การควบคุมระบบแบ่งบรรจุส้มโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

MICROCONTROLLER-BASED CONTROL

OF ORANGE PACKING SYSTEM

นายกฤษฎิกานต์ บัวทอง รหัส 57362767

นายจิรัฏฐ์ จำนงค์ดำรงภักดิ์ รหัส 57362897

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2560

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การควบคุมระบบแบ่งบรรจุส้มโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้ดำเนินโครงงาน นายกฤษฎิกานต์ บัวทอง รหัส 57362767

นายจิรัฏฐ์ จำนงค์ดำรงภักดิ์ รหัส 57362897

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2560

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร เดชะศิลารักษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การควบคุมระบบแบ่งบรรจุส้มโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายกฤษฎิกานต์ บัวทอง รหัส 57362767
	นายจิรัฏฐ์ จำนงค์ดำรงภักดิ์ รหัส 57362897
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2560

.....

บทคัดย่อ

ในโครงงานนี้มีการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการลำเลียงและบรรจุส้มลงในกล่องเพื่ออำนวยความสะดวกและเพิ่มความแม่นยำในการบรรจุ โดยนำเสนอด้วยแบบจำลองซึ่งประกอบด้วยส่วนลำเลียงกล่องและส่วนลำเลียงส้ม ผู้ใช้สามารถป้อนจำนวนกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่องที่ต้องการได้ผ่านแป้นตัวเลข หลังจากกล่องถูกเคลื่อนมายังตำแหน่งที่เหมาะสมซึ่งถูกกำหนดด้วยตัวรับรู้แล้ว ส้มจะถูกจัดเรียงให้เคลื่อนผ่านตัวรับรู้ทีละผลเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการนับจำนวน ในที่นี้เราใช้ตัวรับรู้แบบใช้แสงในการตรวจจับกล่องและผลส้ม ซึ่งส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ของส่วนลำเลียงทั้งสอง ส่วนลำเลียงจะหยุดทำงานชั่วคราวในระหว่างการบรรจุหากไม่มีกล่องหรือส้มเคลื่อนผ่านตัวรับรู้ในระยะเวลาที่ตั้งไว้ ทั้งนี้ส่วนลำเลียงสามารถเริ่มทำงานต่อได้อย่างอัตโนมัติหลังจากมีการนำกล่องหรือส้มมาใส่เพิ่ม และส่วนลำเลียงจะหยุดทำงานเมื่อกล่องที่ถูกบรรจุมีจำนวนครบตามที่ผู้ใช้กำหนด ตัวเลขจำนวนกล่องที่บรรจุเสร็จและการนับจำนวนส้มที่บรรจุใส่แต่ละกล่องถูกแสดงบนหน้าจอแอลซีดี นอกจากนี้สถานะการทำงานของระบบถูกแสดงเป็นข้อความบนหน้าจอแอลซีดีและแสดงในรูปแบบของแสงด้วยหลอดแอลอีดีแบบอาร์จีบี

Project title	Microcontroller-Based Control Of Orange Packing System
Name	Mr. Krittikan Buathong ID. 57362767
	Mr. Jirat Jamnongdamrongpak ID. 57362897
Project advisor	Asst. Prof. Niphat Jantharamin, Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2017

.....

Abstract

This thesis presents a microcontroller application for orange packing control, so the packing process was implemented with ease and accuracy. The model consisted of a carton carrying part and an orange carrying part. The desired numbers of loaded cartons and oranges in each carton are inputted via a numeric keypad by the user. The carton carrying part moved each carton to a position suitable for loading. The orange carrying part delivered the oranges for loading the cartons. In addition, the oranges were arranged to pass an infrared sensor and were put into the carton one by one. In this project, infrared sensors were used for detecting the cartons and the oranges. The sensors then signaled to the microcontroller and the motor-drive circuit responded correspondingly. The process stalls in the absence of cartons or oranges and continues after detection of a carton or an orange. The carrying parts stop moving when the number of loaded cartons is reached. Numbers of loaded cartons and counted oranges are shown via an LCD. In addition, the system operation states are displayed as texts on the LCD and the light of an RGB-type LED

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินโครงงานขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์ ที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งเอาใจใส่ในรายละเอียดทุกขั้นตอนของการดำเนินโครงงาน โดยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งโครงงานสำเร็จลุล่วง รวมถึงแนะนำหลักการเขียนปริญญานิพนธ์และตรวจทานแก้ไขอย่างละเอียดจนได้ปริญญานิพนธ์เป็นรูปเล่มสมบูรณ์

ขอขอบคุณกรรมการสอบโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร เดชะศิลารักษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินโครงงาน

เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ให้การสนับสนุนในทุกด้านเกี่ยวกับการศึกษาของผู้ดำเนินโครงงาน รวมทั้งมอบความรัก ความเมตตา และคอยเป็นกำลังใจให้จนประสบความสำเร็จในวันนี้

ผู้ดำเนินโครงงาน
กฤษฎิกานต์ บัวทอง
จิรัฏฐ์ จำนงค์ดำรงภักดิ์

พฤษภาคม 2561

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.6 งบประมาณ 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 4
2.1 มอเตอร์ขับเคลื่อนในแบบจำลอง 4
2.1.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรง 4
2.1.2 มอเตอร์เกียร์ 6
2.2 รีเลย์ 7
2.3 ตัวรับรู้แบบใช้แสง 10
2.4 แป้นตัวเลข 12
2.5 จอแสดงผลแอลซีดี 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 ไอทูซี 14

2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 17

2.7.1 แผงไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Uno R3 17

บทที่ 3 โครงสร้างแบบจำลองและการออกแบบระบบบรรจุส้ม 20

3.1 การออกแบบการทำงานของระบบ 20

3.2 การออกแบบและปรับปรุงแบบจำลองของระบบบรรจุส้ม 21

3.2.1 การใช้ตัวรับรู้เพื่อเริ่มการทำงานอย่างอัตโนมัติ 21

3.2.2 การกำหนดจำนวนกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่อง 24

3.3 การสร้างวงจรควบคุมระบบบรรจุส้ม 24

3.3.1 การเชื่อมต่อวงจรในแบบจำลองระบบบรรจุส้ม 24

3.3.2 การเขียนโปรแกรมควบคุม 25

3.3.3 การแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี 28

3.4 แบบจำลองระบบ 30

3.4.1 โครงสร้างแบบจำลอง 30

3.4.2 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของแบบจำลองระบบบรรจุส้ม 31

บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล 33

4.1 การเริ่มต้นทำงานของระบบอย่างอัตโนมัติ 33

4.2 การทำงานปกติของระบบบรรจุส้ม 34

4.3 การทำงานเมื่อกล่องหมดระหว่างบรรจุ 36

4.4 การเริ่มทำงานต่อจากเดิมเมื่อกล่องหมด 37

4.5 การทำงานเมื่อส้มหมดถังระหว่างบรรจุ 38

4.6 การเริ่มทำงานต่อจากเดิมหลังจากส้มหมดถัง 39

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 41

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 41

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ปัญหา 41

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป 42

เอกสารอ้างอิง 43

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 44

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 สัญลักษณ์ขาของไอทูซี 15

3.1 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของแบบจำลองระบบบรรจุส้ม 32

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 โครงสร้างและส่วนประกอบพื้นฐานของมอเตอร์กระแสตรง 6

2.2 มอเตอร์เกียร์ 12 Vdc 50, 100 rpm แกนเพลา 6 mm 6

2.3 สัญลักษณ์ภายในโครงสร้างของรีเลย์ 7

2.4 สภาวะการทำงานของรีเลย์ 7

2.5 แผงวงจรรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง 8

2.6 แผนภาพวงจรการทำงานของรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง 9

2.7 แผนภาพการใช้งานตัวรับรู้ 10

2.8 ตัวรับรู้แบบใช้แสง ระยะตรวจจับ 0-10 cm 11

2.9 ส่วนประกอบหลักของตัวรับรู้แบบใช้แสง 11

2.10 แป้นตัวเลข แบบ 4x4 12

2.11 จอแสดงผลแอลซีดี Hitachi หมายเลข HD44780 13

2.12 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแอลซีดี 14

2.13 ไอทูซี 14

2.14 การรับและส่งข้อมูลแบบ I2C BUS 15

2.15 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับจอแอลซีดี 16

2.16 การแสดงการเชื่อมต่อของ I2C กับจอแอลซีดี 16

2.17 แผงวงจร Arduino รุ่น Uno R3 17

2.18 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น ATmega328P-PU 18

3.1 แผนภาพกรอบแสดงการทำงานของระบบบรรจุส้ม 21

3.2 ส่วนลำเลียงกล่องในระบบบรรจุส้ม 22

3.3 ส่วนลำเลียงส้มในระบบบรรจุส้ม 23

3.4 การเชื่อมต่อวงจรควบคุมของระบบแบ่งบรรจุส้ม 25

3.5 การเชื่อมต่อวงจรของระบบแบ่งบรรจุส้ม 27

3.6 หน้าจอเริ่มต้นการทำงาน 28

3.7 หน้าจอสำหรับป้อนจำนวนกล่อง 28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.8 หน้าจอสำหรับป้อนจำนวนส้ม 29

3.9 หน้าจอแสดงการแจ้งเตือนขณะทำงาน 29

3.10 หน้าจอแสดงการทำงานเสร็จสิ้น 30

3.11 แบบจำลองของระบบบรรจุส้มในปีการศึกษา 2560 30

3.12 ส่วนประกอบและตำแหน่งของอุปกรณ์ควบคุม 31

4.1 การเริ่มต้นทำงานของระบบอย่างอัตโนมัติ 34

4.2 การทำงานในสภาวะปกติของกล่องใบแรก 35

4.3 การทำงานในสภาวะปกติของกล่องใบสุดท้าย 36

4.4 การทำงานเมื่อกล่องหมด 37

4.5 การทำงานต่อจากเดิมเมื่อเติมกล่อง 38

4.6 การทำงานเมื่อส้มหมดถัง 39

4.7 การทำงานต่อจากเดิมหลังจากส้มหมดถัง 40

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

คนไทยจำนวนมากพึ่งพารายได้จากเกษตรกรรม สินค้าทางการเกษตรมีทั้งผักและผลไม้ โดยที่ผลไม้บางชนิดเช่น ส้ม แอปเปิ้ล ฝรั่ง มักถูกแบ่งบรรจุลงกล่องก่อนนำส่งไปยังผู้บริโภค การใช้กล่องเป็นบรรจุภัณฑ์มีประโยชน์ในการห่อหุ้มสินค้าเพื่อป้องกันความเสียหายจากแรงกระแทกในระหว่างการขนส่งและป้องกันการกัดแทะของแมลงและหนู ในกรณีที่มีสินค้าจำนวนมาก การลำเลียงสินค้าลงกล่องด้วยแรงงานคนอาจมีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาในการทำงานเนื่องจากความเหนื่อยล้า ทำให้ปริมาณกล่องที่ได้ในแต่ละวันไม่ถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบจำนวนสินค้า ส่งผลให้คำนวณราคาสินค้าผิดพลาด

การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการแบ่งบรรจุสินค้าลงกล่องสามารถเพิ่มความสะดวก ความแม่นยำ และความต่อเนื่องในการทำงาน รวมถึงลดการใช้แรงงานคนได้ ในโครงงานนี้เลือกใช้ส้มเป็นผลไม้สำหรับการทดสอบ โดยนำชิ้นงานของโครงงานวิศวกรรมไฟฟ้า ปีการศึกษา 2555 เรื่อง การควบคุมระบบบรรจุส้มโดยใช้พีแอลซี (ปริน และปุณระวัฒน์, 2555) มาปรับปรุงโครงสร้างและหลักการควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมกระบวนการทำงานต่าง ๆ เพื่อให้สามารถลำเลียงผลส้มลงในกล่องและสามารถกำหนดจำนวนผลส้มที่มีในแต่ละกล่องให้เท่ากันได้ รวมทั้งในกรณีที่ส้มหรือกล่องหมดระหว่างการแบ่งบรรจุ ระบบสามารถเริ่มทำงานต่อจากเดิมได้อัตโนมัติ หลังจากมีการเติมส้มหรือกล่องแล้ว

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการลำเลียงส้มลงกล่องโดยสามารถกำหนดจำนวนผลส้มที่ต้องการบรรจุลงในแต่ละกล่องได้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) ปรับปรุงแบบจำลองของการบรรจุส้ม ในส่วนของโครงสร้างรวมทั้งการควบคุมและการแสดงผลบนจอแอลซีดีโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
2) สามารถกำหนดจำนวนกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่องตามที่ต้องการโดยใช้แป้นตัวเลขได้
3) ในกรณีที่ส้มหรือกล่องหมดระหว่างการแบ่งบรรจุ ระบบสามารถกลับมาเริ่มทำงานต่อจากเดิมได้อย่างอัตโนมัติ หลังจากมีการเติมส้มหรือกล่องแล้ว

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	พ.ศ. 2560					พ.ศ. 2561			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1) ออกแบบโครงสร้างในส่วนการตรวจจับส้มและกล่องอัตโนมัติ									
2) ปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้ทำงานได้อัตโนมัติ									
3) เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานแบบจำลอง									
4) ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน									
5) สรุปผลและจัดทำเล่มปริญญานิพนธ์									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ระบบบรรจุส้มที่ออกแบบขึ้นสามารถลำเลียงเพื่อบรรจุส้มให้มีปริมาณเท่ากันในแต่ละกล่อง โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้บรรจุผลไม้หรือสินค้าที่มีลักษณะและขนาดใกล้เคียงกันได้ ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการลำเลียงเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายและประหยัดเวลาทำงานของเกษตรกร ช่วยลดค่าใช้จ่ายเรื่องแรงงานคน

1.6 งบประมาณ

1) แป้นตัวเลข	30 บาท
2) แผงรีเรย์แบบ 4 ตัว	120 บาท
3) จอแอลซีดี	100 บาท
4) แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น UNO R3	400 บาท
5) ตัวรับรู้แบบใช้แสง 3 ตัว	450 บาท
6) ค่าถ่ายเอกสาร	300 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (หนึ่งพันสี่ร้อยบาทถ้วน)	1,400 บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

โครงงานนี้เป็นการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ควบคุมการบรรจุส้มลงกล่อง จึงจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ รูปแบบการทำงาน ภาษาที่ใช้ในการควบคุม เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบวงจรควบคุมการบรรจุส้มลงกล่อง แล้วนำไปเขียนคำสั่งเพื่อป้อนให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ยังได้เลือกใช้มอเตอร์กระแสตรง ในการขับเคลื่อนส่วนลำเลียงกล่องและส้มในแบบจำลองของระบบบรรจุส้มที่สร้างขึ้น และมีการนำตัวรับรู้มาใช้ในส่วนของการนับจำนวนส้มและจำนวนกล่อง โดยรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ มอเตอร์ และตัวรับรู้ที่ใช้ในแบบจำลองระบบบรรจุส้มมีดังต่อไปนี้

2.1 มอเตอร์ขับเคลื่อนในแบบจำลอง

ในการขับเคลื่อนส่วนลำเลียงกล่องและส่วนลำเลียงส้มต้องใช้มอเตอร์ที่มีความเร็วรอบต่ำและมีแรงบิดสูงเพื่อขับโหลดซึ่งขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างของแบบจำลองและน้ำหนักของส้ม ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้มอเตอร์กระแสตรง (DC motor) เนื่องจากให้แรงบิดสูงและง่ายต่อการควบคุม

2.1.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรงนิยมใช้ในงานที่ต้องการควบคุมความเร็ว เช่น ในลิฟต์ รถไฟฟ้า ฯลฯ โดยมีโครงสร้างและส่วนประกอบพื้นฐานแสดงดังรูปที่ 2.1

ส่วนประกอบหลักของมอเตอร์กระแสตรงมีดังนี้

1) ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) คือขดลวดที่ถูกพันอยู่กับขั้วแม่เหล็กที่ยึดติดกับโครงมอเตอร์ ทำหน้าที่ให้กำเนิดขั้วแม่เหล็กเหนือและใต้แทนแม่เหล็กถาวร ขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดอาบน้ำยาฉนวน สนามแม่เหล็กเกิดขึ้นเมื่อจ่ายแรงดันไฟตรงให้มอเตอร์
2) ขั้วแม่เหล็ก (Pole pieces) คือแกนสำหรับรองรับขดลวดสนามแม่เหล็ก ถูกยึดติดกับโครงมอเตอร์ด้านใน ขั้วแม่เหล็กถูกสร้างมาจากแผ่นเหล็กอ่อนบางๆอัดซ้อนกัน (Lamination sheet steel) เพื่อลดการเกิดกระแสไหลวน (Eddy current) ที่จะทำให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กลดลง ขั้วแม่เหล็กทำหน้าที่ให้กำเนิดขั้วสนามแม่เหล็กที่มี

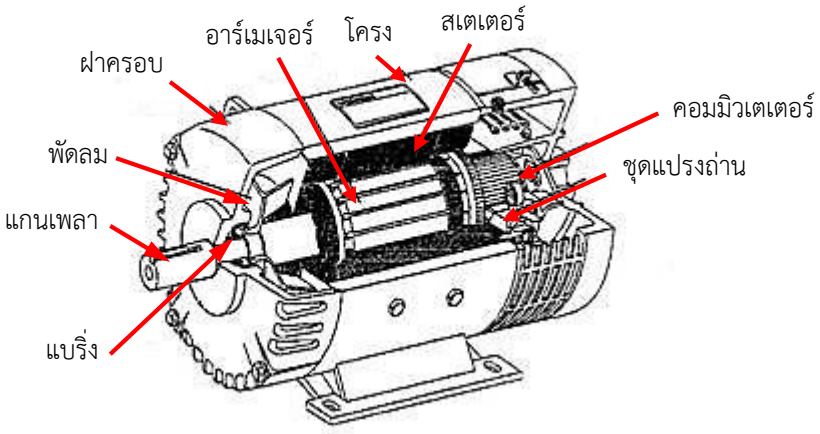
ความเข้มสูงสุดแทนขั้วสนามแม่เหล็กถาวร ผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กทำให้โค้งรับกับอาร์เมเจอร์พอดี

3) โครงมอเตอร์ (Motor frame) คือส่วนเปลือกหุ้มภายนอกของมอเตอร์และยึดส่วนอยู่กับที่ (Stator) ของมอเตอร์ไว้ภายในร่วมกับฝาปิดหัวท้ายของมอเตอร์ โครงมอเตอร์ทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กระหว่างขั้วแม่เหล็กให้เกิดสนามแม่เหล็กครบวงจร

4) อาร์เมเจอร์ (Armature) คือส่วนเคลื่อนที่ (Rotor) ถูกยึดติดกับเพลา (Shaft) และรองรับการหมุนด้วยที่รองรับการหมุน (Bearing) ตัวอาร์เมเจอร์ทำจากเหล็กแผ่นบางๆ อัดซ้อนกัน ถูกเซาะร่องออกเป็นส่วนๆเพื่อไว้พันขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature winding) ขดลวดอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดอาบน้ำยาฉนวน ร่องขดลวดอาร์เมเจอร์จะมีขดลวดพันอยู่และมีลิ่มไฟเบอร์อัดแน่น ขึงขดลวดอาร์เมเจอร์ไว้ ปลายขดลวดอาร์เมเจอร์ต่อไว้กับคอมมิวเตเตอร์ อาร์เมอเจอร์ผลักดันของสนามแม่เหล็กทั้งสองทำให้อาร์เมเจอร์หมุน

5) คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ถูกยึดติดเข้ากับอาร์เมเจอร์และเพลา ทำหน้าที่เป็นขั้วรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายมาจากแปรงถ่านเพื่อส่งไปให้ขดลวดอาร์เมเจอร์ โดยสร้างจากแท่งทองแดงแข็งประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก แต่ละแท่งทองแดงถูกแยกออกจากกันด้วยฉนวนไมก้า (Mica)

6) แปรงถ่าน (Brush) ทำหน้าที่รับแรงดันไฟตรงจากแหล่งจ่ายผ่านไปให้คอมมิวเตเตอร์ ถูกผลิตเป็นแท่งสี่เหลี่ยมจากคาร์บอนหรือแกรไฟต์ผสมผงทองแดง เพื่อให้แข็งและนำไฟฟ้าได้ดี มีสายตัวนำเชื่อมต่อกับแปรงถ่านเพื่อรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายเข้ามา แปรงถ่าน (จรัส บุณยธรรมา, 2560)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างและส่วนประกอบพื้นฐานของมอเตอร์กระแสตรง

ที่มา : www.kmitl.ac.th

2.1.2 มอเตอร์เกียร์

ในการสร้างแบบจำลองของระบบบรรจุส้มได้เลือกใช้มอเตอร์เกียร์ (Gear motor) ซึ่งเป็นมอเตอร์กระแสตรงเพราะสามารถควบคุมแรงบิดและความเร็วได้ดี รวมถึงการปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงที่กว้าง และเหมาะสำหรับการใช้งานในระบบที่มีขนาดเล็ก มอเตอร์เกียร์ที่เลือกใช้ในการสร้างแบบจำลองระบบบรรจุส้มถูกนำมาใช้เป็นตัวขับเคลื่อนทั้งในส่วนของการลำเลียงส้มและส่วนลำเลียงกล่อง มอเตอร์เกียร์ดังแสดงในรูปที่ 2.2 มีขนาดตั้งแต่ 6-120 W โดยสามารถทดความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ มีทั้งแบบธรรมดาและปรับรอบใช้กับงานตามที่ต้องการ การทดรอบส่งผลให้ความเร็วรอบในการหมุนของมอเตอร์เกียร์ลดลงแต่ทำให้แรงบิดเพิ่มขึ้น

รูปที่ 2.2 มอเตอร์เกียร์ 12 Vdc 50, 100 rpm แกนเพลา 6 mm

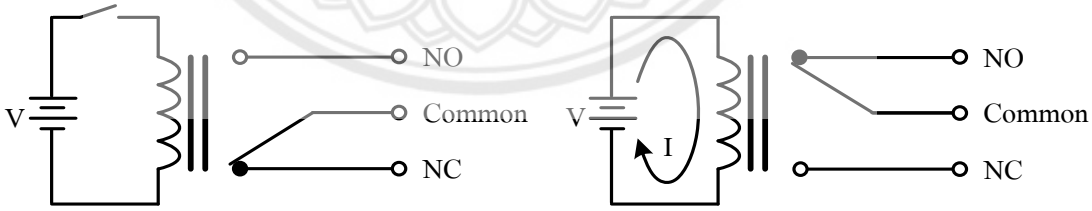
ที่มา : www.nattakit.com

ในส่วนของโครงสร้างแบบจำลองมีการทำงานหลักๆอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนของลำเลียงกล่องและส่วนของลำเลียงส้ม โดยมีการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์

2.2 แผงรีเลย์

มอเตอร์ทำงานหรือหยุดทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีการจ่ายไฟหรือหยุดจ่ายไฟให้มอเตอร์ โดยมีรีเลย์ (Relay) มีทำหน้าที่ตัดต่อวงจรเช่นเดียวกับสวิตช์ รีเลย์มีหลายชนิดและหลายขนาดขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน เช่น รีเลย์ขนาดเล็ก ใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ รีเลย์ขนาดใหญ่ ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง เป็นต้น โครงสร้างภายในของรีเลย์โดยทั่วไปประกอบด้วยขดลวด หน้าสัมผัสปกติปิด (Normally Close หรือ NC) และหน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Open หรือ NO) ในสภาวะปกติ หน้าสัมผัสปกติปิดเชื่อมต่ออยู่กับขาจุดร่วม (Common) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ในขณะที่ยังไม่มีการจ่ายกระแสให้ขดลวดของรีเลย์ หน้าสัมผัสปกติปิดกับขาจุดร่วมยังต่อถึงกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ขดลวดของรีเลย์ อำนาจแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะดึงขาจุดร่วมมาต่อกับหน้าสัมผัสปกติเปิดทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลจากหน้าสัมผัสปกติเปิดไปยังขาจุดร่วมได้ และเมื่อกระแสที่จ่ายให้ขดลวดหยุดไหลขาจุดร่วมจะถูกสปริงดึงกลับไปติดกับหน้าสัมผัสปกติปิดดังเดิม ดังรูปที่ 2.4 (บ้านอิเล็กทรอนิกส์, 2554)

รูปที่ 2.3 สัญลักษณ์ภายในโครงสร้างของรีเลย์ (บ้านอิเล็กทรอนิกส์, 2554)



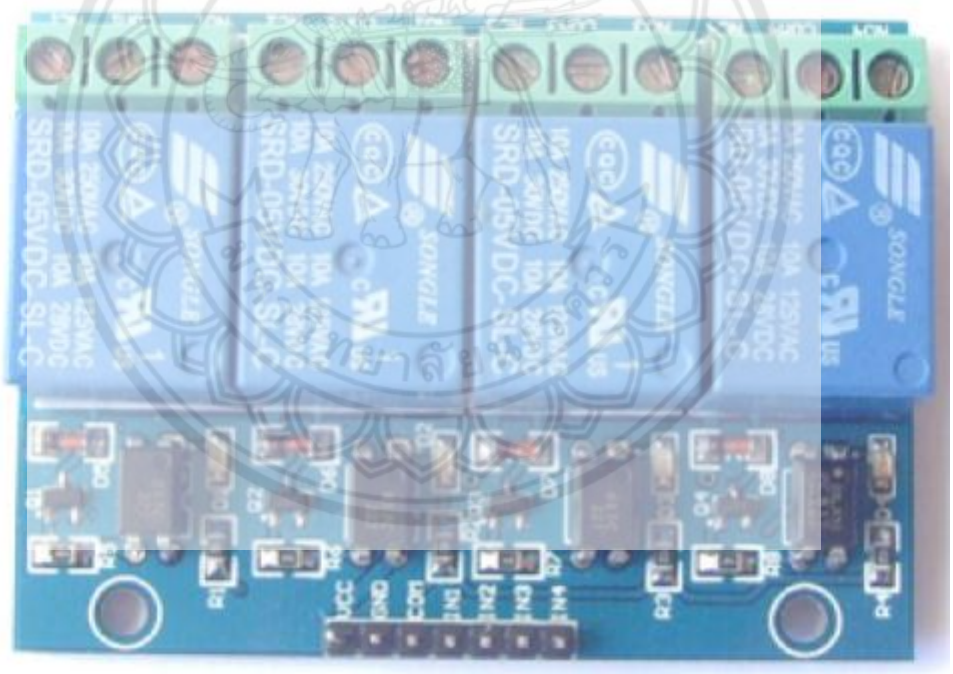
(ก) สภาวะปกติ (ข) สภาวะทำงาน

รูปที่ 2.4 สภาวะการทำงานของรีเลย์ (บ้านอิเล็กทรอนิกส์, 2554)

ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้แผงวงจรรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง (Opto-isolator) สำหรับตัดต่อวงจรในโครงงานประกอบด้วยรีเลย์ 4 ตัวดังรูปที่ 2.5 ซึ่งแต่ละตัวสามารถรองรับกระแสได้สูงถึง 10 A และใช้งานได้ทั้งกับไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ซึ่งรับแรงดันกระแสตรง 5 V และมีหลอด

แอลอีดีแสดงสถานะการทำงานของรีเลย์แต่ละตัว ซึ่งมีการป้องกันวงจรควบคุมออกจากวงจรกำลังด้วยตัวเชื่อมต่อด้วยแสงเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนจากการทำงานของอุปกรณ์

การใช้งานที่แผงวงจรของรีเลย์จะมีตัวเชื่อมสำหรับเชื่อมต่อไฟเลี้ยงวงจรของวงจรควบคุม (VCC) เข้ากับไฟเลี้ยงชุดรีเลย์ (JD - VCC) ซึ่งหากอุปกรณ์ที่ไปควบคุมโหลดต่าง ๆ นั้นไม่ได้สร้างสัญญาณรบกวนมากนัก สามารถใช้งานโมดูลนี้โดยตรงได้ทันทีด้วยการป้อน VCC IN1 IN2 และ GND จากวงจรควบคุมได้ทันที อย่างไรก็ตามจากการใช้ VCC ของวงจรควบคุม ป้อนให้กับ JD - VCC ทำให้ทั้งระบบยังคงต้องใช้กราวด์อ้างอิงร่วมกัน ซึ่งหากใช้งานเพื่อควบคุมไฟสูง กระแสสูง หรืออุปกรณ์ประเภทขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเกิดการรบกวนได้ง่ายควรทำการแยกไฟเลี้ยงรีเลย์ออกจากไฟเลี้ยงวงจรด้วยการปลดตัวเชื่อมต่อไฟเลี้ยง ดังกล่าว แล้วทำการจ่ายไฟเลี้ยงที่เป็นอิสระต่อวงจรควบคุมเข้าสู่ขา JD-VCC และ GND แทน โดยในการควบคุมของภาคควบคุม จะป้อนสัญญาณควบคุมผ่านขา IN1-IN8 และขา VCC โดยไม่ต้องเชื่อมต่อ GND ของฝั่งควบคุม

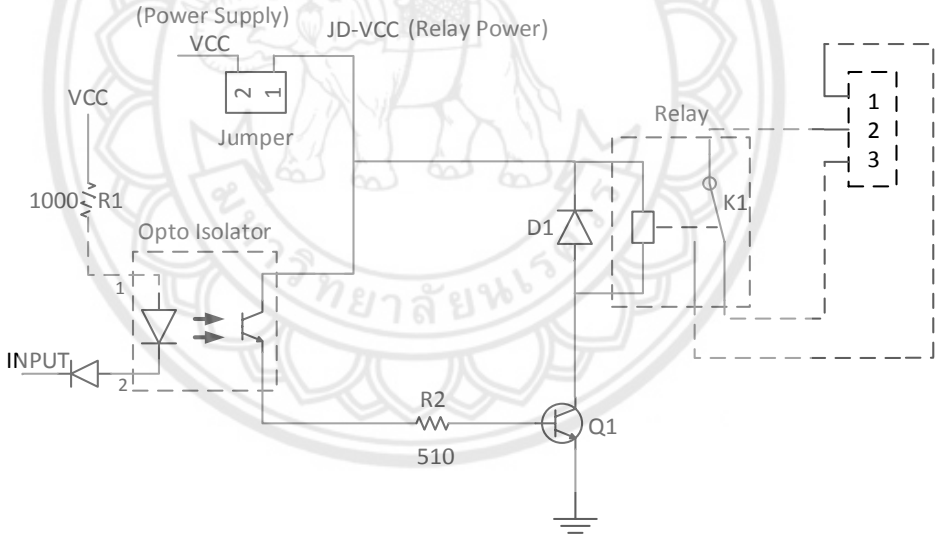


รูปที่ 2.5 แผงวงจรรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง

ที่มา : http://idielectronica.com/producto/modulo-relay-5v-x-4/

การใช้งานรีเลย์โดยทั่วไปคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

1) ชนิดและจำนวนหน้าสัมผัสภายในตัวรีเลย์
2) แรงดันใช้งานหรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ สามารถดูได้ที่ตัวรีเลย์ ซึ่งจะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ เช่น 12 VDC หมายถึงต้องใช้แรงดันที่ 12 VDC เท่านั้น ซึ่งหากใช้มากกว่านี้จะส่งผลให้ขดลวดภายในตัวรีเลย์อาจขาดได้หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก ๆ อาจทำให้รีเลย์ไม่ทำงาน ในส่วนของการต่อวงจรนั้นสามารถต่อเข้ากับขั้วใดก็ได้ เพราะรีเลย์จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากรีเลย์ชนิดพิเศษ)
3) การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส จะมีการระบุค่าไว้ที่ตัวรีเลย์ เช่น 10 A 220 VAC หมายถึง หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 A ที่ 220 VAC แต่ในการใช้งานจริง ควรให้รีเลย์ทำงานต่ำกว่าระดับกระแสพิกัด เนื่องจากหากมีกระแสมากจะยิ่งมีผลทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นเสียหายได้เร็วขึ้น แผนภาพการเชื่อมต่อของแผงวงจรรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสงแสดงได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แผนภาพวงจรการทำงานของรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง

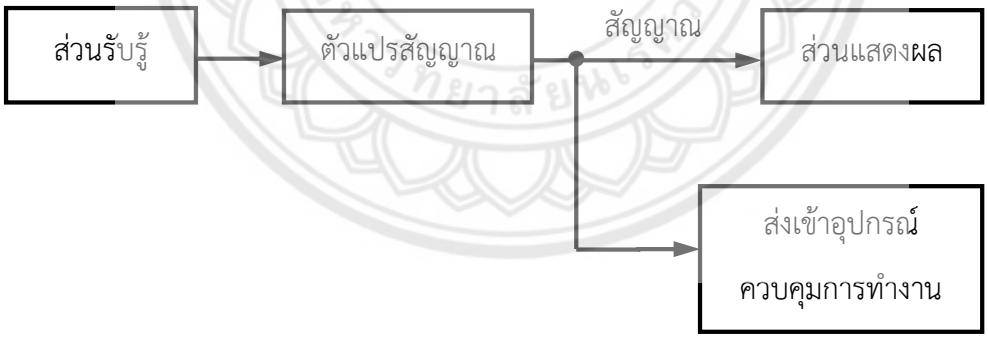
ที่มา : https://arduino-info.wikispaces.com/RelayIsolation

การทำงานของรีเลย์ เริ่มด้วยการจ่ายไฟเลี้ยงเข้าที่ตัวเชื่อมต่อทางแสง (Opto-isolator) และขดลวดของรีเลย์ การป้อนอินพุตด้วยลอจิก 0 ทำให้วงจรภายในตัวเชื่อมต่อทางแสงเริ่มทำงาน นั่นคือมีความต่างศักย์ตกคร่อมไดโอดเปล่งแสง ทำให้เกิดการไบแอสไปหน้า ส่งผลทำให้ไดโอดเกิดการเปล่งแสงไปตกกระทบกระตุ้นที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายในตัวเชื่อมต่อทางแสงทรานซิสเตอร์

จึงนำกระแส เกิดกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน R2 เข้าที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ส่งผลให้เกิดการนำกระแส จึงเกิดความต่างศักย์ที่ขดลวดของรีเลย์ ทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวด ส่งผลให้รีเลย์มีการเปลี่ยนสถานะของหน้าสัมผัส

2.3 ตัวรับรู้แบบใช้แสง

รีเลย์จะตัดต่อวงจรเพื่อให้มอเตอร์ทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีการตรวจจับวัตถุหรือนับจำนวนโดยผ่านตัวรับรู้ (Sensor) ประกอบด้วยส่วนรับรู้ (Sensing part) ซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับปริมาณของตัวแปรต่างๆที่ต้องการทราบค่า เช่น อุณหภูมิ การเคลื่อนที่ แสงสว่าง เป็นต้น แต่ส่วนรับรู้เพียงอย่างเดียวไม่สามารถบอกค่าที่ต้องการวัดได้ จึงจำเป็นต้องมีส่วนแปลงพลังงาน (Transducing part) ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ได้จากการตรวจจับมาเป็นปริมาณที่สามารถเข้าใจได้เรียกว่า ตัวแปรสัญญาณ (Signal converter) โดยทำหน้าที่แปลงพลังงานจากรูปหนึ่งให้อยู่ในอีกรูปแบบหนึ่ง เช่น แปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า ในการนำตัวรับรู้ไปใช้งานแสดงได้ดังแผนภาพในรูปที่ 2.7 ส่วนรับรู้ทำการตรวจวัดและให้ตัวแปรสัญญาณเอาท์พุตเป็นสัญญาณไฟฟ้าซึ่งถูกส่งไปเข้ากระบวนการทางไฟฟ้าขั้นต่อไป เช่น การขยายสัญญาณ แล้วจึงได้เอาท์พุตออกมาแสดงผลหรือนำไปใช้งานในด้านอื่นๆตามต้องการ (สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2552)



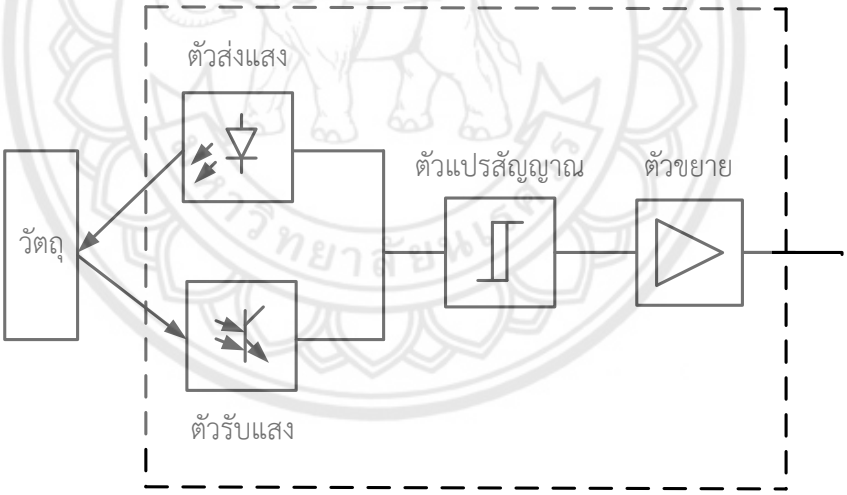
รูปที่ 2.7 แผนภาพการใช้งานตัวรับรู้ (สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2552)

ในโครงงานนี้ตัวรับรู้แบบใช้แสง (Photoelectric sensor) ซึ่งต้องการไฟเลี้ยงเป็นไฟกระแสตรงขนาด 6-36 Vdc ระยะการตรวจจับ 0-10 cm ขนาดยาว 7 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.8 cm ดังแสดงในรูปที่ 2.8 โดยมีตัวส่งแสงและตัวรับแสงอยู่ภายใน มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแสงที่มากระทบกับตัวรับแสง และและส่งสัญญาณเอาท์พุตซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงที่ได้รับผ่านตัวรับแสง ตัวรับรู้ชนิดนี้สามารถตรวจจับการปรากฏขึ้นหรือการหายไปของวัตถุ สามารถ

ตรวจจับขนาด รูปร่าง การสะท้อนแสง และความโปร่งแสงหรือสีของวัตถุ โดยมีส่วนประกอบหลักแสดงดังรูปที่ 2.9 ในทางปฏิบัติสามารถสร้างให้ตัวรับรู้แบบใช้แสงสามารถตรวจจับได้ในระยะไกลถึง 100 m หรือตรวจจับวัตถุขนาดเล็ก (เช่น เล็กกว่า 1 mm) ได้ (สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2552) โดยในโครงงานนี้ใช้ตัวรับรู้ดังกล่าวในการตรวจจับส้มและกล่อง ซึ่งสามารถตรวจจับวัตถุได้แม่นยำโดยไม่ต้องสัมผัสกับผลส้มและกล่อง

รูปที่ 2.8 ตัวรับรู้แบบใช้แสง ระยะตรวจจับ 0-10 cm

ที่มา : www.sangtawan.org



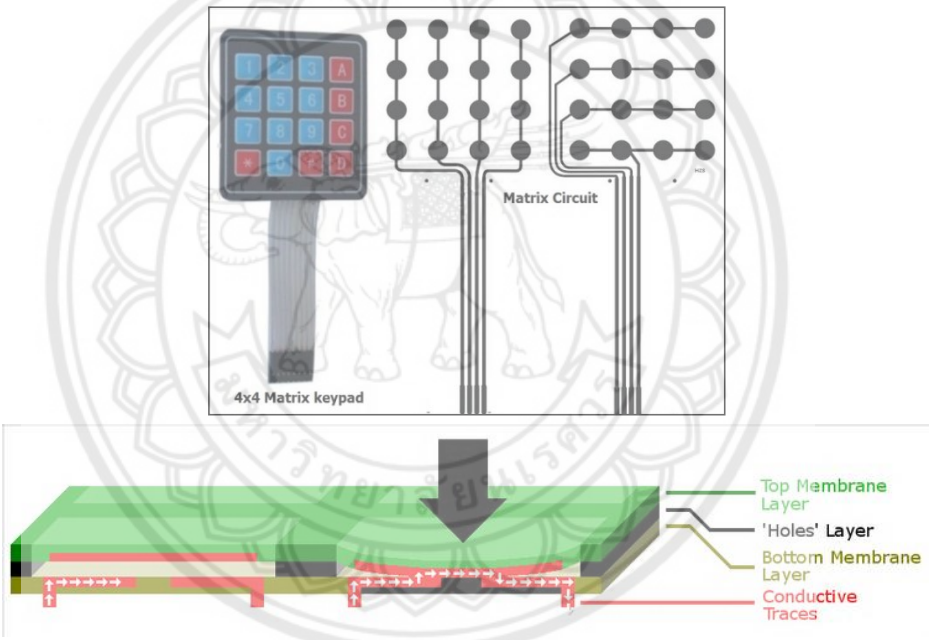
รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบหลักของตัวรับรู้แบบใช้แสง (สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2552)

ตัวรับรู้แบบใช้แสงสามารถตรวจจับวัตถุได้ทุกประเภท มีอายุการใช้งานได้ยาวนาน ระยะในการตรวจจับไกลที่สุดในบรรดาตัวรับรู้ชนิดอื่น เวลาในการตอบสนองดีที่สุดจึงเหมาะที่จะใช้ตรวจจับประเภทที่มีความถี่ในการตรวจจับสูง เช่น ใช้ในการวัดความเร็วในการเคลื่อนที่ทั้งเชิงเส้นและเชิงมุม อย่างไรก็ตามตัวรับรู้ชนิดนี้มีข้อจำกัดในการตรวจจับวัตถุโปร่งใสและวัตถุที่มีสีแตกต่างกันมาก

เนื่องจากความสามารถในการสะท้อนหรือดูดกลืนแสงในแต่ละสีแตกต่างกันนอกจากนี้ยังต้องระวังเรื่องความสะอาดของเลนส์ของตัวรับรู้ (สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2552)

2.4 แป้นตัวเลข

ในการตัดผ่านของตัวรับรู้แต่ละครั้งเกิดจากการป้อนจำนวนกล่องและจำนวนส้ม ซึ่งถูกกำหนดโดยผู้ใช้ผ่านแป้นตัวเลข แบบ 4x4 ชนิดนี้ประกอบไปด้วยปุ่ม 16 ปุ่ม ที่เรียงต่อกันเป็นเมตริกซ์แบบ 4 แถว และ 4 หลัก ประกอบไปด้วย เลข 0 – 9 และตัวอักษร A – D และ * และ # ซึ่งปุ่มแต่ละปุ่มเป็นการกดเพื่อให้หน้าสัมผัสที่เป็นชั้นสีแดงดังรูปที่ 2.10 ไปแตะกันทำให้เป็นการเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้าไปอีกด้านหนึ่งของสวิตช์



รูปที่ 2.10 แป้นตัวเลข แบบ 4x4 (Arduitronics, 2017)

ในการตรวจสอบแป้นตัวเลขการกดปุ่มของผู้ใช้ในขณะนั้น ใช้วิธีการตรวจสอบไปทีละหลัก จนครบทุกหลัก แล้วนำมาตีความว่ามีการตอบสนองออกมาเป็นแบบใดบ้าง เช่น ถ้ามีการกดเลข 1 อยู่ในขณะที่เราจ่ายแรงดัน 5 V ไปที่หลักที่ 1 จะมีเพียงแถวแรกเท่านั้นที่จะอ่านค่าแรงดันได้สูง นอกนั้นจะเป็นแรงดันต่ำ หรือถ้ามีการกดปุ่ม # อยู่ ขณะที่ตรวจสอบไปแต่ละหลักนั้นจะไม่เจอแรงดันสูงที่แถวใดเลยจนกว่าจะตรวจสอบไปถึงหลักที่ 3 พบว่า มีการตอบสนองกลับมาจากแถวที่ 4 จากนั้น พบว่า เป็นการตรวจสอบหลักที่ 3 และมีแถวที่ 4 ตอบสนอง ก็คือปุ่ม # นั่นเอง (Arduitronics, 2017)

2.5 จอแอลซีดี

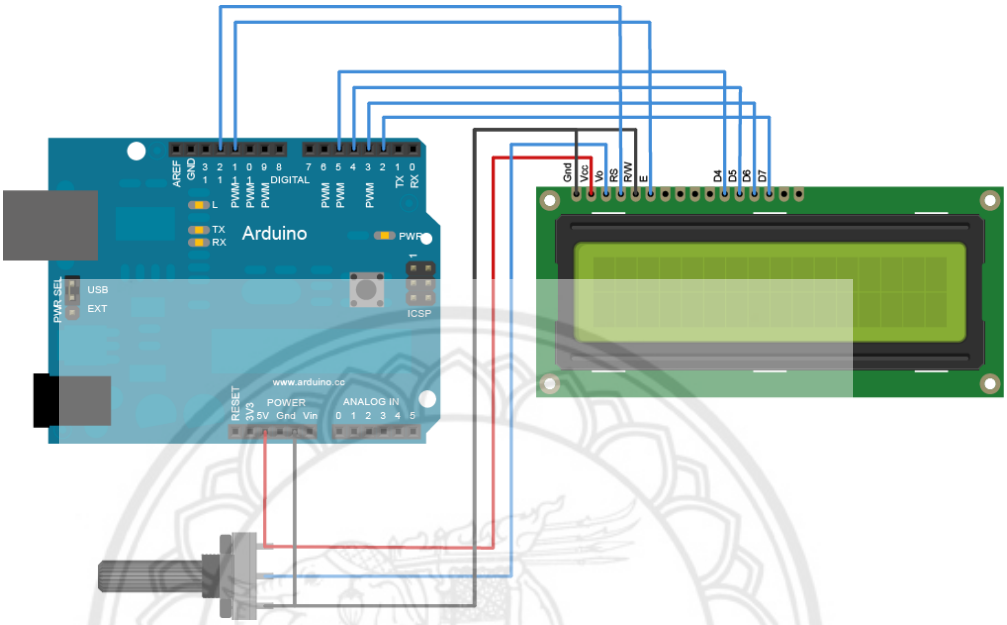
การป้อนอินพุตของแป้นตัวเลข โดยผู้ใช้กำหนดจำนวนกล่องและจำนวนส้มจะแสดงสถานะการควบคุมหรือสั่งงานผ่านจอแสดงผลแอลซีดี (Liquid Crystal Display, LCD) นั้นมีตัวควบคุม (Controller) รวมไว้ในตัว ซึ่งสามารถส่งรหัสคำสั่งควบคุมการทำงานของจอแสดงผลแอลซีดีผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) โดยในส่วนของการควบคุมจอแสดงผล แอลซีดีเป็น Hitachi หมายเลข HD44780 ดังแสดงในรูปที่ 2.11 และขาในการเชื่อมต่อระหว่างจอแสดงผลแอลซีดีกับไมโครคอนโทรลเลอร์มีดังนี้

1) GND เป็นกราวด์ใช้ต่อระหว่างกราวด์ของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์กับแอลซีดี
2) VCC เป็นไฟเลี้ยงวงจรที่ป้อนให้กับแอลซีดีขนาด +5 VDC
3) VO ใช้ปรับความสว่างของหน้าจอแอลซีดี
4) RS ใช้บอกตัวควบคุมให้ทราบว่ารหัสที่ส่งมาทางขา DB0-DB7 นั้นเป็นคำสั่งหรือข้อมูล
5) R/W ใช้เลือกระหว่างการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับตัวควบคุม
6) E เป็นขา Enable หรือ Chips Select เพื่อกำหนดการทำงานของตัวควบคุม
7) DB0-DB7 เป็นขาสัญญาณข้อมูล (Data) ใช้สำหรับเขียนหรืออ่านข้อมูลและคำสั่งกับตัวควบคุม (บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด, 2555)

รูปที่ 2.11 จอแสดงผลแอลซีดี Hitachi หมายเลข HD44780 (บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด, 2555)

การเชื่อมต่อสัญญาณขาข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแอลซีดี สามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การเชื่อมต่อแบบ 8 bit (DB0-DB7) และการเชื่อมต่อแบบ 4 bit (DB4-DB7) ซึ่งทั้งสองแบบแตกต่างกันเพียงจำนวนขาที่ใช้คือ 8 หรือ 4 ขา โดยสามารถทำงานได้เหมือนกัน อย่างไรก็ตาม

การส่งข้อมูลแบบ 4 ขา ช้ากว่าแบบ 8 ขา แต่ไม่ได้ช้ามากจนสังเกตได้ด้วยสายตา ดังนั้น โดยทั่วไปการต่อกับ Arduino จึงนิยมต่อเพียง 4 ขา หรือ 4 bit เท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.12 เพื่อประหยัดขาในการต่อใช้งานไปไว้ต่อกับอุปกรณ์อื่น (บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด, 2555)



รูปที่ 2.12 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแอลซีดี (Arduino, 2017)

2.6 ไอทูซี

จอแอลซีดีที่มีการเชื่อมต่อแบบ I2C หรือเรียกอีกอย่างว่าการเชื่อมต่อแบบอนุกรม ซึ่งเป็นจอแอลซีดีธรรมดาทั่วไปที่ติดตั้งกับแผงวงจร I2C Busหรือเรียกอีกอย่างว่าการเชื่อมต่อแบบอนุกรมซึ่งเป็นจอแอลซีดีธรรมดาทั่วไปที่ติดตั้งกับแผงวงจร I2C Bus ทำให้มีการใช้งานได้ที่สะดวกยิ่งขึ้น การเชื่อมต่อระหว่าง I2C กับไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้จำนวน 4 ขา (แบบขนานใช้ 16 ขา) แสดงดังรูปที่ 2.13

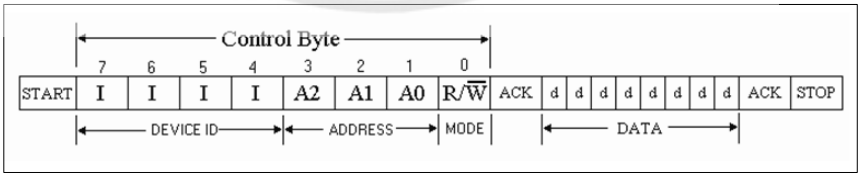
รูปที่ 2.13 ไอทูซี (บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด, 2555)

ในการควบคุมหรือสั่งงาน โดยทั่วไปจอแอลซีดีจะมีส่วนควบคุม (Controller) อยู่ในตัวแล้ว สามารถส่งรหัสคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของจอแอลซีดี (I2C) เช่นเดียวกันกับจอแอลซีดีแบบธรรมดาคือรหัสคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมนั้นเหมือนกัน แต่ต่างกันตรงที่รูปแบบในการรับส่งข้อมูล สำหรับการส่งข้อมูลรูปแบบ I2C ที่ใช้ขาเพียง 4 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อเท่านั้น แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ขาของไอทูซี (บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด, 2555)

ขาเชื่อมต่อ	สัญลักษณ์	คำอธิบาย
1	GND	กราวด์ของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแอลซีดี
2	VCC	ไฟเลี้ยงวงจรที่ป้อนให้กับจอแอลซีดี มีขนาด +5 V_{DC}
3	SDA	ขาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล
4	SCL	ขาสัญญาณนาฬิกาในการรับส่งข้อมูล

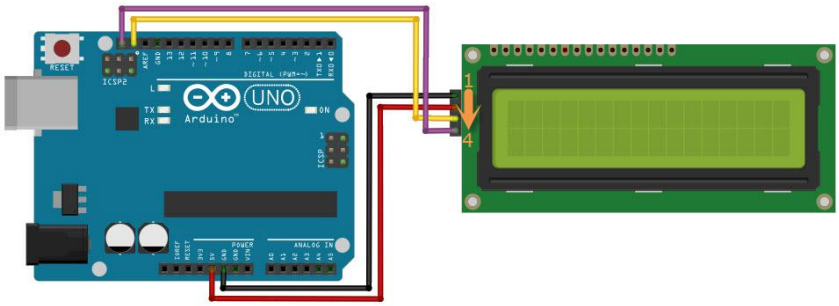
สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลแบบ I2C BUS ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งสถานะเริ่มต้น (START Conditions) เพื่อแสดงการขอใช้บัสแล้วตามด้วย รหัสควบคุม (Control Byte) ซึ่งประกอบด้วยรหัสประจำตัวอุปกรณ์ Device ID, Device Address และแบบวิธีในการเขียนหรืออ่านข้อมูล เมื่ออุปกรณ์รับทราบว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการจะติดต่อด้วยต้องส่งสถานะรับรู้ (Acknowledge) หรือแจ้งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับรู้ว่าข้อมูลที่ส่งมามีความถูกต้อง และเมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล ไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องส่งสถานะสิ้นสุด เพื่อให้อุปกรณ์ทราบว่าสิ้นสุดการส่งสัญญาณ โดยจะส่งสัญญาณการรับ และส่งข้อมูลแบบ I2C BUS แสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การรับและส่งข้อมูลแบบ I2C BUS (บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด, 2555)

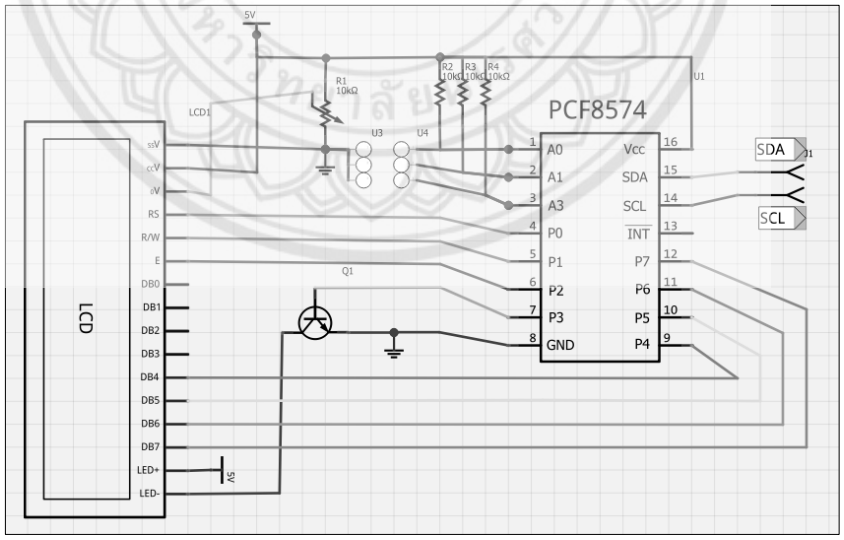
สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแอลซีดี ที่ต่อกับแผงวงจร I2C การส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกส่งออกมาในรูปแบบ I2C ไปยังแผงวงจร I2C และแผงวงจรจะมีหน้าที่จัดการข้อมูลให้ออกมาในรูปแบบปกติหรือแบบขนาน เพื่อใช้ในการติดต่อไปยังจอ

แอลซีดี โดยที่รหัสคำสั่งที่ใช้ในการสั่งงานจอแอลซีดี ยังคงไม่ต่างกับจอแอลซีดี ที่เป็นแบบขนานโดยส่วนใหญ่แผงวงจร I2C จะเชื่อมต่อกับตัวควบคุมของจอแอลซีดี เพียง 4 บิตเท่านั้นแสดงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับจอแอลซีดี (บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด, 2555)

จากรูปที่ 2.16 จะเห็นได้ว่าจอแอลซีดี และแผงวงจร I2C ได้มีการเชื่อมต่อขาสำหรับการรับส่งข้อมูลเป็นแบบ 4 บิต ขาที่เชื่อมต่อไว้คือ ขา P4 > DB4, P5 > DB5, P6 > DB6, P7 > DB7 และขา P2 > E (Enable), P1 > R/W, P0 > RS รวมไปถึงตัวต้านทานสำหรับปรับค่าความเข้มของตัวอักษร และ Switch Blacklight



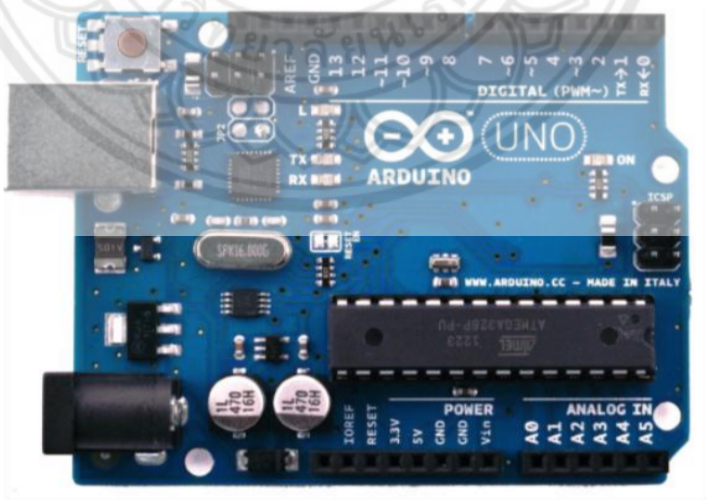
รูปที่ 2.16 การแสดงการเชื่อมต่อของ I2C กับจอแอลซีดี (บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด, 2555)

2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนสำคัญในการควมคุมการทำงานของระบบทั้งหมด เมื่อมีการป้อนจำนวนจากแป้นตัวเลขโดยผู้ใช้และการตรวจจับของตัวรับรู้แบบแสง ก็จะถูกประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์และส่งสัญญาณออกไปให้มอเตอร์เกิดการทำงานโดยผ่านรีเลย์และมีการแสดงสถานะโต้ตอบผ่านจอแอลซีดี

2.7.1 แผงไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Uno R3

แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Uno R3 จัดอยู่ในตระกูลเอวีอาร์ (AVR) มีขนาด 28 ขา ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega328 ดังแสดงในรูปที่ 2.18 โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นแพลตฟอร์ม (Platform) ของอินพุตและเอาท์พุต (I/O) ขั้นพื้นฐานที่พอเพียงกับการใช้งานและการเรียนรู้ โดยตัวแผงวงจรมีชุดคำสั่งที่ใช้ควบคุมพอร์ตอินพุตและเอาท์พุต รวมถึงพอร์ตดิจิตอล พอร์ตแอนะล็อกพีดับเบิลยูเอ็มและพอร์ตอนุกรมซึ่งแผงวงจร Arduino ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ตัวแผงวงจรออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์เดี่ยวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับให้แผงวงจร Arduino สามารถรับสัญญาณจากสวิตช์หรือตัวรับรู้หรืออุปกรณ์อื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.17

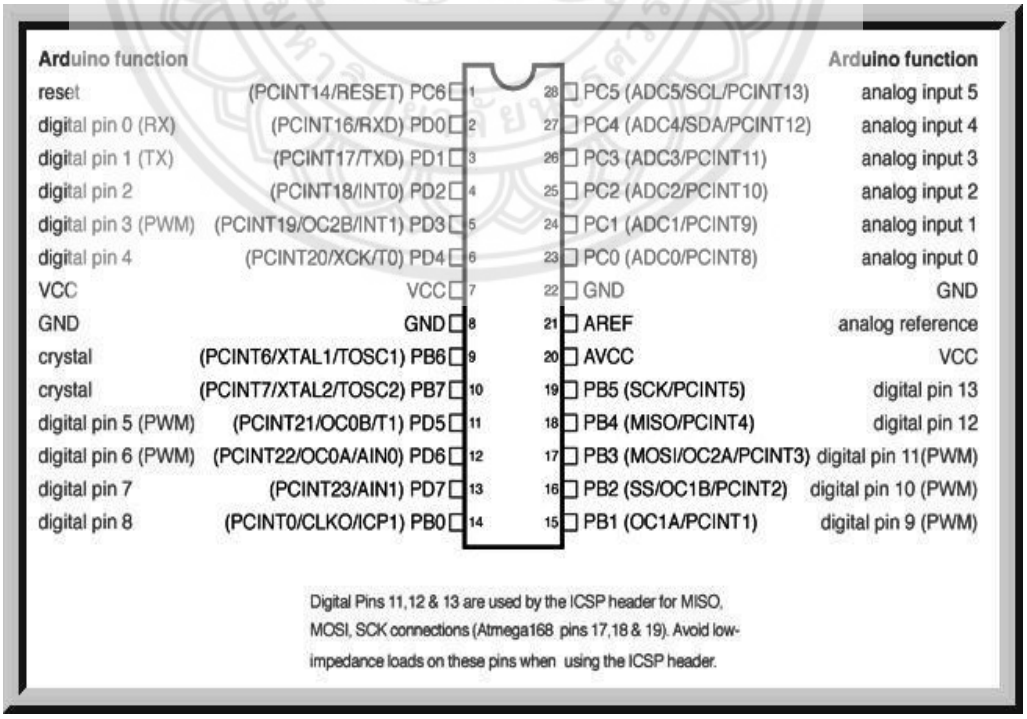


รูปที่ 2.17 แผงวงจร Arduino รุ่น Uno R3 (Arduino, 2017)

แผงวงจร Arduino รุ่น Uno R3 มีจุดเด่นในเรื่องของความง่ายต่อการเรียนรู้และใช้งาน เนื่องจากได้มีการออกแบบคำสั่งต่างๆขึ้นมาสนับสนุนการใช้งานด้วยรูปแบบที่ง่ายไม่ซับซ้อนและมี

ข้อดีกว่าบอร์ดสำเร็จรูปตัวอื่นคือใช้งานง่ายมีโปรแกรมพัฒนาที่ไม่ซับซ้อนมีโปรแกรมพัฒนา Arduino ใช้งานง่ายสำหรับมือใหม่และมีความสามารถครบตามความต้องการของนักพัฒนามืออาชีพซึ่งแผงวงจร Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ตัวประมวลผลตระกูลเอวีอาร์ขนาดเล็กเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาเรียนรู้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตได้มากมาย ภาษาในการเขียนโปรแกรมลงบน Arduino ใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษาซีประยุกต์แบบหนึ่งมีโครงสร้างของตัวภาษาโดยรวมใกล้เคียงกันกับภาษาซีมาตรฐาน เพียงแต่ได้มีการปรับปรุงรูปแบบการเขียนโปรแกรมบางส่วนที่ผิดเพียนไปจากมาตรฐานเล็กน้อยเพื่อลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมและให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายและสะดวกมากขึ้นกว่าการเขียนภาษาซีตามแบบมาตรฐานโดยตรง

ตัวแผงวงจร Arduino ที่ใช้ในโครงงานนี้จะกล่าวถึงสถาปัตยกรรมของเอวีอาร์ขนาด 8 บิต โดยเป็นตัวประมวลผลแบบ RISC (Reduced instruction set computer) และยังมีหน่วยความจำแบบฮาวาร์ด (Harvard) ซึ่งแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.18 โดยใช้หน่วยความจำแบบแฟลต (Flash) เป็นหน่วยความจำโปรแกรมและใช้หน่วยความจำแบบ SRAM สำหรับเป็นหน่วยความจำข้อมูล



รูปที่ 2.18 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น ATmega328P-PU (Arduino, 2017)

นอกจากนี้ยังมีหน่วยความจำแบบ EEPROM ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้โดยไม่จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยงซึ่งมีคุณสมบัติเด่นดังนี้

1) หน่วยความจำโปรแกรมแบบ FLASH ขนาด 32 kB

2) หน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM ขนาด 2 kB

3) หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 1 kB

4) สนับสนุนการเชื่อมต่อแบบ I2C bus

5) พอร์ตอินพุตและเอาต์พุตจำนวน 23 บิต

6) วงจรแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิตในตัวจำนวน 8 ช่อง

7) ทำงานได้ตั้งแต่ย่านแรงดัน 1.8 - 5.5 V

8) ความถี่ใช้งานสูงสุด 20 MHz

9) วงจรสื่อสารอนุกรม

10) ตัวจับเวลาและนับขนาด 8 บิต จำนวน 2 ตัวและ U3586 ขนาด 16 บิตจำนวน 1 ตัว

11) สนับสนุนช่องสัญญาณสำหรับสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM) จำนวน 6 ช่อง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Uno R3 ที่ใช้ในโครงงานนี้ทำหน้าที่เป็นส่วนประมวลผลสัญญาณที่รับมาจากสวิตช์ควบคุมไร้สายและทำงานตามโปรแกรมที่เขียนไว้เพื่อส่งสัญญาณวิทยุไปควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องกลเติมอากาศในขณะทำงานในแบบวิธีการทำงานควบคุมด้วยมือ (Arduino, 2017)

บทที่ 3
โครงสร้างแบบจำลองและการออกแบบระบบบรรจุส้ม

หลังจากศึกษาหลักการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ มอเตอร์เกียร์ และตัวรับรู้แบบใช้แสง แล้วได้ทำการออกแบบระบบและปรับปรุงแบบจำลองของระบบบรรจุส้ม โดยเริ่มจากกำหนดขั้นตอนการทำงานของระบบ จากนั้นเพิ่มการตรวจจับทั้งในส่วนการลำเลียงกล่องและการลำเลียงส้มเพื่อเริ่มและหยุดการขับเคลื่อนมอเตอร์โดยอัตโนมัติ รวมทั้งประกอบอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ เข้ากับแบบจำลองตามที่ออกแบบไว้ และเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

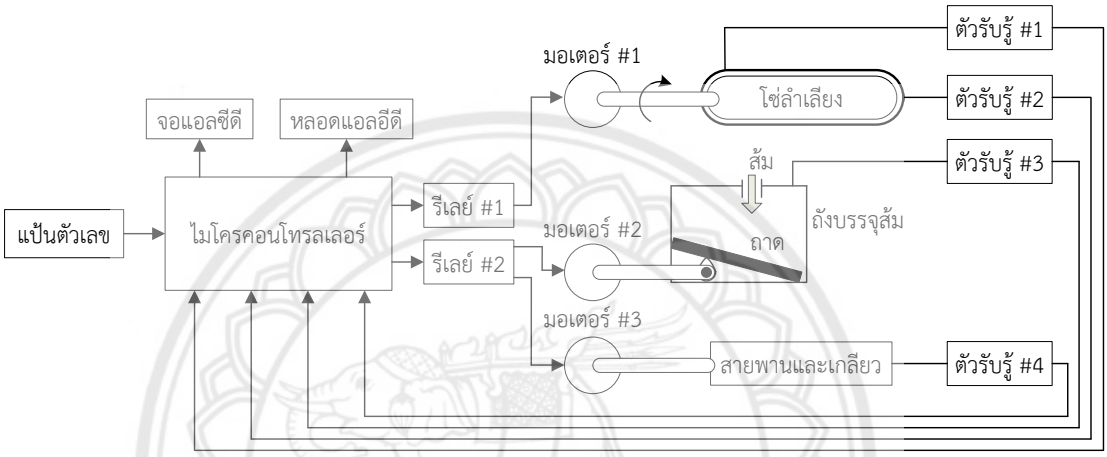
3.1 การออกแบบการทำงานของระบบ

ขั้นตอนการทำงานของระบบบรรจุส้มโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในโครงงานนี้แสดงดังรูปที่ 3.1 หลังจากผู้ใช้ป้อนจำนวนกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่องที่ต้องการโดยใช้แป้นตัวเลขให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว เมื่อตัวรับรู้ #1 ตรวจพบกล่องบนโซ่ลำเลียง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณให้รีเลย์ # 1 ต่อวงจรให้มอเตอร์ #1 หมุนโซ่ลำเลียงเพื่อเคลื่อนย้ายกล่อง และส่งสัญญาณให้หลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีน้ำเงิน เมื่อกล่องเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งของตัวรับรู้ #2 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณให้รีเลย์ #1 ตัดวงจรเพื่อหยุดการทำงานของโซ่ลำเลียง และส่งสัญญาณให้รีเลย์ #2 ต่อวงจรซึ่งทำให้มอเตอร์ #2 หมุนกลไกที่ใช้เอียงถาดบรรจุส้ม และทำให้มอเตอร์ #3 หมุนสายพานและเกลียวลำเลียงส้ม ในขณะที่ผลส้มตัดแสงของตัวรับรู้ #4 ที่ติดตั้งอยู่บริเวณปลายเกลียวลำเลียง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะนับจำนวนส้มเพิ่มขึ้นอีก 1 และแสดงตัวเลขดังกล่าวบนหน้าจอแอลซีดี

หลังจากที่จำนวนส้มในกล่องครบตามจำนวนที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณให้รีเลย์ #2 ตัดวงจรเพื่อหยุดการทำงานของส่วนลำเลียงส้ม และส่งสัญญาณให้รีเลย์ # 1 ต่อวงจรโซ่ลำเลียงเคลื่อนย้ายกล่องพ้นจากตัวรับรู้ #2 ในขณะที่กล่องเคลื่อนพ้นตัวรับรู้ #2 ที่ติดตั้งอยู่บริเวณปลายโซ่ลำเลียง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะนับจำนวนกล่องเพิ่มขึ้นอีก 1 และแสดงตัวเลขดังกล่าวบนหน้าจอแอลซีดี หลังจากบรรจุได้จำนวนกล่องครบตามที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณให้รีเลย์ #1 ตัดวงจรเพื่อหยุดการทำงานของส่วนลำเลียงกล่อง และส่งสัญญาณให้หลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีเขียว รวมทั้งแสดงสถานะการทำงานเสร็จสิ้นเป็นข้อความบนหน้าจอแอลซีดี

หากในระหว่างบรรจุ ตัวรับรู้ #1 ตรวจไม่พบกล่องภายในระยะเวลาที่กำหนด รีเลย์ #1 จะได้รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ตัดวงจรเพื่อหยุดการทำงานของส่วนลำเลียงกล่อง หลอดแอลอีดี

จะเปล่งแสงสีแดง และปรากฏข้อความแสดงสถานะการตรวจไม่พบกล่องบนหน้าจอแอลซีดี อย่างไรก็ตาม ส่วนลำเลียงกล่องจะเริ่มทำงานอีกครั้งต่อจากเดิมเมื่อตัวรับรู้ #1 ตรวจพบกล่อง นอกจากนี้ หากในระหว่างบรรจุ ตัวรับรู้ #4 ตรวจไม่พบส้มภายในระยะเวลาที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณให้รีเลย์ #2 ตัดวงจรเพื่อหยุดการทำงานของส่วนลำเลียงส้ม หลอดแอลอีดีจะเปล่งแสงสีแดงและปรากฏข้อความแสดงสถานะการตรวจไม่พบส้มบนหน้าจอแอลซีดี อย่างไรก็ตาม ส่วนลำเลียงส้มจะกลับมาทำงานอีกครั้งเมื่อตัวรับรู้ #3 ตรวจพบส้ม



รูปที่ 3.1 แผนภาพกรอบแสดงการทำงานของระบบบรรจุส้ม

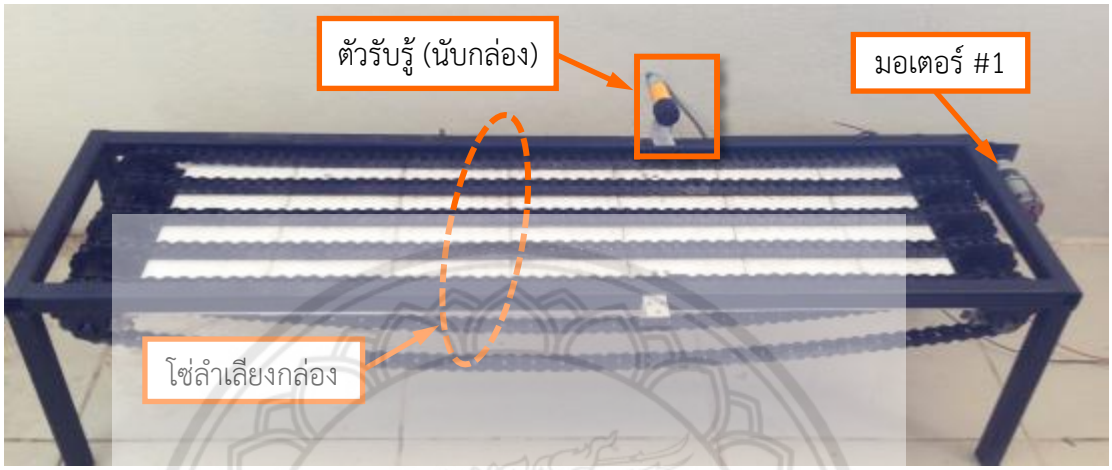
3.2 การออกแบบและปรับปรุงแบบจำลองของระบบบรรจุส้ม

โครงสร้างแบบจำลองของระบบบรรจุส้มมีไว้เพื่อใช้นำเสนอหลักการที่พัฒนาขึ้นในโครงงานสำหรับควบคุมการลำเลียงส้มและบรรจุลงในกล่อง โดยแบ่งส่วนประกอบของแบบจำลองออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนลำเลียงกล่องและส่วนลำเลียงส้ม

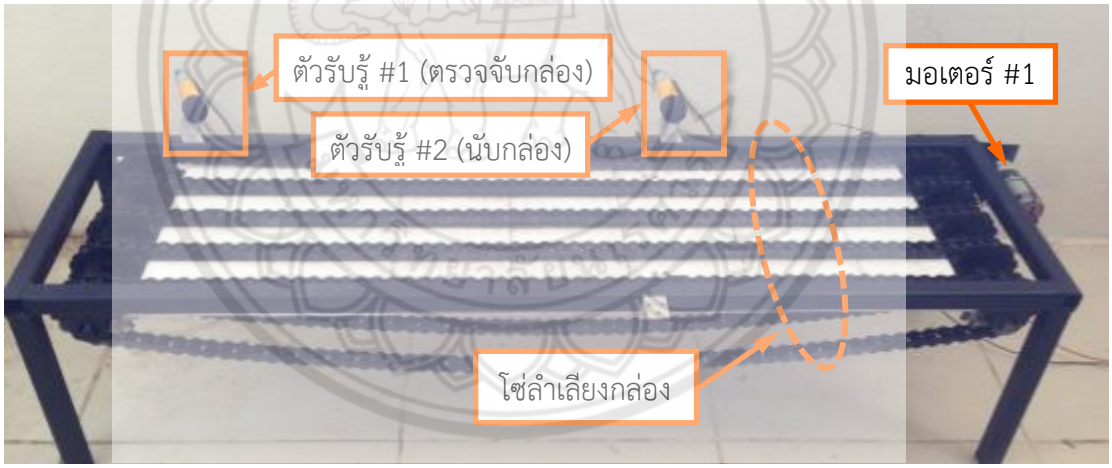
3.2.1 การใช้ตัวรับรู้เพื่อเริ่มการทำงานอย่างอัตโนมัติ

ในแบบจำลองของส่วนลำเลียงกล่องของโครงงานในปีการศึกษา 2555 ดังรูปที่ 3.2(ก) มีการใช้ตัวรับรู้เพียงตัวเดียวสำหรับกำหนดตำแหน่งของกล่องบนโซ่ลำเลียงสำหรับบรรจุส้ม และสำหรับการประมวลผลในกรณีการตรวจไม่พบกล่องภายในระยะเวลาที่กำหนดเพื่อสั่งให้ส่วนลำเลียงกล่องหยุดทำงาน อย่างไรก็ตาม ส่วนลำเลียงกล่องไม่สามารถกลับมาทำงานอีกครั้งได้อย่างอัตโนมัติด้วยการตรวจพบกล่องถัดไป (ปริน และปุณระวัฒน์, 2555)

ในโครงงานนี้ได้ปรับปรุงแบบจำลองในส่วนลำเลียงกล่องโดยติดตั้งตัวรับรู้เพิ่มอีก 1 ตัวที่ส่วนต้นของโครงสร้าง และกำหนดให้เป็นตัวรับรู้ #1 ดังรูปที่ 3.2(ข) ซึ่งมีทำหน้าที่ตรวจจับการมีอยู่ของกล่องเพื่อเริ่มการทำงานหรือเพื่อกลับมาทำงานอีกครั้งของส่วนลำเลียงกล่องอย่างอัตโนมัติ ส่วนตัวรับรู้ซึ่งกำหนดตำแหน่งของกล่องบนโซ่ลำเลียงสำหรับบรรจุส้มนั้นถูกกำหนดให้เป็นตัวรับรู้ #2



(ก) ปีการศึกษา 2555

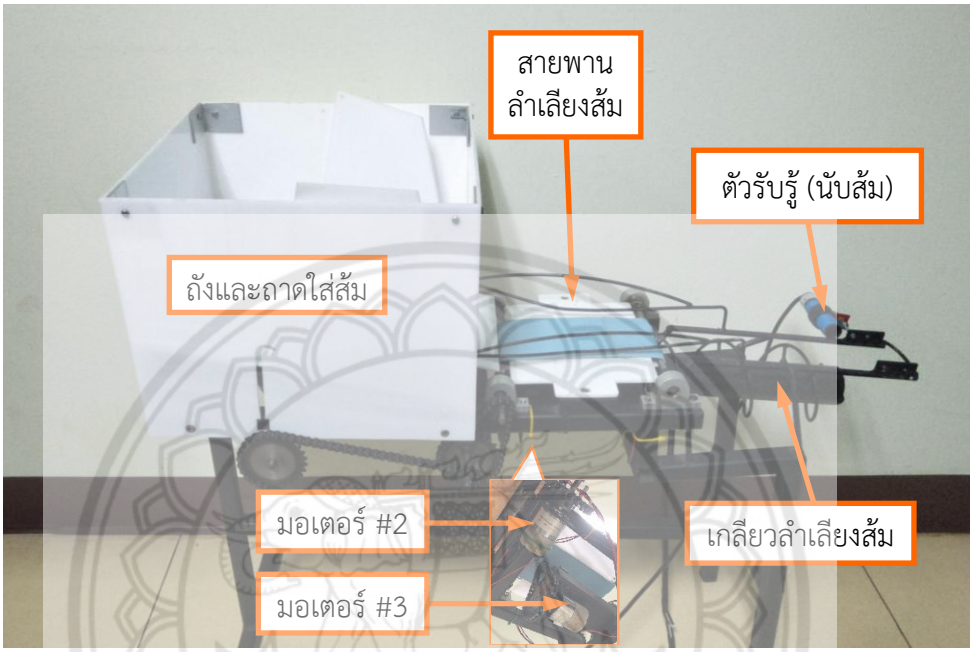


(ข) ปีการศึกษา 2560

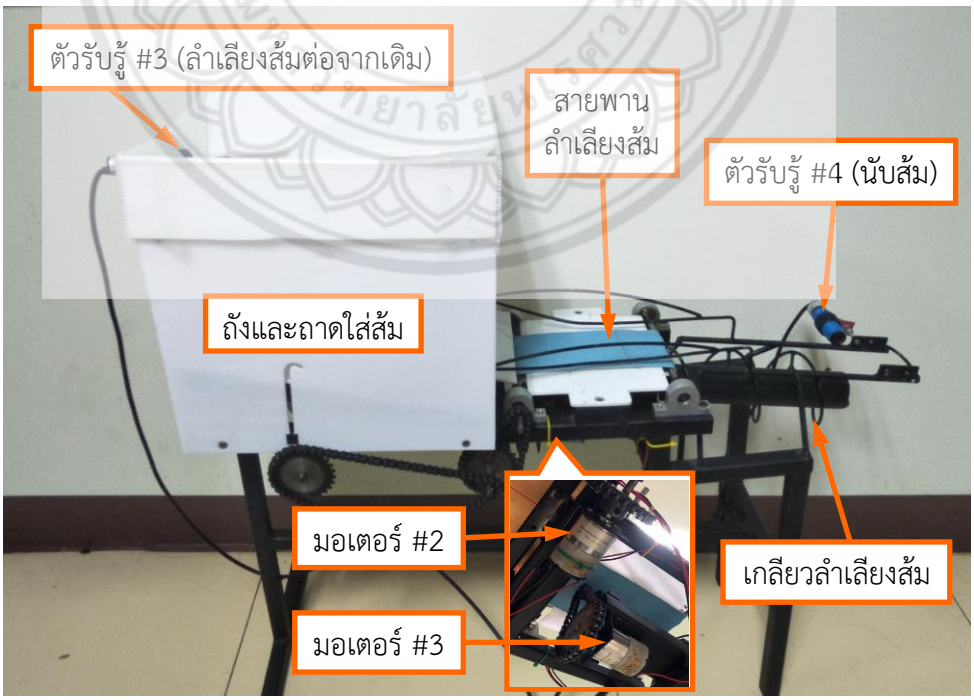
รูปที่ 3.2 ส่วนลำเลียงกล่องในระบบบรรจุส้ม

ในแบบจำลองของส่วนลำเลียงส้มของโครงงานในปีการศึกษา 2555 ดังรูปที่ 3.3(ก) มีการใช้ตัวรับรู้เพียงตัวเดียวสำหรับการตรวจจับการมีอยู่ของส้มในถัง และสำหรับการประมวลผลในกรณีการตรวจไม่พบส้มภายในระยะเวลาที่กำหนดเพื่อสั่งให้ส่วนลำเลียงส้มหยุดทำงาน ส่วนลำเลียงส้มไม่สามารถกลับมาทำงานอีกครั้งได้อย่างอัตโนมัติด้วยการตรวจพบส้ม (ปริน และปุณระวัฒน์, 2555)

ในโครงงานนี้ได้ปรับปรุงแบบจำลองในส่วนลำเลียงส้มโดยติดตั้งตัวรับรู้เพิ่มอีก 1 ตัวที่ส่วนบนของถังบรรจุส้ม และกำหนดให้เป็นตัวรับรู้ #3 ดังรูปที่ 3.2(ข) ซึ่งมีทำหน้าที่ตรวจจับส้มเพื่อเริ่มการทำงานหรือเพื่อกลับมาทำงานอีกครั้งของส่วนลำเลียงส้มอย่างอัตโนมัติ ส่วนตัวรับรู้ซึ่งตรวจจับการมีอยู่ของส้มในถัง ติดตั้งอยู่บริเวณปลายเกลียวลำเลียงถูกกำหนดให้เป็นตัวรับรู้ #4



(ก) ปีการศึกษา 2555



(ข) ปีการศึกษา 2560

รูปที่ 3.3 ส่วนลำเลียงส้มในระบบบรรจุส้ม

3.2.2 การกำหนดจำนวนกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่อง

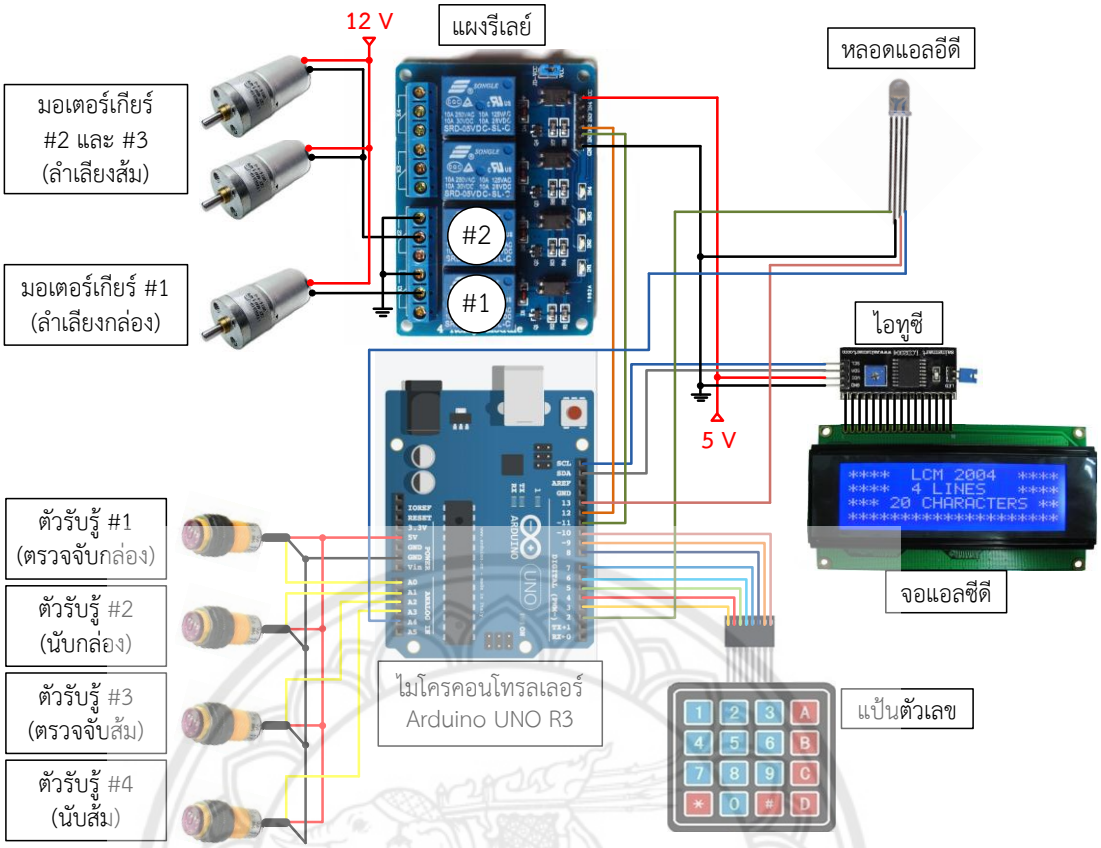
ในแบบจำลองโครงงานในปีการศึกษา 2555 หากผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนแปลงจำนวนกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่องที่ต้องการ (ปริน และปุณระวัฒน์, 2555) ผู้ใช้จะต้องเขียนและบันทึกโปรแกรมใหม่ ในโครงงานนี้ได้เพิ่มส่วนต่อประสานกับผู้ใช้สำหรับป้อนตัวเลขและคำสั่งโดยใช้แป้นตัวเลข เพื่อส่งข้อมูลจากผู้ใช้ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้ผู้ใช้สามารถระบุหรือแก้ไขจำนวนกล่องและจำนวนส้มที่ต้องการในแต่ละกล่องได้โดยไม่ต้องเขียนและบันทึกโปรแกรมใหม่

3.3 การสร้างวงจรควบคุมระบบบรรจุส้ม

การทำงานของแบบจำลองขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ควบคุมและโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ รวมทั้งส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ การเชื่อมต่อกันของอุปกรณ์ในวงจรควบคุมจำเป็นต้องถูกออกแบบอย่างรอบคอบเพื่อให้การทำงานของแบบจำลองเป็นไปตามที่ต้องการ

3.3.1 การเชื่อมต่อวงจรในแบบจำลองระบบบรรจุส้ม

ในการควบคุมการทำงานของแบบจำลองระบบบรรจุส้มมีการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ แป้นตัวเลข ตัวรับรู้แบบใช้แสง 4 ตัว แผงรีเลย์ มอเตอร์เกียร์ 3 ตัว จอแอลซีดี และหลอดแอลอีดี ดังรูปที่ 3.5 แป้นตัวเลขใช้รับค่าที่ผู้ใช้ระบุจำนวนกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่องที่ต้องการบรรจุเพื่อส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อกำหนดเงื่อนไขในการควบคุมการทำงาน แรงดันไฟกระแสตรง 5 V จากวงจรไฟเลี้ยงของแผงไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกจ่ายให้กับตัวรับรู้ทั้ง 4 ตัว แผงรีเลย์ จอแอลซีดีซึ่งเชื่อมต่อกับไอทูซี และหลอดแอลอีดี ในขณะที่แหล่งกำเนิดไฟกระแสตรง 12 V ถูกนำมาใช้ขับเคลื่อนมอเตอร์เกียร์ทั้ง 3 ตัว โดยถูกป้อนให้กับมอเตอร์ #1 ผ่านทางการต่อวงจรด้วยรีเลย์ #1 และป้อนให้มอเตอร์ #2 และ #3 พร้อมกันผ่านทางการต่อวงจรด้วยรีเลย์ #2



รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อวงจรควบคุมของระบบแบ่งบรรจุส้ม

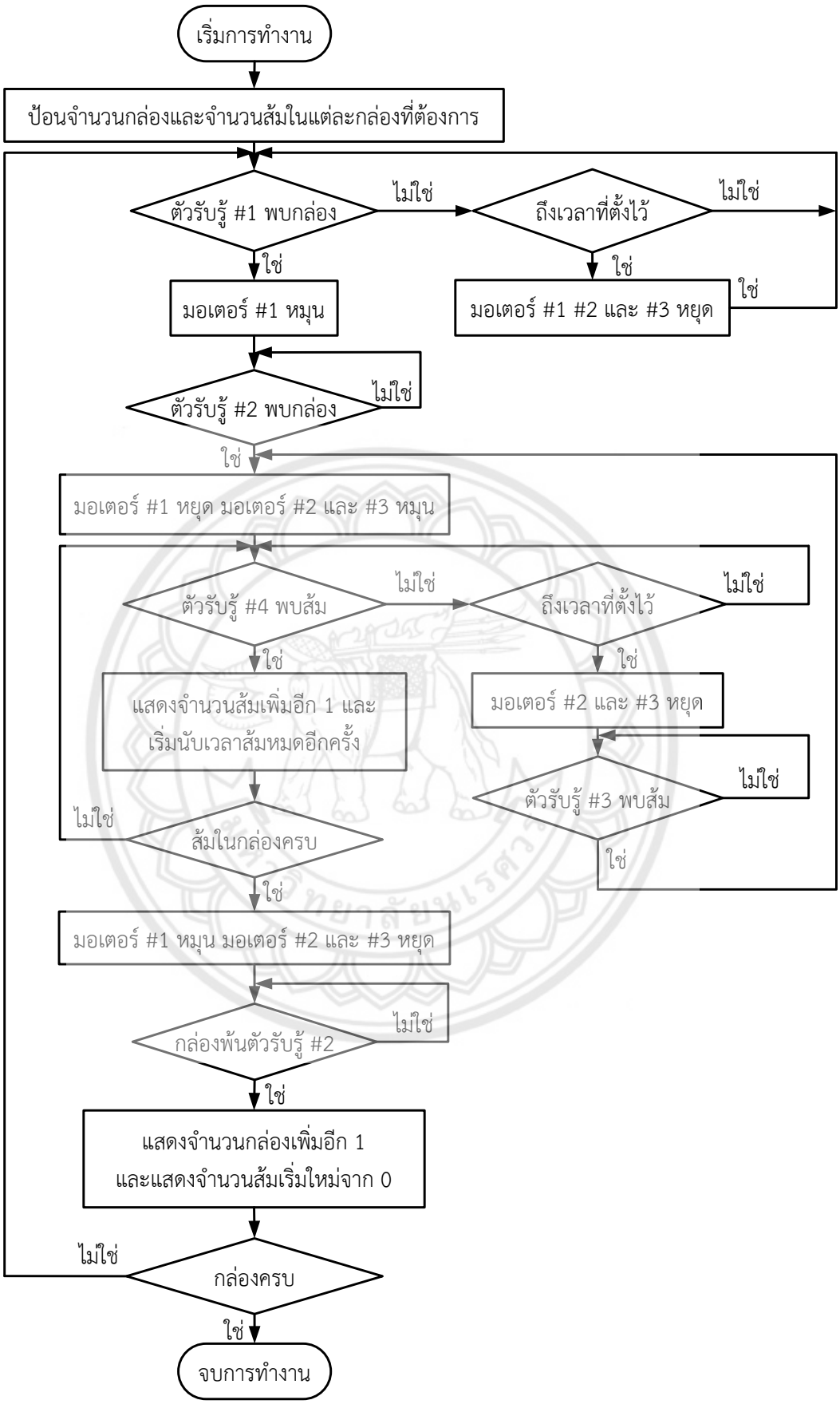
3.3.2 การเขียนโปรแกรมควบคุม

การเขียนโปรแกรมควบคุมในไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มจากการออกแบบลำดับการทำงานของระบบบรรจุส้มซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.6 ซึ่งเริ่มต้นจากการให้ผู้ใช้กำหนดจำนวนกล่องและส้มโดยผ่านแป้นตัวเลข หลังจากนั้น เมื่อตัวรับรู้ #1 ตรวจพบกล่องบนโซ่ลำเลียง มอเตอร์ #1 จะหมุนโซ่ลำเลียงกล่อง แต่หากตรวจไม่พบกล่อง จะเริ่มจับเวลา และถ้ายังไม่ครบเวลาที่ตั้งไว้ (ในที่นี้คือ ประมาณ 7 วินาที) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะยังคงรอสัญญาณการตรวจพบกล่องจากตัวรับรู้ #1 หากตรวจไม่พบกล่องภายในระยะเวลาที่ตั้งไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์ทั้งสามหยุดทำงาน อย่างไรก็ตาม หากหลังจากนั้นตัวรับรู้ #1 ตรวจพบกล่อง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์ #1 หมุนโซ่ลำเลียง

เมื่อกล่องถูกลำเลียงมาจนตัดแสงของตัวรับรู้ #2 มอเตอร์ #1 จะหยุดหมุนลำเลียงกล่อง จากนั้นมอเตอร์ #2 (ควบคุมการเอียงถาด) และ มอเตอร์ #3 (ควบคุมสายพานและเกลียวลำเลียงส้ม) จะหมุนเพื่อเริ่มลำเลียงส้มลงกล่อง ในขณะเดียวกันก็มีการจับเวลาในการตรวจพบผลส้มของตัวรับรู้ #4 ถ้ายังไม่ถึงเวลาที่ตั้งไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะยังรอสัญญาณการตรวจพบส้มจากตัวรับรู้ #4

แต่หากตัวรับรู้ #4 ตรวจไม่พบส้มภายในเวลาที่ตั้งไว้ (ในที่นี้คือ ประมาณ 10 วินาที) มอเตอร์ #2 และ #3 จะหยุดหมุน ในระหว่างนี้ หากนำส้มมาใส่เพิ่มในถังซึ่งทำให้ตัวรับรู้ #3 ตรวจพบ จะทำให้มอเตอร์ #2 และ #3 เริ่มทำงานต่ออีกครั้ง

เมื่อส้มถูกลำเลียงมาตัดแสงของตัวรับรู้ #4 จอแอลซีดีจะแสดงตัวเลขจำนวนส้มที่บรรจุในกล่องเพิ่มค่าอีก 1 และไมโครคอนโทรลเลอร์จะตั้งค่าการจับเวลาใหม่ รวมทั้งตรวจสอบว่าจำนวนส้มในกล่องนั้นครบตามที่กำหนดแล้วหรือไม่ ถ้าครบตามจำนวนที่ผู้ใช้ระบุแล้ว มอเตอร์ #2 และ #3 จะหยุดหมุน ในขณะที่มอเตอร์ #1 จะหมุนโซ่เพื่อลำเลียงกล่องออกไป หลังจากที่กล่องถูกลำเลียงพ้นจากตัวรับรู้ #2 หน้าจอแอลซีดีจะแสดงตัวเลขจำนวนกล่องที่บรรจุเสร็จเพิ่มขึ้นอีก 1 โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะตั้งค่าการจับเวลาใหม่ รวมทั้งตรวจสอบว่าได้กล่องที่บรรจุเสร็จครบตามจำนวนที่ผู้ใช้กำหนดหรือไม่ หากครบแล้วระบบจะหยุดทำงาน



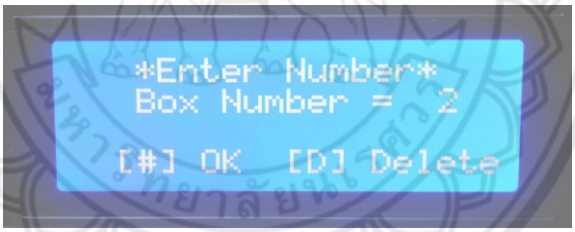
รูปที่ 3.5 การเชื่อมต่อวงจรของระบบแบ่งบรรจุส้ม

3.3.3 การแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี

ในแบบจำลองนี้มีการติดตั้งจอแอลซีดีเพื่อแสดงสถานะการทำงานของระบบ รวมทั้งแสดงจำนวนกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่องที่ต้องการซึ่งผู้ใช้ป้อนผ่านแป้นตัวเลข เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้กับแบบจำลองจะปรากฏหน้าจอเริ่มต้นของจอแอลซีดีดังรูปที่ 3.6

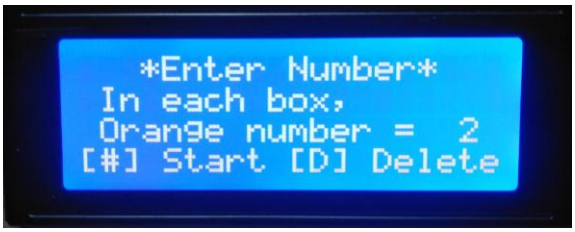
รูปที่ 3.6 หน้าจอเริ่มต้นการทำงาน

หลังจากนั้นประมาณ 2 วินาทีจะเข้าสู่หน้าจอสำหรับป้อนจำนวนกล่องดังรูปที่ 3.7 ซึ่งให้ผู้ใช้ระบุจำนวนกล่องที่ต้องการโดยใช้แป้นตัวเลข เช่น ในที่นี้ ป้อนค่าจำนวนกล่องเท่ากับ 2 (ผู้ใช้อาจกด D เพื่อแก้ไขตัวเลข) แล้วกด # เพื่อยืนยัน



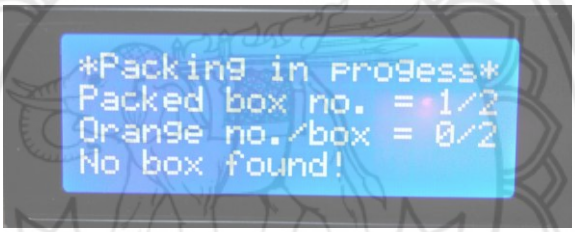
รูปที่ 3.7 หน้าจอสำหรับป้อนจำนวนกล่อง

จากนั้นจะเข้าสู่หน้าจอสำหรับป้อนจำนวนส้มดังรูปที่ 3.8 ซึ่งให้ผู้ใช้ระบุจำนวนส้มที่ต้องการบรรจุในแต่ละกล่องโดยใช้แป้นตัวเลข เช่น ในที่นี้ ป้อนค่าจำนวนส้มเท่ากับ 2 (ผู้ใช้อาจกด D เพื่อแก้ไขตัวเลข) แล้วกด # เพื่อยืนยันและให้เริ่มกระบวนการบรรจุ

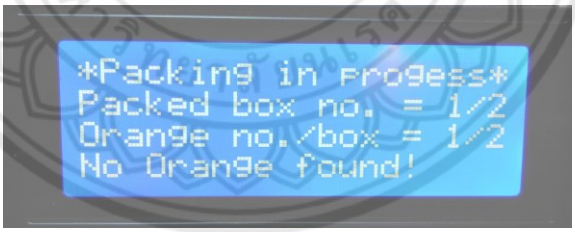


รูปที่ 3.8 หน้าจอสำหรับป้อนจำนวนส้ม

หลังจากบรรจุส้มได้ 1 กล่องแล้ว ตัวรับรู้ #1 ตรวจไม่พบกล่องบนโซ่ลำเลียงภายในระยะเวลา 7 วินาที เช่น ในกรณีที่กล่องหมด จอแอลซีดีจะแสดงข้อความ “No box found!” ดังรูปที่ 3.9 (ก) ซึ่งบ่งบอกว่าตรวจไม่พบกล่อง แต่หากตรวจไม่พบส้มภายในระยะเวลา 10 วินาที เช่น ในกรณีที่ส้มหมดถัง จอแอลซีดีจะแสดงข้อความ “No Orange found!” ดังรูปที่ 3.9(ข) ซึ่งบ่งบอกว่าตรวจไม่พบส้ม



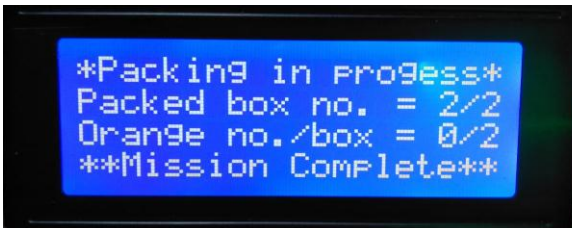
(ก) กรณีกล่องหมด



(ข) กรณีส้มหมด

รูปที่ 3.9 หน้าจอแสดงการแจ้งเตือนขณะทำงาน

หลังจากที่ระบบทำงานจนได้กล่องที่บรรจุเสร็จแล้วครบตามจำนวนที่ผู้ใช้ต้องการ จะปรากฏข้อความ “Mission Complete” บนหน้าจอแอลซีดีดังรูปที่ 3.10 เพื่อแสดงสถานะการบรรจุเสร็จสิ้น

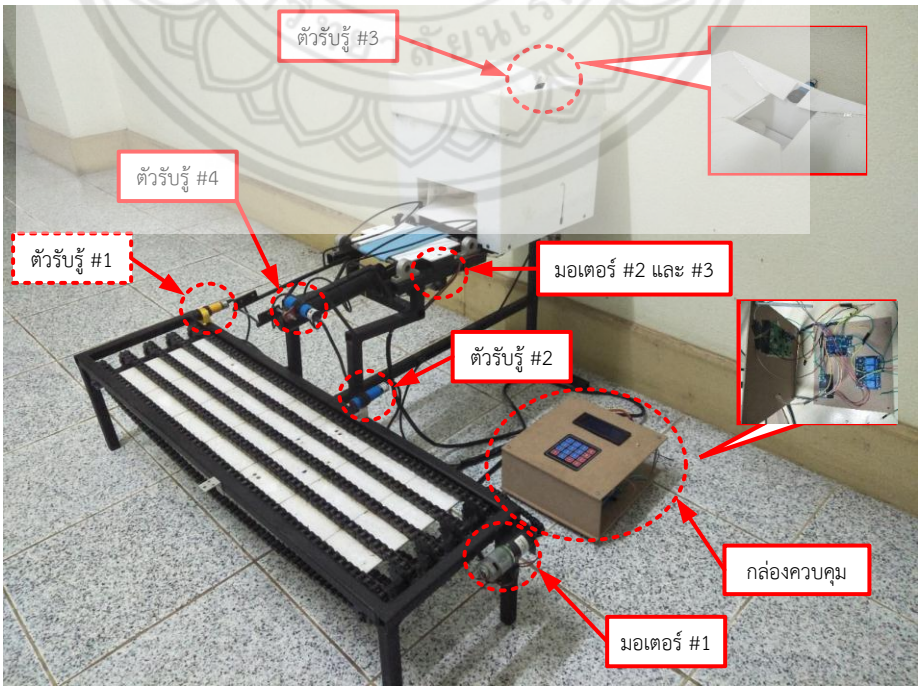


รูปที่ 3.10 หน้าจอแสดงการทำงานเสร็จสิ้น

3.4 แบบจำลองระบบ

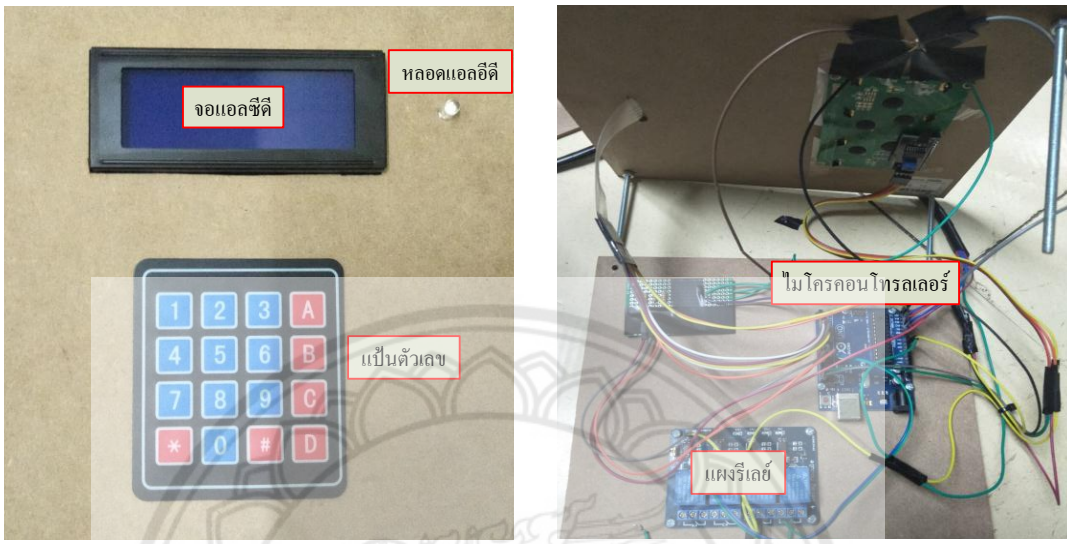
3.4.1 โครงสร้างแบบจำลอง

แบบจำลองระบบแบ่งบรรจุส้มที่ใช้ในโครงงานนี้แสดงดังรูปที่ 3.11 ซึ่งประกอบด้วยส่วนลำเลียงกล่องและส่วนลำเลียงส้ม โดยในส่วนลำเลียงกล่องใช้มอเตอร์ #1 ในการขับเคลื่อนโซ่ลำเลียง และใช้ตัวรับรู้ #1 เพื่อตรวจจับกล่องสำหรับการเริ่มทำงานอย่างอัตโนมัติ และใช้ตัวรับรู้ #2 เพื่อกำหนดตำแหน่งของกล่องสำหรับบรรจุส้มและนับจำนวนกล่องที่บรรจุเสร็จ ในส่วนลำเลียงส้มใช้มอเตอร์#2 เพื่อเอียงถาด และใช้มอเตอร์ #3 เพื่อขับเคลื่อนสายพานและเกลียวลำเลียงส้ม โดยใช้ตัวรับรู้ #3 ในตรวจจับผลส้มเพื่อกลับมาเริ่มทำงานต่อจากเดิม และใช้ตัวรับรู้ #4 เพื่อนับจำนวนผลส้ม ในขณะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ แป้นตัวเลข แผงรีเลย์ จอแอลซีดี และหลอดแอลอีดีถูกติดตั้งไว้กับกล่องควบคุม



รูปที่ 3.11 แบบจำลองของระบบบรรจุส้มในปีการศึกษา 2560

สำหรับกล่องควบคุมได้ติดตั้งจอแอลซีดี แป้นตัวเลข และหลอดแอลอีดีไว้ที่ด้านหน้าดังรูปที่ 3.12(ก) เพื่อรับข้อมูลจากผู้ใช้และแสดงสถานะต่างๆ ให้ผู้ใช้รับทราบ ในขณะที่แผงรีเลย์และไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกติดตั้งไว้ภายในกล่องควบคุมดังรูปที่ 3.12 (ข)



(ก) การจัดวางตำแหน่งบนหน้ากล่องควบคุม (ข) การจัดวางตำแหน่งภายในกล่องควบคุม

รูปที่ 3.12 ส่วนประกอบและตำแหน่งของอุปกรณ์ควบคุม

3.4.2 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของแบบจำลองระบบบรรจุส้ม

ในปีการศึกษา 2555 เมื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะของแบบจำลองที่ใช้ในโครงงานนี้กับแบบจำลอง (ปริน และปุณระวัฒน์, 2555) สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของแบบจำลองระบบบรรจุส้ม

ปีการศึกษา 2555	ปีการศึกษา 2560
– ควบคุมการทำงานด้วยพีแอลซีขนาดเล็กซึ่งมีจำนวนพอร์ตจำกัดและมีราคาค่อนข้างแพง	– ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีจำนวนพอร์ตมากกว่าในราคาที่ถูกกว่า
– ผู้ใช้จะต้องเขียนและบันทึกโปรแกรมใหม่ทุกครั้งที่ต้องการเปลี่ยนแปลงจำนวนกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่อง	– ผู้ใช้สามารถกำหนดกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่องที่ต้องการด้วยแป้นตัวเลข
– ใช้ส่วนแสดงผลแบบ 7 ส่วนแสดงจำนวนกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่อง – แสดงเลขจำนวนกล่องและเลขจำนวนส้มในแต่ละกล่องได้สูงสุดเท่ากับ 9	– ใช้จอแอลซีดีร่วมเป็นส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ในการรับค่า และแสดงจำนวนกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่อง รวมทั้งแสดงข้อความสถานะการทำงาน – สามารถแสดงเลขจำนวนกล่องและเลขจำนวนส้มในแต่ละกล่องได้มากตามที่ผู้ใช้ต้องการ (ขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรม)
– ไม่มีการแจ้งเตือนสถานะการทำงาน	– ใช้หลอดแอลอีดีแบบอาร์จีบีในการแสดงสถานะการทำงานร่วมกับการแสดงข้อความบนหน้าจอแอลซีดี
– ไม่มีการตรวจจับวัตถุบนโซ่ลำเลียงเพื่อให้ระบบเริ่มทำงานอย่างอัตโนมัติ	– ติดตั้งตัวรับรู้แบบใช้แสง 1 ตัวที่ส่วนต้นของโครงสร้าง ซึ่งใช้ตรวจจับกล่องบนโซ่ลำเลียงเพื่อให้ระบบเริ่มทำงานหรือกลับมาทำงานอย่างอัตโนมัติ
– ไม่มีการหยุดทำงานทันทีของระบบหลังจากเสร็จสิ้นการบรรจุ	– ระบบจะหยุดการทำงานทันทีหลังจากเสร็จสิ้นการบรรจุ

บทที่ 4

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

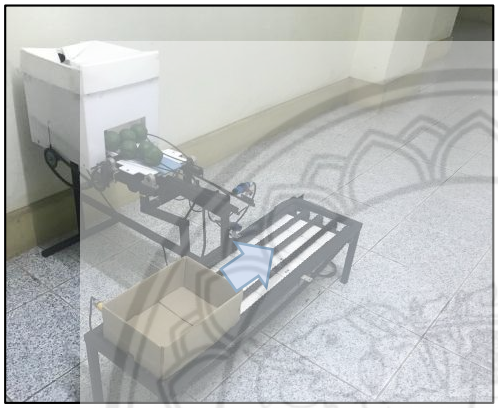
หลังจากออกแบบระบบบรรจุส้มโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว ขั้นต่อไปเป็นการทดสอบการทำงานของแบบจำลอง

4.1 การเริ่มต้นทำงานของระบบอย่างอัตโนมัติ

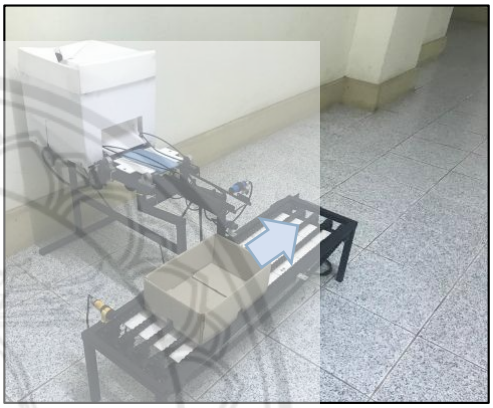
จากการออกแบบที่อธิบายในบทที่ 3 ระบบจะยังไม่สั่งให้มอเตอร์ #1 หมุนโซ่ลำเลียง จนกว่าจะมีการป้อนจำนวนกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่องโดยใช้แป้นตัวเลขและตัวรับรู้ #1 ตรวจพบกล่องดังรูปที่ 4.1(ก) หลังจากผู้ใช้ป้อนจำนวนกล่องและส้มที่ต้องการแล้วนำกล่องไปวางตัดแสงของตัวรับรู้ #1 ดังรูปที่ 4.1(ข) ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงสั่งให้มอเตอร์ #1 เริ่มหมุนโซ่ลำเลียงดังรูปที่ 4.1(ค) โดยกล่องจะถูกลำเลียงไปยังตำแหน่งของตัวรับรู้ #2 ดังรูปที่ 4.1(ง) จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้โซ่ลำเลียงหยุดทำงานและสั่งให้สายพานและเกลียวลำเลียงทำงานไม่ว่าจะมีหรือไม่มีส้มในถังก็ตาม ทั้งนี้เป็นการเผื่อในกรณีมีผลส้มเหลือค้างอยู่ในถัง

(ก) ไม่มีกล่องบนโซ่ลำเลียง

(ข) วางกล่องตัดตัวรับรู้ #1



(ค) โซ่ลำเลียงเริ่มหมุน

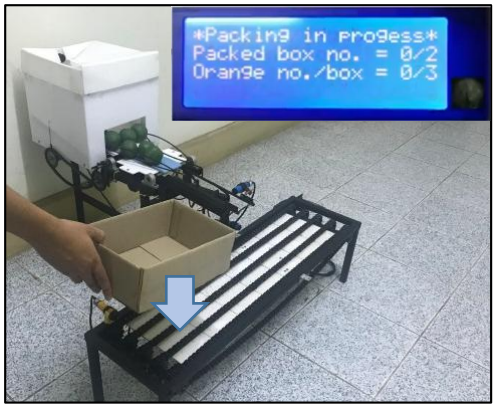


(ง) กล่องถูกลำเลียงไปยังตัวรับรู้ #2

รูปที่ 4.1 การเริ่มต้นทำงานของระบบอย่างอัตโนมัติ

4.2 การทำงานปกติของระบบบรรจุส้ม

ผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวนกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่องตามที่ต้องการ เช่น กำหนดจำนวนกล่องเท่ากับ 2 และกำหนดจำนวนส้มที่ต้องการให้บรรจุลงในแต่ละกล่องเท่ากับ 3 จากนั้นเมื่อมีกล่องตัดแสงของตัวรับรู้ #1 ดังรูปที่ 4.2(ก) โซ่จึงเริ่มหมุนลำเลียงกล่อง และหลอดไฟแอลอีดีเปล่งแสงสีน้ำเงิน ซึ่งแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่าระบบกำลังทำงานดังรูปที่ 4.2(ข) เมื่อกล่องถูกลำเลียงถึงตัวรับรู้ #2 โซ่ลำเลียงจึงหยุดทำงาน จากนั้นระบบสั่งให้สายพานและเกลียวเริ่มลำเลียงส้มลงกล่องดังรูปที่ 4.2(ค) ในขณะที่ผลส้มตัดแสงของตัวรับรู้ #4 หน้าจอแอลซีดีแสดงจำนวนส้มที่นับได้เพิ่มขึ้นดังรูปที่ 4.2(ง) รวมทั้งตั้งเวลาใหม่ทุกครั้งสำหรับการจับเวลาเพื่อหยุดการทำงานของส่วนลำเลียงส้มในกรณีส้มหมด ถัง



(ก) วางกล่องใบแรกตัดตัวรับรู้ #1

(ข) โซ่ลำเลียงเริ่มหมุน

(ค) โซ่ลำเลียงหยุดแล้วส่วนลำเลียงส้มหมุน

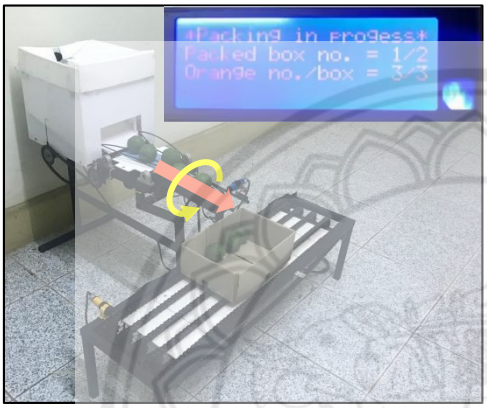
(ง) ลำเลียงส้มลงกล่องจนครบตามจำนวน

รูปที่ 4.2 การทำงานในสภาวะปกติของกล่องใบแรก

เมื่อส้มเคลื่อนที่ผ่านตัวรับรู้ #4 ครบตามจำนวนที่ผู้ใช้ได้กำหนดไว้ข้างต้น ส่วนลำเลียงส้มจึงหยุดทำงาน ในขณะที่โซ่ลำเลียงเริ่มหมุนอีกครั้งดังรูปที่ 4.3(ก) เพื่อเคลื่อนย้ายกล่องใบแรกซึ่งส้มครบแล้วออกไป หลังจากกล่องใบแรกเคลื่อนพ้นตัวรับรู้ #2 หน้าจอแอลซีดีแสดงจำนวนกล่องที่บรรจุเสร็จเพิ่มขึ้นอีก 1 เมื่อกล่องใบที่ 2 เคลื่อนที่มาตัดแสงของตัวรับรู้ #2 โซ่ลำเลียงจึงหยุด สายพานและเกลียวเริ่มลำเลียงส้มลงกล่องใบที่ 2 ดังรูปที่ 4.3(ข) เมื่อส้มถูกบรรจุลงกล่องจนครบตามจำนวนที่กำหนดไว้ดังรูปที่ 4.3(ค) ส่วนลำเลียงส้มจึงหยุดทำงานพร้อมกับการเริ่มหมุนของโซ่ลำเลียงเพื่อเคลื่อนย้ายกล่องออกไปจนพ้นแสงของตัวรับรู้ #2 โซ่ลำเลียงจึงหยุด รวมทั้งปรากฏข้อความ “Mission Complete” บนหน้าจอแอลซีดี และหลอดไฟแอลอีดีเปล่งแสงสีเขียว เพื่อแสดงว่าการบรรจุได้เสร็จสิ้นลงแล้วดังรูปที่ 4.3(ง)

(ก) กล่องใบแรกเคลื่อนออกแล้วใบที่สองมาแทน

(ข) โซ่ลำเลียงหยุดแล้วส่วนลำเลียงส้มหมุน



(ค) ลำเลียงส้มลงกล่องจนครบตามจำนวน

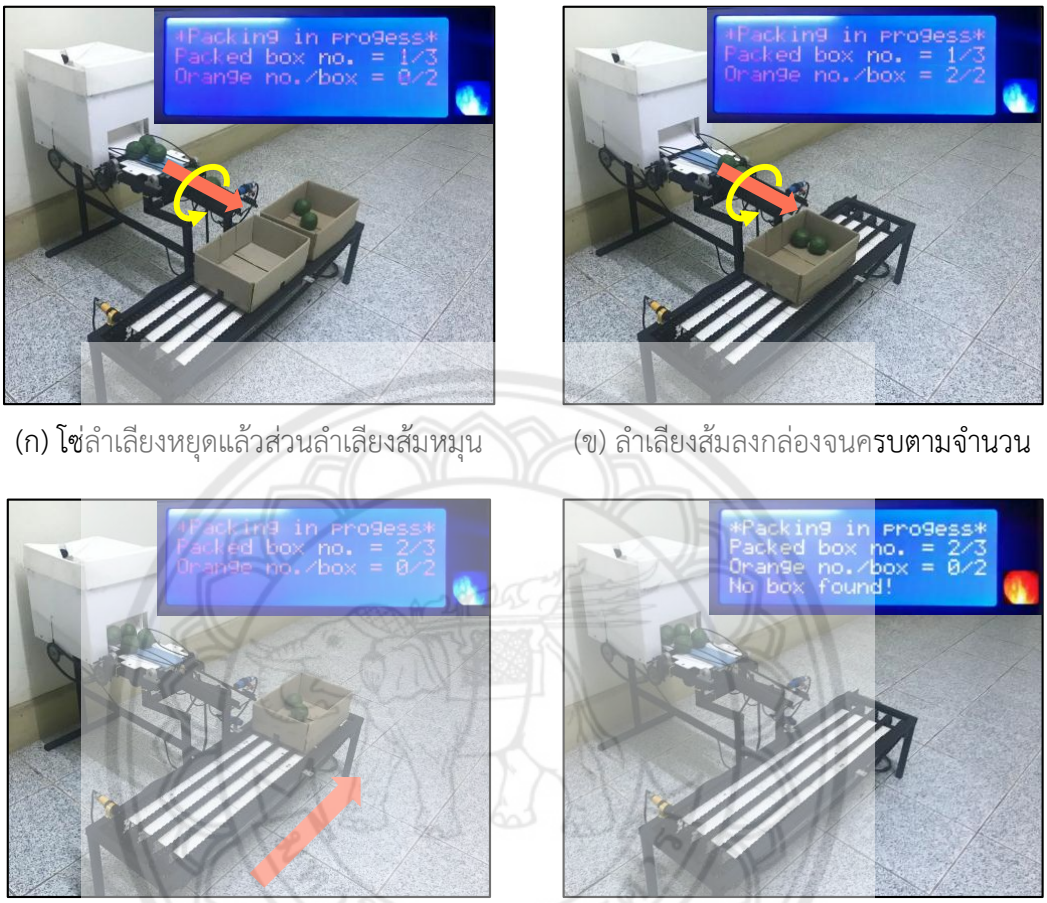
(ง) ระบบทำงานเสร็จสิ้น

รูปที่ 4.3 การทำงานในสภาวะปกติของกล่องใบสุดท้าย

4.3 การทำงานเมื่อกล่องหมดระหว่างบรรจุ

เมื่อเริ่มการทดสอบด้วยการป้อนจำนวนกล่องและส้มโดยผู้ใช้เป็นคนกำหนด ยกตัวอย่างเช่น กำหนดจำนวนกล่องเท่ากับ 3 และกำหนดจำนวนส้มที่ต้องการให้บรรจุลงในกล่องแต่ละกล่องเท่ากับ 2 หลังจากที่กล่องใบแรกมีส้มครบตามจำนวน โซ่ลำเลียงเริ่มหมุนอีกครั้งเพื่อเคลื่อนย้ายกล่องใบแรกออก เมื่อกล่องใบแรกเคลื่อนพ้นตัวรับรู้ #2 หน้าจอแอลซีดีแสดงจำนวนกล่องที่บรรจุเสร็จเพิ่มขึ้นอีกหนึ่ง เมื่อกล่องใบที่สองเคลื่อนที่มาตัดแสงของตัวรับรู้ #2 โซ่ลำเลียงหยุดทำงานสายพานและเกลียวเริ่มหมุนเพื่อลำเลียงส้มลงกล่องใบที่สองดังรูปที่ 4.4(ก) เมื่อส้มถูกบรรจุลงกล่องจนครบตามจำนวนที่กำหนดดังรูปที่ 4.4(ข) ส่วนลำเลียงส้มจึงหยุดทำงาน พร้อมกับการเริ่มหมุนของโซ่ลำเลียงเพื่อเคลื่อนย้ายกล่องใบที่สองออกไปจนพ้นแสงของตัวรับรู้ #2 หน้าจอแอลซีดีแสดงจำนวนกล่องที่บรรจุเสร็จเพิ่มขึ้นอีกหนึ่ง และโซ่ลำเลียงยังคงทำงานต่อดังรูปที่ 4.4(ค) เนื่องจากจำนวนกล่องยังไม่ครบตามจำนวนที่กำหนดไว้และตัวรับรู้ #1 ตรวจไม่พบกล่องภายในระยะเวลาที่ตั้งไว้นั่นคือ

ประมาณ 7 วินาที โซ่ลำเลียงจึงหยุดทำงานรวมทั้งปรากฏข้อความ “No box found!” บนหน้าจอแอลซีดี และหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีแดงเพื่อแสดงว่าตรวจไม่พบกล่องดังรูปที่ 4.4(ง)



(ก) โซ่ลำเลียงหยุดแล้วส่วนลำเลียงส้มหมุน (ข) ลำเลียงส้มลงกล่องจนครบตามจำนวน

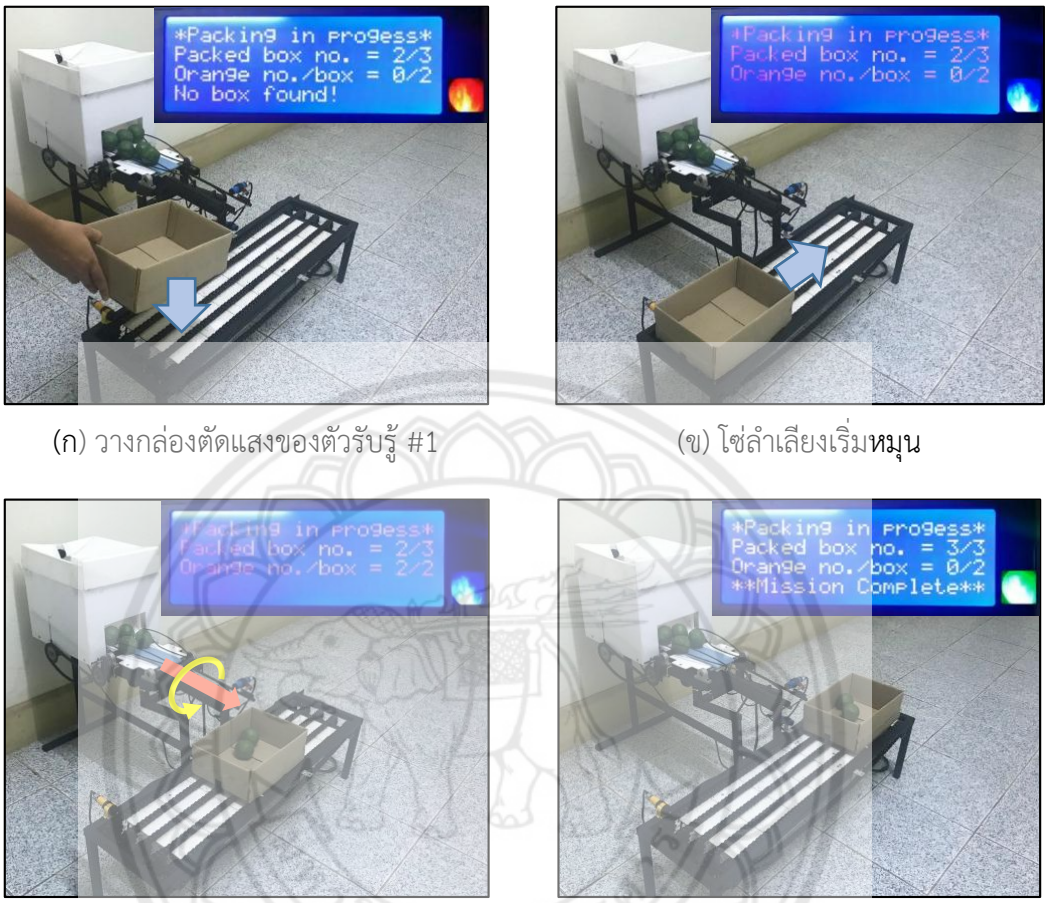
(ค) ส่วนลำเลียงส้มหยุดแล้วโซ่ลำเลียงหมุนต่อ (ง) โซ่ลำเลียงหยุดหมุน

รูปที่ 4.4 การทำงานเมื่อกล่องหมด

4.4 การเริ่มทำงานต่อจากเดิมเมื่อกล่องหมด

ถ้าผู้ใช้ระบุจำนวนกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่องที่ต้องการเท่ากับค่าที่ระบุในหัวข้อ 4.3 และพิจารณาเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นต่อจากรูปที่ 4.4(ง) แล้วจะพบว่า เมื่อนำไปวางตัดกับแสงของตัวรับรู้ #1 ดังรูปที่ 4.5(ก) โซ่จึงเริ่มหมุนเพื่อลำเลียงกล่อง และหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีน้ำเงินซึ่งแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่าระบบกำลังทำงานดังรูปที่ 4.5(ข) เมื่อกล่องถูกลำเลียงมาถึงตัวรับรู้ #2 โซ่ลำเลียงจึงหยุดทำงาน จากนั้นสายพานและเกลียวเริ่มบรรจุส้มลงกล่องจนครบตามจำนวนที่กำหนดดังรูปที่ 4.5(ค) ส่วนลำเลียงส้มจึงหยุดทำงาน พร้อมกับการเริ่มหมุนของโซ่ลำเลียง เพื่อเคลื่อนย้ายกล่องออกไปจนพ้นตัวรับรู้ #2 หน้าจอแอลซีดีแสดงจำนวนกล่องที่บรรจุเสร็จเพิ่มขึ้นอีกหนึ่ง โซ่ลำเลียงจึงหยุดทำงาน

รวมทั้งปรากฏข้อความ “Mission Complete” บนหน้าจอแอลซีดี และหลอดไฟแอลอีดีเปล่งแสงสีเขียวเพื่อแสดงว่าการบรรจุได้เสร็จสิ้นลงแล้วดังรูปที่ 4.5(ง)



(ก) วางกล่องตัดแสงของตัวรับรู้ #1 (ข) โซ่ลำเลียงเริ่มหมุน

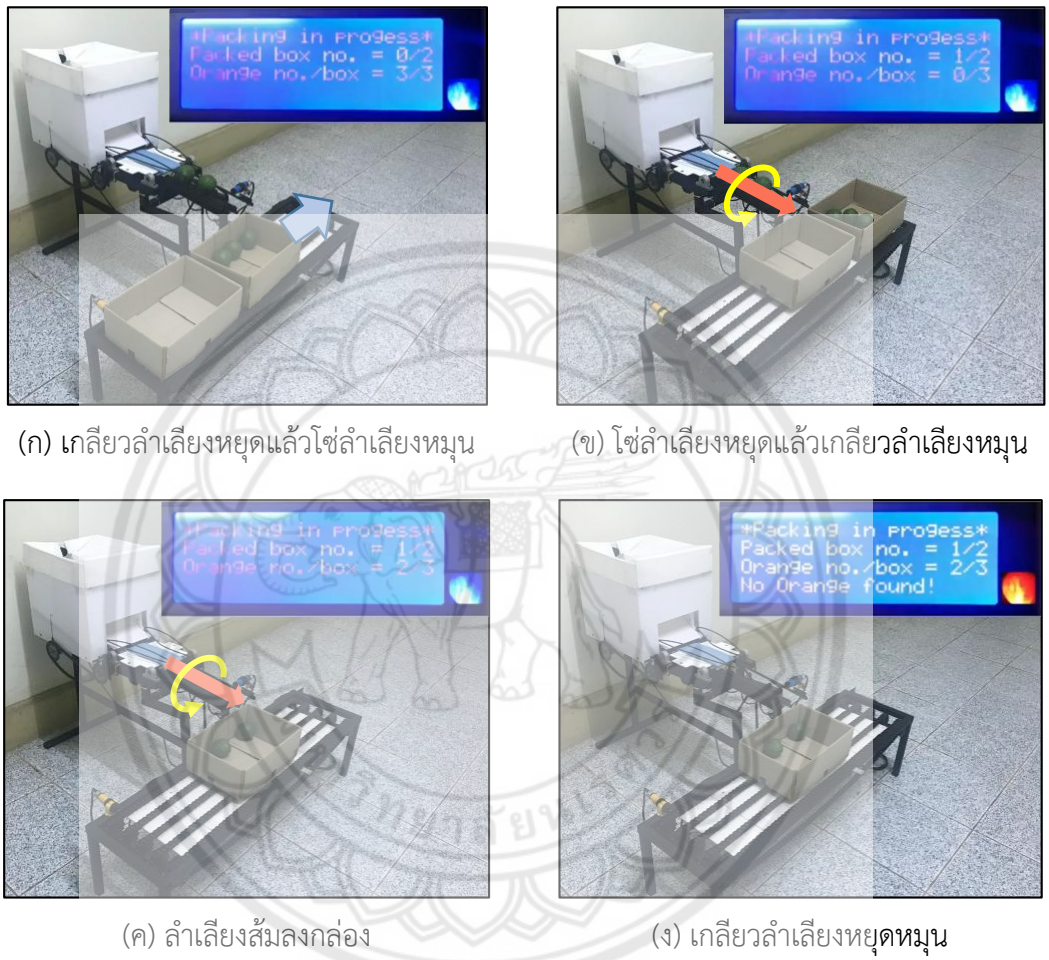
(ค) ลำเลียงส้มลงกล่องจนครบตามจำนวน (ง) ระบบทำงานเสร็จสิ้น

รูปที่ 4.5 การทำงานต่อจากเดิมเมื่อเติมกล่อง

4.5 การทำงานเมื่อส้มหมดถังระหว่างบรรจุ

เมื่อเริ่มการทดสอบด้วยการป้อนจำนวนกล่องและส้มโดยผู้ใช้เป็นคนกำหนด ยกตัวอย่างเช่น กำหนดจำนวนกล่องเท่ากับ 2 และกำหนดจำนวนส้มที่ต้องการให้บรรจุลงในกล่องแต่ละกล่องเท่ากับ 3 หลังจากที่กล่องใบแรกมีส้มครบตามจำนวนที่กำหนด สายพานและเกลียวจึงหยุดทำงานในขณะที่โซ่ลำเลียงเริ่มหมุนดังรูปที่ 4.6(ก) เพื่อเคลื่อนย้ายกล่องใบแรกออกไป หลังจากกล่องใบแรกเคลื่อนพ้นตัวรับรู้ #2 หน้าจอแอลซีดีแสดงจำนวนกล่องที่บรรจุเสร็จเพิ่มขึ้นอีกหนึ่ง เมื่อกล่องใบที่สองเคลื่อนที่มาตัดแสงของตัวรับรู้ #2 โซ่ลำเลียงจึงหยุดทำงาน สายพานและเกลียวเริ่มหมุนเพื่อลำเลียงส้มลงกล่องใบที่สองดังรูปที่ 4.6(ข) เนื่องจากในส่วนลำเลียงส้มมีส้มเหลืออยู่เพียง 2 ผล ทำให้ภายใน

กล่องมีส้มไม่ครบตามจำนวนที่กำหนด ดังรูปที่ 4.6(ค) หลังจากที่ตัวรับรู้ #4 ตรวจไม่พบผลส้มภายในระยะเวลาที่ตั้งไว้นั่นคือประมาณ 10 วินาที ส่วนลำเลียงส้มจึงหยุดหมุน รวมทั้งปรากฏข้อความ “No orange found!” บนหน้าจอแอลซีดี และหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีแดงเพื่อแสดงว่าตรวจไม่พบส้มดังรูปที่ 4.6(ง)



(ก) เกลียวลำเลียงหยุดแล้วโซ่ลำเลียงหมุน (ข) โซ่ลำเลียงหยุดแล้วเกลียวลำเลียงหมุน

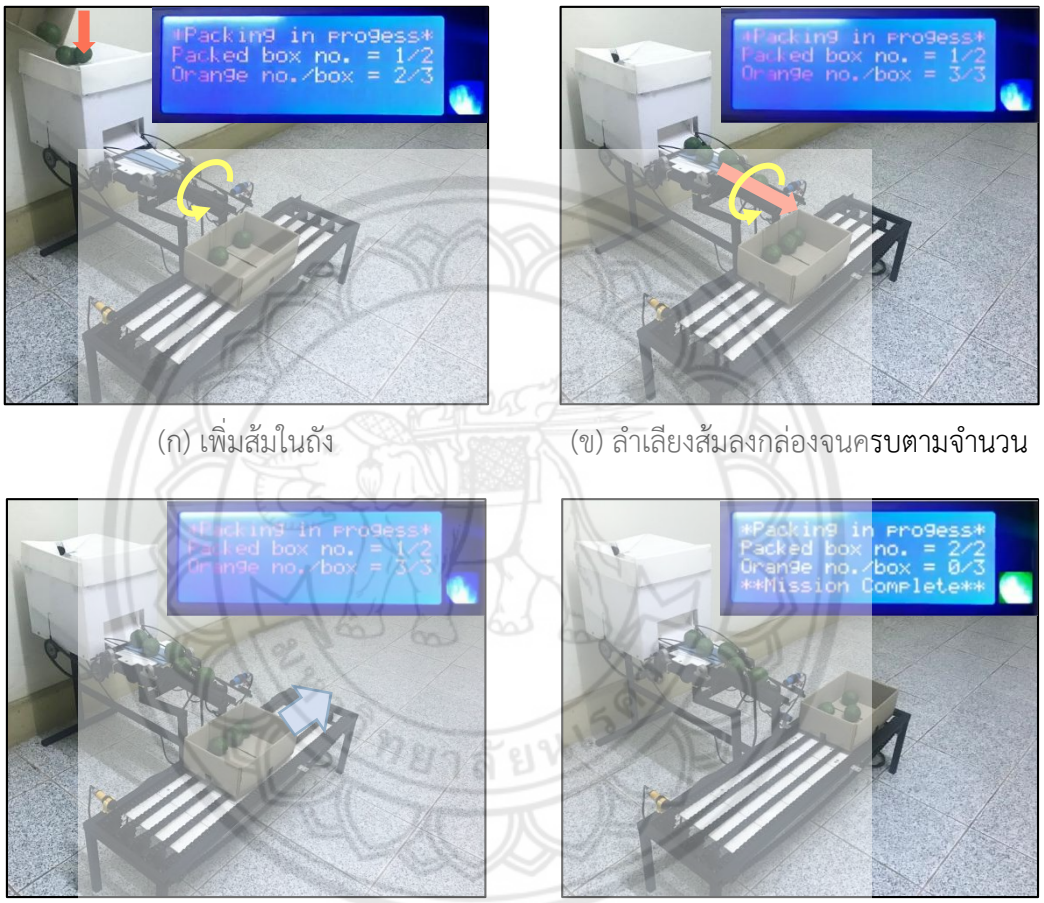
(ค) ลำเลียงส้มลงกล่อง (ง) เกลียวลำเลียงหยุดหมุน

รูปที่ 4.6 การทำงานเมื่อส้มหมดถัง

4.6 การเริ่มทำงานต่อจากเดิมหลังจากส้มหมดถัง

ถ้าผู้ใช้ระบุจำนวนกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่องที่ต้องการเท่ากับค่าที่ระบุในหัวข้อ 4.5 และพิจารณาเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นต่อจากรูปที่ 4.6(ง) โดยตัวเลขของจำนวนส้มที่แสดงบนจอแอลซีดียังคงค่าเดิมอยู่จะ พบว่า หลังจากนำส้มมาเทลงในถัง โดยตัดกับแสงของตัวรับรู้ #3 ส่วนลำเลียงส้มจึงเริ่มทำงานต่อจากเดิมและหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีน้ำเงินซึ่งแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่าระบบกำลังทำงานดังรูปที่ 4.7(ก) เมื่อส้มถูกลำเลียงมาตัดแสงของตัวรับรู้ #4 (ภายในเวลา 10 วินาที) หน้าจอแอลซีดีแสดง

จำนวนส้มที่นับได้เพิ่มดังรูปที่ 4.7(ข) หลังจากบรรจุส้มลงกล่องครบตามจำนวนที่กำหนด ส่วนลำเลียงส้มจึงหยุดทำงาน ในขณะที่โซ่ลำเลียงเริ่มหมุนอีกครั้งดังรูปที่ 4.7(ค) เมื่อกล่องเคลื่อนที่พ้นตัวรับรู้ #2 หน้าจอแอลซีดีแสดงจำนวนกล่องที่บรรจุเสร็จเพิ่มขึ้นเป็น 2 โซ่ลำเลียงจึงหยุดทำงานรวมทั้งปรากฏข้อความ “Mission Complete” บนหน้าจอแอลซีดี และหลอดไฟแอลอีดีเปล่งแสงสีเขียวเพื่อแสดงว่าการบรรจุได้เสร็จสิ้นลงแล้วดังรูปที่ 4.7(ง)



(ก) เพิ่มส้มในถัง (ข) ลำเลียงส้มลงกล่องจนครบตามจำนวน

(ค) เกลียวลำเลียงหยุดแล้วโซ่ลำเลียงหมุน (ง) ระบบทำงานเสร็จสิ้น

รูปที่ 4.7 การทำงานต่อจากเดิมหลังจากส้มหมดถัง

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในโครงงานนี้มีการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการลำเลียงและบรรจุส้มลงในกล่องเพื่ออำนวยความสะดวกและเพิ่มความแม่นยำในการบรรจุ โดยนำเสนอด้วยแบบจำลองซึ่งประกอบด้วยส่วนลำเลียงกล่องและส่วนลำเลียงส้ม ผู้ใช้สามารถป้อนจำนวนกล่องและจำนวนส้มในแต่ละกล่องที่ต้องการได้ผ่านแป้นตัวเลข หลังจากกล่องถูกเคลื่อนมายังตำแหน่งที่เหมาะสมซึ่งถูกกำหนดด้วยตัวรับรู้แล้ว ส้มจะถูกจัดเรียงให้เคลื่อนผ่านตัวรับรู้ทีละผลเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการนับจำนวน ในที่นี้เราใช้ตัวรับรู้แบบใช้แสงในการตรวจจับกล่องและผลส้ม ซึ่งส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ของส่วนลำเลียงทั้งสอง ส่วนลำเลียงจะหยุดทำงานชั่วคราวในระหว่างการบรรจุหากไม่มีกล่องหรือส้มเคลื่อนผ่านตัวรับรู้ในระยะเวลาที่ตั้งไว้ ทั้งนี้ส่วนลำเลียงสามารถเริ่มทำงานต่อได้อย่างอัตโนมัติหลังจากมีการนำกล่องหรือส้มมาใส่เพิ่ม และส่วนลำเลียงจะหยุดทำงานเมื่อกล่องที่ถูกบรรจุมีจำนวนครบตามที่ผู้ใช้กำหนด ตัวเลขจำนวนกล่องที่บรรจุเสร็จและการนับจำนวนส้มที่บรรจุใส่แต่ละกล่องถูกแสดงบนหน้าจอแอลซีดี นอกจากนี้สถานะการทำงานของระบบถูกแสดงเป็นข้อความบนหน้าจอแอลซีดีและแสดงในรูปแบบของแสงด้วยหลอดแอลอีดีแบบอาร์จีบี ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนด และเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้ในการกำหนดจำนวนกล่องและส้มในแต่ละกล่อง รวมทั้งความเป็นอัตโนมัติของการเริ่มทำงาน การกลับมาทำงานอีกครั้ง และการหยุดทำงาน

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ปัญหา

1) เนื่องจากแบบจำลองถูกออกแบบให้ใช้ลำเลียงส้มที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-5 cm ถ้าส้มมีขนาดเล็กกว่า 3 cm จะหล่นออกนอกเส้นทางลำเลียง ถ้าส้มมีขนาดใหญ่กว่า 5 cm จะทำให้ส้มติดส่วนปลายเกลียว ดังนั้น หากต้องการใช้งานกับส้มขนาดที่แตกต่างจากค่าที่ออกแบบจำเป็นต้องปรับขนาดโครงสร้างในส่วนลำเลียงส้มให้รองรับขนาดส้มที่ต้องการ
2) หากไฟดับ ระบบจะหยุดทำงาน และทำให้ข้อมูลจำนวนกล่องและจำนวนส้มที่บรรจุไปแล้วสูญหาย ทำให้ผู้ใช้ต้องกำหนดค่าต่าง ๆ ใหม่เมื่อระบบเริ่มทำงานอีกครั้ง อย่างไรก็ตามปัญหาดังกล่าวสามารถป้องกันได้ด้วยการติดตั้งระบบไฟสำรอง

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

การพัฒนาโปรแกรมให้ผู้ใช้สามารถแก้ไขจำนวนกล่องหรือจำนวนส้มได้ในระหว่างที่การบรรจุยังไม่เสร็จสิ้นจะเพิ่มความยืดหยุ่นในการทำงานระบบควบคุม นอกจากนี้ การพัฒนาวงจรและโปรแกรมเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับและส่งข้อมูลรวมทั้งแสดงผลผ่านอินเตอร์เน็ตจะช่วยให้ผู้ใช้สามารถควบคุมการทำงานและเฝ้าตรวจผ่านสมาร์ตโฟนได้

เอกสารอ้างอิง

จรัส บุณยธรรมา. (2560), **ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรง.** ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. สืบค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2560, จาก http://www.rmutphysics.com/charud/howstuffwork/motor/motorthai1.htm.

ปริน ปวนใจชม และปุณระวัฒน์ ชูช่วย. (2555) **การควบคุมระบบบรรจุส้มโดยใช้พีแอลซี.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร.

บ้านอิเล็กทรอนิกส์. (2 มี.ค. 2554). **อุปกรณ์ ตอน รีเลย์.** สืบค้นเมื่อพฤศจิกายน 2560, จาก goo.gl/kYe4Hx.

บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด. (2555). **การใช้งาน Character LCD Display กับ Arduino.** สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2560, จาก http://thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article.

สมาร์ทเลิร์นนิ่ง. (2552). **เซนเซอร์ ทรานสดิวเซอร์และการใช้งาน.** กรุงเทพฯ: สานักพิมพ์ห้างหุ้นส่วนสามัญสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2560

Arduitronics. (17 พฤศจิกายน 2556). **Arduino with Keypad and 4 Channel Relay.** สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2560, จาก http://www.arduitronics.com

Arduino. (2017). **ARDUINO UNO REV3.** Retrieved November 2017, from https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3.