

ระบบทดลองคอมพิวเตอร์วิชั่น  
Computer Vision Experiment System



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2557

# ระบบทดลองคอมพิวเตอร์วิชั่น

## Computer Vision Experiment System



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Computer Vision Experiment System



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE  
DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN ELECTRONIC ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท ระบบทดลองคอมพิวเตอร์วิชั่น  
นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวอลิสสา เอมสรรค์ 54010976  
นางสาวภัทรศยา เข็มนาค 54010977  
นางสาวมัลลิกา ตั้งกมล 54011027  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์  
ปีการศึกษา 2557

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท	ลายมือชื่อ
รศ.ดร. สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ชุดทดลองระบบ Computer Vision

นางสาวอลิสสา เอมสรรค์ รหัส 54010976  
นางสาวภัทรศยา เข็มนาค รหัส 54010977  
นางสาวมัลลิกา ตั้งกมล รหัส 54011027  
รศ.ดร.สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2557

## บทคัดย่อ

รายงานเรื่องชุดทดลองระบบ Computer Vision นี้เป็นการนำระบบอิเล็กทรอนิกส์หลายอย่างมาประกอบกัน คือ โปรแกรม Halcon, Arduino Board, Sensor และ DC Motor เพื่อใช้ทำงานโดยใช้การพิจารณาจากการประมวลผลภาพสิ่งของ สี หรือคุณลักษณะอื่นๆของวัตถุที่หมุนมาตามสายพาน โดยผ่านการขับของ DC Motor และกล้องจะจับภาพในตำแหน่งที่ต้องการโดยใช้ Sensor และโซลินอยด์ในการหยุดสายพาน จากนั้นภาพที่ถ่ายมาจากกล้องจะถูกส่งต่อไปประมวลผลด้วยโปรแกรม Halcon และแสดงผลด้วยหน้าจอ โดยการทำงานทั้งหมดนั้นจะถูกควบคุมและรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่างๆด้วย Arduino Board ที่ทำหน้าที่เป็นตัว Microcontroller



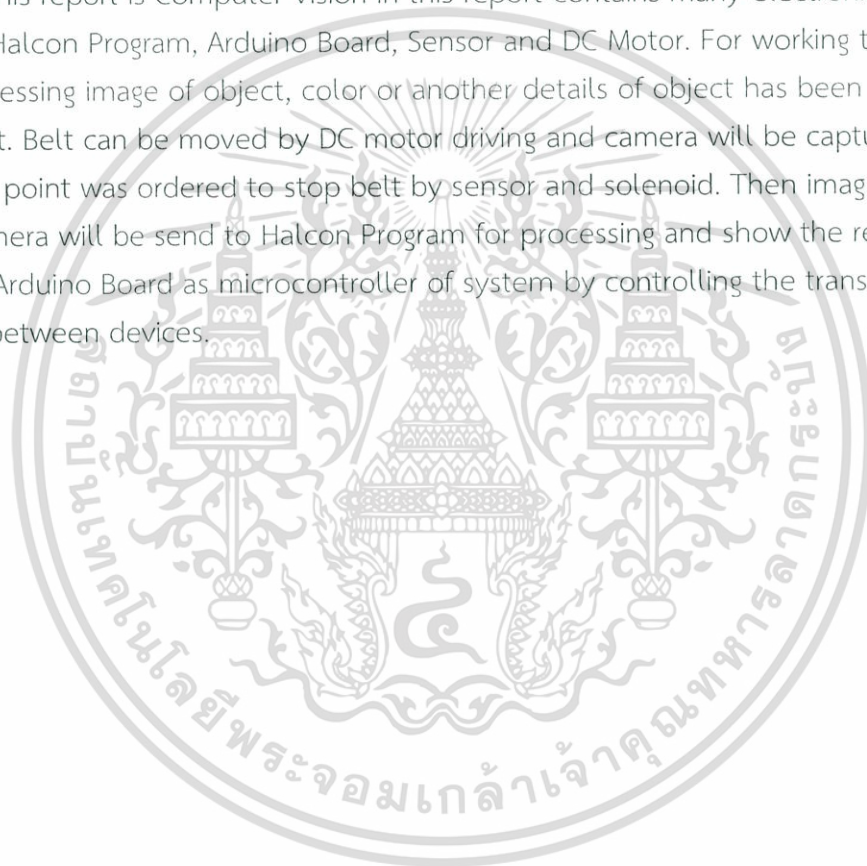
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Computer Vision Experiment System

Miss. Alisa      Aimson      ID. 54010976  
 Miss. Patsaya   Khemnark      ID. 54010977  
 Miss. Manlika   Dangkamon      ID. 54011027  
 Assoc. Prof. Dr. Surapan Airphaiboon Advisor  
 Educational Year 2014

## Abstract

This report is Computer Vision in this report contains many electronics system include Halcon Program, Arduino Board, Sensor and DC Motor. For working to analysis and processing image of object, color or another details of object has been rotated from belt. Belt can be moved by DC motor driving and camera will be captured image at point was ordered to stop belt by sensor and solenoid. Then image capture from camera will be send to Halcon Program for processing and show the result via display. Arduino Board as microcontroller of system by controlling the transmission of data between devices.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งกรุณาสละเวลา ให้ความรู้ และคำแนะนำตลอดการทำโครงการ ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ต่างๆสำหรับทำโครงการ ขอขอบคุณเพื่อนๆที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำโครงการ ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ผู้เป็นที่รัก ผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสการศึกษาอันมีค่ายิ่ง

นางสาวอลิสา เอมสรณ์

นางสาวภัทรศยา เข็มนาค

นางสาวมัลลิกา ดั่งกมล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ .....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูปภาพ.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	1
1.4 ขั้นตอนการทำงาน.....	1
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 รายละเอียดของเนื้อหาในรายงาน.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ทฤษฎีของภาพเคลื่อนไหว.....	3
2.2 Infrared Sensor.....	3
2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	4
2.4 โปรแกรม Halcon.....	7
2.5 บอร์ดอาดิโน.....	8
2.6 ภาควิทยุไฟฟ้า.....	10
2.7 ทฤษฎี Digital Image Processing.....	13
2.8 ระบบสี.....	14
2.9 ค่าขีดแบ่ง.....	16
2.10 ฮิสโตแกรม.....	17
2.11 การปรับปรุงภาพ.....	18
2.12 การจับขอบ.....	22
2.13 Smoothing with Gaussian Filter.....	23
2.14 OCR.....	24
บทที่ 3 การออกแบบและการพัฒนาซอฟต์แวร์.....	26
3.1 คุณสมบัติของวงจร.....	26
3.2 หลักการออกแบบ Infrared Sensor.....	27
3.3 DC Motor Driver.....	31
3.4 Solenoid and Relay.....	33
3.5 Microcontroller.....	34
3.6 Power Supply.....	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหา	หน้า
3.7 วงจรลดแรงดันกระแสเพื่อ.....	35
3.8 วงจรแรงดันคงที่.....	36
3.9 การประมวลผลภาพ.....	37
บทที่ 4 การทดลองและผลการปฏิบัติงาน.....	42
4.1 หลักการทำงานเบื้องต้น.....	42
4.2 คู่มือการทดลอง.....	43
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป.....	64
5.1 บทสรุป.....	64
5.2 วิจารณ์สิ่งที่ได้จากโครงงาน.....	65
5.3 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางการแก้ไข.....	65
บรรณานุกรม.....	66
ภาคผนวก.....	67
Code Halcon.....	68
Code Arduino.....	75



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 เซนเซอร์แสง (IR Sensor).....	3
รูปที่ 2.2 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม.....	5
รูปที่ 2.3 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน.....	6
รูปที่ 2.4 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบซอร์ทซ์ นท์คอมปาวัตต์มอเตอร์.....	6
รูปที่ 2.5 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบลونغซ์ นท์คอมปาวัตต์มอเตอร์.....	7
รูปที่ 2.6 โปรแกรม Halcon.....	7
รูปที่ 2.7 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น ET-EASY168 STAMP.....	8
รูปที่ 2.8 โปรแกรม Arduino.....	9
รูปที่ 2.9 การทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์.....	11
รูปที่ 2.10 การทำงานของตัวเก็บประจุกรองไฟในสภาวะที่มีโหลด.....	12
รูปที่ 2.11 การประมวลผลภาพ.....	13
รูปที่ 2.12 ภาพถ่ายดาวเทียมใช้หลักการของการประมวลผลภาพ.....	13
รูปที่ 2.13 ลูกบาศก์ระบบสี RGB.....	14
รูปที่ 2.14 HSV Single Hexcone Color Solid.....	15
รูปที่ 2.15 กราฟฮิสโตแกรมของรูป.....	17
รูปที่ 2.16 รูปที่มีการปรับฮิสโตแกรมไปค่ามาก.....	17
รูปที่ 2.17 รูปที่มีการปรับฮิสโตแกรมอยู่ที่ค่ากลาง.....	18
รูปที่ 2.17 รูปที่มีการปรับฮิสโตแกรมอยู่ที่ค่ากลาง.....	19
รูปที่ 2.18 รูปที่ผ่านการกรองแบบต่างๆ a) Original b) Max filtering c) Min filtering	21
รูปที่ 2.19 ตัวอย่างการหาขอบด้วยวิธี Gradient.....	22
รูปที่ 2.20 การกำหนดค่า Threshold ในการแบ่งเส้นขอบด้วยวิธี Gradient.....	22
และวิธี Laplacian	
รูปที่ 2.21 ตัวอย่างการหาขอบด้วยวิธี Laplacian.....	23
รูปที่ 3.1 ชุดทดลองที่ใช้งานจริง.....	26
รูปที่ 3.2 องค์ประกอบต่างๆของตัวเครื่องที่ใช้ทำการทดลอง.....	27
รูปที่ 3.4 วงจร Infrared Sensor.....	28
รูปที่ 3.5 สัญญาณเอาต์พุตวงจรอินฟราเรดขณะ turn off.....	28
รูปที่ 3.6 สัญญาณเอาต์พุตวงจรอินฟราเรดขณะ turn on.....	29
รูปที่ 3.7 วงจรรวมทั้งหมด.....	30
รูปที่ 3.8 วงจร H-Bridge Motor Driver Using L298.....	31
รูปที่ 3.9 การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์.....	31
รูปที่ 3.10 สัญญาณพัลส์เอาต์พุตวงจรขับมอเตอร์ให้มอเตอร์ turn on.....	32
รูปที่ 3.11 สัญญาณพัลส์เอาต์พุตวงจรขับมอเตอร์ให้มอเตอร์ turn on.....	32
รูปที่ 3.12 ลายวงจรขับมอเตอร์.....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 3.13 วงจรขั้วรีเลย์ในการควบคุมโซลินอยด์.....	33
รูปที่ 3.14 สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อจ่ายให้โซลินอยด์ turn on 12V.....	34
รูปที่ 3.15 flow chart แสดงเงื่อนไขการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	34
รูปที่ 3.16 รูปวงจร Power Supply.....	35
รูปที่ 3.17 สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อจ่ายให้มอเตอร์ 5V.....	36
รูปที่ 3.18 การตั้งค่าต่างๆในคำสั่ง open framgrabber.....	38
รูปที่ 3.19 การตั้งค่าต่างๆในคำสั่ง disp massage.....	39
รูปที่ 3.20 การตั้งค่าต่างๆในคำสั่ง set display font.....	40
รูปที่ 3.21 การตั้งค่าต่างๆในคำสั่ง edges sub pix.....	41
รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบของตัวเครื่อง.....	42
รูปที่ 4.2 ลักษณะการวางวัตถุในบล็อก.....	43
รูปที่ 4.3 ทำการเปิดไฟล์ในโปรแกรม Halcon.....	43
รูปที่ 4.4 ทำการ Run โปรแกรมโดยกดปุ่ม F5.....	43
รูปที่ 4.5 ทำการหยุดโปรแกรมโดยปุ่ม F9.....	43
รูปที่ 4.6 Reset ค่าใหม่ โดยใช้ปุ่ม F2.....	44
รูปที่ 4.7 การวางวัตถุต่างๆเพื่อทำการทดลอง.....	44
รูปที่ 4.8 ภาพที่ได้จากคำสั่ง grab image async.....	45
รูปที่ 4.9 ภาพที่ได้จากคำสั่ง smooth image.....	45
รูปที่ 4.10 ภาพที่ได้จากคำสั่ง threshold.....	45
รูปที่ 4.11 ผลที่ได้จากคำสั่ง connection.....	46
รูปที่ 4.12 ผลที่ได้จากการประมวลผลรูป.....	46
รูปที่ 4.13 การวางวัตถุในการทดลองนับนอตครั้งที่ 2.....	46
รูปที่ 4.14 ผลในการประมวลผลรูปในการทดลองนับนอตครั้งที่ 2.....	47
รูปที่ 4.15 การวางวัตถุในการทดลองนับนอตครั้งที่ 3.....	47
รูปที่ 4.16 ผลในการประมวลผลรูปในการทดลองนับนอตครั้งที่ 3.....	48
รูปที่ 4.17 การวางวัตถุในการทดลองนับนอตครั้งที่ 4.....	48
รูปที่ 4.18 ผลในการประมวลผลรูปในการทดลองนับนอตครั้งที่ 4.....	48
รูปที่ 4.19 ทดลองนับนอตโดยลดปริมาณแสงลง.....	49
รูปที่ 4.20 ผลของการทดลองนับนอตโดยลดปริมาณแสงลง.....	49
รูปที่ 4.21 ทดลองนับนอตโดยเพิ่มปริมาณของแสง.....	50
รูปที่ 4.22 ผลของการนับนอตโดยเพิ่มปริมาณแสง.....	50
รูปที่ 4.23 การวางวัตถุในการทดลองการระบุเหรียญ.....	51
รูปที่ 4.24 ภาพที่ได้จากคำสั่ง grab image async.....	51
รูปที่ 4.25 ภาพที่ผ่านคำสั่ง edges sub pix, select shape xld, sort contours xld..	52
รูปที่ 4.26 ผลลัพธ์ที่ผ่านการคำนวณรัศมีของเหรียญชนิดต่างๆ.....	52
รูปที่ 4.27 การวางวัตถุเพื่อทำการทดลองระบุเหรียญครั้งที่ 2.....	53
รูปที่ 4.28 ผลการทดลองระบุเหรียญ.....	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 4.29 การวางวัตถุในการทดลองระบุค่าพิวส์รยยนต์.....	54
รูปที่ 4.30 ภาพที่ได้จากคำสั่ง grab image async.....	54
รูปที่ 4.31 ภาพที่ได้จากคำสั่ง smooth image, decompose3, ..... trans from rgb, threshold	55
รูปที่ 4.32 ผลในการทำคำสั่งในการหาพิวส์สี่เหลี่ยม.....	56
รูปที่ 4.33 ผลในการทำคำสั่งในการหาพิวส์สี่เหลี่ยม.....	56
รูปที่ 4.34 ผลในการทำคำสั่งในการหาพิวส์สี่เหลี่ยม.....	56
รูปที่ 4.35 ผลในการทำคำสั่งในการหาพิวส์สี่เหลี่ยม.....	57
รูปที่ 4.36 ผลการทดลองในการระบุค่าพิวส์ครั้งที่ 1.....	57
รูปที่ 4.37 ผลการทดลองในการระบุค่าพิวส์ครั้งที่ 2.....	57
รูปที่ 4.38 ผลการทดลองในการระบุค่าพิวส์ครั้งที่ 3.....	58
รูปที่ 4.39 ผลการทดลองที่ผิดพลาดหากมีปริมาณแสงที่น้อยหรือมากเกินไป.....	58
รูปที่ 4.40 การวางแผนตัวเลขเพื่อทำการทดลองการอ่านตัวเลข.....	59
รูปที่ 4.41 ภาพที่ได้จากคำสั่ง grab image async.....	59
รูปที่ 4.42 ภาพที่ได้จากคำสั่ง smooth image, rgb3 to gray, equ histo image.....	60
รูปที่ 4.43 ภาพที่ได้จากการใช้คำสั่งต่างๆในการหาตัวเลข.....	60
รูปที่ 4.44 ผลการอ่านตัวเลข.....	61
รูปที่ 4.45 การทดลอง OCR ครั้งที่ 2.....	61
รูปที่ 4.46 ผลของการอ่านตัวเลขการทดลอง OCR ครั้งที่ 2.....	62
รูปที่ 4.47 การทดลองทดลอง OCR ครั้งที่ 3.....	62
รูปที่ 4.48 ผลของการทดลอง OCR ครั้งที่ 3.....	62
รูปที่ 4.49 การทดลอง OCR ครั้งที่ 4.....	63
รูปที่ 4.50 ผลของการทดลอง OCR ครั้งที่ 4 ซึ่งมีการผิดพลาด.....	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีความสำคัญและมีบทบาทเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ในโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งจำเป็นต้องมีการคัดแยกสินค้าหรือวัสดุต่างๆ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำๆ กันในรูปแบบเดิมเป็นส่วนใหญ่ซึ่งงานในลักษณะเหล่านี้หากให้มนุษย์วิเคราะห์เองมักต้องใช้เวลาและใช้แรงงานสูงอีกทั้งหากจำเป็นต้องวิเคราะห์ภาพเป็นจำนวนมากผู้วิเคราะห์ภาพเองอาจเกิดอาการเหนื่อยล้าส่งผลให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ดังนั้นชุดทดลองระบบ Computer Vision จึงสามารถทำหน้าที่แทนแรงงานมนุษย์ได้ ทั้งยังมีประสิทธิภาพสูงและยังประหยัดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานได้อีกด้วย

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. พัฒนาและออกแบบโปรแกรม Halcon ให้สามารถทำงานในการประมวลผลวัตถุได้ เช่น การคัดแยกสีวัตถุ การนับจำนวนวัตถุ การวัดรัศมีวงกลม และอ่านตัวเลขได้
2. สามารถพัฒนาให้ใช้ในห้องทดลองจริงต่อไปได้
3. เพื่อประยุกต์ความรู้ด้านต่างๆ ของเนื้อหาที่ได้เรียนมาของภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการโครงการนี้

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สามารถแยกสีของวัตถุได้
2. สามารถนับจำนวนวัตถุ ในรูปแบบสองมิติได้
3. สามารถวัดความยาวรัศมีวงกลมได้
4. สามารถอ่าน QR Code และแสดงผลข้อมูลของ Data ที่เก็บใน QR Code นั้นได้
5. สามารถสร้างระบบระบบสายพานจำลองได้
6. สามารถจ่ายไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์ได้ด้วย Power Supply

### 1.4 ขั้นตอนการทำงาน

1. ศึกษาหลักการและวัตถุประสงค์ของโครงการ และวางแผนการทำงาน
2. ศึกษาการใช้โปรแกรม Halcon และ Arduino
3. ศึกษาคุณสมบัติและหลักการทำงานของอุปกรณ์และวงจรที่ใช้ในโครงการ ได้แก่ Infrared Sensor, DC Motor Driver, Solenoid, Control Relay
4. ทดลองต่อวงจรแต่ละส่วนลงบนโปรโตบอร์ดและวัดสัญญาณ
5. ทำวงจรด้วยแผ่นปริ้นท์ และทดลองระบบทั้งหมด
6. สรุปผลการทดลองและวิเคราะห์ปัญหา เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถแยกชนิดของสีได้อย่างแม่นยำ
2. สามารถนับจำนวนวัตถุในสองมิติได้
3. สามารถวัดรัศมีของวงกลมได้และแยกประเภทจากรัศมีที่วัดได้
4. สามารถอ่าน QR Code และแสดงผลได้
5. Microcontroller สามารถควบคุม Motor, Sensor ,solenoid และรับ-ส่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้โปรแกรม Halcon ประมวลผล

## 1.6 รายละเอียดของเนื้อหาในรายงาน

ในรายงานฉบับนี้ แสดงถึงรายละเอียดของโครงการที่ได้จัดทำขึ้นมา ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ รวมทั้งหมด 5 บท แต่ละบทกล่าวถึงดังต่อไปนี้

- บทที่ 1 เป็นบทนำของรายงาน ได้กล่าวถึงลักษณะโดยรวมของโครงการ วัตถุประสงค์ของโครงการ ขอบเขตของโครงการ ผลที่คาดว่าจะได้รับ และรายละเอียดของโครงการโดยย่อ
- บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎี และแนวความคิดที่ได้ศึกษา เพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำโครงการ
- บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบ และการพัฒนาซอฟต์แวร์
- บทที่ 4 แสดงถึงการทดลอง และผลการทดลอง
- บทที่ 5 สรุปผล วิเคราะห์ผลการทดลอง อุปสรรค ปัญหา และข้อเสนอแนะ

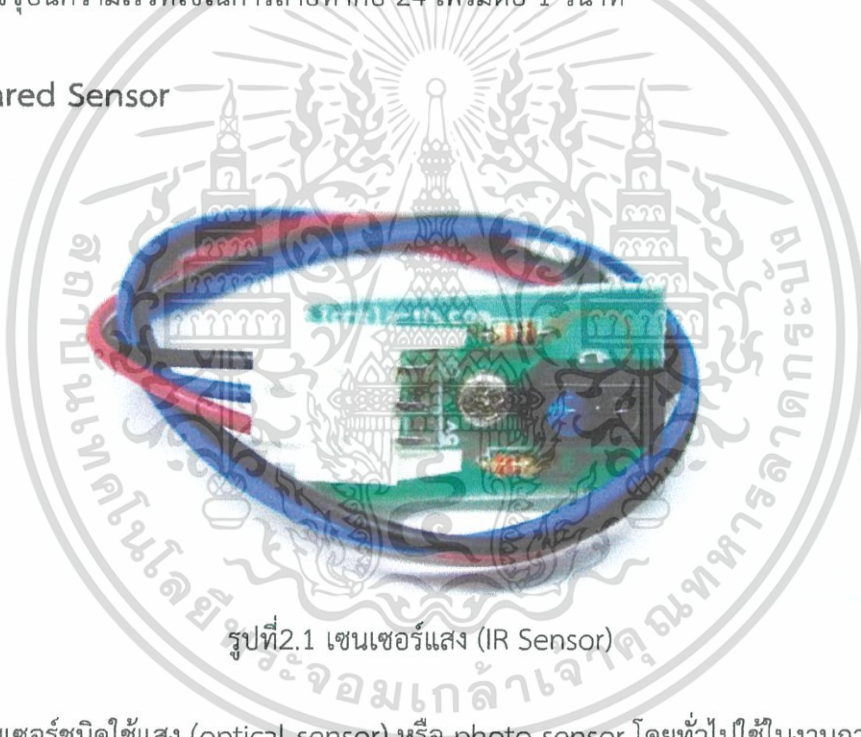


## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทฤษฎีของภาพเคลื่อนไหว

ภาพเคลื่อนไหวคือภาพนิ่งหลายๆภาพเรียงติดต่อกันอย่างต่อเนื่องใช้หลักการที่เรียกว่าการเห็นภาพติดตาและเมื่อนำเอาภาพนิ่งเหล่านั้นมาฉายดูทีละภาพด้วยอัตราความเร็วในการฉายต่อภาพเท่าๆกันสายตามนุษย์จะยังคงรักษาภาพไว้ที่เรติน่าเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆประมาณ 1 ส่วน 3 วินาที ถ้าหากภายในระยะเวลาดังกล่าวมีอีกภาพแทรกเข้ามาแทนที่สมองของคนจะทำการเชื่อมโยงสองภาพเข้าด้วยกันและจะหาหน้าที่ดังกล่าวต่อไปเรื่อยๆหากมีภาพต่อไปปรากฏในเวลาใกล้เคียงกันในกรณีที่ภาพแต่ละภาพที่มองเห็นเป็นภาพที่แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องในลักษณะของการเคลื่อนไหวเมื่อนามาเรียงต่อกันในระยะเวลากระชั้นชิดภาพนิ่งเหล่านั้นจะกลายเป็นภาพเคลื่อนไหวที่ต่อเนื่องกันเป็นธรรมชาติปัจจุบันความเร็วที่ใช้ในการถ่ายทำคือ 24 เฟรมต่อ 1 วินาที

### 2.2 Infrared Sensor



รูปที่ 2.1 เซนเซอร์แสง (IR Sensor)

เซนเซอร์ชนิดใช้แสง (optical sensor) หรือ photo sensor โดยทั่วไปใช้ในงานการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับวัตถุ และการตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุ เซนเซอร์ชนิดนี้ทำงานโดยอาศัยหลักการส่งและรับแสง มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ ตัวส่งแสง (emitter) และตัวรับแสง (receiver) ลักษณะการตรวจจับเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งแสง ส่งไปสะท้อนกับวัตถุหรือถูกขวางกั้นด้วยวัตถุ ส่งผลให้ตัวรับแสงรู้สภาวะที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงสภาวะของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับแสงส่วนใหญ่นิยมใช้โฟโตไดโอด (photo diode) หรือโฟโตทรานซิสเตอร์ (photo transistor) ส่วนตัวส่งแสงนั้นโดยทั่วไปใช้ LED (Light Emitting Diode) เนื่องจากการต่อใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำได้ง่าย สะดวกในการบำรุงรักษา ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำ และไม่ได้รับผลกระทบจากสภาวะรอบข้างไม่ว่าจะเป็นสนามแม่เหล็ก ความถี่ ความร้อน ความชื้น หรือการสั่นสะเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.1 แบ่งประเภทของLED ตามความยาวคลื่นของแสงได้ดังนี้

2.2.1.1 LEDแบบแสงอินฟราเรด มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 910-950 nm ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ให้ความเข้มของแสงสูงและระยะส่งไกล แต่ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้

2.2.1.2 LEDแบบแสงสีแดง มีความยาวคลื่นประมาณ 650 nm มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ความเข้มของแสงอยู่ในระดับปานกลาง สามารถตรวจจับพื้นผิวที่มีสีดำ สีน้ำเงินและสีเขียวบนพื้นสีขาวได้ดี

2.2.1.3 LEDแบบแสงสีเขียว มีความยาวคลื่นประมาณ 560 nm ให้ความเข้มของแสงต่ำ มีระยะการตรวจจับที่ไม่ไกล สามารถตรวจจับพื้นที่สีแดงบนพื้นสีขาวได้ตื้นนอกจากนี้ยังมี LED ประเภทแสงเลเซอร์ซึ่งเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดในการวัดสูง การเลือกใช้ LED แต่ละแบบขึ้นอยู่กับสีและลักษณะพื้นผิวของวัตถุที่ต้องการตรวจจับ

2.2.2 ประเภทของเซนเซอร์ชนิดใช้แสง สามารถแบ่งตามลักษณะการตรวจจับและตำแหน่งการติดตั้งตัวรับแสงและตัวส่งแสงได้ 3 ประเภท

2.2.2.1 ประเภทตรวจจับโดยตรง (diffuse-reflective optical sensor)

2.2.2.2 ประเภทลำแสงผ่านตลอด (through - beam optical sensor)

2.2.2.3 ประเภทลำแสงสะท้อนกลับ (retro - reflective optical sensor)

เซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทลำแสงสะท้อนกลับ เป็นเซนเซอร์แสง (optical sensor/photo sensor) ที่อาศัยหลักการสะท้อนกลับของลำแสง โดยตัวส่งแสงและตัวรับแสงติดตั้งรวมอยู่ภายในตัวเดียวกันเช่นเดียวกับแบบตรวจจับโดยตรง ต่างกันที่เซนเซอร์ประเภทนี้ต้องใช้งานร่วมกับแผ่นสะท้อนแสง (reflector) เพื่อประโยชน์ในการเพิ่มความเข้มของแสงให้มากขึ้น มีผลทำให้ระยะทางในการตรวจจับเพิ่มมากขึ้นด้วย มีระยะการตรวจจับประมาณ 3-10 เมตร ข้อดีของเซนเซอร์ใช้แสง (optical sensor/photo sensor) ประเภทนี้ คือ การปรับแต่งทิศทางลำแสงทำได้ง่าย ติดตั้งง่าย มีระยะการตรวจจับปานกลาง การตรวจจับและระยะการตรวจจับไม่ขึ้นกับสีของวัตถุ แต่ไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีผิวมันเงาและโปร่งแสงได้ เหมาะกับวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวที่ดูคลีนแสงและไม่สามารถสะท้อนแสงกลับมายังตัวรับ หรืออาจใช้กับวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวขรุขระก็ได้เช่นกัน

## 2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

ในส่วน Motor ที่ใช้ในโครงงานนี้ เป็น DC Motor ใช้เพื่อควบคุมสายพานลำเลียงให้หมุนหรือหยุดในตำแหน่งที่ต้องการ โดยควบคุมการเคลื่อนที่โดย Microcontroller หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ส่วนหนึ่งจะแปรผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้น จะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนามในขณะเดียวกันตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกันทิศทางการข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกันทำให้เกิดแรงบิดในตัวของอาร์มาเจอร์ซึ่งวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกนเพลลาและแกนเพลลานี้สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่าโรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่าตัวหมุนเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกริยาต่อกันทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หรือโรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming left hand rule)

### 2.3.1 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

#### 2.3.1.1 มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor)

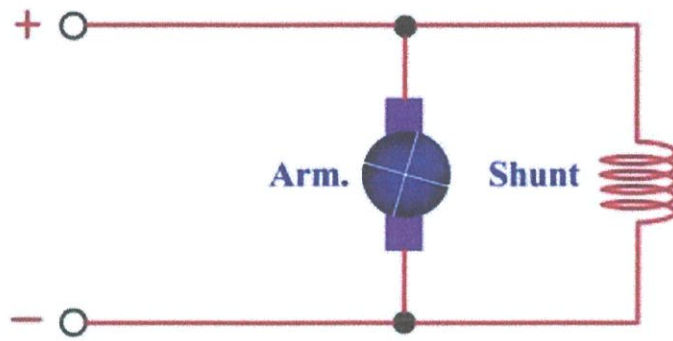
คือมอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับอาร์มาเจอร์ของมอเตอร์ ชนิดนี้ว่าซีรีส์ฟิลด์ (Series Field) มีคุณลักษณะที่ดีคือให้แรงบิดสูงนิยมใช้เป็นต้นกำลังของรถไฟฟ้า รถยกของเครนไฟฟ้าความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมเมื่อไม่มีโหลดความเร็วจะสูงมากแต่ถ้ามีโหลดมาต่อความเร็วก็จะลดลงตามโหลดโหลดมากหรือทำงานหนักความเร็วลดลงแต่ขดลวดของมอเตอร์ไม่เป็นอันตรายจากคุณสมบัตินี้จึงนิยมนำมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านหลายอย่างเช่นเครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหารสว่านไฟฟ้าจักรเย็บผ้าเครื่องเป่าผมมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรมใช้งานหนักได้ดีเมื่อใช้งานหนักกระแสจะมากความเร็วรอบจะลดลงเมื่อไม่มีโหลดมาต่อความเร็วจะสูงมากอาจเกิดอันตรายได้ดังนั้นเมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์แบบอนุกรมจึงต้องมีโหลดมาต่ออยู่เสมอ



รูปที่ 2.2 วงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

#### 2.3.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor)

หรือเรียกว่าชันท่อมอเตอร์แบบขนานนี้ขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อ (Field Coil) จะต่อขนานกับขดลวดชุดอาร์มาเจอร์มอเตอร์แบบขนานนี้มีคุณลักษณะมีความเร็วคงที่ แรงบิดเริ่มหมุนต่ำแต่ความเร็วรอบคงที่ชันท่อมอเตอร์ส่วนมากเหมาะกับงานดังนี้พัดลมเพราะพัดลมต้องการความเร็วคงที่และต้องการเปลี่ยนความเร็วได้ง่าย



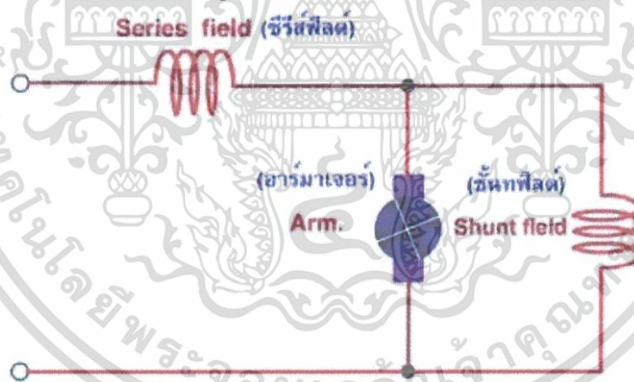
รูปที่ 2.3 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

### 2.3.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor)

หรือเรียกว่าคอมปาวด์มอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้จะนำคุณลักษณะที่ดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานและแบบอนุกรมมารวมกันมอเตอร์แบบผสมมีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง (High starting torque) แต่ความเร็วรอบคงที่ตั้งแต่ยังไม่มีโหลดจนกระทั่งมีโหลดเต็มที่มอเตอร์แบบผสมมี

### 2.3.2 วิธีการต่อขดลวดขนานหรือขดลวดชั้นที่อยู่ 2 วิธี

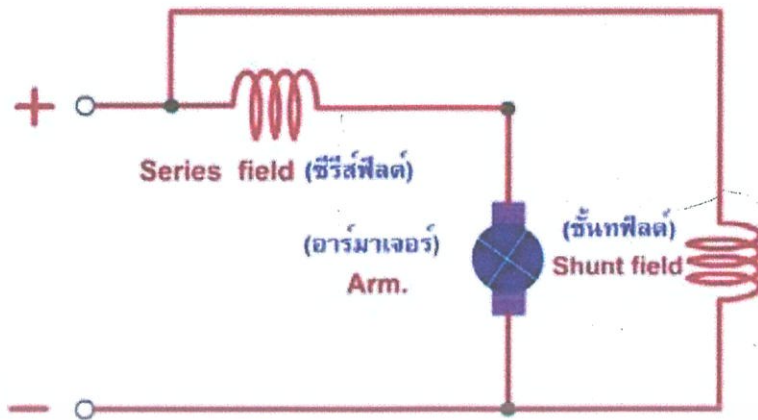
2.3.2.1 วิธีที่ 1 ใช้ต่อขดลวดแบบชั้นที่ขนานกับอาร์มาเจอร์เรียกว่าชอร์ตชันท (Short Shunt Compound Motor) ดังรูป



รูปที่ 2.4 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชอร์ตชันทคอมปาวด์มอเตอร์

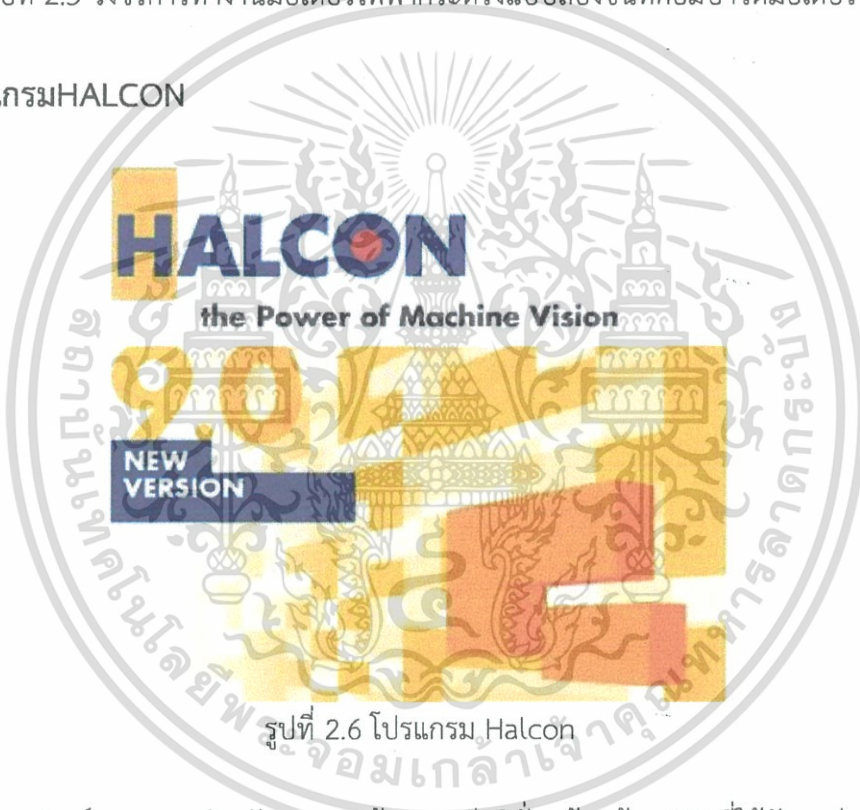
2.3.2.2 วิธีที่ 2 คือต่อขดลวดขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาร์มาเจอร์เรียกว่าลองชันทคอมปาวด์มอเตอร์ (Long shunt motor) ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 วงจรการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบลงชั้นท์คอมพาว์ดมอเตอร์

## 2.4 โปรแกรมHALCON



รูปที่ 2.6 โปรแกรม Halcon

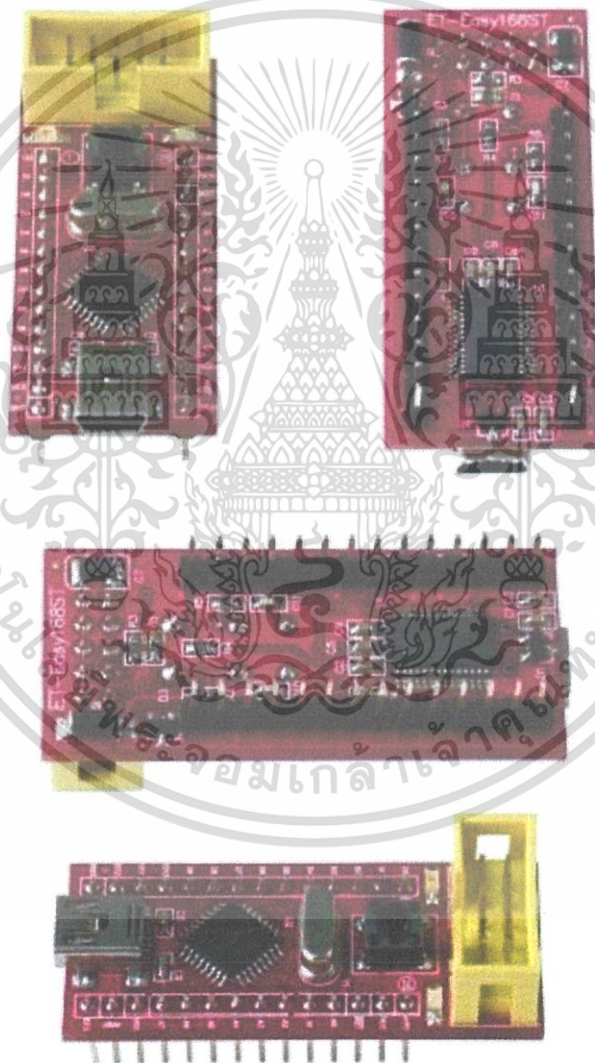
คือซอฟต์แวร์มาตรฐานสำหรับงานทางด้านแมชชีนวิชันพร้อมด้วย IDE ที่ใช้กันแพร่หลายทั่วโลกเพื่อนำไปสู่การลดเวลาและต้นทุนสำหรับการแข่งขันโครงสร้างซอฟต์แวร์ที่ยืดหยุ่นของ HALCON ทำให้สะดวกและรวดเร็วต่อการพัฒนางานแมชชีนวิชันงานวิชันทางการแพทย์และงานทางด้านการวิเคราะห์ภาพถ่ายต่างๆ HALCON ยังจัดเตรียมประสิทธิภาพที่ยอดเยี่ยมและครอบคลุมเกี่ยวกับ multi-core platforms, MMX และ SSE2 รวมถึงการเพิ่มความเร็วของ GPU ด้วยและยังรองรับทุกภาคอุตสาหกรรมด้วยไลบรารีที่มากกว่า 1,800 โอเปอเรชันสำหรับ blob analysis, morphology, matching, measuring, identification, และ 3D vision เป็นต้น HALCON ยังรองรับระบบการปฏิบัติการต่างๆเช่น Windows, Linux, Mac OS X เป็นต้นรวมถึงยังมีไดร์เวอร์ที่รองรับกล้องอุตสาหกรรมต่างๆมากถึง 100 แบรินด์เช่นGeniCam, GigE Vision, และ IIDC 1394 เป็นต้นจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MVTeคประเทศเยอรมันรับประกันด้วยจำนวนผู้ใช้และยอดขายอันดับ 1 ของโลกสามารถใช้ได้กับภาษาC, C++, C#, VB และสามารถใช้งานได้ทั้ง Windows, Linux, Solaris

## 2.5 บอร์ดอาดิโน (Arduino Board)

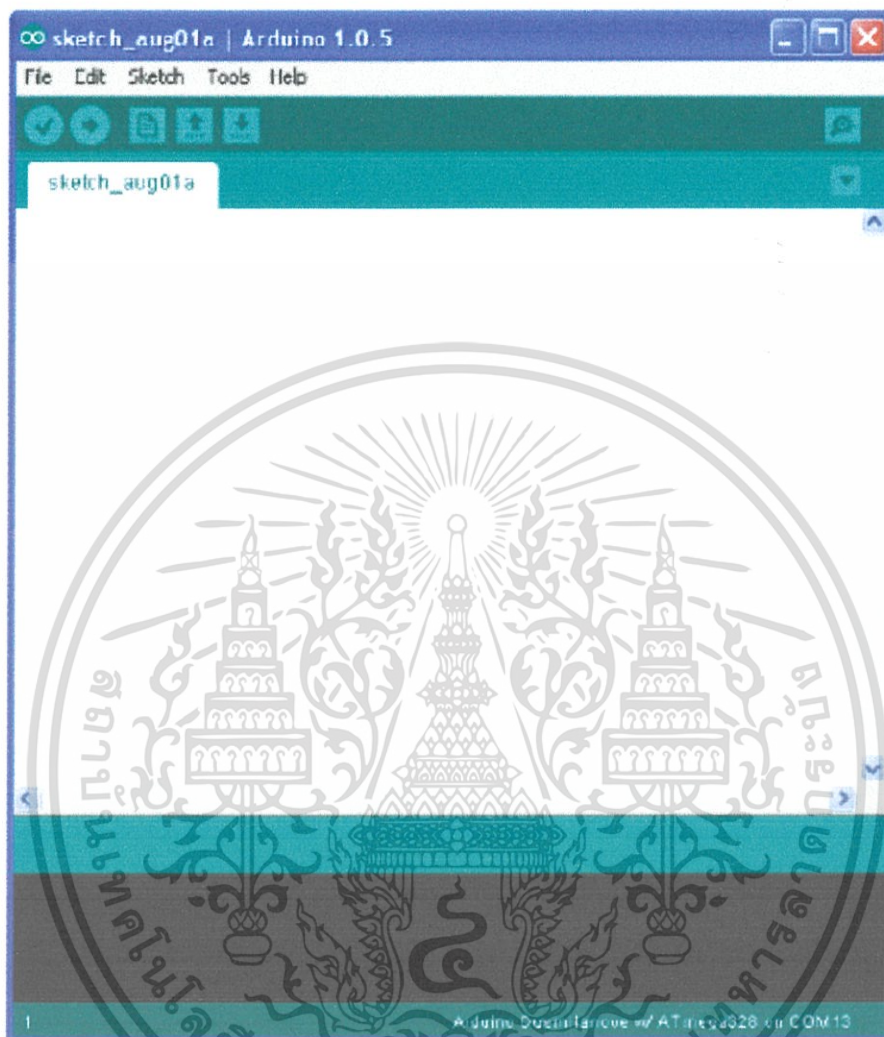
บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น ET-EASY328 STAMP ซึ่งเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR8 เบอร์ ATmega328 ของ ATMEL มีขนาดเล็กมาก บอร์ดมีขนาด 2\*5 cm. และวงจรรอบนอกประกอบด้วย oscillator และ Reset นอกจากนี้ยังประกอบด้วย USB Bridge ของ FTDI เบอร์ FT232R เพื่อใช้ติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมด้วย RS232 กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต USB ได้โดยตรง



รูปที่ 2.7 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น ET-EASY168 STAMP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้จะต้องทำการ download code จากโปรแกรม Arduino เป็นการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาซี(C++) ซึ่งเป็นแบบ Open Source ซึ่งเป็นที่เปิดเผยสามารถหาตัวอย่าง source code เพื่อศึกษาและพัฒนาได้ง่าย



รูปที่ 2.8 โปรแกรม Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 ภาคจ่ายไฟ(Power Supply)

### 2.6.1 หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) คือเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้า(Voltage) ให้เพิ่มขึ้นเรียกว่า “Step up Transformer” และให้ลดลงเรียกว่า “Step down Transformer” แต่ไม่เปลี่ยนกำลังไฟฟ้า (Power/Watt) และความถี่ (Frequency/Hz)

#### 2.6.1.2 โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 3 ส่วนคือแกนเหล็กขดลวดตัวนำและฉนวน (และอาจมีส่วนประกอบย่อยซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของหม้อแปลงเช่นหม้อแปลงขนาดใหญ่อาจมีถังบรรจุหม้อแปลงน้ำมันหม้อแปลงและขั้วของหม้อแปลงเป็นต้น)

2.6.1.2.1 แกนเหล็กแกนเหล็กของหม้อแปลงจะมีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ เคลือบด้วยฉนวนเรียกกันว่าแผ่นลามิเนต

2.6.1.2.2 ขดลวดตัวนำขดลวดตัวนำของหม้อแปลงจะมีลักษณะเป็นขดลวดทองแดงหรือลวมีเนียมหุ้มด้วยฉนวนโดยทั่วไปหม้อแปลงจะมีขดลวด 2 ชุดคือขดลวดปฐมภูมิ (Primary Winding) และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding)

2.6.1.2.3 ฉนวนฉนวนของหม้อแปลงจะมีไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ขดลวดสัมผัสกับส่วนที่เป็นแกนเหล็กและป้องกันไม่ให้ขดลวดแต่ละชั้นสัมผัสกัน

#### 2.6.1.3 หลักการทำงาน

การทำงานของหม้อแปลงใช้การส่งถ่ายพลังงานไฟฟ้าจากวงจรหนึ่ง(ขดลวดปฐมภูมิ- Primary Winding) ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามาจะสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก(Flux) และแรงแม่เหล็ก (Magnetomotive Force) ขึ้นในแกนเหล็ก(iron Core) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดเป็นไฟฟ้ากระแสสลับขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจึงสลับขั้วกลับไปกลับมาด้วยความเร็วเท่ากับความถี่ไฟฟ้า (Frequency) เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะเคลื่อนที่ติดกัน

### 2.6.2 วงจรเรียงกระแส(Rectifier)

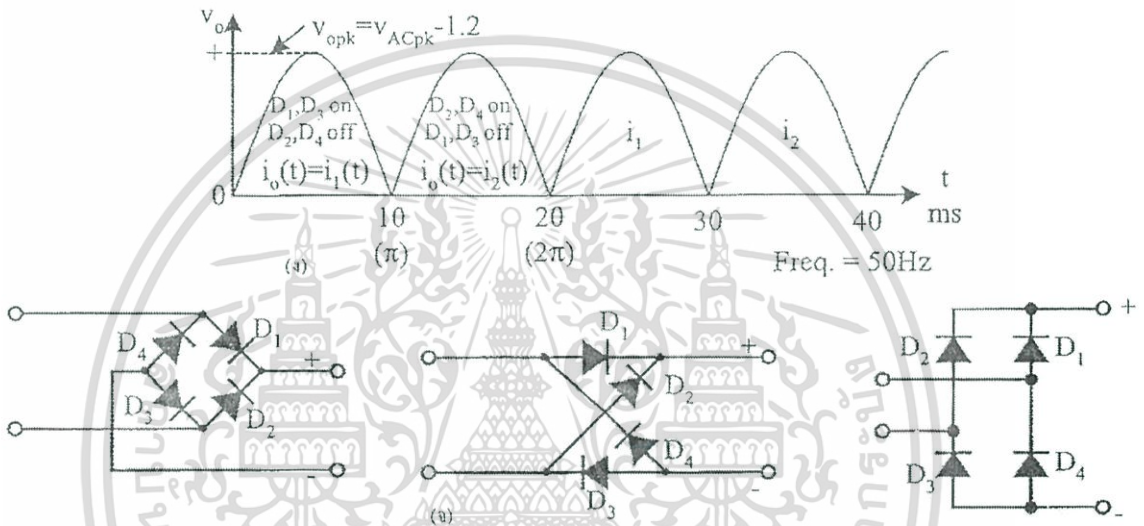
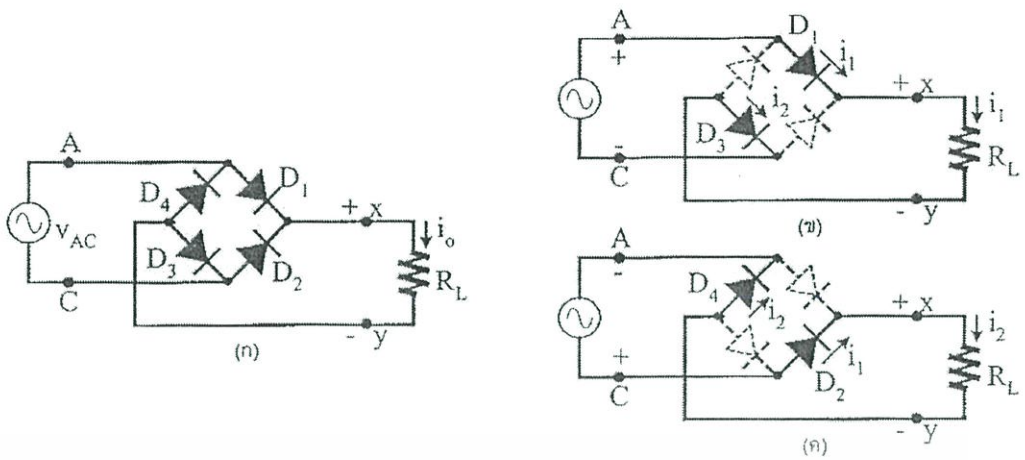
เป็นวงจรที่มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงและมีคุณสมบัติยอมให้กระแสไหลผ่านไปยังโหลดเพียงทิศทางเดียวสามารถแบ่งวงจรนี้เป็น 2 ประเภทคือ

2.6.2.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier) และวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier) โดยทั่วไปวงจรเรียงกระแสแบ่งได้ 3 ลักษณะคือ

1. วงจรเรียงกระแสครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier)
2. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบเซ็นเตอร์แท็ป ( Full wave Center tapped Rectifier )
3. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ ( Full wave Bridge Rectifier )

โดยเลือกใช้งานวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์มาใช้งานซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

จากการคำนวณจะได้ว่า  $V_{rms} = 0.636 (V_m - 2V_d)$  และ 2 เท่าของความถี่

$$V_i (2f_{line}) = \text{ความถี่ } V_0 (fr)$$

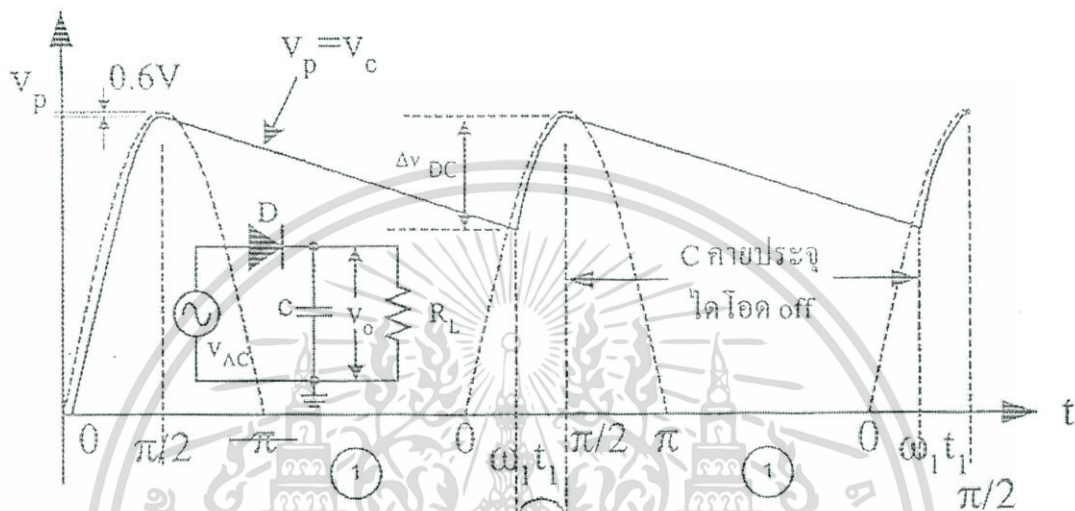
จากรูปที่ 2.9 วงจรเรียงกระแสนี้จะทำงานโดยอาศัยหลักการทางานของไดโอดดังนี้

1. พิจารณาสัญญานครึ่งไซเคิลบวก กระแสจะไหลผ่านไดโอด D2 และผ่านโหลด จากนั้นจึงไหลผ่านไดโอด D3 ส่วนไดโอด D1 และ D4 ไม่ยอมให้กระแสไหลผ่าน (เป็น Reverse Bias)
2. พิจารณาสัญญานครึ่งไซเคิลลบ กระแสจะไหลผ่านไดโอด D4 และผ่านโหลด จากนั้นจึงไหลผ่านไดโอด D1 ส่วนไดโอด D2 และ D3 ไม่ยอมให้กระแสไหลผ่านจากกราฟ  $V_0$  ของวงจรเรียงกระแสทั้ง 3 วงจร ยังมี ripple อยู่มาก และมีค่า  $V_{rms}$  ต่ำ ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้งาน เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง โดยเฉพาะ Half Wave Rectifier ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ ripple สามารถคำนวณได้ดังนี้  $\% \text{Ripple} = V_{r(rms)} / V_{dc}(100)\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.3 การกรองสัญญาณด้วยตัวเก็บประจุ

เป็นวงจรที่ทำงานได้ดีและสร้างได้ง่ายตัวเก็บประจุจะเก็บประจุเอาไว้ขณะที่ไดโอดนำกระแส และเมื่อไดโอดหยุดนำกระแสก็จะจ่ายประจุให้แก่โหลดแทนหม้อแปลงดังนั้นในวงจรที่มีโหลดมากก็ ต้องใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่ามากๆ เพื่อเก็บประจุพอที่จะจ่ายแก่โหลดโดยแรงดันเอาต์พุตมีการ เปลี่ยนแปลงน้อยมากหรือประสิทธิภาพของการกรองสัญญาณขึ้นกับค่ารีแอคแตนซ์ของตัวเก็บประจุ ควรมีค่าน้อยมากเทียบกับความต้านทานโหลด



รูปที่ 2.10 การทำงานของตัวเก็บประจุกรองไฟในสภาวะที่มีโหลด

จากรูปที่ 2.10 ในช่วงเวลา  $T_1$  ตัวเก็บประจุจะเก็บประจุ (charge) จนช่วงเวลา  $T_2$  เป็น ช่วงเวลาไดโอด cut off ตัวเก็บประจุจะคายประจุ (discharge) เป็นการจ่ายไฟแก่โหลดแทน ดังนั้น กราฟ  $v_o$  มีลักษณะเรียงขึ้นความสามารถของวงจรกรองสัญญาณที่จะทำให้ระดับแรงดันเอาต์พุต เรียบขึ้นขึ้นอยู่กับค่า  $R$  และ  $C$  โดยถ้าค่า  $1/RC$  มากจะทำให้ Time Constant สูงทำให้ตัวเก็บประจุ คายประจุได้ช้ากราฟแรงดันเอาต์พุตจะเรียบมากขึ้นสมการที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

$$CV_r = I_o / F_r$$

$C$  : ค่าตัวเก็บประจุในหน่วยฟารัด (Farad)

$V_r$  : แรงดันกระเพื่อม (Ripple Voltage)

$F_r$  : ความถี่ของแรงดันกระเพื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

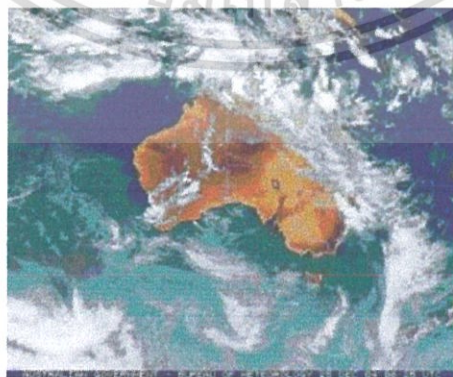
## 2.7 ทฤษฎี Digital Image Processing

การประมวลผลภาพ (Digital Image Processing) หมายถึงการนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เรากำลังต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ



รูปที่ 2.11 การประมวลผลภาพ

โดยมีขั้นตอนต่างๆที่สำคัญคือการทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้นการกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพการแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพเพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณเช่นขนาดรูปร่างและทิศทางการเคลื่อนของวัตถุในภาพจากนั้นเราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์และสร้างเป็นระบบเพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆเช่นระบบรู้จำลายนิ้วมือเพื่อตรวจสอบว่าภาพลายนิ้วมือที่มีอยู่นั้นเป็นของผู้ใดระบบตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมระบบคัดแยกเกรดหรือคุณภาพของพืชผลทางการเกษตรระบบอ่านรหัสไปรษณีย์อัตโนมัติเพื่อคัดแยกปลายทางของจดหมายที่มีจำนวนมากในแต่ละวันโดยใช้ภาพถ่ายของรหัสไปรษณีย์ที่อยู่บนซองระบบเก็บข้อมูลรถที่เข้าและออกอาคารโดยใช้ภาพถ่ายของป้ายทะเบียนรถเพื่อประโยชน์ในด้านความปลอดภัยระบบดูแลและตรวจสอบสภาพการจราจรบนท้องถนนโดยการนับจำนวนรถบนท้องถนนในภาพถ่ายด้วยกล้องวงจรปิดในแต่ละช่วงเวลา ระบบรู้จำใบหน้าเพื่อเฝ้าระวังผู้ก่อการร้ายในอาคารสถานที่สำคัญๆหรือในเขตคนเข้าเมือง เป็นต้นจะเห็นได้ว่าระบบเหล่านี้จำเป็นต้องมีการประมวลผลภาพจำนวนมากและเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำๆกันในรูปแบบเดิมเป็นส่วนใหญ่ซึ่งงานในลักษณะเหล่านี้หากให้มนุษย์วิเคราะห์เองก็ต้องใช้เวลามากและใช้แรงงานสูงอีกทั้งหากจำเป็นต้องวิเคราะห์ภาพเป็นจำนวนมากผู้วิเคราะห์ภาพเองอาจเกิดอาการล้าส่งผลให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ดังนั้นคอมพิวเตอร์จึงมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เหล่านี้แทนมนุษย์อีกทั้งเป็นที่ทราบโดยทั่วกันว่าคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการคำนวณและประมวลผลข้อมูลจำนวนมากในเวลาอันสั้นจึงมีประโยชน์อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลภาพและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากภาพในระบบต่างๆดังกล่าวข้างต้น



รูปที่ 2.12 ภาพถ่ายดาวเทียมใช้หลักการของการประมวลผลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8 ระบบสี (Color model)

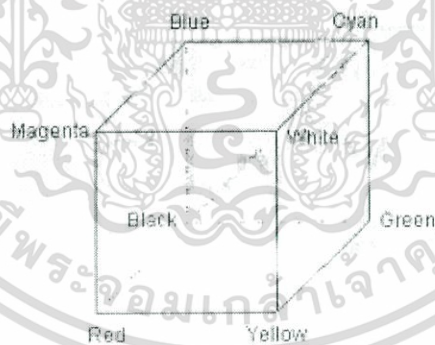
### 2.8.1 มาตรฐานสี

มาตรฐานของสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบด้วยกันทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการใช้งานไปใช้แต่ โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันคือการแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ในสเปส 3 มิติโดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในสเปสซึ่งแต่ละแกนจะมีความเป็นอิสระต่อกันตัวอย่างเช่นในระบบ RGB จะมีแกนสีคือแกนสีแดงเขียวและน้ำเงินในระบบ HLS จะมีแกนเป็นค่าสี(hue) ความสว่าง(lightness)และความบริสุทธิ์ของสี(saturation) ตัวอย่างระบบสีที่นิยมใช้กันได้แก่ระบบ RGB HSV (Hue Saturation Value) และ HLS (Hue Lightness Saturation)

### 2.8.2 ระบบสี RGB (Red/Green/Blue)

RGB คือระบบสีพื้นฐานที่ได้มาจากสีที่คนทั่วไปรู้จักนั่นคือสีแดงสีเขียวและสีน้ำเงินในระบบสีของคอมพิวเตอร์นั้น RGB มีค่าสีที่อัตราส่วนของสีทั้ง 3 สีอยู่ในช่วง 0 ถึง 255 ซึ่งค่า 0 คือสีดำและ 255 คือสีขาวโดยแต่ละค่าสีมีค่าเท่ากับ 256 สีกล่าวคือทั้ง 3 สีมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 จะมองเห็นแต่ละสีเป็นภาพระดับสีเทาเมื่อเราจะใช้การผสมค่าสีของทั้ง 3 สีทำให้ได้สีที่ต้องการออกมาสีที่ได้นั้นสามารถแสดงสีได้มากถึง 16 ล้านสีเพราะ  $(R \times B \times G) = 256 \times 256 \times 256 = 16,777,216$  แต่ในความเป็นจริงคอมพิวเตอร์สามารถแสดงค่าสีออกมาได้สูงสุด 256 สีเท่านั้นดังนั้นจึงต้องมีการแปลงค่าสีเพื่อให้ได้อัตราส่วนของสีที่ไม่เกิน 256 สีเมื่อเป็นภาพระดับสีเทาการแปลง RGB ไปเป็นภาพระดับสีเทาดังสมการ (2.1)

$$\text{Gray} = (0.3 \times R) + (0.59 \times G) + (0.11 \times B) \quad (2.1)$$

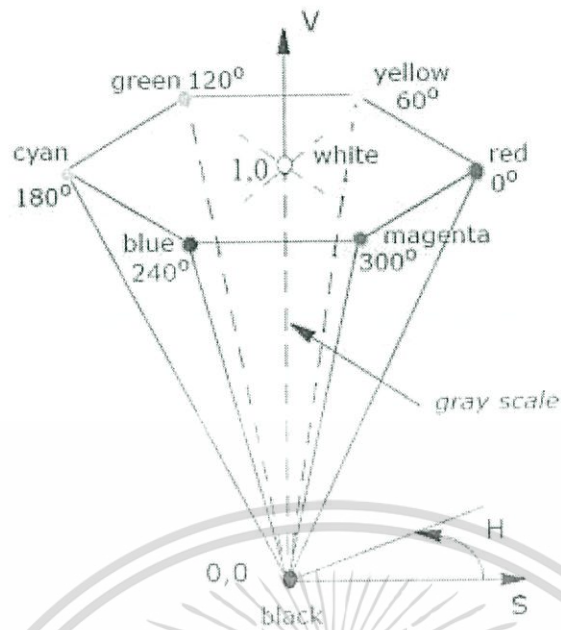


รูปที่ 2.13 ลูกบาศก์ระบบสี RGB

### 2.8.3 ระบบสี HSV

สีโหมด HSV ย่อมาจาก Hue คือค่าสีบริสุทธิ์ Saturation คือค่าแสงผสมกับค่าสีบริสุทธิ์และ Value คือค่าความสว่างของภาพตามลำดับ HSV Model ต่างจากสีในโหมด RGB CMY หรือ YIQ ซึ่ง HSV มีลักษณะเป็นพีระมิดฐานหกเหลี่ยมดังรูปที่ 2.6 โดยพีระมิดนี้แปลงมาจากลูกบาศก์ระบบสี RGB แบบไม่เชิงเส้นสีโหมด HSV จะใช้ค่าในพิทักเชิงมุมโดยค่า H เป็นค่ามุมรอบแกนตั้งจะระบุเป็นองศา มีค่าระหว่าง 0 ถึง 360 องศา ค่า S เป็นค่าอัตราส่วนมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 วัดจากแกนตั้ง (V-axis) ไปยังพื้นผิวของพีระมิดและค่า V เป็นค่าความสูงของพีระมิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 HSV Single Hexcone Color Solid

การแปลงภาพสีRGB ไปสู่HSV เป็นไปดังสมการ(2.2)

$$H = \begin{cases} \text{notdefined} & \text{if } MAX = 0 \\ 60 \left[ \frac{(G-B)}{\delta} \right] & \text{if } MAX = R \\ 60 \left[ \frac{(G-B)}{\delta} + 2 \right] & \text{if } MAX = G \\ 60 \left[ \frac{(G-B)}{\delta} + 4 \right] & \text{if } MAX = B \end{cases}$$

$$S = \begin{cases} \frac{\delta}{MAX} & \text{if } MAX \neq 0 \\ 0 & \text{if } MAX = 0 \end{cases}$$

$$V = MAX$$

สมการ(2.2)

โดยที่  $\delta = (MAX - MIN)$

$MAX = \max(R, G, B)$

$MIN = \min(R, G, B)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่(2.2)ค่าของ RGB จะถูกปรับค่าให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 1 เพื่อที่จะปรับช่วงของ H (Hue)ให้อยู่ในช่วงขององศา 0 ถึง 360 โดยต้องเป็นไปตามเงื่อนไขดังสมการ(2.5)

$$H = H+360, \text{ if } H < 0 \quad (2.3)$$

## 2.9 ค่าขีดแบ่ง

ค่าขีดแบ่ง (Threshold)หรือค่าเรดโซลด์คือค่าที่ใช้ในการแบ่งระบบสเกลสีเทาออกเป็นสองระดับคือสีขาวและสีดำโดยจะใช้สำหรับการแยกส่วนที่เป็นภาพและพื้นหลังตามระดับความเข้มของสีเมื่อเทียบกับค่าเรดโซลด์ซึ่งถ้าค่าสีที่จุดภาพนั้นมีค่าต่ำกว่าค่าเรดโซลด์ที่กำหนดไว้ให้จุดนั้นแทนด้วยระดับสีดำและถ้าค่าสีที่จุดภาพนั้นมีค่ามากกว่าค่าเรดโซลด์ให้จุดนั้นแทนด้วยระดับสีขาวการใช้ค่าเรดโซลด์เพื่อหาวัตถุภายในภาพเหมาะกับภาพที่มีวัตถุแตกต่างกับภาพหลังอย่างชัดเจนเมื่อนำมาพิจารณาฮิสโตแกรมจะมีความแตกต่างของค่าความสูงอย่างชัดเจน

วิธีการหาค่าเรดโซลด์สามารถหาได้ด้วยวิธีต่อไปนี้

1. Global Threshold เป็นการใช้ค่าเรดโซลด์ค่าเดียวรวมกันทั้งภาพโดยใช้ Histogram ในการหาเรดโซลด์ได้จากค่าที่น้อยที่สุดที่อยู่ระหว่างยอดทั้งสอง มีหลักการในการแบ่งคือค่าที่อยู่ทางซ้ายของค่าเรดโซลด์จะเป็นสีดำ ส่วนค่าที่อยู่ทางขวาของเรดโซลด์เป็นสีขาว
2. Adaptive Threshold การหาค่าเรดโซลด์ด้วยวิธีนี้เหมาะสำหรับภาพที่มีความสว่างไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงหาค่าเรดโซลด์หลายค่า เพราะแต่ละบริเวณจะใช้ค่าเรดโซลด์ไม่เท่ากัน วิธีการหาค่าเรดโซลด์ทำได้โดยการสร้าง window ขึ้นมาขนาด  $N \times N$  โดยที่  $N$  นั้นควรเป็นเลขคี่จากนั้นนำ window นี้ไปวางไว้ที่บริเวณหนึ่งของภาพแล้วนำค่า Gray Level ของทุกพิกเซลที่อยู่ในขอบเขตของ window มาบวกกันแล้วหารด้วยจำนวนช่องทั้งหมดของ window จะได้ค่า เรดโซลด์ที่อยู่ภายใน window นั้น จากนั้นทำการหาค่าเรดโซลด์เช่นนี้ไปเรื่อย ๆ กับบริเวณที่ไม่ซ้ำกันจนกระทั่ง ได้มีการกำหนดค่าเรดโซลด์ครบในทุก ๆ พิกเซล ถ้าค่า Gray Level ของพิกเซลนั้นมีค่ามากกว่าค่าเรดโซลด์ของพิกเซลนั้นแล้วจะกำหนดให้เป็นสีขาวแต่ถ้าค่า Gray Level ของพิกเซลนั้นน้อยกว่าเรดโซลด์ของพิกเซลนั้นแล้วจะกำหนดให้เป็นสีดำทำเช่นนี้จนครบทุกพิกเซลจะได้ผลลัพธ์เป็นภาพขาวดำ

## 2.10 ฮิสโตแกรม

ฮิสโตแกรมเป็นฟังก์ชันที่แสดงว่าในแต่ละระดับความเข้มมีจำนวนจุดภาพในภาพที่มีค่าความเข้มนี้เท่าไร เมื่อนำมาเขียนเป็นกราฟ แกนนอนคือระดับความเข้ม (Gray Level) และแกนย่นคือความถี่ของความเข้มนั้นๆ (Number of Pixels) ฮิสโตแกรมเป็นการนำเสนอภาพในลักษณะรวมๆ (Global Characteristics) ภาพประกอบที่ 2.15 แสดงฮิสโตแกรมของภาพ



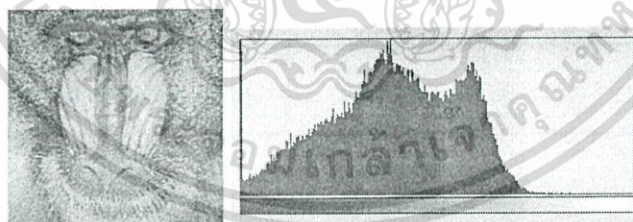
รูปที่ 2.15 กราฟฮิสโตแกรมของรูป

ให้  $h(i)$  เป็นฮิสโตแกรมของระดับ  $i$  ซึ่งสามารถคำนวณได้จากค่าร้อยละของจำนวนจุดภาพที่มีความเข้มระดับนี้ ( $n(i)$ ) เทียบกับจำนวนจุดภาพทั้งหมด (กว้าง  $L$  จุดภาพและยาว  $N$  จุดภาพ)

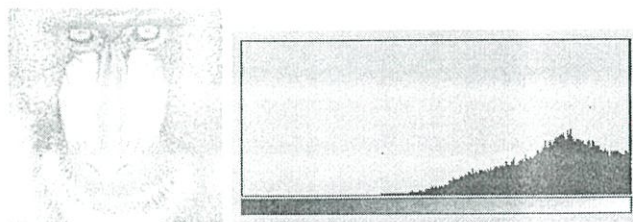
$$h(i) = n(i)/LN \quad \text{สำหรับ } 0 \leq i \leq 255$$

ลักษณะของฮิสโตแกรมคือ

1. ค่าเฉลี่ยของความเข้ม ฮิสโตแกรมที่มีค่าความเฉลี่ยต่ำ (เอียงมาทางค่าความเข้มต่ำ) จะแทนภาพที่มืด และฮิสโตแกรมที่มีค่าสูง (เอียงมาทางค่าความเข้มสูง) จะแทนภาพที่สว่าง



(a)

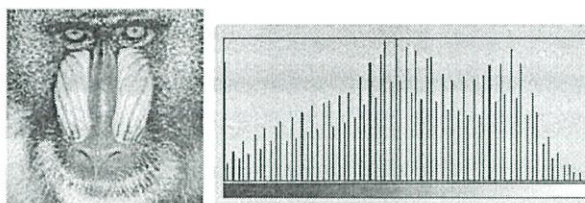


(b)

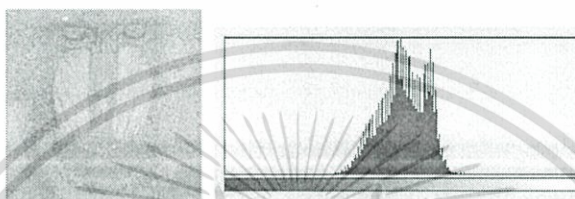
รูปที่ 2.16 รูปที่มีการปรับฮิสโตแกรมไปค่ามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ลักษณะของการกระจายฮิสโตแกรมจะแสดงความคมชัดของภาพ นั่นคือฮิสโตแกรมที่มีการกระจายเป็นแถบกว้างจะแทนภาพที่มีความคมชัดสูง และฮิสโตแกรมที่มีการกระจายเป็นแถบแคบจะแทนภาพที่มีความคมชัดต่ำ



(a)



(b)

รูปที่ 2.17 รูปที่มีการปรับฮิสโตแกรมอยู่ที่ค่ากลาง

## 2.11 การปรับปรุงภาพ(Image Enhancement)

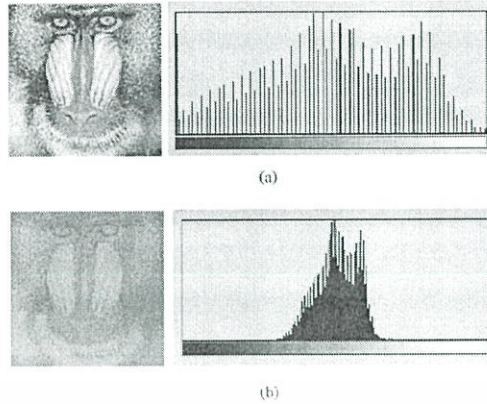
การปรับปรุงคุณภาพของภาพเป็นกระบวนการที่ทำให้คุณภาพของภาพดีขึ้นเพื่อจุดหมาย โดยเฉพาะ โดยการกระทำที่ทำให้คุณลักษณะของภาพ เช่น ความมืด ความสว่าง ของของวัตถุในภาพให้ปรากฏชัดเจนขึ้น รวมทั้งกำจัดสิ่งรบกวน การปรับปรุงภาพแบ่งออกเป็นประเภทของการประมวลผลได้ 4 แบบคือ

1. Pixel-based Image Enhancement เป็นการปรับภาพด้วยวิธีที่กระทำครั้งละหนึ่งจุดภาพ จนหมด ซึ่งได้แก่ การกระทำทางพีชคณิต การกระทำเชิงตรรกะ การกระทำทางเรขาคณิต
2. Histogram-based Image Enhancement เป็นการปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยการกระทำบนฮิสโตแกรมของภาพที่ต้องการปรับปรุงคุณภาพนั้น
3. Spatial-filtering-based Image Enhancement เป็นการปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยใช้กระบวนการ Spatial Convolution
4. Frequency-based Image Enhancement เป็นการปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยกระทำบน Frequency domain โดยใช้การแปลงฟูเรียร์

### 2.11.1 ความคมชัดของภาพ (Contrast)

ความคมชัด คือลักษณะความเด่นชัดของเส้นและขอบในภาพ โดยวัดได้ด้วยขอบเขตของค่าระดับความเข้มแสงที่ปรากฏในภาพ ภาพที่มีระดับความเข้มแสงเป็นขอบเขตกว้าง ดังภาพประกอบที่ 2.11a ซึ่งสังเกตจากฮิสโตแกรมพบว่า ภาพนี้มีความเข้มแสงตั้งแต่ 0-255 ในขณะที่ภาพประกอบ 2.11b มีขอบเขตความเข้มแสงที่แคบกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 รูปที่มีการปรับฮิสโตแกรมอยู่ที่ค่ากลาง

ค่าความคมชัดคำนวณได้จาก

$$C = \text{contrast} = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{y=0}^{M-1} \sum_{x=0}^{N-1} [i(x, y) - B]^2}$$

2.11.2 การปรับปรุงภาพโดเมนกระทำกรองทางตำแหน่ง (Spatial filtering-based image enhancement)

2.11.2.1 การกรองแบบเฉลี่ย (Mean Moving Average Filtering)

ลักษณะ เป็นการกรองโดยใช้ Spatial Convolution ซึ่งมีค่าน้ำหนักเท่ากันคือ เมื่อ  $s$  คือขนาดของ kernel เช่น น้ำหนักแต่ละช่องเป็น  $1/9$  ถ้า kernel มีขนาด  $3 \times 3$  เป็นต้น การกรองชนิดนี้เป็นแบบเชิงเส้น และเป็นแบบชนิดที่ยอมให้ความถี่ต่ำผ่านได้ (low-pass filter)

$$\begin{matrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{matrix}$$

ดังนั้น  $g(x, y) = \frac{1}{N_t} \sum_i \sum_{j \in H} i(x - i, y - j)$  ถ้า  $i(x, y)$  เป็นต้นฉบับที่ปนเปื้อนสัญญาณรบกวน  $g(x, y)$  เป็นภาพหลังจากการทำการกรองแล้ว  $N_t$  เป็นจำนวนช่องของ kernel  $H$

ข้อดี สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนแบบ Gaussian noise ได้ดี

ข้อเสีย ทำให้ภาพเบลอ เส้นและขอบไม่ชัดเจน กำจัดสัญญาณรบกวนแบบ salt-pepper noise ได้ไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.11.2.2 การกรองแบบ Gaussian

ลักษณะ เป็นการกรองโดยใช้ spatial convolution ในลักษณะที่เป็นสมมาตรในเชิงวงกลม ซึ่งค่าน้ำหนักจะมีค่าแปรผันตามลักษณะการกระจายแบบ Gaussian distribution คือ

$$h(x, y) = \ln \frac{\pi(x^2 + y^2)}{a^2}$$

เมื่อ  $a$  คือความกว้างของตัวกรองชนิดนี้เป็นแบบเชิงเส้น และเป็นที่ยอมให้ความถี่ต่ำผ่านได้เช่นกัน

3/25	6/25	8/25	6/25	3/25
6/25	14/25	19/25	14/25	6/25
8/25	19/25	25/25	19/25	8/25
6/25	14/25	19/25	14/25	6/25
3/25	6/25	8/25	6/25	3/25

ข้อดี สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนแบบ Gaussian noise ได้ดี

ข้อเสีย ทำให้ภาพเบลอ กำจัดสัญญาณรบกวนแบบ salt-pepper noise ได้ไม่ดี

### 2.11.2.3 การกรองแบบ Median (Order Statistic Filtering)

ลักษณะ เป็นการกรองโดยใช้ spatial convolution ซึ่งมีน้ำหนักเป็น 1 เท่ากันตลอด หลังจากทำ convolution แล้วให้ผลลัพธ์มากระทำ median โดยเลือกค่าตรงกลาง นั่นคือ

$$g(i, j) = \text{med}(x(i + r, j + s), (r, s) \in A, (i, j) \in Z^2)$$

การกรองชนิดนี้เป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้น และเป็นที่ยอมให้ความถี่ต่ำผ่านได้เช่นกัน

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

ข้อดี สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนแบบ salt-pepper noise (ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนแบบ impulsive หรือ outlier noise) และ Laplacian noise ได้ดี อีกทั้งยังไม่ทำให้ภาพเบลอ ภาพและขอบยังคงชัดเจน

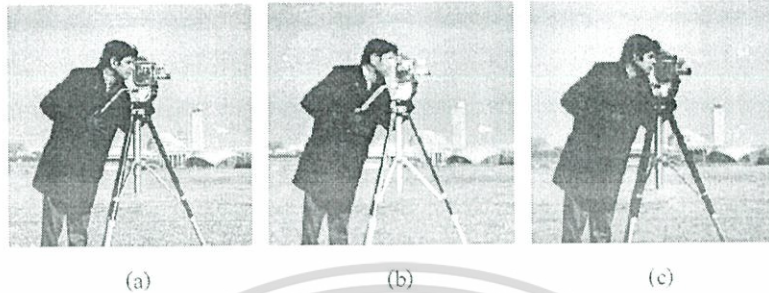
ข้อเสีย ทำให้ภาพเบลอ กำจัดสัญญาณรบกวนแบบ Gaussian noise ได้ไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.11.2.4 การกรองแบบ Max/Min (2d-Order Statistic Filtering)

ตัวกรองแบบ Max เป็นตัวกรองที่ทำการขยายจุดภาพที่สว่าง (bright spots)

ส่วนตัวกรองแบบ Min เป็นตัวกรองที่ทำการขยายจุดภาพที่มืด (dark spots) ดังภาพประกอบที่ 2.12



รูปที่ 2.18 รูปที่ผ่านการกรองแบบต่างๆ Original b) Max filtering c) Min filtering

2d-Order Statistic Filtering จะแทนค่าแต่ละส่วนใน  $3 \times 3$  neighbourhood ด้วยส่วน maximum หรือส่วน minimum ใน neighbourhood  
สมการ Max/Min Filtering

$$\hat{f}(x, y) = \max_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\}$$

$$\hat{f}(x, y) = \min_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s, t)\}$$

### 2.11.2.5 การกรองแบบ High-pass (Sharpening Edge Crispening)

ลักษณะ เป็นการกระทำที่มุ่งเน้นทำให้ภาพคมชัดมากกว่าจะกรองสัญญาณรบกวนออกจากภาพ ทำให้รายละเอียดของภาพปรากฏเด่นชัดขึ้น ทำได้โดยการใช้ spatial convolution ซึ่งมีค่าน้ำหนักตรงกลางเป็นค่าบวก และค่าน้ำหนักในช่องอื่นๆเป็นค่าลบและ/หรือศูนย์ เพื่อที่จะทำให้ผลรวมของค่าน้ำหนักทุกช่องบน Kernel รวมกันเป็น 1 การกรองชนิดนี้ยังคงเป็นแบบเชิงเส้น ตัวอย่าง Kernel ขนาด  $3 \times 3$  ที่ถูกใช้บ่อยๆเช่น

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

1	-2	1
-2	5	-2
1	-2	1

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

ข้อดี ทำให้รายละเอียดของภาพคมชัดขึ้น

ข้อเสีย ทำให้สัญญาณรบกวนเด่นชัดขึ้นด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.12 การจับขอบ (edge detection)

การหาขอบภาพ คือ การตรวจสอบว่าเส้นขอบลากผ่านหรือใกล้เคียงกับจุดใด โดยคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับจุดดังกล่าว [17] (ภาพที่ 2-2 (ก)) ซึ่งวิธีการหาขอบนั้นมีด้วยกันหลายวิธี แต่อย่างไรก็ตามสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือวิธี Gradient และวิธี Laplacian โดยในแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.12.1 วิธี Gradient

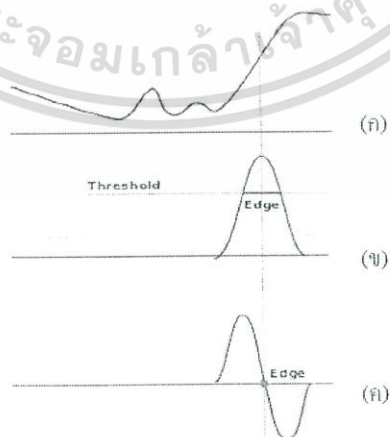
เป็นความคิดแรกที่ใช้วิเคราะห์หาขอบภาพ โดยใช้วิธีการวัดความเป็นแปลงความเข้ม (Gray level) ของจุดภาพที่กำลังพิจารณากับจุดภาพที่อยู่ข้างเคียง เพื่อการตัดสินใจต่อไปว่าเป็นขอบภาพหรือไม่ โดยวิธีนี้จะหาขอบด้วยการหาจุดต่ำสุดและจุดสูงสุดในรูปของอนุพันธ์อันดับหนึ่งของภาพ โดยจุดที่เป็นขอบจะอยู่ในส่วนที่เหนือค่า Threshold (ภาพที่ 2-2 (ข)) จึงอาจทำให้เส้นขอบที่ได้มีลักษณะหนา ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่น Roberts, Prewitt และ Canny เป็นต้น ดังภาพตัวอย่างที่ 2-2



รูปที่ 2.19 ตัวอย่างการหาขอบด้วยวิธี Gradient

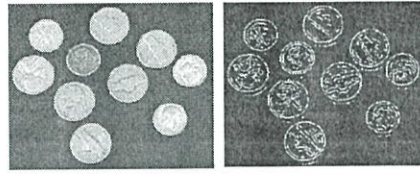
### 2.12.2 วิธี Laplacian

วิธีนี้จะหาขอบโดยใช้อนุพันธ์อันดับ 2 โดยใช้จุดที่ค่า เป็น “0” (ภาพที่ 2-2 (ค)) ซึ่งวิธีนี้จะใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าวิธี Gradient สามารถใช้กรองความถี่ต่ำได้ขอบโครงภาพ ตัวอย่างวิธีการหาขอบของกลุ่มนี้ เช่น Laplacian of Gaussian และ Marrs-Hildreth เป็นต้น



รูปที่ 2.20 การกำหนดค่า Threshold ในการแบ่งเส้นขอบด้วยวิธี Gradient และวิธี Laplacian

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.21 ตัวอย่างการหาขอบด้วยวิธี Laplacian

## 2.13 Smoothing with Gaussian Filter

การขจัดสัญญาณรบกวนด้วย Gaussian Filter สามารถคำนวณได้จากการใช้หน้าต่าง (Mask) ขนาดเล็ก ขนาดของหน้าต่างเกาเซียนนี้ หากมีขนาดกว้างจะมีผลทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้มาก แต่ถ้ากว้างมากเกินไปจะมีผลทำให้ขอบย่อยๆ ที่เป็นส่วนรายละเอียดนั้นหายไป สำหรับการคำนวณหาภาพที่ได้จากการใช้ตัวกรองเกาเซียน เป็นดังสมการที่ (2-5)

$$S_{ij} = I(i, j) * G(i, j; \sigma)$$

เมื่อ  $S_{ij}$  คือ ภาพภายหลังการกรอง  
 $I(i, j)$  คือ ภาพที่ต้องการหาขอบ  
 $G(i, j)$  คือ ตัวกรองแบบ Gaussian  
 $\sigma$  คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจาย

### 2.13.1 การเน้นขอบ (edge enhancement)

เป็นการเน้นขอบโดยทำให้จุดภาพตรงรอยต่อระหว่างพื้นที่ที่มีกลุ่มจุดภาพที่มีเนื้อเดียวกัน มีค่าเพิ่มสูงขึ้นหรือลดลง ขึ้นอยู่กับว่ามันอยู่ด้านสว่างหรือด้านมืดของขอบ ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในเครื่องกรอง ภาพก็จะคงสภาพเดิม ภาพที่ได้จากการกรองลักษณะนี้จะดูคมชัดขึ้น ซึ่งต่างจากการจับขอบซึ่งจะเห็นเฉพาะขอบ แต่ส่วนอื่นจะหายไป เทคนิคนี้มีประโยชน์ในการทำภาพพิมพ์ หรือต้องการให้ภาพบนหน้าจอชัดขึ้น และไม่จำเป็นต้องใช้กับข้อมูลที่เป็นแผนที่

ตัวอย่างการใช้เครื่องกรองแบบนี้จะเน้นที่จุดกลางของหน้าต่างเคลื่อนที่

-	-	-
-	16	-
-	-	-

ถ้าเราใช้หน้าต่างเคลื่อนที่นี้กับกลุ่มของจุดภาพที่มีค่าสูงล้อมรอบจุดภาพตรงกลางที่มีค่าต่ำ จุดภาพที่มีค่าต่ำ (100) ก็จะมีค่าต่ำลง (0) ดังตัวอย่างต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนกรอง			หลังกรอง		
204	200	197	204	200	197
201	100	209	201	0	209
198	200	210	198	200	210

แต่ถ้าเราใช้หน้าต่างเคลื่อนที่นี้กับกลุ่มของจุดภาพที่มีค่าต่ำ ล้อมรอบจุดภาพตรงกลางที่มีค่าสูง จุดภาพที่มีค่าสูง (125) ก็จะมีค่าสูงขึ้น (187) ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ก่อนกรอง			หลังกรอง		
64	60	57	64	60	57
61	125	69	61	187	69
58	60	70	58	60	70

## 2.14 OCR (Optical Character Recognition)

Optical Character Recognition (OCR) ซึ่งเป็นกระบวนการของการแปลงสื่อสิ่งพิมพ์ เช่น กระดาษ นิตยสาร สัญญา หรือข้อมูลอะไรก็ตามที่อยู่ในรูปของเอกสารกระดาษ ให้กลายเป็นข้อความ หรือให้มีความฉลาดมากขึ้นกว่าการเป็น ข้อความธรรมดา ก็คือสามารถบันทึกไปเป็นไฟล์ประมวลผลค่าที่สามารถแก้ไขได้ง่าย และบันทึกเก็บไว้ได้ ด้วยเทคโนโลยีนี้ได้เปิดโอกาสให้สามารถเลือกใช้วัสดุ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อใช้ในการสำรองข้อมูล โดยพื้นที่ที่ใช้งานที่ก็ไม่ต้องมาก ซึ่งต่างกับการเก็บข้อมูลที่ยังคงอยู่ในรูปแบบของกระดาษ

เทคโนโลยี OCR ได้ยังผลกระทบเป็นอย่างมากกับแนวทางแห่งการจัดเก็บข้อมูล แบ่งปันข้อมูล และ แก้ไขข้อมูล ก่อนที่เทคโนโลยี Optical Character Recognition นี้เกิดขึ้น ถ้ามีคนต้องการเปลี่ยนหนังสือให้ไปเป็นข้อมูลในโปรแกรมการประมวลผลค่า แต่ละหน้าๆของหนังสือเล่มนั้น จะต้องพิมพ์ค่าแล้วค่าเล่าจนครบ

เทคโนโลยี OCR ต้องการทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ นอกจากนี้ ระบบ OCR ที่มีความสลับซับซ้อน จำเป็นต้องใช้แผงวงจรเพิ่มเติม ติดตั้งไว้ในอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์เพื่อการอ่านข้อมูล OCR พิเศษเหล่านี้ เช่น เครื่องสแกนเอกสารเช็ค เป็นต้น เพื่อที่จะให้สามารถจบกระบวนการต่างๆได้ด้วยตัวเอง

เครื่องสแกนชนิดใช้แสงและเลนส์ (Optical scanner) จะสแกนข้อความบนหน้ากระดาษ แล้วแตกข้อมูลตัวอักษร มาสู่อนุกรมแบบจุด ซึ่งเรียกว่า “บิตแมป” ซอฟต์แวร์สามารถอ่านอักษรที่ใช้กันทั่วไปได้ และแยกแยะระหว่างเส้นเริ่มต้นและสิ้นสุด บิตแมปนี้สุดท้ายจะถูกแปลไปเป็นข้อความคอมพิวเตอร์

ในขณะที่เทคโนโลยี Optical Character Recognition ได้ถูกทำให้ก้าวหน้ามากไปหลายๆปีที่ผ่านมา แต่ก็ยังไม่ดีหากนำมาใช้งานกับข้อมูลประเภทลายมือหรือแบบอักษรที่มีลักษณะคล้ายกับลายมือ มีหลายระบบที่อยู่ในอุตสาหกรรมธนาคารที่ใช้เทคโนโลยี OCR เพื่อที่จะลองอ่านข้อมูลที่เป็นจำนวนเงินบนเช็คซึ่งใช้มือเขียน และทำงานไปพร้อมกับความสามารถของคอมพิวเตอร์อ่านเส้นทาง และหมายเลขบัญชี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OCR Software โปรแกรมจำพวก OCR นี้ อนุญาตให้คอมพิวเตอร์เกิดความสามารถในการอ่านข้อมูลที่ผ่านการสแกนแล้ว โดยสามารถแยกข้อมูลชนิดข้อความออกจากข้อมูลชนิดรูปภาพ และองค์ประกอบรูปแบบประเภทอื่นๆได้ สามารถเรียนรู้ และวิเคราะห์ข้อมูลชนิดตารางได้ และอื่นๆ หลังจากกระบวนการการรู้จำข้อมูลเสร็จสมบูรณ์ คอมพิวเตอร์จะประกอบข้อมูลใหม่ทั้งเอกสาร ที่มีรูปร่างหน้าตาของโครงสร้างเอกสารจะคล้ายกับเอกสารต้นฉบับเลยทีเดียว และยังเอื้อให้สามารถเกิดการแก้ไขรูปแบบ ตัวอักษร ขนาดของข้อมูลภายในเอกสารที่ถูกสร้างใหม่นี้ได้ด้วย ซึ่งวิธีการนี้ส่งผลให้เกิดความสะดวกมากกว่าวิธีการดั้งเดิมที่ต้องพิมพ์ข้อมูลลงไปเ็นเอกสารใหม่ด้วยมือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

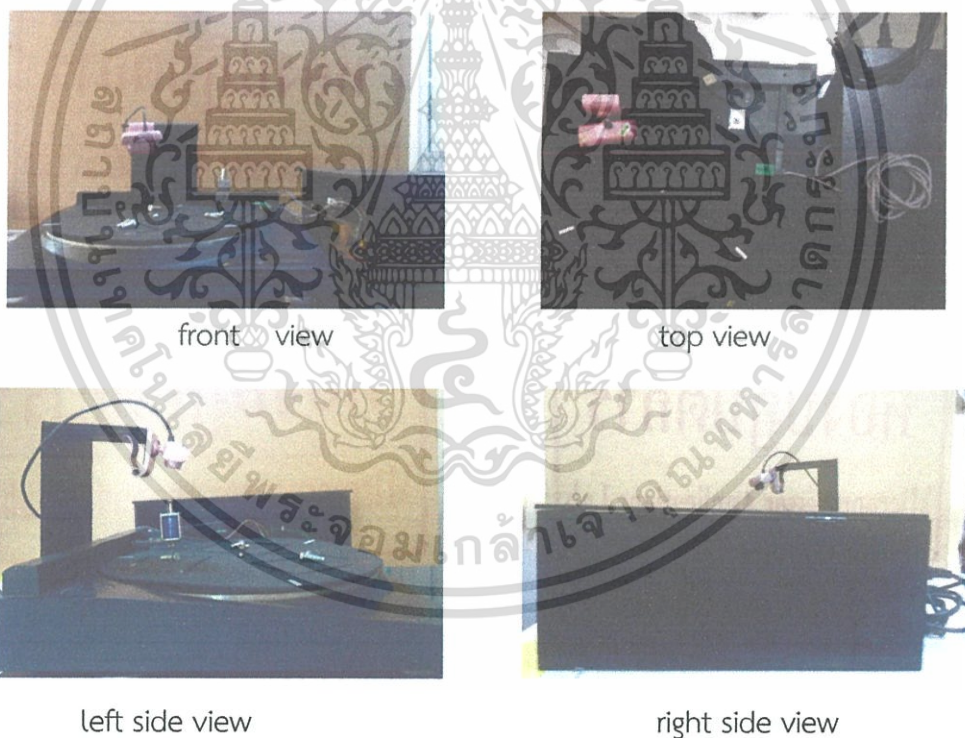
## บทที่ 3

### การออกแบบ และการพัฒนาซอฟต์แวร์

#### 3.1 คุณสมบัติของวงจร

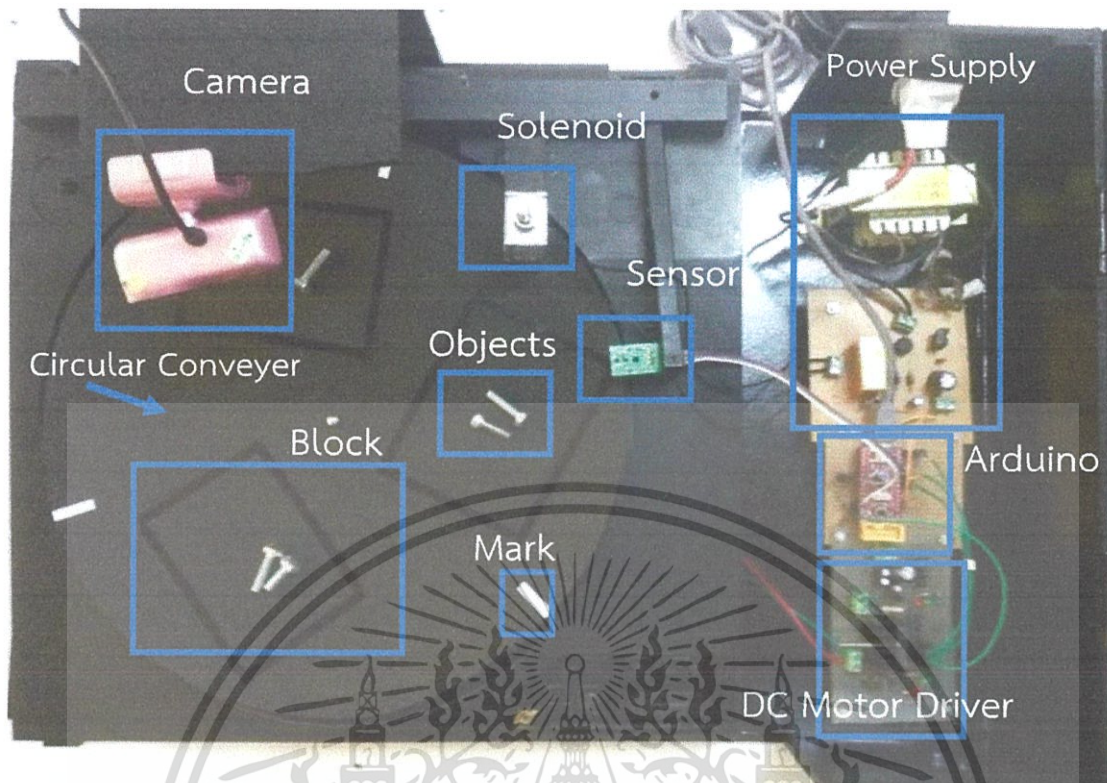
1. สายพานลำเลียงสามารถหมุนหรือหยุดหมุนในทิศทางเดียว ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงควบคุมผ่านวงจรขับมอเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์
2. สายพานสามารถรับน้ำหนักของวัตถุได้ไม่เกิน 1 กิโลกรัม
3. เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับตำแหน่งได้ เพื่อให้สายพานหยุดในตำแหน่งที่เหมาะสม
4. โซลินอยด์สามารถทำการหยุดสายพานให้หยุดนิ่งเพื่อให้กล้องสามารถจับภาพนิ่งได้
5. สามารถนำภาพจากกล้องมาผ่านกระบวนการประมวลผลภาพและแสดงผลได้ทันที
6. สามารถแปลงไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับ 220V 50Hz ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อจ่ายพลังงานให้แก่วงจรได้

โครงสร้างชุดทดลองระบบคอมพิวเตอร์วิชั่น



รูปที่ 3.1 ชุดทดลองที่ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



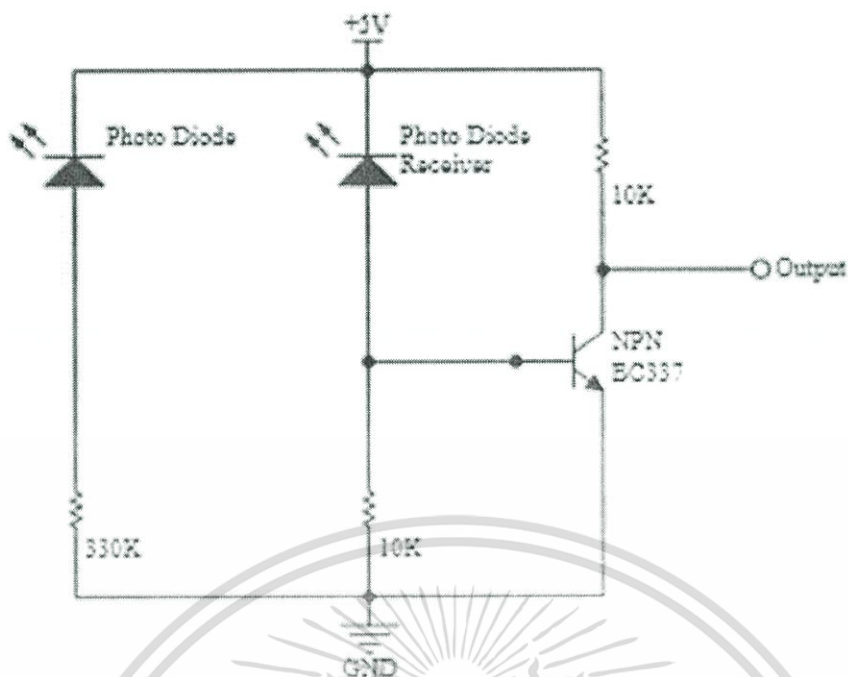
รูปที่ 3.2 องค์ประกอบต่างๆของตัวเครื่องที่ใช้ทำการทดลอง

เนื่องจากการสร้างระบบสายพานประกอบด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์หลายส่วน โดยแต่ละส่วนให้สถานะโลจิกหรือสัญญาณค่าแตกต่างกันตามเงื่อนไข อีกทั้งการประมวลผลภาพต้องผ่านหลายคำสั่งกระบวนการ จึงออกแบบให้วงจรและซอฟต์แวร์มีลักษณะดังนี้

### 3.2 หลักการออกแบบ Infrared Sensor

เซนเซอร์ชนิดนี้ทำงานโดยอาศัยหลักการส่งและรับแสง มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ ตัวส่งแสง (emitter) และตัวรับแสง (receiver) ซึ่งใช้ Photo Diode ลักษณะการตรวจจับเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งแสง ส่งไปสะท้อนกับวัตถุหรือถูกขวางกั้นด้วยวัตถุ ส่งผลให้ตัวรับแสงรู้สถานะที่เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงสถานะของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งานและต้องการขยายสัญญาณมีขนาดใหญ่ขึ้นโดยต่อเอาต์พุตของวงจรเซ็นเซอร์เข้ากับ NPN Transistor และนำเอาต์พุตสุดท้ายนี้ไปเป็นสัญญาณอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจร Infrared Sensor

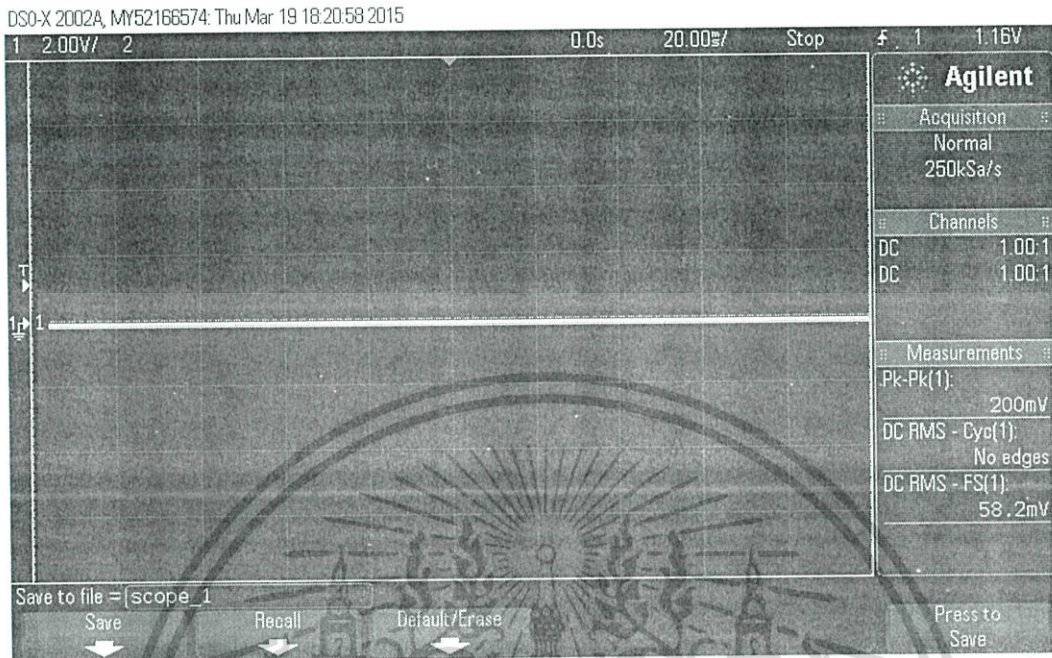
สัญญาณขาออกจากวงจรอินฟราเรดเซ็นเซอร์ เมื่อไม่มีแสงสะท้อนผ่านเซ็นเซอร์(ไม่มีวัตถุผ่านเซ็นเซอร์)Output จะต้องมีค่าHigh ดังรูป



รูปที่ 3.5สัญญาณเอาต์พุตวงจรอินฟราเรดขณะ turn off

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณขาออกจากวงจรอินฟราเรดเซ็นเซอร์ เมื่อมีแสงสะท้อนผ่านเซ็นเซอร์(วัตถุผ่านเซ็นเซอร์) Output จะต้องมามีค่า Low ดังรูป



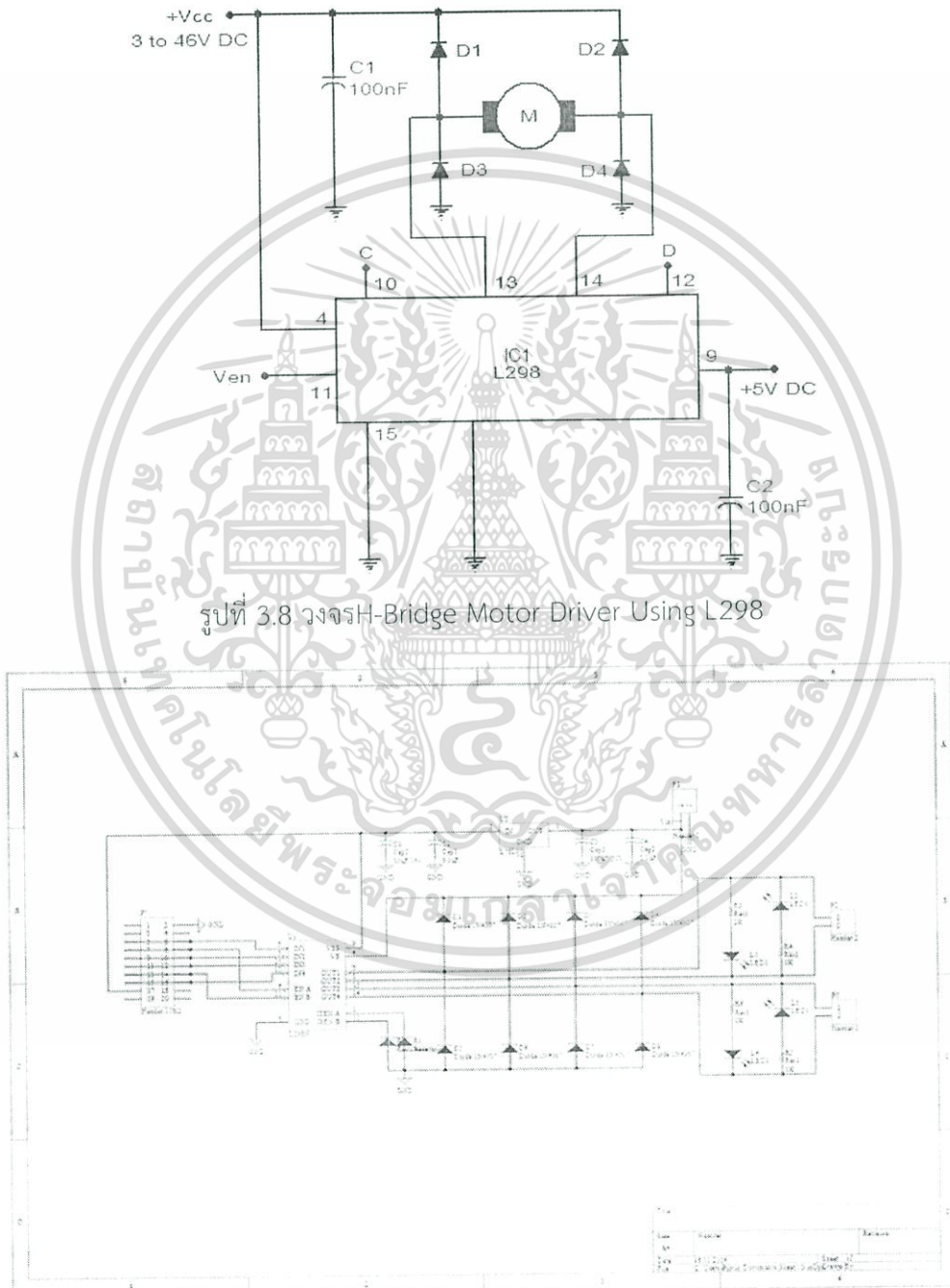
รูปที่ 3.6 สัญญาณเอาต์พุตวงจรอินฟราเรดขณะ turn on

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 3.3 DC Motor Driver

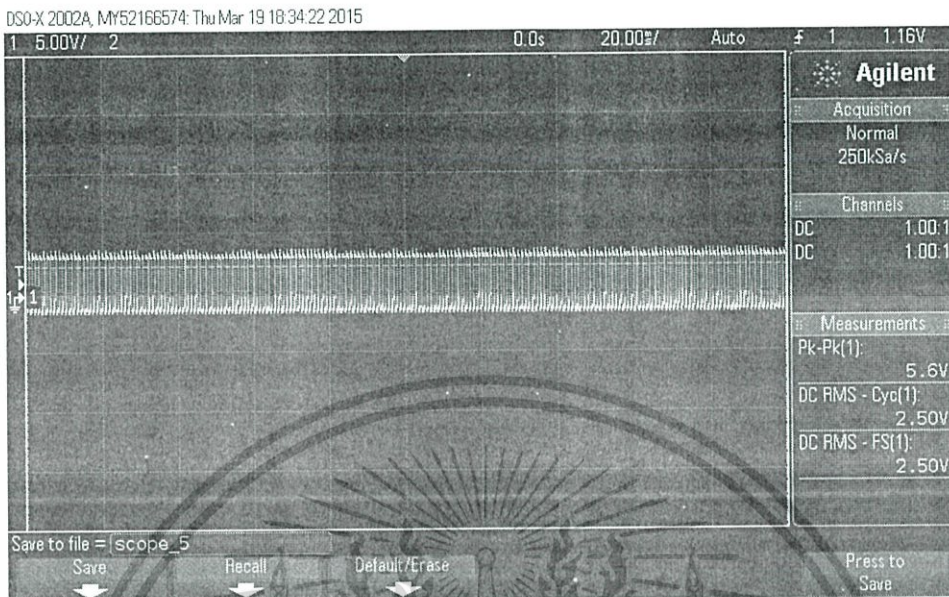
เนื่องการมอเตอร์ต้องถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์จึงต้องมีวงจรขับมอเตอร์ให้หมุนหรือหยุดได้ตามเงื่อนไขที่ได้โปรแกรมไว้ โดยออกแบบวงจร H bridge DC motor control แบบสองทิศทางวงจรจะใช้ IC L298 ซึ่งมีช่วงแรงดันไฟฟ้าที่กว้างและสามารถจัดการกับกระแสไหลได้ถึง 3A IC มีแรงดันต่ำและทำงานในอุณหภูมิที่สูงได้ จากในรูปวงจรไดโอด D1และ D4เป็นตัวป้องกันตัวเก็บประจุ C2เป็นตัวกรองไฟใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 12V จ่ายให้กับวงจร



รูปที่ 3.9 การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ enable ของวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะมีค่า High เพื่อให้มอเตอร์หมุน สายพานเมื่อเซ็นเซอร์มีค่า High ดังรูป



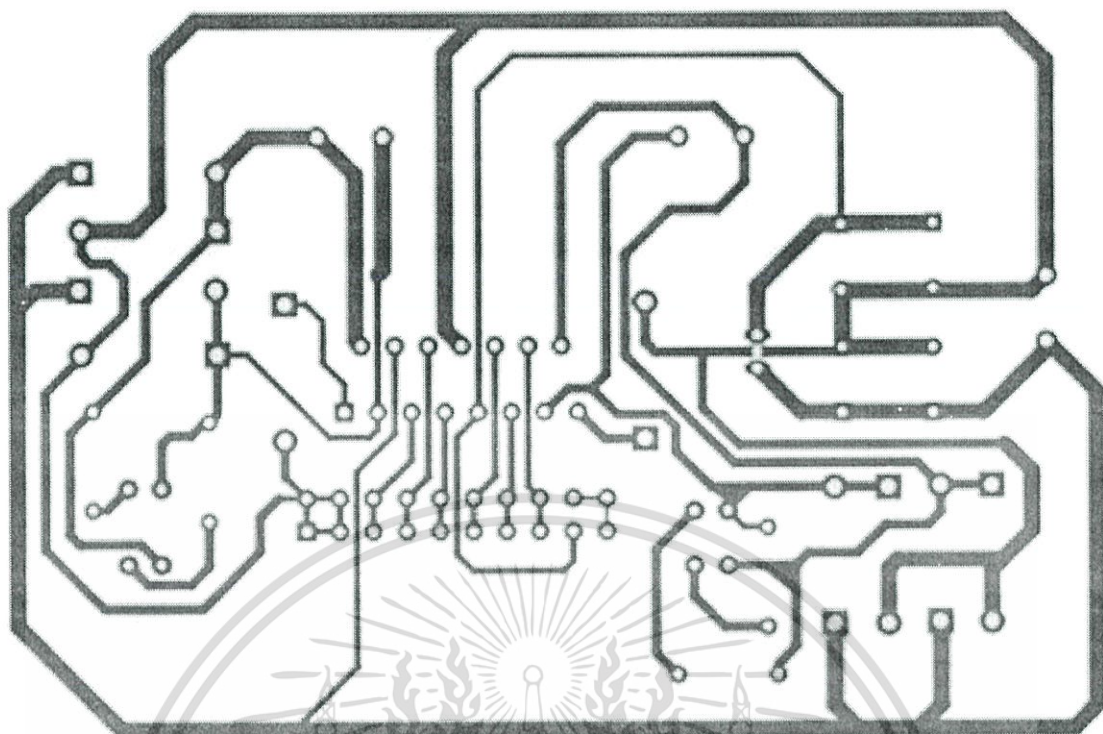
รูปที่ 3.10 สัญญาณพัลส์เอาต์พุตวงจรขับมอเตอร์ให้มอเตอร์ turn on

สัญญาณ enable จากวงจรขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะมีค่า Low เพื่อให้มอเตอร์หยุด หมุนสายพานเมื่อเซ็นเซอร์มีค่า Low ดังรูป



รูปที่ 3.11 สัญญาณพัลส์เอาต์พุตวงจรขับมอเตอร์ให้มอเตอร์ turn on

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

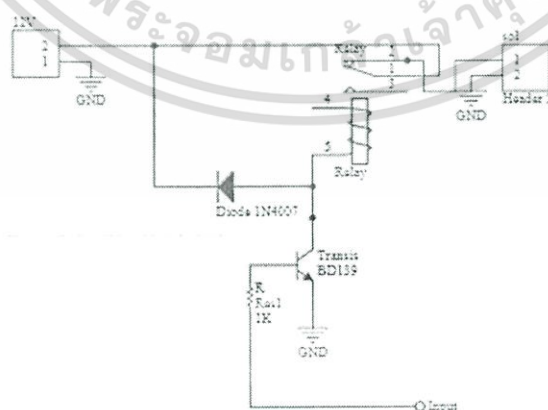


รูปที่ 3.12 ลายวงจรขับมอเตอร์

### 3.4 Solenoid and Relay

ใช้วงจรรีเลย์ในการควบคุมการทำงานของโซลินอยด์ โดยรับสัญญาณโลจิกอินพุตจาก Microcontroller ผ่านทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เพื่อควบคุมให้รีเลย์ทำการขับโซลินอยด์ ใช้ไฟเลี้ยง 12Vdc จาก power supply ละใช้ไดโอด 1N4007 เพื่อป้องกันกระแสจากขดลวดที่อาจทำให้วงจรเสียหายได้

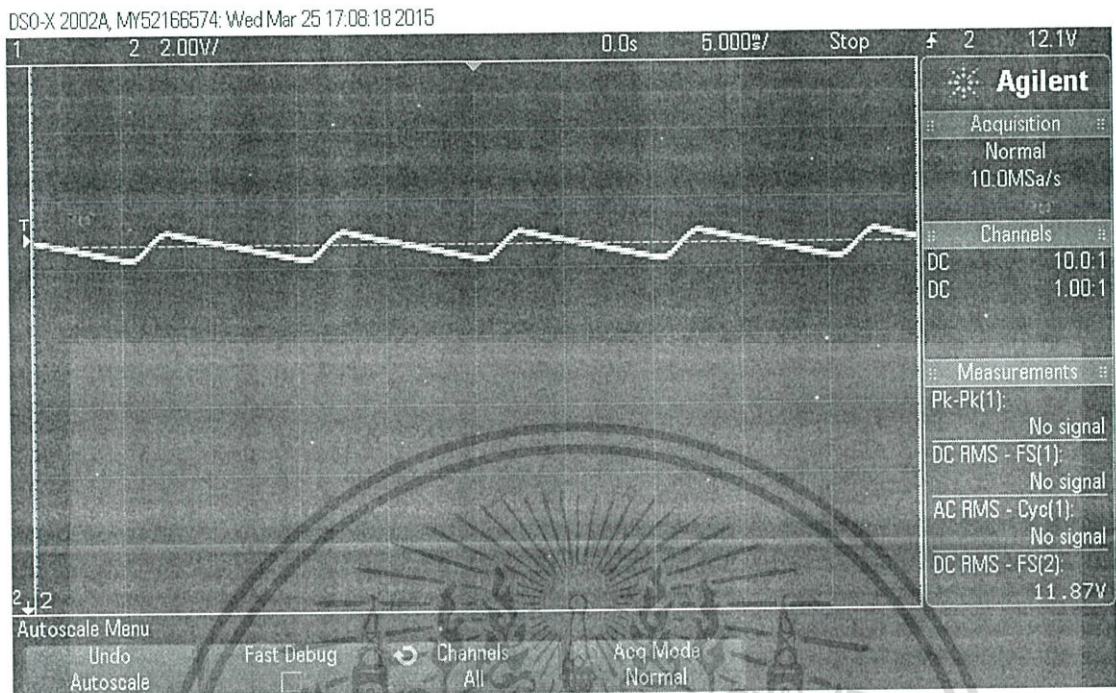
ถ้าวงจรรีเลย์ได้รับสัญญาณอินพุต High จาก Microcontroller รีเลย์จะทำการขับโซลินอยด์



รูปที่ 3.13 วงจรขับรีเลย์ในการควบคุมโซลินอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

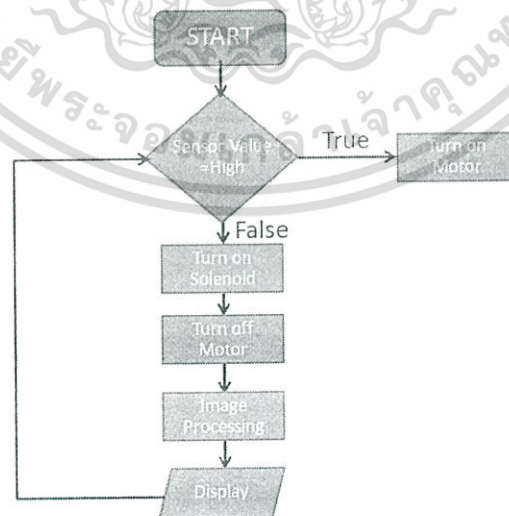
และถ้าวงจรรีเลย์ได้รับสัญญาณ Low จาก Microcontroller รีเลย์จะไม่ทำการขับโซลินอยด์



รูปที่ 3.14 สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อจ่ายให้โซลินอยด์ turn on 12V

### 3.5 Microcontroller

การทำงานขึ้นอยู่กับเอาต์พุตของวงจรอินฟราเรดเซ็นเซอร์ เป็นเงื่อนไขเพื่อส่งมอเตอร์ โซลินอยด์และประมวลผลภาพ ให้ทำงานตามต้องการ เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านสาย Connection Mini-B และเขียนคำสั่งด้วยภาษาซี

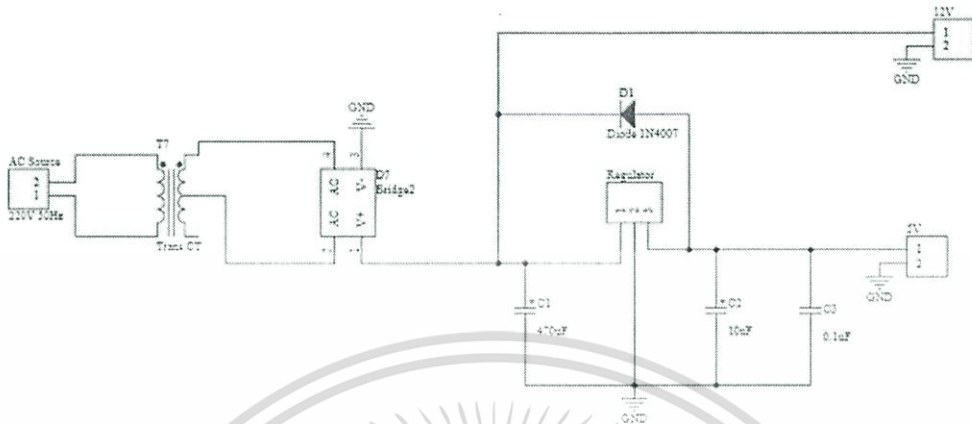


รูปที่ 3.15 flow chart แสดงเงื่อนไขการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 Power Supply

วงจรมอเตอร์และโซลินอยด์จะทำงานได้ต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งจำเป็นต้องสร้างวงจรจ่ายไฟตรงซึ่งแปลงมาจากไฟบ้าน และมีส่วนประกอบหลักการออกแบบดังนี้



รูปที่ 3.16 รูปวงจร Power Supply

#### 3.6.1 หม้อแปลงไฟฟ้า(Transformer)

ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแกนเหล็กแบบเซ็นเตอร์แทปชนิด Step down Transformer เนื่องจากต้องการไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V 50 Hz เป็น ไฟฟ้ากระแสสลับ 9V 50 Hz

#### 3.6.2 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์(Bridge Diode Rectifier)

ทำการเรียงไฟฟ้ากระแสสลับ 9V ให้มีความใกล้เคียงกับไฟฟ้ากระแสตรงมากที่สุดจึงเลือกใช้ไดโอดเรียงกระแสแบบบริดจ์แต่ไฟตรงที่ได้จากวงจรเรียงกระแสมีลักษณะเป็นพัลส์ มีการกระเพื่อมอยู่มากหรือได้รูปสัญญาณที่ไม่เรียบพอสามารถคำนวณค่าเอาท์พุทได้ดังนี้

$$V_o(pk) = 1.414V_{ac} - 2(V_d)$$

$$V_o(pk) = 1.414 * 9 - 2(0.7)$$

$$V_o(pk) = 11.326 V_{pk}$$

### 3.7 วงจรลดแรงดันกระเพื่อม(Ripple Filter)

เนื่องจากรูปสัญญาณไฟฟ้าไม่เรียบ จึงเลือกใช้ ตัวเก็บประจุต่อขนาน(Shunt capacitors) เพื่อลดแรงดันกระเพื่อมต่อลักษณะกรองความถี่ต่ำผ่าน(Low Pass Filter)ทำให้ได้รูปสัญญาณที่เรียบขึ้นหรือใกล้เคียงกับไฟฟ้ากระแสตรงมากที่สุด

การที่ได้ไฟ DC ที่สมบูรณ์การทำงานของวงจรก็จะมีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น ทำให้ไม่มีการรบกวนจากความถี่ของไฟและการทำงานจะเสมอไม่มีการกระเพื่อมของสัญญาณขึ้นๆลงๆ การเลือก C ในวงจรยังมีค่าความจุมากยิ่งดี กล่าวคือวงจรจะมีการสำรองไฟจากการกระชากแรงดันอย่างรวดเร็ว และรุนแรงและการที่ความจุมากการปล่อยประจุจะช้าทำให้ไฟมีความเรียบของรูปคลื่นมากยิ่งขึ้น ในการเลือกใช้ C ควรมีความถี่ที่สูงกว่าแรงดันไฟสักค่าหนึ่งเพื่อเป็นการลดการทำงานของ C และลดภาระการทำงานที่หนักเกินไปอีกทั้งยังเป็นการเพื่อในกรณีแรงดันเกินแต่ค่าความจุยิ่งสูงยิ่งดีในวงจรที่ใช้กำลังงานมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C = I/(2F*V).$$

C คือค่าของตัวเก็บประจุมีหน่วยเป็น ฟารัด

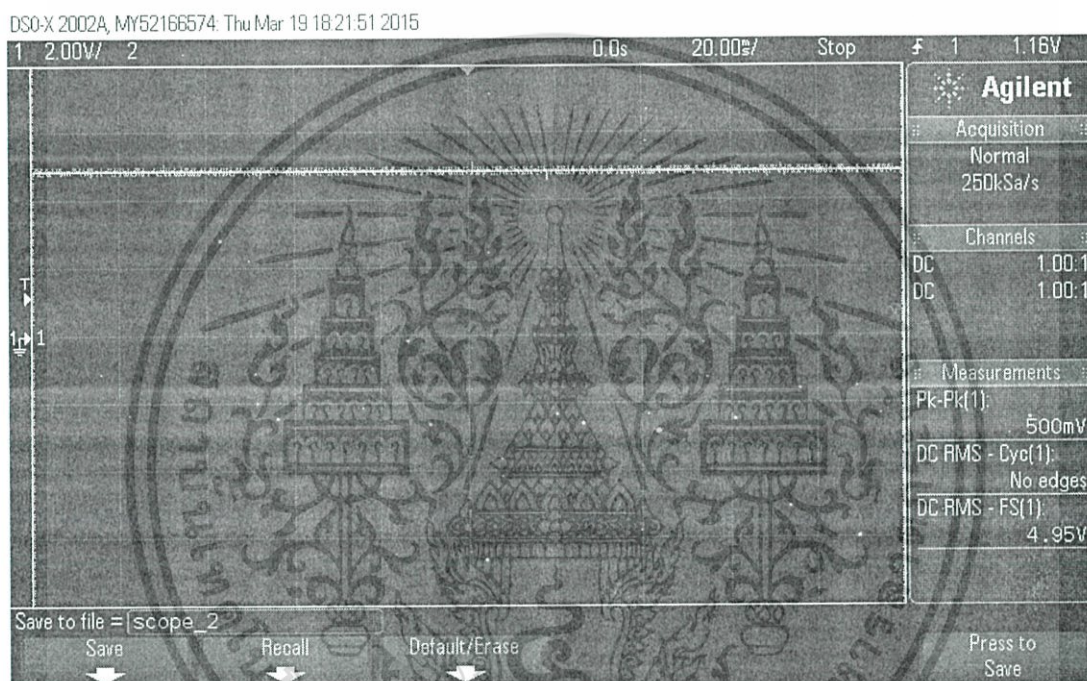
I คือค่าของกระแสมีหน่วยเป็น แอมแปร์

F คือค่าความถี่ของไฟฟ้า ปกติคือ 50 Hz

V คือค่าไฟกระเพื่อมสูงสุด

### 3.8 วงจรแรงดันคงที่ (Voltage Regulator)

ใช้ 7805CT ทำวงจรแรงดันคงที่เพื่อกำจัดแรงดันกระเพื่อมที่ยังหลงเหลืออยู่เล็กน้อยออกไป ให้มีไฟตรงที่ใกล้เคียงกับแบตเตอรี่ 5V



รูปที่ 3.17 สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อจ่ายให้มอเตอร์ 5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.9 การประมวลผลภาพ

ใน Halcon software จะต้องใช้ชุดคำสั่งเพื่อทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ส่งข้อมูลและประมวลผลภาพ ซึ่งมีชุดคำสั่งที่สำคัญ ดังนี้

#### 3.9.1 Serial Operator

1. Open serial — Open a serial device.

```
open_serial( : : PortName : SerialHandle)
```

```
open_serial ('COM3', SerialHandle)
```

ใช้เปิดการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบอนุกรมเพื่อเชื่อมHalcon กับ Arduino โดยกำหนดชื่ออุปกรณ์ด้วยพารามิเตอร์ *PortName* ซึ่งในคอมพิวเตอร์ที่ใช้วินโดวส์นั้นจะเป็น 'COM1'-'COM4'

2. Set serial parameter — Set the parameters of a serial device— Set the parameters of a serial device

```
set_serial_param( :
```

```
: SerialHandle, BaudRate, DataBits, FlowControl, Parity, StopBits, Total  
TimeOut, InterCharTimeOut : )
```

```
set_serial_param (SerialHandle, 9600, 8, 'none', 'none', 1, 200, 200)
```

ใช้ตั้งค่าการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบอนุกรม โดยBaudRate กำหนดความเร็วอินพุตและเอาต์พุตของอุปกรณ์ เท่ากับ 9600 และDataBits จำนวนบิตในการส่งข้อมูลแบบอนุกรม 8 bit

3. Write serial parameter— Write to a serial connection.

```
write_serial( : : SerialHandle, Data : )
```

```
write_serial (SerialHandle, 100)
```

ใช้เขียนข้อมูลผ่านตัวแปร *Data* ไปยังอุปกรณ์(Arduino)

4. Clear serial— Clear the buffer of a serial connection.

```
clear_serial( : : SerialHandle, Channel : )
```

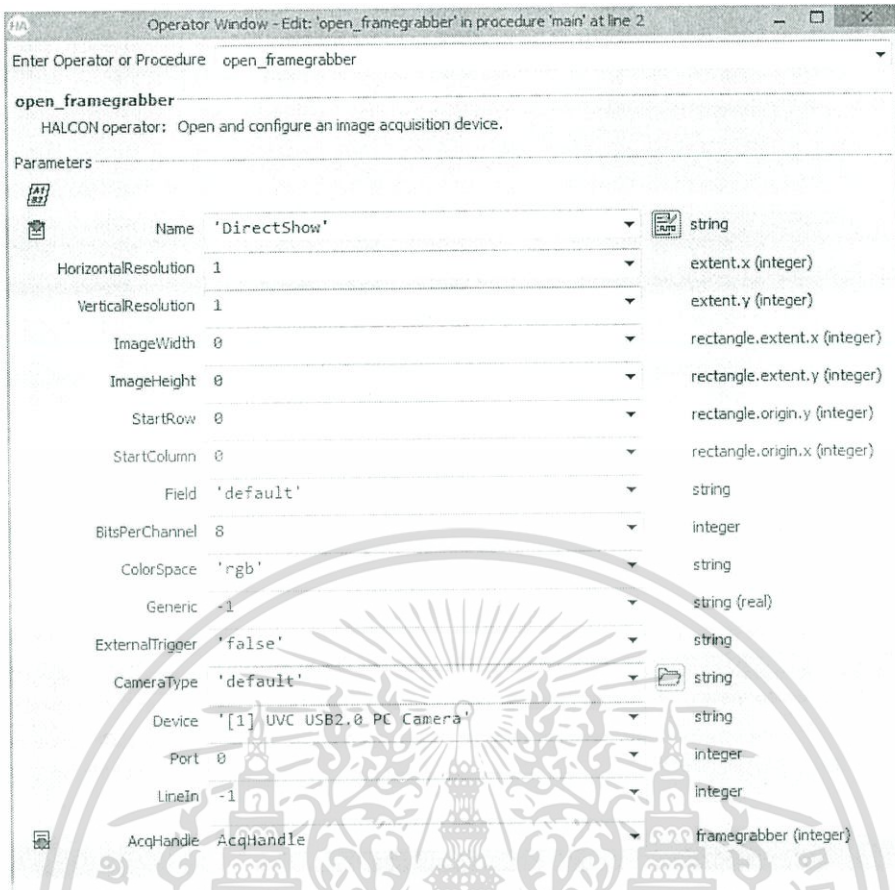
```
clear_serial (SerialHandle, 'input')
```

ใช้ลบข้อมูลที่เชื่อมต่อแบบอนุกรม อ้างอิงด้วย *SerialHandle* แต่ไม่อ่าน *Channel* (input)

#### 3.6.2 Image Acquisition

1. open\_framegrabber ('DirectShow', 1, 1, 0, 0, 0, 0, 'default', 8, 'rgb', -1, 'false', 'default', '[1] UVC USB2.0 PC Camera', 0, -1, AcqHandle)ใช้เลือกเชื่อมต่อกับกล้องที่ต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์ ผ่าน Image Acquisition ซึ่งใช้ค่าเริ่มต้น ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 การตั้งค่าต่างๆในคำสั่ง open framgrabber

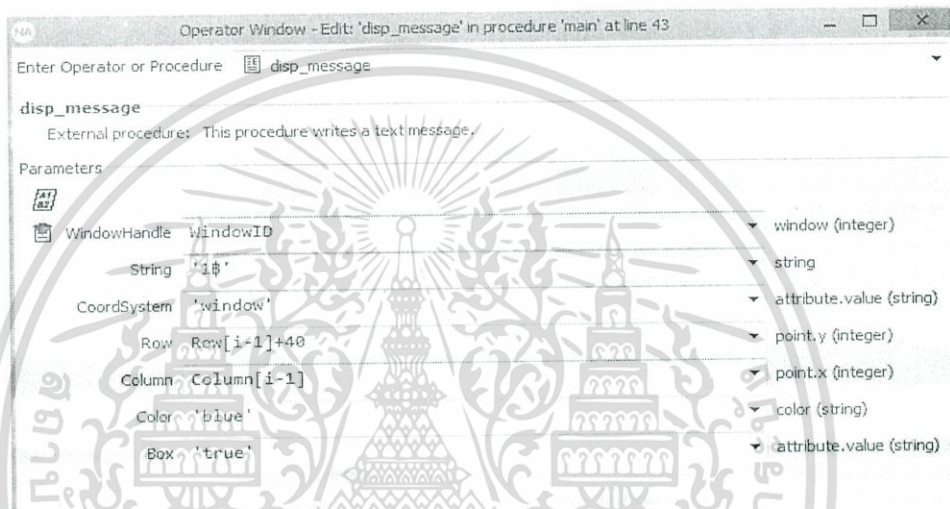
- `grab_image_start( : : AcqHandle, MaxDelay : )` and `grab_image_async( : Image : AcqHandle, MaxDelay : )`  
`grab_image_start (AcqHandle, -1)`  
`grab_image_async (Image, AcqHandle, -1)`  
 เริ่มจับภาพแบบ asynchronous จากกล้องที่ได้เลือกไว้ที่ ImageAcquisition
- `close_framegrabber( : : AcqHandle : )`  
`close_framegrabber (AcqHandle)`  
 จบการทำงานที่ได้จาก ข้อ 2)

### 3.9.3 Open Window Operator

- `get_image_size` — Return the size of an image.  
`get_image_size(Image : : Width, Height)`  
`get_image_size (Image, Width, Height)`
- `dev_open_window` — Open a new graphics window.  
`dev_open_window( :`  
`: Row, Column, Width, Height, Background : WindowHandle)`  
`dev_open_window (0, 0, Width, Height, 'black', WindowID)`

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

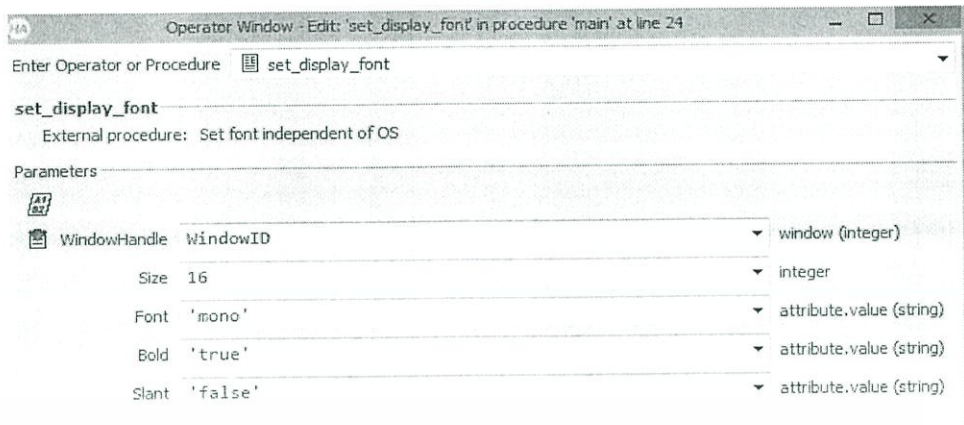
3. `dev_display` — Displays image objects in the current graphics window.  
`dev_display(Object : : :)`  
`dev_display (Image)`  
 แสดงภาพ Image ที่ได้จากการขั้นตอน Grab image async ในหน้าต่างข้อ 2)
4. `disp_message` — This procedure writes a text message.  
`disp_message( : WindowHandle, String, CoordSystem, Row, Column, Color, Box : )`  
`disp_message (WindowID, '18', 'window', Row[i-1]+40, Column[i-1], 'blue', 'true')`



รูปที่ 3.19 การตั้งค่าต่างๆในคำสั่ง disp message

5. `disp_text_button` — writes a text message as button  
`disp_text_button( : WindowHandle, String, CoordSystem, Row, Column, TextColor, Button Color : )`  
`disp_text_button (WH, 'Amount : ' + Number, 'window', 10, 10, 'black', 'blue')`
6. `set_display_font (WindowID, 16, 'mono', 'true', 'false')` — Set font  
`set_display_font( : : WindowHandle, Size, Font, Bold, Slant : )`  
 ตั้งค่าตัวอักษรของคำสั่งแสดงตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 การตั้งค่าต่างๆในคำสั่ง set display font

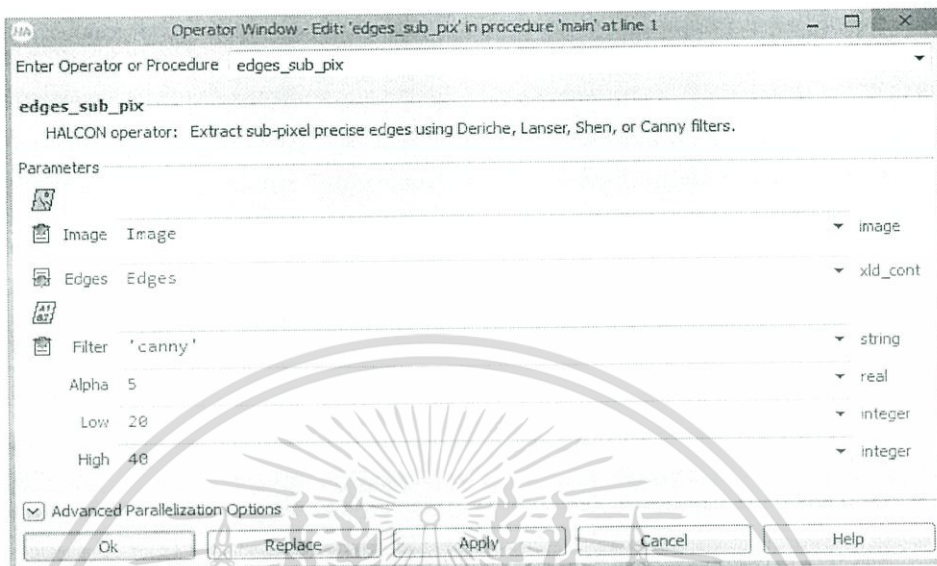
### 3.9.4 คำสั่งแปลงภาพเพื่อการวิเคราะห์

1. `rgb3_to_gray(ImageRed, ImageGreen, ImageBlue : ImageGray : :)`  
โดยที่ทั้งสามช่องของ RGB จะผ่านการถูกแยก เปลี่ยนจากภาพ RGB เป็นภาพสีเทา
2. `smooth_image(Image : ImageSmooth : Filter, Alpha : :)`  
เป็นการปรับปรุงภาพสีเทาให้เนียนขึ้นโดยใช้ตัวกรองแบบเรียกซ้ำ ที่ถูกพัฒนาโดย Deriche และ Shen และใช้ตัวกรอง Gaussian ซึ่งไม่ใช่แบบเรียกซ้ำ
3. `threshold(Image : Region : MinGray, MaxGray : :)`  
เลือกพิกเซลจากข้อมูลภาพสีเทาที่ส่งเข้ามา ที่มีค่า  $g$  ตามเงื่อนไข  $MinGray \leq g \leq MaxGary$
4. `select_shape(Regions : SelectedRegions : Features, Operation, Min, Max : :)`  
เป็นการเลือกพื้นที่ตามรูปร่างสำหรับข้อมูลพื้นที่ที่รับเข้ามาจะมาจากพื้นที่ที่ถูกระบุคุณสมบัติซึ่งผ่านการคำนวณแล้ว การคำนวณคุณสมบัติจะทำภายในขอบเขตเริ่มต้น (Min, Max) พื้นที่ที่ได้จะถูกส่งออกมาเป็น Output
5. `connection(Region : ConnectedRegions : :)`  
ไว้ใช้กำหนดองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกันของพื้นที่ที่เป็น Input ที่เป็นตัวกำหนดพื้นที่ Output
6. `fill_up(Region : RegionFillUp : :)`  
เติมรูหรือหลุมที่อยู่ในพื้นที่แต่จำนวนของพื้นที่จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง
7. `area_center(Regions : : : Area, Row, Column)`  
คำสั่งนี้จะมีการคำนวณพื้นที่และศูนย์กลางของพื้นที่ที่ได้รับมาเป็น Input โดยบริเวณนั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นจำนวนพิกเซล และจุดศูนย์กลางจะถูกคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของเส้นหรือพิกัดคอลลัมน์ตามลำดับของพิกเซลทั้งหมด
8. `count_obj(Objects : : : Number)`  
กำหนดตัวแปรของวัตถุด้วย Object เป็นจำนวนของวัตถุที่มี โดยคำสั่งนี้จะทำการนับวัตถุจากการเชื่อมต่อของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. `edges_sub_pix(Image : Edges : Filter, Alpha, Low, High : )`

จะหาขอบของรูปโดยใช้วิธีการของ Deriche, Lanser, Shen หรือ Canny filters



รูปที่ 3.21 การตั้งค่าต่างๆในคำสั่ง edges sub pix

10. `select_shape_xld(XLD : SelectedXLD : Features, Operation, Min, Max : )`

เลือกรูปทรงต่างๆของวัตถุโดยวิเคราะห์จากคุณลักษณะของรูปร่าง

11. `sort_contours_xld(Contours : SortedContours : SortMode, Order, RowOrCol : )`

เป็นการเรียงรูปทรงโดยเกี่ยวกับตำแหน่งที่ใช้อ้างอิงของสิ่งเหล่านั้น

12. `smallest_circle_xld(XLD : : Row, Column, Radius)`

คำสั่งนี้จะสร้างวงกลมล้อมรอบรูปทรงหรือรูปร่างต่างๆที่มีหลายเหลี่ยม

13. `decompose3(MultiChannelImage : Image1, Image2, Image3 : : )`

แยกรูปออกมาเป็น 3 รูป มี Red Chanel, Green Chanel, Blue Chanel

14. `reduce_domain(Image, Region : ImageReduced : : )`

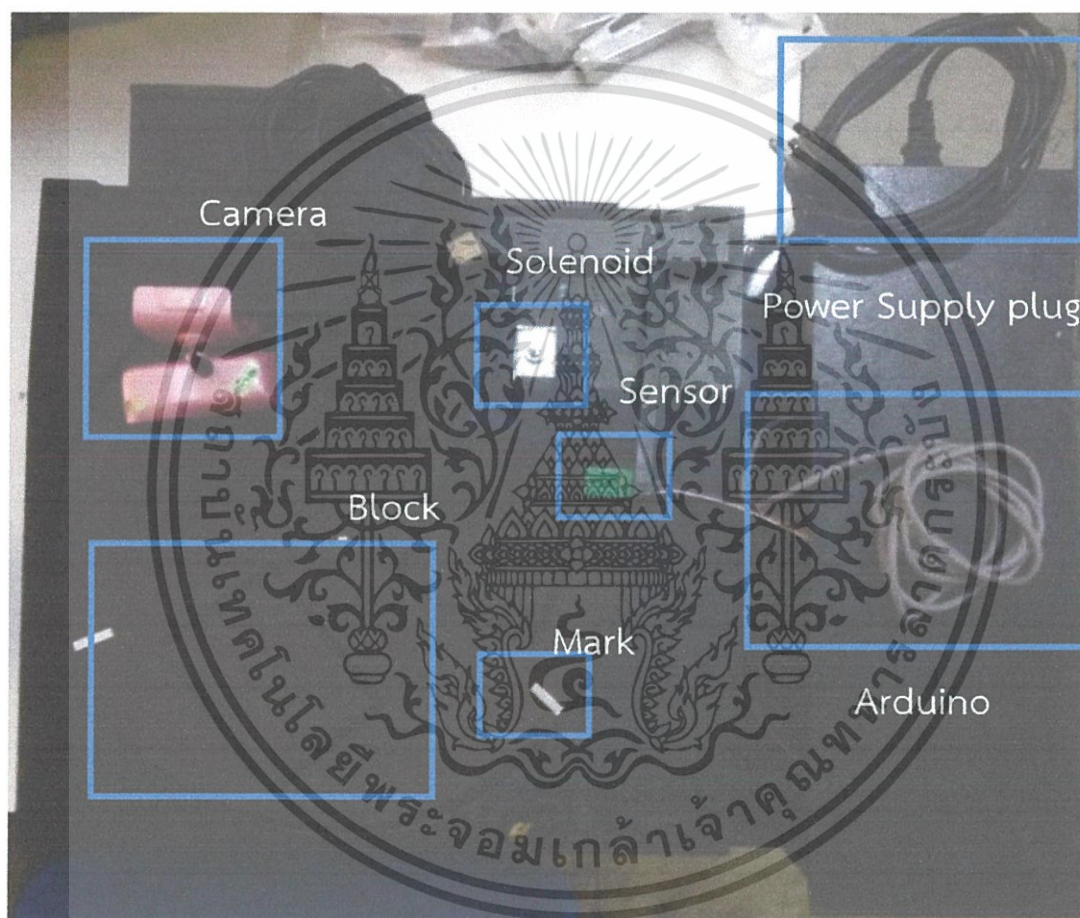
ลดโดเมนของภาพลง

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการปฏิบัติงาน

#### 4.1 หลักการทำงานเบื้องต้น

เมื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกัน สายพานจะหมุนและจะหยุดหมุนเมื่อเซ็นเซอร์เจอแสงสะท้อนจากแถบมาร์คสีขาว สายพานจะหยุดหมุนพร้อมกับโซลินอยด์จะทำการหยุดสายพานให้นิ่ง เพื่อให้กล้องถ่ายภาพและประมวลผลภาพในตำแหน่งที่มีวัตถุวางอยู่ในกรอบสีดำบนสายพาน จากนั้นสายพานจะหมุนต่อและทำงานเหมือนเดิม

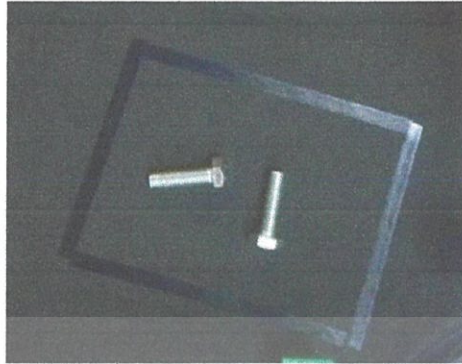


รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบของตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 คู่มือการทดลอง

วางวัตถุให้อยู่ในกรอบสีดำ โดยไม่วางติดกัน

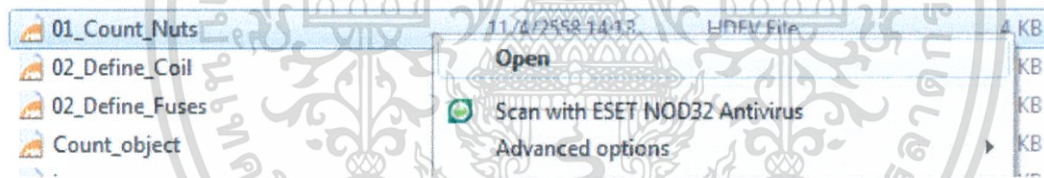


รูปที่ 4.2 ลักษณะการวางวัตถุในบล็อก

จากรูปภาพแสดงส่วนประกอบของตัวเครื่อง

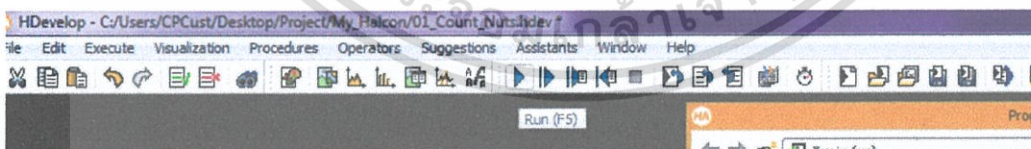
- ต่อ Power Supply เข้ากับไฟบ้าน 220Vac
- ต่อสาย USB ของ Arduino เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ ในที่นี้ตั้งค่า COM3 ให้ตรงกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ถ้าตั้งค่าถูกต้องสายพานจะหมุนและหยุดหมุนเพื่อเซ็นเซอร์ตรวจพบมาร์คสีขาว
- ต่อสายกล้องเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์
- จัดแสงขณะทำการทดลองให้คงที่ ไม่ควรใช้แสงจ้าหรือเกิดเงาบังสายพาน

### 1. เปิดไฟล์ Halcon



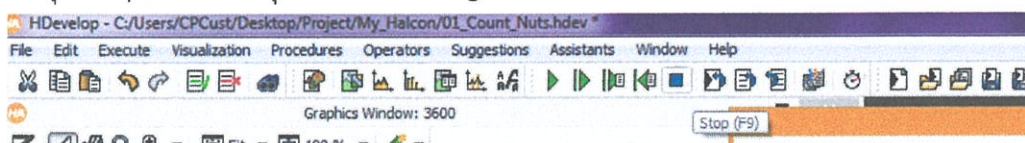
รูปที่ 4.3 ทำการเปิดไฟล์ในโปรแกรม Halcon

### 2. กดปุ่ม Run (F5)



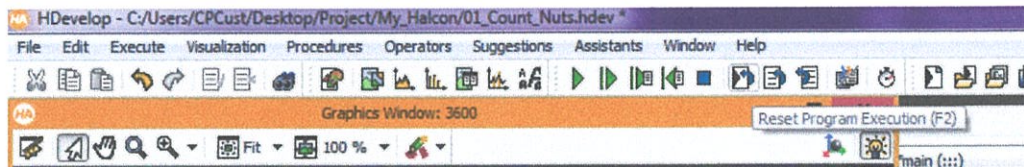
รูปที่ 4.4 ทำการ Run โปรแกรมโดยกดปุ่ม F5

กดปุ่ม Stop (F9) เพื่อหยุดและ Reset Program Execution (F2) เพื่อรีเซ็ตค่าใหม่



รูปที่ 4.5 ทำการหยุดโปรแกรมโดยปุ่ม F9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 Reset ค่าใหม่ โดยใช้ปุ่ม F2

#### 4.2.1 การทดลองนับจำนวนนอต

1. ทำการวางกระดาดที่มีตัวเลขขนาดเดียวกันในกรอบสีดำ โดยไม่วางติดกัน ดังรูป



รูปที่ 4.7 การวางวัตถุต่างๆเพื่อทำการทดลอง

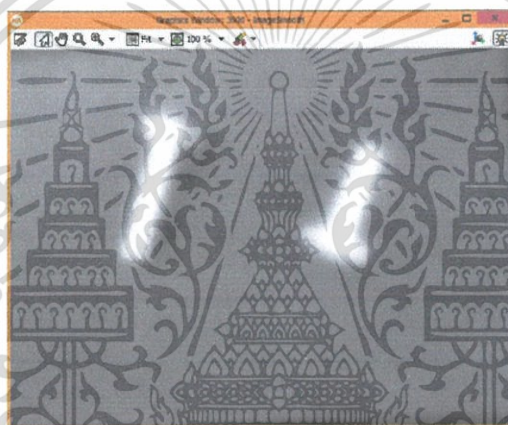
2. เมื่อทำตามขั้นตอนของคู่มือการทดลองข้อ 1 สายพานจะเริ่มหมุน เมื่อเซนเซอร์เจอแถบมาร์คสีขาวสายพานจะหยุดหมุนด้วยเวลา delay time ประมาณ 1 วินาทีและสายพานจะหยุดต่อไปอีก 4 วินาทีเพื่อรอการประมวลผล จากนั้นสายพานจะหมุนต่อ เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ
3. เปิดไฟล์ชื่อ '01\_Count\_Nuts.hdev'
4. กดปุ่ม Run (F5)จนเซนเซอร์ตรวจเจอแถบมาร์คสีขาวจึงกดปุ่ม Stop(F9) และกดปุ่ม Run step เพื่อดูการประมวลผลภาพที่ละขั้นตอน
5. ภาพที่ได้จากคำสั่ง `grab_image_async (Image, AcqHandle, -1)`  
`get_image_size (Image, Width, Height)`  
`dev_open_window (0, 0, Width, Height, 'black', WH)`  
`dev_display (Image)`

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



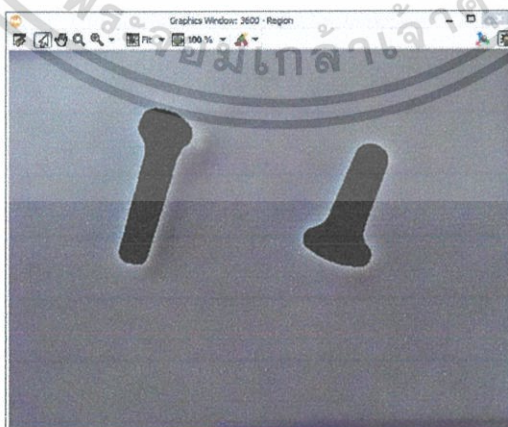
รูปที่ 4.8 ภาพที่ได้จากคำสั่ง grab image async

6. ภาพที่ได้จากคำสั่ง smooth\_image (Image, ImageSmooth, 'shen', 0.2)



รูปที่ 4.9 ภาพที่ได้จากคำสั่ง smooth image

7. ภาพที่ได้จากคำสั่ง threshold (ImageSmooth, Region, 170, 255)



รูปที่ 4.10 ภาพที่ได้จากคำสั่ง threshold

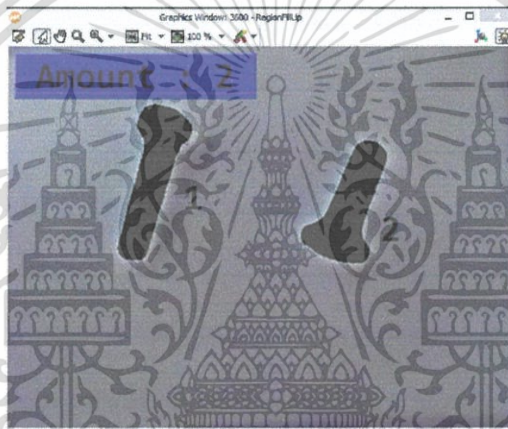
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ผลที่ได้จากคำสั่ง connection (SelectedRegions, ConnectionRegion)  
 fill\_up (ConnectionRegion, RegionFillUp)  
 area\_center (RegionFillUp, Area, Row, Column)  
 count\_obj (ConnectionRegion, Number )

Area	[8485, 8119]
Row	[162.942, 203.266]
Column	[180.344, 429.936]
Number	2
order	2

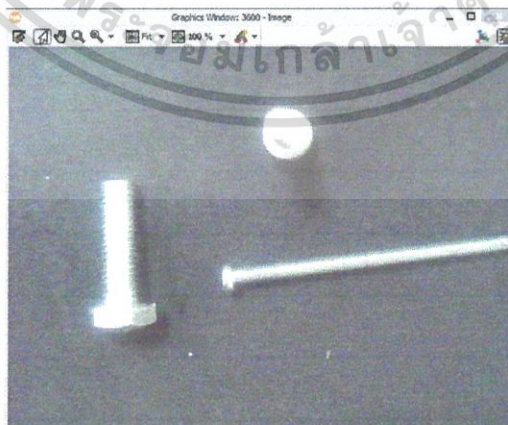
รูปที่ 4.11 ผลที่ได้จากคำสั่ง connection

9. แสดงผลการประมวลผลภาพได้ดังรูป



รูปที่ 4.12 ผลที่ได้จากการประมวลผลรูป

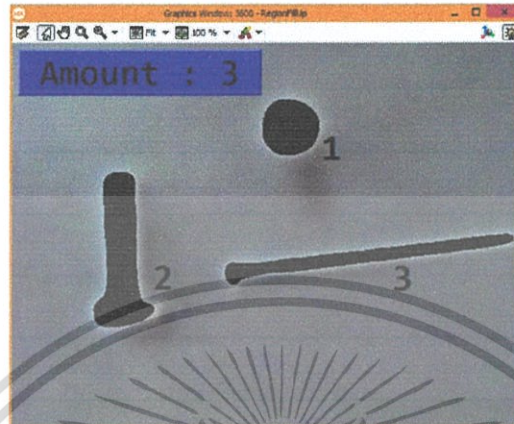
10. ทดลองเปลี่ยนจำนวนนอตและรูปแบบการวาง ทำซ้ำข้อ 1-5



รูปที่ 4.13 การวางวัตถุในการทดลองนับนอตครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ทำซ้ำขั้นตอน 6-8 จะได้ผลดังรูป



รูปที่ 4.14 ผลในการประมวลผลรูปในการทดลองนับนอตครั้งที่ 2

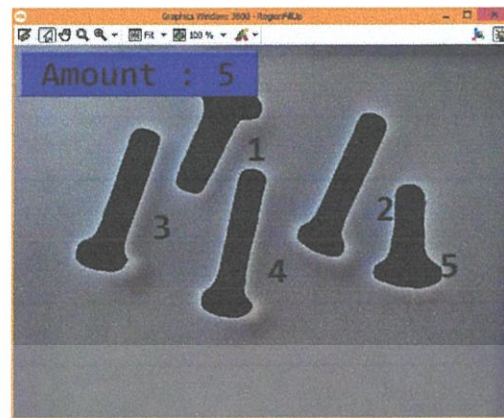
12. ทดลองเปลี่ยนจำนวนนอตและรูปแบบการวาง ทำซ้ำข้อ 1-5



รูปที่ 4.15 การวางวัตถุในการทดลองนับนอตครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ทำซ้ำขั้นตอน 6-8 จะได้ผลดังรูป



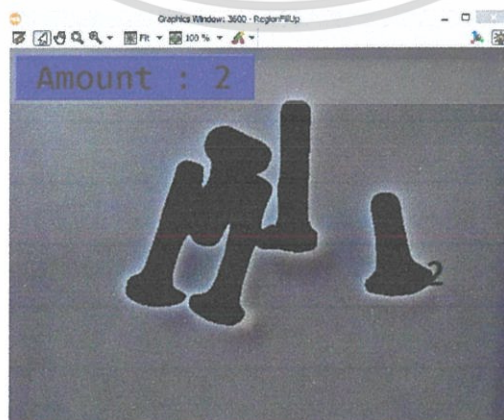
รูปที่ 4.16 ผลในการประมวลผลรูปในการทดลองนับนอตครั้งที่ 3

14. ทดลองเปลี่ยนรูปแบบการวางนอต 5 ตัว โดยวางนอตติดกัน แล้วทำซ้ำข้อ 1-5



รูปที่ 4.17 การวางวัตถุในการทดลองนับนอตครั้งที่ 4

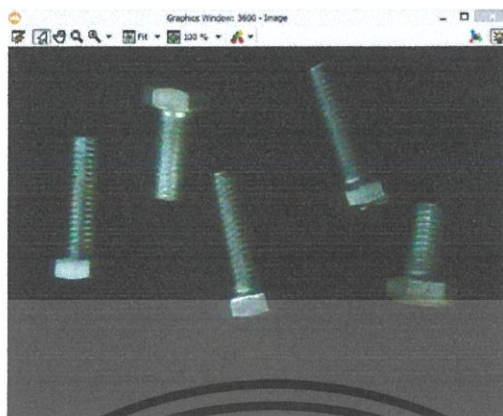
15. ทำซ้ำขั้นตอน 6-8 จะได้ผลดังรูปซึ่งไม่ตรงกับจำนวนนอตจริง จากที่ควรได้ค่า Amount = 5



รูปที่ 4.18 ผลในการประมวลผลรูปในการทดลองนับนอตครั้งที่ 4

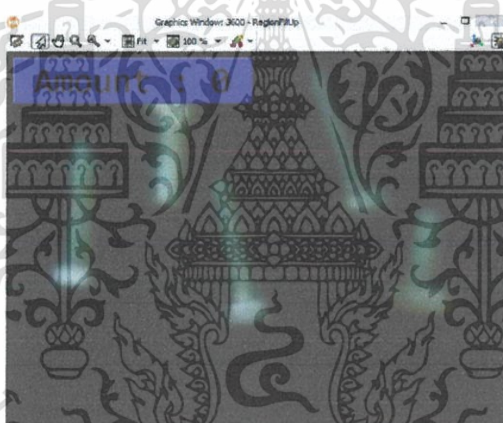
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. ทดลองเปลี่ยนรูปแบบการวางนอต 5 ตัว โดยลดปริมาณแสงลงแล้วทำซ้ำข้อ 1-5



รูปที่ 4.19 ทดลองน๊บนอตโดยลดปริมาณแสงลง

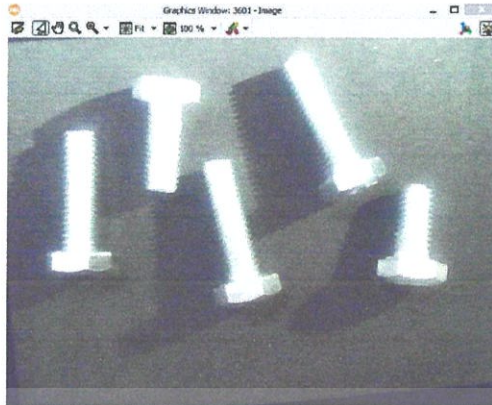
17. ทำซ้ำขั้นตอน 6-8 จะได้ผลตงรูปซึ่งไม่ตรงกับจำนวนนอตจริง จากที่ควรได้ค่า Amount = 5



รูปที่ 4.20 ผลของการทดลองน๊บนอตโดยลดปริมาณแสงลง

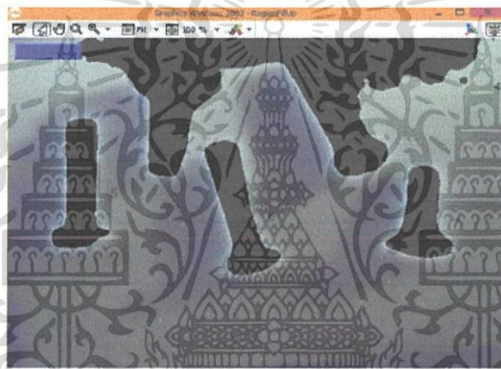
18. ทดลองใช้รูปแบบการวางนอต 5 ตัวเหมือนข้อ 16 โดยเพิ่มปริมาณแสง ที่ทำให้เกิดเงา แล้วทำซ้ำข้อ 1-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 ทดลองนับนอตโดยเพิ่มปริมาณของแสง

19. ทำซ้ำขั้นตอน 6-8 จะได้ผลดังรูปซึ่งไม่ตรงกับจำนวนนอตจริง จากที่ควรได้ค่า Amount = 5

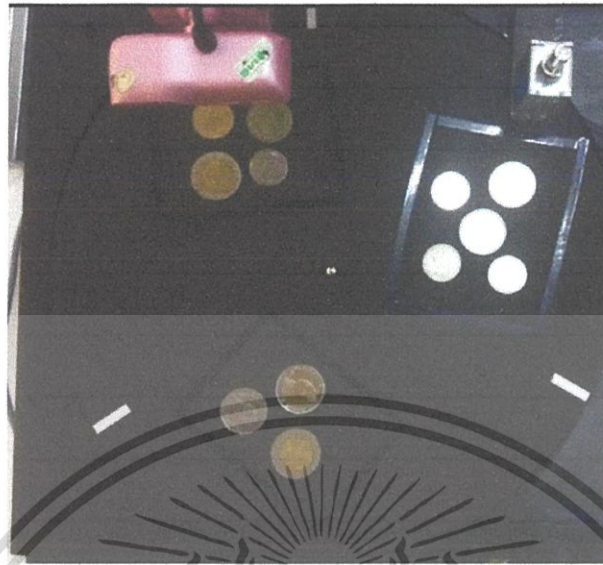


รูปที่ 4.22 ผลของการนับนอตโดยเพิ่มปริมาณแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2 การทดลองระบุเหรียญไทย

1. ทำการวางเหรียญไทยให้อยู่ในกรอบสีดำ โดยไม่วางทับกัน ดังรูป



รูปที่ 4.23 การวางวัตถุในทดลองการระบุเหรียญ

2. เมื่อทำตามขั้นตอนของคู่มือการทดลองข้อ 1 สายพานจะเริ่มหมุน เมื่อเซนเซอร์เจอแถบ มาร์คสีขาวสายพานจะหยุดหมุนด้วยเวลา delay time ประมาณ 1 วินาทีและสายพานจะหยุดต่อไปอีก 4 วินาทีเพื่อรอการประมวลผล จากนั้นสายพานจะหมุนต่อ เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ
3. เปิดไฟล์ชื่อ '02\_Define\_Coil.hdev'
4. กดปุ่ม Run (F5) จนเซนเซอร์ตรวจเจอแถบมาร์คสีขาวจึงกดปุ่ม Stop(F9) และกดปุ่ม Run step เพื่อดูการประมวลผลภาพทีละขั้นตอน
5. ภาพที่ได้จากคำสั่ง `grab_image_async (Image, AcqHandle, -1)`  
`get_image_size (Image, Width, Height)`  
`dev_open_window (0, 0, Width, Height, 'black', WH)`  
`dev_display (Image)`



รูปที่ 4.24 ภาพที่ได้จากคำสั่ง `grab image async`

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ภาพที่ได้จากคำสั่ง edges\_sub\_pix (Image, Edges, 'canny', 5, 20, 40)  
 select\_shape\_xld (Edges, Holes, 'circularity', 'and', 0.5, 1)  
 sort\_contours\_xld (Holes, Holes, 'upper\_left', 'true', 'row')



รูปที่ 4..25 ภาพที่ผ่านคำสั่ง edges sub pix, select shape xld, sort contours xld

7. ผลที่ได้จากการคำนวณความยาวจากจุดศูนย์กลางไปยังขอบเหรียญ  
 select\_obj (Holes, Hole, i)  
 dev\_display (Image)  
 dev\_display (Hole)  
 distance\_pc (Hole, Row[i - 1], Column[i - 1], DistanceMin, DistanceMax)



รูปที่ 4.26 ผลลัพธ์ที่ผ่านการคำนวณรัศมีของเหรียญชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ทดลองเปลี่ยนการวางเหรียญและประเภทเหรียญ จากนั้นทำตามขั้นตอนข้อ 1-5



รูปที่ 4.27 การวางวัตถุเพื่อทำการทดลองระบุเหรียญครั้งที่ 2

9. ทำตามขั้นตอนข้อ 6-7 จะได้ผลดังนี้

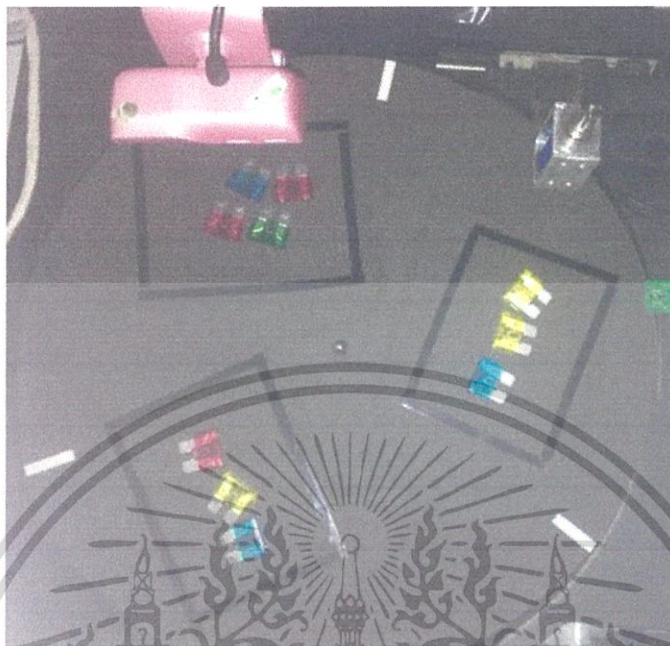


รูปที่ 4.28 ผลการทดลองระบุเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.3 การทดลองระบุค่าฟิวส์รถยนต์

1. ทำการวางฟิวส์รถยนต์ค่า 10A-30A คละกันให้อยู่ในกรอบสีดำ ดังรูป



รูปที่ 4.29 การวางวัตถุในการทดลองระบุค่าฟิวส์รถยนต์

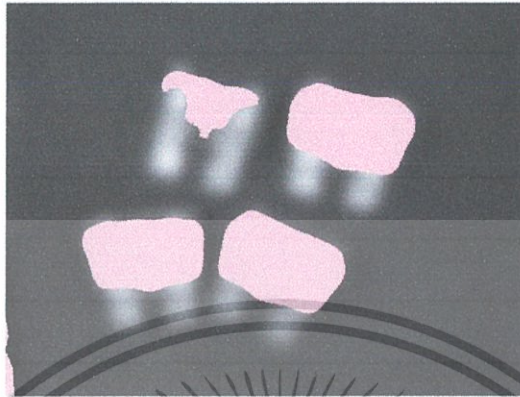
2. เมื่อทำตามขั้นตอนของคู่มือการทดลองข้อ 1 สายพานจะเริ่มหมุน เมื่อเซนเซอร์เจอแถบมาร์คสีขาวสายพานจะหยุดหมุนด้วยเวลา delay time ประมาณ 1 วินาทีและสายพานจะหยุดต่อไปอีก 4 วินาทีเพื่อรอการประมวลผล จากนั้นสายพานจะหมุนต่อ เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ
3. เปิดไฟล์ชื่อ '03\_Define\_Fuses.hdev'
4. กดปุ่ม Run (F5) จนเซนเซอร์ตรวจเจอแถบมาร์คสีขาวจึงกดปุ่ม Stop(F9) และกดปุ่ม Run step เพื่อดูการประมวลผลภาพที่ละขั้นตอน
5. ภาพที่ได้จากคำสั่ง grab\_image\_async (Image, AcqHandle, -1)  
get\_image\_size (Image, Width, Height)  
dev\_open\_window (0, 0, Width, Height, 'black', WH)  
dev\_display (Image)



รูปที่ 4.30 ภาพที่ได้จากคำสั่ง grab image async

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ภาพที่ได้จากคำสั่ง `smooth_image (Image, Image, 'shen', 0.7)`  
`decompose3 (Image, Red, Green, Blue)`  
`trans_from_rgb (Red, Green, Blue, Hue, Saturation, Intensity, 'hsv')`  
`threshold (Saturation, Saturated, 130, 250)`



รูปที่ 4.31 ภาพที่ได้จากคำสั่ง `smooth image, decompose3, trans from rgb, threshold`

7. ภาพที่ได้จากคำสั่งในรูปครั้งแรกเพื่อหาพิกัดสี่เหลี่ยมและแสดงผล
- ```

reduce_domain (Hue, Saturated, HueSaturated)
for Fuse := 0 to |FuseTypes| - 1 by 1
  threshold (HueSaturated, CurrentFuse, HueRanges[Fuse * 2], HueRanges[Fuse *
  2 + 1])
  connection (CurrentFuse, CurrentFuseConn)
  fill_up (CurrentFuseConn, CurrentFuseFill)
  select_shape (CurrentFuseFill, CurrentFuseSel, 'area', 'and', 3500, 99999)
  area_center (CurrentFuseSel, FuseArea, Row1, Column1)
  dev_set_color ('pink')
  for i := 0 to |FuseArea| - 1 by 1
    set_tposition (WH, Row1[i], Column1[i])
    write_string (WH, FuseColors[Fuse] + ' ' + FuseTypes[Fuse] + ' Ampere ')
  endfor
  set_tposition (WH, 24 * (Fuse + 1), 12)
  dev_set_color ('cyan')
  write_string (WH, FuseColors[Fuse] + ': ' + |FuseArea|)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 ผลในการทำคำสั่งในการหาฟิวส์สีเหลือง

8. ผลที่ได้จากคำสั่งเดียวกับข้อ 7 แต่เป็นลูปรอบที่สอง เพื่อหาฟิวส์สีเขียวและแสดงผล



รูปที่ 4.33 ผลในการทำคำสั่งในการหาฟิวส์สีเขียว

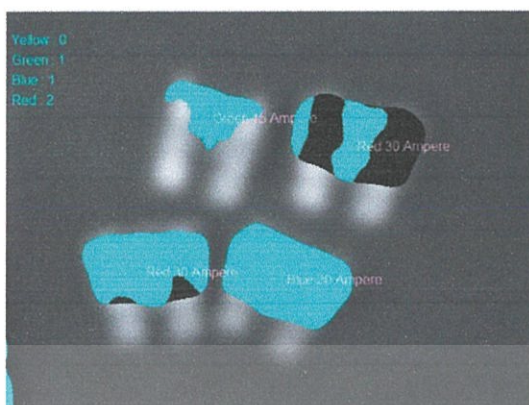
9. ผลที่ได้จากคำสั่งเดียวกับข้อ 7 แต่เป็นลูปรอบที่สาม เพื่อหาฟิวส์น้ำเงินและแสดงผล



รูปที่ 4.34 ผลในการทำคำสั่งในการหาฟิวส์น้ำเงิน

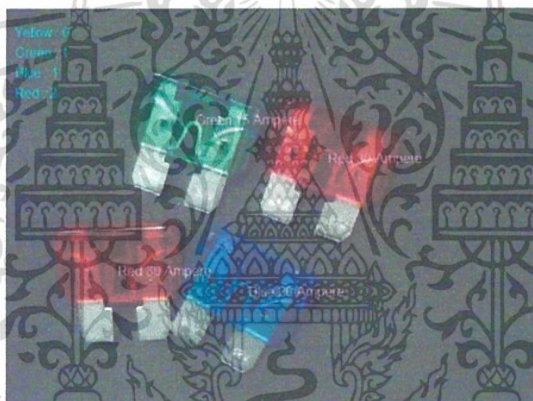
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ผลที่ได้จากคำสั่งเดียวกับข้อ 7 แต่เป็นลูปรอบที่สี่ เพื่อหาฟิวส์สีแดงและแสดงผล



รูปที่ 4.35 ผลในการทำคำสั่งในการหาฟิวส์สีแดง

11. ผลสุดท้ายที่ได้จากคำสั่งทั้งหมดโดยการรันครั้งเดียว (F5) แสดงดังรูป



รูปที่ 4.36 ผลการทดลองในการระบุค่าฟิวส์ครั้งที่ 1

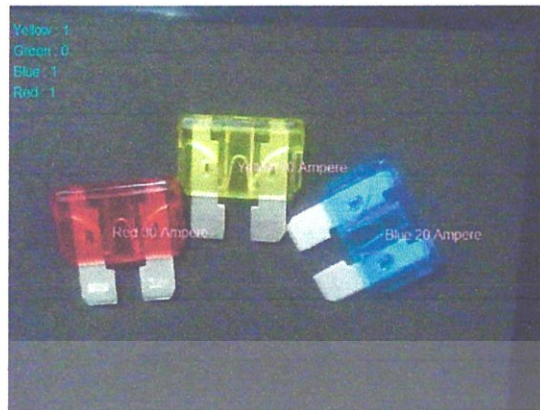
12. ทดลองเปลี่ยนการวางประเภทฟิวส์ แล้วทำซ้ำขั้นตอนข้อ 5-11 จะได้ผลดังรูป



รูปที่ 4.37 ผลการทดลองในการระบุค่าฟิวส์ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ทดลองเปลี่ยนการวางประเภทฟิวส์ แล้วทำซ้ำขั้นตอนข้อ 5-11 จะได้ผลดังรูป



รูปที่ 4.38 ผลการทดลองในการระบุค่าฟิวส์ครั้งที่ 3

14. ทดลองเปลี่ยนตัวแปร คือเพิ่มปริมาณแสง แล้วทำตามขั้นตอนข้อ 5-11 จะได้ผลดังรูปซึ่งมีความคลาดเคลื่อนมาก

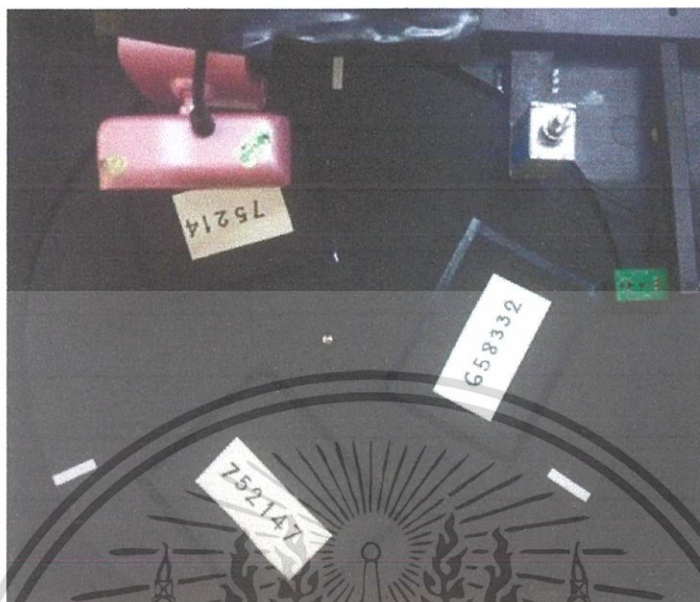


รูปที่ 4.39 ผลการทดลองที่ผิดพลาดหากมีปริมาณแสงที่น้อยหรือมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.4 การทดลองอ่านตัวเลข (OCR)

1. ทำการวางกระดาษสีขาวที่มีตัวเลขสีดำเขียนอยู่ในกรอบสีดำ ดังรูป



รูปที่ 4.40 การวางแผนตัวเลขเพื่อทำการทดลองการอ่านตัวเลข

2. เมื่อทำตามขั้นตอนของคู่มือการทดลองข้อ 1 สายพานจะเริ่มหมุน เมื่อเซนเซอร์เจอแถบมาร์คสีขาวสายพานจะหยุดหมุนด้วยเวลา delay time ประมาณ 1 วินาทีและสายพานจะหยุดต่อไปอีก 4 วินาทีเพื่อรอการประมวลผล จากนั้นสายพานจะหมุนต่อ เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ
3. เปิดไฟล์ชื่อ '04\_OCR.hdev'
4. กดปุ่ม Run (F5) จนเซนเซอร์ตรวจเจอแถบมาร์คสีขาวจึงกดปุ่ม Stop(F9) และกดปุ่ม Run step เพื่อดูการประมวลผลภาพที่ละขั้นตอน
5. ภาพที่ได้จากคำสั่ง `grab_image_async (Image, AcqHandle, -1)`



รูปที่ 4.41 ภาพที่ได้จากคำสั่ง `grab image async`

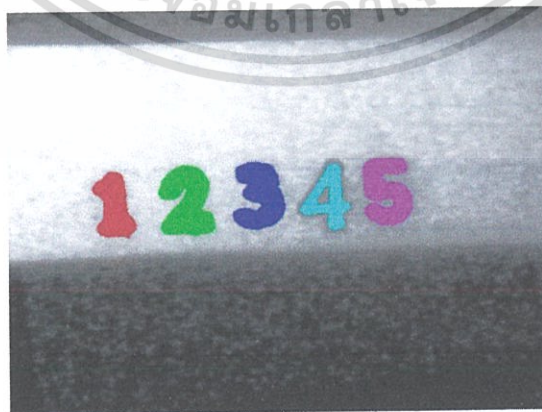
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ภาพที่ได้จากคำสั่ง `smooth_image (Image, Image, 'shen', 0.8)`  
`rgb3_to_gray (Image, Image, Image, Image)`  
`equ_histo_image (Image, Image)`



รูปที่ 4.42 ภาพที่ได้จากคำสั่ง `smooth image, rgb3 to gray, equ histo image`

7. ผลที่ได้จากคำสั่ง `dev_update_window ('off')`  
`get_image_size (Image, Width, Height)`  
`dev_close_window ()`  
`dev_open_window (0, 0, Width, Height, 'black', WindowID)`  
`set_display_font (WindowID, 16, 'mono', 'true', 'false')`  
`dev_display (Image)`  
`create_text_model_reader ('auto', 'Industrial_0-9+_Rej.omc', TextModel)`  
`set_text_model_param (TextModel, 'min_stroke_width', 5)`  
`set_text_model_param (TextModel, 'text_line_structure', '')`  
`find_text (Image, TextModel, TextResultID)`  
`get_text_object (Characters, TextResultID, 'all_lines')`  
`area_center (Characters, Area, Row, Column)`



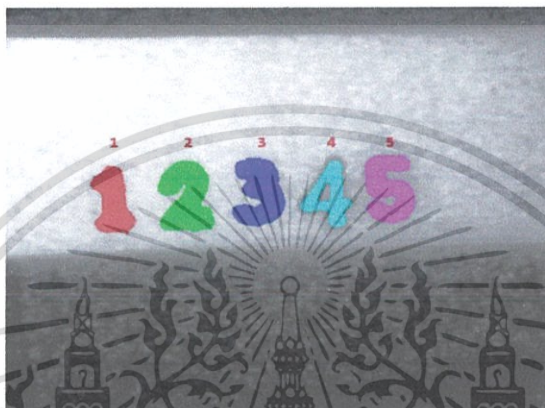
รูปที่ 4.43 ภาพที่ได้จากการใช้คำสั่งต่างๆในการหาตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ผลที่ได้จากคำสั่งต่อไปนี้ แสดงผลการอ่านตัวเลขแสดงด้วยตัวหนังสือสีแดง
- ```

get_text_result (TextResultID,'class',Classes)
for i := 0 to |Classes| - 1 by 1
if(Area[i] >= 800 )
disp_message (WindowID, Classes[i], 'image', Row[0]-80, Column[i] - 3, 'red',
'false')
endif
endfor

```



รูปที่ 4.44 ผลการอ่านตัวเลข

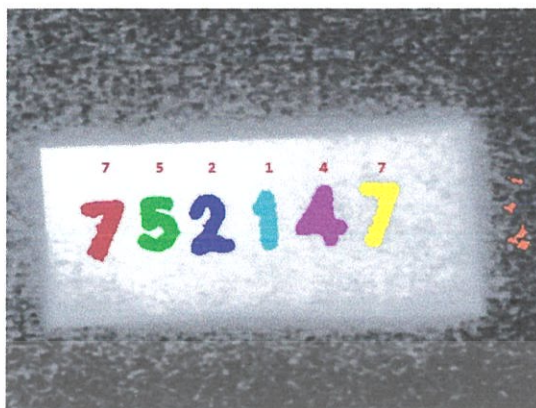
9. ทดลองเปลี่ยนชุดตัวเลข ดังรูป



รูปที่ 4.45 การทดลอง OCR ครั้งที่ 2

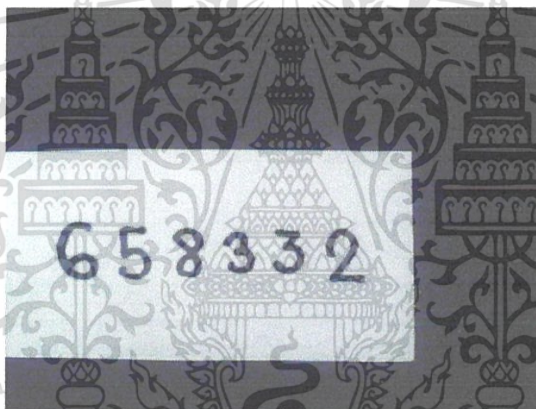
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ทดลองทำซ้ำตามขั้นตอนข้อ 5-8 จะได้ผลดังรูป



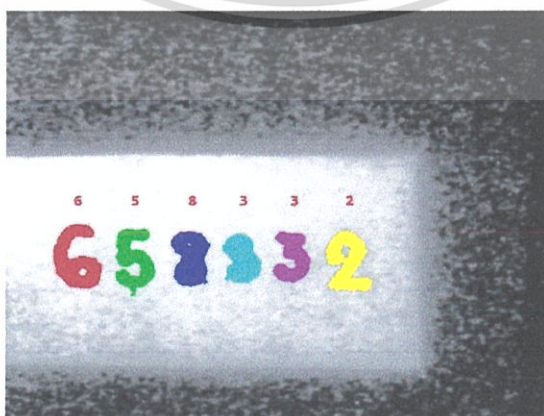
รูปที่ 4.46 ผลของการอ่านตัวเลขการทดลอง OCR ครั้งที่ 2

11. ทดลองเปลี่ยนชุดตัวเลข ดังรูป



รูปที่ 4.47 การทดลองทดลอง OCR ครั้งที่ 3

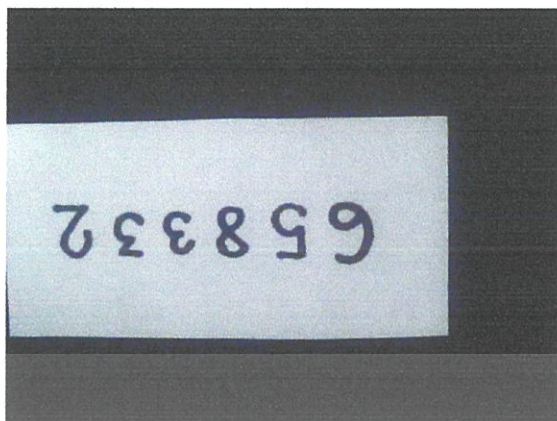
12. ทดลองทำซ้ำตามขั้นตอนข้อ 5-8 จะได้ผลดังรูป



รูปที่ 4.48 ผลของการทดลอง OCR ครั้งที่ 3

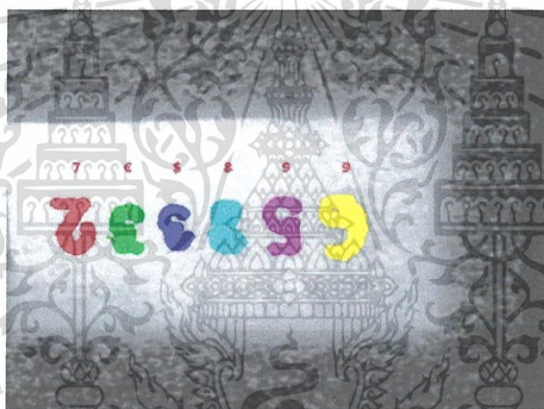
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ทดลองเปลี่ยนชุดการวางให้ตัวเลขกลับทิศ 90 องศา ดังรูป



รูปที่ 4.49 การทดลอง OCR ครั้งที่ 4

14. ทดลองทำซ้ำตามขั้นตอนข้อ 5-8 จะได้ผลดังรูปซึ่งได้ผลไม่ถูกต้อง



รูปที่ 4.50 ผลของการทดลอง OCR ครั้งที่ 4 ซึ่งมีการผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทวิจารณ์และสรุป

#### 5.1 บทสรุป

##### การทดลอง 4.2.1 : นับจำนวนนอต

สามารถนับจำนวนของนอตที่อยู่ในกรอบสีดำได้เมื่อนอตอยู่ในวิสัยของกล้อง ไม่ว่าผู้ทดลองจะวางนอตในลักษณะใดโดยไม่วางติดกัน ในขั้นตอนการประมวลผลภาพ จะต้องทำให้ภาพเบลอเพื่อลดสัญญาณรบกวน ค่า threshold ที่ตั้งไว้ในช่วงค่าสีขาว 170-255 จะแยกนอตออกจากพื้นหลังสีดำได้จากนั้นแยกนอตแต่ละตัวแล้วนับจำนวน พร้อมแสดงผล

ตัวแปรสำคัญที่ต้องควบคุมคือ แสงและเงาของระบบ หากมีแสงสว่างมากหรือน้อยเกินไป ค่า threshold ที่ได้ตั้งค่าไว้จะไม่ตรงกับแสงจริง ซึ่งทำให้ค่าที่นับมากกว่าจำนวนจริงจึงคลาดเคลื่อนไปมาก ซึ่งแก้ปัญหาโดยการควบคุมปริมาณแสงให้คงที่ตลอดการทดลอง และปัญหาที่สำคัญอีกประการคือตำแหน่งในการวางวัตถุ หากวัตถุอยู่ใกล้กันหรือซ้อนทับกันมากจะทำให้โปรแกรมนับวัตถุรวมกันเป็นชิ้นเดียวทำให้ได้จำนวนวัตถุน้อยลง ซึ่งเป็นตัวแปรที่ต้องควบคุมเช่นกัน

##### การทดลอง 4.2.2 : ระบุเหรียญไทย

การระบุเหรียญมีหลักการมาจากการวัดรัศมีของวงกลม และกำหนดขอบเขตว่าเหรียญไทยได้แก่ เหรียญบาท เหรียญสองบาท เหรียญห้าบาท และเหรียญสิบบาท นั้นมีรัศมีประมาณ 68-74.9 , 75-80 , 85-90 , 91-100 ตามลำดับ ใช้อ้างอิงในการทดลอง ซึ่งจะสนใจแค่วัตถุที่เป็นวงกลมโดยการหาจุดศูนย์กลางของวงกลม และขอบวงกลม จากนั้นทำการคำนวณระยะทางด้วยผลต่างของขอบวงกลมและจุดศูนย์กลาง ก็จะสามารถระบุประเภทเหรียญไทยและแสดงผลได้ถูกต้อง

ถ้าระยะห่างกล้องเปลี่ยน มาตรฐานของรัศมีวงกลมที่ใช้อ้างอิงก็จะเปลี่ยน อาจทำให้การแสดงผลคลาดเคลื่อน อีกทั้งแสงต้องคงที่ถ้าแสงมากหรือน้อยเกินไปจะเลือกกระยะขอบวงกลมคลาดเคลื่อนได้

##### การทดลอง 4.2.3 : ระบุค่าพิวส์รถยนต์

การระบุค่าพิวส์รถยนต์ได้ ใช้หลักการแยกสีพิวส์ 10A, 15A, 20A และ 30A มีสีแดง, สีน้ำเงิน, สีเหลือง และสีเขียว ตามลำดับ ใช้หลักการ HSV Color (Hue Saturation Value) ภาพที่ได้จากกล้องโดยปกติจะได้ rgb Color (Red Green Blue) ทำการแยกภาพออกเป็นสามภาพ แล้วแปลงระบบ RGB ไปยัง HSV เนื่องจากต้องการแยกวัตถุที่มีระดับความเข้มสีมาก ออกจากพื้นหลังสีดำ จึงตั้งค่า threshold แยก pixel ที่มีความเข้มสีสูงด้วยช่วง Saturation 130 ขึ้นไป ตามทฤษฎีระบบสี HSV ซึ่งความเข้มสีแปรตามค่า Saturation จึงแยกพิวส์ออกจากพื้นหลังได้

การจะระบุสีของพิวส์ได้ต้องแยกสีแดง, สีน้ำเงิน, สีเหลือง และสีเขียว ออกมาด้วย threshold ช่วงสี Hue ค่าต่างกัน (0-360) ตามทฤษฎีระบบสี HSV เมื่อจะแยกพิวส์สีเหลืองใช้ช่วง 30-64 เมื่อจะแยกพิวส์สีเขียวใช้ช่วง 80-140 เมื่อจะแยกพิวส์สีน้ำเงินใช้ช่วง 141-219 เมื่อจะแยกพิวส์สีแดงใช้ช่วง 220-360 เมื่อระบุสีของพิวส์แต่ละตัวได้จึงแสดงผล ทั้งนี้ตัวแปรที่ต้องควบคุมก็คือแสงของระบบ สังเกตได้ว่าเมื่อแสงเปลี่ยน การระบุสีของพิวส์จะผิดพลาด ตั้งแต่ขั้นตอนการแยกระดับความเข้มสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### การทดลอง 4.2.4 : อ่านตัวเลข (OCR)

การจะอ่านตัวเลขจากกระดาษสีขาวตัวเลขสีดำ ต้องลดสัญญาณรบกวนในภาพด้วยทำให้ภาพเบลอ ทำให้ภาพให้เป็นระดับเทาและปรับช่วงฮิสโทแกรมให้มีค่าระดับเทาเท่าๆกันทุกค่า จึงทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ตัวเลขที่จะอ่าน ทั้งรูปแบบตัวเลขหรือฟอนต์ ความหนาในหน่วยพิกเซลและอ่านทั้งบรรทัด เมื่อเจอตัวเลขที่ตรงตามพารามิเตอร์ที่กำหนด จะเก็บตัวเลขแต่ละตัว และแสดงผลการอ่านตัวเลขด้วยสีแดงด้านบนเลขนั้นๆ

ทั้งนี้อาจเห็นบางส่วนในภาพอาจเป็นจุดหรือชิ้นส่วนที่ไม่ใช่ตัวเลข จึงถมตัวเลขให้มีพื้นที่ภายในตัวเลข และตั้งเงื่อนไขให้แสดงผลเฉพาะพื้นที่ขนาดมากกว่า 800 พิกเซล

ตัวแปรสำคัญที่ต้องควบคุมอันดับแรกคือแสงต้องคงที่เพราะค่าที่จำกัดของพารามิเตอร์ รวมถึงระยะห่างของกล้องไปยังกระดาษ เพราะมาตราส่วนส่งผลต่อค่าความหนาของตัวเลขที่ตั้งไว้ ทั้งนี้การวางกระดาษห้ามวางกลับหัว จะทำให้ผลการอ่านตัวเลขคลาดเคลื่อนทั้งหมด

## 5.2 วิจารณ์สิ่งที่ได้จากโครงการ

จากการปฏิบัติงานโครงการนี้ได้ฝึกฝนการวางแผนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนตั้งแต่การสืบค้นและทำความเข้าใจ รู้จักการนำทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับโครงการ ทบทวนความรู้เก่า ต้องทำงานเป็นทีมกับผู้ร่วมโครงการแบ่งงานตามทีละบุคคลณัด มีการพูดคุยแลกเปลี่ยนกันในกลุ่มและปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อระดมกันแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

## 5.3 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางในการแก้ไข

ปัญหาแรกที่สำคัญคือความไม่ชำนาญในซอฟต์แวร์ Halcon ซึ่งไม่มีในวิชาเรียนด้านทฤษฎี ต้องพยายามทำความเข้าใจซอฟต์แวร์เป็นอย่างมาก อีกทั้งเอกสารที่ค้นคว้าเป็นภาษาอังกฤษทำให้ต้องใช้เวลาในการศึกษาเพิ่มขึ้น เมื่อโปรแกรมที่ทดลองทำไม่ได้ดังผลที่หวังไว้ จึงลองผิดลองถูกจนได้ค่าที่ใกล้เคียง และปัญหาซอฟต์แวร์ของ microcontroller มีการประยุกต์ใช้กับมอเตอร์จึงต้องพยายามประยุกต์เพื่อควบคุมมอเตอร์ให้ได้ซึ่งต้องรับคำสั่งสัญญาณคำสั่งจากซอฟต์แวร์ Halcon จึงต้องศึกษาหาข้อมูลและลองผิดลองถูกเช่นเดียวกัน การตั้งค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่างๆในซอฟต์แวร์ ต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยของระบบที่ทำการทดลอง เช่น ขนาดวัตถุ ระยะห่างกล้อง การวางวัตถุ สี แสง ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม แต่ข้อสำคัญคือต้องทำให้ตัวแปรเหล่านี้คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

1. [http://www.semi-shop.com/knowledge/knowledge\\_detail.php?sk\\_id=102](http://www.semi-shop.com/knowledge/knowledge_detail.php?sk_id=102)
2. <http://www.circuitstoday.com/h-bridge-motor-control-circuit-using-l298>
3. <http://www.circuitstoday.com/h-bridge-motor-driver-circuit>
4. <http://library.tru.ac.th/images/academic/book/b48424/08chap03.pdf>
5. คู่มือการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น ET-EASY168 STAMP
6. Halcon the Power of Machine Vision Extension Package Programmer's Manual (MVTec)
7. <http://kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-09.html>
8. <http://kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-08.html>
9. <http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum/index.php?topic=689.0>
10. <http://www.bloggang.com/viewdiary.php?id=electronic-circuit&month=03-2011&date=04&group=1&gblog=197>
11. <http://arduino.cc/en/Serial/read>
12. <http://arduino.cc/en/Serial/write>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Halcon code

### 1. Count Nuts

\*Image Acquisition

```
open_framegrabber ('DirectShow', 1, 1, 0, 0, 0, 0, 'default', 8, 'rgb', -1, 'false', 'default',
'[1] UVC USB2.0 PC Camera', 0, -1, AcqHandle)
```

```
grab_image_start (AcqHandle, -1)
```

\*Open Serial

```
open_serial ('COM3', SerialHandle)
```

```
set_serial_param (SerialHandle, 9600, 8, 'none', 'none', 1, 200, 200)
```

```
set_display_font (3600, 48, 'mono', 'true', 'false')
```

```
write_serial (SerialHandle, 100)
```

\*Read Serial

```
while (true)
```

```
read_serial (SerialHandle, 1, Data)
```

```
*disp_text_button (3600, Data, 'window', 50, 50, 'red', 'cyan')
```

```
clear_serial (SerialHandle, 'input')
```

\*Start Image Processing

```
if (Data = 0)
```

```
wait_seconds(0.8)
```

```
grab_image_async (Image, AcqHandle, -1)
```

```
dev_update_window ('off')
```

```
dev_close_window ()
```

```
get_image_size (Image, Width, Height)
```

```
dev_open_window (0, 0, Width, Height, 'black', WH)
```

```
dev_display (Image)
```

```
rgb3_to_gray (Image, Image, Image, Image)
```

```
smooth_image (Image, ImageSmooth, 'shen', 0.2)
```

```
threshold (ImageSmooth, Region, 170, 255)
```

```
select_shape (Region, SelectedRegions, 'area', 'and', 400, 99999)
```

```
connection (SelectedRegions, ConnectionRegion)
```

```
fill_up (ConnectionRegion, RegionFillUp)
```

```
area_center (RegionFillUp, Area, Row, Column)
```

```
count_obj (ConnectionRegion, Number )
```

\* Display

```
set_display_font (3600, 40, 'mono', 'true', 'false')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
disp_text_button (WH, 'Amount : ' + Number, 'window', 10, 10, 'black', 'blue')
dev_set_color ('red')
```

```
for order := 0 to |Area|-1 by 1
    set_tposition (WH, Row[order], Column[order])
    write_string (WH,order+1 )
endfor
```

\*Sent Serialdata to Arduino

```
* disp_text_button (3600, Data, 'window', 50, 50, 'red', 'yellow')
* disp_text_button (3600, Number, 'image', 150, 50, 'red', 'yellow')
clear_serial (SerialHandle, 'input')
wait_seconds(1)
write_serial (SerialHandle, 100)
endif
endwhile
close_framegrabber (AcqHandle)
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. Define Coil

\*Image Acquisition

```
open_framegrabber ('DirectShow', 1, 1, 0, 0, 0, 'default', 8, 'rgb', -1, 'false', 'default',
'[1] UVC USB2.0 PC Camera', 0, -1, AcqHandle)
grab_image_start (AcqHandle, -1)
```

\*\*Open Serial

```
open_serial ('COM3', SerialHandle)
set_serial_param (SerialHandle, 9600, 8, 'none', 'none', 1, 200, 200)
set_display_font (3600, 48, 'mono', 'true', 'false')
write_serial (SerialHandle, 100)
while (true)
```

```
    read_serial (SerialHandle, 1, Data)
```

```
    clear_serial (SerialHandle, 'input')
```

```
if (Data = 0)
```

```
    wait_seconds(0.8)
```

```
    grab_image_async (Image, AcqHandle, -1)
```

\*Open Window

```
dev_close_window ()
```

```
get_image_size (Image, Width, Height)
```

```
dev_open_window (0, 0, Width, Height, 'black', WindowID)
```

```
dev_display (Image)
```

```
set_display_font (WindowID, 16, 'mono', 'true', 'false')
```

\*Detect Circularity

```
edges_sub_pix (Image, Edges, 'canny', 5, 20, 40)
```

```
select_shape_xld (Edges, Holes, 'circularity', 'and', 0.5, 1)
```

```
sort_contours_xld (Holes, Holes, 'upper_left', 'true', 'row')
```

\*Find Midpoints

```
smallest_circle_xld (Holes, Row, Column, Radius)
```

```
count_obj (Holes, Number)
```

\*Compute Distance and Display

```
dev_set_color ('red')
```

```
for i:= 1 to Number by 1
```

```
    select_obj (Holes, Hole, i)
```

```
    dev_display (Image)
```

```
    dev_display (Hole)
```

```
    distance_pc (Hole, Row[i - 1], Column[i - 1], DistanceMin, DistanceMax)
```

```
if (68 <= DistanceMin and DistanceMin <= 74.9)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

disp_message (WindowID, DistanceMin, 'window', Row[i-1], Column[i-1], 'black',
'true')
disp_message (WindowID, '1B', 'window', Row[i-1]+40, Column[i-1], 'blue', 'true')
elseif(75 <= DistanceMin and DistanceMin <= 80)
disp_message (WindowID, DistanceMin, 'window', Row[i-1], Column[i-1], 'black',
'true')
disp_message (WindowID, '2B', 'window', Row[i-1]+40, Column[i-1], 'black', 'true')
elseif(85 <= DistanceMin and DistanceMin<= 90)
disp_message (WindowID, DistanceMin, 'window', Row[i-1], Column[i-1], 'black',
'true')
disp_message (WindowID, '5B', 'window', Row[i-1]+40, Column[i-1], 'black', 'true')
elseif(91 <= DistanceMin and DistanceMin<= 100)

disp_message (WindowID, DistanceMin, 'window', Row[i-1], Column[i-1], 'black',
'true')
disp_message (WindowID,'10B', 'window', Row[i-1]+40, Column[i-1], 'black', 'true')
else
disp_message (WindowID, DistanceMin, 'window', Row[i-1], Column[i-1], 'black',
'true')
disp_message (WindowID,'Unknow', 'window', Row[i-1]+40, Column[i-1], 'black',
'true')
endif
wait_seconds(0.5)
endfor
clear_serial (SerialHandle, 'input')
wait_seconds(1)
write_serial (SerialHandle, 100)
endif

endwhile

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. Define fuse

\*Image Acquisition

```
open_framegrabber ('DirectShow', 1, 1, 0, 0, 0, 'default', 8, 'rgb', -1, 'false', 'default',
'[1] UVC USB2.0 PC Camera', 0, -1, AcqHandle)
grab_image_start (AcqHandle, -1)
```

```
open_serial ('COM3', SerialHandle)
set_serial_param (SerialHandle, 9600, 8, 'none', 'none', 1, 200, 200)
set_display_font (3600, 48, 'mono', 'true', 'false')
write_serial (SerialHandle, 100)
```

```
FuseColors := ['Yellow', 'Green', 'Blue', 'Red']
FuseTypes := [10,15,20,30]
* HueRanges: Yellow 30-64, Green 80-140,Blue 141-219,Red 220-360
HueRanges := [30,64, 80,140, 141,219, 220,360]
Count := 0
while (true)
    read_serial (SerialHandle, 1, Data)
    clear_serial (SerialHandle, 'input')
if (Data = 0)
    wait_seconds(0.8)
    grab_image_async (Image, AcqHandle, -1)
dev_update_window ('off')
dev_close_window ()
dev_open_window (0, 0, 640*1.3, 480*1.3, 'black', WH)
dev_display (Image)
    smooth_image (Image, Image, 'deriche2', 1)
    decompose3 (Image, Red, Green, Blue)
    trans_from_rgb (Red, Green, Blue, Hue, Saturation, Intensity, 'hsv')
    threshold (Saturation, Saturated, 100, 250)
    reduce_domain (Hue, Saturated, HueSaturated)
    for Fuse := 0 to |FuseTypes| - 1 by 1
        threshold (HueSaturated, CurrentFuse, HueRanges[Fuse * 2], HueRanges[Fuse *
2 + 1])
        connection (CurrentFuse, CurrentFuseConn)
        fill_up (CurrentFuseConn, CurrentFuseFill)
        select_shape (CurrentFuseFill, CurrentFuseSel, 'area', 'and', 3500, 99999)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

area_center (CurrentFuseSel, FuseArea, Row1, Column1)
dev_set_color ('black')
for i := 0 to |FuseArea| - 1 by 1
    set_tposition (WH, Row1[i], Column1[i])
    write_string (WH, FuseColors[Fuse] + ' ' + FuseTypes[Fuse] + ' Ampere')
endfor

set_tposition (WH, 24 * (Fuse + 1), 12)
dev_set_color ('cyan')
write_string (WH, FuseColors[Fuse] + ' : ' + |FuseArea|)
endfor
endif

dev_update_window ('on')
endwhile
close_framegrabber (AcqHandle)

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. OCR

\* Image Acquisition

```
open_framegrabber ('DirectShow', 1, 1, 0, 0, 0, 0, 'default', 8, 'rgb', -1, 'false',
'default','[0] USB2.0 PC CAMERA', 0, -1, AcqHandle)
```

```
grab_image_start (AcqHandle, -1)
```

```
while (true)
```

```
    grab_image_async (Image, AcqHandle, -1)
```

```
    rgb3_to_gray (Image, Image, Image, Bottle1)
```

```
    equ_histo_image (Bottle1, Bottle)
```

```
    FontName := 'Industrial_0-9_NoRej'
```

```
    dev_update_window ('off')
```

```
    get_image_size (Bottle, Width, Height)
```

```
    Width := Width/2
```

```
    Height := Height/2
```

```
dev_close_window ()
```

```
dev_open_window (0, 0, 2 * Width, 2 * Height, 'black', WindowID)
```

```
set_display_font (WindowID, 16, 'mono', 'true', 'false')
```

```
dev_display (Bottle)
```

```
disp_continue_message (WindowID, 'black', 'true')
```

```
create_text_model_reader ('auto', 'Document_0-9A-Z_Rej.omc', TextModel)
```

```
set_text_model_param (TextModel, 'min_stroke_width', 8)
```

```
set_text_model_param (TextModel, 'text_line_structure', '')
```

```
find_text (Bottle, TextModel, TextResultID)
```

```
get_text_object (Characters, TextResultID, 'all_lines')
```

```
dev_display (Bottle)
```

```
dev_display (Characters)
```

```
get_text_result (TextResultID, 'class', Classes)
```

```
area_center (Characters, Area, Row, Column)
```

```
for Index := 0 to |Classes| - 1 by 1
```

```
    disp_message (WindowID, Classes[Index], 'image', 80, Column[Index] - 3, 'green',
'false')
```

```
endfor
```

```
endwhile
```

```
close_framegrabber (AcqHandle)
```

```
clear_text_result (TextResultID)
```

```
clear_text_model (TextModel)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Arduino

```

const int sensorPin=0;
const int sol=2;
int sensorValue;
int led =13;
const int in1Pin = 6;
const int in2Pin = 7;
unsigned int serialdata ;
int i;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(in1Pin, OUTPUT);
  pinMode(in2Pin, OUTPUT);
  pinMode(sol, OUTPUT);
  pinMode(led,OUTPUT);
  pinMode(sensorPin,INPUT);
  pwmSetup();
}
void loop()
{
  int Duty = 128;//type in the voltage you want. Refer to guide on limiting comonents
  sensorValue=digitalRead(sensorPin);
  serialdata = Serial.read();
  while( serialdata /=100)
  {
    digitalWrite(led,LOW);
    analogWrite(in1Pin,128);
    analogWrite(in2Pin,0);
    digitalWrite(sol, LOW);
  }
  if ( sensorValue==HIGH & serialdata == 100)
  {
    digitalWrite(led,LOW);
    analogWrite(in1Pin,128);
    analogWrite(in2Pin,0);
    digitalWrite(sol, LOW);
    Serial.write(sensorValue);
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
if ( sensorValue==LOW)
{
  delay(500);
  digitalWrite(led,HIGH);
  digitalWrite(in1Pin,LOW);
  digitalWrite(in2Pin,LOW);
  digitalWrite(sol,HIGH);
  Serial.write(sensorValue);
  delay(5000);
}
}

void pwmSetup(){//just run once at setup
  TCCR2A = _BV(COM2A1) | _BV(COM2B1) | _BV(WGM20); //phase correct pwm
31250hz
  TCCR2B = _BV(CS20); //change this as datasheet says to mainly get different pwm
frequencies
  OCR2A = 0;
  OCR2B = 0;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 1N4001 THRU 1N4007

## PLASTIC SILICON RECTIFIER

VOLTAGE - 50 to 1000 Volts CURRENT - 1.0 Ampere

### FEATURES

- Low forward voltage drop
- High current capability
- High reliability
- High surge current capability
- Exceeds environmental standards of MIL-S-19500/228

### MECHANICAL DATA

Case: Molded plastic, DO-41

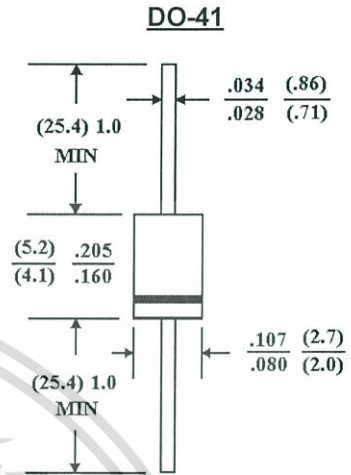
Epoxy: UL 94V-O rate flame retardant

Lead: Axial leads, solderable per MIL-STD-202, method 208 guaranteed

Polarity: Color band denotes cathode end

Mounting Position: Any

Weight: 0.012 ounce, 0.3 gram



Dimensions in inches and (millimeters)

### MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Ratings at 25 ° ambient temperature unless otherwise specified.

Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.

For capacitive load, derate current by 20%.

	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	35	75	140	280	420	560	700	V
Maximum DC Blocking Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward Rectified Current .375"(9.5mm) Lead Length at T <sub>A</sub> =75 °	1.0							A
Peak Forward Surge Current 8.3ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)	30							A
Maximum Forward Voltage at 1.0A DC and 25 °	1.1							V
Maximum Full Load Reverse Current Full Cycle Average at 75 ° Ambient	30							° A
Maximum Reverse Current at T <sub>A</sub> =25 °	5.0							° A
At Rated DC Blocking Voltage T <sub>A</sub> =100 °	500							° A
Typical Junction capacitance (Note 1)	15							pF
Typical Thermal Resistance (Note 2) R <sub>°</sub> JA	50							°/W
Typical Thermal resistance (NOTE 2) R <sub>°</sub> JL	25							°/W
Operating and Storage Temperature Range T <sub>J</sub> , T <sub>STG</sub>	-55 to +150							°

### NOTES:

1. Measured at 1 MHz and applied reverse voltage of 4.0 VDC.
2. Thermal Resistance Junction to Ambient and from junction to lead at 0.375"(9.5mm) lead length P.C.B mounted.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ดัดแปลงแก้ไข, ห้ามทำซ้ำ, ห้ามเผยแพร่, ห้ามแจกจ่าย, ห้ามนำออกนอกสถานที่ที่มีการนำไปใช้

RATING AND CHARACTERISTIC CURVES

1N4001 THRU 1N4007

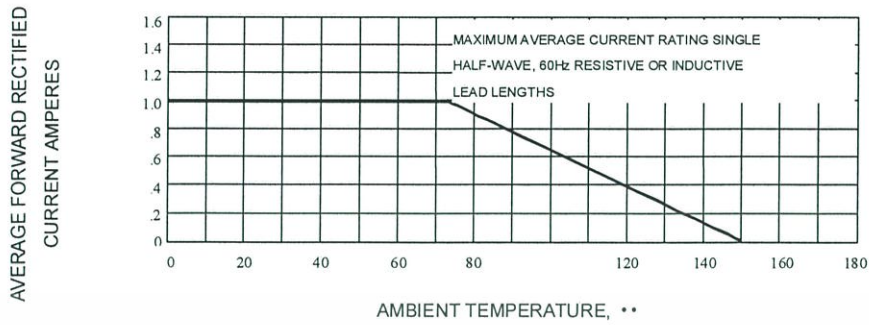


Fig. 1-TYPICAL FORWARD CURRENT DERATING CURVE

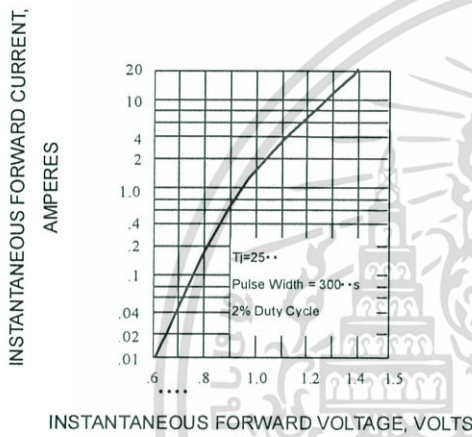


Fig. 2-TYPICAL FORWARD CHARACTERISTICS

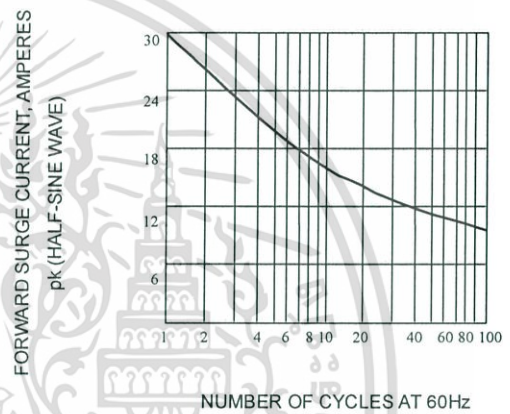


Fig. 3-MAXIMUM NON-REPETITIVE FORWARD SURGE CURRENT

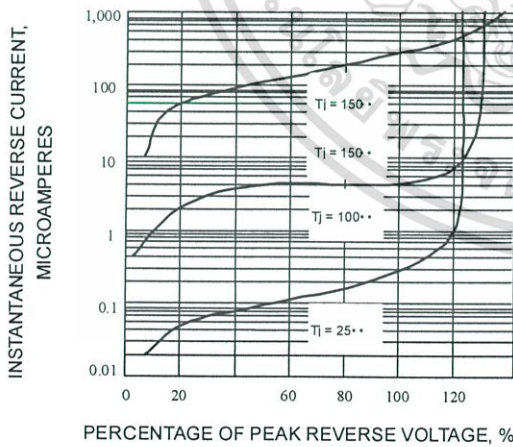


Fig. 4-TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS

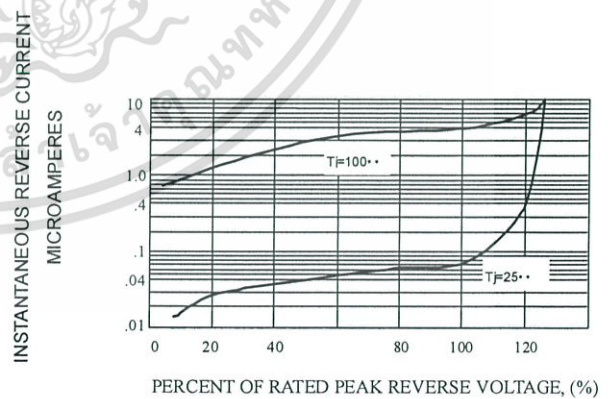


Fig. 5-TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS

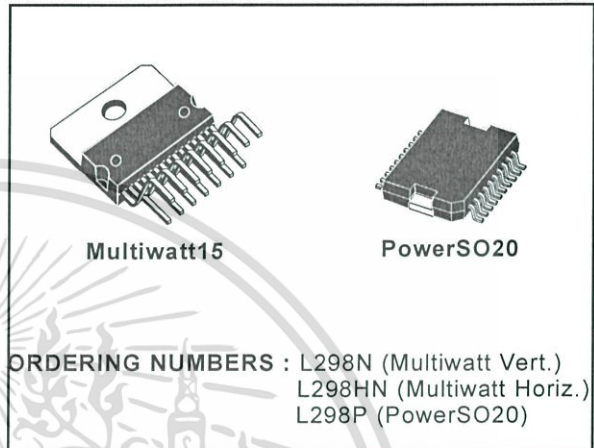
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามนำไปดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

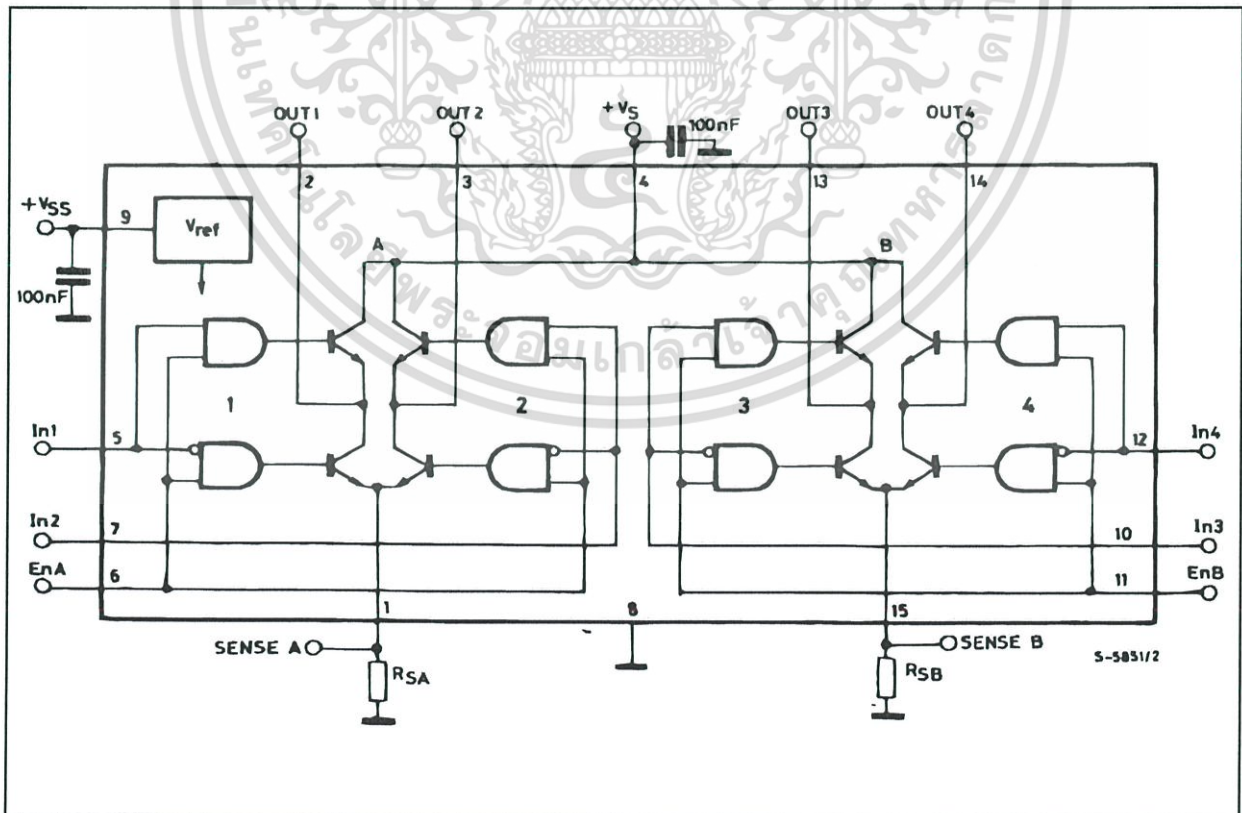
### DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

### BLOCK DIAGRAM



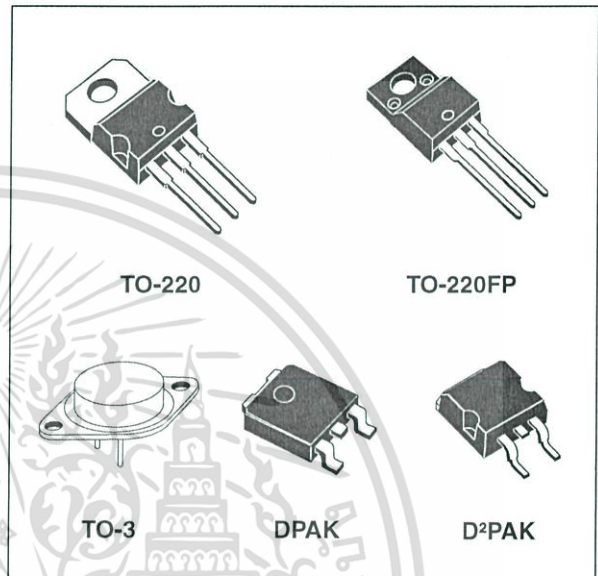
## Positive voltage regulators

### Features

- Output current up to 1.5 A
- Output voltages of 5; 6; 8; 8.5; 9; 12; 15; 18; 24 V
- Thermal overload protection
- Short circuit protection
- Output transition SOA protection
- 2 % output voltage tolerance (A version)
- Guaranteed in extended temperature range (A version)

### Description

The L78xx series of three-terminal positive regulators is available in TO-220, TO-220FP, TO-3, D<sup>2</sup>PAK and DPAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1 A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltage and currents.



**Table 1. Device summary**

Part numbers			
L7805	L7806AC	L7809AB	L7815AB
L7805C	L7808C	L7809AC	L7815AC
L7805AB	L7808AB	L7812C	L7818C
L7805AC	L7808AC	L7812AB	L7824C
L7806C	L7885C	L7812AC	L7824AB
L7806AB	L7809C	L7815C	L7824AC

# BC337, BC337-25, BC337-40



## Amplifier Transistors

### NPN Silicon

ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

#### Features

- These are Pb-Free Devices

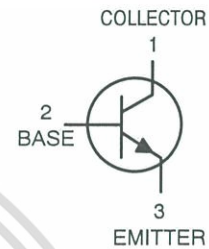
#### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector – Emitter Voltage	$V_{CEO}$	45	Vdc
Collector – Base Voltage	$V_{CBO}$	50	Vdc
Emitter – Base Voltage	$V_{EBO}$	5.0	Vdc
Collector Current – Continuous	$I_C$	800	mA <sub>dc</sub>
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	625 5.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	1.5 12	W mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

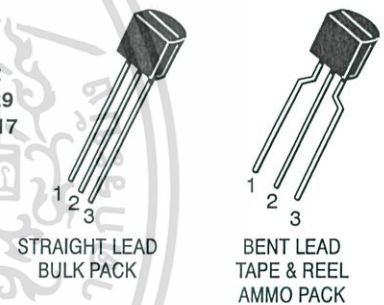
#### THERMAL CHARACTERISTICS

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

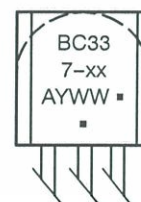
Stresses exceeding those listed in the Maximum Ratings table may damage the device. If any of these limits are exceeded, device functionality should not be assumed, damage may occur and reliability may be affected.



TO-92  
CASE 29  
STYLE 17



#### MARKING DIAGRAM



BC337-xx = Device Code  
(Refer to page 4)

A = Assembly Location

Y = Year

WW = Work Week

▪ = Pb-Free Package

(Note: Microdot may be in either location)

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

#### ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 4 of this data sheet.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า