เครื่องวัดความบริสุทธิ์ของน้ำ

โดย

นางสาวนนทวรรณ	ชินเชิดวงศ์	รหัส	B5606160
นายศราวุฒิ	ยิ้มสงบ	รหัส	B5608249
นางสาวสะแกวัลย์	แจ้งไธสง	รหัส	B5613977

รายงานเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 527499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2557

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2559

เครื่องวัดความบริสุทธิ์ของน้ำ

คณะกรรมการสอบโครงงาน

(รองศาสตราจารย์ ดร. มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

(รองศาสตราจารย์ ดร. พีระพงษ์ อุฑารสกุล)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยาภรณ์ มีสวัสดิ์)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับรายงานโครงงานฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม วิชา 527499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม ประจำปีการศึกษา 2559

โครงงาน	วัดความบริสุทธิ์ของน้ำ			
ผู้จัดทำ	1.นายศราวุฒิ	ยิ้มสงบ	รหัส	B5608249
	2.นางสาวนนทวรรณ	ชินเชิดวงศ์	รหัส	B5606160
	3.นางสาวสะแกวัลย์	แจ้งไธสง	รหัส	B5613977
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล			
สำนักวิชา	วิศวกรรมศาสตร์			
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม			
ภาคการศึกษา	1/2559			

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการทำเครื่องมือวัดความบริสุทธิ์ของน้ำ เพื่อนำไปวัดความบริสุทธิ์ของน้ำตามจุดประสงค์ที่ต้องการ โดยการนำโพรบที่ใช้เป็นตัวกลางในการวัดกระไฟฟ้าในน้ำไปจุ่มในน้ำที่ต้องการทราบค่ากระแส จากนั้นค่ากระแสจะถูกส่งไปยังเซนเซอร์ Adafruit INA219 Current Sensor Breakout เพื่อประมวลผล และส่งค่ากระแสที่ได้เข้าไปยังบอร์ด Arduino จากนั้นแสดงผลผ่านจอหน้าจอแสดงผล ถ้าค่ากระแสที่วัดได้นั้นมีค่าใกล้ศูนย์มากเท่าไหร่น้ำก็จะมีความบริสุทธิ์มากเท่านั้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องวัดความบริสุทธิ์ของน้ำ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากคณะผู้จัดทำโครงงานได้รับคำแนะนำ การช่วยเหลือและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิตย์ภา อุฑารสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอดและเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจและเป็นที่ปรึกษาจนกระทั่งโครงงานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณวีรินภ์ อาจหาญ เลขานุการประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่คอยแจ้งข่าวสารและความสะดวกในการติดต่อกับอาจารย์

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบคุณบิดามารดา ท่านทั้งสองที่ให้การดูแลเอาใจใส่เลี้ยงดู และคอยให้กำลังใจเคียงข้างมาโดยตลอด ทำให้โครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้จัดทำ

นางสาวนนทวรรณ ชินเชิดวงศ์

นายศราวุฒิ ยิ้มสงบ

นางสาวสะแกวัลย์ แจ้งไธสง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำ	1
1.2 หลักการและเหตุผล	1
1.3 วัตถุประสงค์	1
1.4 ขอบเขตการทำงาน	1
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 คุณสมบัติของน้ำ	3
2.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ	3
2.2.2 โครงสร้างโมเลกุลของน้ำ	4
2.2.3 ตัวทำละลาย	4
2.3 สารละลายในน้ำ	5
2.4 น้ำบริสุทธิ์	6
2.5 การไหลของกระแสไฟฟ้า	7
2.6 การนำไฟฟ้าของน้ำ	8
2.7 เซนเซอร์	9
2.8 พื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	10
2.8.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	10

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.8.2 รู้จักกับ Arduino	10
2.8.3 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE	10
2.8.4 พื้นฐานโปรแกรม Arduino IDE	16
2.8.5 เริ่มต้นใช้งาน Arduino IDE	17
2.9 กล่าวสรุป	19
บทที่ 3 อุปกรณ์ต้นแบบ	
3.1 กล่าวนำ	21
3.2 ภาพรวมของอุปกรณ์ต้นแบบ	21
3.3 Adafruit INA219 Current Sensor Breakout	23
3.4 บอร์ด Arduino Uno R3	25
3.5 การเชื่อมต่อ Arduino Uno R3 กับ Adafruit INA219 Current Sensor Breakout	27
3.6 หน้าจอแสดงผล	28
3.6.1 ส่วนประกอบและหน้าที่แต่ละขาของหน้าจอแสดง	29
3.6.2 การควบคุมการแสดงผลของหน้าจอแสดงผล	30
3.7 การเชื่อมต่อ Arduino UR3 กับ หน้าจอแสดงผล	30
3.7.1 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Arduino UNO R3	31
3.7.2 รายละเอียดคำสั่งในการสั่งงานระหว่าง Arduino UNO R3 กับ หน้าจอแสดงผล	31
3.8 โพรบ	32
3.9 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมด	33
3.10 การเขียนโปรแกรมควบคุม	33
3.11 กล่าวสรุป	36
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 กล่าวนำ	37
4.2 ผลการทดลอง	37

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.2.1 การทดลองที่ 1 การนำไฟฟ้าของน้ำ	37
4.2.2 การทดลองที่ 2 การนำไฟฟ้าของน้ำผ่านตัวหน้าตัดแต่ละขนาดและระยะห่างระหว่างหน้าตัด	38
4.2.3 การทดลองที่ 3 ความสัมพันธ์ของค่าแรงดันไฟฟ้ากับการนำไฟฟ้าของน้ำ	41
4.2.4 การทดลองที่ 4 เช็คค่ากระแสไฟฟ้าในน้ำเพื่อดูค่าความบริสุทธ์ของน้ำโดยอุปกรณ์ต้นแบบ	43
4.3 กล่าวสรุปการทดลอง	46
บทที่ 5 ผลสรุปของโครงงาน	
5.1 กล่าวนำ	47
5.2 บทสรุปของโครงงาน	47
5.3 ปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหา	47
5.4 ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิง	49
ประวัติผู้เขียน	51

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รายการ	หน้า
รูปที่ 2.1 โมเลกุลน้ำ	4
รูปที่ 2.2 โซเดียมไอออนที่ละลายในน้ำ	6
รูปที่ 2.3 การเดินทางของกระแสไฟฟ้า	7
รูปที่ 2.4 การไหลของกระแสไฟฟ้า	7
รูปที่ 2.5 หน้าเว็ปที่ใช้ดาวน์โหลดโปรแกรม	11
รูปที่ 2.6 การเลือกลิ้งค์ดาวน์โหลดโปรแกรม	11
รูปที่ 2.7 การแตกไฟล์ที่ได้ดาวน์โหลดมา	12
รูปที่ 2.8 การเลือก Device Manager	12
รูปที่ 2.9 หน้าของ Device Manager ที่บอกว่าไม่สามารถติดตั้งไดรฟ์เวอร์ของอุปกรณ์ได้	13
รูปที่ 2.10 ขั้นตอนการอัพเดตไดรฟ์เวอร์ เพื่อที่จะไปหน้าที่หน้าต่างการอัพเดต	13
รูปที่ 2.11 หน้าต่างที่ให้เลือกลงไดรฟ์เวอร์	14
รูปที่ 2.12 การเลือกแฟ้มไดรฟ์เวอร์	14
รูปที่ 2.13 การติดตั้งไดรฟ์เวอร์	15
รูปที่ 2.14 การติดตั้งสำเร็จ	15
รูปที่ 2.15 ฟังก์ชันการเขียนโปรแกรม Arduino	17
รูปที่ 2.16 การเลือกชนิดของบอร์ดที่เราใช้งาน	17
รูปที่ 2.17 การเลือก Serial Port	18
รูปที่ 2.18 การตรวจสอบและคอมไพล์โปรแกรม	18
รูปที่ 2.19 การอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด	19
รูปที่ 3.1 ภาพรวมของอุปกรณ์ต้นแบบภายนอก	21
รูปที่ 3.2 ภาพรวมของอุปกรณ์ต้นแบบภายใน	22
รูปที่ 3.3 ภาพโมดูลวัดกระแสตรง Adafruit INA219 Current Sensor Breakout	23
รูปที่ 3.4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3	25
รูปที่ 3.5 ขาต่างๆของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3	26
รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อ Adafruit INA219 Current Sensor Breakout กับ Arduino UNO R3	28

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รายการ **หน้า**

รูปที่ 3.7 หน้าจอแสดงผล 28
รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่อ Arduino UNO R3 กับ หน้าจอแสดงผล 30
รูปที่ 3.9 หัววัด 31
รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมด 33
รูปที่ 4.1 การวัดกระแสไฟฟ้าในน้ำ 37
รูปที่ 4.2 แผ่นทองแดงขนาด 1x1 เซนติเมตร 38
รูปที่ 4.3 แผ่นทองแดงขนาด 1x2 เซนติเมตร 39
รูปที่ 4.4 แท่งทองแดงยาว 5 เซนติเมตร 39
รูปที่ 4.5 การเชื่อมต่อวงจรเพื่อทดลอง 39
รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นทองแดงกับกระแสไฟฟ้า 40
รูปที่ 4.7 เส้นลวดทองแดงที่ใช้ในการทดลอง 41
รูปที่ 4.8 การเชื่อมต่อวงจรเพื่อทดลอง 41
รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้า 42
รูปที่ 4.10 อุปกรณ์ในการเช็คค่าความบริสุทธิ์ของน้ำ 43
รูปที่ 4.11 การทดลองวัดความบริสุทธิ์ของน้ำกลั่น 44
รูปที่ 4.12 การทดลองวัดความบริสุทธิ์ของน้ำประปา 44

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

รายการ	หน้า
ตารางที่ 3.1 การแสดงส่วนประกอบและหน้าที่แต่ละขาของหน้าจอแสดงผล	29
ตารางที่ 3.2 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Arduino UNO R3	31
ตารางที่ 4.1 ค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านน้ำ	40
ตารางที่ 4.2 ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากับกระแสที่ผ่านน้ำ	42
ตารางที่ 4.3 ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองโดยอุปกรณ์ต้นแบบ	44
ตารางที่ 5.1 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหา	47

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.2.1 การทดลองที่ 1 การนำไฟฟ้าของน้ำ	37
4.2.2 การทดลองที่ 2 การนำไฟฟ้าของน้ำผ่านตัวหน้าตัดแต่ละขนาดและระยะห่างระหว่างหน้าตัด	38
4.2.3 การทดลองที่ 3 ความสัมพันธ์ของค่าแรงดันไฟฟ้ากับการนำไฟฟ้าของน้ำ	41
4.2.4 การทดลองที่ 4 เช็คค่ากระแสไฟฟ้าในน้ำเพื่อดูค่าความบริสุทธ์ของน้ำโดยอุปกรณ์ต้นแบบ	43
4.3 กล่าวสรุปการทดลอง	46
บทที่ 5 ผลสรุปของโครงงาน	
5.1 กล่าวนำ	47
5.2 บทสรุปของโครงงาน	47
5.3 ปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหา	47
5.4 ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิง	49
ประวัติผู้เขียน	51

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต และในปัจจุบันสภาพสิ่งแวดล้อมภายนอก ไม่ว่าจะเป็นสภาพภูมิอากาศ ดิน และอื่นๆ ที่ส่งผลกระทบทำให้มีสิ่งเจือในน้ำ ซึ่งทำให้น้ำไม่เหมาะสมในการอุปโภค บริโภค ดังนั้นโครงงานครั้งนี้จึงได้ออกแบบเครื่องมือวัดความบริสุทธิ์ของน้ำ โดยใช้หลักการการไหลของกระแสไฟฟ้าในน้ำ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความสะอาดของน้ำว่าเหมาะสมต่อการอุปโภค บริโภคหรือไม่ ก็จะทำให้ส่งผลดีต่อการอุปโภค บริโภคเหล่านั้นมากยิ่งขึ้น

1.2 หลักการและเหตุผล

น้ำเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญ เป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย เช่น ใช้สำหรับการอุปโภคและบริโภค เพื่อดื่มกิน ประกอบอาหาร ชำระร่างกาย การเกษตร อื่นๆ ทั้งนี้ในแต่ละความต้องการในการใช้น้ำ ย่อมต้องคำนึงถึงความสะอาดของน้ำ เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น คณะผู้จัดทำโครงงานจึงได้ออกแบบเครื่องมือวัดความบริสุทธิ์ของน้ำ โดยใช้หลักการปล่อยกระแสไฟฟ้าไปที่หน้าตัดทองแดงหนึ่งไปยังอีกหน้าตัดทองแดงหนึ่ง โดยผ่านน้ำที่เป็นตัวกลาง แล้วนำมาเปรียบเทียบความสะอาดของน้ำว่ามีความสะอาดมากน้อยเพียงใด เหมาะแก่การนำไปใช้หรือไม่

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างเครื่องมือวัดความบริสุทธิ์ของน้ำ โดยใช้หลักการการนำกระแสไฟฟ้าของน้ำ
2. สามารถเลือกน้ำดื่มที่มีควรบริโภคมากที่สุดได้

1.4 ขอบเขตการทำงาน

1. ศึกษาวิธีการใช้โปรแกรม Arduino และการเขียนภาษาซีใช้ในการควบคุมการทำงาน

2. ศึกษาการเชื่อมโยงระหว่างเซนเซอร์ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino หน้าจอแสดงผล
3. วัดความสะอาดของน้ำโดยใช้กระแสไฟฟ้าผ่านน้ำ

1.5 ขั้นตอนการทำงาน

1. ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล
2. เขียนโครงงานและเสนอโครงงานกับอาจารย์ที่ปรึกษา
3. ศึกษาเกี่ยวกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 และเซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า
4. ออกแบบการทำงานของระบบโดยรวมทั้งหมด
5. ซื้ออุปกรณ์ที่ใช่ในโครงงานนี้
6. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3
7. เชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งระบบเข้าด้วยกัน
8. จำลองการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบและทดสอบเพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์
9. สรุปผลการทดลองและเขียนรายงาน
10. นำเสนอโครงงาน

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้เกี่ยวกับบอร์ด Arduino Uno R3 และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกี่ยวข้องกับหัวข้อโครงงานได้
2. มีความรู้เกี่ยวกับเซนเซอร์ที่ใช้วัดระแสไฟฟ้า
3. สามารถแก้ปัญหาจากการปฏิบัติงานจริงและทำงานร่วมกันเป็นทีมได้เป็นอย่างดี
4. สามารถสร้างเครื่องมือวัดความบริสุทธิ์ของน้ำที่ใช้ได้จริง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและใช้ในการทำเครื่องมือวัดความบริสุทธิ์ของน้ำ โดยเริ่มตั้งแต่การศึกษาคุณสมบัติของน้ำ การนำไฟฟ้าของน้ำและค่ากระแสไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับความบริสุทธิ์ของน้ำ รวมไปถึงพื้นฐานการเขียนโปรแกรม Arduino IDE และการติดตั้งโปรแกรมเองอีกด้วย

2.2 คุณสมบัติของน้ำ [1-2]

น้ำจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสารต่างๆ ที่ละลายปะปนอยู่ในน้ำการที่มีสารต่างๆ ละลายปะปนอยู่ในน้ำ คุณสมบัติของน้ำมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ คือ ลักษณะทางภายนอกที่แตกต่างกัน เช่นความใส ความขุ่น กลิ่น สี เป็นต้น

- **อุณหภูมิ (temperature)** อุณหภูมิของน้ำมีผลในด้านการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งจะส่งผลต่อการลดปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ

- **สี (color)** สีของน้ำเกิดจากการสะท้อนแสงของสารแขวนลอยในน้ำ เช่น น้ำตามธรรมชาติจะมีสีเหลืองซึ่งเกิดจากกรดอินทรีย์ น้ำในแหล่งน้ำที่มีใบไม้ทับถมจะมีสีน้ำตาล หรือถ้ามีตะไคร่น้ำก็จะมีสีเขียว

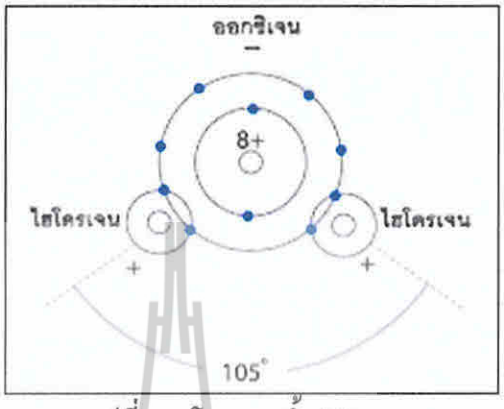
- **กลิ่นและรส** กลิ่นและรสของน้ำจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ เช่น ซากพืช ซากสัตว์ที่เน่าเปื่อยหรือสารในกลุ่มของฟีนอล เกลือโซเดียมคลอไรด์ซึ่งจะทำให้น้ำมีรสกร่อยหรือเค็ม

- **ความขุ่น (turbidity)** เกิดจากสารแขวนลอยในน้ำ เช่น ดิน ซากพืช ซากสัตว์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.2 โครงสร้างโมเลกุลของน้ำ

น้ำ 1 โมเลกุล (H_2O) ประกอบด้วย ไฮโดรเจน 2 อะตอม และออกซิเจน 1 อะตอม เชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนท์ (Covalent bonds) ซึ่งใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน โดยที่อะตอมทั้งสามตัวเชื่อมต่อกันเป็นมุม 105° โดยมีออกซิเจนเป็นขั้วลบ และไฮโดรเจนเป็นขั้วบวก ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โมเลกุลน้ำ [1]

น้ำแต่ละโมเลกุลเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen-bonds) เรียงตัวต่อกันเป็นโครงสร้างจัตุรมุข (Tetrahedral) ดังภาพที่ 2 ทำให้น้ำต้องใช้ที่ว่างมากขึ้นเมื่อเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็ง ดังนั้นเมื่อน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งจะมีความหนาแน่นน้อยลง เมื่อเพิ่มความร้อนให้กับน้ำแข็งพันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย ทำให้น้ำแข็งละลายเป็นของเหลว และเมื่อโครงสร้างผลึกยุบตัวลงน้ำในสถานะของเหลวจึงใช้เนื้อที่น้อยกว่าของแข็ง นี่คือสาเหตุว่าทำไมน้ำแข็งจึงมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.2.3 ตัวทำละลาย

เมื่อเปรียบเทียบน้ำกับสารประกอบชนิดอื่นแล้ว น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด โมเลกุลของน้ำยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยแรงอิเล็กโตรสแตติก (Electrostatic forces) นอกจากโมเลกุลของน้ำจะเชื่อมต่อกันเองแล้ว โมเลกุลของน้ำยังสามารถยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลอื่นด้วย โมเลกุลของสารประกอบบางชนิดยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไอออน (Ionic bonds) โดยมีแรงอิเล็กโตรสแตติกระหว่างประจุบวกและประจุลบของอะตอมแต่ละตัว แรงอิเล็กโตรสแตติกของโมเลกุลเหล่านี้จะลดลงเหลือเพียง 1/80 เมื่อถูกรบกวนจากแรงอิเล็กโตรสแตติกของน้ำ น้ำจึงเป็นตัวทำ

ละลายที่ดี เนื่องจากแรงอีเล็กโตรสแตกติกของโมเลกุลน้ำมีพลังมากกว่าแรงอิเล็กโตรสแตกติกของโมเลกุลอื่นเสมอ

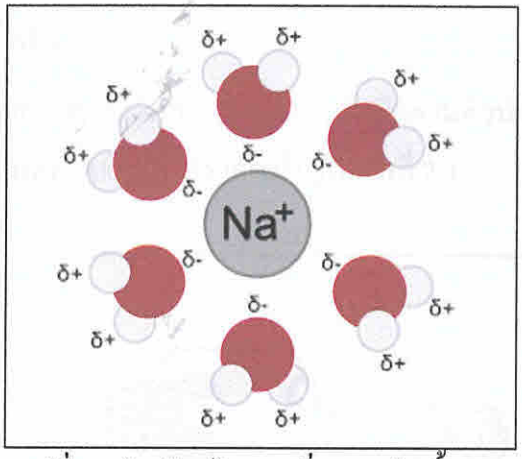
ยกตัวอย่าง เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ประกอบด้วยโซเดียมประจุบวก (Na^+) เชื่อมต่อกับคลอรีนประจุลบ (Cl^-) ด้วยพันธะไอออน เมื่อใส่ผลึกเกลือลงในน้ำ แรงอีเล็กโตรสแตติกระหว่างโซเดียมกับคลอรีนจะลดลง 80 เท่า ทำให้ไฮโดรเจนประจุบวกของน้ำ (H^+) ยึดจับคลอรีนประจุลบของเกลือ (Cl^-) ของเกลือ และออกซิเจนประจุลบของน้ำ (O^-) ยึดจับโซเดียมประจุบวกของเกลือ (Na^+) ทำให้เกิดสารละลายโซเดียมคลอไรด์

2.3 สารละลายในน้ำ [3]

สารละลาย (Solution) หมายถึง ของผสมเนื้อเดียวที่เกิดจากสารบริสุทธิ์ตั้งแต่ 2 ชนิด ขึ้นไป รวมกันทางกายภาพในปริมาณที่ไม่แน่นอน

ตัวที่มีปริมาณมากกว่าเป็น ตัวทำละลาย (Solvent) ตัวที่มีปริมาณน้อยกว่าเป็น ตัวถูกละลาย (Solute) มีสถานะ เช่นเดียวกับตัวทำละลายและสมบัติก้ำกึ่งระหว่างสารที่มาผสมกัน อนุภาคตัวถูกละลายขนาดเล็กกว่า 10-7 cm สามารถผ่านกระดาษเซลโลเฟนได้ เช่น สารละลายเกลือแกง สารละลายน้ำตาล เป็นต้น

สารที่ไม่ละลายในน้ำมักมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ส่วนสารที่ละลายในน้ำได้มักมีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) ตัวอย่างของสารที่ละลายในน้ำได้เช่นโซเดียมคลอไรด์ (เกลือแกง) กรดและเบสส่วนใหญ่เป็นสามารถละลายได้ในน้ำ ซึ่งเป็นไปตามนิยามส่วนหนึ่งของทฤษฎีปฏิกิริยากรดเบส (ยกเว้นนิยามของลิวอิส) ความสามารถในการละลายน้ำของสสารจะพิจารณาว่าสสารนั้นสามารถจับตัวกับน้ำได้ดีกว่าแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำหรือแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของสารนั้นหรือไม่ หากเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้ความสามารถในการละลายน้ำลดลง (เช่น อุณหภูมิเปลี่ยนไป) น้ำระเหยออกไปจากสารละลาย หรือ เกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดสารที่ไม่ละลายน้ำ จะเกิดการตกตะกอนหรือตกผลึก ดังแสดงในรูปภาพที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โซเดียมไอออนที่ละลายในน้ำ [2]

ชนิดของสารละลาย

1. สารละลายอิ่มตัว (Saturated Solution) หมายถึง สารละลายที่มีตัวถูกละลายอยู่อย่างเต็มที่ ในหนึ่งหน่วยปริมาตรของตัวทำละลาย และไม่สามารถละลายเพิ่มเข้าไปได้อีก ณ อุณหภูมิคงที่

2. สารละลายไม่อิ่มตัว (Unsaturated Solution) หมายถึง สารละลายที่มีตัวถูกละลายละลายอยู่น้อยกว่าที่มันควรจะละลายได้ ถ้าเพิ่มตัวถูกละลายเข้าไปอีก มันก็จะละลายได้อีกโดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แบ่งเป็น

2.1) สารละลายเจือจาง (Dilute Solution) หมายถึง สารละลายที่มีปริมาณตัวถูกละลายละลายอยู่น้อย

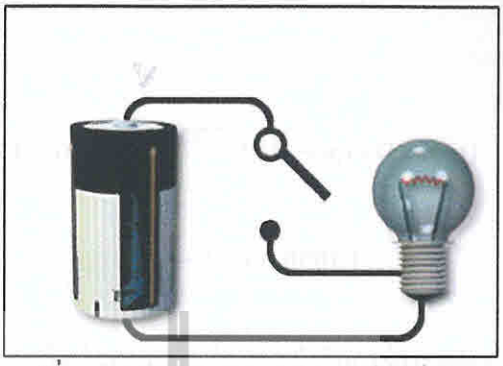
2.2)สารละลายเข้มข้น (Concentration Solution) หมายถึง สารละลายที่มีตัวถูกละลายอยู่มาก

2.4 น้ำบริสุทธิ์ [4]

น้ำบริสุทธิ์ คือน้ำที่ ปราศจากสิ่งเจือปนทุกชนิดโดยทั่วไปได้จากขั้นตอนการทำน้ำให้ระเหยแล้วกลั่น ตัวกลับเป็นหยดน้ำจึงเรียกกันว่าน้ำกลั่นในปัจจุบันได้มีการพัฒนาการทำน้ำ ให้บริสุทธิ์ขึ้นอีกหลายวิธีเพื่อนำน้ำไปใช้ในการอุตสาหกรรมเนื่องจากน้ำ เป็นตัวทำละลายที่ดีน้ำบริสุทธิ์จะยิ่งมีความสามารถในการทำละลายได้สูงกว่าน้ำทั่วไป น้ำบริสุทธิ์จึงไม่เหมาะสำหรับการอุปโภคบริโภคเพราะจะเป็นอันตราย ต่อเนื้อเยื่ออ่อนในร่างกายและขาดแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย

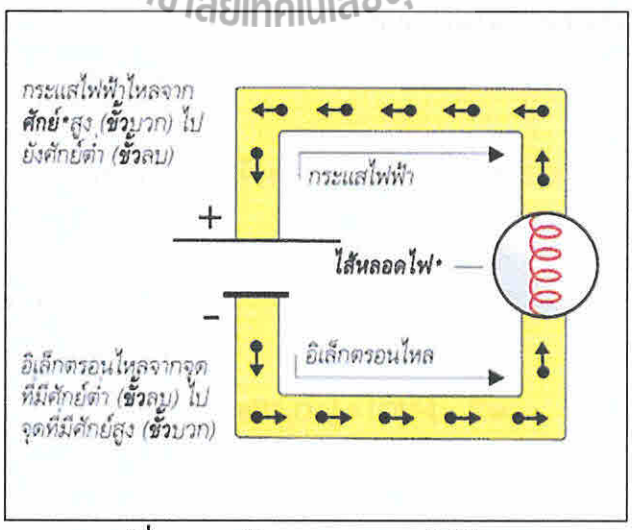
2.5 การไหลของกระแสไฟฟ้า [5]

ทางเดินของกระแสไฟฟ้าซึ่งไหลมาจากแหล่งกำเนิดผ่านตัวนำ และเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือโหลด แล้วไหลกลับไปยังแหล่งกำเนิดเดิม ดังแสดงในรูปภาพที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การเดินทางของกระแสไฟฟ้า [3]

จากปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าต่างๆ ที่เกิดขึ้น จะพบว่ามีสาเหตุมาจากการไหลของไฟฟ้า สายไฟทั่วไปทำด้วยลวดตัวนำ คือ โลหะทองแดงและอะลูมิเนียม อะตอมของโลหะมีอิเล็กตรอนอิสระ ไม่ยึดแน่นกับอะตอม จึงเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ ถ้ามีประจุลบเพิ่มขึ้นในสายไฟ อิเล็กตรอนอิสระ 1 ตัวจะถูกดึงเข้าหาประจุไฟฟ้าบวก แล้วรวมตัวกับประจุไฟฟ้าบวกเพื่อเป็นกลาง ดังนั้น อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ เมื่อเกิดสภาพขาดอิเล็กตรอนจึงจ่ายประจุไฟฟ้าลบออกไปแทนที่ ทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนในสายไฟจนกว่าประจุไฟฟ้าบวกจะถูกทำให้เป็นกลางหมด การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนหรือการไหลของอิเล็กตรอนในสายไฟนี้เรียกว่ากระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การไหลของกระแสไฟฟ้า [4]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.6 การนำไฟฟ้าของน้ำ [6]

น้ำบริสุทธิ์นำไฟฟ้าได้น้อยมาก จนไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยเครื่องตรวจการนำไฟฟ้าธรรมดา แต่เมื่อใช้แอมมิเตอร์ช่วยในการทดสอบ เข็มของแอมมิเตอร์เบนเล็กน้อย แสดงว่าน้ำบริสุทธิ์แตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนน้อยมาก การแตกตัวของน้ำบริสุทธิ์เป็นดังสมการ

$$H_2O(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O+(aq) + OH-(aq)$$

$$K[H_3O]^2 = [H_3O+][OH-]$$

เนื่องจากน้ำแตกตัวได้น้อยมากจนถือว่าความเข้มข้นของน้ำไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อจัดความสัมพันธ์อยู่ในรูปใหม่ จึงได้ค่าคงที่ใหม่ซึ่งเรียกว่า ค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ ใช้สัญลักษณ์ Kw

$$\text{ดังนั้น } Kw = [H_3O+][OH-]$$

จากผลการทดลอง พบว่าน้ำที่อุณหภูมิสูงนำไฟฟ้าได้ดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำ แสดงว่าน้ำที่อุณหภูมิสูงแตกตัวเป็นไอออนได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ Kwจึงสูงกว่า ตัวอย่างเช่น

ค่า ที่อุณหภูมิ 25c มีค่าเท่ากับ 1.0 x 10-14mol/dm3
ค่า ที่อุณหภูมิ 60c มีค่าเท่ากับ 9.5 x 10-14mol/dm3

ดังนั้น การบอกค่า Kw จึงต้องระบุอุณหภูมิด้วยเช่นเดียวกับค่าคงที่อื่นๆ โดยปกติเราไม่กล่าวถึงหน่วยของ Kw เช่นเดียวกับค่าคงที่สมดุลอื่นๆ ยกเว้นในกรณีที่จะนำมาใช้คำนวณความเข้มข้นของไอออนที่ระบุหน่วยของ Kw

จากสมการการแตกตัวของน้ำ จะได้ไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนเกิดขึ้นในจำนวนโมลที่เท่ากัน ดังนั้น

$=[OH-]$ นั่นคือ $Kw = [H_3O+]^2$ หรือ $[OH-]^2$

$$[H_3O+] \text{ หรือ } [H_3O+] = [OH-] = Kw$$

$=[OH-] = 1.0 \times 10\text{-}14$ mol2/dm6 ณ อุณหภูมิ 25 c

$[H_3O+]$ = 1.0 x 10-7 mol/dm3
แสดงว่าน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 25 cมีความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์ไอออน คือ 1.0x10-7

2.7 เซนเซอร์ [7-8]

คือตัวอุปกรณ์ตรวจรู้ตัวแรกในระบบการวัด ซึ่งใช้ตรวจจับหรือรับรู้การเปลี่ยนแปลงปริมาณทางกายภาพของตัวแปรต่างๆ เช่น ความร้อน แสง สี เสียง ระยะทาง การเคลื่อนที่ ความดัน การไหล เป็นต้น แล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณหรือข้อมูลที่สอดคล้องและเหมาะสมกับส่วนของการกำหนดเงื่อนไขทางสัญญาณ จากนั้นจำทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นสัญญาณออกหรือปริมาณเอาต์พุตที่ได้จากการวัดในอีกรูปแบบหนึ่งที่สามรถนำไปประมวลผลต่อได้ เช่นให้สัญญาณออกมาเป็นแบบอนาลอก สัญญาณแบบดิจิตอล ปัจจัยในการเลือกใช้เซนเซอร์ใช้งานขึ้นอยู่กับ ปริมาณธรรมชาติของปริมาณทางฟิสิกส์ที่จะทำการวัดและควบคุมค่าเป็นสำคัญรวมไปถึงเรื่องของราคา ความน่าเชื่อถือ ตลอดจนคุณภาพของข้อมูลที่จะทำการวัด นอกจากนี้ยังมีปัจจัยสำคัญอื่นที่ควรพิจารณาอีก เช่น ความเหมาะสมของเซนเซอร์ที่จะนำไปใช้ในสภาพแวดล้อมนั้นๆ

เซนเซอร์ที่ดีต้องทำตามกฎต่อไปนี้ มีความไวต่อคุณสมบัติที่จะวัด มีความไวต่อคุณสมบัติอื่นใดๆที่อาจจะพบได้ในการประยุกต์ใช้ของมัน และไม่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติที่จะวัด

เซนเซอร์ในอุดมคติจะถูกออกแบบมาให้เป็นแบบเชิงเส้นหรือเป็นเส้นตรงกับบางฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายของการวัดซึ่งปกติเป็นค่าลอการิทึม เอาต์พุตของตัวรับรู้ดังกล่าวเป็นสัญญาณแอนาลอกและเป็นสัดส่วน โดยตรงกับค่าหรือฟังก์ชันที่เรียบง่ายของคุณสมบัติที่ถูกวัด จากนั้น ความไวจะถูกกำหนดให้เป็นอัตราส่วนระหว่างสัญญาณเอาต์พุตกับคุณสมบัติที่ถูกวัด ตัวอย่างเช่น ถ้าเซ็นเซอร์ตัวหนึ่งใช้วัดอุณหภูมิและมีเอาต์พุตเป็นแรงดันค่าหนึ่ง ความไวจะเป็นค่าคงที่มีหน่วยเป็นโวลต์ต่อเคลวิน (V/K) เซ็นเซอร์นี้ทำงานเป็นเชิงเส้นเพราะอัตราส่วนเป็นค่าคงที่ที่ทุกจุดของการวัด

สำหรับสัญญาณเซ็นเซอร์ที่เป็นแอนาลอกที่จะต้องถูกประมวล หรือถูกใช้ในอุปกรณ์ดิจิตอล มันจะต้องถูกแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลโดยใช้ตัวแปลงแอนาลอกเป็นดิจิตอล (analog-to-digital converter หรือ ADC)

2.8 พื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

2.8.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ [9]

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

2.8.2 มารู้จักกับ Arduino [10]

Arduino เป็นภาษา อิตาลี ซึ่งใช้เป็นชื่อของโครงการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR แบบ open source ที่ได้รับการปรังปรุงมาจากโครงการพัฒนา open source ของ AVR อีกโครงการหนึ่งที่ชื่อว่า wiring แต่เนื่องจากโครงการ wiring ใช้ AVR เบอร์ ATmega128 ซึ่งมีจำนวนหน่วยความจำและ I/O ค่อนข้างมาก ที่สำคัญคือเป็นชิฟมีตัวถังแบบ SMD และบอร์ดมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ซึ่งเป็นอุปสรรคกับผู้ที่เริ่มต้นในการสร้างบอร์ดและต่อวงจรใช้งานเอง จึงทำให้ไม่ได้รับความนิยมเท่าที่ควร แต่หลังจากที่ทีมงาน Arduino นำ source code มาปรับปรุงใหม่ให้สามารถใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ขนาดเล็กได้ จึงทำให้ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น

จุดเด่นของ Arduino

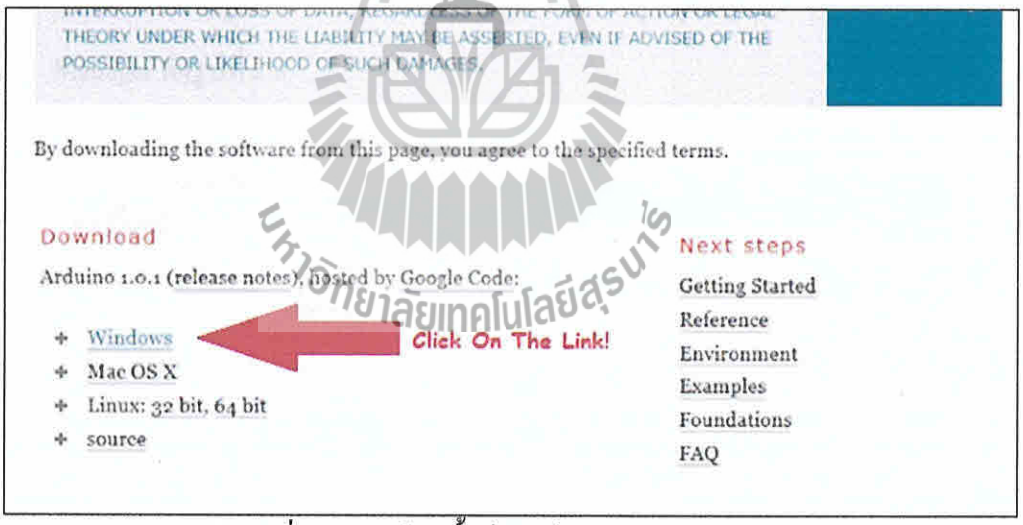
- ง่ายต่อการเรียนรู้และการใช้งาน
- ราคาไม่แพง เนื่องจากมี source code และวงจรแจกให้ฟรีสามารถต่อวงจรใช้งานได้เอง
- มีรูปแบบคำสั่งที่ง่ายต่อการใช้งานแต่สามารถนำไปใช้งานกับงานที่มีการซับซ้อนได้ และยังสามารถสร้างคำสั่งและ Library ใหม่ๆขึ้นมาใช้งานเองได้ เมื่อมีความชำนาญมากขึ้นแล้ว
- มีการเปิดเผยวงจรและ source code ทั้งหมดทำให้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพิ่มเติมได้ตามความต้องการทั้ง Hardware และSoftware

2.8.3 การติดตั้งโปรแกรม Arduino [11]

1. การดาวน์โหลดโปรแกรม ให้ไปที่ http://arduino.cc/en/Main/Softwareและ กดคลิก ที่ download เพื่อเข้าสู่ the download page. ดังรูปที่ 2.5

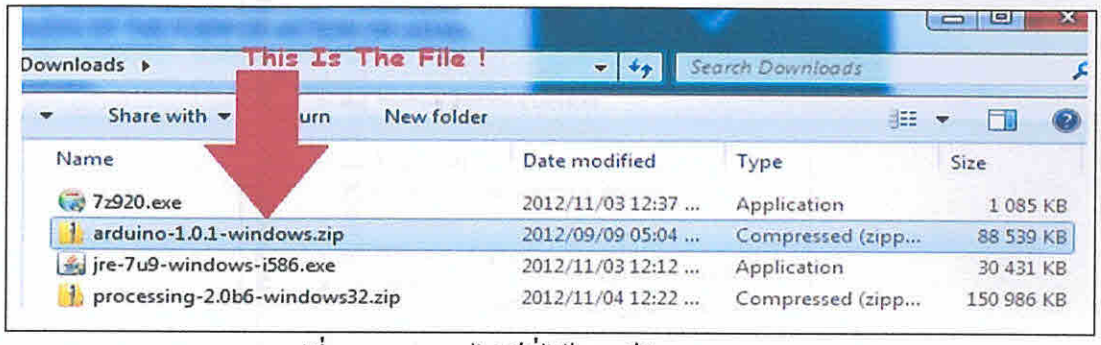
รูปที่ 2.5 หน้าเว็ปที่ใช้ดาวน์โหลดโปรแกรม [5]

2. ที่หน้าดาวน์โหลดให้เลือก windows ZIP file ดังรูป 2.6 สำหรับเครื่องที่ใช้ระบบปฏิบัติการ window



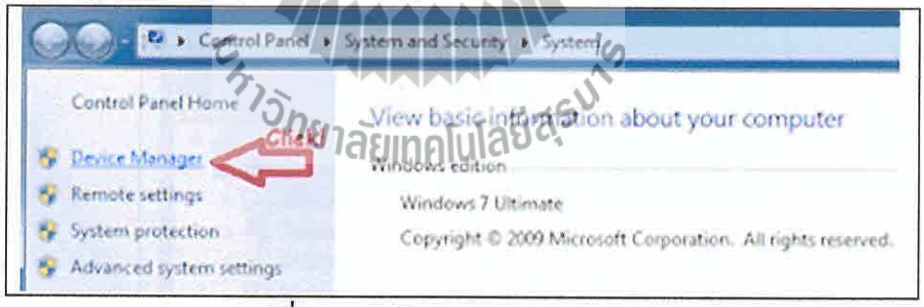
รูปที่ 2.6 การเลือกลิ้งค์ดาวน์โหลดโปรแกรม [6]

3. เมื่อดาวน์โหลดเสร็จแล้ว ให้ extract file ไปไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสม ดังรูปที่ 2.7



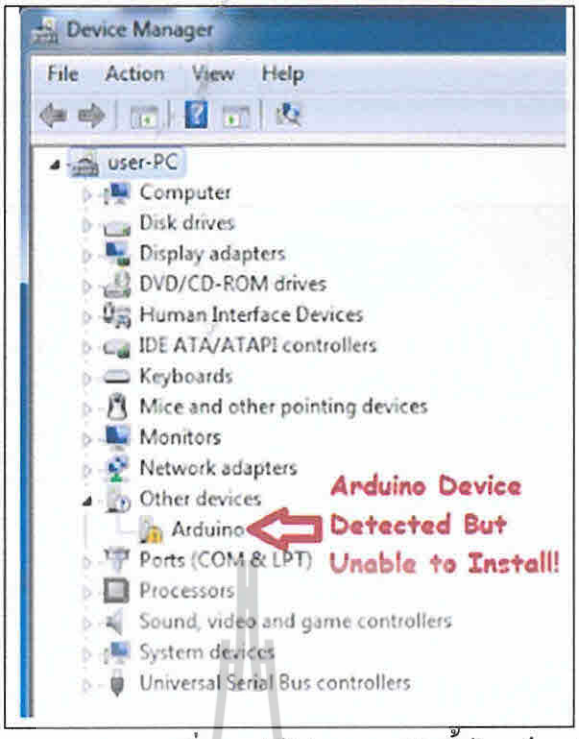
รูปที่ 2.7 การแตกไฟล์ที่ได้ดาวน์โหลดมา [7]

4. เมื่อลงโปรแกรมเสร็จแล้ว ในขั้นตอนนี้จะเป็นการติดตั้งไดรฟ์เวอร์ของบอร์ด Arduino เข้ากับคอมพิวเตอร์ของเราผ่านทาง USB port จากนั้น คอมพิวเตอร์จะพยายามหาไดรฟ์เวอร์ แต่จะหาไม่พบให้เราไปที่ Start menu คลิกขวาที่ My computer บน Start menu แล้วก็คลิก Properties หรือคลิก Manage จาก Pop-up menu เพื่อทำการเปิด Device Manager ดังรูปที่ 2.8



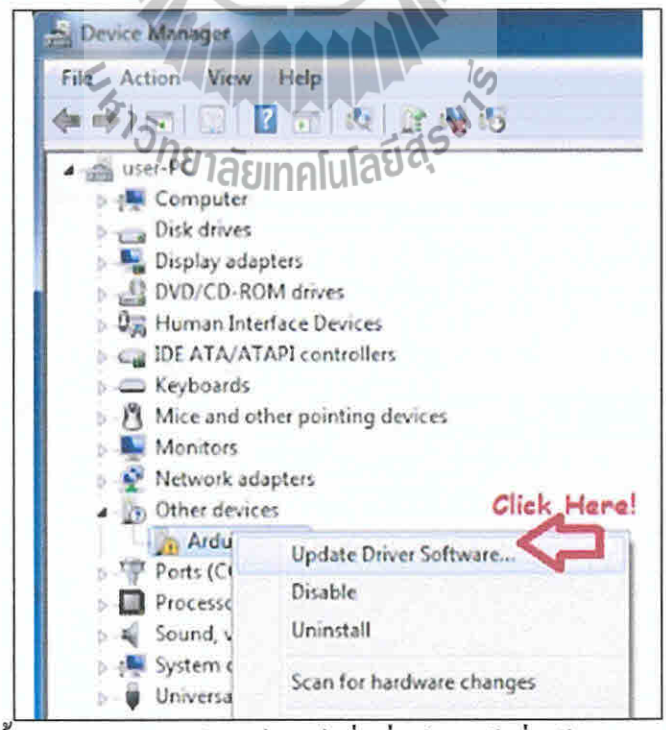
รูปที่ 2.8 การเลือก Device Manager [8]

5. ที่ Device Manager จะเปิดและแสดง Arduino Device ที่เราทำการ connect ไว้ขึ้นอยู่กับว่าใช้บอร์ดชนิดไหนชื่อก็จะแสดงขึ้นมาให้เห็น ซึ่งเราจะเจอเครื่องหมายตกใจขึ้นสีเหลืองๆซึ่งแสดงว่าอุปกรณ์ Arduino นั้น ไม่สามารถทำการติดตั้งได้ดังแสดงในรูป 2.9



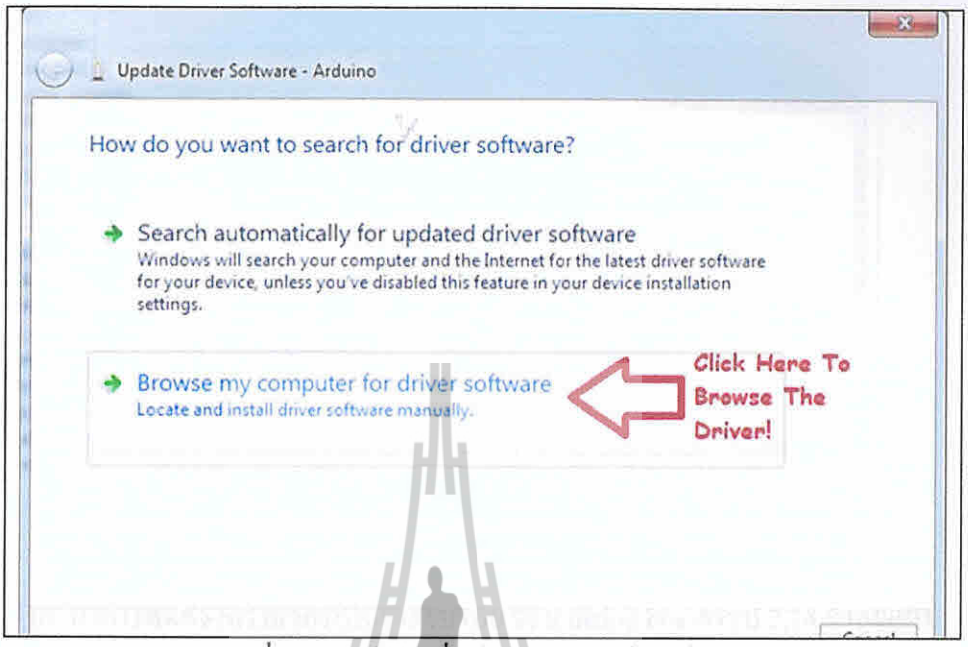
รูปที่ 2.9 หน้าของ Device Manager ที่บอกว่าไม่สามารถติดตั้งไดรฟ์เวอร์ของอุปกรณ์ได้ [9]

6. แก้ไขให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์ได้ โดยให้คลิกขวาไปที่ Arduino board แล้วก็ คลิก Update Device Software ที่ pop-up menu ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ขั้นตอนการอัพเดตไดรฟ์เวอร์ เพื่อที่จะไปหน้าที่หน้าต่างการอัพเดต [10]

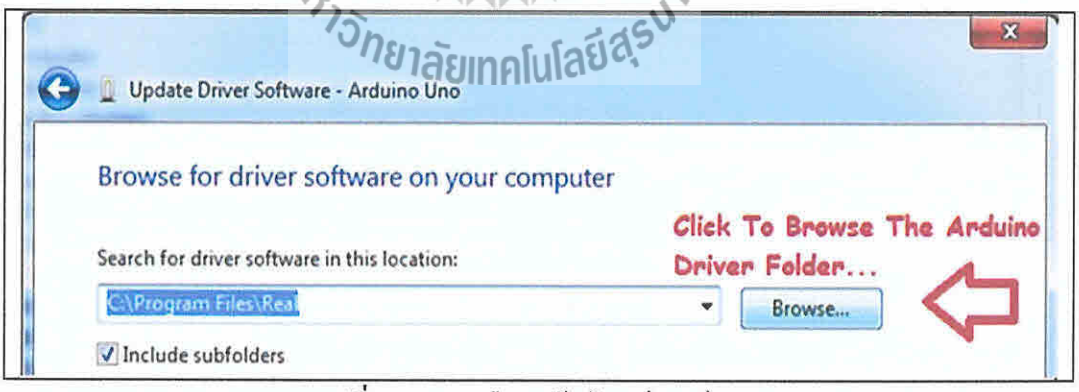
7. จากนั้นจะมีกล่องขึ้น pop-up มาโชว์ว่าอัพเดต Driver Software ให้คลิกที่ Browse my computer for driver software เพื่อที่จะติดตั้ง Driver software Manually ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 หน้าต่างที่ให้เลือกลงไดรฟ์เวอร์ [11]

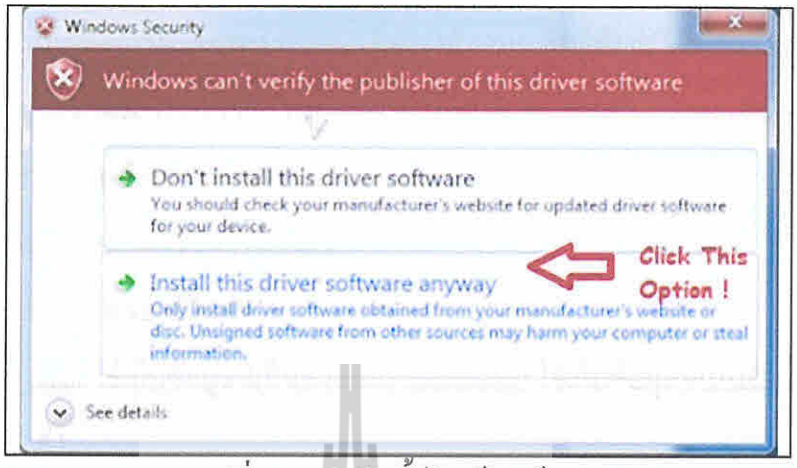
8. คลิกที่ปุ่ม Browse เลือกไปที่ drivers folder ใน Arduino folder ที่ได้ดาวน์โหลดมา หลังจากเลือกไปที่ drivers folder เรียบร้อยแล้วให้คลิก Next ดังรูป 2.12

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



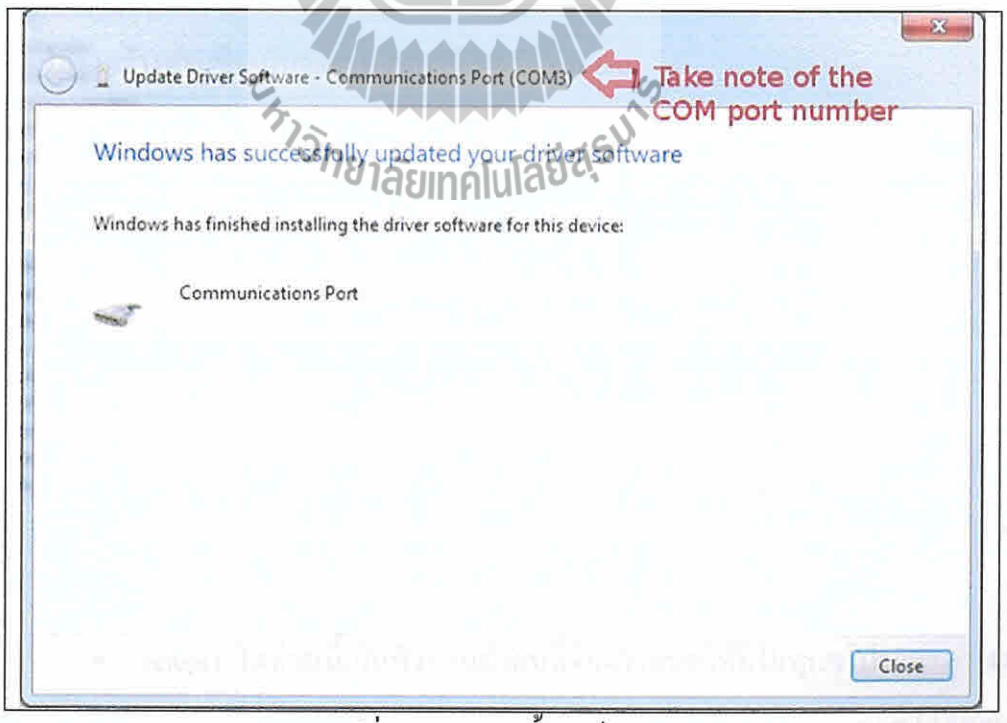
รูปที่ 2.12 การเลือกแฟ้มไดรฟ์เวอร์ [12]

9. จากนั้นจะมีกล่อง pops up ขึ้นมาคลิก install this driver software anyway ดังรูปที่ 2.13 เพื่อติดตั้งไดรฟ์เวอร์ของบอร์ด Arduino



รูปที่ 2.13 การติดตั้งไดรฟ์เวอร์ [13]

10. ทำการติดตั้งไดรฟ์เวอร์เป็นที่เรียบร้อย จะมี dialog box ดังรูป 2.14 ถ้าคุณเห็นข้อความนี้แสดงว่าคุณได้ทำการ Install Driver เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ทำการปิดโดยการคลิกที่ Close ได้เลย



รูปที่ 2.14 การติดตั้งสำเร็จ [14]

2.8.4 พื้นฐานโปรแกรม Arduino IDE [10]

บอร์ด Arduino นั้นต้องเขียนด้วยโปรแกรม Arduino IDE (Integraed Development Environment) ซึ่งตัวโปรแกรมตัวนี้นั้นถูกพัฒนาต่อมาจากโปรแกรม open source อย่าง processing และ Wiring นั้นถูกพัฒนาด้วยภาษา JAVA จึงทำให้สามมารถใช้งานได้ทั้งบนระบบปฏิบัติการ Window Linux และ Mac Os ได้ ตัวโปรแกรม Arduino IDE ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้ใช้งานได้ง่าย สะดวกและลดความซับซ้อนของการเขียนโปรแกรมในรูปแบบของภาษา C/C+ ให้ดูเรียบง่าย ไม่ซับซ้อน มีคำสั่งและไลบารีเตรียมไว้ให้แล้ว

ชนิดละประเภทของตัวแปร

- char ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นตัวอักษร (character) ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นจำนวนเต็มได้ 256 ค่า
- int ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นเลขจำนวนเต็ม (integer) ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นเลขจำนวนเต็มได้ 65536 ค่า
- float ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นเลขทศนิยม Single Precision
- double ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นเลขทศนิยมแบบ Double Precision ซึ่ง สามารถเก็บค่าตัวเลขทศนิยมที่มีความละเอียดและถูกต้องของทศนิยมมากกว่าแบบ float ถึง 2 ค่า
- void ใช้เก็บตัวแปรที่ไม่มีค่า

โครงสร้างการเขียนโปรแกรม ภาษาซี ของ Arduino

โครงสร้างการเขียนโปรแกรม ภาษาของ Arduino จะจัดแบ่งรูปแบบโครงสร้างของการเขียนโปรแกรมออกเป็นส่วนย่อยๆ หลายๆส่วน โดยเรียกแต่ละส่วนว่า ฟังก์ชัน และ เมื่อนำฟังก์ชันมารวมเข้าด้วยกัน ก็จะเรียกว่าโปรแกรมโดยโครงสร้างการเขียนโปรแกรมของ Arduino นั้น ทุกๆ โปรแกรมจะต้องประกอบไปด้วยฟังก์ชันจำนวนเท่าใดก็ได้ แต่อย่างน้อยที่สุดต้องมี 2 ฟังก์ชัน คือ setup () และ loop() ดังแสดงในรูปที่ 2.15

- header ในส่วนนี้จะมีหรือไม่มีก็ได้ ถ้ามีต้องกำหนดไว้ในส่วนเริ่มต้นของโปรแกรมซึ่งส่วนของ header ได้แก่ ส่วนที่เป็น complier directive ต่างๆ รวมไปถึงส่วนของประกาศตัวแปร และค่าคงที่ต่างๆ ที่ใช้ในโปรแกรม
- setup() ในส่วนนี้เป็นฟังก์ชันบังคับที่ต้องกำหนดให้มีในทุกๆโปรแกรม ถึงแม้ว่าในบางโปรแกรม จะไม่ต้องการใช้งานก็ยังจำเป็นต้องประกาศไว้ด้วยเสมอ เพียงแต่ไม่ต้องเขียนคำสั่งใดๆไว้ในระหว่างวงเล็บปีกกา { } ที่ใช้เป็นตัวกำหนด

ขอบเขตของฟังก์ชันนี้จะใช้สำหรับบรรจุคำสั่งในส่วนที่ต้องการ ให้โปรแกรมทำงานเพียงรอบเดียวตอนเริ่มต้นทำงานของโปรแกรมครั้งแรกเท่านั้น

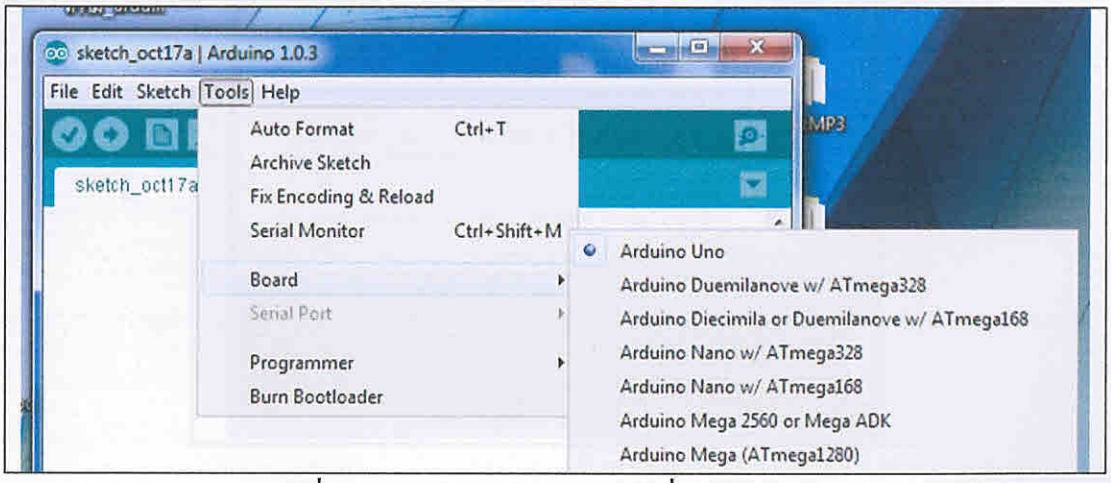
- loop () เป็นส่วนฟังก์ชันบังคับที่กำหนดให้มีในทุกๆโปรแกรมเช่นเดียวกันกับฟังก์ชัน setup () โยฟังก์ชัน loop () นี้จะใช้บรรจุคำสั่งที่ต้องการให้โปรแกรมทำงานเป็นวงรอบซ้ำๆ กันไปไม่รู้จบซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับรูปแบบของ ANSI-C ส่วนนี้ก็คือฟังก์ชัน main () นั่นเอง

```
#include <header.h>
void setup ()
{
}
Void loop ()
{
}
```

รูปที่ 2.15 ฟังก์ชันการเขียนโปรแกรม Arduino [15]

2.8.5 เริ่มต้นใช้งาน Arduino IDE [12]

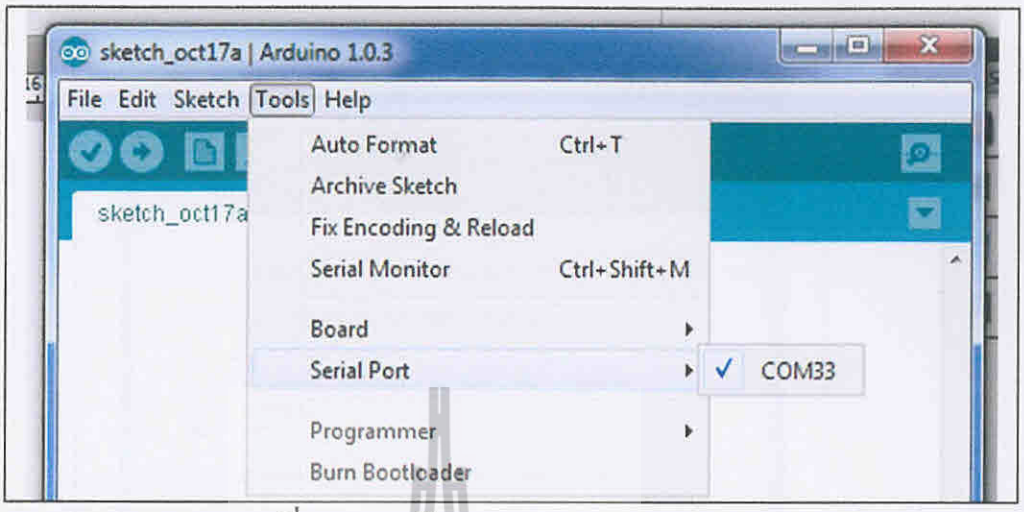
1. ให้เปิดโปรแกรม Arduino IDE ตัวนี้ขึ้นมาและทำการเลือกบอร์ดที่จะพัฒนาโปรแกรม ในที่นี้ให้เลือกเป็น Arduino Uno ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การเลือกชนิดของบอร์ดที่เราใช้งาน [16]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. เลือก Serial Port ที่เชื่อมต่อบอร์ด ดังรูป 2.17 ในที่นี้คือ COM3 ซึ่งได้จากการติดตั้ง Driver ของบอร์ดจากขั้นตอนการลง Driver



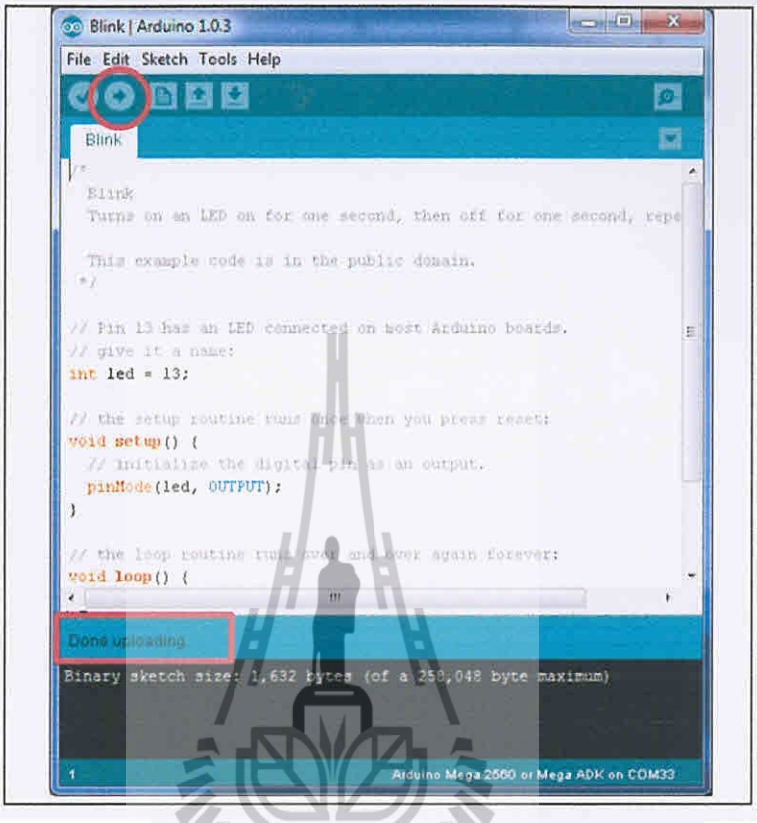
รูปที่ 2.17 การเลือก Serial Port [17]

3. กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม ดังรูป 2.18 ถ้าโปรแกรมไม่มีข้อผิดพลาด จะปรากฏข้อความ Done compiling

รูปที่ 2.18 การตรวจสอบและคอมไพล์โปรแกรม [18]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4. คลิกที่ปุ่ม Upload เพื่อทำการส่งโปรแกรมเข้าสู่บอร์ดเมื่ออับโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 การอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด [19]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.9 กล่าวสรุป

จากการอธิบายทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่รวมอยู่ในบทนี้สามารถนำมาสรุปสั้นๆ ได้ดังนี้ น้ำจะมีคุณสมบัติที่แตกต่าง ขึ้นอยู่กับสารต่างๆที่ละลายปนอยู่ในน้ำ ดังนี้ คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ อุณหภูมิ สี กลิ่น และรส สารละลายในน้ำเป็นของผสมเนื้อเดียวที่เกิดจากสารบริสุทธิ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งมีทั้งสารละลายอิ่มตัวละสารละลายไม่อิ่มตัว ซึ่งสิ่งที่กล่าวมานั้นส่งผลต่อความบริสุทธิ์ของน้ำ การไหลของกระแสไฟฟ้า จะมีการไหลจากศักย์สูงไปยังศักย์ต่ำ (ขั้วบวกไปขั้วลบ) การนำไฟฟ้าของน้ำเป็นการแตกตัวของไอออน ซึ่งจะเห็นว่าน้ำบริสุทธิ์นำไฟฟ้าได้น้อยมาก เซนเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดปริมาณทางกายภาพ เช่น แสง เสียง แล้วนำค่าที่ได้มาเปลี่ยนเป็นสัญญาณอนาลอกหรือสัญญาณดิจิตอลและสามารถนำสัญญาณที่ได้มานั้นไปใช้

งานต่อได้ Arduinoเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดหนึ่งที่ถูกพัฒนาเพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานและง่ายต่อการเรียนรู้และนำไปต่อยอดใช้กับงานยากๆ ได้โดยเราสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมสำหรับนำมาใช้งานที่ http://arduino.cc/en/main/Software แต่ผู้ใช้งานต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับภาษาซีบ้างพอสมควร เพื่อที่จะได้เข้าใจและเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3

อุปกรณ์ต้นแบบ

3.1 กล่าวนำ

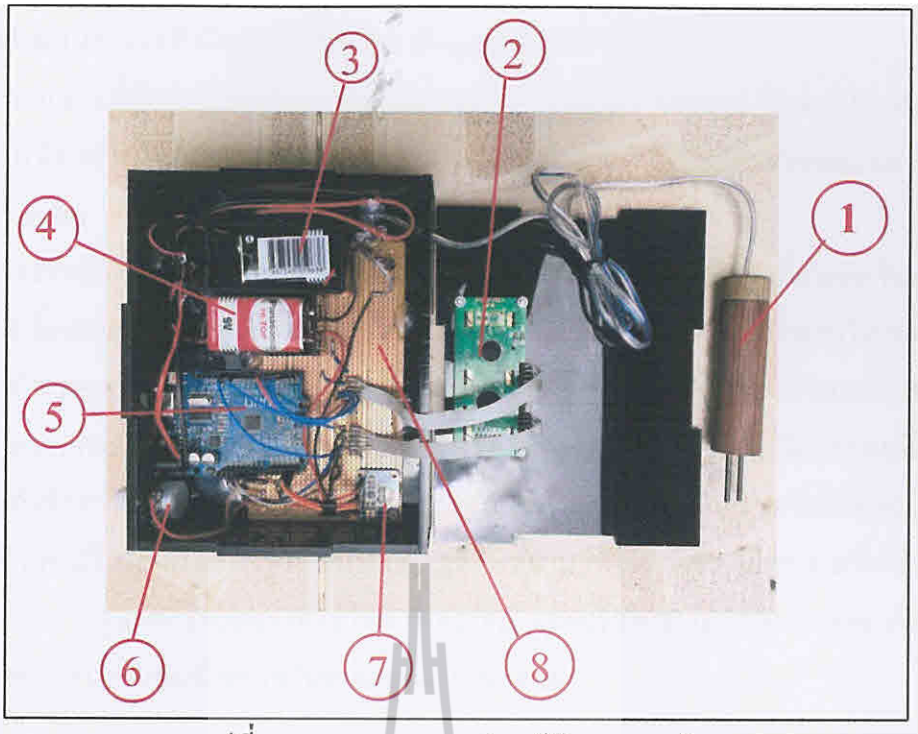
ในบทนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำเครื่องมือวัดความบริสุทธิ์ของน้ำ โดยจะอธิบายการทำงานของ Adafruit INA219 Current Sensor Breakout ที่ใช้ในการรับค่ากระแส การทำงานของบอร์ด Arduino Uno R3 และการเชื่อมต่อบอร์ด Arduino Uno R3 กับหน้าจอแสดงผล รวมไปถึงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมด และการเขียนโปรแกรมควบคุมบอร์ด Arduino Uno R3 โดยใช้ภาษาซีในการออกแบบโปรแกรมควบคุมระบบ

3.2 ภาพรวมของอุปกรณ์ต้นแบบ

ภาพรวมของอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความบริสุทธิ์ของน้ำ มีทั้งภาพแบบภายนอกและภายในและรวมไปถึงอธิบายการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบด้วย

รูปที่ 3.1 ภาพรวมของอุปกรณ์ต้นแบบภายนอก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.2 ภาพรวมของอุปกรณ์ต้นแบบภายใน

- **หมายเลข 1** โพรบ
- **หมายเลข 2** หน้าจอแสดงผล
- **หมายเลข 3** แบตเตอรี่ที่ใช้เลี้ยงบอร์ด Arduino Uno R3
- **หมายเลข 4** แบตเตอรี่เชื่อมต่อกับโพรบ
- **หมายเลข 5** บอร์ด Arduino Uno R3
- **หมายเลข 6** ตัวต้านทานปรับค่าได้ 10kΩ
- **หมายเลข 7** Adafruit INA219 Current Sensor Breakout
- **หมายเลข 8** แฝงไข่ปลา

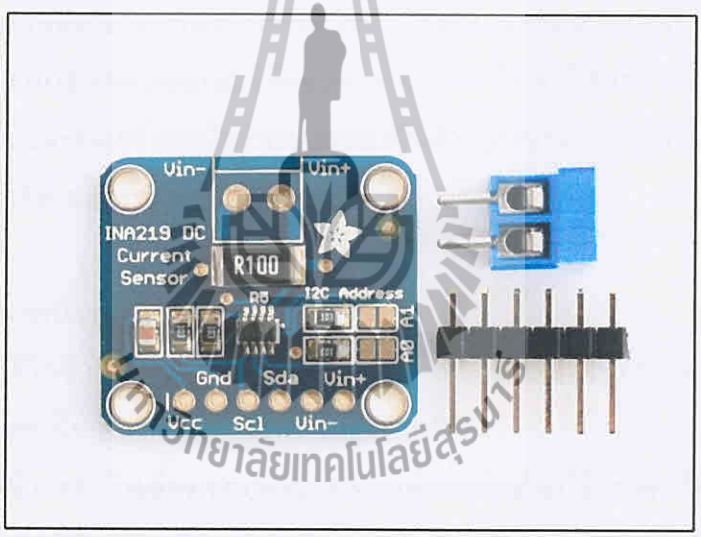
จากภาพที่ 3.1 และภาพที่ 3.2 สามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้ เมื่อน้ำโพรบไปจุ่มลงในน้ำที่ต้องการทราบค่าความบริสุทธิ์ของน้ำ ค่ากระแสที่ได้จากการวัดจะถูกรับโดยตัวเซนเซอร์ Adafruit INA219 Current Sensor Breakout จากนั้นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำค่ามาทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่ได้เขียนควบคุมไว้ และจะแสดงผลค่ากระแสที่ได้ผ่านหน้าจอแสดงผล ถ้าค่ากระแสที่วัดได้มีค่าน้อยใกล้ 0 มากเท่าไหร่ น้ำก็จะมีความบริสุทธิ์มากเท่านั้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3 Adafruit INA219 Current Sensor Breakout [13-14]

เซนเซอร์นี้ชื่อว่า โมดูลวัดกระแสตรง Adafruit INA219 Current Sensor Breakout เป็นเซนเซอร์ที่ทำหน้าที่รับค่ากระแสที่ได้จากโพรบก่อนที่บอร์ดจะนำไปประมวลผลแสดงออกทางหน้าจอแสดงผล

วงจรหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิดต้องใช้แรงดันไฟเลี้ยงในการทำงาน ในกรณีที่ใช้แรงดันไฟเลี้ยงกระแสตรง อุปกรณ์หรือวงจรแต่ละชนิดจะใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้าไม่เท่ากัน หรือแม้ว่าจะเป็นวงจรเดียวกัน ก็อาจมีระดับปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าไม่คงที่ในแต่ละช่วงเวลา นอกเหนือจากการใช้มัลติมิเตอร์แล้ว อุปกรณ์หรือโมดูลเซนเซอร์สำหรับวัดกระแสถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นถ้าต้องการจะวัดและบันทึกปริมาณกระแสไฟฟ้ากระแสตรงในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ต้องการทราบปริมาณกระแสไฟฟ้าแบบ DC ที่ไหลผ่านโหลดไฟฟ้า บทความนี้กล่าวถึงการทดลองใช้งานโมดูลวัดกระแสตรงที่ใช้ไอซี INA219B ของบริษัท Texas Instruments ดังรูปที่ 3.3 โดยโมดูลดังกล่าวเป็นสินค้าของบริษัท Adafruit Industries



รูปที่ 3.3 ภาพโมดูลวัดกระแสตรง Adafruit INA219 Current Sensor Breakout [20]

การวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า

การวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจรอิเล็กทรอนิกส์สามารถจำแนกได้หลายประเภท เช่น การวัดกระแสตรงหรือกระแสสลับ (DC หรือ AC) ถ้าเป็นกรณีที่วัดแบบกระแสตรง (DC Current) และใช้การวัดปริมาณกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน (Shunt Resistor) โดยวัดแรงดันตกคร่อมที่ตัวต้านทานดังกล่าว (Shunt Voltage) ก็สามารถจำแนกออกเป็นสองประเภทคือ การวัดแบบ High-Side(วัดกระแสจากแหล่งจ่ายก่อนไปผ่านโหลดไฟฟ้า) และการวัดแบบ Low-Side (วัดกระแสหลังจากผ่านโหลดไฟฟ้าแล้วไปยัง GND ของระบบ)

การวัดกระแสแบบ Low-Side ทำได้ง่าย โดยจะใช้ตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานต่ำและความคลาดเคลื่อนต่ำ (เช่น 1% หรือ 0.1%) เมื่อมีกระแสไหลผ่านตัวต้านทานไปยัง GND จะเกิดแรงดันตกคร่อม ถ้าวัดแรงดันที่ตัวต้านทานดังกล่าว โดยใช้วงจรอย่างเช่น ADC (Analog-to-Digital Converter) ภายในหรือภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ (หรืออาจจะมีการขยายแรงดันก็ป้อนให้ ADC) ก็จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้า และเมื่อนำไปหารด้วยค่าความต้านทาน ก็จะได้ปริมาณกระแสที่ไหลผ่านในขณะนั้น

การวัดกระแสแบบ High-Side ก็ใช้ตัวต้านทานเช่นกัน และวัดแรงดันตกคร่อมที่ตัวต้านทานดังกล่าว แต่การวัดความแตกต่างระหว่างแรงดันทั้งสองจุด จะต้องอาศัยวงจรที่ใช้ Differential Amplifier ข้อดีของการวัดแบบ High-Side คือ สามารถนำไปวัดปริมาณกระแสของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Current Consumption) โดยต่อ GND ของแหล่งจ่ายและของวงจรร่วมกันได้

ในปัจจุบันมีหลายบริษัทที่ผลิตไอซีเป็นวงจรรวมสำหรับการวัดกระแสแบบ High-Side และได้รวมวงจรขยายสัญญาณไว้ด้วย และมักมีอัตราขยาย (Gain) เช่น ในช่วง 50..500 ให้เอาต์พุตที่เป็นกระแส (Current Output) ซึ่งเวลาใช้งานต้องนำไปต่อกับตัวต้านทานลง GND แล้วจึงวัดแรงดันตกคร่อมที่ตัวต้านทานดังกล่าว หรือให้เอาต์พุตที่เป็นแรงดัน (Voltage Output) ไอซีบางตัวได้รวมวงจร ADC และสามารถเชื่อมต่อแบบดิจิตอลผ่านบัส I2C ได้ ทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และไอซี **INA219B** เป็นตัวอย่างของไอซีวัดกระแสตรงแบบ High-Side และให้ค่าเป็นดิจิตอลผ่านบัส I2C

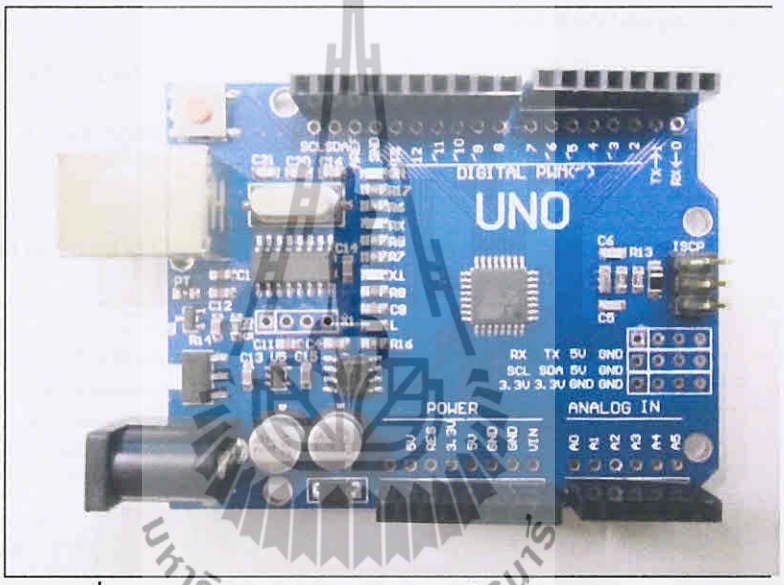
ข้อมูลเชิงเทคนิคของ INA219B

- ใช้ไอซี INA219B ของบริษัท Texas Instruments ในการวัดแรงดันและกระแส และเป็นการวัดกระแสแบบ "High-side"
- ใช้แรงดันไฟเลี้ยง VCC=3V..5.5V (ดังนั้นจึงเลือกใช้แรงดันไฟเลี้ยง +3.3V หรือ +5V ได้)
- ใช้ตัวต้านทาน 0.1 Ohm 1% 2W สำหรับการวัดกระแสที่ไหลผ่าน (current sense resistor) ก่อนไปยังโหลด
- ภายในมีวงจร ADC ขนาด 12 บิต (12-bit resolution ADC)
- เชื่อมต่อแบบ I2C ที่ใช้ 7-bit address = 0x40 (default) หรือเลือกหมายเลขที่อยู่อื่นได้แก่ 0x41, 0x44, 0x45 ซึ่งสามารถเลือกได้โดยใช้ต้องบัดกรีที่ solder jumpers A0 และ A1 แต่ถ้าไม่มีการบัดกรี จะได้ค่าบิต A0=A1=0 และได้หมายเลขที่อยู่เป็น 0x40)

- สามารถโปรแกรมให้วัดกระแสได้ในช่วงและความละเอียดที่แตกต่างกันได้ เช่น เลือกย่านการวัดกระแสได้ไม่เกิน 3.2A, 800mA หรือ 400mA ที่ความละเอียดต่ำสุด ±0.1mA (±100μA) เป็นต้น
- ใช้ช่วงแรงดันขาเข้าได้ (สูงสุด) 26 Vdc

3.4 Arduino Uno R3 [15-16]

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 ทำหน้าที่ในการประมวลผลค่าที่ได้มาจากโมดูลวัดกระแสตรง Adafruit INA219 Current Sensor Breakout และควบคุมการทำงานของหน้าจอแสดงผลอีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 [21]

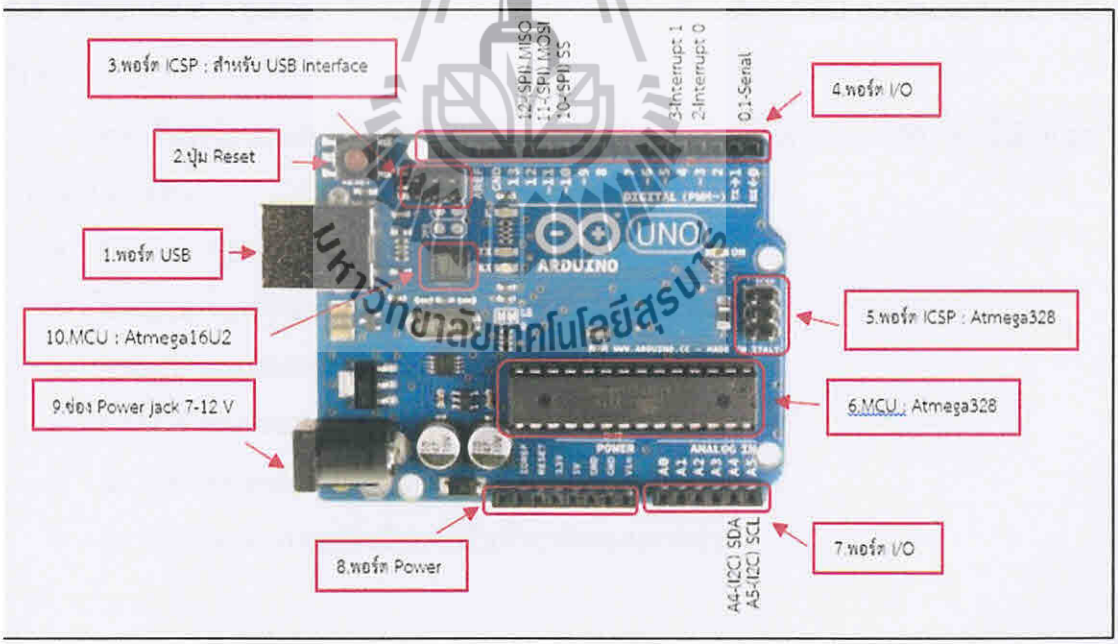
Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Sourceคือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด (ดูตัวอย่างรูปที่ 1) หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ (ดูตัวอย่างรูปที่ 2) เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

รายละเอียด Arduino UNO R3

ไมโครคอนโทรนเลอร์	ATmega328
แหล่งจ่ายไฟ	5V
ไฟเข้า(แนะนำ)	7-12V
ไฟเข้า (จำกัดไว้ที่)	6-20V
ขาดิจิตอล I/O	14 ขา (6 รองรับเอาต์พุตแบบ PWM
ขาอะนาล็อกอินพุต	6 ขา
กระแสไฟฟ้า DC ต่อขา I/O	40 mA
กระแสไฟฟ้าออก DC สำหรับขา 3.3V	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

การทำงานของขาต่างๆของ Arduino UNO R3



รูปที่ 3.5 ขาต่างๆของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 [22]

- **หมายเลข1 USBPort** ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
- **หมายเลข2 Reset Button** เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

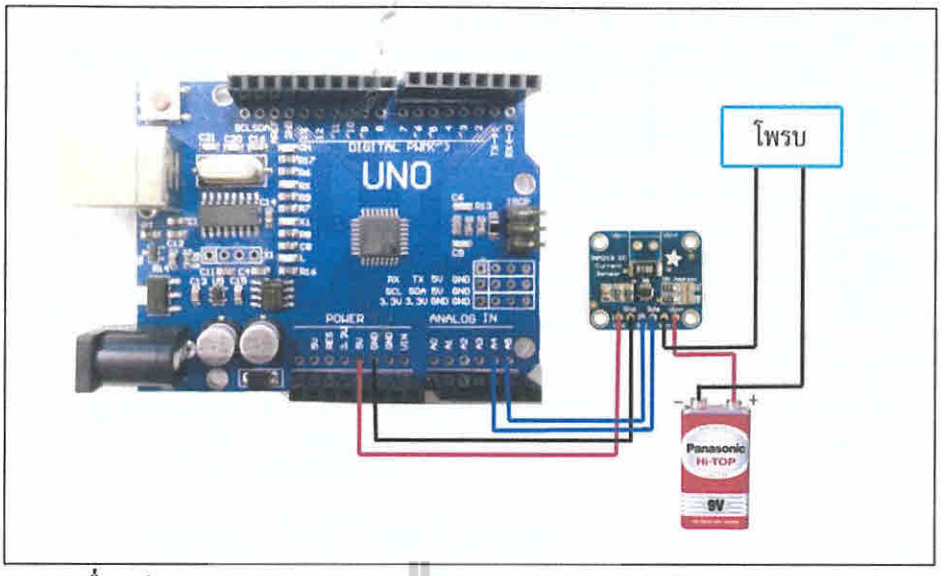
- **หมายเลข3 ICSP Port** ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2
- **หมายเลข4 I/OPort** Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
- **หมายเลข5 ICSP Port** Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
- **หมายเลข6 MCU** Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
- **หมายเลข7 I/OPort** นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5
- **หมายเลข8 Power Port** ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin
- **หมายเลข9 Power Jack** รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
- **หมายเลข10 MCU** ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่านAtmega16

3.5 การเชื่อมต่อ Adafruit INA219 Current Sensor Breakout กับ Arduino UNO R3 [17]

การเชื่อมต่อ Adafruit INA219 Current Sensor Breakout กับ Arduino UNO R3 มีลักษณะการเชื่อมต่อดังนี้

- ขา VCC ของเซนเซอร์ เชื่อมต่อกับขา 5V ของบอร์ด
- ขา GND ของเซนเซอร์ เชื่อมต่อกับขา GND ของบอร์ด
- ขา SCL ของเซนเซอร์ เชื่อมต่อกับขา A4 ของบอร์ด
- ขา SDA ของเซนเซอร์ เชื่อมต่อกับขา A5 ของบอร์ด
- ขา VIN- ของเซนเซอร์ เชื่อมต่อเข้ากับโพรบ
- ขา VIN+ ของเซนเซอร์ เชื่อมต่อกับขั้วบวกของแหล่งจ่าย

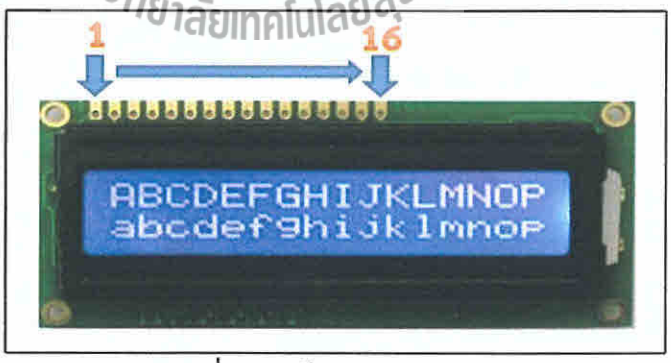
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อ Adafruit INA219 Current Sensor Breakout กับ Arduino UNO R3 [23]

3.6 หน้าจอแสดงผล [18]

หน้าจอแสดงผล หรือ Liquid Crystal Display (LCD) เป็นจอแสดงผลรูปแบบหนึ่งที่นิยมนำมาใช้งานกันกับระบบสมองกลฝังตัวอย่างแพร่หลาย จอแสดงผลมีทั้งแบบแสดงผลเป็นตัวอักขระเรียกว่า Character LCD ซึ่งมีการกำหนดตัวอักษรหรืออักขระที่สามารถแสดงผลไว้ได้อยู่แล้ว และแบบที่สามารถแสดงผลเป็นรูปภาพหรือสัญลักษณ์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน เรียกว่า Graphic LCD นอกจากนี้บางชนิดเป็นจอที่มีการผลิตขึ้นมาใช้เฉพาะงาน ทำให้มีรูปแบบและรูปร่างเฉพาะเจาะจงในการแสดงผล ซึ่งหน้าจอแสดงผลแบบ Parallel มี 16 ขา ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 หน้าจอแสดงผล [24]

โครงสร้างของหน้าจอแสดงผล ทั่วไปจะประกอบขึ้นด้วยแผ่นแก้ว 2 แผ่นประกบกันอยู่ โดยเว้นช่องว่างตรงกลางไว้ 6-10 ไมโครเมตร ผิวด้านในของแผ่นแก้วจะเคลือบด้วยตัวนำไฟฟ้าแบบใสเพื่อใช้แสดงตัวอักษร ตรงกลางระหว่างตัวนำไฟฟ้าแบบใสกับผลึกเหลวจะมีชั้นของสารที่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ทำให้โมเลกุลของผลึกรวมตัวกันในทิศทางที่แสงส่องมากระทบเรียกว่า Alignment Layer และผลึกเหลวที่ใช้โดยทั่วไปจะเป็นแบบ Magnetic โดยหน้าจอแสดงผลสามารถแสดงผลให้เรามองเห็นได้ทั้งหมด 3 แบบด้วยกันคือ

- แบบใช้การสะท้อนแสง (Reflective Mode) LCD แบบนี้ใช้สารประเภทโลหะเคลือบอยู่ที่แผ่นหลังของหน้าจอแสดงผล ซึ่งหน้าจอแสดงผลประเภทนี้เหมาะกับการนำมาใช้งานในที่ที่มีแสงสว่างเพียงพอ
- แบบใช้การส่งผ่าน (Transitive Mode) LCD แบบนี้วางหลอดไฟไว้ด้านหลังจอ เพื่อทำให้การอ่านค่าที่แสดงผลทำได้ชัดเจน
- แบบส่งผ่านและสะท้อน (Transflective Mode) LCD แบบนี้เป็นการนำเอาข้อดีของจอแสดงผล ทั้ง 2 แบบมารวมกัน

3.6.1 ส่วนประกอบและหน้าที่แต่ละขาของหน้าจอแสดง

จากตารางที่ 3.1 เป็นการแสดงส่วนประกอบและหน้าที่แต่ละขาของหน้าจอแสดงผล

No.	Symbol	Description
1	VSS/GND	Ground
2	VDD	+5VDC
3	VO/VEE	LCD Control สำหรับปรับความเข้มของตัวอักษร
4	RS	Register Select เป็นขาอินพุตสำหรับเลือกเขียนอ่านข้อมูลในรีจิสเตอร์
5	RW	Read/Write เป็นขาอินพุตสำหรับโหมดเขียนหรืออ่านข้อมูล
6	E/EN	Enable เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณ Pulse เมื่อต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูล
7	DB0	Data Pins 8-Bit
8	DB1	
9	DB2	
10	DB3	
11	DB4	
12	DB5	
13	DB6	
14	DB7	
15	A	(LED+) เป็นขา Vcc สำหรับ LED backlight (5V)
16	K	(LED-) เป็นขา Gnd สำหรับ LED backlight (Gnd)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.6.2 การควบคุมการแสดงผลของหน้าจอแสดงผล

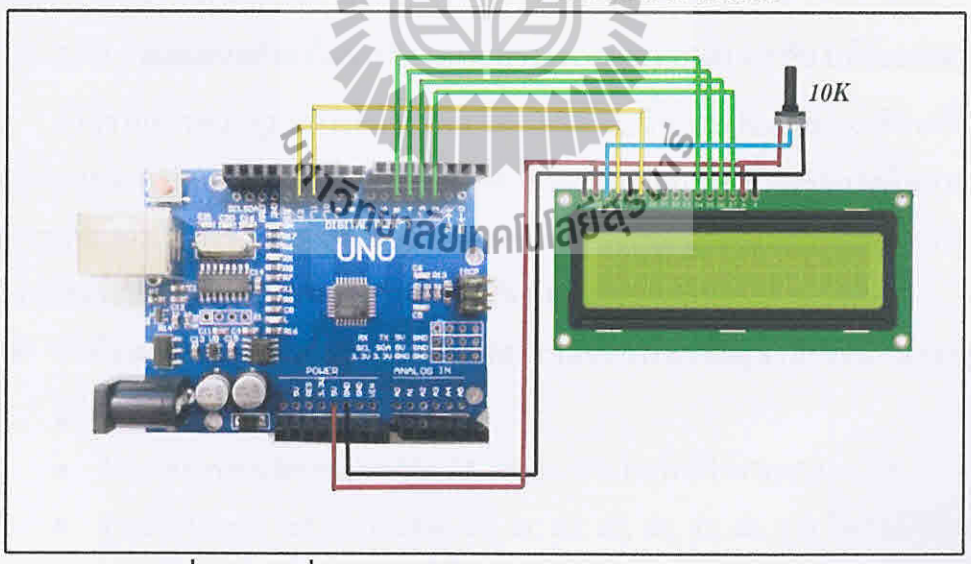
ในการควบคุมหรือสั่งงาน ตัวจอของหน้าจอแสดงผล นั้นมีส่วนควบคุม (Controller) รวมไว้ในตัวแล้ว ผู้ใช้สามารถส่งรหัสคำสั่งควบคุมการทำงานของหน้าจอแสดงผลผ่าน Controller ว่าต้องการใช้แสดงผลอย่างไร และขาในการเชื่อมต่อระหว่างหน้าจอแสดงผล กับ Microcontroller มีดังนี้

1. GND เป็นกราวด์ใช้ต่อระหว่าง Ground ของระบบ Microcontroller กับหน้าจอแสดงผล
2. VCC เป็นไฟเลี้ยงวงจรที่ป้อนให้กับ LCD ขนาด +5VDC
3. VO ใช้ปรับความสว่างของหน้าจอแสดงผล
4. RS ใช้บอกให้ LCD Controller ทราบว่า Code ที่ส่งมาทางขา Data เป็นคำสั่งหรือข้อมูล
5. R/W ใช้กำหนดว่าจะอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ LCD Controller
6. E เป็นขา Enable หรือ Chips Select เพื่อกำหนดการทำงานให้กับ LCD Controller

7-14. DB0-DB7 เป็นขาสัญญาณ Data ใช้สำหรับเขียนหรืออ่านข้อมูล/คำสั่ง กับ LCD Controller

3.7 การเชื่อมต่อ Arduino UNO R3 กับ หน้าจอแสดงผล [18]

การเชื่อมต่อ Arduino UNO R3 กับ หน้าจอแสดงผลนี้ เป็นการนำค่าการประมวลผลจากบอร์ดมาแสดงผลผ่านทางหน้าจอแสดงผล โดยมีการเชื่อมต่อดังภาพที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การเชื่อมต่อ Arduino UNO R3 กับ หน้าจอแสดงผล [25]

3.7.1 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Arduino UNO R3

ตารางที่ 3.2 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Arduino UNO R3

ตัวต้านทานปรับค่าได้ 10 kΩ	หน้าจอแสดงผล	Arduino UNO R3
GND	VSS/GND	Ground
VCC	VDD	+5VDC
Signal	VO/VEE	-
-	RS	Digital Pin 12
-	RW	Ground(เพราะเราต้องการเขียน)
-	E/EN	Digital Pin 11
-	DB4	Digital Pin 4
-	DB5	Digital Pin 5
-	DB6	Digital Pin 6
-	DB7	Digital Pin 7
-	A	+5VDC
-	K	Ground

3.7.2 รายละเอียดคำสั่งในการสั่งงานระหว่าง Arduino UNO R3 กับ หน้าจอแสดงผล

คำสั่งในการควบคุมหน้าจอแสดงผล ของ Arduino นั้น ทาง Arduino.cc เขียนเป็น Library มาให้เพื่อสะดวกในการนำไปใช้งาน หลังจากต่อสายเสร็จเรียบร้อย ขั้นตอนแรกในการเริ่มเขียนโปรแกรมคือการเรียกใช้ Library ของหน้าจอแสดงผล จากไฟล์ชื่อ LiquidCrystal.h หลังจากนั้นมาดูกันว่ามีฟังก์ชั่นที่สำคัญอะไรบ้างที่ใช้สั่งงานให้จอหน้าจอแสดงผล

- ฟังก์ชั่น LiquidCrystal(); ใช้ประกาศขาที่ต้องการส่งข้อมูลไปยังจอหน้าจอแสดงผล รูปแบบในการสั่งงานคือ
  - Liquid Crystal lcd (rs, enable, d4, d5, d6, d7) ในกรณีใช้งานแบบ 4 บิต
  - Liquid Crystal lcd (rs, enable, d0, d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7) ในกรณีใช้งานแบบ 8 บิตในบทความนี้ใช้แบบ 4 บิต คือ LiquidCrystal lcd(12, 11, 4, 5, 6, 7); ก็หมายถึงการเชื่อมต่อ RS ที่ขา 12 , Enable ที่ขา 11 , และ DB4-DB7 ที่ขา 4-7 ของ Arduino ตามลำดับ
- ฟังก์ชั่น begin(); ใช้กำหนดขนาดของจอ ในบทความนี้เราใช้ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด จึงประกาศเป็น lcd.begin(16, 2);

- ฟังก์ชั่น setCursor(); ใช้กำหนดตำแหน่งและบรรทัดของ Cursor เช่น lcd.setCursor(0, 1); คือ ให้เคอร์เซอร์ไปที่ตำแหน่งที่ 0 บรรทัดที่ 1 การนับตำแหน่งเริ่มจาก 0 ดังนั้น LCD 16x2 มีตำแหน่ง 0 – 15 บรรทัด คือ 0 กับ 1
- ฟังก์ชั่น print(); ใช้กำหนดข้อความที่ต้องการแสดง

3.8 หัววัด

หัววัดหรือโพรบ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการจุ่มลงไปในน้ำเพื่อวัดค่าความบริสุทธิ์ของน้ำ โดยลักษณะภายนอกของหัววัดมีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอก ทำมาจากไม้ซึ่งเป็นฉนวน มีขนาดความยาว 8.5 เซนติเมตร และมีรัศมีเท่ากับ 1.1 เซนติเมตร โดยทางผู้จัดทำได้ออกแบบให้หัววัดมีขนาดที่กะทัดรัดมากที่สุดเพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน และการเก็บรักษาอุปกรณ์ได้ง่ายขึ้น

ในส่วนที่เป็นแท่งทรงกลมทองแดง 2 แท่งที่ต่อออกมาจากไม้นั้น จะเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด เพราะจะเป็นส่วนที่จุ่งลงไปในน้ำเพื่อวัดความบริสุทธิ์ของน้ำ แท่งทองแดงนี้จะมีขนาดความยาว 2.5 เซนติเมตร และมีรัศมีเท่ากับ 1 มิลลิเมตร และมีระยะห่างของแท่งทองแดงทั้งสองเท่ากับ 1 เซนติเมตร ซึ่งในส่วนภายนอกที่เป็นไม้และส่วนแท่งทองแดงนั้นจะมีการเชื่อมต่อโดยตรงระหว่างสายไฟกับแท่งทองแดงทั้งสอง ดังรูปที่ 3.9

หลักการทำงาน

เมื่อเราจุ่มหัววัดลงไปในน้ำบริสุทธิ์ แท่งทองแดงแท่งหนึ่งจะเป็นตัวจ่ายแรงดันไฟฟ้าลงไปในน้ำบริสุทธิ์ โดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง จากนั้นน้ำจะแตกตัวให้ไอออนไปยังแท่งทองแดงอีกฝั่งหนึ่ง นั่นมายถึงเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าด้วย โดยการแตกตัวของน้ำบริสุทธิ์จะให้ไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนเป็นไปตามสมการ

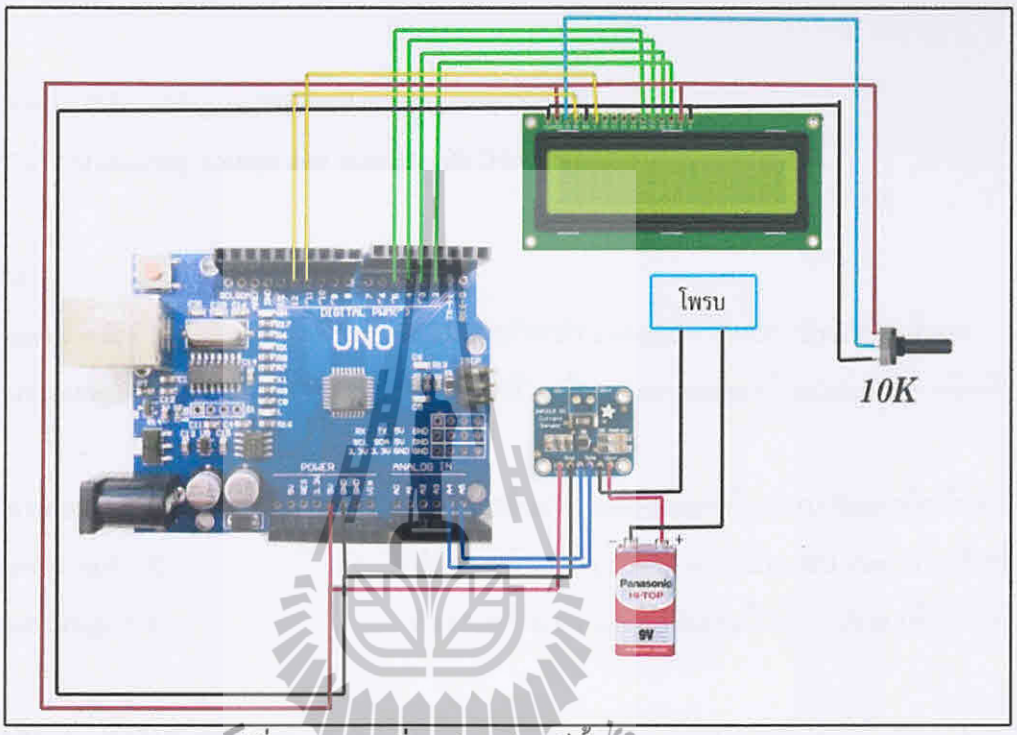
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

$$H_2O(l) + H2O(l) \rightleftharpoons H_3O+(aq) + OH-(aq)$$

รูปที่ 3.9 หัววัด

3.9 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมด

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะนำอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการทำเครื่องมือวัดความบริสุทธิ์ของน้ำ โดยการนำหน้าจอแสดงผล เซนเซอร์ Adafruit INA219 Current Sensor Breakout ตัวต้านทานปรับค่าได้ซึ่งใช้ในการปรับความสว่างของหน้าจอแสดงผล โพรบ บอร์ดArduino UNO R3 และแหล่งจ่าย มาต่อเข้าด้วยกัน โดยแสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมด [26]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.10 การเขียนโปรแกรมควบคุม

หัวข้อนี้เป็นการอธิบายโค้ดโปรแกรมควบคุมทั้งหมดของเครื่องมือวัดความบริสุทธิ์ของน้ำ

```
#include <Wire.h>                          //ประกาศLibrary
#include <Adafruit_INA219.h>               //ประกาศLibrary
#include <LiquidCrystal.h>                 //ประกาศLibrary

Adafruit_INA219 ina219;                    //กำหนดให้ Adafruit_INA219แทนด้วย ina219
```

```
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);          //กำหนดให้ Pins ของ LCD ที่ใช้ในการเชื่อมต่อ

void setup() {                                  //
Serial.begin(115200);                           /กำหนดให้ baud rate เริ่มต้นที่ 115200
lcd.begin(16, 2);                               //กำหนดขนาดของจอ columns และ rows
uint32_t currentFrequency ;                     //เริ่มต้นความถี่
ina219.begin();                                 //กำหนดให้เซนเซอร์เริ่มทำงาน

 Serial.println("Measuring voltage and current with INA219 ...");
//แสดงคำว่า “Measuring voltage and current with INA219 ... ” ใน serial monitor
}
void loop() {                                   //
 float average = 0;                             //ประกาศตัวแปร average เป็นแบบ float เพื่อเก็บค่า
 float shuntvoltage = 0;                        //ประกาศตัวแปร shuntvoltage เป็นแบบ float เพื่อเก็บค่า
 float busvoltage = 0;                          //ประกาศตัวแปร busvoltage เป็นแบบ float เพื่อเก็บค่า
 float current_mA = 0;                          //ประกาศตัวแปร current_mA เป็นแบบ float เพื่อเก็บค่า
 float loadvoltage = 0;                         //ประกาศตัวแปร loadvoltage เป็นแบบ float เพื่อเก็บค่า

 shuntvoltage = ina219.getShuntVoltage_mV();    //กำหนดให้ ina219.getShuntVoltage_mV() แทนด้วย shuntvoltage
 busvoltage = ina219.getBusVoltage_V();         //กำหนดให้ ina219.getBusVoltage_V() แทนด้วย busvoltage
 current_mA = ina219.getCurrent_mA();           // กำหนดให้ ina219.getCurrent_mA() แทนด้วย current_mA
 loadvoltage = busvoltage + (shuntvoltage / 1000);
 //นำค่า shuntvoltage /1000 แล้วบวกด้วย busvoltage แล้วเก็บไว้ที่ loadvoltage
 if(current_mA>0){                              // ถ้า current_mA>0 ให้

 Serial.print("Bus Voltage:   "); Serial.print(busvoltage); Serial.println(" V");
 //แสดง Bus Voltage: และ ค่าที่ได้จาก busvoltage และแสดง V
 Serial.print("Shunt Voltage: "); Serial.print(shuntvoltage); Serial.println(" mV");
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

```
//แสดง Shunt Voltage: และ ค่าที่ได้จาก shuntvoltage และแสดง mV
Serial.print("Load Voltage:  "); Serial.print(loadvoltage); Serial.println(" V");
//แสดง Load Voltage:  และ ค่าที่ได้จาก loadvoltage และแสดง V
Serial.print("Current:       "); Serial.print(current_mA); Serial.println(" mA");
//แสดง Current:  และ ค่าที่ได้จาก current_mA และแสดง mA
Serial.println("");                          //แสดงค่าที่ได้ทั้งหมดใน serial monitor

lcd.setCursor(0,0);                          //กำหนดตำแหน่ง Cursor ที่ตำแหน่ง 0,0
lcd.print("                ");               //ให้ LCD แสดงค่า
lcd.setCursor(0,0);                          //กำหนดตำแหน่ง Cursor ที่ตำแหน่ง 0,0
lcd.print(current_mA,2);                     //ให้ LCD แสดงค่าที่ได้จาก current_mA โดยให้
                                             มีทศนิยมสองตำแหน่ง
lcd.print(" mA");                            //ให้ LCD แสดงคำว่า " mA"
delay(2000);                                 //ค่าหน่วงเวลา 2 วินาที
lcd.setCursor(0, 1);                         //กำหนดตำแหน่ง Cursor ที่ตำแหน่ง 0,1


}
else{                                        //ถ้าไม่เข้าเงื่อนไขข้างบนให้ทำเงื่อนไขนี้เลย
lcd.setCursor(0,0);                          //กำหนดตำแหน่ง Cursor ที่ตำแหน่ง 0,0
lcd.print("                ");               //ให้ LCD แสดงค่า
lcd.setCursor(0,0);                          //กำหนดตำแหน่ง Cursor ที่ตำแหน่ง 0,0
lcd.print("0.00 mA");                        //ให้ LCD แสดงคำว่า " 0.00 mA "
delay(2000);                                 //กำหนดค่าหน่วงเวลา 2 วินาที
lcd.setCursor(0, 1);                         //กำหนดตำแหน่ง Cursor ที่ตำแหน่ง 0,1
 }
}
```

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.11 กล่าวสรุป

ชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ได้กล่าวถึงในบทนี้เป็นการทำเครื่องมือวัดความบริสุทธิ์ของน้ำที่สามารถนำไปใช้ได้จริง โดยส่วนสำคัญคือโมดูลวัดกระแสตรง Adafruit INA219 Current Sensor Breakout และการเขียนโปรแกรมควบคุมบอร์ดให้แสดงผลออกทางหน้าจอแสดงผล โดยการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบนั้น เริ่มจากการนำโพรบไปจุ่มน้ำที่ต้องการทราบค่าความบริสุทธิ์ของน้ำ จากนั้นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 จะรับค่าจากโมดูลวัดกระแสตรง Adafruit INA219 Current Sensor Breakout แล้วนำมาประมวลผลตามเงื่อนไขโปรแกรมควบคุมที่เขียนไว้ แล้วแสดงค่ากระแสที่วัดได้ผ่านหน้าจอแสดงผล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

จากการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานการนำไฟฟ้าของน้ำที่ได้กล่าวไปแล้ว ในบทนี้จะทำการทดลองเพื่อให้เห็นว่าเป็นไปตามทฤษฎีจริง รวมไปถึงทำการทดลองแต่ละขนาดของหน้าตัดและแรงดันเพื่อดูความสัมพันธ์ของการนำไฟฟ้า และนำอุปกรณ์ต้นแบบไปทำการทดลองเพื่อดูว่าอุปกรณ์ใช้งานได้ตามเป้าหมายหรือไม่

4.2 ผลการทดลอง

4.2.1 การทดลองที่ 1 การนำไฟฟ้าของน้ำ

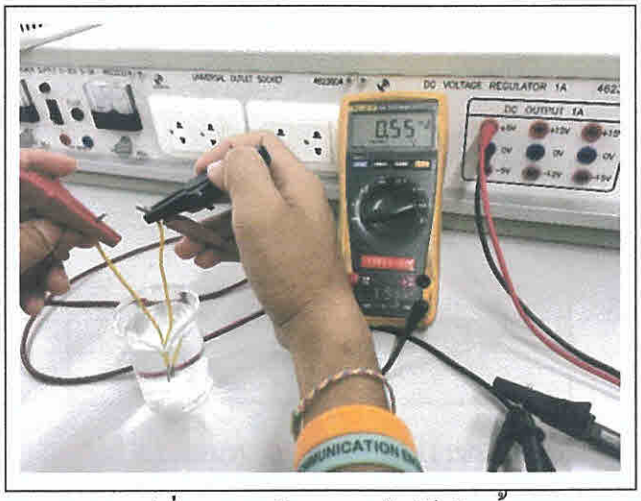
วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบว่าสามารถนำไฟฟ้าได้หรือไม่

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่ออุปกรณ์การทดลองดังรูปที่ 4.1
2. เทน้ำใส่ลงไปในบีกเกอร์
3. เปิดแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์
4. สังเกตค่ากระแสไฟฟ้าจากมัลติมิเตอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.1 การวัดกระแสไฟฟ้าในน้ำ

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากกการทดลองที่ 4.1 การนำไฟฟ้าของน้ำ ในการทดลองนี้เป็นการทดสอบการน้ำกระแสไฟฟ้าของน้ำเพื่อตรวจว่าน้ำนำกระแสไฟฟ้าได้หรือไม่ โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าลงไปในน้ำแล้ววัดค่ากระแสที่ผ่านออกมาจากน้ำดังรูปที่ 4.1

สรุปผลการทดลอง

จากกการทดลองที่ 4.1 การนำไฟฟ้าของน้ำ จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าสามารถผ่านน้ำได้ โดยน้ำเปรียบเสมือนตัวต้านทานตัวหนึ่งที่ทำหน้าที่ในการต้านการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้า

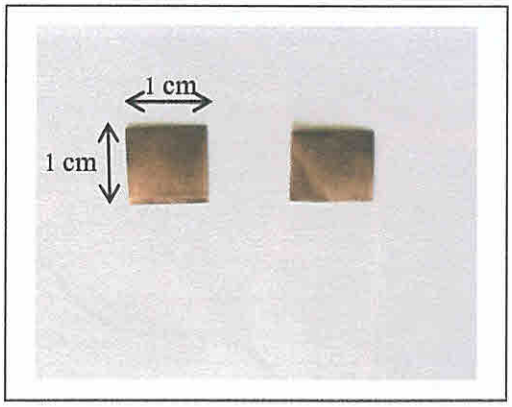
4.2.2 การทดลองที่ 2 การนำไฟฟ้าของน้ำผ่านหน้าตัดแต่ละขนาดและระยะห่างของหน้าตัด

วัตถุประสงค์

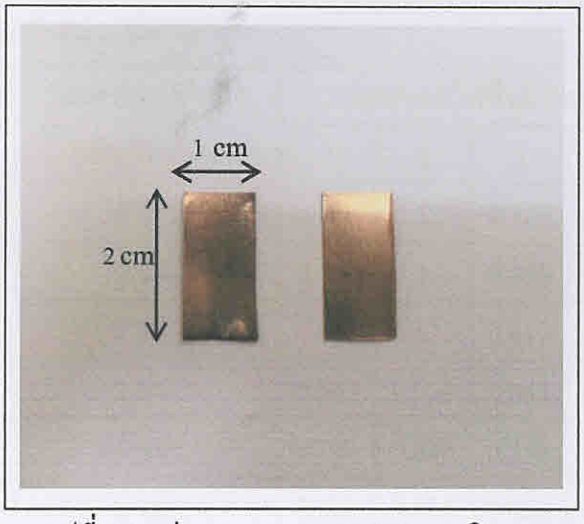
1. เพื่อศึกษากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านน้ำในแต่ขนาด

ขั้นตอนการทดลอง

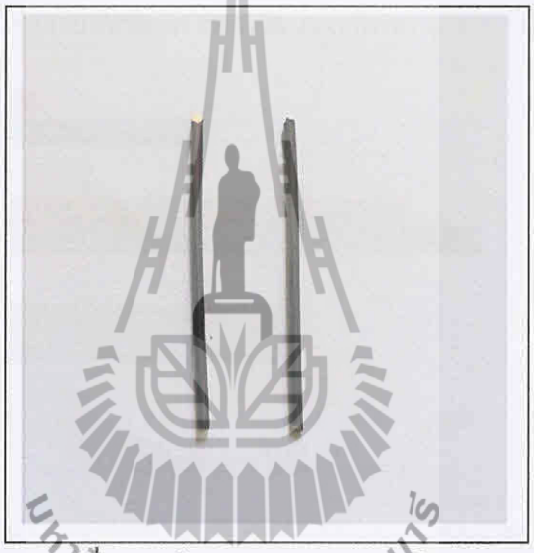
1. ตัดแผ่นทองแดงขนาด 1X1 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น ดังรูป 4.2
2. ตัดแผ่นทองแดงขนาด 1X2 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น ดังรูป 4.3
3. ตัดแท่งทองแดงยาว 5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง2 เซนติเมตร จำนวน 2 แท่งดังรูป 4.4
4. ต่ออุปกรณ์ ดังรูปที่ 4.5
5. บันทึกค่ากระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย 9 โวลต์ ในตารางที่ 4.1



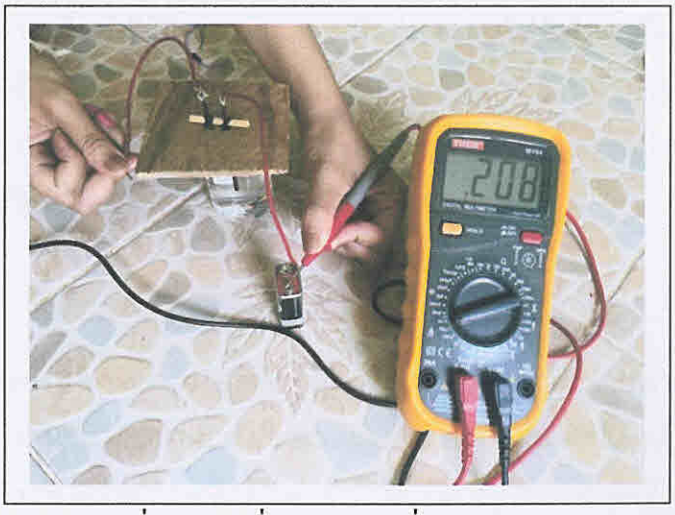
รูปที่ 4.2 แผ่นทองแดงขนาด 1X1 เซนติเมตร



รูปที่ 4.3 แผ่นทองแดงขนาด 1X2 เซนติเมตร



รูปที่ 4.4 แท่งทองแดงยาว 5 เซนติเมตร

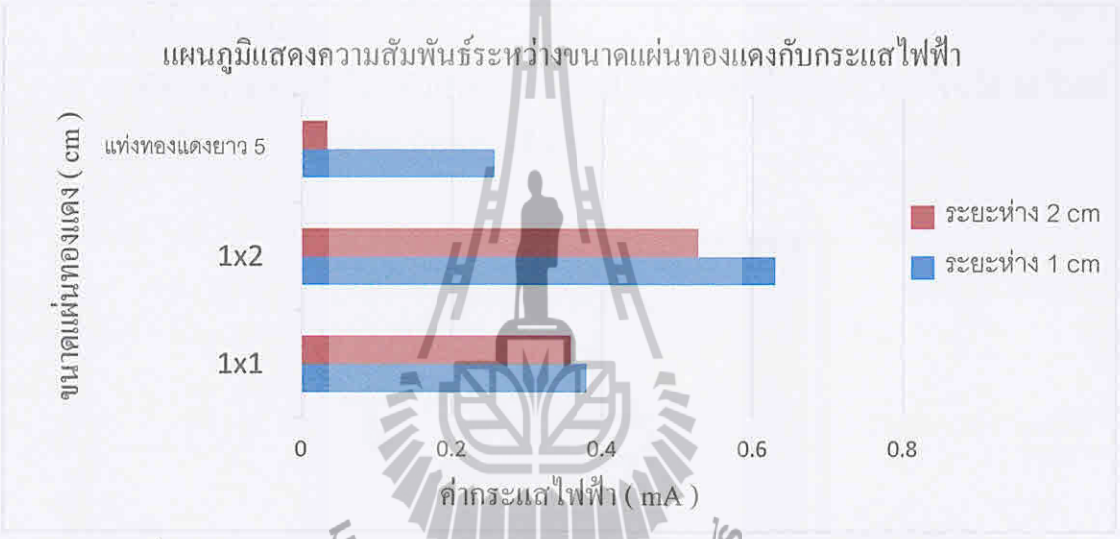


รูปที่ 4.5 การเชื่อมต่อวงจรเพื่อทดลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.1 ค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านน้ำ

ขนาดแผ่นทองแดง	ระยะห่างระหว่างแผ่นทองแดง	ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านในแต่ละครั้ง (mA)					
		1	2	3	4	5	เฉลี่ย
1X1 ซม.	1 ซม.	0.373	0.372	0.381	0.385	0.384	0.3792
1X1 ซม.	2 ซม.	0.359	0.358	0.358	0.357	0.360	0.3584
1X2 ซม.	1 ซม.	0.615	0.621	0.627	0.642	0.648	0.6306
1X2 ซม.	2 ซม.	0.563	0.406	0.545	0.476	0.524	0.528
แท่งทองแดงยาว 5 ซม.	1 ซม.	0.250	0.246	0.258	0.252	0.276	0.2564
แท่งทองแดงยาว 5 ซม.	2 ซม.	0.020	0.034	0.036	0.030	0.032	0.0304



รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นทองแดงกับกระแสไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.1 เป็นค่าที่ได้จากการทดลองวัดค่ากระแสไฟฟ้าในน้ำที่ผ่านหน้าตัดแต่ละขนาด โดยใช้แหล่งจ่ายที่มีขนาด 9 โวลต์ จะเห็นเมื่อเราใช้ขนาดหน้าตัดที่มีขนาดใหญ่ค่ากระแสที่วัดได้นั้นจะมีค่ามากกว่าเมื่อใช้ขนาดหน้าตัดที่มีขนาดเล็ก และระยะห่างระหว่างหน้าตัดมีผลต่อค่ากระแสที่ได้ ยิ่งระยะใกล้กันมากเท่าไหร่กระแสที่ได้ก็มากขึ้น

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งจ่ายและขนาดของหน้าตัดค่าที่วัดได้จะแปรผันตรงกับขนาดของหน้าตัด และระยะห่างระหว่างหน้าตัดยิ่งใกล้ค่ากระแสก็จะยิ่งมาก ซึ่งเราจะนำค่ากระแสที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการสร้างหัววัด สรุปคือหน้าตัดที่ใหญ่วัดค่ากระแสได้มาก และยิ่งหน้าตัดมีระยะใกล้ก็จะยิ่งวัดค่าได้มากยิ่งขึ้น แต่ในที่นี้เราจะเลือกใช้แท่งทองแดงใน

ระยะที่ใกล้กัน เพราะแท่งทองแดงนั้นมีขนาดกะทัดรัดมากกว่าแผ่นทองแดง ส่งผลให้การทำหัววัดนั้นมีขนาดกะทัดรัดไปด้วย

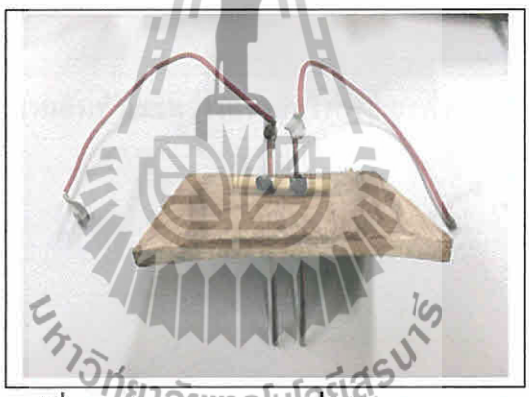
4.2.3 การทดลองที่ 3 ความสัมพันธ์ของค่าแรงดันไฟฟ้ากับการนำไฟฟ้าของน้ำ

วัตถุประสงค์

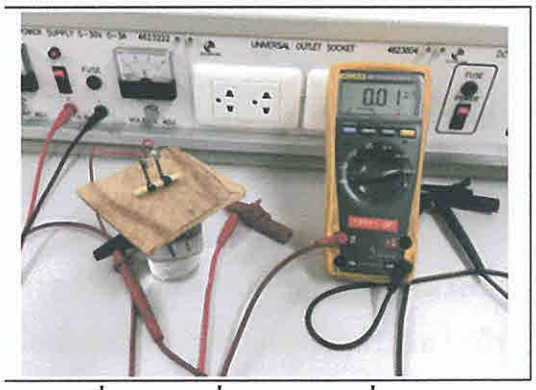
1.เพื่อดูว่าค่าแรงดันไฟฟ้าว่ามีผลต่อการนำไฟฟ้าของน้ำมากน้อยเพียงใด

ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมลวดทองแทงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ดังรูป 4.7
2. ต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 4.8
3. ใส่น้ำลงไปในบีกเกอร์
4. เปิดแหล่งจ่ายไฟให้แรงดันเริ่มต้นที่ 0 โวลต์ จากนั้นเพิ่มขึ้นทีละ 2 โวลต์จนถึง 16 โวลต์
5. บันทึกค่ากระแสไฟฟ้าลงในตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.7 เส้นลวดทองแดงที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 4.8 การเชื่อมต่อวงจรเพื่อทดลอง

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากับกระแสที่ผ่านน้ำ

แรงดันไฟฟ้า (V)	ค่ากระแสไฟฟ้า (mA)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0	0.01	0.02	0.01	0.013
2	0.05	0.05	0.04	0.014
4	0.15	0.17	0.15	0.15
6	0.36	0.35	0.37	0.36
8	0.51	0.51	0.53	0.517
10	0.71	0.73	0.70	0.71
12	0.89	0.90	0.91	0.90
14	1.03	1.02	1.04	1.03
16	1.15	1.20	1.14	1.16
18	1.16	1.23	1.18	1.19
20	1.30	1.35	1.40	1.35

รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้า

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากตารางที่ เป็นการดูค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านลวดทองแดงและค่ากระแสไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มแรงดันขึ้นไปเรื่อยๆ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อนำค่ามาพล็อตกราฟเพื่อดูความสัมพันธ์ดังรูปที่4.9 ก็พบว่ากราฟที่ได้มีลักษณะ เป็นกราฟเชิงเส้น

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่วัดได้มีลักษณะเป็นกราฟเชิงเส้น เมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นค่ากระแสที่ได้ก็จะเพิ่มขึ้น

4.2.4 การทดลองที่ 4 เช็คค่ากระแสไฟฟ้าในน้ำเพื่อดูค่าความบริสุทธิ์ของน้ำโดยอุปกรณ์ต้นแบบ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำอุปกรณ์ต้นแบบมาวัดค่าความบริสุทธิ์ของน้ำว่าสามารถใช้ได้ตามต้องการหรือไม่

ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมอุปกรณ์ดังภาพที่ 4.10 โดยกำหนดให้ บีกเกอร์ A เป็นบีกเกอร์ที่ใส่น้ำกลั่น ส่วนบีกเกอร์ B เป็นบีกเกอร์ที่ใส่น้ำดื่มชนิดหนึ่ง
2. ทำการวัดค่าความบริสุทธิ์ของน้ำกลั่น ดังภาพที่ 4.11
3. ทำการวัดค่าความบริสุทธิ์ของน้ำดื่มชนิดหนึ่ง ดังภาพที่ 4.12
4. บันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้ลงในตารางที่ 4.3

รูปที่ 4.10 อุปกรณ์ในการเช็คค่าความบริสุทธิ์ของน้ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 4.11 การทดลองวัดความบริสุทธิ์ของน้ำกลั่น

รูปที่ 4.12 การทดลองวัดความบริสุทธิ์ของน้ำดื่มชนิดหนึ่ง

ตารางที่ 4.3 ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองโดยอุปกรณ์ต้นแบบ

ครั้งที่	น้ำกลั่น (mA)	น้ำดื่มชนิดหนึ่ง (mA)
1	0.3	7.4
2	0.4	7.5
3	0.3	7.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองโดยอุปกรณ์ต้นแบบ (ต่อ)

ครั้งที่	น้ำกลั่น (mA)	น้ำดื่มชนิดหนึ่ง (mA)
4	0.4	7.5
5	0.4	7.7
6	0.2	7.4
7	0.3	7.3
8	0.4	7.1
9	0.4	7.3
10	0.4	7.4
เฉลี่ย	0.35	7.39

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นว่าอุปกรณ์ต้นแบบนั้นสามารถวัดค่าความบริสุทธิ์ของน้ำได้ตามต้องการและถูกต้อง และจากค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้บันทึกลงในตารางข้างต้นนั้นจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าในน้ำกลั่นนั้นมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าในน้ำดื่ม นั่นหมายความว่าน้ำกลั่นมีค่าความบริสุทธิ์มากกว่าน้ำดื่มอย่างเห็นได้ชัด โดยการทดลองทั้งหมดนี้บ่งบอกว่าเมื่อค่ากระแสที่วัดได้นั้นมีค่าน้อยใกล้ศูนย์มากยิ่งมีค่าความบริสุทธิ์มากนั่นเอง ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทำการวัดค่าความบริสุทธิ์ของน้ำโดยอุปกรณ์ต้นแบบ จะเห็นว่าค่ากระแสที่วัดได้จากน้ำกลั่นมีค่าน้อยกว่าค่ากระแสที่วัดได้จากน้ำดื่ม แสดงว่าน้ำกลั่นมีความบริสุทธิ์ของน้ำมากกว่าน้ำดื่ม

4.3 กล่าวสรุป

จากการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นนั้น สามารถสรุปได้ดังนี้ การทดลองที่หนึ่งสังเกตได้ว่าเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าในน้ำจริงตามทฤษฎี การทดลองที่สอง จะเห็นว่าค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จะแปรผันตรงกับขนาดของหน้าตัด และระยะห่างระหว่างหน้าตัดยิ่งใกล้ค่ากระแสก็จะยิ่งมาก การทดลองที่สามทำให้เราทราบ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่วัดได้มีลักษณะเป็นกราฟเชิงเส้น และการทดลองที่สี่พบว่าอุปกรณ์ต้นแบบของเราสามารถใช้งานได้จริง

บทที่ 5

ผลสรุปของโครงงาน

5.1 กล่าวนำ

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปของโครงงานเครื่องมือวัดความบริสุทธิ์ของน้ำ ซึ่งเนื้อหาในบทนี้จะแบ่งเป็นหัวข้อย่อยดังนี้ 5.1 กล่าวนำ 5.2 บทสรุปของโครงงาน 5.3 ปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหา และ 5.4 ข้อเสนอแนะ

5.2 บทสรุปของโครงงาน

โครงงานเครื่องมือวัดความบริสุทธิ์ของน้ำ มีส่วนประกอบหลักๆ ได้แก่ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 Adafruit INA219 Current Sensor Breakout และหน้าจอแสดงผล โดยโครงสร้างนี้สามารถสร้างอุปกรณ์ต้นแบบขึ้นมาใช้งานได้จริง ซึ่งสามารถวัดค่าความบริสุทธิ์ของน้ำได้อย่างถูกต้อง

5.3 ปัญหาที่พบในขณะดำเนินการ

1. เซนเซอร์ที่ใช้รับค่ากระแสไฟฟ้าสูงๆ ไม่ได้ จะทำให้เกิดการไหม้
2. ค่าที่ได้จากเซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าแกว่งขึ้นลงเล็กน้อย
3. เซนเซอร์อ่านค่ากระแสที่ต่ำมากไม่ได้

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. ใช้กระแสไฟฟ้าที่ไม่สูงเกินไป
2. ทำการเก็บค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าก่อนแล้วนำไปประมวลผล
3. เซนเซอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้ามีหลายแบบ ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับค่ารกระแสที่เราวัดได้ เพราะเซนเซอร์แต่ละแบบมีย่านการรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ต่างกัน ถ้าค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้ไม่อยู่ในย่านที่รับได้ เซนเซอร์จะอ่านค่ากระแสไฟฟ้าผิดพลาด

เอกสารอ้างอิง

[1] “สมบัติของน้ำ.” (2559). (ออนไลน์). แหล่งที่มา
http://www.lesa.biz/earth/hydrosphere/water-properties (7 กันยายน 2559)

[2] “สมบัติของน้ำ.” (2559). (ออนไลน์). แหล่งที่มา
http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter3/chapter3_water2.htm
(7 กันยายน 2559)

[3] “สารละลาย (Solusion).” (2559). (ออนไลน์). แหล่งที่มา
https://enchemcom2g.wordpress.com/solution/ (7 กันยายน 2559)

[4] การจัดการความรู้ การประปาส่วนภูมิภาค เขต 7. (2558).
“ความแตกต่างของน้ำบริสุทธิ์กับน้ำสะอาด.” (ออนไลน์). แหล่งที่มา
https://reg7.pwa.co.th/kmr7/?p=100 (7 กันยายน 2559)

[5] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ. (2548).
หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. องค์การค้าของคุรุสภา. กรุงเทพมหานคร.

[6] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2556).
หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม เคมีเล่ม ๓ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔-๖. กรุงเทพฯ. ศกสค.

[7] “เซนเซอร์(Sensor).” (2559). (ออนไลน์). แหล่งที่มา
http://www.stcontrol.com/th/index.php?option=com_content&view=article&id=297%3A
transducer-and-sensor&catid=34%3Aarticals&Itemid=92&lang=th (13 กันยายน 2559)

[8] “ตัวรับรู้.” (2559). (ออนไลน์). แหล่งที่มา
https://th.wikipedia.org/wiki/ตัวรับรู้ (13 กันยายน 2559)

[9] “ไมโครคอนโทรลเลอร์.” (2556). (ออนไลน์).
http://jumpstartiation.blogspot.com/2013/07/blog-post.html (13 กันยายน 2559)

[10] เอกชัย มะการ. เรียนรู้เข้าใจการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino
พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ:บริษัท อีทีที จำกัด, 2552.

[11] “วิธีการ Install Driver Arduino ลงบน Window.” (2556). (ออนไลน์). แหล่งที่มา
https://www.arduitronics.com/article/23/installing-driver-arduino-on-window
(13 กันยายน 2559)

[12] “รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino.” (2559). (ออนไลน์). แหล่งที่มา

http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/บทความ-arduino-คืออะไร-เริ่มต้นใช้งาน-arduino.html (17 กันยายน 2559)

[13] "การวัดกระแสตรงด้วยโมดูล INA219B Current Sensor ของบริษัท Adafruit." (2557). (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://cpre.kmutnb.ac.th/esl/learning/index.php?article=ina219b-current-sensor (17 กันยายน 2559)

[14] "Adafruit INA219 Current Sensor Breakout." (2558). (ออนไลน์). แหล่งที่มา https://learn.adafruit.com/assets/2452

[15] "บทความ Arduino คืออะไร." (2559). (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.myarduino.net/article/3/บทความ -arduino-คืออะไร-ตอนที่1-แนะนำ- arduino (17 กันยายน 2559)

[16] "รายละเอียด Arduino UNO R3." (2559). (ออนไลน์). แหล่งที่มา https://www.arduinoall.com/product/16/arduino-uno-r3-ราคา-300-บาท-พร้อมสาย-usb (17 กันยายน 2559)

[17] "INA219 High Side DC Current Sensor Breakout 26V 3.2A Max โมดูลวัดกระแสไฟฟ้าแบบ I2C." (2559). (ออนไลน์). แหล่งที่มา https://www.arduinoall.com/product/1226/ina219-high-side-dc-current-sensor-breakout-26v-3-2a-max-โมดูลวัดกระแสไฟฟ้าแบบ-i2c (17 กันยายน 2559)

[18] "ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ LCD Display." (2559). (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/การใช้งาน -character-lcd-display-กับ -arduino-ตอนที่1-รูปแบบการเชื่อมต่อแบบ-parallel.html (17 กันยายน 2559)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาวนนทวรรณ ชินเชิดวงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2537 ภูมิลำเนาอยู่ที่ 89 หมู่ 3 ตำบลลานสะแก อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

นายศราวุฒิ ยิ้มสงบ เกิดเมื่อวันที่ 19 ตุลาคม พ.ศ. 2537 ภูมิลำเนาอยู่ที่ 32 หมู่ 2 ตำบลดอนดู่ อำเภอหนองสองห้อง จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนอมตวิทยา อำเภอหนองสองห้อง จังหวัดขอนแก่น ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

นางสาวสะแกวัลย์ แจ้งไธสง เกิดเมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม พ.ศ. 2537 ภูมิลำเนาอยู่ที่ 123 หมู่ 4 ตำบลงิ้ว อำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนห้วยแถลงพิทยาคม อำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี