เครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก

GLASS AND PLASTIC BOTTLE SEPARATION MACHINE

นางสาวธนาวดี ไชยลังการณ์ รหัส 57363108

นางสาวพรรณารายณ์ นุชพงษ์ รหัส 57363252

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2560

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน เครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก

ผู้ดำเนินโครงงาน นางสาวธนาวดี ไชยลังการณ์ รหัส 57363108

นางสาวพรรณารายณ์ นุชพงษ์ รหัส 57363252

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2560

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

.....กรรมการ

(ดร.สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน เครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก

ผู้ดำเนินโครงงาน นางสาวธนาวดี ลังการณ์ รหัส 57363108

นางสาวพรรณารายณ์ นุชพงษ์ รหัส 57363252

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2560

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกที่สร้างขึ้นประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนแท่นชั่งน้ำหนักที่ทำจากแผ่นอะคริลิก ส่วนใบพัดที่ใช้สำหรับแยกขวดและส่วนที่ใช้สำหรับรองรับขวดแก้วหรือขวดพลาสติก โดยค่าน้ำหนักของขวดที่รับเข้ามาจะถูกอ่านค่าโดยเซนเซอร์โหลดเซลล์ที่ติดตั้งไว้บริเวณแท่นชั่งน้ำหนัก ซึ่งโหลดเซลล์ที่นำมาใช้แยกน้ำหนักสามารถรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 1 กิโลกรัม โดยมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงใช้ในการควบคุมทิศทางการหมุนของใบพัดและใช้เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุกำหนดตำแหน่งของใบพัด ซึ่งขวดที่นำมาทำการทดลองมีขวดแก้วขนาด 140, 150 และ 250 มิลลิลิตร และใช้ขวดพลาสติกขนาด 350, 410 และ 600 มิลลิลิตร จากผลการทดลองเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกสามารถแยกขวดแก้วหรือขวดพลาสติกที่นำมาทำการทดลองได้จริง นอกจากนี้เครื่องยังสามารถแยกขวดได้อย่างถูกต้องโดยสามารถแยกขวดที่ใส่ลงไปแบบคละขนาดขวดได้

Project title	Glass and Plastic Bottle Separation Machine		
Name	Miss.Thanawadee	Chailaungkarn	ID. 57363108
	Miss.Pannarai	Nuchpong	ID. 57363252
Project advisor	Asst. Prof. Mutita Songjun, Ph.D.		
Major	Electrical Engineering		
Department	Electrical and Computer Engineering		
Academic year	2017		

.....

Abstract

This project proposes the automatic glass and plastic bottle separation machine using microcontroller. This machine consists of 3 parts, an acrylic plate for weighing, propeller for separating bottles, and a plate for collecting glass or plastic bottles. The load cell sensor installed at the weighing plate is used to weight the bottles. The weight of the bottle should not exceed 1 kilogram. The DC motor is used to control the direction of the propeller and the sensor is used to specify the position of the propeller. The glass bottles that used in this project are selected to be 140, 150 and 250 ml and the plastic bottles are 350, 400 and 600 ml. The results show that the separation machine can be used to separate glass bottles and plastic bottles correctly. Moreover, this machine is able to classify the different size of bottles.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมไฟฟ้าฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มุฑิตา สงฆ์จันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำโครงงานวิศวกรรมนี้ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ผู้ดำเนินโครงงานตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ ขอขอบคุณหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวรและห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ยืมหนังสือดีๆมากมายและขอขอบคุณทุกท่านที่ช่วยให้โครงงานนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ในโอกาสนี้ทางผู้จัดทำโครงงานขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย และดร.สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์ ที่สละเวลามาร่วมเป็นคณะกรรมการในการสอบโครงงานรวมทั้งให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง ให้ข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์เพื่อให้โครงงานนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ในท้ายที่สุดนี้ผู้จัดทำโครงงานจึงขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน บิดา มารดา ที่คอยสั่งสอนให้ความรู้จนผู้จัดทำสำเร็จการศึกษา ทั้งนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ได้ให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรมและคอยให้กำลังใจ ช่วยให้คำปรึกษาทั้งในเรื่องเรียนและในเรื่องส่วนตัวจนสำเร็จลุล่วงมาด้วยดี

ผู้จัดทำโครงงาน

ธนาวดี ไชยลังการณ์

พรรณารายณ์ นุชพงษ์

พฤษภาคม 2560

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ขวดบรรจุภัณฑ์เครื่องดื่ม 4
2.1.1 ขวดพลาสติก 4
2.1.2 ขวดแก้ว 5
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 7
2.2.1 โครงสร้างทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ 7
2.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR 8
2.3 โหลดเซลล์ 9
2.3.1 โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ 10
2.3.2 สเตรนเกจ 11
2.4 มอเตอร์ไฟฟ้า 13
2.4.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน 18

3.1 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้าง 18

3.1.1 ส่วนของโครงสร้าง 19

3.1.2 ส่วนของใบพัด 19

3.1.3 ส่วนของโหลดเซลล์ 20

3.1.4 ส่วนของถังรองรับขวด 21

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก 22

3.2.1 ส่วนวัดค่าน้ำหนัก 23

3.2.2 ส่วนควบคุมการหมุนของใบพัด 23

3.2.3 ส่วนควบคุมการหยุดของใบพัด 24

3.3 ขั้นตอนการทำงานเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก 24

บทที่ 4 ผลการทดลอง 28

4.1 การทดลองการอ่านค่าน้ำหนักของเครื่องชั่งโหลดเซลล์ 28

4.2 การทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ 31

4.2.1 การทดลองกรณีมอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา 32

4.2.2 การทดลองกรณีมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา 33

4.3 การทดลองความถูกต้องในการคัดแยก 34

4.3.1 การทดลองความถูกต้องในการคัดแยกขวดแต่ละประเภท 34

4.3.2 การทดลองความถูกต้องในการคัดแยกกรณีใส่ขวดแบบคละประเภท 34

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 37

5.1 สรุปผลการทดลองการทำงานของเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก 37

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา 37

5.3 การนำไปพัฒนาและประยุกต์การใช้งาน 38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง 39
ภาพผนวก ก โค้ดการทำงานเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก 40
ภาพพผนวก ข รายละเอียดโมดูลขยายสัญญาณ HX711 46
ภาพผนวก ค รายละเอียดคุณสมบัติเซนเซอร์โหลดเซลล์ 49
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 51

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินโครงงาน 2

2.1 ตัวอย่างขนาดขวดเพทที่นิยมใช้บรรจุน้ำดื่มในปัจจุบัน 5

2.2 ขนาดขวดแก้วที่นิยมใช้บรรจุเครื่องดื่มในปัจจุบัน 7

4.1 การทดลองอ่านค่าน้ำหนักของเครื่องชั่งโหลดเซลล์เมื่อชั่งน้ำหนักของขวดแก้ว 29

4.2 การทดลองอ่านค่าน้ำหนักของเครื่องชั่งโหลดเซลล์เมื่อชั่งน้ำหนักของขวดพลาสติก 30

4.3 การทดลองกรณีมอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา 32

4.4 การทดลองกรณีมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา 33

4.5 การทดลองความถูกต้องในการคัดแยกกรณีใส่ขวดแบบสุ่ม 35

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 กระบวนการขึ้นรูปขวดเพท 5

2.2 ภาพลำดับขั้นตอนการขึ้นรูปขวดแก้ว 6

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATmega328 9

2.4 จุดที่สเตรนเกจได้รับแรงกด 10

2.5 วงจรวีทสโตนบริดจ์ 11

2.6 ลักษณะของสเตรนเกจ 12

2.7 (ก) สเตรนเกจขณะยังไม่มีแรงมากระทำ (ข) เสตรนเกจขณะมีแรงมากระทำ 12

2.8 วงจรสมมูลของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 14

2.9 (ก) วงจรควบคุมการกลับทิศของมอเตอร์ (ข) สัญญาณพัลส์วิทมอดูเลเตอร์ 16

3.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก 18

3.2 โครงสร้างของต้นแบบเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก 19

3.3 ใบพัดที่ทำจากไม้ 20

3.4 ตัวโหลดเซลล์ที่ถูกติดกับแผ่นอะคริลิก 20

3.5 ถังที่ใช้รองรับขวดจากการคัดแยก 21

3.6 (ก) โครงสร้างเครื่องต้นแบบภายใน (ข) โครงสร้างเครื่องต้นแบบภายนอก 21

3.7 แผนภาพแสดงการทำงานรวมของระบบ 22

3.8 แสดงการต่อโมดูล HX711 23

3.9 แสดงการต่อวงจรขับมอเตอร์ 24

3.10 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ 24

3.11 แผนผังขั้นตอนการทำงานของเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก 26

4.1 เครื่องชั่งดิจิทัล 29

4.2 จุดที่ใบพัดหมุนครบ 1 รอบ ณ ตำแหน่งที่ 360 องศา 31

4.3 แผ่นวัดมุมองศา 32

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันจำนวนประชากรของโลกได้เพิ่มมากขึ้นกว่าเดิมหลายเท่าตัว เมื่อมีจำนวนประชากรมากก็ย่อมส่งผลให้ใช้ทรัพยากรมากขึ้นด้วยทำให้เกิดการเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและเกิดปัญหาขยะตามมา การทิ้งขยะรวมกันโดยไม่แยกประเภทนั้นทำให้ขยะที่สามารถนำมาใช้ใหม่ได้ (Reuse) และขยะที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้ (Recycle) ถูกทิ้งรวมไปกับขยะเปียกทั้งหลายและอาจจะไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกหรือผ่านกระบวนการย่อยสลายที่ไม่เหมาะสม ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นสาเหตุหนึ่งของภาวะโลกร้อน ขยะที่เป็นตัวการสำคัญของปัญหาคือพลาสติกและแก้วซึ่งเป็นสิ่งที่ย่อยสลายได้ยาก เนื่องจากการดำเนินชีวิตประจำวันของเรานั้นเกี่ยวข้องกับพลาสติกและแก้วอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ไม่ว่าจะเป็นการอุปโภคหรือบริโภค เพราะน้ำเป็นองค์ประกอบหลักของร่างกายกว่าร้อยละ 80 จึงเป็นสาเหตุของการใช้ขวดน้ำเป็นจำนวนมากส่งผลให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

ดังนั้น ปัญหาด้านการแยกขยะจึงเป็นปัญหาที่สำคัญที่เราทุกคนควรตระหนักถึงและเป็นที่มาของโครงงานเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกเพื่อช่วยจัดการระบบการจัดการขยะให้มีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

สร้างต้นแบบเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกเพื่อช่วยประหยัดเวลาในการคัดแยกโดยใช้เซนเซอร์ตรวจวัดน้ำหนัก

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. แยกขวดแก้วกับขวดพลาสติก โดยขวดพลาสติกมีขนาด 350 ถึง 600 มิลลิลิตรและขวดแก้วมีขนาด 140 ถึง 300 มิลลิลิตร
2. แยกขวดแก้วกับขวดพลาสติกโดยใช้เซนเซอร์ชนิดโหลดเซลล์ (Load Cell) ขนาด 1 กิโลกรัม
3. ขวดแก้วและขวดพลาสติกที่ทำการแยกต้องไม่มีของเหลวบรรจุอยู่
4. เครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกสามารถแยกได้ทีละหนึ่งขวด

5. ขวดที่นำมาชั่งน้ำหนักต้องมีความสูงไม่เกิน 25 เซนติเมตร

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงงาน

รายละเอียด	ปี พ.ศ. 2560				ปี พ.ศ. 2561				
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูล									
1.1 หลักการทำงานของเซนเซอร์โหลดเซลล์									
1.2 หลักการทำงานของไมโครคอนโทลเลอร์									
2. ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องแยกขยะขวดแก้วและขวดพลาสติก									
3. ทดสอบการทำงานและปรับปรุงแก้ไข									
4. วิเคราะห์และสรุปผล									
5. จัดทำรายงานปริญญานิพนธ์									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ต้นแบบเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกที่สามารถใช้งานได้จริง
2. สามารถประหยัดเวลาในการคัดแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก
3. เป็นต้นแบบในการพัฒนาโครงงานและประยุกต์ใช้ต่อไป เช่น เครื่องคัดแยกขนาดผลไม้

1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

1. เซนเซอร์อินฟราเรด	45	บาท
2. เซนเซอร์ตรวจวัดน้ำหนักชนิดโหลดเซลล์	100	บาท
3. ค่าถ่ายเอกสาร	500	บาท
4. ค่าโครงสร้างต้นแบบ	2,480	บาท
รวม (สามพันหนึ่งร้อยยี่สิบห้าบาทถ้วน)	3,125	บาท

หมายเหตุ (ถัวเฉลี่ยทุกรายการ)

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะรวบรวมทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหลักการทำงานที่มีความจำเป็นต่อการควบคุมต้นแบบเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมเซนเซอร์ตรวจวัดน้ำหนักและใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงควบคุมใบพัดสำหรับการคัดแยกขวด

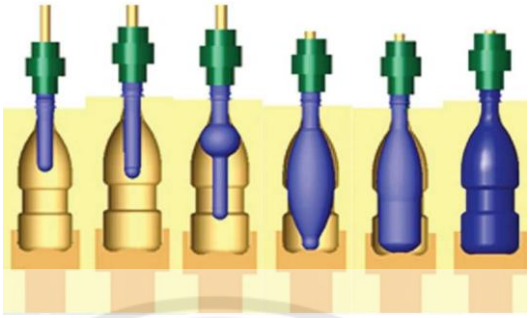
2.1 ขวดบรรจุภัณฑ์เครื่องดื่ม

ขวดเป็นภาชนะที่มีรูปทรงยาวโดยทั่วไปใช้บรรจุน้ำหรือของเหลว ในปัจจุบันขวดที่พบในชีวิตประจำวันมีอยู่ 2 ชนิดคือขวดที่ทำมาจากพลาสติกและขวดที่ทำมาจากแก้ว

2.1.1 ขวดพลาสติก

พลาสติกที่ใช้ทำขวดน้ำดื่มมีอยู่ 2 ชนิด ชนิดแรกเป็นขวดน้ำสีขาวขุ่นทำจากพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (Polyethylene : PE) ข้อดีของพลาสติกชนิดนี้คือราคาถูก ยืดหยุ่นไม่แตกง่าย ข้อเสียคือป้องกันการซึมผ่านของแก๊สได้ไม่ดีอาจทำให้น้ำมีกลิ่นแปลกปลอมและผู้บริโภคไม่สามารถเห็นคุณภาพของน้ำที่บรรจุอยู่ภายในได้ทำให้ปัจจุบันไม่นิยมใช้ ขวดน้ำพลาสติกชนิดที่สองทำจากพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate : PET) หรือเรียกว่า ขวดเพท ซึ่งเป็นพลาสติกที่มีความโปร่งใสแข็งแรงและยืดหยุ่นไม่แตกง่าย สามารถป้องกันการซึมผ่านของแก๊สได้ดีมีความใสใกล้เคียงกับขวดแก้วแต่มีน้ำหนักเบาและมีราคาถูกกว่าจึงได้รับความนิยมกันอย่างกว้างขวางโดยนิยมใช้เป็นขวดบรรจุน้ำอัดลม น้ำมัน น้ำปลา เครื่องดื่มและน้ำดื่ม เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วการผลิตขวดเพทมักใช้กระบวนการเป่าแบบดึงยืด (Stretch Blow Moulding) ซึ่งเป็นการผลิต 2 ขั้นตอน โดยเริ่มจากกระบวนการฉีดเม็ดพลาสติกให้เป็นพรีฟอร์ม (Preform) และเป่าพรีฟอร์มให้เป็นขวดน้ำตามลำดับ ขั้นตอนสำคัญของกระบวนการผลิตเริ่มจากการอบ เพื่อไล่ความชื้นเนื่องจากเม็ดพลาสติกเพทมักดูดความชื้นจากอากาศได้สูง (Hygroscopic Plastics) โดยปกติเม็ดพลาสติกเพทมีความชื้นประมาณร้อยละ 0.05 จึงต้องอบไล่ความชื้นในเม็ดพลาสติกให้ไม่สูงเกินร้อยละ 0.005 ก่อนถูกทำให้หลอมเพื่อฉีดเป็นพรีฟอร์ม ในขั้นตอนการเปลี่ยนรูปร่างของพรีฟอร์มให้เป็นขวดเริ่มจากการทำให้พรีฟอร์มร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส จนพรีฟอร์มเริ่มนิ่มและนำเข้าสู่กระบวนการเป่าแบบดึงยืดใน 2 ทิศทาง เพื่อให้ผนังฟรีฟอร์มขยายตัวไปกระทบผนังแม่พิมพ์รูปขวด เมื่อพลาสติกเย็นตัวลงจะได้

ผลิตภัณฑ์เป็นขวดพลาสติกใสที่มีการจัดเรียงตัวของสายโซ่โพลิเมอร์และมีปริมาณผลึกสูงทำให้ขวดมีความแข็งแรงสามารถป้องกันการแพร่ผ่านของแก๊สและทนสารเคมีได้ดี สำหรับกระบวนการขึ้นรูปขวดเพทแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กระบวนการขึ้นรูปขวดเพท

ที่มา : http://www.engineerfriend.com/2015/articles/automation/

เนื่องจากปัจจุบันขวดพลาสติกใสประเภทขวดเพทเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะมีความปลอดภัยสูงและจากการศึกษาสารเคมีที่ละลายออกมาจากขวดเพท พบว่า มีค่าไม่เกินที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานสากล จากตารางที่ 2.1 เป็นตัวอย่างขนาดขวดเพทที่นิยมใช้บรรจุน้ำดื่มของยี่ห้อหนึ่ง

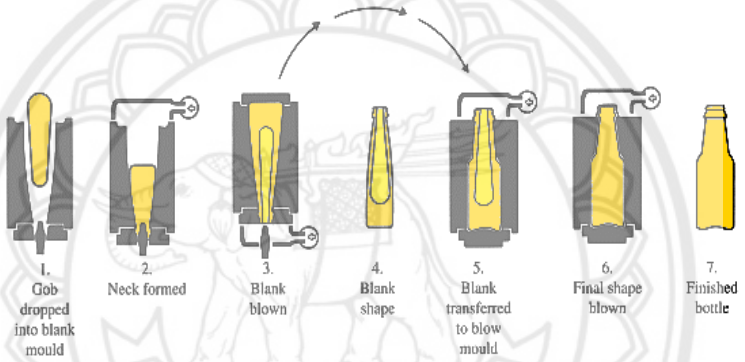
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างขนาดขวดเพทที่นิยมใช้บรรจุน้ำดื่มในปัจจุบัน

ขนาด	350 มิลลิลิตร	600 มิลลิลิตร	1,500 มิลลิลิตร
รูป			

2.1.2 ขวดแก้ว

แก้วเป็นสารประกอบของซิลิกากับสารโลหะออกไซด์ที่มีลักษณะโปร่งตาและมีความเปราะในตัวเอง วัตถุดิบที่สำคัญในกระบวนการผลิตขวดแก้วได้แก่ ทรายแก้ว (Glass Sand) เมื่อหลอมจะกลายสภาพเป็นโครงสร้างหลักของเนื้อแก้ว โซดาแอช (Soda Ash) มีคุณสมบัติช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมเหลว หินปูน (Limestone) มีคุณสมบัติในการเพิ่มความแข็งแรงของเนื้อแก้ว

และทำให้แก้วมีความทนทานต่อสารเคมี หินฟันม้า (Feldspar) มีคุณสมบัติในการเพิ่มความคงทนของเนื้อแก้วและเศษแก้ว (Cullet) เป็นวัตถุดิบที่ช่วยประหยัดพลังงานในการหลอม ซึ่งวัตถุดิบทั้งหมดนี้จะถูกหลอมเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 1,500 องศาเซลเซียส แก้วที่ถูกหลอมละลายแล้วจะถูกส่งไปยังเครื่องจักรเพื่อทำการตัดแบ่งเป็นส่วนๆ ให้มีขนาดเท่าๆ กันเรียกว่า ก็อบ (Gob) ก็อบจะถูกส่งมายังเครื่องขึ้นรูปซึ่งจะต้องใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูปขวดสองแบบด้วยกัน โดยที่เครื่องแรกก็อบจะถูกบรรจุลงในแม่พิมพ์ทรงกระบอก จากนั้นเครื่องสูบในแม่พิมพ์ก็จะดันขึ้นมาเพื่อสร้างช่องว่างในตัวก็อบกลายเป็นด้านในของขวด ซึ่งขั้นนี้จะเรียกว่าพาริซัน (Parison) พาริซันที่ยังคว่ำอยู่ในแม่พิมพ์ตัวแรกจะถูกจับให้หงายขึ้นและใส่ไปยังแม่พิมพ์ตัวที่ 2 ซึ่งจะมีหัวฉีดอัดอัดลมเข้าไปด้านในเพื่อให้แก้วพองขยายเป็นรูปขวดดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ภาพลำดับขั้นตอนการขึ้นรูปขวดแก้ว

ที่มา : http://recordworldstories.blogspot.com/2016/09/blog-post.html

เมื่อขึ้นรูปขวดเสร็จแล้วจะนำออกมาแขวนไว้กลางอากาศชั่วขณะหนึ่งเพื่อให้ขวดเย็นตัวลงและแข็งตัวมากขึ้น จากนั้นจะนำมาเข้าเครื่องเตาอบเหนียวซึ่งจะปรับอุณหภูมิของขวดให้เย็นตัวลงจาก 1000 องศาเซลเซียสลงมาเป็น 200 องศาเซลเซียสและจะเป็นการกำจัดการตึงเครียดในแก้วให้ออกไป หลังจากออกจากเตาอบเหนียวแล้วขวดแก้วก็จะแข็งตัวสมบูรณ์แต่ยังมีความเปราะบางอยู่จึงต้องฉีดน้ำยาเคลือบผิวพิเศษเพื่อที่ไม่ให้ขวดเป็นรอยและแตกหักง่าย เนื่องจากขวดแก้วนั้นไม่ทำปฏิกิริยาใดๆ กับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายในและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้ง อีกทั้งยังทนความร้อนสูงและความเย็นจัดได้ดีทำให้ในปัจจุบันขวดแก้วเป็นที่นิยมสำหรับใช้ในการบรรจุเครื่องดื่ม ซึ่งขวดแก้วบรรจุเครื่องดื่มนั้นก็มีหลายขนาดด้วยกันดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ขนาดขวดแก้วที่นิยมใช้บรรจุเครื่องดื่มในปัจจุบัน

ขนาด	150 มิลลิลิตร	250 มิลลิลิตร	360 มิลลิลิตร	400 มิลลิลิตร	500 มิลลิลิตร
รูป					

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือชิปประมวลผลอย่างหนึ่งซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลตามโปรแกรมหรือชุดคำสั่ง มีโครงสร้างใกล้เคียงกับคอมพิวเตอร์คือภายในประกอบด้วยหน่วยรับข้อมูลและโปรแกรม หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยแสดงผลทำให้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับตัวมันได้ง่ายและเหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งาน

2.2.1 โครงสร้างทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit) มีหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามาทางอุปกรณ์นำเข้าข้อมูลตามชุดคำสั่งหรือโปรแกรมที่ผู้ใช้ต้องการใช้งาน ประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญคือหน่วยคำนวณและตรรกะ (ALU : Arithmetic and Logical Unit) ทำหน้าที่คำนวณทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร และเปรียบเทียบเงื่อนไขทางตรรกะศาสตร์ อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยควบคุม (Control Unit) ทำหน้าที่ควบคุมลำดับขั้นตอนการประมวลผล รวมถึงการประสานงานกับอุปกรณ์นำเข้าข้อมูล อุปกรณ์แสดงผล และหน่วยความจำสำรอง

2. หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือหน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้ในการคำนวณของซีพียูและเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยงข้อมูลก็จะหายไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็น

หน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยงและเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยงก็ตาม

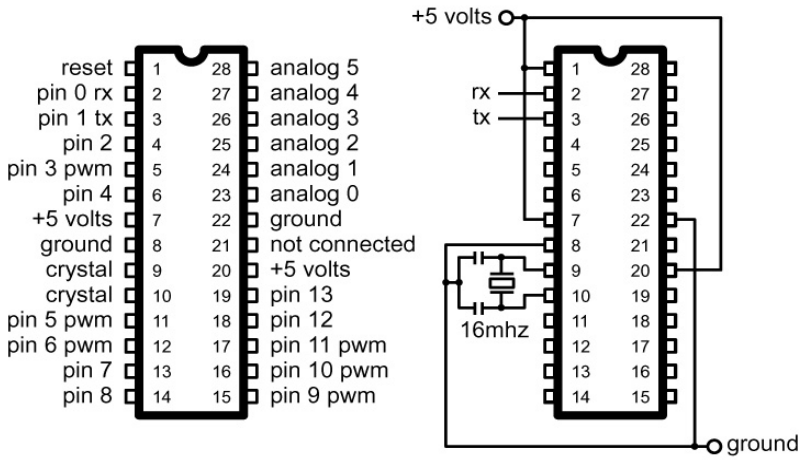
3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

4. ช่องทางเดินของสัญญาณหรือบัส (Bus) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียู หน่วยความจำและพอร์ตเป็นลักษณะของสายสัญญาณจำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Clock Generator) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่งเนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะของสัญญาณนาฬิกา หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูงจังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ไวขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้นมีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

2.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR มีการพัฒนาแบบโอเพ่นซอร์สคือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ตัวบอร์ดถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่ายสามารถพัฒนาต่อยอดได้ทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรม ผู้ใช้งานสามารถเลือกต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขาอินพุตเอาต์พุตของบอร์ดหรือสามารถต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ ซึ่งในโครงงานนี้ผู้จัดทำเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATmega328 รายละเอียดและคุณสมบัติภายในไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น ATmega328 แสดงได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATmega328

ที่มา : ATmega328 Microcontroller. Design note 9

คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR รุ่น ATmega328

1. ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328
2. ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์
3. รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า 6 – 20 โวลต์
4. ขาอินพุตเอาต์พุตดิจิทัล 14 ขา (เป็น PWM ได้ 6 ขา)
5. ขาอินพุตอนาลอก 6 ขา
6. หน่วยความจำแฟลช 32 กิโลไบต์
7. หน่วยความจำแรม 2 กิโลไบต์
8. หน่วยความอีอีพรอม (EEPROM) 1 กิโลไบต์
9. ความถี่คริสตัล 16 เมกกะเฮิร์ตซ์

2.3 โหลดเซลล์

โหลดเซลล์เป็นเซนเซอร์ที่สามารถแปลงค่าน้ำหนักทางกลของสิ่งของให้เป็นปริมาณทางไฟฟ้า เหมาะสำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงาน (Mechanical Properties of Parts) โหลดเซลล์ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท ได้แก่ การชั่งน้ำหนัก การทดสอบแรงกดของชิ้นงาน การทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงาน เป็นต้น โหลดเซลล์แบ่งได้ 5 ประเภท ดังนี้

1. โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ (Strain Gauge Load Cell) โหลดเซลล์ประเภทนี้เมื่อมีน้ำหนักมากระทำความเครียดจะเปลี่ยนเป็นความต้านทานทางไฟฟ้าในสัดส่วนโดยตรงกับแรงที่มากระทำ

2. โหลดเซลล์แบบไฮดรอลิก (Hydraulic Load Cell) โหลดเซลล์ประเภทนี้จะวัดน้ำหนักจากการเปลี่ยนแปลงความดันของของเหลวภายในระบบเมื่อมีแรงมากระทำที่แท่นรับน้ำหนัก

3. โหลดเซลล์แบบนิวแมติก (Pneumatic Load Cell) ทำงานโดยใช้หลักการสมดุลแรงเช่นเดียวกับแบบไฮดรอลิกแต่ต่างกันที่โหลดเซลล์แบบนี้จะมีความแม่นยำกว่าแบบไฮดรอลิก โหลดเซลล์ชนิดนี้มักจะใช้วัดสิ่งของที่มีน้ำหนักไม่มาก

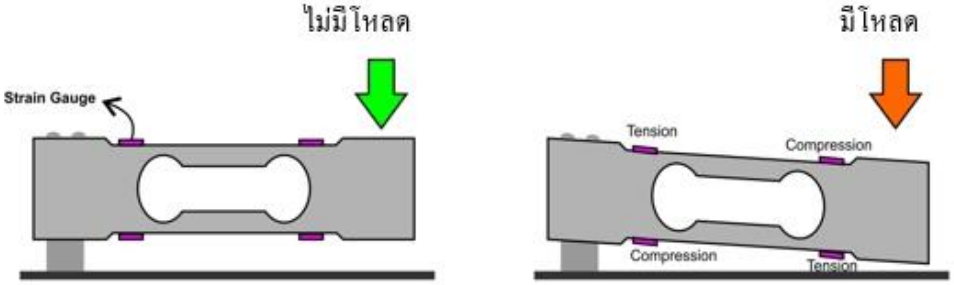
4. ไพโซรีซิสทีฟ (Piezoresistive) มีการทำงานเหมือนกับเกจวัดความเครียดแต่ไพโซรซิสทีฟสามารถผลิตสัญญาณออกมาได้ในระดับสูงจึงเหมาะสำหรับเครื่องชั่งน้ำหนักที่ไม่ซับซ้อนในการวัดเนื่องจากสามารถต่อเข้าโดยตรงกับส่วนแสดงผล

5. แมกเนโตสเตร็กทีฟ (Magnetostrictive) การทำงานของเซนเซอร์ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงในการแผ่สัญญาณแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรที่อยู่ภายใต้แรงที่มากระทำ ทำให้เกิดการผิดรูปของสนามแม่เหล็กและจะให้เกิดสัญญาณที่เป็นสัดส่วนโดยตรงต่อแรงที่มากระทำ

เนื่องจากโครงงานเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกเป็นการแยกวัตถุโดยพิจารณาจากแรงกดของวัตถุที่มากระทำกับแท่นรับน้ำหนัก ดังนั้น จึงเลือกใช้โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจเพราะเป็นโหลดเซลล์ประเภทตรวจวัดจากแรงทางกลและสามารถอ่านค่าได้ง่าย

2.3.1 โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ

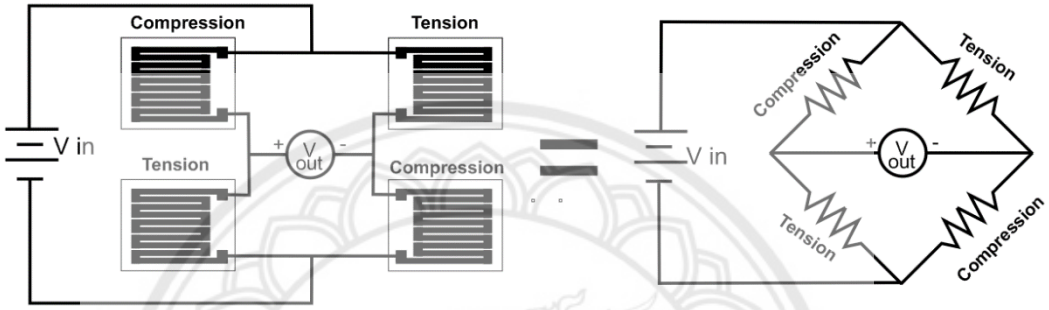
ตรวจวัดน้ำหนักแรงกระทำทางกลหรือปริมาณของโหลดที่ต้องการทราบค่าโดยใช้สเตรนเกจ (Strain Gauge) มาติดตั้งในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของโหลดเซลล์ เมื่อมีแรงมากระทำกับตัวโหลดเซลล์จะทำให้สเตรนเกจที่ติดอยู่ในบริเวณที่มีการเปลี่ยนรูปทรงยืดหรือหดตัว ทำให้ค่าความต้านทานที่ตัวสเตรนเกจเปลี่ยนไปแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 จุดที่สเตรนเกจได้รับแรงกด

ที่มา : https://www.thaieasyelec.com/

จากรูปที่ 2.4 ในจุดที่สเตรนเกจได้รับแรงกดจะทำให้สเตรนเกจหดตัวเข้าหากันและในจุดที่ได้รับแรงดึงจะทำให้สเตรนเกจถูกยืดออกทำให้ค่าความต้านทานของสเตรนเกจเปลี่ยนแปลงไป สเตรนเกจทั้ง 4 ตัวที่อยู่บนโหลดเซลล์จะถูกต่ออยู่ด้วยกันในลักษณะของวงจรวีทสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge) ซึ่งเป็นวงจรไฟฟ้าเหมาะสมสำหรับการตรวจวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปของสเตรนเกจ โดยบริดจ์ประกอบด้วยความต้านทานจำนวน 4 ตัวดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 วงจรวีทสโตนบริดจ์

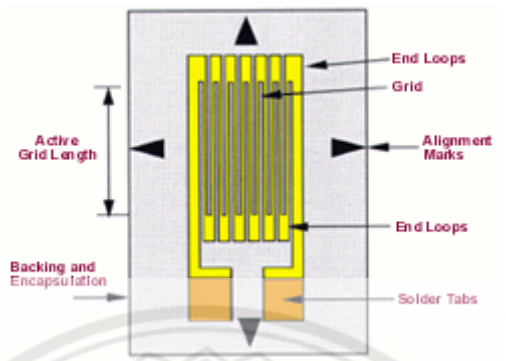
ที่มา : https://www.thaieasyelec.com/

จากรูปที่ 2.5 เกจตัวต้านทานทั้ง 4 จะเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเพื่อใช้แปลงแรงที่กระทำกับตัวของมันไม่ว่าจะเป็นแรงกดหรือแรงดึงเพื่อส่งสัญญาณออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้า โดยที่แรงดันไฟฟ้าที่ได้จะมีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ต่อโวลต์ เมื่อทำการป้อนความต่างศักย์ให้ด้านอินพุตแล้วความต่างศักย์ด้านเอาต์พุต e จะมีค่าเป็นศูนย์สถานะนี้เรียกว่าวงจรบริดจ์สมดุล เมื่อวงจรบริดจ์เสียสมดุลจากการสูญเสียสภาพตามเงื่อนไขข้างต้น ความต่างศักย์ด้านเอาต์พุตที่วงจรจ่ายออกมาจะสัมพันธ์กับค่าความต้านทานทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปของสเตรนเกจ สเตรนเกจถูกนำมาต่อเข้ากับวงจรแทนที่ตัวต้านทาน เมื่อสเตรนเกจได้รับความเครียดแล้วค่าความต้านทานทางไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงไป ΔR เมื่อนำค่าความต้านทานที่ได้จากสเตรนเกจมาต่อเข้ากับวงจรวีทสโตนบริดจ์ ซึ่งต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงก็จะสามารถหาค่าเอาท์พุตของน้ำหนักวัตถุที่เป็นเปลี่ยนแปลงเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าได้

2.3.2 สเตรนเกจ

สเตรนเกจเป็นเซนเซอร์ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดความเครียดในเนื้อวัสดุ ซึ่งเป็นผลมาจากแรงภายนอกที่มากระทำด้วยการให้กำเนิดสัญญาณทางไฟฟ้า โดยสเตรนเกจสามารถ

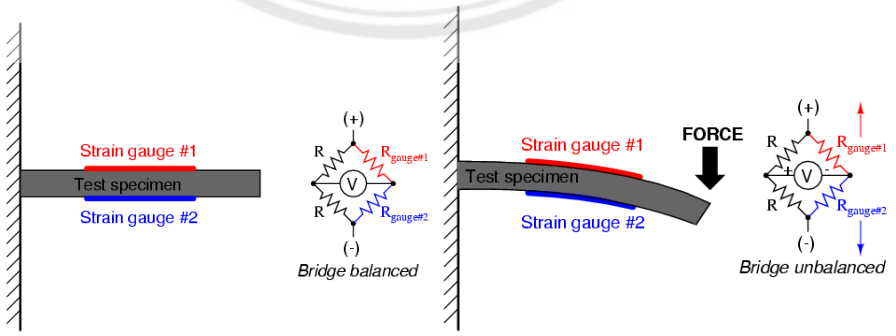
ตรวจวัดการยืดหรือหดตัวของเนื้อวัสดุของโครงสร้าง ซึ่งการยืดหรือหดตัวที่ตรวจวัดได้นี้ทำให้รู้ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นในโครงสร้างได้ ความเค้นเป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการประเมินความแข็งแรงและความปลอดภัยของโครงสร้าง ลักษณะของสเตรนเกจแสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ลักษณะของสเตรนเกจ

ที่มา : Electrical Engineering Laboratory IV (วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร)

จากรูปที่ 2.6 หลักการทำงานของสเตรนเกจจะอาศัยการเปลี่ยนรูปของเส้นลวดอันเนื่องมาจากแรงที่มากระทำ การเปลี่ยนรูปได้นี้จะเป็นสัดส่วนกับแรงที่มากระทำซึ่งแรงที่มากระทำอาจทำให้ลวดยืดออกหรือหดเข้าหากัน เมื่อเส้นลวดมีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเป็นผลให้เส้นลวดหดตัวหรือยืดออกก็จะมีผลต่อค่าความต้านทานของลวดตัวนำ ตัวอย่างการใช้งานสเตรนเกจแสดงในรูปที่ 2.7



(ก) (ข)

รูปที่ 2.7 (ก) สเตรนเกจขณะยังไม่มีแรงมากระทำ (ข) เสตรนเกจขณะมีแรงมากระทำ

ที่มา : Electrical Engineering Laboratory IV (วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร)

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล ซึ่งในปัจจุบันมีการใช้งานอย่างกว้างขวางโดยนิยมนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องมือไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้ามีโครงสร้างที่สำคัญอยู่ 2 ส่วนคือส่วนแม่เหล็กถาวรและส่วนขดลวดตัวนำ การทำงานของมอเตอร์อาศัยสนามแม่เหล็กถาวรและสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดตัวนำส่งผลให้เกิดการผลักดันกันขึ้นของสนามแม่เหล็กทั้งสองทำให้เกิดการหมุนเคลื่อนที่ มอเตอร์ที่ใช้งานในปัจจุบันแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างออกไปตามความเร็วรอบหรือกำลังงานที่แตกต่างกัน ซึ่งแบ่งชนิดตามการใช้งานของกระแสไฟฟ้าได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้หลักการดูดและผลักกันของแม่เหล็กถาวรกับแม่เหล็กไฟฟ้าจากขดลวดมาทำให้เกิดการหมุนของมอเตอร์

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงผ่านเข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์เพื่อทำให้เกิดการดูดและผลักกันของแม่เหล็กถาวรกับแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากขดลวดมอเตอร์ทำให้เกิดการหมุน

เนื่องจากโครงงานเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกเป็นการแยกวัสดุโดยใช้มอเตอร์ในการควบคุมใบพัดสำหรับการคัดแยก จึงเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเนื่องจากมอเตอร์กระแสตรงสามารถควบคุมแรงบิดและความเร็วในการหมุนได้ง่ายกว่ามอเตอร์กระแสสลับ

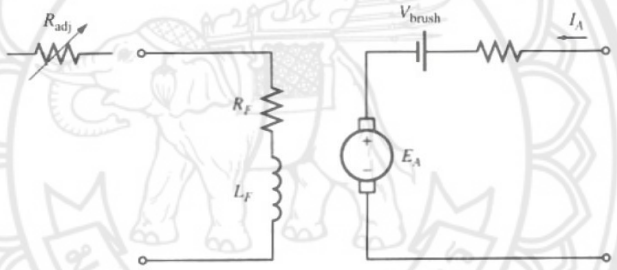
2.4.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะมีคุณสมบัติที่ดีในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะหรือเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้น ในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อให้สามารถใช้งานมอเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อแรงดันกระแสตรงเข้าไปในมอเตอร์กระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะถูกแปรงถ่านแปลงผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็กสร้างขั้วเหนือและขั้วใต้ขึ้นทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกันตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กคือ

เส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกัน ถ้ามีทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกันทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์เมเจอร์ ซึ่งแกนเพลาที่สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์เมเจอร์ทำหน้าที่หมุนเรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) การที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกันทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์หรือโรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง

คุณลักษณะของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมักจะถูกเปรียบเทียบกันด้วยค่าการเบี่ยงเบนความเร็ว (Speed Regulation : SR) ของมอเตอร์ ซึ่งค่าการเบี่ยงเบนความเร็วเป็นค่าที่บอกคุณลักษณะของแรงบิดและความเร็วของมอเตอร์อย่างหยาบๆ ถ้าค่าการเบี่ยงเบนความเร็วมีค่าเป็นบวกแสดงว่าความเร็วของมอเตอร์ลดลงเมื่อมีการเพิ่มโหลดและถ้าค่าการเบี่ยงเบนความเร็วมีค่าติดลบแสดงว่าความเร็วของมอเตอร์เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มโหลด ขนาดของค่าการเบี่ยงเบนความเร็วจะบอกให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็ว วงจรสมมูลของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 วงจรสมมูลของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ที่มา : http://montri.rmutl.ac.th/assets/dc06.pdf

จากรูปที่ 2.8 วงจรอาร์เมเจอร์แทนด้วยแหล่งจ่ายแรงดันในอุดมคติซึ่งแทนแรงดันที่ถูกเหนี่ยวนำในมอเตอร์ (E_A) และความต้านทาน (R_A) วงจรอาร์เมเจอร์นี้เป็นวงจรสมมูลเทเวนินของโครงสร้างด้านโรเตอร์ทั้งหมดซึ่งรวมไปถึงขดลวดโรเตอร์ขั้วแม่เหล็กภายในและขดลวดชดเชย แรงดันที่ตกคร่อมแปรงถ่านแทนด้วย V_{brush} ซึ่งเป็นแรงดันค่าน้อยๆ ที่มีขั้วในทิศตรงข้ามกับทิศทางของกระแสที่ไหลในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขดลวดสนาม (Filed Coils) ซึ่งเป็นขดลวดที่ใช้สำหรับสร้างฟลักซ์แม่เหล็กในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแทนด้วยตัวเหนี่ยวนำ (L_F) และตัวต้านทาน (R_F) ส่วนตัวต้านทานปรับค่าได้ (R_{adj}) ที่ถูกแยกออกมาเป็นความต้านทานที่ใช้เพื่อควบคุมปริมาณกระแสที่ไหลในวงจรสร้างสนามแม่เหล็กเพื่อให้มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยทำให้วงจรสมมูลพื้นฐานง่ายขึ้น เนื่องจากแรงดันที่ตกคร่อมแปรงถ่านมักจะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับแรงดันที่ถูกสร้างขึ้นมาใน

เครื่องจักรกลไฟฟ้า ดังนั้น ในกรณีนี้แรงดันตกคร่อมแปรงถ่านจึงถูกตัดออกไปหรือถูกประมาณให้มีค่ารวมอยู่ในแรงดันที่ตกคร่อมอยู่กับค่า R_A ส่วนความต้านทานของขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กก็จะถูกรวมเข้ากับตัวต้านทานปรับค่าได้แล้วแทนด้วย R_F

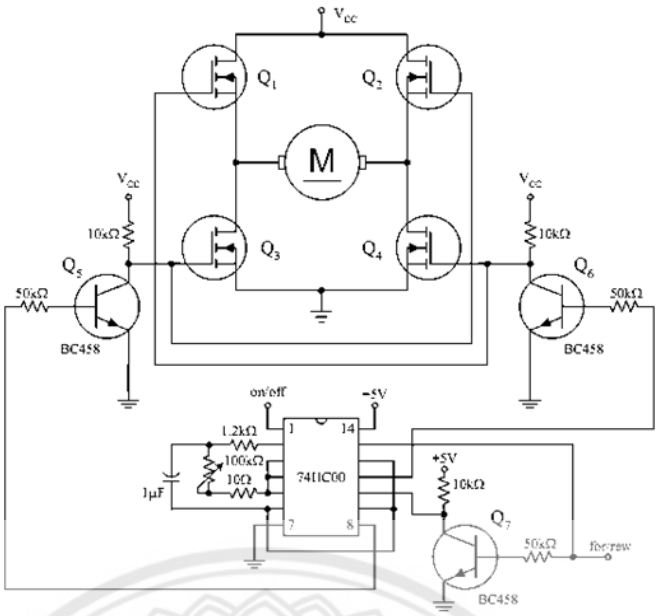
ในปัจจุบันการใช้งานของมอเตอร์จะมีปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ เนื่องจากความเร็วของมอเตอร์จะลดลงตามขนาดของภาระโหลดที่มากระทำกับเพลามอเตอร์ ทำให้ไม่สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ให้คงที่ได้และจะมีผลเสียกับการนำมอเตอร์ไปใช้งาน ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยจะควบคุมค่าความเร็ว แรงบิดและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ วิธีที่นิยมใช้ในการควบคุมมอเตอร์มี 4 วิธี คือ

1. การบังคับด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ วิธีนี้จะใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ต่ออนุกรมกับมอเตอร์โดยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการหมุนของมอเตอร์

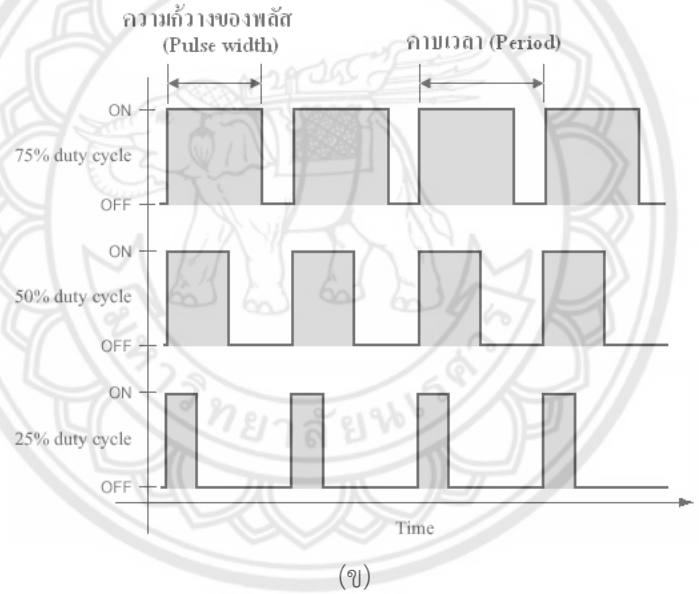
2. การควบคุมด้วยวิธีเปลี่ยนค่าแรงดัน โดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีอัตราขยายกำลังสูงทำให้มอเตอร์ถูกป้อนด้วยแรงดันที่เปลี่ยนแปลงค่าได้จากแหล่งจ่ายที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ

3. การควบคุมด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ วิธีนี้ความเร็วและแรงบิดได้รับการปรับปรุงดีขึ้นกว่าการบังคับด้วยความต้านทานที่ปรับค่าได้

4. การควบคุมแบบพัลส์วิทมอดูเลเตอร์ (Pulse Width Modulation : PWM) คือการควบคุมวงจรทางด้านฮาร์ดแวร์โดยใช้สัญญาณเอาต์พุตแบบดิจิทัลของไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม การควบคุมด้วยวิธีนี้จะทำให้สามารถปรับแรงบิดและความเร็วของมอเตอร์ได้ตามต้องการซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้มากสุดในปัจจุบัน การควบคุมด้วยวงจรพัลส์วิทมอดูเลเตอร์จะใช้วิธีจ่ายไฟให้แก่มอเตอร์เป็นช่วงๆ โดยการควบคุมแรงดันการปรับช่วงความกว้างของพัลส์ที่จ่ายให้มอเตอร์ วิธีนี้จะทำให้ลดกำลังสูญเสียได้มาก สำหรับการกลับทางหมุนของมอเตอร์อาจใช้วิธีสลับขั้วด้วยมือหรือใช้วงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์โดยต่อสัญญาณพัลส์วิทมอดูเลเตอร์เข้าไปควบคุมเพื่อให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีทิศทางการหมุนที่ตรงกันข้าม ตัวอย่างวงจรที่ใช้การควบคุมแบบพัลส์วิทมอดูเลเตอร์แสดงดังรูป 2.9



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.9 (ก) วงจรควบคุมการกลับทิศของมอเตอร์ (ข) สัญญาณพัลส์วิทมอดูเลเตอร์

ที่มา : http://www.robotsiam.com/

วงจรควบคุมมอเตอร์ที่แสดงดังรูป 2.9 สามารถควบคุมทั้งความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ วงจรนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

1. ส่วนที่ทำหน้าที่ขับมอเตอร์ ประกอบด้วยมอสเฟต (Q1 – Q4) และทรานซิสเตอร์ (Q5 – Q6) มอสเฟต (Q1 – Q4) มีการต่อแบบบริดจ์เพื่อให้กระแสไฟฟ้าที่จะไหลผ่านมอเตอร์สามารถกลับทิศทางได้ เมื่อ Q1 และ Q4 นำกระแสไฟฟ้าจะทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางหนึ่งและมอเตอร์จะ

หมุนในทิศทางตรงกันข้าม ถ้า Q2 และ Q3 นำกระแสไฟฟ้าทรานซิสเตอร์ (Q5 – Q6) จะทำหน้าที่ขับมอสเฟส โดยทรานซิสเตอร์ Q5 ขับมอสเฟส Q2 กับ Q3 ในขณะที่มอสเฟส Q1 กับ Q4 จะถูกขับด้วยทรานซิสเตอร์ Q6 ข้อห้ามของวงจรบริดจ์คืออย่าให้ Q1 กับ Q3 หรือ Q2 กับ Q4 นำกระแสพร้อมกัน เพราะจะทำให้เกิดการลัดวงจรและมอสเฟสอาจจะเสียหายได้

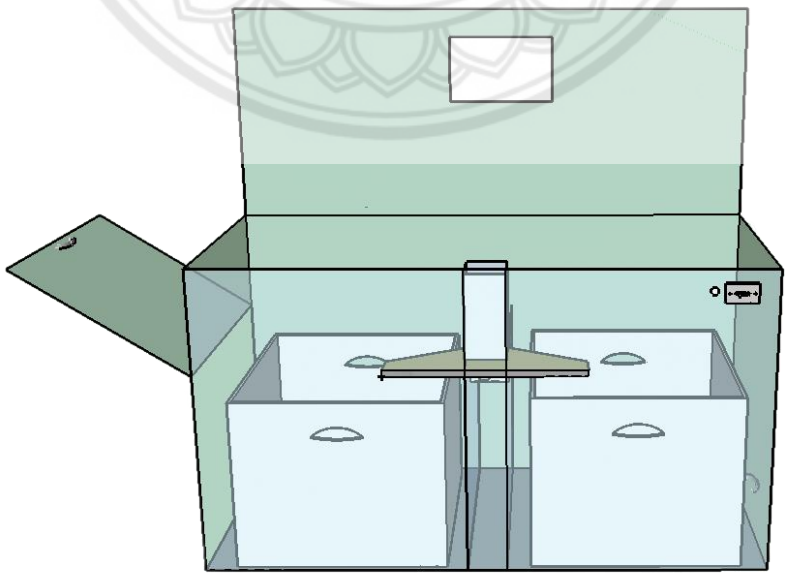
2. ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุม วงจรส่วนควบคุมมี IC 74HC00 เป็นส่วนประกอบสำคัญและมีทรานซิสเตอร์ Q5 ต่อเป็นวงจรป้อนกลับเพื่อคอยกลับสัญญาณควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ซึ่งจะเป็นการป้องกันไม่ให้มอสเฟส (Q1 – Q4) นำกระแสพร้อมกัน IC 74HC00 ตัวต้านทานปรับค่าได้และตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่ผลิตพัลส์โดยที่ความถี่และความกว้างของพัลส์จะขึ้นอยู่กับค่าของความต้านทานปรับค่าได้และค่าของตัวเก็บประจุ

บทที่ 3
วิธีดำเนินงาน

ในบทนี้จะรวบรวมขั้นตอนการทำงาน การออกแบบโครงสร้างของต้นแบบเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกรวมถึงการเขียนโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์ โดยมีขั้นตอนและการดำเนินงาน ดังนี้

3.1 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้างเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือส่วนแท่นชั่งน้ำหนัก ส่วนใบพัดที่ใช้สำหรับแยกขวดและส่วนที่ใช้สำหรับรองรับขวดแก้วหรือขวดพลาสติก ตัวเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกทำจากอะคริลิก โดยแบ่งฝั่งที่ใช้สำหรับแยกขวดเป็น 2 ฝั่งคือฝั่งซ้ายกับฝั่งขวา ช่องว่างที่คั้นระหว่างกลางของเครื่องจะวางแผงวงจรควบคุมและแบตเตอรี่ ส่วนฝั่งซ้ายและฝั่งขวาจะใช้สำหรับใส่ถังที่ใช้ในการรองรับขวดแก้วหรือขวดพลาสติกเมื่อถูกคัดแยกแล้ว ในส่วนของใบพัดที่ใช้ในการคัดแยกตัวใบพัดจะทำจากไม้และส่วนแท่นชั่งน้ำหนักจะใช้แผ่นอะคริลิกเป็นตัวฐานแท่นชั่งโดยจะติดตั้งเซนเซอร์โหลดเซลล์ไว้บริเวณใต้ฐานของแผ่นอะคริลิก การออกแบบโครงสร้างเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก

การออกแบบโครงสร้างเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกมีการออกแบบขนาดและรูปแบบแต่ละส่วนไว้ดังนี้

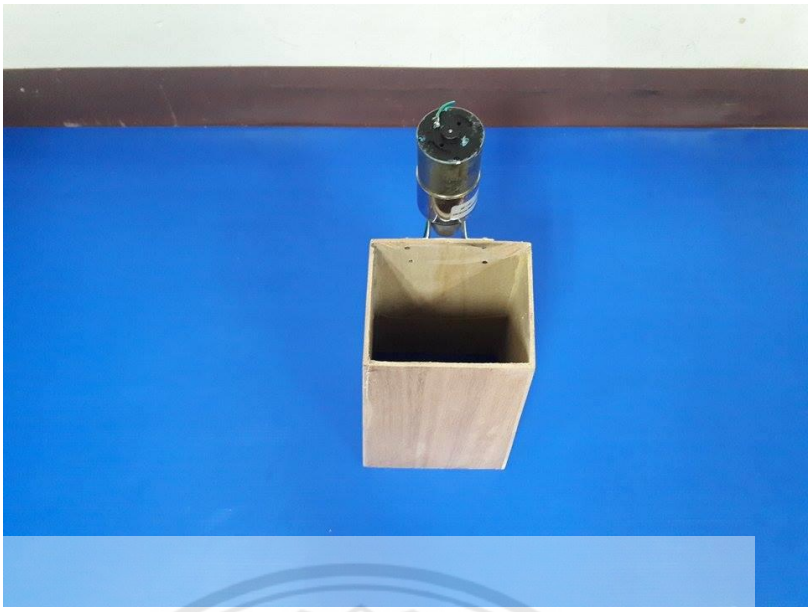
3.1.1 ส่วนของโครงสร้าง

ต้นแบบเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกมีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบสี่เหลี่ยมพื้นผ้า โดยใช้อะคริลิกมาประกอบชิ้นส่วนและยึดติดเข้าด้วยกัน ซึ่งโครงสร้างกล่องมีขนาดกว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 66 เซนติเมตรและสูง 55 เซนติเมตร ส่วนฝาปิดด้านบนมีช่องขนาดกว้าง 12.5 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร ซึ่งเป็นช่องสำหรับใส่ขวด ดังแสดงในรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 โครงสร้างของต้นแบบเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก

3.1.2 ส่วนของใบพัด

ส่วนใบพัดทำมาจากไม้ด้านบนมีขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 12 เซนติเมตร ด้านล่างมีขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 9 เซนติเมตร และมีความสูง 22 เซนติเมตร ใช้สำหรับทำการคัดแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก การเคลื่อนที่ของใบพัดเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุนโดยสามารถหมุนได้ 360 องศาดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ใบพัดที่ทำมาจากไม้

3.1.3 ส่วนของโหลดเซลล์

ตัวของโหลดเซลล์จะถูกติดเข้ากับแผ่นอะคริลิกที่ใช้สำหรับวางขวดเพื่อตรวจสอบน้ำหนัก โดยจะตรวจสอบน้ำหนักจากแรงกดของน้ำหนักที่กระทบกับแผ่นอะคริลิกที่โหลดเซลล์ติดตั้งอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 ตัวโหลดเซลล์ที่ถูกติดกับแผ่นอะคริลิก

3.1.4 ส่วนของถังรองรับขวด

ถังรองรับขวดใช้ถังสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 27 เซนติเมตร ยาว 32 เซนติเมตรและสูง 23.5 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 ถังที่ใช้รองรับขวดจากการขัดแยก

เมื่อนำโครงสร้างและส่วนประกอบทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกันจะได้**ต้นแบบเครื่องแยกขวดแก้ว**และขวดพลาสติก ดังแสดงในรูปที่ 3.6

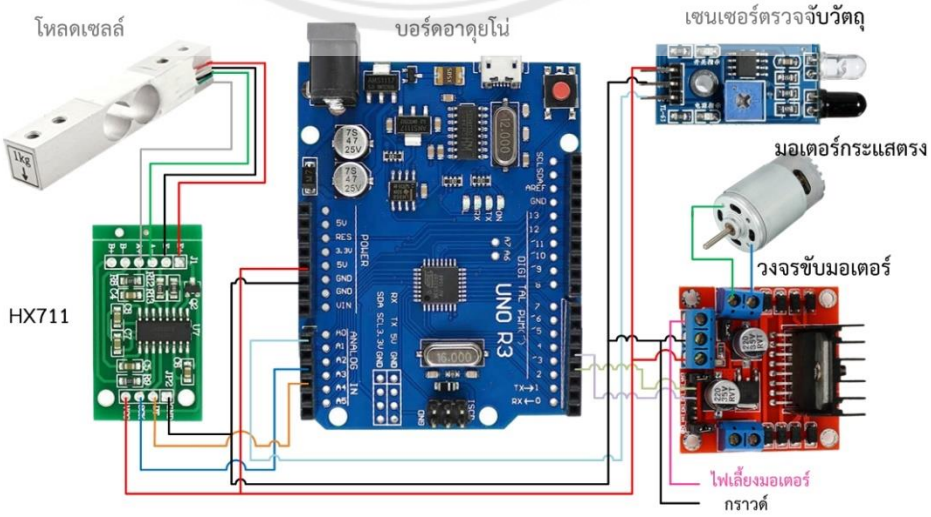
(ก)

(ข)

รูปที่ 3.6 (ก) โครงสร้างเครื่องต้นแบบภายใน (ข) โครงสร้างเครื่องต้นแบบภายนอก

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานของเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกนี้จะแบ่งออกเป็นอุปกรณ์ส่วนวัดค่าน้ำหนัก ส่วนควบคุมการหมุนของใบพัดที่ใช้สำหรับแยกขวดและส่วนควบคุมการหยุดของใบพัด วงจรรวมของระบบแสดงดังรูป 3.7

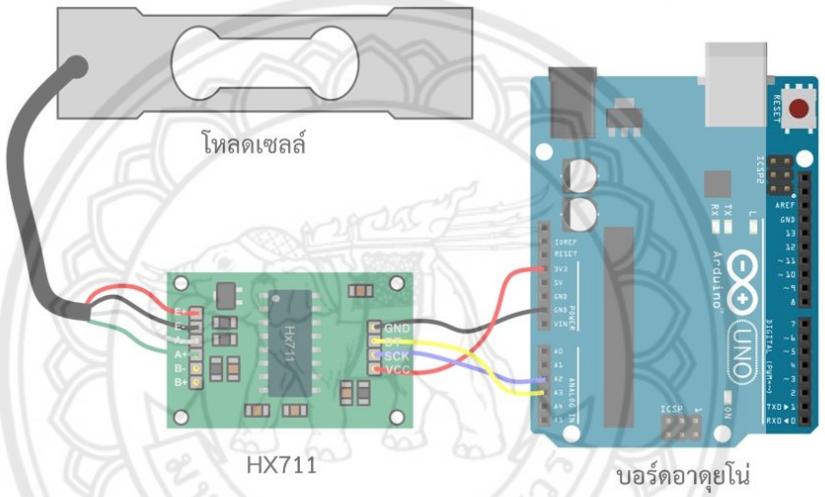


รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงการทำงานรวมของระบบ

จากรูป 3.7 แสดงการทำงานรวมของระบบที่ใช้ภายในต้นแบบเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกซึ่งประกอบไปด้วยโมดูลขยายสัญญาณโหลดเซลล์ เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุชนิดอินฟราเรดและวงจรขับมอเตอร์

3.2.1 ส่วนวัดค่าน้ำหนัก

ในส่วนของการวัดน้ำหนักจะใช้โมดูล HX711 เป็นโมดูลสำหรับขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์ โมดูลนี้จะขยายสัญญาณออกเป็นสัญญาณดิจิทัล 24 บิต I2C ทำให้สามารถอ่านค่าน้ำหนักได้ง่ายสามารถใช้ไฟเลี้ยงได้ตั้งแต่ 2.6 ถึง 5.5 โวลต์การต่อวงจรแสดงดังรูป 3.8



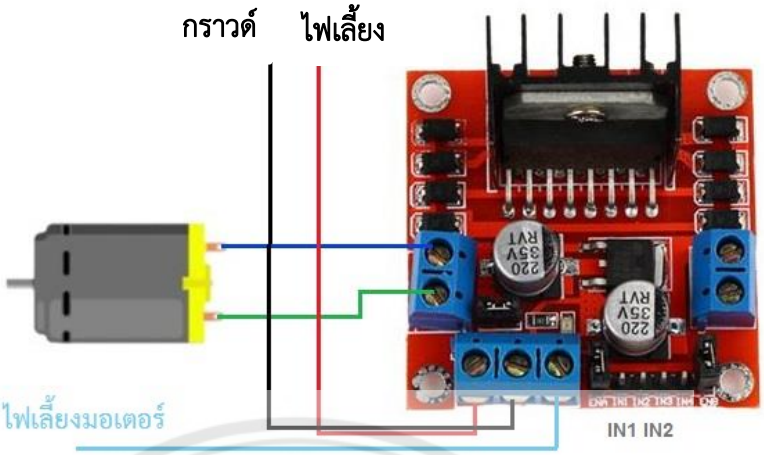
รูปที่ 3.8 แสดงการต่อโมดูล HX711

รูปที่ 3.8 โมดูล HX711 ทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ออกมาจากโหลดเซลล์เพื่อส่งค่าให้บอร์ดอาดุยโน่ เนื่องจากสัญญาณที่ออกมาจากโหลดเซลล์มีขนาดสัญญาณเล็กมากทำให้อ่านค่าได้ยากจึงต้องมีวงจรขยายสัญญาณมาช่วยในการอ่านค่า การนำไปใช้งานต้องนำสายไฟทั้ง 4 ที่ออกมาจากโหลดเซลล์ต่อเข้ากับโมดูล HX711 และต่อกราวด์กับไฟรวมเข้ากับบอร์ดส่วน DT กับ SCK ต่อเข้ากับขาใดก็ได้ของบอร์ดที่เป็นขาอินพุตและเอาต์พุต

3.2.2 ส่วนควบคุมการหมุนของใบพัด

ในส่วนของวงจรควบคุมการหมุนของใบพัดจะใช้วงจร L298N ในการขับมอเตอร์ สามารถขับมอเตอร์กระแสตรงได้ 2 ตัวแบบแยกอิสระ สามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์ได้ ใช้ไฟ 5 โวลต์

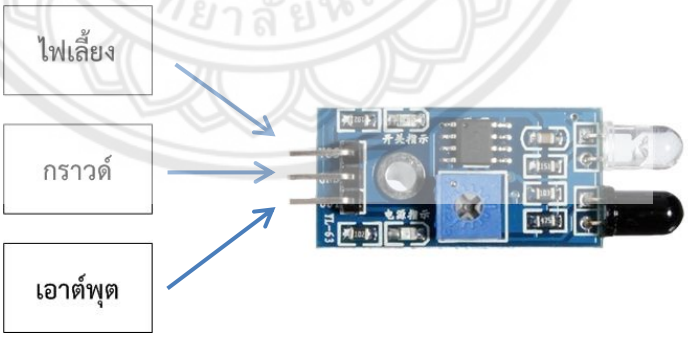
สามารถรับไฟเข้า 7 ถึง 35 โวลต์และมีวงจรเรกูเลตในตัวสามารถขับกระแสสูงสุดได้ 2 แอมแปร์ การต่อวงจรแสดงดังรูป 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงการต่อวงจรรีเลย์กับมอเตอร์

3.2.3 ส่วนควบคุมการหยุดของใบพัด

ในส่วนควบคุมการหยุดของใบพัดจะใช้โมดูลตรวจจับเส้นและสิ่งกีดขวางแบบอินฟราเรดสำหรับตรวจจับเส้นขาวและดำหรือสิ่งกีดขวาง ระยะตรวจจับอยู่ที่ช่วง 2 ถึง 8 เซนติเมตร มุม 35 องศาใช้ไฟเลี้ยง 3 ถึง 5 โวลต์ เอาต์พุตให้ค่าปกติเป็น 1 เมื่อตรวจพบเส้นหรือวัตถุกีดขวางจะให้ค่าเอาต์พุตเป็น 0 การต่อวงจรแสดงดังรูป 3.10



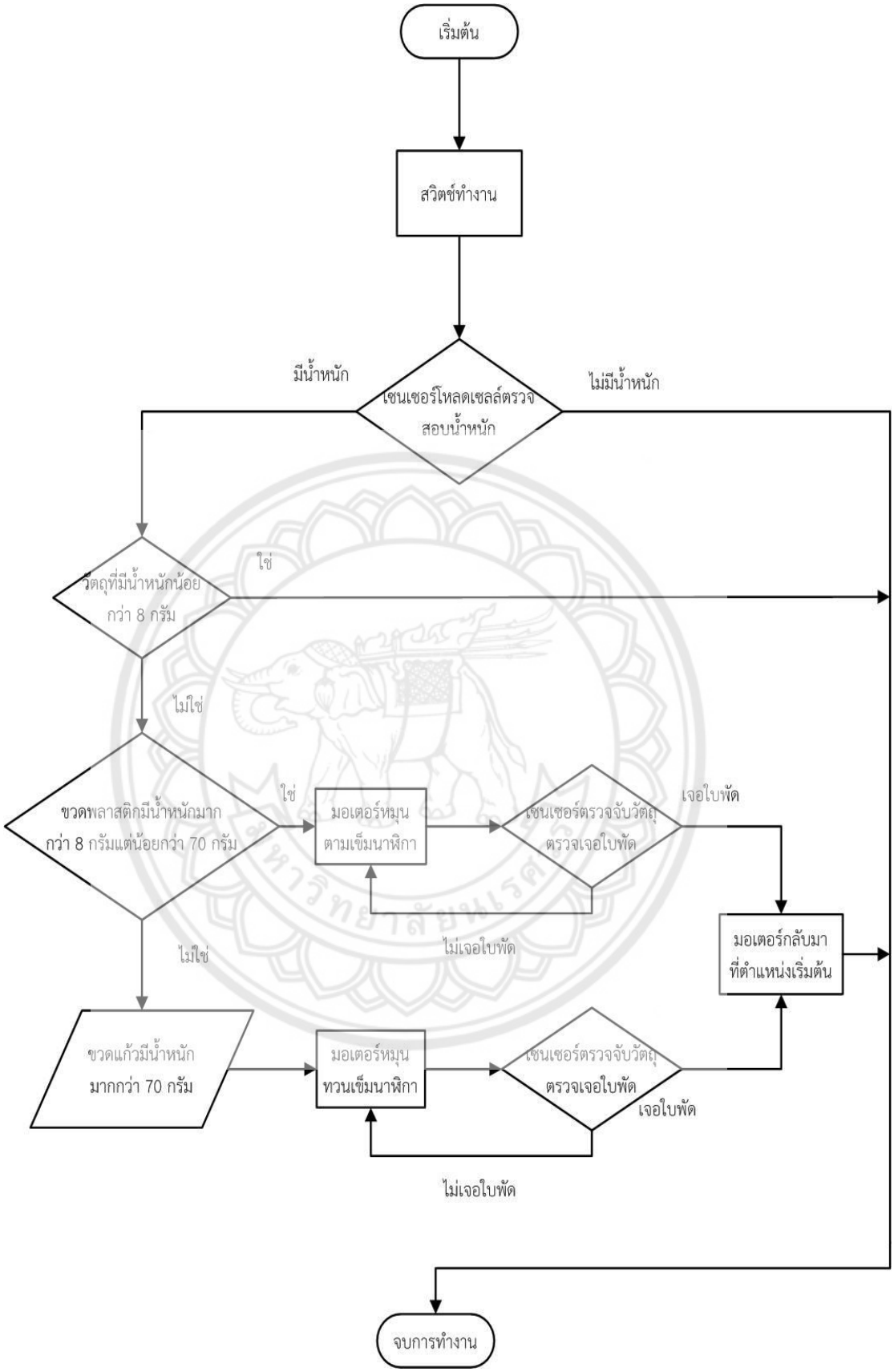
รูปที่ 3.10 เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ

3.3 ขั้นตอนการทำงานเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกคือเขียนโปรแกรมควบคุมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานตามโปรแกรม โดยขณะที่เครื่องเริ่ม

ทำงานโหลดเซลล์จะมีการตรวจสอบน้ำหนักของวัตถุที่รับเข้ามาที่แท่นชั่งน้ำหนักว่าน้ำหนักที่รับเข้ามาเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้หรือไม่

กระบวนการทำงานของเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกจะเริ่มจากใบพัดที่ใช้ในการแยกขวดจะอยู่กึ่งกลางของเครื่อง โดยลักษณะรูปทรงของใบพัดจะมีลักษณะคล้ายกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งเหนือแท่นชั่งน้ำหนักและมีถังที่ใช้สำหรับรองรับขวดแก้วและขวดพลาสติกอยู่ทางด้านซ้ายและด้านขวาของใบพัด ซึ่งขั้นตอนการทำงานสามารถอธิบายได้ดังรูป 3.11



รูปที่ 3.11 แผนผังขั้นตอนการทำงานของเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก

จากรูปที่ 3.11 โปรแกรมจะสั่งให้เครื่องเริ่มทำงานโดยเริ่มจากการรับค่าน้ำหนักของขวดที่วางลงมาที่แท่นชั่งน้ำหนัก เมื่อเซนเซอร์โหลดเซลล์ตรวจสอบน้ำหนัก พบว่า ขวดที่รับเข้ามามีน้ำหนักมากกว่า 8 กรัมแต่น้อยกว่า 70 กรัม เซนเซอร์จะตรวจสอบว่าเป็นขวดประเภทขวดพลาสติกมอเตอร์จะหมุนส่วนใบพัดให้ไปทางซ้ายและถ้าตรวจสอบ พบว่า ขวดที่รับเข้ามามีน้ำหนักมากกว่า 70 กรัม เซนเซอร์จะตรวจสอบว่าเป็นขวดประเภทขวดแก้วมอเตอร์จะหมุนส่วนใบพัดให้ไปทางขวา จากนั้นเมื่อใบพัดหมุนผ่านเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุโปรแกรมจะสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุนที่ตำแหน่งแท่นชั่งน้ำหนักซึ่งจะกลับมาอยู่ในสถานะเริ่มต้นแล้วจึงเริ่มทำงานใหม่ และถ้าวัตถุที่ใส่ลงไปมีน้ำหนักน้อยกว่า 8 กรัมมอเตอร์จะไม่ทำงานเนื่องจากไม่ตรงตามเงื่อนที่กำหนด

บทที่ 4

ผลการทดลอง

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีดำเนินการและขั้นตอนการทำงานของเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกในบทที่ 3 แล้ว ในบทนี้จะเป็นการทดลองการทำงานของเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก โดยได้ทำการทดลองทั้งหมด 3 การทดลองดังนี้

1. การทดลองการอ่านค่าน้ำหนักของเครื่องชั่งโหลดเซลล์
2. การทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ
3. การทดลองความถูกต้องในการคัดแยก

4.1 การทดลองการอ่านค่าน้ำหนักของเครื่องชั่งโหลดเซลล์

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาค่าน้ำหนักของขวด โดยแบ่งการทดลองแยกเป็นขวดแก้วและขวดพลาสติก ซึ่งขวดแก้วที่นำมาทดลองมีขนาด 140, 150, 250 และ 400 มิลลิลิตร ขวดพลาสติกมีขนาด 230, 350, 410, 450, 550 และ 600 มิลลิลิตร โดยขั้นตอนการทดลองเริ่มจากนำขวดแก้วขนาด 140 มิลลิลิตรมาชั่งหาค่าน้ำหนักกับเครื่องชั่งดิจิทัลดังแสดงในรูปที่ 4.1 จากนั้นนำขวดแก้วขนาดเดิมมาชั่งกับเครื่องชั่งโหลดเซลล์โดยทำการทดลองซ้ำกัน 3 ครั้ง หลังจากทำการทดลองขวดแก้วครบทุกขนาดแล้วเปลี่ยนเป็นขวดพลาสติกและทำการทดลองเช่นเดียวกับขวดแก้ว จากนั้นบันทึกผลที่ได้จากการทดลอง ผลการทดลองขวดแก้วแสดงดังตารางที่ 4.1 และผลการทดลองขวดพลาสติกแสดงดังตารางที่ 4.2

รูปที่ 4.1 เครื่องชั่งดิจิทัล

ตารางที่ 4.1 การทดลองอ่านค่าน้ำหนักของเครื่องชั่งโหลดเซลล์เมื่อชั่งน้ำหนักของขวดแก้ว

ขนาดขวด (ml)	น้ำหนักขวดที่ชั่งจาก	น้ำหนักขวดที่ชั่งจากโหลดเซลล์ (g)			ค่าร้อยละ
แก้ว	เครื่องชั่งดิจิทัล (g)	1	2	3	ความคลาดเคลื่อน
140	134.5	135	136	136	0.87
150 (M-150)	150	153	153	150	1.33
150 (Ready)	124.6	126	125	126	0.86
250 (โค้ก)	200	203	203	203	1.50
250 (สแปลช)	180	180	179	180	0.18
400	400	403	403	403	0.75

จากการทดลองชั่งน้ำหนักขวดแก้วกับเครื่องชั่งโหลดเซลล์เทียบกับเครื่องชั่งดิจิทัล พบว่า ขวดแก้วที่นำมาทดสอบนั้นมีร้อยละความคลาดเคลื่อนแสดงดังในตารางที่ 4.1 เช่น ขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตร ที่เป็นขวดโค้กกับขวดเครื่องดื่มสแปลชได้ให้ค่าน้ำหนักแตกต่างกัน โดยมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.50 และร้อยละ 0.18 ตามลำดับ เนื่องจากว่าแก้วที่ใช้หลอมขวดมีความหนาของเนื้อแก้วต่างกันทำให้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนที่ได้ต่างกันด้วย สาเหตุที่น้ำหนักขวดที่ชั่งจากเครื่องชั่งโหลดเซลล์มีค่าน้ำหนักไม่เท่ากับน้ำหนักที่ชั่งจากเครื่องชั่งดิจิทัลเนื่องจากฐานแท่นชั่งน้ำหนัก

ที่ติดตั้งโหลดเซลล์ไม่แข็งแรง ซึ่งมีผลทำให้ค่าที่อ่านได้จากโหลดเซลล์มีค่าคลาดเคลื่อนจากค่าน้ำหนักที่ได้จากเครื่องชั่งดิจิทัลซึ่งค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนคำนวณได้จากสมการ 4.1

$$\%\,\text{Relative error} = \left|\frac{X_{mea}-X_t}{X_t}\right| \times 100 \qquad \textbf{(4.1)}$$

โดยที่ X_t คือ ค่าจริง และ X_{mea} คือ ค่าที่วัดได้จากโหลดเซลล์

ตารางที่ 4.2 การทดลองอ่านค่าน้ำหนักของเครื่องชั่งโหลดเซลล์เมื่อชั่งน้ำหนักของขวดพลาสติก

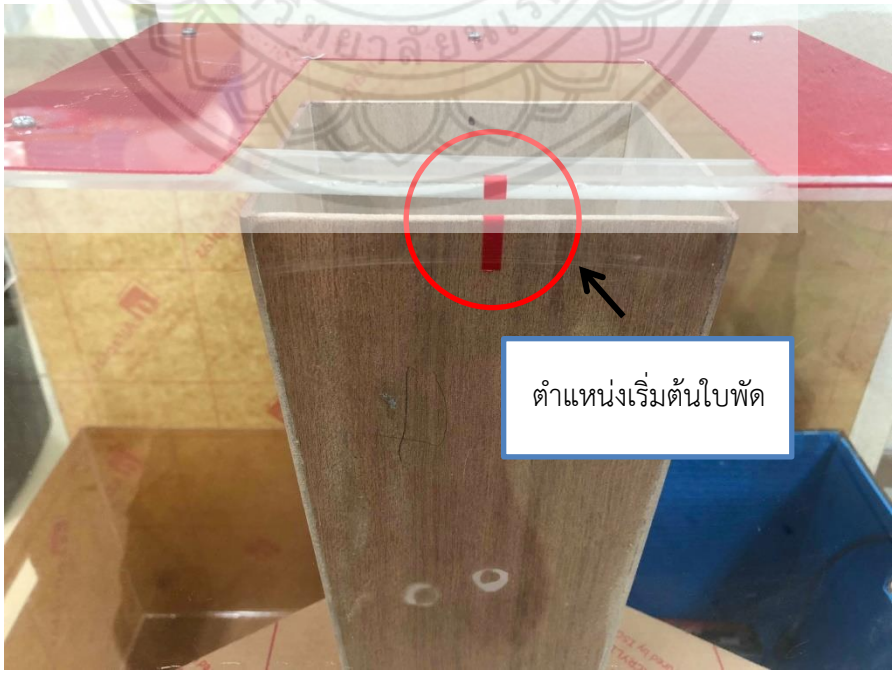
ขนาดขวด (ml) พลาสติก	น้ำหนักขวดที่ชั่งจากเครื่องชั่งดิจิทัล (g)	น้ำหนักขวดที่ชั่งจากโหลดเซลล์ (g)			ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน
		1	2	3	
230	26.4	27	27	27	2.27
350	10	11	11	11	10
410	20	21	21	21	5.00
450	26	27	27	27	3.85
550 (น้ำทิพย์)	12.6	13	13	13	3.17
600 (คริสตัล)	15.2	16	16	16	5.26
600 (NU)	20	20	20	21	1.67

จากการทดลองชั่งน้ำหนักขวดพลาสติกกับเครื่องชั่งโหลดเซลล์เทียบกับเครื่องชั่งดิจิทัล พบว่า ขวดพลาสติกที่นำมาทดสอบนั้นมีร้อยละความคลาดเคลื่อนแสดงดังในตารางที่ 4.1 เช่น ขวดพลาสติกขนาด 600 มิลลิลิตร ที่เป็นขวดน้ำดื่มคริสตัลกับขวดน้ำดื่มเอ็นยูได้ให้ค่าน้ำหนักแตกต่างกัน โดยมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5.26 และร้อยละ 1.67 ตามลำดับ เนื่องจากว่าขวดพลาสติกมีความหนาของเนื้อพลาสติกต่างกันทำให้ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนที่ได้ต่างกันด้วย สาเหตุที่น้ำหนักขวดที่ชั่งจากเครื่องชั่งโหลดเซลล์มีค่าน้ำหนักไม่เท่ากับน้ำหนักที่ชั่งจากเครื่องชั่งดิจิทัล เนื่องจากฐานแท่นชั่งน้ำหนักที่ติดตั้งโหลดเซลล์ไม่แข็งแรง ซึ่งมีผลทำให้ค่าที่อ่านได้จากโหลดเซลล์มีค่าคลาดเคลื่อนจากค่าที่ได้จากเครื่องชั่งดิจิทัล ซึ่งค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนคำนวณได้จากสมการ 4.1

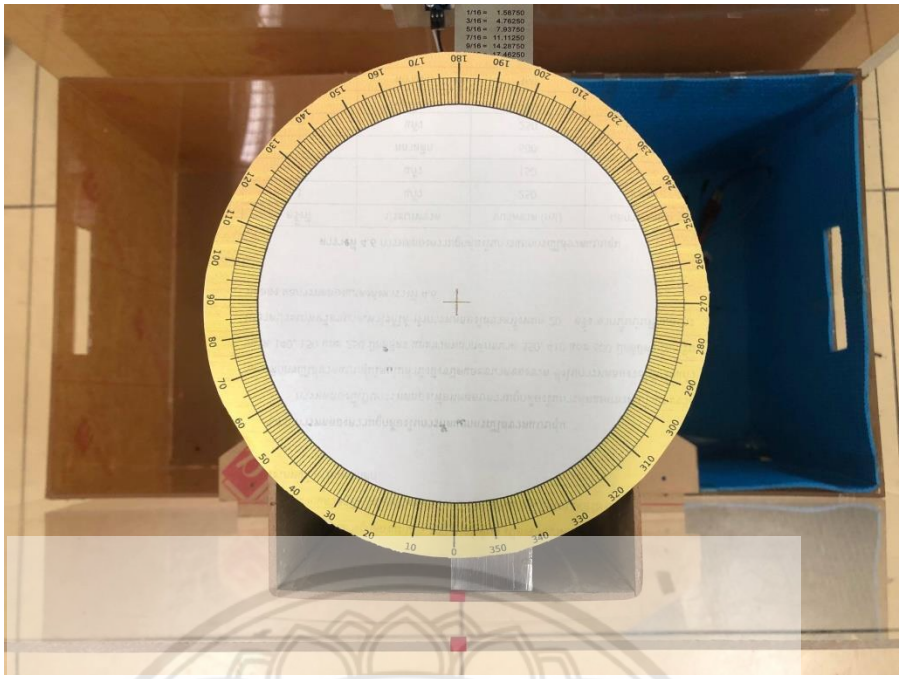
4.2 การทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์ในการตรวจจับใบพัดให้หยุดหมุนในตำแหน่งเริ่มต้น โดยกำหนดให้ตำแหน่งเริ่มต้นคือตำแหน่งที่ใบพัดหมุนกลับมาครบ 1 รอบ นับเป็น 360 องศา ตำแหน่งเริ่มต้นของใบพัดแสดงดังรูปที่ 4.2 ซึ่งส่วนของใบพัดนี้จะติดอยู่กับมอเตอร์ โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 กรณีคือกรณีมอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกาเมื่อใส่ขวดแก้วและกรณีมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกาเมื่อใส่ขวดพลาสติก

การทดลองกรณีมอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา โดยขั้นตอนการทดลองจะเริ่มจากใส่ขวดแก้วเพื่อให้มอเตอร์ทำงานในทิศทวนเข็มนาฬิกาจากนั้นใบพัดจะเริ่มหมุน เมื่อใบพัดหมุนผ่านเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุเซนเซอร์จะตรวจจับโดนใบพัดและใบพัดยังคงหมุนต่อไปจนครบรอบ ให้สังเกตจุดสีแดงที่ติดไว้บริเวณใบพัดถ้าจุดสีแดงบริเวณใบพัดตรงกับจุดสีแดงที่ติดไว้บริเวณตัวเครื่องแสดงว่าใบพัดหมุนกลับมาที่ตำแหน่งเริ่มต้น ถ้าตำแหน่งของจุดสีแดงบริเวณใบพัดไม่ตรงกับจุดสีแดงบริเวณตัวเครื่องแสดงว่าใบพัดหมุนกลับมาไม่ตรงกับตำแหน่งเริ่มต้น โดยจะทำการวัดมุมที่คลาดเคลื่อนจากแผ่นวัดมุมองศาดังรูปที่ 4.3 และบันทึกผลการทดลอง จากนั้นทำการทดลองซ้ำตั้งแต่เริ่มต้นจนครบทั้งหมด 10 ครั้ง เมื่อทำการทดลองครบทั้ง 10 ครั้งแล้วจึงเปลี่ยนเป็นการทดลองในกรณีมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา ผลการทดลองกรณีมอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกาเมื่อใส่ขวดแก้วแสดงดังตาราง 4.3 และผลการทดลองกรณีมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกาเมื่อใส่ขวดพลาสติกแสดงดังตาราง 4.4



รูปที่ 4.2 จุดที่ใบพัดหมุนครบ 1 รอบ ณ ตำแหน่งที่ 360 องศา



รูปที่ 4.3 แผ่นวัดมุมองศา

4.2.1 การทดลองกรณีมอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา

ตารางที่ 4.3 การทดลองกรณีมอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา

องศาที่กำหนด (องศา)	ครั้งที่	องศาที่วัดได้ (องศา)	ร้อยละความคลาดเคลื่อน
360	1	362	0.56
	2	360	0
	3	358	0.56
	4	358	0.56
	5	360	0
	6	355	1.39
	7	358	0.56
	8	362	0.56
	9	359	0.28
	10	362	0.56
ร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย			0.50

4.2.2 การทดลองกรณีมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา

ตารางที่ 4.4 การทดลองกรณีมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา

องศาที่กำหนด (องศา)	ครั้งที่	องศาที่วัดได้ (องศา)	ร้อยละความคลาดเคลื่อน
360	1	364	1.11
	2	358	0.56
	3	360	0
	4	358	0.56
	5	365	1.39
	6	360	0
	7	360	0
	8	358	0.56
	9	358	0.56
	10	360	0
ร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย			0.47

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเมื่อทำการทดลองกรณีมอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกาจะพบว่าใบพัดหมุนกลับมาที่จุดเริ่มต้นไม่ตรง โดยมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.50 และจากตารางที่ 4.4 เมื่อทำการทดลองกรณีมอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกามีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.47 ซึ่งค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเกิดจากผู้ทดลองได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการจับเวลาให้ใบพัดหมุนกลับมาที่ตำแหน่งเริ่มต้นและตัวจับเวลาของไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ได้มาตรฐาน เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีการทำงานแบบอนุกรมคือทำงานทีละบรรทัดทำให้การทำงานของคำสั่งจับเวลาถูกรบกวน เวลาที่ได้จากการใช้คำสั่งนี้จึงไม่สามารถนำมาเป็นเวลาตามจริงที่ต้องการวัดได้ ทำให้ในแต่ละรอบที่ใบพัดหมุนกลับมาที่ตำแหน่งเริ่มต้นจึงมีค่ามุมเกินกว่าหรือน้อยกว่ามุมที่กำหนดไว้ โดยค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสามารถคำนวณได้จากสมการ 4.1

4.3 การทดลองความถูกต้องในการคัดแยก

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อทดสอบความถูกต้องในการคัดแยกขวดของเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลองดังนี้

4.3.1 การทดลองความถูกต้องในการคัดแยกขวดแต่ละประเภท

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อทดสอบความถูกต้องในการคัดแยกขวดประเภทใดประเภทหนึ่ง ซึ่งการทดลองแยกเป็น 2 กรณีคือ กรณีที่แยกเฉพาะขวดแก้วและกรณีที่แยกเฉพาะขวดพลาสติก กรณีที่แยกเฉพาะขวดแก้วจะนำขวดแก้วที่มีขนาด 140, 150 และ 250 มิลลิลิตร มาทำการทดลอง โดยขั้นตอนการทดลองจะเริ่มจากใส่ขวดแก้วขนาด 140 มิลลิลิตร จากนั้นรอจนเครื่องทำการคัดแยกจนเสร็จแล้วสังเกตว่าขวดแก้วอยู่ในถังที่ใช้สำหรับรองรับขวดแก้วหรือไม่และบันทึกผลที่ได้ โดยทำการทดลองทั้งหมด 20 ครั้ง จากนั้นเปลี่ยนขนาดขวดแก้วในการทดลองเป็น 150 และ 250 มิลลิลิตรตามลำดับ แล้วทำการทดลองซ้ำแบบเดิมตั้งแต่ต้น

กรณีที่แยกเฉพาะขวดพลาสติกจะนำขวดพลาสติกที่มีขนาด 350, 410 และ 600 มิลลิลิตรมาทำการทดลอง ซึ่งขั้นตอนการทดลองจะเริ่มจากใส่ขวดพลาสติกขนาด 350 มิลลิลิตร จากนั้นรอจนเครื่องทำการคัดแยกจนเสร็จแล้วสังเกตว่าขวดพลาสติกอยู่ในถังที่ใช้สำหรับรองรับขวดพลาสติกหรือไม่และบันทึกผลที่ได้ โดยทำการทดลองทั้งหมด 20 ครั้ง จากนั้นเปลี่ยนขนาดขวดพลาสติกในการทดลองเป็น 410 และ 600 มิลลิลิตรตามลำดับ แล้วทำการทดลองซ้ำแบบเดิมตั้งแต่ต้น

จากผลการทดลองสรุปได้ว่ากรณีที่แยกเฉพาะขวดแก้ว เครื่องสามารถแยกขวดแก้วทั้ง 3 ขนาดลงถังที่ใช้รองรับขวดแก้วได้อย่างถูกต้องครบทั้ง 20 ครั้งและในกรณีที่แยกเฉพาะขวดพลาสติก พบว่า เครื่องสามารถแยกขวดพลาสติกทั้ง 3 ขนาดลงถังที่ใช้รองรับขวดพลาสติกได้อย่างถูกต้องครบทั้ง 20 ครั้งเช่นกัน เนื่องจากคุณสมบัติของแก้วที่มีน้ำหนักมากกว่าพลาสติกทำให้โหลดเซลล์วัดค่าน้ำหนักของขวดแก้วและขวดพลาสติกได้อย่างชัดเจนส่งผลให้เครื่องสามารถทำการคัดแยกขวดแต่ละประเภทได้อย่างถูกต้อง

4.3.2 การทดลองความถูกต้องในการคัดแยกกรณีใส่ขวดแบบคละประเภท

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อทดสอบความถูกต้องในการคัดแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกกรณีใส่ขวดแบบสุ่มโดยไม่คำนึงถึงชนิดและขนาดของขวด โดยขวดแก้วที่นำมาทำการทดลองมีขนาด 140, 150 และ 250 มิลลิลิตรและขวดพลาสติกที่นำมาทำการทดลองมีขนาด 350, 410 และ

600 มิลลิลิตร ขั้นตอนการทดลองเริ่มจากใส่ขวดประเภทหรือขนาดเท่าไรก็ได้ลงในเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกครั้งละ 1 ขวด รอจนเครื่องทำการคัดแยกจนเสร็จแล้วสังเกตผลที่ได้ว่าขวดลงไปอยู่ในถังที่ใช้สำหรับรองรับขวดแก้วหรือขวดพลาสติกถูกต้องหรือไม่และบันทึกผลการทดลอง โดยทำการทดลองใส่ขวดทั้งหมด 20 ครั้ง ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การทดลองความถูกต้องในการคัดแยกกรณีใส่ขวดแบบคละประเภท

ครั้งที่	ประเภทขวด	ขนาดขวด (ml)	ผลการคัดแยก
1	แก้ว	250	ถูกต้อง
2	แก้ว	150	ถูกต้อง
3	พลาสติก	600	ถูกต้อง
4	แก้ว	250	ถูกต้อง
5	พลาสติก	410	ถูกต้อง
6	พลาสติก	350	ถูกต้อง
7	พลาสติก	250	ถูกต้อง
8	แก้ว	250	ถูกต้อง
9	แก้ว	150	ถูกต้อง
10	พลาสติก	350	ถูกต้อง
11	พลาสติก	410	ถูกต้อง
12	แก้ว	250	ถูกต้อง
13	พลาสติก	600	ถูกต้อง
14	พลาสติก	600	ถูกต้อง
15	แก้ว	140	ถูกต้อง
16	แก้ว	250	ถูกต้อง
17	พลาสติก	350	ถูกต้อง
18	แก้ว	140	ถูกต้อง
19	พลาสติก	410	ถูกต้อง
20	แก้ว	150	ถูกต้อง

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อทดลองใส่ขวดแบบคละประเภทและขนาดของขวด เครื่องสามารถทำการคัดแยกได้อย่างถูกต้องไม่มีความผิดพลาดและเครื่องสามารถแยกขวดได้โดยไม่คำนึงถึงประเภทหรือขนาดของขวดในการทดลอง

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา ออกแบบ ทดสอบ และทำการปรับปรุงชิ้นงานเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก สามารถสรุปผลและชี้แจ้งปัญหาในการดำเนินงาน รวมทั้งเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงงานได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลองการทำงานของเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก

โครงงานเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกเป็นการออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการทิ้งขวดน้ำและง่ายต่อการคัดแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก จากการทดลองผลที่ได้คือเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกสามารถแยกขวดได้อัตโนมัติและสามารถแยกขวดได้ทันทีที่ใส่ลงไปในเครื่อง โดยเครื่องสามารถแยกขวดแต่ละประเภทได้อย่างถูกต้องทุกขนาด นอกจากนี้เครื่องยังสามารถแยกขวดแก้วหรือขวดพลาสติกที่ใส่ลงมาในเครื่องได้แบบคละขนาดและประเภทของขวด ซึ่งขวดพลาสติกหรือขวดแก้วที่ทำการคัดแยกเสร็จแล้วจะอยู่ในถังที่ใช้สำหรับรองรับขวดแก้วและขวดพลาสติก

จากผลการทดลองทำให้ทราบถึงปัญหาและขอบเขตในการทำงานของเครื่อง ดังนั้นจึงมีการศึกษาและพัฒนาข้อด้อยของเครื่องเพื่อให้เครื่องมีศักยภาพที่สามารถเป็นต้นแบบในการสร้างเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติกเพื่อให้สามารถใช้งานจริงได้

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา

จากการออกแบบสร้างและทำการทดลองการทำงานของเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก พบปัญหาจากการดำเนินโครงงานหลายปัญหาด้วยกัน ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็นข้อๆ ดังนี้

1. ในส่วนของแท่นชั่งน้ำหนักที่ติดตั้งโหลดเซลล์มีปัญหาในเรื่องของฐานแท่นชั่งน้ำหนักไม่แข็งแรงทำให้ค่าที่อ่านได้จากโหลดเซลล์มีค่ามากกว่าค่าน้ำหนักที่ชั่งจากเครื่องชั่งดิจิทัล

แนวทางการแก้ปัญหา ในส่วนของฐานแท่นชั่งควรทำตัวฐานให้แข็งแรง แผ่นอะคริลิกที่ใช้ทำตัวฐานควรมีความหนาของแผ่นอะคริลิกมากกว่า 5 มิลลิเมตรเพื่อป้องกันการสั่นของตัวฐานเมื่อมีวัตถุมากระทบ

2. ในส่วนของการควบคุมใบพัด เนื่องจากมอเตอร์กระแสตรงไม่สามารถควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์แบบเป็นมุมองศาได้แม่นยำ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การควบคุมให้ใบพัดหมุนกลับมาที่ตำแหน่งเริ่มต้นต้องใช้เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุเข้ามาช่วยในการควบคุม

แนวทางการแก้ปัญหา ในส่วนของการควบคุมใบพัดสามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์แทนมอเตอร์กระแสตรง เนื่องจากเซอร์โวมอเตอร์สามารถควบคุมการหมุนแบบเป็นองศาหรือเป็นมุมได้ ทำให้มีความแม่นยำในการหมุนมากกว่ามอเตอร์กระแสตรง

5.3 การนำไปพัฒนาและประยุกต์การใช้งาน

1. สร้างให้เครื่องมีขนาดใหญ่ขึ้น มีความแข็งแรงมากขึ้นและมีช่องสำหรับรองรับขวดที่มากขึ้น เพื่อใช้สำหรับคัดแยกขวดหลายๆ ขนาด

2. สร้างให้เครื่องสามารถใส่ขวดได้พร้อมกันที่ละหลายๆ ขวดได้

3. สร้างให้เครื่องสามารถแยกเครื่องดื่มที่เป็นกระป๋องโลหะได้

เอกสารอ้างอิง

ดร.ธนาวดี ลี้จากภัย. **การผลิตขวดพลาสติก.** สืบค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2560, จาก https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/216_31-34.pdf

สารคดี วิศกรรมหน้าที่ง. **การผลิตขวดแก้ว.** สืบค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2560, จาก http://recordworldstories.blogspot.com/2016/09/blog-post.html สืบค้นวันที่

บริษัท วีนัส ซัพพลาย จำกัด. **บอร์ดอาดุยโน่.** สืบค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2560, จาก https://thaieasyelec.com/products/development-boards/esp/arduino-uno-r3-detail.html

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยดนัย ภาชนะพรรณ์. **การตรวจจับน้ำหนักโดยใช้โหลดเซลล์.** ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เครื่องมือวัดและควบคุม. **โหลดเซลล์.** สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2560, จาก http://ins-rayong.blogspot.com/2014/06/load-cell.html

บริษัท เคียวว่า เด็นเกียว (ไทยแลนด์) จำกัด **วงจรวีทสโตนบริดจ์**. สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2560, จาก http://www.kyowaei.co.th/tha/technical/strain_gages/-wheatstone-bridge.html

มนตรี เงาเดช. **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง**. สืบค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2560, จาก http://montri.rmutl.ac.th/assets/dc06.pdf

ภาพผนวก ก

โค้ดการทำงานเครื่องแยกขวดแก้วและขวดพลาสติก

```
#include "HX711.h"

float calibration_factor = 404840.00;

#define zero_factor 8549532

#define DOUT  A3

#define CLK   A2

#define DEC_POINT  3                              //ทศนิยม3ตำแหน่ง

float offset=0;

float get_units_g();

int a=4;                                          //กำหนดขามอเตอร์

int b=5;                                          //กำหนดขามอเตอร์

int sp=6;                                         //กำหนดขามอเตอร์

HX711 scale(DOUT, CLK);       //กำหนดขาโมดูลขยายสัญญาณ    HX711 เซนเซอร์โหลดเซลล์

void setup()

{

  Serial.begin(9600);

  Serial.println("Load Cell");

  scale.set_scale(calibration_factor);

  scale.set_offset(zero_factor);

  pinMode(a,OUTPUT);

  pinMode(b,OUTPUT);
```

```
  pinMode(sp,OUTPUT);
}
void loop()
{
  CheckW                                          //ลูปตรวจเงื่อนไขน้ำหนัก
     {
          Serial.print("Reading: ");
          String data = String(get_units_g()+offset, DEC_POINT);
          Serial.print(data);
          Serial.println(" g");
          delay(2000);
          if(get_units_g()+offset >= 70)//ตรวจสอบน้ำหนักว่ามากกว่า 70 กรัม ?
             {
                Serial.println("Loop 180");
                CheckR:                           //ถ้าใช่มอเตอร์จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา
                {
                  int sensorValue = digitalRead(A0);
                  Serial.println(sensorValue);
                  Serial.print("Loop 180: ");
                  String data = String(get_units_g()+offset, DEC_POINT);
```

```
Serial.print(data);

Serial.println(" g");

analogWrite(sp, 255);

digitalWrite(a, 0);

digitalWrite(b, 1);

if(sensorValue==0)              //เซนเซอร์ตรวจเจอวัตถุไหม ?

{

goto Stop2 ;              //เมื่อเซนเซอร์ตรวจเจอใบพัดให้ทำงานใน
                          คำสั่ง Stop2

}

goto CheckR;          //ไปทำงานในคำสั่ง CheckR

} }

if((get_units_g()+offset>= 8)&&(get_units_g()+offset <= 70))

//ตรวจสอบน้ำหนักไม่น้อยกว่า 8 กรัมและไม่เกิน 70 กรัม ?

{

Serial.println("Loop 10");

CheckG:                         //ถ้าใช่จะสั่งให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา

{

int sensorValue = digitalRead(A0);

Serial.println(sensorValue);

Serial.print("Loop 10: ");
```

```
            String data = String(get_units_g()+offset, DEC_POINT);
            Serial.print(data);
            Serial.println(" g");
            analogWrite(sp, 255);
            digitalWrite(a, 1);
            digitalWrite(b, 0);
             if(sensorValue==0)          //เซนเซอร์ตรวจเจอวัตถุไหม ?
             {
                goto Stop ;                          //เมื่อเซนเซอร์ตรวจเจอใบพัดให้
                                                     ทำงานในคำสั่ง Stop
             }
            goto CheckG; //ไปทำงานในคำสั่ง CheckG
           }
        }
   goto CheckW;       //กลับไปทำงานในคำสั่ง CheckW
}
  Stop:                                          //สั่งให้มอเตอร์หยุดหมุนที่ตำแหน่งเริ่มต้น
       {
          Serial.println("Loop STOP");       //เมื่อใบพัดหยุดหมุนให้แสดง Loop STOP
          delay(1570 )  ;
           analogWrite(sp, 0);
```

```
            digitalWrite(a, 0);
            digitalWrite(b, 0);
        }
    Stop2:                                  //สั่งให้มอเตอร์หยุดหมุนที่ตำแหน่งเริ่มต้น
        {
            Serial.println("Loop STOP2");  //เมื่อใบพัดหยุดหมุนให้แสดง Loop
                                            STOP2
            delay(1450 )  ;
             analogWrite(sp, 0);
            digitalWrite(a, 0);
            digitalWrite(b, 0);
        }
}
float get_units_g()
{
  return(scale.get_units()*0.453592);   //สมการคำนวณน้ำหนักของโหลดเซลล์
}
```

ภาพผนวก ข

รายละเอียดโมดูลขยายสัญญาณ HX711

海芯科技 AVIA Semiconductor

24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor's patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of ±20mV or ±40mV respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

FEATURES

- **Two selectable differential input channels**
- **On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128**
- **On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply**
- **On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal**
- **On-chip power-on-reset**
- **Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed**
- **Selectable 10SPS or 80SPS output data rate**
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Current consumption including on-chip analog power supply regulator:
  normal operation < 1.5mA, power **down < 1uA**
- Operation supply voltage range: 2.6 ~ **5.5V**
- Operation temperature range: -40 ~ +**85℃**
- 16 pin SOP-16 package

APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

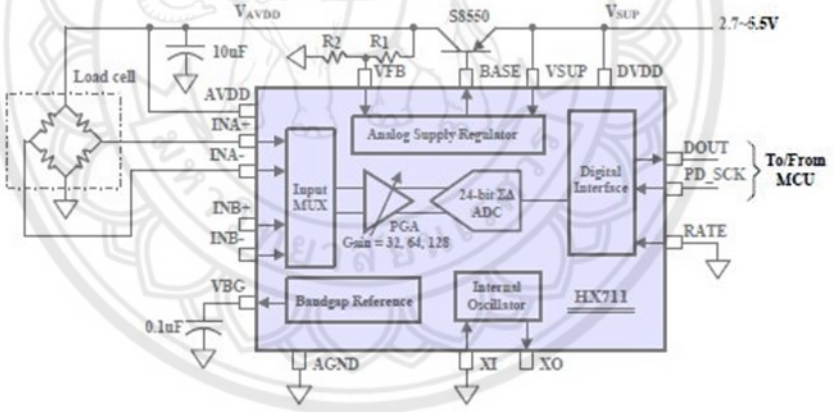
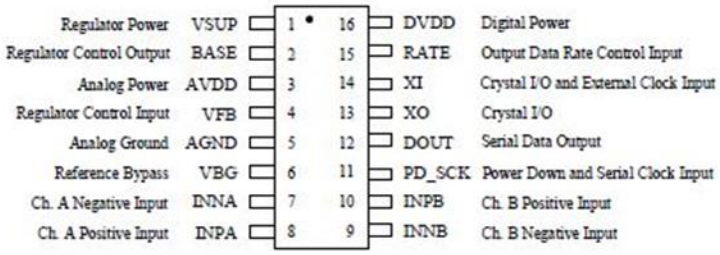


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

Pin Description



SOP-16L Package

Pin #	Name	Function	Description
1	VSUP	Power	Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output（NC when not used）
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 ~ 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input（connect to AGND when not used）
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 ~ 5.5V

Table 1 Pin Description

ภาพผนวก ค

รายละเอียดคุณสมบัติเซนเซอร์โหลดเซลล์

Property	Value
Model	CZL635-1kg
Measurement Range	0kg to 1kg
Rated Output	1.0±0.15mV/V
Non-Linearity	0.05%FS
Hysteresis	0.03%FS
Repeatability	0.05%FS
Creep	0.05%FS/10min
Temperature Effect on Zero	0.03%FS/10°C
Temperature Effect on Span	0.02%FS/10°C
Zero Balance	±1.0%FS
Input Impedance	1000±10Ω
Output Impedance	1000±3Ω
Insulation Resistance	≥ 2000MΩ at 100V (DC)
Recommended Excitation Voltage	3V to 10V (DC)
Allowed Excitation Voltage	3V to 18V (DC)
Compensated Temperature Range	-10°C to +40°C
Operating Temperature Range	-20°C to +60°C
Safe Overload	120%FS
Ultimate Overload	150%FS
Connection	• Excitation +: red • Excitation -: black • Signal +: green • Signal -: white
Dimensions (W x D x H)	55 x 12.7 x 12.7mm (2.17 x 0.5 x 0.5")
Weight	20g
Mounting	2x M5

%FS = Percent of Full Scale