ระบบปั๊มน้ำอัจฉริยะ

โดย

นางสาวศิรดา	สมอหมอบ	รหัส	B5405695
นางสาวกชกร	พิมพาหุ	รหัส	B5418558
นายอิสระ	มาสิงห์	รหัส	B5424207

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา527499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุงพ.ศ. 2554
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2557

ระบบปั๊มน้ำอัจฉริยะ

คณะกรรมการตรวจสอบโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล)
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยาภรณ์ มีสวัสดิ์)
กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ธนเสฏฐ์ ทศดีกรพัฒน์)
กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับรายงานโครงงานฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม รายวิชา 527499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม ประจำปีการศึกษา 2557

โครงงาน	ระบบปั๊มน้ำอัจฉริยะ		
ผู้จัดทำ	1. นางสาวศิรดา	สมอหมอบ	รหัส B5405695
	2. นางสาวกชกร	พิมพาหุ	รหัส B5418558
	3. นายอิสระ	มาสิงห์	รหัส B5424207
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล		
สำนักวิชา	วิศวกรรมศาสตร์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม		
ภาคการศึกษา	1/2557		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการทำระบบปั๊มน้ำอัจฉริยะสำหรับใช้งานในบ้าน เพื่อการประหยัดพลังงาน โดยการนำเซนเซอร์วัดแรงดันน้ำมาวัดแรงดันน้ำภายในบ้านแล้วนำเอาต์พุตที่ได้ส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino จากนั้นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลว่าค่าที่ได้รับมานั้นมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้ ถ้าค่าที่ตั้งไว้มีค่าน้อยกว่า บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะสั่งให้ปั๊มน้ำทำงาน แต่ถ้าค่าที่ได้มีค่ามากกว่า บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะสั่งให้ปั๊มน้ำไม่ต้องทำงาน ซึ่งจะเป็นการช่วยประหยัดพลังงานภายในบ้าน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องระบบปั๊มน้ำอัจฉริยะ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากคณะผู้จัดทำโครงงานได้รับการแนะนำและการช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอดและขอบคุณบิดามารดาของคณะผู้จัดทำโครงงาน เพื่อนๆ พี่ๆ ที่คอยให้กำลังใจและเป็นที่ปรึกษาจนกระทั่งโครงงานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่ได้กล่าวถึงไปแล้ว ณ ที่นี้ สำหรับส่วนดีของโครงงานชิ้นนี้ขออุทิศให้แก่คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำโครงงาน หากโครงงานชิ้นนี้มีข้อผิดพลาดประการใดทางคณะผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้

นางสาวศิรดา สมอหมอบ
นางสาวกชกร พิมพาหุ
นายอิสระ มาสิงห์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำ	1
1.2 หลักการและเหตุผล	1
1.3 วัตถุประสงค์	2
1.4 ขอบเขตงาน	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ	2
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กล่าวนำ	4
2.2 ความดัน	4
2.3 ปั๊มน้ำ	9
2.4 โซลินอยด์วาล์ว	13
2.5 วงจรโซลิดสเตตรีเลย์	14
2.6 วาล์วกันกลับ	14
2.7 เซนเซอร์	16
2.8 พื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	16
2.8.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	16
2.8.2 รู้จักกับ Arduino	17
2.8.3 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE	17
2.8.4 พื้นฐานโปรแกรม Arduino IDE	22
2.8.5 เริ่มต้นใช้งาน Arduino IDE	24

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.9 กล่าวสรุป 27

บทที่ 3 อุปกรณ์ต้นแบบ

3.1 กล่าวนำ 29

3.2 ภาพรวมของอุปกรณ์ต้นแบบ 29

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

3.3 บอร์ด Interface 30

3.3.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-BASE AVR EASY32U4 30

3.3.2 บอร์ดการเชื่อมต่อ 35

3.3.3 วงจรโซลิดสเตตรีเลย์ 36

3.3.4 เบรกเกอร์ 37

3.3.5 เต้ารับ 38

3.4 โซลินอยด์วาล์ว 39

3.5 วาล์วกันกลับ 39

3.6 ปั๊มน้ำ 40

3.7 เกจวัดแรงดันน้ำ 41

3.8 เซนเซอร์วัดแรงดันน้ำ 41

3.9 การเขียนโปรแกรมควบคุม 43

3.10 กล่าวสรุป 46

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ 47

4.2 ผลการทดลอง 47

4.2.1 การทดลองที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำกับโวลต์ของเซนเซอร์ 47

4.2.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาพฤติกรรมการใช้น้ำภายในบ้าน 50

4.2.3 การทดลองที่ 3 การเช็คค่าแรงดันน้ำที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 51

4.2.4 การทดลองที่ 4 เปรียบเทียบค่าไฟฟ้าเมื่อใช้ปั๊มน้ำในระยะเวลาไม่เท่ากัน 54

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3 กล่าวสรุป 57

บทที่ 5 ผลสรุปของโครงงาน

5.1 กล่าวนำ 58

5.2 บทสรุปของโครงงาน 58

5.3 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหา 58

5.4 ข้อเสนอแนะ 59

5.5 กล่าวสรุป 59

เอกสารอ้างอิง 60

ประวัติผู้เขียน 62

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รายการ **หน้า**

รูปที่ 2.1 ความแตกต่างระหว่างของเหลวกับก๊าซ 4
รูปที่ 2.2 ลักษณะของความดันที่กระทำบนพื้นที่ 5
รูปที่ 2.3 การไหลภายในท่อที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ 7
รูปที่ 2.4 การไหลภายในท่อที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ และความสูงต่างกัน 8
รูปที่ 2.5 การทำงานของปั๊มน้ำแบบลูกสูบ 9
รูปที่ 2.6 การทำงานของปั๊มน้ำแบบใบพัด 10
รูปที่ 2.7ปั๊มมีถังแรงดันอากาศ 11
รูปที่ 2.8 ปั๊มแรงดันคงที่ 11
รูปที่ 2.9 ปั๊มหอยโข่ง 12
รูปที่ 2.10 ปั๊มจุ่มหรือปั๊มแช่ 12
รูปที่ 2.11 หลักการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว 13
รูปที่ 2.12 วงจรการต่อใช้งานแบบพื้นฐานของอาร์เมเจอร์รีเลย์ และโซลิดสเตตรีเลย์ 14
รูปที่ 2.13 การทำงานของวาล์วกันกลับ 15
รูปที่ 2.14 วาล์วกันกลับ 15
รูปที่ 2.15 หน้าเว็บที่ใช้ดาวน์โหลดโปรแกรม Arduino IDE 17
รูปที่ 2.16 การเลือกลิ้งดาวน์โหลดโปรแกรม 18
รูปที่ 2.17 การแตกไฟล์ที่ได้ดาวน์โหลดมา 18
รูปที่ 2.18การเลือก Device Manager 19
รูปที่ 2.19 หน้าของ Device Manager ที่บอกว่าไม่สามารถติดตั้งไดรฟ์เวอร์ของอุปกรณ์ 19
รูปที่ 2.20ขั้นตอนการอัปเดตไดรฟ์เวอร์ เพื่อที่จะไปหน้าที่หน้าต่างกันการอัปเดต 20
รูปที่ 2.21 หน้าต่างที่ให้เลือกลงไดรฟ์เวอร์ 20
รูปที่ 2.22 การเลือกแฟ้มไดรฟ์เวอร์ 21
รูปที่ 2.23 ติดตั้งไดรฟ์เวอร์ 21
รูปที่ 2.24 การติดตั้งสำเร็จ 22
รูปที่ 2.25 การเลือกชนิดของบอร์ดที่เราใช้งาน 24
รูปที่ 2.26 การเลือก serial port 25

รูปที่ 2.27 การเปิดตัวอย่างโปรแกรม 25
รูปที่ 2.28 การตรวจสอบและคอมไพล์โปรแกรม 26
รูปที่ 2.29 การอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด 26
รูปที่ 2.30 การอัปโหลดโปรแกรมสำเร็จ 27
รูปที่ 2.31 ทดสอบการใช้งาน 27

สารบัญรูป (ต่อ)

รายการ **หน้า**

รูปที่ 3.1 ภาพรวมของอุปกรณ์ต้นแบบ 29
รูปที่ 3.2 ภาพรวมของบอร์ด Interface 30
รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบของบอร์ด 31
รูปที่ 3.4 ตำแหน่งขา A0 – A5 31
รูปที่ 3.5 ตำแหน่งขา D8 – D13 32
รูปที่ 3.6 ตำแหน่งขาสัญญาณ RS232 33
รูปที่ 3.7 ตำแหน่งขา D0 – D7 33
รูปที่ 3.8 ตำแหน่งขา D14 – D17 34
รูปที่ 3.9 ตำแหน่งขา ICSP 34
รูปที่ 3.10 ภาพบอร์ดการเชื่อมต่อ 35
รูปที่ 3.11 ลายวงจรของบอร์ดการเชื่อมต่อ 35
รูปที่ 3.12 ภาพวงจรไฟฟ้า 36
รูปที่ 3.13 วงจรโซลิดสเตตรีเลย์ 37
รูปที่ 3.14 การใช้งาน 37
รูปที่ 3.15 เบรกเกอร์ 38
รูปที่ 3.16 เต้ารับ 38
รูปที่ 3.17 โซลินอยด์วาล์ว 39
รูปที่ 3.18 (ซ้าย) วาล์วกันกลับขนาด 1" (ขวา) วาล์วกันกลับขนาด 3/4" 40
รูปที่ 3.19 ปั๊มน้ำ 40
รูปที่ 3.20 เกจวัดแรงดัน 41
รูปที่ 3.21 เซนเซอร์วัดแรงดันน้ำ 42

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 4.1 การเชื่อมต่อเซนเซอร์กับมัลติมิเตอร์ 47
รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำและค่าโวลต์ 49
รูปที่ 4.3 ต่อน้ำประปาเข้าอุปกรณ์ต้นแบบ 51
รูปที่ 4.4 ผลการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว และปั๊มน้ำ 52

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

รายการ **หน้า**

ตารางที่ 3.1ตำแหน่งขาตามรูปแบบ Arduinoและ AVR 32
ตารางที่ 3.2 ตำแหน่งขาตามรูปแบบ Arduinoและ AVR 32
ตารางที่ 3.3 ตำแหน่งขาตามรูปแบบ Arduinoและ AVR 33
ตารางที่ 3.4 ตำแหน่งขาตามรูปแบบ Arduinoและ AVR 34
ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าแรงดันน้ำกับค่าโวลต์ของเซนเซอร์ 48
ตารางที่ 4.2 ระยะเวลาในการใช้น้ำในการทำกิจกรรมต่างๆ 50
ตารางที่ 4.3 การทำงานของอุปกรณ์เทียบกับแรงดันน้ำ 52
ตารางที่ 4.4 ค่าแรงดันน้ำแต่ละช่วงเวลา 54
ตารางที่ 5.1 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหา 58

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ในโลกปัจจุบันเทคโนโลยีถูกสร้างและพัฒนาขึ้นแทบทุกวินาทีเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์ ทั้งด้านการสื่อสาร การแพทย์ การคมนาคม ความบันเทิง และทุกๆอย่างควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์แทบทั้งสิ้น ซึ่งทั้งนี้พื้นฐานความรู้ของไมโครคอนโทรลเลอร์ถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่จะช่วยทำให้เกิดสิ่งเหล่านี้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ มาจากสองคำบวกกัน คือ ไมโคร กับ คอนโทรลเลอร์ ไมโคร แปลว่าเล็กๆ ส่วนคอนโทรลเลอร์แปลว่าระบบควบคุม ดั้งนั้น เมื่อสองคำนี้รวมเข้าด้วยกันก็แปลว่าระบบควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งเทียบได้กับระบบคอมพิวเตอร์หนึ่งชุด กล่าวคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวบรวมระบบประมวลผล CPU (Central Processing Unit) หน่วยความจำ (Memory) และพอร์ต (I/O Port) ไว้ในโมดูลเดียวกันซึ่งแตกต่างจากไมโครโปรเซสเซอร์ตรงที่ไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องต่ออุปกรณ์ หน่วยความจำและพอร์ตอินเตอร์เฟสข้างนอก เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ มีขนาดเล็กมีความยืดหยุ่นและความสามารถสูงจึงนิยมฝังไว้ในอุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรือ อิเล็กทรอนิคส์ เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์นั้นเช่น ทีวี เครื่องซักผ้า มือถือ รีโมท กล่อง ECU รถยนต์ เครื่องบิน หรือ แม้กระทั้ง บางส่วนของยานอวกาศ

1.2 หลักการและเหตุผล

เนื่องด้วยในปัจจุบันประชากรของประเทศเพิ่มมากขึ้นทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นจนใกล้จะหมดไปจากโลกและมีการรณรงค์เกี่ยวกับการประหยัดพลังงานเพื่อลดภาวะโลกร้อน ทางคณะผู้จัดทำได้ตระหนักถึงการใช้พลังงานอย่างประหยัดจึงได้จัดทำโครงงานนี้ขึ้นมา

เนื่องจากน้ำที่ส่งมาจากการประปาส่วนภูมิภาคมีแรงดันที่ค่อนข้างต่ำ ทำให้ไม่สามารถใช้น้ำในการทำกิจกรรมหลายๆ อย่างได้พร้อมกัน จึงทำให้บ้านเรือนส่วนใหญ่จะต้องติดตั้งปั๊มน้ำอัตโนมัติเอาไว้ภายในบ้านโดยปั๊มน้ำอัตโนมัติจะทำงานทุกครั้งที่เปิดน้ำจากภายในบ้านซึ่งทำให้เปลืองไฟและทำให้ค่าไฟเพิ่มมากขึ้น ซึ่งบางครั้งเราอาจไม่จำเป็นต้องใช้ปั๊มน้ำ เช่น การล้างมือ การแปรงฟัน

กดชักโครก ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ส่วนใหญ่ใช้เวลาเพียงสั้นๆ โดยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Leonado จะรับค่ามาจากเซนเซอร์วัดแรงดันน้ำแล้วนำค่าที่ได้ไปประมวลผลแล้วสั่งการให้ปั๊มน้ำหรือวาล์วไฟฟ้าทำงาน

1.3 วัตถุประสงค์

1. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาทฤษฎีต่างๆ มาประยุกต์และพัฒนาระบบปั๊มน้ำอัจฉริยะและโดยใช้ต้นทุนที่ไม่สูงมากนักและสามารถทำงานได้จริง
2. ประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟภายในบ้าน

1.4 ขอบเขตงาน

1. ศึกษาวิธีการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และโปรแกรมที่ใช้สั่งงาน
2. ศึกษาการเชื่อมโยงระหว่างเซนเซอร์ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ปั๊มน้ำ และวาล์วไฟฟ้า
3. ปั๊มน้ำและวาล์วไฟฟ้า สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ

1. ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล
2. เขียนโครงการและเสนอโครงการกับอาจารย์ที่ปรึกษา
3. ศึกษาเกี่ยวกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Leonado และเซนเซอร์วัดแรงดันน้ำ
4. ออกแบบการทำงานของระบบโดยรวมทั้งหมด
5. ซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการนี้
6. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Leonado
7. เชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งระบบเข้าด้วยกัน
8. จำลองการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบและทดสอบเพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์
9. สรุปผลการทดลองและเขียนรายงาน
10. นำเสนอโครงงาน

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้เกี่ยวกับโปรแกรม Arduino IDE และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกี่ยวข้องกับหัวข้อโครงงานได้
2. มีความรู้เกี่ยวกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกี่ยวข้องกับหัวข้อโครงงานได้
3. มีความรู้เกี่ยวกับเซนเซอร์ที่ใช้วัดแรงดันน้ำ
4. สามารถแก้ปัญหาจากการปฏิบัติงานจริง เช่น การแก้ปัญหาต่างๆ การทำงานเป็นทีม
5. สามารถสร้างระบบปั๊มน้ำอัจฉริยะที่ใช้ได้จริงและมีประสิทธิภาพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

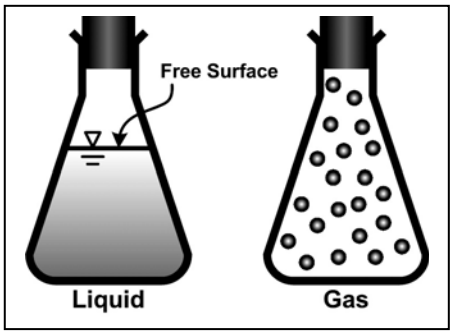
เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและมีประโยชน์กับการทำปั๊มน้ำอัจฉริยะ โดยเริ่มตั้งแต่การศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีของแรงดันน้ำ รวมไปถึงอุปกรณ์ที่ทำให้ระบบมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังได้กล่าวถึงพื้นฐานการเขียนโปรแกรม Arduino IDE และการติดตั้งโปรแกรมเองอีกด้วย

2.2 ความดัน[1]

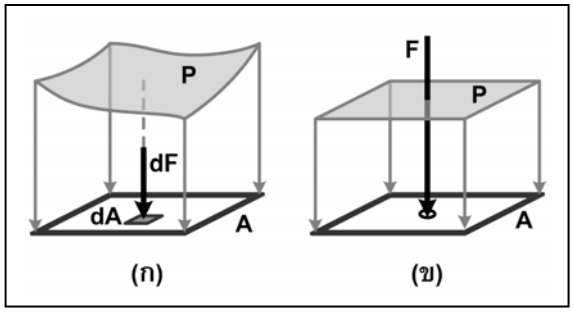
ของไหล คือ สารใดๆ ที่ไหลได้และเปลี่ยนแปลงรูปร่างตามภาชนะที่บรรจุ โดยของไหลสามารถคงรูปได้ 2 สถานะ คือ

ของเหลว มีรูปร่างที่ไม่แน่นอนและเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุ แต่จะมีขอบเขตแบ่งระหว่างตัวมันเองกับของไหลอื่นอย่างชัดเจน เรียกว่า “ผิวอิสระ” (Free surface) เช่น ถ้านำของเหลวนี้ตั้งไว้บนแกนโลก ของเหลวนั้นก็จะมี ผิวอิสระที่ใช้แบ่งระหว่างตัวมันเองกับอากาศ และผิวอิสระนั้นจะวางตัวในแนวราบเสมอ นอกจากนี้ของเหลวยังมีคุณสมบัติที่ยากต่อการบีบอัด ดังแสดงในรูปที่ 2.1

ก๊าซ มีรูปร่างไม่แน่นอนเปลี่ยนแปลงได้ตามภาชนะที่บรรจุ โดยมีลักษณะแพร่กระจายไปทั่วภาชนะไม่มีผิวอิสระและถูกบีบอัดได้ง่ายกว่าของเหลวเนื่องจากมีระยะห่างระหว่างโมเลกุลมากกว่าของเหลว ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ความแตกต่างระหว่างของเหลวกับก๊าซ



รูปที่ 2.2 ลักษณะของความดันที่กระทำบนพื้นที่

ความดัน หมายถึง แรงที่กระทำบนพื้นที่หนึ่งตารางหน่วยในแนวตั้งฉากกับพื้นที่นั้น หรือแรงดันในหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยในรูปที่ 2.2 (ก) dF คือแรงที่กระทำบนพื้นที่เล็กๆ dA จะสามารถหาความดันได้จากสมการที่ 2.1

$$P = \frac{dF}{dA} \qquad \text{---------- (2.1)}$$

แต่ถ้าความดันที่กระทำมีค่าสม่ำเสมอเท่ากันทั้งพื้นที่ A ดังรูปที่ 2.2 (ข) ความดันจะมีค่าเป็น

$$P = \frac{F}{A} \qquad \text{---------- (2.2)}$$

- การวัดความดันของของไหล มีมาตรฐานที่ใช้กันทั่ว ไปอยู่ 2 มาตรฐาน คือ

- ความดันสัมบูรณ์ (absolute pressure) คือความดันที่เปรียบเทียบกับความดันศูนย์สัมบูรณ์ (absolute zero pressure) หรือความดันที่เปรียบเทียบกับที่สุญญากาศ ดังนั้นความดันสัมบูรณ์จึงมีค่าเป็นบวกเสมอ

- ความดันเกจหรือความดันมาตร (gauge Pressure) คือความดันที่เปรียบเทียบกับ ความดันบรรยากาศ ณ จุดใดจุดหนึ่ง ซึ่งโดยทั่วไปจะเปรียบเทียบกันความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง (mean sea level : MSL) หรือกำหนดให้ความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง มีค่าเท่ากับ 0

- หน่วยของความดัน

เนื่องจากความดันคือแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ดังนั้นหน่วยของความดันจึงอยู่ในรูป หน่วยของแรง ต่อ หน่วยของพื้นที่ เช่น ในระบบ SI ความดันจะมีหน่วยเป็น นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) นอกจากนี้ความดันยังสามารถระบุได้ในอีกหลายลักษณะดังนี้

- ระบบ SI หน่วยของความดันคือ ปาสคาล (Pa) ซึ่งมีค่าเท่ากับ นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) เมตรของน้ำ หรือมิลลิเมตรปรอท (m of water ; mm.Hg)
  บาร์ (bar) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10^5 นิวตันต่อตารางเมตร (10^5 N/m^2)
- ระบบ BG หน่วยของความดันคือ ปอนด์ / ตารางนิ้ว (psi = lb / in^2)
  ฟุตของน้ำ หรือ นิ้วของปรอท (ft of water ; in.Hg)

ส่วนหน่วย atm มาจากคำว่าหน่วยความดันบรรยากาศมาตรฐาน (standard atmospheric pressure) คือหน่วยที่มีช่วงกว้างเท่ากับค่าเฉลี่ยของความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ดังนั้นที่ระดับน้ำทะเลปานกลางจึงมีความดันเท่ากับ 1 atm (1.013x105 N/m^2)

1 atm = $1.013x10^5$ N /m^2 (Pa) = 14.7 lb / in^2 (psi)
= 1.013 bar (1 bar = 10^5 Pa)
= 760 mm.Hg = 29.9 in. Hg
= 10.33 m of Water = 33.9 ft of Water

- ความดันในของไหลที่อยู่นิ่ง

  ของไหลที่อยู่นิ่งจะมีคุณสมบัติเกี่ยวกับความดันที่เราต้องทำความเข้าใจดังนี้

  - แรงดันจะตั้งฉากกับพื้นที่ผิว โดยของไหลที่บรรจุอยู่ในภาชนะจะออกแรงดันต่อผนังภาชนะที่สัมผัสกับของไหลในทุกทิศทาง และจะตั้งฉากกับผนังภาชนะเสมอ
  - ที่จุดใดๆ ความดันของของไหลจะมีขนาดเท่ากันในทุกทิศทาง ซึ่งเราเรียกหลักการนี้ว่า กฎของปาสคาล (Pascal' law) ความดันนี้เรียกว่า static pressure
  - ของเหลวชนิดเดียวกันความดันของของเหลวจะเพิ่มขึ้นตามความลึกและที่ระดับความลึกเดียวกันความดันของของเหลวจะเท่ากัน

- ของไหลในอุดมคติ

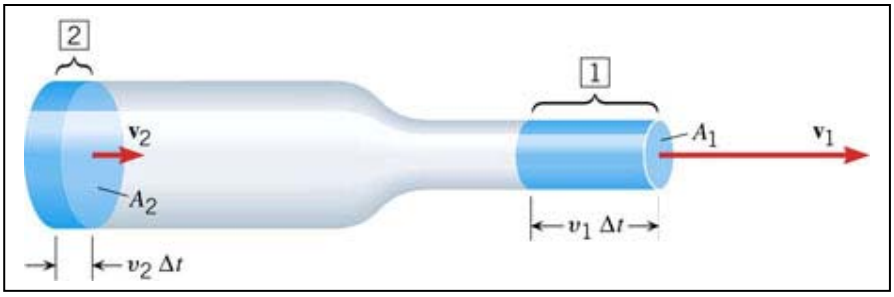
  คุณสมบัติของไหลอุดมคติมี ดังนี้

1. มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ (Steady Flow) หมายถึง ความเร็วของทุกอนุภาค ณ ตำแหน่งบนพื้นที่หน้าตัดเดียวกันในของไหลมีค่าคงตัว

2. เป็นการไหลโดยไม่หมุน (Irrotational flow) คือ ในบริเวณโดยรอบจุดหนึ่งๆ ในของไหลจะไม่มีอนุภาคของของไหลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเชิงมุมรอบจุดนั้นๆ เลย

3. เป็นการไหลที่ไม่มีแรงต้านเนื่องจากความหนืด (Nonviscous flow) คือ ไม่มีแรงต้านใดๆ ภายในเนื้อของไหลมากระทำต่ออนุภาคของไหล

4. ไม่สามารถอัดได้ (Incompressible flow) ในทุกๆส่วนของของไหลมีความหนาแน่นคงตัว



รูปที่ 2.3 การไหลภายในท่อที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ[2]

- พลศาสตร์ของของไหล[3]

พลศาสตร์ของของไหลเป็นการศึกษาของไหลที่มีการเคลื่อนที่โดยสมมติให้ของไหลเป็นของไหลอุดมคติ พฤติกรรมของของไหลอุดมคติอธิบายได้ด้วย สมการความต่อเนื่อง (the equation of continuity) สมการของแบร์นูลลี (Bernoulli's equation) และหลักการของร์นูลลี (Bernoulli's principle)

สมการความต่อเนื่อง (The equation of continuity) เป็นสมการที่ใช้ศึกษาการไหลของของไหลภายในท่อที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอไหลจากปลาย [2] ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A2 ไปยังปลาย [1] ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A1 ดังรูปที่ 2.3 เนื่องจากของไหลไม่สามารถไหลผ่านผนังท่อและไม่มีการสร้างหรือทำลายของไหลในท่อ ดังนั้นมวลของของไหลที่ผ่านแต่ละส่วนของท่อการไหลในเวลาเดียวกันจึงมีค่าเท่ากัน คือ

$$\Delta m_1 = \Delta m_2 \qquad \text{---------- (2.3)\#}$$

$$\rho_1 A_1 v_1 \Delta t = \rho_2 A_2 v_2 \Delta t \qquad \text{---------- (2.4)}$$

เนื่องจากของไหลอุดมคติไม่สามารถอัดได้ดังนั้นความหนาแน่นจึงคงตัว $\rho_1 = \rho_2$

จะได้ $A_1 v_1 = A_2 v_2$ ---------- (2.5)

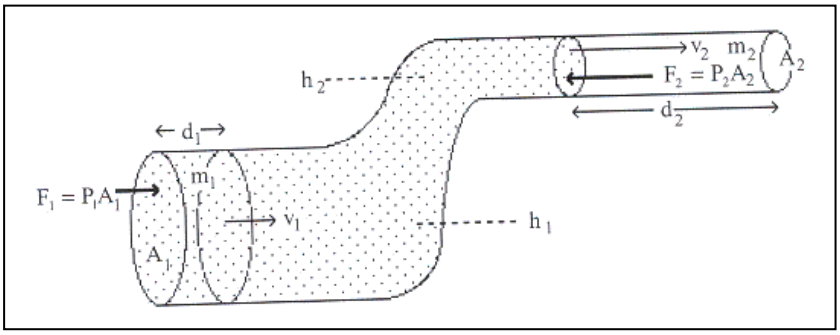
นั่นคือ Av = ค่าคงตัว ---------- (2.6)

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล

A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อที่ตั้งฉากกับสายกระแส

v คือ ความเร็วของของไหล

ผลคูณ Av เรียกว่า อัตราการไหล (volume flow rateหรือ volume flux) มีหน่วยคือลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และจากสมการที่ 2.6 จะเห็นได้ว่าอัตราเร็วของการไหลจะแปรผกผันกับพื้นที่หน้าตัดของหลอดการไหล คือ ถ้าพื้นที่หน้าตัดเล็กอัตราเร็วจะมาก ถ้าพื้นที่หน้าตัดใหญ่อัตราเร็วจะน้อย และสามารถสรุปสมการความต่อเนื่องได้ว่า ผลคูณระหว่างพื้นที่หน้าตัดกับอัตราเร็วของของไหลอุดมคติ ไม่ว่าจะอยู่ที่ตำแหน่งใดในหลอดจะมีค่าคงตัวเสมอ



รูปที่ 2.4 การไหลภายในท่อที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอและความสูงต่างกัน[4]

สมการของแบร์นูลลี (Bernoulli's equation) กล่าวว่า ผลรวมของความดัน พลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร และพลังงานศักย์โน้มถ่วงต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ณ ตำแหน่งใดๆ ภายในท่อที่ของไหลผ่าน มีค่าคงตัวเสมอ

จากรูปที่ 2.4 แรงดันที่ท่อด้านล่าง แรงดันที่ท่อด้านบน และแรงโน้มถ่วง แรงทั้งหมดจะทำให้เกิดงานเนื่องจากของไหล จากทฤษฎีของงาน – พลังงาน งานทั้งหมดที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของของไหลส่วนเล็ก ๆ ที่พิจารณา จะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของมวลที่เคลื่อนที่

$$F_1 d_1 - F_2 d_2 - mg(h_2 - h_1) = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \quad \text{------- (2.7)}$$

จากนิยามของความดันและความหนาแน่น

$$P_1 A_1 d_1 - P_2 A_2 d_2 - \rho A_1 d_1 g(h_2 - h_1) = \frac{1}{2}\rho A_1 d_1 v_2^2 - \frac{1}{2}\rho A_2 d_2 v_1^2 \quad \text{------- (2.8)}$$

เมื่อปริมาตรของไหลส่วนที่เคลื่อนที่ในท่อล่างกับท่อบนมีค่าเท่ากัน

$$P_1 - P_2 - \rho g(h_2 - h_1) = \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2 \quad \text{------- (2.9)}$$

$$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \quad \text{----- (2.10)}$$

สมการที่ได้เรียกว่าสมการแบร์นูลลี นั่นคือ

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = \text{ค่าคงที่} \quad \text{----- (2.11)}$$

เมื่อ P คือ ความดัน

ρ คือ ความหนาแน่น

v คือ อัตราเร็ว

h คือ ความสูง

จากสมการของแบร์นูลลี จะเห็นได้ว่าถ้าระดับความสูงคงตัว เมื่อของไหลมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น ทำให้ความดันของของไหลลดลง และเมื่อของไหลมีอัตราเร็วลดลง จะทำให้ความดันของของไหลเพิ่มขึ้น ข้อสรุปนี้เรียกว่า หลักของแบร์นูลลี (Bernoulli's principle)

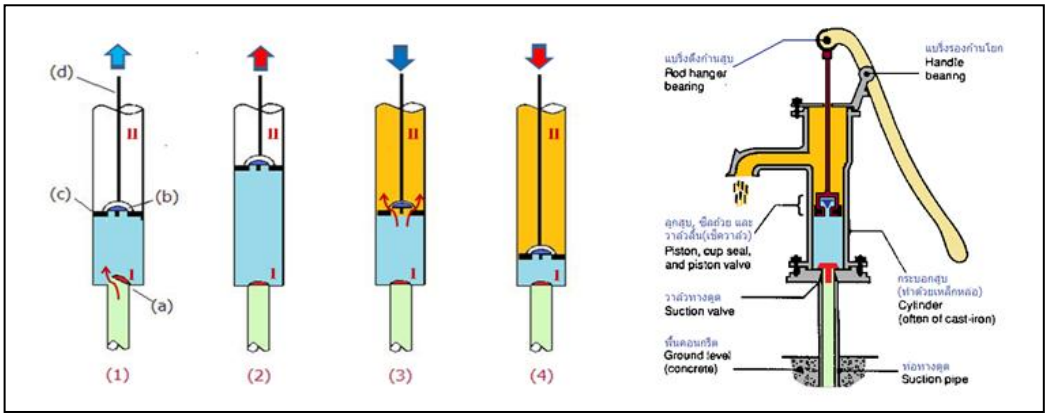
2.3 ปั๊มน้ำ[5]

ปั๊มน้ำ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มแรงดันของน้ำ ทำให้แรงดันน้ำคงที่และส่งน้ำจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเป็นที่นิยมทั้งในที่พักอาศัยและอุตสาหกรรมรวมถึงการเกษตร หรือในบางพื้นที่ที่ต้องสูบน้ำจากใต้ดินขึ้นมาใช้

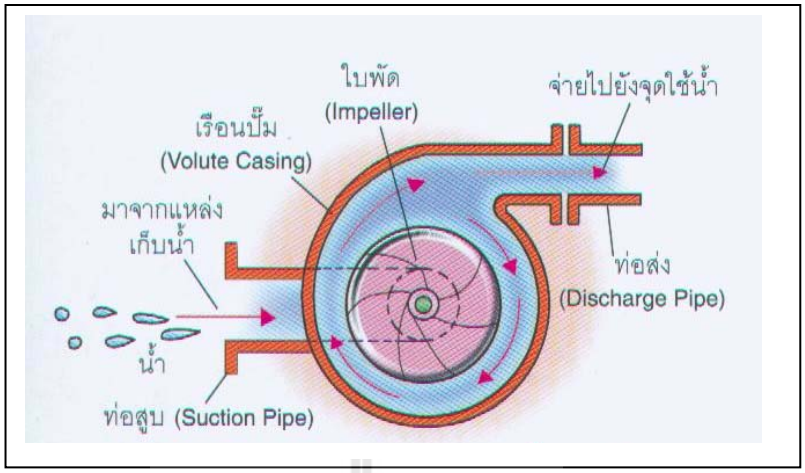
ประเภทของปั้มน้ำมีทั้งแบบที่เป็นมอเตอร์ (ไฟฟ้า) และแบบที่ใช้เครื่องยนต์ (น้ำมัน) ปั๊มน้ำที่ใช้ในบ้านส่วนใหญ่จะเป็นแบบมอเตอร์ (ไฟฟ้า) ส่วนที่เป็นแบบเครื่องยนต์ (น้ำมัน) มักจะใช้ในงานอุตสาหกรรม ซึ่งเราจะพูดถึงแบบที่เป็นมอเตอร์ (ไฟฟ้า) เป็นหลักและปั้มแบบมอเตอร์ (ไฟฟ้า) เองยังแบ่งเป็นอีก 2 ประเภท คือ

2.3.1. ปั๊มน้ำแบบลูกสูบ[6]

คือทำงานด้วยการชักลูกสูบเลื่อนไป-มา มีวาล์วเปิด-ปิดน้ำเข้า-ออก จะให้แรงดันน้ำที่สูง แต่ปริมาณการจ่ายน้ำน้อย มีการสึกหรอมาก เช่น ปั๊มน้ำบาดาล (ที่ใช้แขนโยก) ภายในปั๊มชนิดนี้จะมีลูกสูบที่เคลื่อนที่ไปมาภายในกระบอกมีเช็ควาล์ว (วาล์วกันกลับ) 2 ตัว (ตัวล่าง (a) และตัวบน (b)) โดยวาล์วทั้งสองช่วยให้น้ำไหลผ่านในทิศทางเดียวเท่านั้น ลักษณะการทำงานตาม (1) เมื่อเราโยกแขนปั๊ม (Handle) ลง ก้านลูกสูบ (d) จะถูกดึงขึ้น ห้อง [I] ที่อยู่ใต้ลูกสูบ [c] จะมีแรงดันต่ำกว่าบรรยากาศ เกิดแรงดูดทำให้ความดันบรรยากาศภายนอกผลักดันน้ำขึ้นผ่านเช็ควาล์วตัวล่าง (a) เติมน้ำในห้อง [I] ที่มีปริมาตรเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งลูกสูบขึ้นไปถึงจุดสูงสุดตาม (2) เมื่อปล่อยก้านโยก เช็ควาล์ว (a) จะปิด เราจะได้ปริมาณน้ำสูงสุดที่ขังอยู่ จาก (3) ถ้าเรายกคันโยกขึ้น ลูกสูบ (c) จะถูกกดลง น้ำจากห้อง [I] จะดันให้เช็ควาล์วตัวบน (b) เปิดออก น้ำจะถูกถ่ายเทออกจากห้อง [I] ไปยังห้อง [II] ที่เหนือลูกสูบ จาก (4) เมื่อลูกสูบ (c) อยู่ในตำแหน่งต่ำสุด น้ำขณะนี้ส่วนใหญ่อยู่ในห้อง [II] เกือบทั้งหมด ปั๊มลักษณะนี้ทำงานแบบจังหวะเดียวและสามารถที่จะยกระดับน้ำจากความลึกได้สูงสุดประมาณ 7 เมตรเท่านั้น ดังภาพการทำงานในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การทำงานของปั๊มน้ำแบบลูกสูบ



รูปที่ 2.6 การทำงานของปั๊มน้ำแบบใบพัด

2.3.2. ปั๊มน้ำแบบใบพัด[7]

ปั๊มชนิดนี้ภายในเรือนปั๊ม (volute casing) จะมีใบพัด (impeller) ทำหน้าที่สร้างความดันจากการหมุนที่ความเร็วรอบสูงและแรงดันทำให้น้ำไหลไปตามท่อที่ต่อไว้ได้ ดังรูปที่ 2.6 นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมและตามที่อยู่อาศัยทั่วไป เพราะการไหลของน้ำจะต่อเนื่องสม่ำเสมอ

ปั๊มแบบใบพัดนั้นมีชื่อเรียกต่างกันตามรูปร่างและการใช้งาน เช่น ปั๊มบ้าน ปั๊มหอยโข่ง ปั๊มไดโว่ (ปั๊มน้ำจุ่ม) ความสามารถของปั๊มน้ำแบบมอเตอร์ (ไฟฟ้า) สามารถแบ่งตามสถานที่และลักษณะความต้องการในการใช้งานอีก คือ

➢ ปั๊มน้ำอัตโนมัติ[8]

เหมาะสำหรับการใช้ภายในบ้าน คือ ทันทีที่เปิดก๊อกน้ำ ปั๊มน้ำจะทำงาน พอเลิกใช้ปั๊มก็หยุดทำงาน ขนาดของปั๊มน้ำอัตโนมัติมีตั้งแต่ 100-400 วัตต์ สำหรับ 100–150 วัตต์ เหมาะกับบ้านที่มีผู้อาศัย 2-3 คน แต่ถ้าเป็นบ้านเดี่ยวหลังใหญ่ ปัจจุบันจะมีปั๊มน้ำอัตโนมัติแบบพิเศษ เช่น ยี่ห้อฮิตาชิ รุ่นอินเวอร์เตอร์ ขนาด 400 วัตต์ และ 700 วัตต์ ตัวนี้จะควบคุมการทำงานด้วยระบบไฟฟ้า มีจอมอนิเตอร์และระบบอิเล็กทรอนิกคำนวณการใช้น้ำ เช่น ปั๊ม 400 วัตต์ ถ้าเราเปิดใช้น้ำแค่จุดเดียวจะกินไฟแค่ 100 วัตต์ เปิดน้ำพร้อมกัน 4 จุด จะกินไฟ 400 วัตต์ เปรียบเทียบกับปั๊มทั่วไปขนาด 200 วัตต์ เปิดน้ำจุดเดียวก็กินไฟ 200 วัตต์ทันที ดังนั้นระบบอินเวอร์เตอร์จึงช่วยเราประหยัดไฟมากกว่า ปั๊มอัตโนมัติจะมีอยู่ 2 แบบ

แบบที่ 1 ปั๊มมีถังแรงดันอากาศ ตัวปั๊มจะมีถังเก็บลมหรือถังแรงดันอยู่ด้วย ส่วนใหญ่จะเห็นเป็นถังกลมทรงกระบอกอยู่ใต้ปั๊ม มีหลักการทำงานโดยการตรวจจับแรงดันในถังแรงดันโดยใช้สวิทซ์แรงดัน (Pressure Switch) เมื่อแรงดันต่ำ (มีการเปิดน้ำ หรือน้ำรั่วออกจากระบบ) ปั๊มจะทำงาน จนแรงดันในระบบสูงถึงแรงดันที่ตั้งไว้ปั๊มจะหยุดทำงาน และจะทำงานอีกเมื่อแรงดันต่ำ ถ้า

อากาศในถังเก็บแรงดันน้อยจะเกิดอาการปั๊มทำงานสั้นๆ ประมาณ 3-4 วินาทีแล้วหยุดบ่อยๆ ต้องมีการถ่ายน้ำออกจากถังแรงดัน (ปกติจะมีตัวเติมอากาศอยู่แล้ว แต่ถ้าติดตั้งไม่ดีหรือชำรุดจะมีปัญหาได้) และอาจมีปัญหาถังแรงดันเป็นสนิมทะลุได้ มีข้อดี ราคาถูก ดูแลซ่อมแซมรักษาง่าย ส่วนข้อเสียคือให้แรงดันน้ำไม่สม่ำเสมอ มีเบามีแรงสลับกัน เสียงอาจจะดังในบางรุ่นบางยี่ห้อการผลิต เนื่องจากอาจใช้เหล็กบางทำถัง ถ้าถังเป็นเหล็ก อายุใช้งานประมาณ 10 ปี เพราะถังอาจผุทะลุได้ รูปที่ 2.7 แสดงภาพของปั๊มน้ำมีถังแรงดันอากาศ

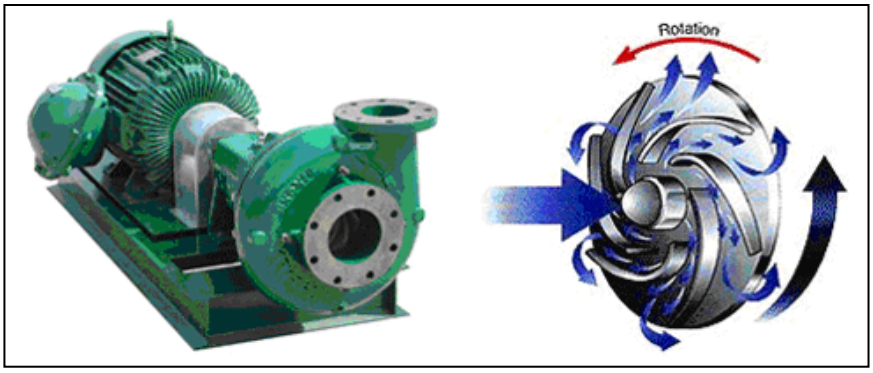
แบบที่ 2 ปั๊มแรงดันคงที่ จะมีการทำงานเพิ่มขึ้นคือมีสวิทซ์ตรวจจับการไหลของน้ำ (Flow Switch) เมื่อมีการใช้น้ำ ปั๊มจะทำงานตลอดเวลา เพื่อรักษาแรงดันในระบบท่อน้ำให้คงที่ ถึงเรียกว่าแบบแรงดันคงที่ ปั๊มจะทำงานจนกว่าจะปิดน้ำ และทำงานต่ออีกระยะหนึ่งเพื่อรักษาแรงดันในระบบให้สูง เท่าที่ตั้งสวิทซ์แรงดันไว้ ปั๊มแบบนี้จะมีถังแรงดันแบบถังเล็กๆ ประมาณ 1 - 2 ลิตร และมีกระเปาะยางข้างในถังด้วย ทำให้ถังแรงดันไม่เป็นสนิม แต่ระยะยาวยางอาจจะขาดได้ มีข้อดีคือเสียงเบากว่า ให้แรงดันน้ำสม่ำเสมอ ชิ้นส่วนๆ ใหญ่เป็นพลาสติกแข็งทำให้ไม่เป็นสนิม ชิ้นส่วนภายในน้อยจึงไม่ค่อยมีปัญหาจุกจิก มีข้อเสียคือ ส่วนใหญ่ใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นตัวช่วยเพิ่มแรงดัน ทำให้เวลามีปัญหา ต้องถอดกระป๋องแรงดันไนโตรเจนไปเปลี่ยนกับทางบริษัท และไม่สามารถเติมเองได้ (ลักษณะการรั่วซึมของแก๊สในกระป๋องเป็นภาวะปกติ เหมือนลูกโป่งอัดลมที่แฟบได้เอง) รูปที่ 2.8 แสดงภาพของปั๊มน้ำแรงดันคงที่

รูปที่ 2.7 ปั๊มมีถังแรงดันอากาศ

รูปที่ 2.8 ปั๊มแรงดันคงที่

➢ ปั๊มหอยโข่ง[9]

เหมาะกับการดึงน้ำเก็บใส่ถัง เหมือนที่ใช้ในการเกษตรคือส่งน้ำไปไกลๆ หรือดึงน้ำขึ้นไปบนอาคารสูงๆ ได้ เพราะปั๊มหอยโข่งจะมีแรงม้าสูง มี 1 แรงม้า 2 แรงม้าและสามารถสูบน้ำได้ในปริมาณมากและแรงดันสูง แต่ไม่เป็นระบบอัตโนมัติ ตัวนี้เหมาะกับการใช้งานต่อเนื่องนานๆ



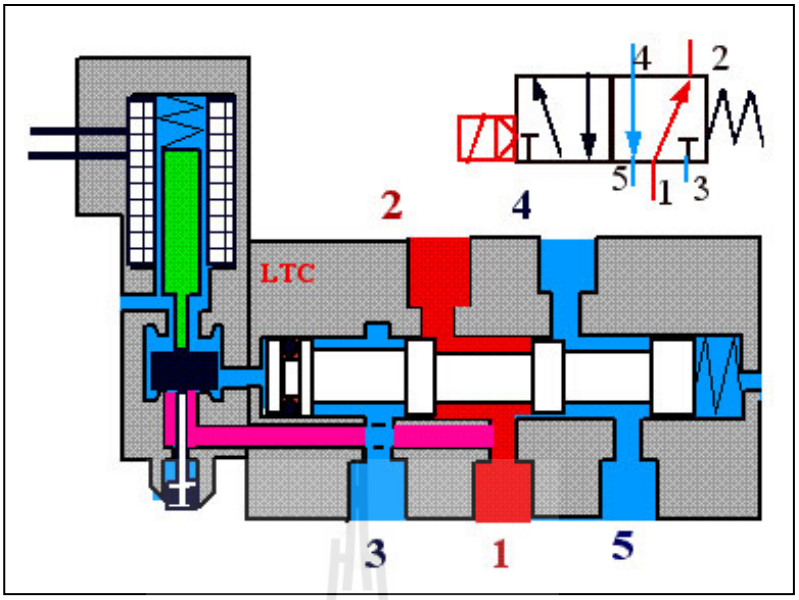
รูปที่ 2.9 ปั๊มหอยโข่ง

ในการทำงานของปั๊มหอยโข่ง การหมุนของใบพัดของปั๊มจะทำให้เกิดแรงเหวี่ยงไปผลักดันให้ของเหลวไหลตลอดแนวเส้นรอบวง เรือนปั๊มจะทำหน้าที่รวบรวมของเหลวไปสู่ทางออก และทางออกของของเหลวที่ไหลออกจะทำมุม 90 องศากับทางที่ของเหลวไหลเข้า ยิ่งใบพัดหมุนเร็วก็ยิ่งต้องใช้พลังงานมากและทำให้ของเหลวไหลมากขึ้นดังรูปที่ 2.9

➢ ปั๊มจุ่มหรือปั๊มแช่[8]

เหมาะสำหรับการดึงน้ำ เช่น ดึงน้ำท่วมบ้าน ดึงน้ำจากบ่อ ปั๊มจุ่มจะมีให้เลือกหลายขนาด ถ้าเราต้องการให้ดึงน้ำเร็วต้องใช้ตัวที่วัตต์สูง เช่น 200 -250 วัตต์ แต่ถ้าไม่ต้องการดึงน้ำมากๆ ใช้วัตต์น้อยๆ ก็จะประหยัดไฟได้ด้วย ในการใช้งานต่อเนื่องจะใช้ได้แค่ 7 ชั่วโมง ถ้าเกินจากนั้นปั๊มจะร้อนจัดทำให้มอเตอร์ตัดและใบพัดล็อค เราต้องถอดใบพัดออกมาแล้วหมุนกลับเข้าไปใหม่ ปั๊มก็จะใช้งานได้เหมือนเดิม และถ้าหากนำเอาปั๊มไปเปิดใช้ทั้งวันทั้งคืนจะเกิดปั๊มล็อค ซึ่งในความเป็นจริงแล้วปั๊มจุ่มหรือปั๊มแช่จะต้องสลับกันใช้ สำหรับปั๊มจุ่มหรือปั๊มแช่จะมีอยู่ 2 แบบเช่นกัน แบบที่ 1 มีลูกลอยพอจุ่มน้ำสูงลูกลอยจะลอยขึ้น พอดูดน้ำหมดลูกลอยก็จะจมลงปั๊มก็ตัดอัตโนมัติ แบบที่ 2 ไม่มีลูกลอยต้องเปิด-ปิดสวิทช์เอง รูปที่ 2.10 เป็นลักษณะของปั๊มจุ่ม

รูปที่ 2.10 ปั๊มจุ่มหรือปั๊มแช่

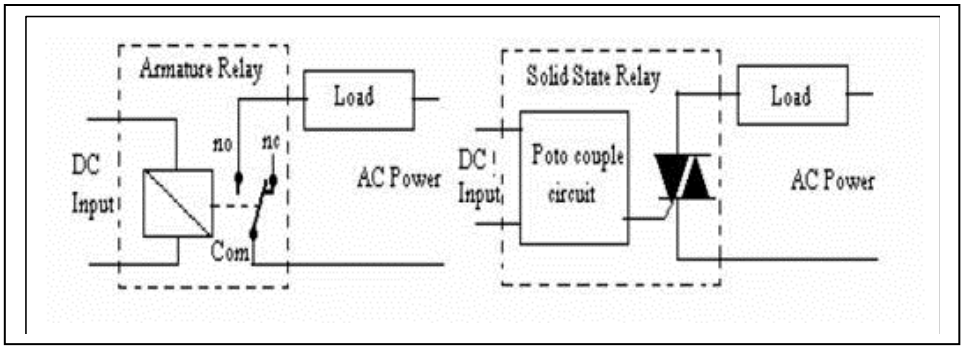


รูปที่ 2.11 หลักการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

2.4 โซลินอยด์วาล์ว[10,11]

โซลินอยด์ (solenoid) เป็นอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีหลักการทำงานคล้ายกับรีเลย์ (relay) โดยที่ภายในโครงสร้างของโซลินอยด์จะประกอบด้วยขดลวดที่พันอยู่รอบแท่งเหล็กที่ภายในประกอบด้วยแม่เหล็กชุดบนกับชุดล่าง เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันรอบแท่งเหล็ก ทำให้แท่งเหล็กชุดล่างมีอำนาจแม่เหล็กดึงแท่งเหล็กชุดบนลงมาสัมผัสกันทำให้ครบวงจรทำงาน เมื่อวงจรถูกตัดกระแสไฟฟ้าทำให้แท่งเหล็กส่วนล่างหมดอำนาจแม่เหล็ก สปริงก็จะดันแท่งเหล็กส่วนบนกลับสู่ตำแหน่งปกติ จากหลักการดังกล่าวของโซลินอยด์ก็จะนำมาใช้ในการเลื่อนลิ้นวาล์วของระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า โครงสร้างของโซลินอยด์วาล์วโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ เลื่อนวาล์วด้วยโซลิ-นอยด์วาล์วกลับด้วยสปริง (single solenoid valve) และเลื่อนวาล์วด้วยโซลินอยด์วาล์วกลับด้วยโซลินอยด์วาล์ว (double solenoid valve)

ปกติลมจากรู 1 จะต่อไปยังรู 2 ลมจากรู 4 จะต่อไปยังรู 5 ส่วนรู 3 อุดตัน เมื่อป้อนไฟฟ้าให้กับโซลินอยด์วาล์วไพลอตจะเปิดให้ลมไปดันลูกสูบให้เลื่อนไปทางขวามือ ลมจากรู 1 จะต่อไปยังรู 4 ส่วนลมจากรู 2 จะไหลไปยังรู 3 ส่วนรู 5 อุดตัน เมื่อตัดไฟฟ้าออกจากโซลินอยด์ สปริงจะดันลูกลูบกลับตำแหน่งปกติ ดังรูป 2.11



รูปที่ 2.12 วงจรการต่อใช้งานแบบพื้นฐานของอาร์เมเจอร์รีเลย์ และโซลิดสเตตรีเลย์

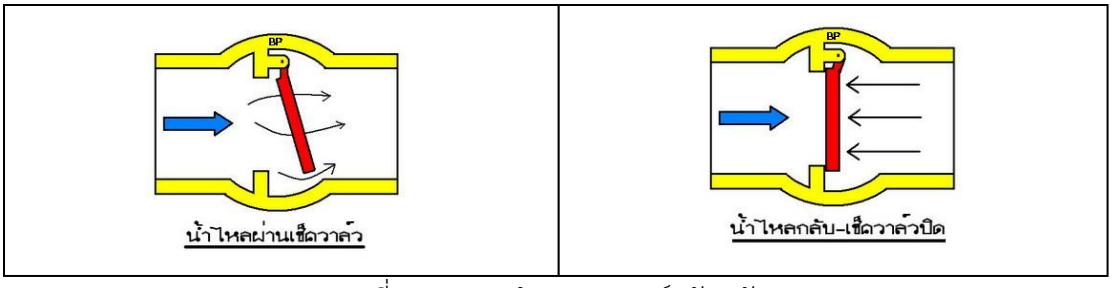
2.5 วงจรโซลิดสเตตรีเลย์[12]

การใช้รีเลย์ขับโหลดปกติอาจจะมีปัญหาตามมาหลายๆอย่าง เช่น การกระชากของไฟรุนแรงเกิดไป ตอบสนองช้า สัญญาณรบกวน เราจึงหันมาใช้ โซลิดสเตตรีเลย์ แนวคิดสำคัญ คือ ใช้ไทรแอค BTA41600 แทนรีเลย์ ย่อมนุ่มนวลกว่า ทำงานในความเร็วสูงๆ ได้ดี และทนกระแสเช่นเดียวกับรีเลย์ทั่วไป ส่วนไอซี MOC3041 เป็นไอซีควบคุมการทำงานของไทรแอคอีกทีหนึ่ง รับไฟต่ำๆ ก็ควบคุมไฟสูง (ไฟบ้าน) ให้ทำงานได้แล้ว โซลิดเสตตรีเลย์ (Solid State Relay : SSR) หรือเรียกกันอย่างย่อๆว่า SSR นั้นก็คือ สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์นั่นเอง โดยรูปที่ 2.12 ด้านซ้ายมือเป็นรูปของวงจรรีเลย์แบบเก่า ส่วนด้านขวามือเป็นวงจรโซลิดสเตตรีเลย์ที่ใช้ในปัจจุบัน

โซลิดเสตตรีเลย์ คือรีเลย์ที่ไม่ใช้หน้าสัมผัสซึ่งใช้เทคโนโลยีของสารกึ่งตัวนำทำให้ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ได้เพื่อลดเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นจากรีเลย์แบบหน้าสัมผัส และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานในระยะยาว โดยโซลิดสเตตรีเลย์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างภาคควบคุม ซึ่งเป็นส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ กับวงจรภาคไฟฟ้ากำลัง (power) โดยที่ภาคทั้งสองจะมีระบบกราวด์ ที่แยกออกจากกันทำให้สามารถป้องกันการลัดวงจร (short circuit) และการรบกวนซึ่งกันและกันได้ โซลิดสเตตรีเลย์ อาจถือได้ว่าเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้แทนอาร์เมเจอร์รีเลย์ (Armature Relay) แต่มีข้อดีกว่าคือ มีขนาดเล็กกว่า มีความไวในการทำงานที่สูงกว่า มีอายุการทำงานนานกว่า เป็นต้น

2.6 วาล์วกันกลับ[13]

เช็ควาล์วคือเครื่องมือทางกลชนิดหนึ่ง ซึ่งมีหน้าที่การทำงาน คือจะให้สารไหลได้เพียงทางเดียวโดยปกติแล้วจะไหลย้อนกลับไม่ได้ หรือภาษาไทยเรียกว่าวาล์วกันกลับ การทำงานของวาล์วชนิดนี้จะเป็นไปโดยอัตโนมัติน้ำจะไหลผ่านวาล์วได้ในทิศทาง ที่น้ำไหลเข้าและลิ้นของวาล์วจะปิดทันทีที่น้ำหยุดและน้ำจะไม่สามารถไหลย้อนกลับได้ ดังรูปที่ 2.13 ส่วนในรูป 2.14 เป็นลักษณะรูปร่างของวาล์ว



รูปที่ 2.13 การทำงานของวาล์วกันกลับ

รูปที่ 2.14 วาล์วกันกลับ

กันกลับที่ใช้กับการต่อท่อประปา โดยวัสดุที่ใช้ทำเช็ควาล์วจะมีหลายชนิด วัสดุที่เป็นโลหะจะมีตั้งแต่เหล็กหล่อ เหล็กกล้า อลูมิเนียม ทองเหลือง สแตนเลส โลหะเกรดพิเศษ และวัสดุที่ไม่เป็นโลหะ ก็จะเป็น PVC Teflon fiber glass เป็นต้น โดยประโยชน์ของวาล์วกันกลับมีดังนี้

1. ป้องกันสารไหล ไหลย้อนไปกระแทกกับปั๊มแรงดัน ทำให้ปั๊มเสียหาย ลดประสิทธิภาพการทำงานของปั้ม ลดแรงดันทำให้มอเตอร์ปั๊มเสียหายได้

2. การไหลย้อนกลับของสารไหลที่แรงดันสูงมาก จะเกิดฆ้อนน้ำ (Water Hammer) ได้ จะส่งผลทำลายอุปกรณ์ Pressure Transmitter , Pressure Gauge , Flow Meter และ Temperature Accessory Control เสียหาย

3. ในอุตสาหกรรมเคมี หรือแก๊สบางประเภท เช็ควาล์วช่วยไม่ให้สารที่ไหลผ่านวาล์วไปแล้วย้อนกลับมาผสมกับสารไหลต้นทางในขบวนการผลิต

4. เช็ควาล์วสามารถทำหน้าที่ เป็นตัวระบายแรงดันในขบวนการผลิตได้โดย ป้องกันแรงดันย้อนกลับ

5. การไหลย้อนกลับของน้ำประปาคืนมิเตอร์หลังการปิดปั๊มน้ำเป็นการเสียค่าใช้จ่ายเช็ควาล์วป้องกันการสูญเสียได้

2.7 เซนเซอร์[14,15]

คืออุปกรณ์ตรวจรู้ตัวแรกในระบบการวัด ซึ่งใช้ตรวจจับหรือรับรู้การเปลี่ยนแปลงปริมาณทางกายภาพของตัวแปรต่างๆ เช่น ความร้อน แสง สี เสียง ระยะทาง การเคลื่อนที่ ความดัน การไหล เป็นต้น จากนั้นจะทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นสัญญาณออกหรือปริมาณเอาต์พุตที่ได้จากการวัดในอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำไปประมวลผลต่อได้ เช่นให้สัญญาณออกมาเป็นแบบอนาลอก สัญญาณแบบดิจิตอล ปัจจัยในการเลือกเซนเซอร์ใช้งานขึ้นอยู่กับปริมาณธรรมชาติของปริมาณทางฟิสิกส์ที่จะทำการวัดและควบคุมค่าเป็นสำคัญรวมไปถึงเรื่องของราคา ความน่าเชื่อถือ ตลอดจนคุณภาพของข้อมูลที่จะทำการวัด นอกจากนี้ยังมีปัจจัยสำคัญอื่นที่ควรพิจารณาอีก เช่น ความเหมาะสมของเซนเซอร์ที่จะนำไปใช้ในสภาพแวดล้อมนั้นๆ

เซนเซอร์ที่ดีต้องทำตามกฎต่อไปนี้ มีความไวต่อคุณสมบัติที่จะวัดเท่านั้น มีความไวต่อคุณสมบัติอื่นใดๆที่อาจจะเกิดขึ้นในการประยุกต์ใช้ของมัน และไม่ได้มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติที่ถูกวัด

เซนเซอร์ในอุดมคติจะถูกออกแบบมาให้เป็นเส้นตรงหรือเป็นเส้นตรงกับบางฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายของการวัด ปกติเป็นลอการิทึม เอาท์พุทของเซนเซอร์ดังกล่าวเป็นสัญญาณอนาลอกและเป็นสัดส่วนเส้นตรงกับค่าหรือฟังก์ชั่นที่เรียบง่ายของคุณสมบัติที่ถูกวัด จากนั้นความไวจะถูกกำหนดให้เป็นอัตราส่วนระหว่างสัญญาณเอาท์พุทกับคุณสมบัติที่ถูกวัด เช่น ถ้าเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และมีเอาท์พุทแรงดันค่าหนึ่ง ความไวเป็นค่าคงที่กับหน่วย (V/K) เซนเซอร์นี้เป็นเส้นตรงเพราะอัตราส่วนเป็นค่าคงที่ที่ทุกจุดของการวัด

สำหรับสัญญาณเซนเซอร์อนาลอกที่ต้องถูกดำเนินการหรือใช้ในอุปกรณ์ดิจิตอล จะต้องถูกแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้ตัวแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล (analog-to-digital converter: ADC)

2.8 พื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

2.8.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์[16]

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คืออุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กที่บรรจุความสามารถซึ่งคล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอา ซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

2.8.2 รู้จักกับ Arduino[17]

Arduino เป็นภาษา อิตาลี ซึ่งใช้เป็นชื่อของโครงการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR แบบ open source ที่ได้รับการปรับปรุงมาจากโครงการพัฒนา open source ของ AVR อีกโครงการหนึ่งที่ชื่อว่า Wiring แต่เนื่องจากโครงการ wiring ใช้ AVR เบอร์ ATmega128 ซึ่งมีจำนวนหน่วยความจำและ I/O ค่อนข้างมาก ที่สำคัญคือเป็นชิพที่มีตัวถังแบบ SMD และบอร์ดมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ซึ่งเป็นอุปสรรคกับผู้ที่เริ่มต้นในการสร้างบอร์ดและต่อวงจรใช้งานเอง จึงทำให้ไม่ได้รับความนิยมเท่าที่ควร แต่หลังจากที่ทางทีมงาน Arduino นำ source code มาปรับปรุงใหม่ให้สามารถใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ขนาดเล็กได้ จึงทำให้ได้รับความนิยมมากยิ่งขึ้น

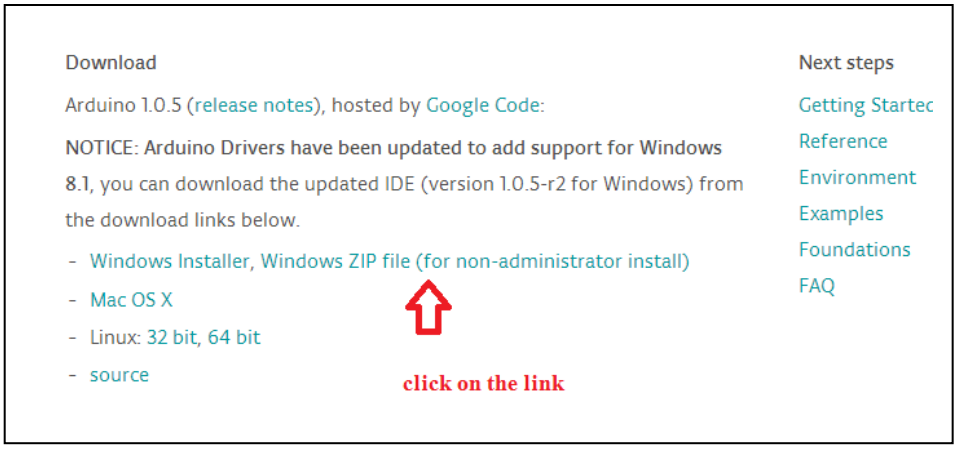
จุดเด่นของ Arduino

- ง่ายต่อการเรียนรู้และการใช้งาน
- ราคาไม่แพง เนื่องจากมี source code และวงจรแจกให้ฟรี สามารถต่อวงจรใช้งานได้เอง
- มีรูปแบบคำสั่งที่ง่ายต่อการใช้งาน แต่สามารถนำไปใช้งานกับงานที่มีความซับซ้อนได้ และยังสามารถสร้างคำสั่งและ Library ใหม่ๆ ขึ้นมาใช้งานเองได้ เมื่อมีความชำนาญมากขึ้นแล้ว
- มีการเปิดเผยวงจรและ source code ทั้งหมด ทำให้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพิ่มเติมได้ตามความต้องการทั้ง Hardware และ Software

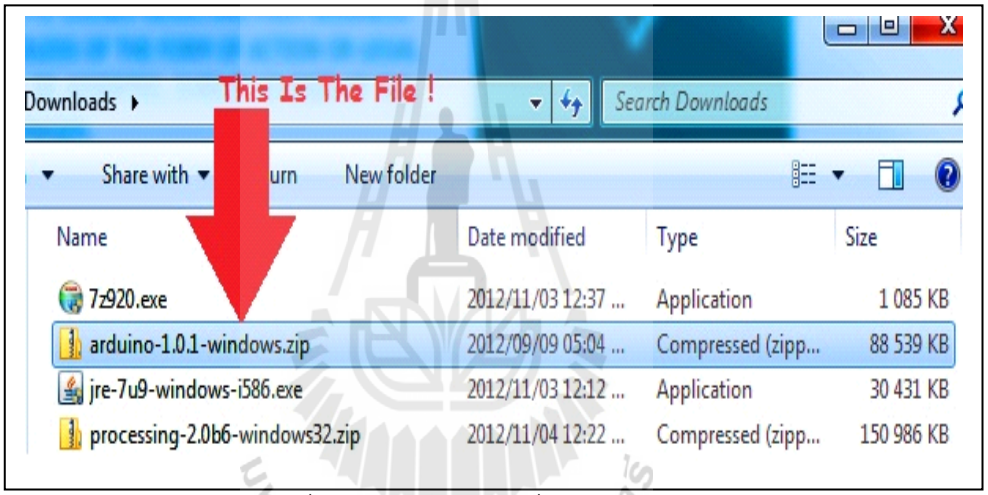
2.8.3 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE[18,19]

1. สามารถดาวน์โหลดโปรแกรม Arduino IDE ได้ที่ http://arduino.cc/en/Main/Software คลิกที่ Downlode เพื่อเข้าสู่หน้าดาวน์โหลด ดังรูป 2.15

รูปที่ 2.15 หน้าเว็บที่ใช้ดาวน์โหลดโปรแกรม Arduino IDE



รูปที่ 2.16 การเลือกลิ้งดาวน์โหลดโปรแกรม

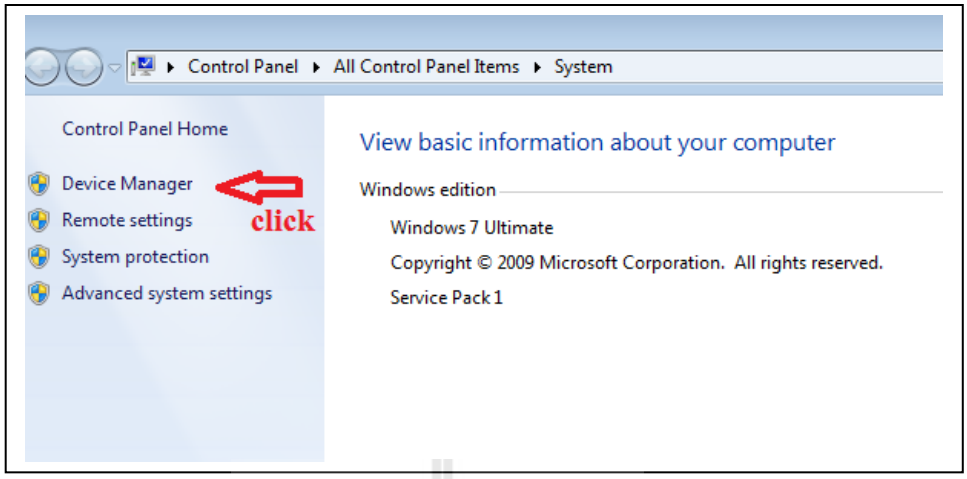


รูปที่ 2.17 การแตกไฟล์ที่ได้ดาวน์โหลดมา

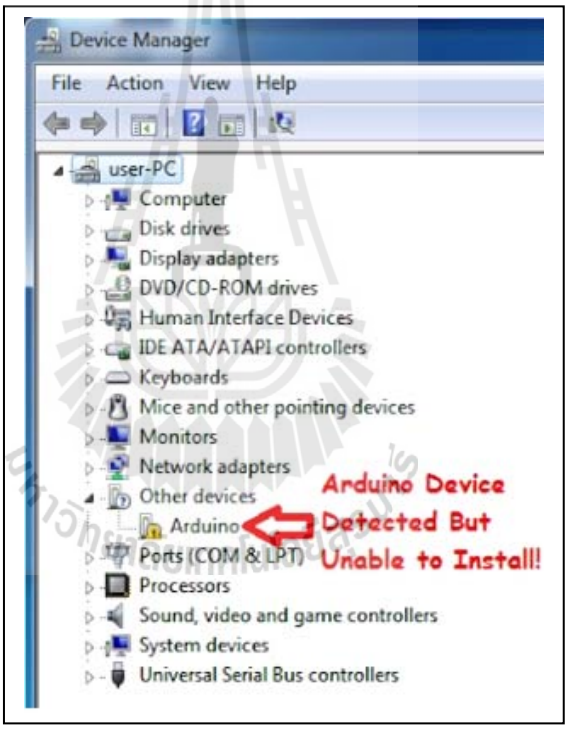
2. ที่หน้าดาวน์โหลดให้เลือก window ZIP file ดังรูป 2.16 สำหรับเครื่องที่ใช้ระบบปฏิบัติการwindow

3. เมื่อดาวน์โหลดเสร็จแล้ว ให้ extract file ไปไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสม ดังรูป 2.17

4. เมื่อลงโปรแกรมสำเร็จแล้ว ในขั้นนี้จะเป็นการติดตั้งไดรฟ์เวอร์ของบอร์ด Arduino ET-BASE AVR EASY32U4 หรือ Arduino Leonado โดยการต่อบอร์ด Arduino Leonado เข้ากับคอมพิวเตอร์ของเราผ่านทาง USB port จากนั้นคอมพิวเตอร์จะพยายามหาไดรฟ์เวอร์ แต่จะหาไม่พบ ให้เราไปที่ start menu คลิกขวาที่ My Computer บน Start menu แล้วก็ คลิก Properties หรือ คลิก Manage จาก pop-up menu เพื่อทำการเปิด Device Manager ดังรูป 2.18



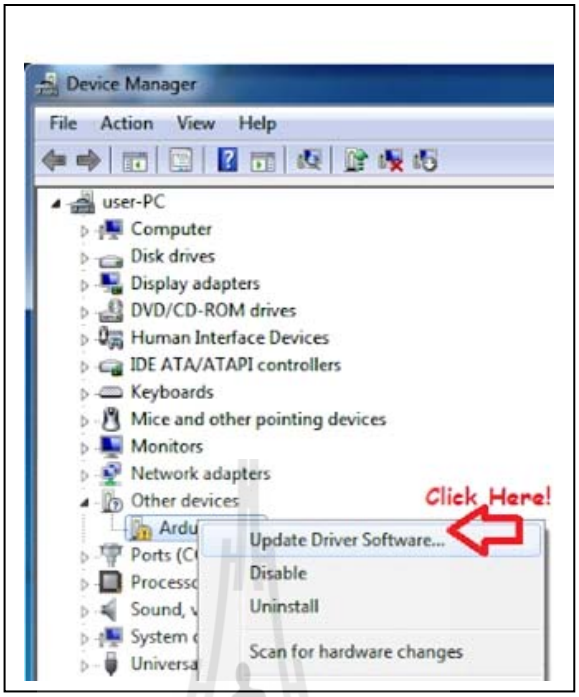
รูปที่ 2.18 การเลือก Device Manager



รูปที่ 2.19 หน้าของ Device Manager ที่บอกว่าไม่สามารถติดตั้งไดรฟ์เวอร์ของอุปกรณ์ได้

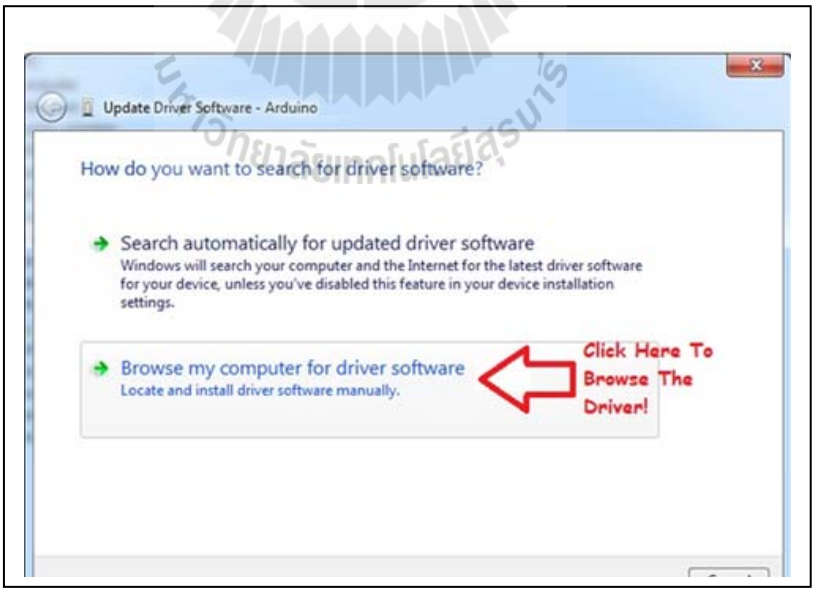
5. ที่ Device Manager จะเปิด และแสดง Arduino Device ที่เราทำการ Connect ไว้ขึ้นอยู่กับว่าใช้ board ชนิดไหน ชื่อก็จะแสดงขึ้นมาให้เห็น ซึ่งเราจะเจอ เครื่องหมายตกใจ ขึ้นสีเหลืองๆ ซึ่งแสดงว่า อุปกรณ์ Arduino นั้น ไม่สามารถทำการ Install ได้ ดังแสดงในรูป 2.19

6. แก้ไขให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์ได้ โดยให้คลิกขวา ไปที่ Arduino board แล้วก็ คลิก Update Driver Software บน pop-up menu ดังรูป 2.20

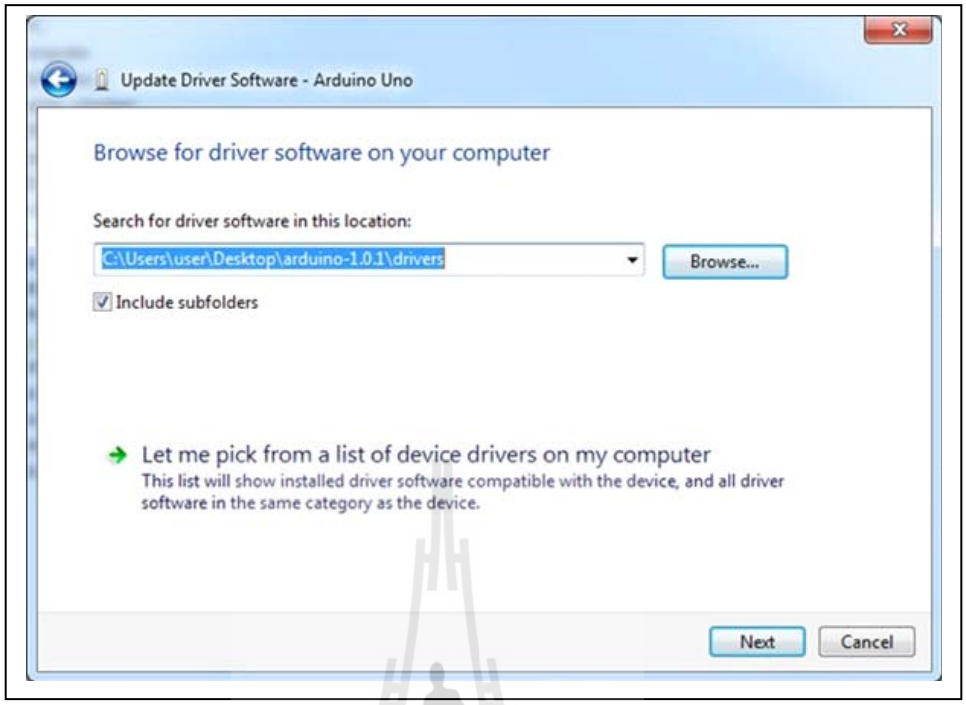


รูปที่ 2.20 ขั้นตอนการอัปเดตไดรฟ์เวอร์ เพื่อที่จะไปหน้าที่หน้าต่างการอัปเดต

7. จากนั้นจะมีกล่องขึ้น pop-up มาโชว์ว่า Update Driver Software ให้คลิกที่ Browse my computer for driver software เพื่อที่จะติดตั้ง Driver Software Manually ดังรูปที่ 2.21



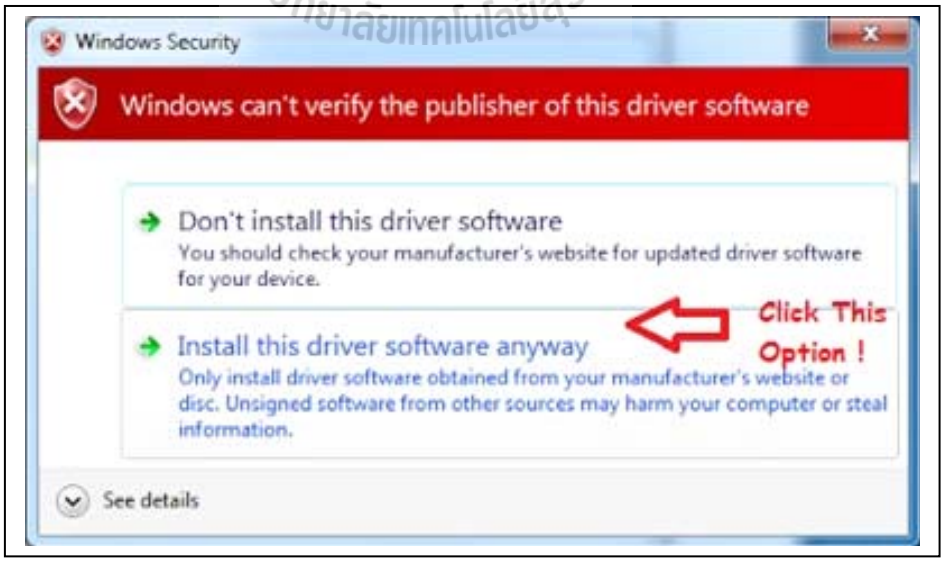
รูปที่ 2.21 หน้าต่างที่ให้เลือกลงไดรฟ์เวอร์



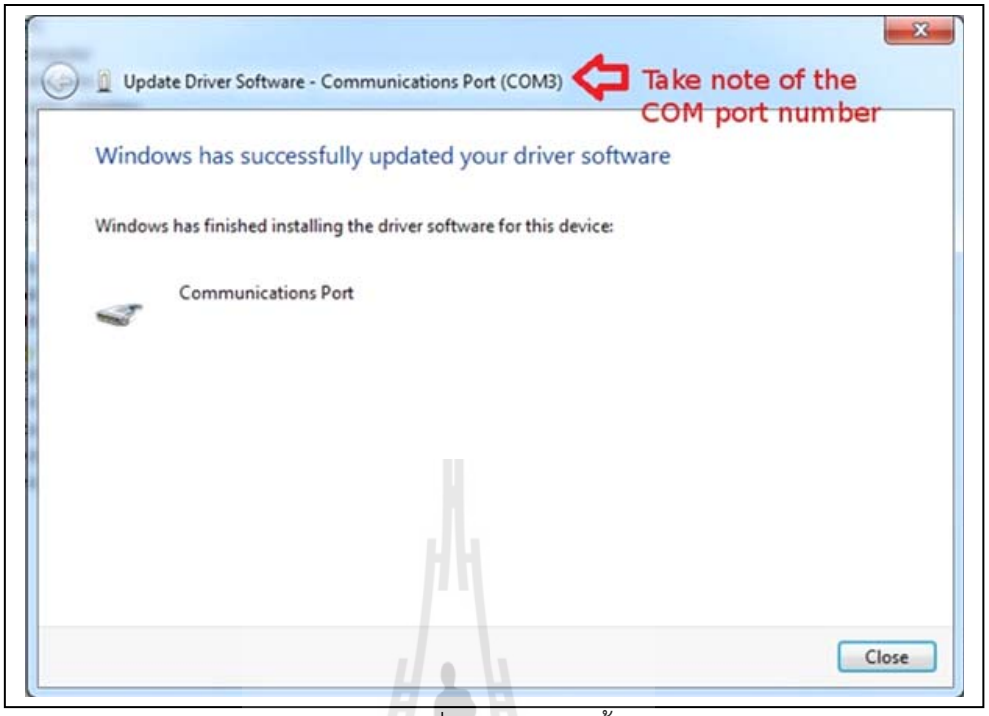
รูปที่ 2.22 การเลือกแฟ้มไดรฟ์เวอร์

8. คลิกที่ปุ่ม Browse เลือกไปที่ drivers folder ใน Arduino folder ที่ได้ download มา หลังจากเลือกไปที่ driver folder เรียบร้อยแล้ว ให้ click Next ดังรูป 2.22

9. จากนั้น จะมี กล่อง pops up ขึ้นมา คลิก Install this driver software anyway ดังรูป 2.23 เพื่อติดตั้งไดรฟ์เวอร์ของบอร์ด Arduino



รูปที่ 2.23 ติดตั้งไดรฟ์เวอร์



รูปที่ 2.24 การติดตั้งสำเร็จ

10. เมื่อทำการติดตั้งไดรฟ์เวอร์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะมี dialog box ดังรูป 2.24 ถ้าคุณเห็นข้อความนี้แสดงว่าคุณได้ทำการ Install Driver เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็ทำการ Close ได้เลย

2.8.4 พื้นฐานโปรแกรม Arduino IDE[17]

บอร์ดArduino นั้นต้องเขียนด้วยโปรแกรม Arduino IDE (integrated Development Environment) ซึ่งตัวโปรแกรมตัวนี้นั้นถูกพัฒนาต่อมาจากโปรแกรม open source อย่าง Processing และ Wiring นั้นถูกพัฒนาด้วยภาษา JAVA จึงทำให้สามารถงานได้ทั้งบนระบบปฏิบัติการ Window, Linux และ Mac Os ได้ ตัวโปรแกรม Arduino IDE ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้ใช้งานได้ง่ายสะดวกและลดความซับซ้อนของการเขียนโปรแกรมในรูปแบบของภาษา C/C+ ให้ดูรีบง่าย ไม่ซับซ้อน มีคำสั่งและไลบรารี่เตรียมไว้ให้แล้ว

ชนิดและประเภทของตัวแปร

- char ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นตัวอักษร(character)ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นเลขจำนวนเต็มได้ 256 ค่า
- int ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นเลขเป็นจำนวนเต็ม (integer) ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นเลขจำนวนเต็มได้ 65536 ค่า

- float ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นเลขทศนิยมแบบ Single Precision
- double ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นเลขทศนิยมแบบ Double Precision ซึ่ง สามารถเก็บค่าตัวเลขทศนิยมที่มีความละเอียดและถูกต้องของทศนิยมมากกว่าแบบ float ถึง 2 เท่า
- void ใช้เก็บตัวแปรที่ไม่มีค่า

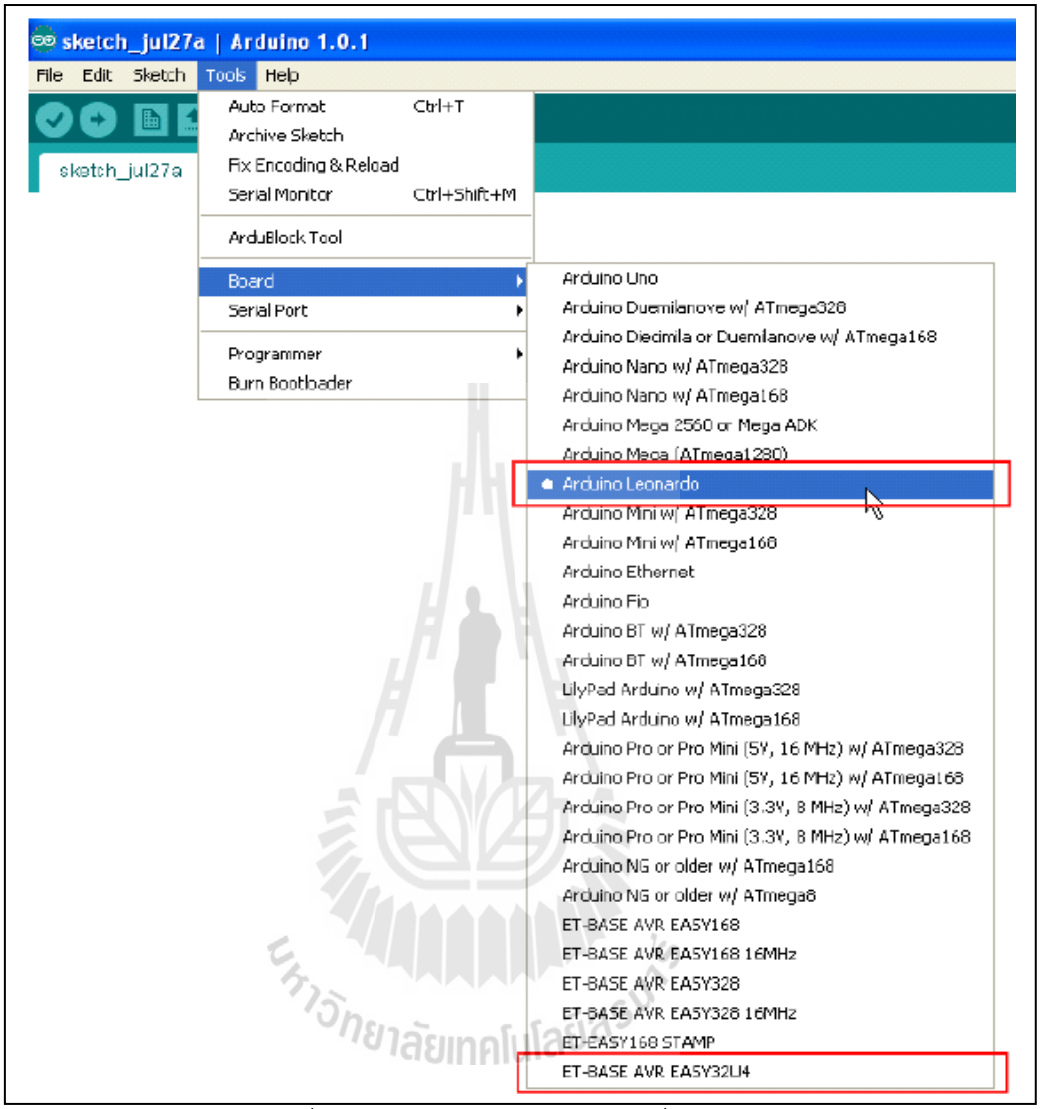
โครงสร้างการเขียนโปรแกรม ภาษาซี ของ Arduino

ภาษาซี ของ Arduino จะจัดแบ่งรูปแบบโครงสร้างของการเขียนโปรแกรมออกเป็นส่วนย่อยๆ หลายๆส่วน โดยเรียกแต่ละส่วนว่า ฟังก์ชั่น และ เมื่อนำฟังก์ชั่นมารวมเข้าด้วยกัน ก็จะเรียกว่าโปรแกรมโดยโครงสร้างการเขียนโปรแกรมของ Arduino นั้น ทุกๆโปรแกรมจะต้องประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นจำนวนเท่าใดก็ได้ แต่อย่างน้อยที่สุดต้องมีฟังก์ชั่น จำนวน 2 ฟังก์ชั่น คือ setup () และ loop ()

- header ในส่วนนี้จะมีหรือไม่มีก็ได้ ถ้ามีต้องกำหนดไว้ในส่วนเริ่มต้นของโปรแกรม ซึ่งส่วนของ Header ได้แก่ ส่วนที่เป็น Compiler Directive ต่างๆ รวมไปถึงส่วนของการประกาศตัวแปร และค่าคงที่ต่างๆ ที่จะใช้ในโปรแกรม
- setup() ในส่วนนี้เป็นฟังก์ชั่นบังคับที่ต้องกำหนดให้มีในทุกๆโปรแกรม ถึงแม้ว่าในบางโปรแกรม จะไม่ต้องการใช้งานก็ยังจำเป็นต้องประกาศไว้ด้วยเสมอ เพียงแต่ไม่ต้องเขียนคำสั่งใดๆไว้ในระหว่างวงเล็บปีกกา { } ที่ใช้เป็นตัวกำหนดขอบเขตของฟังก์ชั่น โดยฟังก์ชั่นนี้จะใช้สำหรับบรรจุคำสั่งในส่วนที่ต้องการ ให้โปรแกรมทำงานเพียงรอบเดียวตอนเริ่มต้อนทำงานของโปรแกรมครั้งแรกเท่านั้น
- loop() เป็นส่วนฟังก์ชั่นบังคับที่ต้องกำหนดให้มีในทุกๆโปรแกรมเช่นเดียวกันกับฟังก์ชั่น setup() โดยฟังก์ชั่น loop () นี้จะใช้บรรจุคำสั่งที่ต้องการให้โปรแกรมทำงานเป็นวงรอบซ้ำๆกันไปไม่รู้จบซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับรูปแบบของ ANSI-C ส่วนนี้ก็คือฟังก์ชั่น main() นั่นเอง

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

2.8.5 เริ่มต้นใช้งาน Arduino IDE[20]

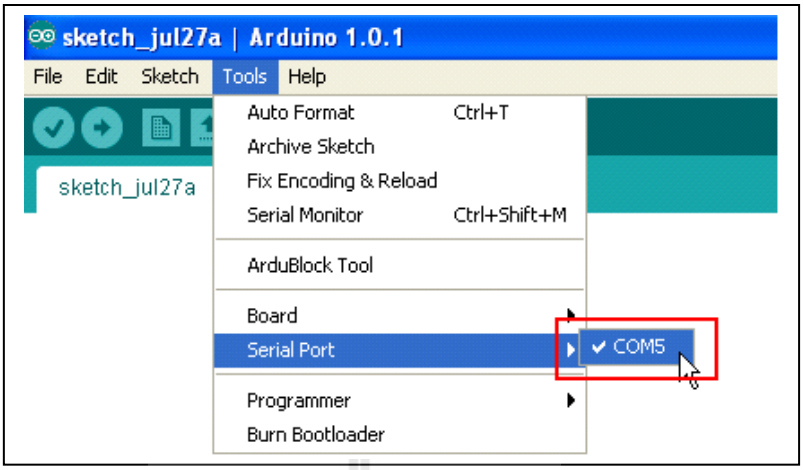


รูปที่ 2.25 การเลือกชนิดของบอร์ดที่เราใช้งาน

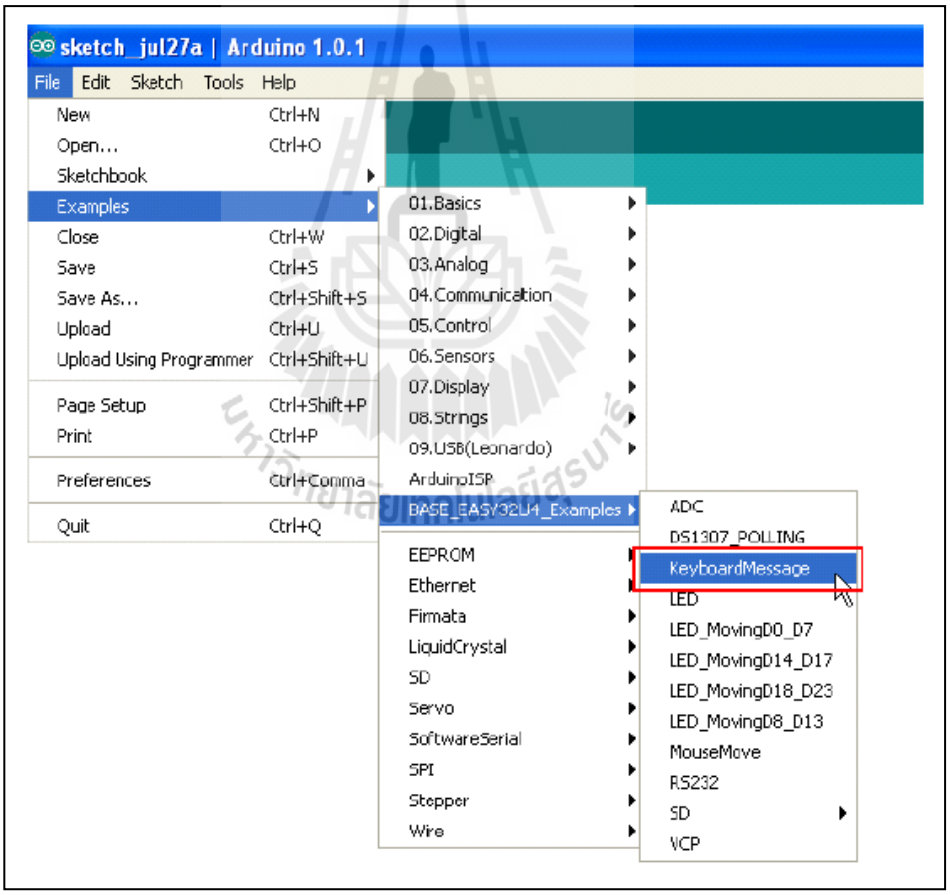
1. ให้เปิดโปรแกรม Arduino IDE ขึ้นมาและทำการเลือกบอร์ดที่จะพัฒนาโปรแกรม ในที่นี้ให้เลือกเป็น Arduino Leonardo หรือ ET-BASE AVR EASY32U4 ดังรูปที่ 2.25

2. เลือก Serial Port ที่ได้เชื่อมต่อบอร์ดไว้ดังรูปที่ 2.26 ในที่นี้คือ COM5 ซึ่งได้จากการติดตั้ง Driver ของบอร์ดจากขั้นตอนการลง Driver

3. เปิดตัวอย่างโปรแกรมของบอร์ด ET-BASE AVR EASY32U4 ซึ่งทางอีทีที ได้จัดเตรียมไว้ให้ ดังรูปที่ 2.27 ซึ่งในที่นี้จะขอยกตัวอย่างโปรแกรม KeyboardMessage ซึ่งการทำงานของโปรแกรมนี้จะจำลองบอร์ด ET-BASE AVR EASY32U4 เป็น Keyboard ของคอมพิวเตอร์

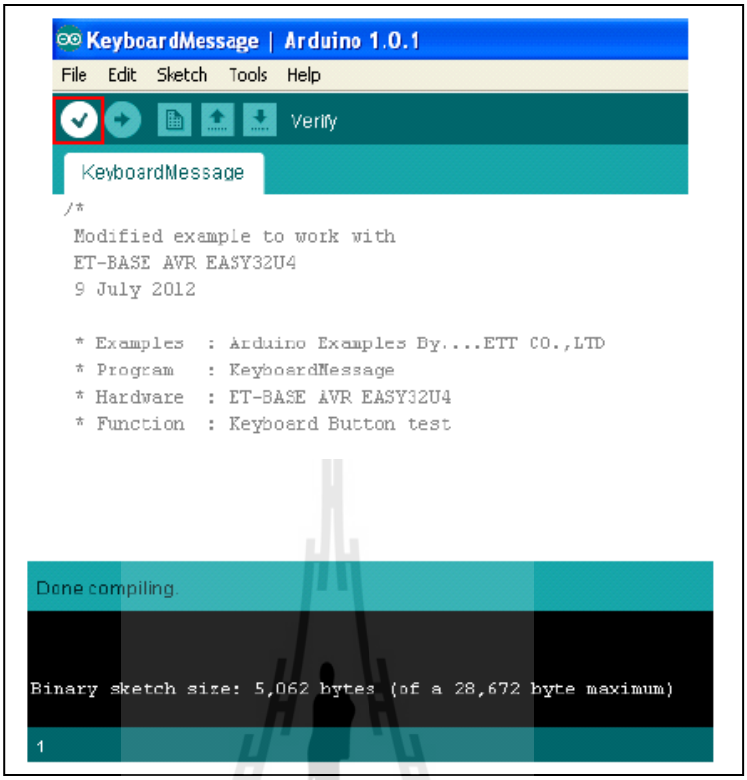


รูปที่ 2.26 การเลือก serial port



รูปที่ 2.27 การเปิดตัวอย่างโปรแกรม

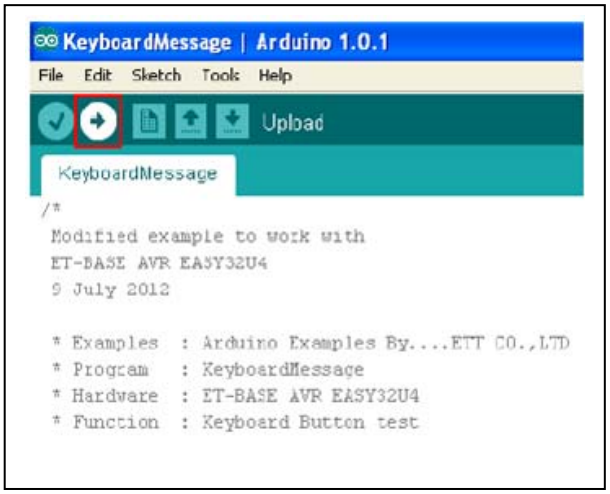
4. คลิกที่ปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบและคอมไพล์โปรแกรม ดังรูปที่ 2.27 ถ้าโปรแกรมที่เขียนขึ้นไม่มีข้อผิดพลาด จะปรากฏข้อความ Done compiling ดังรูป



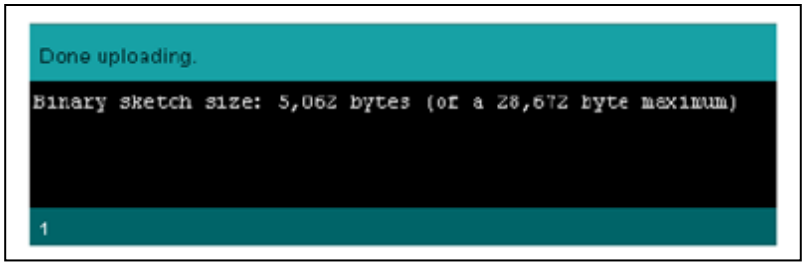
รูปที่ 2.28 การตรวจสอบและคอมไพล์โปรแกรม

5. คลิกที่ปุ่ม Upload เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลเข้าสู่บอร์ด ดังรูปที่ 2.28 ถ้าการโปรแกรมข้อมูลไม่มีข้อผิดพลาด จะปรากฏข้อความ Done uploading ดังรูป 2.29

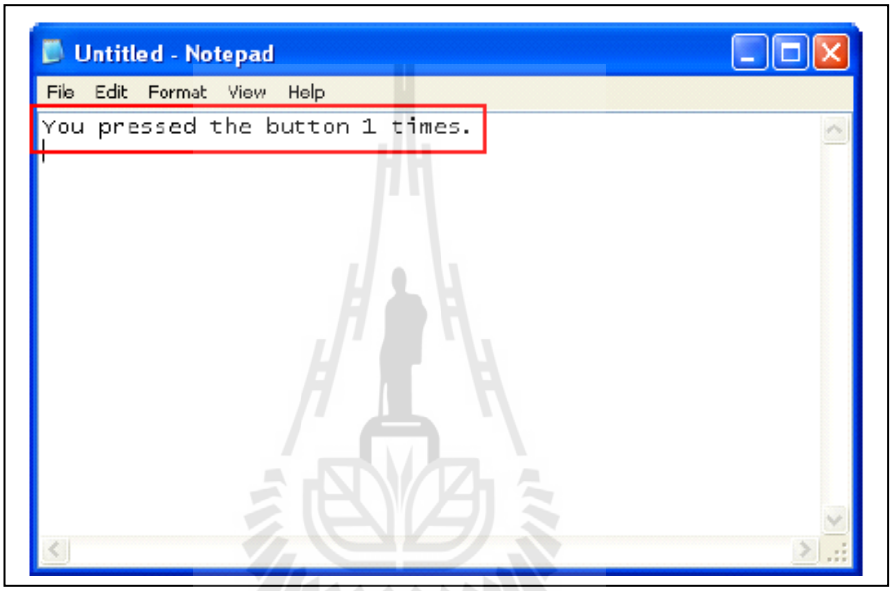
6. จากนั้นให้ลองเปิดโปรแกรม Text Editor เช่น Notepad และทดลองกดสวิตช์ SW2 (SWB) บนบอร์ด ET-BASE AVR EASY32U4 จะเห็นข้อความปรากฏบนหน้าต่างของโปรแกรม Notepad ดังรูป 2.30



รูปที่ 2.29 การอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด



รูปที่ 2.30 การอัปโหลดโปรแกรมสำเร็จ



รูปที่ 2.31 ทดสอบใช้งานโปรแกรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.9 กล่าวสรุป

ความรู้ที่ท่านจะได้เรียนรู้จากบทนี้สามารถนำมาสรุปสั้นได้ดังนี้ ความดันคือ แรงที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็น นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) ตามระบบ SI ในของไหลที่มีการไหล ความดันจะแปรผกผันกับอัตราเร็วของการไหล ซึ่งเป็นผลมาจากท่อที่มีขนาดไม่เท่ากัน

ปั๊มน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพิ่มแรงดันและทำให้แรงดันคงที่ เป็นที่นิยมทั้งในบ้านเรือนที่พักอาศัย อุตสาหกรรมและการเกษตร ปั๊มน้ำสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ ปั๊มน้ำแบบลูกสูบและปั๊มน้ำแบบใบพัด

โซลินอยด์วาล์ว เป็นการทำงานร่วมกันของแม่เหล็กไฟฟ้าร่วมกับกลไกโดยใช้การป้อนไฟฟ้าเป็นตัวกำหนดเงื่อนไขในการควบคุมให้ลิ้นกลไกเปิดหรือปิดได้ ส่วนวาล์วกันกลับนั้นมีไว้เพื่อไม่ให้น้ำไหลย้อนกลับเข้าไปในอุปกรณ์เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์เสียหายจากแรงดันน้ำ

โซลิดสเตตรีเลย์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างภาคควบคุมซึ่งเป็นส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์กับวงจรไฟฟ้ากำลัง เช่น การแปลงไฟ 5 V DC ที่ได้จากบอร์ด เป็นไฟบ้าน 220 V AC ทำให้เราสามารถสั่งเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้

เซนเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดปริมาณทางกายภาพ เช่น แสง เสียง แล้วนำค่าที่ได้มาเปลี่ยนเป็นสัญญาณอนาลอกหรือสัญญาณดิจิตอล และสามารถนำสัญญาณที่ได้มานั้นไปใช้งานต่อได้

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดหนึ่ง ที่ถูกพัฒนามาเพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานและง่ายต่อการเรียนรู้และยังนำไปต่อยอดใช้กับงานยากๆ ได้โดยเราสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมสำหรับนำมาใช้งานได้ที่ http://arduino.cc/en/Main/Software แต่ผู้ใช้งานต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับภาษาซีบ้างพอสมควร เพื่อที่จะได้เข้าใจและเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3

อุปกรณ์ต้นแบบ

3.1 กล่าวนำ

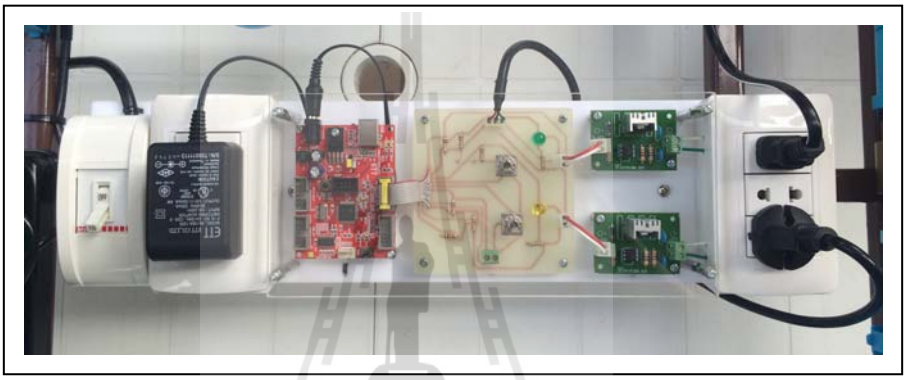
ในบทนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำระบบปั๊มน้ำอัจฉริยะ รวมไปถึงหลักการทำงานของระบบ และการเขียนโปรแกรมควบคุมบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino โดยใช้ภาษาซีในการออกแบบโปรแกรมควบคุมระบบ

3.2 ภาพรวมของอุปกรณ์ต้นแบบ

รูปที่ 3.1 ภาพรวมของอุปกรณ์ต้นแบบ

จากรูปที่ 3.1 สามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้ เมื่อมีน้ำไหลเข้ามาภายในท่อเซนเซอร์จะตรวจวัดค่าแรงดันน้ำที่ไหลผ่าน บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำค่าที่ได้จากเซนเซอร์ไปประมวลผลและสั่งงานปั๊มน้ำกับโซลินอยด์วาล์วตามเงื่อนไขที่ได้เขียนโปรแกรมไว้ นอกจากนี้ถ้าหากเรากดสวิตซ์ไม่ว่าจะเป็นสวิตซ์ของปั๊มน้ำหรือโซลินอยด์วาล์ว บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะสั่งให้อุปกรณ์นั้นทำงานโดยไม่สนใจเงื่อนไขของโปรแกรม

3.3 บอร์ด Interface



รูปที่ 3.2 ภาพรวมของบอร์ด Interface

3.3.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-BASE AVR EASY32U4[20]

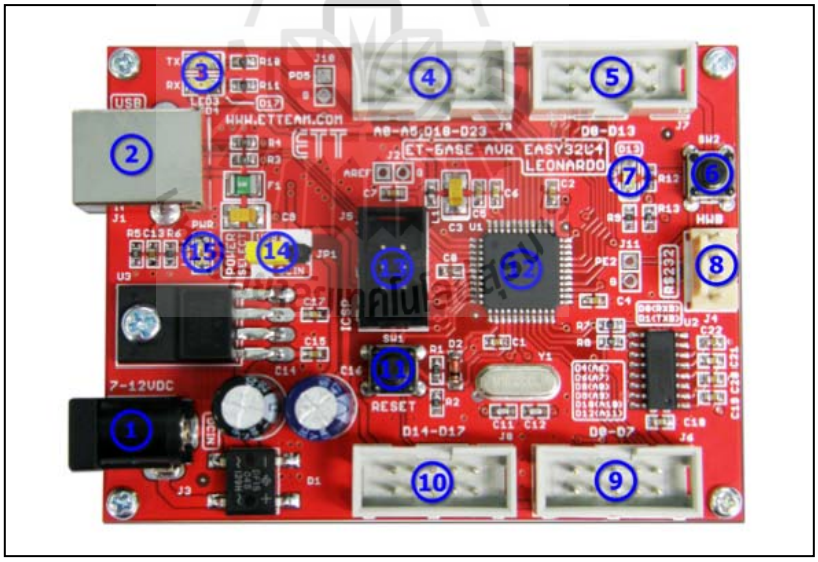
บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-BASE AVR EASY32U4 ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของโครงงาน ซึ่งจะทำหน้าที่ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ รวมไปถึงประมวลผลค่าที่ได้มาจากเซนเซอร์ และสั่งงานอุปกรณ์ให้เปิดหรือปิดได้ ดังรูปที่ 3.3

คุณสมบัติของบอร์ด ET-BASE AVR EASY32U4

- ใช้ ATmega32U4 เป็น MCU ประจำบอร์ด Run ความถี่ 16 MHz จาก Crystal Oscillator
- มี USB Controller ในตัว USB 2.0 Full Speed/Low Speed
- 32 Kbytes Flash (สงวนไว้ 4 KBytes สำหรับ Bootloader) 2.5 Kbytes SRAM / 1 Kbytes EEPROM

- มี Digital I/0 ทั้งหมด 24 ขา (D0-D23) โดยที่สามารถใช้ Digital I/O ทำเป็น Analog Input (ADC10 Bit) 12 ช่อง (A0-A11) , PWM 7 ช่อง , SPI 1 ช่อง , I2C 1 ช่อง , USART 1 ช่อง
- มีวงจร Line Driver สำหรับพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 จำนวน 1 ช่อง
- การพัฒนาโปรแกรมสามารถพัฒนาบนโปรแกรม Arduino และสามารถโปรแกรมได้ทันทีผ่านทางพอร์ต USB โดยไม่ต้องมีเครื่องโปรแกรมภายนอก
- สามารถใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการWindows , Mac OS X , Linux
- รองรับการใช้งานกับ External Supply ทั้งแบบ AC และ DC ขนาด 7-12 V และสามารถใช้แหล่งจ่ายจากพอร์ต USB ได้ในกรณีใช้กระแสไม่เกิน 500mA โดยเลือกแหล่งจ่ายจากจั๊มเปอร์
- ขนาดบอร์ด 8 X 6 cm

ส่วนประกอบของบอร์ด ET-BASE AVR EASY32U4



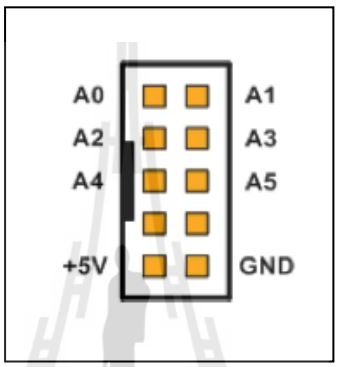
รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบของบอร์ด

- **หมายเลข 1** ขั้วต่อ DC-JACK สำหรับรับแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก 7-12 V โดยจัดขั้วแบบไหนก็ได้เนื่องจาก ET-BASE AVR EASY32U4 มีการจัดวงจรกลับขั้วแหล่งจ่ายไฟไว้

เรียบร้อยแล้ว

- **หมายเลข 2** ขั้วต่อ USB สำหรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการติดต่อข้อมูลและพัฒนาโปรแกรม
- **หมายเลข 3** LED แสดงสถานะการรับข้อมูล (RX) และการส่งข้อมูล (TX) ของบอร์ด
- **หมายเลข 4** พอร์ตสำหรับเชื่อมต่อ Analog Input A0-A5 หรือ Digital I/O D18-D23

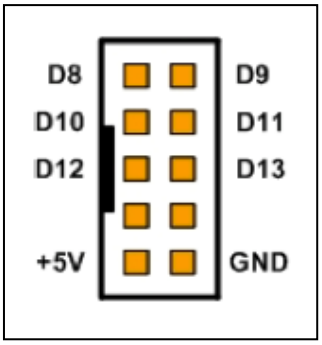
รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 3.4 และตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.4 ตำแหน่งขา A0 - A5

ตำแหน่งขาตามรูปแบบ Arduino	ตำแหน่งขาตามรูปแบบ AVR
A0 หรือ D18	PF7
A1 หรือ D19	PF6
A2 หรือ D20	PF5
A3 หรือ D21	PF4
A4 หรือ D22	PF1
A5 หรือ D23	PF0

ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งขาตามรูปแบบ Arduino และ AVR

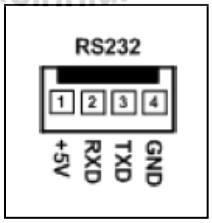


รูปที่ 3.5 ตำแหน่งขา D8 - D13

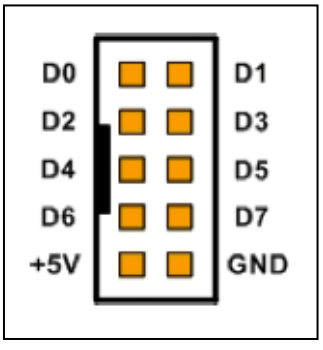
ตำแหน่งขาตามรูปแบบ Arduino	ตำแหน่งขาตามรูปแบบ AVR
D8 หรือ A8	PB4
D9 (PWM) หรือ A9	PB5
D10 (PWM) หรือ A10	PB6
D11 (PWM)	PB7
D12 หรือ A11	PD6
D13 (PWM)	PC7

ตารางที่ 3.2 ตำแหน่งขาตามรูปแบบ Arduino และ AVR

- **หมายเลข 5** พอร์ตสำหรับเชื่อมต่อ Digital I/O D8 - D13 รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 3.5 และตารางที่ 3.2
- **หมายเลข 6** สวิตช์ HWB ซึ่งต่อกับขา PE2 สำหรับเอาไว้ทดลองการทำงานของบอร์ด
- **หมายเลข 7** LED ต่อกับขา D13 (PC7) สำหรับเอาไว้ทดลองการทำงานของบอร์ด



รูปที่ 3.6 ตำแหน่งขาสัญญาณ RS232

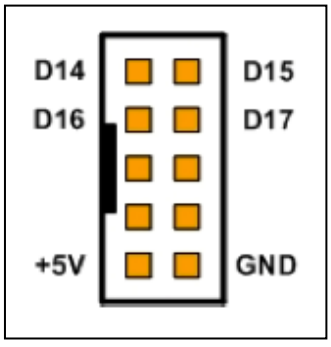


รูปที่ 3.7 ตำแหน่งขา D0 - D7

ตำแหน่งขาตามรูปแบบ Arduino	ตำแหน่งขาตามรูปแบบ AVR
D0 (RX)	PD2
D1 (TX)	PD3
D2 (SDA)	PD1
D3 (SCL,PWM)	PD0
D4 หรือ A6	PD4
D5 (PWM)	PC6
D6 (PWM) หรือ A7	PD7
D7	PE6

ตารางที่ 3.3 ตำแหน่งขาตามรูปแบบ Arduino และ AVR

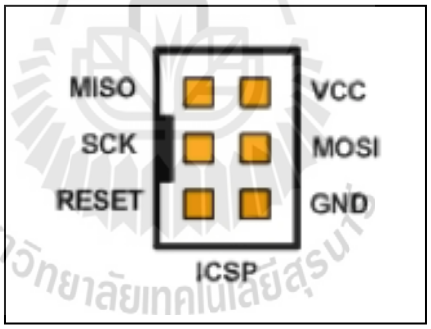
- **หมายเลข 8** เป็นขั้วต่อ RS232 แบบ 4 PINS (มาตรฐานอีทีที) สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่ใช้การรับส่งข้อมูลด้วย RS232 เช่น คอมพิวเตอร์ หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่างๆ โดยที่ ขา D0 (PD2) จะต่อกับขา RXD และ D1 (PD3) จะต่อกับขา TXD รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 3.6
- **หมายเลข 9** พอร์ตสำหรับเชื่อมต่อ Digital I/O D0 - D7 รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 3.7 และตารางที่ 3.3
- **หมายเลข 10** พอร์ตสำหรับเชื่อมต่อ Digital I/O D14 - D17 รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 3.8 และตารางที่ 3.4



รูปที่ 3.8 ตำแหน่งขา D14 – D17

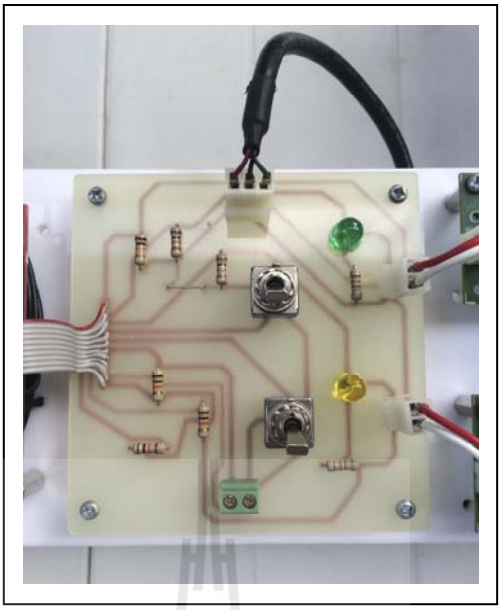
ตำแหน่งขาตามรูปแบบ Arduino	ตำแหน่งขาตามรูปแบบ AVR
D14 (MISO)	PB3
D15 (SCK)	PB1
D16 (MOSI)	PB2
D17 (RXLED)	PB0

ตารางที่ 3.4 ตำแหน่งขาตามรูปแบบ Arduino และ AVR

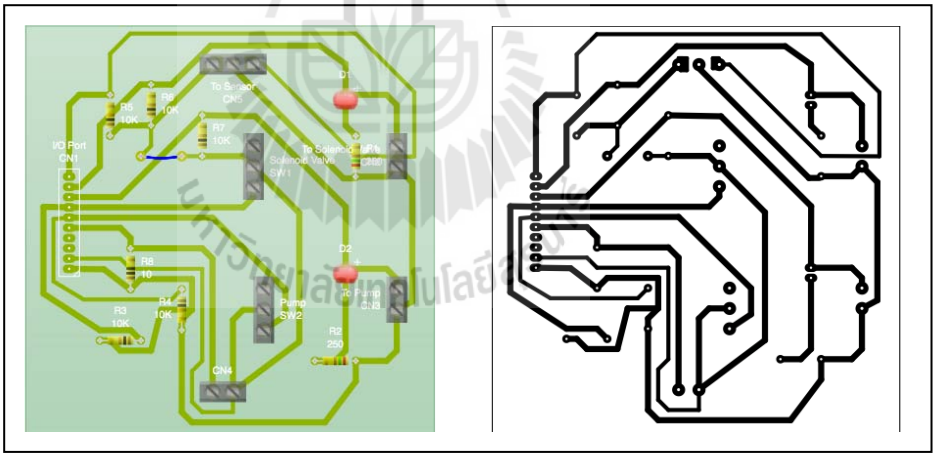


รูปที่ 3.9 ตำแหน่งขา ICSP

- **หมายเลข 11** สวิตช์ RESET สำหรับเริ่มต้นการทำงานของ MCU ใหม่
- **หมายเลข 12** คือ MCU เบอร์ ATmega32U4 ซึ่งเป็น MCU ตระกูล AVR จาก ATMEL
- **หมายเลข 13** พอร์ต ICSP (6 PIN) ใช้สำหรับดาวน์โหลด Hex File ให้กับ MCU โดยใช้เครื่องโปรแกรมภายนอก รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 3.9
- **หมายเลข 14** คือ จั๊มเปอร์ สำหรับเลือกว่าจะใช้ไฟเลี้ยงบอร์ดจากพอร์ต USB หรือจากแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก
- **หมายเลข 15** LED POWER แสดงว่ามีการจ่ายไฟเลี้ยงเข้าบอร์ด



รูปที่ 3.10 บอร์ดการเชื่อมต่อ

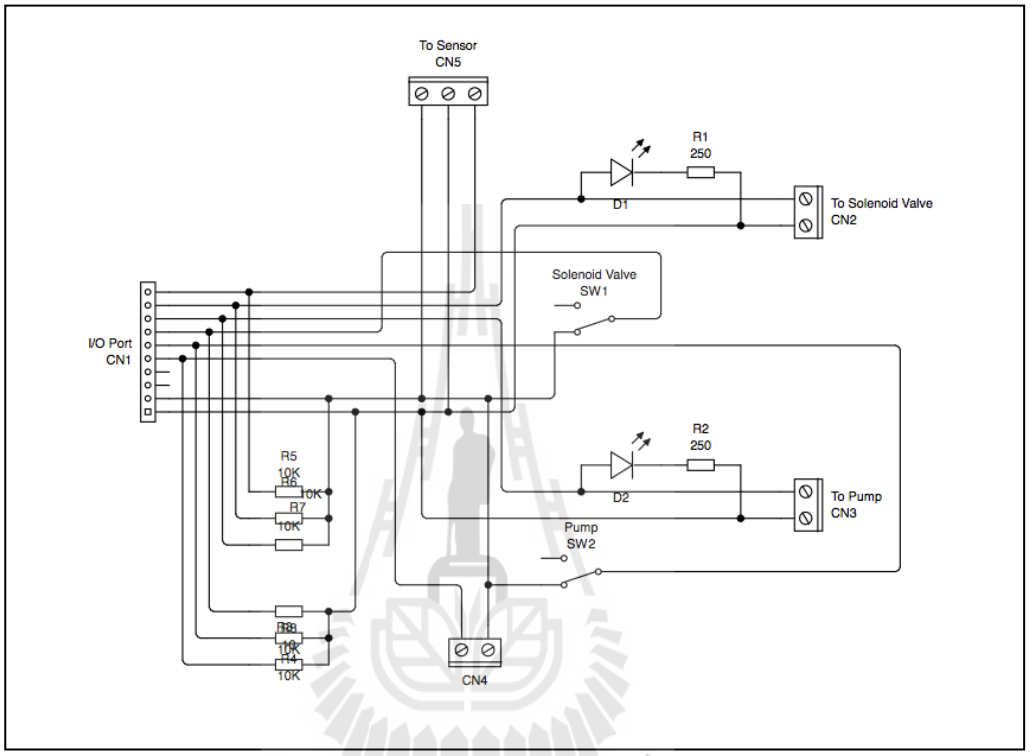


รูปที่ 3.11 ลายวงจรของบอร์ดการเชื่อมต่อ

3.3.2 บอร์ดการเชื่อมต่อ

บอร์ดนี้เป็นการเชื่อมต่อระหว่าง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เซนเซอร์และวงจรโซลิดสเตตรีเลย์ โดยจะนำพอร์ต A/D (Analog Input A0 - A5 หรือ Digital I/O D18 – D23) จากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และอินพุตจากเซนเซอร์มาลงไว้ที่บอร์ดการเชื่อมต่อ โดยบอร์ดนี้จะรับค่า

โวลต์มาจากเซนเซอร์ แล้วนำค่าที่ได้มาแปลงเป็นค่าดิจิตอลที่พอร์ต A0 แล้วจึงส่งไปประมวลผลต่อ เพื่อที่จะสั่งปั๊มน้ำและโซลินอยด์วาล์วให้ทำงานผ่านทางวงจรโซลิดสเตตรีเลย์ เมื่อโซลินอยด์วาล์วทำงานไดโอดเปล่งแสงสีเขียวจะติด ส่วนปั๊มเมื่อทำงานไดโอดเปล่งแสงสีเหลืองจะติดแทน ส่วนสวิตซ์ตัวบนเมื่อผลักขึ้นเป็นการเปิดใช้งานโซลินอยด์วาล์วอย่างเดียว ส่วนสวิตซ์ตัวล่างเมื่อผลักขึ้นเป็นการเปิด



ใช้โซลินอยด์วาล์วอย่างเดียว ดังแสดงในรูปที่ 3.10 , 3.11 และ 3.12

รูปที่ 3.12 ภาพวงจรไฟฟ้า

รายการอุปกรณ์

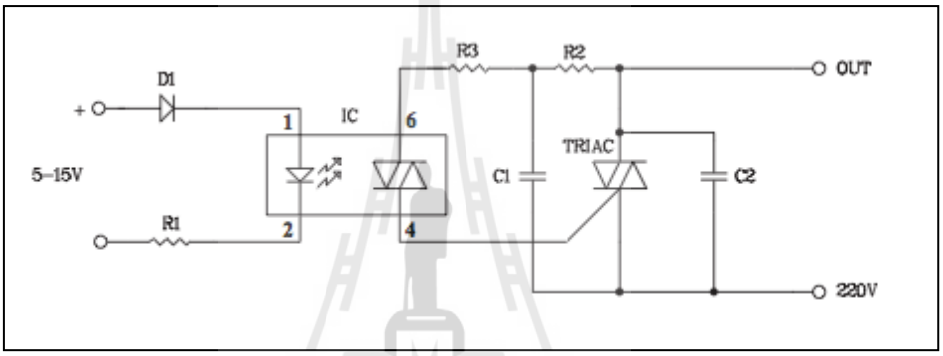
ตัวต้านทาน (250Ω)	2	ตัว
ตัวต้านทาน (10kΩ)	6	ตัว
เทอร์มินอล	4	ตัว
ไดโอดเปล่งแสง	2	ตัว
สวิตซ์สามขา	2	ตัว

3.3.3 วงจรโซลิดสเตตรีเลย์[21]

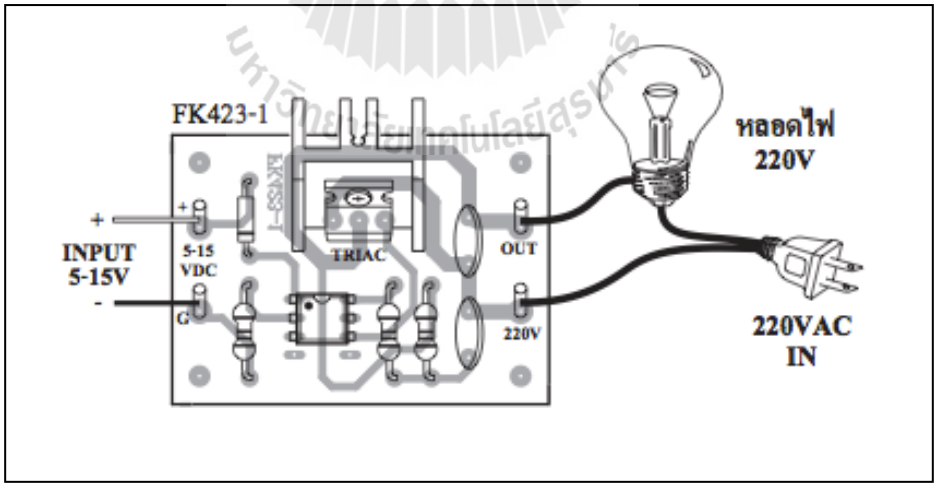
วงจรโซลิตสเตตรีเลย์ เป็นรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาแทนรีเลย์แบบกลไก เพื่อแก้ปัญหารีเลย์รุ่นเก่า ซึ่งมีข้อเสียในการสัมผัสไม่ดีพอ อายุการใช้งานสั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.13

ข้อมูลด้านเทคนิค

- ใช้แหล่งจ่ายไฟขนาด 5 – 15 โวลต์ ดีซี
- กินกระแสสูงสุดประมาณ 5 มิลลิแอมป์ ที่ 5 โวลต์ ดีซี
- สามารถต่อโหลดได้สูงสุดประมาณ 1000 วัตต์ ที่ 220 โวลต์ เอซี
- ขนาดแผ่นวงจรพิมพ์ : 2.04 x 1.46 นิ้ว



รูปที่ 3.13 วงจรโซลิดสเตตรีเลย์



รูปที่ 3.14 การใช้งาน

การทำงานของวงจร

จากรูป IC1 เป็นไอซีเชื่อมโยงทางแสง (OPTO COPLER) เพื่อแยกไฟสูงและไฟต่ำ R1 ควบคุมกระแสไฟให้กับ LED ในไอซีส่วนด้านไฟสูง แรงไฟสูงจะไหลผ่าน R2 , R3 , มาเข้าขา 6 แล้วออกทางขา 4 ของไอซีไปเข้าขา G ของไทรแอด เพื่อทริกให้ให้ไทรแอดทำงาน เนื่องจาก IC1 เป็นไอซีแบบไดแอดและทำงานที่แรงดัน 0 โวลต์ ดังนันจึงขจัดปัญหารบกวนและยืออายุการใช้งาน ของไทรแอดอีกด้วย วงจรนี้ด้านอินพุตสามารถต่อไป DC ได้ตั้งแต่ 5 โวลต์ถึง 15 โวลต์ ถ้าต้องการใช้ แรงไฟตั้งแต่ 16 – 30 โวลต์ ให้เปลี่ยน R 500 โอห์ม เป็น 2 กิโลโอห์ม ดังแสดงในรูปที่ 3.14

3.3.4 เบรกเกอร์

เบรกเกอร์ (breaker) เป็นสวิตซ์เปิด-ปิดที่ใช้ในงานไฟฟ้าทั่วๆไป แต่มีคุณภาพที่สูงกว่าเพราะว่าเบรกเกอร์นอกจากจะทำหน้าที่เป็นสวิตซ์เปิด-ปิด วงจรไฟฟ้าแล้ว ยังสามารถควบคุมและป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินในวงจรและการลัดวงจร ทำงานโดยอาศัยความร้อนและสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อเบรกเกอร์ตัดวงจรแล้ว มันยังสามารถใช้งานได้อีก

โดยในโครงงานนี้จะใช้เบรกเกอร์เป็นตัวจ่ายไฟของบอร์ด Interface เพื่อป้องกันการเสียหายของอุปกรณ์ต่างๆภายในบอร์ด

โดยจะใช้เบรกเกอร์ยี่ห้อ บิทิชิโน (Bticino) รุ่น มินิเบรกเกอร์ ขนาด 10A แสดงดังรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.15 เบรกเกอร์

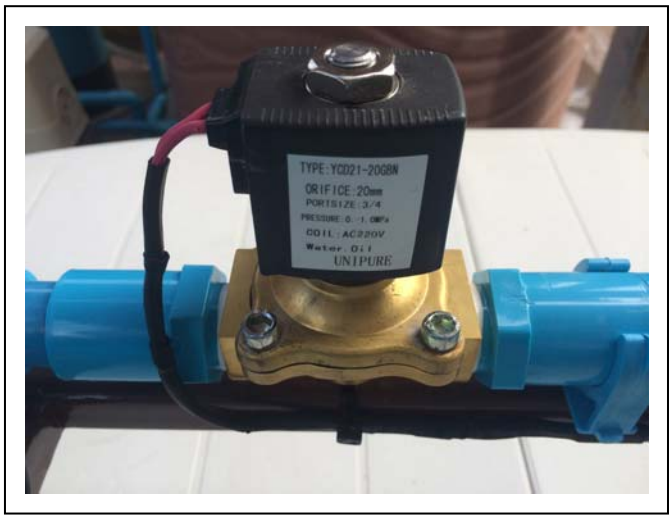
3.3.5 เต้ารับ

เต้ารับ หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ต่อกระแสไฟฟ้าชั่วคราวไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า มีลักษณะต่างๆกัน แบ่งได้ 2 ชนิด คือ ชนิดเต้าเสียบ หรือปลั๊ก (Plug) และเต้ารับ (Socket-outline) อุปกรณ์ทั้งสองจะใช้ร่วมกันเพื่อเป็นจุดรับไฟเข้า

โดยในโครงงานนี้จะใช้เต้ารับ ยี่ห้อ บิทิชิโน (Bticino) แสดงดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 เต้ารับ

3.4 โซลินอยด์วาล์ว



รูปที่ 3.17 โซลินอยด์วาล์ว

คุณสมบัติ

Type	: YCD21-20GBN	Orifice	: 20 mm
Function	: normally closed	Port size	: G3/4"
Body	: Brass	Pressure	: 0 – 1.0 MPa
Coil	: AC 220 V	Medium	: Water/Oil
Seals	: FBR		

โดยในโครงงานนี้จะใช้โซลินอยด์วาล์วในการเปิด-ปิดน้ำจากท่อหลัก ที่จะไหลผ่านเข้ามาในระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.17

3.5 วาล์วกันกลับ

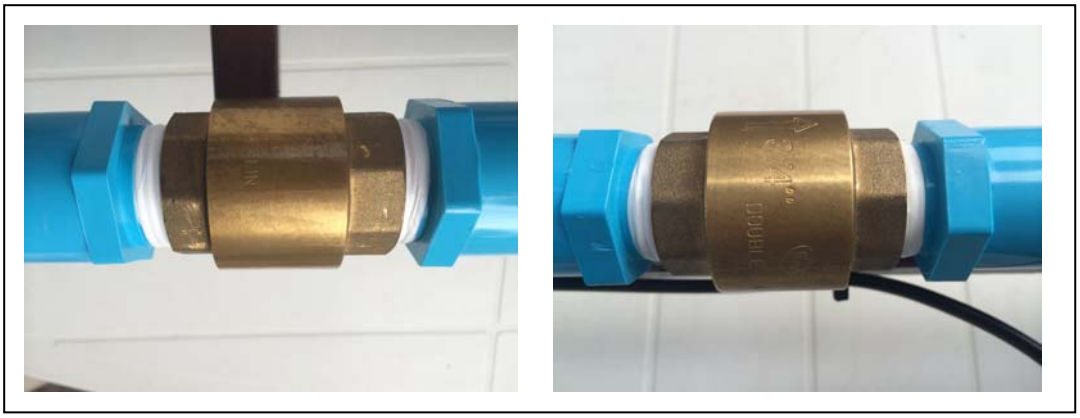
ในโครงงานนี้จะใช้วาล์วกันกลับด้วยกัน 2 ตัว ตัวแรกจะใช้กันน้ำไหลกลับเข้าไปที่โซลินอยด์วาล์ว ซึ่งจะใช้ขนาด 3/4" ส่วนตัวที่สองจะใช้กันน้ำไหลกลับเข้าไปที่ปั๊ม เนื่องจากป้องกันแรงดันน้ำย้อนกลับเข้าไปที่ปั๊มซึ่งอาจจะทำให้ปั๊มเกิดความเสียหายได้ จะใช้ขนาด 1" ดังรูปที่ 3.18

คุณสมบัติ

Body	: Forge Brass
Cover	: Forge Brass
Inner Valve	: Nylon
Valve Face	: Synthetic Rubber
Inner Valve	: Nylon
Spring	: Stainless Steel

รูปที่ 3.18 (ซ้าย) วาล์วกันกลับขนาด 1" (ขวา) วาล์วกันกลับขนาด 3/4"

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.19 ปั๊มน้ำ

3.6 ปั๊มน้ำ

โดยโครงงานนี้จะใช้ปั๊มน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งภายในปั๊มจะมีถังแรงดันอากาศอยู่ด้วย โดยแสดง

ดังรูปที่ 3.19 ซึ่งจะใช้รุ่น ECO 180 ยี่ห้อ Wyatt มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

Output Power	: 180 W
Max Flow	: 35 l / min
Suction Lift	: 8 m
Electric Source	: 220V–240V/50Hz
R.P.M	: 2900
Discharge Head	: 30 m
Suction & Discharge pipe	: 1"

3.7 เกจวัดแรงดันน้ำ

โครงงานนี้จะใช้เกจวัดแรงดันน้ำเพื่อดูแรงดันของน้ำภายในระบบ โดยเราจะใช้ยี่ห้อ Super product รุ่น เกจวัดแรงดันแบบแห้ง (dry pressure gauge) เกลียวด้านหลังของตัวเกจมีขนาด 1" สามารถวัดแรงดันได้ตั้งแต่ 0 – 6 bar ดังแสดงในรูปที่ 3.20

รูปที่ 3.20 เกจวัดแรงดัน

3.8

เซนเซอร์วัดแรงดันน้ำ[22]

เซนเซอร์เป็นส่วนที่มีความสำคัญอย่างมากในโครงงานชิ้นนี้ เพราะเซนเซอร์จะเป็นส่วนที่เราใช้ตรวจจับค่าแรงดันน้ำที่เข้ามาภายในบ้าน แล้วจึงนำค่าที่ตรวจเซนเซอร์ตรวจจับได้นั้นเป็นค่าอินพุตให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเซนเซอร์ที่พวกเราใช้ในชุดอุปกรณ์ต้นแบบนี้เป็นเซนเซอร์วัดความดันน้ำรุ่น EL-PWSUAXB-VBG102 ซึ่งมีลักษณะภายนอกดังรูป 3.21 และมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

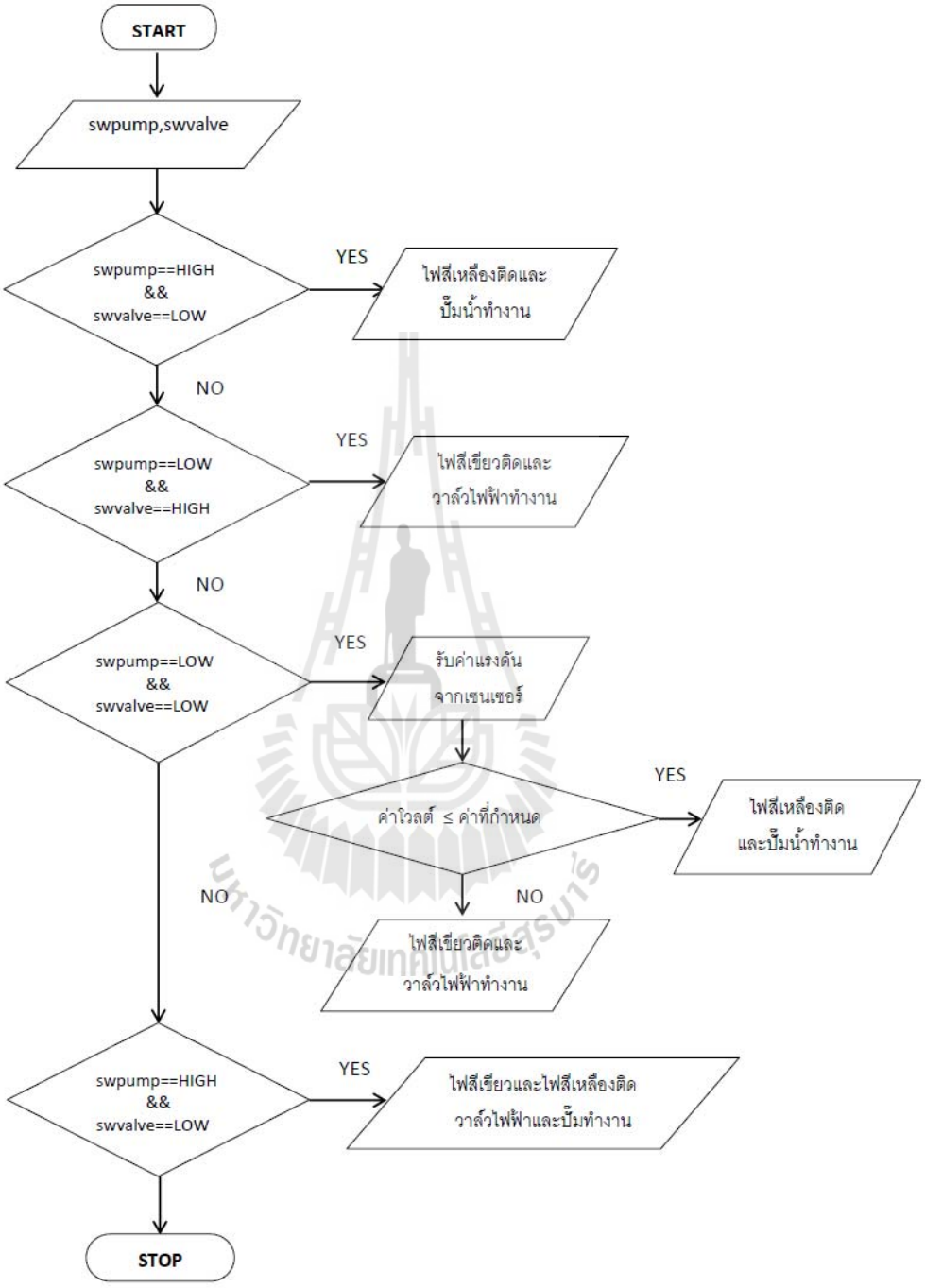
รูปที่ 3.21 เซนเซอร์วัดแรงดันน้ำ

- ย่านความดันการใช้งาน 0 - 5 บาร์
- แหล่งจ่ายแรงดันคงที่ 5 โวลต์
- แรงดันไฟฟ้าเริ่มต้น (offset) 0.5 โวลต์
- ย่านแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต 0.5 - 4.5 โวลต์
- พล็อตการเชื่อมต่อ G1/2"
- ความละเอียดในการวัด 0.02 บาร์
- การเชื่อมต่อสัญญาณใช้สาย waterproof plug โดยเสียบสายดังนี้ สายสีฟ้าต่อกับแรงดันคงที่ 5 โวลต์ สายสีน้ำตาลเป็นค่าเอ้าท์พุทต่อเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และสายสีเหลืองต่อกับกราวนด์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.9 การเขียนโปรแกรมควบคุม

แผนผังการทำงานของโปรแกรม (**flow chart**)



Code program และคำอธิบาย

int ANALOG_PIN = A0; // กำหนดให้ Analog-0 เป็น analog input pin

```
int ledPinvalve =19;                    // ประกาศตัวแปร ledPinvalve แทน Digital Pin 19
int ledPinpump =20;                     // ประกาศตัวแปร ledPinpump แทน Digital Pin 20
int i=0;                                // ประกาศตัวแปร i เป็นแบบ int เพื่อเก็บค่า
int x=0;                                // ประกาศตัวแปร x เป็นแบบ int เพื่อเก็บค่า
int m=0;                                // ประกาศตัวแปร m เป็นแบบ int เพื่อเก็บค่า
void setup()
{
  pinMode(ledPinpump,OUTPUT);     // กำหนดหน้าที่ของ ledPinpump เป็น output
  pinMode(ledPinvalve,OUTPUT);    // กำหนดหน้าที่ของ ledPinvalve เป็น output
  pinMode(21,INPUT);              // กำหนดหน้าที่ของ Digital Pin 21 เป็น input
  pinMode(22,INPUT);              // กำหนดหน้าที่ของ Digital Pin 22 เป็น input
  }
void loop()
{
  int swvalve=digitalRead(21);        // ประกาศตัวแปร swvalve รับค่าจาก digital pin 21
  int swpump=digitalRead(22);         // ประกาศตัวแปร swpump รับค่าจาก digital pin 22
  if(swpump==HIGH&&swvalve==LOW) // ถ้ากดสวิตช์ของปั๊ม
    {
      Serial.println("pump");           // ให้แสดงคำว่า “pump” ใน serial monitor
      digitalWrite(ledPinpump,HIGH);  // กำหนดให้ led สีเหลืองไฟติด ปั๊มทำงาน
      digitalWrite(ledPinvalve,LOW);  // กำหนดให้ led สีเขียวไฟดับ โซลินอยด์วาล์วไม่ทำงาน
      delay(1000);                    // หน่วงเวลา 1000 ms
    }
   else if(swvalve==HIGH&&swpump==LOW)   // ถ้ากดสวิตช์ของวาล์ว
    {
      Serial.println("valve");          // ให้แสดงคำว่า “valve” ใน serial monitor
      digitalWrite(ledPinpump,LOW);   // กำหนดให้ led สีเหลืองไฟดับ ปั๊มไม่ทำงาน
      digitalWrite(ledPinvalve,HIGH);  // กำหนดให้ led สีเขียวไฟติด โซลินอยด์วาล์วทำงาน
      delay(1000);                    // หน่วงเวลา 1000 ms
    }
    else if(swvalve==LOW && swpump==LOW) // ถ้าไม่ได้กดสวิตช์ที่ปั๊มและที่วาล์ว
```

```
{
  for(int i=0;i<10;i++)                  // ให้วนรอบโดยกำหนดให้ x=0 ถึง 9
  {
    x = analogRead( ANALOG_PIN ); // กำหนดให้ x รับค่าจาก ANALOG_PIN
    m=m+x;                               // นำค่า m+x แล้วเก็บไว้ที่ m
    Serial.println(i);                   // แสดง i ใน serial monitor
    Serial.println(m);                   // แสดงค่า m ใน serial monitor
  }
    m=m/10;                              // นำค่า m มาหาร 10 แล้วเก็บไว้ที่ m
    Serial.println("-----");              // แสดง “-----” ใน serial monitor
    Serial.println(m);                   // แสดงค่า m ใน serial monitor
    if(m<=301)                           // ถ้า m น้อยกว่าหรือเท่ากับ 301
      {
        digitalWrite(ledPinpump,HIGH);  // ให้ led สีเหลืองไฟติด ปั๊มทำงาน
        digitalWrite(ledPinvalve,LOW);  // ให้ led สีเขียวไฟดับ โซลินอยด์วาล์วไม่ทำงาน
        delay(20000);                    // หน่วงเวลา 28000 ms
       }
    else                                 // ถ้า m มากกว่า 301
      {
        digitalWrite(ledPinpump,LOW);  // ให้ led สีเหลืองไฟดับ ปั๊มไม่ทำงาน
        digitalWrite(ledPinvalve,HIGH);  //  ให้ led สีเขียวไฟติด โซลินอยด์วาล์วทำงาน
        delay(20000);                    // หน่วงเวลา 28000 ms
      }
    m=0;                                 // ให้ m=0
  }
  else                                   // ถ้ากดสวิตช์ที่ปั๊มและที่วาล์ว
  {
        digitalWrite(ledPinpump,HIGH);  // ให้ led  สีเหลืองไฟติด ปั๊มทำงาน
        digitalWrite(ledPinvalve,HIGH);   //  ให้ led สีเขียวไฟติด โซลินอยด์วาล์วไม่ทำงาน
        delay(1000);                     // หน่วงเวลา 1000 ms
  }
```

}

3.10 กล่าวสรุป

ชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่ได้กล่าวถึงในบทนี้เป็นการจำลองระบบปั๊มน้ำอัจฉริยะที่จะนำไปใช้จริงภายในบ้าน สำหรับบ้านที่ติดปั๊มน้ำและอยากที่จะประหยัดพลังงาน โดยส่วนสำคัญคือเซนเซอร์วัดแรงดันน้ำ และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเซนเซอร์วัดแรงดันน้ำจะตรวจวัดความดันน้ำจะตรวจวัดแรงดันน้ำภายในท่อแล้วนำค่าที่ได้ไปให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลและสั่งงานปั๊มน้ำ และวาล์วไฟฟ้า นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์อื่น เช่น วาล์วกันกลับ เกจวัดความดันที่ทำให้ระบบนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งวาล์วกันกลับนั้นเราจะใช้กันน้ำไม่ให้ไหลย้อนกลับไปทำให้วาล์วไฟฟ้าเสียหาย และเกจวัดความดันเราจะใช้ในการดูค่าแรงดันน้ำที่ไหลภายในท่อ

นอกจากนี้อุปกรณ์ที่ขาดไม่ได้คือโซลิดสเตตรีเลย์ ที่เป็นตัวแปลงแรงดันคงที่ 5 โวลต์ ที่ได้จากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ไปเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ทำให้เราสามารถสั่งเปิดหรือปิด ปั๊มน้ำและวาล์วไฟฟ้าได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

จากการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานและอุปกรณ์ต้นแบบในบทที่ 2 และ 3 ทำให้สามารถนำอุปกรณ์ไปทดสอบใช้งานจริง ในบทนี้จะเป็นนำเอาอุปกรณ์ต้นแบบไปทำการทดลองเพื่อดูว่าอุปกรณ์ของพวกเราใช้งานได้ตามเป้าหมายหรือไม่ จึงได้แสดงผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.2 ผลการทดลอง

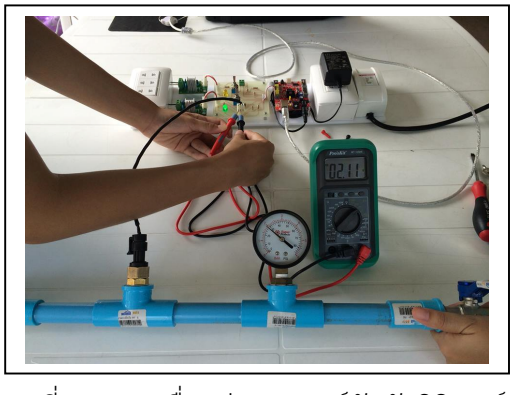
4.2.1 การทดลองที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำกับโวลต์ของเซนเซอร์

วัตถุประสงค์

เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำกับโวลต์

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่ออุปกรณ์การทดลองดังรูปที่ 4.1
2. เปิดน้ำเข้าไปในท่อให้ได้แรงดันน้ำสูงที่สุด
3. ปล่อยน้ำออกทีละนิดให้แรงดันค่อยๆลดลงเรื่อยๆจนไปถึง 0 บาร์
4. บันทึกค่าแรงดันที่วัดได้ในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การเชื่อมต่อเซนเซอร์กับมัลติมิเตอร์

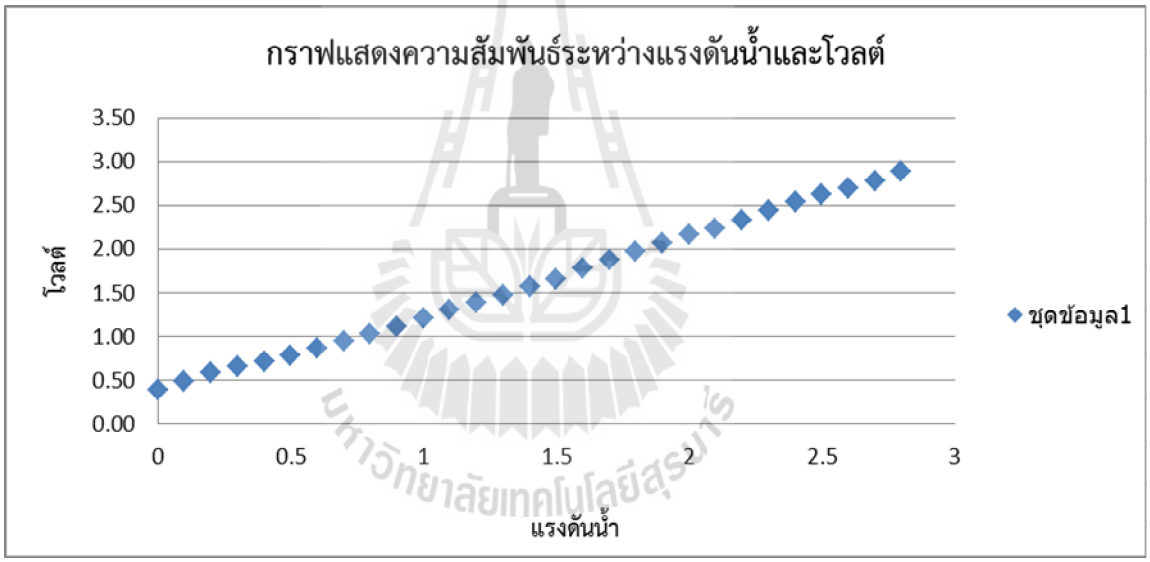
ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าแรงดันน้ำกับค่าโวลต์ของเซนเซอร์

แรงดันน้ำ (bar)	**โวลต์**			
	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**เฉลี่ย**
0	0.39	0.39	0.4	0.39
0.1	0.49	0.48	0.49	0.49
0.2	0.58	0.6	0.59	0.59
0.3	0.66	0.65	0.67	0.66
0.4	0.7	0.72	0.71	0.71
0.5	0.77	0.78	0.8	0.78
0.6	0.83	0.87	0.88	0.86
0.7	0.94	0.94	0.95	0.94
0.8	1.04	1.02	1.01	1.02
0.9	1.1	1.11	1.11	1.11
1.0	1.23	1.19	1.2	1.21
1.1	1.3	1.3	1.3	1.30
1.2	1.39	1.39	1.37	1.38
1.3	1.47	1.48	1.46	1.47
1.4	1.56	1.58	1.58	1.57
1.5	1.66	1.65	1.66	1.66
1.6	1.78	1.79	1.77	1.78
1.7	1.88	1.89	1.85	1.87
1.8	1.97	1.98	1.96	1.97
1.9	2.09	2.08	2.04	2.07
2.0	2.17	2.16	2.15	2.16
2.1	2.23	2.24	2.22	2.23
2.2	2.32	2.34	2.33	2.33
2.3	2.43	2.44	2.44	2.44

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าแรงดันน้ำกับค่าโวลต์ของเซนเซอร์ (ต่อ)

แรงดันน้ำ (bar)	โวลต์			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
2.4	2.55	2.54	2.53	2.54
2.5	2.63	2.62	2.61	2.62
2.6	2.69	2.69	2.68	2.69
2.7	2.78	2.77	2.76	2.77
2.8	2.89	2.9	2.88	2.89



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำและค่าโวลต์

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.1 เป็นการดูค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำที่ผ่านเซนเซอร์กับค่า output ของเซนเซอร์ที่แสดงค่าเป็นโวลต์ จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มค่าแรงดันขึ้นเรื่อยๆ output ที่ออกจากเซนเซอร์ก็มีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วยและเมื่อนำค่ามาพล็อตกราฟเพื่อดูความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.2 ก็พบว่ากราฟที่ได้มีลักษณะ เป็นกราฟแบบเชิงเส้น

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำและค่า output ที่วัดได้จากเซนเซอร์มีลักษณะเป็นแบบเชิงเส้น ซึ่งเราจะนำค่าโวลต์ที่เซนเซอร์วัดได้เชื่อมต่อไปยังเข้าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะมีคุณสมบัติที่สามารถแปลงค่าจากโวลต์ให้เป็นค่าแบบดิจิตอล เพื่อที่จะนำไปประมวลผลต่อไปได้

4.2.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาพฤติกรรมการใช้น้ำภายในบ้าน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการใช้น้ำภายในบ้าน
2. สามารถนำไปหาค่าของเวลาที่เหมาะสมในการหน่วงเวลาของอุปกรณ์

ขั้นตอนการทดลอง

1. ทดลองทำกิจกรรมต่างๆ ดังในตารางที่ 4.2
2. จับเวลากิจกรรมต่างๆ ตามลำดับ และบันทึกค่าในตารางที่ 4.2
3. นำเวลาที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำไปกำหนดค่าหน่วงเวลาในโปรแกรม

ตารางที่ 4.2 ระยะเวลาในการใช้น้ำในการทำกิจกรรมต่างๆ

กิจกรรม	เวลา (วินาที)
ล้างมือ	25
ล้างหน้า	35
กดชักโครก	43
แปรงฟัน	38

วิเคราะห์ผลการทดลอง

คำนวณหาค่าเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ย = (25+35+43+38)/4 = 28.2 วินาที

จากการตารางที่ 4.2 เป็นการบันทึกการใช้น้ำที่ใช้เวลาทำเพียงสั้นๆ ซึ่งเราจะนำเวลาที่ได้มาหาเฉลี่ยซึ่งเท่ากับ 28.2 วินาที แต่ค่าที่เราจะนำไปใช้เป็นค่าหน่วงเวลาคือ 28 วินาที ซึ่งน่าจะเพียงพอในการหน่วงเวลาให้กับปั๊มน้ำเพื่อไม่ให้ปั๊มน้ำเปิดปิดบ่อยเกินไปหากค่าแรงดันของน้ำลดลง

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองค่าเวลาที่ได้คือ 28.2 วินาที แต่นำมาใช้จริงคือ 28 วินาที ซึ่งค่าที่ได้จะนำไปกำหนดค่าหน่วงเวลาในโปรแกรมเพื่อหน่วงเวลาให้กับอุปกรณ์ต้นแบบ เพื่อไม่ให้ปั๊มน้ำรีบทำงานเร็วจนเกินไปเมื่อใช้น้ำทำกิจกรรมที่ใช้เวลาเพียงสั้นๆ

4.2.3 การทดลองที่ 3 การทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบ

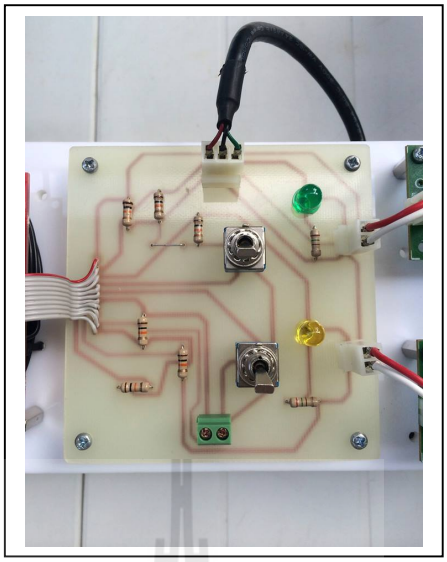
วัตถุประสงค์

เพื่อดูว่าแรงดันน้ำที่รับเข้ามาจากเซนเซอร์สามารถนำไปสั่งงานอุปกรณ์ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ได้หรือไม่

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 4.3
2. ทดลองเปิดน้ำให้เข้าไปในชุดอุปกรณ์ต้นแบบแล้วให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วเช็คค่าแรงดันน้ำ แล้วแสดงผลตามเงื่อนไขที่กำหนด
3. เมื่อปั๊มน้ำทำงานสามารถสังเกตได้จากไฟสีเหลืองติดที่บอร์ดการเชื่อมต่อ และถ้าหากโซลินอยด์วาล์วทำงานสามารถสังเกตได้จากไฟสีเขียวติดที่บอร์ดการเชื่อมต่อ ดังรูปที่ 4.4
4. บันทึกค่าในตารางที่ 4.3

รูปที่ 4.3 ต่อน้ำประปาเข้าอุปกรณ์ต้นแบบ



รูปที่ 4.4 ผลการทำงานของโซลินอยด์วาล์วและปั๊มน้ำ

ตารางที่ 4.3 การทำงานของอุปกรณ์เทียบกับแรงดันน้ำ

แรงดันน้ำ (bar)	**โวลต์ (v)**	**อุปกรณ์**	
		โซลินอยด์วาล์ว	**ปั๊มน้ำ**
0	0.39		✓
0.1	0.49		✓
0.2	0.59		✓
0.3	0.66		✓
0.4	0.71		✓
0.5	0.78		✓
0.6	0.86		✓
0.7	0.94		✓
0.8	1.02		✓
0.9	1.11		✓
1	1.21		✓
1.1	1.30		✓
1.2	1.38		✓

ตารางที่ 4.3 การทำงานของอุปกรณ์เทียบกับแรงดันน้ำ (ต่อ)

แรงดันน้ำ (bar)	โวลต์ (v)	อุปกรณ์	
		โซลินอยด์วาล์ว	ปั๊มน้ำ
1.3	1.47		✓
1.4	1.57	✓	
1.5	1.66	✓	
1.6	1.78	✓	
1.7	1.87	✓	
1.8	1.97	✓	
1.9	2.07	✓	
2	2.16	✓	
2.1	2.23	✓	
2.2	2.33	✓	
2.3	2.44	✓	
2.4	2.54	✓	
2.5	2.62	✓	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าระบบจะเปลี่ยนมาใช้โซลินอยล์วาล์วแทนการใช้ปั๊มน้ำ เมื่อแรงดันน้ำมีค่ามากกว่า 1.3 บาร์ ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้เขียนไว้ในโปรแกรมที่ใช้สั่งงานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ สาเหตุที่ใช้ 1.3 บาร์ นั้นเนื่องมาจากเป็นค่าแรงดันน้ำที่เจ้าของบ้านพึงพอใจในขณะที่ยังทำกิจกรรมเล็กๆ น้อยๆ โดยไม่ต้องการใช้ปั๊มและเพียงพอที่จะนำไปใช้งานภายในบ้าน

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า อุปกรณ์ต้นแบบสามารถทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ได้จริง ส่วนค่าแรงดันน้ำที่กำหนดไว้สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ตามแต่เจ้าของบ้านว่าต้องการแรงดันขั้นต่ำขนาดเท่าใด

4.2.4 การทดลองที่ 4 เปรียบเทียบค่าไฟฟ้าเมื่อใช้ปั๊มน้ำในระยะเวลาไม่เท่ากัน

วัตถุประสงค์

เพื่อดูว่าเมื่อเราใช้ระบบปั๊มน้ำอัจฉริยะแล้วจะช่วยลดค่าไฟฟ้าได้จริงหรือไม่

ขั้นตอนการทดลอง

1. สังเกตค่าแรงดันน้ำที่เข้ามาภายในบ้าน จากเกจวัดแรงดัน
2. บันทึกค่าแรงดันน้ำลงในตารางที่ 4.4 ตั้งแต่วันที่ 15 สิงหาคม 2557 – 30 สิงหาคม 2557 รวมเป็นเวลา 15 วัน และตั้งแต่เวลา 06.00 – 24.00 น. เป็นเวลา 13 ชั่วโมง
3. คำนวณเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าจากการใช้ปั๊มน้ำที่วัดได้ เทียบกับการใช้ปั๊มน้ำตลอดทั้ง 13 ชั่วโมง
4. คำนวณเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าจากการใช้ปั๊มน้ำจริงที่ใช้ภายในครัวเรือน

ตารางที่ 4.4 ค่าแรงดันน้ำแต่ละช่วงเวลา

เวลา / วัน	**ค่าแรงดันน้ำที่วัดได้ในแต่ละวันและแต่ละช่วงเวลา**															
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**เฉลี่ย**
06.00 - 07.00 น.	1.4	1.2	1.1	0.9	1.0	1.1	1.3	1.2	1.1	1.4	1.2	1.1	1.0	1.2	1.4	1.17
07.00 - 08.00 น.	1.2	1.1	1.2	1.0	1.2	1.3	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.1	1.1	1.1	1.3	1.20
08.00 - 09.00 น.	1.6	1.5	1.4	1.5	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.7	1.6	1.6	1.6	1.7	1.57
09.00 - 10.00 น.	2.2	2.3	2.3	2.4	2.3	2.2	2.4	2.3	2.3	2.4	2.3	2.4	2.2	2.4	2.4	2.32
10.00 - 11.00 น.	2.3	2.3	2.4	2.3	2.4	2.4	2.3	2.4	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3	2.4	2.4	2.35
11.00 - 12.00 น.	2.1	2.0	1.9	2.2	1.9	2.0	2.0	1.9	2.1	2.2	2.1	2.1	2.1	2.0	2.1	2.05
12.00 - 13.00 น.	2.3	2.0	2.1	2.0	2.1	2.4	2.3	2.1	2.2	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.21

ตารางที่ 4.4 ค่าแรงดันน้ำแต่ละช่วงเวลา (ต่อ)

เวลา/วัน	ค่าแรงดันน้ำที่วัดได้ในแต่ละวันและแต่ละช่วงเวลา															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	เฉลี่ย
13.00 - 14.00 น.	2.4	2.3	2.3	2.4	2.4	2.2	2.4	2.4	2.3	2.4	2.4	2.3	2.4	2.3	2.4	2.35
14.00 - 15.00 น.	2.3	2.4	2.2	2.3	2.3	2.3	2.2	2.4	2.4	2.4	2.3	2.2	2.2	2.3	2.2	2.29
15.00 - 16.00 น.	1.9	1.8	1.7	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.8	1.9	1.8	1.83
16.00 - 17.00 น.	1.3	1.4	1.3	1.3	1.4	1.3	1.3	1.2	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.29
18.00 - 19.00 น.	1.2	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.2	1.0	1.1	1.0	1.2	1.13
19.00 - 20.00 น.	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5	1.6	1.7	1.53
20.00 - 21.00 น.	2.2	2.3	2.3	2.2	2.3	2.4	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3	2.5	2.4	2.4	2.4	2.34
21.00 - 22.00 น.	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.3	2.4	2.3	2.4	2.35
22.00 - 23.00 น.	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.37
23.00 - 24.00 น.	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.3	2.4	2.39

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่ามีช่วงเวลาที่แรงดันน้ำกว่า 1.3 บาร์ ได้แก่ 06.00 – 07.00 น. 07.00 – 08.00 น. และ 18.00 – 19.00 น. ซึ่งคิดเป็นสามชั่วโมง เราจะคำนวณค่าไฟฟ้าได้ดังต่อไปนี้

$$u = w \times (n / 1000) \times h \quad \text{..... (4.1)}$$

โดย u = จำนวนหน่วยหรือยูนิต

w = กำลังเครื่องใช้ไฟฟ้า (หน่วย วัตต์)

n = จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า

h = จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานในหนึ่งวัน

ซึ่ง 1 u = 2.97 บาท

ในการทดลองที่ 4 เราจะเปรียบเทียบค่าไฟในการใช้ปั๊มน้ำ 13 ชั่วโมง กับการใช้ปั๊มน้ำแค่ 3 ชั่วโมงในการทดลอง ซึ่งกำลังของปั๊มน้ำในการทดลองนี้คือ 180 วัตต์ โดยคำนวณได้ดังนี้

- ใช้ปั๊มน้ำ 13 ชั่วโมง

$$u = w \times (n / 1000) \times h$$
$$= 180 \times (1 / 1000) \times 13$$
$$= 2.34$$

ซึ่งคิดเป็นจำนวนเงินได้เท่ากับ 2.34 x 2.97 = 6.9498 บาท

- ใช้ปั๊มน้ำ 3 ชั่วโมง

$$u = w \times (n / 1000) \times h$$
$$= 180 \times (1 / 1000) \times 3$$
$$= 0.54$$

ซึ่งคิดเป็นจำนวนเงินได้เท่ากับ 0.54 x 2.97 = 1.6038 บาท

แต่ถ้าบ้านเรือนที่เป็นบ้านสองชั้น ใช้ปั๊มน้ำขนาด 400 วัตต์ คำนวณได้ดังนี้

- ใช้ปั๊มน้ำ 13 ชั่วโมง

$$u = w \times (n / 1000) \times h$$
$$= 400 \times (1 / 1000) \times 13$$
$$= 5.2$$

ซึ่งคิดเป็นจำนวนเงินได้เท่ากับ 5.2 x 2.97 = 15.44 บาท

- ใช้ปั๊มน้ำ 3 ชั่วโมง

$$u = w \times (n / 1000) \times h$$
$$= 400 \times (1 / 1000) \times 3$$
$$= 1.2$$

ซึ่งคิดเป็นจำนวนเงินได้เท่ากับ 1.2 x 2.97 = 3.564 บาท

สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองสรุปได้ว่า ระบบปั๊มน้ำอัจฉริยะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายไปได้เป็นเงินเท่ากับ 5.346 บาท/13 ชั่วโมง คิดเป็น 9.8695 บาท/วัน และคิดเป็น 296.085 บาท/เดือน

จากชุดอุปกรณ์ต้นแบบจะใช้ปั๊มน้ำขนาด 180 วัตต์ แต่ภายในบ้านที่เป็นบ้านสองชั้นจะใช้ปั๊มน้ำขนาด 400 วัตต์ สามารถประหยัดเงินได้เท่ากับ 11.876 บาท/13 ชั่วโมง คิดเป็น 21.923 บาท/วัน และคิดเป็น 657.747 บาท/เดือน

จากชุดอุปกรณ์ต้นแบบซึ่งประกอบไปด้วย เซนเซอร์วัดแรงดันน้ำ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด Interface โซลินอยด์วาล์ว โดยใช้งบประมาณไปทั้งสิ้น 2000 บาท ซึ่งระบบปั๊มน้ำอัจฉริยะสามารถประหยัดค่าไฟได้ 657.747 บาท/เดือน เมื่อนำมาเทียบกับงบประมาณที่ใช้ก็ถือว่าคุ้มค่าที่ได้ซื้ออุปกรณ์ไป เพราะอุปกรณ์สามารถใช้ได้นานหลายปี

4.3 กล่าวสรุป

จากการทดลองย่อยต่างๆ สามารถสรุปได้ดังนี้ การทดลองย่อยที่หนึ่งทำให้เราทราบความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันน้ำและค่าเอาต์พุตของเซนเซอร์ว่ามีลักษณะเป็นแบบเชิงเส้น การทดลองที่สองทำให้เราทราบค่าหน่วงเวลาที่เราจะนำไปใช้เพื่อไม่ให้ปั๊มน้ำต้องทำงานบ่อยเกินไป เมื่อเราใช้น้ำในเวลาสั้นๆ การทดลองที่สามเป็นการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบว่าเมื่อวัดค่าแรงดันที่เข้ามาในระบบและส่งต่อ ไปที่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะสามารถทำงานได้ตามที่คาดหวังไว้ได้หรือไม่ การทดลองที่สี่พบว่าอุปกรณ์ต้นแบบของเราสามารถช่วยประหยัดไฟฟ้าภายในบ้านได้จริงๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5

ผลสรุปของโครงงาน

5.1 กล่าวนำ

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงบทสรุปของโครงงานระบบปั๊มน้ำอัจฉริยะ ซึ่งประกอบไปด้วยปัญหาและอุปสรรคที่พบในขณะดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ

5.2 บทสรุปของโครงงาน

โครงงานระบบปั๊มน้ำอัจฉริยะ มีส่วนประกอบหลักๆ ได้แก่ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-BASE AVR EASY32U4 เซนเซอร์วัดแรงดันน้ำ โซลินอยด์วาล์ว บอร์ด Interface และวาล์วกันกลับ

โดยโครงงานนี้สามารถสร้างอุปกรณ์ต้นแบบขึ้นมาใช้งานจริงภายในบ้านได้ และสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าภายในบ้านไปได้ 657.747 บาท/เดือน

5.3 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหา

ตารางที่ 5.1 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหา

ปัญหาที่พบในขณะดำเนินการ	วิธีการแก้ไข
1. ความล่าช้าในการสั่งอุปกรณ์	ควรมีการวางแผนในการจัดซื้อจัดหาอุปกรณ์ให้เร็วกว่านี้ และเผื่อเวลาไว้เนื่องจากอาจจะเกิดการล่าช้าได้
2. ผู้ทำโครงงานไม่มีความถนัดในด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจากหนังสือหรืออินเตอร์เน็ต และขอความช่วยเหลือจากทางบริษัทที่จัดจำหน่ายอุปกรณ์ให้ช่วยสอนการใช้โปรแกรม
3. ค่าที่ได้จากเซนเซอร์วัดแรงดันน้ำแกว่งขึ้นลงจนไม่สามารถนำไปประมวลผลได้	ส่งเซนเซอร์วัดแรงดันน้ำกลับคืนไปให้บริษัทและขอให้บริษัทส่งตัวใหม่กลับมาให้ แต่ค่าที่ได้ยังคงแกว่งอยู่แต่น้อยกว่าเดิม จึงได้เก็บค่ามาเฉลี่ยก่อนนำไปประมวลผล

4. เมื่อต่อท่อประปาในอุปกรณ์ต้นแบบแล้วนำไปใช้งานจริง เกิดน้ำรั่วจากบริเวณข้อต่อ	สอบถามผู้มีประสบการณ์เพื่อขอคำแนะนำในการต่อท่อประปา
5. ผู้ทำโครงงานไม่มีความถนัดในการออกแบบลายวงจร	ศึกษาการใช้โปรแกรมออกแบบลายวงจรจากอินเตอร์เน็ต และขอคำปรึกษาจากผู้ที่มีประสบการณ์

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. สามารถเปลี่ยนเป็นเซนเซอร์ที่มีคุณภาพสูงขึ้น แต่ราคาก็จะสูงขึ้นด้วย

2. ก่อนการใช้งานอุปกรณ์ เช่น บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ควรศึกษาคุณสมบัติของบอร์ดอย่างละเอียด เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

5.5 กล่าวสรุป

จากการทำโครงงานระบบปั๊มน้ำอัจฉริยะได้อุปกรณ์ต้นแบบที่ใช้งานได้จริงโดยมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ET- BASE AVR EASY32U4 เซนเซอร์วัดแรงดันน้ำ วาล์วกันกลับ โซลินอยด์วาล์ว และบอร์ด Interface เมื่อนำอุปกรณ์ต้นแบบไปทดลองใช้จริงภายในบ้านทำให้ได้รับความสะดวกในการที่ไม่ต้องเปิดปิดปั๊มน้ำเองเมื่อไม่ต้องการใช้งาน ประหยัดค่าไฟฟ้าภายในบ้านได้ ซึ่งสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าไปได้ถึง 657.747 บาท/เดือน และยังเป็นการช่วยยืดอายุของการใช้งานของปั๊มน้ำได้อีกด้วย

ทำให้เราสามารถใช้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้เรียนมา การเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาซี รวมทั้งการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจนสามารถนำมาพัฒนาเป็นโครงงานได้สำเร็จและสิ่งที่ได้เรียนรู้เพิ่มเติมจากโครงงาน คือการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงานได้ ทำให้มีประสบการณ์ในการทำงานร่วมกับผู้อื่นมากขึ้น นอกจากนี้คณะผู้จัดทำหวังว่าโครงงานชิ้นนี้จะสามารถทำประโยชน์ให้กับผู้อื่นไม่มากก็น้อย

เอกสารอ้างอิง

[1] ธัญดร ออกวะลา. 2553. “กลศาสตร์ของไหล.” เอกสารประกอบการสอนวิชา กลศาสตร์ของไหล ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

[2] “พลศาสตร์ของไหล (Fluid Dynamics).” 2557. (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.sa.ac.th/winyoo/Fluid/fluiddynamic.htm (1 กันยายน 2557).

[3] Myfirstbrain.com. 2557. “ของไหล:พลศาสตร์ของของไหล.” (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=74622 (1 กันยายน 2557).

[4] SciMath.2555. “ของไหล.” (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.scimath.org/socialnetwork/groups/viewbulletin/1702-สมการของแบร์นูลลี?groupid=273 (1 กันยายน 2557).

[5] บล็อกงานระบบ. 2557. “เครื่องปั๊มน้ำ (pump) คืออะไร.” (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://xn--72c0bda7bwel.blogspot.com/2011/08/pump.html (1 กันยายน 2557).

[6] เทอดศักดิ์ ยุทธเสรี. 2556. “ปั๊มแบบลูกสูบ.” (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://industrialpumps-tsy.blogspot.com/2013/07/3-reciprocating-pumps.html (1 กันยายน 2557).

[7] อธิคม นิลอุบล. 2543. “เครื่องปั๊มน้ำ.” เอกสารเผยแพร่ ชุด สาระน่ารู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย

[8] Homework. 2557. “เลือกซื้อปั๊มน้ำให้ประหยัดพลังงาน.” (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.homeworks.co.th/howto8.html (1 กันยายน 2557).

[9] 9engineer. 2557. “คุณลักษณะของปั๊มแบบต่างๆ.” (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=print&article_id=463 (1 กันยายน 2557).

[10] “โซลินอยด์วาล์ว.” 2557. (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://webserv.kmitl.ac.th/s1010958/web/php/Solenoidvalves.php (3 กันยายน 2557).

[11] บริษัท เอสบีเอสพลัส จำกัด. 2556. (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.sbs-plus.com/วาล์ว-solenoid-valve (3 กันยายน 2557)

[12] บริษัท อินโนอินส์. 2557. “โซลิคสเตตรีเลย์ (SSR).” (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.inno-ins.com/911124/solid-state-relay (3 กันยายน 2557).

[13] “เช็ควาล์วคืออะไร ใช้งานอย่างไร และทำไมต้องใช้ เช็ควาล์ว.” 2557. (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.thailandvalve.com/Thailand%20valve%203_files/PRODUCT%20HIGHLIGHT/PH%20CV.html (5 กันยายน 2557).

[14] STcontrol. 2557. “รู้จัก Transducer และ Sensor.” (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.stcontrol.com/th/articles/transducer-and-sensor.html (5 กันยายน 2557).

[15] วิกิพีเดีย. 2557. “ตัวรับรู้.” (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://th.wikipedia.org/wiki/ตัวรับรู้ (5 กันยายน 2557).

[16] “ไมโครคอนโทรลเลอร์ .....มันคืออะไร?.” 2556. (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://jumpstartinnovation.blogspot.com/2013/07/blog-post.html (10 กันยายน 2557).

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

[18] Arduitronics. 2556. “เริ่มต้นใช้งาน Arduino บอร์ด ตอนที่ 2 (การลงโปรแกรมที่จำเป็น).” แหล่งที่มา http://www.arduitronics.com/article (10 กันยายน 2557).

[19] Arduitronics. 2556. “Installing Driver Arduino on Window.” (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.arduitronics.com/article/installing-driver-arduino-on-window (10 กันยายน 2557).

[20] บริษัทอีทีที. 2557. “คู่มือการใช้งาน ET-BASE AVR EASY32U4.” (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.ett.co.th/prod2012/AVR-EASY32U4/ET-BASE-AVR-EASY32U4-man-th.pdf (10 กันยายน 2557).

[21] FUTURE KIT. 2557. “วงจรโซลิตสเตตรีเลย์.” (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.futurekit.com/2009/manual/future/eng/PDF_FK4/fk423te-1_a3.pdf (15 กันยายน 2557).

[22] “เซนเซอร์วัดความดันน้ำ:EL-PWSUAXB-VBG102.”2557. (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=print&article_id=463 (5กันยายน 2557).

ประวัติผู้เขียน

นางสาวศิรดา สมอหมอบ เกิดเมื่อวันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2536 ภูมิลำเนาอยู่ที่ 176 หมู่ 6 ตำบลบ้านหัน อำเภอโนนศิลา จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนบ้านไผ่ อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัด

นางสาวกชกร พิมพาหุ เกิดเมื่อวันที่ 24 พฤษภาคม พ.ศ. 2536 ภูมิลำเนาอยู่ที่ 2598 ถ.มิตรภาพซอย 16 ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนมารีย์วิทยา นครราชสีมา อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

นายอิสระ มาสิงห์ เกิดเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม พ .ศ.2535 ภูมิลำเนาอยู่ที่ 222/2 หมู่ 4 ตำบลหนองสาหร่าย อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี