



รายงานวิชา PRE-PROJECT รหัสวิชา 01216747

เรื่อง รถหุ่นยนต์ Arduino

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข

จัดทำโดย

60010631 นางสาวผุสดี ธิติโยธิน

60010635 นายตุลยวัต ศรีประภัสสร

60011001 นางสาวศุภนิดา ทรัพย์เจริญ

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้และโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งทั้งด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานจาก ผศ.ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ปรึกษาโครงการที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา และช่วยแก้ปัญหา แก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอดจนรายงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

คณะผู้จัดทำ

บทคัดย่อ

เป็นที่ทราบกันดีว่า “หุ่นยนต์” มีวิวัฒนาการและความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วต่อเนื่องมาตลอดหลายปีที่ผ่านมา หุ่นยนต์ได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในชีวิตของมนุษย์ ทั้งในด้านการช่วยเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตสินค้า ช่วยดูแลในเรื่องคุณภาพชีวิต เช่น การรักษาพยาบาล การรักษาความปลอดภัย ไปจนถึงการสร้างความสะดวกสบายต่างๆ โดยหากมีการนำหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติต่างๆ เข้ามาใช้งานได้อย่างเหมาะสมและทัน่วงทีจะเป็นตัวช่วยสำคัญในการเพิ่มศักยภาพการผลิตและคุณภาพความเป็นอยู่ของคนในประเทศ ส่งเสริมทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และการศึกษาให้ดีขึ้นต่อไป

ประเทศไทยมีแนวโน้มใช้งานหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่สำคัญของอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ไทย คือ การขาดตลาดภายในประเทศ เพราะผู้ใช้งานมักไม่ได้ให้ความสำคัญกับหุ่นยนต์ที่พัฒนาในประเทศเท่าที่ควร จากการที่ผู้ผลิตรายใหญ่ๆ ที่มีการปรับปรุงกระบวนการผลิตและการบริการเป็นระบบอัตโนมัติต่างๆ ล้วนนำเข้าหุ่นยนต์จากต่างประเทศ นอกจากนี้ยังขาดการส่งเสริมผู้ประกอบการหุ่นยนต์รุ่นใหม่ๆ ที่มีศักยภาพในการคิดค้นนวัตกรรมให้เติบโตจนกลายเป็นวิสาหกิจเริ่มต้นทางด้านเทคโนโลยี (Tech Startup) ที่เป็นฐานเศรษฐกิจใหม่ของประเทศในอนาคต [1]

ดังนั้น เพื่อเป็นการสร้างความแข็งแกร่งให้กับประเทศ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเตรียมความพร้อมในด้านต่างๆ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการวิจัย พัฒนา ตลอดจนส่งเสริมอุตสาหกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อไป รายงานฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักในการจัดทำข้อมูลเพื่อให้ความรู้แก่บุคคลทั่วไป ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ ได้แก่ คำจำกัดความทั่วไป อุปกรณ์การสร้างหุ่นยนต์แบบเริ่มต้น ตลอดจนการดำเนินงานและขั้นตอนการสร้างหุ่นยนต์ ซึ่งโปรเจกต์นี้คณะผู้จัดทำสร้างเป็นรถหุ่นยนต์ เป็นหุ่นยนต์แบบเคลื่อนที่ได้

คำสำคัญ : รถหุ่นยนต์

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ค
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1-2
1.2 ปัญหาหรือโจทย์ที่ต้องแก้ไข	2
1.3 วัตถุประสงค์	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ฮาร์ดแวร์	
2.1.1.Arduino	3-6
2.1.2 โมดูลเซ็นเซอร์แสงสำหรับตรวจจับวัตถุสีขาว	6-8
2.1.3 วงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	8-10
2.1.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	10-12
2.1.5 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุระยะทาง	12-13
2.2. ซอฟต์แวร์	13
บทที่ 3 การออกแบบและการจัดทำโครงงาน	
3.1 การออกแบบการทำงานของกลุ่ทุ์โดยรวม	
3.1.1 การออกแบบการทำงานของกลุ่ทุ์รู้ก	14
3.1.2 การออกแบบการทำงานของกลุ่ทุ์รับ	14
3.2 การออกแบบหุ่นยนต์รถ	16-17
3.3 การออกแบบวงจร	17-19
3.4 Programming Code	19-21

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

หุ่นยนต์ หรือ โรบอต (robot) คือ เครื่องจักรกลชนิดหนึ่ง มีลักษณะโครงสร้างและรูปร่างแตกต่างกัน หุ่นยนต์ในแต่ละประเภทจะมีหน้าที่การทำงานในด้านต่าง ๆ ตามการควบคุมโดยตรงของมนุษย์ การควบคุมระบบต่าง ๆ ในการสั่งงานระหว่างหุ่นยนต์และมนุษย์จากโปรแกรมการตัดสินใจและสามารถปรับเปลี่ยนโปรแกรมการทำงานให้ทำงานได้หลากหลายหน้าที่ เช่น ตอบสนองต่อข้อมูลหรือสัญญาณที่ได้จากสิ่งแวดล้อม, ทำงานได้แทนมนุษย์ที่อาจทำงานได้ด้วยตนเองหรือทำงานตามลำดับการทางานที่ได้มีการตั้งไว้ล่วงหน้า เป็นต้น[2] โดยทั่วไปหุ่นยนต์ถูกสร้างขึ้นเพื่อสำหรับงานที่มีความยากลำบาก เช่น งานสำรวจในพื้นที่บริเวณแคบหรืองานสำรวจดวงจันทร์ดาวเคราะห์ที่ไม่มีสิ่งมีชีวิต ปัจจุบันเทคโนโลยีของหุ่นยนต์เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เริ่มเข้ามามีบทบาทกับชีวิตของมนุษย์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านอุตสาหกรรมการผลิต แตกต่างจากเมื่อก่อนที่หุ่นยนต์มักถูกนำไปใช้ ในงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ ปัจจุบันมีการนำหุ่นยนต์มาใช้งานมากขึ้น เช่น หุ่นยนต์ที่ใช้ในทางการแพทย์ หุ่นยนต์สำหรับงานสำรวจ หุ่นยนต์ที่ใช้งานในอวกาศ หรือแม้แต่หุ่นยนต์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องเล่นของมนุษย์ จนกระทั่งในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาให้หุ่นยนต์นั้นมีลักษณะที่คล้ายมนุษย์ เพื่อให้อาศัยอยู่ร่วมกันกับมนุษย์ ให้ได้ในชีวิตประจำวัน [3]

หุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติมีความคล้ายกันในแง่ของการเป็นเครื่องจักรอัตโนมัติ (Automation Machine) โดยหุ่นยนต์สามารถเรียกได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งในระบบอัตโนมัติได้เนื่องจากมีองค์ประกอบและการทำงานที่คล้ายกัน แต่หุ่นยนต์จะสามารถทำงานจากโปรแกรมการตัดสินใจและสามารถปรับเปลี่ยนโปรแกรมการทำงานให้ทำงานหลากหลายหน้าที่ได้ ซึ่งระบบอัตโนมัติไม่สามารถทำได้สำหรับองค์ประกอบที่สามารถแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนสำหรับหุ่นยนต์ คือ องค์ประกอบของระบบในการควบคุมหุ่นยนต์ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลักซึ่งจะมีอยู่ด้วยกัน 3 ส่วนที่มีความสัมพันธ์กัน ได้แก่

- Programming Pendant หรือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการป้อนคำสั่งโดยผู้ควบคุมหรือผู้ใช้งาน
- Controller หรือ ส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับคำสั่งจากผู้ใช้งาน ผ่านอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการป้อนคำสั่งและนำมาประมวลผล เพื่อทำการควบคุมหรือสั่งการทำงานของหุ่นยนต์ต่อไป
- Manipulator หรือเรียกง่าย ๆ ว่า “ตัวหุ่นยนต์” ที่จะทำงานตามคำสั่งที่ผ่านการประมวลผลจากส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับคำสั่งจากผู้ใช้งาน

สำหรับประเทศไทย ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้มีการลงทุนอย่างมากเกี่ยวกับหุ่นยนต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยกระดับกระบวนการผลิตและเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันในตลาดโลก จากการศึกษาของ World Robotics ในปี 2015 พบว่าประเทศไทยจัดอยู่ในอันดับที่ 8 ของประเทศที่มีการนำเข้าหุ่นยนต์อุตสาหกรรมมากที่สุดในโลก และจากการสำรวจสัดส่วนความสามารถด้านเทคโนโลยีการผลิตของผู้ใช้งานหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติของผู้ประกอบการไทย พบว่า ส่วนใหญ่ยังเป็นระดับผู้ใช้งานเพียงอย่างเดียว (ร้อยละ 60) มีเพียงประมาณร้อยละ 5 ของผู้ประกอบการไทยทั้งหมดเท่านั้นที่สามารถเป็นผู้พัฒนาหุ่นยนต์และ

ระบบอัตโนมัติได้ โดยส่วนใหญ่เป็นความสามารถในการผลิตหุ่นยนต์บริการเท่านั้น เนื่องจากเรายังมีจำนวนผู้พัฒนาระบบในจำนวนน้อยและมีศักยภาพไม่มากนัก

จากข้อมูลดังกล่าวคณะผู้จัดทำจึงตระหนักได้ว่าในตลาดอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ยังขาดผู้พัฒนาหุ่นยนต์จึงมีความสนใจที่จะทำโปรเจกต์นี้เพื่อศึกษาข้อมูล ทำความเข้าใจ เชื่อมโยงความรู้ในหลากหลายสาขาวิชามารวมกัน ได้แก่ ทักษะทางกล, ไฟฟ้า คณิตศาสตร์เชิงตรรกะ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มาประกอบเป็นรถหุ่นยนต์ขนาดเล็ก ที่มีชื่อว่า “TBT” เพื่อแข่งขันในเกมส์ที่จำลองสถานการณ์ให้รถหุ่นยนต์เปรียบเสมือนผู้เล่นเตย ทั้งนี้เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการสร้างหุ่นยนต์และสามารถนำไปต่อยอดได้ในอนาคต

1.2 ปัญหาหรือโจทย์ที่ต้องแก้ไข

การแข่งขันรถหุ่นยนต์ ซึ่งเกมส์มีลักษณะคล้ายกับการเล่นเตยหรือเล่นบอลลูกด่าน โดยแบ่งเป็นทีมรุกและทีมรับสลับกันในการแข่งแต่ละรอบ โดยทีมหนึ่งจะประกอบด้วยหุ่นยนต์ 7 ตัว

ฝ่ายทีมรุกจะต้องวิ่งไปหาฝั่งตรงข้าม จนผ่านเส้นแดง แล้วกลับมาอย่างปลอดภัย(ผ่านเส้นสีเหลือง) โดยที่ไม่ถูกทีมรับจับได้ ก็จะเป็นฝ่ายชนะในการแข่งขันรอบนั้น รถหุ่นยนต์ที่ถูกจับได้จะถูกตัดออกจากการแข่งขันในรอบนั้น

ส่วนทีมรับจะสามารถวิ่งสกัดกั้นฝ่ายตรงข้ามในพื้นที่ป้องกันเท่านั้น ถ้าวิ่งออกนอกพื้นที่ก็จะถูกตัดออกจากการแข่งขันในรอบนั้นเช่นกัน ถ้าไม่มีรถหุ่นยนต์ตัวไหนสามารถผ่านด่านได้ ทีมรับจะเป็นฝ่ายชนะ

การแข่งขันของแต่ละรอบจะยุติลง เมื่อทีมรุกสามารถผ่านด่านได้สำเร็จ หรือเมื่อทีมรับไม่เหลือผู้เล่น

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจกระบวนการการสร้างรถหุ่นยนต์ Arduino ลงแข่งขันในเกมส์เตย
2. เพื่อสร้างหุ่นยนต์ยนต์ให้ทำงานได้ตามกลยุทธ์ที่วางแผนไว้

1.5 ขอบเขตการศึกษา

ขนาด กว้าง x ยาว x สูง ของตัวรถ คือ 10 cm. x 10 cm. x 10 cm. ใช้ล้อ 4 ล้อในการขับเคลื่อน

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกนำมาใช้ในระบบควบคุมอัตโนมัติหลายลักษณะงาน ทั้งในเครื่องใช้ไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน ในอุปกรณ์ด้านการสื่อสาร ในอุปกรณ์ด้านการแพทย์ ในอุปกรณ์ระบบควบคุมเครื่องจักรในอุตสาหกรรม และในอุปกรณ์ด้านระบบการเกษตร คาดว่าในอนาคตจะมีนวัตกรรมที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในระบบควบคุมถูกพัฒนาขึ้นอีกมาก ทั้งนี้เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีโครงสร้างเหมือนกับระบบคอมพิวเตอร์ และได้รับการพัฒนาให้มีขีดความสามารถที่ตอบสนองกับความต้องการใช้งาน ในโปรเจกต์นี้คณะผู้จัดทำประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ในรูปแบบหุ่นยนต์อัตโนมัติ โดยใช้ชุดหุ่นยนต์แบบเคลื่อนที่ด้วยล้อ เรียกว่า i-Duino Robot[4]

2.1 ฮาร์ดแวร์

2.1.1 Arduino

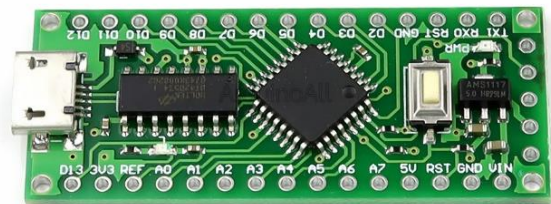
[5] Arduino คือ โครงการที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ มาใช้ร่วมกันในภาษา C ซึ่งภาษา C นี้เป็นลักษณะเฉพาะ คือมีการเขียนไลบรารีของ Arduino ขึ้นมาเพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้ โดยตัวโครงการได้ออกบอร์ดทดลองมาหลายรูปแบบ เพื่อใช้งานกับ IDE ของตนเอง สาเหตุหลักที่ทำให้ Arduino เป็นที่นิยมมาก นั้นเพราะซอฟต์แวร์ที่ใช้งานร่วมกันสามารถโหลดได้ฟรีและตัวบอร์ดทดลองยังถูกแจกแถม ทำให้ผู้ผลิตจินนำไปผลิตและขายออกตลาดมาในราคาที่ถูกลง

จากที่ได้กล่าวไปแล้ว Arduino นั้นใช้ชิป AVR เป็นหลักในแทบรุ่น สาเหตุมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล AVR นั้นมีความทันสมัย ในชิปในบางตัวสามารถเชื่อมต่อผ่าน USB ได้โดยตรง สามารถใช้กับคอมพิวเตอร์สมัยใหม่ได้เป็นอย่างดี และในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ยังมีส่วนของโปรแกรมพิเศษที่เรียกว่า Bootloader อยู่ในระดับล่างกว่าส่วนโปรแกรมพิเศษนี้ ในการทำให้ชิปสามารถโปรแกรมผ่านพอร์ตอนุกรมชนิด UART ได้ จึงทำให้การเขียนโปรแกรมลงไปในชิปใช้เพียง USB to UART ก็เพียงพอแล้ว แต่การโปรแกรมด้วยการใช้โปรโตคอล UART ก็มีข้อเสียตรงที่ต้องใช้เวลาในการบูทเข้าโปรแกรมปกติประมาณ 1 – 2 วินาทีโดย Arduino Platform ประกอบไปด้วย

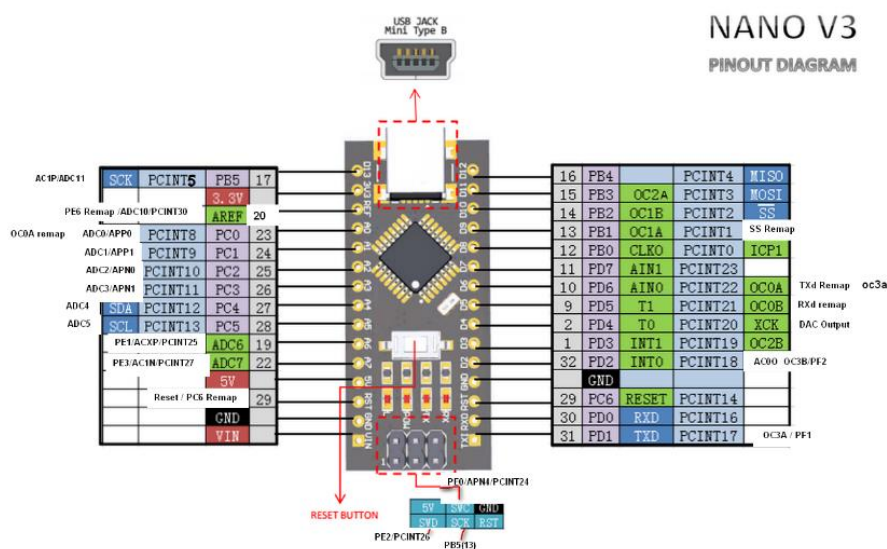
1) ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ (Hardware)

บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เป็นชิ้นส่วนหลักถูกนำมาประกอบร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน หรือที่เรียกกันว่า “บอร์ด Arduino” โดยบอร์ด Arduino เองก็มีหลายรุ่นให้เลือกใช้ โดยในแต่ละรุ่นอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดของบอร์ด หรือสเปก เช่น จำนวนของขารับส่งสัญญาณ, แรงดันไฟที่ใช้, ประสิทธิภาพของ MCU เป็นต้น

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ผู้จัดทำเลือกใช้ คือ Arduino Nano 3.0 ชิพ LGT8F32P แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งส่วนประกอบของ Arduino Nano 3.0 ชิพ LGT8F32P แสดงดังรูปที่ 2 และคุณสมบัติของ Arduino Nano 3.0 ชิพ LGT8F32P แสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 Arduino Nano 3.0 ชิพ LGT8F32P



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของ Arduino Nano 3.0 ชิพ LGT8F32P

ตารางที่ 1 ตารางแสดงคุณสมบัติของ Arduino Nano 3.0 ชิพ LGT8F32P

คุณสมบัติ	LGT8F32P
DAC output	Yes(D4)
ADC	12 bit (9 channel)
ADC Sampling rate Max.	500 KSPS
Analog Comparator	2
Unique ID	Yes
Internal reference resolution	±0.5%
PWM dead zone control	Yes
High current push-pull PWM	Yes
Computing Accelerator DSC	Yes
Stacking expansion system	Yes
Speed	32 MHz
Output	27 Pin
Input	30 Pin

2) ส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์ (Software)

[6] ภาษา Arduino (ภาษา C/C++) ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุม MCU Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Arduino, คอมไพล์โปรแกรม (Compile) และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด (Upload) ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 Arduino IDE 1.8.5

ในการเขียนโปรแกรมสำหรับแผงวงจร IPST-SE จะต้องเขียนโปรแกรมโดยใช้ ภาษา C/C++ ของ Arduino (Arduino programming language) เวอร์ชัน 1.0 ขึ้นไป ภาษาของ Arduino แบ่งได้ เป็น 2 ส่วนหลักคือ

1. โครงสร้างภาษา (structure) ตัวแปรและค่าคงที่
2. ฟังก์ชัน (function)

ภาษาของ Arduino จะอ้างอิงตามภาษา C/C++ จึงอาจกล่าวได้ว่าการเขียนโปรแกรมสำหรับ Arduino (รวมถึงแผงวงจร IPST-SE) ก็คือ การเขียนโปรแกรมภาษา C โดยเรียกใช้งานฟังก์ชันและไลบรารีที่ทาง Arduino ได้เตรียมไว้ให้แล้ว ซึ่งสะดวก ทำให้ผู้ที่ไม่มีความรู้ด้านไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างลึกซึ้งสามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานได้ ในที่นี้จะอธิบายโครงสร้างโปรแกรมของ Arduino ซึ่งแบ่งได้เป็นสองส่วนคือ void setup() และ void loop()

ส่วนของฟังก์ชัน setup()

ฟังก์ชันนี้จะเขียนที่ส่วนต้นของโปรแกรม ทำงานเมื่อโปรแกรมเริ่มต้นเพียงครั้งเดียว ใช้เพื่อกำหนดค่าของตัวแปรโหมดการทำงานของขาต่างๆ เริ่มต้นเรียกใช้ไลบรารี ฯลฯ

ส่วนของฟังก์ชัน loop()

หลังจากที่เขียนฟังก์ชัน setup() ที่กำหนดค่าเริ่มต้นของโปรแกรมแล้ว ส่วนถัดมาคือ ฟังก์ชัน loop() ซึ่งมีการทำงานตรงตามชื่อ คือจะทำงานตามฟังก์ชัน loop()วนต่อเนื่องตลอดเวลา หลังจากทำงานในฟังก์ชัน setup()

ภายในฟังก์ชันจะมีโปรแกรมของผู้ใช้เพื่อรับค่าจากพอร์ต ประมวลผลแล้วส่งเอาต์พุตออกขาต่างๆ เพื่อควบคุมการทำงานของบอร์ด

- **If** คือ คำสั่งในการตัดสินใจแบบตัวเลือกเดียว โดยใช้งานร่วมกับ and, or not, ==, !=, <, > เพื่อใช้ในการตัดสินใจในการหาคำตอบ
- **If...else** คือ คำสั่งในการตัดสินใจแบบหลายตัวเลือก โดยใช้งานร่วมกับ and, or not, ==, !=, <, > เพื่อใช้ในการตัดสินใจในการหาคำตอบ
- **for** คือ คำสั่งกำหนดเงื่อนไขเป็นจำนวนครั้งที่จะทำตามชุดคำสั่งต่าง ๆ ภายในลูป เหมาะที่จะใช้กับงานประเภทที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
- **switch case** คือ คำสั่งที่ใช้ในการจัดการเงื่อนไขหลายเงื่อนไข โดยเฉพาะการใช้งานโครงสร้าง การจำแนกเงื่อนไขไม่จำเป็นต้องอาศัยเฉพาะตัวแปรที่เก็บค่าจำนวนเต็มเท่านั้น ข้อมูลแบบอื่นก็สามารถใช้ได้เช่นกัน
- **while** คือ คำสั่งเงื่อนไขที่จะทำการตรวจสอบว่าเป็นจริงหรือเท็จ ชุดคำสั่งก็คือ ส่วนที่ทำงานซ้ำ ๆ โดยจะต้องมีคำสั่งที่จะทำให้เงื่อนไขเป็นเท็จด้วย
- **#define** คือ คำสั่งกำหนดค่านิพจน์ต่าง ๆ ให้กับชื่อของตัวคงที่
- **#include** การกำหนดชื่อไฟล์ตามหลัง include จะใช้เครื่องหมาย <> ซึ่งจะเป็นการอ่านไฟล์จาก ไดรেকทอรี หรือโฟลเดอร์ที่กำหนดไว้ก่อนแล้ว โดยปกติจะเป็นโฟลเดอร์ include แต่ถ้าใช้เครื่องหมาย “ ” เป็นการอ่านไฟล์จาก โฟลเดอร์ หรือไดเรกทอรี ที่กำลังติดต่อยู่และไฟล์ที่จะ include เข้ามานี้จะต้องไม่มีฟังก์ชัน main () โดยมากจะประกอบไปด้วยโปรแกรมย่อย ค่าคงที่ หรือข้อความต่าง ๆ

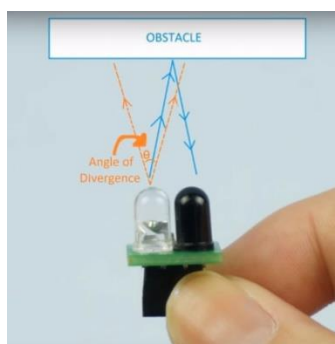
จึงสรุปได้ว่าฟังก์ชัน setup() คือส่วนต้นของโปรแกรมที่ใช้ในการประกาศ หรือตั้งค่าการทำงานในตอนเริ่มต้นทำงาน ในขณะที่ฟังก์ชัน loop() เป็นเสมือนส่วนของโปรแกรมหลักที่ต้องวนทำงานอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา อย่างไรก็ตามในบางโปรแกรมอาจมีเฉพาะส่วนของฟังก์ชัน setup() และไม่มีฟังก์ชัน loop() ก็ได้ นั่นแสดงว่าโปรแกรมนั้นๆต้องการตั้งค่าการทำงาน หรือกำหนดให้มีการทำงานเพียงครั้งหรือรอบเดียว แล้วจบการทำงานทันที

2.1.2 โมดูลเซ็นเซอร์แสงสำหรับตรวจจับวัตถุกีดขวาง (IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module)

[7] โมดูลเซ็นเซอร์แสงสำหรับตรวจจับวัตถุกีดขวางนี้ มีส่วนประกอบได้ ดังรูปที่ 4 โดยจะมีตัวรับและตัวส่ง infrared ในตัว ตัวสัญญาณ (สีขาว) infrared จะส่งสัญญาณออกมา และเมื่อมีวัตถุมาบัง คลื่นสัญญาณ infrared ที่ถูกส่งออกมาจะสะท้อนกลับไปเข้าตัวรับสัญญาณ (สีดำ) สามารถนำมาใช้ตรวจจับวัตถุที่อยู่ตรงหน้าได้ และสามารถปรับความไว ระยะการตรวจจับ ใกล้หรือไกลได้ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 ส่วนประกอบของโมดูลเซ็นเซอร์แสงสำหรับตรวจจับวัตถุสีขาว



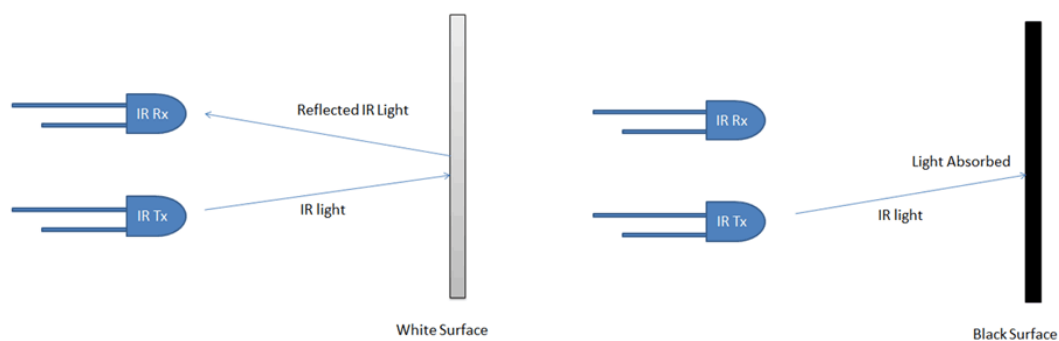
รูปที่ 5 การรับ-ส่งสัญญาณอินฟราเรด

ภายในตัวเซ็นเซอร์แบบนี้จะมีตัวส่ง Emitter และ ตัวรับ Receiver ติดตั้งภายในตัวเดียวกัน ทำให้ไม่จำเป็นต้องเดินสายไฟทั้งสองฝั่ง เหมือนแบบ Opposed Mode ทำให้การติดตั้งใช้งานได้ง่ายกว่า แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องติดตั้งตัวแผ่นสะท้อนหรือ Reflector ไว้ตรงข้ามกับตัวเซ็นเซอร์เอง โดยโพตเซ็นเซอร์แบบที่ใช้แผ่นสะท้อนแบบนี้จะเหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีลักษณะทึบแสงไม่เป็นมันวาว เนื่องจากอาจทำให้ตัวเซ็นเซอร์เข้าใจผิดว่าเป็นตัวแผ่นสะท้อนและทำให้ทำงานผิดพลาดได้

เซ็นเซอร์แบบนี้จะมีช่วงในการทำงาน หรือ ระยะในการตรวจจับจะได้ไกลกว่าแบบ Opposed mode ซึ่งในสภาวะการทำงานปกติตัวรับ Receiver จะสามารถรับสัญญาณแสงจากตัวส่ง Emitter ได้ตลอดเวลา เนื่องจากลำแสงจะสะท้อนกับแผ่นสะท้อน Reflector อยู่ตลอดเวลา จะแสดงค่า เป็น 0

หน้าที่หลักของเซ็นเซอร์ชนิดนี้ จะคอยตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ตัดผ่านหน้าเซ็นเซอร์ เมื่อวัตถุหรือชิ้นงานผ่านเข้ามาที่หน้าเซ็นเซอร์ แล้วจะการขวางลำแสงที่ส่งจากตัวส่ง Emitter ที่ส่งไปยังแผ่นสะท้อน จึงทำให้ตัวรับ Receiver ไม่สามารถรับลำแสงที่จะสะท้อนกลับมาได้ จะแสดงค่า เป็น 1 ดังแสดงรูปที่ 6 ก.

ซึ่งจะทำให้วงจรภายในรับรู้ได้ว่า มีวัตถุหรือชิ้นงานขวางอยู่ ทำให้สถานะของเอาต์พุตของตัวรับเปลี่ยนแปลงไป โดยเราเรียกลักษณะการทำงานแบบนี้ว่า Dark On หรือ Dark Operate ดังแสดงในรูปที่ 6 ข. ซึ่งคุณสมบัติของ IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2



(ก) หลักการทำงานของเซนเซอร์

(ข) ลักษณะการทำงานแบบ Dark On หรือ Dark Operate

รูปที่ 6 การทำงานของ IR Sensor

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของ IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module

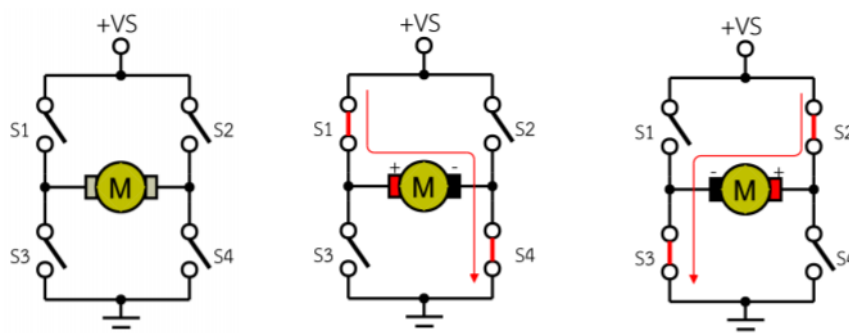
ไฟเลี้ยง VCC :	3.3-5V
ดิจิตอลเอาต์พุต (0 หรือ 1)	
ระยะตรวจจับ สามารถปรับได้ตั้งแต่ 2-30 cm	
มุมในการตรวจจับ 35 องศา	
ขนาดบอร์ด 3.1 x 1.5 cm	

2.1.3 วงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

[8] การขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำได้ 2 ลักษณะคือ การควบคุมทิศทางการหมุนและการควบคุมความเร็วในการหมุน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของวงจรขับมอเตอร์ด้วย

วงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบ H-Bridge

เป็นวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบพื้นฐาน สำหรับควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยใช้สวิตช์ควบคุม 4 ตัว ที่เรียกว่าวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบ H-Bridge เนื่องจากลักษณะของวงจรคล้ายกับตัวอักษร H ในภาษาอังกฤษ และมีการใช้อุปกรณ์ควบคุม 4 ตัว ลักษณะวงจรและการทำงานแสดงดังรูปที่ 7



(ก) มอเตอร์ไม่หมุน

(ข) มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา

(ค) มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา

รูปที่ 7 การทำงานของวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยสวิตช์

จากรูปที่ 7 (ก) มอเตอร์ไม่ทำงานเนื่องจากไม่มีการต่อวงจรไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ ส่วนรูป(ข) มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา เนื่องจากเมื่อต่อวงจรสวิตช์ S1 กับ S4 กระแสจะไหลผ่านมอเตอร์จากทางด้านซ้ายมือไปด้านขวามือครบวงจร และรูป (ค) มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา เนื่องจากเมื่อต่อวงจรสวิตช์ S2 กับ S3 กระแสจะไหลผ่านมอเตอร์จากทางด้านขวามือไปด้านซ้ายมือครบวงจร ดังนั้นสามารถควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยการกลับขั้วของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์

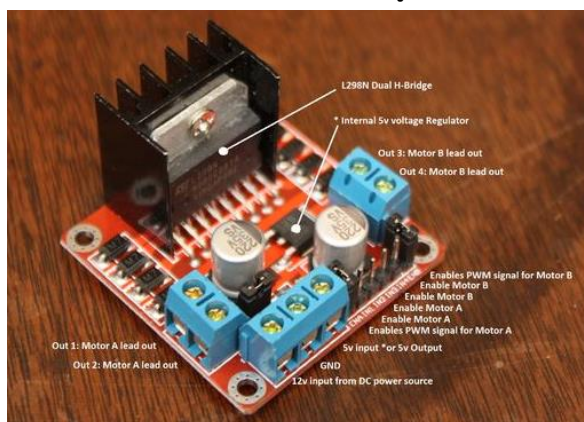
2.1.3.1 วงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงด้วยไอซี L298N (L298N Dual H-Bridge Motor Controller)

นอกจากวงจรขับมอเตอร์ในลักษณะ H-Bridge คือ ใช้อุปกรณ์สวิตช์จำนวน 4 ตัว ดังที่อธิบายไว้ข้างต้นนี้ ซึ่งในการใช้งานจะมีความยุ่งยากในการต่อวงจรและการควบคุมทิศทาง รวมทั้งวงจรดังกล่าวไม่ยังสามารถควบคุมความเร็วการหมุนของมอเตอร์ได้ จึงได้มีการผลิตไอซีสำหรับขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งโครงสร้างภายในของไอซีเป็นวงจรขับมอเตอร์ในลักษณะ H-Bridge เหมือนกัน แต่จะมีความสามารถในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้ ได้แก่ ไอซีเบอร์ L298N ลักษณะของไอซีขับมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ไอซี L298N สำหรับขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบ H-Bridge

[9] วงจร H-Bridge ของ L298N จะขับกระแสเข้ามอเตอร์ ตามขั้วที่กำหนดด้วยลอจิกเพื่อควบคุมทิศทาง ส่วนความเร็วของมอเตอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วยสัญญาณ (PWM Pulse Width Modulation) ซึ่งต้องมีการปรับความถี่ให้เหมาะสมกับมอเตอร์ที่จะใช้ด้วย ส่วนประกอบและคุณสมบัติของ L298N Dual H-Bridge Motor Controller แสดงดังรูปที่ 9 และตารางที่ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 9 ส่วนประกอบของ L298N Dual H-Bridge Motor Controller

- Out 1: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ A
- Out 2: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ A
- Out 3: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ B
- Out 4: ช่องต่อขั้วไฟของมอเตอร์ B
- 12V : ช่องจ่ายไฟเลี้ยงมอเตอร์ 12V (ต่อได้ตั้งแต่ 5V ถึง 35V)
- GND : ช่องต่อไฟลบ (Ground)
- 5V : ช่องจ่ายไฟเลี้ยงมอเตอร์ 5V (หากมีการต่อไฟเลี้ยงที่ช่อง 12V แล้ว ช่องนี้จะทำหน้าที่จ่ายไฟออก เป็น 5V Output สามารถต่อไฟจากช่องนี้ไปเลี้ยงบอร์ด Arduino ได้
- ENA : ช่องต่อสัญญาณ PWM สำหรับมอเตอร์ A
- IN1 : ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A
- IN2 : ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ A
- IN3 : ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B
- IN4 : ช่องต่อสัญญาณลอจิกเพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ B
- ENB : ช่องต่อสัญญาณ PWM สำหรับมอเตอร์ B

ตารางที่ 3 L298N Dual H-Bridge Motor Controller

Dual H bridge Drive Chip	L298N
แรงดันสัญญาณลอจิก	5V Drive voltage:5V-35V
กระแสของสัญญาณลอจิก	0-36mA
กระแสขั้วมอเตอร์	สูงสุดที่ 2A (เมื่อใช้มอเตอร์เดียว)
กำลังไฟฟ้าสูงสุด	25W
ขนาด	43 x 43 x 26 มิลลิเมตร
น้ำหนัก	26 กรัม
มี Power Supply 5V ในตัว สามารถจ่ายไฟออกจากช่อง 5V (เพื่อจ่ายให้บอร์ด Arduino) ได้เมื่อต่อไฟเลี้ยงเข้าที่ช่อง 12V	

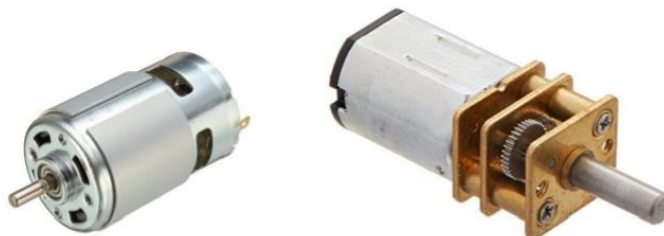
2.1.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

[10] มอเตอร์ (Motor) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยเมื่อจ่ายไฟฟ้าหรือสัญญาณควบคุมให้กับขดลวดของมอเตอร์ จะทำให้เกิดแรงสนามแม่เหล็ก ที่จะทำให้แกนของมอเตอร์หมุน จึงสามารถนำการหมุนของแกนมอเตอร์ไปใช้ในการขับเคลื่อนกลไกให้เกิดการเคลื่อนที่ มอเตอร์จึงเป็นอุปกรณ์สำคัญในระบบขับเคลื่อนกลไกของเครื่องจักรในงานอุตสาหกรรม

2.1.4.1 คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ทำงานด้วยไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งมีขนาดและพิกัดให้เลือกใช้หลากหลาย แต่โดยปกติมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะถูกสร้างขึ้นให้มีความเร็วการหมุนของแกนหมุนสูงมาก ตั้งแต่ 1,000 รอบขึ้นไป แต่จะมีแรงบิดที่ความเร็วรอบสูงนั้นน้อย ไม่

สามารถที่จะเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนกลไกให้เคลื่อนที่ได้ จึงต้องมีการทดจำนวนรอบด้วยการใช้เฟือง ซึ่งจะทำให้มีแรงบิดมากขึ้น ที่มีความเร็วรอบการหมุนสูงจะมีแรงบิดน้อย และเมื่อเพิ่มอัตราทดความเร็วรอบด้วยเฟืองความเร็วรอบจะลดลง แต่แรงบิดจะมากขึ้น ดังนั้นการใช้งานจะต้องเลือกขนาดและพิกัดด้านความเร็วรอบ และแรงบิดให้เหมาะสมกับกลไกที่จะทำงานร่วมกับมอเตอร์



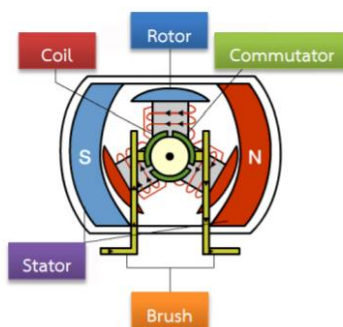
(ก) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

(ข) มอเตอร์แบบมีเฟืองทดรอบ

รูปที่ 10 ลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.1.4.2 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะเกิดการหมุนของแกนหมุนเมื่อมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในขดลวด และเมื่อกลับขั้วแรงดันไฟฟ้า มอเตอร์จะหมุนกลับทิศทาง ซึ่งหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คือ เมื่อจ่ายแรงดันกระแสไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะไหลไปที่แปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์ และสร้างสนามแม่เหล็กขึ้น กระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) สร้างขั้วเหนือ-ขั้วใต้ขึ้น จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็ก ในทิศทางตรงข้ามกันจะหักล้างกันและทิศทางเดียวกันจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์เมเจอร์ ซึ่งวางอยู่ที่แกนเพลลา และแกนเพลลานั้นสวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์เมเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์เมเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้ เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่าตัวหมุน ที่มีอำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์ หรือโรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming's Left Hand Rule) สำหรับการอธิบายการทำงานของมอเตอร์โดยทั่วไปจะอธิบายด้วยการทำงานของมอเตอร์แบบ 2 ขั้ว ซึ่งเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับมอเตอร์ผ่านทางแปรงถ่านซึ่งต่ออยู่กับคอมมิวเตเตอร์และขดลวด เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น และเกิดแรงดูดจากแม่เหล็กถาวรทำให้ขดลวดสามารถหมุนได้ แต่ด้วยการใช้ขดลวดเพียง 2 ขั้ว การหมุนของมอเตอร์จะไม่ต่อเนื่อง เพราะเนื่องจากเมื่อคอมมิวเตเตอร์หมุนไป 90 องศา จะทำให้เกิดการลัดวงจรคอมมิวเตเตอร์ทั้ง 2 ชุด ทำให้กระแสไฟฟ้าหยุดไหล แต่แกนของมอเตอร์ยังหมุนไปด้วยแรงเฉื่อย ทำให้จังหวะการทำงานนั้นไม่ต่อเนื่อง และทำให้อัตราเร็วในการหมุนไม่คงที่ จึงต้องใช้ขดลวดแบบ 3 ขั้ว ที่มีการพันขดลวดในทิศทางตรงข้ามกัน ดังนั้นมอเตอร์ที่ใช้งานจริงจะเป็นมอเตอร์แบบขดลวด 3 ขั้ว และคอมมิวเตเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดจังหวะการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ขดลวดจะมี 3 ชุด



รูปที่ 11 โครงสร้างการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.1.5 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ วัตรยะทาง Ultrasonic US-025A ultrasonic ranging module

[11] Ultrasonic หมายถึง คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 KHz เท่านั้น แต่ผู้ที่อายุน้อย ๆ อาจจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ได้ ดังนั้นโดยปกติแล้วคำว่า “อัลตราโซนิก” จึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz ขึ้นไป จะสูงขึ้นจนถึงเท่าใดไม่ได้ระบุจำกัดเอาไว้

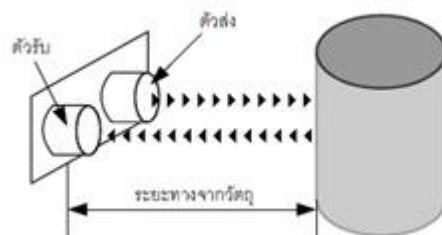
สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอัลตราโซนิกมาใช้ก็เพราะว่าเป็นคลื่นที่มีทิศทางทำให้เราสามารถเลี้ยงคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง เรื่องนี้เป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่ง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ให้เสียงนั้นออกมา) ของตัวกำเนิดเสียง ความถี่นั้นเช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศจะมีความยาวถึงประมาณ 1 เมตรเศษ ๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียงโดยทั่วไปมากมายคลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่นแต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอัลตราโซนิก อย่างเช่น 40 KHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 มม. เท่านั้นซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มากคลื่นเสียงจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบ ๆ หรือที่เราเรียกว่า “มีทิศทาง”

การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกทำให้เรานำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic remote control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic cleaner) โดยให้น้ำสั่นที่มีความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยส่งเกตรยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบการรั่วไหลของท่อ เป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น คลื่นเสียงต้องเดินทางผ่านอากาศแล้ว ความถี่ที่ใช้ก็มักจะจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 KHz เพราะที่ความถี่สูงเกินกว่านี้อากาศจะดูดกลืนคลื่นเสียงเพิ่มขึ้นมาก ทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้งานด้านการแพทย์ซึ่งต้องการรัศมีทำการสั้น ๆ ก็อาจใช้ความถี่ในช่วง 1 MHz ถึง 10 MHz ขณะที่ความถี่เป็น GHz (10⁹ Hz) ก็มีใช้กันในหลายๆ การใช้งานที่ตัวกลางที่คลื่นเสียงเดินทางผ่านไม่ใช่อากาศ



รูปที่ 12 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ วัดระยะทาง Ultrasonic US-025A

[12] เครื่องตรวจจับและวัดระยะทางด้วยอัลตราโซนิกเป็นแผงวงจรวัดตรวจจับวัดระยะทางด้วยอัลตราโซนิกที่มีความแม่นยำและเที่ยงตรงสูงโดยสามารถวัดระยะทางได้ตั้งแต่ 1 เซนติเมตรไปจนถึง 4 เมตร โดยเครื่องตรวจจับและวัดระยะทางด้วยอัลตราโซนิกถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่าย โดยใช้ขาเชื่อมต่อเพียง 1 หรือ 2 ขา โดยจะทำการส่งสัญญาณคลื่นอัลตราโซนิกออกไปแล้ววัดระยะที่มีสัญญาณสะท้อนตอบกลับมา โดยเอาต์พุตที่ได้จะอยู่ในรูปของความกว้างพัลส์ซึ่งสัมพันธ์กับระยะทางของวัตถุที่ตรวจจับได้ โดยความถี่อัลตราโซนิกที่ถูกส่งออกไปในอากาศด้วยความเร็ว 1.125 ฟุตต่อมิลลิวินาที (ประมาณ 346 เมตรต่อวินาที) ดังนั้นเมื่อทราบความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่น เวลาเริ่มส่งคลื่นและเวลาที่รับเสียงสะท้อนกลับมาจึงสามารถคำนวณหาค่าของระยะทางได้ แสดงหลักการตรวจจับในรูปที่ 13



รูปที่ 13 หลักการตรวจจับวัตถุโดยใช้สัญญาณความถี่เหนือเสียง

ระยะทางที่ได้นั้นจะต้องมีการคำนวณค่ากลับทางคณิตศาสตร์ เมื่อใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วถือว่าเป็นเรื่องที่ยุ่งยากพอสมควร ดังนั้นเครื่องตรวจจับและวัดระยะทางด้วยอัลตราโซนิกจึงประมวลผลค่ากลับทางคณิตศาสตร์ต่างๆไว้เรียบร้อยแล้ว จากนั้นส่งผลลัพธ์ที่วัดได้ออกมาเป็นพัลส์ที่มีความกว้างสัมพันธ์กับระยะทางที่วัดได้ จะใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียวจึงทำให้สะดวกมากในการนำมาเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2 ซอฟต์แวร์

- 1) วงจรออกแบบโดยโปรแกรม Fritzing Forum
- 2) ตัวรถออกแบบด้วยโปรแกรม SOLIDWORKS®
- 3) การเขียนโค้ดคำสั่ง สักงานรถหุ่นยนต์ใช้โปรแกรม Arduino® 1.65

บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำโครงงาน

3.1 การออกแบบการทำงานของกลยุทธิ์โดยรวม

ในงานวิจัยนี้ทางผู้จัดทำได้แนวคิดในการแก้ปัญหาแบ่งออกเป็น 2 กลยุทธิ์ คือ กลยุทธิ์รุกและกลยุทธิ์รับ ซึ่งผู้จัดทำได้ออกแบบให้หุ่นยนต์รถมีสวิตช์ 1 ตัวที่คอยทำหน้าที่สลับกลยุทธิ์ไปมา โดยกำหนดให้กลยุทธิ์รุกรนั้นมีค่าเท่ากับ 1 และกลยุทธิ์รับมีค่าเท่ากับ 0 ก่อนเริ่มทำการแข่งขันทางผู้จัดทำจะตรวจสอบค่าของสวิตช์ก่อนเสมอ

3.1.1 การออกแบบการทำงานของกลยุทธิ์รุก

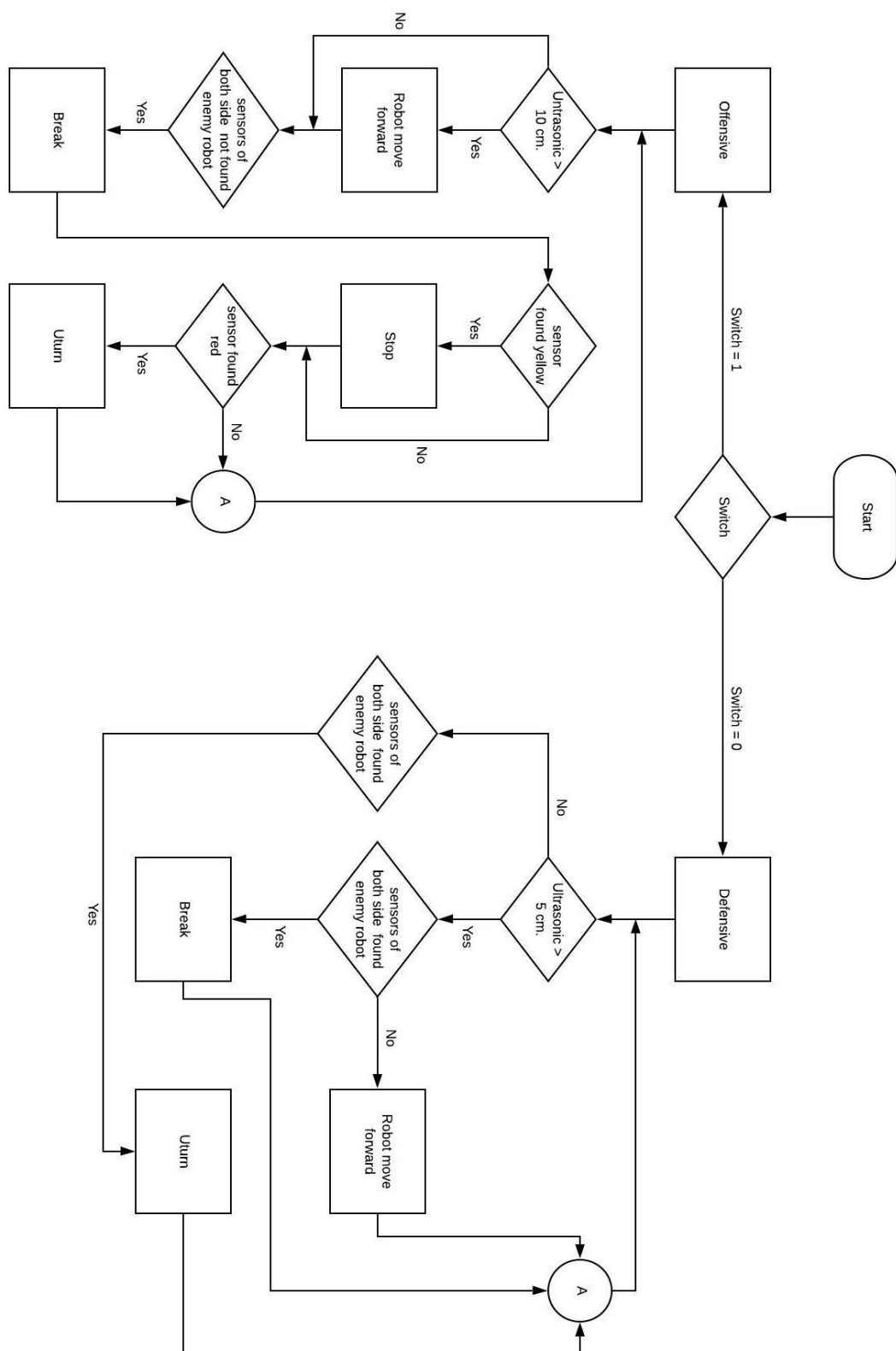
กดสวิตช์ (state = 1) เป็นกลยุทธิ์รุก วางหุ่นยนต์รถในแนวตั้ง

1. ถ้าข้างหน้าระยะทาง 10 cm. ไม่มีรถคันอื่น และsensorด้านซ้ายกับด้านขวาตรวจไม่พบรถคันอื่น หุ่นยนต์รถจะเดินหน้า
2. ถ้าข้างหน้าระยะทาง 10 cm. มีรถคันอื่น และ sensorด้านซ้ายกับด้านขวาตรวจไม่พบรถคันอื่น หุ่นยนต์รถจะ break
3. ถ้าข้างหน้าระยะทาง 10 cm. มีรถคันอื่น และ sensorด้านซ้ายหรือด้านขวาตรวจพบรถคันอื่น หุ่นยนต์รถจะถอยหลัง 2 วินาที
4. ถ้า sensor ด้านล่างของหุ่นยนต์รถตรวจจับได้ว่าพบสีแดง หุ่นยนต์รถจะกลับรถ
5. ถ้า sensor ด้านล่างของหุ่นยนต์รถตรวจจับได้ว่าพบสีเหลือง หุ่นยนต์รถจะหยุด

3.1.2 การออกแบบการทำงานของกลยุทธิ์รับ

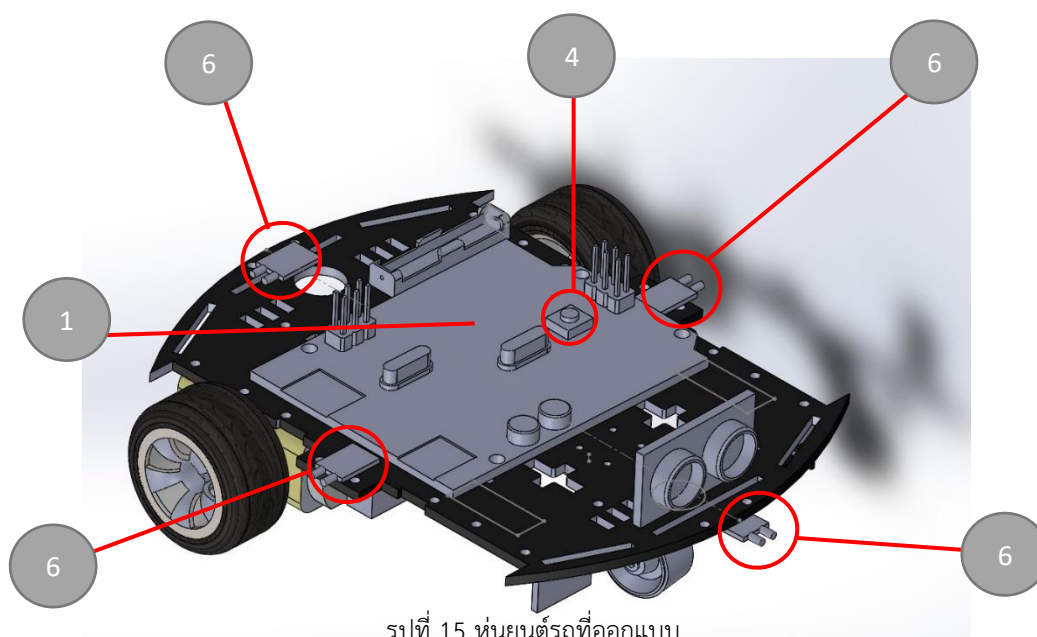
กดสวิตช์ (state = 0) เป็นกลยุทธิ์รับ วางหุ่นยนต์รถในแนวนอน

- 1.ถ้าข้างหน้าระยะทาง 5 cm. ไม่มีรถคันอื่น และsensorด้านซ้ายกับด้านขวาตรวจไม่พบรถคันอื่น หุ่นยนต์รถจะเดินหน้า
- 2.ถ้าข้างหน้าระยะทาง 5 cm. มีรถคันอื่นและsensorด้านซ้ายกับด้านขวาตรวจไม่พบรถคันอื่น หุ่นยนต์รถจะกลับรถ
- 3.ถ้า sensor ด้านขวาหรือด้านซ้ายตรวจพบรถคันอื่น หุ่นยนต์รถจะ break

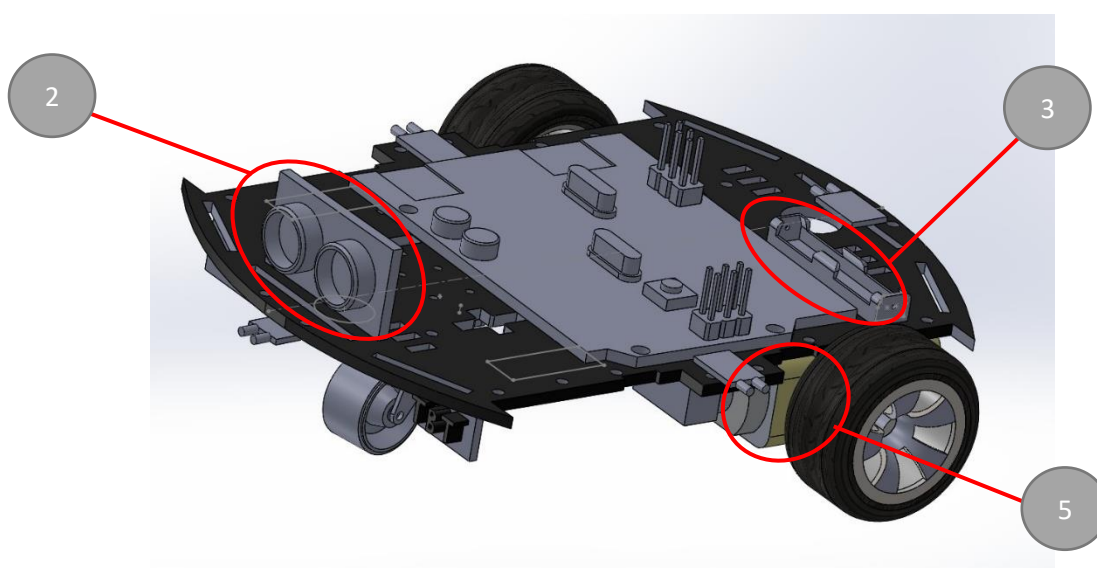


รูปที่ 14 Flowchart การทำงานของกลยุทธรุกและกลยุทธรับ

3.2 การออกแบบหุ่นยนต์รถ



รูปที่ 15 หุ่นยนต์รถที่ออกแบบ



รูปที่16 หุ่นยนต์รถที่ออกแบบ

อธิบายส่วนประกอบต่างๆของหมายเลข

หมายเลขที่ 1 : ที่วางบอร์ดวงจร (arduino board รุ่น LGT8F32P)

หมายเลขที่ 2 : Ultrasonic Sensor

ทำหน้าที่เป็น Sensor ตัวด้านหน้าที่วัดระยะทางของรถคันอื่น

หมายเลขที่ 3 : วางแบตเตอรี่และรางถ่าน

หมายเลขที่ 4 : switch

ทำหน้าที่เป็นตัวสลับกลยุทธไปมา โดยกำหนดให้กลยุทธรูกนั้นมีค่าเท่ากับ 1 และกลยุทธรับมีค่าเท่ากับ 0

หมายเลขที่ 5 : มอเตอร์ของรถหุ่นยนต์

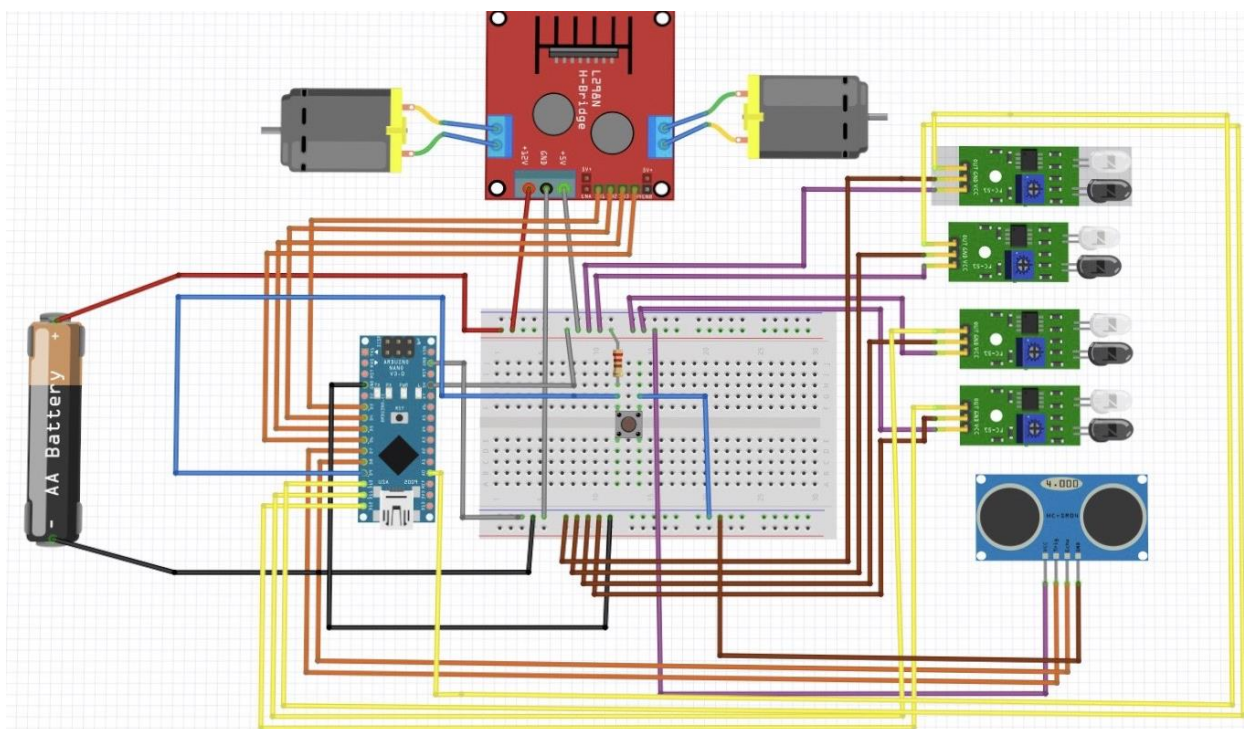
หมายเลขที่ 6 : IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor

ตัว Sensor จะมี 4 ด้าน คือด้านซ้าย ขวา หลัง และหน้า (ด้านหน้าได้รถ) Sensor ด้านซ้าย,ขวา,หลังจะเป็นตัวที่คอยตรวจจับว่ามีรถคันอื่นอยู่บริเวณใกล้ๆ ส่วน Sensor ด้านหน้าที่อยู่ด้านใต้รถจะเป็นตัวที่คอยจับสี ถ้า sensor ด้านล่างของหุ่นยนต์ตรวจจับได้ว่าพบสีแดง หุ่นยนต์รถจะกลับรถหรือถ้า sensor ด้านล่างของหุ่นยนต์ตรวจจับได้ว่าพบสีเหลือง หุ่นยนต์รถจะหยุด

3.3 การออกแบบวงจร

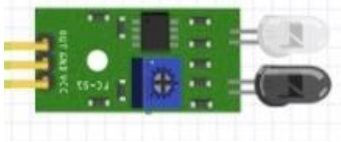


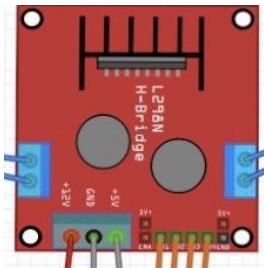
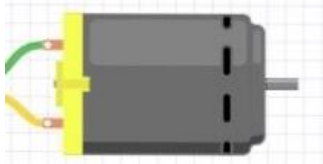
อุปกรณ์

1. Arduino board (LGT8F328P) จำนวน 1 ชิ้น
2. AA battery, Battery case จำนวนอย่างละ 1 ชิ้น
3. DC Geared-Motors จำนวน 2 ก้อน
4. H-bridge Driver จำนวน 1 ชิ้น
5. Breadboard จำนวน 1 ชิ้น
6. IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor จำนวน 4 ชิ้น
7. Ultrasonic Sensor จำนวน 1 ชิ้น



รูปที่ 17 วงจร

โดยมีรายละเอียดการต่อวงจรดังนี้

อุปกรณ์	ภาพประกอบ	รายละเอียดการต่อ
IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor		OUT: Digital Input (0/1): D10, D11, D12 : Analog Input : A0 GND: Ground VCC: 5V
Ultrasonic Sensor		VCC: 5V Trig: Digital output (0/1): D7 Echo: Digital Input (0/1): D8 GND: Ground
AA battery, Battery case		ขั้วบวก: ต่อเข้ากับ ขั้วบวกของ H-bridge Driver (+12V) ขั้วลบ: ต่อเข้ากับ GND ของ H-bridge Driver
H-bridge Driver		บวก: ขั้วบวกของ AA battery ลบ: Ground IN1: D3 IN2: D4 IN3: D5 IN4: D6 4ช่องด้านขวา: DC Motor 1 and 2
DC Motors		ต่อเข้ากับ H-bridge Driver

Switchและตัวต้านทาน		<p>ขาต้านซ้ายของswitch : D9และตัวต้านทาน</p> <p>ขาต้านขวาของSwitch : 5V</p> <p>ขาบวกของตัวต้านทาน : ขาต้านซ้ายของswitch</p> <p>ขาลบของตัวต้านทาน : Ground</p>
---------------------	---	---

3.4 Programming Codes

```
#define ma1 3 //กำหนด Pin motorA เดินหน้า
#define ma2 4 //กำหนด Pin motorA ถอยหลัง
#define mb1 5 //กำหนด Pin motorB เดินหน้า
#define mb2 6 //กำหนด Pin motorB ถอยหลัง
#define sensorL 10 //sensor ซ้าย
#define sensorR 11 //sensor ขวา
#define sensorB 12 //sensor หลัง
#define sensorC A0 //sensor สี
#define RED 1
#define YELLOW 2
#define BLACK 3
#define NOCOLOR 0
#define maxSpd 255 // motor max speed
#include <NewPing.h>
#define TRIG_PIN 7
#define ECHO_PIN 8
#define MAX_DISTANCE 200
NewPing sonar(TRIG_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE);
#define sw1 9
int ledState = 10;
int sw_1 = 0;
int old_sw1 = 0;
int state = 0;
int color = 0;
int getColor()
{
    int NO_color = analogRead(sensorC); //อ่านค่า sensor สี ที่ต่อกับ TCRT5000
    if ((NO_color > 2200) && (NO_color < 2500)) //สีแดง
```

```

    return RED;
else if ((NO_color > 1900) && (NO_color < 2200)) //สีเหลือง
    return YELLOW;
else if ((NO_color > 3600) && (NO_color < 3900)) //สีดำ
    return BLACK;
else //ไม่พบสี
    return NOCOLOR;
}

void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
    pinMode(sensorL, INPUT);
    pinMode(sensorR, INPUT);
    pinMode(sensorB, INPUT);
    pinMode(sensorC, INPUT);
    pinMode(sw1, INPUT);
    pinMode(ledState, OUTPUT);
    pinMode(ma1, OUTPUT);
    pinMode(ma2, OUTPUT);
    pinMode(mb1, OUTPUT);
    pinMode(mb2, OUTPUT);
    Serial.begin(115200);
}

void loop()
{
    color = getColor();
    sw_1 = digitalRead(sw1);
    if ( (sw_1 == HIGH) && (old_sw1 == LOW))
    {
        state = !state;
    }
    old_sw1 = sw_1;
    if (state == 1) // state = 1 กดปุ่มรู้รก
    {
        digitalWrite(ledState, HIGH);
        if ((sonar.ping_cm() > 10) && ((digitalRead(sensorL) == HIGH) || (digitalRead(sensorR) == HIGH))) //
เดินหน้าเมื่อ ultrasonic ด้านหน้าและ sensor ด้านข้าง ไม่เจอสิ่งกีดขวาง
    {
        moveAhead(175);

```



```

}

if ((sonar.ping_cm() < 10) && ((digitalRead(sensorL) == HIGH) || (digitalRead(sensorR) == HIGH))) //
break เมื่อ ultrasonic ด้านหน้าเจอ แต่ sensor ด้านข้างและด้านล่างไม่เจอสิ่งกีดขวาง

{
  aBreak();
  bBreak();
}

if ((sonar.ping_cm() < 10) && ((digitalRead(sensorL) == LOW) || (digitalRead(sensorR) == LOW))) // เดิน
ถอยหลัง 2 วิ เมื่อเจอสิ่งกีดขวางด้านหน้าและข้างซ้ายขวา
{
  moveBack(100);
  delay(2000);
}

if (color == RED) // เดินกลับรถ เมื่อ sensor ด้านล่างตรวจจับเส้นสีแดงได้
{
  uTurn(200);
  delay(1500);
}

if (color == YELLOW) // รถหยุด เมื่อ sensor ด้านล่างตรวจจับเส้นสีเหลืองได้
{
  aStop();
  bStop();
}

}

else if (state == 0) // state = 0 กลยุทธ์รับ
{
  digitalWrite (ledState, LOW);

  if ((sonar.ping_cm() > 5) && ((digitalRead(sensorL) == HIGH) || (digitalRead(sensorR) == HIGH))) //
เดินหน้าเมื่อ sensor ด้านหลัง ด้านข้าง ไม่ทำงาน
{
  moveAhead(175);
}
}

```

บรรณานุกรม

- [1] รายงานการศึกษา เรื่อง “อุตสาหกรรมหุ่นยนต์ของประเทศไทย”
ข้อมูลจาก <https://waa.inter.nstda.or.th/prs/pub/Robot-Whitepaper-Cover.pdf>
(วันที่สืบค้น 24 มีนาคม 2563)
- [2] รายงานการศึกษา เรื่อง “อุตสาหกรรมหุ่นยนต์ของประเทศไทย”
ข้อมูลจาก <https://waa.inter.nstda.or.th/prs/pub/Robot-Whitepaper-Cover.pdf>
(วันที่สืบค้น 24 มีนาคม 2563)
- [3] หุ่นยนต์คืออะไร หุ่นยนต์มีกี่ประเภท
ข้อมูลจาก <http://www.engineer007.com/index.php?lite=article&qid=507475>
(วันที่สืบค้น 24 มีนาคม 2563)
- [4] เอกสารประกอบการเรียน วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (2105-2105)
หน่วยที่ 12 การประยุกต์ใช้งาน Arduino ในรูปแบบหุ่นยนต์อัตโนมัติ
ข้อมูลจาก http://www.ayuttech.ac.th/2017/images/pdf/boonkoed/microcontroller_12.pdf
(วันที่สืบค้น 25 มีนาคม 2563)
- [5] โครงการหุ่นยนต์ในโรงเรียน (Smartfarm Robotics) ข้อมูลจาก
[http://mecha.sut.ac.th/project_file/project_%E0%B8%AB%E0%B8%B8%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B8%A2%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B9%8C%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%99%20\(Smartfarm%20Robotics\).pdf](http://mecha.sut.ac.th/project_file/project_%E0%B8%AB%E0%B8%B8%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B8%A2%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B9%8C%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%99%20(Smartfarm%20Robotics).pdf)
(วันที่สืบค้น 25 มีนาคม 2563)
- [6] เอกสารประกอบการสอนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น - หน่วยที่ 3 โครงสร้างโปรแกรมของ ARDUINO
ข้อมูลจาก http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_3.pdf
(วันที่สืบค้น 25 มีนาคม 2563)
- [7] การใช้งาน IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module
ข้อมูลจาก <https://robotsiam.blogspot.com/2016/10/ir-infrared-obstacle-avoidance-sensor.html>
(วันที่สืบค้น 25 มีนาคม 2563)
- [8] เอกสารประกอบการเรียน วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (2105-2105)
หน่วยที่ 11 การใช้งาน Arduino กับอุปกรณ์ขับเคลื่อนและมอเตอร์
ข้อมูลจาก http://www.ayuttech.ac.th/2017/images/pdf/boonkoed/microcontroller_11.pdf
(วันที่สืบค้น 25 มีนาคม 2563)

- [9] การใช้ชุดขับมอเตอร์ L298N Dual H-Bridge Motor Controller
ข้อมูลจาก <http://naringroup.blogspot.com/2016/03/robot-l298n-dual-h-bridge-motor.html>
(วันที่สืบค้น 25 มีนาคม 2563)
- [10] เอกสารประกอบการเรียน วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ (2105-2105)
หน่วยที่ 11 การใช้งาน Arduino กับอุปกรณ์ขับโหลดกระแสสูงและมอเตอร์
ข้อมูลจาก http://www.ayuttech.ac.th/2017/images/pdf/boonkoed/microcontroller_11.pdf
(วันที่สืบค้น 25 มีนาคม 2563)
- [11] โครงการเรื่อง ระบบป้องกันขโมยผ่านโทรศัพท์มือถือ
ข้อมูลจาก <https://www.princess-it-foundation.org/project/wp-content/uploads/tsr59/C39.pdf>
(วันที่สืบค้น 25 มีนาคม 2563)
- [12] โครงการเรื่อง เซนเซอร์แจ้งเตือนระยะปลอดภัยสำหรับสายตาในการทำงานกับคอมพิวเตอร์
ข้อมูลจาก [file:///C:/Users/Podjana/Downloads/Fulltext%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Podjana/Downloads/Fulltext%20(2).pdf)
(วันที่สืบค้น 25 มีนาคม 2563)

บรรณานุกรมรูปภาพ

- รูปที่ 1 https://www.google.com/search?q=Arduino+LGT8F32p&tbm=isch&ved=2ahUKEwi8xMK5k87oAhXhCLcAHfHECEwQ2-cCegQIABAA&oq=Arduino+LGT8F32p&gs_lcp=CgNpbWcQA1CgN1igN2DCOWgAcAB4AIABWYgBWZIBATGYAQCgAQGqAQtn3Mtd2l6LWltZw&scient=img&ei=SCqIXryAHuGR3LUP8Ymj4AQ#imgsrc=id78TVUITB9thM
- รูปที่ 2 https://www.google.com/search?q=arduino+nano+v3+pinout+diagram&tbm=isch&ved=2ahUKEwigLHe0dDoAhX86jgGHQ4HB3wQ2-cCegQIABAA&oq=nano+v3+pinout+dia&gs_lcp=CgNpbWcQARgAMgYIABAFEB46BAgAEB5QnKwBWPC1AWCNwwwFoAHAAeACAAaEBiAHWBjIBAzAuNJgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1n&scient=img&ei=CHiJXqCkEfzV4-EPjo6c4Ac&bih=510&biw=1094#imgsrc=6CvA80YQmZX2XM
- รูปที่ 3 http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_3.pdf
- รูปที่ 4 https://www.google.com/search?q=%E0%B8%AA%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%99%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%81%E0%B8%AD%E0%B8%9A%E0%B9%82%E0%B8%A1%E0%B8%94%E0%B8%B9%E0%B8%A5IR+Infrared&tbm=isch&hl=en&ved=2ahUKEwi8zdznjsfoAhUzkOYKHVrhAGQQBxoECAEQJw&biw=1077&bih=510#imgsrc=p38_6xf4uSc3SM
- รูปที่ 5 <https://www.google.com/search?q=%E0%B8%AA%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%99%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%81%E0%B8%AD%E0%B8%9A%E0%B9%82%E0%B8%A1%E0%B8%94%E0%B8%B9%E0%B8%A5IR+Infrared&tbm=isch&hl=en&ved=2ahUKEwi8zdznjsfoAhUzkOYKHVrhAGQQBxoECAEQJw&biw=1077&bih=510#imgsrc=-24dlBkhlbHfaM>
- รูปที่ 6 <https://robotsiam.blogspot.com/2016/10/ir-infrared-obstacle-avoidance-sensor.html>
- รูปที่ 7 http://www.ayuttech.ac.th/2017/images/pdf/boonkoed/microcontroller_11.pdf
- รูปที่ 8 <http://www.nooraziz.com/product/h-bridge-motor-driver-ic>
- รูปที่ 9 <http://naringroup.blogspot.com/2016/03/robot-l298n-dual-h-bridge-motor.html>
- รูปที่ 10 <https://th.aliexpress.com/item/775-DC-Motor-DC-12V-36V-3500-9000-RPM>
- รูปที่ 11 <https://www.renesas.com/en-sg/support/technical-resources/engineer-school/dc-motor-01-overview.html>

รูปที่ 12 <https://www.arduinoall.com/product/3535/%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%88%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%95%E0%B8%96%E0%B8%B8-%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%A2%E0%B8%B0%E0%B8%97%E0%B8%B2%E0%B8%87-ultrasonic-us-025a-ultrasonic-ranging-module>

รูปที่ 13 https://www.google.com/search?q=%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%88%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%95%E0%B8%96%E0%B8%B8%E0%B9%82%E0%B8%94%E0%B8%A2%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%8D%E0%B8%8D%E0%B8%B2%E0%B8%93%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%96%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%87&tbm=isch&ved=2ahUKEwiNo4Piuc7oAhWZBLcAHQ-lCsQQ2-cCegQIABAA&oq=%E0%B8%AB%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%88%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%95%E0%B8%96%E0%B8%B8%E0%B9%82%E0%B8%94%E0%B8%A2%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%8D%E0%B8%8D%E0%B8%B2%E0%B8%93%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%96%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%87&gs_lcp=CgNpbWcQA1DuqQNYhL8DYQzBA2gBcAB4AIABeogB0AKSAQMxLjKYAQCgAQGqAQtnnd3Mtd2l6LWltZw&sclient=img&ei=dVKIXs2UPJmJ3LUPj8qqoAw&bih=510&biw=1094#imgsrc=iPbXlu2gNYyGTM