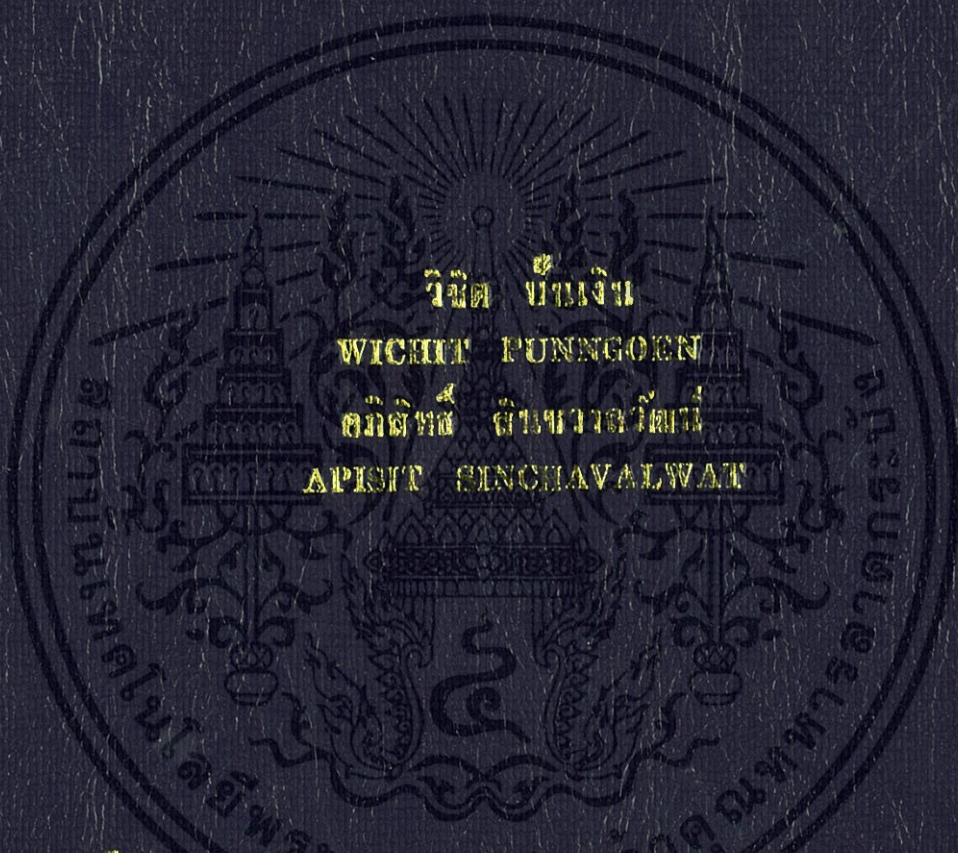


การพัฒนาระบบบริหารจัดการฟาร์มเชิงเทคโนโลยีสารสนเทศ
DEVELOPMENT OF SUSIMP FARM MANAGEMENT SYSTEMS
BY INFORMATION TECHNOLOGY



ปริญญาโท เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาต่อระดับปริญญาโท
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การพัฒนาระบบการจัดการฟาร์มกุ้งโดยเทคโนโลยีสารสนเทศ
DEVELOPMENT OF SHRIMP FARM MANAGEMENT SYSTEMS
BY INFORMATION TECHNOLOGY



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF SHRIMP FARM MANAGEMENT SYSTEMS
BY INFORMATION TECHNOLOGY



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์
รายชื่อนักศึกษา

การพัฒนาระบบการจัดการฟาร์มกุ้งโดยเทคโนโลยีสารสนเทศ

นายวิชิต ปั้นเงิน

รหัสนักศึกษา 53011472

นายอภิสิทธิ์ สิ้นชวลวัฒน์

รหัสนักศึกษา 53011879

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมสารสนเทศ

พ.ศ.

2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ผศ.ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง



(ผศ.ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์
รายชื่อนักศึกษา

การพัฒนาระบบการจัดการฟาร์มกุ้งโดยเทคโนโลยีสารสนเทศ

นายวิจิต บั้นเงิน

รหัสนักศึกษา 53011472

นายอภิสิทธิ์ สินชวาลวัฒน์

รหัสนักศึกษา 53011879

ปริญญา
สาขาวิชา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

วิศวกรรมสารสนเทศ

พ.ศ.

2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ผศ.ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์

บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ได้จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในระบบการจัดการฟาร์มกุ้ง ซึ่งสามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำ โดยใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่างและออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เซ็นเซอร์ทั้ง 3 ชนิดนี้ จะถูกติดตั้งอยู่บนหุ่นลอยน้ำตรงบริเวณกลางบ่อ เนื่องจากกลางบ่อ จะทำให้การตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ ทั้ง 3 พารามิเตอร์ มีความถูกต้องของข้อมูลในบ่อเลี้ยงมากที่สุด นอกจากนี้ระบบ ยังได้มีการใช้พลังงานจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ในการให้กำเนิดพลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ติดตั้งอยู่บนหุ่นลอยน้ำ ค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ตัว จะถูกส่งผ่านไปยังคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง ผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ระบบสามารถข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลังและแสดงเป็นแผนภูมิให้ผู้ใช้สังเกตได้เมื่อมีข้อมูลผิดปกติ และสามารถดูบันทึกของระบบย้อนหลังได้บนเว็บไซต์ นอกจากนี้ระบบสามารถสั่งให้เครื่องเติมออกซิเจนในน้ำทำงานได้โดยอัตโนมัติ หรือสามารถรับคำสั่งจากผู้ใช้เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องเติมออกซิเจนในน้ำได้ผ่านเว็บไซต์ ดังนั้นการมีระบบการจัดการฟาร์มกุ้งโดยเทคโนโลยีสารสนเทศจะทำให้มีความสะดวกสบายเป็นอย่างมาก และลดเวลาเพื่อการจัดการส่วนอื่นของฟาร์ม ทั้งยังสามารถลดจำนวนคนงาน และลดต้นทุนการผลิต จึงทำให้สามารถเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพในการจัดการฟาร์มกุ้งให้ประสบผลสำเร็จมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Development of Shrimp Farm Management Systems by Information Technology	
Student	Mr. Wichit Punngoen	Student ID. 53011472
	Mr. Apisit Sinchawalwat	Student ID. 53011879
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Information Engineering	
Year	2013	
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Panarat Chermtanomwong	

ABSTRACT

In this thesis, the shrimp farm management systems using information technology is developed. It can check water quality by using temperature sensor, pH sensor, and dissolved oxygen sensor. These sensors are installed into the buoy placed in the middle of the pond where the water quality can be measured most correctly. Furthermore, the solar cell is implemented in this system to provide the power for the electronic device installed in the buoy. The measured values from three sensors are sent to the central computer via the wireless network and are then saved in the server. Moreover, these values can be shown in the web browser in real time in terms of tables or graphs. This helps users to monitor these values easily in real time. Additionally, users can see the history of these values via the system logs, so users can analyze the water quality for a period of time. In addition, the system can control the water turbines automatically according to the value of oxygen sensor. Moreover, users can also control the water turbines manually via the website. Therefore, this helps users not only managing the farm more comfortable but also reducing time to manage other parts of the farm as well as reducing the number of the workers and cost of production. Finally, this leads to increasing the quality and efficiency of shrimp farm management system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือกันของคณะผู้จัดทำ และความกรุณาของ ผศ.ดร.พนารัตน์ เชิญถนอมวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้การสนับสนุน อีกทั้งการชี้แนะแนวทางและให้คำปรึกษา อย่างดีมาโดยตลอด และทำขณะฟาร์ม อำเภอท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ให้โอกาสในการนำเสนอแนวคิดใน ปริญญาโทฉบับนี้ ไปประยุกต์ใช้งานจริง

ขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรวิศวกรรมสารสนเทศ ที่เอื้อเพื่อสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ และ เงินทุนวิจัยสำหรับปริญญาโทฉบับนี้ และอาจารย์ในคณะหลายๆ ท่านที่ให้ความช่วยเหลือมา ณ ที่นี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้อง ที่คอยเป็นกำลังใจ ให้โอกาสทางการ ศึกษา และผลักดันให้ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุน และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด



วิจิต ปันเงิน

อภิสิทธิ์ สีนชวลวัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา ^{III} และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 จุดประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้	3
1.5.1 Hardware.....	3
1.5.2 Software	3
1.5.3 ภาษาที่ใช้พัฒนา	4
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้.....	5
2.1 การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vanamei).....	5
2.1.1 กุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vanamei).....	5
2.1.2 พฤติกรรมการดำรงชีวิตของกุ้งขาว แวนนาไม	6
2.1.3 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยง	6
2.2 การวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen).....	7
2.3 การวัดค่าความเป็นกรดต่างด้วย pH เซ็นเซอร์ชนิด ISFET.....	8
2.3.1 อุปกรณ์.....	8
2.3.2 วงจรอ่านค่าสำเร็จรูป	9
2.4 การวัดอุณหภูมิในน้ำด้วยไอซี DS1820	9
2.4.1 คุณสมบัติเด่นของ DS1820	10
2.4.2 บล็อกไดอะแกรมภายในของ DS1820	10
2.4.3 การวัดอุณหภูมิ	12
2.4.4 การทำงานของสัญญาณเตือน	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.5 บิตเลเซอร์รวม	13
2.4.6 สัญญาณ RESET	14
2.4.7 สัญญาณ READ/WRITE	14
2.4.8 การต่อแหล่งจ่ายไฟ.....	15
2.5 บอร์ด MAC-ENG v3.0.....	15
2.5.1 คุณสมบัติ.....	16
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MPC82G516A	17
2.6.1 คุณสมบัติ.....	17
2.6.2 องค์ประกอบของขาในไมโครคอนโทรลเลอร์ MPC82G516A.....	18
2.5 บอร์ด MAC-ENG v3.0.....	15
2.5.1 คุณสมบัติ.....	16
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MPC82G516A	17
2.6.1 คุณสมบัติ.....	17
2.6.2 องค์ประกอบของขาในไมโครคอนโทรลเลอร์ MPC82G516A.....	18
2.7 บอร์ด ET-BASE PIC8722 (ICD2).....	20
2.7.1 คุณสมบัติของบอร์ด ET-BASE PIC8722 (ICD2).....	20
2.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F8722.....	21
2.8.1 คุณสมบัติ.....	21
2.9 บอร์ด CP-PIC V3.0 (ICD2).....	23
2.10 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877.....	24
2.10.1 คุณสมบัติ.....	24
2.11 เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell)	26
2.11.1 ลักษณะเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์.....	26
2.11.2 วัสดุการทำเซลล์แสงอาทิตย์	27
2.11.3 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์.....	27
2.12 ไอซีแปลงไฟ 74LCX245	28
2.13 รีเลย์ควบคุม (Control Relay).....	29
2.13.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของรีเลย์	29
2.13.2 หลักการทำงานของรีเลย์.....	30
2.14 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor).....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.14.1 ส่วนประกอบของคอนแทคเตอร์ที่สำคัญ.....	32
2.14.2 หลักการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์.....	34
2.15 โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay).....	38
2.15.1 หลักการทำงานของโอเวอร์โหลดรีเลย์.....	39
2.15.2 การนำโอเวอร์โหลดรีเลย์มาใช้งาน.....	40
2.16 มาตรฐาน IEEE 802.15.4 (WPANs).....	42
2.16.1 สถาปัตยกรรม IEEE 802.15.4.....	42
2.16.2 คุณสมบัติในชั้น Physical Layer.....	43
2.16.3 คุณสมบัติในชั้น Medium Access Layer.....	43
2.16.4 องค์ประกอบของเครือข่าย IEEE 802.15.4 WPAN.....	44
2.17 มาตรฐานโมดูลสื่อสารไร้สายซิกบี (ZigBee Module Standard).....	49
2.17.1 หน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ในเครือข่าย (Machine Functional).....	51
2.17.2 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการสื่อสารในโมดูลไร้สายซิกบี (API Mode Command).....	52
2.17.3 การสื่อสารbroadcast และมัลติแคสต์ (Broadcast & Multicast Communication).....	53
2.17.4 การรักษาข้อมูลสำคัญ (Persistent Data).....	53
2.18 การสื่อสารแบบไคลเอนต์-เซิร์ฟเวอร์ (Client-Server Communication).....	53
2.19 แรงลอยตัว (Buoyant Force).....	54
2.20 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232.....	56
2.20.1 หน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232.....	57
2.20.2 การเชื่อมต่อสาย DB9.....	58
2.20.3 ระดับสัญญาณของ RS232.....	59
2.20.4 อัตราการส่งข้อมูล (Baud rate).....	59
2.21 การสื่อสารข้อมูลอนุกรมผ่านโมดูล UART.....	59
2.22 โซลิดสเตตรีเลย์ (Solid State Relay).....	61
2.22.1 ภาพรวมของโซลิดสเตตรีเลย์ (Solid State Relay).....	61
2.22.2 องค์ประกอบและวงจรพื้นฐานของโซลิดสเตตรีเลย์ (Solid State Relay).....	62
บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาระบบ.....	64
3.1 องค์ประกอบของระบบ.....	64
3.1.1 ส่วนอินพุตของระบบ.....	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.2 ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล.....	66
3.1.3 ส่วนเอาต์พุตของระบบ.....	68
3.2 การออกแบบฮาร์ดแวร์	69
3.2.1 ส่วนอินพุตของระบบ.....	69
3.2.2 ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล.....	77
3.2.3 ส่วนเอาต์พุตของระบบ.....	78
3.3 การออกแบบซอฟต์แวร์.....	83
3.3.1 ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล.....	83
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลองระบบ	93
4.1 การทดลองรับค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์แสดงผลผ่านหน้าเว็บไซต์.....	93
4.2 การทดลองแสดงและบันทึกค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์และ log ของระบบผ่านหน้าเว็บไซต์.....	98
4.2.1 การแสดงค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์.....	98
4.2.2 การแสดงค่า log ของระบบ.....	99
4.3 การทดลองการส่งค่า Sample Time ไปที่ส่วนอินพุตของระบบ.....	100
4.4 การทดลองสั่งงานแมกเนติกคอนแทคเตอร์โดยใช้ไฟแรงดัน 380 โวลต์.....	102
4.5 การทดลองสั่งงานมอเตอร์ใบพัดตีน้ำ	109
4.5.1 ทำงานแบบอัตโนมัติ	110
4.5.2 ทำงานแบบกำหนดเองโดยผู้ใช้.....	115
4.6 การทดลองการกลับไปใช้วงจรสวิตช์ควบคุมปกติของฟาร์มระบบ	119
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุปผล	124
5.1 บทสรุปผลการดำเนินงาน	124
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการพัฒนา	124
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ	124
บรรณานุกรม.....	125

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางแสดงระยะเวลาในการดำเนินงาน	4
2.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับข้อมูลดิจิทัลเอาท์พุต	13
2.2 ตารางแสดงรายละเอียดของขาในไมโครคอนโทรลเลอร์ MPC82G516A ชนิด PDIP40	19
2.3 ตารางแสดงรายละเอียดของขาในไอซี 74LCX245	29



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 บล็อกไดอะแกรมระบบการจัดการฟาร์มกุ้งโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	2
2.1 กุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vanamei).....	5
2.2 ลักษณะการทำงานของ pH เซ็นเซอร์ชนิด ISFET	8
2.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ pH เซ็นเซอร์ชนิด ISFET ที่ต่อกับวงจรอ่านค่าสำเร็จรูป	9
2.4 โครงสร้างและขาการใช้งานของ DS1820	9
2.5 บล็อกไดอะแกรมภายในของ DS1820	11
2.6 วงจรการวัดค่าอุณหภูมิ.....	12
2.7 สัญญาณ RESET DS1820.....	14
2.8 สัญญาณ READ/WRITE DS1820.....	14
2.9 การจัดแหล่งจ่ายไฟภายนอกและการอินเตอร์เฟสรวมของ DS1820 หลายตัวบนบัส 1-Wire	15
2.10 บอร์ด MAC-ENG v3.0.....	15
2.11 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MPC82G516A ชนิด PDIP40.....	18
2.12 บอร์ด ET-BASE PIC8722 (ICD2).....	20
2.13 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F8722.....	21
2.14 บอร์ด CP-PIC V3.0 (ICD2).....	23
2.15 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877.....	24
2.16 แผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell Panel).....	26
2.17 ไอซีแปลงไฟ 74LCX245.....	28
2.18 สัญลักษณ์ของรีเลย์.....	29
2.19 ตำแหน่งขาของรีเลย์แบบ 5 ขา.....	30
2.20 การเปลี่ยนแปลงหน้าสัมผัสของรีเลย์.....	31
2.21 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor).....	31
2.22 แกนเหล็กอยู่กับที่ (Fixed Core).....	32
2.23 แกนเหล็กเคลื่อนที่ (Stationary Core) และสปริง (Spring).....	32
2.24 ขดลวด (Coil) และแกนล่อ (Bobbin).....	33
2.25 การเปลี่ยนแปลงหน้าสัมผัสของคอนแทคเตอร์	34
2.26 การเปรียบเทียบกำลังไฟในการต่อมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส	34
2.27 การเปรียบเทียบอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ในวงจรมอเตอร์.....	35
2.28 สวิตช์รูปแบบต่างๆ ในวงจรมอเตอร์	35
2.29 คอนแทครูปแบบต่างๆ ในวงจรมอเตอร์.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.30 การอธิบายวงจรมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส	37
2.31 ขั้นตอนการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสและคอนแทคเตอร์	37
2.32 โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay)	38
2.33 ขั้นตอนการทำงานของโอเวอร์โหลดรีเลย์	39
2.34 การอธิบายวงจรโอเวอร์โหลดรีเลย์	40
2.35 ขั้นตอนการทำงานของโอเวอร์โหลดรีเลย์	41
2.36 สถาปัตยกรรมของอุปกรณ์ LR-WPAN	42
2.37 โทโพโลยีแบบ star และ โทโพโลยีแบบ peer-to-peer	44
2.38 เครือข่าย Cluster	45
2.39 มุมมองแผนผังของ PPDU	46
2.40 OSI Model และ ZigBee Protocol Stack	50
2.41 โทโพโลยีแบบ Star	50
2.42 โทโพโลยีแบบเครือข่าย Tree	51
2.43 โทโพโลยีแบบ Mesh	51
2.44 องค์ประกอบเฟรมข้อมูลที่ส่งในโมดูลไร้สายซิกบี	52
2.45 องค์ประกอบเฟรมข้อมูลที่รับได้ในโมดูลไร้สายซิกบี	52
2.46 ตารางแสดงการกำหนด Destination Address ในการสื่อสารแบบบรอดแคสต์	53
2.47 ตารางแสดงการกำหนด Destination Address ในการสื่อสารแบบมัลติแคสต์	53
2.48 การทำงานระหว่าง Client - Server	54
2.49 การซิงค์วัตถุในอากาศ	54
2.50 วัตถุลอยอยู่ในของเหลว	55
2.51 วัตถุจมอยู่ในของเหลว	55
2.52 พอร์ตอนุกรม RS-232 to USB	56
2.53 DB9 ด้านซ้ายคือตัวผู้ (Male) และด้านขวาคือตัวเมีย (Female)	57
2.54 DB9 ตัวผู้ด้านหลัง	57
2.55 รูปแบบการเชื่อมต่อสาย DB9	58
2.56 ระดับสัญญาณของ TTL และระดับสัญญาณของ RS232	59
2.57 การรับส่งข้อมูลแบบ Asynchronous	60
2.58 รีเลย์แบบไฟฟ้า-กล (Electromechanical Relay)	61
2.59 การเปรียบเทียบวงจรระหว่างอาร์เมเจอร์รีเลย์และโซลิดสเตตรีเลย์	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.60 วงจรพื้นฐานของโซลิตสเตทรีเลย์แบบ Non Zero Crossing Type	62
2.61 แรงดันไฟฟ้าของโซลิตสเตทรีเลย์แบบ Non Zero Crossing Type	62
2.62 วงจรพื้นฐานของโซลิตสเตทรีเลย์แบบ Zero Crossing Type	62
2.63 รายละเอียดของรุ่นต่างๆ ของโซลิตสเตทรีเลย์แบบ Zero Crossing Type	63
2.64 แรงดันไฟฟ้าของโซลิตสเตทรีเลย์แบบ Zero Crossing Type	63
3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบการจัดการฟาร์มกึ่งโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	64
3.2 บล็อกไดอะแกรมในส่วนอินพุตของระบบ	65
3.3 บล็อกไดอะแกรมในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล	66
3.4 บล็อกไดอะแกรมในส่วนเอาต์พุตของระบบ	68
3.5 องค์ประกอบทั้งหมดของระบบในส่วนอินพุตของระบบ	69
3.6 ส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในส่วนอินพุตของระบบ	70
3.7 วงจรการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ MAC-ENG v3.0	72
3.8 วงจรภายในของเครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller)	73
3.9 ลำดับการทำงานของโปรแกรมในหน่วยประมวลผลที่ 1	75
3.10 ส่วนกลไกหน้าสัมผัสบนและล่างของลูกลอยอิเล็กทรอนิกส์	76
3.11 ถังพักน้ำและส่วนลูกลอยอิเล็กทรอนิกส์	76
3.12 ส่วนอินพุตของระบบลอยอยู่ตรงกลางของบ่อเลี้ยงกุ้ง	77
3.13 องค์ประกอบทั้งหมดของระบบในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล	77
3.14 องค์ประกอบทั้งหมดของระบบในส่วนเอาต์พุต	78
3.15 การติดตั้งระบบส่วนเอาต์พุตในการนำใช้งานจริง	80
3.16 วงจรระบบส่วนเอาต์พุตซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F8772	80
3.17 วงจรระบบส่วนเอาต์พุตซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	81
3.18 ลำดับการทำงานของโปรแกรมในหน่วยประมวลผลที่ 2 (MCU2)	82
3.19 วงจรการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-PIC V3/458/877 (ICD2)	83
3.20 องค์ประกอบทั้งหมดของระบบในส่วนเอาต์พุตของระบบ (1)	83
3.21 องค์ประกอบทั้งหมดของระบบในส่วนเอาต์พุตของระบบ (2)	84
3.22 หน้าเว็บไซต์แรกก่อนการล็อกอิน	85
3.23 หน้าเว็บไซต์แรกหลังการล็อกอิน	86
3.24 หน้าเว็บไซต์แสดงการตั้งค่าของเซ็นเซอร์	86
3.25 หน้าเว็บไซต์แสดงการตั้งค่ามอเตอร์ปั๊มน้ำซึ่งสัมพันธ์กับเซ็นเซอร์ออกซิเจน	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.26 หน้าเว็บไซต์แสดงการตั้งค่าควบคุมมอเตอร์ใบพัดตีน้ำ.....	88
3.27 หน้าเว็บไซต์แสดงข้อมูลของเซ็นเซอร์จากฐานข้อมูล.....	88
3.28 หน้าเว็บไซต์แสดงบันทึกของระบบ (Systems Logs).....	89
3.29 หน้าเว็บไซต์แสดงแผนภูมิข้อมูลของเซ็นเซอร์จากฐานข้อมูล.....	89
3.30 แผนภาพ Use Case ของระบบ	90
3.31 แผนภาพ Sequence Diagram แสดงข้อมูลของระบบ	90
3.32 แผนภาพ Sequence Diagram การตั้งค่ามาตรฐานของระบบ	91
3.33 แผนภาพ Sequence Diagram การล็อกอินของระบบ	91
3.34 แบบจำลอง ORM เกี่ยวกับระบบในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล.....	92
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองส่วนอินพุตของระบบ.....	93
4.2 โพรบของเซ็นเซอร์ทั้ง 3 เซ็นเซอร์ถูกใส่ไว้ในบ่อพัก.....	94
4.3 โมดูลสื่อสารไร้สายชิคบีตัวรับที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์.....	94
4.4 หน้าแรกของเว็บไซต์.....	95
4.5 หน้าเว็บไซต์แสดงการตั้งค่าการทำงานของเซ็นเซอร์.....	95
4.6 หน้าเว็บไซต์ก่อนข้อมูลถูกส่งมา.....	96
4.7 หน้าเว็บไซต์หลังข้อมูลถูกส่งมา.....	97
4.8 หน้า Data Monitoring หลังจากรับข้อมูล.....	98
4.9 หน้า System Logs หลังจากรับข้อมูล.....	99
4.10 การตั้งค่า Sample Time ในหน้า System Setting.....	100
4.11 ข้อมูลที่ติดต่อกันในการเปลี่ยน Sample time.....	101
4.12 วงจรของส่วนเอาต์พุตของระบบที่ต่อกับแมกเนติกคอนแทคเตอร์.....	102
4.13 ส่วนเอาต์พุตของระบบต่อเข้ากับแมกเนติกคอนแทคเตอร์และแหล่งจ่ายไฟ.....	103
4.14 แหล่งจ่ายไฟแรงดัน 380 โวลต์.....	104
4.15 วงจรในส่วนเอาต์พุตของระบบ	104
4.16 กระแสไฟแรงดัน 380 โวลต์จากแหล่งจ่ายไฟ	105
4.17 ก่อนเปิดวงจรส่วนเอาต์พุตของระบบ.....	105
4.18 ก่อนหมุนสวิตช์ลูกศร.....	106
4.19 ก่อนมีกระแสไหลผ่านแมกเนติกคอนแทคเตอร์.....	106
4.20 หมุนสวิตช์ลูกศรไปทางขวา.....	107
4.21 หลังกระแสไหลผ่านแมกเนติกคอนแทคเตอร์.....	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.22 หมุนสวิตช์ลูกศรกลับจุดเริ่มต้น.....	108
4.23 เมื่อไม่มีกระแสไหลผ่านแมกเนติกคอนแทคเตอร์.....	108
4.24 วงจรภายในส่วนเอาต์พุตของระบบ.....	109
4.25 ภายนอกส่วนเอาต์พุตของระบบ.....	109
4.26 การติดตั้งส่วนเอาต์พุตของระบบตัวที่ 1.....	111
4.27 การติดตั้งส่วนเอาต์พุตของระบบตัวที่ 2.....	111
4.28 วงจรภายในส่วนเอาต์พุตของระบบ.....	111
4.29 ส่วนเอาต์พุตของระบบต่อกับแหล่งจ่าย 380 โวลต์.....	112
4.30 มอเตอร์ใบพัดตีน้ำไฟฟ้าสามเฟส.....	112
4.31 หน้า System Setting ของเว็บไซต์.....	113
4.32 การตั้งค่าช่วงออกซิเจนที่ละลายในน้ำชั้นที่ 1 ถึง 5.....	113
4.33 การตั้งค่าแผนของมอเตอร์หน้า System Setting.....	114
4.34 การสั่งงานควบคุมมอเตอร์และแสดง system log เมื่อค่าออกซิเจนอยู่ในชั้นที่ 3.....	114
4.35 มอเตอร์ใบพัดตีน้ำตัวที่ 1 ปิด และมอเตอร์ใบพัดตีน้ำตัวที่ 2 เปิด.....	114
4.36 หน้า Advance Motor ของเว็บไซต์.....	116
4.37 ตั้งค่าหน้าแรกของเว็บไซต์ให้เปิดมอเตอร์ 1 และ 2.....	116
4.38 คำสั่งเปิดมอเตอร์ทั้งสองตัว.....	117
4.39 มอเตอร์ใบพัดตีน้ำเปิดทั้งสองตัว.....	117
4.40 ตั้งค่าหน้าแรกของเว็บไซต์ให้ปิดมอเตอร์ 1 และ 2.....	117
4.41 คำสั่งปิดมอเตอร์ทั้งสองตัว.....	118
4.42 มอเตอร์ใบพัดตีน้ำปิดทั้งสองตัว.....	118
4.43 การติดตั้งส่วนเอาต์พุตของระบบตัวที่ 1.....	119
4.44 การติดตั้งส่วนเอาต์พุตของระบบตัวที่ 2.....	120
4.45 ผู้ควบคุมมอเตอร์ใบพัดตีน้ำ.....	120
4.46 ส่วนเอาต์พุตของระบบต่อกับแหล่งจ่าย 380 โวลต์.....	121
4.47 มอเตอร์ใบพัดตีน้ำไฟฟ้าสามเฟส.....	121
4.48 หมุนสวิตช์ลูกศรไปทางซ้าย.....	122
4.49 ทำการเปิดมอเตอร์ทั้งสองตัวที่ผู้ควบคุมมอเตอร์.....	122
4.50 มอเตอร์ใบพัดตีน้ำเปิดทั้งสองตัว.....	123
4.51 ทำการปิดมอเตอร์ทั้งสองตัวที่ผู้ควบคุมมอเตอร์.....	123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.52 มอเตอร์ใบพัดตีน้ำปิดทั้งสองตัว..... 123



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

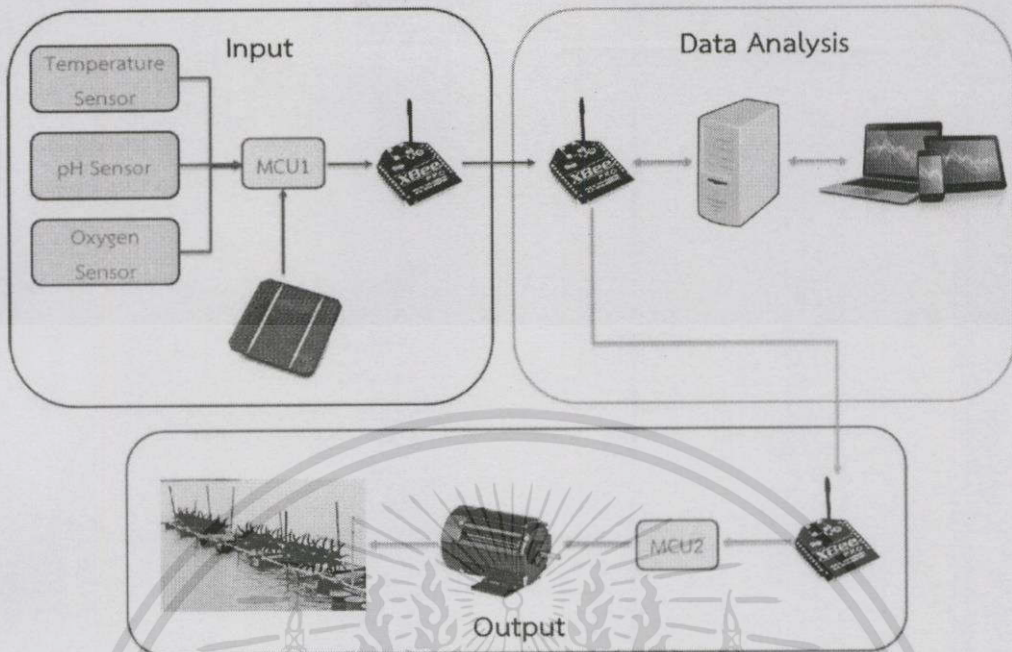
ฟาร์มกุ้งในปัจจุบันยังไม่มีหรือนำระบบการจัดการที่มีประสิทธิภาพโดยอาศัยเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ซึ่งมีอยู่หลายประการเช่น ปัญหาทางด้านโรคในกุ้ง ปัญหาด้านการเลี้ยงกุ้ง และปัญหาทางด้านต้นทุนการผลิต ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อปัญหาดังกล่าวคือ คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง เพราะหากเกิดความผิดพลาดในการดูแลคุณภาพน้ำจะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของกุ้งทำให้ต้นทุนในด้านต่างๆ สูงขึ้น ตลอดจนเกิดโรคในกุ้งและไม่ประสบความสำเร็จในการเลี้ยงกุ้งได้ ทำให้ฟาร์มกุ้งในปัจจุบันจำเป็นต้องใช้คนงานจำนวนมากสำหรับดูแลคุณภาพน้ำอย่างใกล้ชิดส่งผลให้เกิดต้นทุนการผลิตสูงกว่าที่ควรจะเป็น

ผู้จัดทำจึงได้ทำปริญญานิพนธ์เรื่องการพัฒนากระบวนการจัดการฟาร์มกุ้งโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศขึ้นเพื่อใช้สำหรับการจัดการฟาร์มกุ้งให้มีประสิทธิภาพ โดยออกแบบระบบให้มีการตรวจสอบคุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งด้วยการใช้เซ็นเซอร์วัดค่าออกซิเจน ค่าอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ในน้ำแบบ Real time โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านค่าจากเซ็นเซอร์แล้วส่งข้อมูลต่างๆ ไปยังระบบวิเคราะห์ผ่านเครือข่ายไร้สายซึ่งจะนำข้อมูลมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำและแสดงผ่านเว็บไซต์ นอกจากนี้ระบบสามารถดำเนินการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยรับคำสั่งควบคุมการทำงานจากผู้ใช้งานผ่านทางส่วนติดต่อกับผู้ใช้กราฟฟิก (GUI) และยังสามารถตั้งค่าให้ทำงานเองโดยอัตโนมัติได้ ระบบจะควบคุมเครื่องเติมออกซิเจนในน้ำให้ทำงาน ซึ่งจะเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของกุ้งได้ดีขึ้น และมีส่วนช่วยในการลดแรงงานคนเพื่อดูแลคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง จึงเป็นข้อดีแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งในการดูแลจัดการทรัพยากรในฟาร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดตลอดจนได้นำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยพัฒนาระบบการจัดการฟาร์มกุ้งให้มีความสะดวกสบายและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 จุดประสงค์

- เพื่อออกแบบและสร้างระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับการจัดการฟาร์มกุ้ง
- เพื่อศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51
- เพื่อศึกษาการทำงานของโมดูลสื่อสารไร้สาย ZigBee Module
- เพื่อศึกษาการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)
- เพื่อศึกษาการทำงานของเซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) เซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิและเซ็นเซอร์วัดค่าออกซิเจนในน้ำ
- เพื่อศึกษาการสร้างระบบวิเคราะห์ข้อมูล ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1.3 ขอบเขตของโครงการงาน



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมระบบการจัดการฟาร์มกึ่งโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

- สามารถอ่านค่าคุณภาพน้ำในบ่อกึ่งโดยใช้เซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิค่าออกซิเจนและค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ในน้ำได้แบบ Real - time
- สามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยใช้ ZigBee Module ได้
- สามารถทำงานโดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้
- สามารถแสดงข้อมูลคุณภาพน้ำที่ได้รับ และตั้งเกณฑ์มาตรฐาน (Threshold) เพื่อการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์พกพาไร้สายและโทรศัพท์มือถือได้
- สามารถควบคุมเครื่องเติมออกซิเจนในน้ำให้ทำงานได้อัตโนมัติ
- สามารถรับคำสั่งควบคุมเครื่องเติมออกซิเจนในน้ำให้ทำงานแบบ Manual จากผู้ใช้ได้ผ่านทางเว็บไซต์

1.4 ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับ

- ระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยให้ระบบการจัดการฟาร์มกึ่งมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
- ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อกึ่งได้
- ระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มคุณภาพและผลผลิตให้ผู้ประกอบการได้
- ระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยลดปัญหาทางด้านต่างๆ สำหรับการเลี้ยงกึ่งได้
- ระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มความความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องมีคนงานจำนวนมากเพื่อดูแลคุณภาพน้ำอย่างใกล้ชิดอยู่ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้

1.5.1 Hardware

- บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ MAC-ENG v3.0 (MCU)
- บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-BASE PIC8722 (ICD2)
- บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-PIC V3.0 (ICD2)
- เซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH Sensor)
- เซ็นเซอร์วัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen Sensor)
- เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิไอซี DS1820 (Temperature Sensor)
- วงจรแปลงไฟ ET-MINI LOGIC LEVEL SHIFTER
- โมดูลสื่อสารไร้สายซิกบี (ZigBee Module)
- ท่อ PVC (Plastic Pipework)
- ถังน้ำพลาสติก (Bucket)
- แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell Panel)
- ชาร์จคอนโทรลเลอร์ (Charge Controller)
- แบตเตอรี่กระแสตรงแรงดัน 12 โวลต์ (12V DC Battery)
- หม้อแปลงกระแสตรงแรงดัน 5 โวลต์ (5V DC Power Supply)
- รีเลย์ควบคุม (Control Relay)
- มอเตอร์ปั๊มน้ำกระแสตรง (Water Pump DC Motor)
- มอเตอร์ใบพัดตีน้ำ (Paddle Wheel Motor)
- โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay)
- แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor)

1.5.2 Software

- โปรแกรมออกแบบและจำลองการทำงานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ Proteus
- โปรแกรม Keil μ Vision 3
- โปรแกรม ISP ICP Programmer
- โปรแกรม X-CTU
- โปรแกรม Notepad++
- โปรแกรม Virtual Serial Ports Emulator (VSPE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โปรแกรม PIC C Compiler
- โปรแกรม PICkit 2
- โปรแกรม AccessPort
- โปรแกรม Proteus 8 Professional
- โปรแกรม Appserv
- โปรแกรม Google Sketchup 8

1.5.3 ภาษาที่ใช้พัฒนา

- ภาษาซี (C)
- ภาษาเอชทีเอ็มแอล (HTML)
- ภาษาพีเอชพี (PHP)
- ภาษาเอสคิวแอล (SQL)
- ภาษาซีชาร์ป (C#)

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

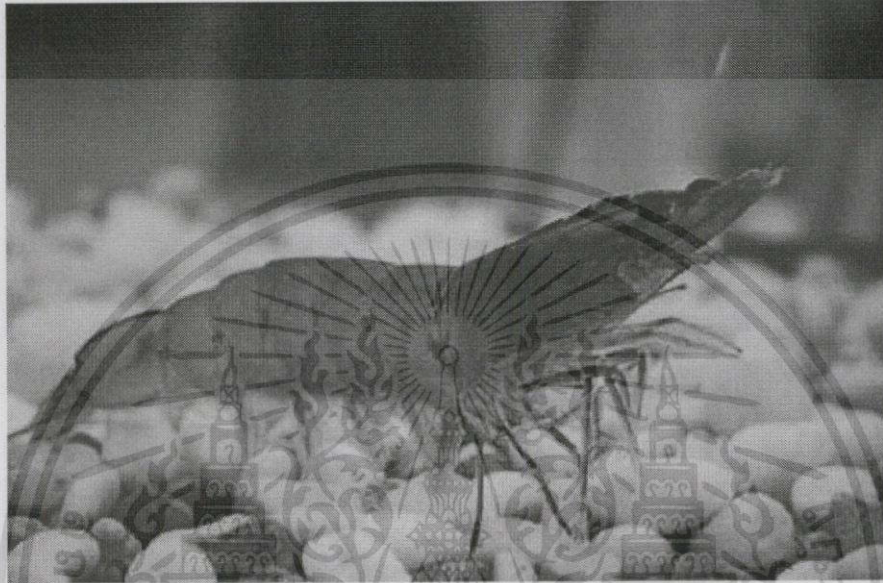
ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงระยะเวลาในการดำเนินงาน

ID	TASKNAME	2013							2014		
		มี.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1	เสนอหัวข้อโครงการ	←									
2	ศึกษาค้นคว้าและทำความเข้าใจ	←	→								
3	วิเคราะห์และออกแบบองค์ประกอบระบบ	←	→								
4	ออกแบบและเขียนโปรแกรมชุดคำสั่งต่างๆ และหน้า Interface		←	→							
5	ทดสอบระบบในห้องปฏิบัติการ		←	→							
6	ทดลองการใช้งานจริงและปรับปรุงแก้ไขระบบ								←	→	
7	จัดทำปฏิญานินพนธ์								←	→	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้

2.1 การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vanamei)



รูปที่ 2.1 กุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vanamei) [3]

2.1.1 กุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vanamei)

กุ้งขาว ลิโทพีเนียส แวนนาไม เป็นสายพันธุ์กุ้งทะเลในกลุ่มกุ้งขาวแปซิฟิก กุ้งขาวแวนนาไม หรือ ลิโทพีเนียสแวนนาไม ถูกค้นพบโดย Boome ในปี ค.ศ. 1931 มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Litopenaeus vanamei ชื่อสามัญที่ F.A.O. รับรองและใช้เรียกกันทั่วโลกคือ Whiteleg Shrimp กุ้งขาวที่ทำการเพาะเลี้ยงกันอยู่ใน ปัจจุบันนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามสภาพภูมิศาสตร์ของโลกได้แก่ กุ้งขาวตะวันตก คือ กุ้งขาวลิโทพีเนียส แวนนาไม กุ้งสีน้ำเงิน และกุ้งขาวตะวันออกคือ กุ้งแชนัว กุ้งขาวจีน กุ้งขาวอินเดีย

ประเทศไทยเริ่มนำกุ้งขาวมาเลี้ยงในปี 2541 ซึ่งเป็นช่วงแรกของการทดลองเลี้ยงจึงไม่ค่อยได้รับความสนใจเท่าที่ควร ประกอบกับการจัดหาพันธุ์กุ้งขณะนั้นมีความยากลำบากและมีราคาแพง ปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งกุลาดำประสบปัญหา ผู้เลี้ยงกุ้งจึงหันมาเลี้ยงกุ้งขาวกันมากขึ้น

2.1.2 พฤติกรรมการดำรงชีวิตของกุ้งขาว แวนนาไม

- กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่มีความสามารถในการปรับตัวสูง จึงสามารถอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงกว้าง เช่น ความเค็ม กุ้งขาวแวนนาไมสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีระดับความเค็มตั้งแต่ 0 - 35 ส่วนในพันส่วน (part per thousand : ppt หรือ พีพีที) แต่ไม่ควรต่ำกว่า 3 พีพีที ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

- กุ้งขาวมีการเจริญเติบโตที่เร็ว และมีการลอกคราบบ่อยๆ กุ้งขาวจึงต้องการแร่ธาตุสูงโดยเฉพาะ แมกนีเซียมและแคลเซียม ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความกระด้าง และสภาพต่างของน้ำ (Alkalinity)

- กุ้งขาวแวนนาไม มีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้เร็วและว่ายน้ำอยู่ตลอดเวลาจึงต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิตสูงกว่ากุ้งกุลาดำ ระบบการให้อากาศในการเลี้ยงกุ้งขาวจึงต้องเพียงพอ กุ้งขาวแม้ว่าจะว่ายน้ำเป็นฝูงแต่ไม่ใช่สัตว์สังคมจึงมีนิสัยก้าวร้าวและทำร้ายกุ้งตัวอื่น

- กุ้งขาวมีความสามารถในการกินอาหารได้หลายชนิดตั้งแต่อาหารเม็ดสำเร็จรูป ซากแพลงก์ตอนพืชและสัตว์ แต่อาหารที่สำคัญที่สุดคืออาหารที่มีปริมาณโปรตีน วิตามินและแร่ธาตุอย่างครบถ้วนไม่ใช่ซากแพลงก์ตอนหรือซีแดด หากเราพบกุ้งกินซีแดดหรือซากแพลงก์ตอนเต็มลำใส่นั้นแสดงว่าเราให้อาหารแก่กุ้งไม่เพียงพอ

2.1.3 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับคุณภาพน้ำระหว่างการเลี้ยง

➤ อุณหภูมิ

ทฤษฎี : อุณหภูมิเป็นตัวควบคุมปฏิกิริยาเคมีรวมทั้งในบ่อกุ้ง รวมทั้งกระบวนการเผาผลาญและดูดซึมอาหารของสิ่งมีชีวิตในบ่อกุ้ง

การจัดการที่ดี : ควบคุมความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิให้เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด จึงควรทำบ่อให้ลึกดีกว่าบ่อตื้น (ความลึกของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งทั่วไปโดยเฉลี่ย 1.5 เมตร) เนื่องจากบ่อที่มีความลึกมากกว่าจะควบคุมอุณหภูมิให้เปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ และสามารถเก็บความเค็มของน้ำไว้ได้นานในช่วงหน้าฝน

ข้อควรแนะนำ : ช่วงที่เหมาะสมของอุณหภูมิในบ่อกุ้งควรอยู่ระหว่าง 28 - 32 องศาเซลเซียส

➤ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO)

ทฤษฎี : ปริมาณ DO เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการเลี้ยงกุ้ง สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำไม่ใช่มิแต่กุ้งอย่างเดียว แต่จะมีทั้งแพลงก์ตอน แบคทีเรีย และสิ่งมีชีวิตอื่นๆอีกมากมายที่ต้องการใช้ออกซิเจน กุ้งต้องการใช้ออกซิเจนเพียง 5 - 15% ในการหายใจ เพื่อไปเผาผลาญ และดูดซึมอาหารไปเลี้ยงร่างกายให้เจริญเติบโต ส่วนออกซิเจนที่เหลืออีกประมาณ 85 - 95% จะถูกใช้ไปโดยสิ่งมีชีวิตอื่นๆ รวมทั้งแบคทีเรียที่ช่วยในการย่อยสลายของเสียในบ่อกุ้ง ดังนั้นเมื่อมีของเสียเกิดขึ้นมาก ออกซิเจนจะถูกแย่งไปใช้ในปริมาณมากขึ้นเช่นกัน กุ้งจะอยู่ได้โดยปกติสุขโดยอาศัยระดับความอิ่มตัวของปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนที่เหมาะสม โดยระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

ความเค็ม และความกดอากาศ ดังนั้นการเพิ่มออกซิเจนในบ่อกุ้ง ระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนจึงเป็นตัวแปรสำคัญที่จะทำให้เครื่องเติมอากาศทำงานได้ผลถึง 100% และประสิทธิภาพจะลดลงตามลำดับเมื่อออกซิเจนที่ละลายในน้ำใกล้ถึงจุดอิ่มตัว ดังนั้น ถ้าต้องการประหยัดพลังงาน เกษตรกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรเปิดเครื่องเติมอากาศให้ระดับออกซิเจนในน้ำอยู่ในระดับที่ 70% ของจุดอิ่มตัวเท่านั้น ทั้งนี้ อุณหภูมิในบ่อเลี้ยงควรอยู่ระหว่าง 28 - 32 องศาเซลเซียส

การจัดการที่ดี : การให้อากาศอย่างเพียงพอและเหมาะสม ต้องให้แน่ใจว่าเปิดเครื่องเติมอากาศดี น้ำให้เกิดการหมุนเวียน และคลุกเคล้าผสมผสานกันอย่างทั่วถึง จนปริมาณออกซิเจนส่งผ่านถึงตัวกุ้ง และตะกอนเลน โดยเฉพาะในช่วงเวลากลางคืน และควรลดพื้นที่ที่มีออกซิเจนต่ำในบริเวณกลางบ่อ โดยการจัดติดตั้งเครื่องเติมอากาศในตำแหน่งที่เหมาะสม

ข้อแนะนำ : ค่าต่ำสุดของออกซิเจนในบ่อเลี้ยง โดยเฉลี่ย 70% ของจุดอิ่มตัวของออกซิเจน ณ สภาพนั้นๆ แต่ทั้งนี้ไม่ควรต่ำกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร (mg/L) หรือ 4 ส่วนในล้านส่วน (part per million : ppm)

➤ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

การจัดการที่ดี : ควรมีการตรวจสอบค่า pH อย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง ในช่วงเช้าระหว่าง 6.00 น. และในช่วงบ่าย 15.00 น. อาจเพิ่มการตรวจเวลา 21.00 น. ด้วย จะได้ว่าเกิดการหมักหมมในบ่อ ผิดปกติหรือไม่ โดยในช่วงเช้า pH อยู่ระหว่าง 7.5 - 7.8 และช่วงบ่าย 15.00 น. ควรไม่ให้เกิน 8.3

ข้อแนะนำ : ควรควบคุม pH โดยใส่ปูนขาวหรือวัสดุอื่นๆ แต่ต้องระวังอย่าให้ pH มีค่าเกิน 8.3

2.2 การวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen)

หลักการนี้ใช้สำหรับการวัดแก๊สออกซิเจนแบบโพลารोगราฟิกลีทโรด (Polarographic) เป็นการวัดค่าโดยอาศัยการสลายตัวของออกซิเจน (การลดออกซิเจน) ที่เกิดขึ้นที่แคโทดซึ่งเป็นโลหะ ออกซิเจนที่อยู่ในกลุ่มแก๊สที่ต้องการวัดจะถูกทำให้ผ่านเนื้อเยื่อ เพื่อทำให้มันไปอยู่ในรูปของเซลล์ O_2 ที่อิเล็กโทรด หลังจากนั้นมันจะซึมเข้าไปอยู่ในเนื้อเยื่อชั่วระยะเวลาหนึ่งจนสามารถอ่านค่าได้ การวัดแบบนี้ต้องป้อนศักย์ไฟฟ้าค่าหนึ่งเข้าไปในโพลารोगราฟิกลีทโรด เพื่อทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานี้จะเปลี่ยนการนำไฟฟ้าของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ศักย์ไฟฟ้าบริเวณดังกล่าวจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเฉพาะกับออกซิเจน เกิดกระแสไฟฟ้าที่ไหลแปรผันตรงกับปริมาณออกซิเจนในสารละลายนั้น ในการวัดแบบโพลารोगราฟิกลีทโรด จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนเอาต์พุตคงที่ออกมาค่าหนึ่งอันเนื่องจากอิเล็กโทรด DO ที่หมักซึ่งจัดเป็นกระบวนการสเตอริไลซ์ (Sterilization) แล้วทำให้เกิดค่าความร้อนและกลายเป็นค่าความต้านทานไปในที่สุด

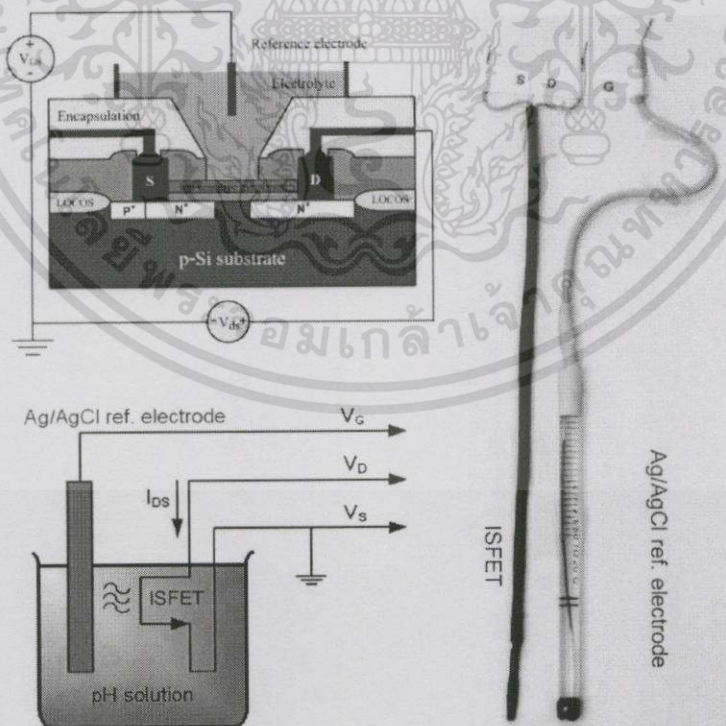
2.3 การวัดค่าความเป็นกรดต่างด้วย pH เซ็นเซอร์ชนิด ISFET

การวัดค่า pH นั้นมีได้หลายซึ่ง pH เซ็นเซอร์ชนิด ISFET นี้สามารถนำสัญญาณแรงดันไฟฟ้าไปเชื่อมต่อกับ A/D ในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เลย

2.3.1 อุปกรณ์

Ion Sensitive Field-Effect Transistor (ISFET) เป็นการประยุกต์ใช้งานทรานซิสเตอร์รูปแบบหนึ่ง โดยเปิดช่องบริเวณขาคเกตให้สัมผัสกับสารละลายที่ต้องการวัดค่า pH หลักการทำงานของอุปกรณ์ชนิดนี้คืออิทธิพลจากไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในสารละลาย ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าในการควบคุมสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้ซิลิคอนไนไตรด์ (Si_3N_4) เป็นเกตออกไซด์ทำหน้าที่เลือกจับเฉพาะไฮโดรเจนไอออนหรือการตรวจวัดค่า pH ดังรูปที่ 2.2 ISFET จึงเป็นอุปกรณ์ 3 ขา ประกอบไปด้วย

- ขาคเกต (G) ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าอ้างอิง Ag/AgCl (Ag/AgCl ref. electrode) ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงชนิดนี้ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการวัด ทำให้ค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมระหว่างขาคเกตและขาซอส เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับปริมาณไอออนสทรีในสารละลายเพียงอย่างเดียว
- ขาซอส (S) เป็นขาสัญญาณบนอุปกรณ์ pH เซ็นเซอร์ชนิด ISFET ขั้วไฟฟ้านี้ ออกแบบให้เชื่อมต่อทางไฟฟ้ากับฐานรองรับของตัวอุปกรณ์
- ขาเดรน (D) เป็นขาสัญญาณบนอุปกรณ์ pH เซ็นเซอร์ชนิด ISFET



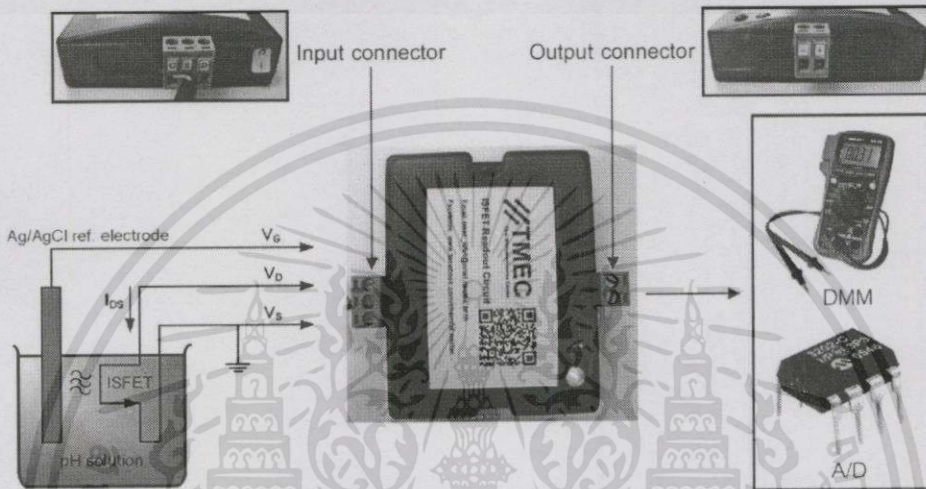
รูปที่ 2.2 ลักษณะการทำงานของ pH เซ็นเซอร์ชนิด ISFET [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 วงจรอ่านค่าสำเร็จรูป

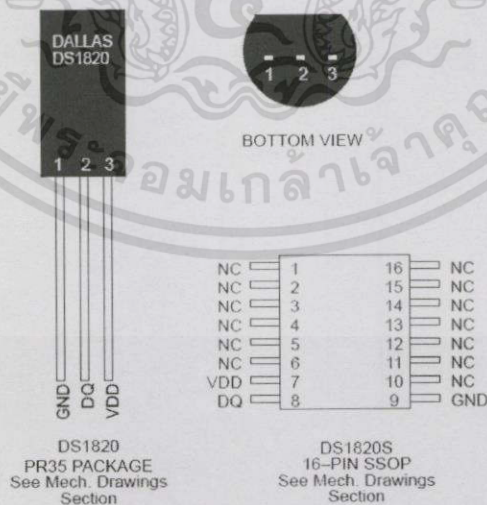
มีด้วยกัน 2 ส่วนแสดงดังรูปที่ 2.3 ดังนี้

- สัญญาณขาเข้า (Input) ต่อเข้ากับ pH เซ็นเซอร์ชนิด ISFET และขั้วไฟฟ้าอ้างอิง Ag/AgCl (3 ขา S,D,G)
- สัญญาณขาออก (Output) เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า (2 ขาคือ +,-) สามารถใช้มิเตอร์ตรวจวัด หรือนำสัญญาณแรงดันไฟฟ้าไปเชื่อมต่อกับ A/D ในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เลย



รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ pH เซ็นเซอร์ชนิด ISFET ที่ต่อกับวงจรอ่านค่าสำเร็จรูป [4]

2.4 การวัดอุณหภูมิในน้ำด้วยไอซี DS1820



รูปที่ 2.4 โครงสร้างและขบวนการใช้งานของ DS1820 [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.4 ไอซี DS1820 เป็นไอซีที่มีระบบการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบ 1 สาย ซึ่งถือได้ว่าเป็นระบบที่มีความชาญฉลาดและใช้จำนวนสายสัญญาณเพียง 1 เส้นเท่านั้น โดยไม่ต้องมีสายสัญญาณ Clock มาควบคุมการถ่ายทอดข้อมูล เหมือนกับระบบสื่อสารข้อมูลอนุกรมในแบบอื่นๆ สายข้อมูลจะทำหน้าที่เสมือนเป็นสัญญาณ Clock ในตัว ส่วนค่าของข้อมูลจะพิจารณาจากลักษณะของรูปสัญญาณที่ปรากฏบนสายสัญญาณ ในแต่ละช่องของเวลา ซึ่งเรียกว่า “Time-Slot” โดยคาบเวลาต่ำสุดและสูงสุดของสถานะต่างๆ ในการสื่อสารข้อมูลในแต่ละ Time-Slot มีการกำหนดขอบเขตไว้อย่างชัดเจน การถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นในแต่ละ Time-Slot นั้น รูปแบบการถ่ายทอดข้อมูลจะเป็นแบบ Asynchronous ในระดับบิต ไม่มีการกำหนดความยาวของข้อมูลเป็นระดับไบนารีระบบสื่อสารแบบนี้เหมาะที่จะใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างไอซีบนแผงวงจรเดียวกัน

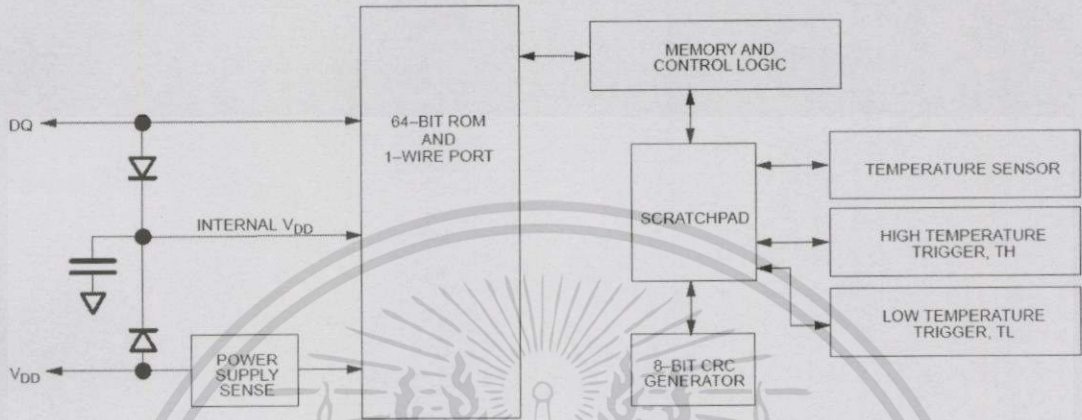
2.4.1 คุณสมบัติเด่นของ DS1820

- อินเทอร์เฟซสัญญาณผ่านขาเอาต์พุตเพียงพอร์ตเดียวแบบ 1 สายข้อมูล (1-Wire™ TM)
- ขยายจุดตรวจจับอุณหภูมิได้หลายๆ จุดบนสายข้อมูลเพียง 1 สายข้อมูล
- ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ภายนอกมาต่อรวม
- สามารถควบคุมการทำงานเพาเวอร์ออนได้ผ่านทางสายข้อมูล
- เพาเวอร์ขณะสแตนด์บายเป็นศูนย์
- ย่านการวัดอุณหภูมิตั้งแต่ -55 องศาเซลเซียสถึง +125 องศาเซลเซียสที่ 0.5 องศาต่อสแต็ป หรือตั้งแต่ย่าน -67 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง +257 องศาฟาเรนไฮต์ที่ 0.9 องศาฟาเรนไฮต์ต่อสแต็ป
- อุณหภูมิจะถูกอ่านออกมาเป็นค่าทางดิจิทัล 9 บิต
- อัตราความเร็วในการแปลงจากอุณหภูมิมาเป็นค่าตัวเลขทางดิจิทัลเท่ากับ 200 มิลลิวินาที
- ผู้ใช้งานสามารถกำหนดการเซตค่าเตือนย่านอุณหภูมิได้ในแบบ non - volatile
- การเตือนย่านอุณหภูมินั้นสามารถกำหนดรหัสผ่านการสั่งการ และแอดแดรซของอุปกรณ์ได้จากภายนอกพื้นที่ตรวจวัดอุณหภูมิผ่านทางโปรแกรมภายนอก
- เหมาะกับการประยุกต์ใช้งานตรวจวัดอุณหภูมิ และติดตั้งไว้ในอุปกรณ์ควบคุมเทอร์โมสแตติก ระบบโรงงานอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ เทอร์โมมิเตอร์หรือระบบอื่นๆ ที่มีส่วนตรวจจับอุณหภูมิทำงานร่วมอยู่

2.4.2 บล็อกไดอะแกรมภายในของ DS1820

ในรูปที่ 2.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบของการทำงานต่างๆ ภายในตัว DS1820 มีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วนด้วยกันคือ หน่วยความจำเลเซอร์รอมขนาด 64 บิต, ส่วนเซ็นเซอร์อุณหภูมิ และส่วนกระตุ้นเตือนอุณหภูมิแบบ non-volatile (TH และ TL) โดยอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมินี้จะถูกควบคุมสถานะการเปิด และปิดจากไลน์ข้อมูลเพียง 1 สายข้อมูล จากการเก็บรักษากำลังงานสำรองไว้ในตัวเก็บประจุภายในในช่วงระหว่างคาบเวลาเมื่อสัญญาณภายในไลน์มีสถานะเป็น high และจะทำงานต่อเนื่องไปเรื่อยๆ และการหยุดการทำงานก็จะเกิดขึ้นจากการหยุดจ่ายแหล่งจ่ายในช่วงระหว่างค่าเวลานั้นเป็น low ของไลน์ข้อมูลและจะหยุดอยู่เช่นนั้นจนกว่าขาไลน์ข้อมูลจะกลับมาเป็น high อีกครั้ง และแหล่งจ่ายไฟหลักนี้ก็จะได้จากแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์ภายนอก

การติดต่อข้อมูลกับ DS1820 จะติดต่อผ่านพอร์ตเพียงพอร์ตเดียวคือ 1-Wire ภายในพอร์ต 1-Wire นี้ในส่วนของหน่วยความจำและควบคุมฟังก์ชันโปรโตคอลของรอมจะถูกทำการเซตค่าเสียก่อน ในส่วนสำคัญของการทำงานฟังก์ชันอันดับแรกซึ่งเป็นหนึ่งในห้าลำดับของการสั่งการฟังก์ชันในรอมก็คือ การอ่านหน่วยความจำรอม ทำการแมตซ์รอม ค้นหารอม กระโดดข้ามรอม และเตือนการค้นหา



รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมภายในของ DS1820 [5]

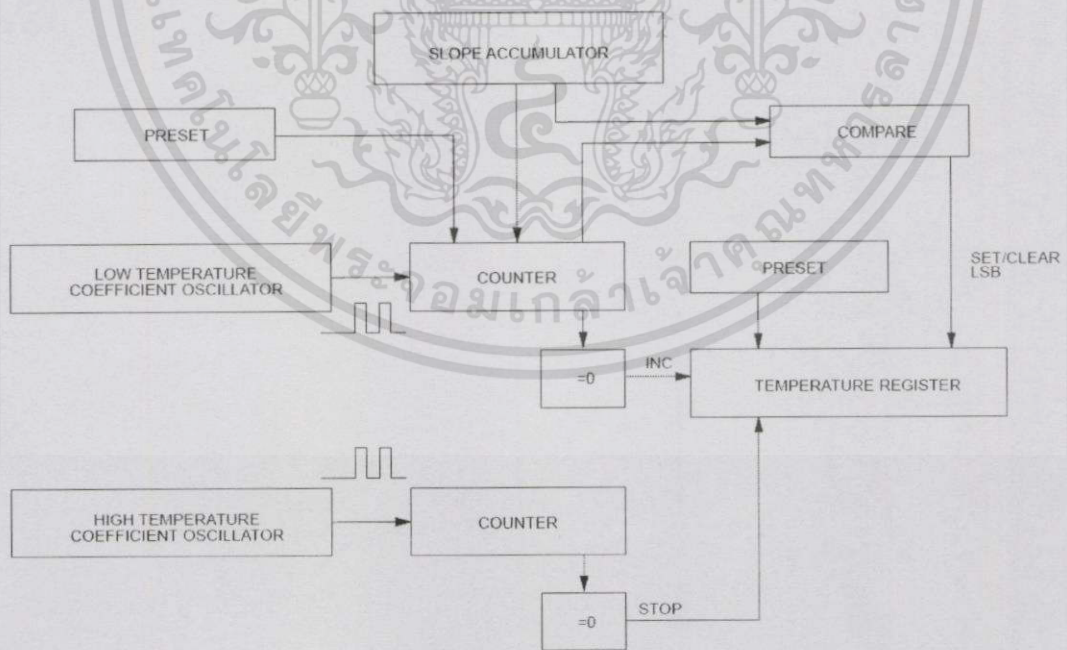
ซึ่งการทำงานของระบบการสั่งการนี้จะทำงานบนพื้นที่หน่วยความจำเลเซอร์รอมขนาด 64 บิต ผ่านพอร์ตไอซีแต่ละตัวและสามารถให้อาตั่วตั่วเดี่ยวเพื่อการกำหนดคุณสมบัติของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมินี้หลายๆ ตัวก็ทำได้โดยสั่งการผ่านไลน์ข้อมูล 1-wire นี้ หลังจากฟังก์ชันในรอมถูกลำดับการทำงานแล้ว ก็พร้อมที่จะถูกใช้งาน และสามารถที่จะเข้าถึงการทำงานภายในตัวไอซีได้ทั้งหมด หน่วยความจำและส่วนควบคุมฟังก์ชันก็จะถูกเข้าถึงการทำงานได้ และส่วนจัดเก็บค่าที่เซตไว้สามารถหรืออาจจะถูกเก็บไว้ในพื้นที่ 1 ส่วนจากทั้งหมด 6 ส่วนของหน่วยความจำและส่วนควบคุมฟังก์ชันการสั่งการ

ส่วนควบคุมฟังก์ชันการสั่งการหนึ่งส่วนจะถูกกำหนดคุณสมบัติของ DS1820 ให้อยู่ในรูปแบบของการวัดค่าของอุณหภูมิซึ่งผลของการวัดนี้จะถูกบันทึกไว้ใน DS1820 ในส่วนของหน่วยความจำส่วนหนึ่ง (scratchpad) และบางครั้งก็จะอ่านออกมาได้จากตารางสารบัญของหน่วยความจำฟังก์ชันการสั่งการซึ่งเป็นการอ่านออกมาเฉพาะหัวข้อที่ถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำ scratchpad สัญญาณกระตุ้นเตือนค่าอุณหภูมิสูงเกินและต่ำเกิน (TH และ TL) จะประกอบด้วย 1 ไบต์ EEPROM ถ้าสัญญาณการเตือนการค้นหาไม่ถูกจ่ายเข้าไปยัง DS1820 รีจิสเตอร์เหล่านี้บางครั้งจะถูกใช้ได้อย่างทั่วๆ ไปจากหน่วยความจำที่ผู้อ่านกำหนดได้ และการเขียนเข้าไปในส่วนของการเตือน TH และ TL จะไม่ใช่หน่วยความจำฟังก์ชันการสั่งการและการเข้าไปถึงรีจิสเตอร์นี้จะอ่านผ่านหน่วยความจำ scratchpad และข้อมูลอื่นๆ ที่ต้องการอ่านและเขียนจะกระทำได้ในบิตแรกของ LSB

2.4.3 การวัดอุณหภูมิ

DS1820 จะทำการวัดค่าวัดอุณหภูมิโดยอาศัยเทคนิคการวัดแบบอนบอร์ดพิเศษซึ่งเป็นเทคนิคการวัดโดยเฉพาะของอุปกรณ์ชนิดนี้ ในรูปที่ 2.6 แสดงวงจรการวัดค่าอุณหภูมิของ DS1820 ซึ่งจะอาศัยการวัดอุณหภูมิโดยการนับจำนวนวงรอบของสัญญาณนาฬิกาที่ออสซิลเลเตอร์ผลิตขึ้นมา ช่วงเวลาเกิดของสัญญาณนาฬิกาที่ออสซิลเลเตอร์ผลิตขึ้นมาจะเป็นการกำหนดได้จากช่วงคาบเวลา ที่ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำสุด ไปจนถึงค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง ซึ่งจะมีค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ไม่เท่ากัน โดยที่ค่าการนับตัวเลขจะเริ่มนับที่ค่าอุณหภูมิต่ำสุดพื้นฐาน คือ -55 องศาเซลเซียส ถ้า การนับสัญญาณนาฬิกามาถึงค่าศูนย์ก่อนที่เวลาเกิดจะเกินมา รีจิสเตอร์อุณหภูมิก็จะแสดงผลที่ค่า -55 องศาเซลเซียส ถ้าหากค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น การแสดงผลของอุณหภูมิขณะนั้นก็จะสูงกว่า -55 องศาเซลเซียส

ในทำนองเดียวกันนี้ การตั้งค่าของการนับจะกำหนดได้จากการเพิ่มความลาดลงของวงจรรัน ซึ่งวงจรรันนี้ต้องการการชดเชยสำหรับการแสดงคุณสมบัติของส่วนโค้งของออสซิลเลเตอร์ที่อุณหภูมิมีค่าเกินมา วงจรรันก็จะนับสัญญาณนาฬิกาอีกครั้งจนกว่ามันจะได้ค่าเป็นศูนย์ ถ้าคาบเวลาเกิดอยู่ในสภาวะสงบนิ่งไม่มีการปรับแต่งก็จะเกิดการประมวลผลใหม่อีกครั้งหนึ่งการคำนวณค่าภายใน DS1820 จะให้ความละเอียด 0.5 องศาเซลเซียสต่อสแต็ปของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการอ่านค่าอุณหภูมิจะถูกกำหนดไว้ภายใน 16 บิตโดยมีนัยสำคัญ 2 ส่วนประกอบการอ่าน ในตารางที่ 2.1 แสดงคุณลักษณะรายละเอียดความสัมพันธ์ของข้อมูลทางเอาต์พุตกับการจัดอุณหภูมิ ข้อมูลจะถูกส่งออกมาเป็นอนุกรมบนการอินเทอร์เฟซกับสายข้อมูล 1-wire ซึ่ง DS1820 สามารถทำการวัดค่าอุณหภูมิได้เกินย่านตั้งแต่ -55 ถึง +125 องศาเซลเซียสที่ 0.5 องศาต่อสแต็ป ค่าอุณหภูมิที่ถูกทำการปรับตั้งไว้ใน DS1820 ในเทอมของ 1/2 องศาเซลเซียส LSB ซึ่งจะเป็นไปตามรูปแบบของข้อมูล 9 บิต



รูปที่ 2.6 วงจรการวัดค่าอุณหภูมิ [5]

MSB		1									LSB
1		1	1	0	0	1	1	1	1	0	

= -25 °C

ที่ MSB บิตเป็นคู่เปรียบเทียบกับทุกบิตใน MSB สูงสุดของรีจิสเตอร์อุณหภูมิขนาด 2 ไบต์ ในหน่วยความจำซึ่งการอ่านค่าอุณหภูมิแบบ 16 บิต ในลักษณะสำคัญต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับข้อมูลดิจิทัลเอาต์พุต

ค่าอุณหภูมิ	ดิจิทัลเอาต์พุต (Binary)	ดิจิทัลเอาต์พุต (Hex)
+ 125 °C	00000000 11111010	00FAh
+ 25 °C	00000000 00110010	0032h
+ 1/2 °C	00000000 00000001	0001h
+0 °C	00000000 00000000	0000h
- 1/2 °C	11111111 11111111	FFFFh
- 25 °C	11111111 11001110	FFCEh
-55 °C	11111111 10010010	FF92h

2.4.4 การทำงานของสัญญาณเตือน

หลังจากที่ DS1820 มีการตรวจวัดอุณหภูมิเกิดขึ้นแล้วค่าของอุณหภูมิก็จะทำการเปรียบเทียบเพื่อทำเป็นสัญญาณกระตุ้น การเปรียบเทียบค่าของอุณหภูมิจะเปรียบเทียบกับค่าที่ถูกบันทึกหรือกำหนดไว้ของค่าอุณหภูมิสูงสุด (TH) และค่าอุณหภูมิต่ำสุด (TL) ตลอดย่านอุณหภูมิที่วัดได้ โดยจะใช้พื้นที่รีจิสเตอร์ 8 บิต สำหรับการทำงานนี้ใน MSB ของ TH หรือ TL ที่ตรงกันก็จะถูกส่งไปยัง SB ของรีจิสเตอร์อุณหภูมิขนาด 16 บิต ถ้าผลของการวัดอุณหภูมิมีกว่าสูงเกินกว่า TH หรือต่ำกว่า TL ลำดับสัญญาณเตือนภายในอุปกรณ์ก็จะถูกเซต ซึ่งลำดับของสัญญาณเตือนนี้จะถูกอัปเดตทุกครั้งที่มีการวัดค่าอุณหภูมิ เมื่อลำดับสัญญาณเตือนถูกเซต DS1820 จะมีการตอบสนองนำไปสู่การค้นหาสัญญาณเตือนการสังเกตรและจะยอมให้ทำการต่อ DS1820 ในลักษณะขนานกันหลายตัวได้ เพื่อทำการจำลองการวัดค่าอุณหภูมิแล้วนำมาเฉลี่ยค่าของการวัดในครั้งนั้นอีกขั้นตอนหนึ่ง

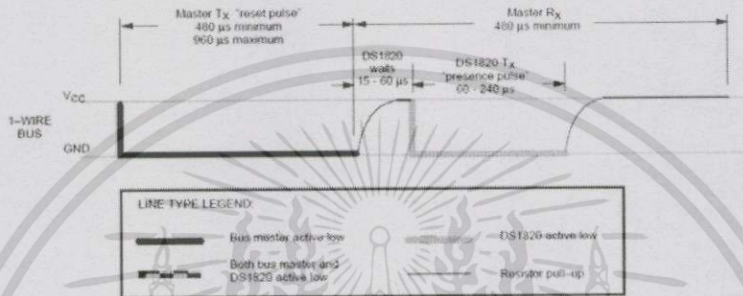
2.4.5 บิตเลเซอร์รอม

ใน DS1820 นั้นจะประกอบด้วยส่วนของรหัสหน่วยความจำรวมที่มีความยาวถึง 64 บิต โดยใน 8 บิตแรกจะเป็นรหัสตระกูล (family code) 1-Wire ของ DS1820 (DS1820 มีรหัสเป็น 10h) และอีก 48 บิตต่อมาเป็นส่วนระบุอนุกรมตัวเลข (serial number) และอีก 8 บิตสุดท้ายคือส่วนบันทึก CRC ของ 56 บิตแรก หน่วยความจำรวมขนาด 64 บิต และส่วนควบคุมฟังก์ชันรอมนี้จะยอมให้ DS1820 สามารถทำงานเป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟซแบบ 1-Wire ได้ และมีรายละเอียดตามโปรโตคอลของระบบบัส 1-Wire ซึ่งฟังก์ชันและส่วนควบคุมต่างๆใน DS1820 จะยังไม่สามารถทำงานหรือเข้าถึงได้จนกว่าจะมีการเซตอัปเดตโปรโตคอลฟังก์ชันในหน่วยความจำรวมเสียก่อน โดยใน

การอินเทอร์เฟสในส่วนหลักของฟังก์ชัน การสั่งการในหน่วยความจำรวมจะต้องมีลำดับฟังก์ชัน หลังจากที่มีการเซตลำดับฟังก์ชันรวมตั้งข้างต้นเสร็จแล้ว ฟังก์ชันต่างๆ ของ DS1820 ก็จะสามารถเข้าถึงได้

2.4.6 สัญญาณ RESET

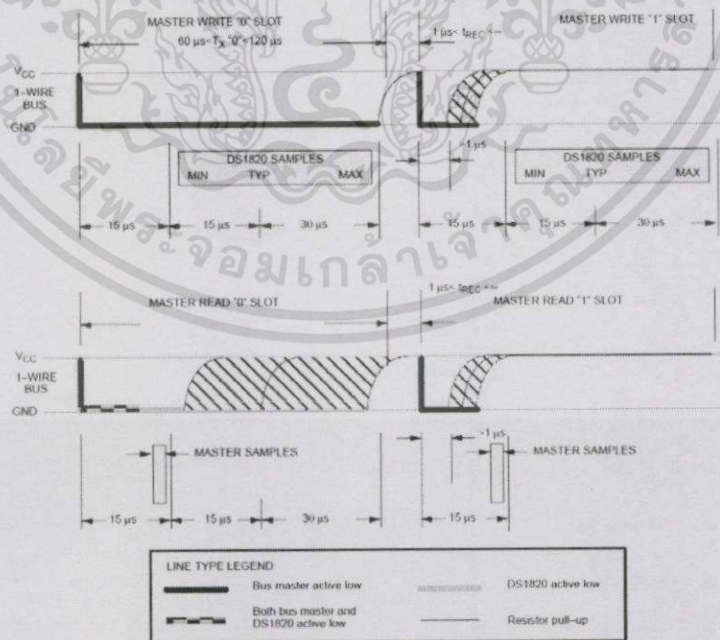
ในการเริ่มติดต่อกับ DS1820 จะต้องเริ่มด้วยสัญญาณ RESET ก่อนทุกครั้ง จากรูป 2.7 เส้นสีดำคือสัญญาณ RESET จากตัว MCU ครั้น ส่วนสีเทาคือ สัญญาณที่ DS1820 จะ RESPONSE กลับมา ความกว้างของสัญญาณต้องทำให้แม่นยำโดยปรับ Delay times หลายครั้งเพราะภาษา C มักจะมีปัญหาเรื่องความแม่นยำของ Delay times ที่เป็นช่วงสั้นมากๆ



รูปที่ 2.7 สัญญาณ RESET DS1820 [5]

2.4.7 สัญญาณ READ/WRITE

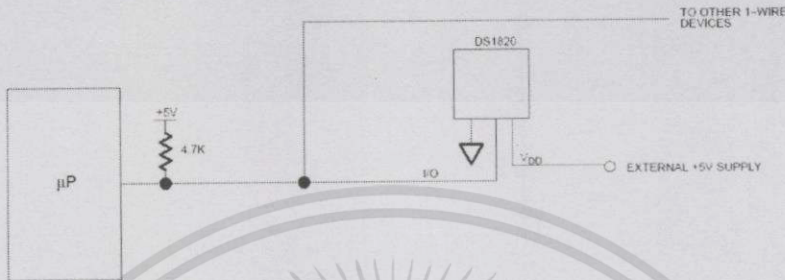
รูปแบบของสัญญาณ READ/WRITE ก็จะเป็นดังรูปที่ 2.8 โดย MIN และ MAX time ของ DS1820 SAMPLES นั่นคือเวลาที่ DS1820 ต้องใช้ในการอ่านข้อมูลบิตเมื่อมีการส่งค่าให้



รูปที่ 2.8 สัญญาณ READ/WRITE DS1820 [5]

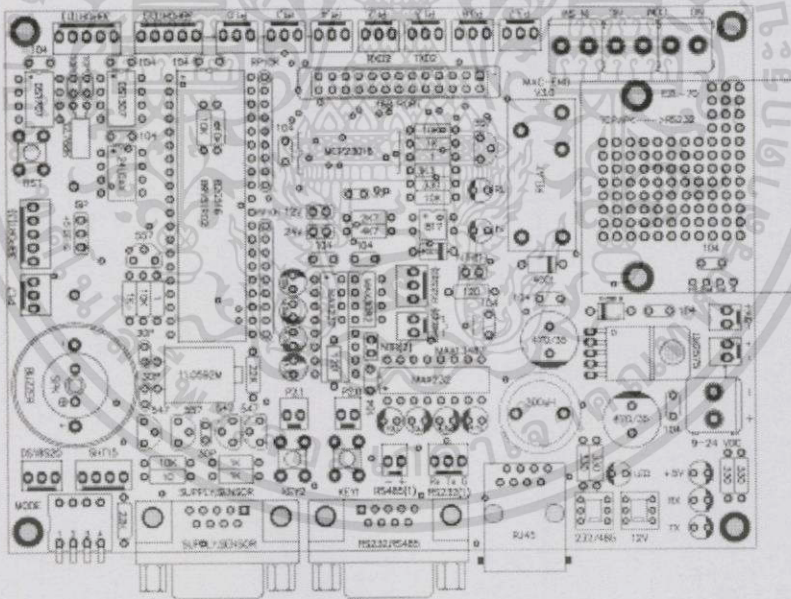
2.4.8 การต่อแหล่งจ่ายไฟ

ในรูปที่ 2.9 เป็นการจัดแหล่งจ่ายไฟภายนอกให้กับ DS1820 ณ จุดที่ติดตั้งใช้งาน และการสั่งการจากไมโครโปรเซสเซอร์ยังทำงานได้เหมือนเดิมและสามารถที่จะต่อ DS1820 ขนานกันโดยใช้การอินเทอร์เฟซผ่านบัส 1-Wire เดียวกันได้หลายตัว จึงเหมาะกับการตรวจวัดอุณหภูมิหลายจุดที่ควบคุมได้จากระยะไกลผ่านระบบไมโครโปรเซสเซอร์



รูปที่ 2.9 การจัดแหล่งจ่ายไฟภายนอกและการอินเทอร์เฟซร่วมของ DS1820 หลายตัวบนบัส 1-Wire [5]

2.5 บอร์ด MAC-ENG v3.0



รูปที่ 2.10 บอร์ด MAC-ENG v3.0 [7]

จากรูปที่ 2.10 MAC-ENG เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เอนกประสงค์ ที่เหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้งาน โดยใช้ชิพเบอร์ MPC82G516A ของ MEGAWIN ในตระกูล MCS-51 ซึ่งมีเครื่องมือต่างๆ ในการพัฒนาโปรแกรม มีพอร์ตต่างๆ สำหรับรองรับการใช้งานได้หลายรูปแบบ สามารถขยายเพิ่มเติมได้ง่าย และสามารถใช้ภาคจ่ายไฟได้หลายรูปแบบ

2.5.1 คุณสมบัติ

- MCU เบอร์ 82G516A ของ megawin ซึ่งมีความทนทานต่อสัญญาณรบกวน และมีขั้ว ISP(3-Pin) สำหรับโหลดโปรแกรมลงบนชิพ MCU ของ megawin
 - มี Relay Output และ DC Opto Input อย่างละ 1 ตัวบนบอร์ด โดยในส่วนของ DC Opto Input จะต่อผ่านขั้ว DB9 ตัวเมีย
 - มีปุ่มกด Key1 และ Key2 ซึ่งต่อเข้ากับ CPU โดยตรง
- มีพอร์ตสื่อสาร RS232 (Com1) หรือ RS485 (Com1) สามารถกดเลือกได้ด้วย Switch บนบอร์ด ต่อผ่านขั้ว 3-Pin, 2-Pin หรือผ่านขั้ว DB9 ตัวผู้ก็ได้
- มีพอร์ตสื่อสาร RS232 (Com2) หรือ RS485 (Com2) โดยต่อผ่านขั้ว 3-Pin และ 2-Pin ตามลำดับ
 - มีขั้ว I/O อีسرแบบ 5-Pin (3B Port) จำนวน 3 ชุด เป็น I/O ที่ต่อตรงกับตัว MCU
 - มีขั้ว I/O อีسرแบบ 3-Pin (I/O Port) จำนวน 8 ชุด เป็น I/O ที่ต่อตรงกับตัว MCU
 - มีขั้ว I/O อีسرแบบ 26-Pin (16B Port) จำนวน 1 ชุด เป็น I/O ที่ต่อจากตัวชิพเบอร์ MCP23016
 - มี Dip Switch แบบ 4 ช่อง โดยต่อตรงกับ MCU สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ตามต้องการ
 - มี Buzzer 1 ตัวบนบอร์ด ส่งเสียงเตือนต่างๆได้ตามต้องการ ควบคุมด้วยการเขียนโปรแกรม
 - มีวงจรต่อกับชีพวัดอุณหภูมิและความชื้น เลือกได้ 2 เบอร์คือ SHT15 (T,H) หรือ DS18B20 (T) โดยต่อผ่านขั้ว 3-Pin, 4-Pin หรือต่อผ่านขั้ว DB9 ตัวเมียก็ได้ สามารถต่อสายได้ยาวถึง 100 เมตร
 - ภาควัดไฟรองรับ 5VDC หรือ 12VDC ต่อผ่านขั้ว 2-Pin หรือผ่านขั้ว Terminal แบบขันน็อตก็ได้

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MPC82G516A

MPC82G516A เป็นชิปเดี่ยวที่มีพื้นฐานจากหน่วยประมวลผล 80C51 ในสถาปัตยกรรม 1-T ที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถประมวลผลได้ใน 1-7 รอบสัญญาณนาฬิกา (มาตรฐานของอุปกรณ์ 8051 คือประมาณ 6-7 ครั้ง) และมีชุดคำสั่งที่ทำงานร่วมกับ 8051 ดังนั้นประสิทธิภาพการทำงานจะเหมือนกับมาตรฐานของ 8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MPC82G516A สามารถทำงานในระดับความเร็วต่ำๆ ได้ จึงช่วยลดการใช้พลังงานเป็นอย่างมาก

MPC82G516A มีหน่วยความจำแบบแฟลชขนาด 64 กิโลไบต์ สำหรับการเขียนโปรแกรมและข้อมูล หน่วยความจำแบบแฟลชนี้สามารถเขียนโปรแกรมได้ทั้งแบบขนาน (Parallel) และแบบอนุกรม (Serial) ด้วยการใช้โปรแกรมแบบ In-System Programming (ISP) และ In-Circuit Programming (ICP)

2.6.1 คุณสมบัติ

- ฟังก์ชันโดยทั่วไปของ 8051
 - ชุดคำสั่งที่ทำงานร่วมกับ 8051
 - หน่วยความจำชั่วคราวภายในขนาด 256 ไบต์
 - หน่วยความจำข้อมูลภายนอกขนาด 64 กิโลไบต์
 - พอร์ต I/O แบบสองทิศทาง 8 บิต 4 พอร์ต
 - ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ แบบ 16 บิต 3 พอร์ต
 - พอร์ต UART แบบ Full-Duplex
 - ตัวกำเนิดอินเทอร์รัพท์ 14 ตัวด้วยระดับความสำคัญ 4 ระดับ
 - โหมดประหยัดพลังงาน : โหมดเตรียมทำงาน และ โหมดลดพลังงาน
- หน่วยประมวลผล 80C51 ในสถาปัตยกรรม 1-T ที่มีประสิทธิภาพสูง
- หน่วยความจำแบบแฟลชขนาด 64 กิโลไบต์
- หน่วยความจำเพิ่มเติมขนาด 1024 ไบต์
- พอร์ต I/O ที่เพิ่ม Bit-addressable, P4
- การปรับเปลี่ยนชนิดของพอร์ต I/O
 - เอาต์พุตแบบ Quasi-bidirectional
 - เอาต์พุตแบบ Open-drain
 - อินพุตอย่างเดียว
 - เอาต์พุตแบบ Push-pull
- ตัวอินเทอร์รัพท์ภายนอก /INT2 และ /INT3
- Timer2 สามารถนับถอยหลังได้
- ฟังก์ชัน UART เพิ่มเติม
 - การตรวจสอบความผิดพลาดของเฟรม
 - การจำตำแหน่งอัตโนมัติ
- ใช้ UART พอร์ตที่สองด้วยเครื่องกำเนิดอัตราการส่งข้อมูล

- ใช้ PCA (Programmable Counter Array) กับ 6 โมดูล
 - โหมดตรวจจับ
 - โหมดโปรแกรมไทม์เมอร์ 16 บิต
 - โหมดเอาต์พุตความเร็วสูง
 - โหมด PWM (Pulse Width Modulator)
- มีอินเตอร์เฟส SPI (โหมด Master/Slave)
- ใช้ ADC 10 บิต กับ อินพุตมัลติเพล็กซ์อนาล็อก 8 อินพุต
- ใช้อินเตอร์รัพท์แบบปุ่มกดได้ 8 อินพุต
- เริ่มการทำงานในโหมดลดพลังงานโดยอินเตอร์รัพท์ภายนอก
- เอาต์พุตโปรแกรมนาฬิกา 3 เอาต์พุต
- เปิดการใช้งานตัวนับเวลาเพียง 1 ครั้ง
- มี DPTR 2 ตัว
- การปรับเปลี่ยนระบบนาฬิกาเพื่อลดการใช้พลังงาน
- ใช้ ISP และ ICP ในการอัปเดตโปรแกรม
- มีอินเตอร์เฟส OCD (On-Chip Debug) สำหรับ ICE
- ความทนทานในการแฟลช : 20,000 รอบในการลบ/การเขียน
- ความถี่ในการใช้งาน : เพิ่มได้ถึง 24 เมกะเฮิร์ตซ์
- แหล่งจ่ายไฟ : 2.4-3.6V (สำหรับระบบ 3.3V) หรือ 2.7-5.5V (สำหรับระบบ 5V)
- ช่วงอุณหภูมิในการใช้งาน : -40 ถึง +85 °C

2.6.2 องค์ประกอบของขาในไมโครคอนโทรลเลอร์ MPC82G516A

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MPC82G516A มีหลายรูปแบบ ชนิดที่ใช้คือ PDIP มีจำนวน 40 ขาดังรูปที่ 2.11 และอธิบายรายละเอียดในแต่ละขา ดังตารางที่ 2.2

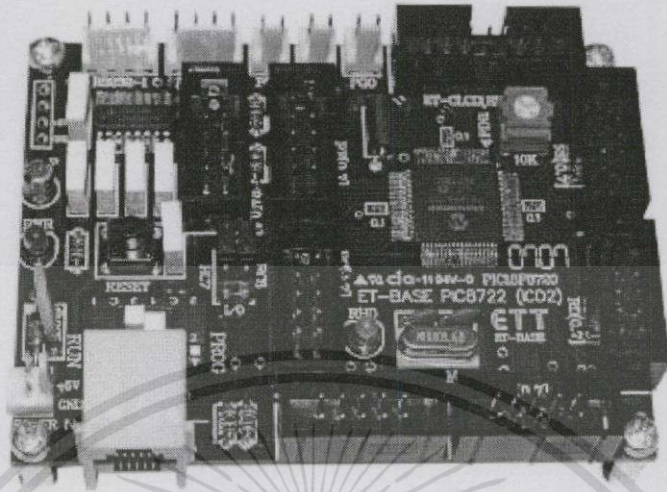
T2CKO/AIN0/T2/P1.0	1	40	VDD
ECI/AIN1/T2EX/P1.1	2	39	P0.0/AD0
CEX0/S2RXD/AIN2/P1.2	3	38	P0.1/AD1
CEX1/S2TXD/AIN3/P1.3	4	37	P0.2/AD2
CEX2/SS/AIN4/P1.4	5	36	P0.3/AD3
CEX3/MOS/AIN5/P1.5	6	35	P0.4/AD4
CEX4/MISO/AIN6/P1.6	7	34	P0.5/AD5
CEX5/SPICLK/AIN7/P1.7	8	33	P0.6/AD6
RST	9	32	P0.7/AD7
RXD/P3.0	10	31	V30
TXD/P3.1	11	30	OCD_SDA
INT0/P3.2	12	29	OCD_SCL
INT1/P3.3	13	28	P2.7/A15/KBI7
T0CKO/T0/P3.4	14	27	P2.6/A14/KBI6
S2CKO/ALE/T1/P3.5	15	26	P2.5/A13/KBI5
WR/P3.6	16	25	P2.4/A12/KBI4
RD/P3.7	17	24	P2.3/A11/KBI3
XTAL2	18	23	P2.2/A10/KBI2
XTAL1	19	22	P2.1/A9/KBI1
VSS	20	21	P2.0/A8/KBI0

รูปที่ 2.11 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MPC82G516A ชนิด PDIP40 [8]

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงรายละเอียดของขาในไมโครคอนโทรลเลอร์ MPC82G516A ชนิด PDIP40

ขา	พอร์ต	รายละเอียด
1-8	P1.0-P1.7	AIN0-AIN7 : อินพุตอนาล็อกแบบ ADC (Analog-to-Digital) T2 : อินพุตภายนอกไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 2 T2EX : ควบคุมไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 2 S2RXD : พอร์ตอินพุตอนุกรมของ UART ที่สอง S2TXD : พอร์ตเอาต์พุตอนุกรมของ UART ที่สอง
9	RST	รีเซ็ตอุปกรณ์
10	P3.0	RXD : พอร์ตอินพุตอนุกรม
11	P3.1	TXD : พอร์ตเอาต์พุตอนุกรม
12	P3.2	/INT0 : อินพุตอินเตอร์รัพท์ 0 ภายนอก
13	P3.3	/INT1 : อินพุตอินเตอร์รัพท์ 1 ภายนอก
14	P3.4	T0 : อินพุตภายนอกไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0
15	P3.5	T1 : อินพุตภายนอกไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1
16	P3.6	/WR : เขียนข้อมูล
17	P3.7	/RD : อ่านข้อมูล
18	XTAL2	Crystal2 : เอาต์พุตจากวงจรขยายกลับขั้วสัญญาณ
19	XTAL1	Crystal1 : อินพุตที่เข้าไปที่วงจรขยายกลับขั้วสัญญาณและสัญญาณนาฬิกาภายใน
20	VSS	สายดิน, จุดอ้างอิง 0 V
21-28	P2.0-P2.7	A8-A15 : เอาต์พุต KBIO-KBI7 : อินพุตปุ่มกด
29	OCD_SDA	อินเตอร์เฟส On-Chip Debug , ข้อมูลอนุกรม
30	OCD_SCL	อินเตอร์เฟส On-Chip Debug , นาฬิกาอนุกรม
31	V30	เอาต์พุตของ LDO (Low Drop-Out voltage regulator) ภายใน
32-39	P0.0-P0.7	AD0-AD7 : การรวมสัญญาณ
40	VDD	แหล่งกำเนิดไฟ สำหรับคำสั่งการทำงานแบบปกติ เตรียมพร้อมทำงานและลดพลังงาน

2.7 บอร์ด ET-BASE PIC8722 (ICD2)



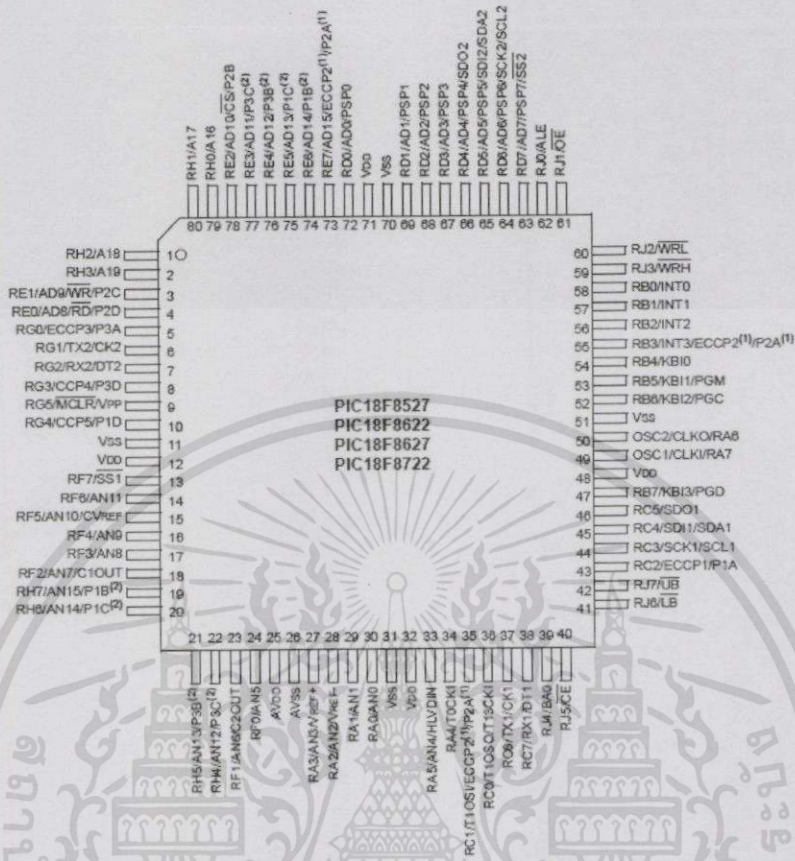
รูปที่ 2.12 บอร์ด ET-BASE PIC8722 (ICD2) [9]

ET-BASE PIC8722 (ICD2) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC ของบริษัท Microchip ซึ่งในเวอร์ชันนี้ได้นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC18F8722 ขนาด 80-Pin แบบ TQFP มาจัดวงจรใช้งานให้มีขนาดกะทัดรัด

2.7.1 คุณสมบัติของบอร์ด ET-BASE PIC8722 (ICD2)

- รองรับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 80-Pin คือ PIC18F8722
- สัญญาณนาฬิกาคริสตอลอสซิลเลเตอร์ขนาด 10 MHz สำหรับ PIC18F8722 (สามารถใช้ x4 จาก PLL ได้ 40 MHz)
- I/O Port ขนาด 10-Pin (จัดเรียงตามมาตรฐานของ อีทีที) จำนวน 7 พอร์ต
- I/O Port ขนาด 2-Pin จำนวน 3 พอร์ต
- ชุดวงจรไต่เวอร์ RS232 จำนวน 2 พอร์ต
- พอร์ตสำหรับต่อ LCD เรียงตามมาตรฐานของ อีทีที (ET-CLCD) จำนวน 1 พอร์ต
- พอร์ตดาวน์โหลดแบบ ICD2 รองรับเครื่องโปรแกรมจากภายนอก (ET-PGMPIC USB)
- ขั้วต่อแรงดันไฟ VCC และ GND

2.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F8722



รูปที่ 2.13 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F8722 [10]

2.8.1 คุณสมบัติ

คุณสมบัติการจัดการพลังงาน :

- สภาวะ Run : CPU เปิด อุปกรณ์ต่อพ่วง เปิด
- สภาวะ Idle : CPU ปิด อุปกรณ์ต่อพ่วง เปิด
- สภาวะ Sleep : CPU ปิด อุปกรณ์ต่อพ่วง ปิด
- อินพุตใช้พลังงานต่ำแค่ 50 nA
- สภาวะ Run ใช้พลังงานโดยทั่วไป 25 μ A
- สภาวะ Idle ใช้พลังงานโดยทั่วไป 6.8 μ A
- สภาวะ Sleep ใช้พลังงานโดยทั่วไป 120 nA
- เครื่องกำเนิดสัญญาณไทม์เมอร์ 1: 900 nA , 32 kHz, 2V
- ไทม์เมอร์ Watchdog : โดยทั่วไป 1.6 μ A , 2V
- เครื่องกำเนิดสัญญาณแบบสองความเร็วถูกติดตั้งแล้ว

โครงสร้างเครื่องกำเนิดสัญญาณที่หืดหยุ่น :

- สี่ โหมดคริสตัล ใช้งานได้ถึง 40 MHz
- 4x Phase Lock Loop (PLL) สามารถใช้งานได้สำหรับคริสตัลและเครื่อง

กำเนิดสัญญาณภายใน

- บล็อกของเครื่องกำเนิดสัญญาณภายใน
 - กลับมาทำงานได้รวดเร็วจากโหมด Sleep และ Idle โดยทั่วไป 1 μ s
 - สามารถใช้งานขอบเขตความเร็วของนาฬิกาได้สมบูรณ์จาก 31 kHz ถึง 32 MHz เมื่อใช้กับ PLL
 - ผู้ใช้สามารถปรับชดเชยเพื่อความถี่ที่ผิดแปลกไปได้
- เครื่องกำเนิดสัญญาณที่สองใช้ไทม์เมอร์ 1 ที่ 32 kHz
- จอมอนิเตอร์นาฬิกาแบบผิดพลาด-ปลอดภัย
 - อนุญาตสำหรับการปิดแบบปลอดภัย ถ้านาฬิกาอุปกรณ์ต่อพ่วงหยุดทำงาน

อุปกรณ์ต่อพ่วงที่โดดเด่น :

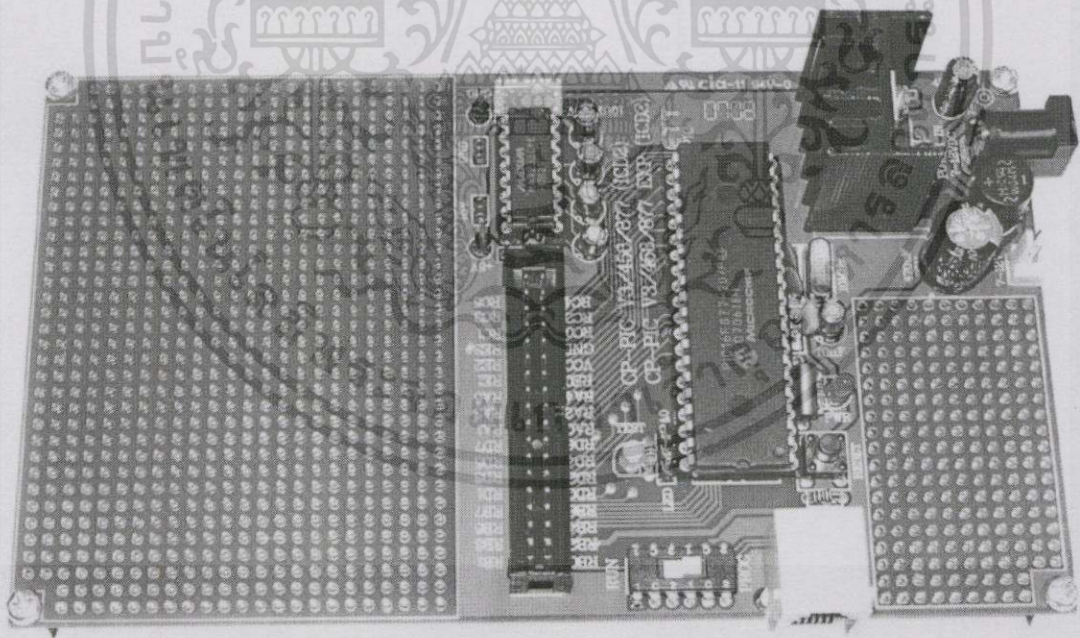
- กระแสไฟสูงของตัวระบายความร้อน/แหล่งกำเนิด 25mA/25mA
- สามอินเทอร์รัพท์ภายนอกที่โปรแกรมได้
- สี่อินเทอร์รัพท์ที่เปลี่ยนอินพุต
- การทำให้โมดูล (แค่อุปกรณ์ 40/44 ขา) การตรวจจับ/การเปรียบเทียบ/PWM (ECCP) ดีขึ้น
 - หนึ่ง สอง หรือสี่ เอาต์พุต PWM
 - เวลาดับที่โปรแกรมได้
 - ปิดเครื่องอัตโนมัติ หรือรีสตาร์ทอัตโนมัติ
- เพิ่มได้ถึง 2 สำหรับโมดูลการตรวจจับ/การเปรียบเทียบ/PWM (CCP) , หนึ่งของการปิดเครื่องอัตโนมัติ (อุปกรณ์ 28 ขา)
- โมดูล Master Synchronous Serial Port (MSSP) สนับสนุน 3-Wire SPI (ทั้ง 4 โหมด) และ I²C โหมด Master และ Slave
- โมดูล USART ที่มีที่อยู่ดีขึ้น
 - สนับสนุน RS-485, RS-232 และ LIN/J2602
 - RS-232 ทำงานโดยใช้บล็อกของเครื่องกำเนิดสัญญาณภายใน (ไม่ต้องการคริสตัลภายนอก)

- 10 บิต เพิ่มได้ถึง 13 ช่องสัญญาณ โมดูลแปลงสัญญาณอนาล็อกทูลิจิตอล (A/D)
 - การแปลงนั้นทำได้ในช่วงโหมด Sleep
- ตัวเปรียบเทียบอนาล็อกแบบคู่กับการมัลติเพล็กซ์อินพุต
- การตรวจจับ 16 โมดูลแรงดันไฟสูง/ต่ำ (HLVD)
- คุณสมบัติพิเศษของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สถาปัตยกรรมคอมไพเลอร์ ภาษาซี
- หน่วยความสามารถโดยทั่วไป ลบ/เขียนได้ 100,000 ครั้ง
- EEPROM ข้อมูลสามารถถูก ลบ/เขียนโดยทั่วไป 1,000,000 ครั้ง
- การแฟลช/ข้อมูลของ EEPROM เก็บรักษาได้โดยปกติ 100 ปี
- เขียนโปรแกรมในตัวเองได้ภายใต้การควบคุมจากซอฟต์แวร์
- ระดับความสำคัญสำหรับการอินเตอร์รัพท์
- 8 x 8 มัลติไพเลอร์ฮาร์ดแวร์ไซเคิลเดียว
- ไทม์เมอร์ Watchdog ที่เพิ่มเติม (WDT):
 - ช่วงเวลาที่โปรแกรมได้ 4 ms ถึง 131 s
- แหล่งจ่ายไฟ 5V ของ In-Circuit Serial Programming (ICSP) ผ่านสองขา
- In-Circuit Debug (ICD) ผ่านสองขา
- ขอบเขตแรงดันขณะทำงานกว้าง : 2.0V ถึง 5.5V
- Brown-out Reset (BOR) ที่โปรแกรมได้กับส่วนเพิ่มเติมของซอฟต์แวร์ที่ถูกเปิดใช้งาน

2.9 บอร์ด CP-PIC V3.0 (ICD2)



รูปที่ 2.14 บอร์ด CP-PIC V3.0 (ICD2) [11]

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-PIC V3.0&V4.0 ที่ได้ออกแบบนี้ เป็นบอร์ดที่ออกแบบไว้ใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC โดยจะสามารถใช้ได้ กับเบอร์ 16F877-20P , 18F442 และ 18F458 หรือเบอร์อื่นๆ ที่มีโครงสร้างและตำแหน่งขาสัญญาณเหมือนกันโดย CPU แต่ละเบอร์ ก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน

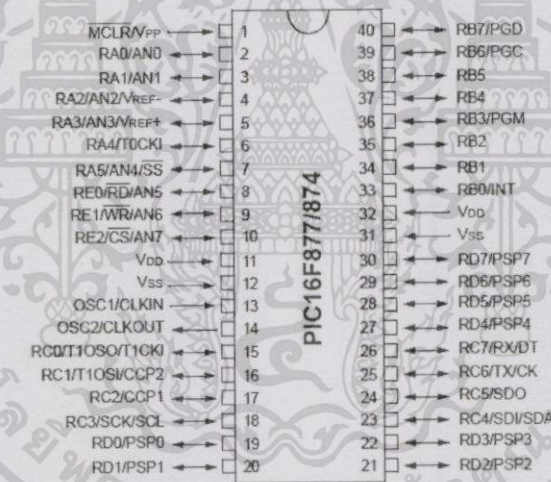
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CPU ดังกล่าวจะบรรจุอยู่ในตัวถังแบบ DIP ขนาด 40 ขา และมีทรัพยากรต่างๆบรรจุไว้ภายในตัว CPU อย่างครบถ้วน ไม่ว่าจะเป็น ADC/TIMER/COUNTER/PWM หรือ PORT I/O ต่างๆ ซึ่งมีความเหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้งานในลักษณะต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

- CP-PIC V3.0 (ICD2) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งออกแบบวงจรเฉพาะส่วนพื้นฐานที่จำเป็น เช่น แหล่งจ่ายไฟ วงจรรีเซ็ต วงจรกำเนิดความถี่สัญญาณนาฬิกา พอร์ตสำหรับ Download โปรแกรม และวงจรสื่อสารอนุกรม ส่วนวงจร I/O ภายนอกนั้น จะไม่ได้จัดเตรียมไว้ให้ด้วย แต่จะทำการต่อสัญญาณ I/O ต่างๆจาก CPU มาไว้ยังขั้วต่อ Connector สำหรับให้ผู้ใช้เข้าไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ I/O ภายนอกได้โดยง่าย และยังมีพื้นที่เอนกประสงค์สำหรับให้ผู้ใช้ออกแบบวงจร I/O และต่อวงจร I/O เพิ่มเติมได้ ซึ่งในบอร์ดจะประกอบด้วย

- RS - 232 1 แชนแนล
- ETT CON 34-Pin (ET BUS I/O 34-Pin)
- 5 Volt Regulator On Board

2.10 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877



รูปที่ 2.15 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 [12]

2.10.1 คุณสมบัติ

คุณสมบัติของคอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ :

- CPU แบบ RISC มีประสิทธิภาพสูง
- มีแค่ 35 คำสั่งในการเรียนรู้
- คำสั่งของไซเคิลเดียวทั้งหมดคาดหวังให้สำหรับการโปรแกรมเป็นกลุ่มย่อยๆ ที่เป็นสองไซเคิล
- ความเร็วในการปฏิบัติการ : DC - 20 MHz อินพุตนาฬิกา
DC - 20 ns ไซเคิลคำสั่ง
- เพิ่มได้ถึง 8 พัน x 14 คำของหน่วยความจำแฟลชโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพิ่มได้ถึง 368 x 8 ไบต์ของหน่วยความจำข้อมูล (RAM)
- เพิ่มได้ถึง 256 x 8 ไบต์ของ EEPROM หน่วยความจำข้อมูล
- ขาดสามารถรองรับ PIC16C73B/74B/76/77
- ความจุอินเทอร์รัพท์มาก (เพิ่มได้ถึง 14 แหล่งกำเนิด)
- แปรระดับของความลึกฮาร์ดแวร์ที่ซ้อนกัน
- มีทิศทาง ไม่มีทิศทางและโหมดหาที่อยู่สัมพัทธ์กัน
- รีเซตการเปิด (POR)
- ตัวจับเวลาเปิด (PWRT) และตัวจับเวลาเครื่องกำเนิดสัญญาณเริ่มต้น (OST)
- ตัวจับเวลา Watchdog (WDT) กับเครื่องกำเนิดสัญญาณในชิปของตัวเอง
สำหรับการทำงานที่เชื่อถือได้
- การป้องกันโคตที่สามารถโปรแกรมได้
- โหมดประหยัดพลังงาน SLEEP
- ส่วนเสริมเครื่องกำเนิดสัญญาณที่เลือกได้
- เทคโนโลยี CMOS FLASH/EEPROM พลังงานต่ำ ความเร็วสูง
- การออกแบบที่คงที่แน่นอน
- In-Circuit Serial Programming (ICSP) ผ่านสองขา
- แหล่งจ่ายไฟ 5V ของ In-Circuit Serial Programming
- In-Circuit Debugging ผ่านสองขา
- หน่วยประมวลผล อ่าน/เขียนถึงในหน่วยความจำโปรแกรม
- ขอบเขตแรงดันขณะทำงานกว้าง : 2.0V ถึง 5.5V
- กระแสไฟสูงของตัวระบายความร้อน/แหล่งกำเนิด : 25mA
- ทางการค้า ทางการอุตสาหกรรมและขอบเขตของอุณหภูมิกว้างขึ้น
- อัตราการใช้พลังงานต่ำ :
 - < 0.6 mA โดยทั่วไป @ 3V , 4 MHz
 - 20 μ A โดยทั่วไป @ 3V , 32 kHz
 - < 1 μ A โดยทั่วไปกระแสเริ่มทำงาน

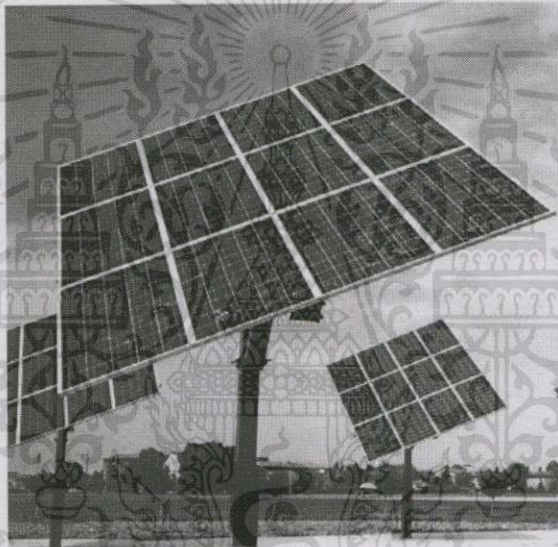
คุณสมบัติของอุปกรณ์ต่อพ่วง :

- ตัวจับเวลา 1 : 16 บิต ตัวจับเวลา/ตัวนับเวลา กับก่อนวัดสามารถเพิ่มขึ้นในช่วง SLEEP ผ่านคริสตัล/นาฬิกาภายนอก
- ตัวจับเวลา 2 : 8 บิต ตัวจับเวลา/ตัวนับเวลาการบันทึกช่วงเวลา 8 บิตก่อนวัดและหลังวัด
- การตรวจจับ การเปรียบเทียบ โมดูล PWM
 - การตรวจจับคือ 16 บิต ความละเอียดสูงสุดคือ 12.5 ns
 - การเปรียบเทียบคือ 16 บิต ความละเอียดสูงสุดคือ 200 ns
 - PWM ความละเอียดสูงสุดคือ 10 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 10 บิตของช่องสัญญาณ ตัวแปลงอนาล็อกดิจิทัล
- พอร์ตอนุกรมการเข้าจังหวะ (SSP) กับ SPI (Master mode) และ I²C (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) กับ การตรวจพบที่อยู่ 9 บิต
- พอร์ต Slave แบบขนาน (PSP) 8 บิตกว้าง กับ การควบคุม RD , WR และ CS ภายนอก
- การตรวจจบบวจรไฟฟ้า Brown-out Reset สำหรับ Brown-out Reset (BOR)

2.11 เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell)



รูปที่ 2.16 แผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell Panel) [14]

Photovoltaic หมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง ซึ่งวัตถุดังกล่าวคือ สารกึ่งตัวนำ ซึ่งเมื่อนำสารกึ่งตัวนำมาผลิตอุปกรณ์ จะเรียกว่า "Solar Photovoltaic" หรือ เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

2.11.1 ลักษณะเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์

ประเด็นสำคัญของการนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ นั่นก็คือประโยชน์ที่ได้รับคือ การลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล ซึ่งยังช่วยลดปัญหาการสะสมมลพิษต่างๆ ในบรรยากาศ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และก๊าซไฮโดรคาร์บอน ซึ่งล้วนเป็นก๊าซที่ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก ที่เป็นสาเหตุทำให้โลกร้อนขึ้น นอกจากนี้คุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นนอกจากแสงอาทิตย์ รวมถึงไม่มีการเผาไหม้ที่ไม่

ก่อให้เกิดมลภาวะด้านน้ำ อากาศ และของเสีย และลักษณะการเคลื่อนไหวที่ไม่ทำให้เกิดเสียง ดังนั้นจึงไม่เกิดมลภาวะทางเสียงเช่นกัน

2.11.2 วัสดุการทำเซลล์แสงอาทิตย์

วัสดุสำคัญที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ คือ สารกึ่งตัวนำประเภท สารซิลิคอน ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีพิษ มีราคาถูก คงทน อย่างไรก็ตามยังมีสารที่ทดแทนสารซิลิคอนได้ เช่น แกลเลียม อาร์เซไนด์ , แคดเมียม เทลเลอไรด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ ซึ่งมีราคาสูง ไม่นิยมนำมาใช้งานบนพื้นโลก ส่วนใหญ่จะใช้งานในระบบดาวเทียมและระบบรวมแสง ในส่วนเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารซิลิคอน สามารถแบ่งตามผลึกของสารซิลิคอนที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

- เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline)
- เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกรวมซิลิคอน (Polycrystalline)
- เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดที่ไม่เป็นรูปผลึกหรืออะมอร์ฟัส (Amorphous) หรือเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cell)

2.11.3 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

คุณสมบัติของซิลิคอนบริสุทธิ์จะเป็นสารตัวนำไฟฟ้าที่ต่ำมาก เนื่องจากไม่มีการเคลื่อนที่ในพันธะ แต่เมื่อผ่านกระบวนการโด๊ปิ่ง โดยนำสารโบรอนมาเป็นตัวพาประจุบวก คือไม่มีอิเล็กตรอน และมีช่องว่างที่เรียกว่า โฮล ซึ่งอิเล็กตรอนจะมาจับคู่ด้วยในโครงสร้างผลึก เมื่อสารซิลิคอนผ่านกระบวนการนี้ จะมีความเป็นตัวนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นและเรียกซิลิคอนนี้ว่า "P-type" ส่วนสารซิลิคอนที่ผ่านกระบวนการโด๊ปิ่ง โดยใช้สารฟอสฟอรัส จะเรียกว่า "N-type" สารซิลิคอนส่วนใหญ่ในเซลล์แสงอาทิตย์ จะเป็นแบบ P-type แต่บางส่วนเป็น N-type ได้แก่ ผิวส่วนหน้าของเซลล์ด้านที่มีแสงตกกระทบบส่วนรอยต่อระหว่างชั้นทั้ง 2 ชั้น เรียกว่า PN junction ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่สุดในเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีประจุอิสระเคลื่อนที่ผ่าน และทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่างรอยต่อ เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบบเซลล์แสงอาทิตย์จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุบวกและประจุลบขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและโฮล โครงสร้าง PN junction จะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วทั้งสอง เมื่อต่อไฟฟ้าครบวงจรจะเกิดกระแสไหลขึ้น

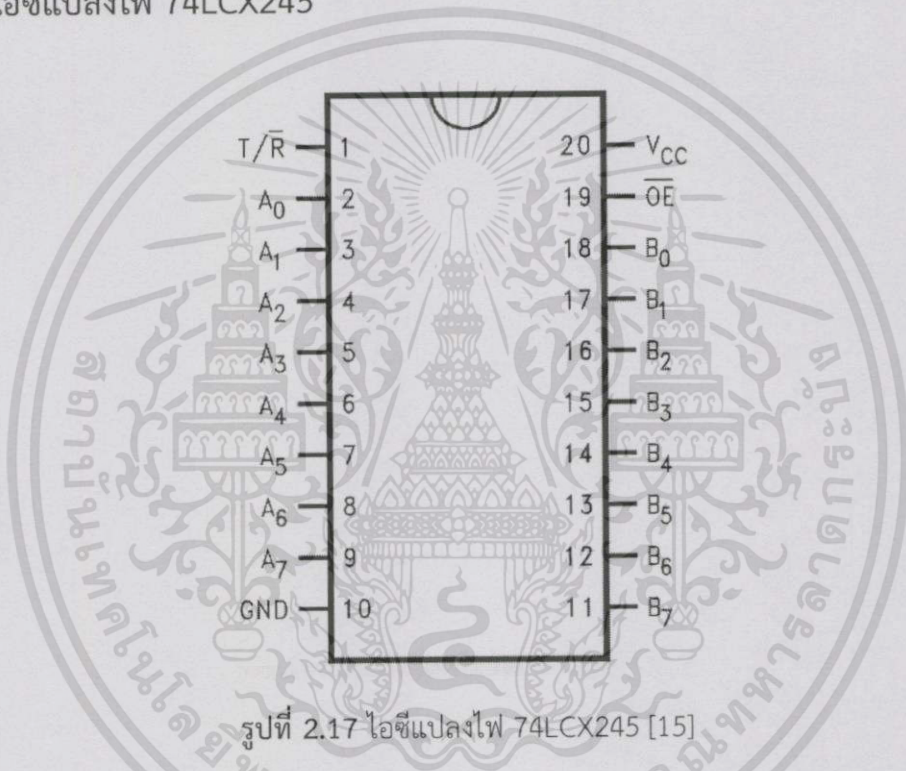
ถ้าต้องการได้กระแสไฟฟ้ามากๆ จากเซลล์แสงอาทิตย์ทำได้โดยการนำเซลล์มาต่อขนานกัน หรือถ้าต้องการได้แรงดันไฟฟ้าสูงๆ ทำได้โดยการนำเซลล์มาต่อกันแบบอนุกรม เซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น หากต้องการนำไปใช้กับกระแสสลับหรือเก็บพลังงานสะสมไว้ใช้ต่อไป จะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ ซึ่งมีอุปกรณ์ที่สำคัญ ดังนี้

- แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ทำหน้าที่ เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า
- เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller) ทำหน้าที่ ประจุกระแสไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้เข้าสู่แบตเตอรี่ และควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณเหมาะสม

กับแบตเตอรี่ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ด้วย

- แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่ เก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำหน้าที่ แปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นกระแสสลับ (AC) เพื่อใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับตามบ้านเรือนได้
- ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection) ทำหน้าที่ ป้องกันความเสียหายที่เกิดกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อฟ้าผ่าหรือเกิดการเหนี่ยวนำทำให้ความต่างศักย์สูง

2.12 ไอซีแปลงไฟ 74LCX245



รูปที่ 2.17 ไอซีแปลงไฟ 74LCX245 [15]

จากรูปที่ 2.17 ไอซีแปลงไฟ 74LCX245 ประกอบไปด้วย บัฟเฟอร์ไม่กลับเฟสสองทิศทาง 8 ช่องสัญญาณ (non-inverting bidirectional buffers) ที่เชื่อมต่อกับเอาต์พุต 3-STATE และไว้ใช้สำหรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ไอซีตัวนี้ออกแบบมาเพื่ออุปกรณ์ที่แรงดันไฟฟ้าต่ำ (2.5V และ 3.3V) กับความสามารถที่เชื่อมต่อกับสัญญาณภายนอกแรงดันไฟ 5V ได้ ขา T/R กำหนดทิศทางการไหลของวงจรในอุปกรณ์ ขา OE ปิดการใช้งานของทั้งพอร์ต A และพอร์ต B โดยการให้พอร์ตอยู่ในสภาวะที่อิมพีแดนซ์สูง

ไอซีแปลงไฟ 74LCX245 นั้น ถูกคิดค้นในเทคโนโลยี CMOS ขั้นสูงที่ทำให้คำสั่งความเร็วสูงสำเร็จขณะที่ CMOS ใช้พลังงานต่ำ

รายละเอียดของแต่ละขาในไอซี 74LCX245 แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงรายละเอียดของขาในไอซี 74LCX245

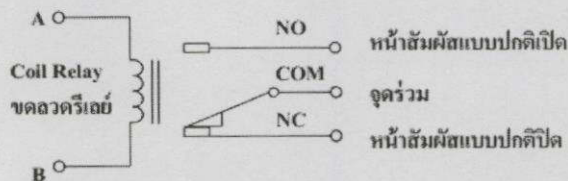
ขา	พอร์ต	รายละเอียด
1	T/R	อินพุต สัญญาณส่ง/สัญญาณรับ
2-9	A ₀ -A ₇	อินพุต A หรือเอาต์พุต 3-STATE
10	GND	สายดิน
11-18	B ₀ -B ₇	อินพุต B หรือเอาต์พุต 3-STATE
19	OE	อินพุตเปิดการใช้งานเอาต์พุต
20	V _{CC}	แหล่งกำเนิดไฟ สำหรับคำสั่งการทำงานแบบปกติ เตรียมพร้อมทำงาน และลดพลังงาน

2.13 รีเลย์ควบคุม (Control Relay)

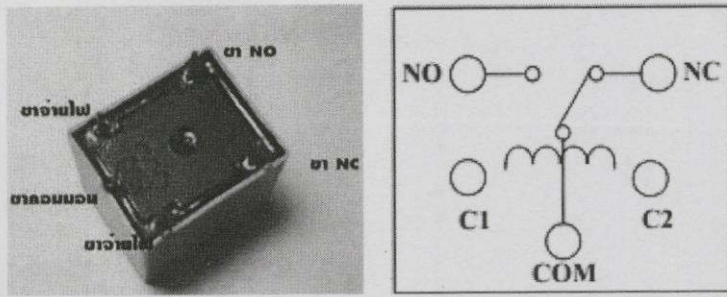
รีเลย์ควบคุม (Control Relay) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ ตัด-ต่อวงจร คล้ายกับ สวิตช์ โดยอาศัยหลักการของอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงของหน้าสัมผัสรีเลย์ มีความหมายในแบบของนักอิเล็กทรอนิกส์ว่า “ตัวถ่ายทอดกำลัง” เพราะการป้อนกำลังงานไฟฟ้าให้แก่รีเลย์เพียงเล็กน้อยก็สามารถควบคุมวงจรกำลังงานสูงๆ ที่อยู่กับหน้าสัมผัสของรีเลย์ได้ของ รีเลย์ ได้ โดยเมื่อทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดรีเลย์ (Coil) จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบขดลวด ซึ่งอำนาจแม่เหล็กชั่วคราวที่เกิดขึ้น ต้องมีค่าเพียงพอที่จะเอาชนะแรงที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ หน้าสัมผัส รีเลย์ควบคุมมีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่สูงมาก นัก เพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทคเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมโดยทั่วไปเรียกก่ายๆว่า รีเลย์

2.13.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของรีเลย์

โครงภายในโครงสร้างของรีเลย์จะประกอบไปด้วยขดลวด 1 ชุด และหน้าสัมผัสซึ่งใน หน้าสัมผัส 1 ชุด ซึ่งจะประกอบไปด้วย หน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally Close หรือ NC) และ หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open หรือ NO) ในสภาวะปกติขานี้จะต่ออยู่ NC นี้จะต่อกับ ขาร่วม (Common หรือ COM) และเมื่อมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าในปริมาณที่เพียงพอเข้าที่ขดลวด รีเลย์หรือมีแรงดันตกคร่อมขดลวด จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่หน้าสัมผัสทำให้จุด COM ต่อกับ หน้าสัมผัส NO ในรีเลย์ 1 ตัวอาจมีหน้าสัมผัสมากกว่า 1 ชุด ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ผลิต สัญลักษณ์แสดงใน รูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 สัญลักษณ์ของรีเลย์ [16]



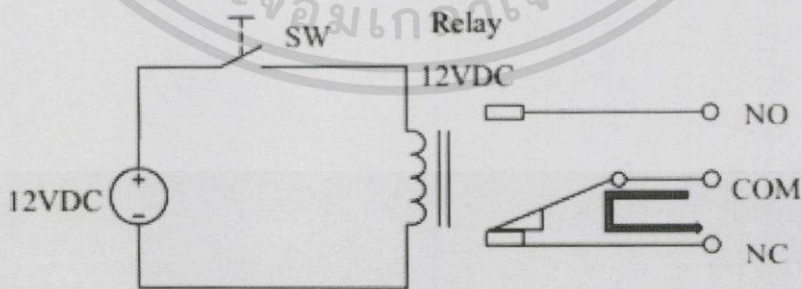
รูปที่ 2.19 ตำแหน่งขาของรีเลย์แบบ 5 ขา [16]

จากรูปที่ 2.19 ขาของรีเลย์จะประกอบไปด้วยตำแหน่งต่างๆดังนี้

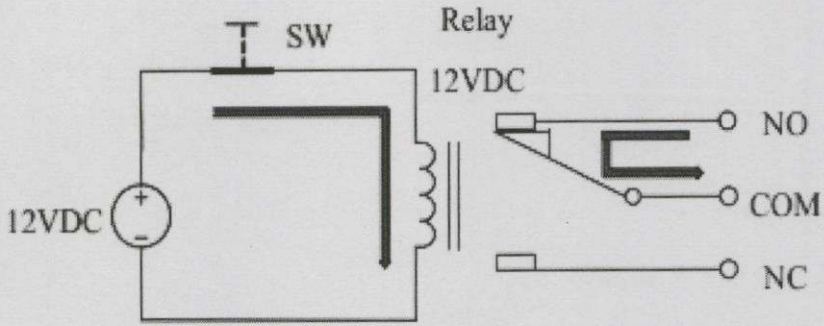
- ขาจ่ายแรงดันควบคุม ซึ่งจะมีอยู่ 2 ขา จากรูปจะเห็นสัญลักษณ์ขดลวดแสดงตำแหน่งขา coil หรือขาต่อแรงดันใช้งาน (C1 และ C2)
- ขา COM หรือ ขาคอมมอน จะเป็นขาต่อระหว่าง NO และ NC
- ขา NO (Normally opened หรือ ปกติเปิด) โดยปกติขานี้ จะไม่เชื่อมต่อกับขาใดๆ เมื่อเราป้อนแรงดันควบคุม หน้าสัมผัสของ COM และ NO จะต่อถึงกัน ซึ่งเราสามารถนำจุดเชื่อมต่อนี้ไปประยุกต์ใช้งานในวงจรต่อไปให้รีเลย์
- ขา NC (Normally closed หรือ ปกติปิด) โดยปกติขานี้จะต่อกับขา COM ในกรณีที่เรายังไม่จ่ายแรงดัน หน้าสัมผัสของ COM และ NC จะต่อถึงกัน

2.13.2 หลักการทำงานของรีเลย์

จากรูปที่ 2.20 (ก) เมื่อไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดรีเลย์ทำให้จุดร่วมต่ออยู่กับหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (NC) แต่เมื่อทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดรีเลย์ (Coil) จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบขดลวด ซึ่งอำนาจแม่เหล็กชั่วคราวที่เกิดขึ้นมีค่าเพียงพอที่จะชนะแรงสปริง เกิดการเปลี่ยนแปลงที่หน้าสัมผัสทำให้จุดร่วมต่ออยู่กับหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (NO) ดังแสดงในรูปที่ 2.20 (ข) และเมื่อไม่ได้จ่ายกระแสไฟฟ้า สปริงจะดึงหน้าสัมผัสกลับมาต่อกับหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (NC) อีกครั้งหนึ่ง



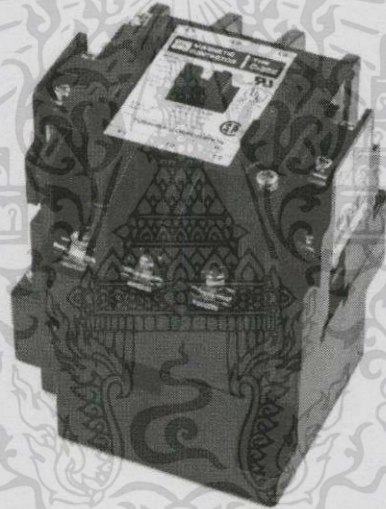
(ก) ขณะที่ไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ขดลวดรีเลย์



(ข) ขณะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ขดลวดรีเลย์

รูปที่ 2.20 การเปลี่ยนแปลงหน้าสัมผัสของรีเลย์ [16]

2.14 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor)



รูปที่ 2.21 แมกเนติกคอนแทคเตอร์.(Magnetic Contactor) [17]

แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor) คือสวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้า ทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าช่วยในการเปิด-ปิดหน้าสัมผัส ในการตัด-ต่อวงจรกำลัง

แรงดันไฟฟ้าและความถี่ของแหล่งจ่ายไฟที่ใช้สำหรับจ่ายคอยล์เพื่อให้คอนแทคเตอร์ทำงานแบ่งได้ดังนี้

- แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) 50/60 เฮิร์ตซ์ เช่น 24, 48, 110, 230, 400 โวลต์
- แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) 60 เฮิร์ตซ์ เช่น 24, 48, 120, 230, 460, 575 โวลต์
- แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เช่น 12, 24, 48, 60, 110, 125, 220 โวลต์

2.14.1 ส่วนประกอบของคอนแทคเตอร์ที่สำคัญ

1. แกนเหล็ก (Core) แบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

- แกนเหล็กอยู่กับที่ (Fixed Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอัดซ้อนกันเป็นแกนจะมีลักษณะเป็นรูปตัว E ดังรูปที่ 2.22 ขาทั้งสองข้างของแกนเหล็ก มีลวดทองแดงเส้นใหญ่ต่อลัดวงจรไว้เป็นรูปวงแหวน เรียกวงแหวนนี้ว่าเซ็ดเด็ดริง (Shaded Ring) เป็นวงแหวนฝังอยู่ที่ผิวหน้าของแกนเหล็ก เพื่อช่วยลดการสั่นสะเทือนของแกนเหล็ก อันเนื่องมาจากไฟฟ้ากระแสสลับ



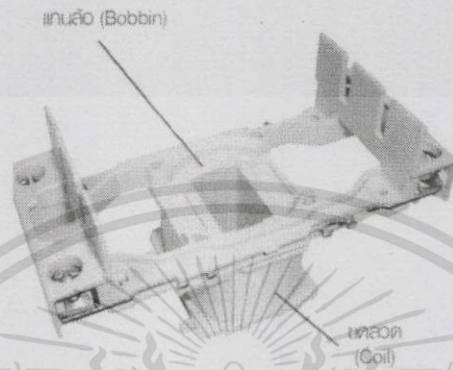
- แกนเหล็กเคลื่อนที่ (Stationary Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอัดซ้อนกันเป็นแกน และมีชุดหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ (Moving Contact) ยึดติดอยู่ ดังรูปที่ 2.23

แกนเหล็กเคลื่อนที่ (Stationary Core)

สปริง (Spring)

รูปที่ 2.23 แกนเหล็กเคลื่อนที่ (Stationary Core) และสปริง (Spring) [18]

2. ขดลวด (Coil) ขดลวดหรือคอยล์ ทำมาจากลวดทองแดงพันอยู่รอบแกนล้อยพันขดลวด (Bobbin) สวมที่ขากลางของแกนเหล็กอยู่กับที่ ดังรูปที่ 2.24 ขดลวดชุดนี้ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาเพื่อให้หน้าคอนแทคทำงาน มีขั้วต่อเพื่อจ่ายไฟเข้า โดยทั่วไปใช้สัญลักษณ์อักษรกำกับ คือ A1- A2 หรือ a-b

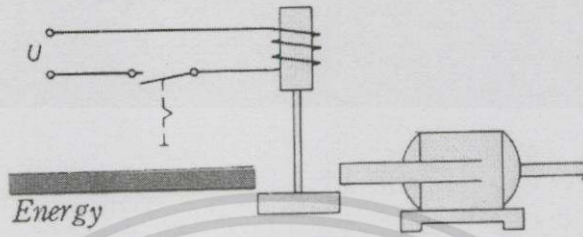


รูปที่ 2.24 ขดลวด (Coil) และแกนล้อย (Bobbin) [18]

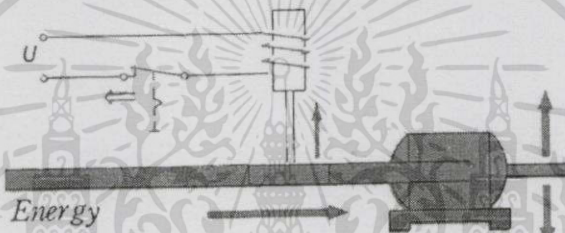
3. หน้าสัมผัส (Contact) หน้าสัมผัสจะยึดติดอยู่กับแกนเหล็กเคลื่อนที่ แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ
- หน้าสัมผัสหลัก (Main Contact) ใช้ในวงจรกำลังทำหน้าที่ตัดต่อระบบไฟฟ้าเข้าสู่โหลด
 - หน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contact) ใช้ในวงจรควบคุมหน้าสัมผัสช่วยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด
 - หน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Open : NO)
 - หน้าสัมผัสปกติปิด (Normally Close : NC)
- หน้าสัมผัสช่วยมีฟังก์ชันที่ประกอบมาพร้อมกับหน้าสัมผัสหลัก หรือติดตั้งเพิ่มเติมภายนอกทำงานโดย อาศัยอำนาจในการเปิด-ปิดหน้าสัมผัสหลัก ต่างกันตรงที่หน้าสัมผัสช่วยจะทนกระแสได้ต่ำกว่า หน้าสัมผัสหลัก จำนวนหน้าสัมผัสและชนิดของหน้าสัมผัสขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตและการนำไปใช้งาน
4. สปริง (Spring) ทำหน้าที่ไม่ให้น้ำคอนแทคสัมผัสกัน ก่อนป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าคอยล์ ดังรูปที่ 2.23

2.14.2 หลักการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์

เมื่อไม่มีกระแสไฟไหลผ่าน คอยล์ของคอนแทคเตอร์ จะไม่มีพลังจากสนามแม่เหล็กในการดูดเหล็กให้ต่อไฟฟ้าได้ครบวงจรตามรูปที่ 2.25 (ก) เมื่อมีกระแสไฟไหลผ่าน คอยล์ของคอนแทคเตอร์จะทำให้คอยล์ของคอนแทคเตอร์มีพลังจากสนามแม่เหล็กในการดูดเหล็กให้ต่อไฟฟ้าได้ครบวงจรและทำให้มอเตอร์ทำงานได้ ตามรูปที่ 2.25 (ข)



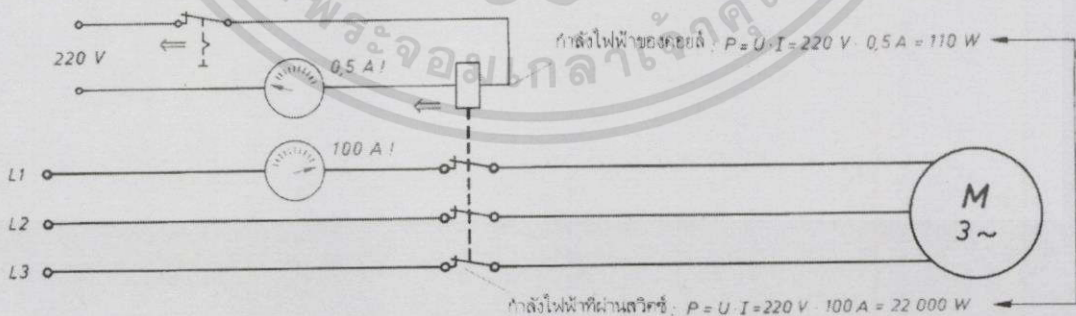
(ก) ไม่มีกระแสไฟไหลผ่าน คอยล์ของคอนแทคเตอร์



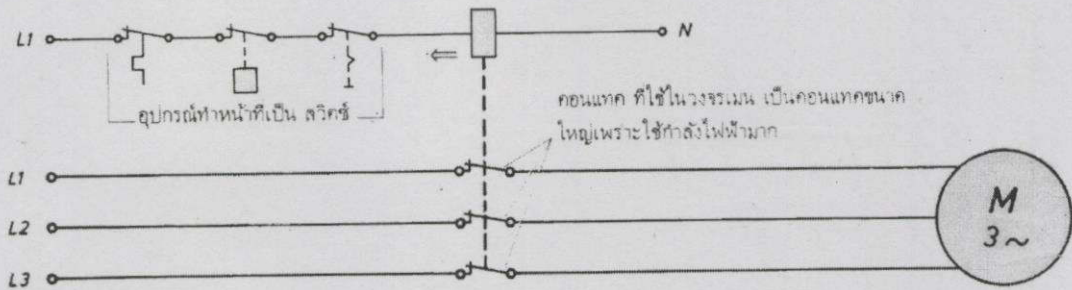
(ข) มีกระแสไฟไหลผ่าน คอยล์ของคอนแทคเตอร์

รูปที่ 2.25 การเปลี่ยนแปลงหน้าสัมผัสของคอนแทคเตอร์ [19]

คอยล์ของคอนแทคเตอร์ นั้นใช้กำลังไฟฟ้าเล็กน้อย เพื่อให้คอนแทคทำงาน ต่างจากคอนแทคที่ต้องวงจรไปยังมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส ซึ่งจะต้องใหญ่พอที่จะทนกระแสที่ไหลผ่านไปยังมอเตอร์ได้



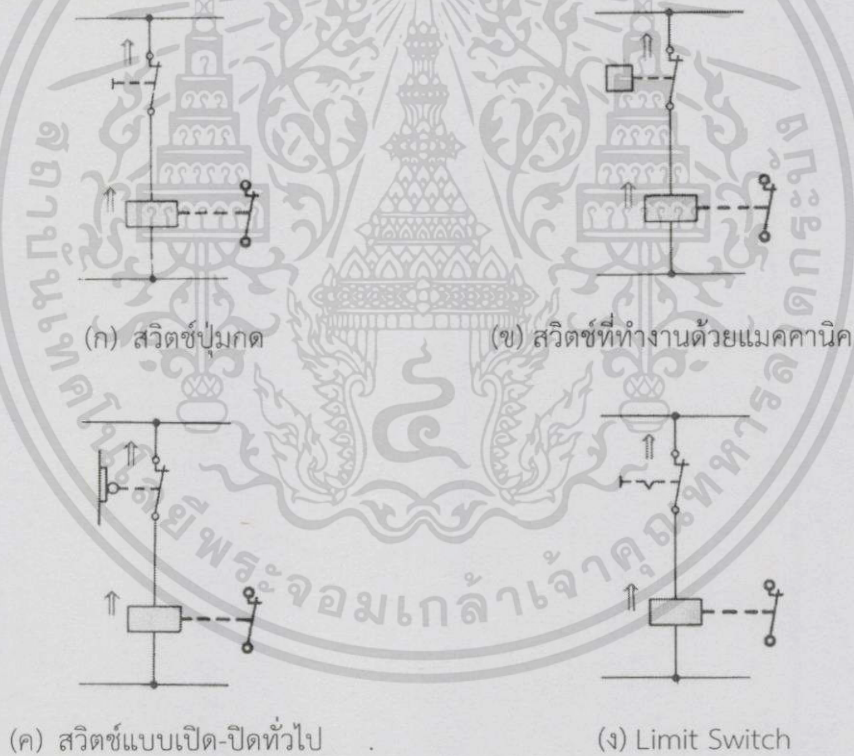
รูปที่ 2.26 การเปรียบเทียบกำลังไฟในการต่อมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส [19]



รูปที่ 2.27 การเปรียบเทียบอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ในวงจรมอเตอร์ [19]

จากรูปที่ 2.27 จะเห็นได้ว่าสวิตช์ต่างๆที่นำมาควบคุมคอนแทกเตอร์จะมีขนาดเล็กเพราะใช้กระแสน้อย ดังรูปที่ 2.26 ต่างจากคอนแทกที่ต้องวงจรไปยังมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส ซึ่งจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะทนกระแสที่ไหลผ่านไปยังมอเตอร์ได้เช่นเดียวกัน

- การควบคุมมอเตอร์ มีด้วยกัน 2 วิธี
 - ควบคุมด้วยสวิตช์รูปแบบต่างๆ



รูปที่ 2.28 สวิตช์รูปแบบต่างๆ ในวงจรมอเตอร์ [19]

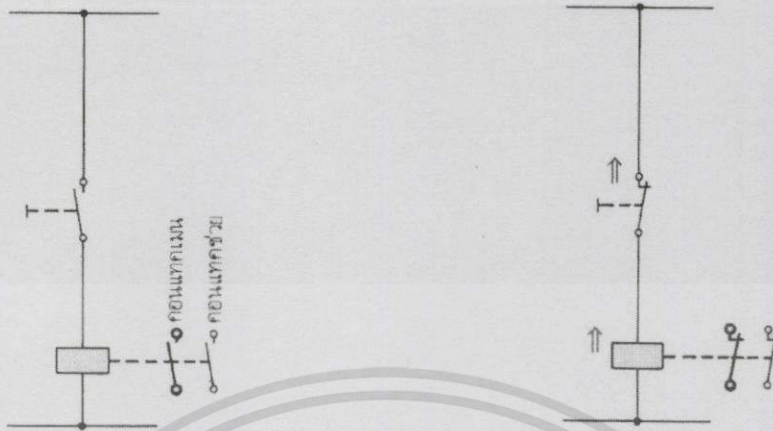
สวิตช์ในรูปที่ 2.28 (ก) จะทำงานเมื่อกดอยู่ สวิตช์จะกลับมาอยู่ตำแหน่งเดิมเมื่อถูกปล่อย

สวิตช์ในรูปที่ 2.28 (ข) จะทำงานด้วยกลไกทางแมคคานิก เช่นความร้อน เมื่ออุณหภูมิถึงขีดกำหนด จะทำให้คอนแทกเตอร์ทำงาน

สวิตช์ในรูปที่ 2.28 (ค) จะทำงานเมื่อสวิตช์ถูกกดให้ปิด และหยุดทำงานเมื่อสวิตช์เปิดออก

สวิทช์ในรูปที่ 2.28 (ง) จะทำงานได้นานเท่ากับ Limit Switch ถูกชนด้วยเพลาลูกเบี้ยว

- ควบคุมด้วยการใช้คอนแทคของตัวเองช่วย



(ก) ลักษณะทั่วไป

(ข) ลักษณะโดยการกดสวิทช์



(ค) ต่อคอนแทคช่วยขนานเข้ากับสวิทช์

(ง) ต่อคอนแทคช่วยขนานเข้ากับสวิทช์โดยการ
เพิ่มสวิทช์เปิด-ปิดวงจร

รูปที่ 2.29 คอนแทครูปแบบต่างๆ ในวงจรมอเตอร์ [19]

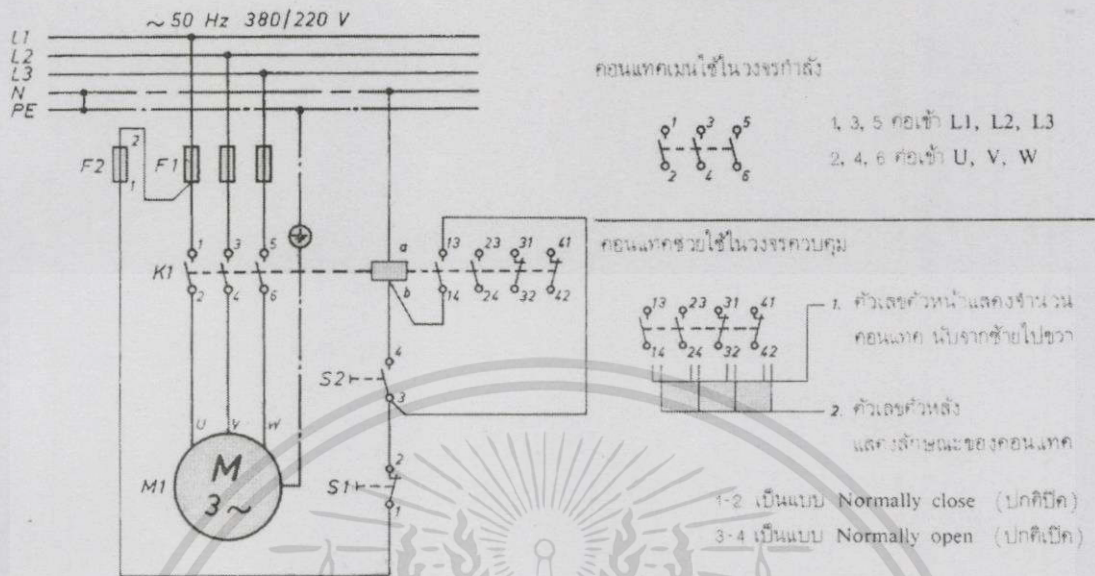
จากรูปที่ 2.29 (ก) ที่ตัวคอนแทคเตอร์ปกติจะมีทั้งคอนแทคเมน และคอนแทคช่วย เป็นลักษณะปกติ

จากรูปที่ 2.29 (ข) จะทำงานเมื่อสวิทช์ถูกกด ทำให้คอนแทคเตอร์ทำงาน คอนแทคจะเปลี่ยนตำแหน่งเป็นปิด

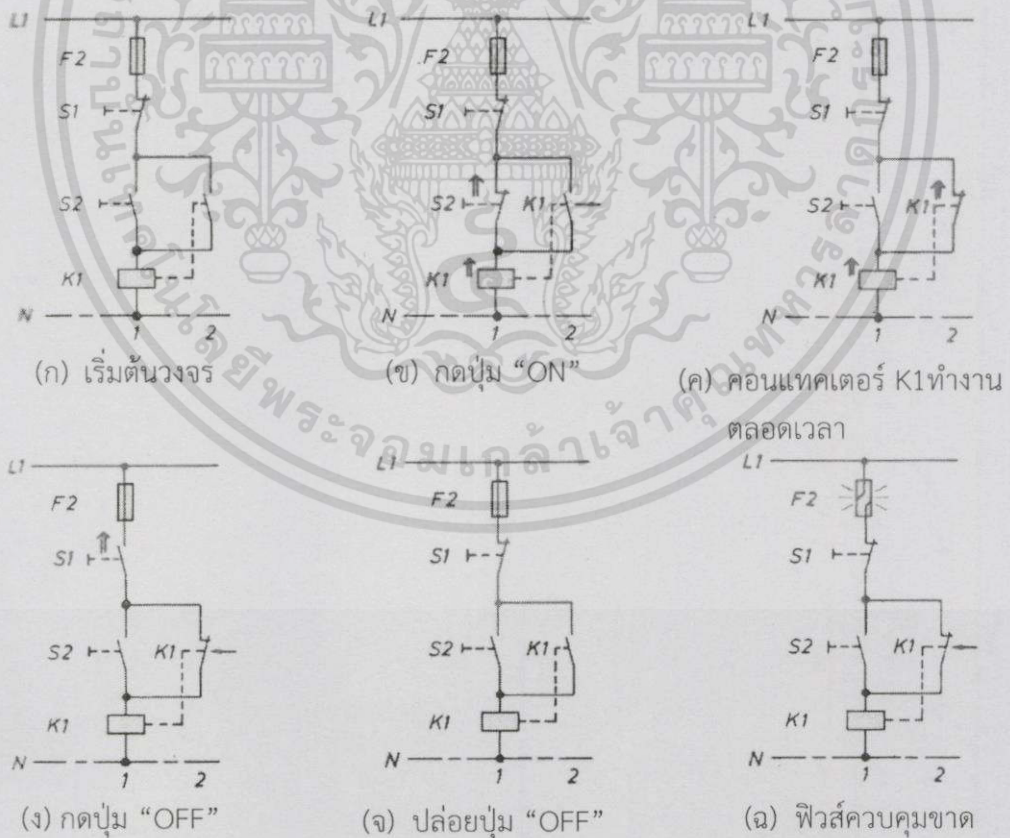
จากรูปที่ 2.29 (ค) ต่อคอนแทคช่วยขนานเข้ากับสวิทช์ปุ่มกด คอนแทคเตอร์จะทำงานตลอดเวลาหลังจากปล่อยมือแล้ว

จากรูปที่ 2.29 (ง) เมื่อเราใส่สวิทช์ไว้ก่อนจะถึงวงจรที่เชื่อมต่อกันระหว่าง คอนแทคช่วยและสวิทช์จะทำให้ เราสามารถเปิด-ปิดวงจรได้ตามต้องการ

- ขั้นตอนการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสและคอนแทคเตอร์



รูปที่ 2.30 การอธิบายวงจรมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส [19]

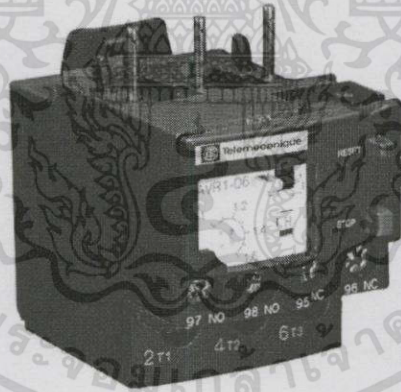


รูปที่ 2.31 ขั้นตอนการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสและคอนแทคเตอร์ [19]

จากรูปที่ 2.31 มีขั้นตอนการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสและคอนแทคเตอร์ดังนี้

1. คอนแทคเตอร์ K1 ยังไม่ทำงาน เพราะ Push Button S2 ยังไม่ถูกกดให้ต่อวงจรมายัง K1 ดังนั้นจึงไม่มีกระแสไหลผ่านในแถวที่ 1 ดังรูปที่ 2.31 (ก)
2. เมื่อ Push Button S2 ถูกกดให้ต่อวงจรจะทำให้คอนแทคเตอร์ K1 ทำงาน คอนแทคปกติเปิด (NO) ของ K1 ในแถวที่ 2 ต่อวงจรให้ตัวเองทำงานตลอดเวลา ดังรูปที่ 2.31 (ข)
3. เมื่อ คอนแทคปกติเปิด (NO) ของ K1 ในแถวที่ 2 ต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว S2 ก็ปล่อยออกได้ ขณะที่คอนแทคเตอร์ K1 ทำงานตลอด คอนแทคเมน ต่อวงจรให้หมุนตลอดเวลา ดังรูปที่ 2.31 (ค)
4. ถ้าต้องการให้มอเตอร์หยุดทำงานให้กด S1 เพื่อตัดกระแสไฟฟ้าไม่ให้ไหลผ่านคอยล์ของ K1 ผลก็คือคอนแทคเตอร์ K1 หยุดทำงานและคอนแทคต่างๆ ก็จะกลับมาอยู่ที่เดิม ทำให้มอเตอร์ถูกตัดวงจรออกไปด้วย ดังรูปที่ 2.31 (ง)
5. หลังจากปล่อย S1 แล้ว คอนแทคของ S1 ก็จะต่อวงจรอีกครั้งหนึ่ง อย่างไรก็ตาม คอนแทคเตอร์ K1 ยังไม่สามารถทำงานได้ เพราะ S2 เปิดวงจรอยู่ ดังรูปที่ 2.31 (จ)
6. มอเตอร์จะหยุดทำงานถ้าหากฟิวส์วงจรควบคุมขาด เนื่องจากเกิดผิดปกติ ทำให้คอนแทคเตอร์ K1 หยุดทำงาน มอเตอร์จึงหยุดทำงานด้วย ดังรูปที่ 2.31 (ฉ)

2.15 โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay)



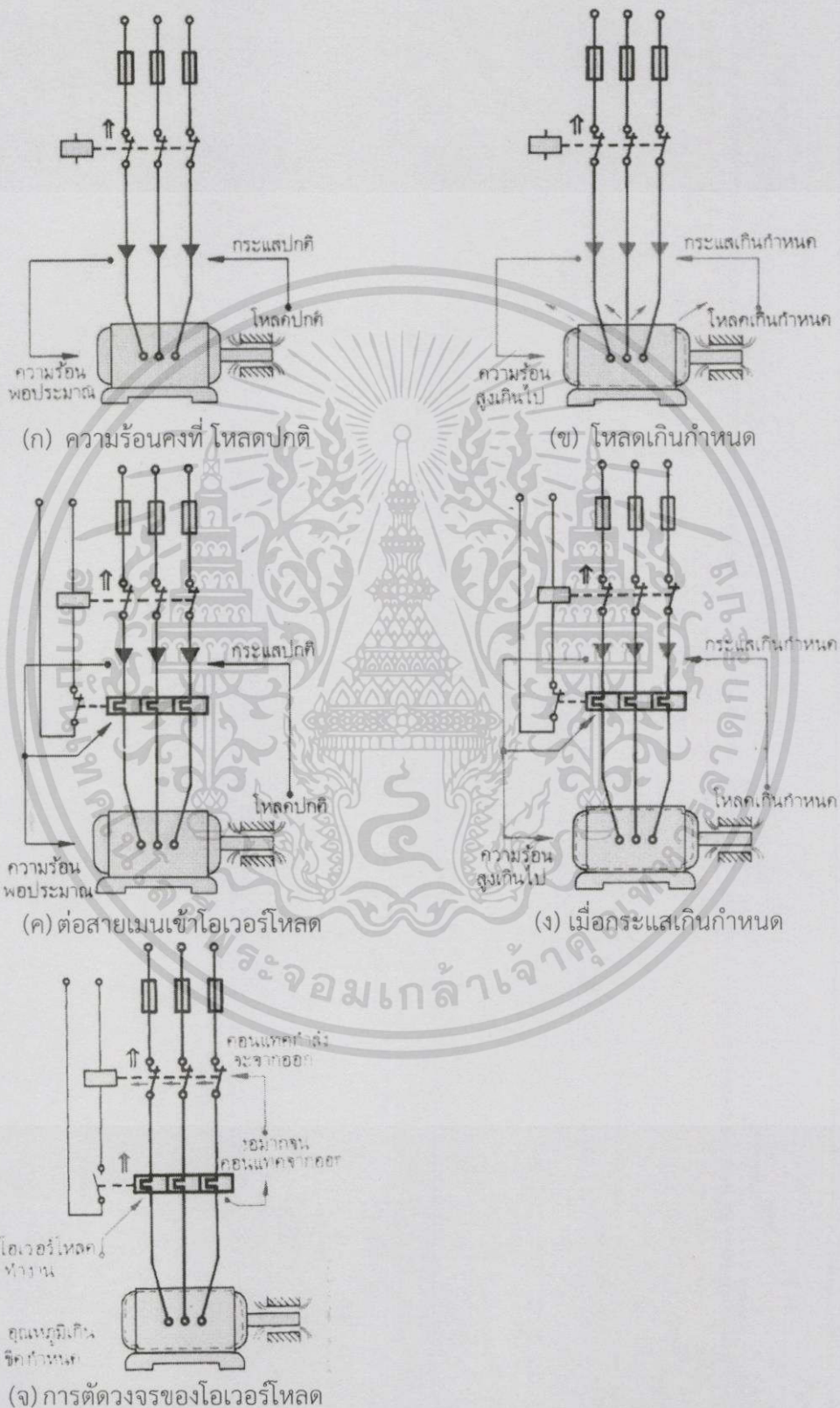
รูปที่ 2.32 โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay) [20]

โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay) คืออุปกรณ์ที่ช่วยป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าเกินกำลังหรือป้องกันมอเตอร์ ไม่ให้เกิดการเสียหาย เมื่อมีกระแสไหลเกินพิกัด ส่วนใหญ่ใช้กับอุปกรณ์ที่มีไฟฟ้ากำลังสูงมาก โดยมีส่วนประกอบภายนอกที่สำคัญ ของโอเวอร์โหลดรีเลย์ ดังนี้

- ปุ่มปรับกระแส (RC.A)
- ปุ่มทริพ (TRIP)
- ปุ่มรีเซ็ต(RESET)
- จุดต่อไฟเข้าเมนไรมีทอล
- จุดต่อไฟออกจากเมนไรมีทอล

- หน้าสัมผัสช่วยปกติปิด(N.O.)
- หน้าสัมผัสช่วยปกติเปิด(N.C.)

2.15.1 หลักการทำงานของโอเวอร์โวลต์รีเลย์



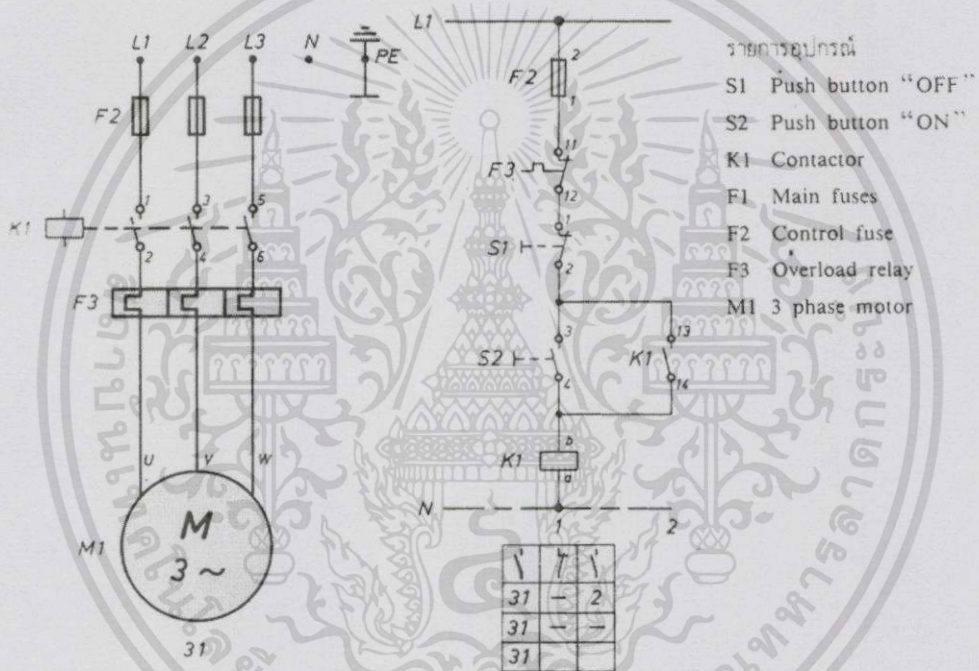
รูปที่ 2.33 ขั้นตอนการทำงานของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ [19]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 39
 ไม่ว่าจะกรณิดาทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

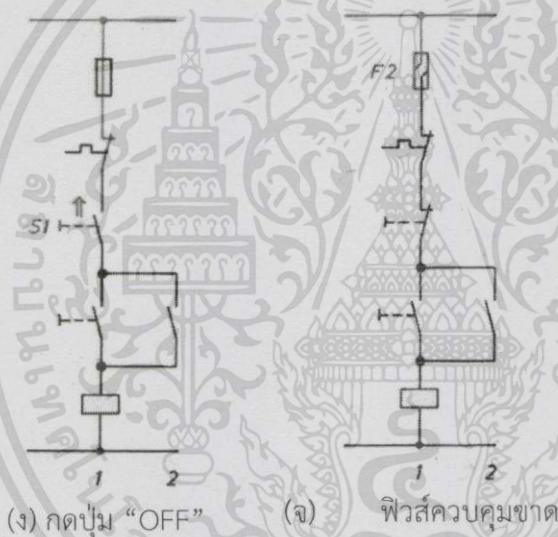
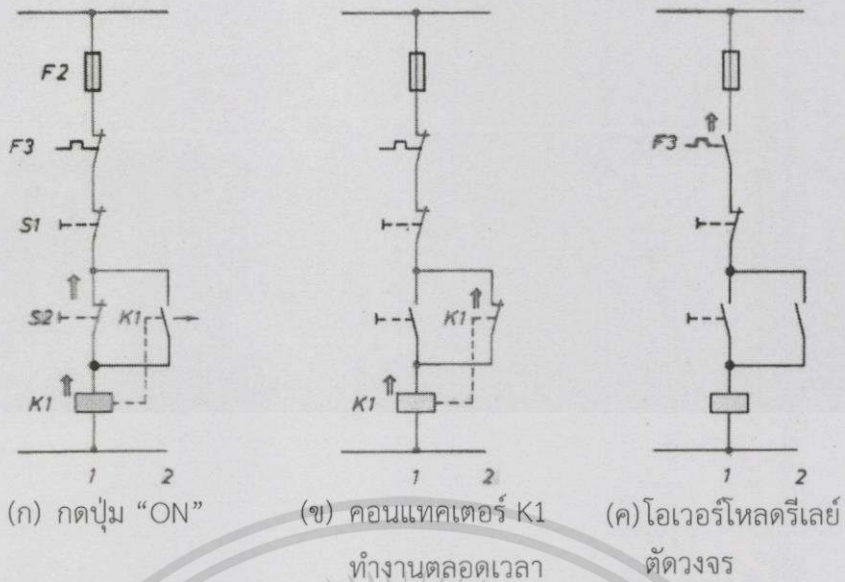
จากรูปที่ 2.33 โอเวอร์โวลต์รีเลย์มีหลักการทำงานดังนี้

1. เมื่อมีโหลด หรือการใช้ไฟฟ้าปกติ ความร้อนจะคงที่ ดังรูปที่ 2.33 (ก)
2. เมื่อมีโหลดเพิ่มขึ้นอย่างมาก ทำให้มอเตอร์ใช้กระแสเพิ่มขึ้น ความร้อนสูงเกินกำหนด ทำให้มอเตอร์เสียหาย ดังรูปที่ 2.33 (ข)
3. การต่อสายเมน เข้ากับมอเตอร์ โดยต่อผ่านคอนแทคเตอร์ หรือมโอเวอร์โวลต์ ดังรูปที่ 2.33 (ค)
4. เมื่อมีกระแสเกินกำหนด โอเวอร์โวลต์รีเลย์ จะตัดวงจรออกก่อนที่มอเตอร์ไหม้ ดังรูปที่ 2.33 (ง) และ (จ)

2.15.2 การนำโอเวอร์โวลต์รีเลย์มาใช้งาน



รูปที่ 2.34 การอธิบายวงจรโอเวอร์โวลต์รีเลย์ [19]



รูปที่ 2.35 ขั้นตอนการทำงานของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ [19]

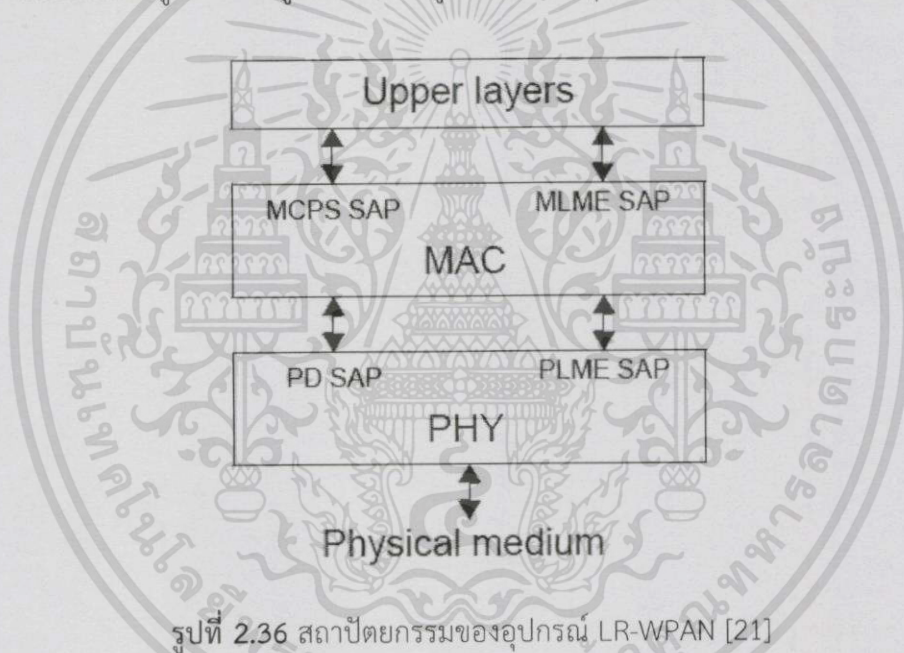
- จากรูปที่ 2.35 มีขั้นตอนการทำงานของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ ดังนี้
1. เมื่อกด Push Button S2 "ON" คอนแทคเตอร์ K1 ทำงาน ดังรูปที่ 2.35 (ก)
 2. เมื่อปล่อย S2 คอนแทคเตอร์ K1 ยังคงทำงานตลอดเวลา ดังรูปที่ 2.35 (ข)
 3. โอเวอร์โวลต์รีเลย์ ทำงานตัดวงจร ดังรูปที่ 2.35 (ค)
 4. กด Push Button S1 "OFF" ดังรูปที่ 2.35 (ง)
 5. ฟิวส์ควบคุมขาด วงจรจะหยุดทำงาน ดังรูปที่ 2.35 (จ)

2.16 มาตรฐาน IEEE 802.15.4 (WPANs)

มาตรฐาน IEEE 802.15.4 Wireless personal area networks (WPANs) คือรูปแบบมาตรฐานที่ใช้ในการสื่อสารและถ่ายโอนข้อมูลไร้สายในระยะทางสั้นๆ ระหว่างอุปกรณ์สื่อสารชนิดต่างๆ โดยรูปแบบมาตรฐาน IEEE 802.15.4 จะกล่าวถึงรายละเอียดในการสื่อสารชั้น Physical Layer และชั้น Medium Access Layer ซึ่งแต่ละอุปกรณ์ที่ทำการสื่อสารโดยใช้มาตรฐานนี้จะต้องมีคุณสมบัติดังกล่าว อุปกรณ์ที่ใช้การเชื่อมต่อผ่าน WPANs นั้นจะถูกออกแบบโครงสร้างให้มีขนาดเล็กและมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงซึ่งจะใช้ในการทำงานที่แตกต่างจาก IEEE 802.11 (WLANs)

2.16.1 สถาปัตยกรรม IEEE 802.15.4

สถาปัตยกรรมของ IEEE 802.15.4 สามารถอธิบายในรูปของจำนวนในบล็อกได้ดังรูปที่ 2.36 บล็อกเหล่านี้ถูกเรียกว่าชั้น (layer) แต่ละชั้นจะมีหน้าที่แตกต่างกันไป และบล็อกชั้นที่อยู่ต่ำกว่าจะถูกบล็อกชั้นที่สูงเรียกใช้งานอุปกรณ์ใน WPAN ประกอบด้วย



รูปที่ 2.36 สถาปัตยกรรมของอุปกรณ์ LR-WPAN [21]

- ชั้น Physical Layer

คุณสมบัติของ Physical Layer คือการสั่งการทำงานและการสั่งหยุดการทำงานของเครื่องรับ-ส่งสัญญาณวิทยุ (radio transceiver) , ED , LQI , การเลือกช่องสัญญาณและการประเมินช่องสัญญาณที่ว่าง

- ชั้นย่อย Medium Access Layer

คุณสมบัติของชั้น Medium Access Layer คือ การจัดการการเตือนภัย (beacon management) การเข้าถึงช่องสัญญาณ การตรวจสอบเฟรม การส่งเฟรมตอบกลับ (acknowledged frame delivery) การทำงานร่วมกันและการไม่ทำงานร่วมกัน นอกจากนี้ชั้น Medium Access Layer ยังกำหนดกลไกความปลอดภัยระหว่างการทำงานที่เหมาะสมด้วย

2.16.2 คุณสมบัติในชั้น Physical Layer

อุปกรณ์ที่ใช้งานมาตรฐานนี้จะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- ย่านความถี่ของอุปกรณ์ที่อนุญาตให้ใช้ฟรี : 868-868.6 MHz , 902-928 MHz และ 2400-2483.5 MHz
- ในประเทศจีนมีมาตรฐานย่านความถี่ของอุปกรณ์ : 314-316 MHz , 430-434 MHz และ 779-787 MHz และประเทศญี่ปุ่นจะใช้ความถี่ช่วง 950-956 MHz

สำหรับอุปกรณ์สื่อสารไร้สายที่เราศึกษาจะใช้ความถี่ช่วง 2.4 GHz โดยอัตราการส่งข้อมูลของอุปกรณ์จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ลักษณะการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ แหล่งพลังงานที่จ่ายแก่อุปกรณ์ที่มีจำกัด และการใช้พลังงานของอุปกรณ์

การออกแบบอุปกรณ์จะมีความซับซ้อนน้อย ค่าใช้จ่ายต่ำและลดอัตราการใช้พลังงาน เพื่อให้ได้อัตราการส่งข้อมูลไร้สายที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยอัตราการส่งในระดับคุณภาพข้อมูลต่ำๆ อยู่ที่ (250 kb/s) อัตราการส่งในระดับคุณภาพข้อมูลสูงจะอยู่ที่ (20 kb/s) สำหรับการนำไปใช้ในงานควบคุมระบบเซ็นเซอร์และการทำงานอัตโนมัติต้องการอัตราการส่งที่น้อยกว่า (20 kb/s) ดังนั้นมาตรฐาน IEEE 802.15.4 จึงเหมาะแก่การนำไปประยุกต์ใช้งานกับงานควบคุมต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

2.16.3 คุณสมบัติในชั้น Medium Access Layer

ความสามารถในชั้น Medium Access ตามมาตรฐานมีดังนี้:

- การทำงานโทโพลีแบบ peer-to-peer หรือแบบ star
- IEEE Address ขนาด 64 บิต หรือ Network Address ขนาด 16 บิต
- การเชื่อมต่อกับสัญญาณคลื่นพาห์ด้วยวิธี Collision Avoidance (CSMA-CA)
- การเข้าถึงช่องสัญญาณไร้สายด้วยวิธี ALOHA channel access
- การตรวจจับพลังงานได้ (ED)
- การแสดงคุณภาพการเชื่อมต่อได้ (LQI)

ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

- full-function device (FFD) : อุปกรณ์ที่สามารถทำหน้าที่สื่อสารและให้บริการรับส่งหรือกระจายข้อมูลสู่อุปกรณ์ตัวอื่นๆในเครือข่ายได้อย่างสมบูรณ์
- reduce-function device (RFD) : อุปกรณ์จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลน้อยๆ มีการทำงานที่ง่ายไม่ซับซ้อน โดยจะทำงานร่วมกับ FFD

2.16.4 องค์ประกอบของเครือข่าย IEEE 802.15.4 WPAN

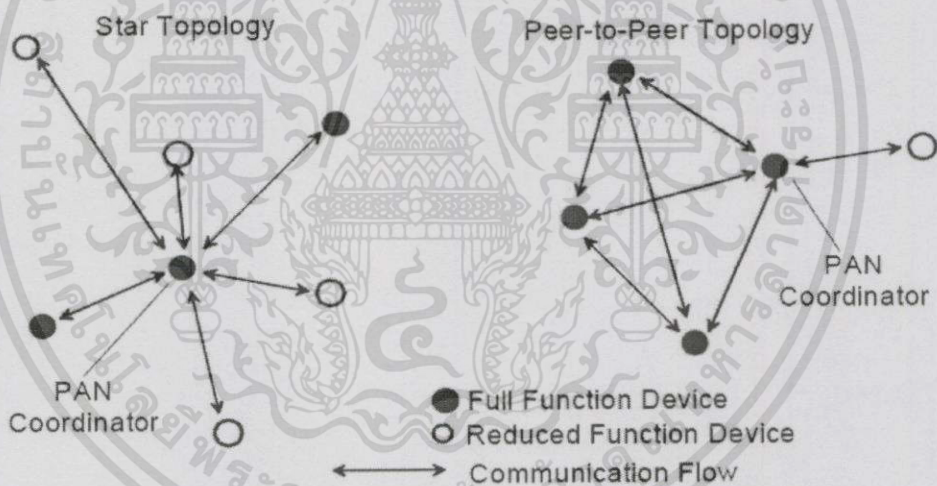
องค์ประกอบของเครือข่าย IEEE 802.15.4 จะประกอบด้วยอุปกรณ์อย่างน้อยสองตัวขึ้นไป ติดต่อสื่อสารไร้สายผ่านช่องสัญญาณเดียวกัน โดยจะต้องประกอบด้วย FFD อย่างน้อยหนึ่งตัว ที่ทำงานเป็นอุปกรณ์สื่อสารตัวกลาง

2.16.4.1 โทโพโลยีเครือข่าย

การทำงานของ IEEE 802.15.4 LR-WPAN สามารถทำงานได้อย่างใดอย่างหนึ่งใน 2 ลักษณะดังนี้

- โทโพโลยีแบบ Star

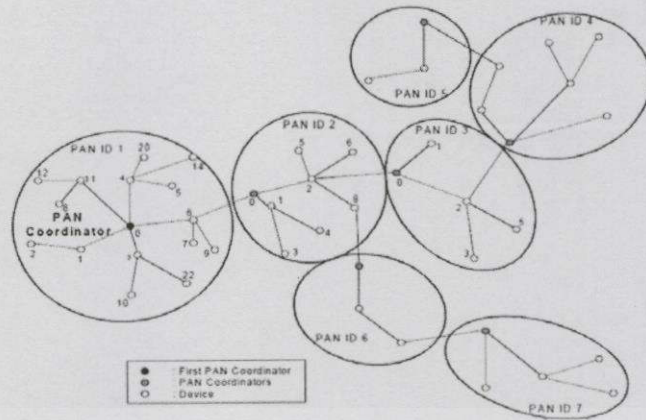
โทโพโลยีแบบ Star ดังที่แสดงในรูปที่ 2.20 ลักษณะการสื่อสารได้ถูกสร้างขึ้นระหว่างอุปกรณ์และคอนโทรลเลอร์ศูนย์กลางหนึ่งตัว เรียกว่า Coordinator แบบ PAN (Personal Area Network) โดยอุปกรณ์จะเริ่มต้นการทำงาน และสิ้นสุดการทำงานโดยผ่านตัว Coordinator ทั้งหมด ซึ่งอุปกรณ์ทุกตัวจะมีค่า Address สำหรับการสื่อสารโดยตรงร่วมกันใน P. หรือใช้ Short Address ที่ถูกจัดสรรโดย Coordinator



รูปที่ 2.37 โทโพโลยีแบบ star และ โทโพโลยีแบบ peer-to-peer [21]

- โทโพโลยีแบบ peer-to-peer

จากรูปที่ 2.37 เห็นได้ว่าโทโพโลยีแบบ peer-to-peer จะแตกต่างกับโทโพโลยีแบบ star ตรงที่ ทุกๆ อุปกรณ์สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้อย่างอิสระ โทโพโลยีแบบ peer-to-peer อาจมีความซับซ้อนของรูปแบบเครือข่ายมาก เช่น โทโพโลยีเครือข่ายแบบ mesh โทโพโลยีเครือข่ายแบบ cluster tree ลักษณะคล้ายต้นไม้โดยจะมี FFD และ RFD ตัวหนึ่งในวงเครือข่าวนั้นๆ เชื่อมต่อกับเครือข่าย cluster tree ที่อยู่วงภายนอกคล้ายกับใบไม้ที่ปลายกิ่ง ดังรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.38 เครือข่าย Cluster [21]

2.16.4.2 ฟังก์ชันการทำงานโดยภาพรวม

- **แบบจำลองการถ่ายโอนข้อมูล**

วิธีถ่ายโอนข้อมูลมีทั้งหมด 3 วิธี คือ

- **การถ่ายโอนข้อมูลไปที่ coordinator**

เมื่ออุปกรณ์ต้องการถ่ายโอนข้อมูลไปที่ coordinator ในเครือข่ายที่เปิดใช้งานการแจ้งเตือน อุปกรณ์จะทำการตรวจสอบ Super Frame หากพร้อมก็จะทำการส่งข้อมูลออกไปในเวลาที่เหมาะสมไปยัง coordinator และตัว coordinator จะส่งข้อมูลตอบกลับว่าข้อมูลที่ได้รับถูกต้อง

เมื่ออุปกรณ์ต้องการถ่ายโอนข้อมูลไปที่ coordinator ใน PAN ที่ปิดใช้งานการแจ้งเตือน อุปกรณ์นั้นสามารถที่จะส่งเฟรมข้อมูลไปที่ตัว coordinator ได้เลย และตัว coordinator จะส่งข้อมูลตอบกลับว่าข้อมูลที่ได้รับถูกต้อง จึงเสร็จการทำงาน

- **การถ่ายโอนข้อมูลจาก coordinator**

เมื่อ coordinator ต้องการถ่ายโอนข้อมูลไปที่อุปกรณ์ในเครือข่ายที่เปิดใช้งานการแจ้งเตือน ก็จะมีการแจ้งในเครือข่ายว่าการส่งข้อมูลยังไม่เสร็จสิ้น อุปกรณ์ต่างๆจะรับรู้การแจ้งเตือนนั้น คำสั่งการส่งของ Medium Access Layer จะร้องขอข้อมูล และตัว coordinator ก็ส่งข้อมูลตอบกลับว่าได้รับการแจ้งการต้องการข้อมูลแล้ว เฟรมข้อมูลที่ส่งไม่เสร็จสิ้นจะถูกส่งโดย coordinator อีกครั้ง ตัวอุปกรณ์ส่งข้อมูลตอบกลับว่าข้อมูลที่ได้รับถูกต้อง ถ้ามีการร้องขอ การทำงานเสร็จสิ้นแล้ว ในเวลา que การทำงานเสร็จสิ้น ข้อความจะถูกลบจากรายชื่อของข้อมูลที่ยังส่งไม่เสร็จสิ้นในการแจ้งเตือน

เมื่อ coordinator ต้องการถ่ายโอนข้อมูลไปที่อุปกรณ์ใน PAN ที่ปิดใช้งานการแจ้งเตือน coordinator จะเก็บข้อมูลไว้เพื่ออุปกรณ์ที่

เหมาะสมในการสร้างการติดต่อและการร้องขอข้อมูล อุปกรณ์ร้องขอข้อมูลโดยคำสั่งการส่งของ MAC ตัว coordinator ส่งข้อมูลตอบกลับว่าได้รับการแจ้งการต้องการข้อมูลแล้ว ถ้าการส่งเฟรมข้อมูลยังไม่เสร็จสิ้น coordinator จะส่งเฟรมข้อมูล ถ้าการส่งเฟรมข้อมูลเสร็จสิ้น coordinator จะแสดงข้อเท็จจริงในเฟรมตอบกลับตามที่ได้มีการร้องขอข้อมูลหรือในเฟรมข้อมูลที่บรรจุข้อมูลไม่พออย่างใดอย่างหนึ่ง

- การถ่ายโอนข้อมูลแบบ peer-to-peer

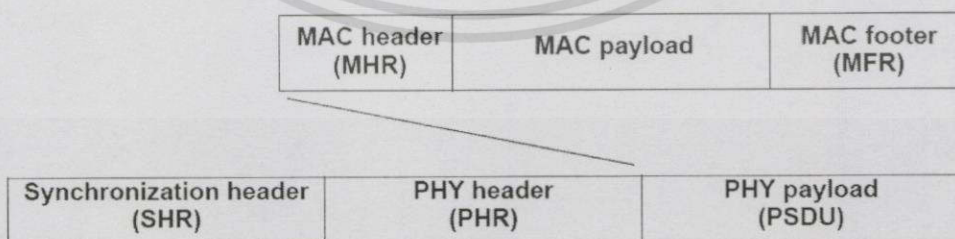
ในเครือข่ายแบบ peer-to-peer ทุกๆ อุปกรณ์จะสื่อสารกันโดยตรงในช่วงการสื่อสารของวิทยุ เพื่อที่จะส่งให้มีประสิทธิภาพ อุปกรณ์ที่ต้องการสื่อสารจำเป็นที่จะรับข้อมูลคงที่หรือเข้าจังหวะกับอีกตัวหนึ่งอย่างใดอย่างหนึ่ง ในกรณีแรก อุปกรณ์สามารถส่งข้อมูลได้อย่างง่าย และอีกกรณีขนาดอื่นๆ จำเป็นที่จะเก็บเพื่อที่การเข้าจังหวะจะสำเร็จ ขนาดดังกล่าวอยู่นอกเหนือขอบเขตของมาตรฐานนี้

• โครงสร้างเฟรม

โครงสร้างเฟรมถูกออกแบบเพื่อให้มีความซับซ้อนน้อยที่สุด และมีความทนทานพอที่จะส่งข้อมูลในช่องสัญญาณที่มีคลื่นรบกวนมาก ๆ ชั้นโปรโตคอลที่ต่อเนื่องกันเพิ่มโครงสร้างส่วนหัวและส่วนท้าย โดยกำหนดโครงสร้างเฟรมทั้งหมด 4 แบบ ได้แก่

- เฟรมแจ้งเตือน : ถูกใช้โดยตัว coordinator ที่ส่งไปที่ตัวแจ้งเตือน
- เฟรมข้อมูล : ถูกใช้สำหรับการถ่ายโอนข้อมูลทั้งหมด
- เฟรมตอบกลับ : ถูกใช้สำหรับการยืนยันการส่งข้อมูลสำเร็จ
- เฟรมคำสั่ง : MAC ถูกใช้สำหรับการควบคุมทุกการถ่ายโอนข้อมูลของลูกข่าย peer ใน MAC

เฟรมข้อมูลจากชั้น Medium Access Layer จะหุ้มด้วย Physical Header และ Synchronize Header แสดงดังรูปที่ 2.39



รูปที่ 2.39 มุมมองแผนผังของ PPDU [21]

- ความน่าจะเป็นในการเพิ่มการส่งข้อมูลให้มีความสำเร็จมากขึ้น

IEEE 802.15.4 LR-WPAN ได้ใช้กลไกที่หลากหลายในการเพิ่มความน่าจะเป็นของการส่งข้อมูลที่มีการส่งสำเร็จ กลไกต่างๆ ได้ถูกอธิบายไว้ดังนี้

- กลไก CSMA-CA

IEEE 802.15.4 LR-WPAN ใช้กลไกการเข้าถึงข้อมูล 2 ชนิด ขึ้นอยู่กับการตั้งค่าของเครือข่าย PAN ที่เปิดใช้งานการแจ้งเตือนใช้กลไกการเข้าถึงข้อมูลแบบ unslotted CSMA-CA เมื่ออุปกรณ์ต้องการส่งเฟรมข้อมูลหรือใช้คำสั่ง MAC จะรอเวลาแบบสุ่ม ถ้าช่องสัญญาณอยู่ในสภาพพร้อมทำงาน จะทำงานตามการสุ่ม backoff และส่งข้อมูลออกไป ถ้าช่องสัญญาณอยู่ในสภาพไม่พร้อมทำงาน จะทำงานตาม random backoff และอุปกรณ์จะรอเพื่อสุ่มช่วงเวลาอื่นก่อนจะลองเข้าช่องสัญญาณอีกครั้ง เฟรมแจ้งการตอบกลับถูกส่งโดยไม่ต้องใช้กลไก CSMA-CA

PAN ที่เปิดใช้งานการแจ้งเตือนใช้กลไกการเข้าถึงข้อมูลแบบ slotted CSMA-CA ที่ช่วงเวลา backoff สอดคล้องกับจุดเริ่มต้นของการส่งการแจ้งเตือน ช่วงเวลา backoff ของอุปกรณ์ทุกตัวรวมถึง PAN สอดคล้องกับตัว coordinator แบบ PAN เมื่ออุปกรณ์ต้องการส่งเฟรมข้อมูลในระหว่างที่ CAP มันจะค้นหาขอบเขตของช่วง backoff ถัดไปแล้วจะรอเพื่อสุ่มตัวเลขของช่วง backoff ถ้าช่องสัญญาณไม่ว่าง ตามการสุ่ม backoff นี้ อุปกรณ์จะรอเพื่อสุ่มตัวเลขอื่นๆ ของช่วง backoff ก่อนจะลองเข้าช่องสัญญาณอีกครั้ง ถ้าช่องสัญญาณอยู่ในสภาพพร้อมทำงานอุปกรณ์จะเริ่มส่งบนขอบเขตของช่วง backoff ที่ส่งได้ถัดไป เฟรมแจ้งการตอบกลับและเฟรมการแจ้งเตือนถูกส่งโดยไม่ต้องใช้กลไก CSMA-CA

- กลไก ALOHA

ในโปรโตคอล ALOHA อุปกรณ์ส่งโดยไม่มีการตรวจสอบและการรอเวลา กลไก ALOHA เหมาะกับเครือข่ายที่มีการถ่ายโอนข้อมูลน้อยตั้งแต่ความน่าจะเป็นของการผิดพลาดน้อย ถ้าความน่าจะเป็นของการช่องสัญญาณที่ว่างมีขนาดใหญ่พอ

- เฟรมการแจ้งตอบกลับ

การรับและการตรวจสอบที่สำเร็จของข้อมูลหรือเฟรมคำสั่ง MAC ที่ได้รับการยืนยันกับการแจ้งตอบกลับ

ถ้าตัวเริ่มไม่ได้รับการแจ้งตอบกลับหลังจากช่วงเวลาหนึ่ง มันจะคิดว่าการส่งนั้นไม่สำเร็จและลองส่งเฟรมใหม่ ถ้ายังไม่ได้รับการแจ้งตอบกลับหลังจากส่งใหม่อีกหลายครั้ง ตัวเริ่มสามารถเลือกได้ทั้งการยุติการดำเนินการ หรือลองใหม่อีกครั้ง อย่างไม่อย่างหนึ่ง เมื่อการแจ้งตอบกลับไม่ถูกร้องขอ ตัวเริ่มจะคิดว่าการส่งประสบผลสำเร็จ

- การตรวจสอบข้อมูล

Cyclic redundancy check (CRC) ถูกใช้ในการตรวจจุดผิดพลาดใน PSDU ทั้งหมด

● การพิจารณาการสิ้นเปลืองพลังงาน

ในหลายๆ การใช้งานที่ใช้มาตรฐานนี้ อุปกรณ์จะมีพลังงานแบตเตอรี่ในการเปลี่ยนหรือการชาร์จแบตเตอรี่ จะมีช่วงสั้นๆ ที่ใช้งานไม่ได้ ดังนั้นการสิ้นเปลืองพลังงานเป็นสิ่งที่น่าเป็นกังวลอย่างมาก มาตรฐานนี้ถูกพัฒนาพร้อมกับแหล่งจ่ายไฟจำกัดที่ใช้งานได้ในความคิด อย่างไรก็ตามการทำงานทางกายภาพของมาตรฐานนี้จะต้องการเพิ่มการพิจารณาการจัดการพลังงานที่กำลังเป็นขอบเขตของมาตรฐานนี้

โปรโตคอลมีการพัฒนาอุปกรณ์ที่มีพลังงานแบตเตอรี่ อย่างไรก็ตามในการใช้งานจริง อุปกรณ์บางตัวสามารถที่จะมีพลังงานหลัก อุปกรณ์ที่มีพลังงานแบตเตอรี่จะต้องการที่จะลดการสิ้นเปลืองพลังงาน อุปกรณ์เหล่านี้จะใช้พลังงานมากที่สุดของชีวิตการทำงานในสภาวะหลับ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์แต่ละตัวจะฟังช่องสัญญาณความถี่วิทยุเป็นระยะๆ เพื่อที่จะตัดสินใจในการส่งข้อความที่ยังไม่เสร็จสิ้น กลไกได้ใช้ผู้ออกแบบการใช้งานในการตัดสินใจบนความสมดุลระหว่างการสิ้นเปลืองพลังงานและความหน่วงของการส่งข้อความ อุปกรณ์ที่มีพลังงานสูงกว่ามีทางเลือกของการที่จะรับช่องสัญญาณความถี่ต่อไป

มากกว่านั้นคุณสมบัติการประหยัดพลังงานของระบบ LR-WPAN UWB PHY ได้กำหนดการมอดูเลตแบบผสมที่เป็นการเปิดใช้งานที่ง่ายมาก สถาปัตยกรรมตัวรับที่ไม่มีการเชื่อมโยงกันที่ใช้พลังงานน้อยที่สุดและความซับซ้อนของการทำงาน

● ความปลอดภัย

จากมุมมองความปลอดภัย เครือข่ายไร้สายแบบ ad hoc ไม่แตกต่างจากเครือข่ายไร้สายอื่นๆ มักจะถูกการโจมตีจากการถูกดักฟังและการแก้ไขเปลี่ยนแปลงเฟรมข้อมูลเพราะการเข้าถึงทาง Physical ดังนั้นเครือข่ายเหล่านี้การรักษาความปลอดภัยทำได้ค่อนข้างยาก ข้อจำกัดเหล่านี้ได้จำกัดการเลือกอัลกอริทึมในการเข้ารหัสลับและโปรโตคอล ซึ่งมีอิทธิพลต่อการออกแบบของสถาปัตยกรรม

กลไกการเข้ารหัสลับในมาตรฐานนี้มีพื้นฐานมาจากการเข้ารหัสแบบ symmetric-key และใช้ key ที่ถูกกำหนดโดยการประมวลผลของขั้นที่สูงขึ้นไป (ZigBee Standard) การสร้างและการบำรุงรักษาของ key เหล่านี้อยู่นอกขอบเขตของมาตรฐานนี้

กลไกการเข้ารหัสลับถูกกำหนดรวมอยู่ในการบริการด้านความปลอดภัยดังนี้

- ความลับของข้อมูล : รับประกันได้ว่าข้อมูลที่ส่งไปจะเปิดเผยได้เฉพาะกับบุคคลที่เกี่ยวข้องเท่านั้น
- ความถูกต้องของข้อมูล : รับประกันแหล่งที่มาของข้อมูลที่ส่ง (ข้อมูลไม่ได้ถูกแก้ไขในการขนส่ง)
- การป้องกันความซ้ำซ้อน : รับประกันได้ว่าข้อมูลที่ซ้ำกันมีการตรวจพบ

■ การถูกดักฟัง

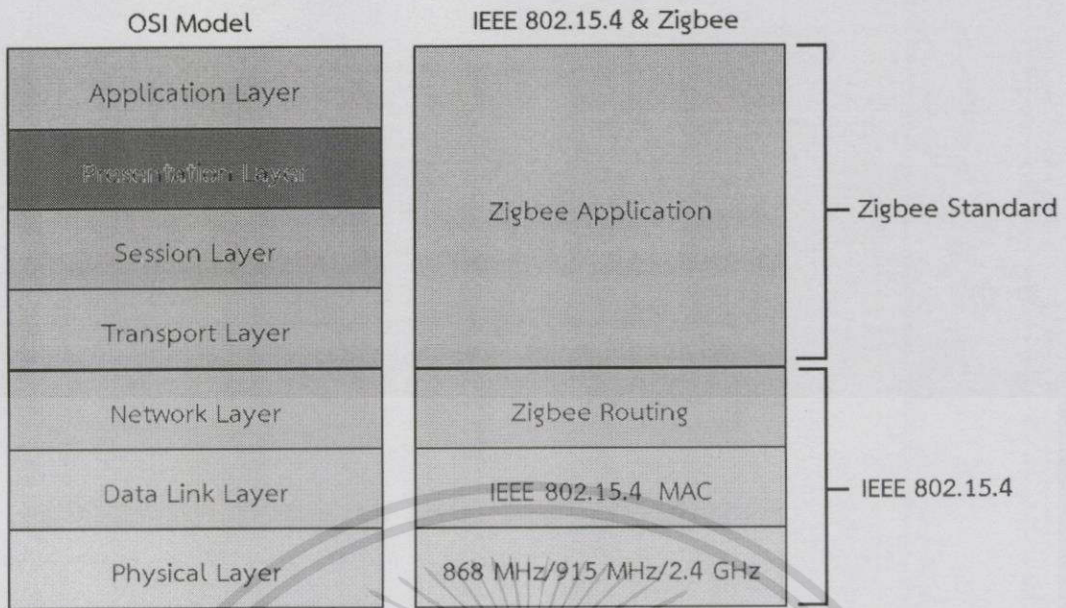
การป้องกันเฟรมที่เกิดขึ้นจริงถูกกำหนดให้สามารถดัดแปลงได้บนพื้นฐานของเฟรมต่อเฟรมและช่วยให้ระดับที่แตกต่างกันในความถูกต้องของข้อมูล (การรักษาความปลอดภัยที่น้อยที่สุดเห็นอกกว่าในเฟรมที่ถูกส่งตามที่กำหนด) และตัวเลือกความลับของข้อมูล เมื่อการป้องกันที่ไม่เพียงพอจึงต้องมีการป้องกันซ้ำๆ เสมอ

■ การแก้ไขดัดแปลงข้อมูล

การป้องกันเฟรมการเข้ารหัสลับจะใช้ key ร่วมกันระหว่างสองอุปกรณ์ (link key) หรือ key ที่ใช้ร่วมกันในกลุ่มของอุปกรณ์ (group key) ใดๆอย่างหนึ่ง จึงช่วยให้มีความยืดหยุ่นและความสมดุลในการทำงานเฉพาะทางระหว่างการจัดเก็บข้อมูลและค่าบำรุงรักษา key เมื่อเทียบกับการป้องกันการเข้ารหัสลับ ถ้า group key ถูกนำมาใช้สำหรับการสื่อสารแบบ peer-to-peer การป้องกันมิได้ใช้เฉพาะกับอุปกรณ์ภายนอกและไม่ได้เป็นอุปกรณ์ที่อันตรายที่อาจเกิดขึ้นในกลุ่มที่ใช้ key ร่วมกัน

2.17 มาตรฐานโมดูลสื่อสารไร้สายซิกบี (ZigBee Module Standard)

มาตรฐานโมดูลการสื่อสารไร้สายซิกบี ได้กำหนดชุดโครงสร้างโปรโตคอลเพื่อใช้ในการสื่อสาร โดยเริ่มจาก OSI Model Layer 3 ขึ้นไป ซึ่งจะประกอบด้วย การกำหนดรูปแบบโทโพโลยีในการสื่อสาร การยืนยันตัวตน (Authentication) การเข้ารหัสการสื่อสาร (Encryption) รวมไปถึงให้บริการแก่ Layer ชั้นบนถัดไป สำหรับตั้งแต่ OSI Layer 2 ลงมาจะใช้มาตรฐาน IEEE 802.15.4 เป็นตัวกำหนดมาตรฐานในการสื่อสาร ดังที่ได้แสดงรูปที่ 2.40



รูปที่ 2.40 OSI Model และ ZigBee Protocol Stack

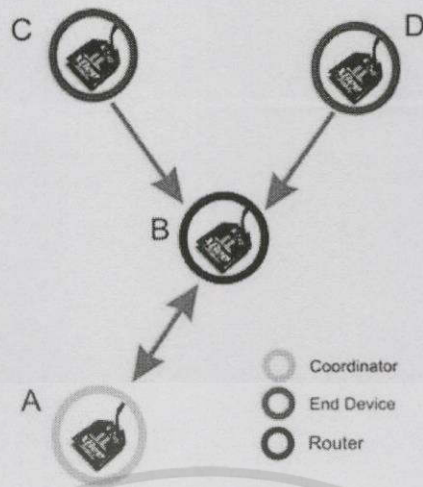
โปรโตคอล ZigBee ชั้น Network Layer กำหนดรูปแบบโทโพโลยีที่ใช้ในการสื่อสาร ดังนี้

○ **Star Topologies** : จะมีอุปกรณ์ตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นจุดศูนย์กลางคอยให้บริการการสื่อสารในระบบเครือข่ายเรียกว่า “Coordinator” ซึ่งอุปกรณ์ตัวอื่นๆ ที่เชื่อมต่ออยู่กับ Coordinator จะเรียกว่า “End Device” ดังรูปที่ 2.41



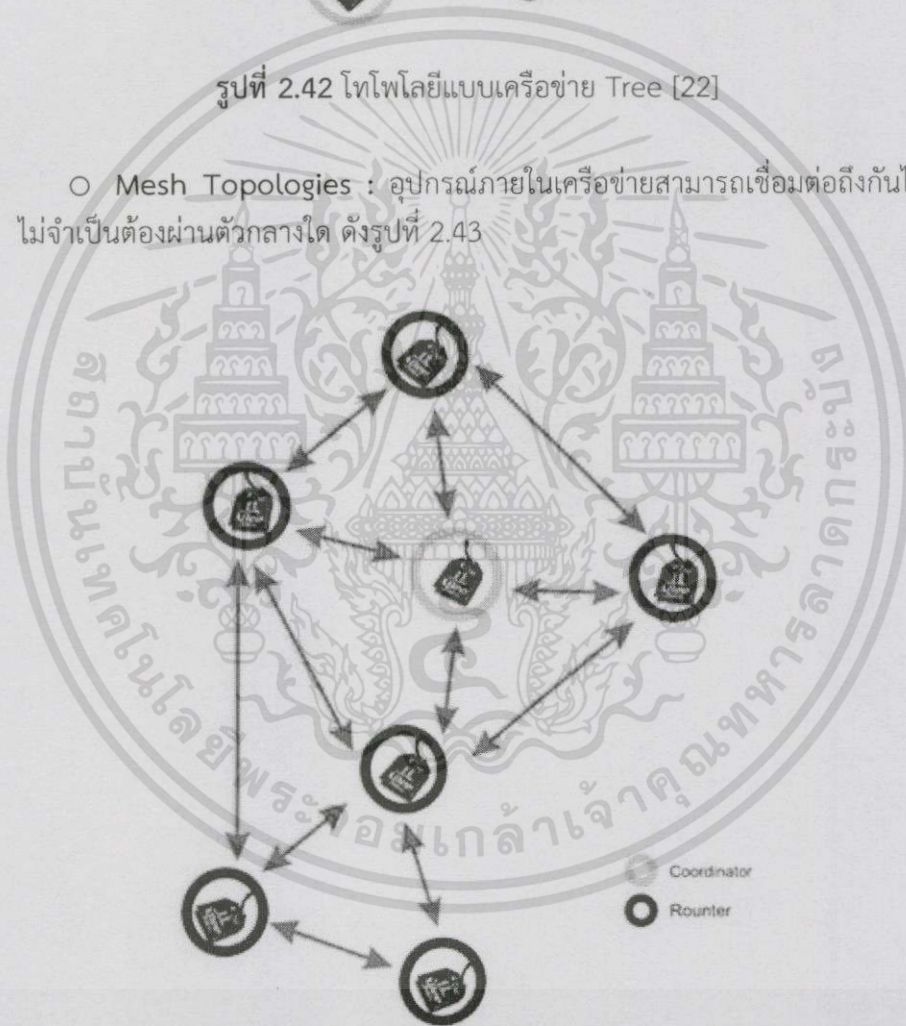
รูปที่ 2.41 โทโพโลยีแบบ Star [22]

○ **Tree Network Topologies** : อุปกรณ์มีการเชื่อมต่อเป็นลำดับชั้นโดย Coordinator อยู่ชั้นบน มีอุปกรณ์ที่เรียกว่า “Router” ทำหน้าที่เชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างชั้น Coordinator และ End Device ดังรูปที่ 2.42



รูปที่ 2.42 โทโพโลยีแบบเครือข่าย Tree [22]

○ Mesh Topologies : อุปกรณ์ภายในเครือข่ายสามารถเชื่อมต่อถึงกันได้โดยตรง ไม่จำเป็นต้องผ่านตัวกลางใด ดังรูปที่ 2.43



รูปที่ 2.43 โทโพโลยีแบบ Mesh [22]

2.17.1 หน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ในเครือข่าย (Machine Functional)

อุปกรณ์ที่หน้าที่ต่างๆ แต่ละรูปแบบในระบบเครือข่าย ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์จะแตกต่างกันออกไป สามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ

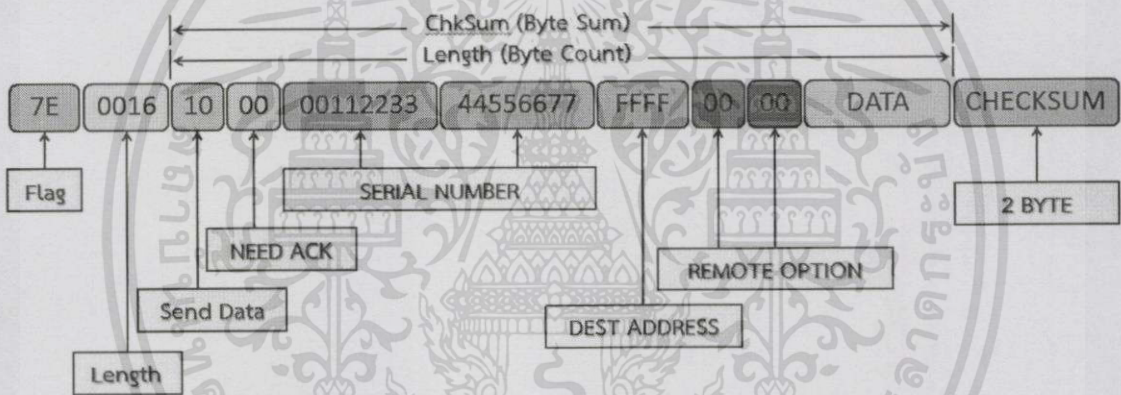
○ Coordinator : ทำหน้าที่ตอบสนองการค้นหา หรือร้องขอบริการต่างๆ จากอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับตัวเองซึ่งอยู่ภายในเครือข่าย (PAN ID) เดียวกัน และทำหน้าที่เป็นตัวแทนในการตอบรับและจัดเก็บข้อมูลที่สำคัญในการสื่อสาร

○ Router : เริ่มทำงานโดยทำการลงทะเบียนเพื่อเข้าสู่เครือข่ายนั้นๆ และทำหน้าที่ที่ตอบสนองการร้องขอบริการต่างๆ จากอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับตัวเอง และทำหน้าที่เป็นตัวแทนในการตอบรับและจัดเก็บข้อมูลที่สำคัญในการสื่อสาร

○ End Device : เริ่มทำงานโดยทำการลงทะเบียนเพื่อเข้าสู่เครือข่ายนั้นๆ จะทำการรับข้อมูลการสื่อสารจากอุปกรณ์อื่นๆ โดยตรวจสอบจากที่อยู่ของอุปกรณ์ (Address) ซึ่งจะต้องอยู่ในเครือข่าย (PAN ID) เดียวกัน จึงจะทำการรับข้อมูลมาประมวลผล

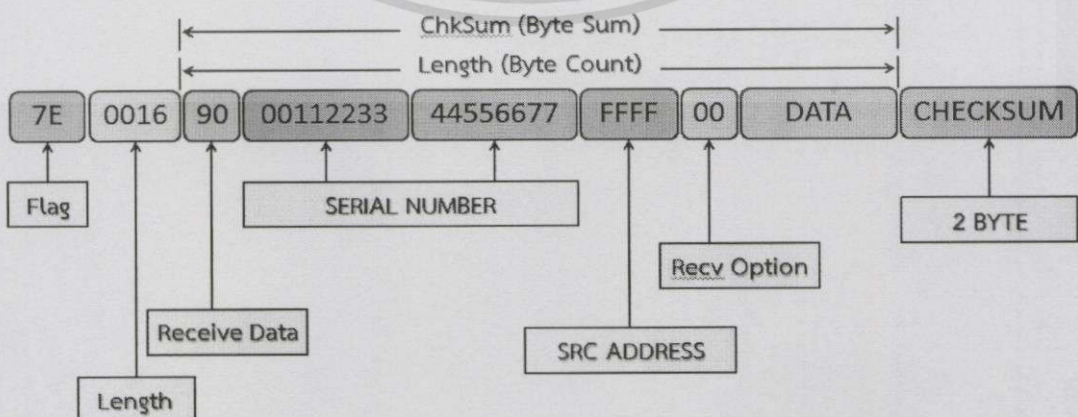
2.17.2 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการสื่อสารในโมดูลไร้สายซิกบี (API Mode Command)

ในการสื่อสารบนระบบเครือข่ายสื่อสารของโมดูลซิกบี สามารถทำได้โดยการส่งชุดคำสั่งซึ่งเรียกว่า “API Command” เข้าที่ขา Rx ของโมดูลซิกบี โดยรูปแบบชุดคำสั่งจะต้องทำการสร้างเฟรมข้อมูลที่มีองค์ประกอบอย่างสมบูรณ์โมดูลไร้สายซิกบีจึงจะทำการส่งข้อมูลได้ดังรูปที่ 2.44



รูปที่ 2.44 องค์ประกอบเฟรมข้อมูลที่ใช้ส่งในโมดูลไร้สายซิกบี

ในกรณีโมดูลไร้สายซิกบีได้รับข้อมูลเข้ามาจากเครือข่ายอุปกรณ์จะทำการตรวจสอบค่าแอดเดรสของเฟรมข้อมูลและค่าบิตตรวจสอบความผิดพลาด (Checksum) ที่รับได้ ซึ่งจะต้องมีลักษณะดังรูป ที่ 2.45 จึงจะนำมาประมวลผล



รูปที่ 2.45 องค์ประกอบเฟรมข้อมูลที่ได้รับในโมดูลไร้สายซิกบี

2.17.3 การสื่อสารบรอดแคสต์และมัลติแคสต์ (Broadcast & Multicast Communication)

- การสื่อสารแบบบรอดแคสต์ : จะต้องทำการกำหนด Destination Address ให้มีค่าเป็น 0xFFFF ดังตารางรูปที่ 2.46

Broadcast Address	Destination Group
0xffff	All devices in PAN
0xfffe	Reserved
0xfffd	<i>macRxOnWhenIdle</i> = TRUE

รูปที่ 2.46 ตารางแสดงการกำหนด Destination Address ในการสื่อสารแบบบรอดแคสต์ [23]

- การสื่อสารแบบมัลติแคสต์ : จะต้องทำการกำหนด Destination Address ให้มีค่าเป็น 0xFFFC ดังตารางรูปที่ 2.47

Broadcast Address	Destination Group
0xfffc	All routers and coordinator
0xffffb	Low power routers only
0xffff8 - 0xffffa	Reserved

รูปที่ 2.47 ตารางแสดงการกำหนด Destination Address ในการสื่อสารแบบมัลติแคสต์ [23]

2.17.4 การรักษาข้อมูลสำคัญ (Persistent Data)

ในขณะที่อุปกรณ์ทำงานอยู่ในระบบงานจริง หากเกิดกรณีที่การตั้งค่าต่างๆ ถูกรีเซ็ตด้วยจุดประสงค์ที่ถูกต้องหรืออุบัติเหตุก็ตาม ข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการทำงานของอุปกรณ์จะถูกเก็บรักษาเอาไว้และไม่สูญหายไปหลังจากถูกคำสั่งรีเซ็ต ซึ่งประกอบด้วย PAN ID, Extend PAN ID, 16-bit network address, 64-bit IEEE address และ parent device 16-bit network address (สำหรับ End Device)

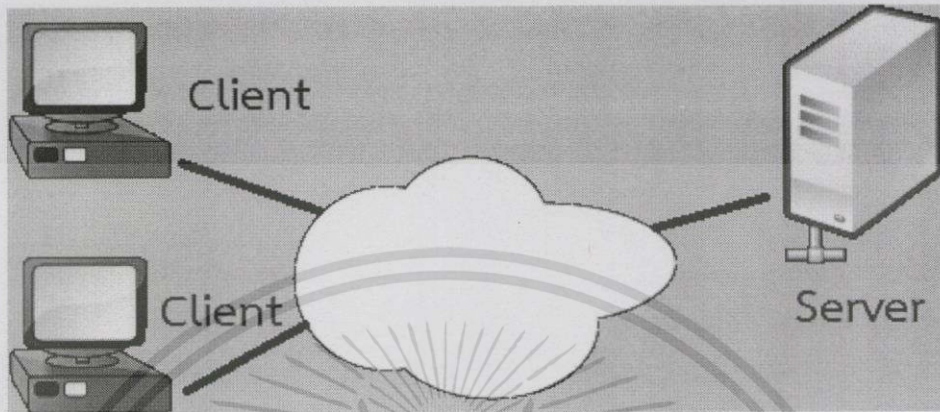
2.18 การสื่อสารแบบไคลเอนต์-เซิร์ฟเวอร์ (Client-Server Communication)

รูปแบบการสื่อสารแบบไคลเอนต์-เซิร์ฟเวอร์ คือ การสื่อสารในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์เป็นการสื่อสารที่มีการจัดการภาระงาน การจัดสรรทรัพยากรที่มีในระบบ และการให้บริการข้อมูลต่างๆ แก่อุปกรณ์ในเครือข่าย ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การสื่อสารจะถูกกำหนดให้เครื่องคอมพิวเตอร์ต้องใช้ภาษาในการสื่อสารแบบเดียวกัน เรียกว่า "Protocol" โดยการทำงานจะเริ่มต้นที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ทำการรันซอฟต์แวร์โปรแกรม เพื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
53
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้บริการทรัพยากรต่างๆ แก่ไคลเอนต์ หลังจากนั้นไคลเอนต์จะทำการร้องขอการเชื่อมต่อไปยังเซิร์ฟเวอร์ และรอการตอบกลับพร้อมการให้บริการตามที่ร้องขอ ดังรูปที่ 2.48

ปัจจุบันการใช้งานการสื่อสารแบบไคลเอนต์-เซิร์ฟเวอร์เป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น เวิลด์ไวด์เว็บ (www) อีเมล (E-mail) รวมไปถึงการแบ่งปันไฟล์ข้อมูลและเครื่องพิมพ์ (Resource Share)



รูปที่ 2.48 การทำงานระหว่าง Client - Server

2.19 แรงลอยตัว (Buoyant Force)

แรงลอยตัว (buoyant force) ของของเหลวที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในของเหลว จึงทำให้วัตถุลอยอยู่ได้ เพราะแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุนั้นมีค่าเพียงพอที่จะต้านน้ำหนักของวัตถุที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้ แต่สำหรับวัตถุที่จมลงในน้ำ แสดงว่าแรงลอยตัวที่กระทำต่อวัตถุนั้นมีค่าน้อยกว่าน้ำหนักของวัตถุ

การที่จะทำให้วัตถุ หรือในที่นี้เรียกว่า “ทุ่น” ลอยตัวอยู่ในน้ำได้ จึงต้องการวัตถุที่สามารถลอยตัวอยู่ในน้ำได้มาประกอบเข้าไปในทุ่น ส่วนใหญ่จะใช้อุปกรณ์ที่ทำมาจากพลาสติก ไม่ว่าจะเป็นกล่องน้ำพลาสติก ถังน้ำพลาสติก เนื่องจากพลาสติกนั้นมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ ซึ่งความหนาแน่นของน้ำมีค่าเท่ากับ 1 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (1 g/cm^3) หรือ 1 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (1 kg/cm^3) จึงทำให้วัสดุที่ทำมาจากพลาสติกนั้นสามารถลอยตัวอยู่ได้ สามารถแบ่งกรณีได้ดังนี้

- เมื่อวัตถุลอยอยู่ในอากาศ

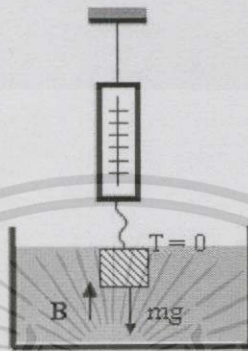


รูปที่ 2.49 การชั่งวัตถุในอากาศ [24]

จากรูปที่ 2.49 เมื่อชั่งวัตถุในอากาศ วัตถุจะตกลงมาตามแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่ง
จะวัดค่าจากตราชั่งได้จากแรงตึงเชือก ตามสมการด้านล่างนี้

$$T = mg$$

- เมื่อวัตถุลอยอยู่ในของเหลว

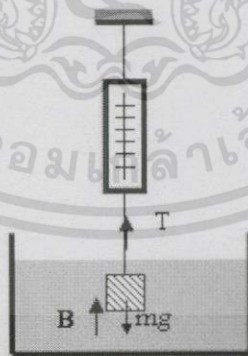


รูปที่ 2.50 วัตถุลอยอยู่ในของเหลว [24]

จากรูปที่ 2.50 เมื่อชั่งวัตถุในน้ำ วัตถุจะตกลงมาตามแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อวัตถุ
จมลงไป และแรงตึงเชือกของวัตถุเท่ากับ 0 จะมีแรงลอยตัวตามมา ซึ่งจะวัดค่าแรงลอยตัว
ได้ ซึ่งแรงลอยตัว จะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของเหลวในส่วนที่ลอยของวัตถุเท่านั้น
ตามสมการด้านล่างนี้

$$B = mg$$

- เมื่อวัตถุจมอยู่ในของเหลว



รูปที่ 2.51 วัตถุจมอยู่ในของเหลว [24]

จากรูปที่ 2.51 เมื่อชั่งวัตถุในน้ำ วัตถุจะตกลงมาตามแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อวัตถุ
จมลงไป จะมีแรงลอยตัวตามมาและมีค่าจากแรงตึงเชือก แสดงว่าวัตถุนั้นได้จมลงไปทั้ง
ก้อนแล้ว จึงมีค่าเท่ากับน้ำหนักของเหลว เท่ากับแรงทั้งสองที่มาช่วยยกวัตถุให้ลอยขึ้น ตาม
สมการด้านล่างนี้

$$T+B = mg$$

2.20 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

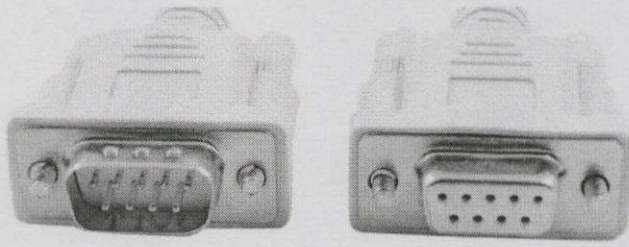


รูปที่ 2.52 พอร์ตอนุกรม RS-232 to USB [25]

จากรูปที่ 2.52 RS-232 ย่อมาจาก recommended Standard - 232 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Port) สามารถรับและส่งข้อมูลได้ พร้อมกัน (Full-duplex) ใช้ในการสื่อสารระหว่างจุดสองจุด กำหนดโดย สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association: EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเนคเตอร์เป็นแบบ DB-25 มีค่าระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 ถึง -12 V แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และค่าระดับสัญญาณ +3 ถึง +12 V แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

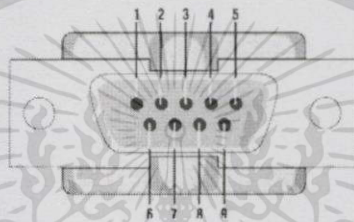
มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment: DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating: DCE) ไว้ว่า DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์แบบ DCE จะทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดย การส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะผ่านมาตรฐาน RS - 232 ข้อแตกต่างระหว่างอุปกรณ์ DTE และ DCE คือ คอนเนคเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเนคเตอร์ที่อยู่ที่ไม่เต็มจะเป็นแบบ DCE

มาตรฐาน RS-232 จำกัดการส่งข้อมูลที่ระยะ 50 ฟุต (ประมาณ 15 เมตร) ขึ้นอยู่กับ ชนิดของสายสัญญาณ ระยะทาง และปริมาณสัญญาณ ระบายและอัตราความเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุดไม่เกิน 20 kbps มีแบบ 9-Pin (DB9) และแบบ 25-Pin (DB25) เนื่องจากปริยญาณิพนธ์นี้ใช้ DB9 ในที่นี้จึงขอกล่าวถึง DB9 เพียงอย่างเดียว แสดงในรูปที่ 2.53 และ 2.54



รูปที่ 2.53 DB9 ด้านชายคือตัวผู้ (Male) และด้านขวาคือตัวเมีย (Female) [26]

- พอร์ตอนุกรมของ PC (DTE) จะเป็นคอนเนคเตอร์แบบ DB9 ตัวผู้ (Male)
- พอร์ตอนุกรมของอุปกรณ์ภายนอก (DCE) จะเป็นคอนเนคเตอร์แบบ DB9 ตัวเมีย (Female)



รูปที่ 2.54 DB9 ตัวผู้ด้านหลัง [27]

Pin	Description	Type
1	Data Carrier Detect (DCD)	Input
2	Received Data (RXD)	Input
3	Transmitted Data (TXD)	Output
4	Data Terminal Ready (DTR)	Output
5	Signal Ground (GND)	Input
6	Data Set Ready (DSR)	Input
7	Requests to Send (RTS)	Output
8	Clear to Send (CTS)	Input
9	Ring Indicator (RI)	Input

2.20.1 หน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232

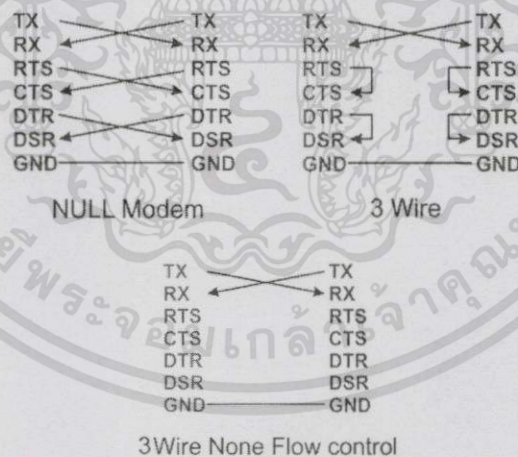
- DCD หรืออาจจะเรียกว่า Carrier Detect: CD ขานี้จะ active เมื่อมีการส่งสัญญาณพาหะจากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเช่นโมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ถูกใช้งานมากนัก
- RXD ขานี้ใช้รับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์
- TXD ใช้ส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป
- DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ ว่า ต้องการติดต่อด้วยโดยขา DTR นี้ต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของ

อุปกรณ์ทางต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อเป็นแบบ Null Modem ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเอง เข้าด้วยกันและต้องต่อกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห์

- GND สายดินของระบบ
- DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันของคอมพิวเตอร์ กับอุปกรณ์ปลายทางซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR
- RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมาทางคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null Modem 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกันเพื่อให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
- CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ข้อมูลที่ขา TXD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่
- RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปขานี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็ม และโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

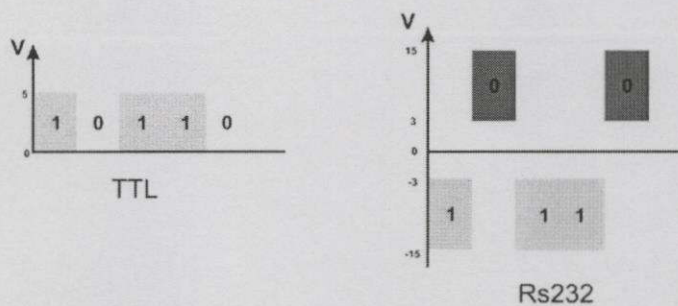
2.20.2 การเชื่อมต่อสาย DB9

การเชื่อมต่อสาย DB9 โดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 3 แบบดังรูปที่ 2.55



รูปที่ 2.55 รูปแบบการเชื่อมต่อสาย DB9 [28]

2.20.3 ระดับสัญญาณของ RS232



รูปที่ 2.56 ระดับสัญญาณของ TTL และระดับสัญญาณของ RS232 [28]

จากรูปที่ 2.56 สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น ในสายนำสัญญาณ มักจะมีแรงดันเป็นบวก เมื่อเทียบกับกราวด์ เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนนี้ จึงออกแบบแรงดัน ของโลจิก "1" เป็นลบ คืออยู่ในช่วง -3V ถึง -15V ส่วนแรงดัน ของโลจิก "0" อยู่ในช่วง +3V ถึง +15V และเหตุที่ระดับสัญญาณของ RS232 อยู่ในช่วง +15V ถึง -15V ก็เพื่อให้ต่อสายสัญญาณไปได้ไกลขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงจรเปลี่ยนระดับแรงดันของ RS232 มาเป็นระดับแรงดันของ TTL

2.20.4 อัตราการส่งข้อมูล (Baud rate)

- อัตราการส่งข้อมูลคือความเร็วของการรับ-ส่งข้อมูล เป็นจำนวนบิตต่อวินาที (bps) เช่น 300, 1,200, 2,400, 4,800, 9,600, 14,400, 19,200, 38,400, 56,000 เป็นต้น
- การเลือกอัตราการส่งข้อมูลขึ้นอยู่กับ ชนิดของสายสัญญาณ, ระยะทาง และ ปริมาณสัญญาณรบกวน

2.21 การสื่อสารข้อมูลอนุกรมผ่านโมดูล UART

UART ย่อมาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการสื่อสารอนุกรม แบบ Asynchronous

การสื่อสารอนุกรมแบบ Asynchronous เป็นการส่งข้อมูลที่ไม่ต้องใช้สัญญาณ Clock มาเป็นตัวกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูลแต่ ใช้วิธีกำหนด รูปแบบ Format การรับส่งข้อมูลขึ้นมาแทน และอาศัยการกำหนดความเร็วของการรับและส่งที่เท่ากันทั้งฝั่งรับและฝั่งส่ง ข้อดีของการใช้ Asynchronous คือสามารถสื่อสารแบบ Full Duplex คือการรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน แต่ Asynchronous มีโอกาสที่ข้อมูลจะสูญหายขณะรับส่งข้อมูล หรือ รับส่งข้อมูลผิดพลาดได้มากกว่าแบบ Synchronous

สรุปกล่าวคือ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) หมายถึง รูปแบบการส่งข้อมูล ที่ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้รับส่งข้อมูลแบบ Asynchronous โดยมีรูปแบบดังรูปที่ 2.57



รูปที่ 2.57 การรับส่งข้อมูลแบบ Asynchronous [28]

เริ่มต้นจาก Start Bit เป็น Logic 0 จากนั้นจะตามด้วย Data ที่เราส่ง แล้วจะถูกปิดด้วย STOP Bit เป็น Logic 1

หน้าที่หลักของ UART คือ ทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Serial) แล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าคอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังทำการแจ้งข้อมูลอื่นๆ ให้คอมพิวเตอร์ทราบด้วย เช่น อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล รูปแบบการส่งข้อมูลและความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ระหว่างการถ่ายเทข้อมูล (ผิดพลาดจากพริตตี เฟรมข้อมูล โอเวอร์รัน) เป็นต้น

ภายในUART จะมีส่วนของวงจรสร้างอัตราการถ่ายเทข้อมูลแบบโปรแกรมได้ (Programmable Baud Rate Generator) โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิตดังนั้นจึงกำหนดตัวหารให้อยู่ในช่วง 10 – 65,535

UART สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบ Half Duplex และ Full Duplex โดยการส่งแบบ Half Duplex ในการส่งแบบทิศทางเดียว ส่วนการส่งแบบ Full Duplex นั้นสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในคราวเดียวกัน

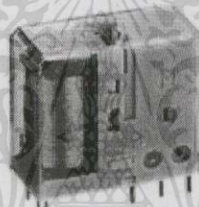
ในการสื่อสารผ่านโมเด็ม จะเป็นการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial) คือ โมเด็มจัดส่งข้อมูลออกไปทีละบิต หัวใจสำคัญอยู่ที่ชิป UART ซึ่งจะแปลงข้อมูลขนาด 8 บิต ที่มีอยู่ ให้ส่งออกไปทีละบิต (อนุกรม) และสามารถส่งผ่านสายโทรศัพท์ได้ โดยอาศัยการแปลงสัญญาณ ด้วยโมเด็มนั่นเอง ในคอมพิวเตอร์ จะมีพอร์ต อนุกรม ที่เรียกว่า RS-232 ก็จะมีชิป UART คอยควบคุมการรับส่งข้อมูลอยู่แล้ว เช่น เมาส์ (Mouse) ในอดีตก็เชื่อมกับคอมพิวเตอร์ ทางพอร์ตอนุกรม โดยมี UART คอยกำกับดูแลอยู่ แต่ UART ที่อยู่กับ I/O card มักจะเป็น UART เบอร์ 8250 หรือ 16540 ซึ่งไม่เหมาะ ที่จะใช้กับโมเด็มที่มีความเร็วสูง ๆ เนื่องจากไม่มีบัฟเฟอร์ ของข้อมูล แต่ถ้าคุณใช้โมเด็มแบบติดตั้งภายใน (Internal Modem) จะไม่มีปัญหาเรื่องชิป UART เพราะโมเด็มแบบติดตั้งภายใน จะมีชิป UART ของตัวมันเองอยู่แล้วระบบการเชื่อมโยงข้อมูลจะถูกส่งออกจาก ขาส่งสัญญาณ TXD ของ UART เป็นลำดับไปด้วยความเร็วที่กำหนดค่าไว้ล่วงหน้า สัญญาณที่ส่งเสียงออกไปจะมีค่าเป็นศูนย์หรือหนึ่ง ขารับสัญญาณ RXD จะมีหน้าที่คอยตรวจสอบว่ามีสัญญาณส่งมาให้ที่ความเร็วเดียวกับขาส่งสัญญาณ ข้อมูลจะถูกส่งออกไปหนึ่งไบต์ในแต่ละครั้ง อันนี้เป็นการส่งสัญญาณทางเดียว ในการส่งสัญญาณทางคู่ เราจะต้องติดตั้งวงจรแบบเดียวกันที่จุดตรงข้าม การส่งและรับสัญญาณจะต้องทำบนวงจรที่แยกจากกัน และเชื่อมโยงทำงานติดต่อกันโดยอิสระไม่ขึ้นต่อกัน ในแต่ละฟากจะสามารถรับหรือส่งสัญญาณไปให้อีกฝ่ายได้พร้อมในเวลาเดียวกัน

2.22 โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay)

2.22.1 ภาพรวมของโซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay)

การใช้รีเลย์ขับโหลดปกติอาจทำให้เกิดปัญหาหลายๆ อย่างตามมา เช่น การกระชากของไฟร่นแรงเกินไป ตอบสนองช้า สัญญาณรบกวน อุปกรณ์ที่สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ก็คือ Solid State Relay (โซลิดสเตทรีเลย์) แนวคิดสำคัญของโซลิดสเตทรีเลย์ คือ การใช้ไทรแอก BTA41600 ซึ่งเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่ง นิยมนำมาใช้งานในระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ซึ่งสามารถทำงานในความเร็วสูงๆ ได้ดี และทนกระแสวิกซ์เดียวกับรีเลย์ทั่วไป และมีการนำไอซี MOC3041 เข้ามาควบคุมการทำงานของไทรแอกอีกทีหนึ่ง ซึ่งสามารถรับแรงดันไฟต่ำๆ เพื่อการนำไปควบคุมส่วนระบบไฟกำลังให้ทำงานได้

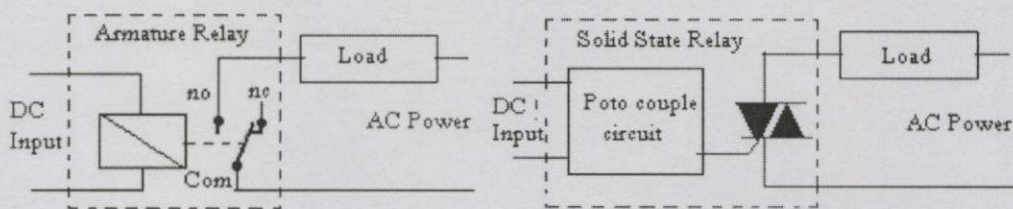
Solid State Relay หรือเรียกกันอย่างย่อว่า SSR ทำหน้าที่เป็น สวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่นเดียวกับรีเลย์ทั่วไปที่ แต่แตกต่างกับรีเลย์ปกติจะมีการทำงานแบบไฟฟ้ากล และการทำงานเชิงกล (Electromechanical) สำหรับ SSR จะใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดในการทำงาน



รูปที่ 2.58 รีเลย์แบบไฟฟ้า-กล (Electromechanical Relay) [30]

SSR ใช้เทคโนโลยีของ Semiconductor ทำให้ไม่มีชิ้นส่วนของอุปกรณ์ใดๆ ที่เคลื่อนที่ จึงปราศจากเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับรีเลย์แบบหน้าสัมผัส และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานระยะยาว

โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid state Relay) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อ (Interface) ระหว่างภาคควบคุม (Control) ซึ่งเป็นส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ กับวงจรภาคไฟฟ้ากำลัง (Power) โดยที่ภาคทั้งสองจะมีระบบกราวด์ (Ground) ที่แยกออกจากกันทำให้สามารถป้องกันการลัดวงจร (Short circuit) และการรบกวนซึ่งกันและกันได้ อาจถือได้ว่าเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้แทนอาร์เมเจอร์รีเลย์ (Armature Relay) แต่มีข้อดีกว่าคือ มีขนาดเล็กกว่า ความไวในการทำงานที่สูงกว่า และอายุการทำงานนานกว่า มีการเปรียบเทียบวงจรระหว่างอาร์เมเจอร์รีเลย์และโซลิดสเตทรีเลย์ดังรูปที่ 2.59



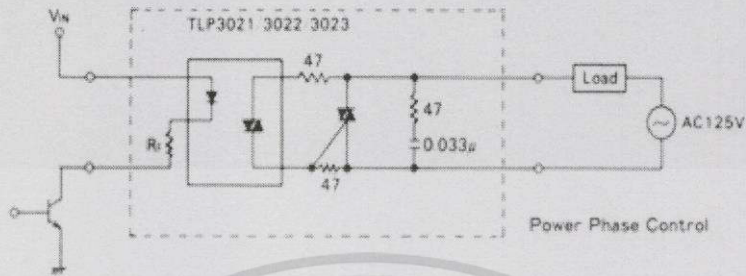
รูปที่ 2.59 การเปรียบเทียบวงจรระหว่างอาร์เมเจอร์รีเลย์และโซลิดสเตทรีเลย์ [30]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.22.2 องค์ประกอบและวงจรพื้นฐานของโซลิดสเตตรีเลย์ (Solid State Relay)

โซลิดสเตตรีเลย์ นั้นมีด้วยกัน 2 แบบ ดังนี้

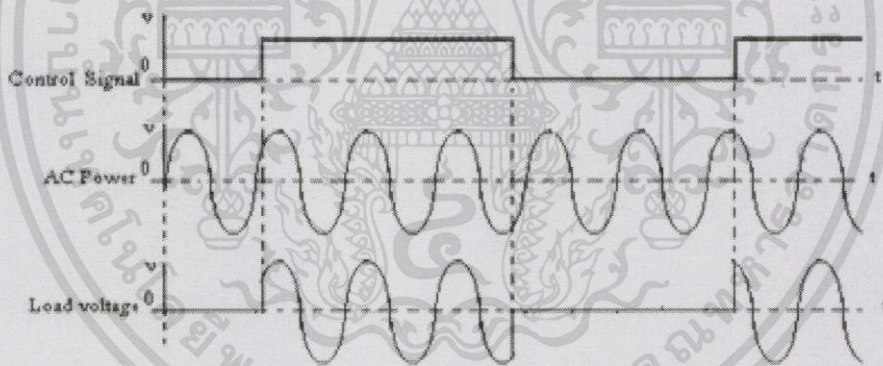
- แบบ Non Zero Crossing Type



รูปที่ 2.60 วงจรพื้นฐานของโซลิดสเตตรีเลย์แบบ Non Zero Crossing Type [30]

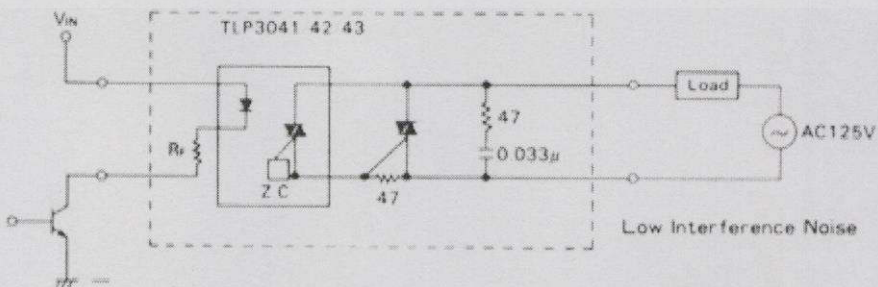
จากรูปที่ 2.60 จะเห็นได้ว่าโซลิดสเตตรีเลย์แบบ Non Zero Crossing Type มีองค์ประกอบที่สำคัญคือ Photo Couple, Main Triac และ Snubber circuit

การทำงานของวงจรสามารถอธิบายได้จาก กราฟรูปคลื่นสัญญาณและแรงดันไฟฟ้าที่จุดต่าง ๆ ในวงจรตามรูปที่ 2.61 ซึ่งกระแสไฟฟ้าและแรงดันที่ตกคร่อมโหลดจะปรากฏทันทีที่สัญญาณควบคุมที่ป้อนเข้าเป็นบวก



รูปที่ 2.61 แรงดันไฟฟ้าของโซลิดสเตตรีเลย์แบบ Non Zero Crossing Type [30]

- แบบ Zero Crossing Type



รูปที่ 2.62 วงจรพื้นฐานของโซลิดสเตตรีเลย์แบบ Zero Crossing Type [30]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

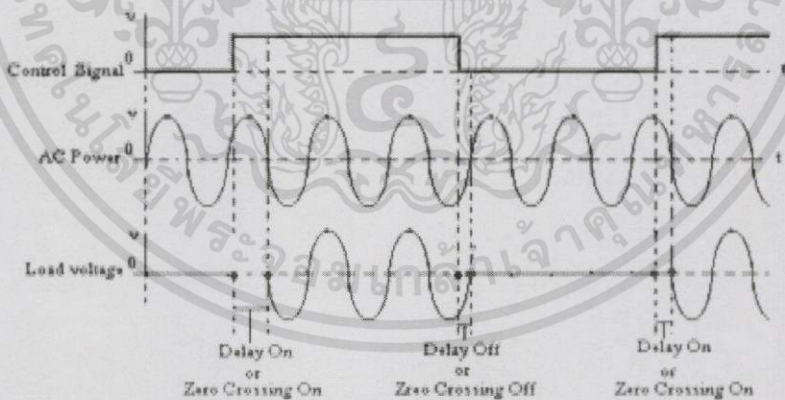
Recommended R_f Value

Type	Recommended R _f (Power Rating(W))		
	@ V _{IN} = 5V	@ V _{IN} = 12V	@ V _{IN} = 32V
TLP3021 TLP3041	120Ω (1/2)	390Ω (1/2)	1.2KΩ (2)
TLP3022 TLP3042	180Ω (1/4)	560Ω (1/2)	1.8KΩ (1)
TLP3023 TLP3043	360Ω (1/8)	1.2KΩ (1/4)	3.6KΩ (1/2)

รูปที่ 2.63 รายละเอียดของรุ่นต่างๆ ของโซลิตสเตทรีเลย์แบบ Zero Crossing Type [30]

จากรูปที่ 2.62 จะเห็นได้ว่าโซลิตสเตทรีเลย์แบบนี้ มีองค์ประกอบ ที่สำคัญคือ Photo Couple ที่เป็นแบบ Zero Crossing Circuit, Main Triac และ Snubber circuit และจากรูปที่ 2.63 จะทราบถึงรายละเอียดของรุ่นต่างๆ ของโซลิตสเตทรีเลย์แบบ Zero Crossing Type

การทำงานของวงจรสามารถอธิบายได้จาก กราฟรูปคลื่นสัญญาณและแรงดันไฟฟ้าที่จุดต่าง ๆ ในวงจรตามรูปที่ 2.64 ซึ่งกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมโหลดจะไม่ปรากฏทันทีที่สัญญาณควบคุมที่ป้อนเข้าเป็นบวก แต่จะหน่วงไปจนถึงจุดที่แรงดัน AC power เป็นศูนย์จึงจะให้กระแสไฟฟ้าไหลในวงจรโหลด (ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Zero Crossing On) และเมื่อสัญญาณควบคุมที่ป้อนเข้าเป็นศูนย์ก็จะมีกระแสไฟฟ้าในวงจรโหลดทันทีแต่จะหน่วงไปจนถึงจุดที่แรงดัน AC power เป็นศูนย์จึงจะตัดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรโหลด (ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Zero Crossing Off)



รูปที่ 2.64 แรงดันไฟฟ้าของโซลิตสเตทรีเลย์แบบ Zero Crossing Type [30]

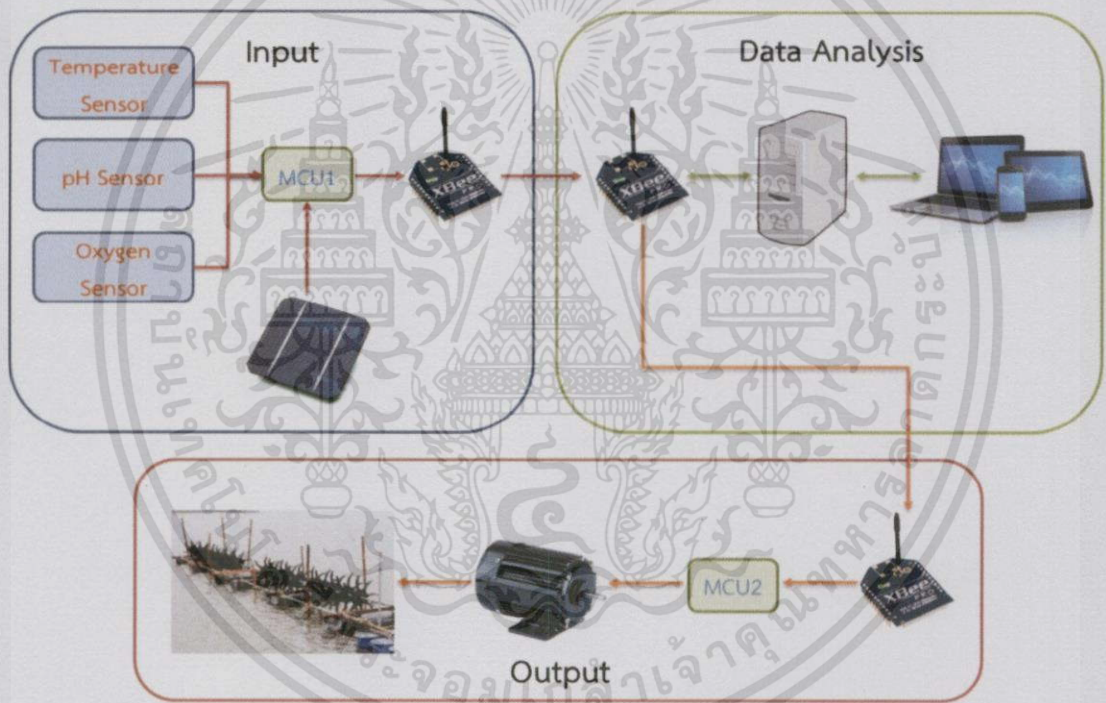
บทที่ 3

การออกแบบและพัฒนาระบบ

การออกแบบและพัฒนาระบบจัดการฟาร์มกุ้งโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ จะนำทฤษฎีจากบทที่ 2 มาใช้สำหรับออกแบบและพัฒนาระบบ โดยในบทนี้จะกล่าวถึงภาพรวมของระบบจัดการฟาร์มกุ้งโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และอธิบายรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ในการออกแบบและพัฒนาระบบ

3.1 องค์ประกอบของระบบ

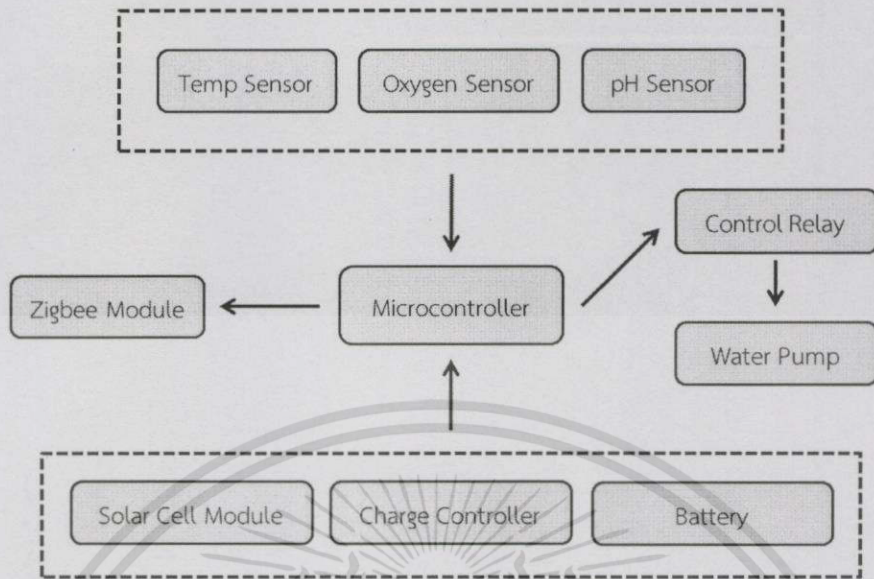
การออกแบบระบบนั้นมีองค์ประกอบโดยรวมแสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบการจัดการฟาร์มกุ้งโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

จากรูปแสดงองค์ประกอบภาพรวมของระบบในการจัดการฟาร์มกุ้งโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนที่สำคัญดังนี้

3.1.1 ส่วนอินพุตของระบบ



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมในส่วนอินพุตของระบบ

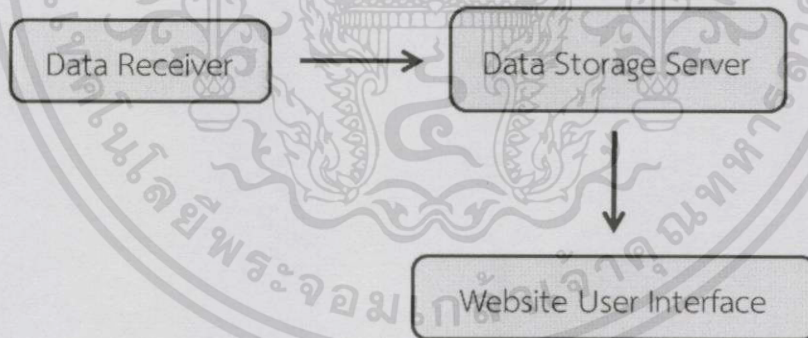
จากรูปที่ 3.2 ส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการควบคุมอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้วัดค่าต่างๆ ในน้ำ ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยรวบรวมข้อมูลทั้งหมด ส่งต่อไปที่ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลต่อไป ซึ่งอุปกรณ์ในส่วนอินพุตของระบบประกอบด้วย

- หน่วยประมวลผลที่ 1 (MCU1) : เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ทั้งสามส่วนนั่นคือ ค่าอุณหภูมิ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และค่าความเป็นกรด-ด่าง และทำหน้าที่ควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลของโมดูลสื่อสารไร้สายซิกบี
- เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) : รับผิดชอบการทำงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการวัดค่าอุณหภูมิในน้ำ และทำการส่งค่าอุณหภูมิที่วัดได้เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์
- เซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH Sensor) : ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำโดยอัตโนมัติเมื่อเปิดเครื่องเซ็นเซอร์ และทำการส่งค่าความเป็นกรด-ด่างที่วัดได้เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์
- เซ็นเซอร์วัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen Sensor) : ทำการวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดยอัตโนมัติเมื่อเปิดเครื่องเซ็นเซอร์ แล้วจึงทำการส่งค่าข้อมูลที่วัดได้เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์
- โมดูลสื่อสารไร้สายซิกบี (ZigBee Module) : ทำหน้าที่ในส่วนของการรับส่งข้อมูลไปยังส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล โดยจะมีกระบวนการทำงานดังนี้
 - การส่งข้อมูล : รับคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ส่งข้อมูลสู่โมดูลซิกบีที่ติดตั้งอยู่ในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล

- การรับข้อมูล : รวบรวมข้อมูลจากไมโครชิคบีในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล
แล้วนำข้อมูลส่งต่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำข้อมูลมาประมวลผลและใช้
ควบคุมการทำงาน

- แผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell Module) : ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงาน
แสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า
- เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller) : ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิต
ได้เข้าแบตเตอรี่ และควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณเหมาะสมกับแบตเตอรี่
รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่
- แบตเตอรี่ (Battery) : ทำหน้าที่เก็บไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- รีเลย์ควบคุม (Control Relay) : ทำหน้าที่ควบคุมการเปิด-ปิดปั้มน้ำที่สูบน้ำจากบ่อ
โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานด้วยการเขียนโปรแกรม
- มอเตอร์ปั้มน้ำกระแสตรง (Water Pump DC Motor) : ทำหน้าที่สูบน้ำเข้า-สูบน้ำ
ออก บ่อพักที่เตรียมไว้ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมผ่านรีเลย์
- ถังน้ำพลาสติก (Barrel) : ทำหน้าที่พยุงช่วยให้ท่อนลอยอยู่เหนือผิวน้ำ ตามหลักการ
ของแรงลอยตัว
- ท่อ PVC (Plastic Pipework) : ทำหน้าที่เป็นท่อน เพื่อลอยน้ำ มีการสร้างโครงสร้าง
เพื่อให้วางอุปกรณ์ทุกส่วนที่มีอยู่ในส่วนของอินพุตทั้งหมดลอยอยู่บนผิวน้ำให้ได้

3.1.2 ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล



รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล

จากรูปที่ 3.3 ในส่วนของ Data Receiver จะทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากส่วนอินพุตของ
ระบบซึ่งเป็นค่าข้อมูลคุณภาพน้ำจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดค่าต่างๆ ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าออกซิเจน
และค่าความเป็นกรด-ด่าง เก็บบันทึกข้อมูลลงสู่ส่วน Data Storage แล้วจึงทำการแสดงผลข้อมูลที่ได้
ผ่านทางหน้าเว็บไซต์ ระบบจะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับโดยลักษณะการทำงานเป็นดังนี้

- ค่าอุณหภูมิ: ระบบจะกำหนดช่วงค่ามาตรฐานโดยมีขอบเขตที่ถูกจำกัดโดยค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดเพื่อใช้เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่ได้รับ กรณีข้อมูลอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ หรือกรณีค่าอยู่นอกช่วงค่ามาตรฐาน ระบบจะทำการแสดงผลฟังก์ชันการเปรียบเทียบค่าข้อมูลต่อผู้ใช้
- ค่าออกซิเจน: เปรียบเทียบตามค่าออกซิเจนมาตรฐานโดยแบ่งเป็น 5 ระดับ ซึ่งในแต่ละระดับจะต้องมีการจำกัดขอบเขตโดยค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดเสมอ หากค่าออกซิเจนที่ได้รับอยู่ในระดับชั้นออกซิเจนใด ระบบจะนำหมายเลขระดับชั้นขึ้นแสดงผลต่อผู้ใช้
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง: ระบบจะกำหนดช่วงค่ามาตรฐานโดยมีขอบเขตที่ถูกจำกัดโดยค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดเพื่อใช้เปรียบเทียบค่าเช่นเดียวกับค่าอุณหภูมิ

การทำงานในลำดับถัดมาคือ การตรวจสอบโหมดการทำงานเพื่อควบคุมมอเตอร์กังหันตีน้ำ โดยระบบจะรองรับการทำงาน 2 รูปแบบดังนี้

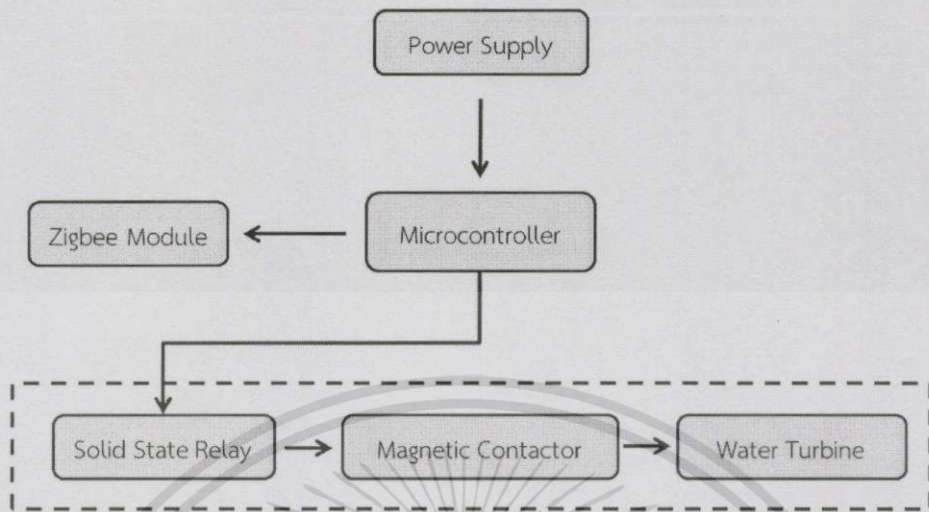
1) การควบคุมโดยอัตโนมัติ : ระบบจะตรวจสอบระดับชั้นของค่าออกซิเจนในปัจจุบัน แล้วจะทำการควบคุมเปิด-ปิดมอเตอร์ตามแผนการควบคุมที่ถูกกำหนดไว้สำหรับระดับชั้นออกซิเจนนั้นๆ โดยแผนการควบคุม 1 แผน ผู้ใช้จะต้องทำการตั้งค่าการเปิด-ปิดมอเตอร์สำหรับระดับออกซิเจนทั้งหมด 5 ระดับให้ถูกต้อง

2) การควบคุมโดยตรงจากผู้ใช้ : ระบบจะรอรับคำสั่งควบคุมการเปิด-ปิดโดยตรงจากผู้ใช้ โดยติดต่อผู้ใช้ผ่านทางหน้าเว็บไซต์

ซึ่งอุปกรณ์ในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลมีดังนี้

- ส่วนรับข้อมูลจากระบบอินพุต (Data Receiver) : ทำหน้าที่รองรับข้อมูลที่ส่งมาจากโมดูลสื่อสารไร้สายซิกบีเก็บลงฐานข้อมูล เช่น ค่าอุณหภูมิ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และค่าความเป็นกรด-ด่าง แล้วทำการส่งต่อข้อมูลไปเก็บบันทึกยังส่วนเซิร์ฟเวอร์เก็บข้อมูล
- ส่วนเซิร์ฟเวอร์เก็บข้อมูล (Data Storage Server) : ทำหน้าที่จัดการข้อมูลที่ส่งมาจากส่วนรับข้อมูลโดยทำการบันทึกเข้าสู่ฐานข้อมูล และทำหน้าที่ให้บริการข้อมูลแก่ผู้ใช้ในการเรียกดูข้อมูลต่างๆ เช่น ค่าอุณหภูมิ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำและค่าความเป็นกรด-ด่างได้ ผ่านทางหน้าเว็บไซต์
- ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ (Website) : เป็นส่วนของหน้าเว็บไซต์ซึ่งจะทำงานติดต่อระหว่างผู้ใช้กับเครื่องเซิร์ฟเวอร์เก็บข้อมูลโดยผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลต่างๆ เช่น ค่าอุณหภูมิ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และค่าความเป็นกรด-ด่างได้ และสามารถสั่งการทำงานไปยังส่วนเอาต์พุตของระบบ เพื่อสั่งการทำงานไปยังมอเตอร์ใบพัดตีน้ำให้ทำงานตามต้องการ

3.1.3 ส่วนเอาต์พุตของระบบ



รูปที่ 3.4 บล็อกไดอะแกรมในส่วนเอาต์พุตของระบบ

จากรูปที่ 3.4 ระบบจะทำหน้าที่รับคำสั่งการควบคุมมอเตอร์จากส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล แล้วระบบจะทำการตรวจสอบและสั่งการทำงานไปยังมอเตอร์ใบพัดต่อน้ำให้ทำงานตามต้องการ ในส่วนเอาต์พุตของระบบจะสามารถสั่งงานมอเตอร์ใบพัดต่อน้ำได้ชุดละ 1 ตัว หากต้องการสั่งงานมอเตอร์ใบพัดต่อน้ำมากกว่า 1 ตัว จำเป็นต้องเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ให้ครบตามจำนวนที่ต้องการต่อ 1 ชุด ซึ่งอุปกรณ์ในส่วนเอาต์พุตของระบบมีดังนี้

- หน่วยประมวลผลที่ 2 (MCU2) : เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลของโมดูลสื่อสารไร้สายซิกบี ซึ่งเป็นข้อมูลคำสั่งควบคุมมอเตอร์โดยถูกส่งมาจากส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจสอบคำสั่งที่ได้รับและดำเนินการเปิด-ปิดกังหันต่อน้ำต่อไป
- โมดูลสื่อสารไร้สายซิกบี (ZigBee Module) : ทำหน้าที่ในส่วนของการรับ-ส่งข้อมูลไปยังส่วนอินพุตของระบบ โดยจะมีกระบวนการทำงานดังนี้
 - การส่งข้อมูล : การส่งข้อมูล Acknowledge กลับไปยังส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล ให้ทราบว่ามอเตอร์ใบพัดต่อน้ำได้ทำงานแล้ว
 - การรับข้อมูล : รอรับข้อมูลจากโมดูลซิกบีจากส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล แล้วนำข้อมูลส่งต่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อการสั่งงานไปยังมอเตอร์ใบพัดต่อน้ำต่อไป
- โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay) : ทำหน้าที่การเปิด-ปิดการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานด้วยการเขียนโปรแกรม
- แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor) : ทำหน้าที่เปิด-ปิดมอเตอร์ ใบพัดต่อน้ำ มีหลักการที่ใช้อำนาจของแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมผ่านโซลิดสเตทรีเลย์

- มอเตอร์ใบพัดตีน้ำ (Water Turbine Motor) : ทำหน้าที่ขับเคลื่อนใบพัดให้ทำการหมุน หมุนตีน้ำเพื่อเพิ่มออกซิเจน โดยผ่านแมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่เป็นตัวควบคุม
- หม้อแปลง (Power Supply) : เป็นอุปกรณ์จ่ายพลังงานแก่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ภายในส่วนของเอาต์พุตของระบบทำงานได้

3.2 การออกแบบฮาร์ดแวร์

ในส่วนของการออกแบบฮาร์ดแวร์จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนอินพุตของระบบ ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลและส่วนเอาต์พุตของระบบ ซึ่งจะมีรายละเอียดของฮาร์ดแวร์ดังนี้

3.2.1 ส่วนอินพุตของระบบ



รูปที่ 3.5 องค์ประกอบทั้งหมดของระบบในส่วนอินพุตของระบบ

ส่วนระบบอินพุตนี้จะถูกนำมาติดตั้งอยู่บนท่อนลอยน้ำ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ ดังรูปที่ 3.5 คือ

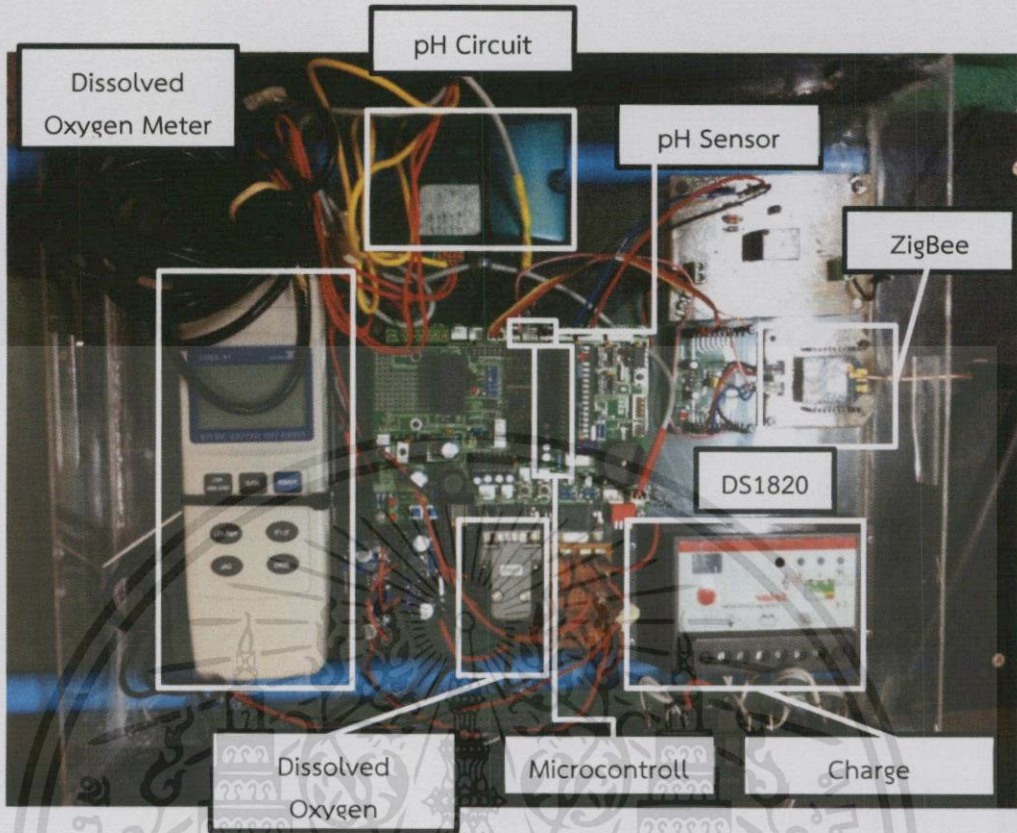
1) แหล่งสร้างพลังงานของระบบ (Power Source)

แหล่งสร้างพลังงานของระบบทำหน้าที่ในการสร้างแหล่งพลังงานสำหรับส่วนต่างๆ ในระบบอินพุตทั้งหมด จะประกอบด้วย

- แผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Cell Module) : ใช้ขนาด 40 วัตต์ เพื่อให้เพียงพอในการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ภายใน 1 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) วงจรอิเล็กทรอนิกส์และเซ็นเซอร์ (Electronics Circuit and Sensor Module)



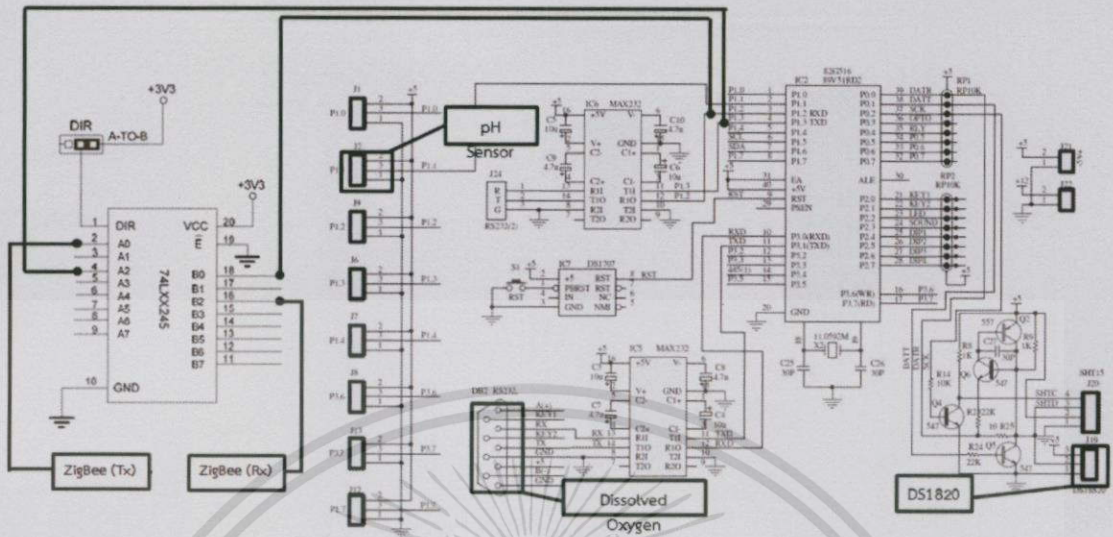
รูปที่ 3.6 องค์ประกอบทั้งหมดของระบบในส่วนอินพุตของระบบ

จากรูปที่ 3.6 วงจรอิเล็กทรอนิกส์และเซ็นเซอร์ทำหน้าที่ในการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำซึ่งกระบวนการจะเป็นการสูบน้ำเข้าในบ่อพักน้ำ จากนั้นทำการวัดค่าคุณภาพน้ำด้วยเซ็นเซอร์ นำค่าข้อมูลส่งออกไปสู่ส่วนอินพุตของระบบ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานของส่วนนี้ประกอบด้วย

- หน่วยประมวลผลที่ 1 (MCU1) : ได้เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ MAC-ENG v3.0 ซึ่งใช้ชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ MPC82G516A ของ MEGAWIN ตระกูล MCS-51 ขนาด 40-Pin โดยการออกแบบและพัฒนาโดยใช้ภาษา C ในการควบคุมด้วยโปรแกรม Keil μ Vision3 และเขียนลงในไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้โปรแกรม ISP ICP Programmer โปรแกรมจะทำหน้าที่รับค่าจากเซ็นเซอร์ทั้งหมด และติดต่อกับโมดูลไร้สายซิกบี
- เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) : ใช้ไอซี DS1820 ซึ่งเป็นไอซีแบบดิจิทัล เนื่องจากให้ค่าความแม่นยำมากกว่าเซ็นเซอร์วัดแบบอนาล็อก และทำการส่งข้อมูลการวัดโดยนำมาเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ MAC-ENG ผ่านพอร์ต DS18S20 ซึ่งมีวงจรและชิพที่จำเป็นในการเชื่อมต่อกับไอซี DS1820 แล้ว

- เซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH Sensor) : ได้เลือกใช้ชนิด pH-ISFET KIT ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (National Electronics and Computer Technology Center : NECTEC) โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่วัดได้จะแสดงออกในรูปของแรงดันไฟฟ้า (Volt) การส่งข้อมูลค่า pH ที่วัดได้จะนำไปเชื่อมต่อกับพอร์ตอนาล็อกทูดิจิตอล (A/D Port) บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ MAC-ENG ได้
- เซ็นเซอร์วัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen Sensor) : เลือกใช้ Dissolved Oxygen meter รุ่น YK-22DO ซึ่งสามารถส่งข้อมูลค่า DO ไปสู่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ MAC-ENG ได้โดยผ่านพอร์ต RS232
- โมดูลสื่อสารไร้สายซิกบี (ZigBee Module) : ใช้ XBee รุ่น Series 2 Pro 50 mW เสืออากาศชนิด U.FL Connection ซึ่งมีกำลังส่งที่ไกลถึง 2 ไมล์ (3.2 กิโลเมตร) และสามารถต่อสายของเสาสัญญาณเพื่อใช้จัดการขยายขอบเขตพื้นที่รับสัญญาณได้อย่างอิสระ ในส่วนของการรับส่งข้อมูล จะมีกระบวนการทำงานดังนี้
 - การส่งข้อมูล : รับคำสั่งจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ MAC-ENG ผ่านพอร์ต RS232 (2) ส่งข้อมูลสู่โมดูลซิกบีในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล
 - การรับข้อมูล : ทำงานโดยรอรับข้อมูลจากโมดูลซิกบีในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล แล้วจึงนำข้อมูลส่งต่อไปที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ MAC-ENG ผ่านพอร์ต RS232 (2) เพื่อนำข้อมูลมาประมวลและใช้ควบคุมการทำงาน
- วงจรแปลงไฟ : นำ ET-MINI LOGIC LEVEL SHIFTER มาใช้งานซึ่งประกอบด้วย ไอซี 74LCX245 ทำหน้าที่แปลงระดับสัญญาณไฟจาก 5V ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เป็น 3.3V เพื่อใช้ในการสื่อสารกับโมดูลซิกบี
- เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller) : ได้เลือกใช้ขนาด 10 แอมป์ เพื่อให้เพียงพอต่อกระแสไฟที่เข้ามาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- รีเลย์ควบคุม (Control Relay) : เลือกใช้ขนาดแรงดันอินพุตและเอาต์พุต 24 โวลต์โดยผ่านวงจรเพิ่มแรงดันไฟ เพื่อให้มอเตอร์ปั้มน้ำทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ

● การเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์และระบบเซ็นเซอร์

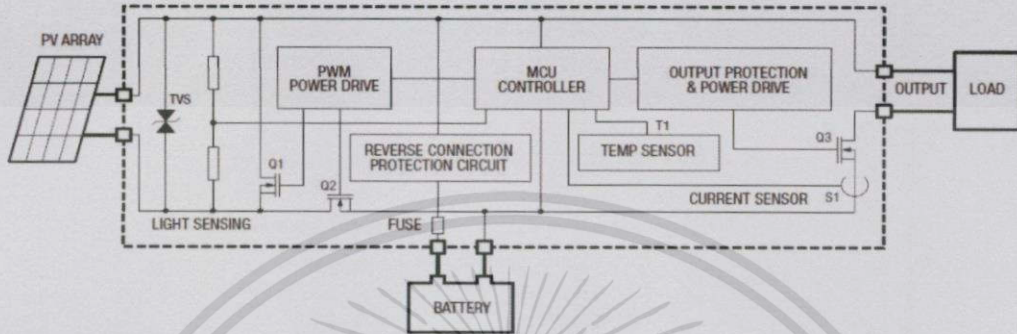


รูปที่ 3.7 วงจรการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ MAC-ENG v3.0

- DO เซ็นเซอร์วัดออกซิเจนต่อเข้ากับพอร์ต RS-232 (DB9) ซึ่งต่อกับไอซี MAX232 เพื่อแปลงสัญญาณโลจิกให้สื่อสารกับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ผ่านขา 10 (RXD) และ 11 (TXD) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้
- DS1820 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิไอซี DS18B20 ต่อเข้ากับพอร์ต DS18S20 ที่มีมาให้ ซึ่งวงจรได้ผ่านจากขา 1 ของไอซีไปที่กราวด์ ขา 2 ของไอซีไปที่ขา 39 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นขารับข้อมูล และขา 3 ของไอซีต่อกับไฟ-5V
- pH Sensor เซ็นเซอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง ต่อสายสัญญาณข้อมูลจากเซ็นเซอร์เข้ากับพอร์ต P1.1 ซึ่งทำการรับข้อมูลแบบอนาล็อกพหุติจิตอล (AVD Port) และสายกราวด์ของเซ็นเซอร์ต่อเข้ากราวด์ของไมโครคอนโทรลเลอร์
- ZigBee (Rx) โมดูลชิคปีขาส่งต่อเข้ากับขา 16 ของไอซี 74LCX245 เพื่อรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์
- ZigBee (Tx) โมดูลชิคปีขารับต่อเข้ากับขา 2 ของไอซี 74LCX245 เพื่อส่งข้อมูลเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์

- วงจรเครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller)

เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller) ทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ และเก็บพลังงานเข้าสู่แบตเตอรี่ ทั้งยังสามารถต่อเอาต์พุตไปยังอุปกรณ์เพิ่มเติมภายนอกได้อีกด้วย



รูปที่ 3.8 วงจรภายในของเครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller) [33]

จากรูปที่ 3.8 ภายในเครื่องควบคุมการประจุจะมีวงจรซึ่งทำหน้าที่รับพลังงานจากแผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าระดับ 17-18 โวลต์ ทำการแปลงแรงดันไฟฟ้าลดลงเหลือ 12 โวลต์เพื่อให้สามารถเก็บพลังงานเข้าสู่แบตเตอรี่ได้ และยังสามารถต่ออุปกรณ์เพิ่มเติมภายนอก ที่มีแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ได้ ซึ่งภายในวงจรนี้จะมีการตรวจสอบว่าแบตเตอรี่นั้น มีพลังงานเหลืออยู่มากน้อยเพียงใด ถ้าแบตเตอรี่เต็มจะมีสัญญาณไฟจากหลอด LED ที่ช่องแบตเตอรี่เป็นสีเขียว และแบตเตอรี่ต่ำจะมีสัญญาณไฟเป็นสีแดง ในส่วนของสัญญาณจากเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ ถ้ากำลังประจุไฟเข้าสู่แบตเตอรี่จะมีสัญญาณไฟจากหลอด LED ที่ช่องเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นสีแดง ซึ่งจะกระพริบราวๆ เมื่อสัญญาณไฟจากหลอด LED ติดค้าง แสดงว่าได้ประจุไฟเข้าสู่แบตเตอรี่ จนเกือบเต็มแล้ว โดยโครงงานนี้ใช้โหมดการทำงานในแบบที่ตัดวงจรเมื่อประจุไฟเข้าแบตเตอรี่เต็มแล้ว และสามารถต่อวงจรเอาต์พุตภายนอกได้ตลอดเวลา

3) อุปกรณ์สนับสนุนการทำงานของระบบ (Accessory Equipment)

ส่วนอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ภายใต้การออกคำสั่งควบคุมของส่วนระบบอิเล็กทรอนิกส์ และเซ็นเซอร์ ซึ่งประกอบด้วย

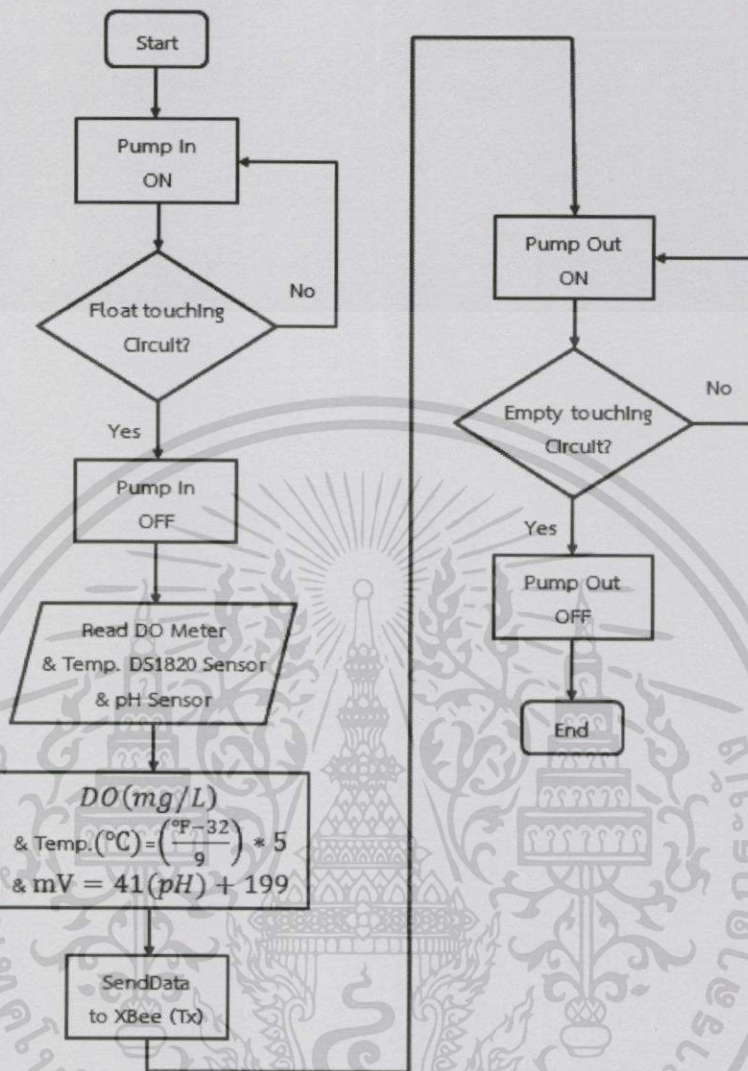
- แบตเตอรี่ (Battery) : ทำหน้าที่เก็บไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์
- มอเตอร์ปั้มน้ำกระแสตรง (Water Pump DC Motor) : ทำหน้าที่สูบน้ำเข้า-สูบน้ำออก ถึงพักที่เตรียมไว้ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมผ่านรีเลย์

4) ส่วนโครงสร้างทุ่นและการลอยตัว (Buoyant Equipment)

ส่วนโครงสร้างทุ่นและการลอยตัวสร้างความแข็งแรงของตัวทุ่นลอยน้ำ ทำหน้าที่รับน้ำหนักและช่วยในการพยุงตัวขณะลอยอยู่ในน้ำ ประกอบด้วย

- ถังน้ำพลาสติก (Bucket) : ทำหน้าที่พยุงช่วยให้ทุ่นลอยอยู่บนผิวน้ำ ตามหลักของแรงลอยตัว
- ท่อ PVC (Plastic Pipework) : ทำหน้าที่เป็นทุ่น เพื่อลอยน้ำ มีการสร้างโครงสร้างเพื่อให้วางอุปกรณ์ทุกส่วนที่มีอยู่ในส่วนของอินพุตทั้งหมดลอยอยู่บนผิวน้ำให้ได้

แผนภาพลำดับการทำงานของฮาร์ดแวร์ในหน่วยประมวลผลที่ 1 (MCU1) เป็นดังนี้



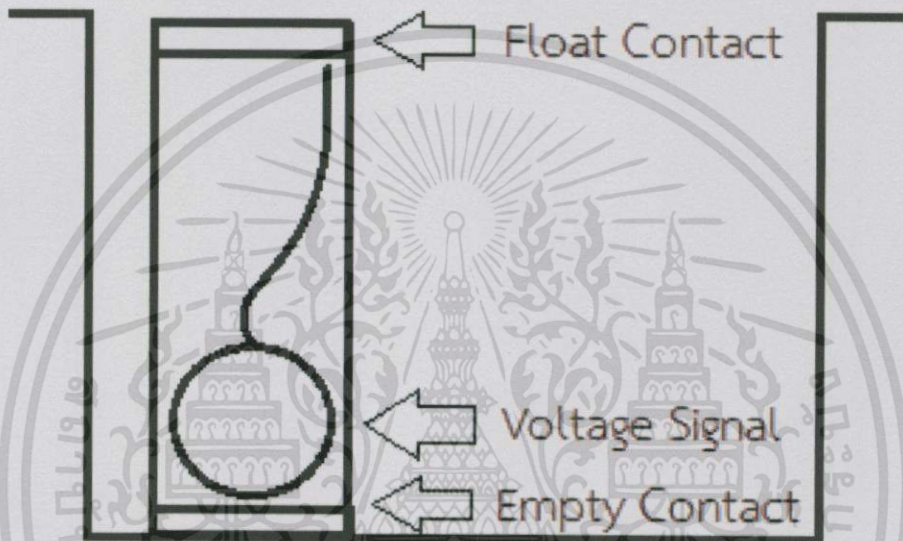
รูปที่ 3.9 ลำดับการทำงานของโปรแกรมในหน่วยประมวลผลที่ 1

ลำดับการทำงานของระบบอินพุตสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.9 ซึ่งอธิบายขั้นตอนได้ดังนี้

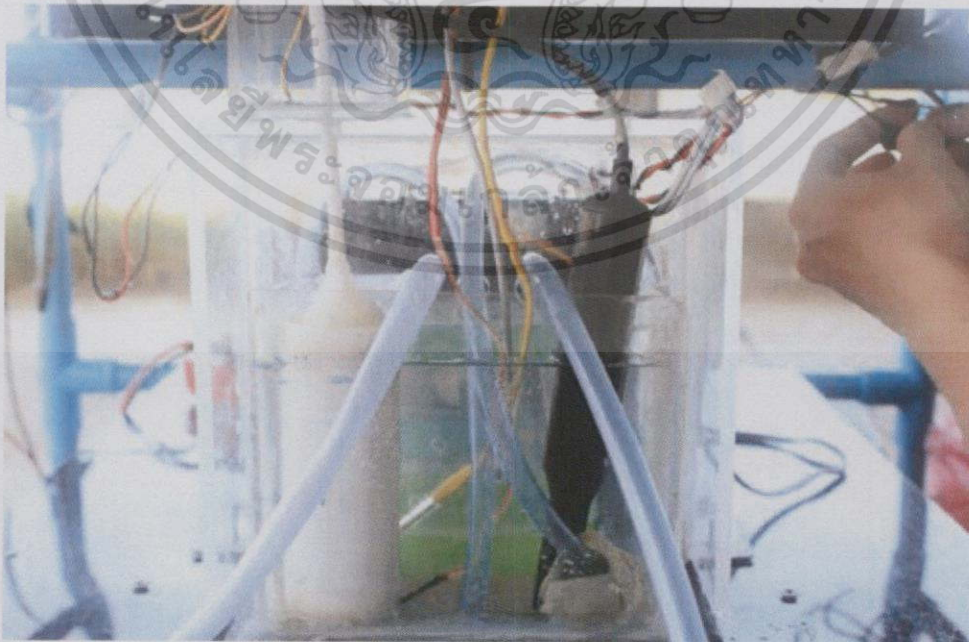
- ขั้นตอนที่ 1 : เปิดมอเตอร์ปั้มน้ำเพื่อสูบน้ำเข้าสู่ถังพักน้ำ
- ขั้นตอนที่ 2 : เข้าสู่การวนซ้ำเพื่อตรวจสอบจนกว่าระดับน้ำในถังพักจะสูงถึงขีดที่กำหนด
- ขั้นตอนที่ 3 : ปิดมอเตอร์ปั้มน้ำเพื่อหยุดการสูบน้ำเข้าสู่ถังพักน้ำ
- ขั้นตอนที่ 4 : อ่านค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ต่างๆ และประมวลผลข้อมูลที่ได้ให้สมบูรณ์
- ขั้นตอนที่ 5 : ส่งข้อมูลการวัดเข้าสู่ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล
- ขั้นตอนที่ 6 : เปิดมอเตอร์ปั้มน้ำเพื่อสูบน้ำออกจากถังพักน้ำ
- ขั้นตอนที่ 7 : เข้าสู่การวนซ้ำเพื่อตรวจสอบจนกว่าระดับน้ำในถังพักจะต่ำถึงขีดที่กำหนด
- ขั้นตอนที่ 8 : เปิดมอเตอร์ปั้มน้ำเพื่อสูบน้ำออกจากถังพักน้ำ

เพิ่มเติมในส่วนของกลไกการสูบน้ำเข้าและการสูบน้ำออกจากถังพักอาศัยหลักการคือ ระบบจะทำการตรวจสอบสัญญาณไฟฟ้าที่ได้รับจากลูกลอยอิเล็กทรอนิกส์โดยแบ่งเป็น 2 เหตุการณ์ (แสดงได้ดังรูปที่ 3.10 และรูปที่ 3.11) คือ

1. ระดับน้ำสูงถึงขีดที่กำหนด (สูบน้ำเข้า) : เกิดขึ้นเมื่อลูกลอยแตะหน้าสัมผัสด้านบนจนถึง
2. ระดับน้ำลดถึงขีดที่กำหนด (สูบน้ำออก) : เกิดขึ้นเมื่อลูกลอยแตะหน้าสัมผัสด้านล่างถึง



รูปที่ 3.10 ส่วนกลไกหน้าสัมผัสบนและล่างของลูกลอยอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 3.11 ถังพักน้ำและส่วนลูกลอยอิเล็กทรอนิกส์

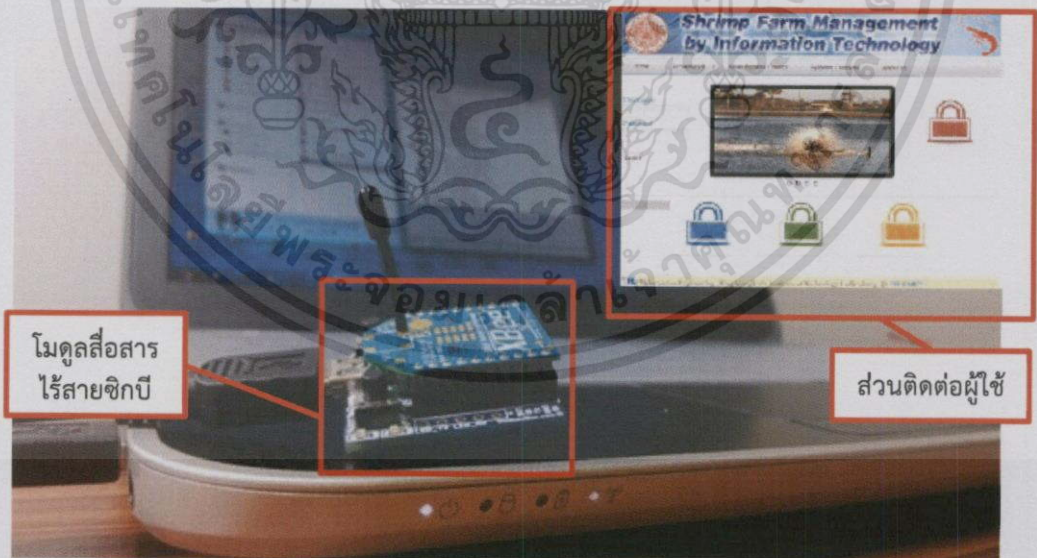
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำส่วนอินพุตของระบบไปลอยอยู่ตรงกลางบ่อเลี้ยงกุ้ง (แสดงได้ดังรูปที่ 3.12)



รูปที่ 3.12 ส่วนอินพุตของระบบลอยอยู่ตรงกลางของบ่อเลี้ยงกุ้ง

3.2.2 ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล

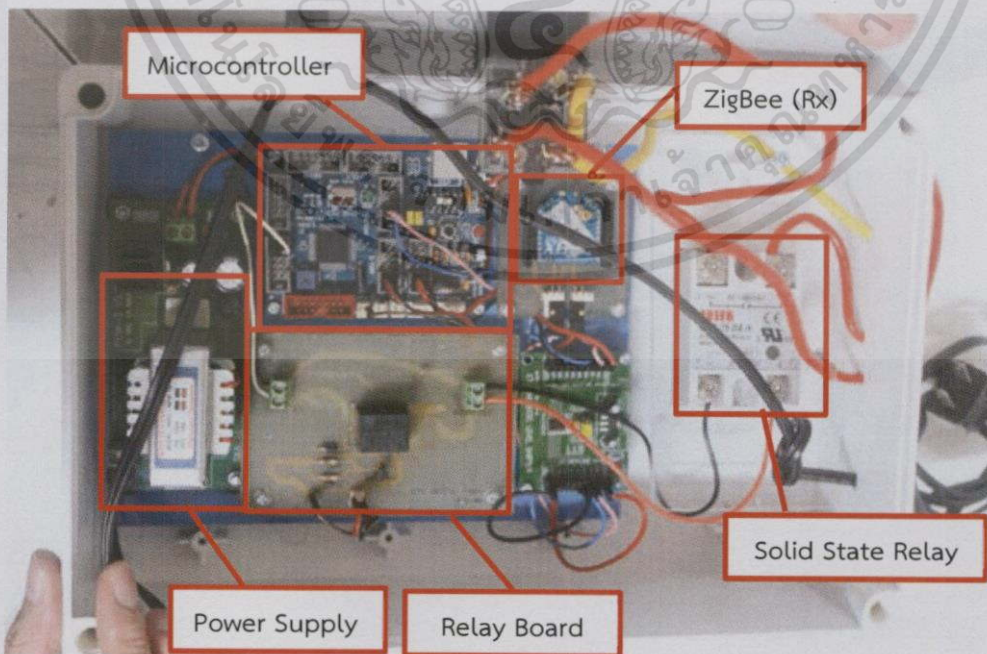


รูปที่ 3.13 องค์ประกอบทั้งหมดของระบบในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล

จากรูปที่ 3.13 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักคือ

- โมดูลสื่อสารไร้สายซิกบี (ZigBee Module) : ใช้ XBee รุ่น Series 2 Pro 50 mW เส้าอากาศชนิด U.FL Connection เช่นเดียวกับส่วนอินพุตของระบบ ซึ่งจะมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการแปลงสัญญาณให้เข้ากับคอมพิวเตอร์ โดยสามารถใช้พอร์ต USB เป็นตัวรับสัญญาณได้ ในส่วนของการรับส่งข้อมูล จะมีกระบวนการทำงานดังนี้
 - การส่งข้อมูล : รับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ผ่านทางพอร์ต USB ให้ส่งข้อมูลต่างๆ ไปยังโมดูลสื่อสารไร้สายซิกบีที่ติดตั้งอยู่ในส่วนอินพุตของระบบ และส่วนเอาต์พุตของระบบ
 - การรับข้อมูล : รอรับข้อมูลจากโมดูลซิกบีในส่วนอินพุตของระบบและส่วนเอาต์พุตของระบบ ผ่านทาง พอร์ต USB แล้วนำข้อมูลส่งต่อให้คอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ เพื่อการวิเคราะห์และจัดเก็บข้อมูล
- ส่วนเซิร์ฟเวอร์เก็บข้อมูล (Data Storage Server) : เครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์สามารถเลือกใช้ตัวเครื่องแบบใดก็ได้ ที่ทำการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows และมีพอร์ต USB ที่สามารถต่อกับโมดูลสื่อสารไร้สายซิกบีได้
- ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ (Website) : เนื่องจากพื้นที่ในฟาร์มไม่สามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตได้ จึงต้องใช้การเข้าเครือข่ายแบบ โครข่ายคอมพิวเตอร์เฉพาะบริเวณ (Local Area Network) ซึ่งสามารถใช้งานได้ทั้งส่วนเซิร์ฟเวอร์เก็บข้อมูลโดยตรง

3.2.3 ส่วนเอาต์พุตของระบบ

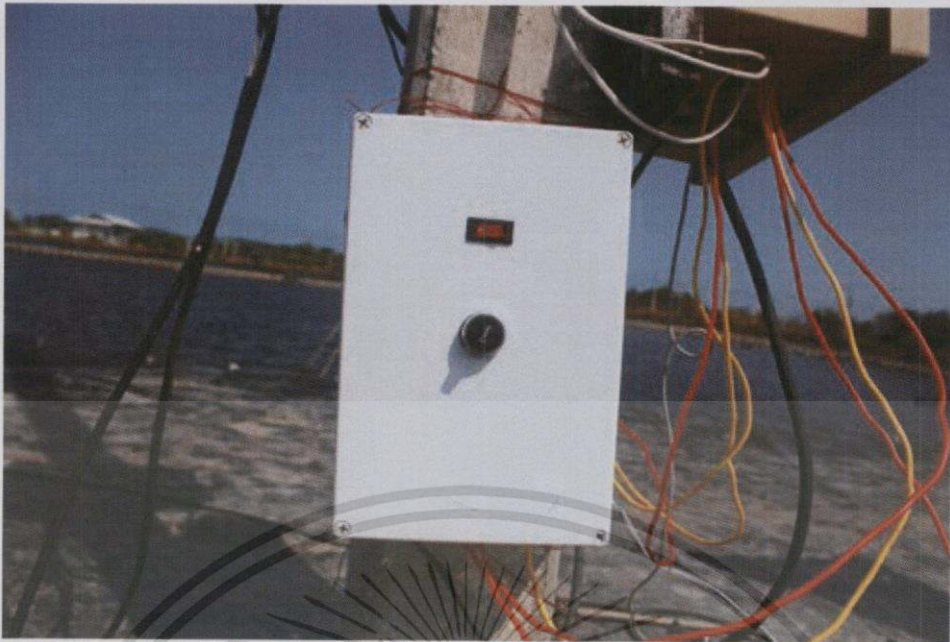


รูปที่ 3.14 องค์ประกอบทั้งหมดของระบบในส่วนเอาต์พุต

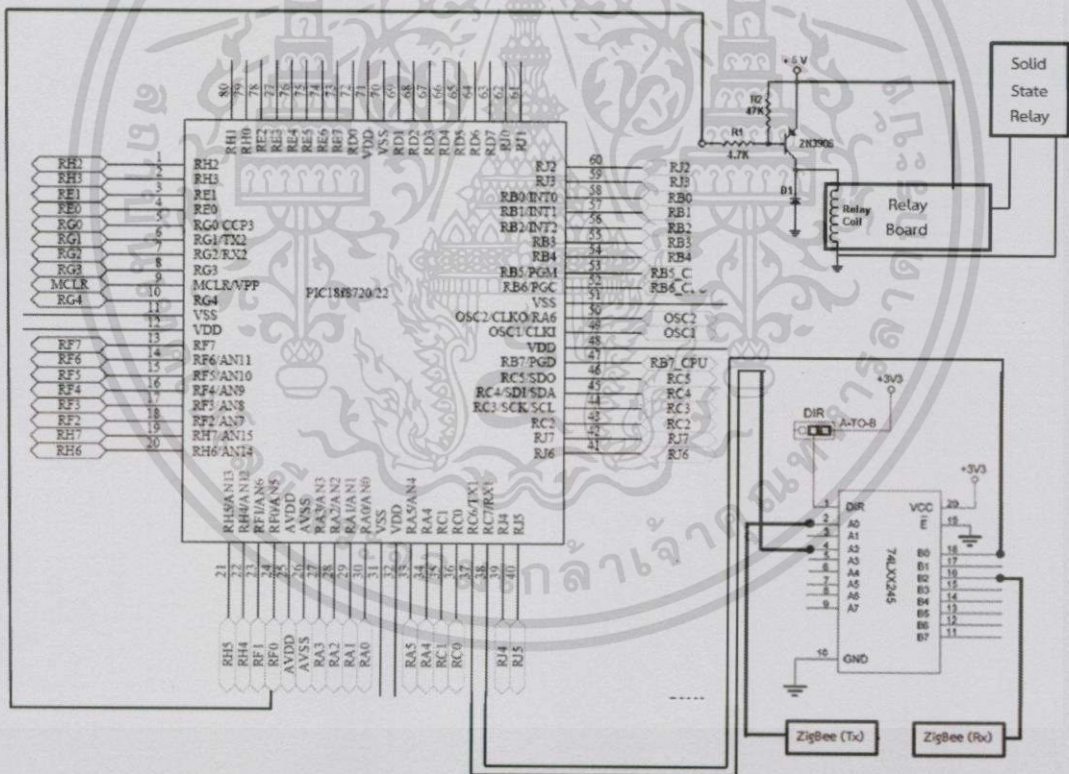
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวไปข้างต้น การทำงานกับมอเตอร์ใบพัดตีน้ำ 1 ตัวนั้นจะต้องใช้อุปกรณ์ 1 ชุด ในโครงการนี้ได้ทดลองกับมอเตอร์ใบพัดตีน้ำ 2 ตัว จึงต้องมีอุปกรณ์ต่างๆ ตามรายละเอียดข้างล่าง จำนวนทั้งหมด 2 ชุดด้วยกัน ดังนี้

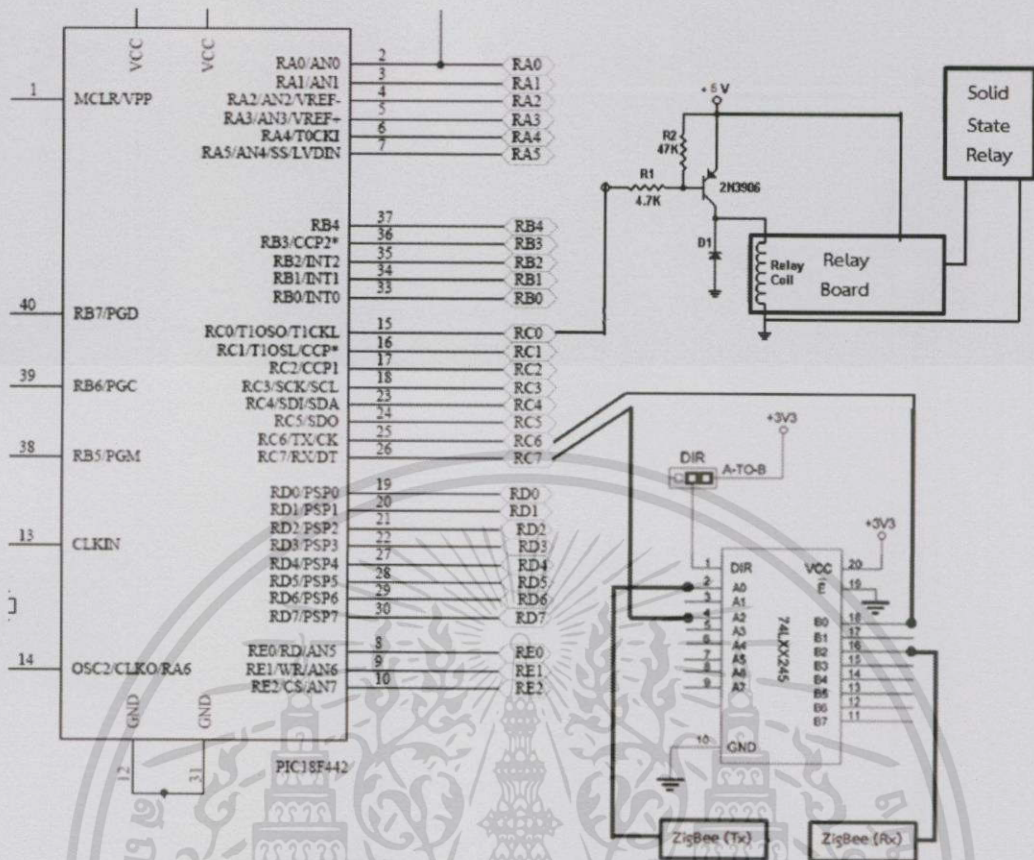
- หน่วยประมวลผลที่ 2 (MCU2) : ได้เลือกใช้บอร์ด ET-BASE PIC8722(ICD2) ซึ่งมีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F8772 และบอร์ด CP-PIC V3/458/877 (ICD2) ซึ่งมีไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้ง 2 ตัวนี้ เขียนโปรแกรมผ่านโปรแกรม PIC C Compiler และเขียนลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านโปรแกรม PICkit 2 บอร์ดทั้ง 2 นี้ทำหน้าที่ควบคุมมอเตอร์ใบพัดตีน้ำซึ่ง สั่งการทำงานผ่านเว็บไซต์ โดยติดต่อกับโมดูลสื่อสารไร้สายซิกบีผ่านทางขาส่งข้อมูล (RC6) และขารับข้อมูล (RC7)
- โมดูลสื่อสารไร้สายซิกบี (ZigBee Module) : ได้เลือกใช้ XBee รุ่น Series 2 ซึ่งมีกำลังส่งประมาณ 100 เมตร จำนวน 2 ตัว
 - การส่งข้อมูล : ส่งข้อมูลไปที่ขา RC7 ของทั้ง 2 บอร์ด ซึ่งเป็นการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และรับข้อมูลต่างๆ จากส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลเพื่อการจัดเก็บข้อมูล โดยผ่านวงจรแปลงไฟ เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าเท่ากัน
 - การรับข้อมูล : รับข้อมูลที่ส่งมาจากส่วนโมดูลซิกบีในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลที่สั่งการทำงานจากเว็บไซต์
- วงจรแปลงไฟ : นำ ET-MINI LOGIC LEVEL SHIFTER มาใช้งานซึ่งประกอบด้วยไอซี 74LCX245 ทำหน้าที่แปลงระดับสัญญาณไฟจาก 5V ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เป็น 3.3V เพื่อใช้ในการสื่อสารกับโมดูลซิกบี เช่นเดียวกับส่วนอินพุตของระบบ
- โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay) : ได้เลือกใช้ยี่ห้อ FOTEK รุ่น SSR-25DA-H ซึ่งมีกระแสเอาต์พุต 25 แอมป์ โดยอินพุตเป็นไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ และเอาต์พุต เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดัน 380 โวลต์
- แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor) : ใช้คอยล์แบบไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดัน 380 โวลต์
- มอเตอร์ใบพัดตีน้ำ (Paddle Wheel Motor) : ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดัน 380 โวลต์ เนื่องจากมอเตอร์ใบพัดมีขนาด 2 แรงม้า จึงต้องใช้แรงดันไฟฟ้าสูง
- หม้อแปลง (Power Supply) : ใช้หม้อแปลงที่แปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดัน 220 โวลต์เป็นไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์



รูปที่ 3.15 การติดตั้งระบบส่วนเอาต์พุตในการนำใช้งานจริง



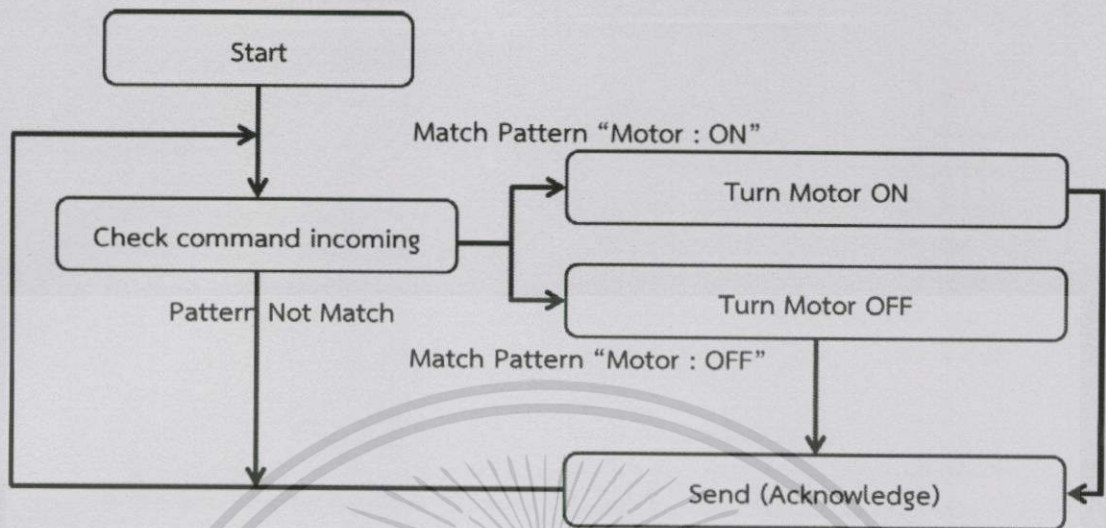
รูปที่ 3.16 วงจรระบบส่วนเอาต์พุตซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F8722



รูปที่ 3.17 วงจรระบบส่วนเอาต์พุตซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

- Relay Board โมดูลรีเลย์ควบคุมด้วยสัญญาณโลจิก 5v ต่อเข้ากับขา RE0 ดังรูปที่ 3.16 และขา RC0 ดังรูปที่ 3.17 ตามลำดับ
- Solid State Relay ทำการต่อต้านสัญญาณควบคุมเข้ากับด้านแรงดันใช้งานของโมดูลรีเลย์บอร์ดและขาอีกข้างหนึ่งต่อลงกราวด์
- ZigBee (Rx) โมดูลชิพขาส่งต่อเข้ากับขา 16 ของไอซี 74LCX245 เพื่อรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์
- ZigBee (Tx) โมดูลชิพขารับต่อเข้ากับขา 2 ของไอซี 74LCX245 เพื่อส่งข้อมูลเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์

แผนภาพลำดับการทำงานของฮาร์ดแวร์ในหน่วยประมวลผลที่ 2 (MCU2)



รูปที่ 3.18 ลำดับการทำงานของโปรแกรมในหน่วยประมวลผลที่ 2 (MCU2)

จากรูปที่ 3.18 ลำดับการทำงานของระบบสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 : เมื่อมีสัญญาณข้อมูลเข้า ให้ทำการรับและตรวจสอบประเภทคำสั่ง
- ขั้นตอนที่ 2 : กรณีที่คำสั่งเป็นรูปแบบคำสั่งเปิดมอเตอร์จะทำการสั่งรีเลย์บอร์ดทำงาน
กรณีที่คำสั่งเป็นรูปแบบคำสั่งปิดมอเตอร์จะทำการสั่งรีเลย์บอร์ดหยุดทำงาน
- ขั้นตอนที่ 3 : ส่งข้อความตอบกลับ (Acknowledgement) ไปยังส่วนระบบวิเคราะห์ข้อมูล
และประมวลผล
- ขั้นตอนที่ 4 : การทำงานจะทำซ้ำๆ เช่นนี้ตลอดการทำงาน

3.3 การออกแบบซอฟต์แวร์

3.3.1 ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล

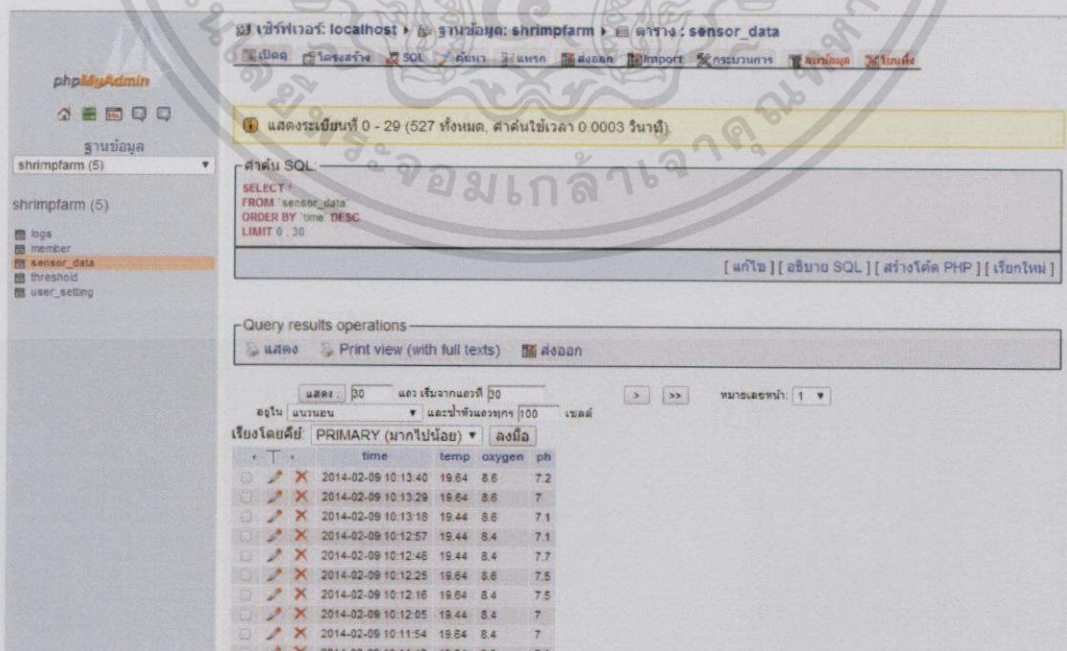
ซอฟต์แวร์ในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) ส่วนซอฟต์แวร์รับค่าข้อมูลเซ็นเซอร์และออกคำสั่งควบคุมมอเตอร์

ส่วนนี้จะเป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารจะทำการรับข้อมูลมาจากส่วนฮาร์ดแวร์ของระบบโดยใช้โปรแกรมซึ่งพัฒนาโดยภาษาซีชาร์ป (C#) รับผิดชอบผ่านทาง RS232 ซึ่งติดต่อกับโมดูลไร้สายซิกบีเอไอวี นำมาเก็บลงในฐานข้อมูลในเครื่อง และทำหน้าที่ให้บริการฐานข้อมูลและบริการเว็บไซต์แก่ผู้ใช้ โดยจะเลือกใช้โปรแกรม Appserv ในการสร้างเว็บไซต์เซอร์เวอร์และให้บริการฐานข้อมูลได้ ดังที่แสดงในรูปที่ 3.19 และ รูปที่ 3.20



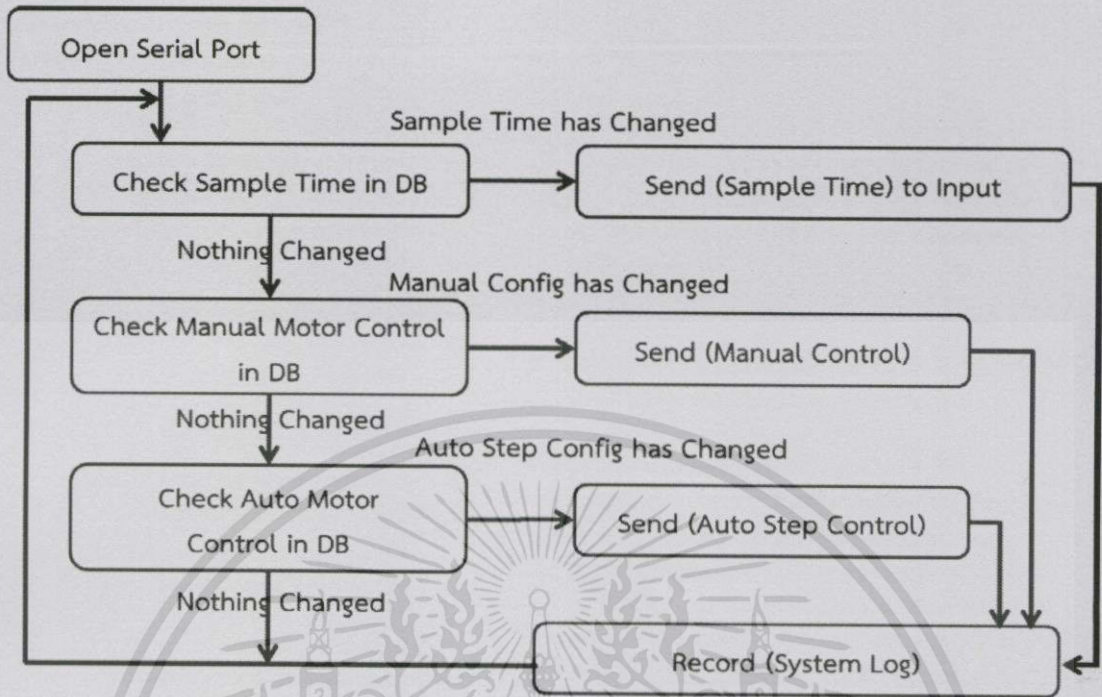
รูปที่ 3.19 โปรแกรมรับข้อมูลจาก RS232 เข้าสู่ฐานข้อมูล



รูปที่ 3.20 ข้อมูลในฐานข้อมูลที่ได้รับได้จาก RS232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพลำดับการทำงานของโปรแกรมรับข้อมูลและออกคำสั่งควบคุมมอเตอร์เป็นดังนี้



รูปที่ 3.21 ลำดับการทำงานของโปรแกรมในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล
จากรูปที่ 3.21 ลำดับการทำงานของระบบสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : เปิดการเชื่อมต่อเพื่อรับข้อมูลจากพอร์ต Serial ซึ่งทำการเชื่อมต่ออยู่กับโมดูลสื่อสารไร้สายซิกบี

ขั้นตอนที่ 2 : ทำการตรวจสอบการตั้งค่าการเปลี่ยนรอบไซเคิลการทำงานของระบบอินพุต โดยกรณีที่มีการตั้งค่าถูกเปลี่ยนแปลงโดยผู้ใช้งานจะทำการส่งคำสั่งเปลี่ยนค่ารอบไซเคิลการทำงานไปยังส่วนอินพุต หรือในกรณีที่การตั้งค่าไม่ถูกเปลี่ยนแปลงก็จะข้ามไปทำงานในขั้นถัดไป

ขั้นตอนที่ 3 : ทำการตรวจสอบการตั้งค่าการควบคุมมอเตอร์ที่ระบบเอาต์พุตโดยตรงจากผู้ใช้งาน ซึ่งกรณีที่การตั้งค่าถูกเปลี่ยนแปลงโปรแกรมจะทำการส่งคำสั่งเปิด-ปิดไปยังส่วนเอาต์พุต หรือในกรณีที่การตั้งค่าไม่ถูกเปลี่ยนแปลงก็จะข้ามไปทำงานในขั้นถัดไป

ขั้นตอนที่ 4 : ทำการตรวจสอบการตั้งค่าควบคุมมอเตอร์ที่ระบบเอาต์พุตโดยอัตโนมัติโดยคำนวณจากแผนการทำงานที่ระดับค่าออกซิเจนในชั้นต่างๆกรณีที่การตั้งค่าถูกเปลี่ยนแปลงโปรแกรมจะทำการส่งคำสั่งเปิด-ปิดไปยังส่วนเอาต์พุตหรือในกรณีที่การตั้งค่าไม่ถูกเปลี่ยนแปลงก็จะข้ามไปทำงานกลับไปสู่จุดเริ่มต้นพร้อมทำงานในรอบถัดไป

2) ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งานเว็บไซต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ผ่านเว็บไซต์ ได้มีการพัฒนาโดยใช้ภาษา HTML JavaScript JQuery และ PHP ในการพัฒนาและออกแบบส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ ซึ่งประกอบไปด้วยหน้าแรกซึ่งต้องมีการล็อกอิน (Login) เพื่อความปลอดภัยแก่ผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 หน้าเว็บไซต์แรกก่อนการล็อกอิน

ในส่วนต่อไปจะเป็นส่วนที่แสดงค่าที่ส่งมาจากส่วนอินพุตของระบบ โดยมีการแสดงค่าต่างๆ ได้แก่ แสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ (ดังหมายเลข 1 ของรูปที่ 3.23) รวมทั้งการแจ้งเตือนผู้ใช้ (ดังหมายเลข 2 ของรูปที่ 3.23) เพื่อเป็นการบอกคุณภาพน้ำของฟาร์มกุ้ง ซึ่งจะต้องทำการ Login ก่อน และมีแท็บจัดการสั่งงานมอเตอร์ปั๊มติ้น้ำเพื่อให้ผู้ใช้สั่งงานได้สะดวก (ดังหมายเลข 3 ของรูปที่ 3.23)

Shrimp Farm Management by Information Technology

Home **3** Provenance Measurement Control Systems Overview About us **2** (5694) Logout

Preset : Mode #4

Enable Manual

Motor #1

Motor #2

Apply Setting

สำเร็จ : มีการคอมรับ "เปลี่ยนเวลา 5:00:00;10"

ผิดพลาด : พยายามส่งคำสั่ง "เปลี่ยนเวลา 5:00:00;10"

ค่าเตือน : ส่งคำสั่ง "เปลี่ยนเวลา 5:00:00;10"

ข้อมูล : สถานะมอเตอร์ "M1::OFF // M2::OFF"

สำเร็จ : มีการคอมรับ "ปิดมอเตอร์#2" เสร็จสมบูรณ์

Temp : 27.33 C ✔ DO : 6.9 mg/L ⚠ pH : 7.2 ✘

Threshold : 27-30 Threshold : 6.8-6.9 Threshold : 7.5-8.5

รูปที่ 3.23 หน้าเว็บไซต์แรกหลังการล็อกอิน
 ถัดไปเป็นหน้าเว็บไซต์การตั้งค่ามาตรฐาน (Threshold) ของผู้ใช้

Shrimp Farm Management by Information Technology

Home Provenance Measurement Control Systems Overview About us (5694) Logout

System Setting

Advance Motor

Data Monitoring

Sensor Setting

Now Preset

Mode #1

Temperature

18 ~ 28 C°

Dissolved Oxygen

step:1	0.0 ~ 2.0	mg/L
step:2	2.1 ~ 4.0	mg/L
step:3	4.1 ~ 6.0	mg/L
step:4	6.1 ~ 8.0	mg/L
step:5	8.1 ~ 9.9	mg/L

pH

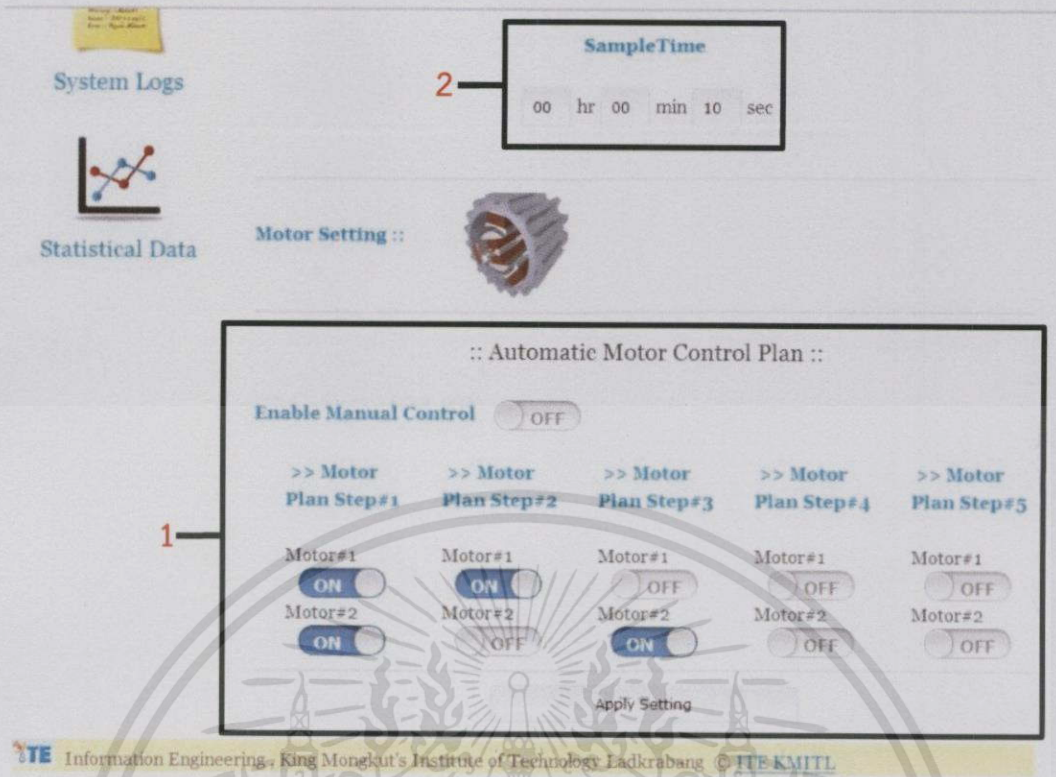
7.8 ~ 8.0

SampleTime

3

2

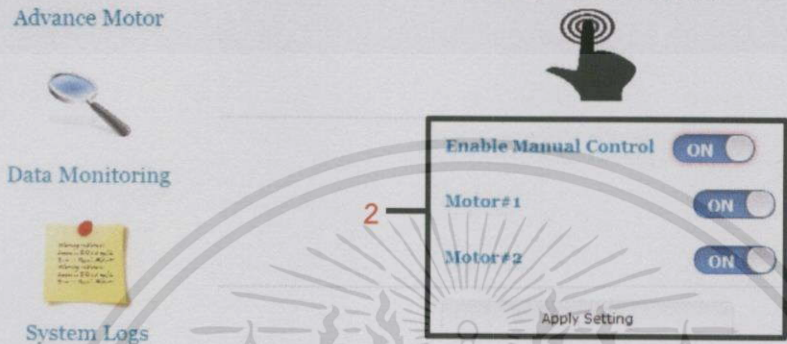
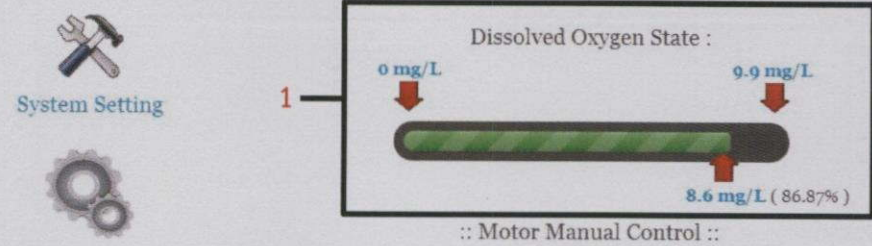
รูปที่ 3.24 หน้าเว็บไซต์แสดงการตั้งค่าของเซ็นเซอร์



รูปที่ 3.25 หน้าเว็บไซต์แสดงการตั้งค่ามอเตอร์ปั๊มติ้น้ำซึ่งสัมพันธ์กับเซ็นเซอร์ออกซิเจน

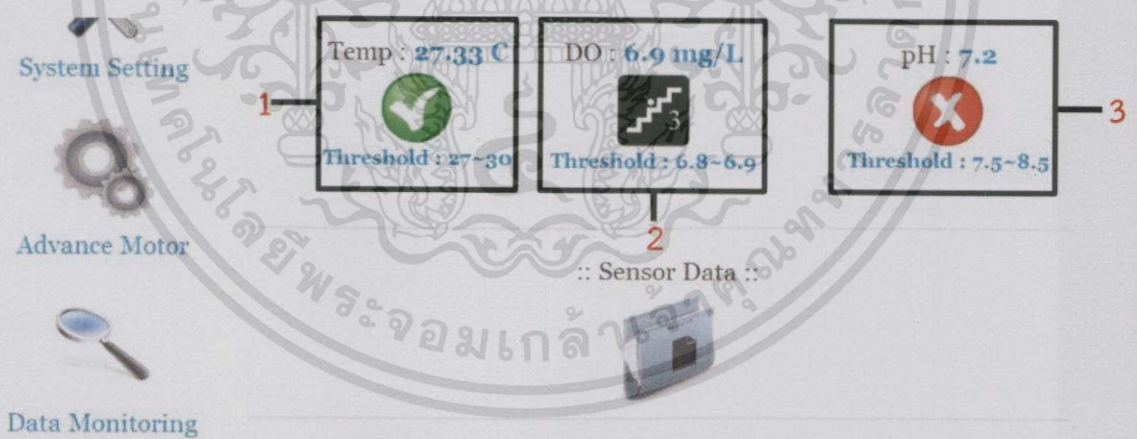
โดยจะสามารถตั้งค่า ค่าต่ำสุด(min) และค่าสูงสุด(max) ของเซ็นเซอร์อุณหภูมิ เซ็นเซอร์ออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เป็นช่วงตามแต่ผู้ใช้ต้องการและเซ็นเซอร์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (ดังหมายเลข 1-3 ของรูปที่ 3.24 ตามลำดับ) และสั่งงานมอเตอร์ปั๊มติ้น้ำตามช่วงที่ผู้ใช้สั่งงาน (ดังหมายเลข 1 ของรูปที่ 3.25) อีกทั้งสามารถตั้งเวลารอบการทำงานถัดไปได้อีกด้วย (ดังหมายเลข 2 ของรูปที่ 3.25)

หน้าถัดไปแสดงถึงการควบคุมมอเตอร์ปั๊มติ้น้ำแบบกำหนดเอง (Manual) โดยจะมีแถบแสดงขีดของค่าของเซ็นเซอร์ออกซิเจนที่ละลายในน้ำปัจจุบันและแสดงเปอร์เซ็นต์ เพื่อบอกผู้ใช้ (ดังหมายเลข 1 ของรูปที่ 3.26) และมีปุ่มกดให้ผู้ใช้กด เพื่อสั่งงานไปที่มอเตอร์ปั๊มติ้น้ำได้ทันที (ดังหมายเลข 2 ของรูปที่ 3.26)



รูปที่ 3.26 หน้าเว็บไซต์แสดงการตั้งค่าควบคุมมอเตอร์บำบัดน้ำ

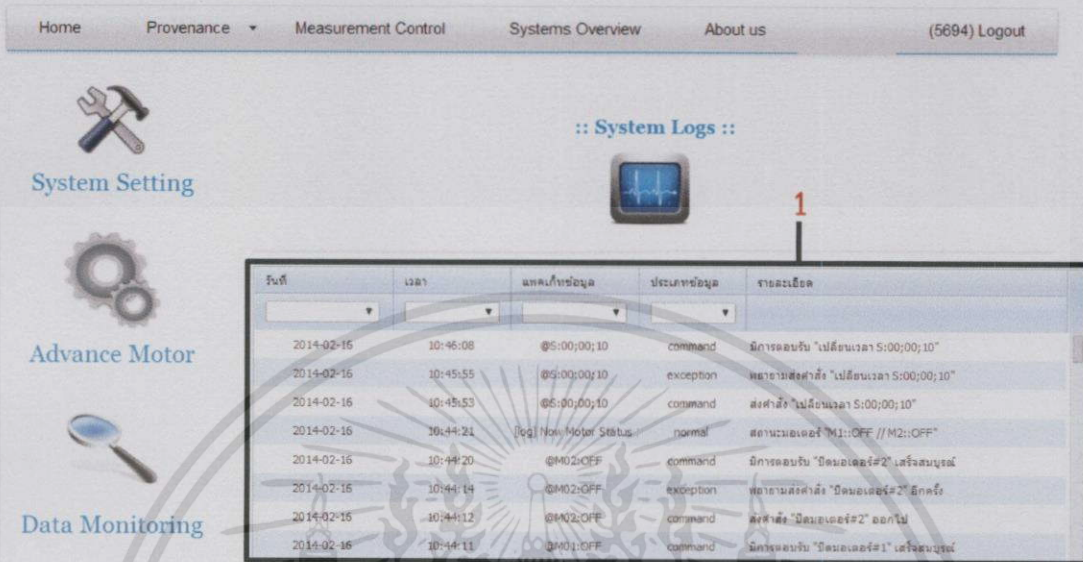
หน้าถัดไปแสดงค่าจากเซ็นเซอร์ที่ได้ทั้ง 3 เซ็นเซอร์ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำและค่าความเป็นกรด-ด่าง (ตั้งหมายเลข 1-3 ของรูปที่ 3.27 ตามลำดับ) รวมถึงวันที่และเวลาที่มีการบันทึกลงในฐานข้อมูล (ตั้งหมายเลข 4 ของรูปที่ 3.27)



วันที่	เวลา	อุณหภูมิ	ออกซิเจน	กรด-ด่าง
2014-02-16	10:43:23	27.33	6.9	7.2
2014-02-16	10:41:40	27.33	6.1	009
2014-02-16	10:31:04	27.91	7.9	0
2014-02-16	10:30:13	29.31	5.3	7.7
2014-02-16	10:29:15	27.33	2.1	7.6
2014-02-16	09:48:12	27.22	7.1	7.6
2014-02-09	09:06:05	22.41	8.3	7
2014-02-09	09:02:24	25.79	8	7

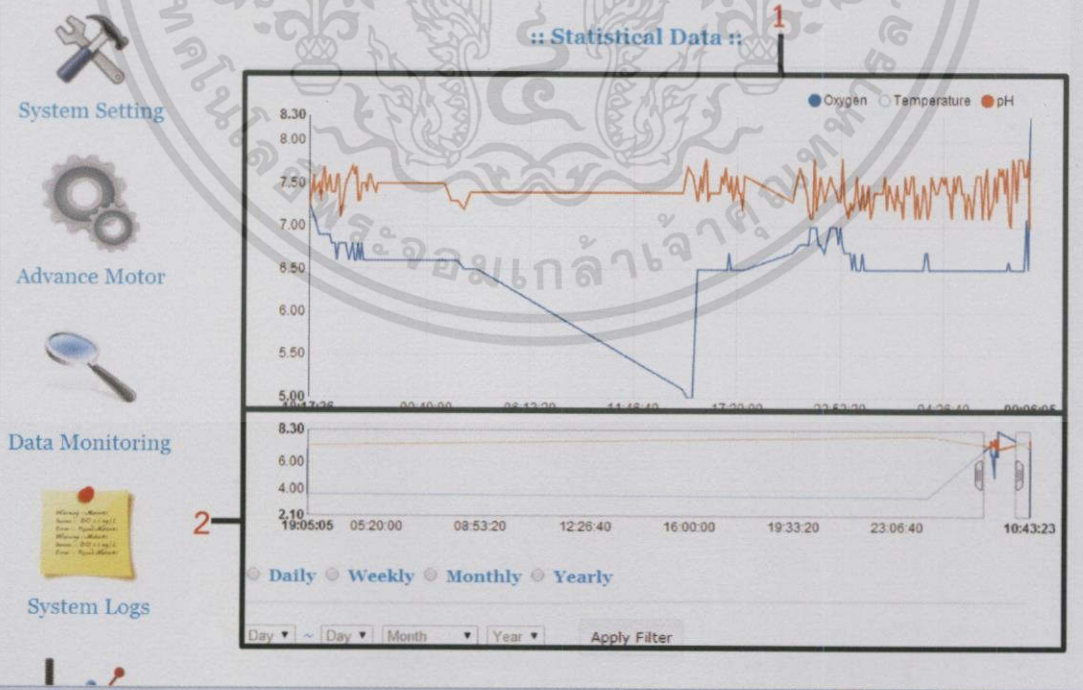
รูปที่ 3.27 หน้าเว็บไซต์แสดงข้อมูลของเซ็นเซอร์จากฐานข้อมูล

หน้าถัดไปแสดงบันทึกต่างๆ (Logs) ทั้งจากส่วนอินพุตของระบบ และจากส่วนเอาต์พุตของระบบ ซึ่งจะมีทั้งวันที่และเวลา บันทึก ประเภทของบันทึกและรายละเอียด (ดังหมายเลข 1 ของรูปที่ 3.28)



รูปที่ 3.28 หน้าเว็บไซต์แสดงบันทึกของระบบ (Systems Logs)

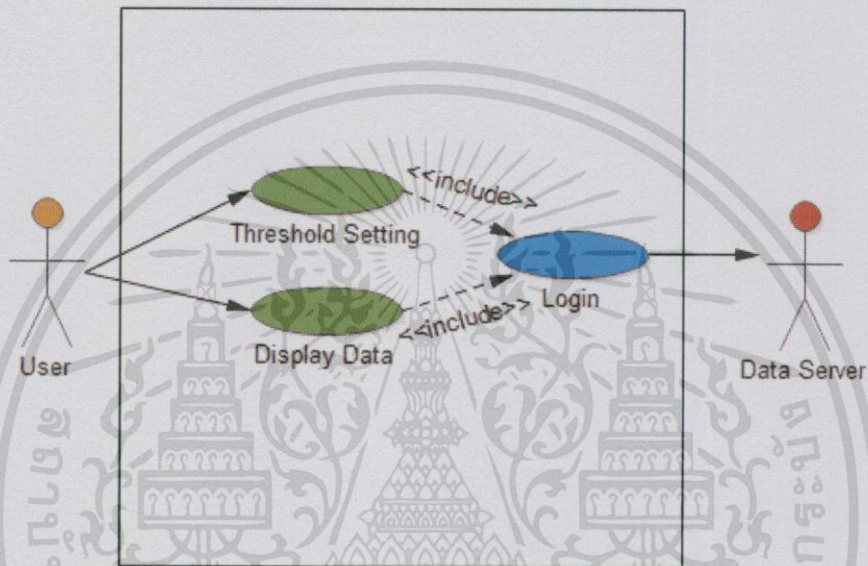
หน้าถัดไปแสดงแผนภูมิจากเซ็นเซอร์ที่ได้ทั้ง 3 เซ็นเซอร์ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำและค่าความเป็นกรด-ด่าง (ดังหมายเลข 1 ของรูปที่ 3.29) โดยสามารถเลือกดูเฉพาะวันที่และเวลาได้ตามแต่ผู้ใช้ต้องการ (ดังหมายเลข 2 ของรูปที่ 3.29)



รูปที่ 3.29 หน้าเว็บไซต์แสดงแผนภูมิข้อมูลของเซ็นเซอร์จากฐานข้อมูล

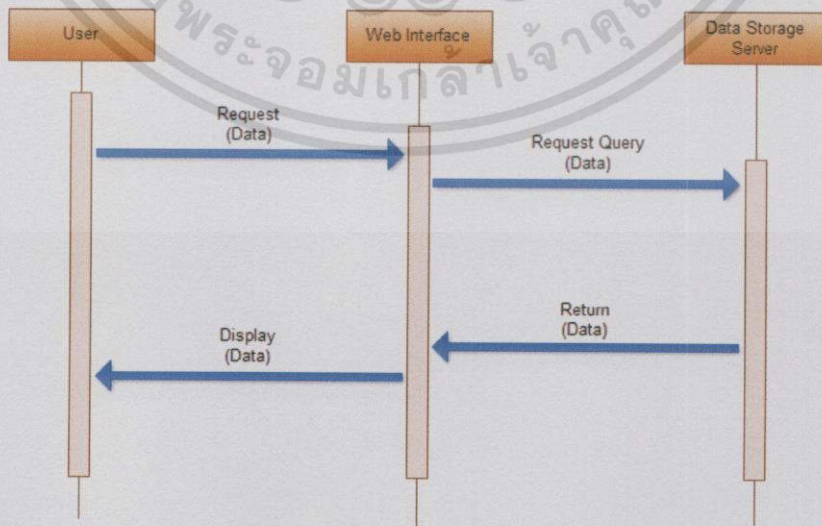
ในส่วนของการออกแบบฐานข้อมูลเพื่อทำงานในระบบวิเคราะห์ข้อมูลจะประกอบด้วย

- ส่วนการรับค่าจากเซ็นเซอร์
- ส่วนเก็บค่ามาตรฐาน (Threshold) เพื่อนำไปใช้การแจ้งเตือนในกรณีที่ค่าต่ำกว่าหรือเกินจากมาตรฐาน
- ส่วนเก็บข้อมูลผู้ใช้และรหัสผ่านในการยืนยันตนก่อนเข้าใช้งานเว็บไซต์โดยมีการใช้ Use Case, Sequence Diagram และแบบจำลอง ORM ในการสร้างฐานข้อมูล ดังรูปที่ 3.30 - รูปที่ 3.34



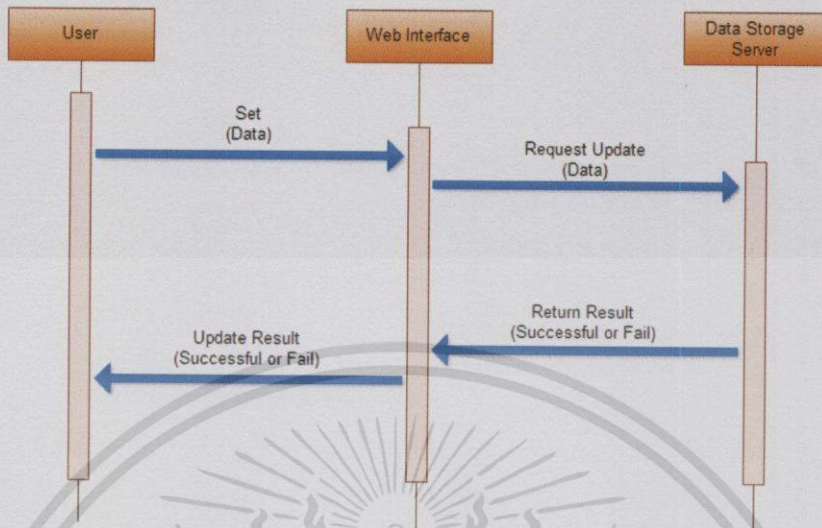
รูปที่ 3.30 แผนภาพ Use Case ของระบบ

Sequence Diagram : Display Data



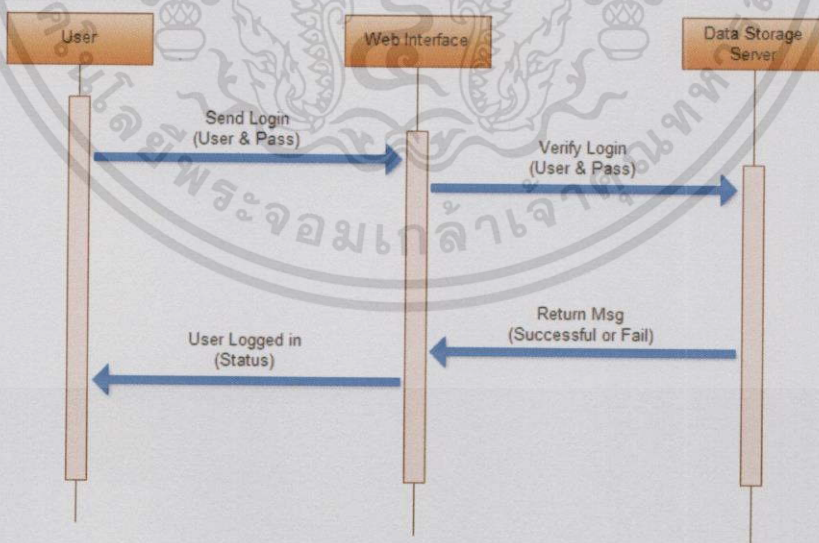
รูปที่ 3.31 แผนภาพ Sequence Diagram แสดงข้อมูลของระบบ

Sequence Diagram : Threshold Setting

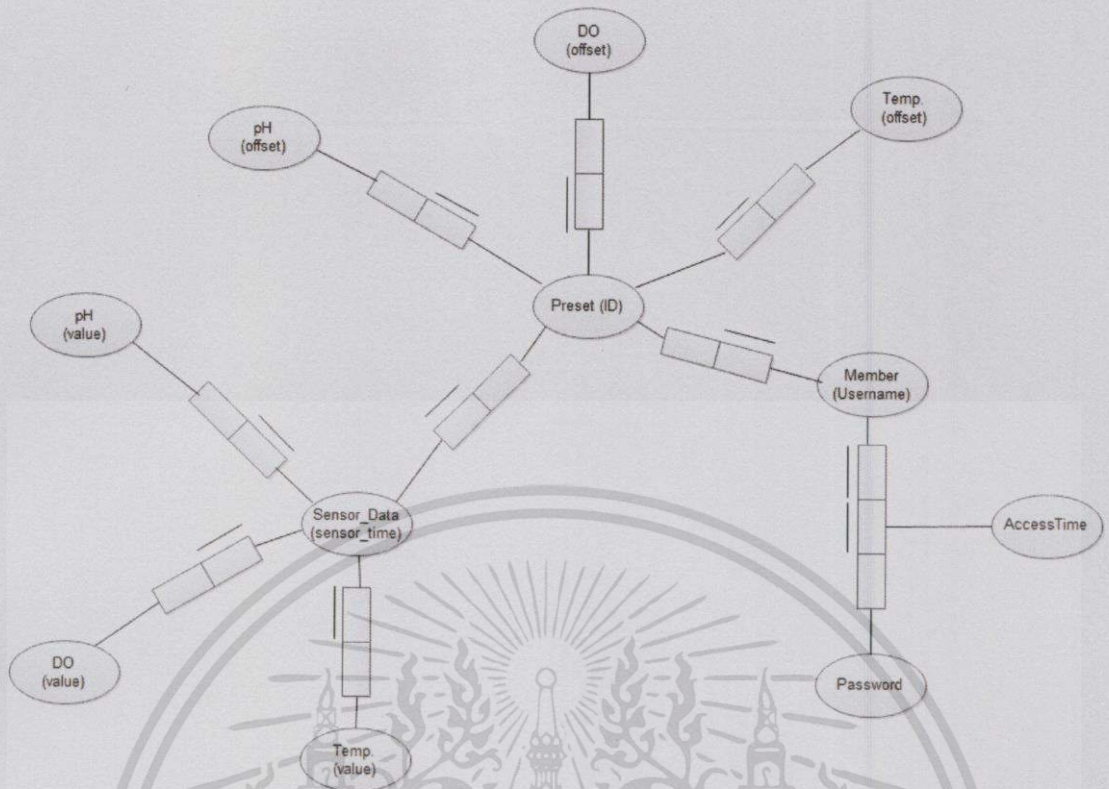


รูปที่ 3.32 แผนภาพ Sequence Diagram การตั้งค่ามาตรฐานของระบบ

Sequence Diagram : Login



รูปที่ 3.33 แผนภาพ Sequence Diagram การล็อกอินของระบบ



รูปที่ 3.34 แบบจำลอง ORM เกี่ยวกับระบบในส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลองระบบ

4.1 การทดลองรับค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์แสดงผลผ่านหน้าเว็บไซต์

จุดประสงค์

- เพื่อทดสอบการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล
- เพื่อทดสอบการเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลแสดงผลผ่านหน้าเว็บไซต์แบบ Real-time ทันทีที่รับค่า

อุปกรณ์

อุปกรณ์ประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนอินพุตของระบบและส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล ดังรูปที่ 4.1 – รูปที่ 4.4 ตามลำดับ



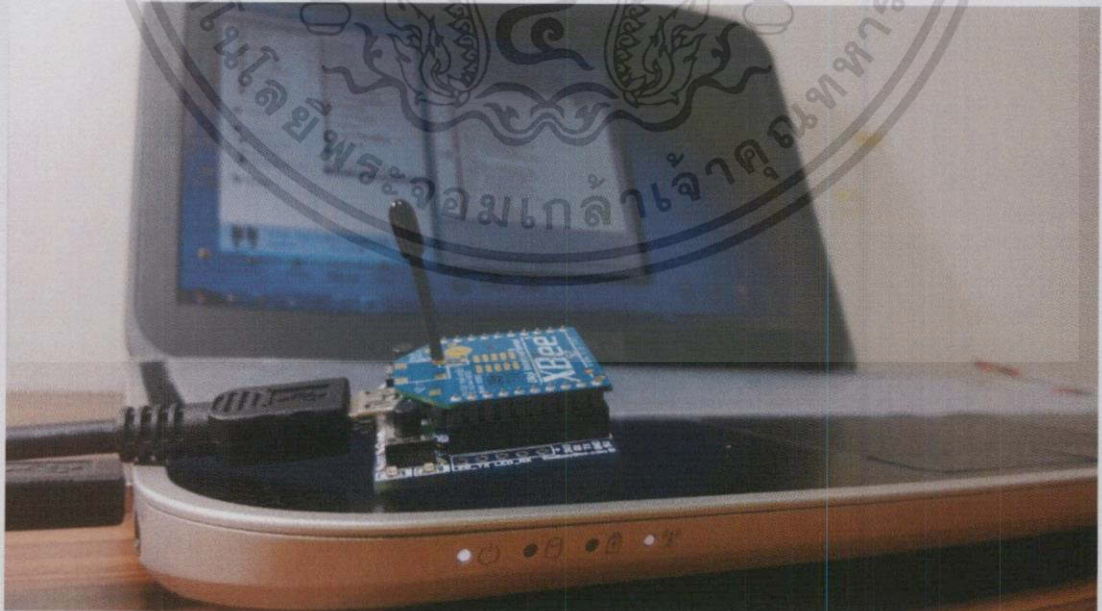
รูปที่ 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองส่วนอินพุตของระบบ

วิธีการทดลอง

1. เปิดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต่อกับโมดูลสื่อสารไร้สายชิปตัวส่งและเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ชนิด
2. นำหุ่นไปวางกลางบ่อเลี้ยงกุ้ง (ดังรูปที่ 4.1)
3. เชื่อมต่อโมดูลสื่อสารไร้สายชิปตัวรับกับคอมพิวเตอร์ (ดังรูปที่ 4.3)
4. เปิดหน้าเว็บไซต์และโปรแกรม C# เพื่อรอรับค่าข้อมูล (ดังรูปที่ 4.4)
5. รอเวลาการทำงานตามค่าไซเคิลที่ตั้งไว้ในหน้าเว็บไซต์ (ดังรูปที่ 4.5)
6. สังเกตเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 4.2 โพรบของเซ็นเซอร์ทั้ง 3 เซ็นเซอร์ถูกใส่ไว้ในบ่อพัก



รูปที่ 4.3 โมดูลสื่อสารไร้สายชิปตัวรับที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

แสดงตัวอย่างการแจ้งเตือน

Preset : Mode #4

Enable M...

Motor #1

Motor #2

Apply Setting

แสดงตัวอย่างค่าคุณภาพน้ำ



- สำเร็จ : มีการลบรับ "เปลี่ยนเวลา S:00;00;10"
- ผิดพลาด : พยายามส่งคำสั่ง "เปลี่ยนเวลา S:00;00;10"
- คำเตือน : ส่งคำสั่ง "เปลี่ยนเวลา S:00;00;10"
- ข้อมูล : สถานะมอเตอร์ "M1::OFF // M2::OFF"
- สำเร็จ : มีการลบรับ "ปิดมอเตอร์#2" เสร็จสมบูรณ์

Temp : 27.33 C DO : 6.9 mg/L pH : 7.2

Threshold : 27-30 Threshold : 6.8-6.9 Threshold : 7.5-8.5

รูปที่ 4.4 หน้าแรกของเว็บไซต์

Statistical Data

mg/L

pH

7.5 8.5

SampleTime

00 hr 00 min 15 sec

Motor Setting ::

แสดงตัวอย่างการตั้งเวลา

:: Automatic Motor Control Plan ::

Enable Manual Control

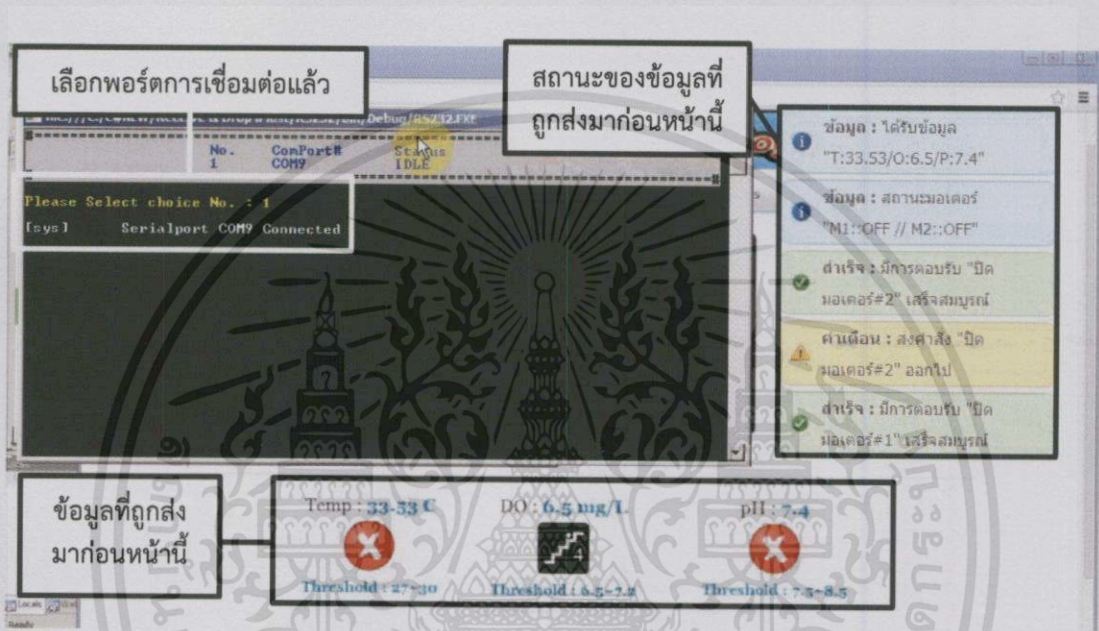
- >> Motor Plan Step#1
- >> Motor Plan Step#2
- >> Motor Plan Step#3
- >> Motor Plan Step#4

รูปที่ 4.5 หน้าเว็บไซต์แสดงการตั้งค่าการทำงานของเซ็นเซอร์



ผลการทดลอง

จากการทดลองส่งค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ชนิด ผ่านโมดูลสื่อสารไร้สายชิปปีได้ผลการทดลองเป็นดังนี้

- หน้าเว็บไซต์ก่อนข้อมูลจากส่วนอินพุตของระบบส่งมา แสดงดังรูปที่ 4.6 พบว่าเมื่อทำการเลือกลำดับพอร์ตการเชื่อมต่อให้ตรงกับพอร์ตของโมดูลสื่อสารไร้สายชิปปี โปรแกรมจะแสดงว่าได้เชื่อมต่อแล้วและหน้าเว็บไซต์แสดงค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ก่อนหน้านี้



รูปที่ 4.6 หน้าเว็บไซต์ก่อนข้อมูลถูกส่งมา

- หน้าเว็บไซต์หลังจากได้รับข้อมูลจากส่วนอินพุตของระบบ ซึ่งจากรูปที่ 4.7 จะพบว่าค่าอุณหภูมิ และค่า pH อยู่นอกขอบเขตของค่ามาตรฐาน จึงมีการแสดงสัญลักษณ์  เพื่อให้ผู้ใช้งานสังเกตได้ชัดเจน ส่วนค่าของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 6.5 mg/L จะอยู่ในช่วงขั้นที่ 4 จึงมีการแสดงสัญลักษณ์  เพื่อให้ผู้ใช้งานสังเกตได้ชัดเจนเช่นกัน



The screenshot displays a monitoring system interface. At the top, a status bar shows 'ConPort# COM9' and 'Status IDLE'. Below this, a log window shows the following data:

```

Please Select choice No. : 1
Serial port COM9 Connected
[data] Temperature : 33.93 : 1 Received
[data] Dissolved Oxygen : 6.5 : 1 Received
[data] pH : 7.4 : 1 Received
[log] Record to Database Complete : 1-33.93 / 0-6.5 / P-7.4
  
```

Annotations on the screenshot include:

- A box labeled 'สถานะของข้อมูลที่ถูกส่งมาจากส่วนอินพุตของระบบ' (Status of data sent from the system input part) points to the status bar.
- A box labeled 'ข้อมูลที่ถูกส่งมาจากส่วนอินพุตของระบบ' (Data sent from the system input part) points to the log window.
- A box labeled 'ข้อมูลที่ถูกส่งมาจากส่วนอินพุตของระบบ' (Data sent from the system input part) points to the summary dashboard below.

The summary dashboard shows the following values and thresholds:

Parameter	Value	Threshold	Status
Temp	33.93 C	27-30	Red X (Warning)
DO	6.5 mg/L	4.5-7.2	Step 4 (Warning)
pH	7.4	7.5-8.5	Red X (Warning)

Additional messages on the right side of the dashboard include:

- ข้อมูล : ได้รับข้อมูล "T:33.93/O:6.5/P:7.4"
- ข้อมูล : ได้รับข้อมูล "T:33.53/O:6.5/P:7.4"
- ข้อมูล : สถานะมอเตอร์ "M1::OFF // M2::OFF"
- สำเร็จ : มีการครอบรับ "ปิดมอเตอร์#2" เสร็จสมบูรณ์
- ค่าเตือน 1 ส่งคำสั่ง "ปิดมอเตอร์#2" ออกไป

รูปที่ 4.7 หน้าเว็บไซต์หลังข้อมูลถูกส่งมา

4.2 การทดลองแสดงค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์และ log ของระบบผ่านหน้าเว็บไซต์

ในการทดลองนี้จะแบ่งเป็น 2 การทดลองย่อยด้วยกันคือแสดงค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์และ log ของระบบ

4.2.1 การแสดงค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์

จุดประสงค์

- เพื่อทดสอบการเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลแสดงผลผ่านหน้าเว็บไซต์

อุปกรณ์

ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล ดังรูปที่ 4.3

วิธีการทดลอง

1. จากการทดลองหัวข้อ 4.1 หลังจากได้รับค่าจากเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ชนิดแล้ว ทำการเลือกหน้า Data Monitoring จากหน้า Measurement Control (หมายเลข 1 ของรูปที่ 4.8)
2. เลือกดูข้อมูลและวันเวลาที่ต้องการ (หมายเลข 2 ของรูปที่ 4.8)

ผลการทดลอง

จากการทดลองแสดงค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์และบันทึกค่าดังกล่าวของระบบเป็นดังนี้

- เมื่อเลือกที่หน้า Data Monitoring จะแสดงตารางข้อมูลจากเซ็นเซอร์ ดังรูปที่ 4.8

The screenshot shows a web interface with three main sections: 'Data Monitoring' (top left), 'System Logs' (middle left), and 'Statistical Data' (bottom left). A yellow box labeled '1' highlights the 'Data Monitoring' section. A yellow box labeled '2' highlights a table of sensor data. The table has five columns: 'วันที่' (Date), 'เวลา' (Time), 'อุณหภูมิ' (Temperature), 'อัตราการไหล' (Flow Rate), and 'กระแสไฟฟ้า' (Electric Current). The table contains 18 rows of data for the date 2014-02-08.

วันที่	เวลา	อุณหภูมิ	อัตราการไหล	กระแสไฟฟ้า
2014-02-08	15:57:36	33.93	6.5	7.4
2014-02-08	15:51:41	33.53	6.5	7.4
2014-02-08	15:45:38	33.93	6.5	7.3
2014-02-08	15:39:36	33.73	6.5	7.8
2014-02-08	15:33:27	33.53	6.5	7.7
2014-02-08	15:27:22	33.93	6.5	7.4
2014-02-08	15:21:34	33.73	6.5	7.5
2014-02-08	15:12:03	34.12	6.5	7.3
2014-02-08	14:56:17	32.94	5	7.6
2014-02-08	14:40:27	31.94	5	7.7
2014-02-08	14:24:43	23.61	5.1	7.4
2014-02-08	03:19:39	23.01	6.5	7.4
2014-02-08	02:58:52	23.61	6.5	7.4
2014-02-08	02:38:06	23.61	6.5	7.2
2014-02-08	02:17:21	23.41	6.6	7.3
2014-02-08	01:56:33	24.01	6.6	7.3

รูปที่ 4.8 หน้า Data Monitoring หลังจากมีข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การแสดงค่า log ของระบบ

จุดประสงค์

- เพื่อทดสอบการเรียกใช้ log ของระบบจากฐานข้อมูลแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์

อุปกรณ์

ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล ดังรูปที่ 4.3

วิธีการทดลอง

1. จากการทดลองในหัวข้อ 4.1 หลังจากได้รับค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ชนิดแล้ว ทำการเลือกที่หน้า System Logs จากหน้า Measurement Control (หมายเลข 1 ของรูปที่ 4.9)
2. เลือกดูข้อมูลและวันเวลาที่ต้องการ (หมายเลข 2 ของรูปที่ 4.9)

ผลการทดลอง

จากการทดลองแสดงค่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์และบันทึกค่าดังกล่าวของระบบเป็นดังนี้

- เมื่อเลือกที่หน้า System Logs จะแสดงตารางบันทึกของระบบ ดังรูปที่ 4.9

2 บันทึกของระบบ
จากฐานข้อมูล

Advance Motor

Data Monitoring

1

System Logs

:: System Logs ::

วันที่	เวลา	แพคเกจข้อมูล	ประเภทข้อมูล	รายละเอียด
2014-02-08	15:57:36	@T:33.83,@O:6.5,@P:	normal	ได้รับข้อมูล "T:33.93/O:6.5/P:7.4"
2014-02-08	15:57:41	@T:33.83,@O:6.5,@P:	normal	ได้รับข้อมูล "T:33.53/O:6.5/P:7.4"
2014-02-08	15:45:44	[log] Now Motor Status	normal	สถานะมอเตอร์ "M1:OFF // M2:OFF"
2014-02-08	15:45:43	@M02:OFF	command	มีการตอบรับ "เปิดมอเตอร์#2" เสร็จสมบูรณ์
2014-02-08	15:45:41	@M02:OFF	command	คำสั่ง "เปิดมอเตอร์#2" ออกไป
2014-02-08	15:45:40	@M01:OFF	command	มีการตอบรับ "เปิดมอเตอร์#1" เสร็จสมบูรณ์
2014-02-08	15:45:39	@M01:OFF	command	คำสั่ง "เปิดมอเตอร์#1" ออกไป
2014-02-08	15:45:38	@T:33.93,@O:6.5,@P:	normal	ได้รับข้อมูล "T:33.93/O:6.5/P:7.3"
2014-02-08	15:39:41	[log] Now Motor Status	normal	สถานะมอเตอร์ "M1:OFF // M2:ON"
2014-02-08	15:39:40	@M02:ON	command	มีการตอบรับ "เปิดมอเตอร์#2" เสร็จสมบูรณ์
2014-02-08	15:39:39	@M02:ON	command	คำสั่ง "เปิดมอเตอร์#2" ออกไป
2014-02-08	15:39:38	@M01:OFF	command	มีการตอบรับ "เปิดมอเตอร์#1" เสร็จสมบูรณ์
2014-02-08	15:39:37	@M01:OFF	command	คำสั่ง "เปิดมอเตอร์#1" ออกไป
2014-02-08	15:39:36	@T:33.73,@O:6.5,@P:	normal	ได้รับข้อมูล "T:33.73/O:6.5/P:7.8"
2014-02-08	15:33:33	[log] Now Motor Status	normal	สถานะมอเตอร์ "M1:ON // M2:OFF"

รูปที่ 4.9 หน้า System Logs หลังจากมีข้อมูล

4.3 การทดลองการตั้งค่า Sample Time ไปที่ส่วนอินพุตของระบบ

จุดประสงค์

- เพื่อทดสอบการสั่งงานเวลาการรับค่าในรอบถัดไปผ่านหน้าเว็บไซต์
- เพื่อทดสอบการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล

อุปกรณ์

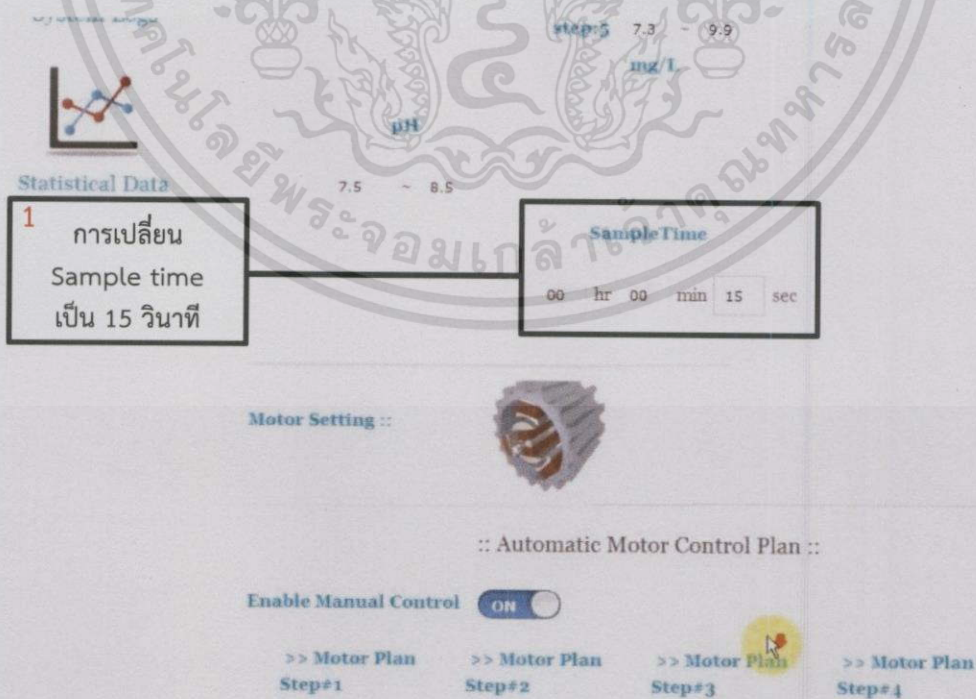
อุปกรณ์ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนอินพุตของระบบ และส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล ดังรูปที่ 4.1 รูปที่ 4.3 ตามลำดับ

วิธีการทดลอง

1. เปิดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต่อกับโมดูลสื่อสารไร้สายชิปตัวส่ง และเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ชนิด
2. เชื่อมต่อโมดูลสื่อสารไร้สายชิปตัวรับกับคอมพิวเตอร์
3. เปิดเว็บไซต์หน้า System Setting
4. เปลี่ยนค่า Sample Time (ดังหมายเลข 1 ของรูปที่ 4.10)
5. สังเกตผลการทดลองที่เกิดขึ้น

ผลการทดลอง

เมื่อทำการตั้งค่า Sample Time ในหน้า System Setting ใหม่ ดังรูปที่ 4.10 ซึ่งจะเป็นการกำหนดการเก็บค่าที่รับได้จากเซ็นเซอร์ทุก 15 วินาที



รูปที่ 4.10 การตั้งค่า Sample Time ในหน้า System Setting

ผลลัพธ์ที่ส่งไปหาส่วนอินพุตของระบบ ดังรูปที่ 4.11

```
file:///C:/#NEW/Receive & Drop if lost/RS232/bin/Debug/RS232.DXE
```

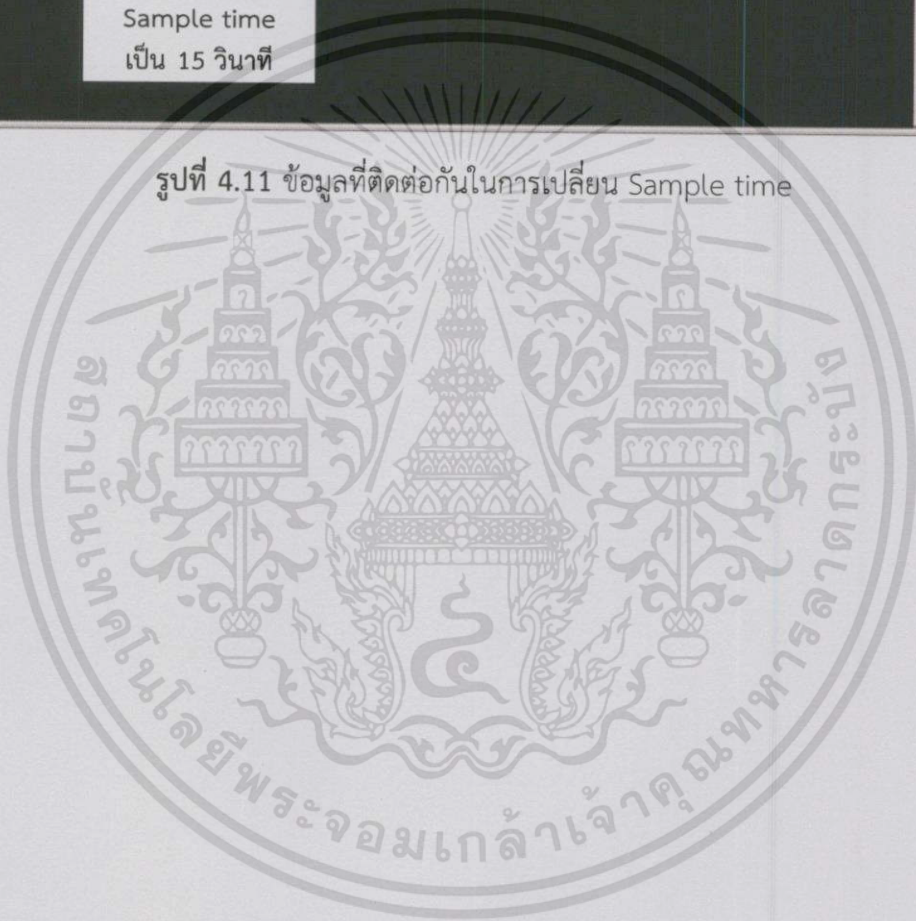
No.	ComPort#	Status
1	COM9	IDLE

Please Select choice No. : 1

```
[sys] Serialport COM9 Connected
[log] Send New Samplotime : 00:00:15
[log] Ack Received : OK#RS:00:00:15
```

ข้อมูลการเปลี่ยน
Sample time
เป็น 15 วินาที

รูปที่ 4.11 ข้อมูลที่ติดต่อกันในการเปลี่ยน Sample time



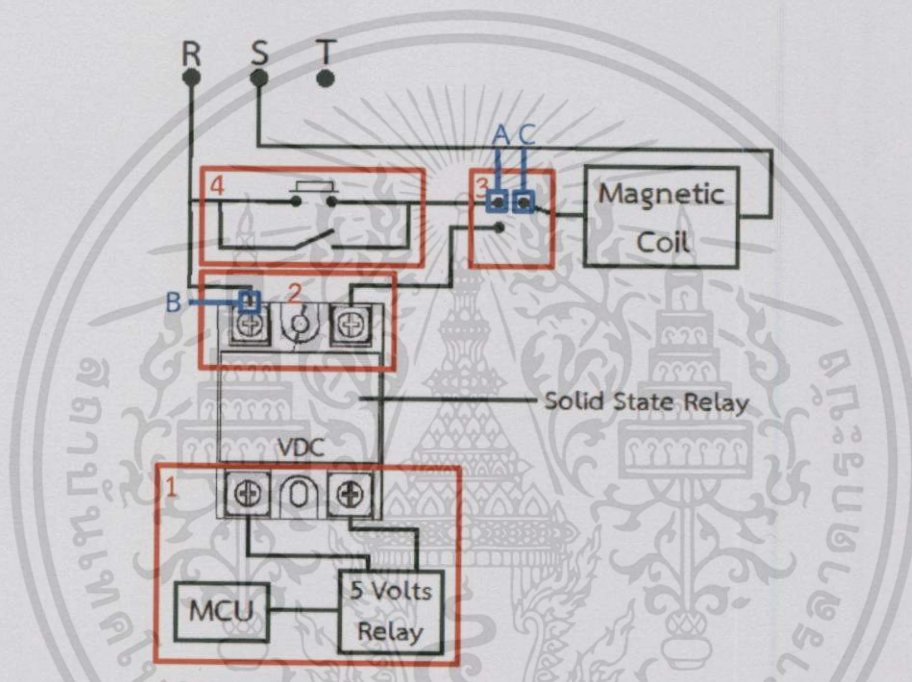
4.4 การทดลองสั่งงานแมกเนติกคอนแทคเตอร์โดยใช้ไฟแรงดัน 380 โวลต์

จุดประสงค์

- เพื่อทดสอบการสั่งงานรีเลย์ควบคุมการเปิด-ปิดแมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ใช้ไฟแรงดัน 380 โวลต์ ในห้องปฏิบัติการก่อนนำไปใช้ที่ฟาร์มกุ้งจริง

ทฤษฎี

การสั่งงานแมกเนติกคอนแทคเตอร์โดยใช้ไฟแรงดัน 380 โวลต์ ในการทดลองนี้ จะมีวงจรในการต่อไฟสามเฟส แรงดัน 380 โวลต์กับส่วนเอาต์พุตของระบบ ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 วงจรของส่วนเอาต์พุตของระบบที่ต่อกับแมกเนติกคอนแทคเตอร์

จากรูปที่ 4.12 ระบบจะมีการทำงานเป็นขั้นตอนดังนี้

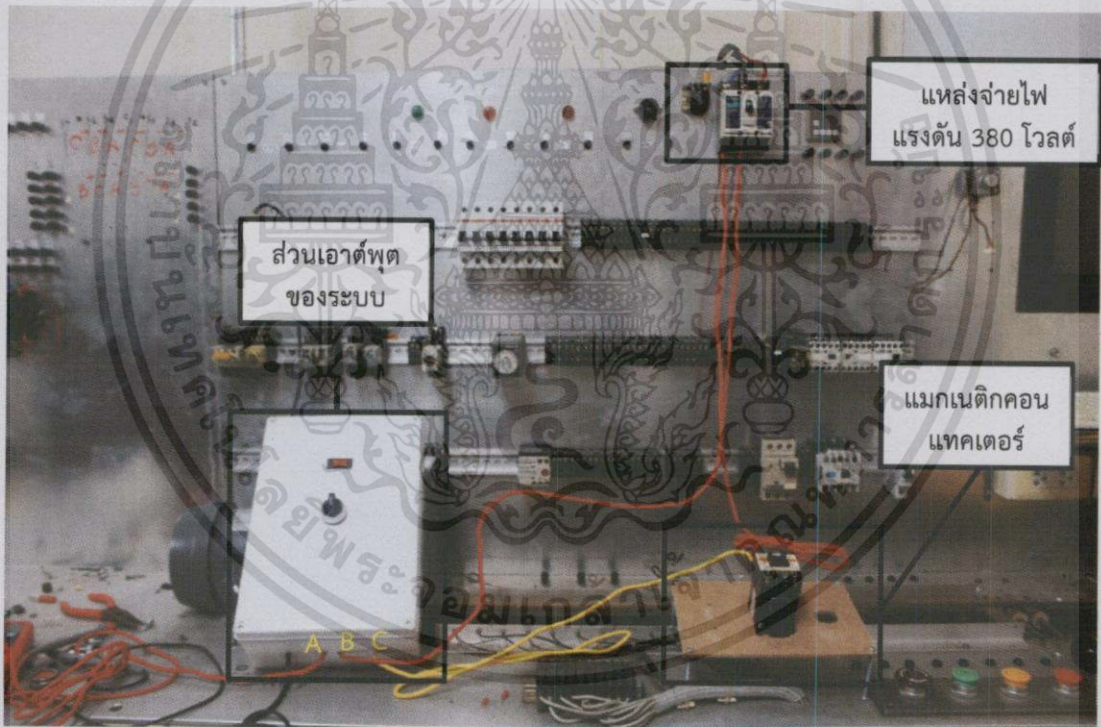
- 1) ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งการทำงานไปที่รีเลย์ แรงดัน 5 โวลต์ (หมายเลข 1 ของรูปที่ 4.12)
- 2) โวลิตสเตทรีเลย์จ่ายไฟจากขั้ว R ของแหล่งจ่ายไฟออกไปที่คอยล์ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ (หมายเลข 2 ของรูปที่ 4.12)
- 3) เมื่อเลือกสวิตช์ลูกศรไปทางขวา จะเป็นการเชื่อมต่อกับวงส่วนเอาต์พุตของระบบ (หมายเลข 3 ของรูปที่ 4.12)
- 4) เมื่อเลือกสวิตช์ลูกศรไปทางซ้าย จะเป็นการทำงานของระบบเดิมของฟาร์ม (หมายเลข 4 ของรูปที่ 4.12)

อุปกรณ์

ส่วนเอาต์พุตของระบบ แมกเนติกคอนแทคเตอร์ และแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 380 โวลต์ ดังรูปที่ 4.13

วิธีการทดลอง

1. ทำการวัดแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟ
2. ต่ออุปกรณ์ส่วนเอาต์พุตของระบบเข้ากับแมกเนติกคอนแทคเตอร์และแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 380 โวลต์ (ดังรูปที่ 4.13 – รูปที่ 4.15)
3. ทำการจ่ายแรงดันไฟ 5 โวลต์ ให้แก่อุปกรณ์เพื่อให้อุปกรณ์ทำการเชื่อมต่อวงจรด้านไฟฟ้าแรงดันสูงไว้พร้อมสำหรับการทดลองจ่ายไฟแรงดัน 380 โวลต์ โดยทำการเปิดสวิตซ์ที่กล่องส่วนเอาต์พุตของระบบ
4. ทำการหมุนสวิตซ์ลูกศรไปทางขวา ซึ่งเชื่อมต่อวงจรกับแมกเนติกคอนแทคเตอร์
5. สังเกตผลการทดลองที่เกิดขึ้น



รูปที่ 4.13 ส่วนเอาต์พุตของระบบต่อเข้ากับแมกเนติกคอนแทคเตอร์และแหล่งจ่ายไฟ

ตำแหน่งสายไฟที่ต่อจากส่วนเอาต์พุตของระบบ (แสดงดังรูปที่ 4.12 และรูปที่ 4.13) มีดังต่อไปนี้

ตำแหน่ง A สายไฟต่อเข้ากับการทำงานระบบเดิมของฟาร์ม

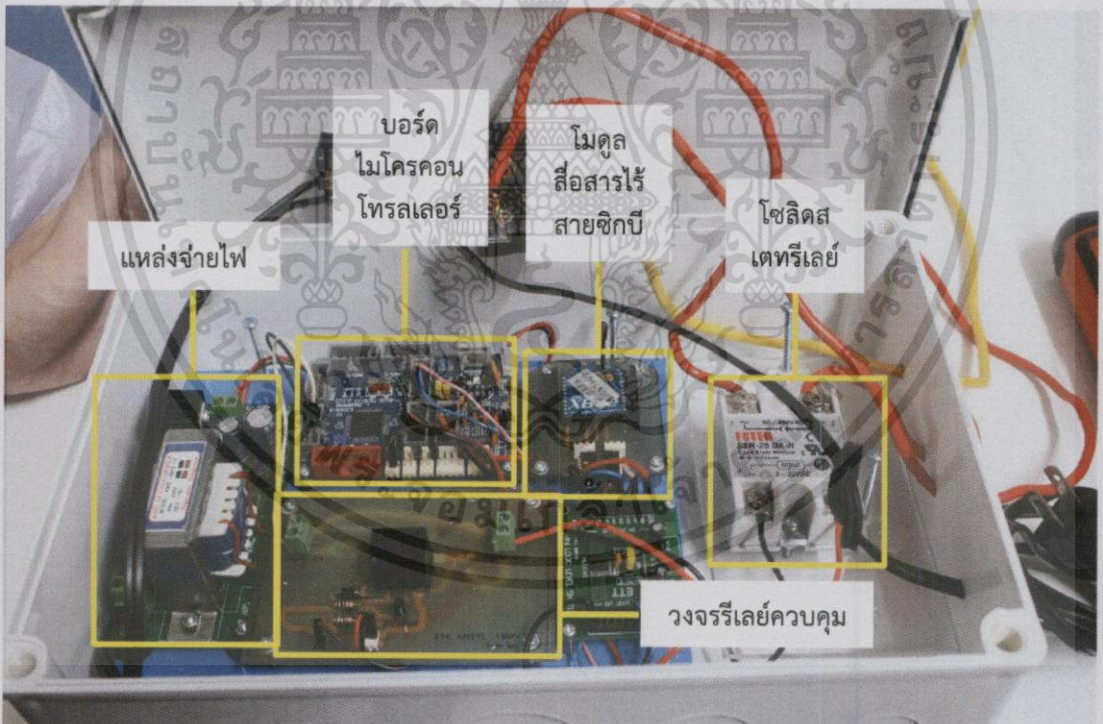
ตำแหน่ง B สายไฟต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟชั่วคราว

ตำแหน่ง C สายไฟต่อเข้ากับคอยล์ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



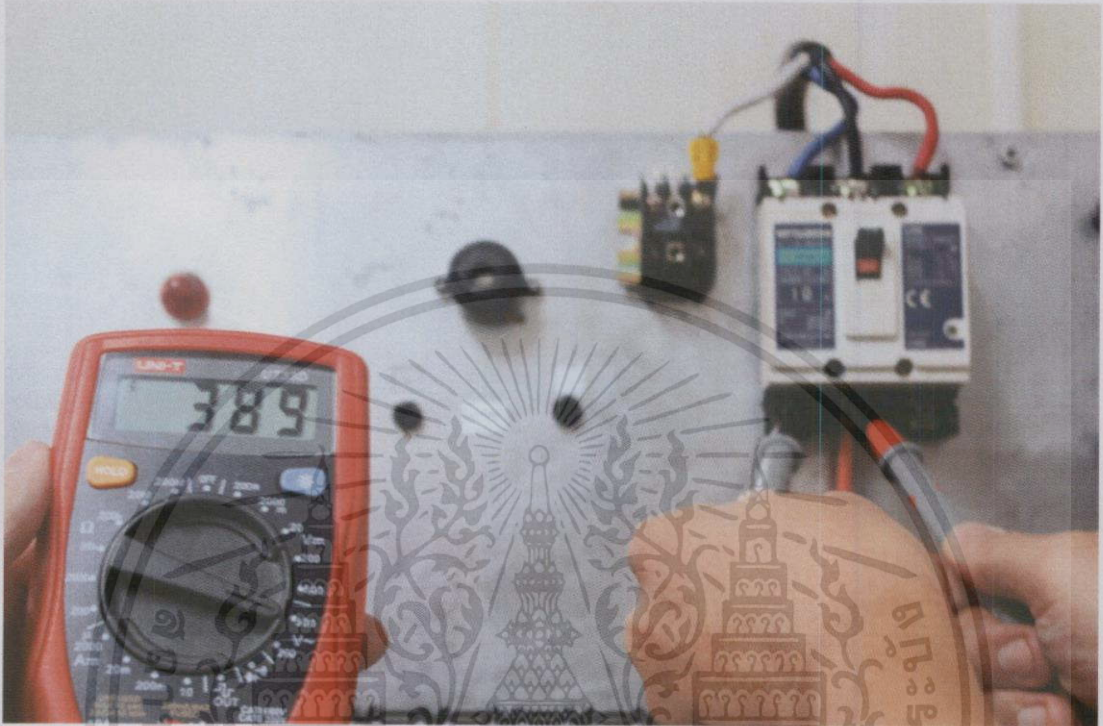
รูปที่ 4.14 แหล่งจ่ายไฟแรงดัน 380 โวลต์



รูปที่ 4.15 วงจรในส่วนเอาต์พุตของระบบ

ผลการทดลอง

จากการทดลองวัดแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟ 380 โวลต์ จะพบว่าโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า ได้มีค่าประมาณ 389 โวลต์ ซึ่งอยู่ในช่วงของระบบไฟฟ้าสามเฟส (แสดงดังรูปที่ 4.16)



รูปที่ 4.16 กระแสไฟแรงดัน 380 โวลต์จากแหล่งจ่ายไฟ

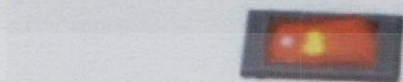
เมื่อทำการต่ออุปกรณ์ส่วนเอาต์พุตของระบบเข้ากับแมกเนติกคอนแทคเตอร์แล้ว ทำการ กดปุ่มเพื่อเปิดวงจรส่วนเอาต์พุตของระบบ (แสดงดังรูปที่ 4.17)



รูปที่ 4.17 ก่อนเปิดวงจรส่วนเอาต์พุตของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการเปิดสวิตช์ที่ส่วนเอาต์พุตของระบบ ก่อนทำการหมุนสวิตช์ลูกศรเพื่อเลือกการทำงานในส่วนเอาต์พุตของระบบ (แสดงดังรูปที่ 4.18) หน้าสัมผัสของแมกเนติกคอนแทคเตอร์จะไม่ถูกแรงแม่เหล็กดูดลงไป จึงยังไม่สามารถทำงานได้ (แสดงดังรูปที่ 4.19)

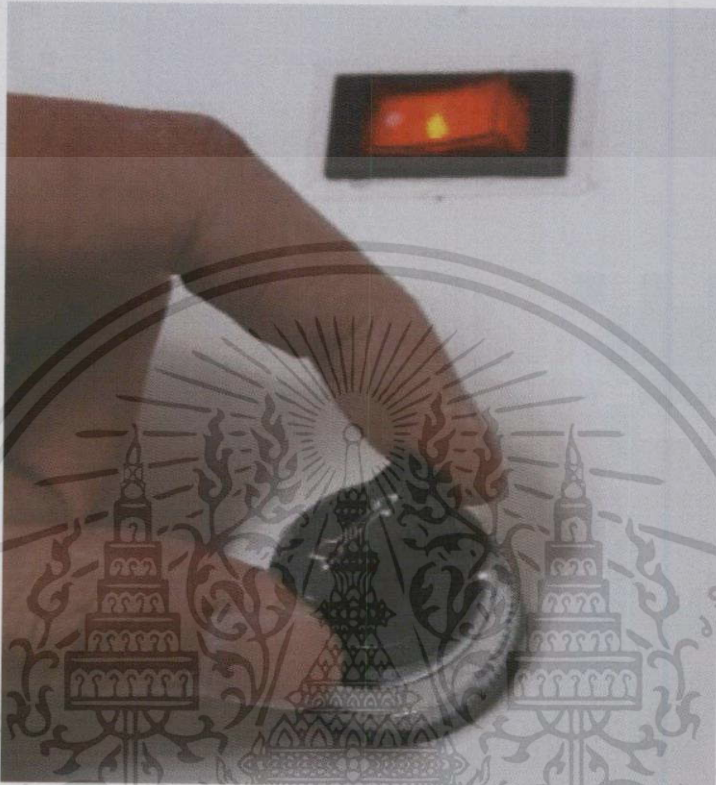


รูปที่ 4.18 ก่อนหมุนสวิตช์ลูกศร

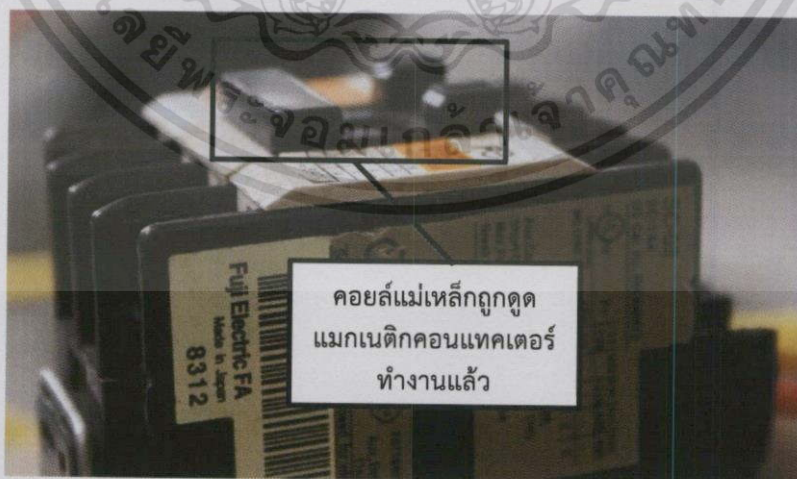


รูปที่ 4.19 ก่อนมีกระแสไหลผ่านแมกเนติกคอนแทคเตอร์

หลังจากนั้นทำการหมุนสวิตช์ลูกศรไปทางขวา (แสดงดังรูปที่ 4.20) เพื่อเลือกการทำงานไปที่ส่วนเอาต์พุตของระบบ หน้าสัมผัสของแมกเนติกคอนแทคเตอร์จะมีกระแสไหลผ่านและถูกแรงแม่เหล็กดูดลงไปและทำงานได้ (แสดงดังรูปที่ 4.21)

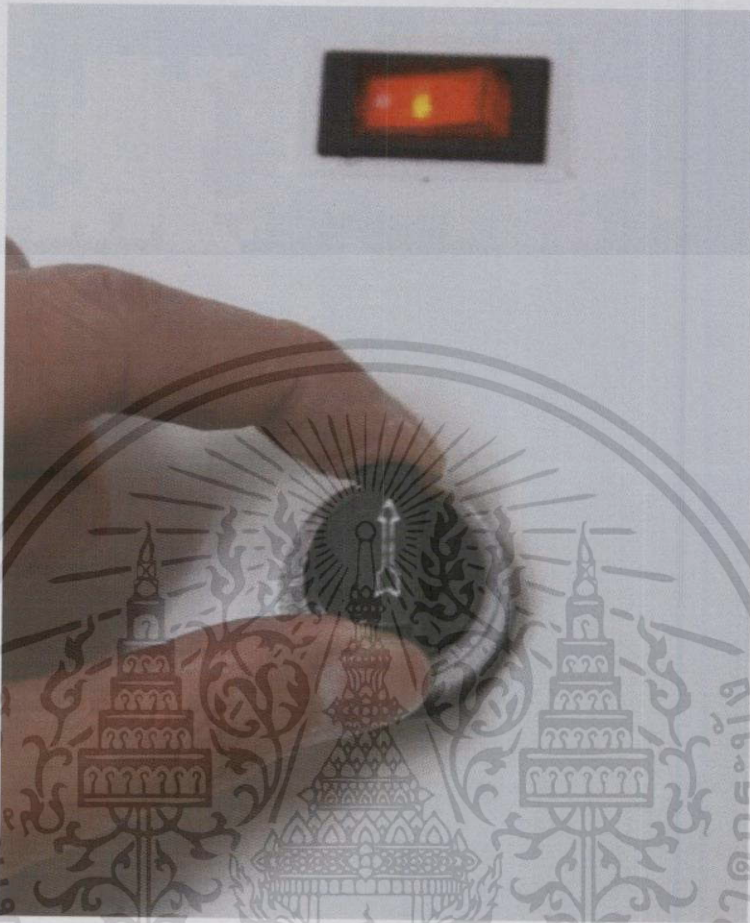


รูปที่ 4.20 หมุนสวิตช์ลูกศรไปทางขวา



รูปที่ 4.21 หลังกระแสไหลผ่านแมกเนติกคอนแทคเตอร์

เมื่อทำการหมุนสวิตช์ลูกศรไปทางซ้ายกลับมาจุดเริ่มต้น (แสดงดังรูปที่ 4.22) แมกเนติกคอนแทคเตอร์จะไม่มีกระแสไหลผ่านจึงไม่ทำงาน (แสดงดังรูปที่ 4.23)



รูปที่ 4.22 หมุนสวิตช์ลูกศรกลับจุดเริ่มต้น



รูปที่ 4.23 เมื่อไม่มีกระแสไหลผ่านแมกเนติกคอนแทคเตอร์

จึงสรุปได้ว่า อุปกรณ์ส่วนเอาต์พุตของระบบนั้น สามารถใช้งานร่วมกับ ไฟฟ้า 3 เฟส แรงดัน 380 โวลต์ได้

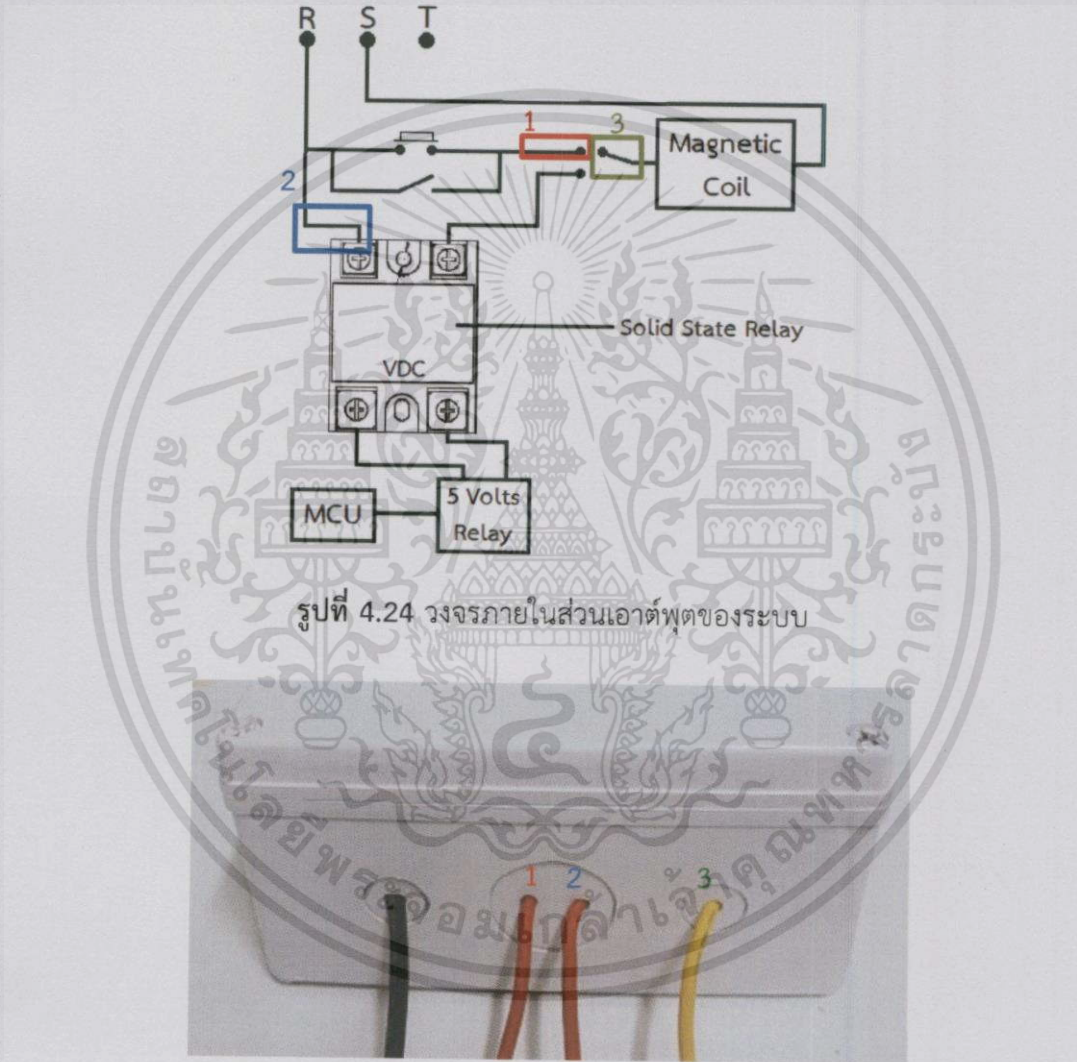
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลองสั่งงานมอเตอร์ใบพัดต้นน้ำ

ในการทดลองนี้จะแบ่งเป็น 2 การทดลองย่อยด้วยกันคือทำงานแบบอัตโนมัติและทำงานแบบกำหนดเองโดยผู้ใช้

ทฤษฎี

การต่อวงจรแมกเนติกคอนแทคเตอร์เข้ากับระบบเดิมของฟาร์ม



รูปที่ 4.24 วงจรภายในส่วนเอาต์พุตของระบบ

รูปที่ 4.25 ภายนอกส่วนเอาต์พุตของระบบ

วงจรการทำงานจะมีการต่อสายไฟ (แสดงดังรูปที่ 4.24 และรูปที่ 4.25) ดังนี้

- หมายเลข 1 สายไฟต่อเข้ากับระบบการทำงานเดิมของฟาร์ม
- หมายเลข 2 สายไฟต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟชั่วคราว
- หมายเลข 3 สายไฟต่อเข้ากับคอยล์ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1 ทำงานแบบอัตโนมัติ

จุดประสงค์

- เพื่อทดสอบการควบคุมมอเตอร์ใบพัดตีน้ำแบบอัตโนมัติ ตามแผนการทำงานซึ่งถูกกำหนดด้วยระดับของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 5 ระดับ ผ่านหน้าเว็บไซต์
- เพื่อทดสอบการรับค่าจากเซ็นเซอร์ส่วนอินพุตของระบบ
- เพื่อทดสอบการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล

อุปกรณ์

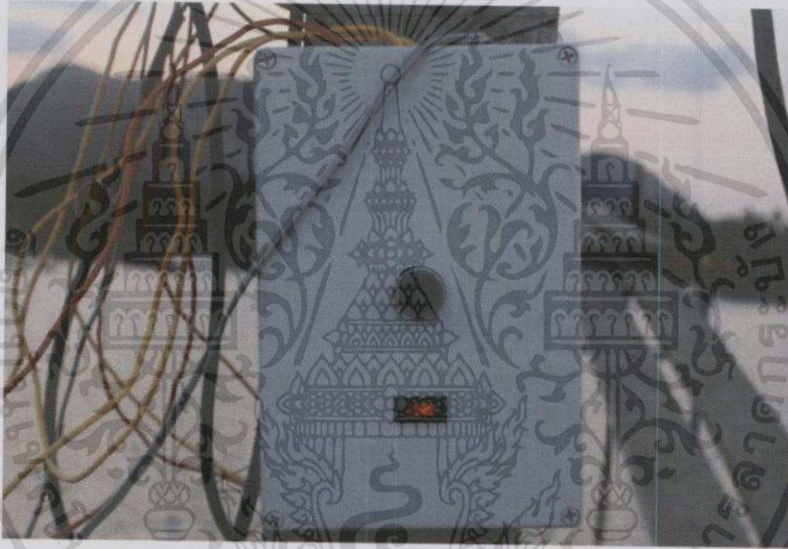
อุปกรณ์ประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนอินพุตของระบบ ดังรูปที่ 4.1 ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล ดังรูปที่ 4.3 ส่วนเอาต์พุตของระบบ 2 ตัว ดังรูปที่ 4.26 - รูปที่ 4.28 แมกเนติกคอนแทคเตอร์และแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 380 โวลต์ ดังรูปที่ 4.29 และมอเตอร์ใบพัดตีน้ำไฟฟ้าสามเฟสแรงดัน 380 โวลต์ ดังรูปที่ 4.30

วิธีการทดลอง

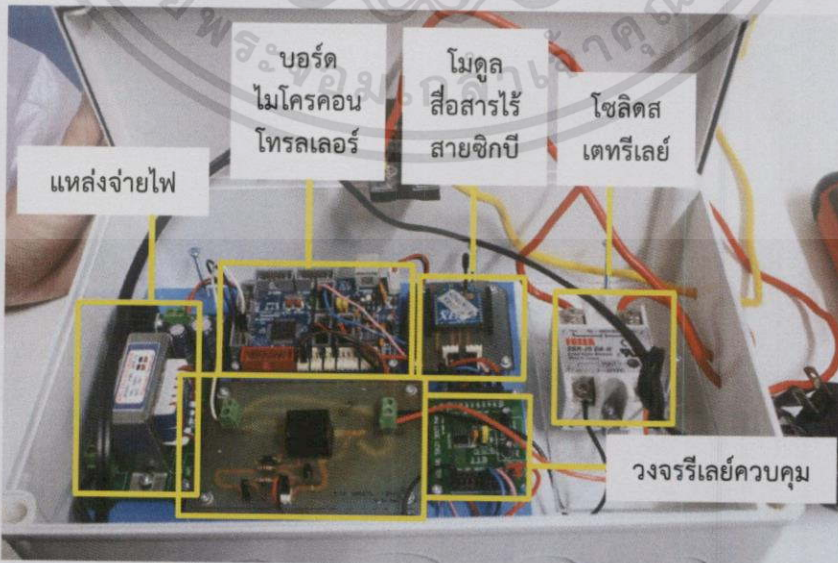
1. เปิดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต่อกับโมดูลสื่อสารไร้สายชิคปีตัวส่งและเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ชนิด
2. นำหุ่นไปวางกลางบ่อเลี้ยงกุ้ง
3. เชื่อมต่อโมดูลสื่อสารไร้สายชิคปีตัวรับกับคอมพิวเตอร์
4. ตัดไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟ 380 โวลต์
5. ต่ออุปกรณ์ส่วนเอาต์พุตของระบบเข้ากับแมกเนติกคอนแทคเตอร์และแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 380 โวลต์ (ดังรูปที่ 4.26 - รูปที่ 4.30) แล้วเปิดไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟ 380 โวลต์
6. ทำการเปิดสวิทช์ที่กล่องส่วนเอาต์พุตของระบบ
7. ทำการหมุนสวิตช์ลูกศรไปทางขวา ซึ่งเชื่อมต่อวงจรกับแมกเนติกคอนแทคเตอร์
8. ตั้งค่ามาตรฐานโดยกำหนดเป็นช่วง ในหน้า System Setting จากหน้า Measurement Control ของเว็บไซต์ (ดังหมายเลข 1 2 และ 3 ตามลำดับของรูปที่ 4.31)
9. ตั้งค่าการทำงานของมอเตอร์ใบพัดตีน้ำและกด Apply Setting (ดังรูปที่ 4.33)
10. เปิดหน้าเว็บไซต์และโปรแกรม C# เพื่อรอรับค่าข้อมูล
11. สังเกตผลการทดลองที่เกิดขึ้น



รูปที่ 4.26 การติดตั้งส่วนเอาต์พุตของระบบตัวที่ 1

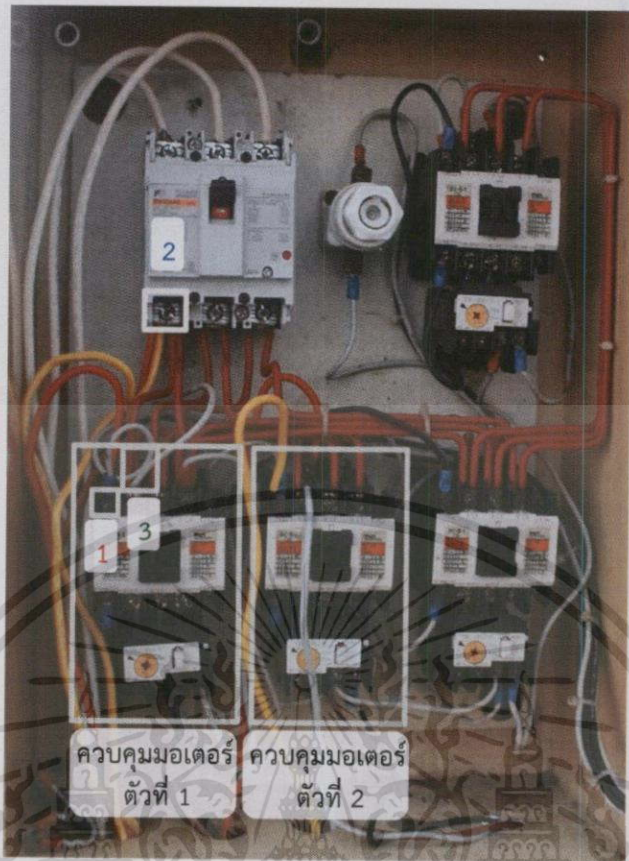


รูปที่ 4.27 การติดตั้งส่วนเอาต์พุตของระบบตัวที่ 2



รูปที่ 4.28 วงจรภายในส่วนเอาต์พุตของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 ส่วนเอาต์พุตของระบบต่อกับแหล่งจ่าย 380 โวลต์

จากรูปที่ 4.29 การต่อวงจรเข้ากับระบบการทำงานเดิมของฟาร์ม อ้างอิงส่วนเอาต์พุตของระบบจากรูปที่ 4.24 และรูปที่ 4.25 ทำการต่อสายไฟดังนี้

หมายเลข 1 ของรูปที่ 4.25 เชื่อมกับขั้ว NO ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ (ดังหมายเลข 1 ของรูปที่ 4.29)

หมายเลข 2 ของรูปที่ 4.25 เชื่อมกับขั้ว R ของแหล่งจ่ายไฟ (ดังหมายเลข 2 ของรูปที่ 4.29)

หมายเลข 3 ของรูปที่ 4.25 เชื่อมกับคอยล์ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ (ดังหมายเลข 3 ของรูปที่ 4.29)




รูปที่ 4.30 มอเตอร์ใบพัดตีน้ำไฟฟ้าสามเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Home Provenance **1 Measurement Control** Systems Overview About us (5694) Logout

2 System Setting

Sensor Setting :: 

3 การตั้งค่ามาตรฐานของเซ็นเซอร์

Mode #1

Temperature	Dissolved Oxygen	pH
18 ~ 28 C°	step:1 0.0 ~ 2.0 mg/L	7.8 ~ 8.0
	step:2 2.1 ~ 4.0 mg/L	
	step:3 4.1 ~ 6.0 mg/L	
	step:4 6.1 ~ 8.0 mg/L	
	step:5 8.1 ~ 9.9 mg/L	

Sample Time

รูปที่ 4.31 หน้า System Setting ของเว็บไซต์

ผลการทดลอง

เมื่อทำการตั้งค่ามาตรฐานในหน้า System Setting ซึ่งต้องตั้งค่ามาตรฐานออกซิเจนที่ละลายในน้ำเป็นช่วงๆ ตั้งแต่ขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 5 (ดังรูปที่ 4.32) เพื่อให้สอดคล้องกับการกำหนดจำนวนของมอเตอร์ใบพัดตีน้ำที่จะเปิดให้ทำงาน และทำการปรับแผนการทำงานของมอเตอร์ใบพัดตีน้ำ เพื่อให้มอเตอร์ใบพัดตีน้ำทำงานตามแผนที่วางไว้ (ดังรูปที่ 4.33) และเปิดโปรแกรม C# รับค่าข้อมูล (ดังรูปที่ 4.34)

Advance Motor

Data Monitoring

Advance Motor

Temperature Dissolved Oxygen pH

การตั้งค่าช่วงออกซิเจนที่ละลายในน้ำขั้นที่ 1 ถึง 5

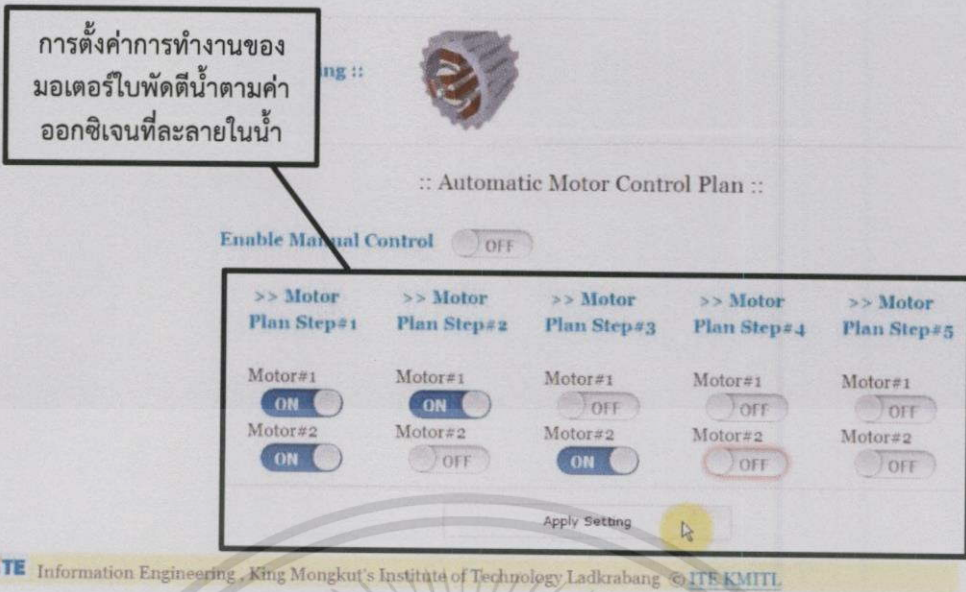
C°	step:1 0.0 ~ 6.2 mg/L	7.5 ~ 8.5
	step:2 6.3 ~ 6.4 mg/L	
	step:3 6.5 ~ 7.0 mg/L	
	step:4 7.1 ~ 7.2 mg/L	
	step:5 7.3 ~ 9.9 mg/L	

Sample Time

00 hr 00 min 10 sec

รูปที่ 4.32 การตั้งค่าช่วงออกซิเจนที่ละลายในน้ำขั้นที่ 1 ถึง 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.33 การตั้งค่าแผนของมอเตอร์หน้า System Setting

เมื่อปรับค่าจากหน้า System Setting แล้ว หลังจากเซ็นเซอร์วัดค่าคุณภาพน้ำส่งมายัง ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล วัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้ 6.5 mg/L โดยค่าจะอยู่ในขั้นที่ 3 โปรแกรม C# และเว็บไซต์จะปรับการเปิด-ปิดมอเตอร์ (ดังหมายเลข 1 และ 2 ของรูปที่ 4.34) มอเตอร์ใบพัดตีน้ำตัวที่ 1 จะปิด และมอเตอร์ใบพัดตีน้ำตัวที่ 2 จะเปิด (ดังรูปที่ 4.35)

1 ข้อมูลการเปลี่ยนขั้นของมอเตอร์ตามคำสั่ง

2 ทำการปรับมอเตอร์ตามคำสั่ง

ข้อมูล : สถานะมอเตอร์
"M1::OFF // M2::ON"

สำเร็จ : มีการตอบรับ "เปิด มอเตอร์#2" เสร็จสมบูรณ์

คำเตือน : ส่งคำสั่ง "เปิด มอเตอร์#2" ออกไป

สำเร็จ : มีการตอบรับ "ปิด มอเตอร์#1" เสร็จสมบูรณ์

คำเตือน : ส่งคำสั่ง "ปิด มอเตอร์#1" ออกไป

```

Please Select choice No. : 1
[sys] Serial port COM9 Connected
>> 8/2/2557 15:39:33
[data] Temperature : 33.73 °C
[data] Dissolved Oxygen : 6.5 mg/L
[data] pH : 7.8
[log] Record to Database Complete : T=33.73 / O=6.5 / P=7.8
[log] Send Motor Cmd : M001:OFF | Info! Move from Step1 to Step3
[log] Ack Received : OK#M01:OFF
[log] Send Motor Cmd : M002:ON | Info! Move from Step2 to Step3
[log] Ack Received : OK#M02:ON
[log] Now Motor Status >> M1::OFF // M2::ON
    
```

รูปที่ 4.34 การสั่งงานควบคุมมอเตอร์และแสดง system log เมื่อค่าออกซิเจนอยู่ในขั้นที่ 3



รูปที่ 4.35 มอเตอร์ใบพัดตีน้ำตัวที่ 1 ปิด และมอเตอร์ใบพัดตีน้ำตัวที่ 2 เปิด

4.5.2 ทำงานแบบกำหนดเองโดยผู้ใช้

จุดประสงค์

- เพื่อทดสอบการควบคุมมอเตอร์ใบพัดตีน้ำแบบกำหนดเองโดยผู้ใช้ สามารถสั่งงานได้ผ่านหน้าเว็บไซต์
- เพื่อทดสอบการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล

อุปกรณ์

อุปกรณ์ประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนอินพุตของระบบ ดังรูปที่ 4.1 ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผล ดังรูปที่ 4.3 ส่วนเอาต์พุตของระบบ 2 ตัว ดังรูปที่ 4.26 - รูปที่ 4.28 แมกเนติกคอนแทคเตอร์และแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 380 โวลต์ ดังรูปที่ 4.29 และมอเตอร์ใบพัดตีน้ำไฟฟ้าสามเฟสแรงดัน 380 โวลต์ ดังรูปที่ 4.30

วิธีการทดลอง

1. เปิดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต่อกับโมดูลสื่อสารไร้สายชิคปีตัวส่งและเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ชนิด
2. นำหุ่นไปวางกลางบ่อเลี้ยงกุ้ง
3. เชื่อมต่อโมดูลสื่อสารไร้สายชิคปีตัวรับกับคอมพิวเตอร์
4. ตัดไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟ 380 โวลต์
5. ต่ออุปกรณ์ส่วนเอาต์พุตของระบบเข้ากับแมกเนติกคอนแทคเตอร์และแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 380 โวลต์ (ดังรูปที่ 4.26 - รูปที่ 4.30) แล้วเปิดไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟ 380 โวลต์
6. ทำการเปิดสวิทช์ที่กล่องส่วนเอาต์พุตของระบบ
7. ทำการหมุนสวิทช์ลูกศรไปทางขวา ซึ่งเชื่อมต่อวงจรกับแมกเนติกคอนแทคเตอร์
8. เปิดเว็บไซต์ซึ่งทำได้ 2 วิธี
 - หน้า Advance Motor (ดังหมายเลข 1 2 และ 3 ตามลำดับของรูปที่ 4.36)
 - หน้าแรกของเว็บไซต์ (ดังหมายเลข 1 ของรูปที่ 4.37)
9. ตั้งค่าโดยกำหนดเลือก Enable Motor
10. ตั้งค่าการเปิด-ปิดมอเตอร์ตามต้องการและกด Apply Setting
11. เปิดหน้าเว็บไซต์และโปรแกรม C# เพื่อรอรับค่าข้อมูล
12. สังเกตผลการทดลองที่เกิดขึ้น


รูปที่ 4.36 หน้า Advance Motor บนเว็บไซต์


ผลการทดลอง

เมื่อทำการตั้งค่าจากหน้าแรกของเว็บไซต์ให้เปิดมอเตอร์ 1 และ 2 (แสดงดังรูปที่ 4.37)

Temp : 19.64 C

 Threshold : 18~28

DO : 8.6 mg/L

 Threshold : 8.1~9.9

pH : 7.2

 Threshold : 7.8~8.0

รูปที่ 4.37 ตั้งค่าหน้าแรกของเว็บไซต์ให้เปิดมอเตอร์ 1 และ 2

โปรแกรม C# ผลลัพธ์ที่ส่งไปหาส่วนเอาต์พุตของระบบ (แสดงดังรูปที่ 4.38) และมอเตอร์ไบพัดตีน้ำตัวที่ 1 และตัวที่ 2 เปิดทั้งคู่ (แสดงดังรูปที่ 4.39)

**ข้อมูลการเปลี่ยนสถานะ
มอเตอร์ตามคำสั่ง**

```

Port#      Status
COM3      IDLE

Please Select choice No. : 1

[sys]      Serialport COM3 Connected
[log]      Send Motor Cnd : M001:ON ; [info] Now Motor Manual enabled
[log]      Resend Motor Cnd >> M001:ON
[log]      Resend Motor Cnd >> M001:ON
[log]      Resend Motor Cnd >> M001:ON
[log]      Ack Received : OK#M001:ON
[log]      Send Motor Cnd : M002:ON ; [info] Now Motor Manual enabled
[log]      Ack Received : OK#M002:ON
[log]      Now Motor Status >> M1::ON // M2::ON_
    
```

รูปที่ 4.38 คำสั่งเปิดมอเตอร์ทั้งสองตัว



รูปที่ 4.39 มอเตอร์ไบพัดตีน้ำเปิดทั้งสองตัว

เมื่อทำการตั้งค่าจากหน้าแรกของเว็บไซต์ให้ปิดมอเตอร์ 1 และ 2 (แสดงดังรูปที่ 4.40)

1 การตั้งค่าการเปิด-ปิด มอเตอร์โดยผู้ใช้

Pimp Farm Management Information Technology

Home Provenance Measurement Control Systems Overview About us (5694) Logout

Preset : Mode #1

Enable Manual

Motor #1

Motor #2

Apply Setting

ข้อมูล : สถานะมอเตอร์ "M1::ON // M2::ON"

สำเร็จ : มีการยอมรับ "เปิดมอเตอร์#2" เสร็จสมบูรณ์

คำเตือน : ส่งคำสั่ง "เปิดมอเตอร์#2" ลอกไป

สำเร็จ : มีการยอมรับ "เปิดมอเตอร์#1" เสร็จสมบูรณ์

คำเตือน : ส่งคำสั่ง "เปิดมอเตอร์#1" ลอกไป

รูปที่ 4.40 ตั้งค่าหน้าแรกของเว็บไซต์ให้ปิดมอเตอร์ 1 และ 2

โปรแกรม C# ผลลัพธ์ที่ส่งไปหาส่วนเอาต์พุตของระบบ (แสดงดังรูปที่ 4.41) และมอเตอร์ไบพัดติน้ำตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ปิดทั้งคู่ (แสดงดังรูปที่ 4.42)

ข้อมูลการเปลี่ยนสถานะ
มอเตอร์ตามคำสั่ง

```

Please Select Choice No. : 1
[sys] Serialport COM3 Connected
[log] Send Motor Cmd : #M1:ON : [Info] Now Motor Manual enabled
[log] Resend Motor Cmd >> #M1:ON
[log] Resend Motor Cmd >> #M1:ON
[log] Resend Motor Cmd >> #M1:ON
[log] Ack Received : OK#M1:ON
[log] Send Motor Cmd : #M2:ON : [Info] Now Motor Manual enabled
[log] Ack Received : OK#M2:ON
[log] Now Motor Status : M1:ON // M2:ON
[log] Send Motor Cmd : #M1:OFF : [Info] Now Motor Manual enabled
[log] Ack Received : OK#M1:OFF
[log] Send Motor Cmd : #M2:OFF : [Info] Now Motor Manual enabled
[log] Ack Received : OK#M2:OFF
[log] Now Motor Status >> M1:OFF // M2:OFF
    
```

รูปที่ 4.41 คำสั่งปิดมอเตอร์ทั้งสองตัว



รูปที่ 4.42 มอเตอร์ไบพัดติน้ำปิดทั้งสองตัว

4.6 การทดลองการกลับไปใช้วงจรสวิตช์ควบคุมปกติของระบบฟาร์ม

จุดประสงค์

- ทำการทดลองในกรณีผู้ใช้ต้องการยกเลิกการควบคุมผ่านระบบโครงงานนี้ ต้องการกลับไปใช้ปุ่มเปิด-ปิด เต็มที่ตู้ควบคุมมอเตอร์

อุปกรณ์

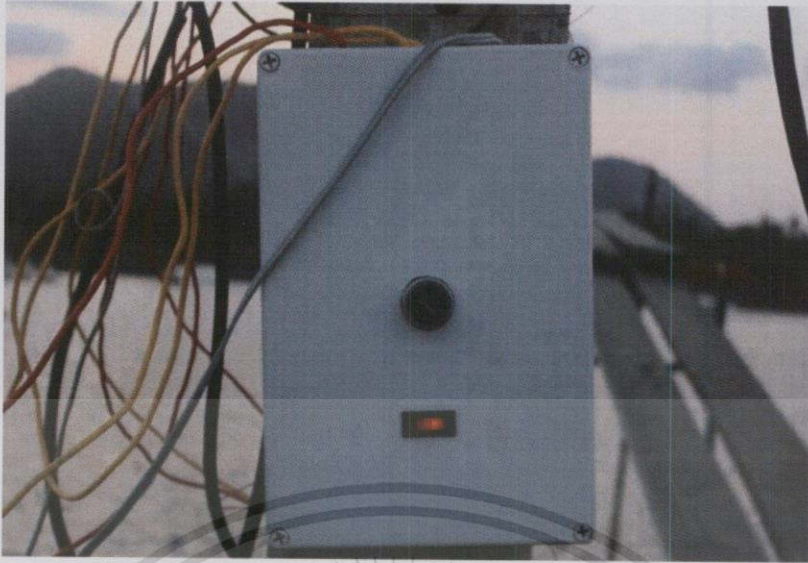
ส่วนเอาต์พุตของระบบ 2 ตัว ดังรูปที่ 4.43 - รูปที่ 4.45 แมกเนติกคอนแทคเตอร์และแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 380 โวลต์ ดังรูปที่ 4.46 และมอเตอร์ใบพัดตีน้ำไฟฟ้าสามเฟสแรงดัน 380 โวลต์ ดังรูปที่ 4.47

วิธีการทดลอง

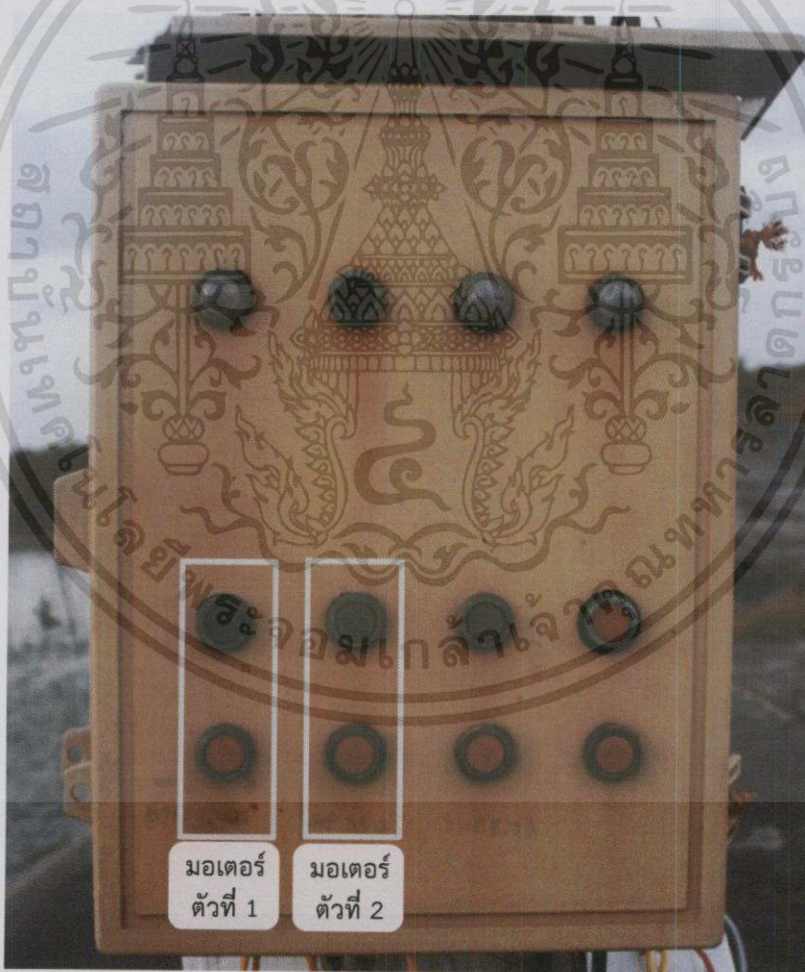
1. ตัดไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟ 380 โวลต์
2. ต่ออุปกรณ์ส่วนเอาต์พุตของระบบเข้ากับแมกเนติกคอนแทคเตอร์และแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 380 โวลต์ (ดังรูปที่ 4.43 - รูปที่ 4.44) แล้วเปิดไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟ 380 โวลต์
3. ทำการปิดสวิตช์ที่กล่องส่วนเอาต์พุตของระบบ
4. ทำการหมุนสวิตช์ลูกศรไปทางซ้าย ซึ่งเชื่อมต่อวงจรกับระบบของฟาร์ม
5. ทำการกดปุ่มบนตู้ควบคุมมอเตอร์ (ดังรูปที่ 4.45)
6. สังเกตผลการทดลองที่เกิดขึ้น



รูปที่ 4.43 การติดตั้งส่วนเอาต์พุตของระบบตัวที่ 1

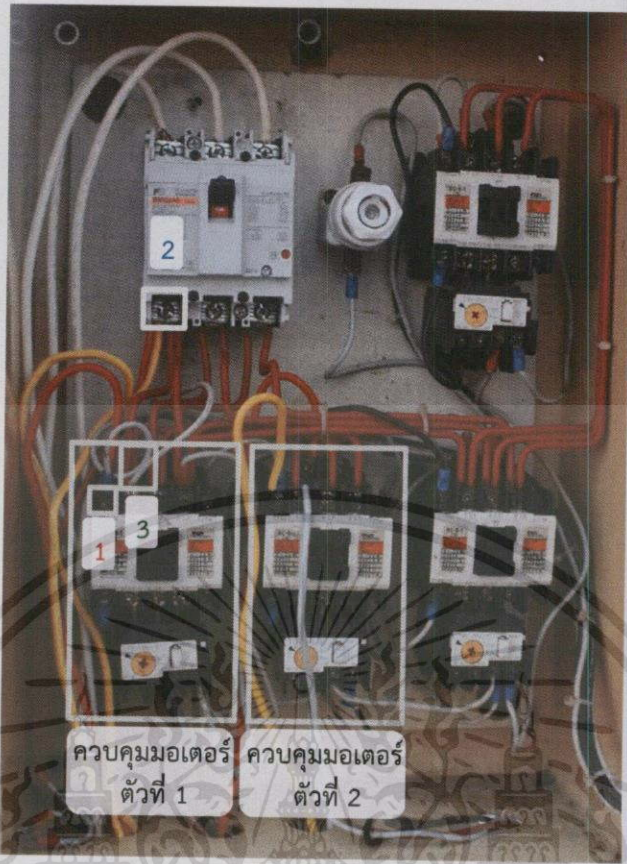


รูปที่ 4.44 การติดตั้งส่วนเอาต์พุตของระบบตัวที่ 2



รูปที่ 4.45 ตู้ควบคุมมอเตอร์ใบพัดตีน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.46 ส่วนเอาต์พุตของระบบต่อกับแหล่งจ่าย 380 โวลต์

จากรูปที่ 4.46 การต่อวงจรเข้ากับระบบการทำงานเดิมของฟาร์ม อ้างอิงส่วนเอาต์พุตของระบบจากรูปที่ 4.24 และรูปที่ 4.25 ทำการต่อสายไฟดังนี้

หมายเลข 1 ของรูปที่ 4.25 เช้ากับขั้ว NO ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ (ดังหมายเลข 1 ของรูปที่ 4.46)

หมายเลข 2 ของรูปที่ 4.25 เช้ากับขั้ว R ของแหล่งจ่ายไฟ (ดังหมายเลข 2 ของรูปที่ 4.46)

หมายเลข 3 ของรูปที่ 4.25 เช้ากับคอยล์ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ (ดังหมายเลข 3 ของรูปที่ 4.46)



รูปที่ 4.47 มอเตอร์ปั๊มน้ำไฟฟ้าสามเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ทำการหมุนสวิตช์ลูกศรไปทางซ้าย (แสดงดังรูปที่ 4.48)



รูปที่ 4.48 หมุนสวิตช์ลูกศรไปทางซ้าย

ทำการกดปุ่มเปิดมอเตอร์ทั้งสองตัวที่ตู้ควบคุมมอเตอร์ (แสดงดังรูปที่ 4.49(ก)และ4.49(ข))



(ก) มอเตอร์ 1

(ข) มอเตอร์ 2

รูปที่ 4.49 ทำการเปิดมอเตอร์ทั้งสองตัวที่ตู้ควบคุมมอเตอร์

มอเตอร์ใบพัดตีน้ำตัวที่ 1 และตัวที่ 2 เปิดทั้งคู่ (แสดงดังรูปที่ 4.50)



รูปที่ 4.50 มอเตอร์ใบพัดตีน้ำเปิดทั้งสองตัว

ทำการกดปุ่มปิดมอเตอร์ทั้งสองตัวที่ตู้ควบคุมมอเตอร์ (แสดงดังรูปที่ 4.51(ก)และ4.51(ข))



(ก) มอเตอร์ 1

(ข) มอเตอร์ 2

รูปที่ 4.51 ทำการปิดมอเตอร์ทั้งสองตัวที่ตู้ควบคุมมอเตอร์

มอเตอร์ใบพัดตีน้ำตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ปิดทั้งคู่ (แสดงดังรูปที่ 4.52)



รูปที่ 4.52 มอเตอร์ใบพัดตีน้ำปิดทั้งสองตัว

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุปผล

5.1 บทสรุปผลการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานในโครงการนี้ ได้เริ่มต้นตั้งแต่การศึกษาปัญหาของฟาร์มกุ้ง ที่ในปัจจุบันต้องใช้คนงานจำนวนมากในการดูแลฟาร์มกุ้งอย่างใกล้ชิด เช่น การตรวจสอบคุณภาพน้ำที่บ่อกุ้งได้แก่การวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิของน้ำ การควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องเติมออกซิเจนในน้ำ จากปัญหาดังกล่าวจึงได้นำโมดูลสื่อสารไร้สายซิกบีมาใช้ในการส่งข้อมูลเพราะเป็นอุปกรณ์ของการส่งข้อมูลในรูปแบบการสื่อสารไร้สาย โดยไม่จำเป็นที่จะใช้คนงานจำนวนมาก และลดเวลาการจัดการฟาร์มในส่วนนี้

โครงการนี้จึงได้ออกแบบระบบการจัดการฟาร์มกุ้งโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ โดยมีการส่งค่าที่วัดคุณภาพน้ำที่ได้จากเซ็นเซอร์ต่างๆ ผ่านโมดูลสื่อสารไร้สายซิกบีมาแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ให้ผู้ใช้ได้แบบ Real-time มีการแสดงค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เซ็นเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ โดยใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นเองโดยใช้ภาษาซีชาร์ป (C#) เป็นการรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ตัวเข้ามาเก็บบันทึกลงฐานข้อมูล แล้วจึงนำขึ้นแสดงผลออกทางเว็บไซต์ โครงการนี้สามารถทำการควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องเติมออกซิเจนในน้ำแบบอัตโนมัติหรือแบบกำหนดเองโดยผู้ใช้ได้ สามารถดูข้อมูลคุณภาพน้ำย้อนหลังสามารถดูบันทึกของระบบย้อนหลัง และสามารถดูรายละเอียดข้อมูลคุณภาพน้ำในลักษณะแผนภูมิรูปภาพได้ ซึ่งสามารถเรียกใช้งานผ่านทางหน้าเว็บไซต์ได้ทันที

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการพัฒนา

- เซ็นเซอร์ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ช่างรุ้ง่ายหากมีการเก็บรักษาที่ไม่ถูกต้อง และวงจรรอ่านค่ามีไอซีที่หาซื้อไม่ได้
- เซ็นเซอร์วัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีค่าแตกต่างจากเซ็นเซอร์วัดออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ฟาร์ม

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ

- ออกแบบระบบให้สามารถใช้งานได้เป็นระยะเวลานาน
- ออกแบบระบบให้มีความสวยงาม
- ออกแบบส่วนเอาต์พุตของระบบให้ใช้งานได้หลายๆ เอาต์พุต

บรรณานุกรม

- [1] ทศนีย์ นวลชัย และคณะ. ผลของระดับออกซิเจน แอมโมเนีย และ พีเอชต่อการกินอาหารของกุ้งขาวแวนนาไม. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง.6, 1(มกราคม-มิถุนายน 2555) :44-52.
- [2] นายสมพร ยี่สมัน,การศึกษาคุณภาพน้ำที่เหมาะสม ตลอดระยะการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus Vammamei*) แบบพัฒนาในบ่อปูพื้นด้วยโพลีเอททิลีน(Polyethylene,PE) ในฤดูกาลที่ต่างกัน.ปัญหาพิเศษ สาขาวิชาการประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้,2552.
- [3] ไม่ทราบชื่อผู้แต่ง. กุ้งขาวลิโทพีเนียส แวนนาไม. เข้าถึงได้จาก : <http://benzsei.siam2web.com/?cid=37037>
- [4] ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (THAI MICROELECTRONICS CENTER: TMEC). คู่มือการใช้งานชุดทดสอบค่าความเป็นกรดต่างด้วย pH เซ็นเซอร์ชนิด ISFET. เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaieasyelec.net/archives/Manual/pH-ISFET%20TEST%20KIT-5.pdf>
- [5] Dallas Semiconductor. DS1820 1-Wire™ Digital Thermometer. On-line. Available from Internet, <http://www.micropik.com/PDF/ds1820.pdf>
- [6] http://www.reocities.com/p_pirat/temper.htm
- [7] Silaresearch. MAC-ENG v4.0 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เนกประสงค์. เข้าถึงได้จาก : http://silaresearch.com/manual/m_mac-eng.pdf
- [8] MEGAWIN. MPC82G516A 8-bit microcontroller. On-line. Available from Internet, http://www.keil.com/dd/docs/datashts/megawin/mpc82g516a_a4.pdf
- [9] บริษัท อีทีที จำกัด [ETT Co., LTD]. ET-BASE PIC8722 (ICD2). เข้าถึงได้จาก : <http://www.es.co.th/schematic/pdf/ET-BASE-PIC8xxx.pdf>
- [10] MICROCHIP. PIC18F8722 Family Data Sheet. On-line. Available from Internet, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39646c.pdf>
- [11] บริษัท อีทีที จำกัด [ETT Co., LTD]. คู่มือการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น “CP-PIC V3.0 & V4.0(ICD2)”. เข้าถึงได้จาก : <http://www.etteam.com/product/pic/man-Pic-v3.0&v4.0-ICD2.pdf>
- [12] MICROCHIP. PIC16F87X Data Sheet. On-line. Available from Internet, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30292C.pdf>
- [13] ไม่ทราบชื่อผู้แต่ง. นวัตกรรมเซลล์แสงอาทิตย์กับการใช้ประโยชน์. วารสารธุรกิจสีเขียว 1, 2 (เมษายน-มิถุนายน 2549) : 11-13
- [14] Solar-panels-in-sun. On-line. Available from Internet, http://edivisoria.biz/sites/default/files/business_additional_left/solar-panels-in-sun.jpg
- [15] Fairchild Semiconductor. 74LCXX245 Low Voltage Bidirectional Transceiver with 5V Tolerant Inputs and Outputs. On-line. Available from Internet, <http://www.fairchildsemi.com/ds/74/74LCX245.pdf>

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [16] การเชื่อมต่อรีเลย์ 5 ขา. เข้าถึงได้จาก :
http://www.vigothailand.com/uppic/images/578r28_03.jpg
- [17] Magnetic Contactor. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.skycraftsurplus.com/images/products/detail/sk2248.jpg>
- [18] เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับแมกเนติกส์ คอนแทคเตอร์. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.ssc-services.net/index.php?lay=show&ac=article&Id=539339548>
- [19] วิทยา ประยงค์พันธุ์ และ อำนวย ทองผาสุข. วงจรควบคุมมอเตอร์ด้วยคอนแทคเตอร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2522.
- [20] Overload Relay. On-line. Available from Internet,
[http://www.ops-ecat.schneider-electric.com/ecatalogue/documents/AV9005+\(web\)_1289401801000.jpg](http://www.ops-ecat.schneider-electric.com/ecatalogue/documents/AV9005+(web)_1289401801000.jpg)
- [21] IEEE STANDARDS ASSOCIATION. IEEE 802@: LOCAL AND METROPOLITAN AREA NETWORK. On-line. Available from Internet,
<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4-2011.pdf>
- [22] บริษัท วินัส ซัพพลาย จำกัด. Xbee Basic Configuration in Network Application. On-line. Available from Internet,
<http://www.thaieasyelec.com/Embedded-Electronics-Application/Xbee-Basic-Configuration-in-Network-Application.html>
- [23] ZigBee Alliance. ZigBee Datasheet. On-line. Available from Internet,
http://www.ZigBee.org/ZigBee/en/spec_download/spec_download.asp?AccessCode=1455127807
- [24] ครูปอนด์. แรงลอยตัว (buoyant force). เข้าถึงได้จาก :
<http://pound1983.wordpress.com/room/sci30203-2/fluid/buoyant-force/>
- [25] Code Project. หัวต่อ USB to Serial. เข้าถึงได้จาก :
http://www.codeproject.com/KB/dotnet/WMICodeCreator_Demo/usb-serial-adapter.jpg
- [26] Sourcingmap. หัวต่อ RS232. เข้าถึงได้จาก :
http://m4.sourcingmap.com/photo_new/20120320/g/ux_a12032000ux0121_ux_g03.jpg
- [27] AGG Software. บทความ RS232. เข้าถึงได้จาก : <http://www.aggsoft.com/rs232-pinout-cable/serial-cable-connections.htm>
- [28] บริษัท วินัส ซัพพลาย จำกัด. บทความ RS232. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.thaieasyelec.com/electronics-in-chapter/UART-TTL-RS232-MAX232-MAX3232.html>
- [29] Thaimicrotron.com. บทความ RS232. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.thaimicrotron.com/CCS-628/Reference/RS232.htm>

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [30] Innoin.Co.,Ltd. Solid state relay. เข้าถึงได้จาก : <http://www.innoins.com/911124/solid-state-relay>
- [31] Digi International Inc. XBee?/XBee-PRO? ZB RF Modules. เข้าถึงได้จาก : http://ftp1.digi.com/support/documentation/90000976_G.pdf
- [32] บริษัท อีทีที จำกัด [ETT Co., LTD]. การใช้งาน ET-MINI LOGIC LEVEL SHIFTER. เข้าถึงได้จาก : http://www.etteam.com/product/InterfaceBoard/P-ET-A-00297/ET_MINI_LOGIC_LEVEL.pdf
- [33] RLH Industries, Inc. RLH 12/24V Solar Power Charge Controller. เข้าถึงได้จาก : http://www.fiberopticlink.com/Products/Solar/pdf/12-24V_Solar_Charge_Controller.pdf

