แขนกลสำหรับบรรจุขวด

MECHANICAL ARM FOR FILLING BOTTLES

ธนัช ปัญญาชาติรักษ์

ชัยณรงค์ ดำแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2020
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHOM CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

วันที่
...../.....
งานทะเบียนและประมวลผล

เรื่อง ชื่อปริญญานิพนธ์ แขนกลสำหรับบรรจุขวด
ชื่อปริญญานิพนธ์ Mechanical arm for filling bottles

ผู้จัดทำ

1. นายธนัช ปัญญาชาติรักษ์ รหัสนักศึกษา 60511049
2. นายชัยณรงค์ ดำแก้ว รหัสนักศึกษา 61511002

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์พิมล ผลพฤกษา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อปริญญานิพนธ์ แขนกลสำหรับบรรจุขวด
ชื่อ-นามสกุล นายธนัช ปัญญาชาติรักษ์ รหัสนักศึกษา 60511049
นายชัยณรงค์ ดำแก้ว รหัสนักศึกษา 61511002
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์พิมล ผลพฤกษา
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอนำเสนอแขนกลสำหรับบรรจุขวดโดยใช้บอร์ดราสเบอรี่พาย ควบคุมการทำงานให้มีการเคลื่อนที่ได้ 4 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งฐานหมุน เคลื่อนที่ได้ 0-300 องศา ส่วนที่สองเคลื่อนที่ขึ้น-ลง ได้ 0-30 ซม. ส่วนที่สามระยะยืดหด 0-60 ซม.และส่วนที่สี่มือจับที่สามารถจับกระป๋อง,กล่องลูกบาศก์และขวด โดยแขนกลสามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 2 กิโลกรัม สามารถเลือกระบบการทำงานได้ 2 รูปแบบด้วยกัน คือ การบังคับด้วยมือ และแบบอัตโนมัติ โดยเริ่มจาก การป้อนค่า องศาการหมุน และจับวัตถุระยะยืดและปล่อยวาง จากนั้นกดปุ่มเริ่มการทำงาน นอกจากนี้ แขนกลยังมีระบบเรียงอัตโนมัติ 6 ขวด ได้ 3 ขนาดจากหน้าจอทัสสกรีน

จากการทดลองแขนกลสามารถจับยกวัตถุสามรูปแบบ ตามที่กำหนด โดยระยะยืดสามารถทำงานได้ 0-58 ซม. มีค่าผิดพลาดอยู่ 2 เซนติเมตร องศาการหมุนสามารถทำงานได้ 0-300 องศา มีค่าผิดพลาด 0.4 เปอร์เซ็นต์ การยกขึ้นลงทำงานได้ 0-30 เซนติเมตรมีค่าผิดพลาด 0.055 เปอร์เซ็นต์ การทำงานเมื่อแขนกลรับน้ำหนักสูงสุดที่ 2 กิโลกรัมพบว่าการทำงานมีเวลาแตกต่างมากสุดอยู่ที่ 27.50 วินาทีต่อครั้ง ระบบจับวาง 6 ตำแหน่งอัตโนมัติแบบต่อเนื่องใช้เวลา 5.02 นาทีมีค่าผิดพลาดตำแหน่ง 1.04 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project name	Mechanical arm for filling bottles	
Name	Mr. Tanat Panyacharak	ID 60511049
	Mr. Chainarong Damkaew	ID 61511002
Advisor	Phimon Pholpruksa	
Education Level	Bachelor of Engineering	
Program in	Electronic Engineering	
Academic Year	2020	

ABSTRACT

This project presents mechanical arm for filling bottles using a Raspberry pi board to control the operation so that it can move in 4 parts: the first part is the rotating base. Movable 0-300 degrees. The second part can move up and down 0-30 cm. The third part stretches 0-60 cm. And the fourth part is a handle that can hold cans, cube boxes and bottles. The mechanical arm can support a maximum weight of 2 kg. The system can be selected in two forms: manual control and automatically, starting from entering the value of rotation angle and holding the object extended and released Then press the start button. In addition, the robot arm has an automatic sorting system for 6 bottles in 3 sizes from the touch screen

From the experiment, the mechanical arm can lift the object in three forms as specified, with a working distance of 0-58 cm, with an error of 2 cm, a rotation angle of 0-300 degrees, an error of 0.4 percent. Lifting up and down to work from 0-30 cm has an error of 0.055 percent. When working when the mechanical arm has a maximum weight of 2 kg, it was found that the work The maximum time difference was 27.50 seconds per time. The continuous automatic 6-position positioning system took 5.02 minutes with a position error of 1.04 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือและสนับสนุนจากบุคคลหลายๆท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุก ๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษาตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณอาจารย์พิมล ผลพฤกษา อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำนะนำต่าง ๆ รวมทั้งเอื้อเฟื้อเครื่องมือเครื่องใช้และสถานที่ในการทำชิ้นงาน และติดตามเกี่ยวกับงานตลอดมา ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาของท่านจึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ให้ความเอาใจใส่แนะนำ ตลอดจนช่วยเหลือเสมอมา และต้องขอขอบคุณพี่ๆเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือในการทำชิ้นงานจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สำหรับคุณงามความดี และประโยชน์อันพึงมาจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ธนัช ปัญญาชาติรักษ์
ชัยณรงค์ ดำแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VIII
สารบัญรูปภาพ IX

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ 1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 2
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน 2
1.6 โครงสร้างของปริญญานิพนธ์ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 หุ่นยนต์ 5
2.1.1 หุ่นยนต์คาร์ทีเซียน 5
2.1.2 หุ่นยนต์ทรงกระบอก 6
2.1.3 หุ่นยนต์ทรงกลม 7
2.1.4 หุ่นยนต์ข้อต่อ 7
2.1.5 หุ่นยนต์สเกล่า 8
2.2 หุ่นยนต์ที่ใช้ในโครงงาน 9
2.3 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) 10
2.3.1 วิธีการตรวจสอบหาเฟสของขดลวดสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 11
2.3.2 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงาน (แนวแกน H,R) 12
2.3.3 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานแกน P (ฐานหมุน) 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4 บอร์ดไดร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor Drive) 13
2.5 สวิตช์จำกัดระยะ 14
2.5.1 ความแตกต่าง ลิมิตสวิตช์(Limit switch) กับ (ไมโครสวิตช์)Micro switch 14
2.6 บอร์ดราสเบอรี่พาย (Respberry Pi 3B+) 15
2.7 ภาษาที่ใช้ 16
2.8 มอเตอร์ (Motor) 17
2.8.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) 17
2.8.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) 17
2.9 การแปลงค่าอะนาล็อก (Analog) เป็นค่าดิจิตอล (Digital) 18
2.10 การวัดกระแสไฟฟ้า 20
2.10.1 โมดูลวัดกระแส 5 แอมป์ (5A Current Sensor Module) 21
2.11 จอแสดงผลแบบ ทีเอฟที (TFT) 22

บทที่ 3 การออกแบบการทำงาน 23
3.1 บล็อกไดอะแกรมแขนกลสำหรับบรรจุขวด 23
3.2 โฟร์ชาร์ตแสดงการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวด 27
3.3 การออกแบบวงจรใช้งานร่วมกับบอร์ดราสเบอรี่พาย 29
3.3.1 อุปกรณ์ใช้งานร่วมกับบอร์ดราสเบอรี่พาย 29
3.3.2 การต่อบอร์ดไดร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ร่วมกับสเต็ปปิ้งมอเตอร์และบอร์ดราสเบอรี่พาย 31
3.3.3 การต่อวงจรลิมิตสวิตช์ร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 33
3.3.4 วงจรดีเลย์ร่วมกับบอร์ดราสเบอรี่พาย 34
3.3.5 การต่อโมดูลวัดกระแสร่วมกับมอเตอร์กระแสตรง 34
3.3.6 มอเตอร์กระแสตรง (Motor DC) ที่ใช้กับมือจับวัตถุ 35
3.3.7 วงจรรวมบอร์ดราสเบอรี่พายต่อพอร์ตใช้งาน 35
3.4 การออกแบบโครงสร้าง 36
3.4.1 วัสดุที่ใช้ในส่วนโครงสร้าง 36
3.4.2 การออกแบบชุดโครงสร้างแกน P (ฐานหมุน) 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.4.3 การออกแบบชุดแกน H (ขึ้น-ลง) และ R (ระยะยืด).....39
3.4.4 ออกแบบชุดมือจับชิ้นงาน ในโครงงาน.....43
3.4.5 การวางอุปกรณ์ภายในกล่อง.....44
3.5 การติดตั้งราสเบอรี่พาย (Raspberry Pi Imager).....46
3.5.1 การเขียน Raspberry Pi OS Image ลง SD Card.....48
3.5.2 เขียน image ลง SD Card.....50
3.6 การลง MCP3208 กับบอร์ดราสเบอรี่พาย.....51

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....52
4.1 การทดลองการทำงานแกน P (ฐานหมุน).....52
4.2 การทดลองการทำงานแกน H (ขึ้น-ลง).....53
4.3 การทดลองการทำงานแกน R (ระยะยืด).....55
4.4 การทดลองน้ำหนัก.....56
4.5 การทดลองจับวัตถุ.....59
4.6 การจับ-วางวัตถุ 6 ตำแหน่ง.....65

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....68
5.1 สรุปผลการทดลอง.....68
5.1.1 การทดลองการทำงานแกน P (ฐานหมุน).....68
5.1.2 การทดลองการทำงานของแกน H (ขึ้น-ลง).....68
5.1.3 การทดลองการทำงานของแกน R (ระยะยืด).....68
5.1.4 การทดลองน้ำหนัก.....68
5.1.5 การทดลองจับวัตถุ.....68
5.1.6 การทดลองจับ-วางวัตถุ 6 ตำแหน่ง.....68
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....69
5.3 ข้อเสนอแนะและการแก้ไขปัญหา.....69
เอกสารอ้างอิง.....70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet).....72
ภาคผนวก ข โปรแกรมการทำงาน.....99
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งานแขนกลสำหรับบรรจุขวด..... 133
ประวัติผู้เขียน..... 138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1 2
1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2 3
3.1 หน้าที่การทำงานร่วมกับบอร์ดราสเบอรี่พาย 30
4.1 ทดลองการทำงานแกน P (ฐานหมุน) 53
4.2 ทดลองการทำงานแกน H (ขึ้น-ลง) 54
4.3 ทดลองการทำงานแกน R (ระยะยืด) 55
4.4 การทดลองน้ำหนัก 57
4.5 การทดลองจับขวดน้ำเปล่า 60
4.6 การทดลองจับกระป๋อง 61
4.7 การทดลองจับกล่อง 5x5x5 ซม. 62
4.8 การทดลองจับกล่อง 6x6x6 ซม. 63
4.9 การทดลองจับกล่อง 7x7x7 ซม. 64
4.10 การทดลองจับ-วางวัตถุ 6 ตำแหน่ง 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 หุ่นยนต์คาร์ทีเซียน 5
2.2 หุ่นยนต์ทรงกระบอก 6
2.3 หุ่นยนต์ทรงกลม 7
2.4 หุ่นยนต์ข้อต่อ 8
2.5 หุ่นยนต์สเกล่า 8
2.6 โครงสร้างทรงกระบอก (cylindrical) 9
2.7 สเต็ปปิ้งมอเตอร์(Stepping motor) 10
2.8 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟส แบบยูนิโพล่าร์ (Uni-polar stepper motor) 11
2.9 การใช้มิเตอร์วัดค่าความต้านทาน 12
2.10 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงาน (แนวแกน H,R) 12
2.11 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานแกน P (ฐานหมุน) 13
2.12 บอร์ดไดร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 13
2.13 แผงผังการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 14
2.14 สวิตช์จำกัดระยะ(Limit switch) 15
2.15 ส่วนประกอบภายนอกของบอร์ดราสเบอรี่พาย 15
2.16 สัญลักษณ์ของโปรแกรมไพทอน 16
2.17 การทำงานของมอเตอร์ 17
2.18 แสดงหลักการทำงานของมอเตอร์ 18
2.19 IC รุ่น MCP3208 19
2.20 การเชื่อมต่อ MCP3208 กับบอร์ดราสเบอรี่พาย 20
2.21 แสดงการวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง 21
2.22 โมดูลวัดกระแส 5 แอมป์ 5A 21
2.23 ด้านหน้าของจอแสดงผล 22
2.24 ด้านหลังหน้าของจอแสดงผลทีเอฟที 22
3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการต่ออุปกรณ์ของแขนกลสำหรับบรรจุขวด 23
3.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวด 25
3.3 โฟร์ชาร์ตแสดงการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวด 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.4 โฟร์ชาร์ตแสดงการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวด (ต่อ) 28
3.5 แบบวงจรใช้งานร่วมกับบอร์ดราสเบอรี่พาย....29
3.6 วงจรการใช้งานไดร์ฟเต็ปปิ้งมอเตอร์....31
3.7 วงจรใช้งานบอร์ดราสเบอรี่พายร่วมกับไดร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์....32
3.8 การต่อวงจรลิมิตสวิตซ์ร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์....33
3.9 วงจรดีเลย์ร่วมกับบอร์ดราสเบอรี่พาย....34
3.10 การต่อโมดูลวัดกระแสร่วมกับมอเตอร์กระแสตรง....34
3.11 มอเตอร์กระแสตรง (Motor DC)....35
3.12 วงจรเสมือนจริงที่ใช้ในบอร์ดราสเบอรี่พาย....35
3.13 ลายทองแดงวงจรที่ใช้ในบอร์ดราสเบอรี่พาย....36
3.14 อะลูมิเนียมโปรไฟล์....37
3.15 เหล็กแผ่นหนา 4 mm.....37
3.16 อะลูมิเนียมแผ่นหนา 10 mm....37
3.17 เหล็กกล่องท่อเหลี่ยม....38
3.18 การออกแบบชุดแกน P (ฐานหมุน)....38
3.19 ชุดแกน P (ฐานหมุน) ในโครงงาน....39
3.20 การออกแบบชุดแกน H (ขึ้น-ลง) และ R (ระยะยืด)....39
3.21 ชุดแกน H (ขึ้น-ลง) ในโครงงาน....40
3.22 ชุดแกน R (ระยะยืด) ในโครงงาน....41
3.23 ชุดจับแกน H (ขึ้น-ลง) แกน R (ระยะยืด) ในโครงงาน....41
3.24 ชุดจับแกน H (ขึ้น-ลง) แกน R (ระยะยืด) ในโครงงาน....42
3.25 ชุดจับแกน R (ระยะยืด)กับล้อลูกปืน ในโครงงาน....42
3.26 การออกแบบชุดแกน P (ฐานหมุน) H (ขึ้น-ลง) และ R (ระยะยืด)....43
3.27 ออกแบบชุดมือจับชิ้นงาน ในโครงงาน....43
3.28 ชุดมือจับชิ้นงาน ในโครงงาน....44
3.29 ชุดมือจับชิ้น-งานกับแนวแกน R (ระยะยืด) ในโครงงาน....44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.30 กล่องอุปกรณ์ 45
3.31 การวางอุปกรณ์ภายในกล่องและเดินสายไฟ 45
3.32 บอร์ดเสียบ Pinout กับบอร์ดราสเบอรี่พาย 46
3.33 จอป้อนค่าและแสดงผลการทำงาน 46
3.34 หน้าต่างโปรแกรม Raspberry Pi Imager 47
3.35 หน้าต่างโปรแกรมส่วนคำสั่ง CHOOSE OS 47
3.36 หน้าต่างโปรแกรมส่วนคำสั่ง CHOOSE OS 48
3.37 หน้าต่างโปรแกรมส่วนคำสั่ง CHOOSE OS เลือกErase 48
3.38 หน้าต่างโปรแกรมส่วนคำสั่ง SD card. 49
3.39 หน้าต่างโปรแกรมส่วนคำสั่ง SD card. 49
3.40 หน้าต่างโปรแกรมส่วนคำสั่ง SD card กำลัง format 49
3.41 format SD Card เสร็จแล้ว 50
3.42 CHOOSE OS เลือก OS ที่เราต้องการ 50
3.43 CHOOSE OS เลือก OS ที่เราต้องการ 51
4.1 ระยะการทำงานของแกน P (ฐานหมุน) 52
4.2 ระยะการทำงานของแกน H (ขึ้น-ลง) 54
4.3 ระยะการทำงานของแกน R (ระยะยืด) 56
4.4 การทดลองน้ำหนัก 59
4.5 การทดลองจับขวด 60
4.6 การทดลองจับกระป๋อง 61
4.7 การทดลองจับกล่อง 5x5x5 ซม. 62
4.8 การทดลองจับกล่อง 6x6x6 ซม. 63
4.9 การทดลองจับกล่อง 7x7x7 ซม. 64
4.10 การจับ-วางวัตถุ 6 ตำแหน่ง 65
4.11 การจับ-วางขวด 6 ตำแหน่ง 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมา และความสำคัญของโครงงาน วัตถุประสงค์ของโครงงาน ขอบเขตการทำงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ วิธีการและแผนดำเนินงานซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบัน แขนกลเป็นหุ่นยนต์ชนิดหนึ่งที่นำมาใช้งานในวงการอุตสาหกรรมการผลิต ได้ถูกนำมาใช้แทนแรงงานมนุษย์ในงานที่เป็นอันตรายและงานที่ทำแบบซ้ำๆกัน การคัดแยกชิ้นงานต่างๆ โดยได้คิดค้นมาเพื่อลดแรงงานและลดค่าใช้จ่ายให้กับผู้ประกอบการในการจ้างงาน และเป็นเครื่องมือทำงานแทนมนุษย์ในโรงงานอุตสาหกรรม

ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้เสนอ “แขนกลสำหรับบรรจุขวด” ขึ้นมาเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในกระบวนการทำงานที่ต้องกระทำซ้ำๆ เป็นเวลานานช่วยเพิ่มความรวดเร็วและความแม่นยำในกระบวนการทำงาน สามารถนำไปใช้จริงตามโรงงานอุตสาหกรรมได้ อีกทั้งยังสามารถนำประโยชน์จากการทำปริญญานิพนธ์นี้ไปประยุกต์และใช้แก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการทำงานได้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาทำความรู้จักบอร์ดราสเบอรี่พาย(Raspberry Pi)

1.2.2 เพื่อศึกษาการทำงานระบบแขนกล

1.2.3 เพื่อทำความรู้จักอุปกรณ์เสริมต่างๆ เช่น จอแสดง,ลิมิตสวิตซ์(Limit switch)และสเต็ปปิ้งมอเตอร์(Stepping motor)

1.3 ขอบเขตโครงงาน

1.3.1 แขนกลสามารถหมุนได้ 300 องศา

1.3.2 แขนกลสามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 2 กิโลกรัม

1.3.3 ปากจับสามารถจับได้สามรูปแบบ (ขวด,กระป๋อง,กล่องลูกบาศก์5x5x5ซม.)

1.3.4 แขนกลแสดงผลผ่านจอแสดงผลแบบ ทีเอฟที (จุดวาง R,P)

1.3.5 ระยะการทำงานสูงสุดของแขนกล 60 เซนติเมตร

1.3.6 แขนกลสามารถทำงานภายในเวลาไม่เกิน 60 วินาที (>/= 1ชิ้น/นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถใช้งานบอร์ดราสเบอรี่พายได้ชำนาญมากขึ้น

1.4.2 สามารถเขียนโปรแกรมการทำงานในรูปแบบต่างๆ

1.4.3 สามารถนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดได้และใช้ในการทำงาน

1.4.4 ได้ศึกษาเรียนรู้ตัวอุปกรณ์และการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานแขนกลสำหรับบรรจุขวดในภาคเรียนที่ 1 ดังตารางที่ 1.1 และในภาคเรียนที่ 2 ดังตารางที่ 1.2 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน															
	กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. คิดหัวข้อโครงงานนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษา																
2. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน																
3. ศึกษาโครงสร้างและหลักการทำงาน																
4. ศึกษาแนวทางในการเขียนโปรแกรม																
5. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์																

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1 (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน															
	กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
6. ทดสอบระบบและแก้ไขปัญหา																
7. จัดทำรายงานและการนำเสนอ																

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน																			
	มกราคม			กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน				พฤษภาคม			
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. เขียนโปรแกรมการทำงาน																			
2. ออกแบบโครงสร้าง																			
3. ติดตั้งอุปกรณ์ลงบนชิ้นงาน																			
4. ทดสอบและแก้ไขปัญหา																			
5. ทำรายงานและการทำเสนอ																			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 โครงสร้างปริญญานิพนธ์

โครงงานฉบับนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับเรื่อง แขนกลสำหรับบรรจุขวด ใช้บอร์ดราสเบอรี่พาย เพื่อใช้ควบคุมในการทำงาน อธิบายขั้นตอนการทำงาน ผลการทดลอง สุดท้ายจะเป็นการสรุปและข้อเสนอแนะ

บทที่ 1 บทนำในบทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ขอบเขตโครงงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานของโครงงาน

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีบทต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการออกแบบและสร้างโครงงานแขนกลสำหรับบรรจุขวด เช่น หุ่นยนต์แบบต่าง ๆ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ควบคุม สเต็ปปิ้งมอเตอร์ไดร์สเต็ปปิ้ง(Board Stepping motor driver) มอเตอร์ดีซี(Motor DC) ลิมิตสวิตซ์รวมไปถึงความรู้และทฤษฎีต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุม เป็นต้น

บทที่ 3 การออกแบบการทำงาน ระบบการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวด ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรมแขนกลสำหรับบรรจุขวด โฟร์ชาร์ตการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวด การออกแบบวงจรใช้งานร่วมกับราสเบอรี่พายการออกแบบโครงสร้าง การติดตั้ง ราสเบอรี่พายอิมเมจ (Raspberry Pi Imager) และการลง MCP3208 กับราสเบอรี่พาย

บทที่ 4 ผลการทดลอง ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองแขนกลสำหรับบรรจุขวด ประกอบไปด้วย การทดลองการทำงานของแกน P (ฐานหมุน) การทดลองการทำงานของแกน H (ขึ้น-ลง) การทดลองการทำงานของแกน R (ระยะยืด) การทดลองน้ำหนัก การทดลองจับวัตถุแต่ละชนิดและการจับ-วางวัตถุ 6 ตำแหน่ง

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการทดลอง ปัญหาและอุปสรรค วิธีการแก้ไขปัญหา และข้อเสนอแนะของโครงงานแขนกลสำหรับบรรจุขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีเกี่ยวข้อง

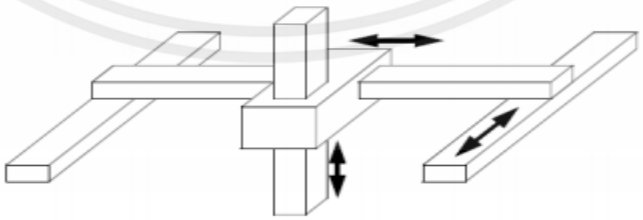
ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีบทต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการออกแบบและสร้างโครงงานแขนกลสำหรับบรรจุขวด เช่น หุ่นยนต์แบบต่าง ๆ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ควบคุม สเต็ปปิ้งมอเตอร์(Stepping motor),ไดร์สเต็ปปิ้ง(Board Stepping motor driver),มอเตอร์ดีซี(Motor DC) และ ลิมิตสวิตซ์(Limit switch) รวมไปถึงความรู้และทฤษฎีต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุม เป็นต้น

2.1 หุ่นยนต์

หุ่นยนต์[1] การพัฒนาของเทคโนโลยีในปัจจุบันทำให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้หลายรูปแบบ เพื่อตอบสนองกับ ความต้องการของภาคอุตสาหกรรมที่กำลังต้องการกำลังผลิตที่มากขึ้น ซึ่งหุ่นยนต์ก็สามารถตอบโจทย์ได้ตาม ความต้องการมากที่สุด คำว่า Robot มีที่มาจากภาษาเช็ก (Czech) ที่มีความหมายว่า คนงานที่มีพละกำลัง และได้มีการให้คำจำกัดความของหุ่นยนต์ว่า “แขนกลที่ถูกออกแบบให้ทำหน้าที่หลายอย่าง หรือทำงานพร้อมๆกันในเวลาเดียว โดยมีการโปรแกรมการเคลื่อนที่ให้เปลี่ยนแปลงได้ตามลักษณะงานที่ต้องการ” โดยสถาบัน หุ่นยนต์แห่งอเมริกา (Robot Institute of America) ในปัจจุบันหุ่นยนต์ที่นำมาใช้งานมีอยู่หลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะการทำงาน สามารถแบ่งออกเป็น 5 ชนิด โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 หุ่นยนต์คาร์ทีเซียน

จากรูปที่ 2.1 หุ่นยนต์คาร์ทีเซียน[4] ชนิดนี้จะมีการเคลื่อนเป็นแนวเส้นตรงทั้ง 3 แกน (Three linear axes) คือเคลื่อนที่ตามแนวแกน X, Y, Z ตัวอย่างหุ่นยนต์ชนิดนี้ คือเครนในโรงงานอุตสาหกรรม, เครื่องจักร CNC หรือ Inspection เป็นต้น



รูปที่ 2.1 หุ่นยนต์คาร์ทีเซียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.1 ข้อเด่นของหุ่นยนต์คาร์ทีเซียน

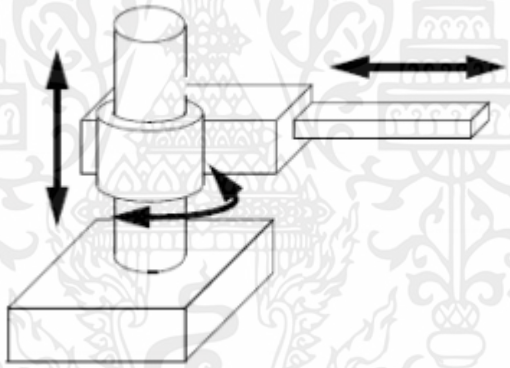
1. เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงทั้ง 3 มิติ
2. การเคลื่อนที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย
3. โครงสร้างแข็งแรงตลอดการเคลื่อนที่ 5

2.1.1.2 ข้อด้อยของหุ่นยนต์คาร์ทีเซียน

1. ต้องการพื้นที่ติดตั้งมากบริเวณที่หุ่นยนต์เข้าไปทำงาน จะเล็กกว่าขนาดของตัวหุ่นยนต์

2.1.2 หุ่นยนต์ทรงกระบอก

จากรูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของหุ่นยนต์ทรงกระบอก[1] ที่มีลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง 2 แกน คือ แกน Y และ Z โดยฐานของหุ่นยนต์สามารถหมุนได้รอบเป็นวงกลม (Rotation Axes) ซึ่งจะสามารถพบ เจอหุ่นยนต์ชนิดนี้ได้บ่อยครั้งในงานก่อสร้างอาคารสูงๆ ทั่วไป เช่น เครนสำหรับสร้างตึกสูง (Tower Cane) เป็นต้น



รูปที่ 2.2 หุ่นยนต์ทรงกระบอก

2.1.2.1 ข้อเด่นของหุ่นยนต์ทรงกระบอก

1. มีส่วนประกอบไม่ซับซ้อน
2. การเคลื่อนที่สามารถเข้าใจได้ง่าย
3. สามารถเข้าถึงเครื่องจักรที่มีการเปิด-ปิด หรือเข้าไปในบริเวณที่เป็นช่องหรือโพลงได้ง่าย

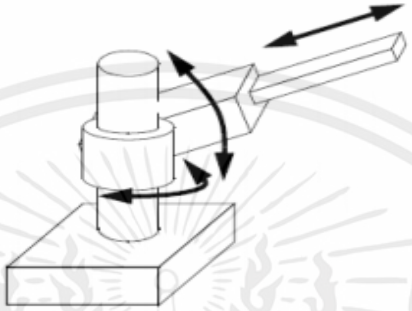
2.1.2.2 ข้อด้อยของหุ่นยนต์ทรงกระบอก

1. มีพื้นที่ทำงานจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 หุ่นยนต์ทรงกลม

รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของหุ่นยนต์ทรงกลม[4] ซึ่งจะมีแกนทั้งหมด 3 แกนจะมีการเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรง 1 แกน (One linear axis) และเคลื่อนที่แบบหมุน 2 แกน (Two rotating axes) ตัวอย่างหุ่นยนต์ชนิดนี้คือ บันไดของรถดับเพลิง, Material transfer หรือ Parts cleaning เป็นต้น



รูปที่ 2.3 หุ่นยนต์ทรงกลม

2.1.3.1 ข้อเด่นของหุ่นยนต์ทรงกลม

1. มีปริมาตรการทำงานมากขึ้นเนื่องจากการหมุนของแกนที่2
2. สามารถจับชิ้นงานบนพื้นได้สะดวก

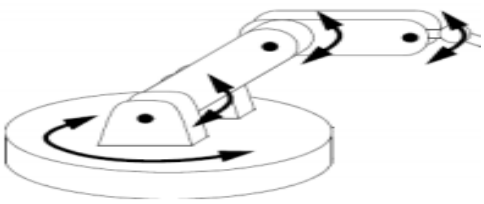
2.1.3.2 ข้อด้อยของหุ่นยนต์ทรงกลม

1. มีระบบพิกัดและส่วนประกอบที่ซับซ้อน
2. การเคลื่อนที่และระบบควบคุมมีความซับซ้อน

2.1.4 หุ่นยนต์ข้อต่อ

จากรูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของหุ่นยนต์ข้อต่อ[1] หุ่นยนต์ชนิดนี้จะมีการเคลื่อนที่แบบหมุน 3 แกน (Three rotating axes) โดยการเคลื่อนที่ จะมีลักษณะคล้ายกับแขนของมนุษย์ หรือเรียกว่า Revolute coordinates ตัวอย่างหุ่นยนต์ชนิดนี้คืองานประกอบ (Assembly), งานเชื่อม (Welding), งานขนถ่ายวัสดุ (Material Handling) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 หุ่นยนต์ข้อต่อ

2.1.4.1 ข้อเด่นของหุ่นยนต์ข้อต่อ

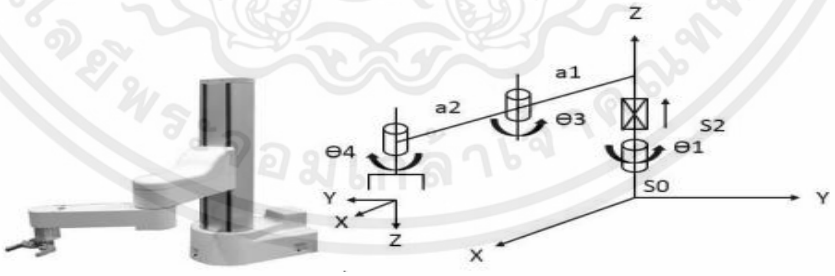
1. มีความยืดหยุ่นสูงในการเข้าไปยังจุดต่างๆ
2. มีพื้นที่ทำงานมาก

2.1.4.2 ข้อด้อยของหุ่นยนต์ข้อต่อ

1. มีระบบพิกัดที่ซับซ้อน
2. การเคลื่อนที่และระบบควบคุมทำเข้าใจได้ยาก
3. โครงสร้างไม่มั่นคงตลอดช่วงการเคลื่อนที่

2.1.5 หุ่นยนต์สกาล่า

จากรูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของหุ่นยนต์สการ่า ที่มีลักษณะการเคลื่อนที่จะเป็นเส้นตรง 1 แกน และ อีก 2 แกนจะเคลื่อนที่แบบหมุน ซึ่งจะคล้ายกับหุ่นยนต์แบบทรงกระบอก แต่จะมีโครงสร้างต่างกัน และ เนื่องจากการเคลื่อนที่ขึ้นลงได้รวดเร็วจึงเหมาะกับงานประเภทที่ต้องอาศัยความรวดเร็วและแม่นยำ เช่น งาน ประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ งานบรรจุภัณฑ์ (Packaging) เป็นต้น



รูปที่ 2.5 หุ่นยนต์สเกล่า
(**ที่มา :** รังสิดล หงส์หิรัญพันธ์, และอื่นๆ (2557))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.1 ข้อเด่นของหุ่นยนต์สเกล่า

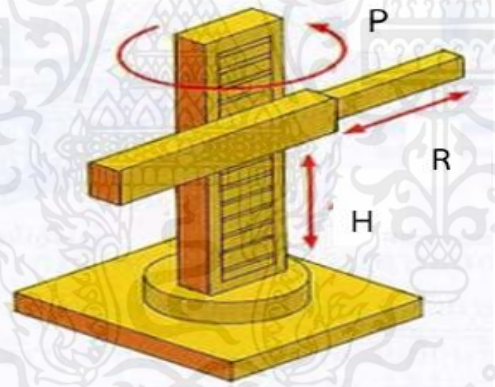
1. สามารถเคลื่อนที่ในแนวระนาบและขึ้นลงได้รวดเร็ว
2. มีความแม่นยำสูง

2.1.5.2 ข้อด้อยของหุ่นยนต์สเกล่า

1. มีพื้นที่ทำงานจำกัด
2. ไม่สามารถหมุนในลักษณะมุมต่างๆได้
3. สามารถยกน้ำหนักได้ไม่มาก

2.2 หุ่นยนต์ที่ใช้ในโครงงาน

หุ่นยนต์คาร์ทีเซียนในหุ่นยนต์คาร์ทีเซียน แกนทั้ง 3 ของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงเส้น ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบ แกนคาร์ทีเซียน[5] (Cartesian axis) H,R และ P พื้นที่ทำงานจะมีลักษณะเป็นรูปกล่องขนาดใหญ่ ซึ่ง พื้นที่ทำงานคล้ายกันกับเครน (Overhead crane) ในอุตสาหกรรมหล่อโลหะหรือในโรงไฟฟ้า พลังงานนิวเคลียร์ลักษณะของหุ่นยนต์คาร์ทีเซียนและพื้นที่ทำงานดังรูป



รูปที่ 2.6 โครงสร้างทรงกระบอก (cylindrical)

จากรูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของแขนกลซึ่งจะมีทั้งหมด 3 แกน โดยในแต่ละแกนจะมีขอบเขตการ หมุนอยู่ อีกทั้งยังใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการควบคุมการเคลื่อนไหวในแต่ละแกน โดยแกนที่ H,R และ P จะใช้ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการควบคุมการเคลื่อนไหวแกนละ 1 ตัว

แกน P เปรียบเสมือนเอว : การเคลื่อนที่เชิงมุม 300 องศา

แกน H เปรียบเสมือนไหล่ : การเคลื่อนที่เชิงเส้น 45 เซนติเมตร

แกน R เปรียบเสมือนแขน : การเคลื่อนที่เชิงเส้น 60 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเต็ปปิ๊งมอเตอร์ [6] ที่หมุนตามจำนวนองศาหรือตามจำนวนรอบที่ต้องการ ทั้งนี้ความละเอียดของการ หมุนจะขึ้นอยู่กับจำนวนองศาต่อหนึ่งจังหวะการหมุน เนื่องจากการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้ มีการ หมุนเป็นจังหวะ หลักการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จะทำงานโดยการกระตุ้นขดลวดในแต่ละ ขดลวดบนสเตเตอร์เพื่อให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนและในการกระตุ้นขดลวดนี้ต้องป้อนกระแสไฟแบบต่อเนื่อง ในรูปแบบที่ถูกต้อง จึงจะสามารถขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้หมุนตามที่ต้องการ ลักษณะของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

1) ข้อเด่นของสเต็ปปิ้งมอเตอร์เมื่อเปรียบกับมอเตอร์กระแสตรง

1. การควบคุมไม่ต้องอาศัยตัวตรวจจับการหมุน

2. ไม่ต้องใช้แปรงถ่าน ดังนั้นจึงทำให้ไม่มีส่วนที่จะต้องสึกหลอ และปัญหาของการสปาร์ค) ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน

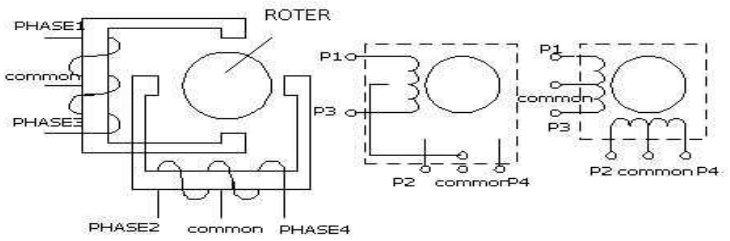
3. การควบคุมโดยทางวงจรดิจิตอลหรือไมโครโพรเซสเซอร์(Microprocessorทำได้ง่ายและสะดวก

รูปที่ 2.7 สเต็ปปิ้งมอเตอร์

(ที่มา : http://www.9ddn.com/content.php?pid=884)

จากรูปที่ 2.7 แสดงถึงลักษณะโครงสร้างภายนอกของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ถูกนำมาใช้ในวิชาโครงงานซึ่งเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปพลังงานทางกลในแนวแกนหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟสแบบยูนิโพล่าร์
(**ที่มา :** http://www.9ddn.com/content.php?pid=884)

จากรูปที่ 2.8 แสดงถึงลักษณะโครงสร้างภายในของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ซึ่งจะใช้สเต็ปปิ้งแบบยูนิโพล่าร์ (Uni.-polar stepper motor) ซึ่งโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบนี้จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนด้วยกันคือ

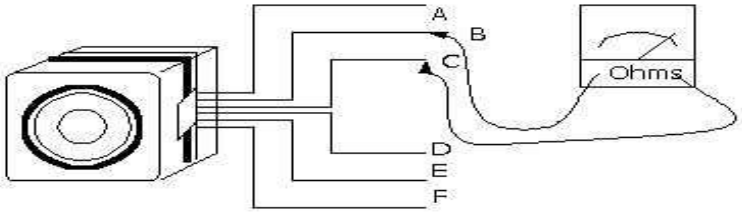
1. ส่วนที่ทำการหมุน (Rotor) จะเป็นแม่เหล็กถาวรหรืออื่นๆ
2. ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) เป็นขดลวดที่พันไว้จำนวนหลายๆขด

2.3.1 วิธีการตรวจสอบหาเฟสของขดลวดสเต็ปปิ้งมอเตอร์

จากรูปที่ 2.9 แสดงถึงการวัดความต้านทานภายของขดลวดภายในของสเต็ปปิ้งมอเตอร์)และมีขั้นตอนดังนี้

1. ให้สังเกตว่าสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่นำมาทดลองที่เป็นแบบยูนิโพล่าร์จะมีจำนวนสาย 6 เส้น
2. ใช้มิเตอร์วัดค่าความต้านทานของเส้นลวดในแต่ละขดดังรูป 2.9 ขั้นตอนการวัด ให้หาสายที่ต่อเป็นจุดร่วมเสียก่อน(common) โดยให้ใช้ มัลติมิเตอร์ตั้งค่าไว้สำหรับการวัดค่าความต้านทานแต่ละเส้น สังเกตที่ค่าความต้านทาน ถ้าหากเราไม่ได้วัดระหว่าง จุดต่อร่วม(common) กับสายแต่ละเส้นค่าความต้านทานจะมีค่าเป็น 2 เท่าของการวัดระหว่างจุดต่อร่วมกับสายที่ใช้งาน ตัวอย่างเช่น ถ้าให้จุด B เป็นจุดร่วม หากวัดระหว่างที่จุด A กับจุด B จะมี ค่าเท่ากับ 60 Ohm แต่ถ้าวัดระหว่างที่จุด A และจุด C ซึ่งไม่ใช่จุดร่วมก็จะได้ค่าเท่ากับ 120 Ohm หากเป็นแบบที่มีสาย 6 เส้นก็จะมีจุดร่วมสองจุด เพราะมีขดลวดคนละชุดกัน และสายที่เป็นจุดร่วมส่วนใหญ่จะมีสีเหมือนกัน ทำนองเดียวกันหากเป็นแบบที่มีสาย 5 เส้นก็จะมีจุดร่วมเพียงจุดเดียวเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การใช้มิเตอร์วัดค่าความต้านทาน

(**ที่มา :** http://www.9ddn.com/content.php?pid=884)

2.3.2 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงาน (แนวแกน H,R)

จากรูปที่ 2.10 แสดงถึงสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานแนวแกน H และ R เป็นตัว Nema 23 Bipolar มีแรงบิด 1.2N.m 2.8A ขนาดแกน 8 มิลลิเมตร

รูปที่ 2.10 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงาน (แนวแกน H,R)

(**ที่มา :** https://thai.biggo.com/s/stepping+motor+nema+23/?p=4)

2.3.3 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานแกน P (ฐานหมุน)

จากรูปที่ 2.11 แสดงถึงสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานแนวแกน P เป็นตัว Nema 23 Bipolar มีแรงบิด 3 นิวตันเมตร กระแส 4.2 แอมป์ ขนาดแกน 10 มิลลิเมตร

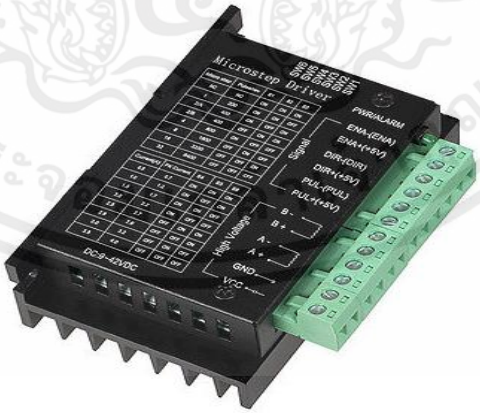
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานแกน P (ฐานหมุน)
(**ที่มา :** https://sea.banggood.com/th/HANPOSE-23HS10028-100mm-Nema-23-Stepper-Motor-57-Motor-2_8A-260N_cm-4-lead-CNC-Laser-Grind-Foam-Plasma-Cut)

2.4 บอร์ดไดร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์

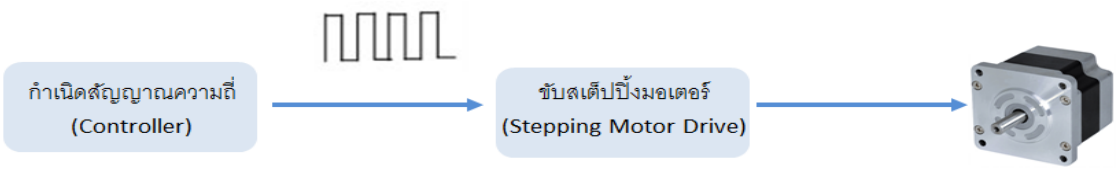
บอร์ดไดร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ [7] เป็นอุปกรณ์ขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้สามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ ได้ ซึ่งไดร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ก็จะทำงานร่วมกับตัว คอนโทรลเลอร์(Controller)ด้วยเช่นกัน โดยมีกระบวนการทำงานดังนี้

1. Controller: เป็นอุปกรณ์สร้างสัญญาณหรือจ่ายพัลส์ไปให้วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์
2. Stepping Motor Drive (สเต็ปปิ้งมอเตอร์): เป็นอุปกรณ์ที่คอยขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้สามารถหมุนไปตามตำแหน่งและทิศทางตามที่ต้องการ
3. Stepping Motor (สเต็ปปิ้งมอเตอร์): เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ ขับเคลื่อนโดยการหมุนรอบแกน 360 องศา



รูปที่ 2.12 บอร์ดไดร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์
(**ที่มา :** https://www.myarduino.net/product/2805/tb6600)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แผงผังการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

รูปที่ 2.12 และ 2.13 แสดงถึงโครงสร้างและการทำงานของบอร์ดไดร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนสเต็ปปิ้งมอเตอร์

2.5 สวิตช์จำกัดระยะ

สวิตช์จำกัดระยะ [8] เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมากชนิดหนึ่งที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมในระบบการควบคุมแบบ อัตโนมัติ เรามาทำความรู้จักกับเจ้า สวิตช์จำกัดระยะกันดีกว่าสวิตช์จำกัดระยะเป็นสวิตช์ที่จำกัดระยะทาง การทำงานอาศัยแรงกดภายนอกมากระทำเช่น วางของทับที่ปุ่มกดหรือลูกเบี้ยวมาชนที่ปุ่มกด และเป็นผลทำให้หน้าสัมผัสที่ต่ออยู่กับก้านชน เปิด-ปิด ตามจังหวะของการชน

สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ลิฟท์โดยสาร, ลิฟท์ขนของ, ประตูที่ทำงานด้วยไฟฟ้า, ระบบสายพานลำเลียง เป็นต้น และ ลิสวิตช์จำกัดระยะสามารถมีคอนแทกได้หลายอันมีคอนแทกปกติปิดและปกติเปิดมี โครงสร้างคล้ายสวิตช์ ปุ่มกด

1.)ข้อดีของสวิตช์จำกัดระยะ ติดตั้งง่าย สะดวกต่อการใช้งาน

1. ไม่ต้องมีไฟเลี้ยงวงจรในการทำงาน
2. การทำงานเชื่อถือได้ มีความแม่นยำในการทำงาน
3. ราคาต่ำกว่าอุปกรณ์ตรวจจับชนิดอื่น

2.5.1 ความแตกต่าง ลิมิตสวิตซ์กับ ไมโครสวิตซ์ (Micro switch)

หลักการทำงานอาจจะเหมือนกัน แต่ก็มีส่วนที่ต่างกันคือต่างกันตรงที่ขนาดกับการใช้งาน ลิมิตสวิตช์ตัวใหญ่อาจสามารถใช้งาน โดยตรงกับLoadได้เลย แต่ ไมโครสวิตช์ตัวเล็กใช้สำหรับสั่งให้อุปกรณ์ตัวอื่นที่ใหญ่กว่าเช่น รีเลย์รับภาระเรื่องของโหลดแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.14 สวิตช์จำกัดระยะ

จากรูปที่ 2.14 แสดงถึงโครงสร้างภายนอกของ สวิตช์จำกัดระยะที่ถูกใช้งานจำกัดระยะการทำงานของแนวแกนต่างๆของโปรเจ็ค

2.6 บอร์ดราสเบอรี่พาย (Raspberry Pi)

บอร์ดราสเบอรี่พาย [9] มีพื้นฐานอยู่บนบอร์ด 3B โดยยังใช้ซีพียูเป็น ARM Cortex-A53 ที่มีแกนประมวลผลจำนวน 4 แกน (Quad-Core) แต่ปรับเพิ่มความถี่ในการทำงานจาก 1.2 GHz เป็น 1.4 GHz ต่อแกน เป็นตัว BCM2837B0 แทน BCM2837 เดิม

บอร์ด 3B+ จะมีการใช้พลังงานสูงกว่าบอร์ด 3B รุ่นเดิม ด้วยความเร็วซีพียูที่เพิ่มขึ้น ชิพเครือข่ายที่รองรับ กิ๊กกะบิต อินเทอเน็ตGigabit Ethernet และชิพ Wi-Fi ที่เป็น ดูออล-แบนDual-Band ในโหมด 5 GHz จะกินพลังงานกว่า 2.4 GHz ขึ้นพอสมควร โดยตอนบูตจะกินพลังงานราว 700 mA แม้ตอน Idle ก็ยังกินพลังงานถึง 400 mA ซึ่งเพิ่มขึ้นเกือบเท่าตัวจาก 230 mA บนบอร์ด 3B ในการใช้งานจึงแนะนำให้เลือกใช้ ออฟฟิเชียล อะแดปเตอร์(Official Adapter) ของ บอร์ดราสเบอรี่พายที่จ่ายได้ 2.5 A หรือแหล่งจ่ายที่มีความน่าเชื่อถือเพื่อเสถียรภาพในการทำงาน

รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบภายนอกของบอร์ดราสเบอรี่พาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.15 แสดงถึงโครงสร้างส่วนประกอบภายนอกของบอร์ดราสเบอรี่พายในการใช้งานเป็นหน่วยประมวลและควมคุมชิ้นงานในโปรเจ็คครั้งนี้

2.7 ภาษาที่ใช้

ภาษาไพทอน(Python) [10] คือชื่อภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่ง ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาโดยไม่ยึดติดกับแพลตฟอร์ม กล่าวคือสามารถรันภาษา ไพทอนได้ทั้งบนระบบ Unix, Linux , Windows NT, Windows 2000, Windows XP หรือแม้แต่ระบบ FreeBSD

ภาษานี้เป็น โอเพ่นซอร์ส(Open Source) เหมือนอย่าง PHP ทำให้ผู้นสนใจสามารถที่จะนำไพทอน(Python) มาพัฒนาโปรแกรมของเราได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และความเป็น โอเพ่นซอร์ส(Open Source) ทำให้มีคนเข้ามาช่วยกันพัฒนาให้ไพทอนมีความสามารถสูงขึ้น และใช้งานได้ครบคุมกับทุกลักษณะงาน

ไวยากรณ์ของภาษา ไพทอนนั้นถูกพัฒนาขึ้นมาโดยมีความตั้งใจว่าจะให้เป็นภาษาที่อ่านง่าย มันถูกออกแบบมาให้มีโครงสร้างที่มองเห็นได้โดยไม่ซับซ้อน โดยมักจะใช้คำในภาษาอังกฤษในขณะที่ภาษาอื่นใช้เครื่องหมายวรรคตอน นอกจากนี้ ไพทอนมีข้อยกเว้นของโครงสร้างทางภาษาน้อยกว่าภาษาซี(C) และ Pascal Python Interpreter Python interpreter นั้นเป็นตัวแปรภาษาของไพทอน เพื่อให้สามารถรันโค้ด ไพทอน ได้ ซึ่งได้มากับไลบรารี่มาตรฐานที่สามารถใช้งานได้ฟรี Python Interpreter นั้นยังสามารถนำเพิ่มความสามารถกับฟังก์ชันใหม่ที่ถูกพัฒนามาจากภาษา ซี และ ซีพลัสพลัส(C++) ไพทอนนั้นเหมาะสำหรับเป็นภาษาในการสร้าง Extension และแอพพลิเคชันที่ปรับแต่งได้

รูปที่ 2.16 สัญลักษณ์ของโปรแกรมไพทอน(Python)
(**ที่มา :** https://www.aosoft.co.th/article/322/Python-คืออะไร-ภาษา-python-ใช้ทำอะไร.html)

รูปที่ 2.16 แสดงถึง โลโก้ไพทอน ประกอบด้วยตราสัญลักษณ์ที่มีเครื่องหมายคำอยู่ทางด้านขวา ตราสัญลักษณ์แสดงภาพงูสองสีซึ่งมีพื้นฐานมาจากภาพวาดของชาวมายันโบราณ พวกเขามักจะเป็นตัวแทนของงูหลามที่มีหางสั้นและหัวโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องหมายคำไพทอนในตัวพิมพ์เล็กทั้งหมดจะใช้แบบอักษร sans-serif ที่สวยงามและประณีต โดยที่ส่วนบนของ "T" และ "H" จะถูกตัดในแนวทแยง

2.8 มอเตอร์ (Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้า [2] เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังกล มอเตอร์ที่ใช้งานในปัจจุบัน แต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างออกไปต้องการความเร็ว รอบหรือกำลังงานที่แตกต่างกัน ซึ่งมอเตอร์แต่ละชนิด จะแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการใช้งานกระแสไฟฟ้า

2.8.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor)

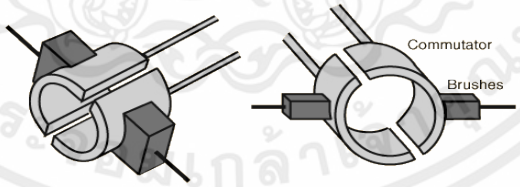
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส จะใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์มีสายไฟ เข้า 2 สาย มีแรงม้าไม่สูง ส่วนใหญ่ตามบ้านเรือน
2. มอเตอร์ไฟฟ้าสลับชนิด 2 เฟส
3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟสเป็นมอเตอร์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมต้องใช้ระบบไฟฟ้า 3 เฟส ใช้แรงดัน 38 โวลต์ มีสายไฟเข้ามอเตอร์ 3 สาย

2.8.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor)

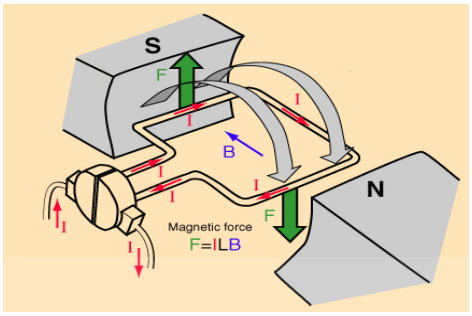
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ดังนี้

1. มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรีส์มอเตอร์ (Series Motor)
2. มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor)
3. มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)



รูปที่ 2.17 การทำงานของมอเตอร์
(**ที่มา :** https://industrypro.co.th/motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงหลักการทำงานของมอเตอร์
(**ที่มา :** https://industrypro.co.th/motor)

จากรูปที่ 2.17 และ 2.18 แสดงถึงหลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีแรงดันไฟตรงจ่ายผ่านแปรงถ่านไปคอมมิวเตเตอร์(Commutator) ผ่านไปให้ขดลวดตัวนำที่อาร์เมเจอร์ทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นมา ทางด้านซ้ายมือเป็นขั้วเหนือ (N) และด้านขวาเป็นขั้วใต้ (S) เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่วางอยู่ใกล้ๆ เกิดอำนาจแม่เหล็กผลักดันกัน อาร์เมเจอร์หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาพร้อมกับคอมมิวเตเตอร์หมุนตามไปด้วย แปรงถ่านสัมผัสกับส่วนของคอมมิวเตเตอร์ เปลี่ยนไปในอีกปลายหนึ่งของขดลวด แต่มีผลทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่อยู่ใกล้ๆอีกครั้ง ทำให้อาร์เมเจอร์ยังคงถูกผลักให้หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาตลอดเวลา เกิดการหมุนของอาร์เมเจอร์คือมอเตอร์ไฟฟ้าทำงาน

2.9 การแปลงค่าอะนาล็อก (Analog) เป็นค่าดิจิตอล (Digital)

การแปลงค่าอะนาล็อกเป็นค่าดิจิตอล [11] บอร์ดราสเบอรี่พายนั้นไม่มีความสามารถในการรับค่าแบบค่าอะนาล็อกได้โดยตรง (รับเฉพาะ Digital In/Out) ซึ่งไม่เหมือนกับ ที่รับค่าได้ทั้ง 2 แบบ ดิจิตอล และ ค่าอะนาล็อกดังนั้นจึงมีคนใช้วิธีการนำข้อมูลแบบอะนาล็อกเข้าไปประมวลผลต่อใน บอร์ดราสเบอรี่พายหลากหลายวิธีดังนี้

1. การใช้ Analog to Digital Converter และ ส่งข้อมูลผ่านเข้าไปในบอร์ดราสเบอรี่พายโดยใช้ Protocol SPI หรือ I2C

2. การใช้ บอร์ด อาดูโน่(Arduino Board)และต่อต่อผ่าน RX/TX ของ บอร์ดราสเบอรี่พาย เราจะมารับสัญญาณแบบอะนาล็อกเป็นโดยใช้ IC รุ่น MCP3208 IC ตัวนี้เป็นแบบ (DIP type) และสามารถกำหนดค่า Vref ได้ (ค่าแรงดันสูงสุด หรือ 4096) แต่ต่างประเทศที่เขียนถึงวิธีการใช้ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

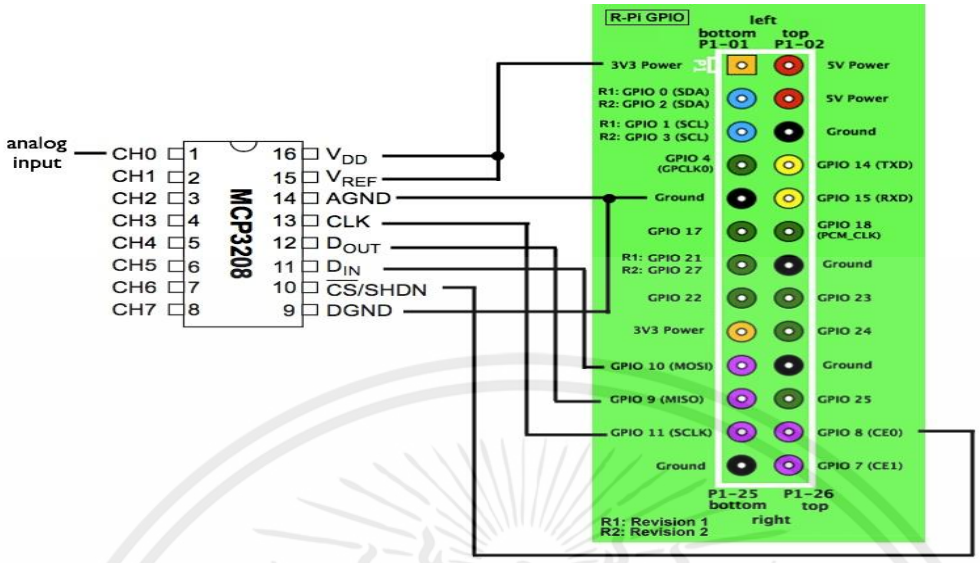
MCP3008 ซึ่งจะเป็นรุ่นที่แปลงค่าสัญญาณเป็น 10 บิต แต่ในประเทศไทย IC จะไม่มีขายรุ่น MCP3008 จะหาซื้อได้แต่รุ่น MCP3208

รูปที่ 2.19 IC รุ่น MCP3208
(**ที่มา :** https://www.arduitronics.com/product/374/mcp3208-ci-dip16-adc)

จากรูปที่ 2.19 แสดงถึง IC แบบ 16 ขา ด้านซ้ายของ IC จะเป็นอะนาล็อก อินพุต (Analog Input) ทั้ง 8 แชแนล(Channel) อุปกรณ์ตัวนี้สามารถ แซมฟลิ้ง(Sampling) ได้ 100 kSamp/s (รวมทั้ง 8 ช่อง ถ้าใช้มากกว่า 1 ช่อง ความเร็วต้องหารด้วยจำนวนช่องที่ใช้งาน) ทางด้านซ้ายจะเป็นขาที่ใช้ติดต่อแบบ ซีเรียว เพะรีแร็ล อินเตอร์เฟส (Serial Peripheral Interface) ซึ่งประกอบด้วย CLK, DOUT, DIN, CS, DGND

รูปที่ 2.20 แสดงถึงการชื่อมต่อกับหน่วยประมวลผลในรูปแบบโปรโตตอลในการติดต่อแบบ ซีเรียว เพะรีแร็ล อินเตอร์เฟส หรือ เอสพีไอ(SPI) เป็นการสื่อสารแบบอนุกรม นั้นคือใช้จำนวนสายสัญญาณในการติดต่อน้อย ทำให้ประหยัด Pin In/out ที่จะใช้ ในการสื่อสารแบบ เอสพีไอ นี้ จะมีตัวที่กำหนดจังหวะ และ เลือก ออฟชั่น(option) ต่างๆ ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เรียกว่า "มาสเตอร์(Master)" และอุปกรณ์ที่คอยทำหน้าที่ตามคำสั่งที่ มาสเตอร์ส่งมาเรียกว่า "สเลฟ(Slave)" ทีนี้การทำงาน ของ บอร์ดราสเบอรี่พายเป็นตัวสั่งให้ MCP3208 ทำงาน โดยการเลือก แชแนลของสัญญาณที่ต้องการ แซมพลิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 การเชื่อมต่อ MCP3208 กับบอร์ดราสเบอรี่พาย

(**ที่มา :** https://www.arduitronics.com/article/53/raspberry-pi-analog-input-with-adc-mcp3208)

การติดต่อ MCP3208 ทำโดย ไทม์ ไดอะแกรม(Time Diagram) เป็นตัวบอกช่วงของการติดต่อของ port ดังนี้

1. MOSI ต่อกับ DIN เป็นตัว มาสเตอร์จะทำหน้าที่ส่ง บิตสตาทต์(Bit Start), โหมด(Mode) ในการวัด (Single, Differential) และช่องสัญญาณที่ต้องการวัดไปให้ สเลฟ

2. MISO ซึ่งต่อกับ D_{out} จะเริ่มทำงานหลังจาก MOSI ให้ข้อมูลกับ สเลฟของการทำงานแล้ว สเลฟจะส่งข้อมูลให้ มาสเตอร์ทั้งหมด 12 บิต (แถม Null bit ให้ตัวเพื่อทิ้งเวลาให้เข้าจังหวะกัน) ระหว่างที่รอ และ สเลฟยังไม่ได้เริ่มจ่ายข้อมูลกับ มาสเตอร์สาย D_{out} จะอยู่ที่ State HIgh Impedace

2.10 การวัดกระแสไฟฟ้า

การวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง[3]รูปที่ 2.21 แสดงถึงการวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่ไหลอยู่ภายในวงจรอย่างง่ายและขั้นตอนการวัดกระแสไฟฟ้าในไฟฟ้ากระแสตรงมีดังนี้

1. เลือกตำแหน่งที่ต้องการวัดกระแสไฟฟ้า และตรวจสอบทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

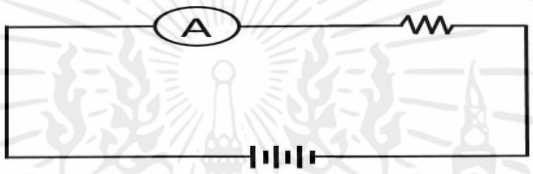
2. เสียบสายวัดมิเตอร์สีดำที่ขั้วลบ (- COM) และสายวัดสีแดงที่ขั้วบวก (+) เข้ากับมัลติมิเตอร์(Muti meter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตั้งช่วงการวัดที่เหมาะสม ในกรณีที่ทราบค่ากระแสในวงจร ควรตั้งช่วงการวัดให้สูงกว่าค่ากระแสที่ทราบ แต่ในกรณีที่ไม่ทราบค่ากระแสในวงจร ควรตั้งช่วงการวัดที่สูงๆ (0-0.25A) ไว้แล้วค่อยปรับช่วงการวัดใหม่ ก่อนปรับช่วงการวัดใหม่ต้องเอาสายวัดออกจากวงจรทุกครั้ง และต้องแน่ใจว่าค่าที่จะวัดได้นั้นมีค่าไม่เกินช่วงการวัดที่ปรับตั้งใหม่

4. นำสายวัดมิเตอร์ไปต่อแบบอนุกรม โดยใช้หัววัดแตะบริเวณที่ต้องการวัด และต้องให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าทางขั้วบวกของมัลติมิเตอร์ หากเข็มวัดตีเกินสเกล(Scale)ต้องรีบเอาสายวัดมิเตอร์ออกจากวงจรทันที แล้วเลือกช่วงการวัดที่สูงขึ้นจากนั้นทำการวัดค่าใหม่

5. อ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร ซึ่งการอ่านต้องสัมพันธ์กับช่วงที่ตั้งไว้



รูปที่ 2.21 แสดงการวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง

(**ที่มา :** https://elearnkrutung.blogspot.com/2016/08/ammeter.html)

2.10.1 โมดูลวัดกระแส 5 แอมป์ (5A Current Sensor Module)

จากรูปที่ 2.22 แสเงถึงโมดูลวัดกระแสขนาด 5 แอมป์ [12] เป็น เซ็นเซอร์(Sensor) ที่ใช้วัดการกินไฟของอุปกรณ์ไฟฟ้า (วัดกระแส) โดยสามารถต่อเข้าช่องอะนาล็อก A0-A5 หากต่อกับ โหนดเอ็มซียู(NodeMCU) อาจจะต้องใช้ วงจรแบ่งแรงดัน(Voltage Divider) ลดแรงดันให้เหมาะสมก่อน เนื่องจาก โหนดเอ็มซียูขา A0 รับค่าอะนาล็อกอินพุ) อยู่ในช่วง 0-3.3v โดยไอซีที่ใช้คือ ACS712-05 Current Sensor ที่วัดกระแสโดยใช้หลักการของ ฮอล เอฟเฟ็ค(Hall Effect) (เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะเกิดการเหนี่ยวนำเกิดขึ้น) ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ในการวัดทางระบบอิเล็กทรอนิกส์ วัดกำลังไฟฟ้า หาอัตราการใช้ไฟ เป็นต้น

รูปที่ 2.22 โมดูลวัดกระแส 5 แอมป์ 5A

(**ที่มา :** https://www.myarduino.net/product/922/current-sensor-module-05a-acs712-05a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 จอแสดงผลแบบ ทีเอฟที (TFT)

จากรูปที่ 2.23 และ 2.24 จอแสดงผลทีเอฟที(TFT)ขนาด 5 นิ้ว ความละเอียด 800 x 480 จุด เชื่อมต่อกับบอร์ดราสเบอรี่พายผ่านพอร์ต HDMI มาพร้อมแผ่นทัชสกรีนแบบ Resistive เชื่อมต่อผ่านพอร์ต USB สามารถติดตั้งไดร์เวอร์(Driver)จากลงบน ราสเบี้ยน(Raspbain)ของราสเบอรี่พายที่ใช้อยู่ หรือติดตั้งจาก OS Image

รูปที่ 2.23 ด้านหน้าของ จอแสดงผลแบบทีเอฟที ขนาด 5 นิ้ว
(**ที่มา :** http://www.lcdwiki.com/5inch_HDMI_Display)

รูปที่ 2.24 ด้านหลังของ จอแสดงผลแบบทีเอฟทีขนาด 5 นิ้ว
(**ที่มา :** http://www.lcdwiki.com/5inch_HDMI_Display)

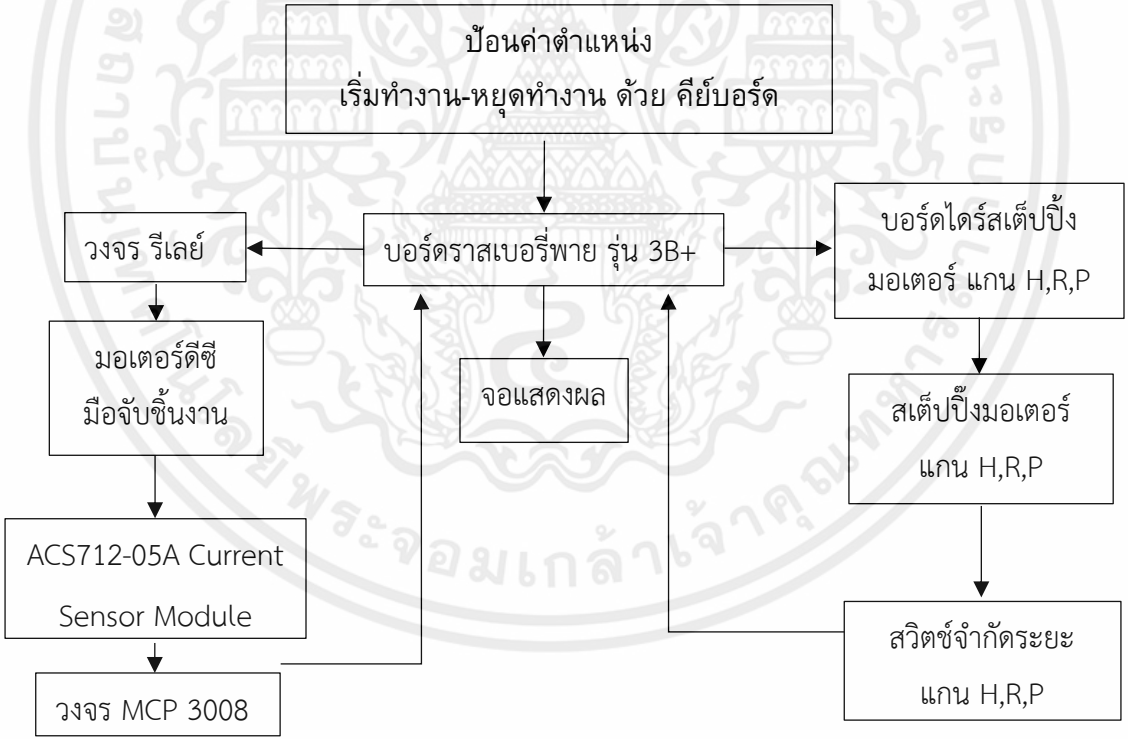
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
การออกแบบการทำงาน

ในบทนี้กล่าวถึงการออกแบบระบบการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวด ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรมแขนกลสำหรับบรรจุขวด โฟร์ชาร์ตการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวด การออกแบบวงจรใช้งานร่วมกับบอร์ดราสเบอรี่พาย(Raspberry Pi) การออกแบบโครงสร้าง การติดตั้ง ราสเบอรี่พายอิมเมจเจอร์(Raspberry Pi Imager) และการลง MCP3208 กับบอร์ดราสเบอรี่พายดังต่อไปนี้

3.1 บล็อกไดอะแกรมแขนกลสำหรับบรรจุขวด

บล็อกไดอะแกรมแสดงการต่ออุปกรณ์ของแขนกลสำหรับบรรจุขวดโดยมีบอร์ดราสเบอรี่พายเป็นตัวประมวลผลกลาง ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการต่ออุปกรณ์ของแขนกลสำหรับบรรจุขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการต่ออุปกรณ์ของแขนกลสำหรับบรรจุขวด สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 10 ส่วนการทำงาน คือ

1. **คีย์บอร์ด**(Keyboard)ทำหน้าที่ ป้อนค่าตำแหน่งจุดเริ่มทำงาน-หยุดทำงาน

2.บอร์ดราสเบอรี่พาย รุ่น 3B+ทำหน้าที่ เป็นตัวประมวลผลหลักทำหน้าที่รับค่าจาก **คีย์บอร์ด** และควบคุมการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวด

3.วงจร รีเลย์ ทำหน้าที่ วงจรควบคุมการทำงานของ มอเตอร์ดีซี

4.มอเตอร์ดีซีทำหน้าที่ หยิบจับชิ้นงาน

5.ACS712-05A Current Sensor Module ทำหน้าที่ วัดกระแสของมอเตอร์ดีซี

6.วงจร MCP 3208 ทำหน้าที่ เปลี่ยนพอร์ต อะนาล็อคเป็น พอร์ต ดิจิตอล

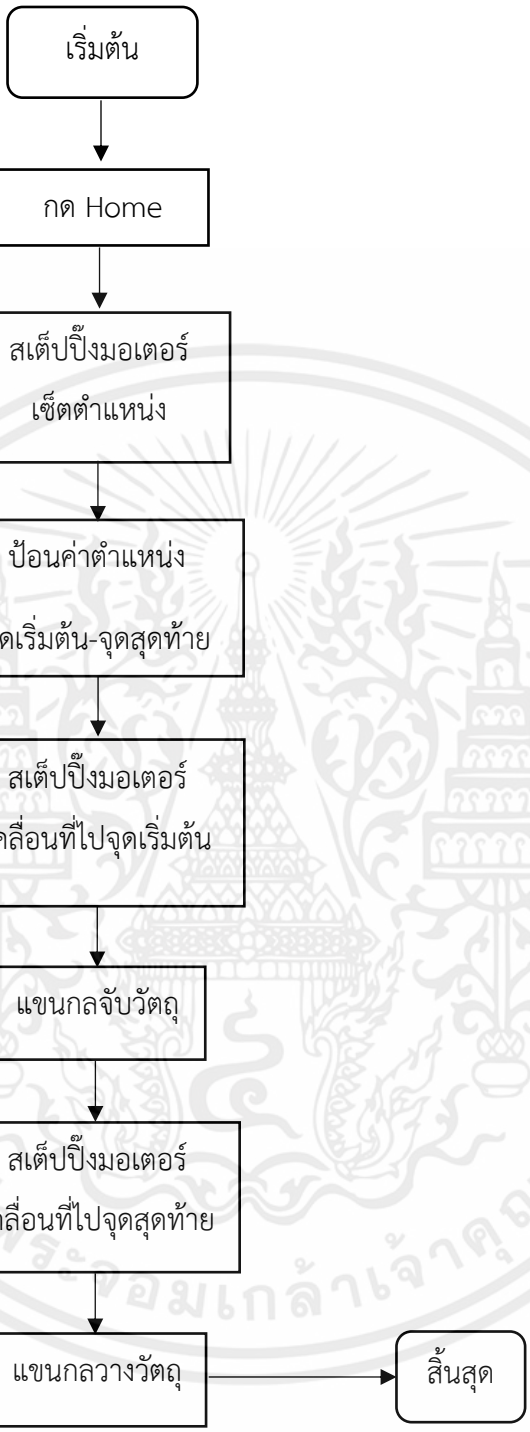
7.จอแสดงผล ทำหน้าที่ แสดงผลการป้อนค่าตำแหน่งเริ่มทำงาน-หยุดทำงาน

8. บอร์ดไดร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์แกน H,R,P ทำหน้าที่ เป็นอุปกรณ์ขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้สามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ ได้

9. สเต็ปปิ๊งมอเตอร์ แกน H,R,P ทำหน้าที่ เป็นอุปกรณ์เอาต์พุต(Output)ของแกน H,R,P อย่างหนึ่งด้วยการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงจะหมุนไปแบบต่อเนื่อง

10. สวิตช์จำกัดระยะ แกน H,R,P ทำหน้าที่ จำกัดระยะทาง การทำงานอาศัยแรงกดภายนอกมากระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวดสามารถ แบ่งการทำงานออกเป็น 7 ส่วนการทำงาน คือ

1.กด Home ทำหน้าที่ สั่งเซ็ตค่าการทำงานของแกน H,R,P ให้เคลื่อนที่มายังตำแหน่งกลางของแกน H,R,P

2. สเต็ปปิ๊งมอเตอร์เซ็ตตำแหน่ง ทำหน้าที่ เซ็ตตำแหน่งแกนการทำงานให้อยู่ตำแหน่งกลางของแต่ละแกน

3.ป้อนค่าตำแหน่ง จุดเริ่มต้น-จุดสุดท้าย จำนวนครั้ง ทำหน้าที่ รับค่าที่ป้อนจากจุดเริ่มต้น แกน H,R,P รับค่าที่ป้อนตำแหน่งสุดท้าย แกน R',P'

4. สเต็ปปิ๊งมอเตอร์เคลื่อนที่ไปจุดเริ่มต้น ทำหน้าที่ สเต็ปปิ๊งมอเตอร์ เคลื่อนที่ไปยังจุดเริ่มต้นที่ป้อนค่าแกน H,R,P

5.แขนกลจับวัตถุ ทำหน้าที่ ปากจับหยิบวัตถุจากตำแหน่งเริ่มต้น

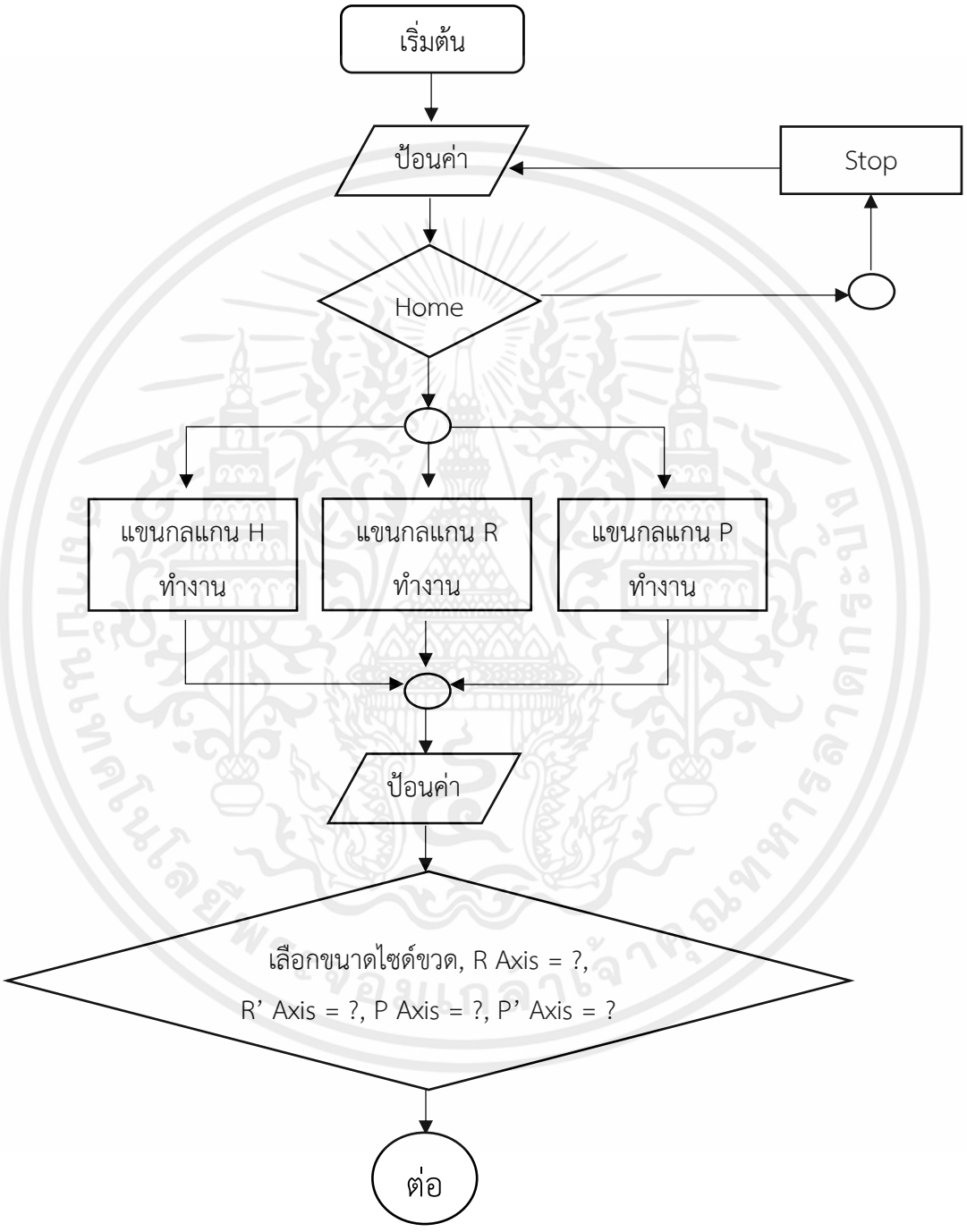
6. สเต็ปปิ๊งมอเตอร์เคลื่อนที่ไปจุดสุดท้าย ทำหน้าที่ สเต็ปปิ๊งมอเตอร์เคลื่อนที่ไปยังจุดสิ้นสุดที่ป้อนค่าแกน R',P'

7.แขนกลวางวัตถุ ทำหน้าที่ ปากจับวางวัตถุจุดสิ้นสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โฟร์ชาร์ตแสดงการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวด

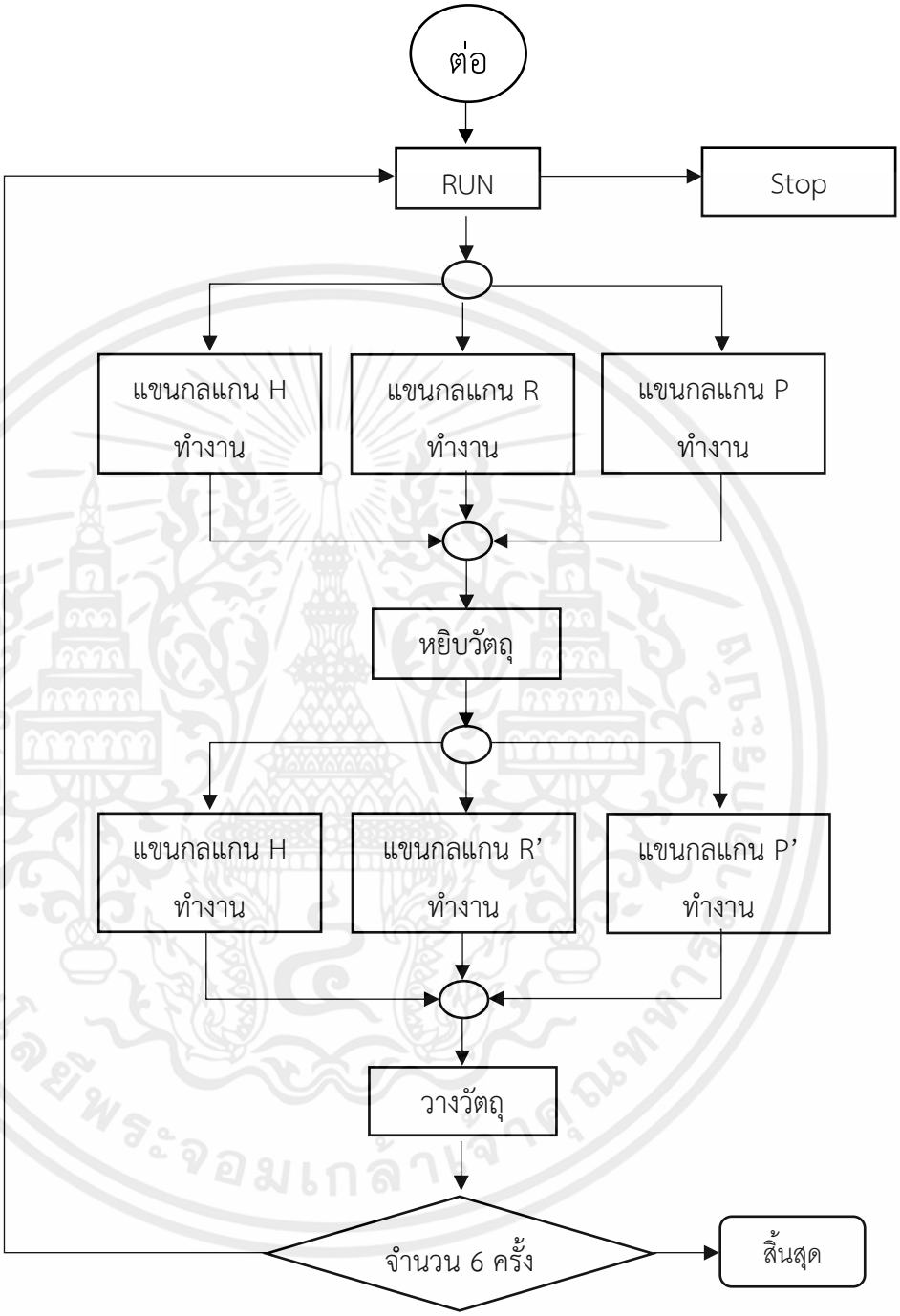
โฟร์ชาร์ตแสดงการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวดแสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โฟร์ชาร์ตแสดงการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟร์ชาร์ตแสดงการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวดแสดงดังรูปที่ 3.3 (ต่อ)



รูปที่ 3.4 โฟร์ชาร์ตแสดงการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวด (ต่อ)

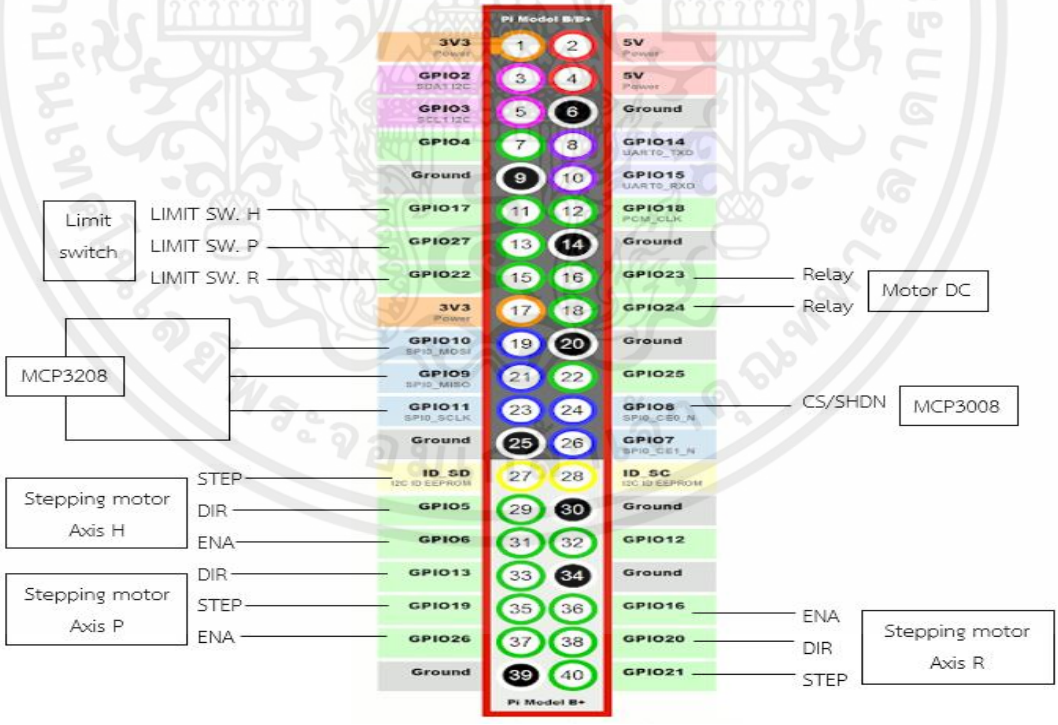
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.3 และ 3.4 โฟร์ชาร์ตแสดงการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวด จะทำงานเมื่อเรากดปุ่ม Home สเต็ปปิ้งมอเตอร์แกน H,R,P เคลื่อนที่ไปยังจุดกลางของแกน H,R,P ทำการเลือกไซด์ป้อนค่าตำแหน่งเริ่มต้นหยิบวัตถุและตำแหน่งวางวัตถุ โดยแกน R,P,R',P' จะทำงานตามค่าที่ป้อนส่วนแกน H จะทำงานตามค่าที่ป้อนด้วยแต่หลังจากหยิบวัตถุจะขึ้น 7 เซนติเมตรอัตโนมัติและวางวัตถุ ลง 7 เซนติเมตรอัตโนมัติ

3.3 การออกแบบวงจรใช้งานร่วมกับบอร์ดราสเบอรี่พาย

3.3.1 อุปกรณ์ใช้งานร่วมกับบอร์ดราสเบอรี่พาย

วงจรที่ใช้งานร่วมกับบอร์ดราสเบอรี่พายใช้ไฟเลี้ยงจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ และมีการจ่ายไฟเลี้ยงอุปกรณ์ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ ไม่ต่ำกว่า 1 A ให้กับบอร์ดราสเบอรี่พายและทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามา จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลต่อไปยังตัวประมวลผลซีพียู(CPU) เพื่อนำไปประมวลผลต่อไปโดยข้อมูลที่รับเข้ามาเป็นสัญญาณอินพุตมาจากค่าที่ป้อนมาจาก คีย์บอร์ดและประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ไปยังเอาต์พุตไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น ควบคุมมอเตอร์(Motor)และลิมิตสวิตซ์(Limit switch)ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แบบวงจรใช้งานร่วมกับบอร์ดราสเบอรี่พาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.5 เป็นการเชื่อมต่อระหว่างพอร์ตของบอร์ดราสเบอรี่พายกับอุปกรณ์ภายนอก โดยมีการเชื่อมต่อดังนี้

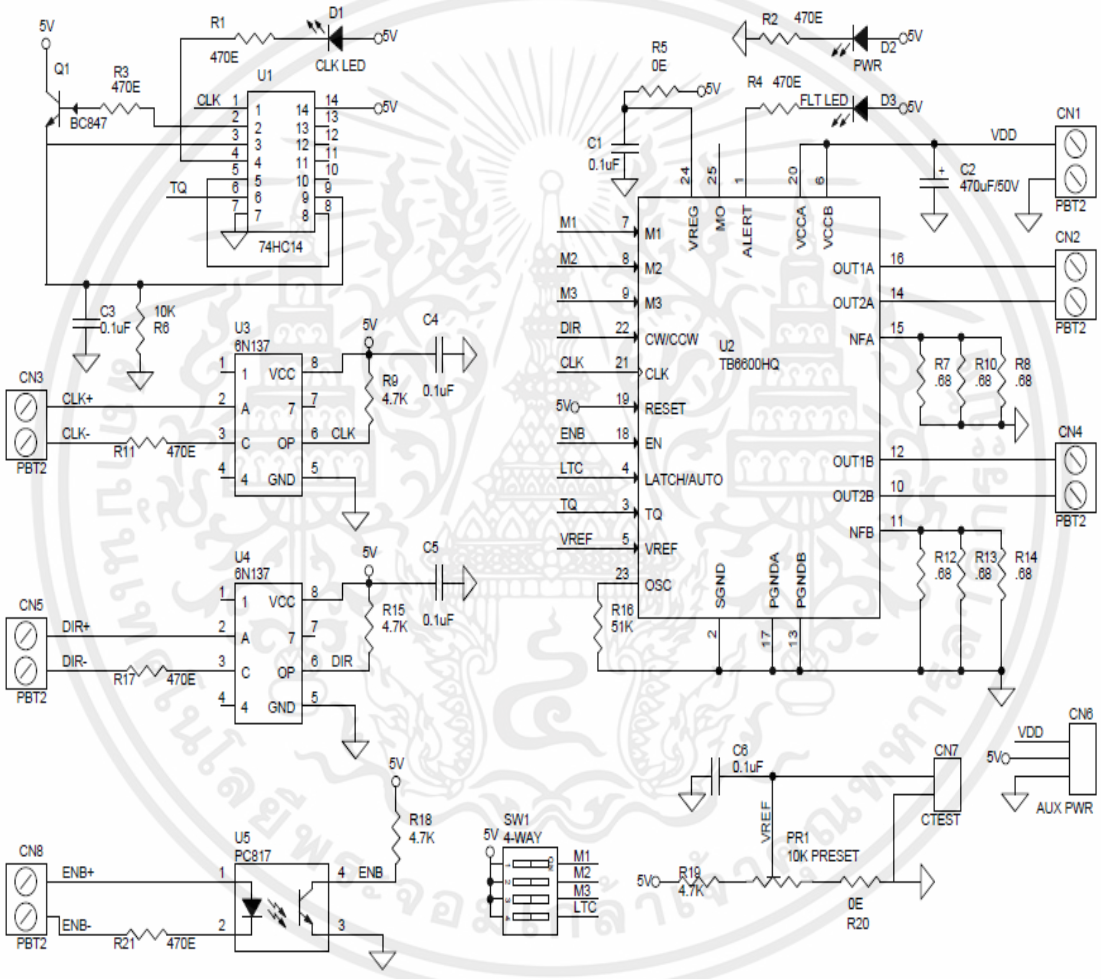
ตารางที่ 3.1 หน้าที่การทำงานร่วมกับบอร์ดราสเบอรี่พาย

ชื่อขา PINOUT	หน้าที่การทำงาน
3.3V	ไฟเลี้ยงOUTPUTวงจร 3.3V
5V	ไฟเลี้ยงOUTPUTวงจร 5V
GND	เป็นกราวด์
GPIO17	สเต็ปปิ๊งมอเตอร์ จำกัดระยะการทำงานในแนวแกน H
GPIO27	สเต็ปปิ๊งมอเตอร์ จำกัดระยะการทำงานในแนวแกน P
GPIO22	สเต็ปปิ๊งมอเตอร์ จำกัดระยะการทำงานในแนวแกน R
GPIO10	D_{IN} เป็นขาแปลงสัญญาณเข้า MCP3008
GPIO9	D_{OUT} เป็นขาแปลงสัญญาณเข้า MCP3008
GPIO11	CLK เป็นขาแปลงสัญญาณเข้า MCP3008
ID_SD	เป็นขา STEP ให้ สเต็ปปิ๊งมอเตอร์ แกน H
GPIO05	เป็นขา DIR ให้ สเต็ปปิ๊งมอเตอร์ แกน H
GPIO06	เป็นขา ENA ให้ สเต็ปปิ๊งมอเตอร์ แกน H
GPIO13	เป็นขา DIR ให้ สเต็ปปิ๊งมอเตอร์ แกน P
GPIO19	เป็นขา STEP ให้ สเต็ปปิ๊งมอเตอร์ แกน P
GPIO26	เป็นขา ENA ให้ สเต็ปปิ๊งมอเตอร์ แกน P
GPIO23	ขา รีเลย์ ให้ มอเตอร์ดีซี
GPIO24	ขา รีเลย์ ให้ มอเตอร์ดีซี
GPIO08	CS/SHDN เป็นขาแปลงสัญญาณเข้า MCP3008
GPIO16	เป็นขา ENA ให้ สเต็ปปิ๊งมอเตอร์ แกน R
GPIO20	เป็นขา DIR ให้ สเต็ปปิ๊งมอเตอร์ แกน R
GPIO21	เป็นขา STEP ให้ สเต็ปปิ๊งมอเตอร์แกน R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การต่อบอร์ดไดร์สเต็ปมอเตอร์ร่วมกับสเต็ปมอเตอร์และบอร์ดราสเบอรี่พาย

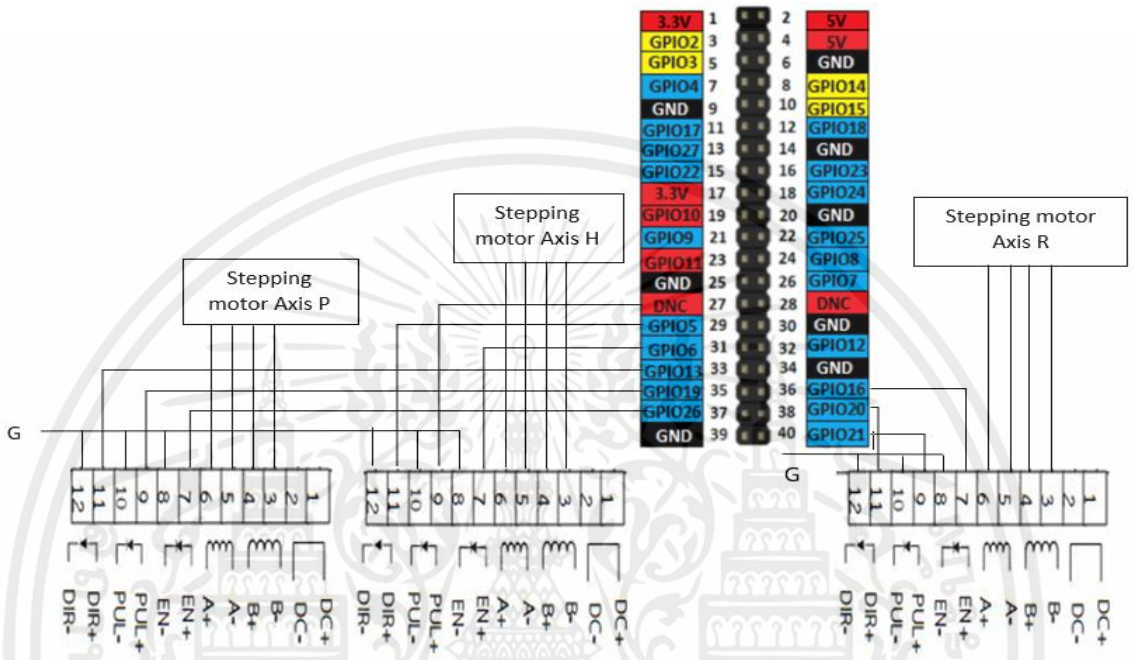
บอร์ดไดร์สเต็ปมอเตอร์(Stepping Motor Driver) ทำหน้าที่ ควบคุมกระแสได้สูงให้ปรับกระแสตอนมอเตอร์ หยุดหมุน เพื่อไม่ให้มอเตอร์ร้อน สัญญาณรบกวนต่ำ ควบคุมด้วย พีเอลซี(PLC) ได้โดยตรง สามารถทำ ไมโครสเต็ป(Micro step)ได้สูงสุดถึง 3,200 สเต็ป ต่อรอบ การหมุนที่ราบเรียบ สามารถเลือกปรับกระแสในการขับ เพื่อให้เหมาะสมกับ สเต็ปปิ้มอเตอรแต่ละตัวได้ รูปแบบการขับเป็นแบบ ไบโพล่า(Bipolar) ให้แรงบิดสูง



รูปที่ 3.6 วงจรการใช้งานไดร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.6 ขา DIR-,ENA- และ STEP- ต่อเข้ากราวด์ส่วนขา DIR+,ENA+ และ STEP+ต่อเข้าขาพอร์ต Pinout ที่กำหนดแต่ละแกน ส่วนขา วีซีซี และ กราวด์ ต่อเข้ากับไฟเลี้ยงและกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟตรงให้ได้ตามสเปคของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แต่ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์ 12 โวลต์ และ 24 โวลต์



รูปที่ 3.7 วงจรใช้งานบอร์ดราสเบอรี่ร่วมกับไดร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์

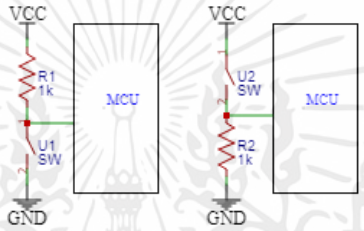
จากรูปที่ 3.6 และ 3.7 วงจรการไดร์สเต็ปปิ้งมอเตอร์เข้ากับบอร์ดราสเบอรี่พายจะต้องนำสัญญาณเอาต์พุตจาก ขา DNC,GPIO 19และGPIO16 คือขา Pulse ต่อเข้ากับตัวไดร์มอเตอร์ของแต่ละแกน ขา GPIO 05,GPIO 13และGPIO 20 คือขา Direction ของแกนแต่ละแกนเพื่อเป็นการขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์โดยการจ่ายพัลส์ให้ทำงานตามที่เขียนโดยทางโปรแกรมในการหมุน 1 รอบ ของสเต็ปมอเตอร์แทนค่าในสมการที่ 3.1 ด้วยค่า 5 แอมป์

$$\theta = 1.8\ ^\circ$$
$$1\,rpm = {}^{360^\circ}\!/_{\theta}$$
$$1\,rpm = {}^{360\,^\circ}\!/_{1.8\,^\circ} \qquad (3.1)$$
$$1\,rpm = 200\ pulse$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การต่อวงจรลิมิตสวิตซ์ร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

ตัวต้านทานพูล-อัฟ (pull-up resister) เมื่อไม่มีการลิมิตสวิตซ์กระแสจะไหล จาก วีซีซี(VCC) ไปสู่ ขาอินพุต(input pin) ทำให้ค่าที่อ่านได้ จะมีค่าใกล้เคียง กับ วีซีซี แต่เมื่อมีการกดลิมิตสวิตซ์ จะทำให้กระแสไหลลงกราวด์ และ ขาอินพุตจะเชื่อม โดยตรงกับกราวด์แต่หากไม่มีการใส่ตัวต้านทาน R1 (ต้านทานr มีหน้าที่ จำกัดกระแสที่ยอมให้ไหลผ่านวงจร) ไว้ในวงจร จะทำให้เกิดความเสียหาย เพราะเป็นการ short circuit (ประมาณกระแส จะเป็น infinity ตามหลักของ Ohm's law

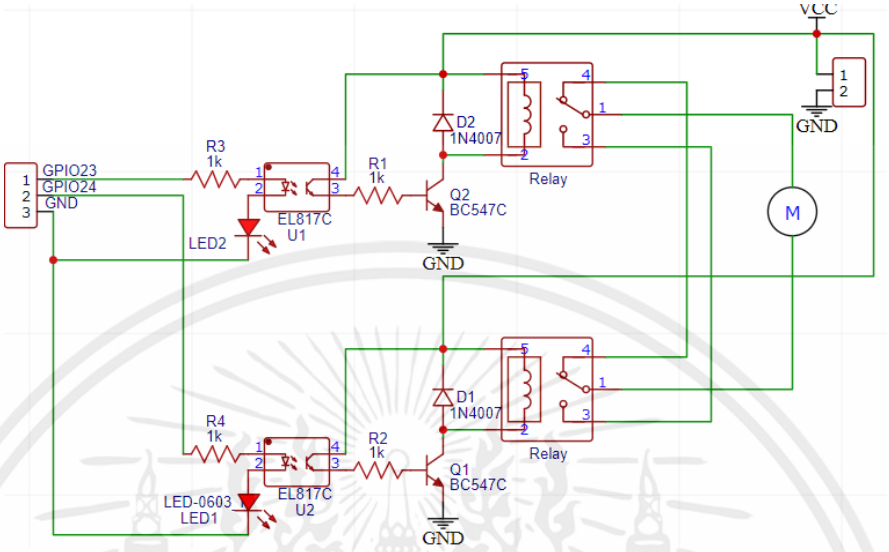


รูปที่ 3.8 การต่อวงจรลิมิตสวิตซ์ร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์(Micro controller)

จากรูปที่ 3.8 การต่อลิมิตสวิตซ์ร่วมการกับบอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์การกำหนดขาให้มีเป็น ขาอินพุตแต่เมื่อไม่มีการต่อกับภายนอก โปรแกรมก็จะไม่สามารถกำหนดสถานะ (State of pin) อย่างชัดเจน เรียกว่าสถานะการนี้ว่าสถานะลอยตัวอาจเป็น ไฮ(HIGH) หรือ โลว(LOW) เพื่อให้ป้องกันการต่อจึงมีการใช้งานตัวต้านทาน pull-up (to vcc) หรือ pull-down (to ground) การต่อที่ใช้งานในโครงงานนี้ต่อแบบ ตัวต้านทานพูล-อัฟ ใช้ขา NO และขา COM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

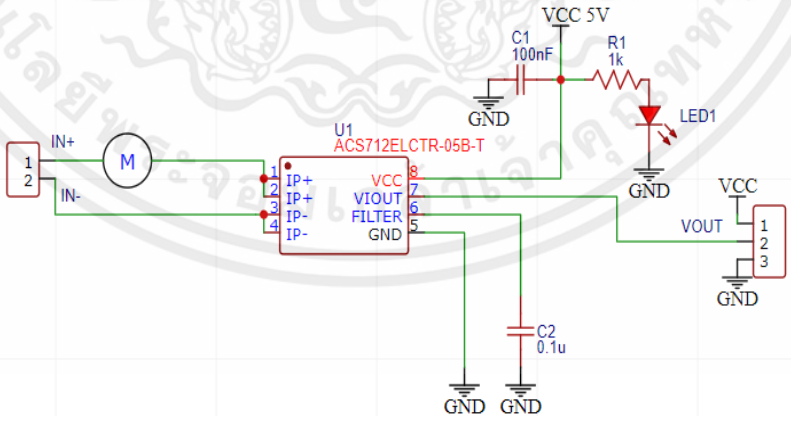
3.3.4 วงจรรีเลย์ร่วมกับบอร์ดราสเบอรี่พาย



รูปที่ 3.9 วงจรรีเลย์ร่วมกับบอร์ดราสเบอรี่พาย

จากรูปที่ 3.9 วงจรรีเลย์ทำงานร่วมกับบอร์ดราสเบอรี่พายเป็นวงจรที่นำมาใช้งานจริงในโครงงานซึ่งจะใช้ตัวรีเลย์ 12 V จำนวน 2 ตัว EL817 จำนวน 2 ตัว ไดโอด จำนวน 2 ตัว ทรานซิสเตอร์ BC547C จำนวน 2 ตัว LED จำนวน 2 ตัว และตัวต้านทาน 1 kΩ จำนวน 4 ตัว

3.3.5 การต่อโมดูลวัดกระแสร่วมกับมอเตอร์กระแสตรง



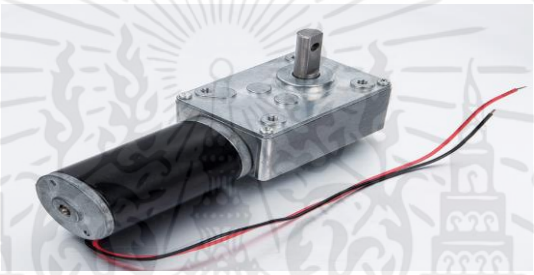
รูปที่ 3.10 การต่อโมดูลวัดกระแสร่วมกับมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.10 การต่อโมดูลวัดกระแสร่วมกับมอเตอร์กระแสตรงเป็นการต่อวัดค่ากระแสของมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้ในการออกแบบมือจับชิ้นงานของแขนกลบรรจุสำหรับขวดโดยมีหลักการคิดเมื่อมอเตอร์หมุนมือจับวัตถุแน่นถึงค่ากระแสที่กำหนดให้ทำการคลายมือจับแล้ววางวัตถุ

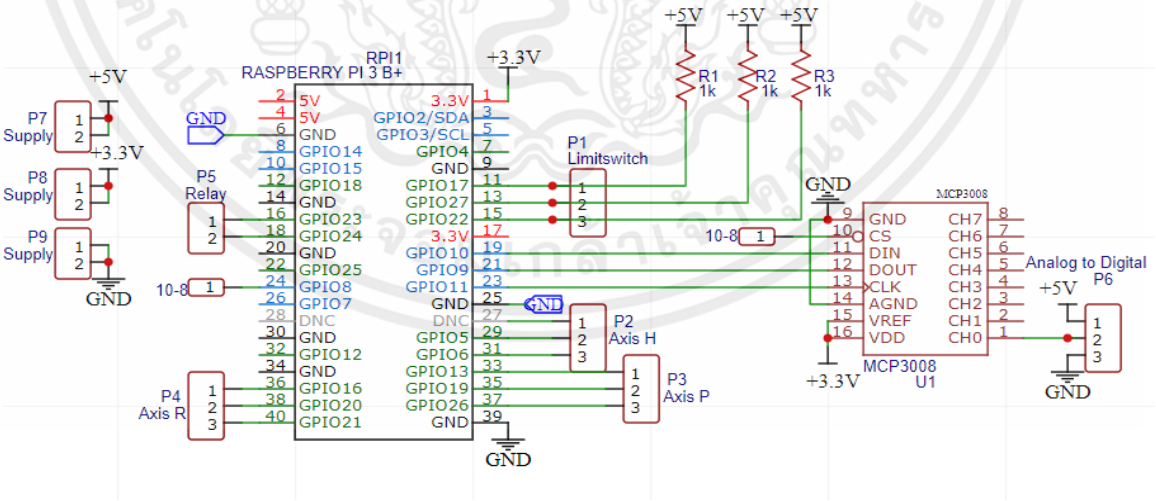
3.3.6 มอเตอร์กระแสตรง ที่ใช้กับมือจับวัตถุ

มอเตอร์ไฟฟ้าแรงดันกระแสตรง(Motor DC)ที่ใช้ในโครงงาน มีอัตราการทดรอบมอเตอร์เพื่อกำลังในการบิดที่สูงกว่ามอเตอร์ทั่วไป โดยนำมาใช้เป็นตัวควบคุมปากจับวัตถุ มีอัตราการหมุนอยู่ที่ 74 รอบ/นาที แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ แสดงดังรูปที่ 3.11



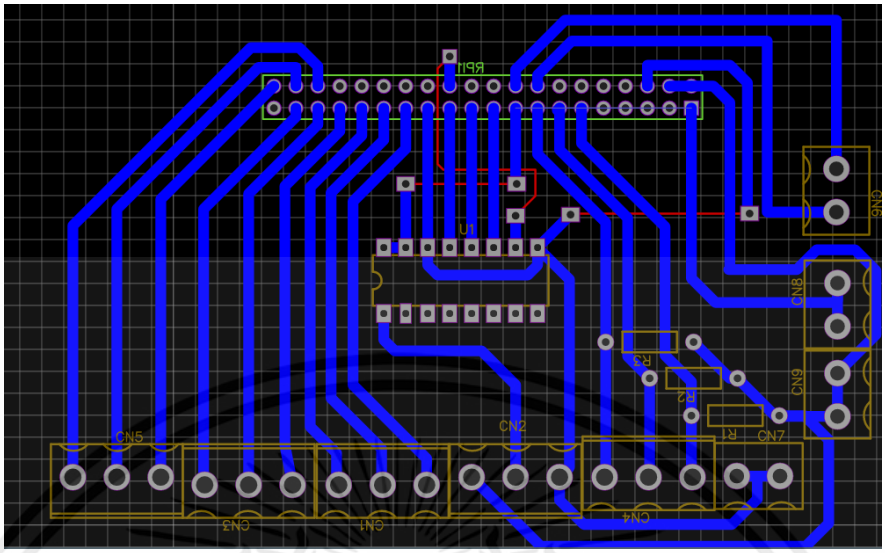
รูปที่ 3.11 มอเตอร์กระแสตรง (Motor DC)

3.3.7 วงจรรวมบอร์ดราสเบอรี่พายต่อพอร์ตใช้งาน



รูปที่ 3.12 วงจรเสมือนจริงที่ใช้ในบอร์ดราสเบอรี่พาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ลายทองแดงวงจรที่ใช้ในบอร์ดราสเบอรี่พาย

จากรูปที่ 3.12 และ 3.13 เป็นการออกแบบลายวงจรกับขา ของบอร์ดราสเบอรี่พาย เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานพอร์ตต่างๆ มีขา ที่ใช้ทั้งหมด 21 ขารวมขา ไฟบวก 5 V,3.3V และขากราวด์ ดังแสดงในรูปที่ 3.12 และ 3.13

3.4 การออกแบบโครงสร้าง

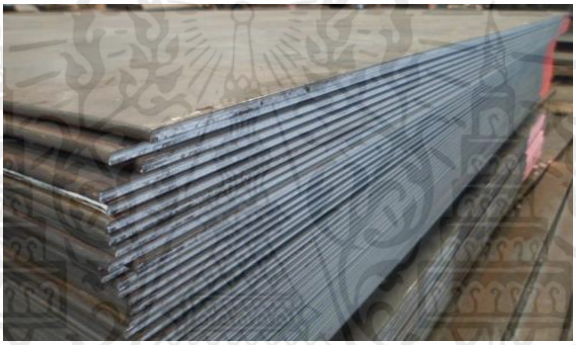
การออกแบบโครงสร้างของแขนกลสำหรับบรรจุขวด มีความสำคัญมากเท่ากับการออกแบบวงจร และการออกแบบซอฟต์แวร์เพราะหากออกแบบวงจรและซอฟต์แวร์ให้ดีเพียงใด แต่ถ้าโครงสร้างไม่แข็งแรงจะทำให้การทำงานไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นการออกแบบโครงสร้างจึงมีความสำคัญต่อการทำงานแขนกลสำหรับบรรจุขวดเป็นอย่างยิ่ง

3.4.1 วัสดุที่ใช้ในส่วนโครงสร้าง

ในส่วนโครงสร้างใช้ใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์ดังรูปที่ 3.14 ใช้ในการทำโครงสร้างแนวแกน H,R,P เหล็กแผ่นหนา 4 mm.ดังรูปที่ 3.15 ใช้ในการทำตัวยึดจับแกน H,R,P อะลูมิเนียมแผ่นหนา 10 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.16 ใช้ทำส่วนมือจับแขนกลสำหรับบรรจุขวดและเหล็กกล่องท่อเหลี่ยม ดังรูป 3.17 ใช้ทำส่วนฐานหมุนยึดกับสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 อะลูมิเนียมโปรไฟล์



รูปที่ 3.15 เหล็กแผ่นหนา 4 มิลลิเมตร
(**ที่มา:** https://www.steellead.com)

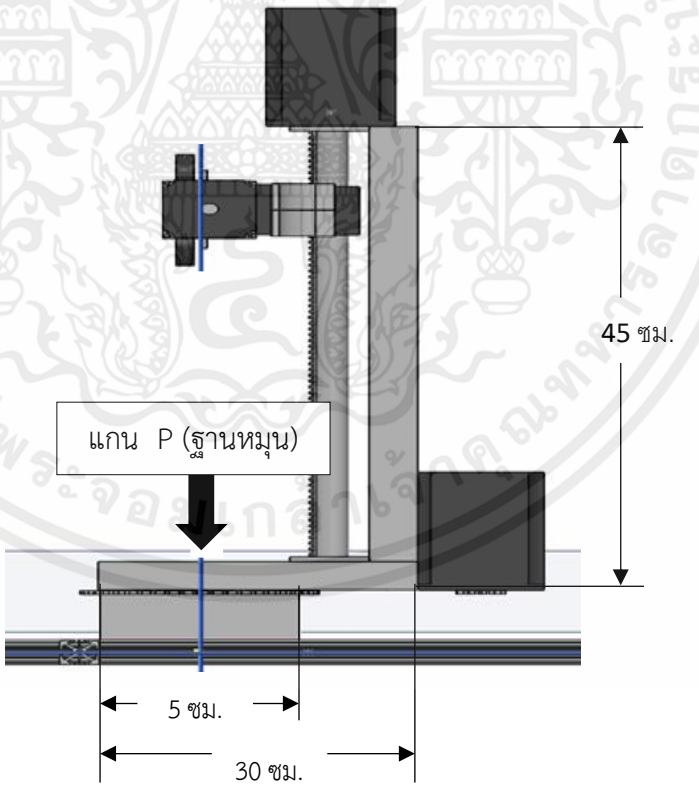
รูปที่ 3.16 อะลูมิเนียมแผ่นหนา 10 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.17 เหล็กกล่องท่อเหลี่ยม

3.4.2 การออกแบบชุดโครงสร้างแกน P (ฐานหมุน)

การออกแบบโครงสร้างแกน P (ฐานหมุน) ประกอบด้วย เหล็กแท่งสี่เหลี่ยมยาว 5x5 ซม. ,ตลับลูกปืน 1 ชิ้น,เหล็กแผ่นหนา 2 มม.ไว้สำหรับยึดสเต็ปปิ้งมอเตอร์(Stepping moter) กับอะลูมิเนียมโปรไฟล์(Aluminum profile)ขนาด 20x60 มิลลิเมตรยาว 30 เซนติเมตร,ชุดเฟือง 1 ชุดและโซ่ 1 เส้นแสดงดังรูปที่ 3.18 ,3.19



รูปที่ 3.18 การออกแบบชุดแกน P (ฐานหมุน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.19 ชุดแกน P (ฐานหมุน) ในโครงงาน

จากรูปที่ 3.19 ชุดแกน P (ฐานหมุน) จะใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์รับน้ำหนักได้มากกว่า 2 กิโลกรัมมีเฟืองขับ 9 ฟันและเฟืองตาม 45 ฟัน ในการออกแบบจะมีอัตราการทดรอบเท่ากับ 5 เพื่อเพิ่มแรงบิดให้กับแกน P กับฐานแสดงอัตราการทดรอบของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ดังสมการที่ 3.2

จากสูตรการคำนวณอัตราทดรอบ $i = \frac{z_2}{z_1}$ (3.2)

$$i = \frac{45}{9}$$

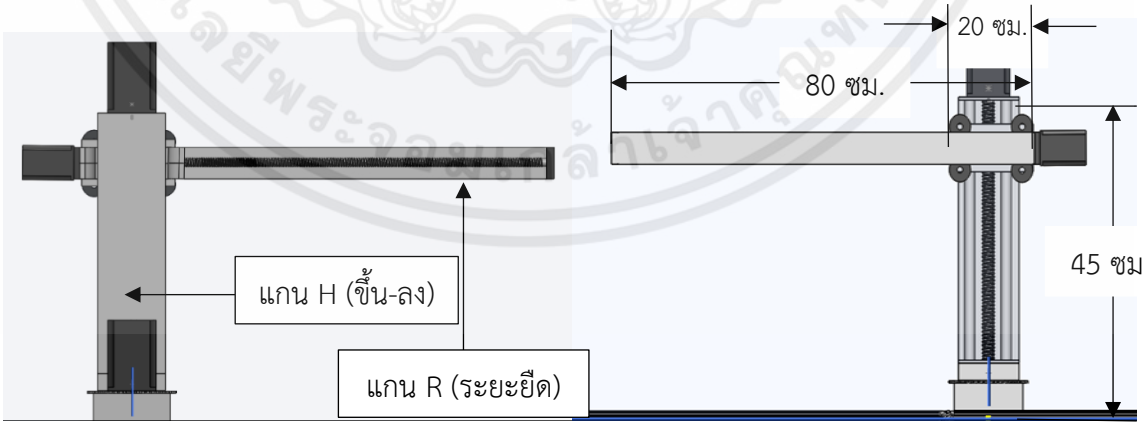
$$i = 5$$

i คือ อัตราการทดรอบ

z_2 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเฟืองตาม (มิลลิเมตร)

z_1 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเฟืองขับ (มิลลิเมตร)

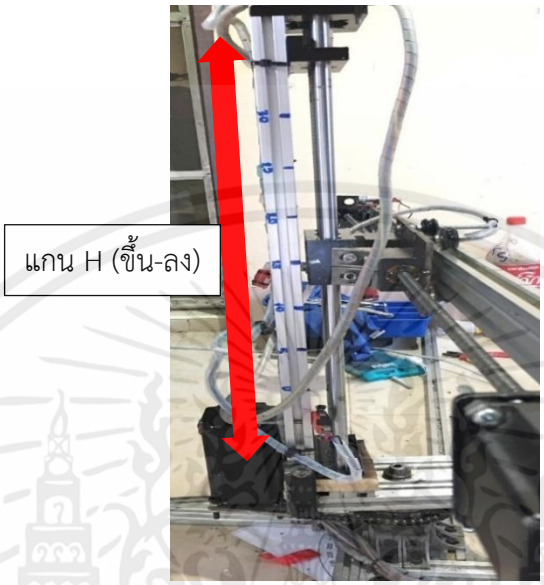
3.4.3 การออกแบบชุดแกน H (ขึ้น-ลง) และ R (ระยะยืด)



รูปที่ 3.20 การออกแบบชุดแกน H (ขึ้น-ลง) และ R (ระยะยืด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 3.20 แสดงถึงโมเดล 3 มิติ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนของแกน H และ R โดยมีแกนแท่นซึ่งมีกวามกว้าง 20 เซนติเมตร และมีความยาวการทำงานถึง 60 เซนติเมตร



รูปที่ 3.21 ชุดแกน H (ขึ้น-ลง) ในโครงงาน

จากรูปที่ 3.21 ชุดแกน H (ขึ้น-ลง) ในโครงงานจะมีอะลูมิเนียมโปรไฟล์แกน H (ขึ้น-ลง) ระยะ 45 เซนติเมตร มีระยะการทำงานตั้งแต่ 0-30 เซนติเมตร ระยะการทำงานเริ่มต้น 0 เซนติเมตรจะมีลิมิตสวิตซ์เป็นอุปกรณ์ตัดการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้หมุนกลับทิศทางสามารถคำนวณหาแรงบิดได้จากสูตรดังนี้

$$T = \frac{1}{2\pi} P[F + \mu W g] \tag{3.3}$$

T คือ แรงบิด (N.m.)

F คือ แรงภายนอก (N)

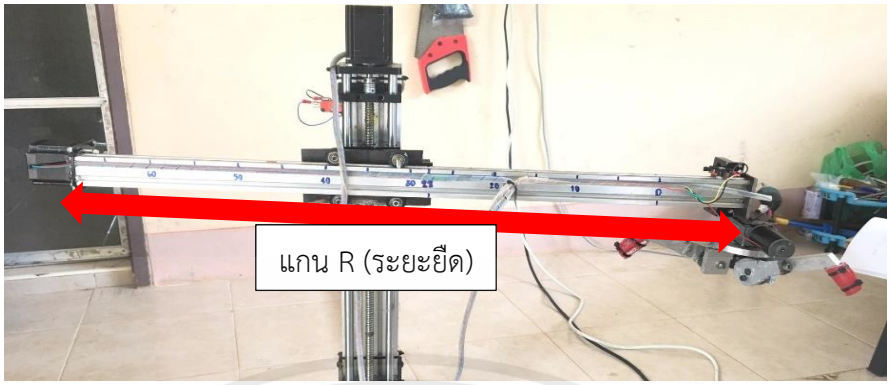
W คือ มวลโหลด (Kg)

μ คือ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานบนพื้นผิว (ประมาณ 0.05 ถึง 0.2)

g คือ ความเร่งแรงโน้มถ่วง (m/s2)

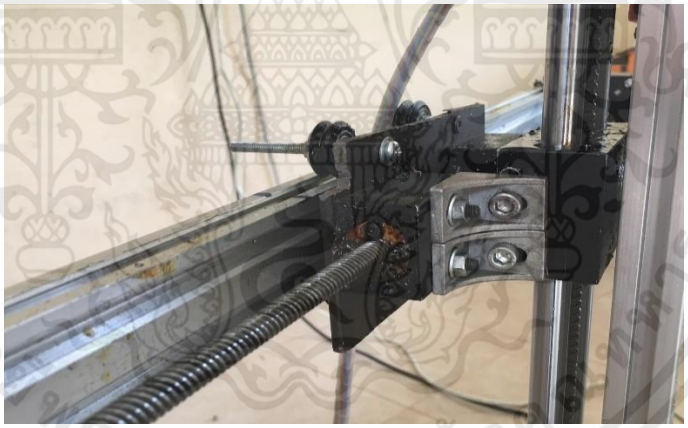
P คือ บอลสกรูลีด (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 ชุดแกน R (ระยะยืด) ในโครงงาน

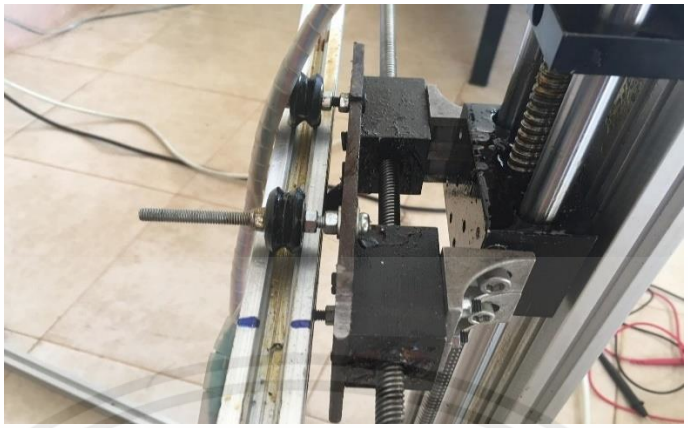
จากรูปที่ 3.22 ชุดแกน R (ระยะยืด) ในโครงงานจะมีอะลูมิเนียมโปรไฟล์แกน R (ระยะยืด) ระยะ 80 เซนติเมตร มีระยะการทำงานตั้งแต่ 0-58 เซนติเมตร ระยะการทำงานเริ่มต้น 0 เซนติเมตรจะมีลิมิตสวิตซ์เป็นอุปกรณ์ตัดการทำงานของสเต็ปปิ๊งมอเตอร์ให้หมุนกลับทิศทางการคำนวณสามารถคำนวณได้จากสูตรเดียวกับแกน H (ขึ้น-ลง)



รูปที่ 3.23 ชุดจับแกน H (ขึ้น-ลง) แกน R (ระยะยืด) ในโครงงาน

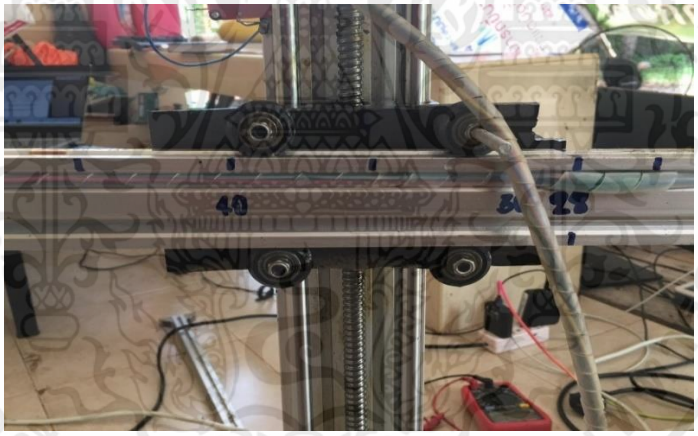
จากรูปที่ 3.23 ชุดจับแกน H (ขึ้น-ลง) แกน R (ระยะยืด) ในโครงงานจะมีแกน R (ระยะยืด) ระยะ 80 เซนติเมตร มีระยะการทำงานตั้งแต่ 0-58 เซนติเมตร ระยะการทำงานเริ่มต้น 0 เซนติเมตร จะมีลิมิตสวิตซ์เป็นอุปกรณ์ตัดการทำงานของสเต็ปปิ๊งมอเตอร์ให้หมุนกลับทิศทางการหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 ชุดจับแกน H (ขึ้น-ลง) แกน R (ระยะยืด) ในโครงงาน

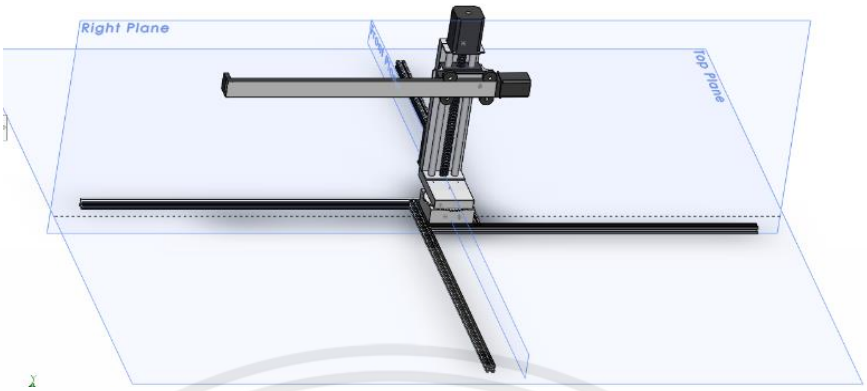
จากรูปที่ 3.24 แสดงถึงชุดจับแกน ของแกน H ที่ทำการจับยึดกับแกน R ด้วยแผ่นเพลทและฉากอลูมิเนียม



รูปที่ 3.25 ชุดจับแกน R (ระยะยืด)กับล้อลูกปืน ในโครงงาน

จากรูปที่ 3.25 แสดงถึง ล้อลูกปืน วี สลอท(V-slot) ที่ประคองแกนที่ยืนออกมาจากแกน H ที่จับกับแกน R ซึ่งเป็น อลูมิเนียมโปรไฟล์แบบวี สลอท

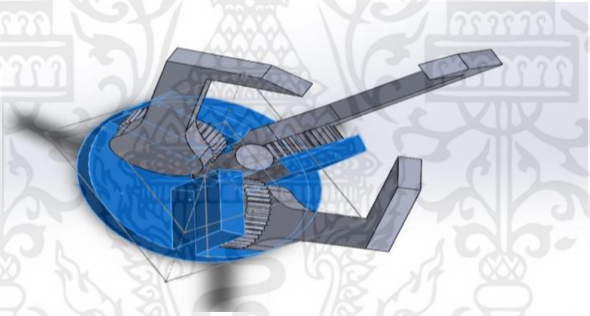
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 การออกแบบชุดแกน P (ฐานหมุน) H (ขึ้น-ลง) และ R (ระยะยืด)

จากรูปที่ 3.26 แสดงถึงแบบโมเดล 3 มิติ ซึ่งเป็นชิ้นงานโดยรวม

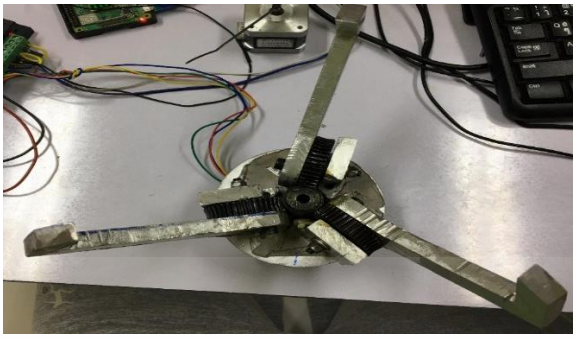
3.4.4 ออกแบบชุดมือจับชิ้นงาน ในโครงงาน



รูปที่ 3.27 ออกแบบชุดมือจับชิ้นงาน ในโครงงาน

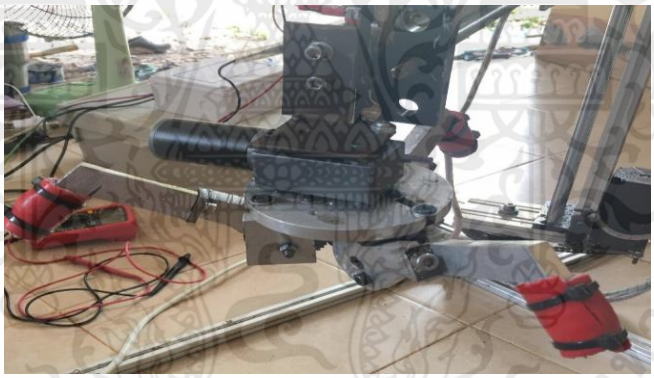
จากรูปที่ 3.27 แบบชุดมือจับชิ้นงานในโครงงานออกแบบปากจับแบบขยุมเพื่อให้สามารถจับวัตถุได้สามรูปแบบตามขอบเขตของโครงงานแขนกลสำหรับบรรจุขวดจะมีวัสดุที่ใช้ อะลูมิเนียมแผ่นหนา 10 มิลลิเมตร ออกแบบตัดแบบวงกลม 1 ชิ้น ตัดแบบสี่เหลี่ยม 3 ชิ้น เฟืองกลม 3 ตัว และเฟืองแท่งสำหรับจับกับมอเตอร์ดีซี 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 ชุดมือจับชิ้นงาน ในโครงงาน

จากรูปที่ 3.28 ชุดมือจับชิ้นงาน ในโครงงาน ที่ได้จากการออกแบบสามารถจับวัตถุได้สามรูปแบบตามขอบเขตของโครงงานแขนกลสำหรับบรรจุขวดจะมีวัสดุที่ใช้ อะลูมิเนียมแผ่นหนา 10 มิลลิเมตร ออกแบบตัดแบบวงกลม 1 ชิ้น ตัดแบบสี่เหลี่ยม 3 ชิ้น เฟืองกลม 3 ตัว และเฟืองแท่งสำหรับจับกับมอเตอร์ดีซี1 ตัว



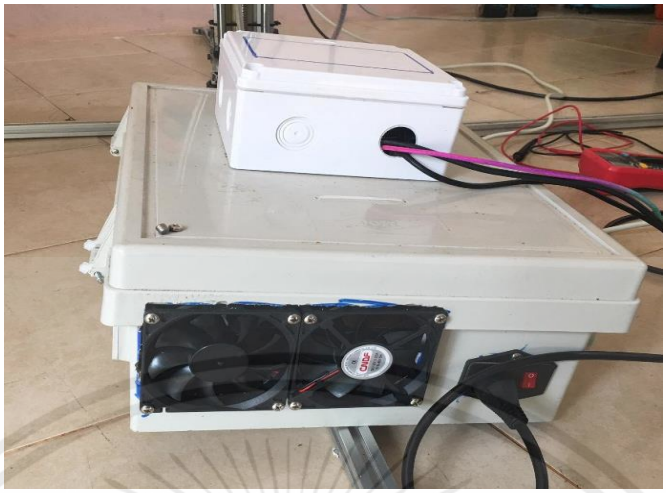
รูปที่ 3.29 ชุดมือจับชิ้น-งานกับแนวแกน R (ระยะยืด) ในโครงงาน

จากรูปที่ 3.29 ชุดมือจับชิ้น-งานกับแนวแกน R (ระยะยืด) ในโครงงานออกแบบให้สามารถจับมอเตอร์ดีซี กับอะลูมิเนียมโปรไฟล์แกน R (ระยะยืด) โดยใช้การเหล็กแผ่นหนา 4 มม.เป็นตัวยึดติดกับแกน R (ระยะยืด)

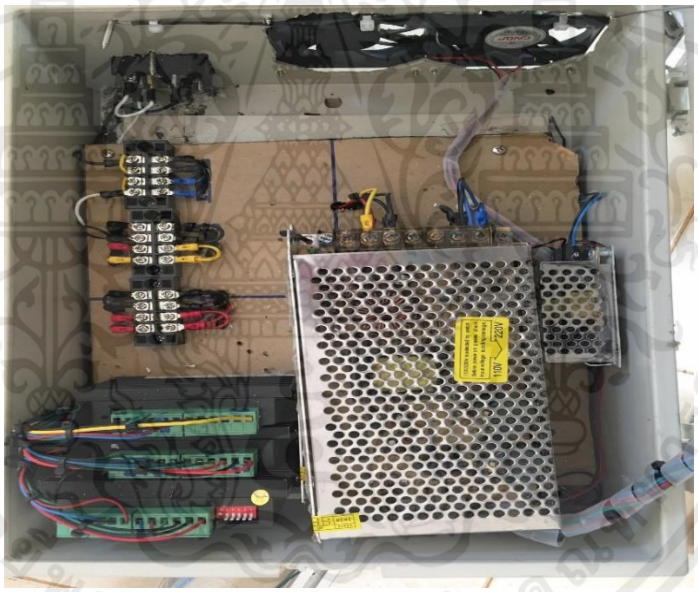
3.4.5 การวางอุปกรณ์ภายในกล่อง

จากรูป 3.30,3.31,3.32 และ 3.33 แสดงถึงโครงสร้างกล่องบรรจุอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์และจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

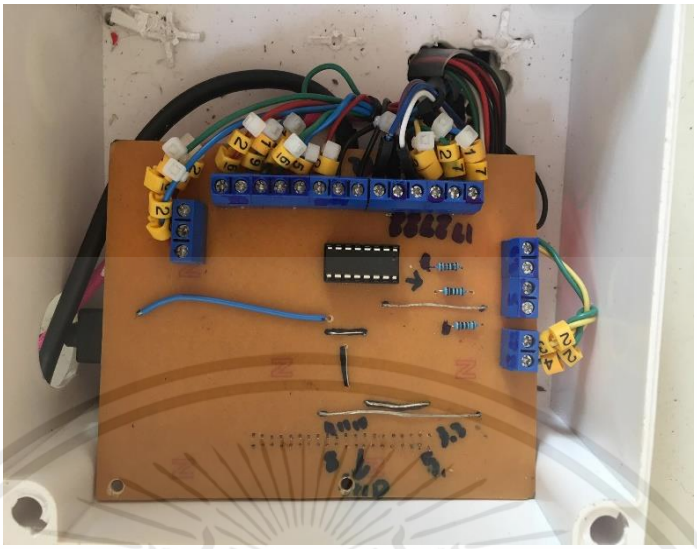


รูปที่ 3.30 กล่องอุปกรณ์

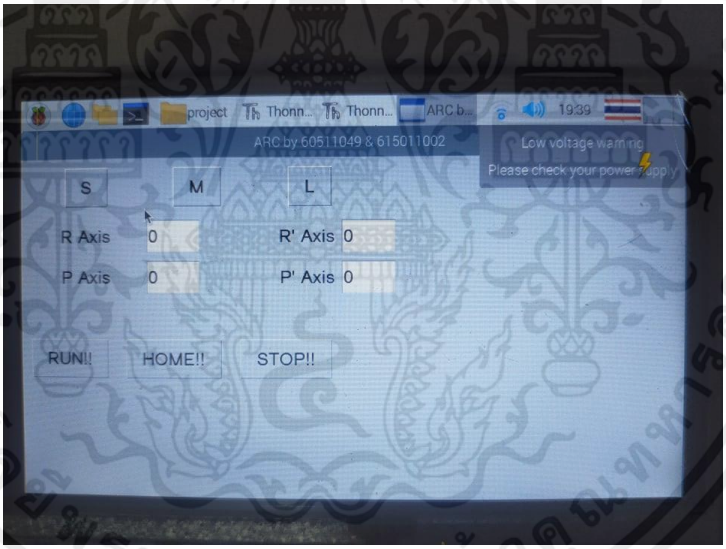


รูปที่ 3.31 การวางอุปกรณ์ภายในกล่องและเดินสายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 บอร์ดเสียบ Pinoutกับราสเบอรี่พาย



รูปที่ 3.33 จอป้อนค่าและแสดงผลการทำงาน

3.5 การติดตั้งบอร์ดราสเบอรี่พาย

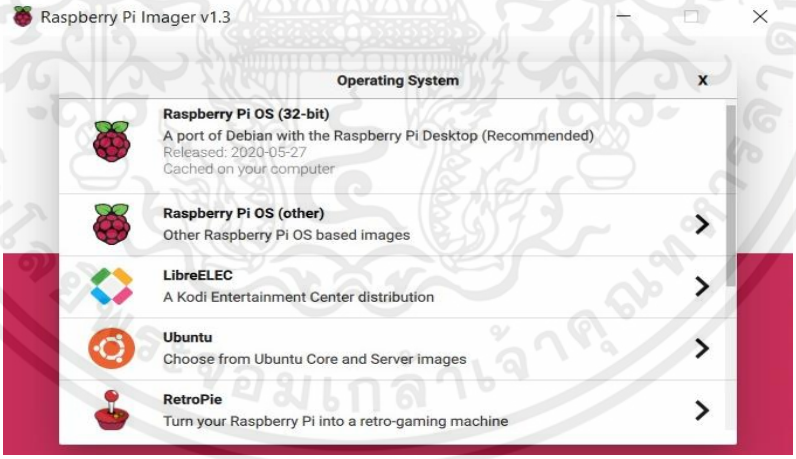
การติดตั้ง ราสเบอรี่พายอิมเมจเจอร์ให้ดาวน์โหลด ราสเบอรี่พายอิมเมจเจอร์จากเว็บ https://www.raspberrypi.org/downloads/ มาติดตั้งในคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.34 หน้าต่างโปรแกรม ราสเบอรี่พายอิมเมจเจอร์

จากรูปที่ 3.34 แสดงถึงหน้าต่างโปรแกรมราสเบอรี่พายอิมเมจเจอร์ซึ่ง มี 3 ปุ่มหลัก คือ CHOOSE OS (เลือก OS), CHOOSE SD CARD (เลือก SD card), WRITE (เขียนลง SD Card)

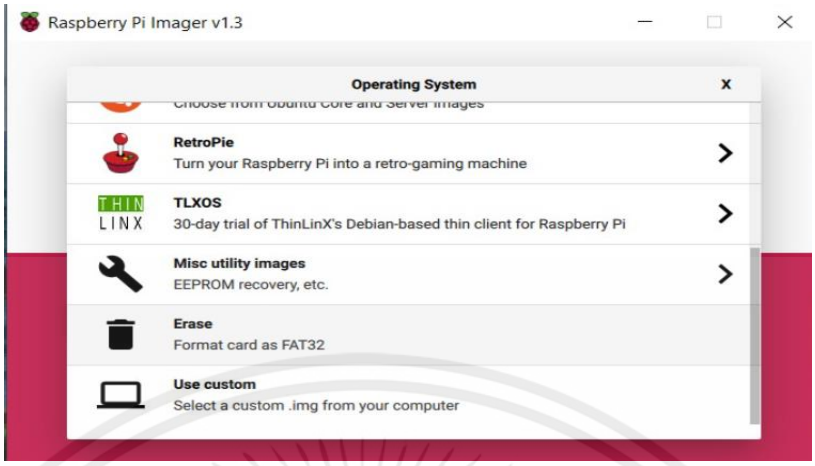
CHOOSE OS (ให้เลือก OS) มีชื่อ Raspberry Pi OS หลักให้เลือกทั้งสามแบบคือ Desktop, Desktop with recommended software และแบบ Lite โดยจะดาวน์โหลดแบบออนไลน์



รูปที่ 3.35 หน้าต่างโปรแกรมส่วนคำสั่ง CHOOSE OS

จากรูปที่ 3.35 แสดงถึงการมี OS อื่นๆ มาให้เลือกใช้งานด้วยเช่น LibreELEC, Ubuntu, RetroPie, ThinLinX ดาวน์โหลดออนไลน์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

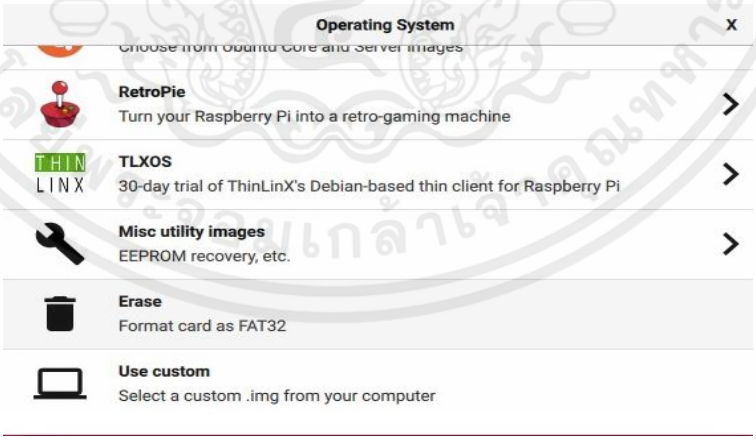


รูปที่ 3.36 หน้าต่างโปรแกรมส่วนคำสั่ง CHOOSE OS

รูปที่ 3.36 แสดงถึงหน้าต่างโปรแกรมส่วนคำสั่ง ในส่วน Misc utillity images มีเมนู EEPROM Recovery ใช้ในกรณีพบปัญหา SD card boot ไม่ขึ้น มีเมนู Erase สำหรับ format SD Card (ไม่ต้องลง SD Card Formatter แยกต่างหากแล้วถ้าอยากใช้ไฟล์ img ที่มีอยู่แล้วหรือดาวน์โหลดจากที่อื่นนอกเหนือจากข้างบนมาลงเองก็มีให้ตรง Custom OS

3.5.1 การเขียน Raspberry Pi OS Image ลง SD Card

1. Format SD Card เสียบ SD card เข้ากับคอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรม ราสเบอรี่พาย อิมเมจเจอร์(CHOOSE OS เลือก Erase)



รูปที่ 3.37 หน้าต่างโปรแกรมส่วนคำสั่ง CHOOSE OS เลือกErase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. CHOOSE SD CARD เลือก SD card ที่เราต้องการจะ format (ถ้าไม่พบ SD card ลองตรวจสอบดูว่าคอมพิวเตอร์เรามองเห็น SD card ไหมหรือ SD card ล็อกหรือเปล่า

รูปที่ 3.38 หน้าต่างโปรแกรมส่วนคำสั่ง SD card

3. เมื่อกด WRITE เพื่อ format แล้วรอสักครู่

รูปที่ 3.39 หน้าต่างโปรแกรมส่วนคำสั่ง SD card

รูปที่ 3.40 หน้าต่างโปรแกรมส่วนคำสั่ง SD card กำลัง format

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อทำเสร็จแล้วจะขึ้นหน้าต่าง Write Successful บอกว่า SD Card ถูกลบเรียบร้อย กด CONTINUE เพื่อปิดหน้าต่าง

รูปที่ 3.41 format SD Card เสร็จแล้ว

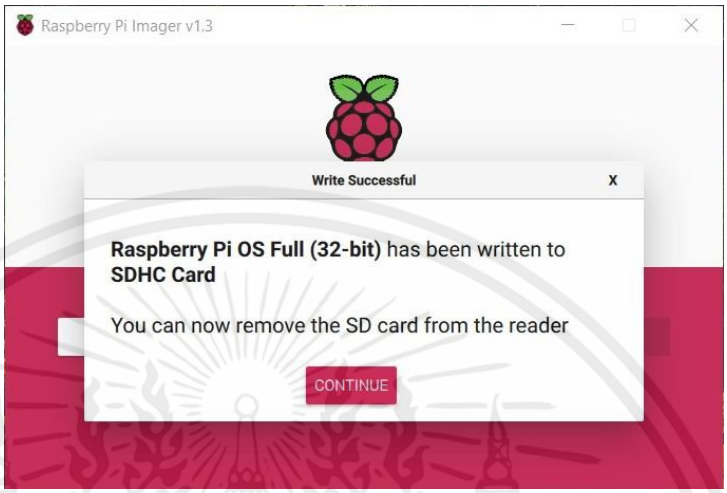
3.5.2 เขียน image ลง SD Card

1. CHOOSE OS เลือก OS ที่เราต้องการ (ในที่นี้เราเลือก Raspberry Pi OS Full 32bit) CHOOSE SD CARD เลือก SD card ที่เราต้องการ กด WRITE แล้วรอ

รูปที่ 3.42 CHOOSE OS เลือก OS ที่เราต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อเขียนเสร็จแล้ว จะขึ้นหน้าต่าง Write Successful บอกว่าเขียน image เรียบร้อยแล้ว กด CONTINUE ปิดโปรแกรม แล้วนำ SD Card ไปใช้กับ ราสเบอรรี่ไพได้



รูปที่ 3.43 CHOOSE OS เลือก OS ที่เราต้องการ

3.6 การลง MCP3208 กับราสเบอรี่พาย

การลง MCP3208 กับราสเบอรี่พายจะต้องทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. เริ่มต้นต้องลง Raspbian OS ไปโหลดการติดตั้ง ราสเบอรี่พายอิมเมจเจอร์

2. จากนั้นก็ ไปที่ LX Terminal จัดการกับ Library และตัว Download ที่ต้องใช้เป็นโปรแกรมที่จะจัดการเรื่องการ Download ไฟล์ที่จำเป็นจาก Github มาให้ $ sudo apt-get install git

3. เสร็จแล้วเราต้องเข้าไปแก้ไฟล์ในระบบโดยใช้คำสั่ง nano เพื่อให้สามารถใช้งาน SPI ได้โดย $ sudo nano /etc/modules แล้วให้เพิ่ม spidev ไปที่บรรทัดสุดท้ายของไฟล์จากนั้นให้สั่งเปิดไฟล์ด้วย $ sudo nano /etc/modprobe.d/raspi-blacklist.conf แล้ว Comment เอา blacklist ออก ด้วยเครื่องหมาย # ที่เริ่มต้นบรรทัด #blacklist spi-bcm2708

4. ลงโปรแกรม Python และ ติดตั้งตามคำสั่งต่อจากนี้ครับ $ cd ~ ต่อด้วย$ sudo apt-get install python-dev ต่อด้วย $ git clone git://github.com/doceme/py-spidev ต่อด้วย $ cd py-spidev/ ต่อด้วย $ sudo python setup.py install จากนั้น Reboot ใหม่ด้วย $ sudo reboot

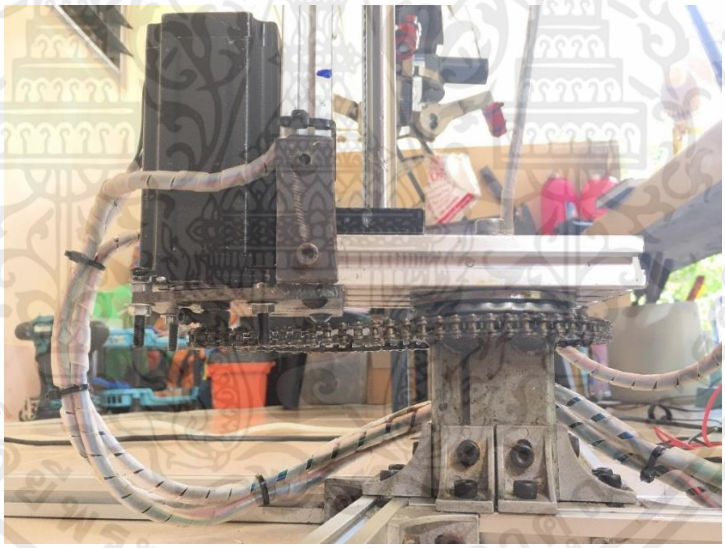
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองแขนกลสำหรับบรรจุขวด ประกอบไปด้วย การทดลองการทำงานของแกน P (ฐานหมุน) การทดลองการทำงานของแกน H (ขึ้น-ลง) การทดลองการทำงานของแกน R (ระยะยืด) การทดลองน้ำหนักและการทดลองจับวัตถุ

4.1 การทดลองการทำงานแกน P (ฐานหมุน)

การทดลองการทำงานของแกน P (ฐานหมุน) โดยใช้การป้อนค่าในแกน P (ฐานหมุน) เป็นการทดลองการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวดจากค่าที่กำหนดไปและค่าที่ได้ เพื่อทดลองแกน P (ฐานหมุน) ว่ามีการทำงานได้ตามดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ระยะการทำงานของแกน P (ฐานหมุน)

จากรูปที่ 4.1 เห็นได้ว่ามีเลขระยะการทำงานของแกน P (ฐานหมุน)ตั้งแต่ 0-300 องศา และค่ากลางที่ตั้งค่าไว้คือ 150 องศา เพื่อให้การทำงานของแกนได้เร็วขึ้น ทำงานโดยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ควบคุมเฟืองเกียร์ให้หมุนซ้าย-ขวาตามระยะที่เราป้อนค่าลงในโปรแกรมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางทดลองที่ 4.1 ทดลองการทำงานแกน P (ฐานหมุน)

ค่าที่กำหนด		จำนวนการทดลอง (ครั้ง)	ค่าที่ได้		%Error	
ระยะเริ่มต้น (P) (องศา)	ระยะสิ้นสุด (P') (องศา)		ระยะเริ่มต้น (P) (องศา)	ระยะสิ้นสุด (P') (องศา)	ระยะเริ่มต้น	ระยะสิ้นสุด
45	150	10	44.828	150.188	0.382	0.125
90	150	10	89.834	150.183	0.184	0.102
135	150	10	134.839	150.178	0.119	0.118
180	150	10	180.021	150.173	0.012	0.115
225	150	10	225.026	149.991	0.012	0.006
270	150	10	270.031	149.991	0.011	0.006
300	150	10	300.035	149.991	0.012	0.006

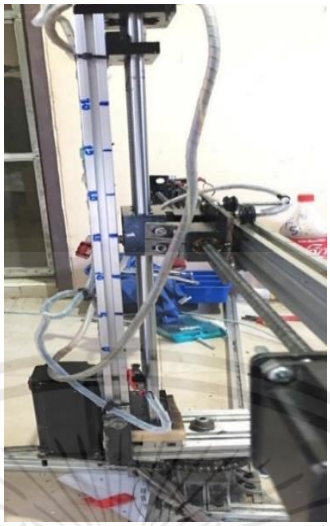
จากตารางทดลองที่ 4.1 ทดลองการทำงานแกน P (ฐานหมุน) เห็นได้ว่าการทำงานของแกน P (ฐานหมุน) จะมีค่าความผิดพลาดของค่าที่กำหนดและค่าที่วัดได้ไม่เกิน 0.4 % โดยคำนวณได้จากสูตรดังนี้

จากสูตร เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน $= \left| \frac{\text{ค่าที่ได้} - \text{ค่าที่กำหนด}}{\text{ค่าที่กำหนด}} \right| \text{x}100\%$

4.2 การทดลองการทำงานแกน H (ขึ้น-ลง)

การทดลองการทำงานของแกน H (ขึ้น-ลง) โดยใช้การป้อนค่าในแกน H (ขึ้น-ลง) เป็นการทดลองการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวดจากค่าที่กำหนดไปและค่าที่ได้ เพื่อทดลองแกน H (ขึ้น-ลง) ว่ามีการทำงานได้ตามดังแสดงในรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ระยะการทำงานของแกน H (ขึ้น-ลง)

จากรูปที่ 4.2 เห็นได้ว่ามีเลขระยะการทำงานของแกน H (ขึ้น-ลง)ตั้งแต่ 0-30 เซนติเมตร และค่ากลางที่ตั้งค่าไว้คือ 15 เซนติเมตร เพื่อให้การทำงานของแกนได้เร็วขึ้น ทำงานโดยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ควบคุมเฟืองเกลียวให้หมุนขึ้น-ลงตามระยะที่เราป้อนค่าลงในโปรแกรมการทำงาน

ตารางทดลองที่ 4.2 ทดลองการทำงานแกน H (ขึ้น-ลง)

ค่าที่กำหนด		จำนวนการทดลอง (ครั้ง)	ค่าที่ได้		%Error	
ระยะเริ่มต้น (H) (ซม.)	ระยะสิ้นสุด (H') (ซม.)		ระยะเริ่มต้น (H) (ซม.)	ระยะสิ้นสุด (H') (ซม.)	ระยะเริ่มต้น	ระยะสิ้นสุด
0	15	10	-0.002	14.992	0	0.053
5	15	10	4.998	15	0.040	0
10	15	10	9.998	15	0.020	0
15	15	10	15	15	0	0
20	15	10	20.002	15.008	0.010	0.053
25	15	10	25.002	15.026	0.008	0.173
30	15	10	30.002	15.004	0.007	0.027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางทดลองที่ 4.2 ทดลองการทำงานแกน H (ขึ้น-ลง) เห็นได้ว่าการทำงานของแกน H (ขึ้น-ลง) จะมีค่าความผิดพลาดของค่าที่กำหนดและค่าที่วัดได้ไม่เกิน 0.055 % โดยคำนวณได้จากสูตรดังนี้

จากสูตร เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน $= \left|\frac{\text{ค่าที่ได้} - \text{ค่าที่กำหนด}}{\text{ค่าที่กำหนด}}\right| \text{x}100\%$

4.3 การทดลองการทำงานแกน R (ระยะยืด)

การทดลองการทำงานของแกน R (ระยะยืด) โดยใช้การป้อนค่าในแกน R (ระยะยืด) เป็นการทดลองการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวดจากค่าที่กำหนดไปและค่าที่ได้ เพื่อทดลองแกน R (ระยะยืด) ว่ามีการทำงานได้ตามดังแสดงในรูปที่ 4.3

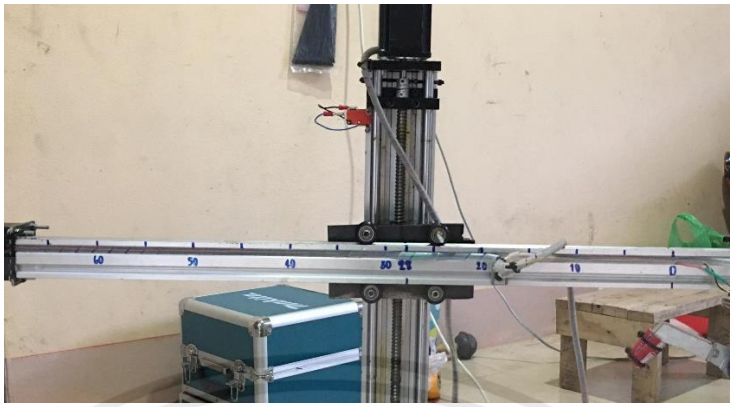
ตารางทดลองที่ 4.3 ทดลองการทำงานแกน R (ระยะยืด)

ค่าที่กำหนด		จำนวนการทดลอง (ครั้ง)	ค่าที่ได้		%Error	
ระยะเริ่มต้น (R) (ซม.)	ระยะสิ้นสุด (R') (ซม.)		ระยะเริ่มต้น (R) (ซม.)	ระยะสิ้นสุด (R') (ซม.)	ระยะเริ่มต้น	ระยะสิ้นสุด
0	30	10	-0.004	29.992	0	0.027
10	30	10	9.996	30	0.040	0
20	30	10	19.996	30	0.020	0
30	30	10	30	30	0	0
40	30	10	40.004	30.016	0.010	0.053
58	30	10	58.004	29.996	0.007	0.013

จากตารางทดลองที่ 4.3 ทดลองการทำงานแกน R (ระยะยืด) เห็นได้ว่าการทำงานของแกน R (ระยะยืด) จะมีค่าความผิดพลาดของค่าที่กำหนดและค่าที่วัดได้ไม่เกิน 0.055 % โดยคำนวณได้จากสูตรดังนี้

จากสูตร เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน $= \left|\frac{\text{ค่าที่ได้} - \text{ค่าที่กำหนด}}{\text{ค่าที่กำหนด}}\right| \text{x}100\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ระยะการทำงานของแกน R (ระยะยืด)

จากรูปที่ 4.3 เห็นได้ว่ามีเลขระยะการทำงานของแกน R (ระยะยืด) ตั้งแต่ 0-60 เซนติเมตรแต่ระยะทำงานสูงสุดได้เพียง 58 เซนติเมตรและค่ากลางที่ตั้งค่าไว้คือ 30 เซนติเมตร เพื่อให้การทำงานของแกนได้เร็วขึ้น ทำงานโดยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ควบคุมเฟืองเกลียวให้หมุนซ้าย-ขวาตามระยะที่เราป้อนค่าลงในโปรแกรมการทำงาน

4.4 การทดลองน้ำหนัก

การทดลองน้ำหนักแขนกลสำหรับบรรจุขวด ใช้ระยะทดลองการทำงานของแกน H=22,H'=30,R=40,R'=30,P=5 และP'=300 เนื่องจากใช้ขวดน้ำ 1500 ml บรรจุทรายให้ได้น้ำหนัก 0.5-2 กิโลกรัมมีการทดลองน้ำหนักดังแสดงในรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การทดลองน้ำหนัก

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	จำนวนการทดลอง (ครั้ง)	การทำงาน		เวลา (วินาที)
		ได้	ไม่ได้	
0.5	1	✓	-	19.05
	2	✓	-	19.13
	3	✓	-	18.98
	4	✓	-	18.72
	5	✓	-	19.42
	6	✓	-	19.40
	7	✓	-	18.98
	8	✓	-	19.05
	9	✓	-	19.20
	10	✓	-	19.25
1	1	✓	-	22.42
	2	✓	-	22.30
	3	✓	-	23.40
	4	✓	-	22.92
	5	✓	-	23.32
	6	✓	-	22.45
	7	✓	-	23.20
	8	✓	-	23.30
	9	✓	-	23.10
	10	✓	-	23.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การทดลองน้ำหนัก (ต่อ)

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	จำนวนการทดลอง (ครั้ง)	การทำงาน		เวลา (วินาที)
		ได้	ไม่ได้	
1.5	1	✓	-	26.30
	2	✓	-	28.85
	3	✓	-	27.85
	4	✓	-	26.30
	5	✓	-	27.20
	6	✓	-	26.40
	7	✓	-	27.30
	8	✓	-	28.05
	9	✓	-	28.00
	10	✓	-	28.10
2	1	✓	-	28.85
	2	✓	-	28.15
	3	✓	-	27.72
	4	✓	-	27.80
	5	✓	-	28.50
	6	✓	-	28.25
	7	✓	-	27.50
	8	✓	-	28.10
	9	✓	-	27.99
	10	✓	-	28.15

จากตารางทดลองที่ 4.4 การทดลองน้ำหนัก เห็นได้ว่าการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวดหยิบจับชิ้นงานน้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม มีเวลาการทำงานเร็วสุด 18.72 ช้าสุด 19.25 วินาที,น้ำหนัก 1 กิโลกรัม มีเวลาการทำงานเร็วสุด 22.30 วินาที ช้าสุด 23.40 วินาที,น้ำหนัก 1.5 กิโลกรัม มีเวลาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานเร็วสุด 26.30 วินาที ช้าสุด 28.85 วินาที,น้ำหนัก 2 กิโลกรัม มีเวลาการทำงานเร็วสุด 27.50 วินาที ช้าสุด 28.75 วินาที

รูปที่ 4.4 การทดลองน้ำหนัก

จากรูปที่ 4.4 เห็นได้ว่ามีทรายแต่ละขวดไม่เท่ากันเพื่อเป็นการทดลองน้ำหนักการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวดเพื่อให้ได้การทดลองที่มีน้ำหนักที่แตกต่างกันตั้งแต่ 0.5-2 กิโลกรัม จะมีเวลาเป็นตัววัดการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวด ดังตารางต่อไปนี้

4.5 การทดลองจับวัตถุ

การทดลองจับวัตถุของแขนกลสำหรับบรรจุขวด เป็นการหยิบวัตถุจากจุดๆ หนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งโดยใช้ขวดน้ำเปล่า,กระป๋อง,กล่อง 5x5x5 ซม.,กล่อง 6x6x6 ซม.และกล่อง 7x7x7 ซม. เป็นวัตถุในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4.5,4.6,4.7,4.8 และ4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 การทดลองจับขวดน้ำเปล่า

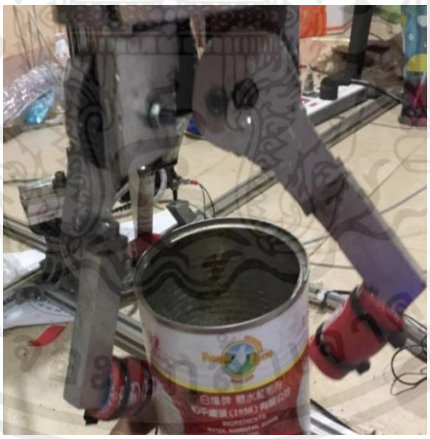
วัตถุ	จำนวนการทดลอง (ครั้ง)	การทำงาน	
		ได้	ไม่ได้
ขวดน้ำเปล่า	1	✓	-
	2	✓	-
	3	✓	-
	4	✓	-
	5	✓	-
	6	✓	-
	7	✓	-
	8	✓	-
	9	✓	-
	10	✓	-

รูปที่ 4.5 การทดลองจับขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การทดลองจับกระป๋อง

วัตถุ	จำนวนการทดลอง (ครั้ง)	การทำงาน	
		ได้	ไม่ได้
กระป๋อง	1	✓	-
	2	✓	-
	3	✓	-
	4	✓	-
	5	✓	-
	6	✓	-
	7	✓	-
	8	✓	-
	9	✓	-
	10	✓	-



รูปที่ 4.6 การทดลองจับกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 การทดลองจับกล่อง 5x5x5 ซม.

วัตถุ	จำนวนการทดลอง (ครั้ง)	การทำงาน	
		ได้	ไม่ได้
กล่องขนาด 5x5x5 ซม.	1	✓	-
	2	✓	-
	3	✓	-
	4	✓	-
	5	✓	-
	6	✓	-
	7	✓	-
	8	✓	-
	9	✓	-
	10	✓	-

รูปที่ 4.7 การทดลองจับกล่อง 5x5x5 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 การทดลองจับกล่อง 6x6x6 ซม.

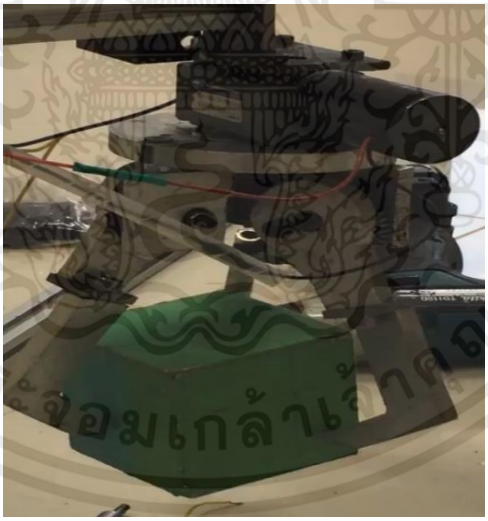
วัตถุ	จำนวนการทดลอง (ครั้ง)	การทำงาน	
		ได้	ไม่ได้
กล่องขนาด 6x6x6 ซม.	1	✓	-
	2	✓	-
	3	✓	-
	4	✓	-
	5	✓	-
	6	✓	-
	7	✓	-
	8	✓	-
	9	✓	-
	10	✓	-

รูปที่ 4.8 การทดลองจับกล่อง 6x6x6 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 การทดลองจับกล่อง 7x7x7 ซม.

วัตถุ	จำนวนการทดลอง (ครั้ง)	การทำงาน	
		ได้	ไม่ได้
กล่องขนาด 7x7x7 ซม.	1	✓	-
	2	✓	-
	3	✓	-
	4	✓	-
	5	✓	-
	6	✓	-
	7	✓	-
	8	✓	-
	9	✓	-
	10	✓	-



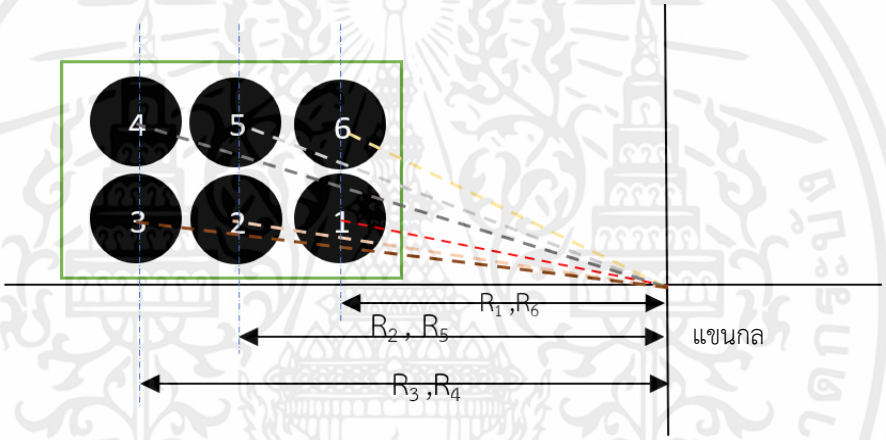
รูปที่ 4.9 การทดลองจับกล่อง 7x7x7 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางทดลองที่ 4.5,4.6,4.7,4.8และ4.9 การทดลองจับวัตถุ เห็นได้ว่าการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวด หยิบจับชิ้นงาน 3 รูปแบบ มี ขวดน้ำเปล่า,กระป๋องและกล่อง 3 ขนาดคือ 5x5x5 ซม., 6x6x6 ซม.,7x7x7 ซม. สามารถจับวัตถุได้ไม่ผิดพลาด

4.6 การจับ-วางวัตถุ 6 ตำแหน่ง

การออกแบบทดลองจับ-วางวัตถุ 6 ตำแหน่งมีการทำงานจับวัตถุจากจุดเริ่มต้นแกน H,P,R ตามค่าที่ป้อนแต่แขนกลสำหรับบรรจุขวดรับค่าโดยให้เลือกไซด์ขนาดความสูงขวดโดยแกน H ทำงานจับวัตถุตามขนาดไซด์ที่เลือกแล้วขึ้น 7 เซนติเมตรส่วนตำแหน่งวางวัตถุให้แกน H ลง 7 เซนติเมตรส่วนตำแหน่งวางวัตถุแกน P',R' ตามค่าที่ป้อนเหมือนกันทุกแกนจะทำงานซ้ำกัน 6 ครั้งแต่ละครั้งมีระยะความห่าง 5 เซนติเมตรต่อขวด ตามค่าที่เซ็ตไว้โดยจะทดลองจับขวดน้ำอัดลมขนาด 345 มิลลิลิตร.



รูปที่ 4.10 การจับ-วางวัตถุ 6 ตำแหน่ง

การจับ-วางวัตถุ 6 ตำแหน่งเริ่มจากการป้อนค่าระยะเริ่มต้นในแนวแกน P (ฐานหมุน) แกน R (ระยะยืด) ทำงานโดยการเลือกไซด์ขนาดขวดแล้วแกน H (ขึ้น-ลง) ขึ้น 7 เซนติเมตร ลง 7เซนติเมตร การวางตำแหน่งเรียงกันแต่ละตำแหน่งระยะห่างต่อขวด 7 เซนติเมตรดังรูปที่ 4.10 และสามารถคำนวณได้จากสูตรที่ (4.1),(4.2),(4.3) และ(4.4)

$$\emptyset_{1,2,3} = 0 \tag{4.1}$$

$$\emptyset_4 = tan^{-1}\left(\frac{7}{R_3}\right) \tag{4.2}$$

$$\emptyset_5 = tan^{-1}\left(\frac{7}{R_2}\right) \tag{4.3}$$

$$\emptyset_6 = tan^{-1}\left(\frac{7}{R_1}\right) \tag{4.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 การทดลองจับ-วางวัตถุ 6 ตำแหน่ง

วัตถุ	จำนวนการทดลอง (ครั้ง)	การทำงาน		เวลา (นาที)
		ได้	ไม่ได้	
ขวดน้ำขนาดไซด์ S ความสูง 10 CM.	1	✓	-	5.13
	2	✓	-	5.14
	3	✓	-	5.13
	4	✓	-	5.15
	5	✓	-	5.13
	6	✓	-	5.12
	7	✓	-	5.14
	8	✓	-	5.13
	9	✓	-	5.13
	10	✓	-	5.12
ขวดน้ำขนาดไซด์ Mความสูง 14 CM.	1	✓	-	5.10
	2	✓	-	5.14
	3	✓	-	5.12
	4	✓	-	5.13
	5	✓	-	5.13
	6	✓	-	5.12
	7	✓	-	5.14
	8	✓	-	5.11
	9	✓	-	5.13
	10	✓	-	5.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 การทดลองจับ-วางวัตถุ 6 ตำแหน่ง (ต่อ)

วัตถุ	จำนวนการทดลอง (ครั้ง)	การทำงาน		เวลา (นาที)
		ได้	ไม่ได้	
ขวดน้ำขนาดไซด์ L ความสูง 18 CM.	1	✓	-	5.11
	2	✓	-	5.12
	3	✓	-	5.13
	4	✓	-	5.15
	5	✓	-	5.13
	6	✓	-	5.12
	7	✓	-	5.14
	8	✓	-	5.13
	9	✓	-	5.13
	10	✓	-	5.12

จากตารางที่ 4.10 การทดลองจับ-วางวัตถุ 6 ตำแหน่งเห็นว่าระยะการวางแต่ละจุดไม่เท่ากัน สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ คือสามารถจับ-วางวัตถุได้ 6 ตำแหน่ง โดยใช้เวลาการจับ-วางตำแหน่ง 0.842 นาทีต่อตำแหน่ง ดังนั้นการจับ-วางวัตถุ 6 ตำแหน่งใช้เวลาทั้งหมดไม่เกิน 5.05 นาที

รูปที่ 4.11 การจับ-วางขวด 6 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5
สรุปผลการทดลองปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การทดลองการทำงานแกน P (ฐานหมุน)

จากการทดลองตามตารางที่ 4.1 ผลปรากฏว่าการทำงานแกน P (ฐานหมุน) สามารถทำงานหมุนได้ระยะตั้งแต่0-300 องศา อาจจะมีความผิดพลาดเล็กน้อยแต่สามารถทำงานได้มีความผิดพลาดการทำงานเฉลี่ยอยู่ที่ 0.4 เปอร์เซ็นต์

5.1.2 การทดลองการทำงานของแกน H (ขึ้น-ลง)

จากการทดลองตามตารางที่ 4.2 ผลปรากฏว่าการทำงานแกน H (ขึ้น-ลง) สามารถทำงานในแนวขึ้น-ลงระยะตั้งแต่ 0-30 เซนติเมตรได้ อาจจะมีความผิดพลาดเล็กน้อยแต่สามารถทำงานได้มีความผิดพลาดการทำงานเฉลี่ยอยู่ที่ 0.055 เปอร์เซ็นต์

5.1.3 การทดลองการทำงานของแกน R (ระยะยืด)

จากการทดลองตามตารางที่ 4.3 ผลปรากฏว่าการทำงานแกน R (ระยะยืด) สามารถทำงานยืดได้ระยะตั้งแต่ 0-58 เซนติเมตรได้ อาจจะมีความผิดพลาดเล็กน้อยแต่สามารถทำงานได้มีความผิดพลาดการทำงานเฉลี่ยอยู่ที่ 0.055 เปอร์เซ็นต์

5.1.4 การทดลองน้ำหนัก

จากการทดลองตามตารางที่ 4.4 น้ำหนักด้วยการจับวัตถุที่มีน้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม, 1 กิโลกรัม, 1.5 กิโลกรัม และ 2 กิโลกรัม ปรากฏว่าการทำงานสามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 2 กิโลกรัมได้มีเวลาการทำงานแตกต่างกันไปแล้วแต่น้ำหนักโหลดเวลามากสุดของโหลดอยู่ที่ 27.50 วินาที

5.1.5 การทดลองจับวัตถุ

จากการทดลองตามตารางที่ 4.5,4.6,4.7,4.8และ4.9 แขนกลสำหรับบรรจุขวดสามารถจับวัตถุได้ 3 รูปแบบที่กำหนดคือ ขวดน้ำเปล่า 1500 ml.,กระป๋องและกล่อง 3 ขนาด คือ 5x5x5 ซม. 6x6x6 ซม. 7x7x7 ซม. สามารถจับวัตถุได้ตามที่กำหนดไว้

5.1.6 การทดลองจับ-วางวัตถุ 6 ตำแหน่ง

จากการทดลองตามตารางที่ 4.10 การทดลองจับ-วางวัตถุ 6 ตำแหน่งแขนกลสำหรับบรรจุขวดสามารถทำงานจับ-วางวัตถุได้ 6 ตำแหน่งตามที่ออกแบบไว้เวลาที่ใช้จับ-วางวัตถุต่อตำแหน่งใช้เวลา 0.842 นาที ถ้าทำงานจับ-วางวัตถุ 6 ตำแหน่งใช้เวลาเพียง 5.05 นาที ดังนั้นใช้เวลาไม่เกิน 1 นาทีต่อตำแหน่งตามที่กำหนดไว้ มีค่าผิดพลาดต่อตำแหน่ง 1.04 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. ปัญหาการขึ้นรูปมือจับวัตถุด้วยมือเนื่องจากขนาดไม่ได้มาตรฐานทำให้มือจับวัตถุไม่สามารถจับชิ้นงานได้เสถียรมาก

2. ปัญหาสเต็ปปิ้งมอเตอร์แกน P (ฐานหมุน) มีอัตราทดรอบการหมุนไม่เพียงพอแต่พอทำงานได้แต่ไม่เสถียรมาก

3. ในขอบเขตแกน R (ระยะยืด) ทำงานได้สูงสุด 60 ซม. แต่เมื่อทดลองทำงานจริง แกน R (ระยะยืด) สามารถทำงานได้สูงสุดแค่ 58 ซม.

5.3 ข้อเสนอแนะและแก้ไขปัญหา

1. การแก้ไขปัญหาที่พบของการขึ้นรูปมือจับวัตถุด้วยมือ ต้องมีการวางแผนการออกแบบโครงสร้างและการทำชิ้นงานให้ได้ขนาดตามที่กำหนดไว้ในโครงสร้าง จึงจะสามารถทำงานได้ดีขึ้น

2. การแก้ปัญหาของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ แกน P (ฐานหมุน) ให้มีอัตราทดที่เพิ่มขึ้นจากตัวเดิม มีขนาด 1 ต่อ 5 เท่าปรับใหม่ให้ขนาดอัตราทดเพิ่มขึ้น

3. การแก้ปัญหาเปลี่ยนอลูมิเนียมโปรไฟล์ในแกน R (ระยะยืด) ให้มีระยะเพิ่มอีก 2 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ชานนท์ ลอยลม, สิทธิพงษ์ รอดมาลัย และวีรวุฒิ มะสิงห์, “ชุดจำลองแขนกลอุตสาหกรรม,” **ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**, สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยบูรพา, 2560.

[2] ไชยชาญ หินเกิด, **มอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุม**, กรุงเทพฯ: ส.ส.ท. se-ed, 2560.

[3] พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, **เครื่องมือวัดและวงจรไฟฟ้า**, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2562.

[4] เดชฤทธิ์ มณีธรรม, **“คัมภีร์การใช้งานหุ่นยนต์ (ROBOT), ”** กรุงเทพฯ :ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2559.

[5] จอมภพ ละออ และ ประจักร ลำจวน, “การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน DESIGN AND IMPLEMENT OF CARTESIAN ROBOT,” **บทความวิจัยภาควิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต**, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, 2560, 174-191.

[6] **“สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor)”** (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: http://www.9ddn.com/content.php?pid=884, เข้าถึงสุดท้าย 20 กันยายน 2563.

[7] **“สเต็ปปิ้งมอเตอร์ไดร์ฟ (Stepping Motor Drive)”** (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: https://www.factomart.com/th/stepping-motor-drive, เข้าถึงสุดท้าย 20 กันยายน 2563.

[8] **“สวิตช์จำกัดระยะ ลิมิตสวิตช์ (Limit Switch)”** (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: http://www.fonengineering.com/limit-switch/, เข้าถึงสุดท้าย 25 กันยายน 2563.

[9] **“บอร์ด Raspberry Pi 3 Model B+”** (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: https://blog.thaieasyelec.com/preview-raspberry-pi-3-model-b-plus/, เข้าถึงครั้งสุดท้าย 25 กันยายน 2563.

[10] **“ภาษา Python”** (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: https://www.aosoft.co.th/article/322/Python-คืออะไร-ภาษา-python-ใช้ทำอะไร.html, เข้าถึงครั้งสุดท้าย 25 กันยายน 2563.

[11] **“Raspberry Pi - Analog Input with ADC (MCP3208)” (**ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: https://www.arduitronics.com/article/53/raspberry-pi-analog-input-with-adc-mcp3208, เข้าถึงครั้งสุดท้าย 10 เมษายน 2564.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[12] **“Current Sensor Module 05A (ACS712-05A)”** (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: https://www.myarduino.net/product/922/current-sensor-module-05a-acs712-05a, เข้าถึงครั้งสุดท้าย 15 เมษายน 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

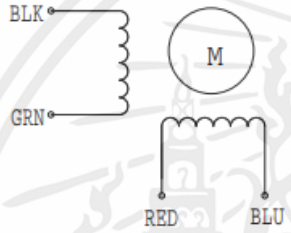
คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HIGH TORQUE HYBRID STEPPING MOTOR SPECIFICATIONS

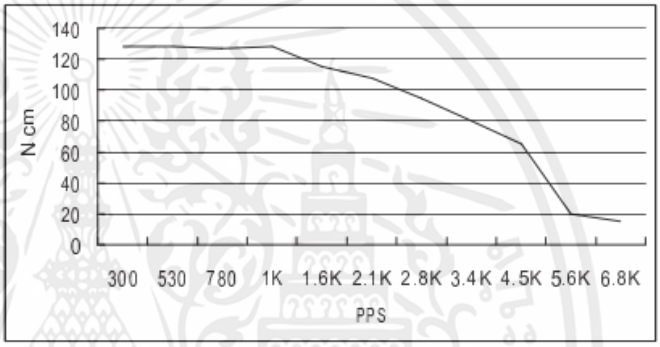
General specifications		Electrical specifications	
Step Angle (°)	1.8	Rated Voltage (V)	3.2
Temperature Rise (℃)	80 Max (rated current, 2 phase on)	Rated Current (A)	2.8
Ambient Temperature (℃)	-20~+50	Resistance Per Phase (±10% Ω)	1.13
Number of Phase	2	Inductance Per Phase (±20% mH)	3.6
Insulation Resistance (MΩ)	100 Min (500VDC)	Holding Torque (N.cm)	189
Insulation Class	Class B	Weight (Kg)	1.05
Max.radial force (N)	75 (20mm from the flange)		
Max.axial force (N)	15		

● Wiring Diagram :



● Pull out torque curve :

VOLTAGE: 30VDC, CONSTANT CURRENT:2.8A,HALF STEP



● Dimensions:

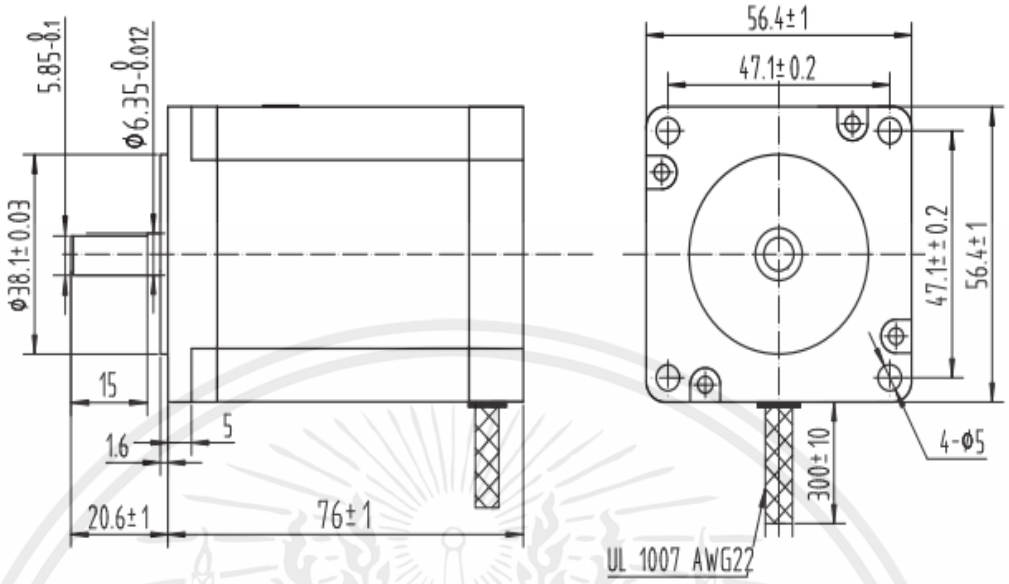
(unit=mm)

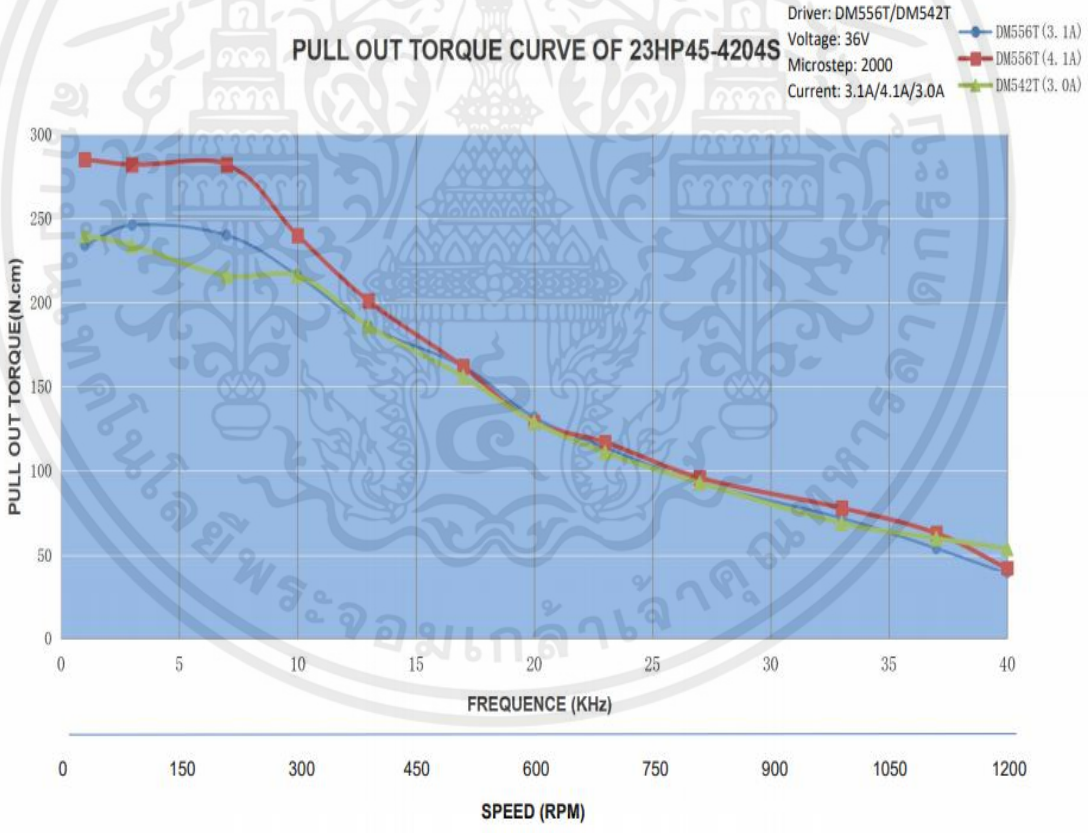
Wiring and Connections

Signals and wire colors	2.4 Amp motors	3.0 Amp motors	6.0 Amp motors
Phase A	Red	Red	Black
Phase /A	White/red	White/red	Orange
Phase B	Green	Green	Red
Phase /B	White/green	White/green	Yellow

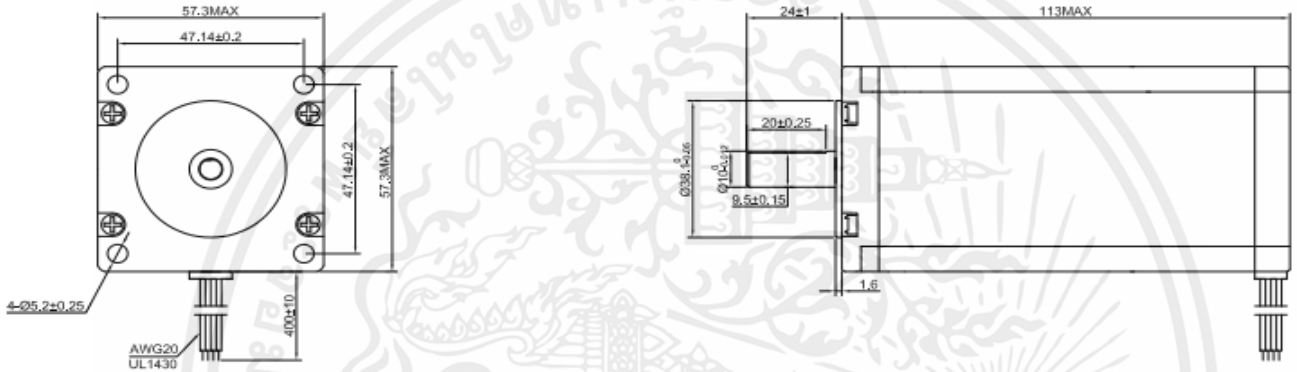
NEMA 23 stepper motor Quick Reference R052710

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

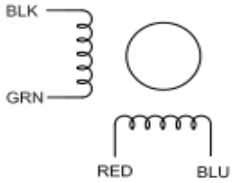


SPECIFICATION / CONNECTION	BIPOLAR
AMPS/PHASE	4.20
RESISTANCE/PHASE(Ohms)@25°C	0.88±10%
INDUCTANCE/PHASE(mH)@1KHz	3.40±20%
HOLDING TORQUE(Nm)[lb-in]	3.00[26.55]
STEP ANGLE(°)	1.80
STEP ACCURACY(NON-ACCUM)	±5.00%
ROTOR INERTIA(g-cm²)	—
WEIGHT(Kg)[lb]	1.60[3.53]
TEMPERATURE RISE:MAX.80°C（MOTOR STANDSTILL;FOR 2PHASE ENERGIZED）	
AMBIENT TEMPERATURE -10°C~50°C[14°F~122°F]	
INSULATION RESISTANCE 100 Mohm（UNDER NORMAL TEMPERATURE AND HUMIDITY）	
INSULATION CLASS B 130°C[266°F]	
DIELECTRIC STRENGTH 500VAC FOR 1MIN.(BETWEEN THE MOTOR COILS AND THE MOTOR CASE)	
AMBIENT HUMIDITY MAX.85%(NO CONDENSATION)	

TYPE OF CONNECTION (EXTERN)		MOTOR	
PIN NO	BIPOLAR	LEADS	WINDING
1	A —	BLK	A
2	A\ —	GRN	A\
3	B —	RED	B
4	B\ —	BLU	B\

FULL STEP 2 PHASE-Ex. ,
WHEN FACING MOUNTING END (X)

STEP	A	B	A\	B\		
1	+	+	-	-	↓	CCW
2	-	+	+	-		↑
3	-	-	+	+		
4	+	-	-	+	CW	



STEPPERONLINE®

	APVD		9.29.2019
	CHKD		
1:1.5	DRN		
SCALE	SIGNATURE		DATE

STEPPER MOTOR

23HP45-4204S

EVERLIGHT

DATASHEET

4 PIN DIP PHOTOTRANSISTOR PHOTOCOUPLER
EL817 Series

Schematic

Pin Configuration
1. Anode
2. Cathode
3. Emitter
4. Collector

Features:

- Compliance Halogens Free (Only copper leadframe) (Br < 900 ppm, Cl < 900 ppm, Br+Cl < 1500 ppm)
- Current transfer ratio (CTR: 50~600% at I_F = 5mA, V_{CE} = 5V)
- High isolation voltage between input and output (Viso = 5000Vrms)
- Creepage distance > 7.62mm
- Operating temperature up to +110°C
- Compact small outline package
- The product itself will remain within RoHS compliant version
- Compliance with EU REACH
- UL and cUL approved(No.E214129)
- VDE approved (No. 132249)
- SEMKO approved
- NEMKO approved
- DEMKO approved
- FIMKO approved
- CQC approved

Description

The EL817 series of devices each consist of an infrared emitting diodes, optically coupled to a phototransistor detector.
They are packaged in a 4-pin DIP package and available in wide-lead spacing and SMD option.

Applications

- Programmable controllers
- System appliances, measuring instruments
- Telecommunication equipments
- Home appliances, such as fan heaters, etc.
- Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

Copyright © 2010, Everlight All Rights Reserved. Release Date : Dec 25, 2017. Issue No: DPC-0000046 Rev.17

Ver.17 Release Date:01/02/2018 Spec Approval:DEC/08/FD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Ta=25℃)

Parameter		Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	I_F	60	mA
	Peak forward current (1us, pulse)	I_{FP}	1	A
	Reverse voltage	V_R	6	V
	Power dissipation	P_D	100	mW
	Derating factor (above T_a = 100°C)		2.9	mW/°C
Output	Power dissipation	P_C	150	mW
	Derating factor (above T_a = 100°C)		5.8	mW/°C
	Collector current	I_C	50	mA
	Collector-Emitter voltage	V_{CEO}	35	V
	Emitter-Collector voltage	V_{ECO}	6	V
Total Power Dissipation		P_{TOT}	200	mW
Isolation Voltage*1		V_{ISO}	5000	V rms
Operating Temperature		T_{OPR}	-55 to 110	°C
Storage Temperature		T_{STG}	-55 to 125	°C
Soldering Temperature*2		T_{SOL}	260	°C

Notes:
*1 AC for 1 minute, R.H.= 40 ~ 60% R.H. In this test, pins 1, 2 are shorted together, and pins 3, 4 are shorted together.
*2 For 10 seconds

Copyright © 2010, Everlight All Rights Reserved. Release Date : Dec 25, 2017. Issue No: DPC-0000046 Rev.17

Ver.17 Release Date:01/02/2018 Spec Approval Date:01/08/2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electro-Optical Characteristics (Ta=25℃ unless specified otherwise)

Input

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Condition
Forward Voltage	V_F	-	1.2	1.4	V	I_F = 20mA
Reverse Current	I_R	-	-	10	μA	V_R = 4V
Input capacitance	C_{in}	-	30	250	pF	V = 0, f = 1kHz

Output

Parameter	Symbol	Min	Typ.	Max.	Unit	Condition
Collector-Emitter dark current	I_{CEO}	-	-	100	nA	V_{CE} = 20V, I_F = 0mA
Collector-Emitter breakdown voltage	BV_{CEO}	35	-	-	V	I_C = 0.1mA
Emitter-Collector breakdown voltage	BV_{ECO}	6	-	-	V	I_E = 0.1mA

Transfer Characteristics

Parameter		Symbol	Min	Typ.	Max.	Unit	Condition
Current Transfer ratio	EL817	CTR	50	-	600	%	I_F = 5mA, V_{CE} = 5V
	EL817A		80	-	160		
	EL817B		130	-	260		
	EL817C		200	-	400		
	EL817D		300	-	600		
	EL817X		100	-	200		
	EL817Y		150	-	300		
Collector-Emitter saturation voltage		$V_{CE(sat)}$	-	0.1	0.2	V	I_F = 20mA, I_C = 1mA
Isolation resistance		R_{IO}	5×10^{10}	-	-	Ω	V_{IO} = 500Vdc, 40~60% R.H.
Floating capacitance		C_{IO}	-	0.6	1.0	pF	V_{IO} = 0, f = 1MHz
Cut-off frequency		fc	-	80	-	kHz	V_{CE} = 5V, I_C = 2mA, R_L = 100Ω, -3dB
Rise time		t_r	-	-	18	μs	V_{CE} = 2V, I_C = 2mA, R_L = 100Ω
Fall time		t_f	-	-	18	μs	

* Typical values at T_a = 25°C

Copyright © 2010, Everlight All Rights Reserved. Release Date : Dec 25, 2017. Issue No: DPC-0000046 Rev.17

Ver.:17 Release Date:01/02/2018 Spec Approval Date:(Pending)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Electro-Optical Characteristics Curves

Figure 1. Forward Current vs Forward Voltage

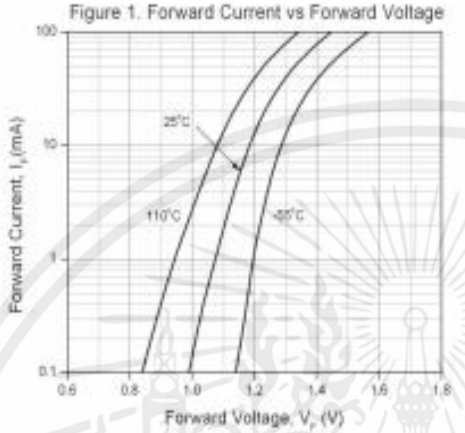


Figure 2. Normalized Current Transfer Ratio vs Forward Current

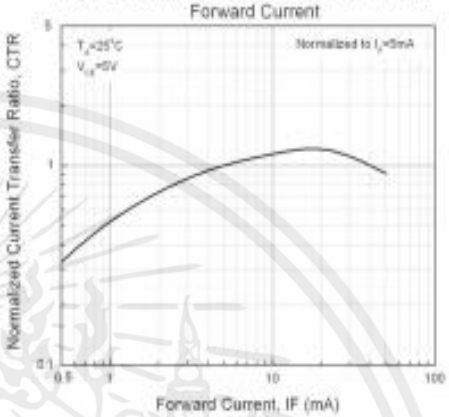


Figure 3. Current Transfer Ratio vs Ambient Temperature

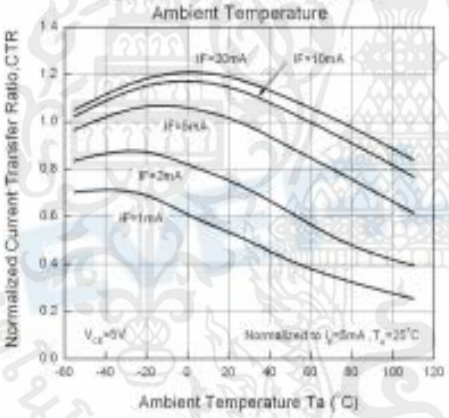


Figure 4. Dark Current vs Ambient Temperature

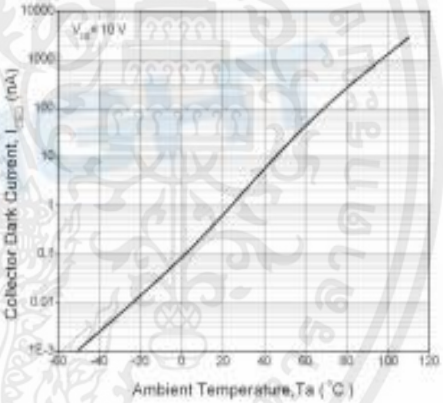


Figure 5. Collector-Emitter Saturation Voltage vs Collector Current

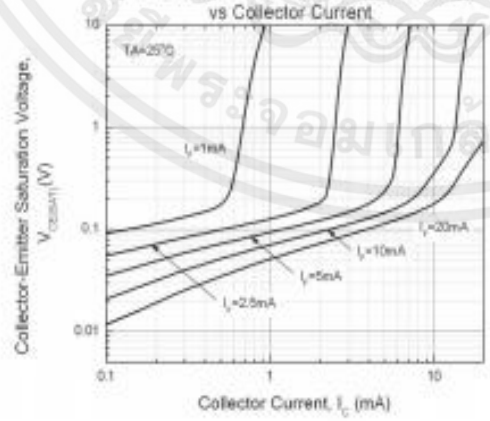
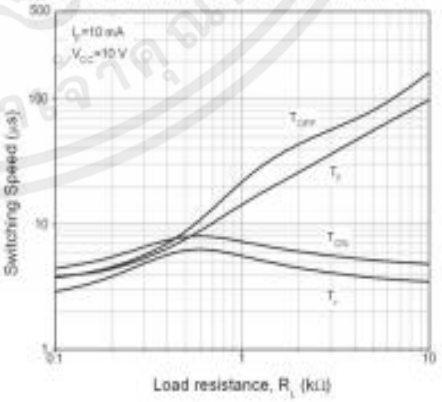


Figure 6. Switching Time vs Load Resistance



Copyright © 2010, Everlight All Rights Reserved. Release Date : Dec 25, 2017. Issue No: DPC-0000046 Rev: 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

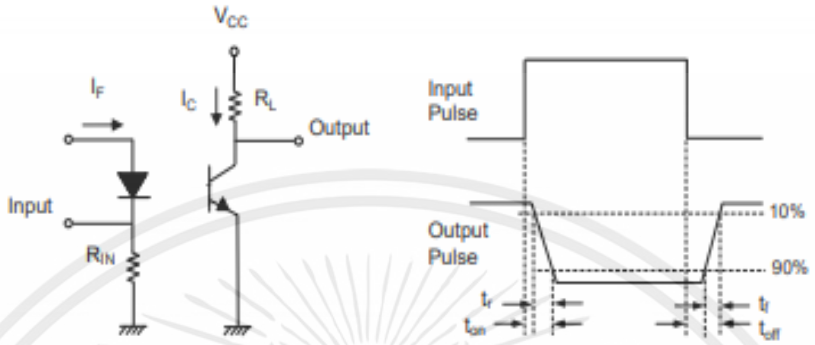


Figure 7. Switching Time Test Circuit & Waveforms

Copyright © 2010, Everlight All Rights Reserved. Release Date : Dec 25, 2017. Issue No: DPC-0000046 Rev.17

Ver.17 Release Date:01/02/2018 Issue Approval Date:5/6/17
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Order Information

Part Number

EL817X(Y)(Z)-FV

Note

X = Lead form option (S1, S2, M or none)
Y = CTR Rank (A, B, C, D, X , Y or none)
Z = Tape and reel option (TU, TD or none)
F = Lead frame option (F: Iron, None: copper)
V = VDE safety (optional)

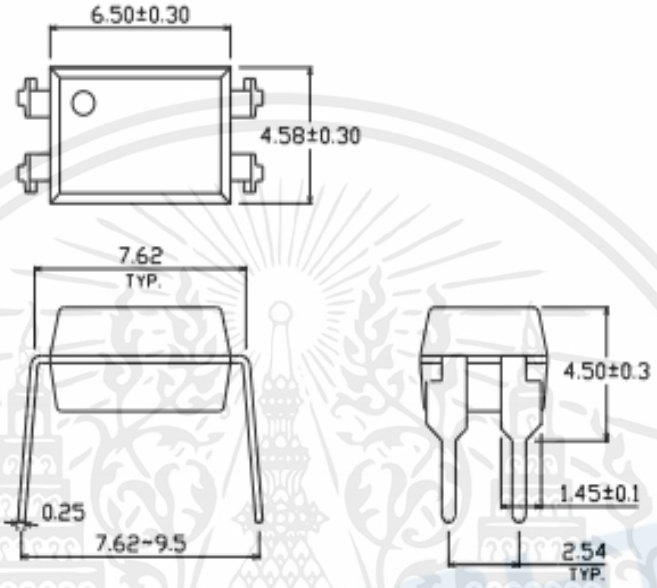
Option	Description	Packing quantity
None	Standard DIP-4	100 units per tube
M	Wide lead bend (0.4 inch spacing)	100 units per tube
S1 (TU)	Surface mount lead form (low profile) + TU tape & reel option	1500 units per reel
S1 (TD)	Surface mount lead form (low profile) + TD tape & reel option	1500 units per reel
S2 (TU)	Surface mount lead form (low profile) + TU tape & reel option	2000 units per reel
S2 (TD)	Surface mount lead form (low profile) + TD tape & reel option	2000 units per reel

Copyright © 2010, Everlight All Rights Reserved. Release Date : Dec 25, 2017. Issue No: DPC-0000046 Rev.17

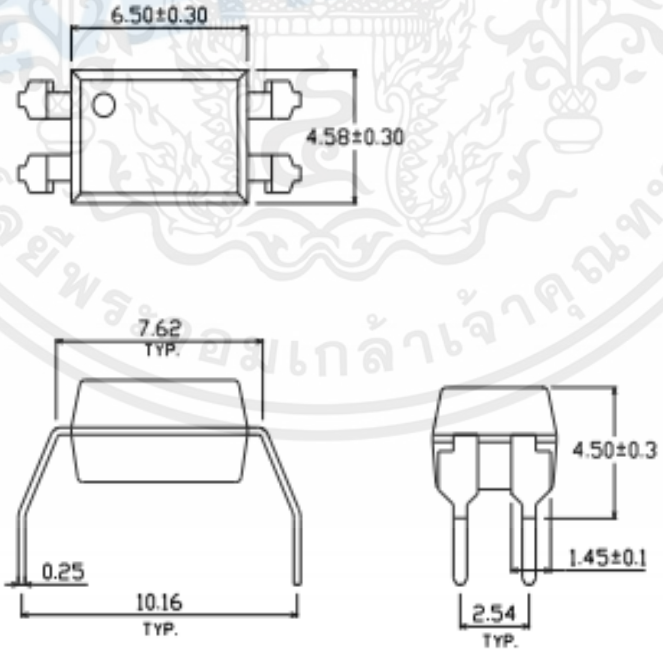
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Dimension (Dimensions in mm)

Standard DIP Type



Option M Type

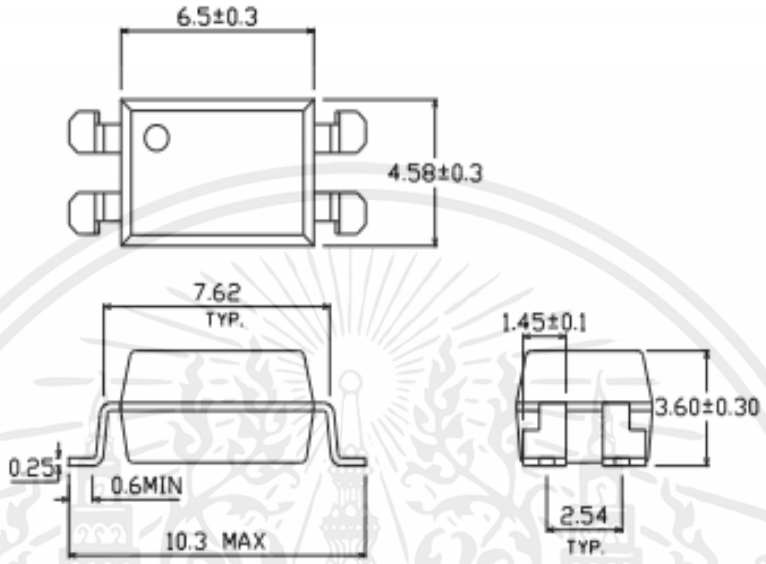


Copyright © 2010, Everlight All Rights Reserved. Release Date : Dec 25, 2017. Issue No: DPC-0000046 Rev.17

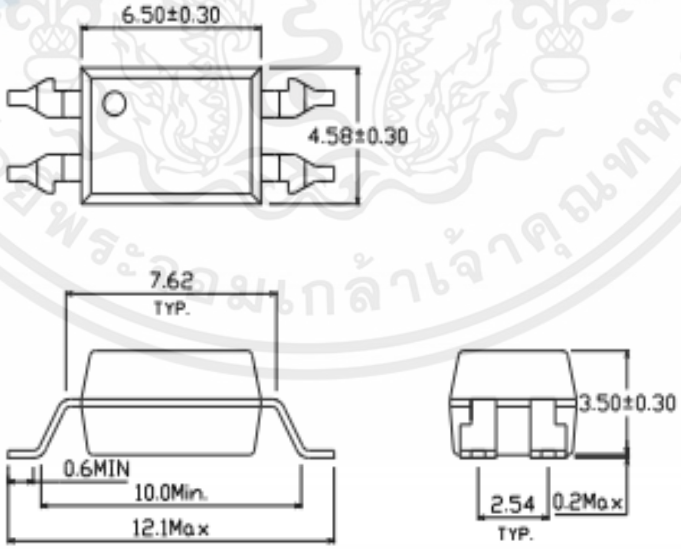
Ver.:17 Release Date:01/02/2018 Spec.Approval Date:01/08/2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Option S1 Type



Option S2 Type



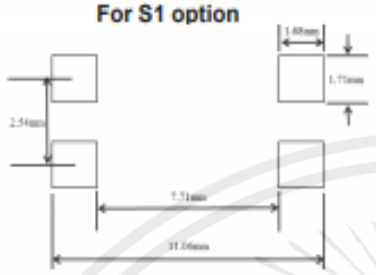
Copyright © 2010, Everlight All Rights Reserved. Release Date : Dec 25, 2017. Issue No: DPC-0000046 Rev.17

Ver.17 Release Date 01/02/2018 Spec Approval By E3(Carl T)

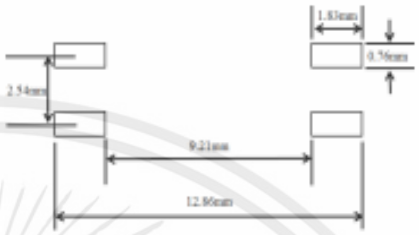
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Recommended pad layout for surface mount leadform

For S1 option



For S2 option



Notes

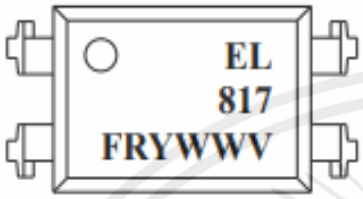
Suggested pad dimension is just for reference only.
Please modify the pad dimension based on individual need.

Copyright © 2010, Everlight All Rights Reserved. Release Date : Dec 25, 2017. Issue No: DPC-0000046 Rev.17

Ver.17 Release Date:01/02/2018 Issue Approved Date:(夾註)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Device Marking



Notes

EL	denotes EVERLIGHT
817	denotes Device Number
F	denotes Factory Code (G: China and Green part)
R	denotes CTR Rank (A, B, C, D , X , Y or none)
Y	denotes 1 digit Year code
WW	denotes 2 digit Week code
V	denotes VDE (optional)

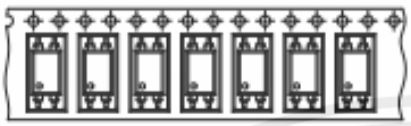
Copyright © 2010, Everlight All Rights Reserved. Release Date : Dec 25, 2017. Issue No: DPC-0000046 Rev.17

Ver.:17 Release Date:01/02/2018 Issue Approved:ES(CWFT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

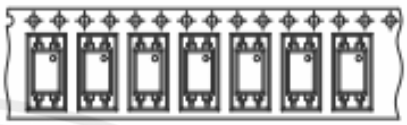
Tape & Reel Packing Specifications

Option TD



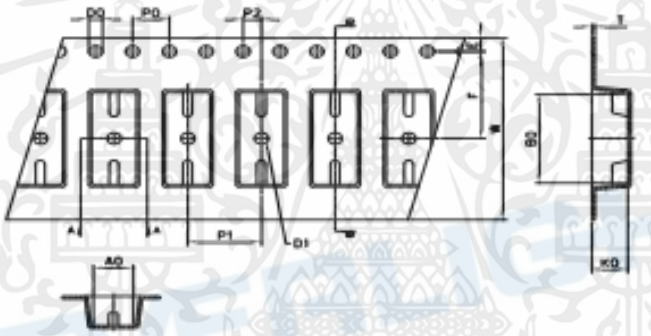
Direction of feed from reel

Option TU



Direction of feed from reel

Tape dimensions



Dimension No.	Ao	Bo	Do	D1	E	F
Dimension (mm) S1	4.90±0.1	10.40±0.1	1.5±0.1	1.50±0.1	1.75±0.1	7.50±0.1
Dimension (mm) S2	4.88±0.1	12.55±0.1	1.5±0.1	1.50±0.1	1.75±0.1	11.5±0.1
Dimension No.	**Po**	**P1**	**P2**	**t**	**W**	**Ko**
Dimension (mm) S1	4.00±0.1	8.00±0.1	2.00±0.1	0.40±0.1	16.00±0.3	4.60±0.1
Dimension (mm) S2	4.00±0.1	8.00±0.1	2.00±0.1	0.40±0.1	24.00±0.3	4.00±0.1

Copyright © 2010, Everlight All Rights Reserved. Release Date : Dec 25, 2017. Issue No: DPC-0000046 Rev.17

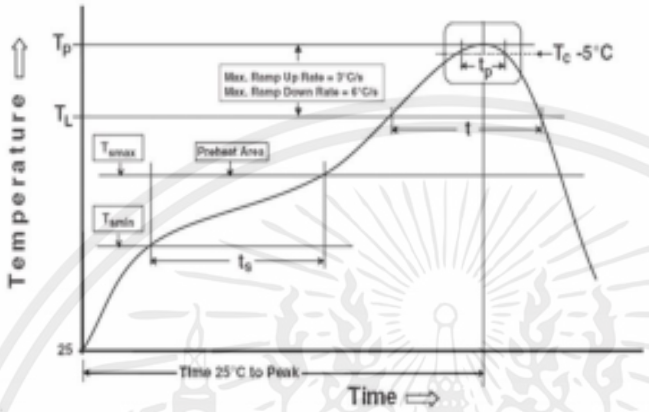
Ver.:17 Release Date:01/02/2018 Spec.Approval Date:01/08/17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Precautions for Use

1. Soldering Condition

1.1 (A) Maximum Body Case Temperature Profile for evaluation of Reflow Profile



Note: Reference: IPC/JEDEC J-STD-020D

Preheat	
Temperature min (T_{smin})	150 °C
Temperature max (T_{smax})	200°C
Time (Tsmin to Tsmax) (ts)	60-120 seconds
Average ramp-up rate (Tsmax to Tp)	3 °C/second max
Other	
Liquidus Temperature (T_L)	217 °C
Time above Liquidus Temperature (t_L)	60-100 sec
Peak Temperature (T_P)	260°C
Time within 5 °C of Actual Peak Temperature: T_P - 5°C	30 s
Ramp- Down Rate from Peak Temperature	6°C /second max.
Time 25°C to peak temperature	8 minutes max.
Reflow times	3 times

Copyright © 2010, Everlight All Rights Reserved. Release Date : Dec 25, 2017. Issue No: DPC-0000046 Rev.17

Ver.:17 Release Date:01/02/2018 Issue Approval Date:5/08/17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DISCLAIMER

1. Above specification may be changed without notice. EVERLIGHT will reserve authority on material change for above specification.
2. The graphs shown in this datasheet are representing typical data only and do not show guaranteed values.
3. When using this product, please observe the absolute maximum ratings and the instructions for use outlined in these specification sheets. EVERLIGHT assumes no responsibility for any damage resulting from use of the product which does not comply with the absolute maximum ratings and the instructions included in these specification sheets.
4. These specification sheets include materials protected under copyright of EVERLIGHT. Reproduction in any form is prohibited without the specific consent of EVERLIGHT.
5. This product is not intended to be used for military, aircraft, automotive, medical, life sustaining or life saving applications or any other application which can result in human injury or death. Please contact authorized Everlight sales agent for special application request.
6. Statements regarding the suitability of products for certain types of applications are based on Everlight's knowledge of typical requirements that are often placed on Everlight products in generic applications. Such statements are not binding statements about the suitability of products for a particular application. It is the customer's responsibility to validate that a particular product with the properties described in the product specification is suitable for use in a particular application. Parameters provided in datasheets and/or specifications may vary in different applications and performance may vary over time. All operating parameters, including typical parameters, must be validated for each customer application by the customer's technical experts. Product specifications do not expand or otherwise modify Everlight's terms and conditions of purchase, including but not limited to the warranty expressed therein.

Copyright © 2010, Everlight All Rights Reserved. Release Date : Dec 25, 2017. Issue No: DPC-0000046 Rev.17

Ver.17 Release Date:01/02/2018 Spec Approval Date:(รอกรอก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BC546B, BC547A, B, C, BC548B, C

Amplifier Transistors

NPN Silicon

ON Semiconductor®

http://onsemi.com

Features

- Pb–Free Packages are Available*

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector - Emitter Voltage BC546 BC547 BC548	V_{CEO}	 65 45 30	Vdc
Collector - Base Voltage BC546 BC547 BC548	V_{CBO}	 80 50 30	Vdc
Emitter - Base Voltage	V_{EBO}	6.0	Vdc
Collector Current – Continuous	I_C	100	mAdc
Total Device Dissipation @ T_A = 25°C Derate above 25°C	P_D	625 5.0	mW mW/°C
Total Device Dissipation @ T_C = 25°C Derate above 25°C	P_D	1.5 12	W mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	−55 to +150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction–to–Ambient	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction–to–Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

MARKING DIAGRAM

x = 6, 7, or 8
y = A, B or C
A = Assembly Location
Y = Year
WW = Work Week
• = Pb–Free Package

(Note: Microdot may be in either location)

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 5 of this data sheet.

*For additional information on our Pb–Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BC546B, BC547A, B, C, BC548B, C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS						
Collector – Emitter Breakdown Voltage (I_C = 1.0 mA, I_B = 0)	BC546	$V_{(BR)CEO}$	65	–	–	V
	BC547		45	–	–	
	BC548		30	–	–	
Collector – Base Breakdown Voltage (I_C = 100 μAdc)	BC546	$V_{(BR)CBO}$	80	–	–	V
	BC547		50	–	–	
	BC548		30	–	–	
Emitter – Base Breakdown Voltage (I_E = 10 μA, I_C = 0)	BC546	$V_{(BR)EBO}$	6.0	–	–	V
	BC547		6.0	–	–	
	BC548		6.0	–	–	
Collector Cutoff Current (V_{CE} = 70 V, V_{BE} = 0)	BC546	I_{CES}	–	0.2	15	nA
(V_{CE} = 50 V, V_{BE} = 0)	BC547		–	0.2	15	
(V_{CE} = 35 V, V_{BE} = 0)	BC548		–	0.2	15	
(V_{CE} = 30 V, T_A = 125°C)	BC546/547/548		–	–	4.0	μA
ON CHARACTERISTICS						
DC Current Gain (I_C = 10 μA, V_{CE} = 5.0 V)	BC547A	h_{FE}	–	90	–	–
	BC546B/547B/548B		–	150	–	
	BC548C		–	270	–	
(I_C = 2.0 mA, V_{CE} = 5.0 V)	BC546		110	–	450	
	BC547		110	–	800	
	BC548		110	–	800	
	BC547A		110	180	220	
	BC546B/547B/548B		200	290	450	
	BC547C/BC548C		420	520	800	
(I_C = 100 mA, V_{CE} = 5.0 V)	BC547A/548A		–	120	–	
	BC546B/547B/548B		–	180	–	
	BC548C		–	300	–	
Collector – Emitter Saturation Voltage (I_C = 10 mA, I_B = 0.5 mA)		$V_{CE(sat)}$	–	0.09	0.25	V
(I_C = 100 mA, I_B = 5.0 mA)			–	0.2	0.6	
(I_C = 10 mA, I_B = See Note 1)			–	0.3	0.6	
Base – Emitter Saturation Voltage (I_C = 10 mA, I_B = 0.5 mA)		$V_{BE(sat)}$	–	0.7	–	V
Base – Emitter On Voltage (I_C = 2.0 mA, V_{CE} = 5.0 V)		$V_{BE(on)}$	0.55	–	0.7	V
(I_C = 10 mA, V_{CE} = 5.0 V)			–	–	0.77	
SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS						
Current – Gain – Bandwidth Product (I_C = 10 mA, V_{CE} = 5.0 V, f = 100 MHz)	BC546	f_T	150	300	–	MHz
	BC547		150	300	–	
	BC548		150	300	–	
Output Capacitance (V_{CB} = 10 V, I_C = 0, f = 1.0 MHz)		C_{obo}	–	1.7	4.5	pF
Input Capacitance (V_{EB} = 0.5 V, I_C = 0, f = 1.0 MHz)		C_{ibo}	–	10	–	pF
Small – Signal Current Gain (I_C = 2.0 mA, V_{CE} = 5.0 V, f = 1.0 kHz)	BC546	h_{fe}	125	–	500	–
	BC547/548		125	–	900	
	BC547A		125	220	260	
	BC546B/547B/548B		240	330	500	
	BC547C/548C		450	600	900	
Noise Figure (I_C = 0.2 mA, V_{CE} = 5.0 V, R_S = 2 kΩ, f = 1.0 kHz, Δf = 200 Hz)		NF				dB
	BC546		–	2.0	10	
	BC547		–	2.0	10	
	BC548		–	2.0	10	

1. I_B is value for which I_C = 11 mA at V_{CE} = 1.0 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BC546B, BC547A, B, C, BC548B, C

BC547/BC548

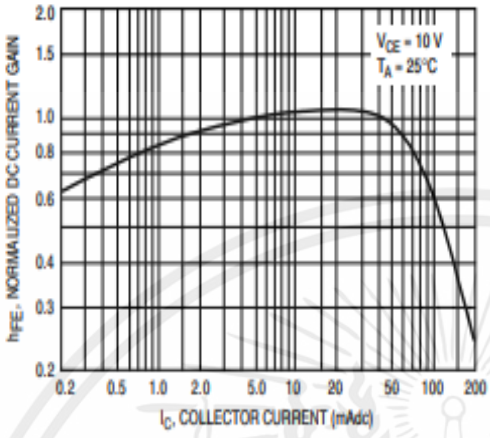


Figure 1. Normalized DC Current Gain

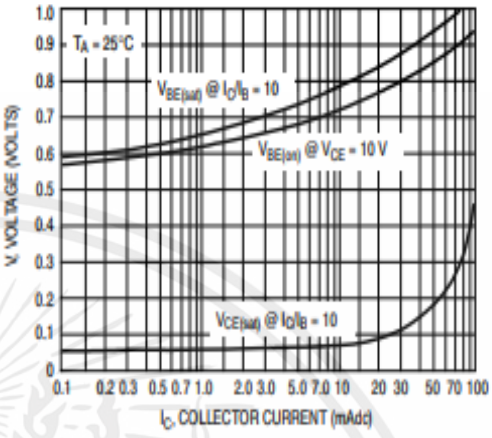


Figure 2. "Saturation" and "On" Voltages

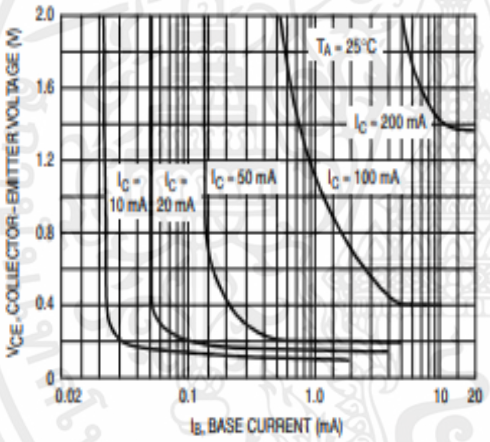


Figure 3. Collector Saturation Region

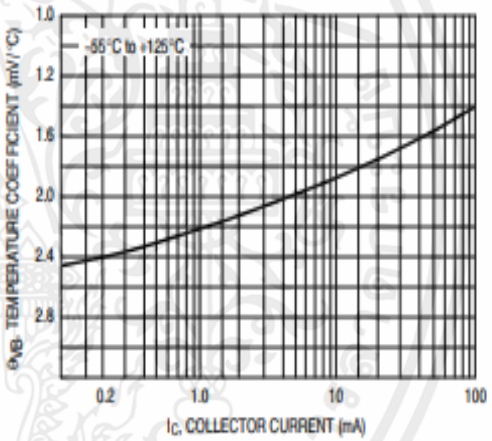


Figure 4. Base–Emitter Temperature Coefficient

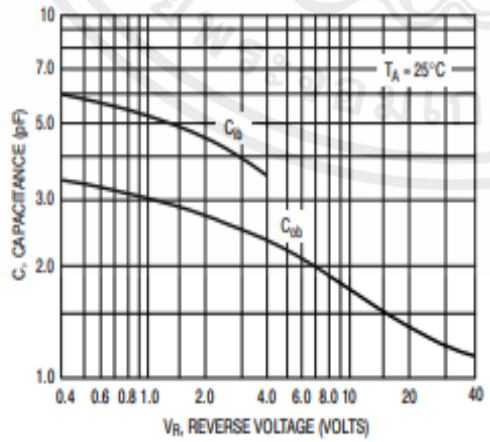


Figure 5. Capacitances

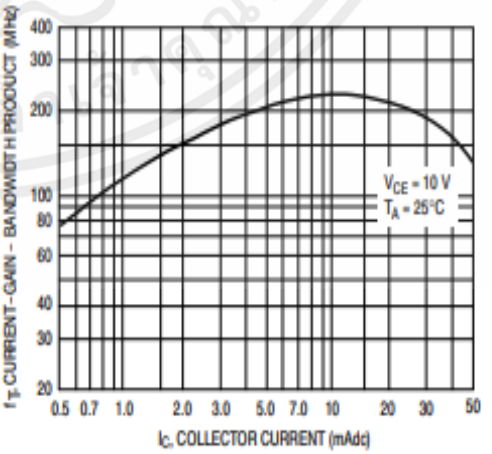


Figure 6. Current–Gain – Bandwidth Product

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BC546

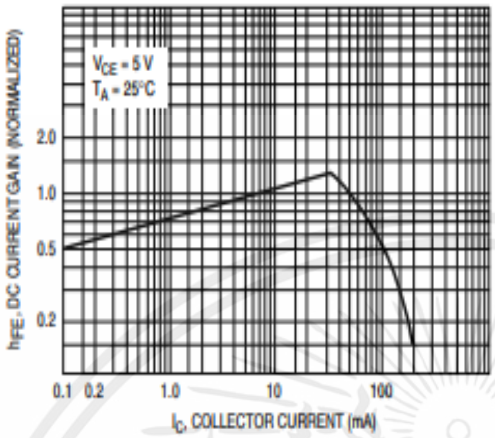


Figure 7. DC Current Gain

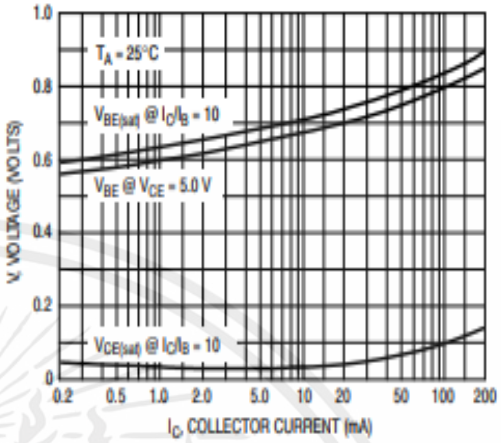


Figure 8. "On" Voltage

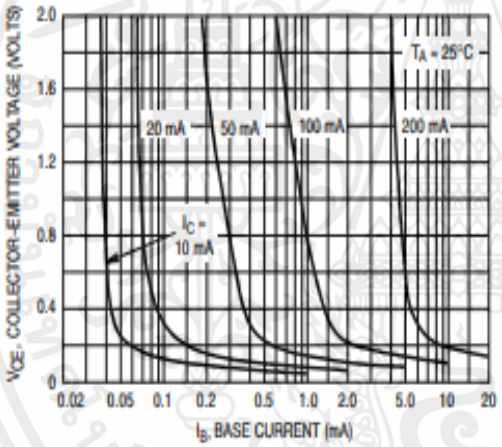


Figure 9. Collector Saturation Region

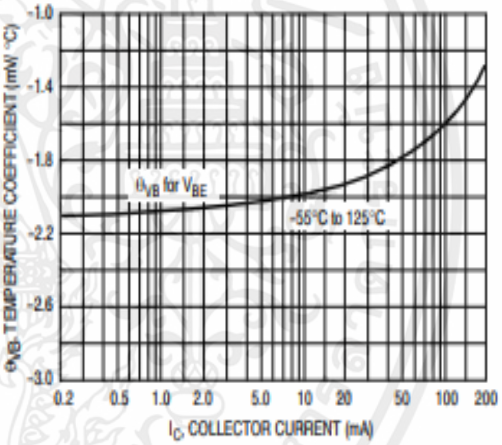


Figure 10. Base–Emitter Temperature Coefficient

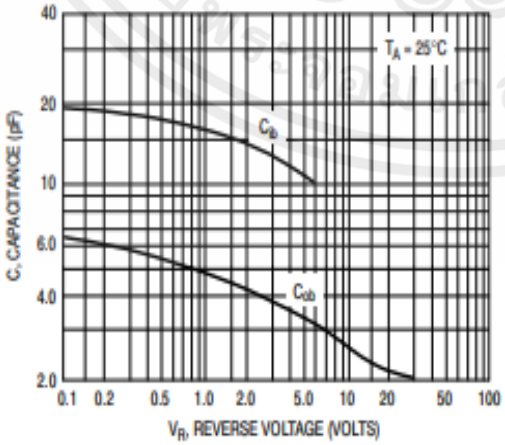


Figure 11. Capacitance

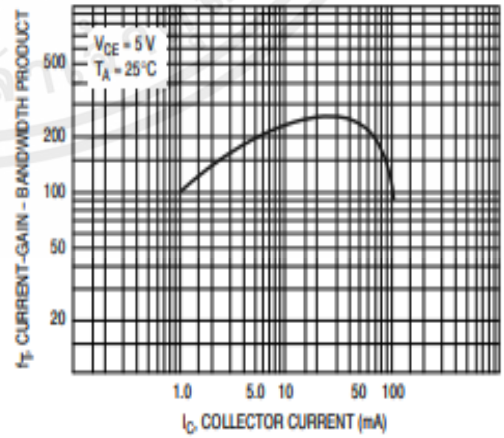


Figure 12. Current–Gain – Bandwidth Product

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BC546B, BC547A, B, C, BC548B, C

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping†
BC546B	TO−92	5000 Units / Bulk
BC546BG	TO−92 (Pb−Free)	5000 Units / Bulk
BC546BRL1	TO−92	2000 / Tape & Reel
BC546BRL1G	TO−92 (Pb−Free)	2000 / Tape & Reel
BC546BZL1G	TO−92 (Pb−Free)	2000 / Ammo Box
BC547ARL	TO−92	2000 / Tape & Reel
BC547ARLG	TO−92 (Pb−Free)	2000 / Tape & Reel
BC547AZL1G	TO−92 (Pb−Free)	2000 / Ammo Box
BC547BG	TO−92 (Pb−Free)	5000 Units / Bulk
BC547BRL1G	TO−92 (Pb−Free)	2000 / Tape & Reel
BC547BZL1G	TO−92 (Pb−Free)	2000 / Ammo Box
BC547CG	TO−92 (Pb−Free)	5000 Units / Bulk
BC547CZL1G	TO−92 (Pb−Free)	2000 / Ammo Box
BC548BG	TO−92 (Pb−Free)	5000 Units / Bulk
BC548BRL1G	TO−92 (Pb−Free)	2000 / Tape & Reel
BC548BZL1G	TO−92 (Pb−Free)	2000 / Ammo Box
BC548CG	TO−92 (Pb−Free)	5000 Units / Bulk
BC548CZL1G	TO−92 (Pb−Free)	2000 / Ammo Box

†For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specifications Brochure, BRD8011/D.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

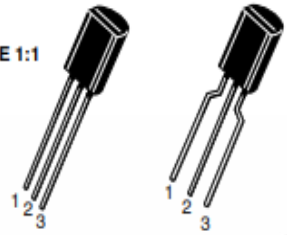
MECHANICAL CASE OUTLINE
PACKAGE DIMENSIONS

ON Semiconductor®

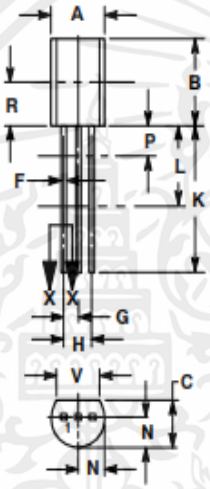
TO-92 (TO-226) 1 WATT
CASE 29-10
ISSUE A

DATE 08 MAY 2012

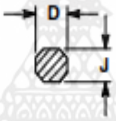
SCALE 1:1



STRAIGHT LEAD BENT LEAD



STRAIGHT LEAD

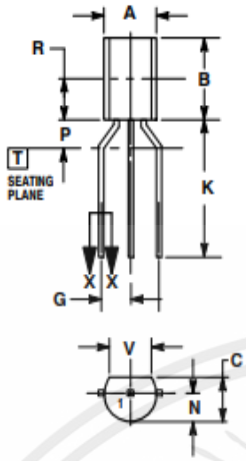


SECTION X-X

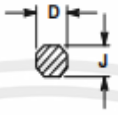
NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1994.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCHES.
3. CONTOUR OF PACKAGE BEYOND DIMENSION R IS UNCONTROLLED.
4. DIMENSION F APPLIES BETWEEN DIMENSIONS P AND L. DIMENSIONS D AND J APPLY BETWEEN DIMENSIONS L AND K MINIMUM. THE LEAD DIMENSIONS ARE UNCONTROLLED IN DIMENSION P AND BEYOND DIMENSION K MINIMUM.

	INCHES		MILLIMETERS	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.175	0.205	4.44	5.21
B	0.290	0.310	7.37	7.87
C	0.125	0.165	3.18	4.19
D	0.018	0.021	0.46	0.53
F	0.016	0.019	0.41	0.48
G	0.045	0.055	1.15	1.39
H	0.095	0.105	2.42	2.66
J	0.018	0.024	0.46	0.61
K	0.500	---	12.70	---
L	0.250	---	6.35	---
N	0.080	0.105	2.04	2.66
P	---	0.100	---	2.54
R	0.135	---	3.43	---
V	0.135	---	3.43	---

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BENT LEAD



SECTION X–X

NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M, 1994.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCHES.
3. CONTOUR OF PACKAGE BEYOND DIMENSION R IS UNCONTROLLED.
4. DIMENSION F APPLIES BETWEEN DIMENSIONS P AND L. DIMENSIONS D AND J APPLY BETWEEN DIMENSIONS L AND K MINIMUM. THE LEAD DIMENSIONS ARE UNCONTROLLED IN DIMENSION P AND BEYOND DIMENSION K MINIMUM.

	INCHES		MILLIMETERS	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.175	0.205	4.44	5.21
B	0.290	0.310	7.37	7.87
C	0.125	0.165	3.18	4.19
D	0.018	0.021	0.46	0.53
G	0.094	0.102	2.40	2.80
J	0.018	0.024	0.46	0.61
K	0.500	---	12.70	---
N	0.080	0.105	2.04	2.66
P	---	0.100	---	2.54
R	0.135	---	3.43	---
V	0.135	---	3.43	---

STYLES ON PAGE 2

DOCUMENT NUMBER:	**98AON52857E**	Electronic versions are uncontrolled except when accessed directly from the Document Repository. Printed versions are uncontrolled except when stamped "CONTROLLED COPY" in red.
DESCRIPTION:	**TO–92 (TO–226) 1 WATT**	**PAGE 1 OF 2**

ON Semiconductor and are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others.

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TO-92 (TO-226) 1 WATT
CASE 29-10
ISSUE A

DATE 08 MAY 2012

STYLE 1:
PIN 1. EMITTER
2. BASE
3. COLLECTOR

STYLE 2:
PIN 1. BASE
2. EMITTER
3. COLLECTOR

STYLE 3:
PIN 1. ANODE
2. ANODE
3. CATHODE

STYLE 4:
PIN 1. CATHODE
2. CATHODE
3. ANODE

STYLE 5:
PIN 1. DRAIN
2. SOURCE
3. GATE

STYLE 6:
PIN 1. GATE
2. SOURCE & SUBSTRATE
3. DRAIN

STYLE 7:
PIN 1. SOURCE
2. DRAIN
3. GATE

STYLE 8:
PIN 1. DRAIN
2. GATE
3. SOURCE & SUBSTRATE

STYLE 9:
PIN 1. BASE 1
2. EMITTER
3. BASE 2

STYLE 10:
PIN 1. CATHODE
2. GATE
3. ANODE

STYLE 11:
PIN 1. ANODE
2. CATHODE & ANODE
3. CATHODE

STYLE 12:
PIN 1. MAIN TERMINAL 1
2. GATE
3. MAIN TERMINAL 2

STYLE 13:
PIN 1. ANODE 1
2. GATE
3. CATHODE 2

STYLE 14:
PIN 1. EMITTER
2. COLLECTOR
3. BASE

STYLE 15:
PIN 1. ANODE 1
2. CATHODE
3. ANODE 2

STYLE 16:
PIN 1. ANODE
2. GATE
3. CATHODE

STYLE 17:
PIN 1. COLLECTOR
2. BASE
3. EMITTER

STYLE 18:
PIN 1. ANODE
2. CATHODE
3. NOT CONNECTED

STYLE 19:
PIN 1. GATE
2. ANODE
3. CATHODE

STYLE 20:
PIN 1. NOT CONNECTED
2. CATHODE
3. ANODE

STYLE 21:
PIN 1. COLLECTOR
2. EMITTER
3. BASE

STYLE 22:
PIN 1. SOURCE
2. GATE
3. DRAIN

STYLE 23:
PIN 1. GATE
2. SOURCE
3. DRAIN

STYLE 24:
PIN 1. EMITTER
2. COLLECTOR/ANODE
3. CATHODE

STYLE 25:
PIN 1. MT 1
2. GATE
3. MT 2

STYLE 26:
PIN 1. V_{CC}
2. GROUND 2
3. OUTPUT

STYLE 27:
PIN 1. MT
2. SUBSTRATE
3. MT

STYLE 28:
PIN 1. CATHODE
2. ANODE
3. GATE

STYLE 29:
PIN 1. NOT CONNECTED
2. ANODE
3. CATHODE

STYLE 30:
PIN 1. DRAIN
2. GATE
3. SOURCE

STYLE 31:
PIN 1. GATE
2. DRAIN
3. SOURCE

STYLE 32:
PIN 1. BASE
2. COLLECTOR
3. EMITTER

STYLE 33:
PIN 1. RETURN
2. INPUT
3. OUTPUT

STYLE 34:
PIN 1. INPUT
2. GROUND
3. LOGIC

STYLE 35:
PIN 1. GATE
2. COLLECTOR
3. EMITTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DOCUMENT NUMBER:	98AON52857E	Electronic versions are uncontrolled except when accessed directly from the Document Repository. Printed versions are uncontrolled except when stamped "CONTROLLED COPY" in red.
DESCRIPTION:	TO−92 (TO−226) 1 WATT	PAGE 2 OF 2

ON Semiconductor and ON are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others.

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2019

www.onsemi.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ON Semiconductor and ON are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf. ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:
Email Requests to: orderlit@onsemi.com
ON Semiconductor Website: www.onsemi.com

TECHNICAL SUPPORT
North American Technical Support:
Voice Mail: 1 800-282-9855 Toll Free USA/Canada
Phone: 011 421 33 790 2910

Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 00421 33 790 2910
For additional information, please contact your local Sales Representative

◊

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โปรแกรมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการทำงาน

```
from os import system, name
import threading
from tkinter import *
from tkinter import messagebox
import sys
import time
import RPi.GPIO as GPIO
from gpiozero import MCP3008
import math
G_amp = MCP3008(0)
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
Bt1,Bt2,Bt3=17,22,27
GPIO.setup(Bt1,GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_DOWN)
GPIO.setup(Bt2,GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_DOWN)
GPIO.setup(Bt3,GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_DOWN)
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
H_ENA=6
H_DIR=5
H_PUL=0
###
R_ENA=16
R_DIR=20
R_PUL=21
#####
P_ENA=26
P_DIR=13
P_PUL=19
###
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
H_PUL_state,R_PUL_state,P_PUL_state=(0,0,0)
####
Sw_state = 0
GPIO.setup(H_ENA,GPIO.OUT)
GPIO.setup(H_DIR,GPIO.OUT)
GPIO.setup(H_PUL,GPIO.OUT)
##########################################################################
GPIO.setup(R_ENA,GPIO.OUT)
GPIO.setup(R_DIR,GPIO.OUT)
GPIO.setup(R_PUL,GPIO.OUT)
##########################################################################
GPIO.setup(P_ENA,GPIO.OUT)
GPIO.setup(P_DIR,GPIO.OUT)
GPIO.setup(P_PUL,GPIO.OUT)
##########################################################################
t4 = time.time()
t2 = time.time()
GPIO.setup(23,GPIO.OUT)
GPIO.setup(24,GPIO.OUT)
GPIO.output(24,GPIO.LOW)
GPIO.output(23,GPIO.LOW)
root = Tk()
width_value = root.winfo_screenwidth()
height_value = root.winfo_screenheight()
root.geometry("%dx%d+0+0" % (width_value, height_value))
root.title("ARC by 60511049 & 615011002")
root.option_add("*Font", "impact 16")
tv_H      = IntVar()
tv_Hstr   = StringVar()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
tv_R      = IntVar()
tv_Rstr   = StringVar()
tv_P      = IntVar()
tv_Pstr   = StringVar()
#########################################################################
tv_H_01   = IntVar()
tv_Hstr_01 = StringVar()
tv_R_01   = IntVar()
tv_Rstr_01 = StringVar()
tv_P_01   = IntVar()
tv_Pstr_01 = StringVar()
tv_Time_op   = IntVar()
tv_Time_op_str = StringVar()
Stop1 = 0
Stop2 = 0
stat = 0
Round =0
def home_step():
    print ("limit sw detec")
    global Stop1,Stop2,stat,Btstat,statR,statH,statP
    print ("Stop1 was falling "'\n'" Stop 1 ",Stop1,"  Stop2 ",Stop2)
    pressed_H = False
    pressed_R = False
    pressed_P = False
    BT = time.time()  #button
    frist_home_H = time.time()  ##H
    H_tomid = time.time()
    frist_home_R = time.time()
    R_tomid = time.time()
    frist_home_P = time.time()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    P_tomid = time.time()
      #for Ui refresh
    UI_re = time.time()
##########################################################################
    H=0
    R=0
    P=0
    oncebt_Bt1,oncebt_Bt2,oncebt_Bt3 = (0,0,0)
    Btstat = 0
    statH = H
    statR = R
    statP = P
    Puls_plus_for_home_H,gomid_from_zero_H = (0,0)
    Puls_plus_for_home_R,gomid_from_zero_R = (0,0)
    Puls_plus_for_home_P,gomid_from_zero_P = (0,0)
    Puls_plus_for_home_H = 1
    Puls_plus_for_home_R = 1
    Puls_plus_for_home_P = 1
    H_PUL_state=0
    R_PUL_state=0
    P_PUL_state=0
    HtoR=0
    RtoP=0
    GPIO.output(P_ENA,GPIO.LOW)
    GPIO.output(R_ENA,GPIO.LOW)
    GPIO.output(H_ENA,GPIO.LOW)
    GPIO.output(24,GPIO.LOW)
    GPIO.output(23,GPIO.LOW)
    while True:
##########################################################################
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if Stop2 == 1:
    print("END shutdown LOOP via stap 2 " ,Stop2)
    break
else :
    UI_re_sub = time.time()
    if UI_re_sub-UI_re > 0.1:  # ping to refreash rate == 50 ms
        tv_Hstr.set(f'step on H Axis {statH/500}')
        tv_Rstr.set(f'step on R Axis {statR/250}')
        tv_Pstr.set(f'step on P Axis {statP/5.6667}')
        UI_re= time.time()
    if  gomid_from_zero_H == 1 :
        H_tomid_sub =time.time()
        if H_tomid_sub - H_tomid > 0.001:
            H_tomid= time.time()
            if not HtoR==1:
                if not statH == 7500:  #13 cm
                    GPIO.output(H_DIR,GPIO.LOW)
                    GPIO.output(P_ENA,GPIO.HIGH)
                    GPIO.output(R_ENA,GPIO.HIGH)
                    GPIO.output(H_ENA,GPIO.LOW)
                    if H_PUL_state == 1 :
                        GPIO.output(H_PUL,GPIO.HIGH)
                        statH = statH+1
                        H_PUL_state = 0
                    else :
                        GPIO.output(H_PUL,GPIO.LOW)
                        H_PUL_state = 1
                else :
                    HtoR=1
```

##

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        if gomid_from_zero_R  == 1:
            R_tomid_sub =time.time()
            if R_tomid_sub - R_tomid > 0.001:
                R_tomid= time.time()
                if not statR == 7500 :  #29 cm
                    GPIO.output(R_DIR,GPIO.LOW)
                    GPIO.output(P_ENA,GPIO.HIGH)
                    GPIO.output(R_ENA,GPIO.LOW)
                    GPIO.output(H_ENA,GPIO.HIGH)
                    if R_PUL_state == 1 :
                        GPIO.output(R_PUL,GPIO.HIGH)
                        statR = statR+1
                        R_PUL_state = 0
                    else :
                        GPIO.output(R_PUL,GPIO.LOW)
                        R_PUL_state = 1
                else :
                    RtoP=1
#########################################################################
        if gomid_from_zero_P  == 1:
            P_tomid_sub =time.time()
            if P_tomid_sub - P_tomid > 0.0045:
                P_tomid= time.time()
                if not statP == 850:  #150 DEGREE
                    GPIO.output(P_DIR,GPIO.LOW)
                    GPIO.output(P_ENA,GPIO.LOW)
                    GPIO.output(R_ENA,GPIO.HIGH)
                    GPIO.output(H_ENA,GPIO.HIGH)
                    if P_PUL_state == 1 :
                        GPIO.output(P_PUL,GPIO.HIGH)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                statP = statP+1
                P_PUL_state = 0
            else :
                GPIO.output(P_PUL,GPIO.LOW)
                P_PUL_state = 1
        else :
            GPIO.output(P_ENA,GPIO.HIGH)
            GPIO.output(R_ENA,GPIO.HIGH)
            #GPIO.output(H_ENA,GPIO.HIGH)
            Stop2 = 1
            return Stop2
#####################################################################
    if RtoP == 1 :
        frist_home_P_sub = time.time()
        if frist_home_P_sub  - frist_home_P > 0.0045:
            frist_home_P = time.time()
            if Puls_plus_for_home_P ==1 :
                GPIO.output(P_DIR,GPIO.HIGH)
                GPIO.output(P_ENA,GPIO.LOW)
                GPIO.output(R_ENA,GPIO.HIGH)
                GPIO.output(H_ENA,GPIO.HIGH)
                if P_PUL_state == 1 :
                    GPIO.output(P_PUL,GPIO.HIGH)
                    P_PUL_state = 0
                else :
                    GPIO.output(P_PUL,GPIO.LOW)
                    P_PUL_state = 1
#####################################################################
    if HtoR==1:
        frist_home_R_sub = time.time()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if frist_home_R_sub  - frist_home_R > 0.001:
                frist_home_R = time.time()
                if Puls_plus_for_home_R ==1 :
                    GPIO.output(R_DIR,GPIO.HIGH)
                    GPIO.output(P_ENA,GPIO.HIGH)
                    GPIO.output(R_ENA,GPIO.LOW)
                    GPIO.output(H_ENA,GPIO.HIGH)
                    if R_PUL_state == 1 :
                        GPIO.output(R_PUL,GPIO.HIGH)
                        R_PUL_state = 0
                    else :
                        GPIO.output(R_PUL,GPIO.LOW)
                        R_PUL_state = 1
#########################################################################
          frist_home_H_sub = time.time()
          if frist_home_H_sub-frist_home_H > 0.001:
            frist_home_H = time.time()
            if  Puls_plus_for_home_H == 1 :
                GPIO.output(P_ENA,GPIO.HIGH)
                GPIO.output(R_ENA,GPIO.HIGH)
                GPIO.output(H_ENA,GPIO.LOW)
                GPIO.output(H_DIR,GPIO.HIGH)
                if H_PUL_state == 1 :
                    GPIO.output(H_PUL,GPIO.HIGH)
                    H_PUL_state = 0
                else :
                    GPIO.output(H_PUL,GPIO.LOW)
                    H_PUL_state = 1
#########################################################################
        if Stop2 == 1:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            print("END shutdown LOOP via stap 2  " ,Stop2)
            break
        else :
##########################################################################
            BT_sub = time.time()
            if BT_sub-BT > 0.1:
                BT = time.time()
                if not oncebt_Bt1 == 1 :
                    if not GPIO.input(Bt1):
                        if not pressed_H:
                            print("Bt H pressed!")       #####Push state
                            pressed_H = True
                            print ("H  go home in 2sec ")
                            time.sleep(0.1)
                            gomid_from_zero_H = 1
                            oncebt_Bt1=1
                            Puls_plus_for_home_H = 0
        # button not pressed (or released)
                        else:
                    #   print("Bt1 not pressed!")
                            presse_H = False
                            Puls_plus_for_home_H = 1       #####Normal stat
##########################################################################
                if not oncebt_Bt2 == 1 :
                    if not GPIO.input(Bt2):
                        if not pressed_R:
                            print("Bt R pressed!")       #####Push state
                            pressed_R = True
                            print ("R  go home in 2sec ")
                            time.sleep(0.1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    oncebt_Bt2=1
                    Puls_plus_for_home_R = 0
                    gomid_from_zero_R = 1
        # button not pressed (or released)
                else:
            #   print("Bt1 not pressed!")
                    pressed_R = False
                    Puls_plus_for_home_R = 1
#####################################################################
             if not oncebt_Bt3 == 1 :
                if not GPIO.input(Bt3):
                    if not pressed_P:
                        print("Bt P pressed!")       #####Push state
                        pressed_R = True
                        print ("P  go home in 2sec ")
                        time.sleep(0.1)
                        oncebt_Bt3=1
                        Puls_plus_for_home_P = 0
                        gomid_from_zero_P = 1
                    else:
                        pressed_R = False
                        Puls_plus_for_home_P = 1
#####################################################################
def startloop ():
        global  H_finish,get_high_H,get_low_H,get_high_H_01
,get_low_H_01,Round,Once_end
        UI_re= time.time()
        global tv_Time_op,tv_Time_op_str
        print ("Stop2 was falling "'\n'" Stop 1 ",Stop1,"  Stop2 ",Stop2)
#####################################################################
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Once_end = 0
    GPIO.output(P_ENA,GPIO.LOW)
    GPIO.output(R_ENA,GPIO.LOW)
    #GPIO.output(H_ENA,GPIO.LOW)
##########################################################################
    H_finish = 0
    up_to_H_value = time.time()
    down_to_H_value = time.time()
    statH = 7500 # 15 cm
    statH_to_move = H*500
    get_high_H = 0
    get_low_H = 0
    up_to_H_01_value = time.time()
    down_to_H_01_value = time.time()
    get_high_H_01 = 0
    get_low_H_01 = 0
    H_PUL_state = 0
##########################################################################
    global  R_finish,get_high_R,get_low_R,get_high_R_01,get_low_R_01
    R_finish = 0
    up_to_R_value = time.time()
    down_to_R_value = time.time()
    statR = 7500 # 29 cm
    statR_to_move = R * 250
    get_high_R = 0
    get_low_R = 0
    up_to_R_01_value =time.time()
    down_to_R_01_value =time.time()
    get_high_R_01 = 0
    get_low_R_01 = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    R_PUL_state = 0
##########################################################################
    global P_finish,get_high_P,get_low_P,get_high_P_01,get_low_P_01
    P_finish = 0
    up_to_P_value = time.time()
    down_to_P_value =time.time()
    statP = 850  #150 degree
    statP_to_move = P *5.666
    get_high_P = 0
    get_low_P = 0
    up_to_P_01_value =time.time()
    down_to_P_01_value =time.time()
    get_high_P_01 = 0
    get_low_P_01 = 0
    P_PUL_state = 0
##########################################################################
##############general ###############
    P_finish =0
    H_finish = 0
    R_finish = 0
    P_01_finish = 0
    R_01_finish = 0
    H_01_finish = 0
    P_H_R_finish_once=0
    sent_item = 0
##########################################################################
    grip =1
    drop =0
    GPIO.output(24,GPIO.LOW)
    GPIO.output(23,GPIO.LOW)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#########################################################################
    #  Round = 0
#########################################################################
      global loop_input
      loop_input = 0
#########################################################################
      while True :
         #other Round
         if Stop1 == 1:
            print("END shutdown LOOP via stap 1  " ,Stop1)
            break
         else :
           if loop_input == 0 :
            loop_input = 1
            print ("print stat H 2 move",statH_to_move)
            time.sleep(0.1)
            print ("print stat H in cerretly",statH)
            time.sleep(0.1)
            print ("print stat R 2 move",statR_to_move)
            time.sleep(0.1)
            print ("print stat R in cerretly",statR)
            time.sleep(0.1)
            print ("print stat R 2 move",statP_to_move)
            time.sleep(0.1)
            print ("print stat P in cerretly",statP)
            time.sleep(0.1)
            if statH_to_move > statH :
               GPIO.output(H_ENA,GPIO.LOW)
               print ("H Upper",(H))
               GPIO.output(H_DIR,GPIO.LOW)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                get_high_H = 1
                get_low_H = 0
                if statH_to_move > 500*28 :
                    print ("over")
                    break
        #   time.sleep(1)
            elif H*500 == statH :               # H plus  5 cm == 2500 puls caution H
must below 25 cm
                GPIO.output(H_ENA,GPIO.HIGH)
                print ("equal",(H))
                H_finish =1
            elif H*500 < statH :
                GPIO.output(H_ENA,GPIO.LOW)
                print ("H lower",(H))
                GPIO.output(H_DIR,GPIO.HIGH)
                get_low_H = 1
                get_high_H = 0
        #   time.sleep(0.5)
#########################################################################
if statR_to_move > statR :
                GPIO.output(R_ENA,GPIO.LOW)
                print ("R Upper",(R))
                GPIO.output(R_DIR,GPIO.LOW)
                get_high_R = 1
                get_low_R = 0
        #   time.sleep(1)
            elif R*250 == statR :
                GPIO.output(R_ENA,GPIO.HIGH)
                print ("R equal",(R))
                R_finish =1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            elif R*250 < statR :
                GPIO.output(R_ENA,GPIO.LOW)
                print ("R lower",(R))
                GPIO.output(R_DIR,GPIO.HIGH)
                get_low_R = 1
                get_high_R = 0
##########################################################################
            if statP_to_move > statP :
                GPIO.output(P_ENA,GPIO.LOW)
                print ("P Upper",(P))
                GPIO.output(P_DIR,GPIO.LOW)
                get_high_P = 1
                get_low_P = 0
        #   time.sleep(1)
            elif P*5.666 == statP :
                GPIO.output(P_ENA,GPIO.HIGH)
                print ("P equal",(P))
                P_finish =1
            elif P*5.666 < statP :
                GPIO.output(P_ENA,GPIO.LOW)
                print ("P lower",(P))
                GPIO.output(P_DIR,GPIO.HIGH)
                get_low_P = 1
                get_high_P = 0
##########################################################################
        #Ui refresh
        if Stop1 == 1:
            print("END shutdown LOOP via stap 1  " ,Stop1)
            break
        else :
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            UI_re_sub = time.time()
            if UI_re_sub-UI_re > 0.05:  # ping to refreash rate == 50 ms
                tv_Hstr.set(f'{statH/500}   step on H Axis ')
                tv_Rstr.set(f'{statR/250}   step on R Axis ')
                tv_Pstr.set(f'{statP/5.666}   step on P Axis ')
                tv_Time_op_str.set(f'{Round}   opperate count')

                UI_re= time.time()
########################################################################
########################################################################
        #step worker
        if Stop1 == 1:
            print("END shutdown LOOP via stap 1  " ,Stop1)
            break
        else :
          #  decrease
            if get_low_H ==1 :
                down_to_H_value_sub = time.time()
                if down_to_H_value_sub - down_to_H_value > 0.001 :
                    down_to_H_value = time.time()
                    if not statH < statH_to_move:
                        # GPIO.output(H_ENA,GPIO.HIGH)
                        if H_PUL_state == 1 :
                            GPIO.output(H_PUL,GPIO.HIGH)
                            H_PUL_state = 0
                            statH=statH-1
                        else :
                            GPIO.output(H_PUL,GPIO.LOW)
             # print ("0")
                            H_PUL_state = 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                else:
                    GPIO.output(H_ENA,GPIO.HIGH)
                    H_finish = 1
##########################################################################
            #increse
            if get_high_H == 1 :
                up_to_H_value_sub = time.time()
                if up_to_H_value_sub-up_to_H_value > 0.001:    #####H value is high
                    up_to_H_value = time.time()
                    if not statH > statH_to_move:
                        if H_PUL_state == 1 :
                            GPIO.output(H_PUL,GPIO.HIGH)
                            H_PUL_state = 0
                            statH=statH+1
                        else :
                            GPIO.output(H_PUL,GPIO.LOW)
                            H_PUL_state = 1
                    else:
                        GPIO.output(H_ENA,GPIO.HIGH)
                        H_finish =
##########################################################################
        if get_high_R == 1 :
                up_to_R_value_sub =time.time()
                if up_to_R_value_sub - up_to_R_value > 0.001:
                    up_to_R_value = time.time()
                    if not statR > statR_to_move:
                        if R_PUL_state == 1 :
                            GPIO.output(R_PUL,GPIO.HIGH)
                            R_PUL_state = 0
                            statR=statR+1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                else :
                    GPIO.output(R_PUL,GPIO.LOW)
                    R_PUL_state = 1
            else :
                GPIO.output(R_ENA,GPIO.HIGH)
                R_finish = 1
#####################################################################
    if get_low_R == 1 :
        down_to_R_value_sub =time.time()
        if down_to_R_value_sub - down_to_R_value > 0.001:
            down_to_R_value = time.time()
            if not statR < statR_to_move:
                if R_PUL_state == 1 :
                    GPIO.output(R_PUL,GPIO.HIGH)
                    R_PUL_state = 0
                    statR=statR-1
                else :
                    GPIO.output(R_PUL,GPIO.LOW)
                    R_PUL_state = 1
            else :
                GPIO.output(R_ENA,GPIO.HIGH)
                R_finish = 1
#####################################################################
    if get_low_P == 1 :
        down_to_P_value_sub =time.time()
        if down_to_P_value_sub - down_to_P_value > 0.0045:
            down_to_P_value = time.time()
            if not statP < statP_to_move:
                if P_PUL_state == 1 :
                    GPIO.output(P_PUL,GPIO.HIGH)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    P_PUL_state = 0
                    statP=statP-1
                  else :
                    GPIO.output(P_PUL,GPIO.LOW)
                    P_PUL_state = 1
                else :
                  GPIO.output(P_ENA,GPIO.HIGH)
                  P_finish = 1
#####################################################################
            if get_high_P == 1 :
              up_to_P_value_sub =time.time()
              if up_to_P_value_sub - up_to_P_value > 0.0045:
                up_to_P_value = time.time()
                if not statP > statP_to_move:
                  if P_PUL_state == 1 :
                    GPIO.output(P_PUL,GPIO.HIGH)
                    P_PUL_state = 0
                    statP=statP+1
                  else :
                    GPIO.output(P_PUL,GPIO.LOW)
                    P_PUL_state = 1
                else :
                  GPIO.output(P_ENA,GPIO.HIGH)
                  P_finish = 1
#####################################################################
                # state sent item (convert form frist input)
#####################################################################
            if P_finish == 1 and R_finish == 1 and H_finish == 1  :
              if not P_H_R_finish_once==1 :
              #    P_H_R_finish_once=1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#####################################################################
                grip = 0
            if grip == 0 :
                    GPIO.output(24,GPIO.HIGH)  #grip
                    GPIO.output(23,GPIO. LOW)
                    if G_amp.value < 0.51 :
                        print("over")
                        GPIO.output(24,GPIO.LOW)
                        GPIO.output(23,GPIO.LOW)
                        for i in range (2):
                            print(i)
                            time.sleep(1)
                        grip = 1
#####################################################################
                        print ("once P H R finsih online \n ")
                        time.sleep(.1)
                        statP=statP_to_move
                        statR=statR_to_move
                        statH=statH_to_move
                        print (statP/5.6667," degree \n",statH/500," cm \n",statR/250," cm
\n")
                        time.sleep(.1)
                       #GPIO.output(23,GPIO.HIGH)  #grip
                       #GPIO.output(24,GPIO. LOW)
                       #time.sleep(3)
                       #GPIO.output(23,GPIO. LOW)
                        print ("plus H 5 cm in order ")
                        statH = statH+(5*500)
                        GPIO.output(H_ENA,GPIO.LOW)
                        GPIO.output(H_DIR,GPIO.LOW)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                for grip_up in range (5*500*2): #puls 2 state

                    if H_PUL_state == 1 :
                        GPIO.output(H_PUL,GPIO.HIGH)
                        H_PUL_state = 0
                        time.sleep(0.001)
                    else :
                        GPIO.output(H_PUL,GPIO.LOW)
                        H_PUL_state = 1
                        time.sleep(0.001)
                  #  print(grip_up)
                print("statH at + 5cm ",statH)
                GPIO.output(H_ENA,GPIO.HIGH)
                print ("finish")
                time.sleep(.1)
                print (P_01,"degree \n",H_01,"cm \n",R_01,"cm \n")
                time.sleep(.1)
                P_H_R_finish_once=1
                time.sleep(0.1)
                get_low_R=0
                get_high_R=0
                get_low_P=0
                get_high_P=0
                get_low_H=0
                get_high_H=0
                sent_item =1
    if not sent_item == 0:
        sent_item = 0
        print ("print stat P in cerretly",statP)
        time.sleep(.1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            print ("print P_01 in cerretly",P_01*5.666)
            time.sleep(.1)
            print ("print stat R in cerretly",statR)
            time.sleep(.1)
            print ("print R_01 in cerretly",R_01*250)
            time.sleep(.1)
            print ("print stat H in cerretly",statH)
            time.sleep(.1)
            print ("print H_01 in cerretly",H_01*500)
            time.sleep(.1)
########################################################################
            if statP < P_01*5.666 :
                print ("P_01 Higher than statP")
                GPIO.output(P_ENA,GPIO.LOW)
                GPIO.output(P_DIR,GPIO.LOW)
                get_high_P_01 = 1
                get_low_P_01 = 0
                time.sleep(.1)
            elif P_01*5.666 == statP :
                print ("P_01 equar to statP")
                time.sleep(.1)
                P_01_finish = 1
            elif statP > P_01*5.666 :
                print("P_01 lower than statP")
                GPIO.output(P_ENA,GPIO.LOW)
                GPIO.output(P_DIR,GPIO.HIGH)
                get_high_P_01 = 0
                get_low_P_01 = 1
                time.sleep(.1)
########################################################################
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if statR < R_01*250:
                print ("R_01 Higher than statR")
                GPIO.output(R_ENA,GPIO.LOW)
                GPIO.output(R_DIR,GPIO.LOW)
                get_high_R_01 = 1
                get_low_R_01 = 0
                time.sleep(.1)
            elif R_01*250 == statR :
                print ("R_01 equar to statR ")
                time.sleep(.1)
                R_01_finish = 1
            elif statR > R_01*250 :
                print ("R_01 Lower than statR")
                GPIO.output(R_ENA,GPIO.LOW)
                GPIO.output(R_DIR,GPIO.HIGH)
                get_high_R_01 = 0
                get_low_R_01 = 1
                time.sleep(.1)
########################################################################
########################################################################
        if get_high_R_01 == 1:
            up_to_R_01_value_sub = time.time()
            if up_to_R_01_value_sub - up_to_R_01_value > 0.001 :
                up_to_R_01_value =time.time()
                if not R_01*250 < statR:
                    if R_PUL_state == 1 :
                        GPIO.output(R_PUL,GPIO.HIGH)
                        R_PUL_state = 0
                        statR=statR+1
                    else :
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    GPIO.output(R_PUL,GPIO.LOW)
                    R_PUL_state = 1
                else :
                    GPIO.output(R_ENA,GPIO.HIGH)
                    R_01_finish = 1
            if get_low_R_01  == 1:
                down_to_R_01_value_sub = time.time()
                if down_to_R_01_value_sub - down_to_R_01_value > 0.001 :
                    down_to_R_01_value =time.time()
                    if not R_01*250 > statR:
                        if R_PUL_state == 1 :
                            GPIO.output(R_PUL,GPIO.HIGH)
                            R_PUL_state = 0
                            statR=statR-1
                        else :
                            GPIO.output(R_PUL,GPIO.LOW)
                            R_PUL_state = 1
                    else :
                        GPIO.output(R_ENA,GPIO.HIGH)
                        R_01_finish = 1
##########################################################################
##########################################################################
##########################################################################
            if get_high_P_01 == 1:
                up_to_P_01_value_sub =time.time()
                if up_to_P_01_value_sub -  up_to_P_01_value > 0.0045:
                    up_to_P_01_value =time.time()
                    if not P_01 *5.6667 < statP:
                        if P_PUL_state == 1 :
                            GPIO.output(P_PUL,GPIO.HIGH)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    P_PUL_state = 0
                    statP=statP+1
                else :
                    GPIO.output(P_PUL,GPIO.LOW)
                    P_PUL_state = 1
            else :
                GPIO.output(P_ENA,GPIO.HIGH)
                P_01_finish = 1
#####################################################################
        if get_low_P_01  == 1:
            down_to_P_01_value_sub =time.time()
            if down_to_P_01_value_sub - down_to_P_01_value > 0.0045 :
                down_to_P_01_value = time.time()
                if not P_01 *5.6667 > statP :
                    if P_PUL_state == 1 :
                        GPIO.output(P_PUL,GPIO.HIGH)
                        P_PUL_state = 0
                        statP=statP-1
                    else :
                        GPIO.output(P_PUL,GPIO.LOW)
                        P_PUL_state = 1
                else :
                    GPIO.output(P_ENA,GPIO.HIGH)
                    P_01_finish = 1
        if P_01_finish == 1 and R_01_finish ==1 :
          if Once_end  == 0 :
            print ("decrease H for drop original position")
            GPIO.output(H_ENA,GPIO.LOW)
            GPIO.output(H_DIR,GPIO.HIGH)
            statH = statH-(5*500)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        for grip_down in range (5*500*2): #puls 2 state
            if H_PUL_state == 1 :
                GPIO.output(H_PUL,GPIO.HIGH)
                H_PUL_state = 0
                time.sleep(0.001)
            else :
                GPIO.output(H_PUL,GPIO.LOW)
                H_PUL_state = 1
                time.sleep(0.001)
                    #  print(grip_up)
        print("statH at - 5cm ",statH)
        GPIO.output(H_ENA,GPIO.HIGH)
        print("end ")
        GPIO.output(24,GPIO.LOW)
        GPIO.output(23,GPIO.HIGH)
        time.sleep(3)
        GPIO.output(23,GPIO.LOW)
        time.sleep (0.1)
        print ("statH  ",statH/500,"  statR  ",statR/250," statP ",statP/5.666)
        time.sleep(0.1)
        print ("if again  using frist value input")
        print("H   ",H ,"  R   ",R,"  P  ",P)
        Once_end = 1
        loop_input = 0
        time.sleep(1)
        Once_end = 0
        GPIO.output(P_ENA,GPIO.LOW)
        GPIO.output(R_ENA,GPIO.LOW)
        GPIO.output(H_ENA,GPIO.LOW)
##########################################################################
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                H_finish = 0
     # statH = 7500 # 15 cm
    #  statH_to_move = H*500
                get_high_H = 0
                get_low_H = 0
                get_high_H_01 = 0
                get_low_H_01 = 0
                R_finish = 0
   #    statR = 7500 # 29 cm
   #    statR_to_move = R * 250
                get_high_R = 0
                get_low_R = 0
                get_high_R_01 = 0
                get_low_R_01 = 0
                R_PUL_state = 0
#########################################################################
                P_finish = 0
   #    statP = 850  #150 degree
   #    statP_to_move = P *5.666
                get_high_P = 0
                get_low_P = 0
  #      up_to_P_01_value =time.time()
#      down_to_P_01_value =time.time()
                get_high_P_01 = 0
                get_low_P_01 = 0
                P_PUL_state = 0
#########################################################################
#########################################################################
                P_finish =0
                H_finish = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                R_finish = 0
                P_01_finish = 0
                R_01_finish = 0
                H_01_finish = 0
                P_H_R_finish_once=0
                sent_item = 0
#########################################################################
                grip =1
                drop =0
                break
            #   return P_01_finish,H_01_finish,R_01_finish,P_finish,R_finish,H_finish,Round
#########################################################################
#########################################################################
#########################################################################
def home():
    for st in range (100) :
        print ('\n')
    Stop1 = 0
    Stop2 = 1
    time.sleep(0.1)
    st1 = threading.Thread(target=home_step)
    st1.start()
###############from os import system, name############################
def start():
        for st in range (100) :
            print ('\n')
        Stop1 = 1
        Stop2 = 0
        time.sleep(.1)
        global tv_H,tv_Hstr,tv_R,tv_Rstr,tv_P,tv_Pstr,H,R,P
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Hvar = tv_H.get()
        Rvar = tv_R.get()
        Pvar = tv_P.get()
        tv_Hstr.set(f'{Hvar}   step on H Axis ')
        time.sleep(.1)
        tv_Rstr.set(f'{Rvar}   step on R Axis ')
        time.sleep(.1)
        tv_Pstr.set(f'{Pvar}   step on P Axis ')
        time.sleep(.1)
            #print("X str value befor convert  %s" % (tv_X.get()))
        H =int(tv_H.get())
        print ("H int value after convert ",(H))
        time.sleep(.1)
    #print("Y str value befor convert  %s" % (tv_Y.get()))
        R =int(tv_R.get())
        print ("Y int value after convert ",(R))
        time.sleep(.1)
    #print("Z str value befor convert  %s" % (tv_Z.get()))
        P=int(tv_P.get())
        print ("P int value after convert ",(P))
        time.sleep(.1)
#####################################################################
        global tv_H_01,tv_Hstr_01,tv_R_01,tv_Rstr_01,tv_P_01,tv_Pstr_01,H_01,R_01,P_01
        Hvar_01 = tv_H.get()
        Rvar_01 = tv_R.get()
        Pvar_01 = tv_P.get()
        H_01 =int(tv_H_01.get())
        print ("H int value after convert ",(H_01))
        time.sleep(.1)
    #print("Y str value befor convert  %s" % (tv_Y.get()))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        R_01=int(tv_R_01.get())
        print ("Y int value after convert ",(R_01))
        time.sleep(.1)
    #print("Z str value befor convert  %s" % (tv_Z.get()))
        P_01=int(tv_P_01.get())
        print ("P int value after convert ",(P_01))
        time.sleep(.1)
#########################################################################
        global tv_Time_op,tv_Time_op_str,Round_input
    #   tv_Time_opvar = tv_Time_op.get()
    #   tv_Time_op_str.set(f'{tv_Time_opvar}   opperate count')
    #   Round_input=int(tv_Time_op.get())
#########################################################################
        st2 = threading.Thread(target=startloop)
        st2.start()
        return H,R,P,H_01,R_01,P_01
#########################################################################
def stop():
    global Stop1,Stop2
    for st in range (100) :
        print ('\n')
    GPIO.output(P_ENA,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(H_ENA,GPIO.HIGH)
    GPIO.output(R_ENA,GPIO.HIGH)
    status = messagebox.askyesno(title="Stop", message="ต้องการหยุดการทำงานใช่หรือไม่")
    if status > 0:
        Stop1=1
        Stop2=1
        print ("All was falling "'\n'" Stop 1 ",Stop1,"  Stop2 ",Stop2)
        H_finish = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
get_high_H = 0
get_low_H = 0
get_high_H_01 = 0
get_low_H_01 = 0
H_PUL_state = 0
########################################################################
R_finish = 0
get_high_R = 0
get_low_R = 0
get_high_R_01 = 0
get_low_R_01 = 0
R_PUL_state = 0
########################################################################
P_finish = 0
get_high_P = 0
get_low_P = 0
get_high_P_01 = 0
get_low_P_01 = 0
########################################################################
###############general ###############################################
P_finish =0
H_finish = 0
R_finish = 0
P_01_finish = 0
R_01_finish = 0
H_01_finish = 0
P_H_R_finish_once=0
sent_item = 0
########################################################################
grip =1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        drop =0
        Round =0
        time.sleep(2)
    if Stop1 == 1 :
        Stop1= 0
        Stop2= 0
        get_high  =  0
        return
Stop1,Stop2,P_01_finish,H_01_finish,R_01_finish,P_finish,R_finish,H_finish,Round
#####################################################################
def re_UI ():
    print ("re")
    time.sleep(1)
Button(root, text=" RUN!! ",command= start).grid(row=4, column=0, sticky=E, padx=10,
pady=10)
Button(root, text=" HOME!! ", command=home).grid(row=4, column=1, sticky=E, padx=10,
pady=10)
Button(root, text=" STOP!! ", command=stop).grid(row=4, column=2, sticky=E, padx=10,
pady=10)
Label(root, text=" H Axis").grid(row=0, column=0, sticky=E, padx=5, pady=5)
Entry(root, textvariable=tv_H, width=5).grid(row=0, column=1)
Label(root, text=" R Axis").grid(row=1, column=0, sticky=E, padx=5, pady=5)
Entry(root, textvariable=tv_R, width=5).grid(row=1, column=1)
Label(root, text=" P Axis").grid(row=2, column=0, sticky=E, padx=5, pady=5)
Entry(root,  textvariable=tv_P,width=5).grid(row=2, column=1)
#####################################################################
Label(root, text="R' Axis").grid(row=1, column=2, sticky=E, padx=5, pady=5)
Entry(root, textvariable=tv_R_01, width=5).grid(row=1, column=3)
Label(root, text="P' Axis").grid(row=2, column=2, sticky=E, padx=5, pady=5)
Entry(root, textvariable=tv_P_01, width=5).grid(row=2, column=3)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Label(root, textvariable=tv_Hstr).grid(row=0,column=4)
Label(root, textvariable=tv_Rstr).grid(row=1,column=4)
Label(root, textvariable=tv_Pstr).grid(row=2,column=4)
Label(root, textvariable=tv_Hstr_01).grid(row=0,column=4)
Label(root, textvariable=tv_Rstr_01).grid(row=1,column=4)
Label(root, textvariable=tv_Pstr_01).grid(row=2,column=4)
Label(root, textvariable=tv_Time_op_str).grid(row=3,column=4)
Label(root, text=" H plus  5 cm == 2500 puls caution H must below 27 cm").grid(row=6,
column=6, sticky=E, padx=10, pady=10)
##########################################################################
##########################################################################
root.mainloop()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

คู่มือการใช้งานแขนกลสำหรับบรรจุขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานแขนกลสำหรับบรรจุขวด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

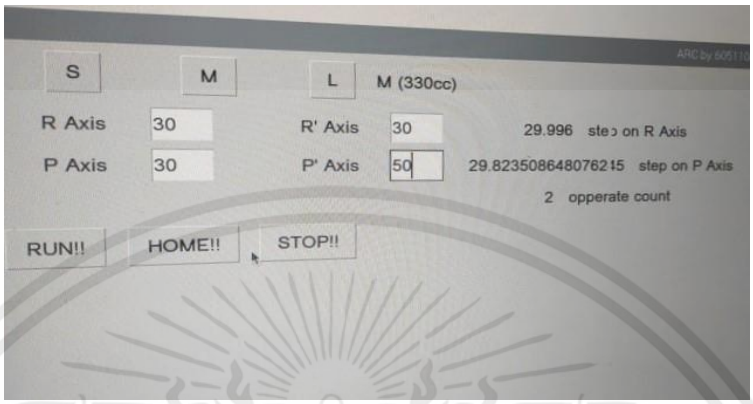
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

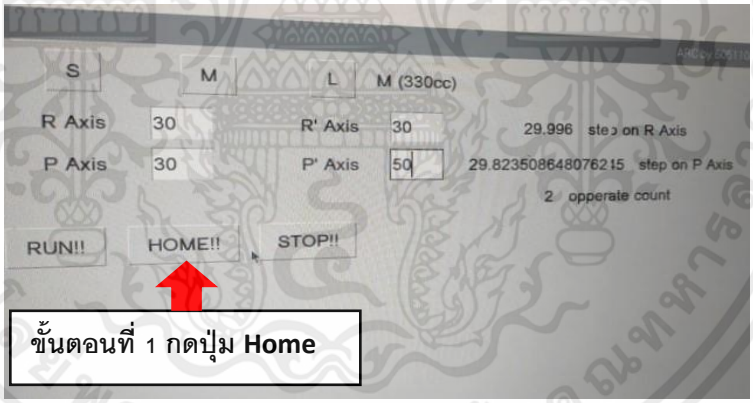
แขนกลสำหรับบรรจุขวด

1.รูปแบบเมนูต่าง ๆ บนหน้าจอ TFT 5 inch



รูปที่ ค. 1 หน้าจอ TFT 5 inch แสดงเมนูของแขนกลสำหรับบรรจุขวด

2. เซ็ตค่าตำแหน่งแกนแขนกลสำหรับบรรจุขวด



รูปที่ ค.2 เซ็ตค่าตำแหน่งแกนแขนกลสำหรับบรรจุขวด

จากรูปที่ ค. 2 เซ็ตค่าตำแหน่งแกนแขนกลสำหรับบรรจุขวด ให้กดปุ่ม Home เพื่อให้แกน R,H,P ทำงานอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางให้เหมาะสมกับการทำงานของแกนกลสำหรับบรรจุขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เลือกป้อนระยะแกนผ่านหน้าจอ TFT 5 inch

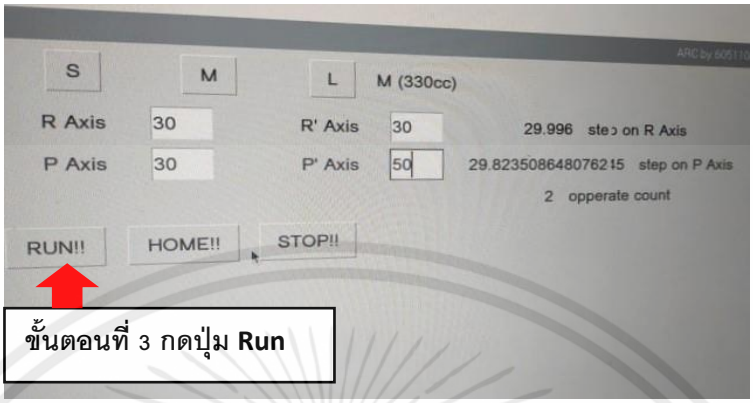
รูปที่ ค. 3 เลือกป้อนระยะแกนผ่านหน้าจอ TFT 5 inch

จากรูปที่ ค. 3 เลือกป้อนระยะแกนผ่านหน้าจอ TFT 5 inch สเต็ปปิ้งเตอร์จะเคลื่อนที่ไปยังระยะที่ป้อนเริ่มต้นหยิบเมื่อจับวัตถุเสร็จสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะเคลื่อนที่ไปยังจุดวางวัตถุโดยแต่ละแกนมีระยะเริ่มต้น-สิ้นสุดต่างกันแต่การทำงานแกน H แกนเดียวที่จะมีระยะตามที่เลือกไซด์แล้วจับวัตถุเสร็จบวกขึ้นไป 7 เซนติเมตรวางวัตถุลบลง 7 เซนติเมตร

*** หมายเลข** 1. เลือกขนาดไซด์ขวดความสูง
(S = 10 cm., M = 14 cm. L = 18 cm.)
2. ระยะจับวัตถุแกน R (ระยะยืด)
3. ระยะจับวัตถุนแกน P (ฐานหมุน)
4. ระยะวางวัตถุแกน R’ (ระยะยืด)
5. ระยะวางวัตถุแกน P’ (ฐานหมุน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แขนกลสำหรับบรรจุขวดกด Run



รูปที่ ค. 4 แขนกลสำหรับบรรจุขวดกด Run

จากรูปที่ ค. 4 แขนกลสำหรับบรรจุขวดทำงานตรงตามค่าที่ป้อนแล้วทำงานจับ-วางวัตถุให้ได้จำนวน 6 ครั้ง เพื่อบรรจุใส่ลังแต่ละตำแหน่ง

5. แขนกลสำหรับบรรจุขวดกดปุ่ม Stop

รูปที่ ค. 5 แขนกลสำหรับบรรจุขวดกดปุ่ม Stop

จากรูปที่ ค. 5 แขนกลสำหรับบรรจุขวดกดปุ่ม Stop เป็นการกดเพื่อหยุดการทำงานทันทีเนื่องเกิดการผิดพลาดจากการทำงานของแขนกลสำหรับบรรจุขวดแต่ถ้าให้ทำงานใหม่ทุกครั้งต้องกดปุ่ม Home ทุกครั้งเพื่อเซ็ตค่าการทำงานใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายธนัช ปัญญาชาติรักษ์
วัน เดือน ปีเกิด 4 พฤษภาคม 2542
ที่อยู่ 845 ถ.ผังเมือง4 ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา 95000

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2559 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ
สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
วิทยาลัยเทคนิคยะลา
Tel.083-5018601
Email. tanat3593@gmail.com

ชื่อ-นามสกุล นายชัยณรงค์ ดำแก้ว
วัน เดือน ปีเกิด 19 มกราคม 2541
ที่อยู่ 460 ม.9 ต.โคกทราย อ.ป่าบอน จ.พัทลุง 93170

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2557 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ
สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่
พ.ศ.2560 ประกาศนียบัตรวิชาชีพขั้นสูง
สาขาวิชาเทคโนโลยีระบบโทรคมนาคม
วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่
Tel.089-7390713
Email. Chainarongdamkaew@gmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้