเวลาหรือแก้ไขปริมาณการให้น้ำต่อวันได้ผ่าน Smart Phone ตลอดเวลาเมื่อต้องการ ดังนั้นจากความต้องการของเกษตรกร ที่โดยปกติต้องการให้ธาตุอาหารต่อต้นเป็นจำนวน 1 ลิตรต่อวันในระยะต้นกล้า และ 3 ลิตรต่อวันในระยะออกผล จึงเขียนโปรแกรมควบคุมเวลาการให้น้ำเป็น 5 ครั้งต่อวันและผลรวมในแต่ละครั้งควรได้น้ำตามที่ระยะการเจริญเติบโตที่ต้องการ โดยการออกแบบให้อยู่ในรูปแบบ Melon Planting Schedule

1.3 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาระบบอัตโนมัติที่สามารถควบคุมปัจจัยในการเพาะปลูกพืชภายในโรงเรือนระบบปิด
2. สามารถวัดและควบคุมปริมาณน้ำ และปริมาณปุ๋ย
3. เรียนรู้การประยุกต์ใช้งาน Raspberry Pi ซึ่งเป็น Controller ชนิดหนึ่งใช้เป็นตัวควบคุมหลักให้กับอุปกรณ์อินพุท เอาต์พุทและเป็น Host ของ Blynk Local Server
4. เรียนรู้การประยุกต์ใช้งาน NodeMCU ติดตั้งร่วมกับเซ็นเซอร์เพื่ออ่านค่าแบบสัญญาแบบต่อเนื่อง (Analog Signal) และ สัญญาณแบบดิจิตอล (Digital Signal) วัดค่าตัวแปรที่จำเป็นใช้ในการควบคุมกับการเพาะปลูกสำหรับพืชวงศ์แตง
5. สามารถสั่งการควบคุม อัพเดทหรือปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากระยะไกลผ่าน Smart Phone
6. สามารถออกแบบปรับเปลี่ยนค่าที่ควบคุมให้เหมาะสมกับพืชสายพันธุ์อื่นที่สนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

พัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้ในโรงเรือนระบบปิดสำหรับเพาะปลูกพืช สามารถควบคุมกระบวนการจากระยะไกลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วย Raspberry Pi & NodeMCU

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาปัจจัยวัฏจักรของการเจริญเติบโตในพืชวงศ์แตง
2. ศึกษา คัดเลือก และออกแบบระบบควบคุมทางด้าน Hardware ให้กับระบบโรงเรือนแบบปิดแบบอัตโนมัติ
3. ออกแบบโรงเรือน ระบบจ่ายน้ำ และ สารละลาย ตามขนาดที่ต้องการ
4. สร้างโรงเรือน ระบบจ่ายน้ำ และ สารละลาย ตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้
5. ออกแบบตู้ควบคุม และ ติดตั้ง Hardware
6. ทดสอบการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์จริงแบบ Manual
7. ออกแบบโปรแกรมระบบควบคุมของแต่ละกระบวนการ
8. เชื่อมต่อการทำงานของระบบเข้าด้วยกัน
9. จำลองและทดสอบความถูกต้องของระบบการทำงาน
10. ติดตั้งตู้ควบคุมร่วมกับอุปกรณ์ อินพุท เอาต์พุทต่างๆ ที่หน้างาน
11. ทดสอบการทำงานของการควบคุมอัตโนมัติทั้งระบบ
12. ทดลองปลูกเมล่อนจำนวน 24 ต้น
13. บันทึกผลการทดลองการปลูกและการเจริญเติบโตของผลผลิต
14. นำผลผลิตที่ได้ตรวจวัดค่าความหวานเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน
15. สรุปและวิเคราห์ผลการทำงานโครงการ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้กับโรงเรือนระบบปิดกับพืชตะกูลแตง
2. สามารถใช้งาน Raspberry Pi ร่วมกับ NodeMCU ผ่าน Blynk Appplication เพื่อใช้ในการ ควบคุมอุปกรณ์
3. สามารถพัฒนาโปรแกรมควบคุมกระบวนการ และการควบคุม ระยะไกลผ่าน Smart Phone
4. สามารถนำความรู้ไปพัฒนาต่อยอดเพื่อปลูกพืชวงศ์อื่นๆ ในลักษณะเดียวกัน
5. สามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่เพื่อใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต
6. สามารถเป็นตัวอย่างสำหรับเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับภาคเกษตรโดยที่มีต้นทุนต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.1.1 ปริมาณน้ำ

น้ำและธาตุอาหารเป็นปัจจัยหลักสำหรับการเพาะปลูกพืช ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีน้ำเพียงพอ ธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมนั้นมีผลทำให้พืชสามารถสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างสารพลังงานสูง (ATP : Adenosine Triphosphate) จากวัฏจักรเครบส์ เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตส่วนหนึ่ง อีกส่วนหนึ่งจะถูกเก็บสะสมสารอาหารไว้ที่ผลหรือลูกของผลไม้ชนิดนั้นๆ ดังนั้นเมื่อผลไม้ที่ได้มีความสมบูรณ์ก็จะส่งผลให้ผลไม้ชนิดดังกล่าวมีรสชาติและกลิ่นที่ดี การปลูกพืชจึงต้องควบคุมให้พืชได้รับน้ำอย่างเหมาะสมตามระยะเวลาที่ต้องการ

ดังนั้นน้ำจึงมีความสำคัญต่อ พืชทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม บทบาทของน้ำที่มีต่อพืชพอสรุปได้ ดังนี้ คือ

- น้ำเป็นองค์ประกอบหลักของเซลล์
- ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของก๊าซและธาตุอาหาร
- น้ำทำหน้าที่เป็นตัวทำปฏิกิริยาซึ่งทำให้เกิดกระบวนการที่สำคัญในต้นไม้เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสงและกระบวนการย่อยสลายสารอาหาร
- น้ำเป็นตัวรักษาความเต่งซึ่งมีความสำคัญต่อการเพิ่มขนาดและการเติบโตของเซลล์ นอกจากนั้น ความเต่งยังมีความสำคัญต่อการเปิด – ปิดของปากใบด้วย

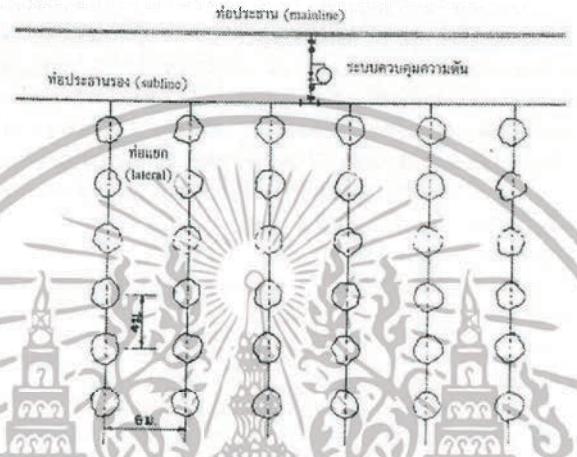
2.1.2 วิธีการให้น้ำ

การให้น้ำแก่พืชอาจทำได้หลายวิธีการขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆดังนี้ เช่น ลักษณะของภูมิประเทศ คุณสมบัติของดิน ลักษณะของพื้นที่ที่ได้เตรียมไว้ พืชที่จะปลูก วิธีการเพาะปลูก เงินทุน ตลอดจนน้ำต้นทุนที่จะนำมาให้แก่พืช โดยทั่วไปวิธีการให้น้ำ แบ่งออกเป็น 4 แบบใหญ่ๆ ด้วยกันคือ การให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation) การให้น้ำทางผิวดิน (Surface Irrgation) การให้น้ำทางใต้ผิวดิน (Subsurface Irrigation) และการให้น้ำแบบหยด (Drip Irrigation) สำหรับโครงงานนี้เป็นปลูกเมล่อนดังนั้นจะขอกล่าวเฉพาะวิธีการให้น้ำแบบหยด (Drip Irrigation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1 การให้น้ำแบบหยด (Drip Irrigation)

เป็นการให้น้ำแก่พืชที่จุดใดจุดหนึ่งหรือหลายๆจุดบนผิวดินหรือในบริเวณราก โดยอัตราที่ให้นั้นไม่มากพอที่จะทำให้ดินในเขตรากอิ่มน้ำเป็นบริเวณกว้าง โดยปกติแล้วผิวดินจะเปียกแต่เฉพาะตรงจุดที่ให้น้ำเท่านั้น การให้น้ำแบบนี้จะมีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากมีการสูญเสียโดยการระเหยน้อย ดังนั้นผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของน้ำที่ใช้จึงมีประสิทธิภาพมากกว่าการให้น้ำแบบอื่นๆ สามารถที่จะนำไปใช้กับการปลูกพืชแทบทุกชนิด ทั้งไม้ยืนต้น พืชผัก พืชไร่ และไม้ดอกไม้ประดับ



รูปที่ 2.1 ระบบการให้น้ำแบบหยดในสวนไม้ผล [1]

1) หัวปล่อยน้ำ (Emitter) ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณการไหลของน้ำจากท่อแขนงไปสู่พื้นดินจำนวนหัวปล่อยน้ำต่อจำนวนต้นพืชแตกต่างกันตามขนาดและความต้องการน้ำของพืช เช่น ในพืชไร่หรือพืชผักใช้หัวปล่อยน้ำ 1 หัวต่อพืชหลายต้น แต่ถ้าเป็นไม้ผลยืนต้นอาจใช้หัวปล่อยน้ำ 1-8 หัวต่อต้น
2) ท่อแขนง (Lateral) เป็นท่อแยกมาจากท่อประธานวางขนานไปกับแถวพืช ถ้าเป็นการปลูกพืชแบบแถวแคบ เช่น พืชไร่หรือพืชผักอาจใช้ท่อแขนง 1 แนวสำหรับพืช 1-12 แถว แต่ถ้าเป็นการปลูกพืชแบบแถวห่าง เช่นไม้ผลยืนต้นจะใช้ท่อแขนง 1 แนวต่อการปลูก 1 แถว
3) ท่อแยกประธาน (Submain) อาจจะไม่มีก็ได้ ถ้าหากการวางระบบท่อไม่ซับซ้อนและท่อแขนงแยกออกไปจากท่อประธานโดยตรง
4) ท่อประธาน (Mainline) เป็นท่อใหญ่ซึ่งนำน้ำจากแหล่งน้ำมาเชื่อมกับท่อแยกประธานหรือท่อแขนง โดยทั่วไปใช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 นิ้ว
5) ถังกรองน้ำ (Filter tank) ทำหน้าที่กรองน้ำให้สะอาดป้องกันปัญหาการอุดต้นที่หัวปล่อยน้ำ
6) แหล่งน้ำและเครื่องสูบน้ำ ปริมาณการใช้น้ำอาจไม่มาก แต่น้ำต้องสะอาด

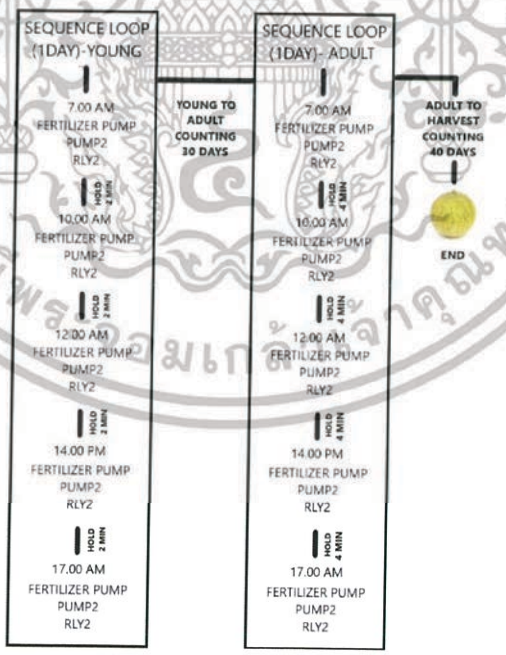
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของการให้น้ำแบบหยด คือ

1. สามารถใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถรักษาระดับความชื้นในดินรอบต้นพืชให้อยู่ในเกณฑ์พอเหมาะตลอดเวลา
2. ประหยัดแรงงาน ใช้กำลังคนในการจัดการน้อย
3. สามารถป้องกันและควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชได้ เพราะน้ำหยดเป็นบริเวณเฉพาะทำให้โรคและแมลงศัตรูพืชระบาดได้น้อย
4. ป้องกันการสะสมเกลือ ใช้ได้ผลดีมากในบริเวณที่เป็นดินเค็ม เพราะน้ำที่หยดลงไปในดินจะไปทำให้เกลือในบริเวณที่น้ำหยดเจือจางลงไปมาก
5. เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ย เพราะปุ๋ยที่ให้บริเวณโคนต้น สามารถละลายน้ำให้พืชดูดไปใช้ได้อย่างเต็มที่
6. สามารถควบคุมปริมาณการให้น้ำของพืชแต่ละต้นที่ปลูกได้น้ำในปริมาณที่เท่ากัน

ข้อเสียและปัญหาการให้น้ำแบบหยด คือ

1. เกิดการอุดตันที่หัวปล่อยได้ง่าย หากการกรองน้ำทำได้ไม่ดีพอ
2. สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการติดตั้งค่อนข้างสูงในครั้งแรก
3. จำกัดการเจริญของรากพืชให้อยู่หนาแน่นเฉพาะบริเวณที่เปียกน้ำ



รูปที่ 2.2 ตารางการให้ธาตุอาหารตามช่วงอายุ

จากรูปด้านบนจะแสดงถึงเวลาในการให้ธาตุอาหารต่อวันทั้งหมด 5 ครั้ง จนถึงระยะเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 อุณหภูมิและความชื้น

พืชจัดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการปรับอุณหภูมิไปตามสภาพแวดล้อม (Poikiloterm) อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตและพัฒนาของพืช โดยที่อุณหภูมิที่เหมาะสม (Optimum Temperature) สำหรับการเจริญเติบโต และพัฒนาของพืชแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ช่วงระหว่างอุณหภูมิต่ำสุดจนถึงอุณหภูมิสูงสุดที่พืชสามารถยังคงดำรงกระบวนการทางสรีรวิทยาอยู่ได้ เรียกว่า Cardinal Temperature อุณหภูมิที่ต่ำกว่าหรือสูงกว่า อุณหภูมิวิกฤต (Critical Temperature) จะมีผลทำให้กิจกรรมต่างๆหยุดลง และพืชจะตายในที่สุด อุณหภูมิจึงมีผลต่อการจำกัดการแพร่กระจายของพืช พืชบางชนิดจะมีการตอบสนองต่อความผันแปรของอุณหภูมิในช่วงวันเรียกการตอบสนองนี้ว่า Thermo Periodism ความชื้นในบรรยากาศ อัตราการระเหยของน้ำเป็นไอจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ และความเร็วของลม อุณหภูมิยิ่งสูงมากอัตราการระเหยก็จะยิ่งมาก แต่ถ้าอากาศมีไอน้ำอยู่มากแล้วอัตราการระเหยก็จะน้อยลง หากมีลมพัดผ่านการระเหยจะเพิ่มมากขึ้น ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในบรรยากาศ เรียกว่าความชื้นในบรรยากาศ สามารถบอกค่าได้หลายรูปแบบ เช่น ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity) คือ มวลของไอน้ำในหนึ่งหน่วยปริมาตรมีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity หรือ RH) เป็นการวัดค่าความชื้นโดยเปรียบเทียบไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศกับไอน้ำที่มีได้เต็มที่ในอากาศขณะนั้น และอัตราส่วนผสมของไอน้ำกับอากาศแห้ง (Mixing Ratio)

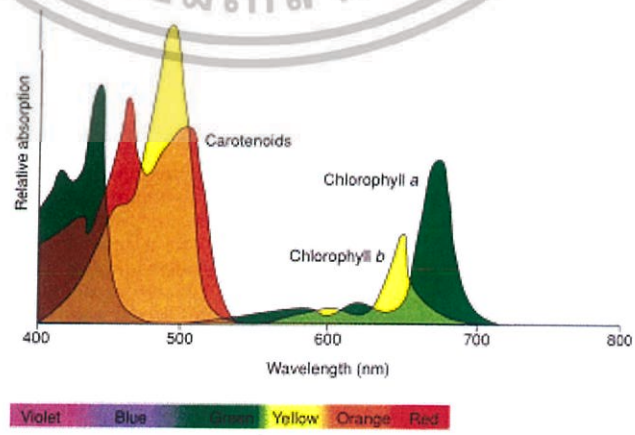
2.1.4 แสง

ความเข้มของแสงกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชที่ได้รับผลกระทบจากความเข้มของแสง มีหลายกระบวนการดังต่อไปนี้

- การสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) การสังเคราะห์แสงของใบจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณแสงเพิ่มมาก
- การหายใจ (Respiration) พืชที่เติบโตอยู่ในสภาพที่มีแสงน้อย มักจะมีอัตราการหายใจต่ำ ความเข้มของแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงมีค่าเท่ากับอัตราการหายใจ เรียกว่า compensation point
- การสืบพันธุ์ (Reproduction) พืชหลายชนิดจะไม่มีการออกดอก หากอยู่ในสภาพที่มีความเข้มแสงต่ำ
- การผลิตฮอร์โมน (Production of Growth Hormone) แสงมีผลทำให้ออกซินที่สร้างขึ้นในพืชเสื่อมสภาพ เรียกกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้ว่า โฟโตออกซิเดชัน (Photooxidation) และพบว่าพืชที่ขึ้นในที่มืดจึงมักมีการยืดยาวของลำต้นผิดปกติ ส่วนการเบนหาแสงของพืช เรียกว่า โฟโตโทรปิซึม (Phototropism)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเปิดและปิดของปากใบ (Opening and Closing of Stomata) โดยปกติปากใบจะเปิดในช่วงเวลากลางวันเมื่อมีแสง และมักปิดในเวลากลางคืนเมื่อไม่มีแสง
- การผลิตคลอโรฟิลล์ (Production of Chlorophyll) การสร้างคลอโรฟิลล์ของพวกไม้ดอก (Angiosperm) ต้องอาศัยแสง จัดเป็นพวก Photochemical Reaction ในขณะที่การสร้างคลอโรฟิลล์ของพวกไม้เมล็ดเปลือย (Gymnosperm) ไม่จำเป็นต้องอาศัยแสงจัดเป็นพวก Chemical Reaction
- การงอกของเมล็ด (Germination of Seed) โดยปกติความเข้มแสงจะมีผลต่อการงอกของเมล็ดค่อนข้างน้อย อย่างไรก็ตาม พบว่าความเข้มแสงอาจมีผลต่อการงอกของเมล็ดไม้บางชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดประเภทที่มีเนื้อนุ่มสด อย่างไรก็ตาม ผลของแสงต่อการงอกของเมล็ดนั้นจะเกี่ยวข้องกับคุณภาพของแสงมากกว่าความเข้มของแสงคุณภาพของแสง เนื่องจากแสงมีความยาวของช่วงคลื่นที่แตกต่างกัน แสงจึงมีคุณสมบัติแตกต่างกัน รงค วัตถุต่างๆ ที่อยู่ในใบพืชมีความสามารถในการดูดคลื่นแสงสีต่างๆ แตกต่างกัน คุณภาพของแสงมีผลอย่างมากต่อการชักนำการออกดอก เนื่องจากการออกดอกของพืชที่ไวต่อแสงจะถูกควบคุมโดยรงควัตถุที่เป็นโปรตีนเรียกว่า ไฟโทโครม (Phytochrome) ซึ่งมีอยู่ 2 ประเภท คือ ประเภทที่ดูดแสงที่มีความยาวคลื่น 500-700 นาโนเมตร โดยจะดูดแสงสีแดงได้ดีที่สุดเรียกว่า P660 หรือ Pr เป็นไฟโทโครมที่เฉื่อยและไม่มีความสามารถในการกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนแปลงการเจริญได้ อีกประเภทหนึ่งจะดูดแสงที่มีความยาวคลื่น 520-800 นาโนเมตร โดยสามารถดูดแสงที่มีความยาวช่วงคลื่น 730 นาโนเมตร หรือแสงอินฟราเรดได้ดีที่สุด เรียกว่า P730 หรือ Pfr เป็นไฟโทโครมที่ไว มีความสามารถในการกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนแปลงการเจริญได้ ไฟโทโครมทั้งสองประเภทนี้สามารถเปลี่ยนรูปกลับไปมาได้



รูปที่ 2.3 การดูดแสงในช่วงคลื่นต่างๆของรงควัตถุในใบพืช [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลาที่ได้รับแสง (Photoperiod) หมายถึง จำนวนชั่วโมงที่พืชได้รับแสงในรอบวัน การตอบสนองของพืชต่อช่วงเวลาที่พืชได้รับแสงนี้เรียกว่า โฟโตเพอริโอดิซึม (Photoperiodism) กระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชที่พบว่าอยู่ภายใต้อิทธิพลของช่วงเวลาที่ได้รับแสงที่สำคัญได้แก่ การออกดอก การเติบโต และการแตกของตาจากสภาวะพัก (Dormancy) พืชสามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะการตอบสนองต่อช่วงเวลาที่ได้รับแสงออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ พืชวันสั้น (Short Day Plant) หมายถึงพืชที่ออกดอกเมื่อช่วงวันสั้นกว่าช่วงวันวิกฤต (Dritical Day Length) พืชวันยาว (Long Day Plant) หมายถึงพืชที่ออกดอกเมื่อช่วงวันยาวกว่าช่วงวันวิกฤต และ พืชไม่ตอบสนองต่อช่วงวัน (Day Neutral Plant)

2.1.5 ปุ๋ย

ปุ๋ย หมายถึง สารที่ใส่ลงในดินเพื่อให้ธาตุอาหารแก่พืช พืชต้องการธาตุอาหาร 16 ชนิด ได้แก่ ออกซิเจน ไฮโดรเจน คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถัน แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี แมงกานีส ทองแดง โบรอน โมลิบดินัม และคลอรีน ในจำนวนนี้ ออกซิเจน ไฮโดรเจน คาร์บอน(โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม หรือเรียกว่าธาตุอาหารหลัก) พืชได้รับจากน้ำและอากาศ ส่วนไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม พืชต้องการในปริมาณมากเมื่อเทียบกับธาตุอื่นๆ (ซึ่งถูกจัดเป็นธาตุอาหารหลักหรือธาตุปุ๋ย) และในดินมักมีไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูก จึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มเติมธาตุเหล่านี้โดยการให้ปุ๋ย

2.1.6 ชนิดของปุ๋ย

ปุ๋ยเคมี หรือ ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ คือ ปุ๋ยที่เป็นอนินทรียสาร อาจเป็นปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสม และปุ๋ยเชิงประกอบ ตัวอย่างปุ๋ยเคมีเช่น ยูเรีย, ปุ๋ยเม็ด 16-20-0 แต่ไม่รวมถึงสารที่ใช้สำหรับปรับปรุงดิน เช่น ซีโอไลต์, ภูไมท์ และ สารต่างๆ ที่มีคุณสมบัติโครงสร้างทางฟิสิกส์ของดินให้ดีขึ้น ปุ๋ยเคมีแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

- ปุ๋ยเดี่ยวหรือแม่ปุ๋ย คือ ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารหลักพืช คือ N P K เป็นส่วนประกอบของปริมาณธาตุอาหารจะคงที่
- ปุ๋ยผสม คือ ปุ๋ยที่ได้จากการเอาแม่ปุ๋ยหลาย ๆ ชนิดมาผสมรวมกันเพื่อให้ได้ปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยตามต้องการเพื่อให้เหมาะตามสภาพดินในแต่ละพื้นที่
- ปุ๋ยอินทรีย์ คือ ปุ๋ยที่ได้มาจากการเน่าเปื่อยของซากสิ่งมีชีวิต ธาตุอาหารที่ได้ส่วนใหญ่ต้องเกิดจากการย่อยสลายจากจุลินทรีย์ก่อน เป็นกระบวนการผลิตสารอาหารจากธรรมชาติ ปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่มักจะใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพดิน เมื่อใส่ลงไปในดินซากสิ่งมีชีวิตจะค่อย ๆ สลายตัวและ

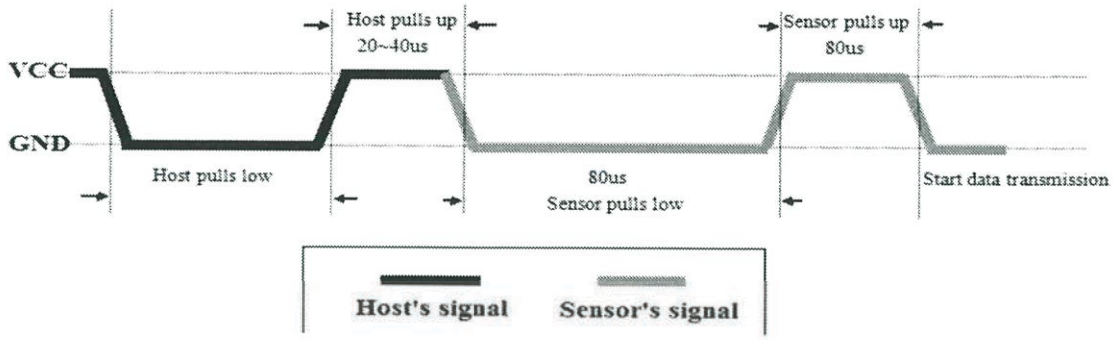
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปล่อยธาตุอาหารออกมาให้พืชช่วยให้ดินร่วนซุย แต่มีข้อเสียคือมีธาตุอาหารน้อยและสัดส่วนไม่แน่นอนต้องใช้ปริมาณมากจึงจะเพียงพอกับความต้องการของพืช ได้แก่

- ปุ๋ยหมัก คือ ปุ๋ยที่เกิดจากเศษพืชต่าง ๆ เช่น หญ้าและใบไม้ ต้นถั่ว ต้นข้าวโพด ซังข้าวโพด เปลือกถั่วต่าง ๆ ใบจามจุรี ฟางข้าว ผักตบชวา เมื่อนำมากองหมักไว้จนเน่าเปื่อยก็ใช้เป็นหมักได้
- ปุ๋ยคอก คือ ปุ๋ยที่ได้จากสิ่งที่สัตว์ขับถ่ายออกมา เช่น อุจาจาระ ปัสสาวะของสัตว์ต่าง ๆ ปุ๋ยคอกเป็นปุ๋ยที่มีประโยชน์ในการปรับปรุงสภาพทางกายภาพของดิน ช่วยลดอัตราการพังทลายของดิน เพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดิน เป็นต้น
- ปุ๋ยพืชสด คือ ปุ๋ยที่ได้จากการปลูกพืชบำรุงดิน เช่น พวกพืชตระกูลถั่ว เมื่อพืชเจริญเติบโตถึงระยะหนึ่ง เราก็ไถกลบในขณะที่พืชยังเขียวและสดอยู่ ซึ่งมักจะไถกลบในช่วงที่พืชกำลังออกดอก เพราะเป็นช่วงที่เหมาะสมแก่การให้ธาตุอาหารแก่พืชมากที่สุด
- ปุ๋ยชีวภาพ คือ การนำจุลินทรีย์ที่มีชีวิตมาใช้เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารหรือเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ปุ๋ยชีวภาพอาจมีบทบาทในการปรับปรุงบำรุงดินทางชีวภาพ ทางกายภาพ และทางชีวเคมี และปุ๋ยชีวภาพยังหมายความรวมถึงหัวเชื้อจุลินทรีย์
- ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ คือ การนำข้อดีของปุ๋ย 2 ชนิด มาผสมกัน โดยนำปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการควบคุมคุณภาพการผลิต โดยนำปุ๋ยอินทรีย์และแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น คีเลต ธาตุอาหารเสริม สารบำรุงดินมาผ่านการฆ่าเชื้อและเพาะเชื้อจุลินทรีที่เหมาะสม นำมาผสมกับปุ๋ยอินทรีย์และหมักเพาะเชื้อจุลินทรีย์ที่ผสมลงไปจนถึงระยะเวลาที่พอเหมาะจึงสามารถนำไปใช้งานได้ เป็นปุ๋ยที่เหมาะแก่การทำเกษตรอินทรีย์

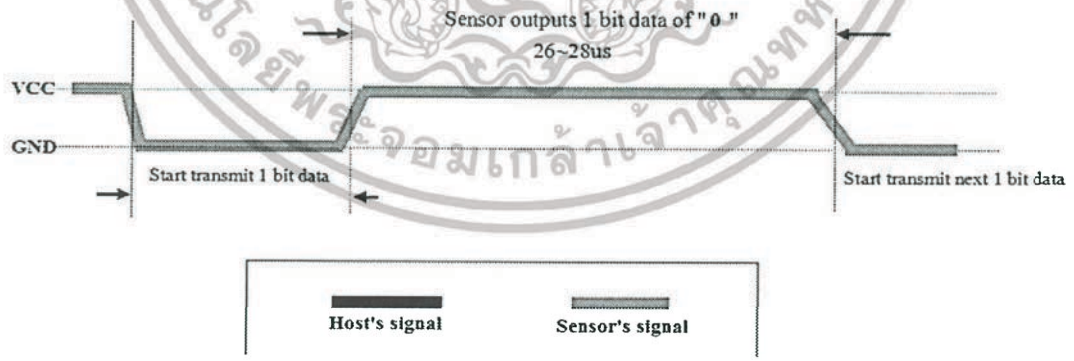
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นด้วย DHT22 Temperature-Humidity Sensor



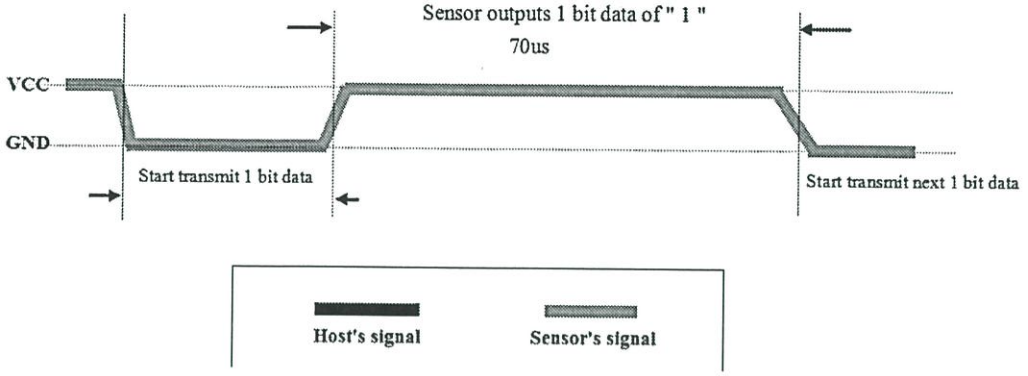
รูปที่ 2.4 การส่งสัญญาณของ DHT22

ในการออกแบบตัวตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น ที่เลือกใช้เป็นเพราะประหยัดค่าใช้จ่ายและสามารถอ่านข้อมูลการวัดในรูปแบบของสัญญาณแบบอนุกรมที่ได้ทั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นในชุดตัวตรวจจับเพียงตัวเดียว โดยมีเทคนิคในการใช้งานดังนี้ เริ่มจาก MCU จะส่งสัญญาณ Pull Down Voltage ไปยัง DHT11/22 โดย ถ้าเป็น DHT 11 จะใช้เวลาส่ง Down Voltage อย่างต่ำ 18 ms แต่ถ้าเป็น DHT22 จะใช้เวลาอย่างต่ำ 1 ms และ MCU จะ Pull Up Voltage เพื่อรอการตอบสนองจาก DHT ประมาณ 20-40 μs หลังจากนั้น DHT จะส่งสัญญาณ Pull Down Voltage เวลา 80 μs เป็นการตอบสนองไปยัง MCU แล้ว DHT ก็จะ Pull Up Voltage เพื่อเตรียมส่งข้อมูล และในการส่งข้อมูลแต่ละบิต DHT จะมีการ Pull Down Voltage 50 μs



รูปที่ 2.5 การส่งสัญญาณของ DHT22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การส่งสัญญาณของ DHT22

หลังจาก DHT มีการ Pull Down Voltage 50 μs เพื่อเป็นการบอก MCU ว่าจะส่งข้อมูล 1 บิต โดยการส่งบิตค่า "0" DHT จะทำการส่งสัญญาณ pull up voltage 26-28 us และ ส่งบิตค่า "1" DHT จะทำการส่งสัญญาณ Pull Up Voltage 70 μs

โดยการส่งข้อมูลของ DHT11 คือ จะส่งทั้งหมด 40 บิต โดยจะแบ่งเป็น 5 ส่วน ส่วนละ 8 บิต ซึ่ง 8 บิตแรกจะเป็นค่าหน้าทศนิยมของอุณหภูมิ, 8 บิตที่สองเป็นค่าหลังทศนิยมของอุณหภูมิ, 8 บิตที่สามจะเป็นค่าหน้าทศนิยมของความชื้น, 8 บิตที่สี่เป็นค่าหลังทศนิยมของความชื้น และ 8บิต สุดท้าย คือเป็นค่าที่ตรวจสอบว่าข้อมูล Error หรือไม่

โดยอุณหภูมิที่เหมาะต่อการเพาะปลูกนั้นจะอยู่ระหว่าง 35-44 องศาดังนั้นช่วงที่วัดได้จึงตั้งค่าให้วัดได้ตั้งแต่ 25-100 องศาเซลเซียส เพื่อให้เหมาะสมต่อการปลูก

2.3 การวัดระดับน้ำด้วย level switch

การวัดระดับ (Level Measurement) แบ่งออกเป็นการวัดระดับทางตรงและทางอ้อมซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะการใช้งาน เช่น การใช้งานภายใต้อุณหภูมิ (Temperature) หรือความดัน (Pressure) สูง ควรเลือกใช้วิธีการวัดโดยอ้อมเพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ใช้และเครื่องมือวัด (Instrument) ที่เกี่ยวข้อง หรือหากต้องการวัดระดับแบบในกระบวนการ (In-Line Process) ควรเลือกใช้วิธีการวัดทางอ้อมโดยใช้เซนเซอร์ (Sensor) วัดระดับ ซึ่งจะให้สัญญาณทางด้านเอาต์พุตเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า และส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์แสดงผลและควบคุม สำหรับการวัดทางตรงเหมาะกับการวัดอย่างง่าย ผู้ใช้งานสามารถอ่านค่าได้โดยตรงจากเครื่องมือวัด เช่น กระจกมองระดับ (Glass Gauge) เป็นต้น เครื่องมือวัดระดับมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีหลักการทำงาน และวัตถุประสงค์การใช้งานที่แตกต่างกัน และเพื่อให้ค่าระดับที่วัดได้ถูกต้องแม่นยำ (Accuracy) และมีความน่าเชื่อถือ ผู้วัดควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะและสมบัติของสิ่งที่ต้องการวัด วัตถุประสงค์ของการวัด รวมไปถึงสภาวะแวดล้อมโดยรอบ เครื่องมือวัดระดับสามารถแบ่งกลุ่มตามหลักการทำงานได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หลักการทางกล ตัวอย่างอุปกรณ์วัดระดับ ได้แก่ ลูกลอย (Float) เซนเซอร์วัดระดับชนิดความดัน (Pressure Level Sensor)
- หลักการทางแสง ตัวอย่างอุปกรณ์วัดระดับ ได้แก่ เซนเซอร์วัดระดับชนิดเลเซอร์ (Laser Level Sensor) เซนเซอร์วัดระดับชนิดการแผ่รังสีอินฟราเรด (Infrared Level Sensor) เซนเซอร์วัดระดับชนิดใยแก้วนำแสง (Fiber Optic Level Sensor)
- หลักการทางไฟฟ้า ตัวอย่างอุปกรณ์วัดระดับ ได้แก่ เซนเซอร์วัดระดับชนิดวัดความต้านทานไฟฟ้า (Resistive Level Sensor) เซนเซอร์วัดระดับชนิด LVDT (LVDT Level Sensor) เซนเซอร์วัดระดับชนิดวัดความจุไฟฟ้า (Capacitive Level Sensor) เซนเซอร์วัดระดับชนิดวัดความนำไฟฟ้า (Conductive Level Sensor) สวิตช์วัดระดับชนิด vibration (Vibration Level Switch)
- หลักการแผ่รังสีและอื่น ๆ นอกเหนือคลื่นแสง ตัวอย่างอุปกรณ์วัดระดับ ได้แก่ เซนเซอร์วัดระดับชนิดอัลตราโซนิก (Ultrasonic Level Sensor) เซนเซอร์วัดระดับชนิดแผ่รังสีแกมมา (Gamma Ray Level Sensor) เกจวัดระดับแบบ TDR (TDR Gauge)

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งกลุ่มเครื่องมือวัดระดับตามลักษณะของสัญญาณทางด้าน เอาต์พุต ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เครื่องมือวัดที่ให้สัญญาณทางด้านเอาต์พุตแบบจุดและแบบต่อเนื่อง ตัวอย่างเครื่องมือวัดระดับแบบจุด ได้แก่ ลูกลอย (Float) เซนเซอร์วัดระดับชนิดวัดความนำไฟฟ้า (Conductive Level Sensor) สวิตช์วัดระดับชนิด Vibration (Vibration Level Switch) และเซนเซอร์วัดระดับชนิดอัลตราโซนิก (Ultrasonic Level Sensor) เป็นต้น ตัวอย่างเครื่องมือวัดระดับแบบต่อเนื่อง ได้แก่ ลูกลอย (Float) เซนเซอร์วัดระดับชนิดอัลตราโซนิก (Ultrasonic Level Sensor) และเซนเซอร์วัดระดับชนิดวัดความจุไฟฟ้า (Capacitive Level Sensor) เป็นต้น ซึ่งเครื่องมือวัดระดับบางชนิดสามารถวัดได้ทั้งแบบจุดและแบบต่อเนื่องขึ้นอยู่กับลักษณะการออกแบบเครื่องมือวัดและตำแหน่งการติดตั้ง เช่น ชนิดลูกลอย และอัลตราโซนิก เป็นต้น

โดยในการออกแบบเซนเซอร์ตรวจวัดระดับน้ำในโครงงานนี้ ที่เลือกใช้เป็น 2 แบบจากความเหมาะสมในการใช้และมีราคาที่ไม่สูงมากเพื่อลดต้นทุนในการวิจัย คือ

1) Vertical level switch ด้วยความเป็นเซนเซอร์ที่ใช้ระบบเชิงกลในการตัดต่อวงจร จึงใช้ในการกำหนดไม่ให้ปั๊มทำงานเมื่อระดับน้ำต่ำเกินไป
2) Non-contact level switch เพราะว่าสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับน้ำโดยตรงจึงใช้เซนเซอร์ตัวนี้ในการบอก สถานะของน้ำในถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การวัดปริมาณแสงด้วย BH1750FVI

"ความสว่าง" ของแสงอาจหมายถึงสิ่งที่แตกต่างกัน เช่น ปริมาณของแสงที่มาจากแหล่งกำเนิดแสงเป็นลักซ์ส่องสว่าง (ลูเมน) ปริมาณของแสงที่ตกบนพื้นผิวคือความสว่าง (LUX) และปริมาณของแสงที่สะท้อน ออกจากพื้นผิวเป็นความสว่าง (cd/m^2) ปริมาณเหล่านี้มีความแตกต่างกัน เพราะไกลผิวจากแหล่งกำเนิดแสงไฟน้อยที่ตกอยู่บนพื้นผิวและสีเข้มผิวคือแสงที่ตกกระทบน้อยลงจะสะท้อนให้เห็นถึง นี้เป็นเพราะแสงตามกฎหมายผกผันสแควร์ ยกตัวอย่างเช่นเป็นแหล่งจุดเหมือนเทียนที่ทำให้เกิดความสว่างของ 1 Lux บนวัตถุหนึ่งเมตรห่างออกไปจะทำให้เกิดการส่องสว่างของ 1/4 Lux บนวัตถุเดียวกันไปสองเมตรหรือ 1/9 Lux บนวัตถุเมื่อมันเป็น ห่างออกไป 3 เมตร โดยที่ส่องสว่างและความเข้ม = แสงที่มาจากแหล่งที่ปริมาณของแสงที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งที่มาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทุกทิศทางที่เรียกว่าฟลักซ์ส่อง (หรือ "พลังส่องสว่าง") และเป็นตัวชี้วัดของอำนาจการรับรู้ทั้งหมดของแสง มีหน่วยวัดเป็นลูเมน Lumens เป็นตัวชี้วัดที่มีประโยชน์สำหรับการเปรียบเทียบวิธีการที่สดใสแสงไฟ (เช่นหลอดไส้ 60W เป็นเรื่องเกี่ยวกับ 850 ลูเมน ดูแหล่งกำเนิดแสงไฟฟ้าสำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับประสิทธิภาพแสง) ตาของมนุษย์รับรู้แสงภายใน "สเปกตรัมที่มองเห็น" ระหว่างความยาวคลื่นประมาณ 390 นาโนเมตร (สีม่วง) และ 700 นาโนเมตร (สีแดง) มนุษย์รับรู้ความยาวคลื่นของแสงบางมากขึ้นอย่างมาก และลักซ์ส่องสว่างจะถูกปรับขนาดเพื่อให้สะท้อนถึงนี้ (โดยใช้ฟังก์ชั่นความสว่าง) การแผ่รังสีเป็นตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องที่ประเมินการใช้พลังงานทั้งหมดของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งที่ (ไม่เพียง แต่แสงที่มองเห็น นอกจากนี้ยังอินฟราเรดและรังสีอัลตราไวโอเลต) และมีหน่วยวัดเป็นวัตต์ ปริมาณของแสงที่เดินทางไปในทิศทางที่แน่นอนจากแหล่งที่เรียกว่า "ความเข้มส่องสว่าง" และเป็นวัดในหน่วย candelas เทียนปล่อยออกมาประมาณหนึ่ง Candela ในทุกทิศทาง (เทียนนี้จะปล่อยออกมาทั้งหมด 12.6 ลูเมน เมื่อการสร้างแบบจำลองแสงและแสงธรรมชาติคุณสมบัติเหล่านี้จะเขียนเป็นแหล่งกำเนิดแสงรูปแบบของคุณใช้ ไม่ว่าจะเป็นดวงอาทิตย์ (และสันนิษฐานว่าสภาพท้องฟ้า) หรือหลอดไฟและติดตั้งใช้ โดยในการออกแบบตัวตรวจวัดค่าความเข้มแสงที่เลือกใช้เป็น BH1750FVI เพราะประหยัดค่าใช้จ่ายและสามารถอ่านข้อมูลการวัดในรูปแบบของสัญญาณแบบอนุกรมที่ได้ค่าความเข้มแสง ที่มีย่านการวัดตั้งแต่ (Light Range : 0 – 65535 lx)

2.5 การวัดปริมาณความชื้นในดินด้วย Soil Moisture Sensor HD-38

ในการวัดค่าความชื้นในดินนั้นจะต้องนำเอาแท่งอิเล็กโทรดปักลงไปในดินที่ต้องการวัด ซึ่งจะสามารถอ่านค่าความชื้นของดินได้ หลักการ คือ การวัดค่าความต้านทานระหว่างอิเล็กโทรด 2 ข้าง ในกรณีที่อ่านค่าความต้านทานได้น้อย ก็แปลว่ามีความชื้นในดินมาก หรือดินชุ่มชื้นไม่ต้องรดน้ำในกรณีที่อ่านค่าความต้านทานได้มาก ก็แปลว่ามีความชื้นในดินน้อย หรือดินแห้งอาจจะต้องรดน้ำในส่วนของ Soil Moisture Sensor Module นี้สามารถให้ค่าได้ 2 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. อ่านค่าเป็นแบบ Analog หมายถึงอ่านค่าความชื่นและให้ค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1024

2. อ่านค่าเป็นแบบ Digital โดยเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ ถ้ามากกว่าก็ให้ logic HIGH ถ้าต่ำกว่าก็ LOW จากนั้นค่าที่อ่านได้ก็จะเอาป้อนให้กับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน IC LM393 (DUAL DIFFERENTIAL COMPARATORS) โดยตั้งค่าได้จาก Variable Resistor ซึ่งเป็นการปรับค่าแรงดันที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

โดยในการออกแบบตัวตรวจวัดค่าความชุ่มชื้นภายในดิน ที่เลือกใช้เป็นเพราะประหยัดค่าใช้จ่ายและสามารถอ่านข้อมูลการวัดในรูปแบบของสัญญาณแบบอนุกรมที่ได้ค่าความชุ่มชื้นในดินอยู่ในรูปแบบการแปลงค่าสัญญาณ Analog ที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1024 ให้อยู่ในรูปแบบ 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

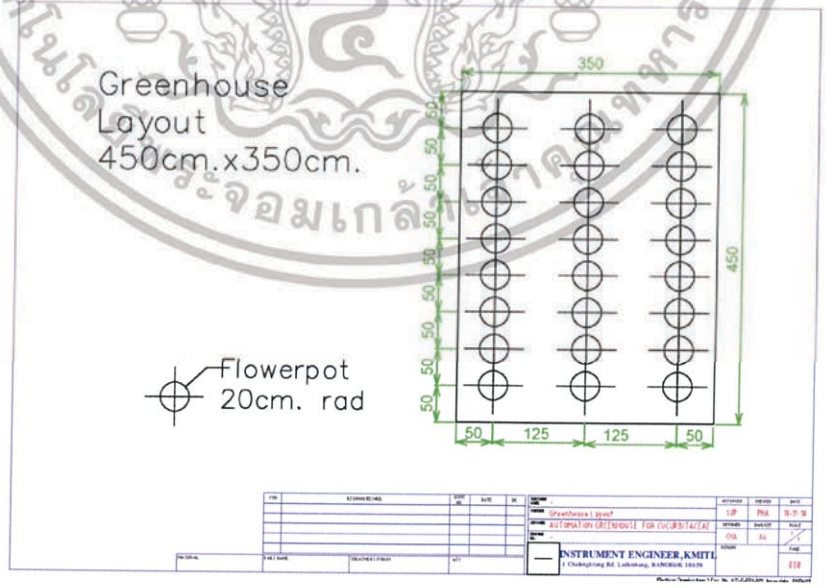
บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

โครงงานโรงเรือนอัจฉริยะจะแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วนหลักดังต่อไปนี้ คือ การออกแบบและการสร้างโรงเรือนแบบปิด การออกแบบระบบควบคุมการปลูก และการดำเนินการปลูกและดูแลเมล่อนในแต่ระยะของการเจริญเติบโต เหตุผลที่ต้องแบ่งการดำเนินงานเป็น สามส่วนนั้น อันเนื่องมาจากโครงงานดังกล่าวเป็นโครงการที่ต้องใช้เวลา เพื่อดูผลการเจริญเติบโตของพืชที่ทำการทดลองอย่างใกล้ชิด และต้องค่อยสังเกตุการเปลี่ยนแปลงกับสิ่งที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาที่สำคัญเป้าหมายของโครงการประสงค์ให้ได้ผลผลิตที่ได้ทั้งขนาดที่เหมาะสมและคุณภาพความหวานที่ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานของตลาดโดยทั่วไปที่มีมาตรฐานความหวานอยู่ที่ 14 B

3.1 การออกแบบและการสร้างโรงเรือนปิด

3.1.1 การจัดเรียงกระถางปลูกภายในโรงเรือน

ในหัวข้อนี้นั้นจะกล่าวถึงการออกแบบและการสร้างโรงเรือน ซึ่งในระยะแรกที่วางแผนนั้นมีความประสงค์ที่จะปลูกทั้งหมด 3 แถวๆ ละ 8 ต้น จำนวนทั้งหมด 24 ต้น แต่จากการศึกษาภายในโรงเรือนปิดที่ดีควรมีระยะห่างระหว่างต้นในแนวนอนไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร ส่วนในแนวตั้งจะเว้นที่สำหรับทางเดินให้กว้างพอเพื่อความสะดวกต่อการเข้าออกและไม่ทำให้ไปชนจนต้นเมล่อนเกิดความเสียหายได้ ดังนั้นมีระยะกว้างไม่น้อยกว่า 125 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.1

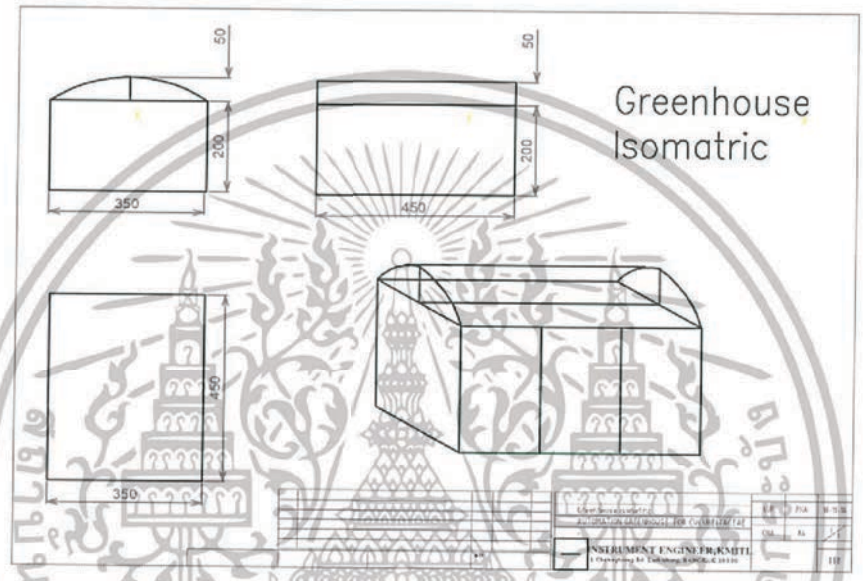


รูปที่ 3.1 การจัดเรียงกระถางปลูกภายในโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบและการสร้างโรงเรือน

โรงเรือนสำหรับโครงงานนี้ได้ออกแบบให้รองรับกับการจัดเรียงกระถางปลูกตามจำนวนที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นขนาดของโรงเรือนจึงมีความกว้าง 3.5 เมตรยาว 4.5 เมตร และ สูง 2 เมตร (ไม่รวมหลังคา) ส่วนหลังคาโค้งสูง 0.5 เมตร เพื่อให้ดูแล้วโปร่ง โครงสร้างทั้งหมดสร้างจากเหล็กท่อประปาเพื่อให้ทนต่อการกัดกร่อนจากสนิม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6/8 นิ้ว ดังรูปที่ 3.2 เพื่อให้สะดวกต่อการติดตั้งมุ้งแบบพลาสติคที่ บีบรัดด้วยคลิปล็อค ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การออกแบบและการสร้างโรงเรือน

เมื่อได้ออกแบบโรงเรือนแล้วจึงให้ช่างผู้เชี่ยวชาญมาทำการเชื่อมเหล็กให้ได้ตามสเกลที่ออกแบบไว้และติดตั้งตาข่ายความถี่ 32 ตา และมุ้งด้วยคลิปล็อคขนาด 6/8 นิ้ว

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการยึดตาข่ายและมุ้งด้วยคลิปล็อค

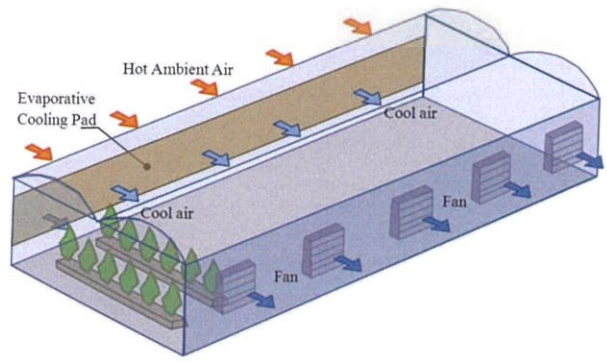
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทางเข้าออกของประตูนั้นควรมีทั้งหมดสองชั้นเพื่อที่ป้องกันแมลงจากการเข้าออก และมีบริเวณที่มากพอ สำหรับการทำกิจกรรมต่างๆภายในโรงเรือนโดยที่ไม่รบกวนพืชที่ปลูก ส่วนการเลือกใช้วัสดุนั้นการเลือกใช้ตาข่ายความถี่ 32 ตา ด้วยความถี่ปริมานนี้ทำให้แมลงไม่สามารถเข้ามาภายในโรงเรือนได้และการไหลเวียนของอากาศนั้นแทบไม่เกิดขึ้น และการใช้หลังคาแบบ

ส่วนการควบคุมความชื้นและอุณหภูมินั้น อ้างอิงตามทฤษฎีการนำพาความร้อน Heat Convection จากทฤษฎีนี้จึงทำให้เราสามารถตั้งสมมติฐานได้ว่า อากาศที่ร้อนจะขยายตัวและลอยขึ้นสูงและอากาศเย็นจะเข้ามาแทนที่ดังรูป 3.4

รูปที่ 3.4 Heat Convection in Green House

ดังนั้นจากรูปจะเห็นได้ว่าอากาศร้อนขยายตัวและลอยสะสมอยู่บริเวณหลังคาจึงทำให้อากาศเย็นจากภายนอกสามารถเข้ามาแทนที่ได้ ดังนั้นจากสมมติฐานข้างต้นเราจึงคิดว่า ควรติดตั้งตัวทำความเย็นในบริเวณที่ด้านใต้ของโรงเรือนและตัวระบายความร้อนบริเวณหลังคาของโรงเรือนโดยตำแหน่งที่เหมาะสมกับการติดตั้งโรงเรือนนั้นควรจะเป็นที่โล่งแจ้งและได้รับแสงตลอด 8-12 ชม./วัน ไม่ควรเป็นพื้นที่ที่เคยเพาะปลูกไม้ผลมาก่อน เพื่อลดการสะสมของแมลงและสารตกค้างจากการเพาะปลูก



รูปที่ 3.5 Pad-fan Evaporative Cooling In Greenhouse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบระบบควบคุมการปลูก

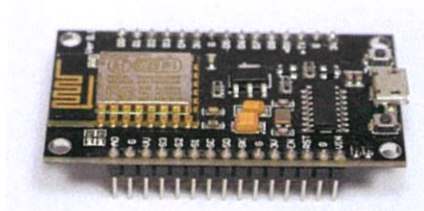
ในหัวข้อนี้นั้นจะกล่าวถึงการออกแบบระบบควบคุมที่สามารถควบคุมการทำงานของโรงเรือนทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นการให้น้ำ ให้ปุ๋ย สารอาหาร หรือการแสดงผลเพื่อติดตามเปลี่ยนแปลงสารอาหารตามการเจริญ เติบโตโดยการทำ Display Interface ของ Blynk Application โดยจะแบ่งเป็นสองส่วนคือ การออกแบบฮาร์ดแวร์ และการออกแบบซอฟท์แวร์

3.2.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์

โดยฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการควบคุมนั้น จะแบ่งเป็นส่วนของชุด Controller ที่ต้องเขียนโปรแกรมเข้าไปเพื่อควบคุมระบบ ส่วนของ Electrical & Instrument Diagram ส่วนของการแสดงสถานะระบบ และชุดควบคุมแบบ Manual ในส่วนของ Controller นั้นจะใช้ Raspberry pi 3 เป็นชุดควบคุมหลัก และใช้ร่วมกับ NodeMCU v.3 (Microcontroller) โดยเราจะใช้ Raspberry pi 3 ดังรูปที่ 3.4 เพื่อควบคุมการทำงาน "ON-OFF"ของรีเลย์ ที่ใช้ในการขับการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบอีกชั้นหนึ่ง เช่น การทำงานของปั๊มน้ำ การสั่งเปิดปิดไฟ ผ่านการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมออกไปยัง Output Pin ที่เป็นพอร์ทเชื่อมต่อกับชุดขับรีเลย์

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างของ Raspberry Pi 3 b+

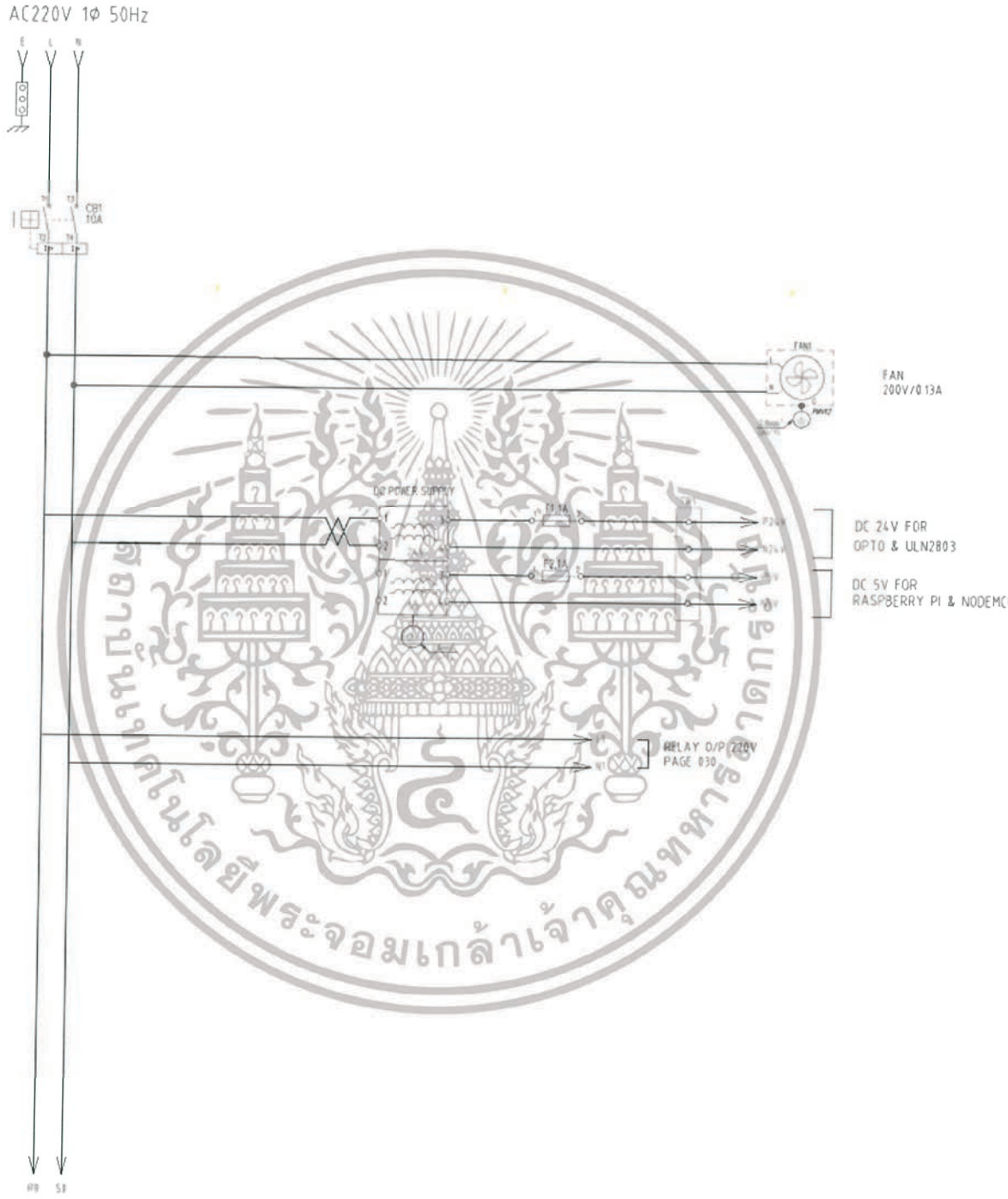
ส่วนของ NodeMCU v.3 (Microcontroller) ดังรูปที่ 3.5 ใช้ในการรับค่าสัญญาณทางไฟฟ้าจากเซนเซอร์ชนิดต่างๆ ที่เป็นสัญญาณอนาล็อก และสะดวกต่อการนำข้อมูลมาประยุกต์อันเนื่องจากมี Library ในการทำงานของอุปกรณ์อยู่หลายชนิด ที่มีผู้พัฒนาได้แชร์เป็นส่วนกลาง ผู้พัฒนาสามารถนำมาใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับอุปกรณ์ตรวจจับที่จำเป็นกับโครงงานนี้เป็นสำคัญนอกจากนี้ยังมีต้นทุนไม่สูงมากนักจึงเป็นเหตุผลที่ผู้ออกแบบเลือกใช้งานร่วมกับ Raspberry pi 3



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างของ NodeMCU v.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายทั้งหมดจะขอกล่าวและอ้างอิงไปที่แบบวงจรไฟฟ้า Electrical & Instrument Diagram Board Layout และ I/O Connect เพื่อให้สะดวกต่อการพัฒนาและต่อยอดในอนาคตต่อไป

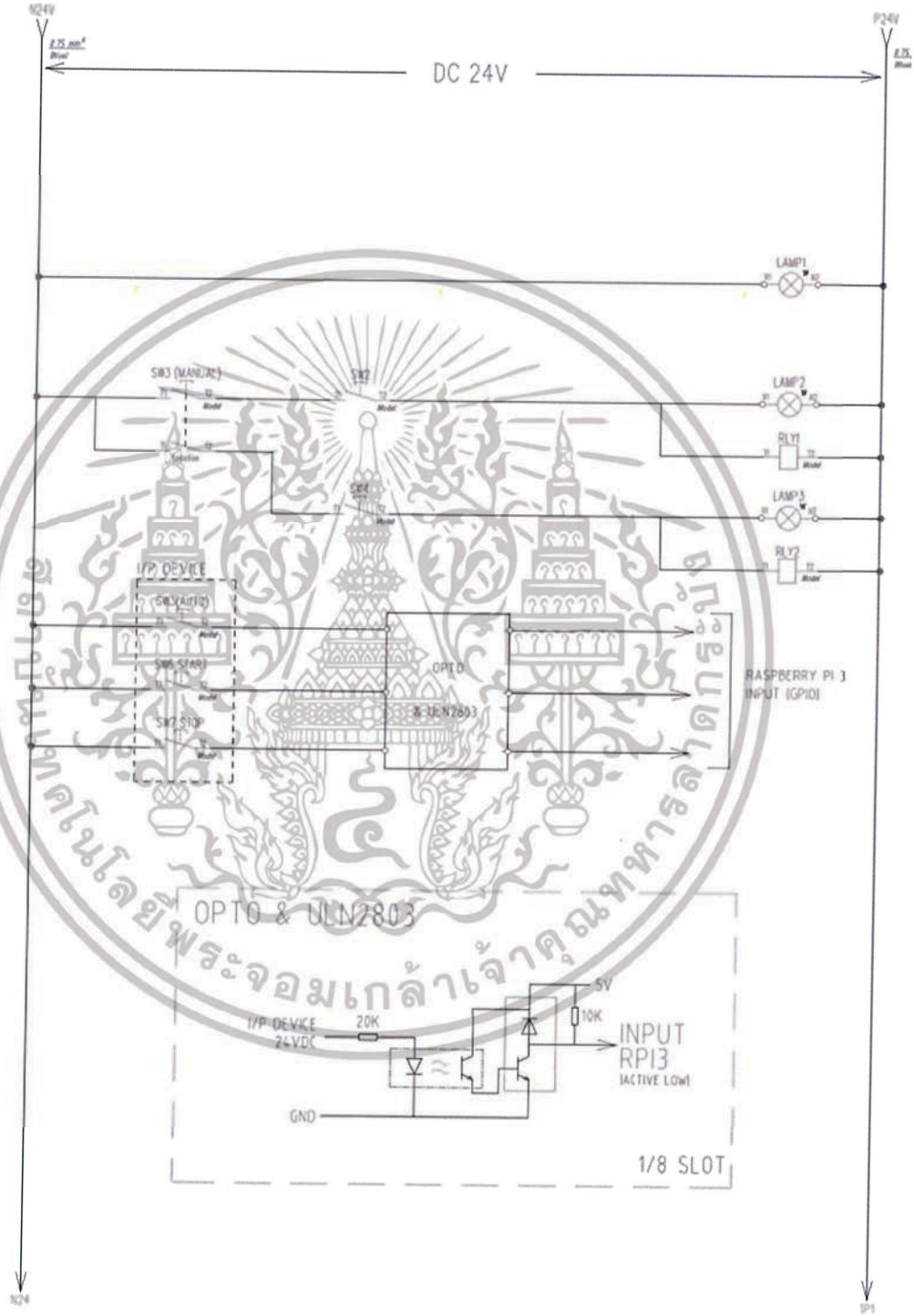


รูปที่ 3.8 Power 220VAC Circuit Diagram

จากรูปที่ 3.8 เป็นการออกแบบระบบไฟหลักที่ใช้ภายในตู้ควบคุมโดย ในระบบนี้ใช้ไฟทั้งหมดสามแบบคือ 220 VAC 24VDC และ 5 VDC โดยเหตุผลที่ใช้ไฟทั้งสามแบบนั้นเพราะว่าเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

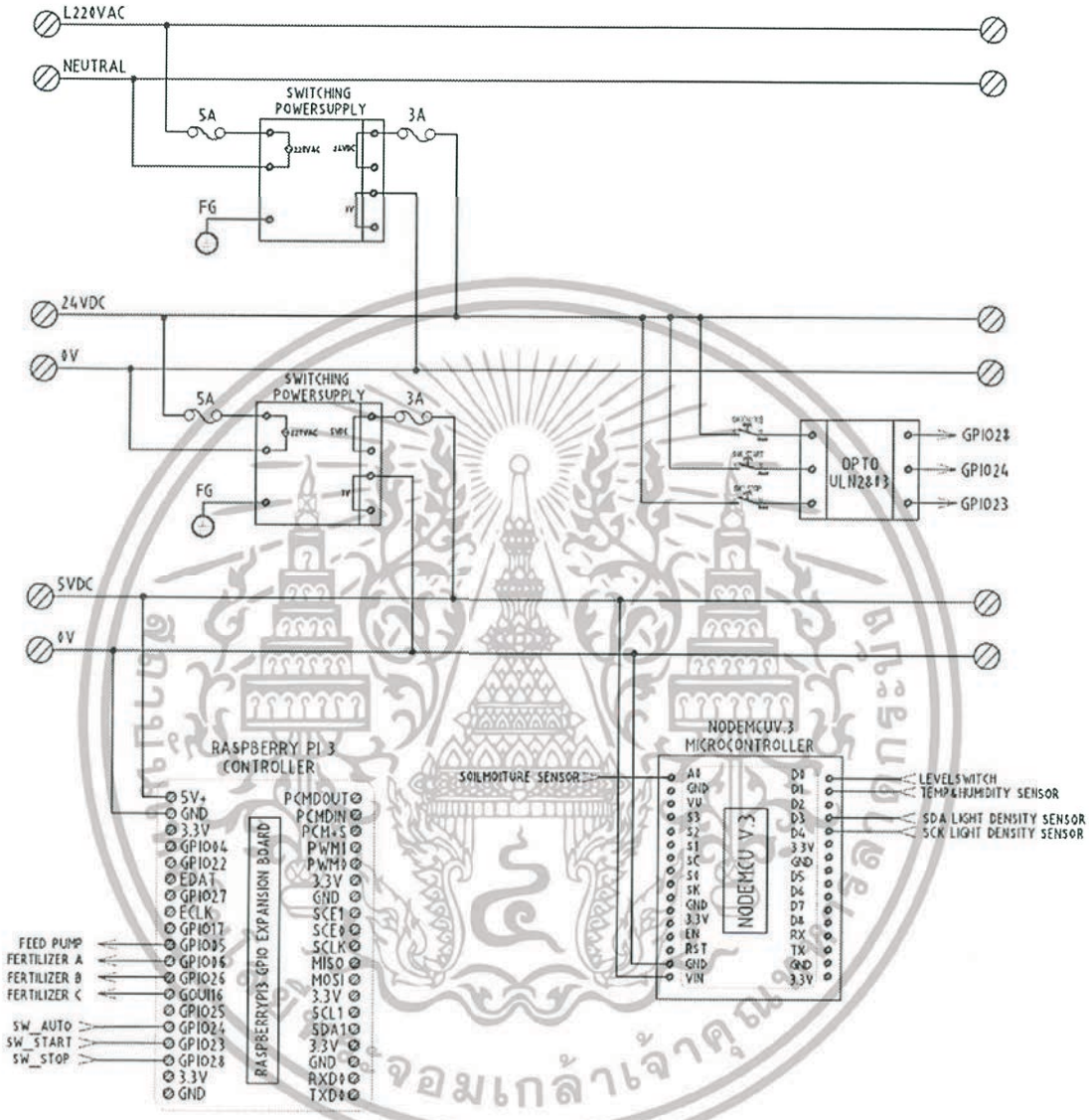
มีอุปกรณ์ที่หลากหลายภายในระบบ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมี Power Switching เพื่อแปลงไฟจาก 220 VAC 24VDC และ 5VDCและมีการติดตั้งพัดลมระบายความร้อนในระบบเพราะระบบต้องทำงานอย่างต่อเนื่องอาจจะมีปัญหาเกิดขึ้นที่ตัวควบคุมได้หากมีอุณหภูมิภายในที่สูง



รูปที่ 3.9 Power 24VDC Circuit Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.9 เป็นการออกแบบระบบไฟที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ภายในระบบที่มีความต้องการใช้ไฟที่ความต่างศักย์ 24VDC ดังนี้ เช่น ไฟบอกสถานะของระบบ (Pilot Lamp) OPTO&ULN2803

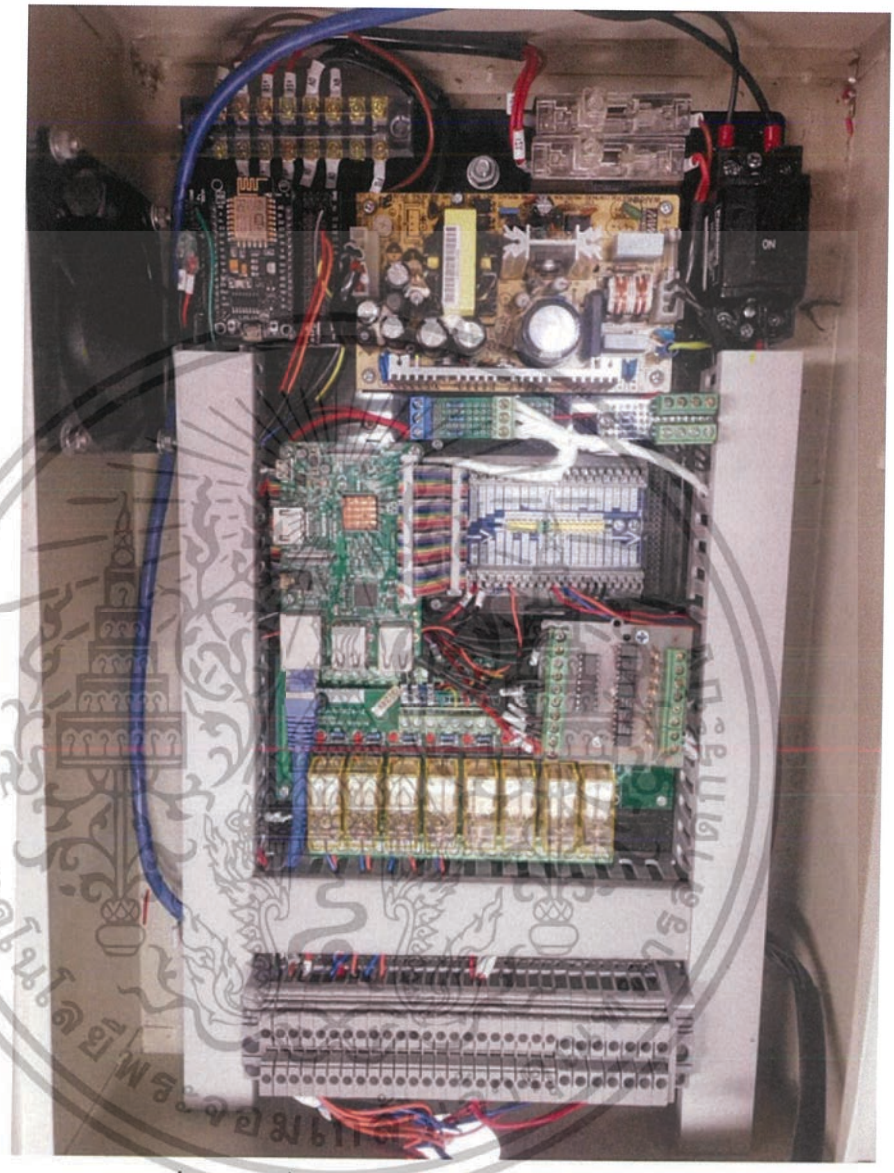


รูปที่ 3.10 Wiring Diagramของสัญญาณเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ควบคุม

จากรูปที่ 3.10 แสดงถึงภาพรวมการเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ทั้งหมดภายในระบบที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของ Input และ output ต่างๆที่เชื่อมต่อกันภายในระบบร่วมกับตัว Controller และ Microcontroller รวมกับอุปกรณ์รับส่งสัญญาณ ตัวเซนเซอร์ เพื่อที่ในขั้นตอนต่อไปจะได้เขียนโปรแกรมเพื่อรับและส่งค่าของเซนเซอร์ เขียนโปรแกรมควบคุมการเปิดปิดของอุปกรณ์ต่างๆภายในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดท้ายเมื่อเราได้ออกแบบทั้งหมดจึงเริ่มการประกอบตู้ การวางอุปกรณ์ และต่อสายไฟตามแบบที่วางไว้ และทดสอบการทำงานของรีเลย์ว่าการตอบสนองเป็นไปตามที่เราออกแบบไว้หรือไม่



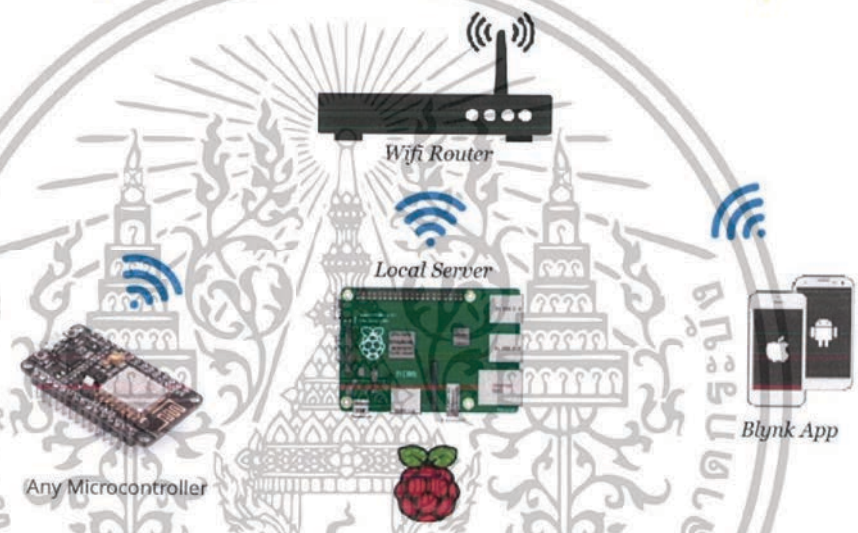
รูปที่ 3.11 ตู้ที่ใช้ในระบบควบคุมโรงเรือน

จากรูปที่ 3.11 เป็นรูปของตู้ที่ผ่านการทดสอบการใช้งานของวงจรไฟฟ้าที่สร้างขึ้นว่าเป็นไปตามที่ต้องการโดยการใช้มัลติมิเตอร์ในการวัด แรงดันไฟฟ้าภายในวงจร ทดสอบการช็อตภายในวงจร แรงดันไฟที่จ่ายให้อุปกรณ์ภายใน แรงดันไฟที่ใช้ในการจ่ายให้อุปกรณ์ภายนอก การตอบสนองของรีเลย์กับไฟที่ป้อนจาก Controller ไฟบอกสถานการณ์ของระบบ ปุ่ม Manual สำหรับควบคุมระบบด้วยตนเองโดยทุกการทดสอบที่มีความผิดพลาดบางส่วนที่เกิดขึ้น เราจึงการแก้ไขและพัฒนาให้สามารถใช้งานได้ตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การออกแบบซอฟท์แวร์

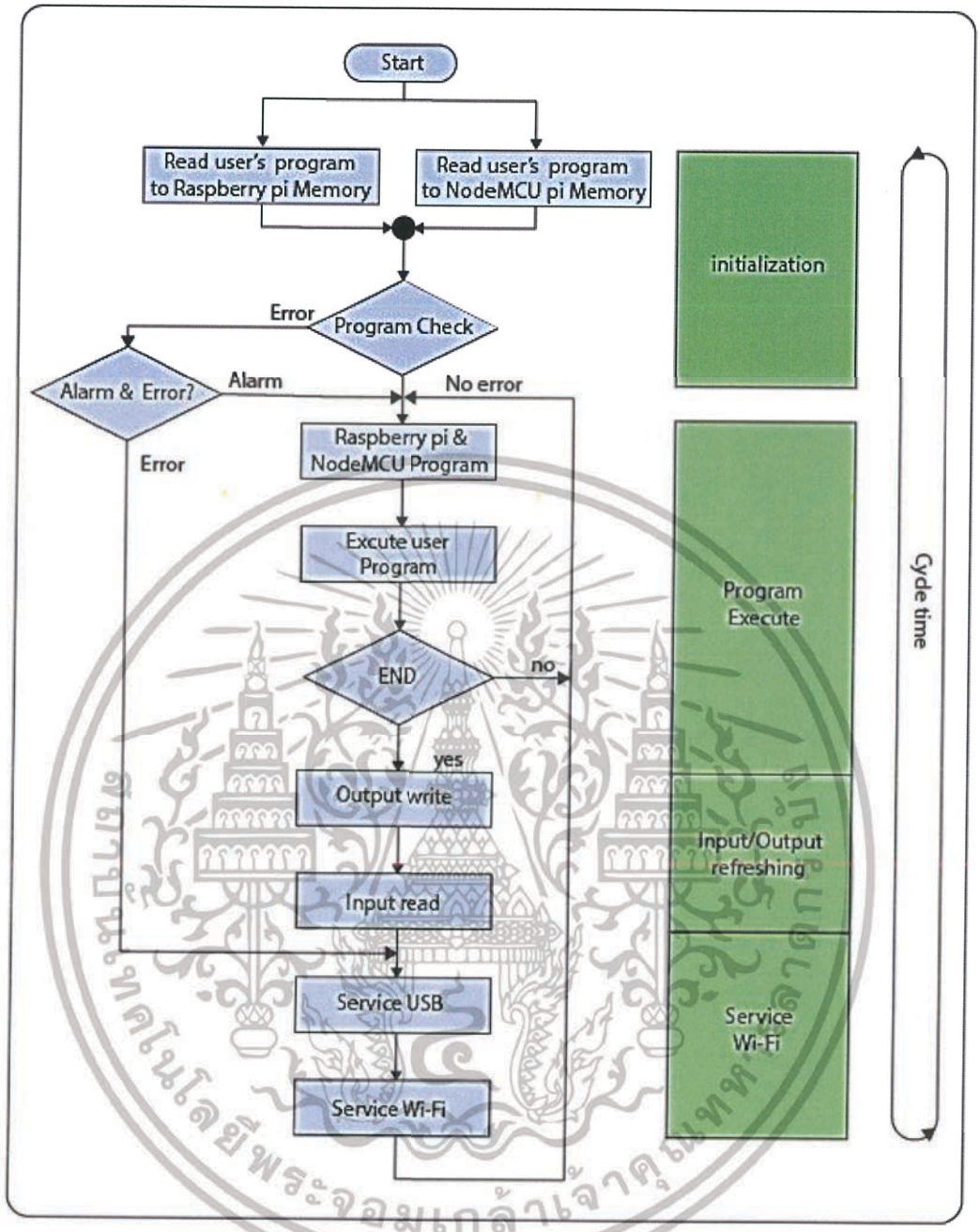
โดยการออกแบบซอฟท์แวร์เพื่อตอบสนองต่อการปลูกนั้น เราจะเขียนโปรแกรมลงบอร์ด ทั้งบอร์ด Raspberry Pi 3 และ NodeMCU โดย Raspberry Pi 3 นั้น ทั้งสองตัวนั้น จะมีหน้าที่ที่ต่างกัน โดยตัวแรกจะมีหน้าที่หลักคือการควบคุม output ของระบบควบคุม ทำให้การเปิดปิดปั๊มหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ควบคุมผ่านจุดนี้ ส่วนตัวที่สองจะทำหน้าที่เป็น Blynk Local Server สำหรับการทำให้อุปกรณ์ในระบบสามารถติดต่อสื่อสาร (Communicate) และยังเป็นการเพิ่มเสถียรภาพการทำงานของระบบการเชื่อมต่อ ส่วนของ NodeMCU นั้นจะทำหน้าที่ในการรับค่า Input ทุกค่าภายในระบบ ทั้งในรูปแบบของ Digital Input และ Analog Input เพื่อส่งค่าไปยัง Local Server ของเราผ่าน Wi-Fi



รูปที่ 3.12 รูปแบบการ Communicate ของอุปกรณ์

จากรูป 3.12 แสดงถึงการเชื่อมต่อกันของอุปกรณ์ต่างๆ ผ่าน Wi-Fi ภายในระบบผ่าน Blynk Platform โดย Platform ดังกล่าวนั้นจะเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อกันระหว่างสมาร์ทโฟนของเรา และระบบควบคุมของโรงเรือน เราสามารถควบคุมการทำงานของระบบผ่าน สมาร์ทโฟนของเราได้ตลอดเวลา พร้อมยังสามารถอัพเดทค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ภายในระบบ สามารถวิเคราะห์และแก้ไขได้ทันทีเมื่อมีปัญหาใดๆ ก็ตามเกิดขึ้น ทุกอย่างที่กล่าวมานั้นจะเริ่มต้นจากการที่เราทำการเขียนโปรแกรมเพื่อ เปิดใช้งานฟังชั่นของอุปกรณ์ที่อยู่ภายในระบบทั้งหมดต้องมีการเขียนโปรแกรมเข้าไปเพื่อควบคุมการทำงาน สร้างฟังชั่นการทำงานต่างๆ ให้ผลการทำงานที่ได้เป็นไปตามที่เราต้องการ ต้องมีขั้นตอนการศึกษาการเขียนโปรแกรม การแก้ปัญหาข้อผิดพลาดต่างๆที่ เกิดขึ้น การเปิดใช้งานฟังชั่นของการทำงาน Blynk Platform การเปิดใช้งานฟังชั่นต่างๆ ของตัวเซ็นเซอร์ การตอบสนองของทั้ง Input และ Output ของอุปกรณ์

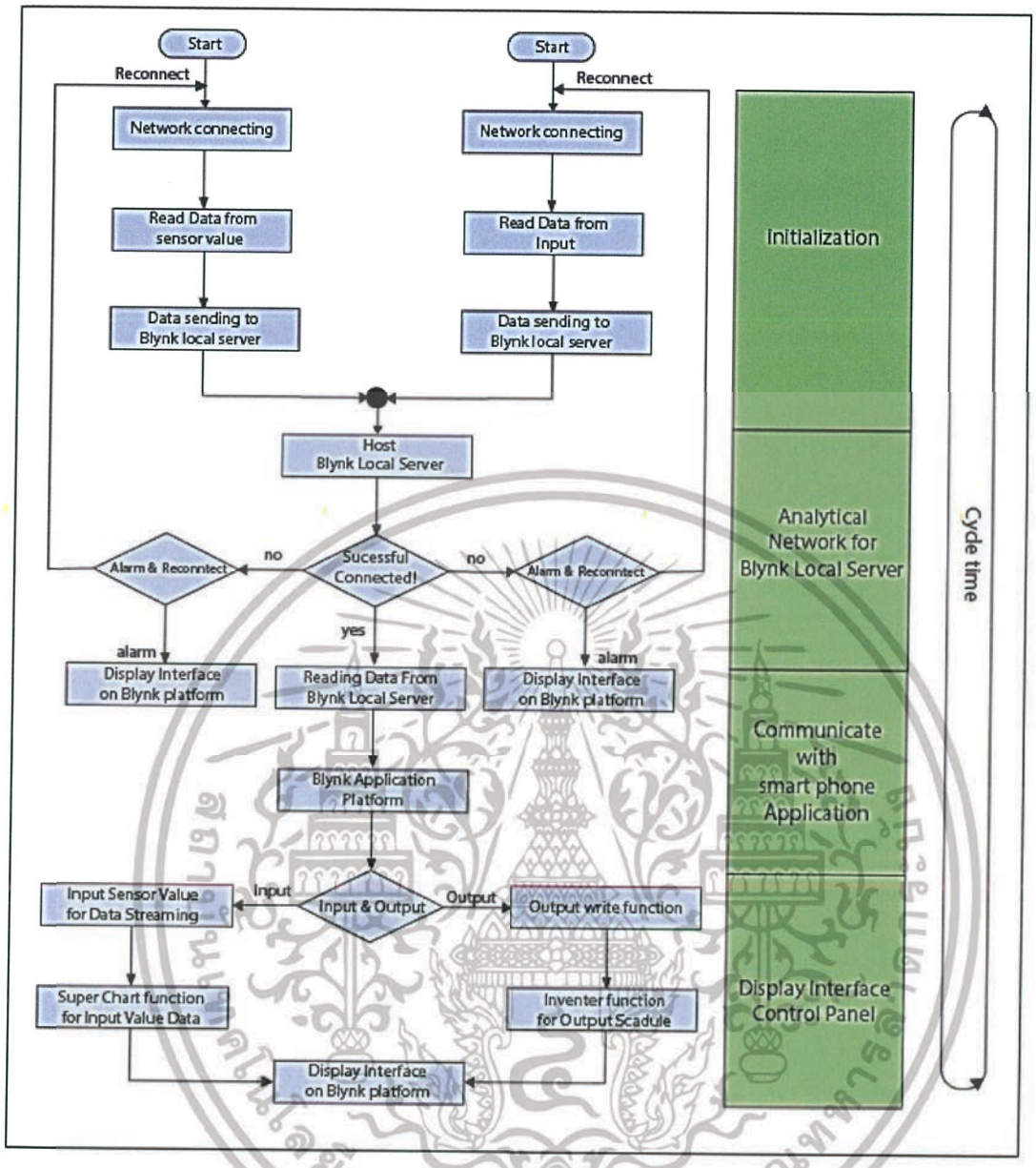
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 Flow Chart แสดงขั้นตอนการเขียนโปรแกรมลงอุปกรณ์

โดยจากรูปที่ 3.13 จะแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการเขียนโปรแกรมภายในระบบแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆตั้งแต่การเริ่มต้นเขียนโปรแกรม การคอมไพล์โคด การตรวจสอบความถูกต้องของการเขียน การสั่งการทำงานของ output การรับข้อมูลจาก Input และการติดต่อสื่อสารกันระหว่างการเชื่อมต่อทั้งแบบ USB/Wi-Fi โดย เราจะใช้ Ardino IDE ในการเขียน Code C++ เข้าไปภายใน NodeMCU และใช้ WiringPi ในการเขียน Code C++ เข้าไปภายใน Raspberry Pi เพื่อสร้างกระบวนการในการทำงานอย่างเป็นระบบภายในอุปกรณ์และสามารถทำการ Communicate ผ่าน Wi-Fi บนการทำงานของ Blynk Platform

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

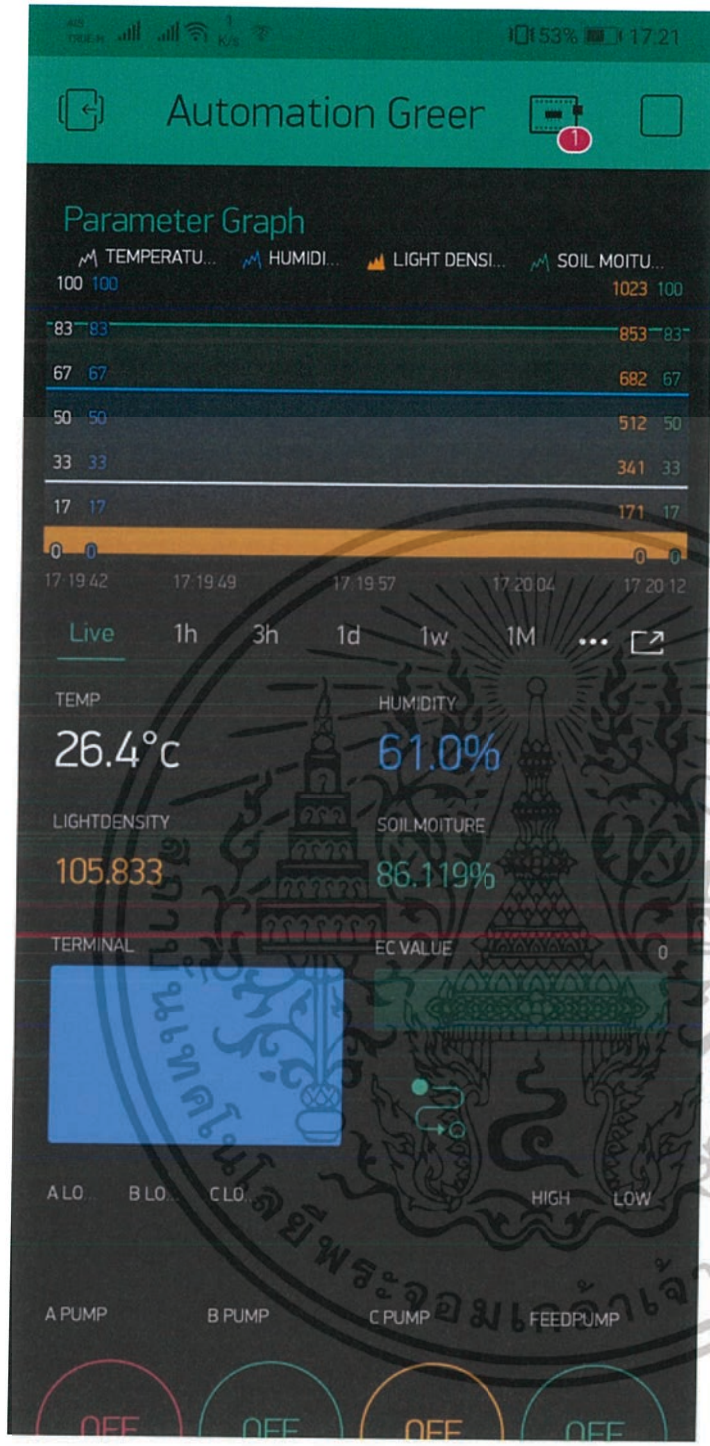


รูปที่ 3.14 Flow Chart แสดงขั้นตอนทำงานของโปรแกรมในระบบควบคุม

จากรูปที่ 3.14 Flow Chart จะแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมทั้งหมดในระบบร่วมกับ Blynk Local Server แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนหลักๆคือ

1. Intialzation คือขั้นเริ่มต้นสำหรับการเชื่อมต่อระหว่าง Controller และ Local Server
2. Analytical Network คือขั้นสำหรับการวิเคราะห์การทำงานของการเชื่อมต่อภายในระบบกับ Host
3. Communicate คือ ขั้นตอนสำหรับการสื่อสารระหว่างโปรแกรมระบบควบคุมและ Smart Phone
4. Display Interface คือ ขั้นตอนการควบคุมและสื่อสารระหว่างผู้ใช้โปรแกรมและระบบควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



-ส่วน Data Streaming ที่จะแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆภายในโรงเรือนแบบ Realtime ในรูปแบบของ Graph

-ส่วน Data Streaming ที่จะแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆภายในโรงเรือนแบบ Realtime ในรูปแบบของตัวเลขแยกส่วน

-การแสดง Status ต่างๆผ่าน Terminal Display

-การตั้งค่าวันและเวลาการทำงานต่างๆผ่าน Inventor

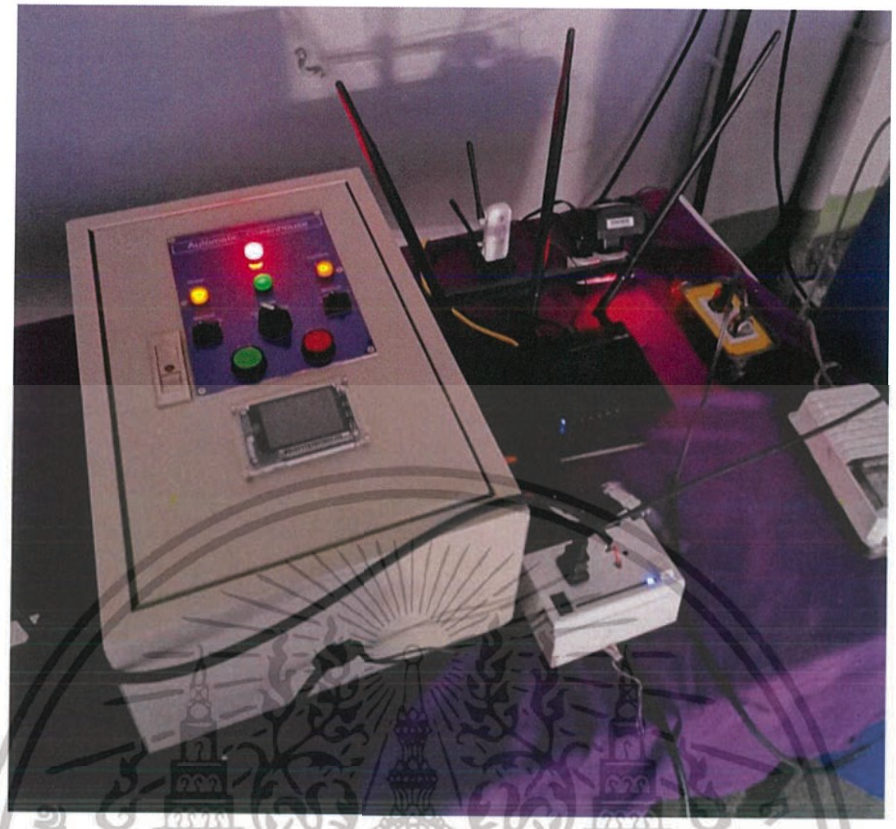
-สถานะของ Level Switch

-การควบคุมปั๊มแบบ Manual

รูปที่ 3.15 Display Interface ที่ใช้ในระบบ

การสร้าง Display interface ที่เราใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆผ่าน Blynk Application โดย Display นี้จะเป็นการดึงข้อมูลที่เก็บไว้ใน Server ของเรา ผ่านฟังชั่นของ Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 การใช้งานร่วมกันของ Hardware และ Software

สุดท้ายเมื่อเราออกแบบทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ทั้งหมดและได้ทำการประกอบร่วมกันเพื่อใช้งานในระบบ เราจึงนำทั้งหมดนี้มาทำงานร่วมกันเพื่อควบคุมการทำงานของโรงเรือนให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการในการปลูก การเก็บค่าต่างๆรายงานและบันทึกผล แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นและพัฒนาต่อไปเพื่อให้เหมาะสมกับการทดลองปลูกเมล่อนภายในโรงเรือนตามที่มุ่งหวังไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลอง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. โรงเรือนสำหรับปลูกพืชขนาด 4.5x3 ตารางเมตร
2. ท่อเกษตร PE สีดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรและข้อต่อ
3. ถังน้ำขนาด 20 ลิตร
4. ปั๊มน้ำ SOBO WP-1250 กำลังไฟ 10W 800 L/hr
5. หัวน้ำหยดแบบสามารถปรับอัตราการไหล
6. เชือกปอสำหรับสำหรับผูกลูก
7. เชือกฟางสำหรับสำหรับให้ต้นเมล่อนเกาะ
8. สลิงสำหรับใช้ผูกเชือกเข้ากับโรงเรือน
9. ปุ๋ยเคมี ธาตุอาหารหลักและรอง
10. ชุดระบบควบคุมโรงเรือน

4.2 ลำดับขั้นเตรียมการทดลอง

1. ติดตั้งโรงเรือนในพื้นที่ที่สามารถรับแสงได้อย่างทั่วถึงตลอดวัน
2. ติดตั้งระบบท่อสำหรับให้น้ำและปุ๋ย จากถังน้ำไปยังโรงเรือน
3. ติดตั้งชุดอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของปั๊ม
4. นำต้นกล้าของเมล่อนมาลงในกระถางสำหรับปลูกในโรงเรือน
5. วัดค่าความเข้มข้นของปุ๋ยจากปริมาณค่า Electrical Conductivity (EC)
6. วัดค่าการความเป็นกรดเบสของ (PH: Potential of Hydrogen Ion) น้ำประปาที่ใช้ภายในระบบ
7. ตั้งจำนวนครั้งและระยะเวลาในการให้น้ำและปุ๋ยแก่เมล่อน โดยตั้งค่าที่ Smart Phone
8. ดูแลและบำรุงเมล่อนตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตตั้งแต่จนถึงออกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วิธีการทดลอง

เริ่มต้นด้วยการลงต้นกล้าแล้วดำเนินการปลูก

วันที่ 22 พ.ย. 2561 ระบบควบคุมในการให้น้ำและปุ๋ย 5 ครั้ง/วัน ครั้งละ 1 นาที ได้แก่เวลา 7.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. และ 17.00 น.

รูปที่ 4.1 การเจริญเติบโต 8 วันหลังจากการเพาะกล้า

วันที่ 1 ธ.ค. 2561 เริ่มมีแขนงขึ้นต้องตัดแขนงออกเป็นประจำทุก 3 วัน

รูปที่ 4.2 ลักษณะของแขนงที่ต้องตัดออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 5 ธ.ค. 2561 ใช้เชือกพันยอดของต้นเมล่อนกับสลิงของโรงเรือน

รูปที่ 4.3 การพันต้นของเมล่อนเข้ากับเชือกฟาง

วันที่ 17 ธ.ค. 2561 เริ่มออกดอก เพิ่มการให้ปุ๋ยเร่งดอกทางใบ (2วัน/ครั้ง) โดยการพ่นปุ๋ยควรจะเป็นเวลาช่วงเช้าจะดีที่สุดเพราะปากใบเปิดในช่วงเช้า

รูปที่ 4.4 ลักษณะของดอกที่แตกออกมา

20 ธ.ค. 2561 ผสมเกสรของดอกตัวผู้และดอกตัวเมียโดยใช้พู่กันในการป้ายเกสรตัวผู้ให้กับดอกตัวเมียเปลี่ยนระยะเวลาการให้น้ำต่อครั้งเป็น 1.25 นาที

23 ธ.ค. 2561 เป็นเวลา 3 วันหลังการผสมและเลือกดอกผสมสำเร็จที่มีลักษณะสมบูรณ์ที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

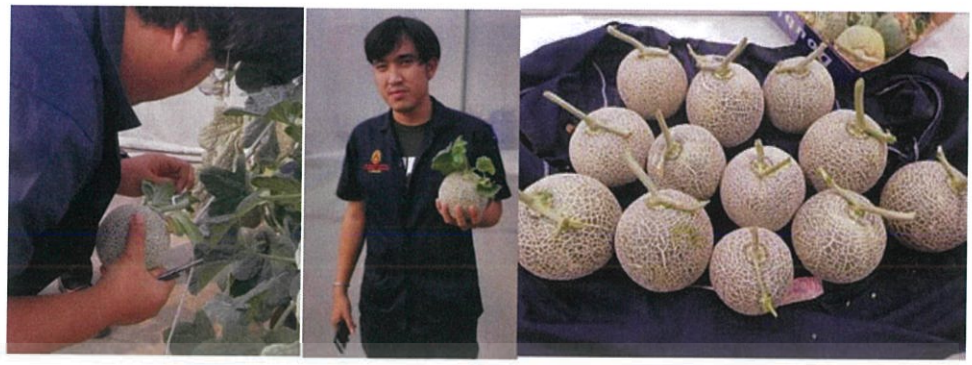
รูปที่ 4.5 ลักษณะของดอกตัวเมียหลังการผสม

โดยตลอดระยะเวลาหลังจากการผสมได้มีการเปลี่ยนสูตรปุ๋ยพ่นทางใบเป็นสูตรที่ใช้ในการขยายลูกและเพิ่มความหวานโดยใช้ธาตุอาหารเสริม ประกอบกับการบดูแลต้นอย่างสม่ำเสมอ

รูปที่ 4.6 การพ่นธาตุอาหารเสริมบำรุงลูกและการดูแลต้นเมล่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

27 ม.ค. 2562 เมื่อเมล่อนหลังวันที่ผสมมีอายุครบตามจำนวนวันที่กำหนดก็เริ่มเก็บเกี่ยวผล



รูปที่ 4.7 การเก็บเกี่ยวผลเมล่อน

4.4 ขั้นตอนการวัดค่าความหวานด้วย Brix Refractometer

ขั้นตอนที่ 1 ทำการผ่าเมล่อนออกเป็นชิกดังรูปที่ 4.8 เพื่อจะคั้นน้ำเพื่อวัดค่าความหวาน

รูปที่ 4.8 การผ่าเมล่อนออกเป็นชิกๆเพื่อใช้ในการวัดค่าความหวาน

ขั้นตอนที่ 2 ทำการคั้นน้ำของเมล่อนออกมาใส่แป้นของ BRIX REFRACTOMETER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 การคั้นเมล่อนใส่แป้น BRIX REFRACTOMETER เพื่อทำการทดลอง

ขั้นตอนที่ 3 บันทึกค่าที่ได้จาก BRIX REFRACTOMETER โดยการส่องเข้ากับแสงเพื่อให้ค่าที่ได้ชัดเจน

รูปที่ 4.10 การส่องเพื่อบันทึกค่าและตัวอย่างของค่าที่วัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 บันทึกผลการทดลอง

จากขั้นตอนการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น สามารถให้ผลการทดลองต่างๆ เป็นดังนี้

ตารางที่ 4.1 ค่าสิ่งแวดล้อมในโรงเรือน

วันที่	Temperature (°C)	Humidity (%)	Illuminance (lux)
1 ม.ค. 62	27	71	589
2 ม.ค. 62	30	73	577
3 ม.ค. 62	26	72	528
4 ม.ค. 62	28	74	470
5 ม.ค. 62	32	68	669
6 ม.ค. 62	30	70	492
7 ม.ค. 62	31	70	581
8 ม.ค. 62	31	72	603
9 ม.ค. 62	32	71	644
10 ม.ค. 62	33	69	481
11 ม.ค. 62	32	69	543
12 ม.ค. 62	34	67	576
13 ม.ค. 62	33	69	522
14 ม.ค. 62	33	70	677
15 ม.ค. 62	34	68	499
16 ม.ค. 62	32	71	601
17 ม.ค. 62	33	69	512
18 ม.ค. 62	30	70	666
19 ม.ค. 62	31	72	580
20 ม.ค. 62	30	71	567
เฉลี่ย	31	70	568

***ตัวอย่างการบันทึกค่าจาก sensor ระยะเวลา 20 วัน เฉลี่ยจากการวัด 5 ครั้งต่อวัน (6.00น. 9.00น. 12.00น. 15.00น. 18.00น.

จากตารางที่ 4.1 เป็นการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตลอดช่วงเวลาการปลูกเพื่อเก็บเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าของธาตุอาหาร

วันที่	Potential of Hydrogen ion (pH)	Electrical Conductivity (EC)
22 พ.ย. 61 – 1 ธ.ค. 61	6.48	1.5
2 ธ.ค. 61 – 16 ธ.ค. 61	6.57	2.0
17 ธ.ค. 61 – 24 ธ.ค. 61	6.69	2.5
25 ธ.ค. 61 – 15 ม.ค. 62	6.83	3.0
16 ม.ค. 62 – 26 ม.ค. 62	6.88	3.5
เฉลี่ย	6.69	2.5

***Potential of Hydrogen ion : PH คือค่าความเป็นกรด-เบส Electrical Conductivity : EC คือ ค่าความจุไฟฟ้า

จากตารางที่ 4.2 เป็นตารางการบันทึกค่า EC และ PH ของธาตุอาหารในการผสมปุ๋ยแปรพันธ์ตามการเจริญเติบโตของต้นเมล่อน เพื่อเก็บเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 4.3 ค่าความหวาน

ลูกที่	ค่าความหวาน (Brix %)
1	16
2	18
3	15
4	18
5	14
6	17
7	17
8	17
9	19
10	15
11	16
12	18
เฉลี่ย	16.67

*** Brix คือค่าความหน่วยที่ใช้บอกความเข้มข้น ของของแข็งที่ละลายอยู่ในสารละลาย เป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อน้ำหนัก เข้มข้น 10 บริกซ์ หมายถึงน้ำเชื่อมน้ำหนัก 100 กรัม มีน้ำตาล ซูโครสละลายอยู่ 10 กรัม (ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 เป็นการบันทึกค่าความหวานที่วัดได้จากผลผลิตที่มีลักษณะที่ดี สามารถเก็บเกี่ยวเพื่อสามารถจำหน่ายได้โดยมีทั้ง หมด 12 ลูกจากทั้งหมด 24 ลูก โดยมาตรฐานโดยทั่วไปในตลาดนั้นเมล่อนที่ดีควรจะมีค่าความหวานมากกว่า 14 Brix จากผลการทดลองนั้นเมล่อนที่ได้มีค่าเฉลี่ยมากกว่ามาตรฐานโดยทั่วไป คือ 16.67 Brix ดังนั้นค่าค่าต่างๆที่บันทึกจากตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ถือว่าเป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ได้จริง เพื่อให้การปลูกเมล่อนในครั้งหน้าสามารถควบคุมผลผลิตให้เป็นมาตรฐานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการปลูกเมล่อนด้วยระบบ Automation ที่นำมาใช้งานนั้นสามารถช่วยอำนวยความสะดวกในการปลูกพืชได้ส่วนหนึ่ง จากการที่มีการตั้งเวลาการรดน้ำในระยะเวลาที่กำหนดในแต่ละวัน และมีการเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นในบรรยากาศ ความชื้นในดิน และแสง แล้วสามารถส่งค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ไปแสดงบนอุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตได้ เช่น โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ ฯลฯ ในแต่ละวันสามารถเช็คข้อมูลที่ถูกส่งมาแล้วปรับปริมาณน้ำ ปุ๋ย และแสงให้เหมาะสมกับค่าที่อ่านได้จากระยะไกล เป็นการช่วยลดภาระแก่เกษตรกร หรือผู้ที่สนใจทำการเกษตรกรรมแบบ Smart Farm ในราคาอุปกรณ์ที่ทุกคนสามารถเข้าถึงได้ และข้อเสียภายในระบบอาจเกิดจากความไม่เสถียรของสัญญาณอินเตอร์เน็ตที่อาจจะทำให้ระบบนั้นหยุดการทำงานได้เมื่อไม่มีการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต

5.2 ข้อเสนอแนะ

การทำเกษตรกรรมแบบ Smart Farm จะเป็นการควบคุมโรงเรือนจากระยะไกลเพื่ออำนวยความสะดวก และลดการเข้าออกภายในโรงเรือนซึ่งอาจทำให้เกิดโรคต่างๆกับพืชได้ แต่ในการปลูกเมล่อนมีขั้นตอนบางอย่างที่ระบบนี้ยังไม่สามารถแก้ปัญหาให้ได้ เช่น การให้ปุ๋ยทางใบ ซึ่งยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพขึ้นได้โดยการติดตั้งหัวพ่นหมอกไว้กับเครนที่สามารถเคลื่อนที่ได้แล้วตั้งเวลาให้เครนและหัวพ่นหมอก ทำงานตามเวลาที่กำหนดเช่นเดียวกับการทำงานของปั๊ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

Manual อุปกรณ์ที่ใช้งาน

1. BH1750FVI

ROHM SEMICONDUCTOR

Technical Note

Ambient Light Sensor IC Series

Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC

BH1750FVI

No.09046EBT01

●Descriptions

BH1750FVI is an digital Ambient Light Sensor IC for I²C bus interface. This IC is the most suitable to obtain the ambient light data for adjusting LCD and Keypad backlight power of Mobile phone. It is possible to detect wide range at High resolution. (1 - 65535 lx).

●Features

1) I²C bus Interface (f / s Mode Support)
2) Spectral responsibility is approximately human eye response
3) Illuminance to Digital Converter
4) Wide range and High resolution. (1 - 65535 lx)
5) Low Current by power down function
6) 50Hz / 60Hz Light noise reject-function
7) 1.8V Logic input interface
8) No need any external parts
9) Light source dependency is little. (ex. Incandescent Lamp. Fluorescent Lamp. Halogen Lamp. White LED. Sun Light)
10) It is possible to select 2 type of I²C slave-address.
11) Adjustable measurement result for influence of optical window.
(It is possible to detect min. 0.11 lx, max. 100000 lx by using this function.)
12) Small measurement variation (+/- 20%)
13) The influence of infrared is very small.

●Applications

Mobile phone, LCD TV, NOTE PC, Portable game machine, Digital camera, Digital video camera, Car navigation, PDA, LCD display

●Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Limits	Units
Supply Voltage	Vmax	4.5	V
Operating Temperature	Topr	-40～85	℃
Storage Temperature	Tstg	-40～100	℃
SDA Sink Current	Imax	7	mA
Power Dissipation	Pd	260※	mW

※ 70mm × 70mm × 1.6mm glass epoxy board. Derating in done at 3.47mW/℃ for operating above Ta=25℃

●Operating Conditions

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units
Vcc Voltage	Vcc	2.4	3.0	3.6	V
I²C Reference Voltage	VDVI	1.65	-	Vcc	V

© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

●Electrical Characteristics (Vcc = 3.0V, DVI = 3.0V, Ta = 25°C, unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Supply Current	Icc1	—	120	190	μA	Ev = 100 lx ※1
Powerdown Current	Icc2	—	0.01	1.0	μA	No input Light
Peak Wave Length	λp	—	560	—	nm	
Measurement Accuracy	S/A	0.96	1.2	1.44	times	Sensor out / Actual lx EV = 1000 lx ※1, ※2
Dark (0 lx) Sensor out	S0	0	0	3	count	H-Resolution Mode ※3
H-Resolution Mode Resolution	rHR	—	1	—	lx	
L-Resolution Mode Resolution	rLR	—	4	—	lx	
H-Resolution Mode Measurement Time	tHR	—	120	180	ms	
L-Resolution Mode Measurement Time	tLR	—	16	24	ms	
Incandescent / Fluorescent Sensor out ratio	rIF	—	1	—	times	EV = 1000 lx
ADDR Input 'H' Voltage	VAH	0.7 * VCC	—	—	V	
ADDR Input 'L' Voltage	VAL	—	—	0.3 * VCC	V	
DVI Input 'L' Voltage	VDVL	—	—	0.4	V	
SCL, SDA Input 'H' Voltage 1	VIH1	0.7 * DVI	—	—	V	DVI ≧ 1.8V
SCL, SDA Input 'H' Voltage 2	VIH2	1.26	—	—	V	1.65V ≦ DVI <1.8V
SCL, SDA Input 'L' Voltage 1	VIL1	—	—	0.3 * DVI	V	DVI ≧ 1.8V
SCL, SDA Input 'L' Voltage 2	VIL2	—	—	DVI – 1.26	V	1.65V ≦ DVI < 1.8V
SCL, SDA, ADDR Input 'H' Current	IIH	—	—	10	μA	
SCL, SDA, ADDR Input 'L' Current	IIL	—	—	10	μA	
I^2C SCL Clock Frequency	fSCL	—	—	400	kHz	
I^2C Bus Free Time	tBUF	1.3	—	—	μs	
I^2C Hold Time (repeated) START Condition	tHDSTA	0.6	—	—	μs	
I^2C Set up time for a Repeated START Condition	tSUSTA	0.6	—	—	μs	
I^2C Set up time for a Repeated STOP Condition	tSUSTD	0.6	—	—	μs	
I^2C Data Hold Time	tHDDAT	0	—	0.9	μs	
I^2C Data Setup Time	tSUDAT	100	—	—	ns	
I^2C 'L' Period of the SCL Clock	tLOW	1.3	—	—	μs	
I^2C 'H' Period of the SCL Clock	tHIGH	0.6	—	—	μs	
I^2C SDA Output 'L' Voltage	VOL	0	—	0.4	V	IOL = 3 mA

※1 White LED is used as optical source.
※2 Measurement Accuracy typical value is possible to change '1' by "Measurement result adjustment function".
※3 Use H-resolution mode or H-resolution mode2 if dark data (less than 10 lx) is need.

© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

●Reference Data

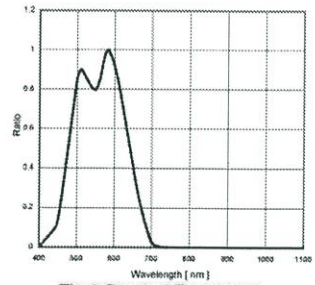


Fig.1 Spectral Response

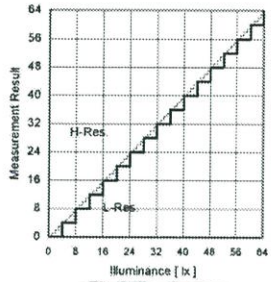


Fig.2 Illuminance - Measurement Result 1

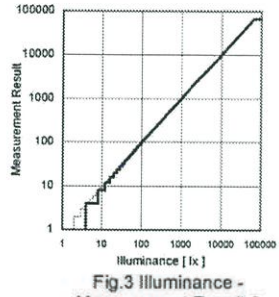


Fig.3 Illuminance - Measuremnet Result 2

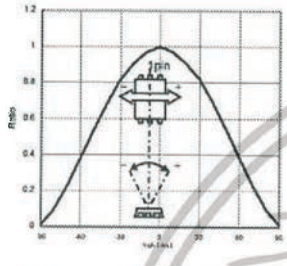


Fig.4 Directional Characteristics 1

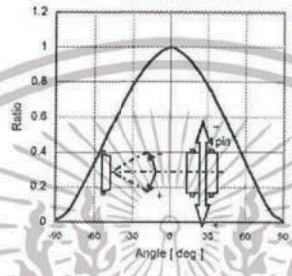


Fig.5 Directional Characteristics 2

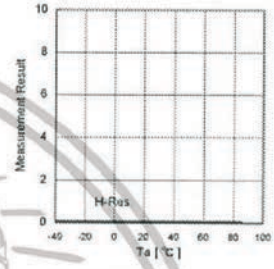


Fig.6 Dark Response

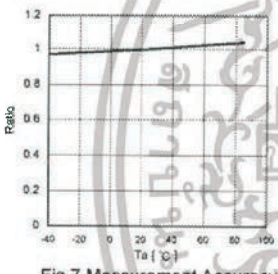


Fig.7 Measurement Accuracy Temperature Dependency

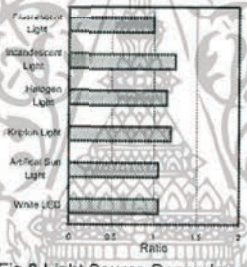


Fig.8 Light Source Dependency (Fluorescent Light is set to '1')

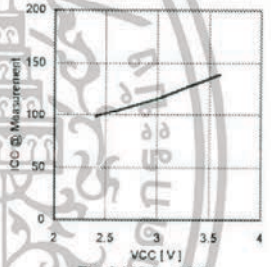


Fig.9 VCC - ICC (During measurement)

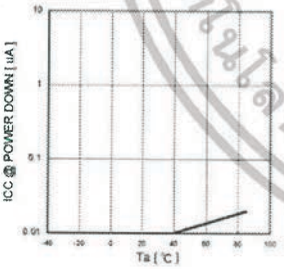


Fig.10 VCC – ICC@0 Lx (POWER DOWN)

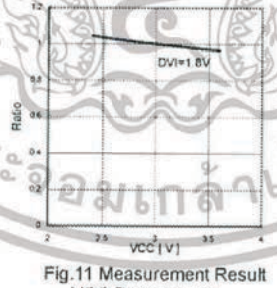


Fig.11 Measurement Result VCC Dependency

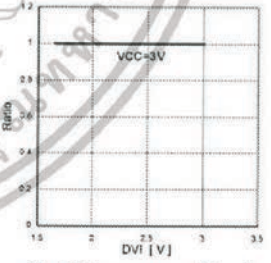
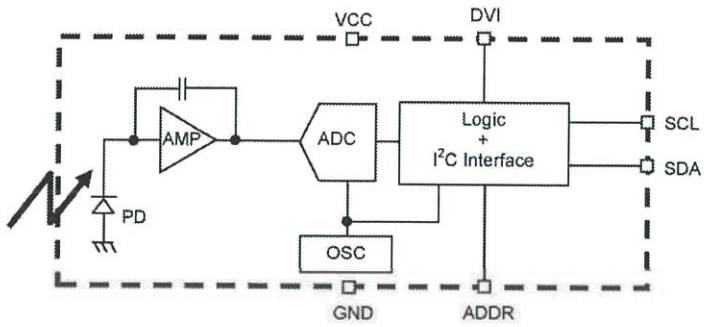


Fig.12 Measurement Result DVI Dependency

© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

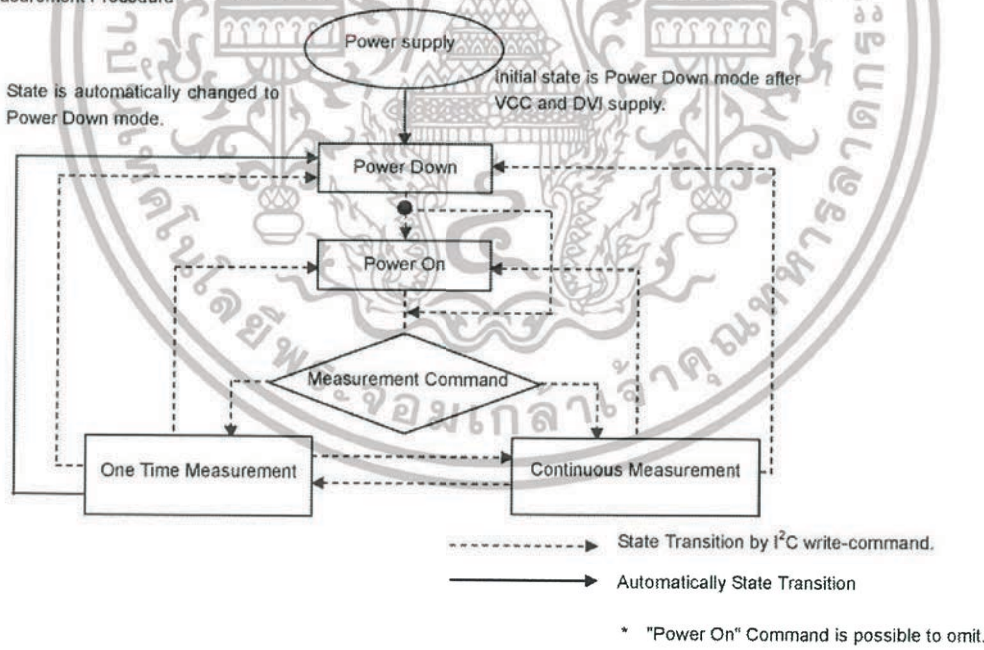
●Block Diagram



●Block Diagram Descriptions

- PD
  Photo diode with approximately human eye response.
- AMP
  Integration-OPAMP for converting from PD current to Voltage.
- ADC
  AD converter for obtainment Digital 16bit data.
- Logic + I²C Interface
  Ambient Light Calculation and I²C BUS Interface. It is including below register.
  Data Register → This is for registration of Ambient Light Data. Initial Value is "0000_0000_0000_0000".
  Measurement Time Register → This is for registration of measurement time. Initial Value is "0100_0101".
- OSC
  Internal Oscillator (typ. 320kHz). It is CLK for internal logic.

●Measurement Procedure



* "Power On" Command is possible to omit.

© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

●Instruction Set Architecture

Instruction	Opecode	Comments
Power Down	0000_0000	No active state.
Power On	0000_0001	Waiting for measurement command.
Reset	0000_0111	Reset Data register value. Reset command is not acceptable in Power Down mode.
Continuously H-Resolution Mode	0001_0000	Start measurement at 1lx resolution. Measurement Time is typically 120ms.
Continuously H-Resolution Mode2	0001_0001	Start measurement at 0.5lx resolution. Measurement Time is typically 120ms.
Continuously L-Resolution Mode	0001_0011	Start measurement at 4lx resolution. Measurement Time is typically 16ms.
One Time H-Resolution Mode	0010_0000	Start measurement at 1lx resolution. Measurement Time is typically 120ms. It is automatically set to Power Down mode after measurement.
One Time H-Resolution Mode2	0010_0001	Start measurement at 0.5lx resolution. Measurement Time is typically 120ms. It is automatically set to Power Down mode after measurement.
One Time L-Resolution Mode	0010_0011	Start measurement at 4lx resolution. Measurement Time is typically 16ms. It is automatically set to Power Down mode after measurement.
Change Measurement time (High bit)	01000_MT[7,6,5]	Change measurement time. ※ Please refer "adjust measurement result for influence of optical window."
Change Masurement time (Low bit)	011_MT[4,3,2,1,0]	Change measurement time. ※ Please refer "adjust measurement result for influence of optical window."

※ Don't input the other opecode.

●Measurement mode explanation

Measurement Mode	Measurement Time.	Resolurtion
H-resolution Mode2	Typ. 120ms.	0.5 lx
H-Resolution Mode	Typ. 120ms.	1 lx
L-Resolution Mode	Typ. 16ms.	4 lx

We recommend to use H-Resolution Mode.
Measurement time (integration time) of H-Resolution Mode is so long that some kind of noise(including in 50Hz / 60Hz noise) is rejected. And H-Resolution Mode is 1 l x resolution so that it is suitable for darkness (less than 10 lx) H-resolution mode2 is also suitable to detect for darkness.

●Explanation of Asynchronous reset and Reset command "0000_0111"

1) Asynchronous reset
All registers are reset. It is necessary on power supply sequence. Please refer "Timing chart for VCC and DVI power supply sequence" in this page. It is power down mode during DVI = 'L'.

2) Reset command
Reset command is for only reset Illuminance data register. (reset value is '0') It is not necessary even power supply sequence.It is used for removing previous measurement result. This command is not working in power down mode, so that please set the power on mode before input this command.

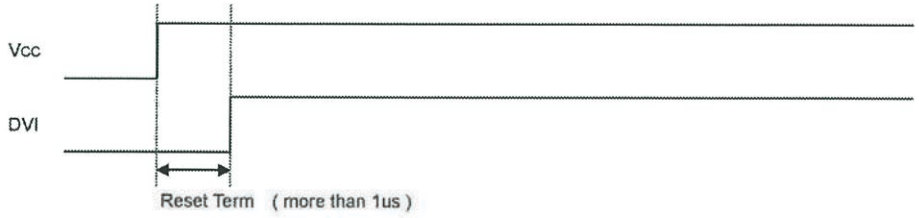
© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

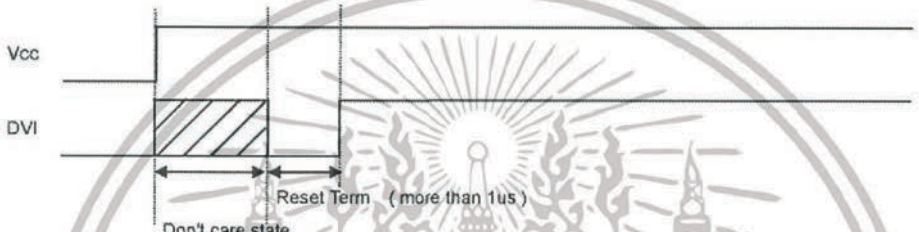
● Timing chart for VCC and DVI power supply sequence

DVI is I^2C bus reference voltage terminal. And it is also asynchronous reset terminal. It is necessary to set to 'L' after Vcc is supplied. In DVI 'L' term, internal state is set to Power Down mode.

1) Recommended Timing chart1 for VCC and DVI supply.



2) Timing chart2 for VCC and DVI supply.
(If DVI rises within 1μs after VCC supply)



Don't care state
ADDR, SDA, SCL is not stable if DVI 'L' term (1us) is not given by systems.
In this case, please connect the resisters (approximately 100kOhm) to ADDR without directly connecting to VCC or GND,
because it is 3 state buffer for Internal testing.

© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

●Measurement sequence example from "Write instruction" to "Read measurement result"

ex1) Continuously H-resolution mode (ADDR = 'L')

from Master to Slave

from Slave to Master

① Send "Continuously H-resolution mode " instruction

ST	0100011	0	Ack	00010000	Ack	SP

② Wait to complete 1st H-resolution mode measurement.(max. 180ms.)

③ Read measurement result.

ST	0100011	1	Ack	High Byte [15:8]	Ack

Low Byte [7:0]	$\overline{Ack}$	SP

How to calculate when the data High Byte is "10000011" and Low Byte is "10010000"

$(2^{15} + 2^{9} + 2^{8} + 2^{7} + 2^{4}) / 1.2 \fallingdotseq 28067$ [lx]

The result of continuously measurement mode is updated.(120ms.typ at H-resolution mode, 16ms.typ at L-resolution mode)

ex2) One time L-resolution mode (ADDR = 'H')

① Send "One time L-resolution mode " instruction

ST	1011100	0	Ack	00100011	Ack	SP

② Wait to complete L-resolution mode measurement.(max. 24ms.)

③ Read measurement result

ST	1011100	1	Ack	High Byte [15:8]	Ack

Low Byte [7:0]	$\overline{Ack}$	SP

How to calculate when the data High Byte is "00000001" and Low Byte is "00010000"

$(2^{8} + 2^{4}) / 1.2 \fallingdotseq 227$ [lx]

In one time measurement, Statement moves to power down mode after measurement completion.If updated result is need then please resend measurement instruction.

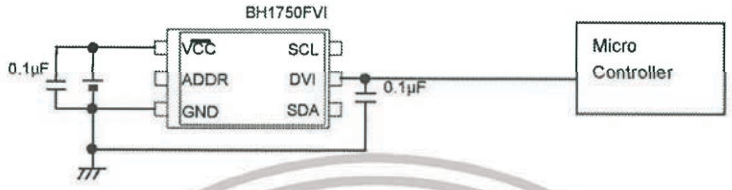
© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

●Application circuit example of DVI terminal

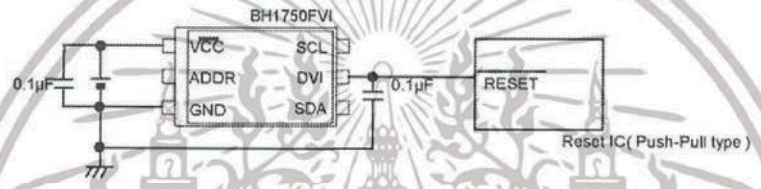
The DVI terminal is an asynchronous reset terminal. Please note that there is a possibility that IC doesn't operate normally if the reset section is not installed after the start-up of Vcc.
(Please refer to the paragraph of "Timing chart for Vcc and DVI power supply sequence")
The description concerning SDA and the terminal SCL is omitted in this application circuit example. Please design the application the standard of the I2C bus as it finishes being satisfactory. Moreover, the description concerning the terminal ADDR is omitted. Please refer to the paragraph of "Timing chart for Vcc and DVI power supply sequence" about the terminal ADDR design.

ex 1) The control signal line such as CPU is connected.

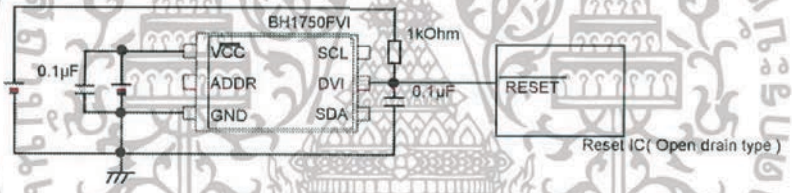


ex 2) Reset IC is used.

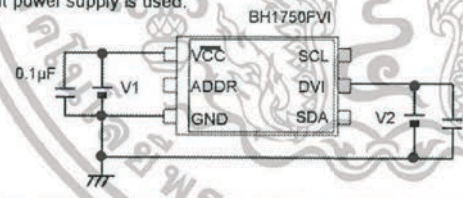
1, For Reset IC of the Push-Pull type



2, For Reset IC of the Open drain output



ex 3) A different power supply is used.

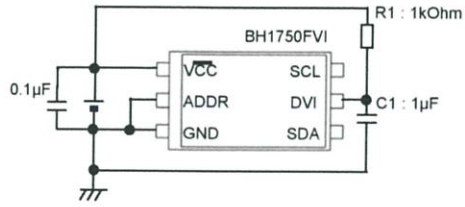


※ Power supply of DVI must stand up later than power supply of VCC stand up, because it is necessary to secure reset section (1μs or more).

© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

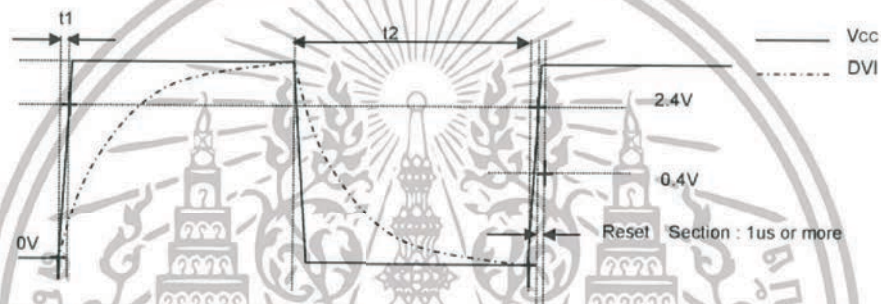
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ex 4) LPF using CR is inserted between VCC and DVI.
This method has the possibility that the Reset section of turning on the power supply can not satisfied. cannot be satisfied.
Please design the set considering the characteristic of the power supply enough.



◆ Notes when CR is inserted between VCC and DVI

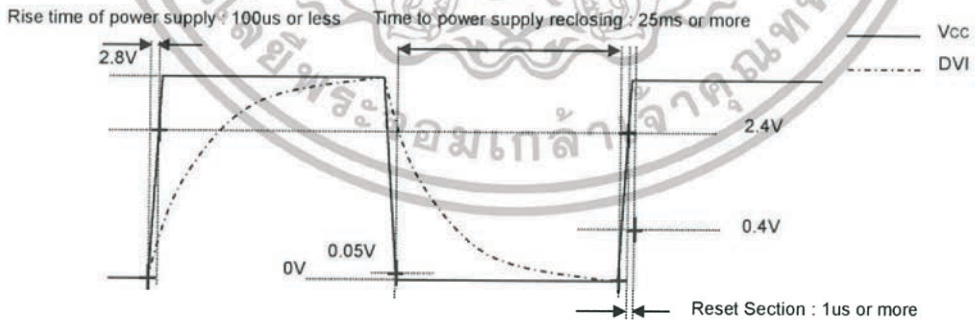
※ Please note that there is a possibility that reset section (1μs) can not be satisfied because the power supply is turned on when the rise time of VCC is slow
※ When VCC is turned off, the DVI voltage becomes higher than VCC voltage but IC destruction is not occred if recommended constant
(R1 = 1kOhm, C1 = 1μF) is used.
※ Please note that there is a possibility that Reset section (1μsec) cannot be satisfied if wait time is not enough long after turning off VCC.
(It is necessary to consider DVI voltage level after turning off VCC)



- Please do the application design to secure Reset section 1us or more after the reclosing of the power supply.

◆ Example of designing set when CR (C = 1μF, R = 1kΩ) is inserted between VCC and DVI with VCC=2.8V

①The rise time to 0→2.4V of VCC must use the power supply of 100μs or less.
②Please wait 25ms or more after VCC turn off (VCC <= 0.05V), because it is necessary to secure reset section
(1μs or more).



- Please do the application design to secure Reset section 1us or more after the reclosing of the power supply.

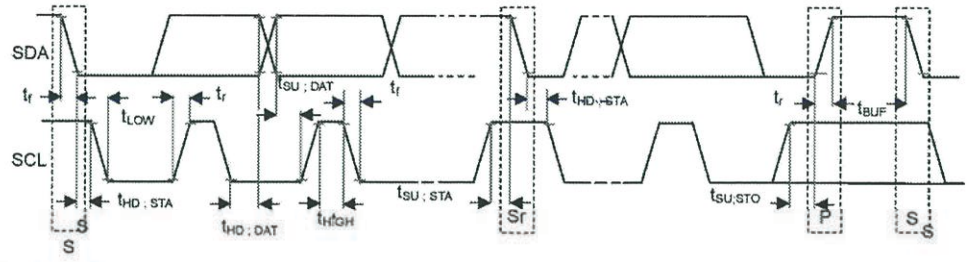
© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

●I^2C Bus Access

1) I^2C Bus Interface Timing chart

Write measurement command and Read measurement result are done by I^2C Bus interface. Please refer the formally specification of I^2C Bus interface, and follow the formally timing chart.



2) Slave Address

Slave Address is 2 types, it is determined by ADDR Terminal

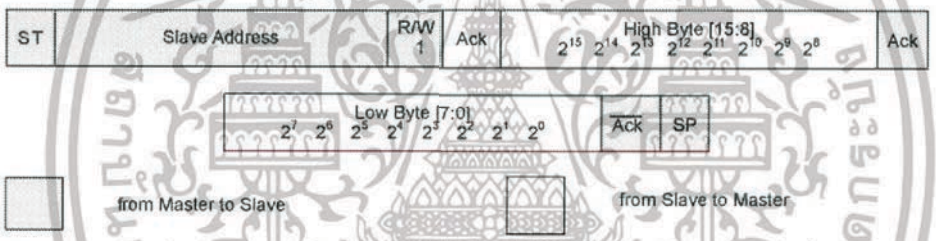
ADDR = 'H' (ADDR ≧ 0.7VCC) → "1011100"

ADDR = 'L' (ADDR ≦ 0.3VCC) → "0100011"

3) Write Format

BH1750FVI is not able to accept plural command without stop condition. Please insert SP every 1 Opecode.

4) Read Format



ex)

High Byte = "1000_0011"

Low Byte = "1001_0000"

$(2^{15} + 2^{9} + 2^{8} + 2^{7} + 2^{4}) / 1.2 \fallingdotseq 28067$ [lx]

* I^2C BUS is trademark of Philips Semiconductors. Please refer formality specification

© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

●Adjust measurement result for influence of optical window. (sensor sensitivity adjusting)

BH1750FVI is possible to change sensor sensitivity. And it is possible to cancel the optical window influence (difference with / without optical window) by using this function. Adjust is done by changing measurement time. For example, when transmission rate of optical window is 50% (measurement result becomes 0.5 times if optical window is set), influence of optical window is ignored by changing sensor sensitivity from default to 2 times

Sensor sensitivity is shift by changing the value of MTreg (measurement time regisiter). MTreg value has to set 2 times if target of sensor sensitivity is 2 times. Measurement time is also set 2 times when MTreg value is changed from default to 2 times.

ex) Procedure for changing target sensor sensitivity to 2 times.

Please change Mtreg from "0100_0101" (default) to "1000_1010" (default * 2).

1) Changing High bit of MTreg

ST	Slave Address	R/W 0	Ack	01000_100	Ack	SP

2) Changing Low bit of MTreg

ST	Slave Address	R/W 0	Ack	011_01010	Ack	SP

3) Input Measurement Command

ST	Slave Address	R/W 0	Ack	0001_0000	Ack	SP

* This example is High Resolution mode, but it accepts the other measurement.

4) After about 240ms, measurement result is registered to Data Register.
(High Resolution mode is typically 120ms, but measurement time is set twice.)

The below table is seeing the changable range of MTreg.

		Min.	Typ.	Max.
changable range of MTreg	binary	0001_1111 (sensitivity : default * 0.45)	0100_0101 default	1111_1110 (sensitivity : default * 3.68)
	decimal	31 (sensitivity : default * 0.45)	69 default	254 (sensitivity : default * 3.68)

It is possilbe to detect 0.23lx by using this function at H-resolution mode. And it is possilbe to detect 0.11lx by using this function at H-resolution mode2.

The below formula is to calculate illuminance per 1 count.

H-reslution mode : Illuminance per 1 count (lx / count) = 1 / 1.2 *(69 / X)
H-reslution mode2 : Illuminance per 1 count (lx / count) = 1 / 1.2 *(69 / X) / 2

1.2 : Measurement accuracy
69 : Default value of MTreg (dec)
X : MTreg value

The below table is seeing the detail of resolution.

Mtreg の値	lx / count at H-resolutin mode	lx / count at H-resolution mode2
0001_1111	1.85	0.93
0100_0101	0.83	0.42
1111_1110	0.23	0.11

© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

●H-Resolution Mode2

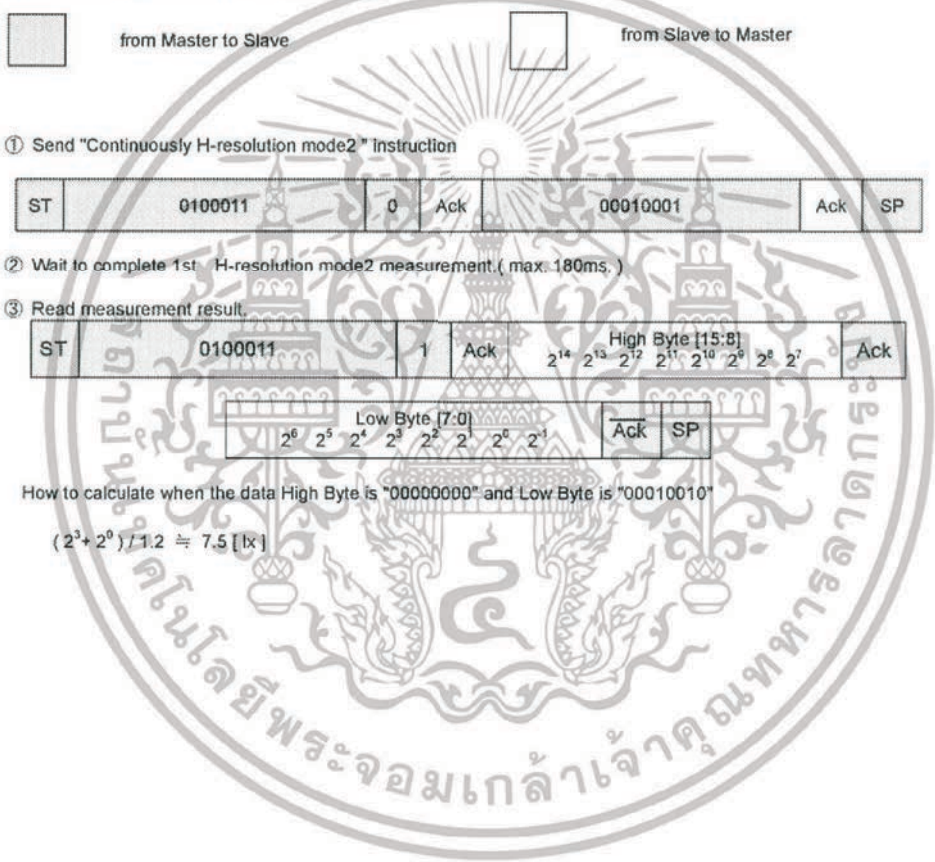
H-resolution mode2 is 0.5lx (typ.) resolution mode. It is suitable if under less than 10 lx measure ment data is necessary. This measurement mode supports " Adjust measurement result for influence of optical window ". Please refer it. It is possible to detect min. 0.11 lx by using H-resolution mode2.

○ Instruction set architecture for H-resolution mode2

Instruction	Opecode	Comments
Continuously H-Resolution Mode2	0001_0001	Start measurement at 0.5lx resolution. Measurement Time is typically 120ms.
One Time H-Resolution Mode2	0010_0001	Start measurement at 0.5lx resolution. Measurement Time is typically 120ms. It is automatically set to Power Down mode after measurement.

○ Measurement sequence example from "Write instruction" to "Read measurement result"

ex) Continuously H-resolution mode2 (ADDR = 'L')



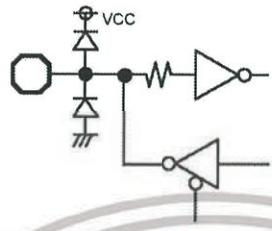
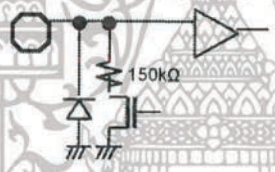
How to calculate when the data High Byte is "00000000" and Low Byte is "00010010"

$(2^{3} + 2^{0}) / 1.2 \fallingdotseq 7.5$ [lx]

© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

●Terminal Description

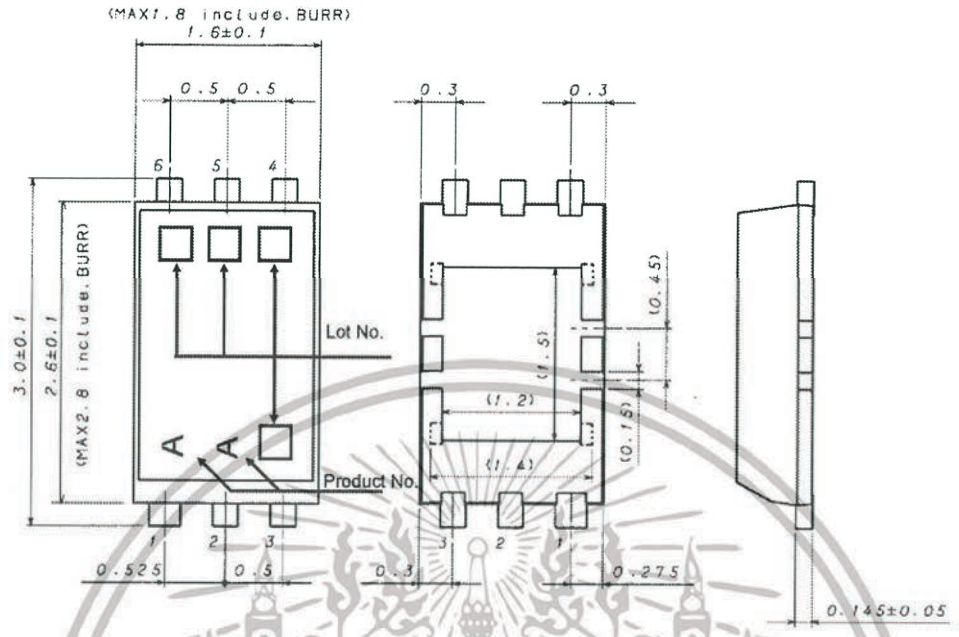
PIN No.	Terminal Name	Equivalent Circuit	Function
1	VCC		Power Supply Terminal
2	ADDR		I²C Slave-address Terminal ADDR = 'H' (ADDR ≧ 0.7Vcc) "1011100" ADDR = 'L' (ADDR ≦ 0.3Vcc) "0100011" ADDR Terminal is designed as 3 state buffer for internal test. So that please take care of Vcc and DVI supply procedure.Please see P6.
3	GND		GND Terminal
4	SDA		I²C bus Interface SDA Terminal
5	DVI		SDA, SCL Reference Voltage Terminal And DVI Terminal is also asynchronous Reset for internal registers.So that please set to 'L' (at least 1μs, DVI <= 0.4V) after Vcc is supplied. BH1750FVI is pulled down by 150kOhm while DVI = 'L'.
6	SCL		I²C bus Interface SCL Terminal

※These values are design-value. not guaranteed.

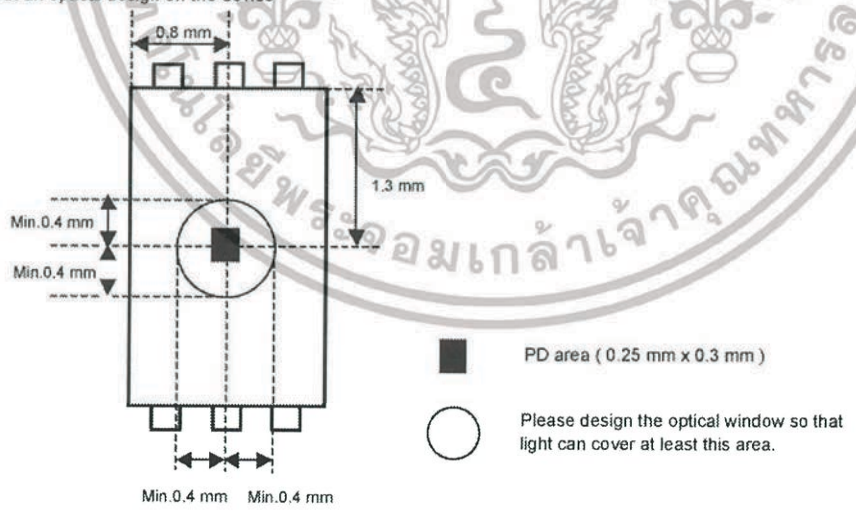
© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

●Package Outlines



●About an optical design on the device



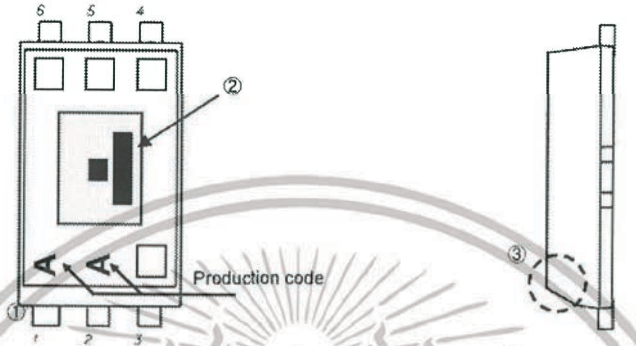
© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

●The method of distinguishing 1pin.

There is some method of distinguishing 1pin.
① Distinguishing by 1Pin wide-lead
② Distinguishing by die pattern
③ Distinguishing by taper part of 1-3pin side

② (by die patern) is the easiest method to distinguish by naked eye.



© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

●Cautions on use

1) Absolute Maximum Ratings
An excess in the absolute maximum ratings, such as supply voltage (Vmax), temperature range of operating conditions (Topr), etc., can break down devices, thus making impossible to identify breaking mode such as a short circuit or an open circuit. If any special mode exceeding the absolute maximum ratings is assumed, consideration should be given to take physical safety measures including the use of fuses, etc.

2) GND voltage
Make setting of the potential of the GND terminal so that it will be maintained at the minimum in any operating state. Furthermore, check to be sure no terminals are at a potential lower than the GND voltage including an actual electric transient.

3) Short circuit between terminals and erroneous mounting
In order to mount ICs on a set PCB, pay thorough attention to the direction and offset of the ICs. Erroneous mounting can break down the ICs. Furthermore, if a short circuit occurs due to foreign matters entering between terminals or between the terminal and the power supply or the GND terminal, the ICs can break down.

4) Operation in strong electromagnetic field
Be noted that using ICs in the strong electromagnetic field can malfunction them.

5) Inspection with set PCB
On the inspection with the set PCB, if a capacitor is connected to a low-impedance IC terminal, the IC can suffer stress. Therefore, be sure to discharge from the set PCB by each process. Furthermore, in order to mount or dismount the set PCB to/from the jig for the inspection process, be sure to turn OFF the power supply and then mount the set PCB to the jig. After the completion of the inspection, be sure to turn OFF the power supply and then dismount it from the jig. In addition, for protection against static electricity, establish a ground for the assembly process and pay thorough attention to the transportation and the storage of the set PCB.

6) Input terminals
In terms of the construction of IC, parasitic elements are inevitably formed in relation to potential. The operation of the parasitic element can cause interference with circuit operation, thus resulting in a malfunction and then breakdown of the input terminal. Therefore, pay thorough attention not to handle the input terminals; such as to apply to the input terminals a voltage lower than the GND respectively, so that any parasitic element will operate. Furthermore, do not apply a voltage to the input terminals when no power supply voltage is applied to the IC. In addition, even if the power supply voltage is applied, apply to the input terminals a voltage lower than the power supply voltage or within the guaranteed value of electrical characteristics.

7) Thermal design
Perform thermal design in which there are adequate margins by taking into account the power dissipation (Pd) in actual states of use.

8) Treatment of package
Dusts or scratch on the photo detector may affect the optical characteristics. Please handle it with care.

9) Rush current
When power is first supplied to the CMOS IC, it is possible that the internal logic may be unstable and rush current may flow instantaneously. Therefore, give special consideration to power coupling capacitance, power wiring, width of GND wiring, and routing of connections.

10) The exposed central pad on the back side of the package
There is an exposed central pad on the back side of the package. But please do it non connection. (Don't solder, and don't do electrical connection) Please mount by Footprint dimensions described in the Jisso Information for WSOF6I. This pad is GND level, therefore there is a possibility that LSI malfunctions and heavy-current is generated.

© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

●Ordering part number

B	H	1	7	5	0	F	V	I	-	T	R

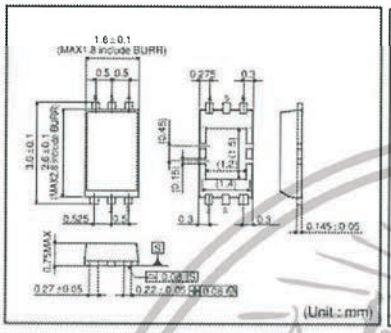
Part No. (BH)

Part No. (1750)

Package
FVI: WSOF6I

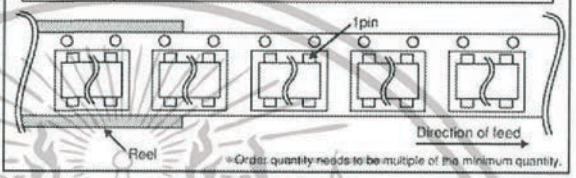
Packaging and forming specification
TR: Embossed tape and reel

WSOF6I



<Tape and Reel information>

Tape	Embossed carrier tape
Quantity	3000pcs
Direction of feed	TR (The direction is the 1pin of product is at the upper right when you hold reel on the left hand and you pull out the tape on the right hand)



※Order quantity needs to be multiple of the minimum quantity.

© 2009 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

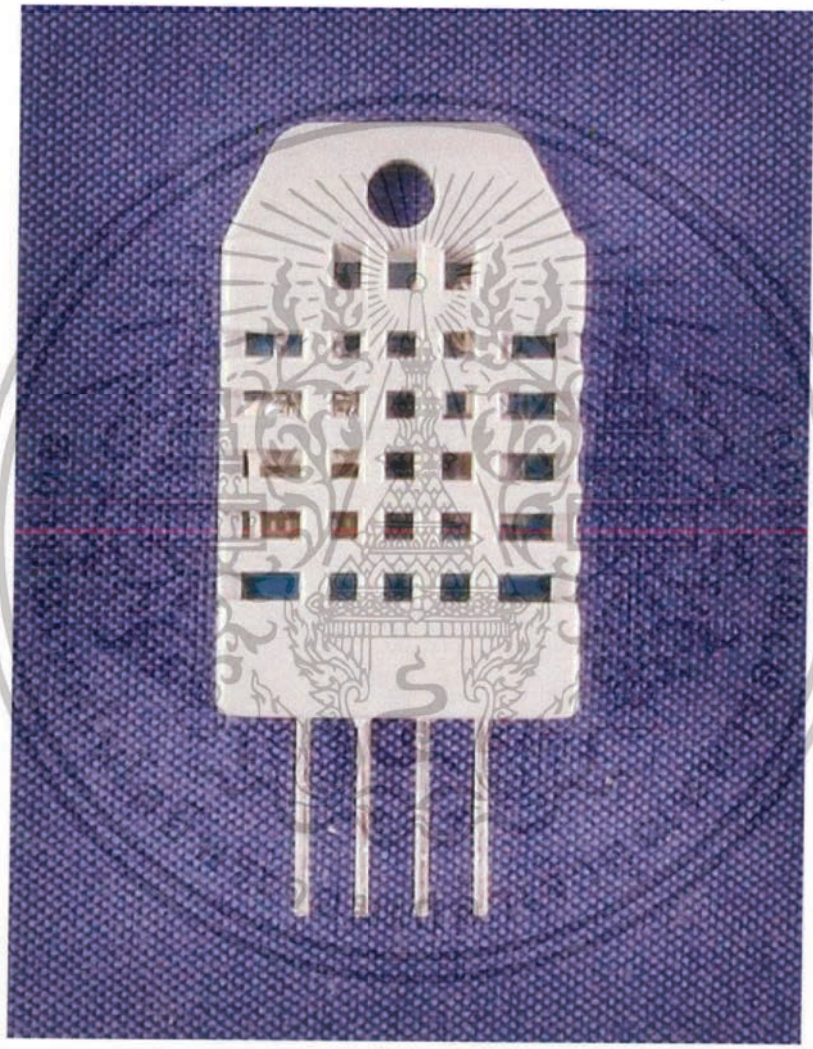
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

Digital-output relative humidity & temperature sensor/module

DHT22 (DHT22 also named as AM2302)



Capacitive-type humidity and temperature module/sensor

1

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

1. Feature & Application:

* Full range temperature compensated * Relative humidity and temperature measurement
* Calibrated digital signal *Outstanding long-term stability *Extra components not needed
* Long transmission distance * Low power consumption *4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

DHT22 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability.Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable DHT22 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

3. Technical Specification:

Model	DHT22
Power supply	3.3-6V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer capacitor
Operating range	humidity 0-100%RH; temperature -40~80Celsius
Accuracy	humidity +-2%RH(Max +-5%RH); temperature <+-0.5Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH; temperature +-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+-0.3%RH
Long-term Stability	+-0.5%RH/year
Sensing period	Average: 2s
Interchangeability	fully interchangeable
Dimensions	small size 14*18*5.5mm; big size 22*28*5mm

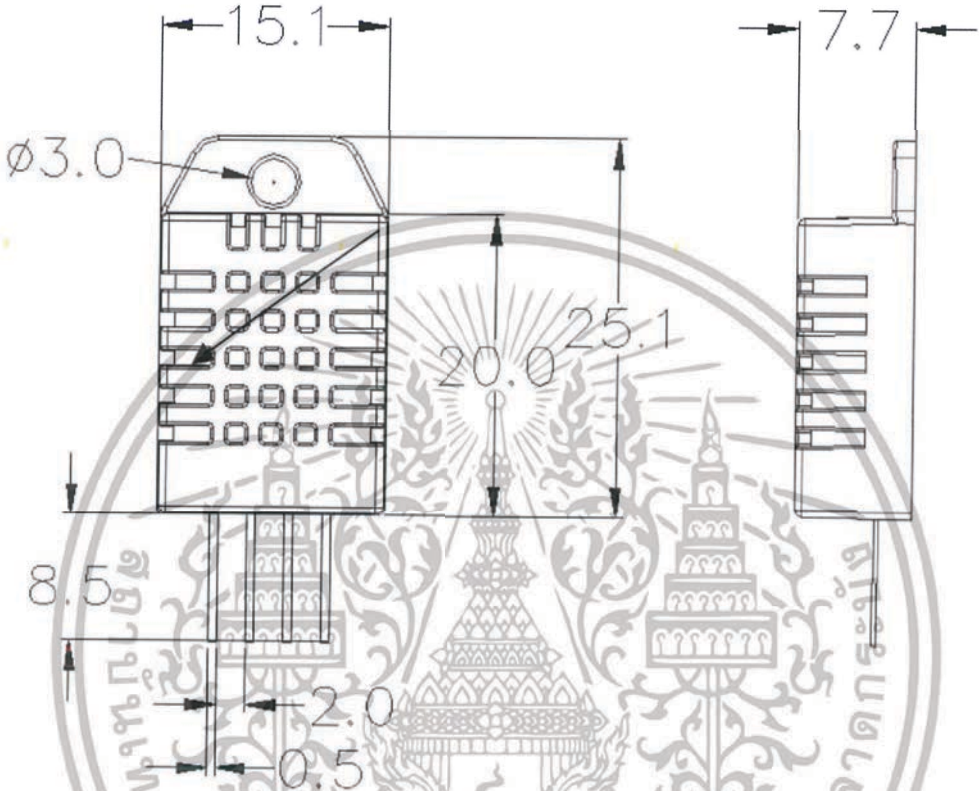
4. Dimensions: (unit----mm)

1) Small size dimensions: (unit----mm)

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).

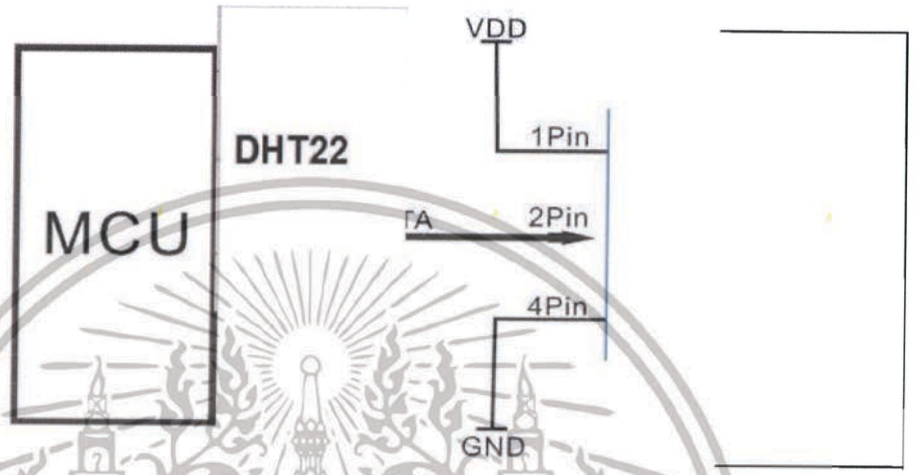
Pin	Function
1	VDD----power supply
2	DATA--signal
3	NULL
4	GND

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Electrical connection diagram:



3Pin---NC, AM2302 is another name for DHT22

6. Operating specifications:

(1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-6V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

(2) Communication and signal

Single-bus data is used for communication between MCU and DHT22, it costs 5mS for single time communication.

Data is comprised of integral and decimal part, the following is the formula for data.

DHT22 send out higher data bit firstly!

DATA=8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data+8 bit check-sum

If the data transmission is right, check-sum should be the last 8 bit of "8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data".

When MCU send start signal, DHT22 change from low-power-consumption-mode to running-mode. When MCU finishs sending the start signal, DHT22 will send response signal of 40-bit data that reflect the relative humidity

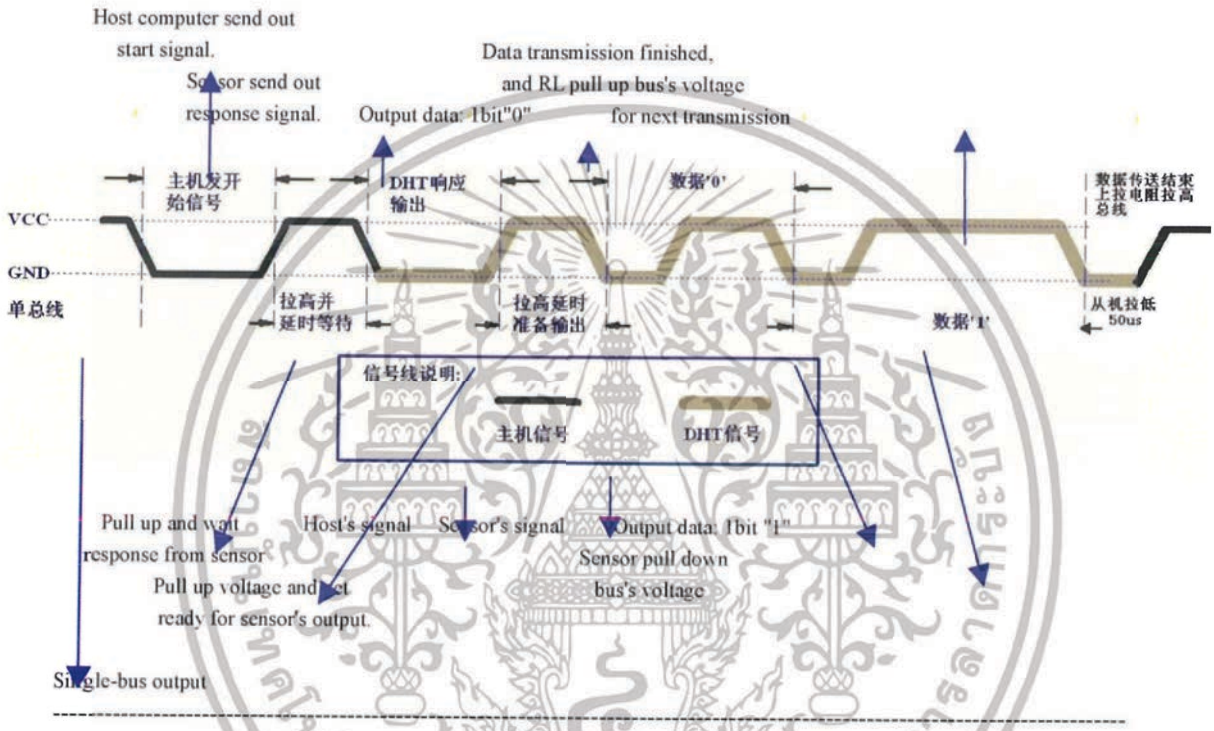
Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and temperature information to MCU. Without start signal from MCU, DHT22 will not give response signal to MCU. One start signal for one time's response data that reflect the relative humidity and temperature information from DHT22. DHT22 will change to low-power-consumption-mode when data collecting finish if it don't receive start signal from MCU again.

1) Check bellow picture for overall communication process:



2) Step 1: MCU send out start signal to DHT22

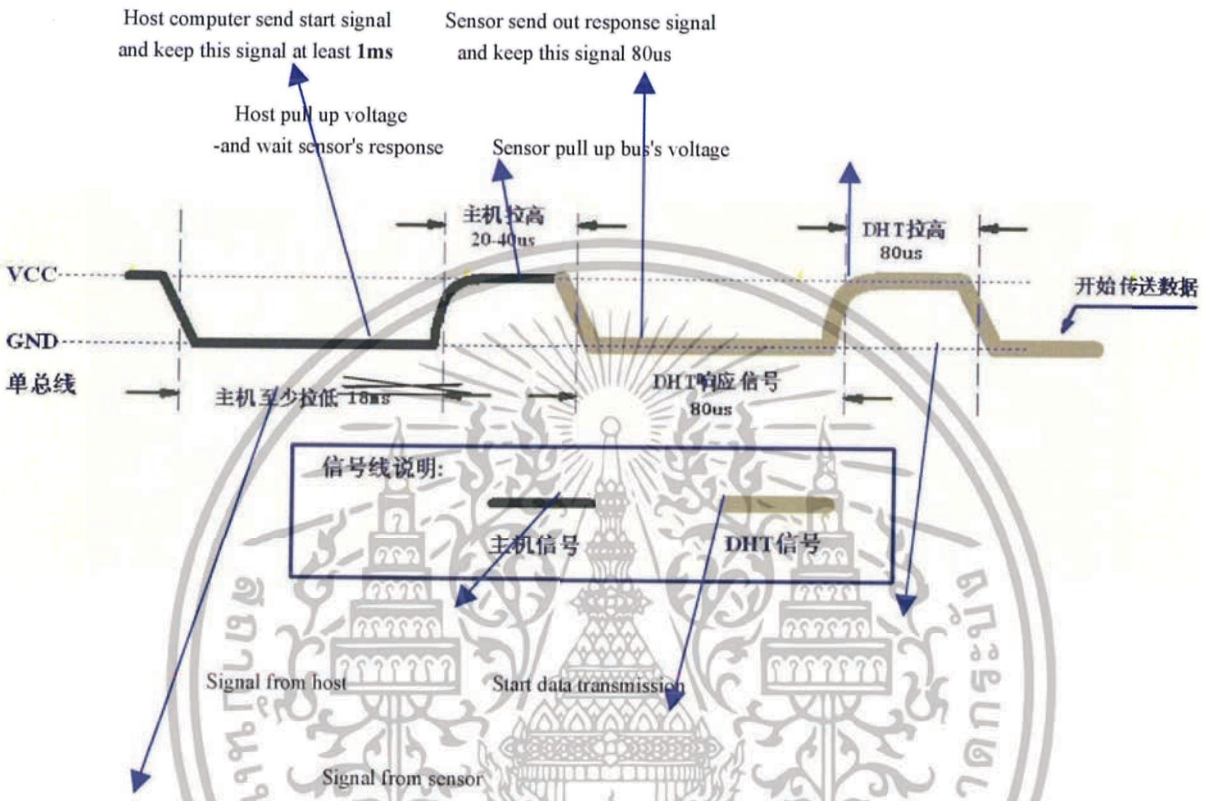
Data-bus's free status is high voltage level. When communication between MCU and DHT22 begin, program of MCU will transform data-bus's voltage level from high to low level and this process must beyond at least 1ms to ensure DHT22 could detect MCU's signal, then MCU will wait 20-40us for DHT22's response.

Check bellow picture for step 1:

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Step 2: DHT22 send response signal to MCU

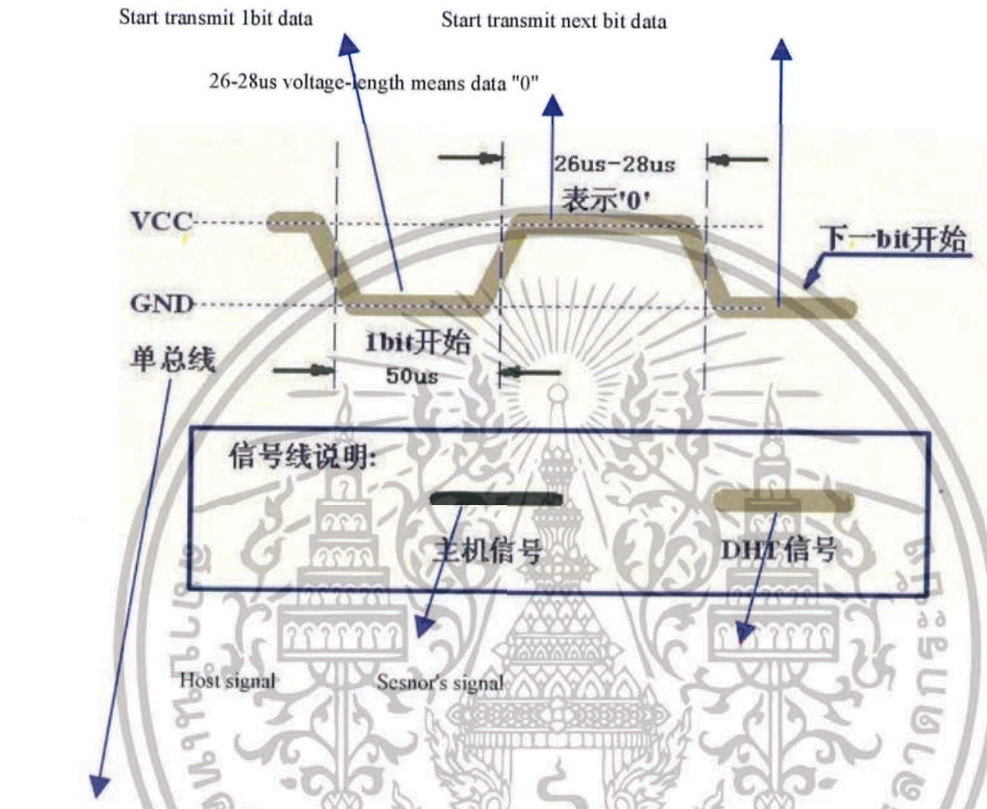
When DHT22 detect the start signal, DHT22 will send out low-voltage-level signal and this signal last 80us as response signal, then program of DHT22 transform data-bus's voltage level from low to high level and last 80us for DHT22's preparation to send data.

Check bellow picture for step 2:

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Step 3: DHT22 send data to MCU

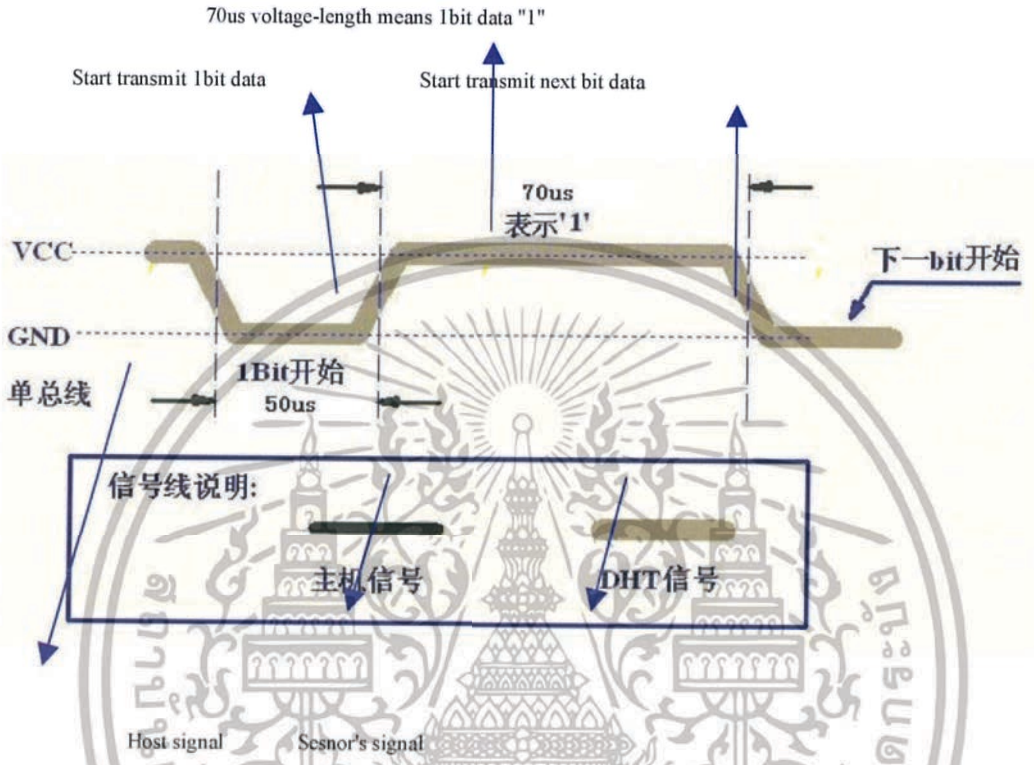
When DHT22 is sending data to MCU, every bit's transmission begin with low-voltage-level that last 50us, the following high-voltage-level signal's length decide the bit is "1" or "0".

Check bellow picture for step 3:

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



If signal from DHT22 is always high-voltage-level, it means DHT22 is not working properly, please check the electrical connection status.

7. Electrical Characteristics:

Item	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Power supply	DC	3.3	5	6	V
Current supply	Measuring	1		1.5	mA
	Stand-by	40	Null	50	uA
Collecting period	Second		2		Second

*Collecting period should be : >2 second.

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Attentions of application:

(1) Operating and storage conditions

We don't recommend the applying RH-range beyond the range stated in this specification. The DHT22 sensor can recover after working in non-normal operating condition to calibrated status, but will accelerate sensors' aging.

(2) Attentions to chemical materials

Vapor from chemical materials may interfere DHT22's sensitive-elements and debase DHT22's sensitivity.

(3) Disposal when (1) & (2) happens

Step one: Keep the DHT22 sensor at condition of Temperature 50~60Celsius, humidity <10%RH for 2 hours;

Step two: After step one, keep the DHT22 sensor at condition of Temperature 20~30Celsius, humidity >70%RH for 5 hours.

(4) Attention to temperature's affection

Relative humidity strongly depend on temperature, that is why we use temperature compensation technology to ensure accurate measurement of RH. But it's still be much better to keep the sensor at same temperature when sensing.

DHT22 should be mounted at the place as far as possible from parts that may cause change to temperature.

(5) Attentions to light

Long time exposure to strong light and ultraviolet may debase DHT22's performance.

(6) Attentions to connection wires

The connection wires' quality will effect communication's quality and distance, high quality shielding-wire is recommended.

(7) Other attentions

* Welding temperature should be bellow 260Celsius.
* Avoid using the sensor under dew condition.
* Don't use this product in safety or emergency stop devices or any other occasion that failure of DHT22 may cause personal injury.

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Soil Moisture Sensor

(Order Code SMS-BTA)

The Soil Moisture Sensor is used to measure the volumetric water content of soil. This makes it ideal for performing experiments in courses such as soil science, agricultural science, environmental science, horticulture, botany, and biology. Use the Soil Moisture Sensor to:

- Measure the loss of moisture over time due to evaporation and plant uptake.
- Evaluate optimum soil moisture contents for various species of plants.
- Monitor soil moisture content to control irrigation in greenhouses.
- Enhance your Bottle Biology™ experiments.

Note: Vernier products are designed for educational use. Our products are not designed nor are they recommended for any industrial, medical, or commercial process such as life support, patient diagnosis, control of a manufacturing process, or industrial testing of any kind.

Compatible Software

See **www.vernier.com/manuals/sms-bta** for a list of software compatible with the Soil Moisture Sensor.

Getting Started

1. Connect the sensor to the interface (LabQuest Mini, LabQuest 2, etc.).
2. Start the appropriate data-collection software (Logger *Pro*, Logger Lite, LabQuest App) if not already running, and choose New from File menu.

See the following link for additional connection information:

www.vernier.com/start/sms-bta

Using the Product

Positioning the sensor

Figure 1 shows the proper placement of the Soil Moisture Sensor. The prongs should be oriented horizontally, but rotated onto their side, like a knife poised to cut food, so that water does not pool on the flat surface of the prongs.

Figure 1

The horizontal orientation of the sensor ensures the measurement is made at a particular soil depth. The entire sensor can be placed vertically, but because soil moisture often varies by depth, this is not usually the desired orientation. To position the sensor, use a thin implement such as a trenching shovel to make the pilot hole in the soil. Place the sensor into the hole, making sure the entire length of the sensor is covered. Press down on the soil along either side of the sensor with your fingers. Continue to compact the soil around the sensor by pressing down on the soil with your fingers until you have made at least five passes along the sensor. This step is important, as the soil adjacent to the sensor surface has the strongest influence on the sensor readings.

Removing the Sensor

When removing the sensor from the soil, do not pull it out of the soil by the cable. Doing so may break internal connections and make the sensor unusable.

What is Volumetric Water Content?

In very simplified terms, dry soil is made up of solid material and air pockets, called *pore spaces*. A typical volumetric ratio would be 55% solid material and 45% pore space. As water is added to the soil, the pore spaces begin to fill with water. Soil that seems damp to the touch might now have 55% minerals, 35% pore space and 10% water. This would be an example of 10% volumetric water content. The maximum water content in this scenario is 45% because at that value, all the available pore space has been filled with water. This soil is referred to as being saturated, because at 45% volumetric water content, the soil can hold no more water.

Videos

View videos related to this product at **www.vernier.com/sms-bta**

Calibrating the Sensor

Optional Calibration Procedure

It is not usually necessary to perform a new calibration when using the Soil Moisture Sensor. The Soil Moisture Sensor has a stored calibration that will give good results. If, however, very accurate readings are needed, a calibration using the sample soil type to be measured is recommended. Two methods are described below. Method 1 is faster and easier, but potentially less accurate than Method 2.

Calibration Method 1: Two-Point Calibration

This is the faster and easier of the two methods, but is potentially less accurate.

1. Dry the soil in a drying oven at 105°C for 24 hours.
2. Obtain a water-tight container that is large enough to fully insert the sensor with room for at least 2 cm on all sides. A plastic shoe box or similar works well.
3. When cool, break up any large clods until all soil fits through a 5 mm screen.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Connect the Soil Moisture Sensor to the interface and start the data-collection program.
5. Pour the soil into the container and position the sensor as shown. The prongs should be oriented horizontally, but rotated onto their side–like a knife poised to cut food–so that water does not pool on the flat surface of the prongs.

6. Press down on the soil along either side of the sensor with your fingers. Continue to compact the soil around the sensor by pressing down on the soil with your fingers until you have made five passes along the sensor.
7. Add more soil on top of the compacted soil so that the sensor is buried at least 3 cm below the soil surface.
8. Compact the soil again using a clenched fist.
9. Enter the calibration routine of your program. Keep this first calibration point and assign a value of 0. This represents 0% volumetric water content.
10. Remove the sensor from the soil.
11. Determine the approximate volume of soil used. This can be done by packing it into a large, graduated beaker.
12. Return the soil to the calibration container.
13. Obtain a volume of distilled water that equals 45% of the volume of the soil. If, for example, you used 3500 mL of soil, you would obtain 1575 mL of distilled water.
14. Add the distilled water to the soil and mix well.
15. Position the sensor in the wet soil, again making sure the sensor is completely covered and that there are no gaps between the soil and the sensor.
16. Keep this second calibration point, assigning it a value of 45. This represents 45% volumetric water content.
17. Your sensor is now calibrated for this soil type. If you are using Logger *Pro* 3, you can save the calibration directly on the sensor. If not, you may want to record the calibration values for future use.

Calibration Method 2: Multiple-Point Calibration

This method is more accurate, but requires more time and effort than Method 1.

1. Obtain and number 12 drying jars. The jars must be able to withstand the 105°C temperature of the drying oven.
2. Weigh and record the mass of each jar.
3. Prepare the dry soil by breaking up large clods until all soil fits through a 5 mm screen. **Note**: The soil should be fairly dry, but does not need to be oven-dry for this method.
4. Obtain a water-tight container that is large enough to fully insert the sensor with room for at least 2 cm on all sides. A plastic shoe box or similar works well.
5. Connect the Soil Moisture Sensor to the interface and start the data-collection program.
6. Pour the soil into the container position the sensor as shown. The prongs should be oriented horizontally, but rotated onto their side–like a knife poised to cut food– so that water does not pool on the flat surface of the prongs.

7. Press down on the soil along either side of the sensor with your fingers. Continue to compact the soil around the sensor by pressing down on the soil with your fingers until you have made five passes along the sensor.
8. Add more soil on top of the compacted soil so that the sensor is buried at least 3 cm below the soil surface.
9. Compact the soil again using a clenched fist.
10. Enter the calibration portion of the data-collection program and record the voltage reading from the sensor. **Note**: In this method, entering the calibration portion of the program is used only to obtain a raw voltage reading from the sensor. You will not be completing a typical 2-point calibration in the software.
11. Use a soil core tool to take three volumetric soil samples adjacent to the sensor.
    a. Insert the sampling cylinder fully into the soil.
    b. Remove the soil core.
    c. Dispense the core into a drying jar.
    d. Weigh and record the mass of the jar plus soil.
    e. Repeat Steps a–d for two additional core samples.
12. Remove the sensor from the soil.
13. Decide on a standard volume of distilled water that will increase the water content by 3 to 10% for each measurement. If you are unsure about the amount of water to add, measure the volume of soil you are using. Use a volume of distilled water equal to 5% of the volume of the soil.
14. Add one aliquot of distilled water to the soil in the amount decided upon in Step 13. To avoid clumping, add the water in small amounts, mixing thoroughly.
15. Replace the sensor in the soil. Press down on the soil along either side of the sensor with your fingers. Continue to compact the soil around the sensor by pressing down on the soil with your fingers until you have made five passes along the sensor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. Add more soil on top of the compacted soil so that the sensor is buried at least
17. Compact the soil again using a clenched fist.
18. Record the voltage reading from the sensor.
19. Repeat Steps 11–18 two more times for a total of four levels of water content.
20. Dry and weigh the 12 soil samples to determine gravimetric water content.
    a. Place the jars in a drying oven for 24 hours at 105°C.
    b. Allow the samples to cool until the soil temperature is near ambient.
    c. After cooling, weigh the soil samples again to determine dry weight.
21. Determine the volumetric water content, θ, for each of the four samples.

a. Calculate the gravimetric water content, *w*.

$$w = \frac{m_w}{m_m}$$

where *m* is the mass and the subscripts *w* and *m* refer to water and minerals.

b. Calculate the bulk density, ρ_b.

$$\rho_b = \frac{m_m}{V_t}$$

where V_t is the total volume of the sample.

c. Calculate the volumetric water content.

$$\theta = w\frac{\rho_b}{\rho_w}$$

The density of water, ρ_w, is 1 g/cm^3.

Example

Soil sampling volume (V_t)	16.1 cm^3
Soil sample initial weight (with jar)	84.065 g
Dried sample weight (with jar)	81.113 g
Jar weight (tare)	57.894 g
Mass of water (initial–dry weight) (m_w)	2.952 g
Mass of dry soil (dry–tare weight) (m_m)	23.219 g

$$w = \frac{m_w}{m_m} = \frac{2.942\text{ g}}{23.219\text{ g}} = 0.127 \qquad \rho_b = \frac{m_m}{V_t} = \frac{23.219\text{ g}}{16.1\text{ cm}^3} = 1.44\text{ g cm}^{-3}$$

$$\rho = w\frac{\rho_b}{\rho_w} = 0.127\left(\frac{1.44\text{ g cm}^{-3}}{1\text{ g cm}^{-3}}\right) = 0.183 \text{ or } 18.3\%$$

22. Construct a calibration curve by graphing volumetric water content vs. the corresponding sensor output voltage at that water content. There is an experiment file in Logger *Pro* (version 3.4.5 or newer) set up for this purpose. It is named "Soil Moisture Calibration," and can be found in the Soil Moisture Sensor folder in the Probes & Sensors folder. Alternatively, you can open a new file in Logger *Pro* with no sensors connected and type the values into the data table.
23. Perform a linear regression on the calibration curve and record the slope and intercept.
24. Connect the sensor and start your data-collection program.
25. Proceed to the calibration portion of the program and manually enter the values for slope and intercept.
26. Your sensor is now calibrated for this soil type. If you are using Logger *Pro* 3, you can save the calibration directly on the sensor. If using LabQuest or a calculator, you may want to record the calibration values for future use.

Specifications

Range	0 to 45% volumetric water content in soil (capable of 0 to 100% VWC with alternate calibration)
Accuracy	±4% typical
13-bit resolution (using SensorDAQ):	0.05%
12-bit resolution (using LabPro, LabQuest, LabQuest Mini, Go!Link, or EasyLink):	0.1%
10-bit resolution (using CBL 2):	0.4%
Power	3 mA @ 5VDC
Operating temperature	–40°C to +60°C
Dimensions	Dimensions: 8.9 cm × 1.8 cm × 0.7 cm (active sensor length 5 cm)
Stored calibration	Slope: 108%/ volt Intercept: –42%

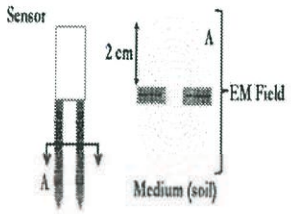
Care and Maintenance

Do not wrap the cable tightly around the sensor for storage. Repeatedly doing so can irreparably damage the wires and is not covered under warranty.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

How the Sensor Works

The Soil Moisture Sensor uses capacitance to measure dielectric permittivity of the surrounding medium. In soil, dielectric permittivity is a function of the water content. The sensor creates a voltage proportional to the dielectric permittivity, and therefore the water content of the soil.



The sensor averages the water content over the entire length of the sensor. There is a 2 cm zone of influence with respect to the flat surface of the sensor, but it has little or no sensitivity at the extreme edges. The figure above shows the electromagnetic field lines along a cross-section of the sensor, illustrating the 2 cm zone of influence.

Troubleshooting

For troubleshooting and FAQs, see www.vernier.com/til/1617

Repair Information

If you have watched the related product video(s), followed the troubleshooting steps, and are still having trouble with your Soil Moisture Sensor, contact Vernier Technical Support at support@vernier.com or call 888-837-6437. Support specialists will work with you to determine if the unit needs to be sent in for repair. At that time, a Return Merchandise Authorization (RMA) number will be issued and instructions will be communicated on how to return the unit for repair.

Warranty

Vernier warrants this product to be free from defects in materials and workmanship for a period of five years from the date of shipment to the customer. This warranty does not cover damage to the product caused by abuse or improper use. This warranty covers educational institutions only.

Disposal

When disposing of this electronic product, do not treat it as household waste. Its disposal is subject to regulations that vary by country and region. This item should be given to an applicable collection point for the recycling of electrical and electronic equipment. By ensuring that this product is disposed of correctly, you help prevent potential negative consequences on human health or on the environment. The recycling of materials will help to conserve natural resources. For more detailed information about recycling this product, contact your local city office or your disposal service.

Battery recycling information is available at www.call2recycle.org

Do not puncture or expose the battery to excessive heat or flame.

The symbol, shown here, indicates that this product must not be disposed of in a standard waste container.

Vernier

MEASURE. ANALYZE. LEARN.™

Vernier Software & Technology
13979 SW Millikan Way • Beaverton, OR 97005-2886
Toll Free (888) 837-6437 • (503) 277-2299 • Fax (503) 277-2440
info@vernier.com • www.vernier.com

Rev 08/9/18

Logger Pro, Logger Lite, Vernier LabQuest, Vernier LabQuest Mini, and other marks shown are our trademarks or registered trademarks in the United States.

All other marks not owned by us that appear herein are the property of their respective owners, who may or may not be affiliated with, connected to, or sponsored by us.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Level Switch Sensor

Level Switch FX

Manual

AQ Elteknik

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Level Switch FX

Version 1.5

March 2012

AQ Elteknik AB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table of contents

1. **Manufacturer information** 4
   - CE Declaration of Conformity 4
   - Limited Warranty 4
   - Manufacturer information 4
   - Certificate of Quality and Function 4
2. **Introduction** 5
3. **Electric installation** 5
4. **Installation** 5
5. **Calibration** 6
6. **Settings** 7
7. **Indications** 7
8. **Technical specifications Level Switch FX** 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Manufacturer information

AQ Elteknik AB operates a policy of on-going development and reserves the right to make changes and improvements to any of the products described in this manual without prior notice.

Under no circumstances shall AQ Elteknik be held responsible for any loss or indirect damage howsoever caused. The contents of this document are provided as it is. AQ Elteknik AB reserves the right to revise this document or withdraw it at any time without prior notice.

CE Declaration of Conformity

Manufacturer: AQ Elteknik AB Sweden declares, that the product:

Level Switch FX marked with CE-label conforms with the following standards: EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN55011 (Group 1, Class B).

Level Switch FX marked with conforms to WEEE directive 2002/96/EC. The Level Switch FX also conforms to RoHS directive 2002/95/EC. When the Level Switch FX is to be discarded, send it back to AQ Elteknik AB for safe disposal.

Limited Warranty

AQ Elteknik AB warrants to the original end user that the Level Switch FX is free from any defects in materials or workmanship for a period of one year from the date of purchase. During the warranty period, should the Level Switch FX have indications of failure due to faulty workmanship or materials, AQ Elteknik AB will replace it with no charge. This warranty shall not apply if the Level Switch FX is modified, misused or subjected to abnormal working conditions.

Replacement as provided under this warranty is the only remedy of the purchaser. The purchaser pays freight to AQ Elteknik AB. AQ Elteknik AB shall in no event be held liable for indirect or consequential damages of any kind or character to the purchaser.

Manufacturer information

Manufacturer: **AQ Elteknik AB**

Address: Alsikegatan 4
SE-753 23 Uppsala
Sweden

Phone: +46 (0)18-18 34 30
Fax: +46 (0)18-10 50 04
E-mail: aqelteknik@aqg.se

www.aqelteknik.com

Certificate of Quality and Function

AQ Elteknik AB guaranties that the Level Switch FX has passed function tests and quality tests

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Introduction

The Level Switch FX attaches to the outside of a container and senses the presence of liquid inside through the container wall.

The measuring technique of Level Switch FX sends ultrasound into the container wall and measures the damping the liquid has on the ultrasound vibrations in the container wall. This technique depends on the properties of the container wall. It works very well for plastic walls and for metal and glass walls there is some temperature-dependence. The minimum wall thickness is 1,3mm and the maximum wall thickness is 15mm (except PP max 10mm). Double walls cannot be measured. Plastic with fiber could be difficult to measure.

The temperature-dependence for metal and glass walls can cause errors if container wall temperature changes more than 15ºC from the temperature at calibration.

The Level Switch FX is very sensitive to small movements of the Level Switch FX. Gluing the Level Switch FX is the best way to ensure stability.

Level Switch FX can also be sensitive to liquid drops remaining on the inside of the wall. Always thorough testing before use is recommended.

3. Electric installation

White: Power supply +
Brown: Power supply -
Green: Output NPN
Screen: can be connected to ground or supply –

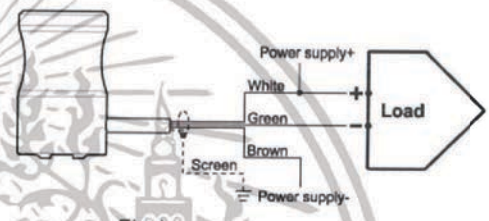


Fig 1

Green is an NPN-output which makes connection to brown when active. Maximum current is 250mA.

A load should be connected between white and green (Fig1)

A relay should be connected between white and green (Fig2).

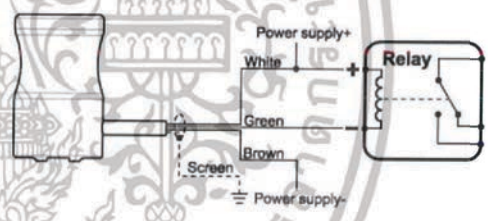


Fig 2

4. Installation

The Level Switch FX measures if there is liquid or not behind the container wall. Ultrasound passes into the container through an area approximately 6mm diameter at the center of the Level Switch FX. The ultrasound must be able to pass easy into the container; therefore there must be a tight ultrasound-connection without any air-gap between the Level Switch FX and the wall. This can be achieved by gluing it. We recommend **"Loctite Repair Extreme".** However for PP, PE we recommend **"Loctite 422"** and primer **"Loctite 770"** or similar.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Check that the Level Switch FX fits the container (Fig 3), then put cable-ties or a string tight around the container and the Level Switch FX (Fig 5). Bend the Level Switch FX loose and put some glue on the container-facing side of the Level Switch FX (Fig 4). Put a round drop of glue, not a circle, so that when the Level Switch FX is pressed against the container wall, air should not be trapped inside the glue. Put the cable-tie or string on the Level Switch FX and bend it up on the container (Fig 5). The glue should cover the gap between the Level Switch FX and the container. Leave the Level Switch FX steady for 24 hours then the glue has partly cured. The Level Switch FX can be calibrated and tested immediately but a final calibration should be done a few weeks later when the glue is completely cured. For testing purposes or if for some reason the Level Switch FX cannot be glued, Electrolube HTC Heat Transfer Compound can be used. It does not cure so the Level Switch FX must be held very steady in place by other means.

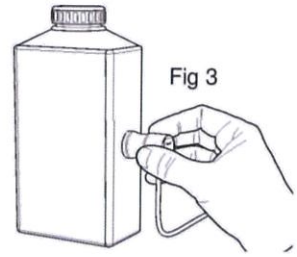


Fig 3

When the container wall is not flat, the gap between the container and Level Switch FX must be filled with glue.

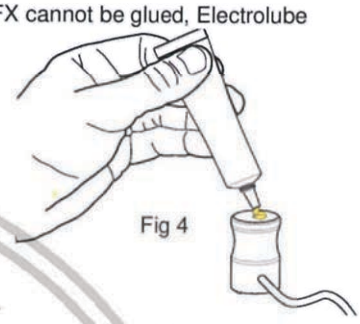


Fig 4

To facilitate gluing on a round container, Level Switch FX-COLLET can be used (Fig 12). First install Level Switch FX-COLLET on the container using cable-ties or wire. Then put a big round drop of glue on the Level Switch FX and insert it into Level Switch FX-COLLET. The glue will then fill the space between Level Switch FX and the container wall (Fig 6). Level Switch FX-COLLET must remain attached.

If better IP-protection is needed, Level Switch FX-CAP can be attached on top of the Level Switch FX. (Fig 11)

Fig 5

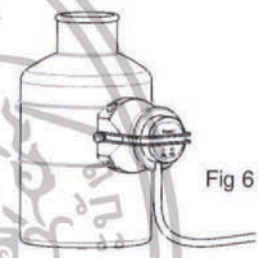


Fig 6

5. Calibration

Before Level Switch FX can be used it must be calibrated both for liquid and for air. The two calibrations should be done one after the other although the time span between is not limited. Press the CalButton on the Level Switch FX to start calibration.

Calibration sequence starting with liquid:

1. Fill the container with liquid. (Fig8)
2. Press the CalButton 1s. (Fig7)
3. LiqLED blinks fast green for 5 seconds while it calibrates liquid.
4. Level Switch FX is waiting for calibrating air. LiqLED blinks slow green.
5. Empty the container.
6. Press the CalButton 0,1s. (Fig7)
7. LiqLED blinks fast red for 5 seconds while it calibrates air.

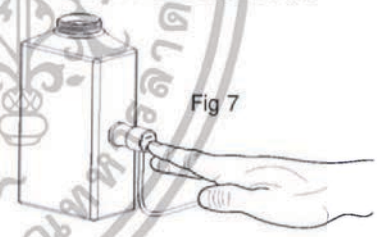


Fig 7

Alternative calibration sequence starting with air:

1. Empty the container.
2. Hold the CalButton until it starts blinking fast red. (Fig7)
3. LiqLED blinks fast red for 5 seconds while it calibrates air.
4. Level Switch FX is waiting for calibrating liquid. LiqLED blinks slow red.
5. Fill the container with liquid. (Fig8)
6. Press the CalButton. (Fig7)
7. LiqLED blinks fast green for 5 seconds while it calibrates liquid.

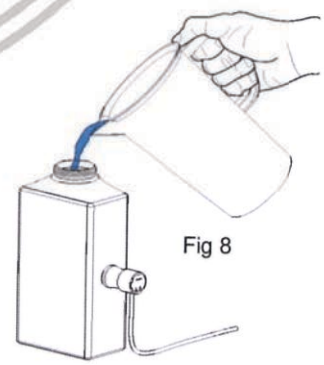


Fig 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

If after calibration LiqLED blinks red continuously, signal difference between liquid and air is too small for reliable measurement.

To check the signal strength, press the CalButton very short. Red starts blinking slow a number of times, the number of blinks indicates the signal strength. Less than 3 blinks is unreliable, more than 6 blinks is good.

6. Settings

To enter settings mode, hold the CalButton while supply is switched on. The LiqLED blinks every 2 second indicating settings mode has been entered. Double blink indicates setting the output parameter: Double blink green = output is active with liquid (default), Double blink red = output is active with air. Press the CalButton short to toggle.

Holding the CalButton long selects next parameter: Triple-blink indicates setting the detection delay parameter: Triple-blink green = detection delay 0,1s (default), Triple-blink red = detection delay 2s. Press the CalButton short to toggle. (Long detection delay is used to avoid rapid changes of the output)

Switch off the supply (or hold the CalButton long) to exit settings mode.

7. Indications

PowerLED: Lights when supply is connected to Level Switch FX

LiqLED off = Air, low level

LiqLED green = Liquid, high level

LiqLED blinking red = error

LiqLED blinking red and green = error

LiqLED blinking slow red = waiting for calibration of liquid

LiqLED blinking slow green = waiting for calibration of air

LiqLED double blink red or green every 2 second = Settings mode (output)

LiqLED triple blink red or green every 2 second = Settings mode (delay)

LiqLED blinking red at medium speed a limited number of blinks = indicating signal difference between air and liquid measured during calibration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Technical specifications Level Switch FX

Weight with cable	80g
Cable	2m ø 4mm (White plus+ Brown minus- Green output)
Operating voltage	+12 to +24V DC power supply (max +28V DC)
Current consumption	30mA (not including relay current)
Protection class	IP60, or IP65 with option: Level Switch FX-CAP
Media and ambient temperature	-10°C to 60°C
Approximate maximum metal container temperature deviation from temperature during calibration ±15°C	
Ambient Humidity	max 90%
Material	PEI
Measurement frequency	approx. 2 MHz
Green (output)	NPN-transistor (makes connection between green and brown when active)
Selectable active with liquid or with air.	
Level change detection delay	Selectable 0,1s or 2s
Voltage applied at green (output)	Must not exceed voltage at white or brown
Max current at green (output)	250mA (no short circuit protection)
Container wall	1,3mm to 15mm thickness (PP max 10mm)
Glue	Loctite repair extreme
Order number:	FX
Minimum container diameter:	approx. 70mm

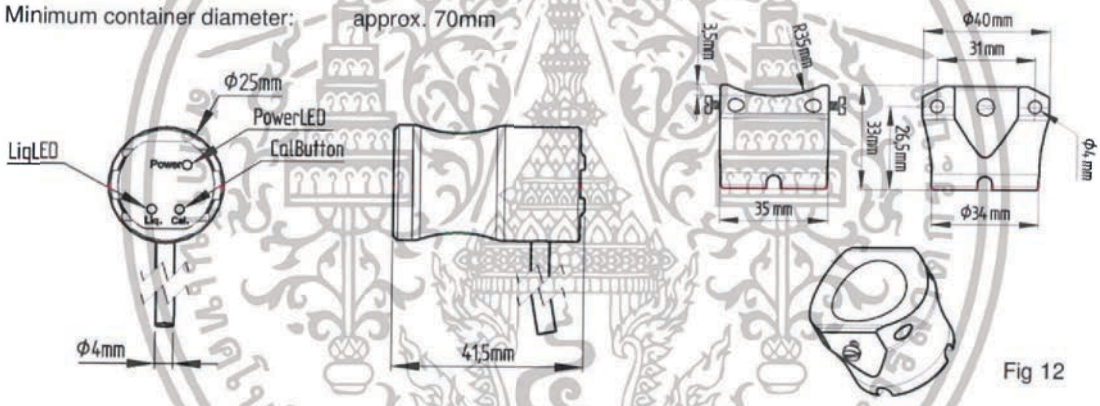


Fig 12

To facilitate gluing on a round container (Fig 6), Level Switch FX-COLLET can be used.
Level Switch FX-COLLET is ordered separately. Order number: Level Switch FX-COLLET (Fig 12).

The IP protection can be improved to IP65 with Level Switch FX-CAP (Fig 11)
Level Switch FX-CAP is ordered separately. Order number: Level Switch FX-CAP

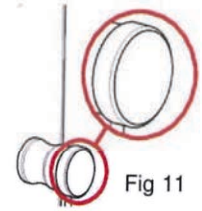
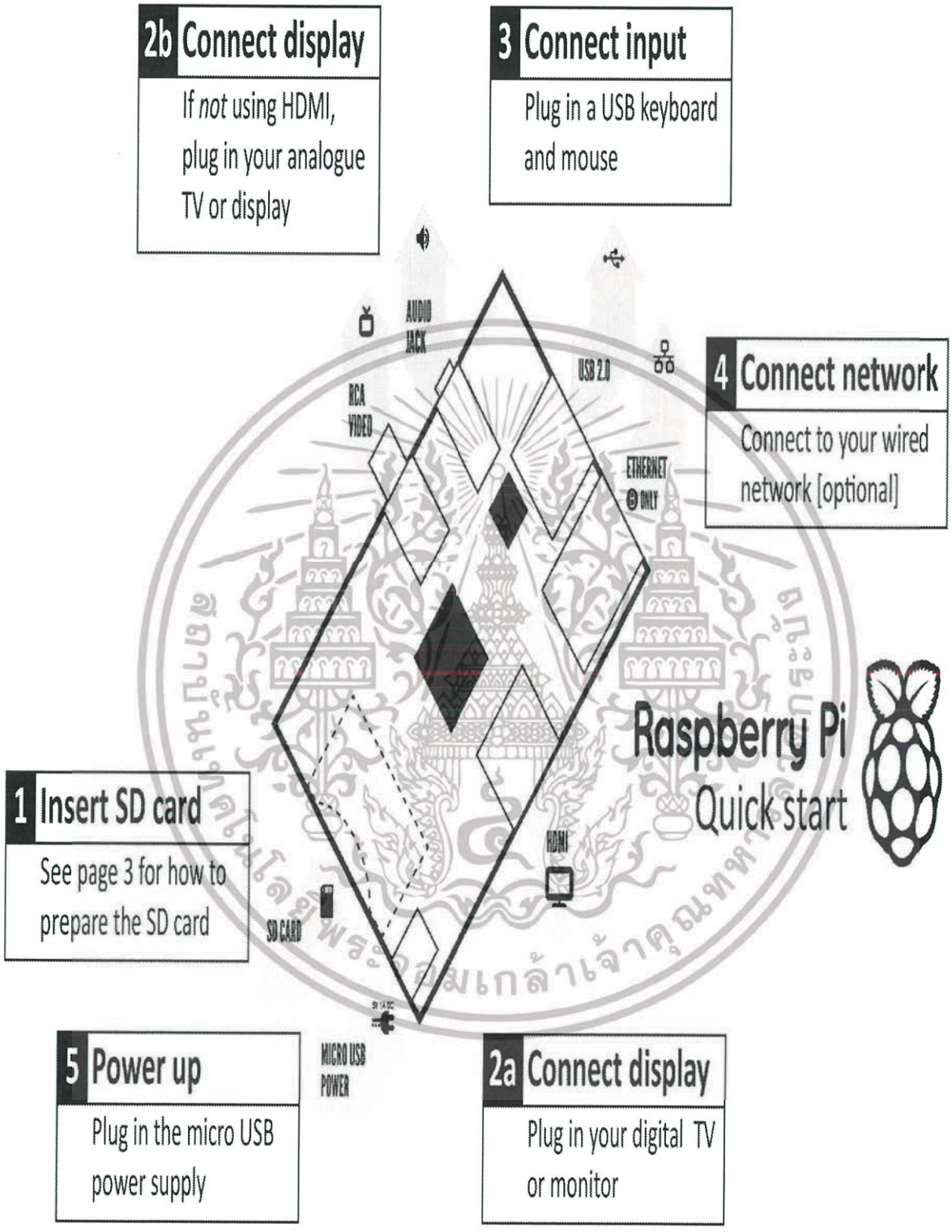


Fig 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

To set up your Raspberry Pi you will need:

	Item	Minimum recommended specification & notes
1	SD card	• Minimum size 4Gb; class 4 (the *class* indicates how fast the card is). • We recommend using branded SD cards as they are more reliable.
2a	HDMI to HDMI / DVI lead	• HDMI to HDMI lead (for HD TVs and monitors with HDMI input). **OR** HDMI to DVI lead (for monitors with DVI input). • Leads and adapters are available for few pounds -- there is no need to buy expensive ones!
2b	RCA video lead	• A standard RCA composite video lead to connect to your analogue display if you are not using the HDMI output.
3	Keyboard and mouse	• Any standard USB keyboard and mouse should work. • Keyboards or mice that take a lot of power from the USB ports, however, may need a powered USB hub. This may include some wireless devices.
4	Ethernet (network) cable [optional]	• Networking is optional, although it makes updating and getting new software for your Raspberry Pi much easier.
5	Power adapter	• A good quality, micro USB power supply that can provide at least **700mA at 5V** is essential. • Many mobile phone chargers are suitable—check the label on the plug. • If your supply provides less than 5V then your Raspberry Pi may not work at all, or it may behave erratically. Be wary of very cheap chargers: some are not what they claim to be. • It does not matter if your supply is rated at *more* than 700mA.
6	Audio lead [optional]	• If you are using HDMI to HDMI then you will get digital audio via this. • If you are using the analogue RCA connection or a HDMI to DVI cable, stereo audio is available from the 3.5mm jack next to the RCA connector.

Know your leads:

HDMI connector

HDMI to DVI lead

RCA composite video connector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Preparing your SD card for the Raspberry Pi

The SD card contains the Raspberry Pi's operating system (the OS is the software that makes it work, like Windows on a PC or OSX on a Mac). This is very different from most computers and it is what many people find the most daunting part of setting up their Raspberry Pi. It is actually very straightforward—just different!

The following instructions are for Windows users. Linux and Mac users can find instructions at www.raspberrypi.org/downloads

1. Download the Raspberry Pi operating system

The recommended OS is called *Raspbian*. Download it here:
http://downloads.raspberrypi.org/images/raspbian/2012-12-16-wheezy-raspbian/2012-12-16-wheezy-raspbian.zip

2. Unzip the file that you just downloaded

a) Right click on the file and choose "Extract all".
b) Follow the instructions—you will end up with a file ending in *.img*

This *.img* file can only be written to your SD card by special disk imaging software, so...

3. Download the Win32DiskImager software

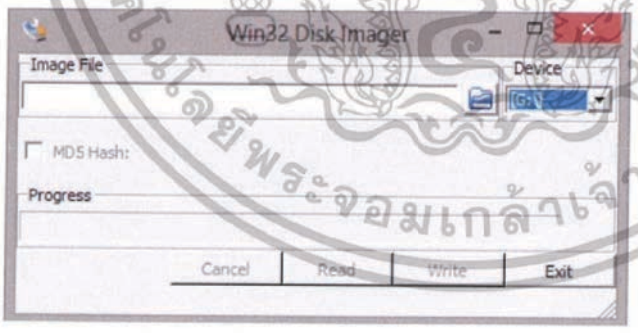
a) Download *win32diskimager-binary.zip* (currently version 0.6) from:
https://launchpad.net/win32-image-writer/+download

b) Unzip it in the same way you did the Raspbian *.zip* file
c) You now have a new folder called *win32diskimager-binary*

You are now ready to write the Raspbian image to your SD card.

4. Writing Raspbian to the SD card

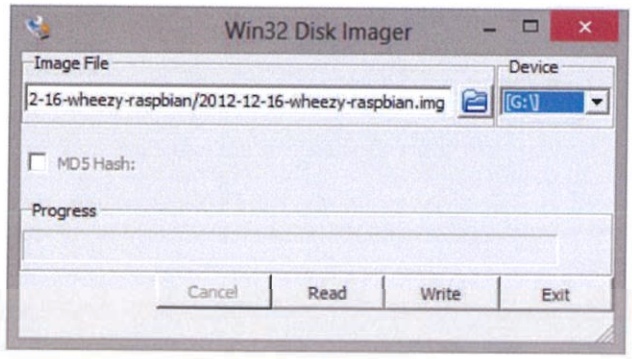
a) Plug your SD card into your PC
b) In the folder you made in step 3(b), run the file named *Win32DiskImager.exe* (in Windows Vista, 7 and 8 we recommend that you right-click this file and choose "Run as administrator"). You will see something like this:



c) If the SD card (*Device*) you are using isn't found automatically then click on the drop down box and select it

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

d) In the *Image File* box, choose the Raspbian *.img* file that you downloaded



e) Click *Write*

f) After a few minutes you will have an SD card that you can use in your Raspberry Pi

5. Booting your Raspberry Pi for the first time

a) Follow the *Quick start* guide on page 1

b) On first boot you will come to the `Raspi-config` window

c) Change settings such as `timezone` and `locale` if you want

d) Finally, select the second choice:
`expand_rootfs`
and say 'yes' to a reboot

e) The Raspberry Pi will reboot and you will see `raspberrypi login:`

f) Type:
`pi`

g) You will be asked for your `Password`

h) Type:
`raspberry`

[Note: you will not see anything happening when you type this! Just type it and press enter.]

i) You will then see the prompt:
`pi@raspberry ~ $`

j) Start the desktop by typing:
`startx`

k) You will find yourself in a familiar-but-different desktop environment.

l) Experiment, explore and have fun!

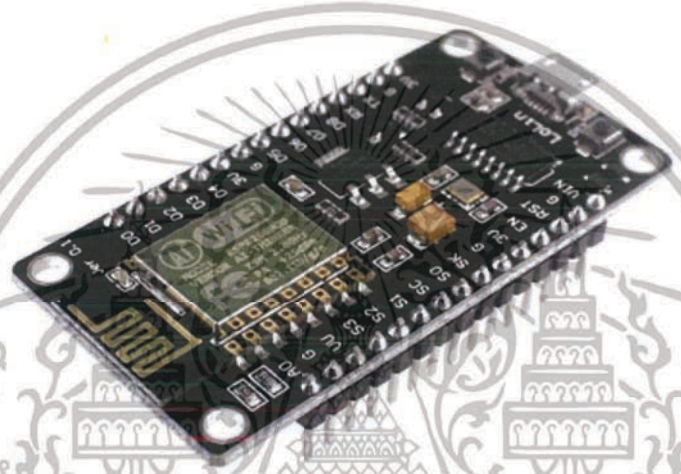
For more details and where to go next visit www.raspberrypi.org and the forums at www.raspberrypi.org/phpBB3. The latest version of Raspbian can always be found at www.raspberrypi.org/downloads

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Handson Technology

User Manual V1.2

ESP8266 NodeMCU WiFi Devkit



The ESP8266 is the name of a micro controller designed by Espressif Systems. The ESP8266 itself is a self-contained WiFi networking solution offering as a bridge from existing micro controller to WiFi and is also capable of running self-contained applications.

This module comes with a built in USB connector and a rich assortment of pin-outs. With a micro USB cable, you can connect NodeMCU devkit to your laptop and flash it without any trouble, just like Arduino. It is also immediately breadboard friendly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table of Contents

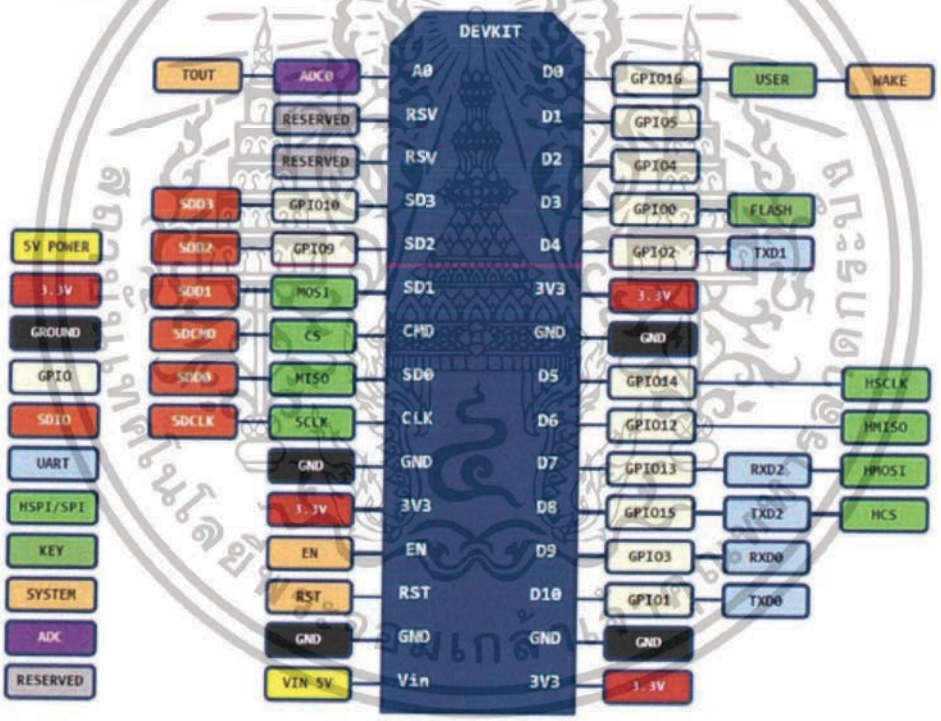
1. Specification:.....3
2. Pin Definition:.....3
3. Using Arduino IDE.....3
   - 3.1 Install the Arduino IDE 1.6.4 or greater.....4
   - 3.2 Install the ESP8266 Board Package.....4
   - 3.3 Setup ESP8266 Support.....5
   - 3.4 Blink Test.....7
   - 3.5 Connecting via WiFi.....9
4. Flashing NodeMCU Firmware on the ESP8266 using Windows.....12
   - 4.1 Parts Required:.....12
   - 4.2 Pin Assignment:.....12
   - 4.3 Wiring:.....13
   - 4.4 Downloading NodeMCU Flasher for Windows.....13
   - 4.5 Flashing your ESP8266 using Windows.....13
5. Getting Started with the ESPlorer IDE.....15
   - 5.1 Installing ESPlorer.....15
   - 5.2 Schematics.....18
   - 5.3 Writing Your Lua Script.....18
6. NodeMCU GPIO for Lua.....22
7. Web Resources:.....22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Specification:

- Voltage:3.3V.
- Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP.
- Current consumption: 10uA~170mA.
- Flash memory attachable: 16MB max (512K normal).
- Integrated TCP/IP protocol stack.
- Processor: Tensilica L106 32-bit.
- Processor speed: 80~160MHz.
- RAM: 32K + 80K.
- GPIOs: 17 (multiplexed with other functions).
- Analog to Digital: 1 input with 1024 step resolution.
- +19.5dBm output power in 802.11b mode
- 802.11 support: b/g/n.
- Maximum concurrent TCP connections: 5.

2. Pin Definition:



D0(GPIO16) can only be used as gpio read/write, no interrupt supported, no pwm/i2c/ow supported.

3. Using Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The most basic way to use the ESP8266 module is to use serial commands, as the chip is basically a WiFi/Serial transceiver. However, this is not convenient. What we recommend is using the very cool Arduino ESP8266 project, which is a modified version of the Arduino IDE that you need to install on your computer. This makes it very convenient to use the ESP8266 chip as we will be using the well-known Arduino IDE. Following the below step to install ESP8266 library to work in Arduino IDE environment.

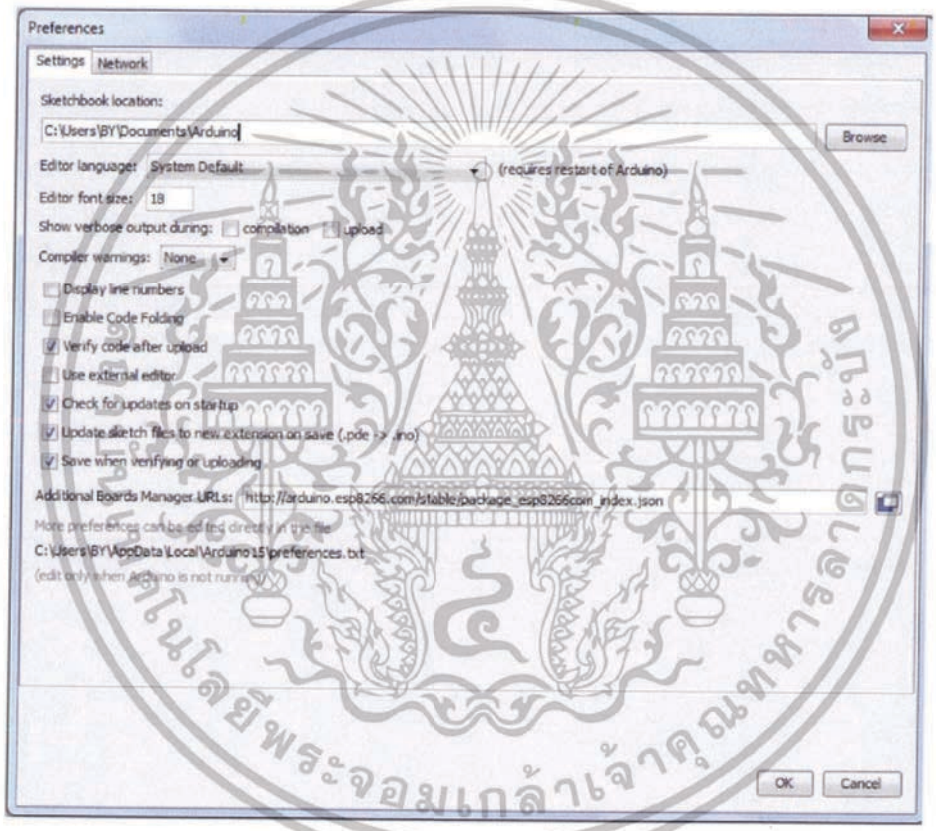
3.1 Install the Arduino IDE 1.6.4 or greater

Download Arduino IDE from Arduino.cc (1.6.4 or greater) - don't use 1.6.2 or lower version! You can use your existing IDE if you have already installed it.

You can also try downloading the ready-to-go package from the ESP8266-Arduino project, if the proxy is giving you problems.

3.2 Install the ESP8266 Board Package

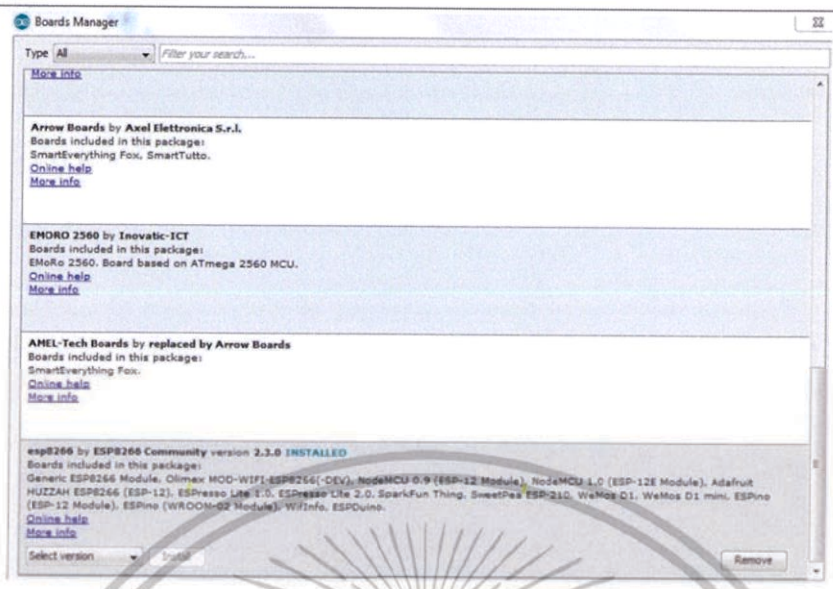
Enter ***http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json*** into *Additional Board Manager URLs* field in the Arduino v1.6.4+ preferences.



Click 'File' -> 'Preferences' to access this panel.

Next, use the Board manager to install the ESP8266 package.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

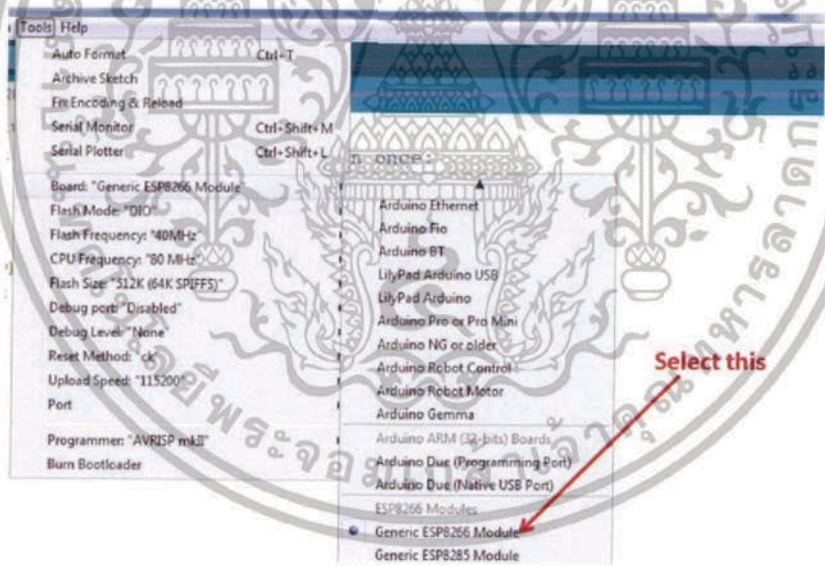


Click 'Tools' -> 'Board:' -> 'Board Manager...' to access this panel.

Scroll down to ' esp8266 by ESP8266 Community ' and click "Install" button to install the ESP8266 library package. Once installation completed, close and re-open Arduino IDE for ESP8266 library to take effect.

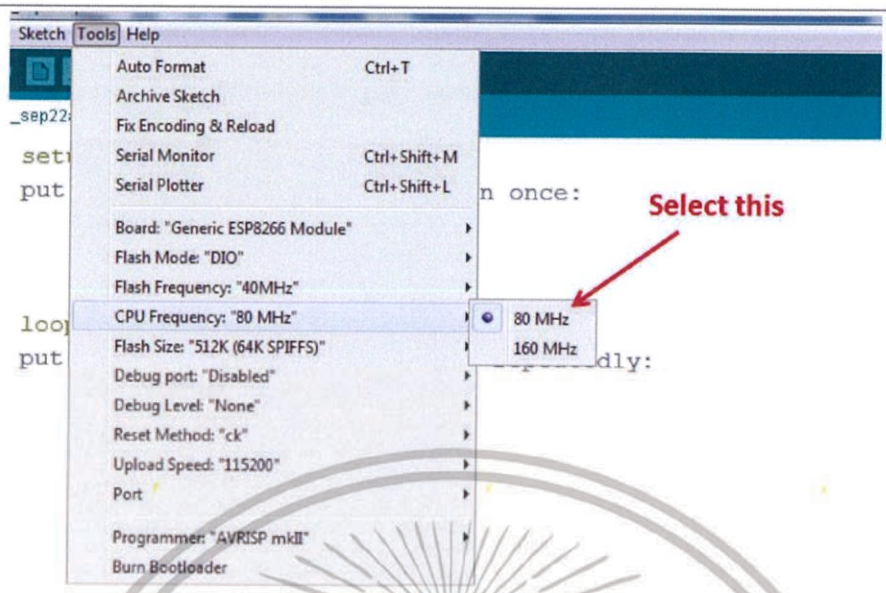
3.3 Setup ESP8266 Support

When you've restarted Arduino IDE, select 'Generic ESP8266 Module' from the 'Tools' -> 'Board:' dropdown menu.

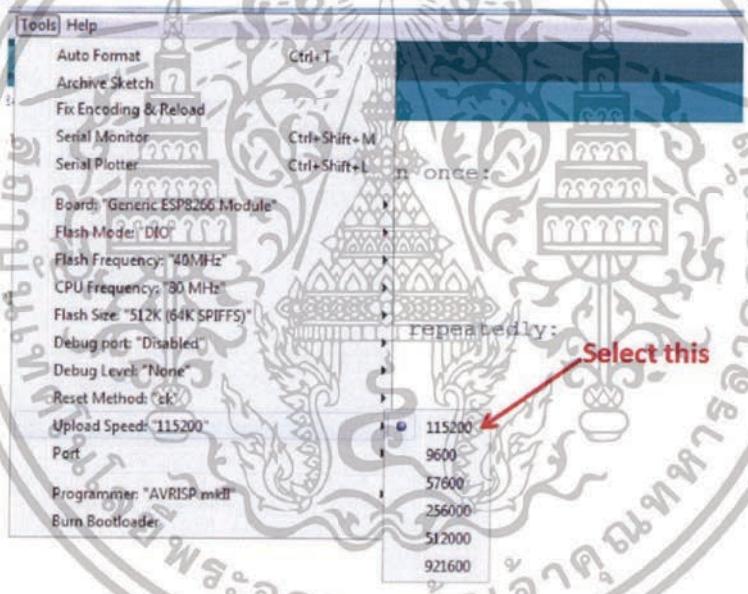


Select 80 MHz as the CPU frequency (you can try 160 MHz overclock later)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

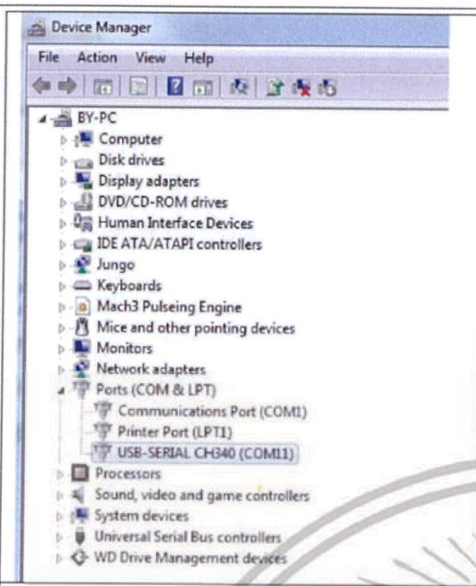


Select '115200' baud upload speed is a good place to start - later on you can try higher speeds but 115200 is a good safe place to start.

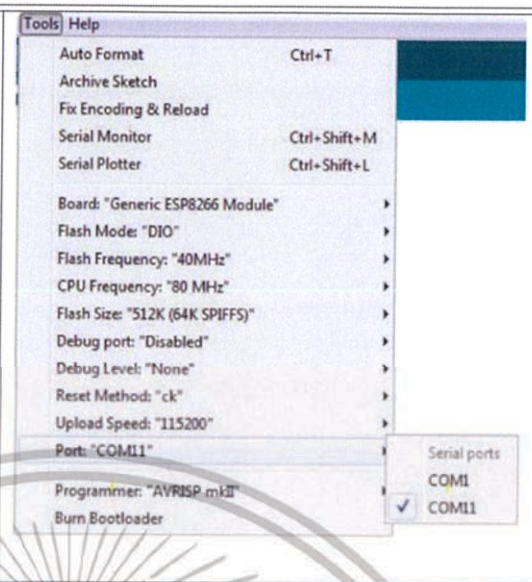


Go to your Windows 'Device Manager' to find out which Com Port 'USB-Serial CH340' is assigned to. Select the matching COM/serial port for your CH340 USB-Serial interface.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Find out which Com Port is assign for CH340



Select the correct Com Port as indicated on 'Device Manager"

Note: if this is your first time using CH340 " USB-to-Serial " interface, please install the driver first before proceed the above Com Port setting. The CH340 driver can be download from the below site:

https://github.com/nodemcu/nodemcu-devkit/tree/master/Drivers

3.4 Blink Test

We'll begin with the simple blink test.

Enter this into the sketch window (and save since you'll have to). Connect a LED as shown in Figure3-1.

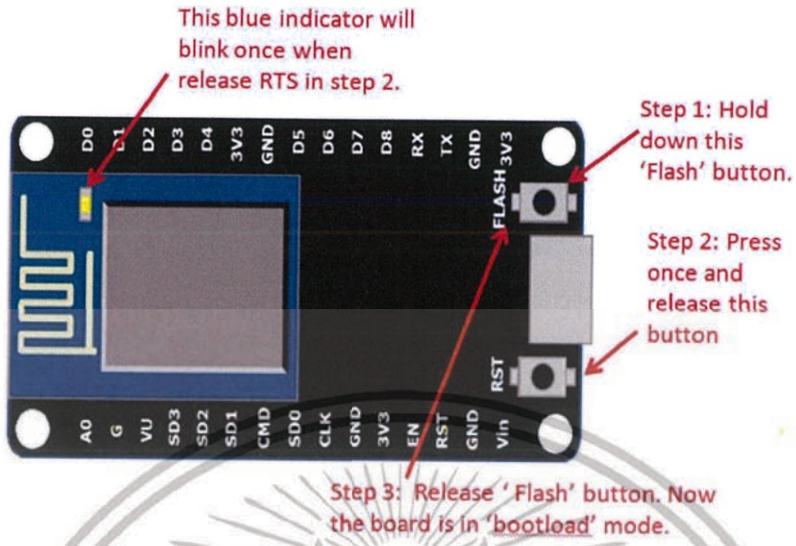
```
void setup() {
  pinMode(5, OUTPUT);    // GPIO05, Digital Pin D1
}

void loop() {
  digitalWrite(5, HIGH);
  delay(900);
  digitalWrite(5, LOW);
  delay(500);
}
```

Now you'll need to put the board into bootload mode. You'll have to do this before each upload. There is no timeout for bootload mode, so you don't have to rush!

- Hold down the 'Flash' button.
- While holding down ' Flash', press the 'RST' button.
- Release 'RST', then release 'Flash'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- When you release the 'RST' button, the blue indication will blink once, this means its ready to bootload.



Once the ESP board is in bootload mode, upload the sketch via the IDE, Figure 3-2.

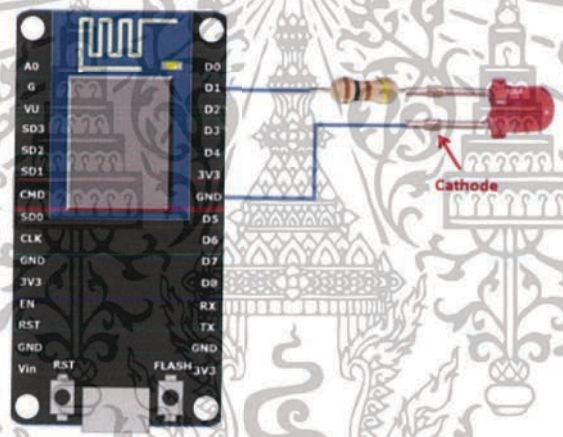


Figure3-1: Connection diagram for the blinking test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

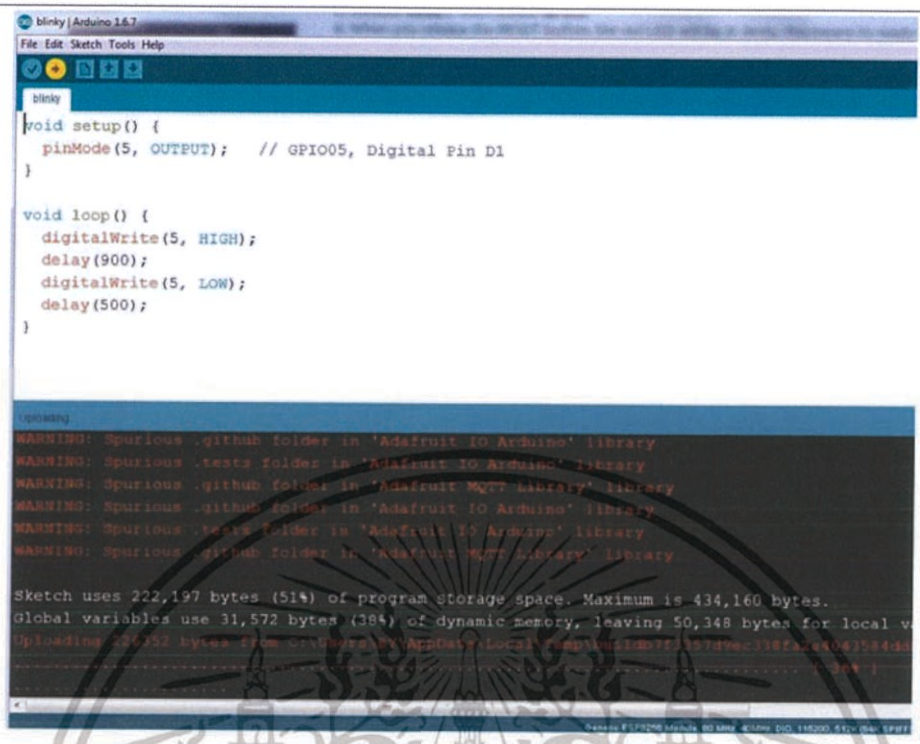


Figure 3.2: Uploading the sketch to ESP8266 NodeMCU module.

The sketch will start immediately - you'll see the LED blinking. Hooray!

3.5 Connecting via WiFi

OK once you've got the LED blinking, let's go straight to the fun part, connecting to a webserver. Create a new sketch with this code:

Don't forget to update:

```
const char* ssid     ="yourssid";
const char* password ="yourpassword";
```

to your WiFi access point and password, then upload the same way: get into bootload mode, then upload code via IDE.

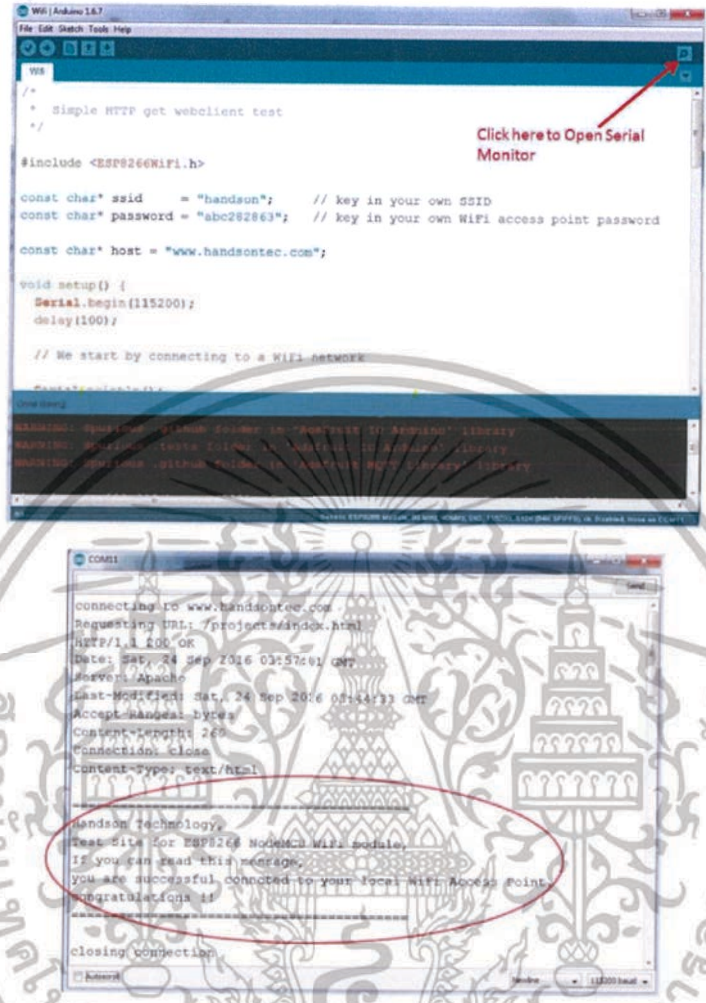
```
/*
 *  Simple HTTP get webclient test
 */

#include <ESP8266WiFi.h>

const char* ssid     = "handson";      // key in your own SSID
const char* password = "abc1234";      // key in your own WiFi access point
password
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
const char* host = "www.handsontec.com";

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(100);

  // We start by connecting to a WiFi network

  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

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

  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}

int value = 0;

void loop() {
  delay(5000);
  ++value;

  Serial.print("connecting to ");
  Serial.println(host);

  // Use WiFiClient class to create TCP connections
  WiFiClient client;
  const int httpPort = 80;
  if (!client.connect(host, httpPort)) {
    Serial.println("connection failed");
    return;
  }

  // We now create a URI for the request
  String url = "/projects/index.html";
  Serial.print("Requesting URL: ");
  Serial.println(url);

  // This will send the request to the server
  client.print(String("GET ") + url + " HTTP/1.1\r\n" +
               "Host: " + host + "\r\n" +
               "Connection: close\r\n\r\n");
  delay(500);

  // Read all the lines of the reply from server and print them to Serial
  while(client.available()){
    String line = client.readStringUntil('\r');
    Serial.print(line);
  }

  Serial.println();
  Serial.println("closing connection");
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Open up the IDE serial console at 115200 baud to see the connection and webpage printout!



That's it, pretty easy right ! This section is just to get you started and test out your module.

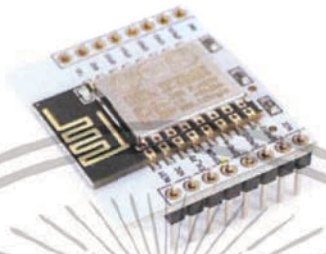
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Flashing NodeMCU Firmware on the ESP8266 using Windows

Why flashing your ESP8266 module with NodeMCU?

NodeMCU is a firmware that allows you to program the ESP8266 modules with LUA script. And you'll find it very similar to the way you program your Arduino. With just a few lines of code you can establish a WiFi connection, control the ESP8266 GPIOs, turning your ESP8266 into a web server and a lot more.

In this tutorial we are going to use another ESP8266 module with pin header adapter board which is breadboard friendly.



ESP8266 Module Breadboard Friendly with Header Connector

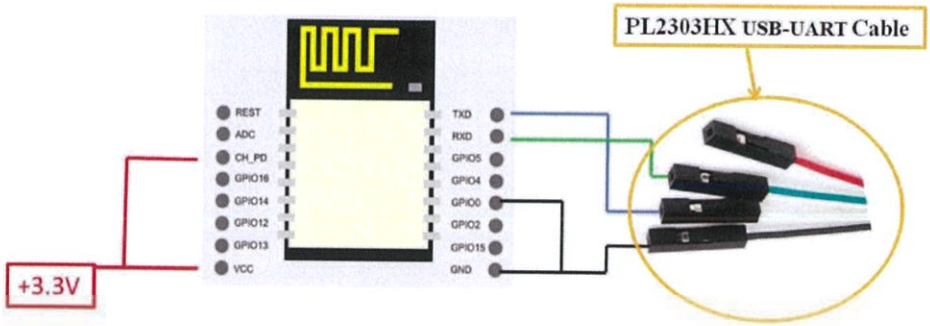
4.1 Parts Required:

- ESP8266 Module Breadboard Friendly
- PL2303HX USB-UART Converter Cable
- Some Male-to-Female Jumper Wires

4.2 Pin Assignment:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 Wiring:



ESP8266 Pin	Description
CH_PD	Pull high, connect to Vcc +3.3V
Vcc	Power Supply +3.3V
TXD	Connect to RXD (white) of PL2303HX USB-Serial converter cable
RXD	Connect to TXD (Green) of PL2303HX USB-Serial converter cable
GPIO0	Pull low, connect to GND pin
GND	Power Supply ground

4.4 Downloading NodeMCU Flasher for Windows

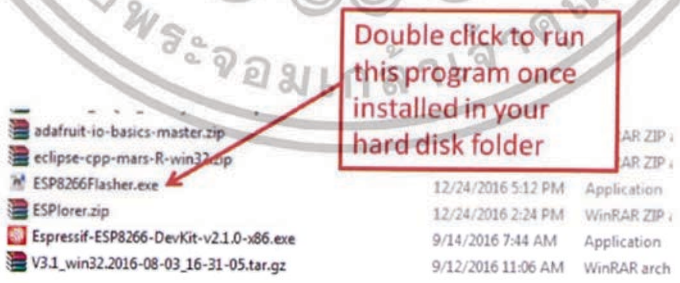
After wiring your circuit, you have to download the NodeMCU flasher. This is a .exe file that you can download using one of the following links:

- Win32 Windows Flasher
- Win64 Windows Flasher

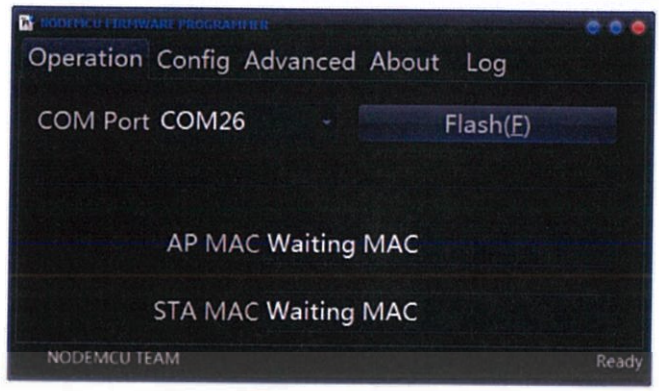
You can find all the information about NodeMCU flasher here.

4.5 Flashing your ESP8266 using Windows

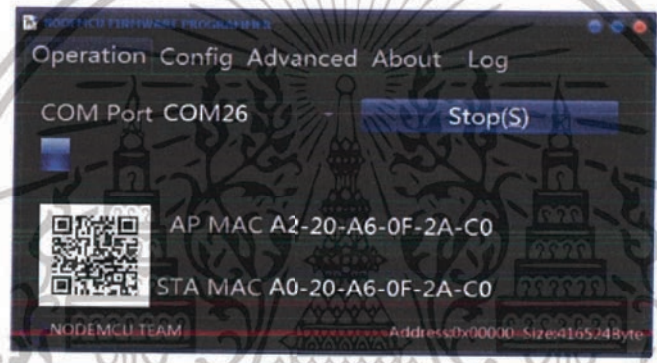
Open the flasher that you just downloaded and a window should appear (as shown in the following figure).



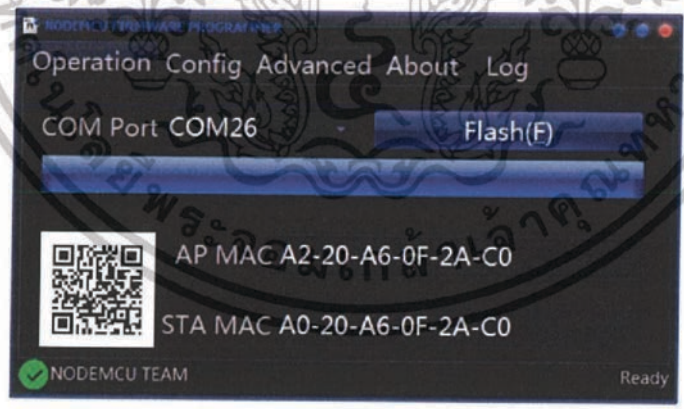
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Press the button "Flash" and it should start the flashing process immediately, showing the Module MAC address if successful connected.



After finishing this flashing process, it should appear a green circle with a check icon at lower left corner.



Your ESP8266 module is now loaded with NodeMCU firmware.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Getting Started with the ESPlorer IDE

ESPlorer is an IDE (Integrated Development Environment) for ESP8266 devices. It's a multi platform IDE, can be used in any OS environment, this simply means that it runs on Windows, Mac OS X or Linux.

Supported platforms:

- Windows(x86, x86-64)
- Linux(x86, x86-64, ARM soft & hard float)
- Solaris(x86, x86-64)
- Mac OS X(x86, x86-64, PPC, PPC64)

This software allows you to establish a serial communications with your ESP8266 module, send commands, and upload code and much more.

Requirements:

- You need to have JAVA installed in your computer. If you don't have, go to this website: http://java.com/download, download and install the latest version. It requires JAVA (SE version 7 and above) installed.
- In order to complete the sample project presented in this Guide you need to flash your ESP8266 with NodeMCU firmware. Refer to chapter-4 in this guide on how to flash the NodeMCU firmware.

Main Resources:

- ESPlorer Homepage: http://esp8266.ru/esplorer/
- GitHub Repository: https://github.com/4refr0nt/ESPlorer

5.1 Installing ESPlorer

Now let's download the ESPlorer IDE, visit the following URL: http://esp8266.ru/esplorer/#download

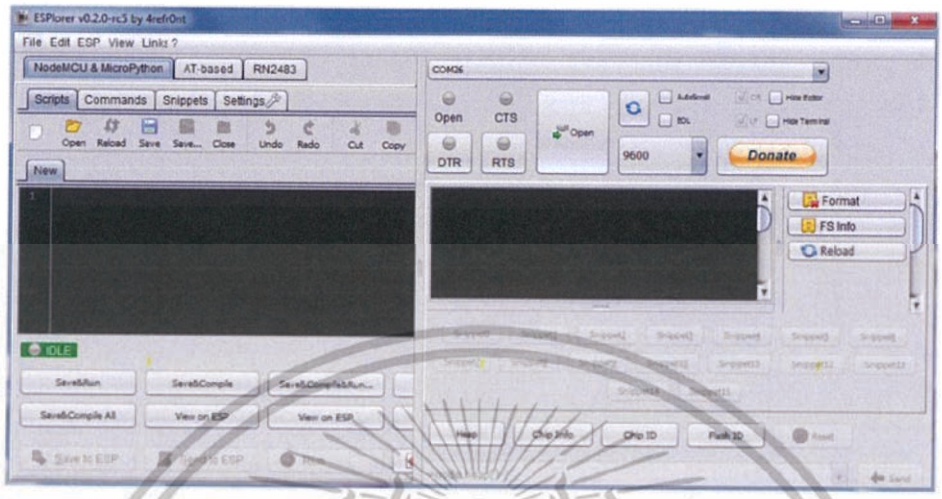
Grab the folder that you just downloaded. It should be named "ESPlorer.zip" and unzip it. Inside that folder you should see the following files:

Execute the "ESPlorer.jar" file and the ESPlorer IDE should open after a few seconds (the "ESPlorer.jar" file is what you need to open every time you want to work with the ESPlorer IDE).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Note: If you're on Mac OS X or Linux you simply use this command line in your terminal to run the ESPlorer: sudo java –jar ESPlorer.jar.

When the ESPlorer first opens, that's what you should see:

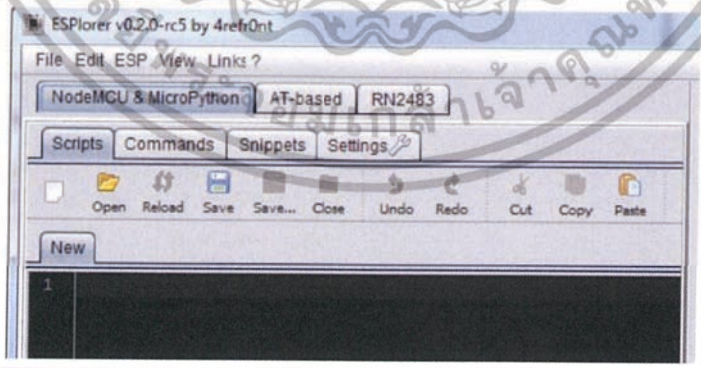


Here's a rundown of the features the ESPlorer IDE includes:

- Syntax highlighting LUA and Python code.
- Code editor color themes: default, dark, Eclipse, IDEA, Visual Studio.
- Undo/Redo editors features.
- Code Autocomplete (Ctrl+Space).
- Smart send data to ESP8266 (without dumb send with fixed line delay), check correct answer from ESP8266 after every lines.
- Code snippets.
- Detailed logging.
- And a lot more…

The ESPlorer IDE has a couple of main sections, let's break it down each one.

In the top left corner you can see all the regular options that you find in any software. Create a New file, Open a new file, Save file, Save file as, Undo, Redo, etc.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

In the top right corner you have all the options you need to establish a serial communication (you're going to learn how to use them later in this Guide).

This next screenshot shows your Code Window, that's where you write your scripts (your scripts are highlighted with your code syntax).

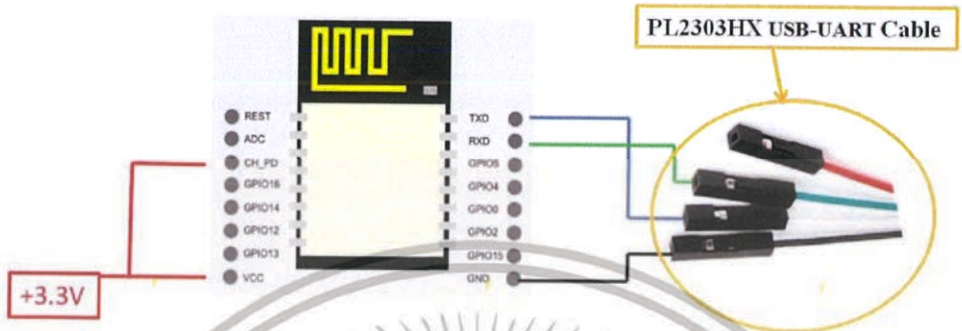
Below the Code Window, you have 12 buttons that offer you all the functions you could possible need to interact with your ESP8266. Here's the ones you'll use most: "Save to ESP" and "Send to ESP".

This screenshot shows the Output Window which tells you exactly what's going on in your ESP8266. You can see errors and use prints in your code to debug your projects.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 Schematics

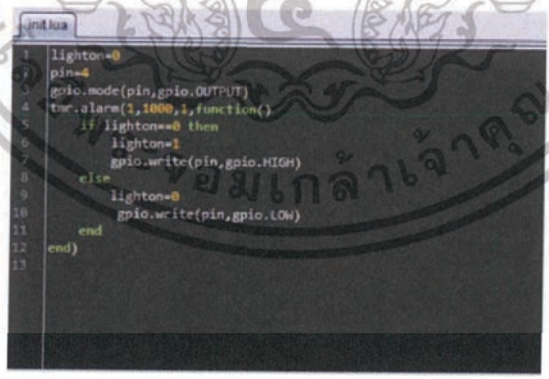
To upload code to your ESP8266, you should connect your ESP8266 to your PL2303HX USB-UART Programming Cable like the figure below:



5.3 Writing Your Lua Script

Below is your script to blink an LED.

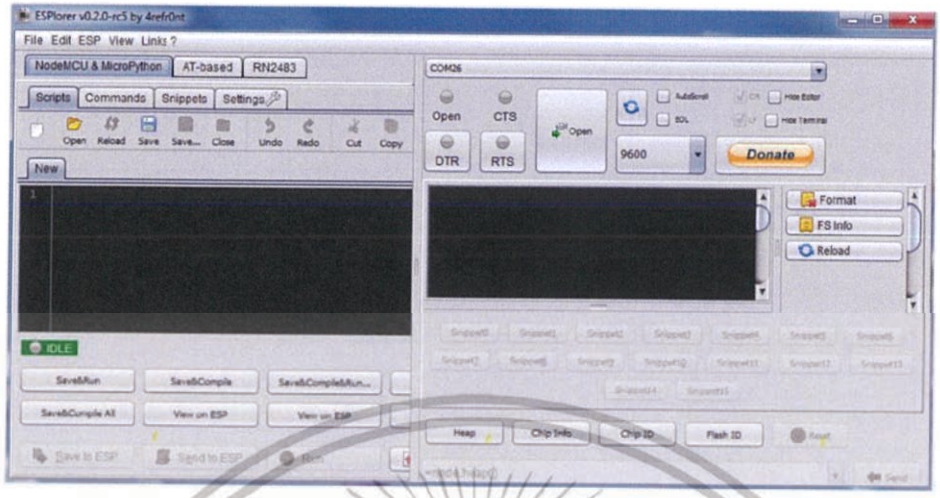
```
lighton=0
pin=4
gpio.mode(pin,gpio.OUTPUT)
tmr.alarm(1,2000,1,function()
    if lighton==0 then
        lighton=1
        gpio.write(pin,gpio.HIGH)
    else
        lighton=0
        gpio.write(pin,gpio.LOW)
    end
end)
```



Right now you don't need to worry how this code works, but how you can upload it to your ESP8266.

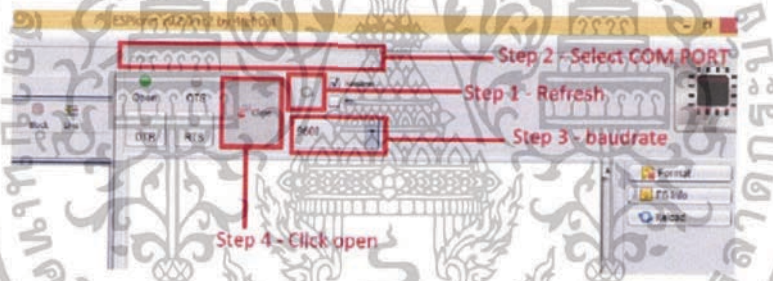
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Having your ESP8266+PL2303HX Programmer connected to your computer, go to the ESPlorer IDE:



Look at the top right corner of your ESPlorer IDE and follow these instructions:

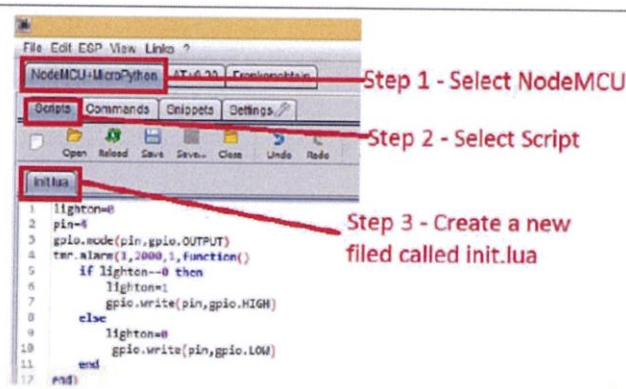
1. Press the Refresh button.
2. Select the COM port for your FTDI programmer.
3. Select your baudrate.
4. Click Open.



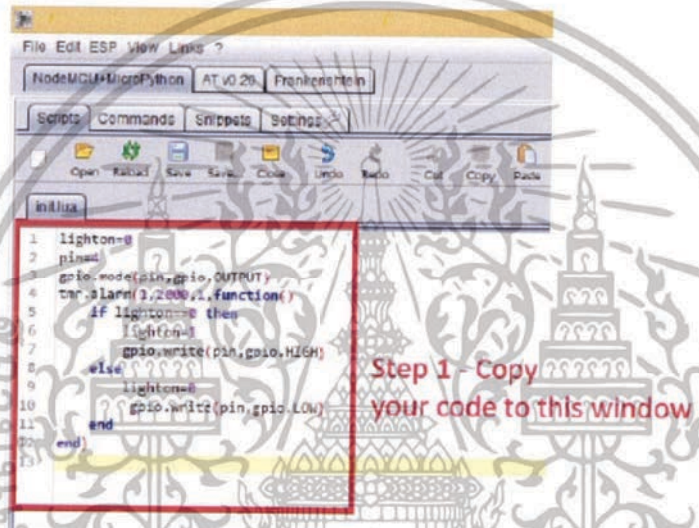
Then in the top left corner of your ESPlorer IDE, follow these instructions:

1. Select NodeMCU
2. Select Scripts
3. Create a new filled called "init.lua".

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Copy your Lua script to the code window (as you can see in the Figure below):

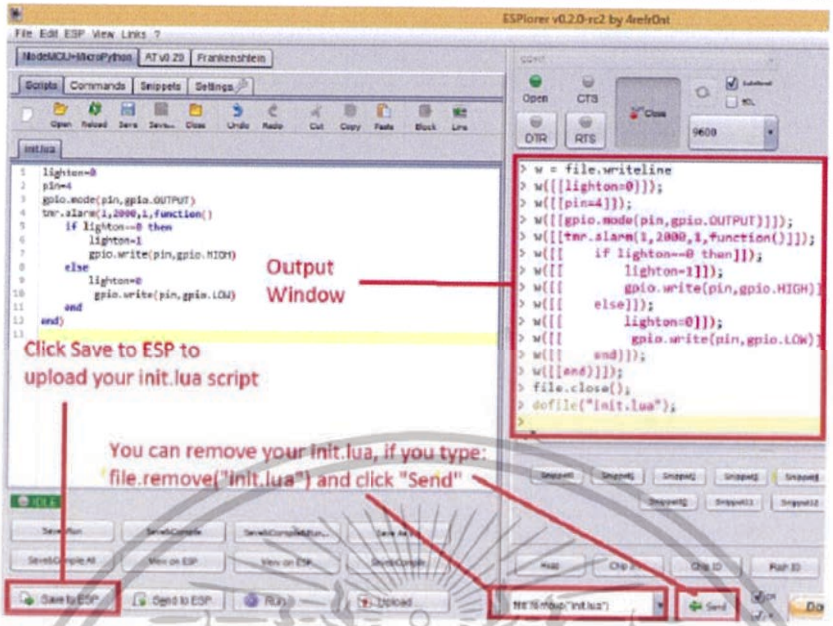


The next step is to save your code to your ESP8266!

At the left bottom corner click the button "Save to ESP".

In your output window, it should start showing exactly which commands are being sent to your ESP8266 and it should look similar to the Figure below.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Note: If you want to delete your "init.lua" file, you can do that easily. Simply type file.remove("init.lua") and press the button "Send" (see Figure above). Or you can type the command file.format() to remove all the files saved in your ESP8266. You can type any commands and send them to your ESP8266 through that window.

After uploading your code to your ESP8266, unplug your ESP8266 from your computer and power up the ESP8288 module.

Congratulations, you've made it! The blue LED at the upper right corner should be blinking every 2 seconds!

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. NodeMCU GPIO for Lua

The GPIO(General Purpose Input/Output) allows us to access to pins of ESP8266 , all the pins of ESP8266 accessed using the command GPIO, all the access is based on the I/O index number on the NoddMCU dev kits, not the internal GPIO pin, for example, the pin 'D7' on the NodeMCU dev kit is mapped to the internal GPIO pin 13, if you want to turn 'High' or 'Low' that particular pin you need to called the pin number '7', not the internal GPIO of the pin. When you are programming with generic ESP8266 this confusion will arise which pin needs to be called during programming, if you are using NodeMCU devkit, it has come prepared for working with Lua interpreter which can easily program by looking the pin names associated on the Lua board. If you are using generic ESP8266 device or any other vendor boards please refer to the table below to know which IO index is associated to the internal GPIO of ESP8266.

Nodemcu dev kit	ESP8266 Pin	Nodemcu dev kit	ESP8266 Pin
D0	GPIO16	D7	GPIO13
D1	GPIO5	D8	GPIO15
D2	GPIO4	D9	GPIO3
D3	GPIO0	D10	GPIO1
D4	GPIO2	D11	GPIO9
D5	GPIO14	D12	GPIO10
D6	GPIO12		

D0 or GPIO16 can be used only as a read and write pin, no other options like PWM/I2C are supported by this pin.

In our example in chapter 5 on blinking the blue LED, the blue LED in connected to GPIO2, it is defined as Pin4 (D4) in Lua script.

7. Web Resources:

- ESP8266 Lua Nodemcu WIFI Module
- ESP8266 Breadboard Friendly Module
- ESP8266 Remote Serial WIFI Module
- PL2303HX USB-UART Converter Cable

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] กองบริรักษ์ที่ดิน "คู่มือการวางแผนระบบการให้น้ำในไร่นาและความสัมพันธ์ระหว่างดินพืช และน้ำ" กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2525

[2] นิรันดร์ จันทวงศ์ "การเจริญและการเติบโตของพืช" ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2536

[3] ยงยุทธ โอสถสภา "ธาตุอาหารพืช" สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2546

[4] Grime, J. P. Plant Strategies, Vegetation Process and Ecosystem Properties (Second Edition). John Willey and Sons Inc., New York. 2001.

[5] Nobel, P.S. Physicochemical and Environmental Plant Physiology. Academic Press, London. 1999.

[6] Berlyn, G.P. and J. Cho. Light, moisture and nutrient used by plants. In : The Silvicultural Basis for Agroforestry Systems (eds. M.S. Ashton and F. Montagnini), pp. 9-40. CRC Press, London. 2000.

[7] Bonner, J. and A. W. Galston. 1952. Principles of Plant Physiology. W. H. Freeman and Co.,San Francisco.

[8] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี "ปุ๋ย" "https://th.wikipedia.org/wiki/ปุ๋ย"

[9] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ ผศ.ดร.นวภัทรา หนูนาค "การวัดระดับ " "http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4359/level-measurement-การวัดระดับ" (สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2562)

[10] บริษัท นีโอนิคส์ จำกัด "เครื่องวัดแสง" "http://www.postloved.com/เครื่องวัดแสง/หลักการวัดความสว่างของแสง-measuring-light-levels.html"

[11] ดร.ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ "Micro-climate" "http://smartfarmthailand.com/precisionfarming/index.php/micro-climate-monitoring-2"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้