

หุ่นตาวิเศษ

MAGIC-EYED ROBOT



โดย

นายบัญญัติ

พานิช

นายไพรัตน์

ปะตาทะโก

นางสาวสุปราณี

อูระดา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. ยุทธนา คัดใจเดียว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 50374

วัน,เดือน,ปี 13 พ.ค. 2547

ปีการศึกษา 2545

Library classification box containing .b..... and .l.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่สามารถนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หุ่นยนต์ตัวพิเศษ

ผู้จัดทำ

1. นายบัญญัติ พานิช
2. นายไพรัตน์ ปะทาศะโก
3. นางสาวสุปราณี อูระดา



ลงชื่อ

(อาจารย์ยุทธนา กิจใจเดียว)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หุ่นยนต์ดาวพิเศษ

นายบัญญัติ พานิช  
 นายไพรัตน์ ปะทาตะโก  
 นางสาวสุปราณี อูระดา  
 ดร. ยุทธนา กิจใจเดียว (อาจารย์ที่ปรึกษา)  
 ปีการศึกษา 2545

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ที่มีความสามารถวัดระยะห่างระหว่างตัวหุ่นยนต์กับวัตถุที่สนใจได้ โดยควบคุมการทำงานผ่านคอมพิวเตอร์ด้วยการสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม และใช้โปรแกรมประมวลผลภาพเพื่อให้กล้องบนหุ่นยนต์ทั้ง 2 ตัวจับภาพได้ที่จุดโฟกัสตรงกัน เมื่อทราบค่ามุมในแนวระนาบของกล้องทั้ง 2 ตัว และระยะห่างระหว่างกล้องแล้ว นำค่าตัวแปรทั้ง 3 ไปคำนวณในสูตรตรีโกณมิติเพื่อให้ได้ระยะทางของวัตถุในที่สุด จากการทดลองที่ระยะห่าง 30 ถึง 70 เซนติเมตร มีความผิดพลาดตั้งแต่ 16 ถึง 34 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## MAGIC-EYED ROBOT

Banyat Panich (ID 42010177)

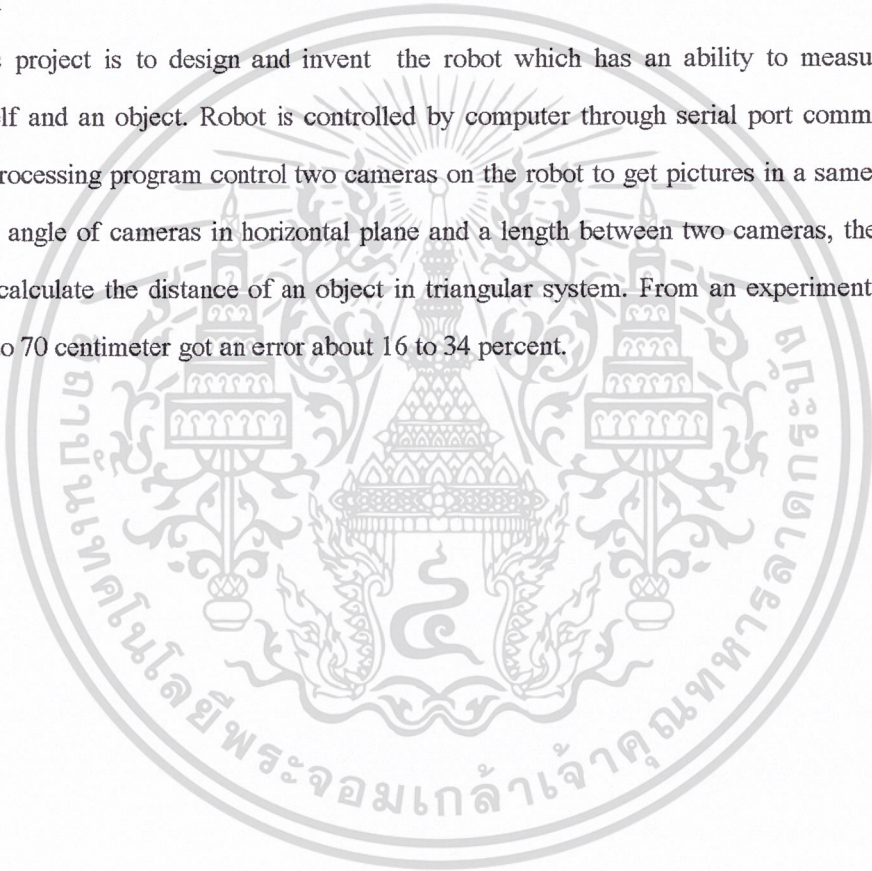
Pairat Patatako (ID 42010249)

Supranee Urada (ID 42010703)

Dr. Yutthana Kidjaideaw (Advisor)

### ABSTRACT

This project is to design and invent the robot which has an ability to measure a distance between itself and an object. Robot is controlled by computer through serial port communication and use Image processing program control two cameras on the robot to get pictures in a same focus. When we know an angle of cameras in horizontal plane and a length between two cameras, these parameter are used to calculate the distance of an object in triangular system. From an experiment at the length between 30 to 70 centimeter got an error about 16 to 34 percent.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VII

## บทที่ 1 บทนำ

1.1	วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.2	โครงสร้างพื้นฐานการทำงานของหุ่นตาพิเศษ	1
1.3	ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์	2
1.4	โครงสร้างของปริญญาานิพนธ์	3

## บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1	ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 (MCS-51)	
2.1.1	รายละเอียดคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	4
2.2	การสื่อสารแบบอนุกรม	
2.2.1	รูปแบบของการสื่อสารแบบอนุกรม	6
2.2.2	มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232	6
2.2.3	คอนเนกเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ	7
2.3	มอเตอร์กระแสตรง	9
2.4	เซอร์โวมอเตอร์	
2.4.1	รายละเอียดเกี่ยวกับเซอร์โวมอเตอร์	9
2.4.2	การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์	10
2.5	การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข(Digital Image Processing)	
2.5.1	การทำเทรชโฮลด์(Threshold technique)	12
2.5.1.1	รูปแบบในการทำเทรชโฮลด์	13
2.5.1.2	วิธีการหาค่าเทรชโฮลด์	15
2.5.2	การกำจัดสัญญาณรบกวน(Noise reduction)	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 2.5.2.1 การกรองแบบหาค่าเฉลี่ย(Average filtering) ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านใดก็ตาม  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3	โมเดลสีแบบ RGB	18
2.6	การหาระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับวัตถุ	20
<b>บทที่ 3 การออกแบบ</b>		
3.1	การออกแบบในส่วนฮาร์ดแวร์	
3.1.1	วงจรไฟเลี้ยงแรงดันคงที่ 5 โวลต์	22
3.1.2	วงจรไฟเลี้ยงแรงดันคงที่ 9 โวลต์	22
3.1.3	ไมโครคอนโทรลเลอร์	23
3.1.4	วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง	24
3.1.5	วงจรควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	25
3.1.6	วงจรการสื่อสารแบบอนุกรม	26
3.1.7	วงจรกลับแรงดันไฟตรงจากค่าบวกเป็นลบ	26
3.1.8	วงจรส่งผ่านสัญญาณกล้องเข้าสู่คอมพิวเตอร์	27
3.2	การออกแบบในส่วนซอฟต์แวร์	
3.2.1	ซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานของวงจรต่างๆ ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51	28
3.2.2	ซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพ	31
3.2.3	ซอฟต์แวร์การควบคุมการเคลื่อนที่ในส่วนต่างๆ หุ่น	32
3.2.4	การออกแบบหน้าต่างติดต่อกับผู้ใช้	35
<b>บทที่ 4 การทดลองและสรุปผลการทดลอง</b>		
4.1	วิธีการทดลอง	37
4.2	ผลการทดลอง	40
<b>บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์</b>		
5.1	ปัญหาที่เกิดขึ้นกับโครงการ	46
5.2	แนวทางแก้ไขปัญหา	47
5.3	สาเหตุความผิดพลาดของผลการทดสอบ	47
5.4	สรุป	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงขาสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ (89C51)	5
รูปที่ 2.2 การเชื่อมต่อภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ	7
รูปที่ 2.3 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 โดยแบ่งตามชนิด DB-9 และ DB-25 ตามลำดับ	7
รูปที่ 2.4 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของพอร์ตอนุกรม	8
รูปที่ 2.5 วงจรขับมอเตอร์โดยใช้ทรานซิสเตอร์	9
รูปที่ 2.6 สัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้กับเซอร์โวมอเตอร์	10
รูปที่ 2.7 การแทนสัญญาณอนาลอกด้วยสัญญาณเชิงตัวเลข	11
รูปที่ 2.8 ฮีสโตแกรมระดับความเข้มของภาพที่มีความเหมาะสมสำหรับการทำเทรซโฮลด์แบบครอบคลุม	13
รูปที่ 2.9 ฮีสโตแกรมระดับความเข้มของภาพที่เหมาะสมสำหรับการทำเทรซโฮลด์แบบปรับค่า	14
รูปที่ 2.10 การแบ่งภาพออกเป็นภาพย่อยๆ และหาค่าเทรซโฮลด์ในแต่ละภาพย่อย	15
รูปที่ 2.11 แนวความคิดในการคำนวณค่าเทรซโฮลด์โดยวิธีพิจารณาจากฮีสโตแกรม	16
รูปที่ 2.12 หน้าต่างขนาด 3x3 ที่บรรจุค่าคงที่ไว้	18
รูปที่ 2.13 แสดงรูปลูกบาศก์สีของโมเดลแบบ RGB	19
รูปที่ 2.14 (ก) สามเหลี่ยมตรีโกณมิติที่เกิดขึ้นจากการโฟกัสตรงกัน (ข) การโฟกัสของกล้องทั้ง 2 ตัว	20
รูปที่ 3.1 วงจรไฟเลี้ยงแรงดันคงที่ 5 โวลต์	22
รูปที่ 3.2 วงจรไฟเลี้ยงแรงดันคงที่ 9 โวลต์	22
รูปที่ 3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์(MCS-51) ที่ใช้ควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์	23
รูปที่ 3.4 วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง(DC-motor)	24
รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	25
รูปที่ 3.6 วงจรการสื่อสารแบบอนุกรม	26
รูปที่ 3.7 วงจรกลับแรงดันไฟตรงจากบวกเป็นลบ(DC Voltage Converter)	26
รูปที่ 3.8 วงจรส่งผ่านสัญญาณกล้องเข้าสู่คอมพิวเตอร์	27
รูปที่ 3.9 Flow Chart แสดงการทำงานของโปรแกรมใน AT89C51	20
รูปที่ 3.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมใน AT89C2051	30
รูปที่ 3.11 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการประมวลผลภาพเพื่อหาตำแหน่งของวัตถุ	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมหุ่น	32
รูปที่ 3.12 แสดงบล็อกไดอะแกรมของฟังก์ชันหาโพกัสของกล้อง 1	33
รูปที่ 3.13 แสดงบล็อกไดอะแกรมของฟังก์ชันหาโพกัสของกล้อง 2	34
รูปที่ 3.14 แสดงหน้าต่างติดต่อกับผู้ใช้แท็บ Manual Control	35
รูปที่ 3.15 แสดงหน้าต่างติดต่อกับผู้ใช้แท็บ Image Processing	36
รูปที่ 4.1 แสดงกราฟความผิดพลาดที่ได้จากการวัดระยะทางที่ค่าต่าง ๆ	45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงหน้าที่ของขา port 3 ของ 8051	5
ตารางที่ 3.1 แสดงการควบคุมล้อในการเคลื่อนที่แบบต่างๆ	24
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบการวัดระยะห่างระหว่างวัตถุกับหุ่นที่ระยะจริง 30 ซม.	40
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบการวัดระยะห่างระหว่างวัตถุกับหุ่นที่ระยะจริง 40 ซม.	41
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบการวัดระยะห่างระหว่างวัตถุกับหุ่นที่ระยะจริง 50 ซม.	42
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบการวัดระยะห่างระหว่างวัตถุกับหุ่นที่ระยะจริง 60 ซม.	43
ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบการวัดระยะห่างระหว่างวัตถุกับหุ่นที่ระยะจริง 70 ซม.	44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

ในปัจจุบันนี้หุ่นยนต์ที่สามารถปฏิบัติงานได้อย่างอัตโนมัติ ได้เริ่มเข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวัน ทั้งในด้านการอำนวยความสะดวกต่าง ๆ และมีประโยชน์อย่างมากในด้านอุตสาหกรรมโดยหุ่นยนต์ทั่ว ๆ ไปจะทำงานได้ก็ต้องมีผู้เขียนโปรแกรมทำงานให้ เมื่อเราต้องการศึกษาและทดลองเกี่ยวกับหุ่นยนต์เราก็จำเป็นต้องมีความรู้ในด้านการเขียนโปรแกรม เพื่อเขียนกำหนดให้หุ่นยนต์ทำงานได้

การที่หุ่นยนต์จะทำงานได้นั้นก็จะต้องรับข้อมูลจากภายนอก เช่น เสียง อุณหภูมิ ความชื้น ภาพ มาประมวลผลเพื่อให้ทำงานได้ตรงตามแต่ละเหตุการณ์ที่เราทำการ โปรแกรมไว้ ซึ่งในโครงงานนี้มีการรับภาพจากกล้องมา 2 กล้อง แล้วทำการประมวลผลภาพเพื่อหาตำแหน่งของวัตถุ โดยใช้กระบวนการหนึ่งซึ่งเรียกว่า ดิจิตอลอิมเมจโปรเซสซิ่ง

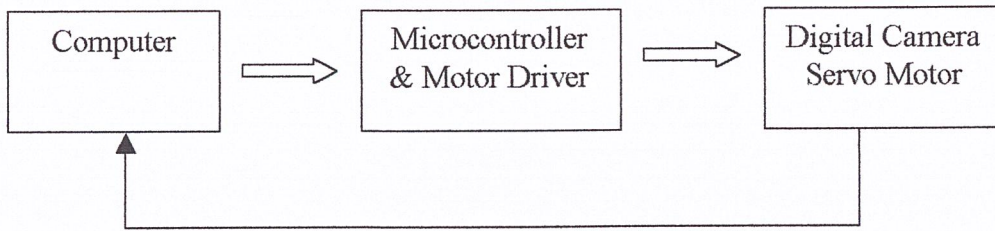
ดิจิตอลอิมเมจโปรเซสซิ่ง โดยทั่วไปหมายถึง การประมวลผลของภาพใน 2 มิติ โดยคอมพิวเตอร์หรือถ้าจะกล่าวในความหมายที่กว้างขึ้น จะหมายถึง การประมวลผลของข้อมูล 2 มิติ โดยเมื่อใดก็ตามที่มนุษย์หรืออุปกรณ์ใด ๆ ก็ตามได้รับข้อมูลและประมวลผลข้อมูลที่เป็น 2 มิติ เราจะเรียกได้ว่าเป็น อิมเมจโปรเซสซิ่ง ดิจิตอลอิมเมจโปรเซสซิ่ง ได้มีการใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น การส่งข้อมูลผ่านดาวเทียมและยานอวกาศ, การส่งข้อมูลและเก็บข้อมูลภาพในธุรกิจ, เรดาร์, โซนาร์, การตรวจสอบชิ้นส่วนอัตโนมัติในโรงงาน, การส่งเสริมและบันทึกข้อมูลภาพได้ใช้ในการออกอากาศของโทรทัศน์, การประชุมทางไกล(teleconference), การรับ – ส่งแฟกซ์, การสื่อสารของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์, โทรทัศน์วงจรปิด, การสื่อสารทางทหาร, ในทางการแพทย์ เช่น การประมวลผลภาพจาก X-ray และ ultrasonic scanning โดยภาพดังกล่าวสามารถนำมาวินิจฉัยโรคได้

#### 1.1 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

- เพื่อเรียนรู้การออกแบบและสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้
- เพื่อเรียนรู้การเขียน โปรแกรมสั่งงานอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ได้
- เพื่อเรียนรู้การเขียน โปรแกรมประมวลผลภาพแบบเวลาจริงได้
- เพื่อเรียนรู้การประยุกต์ใช้งานที่มีความสัมพันธ์ทั้งซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ในการนำไปคำนวณหา ระยะห่างระหว่างวัตถุกับตัวหุ่น

#### 1.2 โครงสร้างพื้นฐานการทำงานของหุ่นตัวพิเศษ

จากความสำคัญของการทำงานของหุ่นอัตโนมัติ ที่ได้กล่าวไปข้างต้นแล้วนั้น สามารถออกแบบสร้างตามรูปแบบการทำงานพื้นฐาน ได้ดังรูป เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 โครงสร้างการทำงานพื้นฐาน

จากรูปจะเห็นได้ว่ามีส่วนการทำงานหลักเพียง 3 ส่วนที่ทำงานสัมพันธ์กันคือ

1. ภาคคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ทำหน้าที่แสดงและประมวลผลสัญญาณภาพที่ส่งมาจากภาคกล้องบันทึกภาพ โดยจะทำการหาตำแหน่งของวัตถุจากภาพที่รับมาได้จากกล้อง 2 ตัว แล้วแปลงเป็นคำสั่งเพื่อส่งไปให้ส่วนถัดไปทำงานเพื่อให้ตำแหน่งของวัตถุใหม่มีค่าเข้าใกล้จุดกึ่งกลางของภาพ ที่รับมาได้จากกล้องทั้ง 2 ตัว หรือทำหน้าที่รับคำสั่งการควบคุมการหมุนของกล้องจากผู้ใช้ได้โดยตรงโดยไม่ต้องประมวลผลสัญญาณภาพ

2. ภาคควบคุมการหมุนของกล้อง และการเคลื่อนที่ของหุ่น ประกอบไปด้วยวงจรมอเตอร์คอมโทรเลอร์ วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง วงจรขับเซอร์โวมอเตอร์ และวงจรสลับกล้อง ทำหน้าที่รับข้อมูลจากภาคคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพื่อกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนไหวของมอเตอร์ให้ตอบสนองกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ

3. ภาคกล้องบันทึกภาพ ทำหน้าที่จับภาพวัตถุในเวลาต่าง ๆ เพื่อส่งกลับไปให้ภาคคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลประมวลผล แล้วควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้องต่อไป

### 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ศึกษา ออกแบบ และสร้างหุ่นดาวพิเศษ

1. วัตถุนั้นมีการเคลื่อนที่ ในบริเวณจำกัดที่มีแสงสว่างคงที่ตลอดเวลา และมีความเร็วต่ำ  
2. หุ่นนี้มีการควบคุมการเคลื่อนที่ของกล้องบันทึกภาพและการเคลื่อนที่ของหุ่นอย่างอัตโนมัติโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ผ่านเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งสามารถที่จะกำหนดองศาได้ และสามารถแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้

3. ผู้ใช้งานสามารถควบคุมคุณสมบัติการทำงานบางอย่างได้โดยผ่านทางโปรแกรมควบคุมการทำงานที่ออกแบบไว้เรียบร้อยแล้วบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4 โครงสร้างของปฏิญานิพนธ์

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการนำเสนอการสร้งหุ่นตาวีเศษ โดย

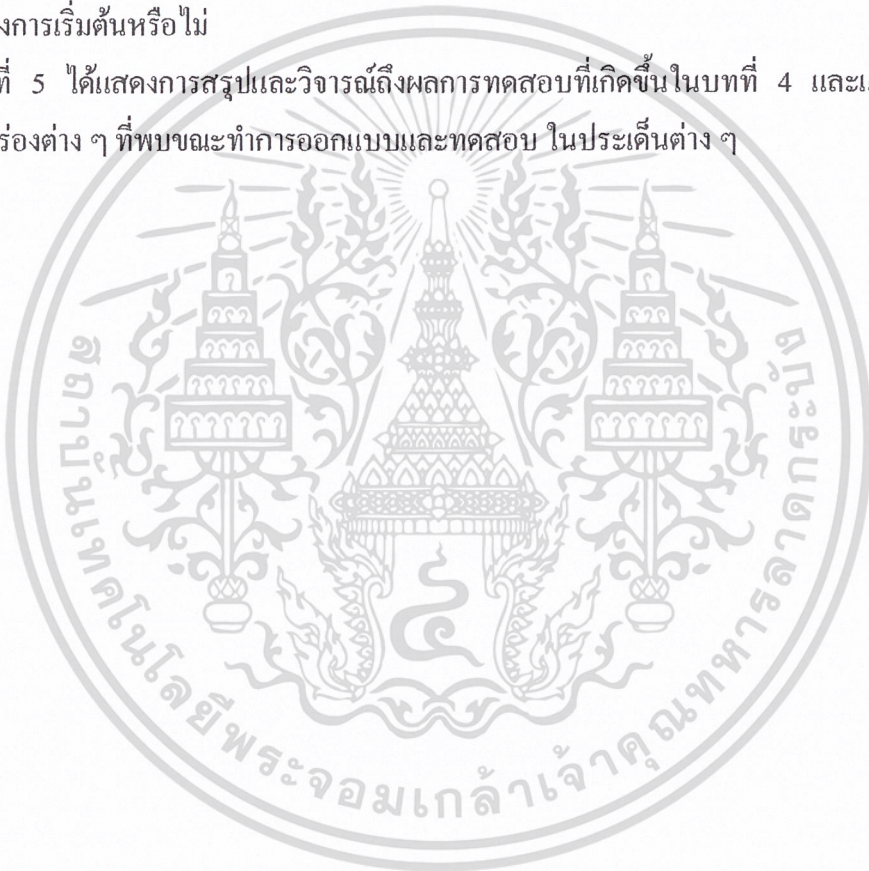
บทที่ 1 จะกล่าวถึงความสำคัญ โครงสร้างพื้นฐานในการสร้งหุ่นตาวีเศษพร้อมด้วยขอบเขตของการศึกษาและออกแบบสร้งชิ้นงาน และโครงสร้างทั้งหมดของปฏิญานิพนธ์

บทที่ 2 ได้อธิบายถึงรายละเอียดของทฤษฎีและหลักการที่สำคัญของหุ่นตาวีเศษ ไว้โดยละเอียด เพื่อความเข้าใจในการใช้สมการที่สำคัญ ในการคำนวณค่าต่าง ๆ ในบทถัดไป

บทที่ 3 ได้นำเสนอขั้นตอนการออกแบบหุ่นตาวีเศษ

บทที่ 4 ได้ทำการแสดงผลการทดสอบการทำงานของหุ่นตาวีเศษที่สร้งขึ้น ว่ามีประสิทธิภาพตรงความต้องการเริ่มต้นหรือไม่

บทที่ 5 ได้แสดงผลการสรรูปและวิจารณ์ถึงผลการทดสอบที่เกิดขึ้นในบทที่ 4 และแจกแจงปัญหาหรือจุดบกพร่องต่าง ๆ ที่พบขณะทำการออกแบบและทดสอบ ในประเด็นต่าง ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro controller) 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล mcs-51 ที่บริษัท Intel ผลิตขึ้นมาคุณสมบัติดังนี้

- เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 bit สำหรับงานควบคุมต่างๆ
- มีความสามารถประมวลผลของ logic ระดับ bit
- มีขนาดของหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมทำงานได้ถึง 64 Kbytes ( Program Memory )
- มีขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลได้ถึง 64 Kbytes ( Data Memory )
- มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายในขนาด 4 Kbytes
- มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 bytes
- มีพอร์ตควบคุม 4 พอร์ตและสามารถอ้างอิงได้ระดับ bit ต่อ bit
- มีชุด Timer / Counter ขนาด 16 bit 2 ชุด
- มี Full duplex UART
- มีโครงสร้างรับการ Interrupt 6 แหล่งกำเนิดสัญญาณและ 5 ตำแหน่งโปรแกรมทำงานตอบรับการ Interrupt โดยสามารถจัดระดับความสำคัญได้ 2 ระดับ
- มีแหล่งกำเนิดความถี่อ้างอิงการทำงานในตัว

##### 2.1.1 รายละเอียดของขาสัญญาณของ 8051

- Vcc : ขาแหล่งจ่ายไฟฟ้า (+5 V)
- Vss : ขา Ground
- P0 : ขา port 0 ของ 8051 ขนาด 8 bit ชนิด 2 ทิศทาง แต่ละสัญญาณต่อพ่วง TTL แบบ LS ได้ 8 ตัว เป็นขาให้ Multiplex ระหว่างสัญญาณข้อมูล กับ 8 bit ถ่างของ Address กรณีใช้หน่วยความจำภายนอก
- P1 : ขา port 1 ของ 8051 ขนาด 8 bit ชนิด 2 ทิศทางแบบ Quasi-bidirectional ถ้าต้องการให้เส้นใดเป็น input ให้ค่า 1 ที่ bit นั้น ต่อพ่วง LS TTL 4 ตัว
- P2 : ขา port 2 ของ 8051 ขนาด 8 bit ชนิด 2 ทิศทางแบบ Quasi-bidirectional ยังให้สัญญาณ Address 8 bit บนกรณีใช้หน่วยความจำภายนอก กรณีอ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ Address หน่วยความจำขนาด 16 bit นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3 : ขา port 3 ของ 8051 ขนาด 8 bit ชนิด 2 ทิศทางแบบ Quasi-bidirectional มีหน้าที่พิเศษดังตารางข้างล่าง

ตารางที่ 2.1 แสดงหน้าที่ของขา port 3 ของ 8051

ขา Port	หน้าที่พิเศษ	อธิบาย
P3.0	R x D	รับข้อมูลแบบอนุกรม
P3.1	T x D	ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
P3.2	INT0	ขา Interrupt ภายนอก 0
P3.3	INT1	ขา Interrupt ภายนอก 1
P3.4	TO	ขา input ของ Timer 0
P3.5	T1	ขา input ของ Timer 1
P3.6	WR	เขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก
P3.7	RD	อ่านหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

RST : ขาสำหรับ Reset การทำงานของ 8051 โดยให้ logic 1 อย่างน้อย 2 ช่วง Machine Cycle

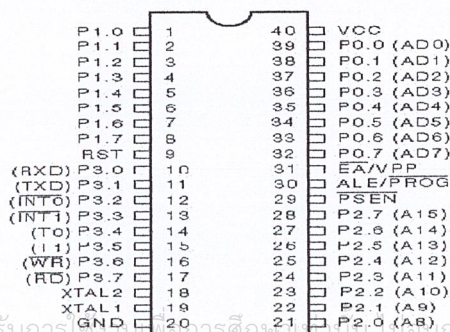
ALE : ขาสัญญาณออกของ Address Latch Enable สำหรับ Latch ค่า Address 8 bit ที่ได้จาก port 0 มีความถี่ออกมาที่ 1/6 ของความถี่อ้างอิงของ 8051

PSEN : ขาสัญญาณ Program Store Enable สำหรับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

EA : ขาสัญญาณ External Access Enable ให้อ่านหน่วยความจำภายในหรือภายนอก ให้ logic 0 8051 จะอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และ logic 1 8051 จะอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายใน

XTAL 1 : ขาเข้าของวงจรกำเนิดความถี่อ้างอิงภายในของ 8051

XTAL 2 : ขาออกของวงจรกำเนิดความถี่อ้างอิงภายในของ 8051



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเชิงการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแบบต้นฉบับและต้องยื่นซองเก็บเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 แสดงขาของ 89C51

## 2.2 การสื่อสารแบบอนุกรม

ในการรับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์แบบอนุกรมเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต แต่ก็สามารถรับส่งคราวละหลายๆบิตได้ หากแต่ต้องมีการตกลงกันระหว่างตัวส่งและตัวรับว่า จะรับส่งข้อมูลกันคราวละกี่บิต ตัวรับจะต้องรอรับข้อมูลให้ครบทุกบิตเสียก่อนจึงทำการประมวลผล ส่งผลให้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมอาจมีความเร็วต่ำกว่าแบบขนานแต่ในด้านจำนวนสายสัญญาณแล้วการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้จำนวนสายที่น้อยกว่ามาก ทำให้ระยะทางในการสื่อสารทำได้ไกลกว่า

### 2.2.1 รูปแบบของการสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ การสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส และการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นหนึ่งจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันจะใช้สายอย่างน้อยที่สุด 3 เส้น คือสัญญาณนาฬิกา ข้อมูล และกราวด์

การสื่อสารแบบอะซิงโครนัสคือการรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมด้วยเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะต้องมีการกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายทอข้อมูล หรือ บอดเรต (Baud rate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bit per second: bpt) ซึ่งค่าบอดเรตมาตรฐานที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 ได้แก่ 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 และ 19200 บิตต่อวินาที

### 2.2.2 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อให้ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดหนึ่งซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมการที่เรีนกว่า สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกว่า EIA RS-232

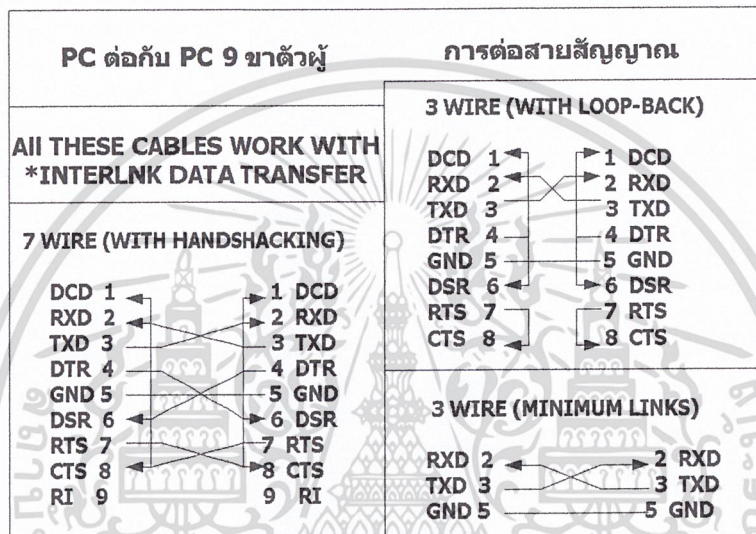
มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment: DTE) กับวงจรปลายทาง (Data Circuit Terminating: DCE) ไว้ว่า อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผล เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะต้องทำกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

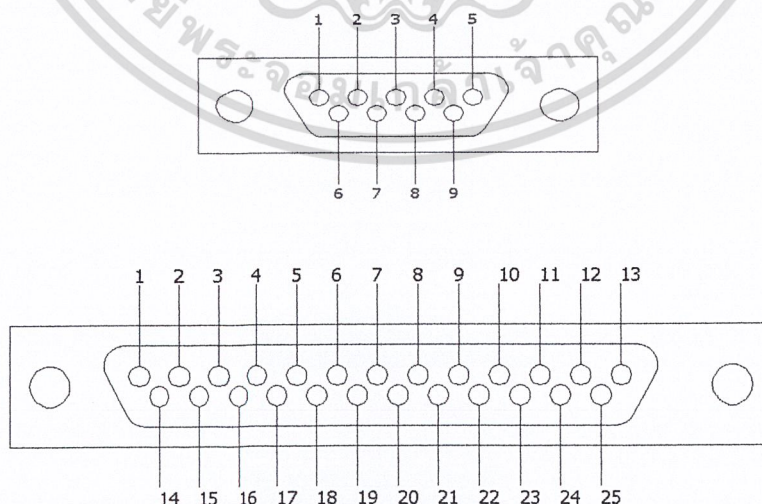
ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และ DCE อย่างหนึ่งที่เราเห็นได้ชัด คือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นตัวผู้นั่นเอง และการรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ที่ยาวของสายสูงสุดที่ 20 เมตร

### 2.2.3 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

ช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต ซึ่งปัจจุบันได้เปลี่ยนไปใช้ แบบ DB-9 แล้ว ซึ่งสามารถดูขาต่าง และการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกได้จากรูปด้านล่างนี้



รูปที่ 2.2 การเชื่อมต่อภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่างๆ



รูปที่ 2.3 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 โดยแบ่งตามชนิด DB-9 และ DB-25 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หน้าที่ของขาต่างๆ

*Data Carrier Detect: DCD* ขานี้จะแอกติฟเมื่อมีการส่งสัญญาณจากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม

*Receive Data: RxD* ขานี้ใช้รับข้อมูลอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บได้ไปไว้ที่ รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์

*Transmitted Data: TxD* ขานี้ใช้ส่งข้อมูลอนุกรมออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลออกไป

*Data Terminal Ready: DTR* เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าการติดต่อด้วย โดยขา DTR นั้นต้องเชื่อมต่อกับ DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง ในกรณีที่เป็น Null Modem ที่ใช้สายในการเชื่อมต่อ 3 สาย จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน

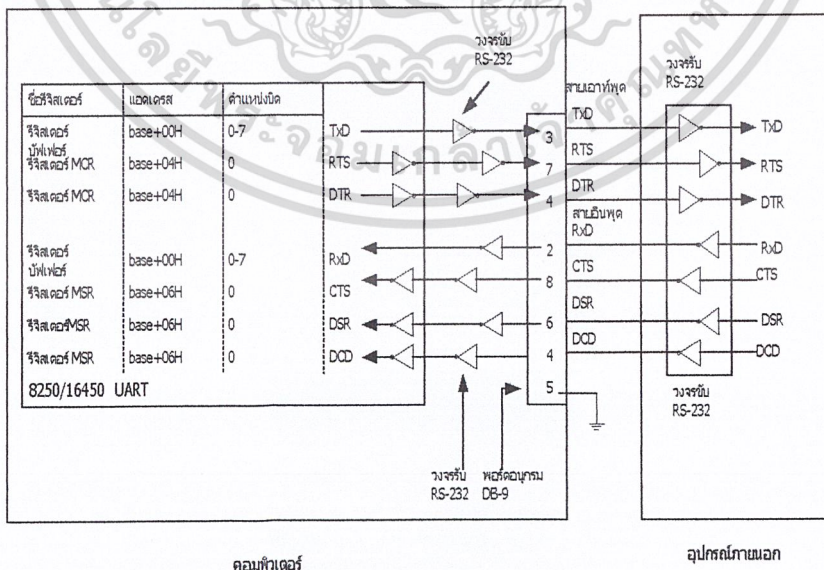
*Signal Ground: GND* ขากราวด์

*Data Set Ready: DSR* ขานี้ใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับ อุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขานี้ใช้รับข้อมูลจากภายนอกที่ถูกส่งออกมาจากขา DTR

*Request To Send: RTS* เป็นขาลำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ ถ้าต่อแบบ Null Modem 3 สายต้องต่อ RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน

*Clear To Send: CTS* ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ขานี้ใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมจะรับข้อมูลหรือยัง

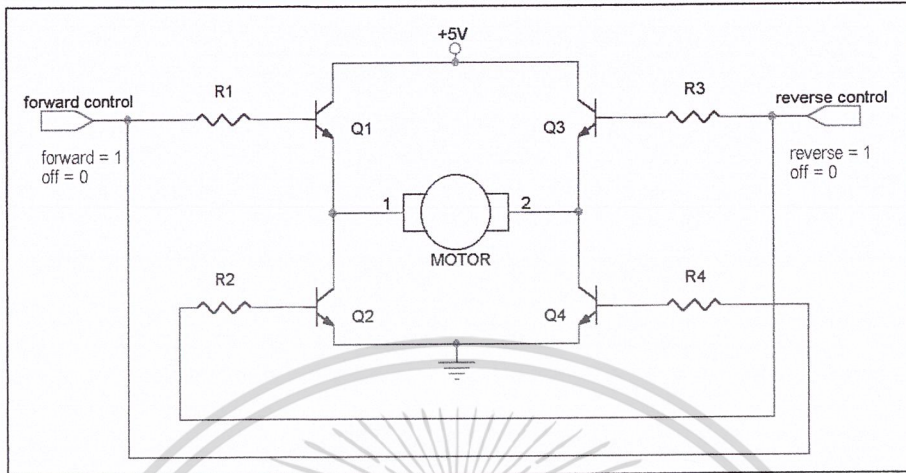
*Ring Indicator: RI* ใช้แสดงสถานะเรียกจากสายโทรศัพท์ ขานี้จะใช้งานก็ต่อเมื่อติดต่อกับ โมเด็ม และ โปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.4 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของพอร์ตอนุกรม

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 มอเตอร์กระแสตรง (DC-motor)



รูปที่ 2.5 วงจรขับมอเตอร์โดยใช้ทรานซิสเตอร์

การควบคุมมอเตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์ เป็นการนำทรานซิสเตอร์มาใช้งานในลักษณะสวิตช์ โดยดูจากรูปจะเห็นว่า การที่มอเตอร์เกิดการหมุนเป็นผลมาจากทรานซิสเตอร์ 2 ตัว กล่าวคือ เมื่อมีการป้อนสัญญาณลอจิกหนึ่ง “1” เข้าที่ด้าน forward control และลอจิกศูนย์ “0” เข้าที่ด้าน reverse control จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 ทำงาน ดังนั้นมอเตอร์จะหมุนไปในทิศทางหนึ่ง แต่หากป้อนสัญญาณลอจิกศูนย์ “0” เข้าที่ด้าน forward control และลอจิกหนึ่ง “1” เข้าที่ด้าน reverse control จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 ทำงาน มอเตอร์จะหมุนในทิศทางตรงกันข้ามกับตอนแรก

สังเกตได้ว่า วงจรลักษณะนี้ใช้ค่าสัญญาณลอจิกในการควบคุมมอเตอร์ให้เกิดการหมุน ดังนั้นจึงสามารถใช้สัญญาณเอาท์พุทจากวงจรถิจรคอลล (ไมโครคอนโทรลเลอร์) มาควบคุมมอเตอร์ได้โดยตรง

## 2.4 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

### 2.4.1 รายละเอียดเกี่ยวกับเซอร์โวมอเตอร์

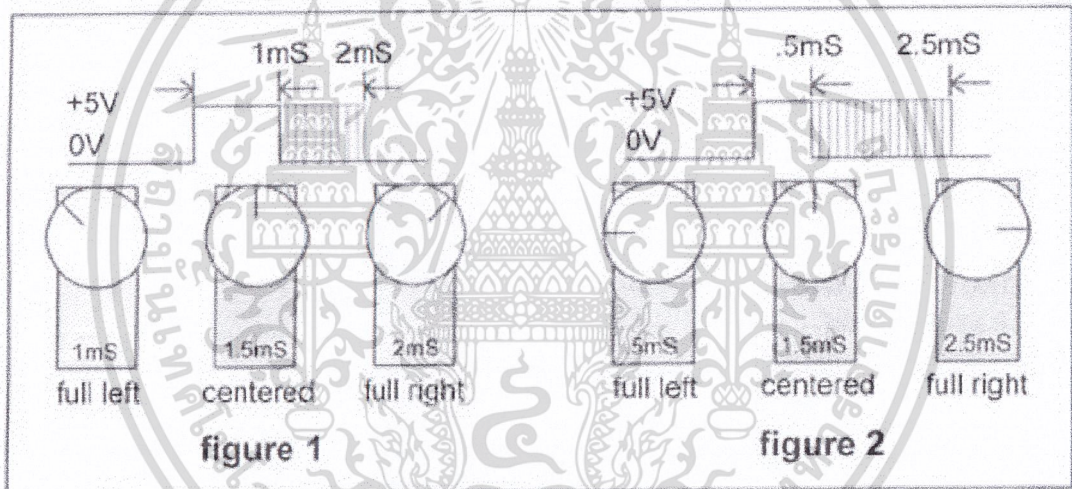
เซอร์โวมอเตอร์อุปกรณ์สำหรับการขับเคลื่อนหุ่นยนต์หรืองานที่ต้องการการกำหนดการหมุนเป็นช่วงๆ หรือตามองศาที่ต้องการ โดยกำหนดการหมุนในลักษณะครึ่งวงกลมโดยจะรับสัญญาณพัลส์ (Pulse) ที่ตำแหน่งซ้ายสุด 0.5 ms , เซ็นเตอร์ 1.5 ms และขวาสุด 2.5 ms ภายในตัวเซอร์โวมอเตอร์ประกอบด้วยแผงควบคุม ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการหมุนหรือเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ชุด Gear ที่ติดตั้งไว้ภายในประกอบด้วยเฟืองพลาสติก ซึ่งทำหน้าที่เพิ่มกำลังหรือแรงบิด ให้กับตัวเซอร์โวมอเตอร์ การรับสัญญาณพัลส์ (Pulse) จากไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณเพียง 1 I/O เท่านั้น จึงประหยัดขา I/O ได้มากกว่าการใช้ Step motor ติดตั้งง่ายเพราะมีลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสี่เหลี่ยมและมีขนาด  $1.6 \times 0.8 \times 1.4$  นิ้ว น้ำหนัก 1.75 oz. (49 g) ใช้ไฟได้ตั้งแต่ 4.8 – 6 Volts DC กินกระแส 9.7 mA. (Idle) 130 mA. (Moving)

### 2.4.2 การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์จะรับสัญญาณพัลส์ (Pulse) เพื่อใช้ในการกำหนดการหมุน สัญญาณพัลส์ที่ได้มีความกว้าง 1.5 ms จะทำให้เซอร์โวมอเตอร์กลับมาอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลาง (Centered) เมื่อสัญญาณพัลส์มีความกว้างเพิ่มมากขึ้น เช่นถ้าต้องการให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนมาทางขวา (Right) ก็ต้องเพิ่มความกว้างของช่วงพัลส์จาก 1.5 ms เพิ่มมาเป็น 1.8, 1.9, 2.0, 2.1 เซอร์โวมอเตอร์ก็จะหมุนตามมาทางขวาเรื่อยๆ เมื่อเพิ่มความกว้างของช่วงพัลส์ ไปจนถึง 2.5 ms ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เซอร์โวมอเตอร์จะหมุนไปที่ตำแหน่งขวาสุด (Full Right) ในทำนองกลับกันถ้าต้องการให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปทางซ้าย (Left) ก็ต้องลดช่วงพัลส์ให้แคบลงไปเรื่อยๆ จนไปถึง 0.5 ms เซอร์โวมอเตอร์ก็จะหมุนมาทางซ้ายสุด (Full Left)

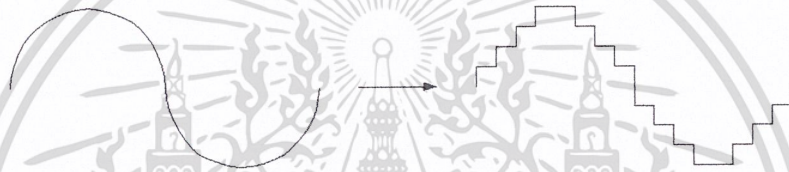


รูปที่ 2.6 สัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้กับเซอร์โวมอเตอร์

### 2.5 การประมวลผลภาพเชิงตัวเลข (Digital image Processing)

การเกิดภาพโดยใช้เลนส์เป็นวิธีการพื้นฐานและพบทั่วไปในการถ่ายภาพ แสงที่กระทบวัตถุและสะท้อนกลับมาที่เลนส์จะถูกรวมและนำมาแสดงยังจุดที่สอดคล้องกันกับวัตถุ ดังนั้นกระบวนการถ่ายภาพจึงเป็นการเปลี่ยนข้อมูลของวัตถุอย่าง 3 มิติ มาเป็นข้อมูลภาพ 2 มิติ โดยที่การบันทึกหรือประมวลผลรูปแบบของแสงที่สะท้อนมาจากวัตถุทำได้โดยการใส่เซ็นเซอร์ที่ให้สัญญาณทางไฟฟ้าออกมาในรูปแบบที่ต่อเนื่อง ในขั้นตอนนี้เซ็นเซอร์จะทำการสแกนหรือทำการวัดผลรวมความเข้มของแสงที่จุดเล็กๆทีละจุดไปเรื่อยๆ ตามแนวทางที่กำหนดไว้ หรือตามแนวราสเตอร์ (Raster scan) ซึ่งปกติจะได้จากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง ค่าที่เซ็นเซอร์วัดได้นี้ถือว่าเป็นค่าความเข้มภาพ  $f(x,y)$  ที่พิกัด  $(x,y)$  เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า และก็มีมีความต่อเนื่องด้วย ดังนั้นในการที่จะนำภาพนี้มาประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องทำให้ไม่วุ่นวายใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่มีลักษณะต่อเนื่องนี้กลายเป็นภาพดิจิทัลหรือภาพเชิงตัวเลขเสียก่อน โดยทำการดิจิไทซ์ (digitization) ค่าความเข้ม  $f(x,y)$  ซึ่งเป็นฟังก์ชันต่อเนื่องไปเป็นฟังก์ชันไม่ต่อเนื่อง  $g(x,y)$  โดยการแบ่ง  $f(x,y)$  ออกเป็นช่วงๆ นี้สามารถแทนด้วยค่าตัวเลขค่าใดค่าหนึ่งจาก  $L$  ระดับ ซึ่งโดยทั่วไปจุดภาพแต่ละจุด (pixel) จะเป็นสมาชิกของเมตริกซ์ของจุดภาพที่มีขนาด  $M$  แถว  $N$  หลัก เพราะฉะนั้น  $x,y$  จะมีค่าอยู่ในช่วง  $(1 \leq y \leq M, 1 \leq x \leq N)$  และจำนวนช่วงระดับความเข้มของจุดภาพ  $L$  ระดับนี้ จะบ่งบอกถึงความละเอียด (resolution) ของภาพเชิงตัวเลขด้วย ปกติแล้วนิยามกำหนดให้  $L$  มีค่าเท่ากับ 256 ระดับ ซึ่งจะทำให้ระดับความเข้มของภาพอยู่ในช่วง  $(0-255)$  โดยใช้ 8 บิตของเลขฐานสองในการเก็บข้อมูลภาพแต่ละจุดนั่นเอง แต่ก็ยังมีการเก็บข้อมูลที่มากกว่านี้ได้ คือ อาจจะเป็น 16 หรือ 24 บิต ซึ่งจะทำให้ระดับความเข้มของจุดภาพเป็นไปได้ถึง  $2^{16}$  หรือ  $2^{24}$  ตามลำดับ



รูปที่ 2.7 การแทนสัญญาณอนาลอกด้วยสัญญาณเชิงตัวเลข

จากการที่นำภาพเชิงตัวเลขไปใช้ในการประมวลผลในรูปแบบต่างๆ มากมายนั้น สามารถที่จะแบ่งรูปแบบของการประมวลผลเหล่านั้นออกเป็น 2 ระดับด้วยกัน คือ การประมวลผลภาพในระดับต่ำ (Low-level Image Processing) และการประมวลผลภาพในระดับสูง (High-level Image Processing)

การประมวลผลภาพในระดับต่ำนั้นเป็นการประมวลผลเชิงตัวเลขเกือบทั้งหมดเพื่อหาตัวแปรต่างๆ มาอธิบายข้อมูลภาพ และมีจุดประสงค์ที่จะนำตัวแปรเหล่านี้ไปใช้ในการประมวลผลภาพในระดับสูงต่อไป แต่การประมวลผลภาพในระดับสูง คือการทำให้คอมพิวเตอร์รู้จักและเข้าใจภาพได้ เช่น การจดจำรูปแบบของตัวเลข ตัวอักษร เป็นต้น ในขณะที่การประมวลผลภาพในระดับต่ำ โดยทั่วไปจะประกอบด้วย การกำจัดสัญญาณรบกวน , การทำให้ภาพคมชัดขึ้น, การหาขอบเขตของภาพ, การทำเซกเมนต์ภาพหรือการแบ่งแยกวัตถุภายในภาพ, การสร้างภาพไบนารี เป็นต้น

ความแตกต่างที่สำคัญอีกข้อหนึ่งของการประมวลผลภาพใน 2 มิติ คือ ข้อมูลที่จะนำมาใช้ประมวลผลภาพ ซึ่งการประมวลผลในระดับต่ำจะใช้ค่าความสว่างหรือระดับความเข้มของจุดภาพโดยตรง ส่วนการประมวลผลภาพในระดับสูงข้อมูลที่จะถูกนำมาประมวลผลจะถูกแสดงในรูปของสัญลักษณ์ โดยสัญลักษณ์เหล่านี้จะแสดงถึงสิ่งต่างๆ ที่อยู่บนภาพ และใช้ตัวแปรที่ได้จากการประมวลผลในระดับต่ำมาอธิบายถึงสัญลักษณ์เหล่านั้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าการประมวลผลภาพในระดับต่ำมีความสำคัญมาก สำหรับที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจและรู้จักภาพได้

### 2.5.1 การทำเทรชโฮลด์ (Thresholding technique)

การทำเทรชโฮลด์ถือว่าเป็นเทคนิคที่สำคัญในการประมวลผลภาพในส่วนของการทำเซกเมนต์ภาพ ซึ่งจุดประสงค์ของการทำเซกเมนต์ภาพ คือ การแยกองค์ประกอบของภาพไปเป็นส่วนประกอบย่อย ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันทางกายภาพของภาพนั้น และส่วนประกอบที่ถูกแยกออกมานั้นอาจถูกนำไปประมวลผลภาพในส่วนอื่นได้ต่อไป ซึ่งการทำเซกเมนต์ภาพจะมีหลักการทำงานในแนวเดียวกันกับสายตาของคน คือ สามารถแยกลักษณะเด่นออกมาจากภาพที่มองเห็นได้ และเทคนิคการทำเทรชโฮลด์ซึ่งถือว่าเป็นเทคนิคในการแยกองค์ประกอบของภาพที่ง่ายเทคนิคหนึ่ง มีหลักการว่าจุดภาพที่มีคุณสมบัติอยู่ในบางช่วงใด ๆ จะถูกจัดเป็นกลุ่มได้โดยที่ระดับความเข้มหนึ่งนั้นสามารถที่จะแบ่งแยกกลุ่มของจุดภาพออกเป็น 2 กลุ่มได้อย่างชัดเจน คือ กลุ่มของวัตถุ (object) ซึ่งจะมีระดับความเข้มของภาพ  $g(x,y)$  ก่อนข้างต่ำ (มืด) กับกลุ่มของส่วนที่เป็นพื้นหลัง (background) ที่จะมีระดับความเข้มของภาพ  $g(x,y)$  ก่อนข้างสูง (สว่าง) ดังเช่นภาพที่ 2.2 ซึ่งแสดง

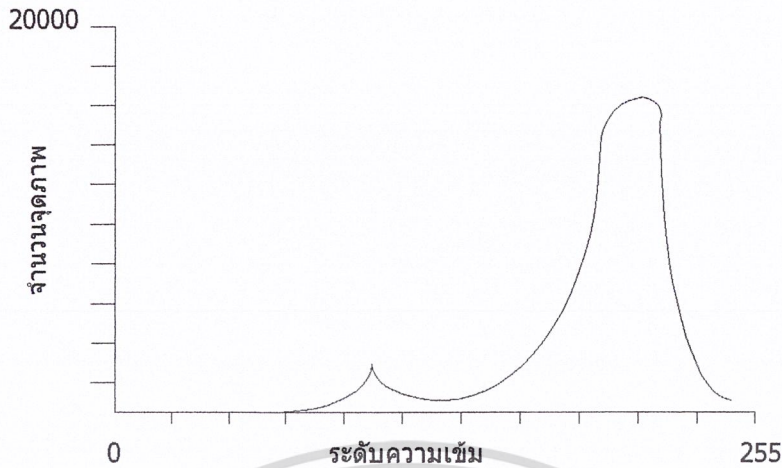
ฮิสโตแกรมของระดับความเข้มของภาพที่ถูกแบ่งออกเป็น 256 ระดับ จะเห็นได้ว่าการที่จะแยกกลุ่มข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจนย่อมสามารถทำได้โดยการเลือกค่าเทรชโฮลด์ที่มีค่าความเข้มอยู่ระหว่างกลุ่มทั้งสองบนฮิสโตแกรมระดับความเข้มของภาพ แล้วทำการตรวจสอบแต่ละจุดภาพว่าถ้ามีค่า  $g(x,y)$  น้อยกว่าค่าเทรชโฮลด์ถือว่าเป็นจุดภาพของวัตถุที่แสดงได้ด้วยจุดดำ แต่หากว่าจุด  $g(x,y)$  นั้นมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าเทรชโฮลด์ก็ถือว่าเป็นจุดภาพในส่วนพื้นหลังที่แสดงได้ด้วยจุดขาว ดังนั้นข้อมูลภาพ  $g_{thr}(x,y)$  ที่ผ่านการทำเทรชโฮลด์สามารถนิยามได้ดังนี้

$$g_{thr}(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{if } g(x,y) < T \\ 1 & \text{if } g(x,y) \geq T \end{cases} \quad \dots(2.1)$$

โดยที่

$g_{thr}(x,y)$	คือ	ข้อมูลภาพผลลัพธ์เป็นไบนารี
$g(x,y)$	คือ	ข้อมูลภาพอินพุทที่มีระดับความเข้ม 0 ถึง L ระดับ
T	คือ	ค่าเทรชโฮลด์ เป็นค่าคงที่ที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง L
0	คือ	จุดดำ (ส่วนที่เป็นวัตถุ)
1	คือ	จุดขาว (ส่วนที่เป็นพื้นหลัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ฮิสโตแกรมระดับความเข้มของภาพที่มีความเหมาะสม  
สำหรับการทำเทรชโฮลด์แบบครอบคลุม

จะเห็นได้ว่า การทำเซกเมนต์ภาพโดยใช้เทคนิคการทำเทรชโฮลด์เพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องเหมาะสมนั้นสิ่งที่สำคัญที่สุด คือ ค่าเทรชโฮลด์ที่ใช้นั้นเอง เนื่องจากถ้าเลือกค่าเทรชโฮลด์ที่ไม่เหมาะสมแล้วภาพผลลัพธ์ที่ได้อาจไม่ถูกต้อง ดังนั้นปัญหาของการทำเซกเมนต์ภาพโดยวิธีการทำเทรชโฮลด์นี้ก็คือทำอย่างไรจึงจะสามารถคำนวณหาค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสมสำหรับภาพแต่ละภาพที่นำมาทำการเซกเมนต์ได้ ซึ่งได้มีผู้เสนอวิธีการในการคำนวณหาค่าเทรชโฮลด์ไว้หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีย่อมมีความเหมาะสมกับภาพที่แตกต่างกันไป

#### 2.5.1.1 รูปแบบในการทำเทรชโฮลด์

ภาพที่มีระดับความเข้มของจุดภาพของส่วนที่เป็นวัตถุและจุดภาพของส่วนที่เป็นพื้นหลังแตกต่างกันอย่างชัดเจนและมีความสม่ำเสมอตลอดทั้งภาพ สามารถใช้ค่าเทรชโฮลด์เพียงค่าเดียวในการทำเซกเมนต์กับแต่ละจุดภาพทั่วทั้งภาพได้ เรียกการทำเทรชโฮลด์แบบนี้ว่า การทำเทรชโฮลด์แบบครอบคลุม (Global Thresholding) แต่ถ้าภาพนั้นมีระดับความเข้มไม่สม่ำเสมอเกิดขึ้นในส่วนของวัตถุหรือพื้นหลังหรือในทั้งสองส่วน การใช้ค่าเทรชโฮลด์เพียงค่าเดียวตลอดทั้งภาพย่อมไม่เหมาะสมกับภาพนั้น ในกรณีนี้ค่าเทรชโฮลด์ที่ดีควรมีการปรับเปลี่ยนค่าไปตามตำแหน่งของจุดภาพนั้นได้ คือ การใช้ค่าเทรชโฮลด์ที่ต่างกันสำหรับจุดภาพที่ตำแหน่งต่างกัน และเรียกการทำเทรชโฮลด์ในลักษณะดังกล่าวนี้ว่า การทำเทรชโฮลด์แบบปรับค่า (Adaptive Thresholding)

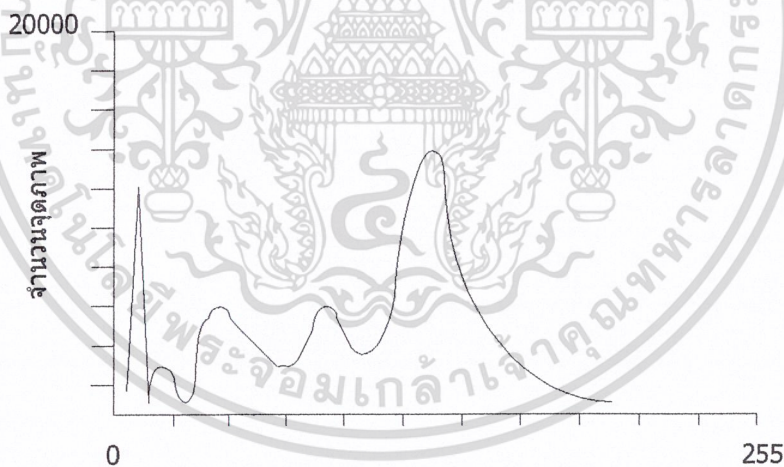
#### การทำเทรชโฮลด์แบบครอบคลุม (Global Thresholding)

สำหรับขั้นตอนการหาค่าเทรชโฮลด์ที่ครอบคลุมตลอดทั้งภาพโดยอัตโนมัติ ปกติจะมีพื้นฐานของการดำเนินการอยู่บนฮิสโตแกรมของระดับความเข้มของจุดภาพ ซึ่งฮิสโตแกรมระดับความเข้มนี้เองที่เป็นการคำนวณค่าเฉลี่ยของค่าพิกเซลในภาพทั้งหมด และใช้ค่าเฉลี่ยนี้ไปเป็นค่าเทรชโฮลด์ในการดำเนินการคำนวณเซกเมนต์ภาพ ซึ่งวิธีนี้ไม่ใช่วิธีที่ดีนัก เพราะถ้าภาพมีพื้นหลังที่สว่างหรือมืดเกินไป ค่าเฉลี่ยที่ได้จะไม่เหมาะสมกับการคำนวณเซกเมนต์ภาพ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ดีนัก

สามารถสร้างได้จากการนับจำนวนของจุดภาพที่มีระดับความเข้มเท่ากับค่าความเข้มที่จุดนั้นทั้งหมดทั่วภาพนั่นเอง จากนั้นจึงทำการหาค่าเทรชโวลด์ในรูปแบบต่าง ๆ ที่สามารถแบ่งฮิสโตแกรมนี้ออกเป็น 2 ส่วน (ส่วนที่เป็นระดับความเข้มของวัตถุ กับส่วนที่เป็นระดับความเข้มของพื้นหลัง) ได้อย่างถูกต้องตรงตามความต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในกรณีของภาพที่มีอัตราความแตกต่างของระดับความเข้มระหว่างส่วนที่เป็นวัตถุกับส่วนที่เป็นพื้นหลังมีค่าสูง (แตกต่างกันมาก) และยังมีระดับความเข้มที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนมีความสม่ำเสมอ ย่อมเหมาะสมที่จะใช้ระดับความเข้มที่มีจำนวนของจุดภาพที่ต่ำสุดซึ่งอยู่ระหว่างกลุ่มระดับความเข้มที่มีค่าสูงสุด (peak) ทั้งสองกลุ่มบนฮิสโตแกรมเป็น “ค่าเทรชโวลด์” ดังเช่นตัวอย่างในรูปที่ 2.2 หรือในกรณีทั่ว ๆ ไป ค่าเทรชโวลด์อาจจะพิจารณาจากค่าระดับความเข้มที่สามารถแบ่งฮิสโตแกรมออกเป็น 2 กลุ่ม แล้วทำให้ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่มมีค่ามากที่สุด แต่ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่มมีค่าต่ำสุด หลังจากนั้นนำค่าเทรชโวลด์ที่คำนวณได้ไปทำเทรชโวลด์กับแต่ละจุดภาพทั่วทั้งภาพเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่เป็นไบนารีในที่สุด

#### การทำเทรชโวลด์แบบปรับค่า (Adaptive Thresholding)

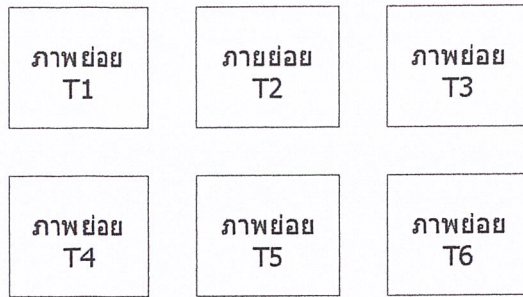
ในกรณีที่ข้อมูลภาพมีความไม่สม่ำเสมอเกิดขึ้นในส่วนของวัตถุ หรือส่วนของพื้นหลัง หรือในทั้งสองส่วน ซึ่งภาพในลักษณะเช่นนี้ ฮิสโตแกรมระดับความเข้มของภาพที่เกิดขึ้นอาจมีลักษณะดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.9 ฮิสโตแกรมระดับความเข้มของภาพที่เหมาะสมสำหรับการทำเทรชโวลด์แบบปรับค่า

การใช้ค่าเทรชโวลด์แบบครอบคลุมเพียงค่าเดียวกับภาพทั้งภาพนี้ อาจทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ถูกต้อง จากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้สามารถแก้ไขได้โดยการแบ่งข้อมูลของภาพทั้งภาพออกเป็นภาพย่อย ๆ ที่แสดงได้ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งแต่ละภาพย่อยก็จะมีค่าเทรชโวลด์ในรูปแบบที่กำหนดเพื่อหาค่าเทรชโวลด์ที่เหมาะสมสำหรับภาพย่อยนั้น และใช้ค่าเทรชโวลด์ที่ได้ทำการเชกเมนต์กับแต่ละภาพย่อยนั้น ขั้นตอนสุดท้ายคือนำแต่ละภาพย่อยที่ผ่านการทำเชกเมนต์แล้วมารวมกันตามพิกัดเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การแบ่งภาพออกเป็นภาพย่อยๆ และหาค่าเทรชโวลด์ในแต่ละภาพย่อย

### 2.5.1.2 วิธีการหาค่าเทรชโวลด์

ขั้นตอนในการทำเซกเมนต์ภาพโดยใช้เทคนิคเทรชโวลด์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมและคมชัดนั้น สิ่งสำคัญที่สุด คือการหาค่าเทรชโวลด์ เนื่องจากถ้าเลือกค่าเทรชโวลด์ที่ไม่เหมาะสม (ค่าเทรชโวลด์มีค่ามากหรือน้อยเกินไป) หรือภาพที่ได้มีสิ่งรบกวน (noise) เกิดขึ้น แล้วย่อมเป็นผลทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้ไม่ตรงตามความต้องการ ดังนั้นปัญหาของการสร้างภาพไบนารีโดยวิธีเทรชโวลด์นี้ก็คือ ทำอย่างไรจึงจะสามารถคำนวณหาค่าเทรชโวลด์ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละภาพที่จะนำมาทำการเซกเมนต์ ซึ่งได้มีผู้เสนอวิธีการในการคำนวณหาค่าเทรชโวลด์นี้ไว้หลายวิธี โดยแต่ละวิธีก็เหมาะกับลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันไป เช่น การหาค่าเทรชโวลด์โดยการกำหนดค่าล่วงหน้า (Preassigned threshold value), การหาค่าเทรชโวลด์จากค่ากลาง (Mid-range threshold value), และการหาค่าเทรชโวลด์โดยพิจารณาจากฮิสโตแกรม (Histogram threshold value) โดยที่แต่ละวิธีสามารถอธิบายได้ดังนี้

#### การหาค่าเทรชโวลด์โดยการกำหนดค่าล่วงหน้า (Preassigned threshold value)

การหาค่าเทรชโวลด์ด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด เพราะสามารถหาค่าเทรชโวลด์ได้จากการกำหนดค่าเองจากผู้ใช้ (User) ซึ่งการกำหนดนี้จะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้นั้น ๆ โดยการเลือกค่ากลางที่ค่าหนึ่งที่อยู่ระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของระดับความเข้มของข้อมูลภาพอินพุท เช่น ข้อมูลภาพอินพุทมีระดับเทา 256 ระดับ (0-255) ค่าเทรชโวลด์ที่สามารถเลือกได้ก็คือค่าที่อยู่ระหว่างค่า 0 ถึง 255 เมื่อเลือกค่าเทรชโวลด์ได้แล้วก็สามารถทำเซกเมนต์ได้โดยใช้สมการที่ 2.1 ทั้งนี้การกำหนดค่าเทรชโวลด์ขึ้นมาใหม่ เช่น 50, 100, 200 อาจนำมาทดลองทำการเซกเมนต์ภาพก่อน แล้วดูผลลัพธ์ที่ได้ จากนั้นจึงเลือกใช้ค่าที่เหมาะสมที่สุดมาใช้งาน

#### การหาค่าเทรชโวลด์จากค่ากลาง (Mid-range threshold value)

การหาค่าเทรชโวลด์โดยพิจารณาจากค่ากลาง เป็นการหาค่าเทรชโวลด์ที่แตกต่างจากวิธีแรก เนื่องจากการหาค่าเทรชโวลด์โดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนด โดยการหาค่าเทรชโวลด์วิธีนี้ได้อาศัยการคำนวณพื้นฐานทางสถิติในเรื่องของการหาค่ากลางแบบที่เป็นค่าเฉลี่ย (Mean) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า มาประยุกต์ใช้ ค่าเทรชโวลด์ที่คำนวณได้จะเป็นค่าที่ได้จากค่ากลางที่อยู่ระหว่างค่าระดับความเข้มสูงสุด

(Maximum level) และหาค่าระดับความเข้มต่ำสุด (Minimum level) ของข้อมูลภาพอินพุท สำหรับการคำนวณค่ากึ่งกลางนี้สามารถคำนวณได้จากสมการ

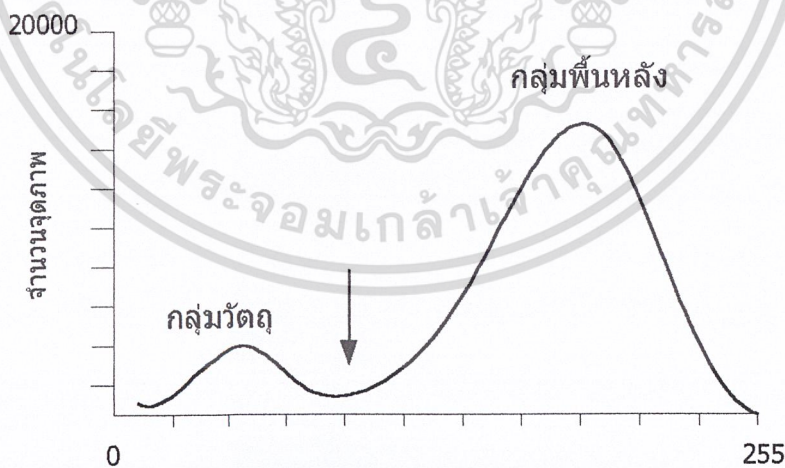
$$T = \frac{\text{Max}[g(x, y)] + \text{Min}[g(x, y)]}{2} \quad \dots(2.2)$$

โดยที่	T	คือ	ค่าเทรชโฮลด์
	G(x,y)	คือ	ข้อมูลภาพอินพุท ที่มีระดับความเข้ม 0 ถึง L ระดับ
	Max [g(x,y)]	คือ	ค่าสูงสุดของระดับเทาของข้อมูลอินพุท
	Min [g(x,y)]	คือ	ค่าต่ำสุดของระดับเทาของข้อมูลอินพุท

เมื่อกำหนดค่าเทรชโฮลด์ได้แล้ว ก็สามารถทำการเซกเมนต์ภาพได้โดยนำค่าเทรชโฮลด์ที่ได้มาแทนค่าในสมการที่ 2.1

#### การหาค่าเทรชโฮลด์โดยพิจารณาจากฮิสโตแกรม (Histogram threshold value)

การหาค่าเทรชโฮลด์โดยวิธีพิจารณาจากฮิสโตแกรมระดับเทาของข้อมูลอินพุท โดยที่การหาค่าเทรชโฮลด์วิธีนี้ ข้อมูลภาพอินพุทที่เหมาะสมต้องมีลักษณะที่สามารถแบ่งแยกเป็นสองกลุ่มได้อย่างชัดเจน คือ กลุ่มหนึ่งจะเป็นกลุ่มของวัตถุ และอีกกลุ่มหนึ่งเป็นพื้นหลัง ซึ่งแนวคิดในการคำนวณค่าเทรชโฮลด์โดยวิธีนี้สามารถแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.11 แนวความคิดในการคำนวณค่าเทรชโฮลด์โดยวิธีพิจารณาจากฮิสโตแกรม

สำหรับการคำนวณหาค่าเทรชโฮลด์โดยวิธีพิจารณาจากฮิสโตแกรม สามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

#### 1. ข้อมูลภาพอินพุทที่มีระดับความเข้ม 0 ถึง L ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กำหนดหาฮิสโตแกรมระดับความเข้มของภาพหน้าเอกสาร โดยการนับจำนวนจุดภาพที่ระดับความเข้มแต่ละระดับ
3. จากฮิสโตแกรมจะพบว่าเกิดกลุ่มของระดับความเข้มสูงสุด (Peak) 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งคือกลุ่มของวัตถุ และอีกกลุ่มหนึ่งคือกลุ่มของพื้นหลัง
4. เลือกค่าที่ต่ำที่สุด (Valley) ที่อยู่ระหว่างสองกลุ่มนั้น กำหนดค่านี้เป็นค่าเทรชโฮลด์
5. ทำการเชกเมนต์ภาพ โดยนำค่าเทรชโฮลด์ที่ได้มาแทนค่าในสมการที่ 2.1

จากขั้นตอนการทำงานข้างต้น ถ้าได้ทดลองทำกับภาพ 256 ระดับเทาที่เป็นภาพตัวอักษรบนพื้นกระดาษที่สีอ่อนกว่า ซึ่งเมื่อทำการสร้างฮิสโตแกรมระดับเทาของภาพแล้วจะปรากฏกลุ่มของข้อมูลสูงสุด (Peak) 2 กลุ่ม คือกลุ่มของข้อความ และกลุ่มของพื้นหลัง จากนั้นทำการเลือกค่าต่ำสุด (Valley) ระหว่าง 2 กลุ่มนั้นเป็นค่าเทรชโฮลด์ ซึ่งค่าที่ได้จากวิธีนี้จะมีค่าที่เที่ยงตรงที่สุด แต่อย่างไรก็ดีวิธีนี้ไม่เหมาะสมกับภาพที่ไม่สามารถแยกกลุ่มของสิ่งที่อยู่ในภาพได้อย่างชัดเจนระหว่างกลุ่มของวัตถุและกลุ่มของพื้นหลัง เนื่องจากว่าถ้าหากภาพอินพุทไม่สามารถแยกแยะได้แล้วจะทำให้ค่าเทรชโฮลด์ที่คำนวณได้ผิดไปจากความเป็นจริง คืออาจจะมากหรือน้อยเกินไป อันเป็นผลทำให้ได้ภาพที่ไม่เหมาะสม รายละเอียดบางส่วนขาดหายไป

### 2.5.2 การกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise reduction)

การกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพ เป็นกระบวนการส่วนแรกก่อนที่จะทำการประมวลผลภาพจริง (Preprocessing) เพื่อกำจัดภาพที่ไม่พึงประสงค์ออกจากภาพนั้น สัญญาณรบกวนบนภาพอาจเกิดจากขั้นตอนการเก็บภาพ หรือขั้นตอนการส่งผ่านข้อมูลภาพจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง เป็นต้น

การกำจัดสัญญาณรบกวนนั้น เป็นการกรองสัญญาณภาพแบบความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filtering) ซึ่งภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าองค์ประกอบที่ราบเรียบ (Smoothing) มากขึ้น ซึ่งตรงกับจุดประสงค์ของการลดสัญญาณรบกวนนั่นเอง โดยการกรองภาพใด ๆ นั้นเราจะอาศัยตัวดำเนินการซึ่งมีลักษณะเป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดจำกัด หรือบางครั้งเรียกว่าหน้าต่าง (Window) หรือหน้ากาก (Mask) เคลื่อนที่ไปกระทำการบางอย่างกับทุกจุดภาพในภาพที่ต้องการลดสัญญาณรบกวนนั้นเพื่อกำหนดค่าใหม่ของจุดภาพในตำแหน่งที่อยู่กึ่งกลางของหน้าต่างในการกระทำกับแต่ละจุดภาพนั้น สำหรับขนาดของหน้าต่างที่นิยมใช้คือ ขนาด 3 X 3 แต่ทั้งนี้ก็ยังสามารถใช้นขนาดอื่น ๆ ได้อีก เช่น 5 X 5, 7 X 7 หรือ 15 X 15 ก็ได้

การดำเนินการกรองภาพด้วยหน้าต่างนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ ตามลักษณะของหน้าต่าง กล่าวคือ ถ้าการกรองนั้นใช้หน้าต่างที่บรรจุค่าคงที่ไว้แล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองนี้จะเกิดจากการคำนวณร่วมกันระหว่าง ค่าระดับความเข้มของจุดภาพที่อยู่ภายใต้หน้าต่างและค่าคงที่ของหน้าต่างนั้นทุกค่า แล้วจะเรียกว่า การกรองแบบเป็นเชิงเส้น (Linear filtering) แต่ถ้าการกรองนั้นใช้หน้าต่างที่ไม่ได้บรรจุ

ค่าใด ๆ ไว้โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองจะเกิดจากการคำนวณค่าของจุดภาพทุกจุดที่อยู่ภายในหน้าต่างเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.2.1 การกรองแบบหาค่าเฉลี่ย (Average filtering)

การกรองภาพด้วยวิธีหาค่าเฉลี่ยนี้เป็นการกรองแบบเป็นเชิงเส้นซึ่งมีวิธีการคำนวณหาค่าความเข้มใหม่ (R) ของจุดภาพที่ตำแหน่งกึ่งกลาง ภายใต้หน้าต่างขนาด 3 X 3 ที่แสดงเป็นกรณีทั่วไปดังรูปที่ 2.7 ตามสมการ

$$R = W_1z_1 + W_2z_2 + \dots + W_9z_9 \quad \dots(2.3)$$

โดย  $z_1, z_2, \dots, z_9$  คือ ค่าระดับความเข้มของจุดภาพภายใต้หน้าต่างและมีตำแหน่งที่ตรงกับหน้าต่างนี้

W1	W2	W3
W4	W5	W6
W7	W8	W9

รูปที่ 2.12 หน้าต่างขนาด 3x3 ที่บรรจุค่าคงที่ไว้

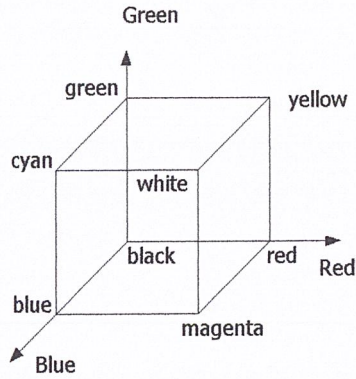
ในกรณีที่เป็นกรองแบบหาค่าเฉลี่ยจะต้องมีหลักการเพิ่มเติมเฉพาะคือ หน้าต่างที่ใช้ต้องบรรจุค่าที่เป็นบวก และผลรวมของค่าสมาชิกทุกตัวในแต่ละหน้าต่างจะต้องเท่ากับ 1 เช่น  $w$  ทุกตัวที่อยู่ในรูปที่ 2.6 จะมีค่าเป็น  $1/9$  เป็นต้น แล้วค่าความเข้มใหม่ (R) ที่คำนวณได้จากสมการที่ 2.3 ก็จะเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองแบบหาค่าเฉลี่ยของแต่ละจุดภาพนั่นเอง

### 2.5.3 โมเดลสีแบบ RGB

โมเดลสีชนิดนี้ประกอบด้วยการรวมกันของแม่สีหลักซึ่งได้แก่ แดง (Red:R), เขียว (Green:G) และน้ำเงิน (Blue:B) ซึ่งค่าสีต่าง ๆ ในแถบสเปกตรัมของสีจะได้มาจากการผสมกันในอัตราส่วนที่แตกต่างกันของแม่สีทั้งสาม

โมเดลสี RGB นี้จะแสดงด้วยแกนของลูกบาศก์สามแกนในระนาบ 3 มิติ ซึ่งค่าสีแดง เขียว และน้ำเงินจะอยู่ที่มุมทั้งสามของแต่ละแกนดังแสดงด้วยรูปที่ 2.8 ซึ่งจะเห็นว่าค่าสีค่าจะอยู่ที่จุดกำเนิด (origin) สีขาวจะอยู่ที่มุมตรงข้ามกับสีดำ ค่าของสีในช่วงระดับเทาจะอยู่ตามเส้นที่เชื่อมระหว่างค่าสีดำและค่าสีขาว จากรูปถ้าเป็นในระบบการแสดงสีแบบ 24 บิต (แบ่งออกเป็น 8 บิตต่อแม่สีหนึ่งสี) นั้น ค่าสีแดงจะถูกแทนด้วยค่า (255, 0, 0) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แสดงรูปลูกบาศก์สีของโมเดลแบบ RGB

โมเดลสี RGB ง่ายต่อการออกแบบและใช้งานในระบบคอมพิวเตอร์กราฟิก แต่ไม่เหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้งานอื่น ๆ ค่าของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน จะมีความสัมพันธ์กันอย่างมากซึ่งจะเป็นการยากที่จะนำไปประมวลผลเกี่ยวกับภาพ ดังนั้นหลายครั้งที่มีความจำเป็นที่จะต้องทำการแปลงภาพจากโมเดลสี RGB ให้อยู่ในรูปแบบของภาพแบบระดับเทา (Gray scale image) เพื่อความสะดวกดังกล่าว

ในการแปลงภาพจากโมเดลสี RGB ให้อยู่ในรูปแบบภาพระดับเทานั้น สามารถทำได้โดยการใช้สมการการแปลงดังนี้

$$\text{Gray scale intensity} = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad \dots(2.4)$$

ซึ่งเป็นสมการที่ใช้สำหรับการแปลงภาพจากมาตรฐาน NTSC

$$\text{Gray scale intensity} = 0.333R + 0.333G + 0.333B \quad \dots(2.5)$$

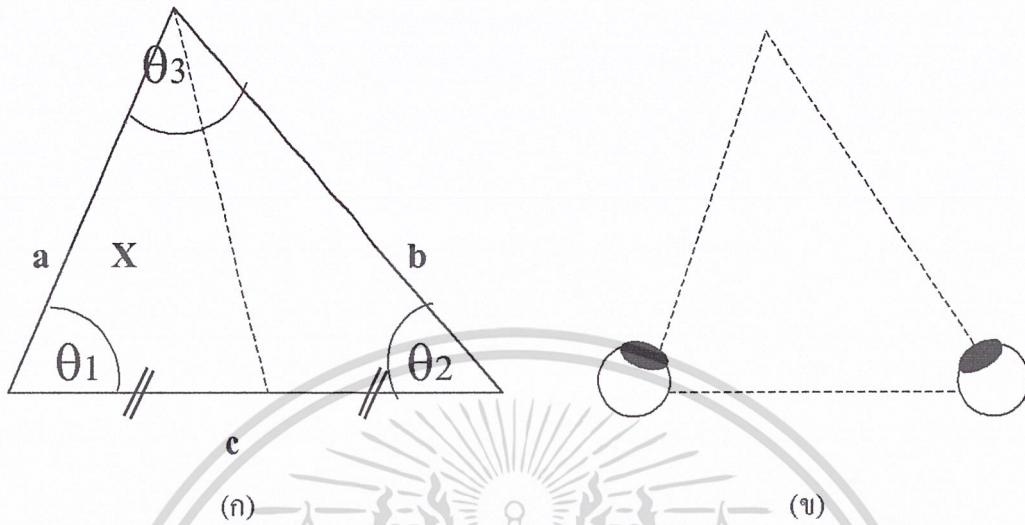
ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ในการแปลงจาก RGB ไปเป็น HIS

ในระบบดิจิทัลวิดีโออนัน เรากล่าวถึงจำนวนบิตที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างสัญญาณแต่ละครั้ง เป็นตัววัดความละเอียดของภาพที่ได้เป็นจำนวนบิตต่อพิกเซล (bit per pixel : bpp)

เนื่องจากในการสุ่มตัวอย่างสัญญาณแต่ละครั้งนั้นจะได้เป็นหนึ่งพิกเซล โดยในระบบ monochrome ที่มีคุณภาพสูงนั้นจะใช้ 8 bpp ซึ่งหมายถึงจำนวนระดับเทา (gray level) ของภาพเท่ากับ 256 ระดับ แต่ในระบบการแสดงผลแบบสีนั้นเราต้องการหนึ่งช่องสัญญาณแบบ monochrome ต่อแม่สีแต่ละสี (แดง, เขียว และน้ำเงิน) ซึ่งจะต้องใช้จำนวนบิตทั้งหมดเป็น 24 บิต ซึ่งจะได้ค่าระดับสีที่เป็นไปได้คือ 16,777,216 สี ในระบบดิจิทัลวิดีโอบางระบบซึ่งจะใช้ 24 บิตต่อพิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 การหาระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับวัตถุ



รูปที่ 2.14 (ก) สามเหลี่ยมตรีโกณมิติที่เกิดขึ้นจากการโฟกัสตรงกัน  
(ข) การโฟกัสของกล้องทั้ง 2 ตัว

คำนวณหาระยะทางของวัตถุได้จากสูตรสามเหลี่ยมตรีโกณมิติ ดังนี้

$$\frac{a}{\sin \theta_1} = \frac{b}{\sin \theta_2} = \frac{c}{\sin \theta_3} \quad \dots(2.6)$$

$$\theta_3 = 180 - \theta_1 - \theta_2 \quad \dots(2.7)$$

จากสมการ 2.7 ทราบค่าตัวแปร  $\theta_1$  และ  $\theta_2$  จากค่ามุมในแนวระนาบของกล้องทั้ง 2 ตัวแล้ว จึงสามารถหาค่า  $\theta_3$  ได้

$$a = \frac{c}{\sin \theta_3} \sin \theta_1 \quad \dots(2.8)$$

$$b = \frac{c}{\sin \theta_3} \sin \theta_2 \quad \dots(2.9)$$

จากสมการ 2.8 และ 2.9 ทราบค่าตัวแปร  $c$  จากระยะห่างของกล้องทั้ง 2 ตัว รวมทั้งค่า  $\theta_1, \theta_2, \theta_3$  แล้ว ทำให้สามารถหาค่า  $a$  และ  $b$  ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของสถาบันวิจัยงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$x^2 = \frac{a^2 + b^2}{2} - \left(\frac{c}{2}\right)^2 \quad \dots(2.10)$$

เมื่อนำค่า a, b และ c มาแทนในสูตร 2.10 จะได้ระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับวัตถุ หรือค่าตัวแปร x นั้นเอง



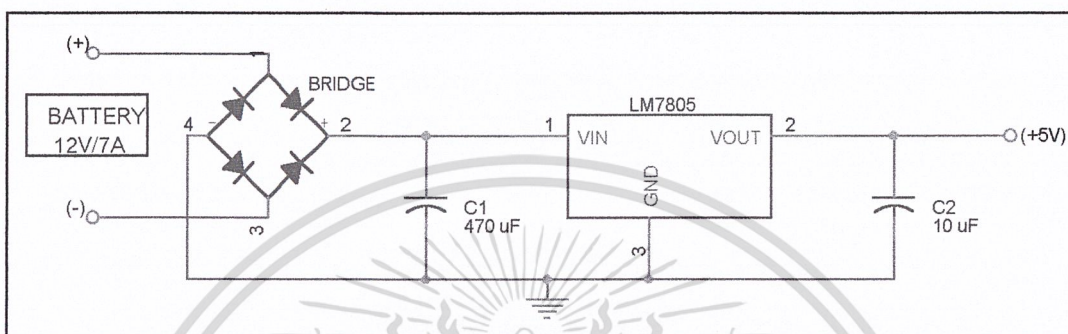
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การออกแบบ

#### 3.1 การออกแบบในส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware)

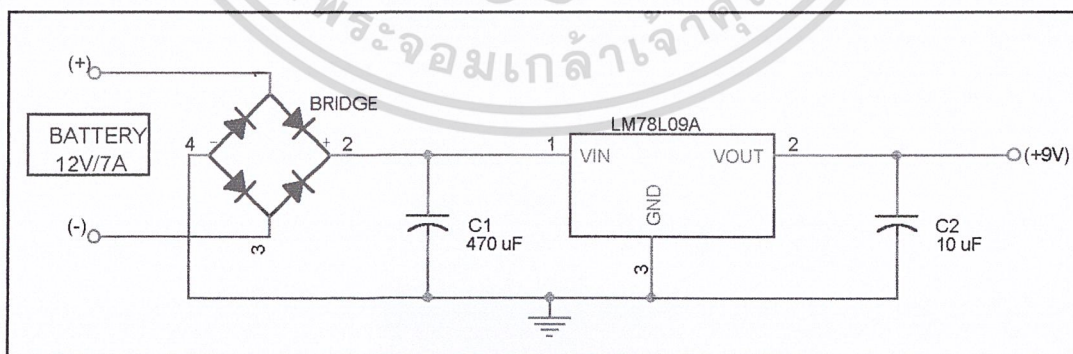
##### 3.1.1 วงจรไฟเลี้ยงแรงดันคงที่ 5 โวลต์



รูปที่ 3.1 วงจรไฟเลี้ยงแรงดันคงที่ 5 โวลต์

จากแบตเตอรี่ขนาด 12V/7A ผ่านบริดจ์(Bridge) เพื่อป้องกันการต่อผิดขั้วที่แบตเตอรี่ แล้วใช้ไอซีเรกกูเลเตอร์(Regulator) เบอร์ LM7805 เพื่อควบคุมให้แรงดันที่ทางออก(Output) มีค่าคงที่ 5 โวลต์ ใช้เป็นไฟเลี้ยงให้แก่อุปกรณ์ต่างๆ ในวงจร อาทิเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ (AT89C51,AT89C2051), ไอซีขับกระแส (Buffer-74HC541), ไอซีขับมอเตอร์ (Driver-L298N), แลตช์ (Latch-74LS373), MAX232, ไอซีกลับค่าแรงดัน (Voltage Converter-ICL7660S), ไอซีสวิตช์ (Quad Bilateral Switch-CD4066BC)

##### 3.1.2 วงจรไฟเลี้ยงแรงดันคงที่ 9 โวลต์

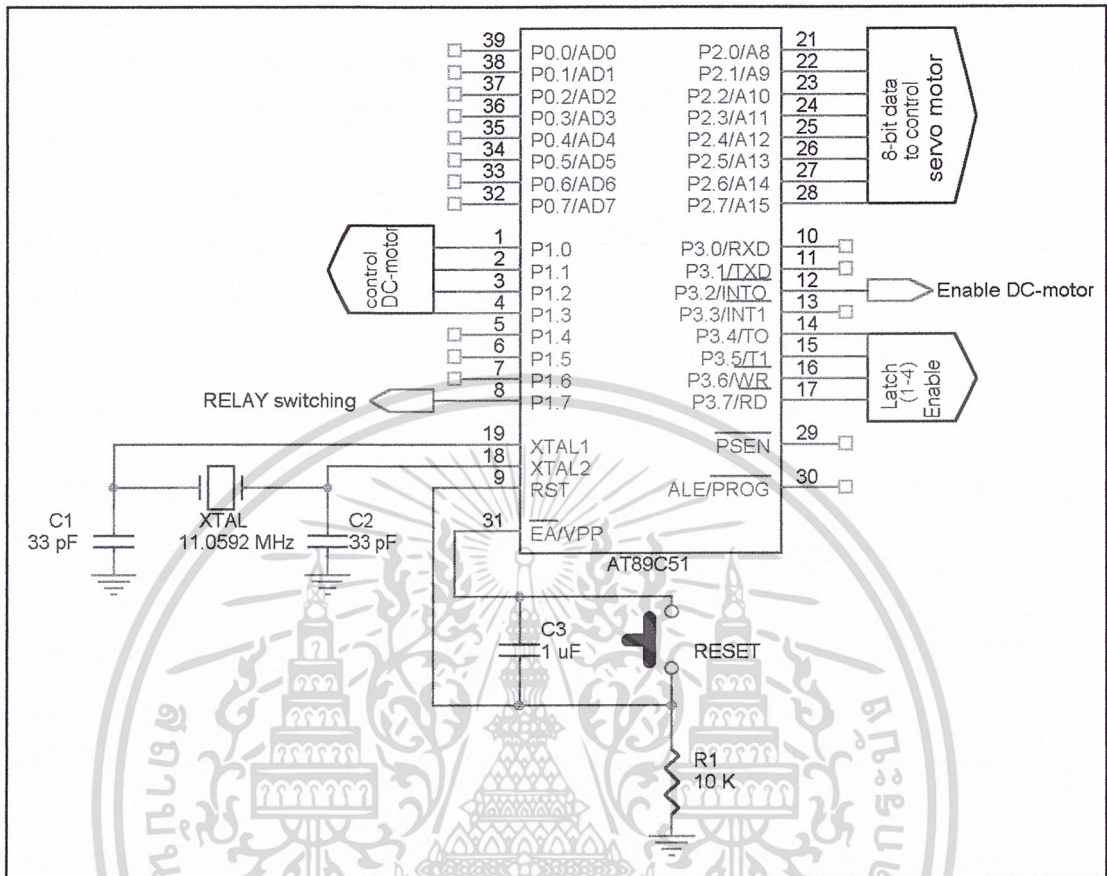


รูปที่ 3.2 วงจรไฟเลี้ยงแรงดันคงที่ 9 โวลต์

หลักการต่อวงจรเหมือนกับวงจรไฟเลี้ยงแรงดันคงที่ 5 โวลต์ทางด้านบน เพียงแต่เปลี่ยนไอซีเรกกูเลเตอร์เป็นเบอร์ LM78L09A เพื่อควบคุมให้แรงดันที่ทางออก(Output) มีค่าคงที่ 9 โวลต์ ใช้เป็นไฟเลี้ยงให้แก่กล้องจำนวน 2 ตัว

ไม่วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)



รูปที่ 3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์(MCS-51)  
ที่ใช้ควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์

นำไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51 มาใช้งานเป็นตัวหลักในการส่งข้อมูลเพื่อควบคุมการทำงานของวงจรส่วนย่อยอื่นๆ โดยแต่ละพอร์ตมีหน้าที่ดังนี้

P1.0 – P1.3 : ส่งข้อมูลเพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง(DC-motor) จำนวน 2 ตัว ซึ่ง ข้อมูล 2 บิต(P1.0-P1.1 หรือ P1.2-P1.3) จะควบคุมมอเตอร์กระแสตรง 1 ตัว ให้สามารถหมุนได้ 2 ทิศทาง

P1.7 : ส่งข้อมูลเพื่อเลือกใช้ RELAY ตัวที่ 1 หรือ 2 ในการรับข้อมูลภาพจากกล้อง

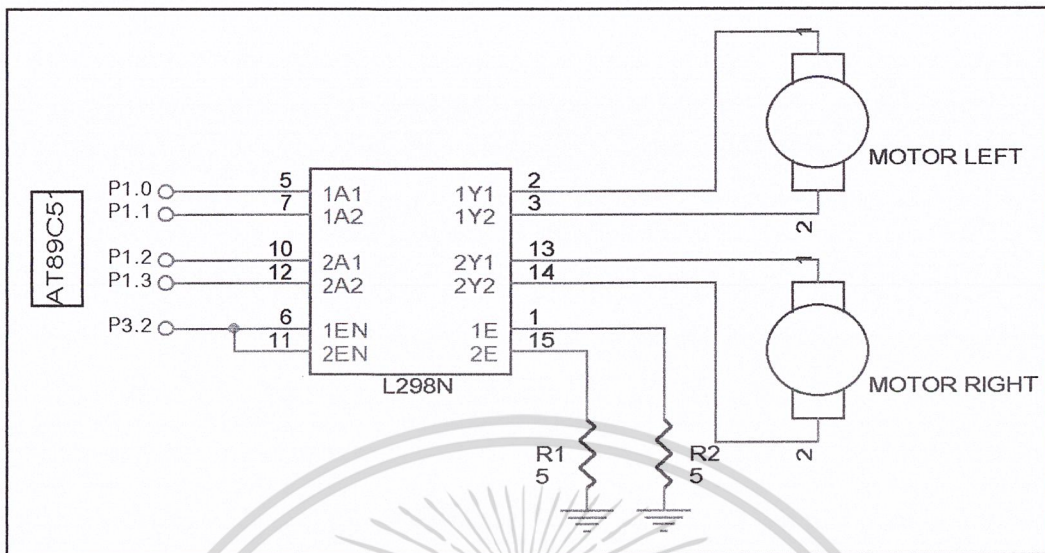
P2.0 – P2.7 : ส่งข้อมูลจำนวน 8 บิต เพื่อใช้ควบคุมการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์

P3.2 : ส่งข้อมูลเพื่อเลือกให้ไอซีขับมอเตอร์ (Motor Driver) ทำงานหรือหยุดทำงาน

P3.4 – P3.7 : ส่งข้อมูลเพื่อเลือกให้ Latch จำนวน 4 ตัว ทำงานหรือหยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.4 วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง(DC-motor)



รูปที่ 3.4 วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง(DC-motor)

ใช้ไอซีขับมอเตอร์(Dual Full-Bridge Driver) เบอร์ L298N เพื่อเป็นตัวขับกระแสให้ สัญญาณลอจิกที่ส่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังมอเตอร์กระแสตรง(DC-motor) มอเตอร์ 1 ตัว ใช้ข้อมูลควบคุมการทำงานจำนวน 2 บิต โดยมอเตอร์จะเกิดการหมุนเมื่อข้อมูลแต่ละบิตมีค่าลอจิกต่างกัน กล่าวคือ ที่ขามอเตอร์ข้างหนึ่งเป็นลอจิกศูนย์ “0” และอีกข้างหนึ่งเป็นลอจิกหนึ่ง “1” มอเตอร์จะหยุดหมุนต่อเมื่อข้อมูลทั้ง 2 บิตนั้นมีค่าลอจิกเท่ากัน

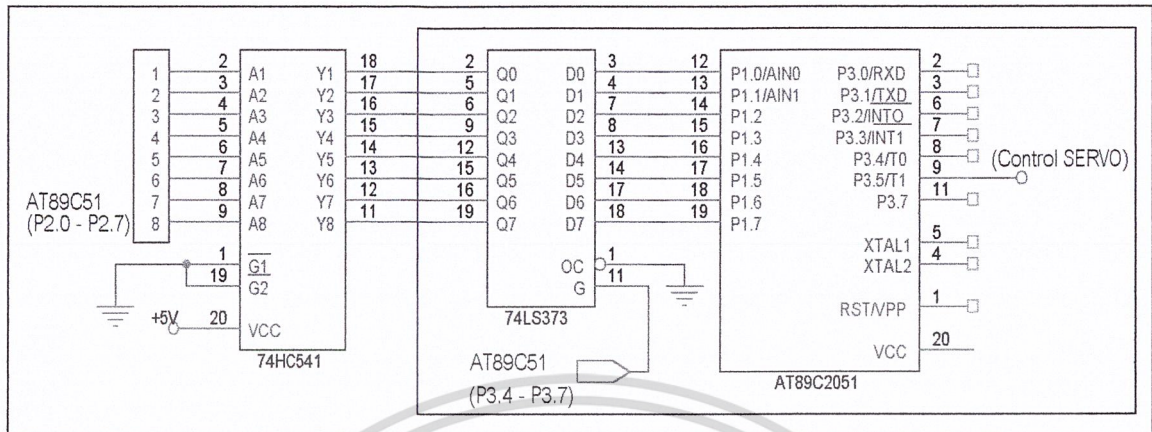
การทำงานของวงจรเริ่มจากการเลือกให้ L298N ทำงาน(Enable) โดยการกำหนด P3.2 ให้มีค่าสัญญาณลอจิก 1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณจาก P1.0-P1.1 เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ด้านซ้าย และ P1.2-P1.3 เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ด้านขวา ซึ่งการควบคุมการหมุนของล้อเพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่นั้นแสดงได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงการควบคุมล้อในการเคลื่อนที่แบบต่างๆ

ลักษณะการเคลื่อนที่	เดินหน้า	ถอยหลัง	หมุนขวา	หมุนซ้าย
มอเตอร์ซ้าย	FORWARD	BACKWARD	FORWARD	BACKWARD
มอเตอร์ขวา	FORWARD	BACKWARD	BACKWARD	FORWARD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.5 วงจรควบคุมเซอร์โวมอเตอร์(Servo Motor)



รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

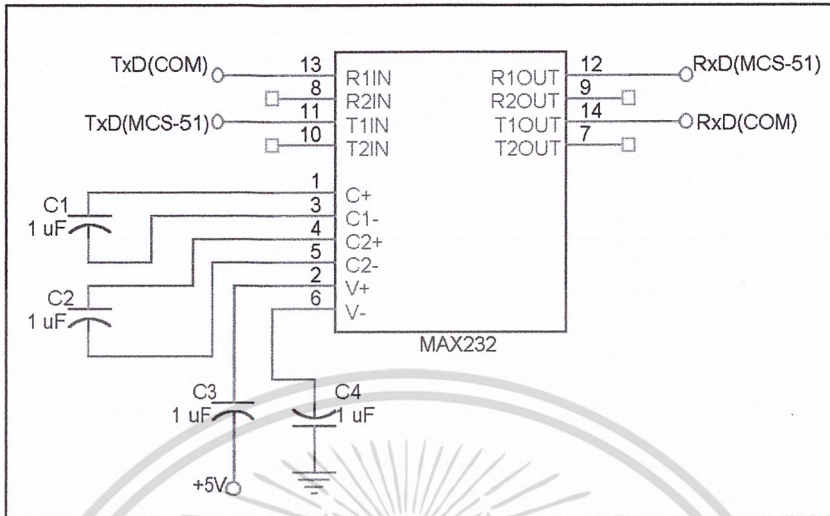
จากโครงสร้างของหุ่นยนต์มีการใช้เซอร์โวมอเตอร์จำนวน 4 ตัว คือ ใช้ควบคุมการมองในแนวตั้ง 1 ตัว, ควบคุมการมองในแนวระนาบของตาซ้าย 1 ตัว, ควบคุมการมองในแนวระนาบของตาขวา 1 ตัว และควบคุมการหมุนของคอในแนวระนาบ 1 ตัว ซึ่งแต่ละตัวมีการทำงานเป็นอิสระต่อกัน

การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์นั้นสามารถควบคุมองศาในการหมุนได้โดยกำหนดความกว้างของพัลส์(pulse) ที่จะส่งไปทางสายสัญญาณของเซอร์โวมอเตอร์ กล่าวคือ ถ้าความกว้างของพัลส์มีค่าคงที่มอเตอร์จะไม่เกิดการหมุน แต่หากความกว้างของพัลส์มีขนาดเพิ่มขึ้นจะทำให้มอเตอร์หมุนเพิ่มขึ้นจากทิศทางเดิมทำให้องศาการหมุนเพิ่มขึ้น และถ้าความกว้างของพัลส์มีขนาดลดลงมอเตอร์จะหมุนกลับหรือในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางเดิมทำให้องศาการหมุนลดลง ซึ่งในโครงงานนี้จะเพิ่มหรือลดความกว้างของพัลส์โดยใช้วิธีการแปลงข้อมูลจำนวน 8 บิต ให้เป็นจำนวนเวลาที่ใช้เป็น Delay Time ในการสร้างพัลส์ ทำให้สามารถควบคุมความกว้างของพัลส์ได้

การทำงานของวงจรเริ่มจากไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งข้อมูลจาก P2.0-P2.7 จำนวน 8 บิตผ่านมายังไอซีขับกระแส(Buffer) เบอร์ 74HC541 ที่เอาต์พุตของบัฟเฟอร์จะมีชุดของแลตช์(Latch-74LS373) และไมโครคอนโทรลเลอร์(AT89C2051) ดังที่เห็นในเส้นประต่ออยู่จำนวน 4 ชุด เพื่อควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ 4 ตัว โดยสัญญาณที่ออกมาจากบัฟเฟอร์จะถูกส่งผ่านไปยังเอาต์พุตของแลตช์ได้ก็ต่อเมื่อแลตช์ถูกเลือกให้ผ่านข้อมูล(Enable) ด้วยสัญญาณลอจิกหนึ่ง “1” และหากจะค้างค่าของข้อมูลที่เอาต์พุตของแลตช์ไว้ก็ทำได้โดยการให้ขา Enable เป็นสัญญาณลอจิกศูนย์ “0” ซึ่งสัญญาณ Enable ของแลตช์ทั้ง 4 ตัวส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตั้งแต่ P3.4-P3.7 ในขั้นตอนสุดท้าย ข้อมูลจำนวน 8 บิตที่เข้ามายัง P1.0-P1.7 ของ AT89C2051 จะถูกนำไปใช้เป็นเวลาในการเพิ่มหรือลดความกว้างของพัลส์ และพัลส์ก็จะถูกส่งผ่าน P3.5 ของ AT89C2051 ออกไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

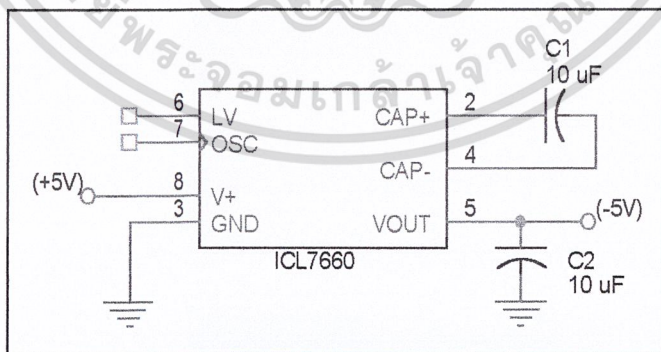
### 3.1.6 วงจรการสื่อสารแบบอนุกรม(Serial Port Communication)



รูปที่ 3.6 วงจรการสื่อสารแบบอนุกรม

ใช้ไอซี MAX-232 ซึ่งภายในไอซี MAX-232 จะมีชุดรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมอยู่ทั้งหมด 2 ชุด แต่ละชุดมี 2 ทิศทาง คือการรับและส่ง ใช้เพื่อเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมระหว่างคอมพิวเตอร์กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์(AT89C51) ที่ควบคุมการทำงานของวงจรต่างๆ เพื่อแปลงสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ให้สามารถใช้ได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพราะแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์จะมีระดับสัญญาณอยู่ที่ -15 V ถึง 15 V แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์จะอยู่ที่ระดับ 0 ถึง 5 V

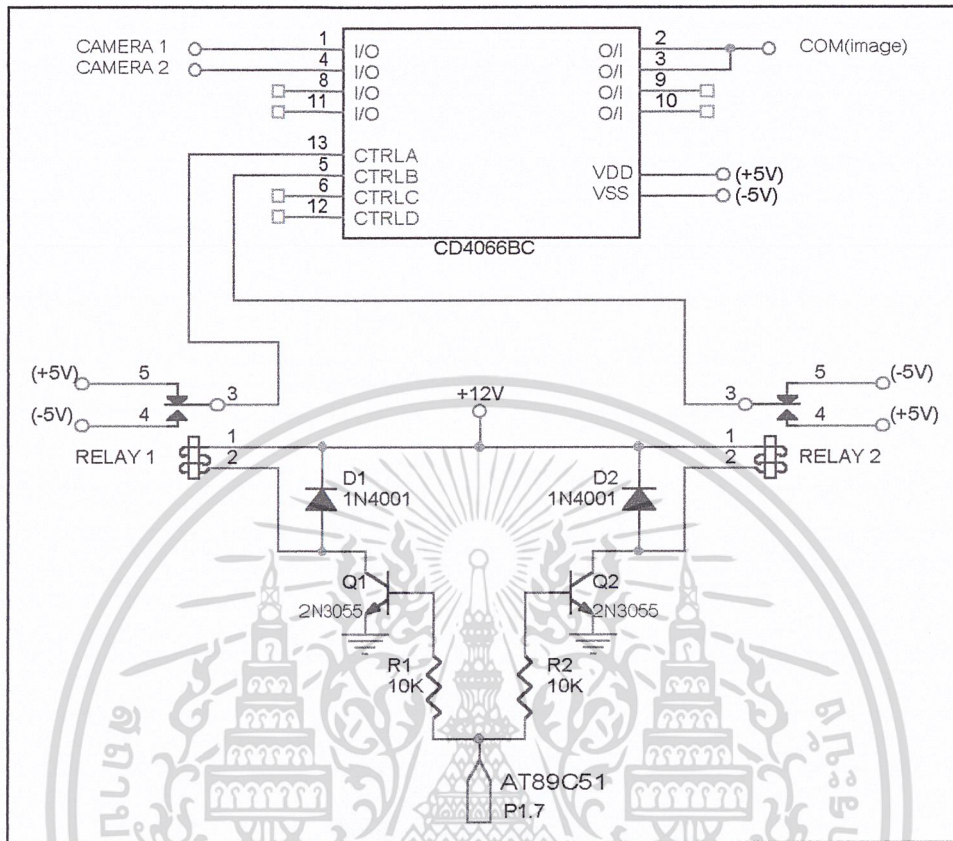
### 3.1.7 วงจรกลับแรงดันไฟตรงจากบวกเป็นลบ(DC Voltage Converter)



รูปที่ 3.7 วงจรกลับแรงดันไฟตรงจากบวกเป็นลบ (DC Voltage Converter)

ใช้ไอซีกลับแรงดัน(Voltage Converter) เบอร์ ICL7660S ทำให้ได้แรงดันไฟตรงคงที่ -5 โวลต์ เพื่อนำไปใช้กับไอซีสวิตช์(Quad Bilateral Switch) เบอร์ CD4066BC เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.8 วงจรส่งผ่านสัญญาณกล้องเข้าสู่คอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.8 วงจรส่งผ่านสัญญาณกล้องเข้าสู่คอมพิวเตอร์

จากที่มีการใช้กล้อง 2 ตัวเพื่อจับภาพวัตถุที่สนใจไว้ระยะทาง เมื่อต้องการนำภาพที่ได้มาแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ ในโครงการนี้ไม่สามารถจะรับสัญญาณภาพทั้ง 2 กล้องพร้อมกันได้ เนื่องจากการ์ดวิดีโอแสดงผล (Video Card) มีอินพุต (Input) เพียงช่องเดียว ดังนั้นการประมวลผลภาพ (Image Processing) ของทั้ง 2 กล้องจะทำได้ด้วยการสลับเวลาการแสดงผลของทั้ง 2 ช่อง จากสาเหตุนี้จึงต้องใช้สวิทช์เป็นตัวเลือกจะทำให้สัญญาณภาพจากกล้องใดทำการแสดงผลในช่วงเวลานั้น

ไอซีสวิทช์ (Quad Bilateral Switch) เบอร์ CD4066BC สามารถส่งผ่านสัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) ที่มีระดับแรงดันตั้งแต่  $-7.5$  ถึง  $+7.5$  โวลต์ แต่ในวงจรที่ใช้กำหนดไฟเลี้ยงไว้ที่  $VDD = +5$  โวลต์ และ  $VSS = -5$  โวลต์ ดังนั้นจะสามารถส่งผ่านสัญญาณอนาล็อกที่มีแรงดัน  $-5$  ถึง  $+5$  โวลต์ได้ ซึ่งสัญญาณภาพจากกล้องที่เราต้องการก็อยู่ในขอบเขตนี้เช่นเดียวกัน การทำงานของสวิทช์สามารถควบคุมโดยขาคอนโทรล (Control) กล่าวคือ ถ้าต้องการให้มีสัญญาณผ่านไปทางเอาต์พุต (Output) ของไอซี CD4066BC ได้ (สวิทช์ปิด) ขาคอนโทรลต้องมีระดับแรงดันที่  $+5$  โวลต์ ในทางตรงกันข้าม หากไม่ต้องการให้มีสัญญาณผ่านไปยังเอาต์พุต (สวิทช์เปิด) ขาคอนโทรลต้องมีระดับแรงดันที่  $-5$  โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ส่งสัญญาณลอจิกศูนย์ “0” หรือหนึ่ง “1” มาเพื่อควบคุมการนำกระแสของรีเลย์(Relay) ให้มีการเปลี่ยนหน้าสัมผัส(Contact) หรือไม่เปลี่ยนผลที่ได้ก็คือ ขาคอนโทรลทั้ง 2 ขา(CTRLA , CTRLB) จะมีระดับแรงดันที่ต่างกันเสมอ คือมีค่าเป็น +5 โวลต์ กับ -5 โวลต์ ดังนั้นที่ขาเอาต์พุตของ CD4066BC ทั้ง 2 ขาที่ต่อร่วมกันอยู่ จะมีสัญญาณภาพเพียงสัญญาณเดียวจากช่องที่มีแรงดันขาคอนโทรลเป็น +5 โวลต์ หรือสวิตช์ปิดอยู่นั่นเอง

### 3.2 การออกแบบในส่วนซอฟต์แวร์(Software)

#### 3.2.1 ซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานวงจรส่วนต่างๆ ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

คำสั่งที่รับจากคอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดให้วงจรทำงาน

- (1) DC-motor แบบที่ต้องมีคำสั่งหยุด
  - FORWARD = 10000001B
  - BACKWARD = 10000010B
  - LEFT = 10000011B
  - RIGHT = 10000100B
- (2) DC-motor แบบที่ไม่ต้องมีคำสั่งหยุด
  - FORWARD\_NO = 11000001B
  - BACKWARD\_NO = 11000010B
  - LEFT\_NO = 11000011B
  - RIGHT\_NO = 11000100B
- (3) หยุดการทำงานของ DC-motor
  - STOP\_DC = 10000101B
- (4) เลือก RELAY
  - RELAY1 = 10000110B
  - RELAY2 = 10000111B
- (5) เลือก Servo Motor
  - SERVO1 = 10010000B
  - SERVO2 = 10010001B
  - SERVO3 = 10010010B
  - SERVO4 = 10010011B

ข้อมูลที่รับจากคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการหมุน Servo Motor

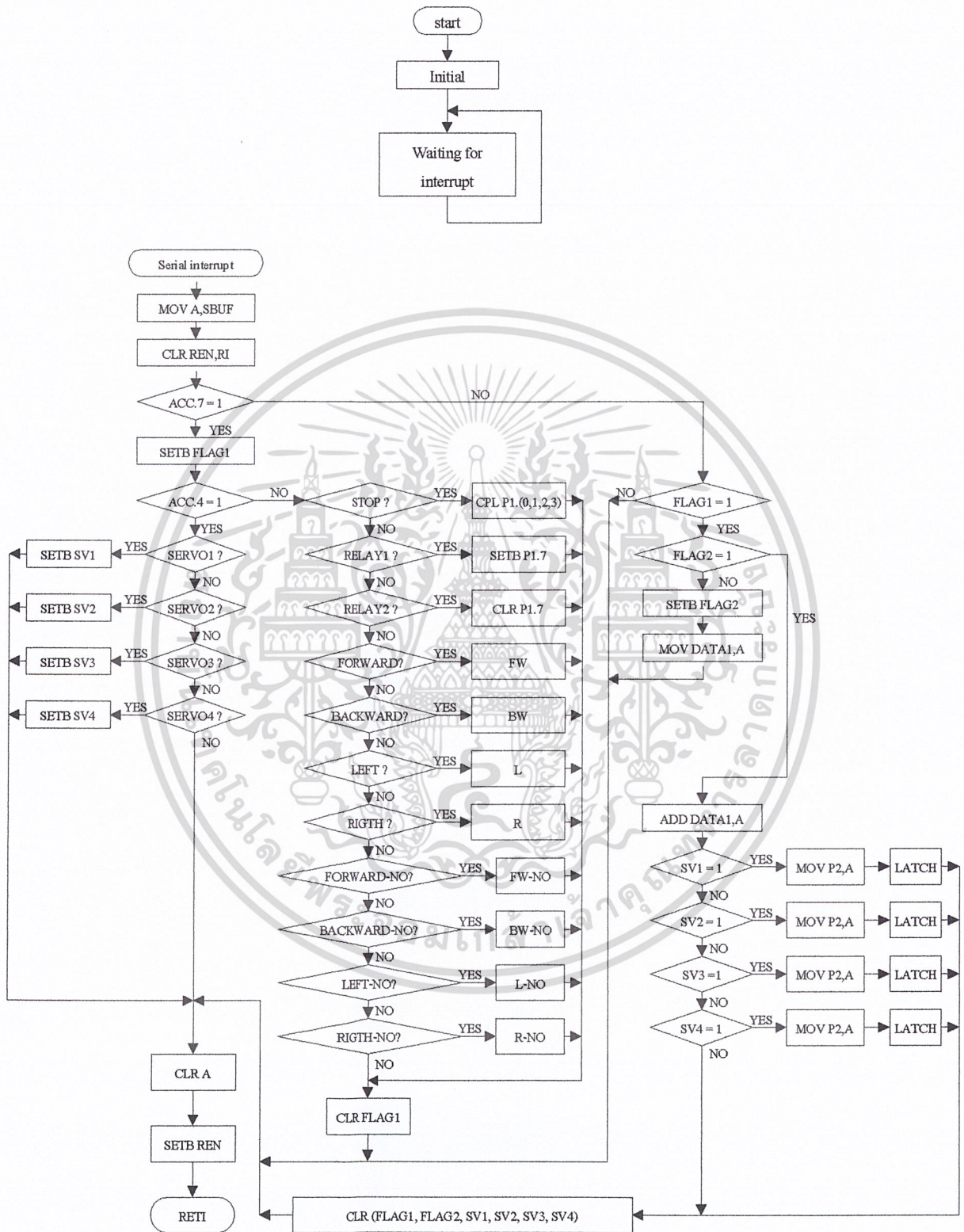
มีค่าได้ตั้งแต่ 00000000B - 01111111B

การกำหนดตำแหน่งความจำ(Memory)ใน AT89C51 ให้กับตัวแปรต่างๆ

FLAG1 BIT 00H	SV3 BIT 04H
FLAG2 BIT 01H	SV4 BIT 05H
SV1 BIT 02H	WAIT BIT 06H
SV2 BIT 03H	DATA1 EQU 30H

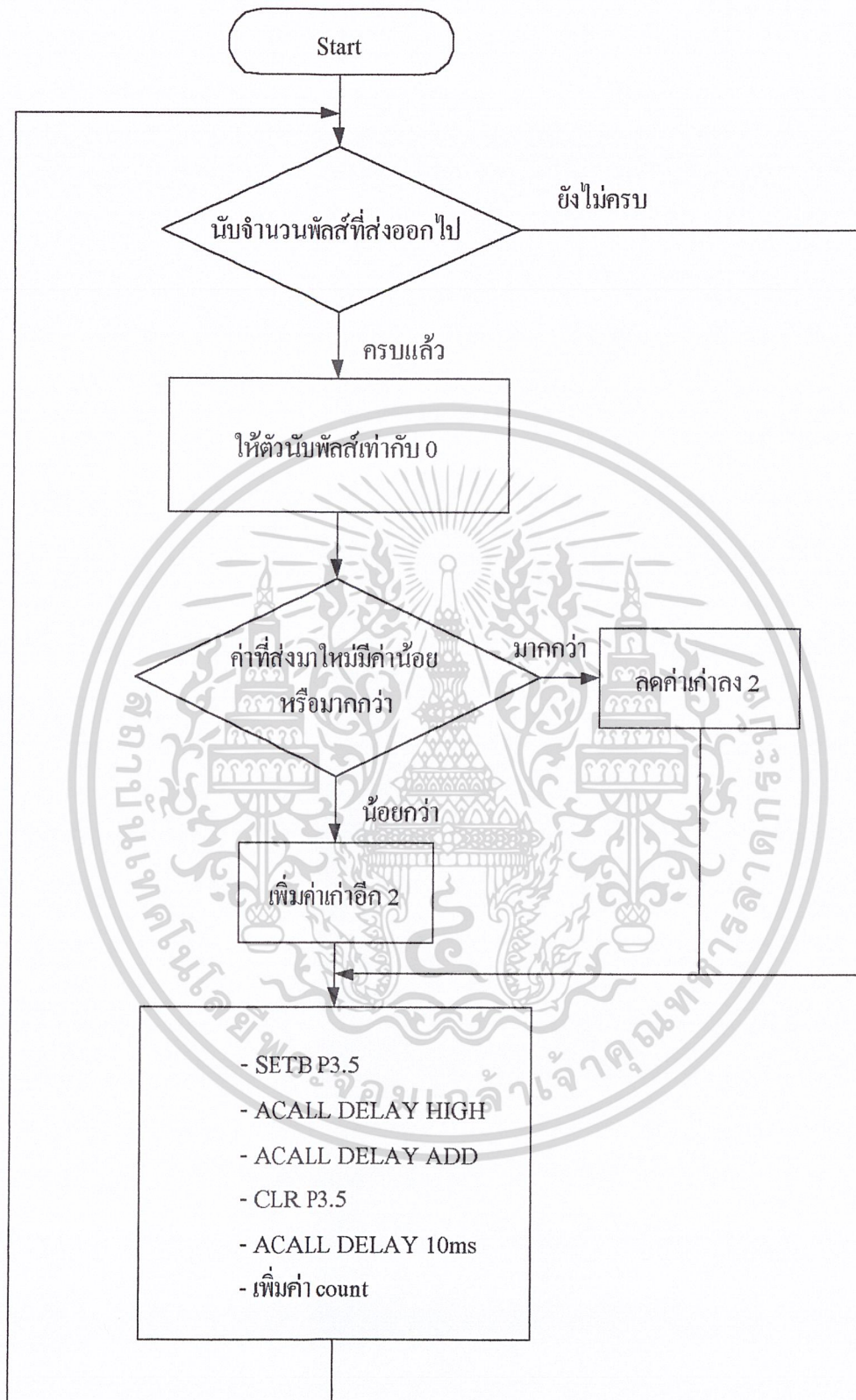
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเท่านั้น กรุณาอย่าให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเขียนแผนผังการทำงาน(Flow Chart) ของโปรแกรมได้ดังนี้



รูปที่ 3.9 Flow Chart แสดงการทำงานของโปรแกรมใน AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

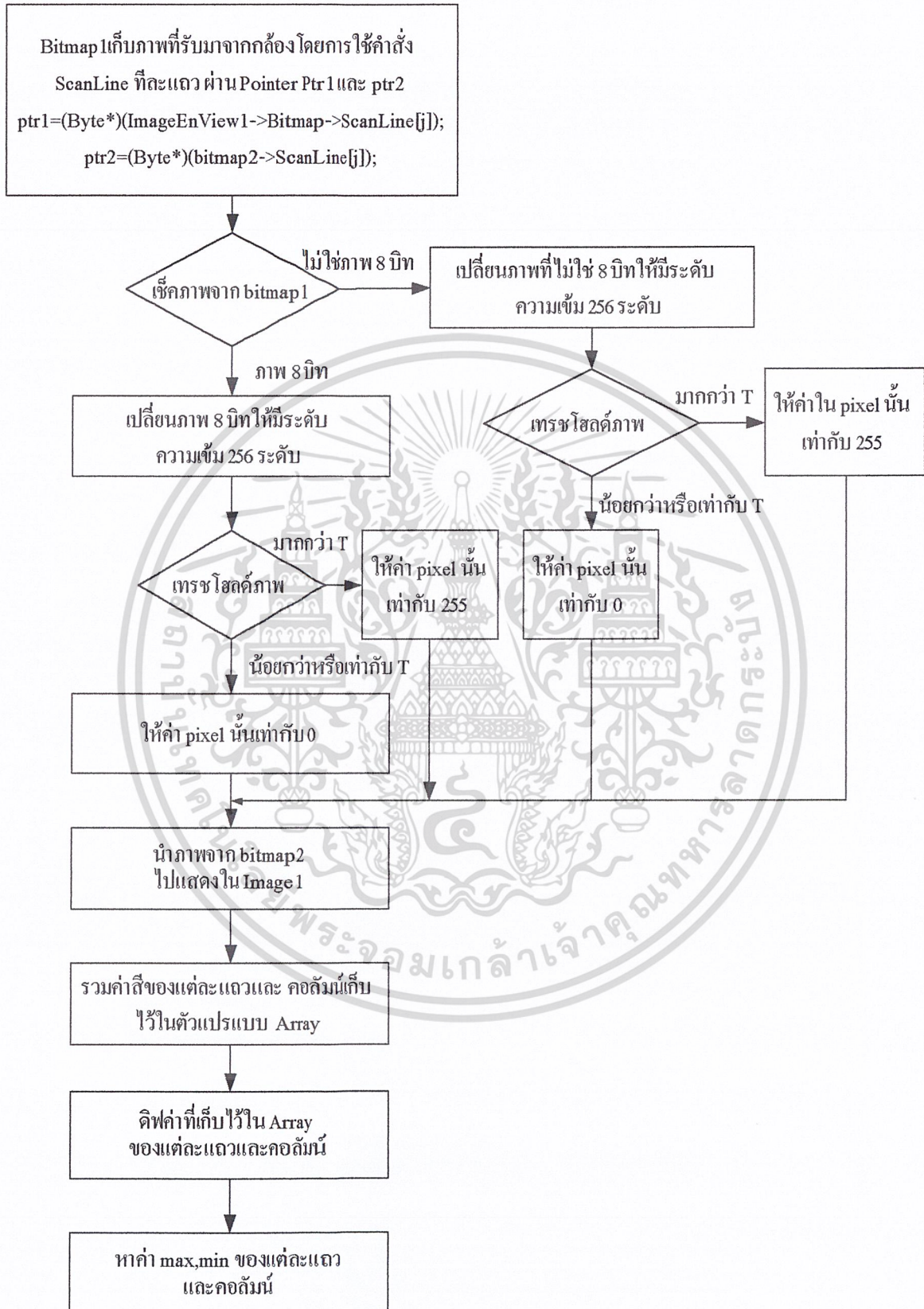


รูปที่ 3.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมใน AT89C2051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

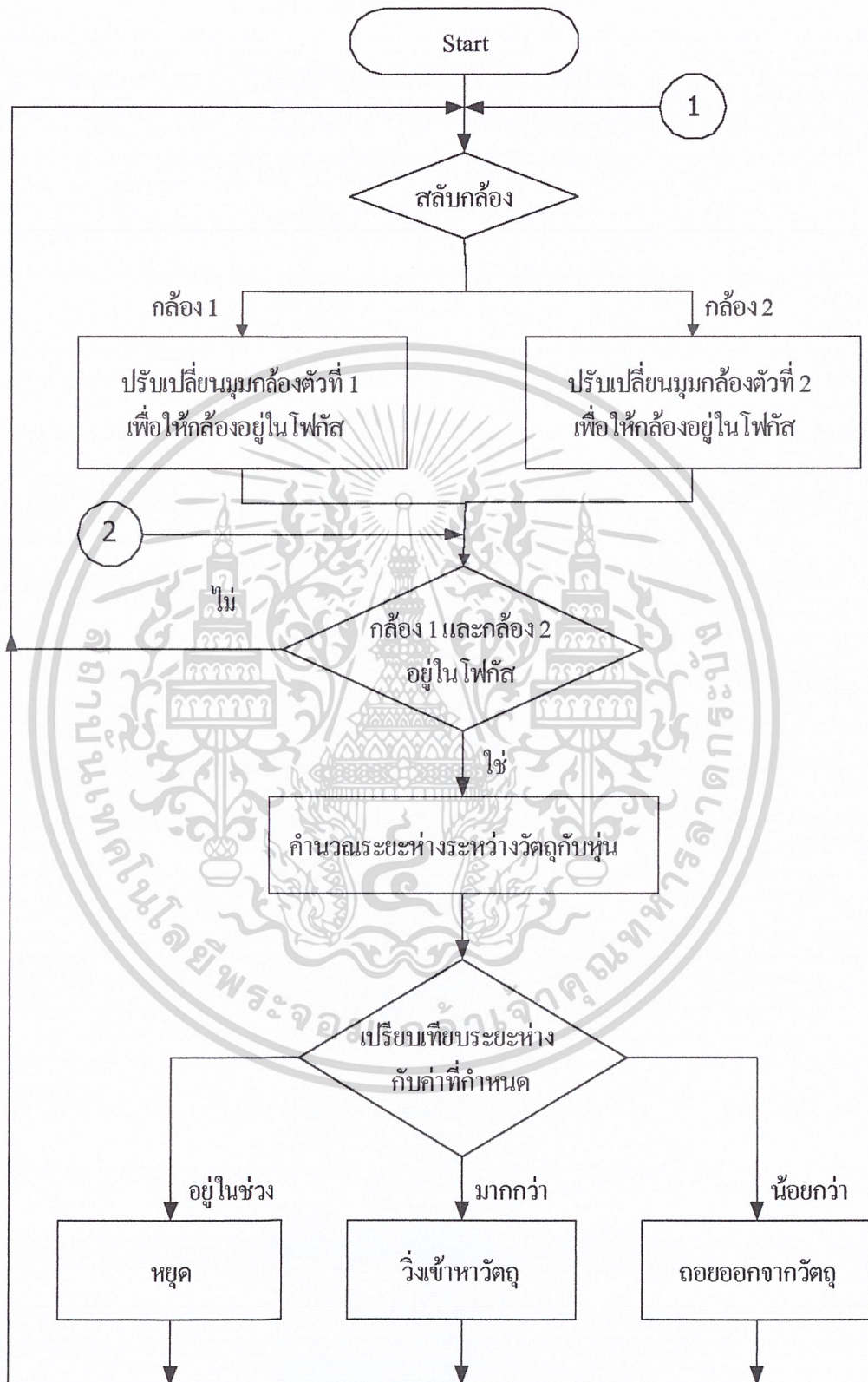
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 ซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพ

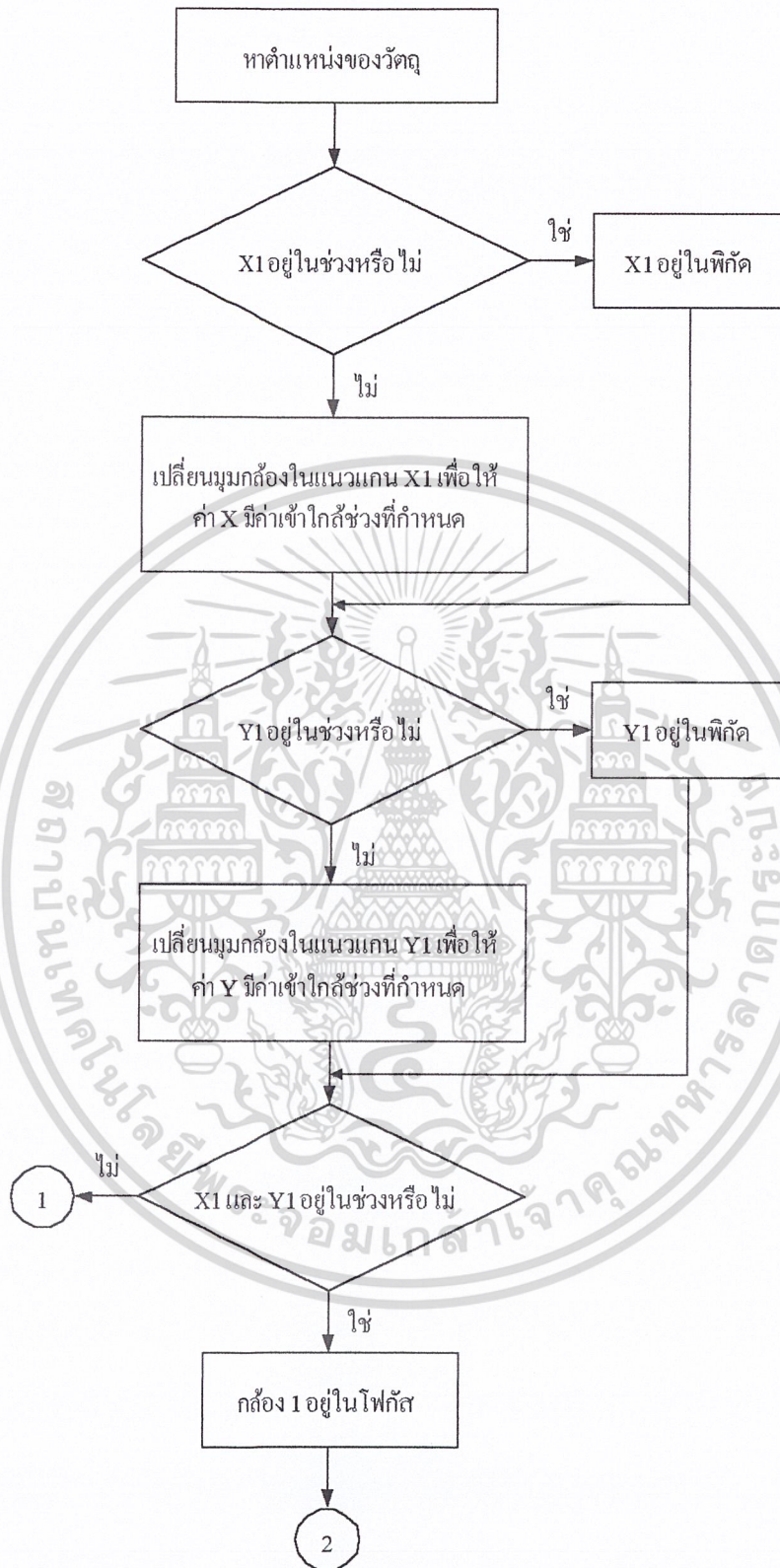


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 3.11 แสดงบล็อกไคแกรมของการประมวลผลภาพเพื่อหาตำแหน่งของวัตถุ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ซอฟต์แวร์การควบคุมการเคลื่อนที่ในส่วนต่าง ๆ หนึ่ง

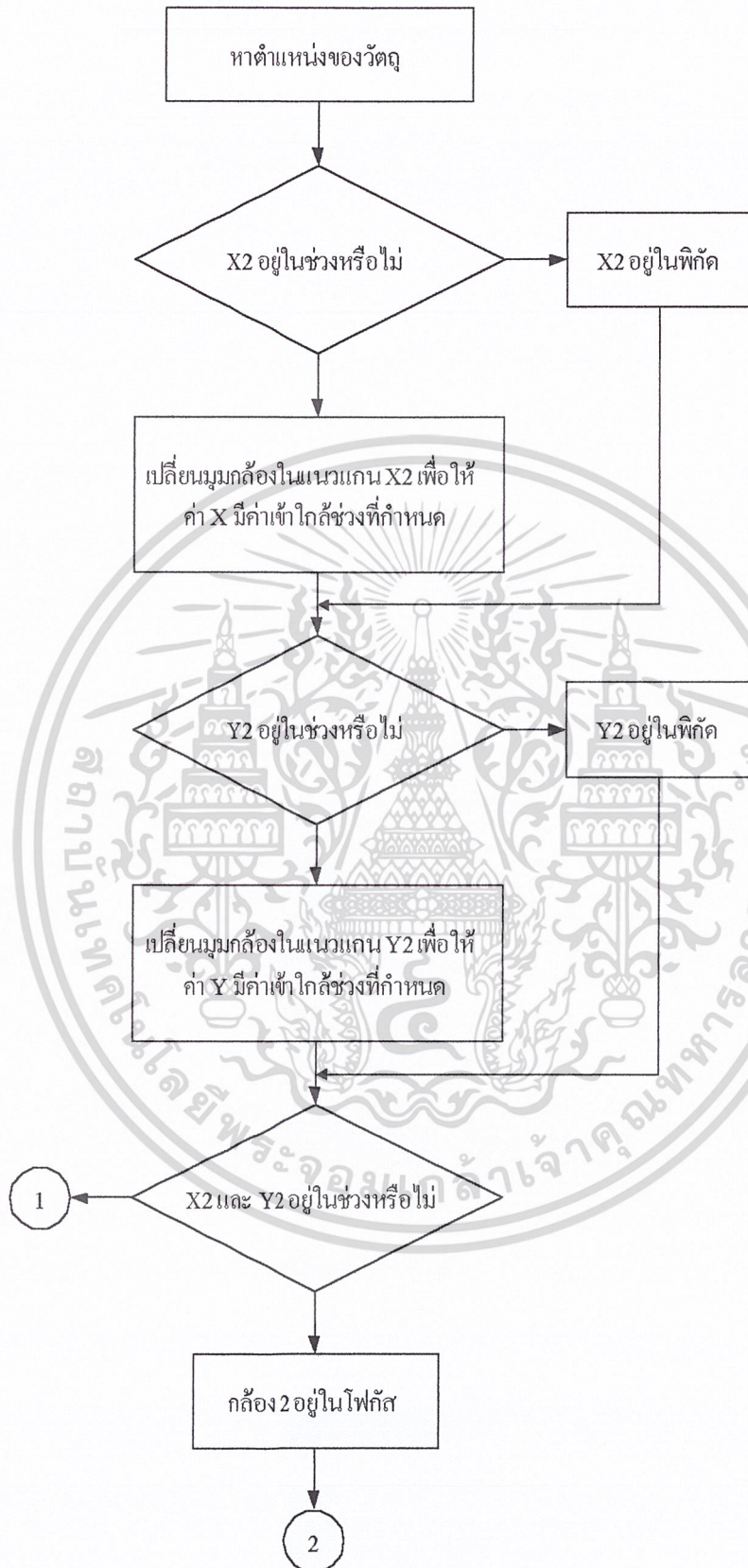


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 3.11 แสดงบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมหุ่น  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



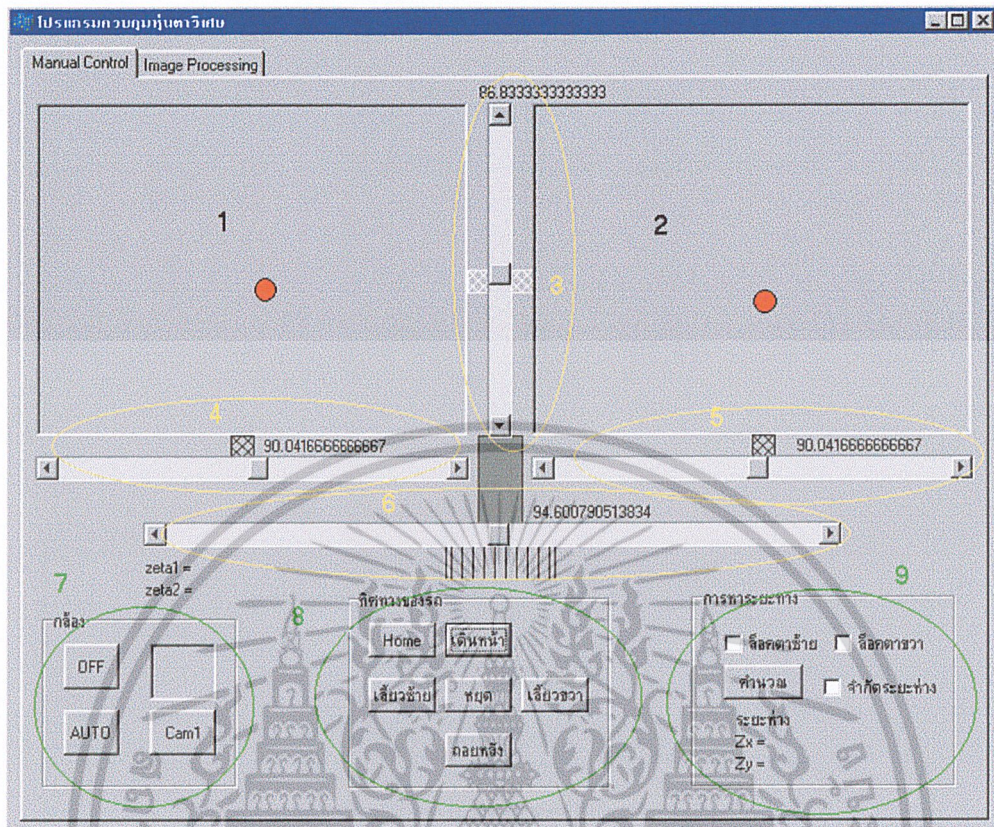
รูปที่ 3.12 แสดงบล็อกไดอะแกรมของฟังก์ชันหาโฟกัสของกล้อง 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 3.13 แสดงบล็อกไดอะแกรมของฟังก์ชันหาพิสัยของกล้อง 2 ๒ ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 การออกแบบหน้าต่างติดต่อกับผู้ใช้



รูปที่ 3.14 แสดงหน้าต่างติดต่อกับผู้ใช้แท็บ Manual Control

ส่วนประกอบต่าง ๆ ในรูปที่ 3.14 มีดังต่อไปนี้คือ

1 และ 2 จะเป็น component ImageEnView ของ ImageEn Package ซึ่งมีไว้สำหรับดูภาพที่ได้จากกล้องซ้ายและขวาตามลำดับ

3, 4, 5 และ 6 จะเป็น ScrollBar ทำหน้าที่เลื่อนมุมของ Servo Motor ทั้ง 4 ตัว คือ มุมองศากล้องซ้าย กล้องขวา และคอ ตามลำดับ แต่ละ Motor จะมีมุมบอกด้วย

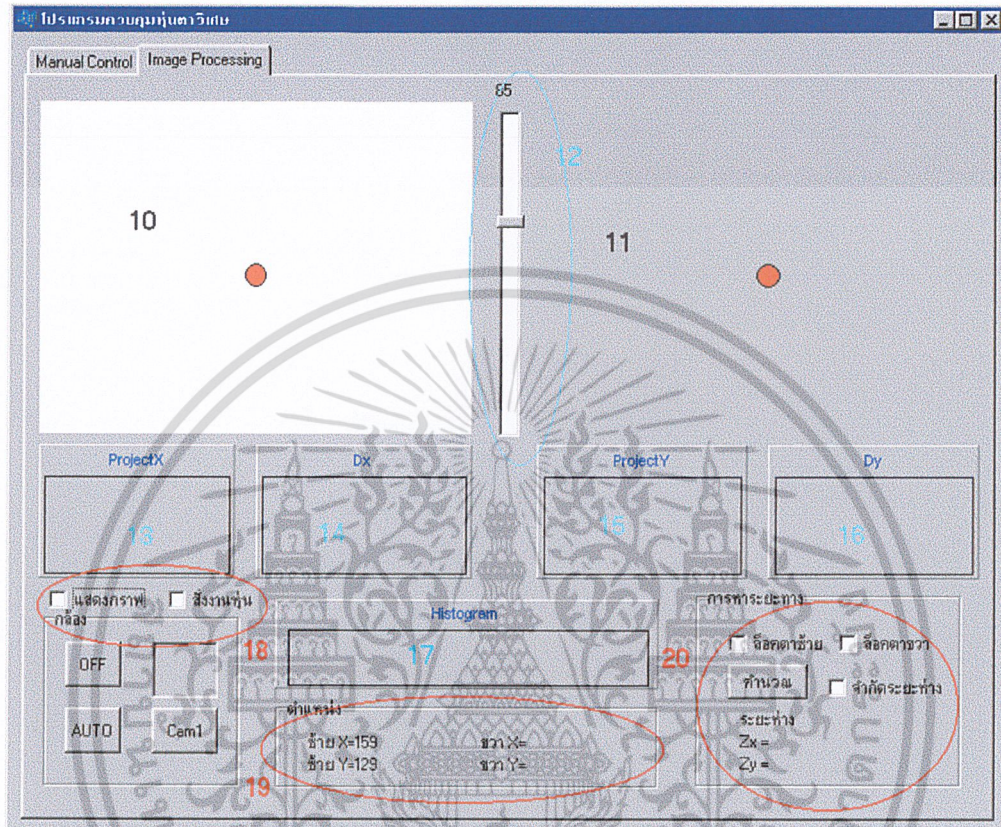
7 จะเป็นส่วนของการควบคุมกล้อง โดยที่

- ปุ่ม ON/OFF จะทำการเปิด/ปิดการรับภาพจากกล้อง
- ปุ่ม AUTO จะทำการสลับกล้องโดยอัตโนมัติ
- ปุ่ม Cam1/Cam2 จะเป็นปุ่มเลือกกล้องที่จะให้แสดงผล
- ImageEnVideoView จะแสดงภาพที่รับได้มาจากการ์ดแคปเจอร์

8จะเป็นส่วนของการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่น ก็จะมีเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวา ส่วนปุ่ม Home จะเป็นปุ่มที่สั่งให้ Servo Motor ทุกตัวมาอยู่ที่มุม 90 องศา

9จะเป็นส่วนการคำนวณหาระยะทางระหว่างวัตถุกับหุ่นซึ่งจะคำนวณก็ต่อเมื่อมีการเช็คที่ล็อคตาซ้ายและตาขวา จะทำการเช็คก็ต่อเมื่อภาพวัตถุที่ทั้งตาซ้ายและขวาอยู่ตรงกลางของช่องภาพแต่ละช่อง เมื่อ

คำนวณค่าที่จะแสดงก็มี ระยะเวลาการจัด ระยะเวลาพิกัดในแนวแกนอน และแกนตั้ง ส่วนเช็คที่จำกัดระยะห่างเมื่อเช็คแล้วจะทำให้หุ่นสามารถเคลื่อนที่เข้าหาหรือออกจากวัตถุเมื่อหุ่นทำการวัดระยะห่างแล้ว วัตถุอยู่ห่างจากหุ่นมากหรือน้อยกว่าระยะที่กำหนดตามลำดับ



รูปที่ 3.15 แสดงหน้าต่างติดต่อกับผู้ใช้แท็บ Image Processing

10 และ 11 จะเป็น Component Image ซึ่งจะทำการแสดงผลจากการทำการประมวลผลภาพจาก ImageEnView ในส่วนที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

12 จะเป็น ScrollBar ที่จะทำการเลือกค่า Thershold ในการทำการประมวลผลภาพ

13 และ 15 จะเป็นผลกราฟที่แสดงการ Projection ของภาพที่กำลังทำการประมวลผลภาพในแนวแกน x และแกน y ตามลำดับ

14 และ 16 จะเป็นกราฟที่แสดงการ Differentiate ผลจากกราฟ 13 และ 15 ตามลำดับ

17 แสดง Histogram ของภาพที่กำลังทำการประมวลผลภาพ

18 จะการให้แสดงกราฟที่ 13, 14, 15, 16 และ 17 หรือ ไม่ และการเลือกกว่าจะให้มีการสั่งงานหุ่นแบบอัตโนมัติหรือไม่เพื่อทำการวัดระยะทาง

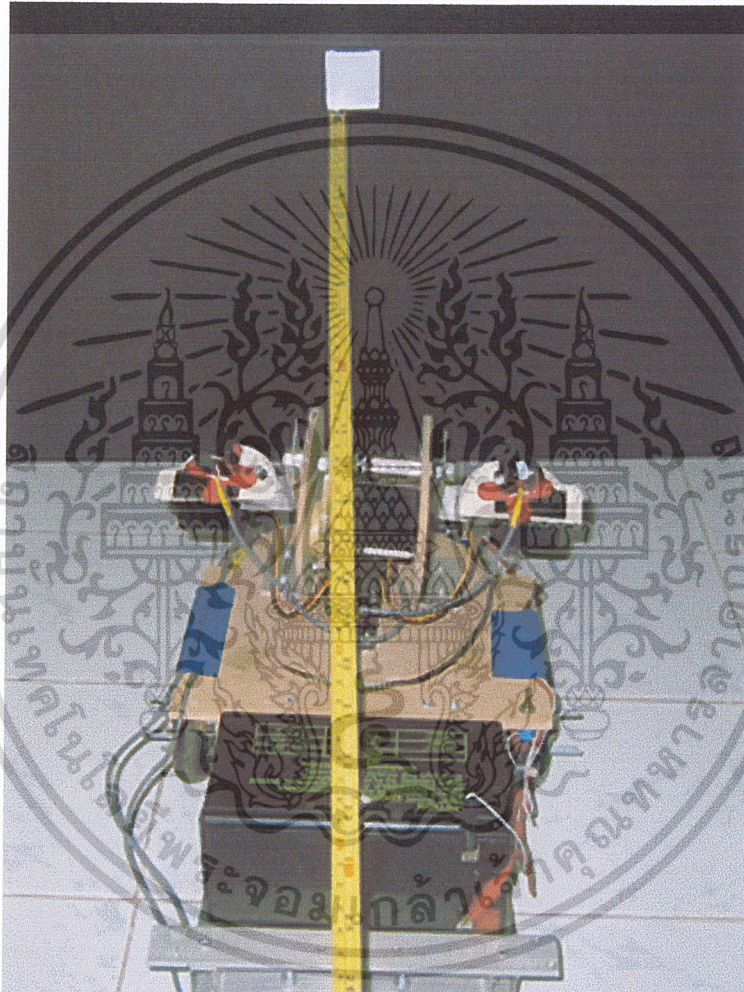
19 จะแสดงผลตำแหน่งของวัตถุของกล้องทั้งสองกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
20 เหมือนกับที่อธิบายในส่วนที่ 9  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

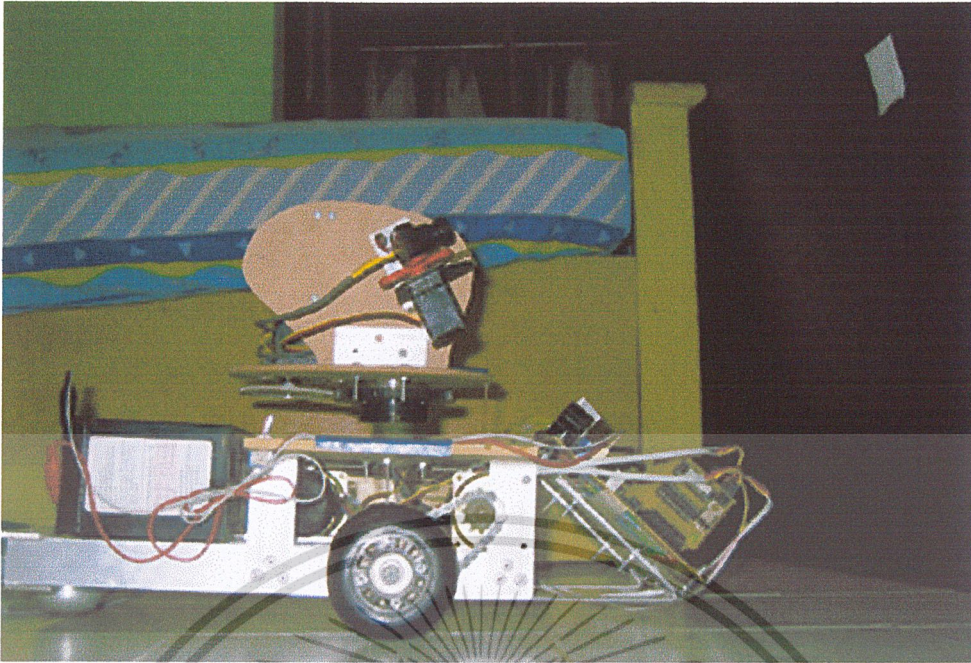
### การทดลองและสรุปผลการทดลอง

#### 4.1 วิธีการทดลอง

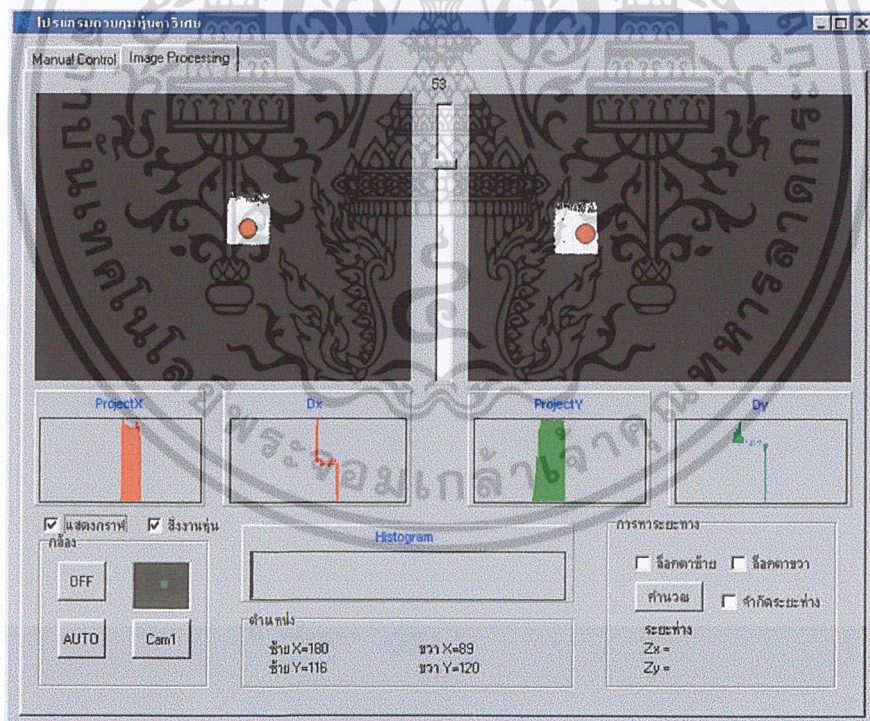


รูปที่ 4.1 แสดงรูปการทำการทดสอบวัดระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

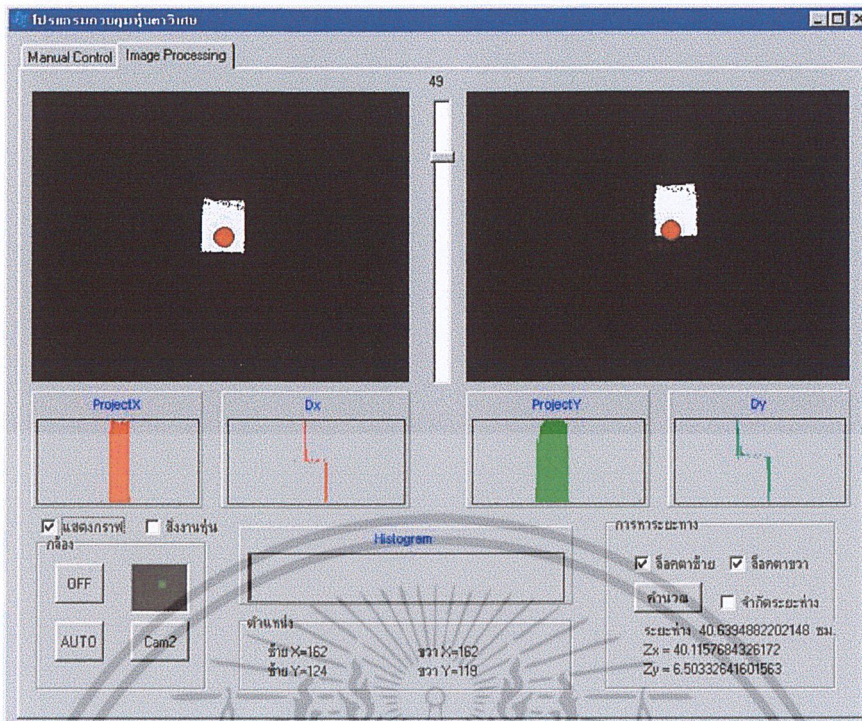


รูปที่ 4.2 แสดงรูปที่ทำการทดสอบภาพด้านข้าง

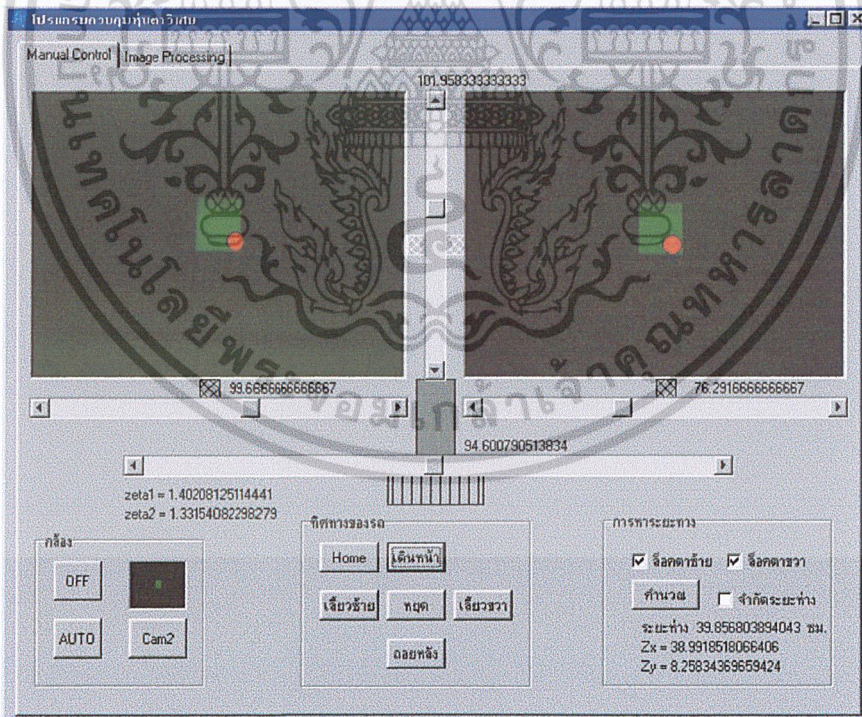


รูปที่ 4.3 แสดง โปรแกรมเมื่อกำลังทำการหาตำแหน่งของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดง โปรแกรมเมื่อทำการหาวัตถุได้แล้วและคำนวณระยะห่าง



รูปที่ 4.5 แสดง โปรแกรมเมื่อหุ่นสามารถจับวัตถุได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการทดลอง

### 4.2.1 ระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับฉาก = 30 ซม.

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบการวัดระยะห่างระหว่างวัตถุกับหุ่นที่ระยะจริง 30 ซม.

ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)
1	34.8	11	34.8	21	36.1	31	34.8	41	33.6
2	36.1	12	34.8	22	36.1	32	34.8	42	36.2
3	37.5	13	36.1	23	36.1	33	36.1	43	37.5
4	37.5	14	34.8	24	34.9	34	32.0	44	36.1
5	36.1	15	33.6	25	36.1	35	34.9	45	36.1
6	39.0	16	33.6	26	36.1	36	36.1	46	36.1
7	34.8	17	36.1	27	36.1	37	34.8	47	37.5
8	33.6	18	34.8	28	36.1	38	36.1	48	34.9
9	34.9	19	33.6	29	37.5	39	35.5	49	34.9
10	36.1	20	36.0	30	36.1	40	34.5	50	34.8

$\Sigma = 1780.1$  เฉลี่ยเท่ากับ 35.6 เปอร์เซนต์ความผิดพลาดเท่ากับ 18.7%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2 ระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับฉาก = 40 ซม.

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบการวัดระยะห่างระหว่างวัตถุกับหุ่นที่ระยะจริง 40 ซม.

ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)
1	46.0	11	46.3	21	46.3	31	44.3	41	44.3
2	44.0	12	46.3	22	44.3	32	44.3	42	44.3
3	46.3	13	46.3	23	44.3	33	48.6	43	46.3
4	51.1	14	46.3	24	48.6	34	48.6	44	46.3
5	48.6	15	48.6	25	46.3	35	48.6	45	44.3
6	46.3	16	48.6	26	46.3	36	46.3	46	42.4
7	46.3	17	48.6	27	46.3	37	46.3	47	44.3
8	46.3	18	48.6	28	48.1	38	46.3	48	46.3
9	43.0	19	51.1	29	46.3	39	48.6	49	42.4
10	46.3	20	46.3	30	46.3	40	46.3	50	46.3

$\Sigma = 2319.7$  เฉลี่ยเท่ากับ 46.4 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเท่ากับ 16%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.3 ระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับฉาก = 50 ซม.

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบการวัดระยะห่างระหว่างวัตถุกับหุ่นที่ระยะจริง 50 ซม.

ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)
1	62.0	11	58.5	21	63.9	31	63.9	41	64.0
2	62.0	12	60.0	22	63.9	32	56.7	42	63.9
3	55.0	13	60.0	23	63.9	33	60.0	43	63.9
4	66.0	14	60.0	24	64.0	34	63.4	44	62.1
5	62.0	15	63.9	25	64.0	35	63.4	45	60.3
6	62.0	16	60.0	26	63.9	36	63.9	46	60.3
7	62.0	17	60.0	27	60.0	37	63.9	47	59.1
8	62.0	18	56.7	28	56.7	38	58.3	48	59.5
9	62.0	19	56.7	29	63.4	39	56.7	49	56.7
10	62.0	20	64.0	30	63.9	40	64.0	50	56.7

$\Sigma = 3065.1$  เฉลี่ยเท่ากับ 61.3 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเท่ากับ 22.6%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.4 ระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับฉาก = 60 ซม.

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบการวัดระยะห่างระหว่างวัตถุกับหุ่นที่ระยะจริง 60 ซม.

ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)
1	85.0	11	85.6	21	85.6	31	73.0	41	79.0
2	85.0	12	85.6	22	73.3	32	73.3	42	79.0
3	78.0	13	73.0	23	73.3	33	85.6	43	85.6
4	79.0	14	83.0	24	73.3	34	78.9	44	85.6
5	78.9	15	69.0	25	79.0	35	78.9	45	79.0
6	85.0	16	85.6	26	79.0	36	73.3	46	73.0
7	73.0	17	85.6	27	79.0	37	85.6	47	73.3
8	85.6	18	85.6	28	79.0	38	79.0	48	79.0
9	85.6	19	85.6	29	85.5	39	79.0	49	78.9
10	79.0	20	85.6	30	85.5	40	79.0	50	85.0

$\Sigma = 4013.8$  เฉลี่ยเท่ากับ 80.3 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเท่ากับ 33.8%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

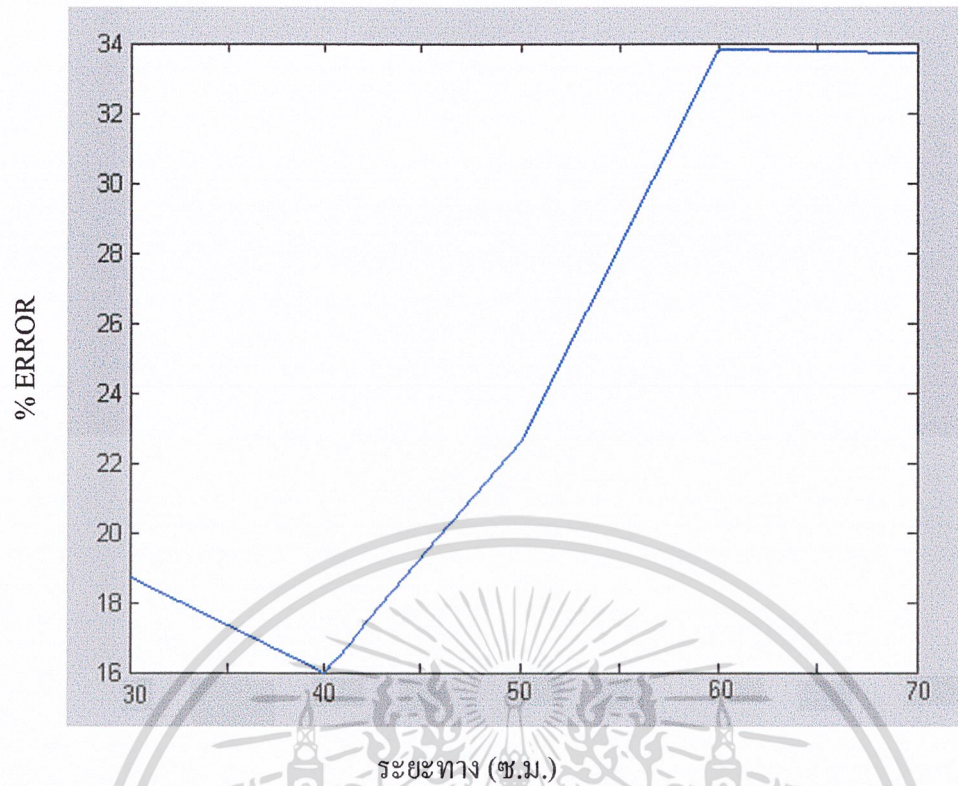
#### 4.2.5 ระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับฉาก = 70 ซม.

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบการวัดระยะห่างระหว่างวัตถุกับหุ่นที่ระยะจริง 70 ซม.

ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)	ครั้งที่	ระยะห่าง ที่วัดได้ (ซ.ม.)
1	114.0	11	93.4	21	93.5	31	79.0	41	79.0
2	114.0	12	93.4	22	79.0	32	79.0	42	93.5
3	93.0	13	93.4	23	93.4	33	79.0	43	93.5
4	93.2	14	93.4	24	93.4	34	93.4	44	93.4
5	114.0	15	93.4	25	93.4	35	93.4	45	114.0
6	93.4	16	93.4	26	93.4	36	114.0	46	79.0
7	93.4	17	85.5	27	93.4	37	93.4	47	79.0
8	114.0	18	93.4	28	114.0	38	114.0	48	93.5
9	114.0	19	79.0	29	93.5	39	79.0	49	93.5
10	93.4	20	93.4	30	85.0	40	79.0	50	79.0

$\Sigma = 4680.7$  เฉลี่ยเท่ากับ 93.6 เปอร์เซนต์ความผิดพลาดเท่ากับ 33.7%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงกราฟความผิดพลาดที่ได้จากการวัดระยะทางที่ค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปและวิจารณ์

#### 5.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นกับโครงการ

##### 5.1.1 ด้านฮาร์ดแวร์(Hardware)

1. หุ่นยนต์ไม่ได้สมดุล กล่าวคือ เมื่อมีการควบคุมสั่งงานให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เดินหน้าหรือถอยหลัง สังเกตเห็นได้ว่าหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ออกจากแนวเล็กน้อย แต่ไม่ได้ส่งผลต่อการคำนวณหาระยะทางของวัตถุ
2. มีข้อจำกัดทางด้านขอบเขตพื้นที่ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เนื่องจากการควบคุมการทำงานของ หุ่นยนต์ด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมและการส่งข้อมูลภาพจากกล้องเข้าสู่คอมพิวเตอร์ จำเป็นต้องใช้การสื่อสารแบบมีสาย ดังนั้นระยะทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ถูกจำกัดด้วยความ ยาวของสายสัญญาณ
3. จากสัญญาณภาพที่เป็นสัญญาณอนาลอกมีค่าแรงดันทั้งทางด้านบวกและลบการนำไอซี สวิตซ์มาใช้เพื่อเลือกภาพจากกล้องทีละตัวนั้น ที่ขาคอนโทรลการเลือกสัญญาณจำเป็นต้องมีค่าแรงดันที่ต่างกัน 2 ค่า คือ +5 โวลต์(สวิตซ์ปิด) และ -5 โวลต์ (สวิตซ์เปิด) จากเหตุนี้ได้นำรีเลย์มาใช้เพื่อทำการสลับค่าแรงดันให้แก่ขาคอนโทรล ส่งผลกระทบต่อสัญญาณภาพที่ปรากฏบนจอคอมพิวเตอร์ ทำให้ภาพเกิดการกระตุก
4. การปรับระยะโฟกัสของตัวกล้องไม่ได้เป็นแบบอัตโนมัติ ต้องทำการหมุนที่เลนส์ด้านหน้ากล้อง ดังนั้นหากวัตถุไม่ได้อยู่ในช่วงโฟกัสแล้วภาพที่ได้ไม่คมชัด อาจส่งผลทำให้การประมวลผลภาพเพื่อหาระยะทางของวัตถุเกิดความคลาดเคลื่อนได้

##### 5.1.2ด้านซอฟต์แวร์(Software)

1. มีข้อจำกัดในการประมวลผลภาพ เนื่องจากภาพที่สามารถนำมาประมวลผลได้ในที่นี้จะต้องเป็นภาพที่มีวัตถุสีขาวเพียงหนึ่งเดียวในฉากหลังที่เป็นสีดำ
2. อัลกอริทึมสำหรับการประมวลผลภาพ การแยกองค์ประกอบของภาพแบบการหาค่าเทรซโฮสต์โดยการกำหนดค่าล่วงหน้า ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและเร็วในการประมวลผล วิธีการนี้ไม่มีความยืดหยุ่นทำให้ต้องปรับค่าเทรซโฮสต์ทุกครั้งเมื่อสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนไป
3. อัลกอริทึมสำหรับการหาตำแหน่งจุดกึ่งกลางของวัตถุ ค่านี้ได้มาจากการประมาณเท่านั้น ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นเหมือนกับค่าสุ่ม ในช่วงที่กำหนด การกำหนดช่วงที่กว้างจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่เร็วกว่าแต่จะทำให้มีความผิดพลาดมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปัญหาจากความเร็วในการสั่งงานหุ่นและประมวลผลเมื่อทำการรวมโปรแกรมควบคุมและการประมวลผลภาพเข้าด้วยกันทำให้ใช้เวลานานในการที่จะสามารถวัดระยะห่างได้

## 5.2 แนวทางแก้ไขปัญหา

### 5.2.1 ด้านฮาร์ดแวร์(Hardware)

1. ปรับแต่งความยาวของโซ่ที่ใช้ในการเคลื่อนล้อทั้งด้านซ้ายและขวาให้มีความยาวที่เท่ากัน เพื่อให้การเคลื่อนที่เดินหน้าหรือถอยหลังของหุ่นยนต์มีความสมดุล
2. ออกแบบและสร้างวงจรสื่อสารแบบไร้สายเพื่อนำมาใช้ในการส่งสัญญาณภาพและคำสั่งควบคุมการทำงาน เพื่อให้หุ่นยนต์มีขอบเขตการเคลื่อนที่ได้มากขึ้น
3. ออกแบบและสร้างวงจรยกระดับแรงดันไฟตรง แล้วนำมาใช้กับสัญญาณภาพที่ได้จากกล้อง เพื่อให้สัญญาณภาพมีค่าแรงดันทางด้านบวกทั้งหมด ไม่จำเป็นต้องใช้รีเลย์เพื่อสลับค่าแรงดันไฟบวกและลบอีก
4. ปรับระยะโฟกัสของกล้องทั้ง 2 กล้องด้วยมือให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด แล้วเขียนโปรแกรมเพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าหาวัตถุ เพื่อให้ระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับวัตถุอยู่ในระยะโฟกัส

### 5.2.2 ด้านซอฟต์แวร์(Software)

1. เปลี่ยนอัลกอริทึมในการประมวลผลภาพ ให้สามารถประมวลผลภาพที่มีหลายวัตถุในสิ่งแวดล้อมที่หลากหลายได้
2. เปลี่ยนอัลกอริทึมสำหรับการแยกองค์ประกอบของภาพ โดยเพิ่มวิธีการอื่นๆที่ไม่ใช่แค่การทำทรานส์โพลด์ เช่น การหาขอบภาพ หรืออัลกอริทึมอื่นๆ
3. เปลี่ยนอัลกอริทึมสำหรับการหาตำแหน่งจุดกึ่งกลางของวัตถุ ที่สามารถคำนวณผลลัพธ์ได้เร็วและมีความผิดพลาดน้อย จะทำให้การคำนวณระยะห่างมีความถูกต้องมากขึ้น
4. แก้ไขการเขียนโปรแกรมให้สามารถที่จะส่งเอาท์พุทและรับภาพได้โดยไม่ติดขัดกัน ซึ่งต้องใช้ความรู้ในการเขียนโปรแกรมขั้นสูงขึ้นไปอีก

## 5.3 สาเหตุความผิดพลาดของผลการทดสอบ

- มุมของเซอร์โวมอเตอร์มีความไม่ถูกต้อง
- ตำแหน่งกลางของวัตถุที่โปรแกรมคำนวณได้ไม่ใช่ตำแหน่งจริงของวัตถุ
- ในการที่จะคำนวณหาระยะห่างระหว่างวัตถุนั้นตำแหน่งกลางของวัตถุของทั้งสองกล้องต้องอยู่ตรงกลางของจอภาพที่รับมาแต่ละกล้องจึงจะถือได้ว่ากล้องได้โฟกัส ซึ่งการที่กำหนดเป็นจุดจะทำให้การหาจุดที่เข้าโฟกัสนั้นยาก จึงได้ทำการสร้างกรอบให้แก่วัตถุไปอยู่บริเวณตรงกลางในกรอบที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนด ก็ให้ถือวากล้องเข้าโพกัสแล้ว ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณระยะห่างด้วย

#### 5.4 สรุป

ในโครงการถือว่าประสบผลสำเร็จในระดับหนึ่งเท่านั้นเพราะว่าหุ่นสามารถที่จะวัดระยะห่างระหว่างวัตถุกับหุ่นได้ แต่ความผิดพลาดที่วัดได้ก็ยังคงถือว่าสูงอยู่ จึงยังไม่สามารถที่จะนำไปใช้งานจริงได้ ถ้าจะให้สามารถนำไปใช้งานจริงได้ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่กล่าวมาแล้วข้างต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้