



Robot Defense

ผู้จัดทำ

| | | |
|------------------------|--------------|----------|
| นางสาวชุตินันท์ ทานนท์ | มัชฌิมาวิทย์ | 60010245 |
| นายภาณุรัช | บุญวงศ์วรรณ | 60010776 |
| นายสมปราชญ์ | รอดปรุง | 60011016 |

เสนอ

ผศ.ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา Pre-Project รหัส 01216747
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

เกี่ยวกับโครงการ

ชื่อโครงการ Robot Defense

ชื่อกลุ่ม icutmyhairbecauseyoudontcaremyheart

ชื่อวิชา Pre-Project

คณะผู้จัดทำ นางสาวชุตินันท์ มัชฌิมาวิทย์

นายภาณุรัช บัญวงศ์วรรณ

นายสมปราชญ์ รอดปรุง

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อุดม จันทร์จรัสสุข

สถานที่ศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจาก ผศ.ดร.อุดม จันทรจรัสสุข อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาอุตสาหกรรม อาจารย์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะ คอยให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงการนี้ ตลอดจนให้ความเมตตาและเสียสละเวลาแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบคุณเพื่อนนักศึกษาที่คอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำในเรื่องต่างๆ รวมถึงการให้กำลังใจซึ่งทำให้โครงการนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณและระลึกอยู่เสมอว่าไม่มีความสำเร็จใดๆ หากปราศจากความรัก ความเข้าใจ และกำลังใจจากบุคคลที่มีพระคุณที่คอยให้การสนับสนุนการทำโครงการของคณะผู้จัดทำมาตลอด

ผู้จัดทำหวังว่าโครงการฉบับนี้จะมีประโยชน์เป็นอย่างมากสำหรับผู้สนใจ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ทางคณะผู้จัดทำต้องขออภัยและน้อมรับไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ
2 เมษายน 2563

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์และเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์เป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญและนวัตกรรมหุ่นยนต์สามารถทำงานอย่างต่อเนื่อง มีความถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็วกว่ามนุษย์ การศึกษาทำโครงการนี้เป็นโครงการประเภทการทดลอง (Experimental research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์ โดยในการทดลองเราได้ออกแบบหุ่นยนต์ออกมาหนึ่งคันและในการทำงานจะอาศัยวงจรไฟฟ้าและโค้ดที่เขียนในโปรแกรมArduino ซึ่งเป็นนวัตกรรมที่กำลังเป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมที่สำคัญ

จากผลการศึกษาทำโครงการนี้ทำให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับตัวหุ่นยนต์ ตัววงจร และตัวโปรแกรมมากยิ่งขึ้นอีกด้วย แต่เนื่องจากเหตุการณ์โรคระบาดในปัจจุบันทำให้เราไม่สามารถแข่งขันเพื่อหาผลการทดลองได้จึงเป็นที่น่าเสียใจ ทำให้เราไม่สามารถสรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้นได้

สารบัญ

| เรื่อง | หน้า |
|--|------|
| เกี่ยวกับโครงงาน | ก |
| กิตติกรรมประกาศ | ข |
| บทคัดย่อ | ค |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| - ที่มาและความสำคัญของโครงงาน | 1 |
| - วัตถุประสงค์ | 1 |
| - ขอบเขตโครงงาน | 2 |
| - ปัญหาที่จะเกิดขึ้น | 2 |
| - แนวคิดในการแก้ไขปัญหา | 2 |
| - ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง | |
| - ภาษา C/C++ | 3 |
| - ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) | 4 |
| - อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น | 5 |
| - เซนเซอร์ (sensor) | 6 |
| - การพิมพ์ 3 มิติ (3D Printing) | 9 |
| - Solidwork & Eदारw max | 10 |
| บทที่ 3 รายละเอียดของการพัฒนาโครงงาน | |
| - อุปกรณ์และเครื่องที่ใช้พัฒนา | 11 |
| - การออกแบบบลูทูธ | 11 |
| - การออกแบบวงจร | 14 |
| - แผนการพัฒนาหุ่นยนต์ | 15 |
| - โปรแกรม Arduino | 16 |
| บทที่ 4 ผลการศึกษา | 21 |
| บทที่ 5 ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ | |
| - สรุปผล | 22 |
| - ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม | 22 |
| - อุปสรรคในการทำงาน | 22 |
| บรรณานุกรม | ง |
| ภาคผนวก | จ |

บทที่ 1

บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันนี้ หุ่นยนต์ เกิดจากการนำเอาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์มากขึ้นเพื่อให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ โดยเราจะเห็นได้จากการนำหุ่นยนต์มาใช้งานในหลายด้านด้วยกัน เช่น ในการผลิตแบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมทุกประเภท การเข้าไปยังพื้นที่เสี่ยงภัยที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าถึงได้ การบริการลูกค้าในธุรกิจอาหาร การนำหุ่นยนต์มาใช้ในบ้านเพื่อให้ทำความสะอาดบ้าน และที่สำคัญ การนำหุ่นยนต์ไปสำรวจพื้นที่ของดวงดาวต่างๆในระบบสุริยะจักรวาลซึ่งมนุษย์ไม่สามารถไปได้อันเนื่องมาจากขีดความสามารถหลายๆด้าน

อย่างไรก็ตามปัจจุบันความต้องการหุ่นยนต์มีอัตราเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก อันเนื่องมาจากปัจจุบันการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์เป็นแบบอัตโนมัตินั้นคือการใช้หุ่นยนต์มาผลิตแทนการใช้แรงงานมนุษย์ การเก็บเกี่ยวพืชผลตามการเกษตรสามารถใช้หุ่นยนต์ในการเก็บเกี่ยวแทนการใช้แรงงานมนุษย์ การบริการลูกค้าในร้านอาหารก็ได้ใช้หุ่นยนต์ในการบริการหลายรูปแบบ เช่น หุ่นยนต์รถรางสำหรับจัดส่งอาหารแทนการใช้แรงงานมนุษย์ หุ่นยนต์เก็บเศษอาหารก็เข้ามาแทนการใช้แรงงานมนุษย์ จากตัวอย่างที่กล่าวมาทั้งหมดจะแสดงให้เห็นว่าหุ่นยนต์นั้นมีประสิทธิภาพอย่างมาก ดังนั้นผู้ที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับหุ่นยนต์จะได้เปรียบกว่า เนื่องจากในทุกอุตสาหกรรมที่มีหุ่นยนต์หากเกิดความขัดข้อง บริษัทจะต้องการผู้ที่เข้ามาแก้ไขสถานการณ์โดยเร็วและพร้อมจะจ่ายเงินให้กับผู้ที่มีความรู้ความสามารถ

ด้วยเหตุนี้คณะผู้จัดทำจึงได้ทำการศึกษาและจัดทำโครงการฉบับนี้ขึ้นมาเพราะตระหนักถึงความสำคัญของการสร้างหุ่นยนต์ โดยโครงการครั้งนี้เป็นเพียงพื้นฐานความรู้ของหุ่นยนต์แต่จะสามารถนำไปต่อยอดและประยุกต์ใช้ในอนาคตได้ ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการรวบรวมความรู้ที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์โดยเริ่มจากศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์รวมทั้งโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์ ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้จับกลุ่มในการสร้างหุ่นยนต์ขึ้นมาซึ่งมีชื่อมา icutmyhairbecauseyoudontcaremyheart ที่จะไปทำการแข่งขันกันภายในเซเคเรียน โดยการแข่งขันหุ่นยนต์มีลักษณะคล้ายกับการเล่น บอลลุนดำน หรือ เล่นเตย โดยแบ่งเป็นทีมรุกและทีมรับสลับกันในการแข่งแต่ละรอบ โดยทีมหนึ่งจะประกอบด้วยหุ่นยนต์ 7 ตัว ฝ่ายทีมรุกจะต้องวิ่งไปหาฝั่งตรงข้าม จนผ่านเส้นแดงแล้ว กลับมาอย่างปลอดภัย(ผ่านเส้นสีเหลือง) โดยที่ไม่ถูกทีมรับจับได้ ก็จะเป็นฝ่ายชนะในการแข่งขันรอบนั้น หุ่นยนต์ที่ถูกจับ ได้จะถูกตัดออกจากการแข่งขันในรอบนั้น ส่วนทีมรับ จะสามารถวิ่งสกัดกั้นฝ่ายตรงข้ามในพื้นที่ป้องกันเท่านั้น ถ้าวิ่งออก นอกพื้นที่ก็จะถูกตัดออกจากการแข่งขันในรอบนั้นเช่นกัน ถ้าไม่มีหุ่นยนต์ตัวไหนสามารถผ่านด่านได้ ทีมรับจะเป็นฝ่าย ชนะ การแข่งขันของแต่ละรอบจะยุติเมื่อทีมรุกสามารถผ่านด่านได้สำเร็จ หรือเมื่อทีมใดทีมหนึ่งไม่เหลือผู้เล่น

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาระบบการทำงานของหุ่นยนต์

2.2 เพื่อศึกษาว่าส่วนของซอฟต์แวร์ (software) และ ฮาร์ดแวร์ (hardware) สามารถทำงานพร้อมกันได้โดยไม่เกิดความผิดพลาด

2.3 เพื่อศึกษาการอ่านค่าของเซ็นเซอร์ที่ใช้งาน

- 2.4 เพื่อฝึกฝนการทำงานเป็นกลุ่ม
- 2.5 เพื่อดูว่ากลยุทธ์ที่ใช้สามารถทำให้กลุ่มชนะฝ่ายตรงข้ามได้
- 2.6 เพื่อดูว่าเราสามารถทำร่วมกับสมาชิกคนอื่นภายในกลุ่ม

3. ขอบเขตโครงการ

- 3.1 ขนาดไม่เกิน 10×10 Cm (ไม่จำกัดความสูง)
- 3.2 ระบบขับเคลื่อนของหุ่นยนต์จะต้องใช้มอเตอร์ที่จัดให้ 2 ตัว
- 3.3 หุ่นยนต์ต้องใช้พลังงานจากถ่านชาร์จที่หาให้เท่านั้น ซึ่งเป็นถ่านชาร์จ Li-ion 18650 ขนาด mAh 3.7V
- 3.4 น้ำหนักไม่เกิน 1 Kg
- 3.5 ความเร็วสูงสุดโดยประมาณ 5cm/s

4. ปัญหาที่จะเกิดขึ้น

- 4.1 การต่อวงจรอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ เนื่องจากไม่มีความรู้และความชำนาญในการต่อวงจรและขาดการค้นคว้า หาข้อมูล
- 4.2 อุปกรณ์อาจได้รับความเสียหาย อาทิ ตัวต้านทาน หลอดLED สายUSB ที่ใช้ต่อกับตัวบอร์ด เนื่องจาก การต่อและถอดอุปกรณ์ไม่ถูกวิธีเป็นสาเหตุของความเสียหาย
- 4.3 การนำอุปกรณ์เสริมมาติดตั้งอาจทำให้ประสิทธิภาพของตัวหุ่นยนต์น้อยลง
- 4.4 หลังจากการใช้ 3D Printer ตัวชิ้นส่วนอาจมีขนาดไม่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้
- 4.5 โค้ดที่ซับซ้อนอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดได้

5. แนวคิดในการแก้ไขปัญหา

- 5.1 ต่อวงจรอย่างระมัดระวังและรอบคอบรวมถึงมีการศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติมมาแล้ว
- 5.2 ศึกษาการต่อประกอบอุปกรณ์ให้ถูกวิธี
- 5.3 ตัดอุปกรณ์เสริมที่ไม่จำเป็นออกจากตัวหุ่นยนต์
- 5.4 วัดและกำหนดขนาดของชิ้นส่วนให้แน่นอนเพื่อลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น
- 5.5 ตรวจสอบเช็คโค้ดให้ละเอียดถี่ถ้วน

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 4.1 ได้เรียนรู้การเขียนโปรแกรม การต่อวงจร และการออกแบบ
- 4.2 ความสามัคคีในกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น และการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
- 4.3 นำความรู้ที่ได้จากวิชานี้ไปประยุกต์ใช้ในอนาคต

บทที่2 ทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

2.1 ภาษา C/C++

ในการใช้ Arduino โครงการที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ มาใช้ร่วมกันในภาษา C ซึ่งภาษา C นี้เป็นลักษณะเฉพาะ โดยการ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้น Upload โค้ดโปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino

2.1.1 โครงสร้างภาษาซี

พรีโพรเซสเซอร์ไดเรกทีฟ (Preprocessor Directive) ส่วนนี้ทุกโปรแกรมต้องมี จะใช้สำหรับเรียกไฟล์ที่โปรแกรมต้องการในการทำงาน และกำหนดค่าต่างๆ โดย compiler จะกระทำตามคำสั่งก่อนที่จะ Compile โปรแกรม

#include เป็นการแจ้งให้ compiler อ่านไฟล์อื่นเข้ามา Compile ร่วมด้วย

#define เป็นการกำหนดค่านิพจน์หรือค่าคงที่ต่างๆ ให้กับชื่อของโปรแกรม

ส่วนประกาศ (Global declarations) ส่วนนี้จะใช้ในการประกาศตัวแปรหรือฟังก์ชันที่ต้องใช้ในโปรแกรม โดยทุกๆ ส่วนของโปรแกรมสามารถเรียกใช้ข้อมูลที่ประกาศไว้ในส่วนนี้ได้ ส่วนนี้บางโปรแกรมอาจไม่มีก็ได้

ส่วนฟังก์ชันหลัก (Main function) ส่วนนี้ทุกโปรแกรมต้องมีเพราะ Compiler ของภาษาซีจะเริ่มต้นการทำงานจากฟังก์ชันหลัก ซึ่งจะประกอบไปด้วยประโยคคำสั่งต่างๆ ที่จะให้โปรแกรมทำงาน

ส่วนอธิบายโปรแกรม (Program comments) ส่วนนี้ใช้เขียนคอมเมนต์โปรแกรม เพื่ออธิบายการทำงานต่างๆ ทำให้ผู้ศึกษาโปรแกรมในภายหลังทำความเข้าใจโปรแกรมได้ง่ายยิ่งขึ้น

2.1.2 ชนิดของข้อมูลในภาษาซี

Void ข้อมูลชนิดว่างเปล่า

Int ข้อมูลชนิดจำนวนเต็ม

Float ข้อมูลชนิดจำนวนทศนิยม

Char ข้อมูลชนิดอักขระ

2.1.3 การเขียนโปรแกรมแบบกำหนดเงื่อนไข

if...else เป็นคำสั่งที่เราใช้กำหนดให้โปรแกรมตัดสินใจเลือกทำคำสั่งอย่างใดอย่างหนึ่งจาก 2 ทางเลือกหรือมากกว่านั้นโดยใช้ else...if โดยตรวจสอบเงื่อนไขที่กำหนดว่าเป็นจริงหรือเท็จ ถ้าเงื่อนไขที่กำหนดเป็นจริง (True) โปรแกรมจะทำงานที่ชุดคำสั่งที่อยู่ภายใต้คำสั่ง if แต่ถ้าเงื่อนไขที่กำหนดให้เป็นเท็จ (false) โปรแกรมจะทำงานที่ชุดคำสั่งที่อยู่ภายใต้คำสั่ง else

switch-case (switch-statement) การควบคุมเงื่อนไขด้วยการใช้ประโยคคำสั่ง switch โดยมี break เป็นคำสั่งที่ใช้ออกจากเงื่อนไข

2.1.4 การเขียนโปรแกรมแบบวนซ้ำ

while เป็นคำสั่งวนซ้ำที่มีการตรวจสอบเงื่อนไขก่อนการวนซ้ำ หากเงื่อนไขการวนซ้ำเป็นจริงจึงจะเกิดการวนซ้ำ แต่หากเป็นเท็จจะไม่เกิดการวนซ้ำ ซึ่งสามารถใช้ได้ในกรณีที่รู้จำนวนรอบ

for เป็นคำสั่งวนซ้ำที่มีการตรวจสอบเงื่อนไขก่อนการวนซ้ำ หากเงื่อนไขการวนซ้ำเป็นจริงจึงจะเกิดการวนซ้ำ แต่หากเป็นเท็จจะไม่เกิดการวนซ้ำ การทำงานคล้ายกับ while และจำนวนรอบที่ทำงานจะขึ้นอยู่กับค่านิพจน์ที่กำหนดไว้

do...while เป็นคำสั่งวนซ้ำการทำงานเดิมๆ โดยโปรแกรมจะทำงานชุดคำสั่งเข้าไปก่อน 1 รอบ แล้วจึงตรวจสอบเงื่อนไขที่กำหนด ถ้าเงื่อนไขที่กำหนดเป็นจริงให้กลับไปทำงานชุดคำสั่งอีกครั้ง และตรวจสอบเงื่อนไขที่กำหนดอีกครั้ง ถ้าเงื่อนไขที่กำหนดเป็นเท็จโปรแกรมจะออกจากการทำงานไปทำงานที่คำสั่งถัดไปทันที

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

2.2.1 หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)

2.2.2 หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มิไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกับกระดานทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยงข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความจำแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยงก็ตาม

2.2.3 ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

2.2.4 ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) , บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

2.2.5 Board Arduino แทบรุ่น มาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล AVR สามารถเชื่อมต่อผ่าน USB ได้โดยตรง สามารถใช้กับคอมพิวเตอร์สมัยใหม่ได้ กลุ่มของผู้จัดทำได้บอร์ดรุ่น Arduino Nano 3.0 LGT8F328P Compatible โดยมีตัวแปร (Parameters) อยู่ในตารางขวามือ ส่วนด้านซ้ายมือคือ Arduino board ATmega328P

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียด LGT8F328P

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียด ATmega328P



2.3.1 ตัวนำไฟฟ้า (Conductor) เป็น สสาร วัตถุ วัสดุ หรือ อุปกรณ์ที่สามารถยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย ได้แก่ ทองแดง อลูมิเนียม ทอง และเงิน ซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด

2.3.2 ตัวต้านทาน (Resistor) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติในการต้านการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้า ทำด้วยลวดต้านทานหรือถ่านคาร์บอน ถ้าอุปกรณ์นั้นมีความต้านทานมาก กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะน้อยลง เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดพาสซีฟสองขั้ว ที่สร้างความต่างศักย์ไฟฟ้าคร่อมขั้วทั้ง

สอง (V) โดยมีสัดส่วนมากน้อยตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน (I) อัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ และ ปริมาณกระแสไฟฟ้า ก็คือ ค่าความต้านทานทางไฟฟ้า หรือค่าความต้านทานของตัวนำมีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

2.3.3 ตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitor) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่ง ทำหน้าที่เก็บ พลังงานในสนามไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นระหว่างคู่ฉนวน โดยมีค่าประจุไฟฟ้าเท่ากัน แต่มีชนิดของประจุตรงข้ามกัน บางครั้งเรียกตัวเก็บประจุนี้ว่า คอนเดนเซอร์ (Condenser) มีหน่วยเป็นฟารัด F (Farad)

2.3.4 ไดโอด (Diode) เป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ชนิดสองขั้วคือขั้ว A และขั้ว K ที่ออกแบบและควบคุม ทิศทางการไหลของประจุไฟฟ้า

2.3.5 ถ่านชาร์จ (Rechargeable Battery) การผสมผสานเทคโนโลยี แบตเตอรี่แห้ง และ ความคุ้มค่า ของแบตเตอรี่โลหะนิเกิล เรียกว่า ถ่านอัลคาไลน์ (Alkalines Battery)

2.4 เซนเซอร์ (sensor)

2.4.1 โมดูลเซ็นเซอร์แสงสำหรับตรวจจับวัตถุกีดขวาง (IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module) จะมีตัวรับและตัวส่ง Infrared ในตัว ตัวสัญญาณ(สีขาว) Infrared จะส่งสัญญาณออกมา และเมื่อมี วัตถุมาบัง คลื่นสัญญาณ infrared ที่ถูกส่งออกมาจะสะท้อนกลับไปเข้าตัวรับสัญญาณ (สีดำ) สามารถนำมาใช้ ตรวจจับวัตถุที่อยู่ตรงหน้าได้ และสามารถปรับความไว ระยะการตรวจจับ ใกล้หรือไกลได้ ภายตัวเซ็นเซอร์ แบบนี้จะมีตัวส่ง Emitter และ ตัวรับ Receiver ติดตั้งภายในตัวเดียวกัน



รูปที่ 2 IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor

| | |
|-----------------|--------------|
| ไฟเลี้ยง VCC | 3.3-5 Vdc |
| ดิจิตอลเอาต์พุต | 0 หรือ 1 |
| ระยะตรวจจับ | 2-30 cm |
| มุมในการตรวจจับ | 35 องศา |
| ขนาดบอร์ด | 3.1 x 1.5 cm |

ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียด IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module

2.4.2 อัลตราโซนิก (Ultrasonic sensor) เป็นอุปกรณ์ทำงานด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง ที่มนุษย์ไม่สามารถได้ยิน มีทิศทางแน่นอนและไม่มีการเลี้ยวเบน โดยอัลตราโซนิก แบ่งเป็นสองส่วน คือ Transmitter เป็นแหล่งให้กำเนิดเสียง Ultrasonic และ Receiver เป็นตัวรับคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมา ซึ่งเราสามารถใส่ sensor ตัวนี้ในการตรวจจับวัตถุและวัดระยะที่ห่างจากวัตถุได้ การวัดระยะทางจากการวัดเวลาที่เสียงใช้ในการเดินทางไปกระทบวัตถุและสะท้อนกลับมา

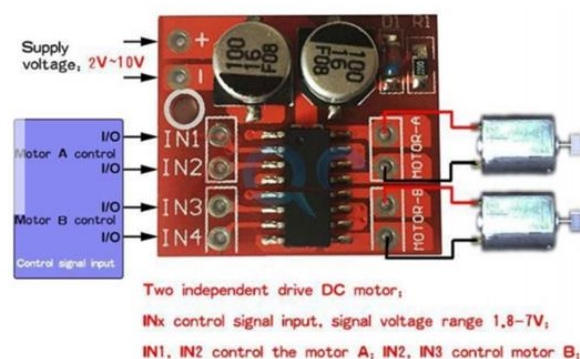


รูปที่ 3 Ultrasonic sensor

| | |
|-----------------|----------------------|
| ไฟเลี้ยง VCC | 3.3-5V |
| ดิจิตอลเอาต์พุต | 0 หรือ 1 |
| ดิจิตอลอินพุต | 0 หรือ 1 |
| HC-SR04 | ระยะตรวจจับ 2-400 cm |
| US-025 | ระยะตรวจจับ 2-600 cm |

ตารางที่ 4 แสดงรายละเอียด Ultrasonic sensor

2.4.3 DC Motor Speed Control ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ 1) H-bridge Driver และ 2) Pulse-width modulation (PWM) สิ่งที่เป็นพลังขับเคลื่อนหลักให้กับหุ่นยนต์นั้น ก็คงจะไม่พ้น มอเตอร์ ซึ่งต้องการการควบคุม จาก Motor Driver ที่จะมาควบคุม ทั้ง ทิศทาง และ ความเร็ว ของมอเตอร์ซึ่งทางผู้จัดทำได้เลือกใช้ L298N Dual H-Bridge Motor Controller ตามข้อที่กำหนดด้วยลอจิกเพื่อควบคุมทิศทาง ส่วนความเร็วของมอเตอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วย สัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) เป็นวิธีการควบคุมการจ่ายกำลังโดยการปรับความกว้างของสัญญาณ Pulse ด้วยความถี่สูงเพื่อให้ได้กำลังเฉลี่ยเป็นไปตามส่วนที่ต้องการ ซึ่งต้องมีการปรับความถี่ให้เหมาะสมกับเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้กำหนดสัดส่วนการทำงาน (ON) ของ Load (มอเตอร์)



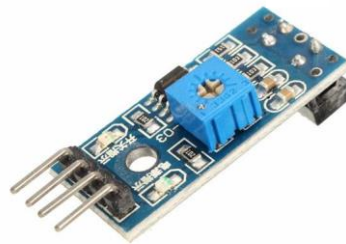
รูปที่ 4 L298N Dual H-Bridge Motor Controller

| | |
|----------------------|-------------|
| Supply voltage | 2-10V |
| Signal input voltage | 1.8-7V |
| Max output current | 3A (1.5A*2) |
| Control signal | PWM |

ตารางที่ 5 แสดงรายละเอียด DC Motor Speed Control

2.4.4 TCRT5000 Infrared Reflective Sensor

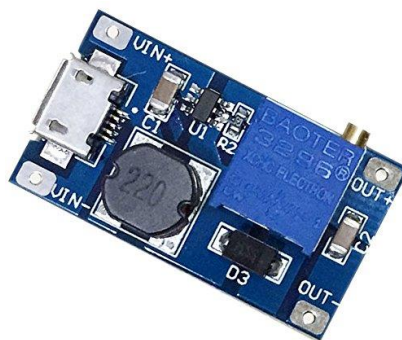
โมดูลอ่านค่าสะท้อนกลับของแสง ใช้ไฟ 3.3-5V เหมาะสำหรับใช้กับ Arduino ให้เอาต์พุตออกมา 2 แบบคือแบบดิจิตอลสามารถปรับค่าที่ต้องการได้ เมื่อค่าที่อ่านได้ถึงระดับที่ต้องการก็จะส่งค่า 1 ออกมา ถ้ายังไม่ถึงระดับก็จะส่งค่า 0 ออกมา และอีกแบบคือเอาต์พุตแบบAnalog อ่านค่าได้เป็นตัวเลข 0-1023 หรือสัญญาณไฟในช่วง 0-5V



รูปที่ 5 TCRT5000 Infrared Reflective Sensor

2.4.5 Step-Up Converter

โมดูล Step-Up แปลงไฟจาก 2-24V ขึ้นเป็น 5-28V จ่ายกระแส 1A สูงสุด 2A มีช่องสำหรับรับ input จาก micro usb ทำให้ใช้ไฟ 5V จาก usb แปลงไฟให้เป็น 5-28V ได้อย่างสะดวก ทำให้ใช้ไฟจาก power bank ได้ 5-28V



รูปที่ 6 Step-Up Converter

2.4.6 Micro Switch

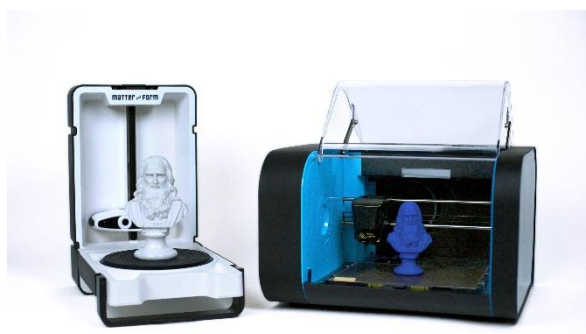
ไมโครสวิตช์กดติดปล่อยดับแบบ 4 ขา



รูปที่ 7 Micro Switch

2.5 การพิมพ์ 3 มิติ (3D Printing)

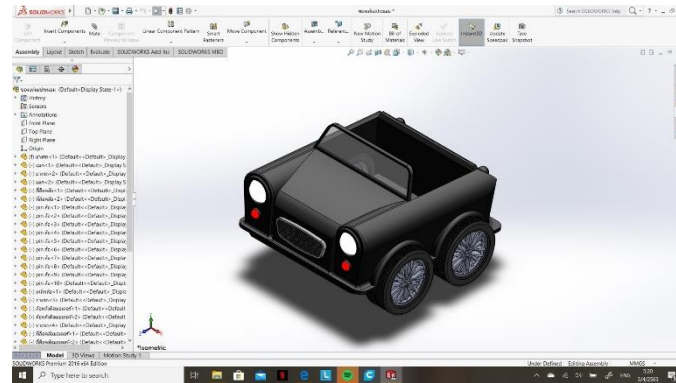
กระบวนการสร้างวัตถุสามมิติซึ่งการพิมพ์มักนำไปใช้ในงานสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็ว (Rapid prototype) และการผลิตแบบเรียงชั้น (Additive manufacturing) วัสดุจะถูกขึ้นรูปหรือวางเชื่อมต่อกันภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์ วัตถุสามมิตินี้สร้างขึ้นจากข้อมูลดิจิทัลของแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ทั้งในรูปแบบข้อมูล 3 มิติ (3D Model)



รูปที่ 8 การพิมพ์ 3 มิติ

2.6 Solidworks

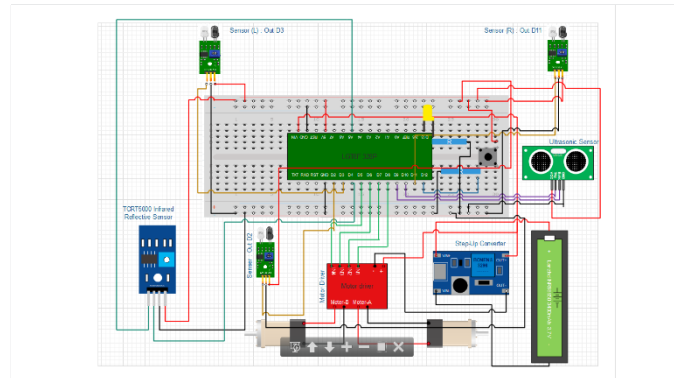
เป็นซอฟต์แวร์เพื่อให้คนออกแบบใช้ เป็นเครื่องมือในการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อสร้างตัวอย่างผลิตภัณฑ์จำลองหรือสิ่งที่ผู้ออกแบบสนใจในคอมพิวเตอร์ โดยตัวซอฟต์แวร์จะจัดอยู่ในตระกูล CAD ซึ่งสามารถสร้างชิ้นงานจำลองในรูปแบบ 3D Solid Models แบบแยกชิ้น (Part) และแบบงานประกอบ (Assembly)



รูปที่ 9 Solidworks

2.7 Edraw max

มันเป็นโปรแกรมที่มีไว้สำหรับช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างแผนภาพ หรือแผนภาพวงจร ด้วยรูปแบบโครงสร้างที่สวยงาม และดูทันสมัย อีกทั้งยังมาพร้อมกับแม่แบบของแผนภาพที่หลากหลายมากถึง 200 แบบด้วยกัน เรียกได้ว่าโปรแกรมนี้โปรแกรมเดียวหมดห่วงเรื่องงานฟรีเซ็นแผนผังไปได้เลย



รูปที่ 10 Edraw max

บทที่ 3

รายละเอียดของการพัฒนาโครงการ

3.1 อุปกรณ์และเครื่องที่ใช้พัฒนา

3.1.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

โปรโทบอร์ด (Protoboard)

บอร์ด LGT8F328P

สายไฟ

ตัวต้านทาน

ถ่านชาร์จ Li-ion 18650 ขนาด mAh 3.7V

มอเตอร์ (Motor)

ล้อ

Motor Driver Module

Step-Up Converter

TCRT5000 Infrared Reflective Sensor

โครงสร้างหุ่นยนต์

โมดูลเซ็นเซอร์แสงสำหรับตรวจจับวัตถุกีดขวาง (IR Infrared Obstacle Avoidance Sensor Module)

อัลตราโซนิก (Ultrasonic sensor)

3.1.2 ซอฟต์แวร์ (Software)

โปรแกรม Arduino

โปรแกรม Github

โปรแกรม Solidworks

โปรแกรม Edraw Max

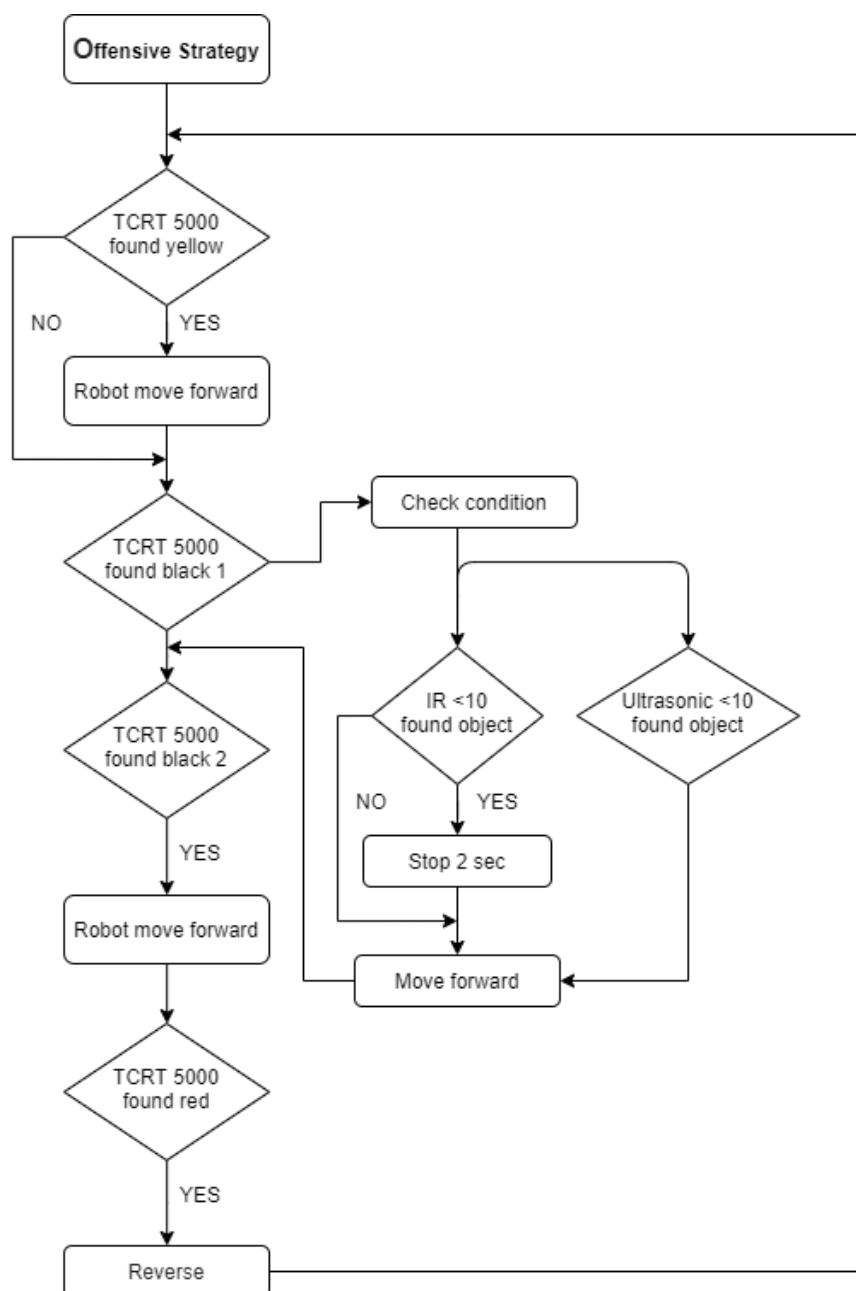
3.2 การออกแบบกลยุทธิ์

ในงานวิจัยนี้ทางผู้จัดได้คิดแนวทางในการแก้ไขปัญหาแบ่งออกเป็น 2 กลยุทธิ์ คือ กลยุทธิ์ในการรุกและกลยุทธิ์ในการตั้งรับ ซึ่งทั้งสองกลยุทธิ์จะมีความทำงานที่แตกต่างกันออกไป ทั้งสองกลยุทธิ์นี้เป็นเพียงความคิดของผู้จัดทำในการวางแผนทั้งสองรูปแบบ

3.2.1 การออกแบบการทำงานของกลยุทธิ์ในกรณีที่เป็นฝ่ายรุก

ในกรณีที่แรกเจอสีเส้นสีเหลืองและไม่เจอสิ่งกีดขวาง หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปถึงเขตแนวรับ (เส้นสีดำ) ให้เข้าเงื่อนไขโดยรถจะตรวจสอบค่าของ IR (Sensorด้านหน้า) ที่วัดค่าได้ คือ ตรวจสอบวัตถุหรือสิ่งกีดขวางที่อยู่ด้านหน้าว่ามีสิ่งกีดขวางอยู่หรือไม่ ในกรณีที่ไม่มีพบสิ่งกีดขวาง หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปเรื่อยๆด้วยความเร็วที่สูงที่สุด ในกรณีที่พบสิ่งกีดขวาง Sensor ด้านหน้าจะตรวจสอบได้ว่ามีสิ่งกีดขวางในระยะ 10 เซนติเมตร ตัวรถจะหยุดเคลื่อนเป็นเวลา 2 วินาที ก่อนที่จะเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเพื่อเป็นการหลบหนีฝ่ายรับ ในกรณีที่เจอสิ่งกีดขวาง Sensor จะตรวจจับวัตถุหรือสิ่งกีดขวางได้ คือ จะมีเซ็นเซอร์ 3 ตัว เริ่มจาก Sensor(R) คือ เซ็นเซอร์ทางด้านขวา ในกรณีที่พบวัตถุหรือสิ่งกีดขวางทางขวาในระยะ 10 เซนติเมตร หุ่นยนต์จะหยุดเป็นเวลา 2 วินาที ก่อนที่จะเคลื่อนที่ด้านหน้าเพื่อหลบหนีฝ่ายรับและเมื่อ Sensor(R) ตรวจพบว่าไม่มีสิ่ง

กีดขวาง ก็จะเคลื่อนที่ไปด้านหน้าทันทีด้วยความเร็วสูงสุด เช่นเดียวกับ Sensor(L) ในกรณีที่พบวัตถุหรือสิ่งกีดขวางทางซ้ายในระยะ 10 เซนติเมตร หุ่นยนต์จะหยุดเป็นเวลา 2 วินาที ก่อนจะเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเพื่อหลบหนีฝ่ายรับและเมื่อ Sensor(L) ตรวจพบว่าไม่มีสิ่งกีดขวาง ก็จะเคลื่อนที่ไปต่อด้านหน้าด้วยความเร็วสูงสุด และเซ็นเซอร์ด้านหลัง ในกรณีที่พบวัตถุหรือสิ่งกีดขวางทางซ้ายในระยะ 10 เซนติเมตร จะเคลื่อนที่ไปต่อด้านหน้าด้วยความเร็วสูงสุด เมื่อหุ่นยนต์วิ่งไปพบเส้นสีดำครั้งที่สอง ให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปด้านหน้าต่อไป และเมื่อหุ่นยนต์วิ่งผ่านเส้นสีแดงไปเมื่อผ่านเส้นสีแดงไปแล้ว หุ่นยนต์จะทำการวิ่งกลับและเข้าเงื่อนไขเดิม และเมื่อถึงเส้นชัยจะหยุดวิ่ง นั้นแสดงว่ารถของเราได้ถึงเส้นชัยแล้ว ดังรูปที่ 11

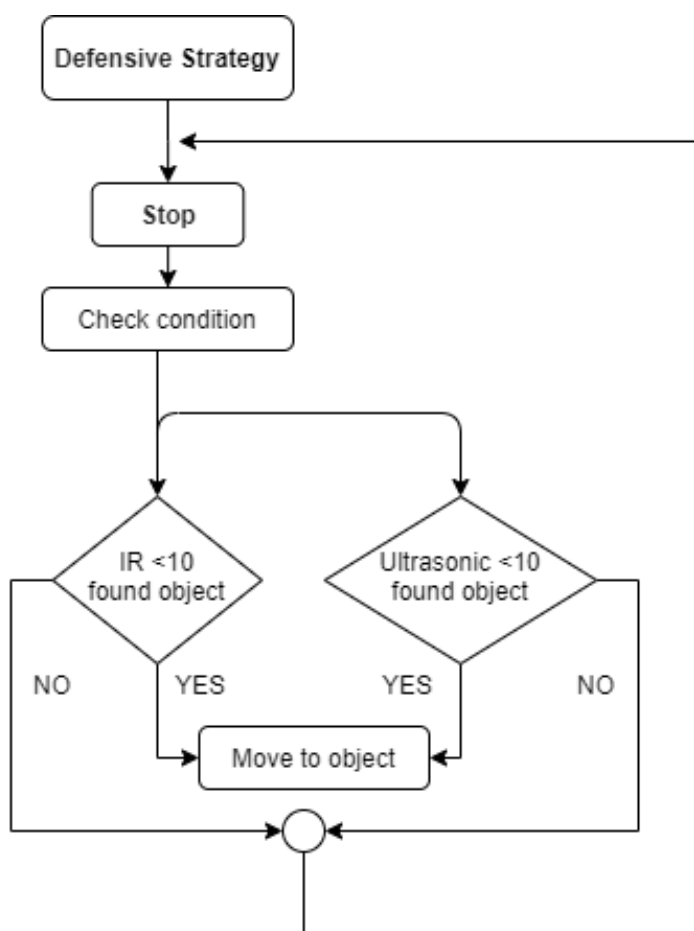


รูปที่ 11 แสดงกลยุทธ์เมื่อเป็นฝ่ายรุก

3.2.2 การออกแบบการทำงานของกลยุทธ์ในกรณีที่เป็นฝ่ายตั้งรับ

ในกรณีที่ฝ่ายรับและเซ็นเซอร์ตรวจไม่พบทีมฝ่ายรุก หุ่นยนต์จะหยุดการเคลื่อนที่เขตของฝ่ายรับ จนกว่าเซ็นเซอร์จะตรวจพบฝ่ายรุก

ในกรณีที่ฝ่ายรับและเซ็นเซอร์ตรวจพบทีมฝ่ายรุก เซ็นเซอร์ตัวหน้า (IR) จะสามารถตรวจพบฝ่ายตรงข้ามหรือฝ่ายรุกได้ในระยะ 10 เซนติเมตร หากตรวจพบฝ่ายรุก หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดเพื่อวิ่งเข้าชนฝ่ายรุกในทันที และหากเซ็นเซอร์ด้านซ้าย และด้านขวาตรวจพบวัตถุหรือสิ่งกีดขวางในระยะ 10 เซนติเมตร หุ่นยนต์จะทำการเลี้ยวซ้าย หรือเลี้ยวขวา เพื่อวิ่งเข้าชนทีมฝ่ายรุกเพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของฝ่ายรุกและกรณีด้านหลังตรวจพบวัตถุหรือสิ่งกีดขวางในระยะ 10 เซนติเมตร หุ่นยนต์จะทำการถอยหลังไปชนทีมฝ่ายรุกเพื่อหยุดการเคลื่อนที่ของฝ่ายรุก และกรณีไม่พบวัตถุหรือสิ่งกีดขวางในระยะ 10 เซนติเมตร ให้ตัวหุ่นยนต์หยุดการเคลื่อนที่



รูปที่ 12 แสดงกลยุทธ์เมื่อเป็นฝ่ายตั้งรับ

3.3 การออกแบบวงจร

ผู้จัดทำได้ออกแบบวงจรเพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ภายในรถซึ่งในวงจรประกอบไปด้วย

3.3.1 ถ่านชาร์จแบบ Li-ion 18650 ขนาด mAh 3.7V ซึ่งมีแรงดันไม่เพียงพอกับบอร์ด Arduino ต้องทำการต่อ Step-Up Converter เพื่อปรับแรงดันให้เป็น 5 V

3.3.2 Step-Up Converter เพื่อนำไปทำงานร่วมกับถ่านชาร์จแบบ Li-ion 18650 ขนาด mAh 3.7V ในการปรับแรงดัน

3.3.3 Motor Driver เพื่อขับเคลื่อน Motor

3.3.4 Motor

3.3.5 IR Sensor 3 ตัว เพื่อใช้เป็น Sensor ในการตรวจจับระยะทางขวา ทางซ้าย และทางด้านหลัง

3.3.6 TCRT5000 Infrared Reflective Sensor เพื่อใช้ในการตรวจจับขอบเขตของสนาม

3.3.7 โปรโตบอร์ด (Protoboard)

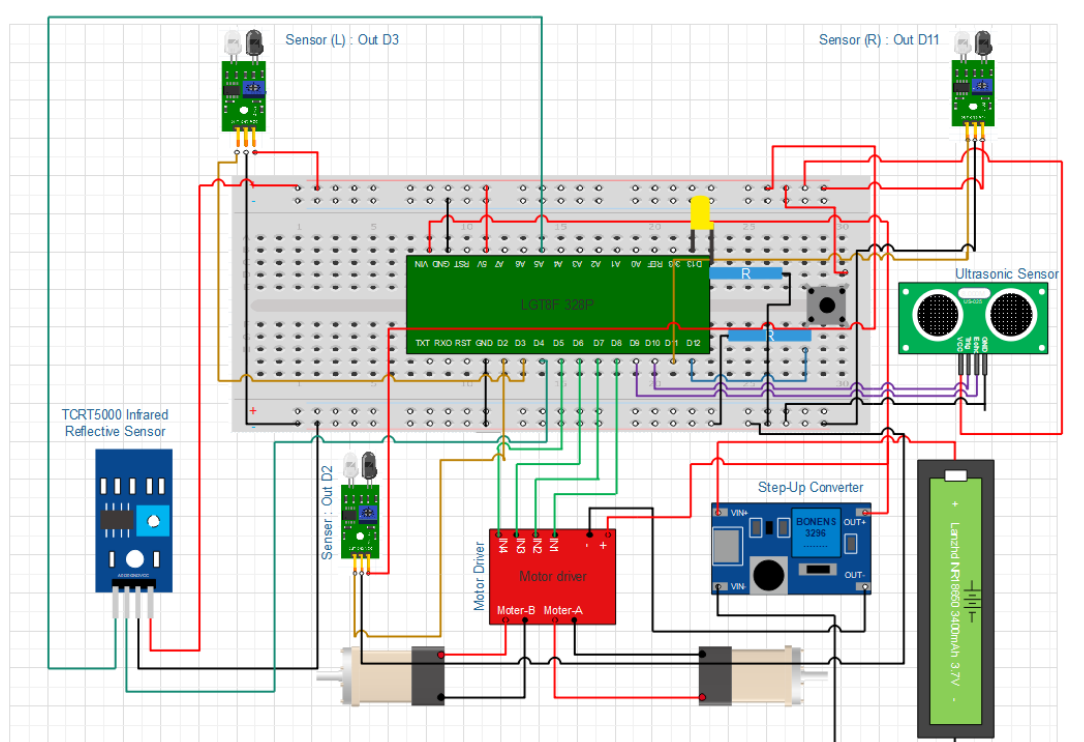
3.3.8 บอร์ด LGT8F328P

3.3.9 Ultrasonic Sensor เพื่อใช้ในการตรวจจับระยะทางด้านหน้า

3.3.10 Switch

3.3.11 ตัวต้านทาน 2 ตัว

3.3.12 หลอดไฟ



รูปที่ 13 แสดงถึงการออกแบบวงจรในตัวหุ่นยนต์

3.4 แผนการพัฒนาหุ่นยนต์

3.4.1 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบ : โปรแกรม Solidworks

3.4.2 ชิ้นส่วนประกอบ

| | | |
|---------------------|----|------|
| ยางรถ | 4 | ห่วง |
| ล้อแม็กซ์ | 4 | อัน |
| ที่ล้อคล้อ | 4 | ตัว |
| หมุดสำหรับยึดตัวล้อ | 20 | ตัว |
| เหล็กล้อ | 1 | แท่ง |
| ฐานตัวยึดล้อ | 4 | ตัว |
| ฐานรถ | 1 | อัน |
| โครงรถ | 1 | อัน |
| มอเตอร์จำลอง | 2 | ตัว |

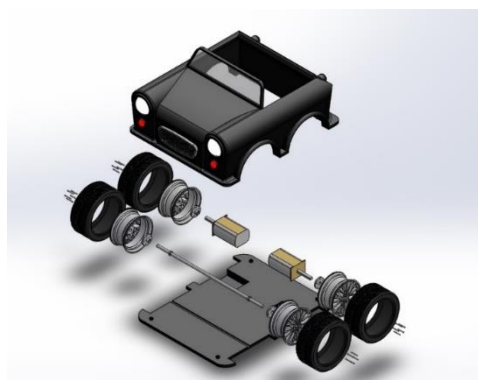
3.4.3 ข้อจำกัดและเงื่อนไข

ขนาดของตัวแบบ : ไม่เกิน 10x10 cm. ไม่จำกัดความสูง

3.4.4 รูปภาพประกอบ : เพิ่มเติม (ภาคผนวก)



รูปที่ 14 โมเดลรถที่ประกอบสมบูรณ์



รูปที่ 15 แสดงโมเดลรถแบบแยกส่วนประกอบ

3.5 โปรแกรม Arduion

```
#include <HCSR04.h>
HCSR04 hc(10,9); //initialisation class HCSR04 (trig pin , echo pin)
const int motorPin1 = 5;
const int motorPin2 = 6;
const int motorPin3 = 7;
const int motorPin4 = 8;
const int sensor_left=2;
const int sensor_rigth=3;
const int sensor_back=11;
const int sensor_color=A5;
int count=1,yello=0,black=0,No_color=0,red=0;
int detect=1,non_detect=0;
int color;
int getColor() {
    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 NO_color;

void setup() {
    pinMode(motorPin1, OUTPUT);
    pinMode(motorPin2, OUTPUT);
    pinMode(motorPin3, OUTPUT);
    pinMode(motorPin4, OUTPUT);
    pinMode(sensor_left, INPUT);
    pinMode(sensor_rigth, INPUT);
    pinMode(sensor_back, INPUT);
}
```

```

void loop() {
    // put your main code here, to run repeatedly:
    sensor_value_A = digitalRead(sensor_A);
    sensor_value_B = digitalRead(sensor_B);
    color = analogRead(sensor_color);
    //ရန်
    move_forward();
    if(color == yellow){
        yellow++;
        delay(300);
    }
    if(color == black){
        black++;
        delay(300);
    }
    if(color == red){
        move_forward();
        delay(1000);
        move_return();
        move_forward();
        delay(1000);
    }
    if(color == red)
    if(yello==1&&(black==0||black==2||black==4)){
        move_forward();
    }
    if(yello==2){
        while(1)
            move_stop();
    }

    if(yello==1&&black==2){
        move_forward();
    }
    if(black==1&&black==3){

```

```

if(hc.dist()>=10||(sensor_left==10)||(sensor_rigth==10)){
    move_stop();
    delay(2000);
    move_backward();
    delay(1000);
}
else{
    move_forward();
    delay(1000);
}

}
//รับ
if(hc.dist()>=10){
    move_forward();
    delay(1000);
}
else if(sensor_rigth==detect){
    move_right();
    move_forward();
    delay(1000);
}
else if(sensor_left==detect){
    move_left();
    move_forward();
    delay(1000);
}
else if(sensor_back==detect){
    move_backward()
}
if(color == black){
    move_return();
    move_forward();
    deley(500);
}

```

```

else{
    move_stop();
}

}

void move_forward(){
    analogWrite(motorPin1, 255);
    analogWrite(motorPin2, 0);
    analogWrite(motorPin3, 255);
    analogWrite(motorPin4, 0);
}

void move_backward(){
    analogWrite(motorPin1, 0);
    analogWrite(motorPin2, 255);
    analogWrite(motorPin3, 0);
    analogWrite(motorPin4, 255);
}

void move_left(){
    analogWrite(motorPin1, 0);
    analogWrite(motorPin2, 255);
    analogWrite(motorPin3, 255);
    analogWrite(motorPin4, 0);
    delay(1000);//จับเวลาในการหมุนด้วย
}

void move_right(){
    analogWrite(motorPin1, 255);
    analogWrite(motorPin2, 0);
    analogWrite(motorPin3, 0);
    analogWrite(motorPin4, 255);
    delay(1000);//จับเวลาในการหมุนด้วย
}

void move_return(){
    analogWrite(motorPin1, 255);
    analogWrite(motorPin2, 0);

```



```
    analogWrite(motorPin3, 0);  
    analogWrite(motorPin4, 255);  
    delay(2000);//จับเวลาในการหมุนด้วย  
  
}  
void move_stop(){  
    analogWrite(motorPin1, 0);  
    analogWrite(motorPin2, 0);  
    analogWrite(motorPin3, 0);  
    analogWrite(motorPin4, 0);  
}
```

บทที่ 4

ผลการศึกษา

จากการศึกษาทำให้ได้มีการเรียนรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของหุ่นยนต์มากขึ้น ได้มีการทำการทดลองจากการจำลองและได้มีการทดลองการทำงานของตัวโปรแกรมต่างๆ เช่น

Code การทำงานของ Ultrasonic เพื่อตรวจจับวัตถุ :

```
int LED ; // Use the onboard Uno LED

int isObstaclePin = D3; // This is our input pin

int isObstacle = HIGH; // HIGH MEANS NO OBSTACLE

void setup() {

    pinMode(LED, OUTPUT);

    pinMode(isObstaclePin, INPUT);

    Serial.begin(9600); }

void loop() {

    isObstacle = digitalRead(isObstaclePin);

    if (isObstacle == LOW)

    {      Serial.println("ME");

           digitalWrite(LED, HIGH); }

    else

    {      Serial.println("MAI ME");

           digitalWrite(LED, LOW); }

    delay(100); }
```

ทั้งนี้ยังมีการทดลองการทำงานของ Sensor และ LED ด้วย นำโปรแกรมทั้งหมดมาประยุกต์ใช้กับกลยุทธ์ที่ได้วางแผนไว้ และหุ่นยนต์สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ แต่ทั้งนี้การดำเนินงานทั้งหมดเป็นเพียงการจำลองการทำงาน ไม่มีการจัดการแข่งขันจริง จึงไม่สามารถจำกัดความได้ว่าผลการดำเนินงานของหุ่นยนต์นี้สามารถชนะการแข่งขันได้ทุกรอบ

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการจำลองในการสร้างรถหุ่นยนต์เพื่อนำมาแข่งขัน โดยการจัดทำหุ่นยนต์ครั้งนี้ได้มีการวางแผนการดำเนินงานทั้งการแบ่งความรับผิดชอบ การกำหนดระยะเวลาในการดำเนินงาน การออกแบบหุ่นยนต์ รวมไปถึงการวางแผนกลยุทธ์เพื่อการแข่งขัน จากหน้าที่ความรับผิดชอบในการดำเนินงานส่วนต่างๆ การศึกษาทำให้ได้เรียนรู้และเข้าใจเกี่ยวกับการงานของหุ่นยนต์มากขึ้น นำไปสู่การออกแบบสร้างหุ่นยนต์สามารถที่จะใช้งานได้ตามเป้าหมายแผนกลยุทธ์ที่วางแผน สามารถที่จะรับมือได้ทั้งการรุกและการรับซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ทั้งนี้การออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์อาจจะต้องมีการเรียนรู้เพิ่มเติมเพื่อให้หุ่นยนต์มีการทำงานที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

5.2.1 มีการเพิ่มขนาดของตัวรถ จากเดิมขนาดของหุ่นยนต์มีขนาดเล็กเพียง 10x10cm. เพื่อให้มีพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มขึ้น

5.2.2 ตัวหุ่นยนต์สามารถนำไปทำประโยชน์อย่างอื่นได้อีกมากมาย สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในอนาคต

5.3 อุปสรรคในการทำงาน

5.3.1 การจัดการเวลาในการทำงานที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดความล่าช้า

5.3.2 การแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบที่แตกต่างกัน เมื่อเกิดปัญหาขึ้นในงานหนึ่งๆเป็นการยากในการร่วมกันช่วยกันแก้ไขในงานนั้นๆ

บรรณานุกรม

<https://www.myarduino.net/article/134/%E0%B8%AA%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99-arduino-%E0%B8%84%E0%B8%B3%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%A7%E0%B8%A5%E0%B8%B2>

<https://www.myarduino.net/article/134/%E0%B8%AA%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99-arduino-%E0%B8%84%E0%B8%B3%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%87%E0%B9%80%E0%B8%A7%E0%B8%A5%E0%B8%B2>


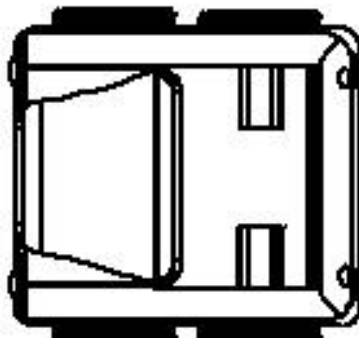

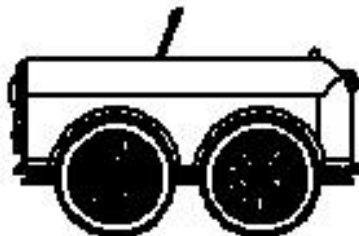
<https://www.arduinoall.com/article/8/%E0%B8%AA%E0%B8%AD%E0%B8%99-%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%98%E0%B8%B5%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89-%E0%B9%82%E0%B8%A1%E0%B8%94%E0%B8%B9%E0%B8%A5%E0%B9%81%E0%B8%A2%E0%B8%81%E0%B8%AA%E0%B8%B5-arduino-tcs230-color-recognition-sensor-module-%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%83%E0%B8%99-3-%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B8%97%E0%B8%B5>

<http://thaisensormodule.com/index.php/light/tcs230>

<https://www.arduinoall.com/product/698/tcrt5000-infrared-reflectance-obstacle-avoidance-line-tracking-sensor-%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%B9%80%E0%B8%8A%E0%B9%87%E0%B8%84%E0%B8%AA%E0%B8%B4%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B8%81%E0%B8%B5%E0%B8%94%E0%B8%82%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%87-%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B8%82%E0%B8%B2>

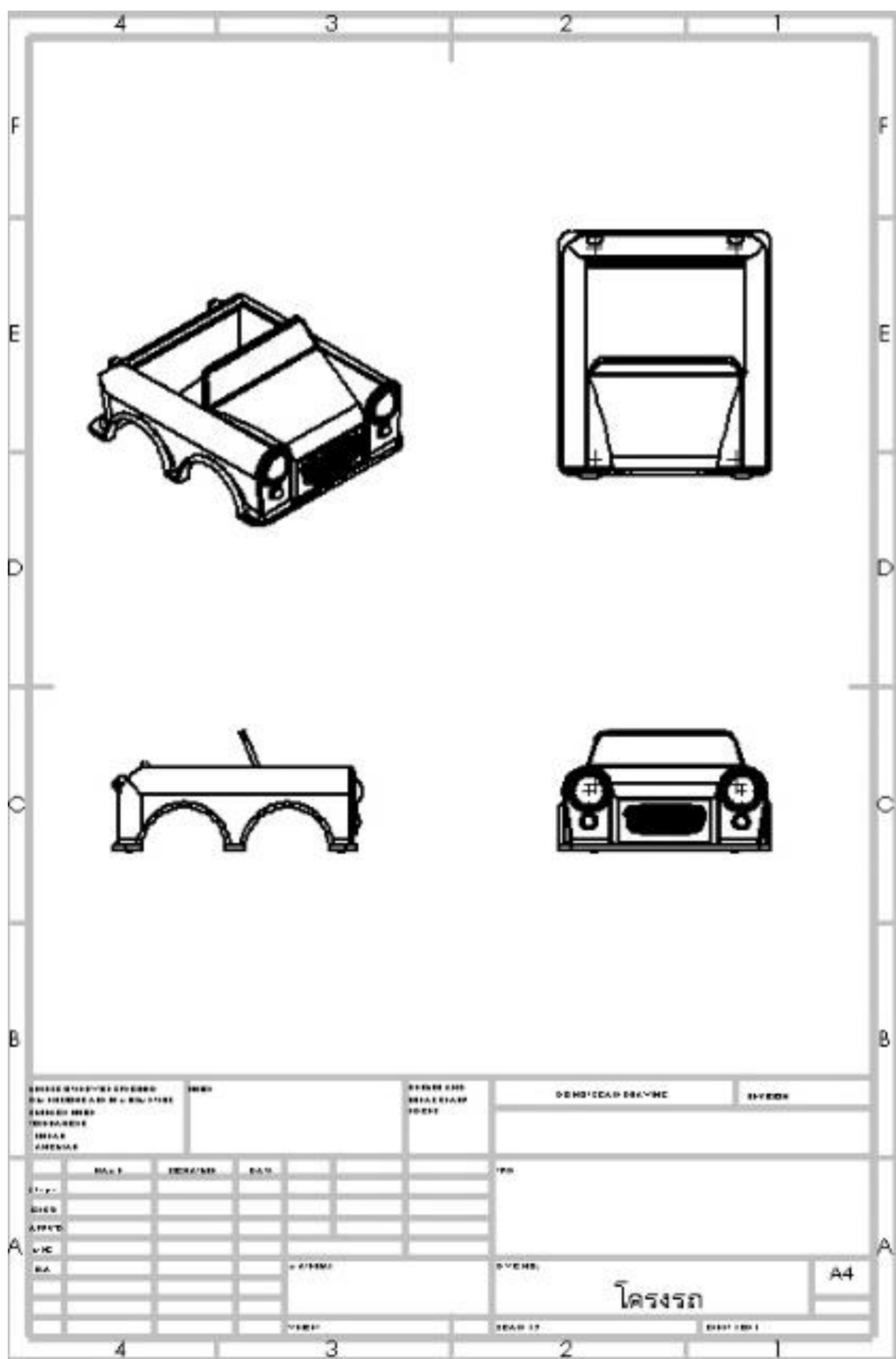
<https://www.arduinoall.com/product/595/%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B9%82%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%AA%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%8A%E0%B9%8C%E0%B8%81%E0%B8%94%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%94%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%A2%E0%B8%94%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%9A-4-%E0%B8%82%E0%B8%B2-micro-switch-touch-switch-button-switch-%E0%B8%88%E0%B8%B3%E0%B8%99%E0%B8%A7%E0%B8%99-5-%E0%B8%8A%E0%B8%B4%E0%B9%89%E0%B8%99>

ภาคผนวก

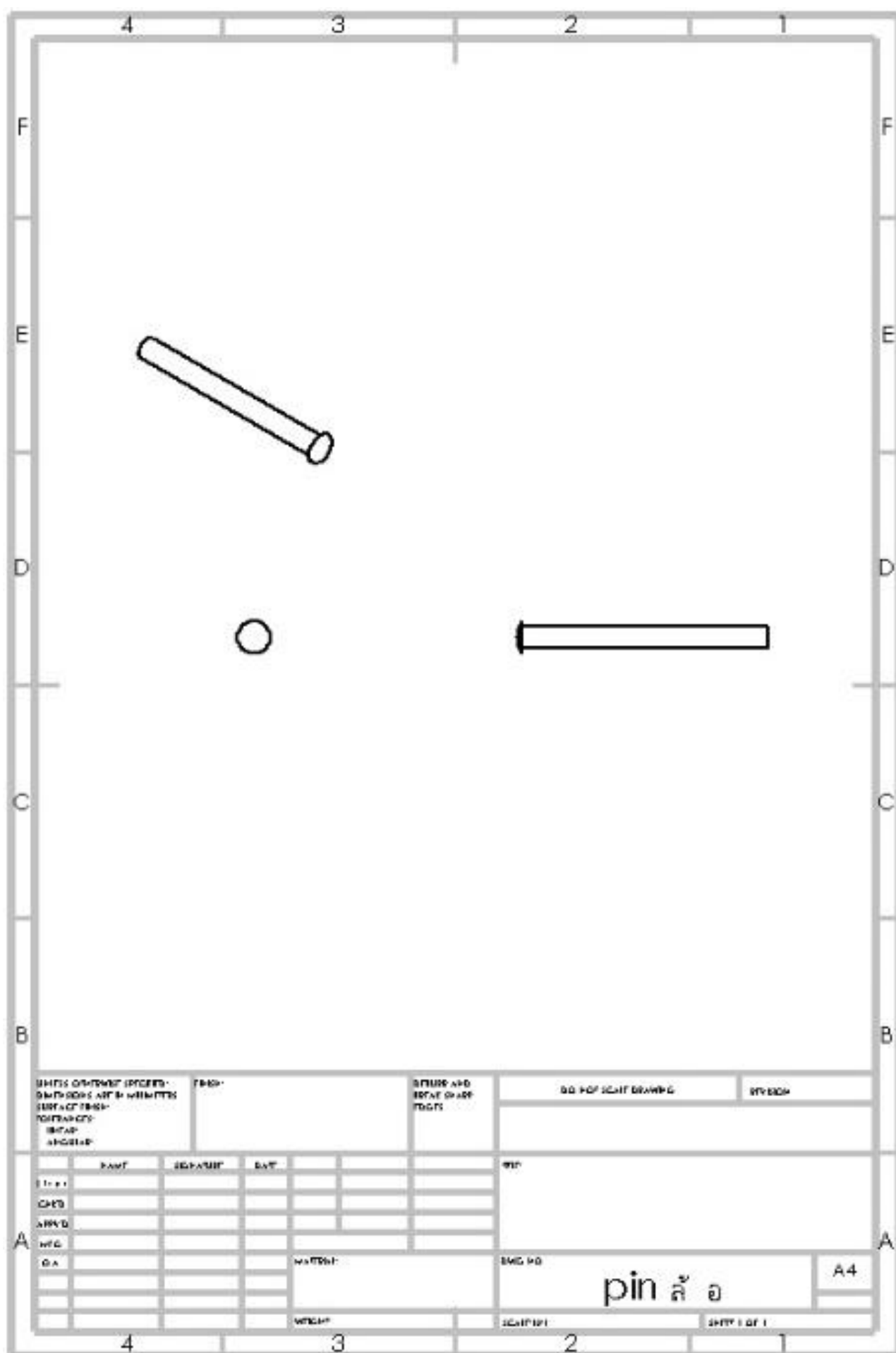
| | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| F | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 100px;">   </div> | | | | F |
| E | | | | | E |
| D | | | | | D |
| C | | | | | C |
| B | | | | | B |
| A | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;"> <p><small>SHIPPING AND HANDLING CHARGES WILL BE ADDED TO THE PRICE OF THE PRODUCT. THE PRICE OF THE PRODUCT IS NOT GUARANTEED.</small></p> </div> <div style="width: 20%; text-align: center;"> <p><small>DO NOT WRITE OR DRAW ON THIS PAGE</small></p> </div> <div style="width: 20%; text-align: center;"> <p><small>DO NOT WRITE OR DRAW ON THIS PAGE</small></p> </div> <div style="width: 20%; text-align: center;"> <p><small>DO NOT WRITE OR DRAW ON THIS PAGE</small></p> </div> </div> | | | | A |
| | 4 | 3 | 2 | 1 | |

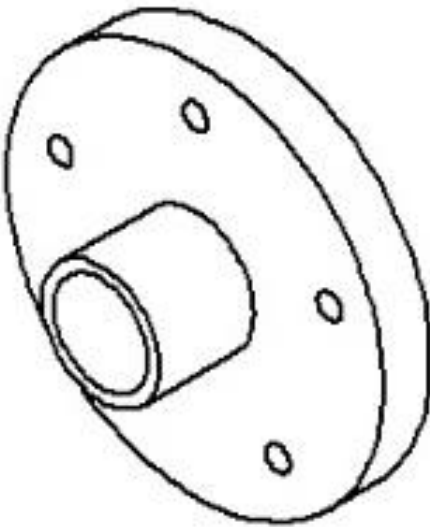
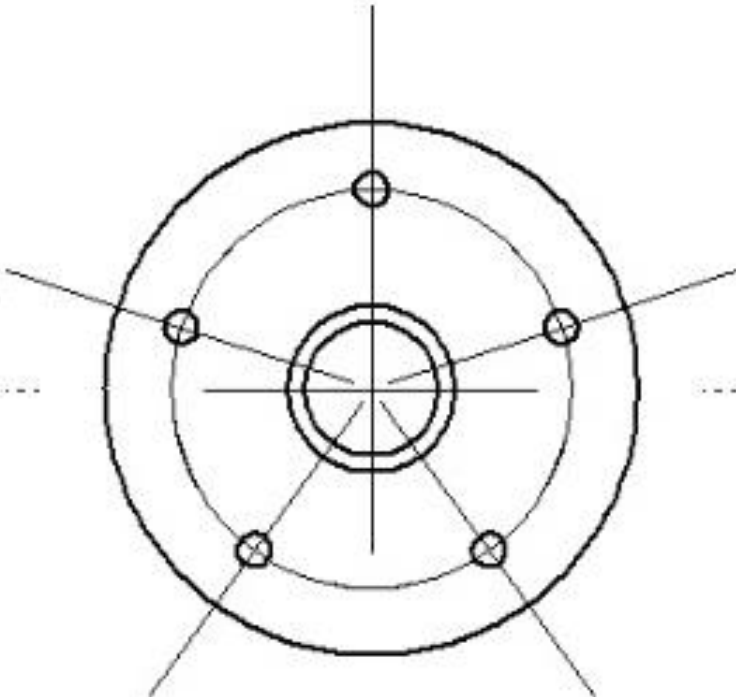
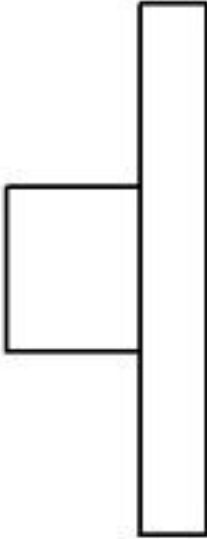
design

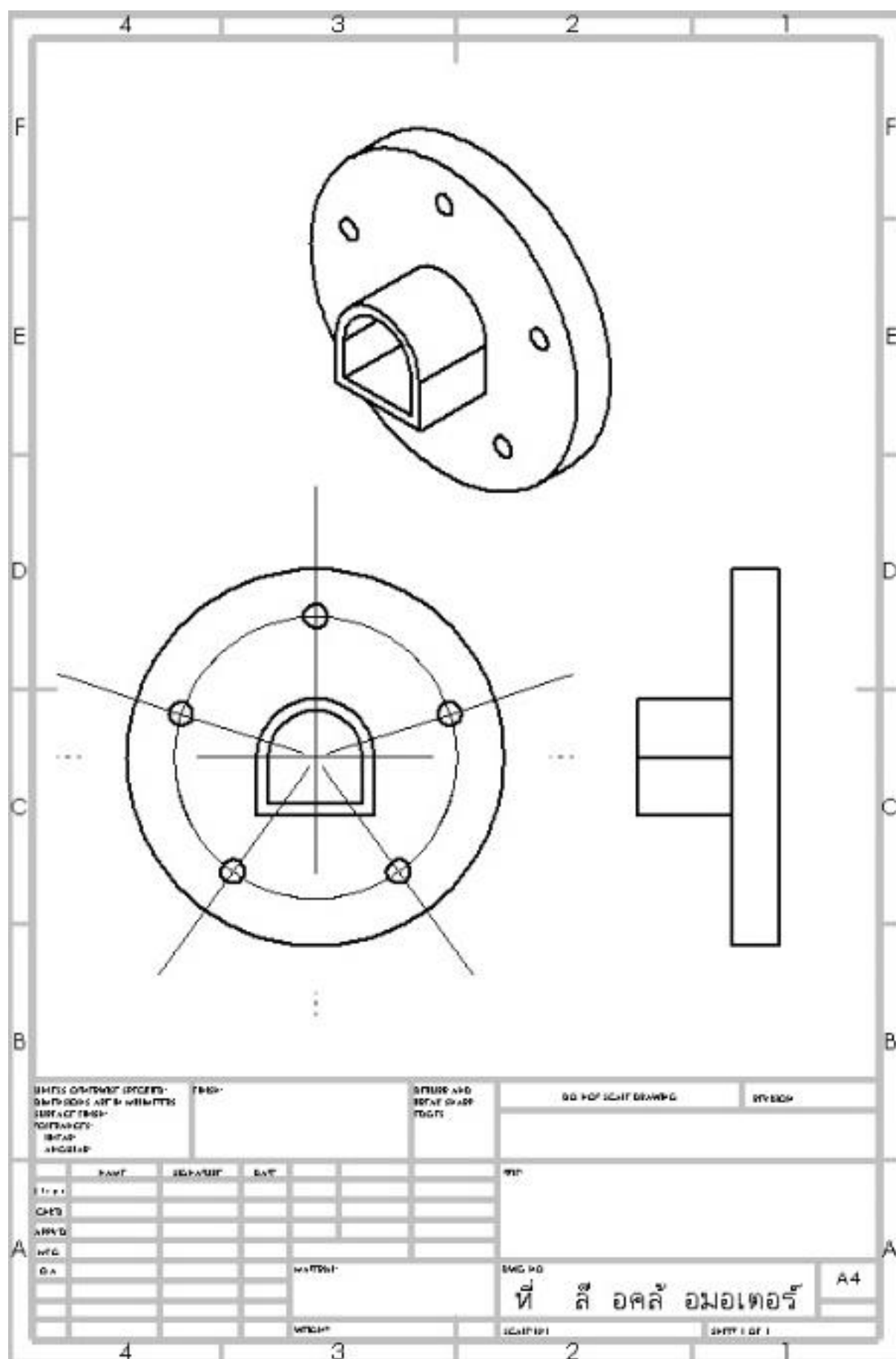
A4

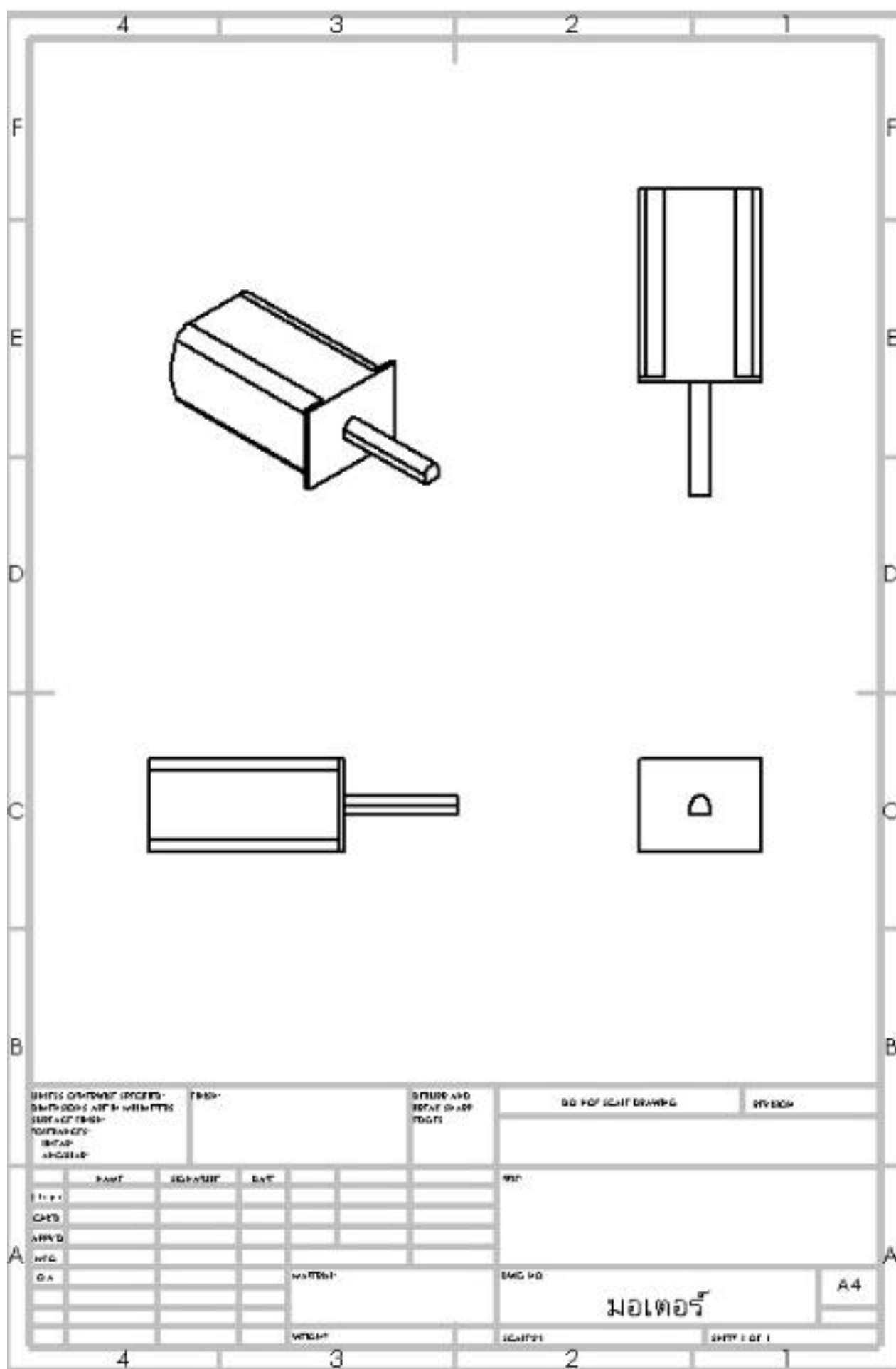


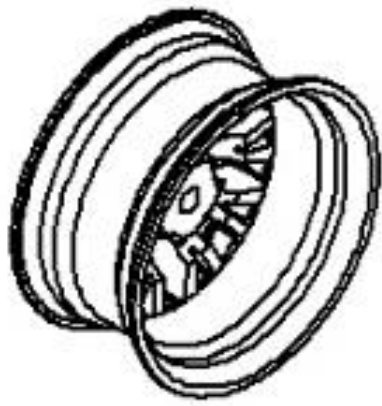

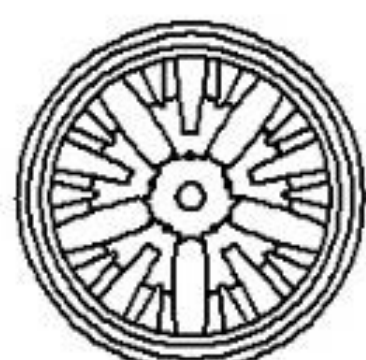
| | 4 | 3 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------------------|----------------------|----------|--|---------|--------------------------|----------------------|----------|---|-----|------|----------|------|----------|---------|---|--|---|--|--|--|---|--|---|--|--|--|---|--|---|--|--|--|---|--|---|--|--|--|---|--|---|--|--|--|---|--|---|--|--|--|---|--|---|--|--|--|---|--|----|--|--|--|---|--|-----------|-------|--------------|----|----|--|--|--|--|--|-----------|-------|--------------|----|---|
| F | | | | | F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; font-size: small;"> PARTS LIST (TABLE) PARTS AND SUB-ASSEMBLIES TO BE USED IN THIS DRAWING </td> <td style="width: 20%; font-size: small;"> TITLE </td> <td style="width: 20%; font-size: small;"> DRAWING AND REVISIONS </td> <td style="width: 20%; font-size: small;"> NO. OF SHEET DRAWING </td> <td style="width: 20%; font-size: small;"> REVISION </td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">NO.</th> <th style="width: 30%;">PART</th> <th style="width: 10%;">QUANTITY</th> <th style="width: 10%;">UNIT</th> <th style="width: 10%;">MATERIAL</th> <th style="width: 10%;">REMARKS</th> </tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> </td> <td style="font-size: x-small;"> SHEET NO. </td> <td style="font-size: x-small;"> SCALE </td> <td style="font-size: x-small;"> SHEET 1 OF 1 </td> <td style="font-size: x-small;"> A4 </td> </tr> </table> | | | | PARTS LIST (TABLE) PARTS AND SUB-ASSEMBLIES TO BE USED IN THIS DRAWING | TITLE | DRAWING AND REVISIONS | NO. OF SHEET DRAWING | REVISION | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">NO.</th> <th style="width: 30%;">PART</th> <th style="width: 10%;">QUANTITY</th> <th style="width: 10%;">UNIT</th> <th style="width: 10%;">MATERIAL</th> <th style="width: 10%;">REMARKS</th> </tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> | NO. | PART | QUANTITY | UNIT | MATERIAL | REMARKS | 1 | | | | | | 2 | | | | | | 3 | | | | | | 4 | | | | | | 5 | | | | | | 6 | | | | | | 7 | | | | | | 8 | | | | | | 9 | | | | | | 10 | | | | | | SHEET NO. | SCALE | SHEET 1 OF 1 | A4 | A |
| PARTS LIST (TABLE) PARTS AND SUB-ASSEMBLIES TO BE USED IN THIS DRAWING | TITLE | DRAWING AND REVISIONS | NO. OF SHEET DRAWING | REVISION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">NO.</th> <th style="width: 30%;">PART</th> <th style="width: 10%;">QUANTITY</th> <th style="width: 10%;">UNIT</th> <th style="width: 10%;">MATERIAL</th> <th style="width: 10%;">REMARKS</th> </tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> | NO. | PART | QUANTITY | UNIT | MATERIAL | REMARKS | 1 | | | | | | 2 | | | | | | 3 | | | | | | 4 | | | | | | 5 | | | | | | 6 | | | | | | 7 | | | | | | 8 | | | | | | 9 | | | | | | 10 | | | | | | SHEET NO. | SCALE | SHEET 1 OF 1 | A4 | | | | | | | | | | | |
| NO. | PART | QUANTITY | UNIT | MATERIAL | REMARKS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | 3 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| 4 | 3 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|------|----------|--|-----|--|----------|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| F |  | | | F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | |  | | | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B |  | | | B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | | | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PARTS LIST (PCB) PARTS LIST (PCB) PARTS LIST (PCB) PARTS LIST (PCB) PARTS LIST (PCB) | | | | PARTS LIST (PCB) PARTS LIST (PCB) PARTS LIST (PCB) PARTS LIST (PCB) PARTS LIST (PCB) | | PARTS LIST (PCB) PARTS LIST (PCB) PARTS LIST (PCB) PARTS LIST (PCB) PARTS LIST (PCB) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">PART</th> <th style="width: 10%;">QTY</th> <th style="width: 10%;">UNIT</th> <th style="width: 10%;">MATERIAL</th> <th style="width: 10%;">REMARKS</th> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> | | | | PART | QTY | UNIT | MATERIAL | REMARKS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | PARTS LIST (PCB) PARTS LIST (PCB) PARTS LIST (PCB) PARTS LIST (PCB) PARTS LIST (PCB) | |
| PART | QTY | UNIT | MATERIAL | REMARKS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | 3 | | 2 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |





| | | | |
|---|---|--|----------------------------------|
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| F | | | F |
| E |  | | E |
| D | | | D |
| C |  |  | C |
| B | | | B |
| PARTS LIST (PROPS) DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TOLERANCES UNLESS SPECIFIED | | STUBS AND BOLT OR NUT TIGHT | DO NOT SCALE DRAWING REVISION |
| A | PART | QUANTITY | UNIT |
| | 1 | | |
| | 2 | | |
| | 3 | | |
| | 4 | | |
| | 5 | | |
| | 6 | | |
| | 7 | | |
| | 8 | | |
| | 9 | | |
| | 10 | | |
| | 11 | | |
| | 12 | | |
| | 13 | | |
| | 14 | | |
| | 15 | | |
| | 16 | | |
| | 17 | | |
| | 18 | | |
| | 19 | | |
| | 20 | | |
| | 21 | | |
| | 22 | | |
| | 23 | | |
| | 24 | | |
| | 25 | | |
| | 26 | | |
| | 27 | | |
| | 28 | | |
| | 29 | | |
| | 30 | | |
| | 31 | | |
| | 32 | | |
| | 33 | | |
| | 34 | | |
| | 35 | | |
| | 36 | | |
| | 37 | | |
| | 38 | | |
| | 39 | | |
| | 40 | | |
| | 41 | | |
| | 42 | | |
| | 43 | | |
| | 44 | | |
| | 45 | | |
| | 46 | | |
| | 47 | | |
| | 48 | | |
| | 49 | | |
| | 50 | | |
| | 51 | | |
| | 52 | | |
| | 53 | | |
| | 54 | | |
| | 55 | | |
| | 56 | | |
| | 57 | | |
| | 58 | | |
| | 59 | | |
| | 60 | | |
| | 61 | | |
| | 62 | | |
| | 63 | | |
| | 64 | | |
| | 65 | | |
| | 66 | | |
| | 67 | | |
| | 68 | | |
| | 69 | | |
| | 70 | | |
| | 71 | | |
| | 72 | | |
| | 73 | | |
| | 74 | | |
| | 75 | | |
| | 76 | | |
| | 77 | | |
| | 78 | | |
| | 79 | | |
| | 80 | | |
| | 81 | | |
| | 82 | | |
| | 83 | | |
| | 84 | | |
| | 85 | | |
| | 86 | | |
| | 87 | | |
| | 88 | | |
| | 89 | | |
| | 90 | | |
| | 91 | | |
| | 92 | | |
| | 93 | | |
| | 94 | | |
| | 95 | | |
| | 96 | | |
| | 97 | | |
| | 98 | | |
| | 99 | | |
| | 100 | | |
| | 101 | | |
| | 102 | | |
| | 103 | | |
| | 104 | | |
| | 105 | | |
| | 106 | | |
| | 107 | | |
| | 108 | | |
| | 109 | | |
| | 110 | | |
| | 111 | | |
| | 112 | | |
| | 113 | | |
| | 114 | | |
| | 115 | | |
| | 116 | | |
| | 117 | | |
| | 118 | | |
| | 119 | | |
| | 120 | | |
| | 121 | | |
| | 122 | | |
| | 123 | | |
| | 124 | | |
| | 125 | | |
| | 126 | | |
| | 127 | | |
| | 128 | | |
| | 129 | | |
| | 130 | | |
| | 131 | | |
| | 132 | | |
| | 133 | | |
| | 134 | | |
| | 135 | | |
| | 136 | | |
| | 137 | | |
| | 138 | | |
| | 139 | | |
| | 140 | | |
| | 141 | | |
| | 142 | | |
| | 143 | | |
| | 144 | | |
| | 145 | | |
| | 146 | | |
| | 147 | | |
| | 148 | | |
| | 149 | | |
| | 150 | | |
| | 151 | | |
| | 152 | | |
| | 153 | | |
| | 154 | | |
| | 155 | | |
| | 156 | | |
| | 157 | | |
| | 158 | | |
| | 159 | | |
| | 160 | | |
| | 161 | | |
| | 162 | | |
| | 163 | | |
| | 164 | | |
| | 165 | | |
| | 166 | | |
| | 167 | | |
| | 168 | | |
| | 169 | | |
| | 170 | | |
| | 171 | | |
| | 172 | | |
| | 173 | | |
| | 174 | | |
| | 175 | | |
| | 176 | | |
| | 177 | | |
| | 178 | | |
| | 179 | | |
| | 180 | | |
| | 181 | | |
| | 182 | | |
| | 183 | | |
| | 184 | | |
| | 185 | | |
| | 186 | | |
| | 187 | | |
| | 188 | | |
| | 189 | | |
| | 190 | | |
| | 191 | | |
| | 192 | | |
| | 193 | | |
| | 194 | | |
| | 195 | | |
| | 196 | | |
| | 197 | | |
| | 198 | | |
| | 199 | | |
| | 200 | | |
| | 201 | | |
| | 202 | | |
| | 203 | | |
| | 204 | | |
| | 205 | | |
| | 206 | | |
| | 207 | | |
| | 208 | | |
| | 209 | | |
| | 210 | | |
| | 211 | | |
| | 212 | | |
| | 213 | | |
| | 214 | | |
| | 215 | | |
| | 216 | | |
| | 217 | | |
| | 218 | | |
| | 219 | | |
| | 220 | | |
| | 221 | | |
| | 222 | | |
| | 223 | | |
| | 224 | | |
| | 225 | | |
| | 226 | | |
| | 227 | | |
| | 228 | | |
| | 229 | | |
| | 230 | | |
| | 231 | | |
| | 232 | | |
| | 233 | | |
| | 234 | | |
| | 235 | | |
| | 236 | | |
| | 237 | | |
| | 238 | | |
| | 239 | | |
| | 240 | | |
| | 241 | | |
| | 242 | | |
| | 243 | | |
| | 244 | | |
| | 245 | | |
| | 246 | | |
| | 247 | | |
| | 248 | | |
| | 249 | | |
| | 250 | | |
| | 251 | | |
| | 252 | | |
| | 253 | | |
| | 254 | | |
| | 255 | | |
| | 256 | | |
| | 257 | | |
| | 258 | | |
| | 259 | | |
| | 260 | | |
| | 261 | | |
| | 262 | | |
| | 263 | | |
| | 264 | | |
| | 265 | | |
| | 266 | | |
| | 267 | | |
| | 268 | | |
| | 269 | | |
| | 270 | | |
| | 271 | | |
| | 272 | | |
| | 273 | | |
| | 274 | | |
| | 275 | | |
| | 276 | | |
| | 277 | | |
| | 278 | | |
| | 279 | | |
| | 280 | | |
| | 281 | | |
| | 282 | | |
| | 283 | | |
| | 284 | | |
| | 285 | | |
| | 286 | | |
| | 287 | | |
| | 288 | | |
| | 289 | | |
| | 290 | | |
| | 291 | | |
| | 292 | | |
| | 293 | | |
| | 294 | | |
| | 295 | | |
| | 296 | | |
| | 297 | | |
| | 298 | | |
| | 299 | | |
| | 300 | | |
| | 301 | | |
| | 302 | | |
| | 303 | | |
| | 304 | | |
| | 305 | | |
| | 306 | | |
| | 307 | | |
| | 308 | | |
| | 309 | | |
| | 310 | | |
| | 311 | | |
| | 312 | | |
| | 313 | | |
| | 314 | | |
| | 315 | | |
| | 316 | | |
| | 317 | | |
| | 318 | | |
| | 319 | | |
| | 320 | | |
| | 321 | | |
| | 322 | | |
| | 323 | | |
| | 324 | | |
| | 325 | | |
| | 326 | | |
| | 327 | | |
| | 328 | | |
| | 329 | | |
| | 330 | | |
| | 331 | | |
| | 332 | | |
| | 333 | | |
| | 334 | | |
| | 335 | | |
| | 336 | | |
| | 337 | | |
| | 338 | | |
| | 339 | | |
| | 340 | | |
| | 341 | | |
| | 342 | | |
| | 343 | | |
| | 344 | | |
| | 345 | | |
| | 346 | | |
| | 347 | | |
| | 348 | | |
| | 349 | | |
| | 350 | | |
| | 351 | | |
| | 352 | | |
| | 353 | | |
| | 354 | | |
| | 355 | | |
| | 356 | | |
| | 357 | | |
| | 358 | | |
| | 359 | | |
| | 360 | | |
| | 361 | | |
| | 362 | | |
| | 363 | | |
| | 364 | | |
| | 365 | | |
| | 366 | | |
| | 367 | | |
| | 368 | | |
| | 369 | | |
| | 370 | | |
| | 371 | | |
| | 372 | | |
| | 373 | | |
| | 374 | | |
| | 375 | | |
| | 376 | | |
| | 377 | | |
| | 378 | | |
| | 379 | | |
| | 380 | | |
| | 381 | | |
| | 382 | | |

