



เครื่องคัดแยกสีและขนาดของมังคุด

THE MANGOSTEEN COLOR AND SIZE SORTING MACHINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2564

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
เรื่อง เครื่องคัดแยกสีและขนาดของมังคุด

THE MANGOSTEEN COLOR AND SIZE SORTING MACHINE

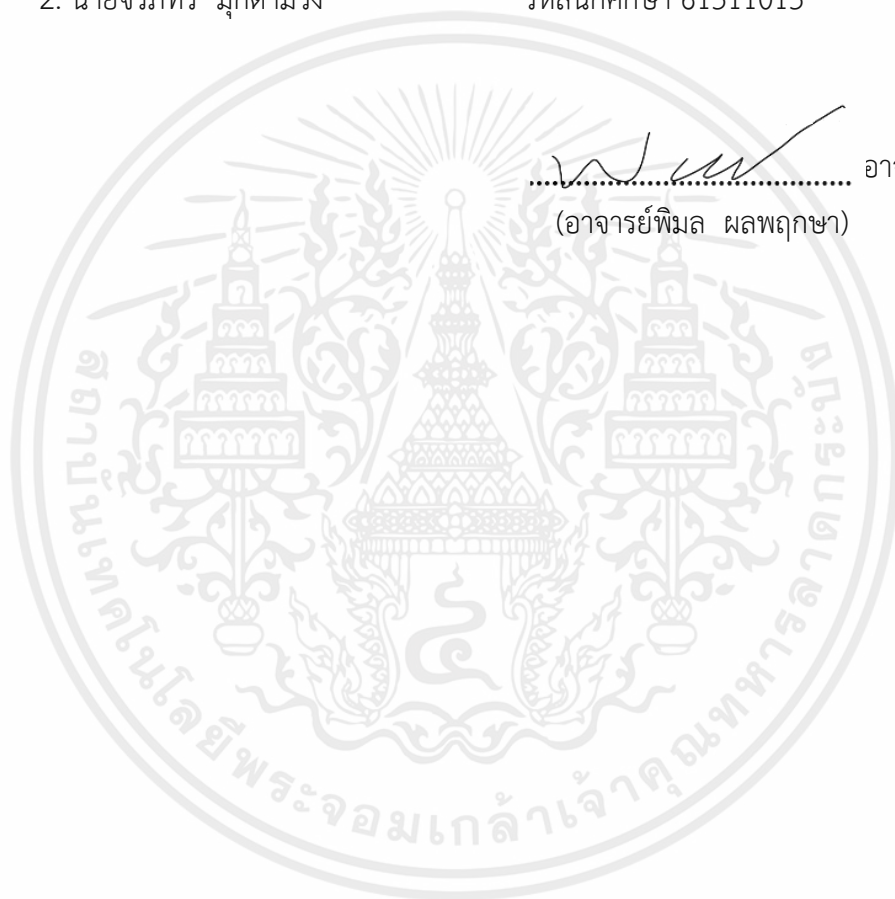
ผู้จัดทำ

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| 1. นายกิตติชาติ ฤทธิธรรม | รหัสนักศึกษา 61511010 |
| 2. นายจิรภัทร มุกดาม่วง | รหัสนักศึกษา 61511015 |



อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์พิมล ผลพฤษา)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อปริญญาโท	เครื่องตัดแยกสีและขนาดของมังคุด
นักศึกษา	นายกิตติชาติ ฤทธิธรม์ รหัสนักศึกษา 61511010
	นายจิรภัทร มุกดาม่วง รหัสนักศึกษา 61511015
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์พิมล ผลพฤษา
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2564

บทคัดย่อ

ปริญญาโทฉบับนี้นำเสนอเครื่องตัดแยกสีและขนาดของมังคุด มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งการลำเลียง ส่วนที่สองการตัดแยกสี และส่วนที่สามการคัดขนาด การทำงานเริ่มจาก ใส่ผลมังคุดลงบนสายพานลำเลียงเส้นที่ 1 เพื่อเรียงมังคุดให้มาที่ละผล ก่อนที่จะตกลงบนสายพานเส้นที่ 2 แล้วจะเข้าสู่ช่วงการตัดแยกสี ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 มังคุดผลสีเขียว ประเภทที่ 2 มังคุดผลสีแดง และประเภทที่ 3 มังคุดผลสีม่วง โดยที่กระบอกลมจะผลักผลมังคุดประเภทที่ 1 ออก ส่วนมังคุดประเภทที่ 2 และ 3 สายพานจะลำเลียงไปที่รางคัดขนาด ซึ่งการคัดขนาดจะแบ่งออกเป็น 4 ขนาด ได้แก่ มังคุดขนาดดี ซี บี และเอ เมื่อคัดขนาดมังคุดเสร็จจะมีเซ็นเซอร์วัดระยะติดที่ทางลงมังคุดแต่ละขนาดเพื่อนับจำนวนผลมังคุด และมีจอแอลซีดีแสดงจำนวนมังคุดแต่ละขนาด

จากผลการทดลองตัดแยกสีมังคุดสามารถตัดแยกประเภทสีได้ มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยมังคุดประเภทที่ 1 คือ 2.94 เปอร์เซ็นต์ มังคุดประเภทที่ 2 คือ 10 เปอร์เซ็นต์ และมังคุดประเภทที่ 3 คือ 8.33 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองคัดแยกขนาดมังคุด สามารถคัดแยกขนาดมังคุดได้ มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของมังคุดขนาดดี 2.70 เปอร์เซ็นต์ ขนาดซี 8.69 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมังคุดขนาดบี และเอ มีค่าความผิดพลาด 0 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองการทำงานของเครื่องตัดแยกสีและขนาดมังคุดแบ่งการทดลองเป็น 2 แบบ ได้แก่ มังคุดจำนวน 17 ผล น้ำหนักรวม 2 กิโลกรัม ใช้เวลาเฉลี่ย 55.19 วินาที และมังคุดจำนวน 20 ผล ใช้เวลาเฉลี่ย 70 วินาที

Project Title	The mangosteen color and size sorting machine	
Student	Mr. Kittichart Rittirut	ID 61511010
	Mr. Jirapat Mookdamuang	ID 61511015
Advisor	Mr. Phimon Phonphruksa	
Degree	Bachelor of Engineering	
Program in	Electronics Engineering	
Academic Year	2021	

ABSTRACT

This thesis presents the mangosteen color and size sorting machine is divided into three significant parts, which include the first part of conveying, the second part of color sorting, and third part, size sorting. The operation starts from put mangosteens on the first conveyor to sort one by one before falling to the second conveyor to begin second part, which be classified into three types: type 1 is green mangosteen, type 2 is red mangosteen and type 3 is purple mangosteen, where the air cylinder will push the type 1 out, then type 2 and type 3 will be conveying to third part. Size sorting is categorized into four sizes, namely size D, C, B and A. At the end of size sorting, there are infrared proximity sensors attached each size to count the number of mangosteen and lcd display shows the number of mangosteens of each size.

According to the results of color sorting experiment, it was possible to classify the colors and had an error: type 1 was 2.94 percent, type 2 was 10 percent, and type 3 was 8.33 percent, while the mangosteen size sorting experiment can be sorted and had an error: size D was 2.70 percent, size C was 8.69 percent, size B and A were 0 percent. From the experiment operation of the mangosteen color and size sorting, which be classified into two kinds: seventeen mangosteens with total weight two kilograms had average time of 55.19 second and twenty mangosteens had average time of 70 second.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนของ บุคคลผู้มีพระคุณทั้งหลาย ซึ่งผู้จัดทำขอขอบคุณทุกๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณบิดาและมารดา ผู้ซึ่งคอยเลี้ยงดูอบรมสั่งสอนและสนับสนุนทุนการศึกษา มากมายตั้งแต่ยังเล็ก และให้กำลังใจตลอดมา

ขอขอบพระคุณอาจารย์ พิมล ผลพุกษา อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ซึ่งติดตามโครงการจนคอยให้คำแนะนำเสมอมา ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งยิ่งในความเมตตาของท่านจึงขอการขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณครูอาจารย์ทุกท่านที่แนะนำการจัดทำโครงการและคอยช่วยเหลือตลอดมาและต้องขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ที่คอยช่วยเหลือในการทำโครงการจนสำเร็จไปได้ด้วยดี

สิ่งอันพึงปรารถนาจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน

กิตติชาติ ฤทธิธรรม
จิรภัทร มุกดาม่วง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	IX
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	1
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.7 โครงสร้างปริญญานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 มังคุด	4
2.1.1 การเก็บเกี่ยวมังคุด	5
2.1.2 การคัดขนาดตามมาตรฐาน	6
2.2 พีแอลซี (Programmable logic Control : PLC).....	7
2.3 ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi)	8
2.4 ภาษาไพธอน (Python)	8
2.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)	9
2.6 สายพานลำเลียง (Conveyor Belt System).....	10

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)	10
2.8 กระบอกลม (Air cylinder)	11
2.9 นัมพาย (NumPy)	11
2.10 ทอนนี่ (Thonny)	12
2.11 โมดูลกล้อง (Camera module)	13
2.12 ระบบสีเอชเอสวี (HSV)	13
2.13 โอเพ่นซีวี (OpenCV)	14
2.14 เซ็นเซอร์วัดระยะ (Infrared proximity sensor).....	15
2.15 จอแอลซีดี (Liquid Crystal Display : LCD).....	15
บทที่ 3 การออกแบบ	17
3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องตัดแยกสีและขนาดมั่งคุด	17
3.1.1 บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงานของเครื่องตัดแยกสีและขนาดมั่งคุด	17
3.1.2 บล็อกไดอะแกรมการใช้งานการสื่อสารแบบมอดบัสอาร์ทียู.....	18
3.1.3 บล็อกไดอะแกรมของการประมวลผลภาพ	19
3.2 โฟร์ชาร์ตของเครื่องตัดแยกสีและขนาดมั่งคุด.....	20
3.2.1 โฟร์ชาร์ตระบบการทำงานช่วงคัตสีและขนาดมั่งคุดของตัวเครื่อง.....	20
3.2.2 โฟร์ชาร์ตระบบการทำงานของ Image processing	21
3.3 การออกแบบวงจรและโปรแกรมที่ใช้กับเครื่องตัดแยกสีและขนาดของมั่งคุด	22
3.3.1 วงจรลดแรงดัน DC to DC (Buck converter)	22
3.3.2 วงจรซอฟสตาร์ท (soft start)	24
3.3.3 วงจรควบคุมสัญญาณพัลส์ (PWM controller)	26
3.3.4 การออกแบบวงจรแปลงระดับของสัญญาณ	27
3.3.5 การออกแบบวงจรใช้งานร่วมกับบอร์ดพีแอลซี.....	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.6 การออกแบบวงจรใช้งานร่วมกับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย.....	29
3.4 การออกแบบลายวงจร.....	30
3.4.1 ลายวงจรลดแรงดัน DC to DC.....	30
3.4.2 วงจรซอฟต์แวร์.....	30
3.4.3 วงจรควบคุมสัญญาณพัลส์.....	31
3.5 การออกแบบโปรแกรมที่ใช้กับเครื่องตัดแยกสีและขนาดของมั้งคุด.....	31
3.5.1 การออกแบบโปรแกรมพีแอลซี.....	31
3.5.2 การกำหนดช่วงค่าของสีในระบบการตรวจจับสีแบบเอชเอสวี.....	35
3.5.2.1 การกำหนดค่าสีสูงสุดและค่าสีต่ำสุดในช่วงของสีเขียว.....	35
3.5.2.2 การกำหนดค่าสีสูงสุดและค่าสีต่ำสุดในช่วงของสีแดง.....	36
3.5.2.3 การกำหนดค่าสีสูงสุดและค่าสีต่ำสุดในช่วงของสีม่วง.....	36
3.5.3 กำหนดการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ.....	37
3.5.4 การออกแบบการทำงานของโปรแกรมในบอร์ดราสเบอร์รี่พาย.....	38
3.5.4.1 การออกแบบโปรแกรมการทำงานตัดสีมั้งคุด.....	38
3.6 การออกแบบโครงสร้างของเครื่องตัดแยกสีและขนาดของมั้งคุด.....	49
3.6.1 ส่วนสายพานลำเลียง.....	50
3.6.1.1 การออกแบบสายพาน.....	50
3.6.1.2 การออกแบบไม้กั้นเพื่อกันการซ้อนของมั้งคุด.....	51
3.6.2 กล่องดำไว้ตัดแยกสี.....	52
3.6.3 รางคัตขนาด.....	53
3.6.4 จุดที่มั้งคุดตกและเซ็นเซอร์จับวัตถุ.....	54
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	55
4.1 การทดลองส่วนของการตัดแยกสีของมั้งคุด.....	55

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	55
4.1.2 ขั้นตอนการทดลอง	55
4.1.3 การทดลองมั่งคุดประเภทที่ 1 และประเภทที่ 3	56
4.1.4 ทดลองของมั่งคุดทั้งสามประเภท อย่างละ 10 ผล	58
4.1.5 การทดลองของมั่งคุดประเภทที่ 1, 2 และ 3 ทั้งหมด 33 ผล	62
4.2 ทดลองจับเวลาการทำงานของเครื่อง	67
4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	67
4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง.....	69
4.2.3 ผลการทดลอง	69
4.3 การทดลองคัดแยกขนาดมั่งคุด.....	70
4.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	70
4.3.2 ขั้นตอนการทดลอง.....	70
4.3.3 ผลการทดลอง	71
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	73
5.1 สรุปผลการทดลอง	73
5.1.1 สรุปผลการทดลองของตารางที่ 4.1	73
5.1.2 สรุปผลการทดลองของตารางที่ 4.2	73
5.1.3 สรุปผลการทดลองของตารางที่ 4.3	73
5.1.2 สรุปผลการทดลองของตารางที่ 4.7	74
5.1.3 สรุปผลการทดลองของตารางที่ 4.8 และ 4.9	74
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	74
5.3 แนวทางการแก้ไข.....	75

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	76
ภาคผนวก ก.....	78
ภาคผนวก ข.....	90
ภาคผนวก ค	99



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 1	2
1.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 2	3
2.1 ขนาดของผลม้งคุดโดยพิจารณาตามน้ำหนักต่อผล	6
2.2 แบ่งเกณฑ์ขนาดของม้งคุดพิจารณาเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลาง	7
4.1 การทดลองของม้งคุดประเภทที่ 1 และ ประเภทที่ 3	56
4.2 ผลการทดลองของม้งคุดประเภทที่ 1 และประเภทที่ 3	58
4.3 การทดลองของม้งคุดประเภทที่ 1, 2 และ 3 อย่างละ 10 ผล	58
4.4 ผลทดลองของม้งคุดทั้งสามประเภท อย่างละ 10 ผล	62
4.5 การทดลองของม้งคุดประเภทที่ 1, 2 และ3 ทั้งหมด 33 ผล.....	63
4.6 ผลการทดลองของม้งคุดประเภทที่ 1, 2 และ3 ทั้งหมด 33 ผล	66
4.7 ผลการทดลองคัดแยกขนาดม้งคุด	69
4.8 ทดสอบจับเวลาการทำงานด้วยม้งคุดจำนวน 17 ผล จำนวน 10 ครั้ง	71
4.9 ทดสอบจับเวลาการทำงานด้วยม้งคุดจำนวน 20 ผล ทั้งหมด 7 ครั้ง	72

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 มังคุด	4
2.2 ช่วงระยะเวลาการสุกของมังคุด	5
2.2 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย	7
2.3 บอร์ดพีแอลซี	8
2.5 สัญลักษณ์ของโปรแกรมไพธอน	9
2.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	9
2.7 สัญลักษณ์ของทอนนี่	10
2.8 รูปสัญลักษณ์นมพาย	11
2.9 กระบอกลม	11
2.10 โซลินอยด์วาล์ว	12
2.11 โมดูลกลิ้ง	12
2.12 สายพานลำเลียง.....	11
2.13 เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ	12
2.14 จอแอลซีดี	13
2.15 ระบบสี่เหลี่ยมเอชวี ในรูปแบบโคน (Cone)	15
2.16 โอเพนซีวี	16
3.1 ระบบการทำงานของเครื่องคัดแยกสีและขนาดมังคุด	17
3.2 การสื่อสารแบบมอด็มอาร์ทียู	18
3.3 การประมวลผลภาพ	19
3.4 โพรซาร์ตระบบการทำงานช่วงคัดสีและขนาดลูกมังคุด	20
3.5 โพรซาร์ตการประมวลผลภาพและการคัดแยกสี	21
3.6 วงจรลดแรงดัน	22
3.7 กราฟการเลือกขนาดของขดลวด	22
3.8 วงจรซอฟต์แวร์	24

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 วงจรควบคุมสัญญาณพัลส์	26
3.10 วงจรแปลงระดับของสัญญาณ	27
3.11 การต่ออุปกรณ์และวงจรใช้งานร่วมกับบอร์ดพีแอลซี	28
3.12 การต่ออุปกรณ์และวงจรเข้าบอร์ดทรานส์เบอเรอร์รี่พาย	29
3.13 ลายวงจรลดแรงดัน DC to DC	30
3.14 ลายวงจรซอฟต์แวร์	30
3.15 ลายวงจรควบคุมสัญญาณพัลส์.....	31
3.16 การออกแบบโปรแกรมพีแอลซี.....	31
3.17 การเลือกรุ่นของพีแอลซี	32
3.17 การเลือกรุ่นของพีแอลซี	32
3.18 การตั้งค่าช่องการสื่อสารมอดบัสอาร์ทียู.....	32
3.19 วิธีการตั้งค่าตัวควบคุมตัวรีจิสเตอร์ D8120	33
3.20 ใช้งาน M8000	33
3.21 การออกแบบโปรแกรมการนับจำนวน	34
3.22 การคัดลอกค่ามาเก็บไว้ในดาต้ารีจิสเตอร์	34
3.23 การออกแบบเปิด/ปิดมอเตอร์ด้วยสวิทช์ปุ่มกดหน้าสัมผัสปกติเปิด.....	35
3.24 การออกแบบการใช้งานกระบอกลม	35
3.25 การออกแบบช่วงของสี่เหลี่ยม	36
3.26 การออกแบบช่วงของสี่แดง.....	36
3.27 การออกแบบช่วงของสี่ม่วง	37
3.28 ตัวอย่าง erosion และ dilation	37
3.29 ตัวอย่าง close	38
3.30 การเรียกใช้ไลบรารี.....	38
3.31 การเรียกใช้กล้องและตั้งค่าการสื่อสารมอดบัสโปรโตคอลแบบ RTU	39

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.32 การเชื่อมต่อมอสบัส และการตรวจจับสีของมั่งคุดประเภทที่ 1	40
3.33 การตรวจจับสีของมั่งคุดประเภทที่สอง	41
3.34 การตรวจจับสีของมั่งคุดประเภทที่สาม	41
3.35 การตั้งค่าเฟรมกล้อง และแปลงภาพเป็นระบบเอชเอสวี.....	42
3.36 การตรวจจับสีมั่งคุดประเภทที่ 1 ช่วงที่ 1	43
3.38 การตรวจจับสีมั่งคุดประเภทที่ 1 ช่วงที่ 3	44
3.39 การตรวจจับสีมั่งคุดประเภทที่ 1 ช่วงที่ 4	44
3.40 การตรวจจับสีมั่งคุดประเภทที่ 1 ช่วงที่ 5	45
3.41 การตรวจจับสีมั่งคุดประเภทที่ 1 ช่วงที่ 6	45
3.42 การตรวจจับสีมั่งคุดประเภทที่ 1 ช่วงที่ 7	46
3.43 การกำหนดการทำงาน ถ้าผลลัพธ์เป็นสีแดงหรือสีม่วง	47
3.44 การอ่านค่าดาต้ารีจิสเตอร์และแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี	48
3.45 ตั้งค่าปุ่ม ESC เพื่อออกจากลูป while	48
3.46 ภาพการออกแบบเครื่องคัดแยกสีและขนาดของมั่งคุด	49
3.47 การออกแบบสายพานลำเลียง	50
3.48 ผลมั่งคุดที่ถูกลำเลียงโดยสายพานเส้นที่หนึ่ง	51
3.49 ผลมั่งคุดที่ลำเลียงจากสายพานเส้นที่หนึ่งไปเส้นที่สอง	52
3.50 ภายในกล่องดำบนสายพานลำเลียงที่สอง	52
3.51 ภายนอกกล่องดำและจุดที่มั่งคุดเหียวตก.....	53
3.52 รางคัดขนาด	53
3.52 จุดที่มั่งคุดตกและเซ็นเซอร์จับวัตถุ	54
4.1 มั่งคุดชุดที่หนึ่ง	67
4.2 มั่งคุดชุดที่สอง	67
4.3 มั่งคุดชุดที่สาม	68

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.4 มังคุด 2 กิโลกรัม จำนวน 17 ผล70



บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการทำโครงการ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน รวมถึง โครงสร้างของปฏิญานิพนธ์

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

มังคุดเป็นผลไม้ที่คนไทยค่อนข้างคุ้นเคยและรู้จักเป็นอย่างดี มังคุดปลูกมากในภาคตะวันออก ภาคใต้ และ ภาคกลางของไทย และยังเป็นผลไม้ที่นิยมมากในประเทศและต่างประเทศ เพราะรสชาติดีและมีรูปที่สวยงาม ทำให้มังคุดเป็นหนึ่งในผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ให้มีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย

การเก็บเกี่ยวมังคุดแต่ละครั้งนั้นจะเก็บครั้งละเป็นจำนวนมากและมีการคัดแยกมังคุดก่อนที่ส่งต่อไปยังผู้บริโภค การคัดแยกแต่ละครั้งจึงจำเป็นต้องมีคนจำนวนมาก ทำให้หลายคนหันมาพึ่ง เครื่องจักรในการช่วยแยก แต่ก็แลกมากับราคาที่สูง ทำให้บุคคลทั่วไปเข้าถึงยาก จึงได้ออกแบบเครื่อง คัดแยกสีและขนาดของมังคุดมา อยากลดปัญหา เวลา และจำนวนคนในการคัดแยกสีและขนาดของ มังคุด เพื่อให้เกิดประโยชน์มากขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาและเรียนรู้การคัดแยกสีของมังคุดโดยใช้ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) ร่วมกับโมดูลกล้อง (Camera Module) ในการประมวลผลภาพ
2. เพื่อลดแรงและเวลาในการคัดแยกสีและการคัดแยกขนาดของมังคุด
3. เพื่อศึกษาการใช้งานของ พีแอลซี (PLC) ในการควบคุมสายพานลำเลียง และ ราสเบอร์รี่ กับโมดูลกล้องในการคัดแยกสี

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. สามารถคัดแยกสีของมังคุดได้ โดยจะแยกสีม่วงดำกับสีแดงและคัดสีเขียวออก
2. สามารถคัดแยกขนาดมังคุดตามเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 4 ขนาดตั้งแต่ A-D โดย เอ (A) มากกว่า 60 มิลลิเมตร บี (B) 58 - 60 มิลลิเมตร ซี (C) 55 - 58 มิลลิเมตร และ ดี (D) ต่ำกว่า 55 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นับจำนวนมังคุดได้
4. จอแอลซีดีแสดงจำนวนผลของมังคุดแต่ละขนาด
5. สามารถคัดแยกสีและขนาดมังคุด ได้ 20-30 ผล หรือ ประมาณ 2 กิโลกรัม ภายใน 1 นาที และผิดพลาดไม่เกิน 1 %

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อลดแรงและเวลาเกษตรกรในการคัดแยกมังคุด
2. เกษตรกรหรือชาวบ้านทั่วไปสามารถคัดแยกมังคุดเองได้ก่อนนำไปขาย
3. มีมาตรฐานในการคัดสีและขนาดมังคุด

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในส่วนขั้นตอนของการดำเนินงานโดยจะแบ่งออกเป็นสองช่วงหลักๆ คือ ขั้นตอนการดำเนินงานในเทอมที่ 1 และ ขั้นตอนการดำเนินการในเทอมที่ 2

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 1

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ช่วงเวลาดำเนินงาน (สิงหาคม - พฤศจิกายน 2564)															
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ โครงการ																
2.ออกแบบโครงสร้าง																
3.ศึกษาการใช้บอร์ดควบคุมต่างๆ กล้องตัวเซนเซอร์ และ จอแอลซีดี																
4.ทำโครงสร้างเริ่มต้นในการคัดแยก ขนาดของมังคุด																

ตารางที่ 1.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 2

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ช่วงเวลาดำเนินงาน (มกราคม – พฤษภาคม 2564)																		
	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน						
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
1.ติดตั้งสายพานลำเลียง และทำตัวโครงสร้างเพิ่ม	←				→														
2.ติดตั้งบอร์ดควบคุม กล้อง เซนเซอร์ และ จอแอลซีดี			←				→												
3.ทดลองและวิเคราะห์ผล								←				→							
4.รายงานและนำเสนอ												←				→			

1.7 โครงสร้างปริญญาโท

ปริญญาโทฉบับนี้แบ่งออกเป็น 5 บท แต่ละบทประกอบไปด้วยเนื้อหาต่างๆดังต่อไปนี้

บทที่ 1 ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการทำโครงการ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน รวมถึง โครงสร้างปริญญาโท

บทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมั้งคุด การเก็บเกี่ยว การคัดขนาดตามมาตรฐาน พีแอลซี (Programmable logic Control : PLC) ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) ไพธอน (Python) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) สายพานลำเลียง (Conveyor Belt System) โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) กระบอกลม (Air cylinder) โมดูลกล้อง (Camera Module) นัมพาย (NumPy) ทอนนี่ (Thonny) ระบบสีเอชเอสวี (HSV) โอเพ่นซีวี (OpenCV) เซ็นเซอร์วัดระยะ (Infrared proximity sensor) จอแอลซีดี (Liquid Crystal Display : LCD)

บทที่ 3 ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบการใช้งานของเครื่องคัดแยกสีและขนาดมั้งคุด โดยจะแบ่งออกเป็น 6 ส่วน ได้แก่ บล็อกไดอะแกรม โฟร์ชาร์ต การออกแบบวงจร การออกแบบลายวงจร การออกแบบโปรแกรม และการออกแบบโครงสร้างของเครื่องคัดแยกสีและขนาดของมั้งคุด

บทที่ 4 ในบทนี้จะกล่าวถึง การทดลองและผลการทดลองในส่วนของการคัดแยกสีมั้งคุด การทดลองในส่วนของการคัดแยกขนาดมั้งคุด และการทดลองจับเวลา

บทที่ 5 บทนี้จะกล่าวถึง สรุปผลการทดลองและผลการทดลองของเครื่องคัดแยกสีและขนาดของมั้งคุดจะแบ่งเป็นการทดลองประมวลผลภาพ การทดลองคัดแยกขนาดมั้งคุด และทดลองจับเวลาการทำงานรวมของเครื่อง ปัญหาและอุปสรรค และแนวทางแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนี้นั้นจะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมังคุด การเก็บเกี่ยว การคัดขนาดตามมาตรฐาน พีแอลซี (Programmable logic Control : PLC) ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) ไพธอน (Python) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) สายพานลำเลียง (Conveyor Belt System) โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) กระบอกลม (Air cylinder) โมดูลกล้อง (Camera Module) นัมพาย (NumPy) ทอนนี่ (Thonny) ระบบสีเอชเอสวี (HSV) โอเพ่นซีวี (OpenCV) เซ็นเซอร์วัดระยะ (Infrared proximity sensor) จอแอลซีดี (Liquid Crystal Display : LCD)

2.1 มังคุด

มังคุด[1] ดังรูปที่ 2.1 เป็นผลไม้ที่อยู่คู่กับคนไทยมาช้านาน หากปลูกมังคุดจากเมล็ด จะใช้ระยะเวลาประมาณ 7-10 ปี จึงจะเริ่มมีผลผลิตให้ ซึ่งเป็นช่วงอายุที่ผลผลิตยังให้ได้ไม่เต็มที่ ต้องผ่าน 13 ปีขึ้นไป มังคุดจึงให้ ผลผลิตเต็มที่ แหล่งผลิตมังคุดที่สำคัญ คือ ภาคใต้และ ภาคตะวันออก โดยภาคใต้จะมีผลผลิตออกสู่ ตลาดในช่วงเดือนกรกฎาคม-กันยายน ส่วนภาคตะวันออกจะเริ่มเก็บเกี่ยว มังคุดในช่วงพฤษภาคม - มิถุนายน ภูเขาสูงอยู่กึ่งกลางพื้นที่ ทำให้ช่วงออกดอกและการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน คือ แหล่งปลูกบริเวณฝั่งอันดามัน ได้แก่ จังหวัดระนองและจังหวัดพังงา มังคุดจะออกดอกประมาณเดือนกรกฎาคม ซึ่งจะมีการออกดอกก่อนแหล่งปลูกทางฝั่งอ่าวไทย คือประมาณเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม




รูปที่ 2.1 มังคุด

(ที่มา: mpics.mgrronline.com/pics/Images/564000007844402.JPG)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 การเก็บเกี่ยวมังคุด

การเก็บเกี่ยวมังคุด จะเริ่มการเก็บเกี่ยวโดยจะนับวันหลังจากเริ่มออกดอกไปประมาณ 6 สัปดาห์ หรือ วันหลังจากดอกเริ่มบานไปประมาณ 11-12 สัปดาห์ ก็จะเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ หรือใช้เป็นการสังเกตมังคุดพร้อมเก็บเกี่ยวจากสีของผลมังคุด โดยดูจากสีผลหรือจุดสายเลือดแทนการสังเกตสีผลมังคุดนั้นเป็นหลักการที่เชื่อถือได้ และทำให้ได้ผลผลิตมังคุดคุณภาพดี สามารถสร้างความประทับใจให้แก่ผู้บริโภคได้ โดยการพัฒนาสีที่เปลือกผลมังคุดหรือจุดสายเลือดนั้นแบ่งตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 2-2556 โดยเป็นระดับสีที่ 1-6 ดังรูปที่ 2.2

ผลมังคุด	ระยะการพัฒนา	ลักษณะของผลมังคุด
	ระยะที่ 1	<ul style="list-style-type: none"> - ผลมีสีเขียว - มียางในเปลือกมาก - เนื้อและเปลือกไม่สามารถแยกออกจากกันได้
	ระยะที่ 2	<ul style="list-style-type: none"> - ผลมีสีเขียวอ่อน และเริ่มมีจุดประสีม่วงแดง - เนื้อและเปลือกแยกออกจากกันได้ยากถึงปานกลาง
	ระยะที่ 3	<ul style="list-style-type: none"> - ผลมีสีชมพูกระจายทั่วผล - มียางในเปลือกน้อย - เนื้อและเปลือกแยกออกจากกันได้ปานกลาง
	ระยะที่ 4	<ul style="list-style-type: none"> - ผลมีสีแดงอมม่วง - มียางในเปลือกน้อย
	ระยะที่ 5	<ul style="list-style-type: none"> - ผลมีสีม่วงอมแดง - ไม่มียางในเปลือก - เนื้อและเปลือกแยกออกจากกันไม่ทนต่อแรงกด - เป็นระยะที่เริ่มรับประทานได้
	ระยะที่ 6	<ul style="list-style-type: none"> - ผลมีสีม่วงเข้มหรือสีม่วงดำ - ไม่มียางในเปลือก - เนื้อและเปลือกแยกออกจากกันไม่ทนต่อแรงกด

รูปที่ 2.2 ช่วงระยะการสุกของมังคุด

(ที่มา: www.acfs.go.th/standard/download/MANGOSTEEN_new.pdf)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การคัดขนาดตามมาตรฐาน

การคัดขนาดของมังคุด[2] มีการพิจารณาการหลายเกณฑ์ ซึ่งถ้าเราพิจารณาตาม มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 2-2556 นั้นการแบ่งขนาดของผลมังคุดพิจารณาจากน้ำหนักต่อผล ตามตารางที่ 2.1 ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ขนาดของผลมังคุดโดยพิจารณาตามน้ำหนักต่อผล

รหัสขนาด	น้ำหนักต่อผล (กรัม)
1	>100
2	>85-100
3	>70 - 85
4	>55-70
5	30 -55

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเรื่องขนาดตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 2-2556 ผลมังคุดทุกรหัสขนาดมีผลมังคุดที่ขนาดใหญ่หรือเล็กกว่าถัดไปหนึ่งชั้นปนมาได้ไม่เกิน 10% โดยจำนวน หรือน้ำหนักของผลมังคุด ในที่นี้จะพิจารณาตามเกณฑ์จากเดลินิวส์ ฉบับวันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2561 กำหนดเกณฑ์ รับซื้อมังคุดโดยการเตรียมการในการจัดจำหน่ายผลผลิตนั้นทางกลุ่มได้มีการประชุมสมาชิกเพื่อปรึกษาหารือกำหนดแนวทาง และวางแผนพร้อมกำหนดหลักเกณฑ์ในการรับซื้อผลผลิตมังคุดคุณภาพ ปี 2561 โดยให้สมาชิกทำการคัดแยกผลผลิตมาจากสวนตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยแยกเป็น 4 ขนาดดังนี้

- เบอร์ 1 เกรดเอ มีน้ำหนัก 80 กรัมต่อผล ขึ้นไป ผิวมัน หูเขียว 3-4 หู โดยใช้หวงกลมสีแดง มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 60 มิลลิเมตร ทำการวัดขนาดผล
- เบอร์ 2 เกรดบี มีน้ำหนักอยู่ที่ 70-79 กรัมต่อผล มีผิวมันหูเขียว 3-4 หู โดยใช้หวงกลมสีเหลือง มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 58 มิลลิเมตร วัดขนาดผล
- เบอร์ 3 เกรดซี มีน้ำหนัก 60-69 กรัมต่อผล มีผิวมัน หูเขียว 3-4 หู โดยใช้หวงกลมสีฟ้ามีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 55 มิลลิเมตร มาวัดขนาด
- เบอร์ 4 ซึ่งเป็นมังคุดตกเกรด เป็นผลที่มีน้ำหนักไม่ถึง 69 กรัมต่อผล

จากการรับซื้อเกรดมังคุดสามารถจำแนกเกรดมังคุดตามเส้นผ่านศูนย์กลางได้ตามตารางที่ 2.2 ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แบ่งเกณฑ์ขนาดของมังคุดพิจารณาเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลาง

เกรดมังคุด	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	น้ำหนักต่อผล (กรัม)
เอ (A)	>100	>80
บี (B)	>85-100	70-79
ซี (C)	>70 - 85	60-69
ดี (D)	>55-70	<69

2.2 พีแอลซี (Programmable logic Control : PLC)

พีแอลซี[3] ดังรูปที่ 2.3 เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยมีไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) เป็นตัวสั่งการที่สำคัญ ซึ่งอุปกรณ์มีส่วนประกอบอินพุต (Input) และเอาต์พุต (Output) ที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ (Switch) ต่าง ๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย สามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปในตัวพีแอลซี นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นเครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่องพีแอลซี จะใช้งานแบบเดี่ยวและยังสามารถต่อ พีแอลซี หลายๆ ตัวเข้าด้วยเน็ตเวิร์ก (Network) การสื่อสารแบบมอดบัส (Modbus) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน พีแอลซีจะมีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆจึงเปลี่ยนมาใช้ พีแอลซี มากขึ้น



รูปที่ 2.3 พีแอลซี

(ที่มา: www.inverter.co.th/product/plc/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi)

ราสเบอร์รี่พาย[4] ดังรูปที่ 2.4 เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กสามารถเชื่อมต่อกับตัวเมาส์ จอ และคีย์บอร์ด ได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ การเขียนโปรแกรม หรือเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะขนาดเล็ก โดยเป็นการทำงานแบบใช้การประมวลผลค่าแบบสเปรดชีท (Spreadsheet Word Processing) อินเทอร์เน็ต (Internet) อีเมล (Email) สามารถเล่นไฟล์วีดีโอความละเอียดสูงได้ มีคุณสมบัติ คือติดต่อคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ได้หลายชนิด รองรับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux Operating System) และ ระบบปฏิบัติการราสเบียน Raspbian (Debian) เป็นต้น โดยจะติดตั้งระบบปฏิบัติการในการ์ดหน่วยความจำ (Memory card) ซึ่งได้ถูกออกแบบมาให้มี ซีพียู (CPU) เป็นหน่วยประมวลผล จีพียู (GPU) ช่วยในส่วนการประมวลผลภาพ และ แรม (RAM) เป็นหน่วยความจำภายใน อยู่ในชิปเดียวกัน และมีพอร์ตจีพีไอโอ (GPIO) ที่สามารถนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ได้



รูปที่ 2.4 ราสเบอร์รี่พาย

(ที่มา: www.robotsiam.com/product/141/raspberry-pi-3-model-b)

2.4 ภาษาไพธอน (Python)

ภาษาไพธอน[5] ดังรูปที่ 2.5 เป็นภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระดับสูง โดยถูกออกแบบมาให้เป็นภาษาสคริปต์ที่ใช้งานและอ่านง่าย ตัดความซับซ้อนของโครงสร้างของภาษาบางส่วนออกไป ในส่วนของการแปลงชุดคำสั่งที่เขียนให้เป็นภาษาเครื่อง มีการทำงานแบบแปลคำสั่ง (Interpreter) โดยเป็นการแปลชุดคำสั่งทีละบรรทัด เพื่อป้อนข้อมูลเข้าสู่หน่วยประมวลผลให้ทำงานตามที่ต้องการ และยังสามารถนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมได้หลากหลายประเภท (General-purpose language) จึงทำให้การนำมาประยุกต์ใช้กันแพร่หลายทั้งในระดับองค์กรและบุคคลทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 สัญลักษณ์ของโปรแกรมไพธอน

(ที่มา: www.mindphp.com/บทความ/4755-python2x-python3x.html)

2.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง[6] ดังรูปที่ 2.6 ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด โดยชุดหนึ่งอยู่ที่สเตเตอร์ (Stator) เรียกว่าขดลวดสนาม (Field winding) ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กถาวร ซึ่งแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะจ่ายมาจากแหล่งเดียวกันกับตัวขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) แต่มอเตอร์ขนาดเล็ก จะใช้แม่เหล็กถาวรแทนขดลวดเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กถาวร และขดลวดชุดที่สองที่อยู่ในส่วนของโรเตอร์ (Rotor) เรียกว่าขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature winding) โดยจะจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าขดลวดอาร์เมเจอร์ผ่านแปรงถ่าน (Brush) และชุดคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) จะทำให้เกิด แรงบิด (Torque) หรือแรงในการหมุนของตัวโรเตอร์เกิดมาจากการกระทำระหว่างขั้วแม่เหล็กของตัวขดลวดในสเตเตอร์ และโรเตอร์ต่างขั้วกัน (+,-) ผลักกันก่อให้เกิดการหมุนขึ้นได้



รูปที่ 2.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

(ที่มา: www.thai.alibaba.com/product-detail/12-36v-dc-motor-62572605930.html)

2.6 สายพานลำเลียง (Conveyor Belt System)

สายพานลำเลียง[7] ดังรูปที่ 2.7 เป็นระบบลำเลียงเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ ชิ้นงาน ผลิตภัณฑ์ หรือลำเลียงจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง โดยใช้สายพาน (Belt) และมอเตอร์เกียร์เป็นตัวขับเคลื่อน สายพานลำเลียงกระสอบ เป็นอุปกรณ์สำคัญที่จำเป็นต้องใช้ในกระบวนการทำงานที่ต้องการความต่อเนื่อง ซึ่งหลังจากผ่านกระบวนการต่าง ๆ ของโรงงานเรียบร้อยแล้วและต้องการเคลื่อนย้ายไปที่ต้องการได้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นระบบสายพานลำเลียงจึงเหมาะสมและจำเป็นมากสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภททั้งเล็กและใหญ่ หรือแม้แต่ การใช้งานทั่วไป งานดีไอวายก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้



รูปที่ 2.7 สายพานลำเลียง

(ที่มา: www.a-automation.co.th/en/article/231/ระบบสายพานลำเลียง)

2.7 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

โซลินอยด์วาล์ว[8] ดังรูปที่ 2.8 เป็นอุปกรณ์ควบคุมการไหล เช่น น้ำ อากาศ หรือก๊าซต่างๆ ในตัววาล์วชนิดนี้เพิ่มส่วนประกอบขึ้นมาซึ่งคือ ขดลวดพันแม่เหล็ก เป็นตัวกลางที่ใช้ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านตัวขดลวดที่จะเกิดพลังงานสนามแม่เหล็ก ส่งผลการทำงาน เปิด-ปิด การไหลของตัววาล์ว ชนิดของวาล์วเป็นตัวเลขเช่น 2/2 หรือ 5/2 นั้น ตัวเลขตัวแรก หมายถึง จำนวนทางเข้าออกของวาล์ว มีจำนวนทางเข้าออกหรือมีก๊อ์ตใช้งาน (port) ตัวเลขตัวที่สอง หมายถึง จำนวนตำแหน่งหรือจำนวนสถานะ (position) ของวาล์ว การเลือกชนิดของวาล์วจึงพิจารณาตามรูปแบบการใช้งาน

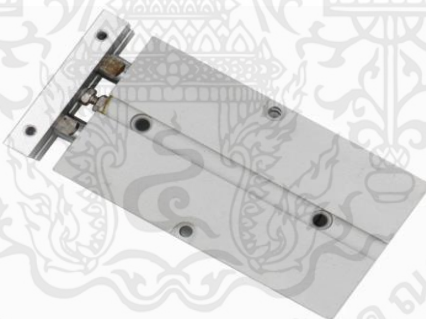


รูปที่ 2.8 โซลินอยด์วาล์ว

(ที่มา: <https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQETFISoG5g&usqp>)

2.8 กระบอกลม (Air cylinder)

กระบอกลม[9] ดังรูปที่ 2.9 เป็นอุปกรณ์ลมที่ใช้ลมทำให้ส่วนของก้านกระบอกลม ให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง อุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานจากความดันลมเป็นพลังงานกลในรูปแบบของการทำงานโดยแบ่งตามลักษณะการทำงานประเภทและหลักการทำงานใช้แรงดันอากาศสองทางในการเคลื่อนที่โดยทำงานแบบสลับ โดยด้านหนึ่งผลิตแรงดัน อีกด้านจะเป็นตัวจ่ายแรงดัน



รูปที่ 2.9 กระบอกลม

(ที่มา: <https://heschen.com/es/products/heschen-tn16-80>)

2.9 นัมพาย (NumPy)

นัมพาย[10] ดังรูปที่ 2.10 เป็นชื่อของไลบรารี (library) ที่ช่วยในการคำนวณแบบคณิตศาสตร์ในภาษาไพธอน ภายในจะถูกเขียนด้วยภาษาซี จึงทำงานได้มีประสิทธิภาพและสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว โดยนัมพายจะมีความสามารถในการจัดการกับอาร์เรย์หลายมิติและข้อมูลแบบเมทริกซ์ และสามารถติดตั้ง นัมพาย ได้ง่ายผ่านแพ็คเกจติดตั้ง ของตัวไพธอน ด้วยคำสั่งนำเข้า (import) ซึ่งก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเรียกใช้งานได้ทันทีและสามารถสร้างและจัดการกับอาร์เรย์ (array) หลายมิติได้อย่างง่ายดายหลายวิธีนอกจากการสร้างอาร์เรย์ขึ้นมาจากข้อมูลที่เรากำหนดแล้วนั้น ยังสามารถสร้างโดยระบุเพียงขนาดของ อาร์เรย์ และให้ข้อมูลภายในเป็นไปตามที่ต้องการได้ผ่านฟังก์ชันของ NumPy

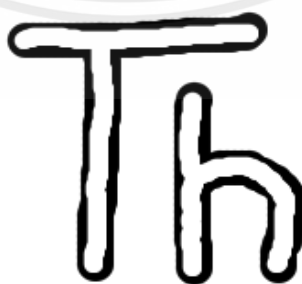


รูปที่ 2.10 รูปสัญลักษณ์ NumPy

(ที่มา: <https://prangsirin.medium.com/ทำความรู้จักกับ-python-numpy-library>)

2.10 Thonny (Thonny)

Thonny [11] ดังรูปที่ 2.11 คือ Integrated Development Environment (IDE) สำหรับผู้เริ่มต้น Python สร้างด้วยไพธอนและเผยแพร่ภายใต้ใบรับรองสัญญาอนุญาตของสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (MIT) เป็นโปรแกรมข้ามแพลตฟอร์มและสามารถทำงานในหลายระบบ เช่น ระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux), ระบบปฏิบัติการแมคโอเอส (macOS), ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (WindowsOS) เขียนขึ้นมาเพื่อเป็นเครื่องมือในการศึกษาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาไพธอน โดยมีความสามารถหลายอย่าง เช่น แสดงชื่อตัวแปรและค่าของตัวแปรที่มีอยู่ในระบบที่ใช้สำหรับไพธอนเท่านั้น



รูปที่ 2.11 สัญลักษณ์ของ Thonny

(ที่มา: www.commonswiki.org/wiki/File:Thonny_logo.png)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 โมดูลกล้อง (Camera module)

โมดูลกล้อง[12] ดังรูปที่ 2.12 คืออุปกรณ์ที่มีหน่วยหลายๆหน่วยมาประกอบกันมาเป็นตัวกล้องสำหรับต่อใช้งานร่วมกับราสเบอร์รี่พาย ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำเหมาะสมและแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ (Volt) ทำให้ประหยัดพลังงานเหมาะสำหรับการถ่ายโอนข้อมูลจำนวนมาก ขนาดความละเอียด 5 ล้านพิกเซล (Megapixel) สามารถถ่ายวิดีโอระดับความละเอียดสูง High Definition : HD ที่ความละเอียด 1080p, 720p และ 640x480 อัตราแสดงผล (1080p) 30 เฟรมต่อวินาที, (720p และ 640x480) 60 เฟรมต่อวินาที และ (640x480) 90 เฟรมต่อวินาที

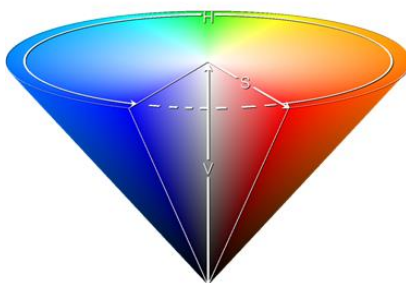


รูปที่ 2.12 โมดูลกล้อง

(ที่มา: www.arduitronics.com/product/4601/)

2.12 ระบบสีเอชเอสวี (HSV)

ระบบสีเอชเอสวี[13] ดังรูปที่ 2.13 คือระบบสีที่นิยมใช้กันมากอันเนื่องจากเป็นระบบสีที่ใกล้เคียงกับระบบการมองเห็นและระบบความคิดของมนุษย์ได้ดีกว่าระบบสีแบบอาร์จีบี โดยค่าสี (Hue) คือค่าของสีที่แบ่งออกโดยที่ไม่มีการผสมระหว่างสี ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) คือความบริสุทธิ์ของสี ซึ่งจะไล่ระดับจากสีเข้มไปยังสีอ่อน และค่าความสว่างของสี (Value) เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณความสว่างของสี หากมีค่ามากสีจะมีความสว่างมาก ถ้ามีค่าน้อยสีก็จะมีแสงน้อย โดยในการตัดพื้นหลังออกจากภาพใช้วิธีการแปลงค่าสีจากระบบสีอาร์จีบีเป็นระบบสีแบบเอชเอสวีแล้วหาช่วงของสีของพื้นหลัง ที่ระบบสีเอชเอสวีสามารถแปลงจากระบบสีอาร์จีบีได้



รูปที่ 2.13 โมเดลสีเอชเอสวี ในรูปแบบโคน (Cone)

(ที่มา: http://ibookengineering.blogspot.com/2015/07/hsv_13.html)

2.13 โอเพ่นซีวี (OpenCV)

โอเพ่นซีวี[14] ดังรูปที่ 2.14 เป็นไลบรารีฟังก์ชันการเขียนโปรแกรม (Library of Programming Functions) โดยส่วนใหญ่การจะเน้นเป็นการแสดงผลแบบเรียลไทม์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Real-Time Computer Vision) โอเพ่นซีวีเป็นไลบรารีข้ามแพลตฟอร์ม (Cross-Platform) และใช้งานได้ฟรีภายใต้ลิขสิทธิ์ของทาง BSD แบบโอเพ่นซอร์ส (Open-Source BSD License) โอเพ่นซีวี โดยจะถูกเขียนขึ้นโดยภาษาซี มีการรองรับ ไพธอน, จาวา (Java) และ แมตแล็บ (MATLAB) สำหรับ อินเทอร์เฟซ (Interface) จำพวกนี้สามารถพบได้ในเอกสารออนไลน์ มีการรวมไว้หลากหลายภาษา เช่น ภาษาซีชาร์ป (C#), ภาษาเพิร์ล (Perl) เป็นต้น ได้รับการพัฒนาเพื่อส่งเสริมการนำมาใช้งานโดย ผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2.14 รูปสัญลักษณ์โอเพ่นซีวี

(ที่มา: medium.com/@nut.ch40/opencv-คืออะไร-8771e2a4c414)

2.14 เซ็นเซอร์วัดระยะ (Infrared proximity sensor)

เซ็นเซอร์วัดระยะ[15] ดังรูปที่ 2.15 คือเซ็นเซอร์ที่สามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับตัวชิ้นงานหรือวัตถุภายนอกโดยตรง ลักษณะของการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งดังนี้ สนามไฟฟ้าสนามแม่เหล็ก สัญญาณลม แสง และ เสียง ในการนำเซ็นเซอร์ไปใช้งานนั้นส่วนมากจะใช้กับงานตรวจจับ ตำแหน่ง ระดับ ขนาด และรูปร่าง เนื่องจากอายุการใช้งานและความเร็วการตรวจจับวัตถุเป้าหมาย ซึ่งโดยปกติแล้วจะนำมาใช้เพื่อทดแทนลิมิตสวิทช์ (Limit Switch) ซึ่งทำได้ดีกว่าอุปกรณ์ประเภทสวิทช์ (Switch) ซึ่งอาศัยหน้าสัมผัสทางกลโดยเป็นเซ็นเซอร์วัดระยะที่จะใช้หลักการสะท้อนของคลื่นอินฟราเรด สามารถตั้งกำหนดระยะในการทำงานได้ และสัญญาณที่ส่งออกจะเป็นแบบดิจิตอล

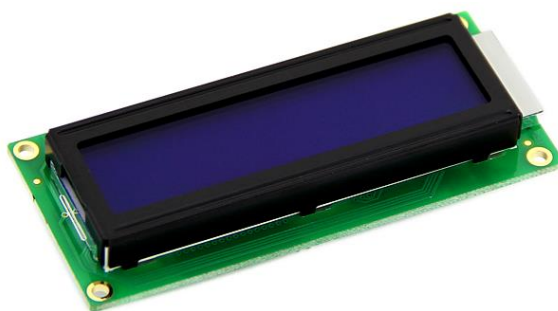


รูปที่ 2.15 เซ็นเซอร์วัดระยะ

(ที่มา: <https://inwfile.com/s-di/loc1xh.jpg>)

2.15 จอแอลซีดี (Liquid Crystal Display : LCD)

จอแอลซีดี[16] ดังรูปที่ 2.16 คือเทคโนโลยีจอมอนิเตอร์แสดงผลแบบดิจิตอล โดยภาพที่เกิดจากแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากหลอดไฟด้านหลังของจอภาพ (Black Light) ผ่านชั้นกรองแสง (Polarized filter) แล้ววิ่งไปยังคริสตัลเหลวที่เรียงตัวด้วยกัน 3 เซลล์คือ แสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน ก่อให้เกิดกลายเป็นภาพสว่างขึ้น มีการมอดูเลต (Modulation) ทางไฟฟ้าซึ่งใช้คุณสมบัติในการปรับเปลี่ยนแสงของผลึกเหลว ผลึกเหลวไม่สามารถเปล่งแสงได้ด้วยตนเอง แต่จะใช้ไฟส่องสว่างด้านหลังหรือตัวสะท้อนเพื่อสร้างภาพสีหรือภาพขาวดำเพื่อแสดงภาพที่เคลื่อนไหวหรือภาพนิ่งที่มีเนื้อหาลดน้อยได้



รูปที่ 2.16 จอแอลซีดี

(ที่มา: embeddedmakers.com/wpcontent/uploads/2017/02/LCD-16x2-character.jpg)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

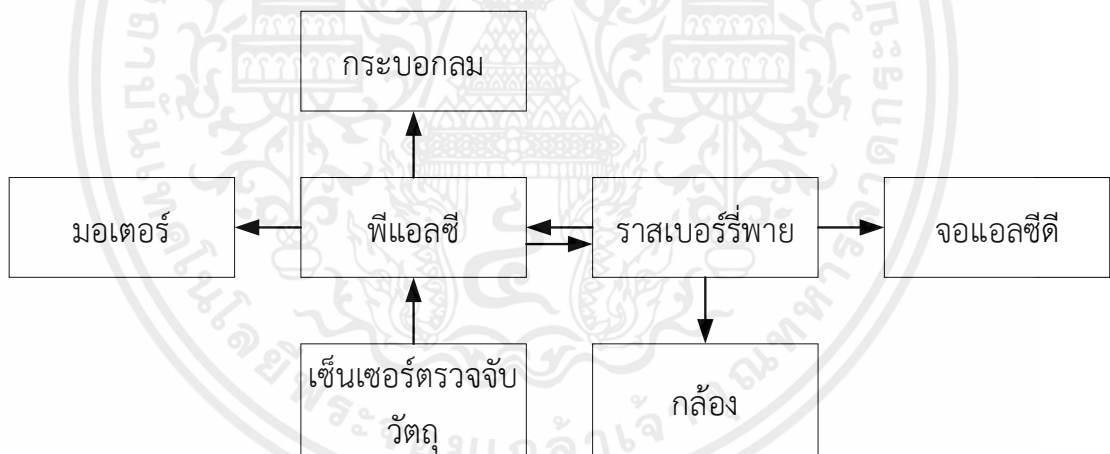
การออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบการใช้งานของเครื่องตัดแยกสีและขนาดมั่งคุด โดยจะแบ่งออกเป็น 6 ส่วน ได้แก่ บล็อกไดอะแกรม โฟร์ชาร์ต การออกแบบวงจร การออกแบบลายวงจร การออกแบบโปรแกรม และการออกแบบโครงสร้างของเครื่องตัดแยกสีและขนาดของมั่งคุด

3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องตัดแยกสีและขนาดมั่งคุด

บล็อกไดอะแกรมถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้ ระบบการทำงานของเครื่องตัดแยกสีและขนาดมั่งคุด การใช้งานการสื่อสารแบบมอดบัสอาร์ทียู (Modbus RTU) และการประมวลผลภาพ (Image processing)

3.1.1 บล็อกไดอะแกรมระบบการทำงานของเครื่องตัดแยกสีและขนาดมั่งคุด



รูปที่ 3.1 ระบบการทำงานของเครื่องตัดแยกสีและขนาดมั่งคุด

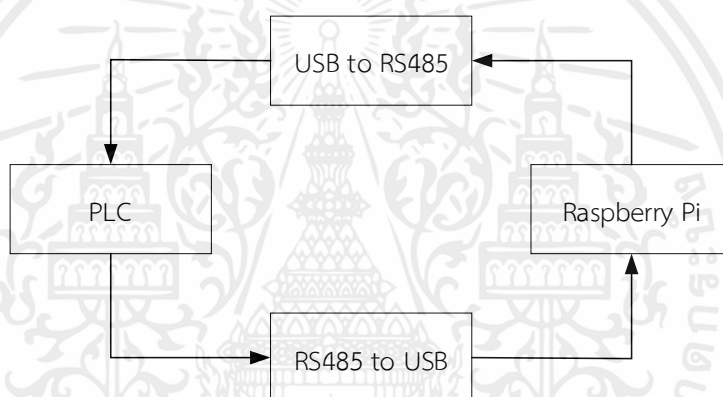
รูปที่ 3.1 การทำงานของเครื่องตัดแยกสีและขนาดมั่งคุดจะประกอบไปด้วย

1. กระบอกลม ทำหน้าที่ผลักมั่งคุด
2. มอเตอร์ ทำหน้าที่ขับเคลื่อนสายพานลำเลียงมั่งคุด
3. พีแอลซีทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง กระบอกลม และตรวจจับ

การทำงานของเซ็นเซอร์วัตถุระยะที่ต่อเข้าช่องอินพุต

4. เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ ทำหน้าที่ตรวจจับมังคุดที่กลิ้งผ่าน เพื่อนำมาใช้ในการนับจำนวนผลมังคุด
5. รัสเบอร์รี่พาย ทำหน้าที่ประมวลผลภาพเพื่อนำมาคัดสีมังคุด และควบคุมการทำงานต่าง ๆ เช่นนำค่าผลมังคุดที่นับได้จากพีแอลซีมาแสดงบนจอแอลซีดี หรือสั่งให้กระบอกลมทำงานโดยสั่งผ่านพีแอลซี
6. โมดูลกล้อง ทำหน้าที่นำแสงที่รับได้มาสร้างจุดพิกเซลให้เกิดเป็นภาพเพื่อใช้งานร่วมกับรัสเบอร์รี่พาย
7. จอแอลซีดี ทำหน้าที่แสดงจำนวนผลมังคุดแต่ละขนาดได้แก่ มังคุดขนาดใหญ่ ซี ปี และ เอ ตามลำดับ

3.1.2 บล็อกไดอะแกรมการใช้งานการสื่อสารแบบมอดบัสอาร์ทียู

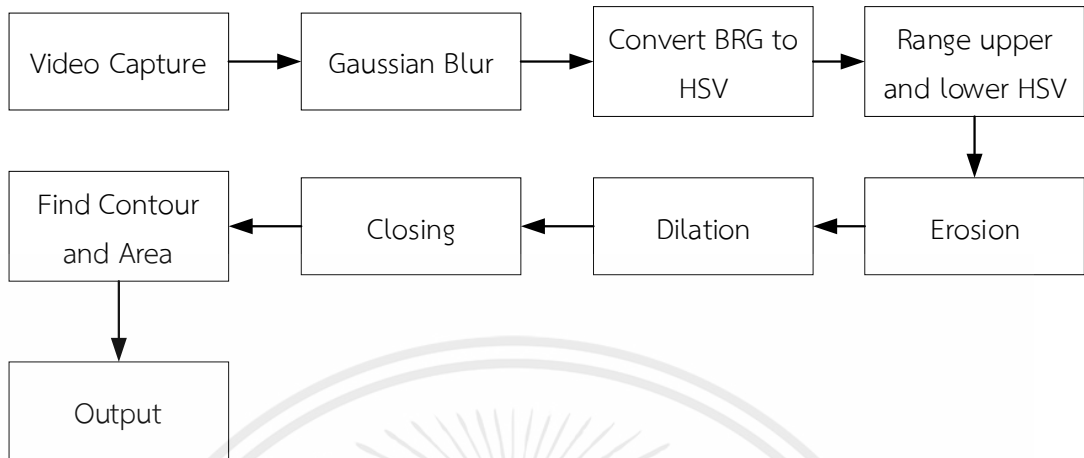


รูปที่ 3.2 การสื่อสารแบบมอดบัสอาร์ทียู

การสื่อสารแบบมอดบัสอาร์ทียูสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. จอแอลซีดี ทำหน้าที่แสดงจำนวนผลมังคุดแต่ละขนาดได้แก่ มังคุดขนาดใหญ่ ซี ปี และ เอ ตามลำดับ
2. ตัวแปลงสัญญาณอาร์เอส485เป็นยูเอสบี (RS485 to USB) หรือ ยูเอสบีเป็นสัญญาณอาร์เอส485 (USB to RS485) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณเพื่อใช้ในการสื่อสารระหว่างพีแอลซีและรัสเบอร์รี่พาย
3. พีแอลซี ทำหน้าที่สั่งให้กระบอกลมทำงาน เมื่อรัสเบอร์รี่พายมีการป้อนเลข 1 มาเก็บไว้ในดาต้ารีจิสเตอร์ที่กำหนด และสั่งให้กระบอกลมหยุดทำงาน เมื่อรัสเบอร์รี่พายมีการป้อนเลข 0 มาเก็บไว้ในดาต้ารีจิสเตอร์ที่กำหนด

3.1.3 บล็อกไดอะแกรมของการประมวลผลภาพ



รูปที่ 3.3 การประมวลผลภาพ

จากรูปที่ 3.3 หลักการการประมวลผลภาพสามารถอธิบายได้ดังนี้

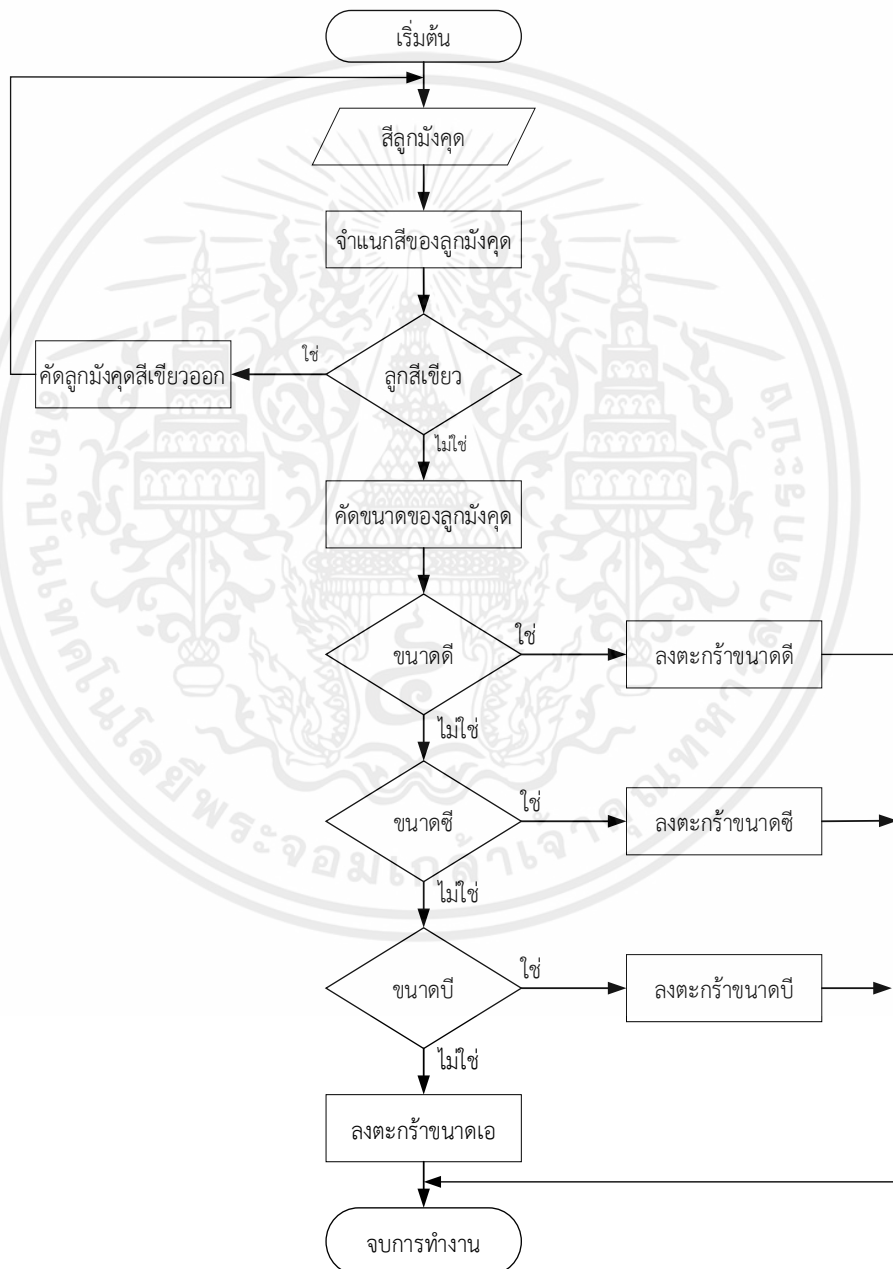
1. การจับภาพวิดีโอ (Video Capture) คือ การนำภาพวิดีโอมาเก็บไว้ในตัวแปรที่กำหนดไว้
2. การเบลอภาพ (Gaussian Blur) คือ การเบลอภาพที่ใช้เพื่อลดสัญญาณรบกวนและลดความคมชัดของภาพ
3. การแปลงระบบสีบีจีอาร์เป็นระบบเอชเอสวี (Convert BGR to HSV) คือ การแปลงระบบสีของภาพจากบีจีอาร์มาเป็นระบบเอชเอสวี เนื่องจากระบบสีบีจีอาร์เป็นใช้สีน้ำเงิน เขียว และแดง ในการประมวลผลของภาพ ซึ่งแตกต่างจากระบบเอชเอสวีที่ใช้ค่าสี ค่าความอิ่มตัวของสี และค่าความสว่างของสี ซึ่งเปรียบเสมือนดวงตาของมนุษย์ และเนื่องจากการออกแบบโปรแกรมตัวแปรที่ใช้ในการกำหนดย่านของสีเป็นจำนวนเต็ม (integer) จึงเลือกใช้ระบบเอชเอสวี
4. กำหนดค่าเอชเอสวีสูงสุดและต่ำสุด (Range Upper and Lower HSV) คือ การกำหนดย่านของสี ซึ่งจะใช้ในการตรวจจับสีของมังกุด
5. การกัดเซาะ (Erosion) คือ การลดพื้นที่ของภาพเพื่อลดจุดรบกวนที่ไม่ต้องการ
6. การขยาย (Dilation) คือ การเพิ่มพื้นที่ของภาพหลังจากการกัดเซาะ
7. การปิด (Closing) คือ การปิดช่องว่างขนาดเล็กของภาพ
8. การหาเส้นเค้าโครงหรือรูปร่าง และพื้นที่ (Find Contour and Area) คือ การหาจุดความแตกต่างระหว่าง 2 บริเวณ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพในข้อที่ 4. จะอยู่เป็น

รูปแบบเลขฐาน 2 ที่ประกอบด้วย 0 และ 1 ซึ่งเส้นเค้าโครงจะอยู่บริเวณที่เลข 1 หลังจากนั้นจะหาพื้นที่ทั้งหมดของเลข 1

9. เอาต์พุต คือผลลัพธ์ของภาพที่ผ่านการประมวลผลแล้วจึงสามารถนำไปใช้งาน

3.2 โพรซาร์ทของเครื่องคัดแยกสีและขนาดมังคุด

3.2.1 โพรซาร์ทการทำงานของเครื่องคัดแยกสีและขนาดมังคุด

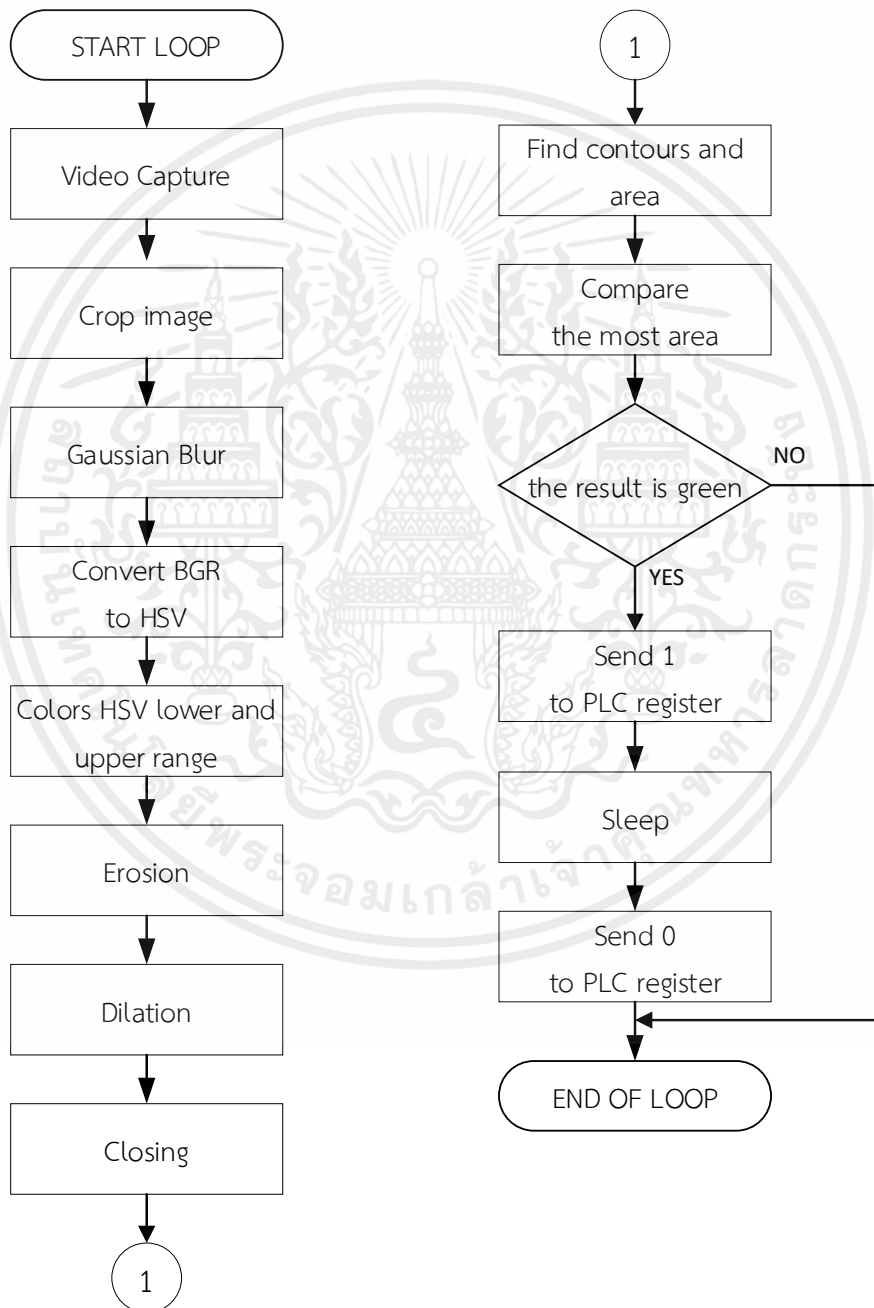


รูปที่ 3.4 โพรซาร์ทระบบการทำงานช่วงคัดสีและขนาดของมังคุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.4 การทำงานจะเริ่มจากการคัดสีของมังคุด ซึ่งถ้าสีของผลมังคุดได้ผลลัพธ์เป็นสีเขียวจะถูกคัดออก แต่ถ้ามังคุดไม่ได้เป็นผลสีเขียว เช่น ผลสีแดงหรือผลสีม่วง ก็จะถูกลำเลียงต่อไปจนถึงช่วงคัดขนาดของมังคุด โดยขนาดของมังคุดนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ขนาด ได้แก่ขนาดดี ซี บี และ เอ ตามลำดับ

3.2.2 โพรซีจการประมวลผลภาพและการคัดแยกสี



รูปที่ 3.5 โพรซีจการประมวลผลภาพและการคัดแยกสี

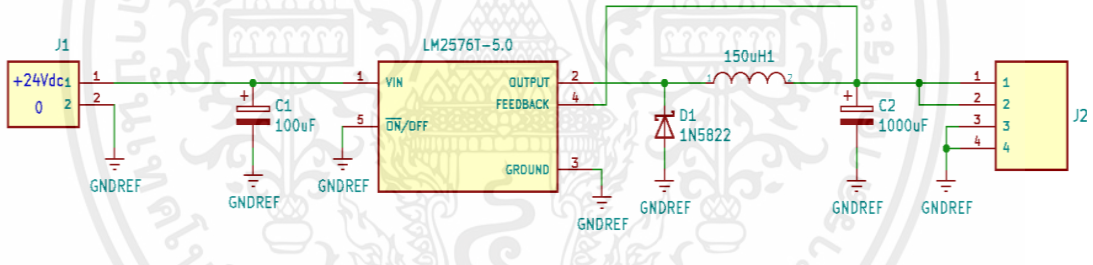
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.5 จะเป็นการประมวลผลภาพและการคัดแยกสี เริ่มต้นจากการจับภาพวิดีโอแล้ว นำมาลดขนาดเฟรมของวิดีโอ หลังจากนั้นก็จะทำการเบลอภาพของวิดีโอ แล้วแปลงวิดีโอจากระบบ บีจีอาร์เป็นระบบเอชเอสวี เพื่อนำมาเทียบกับช่วงของสีที่กำหนดโดยใช้ค่าเอชเอสวีสูงสุดและค่าเอชเอสวีต่ำสุดของแต่ละสี จากนั้นก็ทำการกัดเซาะ การขยาย และการปิด ก่อนที่จะนำมาหาพื้นที่สูงสุดของแต่ละสีที่ตรวจจับได้มาเทียบ ถ้าผลลัพธ์ที่ได้เป็นสีเดียวกันก็จะทำการส่งค่า 1 ที่เป็นจำนวนเต็มไปให้ดาต้ารีจิสเตอร์ของพีแอลซี แล้วทำการหยุดการทำงานของโปรแกรมเป็นเวลา 0.15 วินาที ก่อนที่จะส่งค่า 0 ให้ดาต้ารีจิสเตอร์ตัวเดิมของพีแอลซีแล้วจบการทำงานของวงจรคัดสีของมิงคุด แต่ถ้าผลลัพธ์ที่ได้ไม่ได้เป็นผลเดียวกันก็จะให้สิ้นสุดการทำงานของรอบนั้น

3.3 การออกแบบวงจรที่ใช้กับเครื่องคัดแยกสีและขนาดของมิงคุด

การออกแบบวงจรต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในงานในเครื่องคัดแยกและขนาดของมิงคุด

3.3.1 วงจรลดแรงดัน DC to DC (Buck converter)



รูปที่ 3.6 วงจรลดแรงดัน

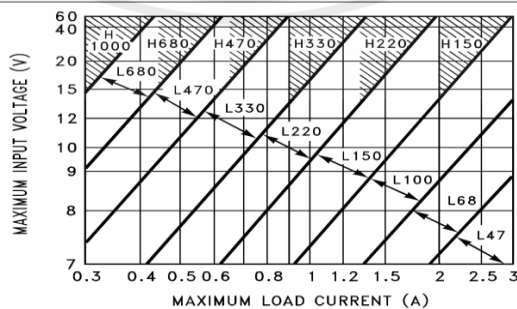


Figure 8-5. LM2576(HV)-5.0

รูปที่ 3.7 กราฟการเลือกขนาดของขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.6 เป็นวงจรลดแรงดันแบบคงที่โดยใช้ตัวไอซีแปลงแรงดัน (Voltage Regulator) ตระกูล LM2576 ซึ่งในการออกแบบวงจรนี้จะใช้ LM2576-5 ในการควบคุมการทำงานของวงจรในโหมดนำกระแสแบบต่อเนื่อง (Continuous conduction mode) ค่าขดลวดสามารถเลือกค่าตามในรูปที่ 3.7 หรือคำนวณจากสมการที่ 3.3 ค่าของคาปาซิเตอร์ C1 และ C2 จะใช้ค่าตามคำแนะนำในดาต้าชีทของ LM2576 ซึ่งการทำงานของวงจรจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงทำงาน (on state) และช่วงไม่ทำงาน (off state) ในช่วงทำงานแรงดันจะไหลจากไอซีผ่านขดลวดไปหาคาปาซิเตอร์ C2 ก่อนที่จะไหลเข้าโหลดที่ต่อไว้ ซึ่งคาปาซิเตอร์ C2 มีหน้าที่กรองแรงดันเพื่อลดแรงดันกระเพื่อม (Ripple) ในช่วงไม่ทำงานไอซีจะอยู่ในช่วงหยุดการทำงาน ซึ่งจะทำให้ขดลวดเกิดการยุบตัวของสนามแม่เหล็กแบบรวดเร็วทำให้เกิดแรงดันย้อนกลับ (EMF) จะต้องมีซ็อดกัไดโอด D1 เพื่อทำหน้าที่เป็นไดโอดอิสระ (freewheeling diode) เพื่อไม่ให้ไอซีเสียหายจากแรงดันย้อนกลับ

จากสมการที่ 3.1 หาค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty cycle) ช่วงทำงาน

$$\begin{aligned} D_{on} &= \frac{V_{out}}{V_{in}} \\ D_{on} &= \frac{5V}{24V} \\ D_{on} &= 0.20 \end{aligned} \quad (3.1)$$

จากสมการที่ 3.2 หาค่าดิวตี้ไซเคิลช่วงไม่ทำงาน

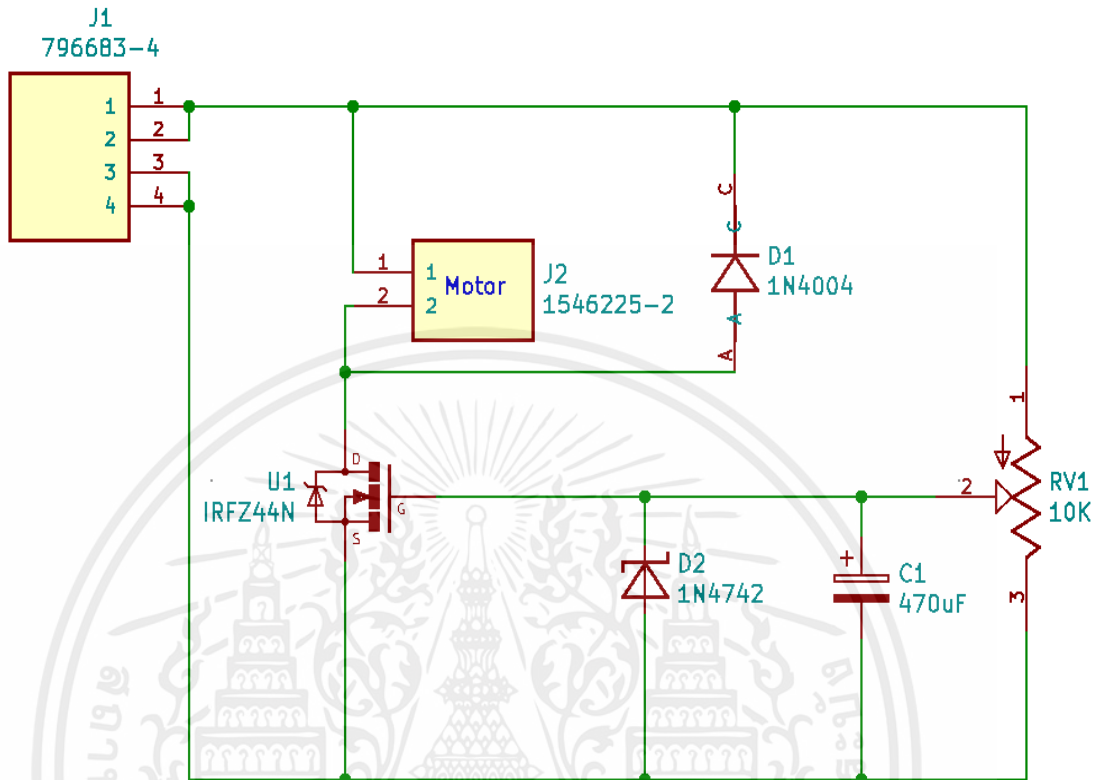
$$\begin{aligned} D_{off} &= 1 - D_{on} \\ D_{on} &= 1 - 0.20 \\ D_{off} &= 0.80 \end{aligned} \quad (3.2)$$

กำหนดให้ I_{av} มีค่าเท่ากับ 2.5 แอมป์ และ f_s มีค่าเท่ากับ 52 กิโลเฮิรท์ส จากสมการที่ 3.3 เพื่อหาค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด

$$\begin{aligned} L &= \frac{V_{out} \times D_{off}}{2(I_{av} \times f_s)} \\ L &= \frac{5V \times 0.80}{2(2.5A \times (52 \times 10^3 \text{Hz}))} \\ L &= 153.84 \mu\text{H} \end{aligned} \quad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 วงจรซอฟสตาร์ท (Soft Start)



รูปที่ 3.8 วงจรซอฟสตาร์ท

จากรูปที่ 3.8 เป็นวงจรที่จะนำมาใช้กับมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 0.5 แอมป์ เพื่อลดการดึงกระแสที่มากในช่วงเริ่มการทำงาน โดยในวงจรจะใช้มอสเฟตชนิดเอ็นแชนแนล (N-Channel MOSFET) IRFZ44N เป็นสวิตช์ควบคุมการทำงานของวงจร ไดโอด D3 จะเป็นฟลายแบ็คไดโอด (flyback diode) มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้แรงดันไหลย้อนกลับ ที่เกิดในช่วงแหล่งจ่ายหยุดจ่ายแรงดันให้มอเตอร์กระแสตรง ส่วนตัวต้านทานปรับค่าได้ (RV1) จะกำหนดให้ค่าความต้านทานขาที่ 1 กับขาที่ 2 มีค่าความต้านทานที่ $1.8k\Omega$ และขาที่ 2 กับขาที่ 3 มีค่าความต้านทาน $8.2k\Omega$ การทำงานของคาปาซิเตอร์ C2 จะใช้ในการหน่วงเวลาช่วงเริ่มการทำงานของวงจร ในส่วนของไดโอด D4 จะเป็นซีเนอร์ไดโอดมีหน้าที่ป้องกันไม่ให้แรงดันที่ไหลเข้าขาเกตมีแรงดันมากกว่า 12 โวลต์ เพื่อป้องกันไม่ให้มอสเฟตนั้นเสียหาย

จากสมการที่ 3.4 หาค่าสัมประสิทธิ์ความเหนี่ยวนำ (K)

$$K = \frac{I_{D(on)}}{(V_{GS(on)} - V_{GS(th)})^2} \quad (3.4)$$

$$K = \frac{25 \text{ A}}{(10\text{V} - 2\text{V})^2}$$

$$K = 0.39 \text{ A/V}^2$$

จากสมการที่ 3.5 ทำการสลับสมการเพื่อหาแรงดันตกร่วมขาเกตและซอส (V_{GS})

$$I_D = K(V_{GS} - V_{GS(th)})^2 \quad (3.5)$$

$$V_{GS} = \sqrt{\frac{I_D}{K}} + V_{GS(th)} \quad (3.6)$$

จากสมการที่ 3.6 หาแรงดันตกร่วมขาเกตและซอสของมอสเฟต

$$V_{GS} = \sqrt{\frac{0.5\text{A}}{0.39\text{A/V}^2}} + 2\text{V}$$

$$V_{GS} = 3.13\text{V}$$

ดังนั้นแรงดันตกร่วมขั้นต่ำระหว่างขาเกตและซอสต้องมีแรงดันมากกว่า 3.13 โวลต์ เพื่อให้มีกระแสไหลที่ขาเดรน 0.5 แอมป์ แต่เพื่อการใช้งานมอสเฟตเต็มประสิทธิภาพจะใช้แรงดันตกร่วมที่ขาเกตและซอส 10 โวลต์หรือใกล้เคียง

จากสมการที่ 3.7 หาแรงดันตกร่วมระหว่างขาเกตและซอสในวงจรที่ออกแบบโดยกำหนดให้ RV_{1-3} คือค่าความต้านทานระหว่างขาที่ 2 กับขาที่ 3 มีค่าเท่ากับ 8.2 k Ω และ $V_S = 0$

$$V_G = \left(\frac{V_{DD} \times RV_{12-3}}{RV_1} \right) \quad (3.7)$$

$$V_G = \left(\frac{12\text{V} \times (8.2 \times 10^3)}{10 \times 10^3} \right)$$

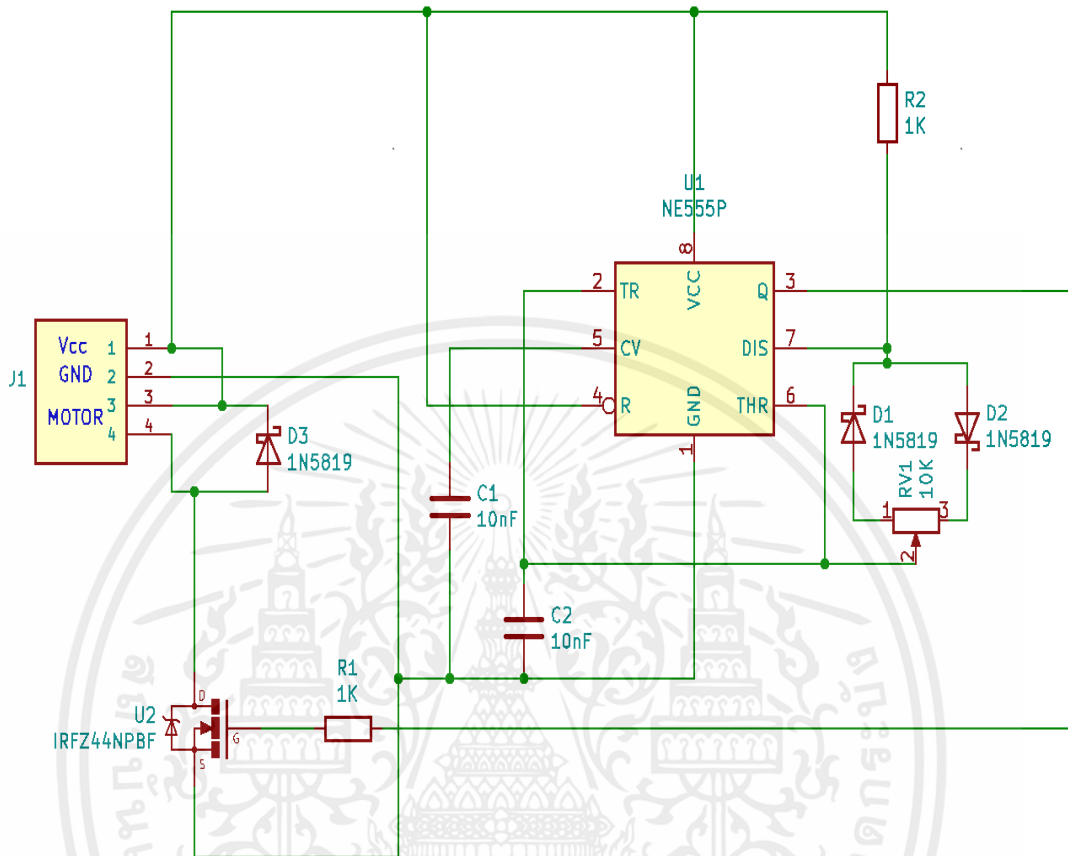
$$V_G = 9.84\text{V}$$

$$V_{GS} = V_G - V_S$$

$$V_{GS} = 9.84\text{V}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

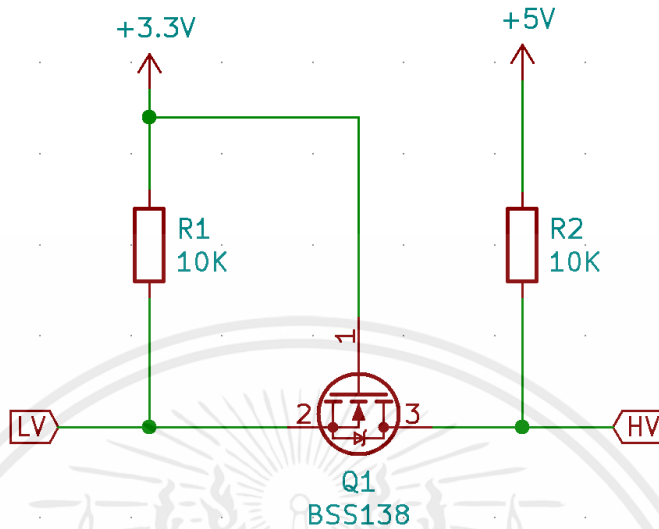
3.3.3 วงจรควบคุมสัญญาณพัลส์ (PWM controller)



รูปที่ 3.9 วงจรควบคุมสัญญาณพัลส์

จากรูปที่ 3.9 วงจรนี้จะใช้ไอซี 555 ตัวต้านทาน R2 ตัวต้านทานปรับค่าได้ RV1 และคาปาซิเตอร์ C2 ในการทำงานโหมดอะอสเตเบิลควบคุมคลื่นพัลส์ที่จะใช้กับมอสเฟตชนิดเอ็นแชนแนล เพื่อให้มอสเฟตทำหน้าที่เป็นสวิตช์ควบคุมแรงดันที่จะไหลเข้ามอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ ซึ่งไดโอด D1 และ D2 จะใช้ซ็อดกัไดโอดเพราะใช้แรงดันตกคร่อมไดโอดต่ำจึงเหมาะสำหรับการทำงานในวงจรนี้ ในส่วนของไดโอด D3 จะทำหน้าที่ป้องกันแรงดันย้อนกลับที่เกิดจากการยุบอย่างรวดเร็วของสนามแม่เหล็กที่เกิดในมอเตอร์กระแสตรง

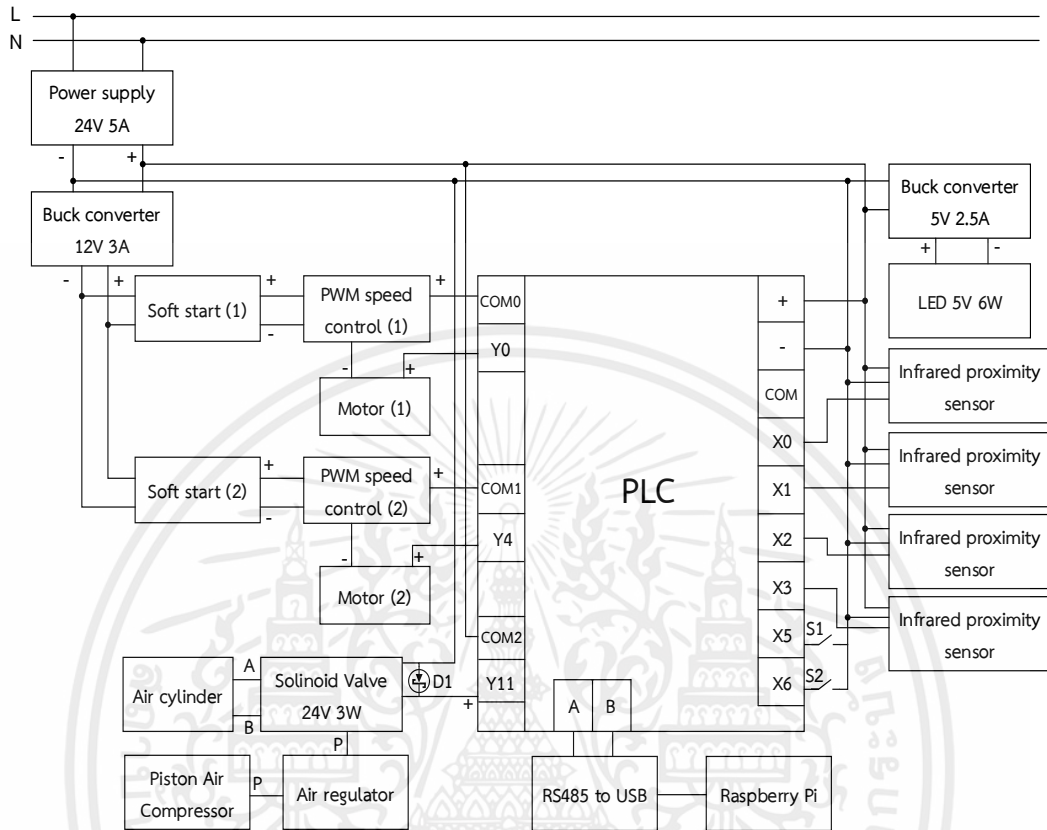
3.3.4 การออกแบบวงจรแปลงระดับของสัญญาณ



รูปที่ 3.10 วงจรแปลงระดับของสัญญาณ

จากรูปที่ 3.10 เป็นวงจรแปลงระดับของสัญญาณแบบ 2 ทิศทาง (Bi-direction level logic converter) โดยจะประกอบไปด้วย มอสเฟตแบบเอ็นแชนแนล และมีตัวต้านทานพูลอัพ (Pull-Up resistor) 2 ตัว ซึ่งการทำงานของวงจรนี้จะแบ่งการทำงานออกได้เป็น 2 ช่วง ในช่วงแรกการทำงานขาเกตของมอสเฟตมีแรงดันเท่ากับ 0 โวลต์ ซึ่งมีแรงดันนั้นน้อยกว่าแรงดันขีดเริ่มต้น (Threshold) ทำให้มอสเฟตยังไม่ทำงาน จึงทำให้ฝั่งสัญญาณต่ำ (LV) และสัญญาณสูง (HV) มีค่าลอจิกเป็น 1 ในระดับแรงดันที่ต่างกัน ช่วงที่ 2 เมื่อฝั่งสัญญาณต่ำเปลี่ยนสถานะเป็นลอจิก 0 แรงดันที่ขาเกตยังมีแรงดันตกคร่อมอยู่ 3.3 โวลต์ ในขณะที่แรงดันขาซอส อยู่ในสถานะแรงดันเป็นลอจิก 0 ซึ่งจะทำให้แรงดันระหว่างขาเกต และขาซอสมีแรงดัน 3.3 โวลต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าแรงดันขีดเริ่มต้นจึง ทำให้มอสเฟตทำงาน เมื่อมอสเฟตทำงานจะทำให้ฝั่งสัญญาณสูงถูกเปลี่ยนสถานะลอจิกมาเป็น 0 และเมื่อฝั่งสัญญาณสูงมีการเปลี่ยนสถานะจากลอจิก 1 เป็นลอจิก 0 แรงดันที่ขาเดรนจะไหลผ่านขาซอส จึงทำให้ฝั่งสัญญาณต่ำนั้นถูกลดแรงดันจนกว่าแรงดันระหว่างขาเกตและซอสจะมีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิง แต่การทำงานในจุดนี้จะทำให้มอสเฟตทำงานจนฝั่งสัญญาณต่ำนั้นมีสถานะเป็นลอจิก 0 ทำให้การทำงานในกรณีสถานะลอจิกของทั้งสองฝั่งเป็นลอจิก 0

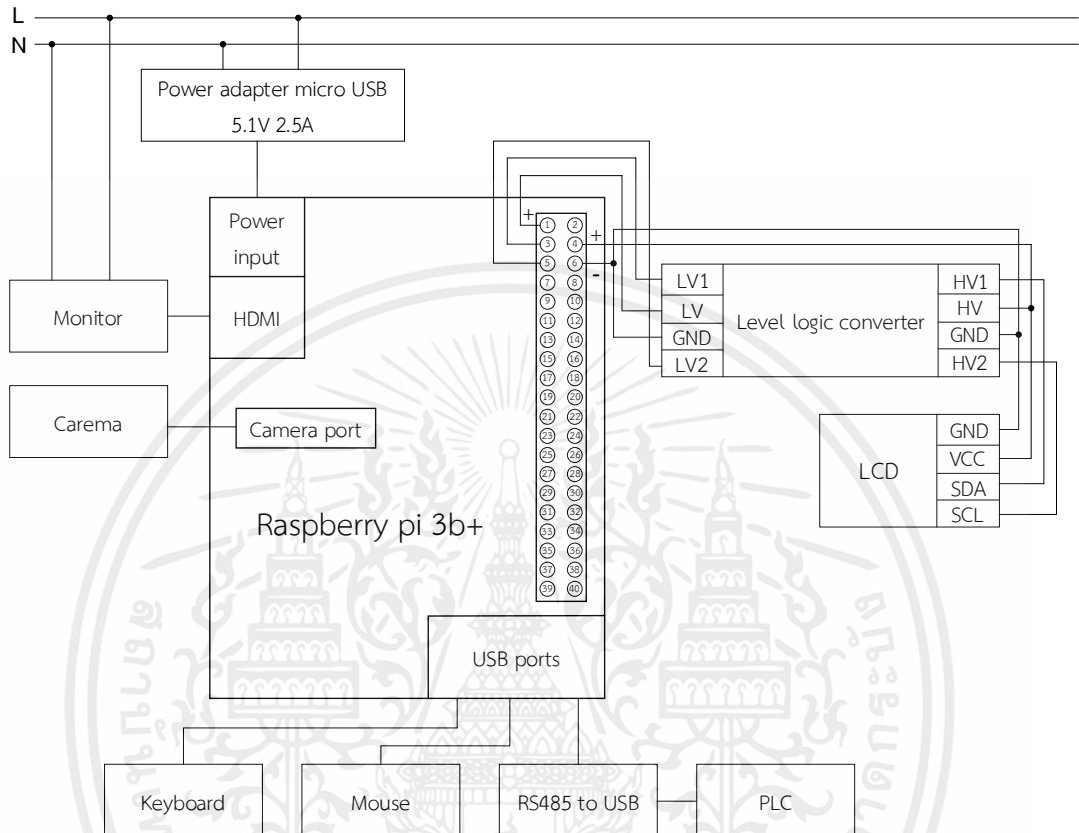
3.3.5 การออกแบบวงจรใช้งานร่วมกับพีแอลซี



รูปที่ 3.11 การต่ออุปกรณ์และวงจรใช้งานร่วมกับพีแอลซี

จากรูปที่ 3.11 เป็นการต่ออุปกรณ์และวงจรใช้งานจะแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การทำงานอินพุต การทำงานเอาต์พุต และการสื่อสารมอดบัสอาร์ทียู ซึ่งการทำงานด้านอินพุตจะประกอบไปด้วย เซ็นเซอร์วัดระยะ และสวิตช์หน้าสัมผัสปกติเปิด (NO) ในด้านเอาต์พุตจะเป็นการสั่งการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง และกระบอกลม ซึ่งจะมีวงจรซอฟต์แวร์และวงจรควบคุมสัญญาณพัลส์เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง ในส่วนของการทำงานกระบอกลมจะมีโซลินอยด์วาล์วเป็นตัวควบคุมการทำงานของกระบอกลม การทำงานในส่วนสุดท้ายจะเป็นการสื่อสารมอดบัสอาร์ทียูที่ใช้ตัวแปลงสัญญาณอาเอส 485 เป็นยูเอสบีเพื่อการสื่อสารระหว่างกันพีแอลซีและราสเบอร์รี่พาย

3.3.6 การออกแบบวงจรใช้งานร่วมกับราสเบอร์รี่พาย



รูปที่ 3.12 การต่ออุปกรณ์และวงจรเข้ารสาบอร์รี่พาย

จากรูปที่ 3.12 เป็นการต่ออุปกรณ์เพื่อใช้งานร่วมกับราสเบอร์รี่พาย ซึ่งพอร์ตจีพีไอโอของราสเบอร์รี่พายจะต่อเข้ากับจอสแอลซีดี แต่เนื่องจากแรงดันที่ไม่เท่ากันจึงต้องใช้วงจรแปลงระดับสัญญาณเพื่อไม่ให้อุปกรณ์เสียหาย ซึ่งการเชื่อมต่อการใช้งานพอร์ตจีพีไอโอจะต่อดังนี้

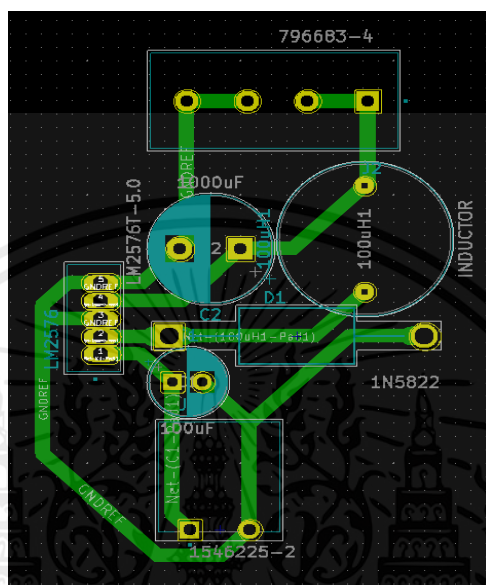
1. GPIO1(3.3V) จะต่อเข้าฝั่งสัญญาณต่ำ
2. GPIO3(SDA) จะต่อเข้าที่ฝั่งสัญญาณต่ำแชนแนล 1 (LV1)
3. GPIO4(5V) จะต่อเข้าฝั่งสัญญาณสูง
4. GPIO5(SCL) จะต่อเข้าที่ฝั่งสัญญาณต่ำแชนแนล 2 (LV2)
5. GPIO6(SDA) จะต่อเข้าที่กราวด์ของวงจรแปลงระดับสัญญาณและกราวด์ของจอสแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบลายวงจร

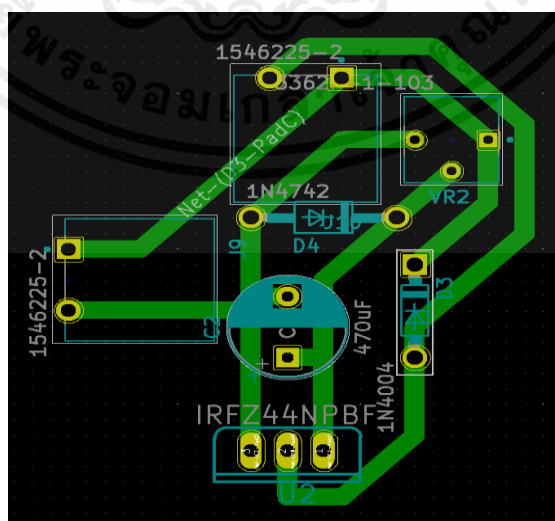
วงจรที่ออกแบบในรูปแบบที่ 3.13, 3.14 และ 3.15 ใช้โปรแกรม Kicad ในการออกแบบ

3.4.1 วงจรลดแรงดัน DC to DC



รูปที่ 3.13 ลายวงจรลดแรงดัน DC to DC

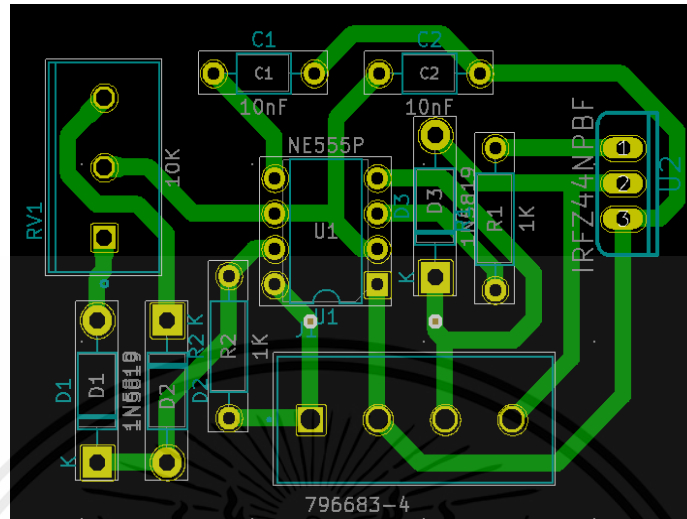
3.4.2 วงจรชอฟสตาร์ท



รูปที่ 3.14 ลายวงจรชอฟสตาร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 วงจรควบคุมสัญญาณพัลส์

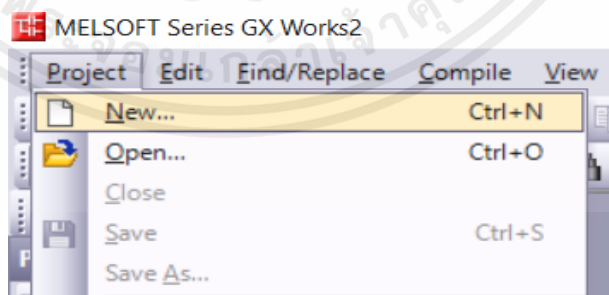


รูปที่ 3.15 ลายวงจรควบคุมสัญญาณพัลส์

3.5 การออกแบบโปรแกรมที่ใช้กับเครื่องตัดแยกสปีและขนาดของมั่งคุด

3.5.1 การออกแบบโปรแกรมพีแอลซี

การออกแบบโปรแกรมควบคุมของพีแอลซีจะใช้โปรแกรมที่ชื่อว่า GX work2 ขั้นตอนแรกให้เปิดโปรแกรม GX work2 ขึ้นมาหลังจากนั้นให้กดไปที่ Project --> New ดังรูปที่ 3.16

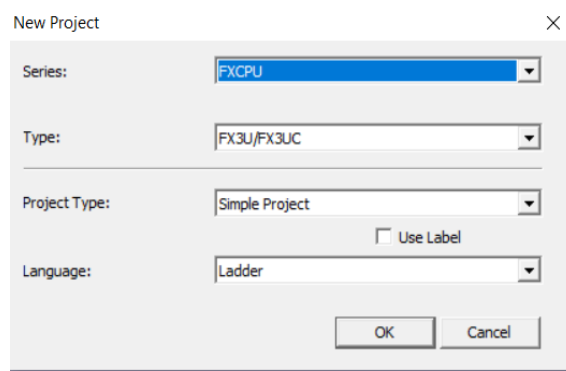


รูปที่ 3.16 การออกแบบโปรแกรมพีแอลซี

หลังจากนั้นจะมีหน้าต่างดัง ขึ้นมาให้ทำการเลือกชนิดของพีแอลซีและรุ่นที่ใช้หลัง

จากนั้นให้กด OK ดังรูปที่ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 การเลือกรุ่นของพีแอลซี

หลังจากที่เลือกเสร็จแล้ว จะทำการเริ่มเขียนโปรแกรมโดยจะตั้งค่าช่องการสื่อสารอาร์เอส485 ในตัวดาต้ารีจิสเตอร์ D8120 ซึ่งวิธีการตั้งค่าให้ดูในรูปที่ 3.19 หลังจากที่ได้เลือกเสร็จแล้วให้ทำการแปลงเป็นเลขฐาน16 ดังรูปที่ 3.18 และตั้งค่าสถานีในตัวดาต้ารีจิสเตอร์ D8121 โดยในการออกแบบจะออกแบบให้เป็นสถานีที่ 1



รูปที่ 3.18 การตั้งค่าช่องการสื่อสารมอดบัสอาร์ทียู

item	name	content	
		0 (位 OFF)	1 (位 ON)
B0	Data length	7 bit	8 bit
B 1 B 2	parity bit	b2 b1 (0, 0) : No check (0, 1) : odd number ODD (1, 1) : even parity check EVEN	
B3	stop bit	1 位	2 位
B 4 B 5 B 6 B 7	transfer rate bps	b7 b6 b5 b4 {0, 0, 1, 1}: 300 {0, 1, 0, 0}: 600 {0, 1, 0, 1}: 1200 {0, 1, 1, 0}: 2400	b7 b6 b5 b4 {0, 1, 1, 1}: 4800 {1, 0, 0, 0}: 9600 {1, 0, 0, 1}: 19200 {1, 0, 1, 0}: 38400
B8	start symbol	no	yes (D8124)
B9	terminator	no	yes (D8125)
B10 B11	null		
B1 2 B1 3 B1 4 B15	communicating protocol	B15b14b13b12 {0, 0, 0, 0}: Mitsubishi FX2N Agreement (slave) {0, 1, 0, 0}: MODBUS RTU (Slave machine) {1, 1, 0, 0}: Free communication (with RS instruction)	

รูปที่ 3.19 วิธีการตั้งค่าตัวดาต้ารีจิสเตอร์ D8120

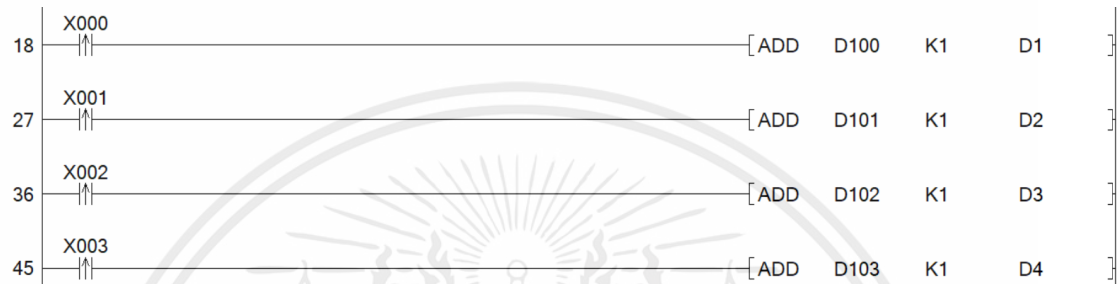
รูปที่ 3.20 จะใช้ M8000 ที่เป็นรีเลย์พิเศษในการรีเซ็ตค่าของดาต้ารีจิสเตอร์ที่ 0 ถึง 105 ซึ่ง M8000 จะทำงานเมื่อพีแอลซี อยู่ในสถานะ “ON” และอยู่ในโหมด “RUN”



รูปที่ 3.20 ใช้งาน M8000

ขั้นตอนส่วนนี้จะเป็นการออกแบบโปรแกรมการนับจำนวน โดยการใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุจำนวน 4 จำนวน ซึ่งเอาต์พุตของเซ็นเซอร์จะถูกต่อเข้ากับช่องอินพุตของ พีแอลซีที่ X0 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียงไปจนถึง X4 ในการทำงานขอโปรแกรมการนับจำนวนเซ็นเซอร์ทั้ง 4 จำนวนถูกเขียนการทำงานเหมือนกัน ดังนั้นในการอธิบายการทำงานของโปรแกรมส่วนนี้ จะยกตัวอย่างการทำงานของ X0 เช่น เมื่อ X0 เริ่มต้นการทำงาน จะทำให้ดาต้ารีจิสเตอร์ที่ D100 บวกกับ 1 แล้วนำค่าผลลัพธ์ที่ได้มาเก็บไว้ในดาต้ารีจิสเตอร์ที่ D1 ดังรูปที่ 3.21 แล้วหลังจากที่ X0 กำลังจะสิ้นสุดการทำงาน กำหนดให้ค่าดาต้ารีจิสเตอร์ที่อยู่ใน D1 ทำการคัดลอกค่ามาเก็บไว้ในดาต้ารีจิสเตอร์ที่ D100 ดังรูปที่ 3.22

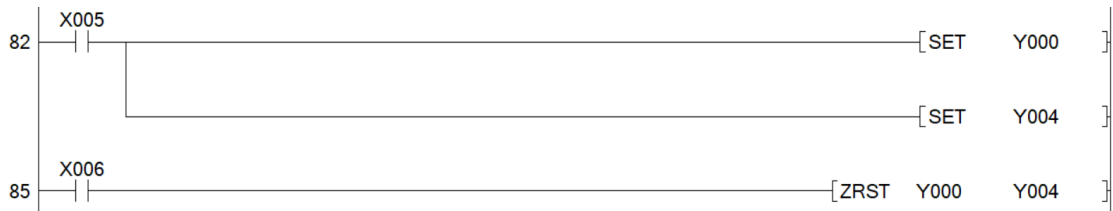


รูปที่ 3.21 การออกแบบโปรแกรมการนับจำนวน



รูปที่ 3.22 การคัดลอกค่ามาเก็บไว้ในดาต้ารีจิสเตอร์

การทำงานในส่วนนี้จะเป็นการออกแบบการทำงานของสวิทช์ปุ่มกดหน้าสัมผัสปกติ เปิด ในการออกแบบจะมีสวิทช์จำนวน 2 ปุ่ม ซึ่งปุ่มแรกจะต่อเข้ากับพีแอลซี ด้านอินพุตช่อง X5 และอีกปุ่มจะต่อเข้าไปที่ X6 ดังรูปที่ 3.23 ซึ่งสวิทช์ที่ต่อเข้า X5 จะกำหนดให้เป็นปุ่มที่ใช้ในการสั่งให้ Y0 และ Y4 นั้นทำงาน ทำให้สามารถเปิดมอเตอร์ได้ และสวิทช์ที่ต่อเข้า X6 จะเป็นปุ่มที่ใช้ในการรีเซ็ต Y0 ถึง Y4 ซึ่งมีหน้าที่ปิดมอเตอร์



รูปที่ 3.23 การออกแบบเปิด/ปิดมอเตอร์ด้วยสวิตช์ปุ่มกดหน้าสัมผัสปกติเปิด

จากรูปที่ 3.24 จะเป็นการออกแบบการใช้งานกระบอกลม โดยการทำงานส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับราสเบอร์รี่พาย เมื่อราสเบอร์รี่พายทำการเขียนค่าดาต้ารีจิสเตอร์ D0 มีค่าเป็น 1 ซึ่งทำให้พีแอลซีสั่ง Y11 ทำงาน และเมื่อดาต้ารีจิสเตอร์ D0 มีค่าเป็น 0 พีแอลซีจะสั่งให้ Y11 นั้นหยุดการทำงาน



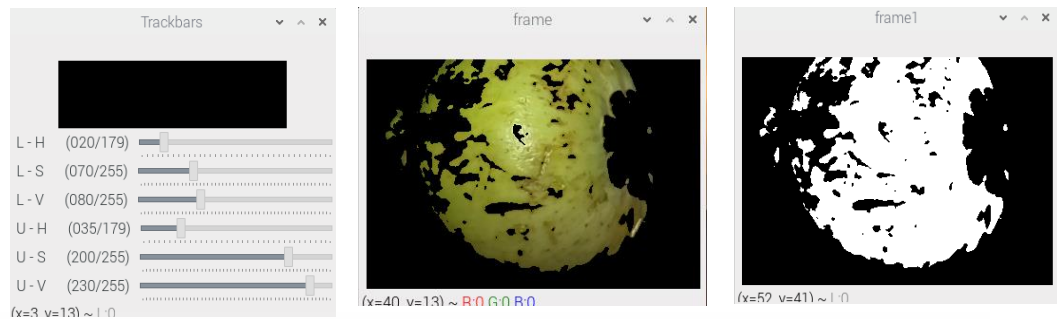
รูปที่ 3.24 การออกแบบการใช้งานกระบอกลม

3.5.2 การกำหนดช่วงค่าของสีในระบบการตรวจจับสีแบบเอชเอสวี

การออกแบบช่วงค่าของสีจำเป็นต้องมี 2 ตัวแปรที่ต้องใช้ในการกำหนดช่วงค่าของสีได้แก่ ค่าสีสูงสุดและค่าสีที่ต่ำสุด ซึ่งการออกแบบจะกำหนดให้มีทั้งหมด 3 ช่วงได้แก่ ช่วงของสีเขียว, ช่วงของสีแดง และช่วงของสีม่วง

3.5.2.1 การกำหนดค่าสีสูงสุดและค่าสีต่ำสุดในช่วงของสีเขียว

การออกแบบช่วงของสีเขียวดังรูปที่ 3.25 กำหนดค่าสีสูงสุดและค่าสีต่ำสุดเพื่อนำมาเป็นตัวกำหนดช่วงของสีเขียว ซึ่งในการออกแบบช่วงสีเขียวในระบบเอชเอสวีจะใช้ค่าสีต่ำสุดเป็น [20,70,80] และค่าสีสูงสุดเป็น [35,200,230] ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 การออกแบบช่วงของสีเขียว

3.5.2.2 การกำหนดค่าสีสูงสุดและค่าสีต่ำสุดในช่วงของสีแดง

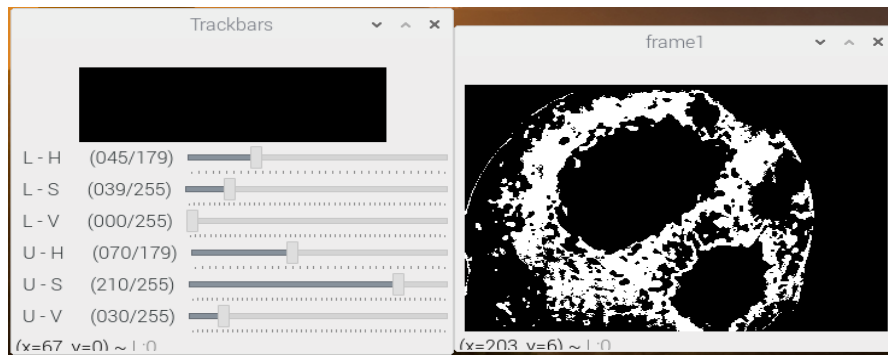
การออกแบบช่วงของสีแดงดังรูปที่ 3.26 กำหนดค่าสีสูงสุดและค่าสีต่ำสุดเพื่อนำมาเป็นตัวกำหนดช่วงของสีแดง ซึ่งในการออกแบบช่วงสีแดงในระบบเอชเอสวีจะใช้ค่าสีต่ำสุดเป็น $[0, 170, 20]$ และค่าสีสูงสุดเป็น $[12, 255, 201]$ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 การออกแบบช่วงของสีแดง

3.5.2.3 การกำหนดค่าสีสูงสุดและค่าสีต่ำสุดในช่วงของสีม่วง

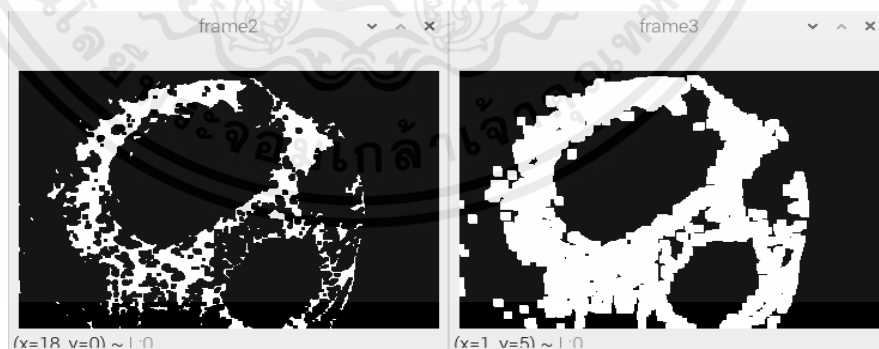
การออกแบบช่วงของสีม่วงดังรูปที่ 3.27 กำหนดค่าสีสูงสุดและค่าสีต่ำสุดเพื่อนำมาเป็นตัวกำหนดช่วงของสีม่วง ซึ่งในการออกแบบช่วงสีม่วงในระบบเอชเอสวีจะใช้ค่าสีต่ำสุดเป็น $[45, 39, 0]$ และค่าสีสูงสุดเป็น $[70, 210, 30]$ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 การออกแบบช่วงของสีม่วง

3.5.3 กำหนดการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ

จากรูปที่ 3.28 เป็นการนำรูปที่ 3.27 มาทำการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของภาพ ด้วยวิธีการกัดเซาะ การขยาย และการปิด ซึ่งจะเริ่มจากการใช้วิธีการกัดเซาะของภาพเพื่อลดขนาดของพิกเซลดังรูปเฟรม 2 (frame2) ที่ 3.28 และหลังจากนั้นนำรูปผลลัพธ์ที่ได้จากการกัดเซาะมาเข้าสู่ขั้นตอนการขยายดังรูปเฟรม 3 (frame3) ที่ 3.28 ผลลัพธ์ที่ได้จะมีช่องว่างขนาดเล็กเป็นจุด ๆ จึงนำขั้นตอนการปิดมาใช้เพื่อจะลดช่องว่างขนาดเล็กที่เกิดขึ้น ซึ่งการปิดนั้นจะเป็นการนำภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการขยายในรูปที่ 3.28 มาทำการขยายอีกที ก่อนที่จะนำผลลัพธ์ที่ได้มาเข้าสู่ขั้นตอนการกัดเซาะของภาพ ผลลัพธ์ที่ได้จากการปิดจึงเป็นดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.28 ตัวอย่าง erosion และ dilation



รูปที่ 3.29 ตัวอย่าง close

3.5.4 การออกแบบการทำงานของโปรแกรมในราสเบอร์รี่พาย

การออกแบบโปรแกรมของส่วนนี้ ต้องการการทำงานในช่วงคัดสีมิ่งคุดและแสดงจำนวนมิ่งคุดของขนาดดี ซี บี และ เอ

3.5.4.1 การออกแบบโปรแกรมการทำงานคัดสีมิ่งคุด

```

1 import cv2 as cv
2 import numpy as np
3 import I2C_LCD_driver
4 from pymodbus.constants import Defaults
5 from pymodbus.client.sync import ModbusSerialClient as ModbusClient
6 from pymodbus.pdu import ModbusRequest
7 from pymodbus.transaction import ModbusRtuFramer
8 from time import sleep

```

รูปที่ 3.30 การเรียกใช้ไลบรารี

จากรูปที่ 3.30 จะเป็นขั้นตอนเรียกใช้ไลบรารีของ opencv2, numpy, I2C_LCD_driver, pymodbus และ time

```

10 cam = cv.VideoCapture(0)
11 display = I2C_LCD_driver.lcd()
12 client = ModbusClient(method= 'rtu', port = '/dev/ttyUSB0'
13                       , stopbits = 2, bytesize =8, parity= 'N'
14                       , baudrate = 38400, timeout = 0.3)
15 m_t1 =0
16 mod =0
17 g_0=0
18 g_1=0
19 g_2=0
20 g_3=0
21 g_4=0
22 g_5=0
23 g_6=0
24 y1=0
25 y2=0
26 t1=0
27 T=0

```

รูปที่ 3.31 การเรียกใช้กล้องและตั้งค่าการสื่อสารมอดบัสโปรโตคอลแบบ RTU

จากรูปที่ 3.31 บรรทัดที่ 10 สร้างตัวแปรที่ชื่อ “cam” มาเก็บไฟล์วิดีโอของกล้องตัวหลักด้วยคำสั่ง cv.VideoCapture(0) บรรทัดที่ 11 สร้างตัวแปรที่ชื่อ “display” เพื่อเก็บฟังก์ชันการใช้งานจอแอลซีดี ในบรรทัดที่ 12 จะเป็นการตั้งค่าการสื่อสารของมอดบัสโปรโตคอลให้เป็นการสื่อสารรูปแบบอาร์ทียู ซึ่งจะทำการตั้งค่าพอร์ตที่จะใช้งานรวมถึงการตั้งค่าสตอปบิต(Stopbits) ไบต์ไซส์ (Bytesize) แพริตีบิต(Parity bit) บอดเรท (Baudrate) และ ไทม์เอาต์(Timeout) ซึ่งในส่วนนี้จะต้องตั้งค่า สตอปบิต ไบต์ไซส์ แพริตีบิต และบอดเรท ให้ตรงกับที่ตั้งไว้ในพีแอลซี และทำการสร้างอาเรย์ที่มีค่าเป็นลอจิก 1 แบบ 7x7 ชื่อ kernel และ kernel_d

```

29 if mod ==0 and client.connect():
30     print("Connected")
31     res_1 = client.read_holding_registers(0x01, 1, unit=1)
32     res_2 = client.read_holding_registers(0x02, 1, unit=1)
33     res_3 = client.read_holding_registers(0x03, 1, unit=1)
34     res_4 = client.read_holding_registers(0x04, 1, unit=1)
35
36     Cyc = client.write_register(0x0, 1, unit=1)
37     sleep(5)
38     Cyc = client.write_register(0x0, 0, unit=1)
39
40     display lcd_display_string("D:"+str(res_1.registers), 1)
41     display lcd_display_string("C:"+str(res_2.registers), 1,8)
42     display lcd_display_string("B:"+str(res_3.registers), 2)
43     display lcd_display_string("A:"+str(res_4.registers), 2,8)
44     mod = mod+1
45 def g_col():
46     lower_green = np.array([20, 70, 80])
47     upper_green = np.array([35, 200, 230])
48     g_mask = cv.inRange(hsv, lower_green, upper_green)
49     erosion_2 = cv.erode(g_mask, kernel)
50     dilation_2 = cv.dilate(erosion_2, kernel_d)
51     close_2 = cv.morphologyEx(dilation_2, cv.MORPH_CLOSE, kernel)
52     _, contours, _ = cv.findContours(close_2, cv.RETR_TREE, cv.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
53     contours = sorted(contours, key=lambda x: cv.contourArea(x), reverse=True)
54
55     for c in contours:
56         g_area = int(cv.contourArea(c))
57         return g_area
58         break

```

รูปที่ 3.32 การเชื่อมต่อมอสบัส และการตรวจจับสีของม้งคุดประเภทที่ 1

จากรูปที่ 3.32 บรรทัดที่ 29 ถ้าการเชื่อมต่อมอสบัสสำเร็จและ mod มีค่าเป็น 0 จะทำการอ่านค่าดาต้ารีจิสเตอร์ของพีแอลซี ที่แอดเดรส 0x01, 0x02, 0x03 และ 0x04 แล้วหลังจากนั้นทำการแสดงค่าบนจอแอลซีดี ด้วยคำสั่งบรรทัดที่ 40 ถึง 44 ส่วนบรรทัดที่ 36 ถึง 38 จะเป็นการทดสอบการทำงานของกระบอกกลม ส่วนบรรทัดที่ 45 จนถึง 28 จะเป็นการสร้างช่วงตรวจจับสีม้งคุดประเภทที่ 1 ซึ่งถ้าตรวจเจอสีของม้งคุดประเภทที่ 1 ก่อนที่จะนำค่าของพื้นที่ตรวจจับเจอไปใช้ จะต้องผ่านขั้นตอนการใช้คำสั่งการกัดเซาะ ต่อด้วยการขยาย แล้วตามด้วยคำสั่งปิด หลังจากนั้นจึงทำการหารูปร่าง ในบรรทัดที่ 53 คือการเรียงค่าของรูปร่างจากมากไปหาน้อย ซึ่งค่าของพื้นที่นั้นจะถูกเก็บไว้ในตัวแปรที่ชื่อว่า "g_area" แล้วนำค่าของ g_area เก็บไว้ในนิยามฟังก์ชัน g_col()

```

60 def r_col():
61     lower_red = np.array([0, 170, 20])
62     upper_red = np.array([12, 255, 200])
63     r_mask = cv.inRange(hsv, lower_red, upper_red)
64     erosion_1 = cv.erode(r_mask, kernel)
65     dilation_1 = cv.dilate(erosion_1, kernel_d)
66     close_1 = cv.morphologyEx(dilation_1, cv.MORPH_CLOSE, kernel)
67     _, contours, _ = cv.findContours(close_1, cv.RETR_TREE, cv.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
68     contours = sorted(contours, key=lambda x: cv.contourArea(x), reverse=True)
69
70     for c in contours:
71         r_area = int(cv.contourArea(c))
72         return r_area
73         break

```

รูปที่ 3.33 การตรวจจับสีของมังคุดประเภทที่สอง

จากรูปที่ 3.33 จะเป็นการกำหนดช่วงของมังคุดประเภทที่ 2 และทำการหาพื้นที่พิกเซล หลังจากนั้นนำค่าพื้นที่มาเก็บไว้ในนิยามฟังก์ชัน r_col()

```

75 def dp_col():
76     ker = np.ones((3,3), np.uint8)
77     ker_d = np.ones((7,7), np.uint8)
78     lower_dpur = np.array([45, 40, 0])
79     upper_dpur = np.array([70, 210, 30])
80     dp_mask = cv.inRange(hsv, lower_dpur, upper_dpur)
81     erosion_4 = cv.erode(dp_mask, ker)
82     dilation_4 = cv.dilate(erosion_4, ker_d)
83     close_4 = cv.morphologyEx(dilation_4, cv.MORPH_CLOSE, ker)
84     _, contours, _ = cv.findContours(close_4, cv.RETR_TREE, cv.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
85     contours = sorted(contours, key=lambda x: cv.contourArea(x), reverse=True)
86
87     for c in contours:
88         dp_area = int(cv.contourArea(c))
89         return dp_area
90         break
91
92 def r_all():
93     g_0=0
94     g_1=0
95     g_2=0
96     g_3=0
97     g_4=0
98     g_5=0
99     g_6=0

```

รูปที่ 3.34 การตรวจจับสีของมังคุดประเภทที่สาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.34 จะเป็นการกำหนดช่วงของมั่งคุดประเภทที่ 3 และทำการหาพื้นที่ พิกเซล หลังจากนั้นนำค่าพื้นที่มาเก็บไว้ในนิยามฟังก์ชัน dp_col() หลังจากนั้นสร้างนิยามฟังก์ชัน ขึ้นมาชื่อ r_all() ซึ่งข้างในประเป็นตั้งค่าใช้ g_0 ถึง g_6 มีค่าเป็น 0

```

101 while True:
102     _, frame = cam.read()
103     newframe = frame[144: 385, 157: 508] # x1=157 y1=144, x2=508 y2=385
104     blur = cv.GaussianBlur(newframe, (5,5), 0)
105     hsv = cv.cvtColor(blur, cv.COLOR_BGR2HSV)
106
107
108     g_area = g_col()
109     if g_area is None:
110         g_area = 0
111
112     r_area = r_col()
113     if r_area is None:
114         r_area = 0
115
116     dp_area = dp_col()
117     if dp_area is None:
118         dp_area = 0

```

รูปที่ 3.35 การตั้งค่าเฟรมกลิ้ง และแปลงภาพเป็นระบบเอชเอสวี

การทำงานบรรทัดที่ 101 กำหนดให้เป็นการทำงานวนลูป while ที่บรรทัด 102 กำหนดให้เฟรมที่อ่านจากตัวแปร cam เก็บไว้ในตัวแปรที่ชื่อ frame แล้วหลังจากนั้นทำการลดพื้นที่ ของ frame ให้เป็น [144:385, 157:508] แล้วเก็บไว้ใน หลังจากนั้นทำการเบลอภาพแล้วนำภาพ ผลลัพธ์ที่ได้แปลงจากภาพระบบบีจีอาร์เป็นระบบเอชเอสวี บรรทัดที่ 108, 112 และ 116 กำหนดให้ g_area, r_area และ dp_area มีค่าเท่ากับ นิยามฟังก์ชัน g_col(), r_col() และ dp_col() ตามลำดับ บรรทัดที่ 109, 113 และ 117 ถ้าตัวแปรนั้นมีค่าเท่ากับ None กำหนดให้ตัวแปรนั้นมีค่า เท่ากับ 0 ดังรูปที่ 3.31

```

120     if dp_area < 2000:
121         if g_area > (r_area+10000) and r_area < 2000:
122             if g_area >=8000 and g_area <10000:
123                 g_0 = g_0+1
124                 y=0
125                 g_2 = 0
126                 g_3=0
127                 g_4=0
128                 g_5=0
129                 g_6=0
130                 g_7=0
131                 g_8=0
132                 if g_0 == 10:
133                     T=1
134                     print("G_0")
135                     sleep(1.2)
136                     Cyc = client.write_register(0x0, 1, unit=1)
137                     sleep(0.15)
138                     Cyc = client.write_register(0x0, 0, unit=1)
139                     r_all()

```

รูปที่ 3.36 การตรวจจับสีมิ่งคุดประเภทที่ 1 ช่วงที่ 1

```

141     if g_area >=10000 and g_area <12000:
142         g_1 = g_1+1
143         y=0
144         g_0=0
145         g_2 =0
146         g_3=0
147         g_4=0
148         g_5=0
149         g_6=0
150         g_7=0
151         g_8=0
152
153         if g_1 == 6:
154             T=1
155             print("G_1")
156             sleep(1.1)
157             Cyc = client.write_register(0x0, 1, unit=1)
158             sleep(0.15)
159             Cyc = client.write_register(0x0, 0, unit=1)
160             r_all()
161             sleep(0.05)

```

รูปที่ 3.37 การตรวจจับสีมิ่งคุดประเภทที่ 1 ช่วงที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

163 elif g_area >=12000 and g_area <16000:
164
165     g_2 = g_2+1
166     y=0
167     g_0=0
168     g_1=0
169     g_3 =0
170     g_4=0
171     g_5=0
172     g_6=0
173     g_7=0
174     g_8=0
175     if g_2 == 5:
176         T=1
177         print("G_2")
178         sleep(1.1)
179         Cyc = client.write_register(0x0, 1, unit=1)
180         sleep(0.15)
181         Cyc = client.write_register(0x0, 0, unit=1)
182         r_all()

```

รูปที่ 3.38 การตรวจจับสีมิ่งคุณประเภทที่ 1 ช่วงที่ 3

```

184 elif g_area >= 16000 and g_area < 20000:
185     if r_area < 300:
186         g_3 = g_3+1
187         y=0
188         g_0=0
189         g_1=0
190         g_2=0
191         g_4=0
192         g_5=0
193         g_6=0
194         g_7=0
195         g_8=0
196         if g_3 == 4:
197             T=1
198             print("G_3")
199             sleep(1.1)
200             Cyc = client.write_register(0x0, 1, unit=1)
201             sleep(0.15)
202             Cyc = client.write_register(0x0, 0, unit=1)
203             r_all()
204             sleep(0.02)

```

รูปที่ 3.39 การตรวจจับสีมิ่งคุณประเภทที่ 1 ช่วงที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

206 elif g_area >=20000 and g_area < 24000:
207     if r_area < 300 and dp_area < 1000:
208         g_4 = g_4+1
209         y=0
210         g_0=0
211         g_1=0
212         g_2=0
213         g_3=0
214         g_5=0
215         g_6=0
216         g_7=0
217         g_8=0
218         if g_4 == 4:
219             T=1
220             print("G_4")
221             sleep(1)
222             Cyc = client.write_register(0x0, 1, unit=1)
223             sleep(0.15)
224             Cyc = client.write_register(0x0, 0, unit=1)
225             r_all()

```

รูปที่ 3.40 การตรวจจับสีมิ่งคุดประเภทที่ 1 ช่วงที่ 5

```

227 elif g_area >= 24000 and g_area <=28000:
228     if r_area < 300 and dp_area < 1000:
229         g_5 = g_5+1
230         y=0
231         g_0=0
232         g_1=0
233         g_2=0
234         g_3=0
235         g_4=0
236         g_6= 0
237         g_7=0
238         g_8=0
239         if g_5 == 5:
240             T=1
241             print("G_5")
242             sleep(1.1)
243             Cyc = client.write_register(0x0, 1, unit=1)
244             sleep(0.15)
245             Cyc = client.write_register(0x0, 0, unit=1)
246             r_all()
247             sleep(0.03)

```

รูปที่ 3.41 การตรวจจับสีมิ่งคุดประเภทที่ 1 ช่วงที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

249 elif g_area > 28000 and r_area < 300:
250
251     g_6 = g_6+1
252     y=0
253     g_0=0
254     g_1=0
255     g_2=0
256     g_3=0
257     g_4=0
258     g_5=0
259     g_7 = 0
260     g_8=0
261     if g_6 == 5:
262         T=1
263         print("G_6")
264         sleep(1.1)
265         Cyc = client.write_register(0x0, 1, unit=1)
266         sleep(0.15)
267         Cyc = client.write_register(0x0, 0, unit=1)
268         r_all()
269         sleep(0.01)

```

รูปที่ 3.42 การตรวจจับสีมิงค์จุดประเภทที่ 1 ช่วงที่ 7

จากรูปที่ 3.36 ถึงรูปที่ 3.42 จะเป็นการกำหนดการทำงานของวงจรตัดมิงค์จุดประเภทที่ 1 ถ้า dp_area มีค่าน้อยกว่า 2000 และ g_area มีค่ามากกว่า ($r_area + 10000$) โดยที่ r_area มีค่าน้อยกว่า 2000 จะทำให้เข้าสู่การตรวจจับมิงค์จุดประเภทที่ 1 โดยการทำงานการตรวจจับจะถูกแบ่งออกเป็น 7 ช่วง ผลลัพธ์การทำงานแต่ละช่วงจะทำงานดังนี้

ช่วงที่ 1 ถ้า g_area มีค่าอยู่ในช่วง 8000 – 10000 ต่อเนื่องจำนวน 10 ครั้ง ช่วงที่ 2 ถ้า g_area มีค่าอยู่ในช่วง 10000 – 12000 ต่อเนื่องจำนวน 6 ครั้ง ช่วงที่ 3 ถ้า g_area มีค่าอยู่ในช่วง 12000 – 16000 ต่อเนื่องจำนวน 5 ครั้ง ช่วงที่ 4 ถ้า g_area มีค่าอยู่ในช่วง 16000 – 20000 และมีค่า r_area น้อยกว่า 300 ต่อเนื่องจำนวน 4 ครั้ง ช่วงที่ 5 ถ้า g_area มีค่าอยู่ในช่วง 20000 – 24000 และมีค่า r_area น้อยกว่า 300 ต่อเนื่องจำนวน 4 ครั้ง ช่วงที่ 6 ถ้า g_area มีค่าอยู่ในช่วง 24000 – 28000 และมีค่า r_area น้อยกว่า 300 ต่อเนื่องจำนวน 5 ครั้ง ช่วงที่ 7 ถ้า g_area มีค่าอยู่ในช่วง 28000 และมีค่า r_area น้อยกว่า 300 ต่อเนื่องจำนวน 5 ครั้ง ซึ่งผลลัพธ์ของทุกช่วงจะถูกจัดเป็นมิงค์จุดประเภทที่ 1 แล้วหลังจากนั้นก็ส่งกระบอกลมให้ผลึกผลมิงค์จุดออก

```

273     if dp_area >= 2000:
274         y2 = y2 + 1
275         if y2 == 2:
276             T = 2
277             y1 = 0
278             y2 = 0
279             r_all()
280     if r_area > g_area:
281         y1 = y1 + 1
282         if y1 == 2:
283             T = 2
284             y1 = 0
285             y2 = 0
286             r_all()
287     if r_area >= 2000:
288         T = 2
289         y1 = 0
290         y2 = 0
291         r_all()
292
293     if T == 1:
294         cv.putText(newframe, ("NOT PASS"), (255, 18), 0, 0.6, (0, 0, 255))
295     elif T == 2:
296         cv.putText(newframe, ("PASS"), (255, 18), 0, 0.6, (0, 255, 0))

```

รูปที่ 3.43 การกำหนดการทำงาน ถ้าผลลัพธ์เป็นสีแดงหรือสีม่วง

จากรูปที่ 3.43 บรรทัดที่ 273 ถ้า `dp_area` มีค่ามากกว่า 2000 ต่อเนื่องจำนวน 2 รอบ จะให้ทำการแสดงคำว่า "PASS" ขึ้นที่หน้าจอกการทำงาน และทำการตั้งค่าให้ `g_0` ถึง `g_6` มีค่าเท่ากับ 0 บรรทัดที่ 280 ถ้า `r_area` มีค่ามากกว่า `g_area` ต่อเนื่องจำนวน 2 รอบ จะให้ทำการแสดงคำว่า "PASS" ขึ้นที่หน้าจอกการทำงาน และทำการตั้งค่าให้ `g_0` ถึง `g_6` มีค่าเท่ากับ 0 บรรทัดที่ 287 ถ้า `r_area` มีค่ามากกว่าเท่ากับ 2000 จะให้ทำการแสดงคำว่า "PASS" ขึ้นที่หน้าจอกการทำงาน และทำการตั้งค่าให้ `g_0` ถึง `g_6` มีค่าเท่ากับ 0

```

299     if t1 ==0:
300         m_t1 = m_t1 + 1
301         if m_t1 == 150:
302             res_1 = client.read_holding_registers(0x01, 1, unit=1)
303         elif m_t1 == 175:
304             res_2 = client.read_holding_registers(0x02, 1, unit=1)
305         elif m_t1 == 200:
306             res_3 = client.read_holding_registers(0x03, 1, unit=1)
307         elif m_t1 == 225:
308             res_4 = client.read_holding_registers(0x04, 1, unit=1)
309             t1 = 1
310             m_t1 = 0
311     elif t1 ==1:
312         m_t1 = m_t1 + 1
313         if m_t1 ==25 :
314             display lcd_display_string("D:"+str(res_1.registers), 1)
315             display lcd_display_string("C:"+str(res_2.registers), 1,8)
316         elif m_t1 == 50:
317             display lcd_display_string("B:"+str(res_3.registers), 2)
318             display lcd_display_string("A:"+str(res_4.registers), 2,8)
319             m_t1 = 0
320             t1=0

```

รูปที่ 3.44 การอ่านค่าดาต้ารีจิสเตอร์และแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี

จากรูปที่ 3.44 บรรทัดที่ 299 ถ้า t1 มีค่าเท่ากับ 0 ให้ m_t1 มีค่าเท่ากับ m_t1 + 1 แล้วถ้า m_t1 มีค่าเท่ากับ 150, 175, 200 และ 225 ให้ทำการอ่านค่าดาต้ารีจิสเตอร์แอดเดรสที่ 0x01, 0x02, 0x03 และ 0x04 มาเก็บไว้ในตัวแปร res_1, res_2, res_3 และ res_4 เรียงตามลำดับ และถ้า m_t1 มีค่าเท่ากับ 225 จะทำให้ t1 มีค่าเท่ากับ 1 และ m_t1 มีค่าเท่ากับ 0 ที่บรรทัดที่ 311 ถ้า t1 มีค่าเท่ากับ 1 จะทำให้ m_t1 + 1 ถ้า m_t1 มีค่าเท่ากับ 25 จะทำการแสดงค่าดาต้ารีจิสเตอร์แอดเดรส res_1 และ res_2 ถ้า m_t1 มีค่าเท่ากับ 50 จะทำการแสดงค่าดาต้ารีจิสเตอร์แอดเดรส res_3 และ res_4 หลังจากนั้นกำหนดให้ m_t1 มีค่าเท่ากับ 0 และ t1 มีค่าเท่ากับ 0

```

322         cv.imshow("frame", newframe)
323         key = cv.waitKey(1)
324         if key == 27:
325             break
326     cam.release()
327     cv.destroyAllWindows()

```

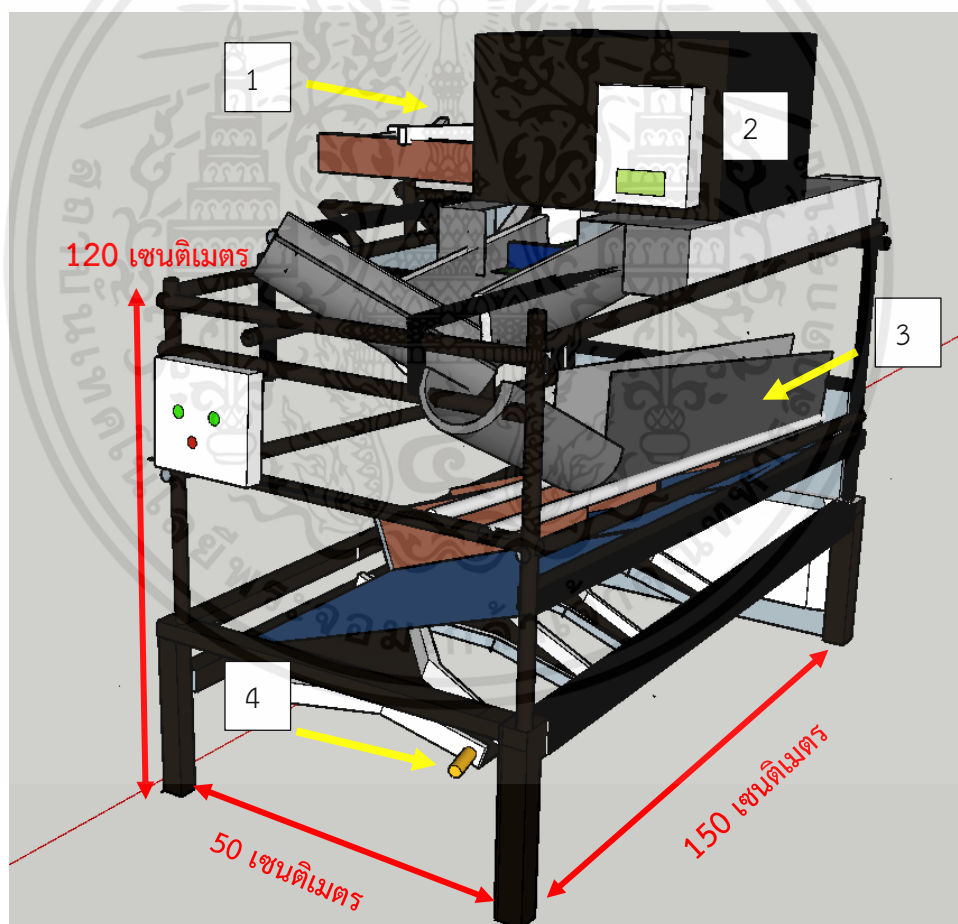
รูปที่ 3.45 ตั้งค่าปุ่ม ESC เพื่อออกจากลูป while

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.45 บรรทัดที่ 322 ทำการแสดงผลภาพ newframe และ กำหนดให้ key มีค่าเท่ากับ ปุ่มคีย์บอร์ดที่กด ซึ่งค่าจะอยู่ในแบบจำนวนเต็มฐานสิบ (Decimal) ในบรรทัดที่ 324 จะทำงานเมื่อกดปุ่ม ESC ซึ่งถ้าทำงานจะทำการออกจากลูป while แล้วหลังจากนั้นจะยกเลิกการอ่าน cam และทำการปิดหน้าต่างการทำงานทั้งหมด

3.6 การออกแบบโครงสร้างของเครื่องตัดแยกสีและขนาดของมั่งคุด

การออกแบบโครงสร้างของเครื่องจะคำนึงขนาดตัวเครื่องที่ไม่ใหญ่มาก เป็นการลดพื้นที่ในการใช้งานเพื่อตัดแยกสีและขนาดของมั่งคุดที่สะดวกขึ้น และราคาต้นทุนที่ลดลง โดยขนาดของตัวเครื่องมีขนาด ขนาดความกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร และความสูง 120 เซนติเมตร



รูปที่ 3.46 ภาพการออกแบบเครื่องตัดแยกสีและขนาดของมั่งคุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.46 เป็นการออกแบบโครงสร้างโดยเริ่มจากจุดที่ 1 ใส่มังกุดบนสายพานลำเลียงเส้นที่หนึ่ง แล้วตกลงสายพานเส้นที่สอง ที่มีความกว้าง 10 เซนติเมตร หลังจากนั้นจะผ่านจุดที่ 2 กล่องตัดแยกสี ซึ่งมังกุดสีเขียวจะถูกคัดตกลงตะกร้า โดยการใส่กระบอกลมผลักดัน มังกุดที่ผ่านการตัดแยกสีจะถูกนำไปที่จุดที่ 3 รางคัดขนาด โดยแบ่งออกเป็น 4 ขนาด และ จะมีเซ็นเซอร์วัดระยะนับจำนวนมังกุดก่อนมังกุดจะตกลงตะกร้าแต่ละขนาดตั้งจุดที่ 4

3.6.1 ส่วนของสายพานลำเลียง

3.6.1.1 การออกแบบสายพาน

การออกแบบสายพานลำเลียงขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 56 เซนติเมตร โดยลูกกลิ้งทำจากท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกมีขนาด 3.4 เซนติเมตร จากการออกแบบจะนำท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว ทั้งหมด 3 อันนำมาเป็นลูกกลิ้งของสายพาน ซึ่งต่อมาจะคำนวณหาความยาวเส้นรอบวงของลูกกลิ้งขับสายพานลำเลียงและความยาวของเส้นรอบวงของสายพานลำเลียงจากสมการที่ 3.8 และ 3.9 ตามลำดับ



รูปที่ 3.47 การออกแบบสายพานลำเลียง

จากสมการที่ 3.8 ขนาดเส้นรอบวงของลูกกลิ้งท่อพีวีซี ขนาด 1 นิ้ว

$$d = 2\pi r \quad (3.8)$$

$$d = 2\pi \times 1.7 \text{ cm.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$d = 10.68 \text{ cm.}$$

$$d = 10.70 \text{ cm.}$$

จากสมการที่ 3.8 ขนาดความยาวของสายพาน

$$L = (n \times 2) + d \quad (3.9)$$

$$L = (56 \times 2) + 10.70 \text{ cm.}$$

$$L = 122.70 \text{ cm.}$$

$$L = 122.70 \text{ cm.}$$

จากสมการที่ 3.8 จะได้ขนาดเส้นรอบวงของลูกกลิ้งซึ่งขนาดที่ 10.70 เซนติเมตร และความยาวของสายพานลำเลียงมา ขนาด 122.70 เซนติเมตร จากสมการที่ 3.9 ซึ่งจะเป็นขนาดความยาวของสายพานที่จะใช้ร่วมกับสายพานที่ออกแบบขึ้นเพื่อลำเลียงมังคุดไปยังส่วนต่อไป

3.6.1.2 การออกแบบไม้กั้นเพื่อกันการซ้อนของมังคุด

ส่วนนี้จะเป็นส่วนของสายพานที่นำมังคุดจากการเทจากตะกร้าลำเลียงไปยังส่วนต่อไป ก่อนจะมีไม้กั้นเป็นลักษณะวางเฉียงสลับกันเพื่อให้มังคุดตกลงทีละ 1 ผล เพื่อไม่ให้เกิดการทับซ้อนกันของมังคุดที่จะก่อให้เกิดความผิดพลาดไปส่วนถัดไปดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 3.48 ผลมังคุดที่ถูกลำเลียงโดยสายพานเส้นที่หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

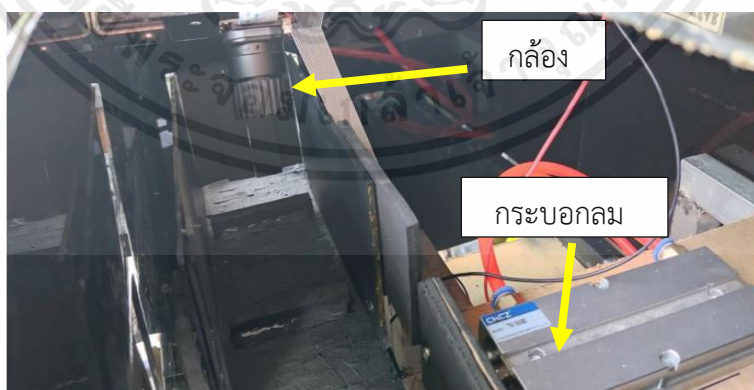


รูปที่ 3.49 ผลมังคุดที่ลำเลียงจากสายพานเส้นที่หนึ่งไปเส้นที่สอง

จากรูปที่ 3.49 มังคุดถูกลำเลียงตกลงไปยังสายพานเส้นที่สองที่มีขนาดความยาว 95 เซนติเมตร กว้าง 9 เซนติเมตร ซึ่งจะมีตัวกั้นสีน้ำเงินคอยกันไม่ให้ผลมังคุดติดกัน ก่อนเข้าไปสู่กล่องดำ

3.6.2 กล่องดำไว้คัดแยกสี

เป็นส่วนที่สำคัญของเครื่องคัดแยกและขนาดของมังคุดซึ่งจะทำการคัดมังคุดประเภทที่ 1 มังคุดสีเขียวออกไปยังด้านนอกของกล่องดำ



รูปที่ 3.50 ภายในกล่องดำบนสายพานลำเลียงที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.50 ขนาดของกล่องดำที่ออกแบบคือ 45x45x30 เซนติเมตร ทำจากแผ่นอะคริลิกสีดำ ภายในของกล่องดำจะประกอบด้วย กล้องที่เป็นตัวตรวจจับสีมัจจุ และมีการบอกลมเป็นตัวหลักผลมัจจุสีเขียวออกจากกล่องดำ ซึ่งจะมีตะกร้าสำหรับใส่มัจจุรองรับไว้ดังรูปที่ 3.51



รูปที่ 3.51 ภายนอกกล่องดำและจุดที่มัจจุเขียวตก

3.6.3 รางคัดขนาด

การคัดแยกขนาดจะแบ่งมัจจุออกเป็น 4 ขนาด แบ่งตามเส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาดดี ไม่เกิน 55 มิลลิเมตร ขนาดซี ไม่ต่ำกว่า 55 มิลลิเมตร ขนาดบี 58 มิลลิเมตร ขนาดเอต่ำกว่า 60 มิลลิเมตร ซึ่งในการออกแบบตัวเครื่องนั้นนำเกณฑ์การรับซื้อที่มีอ้างอิงขนาด ทำให้ตัวเครื่องจะแบ่งออกเป็น 4 ขนาด ได้แก่ขนาดดี ซี บี และเอตามลำดับ ซึ่งจะทำการท่ออะลูมิเนียมกลมดังรูปที่ 3.52

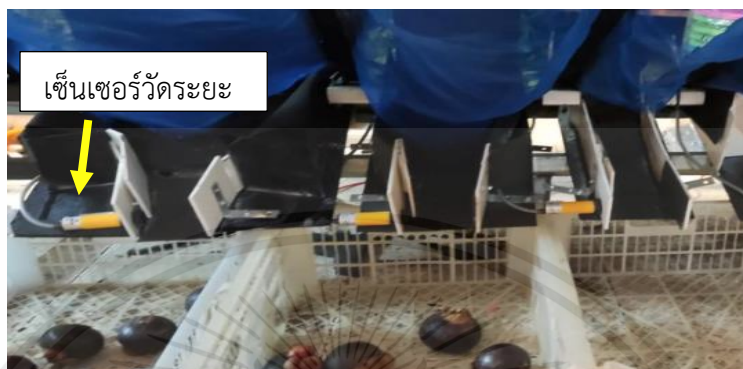


รูปที่ 3.52 รางคัดขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 จุดที่มั้งคุดตกและเซ็นเซอร์จับวัตถุ

เป็นจุดสุดท้ายหลังจากที่มั้งคุดผ่านรางคัดขนาดก่อนที่มั้งคุดจะตกลงไปยังตะกร้า แต่ขนาดรองรับไว้ จะมีเซ็นเซอร์วัดระยะนับจำนวนที่ตกลงไปทั้ง 4 ขนาด ดังรูปที่ 3.53



รูปที่ 3.53 จุดที่มั้งคุดตกและเซ็นเซอร์จับวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

บทนี้จะกล่าวถึง การทดลองและผลการทดลองในส่วนของการตัดแยกสีมั่งคุด การทดลองในส่วนของการตัดแยกขนาดมั่งคุด และทดลองจับเวลาการทำงานของเครื่อง

4.1 การทดลองประมวลผลภาพ

เป็นการประมวลผลภาพเพื่อตัดแยกสีของมั่งคุดโดยจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 คือประเภทที่มีผลสีเขียว ประเภทที่ 2 คือประเภทที่มีผลสีแดง และประเภทที่ 3 คือประเภทที่มีผลสีม่วง

4.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1) บอร์ด Raspberry pi 3b+
- 2) กล้อง Raspberry pi 5MP
- 3) มั่งคุดประเภทที่ 1 มั่งคุดสีเขียว
- 4) มั่งคุดประเภทที่ 2 มั่งคุดสีแดง
- 5) มั่งคุดประเภทที่ 3 มั่งคุดสีม่วง

4.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

- 1) นำมั่งคุดประเภทที่ 1, 2 และ 3 มาทำการทดลองตัดสี
- 2) บันทึกผลการทดลองลงในตาราง
- 3) นำผลการทดลองมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดจากสูตร


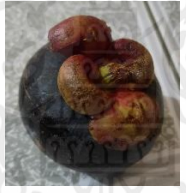



$$\text{เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด} = \left(\frac{\text{จำนวนผลที่ใช้ในการทดลอง} - \text{จำนวนผลที่ถูกต้อง}}{\text{จำนวนผลที่ใช้ในการทดลอง}} \right) \times 100 \quad (4.1)$$

- 4) บันทึกเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดลงในตาราง






4.1.3 การทดลองมังคุดประเภทที่ 1 และประเภทที่ 3

เป็นการทดลองมังคุดจำนวน 10 ผล ได้แก่ประเภทที่ 1 จำนวน 3 ผล และประเภทที่ 3 จำนวน 7 ผล

ตารางที่ 4.1 การทดลองมังคุดประเภทที่ 1 และประเภทที่ 3

มังคุดลูกที่	รูปมังคุดที่ใช้ในการทดลอง	ประเภทของมังคุด	ผลที่ได้จากการทดลอง	การประมวลผลภาพ
1		3	3	✓
2		3	3	✓
3		1	1	✓
4		1	x	x
5		3	3	✓

ตารางที่ 4.1 การทดลองมังคุดประเภทที่ 1 และประเภทที่ 3 (ต่อ)

6		3	3	✓
7		3	3	✓
8		3	3	✓
9		1	×	×
10		3	3	✓

หมายเหตุ : ✓ หมายถึงการประมวลผลของภาพนั้นถูกต้อง

✗ หมายถึงการประมวลผลของภาพนั้นไม่ถูกต้อง

× หมายถึงการประมวลผลของภาพยังประมวลผลไม่สำเร็จ

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองของมังคุดประเภทที่ 1 และประเภทที่ 3

ประเภทของมังคุด	จำนวนมังคุด	จำนวนผลที่ผิดปกติ (ผล)	ค่าความผิดปกติ (เปอร์เซ็นต์)
1	3	2	66.6
3	7	0	0

ผลการทดลองตารางที่ 4.2 มังคุดประเภทที่ 1 มีค่าความผิดปกติ 66.6 เปอร์เซ็นต์ และมังคุดประเภทที่ 3 มีค่าความผิดปกติ 0 เปอร์เซ็นต์










4.1.4 การทดลองของมังคุดทั้งสามประเภท อย่างละ 10 ผล

เป็นการทดลองมังคุดทั้งหมด 30 ผล ได้แก่ประเภทที่ 1 จำนวน 10 ผล ประเภทที่ 2 จำนวน 10 ผล และประเภทที่ 3 จำนวน 10 ผล ซึ่งการทดลองจะเพิ่มความสว่างของหลอดไฟ

ตารางที่ 4.3 การทดลองของมังคุดประเภทที่ 1, 2 และ 3 อย่างละ 10 ผล










มังคุดลูกที่	รูปมังคุดที่ใช้ในการทดลอง	ประเภทของมังคุด	ผลที่ได้จากการทดลอง		การประมวลผลภาพ	
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1		1	1	1	✓	✓
2		1	1	1	✓	✓
3		1	1	×	✓	×

ตารางที่ 4.3 การทดลองของมังคุดประเภทที่ 1, 2 และ 3 อย่างละ 10 ผล (ต่อ)

4		1	1	×	✓	×
5		1	×	1	×	✓
6		1	1	1	✓	✓
7		1	1	1	✓	✓
8		1	×	×	×	×
9		1	×	1	×	✓
10		1	1	×	✓	×
11		2	2	2	✓	✓
12		2	2	2	✓	✓










เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การทดลองของมังคุดประเภทที่ 1, 2 และ 3 อย่างละ 10 ผล (ต่อ)

13		2	2	2	✓	✓
14		2	2	2	✓	✓
15		2	1	2	x	✓
16		2	2	1	✓	x
17		2	2	2	✓	✓
18		2	1	2	x	✓
19		2	1	1	x	x
20		2	2	2	✓	✓
21		3	3	3	✓	✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การทดลองของมังคุดประเภทที่ 1, 2 และ 3 อย่างละ 10 ผล (ต่อ)

22		3	3	3	✓	✓
23		3	3	3	✓	✓
24		3	1	3	✗	✓
25		3	3	3	✓	✓
26		3	3	1	✓	✗
27		3	3	1	✓	✗
28		3	3	3	✓	✓
29		3	1	1	✗	✗
30		3	3	3	✓	✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : ✓ หมายถึงการประมวลผลของภาพนั้นถูกต้อง

✗ หมายถึงการประมวลผลของภาพนั้นไม่ถูกต้อง

× หมายถึงการประมวลผลของภาพยังประมวลผลไม่สำเร็จ

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองของมังคุดทั้งสามประเภท อย่างละ 10 ผล










ประเภทของมังคุด	จำนวนมังคุด	จำนวนผลที่ผิดพลาด (ผล)		ค่าความผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)	
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2
1	10	3	4	30	40
2	10	3	2	30	20
3	10	2	3	20	30

ผลการทดลองตารางที่ 4.4 มังคุดประเภทที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 35 เปอร์เซ็นต์ มังคุดประเภทที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 25 เปอร์เซ็นต์ มังคุดประเภทที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 25 เปอร์เซ็นต์

4.1.5 การทดลองของมังคุดประเภทที่ 1, 2 และ 3 ทั้งหมด 33 ผล




เป็นการทดลองของมังคุดทั้งหมด 33 ผล ได้แก่มังคุดประเภทที่ 1 จำนวน 17 ผล มังคุดประเภทที่ 2 จำนวน 10 ผล และมังคุดประเภทที่ 3 จำนวน 6 ผล ซึ่งการทดลองได้ลดความสว่างของหลอดไฟ

ตารางที่ 4.5 การทดลองของมังคุดประเภทที่ 1, 2 และ 3 ทั้งหมด 33 ผล

มังคุด ลูกที่	รูปมังคุดที่ใช้ในการ ทดลอง	ประเภทของมังคุด	ผลที่ได้จากการ ทดลอง		การประมวลผล ภาพ	
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1		1	1	1	✓	✓
2		1	1	1	✓	✓
3		1	1	1	✓	✓
4		1	1	1	✓	✓
5		1	1	1	✓	✓
6		1	1	1	✓	✓
7		1	1	×	✓	×
8		1	1	1	✓	✓
9		1	1	1	✓	✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 การทดลองของมังคุดประเภทที่ 1, 2 และ 3 ทั้งหมด 33 ผล (ต่อ)

10		1	1	1	✓	✓
11		1	1	1	✓	✓
12		1	1	1	✓	✓
13		1	1	1	✓	✓
14		1	1	1	✓	✓
15		1	1	1	✓	✓
16		1	1	1	✓	✓
17		1	1	1	✓	✓
18		2	2	2	✓	✓
19		2	2	2	✓	✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 การทดลองของมังคุดประเภทที่ 1, 2 และ 3 ทั้งหมด 33 ผล (ต่อ)

20		2	2	1	✓	✗
21		2	2	2	✓	✓
22		2	2	2	✓	✓
23		2	2	2	✓	✓
24		2	1	2	✗	✓
25		2	2	2	✓	✓
26		2	2	2	✓	✓
27		2	2	2	✓	✓
28		3	3	3	✓	✓
29		3	3	3	✓	✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 การทดลองของมังคุดประเภทที่ 1, 2 และ3 ทั้งหมด 33 ผล (ต่อ)

30		3	3	3	✓	✓
31		3	3	3	✓	✓
32		3	3	1	✓	✗
33		3	3	3	✓	✓

หมายเหตุ : ✓ หมายถึงการประมวลผลของภาพนั้นถูกต้อง

✗ หมายถึงการประมวลผลของภาพนั้นไม่ถูกต้อง

× หมายถึงการประมวลผลของภาพยังประมวลผลไม่สำเร็จ

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองมังคุดประเภทที่ 1, 2 และ3 ทั้งหมด 33 ผล

ประเภทของมังคุด	จำนวนมังคุด	จำนวนผลที่ผิดพลาด (ผล)		ค่าความผิดพลาด (เปอร์เซ็นต์)	
		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่1	ครั้งที่2
1	17	0	1	0	5.88
2	10	1	1	10	10
3	6	0	1	0	16.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองตารางที่ 4.6 มังคุดประเภทที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 2.94 เปอร์เซ็นต์ มังคุดประเภทที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ มังคุดประเภทที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 8.33 เปอร์เซ็นต์

4.2 การทดลองคัดแยกขนาดมังคุด

การทดลองคัดแยกขนาดมังคุดจะแบ่งออกเป็น 4 ขนาด ได้แก่ขนาดดีเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 55 มิลลิเมตร ขนาดซีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 55 มิลลิเมตร ขนาดบีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 58 มิลลิเมตร และขนาดเอเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 60 มิลลิเมตร โดยนำมังคุดแต่ละขนาดคละกัน แล้วทำการทดลองคัดขนาด

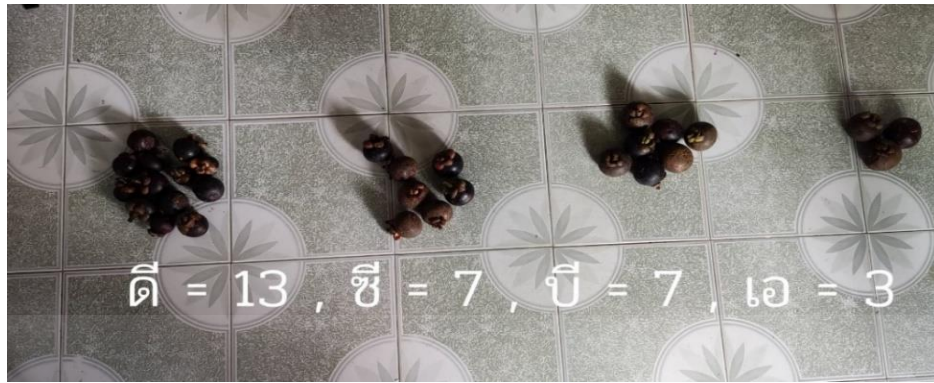
4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) มังคุดชุดแรกจำนวน 30 ผล ได้แก่มังคุดขนาดดี 14 ผล ขนาดซี 6 ผลขนาดบี 6 ผล และขนาดเอ 4 ผล



รูปที่ 4.1 มังคุดชุดที่หนึ่ง

2) มังคุดชุดที่สองจำนวน 30 ผล ได้แก่มังคุดขนาดดี 13 ผล ขนาดซี 7 ผล ขนาดบี 7 ผล และขนาดเอ 3 ผล



รูปที่ 4.2 มังคุดชุดที่สอง

3) มังคุดชุดที่สามจำนวน 30 ผล ได้แก่ มังคุดขนาดดี 10 ผล ขนาดซี 10 ผล ขนาดปี 5 ผล และ ขนาดเอ 5 ผล



รูปที่ 4.3 มังคุดชุดที่สาม

4) เวอร์เนียร์

4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

1) เตรียมมังคุดเพื่อทดลองการคัดขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) นำมั่งคุดเทลงสายพานเส้นที่ 1
- 3) บันทึกผลการทดลองลงในตาราง
- 4) นำผลการทดลองจากตารางมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด} = \left(\frac{\text{จำนวนผลที่ใช้ในการทดลอง} - \text{จำนวนผลที่ถูกต้อง}}{\text{จำนวนผลที่ใช้ในการทดลอง}} \right) \times 100$$

4.2.3 ผลการทดลอง

นำมั่งคุดทั้งหมด 3 ชุด จำนวนชุดละ 30 ผล มาทดลองการคัดขนาด

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองคัดแยกขนาดมั่งคุด

มั่งคุด ชุดที่	จำนวนผล (ผล)				จำนวนผลที่ถูกต้อง (ผล)				ค่าความผิดพลาด(เปอร์เซ็นต์)			
	ดี	ซี	บี	เอ	ดี	ซี	บี	เอ	ดี	ซี	บี	เอ
1	14	6	6	4	13	6	6	4	7.14	0	0	0
2	13	7	7	3	13	6	7	3	0	14.28	0	0
3	10	10	5	5	10	9	5	5	0	10	0	0

จากผลการทดลองตารางที่ 4.7 ทดลองมั่งคุดทั้งหมด 3 ชุด มีค่าความผิดพลาดสูงสุดของแต่ละขนาด ได้แก่ มั่งคุดขนาดดี 7.14 เปอร์เซ็นต์ มั่งคุดขนาดซี 14.28 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมั่งคุดขนาดบี และเอมีค่าความผิดพลาด คือ 0 เปอร์เซ็นต์

4.3 ทดลองจับเวลาการทำงานของเครื่อง

ทดลองการทำงานโดยรวมของตัวเครื่องคัดแยกสีและขนาดของมังคุด โดยใช้มังคุด 2 กิโลกรัม เริ่มจากการนำมังคุดหลงบนสายพานลำเลียง แล้วเริ่มจับเวลาเมื่อมังคุดผลแรกๆ ที่ออกจากตะกร้าตกลงไปยังสายพานลำเลียงเส้นที่ 1 และคัดสีกับขนาดของมังคุด จนกระทั่งมังคุดผลสุดท้ายตกลงตะกร้าจึงหยุดจับเวลา

4.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1) มังคุด
- 2) นาฬิกาจับเวลา
- 3) ตะกร้ามังคุด

4.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

- 1) นำมังคุดจำนวน 20 ผล หรือนำมังคุดน้ำหนักรวมกันมากกว่า 2 กิโลกรัม ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.4 มังคุด 2 กิโลกรัม จำนวน 17 ผล

- 2) เหม็งคุดลงบนสายพานลำเลียงเส้นที่ 1
- 3) เริ่มทำการจับเวลา โดยจะเริ่มนับตั้งแต่มังคุดผลแรกออกจากตะกร้า
- 4) เมื่อมังคุดผลสุดท้ายตกลงตะกร้าคัดขนาดจึงสิ้นสุดการทำงานพร้อมกับหยุดการจับเวลา
- 5) บันทึกผลลัพธ์การจับเวลาลงตาราง
- 6) นำเวลาที่ได้ในแต่ละรอบหาค่าเฉลี่ยของเวลาจากสูตร

$$\text{เวลาเฉลี่ย} = \left(\frac{\text{ผลรวมของเวลาทั้งหมดที่ทดลอง}}{\text{จำนวนที่ทดลอง}} \right) \quad (4.2)$$

4.2.3 ผลการทดลอง

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ มังคุดจำนวน 17 ผล ทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง และ มังคุดจำนวน 20 ผล ทดลองทั้งหมด 7 ครั้ง

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองจับเวลาการทำงานด้วยมังคุดจำนวน 17 ผล ทั้งหมด 10 ครั้ง

ครั้งที่	เวลา (วินาที)
1	57.41
2	54.29
3	57.24
4	56.55
5	52.38
6	55.45
7	52.04
8	53.03
9	59.46
10	54.13

จากผลการทดลองตารางที่ 4.8 แสดงให้เห็นถึงเวลาในการทำงานของเครื่องจากทดลองทั้งหมด 10 ครั้ง มีค่าเวลาเฉลี่ยค่าเท่ากับ 55.91 วินาที

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองจับเวลาการทำงานด้วยมิงค์จำนวน 20 ผล ทั้งหมด 7 ครั้ง

ครั้งที่	เวลา (วินาที)
1	68
2	72
3	68
4	74
5	69
6	70
7	72

จากผลการทดลองตารางที่ 4.9 แสดงให้เห็นถึงเวลาในการทำงานของเครื่องทดลองทั้งหมด 7 ครั้ง มีค่าเวลาเฉลี่ยค่าเท่ากับ 70 วินาที

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทนี้จะกล่าวถึง สรุปผลการทดลองและผลการทดลองของเครื่องคัดแยกสีและขนาดของ มังคุดจะแบ่งเป็นการทดลองประมวลผลภาพ การทดลองคัดแยกขนาดมังคุด และทดลองจับเวลา การทำงานรวมของเครื่อง ปัญหาและอุปสรรค และแนวทางแก้ไข

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 สรุปผลการทดลองของตารางที่ 4.1 และ 4.2

จากการทดลองคัดแยกสีมังคุดประเภทที่ 1 และ 3 จำนวนทั้งหมด 10 ผล ได้แก่ มังคุดประเภทที่ 1 จำนวน 3 ผล และมังคุดประเภทที่ 3 จำนวน 7 ผล มีเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดของมังคุดประเภทที่ 1 คือ 66.6 เปอร์เซ็นต์ และมังคุดประเภทที่ 3 คือ 0 เปอร์เซ็นต์

5.1.2 สรุปผลการทดลองของตารางที่ 4.3 และ 4.4

จากการทดลองคัดแยกสีมังคุดประเภทที่ 1, 2 และ 3 จำนวนทั้งหมด 30 ผล ได้แก่ มังคุดประเภทที่ 1 จำนวน 10 ผล มังคุดประเภทที่ 2 จำนวน 10 ผล และมังคุดประเภทที่ 3 จำนวน 10 ผล ทำการทดลองสองครั้งมีเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดของมังคุดประเภทที่ 1 คือ 30 เปอร์เซ็นต์ กับ 40 เปอร์เซ็นต์ มังคุดประเภทที่ 2 คือ 30 เปอร์เซ็นต์ กับ 20 เปอร์เซ็นต์ และมังคุดประเภทที่ 3 คือ 20 เปอร์เซ็นต์ กับ 30 เปอร์เซ็นต์

5.1.3 สรุปผลการทดลองของตารางที่ 4.5 และ 4.6

จากการทดลองคัดแยกสีมังคุดประเภทที่ 1, 2 และ 3 จำนวนทั้งหมด 33 ผล ได้แก่ มังคุดประเภทที่ 1 จำนวน 17 ผล มังคุดประเภทที่ 2 จำนวน 10 ผล และมังคุดประเภทที่ 3 จำนวน 6 ผล ทำการทดลองสองครั้งมีเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดของมังคุดประเภทที่ 1 คือ 0 เปอร์เซ็นต์ กับ 5.88 เปอร์เซ็นต์ มังคุดประเภทที่ 2 คือ 10 เปอร์เซ็นต์ กับ 10 เปอร์เซ็นต์ และมังคุดประเภทที่ 3 คือ 0 เปอร์เซ็นต์ กับ 16.67 เปอร์เซ็นต์

5.1.4 สรุปผลการทดลองตารางที่ 4.7

จากการทดลองคัดขนาดมังคุดทั้งหมด 3 ชุด คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ มังคุดขนาดดีจำนวน 37 ผล มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 2.70 เปอร์เซ็นต์ มังคุดขนาดซีจำนวน 23 ผล มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 8.69 เปอร์เซ็นต์ มังคุดขนาดบีจำนวน 18

ผล มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0 เปอร์เซนต์ และมังคุดขนาดเอจำนวน 12 ผล มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0 เปอร์เซนต์

5.1.5 สรุปผลการทดลองตารางที่ 4.8

จากการทดลองผลมังคุดจำนวน 17 ผล น้ำหนัก 2.079 กิโลกรัม ทั้งหมด 10 ครั้ง เวลาที่เร็วที่สุดคือ 52.04 วินาที และเวลาที่ช้าที่สุดคือ 59.46 ซึ่งเวลาเฉลี่ยการทดลอง คือ 55.19 วินาที

5.1.6 สรุปผลการทดลองตารางที่ 4.9

จากการทดลองมังคุดจำนวน 20 ผล ทั้งหมด 7 ครั้ง เวลาที่เร็วที่สุดคือ 68 วินาที และเวลาที่ช้าที่สุดคือ 74 วินาที ซึ่งเวลาเฉลี่ยจากการทดลอง คือ 70 วินาที

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1) ความเร็วของสายพานมีผลต่อความแม่นยำในการตรวจจับสี ถ้าสายพานเคลื่อนที่เร็วจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่าย ซึ่งสามารถเกิดได้จากการที่สายพานเคลื่อนที่เร็วไปทำให้ตรวจจับสีไม่ทัน หรืออีกกรณีก็คือเมื่อสายพานเคลื่อนที่เร็วไป ทำให้การตรวจจับสีช้าส่งผลให้การทำงานครั้งต่อไปช้ากว่าที่กำหนดไว้ ทำให้ผลมังคุดที่อยู่ต่อจากผลที่ตรวจจับช้านั้น ตรวจจับพลาดเพราะเริ่มการทำงานตรวจจับช้า

2) ความเร็วของสายพานมีผลต่อการทำงานของกระบอกลม ถ้าสายพานเคลื่อนที่เร็วมากกว่าการหุบกลับของกระบอกลมจะสามารถทำให้ผลมังคุดไปติดระหว่างช่องแล้วจะทำให้สายพานค้าง

3) แสงสว่างมีผลต่อการตรวจจับภาพ ถ้าแสงสว่างน้อยการตรวจจับสีมังคุดประเภทที่ 3 จะผิดพลาดเยอะ แต่ถ้าแสงสว่างมากเกินไปจะทำให้การตรวจจับสีมังคุดประเภทที่ 1 ผิดพลาดได้

4) ปัญหาการก้านและกลีบของมังคุดส่งผลให้การเคลื่อนที่ของมังคุดบนสายพานเส้นที่ 1 เคลื่อนที่ลำบากเพราะต้องกลิ้งลงสายพานเส้นที่ 2 ทำให้บางช่วงต้องใช้มือช่วยเพื่อให้ผลมังคุดลงสายพานเส้นที่ 2

5) ช่วงคัตขนาดของผลมังคุดก้านและกลีบของมังคุดส่งผลให้การกลิ้งของผลบนรางคัตขนาดนั้น มีการติดบนรางขนาดทำให้ไม่สามารถกลิ้งลงรางคัตขนาด และยังส่งผลให้ผลที่กลิ้งลงต่อจากผลที่ติดนั้นติดบนรางคัตขนาดตามไปด้วย

6) สายพานเส้นที่ 1 เมื่อผลมังคุดที่อยู่บนสายพานมีน้ำหนักมากขึ้นความเร็วรอบของสายพานจะลดลง เนื่องจากสายพานที่ออกแบบไม่มีอัตราทดเฟือง จึงทำให้ความเร็วไม่คงที่

5.3 แนวทางการแก้ไข

- 1) ควบคุมความเร็วสายพานลำเลียงช่วงคัดสีให้เหมาะสมต่อการทำงาน
- 2) ควบคุมความเร็วของสายพานลำเลียงให้ทำงานเหมาะสมต่อการทำงานร่วมกับกระบอกลม
- 3) กำหนดแสงสว่างให้เหมาะสมต่อการใช้งาน
- 4) สายพานเส้นที่ 1 ไม่ควรใช้สายพานแบบแบน ควรใช้สายพานลำเลียงแบบลูกกลิ้ง
- 5) ทำรางคัดขนาดให้หมุนได้เพื่อเพิ่มแรงส่งให้ผลม้งคุด หรือเปลี่ยนรางคัดขนาดไปใช้แบบโรตารีรีฟา ซึ่งจะสามารถแก้ปัญหาผลม้งคุดติดบนรางคัดขนาด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ธรรมนูญ วัฒนไพบูลย์, การปลูกฝังคุด, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ, เกษตรสยาม, 2559 .
- [2] ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศและงานทั่วไป, มังคุด 131, กรุงเทพฯ, สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556.
- [3] กฤษดา วิทธีรานนท์, การควบคุมซีเควนซ์ และ PLC, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.
- [4] นพ มหิษานนท์, การติดตั้งและใช้งาน Raspberry Pi, นนทบุรี, คอร์ฟังก์ชั่น, 2560.
- [5] บัญชา ปะสีละเตสัง, การเขียนโปรแกรมด้วย Python สำหรับผู้เริ่มต้น, กรุงเทพฯ, ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2562.
- [6] ไชยชาญ หินเกิด, เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2543.
- [7] ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี และ ยรรยง ศรีสม, ขนถ่ายวัสดุ ชุดที่ 1, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, เอ็มแอนด์อี, 2546.
- [8] กริช เจียมจิโรจน์, การควบคุมนิวเมติกส์และพีแอลซี, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2560.
- [9] เดชฤทธิ์ มณีธรรม, คัมภีร์การใช้งาน ระบบนิวแมติกส์ (Pneumatics System), กรุงเทพฯ, ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2560.
- [10] อรพิน ประวัตติบริสุทธิ์, Python สำหรับงาน Data Science Data Visualization และ Machine Learning, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, โปรวิชั่น, 2564.

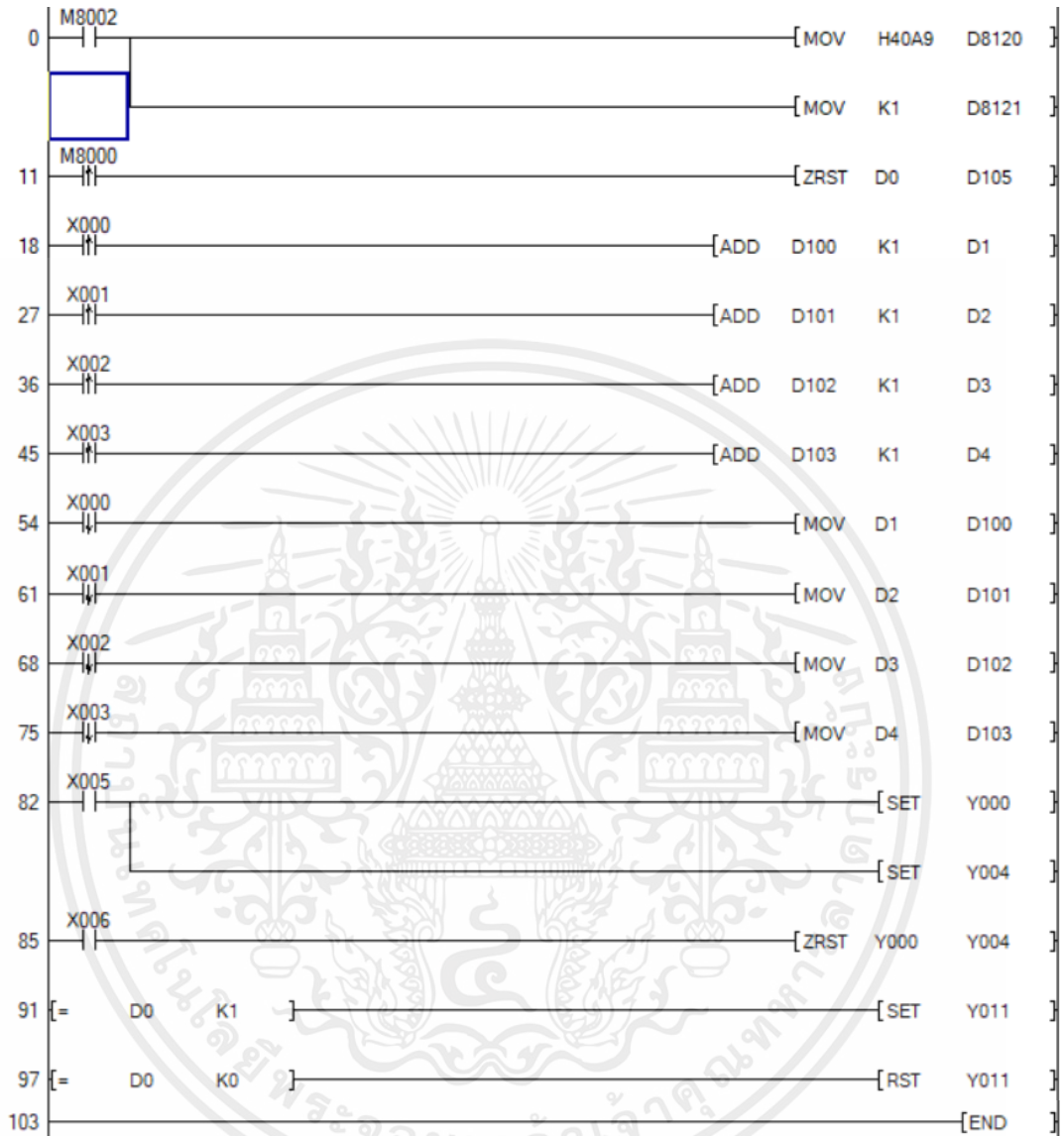
เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [11] วรณพงษ์ ภัททียไพบุลย์. 2559. **เรียนเขียนภาษา Python ด้วย Thonny.** [ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา <https://python3.wannaphong.com/2016/03/python-thonny.html>. (11 ก.ย. 2564).
- [12] Arduino4. 2560. **Raspberry Pi Camera Module** กล้องสำหรับ Raspberry Pi. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.arduino4.com/product/517/raspberry-pi-camera-module-กล้องสำหรับ-raspberry-pi>. (29 ส.ค. 2564).
- [13] IBook Engineering. 2558. **การตรวจจับวัตถุโดยใช้HSV.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://ibookengineering.blogspot.com/2015/07/hsv_13.html. (28 ก.ย. 2564).
- [14] ณัฐกานต์ จันทรา. 2561. **OpenCV คืออะไร?** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://w.medium.com/@nut.ch40/opencv-คืออะไร-8771e2a4c414>. (30 ต.ค. 2564).
- [15] Siam automation. 2560. **Proximity Sensor คืออะไร? เลือกอย่างไรให้ตรงใจ.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.siam-automation.com/article/6/proximity-sensor-คืออะไร-เลือกอย่างไรให้ตรงใจ>. (14 พ.ย. 2564).
- [16] ศลิษา ขอบจิตต์. 2564. **จอภาพแบบ LCD.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://sites.google.com/site/salisachobjit57540094/bi-ngan-thi-2/cxphaph-baeb-lcd>. (10 พ.ย. 2564).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการทำงานของพีแอลซี



รูปที่ ก.1 การเขียนโปรแกรมการทำงานของพีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการทำงานของราสเบอร์รี่พาย

```

import cv2 as cv
import numpy as np
import I2C_LCD_driver
from pymodbus.constants import Defaults
from pymodbus.client.sync import ModbusSerialClient as ModbusClient
from pymodbus.pdu import ModbusRequest
from pymodbus.transaction import ModbusRtuFramer
from time import sleep

cam = cv.VideoCapture(0)
display = I2C_LCD_driver.lcd()
client = ModbusClient(method= 'rtu', port = '/dev/ttyUSB0', stopbits = 2, bytesize =8,
parity= 'N', baudrate = 38400, timeout = 0.3)

m_t1 =0
mod =0
g_0=0
g_1=0
g_2=0
g_3=0
g_4=0
g_5=0
g_6=0
y1=0
y2=0
t1=0
T=0

kernel = np.ones((7,7),np.uint8)
kernel_d = np.ones((7,7), np.uint8)

if mod ==0 and client.connect():

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

print("Connected")
res_1 = client.read_holding_registers(0x01, 1, unit=1)
res_2 = client.read_holding_registers(0x02, 1, unit=1)
res_3 = client.read_holding_registers(0x03, 1, unit=1)
res_4 = client.read_holding_registers(0x04, 1, unit=1)
Cyc = client.write_register(0x0, 1, unit=1)
sleep(15)
Cyc = client.write_register(0x0, 0, unit=1)
display lcd_display_string("D:"+str(res_1.registers), 1)
display lcd_display_string("C:"+str(res_2.registers), 1,8)
display lcd_display_string("B:"+str(res_3.registers), 2)
display lcd_display_string("A:"+str(res_4.registers), 2,8)
mod = mod+1
def g_col():
    lower_green = np.array([20, 70, 80])
    upper_green = np.array([35, 200, 230])
    g_mask = cv.inRange(hsv, lower_green, upper_green)
    erosion_2 = cv.erode(g_mask, kernel)
    dilation_2 = cv.dilate(erosion_2, kernel_d)
    close_2 = cv.morphologyEx(dilation_2, cv.MORPH_CLOSE, kernel)
    ,contours, = cv.findContours(close_2, cv.RETR_TREE, cv.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
    contours = sorted(contours, key=lambda x: cv.contourArea(x), reverse=True)
    for c in contours:
        g_area = int(cv.contourArea(c))
        return g_area
        break
def r_col():
    lower_red = np.array([0, 170, 20])
    upper_red = np.array([12, 255, 200])
    r_mask = cv.inRange(hsv, lower_red, upper_red)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

erosion_1 = cv.erode(r_mask, kernel)
dilation_1 = cv.dilate(erosion_1, kernel_d)
close_1 = cv.morphologyEx(dilation_1, cv.MORPH_CLOSE, kernel)
,contours, = cv.findContours(close_1, cv.RETR_TREE, cv.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
contours = sorted(contours, key=lambda x: cv.contourArea(x), reverse=True)
for c in contours:
    r_area = int(cv.contourArea(c))
    return r_area
    break

def dp_col():
    ker = np.ones((3,3),np.uint8)
    ker_d = np.ones((7,7), np.uint8)
    lower_dpur = np.array([45, 40, 0])
    upper_dpur = np.array([70,210,30])
    dp_mask = cv.inRange(hsv, lower_dpur, upper_dpur)
    erosion_4 = cv.erode(dp_mask, ker)
    dilation_4 = cv.dilate(erosion_4, ker_d)
    close_4 = cv.morphologyEx(dilation_4, cv.MORPH_CLOSE, ker)
    ,contours, = cv.findContours(close_4, cv.RETR_TREE, cv.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
    contours = sorted(contours, key=lambda x: cv.contourArea(x), reverse=True)
    for c in contours:
        dp_area = int(cv.contourArea(c))
        return dp_area
        break

def r_all():
    g_0=0
    g_1=0
    g_2=0
    g_3=0
    g_4=0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

g_5=0
g_6=0
while True:
    _, frame = cam.read()
    newframe = frame[144: 385, 157: 508] # x1=157 y1=144, x2=508 y2=385
    blur = cv.GaussianBlur(newframe, (5,5), 0)
    hsv = cv.cvtColor(blur, cv.COLOR_BGR2HSV)
    g_area = g_col()
    if g_area is None:
        g_area = 0
    r_area = r_col()
    if r_area is None:
        r_area = 0
    dp_area = dp_col()
    if dp_area is None:
        dp_area = 0
    if dp_area < 2000:
        if g_area > (r_area+10000) and r_area < 2000:
            if g_area >=8000 and g_area <10000:
                g_0 = g_0+1
                y=0
                g_2 = 0
                g_3=0
                g_4=0
                g_5=0
                g_6=0
                g_7=0
                g_8=0
                if g_0 == 10:
                    T=1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

print("G_0")
sleep(1.2)
Cyc = client.write_register(0x0, 1, unit=1)
sleep(0.15)
Cyc = client.write_register(0x0, 0, unit=1)
r_all()

```

if g_area >=10000 and g_area <12000:

```
g_1 = g_1+1
```

```
y=0
```

```
g_0=0
```

```
g_2 =0
```

```
g_3=0
```

```
g_4=0
```

```
g_5=0
```

```
g_6=0
```

```
g_7=0
```

```
g_8=0
```

```
if g_1 == 6:
```

```
T=1
```

```
print("G_1")
```

```
sleep(1.1)
```

```
Cyc = client.write_register(0x0, 1, unit=1)
```

```
sleep(0.15)
```

```
Cyc = client.write_register(0x0, 0, unit=1)
```

```
r_all()
```

```
sleep(0.05)
```

elif g_area >=12000 and g_area <16000:

```
g_2 = g_2+1
```

```
y=0
```

```
g_0=0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

g_1=0
g_3 =0
g_4=0
g_5=0
g_6=0
g_7=0
g_8=0
if g_2 == 5:
    T=1
    print("G_2")
    sleep(1.1)
    Cyc = client.write_register(0x0, 1, unit=1)
    sleep(0.15)
    Cyc = client.write_register(0x0, 0, unit=1)
    r_all()
elif g_area >= 16000 and g_area < 20000:
    if r_area < 300:
        g_3 = g_3+1
        y=0
        g_0=0
        g_1=0
        g_2=0
        g_4=0
        g_5=0
        g_6=0
        g_7=0
        g_8=0
    if g_3 == 4:
        T=1
        print("G_3")

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sleep(1.1)
Cyc = client.write_register(0x0, 1, unit=1)
sleep(0.15)
Cyc = client.write_register(0x0, 0, unit=1)
r_all()
sleep(0.02)

```

```
elif g_area >=20000 and g_area < 24000:
```

```
if r_area < 300 and dp_area < 1000:
```

```
g_4 = g_4+1
```

```
y=0
```

```
g_0=0
```

```
g_1=0
```

```
g_2=0
```

```
g_3=0
```

```
g_5=0
```

```
g_6=0
```

```
g_7=0
```

```
g_8=0
```

```
if g_4 == 4:
```

```
T=1
```

```
print("G_4")
```

```
sleep(1)
```

```
Cyc = client.write_register(0x0, 1, unit=1)
```

```
sleep(0.15)
```

```
Cyc = client.write_register(0x0, 0, unit=1)
```

```
r_all()
```

```
elif g_area >= 24000 and g_area <=28000:
```

```
if r_area < 300 and dp_area < 1000:
```

```
g_5 = g_5+1
```

```
y=0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

g_0=0
g_1=0
g_2=0
g_3=0
g_4=0
g_6= 0
g_7=0
g_8=0
if g_5 == 5:
    T=1
    print("G_5")
    sleep(1.1)
    Cyc = client.write_register(0x0, 1, unit=1)
    sleep(0.15)
    Cyc = client.write_register(0x0, 0, unit=1)
    r_all()
    sleep(0.03)
elif g_area > 28000 and r_area < 300:
    g_6 = g_6+1
    y=0
    g_0=0
    g_1=0
    g_2=0
    g_3=0
    g_4=0
    g_5=0
    g_7 = 0
    g_8=0
    if g_6 == 5:
        T=1

```

```

print("G_6")
sleep(1.1)
Cyc = client.write_register(0x0, 1, unit=1)
sleep(0.15)
Cyc = client.write_register(0x0, 0, unit=1)
r_all()
sleep(0.01)

if dp_area >= 2000:
    y2 = y2 + 1
    if y2 == 2:
        T = 2
        y1 = 0
        y2 = 0
        r_all()
    if r_area > g_area:
        y1 = y1 + 1
        if y1 == 2:
            T = 2
            y1 = 0
            y2 = 0
            r_all()
    if r_area >= 2000:
        T = 2
        y1 = 0
        y2 = 0
        r_all()

if T == 1:
    cv.putText(newframe, ("NOT PASS"), (255, 18), 0, 0.6, (0, 0, 255))
elif T == 2:
    cv.putText(newframe, ("PASS"), (255, 18), 0, 0.6, (0, 255, 0))

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if t1 ==0:
    m_t1 = m_t1 + 1
    if m_t1 == 150:
        res_1 = client.read_holding_registers(0x01, 1, unit=1)
    elif m_t1 == 175:
        res_2 = client.read_holding_registers(0x02, 1, unit=1)
    elif m_t1 == 200:
        res_3 = client.read_holding_registers(0x03, 1, unit=1)
    elif m_t1 == 225:
        res_4 = client.read_holding_registers(0x04, 1, unit=1)
        t1 = 1
        m_t1 = 0
elif t1 ==1:
    m_t1 = m_t1 + 1
    if m_t1 ==25 :
        display lcd_display_string("D:"+str(res_1.registers), 1)
        display lcd_display_string("C:"+str(res_2.registers), 1,8)
    elif m_t1 == 50:
        display lcd_display_string("B:"+str(res_3.registers), 2)
        display lcd_display_string("A:"+str(res_4.registers), 2,8)
        m_t1 = 0
        t1=0
cv.imshow("frame", newframe)
key = cv.waitKey(1)
if key == 27:
    break
cam.release()
cv.destroyAllWindows()

```



ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งานเครื่องตัดแยกสีและขนาดของมั่งคุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คู่มือการใช้งานเครื่องคัดแยกสีและขนาดของมังคุด



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการใช้งานเครื่องตัดแยกสีและขนาดของมั่งคุด

1. ปลั๊กตัวผู้ของจอมอนิเตอร์ ราวสเบอร์รี่พาย และตู้คอนโทรลเสียบเข้าปลั๊กตัวเมียดังรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 เสียบปลั๊กตัวผู้เข้าปลั๊กตัวเมีย

2. เปิดสวิตซ์ที่ปลั๊กไฟดังรูปที่ ข.2



สวิตซ์เปิด/ปิด

รูปที่ ข.2 สวิตซ์เปิด/ปิด ของเครื่องตัดแยกสีและขนาดของมั่งคุด

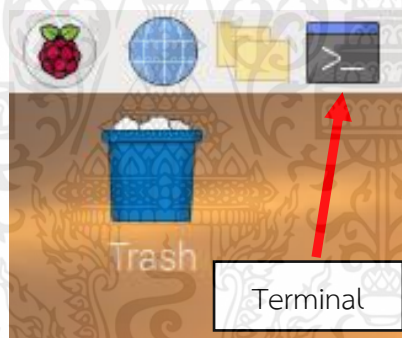
3. กดสวิตซ์เปิด (ON) ที่กล่องคอนโทรลควบคุมสายพานดังรูปที่ ข.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 สวิตช์เปิด/ปิดกล่องคอนโทรลควบคุมสายพาน

4. หลังจากเปิดเครื่องเสร็จเรียบร้อยแล้วให้คลิกไปที่ terminal บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ ข.4



รูปที่ ข.4 การเปิด terminal

5. พิมพ์คำว่า `python3 color_sorting.py` ดังรูปที่ ข.5 หลังจากนั้นให้กดปุ่ม enter

```
pi@raspberrypi:~ $ python3 sorting_color.py
```

รูปที่ ข.5 พิมพ์คำสั่งใน terminal

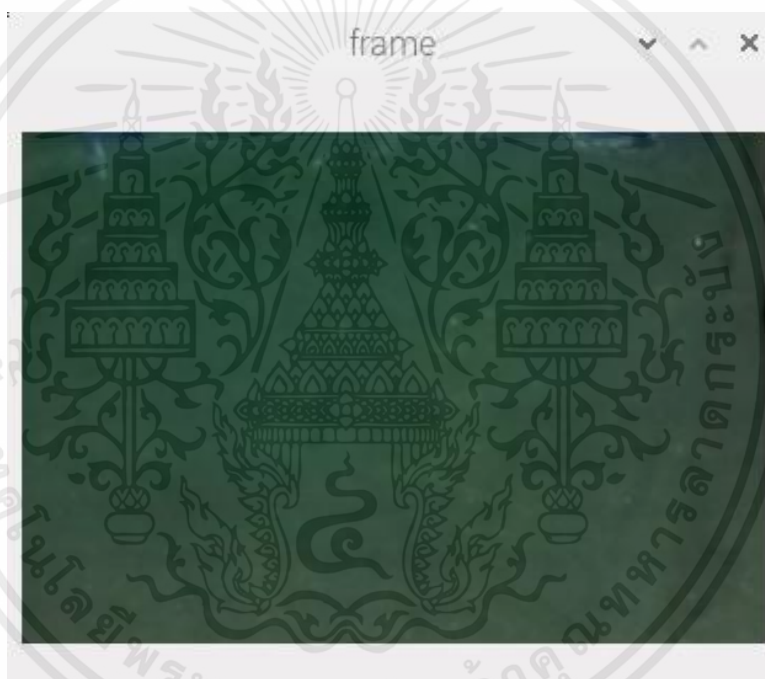
6. เมื่อโปรแกรมทำงานปกติจะแสดงคำว่า `connected` ใน terminal ดังรูปที่ ข.6
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
pi@raspberrypi:~ $ python3 sorting_color.py
Connected
```

รูปที่ ข.6 แสดงว่าคำว่า “connected”

7. รอ 15 วินาที ซึ่งในขณะนั้นกระบอกลมจะผลักรอก 1 ครั้ง เพื่อทดสอบการทำงานของกระบอกลม

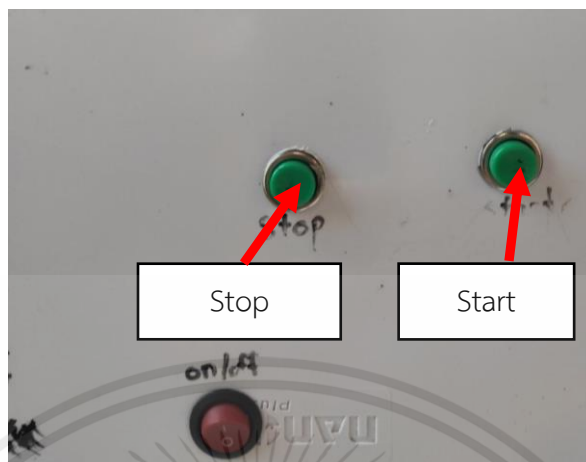
8. เมื่อมีหน้าต่างแสดงผลของภาพดังรูปที่ ข.7 แสดงว่าเครื่องพร้อมใช้งานแล้ว



รูปที่ ข.7 หน้าต่างแสดงผลของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. กดปุ่ม start ดังรูปที่ ข.8 เพื่อสั่งให้สายพานทำงาน



รูปที่ ข.8 สวิตช์เปิด/ปิดตู้คอนโทรลควบคุมสายพาน

10. ค่อยๆ เทผลมั่งคุดลงสายพานลำเลียงเส้นที่หนึ่งดังรูปที่ ข.9



รูปที่ ข.9 เทมั่งคุดลงสายพานเส้นที่หนึ่ง

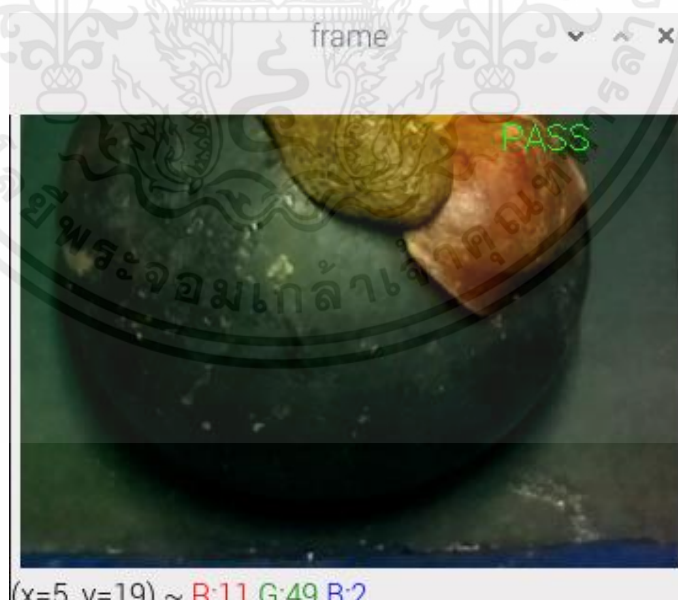
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. มังคุดจะถูกลำเลียงไปตามเส้นทางของสายพานดังรูปที่ ข.10 จนกว่าถึงช่วงคัดแยกสี



ข.10 เส้นทางของสายพานช่วงคัดแยกสี

12. ช่วงประมวลผลภาพ ผลลัพธ์ของมังคุดเป็นประเภทที่ 1, 3 และ4 จะแสดงคำว่า “PASS” ดังรูปที่ ข.11 หลังจากนั้นก็ถูกลำเลียงไปที่รางคัดขนาดต่อ แต่มังคุดที่เป็นประเภทที่ 2 จะแสดงคำว่า “NOT PASS” และกระบอกลมจะทำการผลักมังคุดออก



รูปที่ ข.11 แสดงคำว่า “PASS” ที่มุมขวาบน

13. ผลมังคุดที่ผ่านจุดคัดแยกสีจะถูกลำเลียงไปที่รางคัดขนาดดังรูปที่ ข.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.12 ลำเลียงผลมังคุดไปที่รางคัดขนาด

14. มังคุดจะไหลตามรางคัดขนาด ซึ่งจะคัดขนาดจากเส้นผ่านศูนย์กลางของผลมังคุด
ดังรูป ข.13



รูปที่ ข.13 รางคัดขนาดมังคุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. หลังจากที่มีมังคุดผ่านรางคัดขนาดก่อนที่มีมังคุดจะตกลงไปยังตะกร้า จะมีเซ็นเซอร์นับจำนวนที่ตกลงไปทั้ง 4 ขนาดดังรูปที่ ข.14



รูปที่ ข.14 ตะกร้าเก็บผลมังคุดแต่ละขนาด

16. จอแอลซีดีแสดงผลจำนวนผลมังคุดแต่ละขนาดดังรูปที่ ข.15



รูปที่ ข.15 จอแอลซีดีแสดงผลจำนวนผลมังคุดแต่ละขนาด

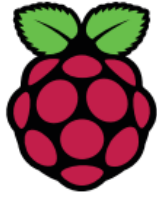
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

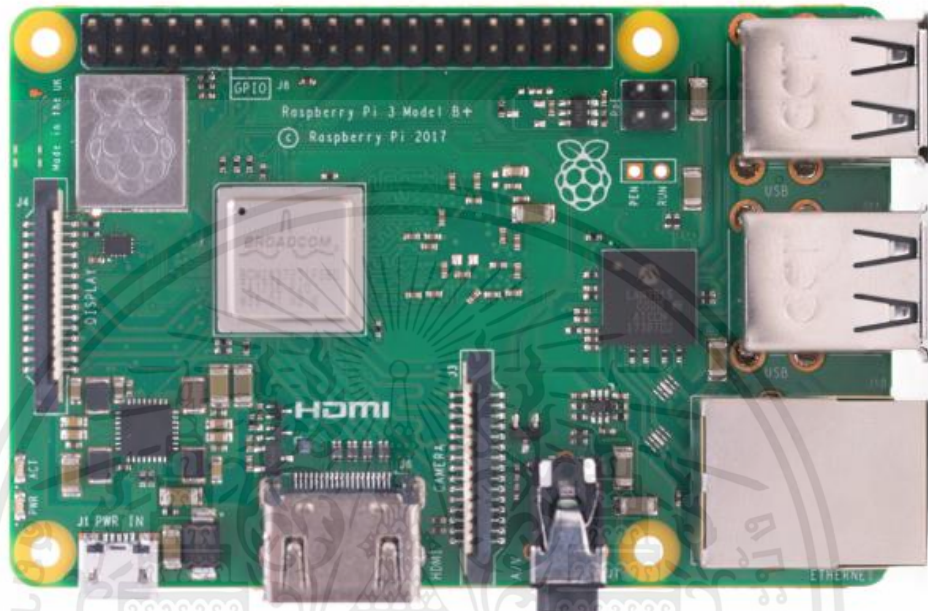


Raspberry Pi 3 Model B+



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Overview



The Raspberry Pi 3 Model B+ is the latest product in the Raspberry Pi 3 range, boasting a 64-bit quad core processor running at 1.4GHz, dual-band 2.4GHz and 5GHz wireless LAN, Bluetooth 4.2/BLE, faster Ethernet, and PoE capability via a separate PoE HAT

The dual-band wireless LAN comes with modular compliance certification, allowing the board to be designed into end products with significantly reduced wireless LAN compliance testing, improving both cost and time to market.

The Raspberry Pi 3 Model B+ maintains the same mechanical footprint as both the Raspberry Pi 2 Model B and the Raspberry Pi 3 Model B.

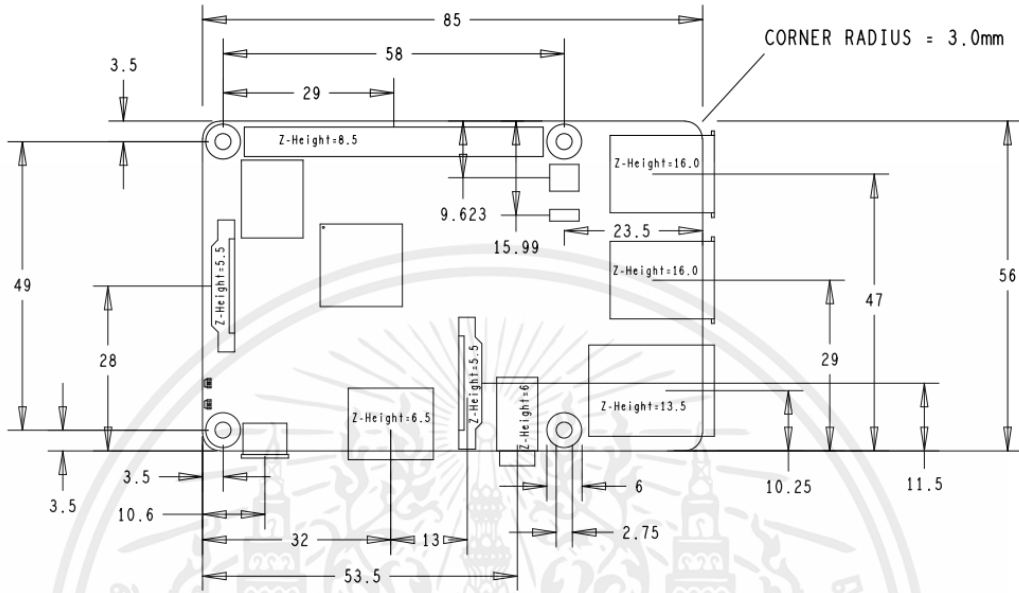
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specifications

Processor:	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz
Memory:	1GB LPDDR2 SDRAM
Connectivity:	<ul style="list-style-type: none">■ 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE■ Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300 Mbps)■ 4 × USB 2.0 ports
Access:	Extended 40-pin GPIO header
Video & sound:	<ul style="list-style-type: none">■ 1 × full size HDMI■ MIPI DSI display port■ MIPI CSI camera port■ 4 pole stereo output and composite video port
Multimedia:	H.264, MPEG-4 decode (1080p30); H.264 encode (1080p30); OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics
SD card support:	Micro SD format for loading operating system and data storage
Input power:	<ul style="list-style-type: none">■ 5V/2.5A DC via micro USB connector■ 5V DC via GPIO header■ Power over Ethernet (PoE)–enabled (requires separate PoE HAT)
Environment:	Operating temperature, 0–50°C
Compliance:	For a full list of local and regional product approvals, please visit www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b+
Production lifetime:	The Raspberry Pi 3 Model B+ will remain in production until at least January 2023.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical specifications



Warnings

- This product should only be connected to an external power supply rated at 5V/2.5A DC. Any external power supply used with the Raspberry Pi 3 Model B+ shall comply with relevant regulations and standards applicable in the country of intended use.
- This product should be operated in a well-ventilated environment and, if used inside a case, the case should not be covered.
- Whilst in use, this product should be placed on a stable, flat, non-conductive surface and should not be contacted by conductive items.
- The connection of incompatible devices to the GPIO connection may affect compliance, result in damage to the unit, and invalidate the warranty.
- All peripherals used with this product should comply with relevant standards for the country of use and be marked accordingly to ensure that safety and performance requirements are met. These articles include but are not limited to keyboards, monitors, and mice when used in conjunction with the Raspberry Pi.
- The cables and connectors of all peripherals used with this product must have adequate insulation so that relevant safety requirements are met.

Safety instructions

To avoid malfunction of or damage to this product, please observe the following:

- Do not expose to water or moisture, or place on a conductive surface whilst in operation.
- Do not expose to heat from any source; the Raspberry Pi 3 Model B+ is designed for reliable operation at normal ambient temperatures.
- Take care whilst handling to avoid mechanical or electrical damage to the printed circuit board and connectors.
- Whilst it is powered, avoid handling the printed circuit board, or only handle it by the edges to minimise the risk of electrostatic discharge damage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM2576xx Series SIMPLE SWITCHER® 3-A Step-Down Voltage Regulator

1 Features

- Newer products available:
 - LMR33630 36-V, 3-A, 400-kHz synchronous converter
 - LM76003 60-V, 3.5-A, 2.2-MHz synchronous converter
- 3.3-V, 5-V, 12-V, 15-V, and adjustable output versions
- Adjustable version output voltage range, 1.23 V to 37 V (57 V for HV version) $\pm 4\%$ maximum over line and load conditions
- Specified 3-A output current
- Wide input voltage range: 40 V Up to 60 V for HV version
- Requires only four external components
- 52-kHz fixed-frequency internal oscillator
- TTL-shutdown capability, low-power standby mode
- High efficiency
- Uses readily available standard inductors
- Create a custom design using the LMR33630 or LM76003 with the WEBENCH® Power Designer

2 Applications

- Motor drives
- Merchant network and server PSU
- Appliances
- Test and measurement equipment

3 Description

The LM2576 series of regulators are monolithic integrated circuits that provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving 3-A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3 V, 5 V, 12 V, 15 V, and an adjustable output version.

Requiring a minimum number of external components, these regulators are simple to use and include fault protection and a fixed-frequency oscillator.

The LM2576 series offers a high-efficiency replacement for popular three-terminal linear regulators. It substantially reduces the size of the heat sink, and in some cases no heat sink is required.

A standard series of inductors optimized for use with the LM2576 are available from several different manufacturers. This feature greatly simplifies the design of switch-mode power supplies.

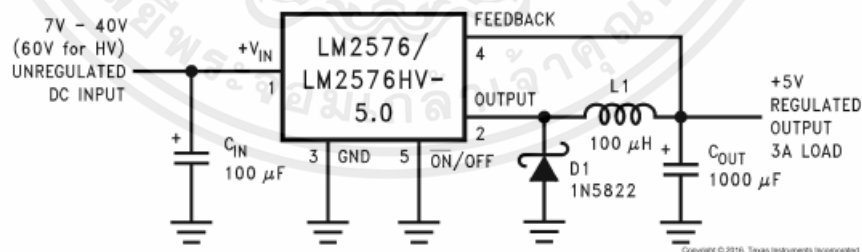
Other features include a $\pm 4\%$ tolerance on output voltage within specified input voltages and output load conditions, and $\pm 10\%$ on the oscillator frequency. External shutdown is included, featuring 50- μ A (typical) standby current. The output switch includes cycle-by-cycle current limiting, as well as thermal shutdown for full protection under fault conditions.

The new product, LMR33630, offers reduced BOM cost, higher efficiency, and an 85% reduction in solution size among many other features. The LM76003 requires very few external components and has a pinout designed for simple, optimum PCB layout for EMI and thermal performance. See the device comparison table to compare specs.

Device Information

PART NUMBER ⁽¹⁾	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM2576	TO-220 (5)	10.16 mm × 8.51 mm
LM2576HV	DDPAK/TO-263 (5)	10.16 mm × 8.42 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.



Fixed Output Voltage Version Typical Application Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 Pin Configuration and Functions

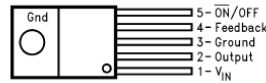


Figure 5-1. KC Package 5-Pin TO-220 Top View

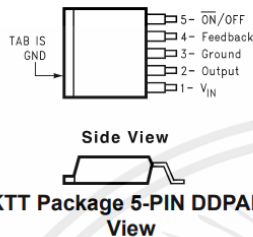


Figure 5-2. KTT Package 5-PIN DDPAK/TO-263 Top View

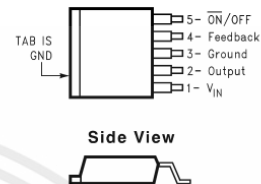


Figure 5-3. DDPAK/TO-263 (S) Package 5-Lead Surface-Mount Package Top View

Table 5-1. Pin Functions

NO.	PIN		I/O ⁽¹⁾	DESCRIPTION
	NAME			
1	V _{IN}		I	Supply input pin to collector pin of high-side transistor. Connect to power supply and input bypass capacitors C _{IN} . Path from V _{IN} pin to high frequency bypass C _{IN} and GND must be as short as possible.
2	OUTPUT		O	Emitter pin of the power transistor. This is a switching node. Attached this pin to an inductor and the cathode of the external diode.
3	GROUND		—	Ground pin. Path to C _{IN} must be as short as possible.
4	FEEDBACK		I	Feedback sense input pin. Connect to the midpoint of feedback divider to set V _{OUT} for ADJ version or connect this pin directly to the output capacitor for a fixed output version.
5	ON/OFF		I	Enable input to the voltage regulator. High = OFF and low = ON. Connect to GND to enable the voltage regulator. Do not leave this pin float.
—	TAB		—	Connected to GND. Attached to heatsink for thermal relief for TO-220 package or put a copper plane connected to this pin as a thermal relief for DDPAK package.

(1) I = INPUT, O = OUTPUT

6 Specifications

6.1 Absolute Maximum Ratings

over the recommended operating junction temperature range of -40°C to 125°C (unless otherwise noted)⁽¹⁾ ⁽²⁾

		MIN	MAX	UNIT
Maximum supply voltage	LM2576		45	V
	LM2576HV		63	
ON /OFF pin input voltage		$-0.3\text{V} \leq \text{V} \leq +\text{V}_{\text{IN}}$		V
Output voltage to ground	(Steady-state)	-1		V
Power dissipation		Internally Limited		
Maximum junction temperature, T_{J}			150	$^{\circ}\text{C}$
Storage temperature, T_{stg}		-65	150	$^{\circ}\text{C}$

- (1) Stresses beyond those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, which do not imply functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *Recommended Operating Conditions*. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.
- (2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the TI Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

6.2 ESD Ratings

			VALUE	UNIT
$V_{\text{(ESD)}}$	Electrostatic discharge	Human-body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 ⁽¹⁾	± 2000	V

- (1) JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

6.3 Recommended Operating Conditions

over the recommended operating junction temperature range of -40°C to 125°C (unless otherwise noted)

		MIN	MAX	UNIT
Temperature	LM2576, LM2576HV	-40	125	$^{\circ}\text{C}$
Supply voltage	LM2576		40	V
	LM2576HV		60	

6.4 Thermal Information

THERMAL METRIC ⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾		LM2576, LM2576HV		UNIT
		KTT (TO-263)	KC (TO-220)	
		5 PINS	5 PINS	
$R_{\theta\text{JA}}$	Junction-to-ambient thermal resistance	42.6	32.4	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
$R_{\theta\text{JC(top)}}$	Junction-to-case (top) thermal resistance	43.3	41.2	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
$R_{\theta\text{JB}}$	Junction-to-board thermal resistance	22.4	17.6	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Ψ_{JT}	Junction-to-top characterization parameter	10.7	7.8	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Ψ_{JB}	Junction-to-board characterization parameter	21.3	17	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
$R_{\theta\text{JC(bot)}}$	Junction-to-case (bottom) thermal resistance	0.4	0.4	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$

- (1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *Semiconductor and IC Package Thermal Metrics* application report, [SPRA953](#) and the *Using New Thermal Metrics* applications report, [SBVA025](#).
- (2) The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7
- (3) Thermal Resistances were simulated on a 4-layer, JEDEC board.

6.6 Electrical Characteristics: 5 V

Specifications are for $T_J = 25^\circ\text{C}$ for the [Figure 8-3](#) and [Figure 8-9](#) (unless otherwise noted).

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SYSTEM PARAMETERS TEST CIRCUIT Figure 8-3 and Figure 8-9 ⁽¹⁾					
V_{OUT}	Output Voltage $V_{IN} = 12\text{ V}$, $I_{LOAD} = 0.5\text{ A}$ Circuit of Figure 8-3 and Figure 8-9	4.9	5	5.1	V
V_{OUT}	Output Voltage LM2576 $0.5\text{ A} \leq I_{LOAD} \leq 3\text{ A}$, $8\text{ V} \leq V_{IN} \leq 40\text{ V}$ Circuit of Figure 8-3 and Figure 8-9	$T_J = 25^\circ\text{C}$ 4.8	5	5.2	V
	Applies over full operating temperature range	4.75		5.25	
V_{OUT}	Output Voltage LM2576HV $0.5\text{ A} \leq I_{LOAD} \leq 3\text{ A}$, $8\text{ V} \leq V_{IN} \leq 60\text{ V}$ Circuit of Figure 8-3 and Figure 8-9	$T_J = 25^\circ\text{C}$ 4.8	5	4.75	V
	Applies over full operating temperature range	5.225		5.275	
η	Efficiency $V_{IN} = 12\text{ V}$, $I_{LOAD} = 3\text{ A}$	77%			

- (1) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors can affect switching regulator system performance. When the LM2576/LM2576HV is used as shown in [Figure 8-3](#) and [Figure 8-9](#), system performance is as shown in [Section 6.10](#).

6.10 Electrical Characteristics: All Output Voltage Versions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP ⁽¹⁾	MAX	UNIT
SYSTEM PARAMETERS TEST CIRCUIT Figure 8-3 and Figure 8-9 ⁽²⁾					
I_b	Feedback Bias Current $V_{OUT} = 5\text{ V}$ (Adjustable Version Only)	$T_J = 25^\circ\text{C}$ 100	50		nA
	Applies over full operating temperature range	500			
f_o	Oscillator Frequency ⁽⁷⁾ $T_J = 25^\circ\text{C}$	47	52	58	kHz
	Applies over full operating temperature range	42		63	

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

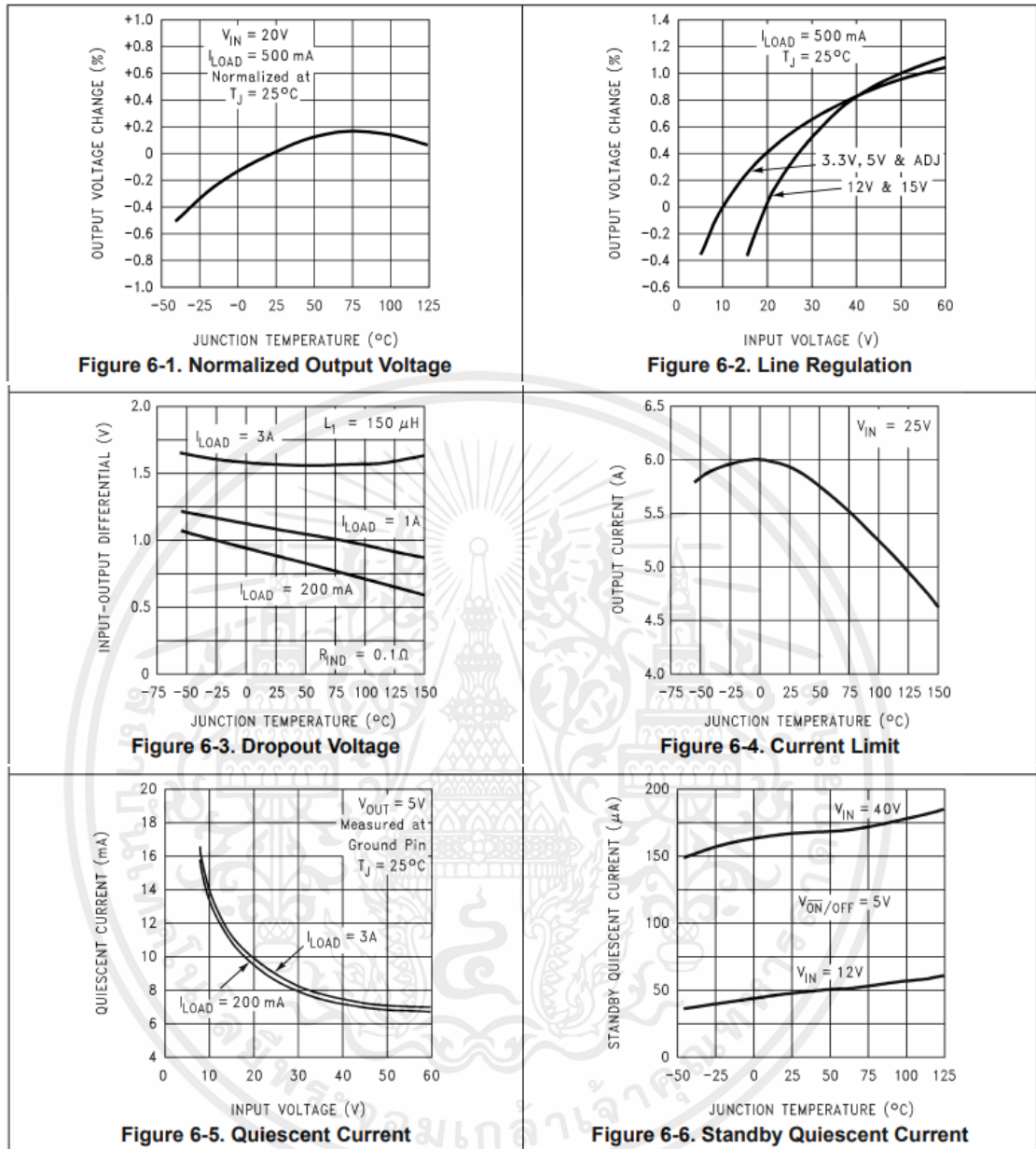
PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP ⁽¹⁾	MAX	UNIT
V_{SAT}	Saturation Voltage $I_{OUT} = 3\text{ A}$ ⁽³⁾	$T_J = 25^\circ\text{C}$ 1.4	1.8		V
	Applies over full operating temperature range	2			
DC	Max Duty Cycle (ON) ⁽⁴⁾	93%	98%		
I_{CL}	Current Limit ^{(3) (7)} $T_J = 25^\circ\text{C}$	4.2	5.8	6.9	A
	Applies over full operating temperature range	3.5		7.5	
I_L	Output Leakage Current Output = 0 V Output = -1 V Output = -1 V ^{(5) (6)}	2	7.5	30	mA
I_Q	Quiescent Current ⁽⁵⁾		5	10	mA
I_{STBY}	Standby Quiescent Current $\overline{\text{ON}}/\text{OFF Pin} = 5\text{ V}$ (OFF)		50	200	μA
$\overline{\text{ON}}/\text{OFF CONTROL TEST CIRCUIT}$ Figure 8-3 and Figure 8-9					
V_{IH}	$\overline{\text{ON}}/\text{OFF Pin}$ Logic Input Level $V_{OUT} = 0\text{ V}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$ 2.2	1.4		V
		Applies over full operating temperature range	2.4		
V_{IL}	$\overline{\text{ON}}/\text{OFF Pin}$ Logic Input Level $V_{OUT} = \text{Nominal Output Voltage}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$ 1.2	1		V
		Applies over full operating temperature range	0.8		
I_{IH}	$\overline{\text{ON}}/\text{OFF Pin}$ Input Current $\overline{\text{ON}}/\text{OFF Pin} = 5\text{ V}$ (OFF)		12	30	μA
I_{IL}	$\overline{\text{ON}}/\text{OFF Pin}$ Input Current $\overline{\text{ON}}/\text{OFF Pin} = 0\text{ V}$ (ON)		0	10	μA

- (1) All limits specified at room temperature (25°C) unless otherwise noted. All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are specified through correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods.
- (2) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors can affect switching regulator system performance. When the LM2576/LM2576HV is used as shown in [Figure 8-3](#) and [Figure 8-9](#), system performance is as shown in [Section 6.10](#).
- (3) Output pin sourcing current. No diode, inductor or capacitor connected to output.
- (4) Feedback pin removed from output and connected to 0V.
- (5) Feedback pin removed from output and connected to +12 V for the Adjustable, 3.3-V, and 5-V versions, and +25 V for the 12-V and 15-V versions, to force the output transistor OFF.
- (6) $V_{IN} = 40\text{ V}$ (60 V for high voltage version).
- (7) The oscillator frequency reduces to approximately 11 kHz in the event of an output short or an overload which causes the regulated output voltage to drop approximately 40% from the nominal output voltage. This self protection feature lowers the average power dissipation of the IC by lowering the minimum duty cycle from 5% down to approximately 2%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.11 Typical Characteristics

(Circuit of Figure 8-3 and Figure 8-9)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2 Typical Applications

8.2.1 Fixed Output Voltage Version

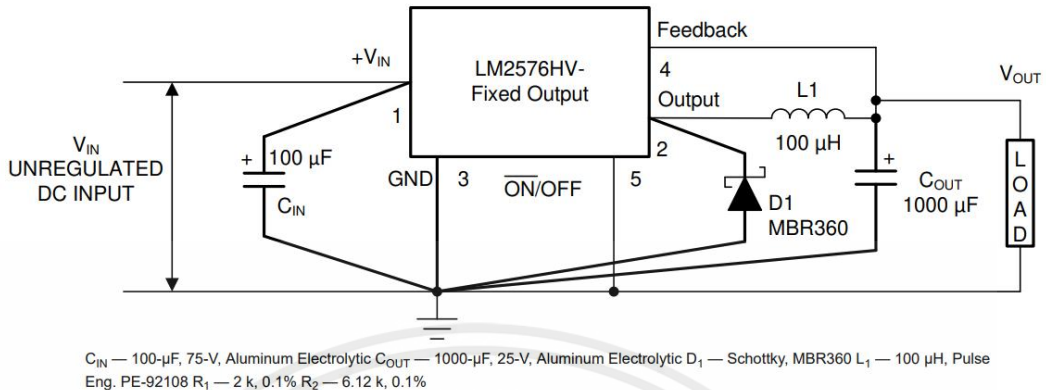


Figure 8-3. Fixed Output Voltage Versions

8.2.1.1 Design Requirements

Table 8-1 lists the design parameters of this example.

Table 8-1. Design Parameters

DESIGN PARAMETER	EXAMPLE VALUE
Regulated Output Voltage (3.3 V, 5 V, 12 V, or 15 V), V_{OUT}	5 V
Maximum Input Voltage, $V_{IN(Max)}$	15 V
Maximum Load Current, $I_{LOAD(Max)}$	3 A

8.2.1.2 Detailed Design Procedure

8.2.1.2.1 Custom Design with WEBENCH Tools

[Click here](#) to create a custom design using the WEBENCH® Power Designer.

1. Start by entering your V_{IN} , V_{OUT} and I_{OUT} requirements.
2. Optimize your design for key parameters like efficiency, footprint and cost using the optimizer dial and compare this design with other possible solutions from Texas Instruments.
3. WEBENCH Power Designer provides you with a customized schematic along with a list of materials with real time pricing and component availability.
4. In most cases, you will also be able to:
 - Run electrical simulations to see important waveforms and circuit performance,
 - Run thermal simulations to understand the thermal performance of your board,
 - Export your customized schematic and layout into popular CAD formats,
 - Print PDF reports for the design, and share your design with colleagues.

8.2.1.2.2 Inductor Selection (L1)

1. Select the correct Inductor value selection guide from [Figure 8-4](#), [Figure 8-5](#), [Figure 8-6](#), or [Figure 8-7](#) (Output voltages of 3.3 V, 5 V, 12 V or 15 V respectively). For other output voltages, see the design procedure for the adjustable version. Use the selection guide shown in [Figure 8-5](#).
2. From the inductor value selection guide, identify the inductance region intersected by $V_{IN(Max)}$ and $I_{LOAD(Max)}$, and note the inductor code for that region. From the selection guide, the inductance area intersected by the 15-V line and 3-A line is L100.
3. Identify the inductor value from the inductor code, and select an appropriate inductor from the table shown in [Figure 8-4](#). Part numbers are listed for three inductor manufacturers. The inductor chosen must be rated for operation at the LM2576 switching frequency (52 kHz) and for a current rating of $1.15 \times I_{LOAD}$. For additional inductor information, see [Section 8.1.2](#). Inductor value required is 100 μ H from the table in [Figure 8-4](#). Choose AIE 415-0930, Pulse Engineering PE92108, or Renco RL2444.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2.1.2.3 Output Capacitor Selection (C_{OUT})

1. The value of the output capacitor together with the inductor defines the dominate pole-pair of the switching regulator loop. For stable operation and an acceptable output ripple voltage, (approximately 1% of the output voltage) TI recommends a value between 100 μF and 470 μF . We choose $C_{OUT} = 680\text{-}\mu\text{F}$ to 2000- μF standard aluminum electrolytic.
2. The voltage rating of the capacitor must be at least 1.5 times greater than the output voltage. For a 5-V regulator, a rating of at least 8 V is appropriate, and a 10-V or 15-V rating is recommended. Capacitor voltage rating = 20 V. Higher voltage electrolytic capacitors generally have lower ESR numbers, and for this reason it may be necessary to select a capacitor rated for a higher voltage than would normally be needed.

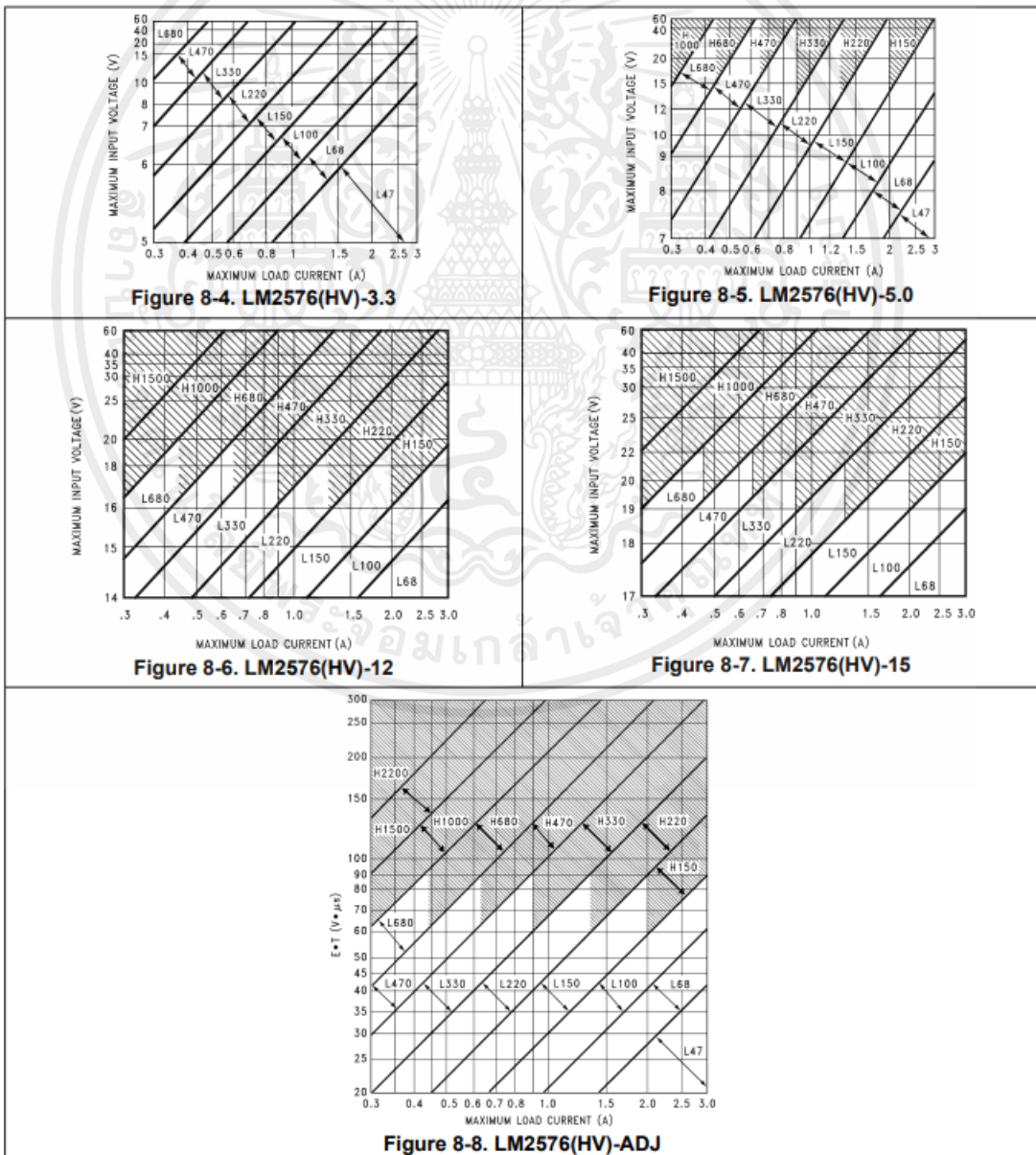
8.2.1.2.4 Catch Diode Selection (D1)

1. The catch-diode current rating must be at least 1.2 times greater than the maximum load current. Also, if the power supply design must withstand a continuous output short, the diode should have a current rating equal to the maximum current limit of the LM2576. The most stressful condition for this diode is an overload or shorted output condition. For this example, a 3-A current rating is adequate.
2. The reverse voltage rating of the diode should be at least 1.25 times the maximum input voltage. Use a 20-V 1N5823 or SR302 Schottky diode, or any of the suggested fast-recovery diodes shown in Table 8-3.

8.2.1.2.5 Input Capacitor (C_{IN})

An aluminum or tantalum electrolytic bypass capacitor located close to the regulator is needed for stable operation. A 100- μF , 25-V aluminum electrolytic capacitor located near the input and ground pins provides sufficient bypassing.

8.2.1.3 Application Curves

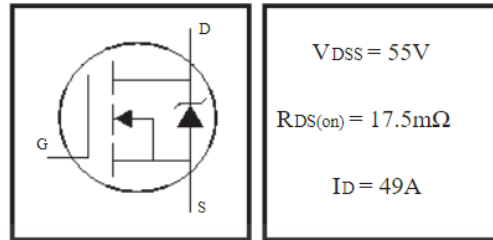


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRFZ44N

HEXFET® Power MOSFET

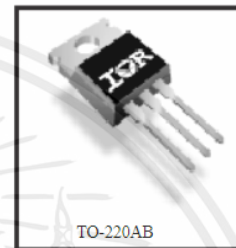
- 1 Advanced Process Technology
- 1 Ultra Low On-Resistance
- 1 Dynamic dv/dt Rating
- 1 175°C Operating Temperature
- 1 Fast Switching
- 1 Fully Avalanche Rated



Description

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



Absolute Maximum Ratings

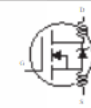
	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_c = 25^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	49	A
$I_D @ T_c = 100^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	35	
I_{DM}	Pulsed Drain Current <input type="checkbox"/>	160	
$P_D @ T_c = 25^\circ\text{C}$	Power Dissipation	94	W
	Linear Derating Factor	0.63	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
I_{AR}	Avalanche Current <input type="checkbox"/>	25	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy <input type="checkbox"/>	9.4	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt <input type="checkbox"/>	5.0	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to + 175	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds		
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf•in (1.1N•m)	

Thermal Resistance

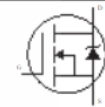
	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	1.5	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	62	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics @ T_J = 25°C (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
V _{(BR)DSS}	Drain-to-Source Breakdown Voltage	55	—	—	V	V _{GS} = 0V, I _D = 250μA
ΔV _{(BR)DSS/ΔT}	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.058	—	V/°C	Reference to 25°C, I _D = 1mA
R _{DS(on)}	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	17.5	mΩ	V _{GS} = 10V, I _D = 25A □
V _{GS(th)}	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	V _{DS} = V _{GS} , I _D = 250μA
g _{fs}	Forward Transconductance	19	—	—	S	V _{DS} = 25V, I _D = 25A □
I _{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	μA	V _{DS} = 55V, V _{GS} = 0V
		—	—	250		V _{DS} = 44V, V _{GS} = 0V, T _J = 150°C
I _{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	V _{GS} = 20V
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		V _{GS} = -20V
Q _g	Total Gate Charge	—	—	63	nC	I _D = 25A
Q _{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	14		V _{DS} = 44V
Q _{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	23		V _{GS} = 10V, See Fig. 6 and 13
t _{d(on)}	Turn-On Delay Time	—	12	—		V _{DD} = 28V
t _r	Rise Time	—	60	—	ns	I _D = 25A
t _{d(off)}	Turn-Off Delay Time	—	44	—		R _θ = 12Ω
t _f	Fall Time	—	45	—		V _{GS} = 10V, See Fig. 10 □
L _D	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead, 6mm (0.25in.) from package and center of die contact
L _S	Internal Source Inductance	—	7.5	—		
C _{iss}	Input Capacitance	—	1470	—	pF	V _{GS} = 0V
C _{oss}	Output Capacitance	—	360	—		V _{DS} = 25V
C _{rss}	Reverse Transfer Capacitance	—	88	—		f = 1.0MHz, See Fig. 5
E _{AS}	Single Pulse Avalanche Energy	—	530	150	mJ	I _{AS} = 25A, L = 0.47mH

Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I _S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	49	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode. 
I _{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) □	—	—	160		
V _{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.3	V	T _J = 25°C, I _S = 25A, V _{GS} = 0V □
t _{rr}	Reverse Recovery Time	—	63	95	ns	T _J = 25°C, I _F = 25A
Q _{rr}	Reverse Recovery Charge	—	170	260	nC	di/dt = 100A/μs □
t _{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L _S +L _D)				

Notes:

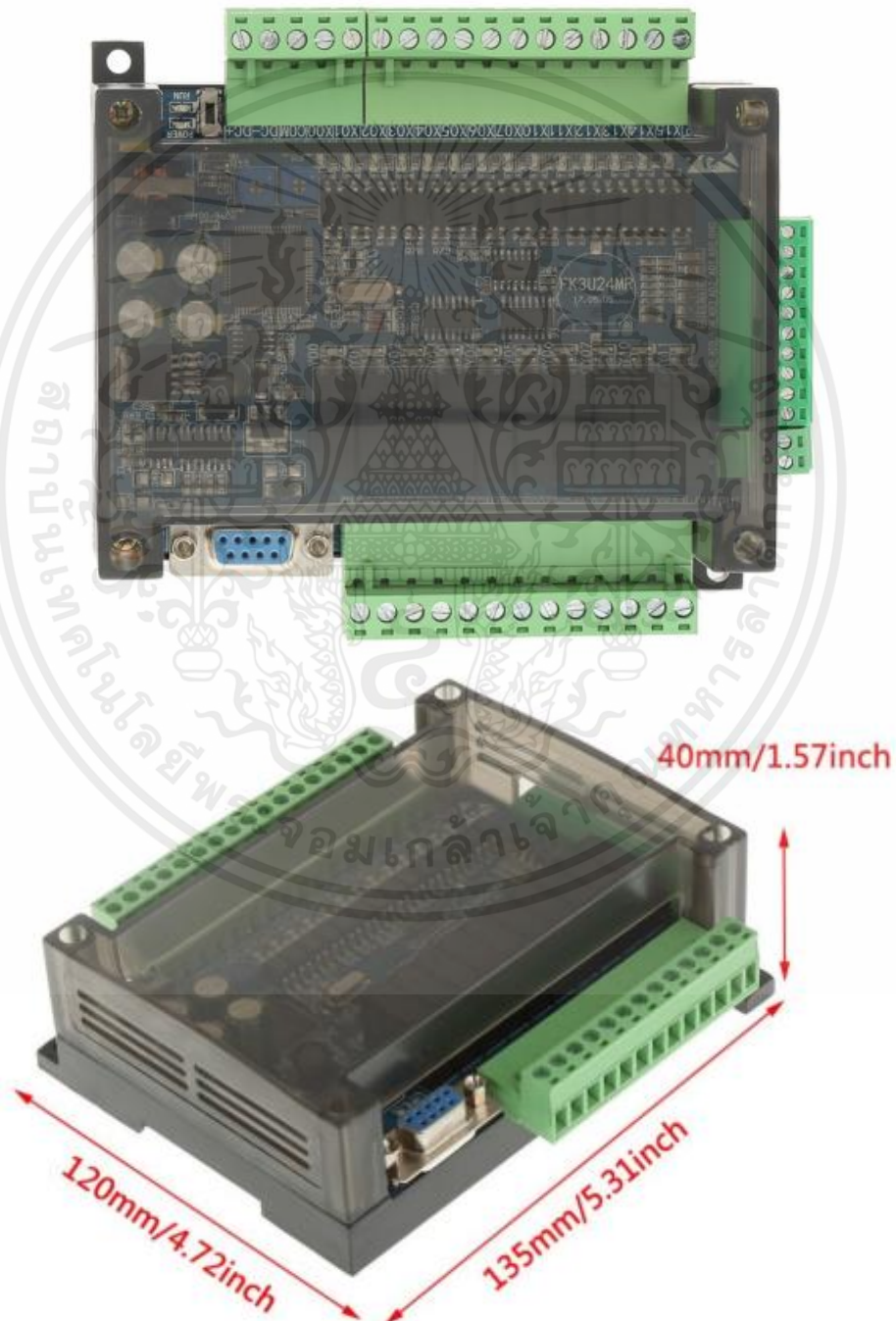
- Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. (See fig. 11)
- Starting T_J = 25°C, L = 0.48mH, R_θ = 25Ω, I_{AS} = 25A. (See Figure 12)
- I_{SD} ≤ 25A, di/dt ≤ 230A/μs, V_{DD} ≤ V_{(BR)DSS}, T_J ≤ 175°C
- Pulse width ≤ 400μs; duty cycle ≤ 2%.
- This is a typical value at device destruction and represents operation outside rated limits.
- This is a calculated value limited to T_J = 175°C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FX3U-24MR

Features:

- This programmable logic controller uses industrial-grade 32-bit MCU with strong anti-interference and faster speed.
- Program is written in ladder logic programming language, supports for GX-Developer, GX-work2, supports HMI connection.
- Support ladder logic programming language programming, downloading and monitoring.
- Programming port is the port for program upload, download and HMI communication.
- Comes with a cable for convenient connection.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specification:

Input power	DC24 DC 24V
Number of steps	8000 steps; 2 communication ports: 1 RS232 (standard 9-pin serial port FX3u protocol 38400, 7, E, 1); 1 RS485
Input point X component	High-speed counting input (12KHZ)
Output point Y component	Transistor output or relay output
Analog input	6 analog inputs, 12-bit precision, AD0~AD2 are voltage inputs: 0-10V, AD3~AD5 are 0-20MA current inputs; read analogs with RD3A instructions
Analog output	2 analog outputs, 12-bit precision, output voltage 0-10V. Output analog voltage with WR3A command
Intermediate relay M	M0-M3071, the power-down storage range can be set to M0-M1023
Step point S	S0-1023, the power-down storage range can be set to S0-S1023
100Ms timer	T0-T199, cumulative power-down save T184-T199
10Ms timer	T200-T249, cumulative power-down save T246-T249
1Ms timer	T250-T383, where T250-255 is cumulative
16-bit counter	C0-C199, power down save C100-199
32-bit counter	C200-C219, power down save C220-C234
32-bit high speed counter	C235-255; C235-240 is a single-phase counter, no multiplier; C241-240 is a single-phase counter, 2 times the frequency; C 2 4 7 - 2 4 9 is a two-phase counter, not multiplier; C 2 5 0 - 2 5 2 is a two-phase counter, 2 times the frequency; C 2 5 3 - 2 is a 5-pair 5-phase counter, 4 times the frequency;
Register D	D0-D7999, the power-down storage range can be set to D0-7999
Indirect addressing pointer V, Z	V0-7 , Z0-7
P subroutine jump number	P0-63
I interrupt	X0-5 external interrupt. Timer interrupt (1MS). The counter is interrupted.
Special M component	M8000 is normally closed during operation, M8002 is powered on pulse, M8011 is 10Ms pulse, M8012 is 100Ms pulse, M8013 is 1s pulse, M8014 is minute pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial data transfer:

Special register	Description	Special register	Description
D8120	RS485 communication format definition	M8121	Set when data is sent, automatically reset after transmission
D8121	RS485 communication station number setting	M8122	Send a request, when M8122 is set, it will be opened once the communication port is idle.
D8122	Number of remaining data	M8123	The receipt of the initial number of receipts is completed, and the opening of the label is issued, and the post is automatically sent to the frame after the data is transferred.
		M8124	Set the number of data, the receiving user should be placed in the bit, after receiving the receipt, the number of the receipt is restored.
M8129: Communication timeout flag. When the host issues a command, the slave does not respond within D8129 time, M8029 will be set.			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Description



Specification

Power Supply Voltage	DC(NPN, PNP, 2-wire) type: DC6-36V AC type: 90-250V 50/60Hz
Current consumption	DC(NPN, PNP, 2-wire) type: 8mA/12V, 15mA/24V AC type: 7V max.
Response frequency	DC: 2.5ms AC: 30ms
Control output	DC(NPN, PNP) type: 300mA max. DC(2-wire) type:3-100mA max. AC type: 10-300mA max.
Protection circuits	DC(NPN, PNP, 2-wire) type: Load short-circuit protection AC type: Surge suppressor
Ambient illumination	Incandescent lamp: 3,000 lx max. Sunlight: 10,000 lx max.
Ambient temperature	-25 to 65°C (with no icing)
Ambient humidity	35% to 95% RH
Temperature influence	±15% max. of sensing distance at 23°C in the temperature range of -25 to 65°C
Voltage influence	±15% max. of sensing distance at rated voltage in the rated voltage ±15% range
Residual voltage	DC(NPN, PNP) type: 1V max. DC(2-wire) type:3V max. AC(2-wire) type: 7V max.
Insulation resistance	50mΩ min. (at 500VDC) between current-carrying parts and case(Load current: 100mA max., Cable length: 2m)
Dielectric strength	DC(NPN, PNP, 2-wire) type: 1,000VAC, 50/60Hz for 1 minute between current-carrying parts and case AC(2-wire) type: 2,000VAC, 50/60Hz for 1 minute between current-carrying parts and case
Vibration resistance	Destruction : 10 to 55Hz, 1.5mm double amplitude for 2 hours each in X, Y, and Z directions
Shock resistance	Destruction : 500m/s(about 50g) 10 times each in X, Y, and Z directions
Degree of protection	IP54~IP67
Materials	Case: E3F with Heat-resistant ABS, E3FJ with Nickel-plated brass Sensing surface: Heat-resistant ABS

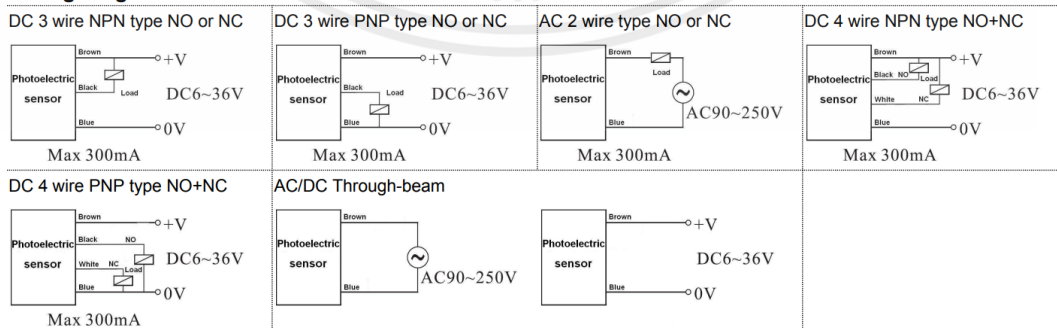
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model

Model			E3F-DS10, E3F-DS30(With distance adjustable)			E3F-DS5, E3F-DS70(With distance adjustable)		
Diameter			Φ18			Φ12 or Φ30		
Reflection type			Diffuse reflective	Retro-reflective	Through-beam	Diffuse reflective	Retro-reflective	Through-beam
DC type	NPN	NO	E3F-DS10C1 E3F-DS30C1	E3F-R2C1	E3F-5C1	E3F-DS5C1 E3F-DS70C1	E3F-R4C1	E3F-2C1 E3F-10C1
		NC	E3F-DS10C2 E3F-DS30C2	E3F-R2C2	E3F-5C2	E3F-DS5C2 E3F-DS70C2	E3F-R4C2	E3F-2C2 E3F-10C2
		NO+NC	E3F-DS10C4 E3F-DS30C4	E3F-R2C4	/	E3F-DS70C4	E3F-R4C4	/
	PNP	NO	E3F-DS10B1 E3F-DS30B1	E3F-R2B1	E3F-5B1	E3F-DS5B1 E3F-DS70B1	E3F-R4B1	E3F-2B1 E3F-10B1
		NC	E3F-DS10B2 E3F-DS30B2	E3F-R2B2	E3F-5B2	E3F-DS5B2 E3F-DS70B2	E3F-R4B2	E3F-2B2 E3F-10B2
		NO+NC	E3F-DS10B4 E3F-DS30B4	E3F-R2B4	/	E3F-DS70B4	E3F-R4B4	/
AC type	2 wire	NO	E3F-DS10A1 E3F-DS30A1	E3F-R2A1	E3F-5A1	E3F-DS5A1 E3F-DS70A1	E3F-R4A1	E3F-10A1
		NC	E3F-DS10A2 E3F-DS30A2	E3F-R2A2	E3F-5A2	E3F-DS70A2	E3F-R4A2	E3F-10A2
Sensing distance			10cm±15% 30cm±15%	2m±15%	≤5m±15%	5cm±15% 70cm±15%	4m±15%	2m±15% ≤15m±15%
Sensing object			Reflective object	Opaque	Opaque	Reflective object	Opaque	Opaque
Standard sensing object			White paper 5*5cm	Reflectors TD-02	Any object 5*5cm	White paper 5*5cm	Reflectors TD-02	Any object 5*5cm

Model			E3FJ-DS10, E3FJ-DS30		
Diameter			Φ18		
Reflection type			Diffuse reflective	Retro-reflective	Through-beam
DC type	NPN	NO	E3FJ-DS10C1 E3FJ-DS30C1	E3FJ-R2C1	E3FJ-5C1
		NC	E3FJ-DS10C2 E3FJ-DS30C2	E3FJ-R2C2	E3FJ-5C2
		NO+NC	E3FJ-DS10C4 E3FJ-DS30C4	E3FJ-R2C4	/
	PNP	NO	E3FJ-DS10B1 E3FJ-DS30B1	E3FJ-R2B1	E3FJ-5B1
		NC	E3FJ-DS10B2 E3FJ-DS30B2	E3FJ-R2B2	E3FJ-5B2
		NO+NC	E3FJ-DS10B4 E3FJ-DS30B4	E3FJ-R2B4	/
AC type	2 wire	NO	E3FJ-DS10A1 E3FJ-DS30A1	E3FJ-R2A1	E3FJ-5A1
		NC	E3FJ-DS10A2 E3FJ-DS30A2	E3FJ-R2A2	E3FJ-5A2
Sensing distance			10cm±15% 30cm±15%	2m±15%	≤5m±15%
Sensing object			Reflective object	Opaque	Opaque
Standard sensing object			White paper 5*5cm	Reflectors TD-02	Any object 5*5cm

Wiring Diagram



Dimension(mm)

	a	b	c	d	e	f
E3F	M12×1	64±0.5	42±0.5	7.5	16	(18)
	M18×1	70±0.5	56±0.5	8.5	21.5	(23.5)
	M30×1.5	102±0.5	64±0.5	10	35	(40)
E3FJ	M18×1	72±0.5	47±0.5	4	24	(30)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



I2C Serial Interface 1602 LCD Module

This is I2C interface 16x2 LCD display module, a high-quality 2 line 16 character LCD module with on-board contrast control adjustment, backlight and I2C communication interface. For Arduino beginners, no more cumbersome and complex LCD driver circuit connection. The real significance advantages of this I2C Serial LCD module will simplify the circuit connection, save some I/O pins on Arduino board, simplified firmware development with widely available Arduino library.



Brief Data:

- Compatible with Arduino Board or other controller board with I2C bus.
- Display Type: Negative white on Blue backlight.
- I2C Address: 0x38-0x3F (0x3F default)
- Supply voltage: 5V
- Interface: I2C to 4bits LCD data and control lines.
- Contrast Adjustment: built-in Potentiometer.
- Backlight Control: Firmware or jumper wire.
- Board Size: 80x36 mm.

Setting Up:

Hitachi's HD44780 based character LCD are very cheap and widely available, and is an essential part for any project that displays information. Using the LCD piggy-back board, desired data can be displayed on the LCD through the I2C bus. In principle, such backpacks are built around PCF8574 (from NXP) which is a general purpose bidirectional 8 bit I/O port expander that uses the I2C protocol. The PCF8574 is a silicon CMOS circuit provides general purpose remote I/O expansion (an 8-bit quasi-bidirectional) for most microcontroller families via the two-line bidirectional bus (I2C-bus). Note that most piggy-back modules are centered around PCF8574T (SO16 package of PCF8574 in DIP16 package) with a default slave address of 0x27. If your piggy-back board holds a PCF8574AT chip, then the default slave address will change to 0x3F. In short, if the piggy-back board is based on PCF8574T and the address connections (A0-A1-A2) are not bridged with solder it will have the slave address 0x27.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Address selection pads in the I2C-to-LCD piggy-back board.

Table 5. PCF8574A address map

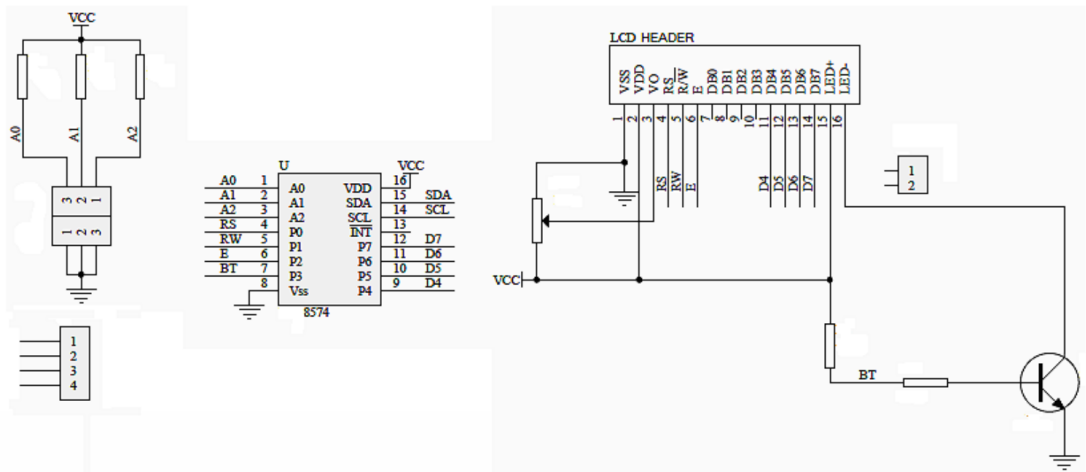
Pin connectivity			Address of PCF8574A							Address byte value		7-bit hexadecimal address without R/W	
A2	A1	A0	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	R/W	Write		Read
V _{SS}	V _{SS}	V _{SS}	0	1	1	1	0	0	0	-	70h	71h	38h
V _{SS}	V _{SS}	V _{DD}	0	1	1	1	0	0	1	-	72h	73h	39h
V _{SS}	V _{DD}	V _{SS}	0	1	1	1	0	1	0	-	74h	75h	3Ah
V _{SS}	V _{DD}	V _{DD}	0	1	1	1	0	1	1	-	76h	77h	3Bh
V _{DD}	V _{SS}	V _{SS}	0	1	1	1	1	0	0	-	78h	79h	3Ch
V _{DD}	V _{SS}	V _{DD}	0	1	1	1	1	0	1	-	7Ah	7Bh	3Dh
V _{DD}	V _{DD}	V _{SS}	0	1	1	1	1	1	0	-	7Ch	7Dh	3Eh
V _{DD}	V _{DD}	V _{DD}	0	1	1	1	1	1	1	-	7Eh	7Fh	3Fh

Address Setting of PCD8574A (extract from PCF8574A data specs).

Note: When the pad A0~A2 is open, the pin is pull up to VDD. When the pin is solder shorted, it is pull down to VSS.

The default setting of this module is A0~A2 all open, so is pull up to VDD. The address is 3Fh in this case.

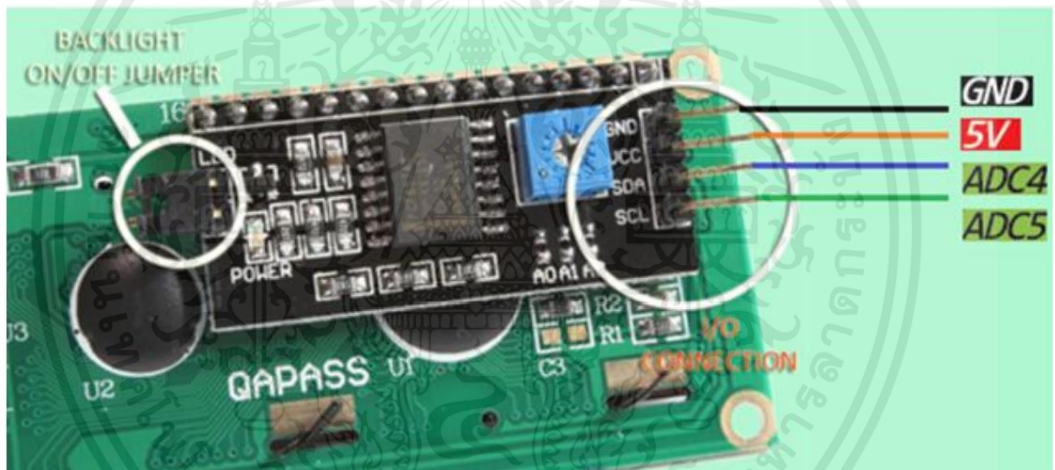
Reference circuit diagram of an Arduino-compatible LCD backpack is shown below. What follows next is information on how to use one of these inexpensive backpacks to interface with a microcontroller in ways it was exactly intended.



Reference circuit diagram of the I2C-to-LCD piggy-back board.

I2C LCD Display.

At first you need to solder the I2C-to-LCD piggy-back board to the 16-pins LCD module. Ensure that the I2C-to-LCD piggy-back board pins are straight and fit in the LCD module, then solder in the first pin while keeping the I2C-to-LCD piggy-back board in the same plane with the LCD module. Once you have finished the soldering work, get four jumper wires and connect the LCD module to your Arduino as per the instruction given below.



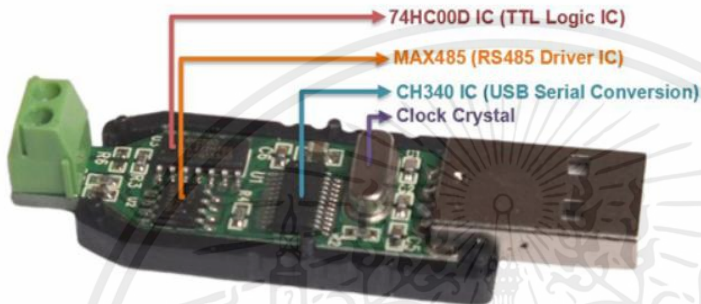
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USB TO RS485 UART SERIAL CONVERTER

Features and Specifications

- USB to RS485 Converter Adapter can be supported on systems like Windows 7, Windows XP, Linux, etc.
- Power Supply: Not required
- Compatibility: USB 2.0, USB1.1
- Baud Rate: 75 bps to 115200 bps.
- Maximum Baud Rate: Upto 6 Mbps

The USB to RS485 Converter has 74HC00D IC, MAX485 IC, and a CH430 IC and a clock crystal without markings. The 74HC00D IC is a quad 2-input NAND gate having clamp diodes at its input. This enables the use of current limiting resistors to interface inputs to voltages in excess of operating voltage.



Pin Description of USB to RS485 Converter Module	
Pin Name	Pin Description
D+	Positive Data Line
D-	Negative Data Line

Working

The USB to RS485 Converter module can be operated on a differential signaling method of measurement rather than voltage measurement with respect to GND pin. The RS485 signals can be transmitted over a positive signal line and a negative signal line. The receiver compares the voltage difference between both lines. The data can be transmitted through this USB to RS485 converter from the devices that have USB protocol.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

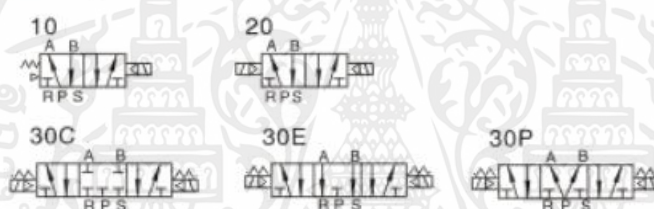
Solenoid valve (5/2 、 5/3 way)

4V200 Series

AIRTAC



Symbol



Specification

Model	4V210-06 4V220-06	4V230C-06 4V230E-06 4V230P-06	4V210-08 4V220-08	4V230C-08 4V230E-08 4V230P-08
Fluid	Air (to be filtered by 40um filter element)			
Acting	Pilotd			
Port size ①	In=Out=Exhaust=1/8"		In=Out =1/4" Exhaust=1/8"	
Orifice size	14.0mm ² (Cv=0.78)	12.0mm ² (Cv=0.67)	16.0mm ² (Cv=0.89)	12.0mm ² (Cv=0.67)
Valve type	5 port 2 position	5 port 3 position	5 port 2 position	5 port 3 position
Operating pressure	0.15~0.8MPa(21~114Psi)			
Proof pressure	1.5MPa(215Psi)			
Temperature °C	-20~70			
Material of body	Aluminum alloy			
Lubrication ②	Not required			
Max. frequency ③	5 cycle/sec	3 cycle/sec	5 cycle/sec	3 cycle/sec
Weight	4V210-06:220g 4V220-06:320g	360g	4V210-08:220g 4V220-08:320g	360g

① PT thread、NPT thread and G thread are available;

② It can not stop in the midway of lubricating. Lubricants like ISO VG32 or equivalent are recommended.

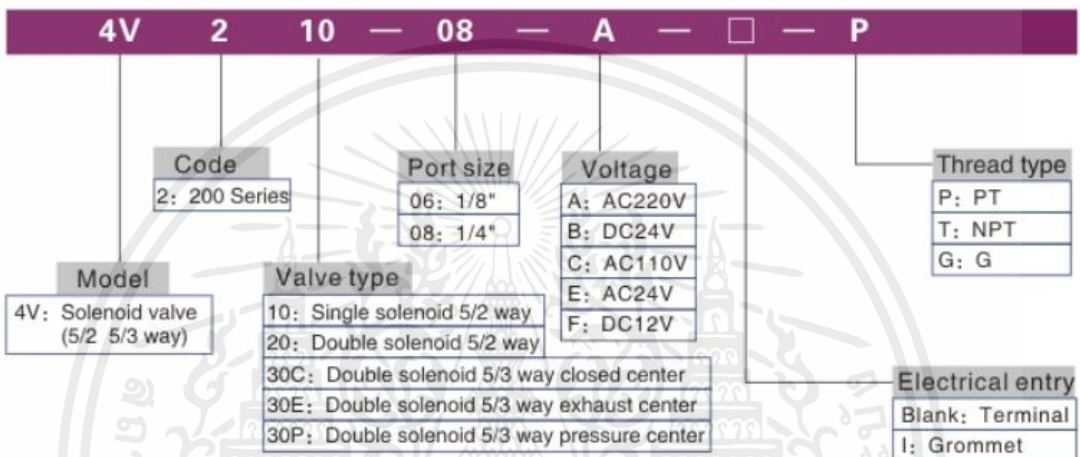
③ The maximum actuation frequency is in the no-load state.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

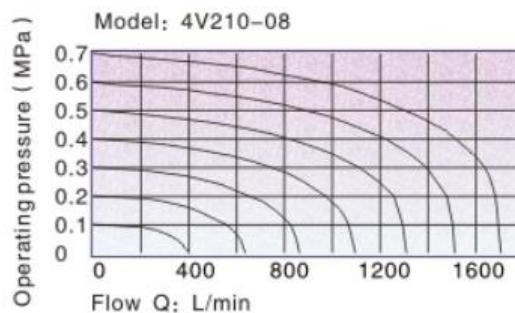
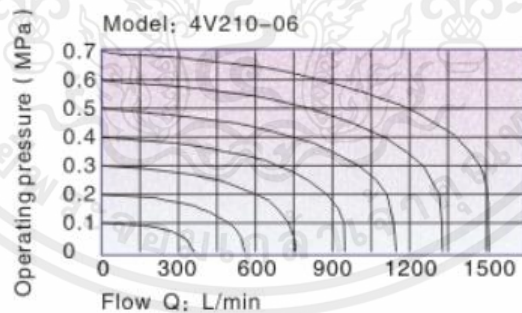
■ Coil specification

Item	Specification
Standard voltage	AC220V, AC110V, AC24V, DC24V, DC12V
Scope of voltage	AC: $\pm 15\%$ DC: $\pm 10\%$
Power consumption	AC: 3.5VA DC : 3.0W
Protection	IP65 (DIN40050)
Temperature classification	B Class
Electrical entry	Terminal, Grommet
Activating time	0.05 sec and below

■ Ordering code



■ Flow chart



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Twin-rod cylinder—TN, TR Series

Installation and application



1. When load changes in the work, the cylinder with abundant output capacity shall be selected;
2. Relative cylinder with high temperature resistance or corrosion resistance shall be chosen under the condition of high temperature or corrosion;
3. Necessary protection measure shall be taken in the environment with larger humidity, much dust or water drops, oil dust and welding dregs;
4. Dirty substances in the pipe must be cleared away before cylinder is connected with pipeline to prevent the entrance of sundries into the cylinder;
5. The medium used by cylinder shall be filtered by the filter core of above 40um;
6. As both of the front cover and piston of the cylinder are short, typically too large stroke can not be selected;
7. Anti-freezing measure shall be adopted under low temperature environment to prevent moisture freezing;
8. The cylinder shall avoid the influence of side load in operation to maintain the normal work of cylinder and extend the service life;
9. If the cylinder is dismantled and stored for a long time, please conduct anti-rust treatment to the surface. Anti-dust cap shall be jam in air intake and outlet orifices. As the precision of the manufacture and guide is high, never dismantle the fixed block or cylinder cover without permission.

Criteria for selection: Cylinder thrust

Unit: Newton (N)

Bore size(mm)	Rod size (mm)	Acting type		Pressure area(mm ²)	Operating pressure MPa						
					0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
6	4	Double acting	Push-side	56.5	5.7	11.3	17.0	22.6	28.3	33.9	39.6
			Pull-side	31.4	3.1	6.3	9.4	12.6	15.7	18.8	22.0
10	6	Double acting	Push-side	157.1	15.7	31.4	47.1	62.8	78.5	94.2	110.0
			Pull-side	100.5	10.1	20.1	30.2	40.2	50.3	60.3	70.4
16	8	Double acting	Push-side	402.1	40.2	80.4	120.6	160.8	201.1	241.3	281.5
			Pull-side	301.6	30.2	60.3	90.5	120.6	150.8	181.0	211.1
20	10	Double acting	Push-side	628.3	62.8	125.7	188.5	251.3	314.2	377.0	439.8
			Pull-side	471.2	47.1	94.2	141.4	188.5	235.6	282.7	329.9
25	12	Double acting	Push-side	981.7	98.2	196.3	294.5	392.7	490.9	589.0	687.2
			Pull-side	755.6	75.6	151.1	226.7	302.2	377.8	453.3	528.9
32	16	Double acting	Push-side	1608.5	160.8	321.7	482.5	643.4	804.2	965.1	1125.9
			Pull-side	1206.4	120.6	241.3	361.9	482.5	603.2	723.8	844.5

Product series

TN Series		Page	VI-10
TR Series		Page	VI-12
Acting type	Double acting		Double acting
Bore size	10 16 20 25 32	6 10 16 20 25 32	
Collocation of sensor switch	CS1-J CS1-JX CS1-JN CS1-JP	CS1-G CS1-GX CS1-GN CS1-GP	VI-39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Specification

Bore size (mm)	10	16	20	25	32
Acting type	Double acting type				
Fluid	Air(to be filtered by 40um filter element)				
Operating pressure	0.1~1.0MPa(14~145Psi)				
Proof pressure	1.5MPa(215Psi)				
Temperature ℃	-20~70				
Speed range mm/s	30~500				
Adjustable stroke mm	-10~0				
Stroke tolerance	+1.0 0				
Cushion type	Bumper				
Non-rotating tolerance ①	± 0.4°		± 0.3°		
Port size ②	M5 x 0.8				1/8"

① The non-rotating precision is the returnable angle of fixation plate of the cylinder in completely drawing back situation;

② PT thread、NPT thread and PT thread are available;
In addition, TN series are all attached with magnet. Please refer to PVI-39-VI-50 for the specific content of sensor switch.

■ Stroke

Bore size (mm)	Standard stroke (mm)	Max. stroke
10	10 20 30 40 50 60 70 80 90 100	100
16		
20		
25	10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 125 150 175 200	200
32		

Note: 1. Within allowable stroke scope, when the stroke is larger than the maximum value, it shall be treated as non-standard one. Please contact the company for other special strokes.

2. The non-standard stroke within the scope of maximum stroke is transformed according to the standard stroke of the upper grade and its shape and dimension are equal to that of standard stroke cylinder of the upper grade. For instance, the non-standard stroke cylinder whose stroke is 28 is transformed from the standard cylinder whose standard stroke is 30, and their shape and dimension are the same.

■ Ordering code

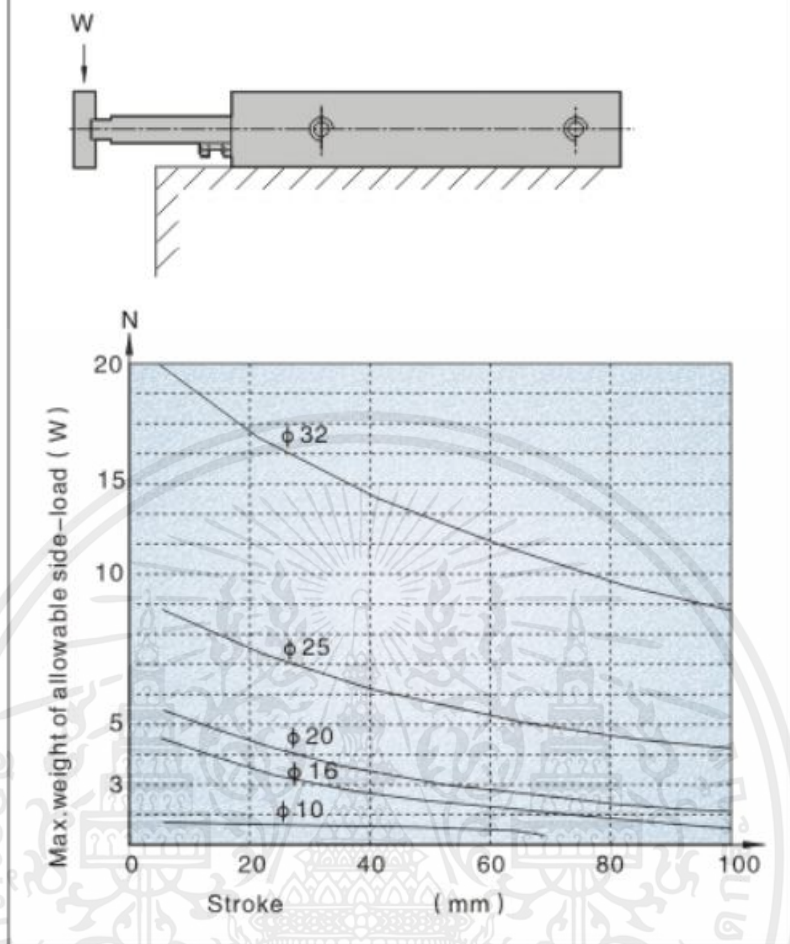
TN	—	20	x	50	—	S	—	P
Model		Bore size		Stroke		Magnet ①		② Thread type
TN: Twin-rod cylinder(Double acting type)						S: With magnet		P: PT T: NPT G: G

①: TN Series are all with magnet.

②: When the thread is M5, the code is blank.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Max. weight of allowable side-load



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล

นายกิตติชาติ ฤทธิธูตม์

วัน เดือน ปีเกิด

25 กุมภาพันธ์ 2543

ที่อยู่

9/1 หมู่ 7 ต.ควนพัง อ.ร่อนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช 86160

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2560 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาภาคใต้ จังหวัดนครศรีธรรมราช
Tel.063-6045114

Email : 61511010@kmitl.ac.th



ชื่อ-นามสกุล

นายจิรภัทร มุกตาม่วง

วัน เดือน ปีเกิด

23 กรกฎาคม 2543

ที่อยู่

94/14 หมู่บ้านริมชล2 ถ.เทศบาล4 ต.ปากเพรียว อ.เมืองสระบุรี
จ.สระบุรี 18000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2560 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จังหวัดกรุงเทพมหานคร
Tel.093-3600917

Email : 61511015@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้