

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 แผนการดำเนินงาน

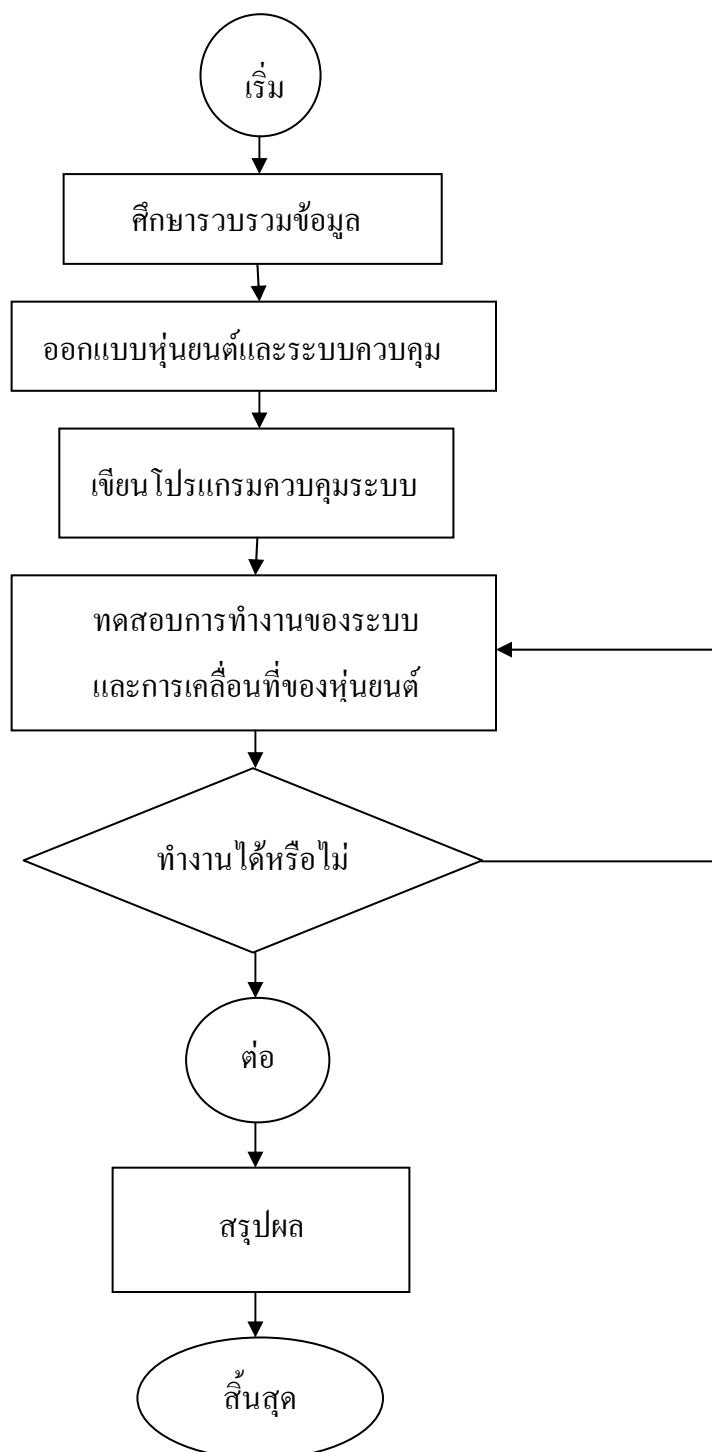
- ศึกษาและหาข้อมูลการทำงานของมอเตอร์ขับเคลื่อน, อุปกรณ์ควบคุม และ เซนเซอร์ ชนิดต่างๆ
- ศึกษาและหาข้อมูลทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์คาน้ำ และการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์วัดความดันและเซนเซอร์เข็มทิศและเซนเซอร์วัดคุณภาพน้ำ
- ออกแบบและคำนวณคุณสมบัติของหุ่นยนต์คาน้ำให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงาน

3.1.1 แผนงานในการดำเนินการโครงการ

การดำเนินการออกแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่คาน้ำโดยมีมอเตอร์ขับเคลื่อนเป็นตัวขับเคลื่อน เริ่มจากการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล งานที่ได้ปฏิบัติต่างๆ แสดงในตารางที่ 3.1 ของแผนการดำเนินงานของโครงการเป็นการทำงานที่ทำตามแผนงานที่วางไว้

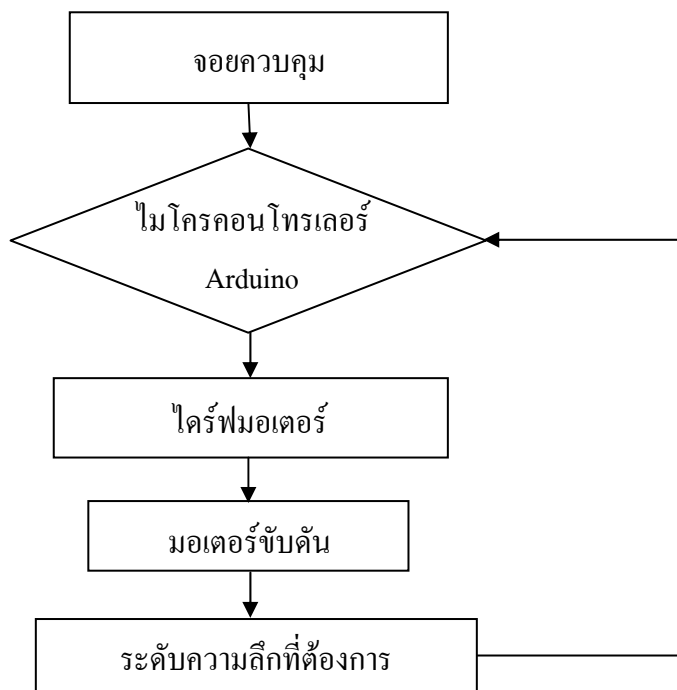
- 1) ศึกษาหาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่คาน้ำ
- 2) ออกแบบตัวคาน้ำควบคุมระยะไกล ด้วยโปรแกรมSolidWorksและจัดหาวัสดุอุปกรณ์ตามที่ได้ออกแบบ
- 3) สร้างคาน้ำจากวัสดุDelrin
- 4) ออกแบบและสร้างถังอะคริลิกถังเก็บอุปกรณ์ควบคุมในตัวคาน้ำและประกอบติดตั้งอุปกรณ์เข้าด้วยกัน
- 5) ออกแบบระบบควบคุมของหุ่นยนต์เคลื่อนที่คาน้ำและการใช้เซนเซอร์ต่างๆ
- 6) เรียนรู้และออกแบบโปรแกรมArduinoจากจอเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่
- 7) เขียนโปรแกรมในการควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนและวัดแรงที่ได้จากมอเตอร์
- 8) ศึกษาและออกแบบโปรแกรมประยุกต์ใช้เซนเซอร์วัดความดัน (Pressure Sensor)
- 9) ศึกษาและออกแบบโปรแกรมประยุกต์ใช้เซนเซอร์เข็มทิศ (Compass)
- 10) ศึกษาและออกแบบโปรแกรมประยุกต์ใช้เซนเซอร์วัดคุณภาพน้ำแบบ ISFET
- 11) ทดสอบการทำงานและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 12) ปรับปรุงแก้ไขพัฒนาในส่วนที่บกพร่อง
- 13) จัดทำรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

3.1.2 แผนผังการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงาน

3.1.3 การออกแบบการควบคุมระบบเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์



รูปที่ 3.2 แผนผังระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

3.1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- ออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์
- เลือกมอเตอร์ขับเคลื่อนและเซนเซอร์ที่จะมาประยุกต์ใช้งาน และ จัดซื้ออุปกรณ์ต่างๆ
- สร้างชิ้นส่วนโครงสร้าง และ ทดสอบประสิทธิภาพของเซนเซอร์ต่างๆ และ ติดตั้งและประกอบชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน
- ทำการทดลองเมื่อบูรณาการทุกส่วนเข้าด้วยกัน

3.1.5 วิธีการทดลอง

- หาสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ เช่น ในสระว่ายน้ำ และ ในบึงใน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- ตรวจสอบความพร้อมของหุ่นยนต์
- ทำการทดสอบโดยสามารถเคลื่อนที่ในแนวระนาบโดยมีความเร็วประมาณ 1 เมตรต่อวินาทีได้หรือไม่
- ทำการทดสอบโดยสามารถเคลื่อนที่ในแนวระดับความลึกต่างๆ และสามารถวัด

ความดันโดยใช้เซนเซอร์วัดความดันได้

- ทำการทดสอบเซนเซอร์วัดคุณภาพน้ำชนิด ISFET และ เซนเซอร์เคมีที่ใช้ในการวัดองค์การเคลื่อนที่ในสามแกนอิสระ
- ทำการทดสอบการทำงานของกล้องวิดีโอเพื่อส่งภาพได้น้ำ
- วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

3.2 การออกแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้น้ำ

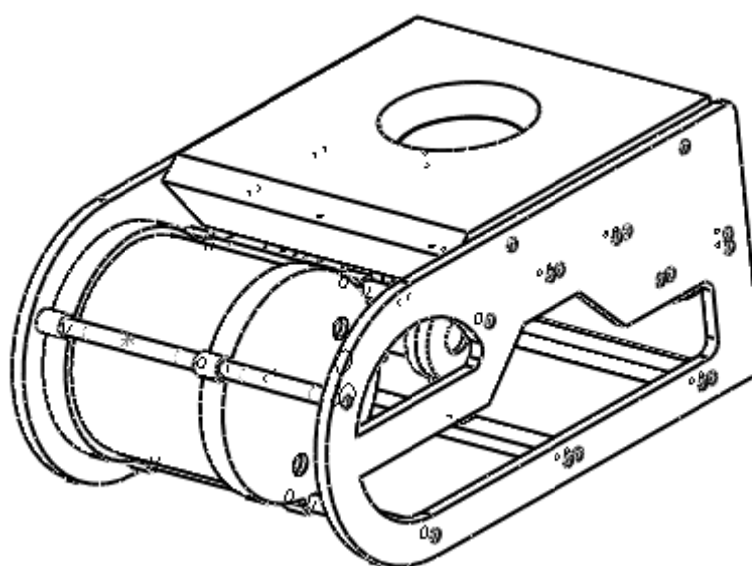
จากการศึกษาทฤษฎีทางกลศาสตร์ของไหลแล้ว จึงได้ดำเนินการออกแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้น้ำ โดยการออกแบบมีเกณฑ์การออกแบบรายละเอียดในการออกแบบ ดังต่อไปนี้

3.2.1 เกณฑ์ในการออกแบบ

- ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้น้ำจะต้องประสบกับผลกระทบจากแรงต้านของน้ำน้อยที่สุด
- หุ่นยนต์ต้องมีเสถียรภาพในการลอยตัวเพื่อให้การควบคุมจากผู้บังคับสามารถควบคุมได้ง่าย
- หุ่นยนต์ต้องมีระบบกันน้ำที่ดีเพื่อไม่ให้น้ำรั่วซึมเข้าไปในแผงควบคุมได้

3.2.2 รายละเอียดในการออกแบบ

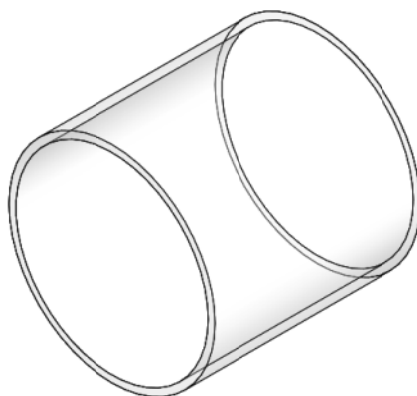
ในการออกแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้น้ำมีส่วนประกอบหลักด้วยกัน 8 ส่วน โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดต่างๆดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.3 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้น้ำ

1) ถังเก็บแสงวงจรควบคุม

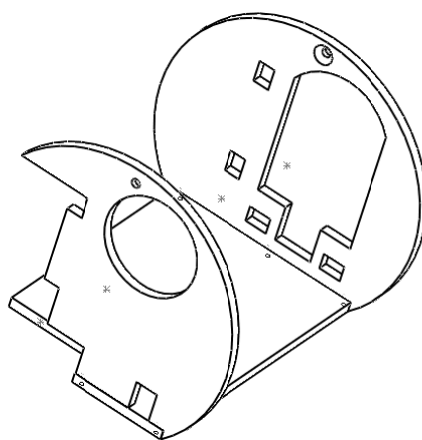
ถังเก็บแสงวงจรควบคุม โดยทำจากอะคริลิก (Acrylic) ใสทรงกระบอกกลวงซึ่งมีคุณสมบัติทนการกัดกร่อนจากสารเคมี อุณหภูมิ และทนทานต่อการกระแทก มีรัศมี 0.15 เมตร และหนา 0.005 เมตร



รูปที่ 3.4 ถังเก็บแสงวงจรควบคุม

2) ชั้นวางบอร์ดวงจรควบคุม

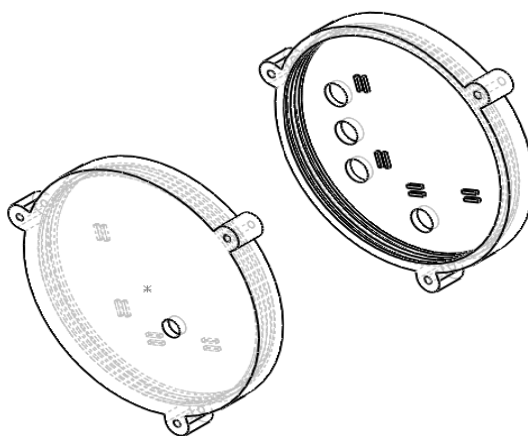
ชั้นวางทำจาก POM (Polyoxymethylene) ออกแบบให้มีขนาดเล็กพอดีกับบอร์ดวงจรควบคุม โดยข้างใต้ชั้นจะมีช่องว่างสำหรับเดินสายไฟที่เหลืออกจากขั้วต่อ ด้านบนทำการจัดวางบอร์ดต่างๆในการควบคุมเอาไว้ด้วยกัน



รูปที่ 3.5 ชั้นวางบอร์ดวงจรควบคุม

3) ฝาปิดถังเก็บแก๊สแรงจลน์

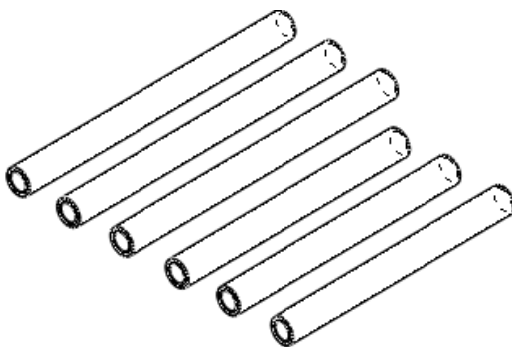
ฝาปิดถังเก็บแก๊สแรงจลน์มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 0.16 เมตร หนา 0.02 เมตร มี 2 ฝาประกบกับตัวถังและมีหูในการจับยึด ภายในกักน้ำยึดและทำเกลียวใส่ Connector และ Pressure sensor พร้อมทั้งกลิ้งช่องใส่โอริงจำนวน 2 ช่อง เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำรั่วซึมเข้าไปภายในถัง โดยฝาปิดทำจาก อะลูมิเนียม (Aluminium) ซึ่งมีความแข็งแรง



รูปที่ 3.6 ฝาปิดถังเก็บแก๊สแรงจลน์

4) เกลาจับยึดถังเก็บแก๊สแรงจลน์กับฝาปิดถังเก็บแก๊สแรงจลน์

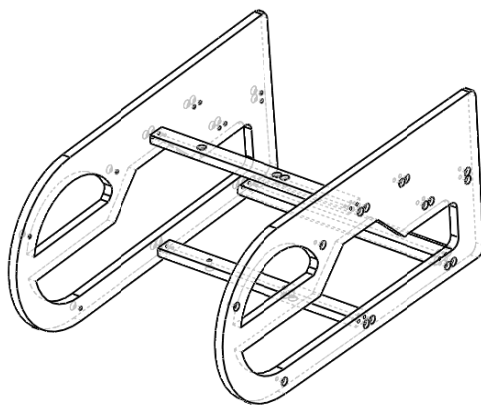
เกลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.01 เมตร ยาว 0.15 เมตร และยาว 0.10 เมตร ทำจาก อะลูมิเนียม ใช้ในการขัน โครงสร้างของตัวหุ่นกับฝาดังนี้ไม่ให้ถังเก็บแก๊สแรงจลน์และเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงอีกด้วย



รูปที่ 3.7 เกลาจับยึดถังเก็บแก๊สแรงจลน์

5) โครงสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้น้ำ

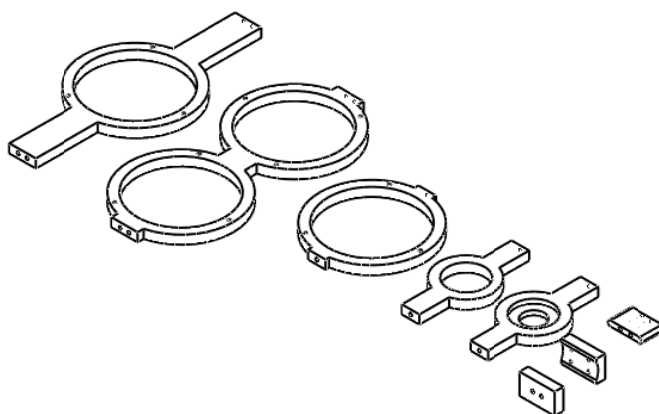
โครงสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้น้ำทำจาก POM (Polyoxymethylene) ซึ่งมีความแข็งแรง มีความยืดหยุ่นในตัว ทนทานต่อการเสียดสี มีเพลายึดกับโครงสร้างเพื่อความแข็งแรง ออกแบบให้มีความหนา 1 เซนติเมตร เพื่อลดแรงต้านของน้ำ



รูปที่ 3.8 โครงสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้น้ำ

6) แท่นจับมอเตอร์ขับเคลื่อน

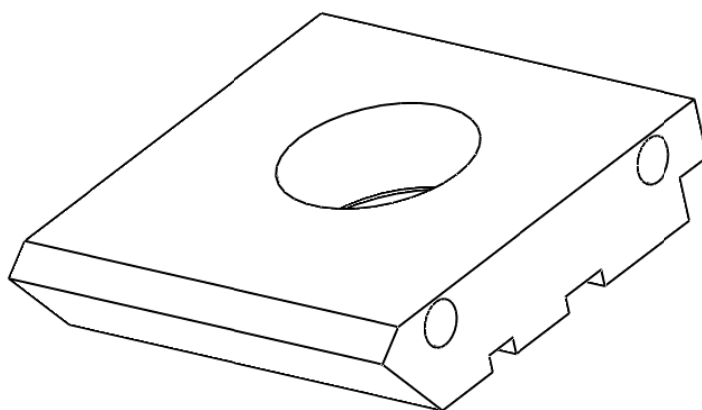
แท่นจับมอเตอร์ขับเคลื่อนทำจาก POM (Polyoxymethylene) ขนาดความหนา 1 เซนติเมตรเพื่อลดแรงต้าน ออกแบบเป็นห่วงจับยึดกับมอเตอร์และเจาะรูทำเกลียวยึดกับตัวโครงสร้างด้านข้างเพื่อความแข็งแรงและรับแรงปฏิกิริยาของมอเตอร์ขับเคลื่อน



รูปที่ 3.9 แท่นจับยึดมอเตอร์ขับเคลื่อน

7) แท่งโฟม

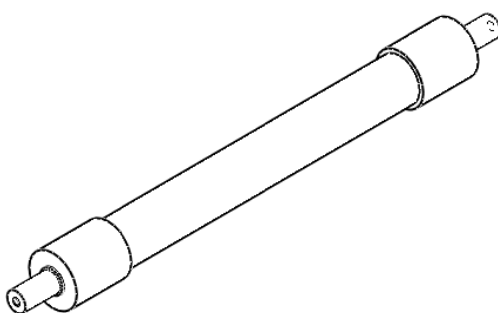
โฟมมีหน้าช่วยในการเพิ่มแรงลอยตัวให้แก่ตัวหุ่น เพื่อให้หุ่นรักษาระดับอยู่ในระดับผิวน้ำ เพื่อช่วยแก้ปัญหาเมื่อตัวหุ่นเกิดการขัดข้องระหว่างการปฏิบัติงาน หุ่นจะลอยขึ้นมาสู่ผิวน้ำเพื่อง่ายในการเก็บมาซ่อมแซม และยังช่วยในการรักษาจุดศูนย์กลางมวล ทำให้ตัวหุ่นไม่เกิดโมเมนต์พลิกคว่ำอีกด้วย



รูปที่ 3.10 แท่งโฟม

8) เพลายึดโฟมกับตัวโครงสร้างหุ่นยนต์

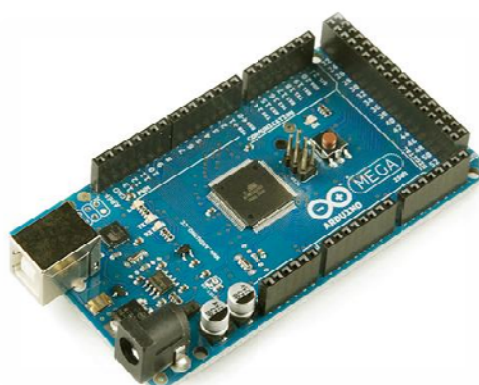
เพลายึดทำจากท่อ PVC ปิดด้วยหัวปิดตายที่ใส่นี้อตและแท่งอะลูมิเนียมเจาะรูทำเกลียวในตลอดยื่นออกมาเพื่อยึดติดกับตัวโครงสร้าง ทำหน้าที่ยึดแท่งโฟมกับหุ่นและเพิ่มความแข็งแรงในการรับแรงดันน้ำในการเคลื่อนที่ อีกทั้งยังช่วยด้านแรงลอยตัวอีกด้วย



รูปที่ 3.11 เพลายึดโฟมกับตัวโครงสร้างหุ่นยนต์

3.3 รายละเอียดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA2560

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในยานดำน้ำเคลื่อนที่ระยะไกลจะเป็นบอร์ด Arduino Mega 2560 ซึ่ง Arduino คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด AVR ซึ่งเป็นแบบที่เรียกว่า Open Hardware หมายความว่า ผู้ปฏิบัติการสามารถปรับเปลี่ยนฮาร์ดแวร์และโปรแกรมที่มีการเปิดเผยใช้ทั่วไปได้ และสามารถซื้อหาได้ง่าย มีราคาถูก มีซอฟต์แวร์ให้ใช้งานฟรี สามารถนำไปใช้งานทั่วไปหรือแบบธุรกิจได้โดยไม่ต้องเสียค่าลิขสิทธิ์ เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีข้อมูลมากที่สุดบนอินเทอร์เน็ต การพัฒนาก็สะดวกรวดเร็ว เพราะมีตัวอย่างมากมาย



รูปที่ 3.12 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA2560[12]

ไมโครคอนโทรลเลอร์	ATmega2560
แรงดันไฟฟ้า	5 โวลต์
แรงดันไฟฟ้าอินพุต (แนะนำ)	7-12 โวลต์
แรงดันไฟฟ้าอินพุต (จำกัด)	6-20 โวลต์
ดิจิทัล I / O Pins	54 (ที่ 14 ให้ผล PWM)
Pins อนุalogอินพุต	16
DC ปัจจุบันต่อ I / O ขา	40 มิลลิแอมแปร์
DC ปัจจุบันสำหรับ Pin 3.3V	50 มิลลิแอมแปร์
หน่วยความจำแฟลช	256 กิโลไบต์ที่ 8 กิโลไบต์ใช้โดย Bootloader
SRAM	8 กิโลไบต์
EEPROM	4 กิโลไบต์
ความเร็วสัญญาณนาฬิกา	16 เมกกะเฮิร์ต

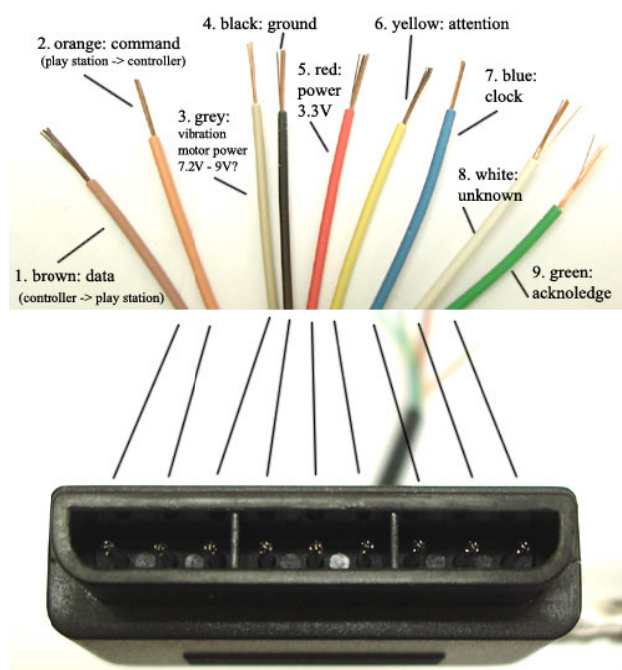
3.4 ตำแหน่งการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์และตำแหน่งสายไฟของ Joystick

ในการควบคุมหุ่นยนต์จะใช้ Joystick สำหรับ Play Station ที่มีปุ่มกดดังแสดงในรูปที่ 3.13 พร้อมบ่งบอกการเคลื่อนที่ในแต่ละทิศด้วยปุ่มของ Joystick



รูปที่ 3.13 ตำแหน่งการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ [13]

ภายในสายของ Joystick จะแบ่งการส่งสัญญาณตามรูปที่ 3.14 โดยสายสัญญาณแต่ละเส้นจะมีสีที่แตกต่างกันไป



รูปที่ 3.14 ตำแหน่งสายไฟของ Joystick [13]

3.5 รายละเอียดมอเตอร์ขับเคลื่อน รุ่น Crust Crawler 400 HFS [14]

มอเตอร์ขับเคลื่อนที่ใช้กับหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้นี้จะเป็นมอเตอร์ใบพัดจาก Crust Crawler รุ่น 400 HFS ที่มีคุณสมบัติดังนี้

- มอเตอร์ชนิดไม่เปลืองน้ำมันให้ประสิทธิภาพสูง
- น้ำหนัก 0.59 กิโลกรัม
- กำลังสูงสุด 400 วัตต์
- อัตราทดเกียร์ 4.28:1
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลา 5 มิลลิเมตร
- อุณหภูมิสูงสุดที่ตัวเรือนสามารถรับได้ 100 องศาเซลเซียส
- ทำงานอยู่ในช่วง 0 ถึง 50 โวลต์
- สามารถทำงานได้ถึงระดับความลึก 91.44 เมตร
- ใบพัดมีขนาด 85 มิลลิเมตร จำนวน 4 ใบ ทำจากทองเหลือง
- อัตราแรงผลัก
 - 1) ที่ 12 โวลต์ ให้แรงผลักสูงสุด 33.58 นิวตัน
 - 2) ที่ 24 โวลต์ ให้แรงผลักสูงสุด 66.72 นิวตัน



รูปที่ 3.15 มอเตอร์ขับเคลื่อน [14]

3.6 รายละเอียดของชุดควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน [14]

ชุดควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนจะเป็นของ Hydra ที่ใช้ควบคุมความเร็วการหมุนของมอเตอร์ Crust Crawler

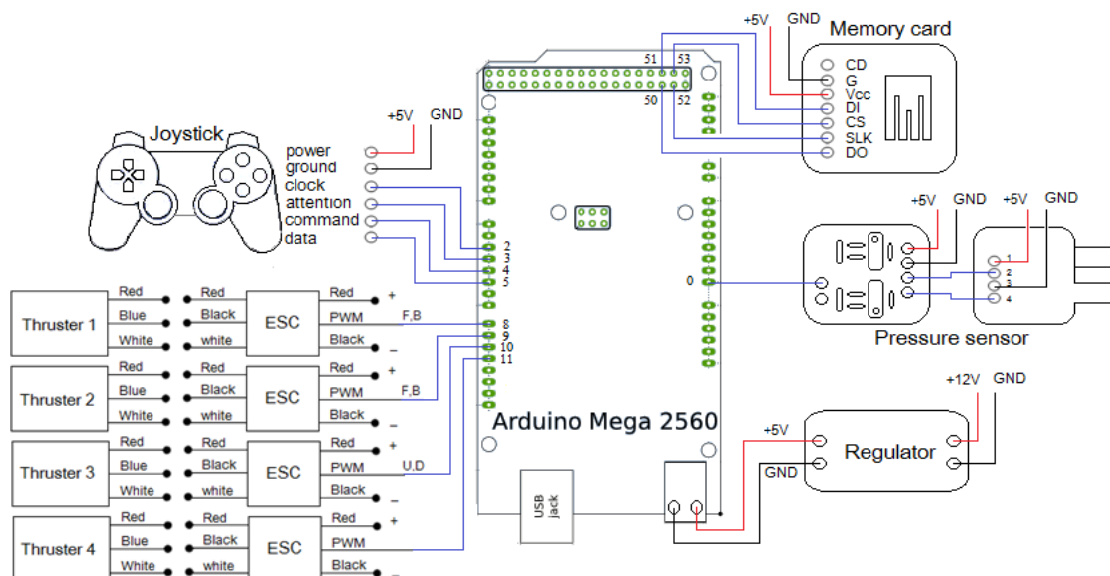
- มีความต้านทานต่ำ (ในรุ่น 120 มีความต้านทาน 0.00043 โอห์มและรุ่น 240 มีความต้านทาน 0.00022 โอห์ม)
- ในรุ่น 120 สามารถรับกระแสต่อเนื่องได้สูงสุด 120 แอมแปร์และรุ่น 240 สามารถรับกระแสต่อเนื่องได้สูงสุด 240 แอมแปร์
- ระบายความร้อนด้วยน้ำ
- มีสายไฟขนาดมาตรฐานเบอร์ 10 ในรุ่น 120 และสายไฟขนาดมาตรฐานเบอร์ 10 เส้นคู่ในรุ่น 240
- มีระบบป้องกันพลังงานไม่ให้มอเตอร์ขับเคลื่อนทำงานเมื่อระบบมีกระแสสูงเกินเพื่อลดอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นต่อมอเตอร์
- ปิดการทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อสัญญาณขาดหายหรือมีสัญญาณอื่นรบกวน



รูปที่ 3.16 ชุดควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน [14]

3.7 แผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์

ในรูปที่ 3.17 เป็นแผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ น้ำ ซึ่งอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ เหล่านี้จะถูกเก็บอยู่ภายในถังเก็บแผงวงจรควบคุมของตัวหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ น้ำ



รูปที่ 3.17 แผนภาพแสดงการต่อวงจรควบคุม

3.8 ผลการคำนวณจากการออกแบบ

3.8.1 แรงลอยตัว

แรงลอยตัวสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$F_B = \rho g V$$

เมื่อ F_B คือแรงลอยตัว (นิวตัน)

F_{w1} คือแรงเนื่องจากน้ำหนักของถังเก็บแผงวงจรควบคุม (นิวตัน)

ρ คือความหนาแน่นของน้ำ (เท่ากับ 1000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

g คือค่าความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (เมตร/วินาที²)

V คือ ปริมาตรของวัตถุที่จมน้ำ (ลูกบาศก์เมตร)

- คำนวณหาแรงลอยตัว (F_B) ของถังอะคริลิก

โดยที่ เส้นผ่านศูนย์กลางถัง (D) 0.15 เมตร

ความยาวของถัง(L) 0.15 เมตร

แรงลอยตัวของถัง

$$F_B = \left[\left(1000 \times 9.81 \times \frac{\pi}{4} \times 0.15^2 \times 0.15 \right) \right] = 26 \text{ นิวตัน}$$

น้ำหนักของถัง

$$F_{w1} = 4.299 \text{ นิวตัน}$$

3.8.2 น้ำหนักรวมโดยประมาณ

น้ำหนักรวมโดยประมาณของตัวหุ่นสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$m = \rho AL$$

$$F = mg$$

เมื่อ m คือน้ำหนัก (กิโลกรัม)

ρ คือค่าความหนาแน่นของวัสดุ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

A คือพื้นที่ของวัสดุ (ตารางเมตร)

L คือความยาวของวัสดุ (เมตร)

- คำนวณหาน้ำหนักของโครงสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้

มวลฝาปิดถังเก็บแผงวงจรควบคุม = 0.8508 กิโลกรัม

มวลโครงสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ = 1.6861 กิโลกรัม

มวลแท่นจับมอเตอร์ขับเคลื่อน = 0.3446 กิโลกรัม

มวลรวมของโครงสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ = 2.8815 กิโลกรัม

แทนค่าสมการ

$$\text{ดังนั้น น้ำหนักของโครงสร้าง} \quad F_{w2} = mg$$

$$F_{w2} = 9.81 \times 2.8815$$

$$F_{w2} = 28.2675 \text{ นิวตัน}$$

- คำนวณน้ำหนักของมอเตอร์ขับเคลื่อน

$$\begin{aligned}\text{น้ำหนักของมอเตอร์ขับเคลื่อน 4 ตัว} \quad F_{WT} &= 4 \times 4.905 \\ F_{WT} &= 19.62 \text{ นิวตัน}\end{aligned}$$

ดังนั้นน้ำหนักของตัวหุ่นยนต์รวมทั้งหมคว่าประมาณ

$$F_T = F_{w1} + F_{w2} + F_{WT} = 4.299 + 28.2675 + 19.62 = 52.186 \text{ นิวตันหรือประมาณ}$$

5.31 กิโลกรัม

และแรงลอยตัวมีค่าประมาณ

$$F_B = 26 \text{ นิวตัน}$$

จะเห็นว่าแรงเนื่องจากน้ำหนักของตัวหุ่น F_T มีค่ามากกว่าแรงลอยตัว F_B ดังนั้นจึงต้องเพิ่มปริมาตรให้กับตัวหุ่นยนต์โดยการเพิ่มโฟมเพื่อช่วยในการลอยตัว

3.8.3 ความเร็วในการเคลื่อนที่

ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้น้ำจะใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนซึ่งมีแรงผลักสูงสุด 33.58 นิวตัน โดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรงมีความต่างศักย์ 12 โวลต์ จำนวน 2 ตัว ทำให้ได้แรงผลักในการเคลื่อนที่รวมเท่ากับ 67.16 นิวตัน แรงต้านจะเท่ากับแรงผลัก ดังนั้น ในที่นี้จะใช้แรงต้านเท่ากับ 67.16 นิวตัน การคำนวณความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$F_D = \frac{1}{2} \rho V^2 A_F C_D$$

เมื่อ	F_D	คือแรงต้านของน้ำ (นิวตัน)
	ρ_w	คือ ความหนาแน่นของน้ำ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
	A_F	คือ พื้นที่ของวัสดุที่ปะทะกับน้ำ (ตารางเมตร)
	V	คือ ความเร็วในการเคลื่อน (เมตร/วินาที)
	C_D	คือ สัมประสิทธิ์แรงต้าน

$$F_D = \left[\left(\frac{1}{2} \rho V^2 A_1 C_{d1} \right) + \left(3 \times \frac{1}{2} \rho V^2 A_2 C_{d2} \right) \right]$$

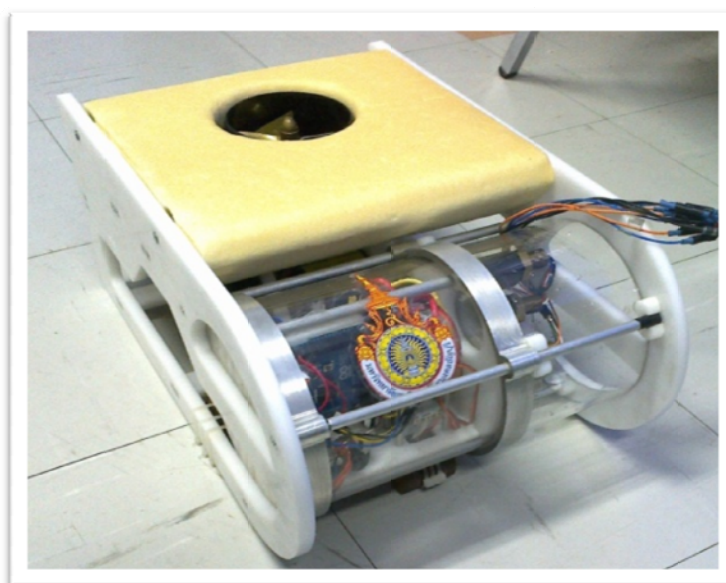
$$F_D = \frac{1}{2} \rho V^2 (A_1 C_{d1} + 3 A_2 C_{d2})$$

แทนค่าสมการ

$$67.16 = \frac{1}{2} \times 1000 \times V^2 [(0.15 \times 0.15 \times 0.64) + (3 \times 0.0508 \times 0.0254 \times 0.64)]$$

$$67.16 = \frac{1}{2} \times 1000 \times V^2 (0.0144 + 0.0039)$$

ดังนั้น $V = 2.71$ เมตร/วินาที



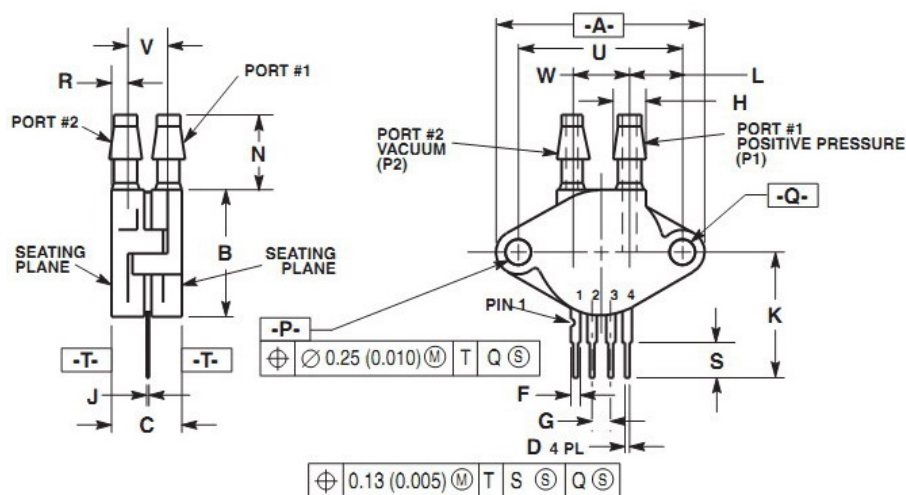
รูปที่ 3.18 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้

3.9 เซนเซอร์ในการทดสอบค่า

ปัจจัยในการเลือกเซนเซอร์ใช้งานขึ้นอยู่กับปริมาณธรรมชาติของปริมาณทางฟิสิกส์ที่จะทำการวัดและนำมาใช้ในควบคุมค่าเป็นสำคัญ รวมไปถึงราคา ความน่าเชื่อถือตลอดจนคุณภาพของข้อมูลที่ทำกรวัดนอกจากนี้ยังมีปัจจัยสำคัญอื่นที่ควรพิจารณาอีก เช่นความเหมาะสมของเซนเซอร์ที่จะนำไปใช้ในสภาพแวดล้อมนั้นๆ เซนเซอร์วัดค่า อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณต่างๆ เช่น อุณหภูมิ แสง แรงทางกล (force) ความดันบรรยากาศ (pressure) ระยะกระจัด (displacement) ความเร็ว (speed) อัตราเร่ง (acceleration) ระดับของเหลว (liquid level) และอัตราการไหล (flow rate) จากนั้นจะทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นสัญญาณออกหรือเอาต์พุตที่ได้จากการวัดในอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำไปประมวลผลต่อได้

3.9.1 เซนเซอร์วัดความดัน (Pressure sensor)[5]

เซนเซอร์วัดความดันเป็นส่วนใหญ่ที่ใช้กันทั่วไปในทางปฏิบัติของอุตสาหกรรมเป็นเซนเซอร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในสภาพแวดล้อมระบบอัตโนมัติต่างๆ ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์น้ำและไฟฟ้าพลังน้ำ, ทางรถไฟขนส่งอาคารอัจฉริยะอัตโนมัติการผลิต, การบิน, ทหาร, ปิโตรเคมีน้ำมันหลุม, การต่อเรือ, เครื่องมือกล ท่อและอุตสาหกรรมอื่น ๆ อีกมากมาย



รูปที่ 3.19 เซนเซอร์วัดความดัน [5]

เซนเซอร์วัดความดันชนิดนี้สามารถทนแรงดันได้ที่ 50 kiloPascal และที่อุณหภูมิ -40 ถึง 125 C° ซึ่งสามารถทำความเข้าใจได้ว่าที่แรงดันสูงสุดของเซนเซอร์ทนได้ คือ

น้ำมีความหนาแน่น = 1000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

น้ำสูง 1 เมตร หรือ 1000 มิลลิเมตร มีความดัน 9807 Pa = 9.807 kPa

ดังนั้นแรงดันที่เซนเซอร์วัดความดันสามารถทนได้ เท่ากับ $\frac{50 \text{ kPa}}{9.807 \text{ kPa}} = 5.098 \text{ m.}$

3.9.2 เซนเซอร์เข็มทิศ (Digital Compass)

ค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ชนิดนี้คือองศาการหมุนในทั้งสามพิสัยคือ องศาการกลิ้ง (roll angle) องศาปักแล้วแยง (pitch angle) องศาการหันเห (yaw angle) ข้อดีของเซนเซอร์เข็มทิศคือจะได่มุมทั้งสามมุมที่เป็นองศาสมบูรณ์เมื่อเทียบกับพิสัยโลก ส่วนข้อเสียของเซนเซอร์ชนิดนี้คือสามารถถูกรบกวนโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ได้ง่าย จึงไม่ควรติดตั้งใกล้กับแหล่งจ่ายไฟหรือมอเตอร์ไฟฟ้า ส่วนข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์เข็มทิศ จะมาจากบอร์ด Compass

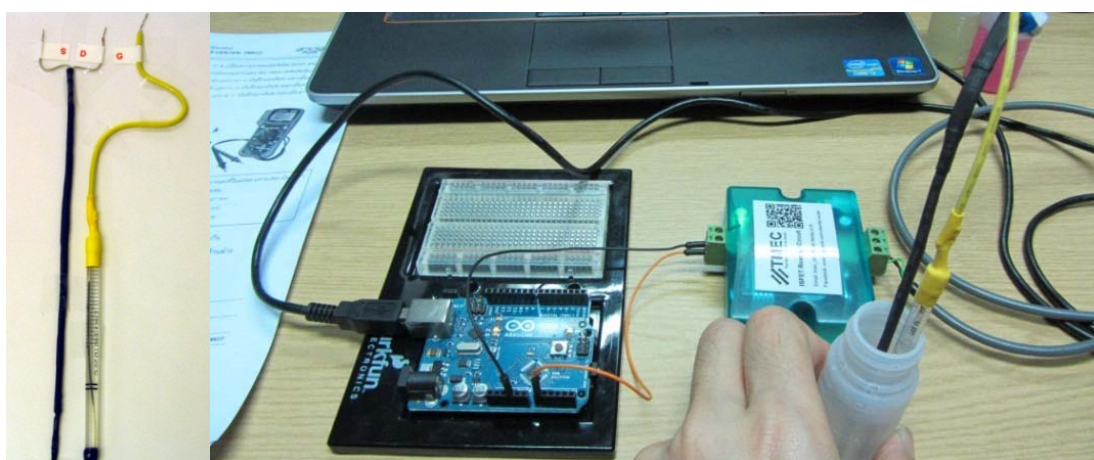
Module with Tilt Compensation HMC6343 [15] ดังแสดงในรูปที่ 3.20 ซึ่งจะให้ค่าความแม่นยำในการวัดองศาในแต่ละแกนเป็น 2 องศา โดยจะมีค่าแก้ไขในองศาการเอียงในแนวราบ



รูปที่ 3.20 เซนเซอร์เข็มทิศแบบดิจิทัลรุ่น HMC6343 (Digital Compass HMC6343) [15]

3.9.3. เซนเซอร์ชนิด ISFET เพื่อทดสอบความเป็นกรดต่าง (pH) ของน้ำ [18]

เซนเซอร์วัดคุณภาพน้ำรุ่น ISFET พีโอช เซนเซอร์ [18] ซึ่งผลิตในประเทศไทย ทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ได้รับการบริจาคจากศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) และ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) เพื่อนำมาใช้วัดคุณภาพน้ำซึ่งจะช่วยประหยัดต้นทุนในการซื้อเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำจากต่างประเทศ ความไว (Sensitivity) ในการวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะเป็น $\text{Si}_3\text{N}_4 > 45 \text{ mV/pH}$, ช่วงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่สามารถวัดได้ (Linear range) 1 – 14, ช่วงอุณหภูมิที่สามารถทำงานได้ (Operating Temp) 5°C ถึง 100°C , ค่าสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ (Temperature coefficient) -1.76 mV/oC (เมื่อ $\text{pH} = 7$) ค่าพีโอชสามารถอ่านได้โดยการเชื่อมต่อหัววัดผ่านวงจรอ่านค่าและส่งข้อมูลผ่านไปยังช่องสัญญาณแบบ analog ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ดังแสดงในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 : หัววัดค่า pH [18] (ด้านซ้าย) เชื่อมต่อเข้ากับวงจรอ่านค่าในกล่องสี่เหลี่ยมซึ่งเชื่อมไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino (ด้านขวา)

3.10 สรุปผลการคำนวณจากการออกแบบ

จากการคำนวณจะเห็นได้ว่าแรงลอยตัวมีค่าประมาณ 26 นิวตัน ในส่วนของน้ำหนักมีค่าประมาณ 5.31 กิโลกรัม หรือ 52.09 นิวตัน และความเร็วในการเคลื่อนที่อยู่ที่ประมาณ 2.71 เมตร/วินาที

ซึ่งจะเห็นได้ว่าแรงลอยตัวนั้นมีค่าน้อยกว่าน้ำหนักของตัวหุ่น ดังนั้นหากต้องการให้ตัวหุ่นเคลื่อนที่ได้ น้ำสามารถลอยตัวอยู่ได้ ดังนั้นจะต้องใช้โฟมที่มีปริมาตร 2660 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อให้แรงลอยตัวใกล้เคียงกับน้ำหนักรวมทั้งหมด เพื่อที่ว่าตัวหุ่นยนต์จะสามารถลอยตัวอยู่ในน้ำได้

จากข้อมูลของเซนเซอร์ทั้งสามประเภทจะเห็นได้ว่าเซนเซอร์วัดความดันสามารถใช้งานได้ถึงความลึก 5 เมตรจากผิวน้ำ ส่วนเซนเซอร์เข็มทิศสามารถที่จะสังเกตการเอียงและการหมุนของหุ่นยนต์ดำน้ำได้ทั้งในสามทิศทางและ สามารถที่จะใช้เซนเซอร์วัดคุณภาพน้ำรุ่น ISFET พิเศษกับหุ่นยนต์ดำน้ำเพื่อวัดพีเอชได้ในช่วง 1 ถึง 14