การควบคุมการคัดแยกวัตถุตามขนาดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

CONTROL OF SIZE-BASED CATEGORIZATION BY USING MICROCONTROLLER

นายชนาธิป ใจมูลมั่ง รหัส 57362934

นายนฤเบศร์ ทองพูล รหัส 57363160

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2560

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การควบคุมการคัดแยกวัตถุตามขนาดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ผู้ดำเนินโครงงาน นายชนาธิป ใจมูลมั่ง รหัส 57362934

นายนฤเบศร์ ทองพูล รหัส 57363160

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	การควบคุมการคัดแยกวัตถุตามขนาดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายชนาธิป ใจมูลมั่ง รหัส 57362934
	นายนฤเบศร์ ทองพูล รหัส 57363160
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2560

.....

บทคัดย่อ

ในโครงงานนี้ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้างเพื่ออำนวยความสะดวกในการคัดแยกและนับจำนวนของวัตถุซึ่งคัดแยกวัตถุออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ โดยมีสายพานใช้ลำเลียงวัตถุซึ่งทำงานอย่างอัตโนมัติเมื่อตรวจพบวัตถุบนสายพาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลเพื่อจำแนกขนาดของวัตถุและควบคุมให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในรางที่จัดเตรียมไว้สำหรับวัตถุแต่ละขนาด ในที่นี้เราใช้แบบจำลองซึ่งมี 3 รางเพื่อแสดงการทำงานของระบบซึ่งมีสองแบบวิธี คือแบบวิธีการคัดแยก และแบบวิธีการคัดเลือก ในแบบวิธีการคัดแยกนั้นวัตถุแต่ละชิ้นถูกคัดแยกให้เคลื่อนที่ลงในแต่ละรางที่สอดคล้องกับขนาดของวัตถุตามที่ได้กำหนดไว้ สำหรับการทำงานในแบบวิธีการคัดเลือก ผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวนวัตถุแต่ละขนาดที่ต้องการในรางที่ 1 และ 2 โดยใช้แป้นตัวเลข ส่วนวัตถุที่ไม่ตรงกับเงื่อนไขสำหรับรางทั้งสองจะถูกคัดเลือกให้ลงรางที่ 3 นอกจากนี้สถานะการทำงานของระบบถูกแสดงเป็นข้อความบนหน้าจอแอลซีดีและแสดงในรูปแบบของแสงด้วยหลอดแอลอีดีแบบอาร์จีบี

Project title Control of Size-Based Categorization by Using Microcontroller

Name Mr. Chanatip Jaimoonmung ID. 57362934

Mr. Naruebet Thongpoon ID. 57363160

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-based categorization machine model by distinguishing the height and the width of an object. A model of the machine was used for classifying 3 sizes of the object; namely, small, medium, and large. After the object being detected by the first infrared sensor, a conveyor belt automatically brings the objects to a position of three others infrared sensors where the size identification is carried out. Then, the objects are brought into arranged channels. Hereby, the model can be operated in 2 modes; namely, Separation mode and Selection mode. In the Separation mode, the objects are categorized and then moved into three channels each of which is prepared for each object size. In the Selection mode, on the other hand, the objects are chosen according to the user-defined numbers of each size for the first channel (Ch1) and the second channel (Ch2). The third channel, which is defined the Spare channel, collects the objects that do not match the user-defined conditions for Ch1 and Ch2. Apart from the Spare in the Selection mode, the number of objects moved into each channel is displayed by 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

รวมทั้งขอขอบคุณรัฐบาลไทยที่ได้จัดตั้งกองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษา (กยศ.) ซึ่งเป็นการสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ให้แก่นายนฤเบศร์ ทองพูล ตลอดระยะเวลาการศึกษาระดับปริญญาตรี

เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติผู้ใหญ่ในครอบครัว ที่สนับสนุนในทุกด้านเกี่ยวกับการศึกษาของผู้ดำเนินโครงงาน รวมทั้งมอบความรัก ความเมตตา และคอยเป็นกำลังใจให้จนประสบความสำเร็จในวันนี้

ผู้ดำเนินโครงงาน
นายชนาธิป ใจมูลมั่ง
นายนฤเบศร์ ทองพูล

พฤษภาคม 2561

สารบัญ

หน้า

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

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

บทที่ 2 อุปกรณ์และหลักการที่ใช้ 4
2.1 แผงไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Uno R3 4
2.2 แป้นตัวเลข 7
2.3 ตัวรับรู้แบบใช้แสง 8
2.4 ส่วนลำเลียงวัตถุ 9
2.4.1 มอเตอร์เกียร์ 9
2.4.2 มอเตอร์เซอร์โว 13
2.5 จอแอลซีดี 15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ระบบควบคุมการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง 19

3.1 ส่วนประกอบและหลักการทำงานในการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง 19

3.2 โครงสร้างของแบบจำลอง 20

3.3 ขั้นตอนการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง 22

3.3.1 แบบวิธีการคัดแยก 22

3.3.2 แบบวิธีการคัดเลือก 24

3.4 การเชื่อมต่อวงจรควบคุมการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง 26

3.5 การปรับปรุงแบบจำลองการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง 27

3.5.1 การใช้ตัวรับรู้ตรวจจับและตรวจวัดขนาดของวัตถุ 27

3.5.2 การใช้มอเตอร์เซอร์โวควบคุมไม้กั้นราง 28

3.5.3 ส่วนควบคุมและแสดงผล 28

บทที่ 4 ผลการทดสอบ 34

4.1 การทดสอบการทำงานในแบบวิธีการคัดแยก 34

4.2 การทดสอบการทำงานในแบบวิธีการคัดเลือก 38

4.2.1 การคัดเลือกวัตถุแต่ละขนาด 38

4.2.2 กรณีที่ไม่ระบุจำนวนวัตถุบางขนาดทั้งในราง Ch1 และ Ch2 ซึ่งเป็นคนละขนาด 45

4.2.3 กรณีที่ไม่ระบุจำนวนวัตถุบางขนาดทั้งในราง Ch1 และ Ch2 ซึ่งเป็นขนาดเดียวกัน 51

4.2.4 การคัดเลือกวัตถุลงในราง Ch1 เพียงรางเดียว 56

4.2.5 การคัดเลือกวัตถุลงในราง Ch2 เพียงรางเดียว 62

4.2.6 การตรวจไม่พบวัตถุในขณะที่จำนวนวัตถุยังไม่ครบตามเงื่อนไข 68

4.2.7 การหยุดทำงานของสายพานและการแสดงสถานะหลังจากคัดเลือกเสร็จสิ้น 69

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 70
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 70
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข 70
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป 71

เอกสารอ้างอิง 72

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 73

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 สัญลักษณ์ขาของไอทูซี 17

3.1 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของแบบจำลอง 33

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แผงวงจร Arduino รุ่น Uno R3 5

2.2 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น ATmega328P-PU 6

2.3 แป้นตัวเลข แบบ 4x4 7

2.4 แผนภาพการใช้งานตัวรับรู้ 8

2.5 ตัวรับรู้แบบใช้แสง 9

2.6 ส่วนประกอบหลักของตัวรับรู้แบบใช้แสง 9

2.7 มอเตอร์เกียร์ 12 VDC 50 rpm แกนเพลา 6 mm 10

2.8 สัญลักษณ์ภายในโครงสร้างของรีเลย์ 10

2.9 สภาวะการทำงานของรีเลย์ 11

2.10 แผงวงจรรีเลย์พิกัด 5 VDC, 250 VAC 10 A 12

2.11 แผนภาพวงจรการทำงานของรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง 12

2.12 องค์ประกอบหลักของมอเตอร์เซอร์โว 13

2.13 มอเตอร์เซอร์โวขนาดต่าง ๆ 14

2.14 โครงสร้างของมอเตอร์เซอร์โวแบบแอนะล็อก 15

2.15 จอแสดงผลแอลซีดี Hitachi หมายเลข HD44780 16

2.16 ไอทูซี 16

2.17 การรับและส่งข้อมูลแบบ I2C BUS 17

2.18 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับจอแอลซีดี 18

2.19 การแสดงการเชื่อมต่อของ I2C กับจอแอลซีดี 18

3.1 แผนภาพการทำงานการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง 19

3.2 โครงสร้างแบบจำลองการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง 21

3.3 ตำแหน่งการติดตั้งตัวรับรู้แบบใช้แสง 21

3.4 ขั้นตอนการทำงานในแบบวิธีการคัดแยก 23

3.5 ขั้นตอนการทำงานในแบบวิธีการคัดเลือก 25

3.6 การเชื่อมต่อวงจรควบคุมการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง 26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.7 ตำแหน่งการติดตั้งตัวรับรู้แบบใช้แสง....27

3.8 ตำแหน่งการติดตั้งมอเตอร์เซอร์โวสำหรับหมุนไม้กั้นราง....28

3.9 ส่วนประกอบและการจัดวางตำแหน่งบนหน้ากล่องควบคุม....29

3.10 ส่วนประกอบและการจัดวางตำแหน่งภายในกล่องควบคุม....29

3.11 หน้าจอสำหรับเลือกแบบวิธีการทำงาน....30

3.12 หน้าจอแสดงสถานะกำลังทำงานในแบบวิธีการคัดแยก....30

3.13 หน้าจอแสดงสถานะกำลังรอการตรวจจับวัตถุในแบบวิธีการคัดแยก....30

3.14 หน้าจอแสดงสถานะรอป้อนค่าในแบบวิธีการคัดเลือก....31

3.15 หน้าจอแสดงสถานะกำลังทำงานในแบบวิธีการคัดเลือก....31

3.16 หน้าจอแสดงสถานะกำลังรอการตรวจจับวัตถุในแบบวิธีการคัดเลือก....32

3.17 หน้าจอแสดงสถานะเสร็จสิ้นการคัดเลือก....32

3.18 แบบจำลองการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง....32

4.1 การเริ่มทำงานอย่างอัตโนมัติเมื่อตรวจพบวัตถุบนสายพาน....34

4.2 การคัดแยกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง L....35

4.3 การคัดแยกวัตถุขนาดกลางลงในราง M....36

4.4 การคัดแยกวัตถุขนาดเล็กลงในราง S....36

4.5 การหยุดหลังจากไม่ตรวจพบวัตถุและการเริ่มทำงานอีกครั้งของสายพาน....37

4.6 การเริ่มทำงานอย่างอัตโนมัติเมื่อตรวจพบวัตถุบนสายพาน....38

4.7 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Ch1....39

4.8 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch1....40

4.9 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Ch2....40

4.10 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch1....41

4.11 การตรวจไม่พบวัตถุในขณะที่จำนวนวัตถุยังไม่ครบตามเงื่อนไข....41

4.12 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch2....42

4.13 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Spare....43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.14 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Spare 44

4.15 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch2 44

4.16 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch2 45

4.17 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch1 46

4.18 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Ch1 47

4.19 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch2 47

4.20 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Ch2 48

4.21 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Ch2 49

4.22 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Spare 50

4.23 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch2 50

4.24 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch1 51

4.25 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch1 52

4.26 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Spare 53

4.28 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch2 54

4.29 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Spare 55

4.30 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch2 56

4.31 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch1 57

4.32 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Ch1 58

4.33 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch1 58

4.34 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Spare 59

4.35 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch1 60

4.36 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch1 61

4.37 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Spare 61

4.38 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch1 62

4.39 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch2 63

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.40 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Ch2 64

4.41 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch2 65

4.42 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch2 65

4.43 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Ch2 66

4.44 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Spare 67

4.45 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Spare 67

4.46 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch2 68

4.47 การตรวจไม่พบวัตถุในขณะที่จำนวนวัตถุยังไม่ครบตามเงื่อนไข 69

4.48 การหยุดทำงานของสายพานและการแสดงสถานะหลังจากคัดเลือกเสร็จสิ้น 69

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ผู้ผลิตหรือผู้ขายสินค้าอุปโภคและบริโภคมีวิธีจัดการกับสินค้าให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ซื้อ ผู้ขายสินค้าอุปโภคและบริโภคต่างต้องการการจัดส่งที่รวดเร็วและถูกต้องมากยิ่งขึ้นจึงมีการจำแนกหรือจัดกลุ่มสินค้าเพื่อความสะดวกในการจัดเก็บ การนับจำนวน และการขนส่งไปยังผู้ซื้อ เกณฑ์ที่ใช้ในการคัดแยกสินค้า ได้แก่ สี น้ำหนัก และขนาด ซึ่งในกระบวนการคัดแยกโดยใช้เกณฑ์แต่ละประเภทมีการใช้ตัวรับรู้ที่แตกต่างกันและถูกนำมาใช้กับสินค้าต่างชนิดกัน ขณะที่วิธีการคัดแยกตามขนาดสามารถนำมาใช้กับการจัดกลุ่มของบรรจุภัณฑ์ได้ เนื่องจากในปัจจุบันผู้ซื้อนิยมสั่งซื้อสินค้าผ่านอินเทอร์เน็ตเพราะมีความสะดวกสบายในการสั่งซื้อทั้งช่วงเวลาที่ซื้อและวิธีการชำระเงิน จึงดึงดูดให้ผู้ซื้อมีความต้องการสั่งซื้อสินค้ามากยิ่งขึ้นและความต้องการสั่งซื้อสินค้าของผู้ซื้อแต่ละรายมีความแตกต่างกันทั้งขนาดและปริมาณของสินค้า โดยที่ผู้ขายนิยมใช้กล่องในการบรรจุและขนส่งสินค้าไปยังผู้ซื้อเนื่องจากเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเบา สามารถลดแรงกระแทกจากภายนอกจึงช่วยลดโอกาสการชำรุดเสียหายของสินค้า นอกจากนี้กล่องยังมีรูปทรงสี่เหลี่ยมจึงสะดวกในการจัดเรียง การจัดเก็บและการขนย้าย เมื่อรายการสั่งซื้อมีความหลากหลายในแง่ของขนาดและจำนวนสินค้า กล่องบรรจุสินค้าจึงมีหลายขนาด กลไกการคัดแยกตามขนาดของกล่องจึงช่วยอำนวยความสะดวกในการแยกและนับจำนวนสินค้าเพื่อให้ผู้ขายสามารถคำนวณราคาและจำนวนสินค้าคงเหลือได้ กลุ่มผู้ดำเนินโครงงานจึงได้พัฒนาระบบควบคุมเครื่องคัดแยกวัตถุตามขนาดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์โดยนำแบบจำลองในโครงงานวิศวกรรมไฟฟ้า ปีการศึกษา 2559 เรื่อง “การควบคุมการคัดแยกวัตถุตามความสูงด้วยพีแอลซี” (กฤษฎา และคณะ, 2559) มาปรับปรุงในส่วนของโครงสร้างและรูปแบบการควบคุมเพื่อให้สามารถคัดแยกขนาดโดยพิจารณาทั้งความสูงและความกว้างของกล่อง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับควบคุมการคัดแยกกล่องตามความสูงและความกว้างโดยแสดงสถานะการทำงานทางหน้าจอแอลซีดีโดยผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวนวัตถุแต่ละขนาดที่ต้องการได้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) ใช้ความสูงและความกว้างของกล่องเป็นเกณฑ์ในการคัดแยกโดยกำหนดให้ทุกกล่องมีความยาวเท่ากัน และแสดงการคัดแยกได้ 3 ขนาด
2) ผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวนกล่องที่ต้องการในแต่ละขนาดโดยใช้แป้นตัวเลข
3) แสดงการนับจำนวนกล่องแต่ละขนาดที่คัดแยกได้เป็นตัวเลขบนหน้าจอแอลซีดี

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) ออกแบบโครงสร้างและหลักการควบคุมการคัดแยก									
2) ปรับปรุงโครงสร้างแบบจำลอง ของระบบคัดแยกขนาดวัตถุ									
3) เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของแบบจำลอง									
4) ทดสอบและปรับปรุงโปรแกรมและแบบจำลอง									
5) สรุปผลการดำเนินงานและจัดทำเล่มปริญญานิพนธ์									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

กลไกการทำงานของระบบคัดแยกโดยคำนึงถึงความสูงและความกว้างของกล่องที่นำเสนอในโครงงานนี้สามารถทำงานภายใต้เงื่อนไขที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากขึ้น และช่วยอำนวยความสะดวกในการคัดแยกและนับจำนวนสินค้าเพื่อให้ผู้ขายสามารถคำนวณราคาขายและจำนวนสินค้าคงเหลือได้

1.6 งบประมาณ

1) แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น UNO R3	280 บาท
2) มอเตอร์เซอร์โว 2 ตัว	150 บาท
3) จอแอลซีดี	220 บาท
4) แป้นตัวเลข	50 บาท
5) แผงวงจรรีเลย์	220 บาท
6) ตัวรับรู้แบบใช้แสง 4 ตัว	480 บาท
5) ค่าถ่ายเอกสาร	300 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (หนึ่งพันเจ็ดร้อยบาทถ้วน)	1,700 บาท

หมายเหตุ : ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
อุปกรณ์และหลักการที่ใช้

การคัดแยกวัตถุความตามสูงและความกว้างในแบบจำลองของโครงงานนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมโดยมีอุปกรณ์ฝั่งอินพุต ได้แก่ แป้นตัวเลข ตัวรับรู้แบบใช้แสง และมีอุปกรณ์ฝั่งเอาต์พุต ได้แก่ มอเตอร์เกียร์ซึ่งถูกควบคุมการทำงานผ่านรีเลย์ มอเตอร์เซอร์โว และส่วนแสดงผลทางหน้าจอแอลซีดี ในบทนี้จะอธิบายหลักการทำงานและรายละเอียดของอุปกรณ์แต่ละตัว รวมทั้งหลักการควบคุม

2.1 แผงไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Uno R3

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นแผงวงจร Arduino รุ่น Uno R3 ทำหน้าที่เป็นส่วนประมวลผลสัญญาณที่รับมาจากแป้นตัวเลขและตัวรับรู้แบบใช้แสงโดยทำงานตามโปรแกรมที่เขียนไว้เพื่อส่งสัญญาณผ่านรีเลย์เพื่อไปควบคุมการของมอเตอร์เกียร์ที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของสายพาน มอเตอร์เซอร์โวที่ควบคุมไม้กั้นรางวัตถุและส่งสัญญาณให้กับจอแอลซีดีเพื่อแสดงผลการทำงาน

แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Uno R3 จัดอยู่ในตระกูลเอวีอาร์ (AVR) มีขนาด 28 ขา ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega328 ดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นแพลตฟอร์ม (Platform) ของอินพุตและเอาท์พุต (I/O) ขั้นพื้นฐานที่พอเพียงกับการใช้งานและการเรียนรู้ โดยตัวแผงวงจรมีชุดคำสั่งที่ใช้ควบคุมพอร์ตอินพุตและเอาท์พุต รวมถึงพอร์ตดิจิตอล พอร์ตแอนะล็อกพีดับเบิลยูเอ็มและพอร์ตอนุกรมซึ่งแผงวงจร Arduino ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ตัวแผงวงจรออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์เดี่ยวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับให้แผงวงจร Arduino สามารถรับสัญญาณจากสวิตช์หรือตัวรับรู้หรืออุปกรณ์อื่น ๆ (Arduino, 2017)

รูปที่ 2.1 แผงวงจร Arduino รุ่น Uno R3 (Arduino, 2017)

แผงวงจร Arduino รุ่น Uno R3 มีจุดเด่นในเรื่องของความง่ายต่อการเรียนรู้และใช้งานเนื่องจากได้มีการออกแบบคำสั่งต่าง ๆ ขึ้นมาสนับสนุนการใช้งานด้วยรูปแบบที่ง่ายไม่ซับซ้อนและมีข้อดีกว่าแผงวงจรสำเร็จรูปตัวอื่นคือใช้งานง่ายมีโปรแกรมพัฒนาที่ไม่ซับซ้อนมีโปรแกรมพัฒนา Arduino ใช้งานง่ายสำหรับมือใหม่และมีความสามารถครบตามความต้องการของนักพัฒนามืออาชีพซึ่งแผงวงจร Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ตัวประมวลผลตระกูลเอวีอาร์ขนาดเล็กเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาเรียนรู้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์อินพุตและเอาท์พุตได้มากมาย ภาษาในการเขียนโปรแกรมลงบน Arduino ใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษาซีประยุกต์แบบหนึ่งมีโครงสร้างของตัวภาษาโดยรวมใกล้เคียงกันกับภาษาซีมาตรฐาน เพียงแต่ได้มีการปรับปรุงรูปแบบการเขียนโปรแกรมบางส่วนที่ผิดเพี้ยนไปจากมาตรฐานเล็กน้อยเพื่อลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมและให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายและสะดวกมากขึ้นกว่าการเขียนภาษาซีตามแบบมาตรฐานโดยตรง

ตัวแผงวงจร Arduino ที่ใช้ในโครงงานนี้จะกล่าวถึงสถาปัตยกรรมของเอวีอาร์ขนาด 8 บิต โดยเป็นตัวประมวลผลแบบ RISC (Reduced instruction set computer) และยังมีหน่วยความจำแบบฮาวาร์ด (Harvard) ซึ่งแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยใช้หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash) เป็นหน่วยความจำโปรแกรมและใช้หน่วยความจำแบบ SRAM สำหรับเป็นหน่วยความจำข้อมูล

นอกจากนี้ยังมีหน่วยความจำแบบ EEPROM ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้โดยไม่จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยง ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นดังนี้

1) มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช ขนาด 32 kB

2) มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM ขนาด 2 kB

3) มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 1 kB

4) สนับสนุนการเชื่อมต่อแบบ I2C bus

5) มีพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตจำนวน 23 บิต

6) มีวงจรแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิตอลขนาด 10 บิตในตัวจำนวน 8 ช่อง

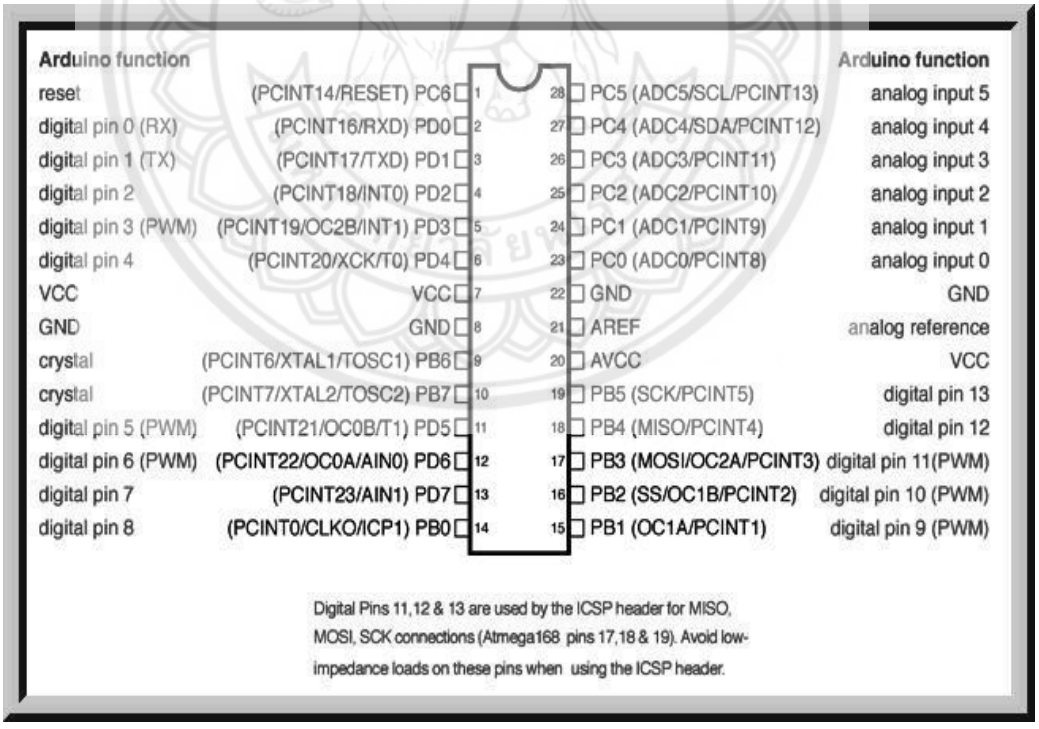
7) ทำงานได้ตั้งแต่ย่านแรงดัน 1.8 - 5.5 V

8) มีความถี่ใช้งานสูงสุด 20 MHz

9) มีวงจรสื่อสารอนุกรม

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

11) สนับสนุนช่องสัญญาณสำหรับสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM) จำนวน 6 ช่อง

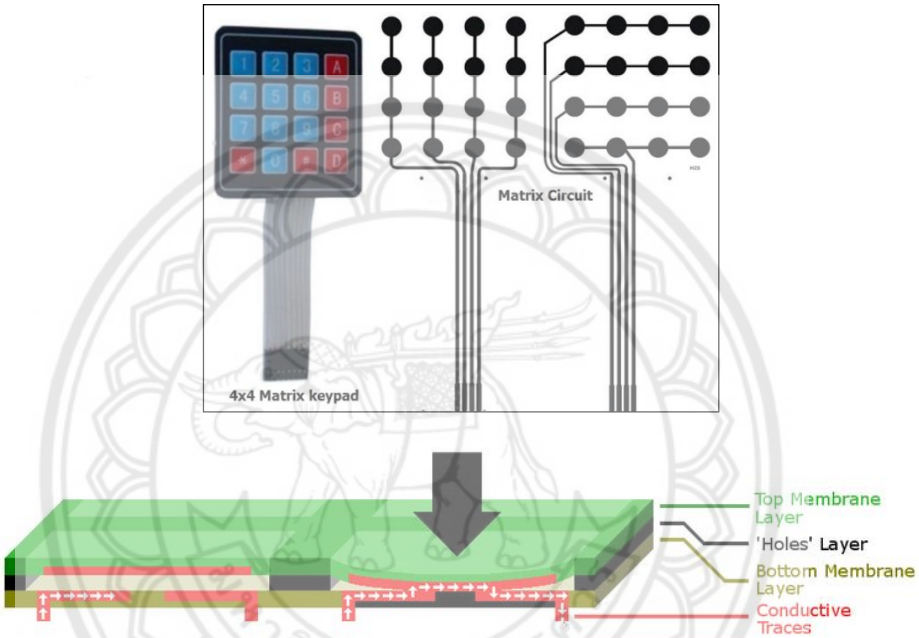


รูปที่ 2.2 โครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น ATmega328P-PU

ที่มา : https://goo.gl/4z4ByB

2.2 แป้นตัวเลข

ในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานได้โดยรับคำสั่งจากผู้ใช้ผ่านแป้นตัวเลขทั้งการเลือกโหมดการทำงานและระบุจำนวนวัตถุที่ต้องการ โดยโครงงานนี้เลือกใช้แป้นตัวเลข แบบ 4x4 ชนิดนี้ประกอบไปด้วยปุ่ม 16 ปุ่ม ที่เรียงต่อกันเป็นเมตริกซ์แบบ 4 แถว และ 4 หลัก ประกอบไปด้วยเลข 0 – 9 และตัวอักษร A – D และ * และ # ซึ่งปุ่มแต่ละปุ่ม เป็นการกดเพื่อให้หน้าสัมผัสที่เป็นชั้นสีแดงดังรูปที่ 2.3 ไปแตะกันทำให้เป็นการเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้าไปอีกด้านหนึ่งของสวิตช์



รูปที่ 2.3 แป้นตัวเลข แบบ 4x4 (Arduitronics, 2560)

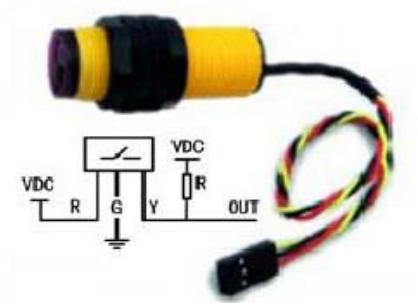
ในการตรวจสอบแป้นตัวเลขการกดปุ่มของผู้ใช้ในขณะนั้น ใช้วิธีการตรวจสอบไปทีละหลัก จนครบทุกหลัก แล้วนำมาตีความว่ามีการตอบสนองออกมาเป็นแบบใดบ้าง เช่น ถ้ามีการกดเลข 1 อยู่ในขณะที่เราจ่ายแรงดัน 5 V ไปที่หลักที่ 1 จะมีเพียงแถวแรกเท่านั้นที่จะอ่านค่าแรงดันได้สูง นอกนั้นจะเป็นแรงดันต่ำ หรือถ้ามีการกดปุ่ม # อยู่ ขณะที่ตรวจสอบไปแต่ละหลักนั้นจะไม่เจอแรงดันสูงที่แถวใดเลยจนกว่าจะตรวจสอบไปถึงหลักที่ 3 ซึ่งจะ พบว่า มีการตอบสนองกลับมาจากแถวที่ 4 นั้นเอง ดังนั้นเมือ พบว่า เป็นการตรวจสอบหลักที่ 3 และมีแถวที่ 4 ตอบสนอง ก็คือปุ่ม # นั่นเอง (Arduitronics, 2560)

2.3 ตัวรับรู้แบบใช้แสง

โดยหลังจากการเลือกโหมดการทำงานและกำหนดจำนวนวัตถุที่ต้องการผ่านแป้นตัวเลข วัตถุบนสายพานจะถูกตรวจจับและจำแนกขนาดได้โดยตัวรับรู้แบบใช้แสง ซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับปริมาณของตัวแปรต่าง ๆ ที่ต้องการทราบค่า เช่น อุณหภูมิ การเคลื่อนที่ แสงสว่าง เป็นต้น แต่ส่วนรับรู้เพียงอย่างเดียวไม่สามารถบอกค่าที่ต้องการวัดได้ จึงจำเป็นต้องมีส่วนแปลงพลังงาน (Transducing part) ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ได้จากการตรวจจับมาเป็นปริมาณที่สามารถเข้าใจได้เรียกว่า ตัวแปรสัญญาณ (Signal converter) โดยทำหน้าที่แปลงพลังงานจากรูปหนึ่งให้อยู่ในอีกรูปแบบหนึ่ง เช่น แปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า ในการนำตัวรับรู้ไปใช้งานแสดงได้ดังแผนภาพในรูปที่ 2.4 ส่วนรับรู้ทำการตรวจวัดและให้ตัวแปรสัญญาณเอาท์พุตเป็นสัญญาณไฟฟ้าซึ่งถูกส่งไปเข้ากระบวนการทางไฟฟ้าขั้นต่อไป เช่น การขยายสัญญาณ แล้วจึงได้เอาท์พุตออกมาแสดงผลหรือนำไปใช้งานในด้านอื่น ๆ ตามต้องการ (สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2552)

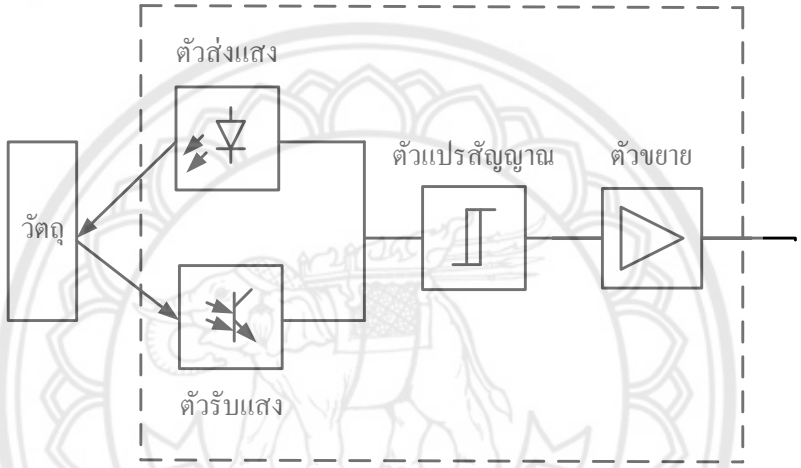
รูปที่ 2.4 แผนภาพการใช้งานตัวรับรู้ (สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2552)

ในแบบจำลองนี้ตัวรับรู้แบบใช้แสง (Photoelectric sensor) ซึ่งต้องการไฟเลี้ยงเป็นไฟกระแสตรง 5 V ระยะการตรวจจับ 3-80 cm ขนาดยาว 4.5 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 cm ดังแสดงในรูปที่ 2.5 โดยมีตัวส่งแสงและตัวรับแสงอยู่ภายใน มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแสงที่มากระทบกับตัวรับแสงและส่งสัญญาณเอาท์พุตซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงที่ได้รับผ่านตัวรับแสง ตัวรับรู้ชนิดนี้สามารถตรวจจับการปรากฏขึ้นหรือการหายไปของวัตถุ สามารถตรวจจับขนาด รูปร่าง การสะท้อนแสง และความโปร่งแสงหรือสีของวัตถุ โดยมีส่วนประกอบหลักแสดงดังรูปที่ 2.6 ในทางปฏิบัติสามารถสร้างให้ตัวรับรู้แบบใช้แสงสามารถตรวจจับได้ในระยะไกลถึง 100 m หรือตรวจจับวัตถุขนาดเล็ก (เช่น เล็กกว่า 1 mm) ได้ (สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2552) โดยในโครงงานนี้ใช้ตัวรับรู้ดังกล่าวในการตรวจสิ่งของ ซึ่งสามารถตรวจจับวัตถุได้แม่นยำโดยไม่ต้องสัมผัสกับสิ่งของ



รูปที่ 2.5 ตัวรับรู้แบบใช้แสง

ที่มา: http://www.arduino.in.th



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบหลักของตัวรับรู้แบบใช้แสง (สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2552)

ตัวรับรู้แบบใช้แสงสามารถตรวจจับวัตถุได้ทุกประเภท มีอายุการใช้งานได้ยาวนาน ระยะในการตรวจจับไกลที่สุดในบรรดาตัวรับรู้ชนิดอื่น เวลาในการตอบสนองดีที่สุดจึงเหมาะที่จะใช้ตรวจจับประเภทที่มีความถี่ในการตรวจจับสูง เช่น ใช้ในการวัดความเร็วในการเคลื่อนที่ทั้งเชิงเส้นและเชิงมุม อย่างไรก็ตามตัวรับรู้ชนิดนี้มีข้อจำกัดในการตรวจจับวัตถุโปร่งใสและวัตถุที่มีสีแตกต่างกันมาก เนื่องจากความสามารถในการสะท้อนหรือดูดกลืนแสงในแต่ละสีแตกต่างกันนอกจากนี้ยังต้องระวังเรื่องความสะอาดของเลนส์ของตัวรับรู้ (สมาร์ทเลิร์นนิ่ง, 2552)

2.4 ส่วนลำเลียงวัตถุ

2.4.1 มอเตอร์เกียร์

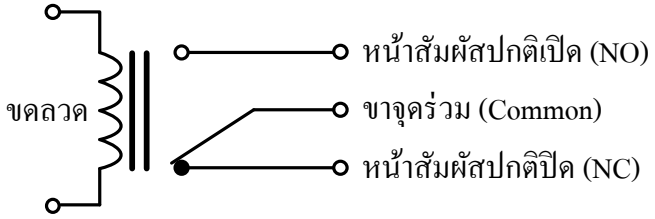
ในการขับเคลื่อนส่วนลำเลียงกล่องต้องใช้มอเตอร์ที่มีความเร็วรอบต่ำและมีแรงบิดสูง เพื่อขับโหลดซึ่งขึ้นอยู่กับน้ำหนักของกล่องโดยจะทำงานได้เมื่อมีวัตถุตัดผ่านตัวรับรู้แบบใช้แสง

ที่ต้นทางของสายพาน ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้มอเตอร์กระแสตรงเนื่องจากให้แรงบิดสูงและงานต่อการควบคุม ในแบบจำลองของระบบการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้างได้เลือกใช้มอเตอร์เกียร์ (Gear motor) ซึ่งเป็นมอเตอร์กระแสตรงเพราะสามารถควบคุมแรงบิดและความเร็วได้ดี รวมถึงในการปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงที่กว้างและเหมาะสำหรับการใช้งานในระบบที่มีขนาดเล็ก มอเตอร์เกียร์แสดงได้ดังรูปที่ 2.7 ซึ่งมีขนาดอยู่ระหว่าง 6-120 W โดยสามารถทดความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ มีทั้งแบบธรรมดาและปรับรอบใช้กับงานตามที่ต้องการ การทดรอบส่งผลให้ความเร็วรอบในการหมุนของมอเตอร์เกียร์ลดลงแต่ทำให้แรงบิดเพิ่มขึ้น (จรัส บุณยธรรมา, 2560)

รูปที่ 2.7 มอเตอร์เกียร์ 12 VDC 50 rpm แกนเพลา 6 mm

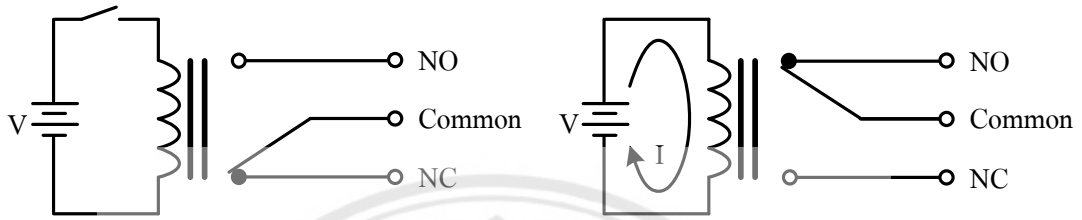
ที่มา : www.nattakit.com

มอเตอร์เกียร์ทำงานหรือหยุดทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีการจ่ายไฟหรือหยุดจ่ายไฟให้มอเตอร์เกียร์โดยมีรีเลย์ (Relay) ทำหน้าที่ตัดต่อวงจร เช่นเดียวกับสวิตช์ รีเลย์มีหลายชนิดและหลายขนาดขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน เช่น รีเลย์ขนาดเล็กใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ รีเลย์ขนาดใหญ่ใช้ในระบบไฟฟ้ากำลัง เป็นต้น โครงสร้างภายในของรีเลย์โดยทั่วไปประกอบด้วยขดลวด ขาจุดร่วม (Common หรือ COM) หน้าสัมผัสปกติปิด (Normally close หรือ NC) และหน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally open หรือ NO) ในสภาวะปกติหน้าสัมผัสปกติปิดเชื่อมต่ออยู่กับขาจุดร่วม ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 สัญลักษณ์ภายในโครงสร้างของรีเลย์ (บ้านอิเล็กทรอนิกส์, 2554)

ในขณะที่ยังไม่มีการจ่ายกระแสให้ขดลวดของรีเลย์ หน้าสัมผัสปกติปิดกับขาจุดร่วมยังต่อถึงกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ขดลวดของรีเลย์ อำนาจแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะดึงขาจุดร่วมมาต่อกับหน้าสัมผัสปกติเปิดทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลจากหน้าสัมผัสปกติเปิดไปยังขาจุดร่วมได้ และเมื่อกระแสที่จ่ายให้ขดลวดหยุดไหลขาจุดร่วมจะถูกสปริงดึงกลับไปติดกับหน้าสัมผัสปกติปิดดังเดิมแสดงในรูปที่ 2.9 (บ้านอิเล็กทรอนิกส์, 2554)



(ก) สภาวะปกติ (ข) สภาวะทำงาน

รูปที่ 2.9 สภาวะการทำงานของรีเลย์ (บ้านอิเล็กทรอนิกส์, 2554)

ในการใช้งานรีเลย์โดยทั่วไปคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

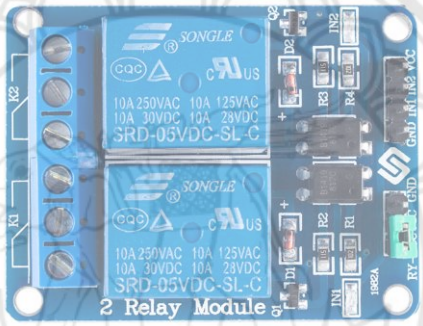
1) แรงดันใช้งานหรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้สามารถดูจากตัวรีเลย์ เช่นระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ เช่น 24 VDC หมายถึงต้องใช้แรงดันไฟกระแสตรงที่ 24 V เท่านั้น ซึ่งหากใช้มากกว่านี้อาจส่งผลให้ขดลวดภายในตัวรีเลย์ขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่า 24 V อาจทำให้รีเลย์ไม่ทำงาน

2) การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัสจะมีการระบุค่าไว้ที่ตัวรีเลย์ เช่น 10 A หมายถึงหน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 A ในการใช้งานจริงควรให้รีเลย์ทำงานต่ำกว่าระดับกระแสพิกัดเนื่องจากหากกระแสที่ไหลผ่านหน้าสัมผัสมีค่าสูงเกินไปจะทำให้รีเลย์นั้นมีอายุการใช้งานสั้นลง

3) ชนิดและจำนวนหน้าสัมผัสภายในตัวรีเลย์ โดยที่ผู้ใช้สามารถเลือกชนิดและจำนวนหน้าสัมผัสให้สอดคล้องกับการใช้งานแต่ละวงจร

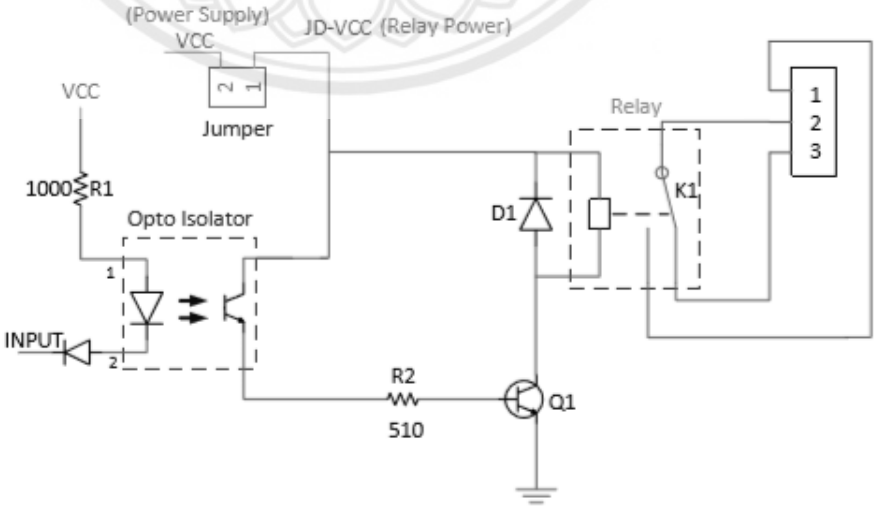
ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้แผงวงจรรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง (Opto-isolator) สำหรับตัดต่อวงจรในโครงงานประกอบด้วยรีเลย์ 2 ตัวดังรูปที่ 2.10 ซึ่งแต่ละตัวสามารถรองรับกระแสได้สูงถึง 10 A และใช้งานได้ทั้งกับไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ซึ่งรับแรงดันกระแสตรง 5 V และมีหลอดแอลอีดีแสดงสถานการณ์ทำงานของรีเลย์แต่ละตัว ซึ่งมีการป้องกันวงจรควบคุมออกจากวงจรกำลังด้วยตัวเชื่อมต่อด้วยแสงเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนจากการทำงานของอุปกรณ์

การใช้งานที่แผงวงจรของรีเลย์จะมีตัวเชื่อมสำหรับเชื่อมต่อไฟเลี้ยงวงจรของวงจรควบคุม (VCC) เข้ากับไฟเลี้ยงชุดรีเลย์ (JD - VCC) ซึ่งหากอุปกรณ์ที่ไปควบคุมโหลดต่าง ๆ นั้น ไม่ได้สร้างสัญญาณรบกวนมากนัก สามารถใช้งานโมดูลนี้โดยตรงได้ทันทีด้วยการป้อน VCC IN1 IN2 และ GND จากวงจรควบคุมได้ทันที อย่างไรก็ตามจากการใช้ VCC ของวงจรควบคุมป้อนให้กับ JD - VCC ทำให้ทั้งระบบยังคงต้องใช้กราวนด์อ้างอิงร่วมกัน ซึ่งหากใช้งานเพื่อควบคุมไฟสูง กระแสสูงหรืออุปกรณ์ประเภทขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเกิดการรบกวนได้ง่ายควรทำการแยกไฟเลี้ยงรีเลย์ออกจากไฟเลี้ยงวงจรด้วยการปลดตัวเชื่อมต่อไฟเลี้ยง ดังกล่าว แล้วทำการจ่ายไฟเลี้ยงที่เป็นอิสระต่อวงจรควบคุมเข้าสู่ขา JD-VCC และ GND แทน โดยในการควบคุมของภาคควบคุม จะป้อนสัญญาณควบคุมผ่านขา IN1-IN8 และขา VCC โดยไม่ต้องเชื่อมต่อ GND ของฝั่งควบคุม



รูปที่ 2.10 แผงวงจรรีเลย์พิกัด 5 VDC, 250 VAC 10 A

ที่มา : https://www.arduinoall.com



รูปที่ 2.11 แผนภาพวงจรการทำงานของรีเลย์แบบมีตัวเชื่อมต่อทางแสง

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

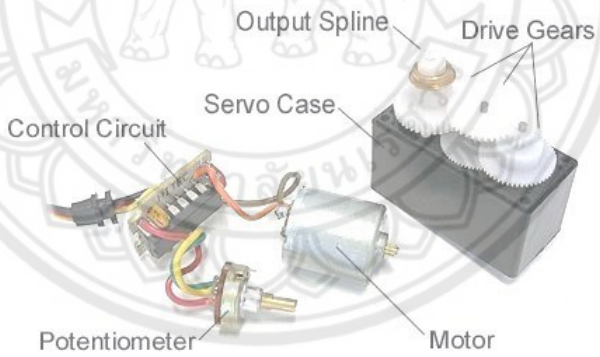
การทำงานของรีเลย์แสดงดังรูปที่ 2.11 เริ่มด้วยการจ่ายไฟเลี้ยงเข้าที่ตัวเชื่อมต่อทางแสง (Opto-isolator) และขดลวดของรีเลย์การป้อนอินพุตด้วยลอจิก 0 ทำให้วงจรภายในตัวเชื่อมต่อทางแสงเริ่มทำงาน นั่นคือมีความต่างศักย์ตกคร่อมไดโอดเปล่งแสงทำให้เกิดการไบแอสไปหน้าส่งผลทำให้ไดโอดเกิด การเปล่งแสงไปตกกระทบกระตุ้นที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายในตัวเชื่อมต่อทางแสง ทรานซิสเตอร์จึงนำกระแสเกิดกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน R2 เข้าที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ส่งผลให้เกิดการ

2.4.2 มอเตอร์เซอร์โว

ในการคัดแยกกล่องเพื่อให้สอดคล้องกับรางของวัตถุแต่ละขนาดตามความต้องการของผู้ใช้ เกิดจากการควบคุมไม้กั้นรางทั้งสองของมอเตอร์เซอร์โวซึ่งวัตถุจะถูกจำแนกขนาดโดยตัวรับรู้แบบใช้แสงที่อยู่ปลายของสายพาน โครงงานนี้ได้เลือกใช้มอเตอร์เซอร์โวแบบแอนะล็อค

ส่วนประกอบของมอเตอร์เซอร์โว

มอเตอร์เซอร์โว (Servo motor) มีส่วนประกอบต่าง ๆ แสดงให้เห็นแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 องค์ประกอบหลักของมอเตอร์เซอร์โว (วรรณษมล กันภัย, 2554)

องค์ประกอบหลักของมอเตอร์เซอร์โวโดยทั่วไปแล้วจะมีส่วนประกอบหลักดังนี้คือ

1) โครง (Servo case) ซึ่งส่วนใหญ่จะทำมาจากพลาสติก
2) มอเตอร์ (Motor) ซึ่งเป็นส่วนให้กำลังในการหมุนของมอเตอร์เซอร์โว

3) วงจรควบคุม (Control circuit) มีหน้าที่ในการถอดรหัสสัญญาณควบคุมที่รับค่ามาเป็นแบบพีดับเบิลยูเอ็ม และส่งไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้หมุนไปอยู่ในตำแหน่งที่ได้ถอดรหัสมา
4) เฟืองขับ (Drive gear) คือ ชุดทดรอบจากการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้ได้แรงบิดที่สูง
5) สลัก (Output spline) คือ ส่วนที่ป้องกันการเสียดสีระหว่างโครงและเพลา (Shaft) ซึ่งอาจใช้อุปกรณ์ประเภทลูกปืน (Bearing) เพื่อช่วยลดแรงเสียดทานที่ดี
6) สายไฟและสายสัญญาณ (Servo wire) มีสามเส้นติดเป็นชุดเดียวกัน มีหน้าที่ดังนี้

เส้นที่ 1 จ่ายไฟกระแสตรง ซึ่งแรงดันปกติมีค่า 5-6 V
เส้นที่ 2 เป็นสายกราวนด์
เส้นที่ 3 รับสัญญาณพัลส์ควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์

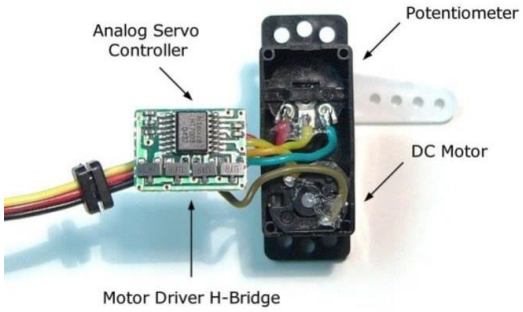
ขนาดของมอเตอร์เซอร์โว

มอเตอร์เซอร์โวมีขนาดต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 2.13 โดยปกติขนาดของมอเตอร์เซอร์โวจะมีอยู่ด้วยกัน 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (Micro) ขนาดมาตรฐาน (Standard) และขนาดใหญ่ (Giant) ซึ่งมีการใช้งานที่แตกต่างกันไปแต่ในปัจจุบันก็ได้มีมอเตอร์เซอร์โวที่มีขนาดที่หลากหลายเพื่อครอบคลุมการใช้งานมากขึ้น

รูปที่ 2.13 มอเตอร์เซอร์โวขนาดต่าง ๆ (วรรณษมล กันภัย, 2554)

นอกเหนือจากขนาดภายนอกของมอเตอร์เซอร์โวที่เราต้องพิจารณาในการใช้งานแล้ว ยังมีคุณลักษณะที่ต้องพิจารณาอีก คือ ความเร็ว (Speed) และแรงบิด (Torque) การวัดความเร็วของมอเตอร์เซอร์โวเทียบจากเวลาที่ใช้ต่อองศาในการหมุนค่าหนึ่ง ซึ่งมุมมาตรฐานที่ใช้วัดกันทั่วไปคือ 60° จึงกล่าวได้ว่า ความเร็วของมอเตอร์เซอร์โวขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการหมุนแขนของมอเตอร์เซอร์โวไป

จากตำแหน่งเดิมเป็นมุม 60° ดังนั้น ตัวเลขเวลาที่มีค่าน้อยเท่าใดมอเตอร์เซอร์โวยิ่งมีความเร็วมากขึ้นเท่านั้นโดยโครงงานนี้ได้ใช้มอเตอร์เซอร์โวแบบแอนะล็อก มีลักษณะและส่วนประกอบดังในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 โครงสร้างของมอเตอร์เซอร์โวแบบแอนะล็อก (วรรณษมล กันภัย, 2554)

ความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์แบบแอนะล็อกถูกกำหนดด้วยความกว้างของพัลส์ แรงดันขนาด 4.8-6.0 V ความถี่ 50 Hz ซึ่งควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งการปรับความกว้างของพัลส์จะเกิดขึ้นทุก ๆ 20 ms ซึ่งอาจไม่สามารถตอบสนองต่อสัญญาณได้เร็วพอหรือสร้างแรงบิดได้ดีพอเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณควบคุมเพียงเล็กน้อยหรือเมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำให้ตำแหน่งของมอเตอร์เซอร์โวเลื่อนไปจากตำแหน่งที่ตั้งไว้ อย่างไรก็ตามความเร็วในการตอบสนองดังกล่าวไม่เป็นปัญหาต่อการควบคุม

2.5 จอแอลซีดี

โดยสถานะการทำงานและจำนวนวัตถุแต่ละขนาดถูกแสดงผลผ่านจอแอลซีดี ซึ่งในการควบคุมหรือสั่งงานผ่านจอแสดงผลแอลซีดี (Liquid Crystal Display, LCD) นั้นมีตัวควบคุม (Controller) รวมไว้ในตัว ซึ่งสามารถส่งรหัสคำสั่งควบคุมการทำงานของจอแสดงผลแอลซีดีผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) โดยในส่วนของการควบคุมจอแสดงผลแอลซีดีเป็น Hitachi หมายเลข HD44780 ดังแสดงในรูปที่ 2.15 และขาในการเชื่อมต่อระหว่างจอแสดงผลแอลซีดีกับไมโครคอนโทรลเลอร์มีดังนี้

1) GND เป็นกราวนด์ใช้ต่อระหว่างกราวด์ของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแอลซีดี
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 2.15 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 เพื่อประหยัดขาในการต่อใช้งานไปไว้ต่อกับอุปกรณ์อื่น (บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด, 2555)

ซึ่งจอแอลซีดีที่มีการเชื่อมต่อแบบ I2C หรือเรียกอีกอย่างว่าการเชื่อมต่อแบบอนุกรม ซึ่งเป็นจอแอลซีดีธรรมดาทั่วไปที่ติดตั้งกับแผงวงจร I2C Bus ทำให้มีการใช้งานได้ที่สะดวกยิ่งขึ้น และมีตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อสำหรับปรับความเข้มของจอ การเชื่อมต่อระหว่าง I2C กับไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้จำนวน 4 ขา (แบบขนานใช้ 16 ขา) แสดงดังรูปที่ 2.16

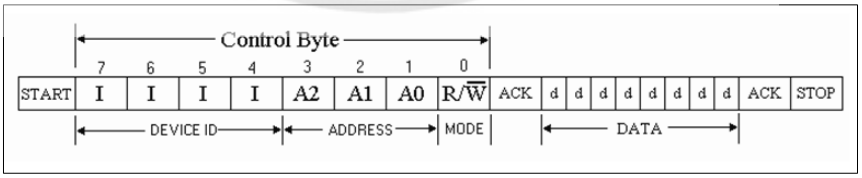
รูปที่ 2.16 ไอทูซี (บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด, 2555)

ในการควบคุมหรือสั่งงานโดยทั่วไปจอแอลซีดีจะมีส่วนควบคุม (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

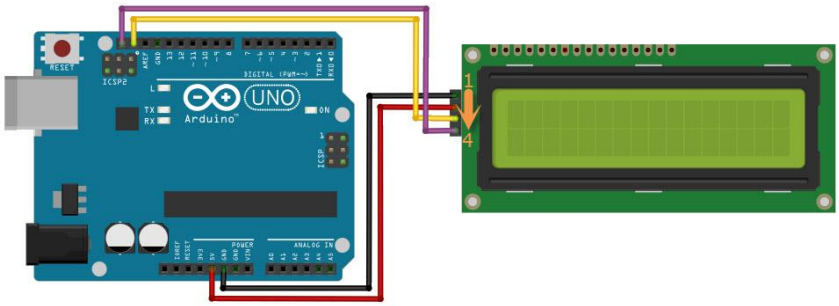
สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลแบบ I2C BUS ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งสถานะเริ่มต้น (START Conditions) เพื่อแสดงการขอใช้บัสแล้วตามด้วย รหัสควบคุม (Control Byte) ซึ่งประกอบด้วยรหัสประจำตัวอุปกรณ์ Device ID, Device Address และแบบวิธีในการเขียนหรืออ่านข้อมูล เมื่ออุปกรณ์รับทราบว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการจะติดต่อด้วยต้องส่งสถานะรับรู้ (Acknowledge) หรือแจ้งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับรู้ว่าข้อมูลที่ส่งมามีความถูกต้อง และเมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล ไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องส่งสถานะสิ้นสุด เพื่อให้อุปกรณ์ทราบว่าสิ้นสุดการส่งสัญญาณ โดยจะส่งสัญญาณการรับ และส่งข้อมูลแบบ I2C BUS แสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 การรับและส่งข้อมูลแบบ I2C BUS (บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด, 2555)

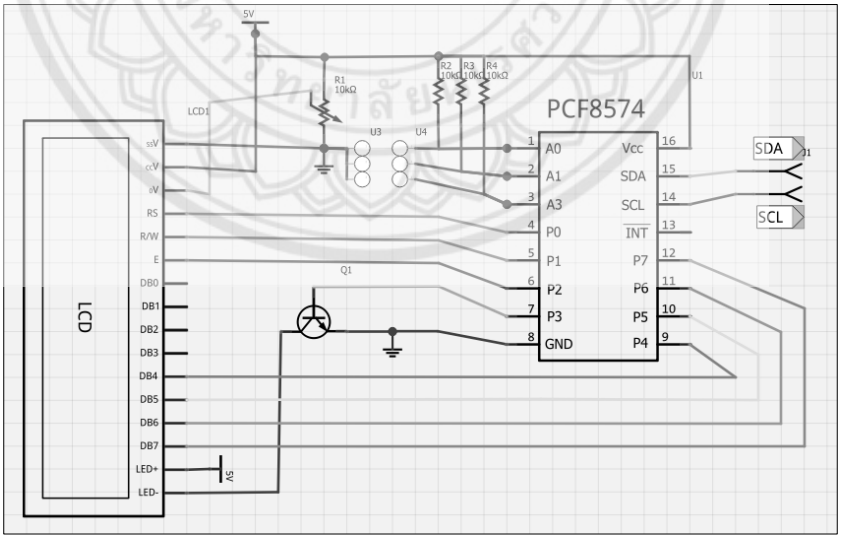
สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแอลซีดี ที่ต่อกับแผงวงจร I2C การส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกส่งออกมาในรูปแบบ I2C ไปยังแผงวงจร I2C และแผงวงจรจะมีหน้าที่จัดการข้อมูลให้ออกมาในรูปแบบปกติหรือแบบขนาน เพื่อใช้ในการติดต่อไปยังจอแอลซีดี โดยที่รหัสคำสั่งที่ใช้ในการสั่งงานจอแอลซีดี ยังคงไม่ต่างกับจอแอลซีดี ที่เป็นแบบขนาน

โดยส่วนใหญ่แผงวงจร I2C จะเชื่อมต่อกับตัวควบคุมของจอแอลซีดี เพียง 4 บิตเท่านั้นแสดงดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับจอแอลซีดี (บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด, 2555)

จากรูปที่ 2.19 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 รวมไปถึงตัวต้านทานสำหรับปรับค่าความเข้มของตัวอักษรและ Switch Blacklight



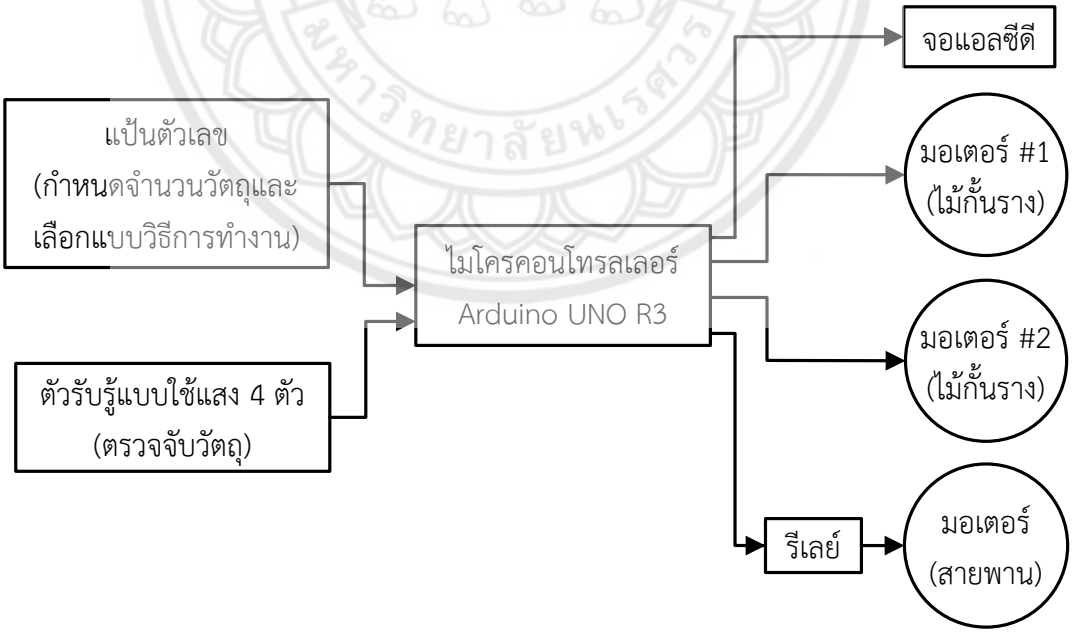
รูปที่ 2.19 การแสดงการเชื่อมต่อของ I2C กับจอแอลซีดี (บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด, 2555)

บทที่ 3
ระบบควบคุมการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง

ในส่วนของบทที่ 3 นี้เป็นการออกแบบระบบการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้างในแต่ละแบบวิธีการและพัฒนาแบบจำลองโดยปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอุปกรณ์และติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม

3.1 ส่วนประกอบและหลักการทำงานในการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง

ส่วนประกอบของระบบการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้างที่พัฒนาขึ้นในโครงงานนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงาน โดยรับสัญญาณจากแป้นตัวเลขและตัวรับรู้แบบใช้แสง แล้วแสดงผลออกทางหน้าจอแอลซีดี ควบคุมมอเตอร์เซอร์โวของไม้กั้นรางและสั่งรีเลย์ให้ตัดต่อวงจรของมอเตอร์เกียร์ที่ขับสายพาน ในแบบจำลองใช้วัตถุทดสอบ 3 ขนาดคือ ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก โดยมีรางคัดแยกวัตถุจำนวน 3 รางซึ่งการใช้งานขึ้นอยู่กับรูปแบบการทำงานของระบบที่มี 2 แบบวิธี นั่นคือ แบบวิธีการคัดแยกและ แบบวิธีการคัดเลือก



รูปที่ 3.1 แผนภาพการทำงานการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง

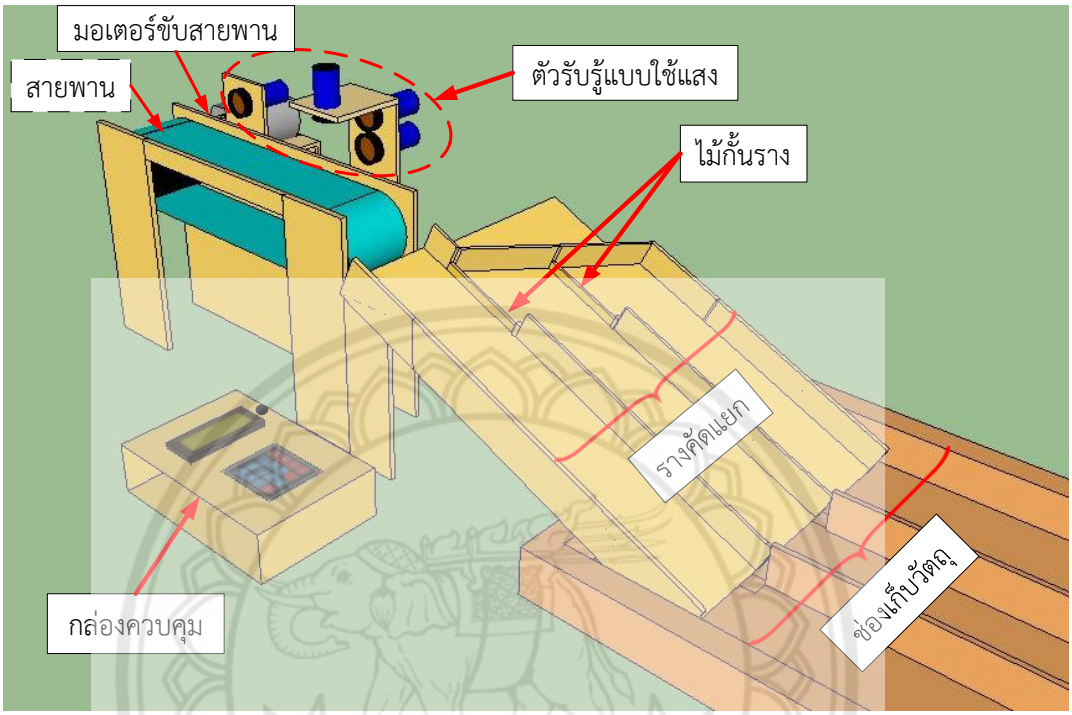
การทำงานของระบบในแบบวิธีการคัดแยกเริ่มจากการที่ผู้ใช้กดแป้นตัวเลขให้เป็นแบบวิธีการคัดแยก เมื่อมีวัตถุผ่านตัวรับรู้แบบใช้แสง ณ ตำแหน่งจุดเริ่มต้นของสายพาน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รีเลย์ต่อวงจรให้มอเตอร์เกียร์ขับสายพานนำวัตถุมายังตำแหน่งของตัวรับรู้แบบใช้แสงอีก 3 ตัวที่เหลือเพื่อตรวจวัดขนาดของวัตถุ โดยส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลเพื่อสั่งควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์เซอร์โวของไม้กั้นรางทั้งสอง ในแบบวิธีนี้กำหนดให้รางแรก (นับจากซ้ายมือเมื่อมองเข้าไปยังแบบจำลอง) เป็นราง L ใช้สำหรับเก็บวัตถุขนาดใหญ่ รางที่สองเป็นราง M ใช้เก็บวัตถุขนาดกลาง และรางที่สามเป็นราง S ใช้เก็บวัตถุขนาดเล็ก โดยจอแอลซีดีจะแสดงจำนวนของวัตถุที่คัดแยกได้ในแต่ละขนาด

สำหรับการทำงานในแบบวิธีการคัดเลือก รางคัดแยกแต่ละรางใช้ลำเลียงวัตถุตามเงื่อนไขที่ต่างจากในแบบวิธีการคัดแยก ในที่นี้รางแรกถูกกำหนดให้เป็นราง Ch1 ซึ่งใช้รวบรวมวัตถุตามเงื่อนไข เช่น จำนวนสินค้าแต่ละขนาดที่ลูกค้าคนที่ 1 ต้องการ รางที่สอง ถูกกำหนดให้เป็นราง Ch2 ซึ่งใช้รวบรวมวัตถุตามเงื่อนไข เช่น จำนวนสินค้าแต่ละขนาดที่ลูกค้าคนที่ 2 ต้องการ ในขณะที่รางที่สามถูกกำหนดให้เป็นราง Spare ซึ่งใช้รวบรวมวัตถุที่ไม่ตรงกับเงื่อนไขที่กำหนดสำหรับราง Ch1 และ Ch2 โดยจอแอลซีดีจะแสดงสถานะการทำงาน รวมทั้งจำนวนวัตถุแต่ละขนาดในราง Ch1 และ Ch2

3.2 โครงสร้างของแบบจำลอง

ในโครงงานนี้ได้นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นในโครงงานวิศวกรรมไฟฟ้าในปีการศึกษา 2559 เรื่อง “การควบคุมการคัดแยกวัตถุตามความสูงด้วยพีแอลซี” (กฤษฎา และคณะ, 2559) มาปรับปรุง โดยเพิ่มจำนวนของตัวรับรู้แบบใช้แสงอีก 1 ตัวเพื่อให้ระบบสามารถเริ่มทำงานอย่างอัตโนมัติ และปรับเปลี่ยนตำแหน่งของตัวรับรู้แบบใช้แสงเพื่อให้สามารถตีความขนาดของวัตถุจากความสูงและความกว้างได้ ทั้งนี้ โครงสร้างของแบบจำลองในโครงงานนี้มีรายละเอียดดังรูปที่ 3.2 โดยติดตั้งตัวรับรู้ตัวที่ 1 (ตัวรับรู้ #1) ไว้ที่ต้นสายพานดังรูปที่ 3.3 เพื่อตรวจจับการมีอยู่ของวัตถุบนสายพาน และติดตั้งตัวรับรู้อีกสามตัวไว้ที่ปลายสายพานเพื่อใช้ตรวจวัดขนาดของแต่ละกล่อง โดยติดตั้งตัวรับรู้ตัวที่ 2 (ตัวรับรู้ #2) ในแนวดิ่งเหนือสายพานเป็นระยะ 12 เซนติเมตร และล้ำเข้ามาในสายพานโดยห่างจากขอบด้านในของรางสายพาน 2 เซนติเมตรเพื่อตรวจจับด้านกว้างของวัตถุ ในขณะที่ติดตั้งตัวรับรู้ตัวที่ 3 (ตัวรับรู้ #3) และตัวที่ 4 (ตัวรับรู้ #4) ให้ห่างกันในแนวดิ่ง 1 เซนติเมตรเพื่อตรวจจับด้านสูงของวัตถุ นอกจากนี้ยังได้สร้างวัตถุทดสอบทั้งสามขนาดเป็นกล่องกระดาษ โดยกล่องขนาดใหญ่และขนาดกลางมีความกว้างเท่ากันคือ 6.5 เซนติเมตร กล่องขนาดเล็กที่มีความกว้างเท่ากับ 4 เซนติเมตร

โดยมีความสูงเท่ากับ 8.5, 4.5 และ 4 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังกำหนดให้วัตถุทดสอบแต่ละชิ้นมีน้ำหนักที่แน่นอนค่าหนึ่งและมีค่าใกล้เคียงกันเพื่อใช้ทดสอบกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยการเคลื่อนที่ของวัตถุลงในแต่ละรางขึ้นอยู่กับการควบคุมมอเตอร์เซอร์โวของไม้กั้นรางทั้งสอง



รูปที่ 3.2 โครงสร้างแบบจำลองการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง

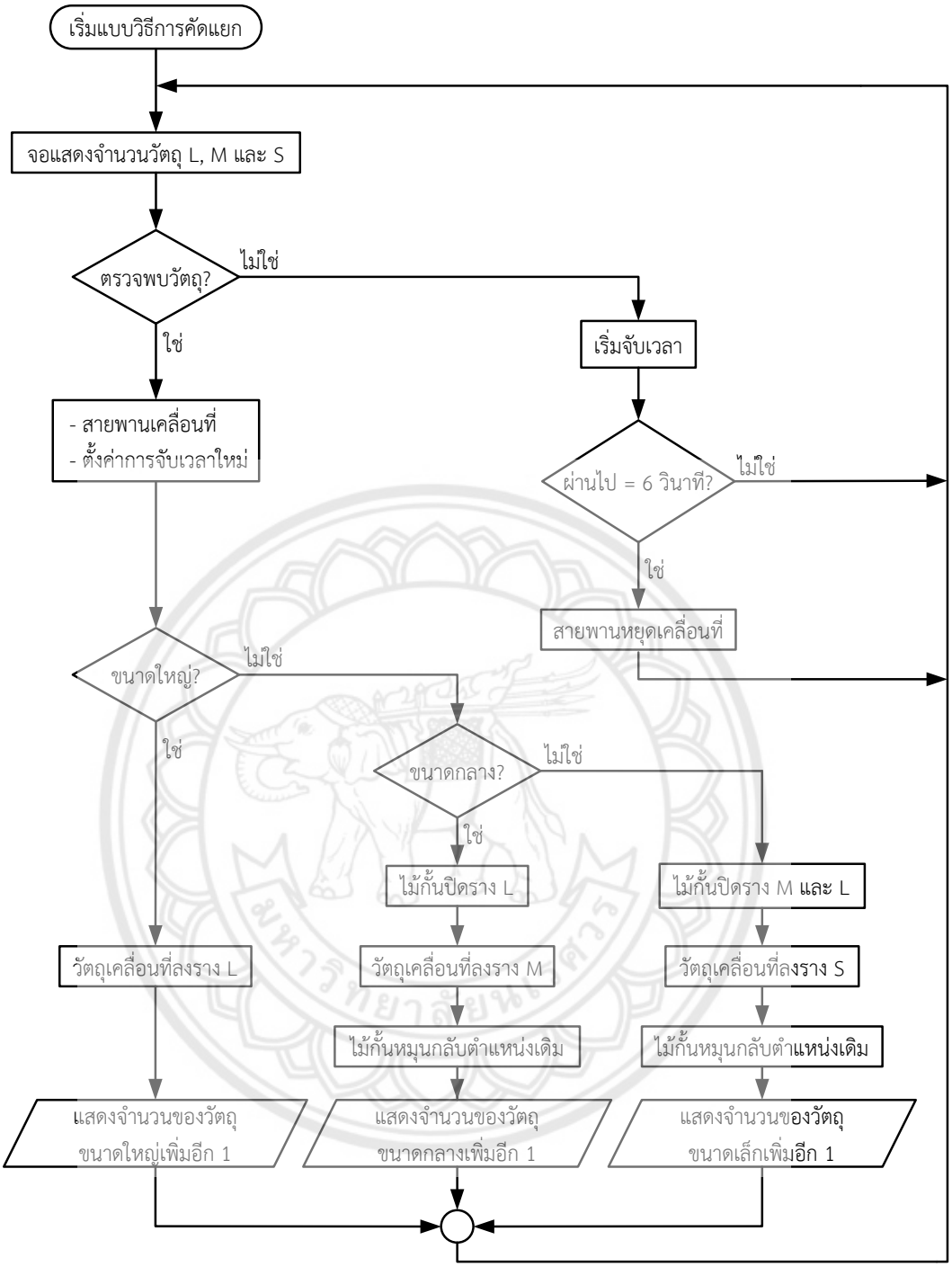
รูปที่ 3.3 ตำแหน่งการติดตั้งตัวรับรู้แบบใช้แสง

3.3 ขั้นตอนการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง

ระบบคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้างในโครงงานนี้ถูกออกแบบให้ทำงาน 2 แบบวิธีคือ แบบวิธีการคัดแยก (Separation mode) และแบบวิธีการคัดเลือก (Selection mode) การทำงานของระบบเริ่มจากการให้ผู้ใช้เลือกแบบวิธีที่ต้องการที่แป้นตัวเลข โดยกดปุ่ม A เพื่อเลือกใช้แบบวิธีการคัดแยก หรือกดปุ่ม B เพื่อเลือกใช้แบบวิธีการคัดเลือก และระบบจะทำงานในแต่ละแบบวิธีอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะตรวจไม่พบวัตถุหรือคัดเลือกได้วัตถุครบตามจำนวนที่ผู้ใช้ต้องการ โดยที่สถานะการทำงานของระบบและจำนวนของวัตถุในแต่ละรางจะถูกแสดงบนหน้าจอแอลซีดี ทั้งนี้รายละเอียดการทำงานในแต่ละแบบวิธีแสดงได้ดังนี้

3.3.1 แบบวิธีการคัดแยก

ขั้นตอนการทำงานในแบบวิธีการคัดแยกมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.4 โดยเริ่มหลังจากที่ผู้ใช้กดปุ่ม A เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านตัวรับรู้ #1 ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้รีเลย์ต่อวงจรของมอเตอร์ขับสายพานเพื่อลำเลียงวัตถุมายังตำแหน่งที่ติดตั้งตัวรับรู้อีกสามตัวที่เหลือซึ่งส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตีความเป็นขนาดของวัตถุ เมื่อระบบตรวจพบวัตถุขนาดใหญ่ วัตถุจะเคลื่อนที่ลงในราง L และไมโครคอนโทรลเลอร์จะแสดงจำนวนวัตถุขนาดใหญ่บนหน้าจอแอลซีดีเพิ่มอีก 1 เมื่อระบบตรวจพบวัตถุขนาดกลาง มอเตอร์ #1 จะหมุนไม้กั้นมาปิดราง L ไว้เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง M และไมโครคอนโทรลเลอร์จะแสดงจำนวนวัตถุขนาดกลางบนหน้าจอแอลซีดีเพิ่มอีก 1 จากนั้นการหน่วงเวลาประมาณ 1.5 วินาที มอเตอร์ #1 จะหมุนไม้กั้นรางกลับมายังตำแหน่งเดิม ในกรณีที่ระบบตรวจพบวัตถุขนาดเล็ก มอเตอร์ #1 และ #2 จะหมุนไม้กั้นมาปิดราง L และ M ตามลำดับเพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง S และไมโครคอนโทรลเลอร์จะแสดงจำนวนวัตถุขนาดเล็กบนหน้าจอแอลซีดีเพิ่มอีก 1 หลังจากการหน่วงเวลาประมาณ 1.5 วินาที มอเตอร์ทั้งสองจะหมุนไม้กั้นรางกลับมายังตำแหน่งเดิม ถ้าตัวรับรู้ #1 ตรวจไม่พบวัตถุบนสายพานภายในระยะเวลาประมาณ 6 วินาที ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์ขับสายพานหยุดหมุน จนกว่าจะมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านตัวรับรู้ #1 อีกครั้ง

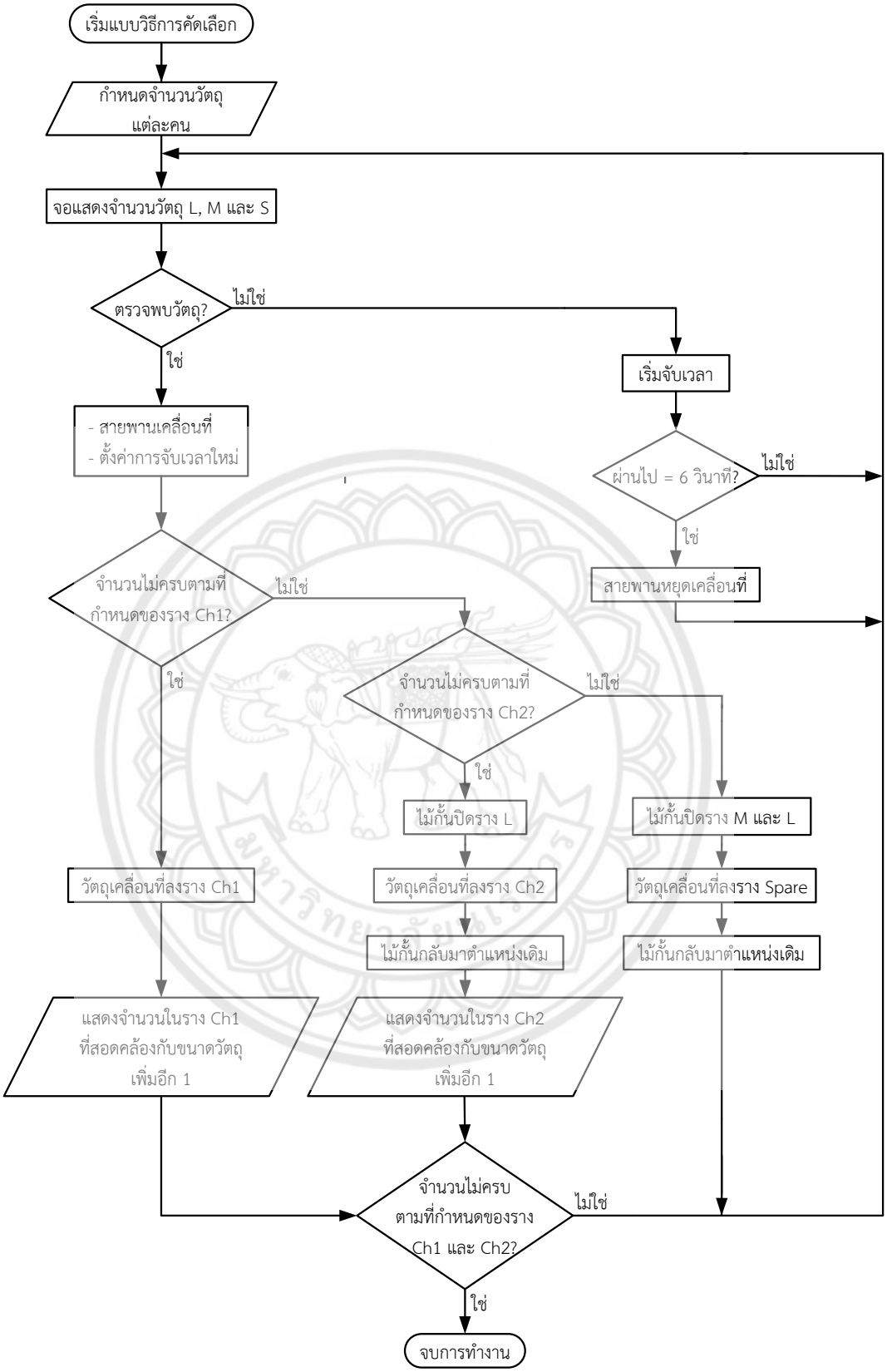


รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการทำงานในแบบวิธีการคัดแยก

3.3.2 แบบวิธีการคัดเลือก

ขั้นตอนการทำงานในแบบวิธีการคัดเลือกมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3.5 การใช้งานระบบในแบบวิธีการคัดเลือกเริ่มจากการที่ผู้ใช้กดปุ่ม B แล้วระบุจำนวนวัตถุแต่ละขนาดที่ต้องการในราง Ch1 และ Ch2 ด้วยแป้นตัวเลข เมื่อตัวรับรู้ #1 ตรวจพบวัตถุบนสายพาน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รีเลย์ต่อวงจรเพื่อให้สายพานลำเลียงวัตถุมายังตำแหน่งที่ติดตั้งตัวรับรู้อีกสามตัวที่เหลือซึ่งส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตีความเป็นขนาดของวัตถุ โดยวัตถุที่มีขนาดตรงกับเงื่อนไขของทั้งราง Ch1 และ Ch2 จะถูกคัดเลือกให้เคลื่อนที่ลงในราง Ch1 จนครบเสียก่อนเสมอ ส่วนวัตถุที่ไม่ตรงกับเงื่อนไขของทั้งสองรางจะถูกคัดเลือกให้ลงในราง Spare และหลังจากคัดเลือกวัตถุได้ครบตามเงื่อนไขของทั้งราง Ch1 และ Ch2 แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้รีเลย์ตัดวงจรเพื่อให้สายพานหยุดเคลื่อนที่

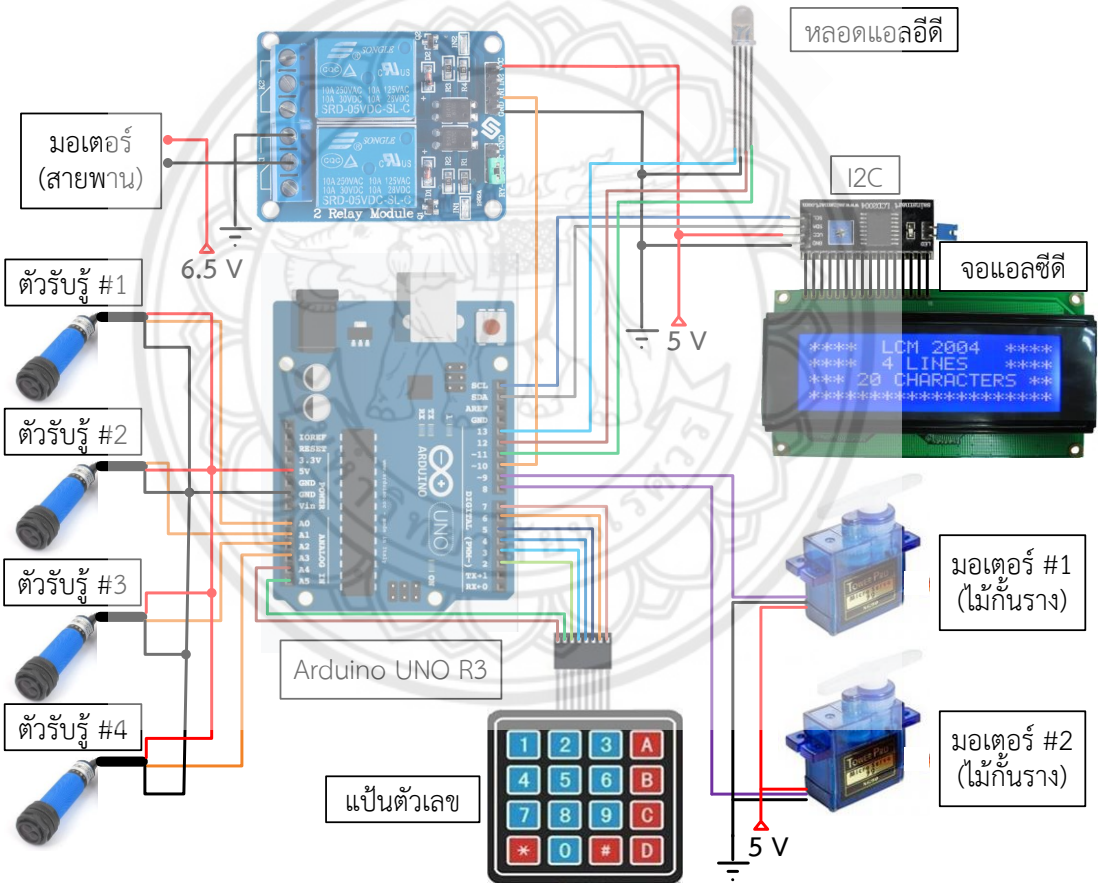
ถ้าวัตถุที่ตรวจพบนั้นตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 วัตถุจะเคลื่อนที่ลงในราง Ch1 และตัวเลขบนหน้าจอแอลซีดีในส่วนของราง Ch1 ที่สอดคล้องกับขนาดของวัตถุดังกล่าวจะเพิ่มค่าอีก 1 แต่หากวัตถุที่ถูกตรวจพบนั้นตรงกับเงื่อนไขของราง Ch2 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์ #1 หมุนไม้กั้นปิดราง Ch1 เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 หลังจากมอเตอร์ #1 หมุนไม้กั้นรางกลับมายังตำแหน่งเดิมแล้วตัวเลขบนหน้าจอแอลซีดีในส่วนของราง Ch2 ที่สอดคล้องกับขนาดของวัตถุดังกล่าวจะเพิ่มค่าอีก 1 ในกรณีที่ตรวจไม่พบวัตถุบนสายพานภายในระยะเวลาประมาณ 6 วินาที ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์ขับสายพานหยุดหมุน หากสายพานหยุดหมุนกลางคันโดยที่การคัดเลือกยังไม่เสร็จสิ้น ระบบสามารถกลับมาทำงานต่อจากสถานะเดิมที่ค้างไว้ได้หากมีวัตถุเคลื่อนผ่านตัวรับรู้ #1 หากสายพานหยุดหมุนเนื่องจากสิ้นสุดการคัดเลือกและผู้ใช้ต้องการเริ่มใช้งานระบบอีกครั้งก็สามารถกดปุ่ม * เพื่อตั้งค่าของระบบใหม่



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการทำงานในแบบวิธีการคัดเลือก

3.4 การเชื่อมต่อวงจรควบคุมการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง

การทำงานของระบบควบคุมการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้างนี้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ในระบบ ซึ่งประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวรับรู้แบบใช้แสง แป้นตัวเลข จอแอลซีดี รีเลย์ มอเตอร์เกียร์ และมอเตอร์เซอร์โว การเชื่อมต่อใช้งานอุปกรณ์ดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 3.6 อินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณจากแป้นตัวเลขและตัวรับรู้แบบใช้แสงจำนวน 4 ตัว ในขณะที่เอาท์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับจอแอลซีดีซึ่งรับไฟเลี้ยงกระแสตรง 5 โวลต์ โดยต่อผ่านไอทูซีเพื่อแสดงสถานะการทำงาน มอเตอร์เซอร์โวเพื่อควบคุมไม้กั้นราง และรีเลย์เพื่อควบคุมการตัดต่อไฟเลี้ยง 6.5 V ให้กับมอเตอร์ขับสายพาน

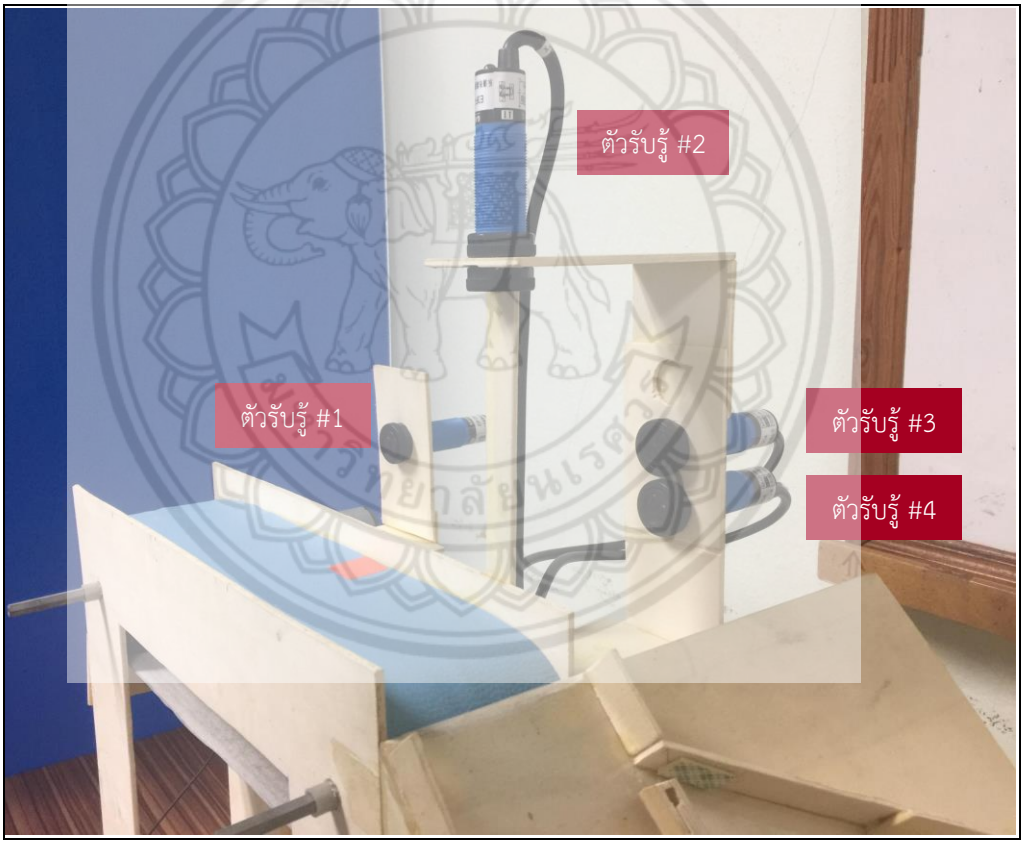


รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อวงจรควบคุมการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง

3.5 การปรับปรุงแบบจำลองการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง

3.5.1 การใช้ตัวรับรู้ตรวจจับและตรวจวัดขนาดของวัตถุ

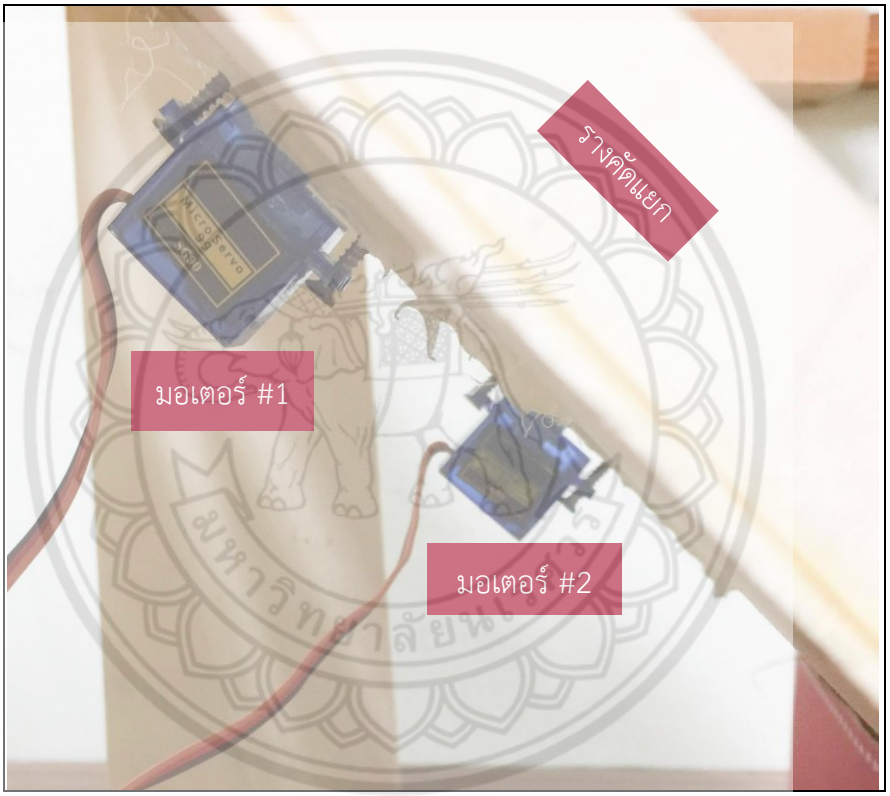
ในแบบจำลองของโครงงานนี้ใช้ตัวรับรู้แบบใช้แสงจำนวน 4 ตัว โดยตัวรับรู้ #1 ถูกติดตั้งที่ต้นทางของสายพานเพื่อตรวจจับวัตถุบนสายพาน ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ส่วนตัวรับรู้แบบใช้แสงที่เหลือถูกติดตั้งบริเวณปลายของสายพานโดยตัวรับรู้ #3 และ #4 ติดตั้งเรียงกันในแนวดิ่งเพื่อตรวจจับด้านสูงของวัตถุและตัวรับรู้ #2 ถูกติดตั้งเหนือสายพานโดยระยะห่างจากสายพานในแนวดิ่ง 12 เซนติเมตร และยื่นเข้ามาในสายพานโดยระยะห่างจากขอบด้านในของรางสายพาน 2 เซนติเมตร เพื่อตรวจจับด้านกว้างของวัตถุ แล้วส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลเป็นขนาด (ตามความสูงและความกว้าง) ของวัตถุ



รูปที่ 3.7 ตำแหน่งการติดตั้งตัวรับรู้แบบใช้แสง

3.5.2 การใช้มอเตอร์เซอร์โวควบคุมไม้กั้นราง

การเคลื่อนที่ของวัตถุลงในแต่ละรางในแบบจำลองถูกกำหนดด้วยไม้กั้นราง 2 แท่ง ซึ่งแต่ละแท่งถูกควบคุมด้วยมอเตอร์เซอร์โวจำนวน 1 ตัวที่ติดตั้งไว้ใต้รางดังรูปที่ 3.8 เมื่อต้องการให้วัตถุเคลื่อนที่ลงรางแรก ไม้กั้นรางทั้งสองจะต้องอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น นั่นคือ ไม่มีการหมุนของมอเตอร์เซอร์โวทั้งสอง ถ้าต้องการให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง M ระบบจะสั่งให้มอเตอร์ #1 หมุนไม้กั้นรางไปทางซ้ายเพื่อปิดรางแรกไว้ และในกรณีที่ต้องการให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในรางที่สาม ระบบจะสั่งให้มอเตอร์เซอร์โวทั้งสองหมุนไม้กั้นรางไปทางซ้ายเพื่อปิดรางแรกและรางที่ 2 ไว้



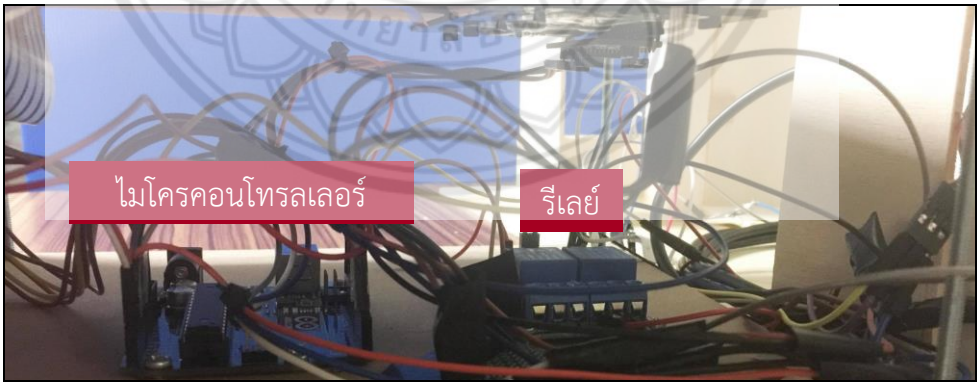
รูปที่ 3.8 ตำแหน่งการติดตั้งมอเตอร์เซอร์โวสำหรับหมุนไม้กั้นราง

3.5.3 ส่วนควบคุมและแสดงผล

ในแบบจำลองได้ติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ รีเลย์ จอแอลซีดี แป้นตัวเลข และหลอดแอลอีดีแบบอาร์จีบี 1 หลอดอยู่ที่กล่องควบคุม ในที่นี้เราได้ติดตั้งจอแอลซีดี แป้นตัวเลข และหลอดแอลอีดีไว้ด้านหน้าของกล่องควบคุมดังรูปที่ 3.9 เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน โดยใช้หลอดแอลอีดีแสดงสถานะการทำงานของระบบในรูปของแสง ในที่นี้สีของหลอดแอลอีดีจะเปลี่ยนตามสถานะการทำงานโดยกำหนดให้แสงสีเขียวแสดงสถานะกำลังทำงาน แสงสีแดงแสดงสถานะรอการตรวจจับวัตถุ

และแสงสีน้ำเงินแสดงสถานะเสร็จสิ้นการคัดเลือก และมีการติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์และรีเลย์ไว้ด้านในของกล่องควบคุมดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.9 ส่วนประกอบและการจัดวางตำแหน่งบนหน้ากล่องควบคุม



รูปที่ 3.10 ส่วนประกอบและการจัดวางตำแหน่งภายในกล่องควบคุม

สถานะเริ่มต้นการทำงานของระบบที่แสดงบนหน้าจอแอลซีดีเป็นขั้นตอนการเลือกแบบวิธีการทำงานดังรูปที่ 3.11

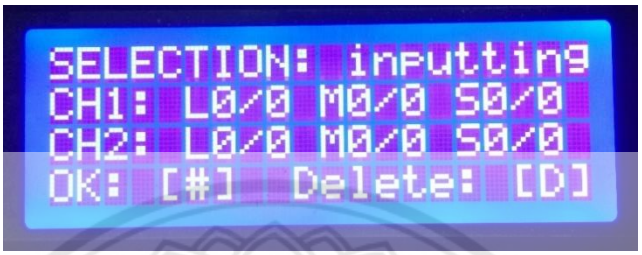
รูปที่ 3.11 หน้าจอสำหรับเลือกแบบวิธีการทำงาน

เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม A บนแป้นตัวเลข ระบบจะเข้าสู่แบบวิธีการคัดแยกโดยแสดงข้อความบนหน้าจอแอลซีดีดังรูปที่ 3.12 หลังจากเริ่มทำงานในแบบวิธีการคัดแยก จอแอลซีดีจะแสดงสถานะ “running” ซึ่งบ่งชี้ว่า ระบบกำลังทำงาน เมื่อตรวจพบวัตถุขนาดใหญ่ ตัวเลขจำนวนในบรรทัด “Large box (L)” จะเพิ่มขึ้น 1 ถ้าตรวจพบวัตถุขนาดกลาง ตัวเลขจำนวนในบรรทัด “Medium box (M)” จะเพิ่มขึ้น 1 และหากตรวจพบวัตถุขนาดเล็ก ตัวเลขจำนวนในบรรทัด “Small box (S)” จะเพิ่มขึ้น 1 ในกรณีที่ตรวจไม่พบวัตถุบนสายพานภายในระยะเวลาประมาณ 6 วินาที จอแอลซีดีจะแสดงสถานะ “waiting” ดังรูปที่ 3.13 เมื่อตรวจพบวัตถุบนสายพานอีกครั้ง ระบบจะเริ่มการคัดแยกต่อจากเดิม โดยสายพานจะลำเลียงวัตถุ และจอแอลซีดีจะแสดงสถานะ “running” ดังเดิม หากผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนแบบวิธีการทำงาน ก็สามารถกดปุ่ม * เพื่อกลับไปยังหน้าจอเริ่มต้น

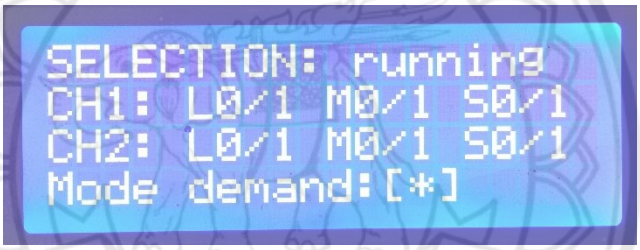
รูปที่ 3.12 หน้าจอแสดงสถานะกำลังทำงานในแบบวิธีการคัดแยก

รูปที่ 3.13 หน้าจอแสดงสถานะกำลังรอการตรวจจับวัตถุในแบบวิธีการคัดแยก

หากผู้ใช้กดปุ่ม B บนแป้นตัวเลขในขั้นตอนการเลือกแบบวิธีการทำงาน ระบบจะเข้าสู่การทำงานในแบบวิธีการคัดเลือกโดยปรากฏข้อความบนหน้าจอแอลซีดีดังรูปที่ 3.14 ซึ่งแสดงสถานะ “inputting” ให้ผู้ใช้ป้อนตัวเลขจำนวนวัตถุแต่ละขนาดที่ต้องการแล้วกดปุ่ม # เพื่อยืนยัน หรือกดปุ่ม D เพื่อแก้ไขตัวเลขที่ป้อน หลังจากที่ผู้ใช้ระบุจำนวนที่ต้องการจนครบ เช่น ป้อนจำนวนวัตถุแต่ละขนาดของราง Ch1 และ Ch2 เป็น 1 แล้วจะปรากฏข้อความแสดงสถานะ “running” ดังรูปที่ 3.15



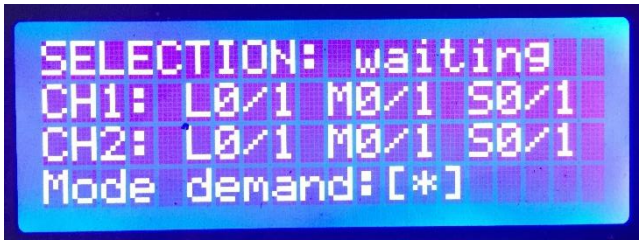
รูปที่ 3.14 หน้าจอแสดงสถานะรอป้อนค่าในแบบวิธีการคัดเลือก



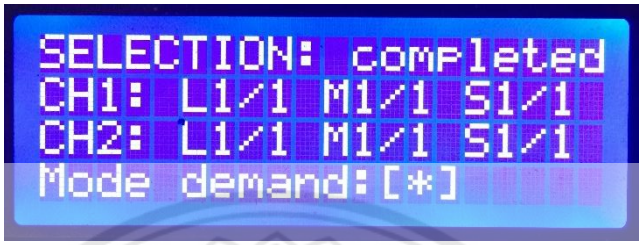
รูปที่ 3.15 หน้าจอแสดงสถานะกำลังทำงานในแบบวิธีการคัดเลือก

ในกรณีที่ตรวจไม่พบวัตถุบนสายพานเป็นระยะเวลาประมาณ 6 วินาที สายพานจะหยุดทำงาน และปรากฏข้อความแสดงสถานะ “waiting” ดังรูปที่ 3.16 เมื่อตรวจพบวัตถุบนสายพานอีกครั้ง ระบบจะเริ่มการคัดเลือกต่อจากที่ทำค้างไว้ โดยสายพานจะลำเลียงวัตถุ และจอแอลซีดีจะแสดงสถานะ “running” ดังเดิม หลังจากคัดเลือกวัตถุได้ครบตามจำนวนที่ผู้ใช้ต้องการ สายพานจะหยุดการทำงาน และจอแอลซีดีแสดงสถานะ “completed” ดังรูปที่ 3.17 หากผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนแบบวิธีการทำงาน ก็สามารถกดปุ่ม * เพื่อกลับไปยังหน้าจอเริ่มต้น

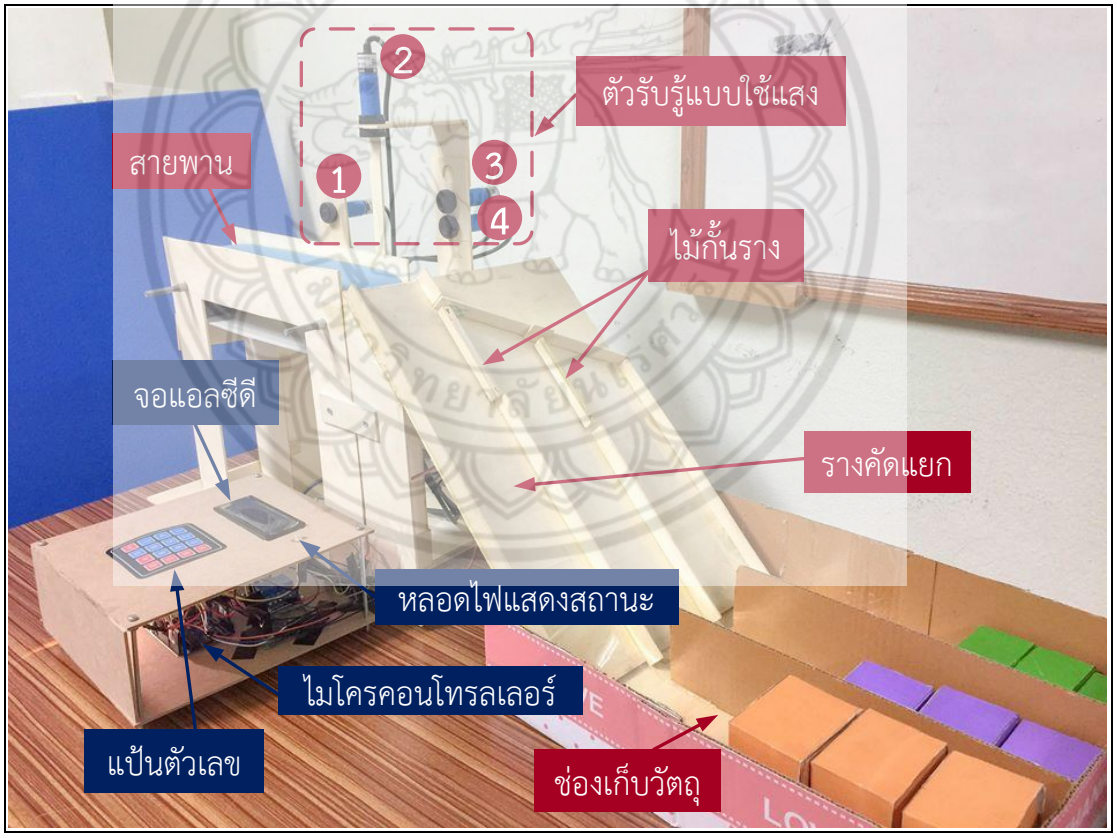
ในแบบจำลองระบบคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้างในโครงงานนี้แสดงดังรูปที่ 3.18 ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนที่ใช้ในการลำเลียงวัตถุ (สายพานและมอเตอร์ขับสายพาน) ส่วนการคัดแยกวัตถุ (ตัวรับรู้ 4 ตัวและมอเตอร์เซอร์โวควบคุมไม้กั้นราง) และกล่องควบคุม (จอแอลซีดี รีเลย์ แป้นตัวเลข หลอดแอลอีดีแสดงสถานะการทำงาน และไมโครคอนโทรลเลอร์) โดยคุณลักษณะของแบบจำลองนี้เปรียบเทียบกับแบบจำลองในปีการศึกษา 2559 สรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.16 หน้าจอแสดงสถานะกำลังรอการตรวจจับวัตถุในแบบวิธีการคัดเลือก



รูปที่ 3.17 หน้าจอแสดงสถานะเสร็จสิ้นการคัดเลือก



รูปที่ 3.18 แบบจำลองการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้าง

ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของแบบจำลอง

ปีการศึกษา 2559	ปีการศึกษา 2560
- ควบคุมการทำงานด้วยพีแอลซีขนาดเล็กซึ่งมีจำนวนพอร์ตจำกัดและมีราคาค่อนข้างแพง	- ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีจำนวนพอร์ตมากกว่าในราคาที่ถูกกว่า
- ใช้สวิตช์ทางเลือกสำหรับกำหนดแบบวิธีการทำงาน และใช้สวิตช์ปุ่มกดเพื่อกำหนดจำนวนวัตถุที่ต้องการ	- ใช้แป้นตัวเลขเพื่อเลือกแบบวิธีการทำงานและระบุจำนวนวัตถุที่ต้องการ
- ในแบบวิธีการคัดแยก กำหนดใช้รางแรกเก็บวัตถุขนาดเล็ก รางที่สองเก็บวัตถุขนาดกลางและรางที่สามเก็บวัตถุขนาดใหญ่	- ในแบบวิธีการคัดแยก กำหนดใช้รางแรกเก็บวัตถุขนาดใหญ่ รางที่สองเก็บวัตถุขนาดกลางและรางที่สามเก็บวัตถุขนาดเล็ก
- ควบคุมไม้กั้นรางด้วยมอเตอร์กระแสตรงซึ่งใช้การจับเวลาเพื่อการกำหนดตำแหน่งของการหมุน จึงมีความคลาดเคลื่อนสูง	- ควบคุมไม้กั้นรางด้วยมอเตอร์เซอร์โวโดยกำหนดองศาของการหมุนจึงเพิ่มความแม่นยำของการกำหนดตำแหน่งของไม้กั้นราง
- ใช้ส่วนแสดงผลแบบ 7 ส่วนแสดงจำนวนวัตถุ - แสดงเลขจำนวนวัตถุได้สูงสุดคือ 999	- ใช้จอแอลซีดีร่วมเป็นส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ในการรับค่า และแสดงเลขจำนวนวัตถุในแต่ละแบบวิธีการทำงาน รวมทั้งแสดงข้อความสถานะการทำงาน - สามารถแสดงเลขจำนวนวัตถุได้มากตามที่ผู้ใช้ต้องการ (ขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรม)
- ติดตั้งตัวรับรู้แบบใช้แสง 3 ตัวเรียงซ้อนกันในแนวดิ่งที่บริเวณปลายสายพานเพื่อคัดแยกวัตถุตามความสูง	- ติดตั้งตัวรับรู้แบบใช้แสง 3 ตัวที่บริเวณปลายสายพาน โดยติดตั้ง 2 ตัวเรียงซ้อนกันในแนวดิ่งเพื่อตรวจจับด้านสูงของวัตถุ และอีก 1 ตัวในแนวดิ่งลงเหนือสายพานเพื่อตรวจจับด้านกว้าง
- ไม่มีการตรวจจับวัตถุบนสายพานเพื่อให้ระบบเริ่มทำงานอย่างอัตโนมัติ	ติดตั้งตัวรับรู้แบบใช้แสง 1 ตัวที่ต้นสายพานสำหรับตรวจจับวัตถุบนสายพานเพื่อให้ระบบเริ่มทำงานหรือกลับมาทำงานอย่างอัตโนมัติ
- ไม่มีการแจ้งเตือนสถานะการทำงาน	- ใช้หลอดแอลอีดีแบบอาร์จีบีแสดงสถานะการทำงานร่วมกับข้อความบนหน้าจอแอลซีดี

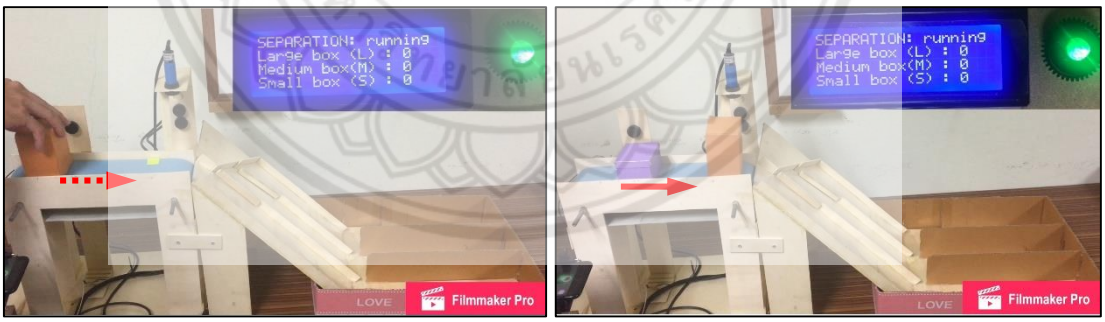
บทที่ 4

ผลการทดสอบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบการทำงานของแบบจำลองในแบบวิธีการคัดแยกและแบบวิธีการคัดเลือกวัตถุตามความสูงและความกว้างโดยผู้ใช้กดแป้นตัวเลขเลือกแบบวิธีการทำงานไปที่ปุ่ม A เพื่อเข้าสู่แบบวิธีการคัดแยกหรือกดไปที่ปุ่ม B เพื่อเข้าสู่แบบวิธีการคัดเลือกการทดสอบเบื้องต้นแสดงเห็นว่าวัตถุทดสอบแต่ละชิ้นบนสายพานในแบบจำลองควรมีระยะห่างกันไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตรและวางชิดขอบรางด้านนอกเพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของตัวรับรู้และไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงาน

4.1 การทดสอบการทำงานในแบบวิธีการคัดแยก

เมื่อกดปุ่ม A เพื่อเข้าสู่แบบวิธีการคัดแยก เมื่อมีวัตถุเคลื่อนผ่านตัวรับรู้ #1 หลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีเขียวซึ่งแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่าระบบกำลังทำงานดังรูปที่ 4.1(ก) ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้รีเลย์ต่อวงจรของมอเตอร์ขับสายพานเพื่อลำเลียงวัตถุมายังตำแหน่งที่ติดตั้งตัวรับรู้อีกสามตัวที่เหลือซึ่งส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตีความเป็นขนาดของวัตถุดังรูปที่ 4.1(ข)

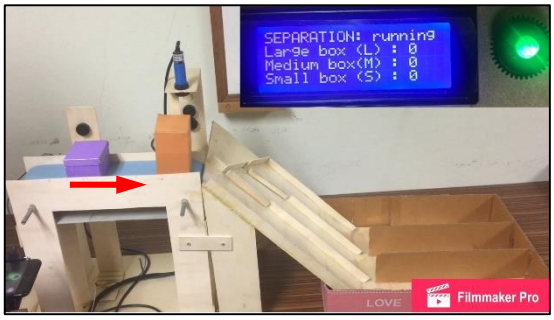


(ก) สายพานเริ่มเคลื่อนที่ (ข) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน

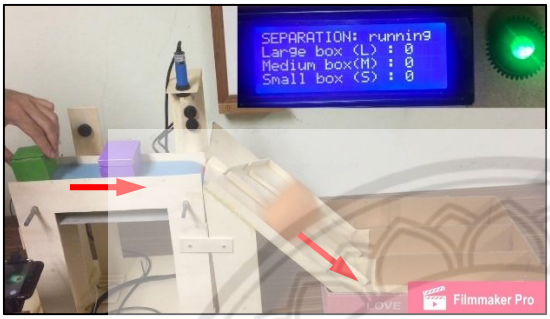
รูปที่ 4.1 การเริ่มทำงานอย่างอัตโนมัติเมื่อตรวจพบวัตถุบนสายพาน

ถ้าตรวจพบวัตถุบนสายพานดังรูปที่ 4.2 (ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดใหญ่ดังรูปที่ 4.2(ข) วัตถุจะเคลื่อนที่ลงในราง L ดังรูปที่ 4.2(ค) จากนั้น เลขจำนวนวัตถุขนาดใหญ่บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.2(ง)

(ก) สายพานเริ่มเคลื่อนที่



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



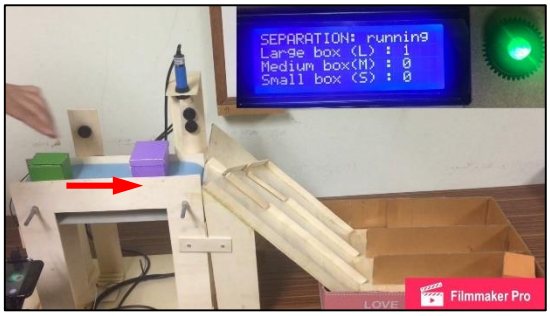
(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง L

(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

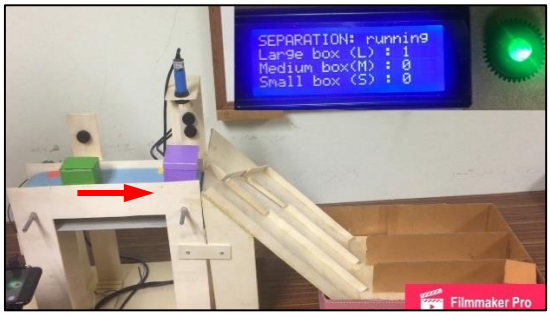
รูปที่ 4.2 การคัดแยกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง L

เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.3(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดกลางดังรูปที่ 4.3(ข) มอเตอร์ #1 หมุนไม้กั้นมาปิดราง L จากนั้นวัตถุลงในราง M ดังรูปที่ 4.3(ค) มอเตอร์ #1 หมุนไม้กั้นรางกลับไปยังตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดกลางบนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.3(ก)

จากนั้นมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.4(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดเล็กดังรูปที่ 4.4(ข) มอเตอร์ #1 และ #2 หมุนไม้กั้นมาปิดราง L และราง M ตามลำดับจากนั้นวัตถุลงในราง S ดังรูปที่ 4.4(ค) มอเตอร์ #1 และ #2 จะหมุนไม้กั้นรางกลับไปยังตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดเล็กบนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.4(ง)

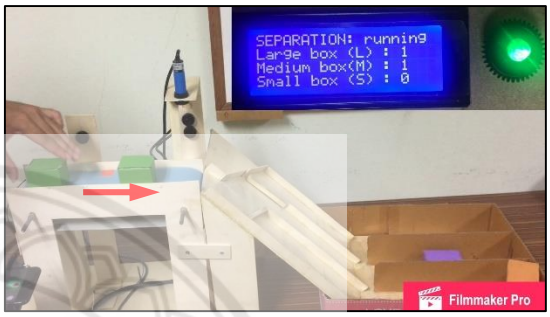


(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



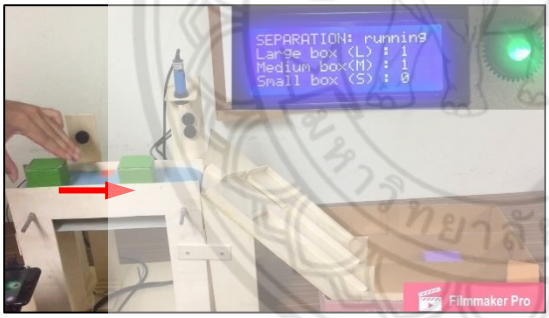
(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง M

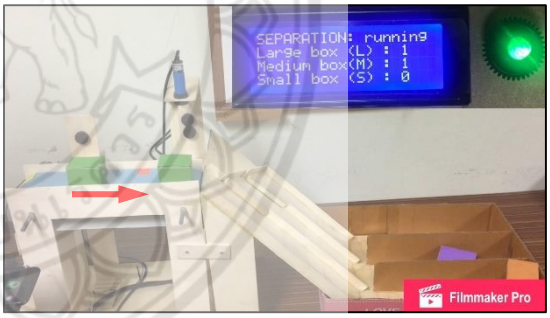


(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

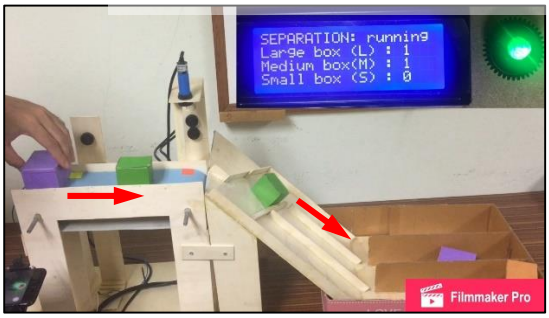
รูปที่ 4.3 การคัดแยกวัตถุขนาดกลางลงในราง M



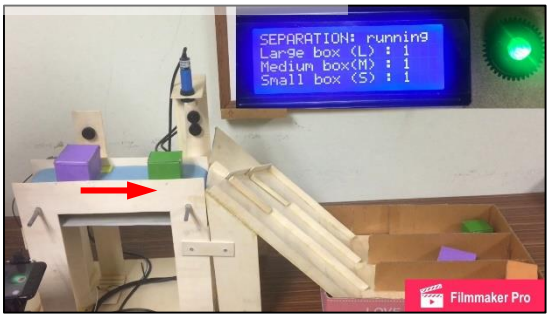
(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง S



(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

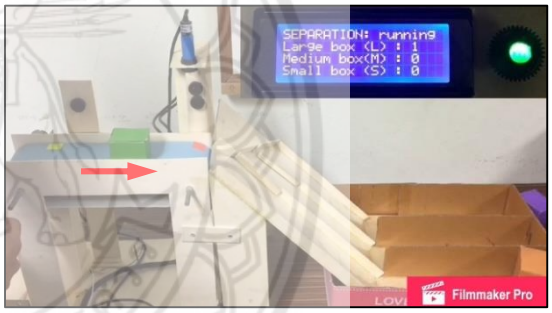
รูปที่ 4.4 การคัดแยกวัตถุขนาดเล็กลงในราง S

ในขณะที่กำลังทำงานในแบบวิธีการคัดแยกดังรูปที่ 4.5(ก) ถ้าตรวจไม่พบวัตถุบนสายพานเป็นระยะเวลาประมาณ 6 วินาที ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้มอเตอร์ขับสายพานหยุดหมุนและหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีแดงเพื่อแสดงว่าตรวจไม่พบวัตถุดังรูปที่ 4.5(ข) จนกว่าจะมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านตัวรับรู้ #1 อีกครั้งดังรูปที่ 4.5(ค) และหลังจากที่ตัวรับรู้ #1 ตรวจพบวัตถุชิ้นถัดไปสายพานจึงเริ่มทำงานอีกครั้ง หลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีเขียวซึ่งแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่าระบบกำลังทำงานดังรูปที่ 4.5(ง)

(ก) ระบบกำลังทำงานในแบบวิธีการคัดแยก

(ข) ตรวจไม่พบวัตถุบนสายพานนาน 6 วินาที

(ค) วัตถุกำลังจะเคลื่อนผ่านตัวรับรู้ #1

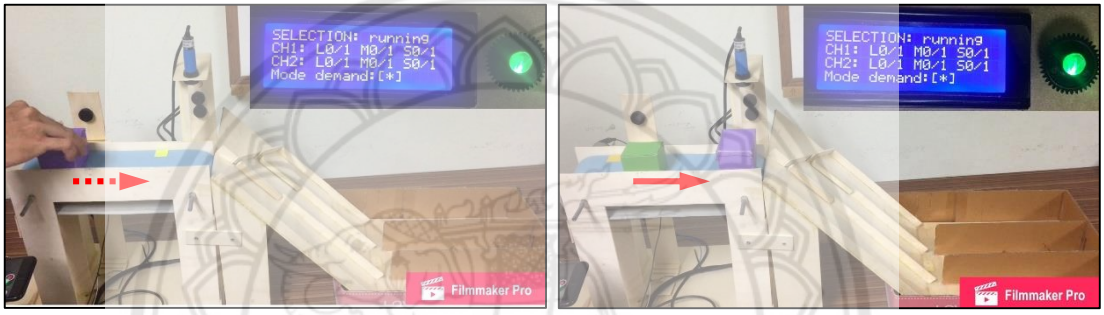


(ง) สายพานหมุนอีกครั้ง

รูปที่ 4.5 การหยุดหลังจากไม่ตรวจพบวัตถุและการเริ่มทำงานอีกครั้งของสายพาน

4.2 การทดสอบการทำงานในแบบวิธีการคัดเลือก

ผู้ใช้กดปุ่ม B เพื่อเข้าสู่แบบวิธีคัดเลือก หน้าจอแอลซีดีแสดงสถานะรอป้อนค่าในแบบวิธีการคัดเลือก เมื่อผู้ใช้ระบุจำนวนวัตถุในแต่ละขนาดที่ต้องการในราง Ch1 และ Ch2 ครบแล้วระบบจะเริ่มการคัดเลือก และหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีเขียวซึ่งแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่าระบบกำลังทำงาน เมื่อมีวัตถุเคลื่อนผ่านตัวรับรู้ที่ #1 ดังรูปที่ 4.6(ก) สายพานจะเริ่มลำเลียงวัตถุไปตรวจวัดขนาดดังรูปที่ 4.6(ข) ทั้งนี้วัตถุที่มีขนาดตรงกับเงื่อนไขของทั้งราง Ch1 และ Ch2 จะถูกคัดเลือกให้เคลื่อนที่ลงในราง Ch1 จนครบก่อนเสมอ ส่วนวัตถุที่ไม่ตรงกับเงื่อนไขของทั้งสองรางจะถูกคัดเลือกให้ลงในราง Spare และหลังจากคัดเลือกวัตถุจนครบตามเงื่อนไขของทั้งราง Ch1 และ Ch2 แล้วสายพานจะหยุดเคลื่อนที่



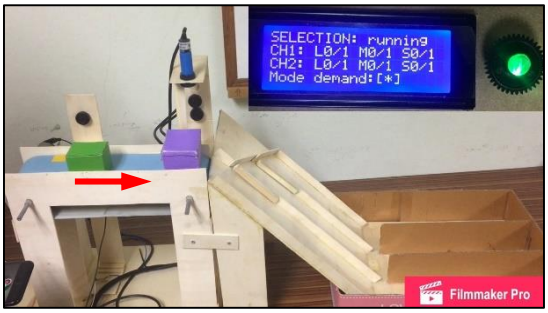
(ก) สายพานเริ่มเคลื่อนที่ (ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

รูปที่ 4.6 การเริ่มทำงานอย่างอัตโนมัติเมื่อตรวจพบวัตถุบนสายพาน

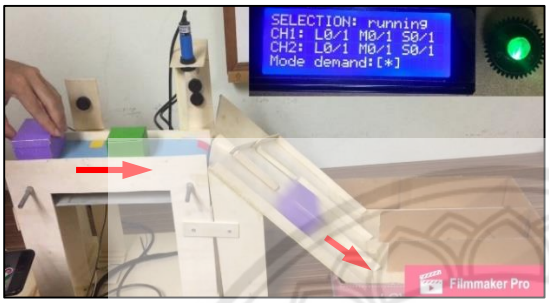
4.2.1 การคัดเลือกวัตถุแต่ละขนาด

ในเบื้องต้นได้ทำการทดสอบการทำงานเพื่อคัดเลือกวัตถุแต่ละขนาดโดยเริ่มจากการระบุจำนวนวัตถุแต่ละขนาดที่ต้องการในราง Ch1 และ Ch2 ผ่านทางแป้นตัวเลข ในที่นี้ได้กำหนดจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็กของทั้งราง Ch1 และ Ch2 เท่ากับ 1 หลังจากผู้ใช้ระบุจำนวนวัตถุครบแล้วระบบจะเริ่มการคัดเลือก และหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีเขียวซึ่งแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่าระบบกำลังทำงาน เมื่อตรวจพบวัตถุบนสายพานดังรูปที่ 4.7 (ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่าวัตถุมีขนาดกลางดังรูปที่ 4.7(ข) ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของทั้งสองราง ดังนั้น ระบบจึงคัดเลือกให้ลงในราง Ch1 ก่อนดังรูปที่ 4 7(ค) และเลขจำนวนวัตถุขนาดกลางในราง Ch1 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.7(ง)

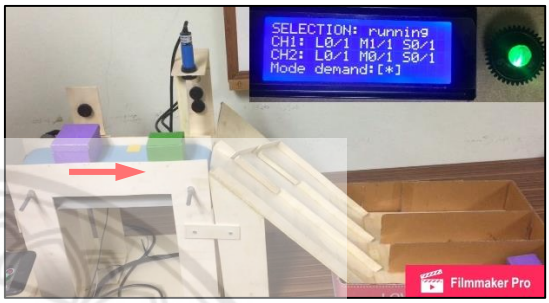
(ก) สายพานเริ่มเคลื่อนที่



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch1

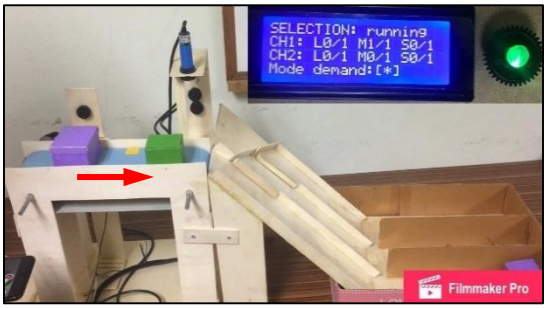


(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

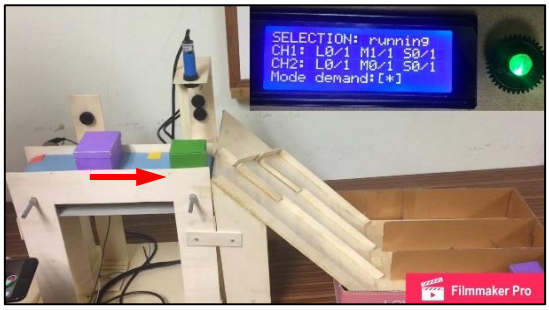
รูปที่ 4.7 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Ch1

เนื่องจากมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.8(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดเล็กดังรูปที่ 4.8(ข) ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของทั้งสองราง ระบบจึงคัดเลือกให้ลงราง Ch1 ดังรูปที่ 4.8(ค) และเลขจำนวนวัตถุขนาดเล็กในราง Ch1 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.8(ง)

จากนั้นมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.9(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดกลางดังรูปที่ 4.9(ข) แต่เนื่องจากในราง Ch1 มีจำนวนวัตถุขนาดกลางครบตามที่ต้องการแล้ว จึงถือว่าวัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 อย่างไรก็ตาม วัตถุชิ้นนี้สอดคล้องกับเงื่อนไขของราง Ch2 มอเตอร์ #1 จึงหมุนไม้กั้นปิดราง Ch1 เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 ดังรูปที่ 4.9(ค) จากนั้นไม้กั้นรางจึงถูกหมุนกลับไปตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดกลางในราง Ch2 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.9(ง)

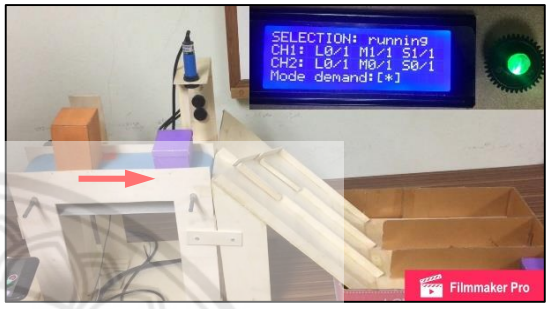


(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



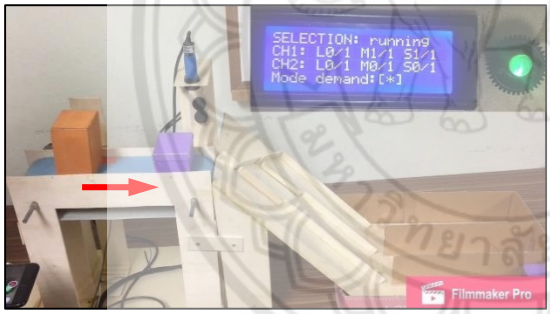
(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch1

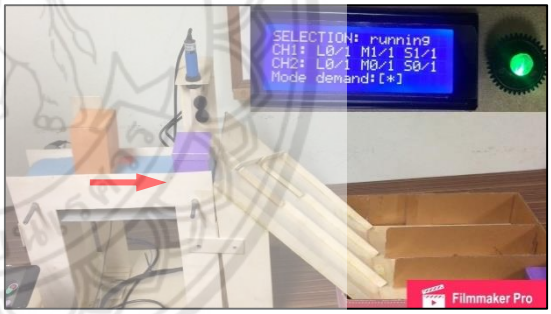


(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

รูปที่ 4.8 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch1



(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

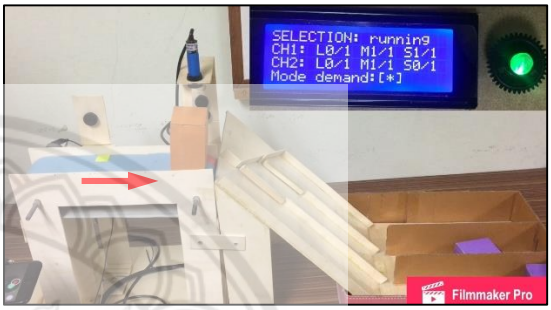
(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2

(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

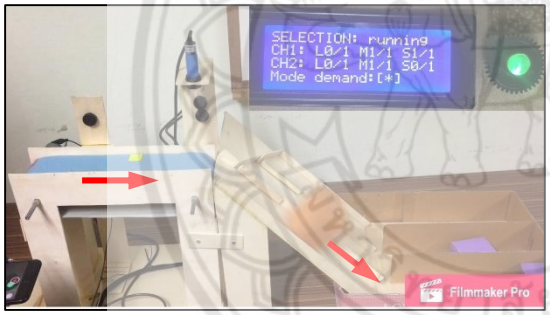
รูปที่ 4.9 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Ch2

เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.10(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดใหญ่ดังรูปที่ 4.10(ข) ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch1 ดังรูปที่ 4.10(ค) และทำให้เลขจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ในราง Ch1 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.10(ง) หลังจากที่ระบบตรวจไม่พบวัตถุบนสายพานเป็นระยะเวลา 6 วินาที ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์ขับสายพานหยุดหมุนและหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีแดงเพื่อแสดงว่าตรวจไม่พบวัตถุดังรูปที่ 4.11 จนกว่าจะมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านตัวรับรู้ #1 อีกครั้ง

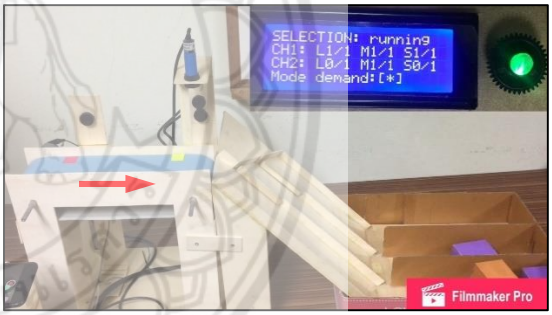
(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch1

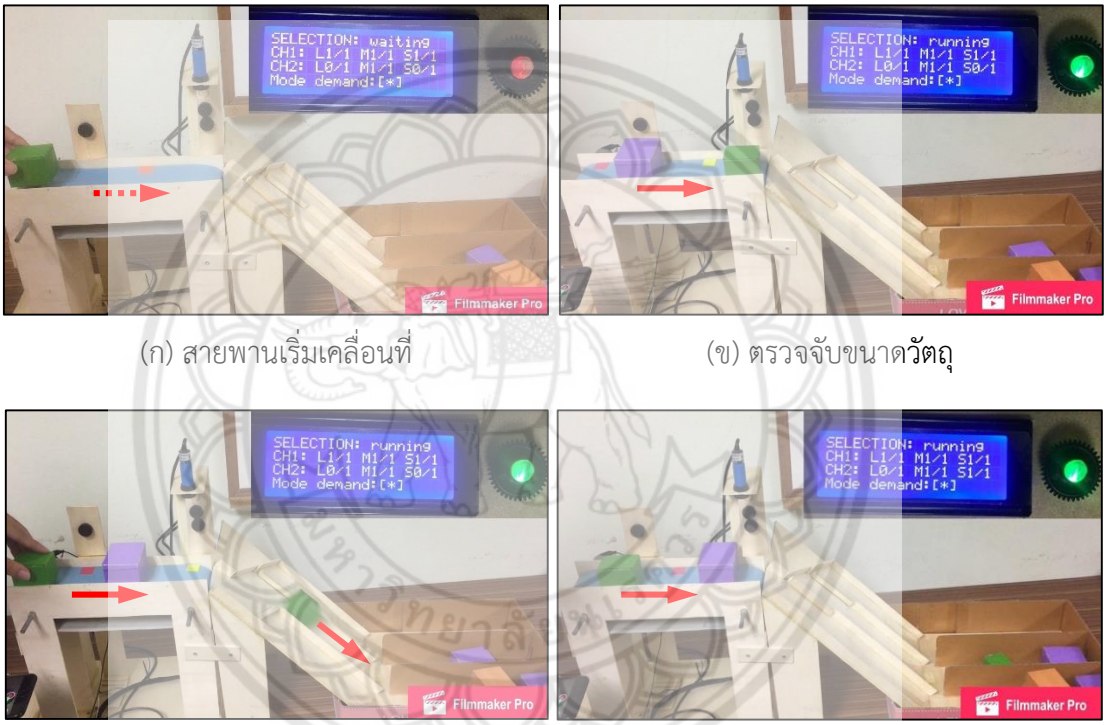


(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

รูปที่ 4.10 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch1

รูปที่ 4.11 การตรวจไม่พบวัตถุในขณะที่จำนวนวัตถุยังไม่ครบตามเงื่อนไข

หลังจากที่ตัวรับรู้ #1 ตรวจพบวัตถุชิ้นถัดไปสายพานจึงเริ่มทำงานอีกครั้ง หลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีเขียวซึ่งแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่าระบบกำลังทำงานดังรูปที่ 4.12(ก) เมื่อตรวจวัดแล้วพบว่า วัตถุมีขนาดเล็กดังรูปที่ 4.12(ข) ซึ่งไม่ตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 เพราะมีจำนวนวัตถุขนาดเล็กครบตามที่ต้องการแล้วแต่วัตถุชิ้นนี้ยังสอดคล้องกับเงื่อนไขของราง Ch2 มอเตอร์ #1 จึงหมุนไม้กั้นมาปิดราง Ch1 วัตถุจึงเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 ดังรูปที่ 4.12(ค) จากนั้นไม้กั้นรางจึงถูกหมุนกลับไปตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดเล็กในราง Ch2 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.12(ง)

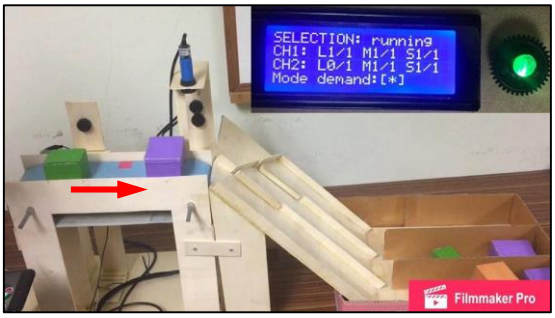


(ก) สายพานเริ่มเคลื่อนที่ (ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

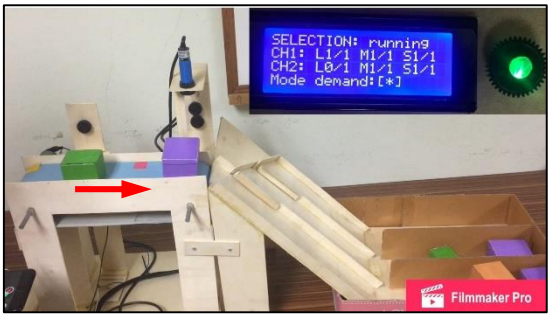
(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 (ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

รูปที่ 4.12 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch2

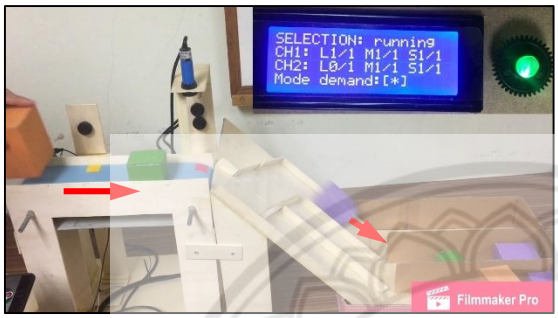
เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.13(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดกลางดังรูปที่ 4.13(ข) ซึ่งไม่ตรงกับเงื่อนไขทั้งสองเพราะมีจำนวนวัตถุขนาดกลางครบตามที่ผู้ใช้ต้องการแล้ว มอเตอร์ #1 และ #2 จึงหมุนไม้กั้นมาปิดราง Ch1 และ Ch2 ตามลำดับดังรูปที่ 4.13(ค) เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare ดังรูปที่ 4.13(ง) จากนั้นมอเตอร์ #1และ #2 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม



(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



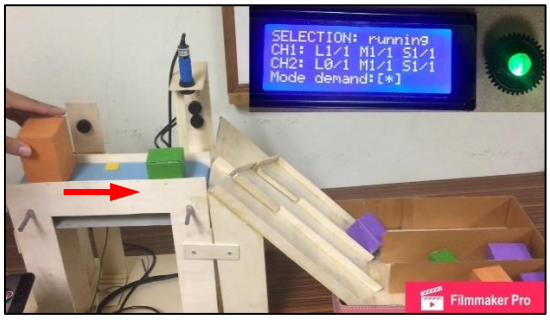
(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare

(ง) วัตถุถูกจัดเก็บในช่อง Spare

รูปที่ 4.13 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Spare

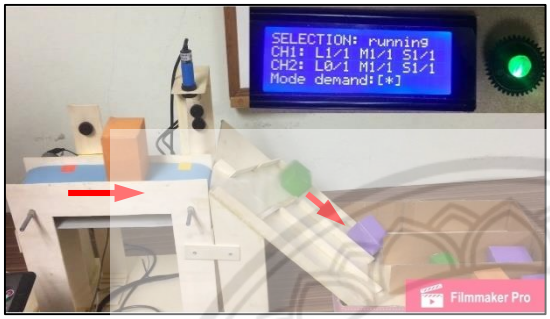
เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.14(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดเล็กดังรูปที่ 4.14(ข) ซึ่งไม่ตรงกับเงื่อนไขของทั้งสองเพราะมีจำนวนวัตถุขนาดเล็กครบตามที่ผู้ใช้ต้องการแล้ว มอเตอร์ #1 และ #2 จึงหมุนไม้กั้นมาปิดราง Ch1 และ Ch2 ตามลำดับดังรูปที่ 4.14(ค) เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare ดังรูปที่ 4.14(ง) จากนั้นมอเตอร์ #1 และ #2 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม

จากนั้นมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.15(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดใหญ่ดังรูปที่ 4.15(ข) แต่เนื่องจากในราง Ch1 มีจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ครบตามที่ต้องการแล้วจึงถือว่าวัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 อย่างไรก็ตาม วัตถุชิ้นนี้สอดคล้องกับเงื่อนไขของ Ch2 มอเตอร์จึงหมุนไม้กั้นปิดราง Ch1 เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 ดังรูปที่ 4.15(ค) จากนั้นมอเตอร์ #1 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ในราง Ch2 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง หลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีน้ำเงินเพื่อแสดงว่าเสร็จสิ้นการคัดเลือกดังรูปที่ 4.15(ง)

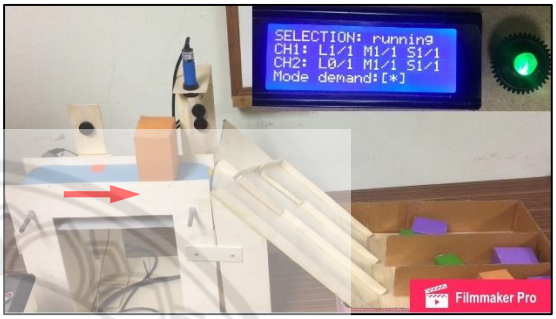


(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน

(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

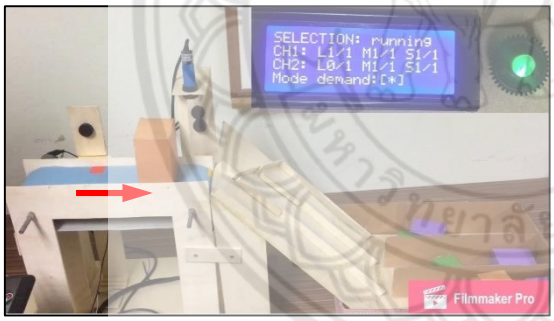


(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare

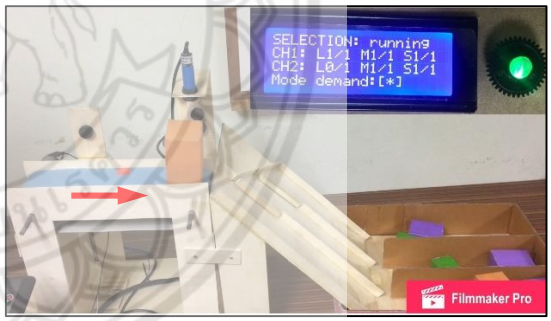


(ง) วัตถุถูกจัดเก็บในช่อง Spare

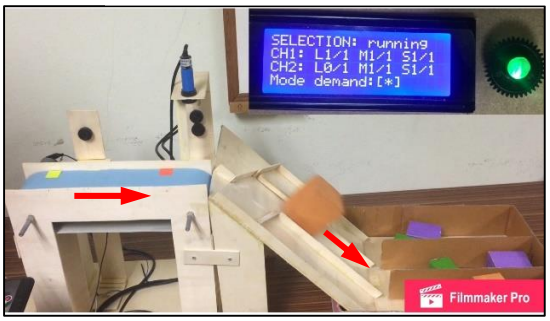
รูปที่ 4.14 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Spare



(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



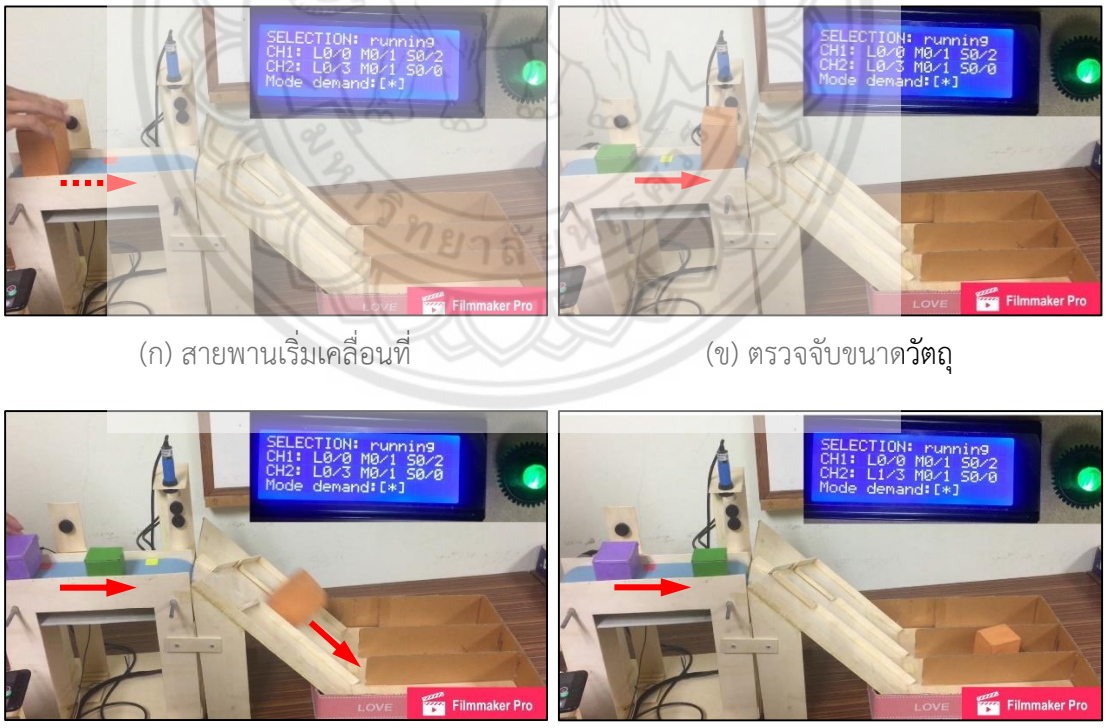
(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2

(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

รูปที่ 4.15 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch2

4.2.2 กรณีที่ไม่ระบุจำนวนวัตถุบางขนาดทั้งในราง Ch1 และ Ch2 ซึ่งเป็นคนละขนาด

ในความเป็นจริงกรณีนี้อาจเกิดขึ้นเมื่อที่ลูกค้าไม่ต้องการสินค้าบางขนาด การทดสอบนี้จึงแทนความต้องการของลูกค้าคนแรกและคนที่สองด้วยจำนวนวัตถุแต่ละขนาดที่กำหนดสำหรับราง Ch1 และ Ch2 ตามลำดับ โดยสมมติให้สินค้าที่ทั้งสองคนไม่ต้องการนั้นเป็นคนละขนาด เช่น คนแรกไม่ต้องการสินค้าขนาดใหญ่ และคนที่สองไม่ต้องการสินค้าขนาดเล็ก ในการทดสอบกับแบบจำลองจึงระบุจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็กที่ต้องการในราง Ch1 และ Ch2 เท่ากับ 0, 1, 2 และ 3, 1, 0 ตามลำดับ หลังจากผู้ใช้ระบุจำนวนวัตถุครบแล้วระบบจะเริ่มการคัดเลือกและหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีเขียวซึ่งแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่าระบบกำลังทำงาน เมื่อตรวจพบวัตถุบนสายพานดังรูปที่ 4.16(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดใหญ่ดังรูปที่ 4.16(ข) ซึ่งไม่ตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 อย่างไรก็ตามวัตถุชิ้นนี้สอดคล้องกับเงื่อนไขของราง Ch2 ดังนั้น มอเตอร์เซอร์โวจึงหมุนไม้กั้นปิดราง Ch1 เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 ดังรูปที่4.16(ค) จากนั้นมอเตอร์เซอร์โวตัว 1 หมุนไม้กั้นรางกลับตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ในราง Ch2 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.16(ง)

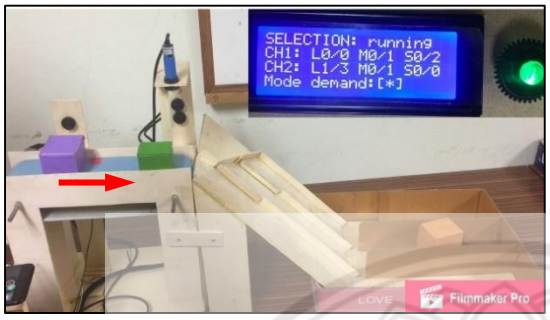


(ก) สายพานเริ่มเคลื่อนที่ (ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 (ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

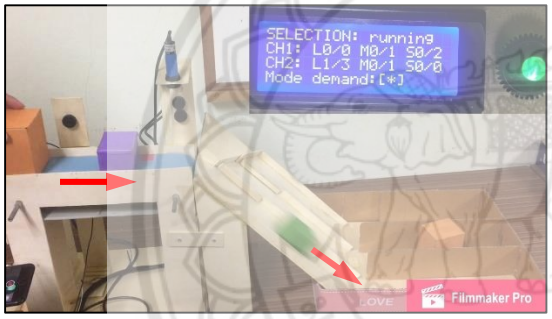
รูปที่ 4.16 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch2

เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.17(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดเล็กดังรูปที่ 4.17(ข) ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 วัตถุจึงเคลื่อนที่ลงในราง Ch1 ดังรูปที่ 4.17(ค) และเลขจำนวนวัตถุขนาดเล็กของ Ch1 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.17(ง)

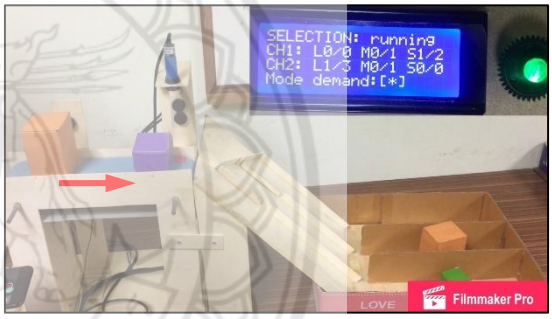


(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน

(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch1



(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

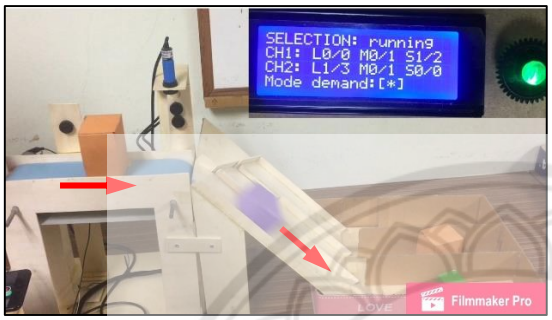
รูปที่ 4.17 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch1

จากนั้นมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.18(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดกลางดังรูปที่ 4.18(ข) ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของรางทั้งสอง ระบบจึงคัดเลือกให้ลงในราง Ch1 ดังรูปที่ 4.18(ค) และเลขจำนวนวัตถุขนาดกลางของ Ch1 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.18(ง)

เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.19(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดใหญ่ดังรูปที่ 4.19(ข) แต่เนื่องจากวัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 อย่างไรก็ตาม วัตถุชิ้นนี้สอดคล้องกับเงื่อนไขของราง Ch2 มอเตอร์ #1 จึงหมุนไม้กั้นปิดราง Ch1 เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 ดังรูปที่ 4.19(ค) จากนั้นมอเตอร์ #1 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ของ Ch2 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.19(ง)

(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน

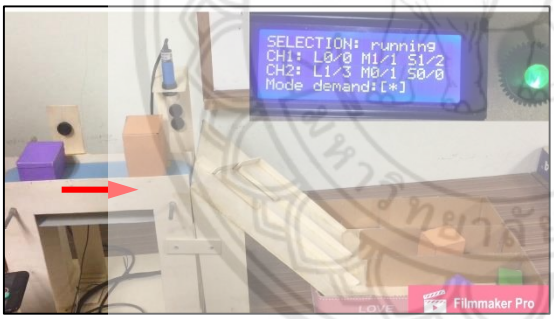
(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



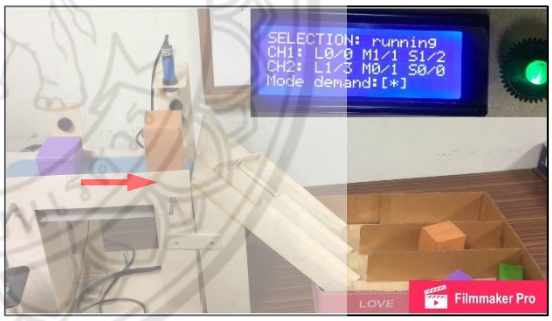
(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch1

(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

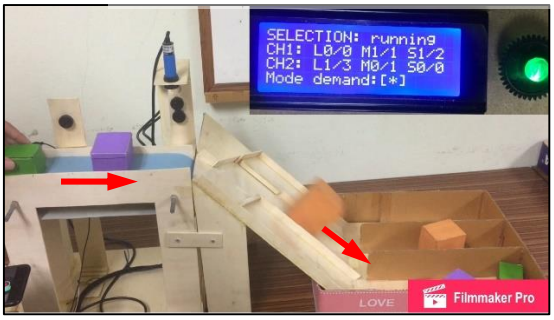
รูปที่ 4.18 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Ch1



(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2

(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

รูปที่ 4.19 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch2

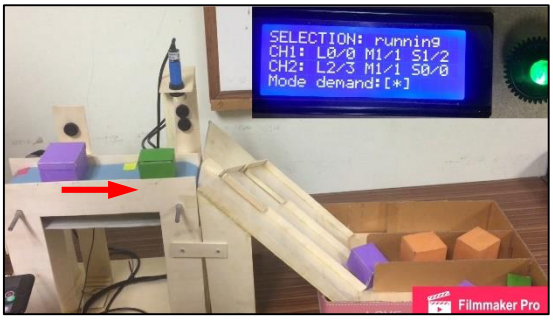
จากนั้นมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.20(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดกลางดังรูปที่ 4.20(ข) แต่เนื่องจากในราง Ch1 มีจำนวนวัตถุขนาดกลางครบตามที่ต้องการแล้ว จึงถือว่าวัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 อย่างไรก็ตาม วัตถุชิ้นนี้สอดคล้องกับเงื่อนไขของราง Ch2 ดังนั้น มอเตอร์ #1 จึงหมุนไม้กั้นปิดราง Ch1 เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 ดังรูปที่ 4.20(ค) จากนั้นมอเตอร์ #1 จึงหมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดกลางของ Ch2 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.20(ง)

(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน (ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

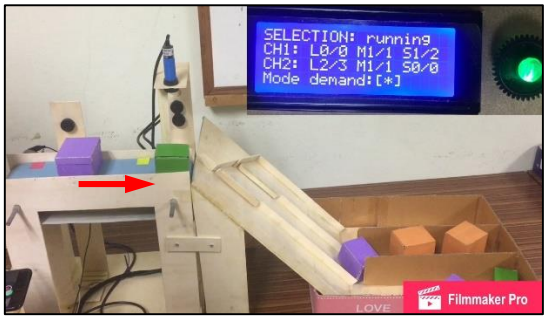
(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 (ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

รูปที่ 4.20 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Ch2

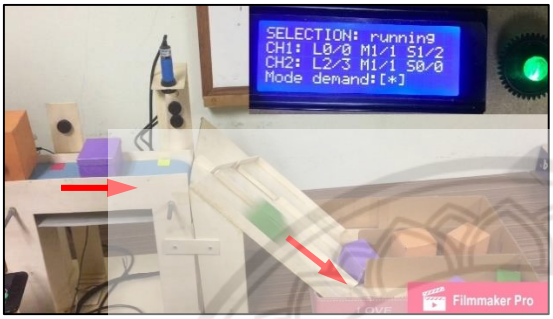
เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.21(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดเล็กดังรูปที่ 4.21(ข) ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 วัตถุจึงเคลื่อนที่ลงในราง Ch1 ดังรูปที่ 4.21(ค) จากนั้นเลขจำนวนวัตถุขนาดเล็กของ Ch1 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.21(ง)



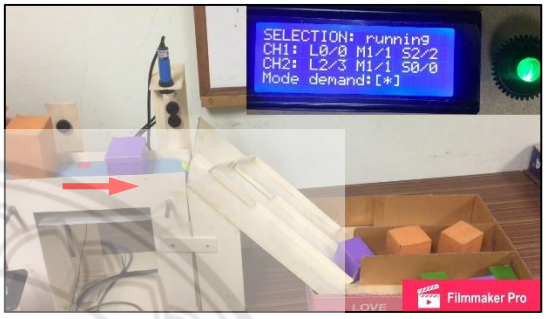
(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch1

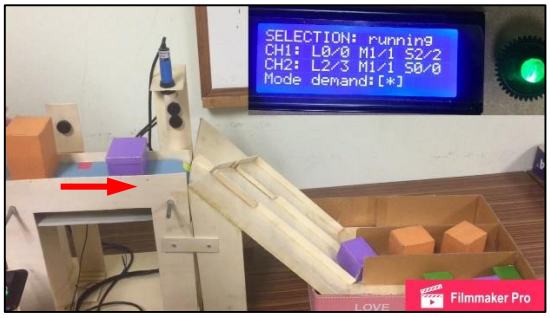


(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

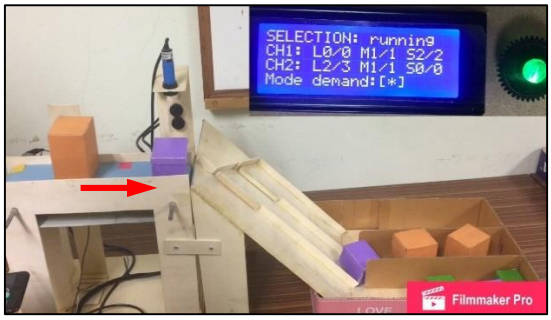
รูปที่ 4.21 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch1

จากนั้นมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.22(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดกลางดังรูปที่ 4.22(ข) ซึ่งไม่ตรงกับเงื่อนไขของรางทั้งสองเพราะมีจำนวนวัตถุขนาดกลางครบตามที่ผู้ใช้ต้องการแล้วมอเตอร์ #1 และ #2 จึงหมุนไม้กั้นมาปิดราง Ch1 และ Ch2 ตามลำดับดังรูปที่ 4.22(ค) เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare ดังรูปที่ 4.22(ง) จากนั้นมอเตอร์ #1 และ #2 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม

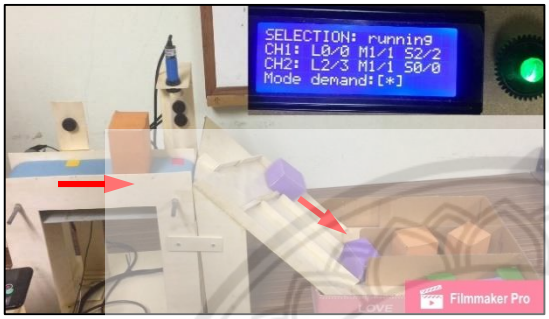
เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.23(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดใหญ่ดังรูปที่ 4.23(ข) แต่เนื่องจากวัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 อย่างไรก็ตาม วัตถุชิ้นนี้สอดคล้องกับเงื่อนไขของราง Ch2 มอเตอร์จึงหมุนไม้กั้นปิดราง Ch1 เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 ดังรูปที่ 4.23(ค) แล้วมอเตอร์ #1 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ของ Ch2 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง หลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีน้ำเงินเพื่อแสดงว่าเสร็จสิ้นการคัดเลือกดังรูปที่ 4.23(ง)



(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



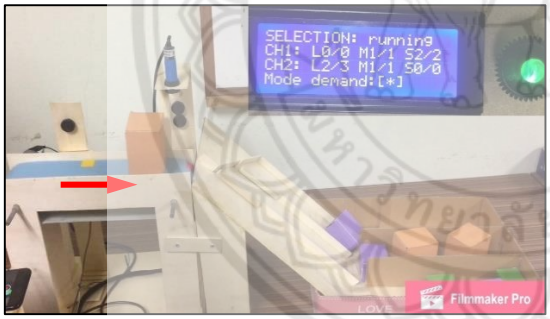
(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



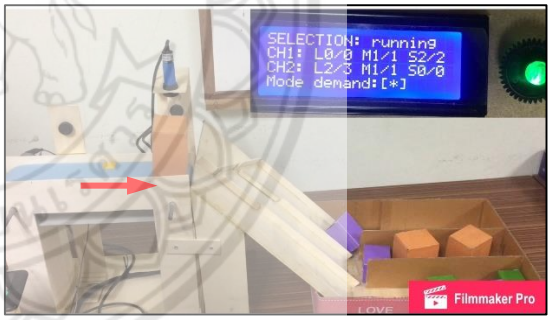
(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare

(ง) วัตถุถูกจัดเก็บในช่อง Spare

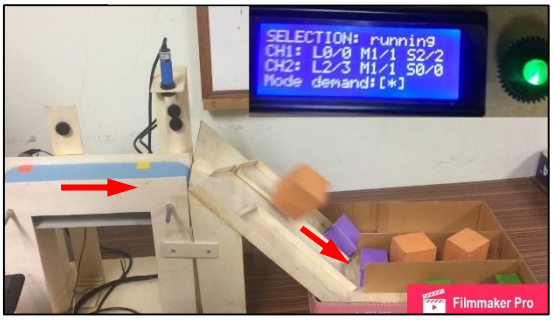
รูปที่ 4.22 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Spare



(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2

(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

รูปที่ 4.23 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch2

4.2.3 กรณีที่ไม่ระบุจำนวนวัตถุบางขนาดทั้งในราง Ch1 และ Ch2 ซึ่งเป็นขนาดเดียวกัน

เมื่อแทนความต้องการของลูกค้าคนแรกและคนที่สองด้วยจำนวนวัตถุแต่ละขนาดที่กำหนดสำหรับราง Ch1 และ Ch2 ตามลำดับ โดยสมมติให้สินค้าที่ทั้งสองคนไม่ต้องการนั้นเป็นขนาดเดียวกัน เช่น สินค้าขนาดกลาง ในการทดสอบกับแบบจำลองจึงระบุจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็กที่ต้องการในราง Ch1 และ Ch2 เท่ากับ 1, 0, 1 และ 1, 0, 2 ตามลำดับ หลังจากผู้ใช้ระบุจำนวนวัตถุครบแล้วระบบจะเริ่มการคัดเลือก และหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีเขียวซึ่งแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่าระบบกำลังทำงาน เมื่อตรวจพบวัตถุบนสายพานดังรูปที่ 4.24(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่าวัตถุมีขนาดเล็กดังรูปที่ 4.24(ข) ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของรางทั้งสองระบบจึงคัดเลือกให้ลงในราง Ch1 ดังรูปที่ 4.24(ค) และเลขจำนวนวัตถุขนาดเล็กของ Ch1 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.24(ง)

(ก) สายพานเริ่มเคลื่อนที่ (ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch1 (ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

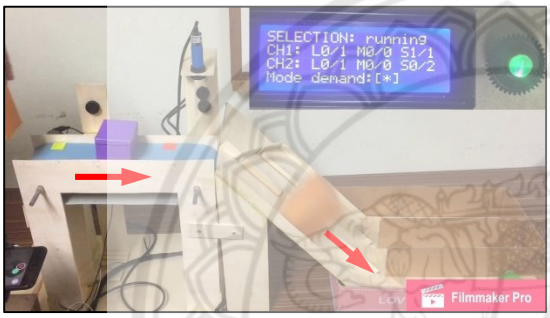
รูปที่ 4.24 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch1

เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.25(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดใหญ่ดังรูปที่ 4.25(ข) ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของรางทั้งสอง ระบบจึงคัดเลือกให้ลงราง Ch1 ดังรูป

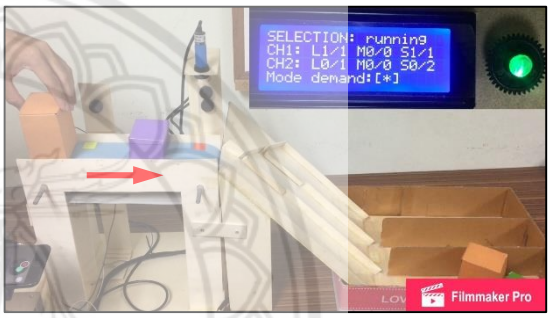
ที่ 4.25(ค)จากนั้นเลขจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ของ Ch1 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.25(ง)

(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน

(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch1



(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

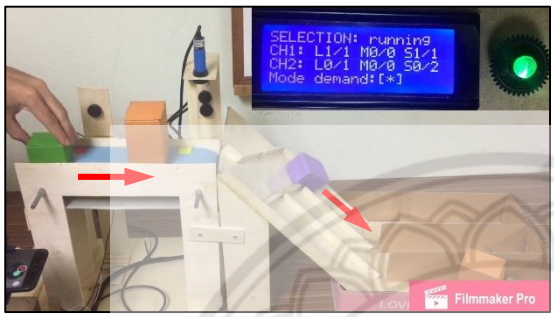
รูปที่ 4.25 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch1

จากนั้นมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.26(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดกลางดังรูปที่ 4.26(ข) แต่วัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของรางทั้งสองเนื่องจากไม่มีความต้องการวัตถุขนาดนี้ มอเตอร์ #1 และ #2 จึงหมุนไม้กั้นมาปิดราง Ch1 และ Ch2 ตามลำดับดังรูปที่ 4.26(ค) เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare ดังรูปที่ 4.26(ง) จากนั้นมอเตอร์ #1 และ #2 จึงหมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม

เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.27(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดใหญ่ดังรูปที่ 4.27(ข) แต่เนื่องจากในราง Ch1 มีจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ครบตามที่ต้องการแล้วจึงถือว่าวัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 อย่างไรก็ตามวัตถุชิ้นนี้สอดคล้องกับเงื่อนไขของราง Ch2 มอเตอร์ #1 จึงหมุนไม้กั้นปิดราง Ch1 เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 ดังรูปที่ 4.27(ค) จากนั้นมอเตอร์ #1 จึงหมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ในราง Ch2 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.27(ง)

(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน

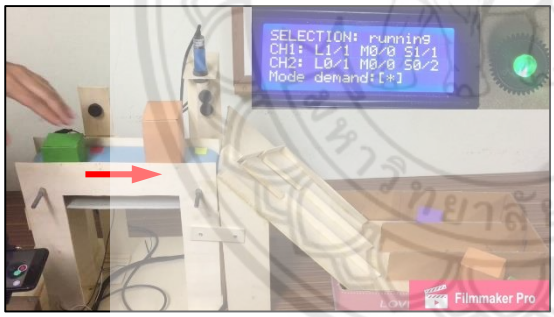
(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare

(ง) วัตถุถูกจัดเก็บในช่อง Spare

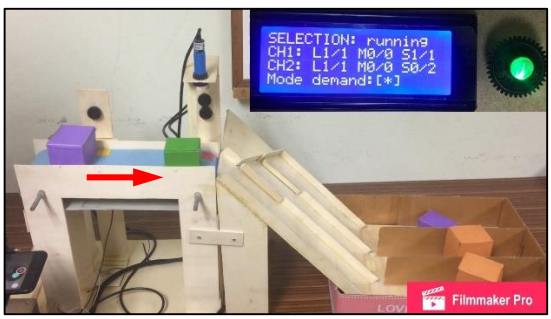
รูปที่ 4.26 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Spare



(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน

(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2

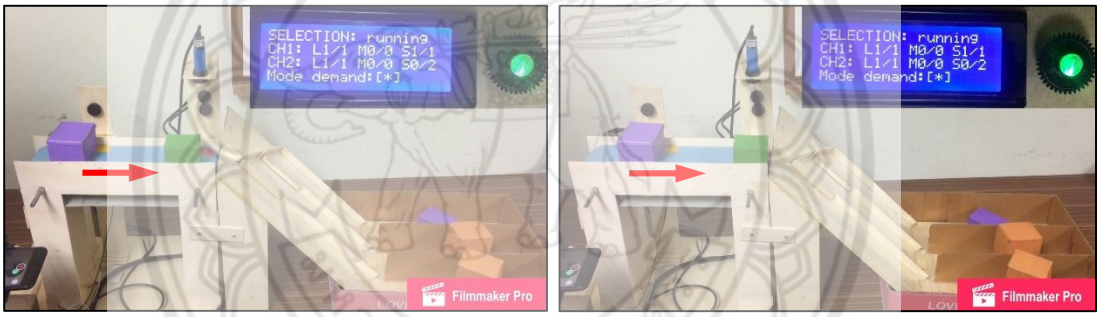


(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

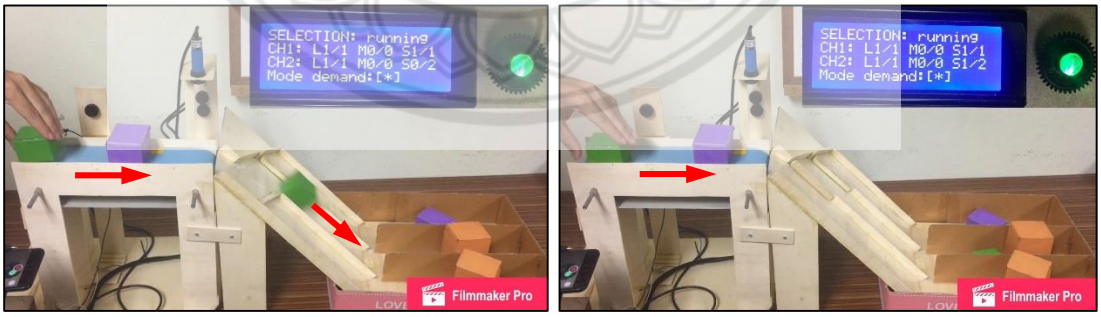
รูปที่ 4.27 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch2

เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.28(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดเล็กดังรูปที่ 4.28(ข) แต่เนื่องจากในราง Ch1 มีจำนวนวัตถุขนาดเล็กครบตามที่ต้องการแล้วจึงถือว่าวัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 อย่างไรก็ตาม วัตถุชิ้นนี้สอดคล้องกับเงื่อนไขของราง Ch2 มอเตอร์ #1 จึงหมุนไม้กั้นปิดราง Ch1 เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 ดังรูปที่ 4.28(ค) จากนั้นมอเตอร์ #1 จึงหมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดเล็กในราง Ch2 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.28(ง)

จากนั้นเมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.29(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดกลางดังรูปที่ 4.29(ข) แต่วัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของรางทั้งสองเนื่องจากไม่มีความต้องการวัตถุขนาดนี้ มอเตอร์ #1 และ #2 จึงหมุนไม้กั้นมาปิดราง Ch1 และ Ch2 ดังรูปที่ 4.29(ค) เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare ดังรูปที่ 4.29(ง) จากนั้นมอเตอร์ #1 และ #2 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม



(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน (ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



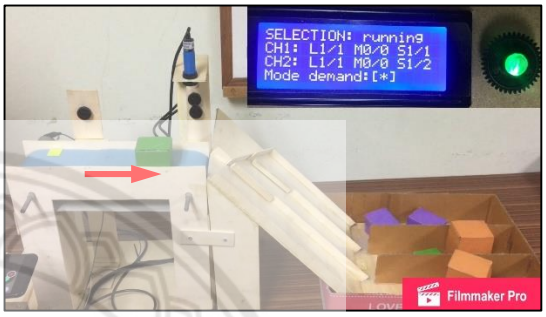
(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 (ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

รูปที่ 4.28 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch2

(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน

(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

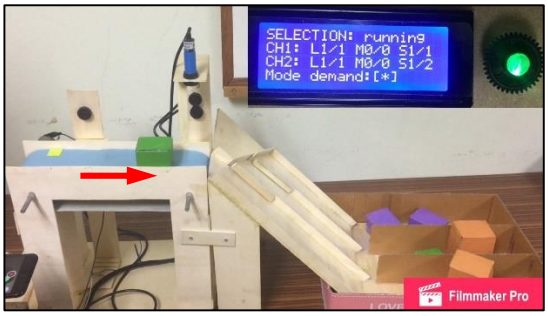
(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare



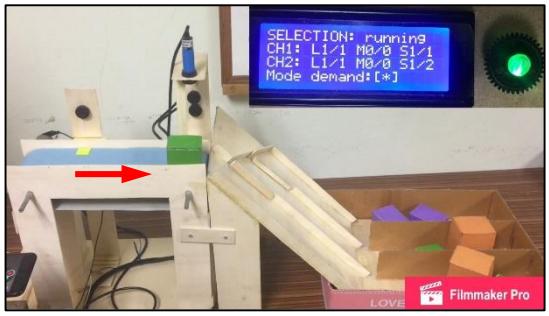
(ง) วัตถุถูกจัดเก็บในช่อง Spare

รูปที่ 4.29 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Spare

เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.30(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดเล็กดังรูปที่ 4.30(ข) แต่เนื่องจากในราง Ch1 มีจำนวนวัตถุขนาดเล็กครบตามที่ต้องการแล้วจึงถือว่าวัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 อย่างไรก็ตาม วัตถุชิ้นนี้สอดคล้องกับเงื่อนไขของราง Ch2 มอเตอร์ #1 จึงหมุนไม้กั้นปิดราง Ch1 เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 ดังรูปที่ 4.30(ค) จากนั้นมอเตอร์ #1 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดเล็กของ Ch2 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง หลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีน้ำเงินเพื่อแสดงว่าเสร็จสิ้นการคัดเลือกดังรูปที่ 4.30(ง)



(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2

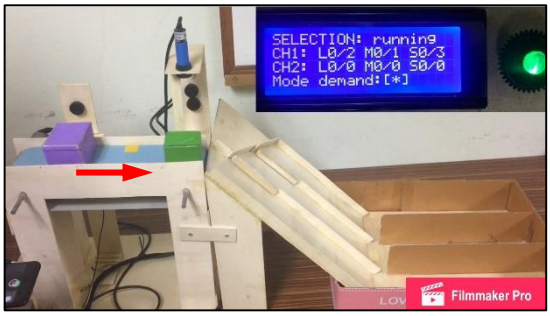
(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

รูปที่ 4.30 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch2

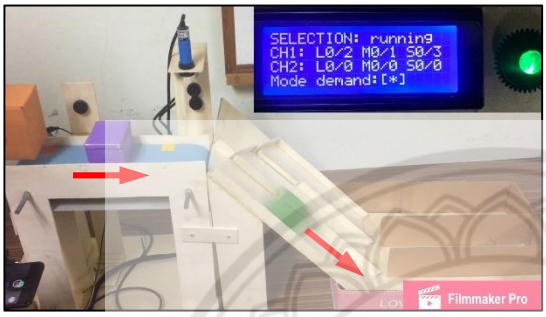
4.2.4 การคัดเลือกวัตถุลงในราง Ch1 เพียงรางเดียว

ในกรณีที่ไม่สามารถใช้งานรางคัดแยกรางใดรางหนึ่งได้ซึ่งอาจเกิดจากการชำรุดเสียหายหรืออยู่ในระหว่างการซ่อมบำรุง ระบบยังคงสามารถคัดเลือกโดยใช้งานรางที่เหลืออยู่ได้ นั่นคือในการทดสอบกับแบบจำลองเราสามารถใช้งานเฉพาะราง Ch1 เพียงรางเดียวได้โดยระบุจำนวนวัตถุทั้งสามขนาดที่ต้องการในราง Ch2 ให้เป็นศูนย์เช่น กำหนดจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็กของราง Ch1 และ Ch2 เป็น 2, 1, 3 และ 0, 0, 0 ตามลำดับ หลังจากผู้ใช้ระบุจำนวนวัตถุครบแล้วระบบจะเริ่มการคัดเลือก และหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีเขียวซึ่งแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่าระบบกำลังทำงาน เมื่อตรวจพบวัตถุบนสายพานดังรูปที่ 4.31(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดเล็กดังรูปที่ 4.31(ข) ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของ Ch1 ดังนั้น วัตถุจึงเคลื่อนที่ลงในราง Ch1 ดังรูปที่ 4.31(ค) และเลขจำนวนวัตถุขนาดเล็กของ Ch1 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.31(ง)

(ก) สายพานเริ่มเคลื่อนที่



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch1

(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

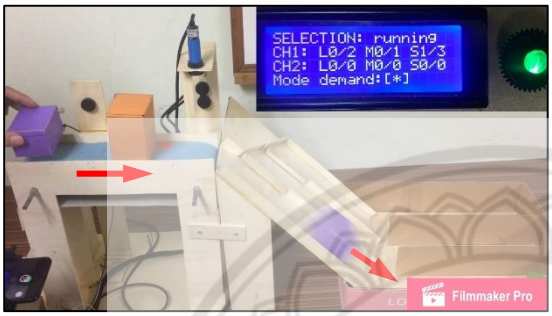
รูปที่ 4.31 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch1

จากนั้นมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.32(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดกลางดังรูปที่ 4.32(ข) ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 วัตถุจึงเคลื่อนที่ลงในราง Ch1 ดังรูปที่ 4.32(ค) และเลขจำนวนวัตถุขนาดกลางในราง Ch1 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.32(ง)

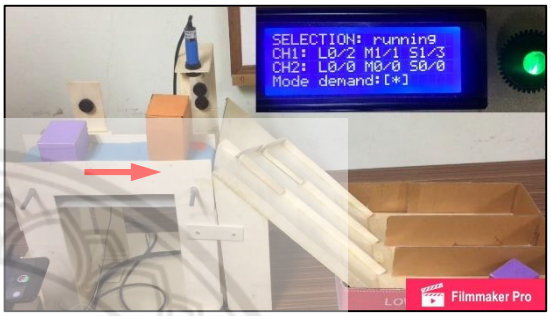
เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.33(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดใหญ่ดังรูปที่ 4.33(ข) ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 วัตถุจึงเคลื่อนที่ลงในราง Ch1 ดังรูปที่ 4.33(ค) แล้วเลขจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ในราง Ch1 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.33(ง)

(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน

(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

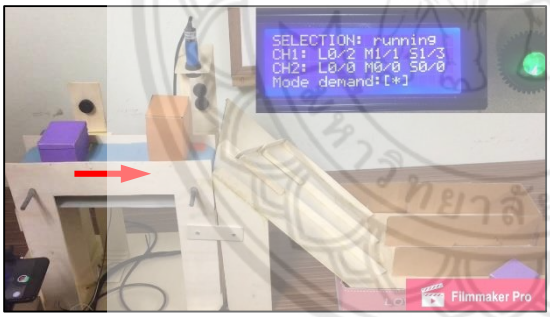


(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch1

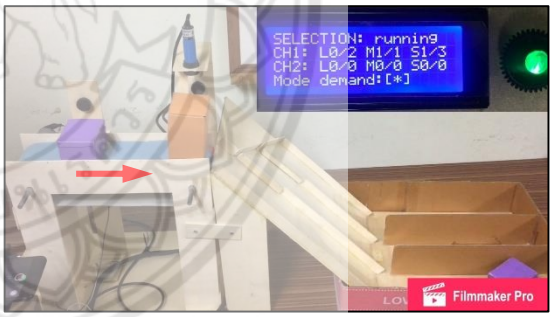


(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

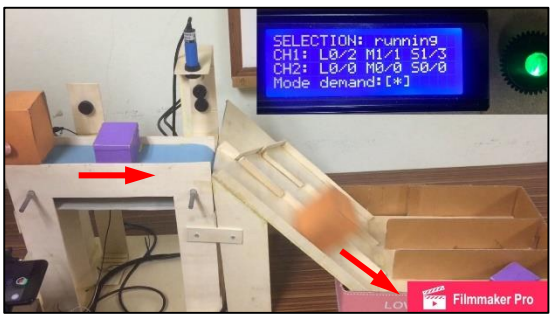
รูปที่ 4.32 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Ch1



(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



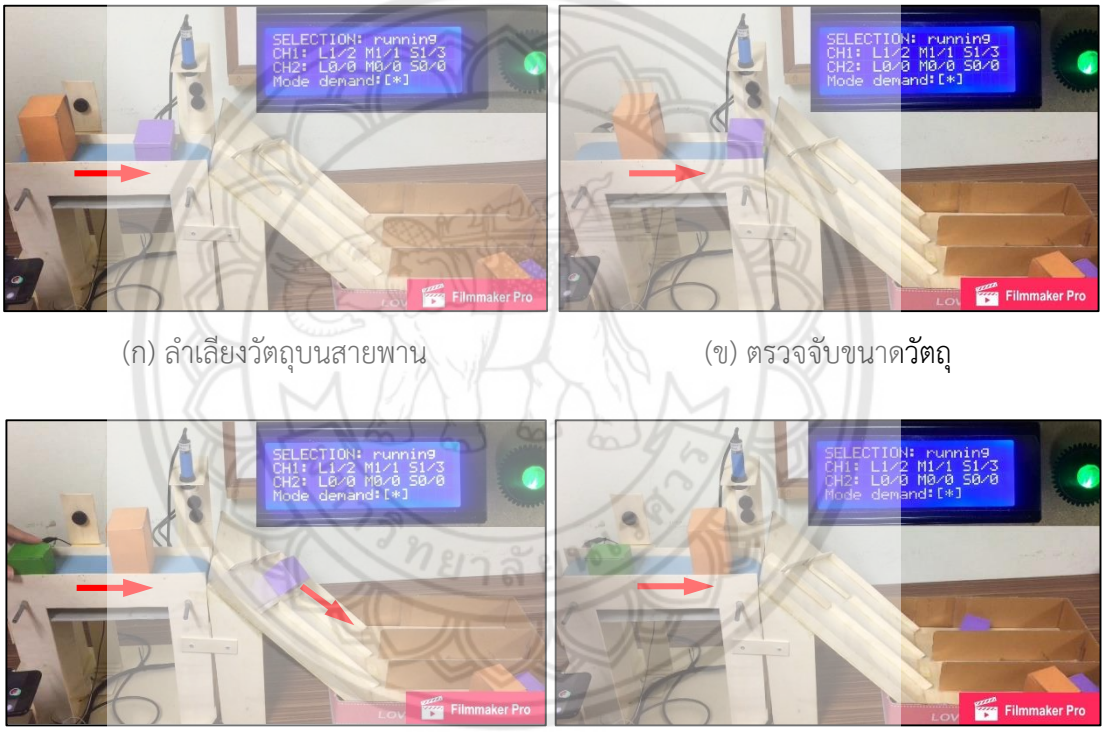
(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch1

(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

รูปที่ 4.33 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch1

เมื่อพบวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.34(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดกลางดังรูปที่ 4.34(ข) แต่วัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของรางทั้งสอง มอเตอร์ #1 และ #2 จึงหมุนไม้กั้นมาปิดราง Ch1 และ Ch2 ตามลำดับดังรูปที่ 4.34(ค) เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare ดังรูปที่ 4.34(ง) แล้วมอเตอร์ #1 และ #2 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม

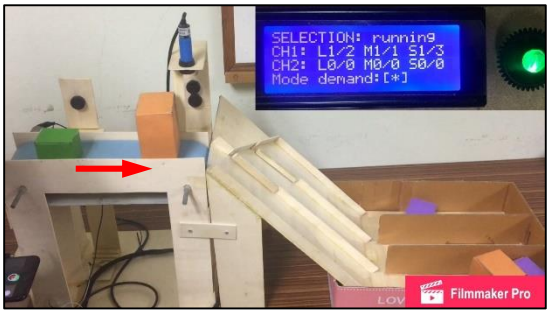
จากนั้นมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.35(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดใหญ่ดังรูปที่ 4.35(ข) ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 วัตถุจึงเคลื่อนที่ลงในราง Ch1 ดังรูปที่ 4.35(ค) และเลขจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ในราง Ch1 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.35(ง)



(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน (ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare (ง) วัตถุถูกจัดเก็บในช่อง Spare

รูปที่ 4.34 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Spare



(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน

(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

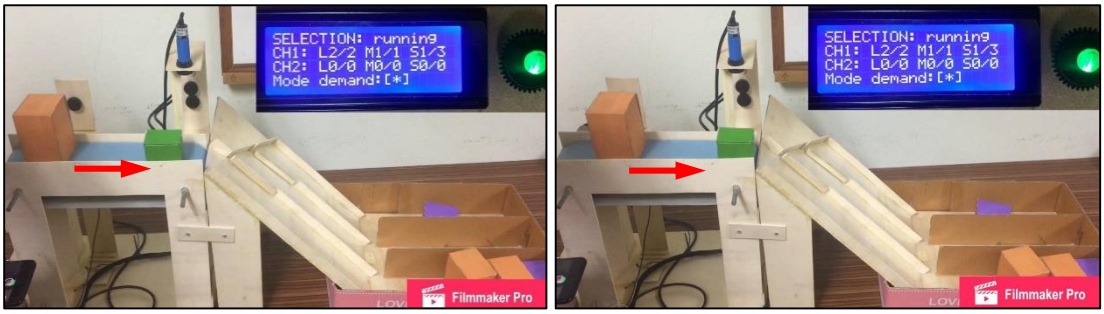
(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch1

(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

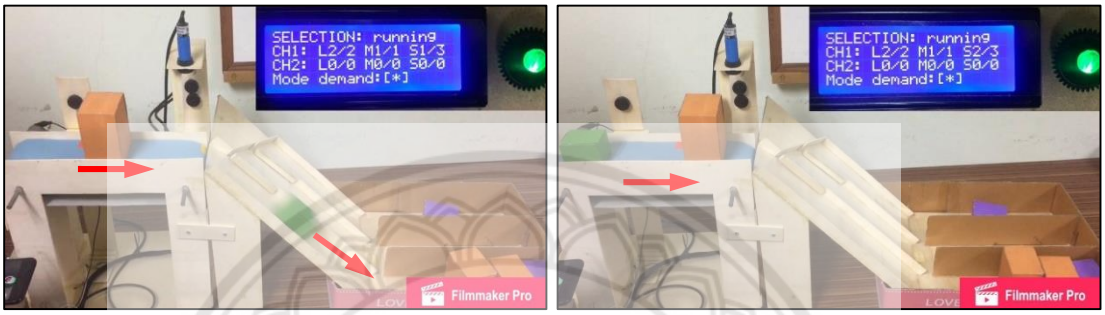
รูปที่ 4.35 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch1

เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.36(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดเล็กดังรูปที่ 4.36(ข) ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 จากนั้นวัตถุจึงเคลื่อนที่ลงในราง Ch1 ดังรูปที่ 4.36(ค) แล้วเลขจำนวนวัตถุขนาดเล็กในราง Ch1 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.36(ง)

จากนั้นมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.37(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดใหญ่ดังรูปที่ 4.37(ข) ซึ่งไม่ตรงกับเงื่อนไขของรางทั้งสอง มอเตอร์ #1 และ #2 จึงหมุนไม้กั้นปิดราง Ch1 และ Ch2 ตามลำดับดังรูปที่ 4.37(ค) เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare ดังรูปที่ 4.37(ง) จากนั้นมอเตอร์ #1 และ #2 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม

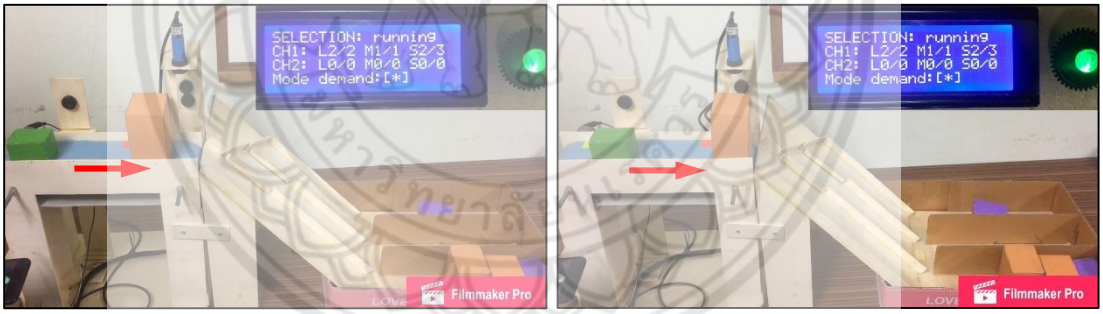


(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน (ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch1 (ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

รูปที่ 4.36 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch1



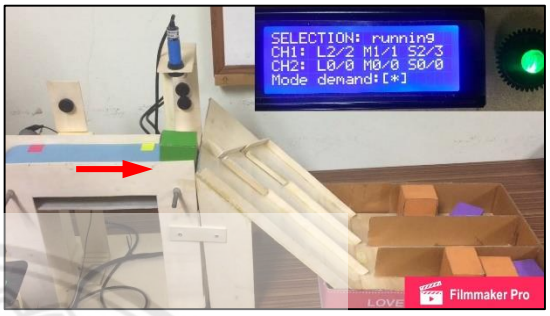
(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน (ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch1 (ง) วัตถุถูกจัดเก็บในช่อง Spare

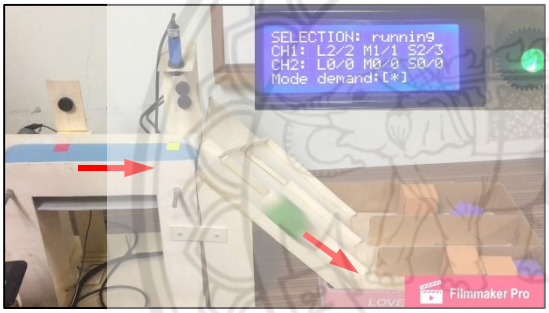
รูปที่ 4.37 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Spare

เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.38(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดเล็กดังรูปที่ 4.38(ข) ซึ่งตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 จากนั้นวัตถุจึงเคลื่อนที่ลงในราง Ch1 ดังรูปที่ 4.38(ค) และเลขจำนวนวัตถุขนาดเล็กในราง Ch1 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง หลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีน้ำเงินเพื่อแสดงว่าเสร็จสิ้นการคัดเลือกดังรูปที่ 4.38(ง)

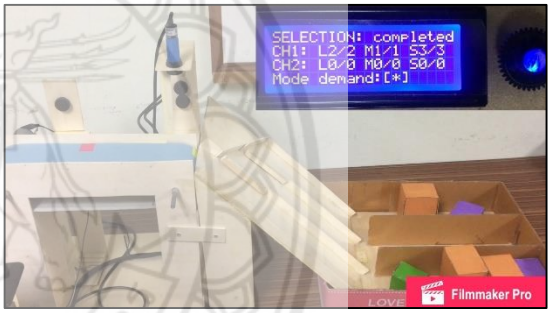
(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch1



(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

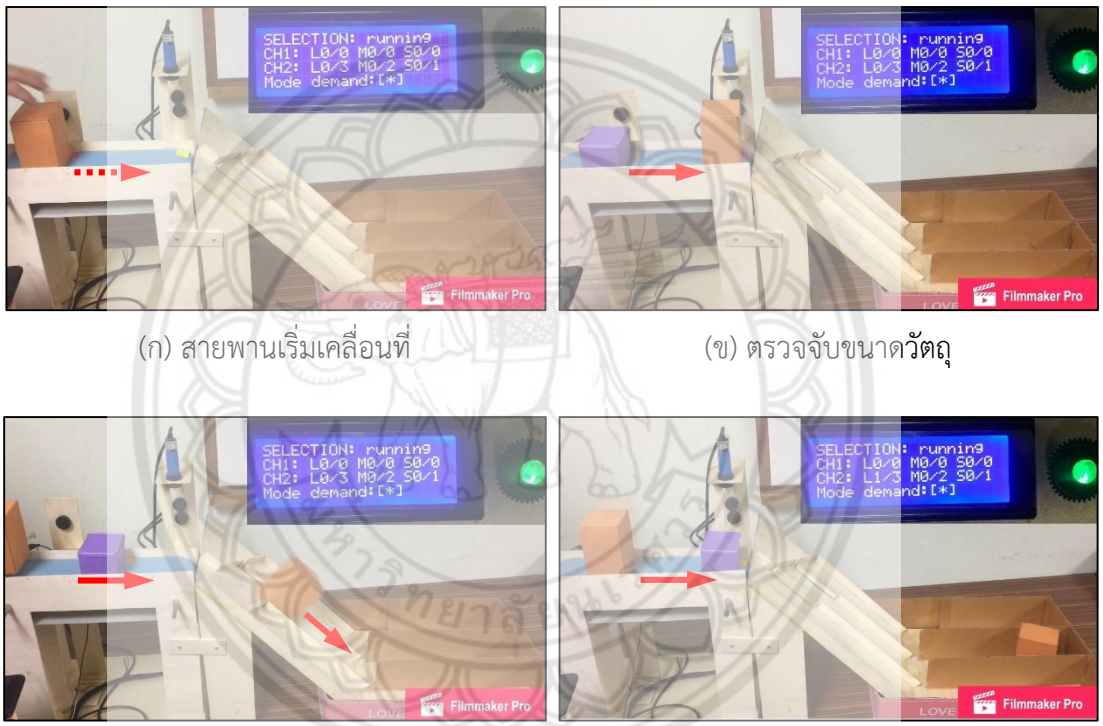
รูปที่ 4.38 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch1

4.2.5 การคัดเลือกวัตถุลงในราง Ch2 เพียงรางเดียว

ในการทดสอบกับแบบจำลองเราสามารถใช้งานเฉพาะราง Ch2 เพียงรางเดียวได้โดยระบุจำนวนวัตถุทั้งสามขนาดที่ต้องการของราง Ch1 ให้เป็นศูนย์ เช่น กำหนดจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็กของราง Ch1 และ Ch2 เป็น 0, 0, 0 และ 3, 2, 1 ตามลำดับ หลังจากผู้ใช้ระบุจำนวนวัตถุครบแล้วระบบจะเริ่มการคัดเลือก และหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีเขียวซึ่งแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่าระบบกำลังทำงาน เมื่อตรวจพบวัตถุบนสายพานดังรูปที่ 4.39(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่าวัตถุมีขนาดใหญ่ดังรูปที่ 4.39(ข) ซึ่งไม่ตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 อย่างไรก็ตาม วัตถุชิ้นนี้สอดคล้องกับเงื่อนไขของราง Ch2 มอเตอร์ #1 จึงหมุนไม้กั้นปิดราง Ch1 วัตถุจะเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 ดังรูป

ที่ 4.39(ค) จากนั้นไม้กั้นรางถูกหมุนกลับไปตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ในราง Ch2 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.39(ง)

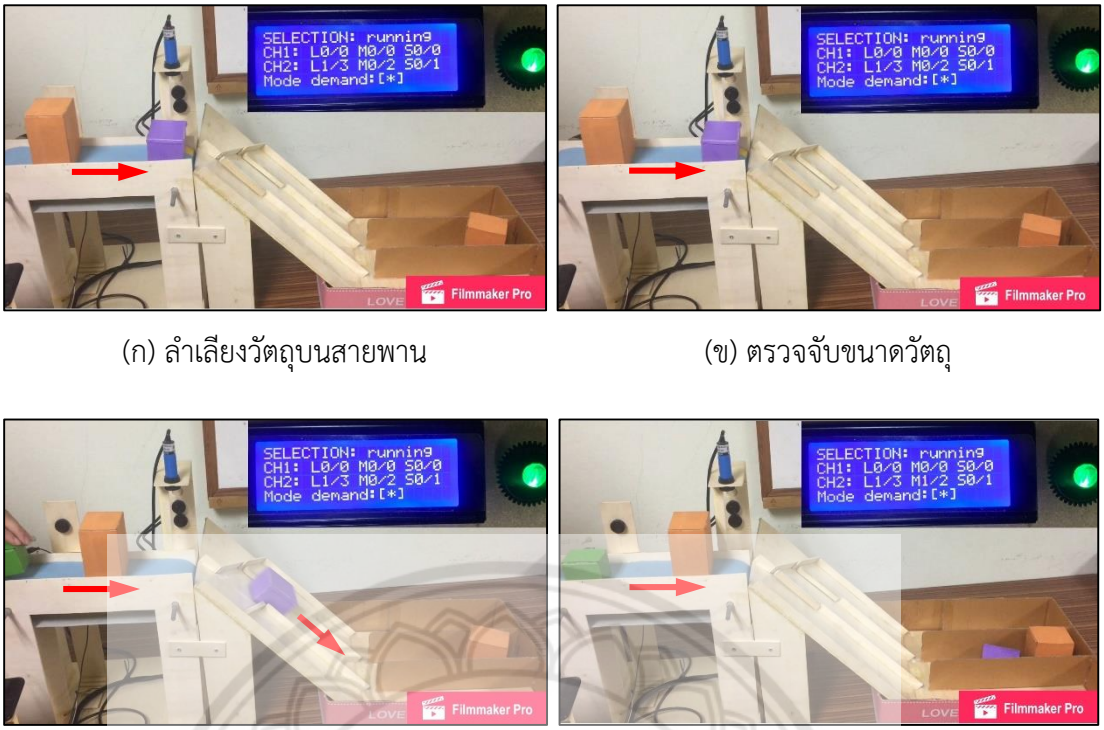
จากนั้นมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.40(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดกลางดังรูปที่ 4.40(ข) เนื่องจากวัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 อย่างไรก็ตาม วัตถุชิ้นนี้สอดคล้องกับเงื่อนไขของราง Ch2 มอเตอร์ #1 จึงหมุนไม้กั้นปิดราง Ch1 เพื่อให้วัตถุจะเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 ดังรูปที่ 4.40(ค) จากนั้นมอเตอร์ #1 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดกลางในราง Ch2 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.40(ง)



(ก) สายพานเริ่มเคลื่อนที่ (ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 (ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

รูปที่ 4.39 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch2



(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน (ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

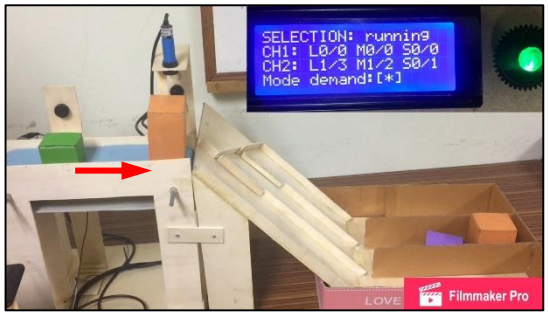
(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 (ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

รูปที่ 4.40 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Ch2

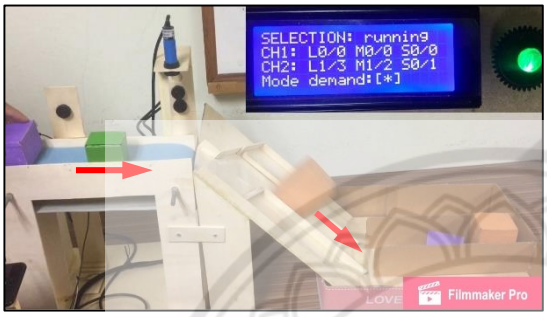
เมื่อตรวจพบวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.41(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดใหญ่ดังรูปที่ 4.41(ข) เนื่องจากวัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 อย่างไรก็ตาม วัตถุชิ้นนี้สอดคล้องกับเงื่อนไขของราง Ch2 มอเตอร์ #1 จึงหมุนไม้กั้นปิดราง Ch1 เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 ดังรูปที่ 4.41(ค) จากนั้นมอเตอร์ #1 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ในราง Ch2 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.41(ง)

เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.42(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดเล็กดังรูปที่ 4.42(ข) เนื่องจากวัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 อย่างไรก็ตาม วัตถุชิ้นนี้สอดคล้องกับเงื่อนไขของราง Ch2 มอเตอร์ #1 จึงหมุนไม้กั้นปิดราง Ch1 เพื่อให้วัตถุจะเคลื่อนที่ลงในราง Ch2ดังรูปที่ 4.42(ค) จากนั้นมอเตอร์ #1 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม และจอแอลซีดีแสดงจำนวนวัตถุขนาดเล็กในราง Ch2 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.42(ง)

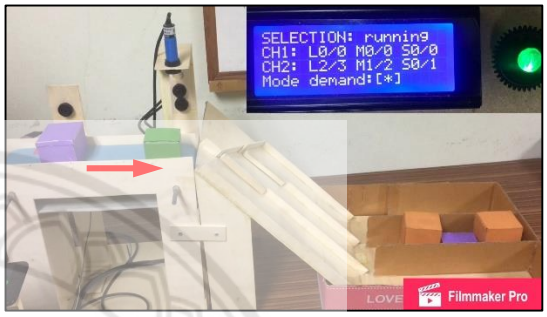
(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

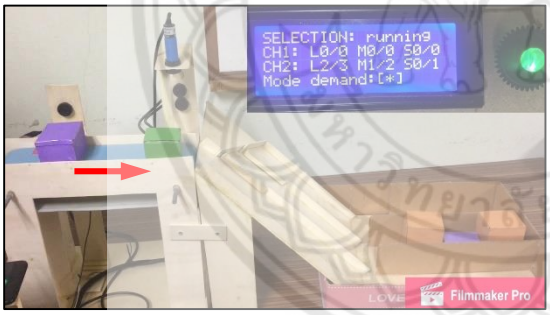


(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2

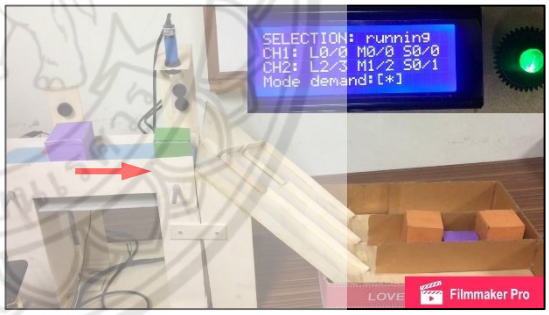


(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

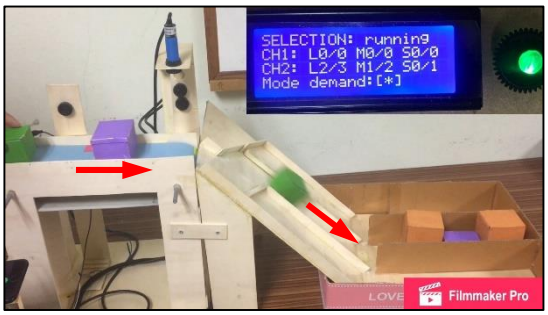
รูปที่ 4.41 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch2



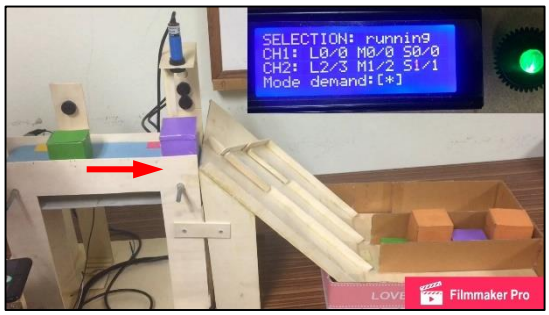
(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2



(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

รูปที่ 4.42 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Ch2

เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.43(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดกลางดังรูปที่ 4.43(ข) เนื่องจากวัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 อย่างไรก็ตาม วัตถุชิ้นนี้สอดคล้องกับเงื่อนไขของราง Ch2 มอเตอร์ #1 จึงหมุนไม้กั้นมาปิดราง Ch1 ต่อมาวัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 ดังรูปที่ 4.43(ค) จากนั้นมอเตอร์ #1 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดกลางในราง Ch2 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดังรูปที่ 4.43(ง)

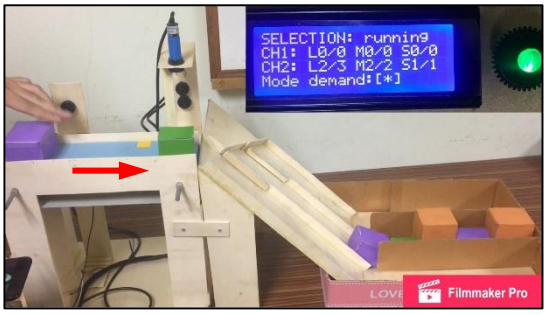
(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน (ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ

(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 (ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

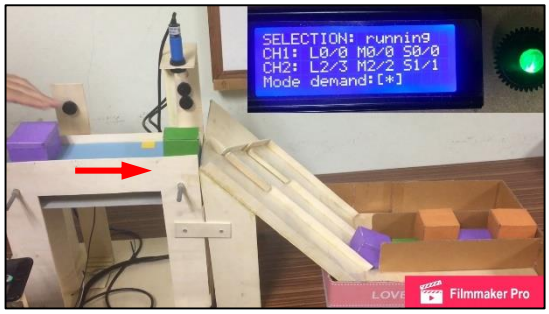
รูปที่ 4.43 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Ch2

เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.44(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดเล็กดังรูปที่ 4.44(ข) แต่วัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของรางทั้งสอง มอเตอร์ #1 และ #2 จึงหมุนไม้กั้นมาปิดราง Ch1 และ Ch2 ตามลำดับดังรูปที่ 4.44(ค) เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare ดังรูปที่ 4.44(ง) จากนั้นมอเตอร์ #1 และ #2 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม

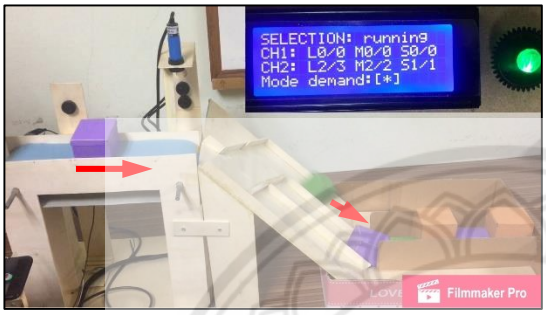
จากนั้นมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.45(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดกลางดังรูปที่ 4.45(ข) แต่วัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของรางทั้งสอง มอเตอร์ #1 และ #2 จึงหมุนไม้กั้นมาปิดราง Ch1 และ Ch2 ตามลำดับดังรูปที่ 4.45(ค) เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare ดังรูปที่ 4.45(ง) จากนั้นมอเตอร์ #1 และ #2 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม



(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



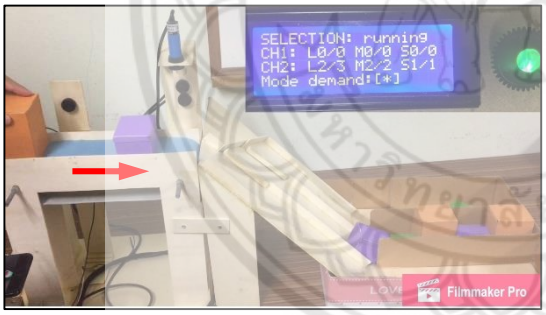
(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



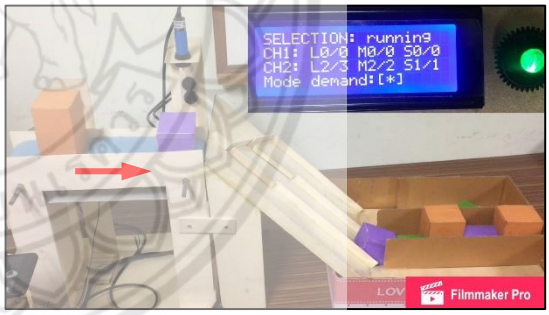
(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare

(ง) วัตถุถูกจัดเก็บในช่อง Spare

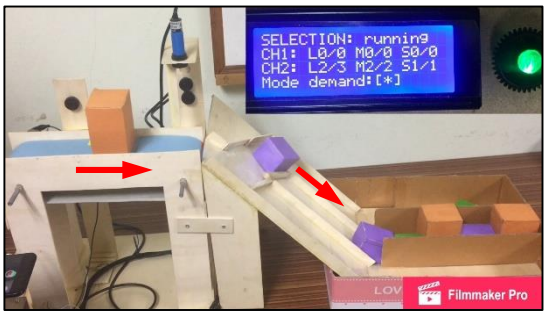
รูปที่ 4.44 การคัดเลือกวัตถุขนาดเล็กลงในราง Spare



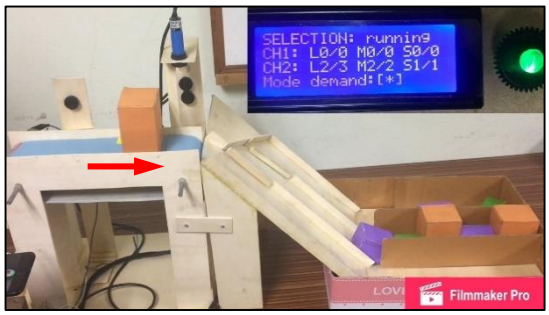
(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



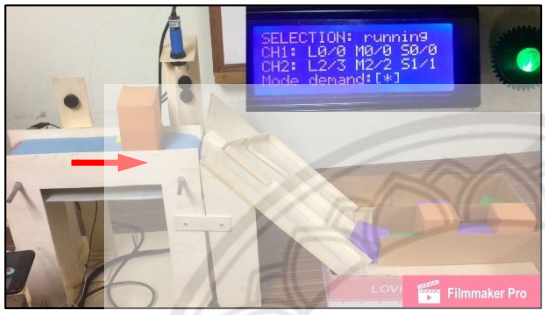
(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Spare



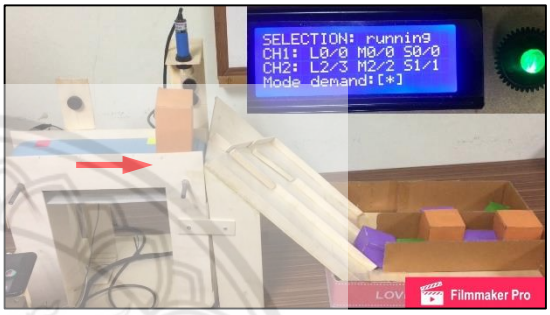
(ง) วัตถุถูกจัดเก็บในช่อง Spare

รูปที่ 4.45 การคัดเลือกวัตถุขนาดกลางลงในราง Spare

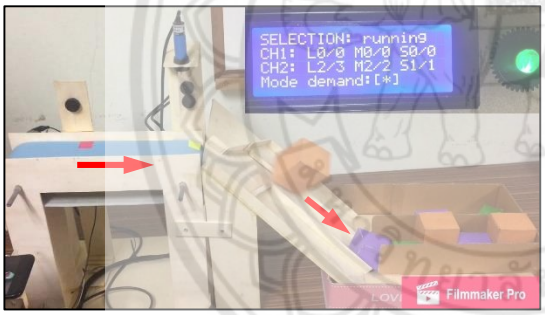
เมื่อมีวัตถุชิ้นถัดไปบนสายพานดังรูปที่ 4.46(ก) และตรวจวัดแล้ว พบว่า วัตถุมีขนาดใหญ่ดังรูปที่ 4.46(ข) เนื่องจากวัตถุชิ้นนี้ไม่ตรงกับเงื่อนไขของราง Ch1 อย่างไรก็ตาม วัตถุชิ้นนี้สอดคล้องกับเงื่อนไขของราง Ch2 มอเตอร์ #1 จึงหมุนไม้กั้นปิดราง Ch1 เพื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2 ดังรูปที่ 4.46(ค) จากนั้นมอเตอร์ #1 หมุนไม้กั้นรางกลับไปตำแหน่งเดิม และเลขจำนวนวัตถุขนาดใหญ่ในราง Ch2 บนหน้าจอแอลซีดีถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่งดัง หลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีน้ำเงินเพื่อแสดงว่าเสร็จสิ้นการคัดเลือกรูปที่ 4.46(ง)



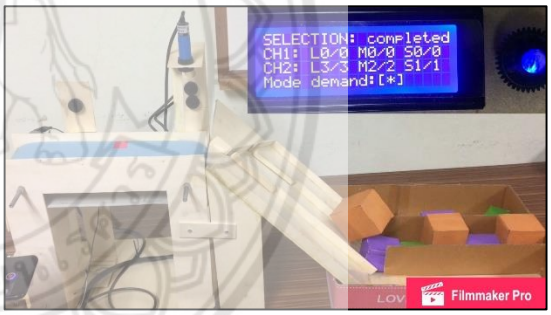
(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน



(ข) ตรวจจับขนาดวัตถุ



(ค) วัตถุเคลื่อนที่ลงในราง Ch2



(ง) เลขจำนวนวัตถุถูกเพิ่มค่าอีกหนึ่ง

รูปที่ 4.46 การคัดเลือกวัตถุขนาดใหญ่ลงในราง Ch2

4.2.6 การตรวจไม่พบวัตถุในขณะที่จำนวนวัตถุยังไม่ครบตามเงื่อนไข

ในขณะที่จำนวนวัตถุยังไม่ครบตามเงื่อนไขดังรูปที่ 4.47(ก) ถ้าระบบตรวจไม่พบวัตถุบนสายพานภายในระยะเวลา 6 วินาที ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์ขับสายพานหยุดหมุน และหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีแดงเพื่อแสดงว่าตรวจไม่พบวัตถุดังรูปที่ 4.47(ข) จนกว่าจะมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านตัวรับรู้ #1 อีกครั้งดังรูปที่ 4.47(ค) เพื่อให้กระบวนการคัดเลือกดำเนินต่อไปดังรูปที่ 4.47(ง)

(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน

(ข) ไม่ตรวจพบวัตถุบนสายพาน 6 วินาที

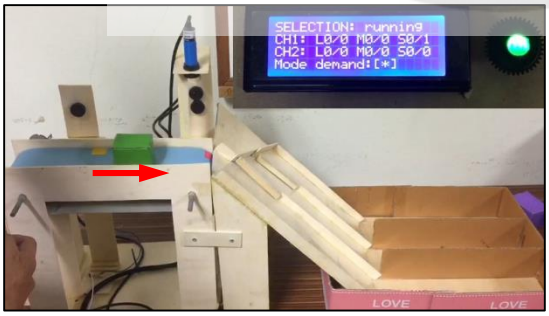
(ค) กำลังเติมวัตถุบนสายพาน

(ง) สายพานหมุนอีกครั้ง

รูปที่ 4.47 การตรวจไม่พบวัตถุในขณะที่จำนวนวัตถุยังไม่ครบตามเงื่อนไข

4.2.7 การหยุดทำงานของสายพานและการแสดงสถานะหลังจากคัดเลือกเสร็จสิ้น

ในขณะที่ระบบกำลังทำงานในแบบวิธีการคัดเลือกดังรูปที่ 4.48(ก) เมื่อจำนวนของวัตถุครบตามเงื่อนไขของรางทั้งสอง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มอเตอร์ขับสายพานหยุดหมุน และและหลอดแอลอีดีเปล่งแสงสีน้ำเงินเพื่อแสดงว่าเสร็จสิ้นการคัดเลือกดังรูปที่ 4.48(ข) หากผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนแบบวิธีการทำงาน ก็สามารถกดปุ่ม * เพื่อกลับไปยังหน้าจอเริ่มต้น



(ก) ลำเลียงวัตถุบนสายพาน

(ข) วัตถุครบตามจำนวนที่ต้องการ

รูปที่ 4.48 การหยุดทำงานของสายพานและการแสดงสถานะหลังจากคัดเลือกเสร็จสิ้น

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

หลังจากออกแบบและปรับปรุงแบบจำลองของเครื่องคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้างรวมทั้งได้ทดสอบการทำงานของแบบจำลองที่สร้างขึ้นจึงสรุปผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ในโครงงานนี้ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้างเพื่ออำนวยความสะดวกในการคัดแยกและนับจำนวนของวัตถุซึ่งคัดแยกวัตถุออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ โดยมีสายพานใช้ลำเลียงวัตถุซึ่งทำงานอย่างอัตโนมัติเมื่อตรวจพบวัตถุบนสายพาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลเพื่อจำแนกขนาดของวัตถุและควบคุมให้วัตถุเคลื่อนที่ลงในรางที่จัดเตรียมไว้สำหรับวัตถุแต่ละขนาด ในที่นี้เราใช้แบบจำลองซึ่งมี 3 รางเพื่อแสดงการทำงานของระบบซึ่งมีสองแบบวิธี คือแบบวิธีการคัดแยก และแบบวิธีการคัดเลือก ในแบบวิธีการคัดแยกนั้นวัตถุแต่ละชิ้นถูกคัดแยกให้เคลื่อนที่ลงในแต่ละรางที่สอดคล้องกับขนาดของวัตถุตามที่ได้กำหนดไว้ สำหรับการทำงานในแบบวิธีการคัดเลือก ผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวนวัตถุแต่ละขนาดที่ต้องการในรางที่ 1 และ 2 โดยใช้แป้นตัวเลข ส่วนวัตถุที่ไม่ตรงกับเงื่อนไขสำหรับรางทั้งสองจะถูกคัดเลือกให้ลงรางที่ 3 นอกจากนี้สถานะการทำงานของระบบถูกแสดงเป็นข้อความบนหน้าจอแอลซีดีและแสดงในรูปแบบของแสงด้วยหลอดแอลอีดีแบบอาร์จีบี ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองของเครื่องคัดแยกวัตถุตามความสูงและความกว้างสามารถทำงานได้ถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนดในทั้งสองแบบวิธี

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

1) ในแบบจำลองของโครงงานนี้ จอแอลซีดีและมอเตอร์เซอร์โวรับแรงดัน 5 โวลต์ร่วมกันจากวงจรไฟเลี้ยงบนแผงไมโครคอนโทรลเลอร์ บางครั้งมอเตอร์เซอร์โวอาจทำงานผิดพลาด หรือเกิดการกระพริบบนหน้าจอแอลซีดีในขณะที่มอเตอร์เซอร์โวหมุนไม้กั้นราง ทั้งนี้เนื่องจากการแบ่งกระแสระหว่างอุปกรณ์ทั้งสอง ดังนั้น จึงควรแยกจ่ายไฟเลี้ยงให้กับอุปกรณ์ทั้งสองจากคนละแหล่ง

2) หากไฟดับ ระบบจะหยุดทำงาน และทำให้ข้อมูลจำนวนวัตถุที่จำแนกแล้วสูญหาย ทำให้ผู้ใช้ต้องกำหนดค่าต่าง ๆ ใหม่เมื่อระบบเริ่มทำงานอีกครั้ง อย่างไรก็ตาม ปัญหาดังกล่าวสามารถป้องกันได้ด้วยการติดตั้งระบบไฟสำรอง

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

1) การเพิ่มจำนวนตัวรับรู้แบบใช้แสงและออกแบบการติดตั้งเพื่อให้สามารถตรวจวัดได้ทั้งความกว้าง ความยาว และความสูงของวัตถุ รวมทั้งพัฒนาโปรแกรมเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถจำแนกขนาดของวัตถุในเชิงปริมาตรได้

2) การติดตั้งระบบจ่ายไฟสำรองเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ในระบบ

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา โพธา , จิรายุ ใจลังกา และโยธิน ศฤงคาร (2559). **การควบคุมการคัดแยกวัตถุตามความสูงด้วยพีแอลซี.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

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

บ้านอิเล็กทรอนิกส์. (2 มี.ค. 2554). **อุปกรณ์ ตอน รีเลย์.** สืบค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 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.** สำนักพิมพ์ห้างหุ้นส่วนสามัญสมาร์ทเลิร์นนิ่ง, กรุงเทพฯ

วรรณษมล กันภัย. (2554). **Rc Servo ความรู้พื้นฐานในการใช้งานเซอร์โว.** สืบค้นเมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน 2560, จาก http://www.tdhobby.com

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

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