



อุปกรณ์บันทึกข้อมูลเคลื่อนที่ได้ สำหรับงานเกษตรกรรม

(Mobile Data Logger For Agriculture Application)

โดย

นายพัทธวธ	วงษ์เอนก	รหัสนักศึกษา	B5404513
นายฉลองชัย	ลิปิเลิศ	รหัสนักศึกษา	B5402335
นายปรัชญาวัด	รัตนภาพ	รหัสนักศึกษา	B5407774

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 438499 โครงงานวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2555 สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2557

อุปกรณ์บันทึกข้อมูลเคลื่อนที่ได้ สำหรับงานเกษตรกรรม

คณะกรรมการสอบโครงการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร.อ.ดร.ประโชชน์ คำสวัสดิ์)

ที่ปรึกษาโครงการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ อุซารสกุล)

กรรมการ



(อาจารย์ ดร.บุญส่ง สุตะพันธ์)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นำรายงานโครงการฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ รายวิชา 438499 โครงการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ประจำปีการศึกษา 2557

โครงการ	อุปกรณ์บันทึกข้อมูลเคลื่อนที่ได้ สำหรับงานเกษตรกรรม
จัดทำโดย	1. นาย พัทธวุธ วงษ์เอนก รหัสนักศึกษา B5404513 2. นาย ฆลองชัย ลิปิเลิศ รหัสนักศึกษา B5402335 3. นาย ปรัชญาวัต รัตนกาฬ รหัสนักศึกษา B5407774
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ร.อ. ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ภาคการศึกษาที่	1/2557

บทคัดย่อ

(Abstract)

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเซ็นเซอร์ หน่วยประมวลผล เป็นเทคโนโลยีทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพสูง ประหยัดพลังงานและมีขนาดเล็ก จึงทำให้เกิดวิธีการวัดและเก็บข้อมูลแบบใหม่ โดยหลักการทำงานมีแบบจับช้อนและแบบไม่จับช้อนสามารถทำความเข้าใจได้เร็ว เนื่องจากข้อจำกัดในหลายด้านทำให้มีรูปแบบของเซ็นเซอร์วัดค่าต่างๆต้องถูกปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมตามวัตถุประสงค์การใช้งานจริง

โครงการนี้นำเสนอเรื่อง อุปกรณ์บันทึกข้อมูลเคลื่อนที่ได้ สำหรับงานเกษตรกรรม ซึ่งมีวัตถุประสงค์ที่จะประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล ARM Cortex-M4F core รุ่น STM32F4Discovery ในการออกแบบระบบซึ่งประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนของโหนดย่อย (Router) และส่วนของภาคประมวลผลกลาง (Coordinator) ซึ่งโหนดย่อยจะมีหน้าที่ในการวัดค่าจากเซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง และเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศแล้วทำการส่งข้อมูลแบบไร้สายโดยใช้โมดูล Xbee ติดตั้งไปที่ภาคประมวลผลกลางเพื่อนำข้อมูลไปประมวลผลแสดงออกที่จอภาพ LCD ตามที่วัดได้ในสภาพแวดล้อม และสามารถบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ SD-Card และอุปกรณ์นี้ยังสามารถนำไปติดตั้งในแปลงเกษตรกรรมตรงจุดบริเวณที่ต้องการ โดยไม่ต้องใช้การต่อปลั๊กในการชาร์จพลังงานไฟฟ้าเข้าไปให้อุปกรณ์ทำงาน แต่จะใช้การชาร์จแบตเตอรี่จากแผ่น Solar cell ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และมีวงจร Charger ทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปไว้ที่แบตเตอรี่ จึงสรุปได้ว่าโครงการอุปกรณ์บันทึกข้อมูลเคลื่อนที่ได้ สำหรับงานเกษตรกรรมนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

กิตติกรรมประกาศ

จากการที่คณะจัดทำรายงานได้รับมอบหมายให้ทำโครงงานเรื่อง อุปกรณ์บันทึกข้อมูลเคลื่อนที่ได้ สำหรับงานเกษตรกรรม ส่งผลให้คณะจัดทำรายงานได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมควบคุมบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น STM32F4 Discovery, การใช้งานเซ็นเซอร์เพื่อวัดค่าต่างๆ ในสภาพแวดล้อม, การสื่อสารแบบไร้สายผ่าน Xbee , การออกแบบวงจรชาร์จเจอร์ และการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการบันทึกข้อมูลลงการ์ดหน่วยความจำ บัดนี้โครงงานดังกล่าวพร้อมทั้งรายงานได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความร่วมมือและสนับสนุนจากบุคคลต่างๆ ดังนี้

- | | |
|---|---|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร.อ. ดร.ประ โยชน์ คำสวัสดิ์ | (อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน) |
| 2. นางสาวณภาพร พิมพ์ | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
(วิศวกรรมโทรคมนาคม) |
| 3. นายธีระภัทร เจริญปฐ | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
(วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์) |
| 4. นายวรวิทย์ บุญเป็ง | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
(วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์) |

ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้คำปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้การดูแลและให้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานการใช้งานโปรแกรม และอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำโครงงานซึ่งข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายพัทธวธ วงษ์เอนก

นายฉลองชัย ลิปิเลิศ

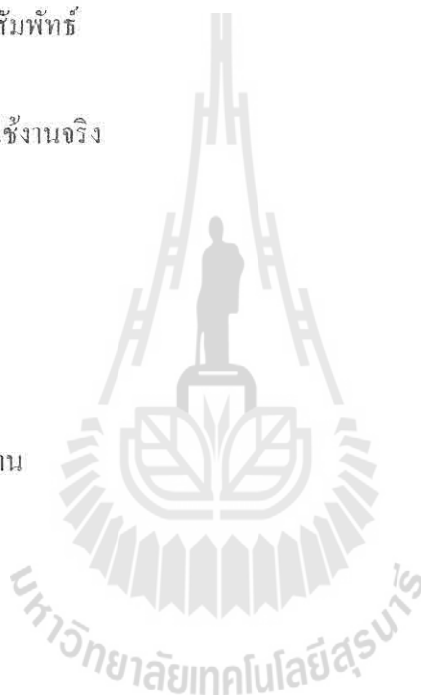
นายปรัชญาวัฒน์ รัตนกาพ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตในการดำเนินงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 บทนำ	3
2.2 Simulink และ Real-time Workshop	3
2.3 เซ็นเซอร์วัดแสง	6
2.4 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ	7
2.5 เซ็นเซอร์ความกดอากาศ	8
2.6 ไมโครนาฬิกา	9
2.7 STM32F4 Discovery	10
2.8 aMG 4F Connect2	13
2.9 ZigBee (X-bee)	14
บทที่ 3 การออกแบบระบบ	18
3.1 บทนำ	18
3.2 การออกแบบระบบเบื้องต้น	18
3.3 ออกแบบภาควัดค่า	19
3.4 ออกแบบภาคบันทึกข้อมูล	20
3.5 ออกแบบวงจรชาร์จเจอร์	20
3.6 การออกแบบซอฟต์แวร์	22
3.6.1 แผนภาพแสดงการทำงานสำหรับภาควัดค่า	22

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.6.1.1 การออกแบบโปรแกรมสำหรับภาควัดค่า	23
3.6.2 แผนภาพแสดงการทำงานสำหรับภาคบันทึก	26
3.6.2.1 การออกแบบโปรแกรมสำหรับภาคบันทึกข้อมูล	27
บทที่ 4 ผลการทดลองและทดสอบการใช้งานจริง	35
4.1 การทดสอบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์	35
4.1.1 เซ็นเซอร์วัดค่าความเข้มแสง	35
4.1.2 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	36
4.1.3 เซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ	37
4.1.4 เซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์	38
4.1.5 Xbee	39
4.2 การติดตั้งระบบสำหรับการใช้งานจริง	43
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	74
5.1 บทสรุปของโครงการ	74
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	74
5.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหา	74
5.4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	75
5.5 สิ่งที่ได้รับจากการทำโครงการ	75
บรรณานุกรม	76
ภาคผนวก	77
ภาคผนวก ก.	77
ภาคผนวก ข.	81
ประวัติผู้เขียน	84



สารบัญรูป

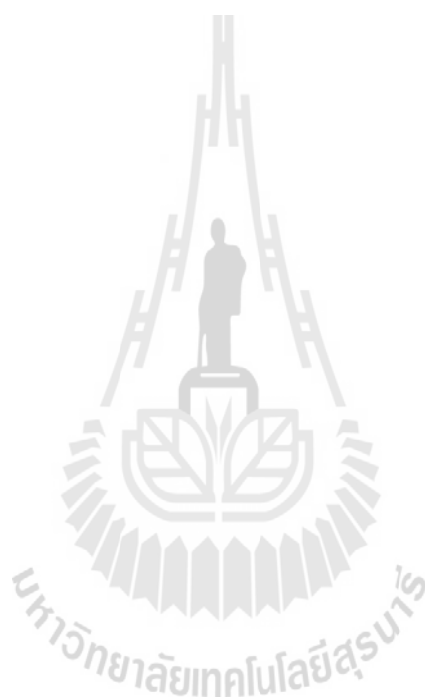
รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 Device configuration	4
รูปที่ 2.2 Hardware modules	5
รูปที่ 2.3 On-chip peripherals	6
รูปที่ 2.4 aMG Sensor – Light	7
รูปที่ 2.5 aMG Sense - Humidity / Temperature	8
รูปที่ 2.6 aMG Sense – Pressure / Altitude	9
รูปที่ 2.7 aMG High Precision Real Time Clock	10
รูปที่ 2.8 ชุดทดลอง STM32F4 Discovery	11
รูปที่ 2.9 บอร์ดทดลอง STM32F4 Discovery	12
รูปที่ 2.10 บอร์ด aMG F4Connect	13
รูปที่ 2.11 ย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐาน ZigBee	14
รูปที่ 2.12 การแสดงเครือข่ายแบบสตาร์	16
รูปที่ 2.13 การแสดงเครือข่ายต้นไม้	17
รูปที่ 2.14 การแสดงเครือข่ายแบบเมช	17
รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงระบบโดยรวม	18
รูปที่ 3.2 (ก) ลักษณะการติดตั้งภาควัดค่า (ข) อุปกรณ์ต่างๆที่อยู่ภายในภาควัดค่า	19
รูปที่ 3.3 (ก) ลักษณะการติดตั้งภาควัดค่าบนเท็กข้อมูล (ข) อุปกรณ์ภายในของภาควัดค่าบนเท็กข้อมูล	20
รูปที่ 3.4 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่และแปลงแรงดันไฟฟ้า	21
รูปที่ 3.5 การทำงานของโปรแกรมภาควัดค่า	22
รูปที่ 3.6 บล็อกทั้งของภาควัดค่า	23
รูปที่ 3.7 การอ่านและเก็บค่าจากเซ็นเซอร์วัดความชื้นแสง	24
รูปที่ 3.8 การอ่านและเก็บค่าจากเซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ	25
รูปที่ 3.9 การอ่านและรับค่าจากเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ	25
รูปที่ 3.10 การนำค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ส่งต่อไปยังอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย Xbee	26
รูปที่ 3.11 แผนภาพการทำงานของส่วนภาควัดค่าบนเท็กข้อมูล	27
รูปที่ 3.12 บล็อกทั้งหมดของภาควัดค่าบนเท็กข้อมูล	28
รูปที่ 3.13 บล็อกย่อยในบล็อก DMVHM	29
รูปที่ 3.14 การทำงานส่วนต่างๆทั้งหมดของบล็อก Get Data/Time	30
รูปที่ 3.15 บล็อกทั้งหมดของการทำงานตั้งค่าวันที่และเวลา	30

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.16 การเชื่อมต่อสวิตช์กับขารับสัญญาณของบอร์ด STM32F4 Discovery	31
รูปที่ 3.17 ส่วนของการทำงานต่างๆของบล็อก Station	32
รูปที่ 3.18 ส่วนที่เป็นเงื่อนไขในการกำหนดช่วงเวลาบันทึกข้อมูล	33
รูปที่ 3.19 การบันทึกข้อมูลลงการ์ดหน่วยความจำ	33
รูปที่ 3.20 การกำหนดบรรทัดและแถวในการแสดงผลออก LCD	34
รูปที่ 4.1.1 ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ความเข้มแสง	35
รูปที่ 4.1.2 ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	36
รูปที่ 4.1.3 ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ความกดอากาศ	37
รูปที่ 4.1.4 ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ความชื้นสัมพัทธ์	38
รูปที่ 4.1.5 สถานที่ใช้ทดสอบหาระยะการส่งข้อมูลของ Xbee	39
รูปที่ 4.1.6 การเทียบระหว่างความกดอากาศจากเซ็นเซอร์วัดได้กับเว็บไซต์กรมอุตุนิยมวิทยา	42
รูปที่ 4.2.1 กราฟแสดงค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง	49
รูปที่ 4.2.2 กราฟแสดงค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	50
รูปที่ 4.2.3 กราฟแสดงค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์	51
รูปที่ 4.2.4 กราฟแสดงค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ	52
รูปที่ 4.2.5 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์แสง	59
รูปที่ 4.2.6 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์อุณหภูมิ	60
รูปที่ 4.2.7 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ความชื้นสัมพัทธ์	61
รูปที่ 4.2.8 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ความกดอากาศ	62
รูปที่ 4.2.9 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์แสง	69
รูปที่ 4.2.10 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์อุณหภูมิ	70
รูปที่ 4.2.11 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ความชื้นสัมพัทธ์	71
รูปที่ 4.2.12 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ความกดอากาศ	72
รูปที่ ก.1 โปรแกรม X-CTU	78
รูปที่ ก.2 ข้อมูลเบื้องต้นของ Xbee ที่ได้เชื่อมต่ออยู่	78
รูปที่ ก.3 หน้าต่าง Modem Configuration	79
รูปที่ ก.4 ข้อมูลของ Xbee	80
รูปที่ ก.5 Download new versions	80
รูปที่ ข.1 โปรแกรม MATLAB R2009a	82

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ ข.2 Current Folder	82
รูปที่ ข.3 install_waijung.m	82
รูปที่ ข.4 Libraries	83



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเบื้องต้นไอซีเบอร์ 7815	21
ตารางที่ 3.2 ข้อมูลเบื้องต้นไอซีเบอร์ 7805	22
ตารางที่ 3.3 แสดงการเชื่อมต่อขาของเซ็นเซอร์เข้าบอร์ด STM32F4 Discovery	24
ตารางที่ 3.4 แสดงการเชื่อมต่อขาของอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย Xbee เข้าบอร์ด STM32F4 Discovery	24
ตารางที่ 3.5 แสดงการเชื่อมต่อขาของจอ LCD เข้าบอร์ด STM32F4 Discovery	28
ตารางที่ 3.6 แสดงการเชื่อมต่อขาของอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย Xbee เข้าบอร์ด STM32F4 Discovery	29
ตารางที่ 4.1.1 ผลการทดลองเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง	36
ตารางที่ 4.1.2 ผลการทดลองเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ	37
ตารางที่ 4.1.3 ผลการทดลองเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ	38
ตารางที่ 4.1.4 ผลการทดลองเซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์	39
ตารางที่ 4.1.5 ผลการทดลองส่งข้อมูลด้วย Xbee	40
ตารางที่ 4.2.1 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกด อากาศ ครั้งที่ 1 (วันที่ 10/9/57 ณ บริเวณฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)	43
ตารางที่ 4.2.2 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกด อากาศ ครั้งที่ 2 (วันที่ 11/9/57 ณ บริเวณฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)	53
ตารางที่ 4.2.3 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกด อากาศ ครั้งที่ 3 เมื่อทำการส่งด้วย Xbee (วันที่ 15/9/57 ณ บริเวณฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)	63

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในประเทศไทยจะนิยมทำงานด้านเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ ในการเพาะปลูกจึงต้องมีคนคอยดูแลรักษา เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีและสูงขึ้น แต่ปัญหาที่จะเกิดขึ้นของการทำเกษตรกรรม คือ สภาพแวดล้อมที่ไม่แน่นอน เพราะพืชพันธุ์บางชนิดจะต้องให้ความสำคัญในการการดูแลรักษาเป็นอย่างดี ถ้าเกิดสภาพแวดล้อมแปรปรวนผลผลิตที่ได้ก็จะเป็นไปตามประสงค์ไว้ อาจทำให้เสียผลผลิตจากการเพาะปลูกโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นพืชพันธุ์จะต้องได้รับอาหารของน้ำและแสงแดดที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต ปัจจุบันเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้นในทุกๆด้าน ไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีด้านความบันเทิง การติดต่อสื่อสาร ธุรกิจ การแพทย์ อุตสาหกรรม การขนส่ง ไม่เว้นแม้แต่ด้านเกษตรกรรม ซึ่งจะช่วยให้ได้ผลผลิตในปริมาณมากขึ้น คุณภาพสูงขึ้น ประหยัดต้นทุนแรงงานประหยัดเวลา เป็นต้น หนึ่งในเทคโนโลยีที่เป็นที่นิยมคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพราะราคาถูกและสามารถพัฒนาโปรแกรมได้ง่าย ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ จึงมีแนวคิดที่จะใช้ระบบที่เป็นแบบเซ็นเซอร์วัดค่าต่างๆ เพื่อจะวัดอุณหภูมิ วัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ วัดความเข้มแสงและวัดความกดอากาศ โดยจะใช้ตัวประมวลผลหลักคือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จากการเขียนโปรแกรมให้ตัวระบบเซ็นเซอร์วัดค่าต่างๆออกมา แล้วบันทึกค่าลงการ์ดหน่วยความจำ พอนำค่ามาเปรียบเทียบกับเราก็จะสามารถรู้ถึงสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้อย่างแม่นยำ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาการทำงานของโปรแกรม ที่จะต้องเขียนโปรแกรมลงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
2. เพื่อศึกษาการส่งข้อมูลไร้สายโดยใช้ Xbee และใช้ Xbee ในการรับ-ส่งข้อมูลได้
3. เพื่อศึกษาการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และสามารถสร้างเพื่อใช้งานได้
4. เพื่อศึกษาการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์บันทึกข้อมูลลงการ์ดหน่วยความจำ
5. เพื่อนำถึงประดิษฐ์ไปใช้งานจริงในงานไร้เกษตรกรรมของฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีได้

1.3 ขอบเขตในการดำเนินงาน

1. ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง เซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ
2. ศึกษาการโปรแกรมที่ใช้สำหรับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 Discovery และ ศึกษา การใช้งาน Xbee
3. ศึกษาการเก็บค่าให้อยู่ในช่วงวันเวลาที่ต้องการ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง เซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ
2. ศึกษาการทำงานของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 Discovery และ Xbee
3. เขียนโครงการและ นำเสนอโครงการกับอาจารย์ที่ปรึกษา
4. เขียนโปรแกรมให้ STM32F4 Discovery อ่านค่าจาก เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง และเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ
5. เขียนโปรแกรมส่งข้อมูลไร้สายด้วย Xbee ไปยัง STM32F4 Discovery (ภาคบันทึกข้อมูล)
6. เขียนโปรแกรมเพื่อบันทึกค่าลงการ์ดหน่วยความจำ ตามวันเวลาที่กำหนดไว้
7. สร้างอุปกรณ์ต้นแบบทั้งหมดและทดสอบเพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจหลักการทำงานของบอร์ด STM32F4 Discovery
2. เข้าใจหลักการควบคุมระบบตัวเซ็นเซอร์ต่างๆด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
3. เข้าใจการเขียนโปรแกรมแบบ Graphic Programming และโหลดโปรแกรมใช้งานได้
4. สามารถใช้งานเครื่องควบคุมการวัดสภาพอากาศสำหรับงานเกษตรกรรม

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

เครื่องบันทึกข้อมูลเคลื่อนที่ได้ สำหรับใช้ในงานเกษตรกรรม โดยจะใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 Discovery เป็นตัวประมวลผลหลักและควบคุมเซ็นเซอร์วัดค่าต่างๆ ซึ่งจะต้องใช้ Simulink ในการสร้างตัวโปรแกรม เพื่อวัดค่าความเข้มแสง วัดค่าความกดอากาศ วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ แล้วบันทึกค่าที่วัดได้ลงการ์ดหน่วยความจำ นอกจากนี้ยังต้องใช้การส่งหรือรับข้อมูลไร้สายด้วย X- bee ไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 Discovery อีกบอร์ดหนึ่ง ในบทที่ 2 นี้จะอธิบายหลักการและการใช้งานอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงานดังกล่าวมาข้างต้น

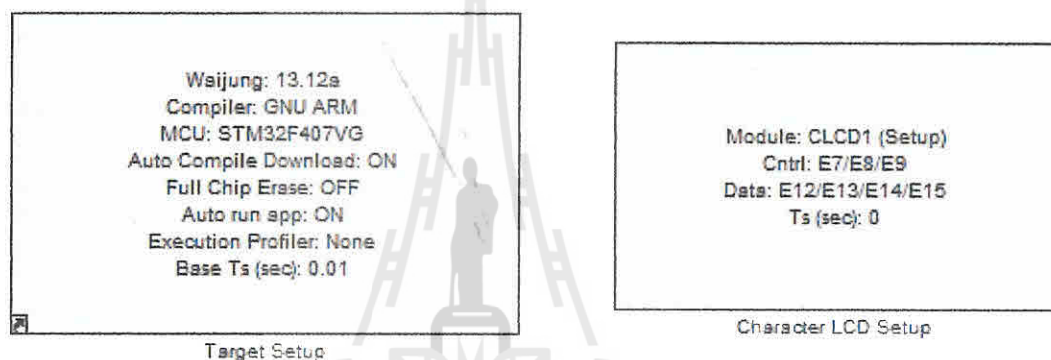
2.2 Simulink และ Real-time Workshop

โปรแกรม MATLAB มีเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์และทดสอบระบบโดยการจำลองขึ้นมา ซึ่งก็คือ Simulink เป็นโปรแกรมที่ควบคู่กับ MATLAB ซึ่งเป็นระบบเชิงเส้น (Linear) ระบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear) Simulink เป็นโปรแกรม Mouse-Driver ที่ใช้ระบบโมเดลโดยการวาดบล็อกไดอะแกรมบนจอภาพด้วยการใช้เมาส์ทำให้โปรแกรม MATLAB สามารถทำการจำลองระบบได้หลายรูปแบบเช่น แบบที่เป็นเชิงเส้น (Linear) ไม่เชิงเส้น (Nonlinear) เวลาต่อเนื่อง (Continuous- Time) เวลาไม่ต่อเนื่อง (discrete-Time) และระบบหลายอัตรา (Multirate) ซึ่งแต่ละรูปแบบที่นำมาสร้างแบบจำลองในการวิเคราะห์นั้นผู้ใช้จะต้องมีความเข้าใจพื้นฐานการทำงานของแต่ละบล็อกแต่ละบล็อกได้เป็นอย่างดี ตลอดจนเข้าใจระบบโดยรวมของงานที่จะกระทำ

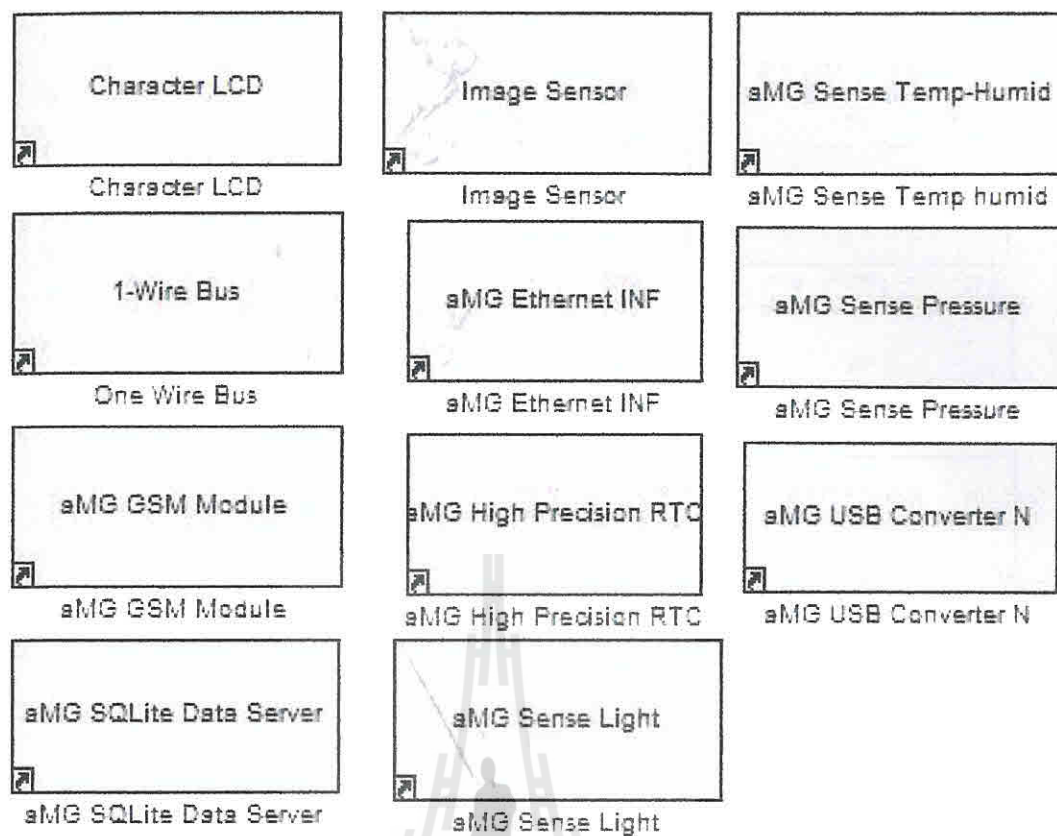
Blocksets เป็นสิ่งที่เพิ่มเติมใน Simulink โดยจะเป็นไลบรารีของบล็อกสำหรับการประยุกต์เฉพาะเช่นการติดต่อสื่อสาร (Communications) การประมวลผลข้อมูล (Signal processing) และระบบไฟฟ้ากำลัง (Power systems)

Real-time workshop เป็นโปรแกรมที่สร้าง C Code จากบล็อกไดอะแกรม และสามารถกระทำกับบล็อกไดอะแกรมได้หลากหลายด้วยระบบเวลาจริง (Real-time systems) โปรแกรม MATLAB มีอยู่หลาย Version ซึ่ง Version ค้างเดิมของโปรแกรม MATLAB จะใช้งานบน DOS ที่มีการคำนวณไม่ยุ่งยากเหมาะสำหรับผู้เริ่มศึกษา คอมพิวเตอร์ที่ใช้ก็ไม่จำเป็นต้องมีพื้นที่

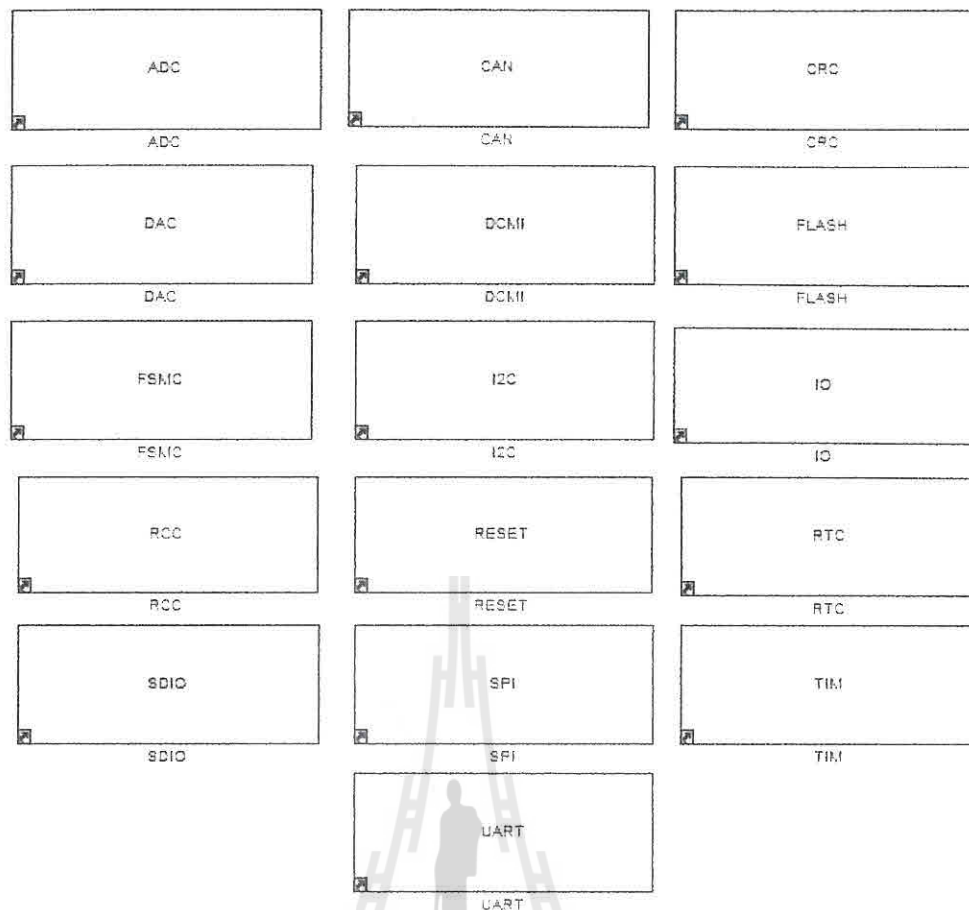
หน่วยความจำมาก ใช้ได้กับ CPU ที่มีความเร็วต่ำแต่มีข้อเสียคือฟังก์ชัน ที่นำมาใช้งานมีน้อยทำให้เขียนโปรแกรมที่มีความซับซ้อนได้ไม่ดีเท่าที่ควรเพราะมีประสิทธิภาพและความเร็วในการประมวลผลต่ำ ต่อมาเมื่อระบบเลือกใช้ได้มากมายจึงทำให้โปรแกรม MATLAB มีประสิทธิภาพและมีความสามารถในการประมวลผลที่เร็วขึ้น Version ใหม่ที่ได้ทำการปรับปรุง ใหม่ให้ดีขึ้นนี้จะใช้งานบน Windows ทำให้ผู้ใช้มีความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น ข้อดีของ version ใหม่ก็คือ มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น การประมวลผลโปรแกรมที่ซับซ้อนมีความเร็วสูงขึ้น และมีฟังก์ชันต่างๆ ใช้เลือกใช้ในสาขาต่างๆ มากมายแต่ก็ต้องใช้กับคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำมาก CPU มีความเร็วสูง และต้องการ Co-Processor ในการช่วยคำนวณแต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลดีที่ได้ก็ถือว่าคุ้มใน Simulink จะมี Blocksets หลายรูปแบบ ซึ่งจะแบ่งได้เป็นดังนี้ คือ Device configuration, Hardware modules, On-chip peripherals ดังแสดงในรูปที่ 2.1 รูปที่ 2.2 และ รูปที่ 2.3



รูปที่ 2.1 Device configuration



รูปที่ 2.2 Hardware modules



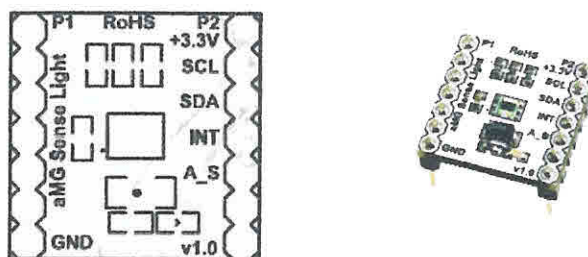
รูปที่ 2.3 On-chip peripherals

2.3 aMG Sensor – Light

aMG Sensor – Light เป็นโมดูลเซ็นเซอร์วัดความเข้มของแสง เป็นรุ่น APDS-9301

คุณสมบัติของบอร์ด

1. ให้เอาต์พุตความละเอียดขนาด 16 บิต
2. ใช้การติดต่อแบบ I2C ความถี่ 400 kHz
3. ค่าที่วัดได้จะเป็น LUX
4. ทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิ -25 ถึง 80 องศาเซลเซียส
5. ใช้แหล่งจ่ายกระแสตรงขนาด 2.7 ถึง 3.6 โวลต์



รูปที่ 2.4 aMG Sensor – Light

โครงสร้างของบอร์ด

+3.3V: เป็นขาสำหรับต่อแหล่งจ่ายกระแสตรงขนาด 2.7 ถึง 3.6 โวลต์

SCL: ขาสัญญาณนาฬิกาสำหรับการรับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C (Inter-Integrated Circuit)

SDA: ขารับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C (Inter-Integrated Circuit)

INT: เป็นตัว Interrupt

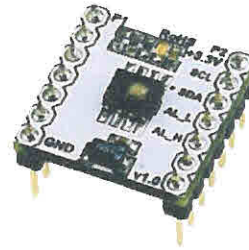
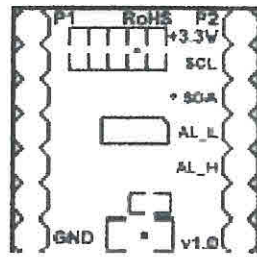
GND: ใช้อักราวด์

2.4 aMG Sensor - Humidity / Temperature

aMG Sensor - Humidity / Temperature เป็นโมดูลเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ ซึ่งใช้ IC ของ Honeywell เบอร์ HIH6131

คุณสมบัติของบอร์ด

1. ความแม่นยำในการวัดความชื้น +/- 4% RH
2. สามารถวัดความชื้นได้ดีในช่วง 10 ถึง 90 %RH
3. ความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิ +/- 1 องศาเซลเซียส
4. สามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง 5 ถึง 50 องศาเซลเซียส
5. ให้เอาต์พุตความละเอียดขนาด 14 บิต
6. ใช้การติดต่อแบบ I2C
7. ทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิ -25 ถึง 80 องศาเซลเซียส
8. ใช้แหล่งจ่ายกระแสตรงขนาด 2.5 ถึง 5.5 โวลต์



รูปที่ 2.5 aMG Sense - Humidity / Temperature

โครงสร้างของบอร์ด

+3.3V: เป็นขาสำหรับต่อแหล่งจ่ายกระแสตรงขนาด 2.5 ถึง 5.5 โวลต์

SCL: ขาสัญญาณนาฬิกาสำหรับการรับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C (Inter-Integrated Circuit)

SDA: ขารับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C (Inter-Integrated Circuit)

AL_L: ขาสัญญาณเตือนให้เอาต์พุตเป็น LOW

AL_H: ขาสัญญาณเตือนให้เอาต์พุตเป็น HIGH

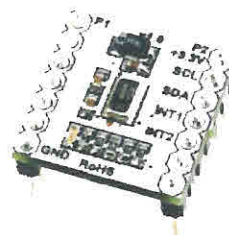
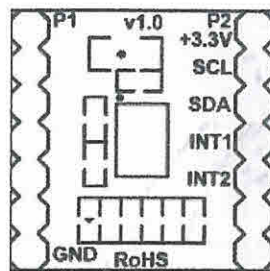
GND: ใช้ต่อกราวด์

2.5 aMG Sensor – Pressure / Altitude

aMG Sensor – Pressure / Altitude เป็น โมดูลเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ เบอร์ MPL3115A2

คุณสมบัติของบอร์ด

1. ให้เอาต์พุตความละเอียดขนาด 16 บิต
2. ใช้การติดต่อแบบ I2C ความถี่ 400 kHz
3. มีความละเอียดต่ำ ถึง 1 ft. / 30 cm
4. มีความสามารถ บันทึกข้อมูลเก็บไว้นาน ถึง 12 วัน
5. ทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิ -25 ถึง 80 องศาเซลเซียส
6. ใช้แหล่งจ่ายกระแสตรงขนาด 1.9 ถึง 3.6 โวลต์



รูปที่ 2.6 aMG Sense – Pressure / Altitude

โครงสร้างของบอร์ด

+3.3V: เป็นขาสำหรับต่อแหล่งจ่ายกระแสตรงขนาด 1.9 ถึง 3.6 โวลต์

SCL: ขาสัญญาณนาฬิกาสำหรับการรับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C (Inter-Integrated Circuit)

SDA: ขารับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C (Inter-Integrated Circuit)

INT1,INT2: เป็นตัว Interrupt

GND: ใช้ต่อกราวด์

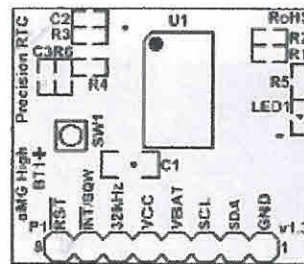
2.6 aMG High Precision Real Time Clock

aMG High Precision Real Time Clock เป็นโมดูลระบบฐานเวลา ซึ่งใช้ IC ของ Maxim เบอร์ DS3231SN

คุณสมบัติของบอร์ด

1. ความแม่นยำ $\pm 2\text{ppm}$ ในช่วง 0°C ถึง $+40^{\circ}\text{C}$
2. ความแม่นยำ $\pm 3.5\text{ppm}$ ในช่วง -40°C ถึง $+85^{\circ}\text{C}$
3. มีแบตเตอรี่สำรองเพื่อนให้โมดูลสามารถทำงานต่อได้ในขณะที่ไม่จ่ายไฟ
4. ช่วงของอุณหภูมิที่สามารถทำงานได้ดี -40°C ถึง $+85^{\circ}\text{C}$
5. ใช้พลังงานต่ำ
6. สามารถนับเวลาเป็น วินาที นาที ชั่วโมง วัน เดือน ปี (นับได้สูงสุดถึงปี 2100)
7. สามารถโปรแกรมตั้งเวลาเตือนได้
8. ใช้การติดต่อแบบ I2C ที่ความถี่ 400kHz
9. สามารถวัดอุณหภูมิและให้เอาต์พุตเป็นดิจิตอล ซึ่งมีความแม่นยำ $\pm 3^{\circ}\text{C}$

โครงสร้างของบอร์ด



รูปที่ 2.7 aMG High Precision Real Time Clock

RST: เป็นขาสำหรับรีเซ็ตโมดูล

INT/SQW: ขาเอาต์พุตสัญญาณ Square Wave และขาสัญญาณอินเตอร์รัพท์ (ต้องต่อ R pullup)

32kHz: เป็นขาเอาต์พุตความถี่ 32 kHz (ต้องต่อ R pullup)

VCC: ใช้ต่อกับแหล่งจ่ายกระแสตรงขนาด 2.3 ถึง 5.5 V

GND: ใช้ต่อกราวด์

VBAT: ใช้ต่อกับแบตเตอรี่ 2.3 ถึง 5.5 V เพื่อรักษาการทำงาน ในกรณีที่ไม่มีไฟเลี้ยงจ่าย

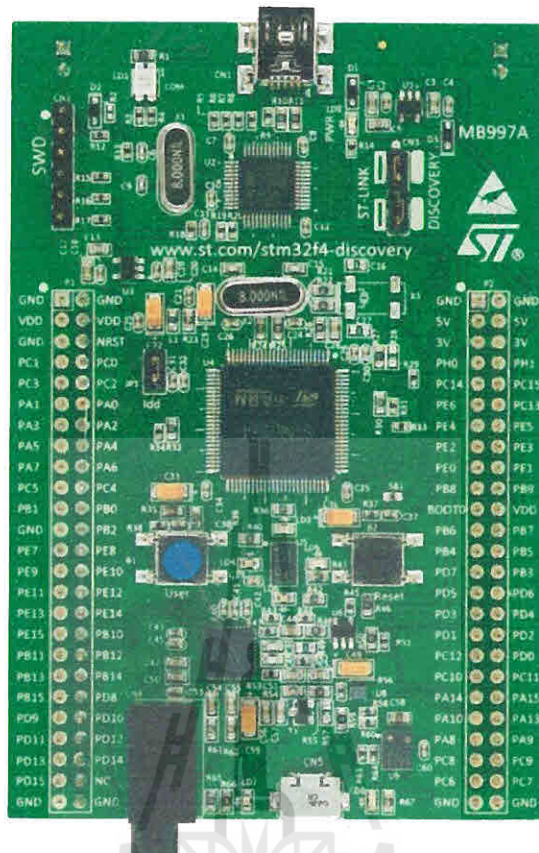
SDA: ขารับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C (Inter-Integrated Circuit)

SCL: ขาสัญญาณนาฬิกาสำหรับการรับส่งข้อมูลด้วยระบบบัส I2C (Inter-Integrated Circuit)

2.7 STM32F4 Discovery

STM32F4 Discovery เป็นชุดทดลองของบริษัท ST โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล STM32F407VGT6 32-bit ARM Cortex-M4F โดยในบอร์ดจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ชุด ST-LINK/V2 ใช้ในการดาวน์โหลดและอัปเดตไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F407VGT6 ที่อยู่ในบอร์ดผ่านทางพอร์ต USB และส่วนของ บอร์ด STM32F4DISCOVERY เป็นชุดทดลองที่สามารถทำงานร่วมกับ MATLAB Simulink ได้ STM32F4DISCOVERY เป็นบอร์ดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ และเป็นบอร์ดที่ถูกออกแบบมาเพื่อการเรียนการสอนของนักเรียนระดับมหาวิทยาลัย และมัธยม ในรายวิชาด้านวิศวกรรมหลายๆ ด้าน เช่น ระบบควบคุม, ระบบอัตโนมัติ, หุ่นยนต์, ประมวลผลสัญญาณ Digital(DSP) ฯลฯ จุดเด่นของ STM32F4 Discovery คือการใช้งานที่ง่ายโดยเฉพาะด้านการเขียนโปรแกรม เนื่องจากการเขียนโปรแกรมแบบ Graphic Programming ผ่าน Simulink ซึ่งติดตั้งมาพร้อมกับ MATLAB ซึ่งเป็น Module หนึ่งในโปรแกรม MATLAB ทำให้สามารถทำ

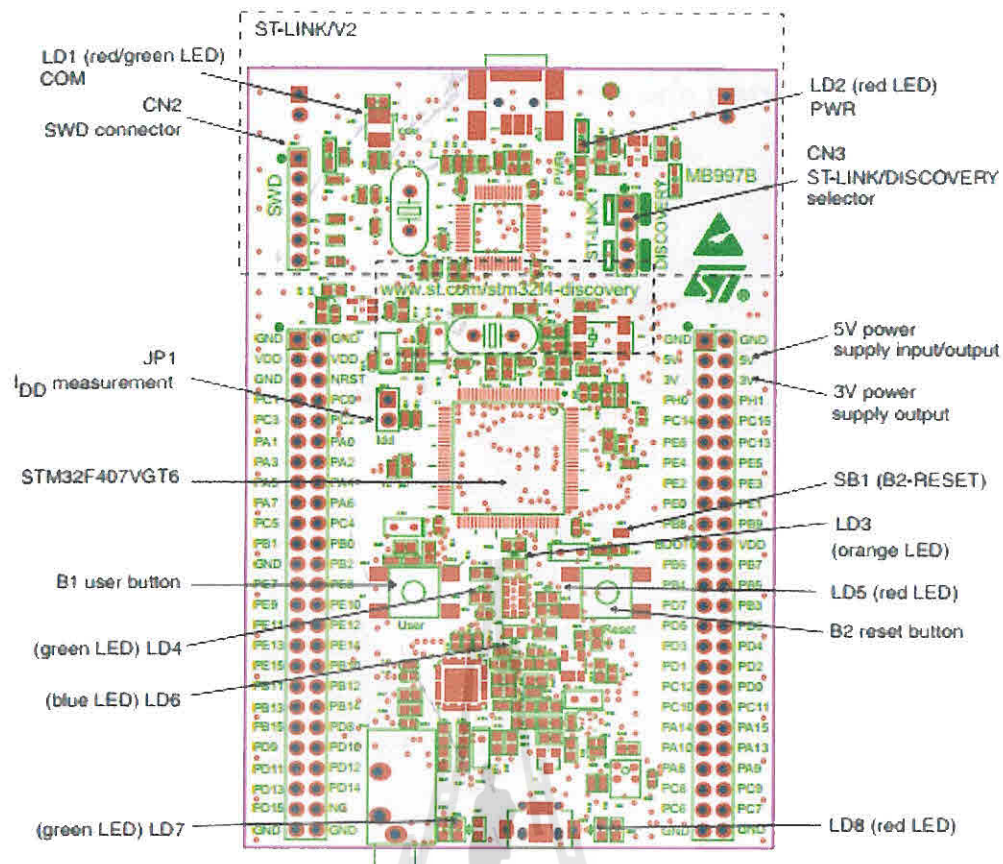
ความเข้าใจการทำงานของโครงงานทั้งในส่วนการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ อัลกอริทึม การเขียนโปรแกรม และอื่นๆ



รูปที่ 2.8 ชุดทดลอง STM32F4 Discovery

คุณสมบัติของชุดทดลอง STM32F4 Discovery

1. ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F407VGT6 32-bit ARM Cortex-M4F core
2. มีหน่วยความจำ flash 1 MB และ RAM 192 KB
3. ใช้แหล่งจ่ายผ่าน USB แรงดัน +5 V หรือแหล่งจ่ายภายนอก +5 V ได้
4. มีแหล่งจ่ายแรงดัน 3 V และ 5 V
5. มีเซ็นเซอร์วัดความเร่ง 3 แกนเบอร์ LIS302DL อยู่บนบอร์ด
6. มีดิจิทัลไมโครโฟนเบอร์ MP45DT02 อยู่บนบอร์ด
7. มีพอร์ต USB OTG FS พร้อมหัวต่อ MICRO-AB
8. ตัวบอร์ดทำเป็นหัวต่อแบบ PIN HEADER ได้ PCB 25x2 จำนวน 2 ชุด
9. มีหลอด LED 8 หลอดแสดงสถานะการเชื่อมต่อต่างๆ
10. มี 2 ปุ่มกด ยูเซอร์ และ รีเซ็ต



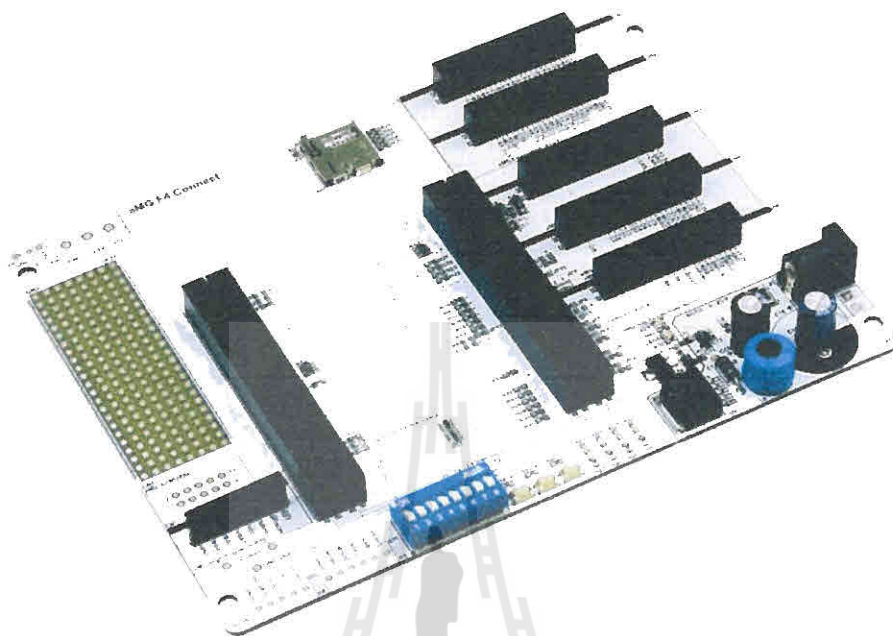
รูปที่ 2.9 บอร์ดทดลอง STM32F4 Discovery

ซอฟต์แวร์ที่ใช้งาน

1. Waijung blockset หรือเวอร์ชันที่ใหม่กว่า
2. Matlab 32-bits 2009a (version 7.8) หรือเวอร์ชันที่ใหม่กว่า
3. Simulink 2009 (version 7.3) หรือเวอร์ชันที่ใหม่กว่า
4. Real-Time Workshop 2009 (version 7.3) หรือเวอร์ชันที่ใหม่กว่า
5. Real-Time Workshop Embedded Coder 2009 (version 5.3) หรือเวอร์ชันที่ใหม่กว่า
6. RealView MDK for ARM version 4.0 หรือเวอร์ชันที่ใหม่กว่า
7. Microsoft Windows XP SP2 หรือเวอร์ชันที่ใหม่กว่า
8. Microsoft .Net Framework version 3.5 หรือเวอร์ชันที่ใหม่กว่า

2.8 aMG F4Connect

aMG F4Connect เป็นบอร์ดที่ออกแบบมาเพื่อใช้คู่กับบอร์ด STM32F4DISCOVERY



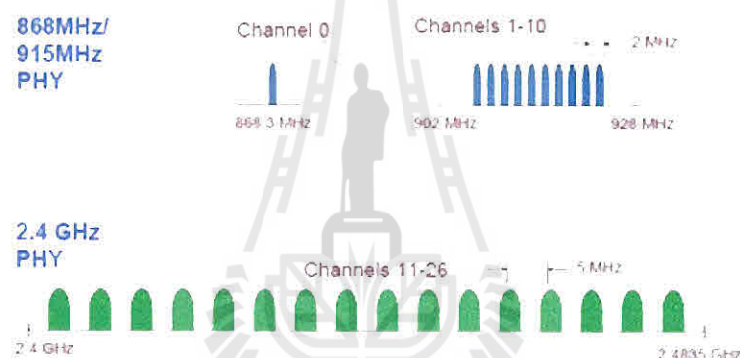
รูปที่ 2.10 บอร์ด aMG F4Connect

โครงสร้างของบอร์ด

1. มีขั้วต่อสำหรับสาย LAN RJ45
2. มีขั้วต่อ RS232 ชนิด DB9 ตัวผู้
3. มีขาสำหรับการติดต่อแบบ SPI และ I2C (Inter-Integrated Circuit)
4. มีช่องสำหรับเสียบการ์ดหน่วยความจำ
5. มีสวิตช์สำหรับทดสอบแบบ DIP 8 ตัว
6. มีสวิตช์สำหรับทดสอบแบบ กดติดปล่อยดับ 3 ตัว
7. มี LED สำหรับทดสอบ 3 ดวง (สีแดง สีเหลือง สีเขียว)
8. มีวงจรรักษาแรงดันขนาด 3.3 โวลต์ 800 mA
9. มีช่องสำหรับเสียบบอร์ด STM32F4DISCOVERY
10. มีช่องขนาด 2.0 mm สำหรับเสียบแจ็กแหล่งจ่ายกระแสตรงขนาด 5 โวลต์

2.9 ZigBee (X-bee)

ZigBee มาตรฐานสากล กำหนดโดย ZigBee Alliance เป็นการสื่อสารแบบไร้สายที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลต่ำ ใช้พลังงานต่ำ ราคาถูก จุดประสงค์ก็เพื่อให้สามารถสร้างระบบที่เรียกว่า Wireless Sensor Network ได้ ซึ่งระบบนี้ จะสามารถทำงาน ในร่ม กลางแจ้ง ทนแดด ทนฝน และอยู่ได้ด้วยแบตเตอรี่ก้อนเล็ก (เช่นถ่าน AA 2 ก้อน) นานเป็นเดือน เป็นปี เหมาะสมใช้งานกับพวก Monitoring ต่าง ๆ ZigBee กำหนด ย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐานไว้ 3 ย่านความถี่คือ ย่าน 2.4 GHz , ย่าน 915 MHz และย่าน 868 MHz โดยแต่ละย่านจะมีช่องสัญญาณ 16 ช่อง , 10 ช่อง และ 1 ช่อง ตามลำดับ ส่วน อัตรารับส่งข้อมูล (ทางอากาศ) จะอยู่ที่ 250 Kbps , 40 Kbps , 20 Kbps ตามลำดับเช่นกัน โดยในพื้นที่โล่งในระยะสื่อสารประมาณ 200 เมตร สำหรับในอาคารมีระยะสื่อสารประมาณ 30 เมตร สามารถเพิ่มระยะสื่อสารได้โดยการเพิ่ม intermediate node หรือ router



รูปที่ 2.11 ย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐาน ZigBee

ZigBee สามารถสร้างเป็นเครือข่ายได้ ทั้งนี้ ZigBee ได้อ้างอิงมาตรฐานตาม IEEE 802.15.4 โดย IEEE 802.15.4 แบ่งชนิดอุปกรณ์ในเครือข่ายออกเป็น 2 ประเภท คือ FFD (Full Function Device) ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่สามารถทำงานได้ทุกอย่างในเครือข่าย และ RFD (Reduce Function Device) ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ถูกลดความสามารถการทำงานในเครือข่าย IEEE 802.15.4 รูปแบบอุปกรณ์ดังนี้

Network Coordinator

- รักษาข้อมูลทั้งหมดของระบบ
- มีความซับซ้อนมากที่สุดในกระบวนการแผนภูมิต้นไม้
- ใช้ความจำและกระบวนการคำนวณมาก

Full Function Device (FFD)

- ใช้โหมตการทำงานของ IEEE 802.15.4 และลักษณะเฉพาะเจาะจงทั้งหมดโดยมาตรฐาน
- เพิ่มความจำ, กำลังงานคำนวณ ทำให้เป็นอุดมคติสำหรับ Network router function
- สามารถใช้ใน Network edge devices ในขณะที่เครือข่ายติดต่อกับเครือข่ายอื่นๆ หรือ อุปกรณ์ที่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับ IEEE 802.15.4 Reduce Function Device (RFD)
- มีการจำกัดรูปแบบการทำงานที่ควบคุมเรื่องความซับซ้อน
- การใช้งานทั่วไปจะอยู่ใน Network edge devices

มาตรฐาน IEEE 802.15.4 เป็นมาตรฐานสำหรับการสื่อสารระยะใกล้ที่เน้นการใช้งานพลังงานต่ำและเน้นการสื่อสารที่ทนต่อสภาพสัญญาณรบกวนสูงและเน้นที่ความง่ายเพื่อให้ชีพการสื่อสารมีราคาถูกส่วนมาตรฐาน ZigBee เป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาเฉพาะสำหรับการติดต่อเครื่องเซ็นเซอร์ชนิดต่างๆเพื่อการพัฒนาแอปพลิเคชัน เช่น เครื่องเซ็นเซอร์สำหรับ Home automation ที่มีการสื่อสารระหว่างเซ็นเซอร์ประยุกต์การสื่อสารแบบ ZigBee กับกล้องเพื่อบันทึกภาพคนที่เข้ามาในบ้านเป็นแบบ multi-hop routing ที่สามารถส่งข้อมูลไปยังเครื่องเซ็นเซอร์ที่ต้องการโดยผ่านเครื่องเซ็นเซอร์ตัวอื่นๆ ซึ่งคุณสมบัตินี้ไม่ได้รับการสนับสนุนในบลูทูธ การสื่อสารแบบ ZigBee ช่วยให้ขยายรัศมีการส่งของข้อมูลได้ออกไปเรื่อย ZigBee สำหรับในชั้น network ของ ZigBee จะอยู่บนพื้นฐานของระบบมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ซึ่งในชั้น network สามารถรองรับได้ 3 แบบ คือแบบสตาร์ (Star) แบบเมช (Mesh) และวงแหวน (Ring Topology) เมื่อมีการเพิ่มจำนวนของเครื่องเซ็นเซอร์ด้วย จากที่ ZigBee รองรับโทโปโลยีแบบเมช (mesh) ทำให้ต้องมี การค้นหาเส้นทางด้วยตัวเอง (Multiple Routing Algorithms) ซึ่งในตัว ZigBee นี้จึงจะต้องมี โปรโตคอล (AODV Protocol) ซึ่งการทำงานของ AODV Protocol คือ การส่งข้อความ (Message) ผ่านไปยัง โหนดข้างเคียง (Neighbor Node) เพื่อไปยังโหนดที่ต้นทางไม่สามารถติดต่อได้โดยตรง ในระหว่างทางที่ข้อความถูกส่งผ่านไปโปรโตคอล AODV ก็จะทำการค้นหาเส้นทางไปด้วย โดยจะเชื่อว่าจะไม่เกิดการวนลูป (Loop) และพยายามหาเส้นทางที่สั้นที่สุด เพื่อประหยัดเวลาในการส่งข้อมูลและโปรโตคอล AODV ยังสามารถที่จะควบคุมการเปลี่ยนแปลงของเส้นทาง (Route) และสามารถสร้างเส้นทางใหม่ได้หากเกิดข้อผิดพลาด

โครงสร้างของโปรโตคอล ZigBee

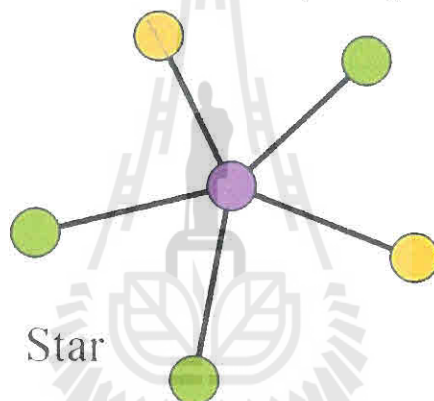
Application Layer เป็นชั้นที่มีส่วนของการทำงานบนเฟรม (Application Framework) ทำหน้าที่ในการจัดการในการเข้าถึงและใช้งานบนเลเยอร์นั้น

Application Support Sub-Layer ทำหน้าที่ในการสร้างเฟรม (Frame) และทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูล

Network Layer ทำหน้าที่ใช้ในการหาเส้นทาง (Routing) ข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางที่อาจอยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันหรือต่างเครือข่ายกัน

เครือข่ายแบบสตาร์ (Star Network)

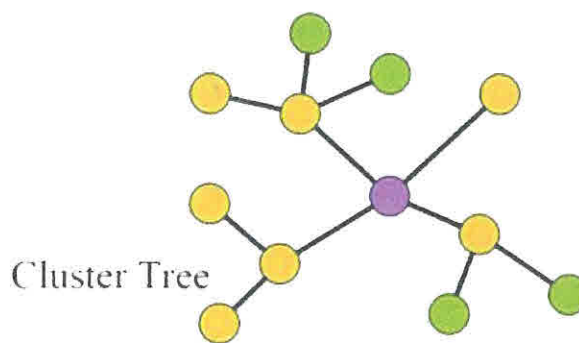
ประกอบด้วยจุดเชื่อมต่อโปรโตคอล ZigBee 1 จุด และอุปกรณ์ปลายทางหลายๆ ในเครือข่ายแบบสตาร์อุปกรณ์ปลายทางทั้งหมดจะสื่อสารกับอุปกรณ์เชื่อมต่อเท่านั้น ถ้าอุปกรณ์ปลายทางหนึ่งต้องการสื่อสารกับอุปกรณ์ปลายทางอื่นๆ ต้องส่งข้อมูลผ่านอุปกรณ์เชื่อมต่อเท่านั้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ อุปกรณ์เชื่อมต่อทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปยังผู้รับ



รูปที่ 2.12 การแสดงเครือข่ายแบบสตาร์

เครือข่ายแบบต้นไม้ (Cluster Tree)

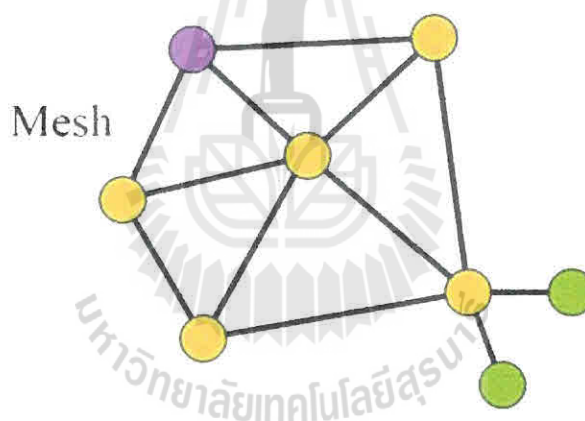
ในเครือข่ายนี้ อุปกรณ์ปลายทางจะสามารถเชื่อมต่อได้กับอุปกรณ์เชื่อมต่อหรือ ZigBee โปรโตคอลเราเตอร์ทำหน้าที่ 2 ประการ คือ เพิ่มจำนวนโหนดที่สามารถเชื่อมต่ออยู่บนเครือข่าย และขยายขนาดของเครือข่าย เนื่องจากเราเตอร์จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปยังจุดต่างๆของเครือข่ายได้ โดยที่อุปกรณ์ปลายทางไม่จำเป็นต้องอยู่ในระยะการส่งสัญญาณวิทยุ



รูปที่ 2.13 การแสดงเครือข่ายต้นไม้

เครือข่ายแบบเมช (Mesh Network)

เครือข่ายแบบเมชใช้กับเครือข่ายแบบต้นไม้ ยกเว้นอุปกรณ์ FFD สามารถส่งข้อมูลไปยัง FFD อื่นได้โดยตรงไม่ต้องผ่านโครงสร้างต้นไม้ ข้อมูลที่ส่งไปยัง RFD จะต้องทำการต่อผ่านอุปกรณ์ RFD ก่อนหน้า ข้อดีของการเชื่อมต่อแบบนี้คือ ช่วยลดอัตราความล่าช้าของการส่งและเพิ่มความน่าเชื่อถือของระบบ



รูปที่ 2.14 การแสดงเครือข่ายแบบเมช

เครือข่ายแบบต้นไม้และเครือข่ายแบบเมช มีอีกชื่อว่า เครือข่ายหลายจุด (Multi-Hop) ขณะที่เครือข่ายแบบสตาร์เป็นเครือข่ายจุดเดียว (Single-Hop) เครือข่ายโปรโตคอล ZigBee เป็นเครือข่ายแบบเชื่อมต่อได้หลายอุปกรณ์พร้อมกัน ซึ่งหมายความว่า จุดเชื่อมต่อในเครือข่ายทุกจุดมีสิทธิในการเข้าถึงตัวกลางที่ใช้ในการสื่อสารเท่าๆกัน มีทุกจุดเชื่อมต่อในเครือข่ายส่งข้อมูลได้ตลอดเวลาที่ช่องสัญญาณว่างอยู่ ในเครือข่ายแบบ Beacon จุดเชื่อมต่อจะสามารถส่งข้อมูลได้ในช่วงเวลาที่ถูกกำหนดล่วงหน้าไว้เท่านั้น

บทที่ 3

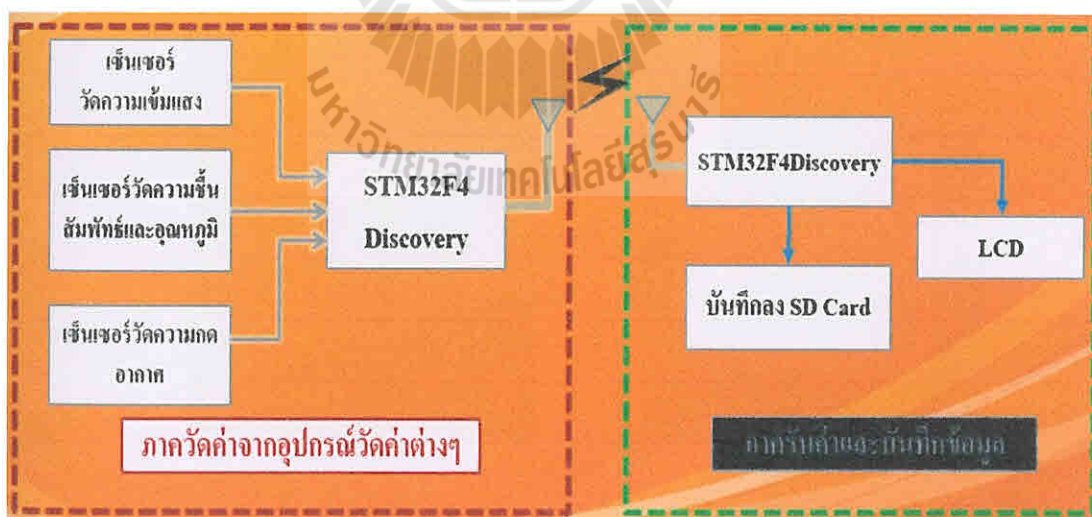
การออกแบบระบบ

3.1 บทนำ

บทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบระบบของอุปกรณ์บันทึกข้อมูลเคลื่อนที่ได้สำหรับงานเกษตรกรรมทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โดยภาควัดจะทำการอ่านค่าจาก เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิและเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศแล้วส่งข้อมูลทั้งหมดให้ภาคบันทึกข้อมูล เพื่อบันทึกข้อมูลลงการ์ดหน่วยความจำ

3.2 การออกแบบระบบเบื้องต้น

การออกแบบระบบของอุปกรณ์บันทึกข้อมูลเคลื่อนที่ได้สำหรับงานเกษตรกรรม จะแบ่งออกเป็น 2 ภาคการทำงาน คือ 1. ภาควัดค่า จะทำการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ และเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศแล้วส่งข้อมูลผ่านอุปกรณ์สื่อสารไร้สายไปยังภาคบันทึกข้อมูล 2. ภาคบันทึกข้อมูล จะทำการรับข้อมูลจากภาควัดค่าโดยผ่านอุปกรณ์สื่อสารไร้สายจากนั้นทำการบันทึกค่าที่ได้จากภาควัดค่าตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ คังแผนภาพแสดงระบบโดยรวม ในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงระบบโดยรวม

3.3 ออกแบบภาควัดค่า

ภาควัดค่าจะใช้บอร์ด STM32F4 Discovery เพื่อรับค่าจากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ และเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศจากนั้นนำค่าที่อ่านได้ส่งไปยังอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย คือโมดูล Xbee เพื่อส่งข้อมูลไปยัง ภาคบันทึกค่า เนื่องจากในการใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จำเป็นต้องใช้กำลังไฟฟ้าเพื่อเป็นแหล่งพลังงานในการทำงานของบอร์ด จึงได้ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้แก่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และเพื่อป้องกันในช่วงเวลาที่แสงแดดไม่เพียงพอต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์จึงจำเป็นต้องติดตั้ง แบตเตอรี่เข้าไปด้วย แต่เนื่องจากแผงโซลาร์เซลล์ที่ทำการติดตั้งนั้นให้แรงดันไฟฟ้าออกมาที่ 17.6 โวลต์ และ แบตเตอรี่ให้แรงดันไฟฟ้าออกมาที่ 12 โวลต์ จึงจำเป็นต้องมีวงจรชาร์เจอร์เพื่อลดทอนแรงดันไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่ให้เหลือเพียง 5 โวลต์เท่านั้น เพราะเนื่องจากบอร์ด STM32F4 Discovery ใช้แรงดันไฟฟ้าเพื่อการทำงานอยู่ที่ 5 โวลต์ ดังรูปที่ 3.2 (ก) และ รูปที่ 3.2 (ข)



(ก)



(ข)

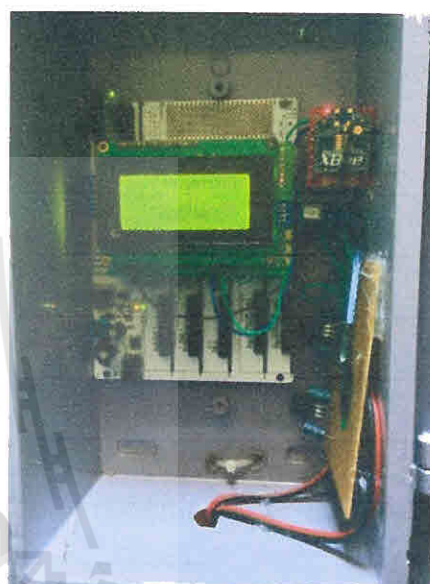
รูปที่ 3.2 (ก) ลักษณะการติดตั้งภาควัดค่า (ข) อุปกรณ์ต่างๆที่อยู่ภายในภาควัดค่า

3.4 ออกแบบภาคบันทึกข้อมูล

ภาควัดค่าจะใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 Discovery เป็นตัวรับข้อมูลจากภาควัดค่าและบันทึกข้อมูลลงการ์ดหน่วยความจำ ตามช่วงเวลาที่ได้อีกกำหนดไว้ ซึ่งการรับข้อมูลนั้นจะใช้อุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย คือ โมดูล Xbee และลักษณะการติดตั้งนั้นจะเหมือนข้อหัวที่ 3.2 นั่นคือ จะมีแผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่เพื่อเป็นแหล่งให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 3.3 (ก) และ รูปที่ 3.2 (ข)



(ก)

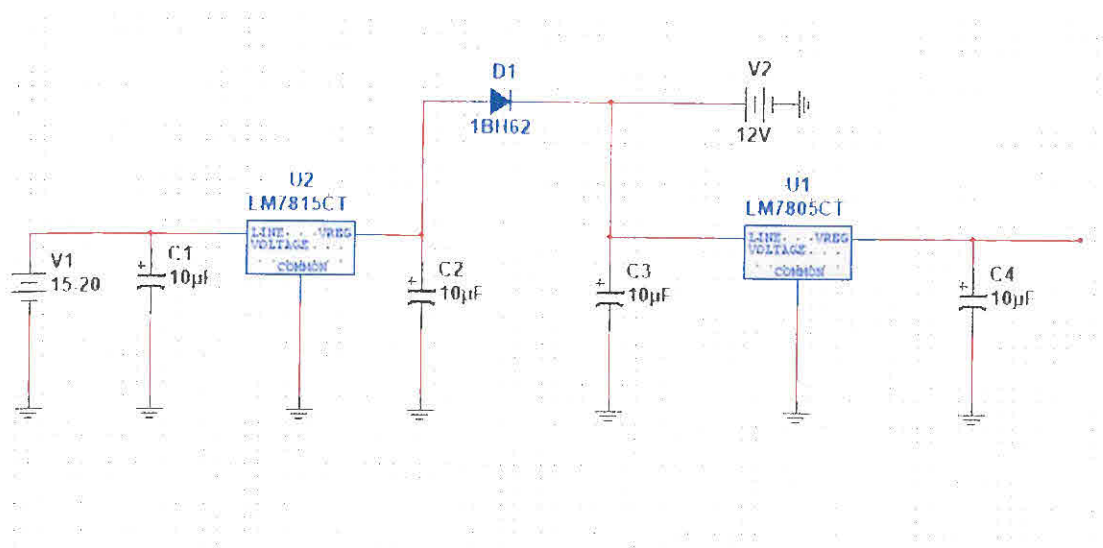


(ข)

รูปที่ 3.3 (ก) ลักษณะการติดตั้งภาคบันทึกข้อมูล (ข) อุปกรณ์ภายในของภาคบันทึกข้อมูล

3.5 ออกแบบวงจรชาร์จเจอร์

วงจรชาร์จเจอร์คือ วงจรที่นำมาเพื่อลดแรงดันไฟฟ้าหรือแปลงแรงดันไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่ จาก 15-20 โวลต์ แปลงเป็น 5 โวลต์ สำหรับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 Discovery



รูปที่ 3.4 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่และแปลงแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.4 วงจรรับอินพุตกระแสตรงแรงดันไฟฟ้า 15 โวลต์ ถึง 20 โวลต์ จากแผงโซลาร์เซลล์ ตัวเก็บประจุ C1 จะทำการกรองแรงดันไฟฟ้าให้มีความเรียบมากขึ้น เนื่องจากแผงโซลาร์เซลล์ไม่สามารถให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงคงที่ตลอดเวลาได้ จากนั้นเข้าไปยัง U2 เบอร์ LM7815 เพื่อรักษาแรงดันไฟฟ้าที่ได้แผงโซลาร์เซลล์ให้อยู่ที่ 15 โวลต์ แล้วตัวเก็บประจุ C2 จะทำการกรองแรงดันไฟฟ้าให้เรียบอีกครั้ง เพื่อที่จะทำการชาร์ตแบตเตอรี่ โดยมีไดโอด D1 เป็นตัวป้องกันเพื่อไม่ให้กระแสไฟจากแบตเตอรี่ไหลย้อนกลับเข้ามาหาแผงโซลาร์เซลล์ ในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์น้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ จากนั้นแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์จากแบตเตอรี่จะถูกตัวเก็บประจุ C3 ทำให้แรงดันไฟฟ้ามีความเรียบขึ้น เพื่อที่จะส่งต่อไปยัง U1 เบอร์ LM7805 ซึ่งจะทำหน้าที่รักษาแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ที่ 5 โวลต์ ตัวเก็บประจุ C4 จะกรองแรงดันไฟฟ้าอีกทีหนึ่งก่อนที่จะส่งต่อไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 Discovery

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเบื้องต้นไอซีเบอร์ 7815

ขาสัญญาณ	หน้าที่
IN	เป็นขารับสัญญาณเข้า (อินพุต)
REF	กราวด์
OUT	เป็นขาส่งสัญญาณออก (เอาต์พุต)

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลเบื้องต้นไอซีเบอร์ 7805

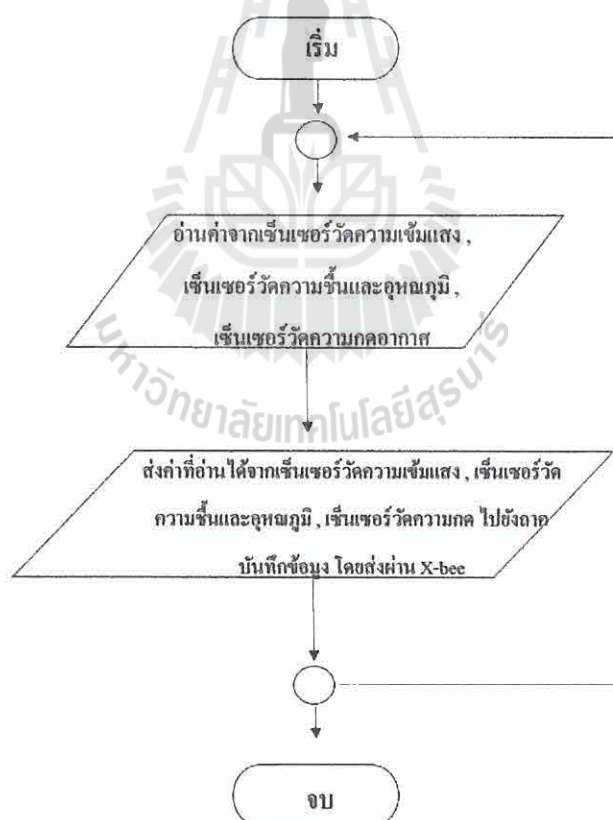
ขาสัญญาณ	หน้าที่
IN	เป็นขารับสัญญาณเข้า (อินพุต)
REF	กราวด์
OUT	เป็นขานำสัญญาณออก (เอาต์พุต)

3.6 การออกแบบซอฟต์แวร์

การออกแบบซอฟต์แวร์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน นั่นคือ ส่วนที่ทำหน้าที่ภาควัดค่า และส่วนที่ทำหน้าที่ภาคบันทึกข้อมูล

3.6.1 แผนภาพแสดงการทำงานสำหรับภาควัดค่า

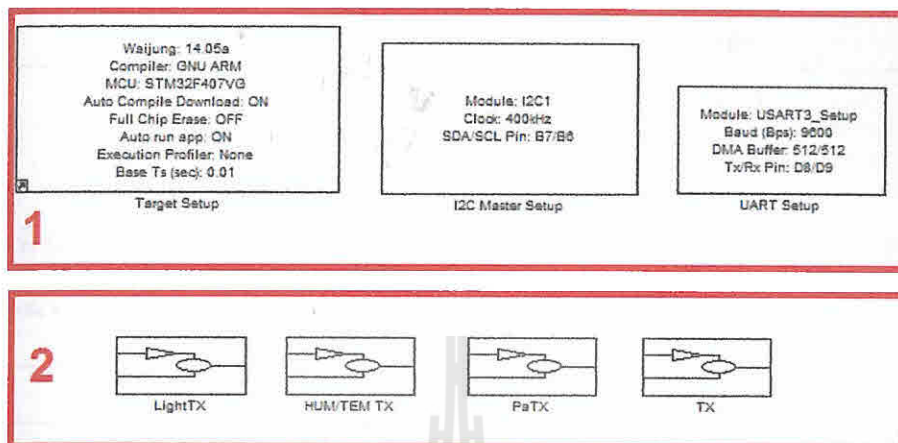
สำหรับการทำงานของส่วนภาควัดค่าสามารถอธิบายด้วยแผนภาพได้ดังนี้



รูปที่ 3.5 การทำงานของโปรแกรมภาควัดค่า

3.6.1.1 การออกแบบโปรแกรมสำหรับภาควัดค่า

สามารถแบ่งการอธิบายออกได้เป็น 2 ส่วน คือ 1. ส่วนของการประกาศบล็อกเริ่มต้น 2. ส่วนของการทำงานต่างๆ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 บล็อกทั้งของภาควัดค่า

ส่วนที่ 1 ตามรูปที่ 3.6

1. บล็อก Target Setup เพื่อทำหน้าที่ในการกำหนด Compiler เลือกใช้ GNU ARM และกำหนด MCU เลือกใช้ STM32F407VG
2. บล็อก I2C Master Setup ทำหน้าที่ในการเปิดใช้งานการสื่อสารแบบ I2C ของบอร์ด STM32F4 Discovery เพื่อใช้สำหรับการสื่อสารระหว่าง เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ และเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ยังสามารถที่จะคัมเบิ้ลคลิกเข้าไปตั้งค่าต่างๆได้
3. บล็อก UART Setup ทำหน้าที่ในการเปิดใช้งานการสื่อสารแบบ UART ของบอร์ด STM32F4 Discovery เพื่อใช้งานสำหรับการสื่อสารระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สายหรือโมดูล Xbee เมื่อคัมเบิ้ลคลิกเข้าไปจะสามารถจะตั้งค่าความเร็วในการส่งหรือการรับข้อมูลออกจาดังกล่าวของบอร์ดได้

ตารางที่ 3.3 แสดงการเชื่อมต่อขาของเซ็นเซอร์เข้าบอร์ด STM32F4 Discovery

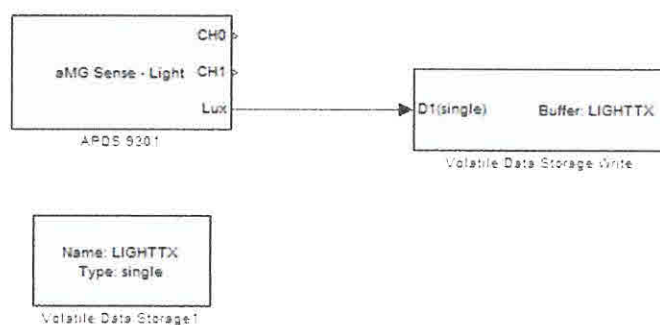
ขาสัญญาณของเซ็นเซอร์	ขาสัญญาณของบอร์ด STM32F4 Discovery
3.3 V	3 V
SCL	PB6
SDA	PB7
GND	GND

ตารางที่ 3.4 แสดงการเชื่อมต่อขาของอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย Xbee เข้าบอร์ด STM32F4 Discovery

ขาสัญญาณของ Xbee	ขาสัญญาณของบอร์ด STM32F4 Discovery
3.3 V	3 V
Tx	PD8
GND	GND

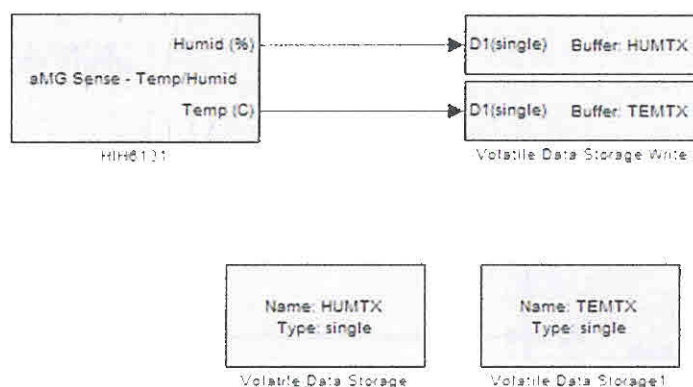
ส่วนที่ 2 ตามรูปที่ 3.6

1. บล็อก LightTX คือบล็อกทำหน้าที่อ่านค่าและเก็บค่าจากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง เมื่อดับเบิลเข้าไปเห็นบล็อก APDS 9301 ซึ่งเป็นบล็อกสำเร็จรูปของเซ็นเซอร์ APDS 9301 ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงจากนั้นทำการลากขา LUX จากบล็อก APDS 9301 เข้าบล็อก Volatile Data Storage Write ซึ่งเป็นบล็อกสำหรับรับค่าต่างๆแล้วนำไปเก็บไว้ในตัวแปรที่บล็อก Volatile Data Storage1 ประกาศไว้ คือ LIGHTTX



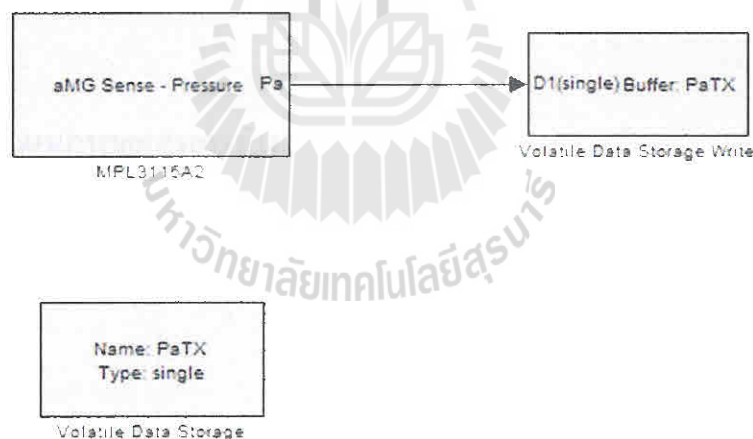
รูปที่ 3.7 การอ่านและเก็บค่าจากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง

2. บล็อก HUM/TEM TX คือบล็อกทำหน้าที่อ่านค่าและเก็บค่าจากเซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ เมื่อคลิกบล็อกจะพบบล็อก HIH36131 ซึ่งเป็นบล็อกสำเร็จรูปของเซ็นเซอร์ HIH36131 ทำการลาก Temp และ Humid เข้าไปเก็บไว้ในค่าตัวแปรที่ประกาศไว้



รูปที่ 3.8 การอ่านและเก็บค่าจากเซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ

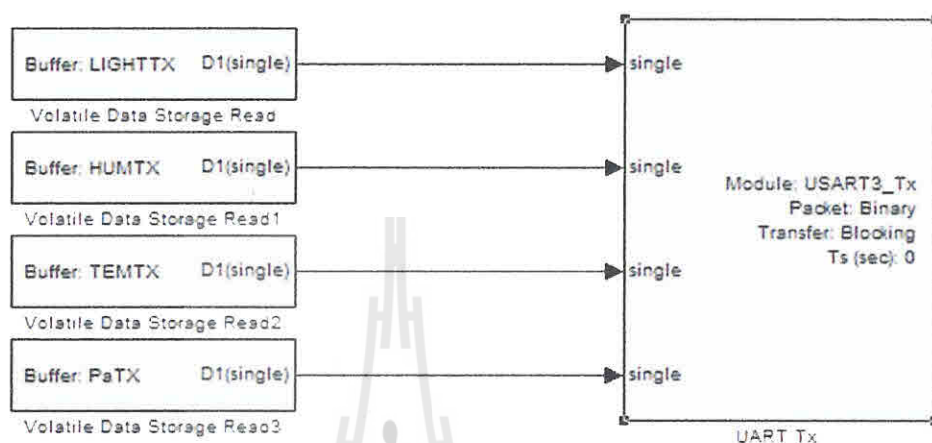
3. บล็อก PaTX คือบล็อกที่ทำหน้าที่อ่านค่าและเก็บค่าจากเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ เมื่อคลิกบล็อก จะพบบล็อก MPL3115A2 ซึ่งเป็นบล็อกสำเร็จรูปของเซ็นเซอร์ MPL3115A2 ทำการลาก Pa เข้าไปเก็บไว้ในค่าตัวแปรที่ประกาศไว้



รูปที่ 3.9 การอ่านและรับค่าจากเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ

4. บล็อก TX คือบล็อกที่ทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลที่ได้อ่านจากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิและเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ เพื่อส่งไปยังภาคบันทึก

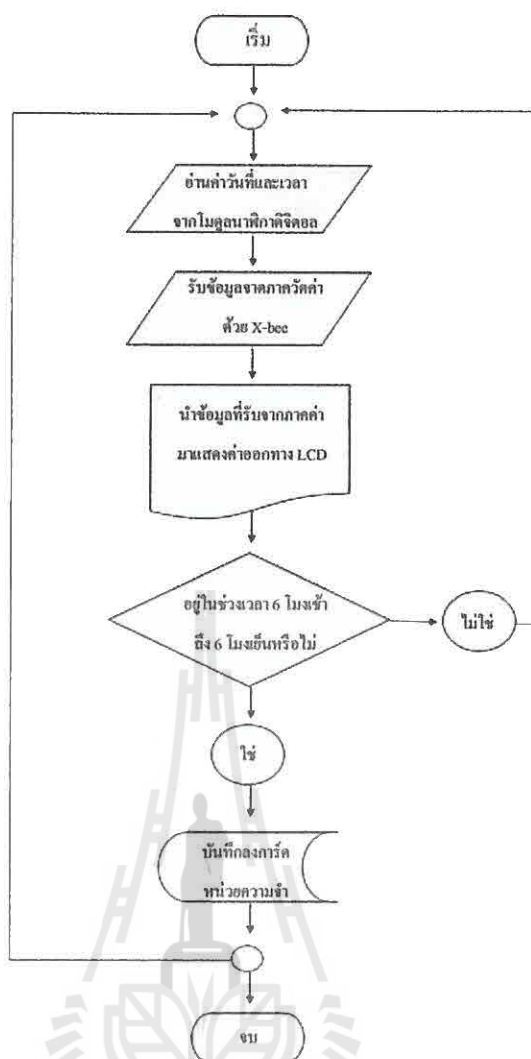
ข้อมูล เมื่อดับเบิ้ลคลิก จะพบบล็อก UART Tx ซึ่งเป็นบล็อกที่คอยรับค่าจากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ และเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ จากบล็อก Volatile Data Storage Read ทั้ง 4 บล็อก ซึ่งแต่ละบล็อกจะนำค่าจากเซ็นเซอร์แต่ละเซ็นเซอร์ไว้ ซึ่งบล็อก UART Tx สามารถที่จะตั้งค่าต่างๆได้ เช่น ความเร็วในการส่ง ลักษณะการส่ง เป็นต้น



รูปที่ 3.10 การนำค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ส่งต่อไปยังอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย Xbee

3.6.2 แผนภาพแสดงการทำงานสำหรับภาคบันทึก

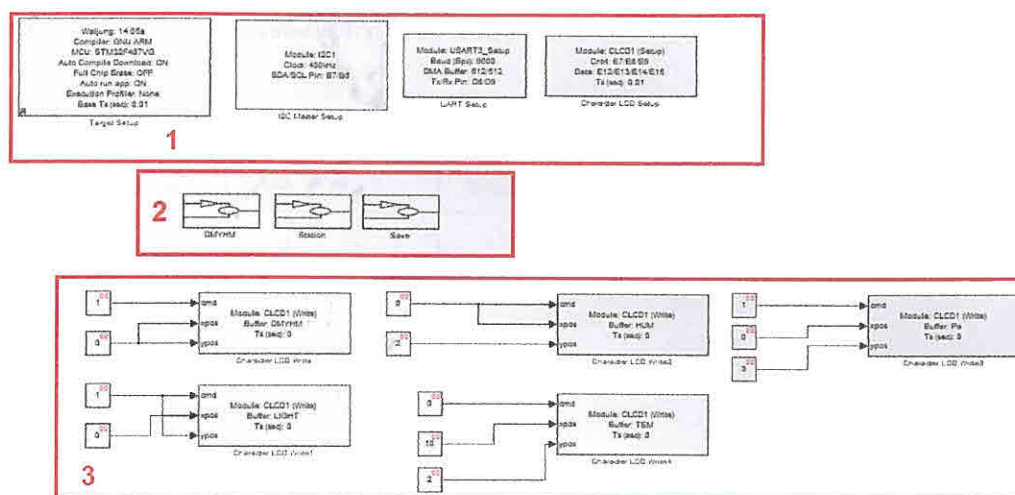
สำหรับการทำงานของส่วนภาคบันทึกข้อมูลสามารถอธิบายด้วยแผนภาพได้ดังนี้



รูปที่ 3.11 แผนภาพการทำงานของส่วนภาคบันทึกข้อมูล

3.6.2.1 การออกแบบโปรแกรมสำหรับภาคบันทึกข้อมูล

สามารถแบ่งการทำงานได้ 3 ส่วน คือ 1.ส่วนประกาศของบล็อกเริ่มต้น 2.ส่วนของการทำงานต่างๆ 3.ส่วนของการแสดงค่าออก LCD ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 บล็อกทั้งหมดของภาคบันทึกค่า

ส่วนที่ 1 ตามรูปที่ 3.12

1. จะมีบล็อกบางส่วนที่เหมือนกับภาควัดค่า นั่นคือบล็อก Target Setup , I2C , UART Setup บล็อก I2C ในส่วนภาคบันทึกข้อมูลนั้นจะไม่ได้ทำการสื่อสารระหว่างเซ็นเซอร์แต่จะทำการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอ LCD ส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาใหม่คือ บล็อก Character LCD Setup ซึ่งเป็นบล็อกที่จะกำหนดการเชื่อมต่อระหว่างจอ LCD กับ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

ตารางที่ 3.5 แสดงการเชื่อมต่อขาของจอ LCD เข้าบอร์ด STM32F4 Discovery

ขาสัญญาณของจอ LCD	ขาสัญญาณของบอร์ด STM32F4 Discovery
RS	PE7
RW	PE8
EN	PE9
D4	PE12
D5	PE13
D6	PE14
D7	PE15

ตารางที่ 3.6 แสดงการเชื่อมต่อขาของอุปกรณ์สื่อสารแบบไร้สาย Xbee เข้าบอร์ด STM32F4

Discovery

ขาสัญญาณของ Xbee	ขาสัญญาณของบอร์ด STM32F4 Discovery
3.3 V	3 V
Rx	PD9
GND	GND

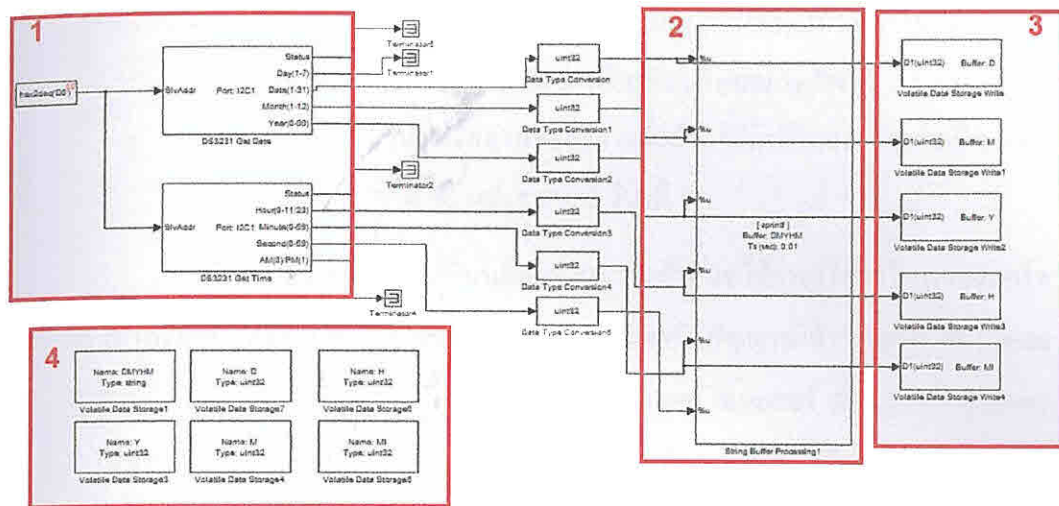
ส่วนที่ 2 ตามรูปที่ 3.12

1. บล็อก DMYHM เป็นบล็อกทำหน้าที่ในส่วนของวันที่และเวลา เมื่อคลิกปุ่มจะเห็นว่า มีอีก 2 บล็อก ซึ่ง บล็อก GetDate/Time นั้นจะทำงานในส่วนการนำค่าวันที่และเวลา มาแสดงที่หน้าจอ LCD และเก็บค่าชั่วโมงไว้ เพื่อนำมาเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาในการบันทึก และบล็อก SetDate/Time จะทำหน้าที่ในส่วนของการตั้งค่าวันที่และเวลาของโมดูลนาฬิกาดิจิตอล



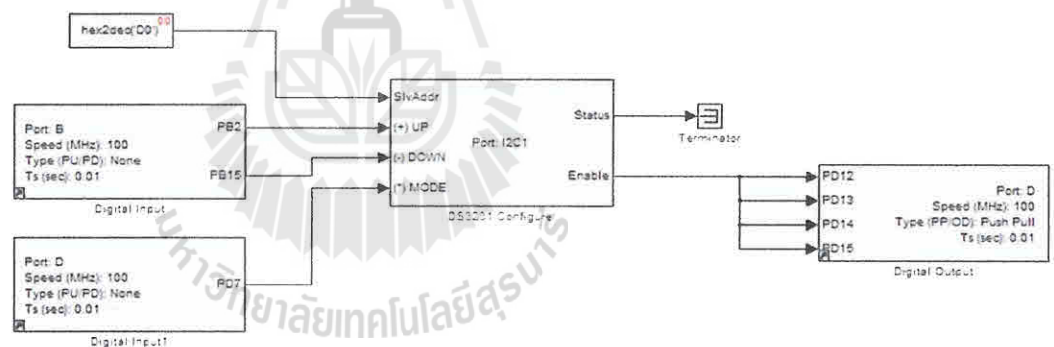
รูปที่ 3.13 บล็อกย่อยในบล็อก DMYHM

- 1.1 เมื่อคลิกปุ่มคลิกเข้าไปในบล็อก GetDate/Time จะเห็นว่า มีบล็อกอยู่มากมายซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 ส่วนตามนี้ ตามรูปที่ 3.14
 - 1.เป็นส่วนที่อ่านค่าจากโมดูลนาฬิกาดิจิตอล
 - 2.เป็นส่วนที่เก็บค่าวันที่และเวลาเพื่อนำไปแสดงที่จอ LCD
 - 3.เป็นส่วนที่เก็บค่าวันที่และเวลาเพื่อนำไปใช้เป็นเงื่อนไขในการกำหนดช่วงเวลาในการเริ่มบันทึกข้อมูลและหยุดบันทึกข้อมูล อีกทั้งยังเป็นส่วนที่นำค่าวันที่และเวลามาทับบันทึกลงการ์ดหน่วยความจำ
 - 4.เป็นส่วนทำหน้าที่ในการประกาศตัวแปรเพื่อเก็บค่าต่างๆ



รูปที่ 3.14 การทำงานส่วนต่างๆทั้งหมดของบล็อก GetDate/Time

1.2 เมื่อคัมเบิลคลิกเข้าไปในบล็อก SetDate/Time จะเห็นบล็อกหลักอยู่ทั้ง 3 บล็อกคือ บล็อก DS3231 Configure บล็อก Digital Input และบล็อก Digital Output ซึ่ง บล็อก DS3231 Configure เป็นบล็อกสำเร็จรูปของโมดูลนาฬิกาดิจิตอล DS3231



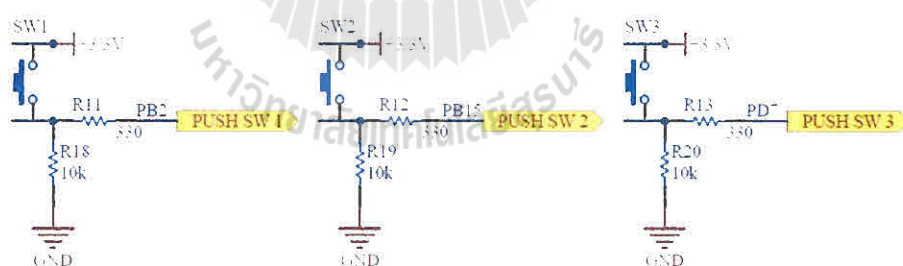
รูปที่ 3.15 บล็อกทั้งหมดของการทำงานตั้งค่าวันที่และเวลา

ซึ่งสามารถอธิบายบล็อก DS3231 Configure ได้ดังนี้

1. SlvAddr : ต่อกับ DS3231 Slave Address ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0xD0
2. (+)UP : รับสัญญาณดิจิตอลจากปุ่มกด เพื่อเพิ่มค่า +1
3. (-)DOWN : รับสัญญาณดิจิตอลจากปุ่มกด เพื่อเพิ่มค่า -1

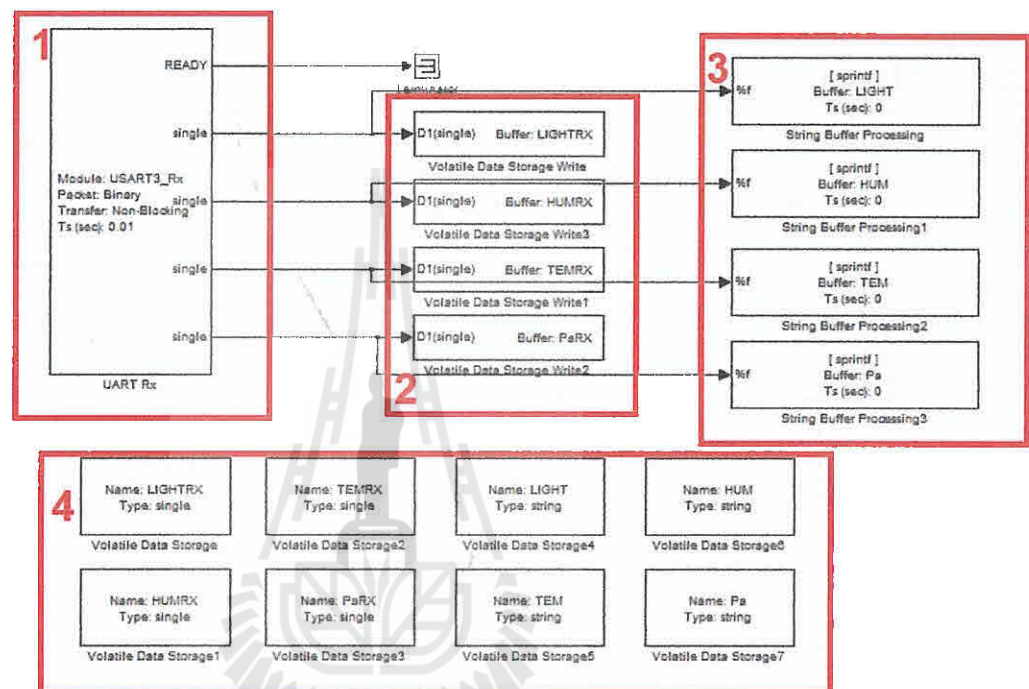
4. (*)MODE : รับสัญญาณดิจิทัลจากปุ่มกด เพื่อเลือกโหมดการทำงานตั้งค่านาฬิกาดิจิทัล ประมาณ 3 วินาที เพื่อเปลี่ยนโหมดการทำงาน
5. Enable : ใช้แสดงสถานะของการตั้งค่านาฬิกาดิจิทัล โดยจะเปิด - ปิดเมื่อสัญญาณดิจิทัลค้างประมาณ 3 วินาที

บล็อก Digital Input จะเป็นบล็อกที่สามารถกำหนดได้ว่าจะให้ขาไหนของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 Discovery เป็นขารับสัญญาณเข้า ส่วนบล็อก Digital Output เป็นบล็อกกำหนดว่าขาไหนของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F4 Discovery เป็นขาส่งสัญญาณออก จากทั้งหมดจากรูปที่ 3.15 อธิบายได้ดังนี้ เมื่อทำการกดสวิทช์ที่เชื่อมอยู่กับขา PD7 ค้างนาน 3 วินาที จะเข้าสู่โหมดการตั้งค่าของโมดูลนาฬิกาดิจิทัล พร้อมกับ LED ดิจิต 4 ดวงพร้อมกัน เพื่อแสดงให้รู้ว่าได้เข้าสู่โหมดการตั้งค่าของโมดูลนาฬิกาดิจิทัล ซึ่งตามปกติแล้วจะเริ่มจากการตั้งของ วันที่ ก่อน ถ้าต้องการเปลี่ยนค่าอย่างอื่นเช่น เดือน ปี ชั่วโมงหรือ นาที ให้กดสวิทช์ PD7 1 ครั้ง จากนั้นจะทำการตั้งค่าจากวันที่ ไปเป็นตั้งค่า เดือน ในการกดแต่ละนั้นจะเรียงตามลำดับดังนี้ วันที่ > เดือน > ปี > ชั่วโมง > นาที > วินาที แล้วกดอีกครั้ง ณ ตำแหน่งของวินาที ทำให้นวนกลับมาตั้งค่า วันที่ ใหม่อีกครั้ง ในการเปลี่ยนค่าวันที่หรือเวลานั้น ให้กดสวิทช์ที่เชื่อมอยู่กับขา PB2 กับ PB15



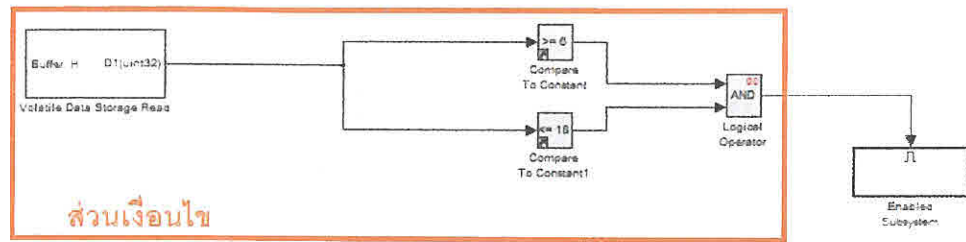
รูปที่ 3.16 การเชื่อมต่อสวิทช์กับขารับสัญญาณของบอร์ด STM32F4 Discovery

2. บล็อก Station เป็นบล็อกที่ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากภาควัดค่า แล้วนำไปเก็บไว้ในตัวแปรที่ได้กำหนดไว้ เพื่อนำไปแสดงผลผ่านจอ LCD และนำไปบันทึกลงการ์ดหน่วยความจำ เมื่อคีย์บอร์ดถูกกด จะพบการทำงานอยู่ 4 ส่วน 1.ส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย Xbee 2.ส่วนที่ทำหน้าที่เก็บค่าจากส่วนที่ 1 เพื่อนำไปแสดงผลผ่านจอ LCD 3.ส่วนที่ทำหน้าที่เก็บค่าจากส่วนที่ 1 เพื่อนำไปบันทึกลงการ์ดหน่วยความจำ 4.ส่วนที่ทำหน้าที่ประกาศตัวแปรต่างๆไว้เพื่อเก็บค่าที่ได้รับมา



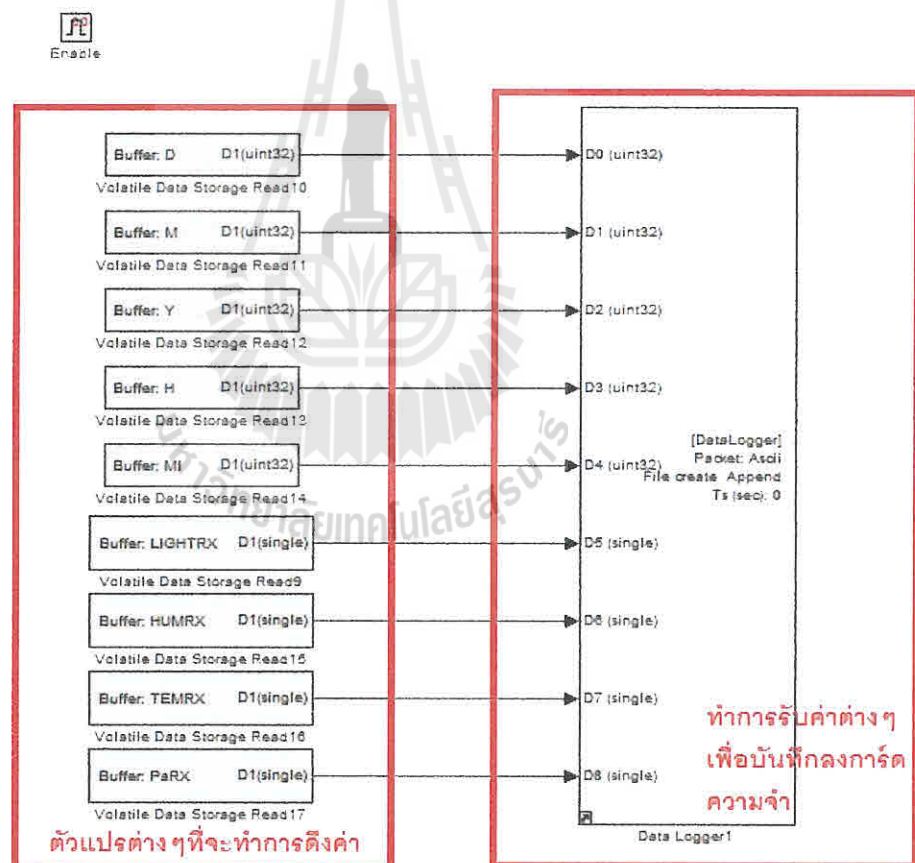
รูปที่ 3.17 ส่วนของการทำงานต่างๆของบล็อก Station

3. บล็อก Save เป็นบล็อกทำหน้าที่เกี่ยวกับในการบันทึกข้อมูลลงการ์ดหน่วยความจำในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ เมื่อคีย์บอร์ดถูกกด จะพบส่วนที่เป็นเงื่อนไขในการกำหนดช่วงเวลาที่จะบันทึกข้อมูล เมื่อถึงเวลาที่กำหนดบันทึกข้อมูล ก็จะส่งสัญญาณออกทำให้บล็อก Enabled Subsystem ทำงาน บล็อก Enabled Subsystem จะทำงานก็ต่อเมื่อมีสัญญาณเข้าเท่านั้น ถ้าไม่มีสัญญาณเข้าบล็อก Enabled Subsystem ก็จะหยุดทำงานทันที



รูปที่ 3.18 ส่วนที่เป็นเงื่อนไขในการกำหนดช่วงเวลารับข้อมูล

ภายในบล็อก Enabled Subsystem นั้นจะเป็นส่วนที่ทำการบันทึกข้อมูลลงการ์ดหน่วยความจำ โดยจะดึงค่าจากตัวแปรที่เก็บค่าวันที่และเวลา ค่าที่ได้รับจากภาควัดทั้ง 4 ค่า มาเข้าบล็อก Data Logger ซึ่งบล็อก Data Logger จะทำหน้าที่รับค่าต่างๆ เพื่อมาบันทึกการวัดหน่วยความจำ



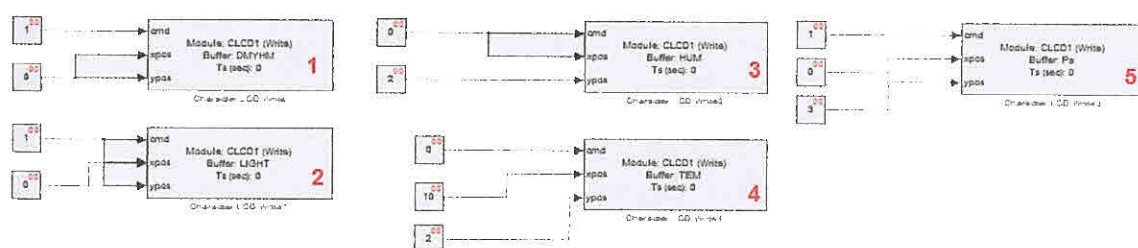
รูปที่ 3.19 การบันทึกข้อมูลลงการ์ดหน่วยความจำ

ส่วนที่ 3 ตามรูปที่ 3.12

ส่วนนี้จะทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการแสดงผลออกจอ LCD ซึ่งจะเห็นว่า ทุกบล็อกที่อยู่ในส่วนที่ 3 นี้จะเป็นบล็อกที่ทำหน้าที่เหมือนกันทุกบล็อก นั่นคือบล็อก Character LCD Write จะทำการดึงค่าจากตัวแปรที่กำหนดไว้หรือป้อนค่าให้กับบล็อก เพื่อนำมาแสดงผลออกจอ LCD ซึ่งการใช้บล็อก Character LCD Write จำเป็นต้องดึงค่าให้กับบล็อกเสียก่อน ซึ่งด้านอินพุตแต่ละจุดป้อนสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. Cmd : ถ้าต้องการให้ทำเคลียร์บรรทัดก่อนแล้วแสดงผล ให้ป้อน 1 แต่ถ้าไม่ต้องให้ป้อน 0
2. Xpo : ทำการเลือกแถวที่ต้องการแสดงผล
3. Ypos : ทำการเลือกบรรทัดที่ต้องการแสดงผล
4. Str : ทำการป้อนตัวแปรที่ต้องการดึงค่ามาแสดงผล (ตัวแปรที่ทำการป้อนจำเป็นต้องเป็นข้อมูลชนิด สตริง เท่านั้น)

จากที่รูปที่ 3.20 จะสังเกตเห็นว่ามี Character LCD Write ทั้งหมด 4 บล็อก แต่ละบล็อกนั้นจะดึงค่าจากตัวแปรที่ไม่ซ้ำกัน โดยบล็อกที่ 1 จะดึงค่าจากตัวแปรที่เก็บค่าวันที่และเวลา สำหรับแสดงผลออก LCD บล็อกที่ 2 ดึงค่าจากตัวแปรที่เก็บค่าความเข้มแสงที่รับจากภาควัดสำหรับแสดงผลออก LCD บล็อกที่ 3 ดึงค่าจากตัวแปรที่เก็บค่าความชื้นที่รับจากภาควัดสำหรับแสดงผลออก LCD บล็อกที่ 4 ดึงค่าจากตัวแปรที่เก็บค่าอุณหภูมิที่รับจากภาควัดสำหรับแสดงผลออก LCD บล็อกที่ 5 ดึงค่าจากตัวแปรที่เก็บค่าความกดอากาศที่รับจากภาควัดสำหรับแสดงผลออก LCD



รูปที่ 3.20 การกำหนดบรรทัดและแถวในการแสดงผลออก LCD

บทที่ 4

ผลการทดลอง และ ทดสอบการใช้งานจริง

4.1 การทดสอบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

การทดลองที่ 1 การทดสอบการวัดค่าจากเซ็นเซอร์

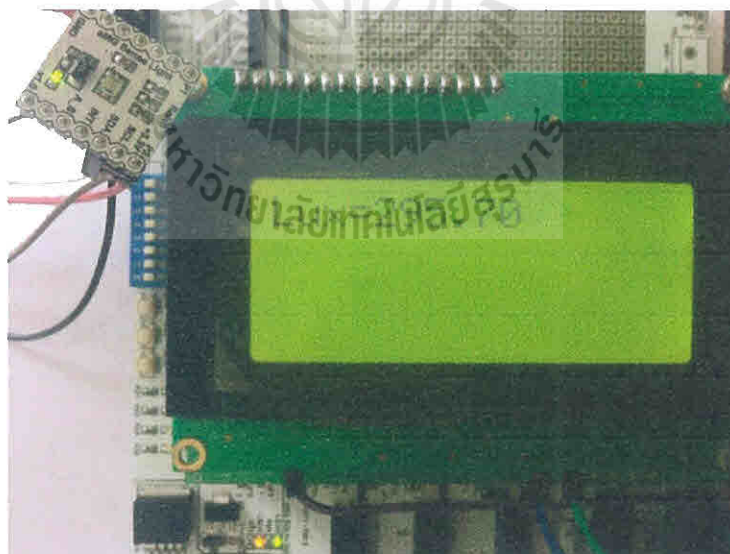
วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบการวัดค่าจาก เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง เซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ

ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์บอร์ด STM32F4 Discovery กับเซ็นเซอร์ เพื่อทำการทดสอบการใช้งาน
2. ทำการโหลดโปรแกรมที่เตรียมไว้ให้กับ STM32F4 Discovery แล้วนำอุปกรณ์ไปทดสอบในบริเวณที่ต้องการทดสอบ
3. บันทึกผลการทดลองลงการ์ดหน่วยความจำ

4.1.1 เซ็นเซอร์วัดค่าความเข้มแสง



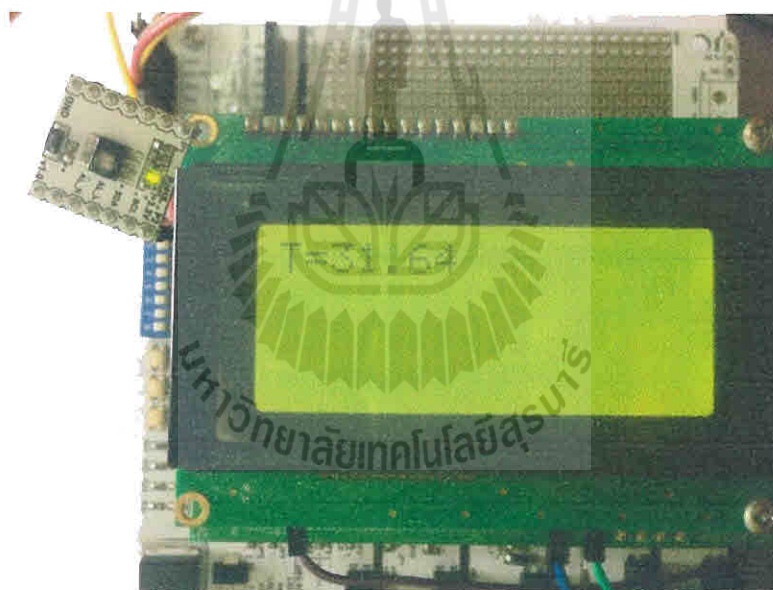
รูปที่ 4.1.1 ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ความเข้มแสง

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1.1 ผลการทดลองเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง

ครั้งที่	ค่าความเข้มแสงที่วัดได้จาก บริเวณที่มีความสว่างมาก (LUX)	ค่าความเข้มแสงที่วัดได้จาก บริเวณที่มีความสว่างน้อย (LUX)
1	7587.87	53.09
2	7593.25	58.51
3	7538.41	66.71

4.1.2 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ



รูปที่ 4.1.2 ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1.2 ผลการทดลองเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

เวลาที่ทำการ ทดสอบ เซ็นเซอร์วัด อุณหภูมิ	9.00	9.05	9.10	9.15	9.20	9.25
ค่าอุณหภูมิที่ วัดได้ ($^{\circ}\text{C}$)	28.83	28.89	28.85	30.74	31.41	34.25

4.1.3 เซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ



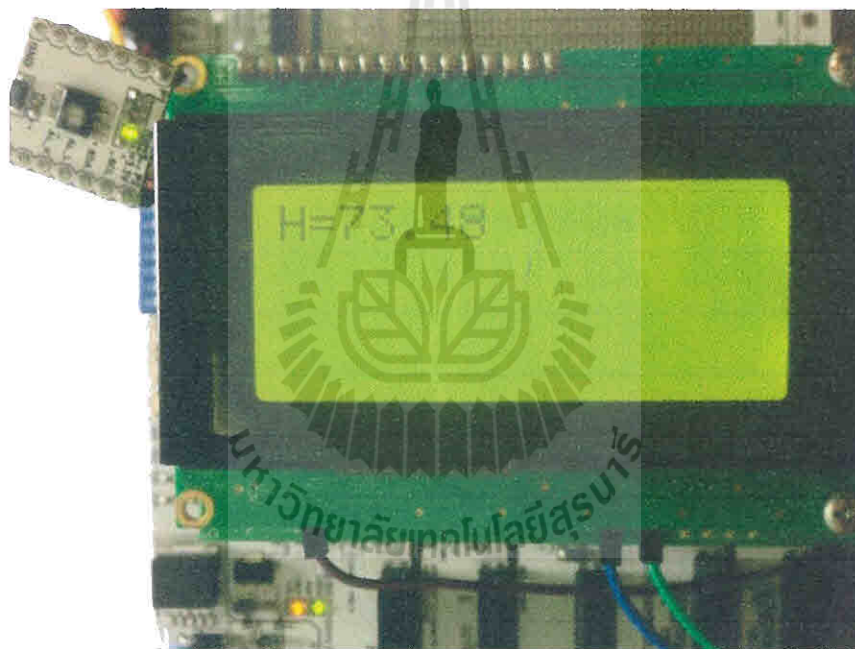
รูปที่ 4.1.3 ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ความกดอากาศ

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1.3 ผลการทดลองเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ

เวลาที่ทำการทดสอบเซ็นเซอร์วัด ความกดอากาศ	ค่าความกดอากาศที่วัดได้ (Pa)
9.00	98373.75
9.05	98364.50
9.10	98366.50

4.1.4 เซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์



รูปที่ 4.1.4 ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ความชื้นสัมพัทธ์

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1.4 ผลการทดลองเซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์

เวลาทำการทดสอบ เซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์	6.00	6.05	6.10
ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้ (%)	71.65	70.23	74.40

เวลาทำการทดสอบ เซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์	12.00	12.05	12.10
ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้ (%)	58.54	58.37	58.41

4.1.5 Xbee



รูปที่ 4.1.5 สถานที่ใช้ทดสอบหาระยะการส่งข้อมูลของ Xbee

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1.5 ผลการทดลองส่งข้อมูลด้วย Xbee

ระยะทาง (เมตร)	สถานะการส่งข้อมูล
10	✓
20	✓
30	✓
40	✗
50	✗
60	✗
หมายเหตุ	✓ (ส่งและรับข้อมูลได้), ✗ (ส่งและรับข้อมูลไม่ได้)

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1.1 จะพบว่า เมื่อนำเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง ไปทำการวัดอยู่ที่บริเวณที่มีความสว่างมาก ซึ่งโดยเซ็นเซอร์ได้รับความเข้มแสงจากแสงแดดโดยตรง ค่าความเข้มแสงจึงแสดงผลออกมาที่มีค่าที่สูงมาก และ เมื่อนำเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง ไปทำการวัดในบริเวณที่มีแสงสว่างน้อย หรือวัดในที่ร่ม จะได้ค่าความเข้มแสงที่แสดงผลออกมาที่มีค่าน้อยลง ค่าความเข้มแสงที่แสดงผลออกมา มีค่าเป็น LUX จึงจะสังเกตค่าที่แตกต่างกันได้ว่า เซ็นเซอร์วัดค่าความเข้มแสงนั้นจะขึ้นอยู่กับบริเวณที่ทำการวัดค่าความเข้มแสง ว่าบริเวณไหนมีแสงสว่างมากหรือน้อยอยู่ตรงบริเวณนั้น

ตารางที่ 4.1.2 จะพบว่า ในการวัดค่าอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิขณะที่อยู่กลางแจ้งแดดจะมีค่าอุณหภูมิสูงมาก เนื่องจากขณะที่เซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิอยู่กลางแจ้งแดดจะได้รับความร้อนจากแสงแดดโดยตรง จึงทำให้ค่าที่วัดออกมามีค่ามากกว่าอุณหภูมิจริงตามสภาพแวดล้อม ส่วนค่าที่ได้จากการวัดค่าอุณหภูมิภายในห้องที่ไม่มีแสงแดดจึงทำให้มีค่าอุณหภูมิลดลง เพราะภายในห้องที่ทำการวัดค่าจากเซ็นเซอร์มีอุณหภูมิต่ำกว่าสภาพแวดล้อมนอกห้องที่มีอุณหภูมิสูง

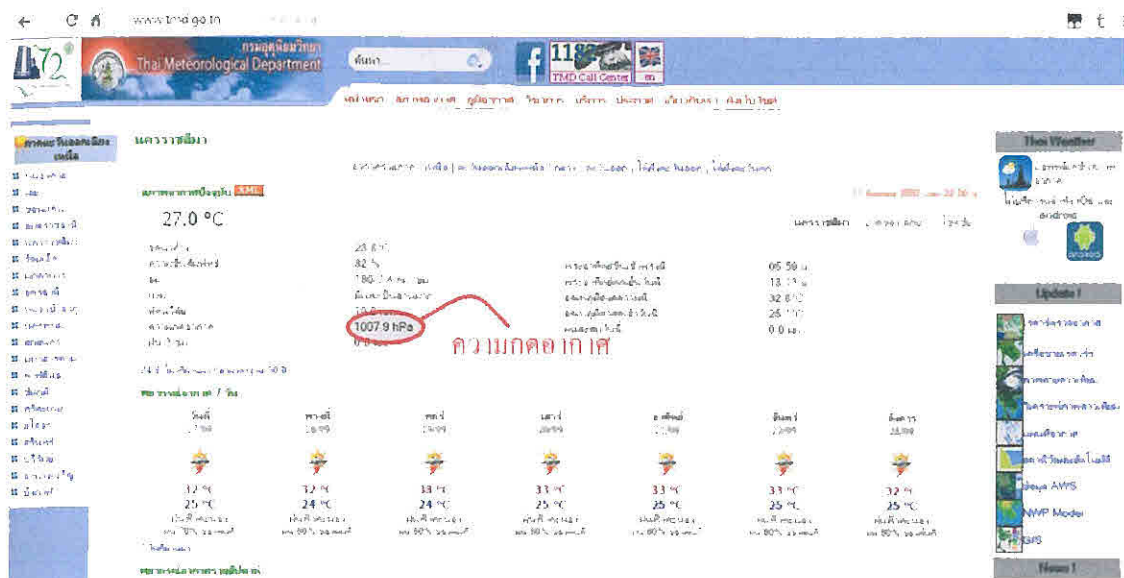
ตารางที่ 4.1.3 จะพบว่า ค่าความกดอากาศที่วัดได้นั้น ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก เนื่องจากบริเวณที่ทำการทดสอบวัดค่าความกดอากาศเป็นบริเวณเดียวกัน เพราะความกดอากาศจะขึ้นอยู่กับความสูงระดับน้ำทะเลที่แตกต่างกันพอสมควร เพราะฉะนั้นค่าความกดอากาศจากการทดสอบจึงมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

ตารางที่ 4.1.4 จากผลการทดลองจะพบว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่แสดงผลออกมา ในเวลาตอนเช้าหรือช่วง 6.00 น. จะมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 72 % โดยประมาณ (ค่าทำการวัดได้จริง 71.65 %) เนื่องจากในอากาศมีไอน้ำมาก และเมื่อเวลาผ่านไปสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นสัมพัทธ์ก็จะลดลง ในเวลาดังแต่เพียงตรงหรือช่วง 12.00 น. ค่าความชื้นสัมพัทธ์เป็นร้อยละ 58 % ทำให้ทราบว่าในอากาศนั้นมีไอน้ำน้อยลง

ตารางที่ 4.1.5 จากผลการทดลองจะพบว่า ในทดสอบการรับส่งข้อมูลไร้สายผ่านพอร์ตอนุกรมของ Xbee สามารถอ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสงและความกดอากาศ ในส่วนการทดสอบใช้งาน สามารถส่งข้อมูลได้ไกลสุด ประมาณ 32 เมตร

สรุปผลการทดลอง

1. จากผลการทดลองตารางที่ 4.1.1 ค่าความเข้มแสง จากการวัดในบริเวณที่มีความสว่างมาก ค่าความเข้มแสงจะแสดงผลออกมามีค่าที่สูง และ เมื่อนำเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงไปทำการวัดในบริเวณที่มีแสงสว่างน้อย จะได้ค่าความเข้มแสงที่แสดงผลออกมามีค่าน้อยลง ดังนั้นจึงทำให้ทราบค่าแสงสว่างที่บริเวณทำการวัดค่าความเข้มแสงแปรผันตรงกับค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง จึงสามารถสรุปได้ว่าเซ็นเซอร์ที่ใช้สามารถใช้งานได้จริง
2. จากผลการทดลองตารางที่ 4.1.2 ในการวัดค่าอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิค่าที่แสดงผลออกมานั้น จะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เมื่อนำเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิไปทำการทดสอบในบริเวณสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ค่าที่แสดงผลออกมาจะมีค่าอุณหภูมิสูง และถ้าหากนำเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิไปทำการทดสอบในบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ จะได้ค่าที่แสดงผลออกมามีค่าอุณหภูมิลดลง จึงสามารถสรุปได้ว่าเซ็นเซอร์ที่ใช้สามารถใช้งานได้จริง
3. จากผลการทดลองตารางที่ 4.1.3 จากการวัดค่าความกดอากาศ ถ้าต้องการที่จะเห็นถึงความแตกต่างของค่าความกดอากาศที่วัดได้นั้น เราต้องทำการวัดในบริเวณที่อยู่ต่างระดับความสูงมากๆ เพราะความกดอากาศจะขึ้นอยู่กับความสูงระดับน้ำทะเล จึงจะสามารถเห็นค่าที่แตกต่างกันได้ สามารถเปรียบเทียบความถูกต้องได้จากเว็บไซต์กรมอุตุนิยมวิทยา (www.tmd.go.th)



รูปที่ 4.1.6 การเทียบระหว่างความกดอากาศจากเซ็นเซอร์วัด ได้กับเว็บไซต์กรมอุตุนิยมวิทยา

ที่มา <http://www.tmd.go.th/province.php?id=20>

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าเซ็นเซอร์ที่ใช้สามารถใช้งานได้จริง

4. จากผลการทดลองตารางที่ 4.1.4 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ในตอนเช้าจะมีค่าสูง เนื่องจากขณะทำการวัดความชื้นสัมพัทธ์นั้นอากาศยังไม่มีอุณหภูมิค่าพอที่จะทำให้มีความชื้นในอากาศสูง และค่าที่ได้จากการวัดในตอนเที่ยงจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เนื่องจากสภาพอากาศในช่วงเวลาเที่ยงค่อนข้างที่จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นมา จึงทำให้ไอน้ำในอากาศระเหย เพราะจากความร้อนของอากาศ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จึงมีค่าลดลง ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าเซ็นเซอร์ที่ใช้สามารถใช้งานได้จริง
5. จากผลการทดลองตารางที่ 4.1.5 ในการทดลอง ภาควัดค่าด้วยอุปกรณ์เซ็นเซอร์แบบต่างๆ ว่าสามารถอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ได้และสามารถส่งข้อมูลไร้สายผ่านพอร์ตอนุกรมไปยังภาคประมวลผลสำหรับวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสงและความกดอากาศ จากการทดลองพบว่า Xbee ที่ใช้งานมีความสามารถในการส่งข้อมูลได้ไกลที่สุด ประมาณ 32 เมตร (ไม่ตรงตามสเปคที่กำหนดในเอกสารอ้างอิงของบพทที่ 2 ว่าส่งได้ไกล 100 เมตร) ที่มีค่าคลาดเคลื่อน อาจเกิดจากอุปกรณ์ Xbee มีความถี่อื่นในย่านความถี่เดียวกันมารบกวนสัญญาณการรับส่งข้อมูล หรือ มีสิ่งของมาวางกีดขวางสัญญาณ

4.2 การติดตั้งระบบสำหรับการใช้งานจริง

การทดลองที่ 2 ทดสอบการวัดค่าจากเซ็นเซอร์ในสภาพแวดล้อมจริง ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีสูรนรี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบการวัดค่าจาก เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ เซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์
2. เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงในการวัดค่าจากเซ็นเซอร์ของแต่ละวัน

ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งอุปกรณ์บอร์ด STM32F4Discovery กับ เซ็นเซอร์ เพื่อทำการทดสอบการใช้งาน
2. ทำการโหลดโปรแกรมที่เตรียมไว้ให้กับ STM32F4 Discovery แล้วนำอุปกรณ์ไปทดสอบ ณ บริเวณฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสูรนรี

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2.1 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ ครั้งที่ 1 (วันที่ 10/9/57 ณ บริเวณฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสูรนรี)

เวลา	Light(LUX)	Temperature($^{\circ}C$)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
6.00	236.92	24.66	90.26	98125.50
6.05	538.61	24.73	90.70	98126.25
6.10	1043.29	24.99	90.42	98124.25
6.15	1630.51	25.21	89.08	98116.25
6.20	2219.32	25.35	88.69	98114.25
6.25	2848.86	25.52	88.62	98119.75
6.30	3617.90	25.71	88.37	98136.25
6.35	4772.12	26.07	88.49	98146.50
6.40	5905.12	26.45	86.64	98151.00
6.45	7038.76	26.80	85.17	98144.25
6.50	7558.17	27.14	85.90	98156.00
6.55	7878.22	27.31	85.11	98166.75

ตารางที่ 4.2.1 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ
ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา	Light (LUX)	Temperature(°C)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
7.00	8955.32	27.43	84.20	98172.75
7.05	9383.62	27.64	81.77	98174.75
7.10	9981.70	27.93	82.84	98185.00
7.15	10880.18	28.09	82.25	98181.25
7.20	11238.48	28.3	81.75	98172.75
7.25	11728.24	28.48	82.27	98171.75
7.30	12034.22	28.71	79.42	98165.25
7.35	20453.42	29.91	75.96	98176.50
7.40	13412.06	29.86	76.34	98194.25
7.45	16184.02	30.37	71.17	98185.50
7.50	9770.56	33.08	67.43	98182.25
7.55	18971.60	32.87	68.29	98188.50
8.00	609.47	35.78	55.12	98190.00
8.05	19169.6	40.13	47.38	98241.50
8.10	8377.69	41.98	43.69	98318.00
8.15	356.51	44.77	38.26	98355.25
8.20	356.51	45.95	35.44	98341.50
8.25	356.51	46.17	34.67	98341.00
8.30	356.51	44.44	36.11	98345.00
8.35	356.51	46.37	33.36	98348.50
8.40	356.51	48.57	29.38	98353.50
8.45	356.51	50.24	28.23	98330.75
8.50	356.51	51.63	24.56	98311.00
8.55	356.51	53.2	24.19	98279.25
9.00	356.51	53.67	22.92	98261.00
9.05	356.51	53.52	23.53	98230.25
9.10	356.51	54.34	22.29	98219.75

ตารางที่ 4.2.1 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ
ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา	Light (LUX)	Temperature(°C)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
9.15	356.51	55.24	20.96	98214.00
9.20	356.51	54.34	21.88	98209.00
9.25	356.51	53.2	20.02	98197.75
9.30	356.51	56.46	19.80	98225.75
9.35	356.51	57.48	16.72	98266.50
9.40	389.83	50.01	26.03	98266.00
9.45	465.59	43.03	36.63	98317.00
9.50	356.51	51.52	25.77	98288.75
9.55	356.51	47.99	30.10	98354.75
10.00	356.51	55.92	19.80	98339.50
10.05	356.51	53.37	21.63	98373.25
10.10	356.51	58.3	17.56	98230.50
10.15	356.51	60.14	15.82	98373.75
10.20	356.51	59.28	17.00	98375.75
10.25	13362.52	52.42	23.20	98454.50
10.30	17230.83	46.19	31.35	98444.50
10.35	3283.67	43.3	37.61	98420.00
10.40	356.51	55.56	20.74	98434.75
10.45	18692.32	50.55	24.95	98442.25
10.50	14887.23	46.91	31.06	98439.75
10.55	356.51	44.81	32.28	98478.25
11.00	356.51	56.28	22.76	98499.25
11.05	356.51	58.38	17.82	98458.50
11.10	356.51	59.96	15.74	98505.25
11.15	21849.82	51.4	23.61	98456.50
11.20	356.51	46.21	28.95	98482.25
11.25	356.51	56.29	18.77	98269.00

ตารางที่ 4.2.1 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ
ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา	Light (LUX)	Temperature(°C)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
11.30	356.51	59.25	15.22	98293.25
11.35	356.51	59.34	15.65	98152.00
11.40	356.51	61.44	13.41	98192.50
11.45	356.51	62.69	13.27	98158.50
11.50	356.51	60.9	13.70	98080.25
11.55	356.51	61.29	12.04	98065.75
12.00	356.51	63.38	9.97	98023.50
12.05	356.51	64.12	11.76	97963.00
12.10	356.51	66.25	11.30	97445.75
12.15	356.51	66.17	8.50	96976.25
12.20	356.51	65.83	11.04	96941.75
12.25	356.51	66.54	10.21	96664.00
12.30	356.51	65.02	8.18	97891.50
12.35	11336.90	59.31	14.46	98322.75
12.40	13699.21	51.09	16.86	98306.25
12.45	11780.18	46.51	25.79	98292.00
12.50	13767.68	44.11	33.02	98266.00
12.55	13681.83	42.70	34.44	98237.75
13.00	14132.91	42.16	39.45	98246.50
13.05	11529.5	42.12	41.41	98240.25
13.10	13509.79	41.44	41.59	98237.50
13.15	356.51	45.88	42.33	98264.75
13.20	16482.28	42.58	30.39	98187.00
13.25	11367.17	40.06	39.90	98190.00
13.30	12423.15	37.73	42.30	98185.50
13.35	16822.51	37.02	47.18	98175.50
13.40	16316.6	37.07	48.39	98176.75

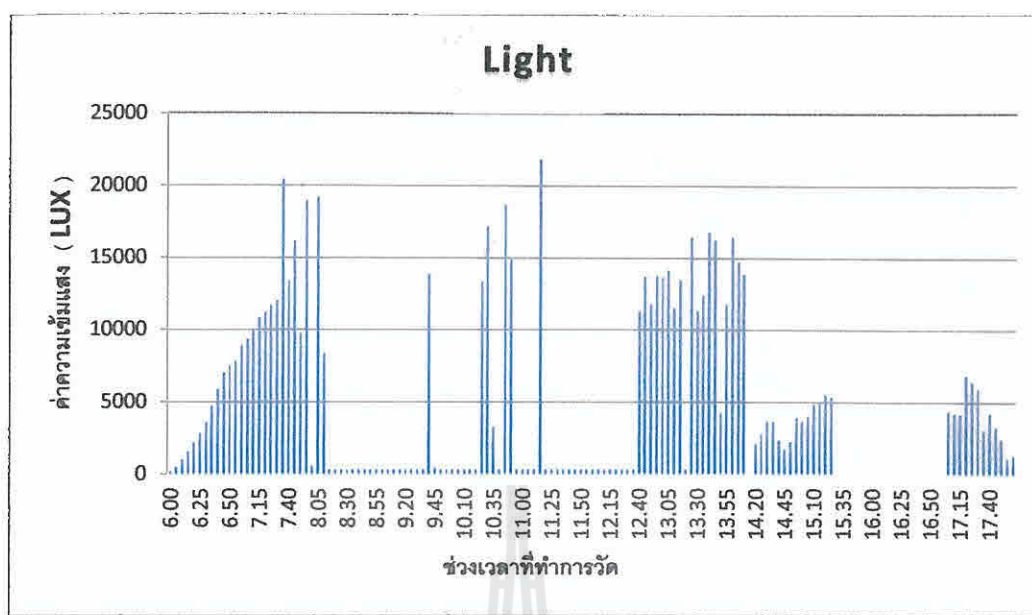
ตารางที่ 4.2.1 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ
ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา	Light (LUX)	Temperature(°C)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
13.45	4291.55	38.86	50.37	98186.25
13.50	11810.96	38.71	45.39	98172.00
13.55	16488.93	37.51	44.49	98166.25
14.00	14759.32	37.41	46.84	98148.50
14.05	13898.24	35.77	45.09	98132.50
14.10	10.03	33.12	48.00	98146.25
14.15	2113.27	31.28	55.29	98127.75
14.20	2823.46	30.44	59.86	98151.75
14.25	3709.41	30.26	63.15	98140.75
14.30	3702.17	30.20	63.15	98139.50
14.35	2407.07	30.04	62.61	98136.00
14.40	1732.15	29.89	67.23	98131.25
14.45	2265.76	29.76	68.85	98130.50
14.50	3944.2	29.80	68.58	98128.75
14.55	3683.56	29.98	69.64	98121.75
15.00	4014.17	30.14	69.77	98123.00
15.05	4881.44	30.26	70.38	98104.50
15.10	5002.56	30.48	70.06	98115.25
15.15	5549.36	30.70	69.25	98114.75
15.20	5385.52	30.71	68.01	98098.00
15.25	0.00	0.00	68.61	0.00
15.30	0.00	0.00	0.00	0.00
15.35	0.00	0.00	0.00	0.00
15.40	0.00	0.00	0.00	0.00
15.45	0.00	0.00	0.00	0.00
15.50	0.00	0.00	0.00	0.00
15.55	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ 4.2.1 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ ครั้งที่ 1 (ต่อ)

เวลา	Light (LUX)	Temperature($^{\circ}C$)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
16.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.05	0.00	0.00	0.00	0.00
16.10	0.00	0.00	0.00	0.00
16.15	0.00	0.00	0.00	0.00
16.20	0.00	0.00	0.00	0.00
16.25	0.00	0.00	0.00	0.00
16.30	0.00	0.00	0.00	0.00
16.35	0.00	0.00	0.00	0.00
16.40	0.00	0.00	0.00	0.00
16.45	0.00	0.00	0.00	0.00
16.50	0.00	0.00	0.00	0.00
16.55	0.00	0.00	0.00	0.00
17.00	4401.08	29.94	0.00	98149.00
17.05	4236.57	29.96	72.40	98151.25
17.10	4182.20	29.75	72.64	98146.75
17.15	6848.46	29.57	72.77	98138.50
17.20	6462.68	29.5	73.05	98141.00
17.25	5935.23	29.53	72.70	98138.00
17.30	3076.25	29.37	73.43	98133.25
17.35	4237.2	29.1	72.85	98121.25
17.40	3271.87	28.66	72.60	98113.00
17.45	2444.12	28.38	72.81	98114.75
17.50	1102.23	28.13	74.25	98135.50
17.55	1312.86	27.68	74.12	98118.50
18.00	236.92	24.66	77.30	98125.50

กราฟแสดงผล ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ วันที่ 10/9/57



รูปที่ 4.2.1 กราฟแสดงค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง

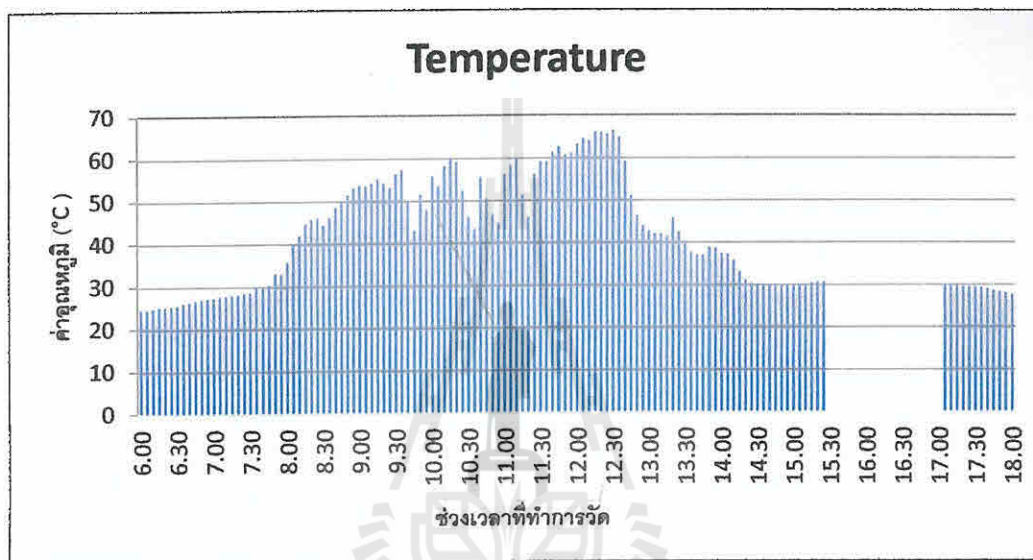
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพิจารณาในรูปกราฟของเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง ค่าที่วัดได้จากความเข้มแสงในสภาพแวดล้อมจะเห็นว่า เวลาช่วงเช้า ตั้งแต่ 6.00 น. จะมีแสงสว่างน้อย จึงทำให้ค่าความเข้มแสงมีค่าน้อยเช่นกัน เมื่อเวลาผ่านไปสภาพแวดล้อมก็จะมีการเปลี่ยนแปลงดังนั้นแสงสว่างจะเพิ่มขึ้นตามด้วย ค่าความเข้มแสงก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าความเข้มแสงสูงสุด เพราะในช่วงเวลาที่สภาพแวดล้อมมีแสงสว่างมาก ค่าความเข้มแสงที่สามารถวัดได้นั้นก็จะมีความมากขึ้น หลังจากนั้นในช่วงตอนเย็นแสงสว่างจะลดลง ค่าความเข้มแสงที่วัดได้จะมีค่าน้อยลงตาม มาพิจารณาค่าความเข้มแสงที่วัดได้ เป็นค่าผิดพลาด เท่ากับ 356.51 อาจเกิดจากแสงสว่างที่ตัวเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง โดยทำการวัดในบริเวณที่มีแสงแดด ค่าความเข้มแสงนั้นมีค่ามากเกินไป ค่าที่วัดได้จึงเท่ากับ 356.51

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองครั้งที่ 1 (วันที่ 10/9/57) สรุปได้ว่า ค่าความเข้มแสงที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ค่อนข้างจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามทฤษฎีที่ตั้งไว้ สามารถสังเกตได้ว่า

สภาพแวดล้อมในช่วงเวลาตอนเช้ากับช่วงเวลาตอนเย็น จะมีแสงสว่างน้อยกว่าความเข้มแสงที่แสดงผลออกมาน้อยเช่นกัน แตกต่างกับเวลาที่สภาพแวดล้อมมีแสงสว่างมาก ความเข้มแสงก็จะมีค่ามากตาม ในการทดลองสามารถเกิดความขัดข้องของอุปกรณ์จึงทำให้ค่าที่แสดงผลออกมามีความคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาด เพราะฉะนั้นจึงต้องมีวิธีแก้ไขปัญหานี้ด้วย และค่าที่ขอยกหายไปก็เพราะฝนได้ตกลงมาจึงต้องปิดการทำงานของเครื่องและเก็บอุปกรณ์เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย เมื่อฝนหยุดตกก็นำมาทำการทดสอบต่ออีกครั้ง



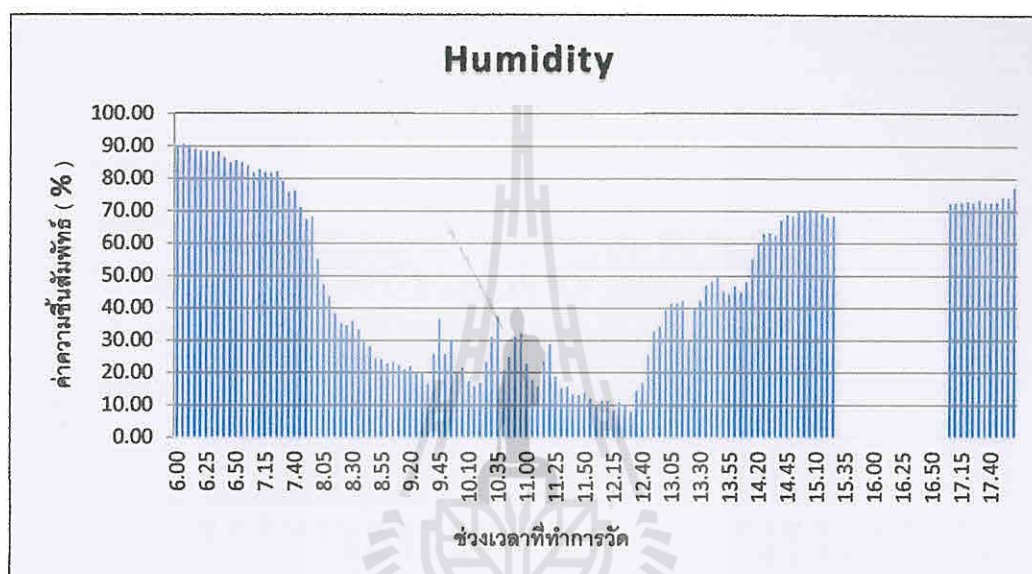
รูปที่ 4.2.2 กราฟแสดงค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพิจารณาในรูปกราฟของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เราได้ทำการเริ่มทดสอบวัดตั้งแต่ 6.00 น. ค่าของอุณหภูมิที่แสดงผลออกมาเป็นปกติ อยู่ที่ประมาณ 25 องศา หลังจากนั้นค่าอุณหภูมิที่วัดได้จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น เมื่อเวลาผ่านไป และสาเหตุที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น คือสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงเกิดจากความร้อนของแสงแดด ในช่วงเวลาที่จะอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุด เป็นเวลา 12.10 น. ค่าอุณหภูมิที่ได้มีค่า อยู่ประมาณ 66 องศา และในช่วงเวลาหลังเที่ยงเมื่ออุณหภูมิในสภาพแวดล้อมลดลง ค่าอุณหภูมิที่วัดได้ก็ลดต่ำลงจนกลับมาที่อุณหภูมิปกติ ในช่วงเวลา 18.00 น.

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองครั้งที่ 1 (วันที่ 10/9/57) สรุปได้ว่า ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ค่อนข้างจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามทฤษฎีที่ตั้งไว้ และยังสังเกตได้ว่าสภาพแวดล้อมในช่วงเวลาตอนเช้ากับช่วงเวลาตอนเย็น จะมีค่าอุณหภูมิที่ต่ำ แตกต่างกับช่วงเวลาตอนเที่ยงจะมีค่าอุณหภูมิที่สูงมาก เพราะว่าเซ็นเซอร์ได้รับความร้อนจากแสงแดดโดยตรงในบริเวณที่ทำการวัด ส่วนค่าที่ขาดหายไปเป็นเพราะฝนได้ตกลงมาจึงต้องปิดการทำงานของเครื่องและเก็บอุปกรณ์เพื่อไม่เกิดความเสียหาย เมื่อฝนหยุดตกก็นำมาทำการทดสอบต่ออีกครั้ง



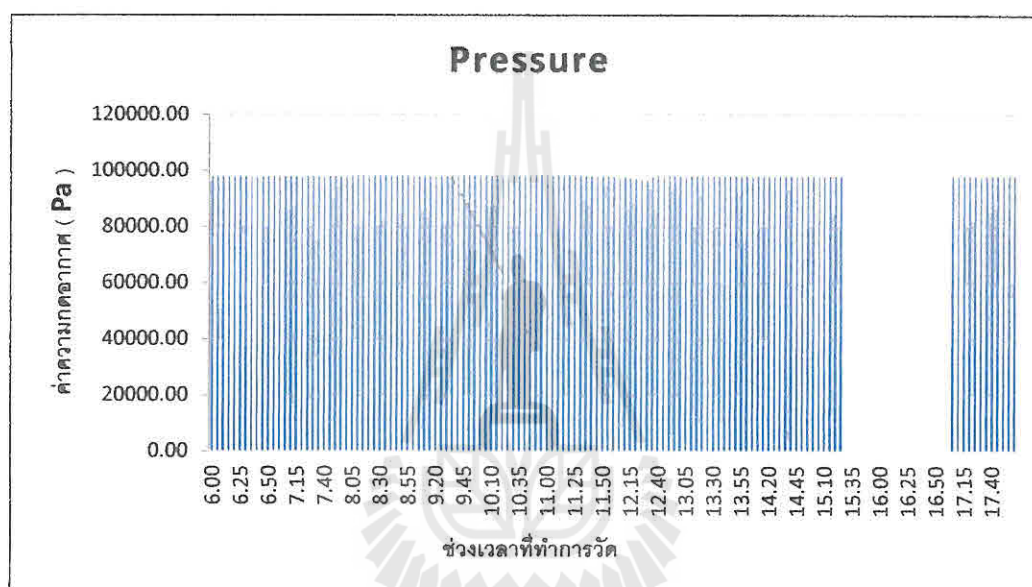
รูปที่ 4.2.3 กราฟแสดงค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพิจารณาในรูปกราฟของเซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ ค่าที่วัดได้จากความชื้นในอากาศจะเห็นว่าในเวลาช่วงเช้า ตั้งแต่ 6.00 น. จะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงมาก เพราะในช่วงตอนเช้า มีสภาพแวดล้อมที่อากาศเย็นทำให้อากาศมีไอน้ำในอากาศมาก จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมสูงขึ้นปริมาณไอน้ำในอากาศก็จะค่อยๆระเหย และในช่วงเวลาตอนเที่ยง ประมาณ 12.15 น. ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้มีค่าลดลงต่ำมากเนื่องจากสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิที่สูงมากๆ หลังจากนั้นค่าความชื้นสัมพัทธ์ก็จะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนถึงช่วงเวลาตอนเย็น เพราะอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมลดต่ำลง

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองครั้งที่ 1 (วันที่ 10/9/57) สรุปได้ว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ค่อนข้างจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามทฤษฎีที่ตั้งไว้ โดยค่าที่วัดได้ในช่วงเวลาคอนซ่านสภาพแวดล้อมในอากาศมีปริมาณไอน้ำมาก จึงทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูง และช่วงเวลาในตอนเที่ยงจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ลดต่ำลง เป็นเพราะสภาพแวดล้อมในอากาศมีปริมาณไอน้ำน้อย ส่วนค่าที่ขาดหายไปเป็นเพราะฝนได้ตกลงมาจึงต้องปิดการทำงานของเครื่องและเก็บอุปกรณ์เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย เมื่อฝนหยุดตกก็นำมาทำการทดสอบต่ออีกครั้ง



รูปที่ 4.2.4 กราฟแสดงค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพิจารณาในรูปกราฟของเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ จะเห็นว่าค่าที่วัดได้ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเนื่องจาก เราทำการทดสอบวัดในบริเวณพื้นที่เพียงบริเวณเดียว เพราะฉะนั้นค่าความกดอากาศจะเห็นผลถึงความเปลี่ยนแปลงได้ จะต้องทำการทดสอบวัดในบริเวณที่มีระยะความสูงที่แตกต่างกันมาก โดยการวัดค่าเซ็นเซอร์ความกดอากาศจะขึ้นอยู่กับความสูงระดับน้ำทะเล

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองครั้งที่ 1 (วันที่ 10/9/57) จึงสรุปได้ว่า ค่าความกดอากาศที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ค่อนข้างจะไม่มีเปลี่ยนแปลง มีค่าใกล้เคียงตลอดทั้งวันในการทดสอบจริง เพราะนำเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศไปติดตั้งวัดค่าตรงสถานที่บริเวณเดิม ส่วนค่าที่ขาดหายไปเป็นเพราะฝนได้ตกลงมาจึงต้องปิดการทำงานของเครื่องและเก็บอุปกรณ์เพื่อไม่เกิดความเสียหาย เมื่อฝนหยุดตกก็นำมาทำการทดสอบต่ออีกครั้ง

ตารางที่ 4.2.2 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ ครั้งที่ 2 (วันที่ 11/9/57 ณ บริเวณฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

เวลา	Light(LUX)	Temperature($^{\circ}C$)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
6.00	170.22	24.07	93.26	98441.8
6.05	339.83	23.90	94.37	98443.0
6.10	595.78	23.85	94.90	98448.0
6.15	902.09	23.86	95.63	98455.3
6.20	1295.08	23.94	95.35	98454.5
6.25	1821.78	24.08	94.77	98459.0
6.30	2483.16	24.32	93.91	98464.0
6.35	3270.10	24.63	92.72	98472.8
6.40	4198.07	24.98	91.47	98465.5
6.45	5245.55	25.43	90.64	98480.3
6.50	6339.95	25.92	88.62	98478.5
6.55	7345.19	26.41	85.84	98503.0
7.00	8230.81	26.91	84.22	98503.3
7.05	9049.17	27.35	81.18	98502.0
7.10	9951.83	28.06	80.18	98519.8
7.15	11281.10	28.38	78.18	98522.3
7.20	12501.39	28.84	74.76	98486.5
7.25	13672.43	29.33	73.28	98499.8

ตารางที่ 4.2.2 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ
ครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา	Light(LUX)	Temperature($^{\circ}C$)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
7.30	14571.07	29.75	73.20	98483.8
7.35	15006.42	30.26	70.56	98509.3
7.40	14909.96	30.36	69.66	98507.5
7.45	14702.52	30.52	70.10	98500.3
7.50	14809.85	30.77	68.47	98498.0
7.55	13435.96	31.13	67.85	98502.3
8.00	16286.89	31.46	69.62	98504.8
8.05	17027.30	31.57	68.03	98514.8
8.10	17993.41	31.94	64.47	98529.3
8.15	19087.96	31.97	65.80	98518.0
8.20	17701.29	32.78	62.10	98526.8
8.25	15996.30	33.51	60.65	98536.0
8.30	14507.43	34.32	59.36	98525.5
8.35	11063.59	35.45	55.71	98528.3
8.40	8722.75	35.60	54.65	98530.3
8.45	5212.13	36.58	50.69	98522.5
8.50	3171.55	37.85	49.37	98535.0
8.55	1542.16	39.24	43.69	98534.0
9.00	585.98	40.50	41.89	98545.3
9.05	494.85	40.02	42.91	98555.3
9.10	558.47	41.09	39.24	98527.8
9.15	545.78	41.09	41.46	98521.0
9.20	9534.48	41.40	40.93	98486.8
9.25	10428.96	38.97	42.17	98463.8
9.30	356.51	44.00	35.77	98518.8
9.35	6254.22	43.22	35.48	98437.3
9.40	356.51	46.73	30.26	98470.0

ตารางที่ 4.2.2 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ
ครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา	Light(LUX)	Temperature($^{\circ}\text{C}$)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
9.45	356.51	46.66	30.23	98476.3
9.50	11643.01	41.14	39.65	98463.8
9.55	15427.09	39.48	42.73	98466.8
10.00	356.51	40.51	39.83	98535.3
10.05	356.51	47.45	29.97	98573.8
10.10	356.51	49.43	27.66	98614.8
10.15	356.51	52.01	24.13	98614.3
10.20	2653.80	49.61	26.44	98569.8
10.25	356.51	52.32	23.66	98680.8
10.30	356.51	52.75	21.21	98735.3
10.35	9936.71	48.23	28.17	98624.5
10.40	9625.52	43.28	36.53	98603.8
10.45	3407.29	43.40	34.44	98582.3
10.50	2607.77	44.56	34.31	98574.5
10.55	356.51	49.85	25.71	98661.3
11.00	3576.94	45.28	34.67	98599.3
11.05	356.51	51.16	25.66	98687.3
11.10	483.26	53.32	23.69	98638.0
11.15	413.82	51.23	23.86	98705.3
11.20	356.51	54.38	20.71	98723.5
11.25	356.51	56.70	19.16	98735.8
11.30	356.51	56.70	19.10	98669.8
11.35	5413.50	49.61	26.69	98558.5
11.40	13474.94	44.52	33.07	98502.5
11.45	9918.38	42.51	38.34	98536.3
11.50	5641.17	40.34	39.98	98502.8
11.55	5459.14	42.28	37.57	98512.0

ตารางที่ 4.2.2 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ
ครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา	Light(LUX)	Temperature($^{\circ}C$)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
12.00	356.51	46.75	32.44	98585.3
12.05	356.51	48.46	27.31	98549.3
12.10	356.51	51.45	24.73	98547.8
12.15	356.51	52.50	20.85	98560.8
12.20	994.54	52.01	22.81	98491.3
12.25	4319.33	48.42	27.44	98459.3
12.30	356.51	50.05	27.36	98502.3
12.35	356.51	49.61	25.85	98497.8
12.40	356.51	52.14	22.98	98502.5
12.45	356.51	49.29	24.51	98448.5
12.50	356.51	53.23	23.31	98479.8
12.55	356.51	48.63	27.20	98414.8
13.00	5577.68	49.75	26.71	98389.3
13.05	356.51	48.98	26.17	98436.8
13.10	356.51	53.05	19.72	98441.5
13.15	356.51	57.93	16.58	98482.3
13.20	356.51	59.06	14.01	98506.5
13.25	356.51	61.20	12.84	98472.8
13.30	356.51	60.24	14.52	98491.0
13.35	356.51	55.27	20.27	98451.5
13.40	356.51	54.27	20.33	98426.5
13.45	4089.68	48.77	25.68	98341.8
13.50	356.51	52.45	24.04	98448.3
13.55	3909.63	49.85	27.26	98371.8
14.00	356.51	55.92	20.19	98485.0
14.05	356.51	55.73	18.04	98448.8
14.10	356.51	53.14	23.23	98435.0

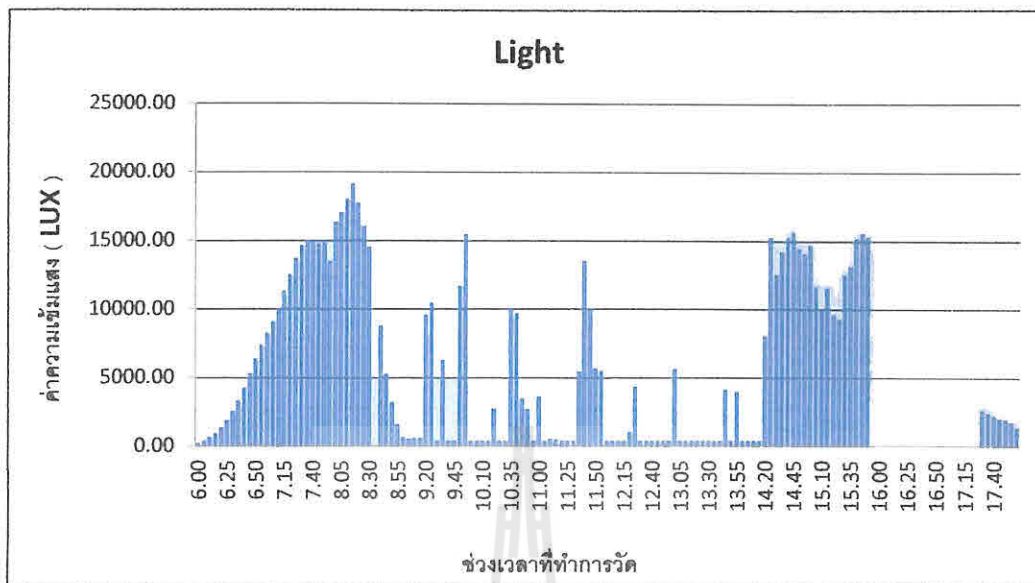
ตารางที่ 4.2.2 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ ครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา	Light(LUX)	Temperature($^{\circ}$ C)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
14.15	356.51	55.63	18.65	98478.0
14.20	7984.31	55.82	19.63	98343.3
14.25	15184.63	47.12	33.31	98283.8
14.30	12466.94	44.85	34.54	98266.0
14.35	14167.40	42.12	39.39	98243.5
14.40	15221.34	41.74	36.66	98230.0
14.45	15578.85	40.80	37.72	98204.8
14.50	14370.20	39.96	38.96	98208.8
14.55	14017.08	40.50	39.19	98206.5
15.00	14636.21	40.16	41.23	98192.5
15.05	11597.04	38.94	38.77	98192.0
15.10	9877.69	36.72	44.99	98198.0
15.15	11506.65	36.60	47.60	98169.0
15.20	9543.98	34.74	51.50	98152.3
15.25	9240.49	34.90	54.19	98142.3
15.30	12480.35	33.94	57.48	98118.0
15.35	13082.92	34.08	57.23	98113.3
15.40	15142.64	35.30	54.47	98127.0
15.45	15522.14	37.12	47.83	98105.5
15.50	15301.29	37.07	45.59	98084.5
15.55	0.00	0.00	0.00	0.0
16.00	0.00	0.00	0.00	0.0
16.05	0.00	0.00	0.00	0.0
16.10	0.00	0.00	0.00	0.0
16.15	0.00	0.00	0.00	0.0
16.20	0.00	0.00	0.00	0.0
16.25	0.00	0.00	0.00	0.0

ตารางที่ 4.2.2 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ
ครั้งที่ 2 (ต่อ)

เวลา	Light(LUX)	Temperature($^{\circ}C$)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
16.30	0.00	0.00	0.00	0.0
16.35	0.00	0.00	0.00	0.0
16.40	0.00	0.00	0.00	0.0
16.45	0.00	0.00	0.00	0.0
16.50	0.00	0.00	0.00	0.0
16.55	0.00	0.00	0.00	0.0
17.00	0.00	0.00	0.00	0.0
17.05	0.00	0.00	0.00	0.0
17.10	0.00	0.00	0.00	0.0
17.15	0.00	0.00	0.00	0.0
17.20	0.00	0.00	0.00	0.0
17.25	0.00	0.00	0.00	0.0
17.30	2544.39	27.22	79.05	98156.3
17.35	2354.29	27.02	80.88	98168.3
17.40	1919.08	26.77	81.47	98197.8
17.45	1717.93	26.67	82.18	98236.0
17.50	1312.86	27.68	77.30	98118.5
17.55	170.22	24.07	93.26	98441.8
18.00	339.83	23.90	94.37	98443.0

กราฟแสดงผล ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ วันที่ 11/9/57



รูปที่ 4.2.5 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง

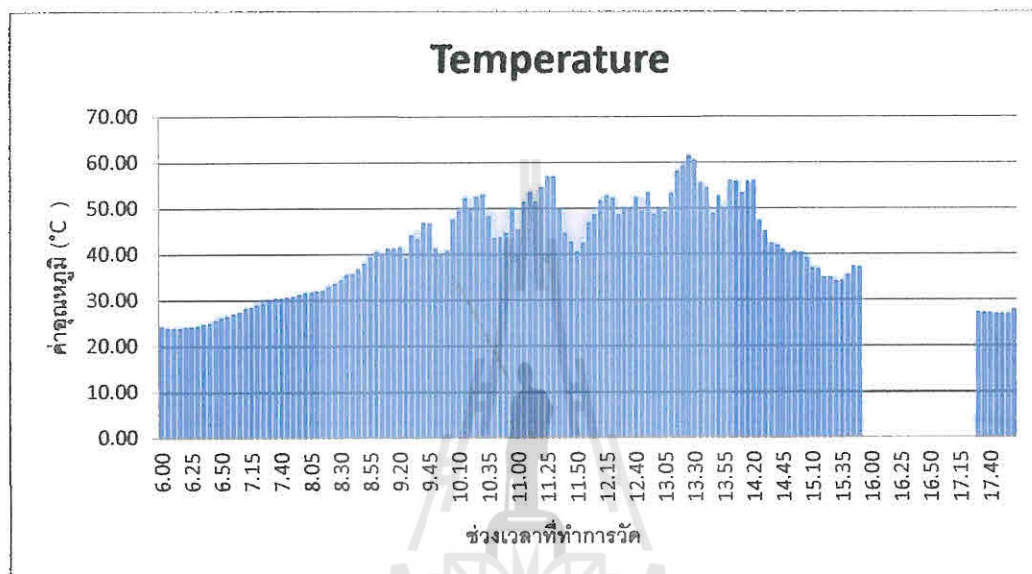
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพิจารณาในรูปกราฟของเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง ค่าที่วัดได้จากความเข้มแสงในสภาพแวดล้อมจะเห็นว่า เวลาช่วงเช้า ตั้งแต่ 6.00 น. จะมีแสงสว่างน้อย จึงทำให้ค่าความเข้มแสงมีค่าน้อยเช่นกัน เมื่อเวลาผ่านไปสภาพแวดล้อมก็จะมีการเปลี่ยนแปลงดังนั้นแสงสว่างจะเพิ่มขึ้นตามด้วย ค่าความเข้มแสงก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าความเข้มแสงสูงสุด เพราะในช่วงเวลาที่สภาพแวดล้อมมีแสงสว่างมาก ค่าความเข้มแสงที่สามารถวัดได้นั้นก็จะมีค่ามากขึ้น หลังจากนั้นในช่วงตอนเย็นแสงสว่างจะลดลง ค่าความเข้มแสงที่วัดได้จะมีค่าน้อยลงตาม มาพิจารณาค่าความเข้มแสงที่วัดได้ เป็นค่าผิดพลาด เท่ากับ 356.51 อาจเกิดจากแสงสว่างที่ตัวเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง โดยทำการวัดในบริเวณที่มีแสงแดด ค่าความเข้มแสงนั้นมีค่ามากเกินไป ค่าที่วัดได้จึงเท่ากับ 356.51

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองครั้งที่ 2 (วันที่ 11/9/57) สรุปได้ว่า ค่าความเข้มแสงที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ค่อนข้างจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามทฤษฎีที่ตั้งไว้ สามารถสังเกตได้ว่าสภาพแวดล้อมใน

ช่วงเวลาตอนเช้ากับช่วงเวลาตอนเย็น จะมีแสงสว่างน้อยกว่าความเข้มแสงที่แสดงผลออกมาน้อย เช่นกัน แตกต่างกับช่วงเวลาที่พัก เพาเวอร์ล้อยมีแสงสว่างมาก ความเข้มแสงก็จะมีความมากตาม ในการทดสอบสามารถเกิดความขัดข้องของอุปกรณ์จึงทำให้ค่าที่แสดงผลออกมาคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาด เพราะฉะนั้นจึงต้องมีวิธีแก้ไขปัญหานี้ด้วย และค่าที่ขาดหายไปเป็นเพราะฝนได้ตกลงมาจึงต้องปิดการทำงานของเครื่องและเก็บอุปกรณ์เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย เมื่อฝนหยุดตกก็นำมาทำการทดสอบต่ออีกครั้ง



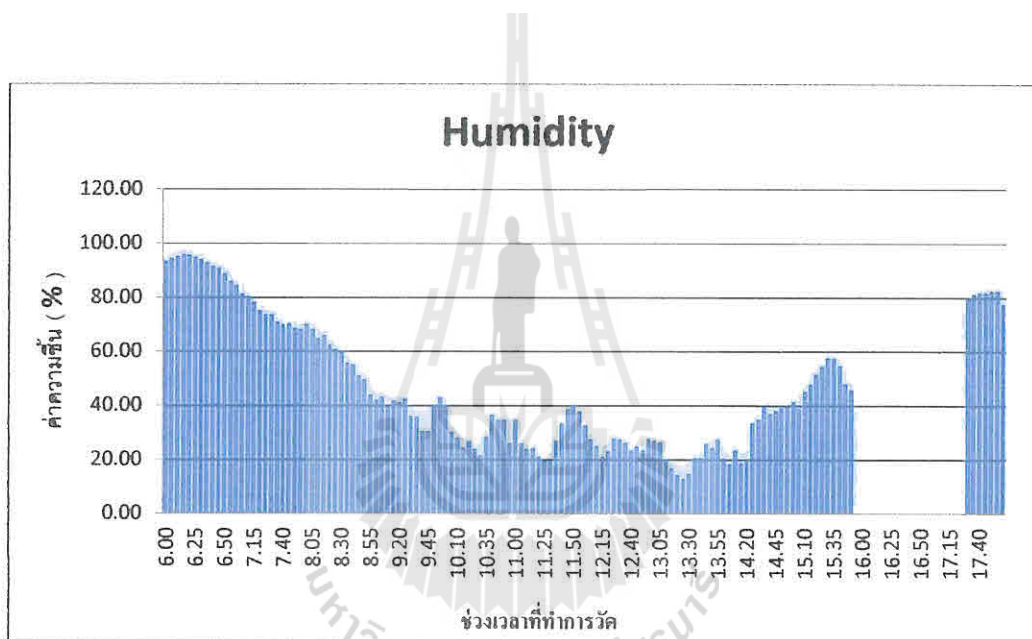
รูปที่ 4.2.6 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ วัดอุณหภูมิ

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพิจารณาในรูปกราฟของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เราได้ทำการเริ่มทดสอบวัดตั้งแต่ 6.00 น. ค่าของอุณหภูมิที่แสดงผลออกมาเป็นปกติ อยู่ที่ประมาณ 25 องศา หลังจากนั้นค่าอุณหภูมิที่วัดได้จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป และสาเหตุที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น คือ สภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงเกิดจากความร้อนของแสงแดด ในช่วงเวลาที่จะอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุด เป็นเวลาประมาณ 13.30 น. ค่าอุณหภูมิที่ได้มีค่า อยู่ที่ประมาณ 61 องศา และในช่วงเวลาหลังเที่ยงเมื่ออุณหภูมิในสภาพแวดล้อมลดลง ค่าอุณหภูมิที่วัดได้ก็ลดต่ำลงจนเท่ากับที่อุณหภูมิปกติ ในช่วงเวลา 18.00 น.

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองครั้งที่ 2 (วันที่ 11/9/57) สรุปได้ว่า ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ค่อนข้างจะมีการเปลี่ยนแปลงจากวันแรกเพียงเล็กน้อย และค่าที่วัดได้จากสภาพแวดล้อมในช่วงเวลาตอนเช้ากับช่วงเวลาตอนเย็น จะมีค่าอุณหภูมิที่ต่ำลง แตกต่างกับช่วงเวลาตอนบ่ายจะมีค่าอุณหภูมิที่สูงมาก เพราะว่าเซ็นเซอร์ได้รับความร้อนจากแสงแดดโดยตรงในบริเวณที่ทำการวัด แตกต่างจากการทดสอบของวันแรกที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาตอนเที่ยง อาจเกิดจากสภาพแวดล้อมได้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ส่วนค่าที่ขาดหายไปเป็นเพราะฝนได้ตกลงมาจึงต้องปิดการทำงานของเครื่องและเก็บอุปกรณ์เพื่อไม่เกิดความเสียหาย เมื่อฝนหยุดตกก็นำมาทำการทดสอบต่ออีกครั้ง



รูปที่ 4.2.7 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์

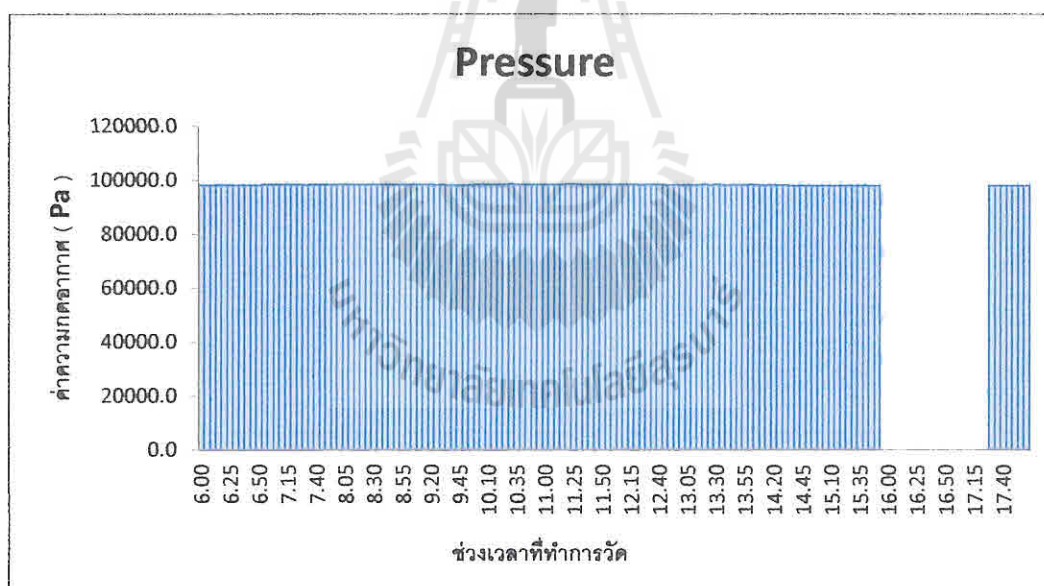
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพิจารณาในรูปกราฟของเซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ ค่าที่วัดได้จากความชื้นในอากาศจะเห็นว่าในเวลาช่วงเช้า ตั้งแต่ 6.00 น. จะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงมาก เพราะในช่วงตอนเช้า มีสภาพแวดล้อมที่อากาศเย็นทำให้มีปริมาณไอน้ำในอากาศมาก จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมสูงขึ้นปริมาณไอน้ำในอากาศลดน้อยลง ช่วงเวลาตอนบ่าย

ประมาณ 13.30 น. ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้มีค่าลดลงต่ำมากเนื่องจากสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิที่สูงมาก หลังจากนั้นค่าความชื้นสัมพัทธ์ก็ค่อยๆเพิ่มขึ้นจนถึงช่วงเวลาตอนเย็น เพราะอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมลดต่ำลง

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองครั้งที่ 2 (วันที่ 11/9/57) สรุปได้ว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ค่อนข้างจะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากวันแรกเพียงเล็กน้อย เพราะในสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยค่าที่วัดได้ในช่วงเวลาตอนเช้านั้นสภาพแวดล้อมในอากาศมีปริมาณไอน้ำมาก จึงทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงขึ้นกว่าวันแรกเล็กน้อย และช่วงเวลาในตอนบ่ายจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ลดต่ำลง เป็นเพราะสภาพแวดล้อมในอากาศมีปริมาณไอน้ำน้อยแตกต่างจากวันแรกที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำลง ที่ช่วงเวลาตอนเที่ยง ส่วนค่าที่ขาดหายไปเป็นเพราะฝนได้ตกลงมา จึงต้องปิดการทำงานของเครื่องและเก็บอุปกรณ์เพื่อไม่เกิดความเสียหาย เมื่อฝนหยุดตกก็นำมาทำการทดสอบต่ออีกครั้ง



รูปที่ 4.2.8 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพิจารณาในรูปกราฟของเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ จะเห็นว่าค่าที่วัดได้ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเนื่องจาก เราทำการทดสอบวัดในบริเวณพื้นที่เพียงบริเวณเดียว เพราะฉะนั้นค่าความกดอากาศจะเห็นผลถึงความเปลี่ยนแปลงได้ จะต้องทำการทดสอบวัดใน บริเวณที่มีระยะความสูงที่แตกต่างกันมาก โดยการวัดค่าเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศจะขึ้นอยู่กับความสูงระดับน้ำทะเล

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองครั้งที่ 2 (วันที่ 11/9/57) จึงสรุปได้ว่า ค่าความกดอากาศที่วัดได้จาก เซ็นเซอร์ค่อนข้างจะ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปต่างจากวันแรก เพราะทำการทดสอบบริเวณพื้นที่เดิม ค่าที่แสดงผลออกมาใกล้เคียงตลอดทั้งวันในการทดสอบจริง ส่วนค่าที่ขาดหายไปเป็นเพราะฝนได้ตกลงมาจึงต้องปิดการทำงานของเครื่องและเก็บอุปกรณ์เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย เมื่อฝนหยุดตกก็ นำมาทำการทดสอบต่ออีกครั้ง

ตารางที่ 4.2.3 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ ครั้งที่ 3 เมื่อทำการส่งด้วย Xbee (วันที่ 15/9/57 ณ บริเวณฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

เวลา	Light(LUX)	Temperature($^{\circ}$ C)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
6.00	39.99	25.52	85.48	98235.75
6.05	71.12	25.47	85.66	98245.50
6.10	112.50	25.57	85.29	98248.75
6.15	155.79	25.70	84.79	98263.50
6.20	207.58	25.61	84.95	98279.75
6.25	278.62	25.72	84.81	98291.00
6.30	370.18	25.79	84.51	98297.75
6.35	455.98	25.71	85.21	98296.25
6.40	530.08	25.83	84.46	98289.50
6.45	599.41	25.86	84.24	98289.75

ตารางที่ 4.2.3 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ
ครั้งที่ 3 เมื่อทำการส่งด้วย Xbee (ต่อ)

เวลา	Light(LUX)	Temperature($^{\circ}\text{C}$)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
6.55	766.02	25.88	84.68	98294.50
7.00	814.78	25.90	84.56	98302.75
7.05	851.81	26.01	84.16	98303.00
7.10	955.64	26.15	83.30	98324.00
7.15	955.64	26.15	83.30	98324.00
7.20	955.64	26.15	83.30	98324.00
7.25	955.64	26.15	83.30	98324.00
7.30	955.64	26.15	83.30	98324.00
7.35	1513.59	26.33	83.40	98346.00
7.40	1659.69	26.49	82.76	98339.50
7.45	1773.07	26.60	82.72	98344.00
7.50	1954.38	26.65	81.89	98343.75
7.55	2070.61	26.74	81.69	98347.75
8.00	2141.97	26.86	81.24	98354.50
8.05	1943.37	26.77	80.92	98352.00
8.10	1715.46	26.86	80.55	98363.00
8.15	1521.37	26.78	79.53	98361.25
8.20	1366.26	26.67	80.34	98356.75
8.25	1233.95	26.78	80.73	98365.75
8.30	1172.24	26.86	81.06	98372.25
8.35	1097.80	26.96	79.85	98372.50
8.40	0.00	0.00	0.00	0.00
8.45	0.00	0.00	0.00	0.00
8.50	1048.74	27.09	80.01	98380.00
8.55	1017.70	27.18	79.77	98381.75
9.00	1131.28	27.28	78.45	98372.00
9.05	1183.91	27.40	78.72	98373.75

ตารางที่ 4.2.3 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ
ครั้งที่ 3 เมื่อทำการส่งด้วย Xbee (ต่อ)

เวลา	Light(LUX)	Temperature($^{\circ}\text{C}$)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
9.10	1129.28	27.35	77.83	98364.50
9.15	1087.43	27.39	77.33	98366.50
9.20	1032.53	27.45	77.24	98353.50
9.25	1035.01	27.50	77.64	98353.00
9.30	1036.20	27.54	76.63	98339.25
9.35	1054.08	27.65	77.20	98328.00
9.40	1064.81	27.76	77.16	98328.50
9.45	1066.75	27.83	76.43	98324.25
9.50	1065.75	27.83	76.44	98316.75
9.55	1074.24	27.91	75.94	98315.00
10.00	1096.16	27.99	75.20	98321.50
10.05	1118.00	28.09	76.09	98312.50
10.10	1135.31	28.20	76.28	98320.75
10.15	1145.09	28.29	76.51	98310.25
10.20	1185.36	28.37	75.50	98304.25
10.25	1210.61	28.44	75.92	98307.25
10.30	1199.03	28.55	76.30	98301.50
10.35	1230.13	28.58	75.35	98302.50
10.40	1232.61	28.70	75.28	98290.25
10.45	1248.35	28.69	74.89	98288.50
10.50	1280.72	28.73	74.16	98284.00
10.55	1327.99	28.78	74.44	98291.25
11.00	1402.47	28.89	74.91	98295.25
11.05	1435.32	28.96	74.37	98281.00
11.10	2485.61	29.16	74.44	98254.00
11.15	1547.10	29.16	72.96	98254.75
11.20	1616.53	29.18	73.52	98242.25

ตารางที่ 4.2.3 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ ครั้งที่ 3 เมื่อทำการส่งด้วย Xbee (ต่อ)

เวลา	Light(LUX)	Temperature($^{\circ}\text{C}$)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
11.25	2603.55	29.36	72.57	98233.25
11.30	1926.43	29.44	74.33	98237.75
11.35	2513.86	29.58	73.93	98238.50
11.40	2043.95	29.64	72.81	98229.00
11.45	2972.54	29.84	72.19	98229.50
11.50	1942.56	29.83	70.30	98219.25
11.55	2956.86	29.97	70.84	98210.50
12.00	2573.43	30.01	69.77	98207.00
12.05	3049.64	30.11	69.69	98194.75
12.10	2302.67	30.34	70.43	98186.25
12.15	2281.61	30.33	69.16	98163.00
12.20	2368.50	30.33	68.12	98159.25
12.25	2368.50	30.33	68.12	98159.25
12.30	2338.01	30.38	66.38	98111.00
12.35	2472.40	30.48	66.27	98094.50
12.40	2780.92	30.66	65.06	98076.75
12.45	2667.97	30.64	66.45	98077.00
12.50	3930.51	30.82	65.82	98056.25
12.55	3537.25	31.03	65.08	98036.25
13.00	3537.25	31.03	65.08	98036.25
13.05	3537.25	31.03	65.08	98036.25
13.10	3948.62	31.13	64.34	98023.00
13.15	4829.99	31.76	63.75	97985.75
13.20	4868.74	31.94	63.09	97981.25
13.25	2128.09	32.05	63.38	97956.00
13.30	3931.65	31.88	64.27	97958.50
13.35	2859.87	31.49	65.53	97951.25

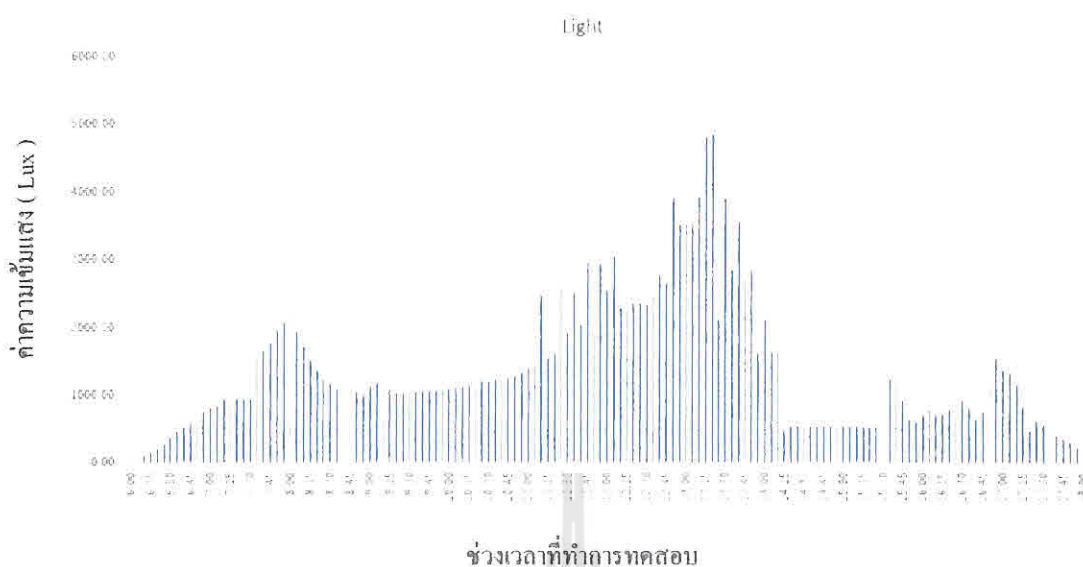
ตารางที่ 4.2.3 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ
ครั้งที่ 3 เมื่อทำการส่งด้วย Xbee (ต่อ)

เวลา	Light(LUX)	Temperature($^{\circ}\text{C}$)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
13.40	3576.15	31.65	64.79	97943.25
13.45	2725.12	31.42	65.89	97942.75
13.50	2849.82	31.42	65.29	97948.75
13.55	1625.80	31.28	66.16	97945.25
14.00	2121.46	31.16	67.14	97940.00
14.05	1644.60	30.99	67.10	97943.50
14.10	1644.60	30.99	67.10	97943.50
14.15	483.55	30.38	70.58	97925.50
14.20	552.84	25.78	91.92	97974.75
14.25	552.84	24.63	100.00	97924.50
14.30	552.84	24.63	100.00	97924.50
14.35	552.84	24.63	100.00	97924.50
14.40	552.84	24.63	100.00	97924.50
14.45	552.84	24.63	100.00	97924.50
14.50	552.84	24.63	100.00	97924.50
14.55	552.84	24.63	100.00	97924.50
15.00	552.84	24.63	100.00	97924.50
15.05	552.84	24.63	100.00	97924.50
15.10	552.84	24.63	100.00	97924.50
15.15	552.84	24.63	100.00	97924.50
15.20	552.84	24.63	100.00	97924.50
15.25	552.84	24.63	100.00	97924.50
15.30	0.00	25.09	100.00	97865.00
15.35	1243.83	26.26	96.04	97934.75
15.40	1191.62	25.88	90.36	97931.25
15.45	933.93	25.97	89.67	97920.50
15.50	644.50	26.65	86.89	97946.50

ตารางที่ 4.2.3 ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความกดอากาศ
ครั้งที่ 3 เมื่อทำการส่งด้วย Xbee (ต่อ)

เวลา	Light(LUX)	Temperature($^{\circ}\text{C}$)	Humidity (%)	Pressure (Pa)
15.55	614.87	26.78	85.96	97936.25
16.00	712.27	26.95	85.74	97937.00
16.05	799.95	27.03	85.39	97935.25
16.10	718.14	27.06	85.31	97952.50
16.15	725.77	27.14	85.13	97947.00
16.20	800.59	27.11	84.97	97945.75
16.25	946.58	27.18	84.79	97937.75
16.30	923.95	27.20	84.59	97910.25
16.35	820.71	27.18	84.78	97934.75
16.40	661.96	27.22	84.48	97902.00
16.45	756.63	27.22	84.57	97911.00
16.50	1193.79	27.24	84.62	97908.25
16.55	1553.55	27.33	84.24	97911.25
17.00	1381.99	27.32	84.08	97928.00
17.05	1358.15	27.40	83.98	97933.25
17.10	1169.48	27.42	83.78	97937.25
17.15	824.79	27.38	83.80	97945.75
17.20	472.81	27.35	83.82	97935.50
17.25	635.96	27.32	83.74	97937.00
17.30	569.16	27.24	84.10	97942.25
17.35	452.03	27.07	84.75	97944.25
17.40	417.07	26.99	85.45	97931.00
17.45	365.35	26.88	85.78	97940.50
17.50	312.92	26.80	85.45	97946.25
17.55	228.94	26.74	86.43	97947.25
18.00	136.46	26.65	86.02	97943.00

กราฟแสดงผล ค่าที่ได้จาเซ็นเซอร์เมื่อทำการส่งข้อมูลด้วย Xbee วันที่ 15/9/57



รูปที่ 4.2.9 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง

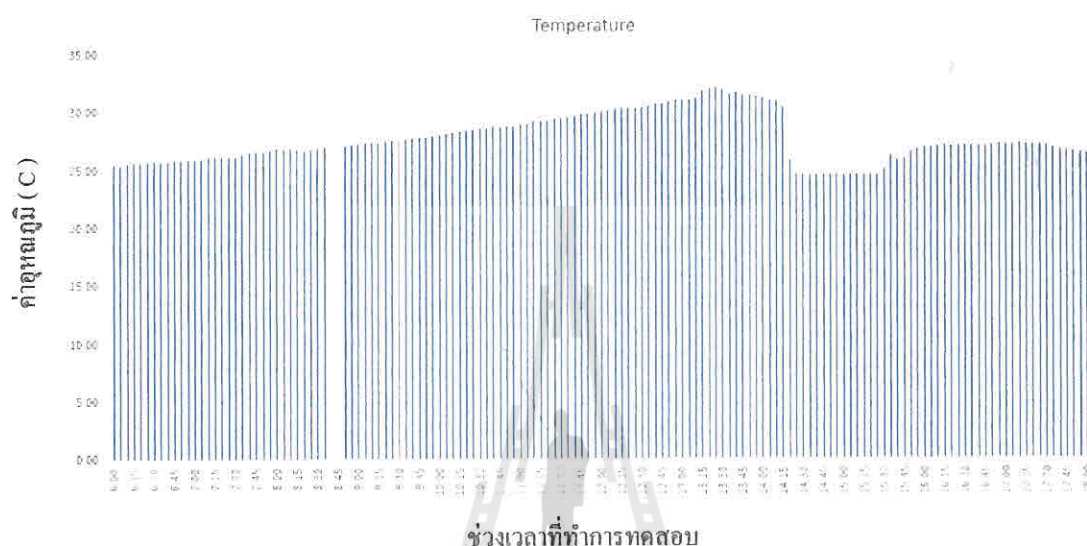
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพิจารณาในรูปกราฟของเซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง ค่าที่วัดได้จากความเข้มแสงในสภาพแวดล้อมจะเห็นว่า เวลาช่วงเช้า ตั้งแต่ 6.00 น. จะมีแสงสว่างน้อย จึงทำให้ค่าความเข้มแสงมีค่าน้อยเช่นกัน เมื่อเวลาผ่านไปสภาพแวดล้อมก็จะมีการเปลี่ยนแปลงดังนั้นแสงสว่างจะเพิ่มขึ้นตามด้วย ค่าความเข้มแสงก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าความเข้มแสงสูงสุด เพราะในช่วงเวลาที่สภาพแวดล้อมมีแสงสว่างมาก ค่าความเข้มแสงที่สามารถวัดได้นั้นก็จะมีค่ามากขึ้น หลังจากนั้นในช่วงตอนเย็นแสงสว่างจะลดลง ค่าความเข้มแสงที่วัดได้จะมีค่าน้อยลงตาม มาพิจารณาค่าความเข้มแสงที่วัดได้ เป็นค่าผิดพลาด เท่ากับ 552.84 ในช่วงเวลา 14.25-15.30 น. สาเหตุที่เกิดขึ้นคือ โดรนน้ำจากฝนตกลงมาใส่ตัวอุปกรณ์จึงทำให้ขัดข้องชั่วคราว จากนั้นก็กลับมาทำงานเป็นปกติ

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองครั้งที่ 3 (วันที่ 15/9/57) สรุปได้ว่า ค่าความเข้มแสงที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ค่อนข้างจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามทฤษฎีที่ตั้งไว้ สามารถสังเกตได้ว่าสภาพแวดล้อมในช่วงเวลาตอนเช้ากับช่วงเวลาตอนเย็น จะมีแสงสว่างน้อยค่าความเข้มแสงที่แสดงผลออกมาน้อย

เช่นกัน แตกต่างกับช่วงเวลาที่สภาพแวดล้อมมีแสงสว่างมาก ความเข้มแสงก็จะมีค่ามากตาม ในการทดลองสามารถเกิดความขัดข้องของอุปกรณ์จึงทำให้ค่าที่แสดงผลออกมาคลาดเคลื่อนหรือค่าผิดพลาด เพราะฉะนั้นจึงต้องมีวิธีแก้ไขปัญหานี้ด้วย และค่าที่ขาดหายไปเป็นเพราะพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัวอุปกรณ์เพื่อในการทำงานเกิดความขัดข้อง หรือ ไฟดับนั่นเอง เมื่อพลังงานไฟฟ้ากลับมาเป็นปกติ ระบบที่ตั้งไว้ก็ทำการทดสอบต่ออีกครั้ง



รูปที่ 4.2.10 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

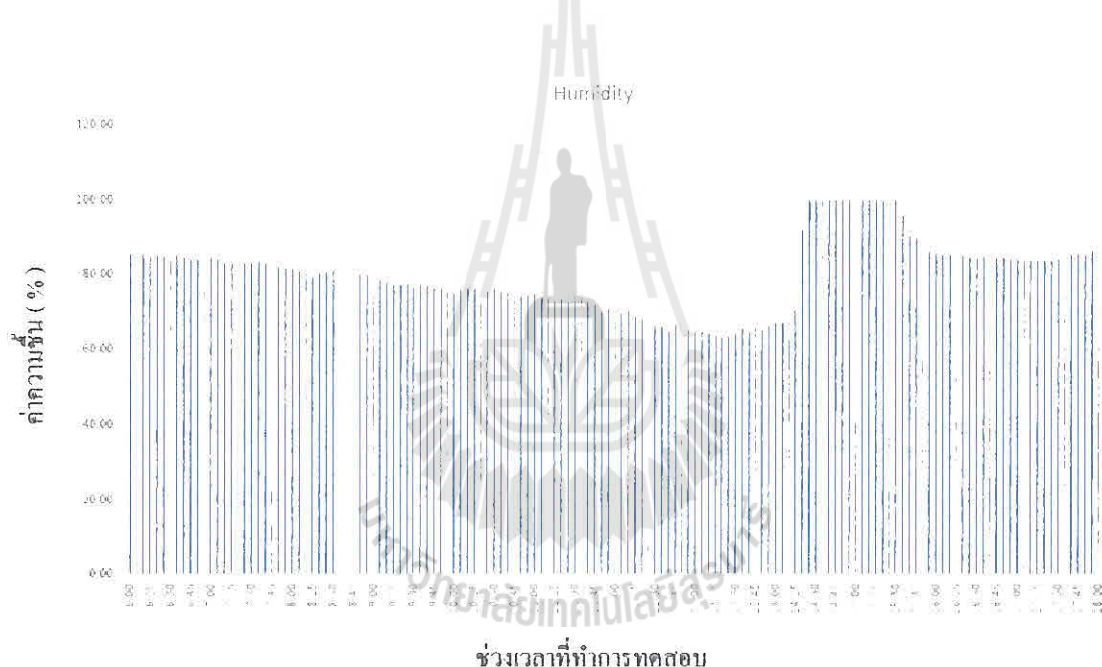
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพิจารณาในรูปแบบกราฟของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เราได้ทำการเริ่มทดสอบในบริเวณภายในห้อง ทำการวัดค่าตั้งแต่ 6.00 น. ค่าของอุณหภูมิที่แสดงผลออกมาเป็นปกติ อยู่ที่ประมาณ 25 องศา หลังจากนั้นค่าอุณหภูมิที่วัดได้จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น เมื่อเวลาผ่านไป และสาเหตุที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น คือ อุณหภูมิในสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ในช่วงเวลาที่จะอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุด เป็นเวลา 13.30 น. ค่าอุณหภูมิที่แสดงผลออกมามีค่า อยู่ประมาณ 32 องศา และในช่วงเวลาหลังจากนั้นเมื่ออุณหภูมิในสภาพแวดล้อมลดลง ค่าอุณหภูมิที่วัดได้ก็ลดต่ำลง จนกลับมาที่อุณหภูมิที่ 27 องศา ในช่วงเวลา 14.10 น. เป็นต้นไป ส่วนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเป็นค่าเดียวตลอด อาจเกิดจากการผิดพลาด ของตัวอุปกรณ์ เพราะช่วงเวลา 14.25-15.30 น. สาเหตุที่

เกิดขึ้นคือ โคนน้ำจากฝนตกลงมาใส่ตัวอุปกรณ์จึงทำให้ขัดข้องชั่วคราว จากนั้นก็กลับมาทำงานเป็นปกติ

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองครั้งที่ 3 (วันที่ 15/9/57) สรุปได้ว่า ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ค่อนข้างจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามทฤษฎีที่ตั้งไว้ และยังสังเกตได้ว่าสภาพแวดล้อมในช่วงเวลาตอนเช้ากับช่วงเวลาตอนเย็น จะมีค่าอุณหภูมิที่ต่ำ แตกต่างกับช่วงเวลาตอนบ่ายจะมีค่าอุณหภูมิที่วัดได้มีค่าสูงเพิ่มขึ้น และการรับส่งข้อมูลของ Xbee สามารถส่งข้อมูลไปยังภาครับได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง ในการทดลองสามารถเกิดความขัดข้องของอุปกรณ์จึงทำให้ค่าที่แสดงผลออกมาคลาดเคลื่อนหรือเกิดการผิดพลาด เพราะฉะนั้นจึงต้องมีวิธีแก้ไขปัญหานี้ด้วย และค่าที่ขาดหายไปเป็นเพราะพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัวอุปกรณ์เพื่อในการทำงานเกิดความขัดข้องหรือ ไฟดับนั่นเอง เมื่อพลังงานไฟฟ้ากลับมาเป็นปกติ ระบบที่ตั้งไว้ก็ทำการทดสอบคืออีกครั้ง



รูปที่ 4.2.11 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์

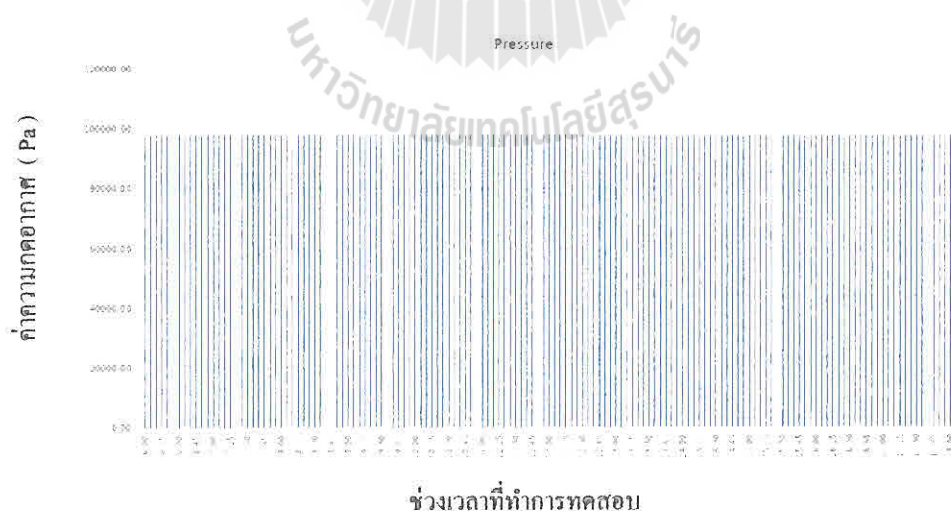
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพิจารณาในรูปกราฟของเซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ เมื่อได้ทำการทดสอบภายในห้อง ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะเห็นได้ว่า ในเวลาช่วงเช้า เริ่มต้นตั้งแต่ 6.00 น.

จะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงประมาณ 85 % เพราะในช่วงตอนเช้า มีสภาพแวดล้อมที่มีอากาศเย็นทำให้น้ำปริมาณไอน้ำในอากาศมาก จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมสูงขึ้นปริมาณไอน้ำในอากาศก็จะค่อยๆระเหย และในช่วงเวลาตอนบ่าย ประมาณ 13.20 น. ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้มีค่าลดลงต่ำมากประมาณ 63 % เนื่องจากสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิที่สูงมากๆ หลังจากนั้นค่าความชื้นสัมพัทธ์ก็ค่อยๆเพิ่มขึ้นจนถึงช่วงเวลาตอนเย็น เพราะสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิลดต่ำลง มาพิจารณาค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้ เป็นค่าผิดพลาดเท่ากับ 100 % ในช่วงเวลา 14.25-15.30 น. สาเหตุที่เกิดขึ้นคือ ผนตกลงมาได้ตัวอุปกรณ์จึงทำให้ขัดข้องชั่วคราว จากนั้นก็กลับมาทำงานเป็นปกติ

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองครั้งที่ 3 (วันที่ 15/9/57) สรุปได้ว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ค่อนข้างจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามทฤษฎีที่ตั้งไว้ โดยค่าที่วัดได้ในช่วงเวลาตอนเช้านั้นสภาพแวดล้อมในอากาศมีปริมาณไอน้ำมาก จึงทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูง และช่วงเวลาในตอนบ่ายจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ลดต่ำลง เป็นเพราะสภาพแวดล้อมในอากาศมีปริมาณไอน้ำน้อย และการรับส่งข้อมูลของ Xbee สามารถส่งข้อมูลไปยังภาครับได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง ในการทดลองสามารถเกิดความขัดข้องของอุปกรณ์จึงทำให้ค่าที่แสดงผลออกมาคลาดเคลื่อนหรือเกิดการผิดพลาด เพราะฉะนั้นจึงต้องมีวิธีแก้ไขปัญหานี้ด้วย และค่าที่ขาดหายไปเป็นเพราะพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัวอุปกรณ์เพื่อในการทำงานเกิดความขัดข้อง หรือ ไฟดับนั่นเอง เมื่อพลังงานไฟฟ้ากลับมาเป็นปกติ ระบบที่ตั้งไว้ก็ทำการทดสอบต่ออีกครั้ง



รูปที่ 4.2.12 กราฟแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ความกดอากาศ

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพิจารณาในรูปกราฟของเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ จะเห็นว่าค่าที่วัดได้ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเนื่องจาก เราทำการทดสอบวัดในบริเวณภายในห้องเป็นพื้นที่เพียง บริเวณเดียว เพราะฉะนั้นค่าความกดอากาศจะเห็นผลถึงความเปลี่ยนแปลงได้ จะต้องทำการ ทดสอบวัดในบริเวณที่มีระยะความสูงที่แตกต่างกันมาก โดยการวัดค่าเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศจะ ขึ้นอยู่กับความสูงระดับน้ำทะเล มาพิจารณาค่าความกดอากาศที่วัดได้ เป็นค่าผิดพลาด โดยมีการ แสดงผลออกมาค่าเดียวตลอด ในช่วงเวลา 14.25-15.30 น. สาเหตุที่เกิดขึ้นคือ โคนน้ำจากฝนตกลง มาได้ตัวอุปกรณ์จึงทำให้ขัดข้องชั่วคราว

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองครั้งที่ 3 (วันที่ 15/9/57) ค่าความกดอากาศที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ค่อนข้าง จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง มีค่าใกล้เคียงตลอดทั้งวันในการทดสอบจริง เพราะนำเซ็นเซอร์วัดความกด อากาศไปติดตั้งวัดค่าตรงสถานที่บริเวณเดิม และการรับส่งข้อมูลของ Xbee สามารถส่งข้อมูลไปยัง ภาควิชาที่ข้อมูลได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง ในการทดลองสามารถเกิดความขัดข้องของอุปกรณ์จึง ทำให้ค่าที่แสดงผลออกมาคลาดเคลื่อนหรือเกิดการผิดพลาด เพราะฉะนั้นจึงต้องมีวิธีแก้ไขปัญหานี้ ในส่วนนี้ด้วย และค่าที่ขาดหายไปเป็นเพราะพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัวอุปกรณ์เพื่อในการ ทำงานเกิดความขัดข้อง หรือ ไฟดับนั่นเอง เมื่อพลังงานไฟฟ้ากลับมาเป็นปกติ ระบบที่ตั้งไว้ก็ทำ การทดสอบต่ออีกครั้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุปของโครงการ

โครงการอุปกรณ์บันทึกข้อมูลเคลื่อนที่ได้ สำหรับงานเกษตรกรรมมีคุณสมบัติที่สามารถวัดค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ค่าความเข้มแสง และค่าความกดอากาศได้จริง ค่าที่วัดได้ในแต่ละช่วงเวลานั้น ได้ทำการบันทึกข้อมูลลงการ์ดหน่วยความจำและอุปกรณ์นี้ยังสามารถนำไปติดตั้งบริเวณแปลงเกษตรกรรมแห่งอื่นๆ ได้ โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ป้อนให้กับอุปกรณ์ทำงานใช้จากแบตเตอรี่และแผงโซลาร์เซลล์ โดยแผงโซลาร์เซลล์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และยังมีวงจรชาร์จเจอร์ ทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปไว้ที่แบตเตอรี่ จากนั้นต่อแบตเตอรี่เข้ากับวงจรชาร์จเจอร์เพื่อทำการลดทอนแรงดันไฟจากแบตเตอรี่ให้เหลือ 5 โวลต์ จากนั้นนำ 5 โวลต์ที่เป็นเอาต์พุตของวงจรชาร์จเจอร์ป้อนให้ไมโครคอนโทรเลอร์ STM32F4 Discovery เพื่อให้สามารถทำงานได้ จากการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปผลได้ดังนี้

- การวัดค่าด้วยอุปกรณ์ที่กล่าวไว้ข้างต้น เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมสามารถอ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสง และเซ็นเซอร์วัดความกดอากาศ แล้วส่งข้อมูลที่วัดได้ผ่าน Xbee โดยมีระยะการรับ-ส่งข้อมูลสูงสุดประมาณ 30 เมตร จากนั้นบันทึกข้อมูลต่างๆลงการ์ดหน่วยความจำ

5.2 ปัญหาที่พบและอุปสรรค

1. ในกรณีที่มีแสงน้อยหลายวันอาจทำให้แบตเตอรี่ไม่เพียงพอตลอดทั้งคืน
2. ความแม่นยำในการวัดเนื่องจากสภาพแวดล้อมจริง
3. เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงไม่สามารถวัดความเข้มแสงที่มีความสว่างมากกว่า 65,535 ลักซ์ได้

5.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหา

1. เพิ่มความจุของแบตเตอรี่และกำลังของโซลาร์เซลล์
2. เพิ่มจำนวนอุปกรณ์วัดเพื่อเพิ่มความแม่นยำ
3. นำเซ็นเซอร์ไปใช้ในสถานที่ที่เหมาะสมมากกว่านี้

5.4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

เนื่องจากตัวอุปกรณ์นี้เป็นอุปกรณ์การศึกษาการวัดค่าสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรม และบันทึกข้อมูล สามารถจะพัฒนาอุปกรณ์ได้ โดยพิจารณาหรือตรวจสอบข้อมูลที่บันทึกได้ เพื่อให้ถึงทราบช่วงเวลาใดสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง เช่น ตรวจสอบข้อมูลที่วัดได้และทราบฝนกำลังจะตก หลังจากนั้นส่งข้อมูลที่วัดได้ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์และทำการแจ้งเตือนเพื่อให้สามารถดูแลรักษาแปลงเกษตรได้ทันเวลา

5.5 สิ่งที่ได้รับจากการทำโครงการ

1. เข้าใจหลักการทำงานของบอร์ด STM32F4 Discovery และ X-bee
2. เข้าใจหลักการควบคุมระบบด้วยเซ็นเซอร์ต่างๆด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
3. เข้าใจการเขียนโปรแกรมแบบ Graphic Programming และ โหลดโปรแกรมให้สามารถใช้งานได้
4. ทำให้รู้ถึงการทำงานของวงจร Charger มีทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปไว้ที่แบตเตอรี่



บรรณานุกรม

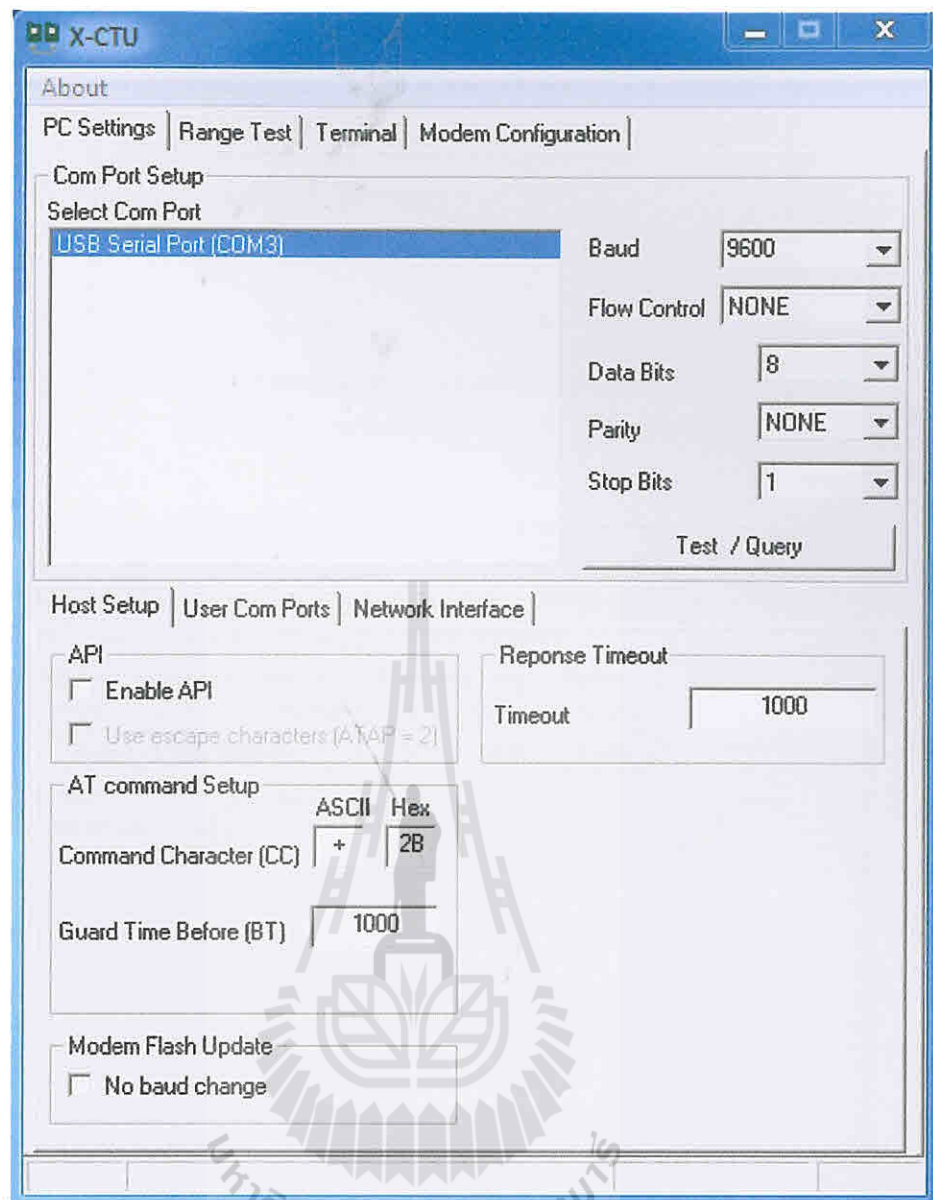
- [1] เอกสารประกอบหน่วยปฏิบัติการที่ 1 ระบบสมองกลฝังตัววิชาปฏิบัติการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ขั้นสูง
- [2] <https://www.youtube.com/playlist?list=PLDurQ8T74mUTfjYcdZygKpBYEbrZiXLt5>
- [3] <http://aimagin.com/blog/page/2/?lang=th>
- [4] <https://www.aimagin.com/amg-sense-humidity-temperature.html>
- [5] <https://www.aimagin.com/amg-sense-light.html>
- [6] <https://www.aimagin.com/amg-sense-pressure.html>
- [7] <https://www.aimagin.com/amg-high-precision-rtc-3v-lithium-battery-bundle.html>
- [8] http://waijung.aimagin.com/index.htm?release_note.htm
- [9] <http://www.thaicasyelec.com/Review-Product-Article/what-is-xbee.html>
- [10] <http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%81%E0%B8%AA%E0%B8%87%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%97%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%A2%E0%B9%8C>



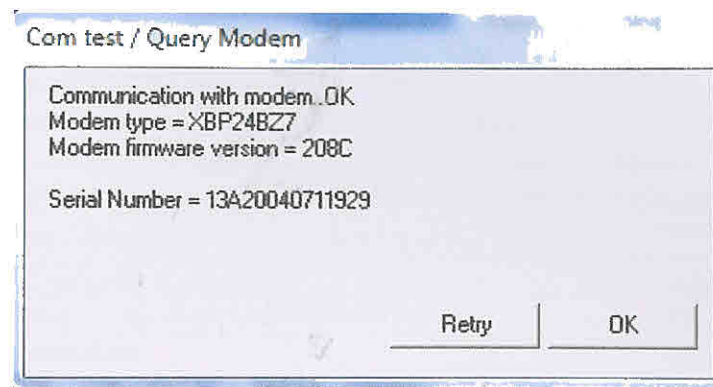
ภาคผนวก ก.

การติดตั้งโปรแกรม X-CTU เพื่อทำการตั้งค่าอุปกรณ์ Xbee

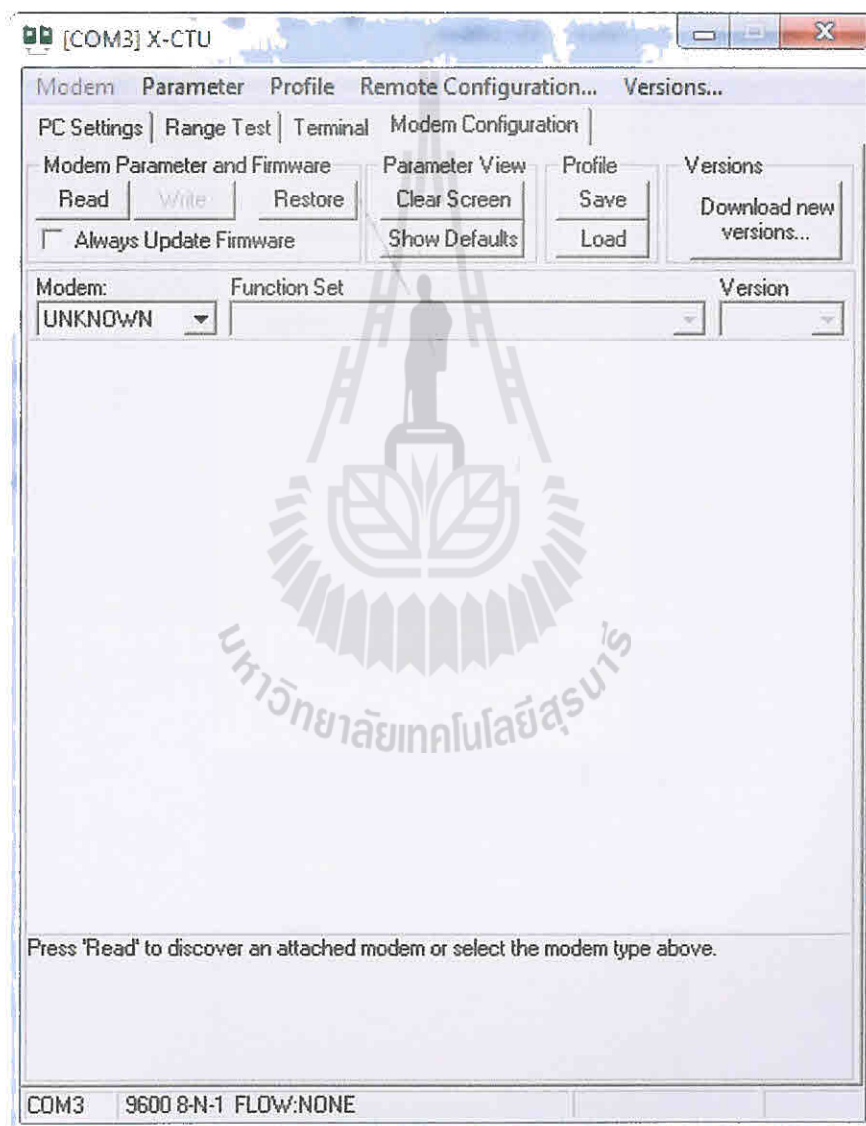
1. ทำการดาวน์โหลดโปรแกรม X-CTU จาก
<http://www.digi.com/support/productdetail?pid=3352&osvid=57&type=utilities>
2. ทำการติดตั้งโปรแกรม X-CTU ที่โหลดมา
3. ทำการเชื่อมต่อ Xbee เข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการตั้งค่า Xbee
4. ทำการเปิดโปรแกรม X-CUT จะปรากฏโปรแกรมตามรูปที่ ก.1
5. ทำการเลือก Com Port ที่ได้เชื่อมกับ Xbee แล้วคลิกที่ Test/Query เพื่อทำการทดสอบว่า Xbee มีปัญหาหรือไม่ ถ้าไม่มีปัญหาจะปรากฏดังรูปที่ ก.2
6. คลิก Modem Configuration เพื่อทำการตั้งค่า Xbee เมื่อคลิกแล้วจะปรากฏดังรูปที่ ก.3
7. คลิก Read โปรแกรมจะทำการอ่านข้อมูลที่อยู่ใน Xbee เมื่อเสร็จแล้วจะปรากฏดังรูปที่ ก.4
8. คลิก Download new versions จะปรากฏดังที่ ก.5 จากนั้นคลิก Wed เพื่อทำการอัปเดตเฟิร์มแวร์เวอร์ชันใหม่ รอจนการอัปเดตสำเร็จ
9. จากนั้นทำการตั้งค่า Xbee ให้ทำหน้าที่เป็น Coordinator โดยเลือก Function Set ให้เป็น ZIGBEE COORDINATOR AT จากนั้นคลิกที่ PAN ID เพื่อกำหนด ID ของ Xbee (PAN ID ของ Coordinator ต้องตรงกับ PAN ID ของ Router ที่จะทำการสื่อสารระหว่างกัน) จากนั้นกด Write เพื่อทำการบันทึกค่าลง Xbee
10. ทำการตั้งค่า Xbee ให้ทำหน้าที่เป็น Router โดยเลือก Function Set ให้เป็น ZIGBEE ROUTER AT จากนั้นคลิกที่ PAN ID เพื่อกำหนด ID ของ Xbee (PAN ID ของ Router ต้องตรงกับ PAN ID ของ Coordinator ที่จะทำการสื่อสารระหว่างกัน) จากนั้นกด Write เพื่อทำการบันทึกค่าลง Xbee



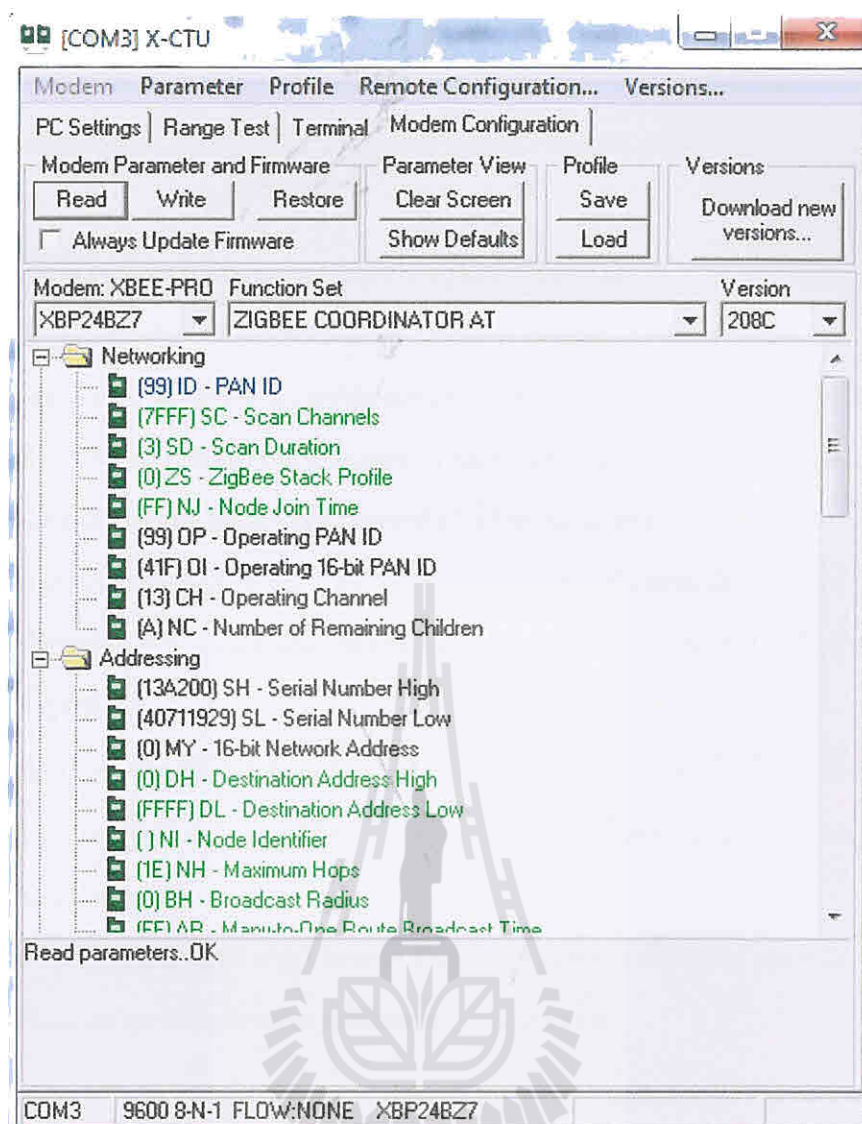
รูปที่ 3.1 โปรแกรม X-CTU



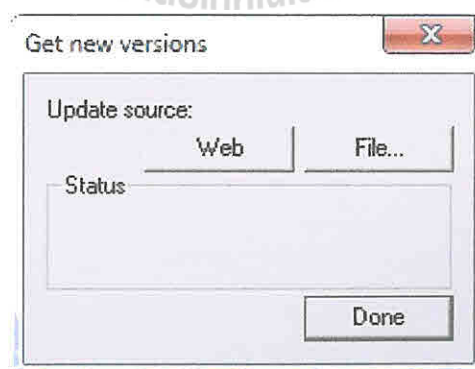
รูปที่ ก.2 ข้อมูลเบื้องต้นของ Xbee ที่ได้เชื่อมต่ออยู่



รูปที่ ก.3 หน้าต่าง Modem Configuration



รูปที่ ก.4 ข้อมูลของ Xbee

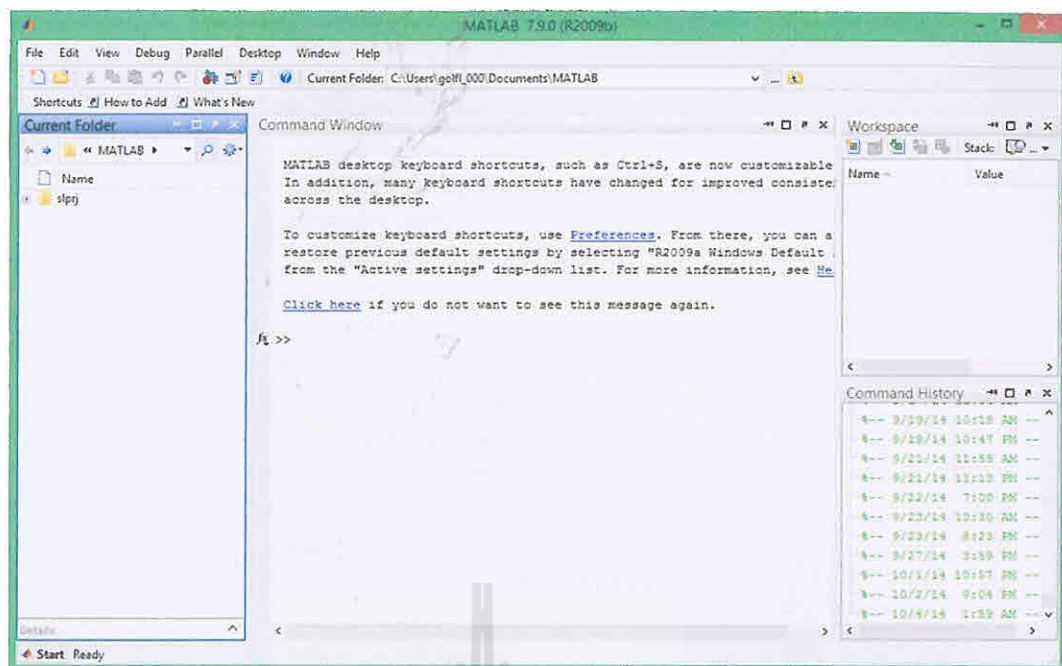


รูปที่ ก.5 Download new versions

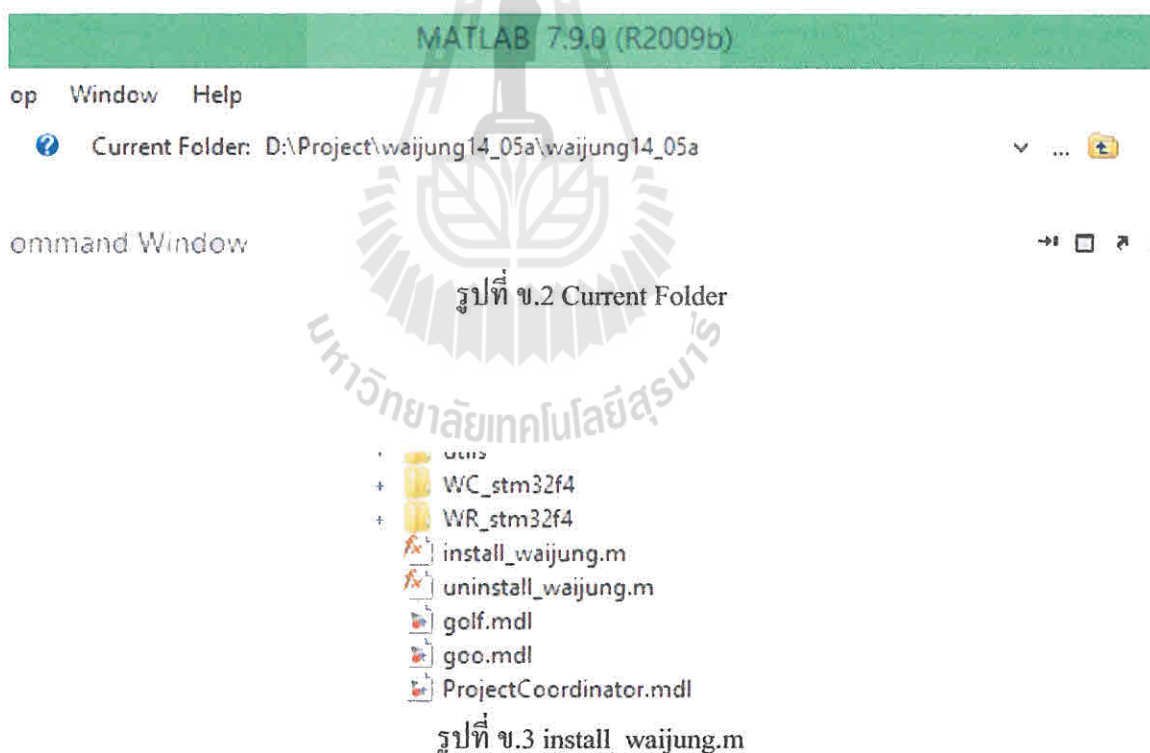
ภาคผนวก ข.

การติดตั้งโปรแกรมสำหรับออกแบบซอฟต์แวร์โดยใช้ไวจับบล็อกเซต

1. ติดตั้งโปรแกรม MATLAB R2009a หรือเวอร์ชันใหม่กว่า
2. ติดตั้งโปรแกรม STM32 ST-LINK Utility สามารถดาวน์โหลดได้จาก
<http://www.st.com/web/catalog/tools/FM146/CL1984/SC724/SS1677/PF251168>
 ทำการดาวน์โหลดไวจับบล็อกเซตจาก <https://www.aimagin.com/download/>
3. เมื่อทำการดาวน์โหลดไวจับบล็อกเสร็จให้ทำการแตกไฟล์
4. เปิดโปรแกรม MATLAB R2009a ขึ้นมา จะปรากฏโปรแกรมดังรูปที่ รูปที่ ข.1
5. ทำการเลือก Current Folder ให้ตรงกับ Directory ที่ได้ทำการแตกไฟล์ไวจับบล็อกเซต
 ดังรูปที่ ข.2
6. ทำการคลิกขวาที่ไฟล์ install_waijung.m แล้วคลิกที่ Run file เพื่อทำการติดตั้งไวจับ
 บล็อก ดังรูปที่ ข.3 รอจนกรอบ Command Window มีข้อความขึ้นว่า Finish Waijung
 Installation
7. คลิก Simulink จะปรากฏ Libraries ขึ้นมา ตามรูปที่ ข.4 เลื่อนลงมาสุด คลิก Waijung
 Blockset รอโปรแกรมทำการโหลดข้อมูลจนเสร็จสิ้น



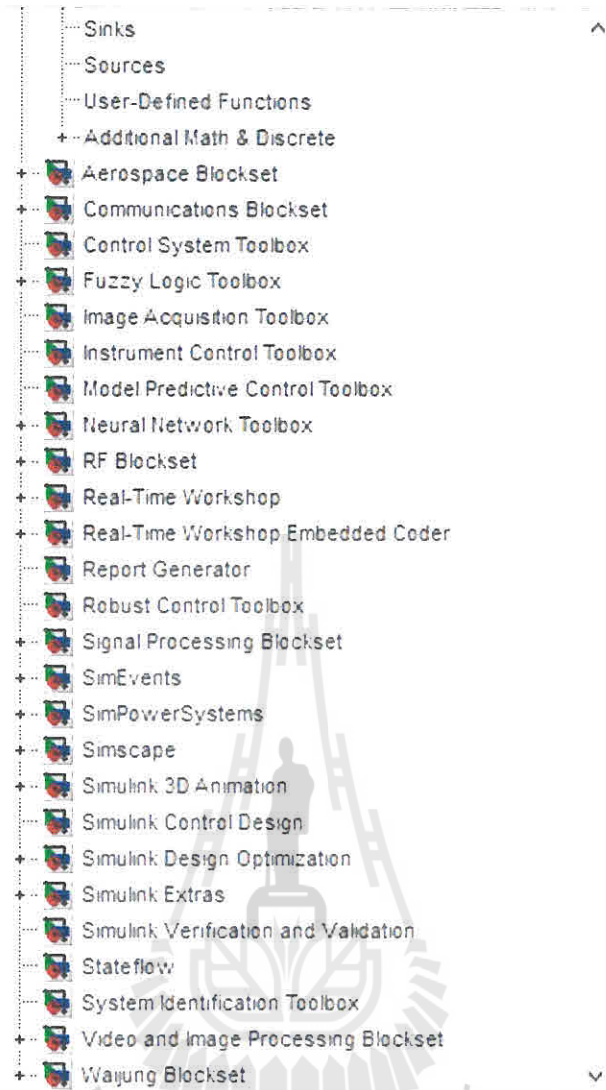
รูปที่ ข.1 โปรแกรม MATLAB R2009a



รูปที่ ข.2 Current Folder

รูปที่ ข.3 install_waijung.m

Libraries



รูปที่ ๖.4 Libraries

ประวัติผู้เขียน



นายปรัชญาวัฒน์ รัตนกาฬ เกิดเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2536 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลมะเกลือใหม่ อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2554 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมหลักสูตรอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



นายพัทธวุธ วงษ์เอนก เกิดเมื่อวันที่ 23 มกราคม พ.ศ.2535 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลเพชรละคร อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนเพชรละครวิทยา อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ เมื่อปี พ.ศ.2554 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมหลักสูตรอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



นายฉลองชัย ลิปิเลิศ เกิดเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม พ.ศ.2535 ภูมิลำเนาที่ ตำบลมิตรภาพ อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อ พ.ศ.2554 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมหลักสูตรอิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี