การสร้างชุดเฝ้าระวังค่าความเป็นกรดเป็นเบสในน้ำแบบเวลาจริง

Potential of Hydrogen ion Real-time Monitoring

ณัฐพงศ์ พันธุนะ

สมเกียรติ ทองแก้ว

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

หัวข้องานวิจัย ชุดทดลองวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ
จัดทำโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ
ผู้ช่วยศาตราจารย์ สมเกียรติ ทองแก้ว
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
ปีงบประมาณ 2561

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการตรวจวัดได้มีการขยายการเติบโตทางด้านการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ซึ่งเห็นได้จากประเทศที่ยังพัฒนาและกำลังพัฒนาได้มีการค้นคว้า และวิจัยทางด้านผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง ซึ่งสนับสนุนพฤติกรรมของผู้บริโภคและความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจของประเทศและอย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงนั้นจะมีราคาสูง เช่น เครื่องตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH)

ดังนั้น งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอชุดทดลองตรวจวัดค่า pH ซึ่งจะช่วยให้ตรวจวัดค่าคุณภาพของน้ำในระบบเกษตรกรรม ซึ่งประกอบไปด้วย เซนเซอร์ตรวจวัดค่า pH เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ เซนเซอร์ตรวจวัดระดับของน้ำ ซึ่งระบบการทำงานคือหากน้ำมีค่า pH เกินมาตรฐานหรือต่ำกว่ามาตรฐานระบบก็จะส่งเป็นข้อความแจ้งเตือนอัตโนมัติเข้าโทรศัพท์มือถือของชาวเกษตรกร

โครงการที่จัดทำขึ้นนี้เพื่อจะช่วยลดความเสียหายที่เกิดจากน้ำที่มีความเป็นกรด-เบส มากเกินไปที่ไหลเข้าสู่งานเกษตรกรรมทำให้ป้องกันหรือแก้ปัญหาแจ้งเตือนอัตโนมัติเข้าโทรศัพท์มือถือของชาวเกษตรกร

คำสำคัญ : ความเป็นกรด-ด่าง, เซนเซอร์, คุณภาพน้ำ

Resraech Title : Simulator of the acid – base of the water
By : Asst.Prof.Dr. Nattapong Phanthuna
Asst.Prof. Somkieat Thongkeaw
Department of : Electrical Engineering
Faculty of : Engineering
Year : 2018

Abstract

Nowadays, the measurement technologies are continually growth in advanced. These can be seen in the developed and developing countries that research and develop the products, which support the consumer behavior and/or country economy ic growth. However, some advanced products are very expensive such as pH meter.

Therefore, this thesis develops the pH meter, which allows the acid-base test of the water and it can be supported the agriculture. The proposed pH meter is included the pH pen sensor, temperature sensor, water level sensor. The proposed meter can measure the acid-base of the water by sending SMS alert signal via GSM module to the mobile phone of the farmer.

As can be seen, this thesis can prevent and solve the effect of the high acid-base of the water that possibly flows into the agriculture farm via using SMS alert signal of the mobile phone of the farmer.

Keywords— The acid – base, Sensors, Water quality

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีก็เพราะได้รับ ความสนับสนุนช่วยเหลือทั้งในรูปคำปรึกษา ชี้แนะ รวมถึงกำลังใจ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้มีส่วนร่วมในการสร้างสรรค์ผลงานวิจัยชิ้นนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ คณะกรรมการ ในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ รวมถึงในการสอบงานวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนขอขอบพระคุณบิดา มารดา และบุคคลในครอบครัวที่คอยสนับสนุน ให้ความอบอุ่นและคอยช่วยเหลือด้านต่าง ๆ สุดท้ายนี้ที่ขาดไม่ได้คือขอบคุณเพื่อนๆ ในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษาช่วยเหลือในการทำงานวิจัย ให้คำปรึกษาในการทำงานต่างๆ จนสำเร็จด้วยดีเสมอมา

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข

กิตติกรรมประกาศ ค

สารบัญ ง

สารบัญต่อ จ

สารบัญตาราง ฉ

สารบัญภาพ ช

สารบัญภาพ (ต่อ) ซ

1. บทนำ

1.1 บทนำ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.4 ขั้นตอนการทำงาน 3

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ 3

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ 4

2.2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.2.1 ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวลผลแบบอัตโนมัติ 4

2.2.2 การศึกษาคุณภาพน้ำ 6

2.2.3 การศึกษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง 7

2.2.4 เครื่องวัด pH 8

2.2.5 ระบบติดตามสภาพน้ำบ่อปลาเพื่อธุรกิจปลาสวยงาม 11

2.3 คุณภาพของน้ำ 12

2.4 ทฤษฎีของเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ 15

2.5 หลักการของทรานสดิวเซอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง 19

2.6 หลักการของทรานสดิวเตอร์วัดอุณหภูมิ 21

2.7 หลักการของทรานสดิวเตอร์วัดระดับน้ำ (Level) 27

2.8 ทฤษฎีการส่งข้อมูล (GSM Module) 29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3. วิธีดำเนินการ	
3.1 บทนำ	30
3.2 การออกแบบและสร้างชุดวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง	31
3.3 การออกแบบทรานสดิวเซอร์ (Transducer)	32
3.4 การออกแบบชุดควบคุม	34
3.4.1 โครงสร้างบอร์ด Arduino Mega 2560	35
3.4.2 บอร์ด Ethernet W5100	38
3.4.3 จอแสดงผล LCD with 12C Interface (Blue Screen)	39
3.4.4 วงจรในการทำงาน	42
3.5 การออกแบบโปรแกรม	43
3.5.1 การเขียนโปรแกรมบน Arduino	43
3.5.2 รูปแบบของโปรแกรมที่ใช้งาน	44
3.6 การประกอบวงจรแบบสมบูรณ์	49
4. ผลการทดลอง	
4.1 บทนำ	47
4.2 การทำงานของโปรแกรม	47
4.3 การแสดงผลของการทดลองและการบันทึกผล	47
4.4 การทดลองผลการทำงานของเซ็นเซอร์	49
4.5 การแสดงผลของ Ethernet Shield	51
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 บทนำ	52
5.2 สรุปผลการดำเนินงาน	52
5.3 ปัญหาโครงงานและแนวทางแก้ไข	52
5.4 ข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก ก	54
ภาคผนวก ข	72

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางแสดงวิธีการดำเนินงาน	3
2.1 ตารางแสดงเงื่อนไขในการตัดสินใจระดับของคุณภาพน้ำ	5
2.2 ตารางแสดงมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	13
2.3 ตารางแสดงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค (น้ำประปา)	14
2.4 ตารางสรุปรายละเอียดของชุดคำสั่งสำหรับ DS1820	25
2.5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าข้อมูลกับค่าอุณหภูมิ	26
2.6 ตารางแสดงลำดับการแปลงค่าข้อมูลและการอ่านค่าอุณหภูมิ	27
3.1 ตารางแสดงขาในการเชื่อมต่อกับ Microcontroller ของจอ LCD	40
4.1 ตารางแสดงผลการทดลอง	49

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แผนผังของโครงการ	2
2.1 ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ	5
2.2 องค์ประกอบหลักของเครื่องวัด pH	9
2.3 เครื่องวัดค่า pH	11
2.4 แผนภาพรวมของระบบติดตามสภาพน้ำ	12
2.5 ระบบการวัด (ชั่ง) น้ำหนัก	15
2.6 ทรานสดิวเตอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง	19
2.7 รายละเอียดโดยย่อของอิเลคโทรด	20
2.8 การจัดเรียงขาของไอซีตรวจวัดอุณหภูมิเบอร์ DS1820	21
2.9 การเชื่อมต่อไอซีตรวจวัดอุณหภูมิเบอร์ DS1820	22
2.10 แผนผังเวลาสำหรับกระบวนการเริ่มต้นรับส่งข้อมูล	23
2.11 แผนผังเวลาการอ่านและเขียนข้อมูลแต่ละบิต	24
2.12 แผนที่หน่วยความจำ Scratchpad ของ DS1820	26
2.13 เซนเซอร์ Waterproof Ultrasonic Module แบบมีสาย (JSN-SR04T)	28
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทางานระบบประมวลผล	31
3.2 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	33
3.3 วงจรที่ใช้ในการทำงานของ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	33
3.4 วงจรเซนเซอร์วัดระดับน้ำ Waterproof Ultrasonic Module (JSN-SR04T)	34
3.5 บอร์ด Arduino Mega 2560	34
3.6 รูปแสดง โครงสร้างของบอร์ด Arduino Mega 2560	35
3.7 ภาพแสดง Ethernet W5100	39
3.8 หน้าจอแสดงผล LCD	40
3.9 จอ LCD ที่มีการเชื่อมต่อแบบ I2C	40
3.10 การต่อวงจรของเครื่องวัดค่า pH	42
3.11 การเขียนโปรแกรมบน Arduino	43
3.12 ขั้นตอนการเลือกบอร์ด Arduino	43
3.13 การ Compile โค้ดโปรแกรม	44
3.14 โปรแกรมคำสั่งดูออนไลน์ผ่าน Ethernet W5100	44
3.15 โปรแกรมคำสั่งแจ้งเตือน	45
3.16 โปรแกรมคำสั่ง Temp และ Level	45
3.17 ภาพประกอบวงจรแบบสมบูรณ์	46

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.1 การวัดค่า pH ของน้ำ 48
4.2 การแสดงผลข้อมูลของการทดลอง 48
4.3 เงื่อนไขการตัดสินใจระดับคุณภาพน้ำ 49
4.4 ข้อความที่แจ้งเตือนผ่านโทรศัพท์มือถือ 50
4.5 การแสดงผลออนไลน์ 51
4.6 แสดงผลออนไลน์ในมือถือ 51

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

ความเป็นกรด-ด่าง หรือค่า pH เป็นค่าที่บอกปริมาณของกรดที่ปนอยู่ในน้ำ ค่า pH มีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในน้ำ น้ำบริสุทธิ์ที่ปราศจากสิ่งปนเปื้อน (และต้องไม่สัมผัสกับอากาศด้วย) จะมีค่า pH เท่ากับ 7 น้ำซึ่งมีสิ่งเจือปนอยู่ด้วยอาจจะมีค่า pH เท่ากับ 7 ได้

โดยธรรมชาติแล้ว น้ำฝนที่ไม่มีสิ่งปนเปื้อนจะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5–6 ดังนั้นแม้ว่าน้ำฝนที่ตกในบริเวณที่มีภาวะมลพิษน้อยที่สุดบนพื้นโลก ก็ยังคงมีส่วนเป็นกรดอยู่นั่นเอง ทั้งนี้เนื่องจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศสามารถละลายได้ในหยดน้ำฝน น้ำกลั่นที่สัมผัสกับอากาศก็จะมีค่า pH ประมาณ 5-6 เช่นกัน ฝนกรดส่วนใหญ่มักจะมีค่า pH ประมาณ 4 แต่ถ้าเป็นหมอกในเขตเมืองอาจจะมีค่า pH ต่ำกว่า 2 ก็ได้ น้ำในทะเลสาบและลำธารส่วนใหญ่จะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.5-8.5 เราอาจจะพบน้ำซึ่งมีสภาพเป็นกรดเองโดยธรรมชาติในบริเวณที่มีสินแร่บางชนิดอยู่ในดิน เช่น ซัลไฟด์ การทำเหมืองแร่อาจจะมีสินแร่บางอย่างที่ทำให้เกิดกรดถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำเช่นเดียวกัน น้ำที่มีสภาพเป็นเบสเองโดยธรรมชาติมักจะพบเฉพาะในดินที่มีสินแร่บางชนิดปนอยู่มาก เช่น ปูนขาว หรือหินปูน

ค่า pH ในน้ำจะมีอิทธิพลสูงต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในแหล่งน้ำนั้น กบ และสัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบกมักจะไวต่อน้ำที่มีค่า pH ต่ำๆ แมลง สัตว์ครึ่งน้ำครึ่งบก และปลา จะไม่สามารถดำรงชีวิตในแหล่งน้ำที่น้ำมีค่า pH ต่ำกว่า 4 ได้ การตรวจวัดค่า pH สามารถทำได้หลายวิธี เช่น ใช้กระดาษวัดค่า pH (pH Paper) ปากกาวัดค่า pH (pH Pen) เครื่องมือวัดค่า pH (pH meter) ซึ่งในโครงงานนี้จะตรวจวัดค่า pH โดยใช้ปากกาวัดค่า pH และเครื่องวัดค่า pH ซึ่งจะแสดงค่าที่ถูกต้องแม่นยำมากกว่าการใช้กระดาษวัดค่า pH

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีการใช้งานบอร์ดอาดูโน่ (Arduino) และนำมาใช้ในการจัดทำเครื่องวัดค่า pH ของน้ำ
2. เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำ
3. เพื่อศึกษาการส่งสัญญาณไร้สายโดยใช้จีเอชเอ็ม โมดูล (GSM Modual)

1.3 ขอบเขต

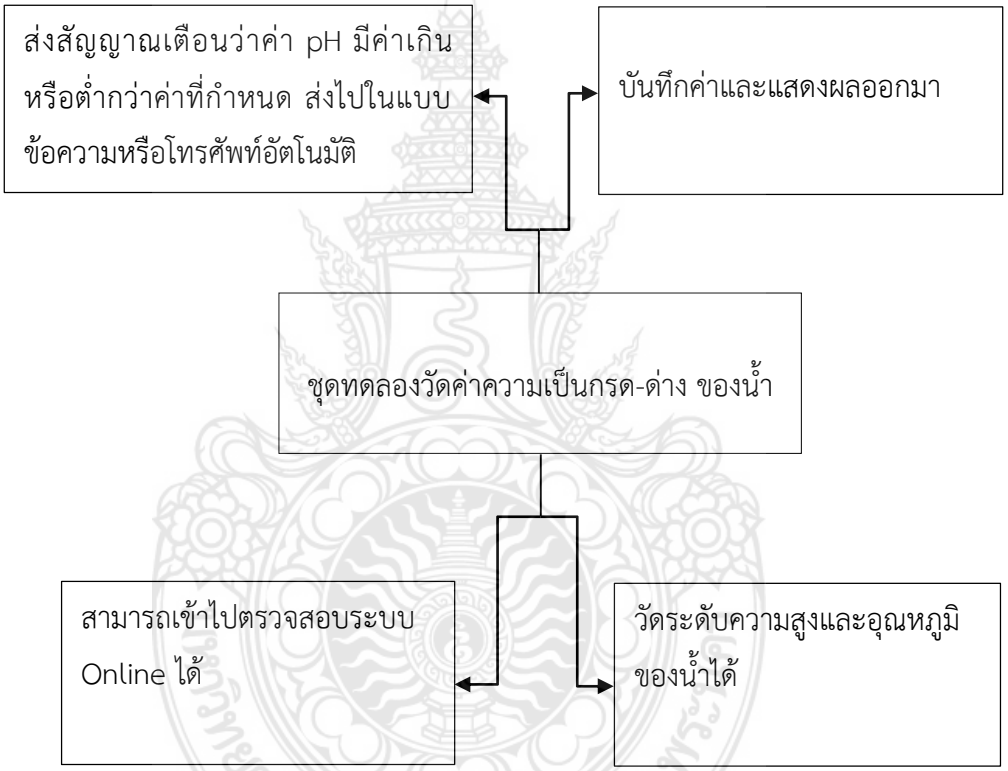
1.เซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำซึ่งวัดค่าตั้งแต่ 0-14 pH โดย 3 ย่านวัด กรดน้อยกว่าตั้งแต่ 6 pH, กลางเท่ากับ 7 pH และด่างมากว่า 7 pH จำนวน 1 ชุด

2.เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Temp) ย่านการวัดตั้งแต่ -55 ถึง 125 องศาเซลเซียส จำนวน 1 ชุด

3.เซนเซอร์วัดระดับน้ำ (Level) ระยะตรวจจับสูงสุด 4.5 เมตร จำนวน 1 ชุด

4.ใช้บอร์ด Arduino Mega 2560 พร้อมจอ LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด ในการประมวลผล

5.ใช้ตัว GSM Modual 900 MHz ส่งสัญญาณเป็นข้อความแจ้งเตือนเข้าโทรศัพท์มือถือ



ภาพที่ 1.1 แผนผังของโครงการ

1.4 ขั้นตอนการทำงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงวิธีการดำเนินงาน

รายละเอียดกิจกรรม	ความก้าวหน้าของโครงงาน / เดือน					
	6	7	8	9	10	11
1.ศึกษาโครงสร้างและการทำงานของชุดทดลองวัดค่า pH	←——→	←——→				
2.วิเคราะห์ปัญหาทางด้านโปรแกรม		←——→	←——→			
3.วิเคราะห์ปัญหาทางด้านการส่งข้อความแบบไร้สาย		←——→	←——→			
4.ออกแบบทางด้านรูปลักษณ์			←——→	←——→		
5.ประกอบชิ้นงานเข้าด้วยกัน			←——→	←——→		
6.ทดลองการทำงานของระบบ				←——→	←——→	
7.ตรวจสอบการทำงานและแก้ไขข้อผิดพลาด				←——→	←——→	
8.วิเคราะห์ผลการทำงาน และข้อเสนอแนะ					←——→	←——→

หมายเหตุ ←——→ แผนการดำเนิน , ←- - - -→ การดำเนินงาน

1.5 ประโยชน์ของการวิจัย

1. ได้ทราบถึงหลักการทำงานของบอร์ด Arduino และนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดทำเครื่องวัดค่า pH ของน้ำและสามารถแจ้งเตือนเป็นข้อความเข้าโทรศัพท์มือถือได้
2. ได้เครื่องตรวจวัดค่า pH ที่สามารถแจ้งเตือนเป็นข้อความได้ทั้งค่า pH , อุณหภูมิ (Temp) และวัดระดับน้ำ (Level)
3. สามารถตรวจเช็คในระบบออนไลน์ได้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ปัจจุบันเราจะพบแหล่งน้ำที่เน่าสกปรกอยู่ทั่วไป น้ำลักษณะเช่นนี้ไม่สามารถนำมาใช้อุปโภคและบริโภคได้ ทั้งก่อให้เกิดผลกระทบที่เป็นอันตรายและความเสียหายอย่างมหาศาลต่อการประมง การเกษตร การสาธารณสุข ประการสำคัญคือ ทำให้ระบบนิเวศธรรมชาติถูกทำลาย หรือเสื่อมคุณภาพจนไม่เหมาะที่สิ่งมีชีวิตจะอาศัยอยู่ได้ ทำให้เกิดการตายของสัตว์และพืชน้ำเป็นจำนวนมากทำให้แหล่งน้ำเกิดการเน่าและขาดออกซิเจนที่ละลายน้ำ แหล่งน้ำที่มีสารพิษพวกยาฆ่าแมลง และยาปราบศัตรูพืชสะสมอยู่มาก รวมทั้งแหล่งน้ำที่มีคราบน้ำมันปกคลุม และ โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ปล่อยสารพิษและความร้อนลงสู่แหล่งน้ำ หากน้ำดื่มน้ำใช้มีสารพิษ และเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรคปะปนมาจะก่อให้เกิดโรคนานาชนิดกับมนุษย์และสัตว์ น้ำที่เสื่อมคุณภาพหากนำมาผ่านกระบวนการกำจัดของเสียออก เพื่อให้ได้น้ำดื่มน้ำใช้ที่สะอาดปราศจากเชื้อโรคและสารพิษ จะเป็นเหตุให้เกิดการสิ้นเปลืองทรัพยากร สิ้นเปลืองเงินในการจัดการเพื่อผลิตน้ำที่ได้คุณภาพเป็นจำนวนที่สูงมาก เนื่องจากมลพิษทางน้ำก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมนานาประการขึ้นกับระบบนิเวศธรรมชาติ แหล่งเกษตรกรรม แหล่งประมง และแหล่งชุมชน ดังนั้นจึงควรหาแนวทางป้องกันการเน่าเสียของน้ำ เพื่อจะได้ไม่ต้องเสียเวลาและงบประมาณในการแก้ไขน้ำเน่า ให้กลับมาเป็นน้ำที่ดีมีคุณภาพ

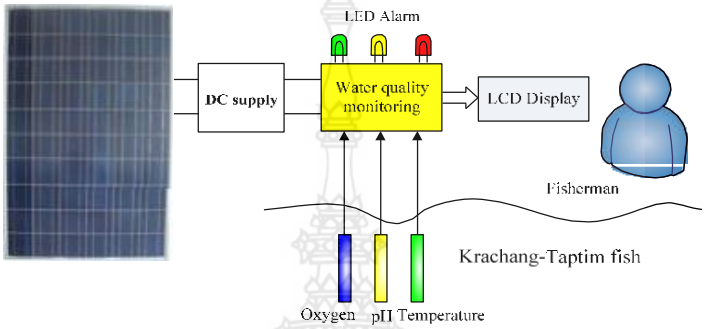
โครงงานเรื่องนี้จัดทำขึ้นเพื่อให้รู้จักทรัพยากรน้ำและประโยชน์ของน้ำ น้ำเป็นสิ่งสำคัญที่สัตว์ พืช และมนุษย์ต้องการมากที่สุด และการอนุรักษ์น้ำก็ยังเป็นอีกอย่างที่เราต้องรักษาน้ำให้สะอาดอยู่เสมอไม่ว่าจะเป็นปัญหา และผลกระทบที่เกิดขึ้นเกิดจากมนุษย์เราไม่รู้จักค่าของน้ำทั้งนั้น น้ำมีค่ามากต่อสิ่งมีชีวิตถ้าเรารู้จักใช้ทรัพยากรน้ำให้เหมาะสมและใช้อย่างเกิดประโยชน์น้ำก็จะมีคุณค่ามากยิ่งขึ้น

2.2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวลผลแบบอัตโนมัติสำหรับกระชังปลาทับทิม

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นโดย นายธวัชชัย ทองเหลี่ยมคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม เป็นการนำเสนอระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวลผลแบบอัตโนมัติสำหรับกระชังปลาทับทิม ออกซิเจนเซ็นเซอร์ pH เซ็นเซอร์ และเซ็นเซอร์อุณหภูมิ ทำหน้าที่วัดปริมาณออกซิเจน วัดความเป็นกรดด่างและวัดอุณหภูมิ ค่าที่ได้จะถูกส่งไปขยาย และปรับแต่งระดับแรงดันที่เหมาะสม จากนั้นส่งค่าต่างๆ ไปประมวลผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ X86 รุ่น VSX6117 แล้วส่งค่าไปแสดงผลที่ LCD และสั่งให้ไอซี GAL22V10 ควบคุม LED แสดงสถานะของคุณภาพน้ำ งานวิจัยนี้ได้ใช้ทำการเก็บผลการทดลองเป็นระยะเวลา 2 เดือน ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำสามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ 3 สถานะคือ สถานะคุณภาพน้ำปกติ LED สีเขียวสว่าง สถานะคุณภาพน้ำเฝ้าระวัง LED สีเหลืองสว่าง และสถานะคุณภาพผิดปกติ LED สีแดงสว่าง

ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวลผลแบบอัตโนมัติ แสดงระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำในกระชังปลาทับทิม แบบอัตโนมัติได้ถูกออกแบบไว้ 3 ส่วน คือ ออกซิเจนเซนเซอร์ pH เซนเซอร์และ Temp เซนเซอร์ ส่งค่าไปประมวลผลด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ แล้วแสดงค่าด้วย LCD และแจ้งเตือนเกษตรกรที่เลี้ยงปลากระชังด้วย LED วงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงได้นำแรงดันจากแผลโซล่าเซลล์เก็บไว้ที่แบตเตอรี่แล้วจ่ายให้กับวงจรต่างๆ



ภาพที่ 2.1 ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ตารางที่ 2.1 เงื่อนไขในการตัดสินใจระดับของคุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำ	DO	pH	Temp
ปกติ	>3.75 ppm	6.5 – 8.5	23-32 °c
เฝ้าระวัง	2.01-3.55 ppm	6.1-6.4 หรือ 8-8.4	15-22 หรือ 33-40 °c
ผิดปกติ	< 1.9 ppm	< 6 หรือ > 8.5	< 15 หรือ >40 °c

ตารางที่ 2.1 แสดงเงื่อนไขในการตัดสินใจระดับของคุณภาพน้ำเพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการประมวลผลของไมโครคอมพิวเตอร์ X86 เพื่อให้ไมโครคอมพิวเตอร์ประมวลผลแล้วแสดงระดับคุณภาพน้ำ รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบประมวลผลของไมโครคอมพิวเตอร์ X86 รุ่น VSX-6117 ให้ทำการรับค่าที่ได้ทำการตรวจวัดแล้วทำการประมวลและบันทึกผลการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำ

2.2.2 การศึกษาคุณภาพน้ำ

เกษม จันทร์แก้ว (2541) ได้ให้ความหมายของคุณภาพน้ำ (Water Quality) ไว้ว่า “คุณภาพน้ำ หมายถึง สภาวะของน้ำที่มีองค์ประกอบของสิ่งเจือปนทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีววิทยา ในปริมาณ ที่ควรจะมีในแต่ละประเภทของแหล่งน้ำ”

1. ลักษณะและผลกระทบของน้ำเสียด้านกายภาพ

1.1 ของแข็ง (Solids) ของแข็งประเภทต่างๆ ทั้งประเภทที่ละลายได้ดีในน้ำ แขวนลอยในน้ำ หรือประเภทที่ลอยน้ำได้เช่น ดิน เศษกระดาษ ถุงพลาสติก เม็ดทราย เศษพืช เป็นต้น ก่อให้เกิดความไม่สวยงามลดทัศนวิสัยของแหล่งน้ำ ลดการส่องสว่างของแสงอาทิตย์ลงสู่แหล่งน้ำทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำที่ใช้แสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์แสงไม่สามารถสร้างอาหารได้

1.2 อุณหภูมิ (Temperature) ของน้ำที่สูงกว่าอุณหภูมิของน้ำในธรรมชาติจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำทำให้การเจริญเติบโตของสัตว์และพืชน้ำลดลง

1.3 น้ำทิ้งที่ปล่อยจากชุมชนจะมีสีเทาปนน้ำตาลอ่อน และจะเปลี่ยนเป็นสีเทาหรือสีดำ สีอาจเกิดจากสาหร่ายหรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในน้ำทำให้แหล่งน้ำนั้นมีสีเขียว

1.4 ความขุ่น (Turbidity) ของน้ำเกิดจากมีสารแขวนลอยต่างๆ เช่น ดิน ดินตะกอน แพลงต้อน สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ที่มีขนาดเล็กลอยอยู่ในน้ำ เป็นต้น มีผลในการบดบังไม่ให้แสงอาทิตย์ส่องลงสู่ด้านล่างของแหล่งน้ำ

1.5 กลิ่น (Odor) น้ำทิ้งจากชุมชนมีกลิ่นเหม็นอับ เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายที่ไม่ใช่ออกซิเจนทำให้เกิดกลิ่นคล้ายไข่เน่า (น้ำทิ้งจากห้องน้ำ)

2. ลักษณะและผลกระทบของน้ำเสียด้านเคมี

2.1 ไขข้น น้ำมัน และไขมัน (Fat, Oil and Grease) น้ำทิ้งจากชุมชนมีการปนเปื้อน ของไขมันหรือน้ำมันจากกระบวนการชำระล้าง อู่ซ่อมรถ สถานีบริการน้ำมัน เป็นต้น ไขมัน น้ำมัน และไขข้นเป็นสารที่มีความคงตัวสูงมาก จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ยาก หากมีการปนเปื้อนในแหล่งน้ำทำให้ดูไม่สวยงาม และจากลักษณะสมบัติที่ลอยเหนือน้ำทำให้สามารถกันมิให้แสงอาทิตย์ และออกซิเจนกระจายลงสู่น้ำทำให้เกิดสภาวะไร้ออกซิเจนขึ้นได้

2.2 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) หมายถึง “ปริมาณออกซิเจน ที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส” เป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงปริมาณของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำ ซึ่งถือว่ามีการย่อย สลายได้หมดในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จากการศึกษาหากค่าบีโอดีมีค่าสูงแสดงว่าน้ำนั้นเน่าเสียมาก มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ที่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์อยู่ในปริมาณมาก

2.3 ความเป็นกรด-ด่าง หรือค่า pH มีความสำคัญในการควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต โดยทั่วไปน้ำมีค่า pH อยู่ในช่วง pH 5-8

2.4 ไนโตรเจน (Nitrogen; N) เป็นธาตุที่มีความสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีนอยู่ในรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนีย ไนไตรท์ไนเตรต หรือก๊าซไนโตรเจน ถ้ามีไนโตรเจนในแหล่งน้ำมากทำให้พืชน้ำมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

2.5 ฟอสฟอรัส (Phosphorus; P) ในน้ำอยู่ในรูปของออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) มาจากการปล่อยน้ำทิ้งของกระบวนการชำระล้าง การซักผ้า เป็นต้น ถ้ามีฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำมากทำให้พืชน้ำมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกับสารไนโตรเจน

2.6 สารโลหะหนัก (Heavy Metal) ที่สำคัญ ได้แก่ สารตะกั่ว (Pb) ทองแดง (Cu) โครเมียม (Cr) แคดเมียม (Cd) สารหนู (As) เป็นต้น สารโลหะหนักแพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำได้มากจากน้ำทิ้งของกระบวนการชุบโลหะ โรงงานผลิตแบตเตอรี่ โรงงานเคมี การใช้สารปราบศัตรูพืชเป็นต้น สารโลหะหนักยอมให้มีได้ในน้ำในปริมาณน้อยมาก เนื่องจากเป็นสารที่มีความเป็นพิษแม้จะปนเปื้อนในปริมาณที่น้อย แต่มีบางชนิดหากปริมาณไม่มากนักจะมีผลดีต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่นสารทองแดง สังกะสี เป็นต้น

2.7 ก๊าซออกซิเจน (O_2) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) เป็น ตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำ โดยทั่วไปไม่ควรมีปริมาณต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร หากมีปริมาณน้อยสิ่งมีชีวิตไม่สามารถอาศัยอยู่ในน้ำได้เพราะไม่มีออกซิเจนไปหล่อเลี้ยง เมื่อไม่มีออกซิเจนจะเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนได้ผลผลิตเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งมีกลิ่นเหม็น และก๊าซมีเทน

2.8 ความกระด้าง (Hardness) ความกระด้างของน้ำ หมายถึง “น้ำที่ปนเปื้อนด้วย สารแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) และต้องการสบู่ค่อนข้างมากในการทำให้เกิดฟอง หรือน้ำที่ทำให้เกิดตะกรันที่ก้นภาชนะเมื่อทำการต้ม” น้ำกระด้างมี 2 ชนิด คือ น้ำกระด้างชั่วคราว หรือน้ำกระด้างคาร์บอเนต (Carbonate Hardness) เกิดจากสารไบคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) รวมตัวกับแคลเซียมหรือ แมกนีเซียม น้ำกระด้างประเภทนี้สามารถทำให้หายกระด้างได้โดยการต้ม อีกประเภทหนึ่งคือน้ำกระด้าง ถาวร หรือ ความกระด้างที่ไม่ได้เกิดจากคาร์บอเนตน้ำกระด้างถาวรไม่สามารถทำให้หายกระด้างได้โดยการ ต้ม ต้องใช้กระบวนการบัดบัดทางเคมี

2.2.3 การศึกษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง

วิรงรอง ทิมดี (2547) ได้ศึกษาคุณภาพน้ำของแม่น้ำท่าจีนตอนล่างเป็นระยะทางประมาณ 82 กิโลเมตรโดยเริ่มจากบริเวณหน้าที่ว่าการอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐมถึงบริเวณปากแม่น้ำอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ 13 ดัชนีในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนปี 2546 โดยกำหนดจุดสำรวจทั้งหมด 49 สถานี ผลการศึกษาพบว่าความลึกมีค่าอยู่ระหว่าง 1.8-15.6 เมตร อุณหภูมิน้ำมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 27.3-32.6 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 6.85-8.35 ความเค็มมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 0-18.2 ส่วนในพันส่วน ความโปร่งแสงมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 40-180 เซนติเมตร ปริมาณสารแขวนลอยมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 6-310 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนละลายมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 0.5-7.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่างมีค่าผันแปรอยู่

ในช่วง 90-154 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรทมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 0.0202-0.7155 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 0.8432-1.9149 มิลลิกรัมต่อลิตร ออร์โธฟอสเฟตมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 0.0617-0.6842 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 10.0155-75.5990 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และบีโอดีมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 1.4-5.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการศึกษากับมาตรฐานคุณภาพน้ำโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์พบว่า อุณหภูมิ ความเป็นกรด เป็นด่าง ความเป็นด่าง ไนเตรท ออร์โธฟอสเฟต คลอโรฟิลล์ และบีโอดีในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ในขณะที่ปริมาณออกซิเจนละลายและแอมโมเนียในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำมาก และอาจเป็น อันตรายต่อสัตว์น้ำได้แผนที่เชิงดิจิตอลแสดงคุณภาพน้ำในแม่น้ำท่าจีนตอนล่างที่ผลิตโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทำให้สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพน้ำระหว่างฤดูกาล และแสดงบริเวณที่ควรเฝ้าระวังได้อย่างชัดเจนทำให้เป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการทรัพยากรประมง และแหล่งน้ำอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

2.2.4 เครื่องวัด pH (pH meter)

งานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยของมหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือวัดค่า pH เครื่องวัด pH อาศัยหลักการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างเล็คโทรดวัดซึ่งจุ่มอยู่ในสารละลาย แล้วเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าให้เป็นค่า pH โดยการเทียบค่ากับบัฟเฟอร์มาตรฐาน การคำนวณค่า pH ดัดแปลงมาจากสมการของเนินสต์ซึ่งหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าใดๆ โดยการวัดเทียบกับไฮโดรเจนอิเล็คโทรดซึ่งกำหนดให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากับ 0.0000 โวลต์ ที่ 25 องศาเซลเซียส

ในทางปฏิบัติไม่นิยมใช้ไฮโดรเจนอิเล็คโทรดเป็นอิเล็คโทรดอ้างอิง สำหรับการหาค่า pH เพราะไฮโดรเจนอิเล็คโทรดมีขนาดใหญ่ไม่สะดวกต่อการใช้งาน ดังนั้น National Bureau of Standard (NBS) จึงกำหนดค่า pH ของบัฟเฟอร์มาตรฐานขึ้นมาใช้โดยการวัดค่า pH ของบัฟเฟอร์มาตรฐานด้วยอิเล็คโทรดวัดชนิด Ag/AgCl เปรียบเทียบกับไฮโดรเจนอิเล็กโทรดเมื่อไม่ใช้รอยต่อระหว่างของเหลว (Liquid Junction) การวัดค่า pH ของสารละลายตัวอย่างที่ต้องการทราบค่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่า pH ของบัฟเฟอร์มาตรฐานจึงสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$pHu = \frac{pHs + (Eu - Es)F}{RT\ In10} \qquad (2.1)$$

pHu = pH ของสารละลายที่ต้องการทราบค่า

pHs = pH ของบัฟเฟอร์มาตรฐาน

Eu = แรงเคลื่อนไฟฟ้าของสารละลายที่ต้องการทราบค่า

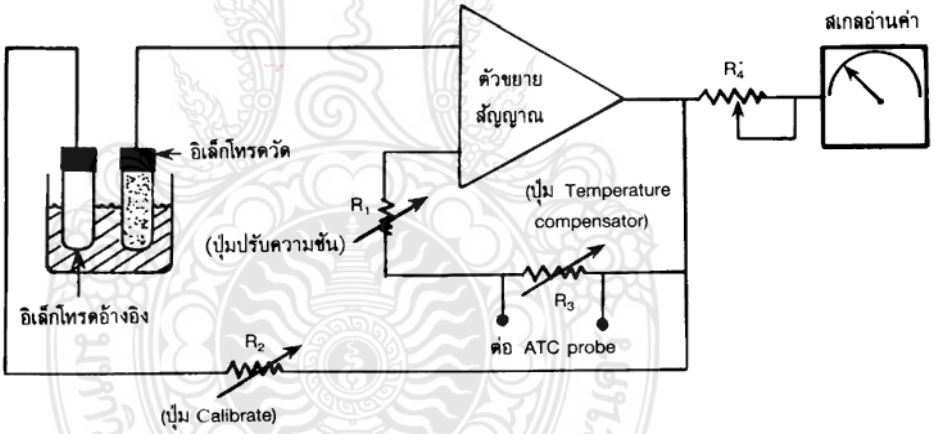
Es = แรงเคลื่อนไฟฟ้าของบัฟเฟอร์มาตรฐาน

F = ค่าคงตัวของฟาราเดย์ = 96,487.0 coulombs/equivalent

R = ค่าคงตัวของแก๊ส = 8.3143 Joules/mole/degree

T = องศาเคลวิล = องศาเซลเซียส + 273.15

In10 = Natural log ของ 10 = 2.30259



ภาพที่ 2.2 องค์ประกอบหลักของเครื่องวัด pH

[http://home.kku.ac.th/chuare/12/pHmeter.pdf]

2.2.4.1 อิเล็คโทรดอ้างอิง (Reference electrode)

อิเล็คโทรดอ้างอิง หมายถึง อิเล็คโทรดที่สามารถสร้างความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คงที่ (Fixed Potential) ตัวอย่างเช่น ไฮโดรเจนอิเล็คโทรด คาโลเมลอิเล็คโทรด (Calomel Electrode) และซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์ อิเล็คโทรด (Ag/AgCl electrode) อิเล็คโทรดเหล่านี้มีโครงสร้างและคุณสมบัติที่แตกต่างกันดังนี้

1. คาโลเมลอิเล็คโทรด

1.1 โครงสร้างส่วนกลางของอิเล็คโทรดเป็นแท่งแก้วปิด ด้านบนมีลวดพลาตินัม (Pt) หรือตะกั่ว (Pb) จุ่มอยู่ในเมอดิวรี/เมอคิวรัสคลอไรด์ (Hg/Hg2Cl2) ถัดลงมาเป็น KCl paste(Calomel) ด้านล่างของแท่งแก้วเป็นรูเปิดขนาดเล็กๆ เพื่อให้สารละลายสามารถไหลผ่านเข้าออกได้ แท่งแก้วดังกล่าวจุ่มอยู่ในสารละลายอิ่มตัวของโปแตสเซียมคลอไรด์ (SaturatedKCl) ตอนล่างสุดของอิเล็คโทรดเป็นรอยต่อระหว่างของเหลว (Liquid Junction) ที่มีรูขนาดเล็กจำนวนมาก

1.2 คุณสมบัติ ที่สำคัญมีดังนี้

1.2.1 ความต่างศักย์ไฟฟ้าของอิเล็คโทรด ขึ้นอยู่กับล็อกของความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออน ดังนั้นความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างรอยต่อรวมของอิเล็คโทรด (Junction Potential) จึงประกอบด้วยความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างธาตุภายใน (Internal Element) และเกลือภายในอิเล็คโทรด (Internal salt) (E1) ซึ่ง E1 มีค่าเท่ากับศูนย์เมื่อความเข้มของเกลือ (KCl) ที่อยู่ร่วมกับธาตุภายในมีค่าเท่ากับความเข้มข้นของเกลือ (KCl) ภายนอกความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นอีกชนิดหนึ่งคือความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างเกลือภายในอิเล็คโทรด และสารละลายภายนอก (E2)

1.2.2 ความต่างศักย์ไฟฟ้าลดลงมากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของโปแตสเซียมคลอไรด์ โดยเฉพาะเมื่อใช้สารละลายอิ่มตัวของโปแตสเซียมคลอไรด์ พบว่าในทุกอุณหภูมิในช่วง 0-100 0ซ. จะมีผลต่อการลดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าในอัตรา –0.7 ถึง –0.8 mV/องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส ความต่างศักย์ไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลง (Drift) และแกว่ง (Oscillate) มาก การใช้โปแตสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3.5 โมลาร์ แทนทำให้มีผลกระทบจากอุณหภูมิน้อยกว่า และยังสามารถลดการอุดตันบริเวณรอยต่อระหว่างของเหลวได้เป็นผลให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าไม่เปลี่ยนแปลงมาก และความต้านทานของอิเล็คโทรดเพิ่มขึ้นไม่มาก

1.2.3 ในกรณีที่วัด pH โดยใช้บัฟเฟอร์มาตรฐานที่มีความแรงของไอออนน้อยกว่า 0.1 และสารละลายที่นำมาวัดค่า pH มีความเข้มข้นของไอออนต่างจากบัฟเฟอร์มาตรฐานเกิน 0.1 จะทำให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างรอยต่อเปลี่ยนแปลงเป็นผลให้การวัดค่า pH ของสารละลายผิดพลาดประมาณ 0.005 หน่วย

1.2.4 pH ของสารละลายที่นำมาวัดมีผลต่อการเคลื่อนที่ของไอออน โดยเฉพาะไฮโดรเจนไอออน (H+) และไฮดรอกซิลไอออน (OH-) ทำให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างรอยต่อเปลี่ยนแปลงไป ตัวอย่างเช่น การวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าในสารละลาย 1 M HCl และ 0.1 M NaOH

เมื่อใช้ 3.5 M KCl เป็นสะพานเกลือ (Salt Bridge) จะได้ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างรอยต่อเป็น 16.6 mV และ –2.1 mV ตามลำดับ

1.2.5 อิเล็คโทรดใหม่ต้องใช้เวลาหลายวัน ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจึงจะคงที่ในช่วง ±002 mV

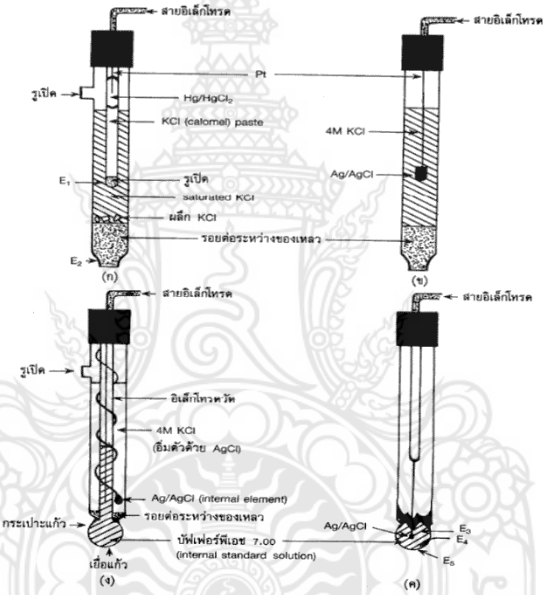
1.3 การใช้งาน

1.3.1 ใช้วัด pH ของสารละลายในช่วง 1.5 ถึง 12

1.3.2 ใช้วัด pH ของสารละลายอินทรีย์ และสารละลายที่มีโปรตีน

1.3.3 ใช้วัด pH ของสารละลายที่มีอุณหภูมิสูงไม่เกิน 80 องศาเซลเซียส

2.2.4.2 เครื่องวัด pH



ภาพที่ 2.3 เครื่องวัดค่า pH โครงสร้างของอิเล็คโทรดอ้างอิงแบบคาโลเมล (ก) แบบ Ag/AgCl (ข) อิเล็คโทรดวัดชนิดแก้ว (ค) และชนิดรวม (ง)

2.2.5 ระบบติดตามสภาพน้ำบ่อปลาเพื่อธุรกิจปลาสวยงาม

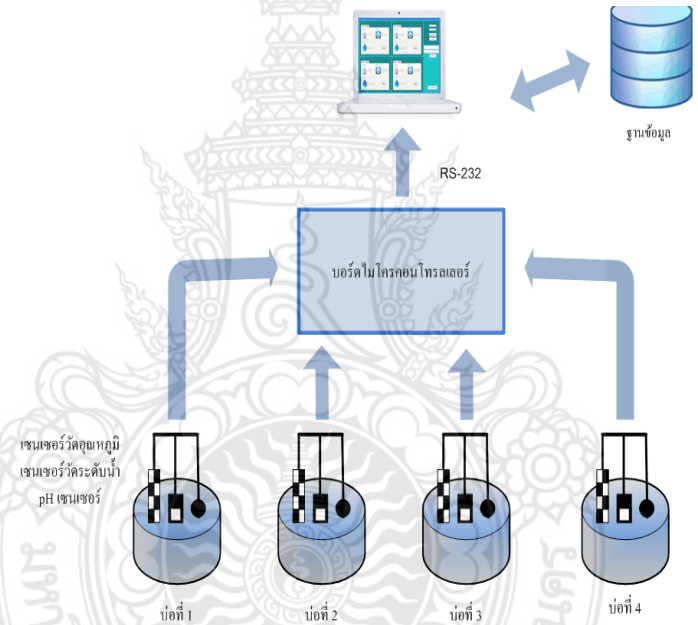
งานวิจัยของ เกวลิน คุ้มรักษ์ อนุมัติ อิงคนินันท์ และ อมรฤทธิ์ พุทธิพิพัฒน์ขจร

ธุรกิจเพาะพันธุ์ปลาสวยงามเป็นธุรกิจที่มีการลงทุนสูง ผู้ประกอบการจึงต้องคำนึงถึงคุณภาพของน้ำ หากคุณภาพน้ำที่เหมาะสม และดีแล้วปลาก็จะเจริญเติบโตมีสุขภาพและมีคุณภาพที่ดีจึงสามารถจาหน่ายได้ในราคาที่สูง เมื่อมีการเพาะเลี้ยงปลาที่สามารถจัดการควบคุมคุณภาพน้ำได้ก็จะช่วยให้การเพาะเลี้ยงปลาสวยงามประสบความสำเร็จได้ ดังนั้นจึงคิดค้นระบบติดตามสภาพน้ำบ่อปลาเพื่อธุรกิจปลาสวยงามขึ้นมาโดยมีแนวคิดที่จะออกแบบ และควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์

ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่รับส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์ทั้ง 4 ชนิด คือ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดค่ากรด-เบส เซ็นเซอร์วัดระดับของน้ำและเซ็นเซอร์วัดความขุ่น ในการตรวจสอบคุณน้ำ และแสดงผลผ่านทางหน้าจอมอนิเตอร์ในขณะเดียวกันจะบันทึกค่าต่างๆ ลงในฐานข้อมูล เพื่อให้ผู้เพาะเลี้ยงปลาสามารถติดตามและตรวจสอบสภาพของน้ำในแต่ละบ่อได้

โครงงานนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้เพาะพันธุ์ปลาสวยงามในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำทั้งนี้โปรแกรมได้ออกแบบ และพัฒนาขึ้นมาให้สามารถทางานได้ตรงเป้าหมายที่วางโดยสามารถแสดงค่าอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-เบส ค่าระดับน้ำ และความขุ่นใส ในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำได้ เพื่อเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจให้ผู้เพาะพันธุ์ปลาสวยงาม สามารถแก้ไขเรื่องปัญหาที่จะเกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที

2.2.5.1 แผนภาพรวมของระบบ



ภาพที่ 2.4 แผนภาพรวมของระบบติดตามสภาพน้ำ

2.3 คุณภาพของน้ำ

คุณภาพน้ำ หมายถึง ความเหมาะสมของน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมเฉพาะของมนุษย์คุณภาพของน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติ จะเปลี่ยนแปลงไปมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ ได้แก่ สภาพภูมิประเทศภูมิอากาศ ลักษณะของธรณีวิทยา พืชพรรณธรรมชาติ รวมถึงกิจกรรมของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	**ค่ามาตรฐาน**
ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH)	pH 5.5–9.0
อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40°C
สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
ซัลไฟด์ (Sulfide)	ไม่เกิน 1.0 mg/l
ไซยาไนด์ (Cyanide)	ไม่เกิน0.2 mg/l
น้ำมันและไขมัน	ไม่เกิน 5.0 mg/l หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 mg/l
ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 mg/l
สารประกอบฟีนอล (Phenols)	ไม่เกิน 1.0 mg/l
คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 mg/l
ค่าทีเคเอ็น (TKN; Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 mg/l หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 200 mg/l
ค่าซีโอดี (COD; Chemical Oxygen Demand)	ไม่เกิน 120 mg/l หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 400 mg/l

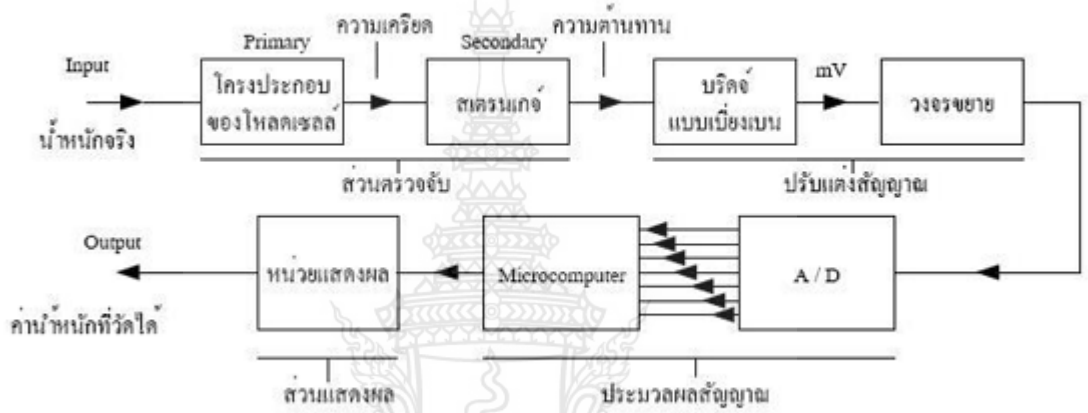
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค (น้ำประปา)

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค (น้ำประปา)

ลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	มาตรฐาน	
			เกณฑ์กำหนดสูงสุด (Maximum Acceptable Concentration)	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด (Maximum Allowable Concentration)
ทางกายภาพ	1.สี (Colour)	ปลาตินัม-โคบอลต์ (Platinum-Cobalt)	5	15
	2.รส (Taste)	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	3.กลิ่น (Odour)	-	ไม่เป็นที่รังเกียจ	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	4.ความขุ่น (Turbidity)	ซิลิกา สเกล ยูนิต (Silica Scale Unit)	5	20
	5.ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	6.5-8.5	9.2
ทางเคมี	6.ปริมาณสารทั้งหมด (Total Solids)	มก./ล.	500	1,500
	7.เหล็ก (Fe)	มก./ล.	0.5	1.0
	8.มังกานีส (Mn)	มก./ล.	0.3	0.5
	9.เหล็กและมังกานีส (Fe& Mn)	มก./ล.	0.5	1.0
	10.ทองแดง (Cu)	มก./ล.	1.0	1.5
	11.สังกะสี (Zn)	มก./ล.	5.0	15.0
	12.คัลเซียม (Ca)	มก./ล.	75[b]	200
	13.แมกนีเซียม (Mg)	มก./ล.	50	150
	14.ซัลเฟต (SO_4)	มก./ล.	200	250[c]
	15.คลอไรด์ (Cl)	มก./ล.	250	600
	16.ฟลูออไรด์ (F)	มก./ล.	0.7	1.0
	17.ไนเตรต (NO_3)	มก./ล.	45	45
	18.อัลคิลเบนซิลซัลโฟเนต (Alkylbenzyl Sulfonate;ABS)	มก./ล.	0.5	1.0
	19.ฟีโนลิกซับสแตนซ์ (Phenolic substances as Phenol)	มก./ล.	0.001	0.002

2.4 ทฤษฎีของเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์

ทรานสดิวเซอร์ คือ อุปกรณ์แปลงข้อมูลหรือพลังงานรูปแบบต่างๆ ให้เป็นข้อมูลหรือพลังงานไฟฟ้าหรืออาจกล่าวได้ว่าคืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจากรูปแบบหนึ่งเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง โดยที่ทรานสดิวเซอร์อาจรวมทั้งอุปกรณ์ตรวจจับ และส่วนปรับแต่งสัญญาณ เช่น ทรานสดิวเซอร์ชั่งน้ำหนักจะหมายรวมทั้ง 4 ส่วน คือ ส่วนการตรวจจับ ส่วนปรับแต่งสัญญาณ ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผลดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ระบบการวัด (ชั่ง) น้ำหนัก

เซนเซอร์ คือตัวอุปกรณ์ตรวจรู้ตัวแรกในระบบการวัด ซึ่งใช้ตรวจจับหรือรับรู้การเปลี่ยนแปลงปริมาณทางกายภาพของตัวแปรต่างๆ เช่น ความร้อน แสง สี เสียง ระยะทาง การเคลื่อนที่ ความดัน การไหล เป็นต้น แล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณหรือข้อมูลที่สอดคล้อง และเหมาะสมกับส่วนของการกำหนดเงื่อนไข ทางสัญญาณ ถ้าใช้เซนเซอร์วัดแบบสัมผัสกับตัวแปรโดยตรง เรียก ตัวตรวจรู้แบบปฐม (Primary Sensors) หรือตัวตรวจรู้ชั้นต้น หากมีการตรวจรู้โดยผ่านส่วนอื่นก่อน เช่น สเตรนเกจตรวจรับแรงกดที่ต้องรับแรงถ่ายถอดจากแท่งโลหะที่รับแรงโดยตรงอีกทอดโดยใช้สเตรนเกจแปะติดกับแท่งโลหะดังกล่าวเพื่อวัดแรงนั้น เราจะเรียกสเตรนเกจในกรณีนี้ว่าเป็น ตัวตรวจรู้ทุติยภูมิ (Secondary Sensor) หรือ ตัวตรวจจับชั้นรอง การตรวจรู้จะอาศัยผลการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ในตัวเซนเซอร์เองที่สามารถตรวจวัดได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า เช่น แรงดัน กระแส ความต้านทาน ความจุ และความเหนี่ยวนำ เป็นต้น

เมื่อค่าตัวแปรทางกายภาพเปลี่ยนแปลงแล้วพารามิเตอร์ของตัวเซนเซอร์เหล่านี้จะเปลี่ยนตาม เมื่อเราทราบค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนตาม อาจวัดได้โดยใช้มิเตอร์ หรือวงจรบริดจ์ต่างๆ ซึ่งเป็นการวัดตัวแปรทางอ้อมด้วยวิธีทางไฟฟ้าโดยเราจะทำการเทียบหรือ ปรับแต่งปริมาณทางไฟฟ้า

นี้แทนค่าตัวแปรที่ทำการวัดอีกทอด เราจึงอาจเรียกว่าเป็นการวัดโดยวิธีอ้อมได้ กระบวนการนี้เรียกว่าการตรวจจับ (Sensing) กรณีนี้คำว่าทรานสดิวเซอร์จะถูกเรียกว่า เซนเซอร์

จะเห็นว่าทรานสดิวเซอร์และเซนเซอร์แท้จริง คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เดียวกันต่างตรงที่เราจะกล่าวถึงหลักการทำงานหรือกล่าวถึงลักษณะการใช้งาน ปัจจุบันทรานสดิวเซอร์และเซนเซอร์เป็นคำกลางๆ ที่ใช้ร่วมกันโดยทรานสดิวเซอร์อาจจะรวมทั้งตัวเซนเซอร์และวงจรการปรับแต่งสัญญาณต่างๆ เข้าเป็นหน่วยเดียวกัน แล้วนำไปใช้ได้ทันที เช่น ทรานสดิวเซอร์ความดัน (Pressure Transducer) เมื่อมีความดันเข้ามาจะให้เป็นแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสที่ด้านทางออก (Output) ที่แปรเป็นสัดส่วนกับความดันที่ต้องการวัด เป็นต้น

2.4.1 ชนิดของเซนเซอร์

การแบ่งชนิดของทรานสดิวเซอร์ แบ่งโดยอาศัยหลักเกณฑ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้คือ

1. แบ่งตามความต้องการพลังงาน

- แบบแอคทีฟ (Active Sensors) เป็นทรานสดิวเซอร์ที่สามารถปล่อยพลังงานเองได้ เช่น เทอร์โมคัปเปิล เพียซโซ เซลล์แสงอาทิตย์ ออปโตไดโอด เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้ไม่ต้องมีแหล่งจ่ายกำลังจากภายนอกให้ก็สามารถให้สัญญาณแรงดันหรือกระแสที่แปรตามตัวแปรได้เอง

- แบบพาสซีฟ (Passive Sensors) แบบนี้จะต้องใช้แหล่งจ่ายจากภายนอกจึงจะทำการตรวจรู้ได้ เช่น เซ็นเซอร์ที่ใช้หลักการเปลี่ยนค่าความต้านทาน ค่าความจุ ค่าความเหนี่ยวนำ ฯลฯ เป็นต้น

2. แบ่งตามลักษณะกลไกในการทำงาน

- การเปลี่ยนแปลงค่าความจุ (Variable Capacitance Transducer)
- การเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ (Variable Inductance Transducer)
- การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน (Variable Resistance Transducer)

3. แบ่งตามชนิดของการเปลี่ยนแปลงพลังงาน

- เปลี่ยนพลังงานกลเป็นไฟฟ้า
- เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล
- เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า
- เปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า

4. แบ่งตามชนิดของสัญญาณที่ใช้

- แบบอนาลอก ให้สัญญาณเป็นแบบต่อเนื่อง
- แบบไบนารี ให้สัญญาณแบบเปิด-ปิด (On– Off)
- ดิจิตอล ให้สัญญาณเป็นแบบดิจิตอล

5. แบ่งตามตำแหน่งที่ใช้ในระบบ

- ทรานสดิวเซอร์ด้านเข้า (Input Transducer) อยู่ทางด้านเข้าของระบบเครื่องมือ เช่น ไมโครโฟน เป็นต้น

- ทรานสดิวเซอร์ด้านออก (Output Transducers) เช่น ลำโพงของระบบเครื่องขยายเสียง เป็นต้น

6. แบ่งตามข้อมูลหรือวัตถุประสงค์ในการวัด

- เช่น ทรานสดิวเซอร์วัดการเคลื่อนที่ วัดอุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหล ตำแหน่ง เป็นต้น

2.4.2 หลักการทำงานของทรานสดิวเซอร์แบบต่าง ๆ

หลักการทำงานของทรานสดิวเซอร์ที่มีใช้ในระบบการวัดจะทำการเปลี่ยนพลังงานจากรูปหนึ่งเป็นอีกรูปหนึ่ง โดยปกติจะนิยมเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ให้เป็นค่าแรงดันหรือกระแสไฟฟ้า และนำค่าไปเทียบให้เป็นขนาดของตัวแปรที่ต้องการวัดหลักการทำงานของทรานสดิวเซอร์เบื้องต้น ดังต่อไปนี้

ตัวตรวจจับแบบความจุและความเหนี่ยวนำ (Capacitive And Inductive)

หลักการเปลี่ยนค่าการเก็บประจุ และความเหนี่ยวนำสามารถใช้วัดระยะทางหรือระยะการเคลื่อนที่ได้มีหลักการทำงานดังนี้

การเปลี่ยนค่าความจุ (Capacitive)

อธิบายหลักการทำงานโดยใช้สมการของตัวเก็บประจุบนแผ่นเพลตแบบขนานได้ดังนี้

$$C = \varepsilon_o \varepsilon_r \frac{A}{d} \qquad (2.2)$$

เมื่อ ε_o = ค่า Permittivity ของสุญญากาศ = 8.85 pF / m

ε_r = ค่า Relative Permittivity ของวัสดุอื่น ๆ

A = พื้นที่เพลตที่ร่วมกัน (m2)

d = ระยะที่เพลตแยกห่างจากกัน (m)

จากสมการค่าความจุ C สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยเปลี่ยนค่า d, A หรือ ε_r ประยุกต์ใช้ตัวตรวจจับระยะขจัดได้คือ

1. แบบการเปลี่ยนแปลงความจุตามระยะห่างระหว่างเพลต ถ้าระยะ x ทำให้เพลตห่างกันเป็นระยะ d + x จะเขียนสมการได้เป็น

$$C = \varepsilon_o \varepsilon_r \frac{A}{d+x} \qquad (2.3)$$

2. แบบเปลี่ยนค่าตามการแปรค่าพื้นที่ รูปที่ 5.2 ค) เมื่อระยะ x ทำให้พื้นที่ซ้อนทับของแผ่นเพลตลดลง ΔA = wx เมื่อ w = ความกว้างของแผ่นเพลต เขียนสมการได้คือ

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A-wx}{d} \quad (2.4)$$

3. แบบเปลี่ยนค่าตามไดอิเล็คตริก เมื่อระยะ x ทำให้ไดอิเล็คตริก ε_2 ระหว่างเพลตเปลี่ยนไป ($\varepsilon_2 > \varepsilon_1$) ค่าความจุรวมของตัวตรวจจับหาได้จากผลรวมของตัวเก็บประจุสองส่วนคือ ส่วนที่มีพื้นที่ A_1 ของไดอิเล็คตริก ε_1 และส่วนของพื้นที่ A_2 และไดอิเล็คตริก ε_2 นั่นคือ

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A_1}{d} + \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A_2}{d} \quad (2.5)$$

เมื่อ $A_1 = wx$

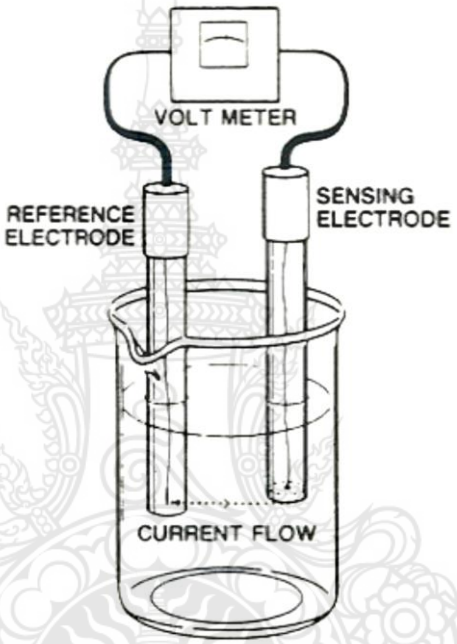
$A_2 = c(l-x)$

w = ความกว้างของแผ่นโลหะ; l = ความยาวของแผ่นโลหะ

$$\therefore \quad C = \frac{\varepsilon_0 w}{d} [\varepsilon_2 l - (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) x] \quad (2.6)$$

2.5 หลักการของทรานสดิวเตอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง

หลักการวัด pH คือ การวัดสภาพความเป็นกรด หรือเป็นด่างของสารละลาย ที่มีน้ำเป็นตัวทำลาย (Aqueous Solution) โดยใช้หลักการ Electrochemistry โดยวัดความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น (Potential) ระหว่างอิเลคโทรดอ้างอิง (Reference Electrode) กับอิเลคโทรดตรวจวัด (Sensing Electrode) ความต่างศักย์ที่ได้เกิดจากจำนวนของไฮโดรเจนอิออน (H+) ความต่างศักย์ที่เกิดจากอิออน (Ionic Potential) จะถูกเปลี่ยนให้เป็นความต่างศักย์ทางไฟฟ้า (Electronic Potential) แล้วขยายให้มีความต่างศักย์สูงขึ้นด้วยเครื่อง pH meter (Potentiometer)



ภาพที่ 2.6 ทรานสดิวเตอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง

pH meter คือ เครื่องมือทางไฟฟ้าที่ใช้วัด pH ของสารละลาย โดยหลักการวัดความต่างศักย์ (Potentiometer) ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ที่ทำให้เครื่องสามารถทำงานได้ครบวงจร ส่วนประกอบทั้ง 2 คือ อิเลคโทรด และตัวเครื่อง

1. อิเลคโทรด ทำหน้าที่เป็นภาคตรวจรับ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนในสารละลายที่ pH 7 (Standard pH Buffer) ความต่างศักย์ระหว่างอิเลคโทรดทั้ง 2 คือ อิเลคโทรดอ้างอิงกับอิเลคโทรดตรวจวัด จะมีค่าความต่างศักย์เท่ากับศูนย์มิลลิโวลท์ (0 MV) ถ้าความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนเพิ่มขึ้นหรือลดลง ความต่างศักย์ก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามความเข้มข้นของ ไฮโดรเจนอิออนในสารละลายนั้น โดยมีอิเลคโทรดเป็นตัวทำหน้าที่รับสัญญาณ

2. ตัวเครื่อง pH meter ก็คือ Potentiometer หรือ Volt meter ทำหน้าที่สำคัญ 3 ประการ คือ

2.1 ปรับความต่างศักย์ให้กับอิเลคโทรดอ้างอิงให้มีค่าความต่างศักย์เป็นศูนย์ และคงที่

2.2 แปลงสัญญาณจากความต่างศักย์ของอิออนของอิเลคโทรดให้เป็นความต่างศักย์ทางไฟฟ้า

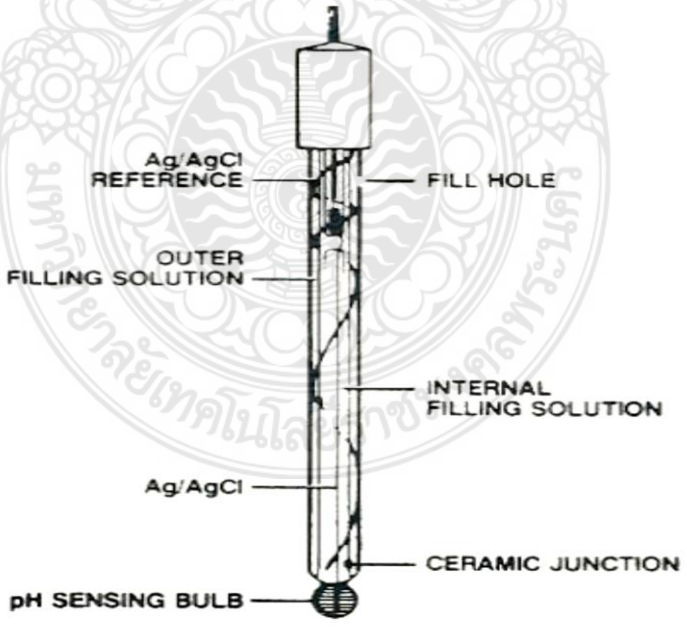
2.3 ขยายสัญญาณค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า ให้เพิ่มมากขึ้นอย่างเพียงพอให้แสดงผลที่มิเตอร์แบบเข็ม หรือตัวเลข

2.5.1 รายละเอียดโดยย่อของอิเลคโทรด

อิเลคโทรดปัจจุบันส่วนใหญ่เป็น Combination pH Electrode ซึ่งออกแบบไว้ให้สะดวกในการใช้งาน โดยรวมส่วนของ Reference Electrode และ Sensing Electrode มาอยู่ด้วยกัน

Sensing Electrode หรือ อิเลคโทรดตรวจวัด ทำด้วยแก้วชนิดพิเศษที่ยอมให้เฉพาะไฮโดรเจนอิออน (H+) ผ่าน ส่วนใหญ่ออกแบบเป็นรูปกระเปาะ ภายในบรรจุ Buffer เอาไว้ แต่มีบางประเภทเป็นรูปอื่น เช่น รูปเข็ม ทุกชนิดจะเหมือนกันตรงบริเวณที่ไฮโดรเจนอิออนผ่านผิวแก้วจะบางมาก

Reference Electrode หรือ อิเลคโทรดอ้างอิง ทำหน้าที่ให้ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ขั้วตรวจวัดเดินครบวงจร โดย KCl ชนิด อิ่มตัวที่อยู่ในอิเลคโทรดอ้างอิงซึมผ่านออกมาเป็น Salt Bridge เชื่อม Sensing Electrode

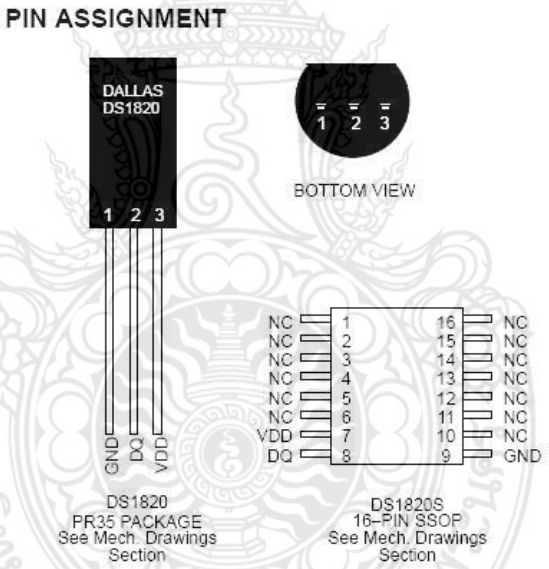


ภาพที่ 2.7 รายละเอียดโดยย่อของอิเลคโทรด

2.6 หลักการของทรานสดิวเตอร์วัดอุณหภูมิ

2.6.1 การวัดอุณหภูมิด้วยไอซีดิจิตอลเบอร์ DS18B20 เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่มีข้อมูลขนาด 9 บิตเพื่อแสดงค่าอุณหภูมิของไอซีสามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ 1-WireTM ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อข้อมูลเพียงเส้นเดียวร่วมกับกราวด์ และไฟเลี้ยง สามารถอ่าน เขียน และแปลงค่าอุณหภูมิโดยใช้คำสั่งผ่านสายเส้นเดียวกันกับข้อมูลได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้ไฟเลี้ยงจากภายนอก

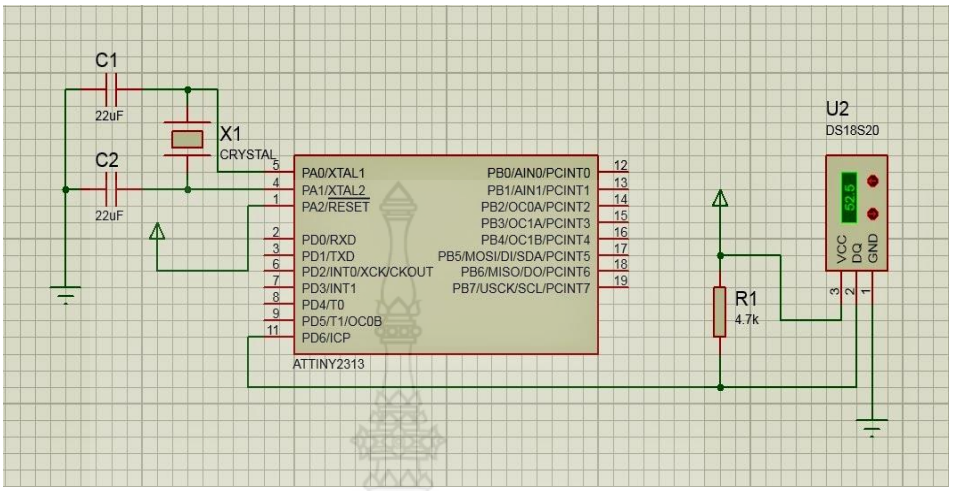
เนื่องจากไอซี DS1820 ที่ผลิตออกแต่ละตัวมีเลขประจำตัวเฉพาะ ทำให้สามารถเชื่อมต่อบนสายข้อมูลเส้นเดียวกันได้หลายตัว ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านการตรวจวัดในบริเวณต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย อาทิเช่น ในงานด้านการควบคุมความร้อน การระบายอากาศ ระบบปรับอากาศ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิภายในอาคาร ติดตั้งกับเครื่องจักรกล และในกระบวนการที่มีการตรวจสอบอุณหภูมิตลอดเวลา เป็นต้น



ภาพที่ 2.8 การจัดเรียงขาของไอซีตรวจวัดอุณหภูมิเบอร์ DS1820

2.6.2 วงจรการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

วงจรจรแสดงการเชื่อมต่อจะใช้สายข้อมูลเพียงเส้นเดียวต่อเข้ากับ พอร์ตอินพุตเอาท์พุทของไมโครคอนโทรลเลอร์ดังแสดงในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 การเชื่อมต่อไอซีตรวจวัดอุณหภูมิเบอร์ DS1820
กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เบอร์Attiny2313

2.6.3. การพัฒนาโปรแกรม

ในส่วนนี้เป็นการอธิบายขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมเพื่ออ่าน และเขียนค่าสำหรับเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR กับเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ โดยไม่กล่าวถึงขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมที่เป็นพื้นฐาน สำหรับการแสดงผลของอุณหภูมิที่วัดได้นั้น จะแสดงผ่านหน้าจอเทอร์มินอลมอนิเตอร์ ซึ่งเป็น ส่วนเพิ่มขยายของ Atmel Studio 6.0 เบื้องต้นจะกล่าวถึงการเชื่อมต่อในกรณีที่มีเซนเซอร์ต่ออยู่กับสายข้อมูลเพียงเส้นเดียวก่อนเท่านั้น

1. การจัดการเรื่องเวลา

เนื่องจากการเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ใช้เพียงสายเส้นเดียว จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำให้ช่วงจังหวะเวลาในการอ่านหรือเขียนค่านั้นมีความแม่นยำ โดยในแต่ละช่วงเวลาอ่านเขียนนั้น จะมีการอธิบายอย่างชัดเจนในเอกสารอธิบายข้อมูลของไอซี และพบว่าต้องมีความแม่นยำในระดับไมโครวินาทีเลยทีเดียว ซึ่งมีค่าน้อยมากเลยทีเดียว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเข้าใจในระดับหนึ่งเรื่องฐานเวลาเพื่อนำมาจัดการให้ได้ช่วงเวลาที่ต้องการอย่างแม่นยำ สำหรับ Atmel Studio 6.0 มีการเตรียมไลบรารีเรื่องหน่วงเวลา ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้เลยคือ Delay.h โดยภายในจะมีฟังก์ชันการหน่วงเวลาที่มีความแม่นยำในระดับ ไมโครวินาที (_Delay_us()) และ มิลลิวินาที (_Delay_ms()) ไว้ให้ใช้งาน แต่ต้องมีการเพิ่มเข้ามาในส่วนเริ่มต้นของโปรแกรม และกำหนดความถี่เริ่มต้นของระบบที่นำมาใช้ก่อนที่จะเรียกใช้งาน ดังนี้

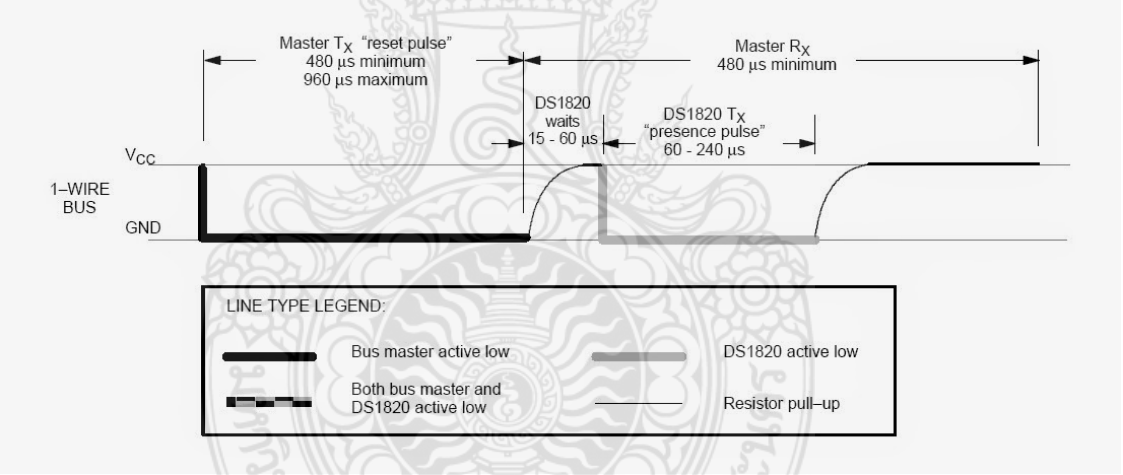
```
#define F_CPU 12000000UL          //define CPU clock
#include <util/delay.h>           //include delay library
```

ทั้งนี้ ต้องกำหนดตัวแปร F_CPU ก่อนเป็นอันดับแรกเพื่อให้ได้ฐานเวลาที่ตรงกับผู้ใช้งานจริง โดยในที่นี้กำหนดความถี่ที่ใช้เป็น 12 MHz แต่ถ้าผู้เขียนโปรแกรมไม่มีการกำหนดค่าดังกล่าวนี้ ไลบรารีจะกำหนดเองซึ่งจะมีค่าปกติเท่ากับ 1MHz และสามารถเรียกใช้งานได้ดังนี้ เมื่อต้องการหน่วงเวลา 480 ไมโครวินาที

```
_delay_us(480);      // if we want to make 480 us delay
```

2. การเริ่มต้นเชื่อมต่อข้อมูล

สิ่งแรกที่ต้องทำก่อนการรับส่งข้อมูลจำเป็นต้องมีการขั้นตอนการในการเริ่มต้นหรือรีเซตค่าอุปกรณ์เพื่อให้พร้อมสำหรับการรับส่ง ในขั้นตอนนี้ประกอบไปด้วยรีเซตพัลส์ที่ถูกส่งมาจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นมาสเตอร์ และตามด้วยพัลส์ตอบสนองจากอุปกรณ์ซึ่งเป็นไอซีตรวจวัดอุณหภูมิ ดังแสดงตามแผนผังเวลาในภาพที่ 2.10



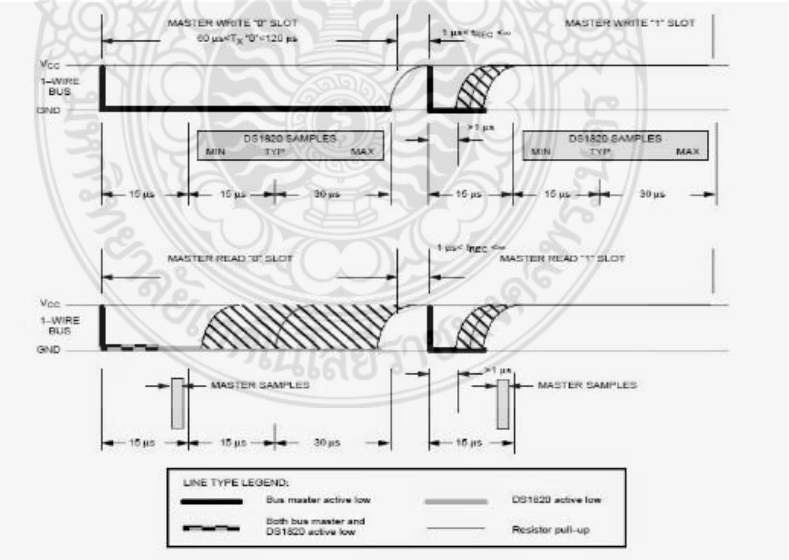
ภาพที่ 2.10 แผนผังเวลาสำหรับกระบวนการเริ่มต้นรับส่งข้อมูล

จากภาพที่ 2.10 พบว่ามาสเตอร์ส่งค่าเพื่อทำให้สายข้อมูลมีค่าเป็นศูนย์เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 480 ไมโครวินาที และตามด้วยการคืนค่าสายข้อมูล ถัดจากนั้น 15-60 ไมโครวินาที ตัวอุปกรณ์ที่เป็นไอซีตรวจวัดอุณหภูมิก็จะทำให้สายข้อมูลมีค่าเป็นศูนย์เป็นเวลา 60-240 ไมโครวินาที ซึ่งเรียกว่าพัลส์ตอบสนอง โดยในส่วนหลังนี้ก็ใช้เวลา 480 ไมโครวินาที เช่นกัน เมื่อใช้ PORTD PIND6 จะสามารถนำมาเขียนเป็นโปรแกรมได้ดังนี้

```
        uint8_t reset()
{
      uint8_t i;
      PORTD &= ~(1 << PIND6);    //Pull line low and wait for 480 us
      DDRD |= (1<<PIND6);
      _delay_us(480);
        DDRD &= ~(1 << PIND6);     //Release line and wait for 60us
      _delay_us(60);
       i = (PORTD &(1<<PIND6));   //Store line value and wait until the //completion of
480us period
      _delay_us(420);
     return i;                  //Return the value read from the //presence pulse (0 is OK
& 1 is WRONG)
}
```

3. การเขียนและอ่านค่าข้อมูล

ในส่วนนี้เป็นการเขียนฟังก์ชันเพื่อเขียน และอ่านค่าข้อมูลลงบนสายข้อมูลทีละบิตก่อน จากนั้นจึงเขียนฟังก์ชันเพื่อเขียน และอ่านค่าข้อมูลเป็นไบต์โดยเรียกใช้ฟังก์ชันก่อนหน้า การอ่านและเขียนค่าทีละบิต พิจารณาจากแผนผังเวลาในเอกสารอธิบายรายละเอียดอุปกรณ์ดังในภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 แผนผังเวลาการอ่านและเขียนข้อมูลแต่ละบิต

4. ชุดคำสั่ง

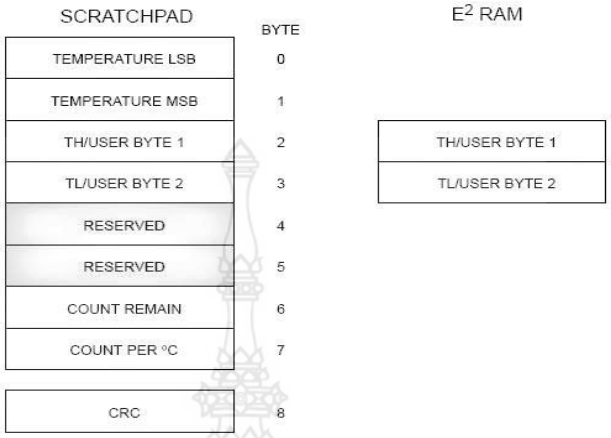
เมื่อสามารถเขียนอ่านข้อมูลได้แล้ว สิ่งต่อไปที่ควรทราบก็คือ ชุดคำสั่ง ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าเราต้องการให้อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิของเราทำอะไร ซึ่งแสดงได้โดยสรุปดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตารางสรุปรายละเอียดของชุดคำสั่งสำหรับ DS1820

ชุดคำสั่ง	รหัสคำสั่ง	คำอธิบาย
ชุดคำสั่งสำหรับรอม		
Search ROM	0xF0	สำหรับระบุตัวตนหรือรหัสรอมของ DS1820 แต่ละตัวเพื่อตรวจสอบจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมดที่เชื่อมต่ออยู่กับสายข้อมูล
Read ROM	0x33	มีผลเช่นเดียวกันกับ Search ROM เพียงแต่สามารถใช้ได้ในกรณีมีอุปกรณ์เพียงตัวเดียวเท่านั้น ถ้าใช้ในอุปกรณ์เชื่อมต่ออุปกรณ์หลายต่อจะให้ข้อมูลซ้อนทับกัน
Match ROM	0x55	ใช้ร่วมกับรหัสรอม 64 บิตเพื่อระบุว่ามาสเตอร์จะติดต่อกับอุปกรณ์ลูกตัวไหนโดยที่ตัวรหัสรอมตรงกันเพียงตัวเดียวเท่านั้นในสายข้อมูลที่จะตอบสนองกลับ ตัวอื่นจะรอกระบวนรีเซต
Skip ROM	0xCC	ใช้ระบุอุปกรณ์ทุกตัวที่เชื่อมต่ออยู่กับสายข้อมูลซึ่งใช้ในกรณีต้องการส่งคำสั่งแปลงค่า ในระบบที่มีอุปกรณ์เชื่อมต่อเพียงตัวเดียว
Alarm Search	0xEC	คล้ายกับ Search ROM เพียงแต่อุปกรณ์จะตอบสนองโดยการเซตค่าแจ้งเตือน
ชุดคำสั่งกำหนดหน้าที่		
Convert T	0x44	คำสั่งแปลงเริ่มแปลงค่าอุณหภูมิ ซึ่งจะเก็บค่าไว้ที่สองไบต์แรกของหน่วย ความจำ Scratchpad ถ้ามีการอ่านค่าขณะทำการแปลงค่าไม่เสร็จจะทำให้สายข้อมูลมีสถานะเป็นลอจิกต่ำ และแสดงสถานะเป็นลอจิกสูงถ้ากระบวน การแปลงค่าเสร็จสิ้นแล้ว
Write Scratchpad	0x4E	มาสเตอร์เขียนค่าไปที่ หน่วยความจำ 3 ตัว คือ TH TL และหน่วยความจำสำหรับปรับตั้งค่า (Configuration register)
Read Scratchpad	0xBE	ทำการอ่านค่าจาก Scratchpad ซึ่งมีทั้งหมด 9 ไบต์โดยจะให้ค่าบิตนัยสำคัญต่ำสุดออกมาก่อน ซึ่งสามารถรีเซตได้ตลอดเวลา ถ้าไม่ต้องการอ่านค่าทุกไบต์

5. การอ่านค่าอุณหภูมิ

ข้อมูลแสดงค่าอุณหภูมิของ DS1820 ถูกเก็บอยู่ใน 2 ไบต์แรกของหน่วยความจำ Scratchpad ซึ่งมีทั้งหมด 9 ไบต์ ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 แผนที่หน่วยความจำ Scratchpad ของ DS1820

ข้อมูลอุณหภูมิมีขนาด 16 บิต 2 คอมพลีเมนต์แบบมีเครื่องหมายในตารางที่แสดงความสัมพันธ์ของค่าข้อมูลทั้งสองไบต์กับค่าอุณหภูมิที่วัดได้ โดยข้อมูลจะส่งผ่านสายข้อมูล ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -55 ถึง 125 องศาเซลเซียส ความละเอียด 0.5 องศาเซลเซียส ต่อหนึ่งบิตดิจิตอล (สามารถเพิ่มความละเอียดเป็น 0.25 องศาเซลเซียสได้รายละเอียดในเอกสารแสดงรายละเอียดของ DS1820)

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าข้อมูลกับค่าอุณหภูมิ

Temperature (°C)	Digital Output (Binary)	Digital Output (Hex)
+125	00000000 11111010	00FA
+25	00000000 00110010	0032
+0.5	00000000 00000001	0001
+0	00000000 00000000	0000
-0.5	11111111 11111111	FFFF
-25	11111111 11001110	FFCE
-50	11111111 10010010	FF92

ดังนั้นในการอ่านค่าอุณหภูมิ สามารถทำได้โดยการตรวจสอบข้อมูลในไบต์สูงว่ามีค่าเป็น 0 หรือ 1 ถ้าเป็น 0 อุณหภูมิที่ได้จะมีค่าเป็นบวกและมีค่าอุณหภูมิเท่ากับค่าของข้อมูลในไบต์ต่ำ (LSB)

คูณด้วย 0.5 แต่ถ้ามีค่าเป็น 1 อุณหภูมิที่ได้จะมีค่าเป็นลบและมีค่าอุณหภูมิเท่ากับ การทำ 2 คอมพลีเมนต์ของข้อมูลในไบต์ต่ำ

2.6.4. โปรแกรมอ่านค่าข้อมูลและแสดงผล

ในที่นี้จะกล่าวถึงการอ่านค่าข้อมูลสำหรับการเชื่อมต่อ DS1820 ในสายข้อมูลเพียง 1 ตัว โดยมีลำดับการเขียนและอ่านข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ลำดับการแปลงค่าข้อมูลและการอ่านค่าอุณหภูมิ

Master mode	Data (LSB first)	รายละเอียด
ส่ง	รีเซต	พัลส์รีเซต
รับ	ตอบสนอง	พัลส์ตอบสนอง
ส่ง	CCh	คำสั่ง Skip ROM
ส่ง	44h	คำสั่งแปลงค่าอุณหภูมิ
รับ	ข้อมูล 1 ไบต์	อ่านค่าข้อมูลเพื่อตรวจสอบว่าการแปลงค่าเรียบร้อยหรือไม่ โดย 0 ยังไม่เสร็จ1 เสร็จสมบูรณ์
ส่ง	รีเซต	พัลส์รีเซต
รับ	ตอบสนอง	พัลส์ตอบสนอง
ส่ง	CCh	คำสั่ง Skip ROM
ส่ง	Beh	คำสั่งอ่านค่าข้อมูลใน Scratchpad
รับ	ข้อมูล 9 ไบต์	ข้อมูลทั้งหมด 9 ไบต์ ถูกส่งออกมาบนสายข้อมูล
ส่ง	รีเซต	พัลส์รีเซต
รับ	ตอบสนอง	พัลส์ตอบสนอง เสร็จสิ้นการแปลงและอ่านค่าข้อมูลอุณหภูมิ 1 รอบ
-	-	ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำความคำนวณค่าและแสดงผล

2.7 หลักการของทรานสดิวเตอร์วัดระดับน้ำ (Level)

2.7.1 การตรวจวัดระดับ (Level Sensor) โดยความเป็นจริงการวัดระดับของของเหลวหรือของแข็ง ก็คือการเซ็นเซอร์ระยะ (ในแนวตั้ง) จะเห็นว่าระดับจะมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตหลายๆ อย่าง เช่นระดับของวัสดุที่อยู่ในยุ้งเก็บ (Hopper) ระดับของของเหลวในถัง เป็นต้น ระดับของวัตถุที่ต้องการวัดไม่จำเป็นว่าต้องเป็นเนื้อเดียวกัน ขึ้นอยู่กับกระบวนการเช่นอาจจะเป็นแป้ง ข้าว น้ำมันเชื้อเพลิง อาหาร หรืออื่นๆ โดยปกติถ้าเราแบ่งตัวเซ็นเซอร์วัดระดับโดยดูความต่อเนื่องของสัญญาณต่อเวลาก็พบว่ามีอยู่ 2 แบบใหญ่ๆ ได้แก่

1. แบบต่อเนื่อง (Continuous) จะให้สัญญาณออกมาเป็นสัดส่วนกับความสูงของวัตถุที่อยู่ในถังตลอดเวลา เช่นการเปลี่ยนแปลงค่าการเก็บประจุ เป็นต้น

2. แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) เอาต์พุตที่ออกมาจากเซ็นเซอร์แบบนี้ทำงานที่สองสภาวะ คือ เปิดและปิด (หรือตัดกับต่อวงจร) แบบนี้จะใช้งานกับเครื่องควบคุมกระบวนการได้ง่ายกว่า ตัวอย่างของเซ็นเซอร์แบบนี้ได้แก่ สวิตช์ลูกลอย หลักการอิเล็คโทรดตัวนำ เป็นต้น

2.7.2 Waterproof Ultrasonic Module แบบมีสาย (JSN-SR04T)

JSN-SR04T คือ โมดูล Ultrasonic ที่ป้องกันความชื้นและละอองน้ำได้ โดยสามารถตรวจจับวัตถุและหาระยะห่างระหว่างตัว Sensor และวัตถุได้ในระยะ 25 cm ถึง 4.5 m

- แรงดันไฟเลี้ยง (Operating Voltage): 5.0 Vdc
- กระแสในขณะไม่ส่งสัญญาณ (Quiescent Current): 5 mA
- กระแสในขณะทำงาน (Operating Current): 30 mA
- ความถี่ในการส่งสัญญาณ (Acoustic Emission Frequency): 40 KHz
- ระยะตรวจจับสูงสุด (Farthest Distance): 4.5 meter
- ระยะต่ำสุดที่ไม่สามารถตรวจจับได้ (Blind Distance): 25 cm
- สายโพรบยาว 2.5 เมตร (Probe Wire Length): 2.5 m
- ขนาดของโมดูล (Size): 41 mm x 28.5 mm
- ความละเอียด (Resolution): 0.5 cm
- มุมในการตรวจจับ (Angle) : น้อยกว่า (Less Than) 50 degree
- อุณหภูมิในการทำงาน (Working Temp): -10 to 70 C
- อุณหภูมิเก็บรักษา (Storage Temp): -20 to 80C

การใช้งาน

Ultrasonic Module -> Arduino

Vcc -> 5v

Gnd -> Gnd

Trig -> 13

Echo -> 12

ภาพที่ 2.13 เซนเซอร์ Waterproof Ultrasonic Module แบบมีสาย (JSN-SR04T)

2.8 ทฤษฎีการส่งข้อมูล (GSM Module)

SIM900A GMS/GPRS Module

โมดูล SIM900A พร้อมเสาสัญญาณและช่องใส่ SIM Card เพื่อใช้ติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่าย GMS/GPRS

คุณสมบัติ

Power Requirements : 5V

TTL Signal Level Serialport With 3.3V And 5V

TVS and Bead Protection เพื่อป้องกันการช็อตจาก Voltage ที่สูง

มีเสาอากาศเพื่อเพิ่มความแรงของสัญญาณ

เมื่อส่งข้อมูลจำเป็นต้องใช้กระแสมากกว่า 1A DC

มีพอร์ตการเชื่อมต่อเสาอากาศสองแบบ คือ SMA Antenna และ IPX MINI Antenna

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 บทนำ

ในการออกแบบเครื่องตรวจวัดค่า pH ของน้ำโดยการศึกษาออกแบบโครงสร้างและอุปกรณ์การทำงานโดยใช้ Arduino Board ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำงาน นั้นจะทำงานตามโปรแกรมที่เขียนไว้

หลักการทำงานเบื้องต้นของโครงงานนี้ เมื่ออุปกรณ์ที่ติดตั้ง จะประกอบไปด้วย

- บอร์ด Arduino Mega 2560 R3
- บอร์ด SIM900A GSM/GPRS Module (Set 3)
- เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ Waterproof Temperature Sensor (DS18B20) 1 Meter)
- เซนเซอร์วัดระดับน้ำ Waterproof Ultrasonic Module (JSN-SR04T)
- บอร์ด Ethernet W5100
- จอ LCD with 12C Interface (Blue Screen)
- Analog pH meter (pH Senser)

หลักการทำงานของโครงงานนี้ จะทำการเขียนโปรแกรมควบคุม โดยโปรแกรมชื่อ Arduino IDE (IDE นั้นย่อมาจาก Integrated Developemnt Environment) ซึ่งใช้งานได้ทั้งบนระบบปฏิบัติการ Window (XP Vista 7 8) ทั้ง 32 และ 64 บิต, Mac OS X และ Linux ก็ใช้ได้ โดยใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ เมื่ออุปกรณ์วัดค่า pH วัดค่าออกมา แล้วสูงกว่าค่าที่เขียนไว้ในโปรแกรม ก็จะทำการส่งข้อมูลไปยัง SIM900 ทำหน้าที่ในการส่งเป็นข้อความแจ้งเตือนเข้ามือถือ

3.2 การออกแบบและสร้างชุดวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

ภาพที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทางานระบบประมวลผล

3.3 การออกแบบทรานสดิวเซอร์ (Transducer)

3.3.1 การเลือกทรานสดิวเซอร์

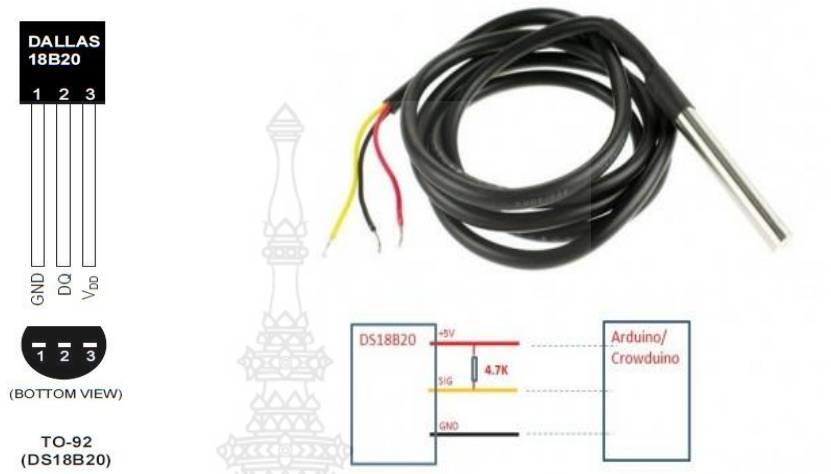
- เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ Waterproof Temperature Sensor (DS18B20) 1 Meter)
ในปัจจุบัน มีไอซีสำหรับวัดอุณหภูมิให้เลือกใช้อยู่หลายแบบ แบ่งตามรูปแบบของเอาต์พุตได้เป็นสองประเภทคือ ไอซีที่ให้เอาต์พุตแบบอนาล็อก และแบบดิจิตอล โดยทั่วไปไอซีแบบดิจิตอล จะมีวงจรประเภท ADC (Analog to Digital Converter) รวมอยู่ภายใน บางตระกูลหรือบางรุ่น สามารถโปรแกรมหรืออ่านค่ารีจิสเตอร์ภายในได้ เช่น เพื่อกำหนดค่าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของไอซี ในส่วนการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ มักจะเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบ SPI หรือ I2C เพื่อประหยัดขา I/O ในการเชื่อมต่อ บทความนี้กล่าวถึง การใช้งานไอซี DS18B20 Digital Thermometer ของบริษัท Maxim และเขียนโปรแกรมติดต่อสื่อสารด้วย Arduino จุดเด่นของไอซีในตระกูลนี้คือ การสื่อสารข้อมูลด้วยสัญญาณเพียงเส้นเดียว นำอุปกรณ์หรือไอซีมาต่อกันหลายตัวเป็นบัส (Bus) ได้ โดยใช้โปรโตคอลสื่อสารที่เรียกว่า 1-Wire (OneWire)

ไอซีวัดอุณหภูมิในตระกูล DS18xx ของ Maxim / Dallas Semiconductor ไอซีวัดอุณหภูมิในตระกูล DS18xx มีอยู่หลายรุ่น เช่น DS1820, DS18S20 และ DS18B20 เป็นไอซีที่วัดอุณหภูมิ และให้ค่าแบบดิจิทัล เชื่อมต่อในรูปแบบของบัสที่เรียกว่า 1-Wire ไอซีเหล่านี้มีความแตกต่างกันเล็กน้อย แต่ในบทความนี้จะกล่าวถึงเฉพาะ DS18B20

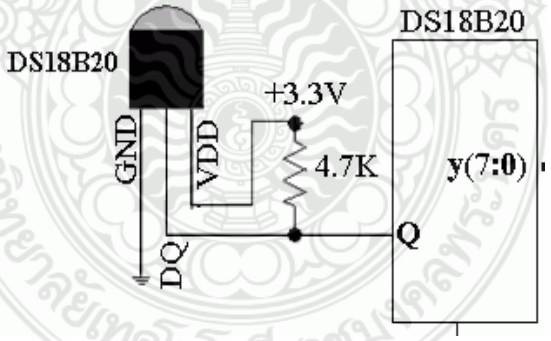
ข้อมูลเชิงเทคนิคเกี่ยวกับไอซี DS18B20:

- ใช้แรงดันไฟเลี้ยง Vdd (หรือ Vcc) ได้ในช่วง 3.0V ถึง 5.5V
- มี 3 ขา (สำหรับตัวถัง TO-92) คือ Gnd (Pin 1), DQ (Pin 2), Vdd (Pin 3)
- ใช้งานได้สองแบบ: Normal Mode (ใช้ทั้ง 3 ขา) และ Parasite Power Mode (ใช้เพียง 2 ขา คือ DQ และ GND ในขณะที่ขา Vdd จะต่อกับขา Gnd)
- สามารถนำไอซีมาพ่วงต่อกันในบัสเดียว (เส้นสัญญาณ DQ) ได้หลายอุปกรณ์
- ในการใช้งาน จะต้องต่อ Pull-Up 4.7kΩ ที่ขา DQ กับแรงดันไฟเลี้ยง
- วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -55 องศาเซลเซียส ถึง +125 องศาเซลเซียส
- มีความแม่นยำ ±0.5 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิในช่วง -10 องศาเซลเซียส ถึง +85 องศาเซลเซียส
- มีความละเอียดของค่าที่อ่านได้ 12 บิต (Resolution)
- ใช้เวลาในการแปลงข้อมูลสำหรับ ADC ไม่เกิน 750 Msec (มิลลิวินาที) สำหรับข้อมูล 12 บิต
- ไอซีแต่ละตัวมีหมายเลขเฉพาะตัว ขนาด 64 บิต (64-Bit Serial Code)

ภายในไอซี DS18B20 มีหน่วยความจำแบบ SRAM ขนาดความจุ 9 ไบต์ (Byte 0 ถึง Byte 9) และเรียกว่า Scratchpad ส่วนหนึ่งของหน่วยความจำนี้ จะใช้สำหรับเก็บค่าอุณหภูมิที่ได้จากการอ่าน และแปลงเป็นข้อมูลดิจิทัลในแต่ละครั้ง (ใช้ 2 ไบต์ และเก็บไว้ใน Byte 0 และ Byte 1) และยังมีการคำนวณค่า CRC (checksum) ขนาดหนึ่งไบต์ด้วย (เก็บไว้ใน Byte 8)



ภาพที่ 3.2 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ Waterproof Temperature Sensor (DS18B20) 1 Meter)



ภาพที่ 3.3 วงจรที่ใช้ในการทำงานของ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิเซนเซอร์วัดระดับน้ำ Waterproof Ultrasonic Module (JSN-SR04T)

โมดูล Ultrasonic กันน้ำ รุ่น Waterproof Ultrasonic JSN-SR04T สามารถตรวจจับ และวัดได้ระยะทางของวัตถุได้ในช่วง 0.25–4.5 เมตร กันความชื้น และละอองน้ำได้ แรงดันไฟเลี้ยง (Operating Voltage) เท่ากับ 5.0Vdc

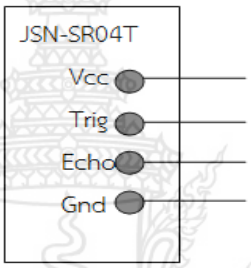
การใช้งาน Ultrasonic Module -> Arduino

Vcc -> 5v

Gnd -> Gnd

Trig -> 0

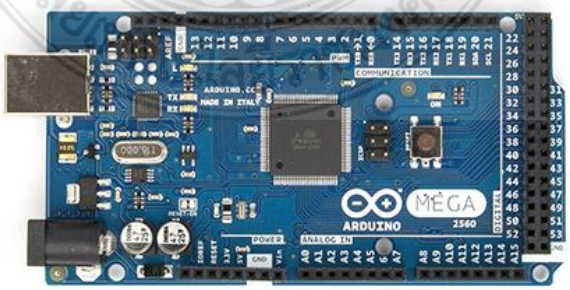
Echo -> 1



ภาพที่ 3.4 วงจรเซนเซอร์วัดระดับน้ำ Waterproof Ultrasonic Module (JSN-SR04T)

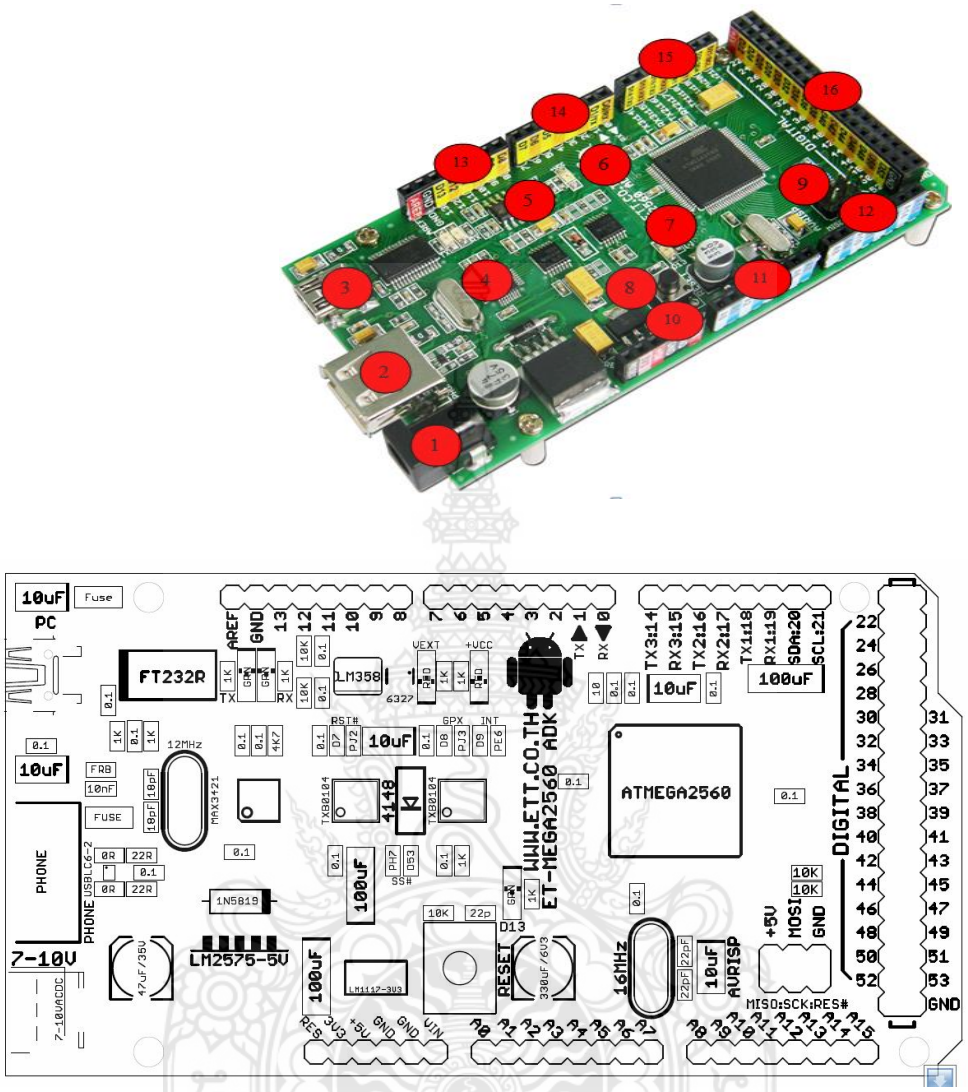
3.4 การออกแบบชุดควบคุม

ในการออกแบบควบคุมการทำงานของเครื่องตรวจวัดความเป็นกรด– ด่าง (pH) จะใช้บอร์ด Arduino Mega 2560 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานบนพื้นฐานของ Atmega2560



ภาพที่ 3.5 บอร์ด Arduino Mega 2560

3.4.1 โครงสร้างบอร์ด Arduino Mega 2560



ภาพที่ 3.6 รูปแสดง โครงสร้างของบอร์ด Arduino Mega 2560

- **หมายเลข 1** คือ ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงจากภายนอก สามารถใช้ได้กับแหล่งจ่ายทั้งแบบ AC และ DC พร้อมวงจร Bridge Rectifier และ Regulate แบบ Switching ช่วยลดความร้อนของ IC Regulate เมื่อมีการดึงกระแสมากๆได้เป็นอย่างดี สามารถใช้กับแรงดัน Input 7-12V

- หมายเลข 2 เป็นขั้วต่อ USB Host สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ USB Device ต่างๆ

- หมายเลข 3 เป็นขั้วต่อ USB Device สำหรับติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ PC โดยใช้ FT232RLเป็น USB Bridge ในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ PC และ MCU ในบอร์ด และยังสามารถใช้ไฟจากพอร์ต USB เป็นแหล่งจ่ายให้กับบอร์ดได้ด้วย โดยจะมี Poly Fuse ขนาด 500 mA สำหรับป้องกันการดึงกระแสเกินจากพอร์ต USB ด้วย และที่พิเศษคือมีวงจรสำหรับตรวจสอบแหล่งจ่ายเพื่อสลับการ

ใช้งานแหล่งจ่ายจาก USB ไปเป็น External Supply ได้เอง โดยอัตโนมัติ โดยเมื่อไม่ได้ต่อ External Supply บอร์ดจะใช้ไฟจากพอร์ต USB เป็นแหล่งจ่ายในการทำงาน แต่เมื่อมีการต่อ External Supply วงจรจะสลับไปใช้แหล่งจ่ายจาก External Supply เองโดยอัตโนมัติ

LED +VCC ใช้แสดงสถานะเมื่อมีการจ่ายไฟให้กับบอร์ด

LED VEXT ใช้แสดงสถานะเมื่อมีการจ่ายไฟจาก External Supply

- หมายเลข 4 เป็น LED VEXT ใช้แสดงสถานะเมื่อมีการจ่ายไฟเลี้ยงจาก External Supply

- หมายเลข 5 เป็น LED +VCC ใช้แสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง (+VCC) ของบอร์ด โดยเมื่อบอร์ดใช้แหล่งจ่ายจาก External Supply จะแสดงสถานะโดยการให้ LED VEXT และ LED +VCC ติดสว่างพร้อมกันทั้งคู่ แต่ถ้าบอร์ดใช้แหล่งจ่ายจากพอร์ต USB จะแสดงสถานะโดยการให้ LED +VCC ติดสว่างเพียงดวงเดียว

- หมายเลข 6 เป็น LED แสดงสถานะของ RX และ TX ใช้สำหรับแสดงการรับส่งข้อมูลระหว่างบอร์ด ET-Mega 2560-ADK กับคอมพิวเตอร์ PC ผ่านทางพอร์ต USB

- หมายเลข 7 เป็น LED D13 ใช้สำหรับทดแสดงการทำงานของ Bootloader และ ใช้ทดสอบการทำงานของบอร์ดจากการควบคุมของ Pin Digital-13 ทำงานด้วย Logic “1” และ หยุดทำงานด้วย Logic “0”

- หมายเลข 8 เป็นสวิตช์ Reset ใช้สำหรับสั่ง Reset การทำงานของบอร์ด

- หมายเลข 9 เป็นขั้วต่อ AVRISP ใช้สำหรับโปรแกรม Bootloader ให้กับ MCU

- หมายเลข 10 เป็นขั้วต่อ Power

- หมายเลข 11,12 เป็นขั้วต่อสัญญาณ Analog A [0..7] และ Analog A [8..15] ตามลำดับ

- หมายเลข 13,14,15 เป็นขั้วต่อสัญญาณ Digital D [0..7],D [8..13] และ D [14..21]

- หมายเลข 16 เป็นขั้วต่อสัญญาณ Digital D [22..53]

3.4.1.1 คุณสมบัติของสัญญาณต่างๆของบอร์ด Arduino 2560

1. RESET# เป็นสัญญาณ Input Reset ของ MCU ทำงานเมื่อเป็น Logic Low โดยสัญญาณ RESET# นี้จะถูกควบคุมจาก 2 แหล่ง คือ จาก สวิตช์ RESET ภายในบอร์ด และ จากสัญญาณ DTR ของ FT232RL

2. +3V3 เป็นแหล่งจ่ายไฟขนาด +3.3V ที่ได้จากวงจร Regulate ของ LM1117-3V3 สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 500 mA

3. +5V เป็นจุดต่อแหล่งจ่ายไฟของบอร์ดออกไปใช้งาน ซึ่งมาจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่ง คือ จากพอร์ต USB และจาก External Supply ซึ่งถ้าต่อแหล่งจ่ายให้บอร์ดจาก External Supply ผ่านทาง Jack VIN แหล่งจ่าย +5V นี้จะมาจาก Switching Regulate (LM2575-5V) สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด ถึง 1 A แต่ถ้าใช้แหล่งจ่ายจากพอร์ต USB แหล่งจ่าย +5V นี้จะมาจากพอร์ต USB โดยตรงโดยจะมีฟิวส์ แบบ Poly ขนาด 500 mA ต่อป้องกันการดึงกระแสเกินเพื่อป้องกันความเสียหายของพอร์ต USB โดยจะจ่ายกระแสได้สูงสุดไม่เกิน 500 mA ขึ้นอยู่กับการ Configure ค่าให้กับ FT232RL ด้วย

4. +VIN เป็นไฟ DC ที่รับมาจาก Jack VIN (External Supply) แต่ผ่านการ Rectifier และ Filter เป็น DC แล้วมีขนาดแรงดันเฉลี่ยตามขนาดแรงดันที่ป้อนให้กับบอร์ดทาง Jack VIN

5. A0-A15 เป็นขาสัญญาณ Analog Input แบบ ADC มีขนาดความละเอียด 10 บิต มี 16 Pinสามารถรับแรงดัน Analog Input ได้ 0-5VDC

6. D0-D53 เป็นขาสัญญาณ Digital Input/Output แบบ TTL มีทั้งหมด 54 Pin สามารถใช้ทำหน้าที่เป็น Input หรือ Output ตามการกำหนดจากโปรแกรม โดยมีบาง Pin สามารถกำหนดหน้าที่ใช้งานเป็นฟังก์ชั่นพิเศษต่างๆเพิ่มเติมได้อีก

- D0-D1 ถูกสงวนไว้ใช้ทำหน้าที่เป็นพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 (UART0) โดยได้ทำการเชื่อมต่อกับ USB Bridge ของ FT232RL เพื่อใช้ Upload Code ให้กับบอร์ด และยังสามารถใช้ทดลองติดต่อสื่อสารรับส่งข้อมูลระหว่างบอร์ดกับคอมพิวเตอร์ PC ได้ด้วย

- D2-D13 สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น PWM ขนาด 8 บิต มี 14 Pin ได้

- D14 สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น TX3 สำหรับ ส่งข้อมูลของ UART3 ได้ด้วย

- D15 สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น RX3 สำหรับ รับข้อมูลให้กับ UART3 ได้ด้วย

- D16 สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น TX2 สำหรับ ส่งข้อมูลของ UART2 ได้ด้วย

- D17 สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น RX2 สำหรับ รับข้อมูลให้กับ UART2 ได้ด้วย

- D18 สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น TX1 สำหรับ ส่งข้อมูลของ UART1 ได้ด้วย

- D19 สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น RX1 สำหรับ รับข้อมูลให้กับ UART1 ได้ด้วย

- D20,D21 สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น SDA,SCL ของ I2C Bus ของ I2C ได้ด้วย

7. AREF เป็นสัญญาณ Analog Reference จากภายนอกที่ต้องการป้อนให้กับ MCU ซึ่งตามปรกติแล้ว Atmega 2560 สามารถโปรแกรมให้เลือกใช้แรงดันอ้างอิงจากภายในได้อยู่แล้วโดยสามารถเลือกเป็น 1.1V หรือ 2.56 V หรือ AVCC (+5V) โดยไม่จำเป็นต้องป้อนแรงดันอ้างอิงจากภายนอกให้กับบอร์ดอีก แต่ถ้าต้องการแรงดันอ้างอิงที่มีความแตกต่างจากที่กล่าวมาแล้วก็สามารถป้อนเป็นแรงดันอ้างอิงจากภายนอกผ่านทางขา AREF นี้เข้าไปเองได้ระหว่าง 0-5V

8. USB Host ใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ USB Device หรือ แอนดรอยด์โฟน โดยใช้ชิพ USB Host เบอร์MAX3421 เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ USB กับ MCU Atmega 2560 ซึ่งในปัจจุบันมีการ สร้าง Library ขึ้นมาสนับสนุนการเชื่อมต่อให้นำไปประยุกต์ดัดแปลงใช้งานกันได้ฟรีๆ ทั้งแบบ USB Host และแบบเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ แอนดรอยน์โฟน ซึ่งถ้าใช้แอนดรอยน์โฟนที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการรุ่น V2.3.4 หรือสูงกว่าสามารถใช้การพัฒนาด้วย Google ADK ได้ แต่ถ้าแอนดรอยน์โฟนไม่รองรับ ADK ก็สามารถใช้ ADB ของ Microbridge แทนได้เช่นกัน

- การพัฒนาโปรแกรมแบบ USB Host โดยใช้รูปแบบการพัฒนาโปรแกรมเช่นเดียวกันกับบอร์ด Arduino ปรกติทั่วๆไป โดยในกรณีนี้จะประยุกต์ใช้ MAX3421 ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ USB Host เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ USB Device ทั่วๆไป เช่น USB HIDKeyboard, USB HID Mouse ฯลฯ

- การพัฒนาโปรแกรมแบบ Android สามารถทำได้ 2 แนวทาง

1. พัฒนาโปรแกรมผ่าน Google Open Accessories API ด้วยชุดพัฒนาของ ADK (Android Open Accessories development Kit) มุ่งเน้นไปที่การนำความสามารถของอุปกรณ์แอดดรอยน์โฟน เช่น หน้าจอแสดงผล ระบบ TouchScreen และอุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆที่มีบรรจุไว้ใน แอนดรอยน์โฟน มาพัฒนาต่อยอดใช้งาน ซึ่งความสามารถนี้จะใช้ได้กับอุปกรณ์แอนดรอยน์โฟนรุ่นที่สามารถติดตั้งระบบปฏิบัติการของแอนดรอยน์ ตั้งแต่เวอร์ชั่น 2.3.4 หรือสูงกว่า

2. พัฒนาโปรแกรมผ่าน Library ของ Microbridge ด้วย ADB (Android Debug Bridge) มุ่งเน้นไปที่การเชื่อมต่อสื่อสาร สั่ง งานอุปกรณ์ I/O ภายนอกกับแอนดรอยน์ ซึ่งในกรณีของการเชื่อมต่อกับ Arduino ก็จะทำให้เราสามารถนำ แอนดรอยน์โฟน ส่งคำสั่งออกไป หรือ รับข้อมูลจาก Arduino ได้ตามต้องการ ไม่ว่าจะเป็น Digital I/O,PWM, I2C Bus หรือ Analog Input (ADC) ซึ่งความสามารถนี้จะใช้ได้กับอุปกรณ์แอนดรอยน์โฟนทุกรุ่นที่สามารถติดตั้งระบบปฏิบัติการของแอนดรอยน์ ตั้งแต่เวอร์ชั่น V1.5 หรือสูงกว่า

3.4.2 บอร์ด Ethernet W5100

Arduino Ethernet Shield คือ บอร์ดที่ช่วยให้ผู้ ใช้งาน ArduinoUno Board มีความสะดวกมากขึ้นในการพัฒนาระบบที่มีการติดต่อผ่านระบบอินเทอร์เน็ต โดยสามารถต่อเข้ากับ ArduinoUno Board ได้โดยใช้ไอซีพื้นฐานของ WiznetW5100 Ethernetchip ซึ่งรองรับ TCP/IP Protocols ,10 BaseT/100BaseTX Ethernet Embedded, การเชื่อมต่อแบบ ADSL, Auto MDI/MDIX, Auto Negotiation เป็นต้น มีหัวต่อแบบ RJ45 ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต

ภาพที่ 3.7 ภาพแสดง Ethernet W5100

ในส่วนของ Ethenet Shield นี้มีโมดูลที่สามารถรองรับ Power over Ethernet (PoE) ซึ่งสามารถใช้แหล่งจ่ายไฟของบอร์ดได้เลย นอกจากนี้ยังมีไฟแสดงผลซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

PWR : ไฟแสดงสัญญาณ Power

LINK : ไฟแสดงสถานการณ์อัพโหลดและดาวโหลดข้อมูลผ่านเครือข่าย

FULLD : ไฟแสดงสถานะของการเชื่อมต่อแบบ Full Duplex

100M : ไฟแสดงถานะเมื่อมีการเชื่อมต่อเครือข่ายได้ถึง 100 Mbps

RX : ไฟแสดงสถานะเมื่อ ETHERNET SHIELD มีการรับข้อมูล

TX : ไฟแสดงสถานะเมื่อ ETHERNET SHIELD เมื่อมีการส่งข้อมูล

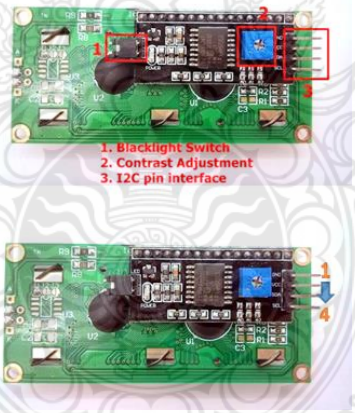
COLL : ไฟแสดงสถานะเมื่อมี IP ชนกันของเครือข่าย

3.4.3 จอ LCD with 12C Interface (Blue Screen)

หน้าจอแสดงผล LCD ไฟแบคไลท์สีน้ำเงิน ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด การเชื่อมต่อแบบอนุกรม (LCD I2C) จะใช้งานโมดูล I2C Serial Interface Board Module มาเชื่อมต่อระหว่าง Arduino กับจอ LCD วงจรที่เชื่อมต่อจะเป็นไปตามรูปนี้ (กรณีใช้บอร์ดรุ่นอื่น จะต้องต่อ SDA เข้า A4 และ SCL เข้ากับ A5)

ภาพที่ 3.8 หน้าจอแสดงผล LCD

จอ LCD ที่มีการเชื่อมต่อแบบ I2C หรือเรียกอีกอย่างว่าการเชื่อมต่อแบบ Serial จะเป็นจอ LCD ธรรมดาทั่วไปที่มาพร้อมกับบอร์ด I2C Bus ที่ทำให้การใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น และยังมาพร้อมกับ VR สำหรับปรับความเข้มของจอ ในรูปแบบ I2C จะใช้ขาในการเชื่อมต่อกับ Microcontroller เพียง 4 ขา (แบบ Parallel ใช้ 16 ขา) ซึ่งทำให้ใช้งานได้ง่ายและสะดวกมากยิ่งขึ้น สามารถดูได้จากตารางที่ 3.1



ภาพที่ 3.9 จอ LCD ที่มีการเชื่อมต่อแบบ I2C

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงขาในการเชื่อมต่อกับ Microcontroller ของจอ LCD

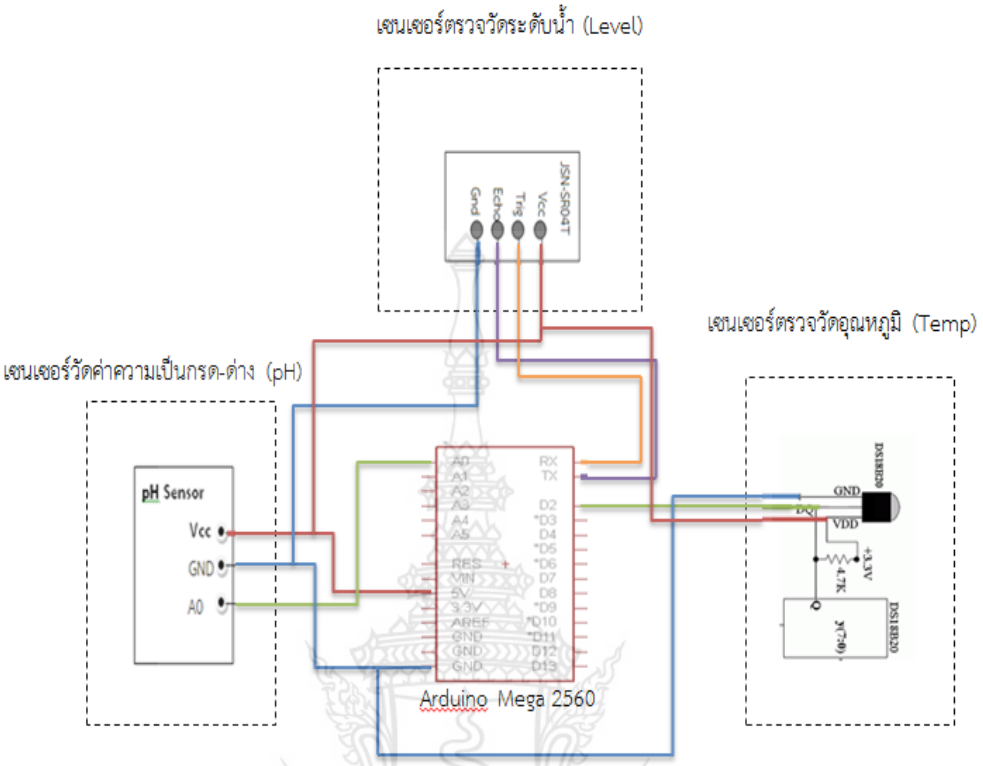
Pin No	Symbol	Description
1	GND	Ground
2	VCC	+5VDC
3	SDA	Serial Data
4	SCL	Serial Clock

3.4.3.1การควบคุมการแสดงผลของจอ LCD (I2C)

ในการควบคุมหรือสั่งงาน โดยทั่วไปจอ LCD จะมีส่วนควบคุม (Controller) อยู่ในตัวแล้ว ผู้ใช้สามารถส่งรหัสคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของจอ LCD (I2C) เช่นเดียวกันกับจอ LCD แบบธรรมดา พูดง่ายๆ คือรหัสคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมนั้นเหมือนกัน แต่ต่างกันตรงที่รูปแบบในการรับส่งข้อมูล ในบทความนี้เราจะมาพูดถึงจอ LCD 16x2 ที่มีการส่งข้อมูลรูปแบบ I2C ที่ใช้ขาเพียง 4 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อเท่านั้น

1. GND เป็น Ground ใช้ต่อระหว่าง Ground ของระบบ Microcontroller กับ LCD
2. VCC เป็นไฟเลี้ยงวงจรที่ป้อนให้กับ LCD มีขนาด +5VDC
3. SDA (Serial Data) เป็นขาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล
4. SCL (Serial Clock) เป็นขาสัญญาณนาฬิกาในการรับส่งข้อมูล

3.4.4 วงจรในการทำงาน



ภาพที่ 3.10 การต่อวงจรของเครื่องวัดค่า pH

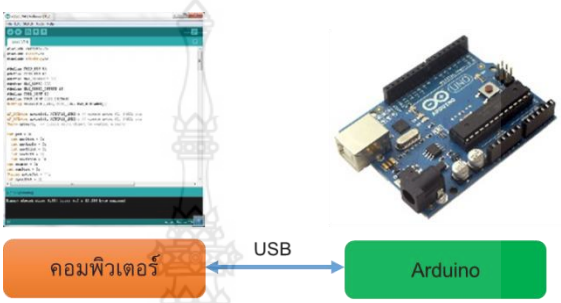
หมายเหตุ

สีแดง	คือ	แรงดันไฟฟ้า dc5v
สีฟ้า	คือ	Ground
DQ (Pin 2)	คือ	เป็นเส้นสัญญาณ
RX	คือ	การรับข้อมูล
TX	คือ	การส่งข้อมูล
A0	คือ	Output เป็นแบบ Analog (0-1023)

3.5 การออกแบบโปรแกรม

3.5.1 การเขียนโปรแกรมบน Arduino

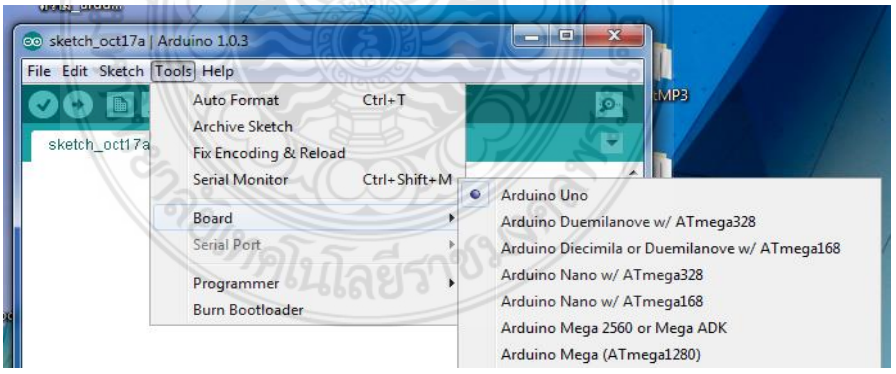
Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน่ หรือ อาดุยโน่) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย



ภาพที่ 3.11 การเขียนโปรแกรมบน Arduino

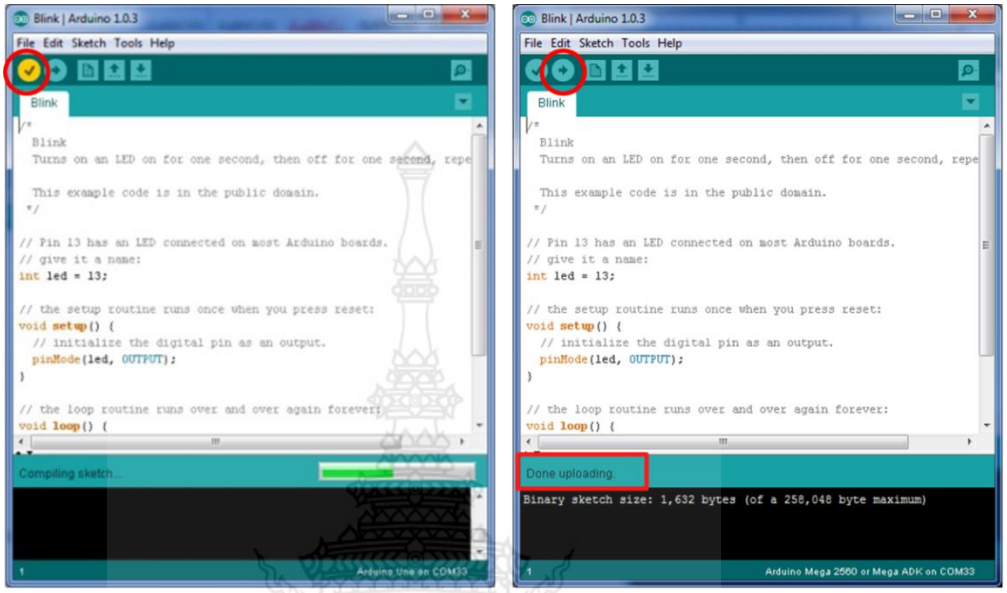
1. เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม ArduinoIDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก Arduino.cc/en/main/software

2. หลังจากที่เขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้และหมายเลข Com port



ภาพที่ 3.12 ขั้นตอนการเลือกบอร์ด Arduino

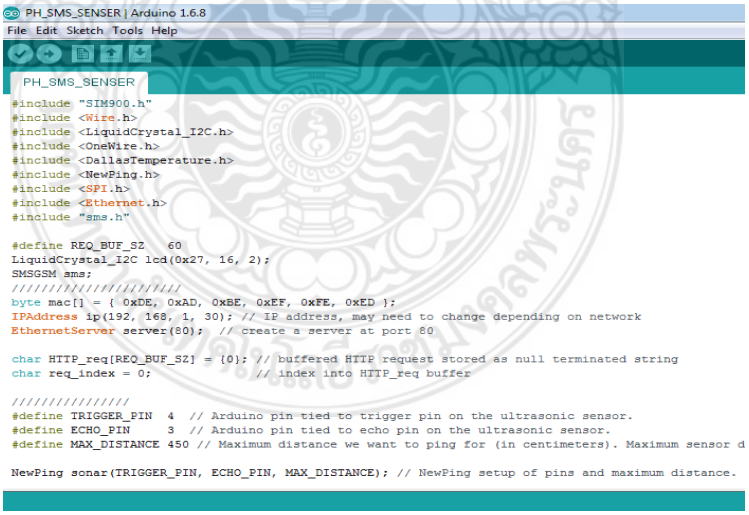
3. กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ด โปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออับโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done Uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที



ภาพที่ 3.13 การ Compile โค้ดโปรแกรม

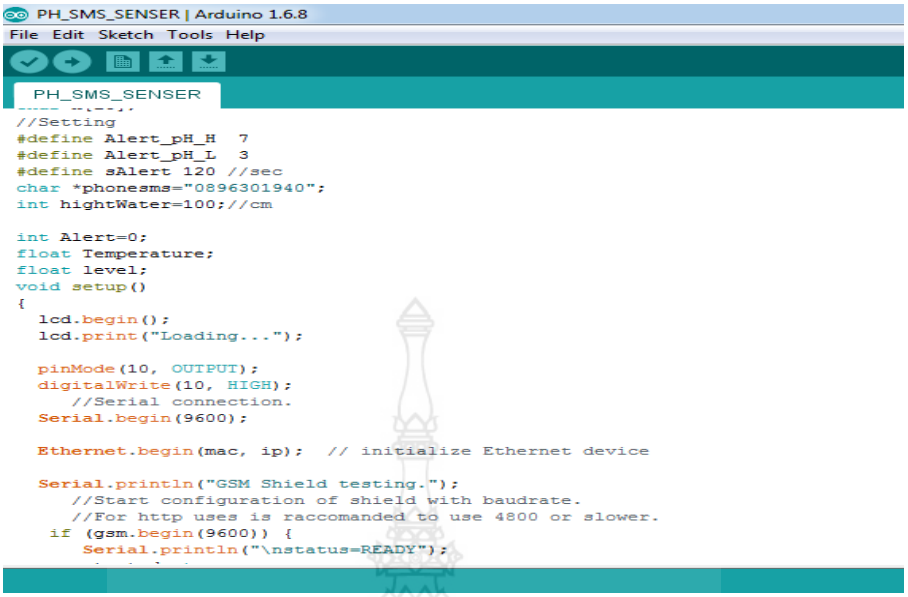
3.5.2 รูปแบบของโปรแกรมที่ใช้งาน

- ดูออนไลน์ผ่านบอร์ด Ethernet W5100



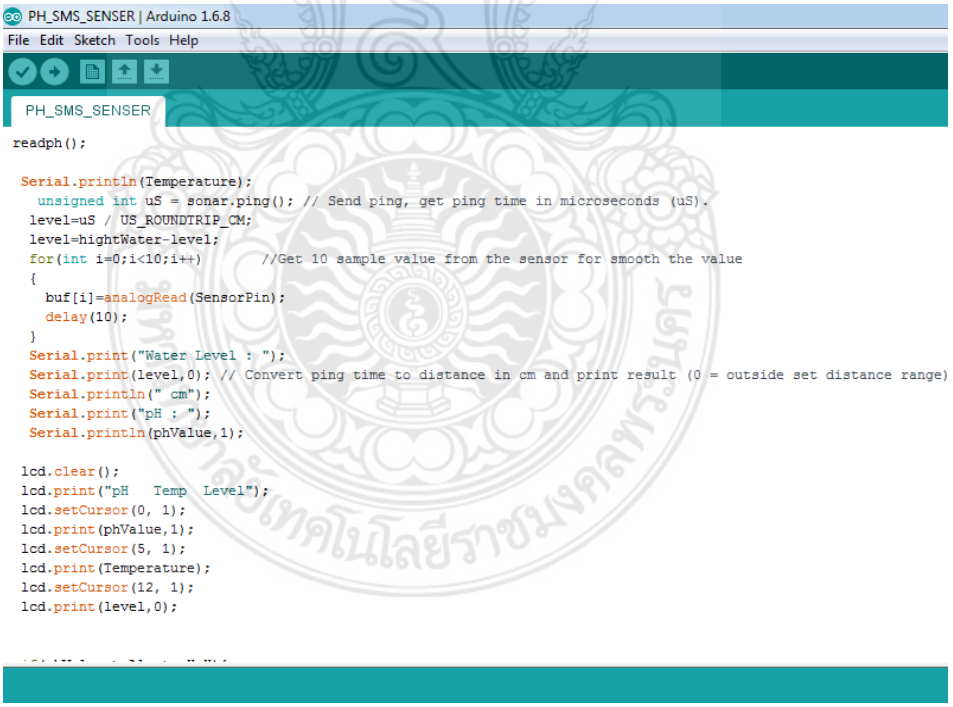
ภาพที่ 3.14 โปรแกรมคำสั่งดูออนไลน์ผ่าน Ethernet W5100

- การตั้งค่าการแจ้งเตือน



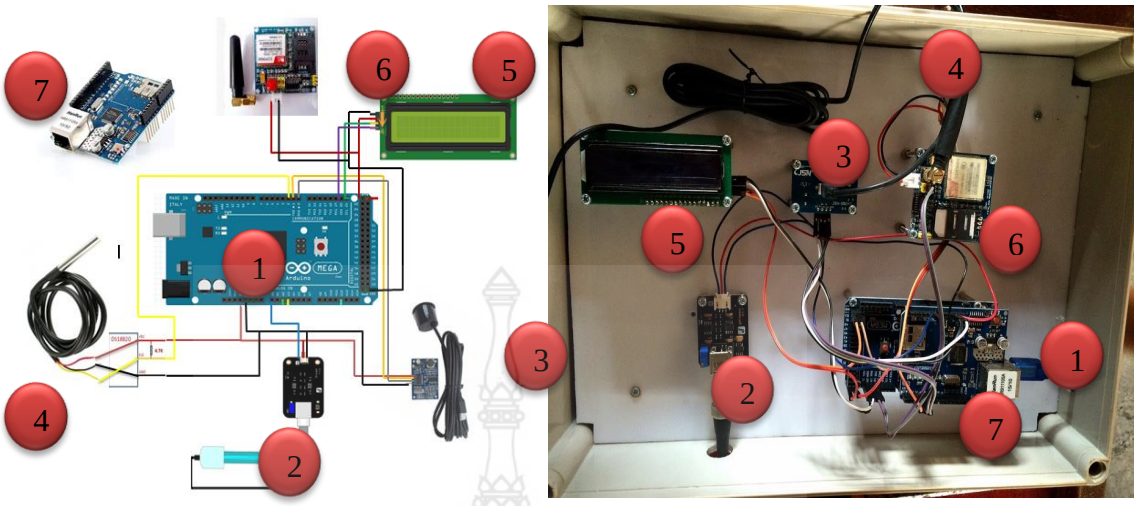
ภาพที่ 3.15 โปรแกรมคำสั่งแจ้งเตือน

- การเขียนโปรแกรมของ Temp และ Level



ภาพที่ 3.16 โปรแกรมคำสั่ง Temp และ Level

3.6 การประกอบวงจรแบบสมบูรณ์



ภาพที่ 3.17 ภาพประกอบวงจรแบบสมบูรณ์

- **หมายเลข 1** คือ บอร์ด Arduino Mega 2560
- **หมายเลข 2** คือ เซนเซอร์วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
- **หมายเลข 3** คือ เซนเซอร์วัดระดับน้ำ
- **หมายเลข 4** คือ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ
- **หมายเลข 5** คือ หน้าจอ LCD
- **หมายเลข 6** คือ บอร์ด SIM 900A หรือSIM 900 MHz
- **หมายเลข 7** คือ Ethernet W5100

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบ และการดำเนินงานของโครงงานเพื่อให้เป็นไปตามขอบเขตที่กำหนดโดยการทดสอบการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำแล้วใช้ตัว GSM Modual ส่งสัญญาณเป็นข้อความ หรือเป็นข้อความโทรศัพท์อัตโนมัติ แล้วทำการเก็บรวบรวมค่าต่างๆ มาบันทึกผล โดยทำการทดลอง จะเก็บตัวอย่างจากแม่น้ำมาทั้งหมด 7 แหล่ง เพื่อตรวจสอบว่าเป็นน้ำดีหรือน้ำเสีย

4.2 การทดลองการทำงานของโปรแกรม

การทำงานของโปรแกรมตามลำดับขั้นตอนผลการทำงานของโปรแกรม โดยมีเงื่อนไขที่เขียนไว้ในโปรแกรม เมื่อ Analog pH meter (pH Senser) วัดค่า pH ได้เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ ก็จะทำงานส่งข้อมูลไปยัง บอร์ด SIM900A GSM/GPRS Module (Set 3) เพื่อทำการส่งข้อมูลไปยังโทรศัพท์มือถือ

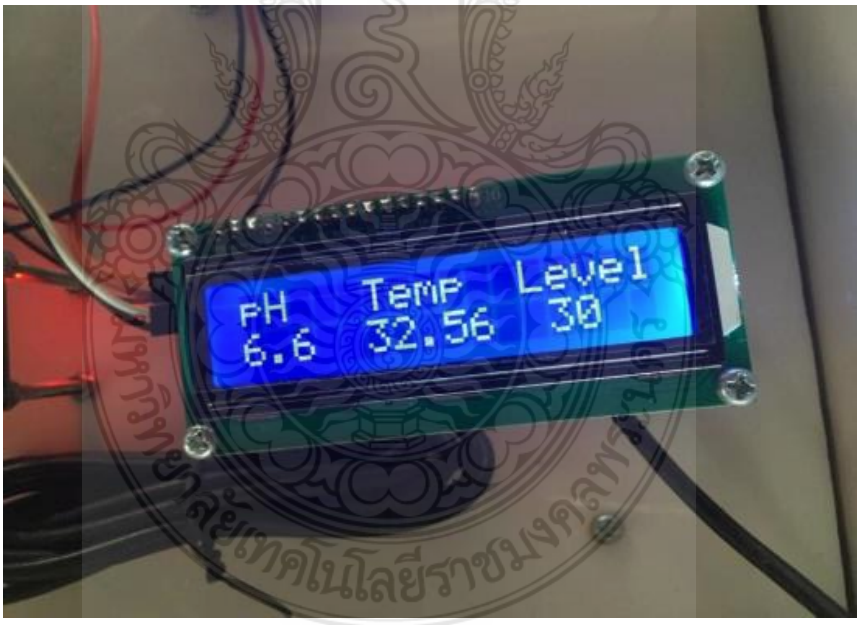
4.2.1 การทำงานของโปรแกรม

ตรวจสอบความถูกต้องแล้วทำการ Compile โค้ดโปรแกรม ด้วยการกดปุ่ม Upload โค้ดโปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออับโหลดเสร็จ จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done Uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที

4.3 การแสดงผลของการทดลอง และการบันทึกผล

เมื่อทำการเขียนโปรแกรมในการสั่งงานของบอร์ด Arduino เสร็จเรียบร้อยแล้ว จะทำการทดลองวัดค่า pH ของน้ำ และทำการ Compile โค้ดโปรแกรม เมื่อบอร์ดเริ่มทำงาน ก็จะแสดงผลออกมา ผ่านหน้าจอแสดงผล LCD

ภาพที่ 4.1 การวัดค่า pH ของน้ำ



ภาพที่ 4.2 การแสดงผลข้อมูลของการทดลอง

4.4 การทดลองผลการทำงานของเซ็นเซอร์

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดลอง

จุดที่	แหล่งน้ำตัวอย่าง	ผลการทดลอง			
		กรด-ด่าง (pH)	Temp	Level	คุณภาพน้ำ
1.	น้ำคลองบางไผ่	6.2	30.25 °c	145 cm	เฝ้าระวัง
2.	น้ำประปา	6.5	29.56 °c	-	ปกติ
3.	แม่น้ำเจ้าพระยา	5.8	30.50 °c	160 cm	ผิดปกติ
4.	น้ำคลองประชาชื่น	6.1	29.37 °c	60 cm	เฝ้าระวัง
5.	น้ำคลองทวีวัฒนา	6.2	29.67 °c	150 cm	เฝ้าระวัง
6.	น้ำคลองบริษัท ไซโจ	6.3	29.87 °c	40 cm	เฝ้าระวัง
7.	คลองหมู่บ้านดวงมณี	5.9	29.56 °c	50 cm	ผิดปกติ

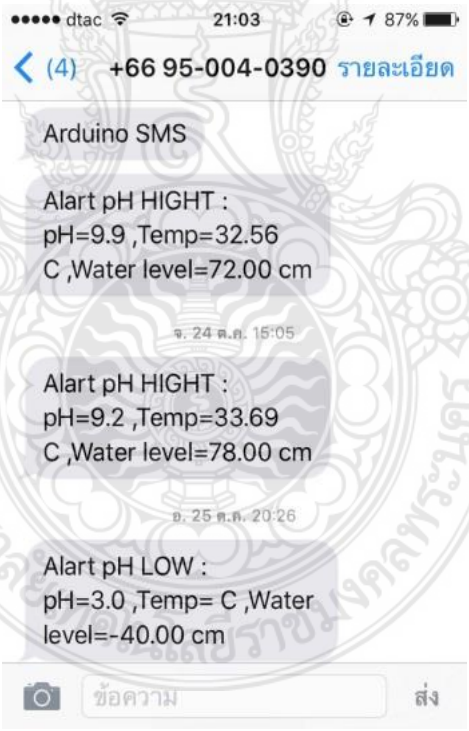
หมายเหตุ : เงื่อนไขในการตัดสินใจระดับของคุณภาพน้ำ ตามตารางที่ 2.1

คุณภาพน้ำ	DO	pH	Temp
ปกติ	>3.75 ppm	6.5 – 8.5	23-32 °c
เฝ้าระวัง	2.01-3.55 ppm	6.1-6.4 หรือ 8-8.4	15-22 หรือ 33-40 °c
ผิดปกติ	< 1.9 ppm	< 6 หรือ > 8.5	< 15 หรือ >40 °c

ภาพที่ 4.3 เงื่อนไขการตัดสินใจระดับคุณภาพน้ำ

ความเป็นกรด-ด่างมีค่าตั้งแต่ 0-14 ถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 7 หมายถึงน้ำมีสภาพเป็นกรด ถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7 หมายถึงน้ำมีสภาพเป็นด่าง และถ้าตัวอย่างน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 หมายถึงน้ำมีสภาพเป็นกลาง ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำไม่ได้บอกความเป็นพิษต่อร่างกายแต่บอกให้ทราบถึงประเภทของสิ่งเจือปนในน้ำในรูปของสารที่ให้อนุมูลกรดหรือด่างได้ อย่างไรก็ตามค่าความเป็นกรด-ด่างนี้จะเป็นดัชนีที่มีประโยชน์ในการวัดคุณภาพน้ำโดยที่ภาวะความเป็นกรด-ด่างของน้ำมีผลต่อคุณภาพน้ำปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นและการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ นอกจากนั้นยังบอกถึงคุณสมบัติในการกัดกร่อนของน้ำด้วยค่ามาตรฐานความเป็นกรด-ด่างของน้ำจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้น้ำแต่โดยทั่วไปแล้วน้ำควรจะมีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6-8 ในกรณีของน้ำดื่มควรมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.8-7.3 และในกรณีน้ำทิ้งจะต้องมีความเป็นกรด-ด่างในช่วง 5-9

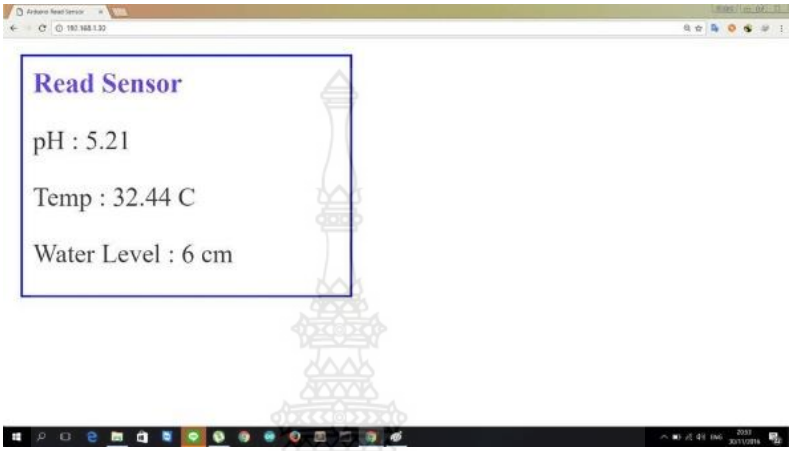
เมื่อผลการวัดค่า pH ของน้ำที่ทำการวัด มีค่าในการวัดมากกว่าหรือน้อยกว่าที่เขียนโปรแกรมไว้ ก็จะทำการส่งข้อมูลไปยัง บอร์ด SIM900A GSM/GPRS Module (Set 3) เพื่อทำการส่งข้อความที่แจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือ



ภาพที่ 4.4 ข้อความที่แจ้งเตือนผ่านโทรศัพท์มือถือ

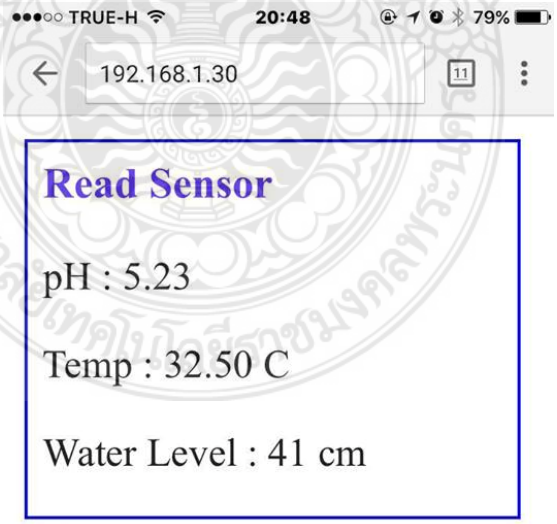
4.5 การแสดงผลของ Ethernet Shield

คำสั่งหลักๆ ที่ใช้คือ client.print() และ client.println() ซึ่งจะเป็นการส่งข้อความแบบ HTML ไปแสดงบน Web Broswer ลักษณะการเขียนจะเป็นการเขียนโปรแกรมบน Arduino IDE เพื่อสร้าง HTML CODEถ้าใช้ Web Browser เรียก IP Address จะเห็นค่าดังนี้ (ค่า Analog Read ไม่เหมือนกัน)



ภาพที่ 4.5 การแสดงผลออนไลน์

ดังนั้นถ้าเปิดดู Code ที่ Web Broswer จะเป็นบน PC Macbook หรือ Android Phone ก็สามารถรับค่ามาแสดงจะได้ดังนี้



ภาพที่ 4.6 แสดงผลออนไลน์ในมือถือ

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 บทนำ

งานวิจัยนี้จะทดลองวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ วัตถุประสงค์ของการทำวิจัยเพื่อสรุปถึงผลการทำงานของชุดทดลองตรวจวัดค่า pH ของน้ำพร้อมกับข้อเสนอแนะ ในการปรับปรุง และหรือพัฒนาต่อยอดของอุปกรณ์ต้นแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับภาคอุตสาหกรรม

5.2 สรุปผลการทำงาน และการวิเคราะห์

จากการทำงานของชุดทดลองตรวจวัดค่า pH ของน้ำ แสดงให้เห็นว่าการตรวจวัดค่า pH การตรวจวัดอุณหภูมิ การตรวจระดับน้ำ และการส่ง SMS แบบอัตโนมัติ ซึ่งผลจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่า การทำงานของเซ็นเซอร์นั้นมีความแน่นอนและมีประสิทธิภาพสูงแม่นยำ เมื่อตรวจพบว่าค่า pH กว่ามาตรฐานกำหนดจะส่งสัญญาณไปยังบอร์ดจากนั้นบอร์ดจะส่งสัญญาณไปให้ GSM Module เพื่อแจ้งไปยังโทรศัพท์ที่ระบุเลขหมายไว้ ซึ่งทำให้แก้ปัญหาได้ทันท่วงที

5.3 ปัญหาของโครงงานและแนวทางการแก้ไข

5.3.1 ระบบตรวจวัดค่า pH ของน้ำมีการล่าช้า ซึ่งเกิดจากการเขียนโปรแกรมสั่งงาน เนื่องจากต้องการให้เขียนโปรแกรมให้มีความเสถียรในการใช้งาน

5.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบได้เกิดปัญหา จึงได้ทำการหาอุปกรณ์ตัวใหม่มาใช้ในการทดลอง เพื่อให้โครงงานสามารถดำเนินต่อไปได้

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาและพัฒนาต่อ

5.4.1 ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการคิดค้นและออกแบบชุดทดลองตรวจวัดค่า pH ซึ่งสำหรับการนำไปพัฒนาต่อยอดควรพัฒนาให้มีความครอบคลุมและมีความเสถียรภาพของระบบให้มากขึ้น

5.4.2 อาจนำข้อมูลทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์ของอุปกรณ์ควบคุมชนิดต่างๆ เช่น ราคาของเซ็นเซอร์ หรือบอร์ดต่างๆ ระยะการใช้งานความทนทานมาช่วยพิจารณาในการตัดสนใจในการทำชุดทดลองตรวจวัดค่า pH ของน้ำ

บรรณานุกรม

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. มลพิษน้ำ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2537.

มูลนิธิศูนย์กฎหมายสิ่งแวดล้อม - ประเทศไทย. มลพิษทางน้ำ. กรุงเทพฯ: ฝ่ายพัฒนาและผลิตสื่อ กองส่งเสริมและเผยแพร่ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2542.

ประจิตร วงศ์รัตน์. (2534). คุณภาพน้ำ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะประมง. คณะสังคมศาสตร์.

วิธีสืบค้นวัสดุสารสนเทศ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.thaieasyelec.com (วันที่สืบค้นข้อมูล : 20 สิงหาคม 2559)

วิธีสืบค้นวัสดุสารสนเทศ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.arduitronics.com/product/342/waterproof-temperature-sensor-ds18b20-1-meter (วันที่สืบค้นข้อมูล : 30 สิงหาคม 2559)

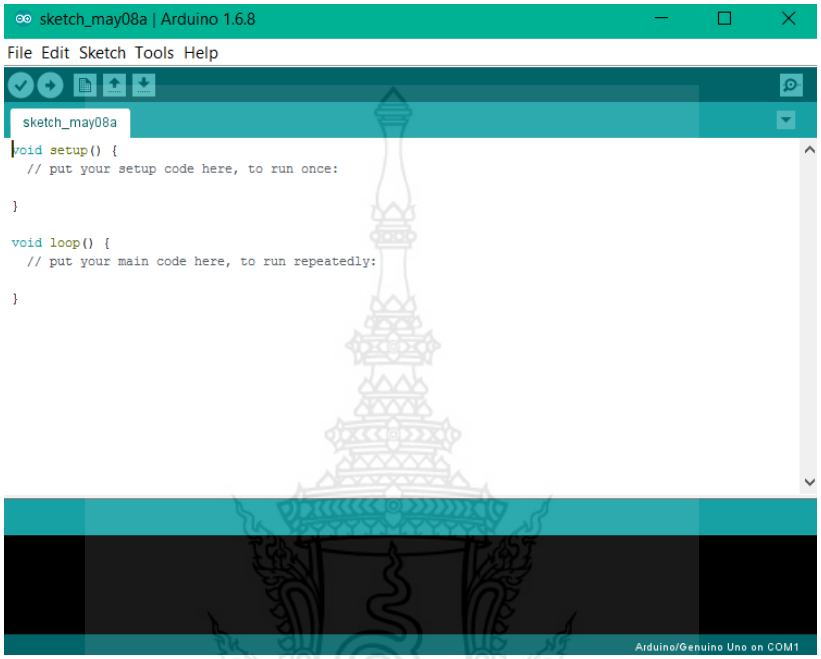
วิธีสืบค้นวัสดุสารสนเทศ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.arduitronics.com/product/867/waterproof-ultrasonic-module-jsn-sr04t (วันที่สืบค้นข้อมูล : 31 สิงหาคม 2559)

วิธีสืบค้นวัสดุสารสนเทศ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 31 สิงหาคม 2559)

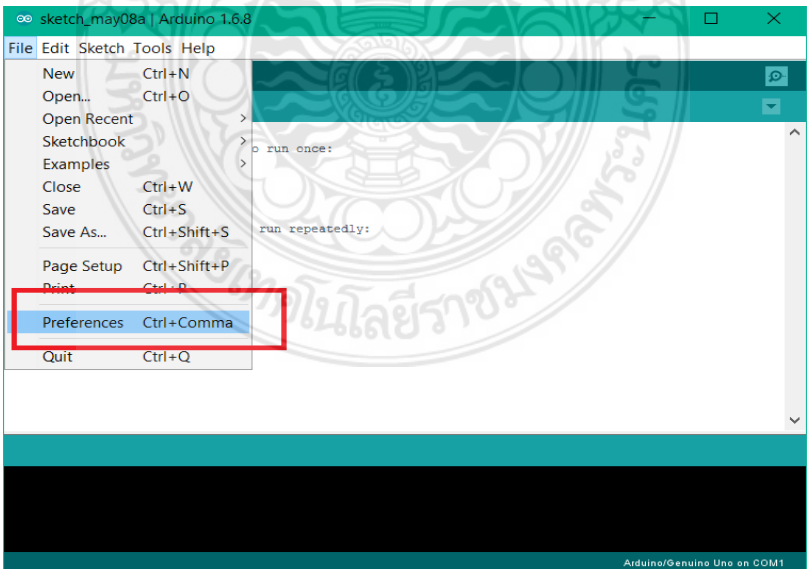
ภาคผนวก ก

Arduino IDE & ESP8266 Library Installation

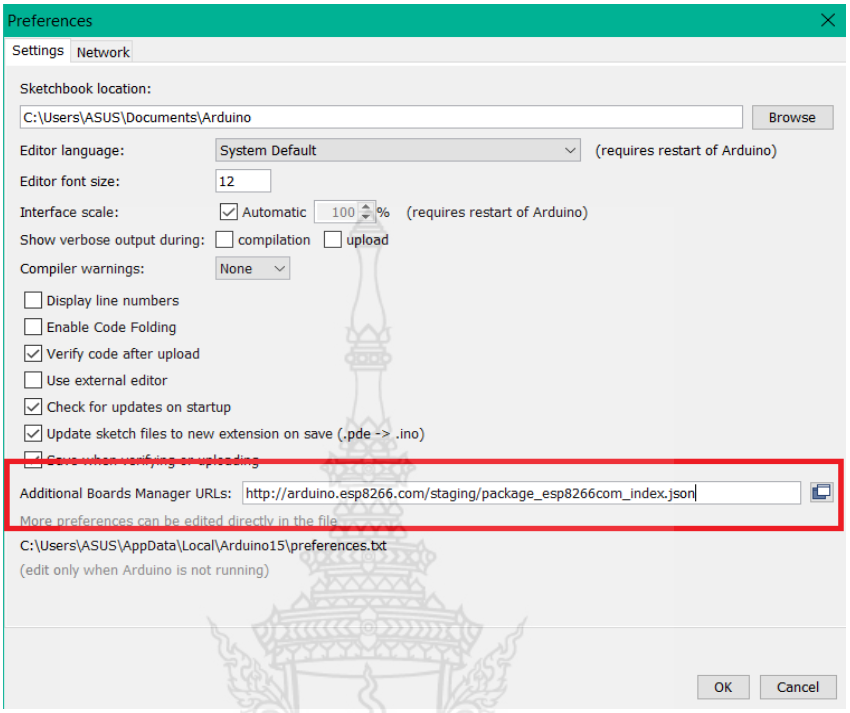
ก่อนอื่นที่เริ่มพัฒนาโปรแกรมลงบอร์ดได้ก็ต้องติดตั้ง Arduino IDE (Intregrated Development Environment) กันเสียก่อน เราสามารถใช้โปรแกรมนี้เขียน Compile และ Upload โปรแกรมลงบอร์ดได้เลย



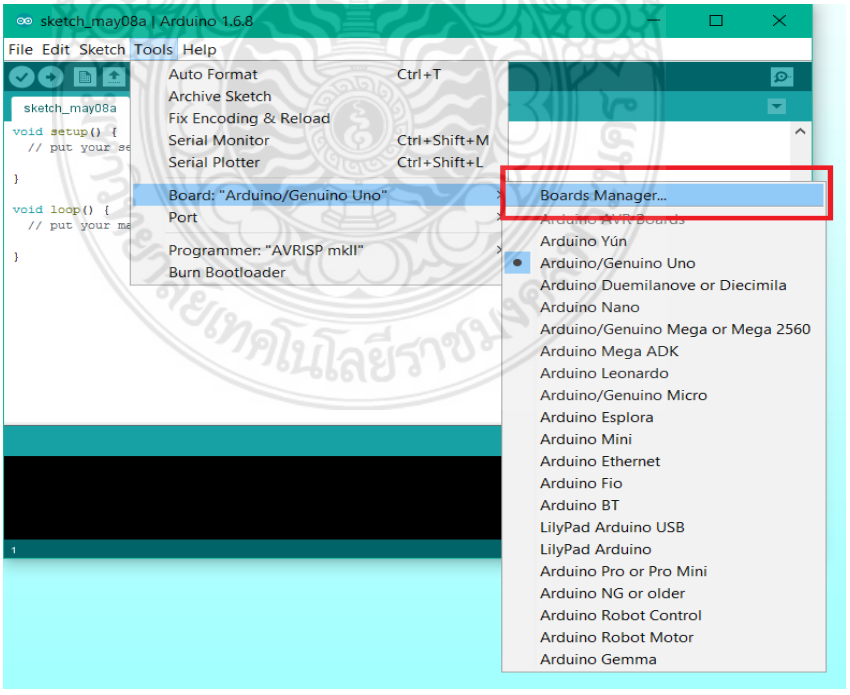
หลังจากติดตั้งเสร็จแล้วต่อไปจะติดตั้ง Library สำหรับใช้ ESP8266 ในเชื่อมต่อ WiFi เปิดโปรแกรมขึ้นมาแล้วเลือก File > Preference จาก Menu Bar



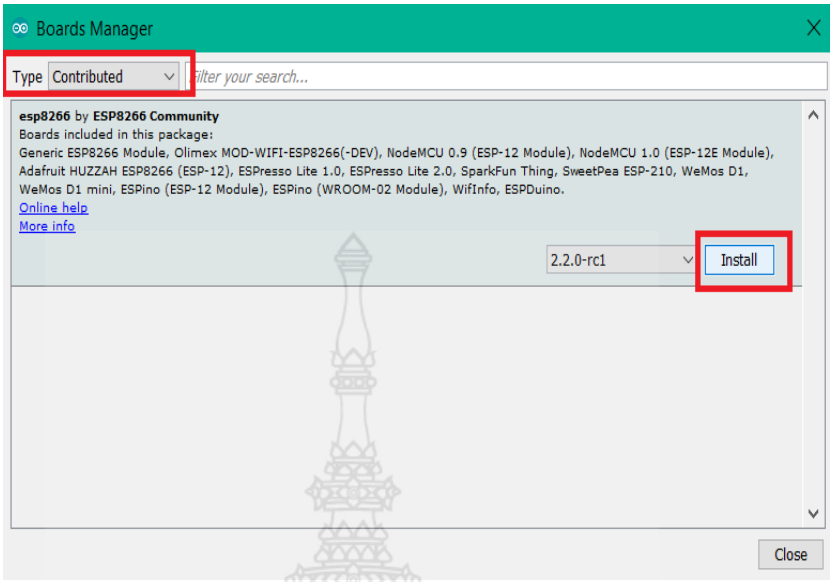
เพิ่ม http://arduino.esp8266.com/staging/package_esp8266com_index.json เข้าไปใน Additional Board Managers URL



หลังจากนั้นไปที่ Tools > Board: “Something > Board Managers



เลือก Type : Contributed แล้วติดตั้ง esp8266 by ESP8266 Community



pH_SMS_SENSER

```
#include "SIM900.h"
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <NewPing.h>
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include "sms.h"
#define REQ_BUF_SZ   60
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
SMSGSM sms;
//////////////////////
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
IPAddress ip(192, 168, 1, 30); // IP address, may need to change depending on network
EthernetServer server(80);  // create a server at port 80
char HTTP_req[REQ_BUF_SZ] = {0}; // buffered HTTP request stored as null terminated string
char req_index = 0;              // index into HTTP_req buffer
////////////////
#define TRIGGER_PIN  4  // Arduino pin tied to trigger pin on the ultrasonic sensor.
#define ECHO_PIN     3  // Arduino pin tied to echo pin on the ultrasonic sensor.
#define MAX_DISTANCE 450 // Maximum distance we want to ping for (in centimeters). Maximum sensor distance is rated at 400-500cm.
```

```
NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE); // NewPing setup of pins and maximum distance.

// Data wire is plugged into port 2 on the Arduino

#define ONE_WIRE_BUS 2

// Setup a oneWire instance to communicate with any OneWire devices (not just Maxim/Dallas temperature ICs)

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);

// Pass our oneWire reference to Dallas Temperature.

DallasTemperature sensors(&oneWire);

#define SensorPin A0          //pH meter Analog output to Arduino Analog Input 0

unsigned long int avgValue;  //Store the average value of the sensor feedback

float b;

int buf[10],temp;

float phValue;

int numdata;

boolean started=false;

char smsbuffer[160];

char n[20];

//Setting

#define Alert_pH_H  7

#define Alert_pH_L  3

#define sAlert 120 //sec

char *phonesms="0896301940";

int hightWater=100;//cm

int Alert=0;
```

```
float Temperature;
float level;
void setup()
{
  lcd.begin();
  lcd.print("Loading...");
    pinMode(10, OUTPUT);
  digitalWrite(10, HIGH);
     //Serial connection.
  Serial.begin(9600);
   Ethernet.begin(mac, ip);  // initialize Ethernet device
     Serial.println("GSM Shield testing.");
     //Start configuration of shield with baudrate.
     //For http uses is raccomanded to use 4800 or slower.
   if (gsm.begin(9600)) {
      Serial.println("\nstatus=READY");
      started= true;
   } else Serial.println("\nstatus=IDLE");
    sensors.begin();
  server.begin();            // start to listen for clients
  readALL();
  delay(1000);
 // SendAlert("LOW");
};
```

```
void loop()
{
readALL();
    EthernetClient client = server.available();
      if (client) {  // got client?
        boolean currentLineIsBlank = true;
        while (client.connected()) {

           if (client.available()) {   // client data available to read
               char c = client.read(); // read 1 byte (character) from client
               // limit the size of the stored received HTTP request
               // buffer first part of HTTP request in HTTP_req array (string)
               // leave last element in array as 0 to null terminate string (REQ_BUF_SZ - 1)
               if (req_index < (REQ_BUF_SZ - 1)) {
                   HTTP_req[req_index] = c;          // save HTTP request character
                   req_index++;
               }
               // last line of client request is blank and ends with \n
               // respond to client only after last line received
               if (c == '\n' && currentLineIsBlank) {
                   // send a standard http response header
                   client.println("HTTP/1.1 200 OK");
                    // remainder of header follows below, depending on if
                   // web page or XML page is requested
                   // Ajax request - send XML file
```

```
    if (StrContains(HTTP_req, "ajax_inputs")) {
        // send rest of HTTP header
        client.println("Content-Type: text/xml");
        client.println("Connection: keep-alive");
        client.println();
       // send XML file containing input states
        XML_response(client);
    }
    else {  // web page request
     // send rest of HTTP header
        client.println("Content-Type: text/html");
        client.println("Connection: keep-alive");
        client.println();
        // send web page
        htm_response(client);
         }
    // display received HTTP request on serial port
    Serial.print(HTTP_req);
    // reset buffer index and all buffer elements to 0
    req_index = 0;
    StrClear(HTTP_req, REQ_BUF_SZ);
    break;
}
// every line of text received from the client ends with \r\n
if (c == '\n') {
```

```
                    // last character on line of received text
                    // starting new line with next character read
                    currentLineIsBlank = true;
                }
                else if (c != '\r') {
                    // a text character was received from client
                    currentLineIsBlank = false;
                }
            } // end if (client.available())
        } // end while (client.connected())
        delay(1);      // give the web browser time to receive the data
        client.stop(); // close the connection
    } // end if (client)
};
void readALL(){
sensors.requestTemperatures();
Temperature= sensors.getTempCByIndex(0);
readph();
Serial.println(Temperature);
   unsigned int uS = sonar.ping(); // Send ping, get ping time in microseconds (uS).
  level=uS / US_ROUNDTRIP_CM;
  level=hightWater-level;
  for(int i=0;i<10;i++)       //Get 10 sample value from the sensor for smooth the value
  {
```

```
    buf[i]=analogRead(SensorPin);
    delay(10);
  }
  Serial.print("Water Level : ");
  Serial.print(level,0); // Convert ping time to distance in cm and print result (0 = outside set distance range)
  Serial.println(" cm");
  Serial.print("pH : ");
  Serial.println(phValue,1);
 lcd.clear();
 lcd.print("pH   Temp  Level");
 lcd.setCursor(0, 1);
 lcd.print(phValue,1);
 lcd.setCursor(5, 1);
 lcd.print(Temperature);
 lcd.setCursor(12, 1);
 lcd.print(level,0);
    if(phValue > Alert_pH_H){
    if(sAlert<Alert){
    SendAlert("HIGHT");
    Alert=0;
    }
```

```
 }else if(phValue < Alert_pH_L){
    if(sAlert<Alert){
      SendAlert("LOW");
      Alert=0;

 }
 }
 if(Alert==30000){
  }else{
   Alert++;
 }
 }
void SendAlert(char* stat){
  char text[100];
  char phValueC[5];
  char TemperatureC[6];
  char levelC[6];
  dtostrf(phValue,2, 1, phValueC);
  dtostrf(Temperature,2, 2, TemperatureC);
  dtostrf(level,3, 2, levelC);
  sprintf(text, "Alart pH %s : pH=%s ,Temp=%s C ,Water level=%s
cm",stat,phValueC,TemperatureC,levelC);
    if (sms.SendSMS("0896301940", text))
       Serial.println(text);
}
```

```
void readph(){
  for(int i=0;i<10;i++)       //Get 10 sample value from the sensor for smooth the value
 {
   buf[i]=analogRead(SensorPin);
   delay(10);
 }
 for(int i=0;i<9;i++)        //sort the analog from small to large
 {
   for(int j=i+1;j<10;j++)
   {
     if(buf[i]>buf[j])
     {
       temp=buf[i];
       buf[i]=buf[j];
       buf[j]=temp;
     }
   }
 }
 avgValue=0;
 for(int i=2;i<8;i++)                      //take the average value of 6 center sample
   avgValue+=buf[i];
  phValue=(float)avgValue*5.0/1024/6; //convert the analog into millivolt
 phValue=3.5*phValue;
}
```

```
void XML_response(EthernetClient cl)
{
    cl.print("<?xml version = \"1.0\" ?>");
    cl.print("<inputs>");
    cl.print("<analog>");
    cl.print(phValue,2);
    cl.println("</analog>");
    cl.print("<analog>");
    cl.print(Temperature);
    cl.println("</analog>");
    cl.print("<analog>");
    cl.print(level,0);
    cl.println("</analog>");
    cl.print("</inputs>");
}
// sets every element of str to 0 (clears array)
void StrClear(char *str, char length)
{
    for (int i = 0; i < length; i++) {
        str[i] = 0;
    }
}
// searches for the string sfind in the string str
// returns 1 if string found
```

```
// returns 0 if string not found

char StrContains(char *str, char *sfind)

{

    char found = 0;

    char index = 0;

    char len;

    len = strlen(str);

   if (strlen(sfind) > len) {

        return 0;

    }

    while (index < len) {

        if (str[index] == sfind[found]) {

            found++;

            if (strlen(sfind) == found) {

                return 1;

            }

        }

         else {

            found = 0;

        }

        index++;

    }



return 0;

}
```

โค้ดของ HTM

```
void htm_response(EthernetClient cl){
   cl.println("<!DOCTYPE html>");
cl.println("<html>");
    cl.println("<head>");
        cl.println("<title>Arduino Read Sensor</title>");
       cl.println(" <script>");
    cl.println(" function GetArduinoIO()");
   cl.println(" {");
    cl.println("  nocache = \"&nocache=\" + Math.random() * 1000000;");
      cl.println("var request = new XMLHttpRequest();");
      cl.println("request.onreadystatechange = function()");
      cl.println("{");
      cl.println("if (this.readyState == 4) {");
         cl.println(" if (this.status == 200) {");
            cl.println("if (this.responseXML != null) {");
              cl.println("var count;");
             cl.println(" var num_an = this.responseXML.getElementsByTagName('analog').length;");
              cl.println("for (count = 0; count < num_an; count++) {");
               cl.println(" document.getElementsByClassName(\"analog\")[count].innerHTML
=this.responseXML.getElementsByTagName('analog')[count].childNodes[0].nodeValue;");
            cl.println("  }");
           cl.println("  }");
        cl.println("  }");
       cl.println(" }");
```

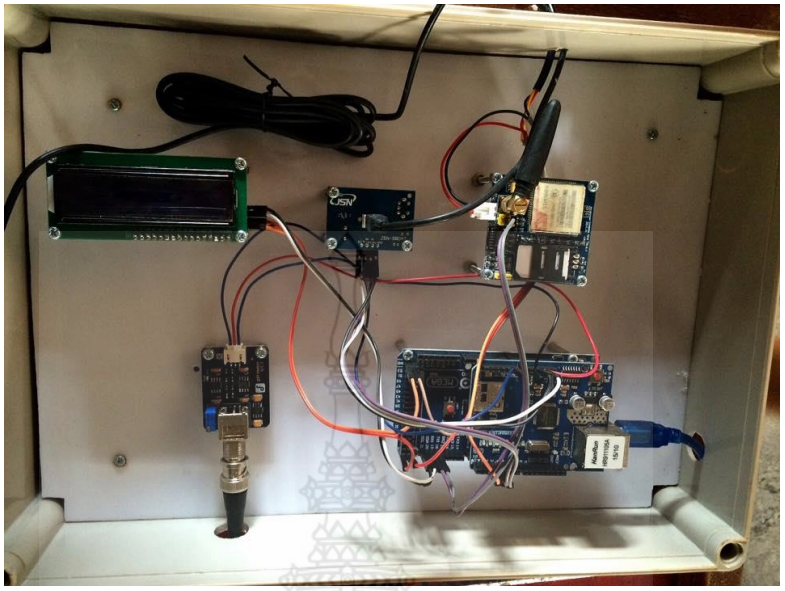
```
  cl.println(" }");
   // send HTTP GET request with LEDs to switch on/off if any
 cl.println("  request.open(\"GET\", \"ajax_inputs\"+ nocache, true);");
 cl.println("  request.send(null);");
 cl.println("  setTimeout('GetArduinoIO()', 5000);");
     cl.println("}");
 // service LEDs when checkbox checked/unchecked
cl.println("</script>");
cl.println("<style>");
 cl.println(" .IO_box {");
 cl.println("   float: left;");
 cl.println("   margin: 0 20px 20px 0;");
  cl.println("  border: 1px solid blue;");
  cl.println("  padding: 0 5px 0 5px;");
  cl.println("  width: 150px;");
  cl.println("}");
  cl.println("h1 {");
   cl.println(" font-size: 120%;");
   cl.println(" color: blue;");
   cl.println(" margin: 0 0 10px 0;");
  cl.println("}");
 cl.println(" h2 {");
  cl.println("  font-size: 85%;");
   cl.println(" color: #5734E6;");
   cl.println(" margin: 5px 0 5px 0;");
```

```
    cl.println("}");
   cl.println(" p, form, button {");
   cl.println("   font-size: 80%;");
    cl.println("  color: #252525;");
   cl.println(" }");
   cl.println(" .small_text {");
    cl.println("  font-size: 70%;");
   cl.println("   color: #737373;");
   cl.println(" }");
  cl.println("</style>");
   cl.println(" </head>");
   cl.println(" <body onload=\"GetArduinoIO()\">");
     cl.println("<div class=\"IO_box\">");
    cl.println("  <h2>Read Sensor</h2>");
     cl.println(" <p>pH : <span class=\"analog\">0</span></p>");
    cl.println("  <p>Temp : <span class=\"analog\">0</span> C</p>");
     cl.println(" <p>Water Level : <span class=\"analog\">0</span> cm</p>");
   cl.println(" </div>");
  cl.println("   </body>");
cl.println("</html>");
}
```

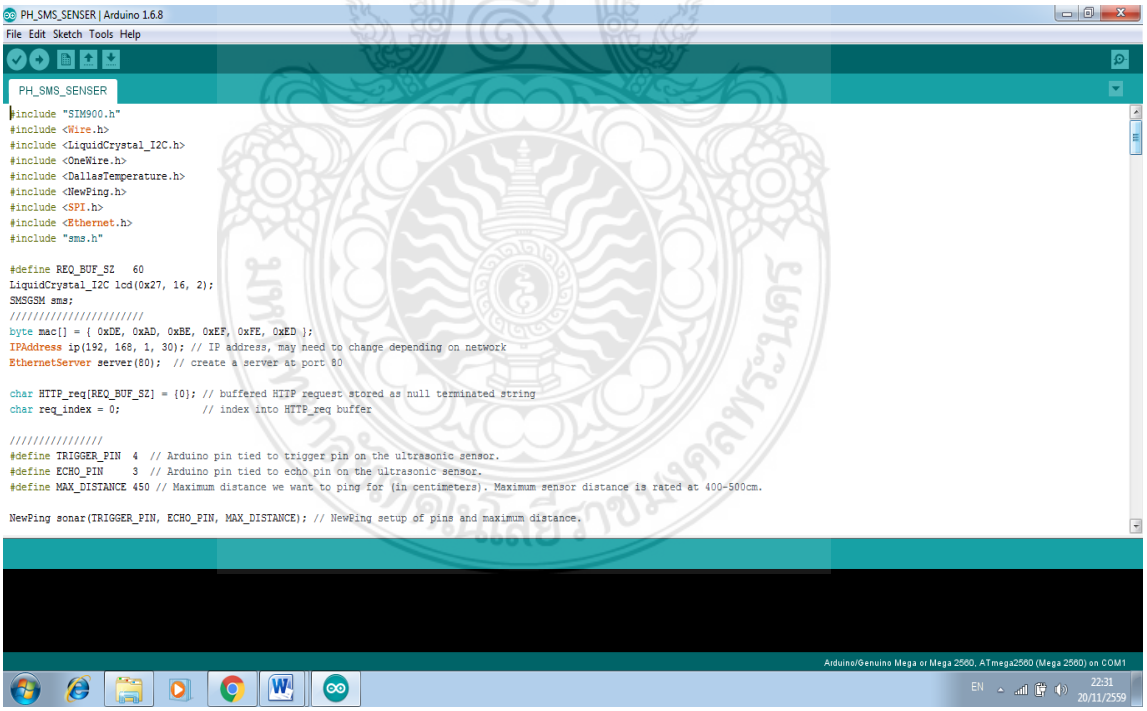
ภาคผนวก ข

การนำไปใช้งาน

ติดตั้งอุปกรณ์ให้เรียบร้อย

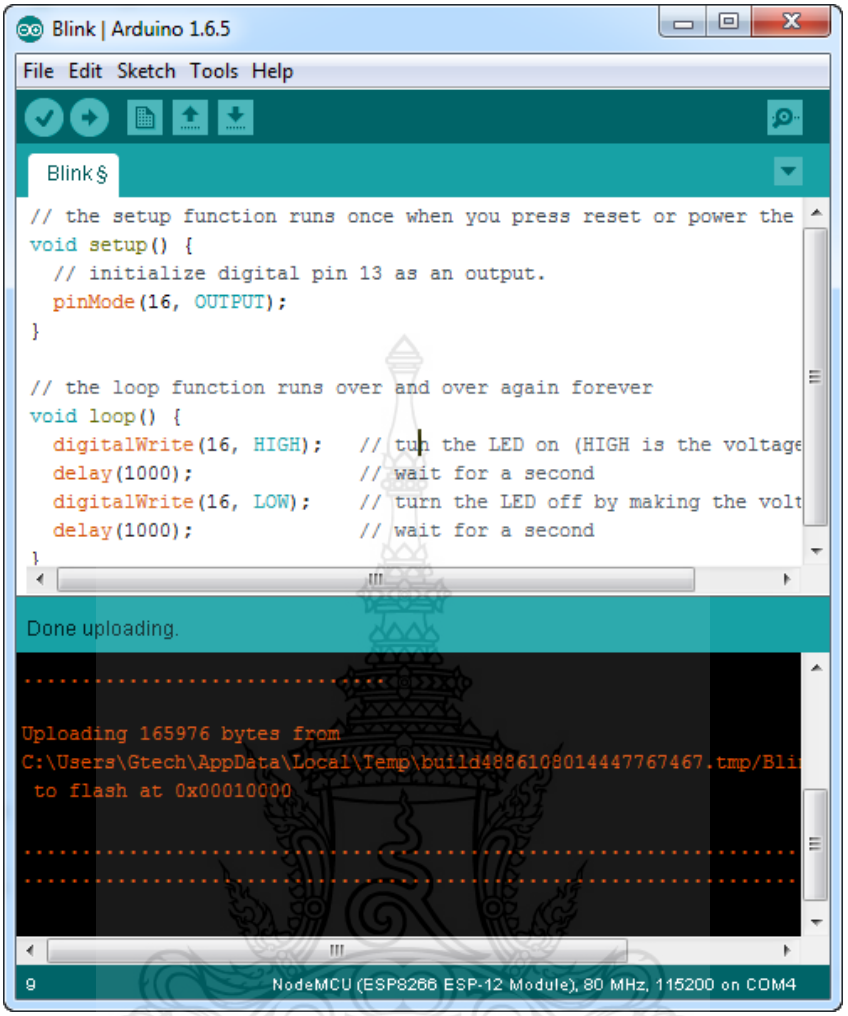


หลังจากติดตั้งเรียบร้อยแล้วให้เปิดโปรแกรม Arduino IDE ขึ้นมาและให้เปิดชุดคำสั่งที่ให้ไว้



ชุดคำสั่งในการทำงาน

แสดงข้อความอัพโหลดเสร็จสมบูรณ์



ประวัติคณะผู้วิจัย

ผู้วิจัยคนที่ 1

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ**
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) **Assit.Prof.Dr.Nattapong Phanthuna**
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน **3100600520815**
3. ตำแหน่งปัจจุบัน **หัวหน้าสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์**
   อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
   หัวหน้าศูนย์การจัดการความรู้คณะวิศวกรรมศาสตร์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
   คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   1381 ถนนประชาราษฎร์ สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
   E-mail: nattapong.p@rmutp.ac.th, nattapong100@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา
   หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
   วศ.ด. วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
   หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
   วศ.ม. การวัดและควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
   หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
   วศ.บ. วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
   หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
   บธ.ม. บริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   - **การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal Processing: DSP)**
   - **การประมวลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing)**
   - **ระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control System)**
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
   7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
   7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
   7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1. Improvement of Histogram Equalization for Minimum Mean Brightness Error	2550	CIRCUITS, SYSTEMS, SIGNAL and TELECOMMUNICATIONS (CISST'07) จัดขึ้น ณ Gold Coast, Queensland ประเทศ Australia	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
2. Image Enhancement with Minimum Mean Brightness Error Via Automatic Histogram Dividing	2550	The journals Publication of WSEAS TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING Issue 2, Volume 3, February 2007	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
3. Analysis and control of Shunt-Compensator for mitigating Unbalanced Voltages	2550	The journals publication of AUPEC'07 Australasian Universities Power Engineering Conference , เมือง PERTH ประเทศ Australia	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
4.Development Program for Heat Balance Analysis Fuel to Steam Efficiency Boiler And Data Wireless Transfer	2008	The Proceedings of the 8th WESAS International Conference on ELECTRONICS,HARDWARE,WIRELESS and OPTICAL COMMUNICATIONS (EHAC'09), Cambridge, United Kingdom	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
5. Flood Disaster Warning System	2009	The Proceeding of 1st Conference on Application Research and Development Bangkok, Thailand	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
6. A Sudden Flood Alert System Based on a Mesh Network	2010	CIRCUIT, SYSTEM, SIGNAL and TELECOMMUNICATIONS (CISST'10), Harvard University, Cambridge, USA	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
7. A Solid-State Device for Fault Protection in Low Voltage Wind Turbine System	2010	The 2nd RMUTP International Conference: Green Technology and Productivity	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย
8. Model and Experiment for Study and analysis of Photovoltaic Lightning Effects	2010	The 2010 International Conference on Power System Technology (POWERCON2010) and IEEE/PES (Power	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้วิจัย

		& Energy Society). ณ **Hangzhou** China วันที่ 24– 28 ตุลาคม 2553		
9. การวิเคราะห์และออกแบบชุดชดเชยแรงดัน ปรับปรุงการเกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันจากการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันลม	2010	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	ผู้ร่วมวิจัย
10. ระบบตรวจวัดระดับน้ำในคลองเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร	2011	บทความวิชาการ วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้แต่ง
11.การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากขมิ้นเพื่อวิสาหกิจชุมชนหมู่บ้านแก่งประลอม อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี	2011	คณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)	คณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)	ผู้ร่วมวิจัย