สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์

BINOCULAR CAMERA

T046551

โดย

นาย จักรกฤษณ์ สุขโชติ

นาย ธีรวัฒน์ คงดี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46551
วัน, เดือน, ปี 4 มิ.ย. 2546

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์		
นักศึกษา	**นายจักรกฤษณ์ สุขโชติ**	**รหัสประจำตัว**	**43015804**
	นายธีรวัฒน์ คงดี	**รหัสประจำตัว**	**43015819**
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร. อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล		
ระดับการศึกษา	ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต		
	สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม		
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม		
ปีการศึกษา	2544		

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

(ผศ.ดร. อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์		
นักศึกษา	**นายจักรกฤษณ์ สุขโชติ**	**รหัสประจำตัว**	43015804
	นายธีรวัฒน์ คงดี	**รหัสประจำตัว**	43015819
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร. อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล		
ระดับการศึกษา	ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต		
	สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม		
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม		
ปีการศึกษา	2544		

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน งานวิจัยเกี่ยวกับการมองเห็นของหุ่นยนต์ ได้มีความก้าวหน้าที่พัฒนาไปอย่างไม่หยุดยั้ง ซึ่งปัญหาที่พบก็คือราคาของระบบดังกล่าวนั้นมีราคาที่สูงมาก ยากที่จะนำมาใช้เพื่อการศึกษาถึงวิทยาการด้านนี้ ในสถานศึกษาทั่วไปได้ ทั้งที่สามารถออกแบบสร้างใช้งานได้ในระดับหนึ่ง ดังนั้นงานปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้เสนอถึงการสร้างระบบกล้องสองตาดังกล่าว โดยให้มีคุณสมบัติที่สามารถใช้งานได้ในระดับหนึ่ง สำหรับต่อเชื่อมกับคอมพิวเตอร์ทั่วไป โดยจะเน้นที่ราคาต่ำ ซึ่งระบบที่สร้างขึ้นนั้นสามารถที่จะใช้ในการศึกษาวิจัยงานอื่นได้เช่น ระบบพื้นผิวแบบ 3 มิติ และระบบจดจำรูปร่างเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THESIS TITLE BIONOCULAR CAMERA

STUDENT	Mr. Jakrit	Sukchod	No.43015804
	Mr. Teerawat	Kongdee	No.43015819
ADVISOR	Asst.Prof.Dr. Attasit		Larsakon
COURSE	Bachelor of Industrial Technology in Electronics		
DEPARTMENT	Industrial Technology		
YEAR	2001		

ABSTRACT

Current research in machine vision encompasses a wide veriety of systems developed with a board spectrum of characteristics. Many of these existing systems are prohibitively expensive or overly complicated for implementation in am undergraduate research program. This project presents a stereo vision system designed to be low-cost, compact. The system is intended for use in extracting 3-D surface information from a scene and providing this information to a recognition system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

จากความสำเร็จในการสร้างระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ ผศ.ดร. อรรถสิทธิ์ หล่าสกุล (อาจารย์ที่ปรึกษา) และคณะ ที่ได้ให้คำแนะนำ ให้การสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้านและขอขอบพระคุณ ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้ให้การสนับสนุน และขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำเนิด และให้ทุนทรัพย์ แก่คณะผู้จัดทำ จนกระทั่งโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VII
บทที่1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 ชื่อโครงงาน	1
1.3 วัตถุประสงค์	1
1.4 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.5 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 เซอร์โวมอเตอร์	3
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบสิกแสตมป์ 2SX	7
2.3 พอร์ตอนุกรม(RS 232)	8
2.4การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมด้วย วิชวลเบสิก(Visual Basic)	20
บทที่3 โครงสร้างระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์	
3.1 การออกแบบโครงสร้างสำหรับระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์	28
บทที่4 ระบบควบคุมและผลการทดลอง	
4.1หลักการควบคุม	39
4.2 การทดลองการเคลื่อนที่ของระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

บทที่5 สรุปโครงงาน ปัญหา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปโครงงาน 47

5.2 ปัญหาในการทำโครงงาน 47

5.3 ข้อเสนอแนะ 48

หนังสืออ้างอิง

ภาคผนวก ก. รหัสโปรแกรมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

ภาคผนวก ข. รูปภาพตัวหุ่นยนต์

ภาคผนวก ค. รายละ เอียดของบอร์ด JX-2SX

ภาคผนวก ง. รายละเอียดของ SERVO MOTOR

ภาคผนวก จ. รายละเอียดของ ANALOG SWITCH CD4052B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงการตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์ของสัญญาณพัลซ์ที่มีความถี่ต่างกัน 4
รูปที่ 2.2 แสดงภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ 5
รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบภายในเซอร์โวมอเตอร์ 6
รูปที่ 2.4 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม 9
รูปที่ 2.5 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 10
รูปที่ 2.6 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 13
รูปที่ 2.7 (ก) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ Null Modem 15
รูปที่ 2.7 (ข) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ RS 232 โดยใช้สัญญาณ 3 เส้น 15
รูปที่ 3.1 แสดงภาพโดยรวมของระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์ 28
รูปที่ 3.2 แสดงภาพโดยรวมของตาข้างขวาของหุ่นยนต์(1 และ 4) 30
รูปที่ 3.3 แสดงภาพโดยรวมของตาข้างซ้ายของหุ่นยนต์(2 และ 5) 31
รูปที่ 3.4 แสดงภาพส่วนประกอบของตาข้างขวาของหุ่นยนต์ (1 และ 4) 32
รูปที่ 3.5 แสดงภาพส่วนประกอบของตาข้างซ้ายของหุ่นยนต์ (2 และ 5) 33
รูปที่ 3.6 แสดงภาพโดยรวมของส่วนคอของหุ่นยนต์ (3) 34
รูปที่ 3.7 แสดงภาพส่วนประกอบของส่วนคอของหุ่นยนต์ (3) 35
รูปที่ 3.8 แสดงภาพโดยรวมของส่วนรองรับคอของหุ่นยนต์ (6 และ 7) 36
รูปที่ 3.9 แสดงภาพส่วนประกอบของส่วนรองรับคอของหุ่นยนต์ (6) 36
รูปที่ 3.10 แสดงภาพส่วนประกอบของส่วนรองรับคอของหุ่นยนต์ (7) 37
รูปที่ 3.11แสดงภาพส่วนประกอบของแบริ่ง,หัวน็อตและแกนเหล็กของส่วนต่างๆ 38
รูปที่ 4.1 แสดงไดอะแกรมการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ 40
รูปที่ 4.2 Flow Chart ของโปรแกรมควบคุม 41
รูปที่ 4.3 แสดง Block Diagram ของ Analog switch CD4052 43
รูปที่ 4.4 แสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของตาซ้ายและขวา 44
รูปที่ 4.5 แสดงตำแหน่งของการ ก้ม – เงย 45
รูปที่ 4.6 แสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของการหมุนฐาน 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 2.1 แสดงบิตพาริตี้ของข้อมูล 11
ตารางที่ 2.2 แสดงตำแหน่งขาของพอร์ตอนุกรม 14
ตารางที่ 2.3 แสดงข้อมูลในแอดเดรส 0000 : 0411 H ที่ใช้แจ้งจำนวนพอร์ตอนุกรม 19
ตารางที่ 4.1 แสดง Logic ที่เป็นตัวกำหนดการทำงานของ Analog Switch 42
ตารางที่ 4.2 แสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของตาซ้ายและขวา 44
ตารางที่ 4.3 แสดงรูปและตารางตำแหน่งของการ ก้ม – เงย 45
ตารางที่ 4.4 แสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของการหมุนฐาน 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

เนื่องจากปัจจุบันการทำงานแบบอัตโนมัติของเครื่องจักรต่างๆ มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เช่น การประกอบรถยนต์โดยอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม,ระบบการติดตามวัตถุอัตโนมัติของหุ่นยนต์,ระบบการคัดเลือกวัสดุโดยการพิจารณารูปร่างและบบการขับเคลื่อนอัตโนมัติของยานยนต์เป็นต้น เหล่าล้วนแล้วแต่ต้องการใช้คุณสมบัติของการมองเห็นของเครื่องจักร (Machine vision) ทั้งสิ้น ซึ่งระบบนี้ได้มีการทำเป็นชุดจำหน่ายจากต่างประเทศในราคาที่สูงมาก และนอกจากนี้ราคาของโครงงานนี้จะมีราคาที่ถูกกว่าของต่างประเทศ เป็นอย่างมาก

1.2 ชื่อโครงงาน

ระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์ (Binocular camera)

1.3 วัตถุประสงค์

โครงงานฉบับนี้มีความประสงค์ที่จะสร้างระบบการมองเห็นของเครื่องจักรโดยใช้วัสดุในประเทศ และพยายามคงประสิทธิภาพให้สามารถใช้งานในระดับหนึ่งได้ดี โดยเฉพาะเพื่อการฝึกทักษะของการเขียนโปรแกรมควบคุมแบบสองแกน (2-D) ทั้งยังสามารถรองรับการพัฒนาของผู้วิจัยที่ทดลองถึงแนวคิด (Algorithum) ใหม่ๆ ได้เป็นอย่างดี

1.4 ขีดความสามารถของโครงงาน

- สามารถทำเครื่องจักรที่มีคุณสมบัติของการมองเห็น (Machine vision) ที่ใกล้เคียงกับต่างประเทศ ให้มีราคาถูกลงมาก
- สามารถรองรับการพัฒนาของผู้วิจัยที่จะทดลองถึงแนวคิด (Algorithum) ใหม่ๆ ได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 เนื้อหาโดยสังเขป

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการของ เซอร์โวมอเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ พอร์ตอนุกรม

บทที่ 3 เป็นการออกแบบและโครงสร้างของระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์ ซึ่งกล่าวถึงการออกแบบส่วนต่างๆของระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์ ลักษณะโครงสร้างของระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์ และส่วนประกอบต่างๆ

บทที่ 4 ระบบการควบคุม จะกล่าวถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ Microsoft Visual Basic ชุด Vedio Selector และซอฟท์แวร์ (Software)และจะกล่าวถึงผลการทดสอบ ของระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์

บทที่ 5 จะกล่าวถึงปัญหาและข้อเสนอแนะของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 เซอร์โวมอเตอร์

2.1.1 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ ประกอบด้วยมอเตอร์ความเร็วสูงภายในมีเฟืองทดรอบให้หมุนช้าลงเพื่อจะได้กำลังแรงบิดที่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีวงจรควบคุมมอเตอร์ซึ่งวงจรนี้จะนำเอาค่าเฉลี่ยของพัลซ์รูปคลื่นสี่เหลี่ยม เข้าไปเปรียบเทียบกับค่าแรงดันค่าหนึ่งที่มีอยู่ในวงจร ถ้าค่าต่างกันวงจรควบคุมจะสั่งให้มอเตอร์หมุนไปตามทิศทางที่ตั้งไว้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างพัลซ์โดยที่แกนเฟืองทดรอบจะถูกพ่วงไปกับแกน VR. (ตัวต้านทานปรับค่าได้)ซึ่งอยู่ในวงจรควบคุมมอเตอร์ ในขณะที่มอเตอร์หมุน VR. จะถูกปรับค่า ทำให้ค่าแรงดันเปรียบเทียบของวงจรควบคุมมอเตอร์เปลี่ยนไปด้วย จนกระทั่งค่าเฉลี่ยของพัลซ์ในวงจรควบคุมมอเตอร์เท่ากับค่าเฉลี่ยของพัลซ์ที่เข้ามา จึงจะทำให้มอเตอร์หยุดหมุนได้

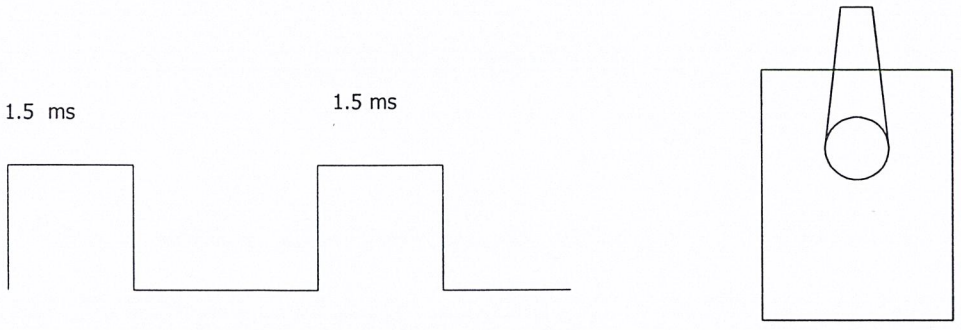
เซอร์โวมอเตอร์จะมีสายไฟสามเส้น คือ สายไฟเลี้ยง สายกราวด์ และสายสัญญาณพัลซ์ควบคุมซึ่งลักษณะของสัญญาณ พัลซ์ ที่ใช้ควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ จะเป็นการส่งสัญญาณพัลซ์ที่มีความกว้างต่างกัน เพื่อควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยที่ความกว้างของพัลซ์จะเป็นตัวกำหนดขนาดและทิศทางของการหมุนเซอร์โวมอเตอร์ สำหรับคาบเวลาหรือระยะห่างระหว่างพัลซ์แต่ละลูกจะเป็นตัวกำหนดแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์

ถ้ากำหนดให้ในสภาวะปกติ เมื่อป้อนพัลซ์สี่เหลี่ยมที่มีความกว้างขนาด 1.5 mS ให้กับเซอร์โวมอเตอร์แกนของเซอร์โวมอเตอร์จะอยู่ตำแหน่งกลาง

เมื่อป้อนพัลซ์ที่เหลี่ยมที่มีความกว้างขนาด 1 mS ให้กับเซอร์โวมอเตอร์แกนของเซอร์โวมอเตอร์จะหมุนตามเข็มนาฬิกา

เมื่อป้อนพัลซ์สี่เหลี่ยมที่มีความกว้างขนาด 2 mS ให้กับเซอร์โวมอเตอร์ แกนของเซอร์โวมอเตอร์จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.แสดงการตอบสนองของเซอร์โวเมื่อจ่ายพัลซ์ขนาด 1.5 mS

ข.แสดงการตอบสนองของเซอร์โวเมื่อจ่ายพัลซ์ขนาด 1 mS

ค.แสดงการตอบสนองของเซอร์โวเมื่อจ่ายพัลซ์ขนาด 2 mS

รูปที่ 2.1 แสดงการตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์ของสัญญาณพัลซ์ที่มีความถี่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นถ้าจ่ายพัลซ์ที่มีความกว้างน้อยหรือมากกว่าความกว้างของพัลซ์ 1.5 mS ก็จะทำให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนต่างทิศกัน ทั้งตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกา โดยตำแหน่งแขนที่หมุนเซอร์โวมอเตอร์จะเบี่ยงเบนออกจากจุดกึ่งกลางเป็นสัดส่วนกับความกว้างของพัลซ์ที่จ่ายให้

2.1.2 การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

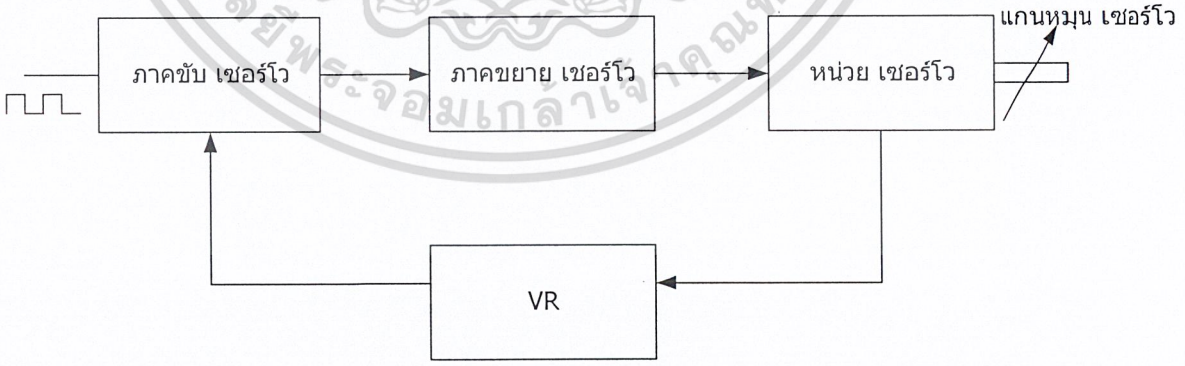
ในเซอร์โวมอเตอร์หนึ่งตัวจะประกอบไปด้วย 3 ภาคการทำงานแต่ละภาคมีหน้าที่และการทำงานดังนี้

ภาคขับเซอร์โวมอเตอร์ ประกอบด้วย วงจรสร้างสัญญาณพัลซ์ และวงจรเปรียบเทียบสัญญาณพัลซ์ที่สร้างขึ้น กับสัญญาณพัลซ์ I/P ที่รับเข้ามา

ภาคขยายเซอร์โวมอเตอร์ ประกอบด้วยวงจร RC Networkm ที่ช่วยหน่วงสัญญาณให้เซอร์โวมอเตอร์สามารถทำงานได้ตลอดช่วงเวลา จนกระทั่งมีสัญญาณลูกต่อไปมา รวมถึงวงจรกลับขั้วแรงดันไฟฟ้าควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

หน่วยเซอร์โว ประกอบด้วยมอเตอร์ความเร็วสูง เฟืองทดรอบ แกนหมุน อุปกรณ์ต่างๆ และ VR. ทำหน้าที่ป้อนกลับตำแหน่ง (Position Feedback)

ซึ่งในขณะที่มอเตอร์หมุน VR. จะถูกปรับค่า Feedback กลับมาปรับและเปรียบเทียบค่าความกว้างของพัลซ์ที่ภาคขับเซอร์โว เมื่อขนาดความกว้างของพัลซ์มีค่าเฉลี่ยของค่าแรงดันเท่ากันมอเตอร์จะหยุดหมุนทันที ซึ่งรูปที่ 2.2 ได้แสดงภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น และได้แสดงไว้ดังรูปต่อไปนี้

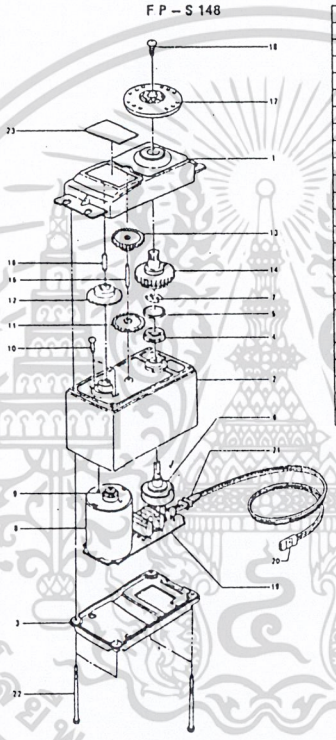


รูปที่ 2.2 แสดงภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 โครงสร้างและส่วนประกอบของเซอร์โว รุ่น FT148

ภายในชุดเซอร์โวมอเตอร์ประกอบด้วย ชุดมอเตอร์ความเร็วสูง และชุดเฟืองทดรอบ จะทำให้มอเตอร์มีแรงบิดมากขึ้น ซึ่งส่วนประกอบต่างๆได้แสดงไว้ตามรูปที่ 2.3



No.	Part name	Part No.
1.	Upper case	1144
2.	Middle case	1144
3.	Bottom case	1144
4.	Metal bearing	S04137
5.	Metal bearing	S04137
6.	Potentiometer	139668
7.	Potentiometer drive plate	S02753
8.	Motor	S91239
9.	Motor pinion	S02461
10.	Screw	J50002
11.	1st gear	1157
12.	2nd gear	1157
13.	3rd gear	1157
14.	Final gear	1157
15.	Intermediate shaft	S02495
16.	2nd shaft	S02494
17.	Servo horn D	1168
18.	Binding head tapping screw 2.6×8	1122
19.	Printed wiring board	AS1157
20.	3PB-WRB300G	AT2453
21.	w/gum bush	S90045
22.	Pan head truss screw	J50360
23.	Nameplate	S60099

FUTABA CORPORATION
Makuhari Techno Garden Bldg., B0E 1-3 Nakase, Mihama-ku, Chiba 261-01, Japan
Overseas Marketing & Sales Radio Control Systems
Phone: (043)296-5119 Facsimile: (043)296-5124
FUTABA CORPORATION OF AMERICA
4 Studebaker, Irvine California 92718, U.S.A.
Phone: 714-455-9888 Telex: 23-0691227 Facsimile: 714-455-9899

รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบภายในเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบสิกแสตมป์ 2SX

2.2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์เบสิกแสตมป์ 2SX

เบสิกแสตมป์ (BASIC Stamp) คือแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูปที่บรรจุตัวแปลงภาษาเบสิกหรือเบสิกอินเตอร์พรีตเตอร์ (BASIC Interpreter) รวมไว้ด้วยกัน สามารถใช้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิกควบคุมการทำงานได้ ในการพัฒนาระบบด้วยเบสิกแสตมป์ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องโปรแกรม (programmer) หรือเครื่องเลียนแบบ (emulator) แต่อย่างใด เพียงต่อสายจากคอมพิวเตอร์เข้ากับเบสิกแสตมป์เท่านั้น ก็สามารถพัฒนาโปรแกรมได้แล้ว และเหตุผลที่มีคำว่าแสตมป์ต่อท้ายก็เพื่อต้องการให้ทราบว่า บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้มีขนาดเล็กเท่ากับแสตมป์หรือตราไปรษณียากรนั่นเอง

ในการพัฒนาโปรแกรมของเบสิกแสตมป์จะใช้ชุดคำสั่งภาษาเบสิกที่เรียกว่า พีเบสิก (PBASIC) ซึ่งมีด้วยกัน 36-39 คำสั่ง ทำให้การเรียนรู้ง่ายและรวดเร็ว แต่ละคำสั่งสามารถนำไปใช้ได้ทันที ไม่ต้องเขียนโปรแกรมย่อยมากมาย ในขณะที่ความเร็วในการกระทำคำสั่งของเบสิกแสตมป์ โดยเฉพาะเบสิกแสตมป์ 2sx สูงถึง 10,000 คำสั่งภาษาเบสิกต่อวินาที ทำให้เบสิกแสตมป์สามารถทำงานได้รวดเร็วเพียงพอ

2.2.2 คุณสมบัติของเบสิกแสตมป์ 2 SX

- มีจำนวนขาอินพุตเอาต์พุต 16 ขา (PO-P15) และขาสื่อสารอนุกรม 2 ขา (S)
- ชุดคำสั่ง PBASIC-2 39คำสั่ง สามารถประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิกได้ดี
- หน่วยความจำโปรแกรม 16 กิโลไบต์ โดยแบ่งออกเป็น 8 ช่วง ช่วงละ 2 กิโลไบต์ สามารถบรรจุโปรแกรมที่แตกต่างกันได้มากถึง 8 โปรแกรม โดยจะให้ทำงานต่อเนื่องกันหรือแยกกันก็ได้
- สามารถเขียนและลบหน่วยความจำโปรแกรมได้ 100,000 รอบ เก็บข้อมูลได้นาน 10 ปี
- มีหน่วยความจำแรม 96 ไบต์ โดยแบ่งเป็นแรมภายใน 32 ไบต์ และหน่วยความจำแรมสแครตช์แพด (scratch pad RAM) 64 ไบต์
- ความเร็วในการทำงานภาษา BASIC – 2 สูงถึง 10,000 คำสั่งต่อวินาที
- อัตราเร็วในการถ่ายทอดข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตอนุกรมสูงถึง 115 กิโลบิตต่อวินาที
- ขาพอร์ตอินพุตสามารถใช้ในการกำเนินสัญญาณพัลส์, สัญญาณ DTMF, สัญญาณ PWM และสามารถใช้ในการวัดความถี่ของสัญญาณไฟฟ้าโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความสามารถในการจ่ายกระแสของขาพอร์ต 30mA สำหรับกระแสซิงก์และกระแสซอร์ส และทุกขาพอร์ตสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- ความสามารถในการจ่ายกระแสซอร์ส/ซิงก์สูงสุดต่อกลุ่ม 8 ขา (PO-7 และ P8-15) 60mA/60mA
- สามารถขับ LED และเซอร์โวมอเตอร์ขนาดเล็กได้โดยตรง
- การโปรแกรมข้อมูลใช้การโปรแกรมในลักษณะนุกรมผ่านทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์
- ความต้องการกระแสไฟฟ้า 65mA ในขณะทำงานและ 200μA เมื่ออยู่ในโหมดประหยัดพลังงาน (โหมดสลีป : Sleep mode)

2.3 พอร์ตอนุกรม(RS 232)

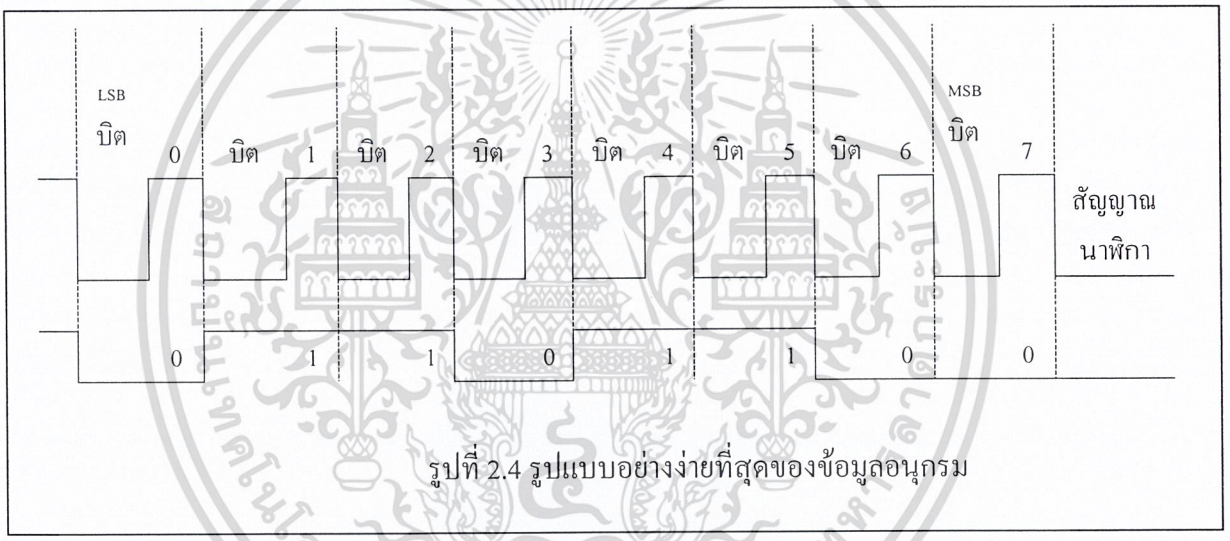
มีทางเลือกอยู่ 2 แนวทางในการที่จะเคลื่อนย้ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆหรือคอมพิวเตอร์ด้วยกัน นั่นคือการรับส่งข้อมูลแบบขนานและการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมการรับส่งข้อมูลแบบขนาน จะเป็นการรับหรือส่งข้อมูลคราวละ 4 หรือ 8 บิต ในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การรับและส่งข้อมูลทำได้ที่ความเร็วสูง ซึ่งก็หมายความว่าจำนวนของสายที่ใช้ในการส่งจะต้องมีมากเท่ากับจำนวนบิตของข้อมูลที่จะส่งด้วย นอกจากนี้ยังจะต้องรวมถึงสายที่ใช้สำหรับการควบคุมและการตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจจะต้องใช้สายมากเป็น 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูล ที่จะส่งก็ได้ ซึ่งก็เป็นปัญหาในเรื่องราคาของสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบขนานมักจะมีราคาแพง

ในขณะที่การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต แต่ก็สามารถรับส่งข้อมูลได้คราวละหลายๆบิต ได้ หากแต่จะต้องมีการตกลงกันระหว่างตัวส่งและตัวรับว่า จะรับส่งข้อมูลคราวละกี่บิต ตัวรับจะต้องรอข้อมูลมาให้ครบทุกบิตเสียก่อนจึงทำการประมวลผล ส่งผลให้การสื่อสารข้อมูลอนุกรมอาจมีความเร็วต่ำกว่าแบบขนาน ในด้านจำนวนสายสัญญาณการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้จำนวนสายที่น้อยกว่ามาก อย่างน้อยที่สุดใช้เพียง 2 – 3 เส้นเท่านั้น แต่อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลอาจต่ำกว่าแบบขนาน อย่างไรก็ตามการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมสามารถใช้สายสัญญาณที่มีความยาวมากกว่าแบบขนาน ทำให้ระยะทางในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมสามารถทำได้มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิการ่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นหนึ่งจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้น คือ สัญญาณนาฬิกา ,ข้อมูลและกราวด์ รูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึงไทมิ่งไดอะแกรมของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส



รูปที่ 2.4 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม

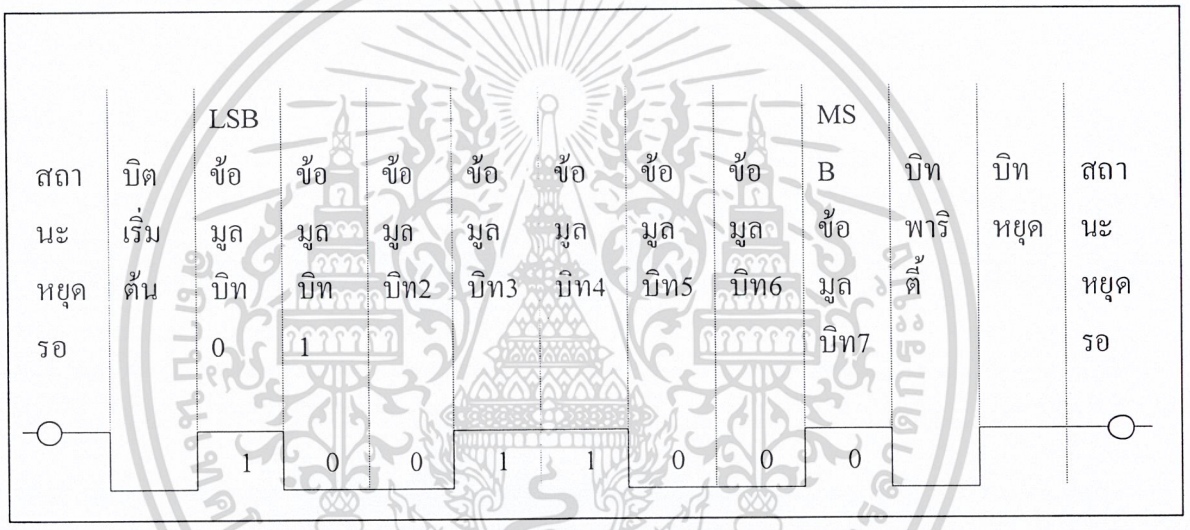
การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ บอดเรต (baudrate)มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per second : bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

1. บิตเริ่มต้อน (Start Bit) ซึ่งจะมีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5,6,7 หรือ9 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parity Bit)จะมีขนาด 1 บิต หรือไม่มี
4. บิตปิดท้าย (Stop Bit) จะมีขนาด 1,1.5 หรือ 2 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส ซึ่งเมื่อไม่มีข้อมูลที่จะส่งขา DATAจะมีสถานะ ลอจิก “1” ซึ่งจะเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก “0”ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต ซึ่งจะเรียกบิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB)ก่อน ซึ่งข้อมูลในไบต์ที่จะส่งอาจมีจำนวนบิต 5,6,7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นจากตามด้วยบิตพาริตี้ ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบคผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือบิตปิดท้าย ซึ่งจะให้ขาดาต้ามีสถานะลอจิก 1 อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต ,1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว



รูปที่ 2.5 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

อุปกรณ์พิเศษที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเรียกว่า Universal Asynchronous Receiver / Transmitter หรือ UARTอัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือ ค่าบอดเรต ซึ่งก็คือค่าจำนวนบิตต่อวินาทีที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูล บอดเรตมาตรฐานที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 ได้แก่ 110,150,300,600,1200,2400,4800,9600 และ 19200 บิตต่อวินาที และมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ซึ่งการรับส่งแบบอนุกรมโดยไม่ผ่านโมเด็มอาจจะสามารถกำหนดค่าบิดเรตได้สูงถึง 115200 บิตต่อวินาที เนื่องจากบิตเรตคือจำนวนบิตข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดได้ภายใน 1 วินาที ยกตัวอย่าง ข้อมูลอนุกรมถูกส่งในลักษณะ 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูลที่รับส่งนี้เท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บิดเรตในการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที และถ้ามีการใช้พาริตี้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะเหลือเป็น 872 ไบต์ต่อวินาที

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดในเป็นแบบคี่ (odd),แบบคู่ (even)หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ การตรวจสอบพาริตี้เป็นการตรวจสอบจำนวนของบิตที่เป็นลอจิก “1” ภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ว่ามีจำนวนรวมเป็นเลขคู่หรือเลขคี่โดยต้องรวมบิตพาริตี้เข้าไปด้วย ยกตัวอย่างข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต และมีค่าเท่ากับ 99 ฐานสิบหก หรือ 10011001 ฐานสอง จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก “1” จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตี้เป็นคู่ค่าในบิตพาริตี้ จะต้องมีลอจิกเป็น”0” แต่ถ้าพาริตี้เป็นคี่ ค่าบิตพาริตี้จะต้องเป็น”1” เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์ รวมทั้งบิตพาริตี้มีจำนวนบิตที่เป็นลอจิก “1” มีจำนวนรวมกันเป็นเลขคี่ ในตารางที่ 1-1 แสดงตัวอย่างของบิตพาริตี้ในการรับส่งข้อมูลอนุกรม

บิตพาริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UARTซึ่งทางภาครับจะต้องการกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตี้ให้ตรงกันว่าจะตรวจสอบพาริตี้คี่หรือพาริตี้คู่ จากนั้นภาครับของ UART จะทำการตรวจสอบค่าพาริตี้ที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือรี่ โดยการนับจำนวนลอจิก “1”ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี้ด้วย ถ้ากำหนดพาริตี้ไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ทั้งภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้ทราบ นับเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการถ่ายทอดข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่จะเชื่อถือได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียว เท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตี้บิตเป็น NONE นั้นทั้งภาครับและภาคส่งจะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้

ข้อมูล	บิตพาริตี้คู่	บิตพาริตี้คี่
00000000	0	1
00000001	1	0
00000010	1	0
00000011	0	1
00000100	1	0
11111110	0	1
11111111	1	0

ตารางที่ 2.1 แสดงบิตพาริตี้ของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ในรุ่น AT เกือบทั้งหมดจะใช้ UARTเบอร์ 16450 และ 16550 ส่วนคอมพิวเตอร์ในรุ่น XT ใช้ UARTเบอร์ 8250 UART ชิปเหล่านี้มีระดับแรงดันแบบทีทีแอล (1 และ –5V)แต่เพื่อให้มีแรงดันเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 และเพื่อให้การรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ที่ระยะทางไกลมากขึ้น ระดับแรงดันทีทีแอลจะถูกแปลงเป็นระดับแรงดันที่สูงขึ้น โดยลอจิก “0”มีระดับแรงดัน +3V ถึง +12Vในขณะที่ลอจิก “1”มีระดับแรงดัน –3 V จนถึง –12 V

มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมการที่เรียกว่า สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิก (Electronic Indrustries Association : EIA)ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS –232มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ –3 ถึง –12V แสดงว่ามีข้อมูล (Mark)และ+3 ถึง +12V แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment : DTE)กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Cricuit Terminating : DCE)ไว้ว่า อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCEจะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ที่โมเด็มจะเป็นแบบ DCE

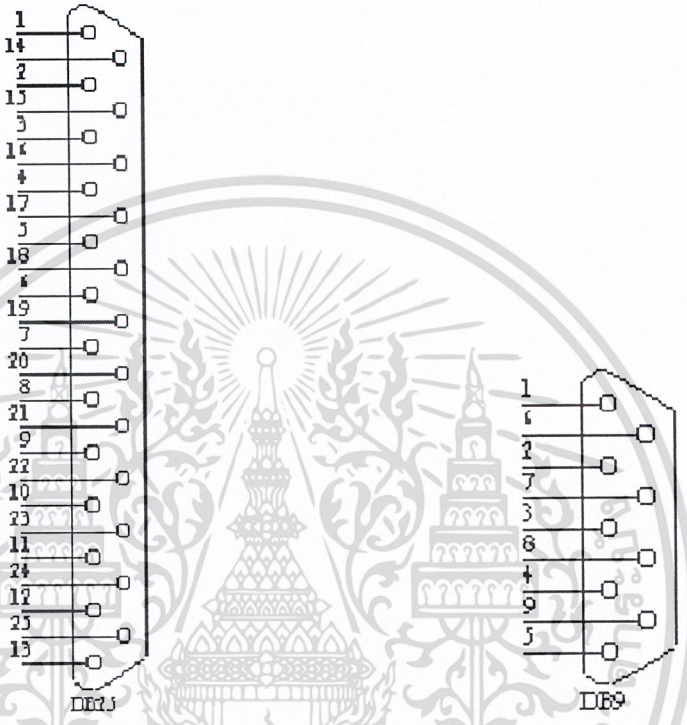
สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS-232 มักจะถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็มหรือเมาท์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสายสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร

คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต Rs-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25ตัวผู้ หรือ DB-9ตัวผู้ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากขาอื่นๆที่เคยใช้งานในอดีต ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนัก จึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาในรูปที่ 2.6



(ก) คอนเน็กเตอร์อนุกรม25 ขาหรือแบบ DB-25 (มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์)

(ข) คอนเน็กเตอร์อนุกรม9 ขาหรือแบDB-9 (มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์)

รูปที่ 2.6 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

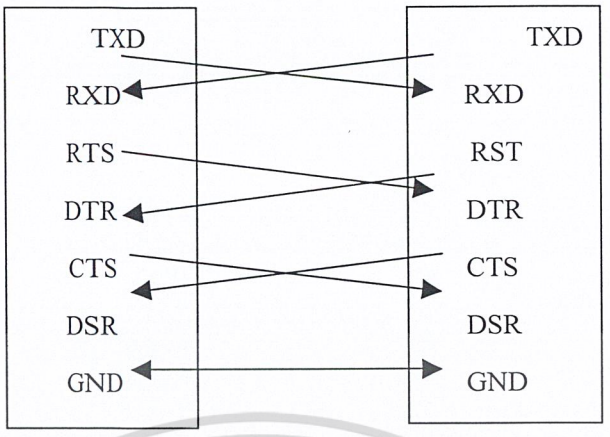
สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงดังรูป 2.7 ลูกศรในรูปแสดงถึง

คอนเน็กเตอร์ DB9	คอนเน็กเตอร์ DB25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect:DCD	อินพุต
2	3	ReceicedData : RxD	อินพุต
3	2	Transmitted Data : TxD	เอาต์พุต
4	20	Data Terminal Teady : DTR	เอาต์พุต
5	7	Signal Ground : GND	-
6	6	Data Set Ready : DSR	อินพุต
7	4	Request To Send : RTS	เอาต์พุต
8	5	Clear To Send : CTS	อินพุต
9	22	Ring Indicator : RI	อินพุต

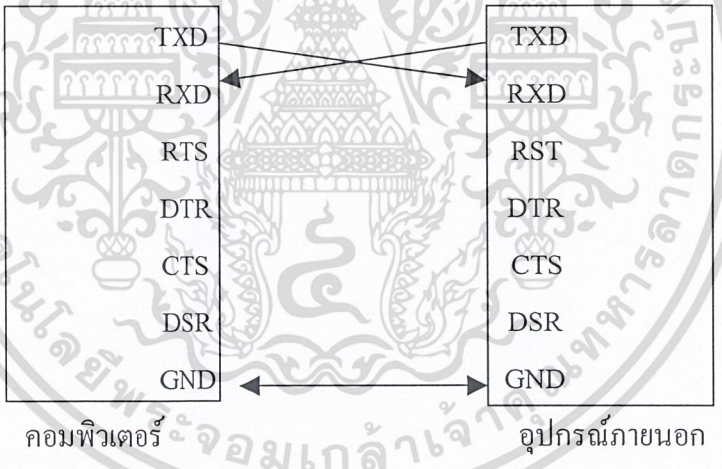
ตารางที่ 2.2 แสดงตำแหน่งขาของพอร์ตอนุกรม

ทิศทางของข้อมูล ในรูปที่ 2.7 (ก)เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem หรือการเชื่อมต่อโดยตรงโดยไม่ต้องผ่านโมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็กเต็มรูปแบบ ส่วนในรูปที่ 2.7 (ข) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null modem ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์ สำหรับรายละเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232 มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 (ก) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ Null Modem



รูปที่ 2.7 (ข) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ RS 232 โดยใช้สัญญาณ 3 เส้น

-Data Carrier Detect : DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect : CD ขานี้จะแอกตีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก

-Receive Data : RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับส่งสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ บัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-Transmitted Data : TD หรือ TxD ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป

-Data Terminal Ready : DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่า ต้องการติดต่อด้วย โดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้องเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อขา DCDด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห์

-Signal Ground : GND ขากราวด์ของระบบ

-Data Set Ready : DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSRนี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR

-Request To Send : RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null modem 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา

-Clear To Send :CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

UART มาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

หน้าที่หลักของ UART คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งข้อเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังแจ้งข้อมูลอื่นๆ ให้คอมพิวเตอร์รับทราบด้วย เช่น อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต),รูปแบบการส่งข้อมูล,ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพาริตี้ ,เฟรมข้อมูล,โอเวอร์รัน) เป็นต้น

ภายใน UART จะมีส่วนของวงจรสร้างบอดเรตแบบโปรแกรมได้ (progrannable buadrate generator)โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิต ดังนั้นจึงสามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1-65,535 UARTสามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบ ฮาล์ฟดู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เพล็กซ์ (half duplex)และฟูลดูเพล็กซ์(full duplex) โดยการส่งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์เป็นการส่งแบบทิศทางเดียว ส่วนการส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์นั้นสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในคราวเดียวกัน

ชนิดของ UART

ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปมี UART ที่ใช้งานกันอยู่ 2 เบอร์ คือ 8250 ซึ่งเป็น UART มาตรฐานที่มีใช้กันมายาวนาน UART เบอร์นี้จะมีบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลตำแหน่งเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลถูกจำกัดความเร็วอยู่ที่ 57.6 กิโลบิตต่อวินาทีเท่านั้น แต่ UARTเบอร์นี้ถือว่าเป็นต้นแบบ ของ UART ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์ทุกๆรุ่นจะต้องสนับสนุนการทำงานตามรูปแบบของ UARTเบอร์นี้

UART อีกเบอร์หนึ่งคือ 16450 มีความสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 115,200 บิตต่อวินาที และเพิ่มรีจิสเตอร์สำหรับพักข้อมูลสำหรับ UART นอกจากนั้นยังเพิ่มส่วนของชิฟต์รีจิสเตอร์แบบ FIFO (First In First Out) ขนาด 16 ไบต์เข้าไป ทำให้สามารถสนับสนุนความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ 256 กิโลบิตต่อวินาทีได้ โดยคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันใช้ UARTเบอร์นี้หรือใหม่กว่า เช่น เบอร์ TL15C750 ซึ่งมีรีจิสเตอร์แบบ FIFOขนาด 64 ไบต์ ทำงานได้ที่ระดับแรงดัน +5V และ +3V มีโหมดการประหยัดพลังงาน สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 1 เมกะบิตต่อวินาทีเมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา 16 MH_z

อย่างไรก็ตาม ความเร็วในการส่งข้อมูลที่มากมายของ UARTเบอร์ใหม่ๆก็ไม่ได้ช่วยให้การรับส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์เร็วขึ้น เนื่องจากว่าคอมพิวเตอร์ยังใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาแบบในการแปลงข้อมูลเพียง 1.8432 MH_zเท่านั้น

วงจรภายในและรีจิสเตอร์ของพอร์ตอนุกรม Rs-232

เครื่องคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปสามารถต่อพอร์ตอนุกรม RS-232สูงสุดได้ 4 พอร์ต ซึ่งจะมีชื่อเรียกเป็น COM 1,COM2,COM3 และ COM4 ซึ่งพอร์ตอนุกรมแต่ละตัวต่างก็ใช้งาน UART ภายในคอมพิวเตอร์ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเช่นเดียวกัน

ในรูปที่ 1-5แสดงไดอะแกรมการทำงานภายในพอร์ตอนุกรม ซึ่งประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 8 ตัวที่ใช้งานร่วมกับ UART แอดเดรสของรีจิสเตอร์ภายในพิร์ตอนุกรมสามารถคำนวณได้จากค่ารีจิสเตอร์พื้นฐานของพอร์ตอนุกรม ยกตัวอย่าง พอร์ตอนุกรม COM 1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 3F8Hตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่างๆจะเป็นตำแหน่งที่บวกเข้าไปกับค่า3F8Hโดยรีจิสเตอร์ที่ใช้งานกับพอร์ตอนุกรมดังนี้

00H เป็นรีจีสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาหรือเตรียมข้อมูลก่อนที่จะส่งออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

46551

01H รีจิสเตอร์อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์ ใช้ในการเซตโหมดการอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตอนุกรม

02H รีจิสเตอร์แสดงโหมดการอินเตอร์รัปต์ ใช้เพื่อตรวจสอบโหมดของอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

03H รีจีสเตอร์กำหนดรูปแบบของข้อมูล

04H รีจีสเตอร์ควบคุมโมเด็ม ใช้ตรวจสอบบิตสำหรับติดต่อกับโมเด็ม เช่น RTS หรือ DTR

05H รีจีสเตอร์แสดงสถานะการรับและการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

06H รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม ซึ่งจะแสดงสถานะของขา DCD,RI,DSRและ CTS

07H รีจิสเตอร์สำหรับการเก็บข้อมูลชั่วคราว

รีจีสเตอร์ตำแหน่ง 00H : รีจีสเตอร์บัฟเฟอร์

เป็นรีจีสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาและข้อมูลที่จะส่งออกไป โดยการติดต่อกับรีจีสเตอร์นี้เพื่อเก็บข้อมูลที่ต้องการจะส่งจะต้องกำหนดให้บิต DLAB ในรีจีสเตอร์กำหนดรูปแบบข้อมูล (03H)จะต้องมีสถานะเป็น 0 ซึ่งการเขียนข้อมูลมายังแอดเดรสนี้ เป็นการส่งข้อมูลไปยังรีจีสเตอร์ส่งข้อมูลและข้อมูลจะถูกส่งออกไปแบบอนุกรม สำหรับการรับข้อมูล เมื่อข้อมูลที่รับเข้ามาเรียบร้อยและแปลงเป็นแบบขนานแล้ว ข้อมูลจะถูกส่งมายังรีจีสเตอร์เก็บข้อมูล หลังจากมีการอ่านรีจีสเตอร์นี้ออกไปรีจีสเตอร์นี้จะถูกเคลียร์ และเตรียมพร้อมสำหรับการรับข้อมูลในไบต์ต่อไป

ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตของพอร์ต RS-232

สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้ควบคุม (RTS และ DTR) และสัญญาณแสดงสถานะอินพุต (CTS,DSRและ DCD) ของพอร์ตอนุกรม RS-232จะถูกกลับสถานะภายในตัว UARTส่วนสัญญาณข้อมูลทั้งภาคส่งและรับจะไม่ถูกกลับสถานะ UART จะให้ระดับสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นแบบทีทีแอลเท่านั้น ดังนั้นเมื่อสัญญาณถูกส่งออกมาจาก UART จึงต้องส่งเข้าสู่วงจรขับเพื่อปรับระดับแรงดันให้ได้ระดับสัญญาณเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232ก่อนส่งออกไปจากคอมพิวเตอร์สำหรับอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางก็จะต้องมีวงจรขับในลักษณะนี้เช่นเดียวกัน เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณในระดับเดียวกัน แต่วงจรขับขี่ใช้ทั้งภายในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางนั้นจะถูกกลับสถานะ

แอนเดรสของพอร์ตอนุกรม

แอสเดรสพื้นฐานของพอร์ตอนุกรม มี 4 ตำแหน่งดังนี้คือ

COM 1 : 3F8H

COM 2 : 2F8H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COM 3 : 3E8H

COM 4 : 2E8H

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องเพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ ไบออสภายในคอมพิวเตอร์จะทำการตรวจสอบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมทั้งหมด ถ้าไบออสตรวจพบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม ไบออสจะนำแอดเดรสที่ตรวจพบไปเก็บไว้ในหน่วยความจำขนาด 2 ไบต์ สำหรับพอร์ตอนุกรม COM1จะเก็บไว้ที่แอดเดรส 0000 : 0400 H และ 0000 : 0401H ส่วนตำแหน่งอื่นๆมีรายละเอียดดังนี้

COM 2 = 0000 : 0402 H – 0000 : 0403 H

COM 3 = 0000 : 0404 H – 0000 : 0405 H

COM 4 = 0000 : 0406 H – 0000 : 0407 H

นอกจากนี้ที่หน่วยความจำแอดแดรส 0000 : 0411 ยังใช้สำหรับแสดงจำนวนของพอร์ตอนุกรมที่มีใช้อยู่ในคอมพิวเตอร์อีกด้วยโดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.3

บิท3	บิท2	บิท1	จำนวนพอร์ต
0	0	0	ไม่มีพอร์ตอนุกรม
0	0	1	มีพอร์ตอนุกรม 1 พอร์ต
0	1	0	มีพอร์ตอนุกรม 2 พอร์ต
0	1	1	มีพอร์ตอนุกรม 3 พอร์ต
1	0	0	มีพอร์ตอนุกรม 4 พอร์ต

ตารางที่ 2.3 แสดงข้อมูลในแอดเดรส 0000 : 0411 H ที่ใช้แจ้งจำนวนพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมด้วย วิชวลเบสิก(Visual Basic)

คอนโทรล MSComm

สำหรับการใช้งาน Visual BASIC ตั้งแต่เวอร์ชัน 2 เป็นต้นมา ใน Visual BASIC จะมีคัสตอมคอนโทรลสำหรับการสื่อสารอนุกรมผ่านทางพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเอตร์มาให้ โดยใน Visual BASIC เวอร์ชัน 2 และเวอร์ชัน 3 จะใช้ชื่อว่า MSCOMM.VBX ส่วน เวอร์ชัน 4 ใช้ชื่อว่า MSCOMM16.OCX สำหรับการทำงานกับระบบปฏิบัติการ 16 บิต และ MACOMM32.OCX สำหรับการทำงานกับระบบปฏิบัติการ 32 บิต สำหรับใน Visual BASIC เวอร์ชัน 5 จะมีเพียง MSCOMM32.OCX เท่านั้นเพราะถูกออกแบบมาให้ใช้งานกับระบบปฏิบัติการ 32 บิต

MSComm จัดเตรียมทางเลือกเอาไว้ 2 ทางเพื่อความสะดวกในการสื่อสารข้อมูล ทางแรกคือ การสื่อสารข้อมูลที่กระตุ้นด้วยเหตุการณ์ (event-driven communications) เป็นรูปแบบการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากสำหรับการตอบสนองแบบทันทีทันใด เช่น เมื่อตัวอักษรถูกส่งมาที่พอร์ตอนุกรมหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ขา Data Carrier (DCD)หรือขา Request To Send (RTS)เหตุการณ์ Oncomm ของ MSCommจะสามารถจับตรวจสัญญาณนั้นได้ทันที ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อคุณสมบัติ CommEven ต่อไป ส่วนทางเลือกที่สองเป็นการคอยตรวจสอบค่าเหตุการณ์และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นด้วยการดูค่าที่เปลี่ยนแปลงภายในคุณสมบัติ ConnEven หลังจากให้โปรแกรมทำงานในฟังก์ชั่นต่างๆ ไปเรียบร้อยแล้ว ซึ่งวิธีนี้ใช้งานได้ดีในกรณีที่โปรแกรมมีขนาดเล็ก

คอนโทรล MSComm 1 ตัวสามารถควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมได้ 1 พอร์ต ถ้าในโปรแกรมที่ใช้งานต้องการติดต่อกับพอร์ตอนุกรมมากกว่า 1 พอร์ต จะต้องใช้คอนโทรลMSComm มากกว่า 1 ตัวเพื่อควบคุมพอร์ตอนุกรมในแต่ละพอร์ต แอดเดรสของพอร์ตอนุกรมและแอดเดรสของการเกิดอินเตอร์รัปต์สามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการแก้ไขค่าที่ Control Panel

CommPort

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าพอร์ตอนุกรมที่ติดต่ออยู่ (COM1,COM2,COM3,COM4)

รูปแบบการใช้งาน

object.CommPort [= value]

โดย Value เป็นค่าของพอร์ตอนุกรม ชนิดของข้อมูลเป็น Integer ค่า Value สามารถกำหนดได้ในช่วง 1-16 (ค่าเริ่มต้นกำหนดไว้ที่ 1)เมื่อมีการกำหนดค่าแล้วทำการเปิดพอร์ตโดยใช้คุณสมบัติ PortOpen แต่ว่าพอร์ตนั้นไม่มีอยู่ในระบบ MSComm จะสร้างสัญญาณแสดงข้อผิดพลาด error 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นมา ซึ่งหมายถึง อุปกรณ์ตัวนี้ไม่มีอยู่ในระบบ ดังนั้นการเขียนโปรแกรงจึงจำเป็นต้องกำหนดตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมก่อนที่ใช้คำสั่ง OpenPort

Setting

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าอัตราบอด ,พาริตี้,จำนวนบิตข้อมูล,จำนนวนบิตปิดท้าย

รูปแบบการใช้งาน

object.Setting [= value]

ค่า Value มีชนิดข้อมูลเป็นแบบ String มีรูปแบบเป็น “BBBB,P,D,S” โดย BBBBเป็นค่าอัตราบด , P เป็นค่าพาริตี้ ,D เป็นจำนวนของบิตข้อมูล และ S เป็นจำนวนของบิตปิดท้าย ปกติแล้วค่านี้ถูกกำหนดไว้เป็น “9600,N,8,1”

ค่าบิดเรตมาตรฐานที่ใช้กับ MSComm มีดังนี้

110 บิตต่อวินาที
300 บิตต่อวินาที
600 บิตต่อวินาที
1,200 บิตต่อวินาที
2,400 บิตต่อวินาที
9,600 บิตต่อวินาที (ค่าปกติ)
14,400 บิตต่อวินาที
19,200 บิตต่อวินาที
28,800 บิตต่อวินาที
28,400 บิตต่อวินาที
38,400 บิตต่อวินาที (สงวน)
56,000 บิตต่อวินาที (สงวน)
128,000บิตต่อวินาที (สงวน)
256,000บิตต่อวินาที (สงวน)

สำหรับค่ามาตรฐานในการกำหนด ค่าพาริตี้มีดังนี้

สัญลักษณ์	รายละเอียด
E	พาริตี้คู้ (Even)
M	ลอจิก “1” (Mark)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N ไม่ใช้ (ค่าปกติ)

O พาริตี้คี่ (Odd)

S ลอจิก “0” (Space)

ค่าที่ใช้ในการกำหนดจำนวนบิตมี 5 ค่าคือ 4,5,6,7 และ 8 (เป็นค่าปกติ)

ค่าที่ระบุจำนวนบิตปิดท้าย มี 3 ค่าคือ 1 (เป็นค่าปกติ),1,5และ 2

ตัวอย่างการใช้งานคำสั่ง Setting โดยจะเป็นการกำหนดค่าบิดเรตเท่ากับ 9600 ไม่มีพาริตี้ จำนวนบิตข้อมูล 8 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต สามารถเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

MSCONN1.Setting = “9600 , N , 8 , 1 “

หมายเหตุ สามาเหตุที่ค่าที่กำหนดจะต้องอยู่ภายในเครื่องหมายคำพูด “” เนื่องจากค่าที่กำหนดนี้อยู่ในรูปตัวแปร String

PortOpen

ใช้ในการกำหนดและอ่านค่าสถานะของพอร์ตอนุกรม เพื่อเปิดและปิดพอร์ตอนุกรม

รูปแบบการใช้งาน

object.PortOpen [= value]

ค่า Value มีชนิดข้อมูลเป็นแบบบูลีน คือ True กับ False โดย True หมายถึงการเปิดพอร์ตอนุกรมและ Flaseหมายถึงการปิดพอร์ตอนุกรม สำหรับการปิดพอร์ตนั้นจะมีการเคลียร์บัฟเฟอร์รับข้อมูลด้วย คอนโทรล MSComm จะปิดพอร์ตอนุกรมโดยอัตโนมัติเมื่อออกจากโปรแกรม ก่อนที่จะใช้คุณสมบัติ PortOpen ต้องตรวจสอบให้แน่ใจก่อนว่าคุณสมบัติ CommPort นั้นได้ทำการกำหนดตำแหน่งของพอร์ตอนุกรมไว้ถูกต้องหรือไม่ มิเช่นนั้น MSComm จะแสดงข้อผอดพลาด Error 68 แจ้งแก่ผู้ใช้งาน หรือถ้าพอร์ตอนุกรมนั้นถูกเปิดเอาไว้แล้ว โปรแกรมก็จะแจ้งข้อผิดพลาดออกมาเช่นเดียวกัน

ถ้าคุณสมบัติ DTREnable หรือ RTSEnable ถูกกำหนดให้เป็น True ก่อนที่จะทำการเปิดพอร์ต ค่าคุณสมบัติของ DTREnable หรือ RTSEnable จะถูกเซตเป็น False หลังจากปิดพอร์ตแต่ถ้าเซตเป็น False หลังจากปิดโปรแกรมแล้ว ค่าที่กำหนดไว้จะเป็นค่าเดิม

ตัวอย่างการใช้คำสั่งเปิดพอร์ต เพื่อติดต่อสื่อสารกับพอร์ตอนุกรม COM1 และมีบอดเรต 9,600 บิตต่อวินาที ไม่มีพาริตี้ จำนวนบิตข้อมูล 8 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต มีดังนี้

MSComm1.Setting = “9600,n,8,1 “

MSComm1.CommPort = 1

MSComm1.PortOpen = True

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input

อ่านค่าและลบค่าขบวนข้อมูลจากบัฟเฟอร์ภาครับ

รูปแบบการใช้งาน

object . Input

คุณสมบัติ InputLen เป็นตัวกำหนดจำนวนของตัวอักษรที่จะอ่านโดยคุณสมบัติ Input การกำหนดค่าให้ InputLen เท่ากับ 0 เป็นการกำหนดให้คุณสมบัติ Input ทำให้การอ่านค่าข้อมูลในบัฟเฟอร์รับข้อมูลทั้งหมด

คุณสมบัติ InputMode เป็นตัวกำหนดชนิดของข้อมูลที่มีคุณสมบัติ Input รับเข้ามา ถ้า InputMode ถูกกำหนดเป็น comInputModeText คุณสมบัติ Input จะส่งค่าข้อมูลกลับมาในรูปแบบของข้อความชนิดข้อมูลเป็นแบบ Variant ถ้า InputMode กำหนดเป็น comInputModeBinary คุณสมบัติ Input จะส่งข้อมูลกลับมาในรูปของไบนารี่และชนิดข้อมูลเป็นแบบ Variant

ตัวอย่างโปรแกรมแสดงให้เห็นถึงวิธีในการรับข้อมูลจากบัฟเฟอร์ข้อมลทั้งหมด

```
Private Sub Commandl _Click ()
Dim InString as String
    MSComm1.InputLen  =  0                  Retrieve all available data.
    If MSComm1.InBufferCont Then Check for data
    InString  = MSComm1.Input               Read data
    End  If
End Sub
```

InbufferCount

ส่งค่าจำนวนของตัวอักษรที่อยู่ในบัฟเฟอร์ภาครับ

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

object.InBufferCount [= value]

คำสั่ง InBufferCount จะแสดงค่าจำนวนของตัวอักษร ซึ่งรับมาจากภายนอกและยังเก็บอยู่ในบัฟเฟอร์ภาครับ เพื่อให้ผู้ใช้งานอ่านค่าออกไป สำหรับการเคลียร์ค่าบัฟเฟอร์ภาครับทำได้โดยกำหนดให้ InBufferCount มีค่าเป็น 0

หมายเหตุ อย่างสับสนระหว่าง คำสั่ง InBufferSize และ InBufferCount คำสั่ง InBufferSizeนั้นใช้เพื่อกำหนดขนาดของบัฟเฟอร์ภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

InBufferSize

กำหนดและคืนค่าขนาดของบัฟเฟอร์ภาครับในหน่วยเป็นไบต์

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

object . InBufferSize [= value]

คำสั่ง InBufferSize ใช้เพื่อกำหนดขนาดของบัฟเฟอร์ภาครับ โดยค่าเริ่มต้นถูกกำหนดไว้ที่ 1,024ไบต์

หมายเหตุ การกำหนดค่าบัฟเฟอร์ภาครับขนาดใหญ่จะทำให้ หน่วยความจำที่เหลือสำหรับการใช้งานส่วนอื่นๆจะเหลือน้อย อย่างไรก็ตามการกำหนดค่า บัฟเฟอร์ภาครับที่น้อยเกินไปจะทำให้เกิดการโอเวอร์โฟลวหรือข้อมูลล้นบัฟเฟอร์ เว้นแต่จะมีการใช้เฮนด์เช็ก ดังนั้นค่าปานกลางที่เหมาะสมก็คือ ค่า 1,024 ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้นนั้นเอง แต่ถ้าโปรแกรมมีการเกิดโอเวอร์โฟลวแล้วจึงค่อยปรับเพิ่มค่าขนาดของบัฟเฟอร์ให้มีค่าเพิ่มมากขึ้น

```
Private Sub Command1_Click ()
Dim Buffer as Variant
Dim Arr () as Byte
MSComm1.CommPort  = 1 Set and open port
MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.InputMode = comInputModeBinary   set InputMode to read binary data
Do Unit MSComm1.InBufferCoint < 10       Wait unit  10 bytes are in the
Input buffer
        DoEvents
Loop
Buffer  =  MSComm1.Input                          Store binary data in buffer
Arr  =  Buffer                                    Assign to byte array for processing
End Sub
```

Output

ใช้ในการส่งขบวนของข้อมูลไปยังบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล

รูปแบบการใช้งาน

object.Output [= value]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า value เป็นค่าของตัวอักษรที่เขียนไปยังบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล คุณสมบัติ OutPut สามารถใช้ในการส่งข้อมูลตัวอักษรหรือข้อมูลไบนารี่ก็ได้ โดยการส่งข้อมูลเป็นรูปแบบตัวอักษรจะต้องกำหนดข้อมูลเป็นแบบ Variant และมีข้อมูลภายในเป็นแบบ byte

ตัวอย่างโปรแกรมการส่งค่าที่ป้อนจากคีย์บอร์ดไปยังพอร์ตอนุกรม โดยใช้คุณสมบัติ Output

```
Private Sub Form_KeyPress (keyAscii As Integer)
        Dim Buffer as Variant
        MSComm1.ComPort = 1 Use COM1
        MSComm1.PortOpen    =True   Open port
        Buffer  = Chr$ (KeyAscii)
        MSComm1.Output  = Buffer      Send DATA
End Sub
```

OutBufferCount

คืนค่าจำนวนข้อมูลตัวอักษรที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์ภาคส่ง และสามารถใช้คำสั่งนี้เพื่อเคลียร์บัฟเฟอร์ภาคส่งได้ด้วย

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

object.OutBufferCount [= value]

ผู้ใช้งานสามารถเคลียร์บัฟเฟอร์ภาคส่งได้โดยกำหนดค่า OutBufferCount เท่ากับ “0”

หมายเหตุ ระวังการสับสนระหว่างคุณสมบัติ OutBufferCount กับ OutBufferSuze ซึ่ง OutBufferSize ใช้เพื่อกำหนดขนาดของบัฟเฟอร์ภาคส่ง

OutBufferSize

กำหนดค่าและคืนค่าขนาดของบัฟเฟอร์ภาคส่ง ชนิดตัวแปรเป็นแบบไบต์

รูปแบบการใช้งานคำสั่ง

object.OutBufferSize [= object]

คุณสมบัติ OutBufferSize ใช้สำหรับกำหนดขนาดของบัฟเฟอร์ภาคส่ง โดยปกติที่ใช้งานจะมีค่าเท่ากับ 512 ไบต์

หมายเหตุ การกำหนดค่าบัฟเฟอร์ภาคส่งที่มากเกินไป จะทำให้มีหน่วยความจะเหลือให้ใช้งานน้อย แต่อย่างไรก็ตามถ้ากำหนดค่าน้อยเกินไป จะทำให้เกิดข้อมูลล้นบัฟเฟอร์ขึ้นได้ ยกเว้นจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ แฮนด์เช็ค วิธีการที่ถูกต้องในการกำหนดค่าคือ ทดลองใช้ค่าเริ่มต้นคือค่า 512ไบต์ดูก่อน ถ้าโปรแกรมทำงานแล้วเกิดการล้นของข้อมูลค่อยเพิ่มค่าของ OutBufferSize ให้มากขึ้น

เหตุการณ์ OnComm

เหตุการณ์ OnComm จะถูกสร้างขึ้นเมื่อค่าของคุณสมบัติ CommEvent มีการเปลี่ยนแปลง เพื่อแสดงผลการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้นแบบทันทีทันใดหรือแสดงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น ตัวอย่างโปรแกรมย่อย OnComm เพื่อนำเหตุการณ์ CommEventมาแสดง

```
Private Sub MSComm_OnComm ()
        Select Case MSComm1.CommEvent
        ‘ Handle each event or error by placing
        ‘ code below each case statement
        ‘ Error
                Case  comEventBreak             ‘ A Break was received.
                Case comEvenCDTO                ‘ CD (RLSD)Timeout.
                Case comEvenCTSTO               ‘ CTS Timeout .
                Case comEvenDSRTO               ‘ DSR Timeout .
                Case comEvenFrame               ‘ Framing Error .
                Case comEvenOverrun             ‘ Data Lost .
                Case comEvenRxOver              ‘ Receive buffer overflow .
                Case comEvenRxParity            ‘ Parity Error .
Case comEventTxFull                             ‘ Transmit buffer full .
        ‘ Events
                Case comEvCD                    ‘ Change in the CD line .
                Case comEvCTS                   ‘ Change in the CYS line .
                Case comEvDSR                   ‘ Change in the DSR line .
                Case comEvRing                  ‘ Change in the Ring Indicator .
                Case comEvReceive               ‘ Receivd Rthreshold # of chars .
                Case comEvSend                  ‘ Sthreshold number in the ‘transmit buffer.
Case comEvEof                                   ‘  An EOF charater was found in the input
stream
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        End Select
End Sub
```

การใช้ MSComm เพื่อการติดต่อฮาร์ดแวร์

จากรายละเอียดของ MSComm ที่กล่าวไปในตอนต้นนั้น จะเห็นได้ว่าวิธีการที่จะอ่านค่าหรือเขียนค่าไปยังขาสถานะและขาควบคุมของพอร์ตอนุกรมสามารถทำได้ง่ายดายมาก โดยใช้คำสั่งเหล่านี้

DTREnable	สำหรับคำสั่งให้ขา DTR มีลอจิก “0” หรือ “1”
RTSEnable	สำหรับสั่งให้ขา RTS มีลอจิก “0” หรือ “1”
CTSHolding	สำหรับอ่านค่าสถานะจากขา CTS ว่ามีลอจิก “0” หรือ “1”
CDHolding	สำหรับอ่านค่าสถานะจากขา DCDว่ามีลอจิก “0” หรือ “1”
DSRHolding	สำหรับอ่านค่าสถานะจากขา DSR ว่ามีลอจิก “0” หรือ “1”
Break	สำหรับการสั่งให้ขา Txd มีลอจิก “0” หรือ “1”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

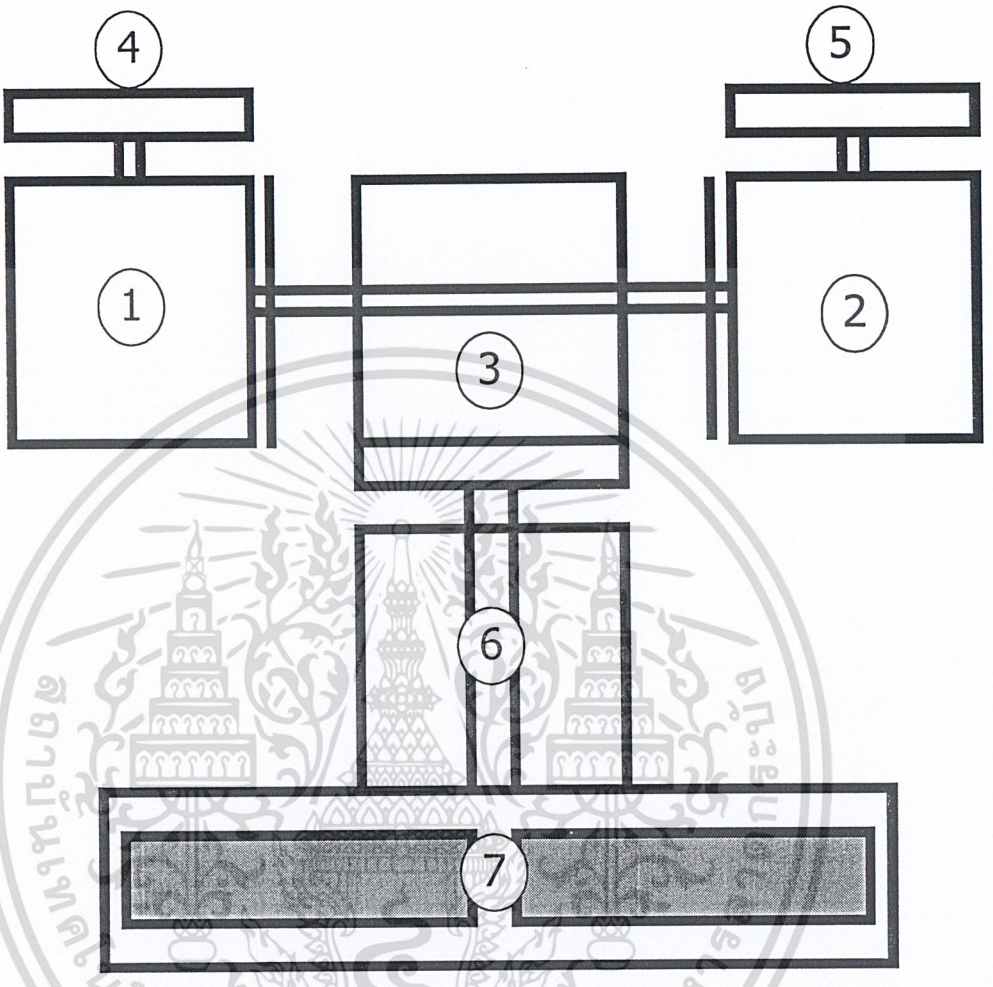
บทที่3
โครงสร้างระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์

3.1 การออกแบบโครงสร้างสำหรับระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์

วัสดุที่ใช้สร้างประกอบด้วย PVC ทั้งหมดทุกส่วนเนื่องจาก PVC มีคุณสมบัติ เหนียว ทนทาน น้ำหนักเบา ตกแต่งได้ง่าย เราจะประกอบแผ่น PVC เข้าด้วยกันจากอลูมิเนียมฉาก ส่วนจุดหมุนทุกส่วนเราจะใส่ลูกปืนแบริ่งขนาด ∅ 2.5 cm ตามขนาดและสัดส่วนของระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์ และในส่วนฐานเราจะใส่แผ่นเหล็กขนาดกว้าง 12.5 cm ยาว 12.5 cm จำนวน 2 แผ่นๆละ 2 กิโลกรัมเพื่อความมั่นคงของฐาน

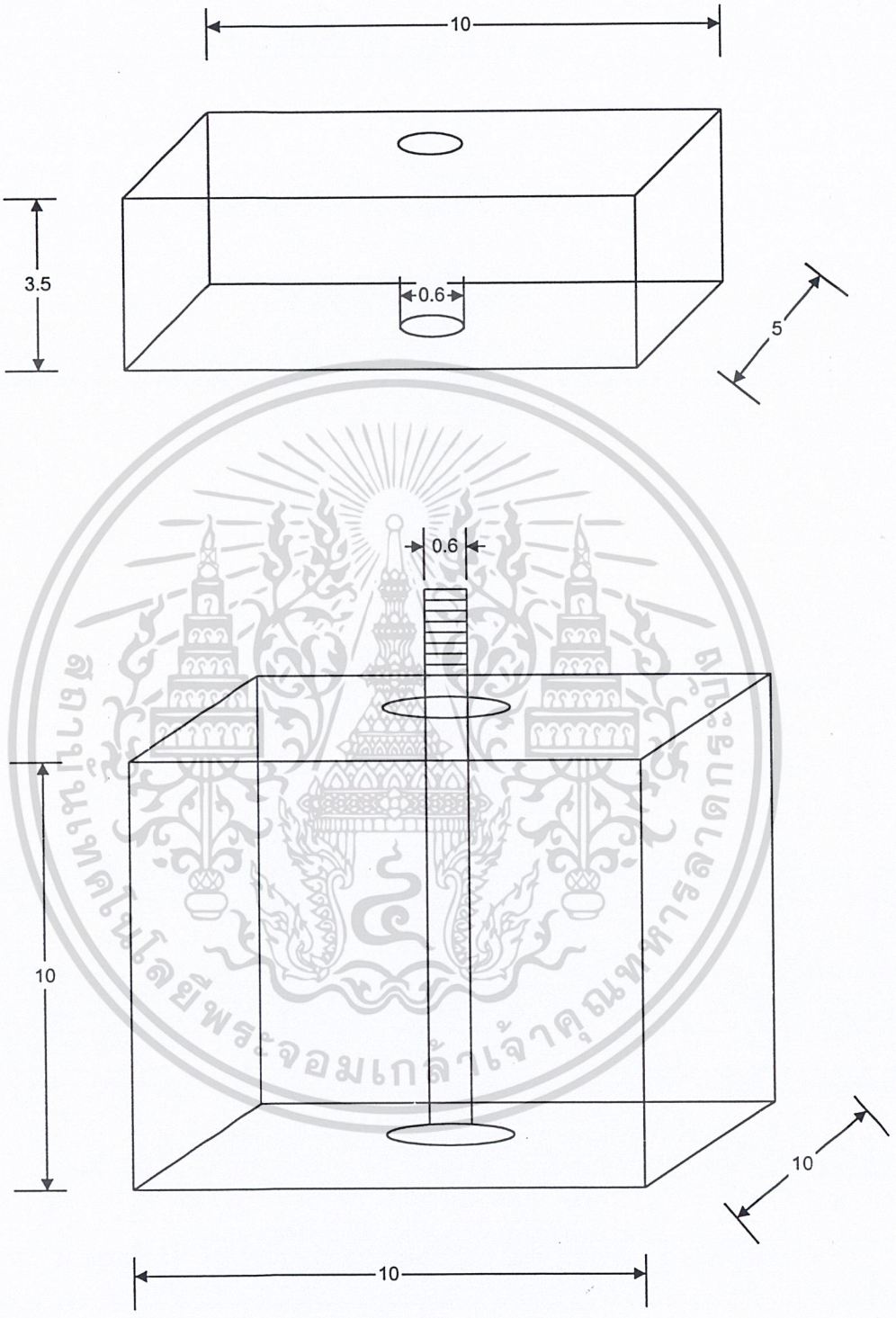
ระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์มีขนาด	18 x 45 x 50 cm (ไม่รวมความสูงของกล้อง)
ระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์มีน้ำหนัก	6 กิโลกรัม
ส่วนตาซ้ายและตาขวา หมุนซ้าย ขวาได้	150 องศา
ส่วนตาซ้ายและตาขวา หมุนก้มและเงยได้	60 องศา
ส่วนตาซ้ายและตาขวา ฐานหมุนรอบตัวได้	300 องศา
ส่วนตาซ้ายและตาขวา หมุนซ้าย ขวาได้เป็นอิสระต่อกัน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



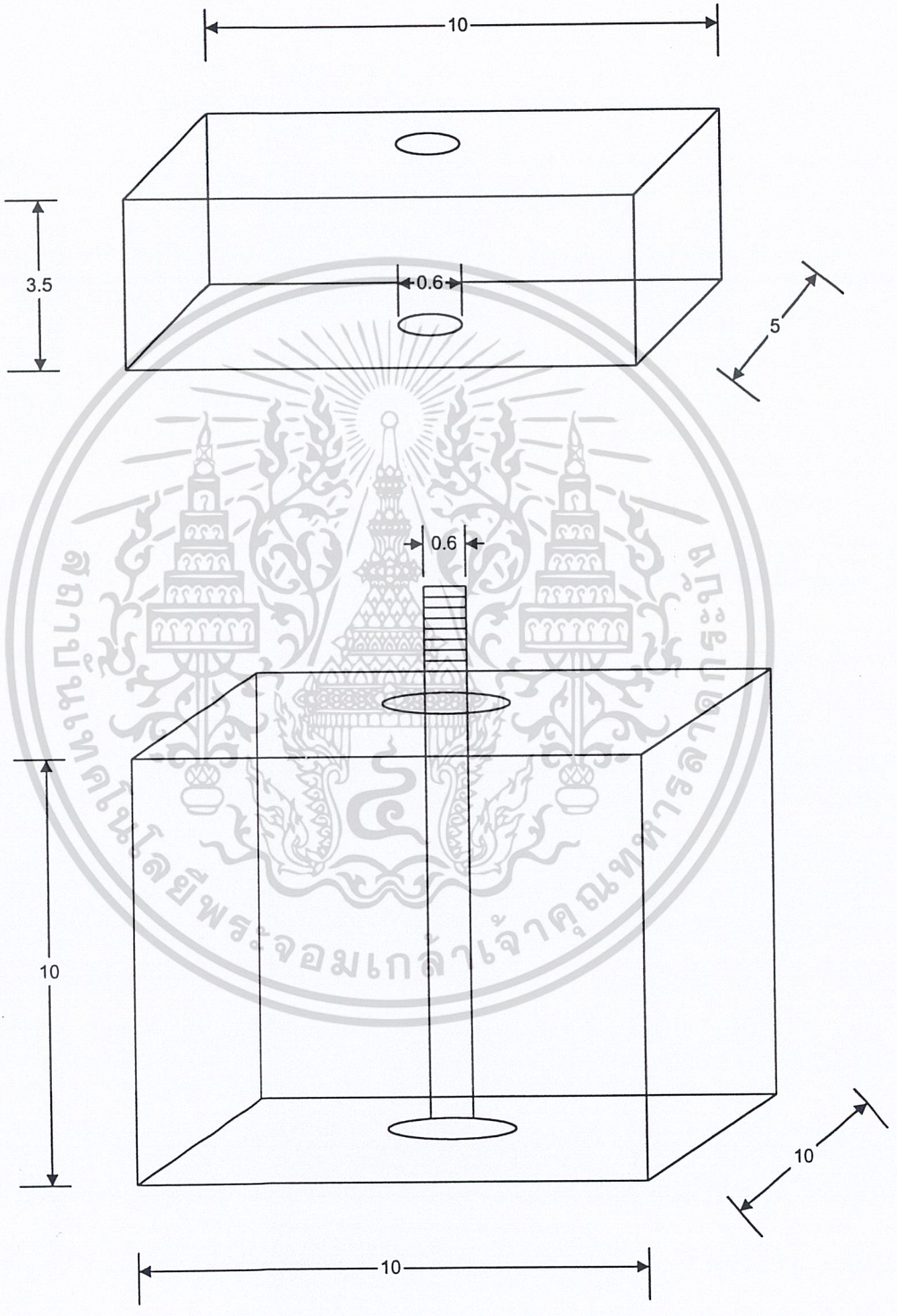
รูปที่ 3.1 แสดงภาพโดยรวมของระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

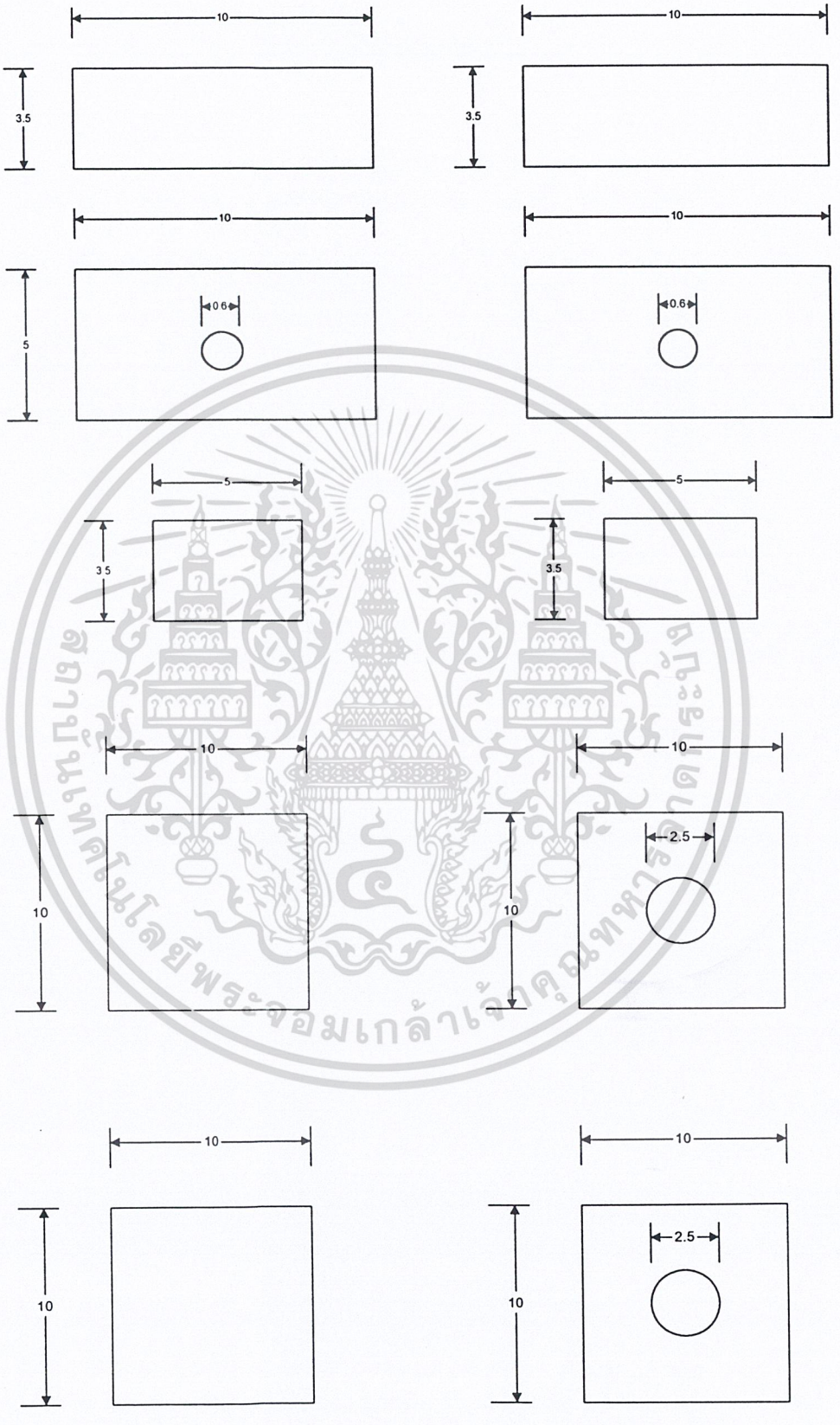


รูปที่ 3.2 แสดงภาพโดยรวมของตาข้างขวาของหุ่นยนต์(1 และ 4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

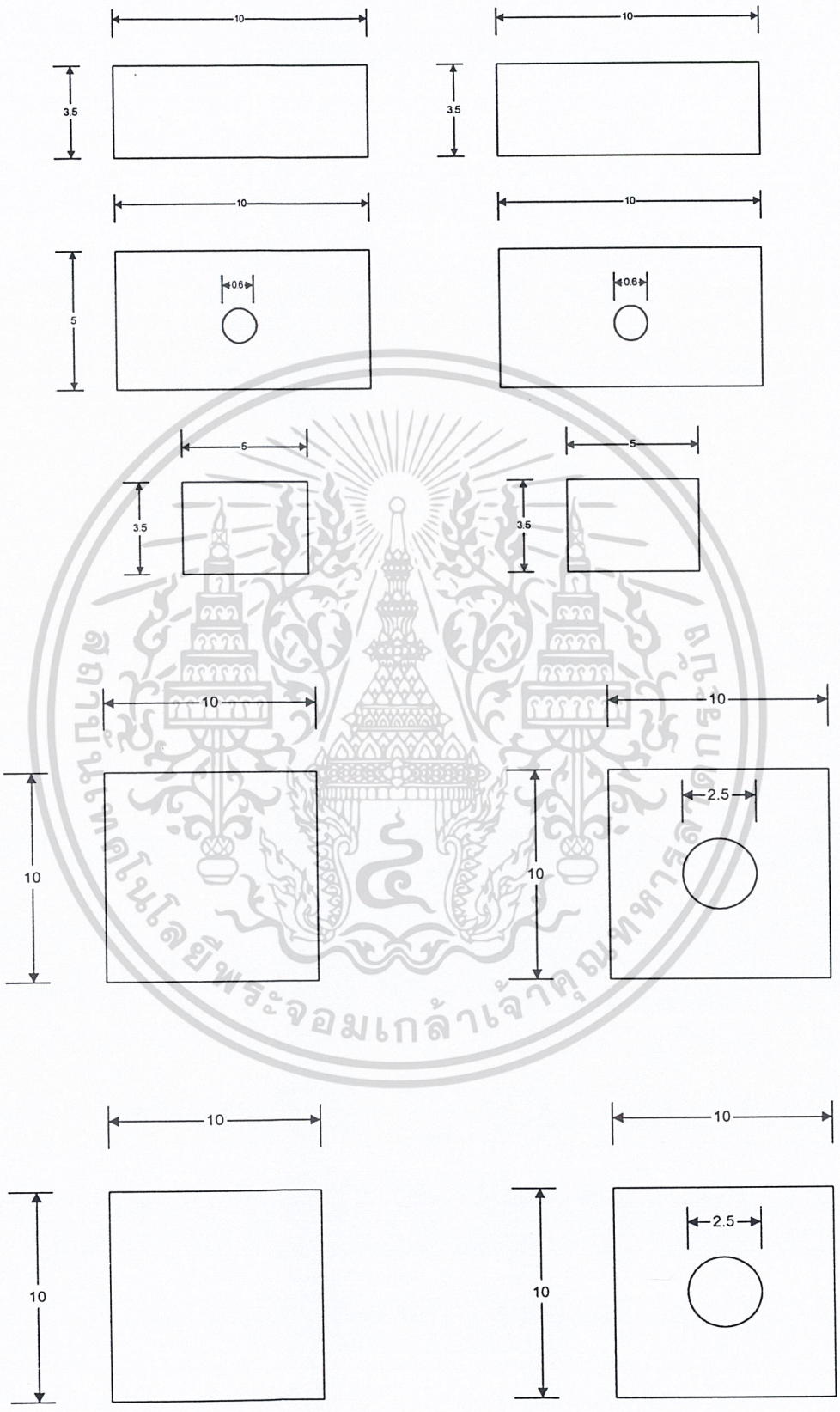


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



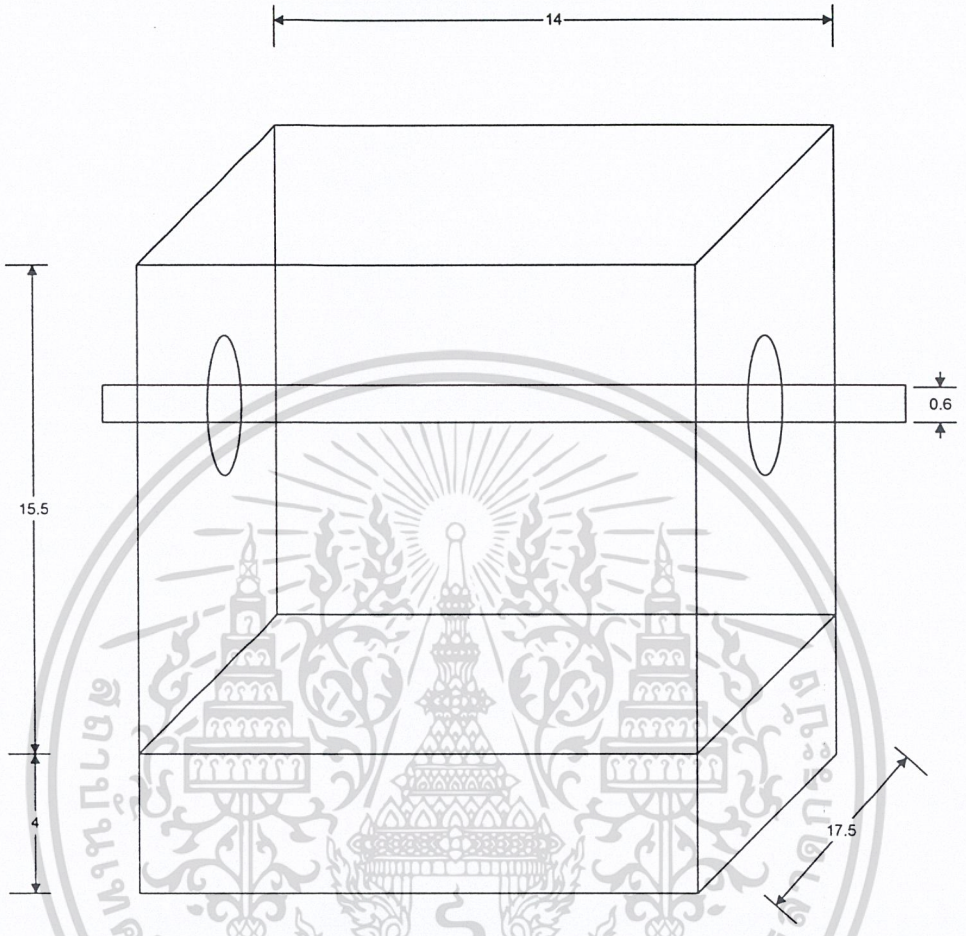
รูปที่ 3.4 แสดงภาพส่วนประกอบของตาข้างขวาของหุ่นยนต์ (1 และ 4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



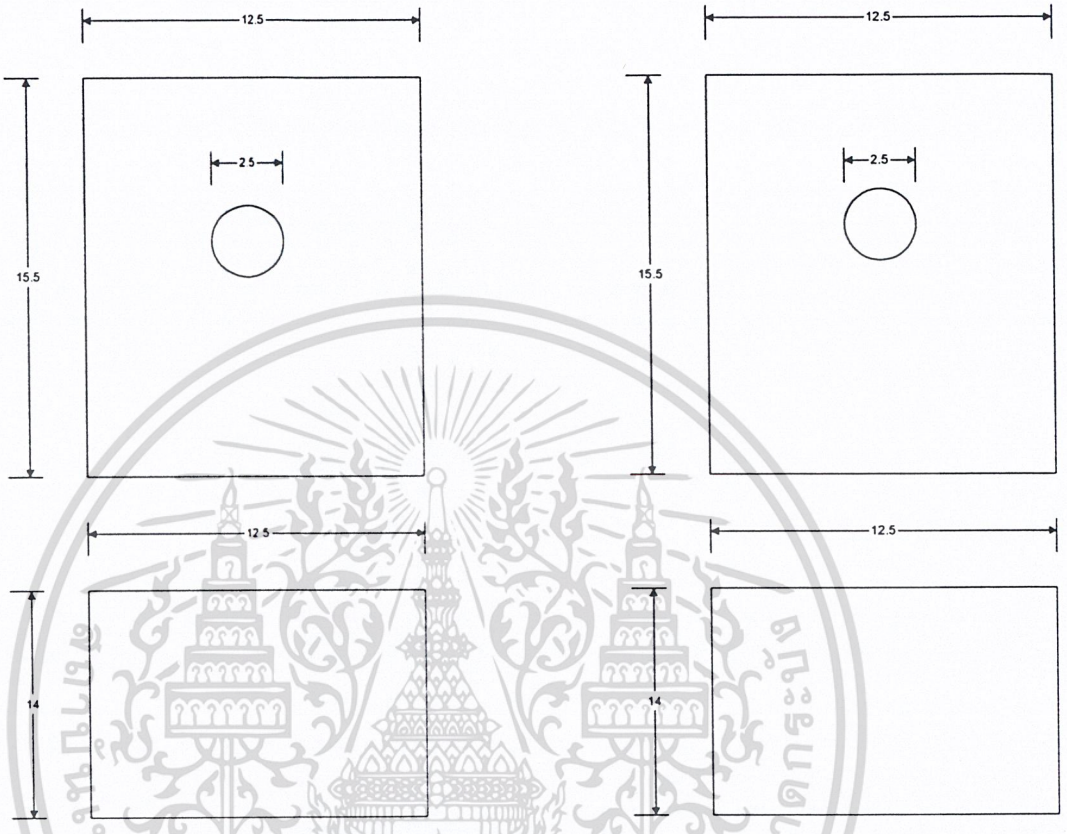
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 แสดงภาพส่วนประกอบของตาข้างซ้ายของหุ่นยนต์ (2 และ 5)



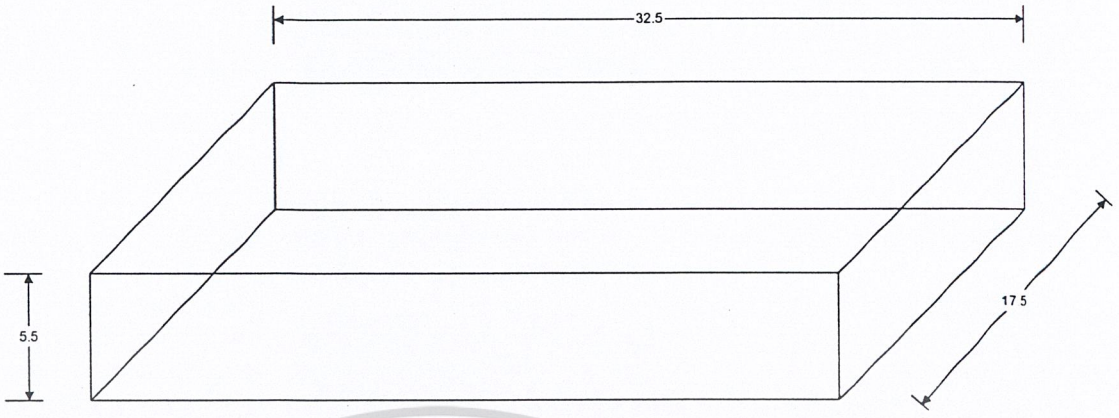
รูปที่ 3.6 แสดงภาพโดยรวมของส่วนคอของหุ่นยนต์ (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

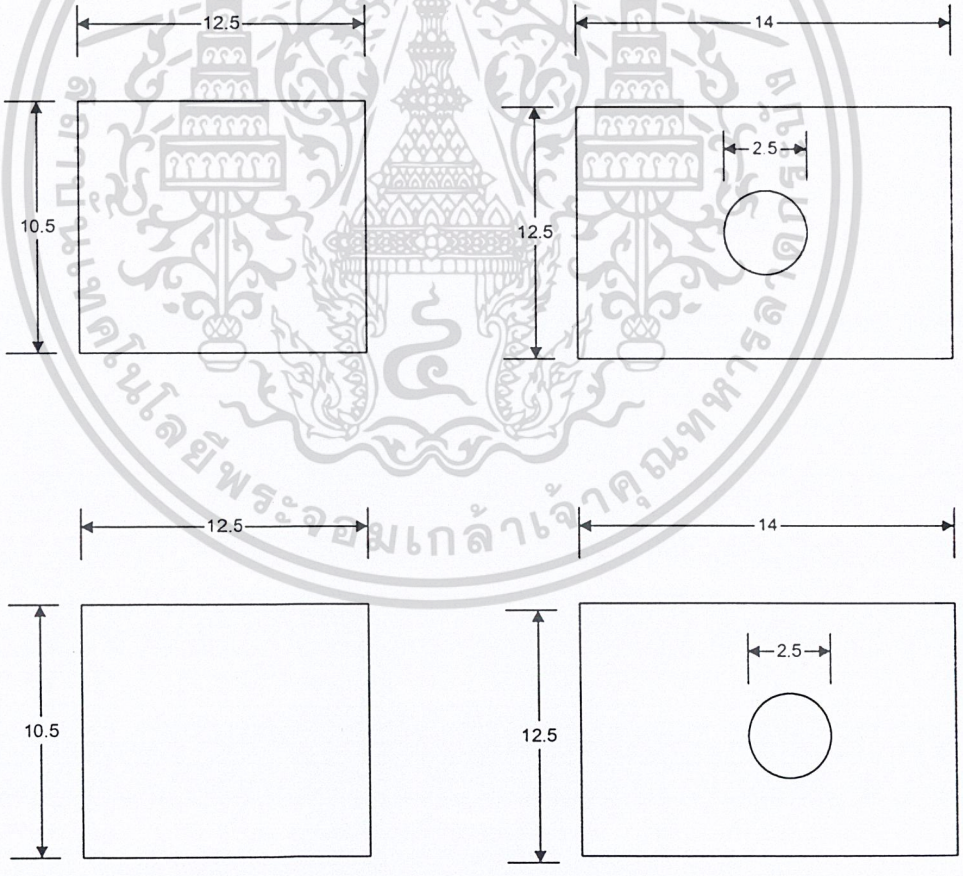


รูปที่ 3.7 แสดงภาพส่วนประกอบของส่วนคอของหุ่นยนต์ (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

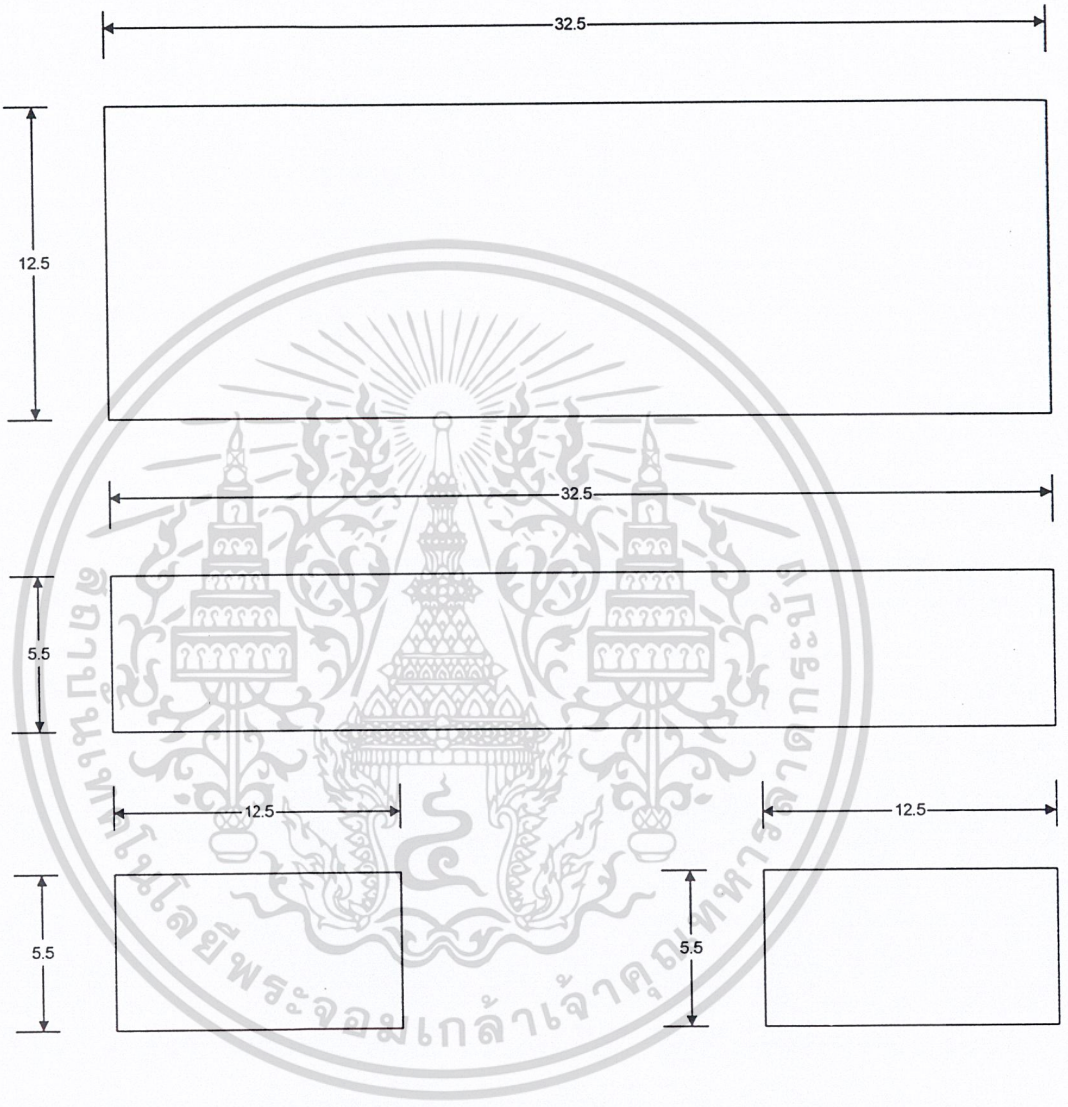


รูปที่ 3.8 แสดงภาพโดยรวมของส่วนรองรับคอของหุ่นยนต์ (6 และ 7)



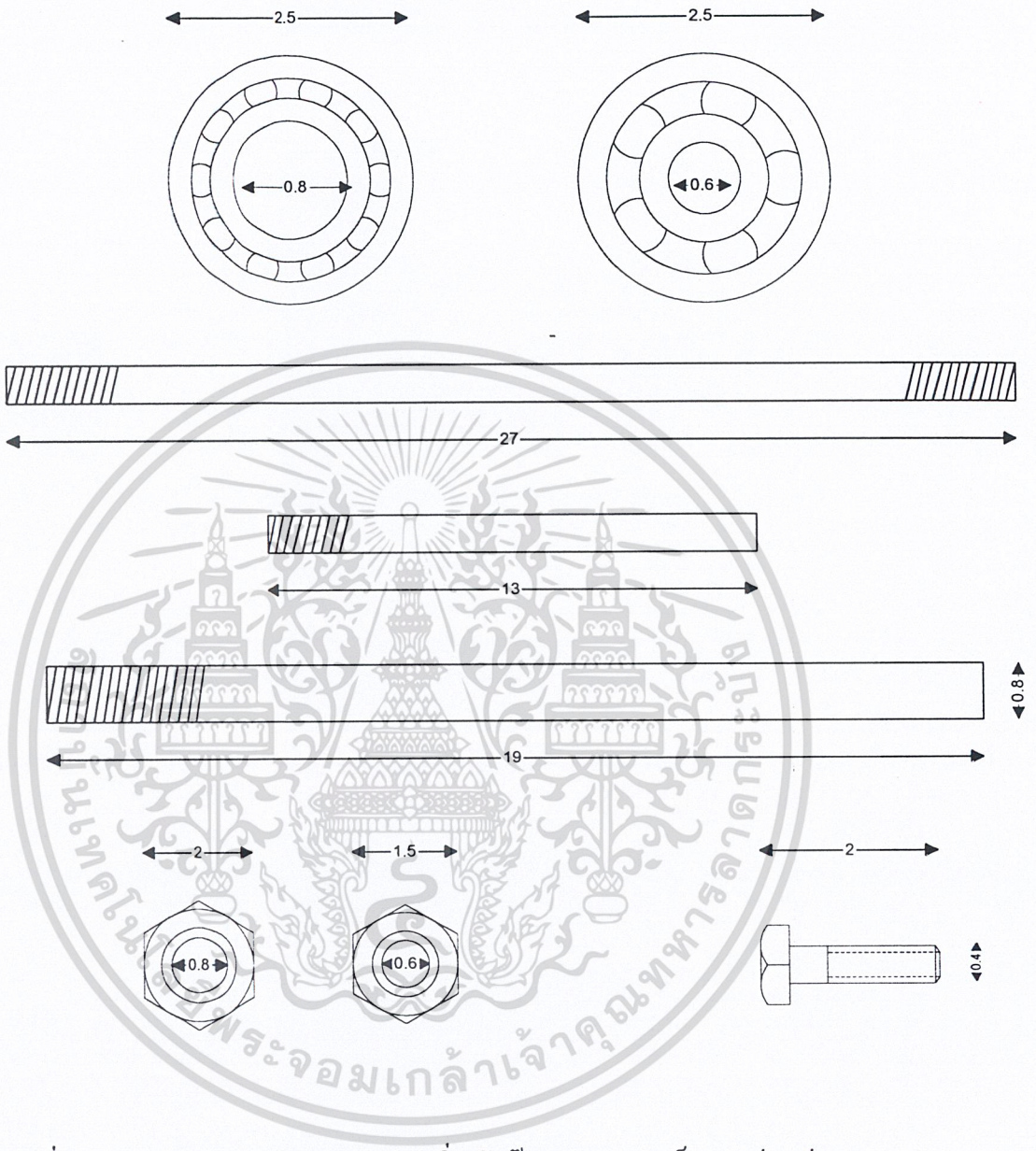
รูปที่ 3.9 แสดงภาพส่วนประกอบของส่วนรองรับคอของหุ่นยนต์ (6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงภาพส่วนประกอบของส่วนรองรับคอของหุ่นยนต์ (7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงภาพส่วนประกอบของแบริ่ง,หัวน็อตและแกนเหล็กของส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ระบบควบคุมและผลการทดลอง

4.1หลักการควบคุม

4.1.1 หลักการควบคุมการเคลื่อนที่

การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ทำได้โดยป้อนความถี่พัลซ์บวก ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ดังนั้นเราจึงใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ สร้างความถี่พัลซ์ขึ้นมาควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 5 ตัว เพื่อให้หมุนไปในตำแหน่งที่ต้องการและพัลซ์ที่สร้างขึ้นมาจะมีความถี่ไม่เท่ากันถ้าหากตำแหน่งการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ต่างกันตลอดเวลาของการทำงาน จำเป็นที่ต้องสร้างพัลซ์ให้กับเซอร์โวมอเตอร์ตลอดเวลา เพื่อให้เซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวรักษาตำแหน่งของตัวเองไว้ และต้านแรงกดทับจากน้ำหนักของกล้องที่ติดกับตัวหุ่นยนต์

4.1.1.1 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับเซอร์โวมอเตอร์

ในการควบคุมเลือกใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบสิก แสตมป์ 25x โดยใช้การควบคุม 1 พอร์ต ต่อเซอร์โวมอเตอร์ 1 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นการแสดงไดอะแกรม การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ และมีการเชื่อมต่อพอร์ตเข้ากับเซอร์โวมอเตอร์ ดังนี้

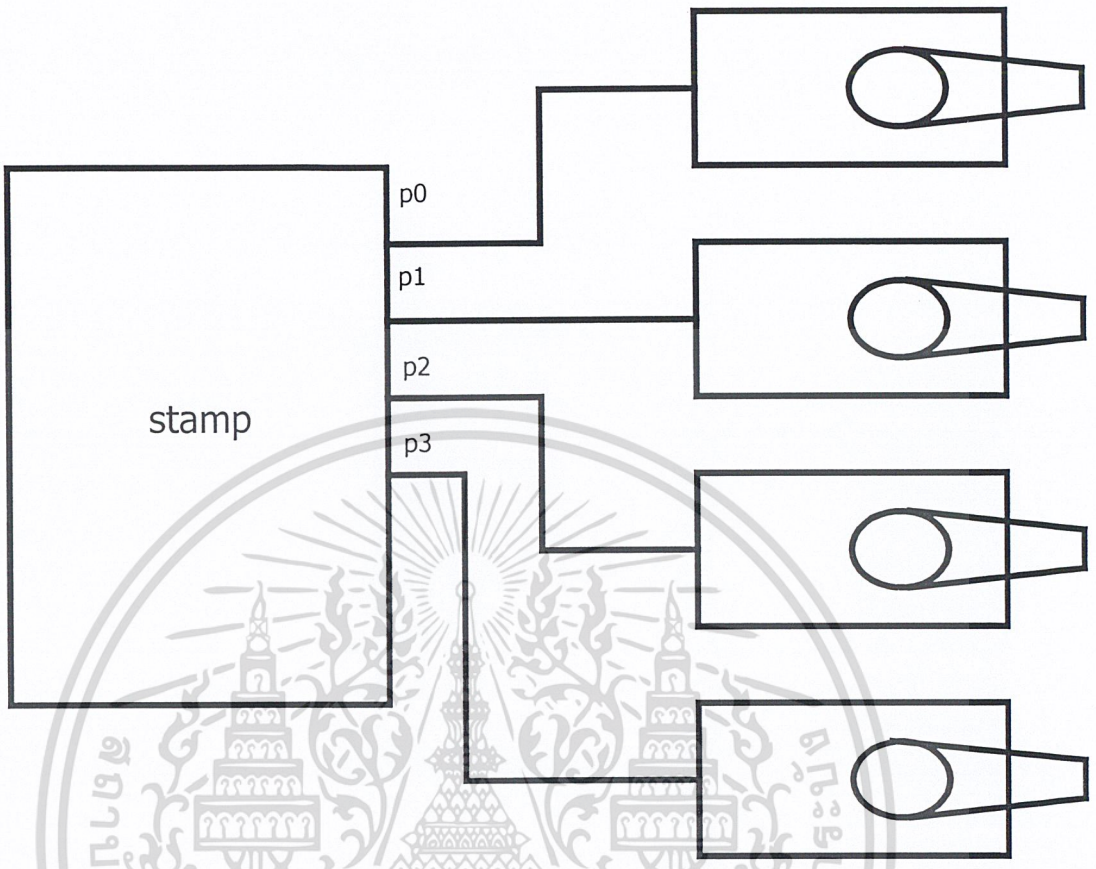
พอร์ต 0 เชื่อมต่อกับเซอร์โวมอเตอร์ ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของตาขวา

พอร์ต 1 เชื่อมต่อกับเซอร์โวมอเตอร์ ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของตาซ้าย

พอร์ต 2 เชื่อมต่อกับเซอร์โวมอเตอร์ ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ก้ม-เงย

พอร์ต 3 เชื่อมต่อกับเซอร์โวมอเตอร์ ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่การหมุนฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงไดอะแกรมการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

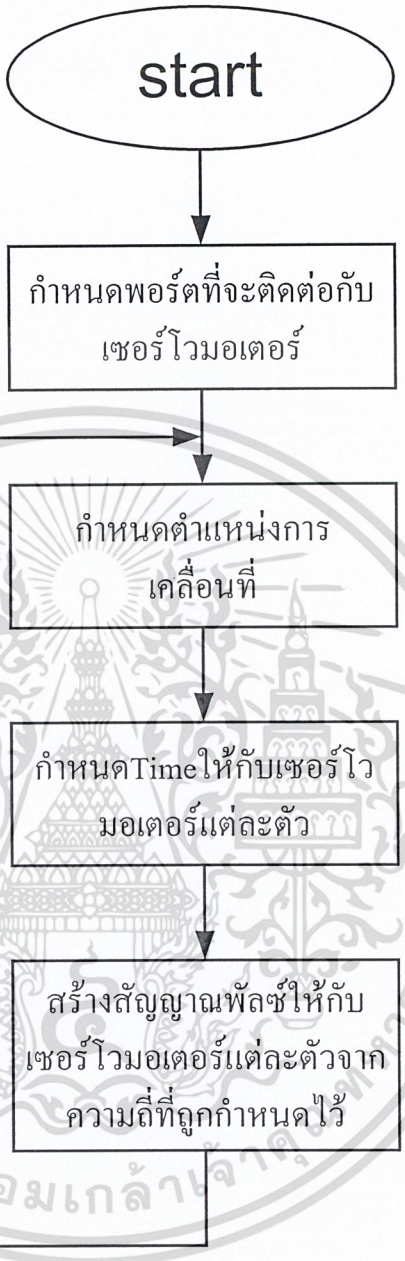
4.1.1.2 การสร้างสัญญาณพัลซ์โดยไมโครคอมคอนโทรลเลอร์

คือการควบคุม 1 พอร์ต ต่อ 1 ช่องสัญญาณพัลซ์ ซึ่งให้กับเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ เบสิกแสตมป์จะสามารถสร้างสัญญาณพัลซ์ได้ง่ายมากโดยมีวิธีการคือ รูปแบบการใช้งานคำสั่ง PULSOUT pin,time โดยจะส่งพัลซ์ลอจิกสูงที่มีคาบเวลาตั้งแต่ 0.8 ไมโครวินาที ถึง 52 มิลลิวินาที ออกไปทางขาพอร์ตที่กำหนด

Pin เป็นค่าตัวแปรหรือค่าคงที่ มีค่าอยู่ในช่วง 0 – 5 เพื่อเลือกขาพอร์ตของเบสิกแสตมป์ 2sx ขาพอร์ตจะถูกกำหนดให้เป็นOut put ก่อนเรียกใช้งาน และกลับเป็นสถานะเดิมหลังกระทำคำสั่ง PULSOUT เรียบร้อย

Time เป็นค่าตัวแปรหรือค่าคงที่ มีค่าตั้งแต่ 0 – 65,535 ใช้กำหนดคาบเวลาของพัลซ์ มีค่าหน่วยละ 0.8 ไมโครวินาทีซึ่งการสร้างสัญญาณพัลซ์โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ มีลำดับการทำงานและลำดับการหน่วงเวลาโดยแสดงเป็น Flow chart ในรูปที่ 4.2 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 Flow Chart ของโปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 หลักการควบคุมการเลือกภาพ

การควบคุมการเลือกภาพ จะใช้ CMOS Analog Multiplexers / Demultiplexers with Logic Level Conversion เบอร์ CD4052B โดยจะทำการเลือกภาพจากกล้องที่ทำหน้าที่เป็นตาของหุ่นยนต์ โดยควบคุมการทำงานของ IC Analog switch โดยใช้ Logic 0, Logic 1 เป็นตัวกำหนด ดังแสดงในรูปที่ 4.3

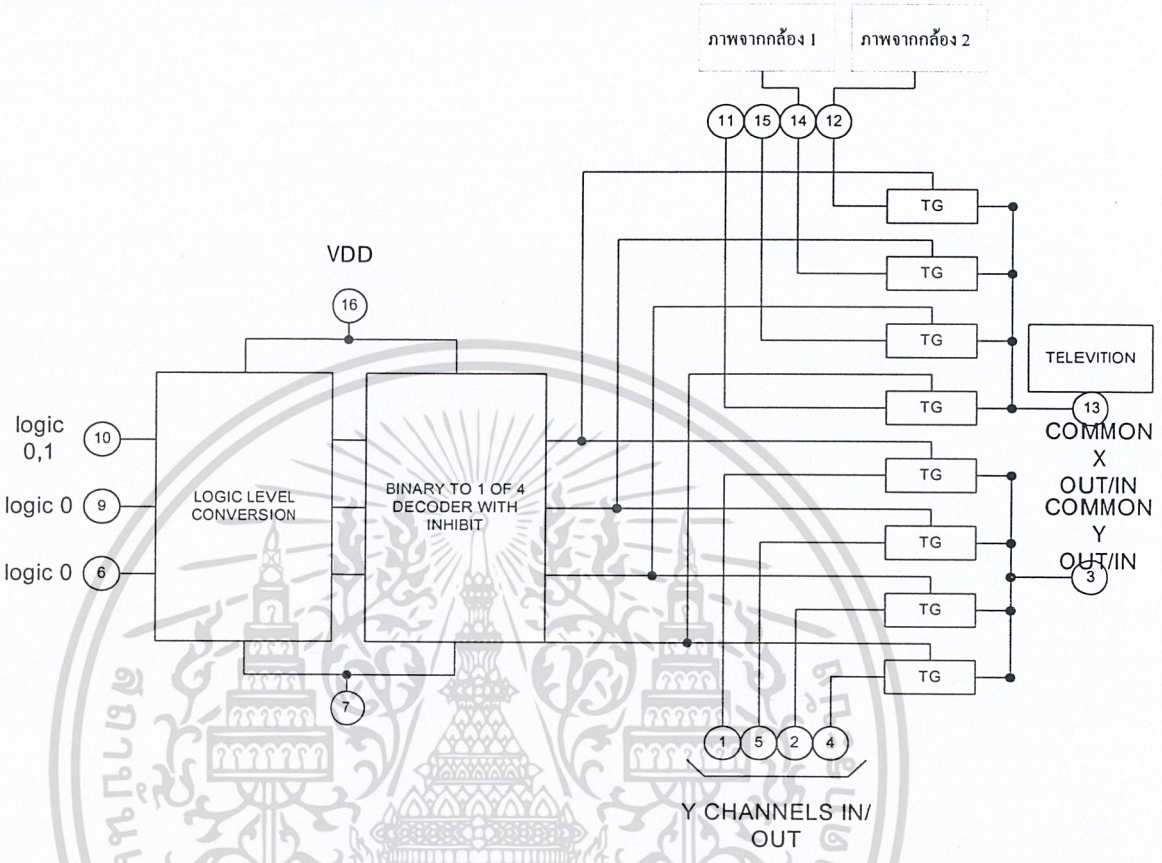
CD4052B

INHIBIT	B	A	
0	0	0	OX,OY
0	0	1	1X,1Y
0	1	0	2X,2Y
0	1	1	3X,3Y
1	X	X	None

ตารางที่ 4.1 แสดง Logic ที่เป็นตัวกำหนดการทำงานของ Analog Switch

จากคุณสมบัติของ Analog switch CD4052B จะมี ชุดสวิทช์อยู่ 4 ชุด แต่ที่ใช้ในระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่น จะใช้สวิตช์เพียง 2 ชุดเท่านั้น แล้วการใช้ Logic ควบคุมจะใช้แค่ Logic0, Logic1 ป้อนใช้กับตำแหน่ง A ตามรูปที่ 4.3 ส่วนตำแหน่งอื่นๆ ที่ใช้ควบคุมการเลือกภาพ เราจะป้อน Logic 0 เท่านั้น เพื่อเป็นการสะดวกในการควบคุมการเลือกภาพตามรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดง Block Diagram ของ Analog switch CD4052

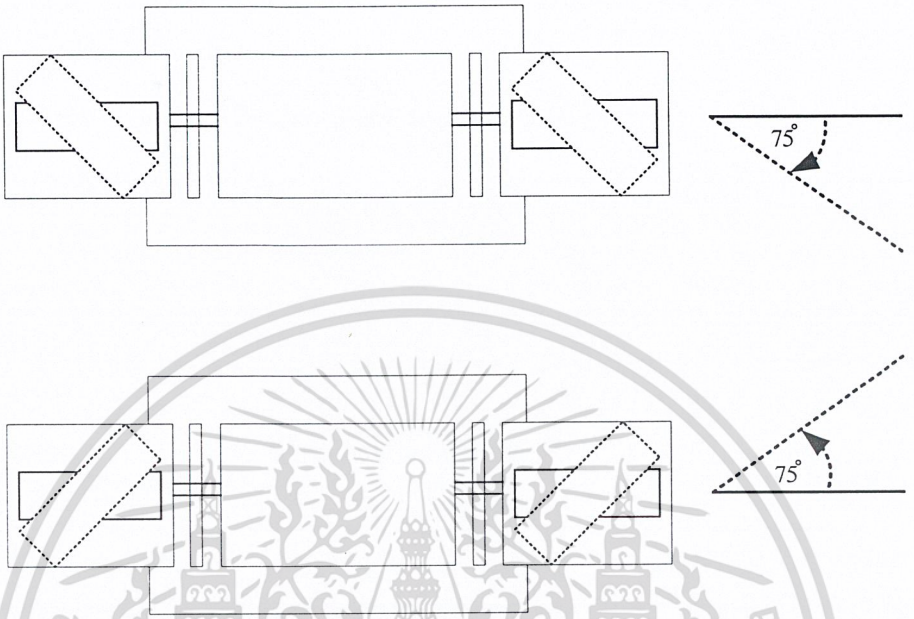
4.2 การทดลองการเคลื่อนที่ของระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์

ในหัวข้อนี้ได้นำเสนอหลักการทดสอบตำแหน่งในการเคลื่อนที่ไปในตำแหน่งต่างๆ เมื่อทำการป้อนพัลซ์ให้กับเซอร์โวมอเตอร์ ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 และเมื่อผ่านการทดลองเฟืองในอัตราต่างๆ ที่จะกล่าวถึงในผลการทดลอง

4.3.1 การทดลองหาตำแหน่งของตาซ้ายและตาขวา

ในการทดลองการเคลื่อนที่ของตาซ้ายและขวา อัตรา เฟืองที่ใช้ต่อกับเซอร์โวมอเตอร์จะเป็น 1:1 โดยได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 จะได้ตำแหน่งการเคลื่อนที่ทั้งหมด 150 ตามรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของตาซ้ายและขวา

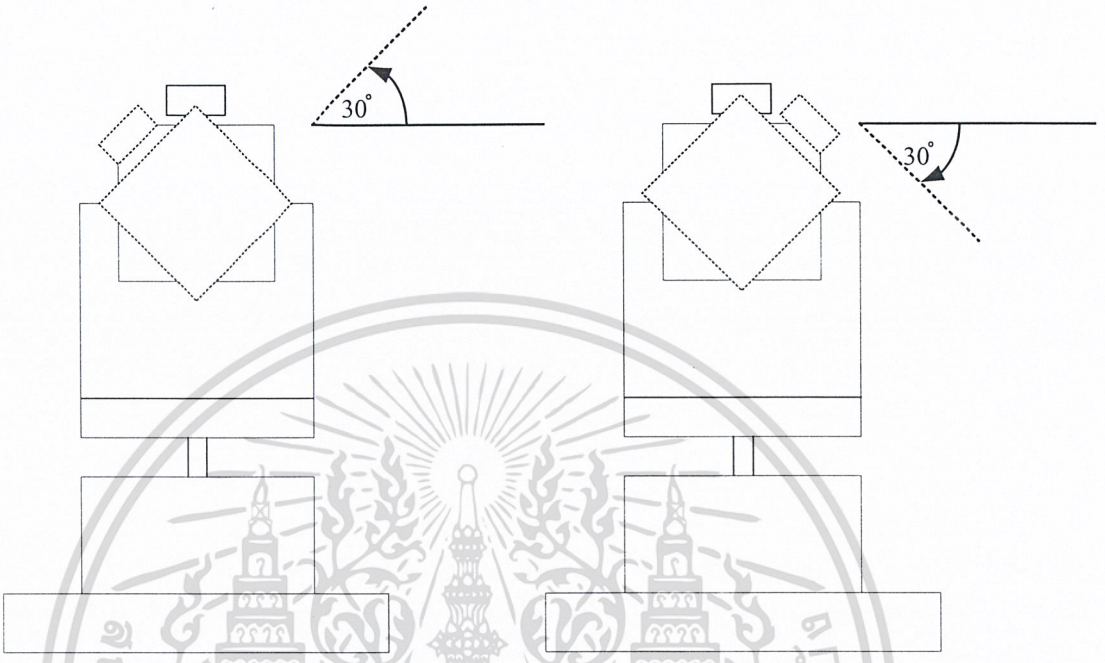
ความกว้างพัลซ์	หมุนทางซ้าย	หมุนทางขวา
1 mS	75°	-
1.5 mS	0°	0°
2 mS	-	75°

ตารางที่ 4.2 แสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของตาซ้ายและขวา

4.3.2 การทดลองหาตำแหน่งของการก้ม – เงย

ในการทดลองการเคลื่อนที่ของการก้ม – เงย อัตราเฟืองที่ใช้ต่อกับเซอร์โวมอเตอร์จะเป็น 2.5:1 โดยที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 จะได้ตำแหน่งการเคลื่อนที่ทั้งหมด 60° ตามรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงรูปและตารางตำแหน่งของการ ก้ม – เงย

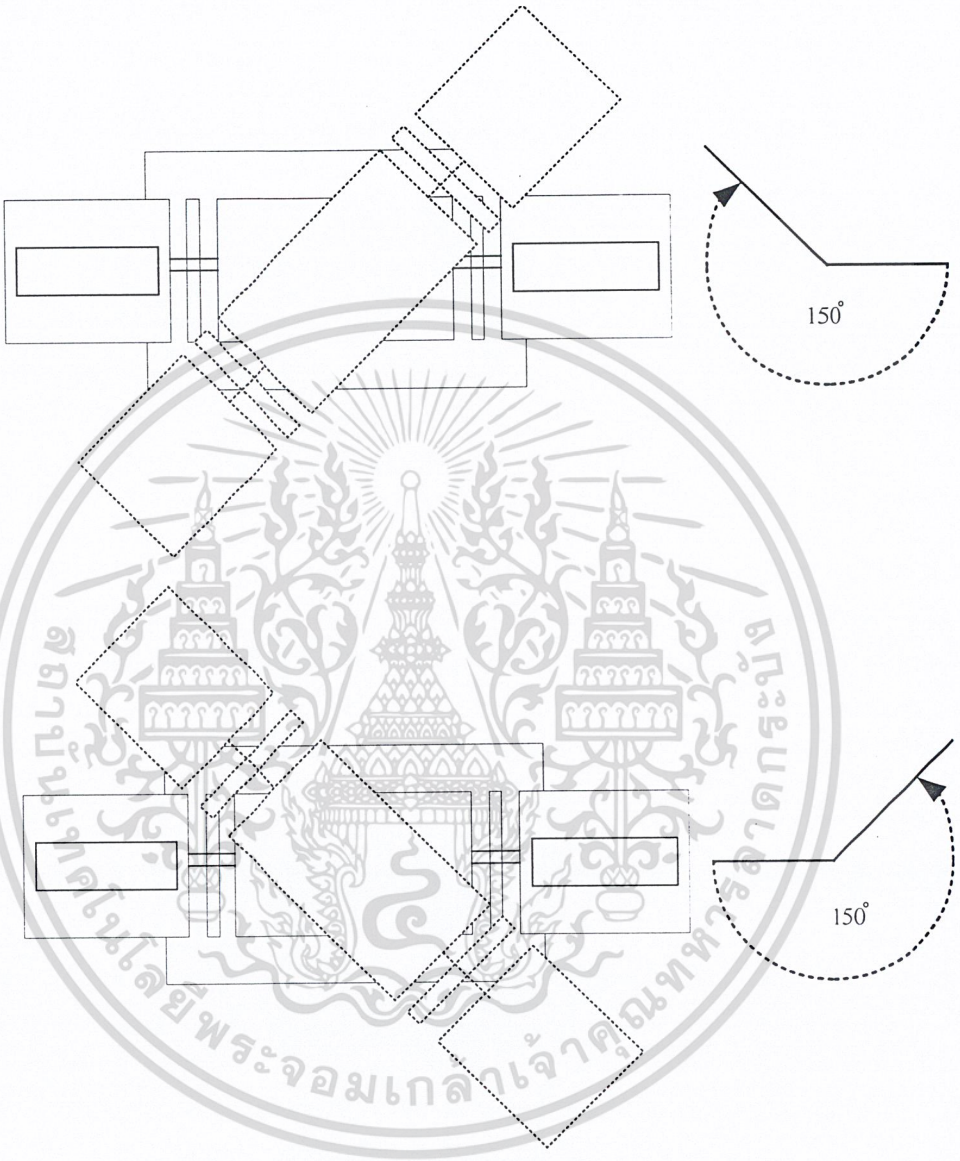
ความกว้างพัลซ์	ก้ม	เงย
1 mS	-	30°
1.5 mS	0°	0°
2 mS	30°	-

ตารางที่ 4.3 แสดงรูปและตารางตำแหน่งของการ ก้ม – เงย

4.3.1 การทดลองหาตำแหน่งของการหมุนของฐาน

ในการทดลองการหมุนของฐานอัตราเฟืองทำใช้ต่อกับ 1 เซอร์ โวมอเตอร์จะเป็น 1 : 2 โดยได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 จะได้ตำแหน่งการเคลื่อนที่ทั้งหมด 300 องศา ตามรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของการหมุนฐาน

ความกว้างพัลซ์	หมุนทางซ้าย	หมุนทางขวา
1mS	150°	-
1.5 mS	0°	0°
2 mS	-	150°

ตารางที่ 4.4 แสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของการหมุนฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปโครงงาน ปัญหา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปโครงงาน

ระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์ แต่ละส่วนจะประกอบไปด้วยเซอร์โวมอเตอร์เพื่อ ขับเคลื่อนให้ไปที่ตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการ โดยที่เซอร์โวมอเตอร์ทั้งหมดถูกควบคุมด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์เบสิกแสตมป์ ตัวระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์ที่สร้างมีขนาด 18 x 45 x 50 เซนติเมตร (ไม่รวมความสูงของกล้อง) มีน้ำหนัก 6 กิโลกรัม

ตาซ้ายและตาขวาหมุนรวมได้ 150 องศา ส่วนตาซ้ายและตาขวาสามารถก้มและเงยรวม 60 องศา และฐานหมุนได้ 300 องศา ส่วนตาซ้ายและตาขวาหมุนได้เป็นอิสระต่อกัน

การขับเคลื่อนระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์ ใช้เรกกูลเลต 5 โวลท์ เพื่อให้กับมอเตอร์แต่ละตัว และอนาล็อก สวิทซ์ ส่วนเบสิกแสตมป์ จะใช้12 โวลท์ สามารถทำงานได้สองโหมด คือ โหมดอัตโนมัติ โดยการควบคุมผ่าน Program Visual Basic และโหมดการควบคุมโดยมนุษย์

จากการทดสอบการทำงานของกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์ การทดสอบในโหมดการควบคุมโดยมนุษย์ และอัตโนมัติ ได้ผลเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง

5.2 ปัญหาในการทำโครงงาน

5.2.1 ปัญหาในการสร้างระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์

- ผู้จัดทำขาดความรู้ในด้านเครื่องกล จึงไม่สามารถแก้ไขปัญหาในด้าน แมคนิกส์
- ขบวนการเลือกและจัดหาวัสดุที่จะนำมาสร้างหุ่นยนต์ ใช้เวลานาน
- ไม่สามารถรับน้ำหนักของกล้องได้มากนัก

5.2.2 ปัญหาในการควบคุม

- การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์นั้นไม่สามารถทำให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนครบ 360 องศาได้
- การควบคุมด้วยมนุษย์จะไม่สามารถควบคุมความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ได้
- การควบคุมด้วยมนุษย์นั้นไม่สามารถทราบตำแหน่งขององศาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบกล้องสองตาสำหรับหุ่นยนต์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นโดยจะนำเสนอเป็นข้อๆดังนี้

- พัฒนาโปรแกรมให้ทราบตำแหน่งของหุ่นยนต์ที่ชัดเจน
- ปรับเปลี่ยน เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ควบคุมการก้มและเงยให้สามารถรับน้ำหนักได้มากกว่านี้
- เปลี่ยนจากโครงสร้างที่เป็นพลาสติก ให้เป็นอลูมิเนียม เพื่อความคงทนยิ่งขึ้น
- ติดตั้งระบบ wireless เพื่อทดแทนการใช้สายไฟ
- แก้ไขการเลือกกล้องจากระบบมัลติเพล็กโดย

วิธีที่ 1 ใช้ IC 4052B ให้มีส่วนของการตรวจสอบสัญญาณ ver bank เมื่อต้องการสลับภาพจากกล้องเบอร์ 1 สู่ กล้องเบอร์ 2 จะให้สลับได้เฉพาะเมื่อมีการสแกนอยู่ในช่วง ver bank เท่านั้น โดยจะยึดภาพจากกล้องที่แสดงอยู่ในปัจจุบันเป็นหลักในการตรวจสอบการสแกนให้อยู่ในช่วง ver bank ก็จะลดผลของการกระตุกของภาพเมื่อเกิดการสลับภาพจากกล้องได้

วิธีที่ 2 กำหนดให้กล้องเบอร์ 1และเบอร์2 ทำงานให้พร้อมกัน (เป็นวิธีที่ออกแบบได้ยาก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

ธาริน สิทธิธรรมชารี, สุรสิทธ์ คิวประสพศักดิ์ . คู่มือการเขียนโปรแกรม Visual Basic Version 6.0 ฉบับเพื่อการประยุกต์ใช้งาน . กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซักเซสมีเดีย จำกัด

กฤษดา ใจเย็น , อรรถพล บุญยะโภคา , ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล .เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม .กรุงเทพมหานคร : อินโนเวตีฟเอ็กเพอริเมนท์ จำกัด

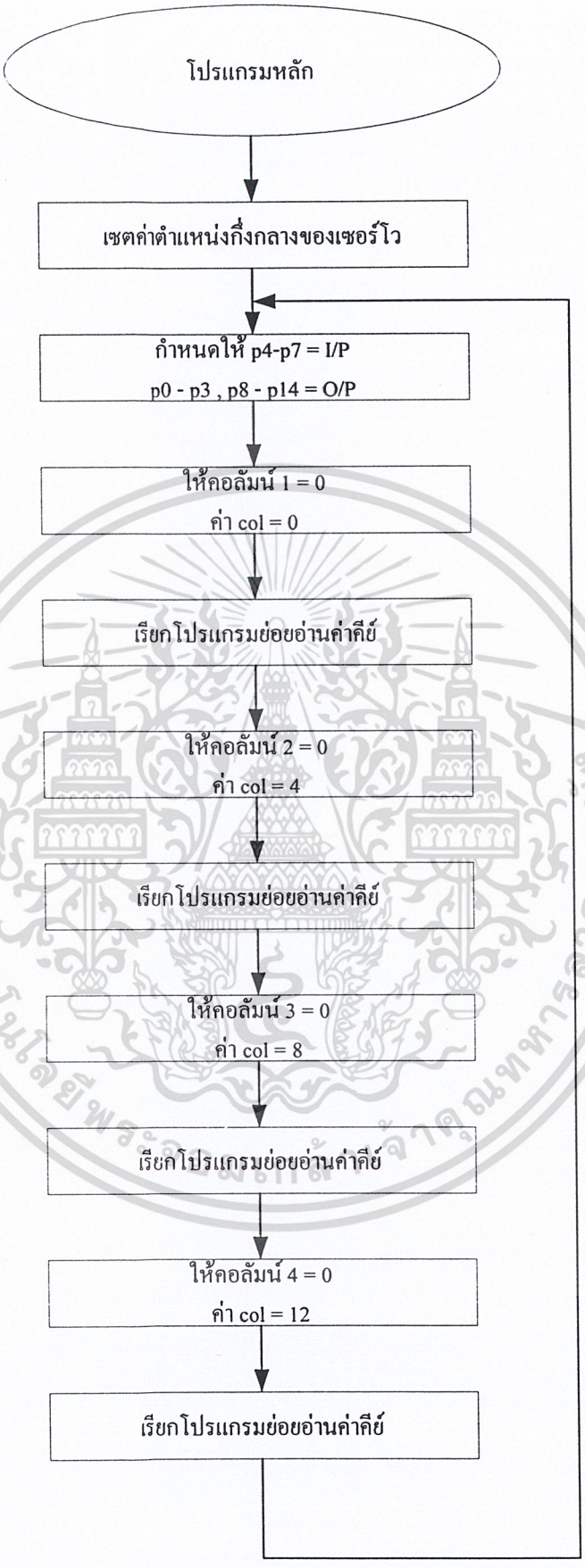
วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล , ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล .เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างง่ายด้วยเบสิกแสตมป์ 2SX .กรุงเทพมหานคร : อินโนเวตีฟเอ็กเพอริเมนท์ จำกัด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

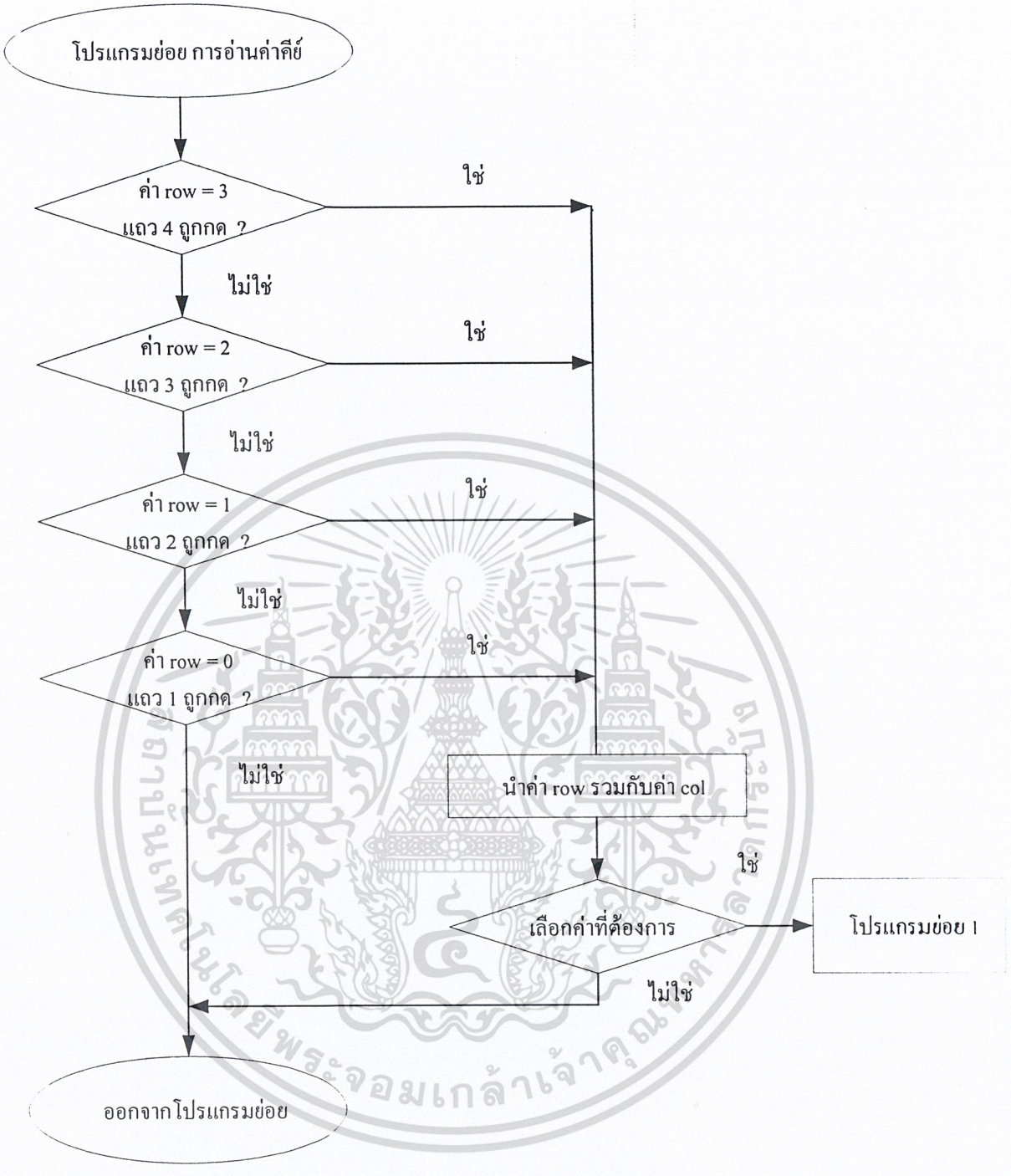
ภาคผนวก ก. รหัสโปรแกรมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



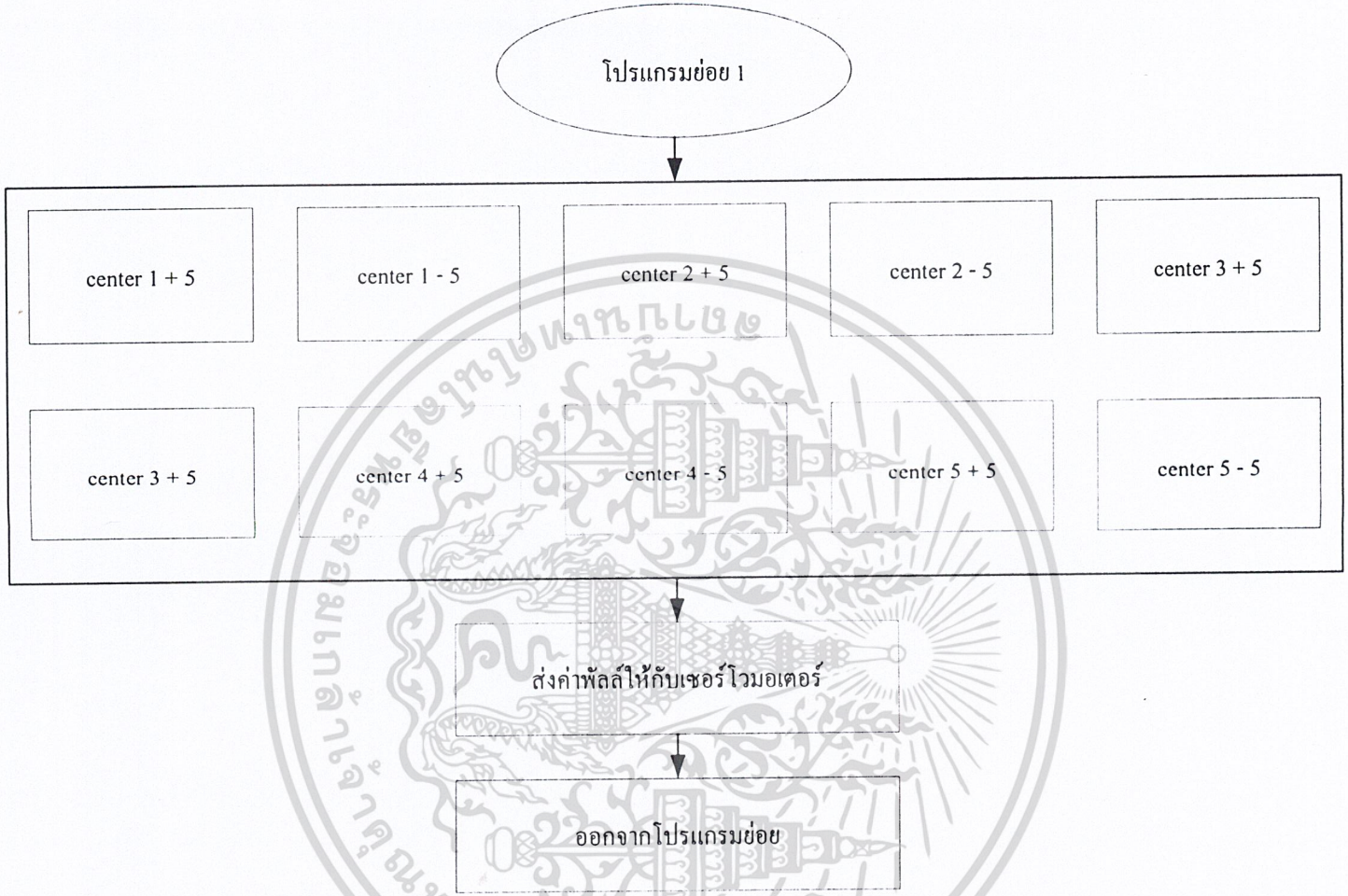
รูปที่ (ก.) Flowchart ของโปรแกรมควบคุมโดยเบสิกแสตมป์(1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ (ก.) Flowchart ของโปรแกรมควบคุมโดยเบสิกแสตมป์(2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ (ก.) Flowchart ของโปรแกรมควบคุมโดยเบสิกแสตมป์(3)

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์ ขอสงวนสิทธิ์ในการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น

```
*******************************
contron Binocula camera by stamp
*******************************
checkport con 13
baudrate con 6
row var byte
portin con 12
portout con 14
col var byte
re var byte
STATUS var byte                          ' กำหนดค่าตัวแปร

center1 var word
center2 var word
center3 var word
center4 var word                         ' กำหนดค่าตัวแปร

cen1 var byte
cen2 var byte
cen3 var byte
cen4 var byte                            ' กำหนดค่าตัวแปร

cen1=125
cen2=125
cen3=125
cen4=125
dirs = %1111111100000011                 ' กำหนดให้พอร์ต 2-7 เป็นอินพุต
                                         พอร์ต0-1, 8-15 เป็นเอาท์พุต


main:
    col=0                                'กำหนดให้ col = 0
    outc=%1110                           'ตรวจสอบ col = 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    gosub key                       'ตรวจสอบ switch

    col=4                           'กำหนดให้ col = 4
    outc=%1101                      'ตรวจสอบ col = 2
    gosub key                       'ตรวจสอบ switch

    col=8                           'กำหนดให้ col = 8
    outc=%1011                      'ตรวจสอบ col = 3
    gosub key                       'ตรวจสอบ switch

    col=12                          'กำหนดให้ col = 12
    outc=%0111                      'ตรวจสอบ col = 4
    gosub key                       'ตรวจสอบ switch
    goto main

key:
    row=3                           'กำหนดให้ row = 3
    if (in7=1) then key1            'ตรวจสอบ row = 4
    goto press                      'switch ถูกกด

key1:
    row=2                           'กำหนดให้ row = 2
    if (in6=1) then key2            'ตรวจสอบ row = 3
    goto press                      'switch ถูกกด

key2:
    row=1                           'กำหนดให้ row = 1
    if (in5=1) then key3            'ตรวจสอบ row = 2
    goto press                      'switch ถูกกด
key3:
    row=0                           'กำหนดให้ row = 0
    if (in4=1) then send            'ตรวจสอบ row = 1
    goto press                      'switch ถูกกด
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
press:
    if (inb=%1111) then send                    'ถ้า switch ไม่ถูกกดให้กลับไป
    re=row+col                                  ตรวจสอบใหม่
    goto check


check:
    if (re=$0E) then servo1
    if (re=$0F) then servo2
    if (re=$0A) then servo3
    if (re=$0B) then servo4
    if (re=$06) then servo5
    if (re=$07) then servo6
    if (re=$02) then servo7
    if (re=$03) then servo8                     'เช็คค่าที่ได้จากการบวกกัน
    goto send                                   ระหว่าง col , row

servo1:
    cen1=cen1+5
    if cen1>250 then ser1
    goto send                                   ' เพิ่มค่า cen1
servo2:
    if cen1<5 then ser2
    cen1=cen1-5
    goto send                                   ' ลดค่า cen1
servo3:
    cen2=cen2+5
    if cen2>250 then ser3
    goto send                                   ' เพิ่มค่า cen2
servo4:
    if cen2<5 then ser4
    cen2=cen2-5
    goto send                                   ' ลดค่า cen2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
servo5:
    cen3=cen3+5
    if cen3>250 then ser5
    goto send                                   ' เพิ่มค่า cen3
servo6:
    if cen3<5 then ser6
    cen3=cen3-5
    goto send                                   ' ลดค่า cen3
servo7:
    cen4=cen4+5
    if cen4>250 then ser7
    goto send                                   ' เพิ่มค่า cen4
servo8:
    if cen4<5 then ser8
    cen4=cen4-5
    goto send                                   ' ลดค่า cen4
send:
    serout portout,baudrate,["aa"]
    serin portin,baudrate,4,a1,[wait ("a"),cen1]
a1:
    serout portout,baudrate,["bb"]
    serin portin,baudrate,4,a2,[wait ("a"),cen2]
a2:
    serout portout,baudrate,["cc"]
    serin portin,baudrate,4,a3,[wait ("a"),cen3]
a3:
    serout portout,baudrate,["dd"]
    serin portin,baudrate,4,send1,[wait ("a"),cen4]   'กำหนดค่าต่างๆเพื่อติดต่อกับ
                                                      พอร์ตอนุกรม
send1:
    center1=500+(cen1<<1)
    center2=500+(cen2<<1)
    center3=500+(cen3<<1)
    center4=500+(cen4<<1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    pulsout 0,center1
    pulsout 1,center2
    pulsout 2,center3
    pulsout 3,center4                    'ส่งพัลซ์ให้กับเซอร์โวมอเตอร์
    return
ser1:
cen1=250
goto send

ser2:
cen1=0
goto send                                'จำกัดค่า cen1

ser3:
cen2=250
goto send

ser4:
cen2=0
goto send                                'จำกัดค่า cen2

ser5:
cen3=250
goto send

ser6:
cen3=0
goto send                                'จำกัดค่า cen3

ser7:
cen4=250
goto send
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ser8:
cen4=0
goto send                                   'จำกัดค่า cen4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************

control Binocula camera  by visual basic

**********************************

Option Explicit

Dim center1 As String * 1

Dim center2 As String * 1

Dim center3 As String * 1

Dim center4 As String * 1

Dim buffer As String                                    ' ประกาศค่าตัวแปร


Private Sub comm_OnComm()

If comEvReceive = 2 Then

buffer = comm.Input

If buffer = "aa" Then

comm.Output = "a" & center1

ElseIf buffer = "bb" Then

comm.Output = "a" & center2

ElseIf buffer = "cc" Then

comm.Output = "a" & center3

ElseIf buffer = "dd" Then

comm.Output = "a" & center4

'Command1.Enabled = True

'Command2.Enabled = True

End If

End If

End Sub                                                 'กำหนดค่าใน comm_OnComm เพื่อ

                                                        ติดต่อ กับคอนโทรลเลอร์

--------------------------------------------------------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Command1_Click()
Const a1 = 1.666666667
Const a2 = 1.666666667
Const a3 = 4.166666667
Const a4 = 0.8928571429
Dim b As Integer
Dim c As Integer
Dim d As Integer
Dim e As Integer
Dim num1 As Integer
Dim num2 As Integer
Dim num3 As Integer
Dim num4 As Integer                    ' ประกาศค่าตัวแปร
num1 = Val(Text1.Text)
num2 = Val(Text2.Text)
num3 = Val(Text3.Text)
num4 = Val(Text4.Text)                 'กำหนดค่า Text1.Text
b = num1 * a1
c = num2 * a2
d = num3 * a3
e = num4 * a4
center1 = Chr(b)
center2 = Chr(c)
center3 = Chr(d)
center4 = Chr(e)                       'แปลงค่าเป็นรหัสแอสกี้
End Sub
--------------------------------------------------------------------------------
Private Sub Command2_Click()
center1 = Chr(125)
center2 = Chr(125)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
center3 = Chr(125)
center4 = Chr(125)
Text1.Text = 75
Text2.Text = 75
Text3.Text = 30
Text4.Text = 140
End Sub                                          ' กำหนดค่ากลางของ moter
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub Command3_Click()
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
Option1.Value = False
Option2.Value = False
Option3.Value = False
Option4.Value = False
Option5.Value = False
Option6.Value = False
Option7.Value = False
Option8.Value = False
Option9.Value = False
Option10.Value = False
Shape5.BackColor = &HFFFFFF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Shape6.BackColor = &HFFFFFF
Timer1.Interval = 100
Timer2.Interval = 500
Timer3.Interval = 500
Timer4.Interval = 500
Timer5.Interval = 500
Timer6.Interval = 500
Timer7.Interval = 500
Timer8.Interval = 500
Timer9.Interval = 500


Timer10.Interval = 500
comm.DTREnable = False
End Sub                                          'รีเซตค่าต่างๆให้กลับเหมือนเดิม
-------------------------------------------------------------------------
Private Sub Command4_Click()
If comm.PortOpen = False Then
Shape3.BackColor = &HFF&
Shape4.BackColor = &HFFFFFF
comm.PortOpen = True
center1 = Chr(125)
center2 = Chr(125)
center3 = Chr(125)
center4 = Chr(125)
Text1.Text = 75
Text2.Text = 75
Text3.Text = 30
Text4.Text = 140
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Else
center1 = Chr(125)
center2 = Chr(125)
center3 = Chr(125)
center4 = Chr(125)
Text1.Text = 75
Text2.Text = 75
Text3.Text = 30
Text4.Text = 140
Shape4.BackColor = &HFF&
Shape3.BackColor = &HFFFFFF
comm.PortOpen = False
End If
End Sub                                    'เปิด-ปิด comm.Port
-------------------------------------------------------------------
Private Sub Command5_Click()
HScroll1.Value = 125
HScroll2.Value = 125
HScroll3.Value = 125
HScroll4.Value = 125
End Sub                                    'กำหนดค่ากลางที่ HScroll
-------------------------------------------------------------------
Private Sub Command6_Click()
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
Option1.Value = False
Option2.Value = False
Option3.Value = False
Option4.Value = False
Option5.Value = False
Option6.Value = False
Option7.Value = False
Option8.Value = False
Option9.Value = False
Option10.Value = False
Timer1.Interval = 100
Timer2.Interval = 500
Timer3.Interval = 500
Timer4.Interval = 500
Timer5.Interval = 500
Timer6.Interval = 500
Timer7.Interval = 500
Timer8.Interval = 500
If comm.DTREnable = False Then
Shape5.BackColor = &HFF&
Shape6.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = True
Else
Shape6.BackColor = &HFF&
Shape5.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = False
End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub                                                    ' รีเซตค่าต่างๆให้กลับเหมือนเดิม
--------------------------------------------------------------------------------
Private Sub Command7_Click()
If comm.PortOpen = True Then
comm.PortOpen = False
End If
Shape3.BackColor = &HFFFFFF
Shape4.BackColor = &HFFFFFF
If Option11.Value = False Then
Option11.Value = False
Option12.Value = False
Frame4.Enabled = False
HScroll1.Enabled = False
HScroll2.Enabled = False
HScroll3.Enabled = False
HScroll4.Enabled = False
Text6.Enabled = False
Text7.Enabled = False
Text8.Enabled = False
Text9.Enabled = False
Command5.Enabled = False
Frame2.Enabled = False
Text1.Enabled = False
Text2.Enabled = False
Text3.Enabled = False
Text4.Enabled = False
Label1.Enabled = False
Label2.Enabled = False
Label3.Enabled = False
Label4.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Command1.Enabled = False
Command2.Enabled = False
Else
Option11.Value = False
Option12.Value = False
Frame4.Enabled = False
HScroll1.Enabled = False
HScroll2.Enabled = False
HScroll3.Enabled = False
HScroll4.Enabled = False
Text6.Enabled = False
Text7.Enabled = False
Text8.Enabled = False
Text9.Enabled = False
Command5.Enabled = False
Frame2.Enabled = False
Text1.Enabled = False
Text2.Enabled = False
Text3.Enabled = False
Text4.Enabled = False
Label1.Enabled = False
Label2.Enabled = False
Label3.Enabled = False
Label4.Enabled = False
Command1.Enabled = False
Command2.Enabled = False
End If
If Option12.Value = False Then
Option11.Value = False
Option12.Value = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Frame4.Enabled = False
HScroll1.Enabled = False
HScroll2.Enabled = False
HScroll3.Enabled = False
HScroll4.Enabled = False
Text6.Enabled = False
Text7.Enabled = False
Text8.Enabled = False
Text9.Enabled = False
Command5.Enabled = False
Frame2.Enabled = False
Text1.Enabled = False
Text2.Enabled = False
Text3.Enabled = False
Text4.Enabled = False
Label1.Enabled = False
Label2.Enabled = False
Label3.Enabled = False
Label4.Enabled = False
Command1.Enabled = False
Command2.Enabled = False
Else
Option11.Value = False
Option12.Value = False
Frame4.Enabled = False
HScroll1.Enabled = False
HScroll2.Enabled = False
HScroll3.Enabled = False
HScroll4.Enabled = False
Text6.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Text7.Enabled = False
Text8.Enabled = False
Text9.Enabled = False
Command5.Enabled = False
Frame2.Enabled = False
Text1.Enabled = False
Text2.Enabled = False
Text3.Enabled = False
Text4.Enabled = False
Label1.Enabled = False
Label2.Enabled = False
Label3.Enabled = False
Label4.Enabled = False
Command1.Enabled = False
Command2.Enabled = False
End If
End Sub                                    ' รีเซตค่าต่างๆให้กลับเหมือนเดิม
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub HScroll1_Change()
Const c = 0.4
Dim a As Integer
Dim b As Integer
center1 = Chr(HScroll1.Value)
a = (c * HScroll1.Value)
b = HScroll1.Value - a
Text6.Text = b
End Sub                                    ' เพิ่มค่าและลดค่าที่ HScroll1
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub HScroll2_Change()
Const c = 0.4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim a As Integer
Dim b As Integer
center2 = Chr(HScroll2.Value)
a = (c * HScroll2.Value)
b = HScroll2.Value - a
Text7.Text = b
End Sub                                          ' เพิ่มค่าและลดค่าที่ Hscroll2
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub HScroll3_Change()
Const c = 0.76
Dim a As Integer
Dim b As Integer
center3 = Chr(HScroll3.Value)
a = (c * HScroll3.Value)
b = HScroll3.Value - a
Text8.Text = b
End Sub                                          ' เพิ่มค่าและลดค่าที่ Hscroll3
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub HScroll4_Change()
Const c = 1.12
Dim a As Integer
center4 = Chr(HScroll4.Value)
a = (c * HScroll4.Value)
Text9.Text = a
End Sub                                          ' เพิ่มค่าและลดค่าที่ Hscroll4
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub Option1_Click()
If Timer1.Enabled = False Then
Timer1.Enabled = True
Timer2.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
Else
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = True
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
End If
End Sub                                    ' รีเซตค่าต่างๆให้กลับเหมือนเดิม
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub Option10_Click()
If Timer10.Enabled = False Then
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = True
Else
Timer1.Enabled = True
Timer2.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
End If
End Sub                                    'รีเซตค่าต่างๆให้กลับเหมือนเดิม
---------------------------------------------------------------------
Private Sub Option11_Click()
 Frame2.Enabled = True
Text1.Enabled = True
Text2.Enabled = True
Text3.Enabled = True
Text4.Enabled = True
Label1.Enabled = True
Label2.Enabled = True
Label3.Enabled = True
Label4.Enabled = True
Command1.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Command2.Enabled = True
Frame4.Enabled = False
HScroll1.Enabled = False
HScroll2.Enabled = False
HScroll3.Enabled = False
HScroll4.Enabled = False
Text6.Enabled = False
Text7.Enabled = False
Text8.Enabled = False
Text9.Enabled = False
Command5.Enabled = False
End Sub                                    'รีเซตค่าต่างๆให้กลับเหมือนเดิม
-------------------------------------------------------------------------
Private Sub Option12_Click()
Frame4.Enabled = True
HScroll1.Enabled = True
HScroll2.Enabled = True
HScroll3.Enabled = True
HScroll4.Enabled = True
Text6.Enabled = True
Text7.Enabled = True
Text8.Enabled = True
Text9.Enabled = True
Command5.Enabled = True
Frame2.Enabled = False
Text1.Enabled = False
Text2.Enabled = False
Text3.Enabled = False
Text4.Enabled = False
Label1.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Label2.Enabled = False
Label3.Enabled = False
Label4.Enabled = False
Command1.Enabled = False
Command2.Enabled = False
End Sub                                          'รีเซตค่าต่างๆให้กลับเหมือนเดิม
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub Option2_Click()
If Timer2.Enabled = False Then
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = True
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
Else
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = True
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End If
End Sub                                          ' รีเซตค่าต่างๆให้กลับเหมือนเดิม
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub Option3_Click()
If Timer3.Enabled = False Then
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = True
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
Else
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = True
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
End If
End Sub                                          ' รีเซตค่าต่างๆให้กลับเหมือนเดิม
---------------------------------------------------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Option4_Click()
If Timer4.Enabled = False Then
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = True
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
Else
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = True
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
End If
End Sub                                                    ' รีเซตค่าเวลาให้หยุดทำงาน
--------------------------------------------------------------------------------
Private Sub Option5_Click()
If Timer5.Enabled = False Then
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = True
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
Else
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = True
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
End If
End Sub                                          'รีเซตค่าเวลาให้หยุดทำงาน
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub Option6_Click()
If Timer6.Enabled = False Then
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
Else
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = True
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
End If
End Sub                                    'รีเซตค่าเวลาให้หยุดทำงาน
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub Option7_Click()
If Timer7.Enabled = False Then
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = True
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Else
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = True
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
End If
End Sub                                          'รีเซตค่าเวลาให้หยุดทำงาน
-----------------------------------------------------------------------
Private Sub Option8_Click()
If Timer8.Enabled = False Then
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = True
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = False
Else
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = True
Timer10.Enabled = False
End If
End Sub                                                    'รีเซตค่าเวลาให้หยุดทำงาน
-------------------------------------------------------------------------
Private Sub Option9_Click()
If Timer9.Enabled = False Then
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = True
Timer10.Enabled = False
Else
Timer1.Enabled = False
Timer2.Enabled = False
Timer3.Enabled = False
Timer4.Enabled = False
Timer5.Enabled = False
Timer6.Enabled = False
Timer7.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Timer8.Enabled = False
Timer9.Enabled = False
Timer10.Enabled = True
End If
End Sub                                          ' รีเซตค่าเวลาให้หยุดทำงาน
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub Text1_Change()
Dim n1 As Integer
Const a = 150
n1 = Val(Text1.Text)
If n1 > 150 Then
Text1.Text = a
End If
End Sub                                          ' จำกัดค่าที่ใส่ใน Text1
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub Text2_Change()
Dim n2 As Integer
Const a = 150
n2 = Val(Text2.Text)
If n2 > 150 Then
Text2.Text = a
End If
End Sub                                          ' จำกัดค่าที่ใส่ใน Text2
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub Text3_Change()
Dim n3 As Integer
Const a = 60
n3 = Val(Text3.Text)
If n3 > 60 Then
Text3.Text = a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End If
End Sub                                          ' จำกัดค่าที่ใส่ใน Text3
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub Text4_Change()
Dim n4 As Integer
Const a = 180
n4 = Val(Text4.Text)
If n4 > 180 Then
Text4.Text = a
End If
End Sub                                          ' จำกัดค่าที่ใส่ใน Text4
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub Timer1_Timer()
If Timer1.Interval <> 499 Then
Shape5.BackColor = &HFF&
Shape6.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = True
Timer1.Interval = 499
Else
Shape6.BackColor = &HFF&
Shape5.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = False
Timer1.Interval = 500
End If
End Sub                                          'ตั้งเวลาใน Timer1
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub Timer10_Timer()
If Timer10.Interval <> 4999 Then
Shape5.BackColor = &HFF&
Shape6.BackColor = &HFFFFFF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
comm.DTREnable = True
Timer10.Interval = 4999
Else
Shape6.BackColor = &HFF&
Shape5.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = False
Timer10.Interval = 5000
End If
End Sub                                          'ตั้งเวลาใน Timer10
-------------------------------------------------------------------------

Private Sub Timer2_Timer()
If Timer2.Interval <> 999 Then
Shape5.BackColor = &HFF&
Shape6.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = True
Timer2.Interval = 999
Else
Shape6.BackColor = &HFF&
Shape5.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = False
Timer2.Interval = 1000
End If
End Sub                                          'ตั้งเวลาใน Timer2
-------------------------------------------------------------------------

Private Sub Timer11_Timer()
Text5.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")
End Sub                                          'แสดงเวลาปัจจุบัน
-------------------------------------------------------------------------

Private Sub Timer3_Timer()
If Timer3.Interval <> 1499 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Shape5.BackColor = &HFF&
Shape6.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = True
Timer3.Interval = 1499
Else
Shape6.BackColor = &HFF&
Shape5.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = False
Timer3.Interval = 1500
End If
End Sub                                          'ตั้งเวลาใน Timer3
-------------------------------------------------------------------------
Private Sub Timer4_Timer()
If Timer4.Interval <> 1999 Then
Shape5.BackColor = &HFF&
Shape6.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = True
Timer4.Interval = 1999
Else
Shape6.BackColor = &HFF&
Shape5.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = False
Timer4.Interval = 2000
End If
End Sub                                          'ตั้งเวลาใน Timer4
---------------------------------------------------------------------------
Private Sub Timer5_Timer()
If Timer5.Interval <> 2499 Then
Shape5.BackColor = &HFF&
Shape6.BackColor = &HFFFFFF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
comm.DTREnable = True
Timer5.Interval = 2499
Else
Shape6.BackColor = &HFF&
Shape5.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = False
Timer5.Interval = 2500
End If
End Sub                                          'ตั้งเวลาใน Timer5
-------------------------------------------------------------------------
Private Sub Timer6_Timer()
If Timer6.Interval <> 2999 Then
Shape5.BackColor = &HFF&
Shape6.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = True
Timer6.Interval = 2999
Else
Shape6.BackColor = &HFF&
Shape5.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = False
Timer6.Interval = 3000
End If
End Sub                                          'ตั้งเวลาใน Timer6
-------------------------------------------------------------------------
Private Sub Timer7_Timer()
If Timer7.Interval <> 3499 Then
Shape5.BackColor = &HFF&
Shape6.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = True
Timer7.Interval = 3499
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Else
Shape6.BackColor = &HFF&
Shape5.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = False
Timer7.Interval = 3500
End If
End Sub                                          'ตั้งเวลาใน Timer7
-------------------------------------------------------------------------
Private Sub Timer8_Timer()
If Timer8.Interval <> 3999 Then
Shape5.BackColor = &HFF&
Shape6.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = True
Timer8.Interval = 3999
Else
Shape6.BackColor = &HFF&
Shape5.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = False
Timer8.Interval = 4000
End If
End Sub                                          'ตั้งเวลาใน Timer8
-------------------------------------------------------------------------
Private Sub Timer9_Timer()
If Timer9.Interval <> 4499 Then
Shape5.BackColor = &HFF&
Shape6.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = True
Timer9.Interval = 4499
Else
Shape6.BackColor = &HFF&
```

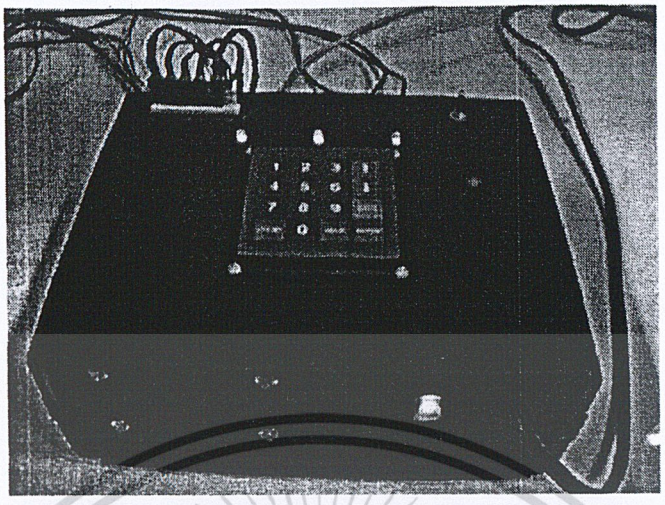
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Shape5.BackColor = &HFFFFFF
comm.DTREnable = False
Timer9.Interval = 4500
End If
End Sub                                          'ตั้งเวลาใน Timer9
---------------------------------------------------------------------------
```

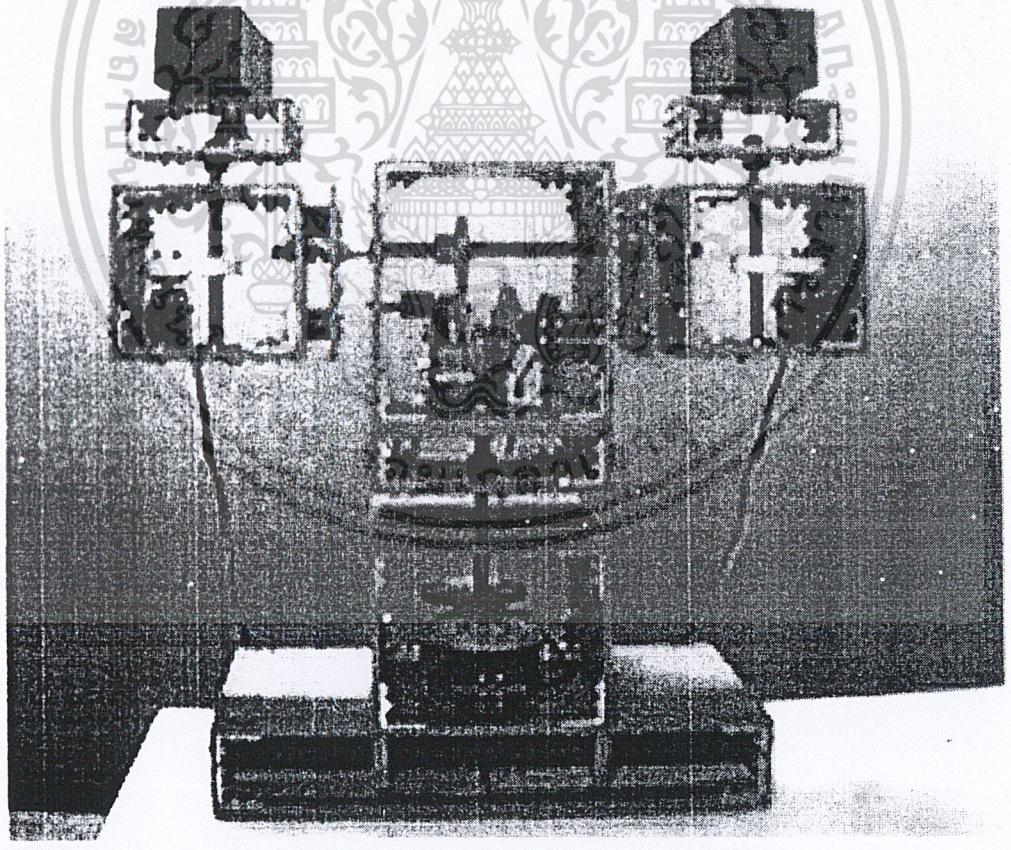
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. รูปภาพตัวหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

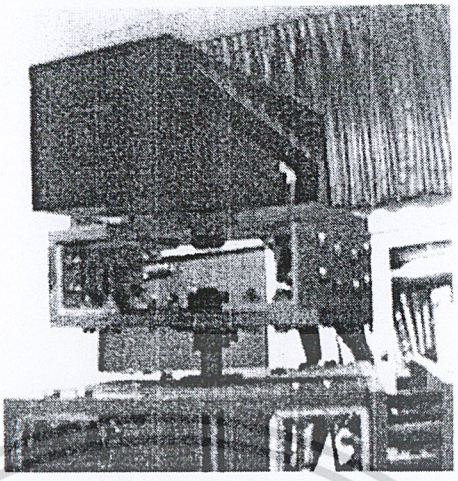


รูปที่ (ก.) แสดงกล่องที่ใช้ควบคุมการทำงานทั้งหมด

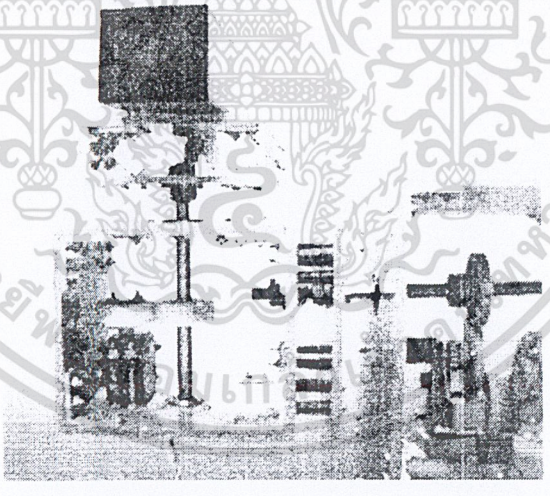


รูปที่ (ข.) แสดงภาพเต็มตัวของตัวหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

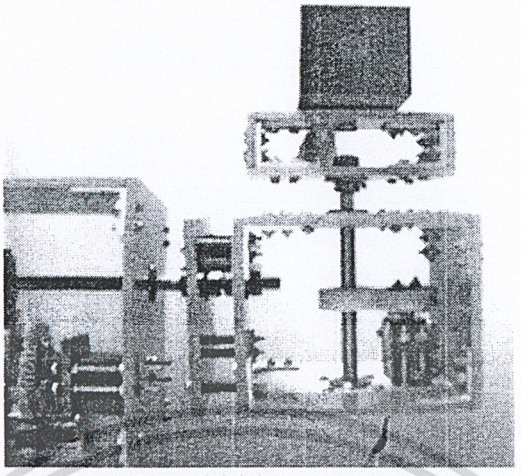


รูปที่ (ค.) แสดงภาพส่วนของกล้อง

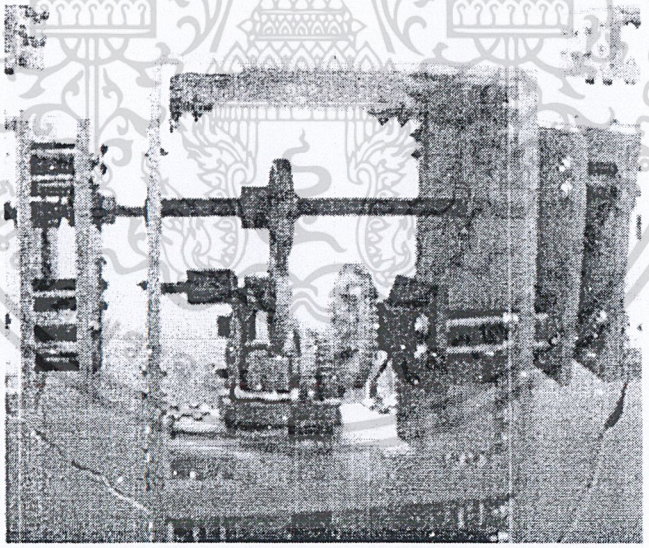


รูปที่ (ง.) แสดงภาพส่วนของตาซ้ายของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

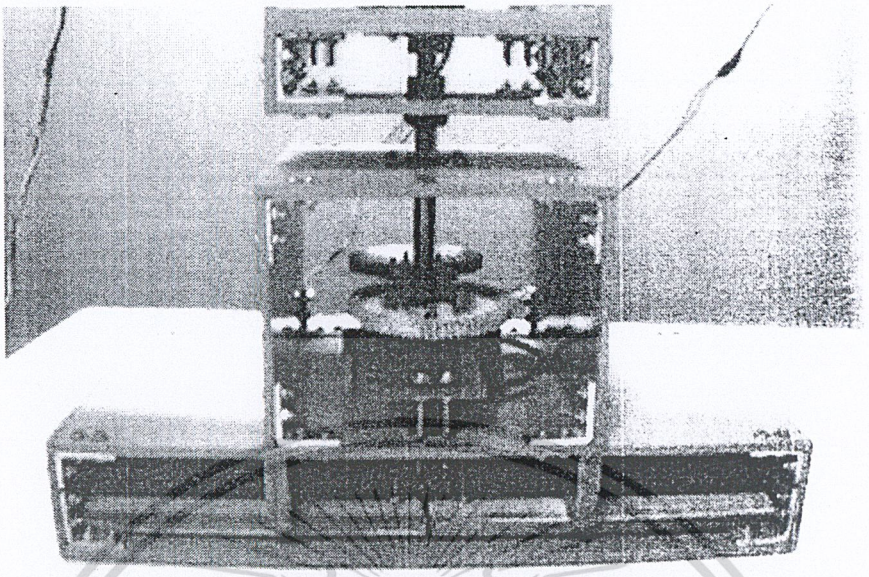


รูปที่ (ง.) แสดงภาพส่วนของตาขวาของหุ่นยนต์

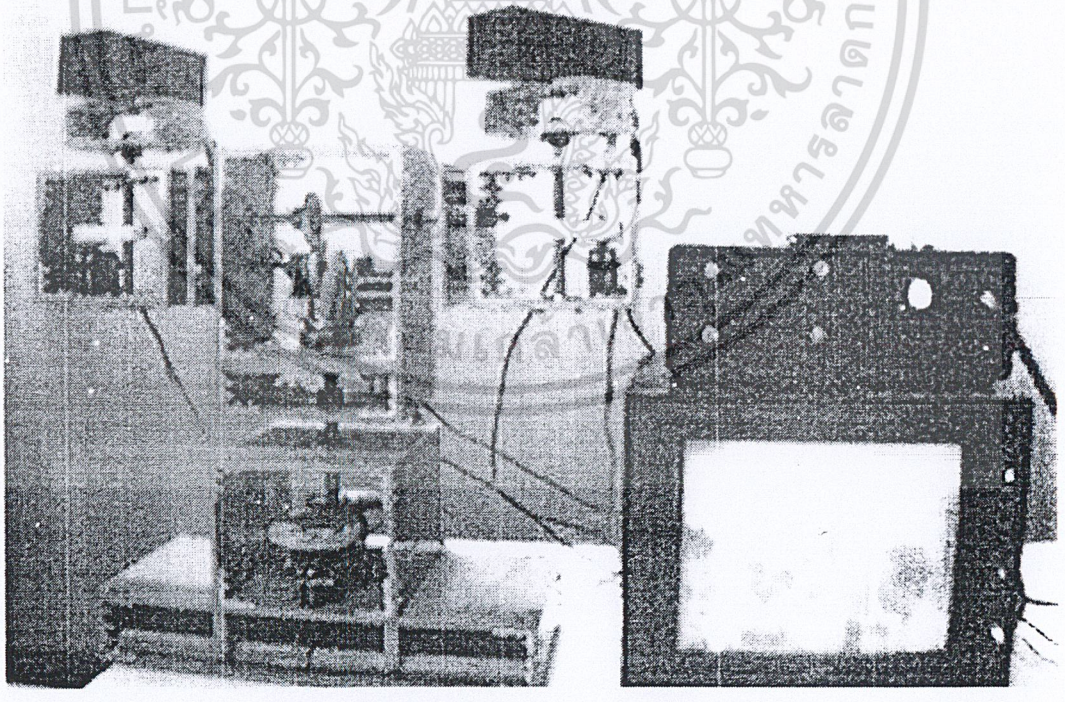


รูปที่ (จ.) แสดงภาพส่วนคอของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

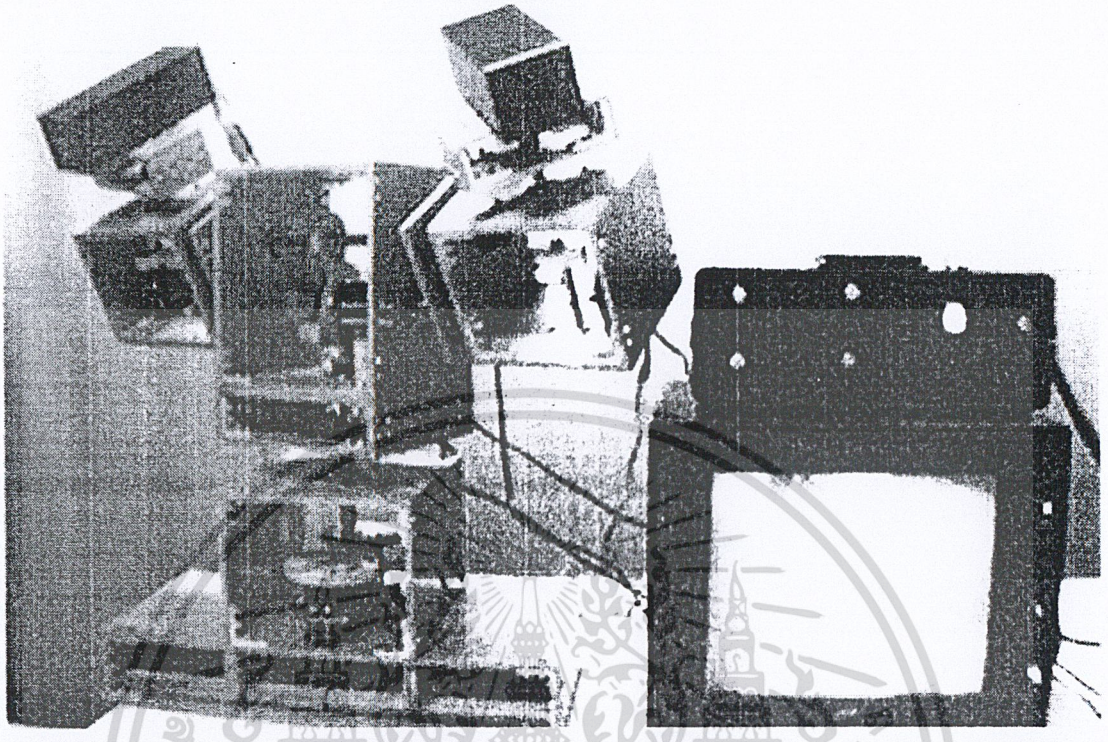


รูปที่ (ฉ.) แสดงภาพส่วนฐานของหุ่นยนต์



รูปที่ (ฉ.) แสดงภาพการเลือกภาพของหุ่นยนต์สองตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

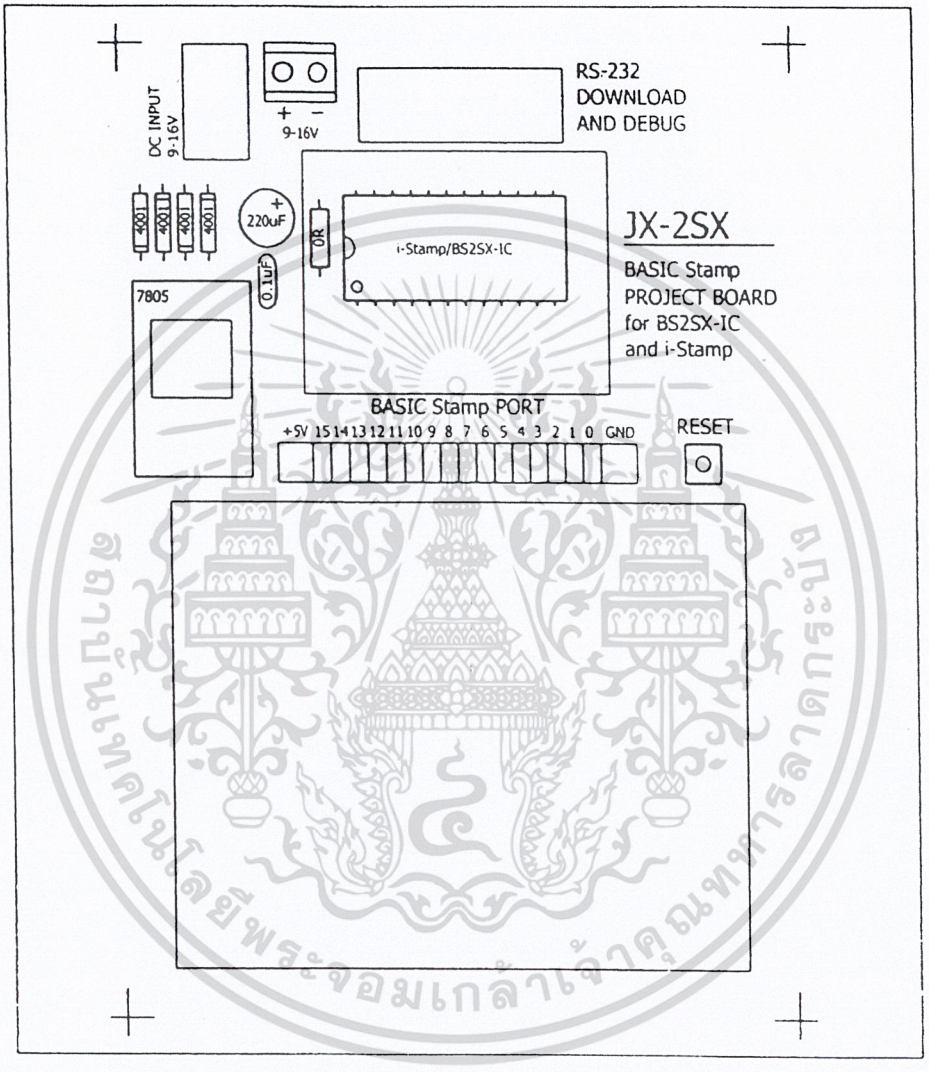


รูปที่ (ฉ.) แสดงภาพการเลือกภาพของหุ่นยนต์สองตาและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

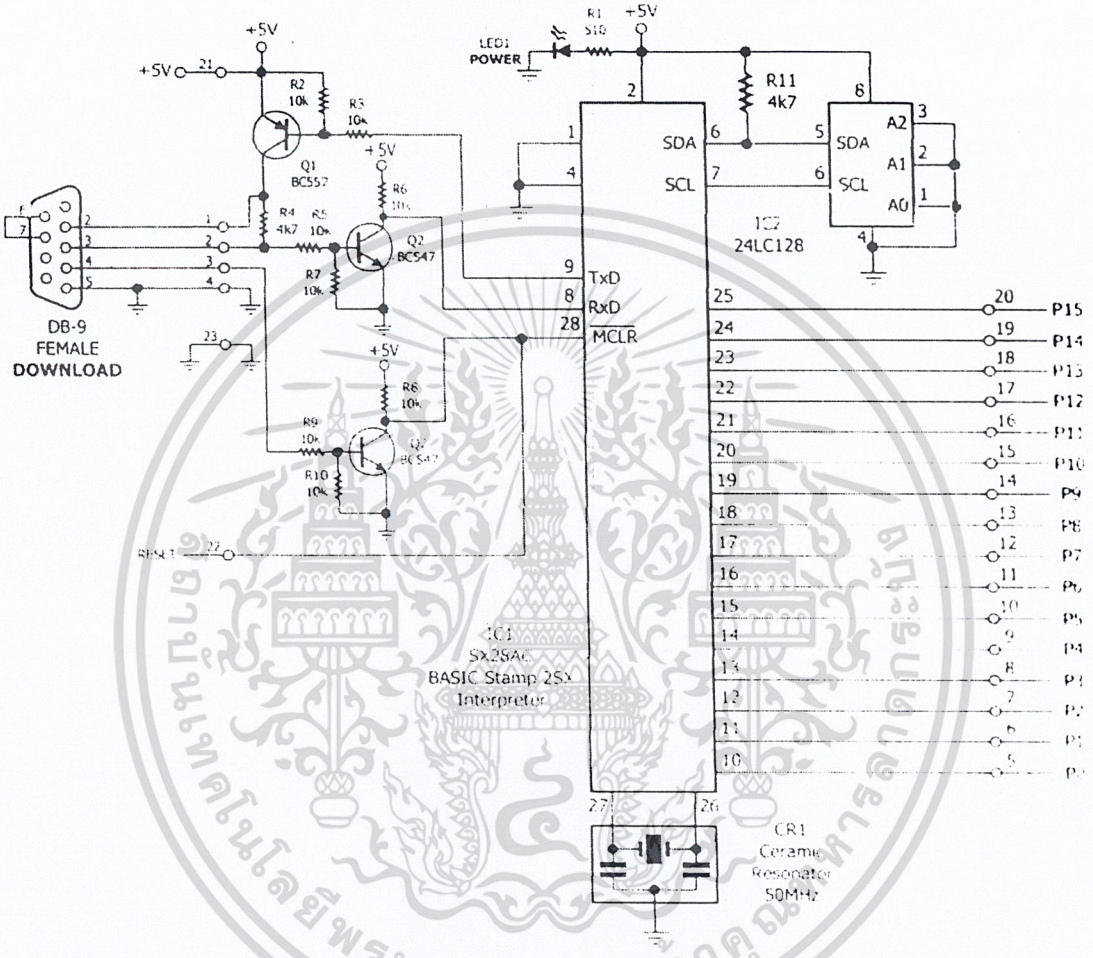
ภาคผนวก ค. รายละ เอียดของบอร์ด JX-2SX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



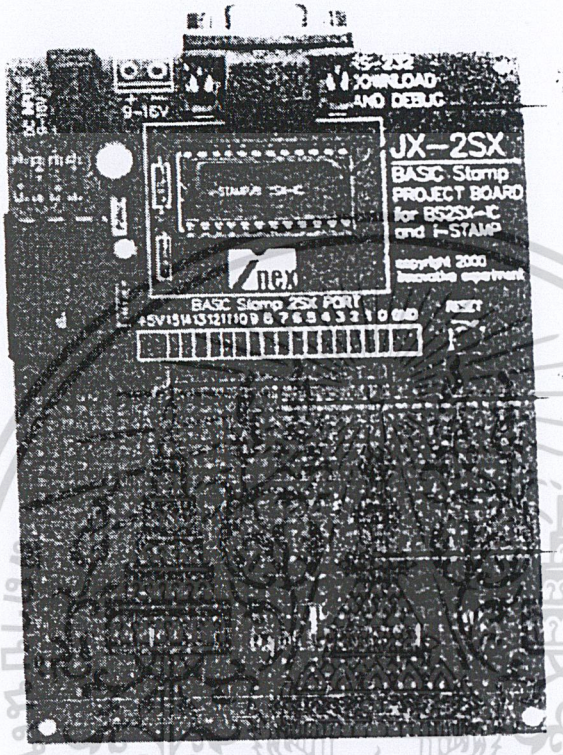
รูปที่ (ก.) แบบลงอุปกรณ์ของบอร์ด JX-2SX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



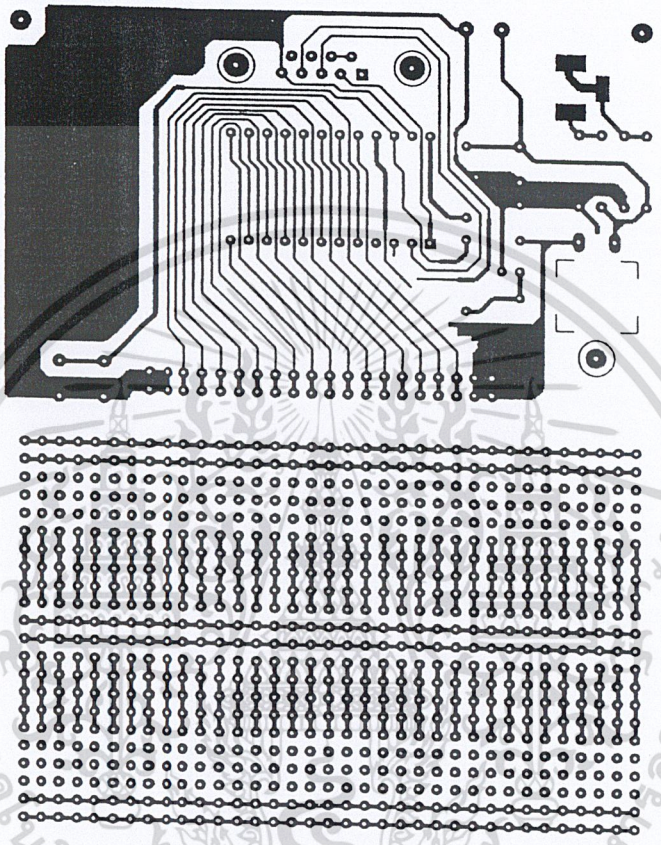
รูปที่ (ข.)วงจรสมมูลของ JX-2SX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ (ค.) แสดงบอร์ด JX-2SX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ (ง.) ลายทองแดงบอร์ด JX-2SX

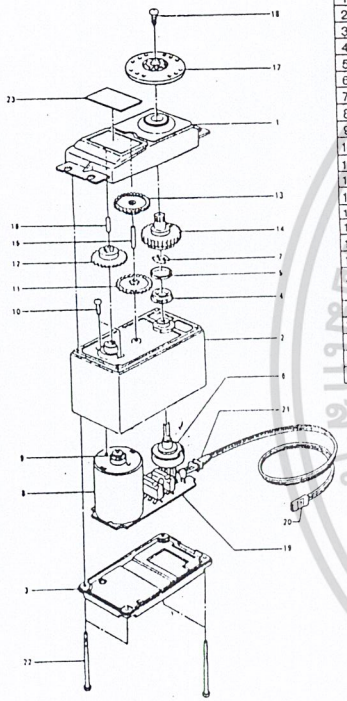
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง. รายละเอียดของ SERVO MOTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The FP-S148 is a rugged low-profile servo for Futaba Corporation digital proportional radio control sets. Trouble caused by breaking of lead wires from shock and vibration have been eliminated by using new technology which eliminates wires inside the servo. Movement equal to that of high quality servos has been realized by using a new small, high-performance motor. Use them for channel expansion, or as replacement parts.

FP – S 148



No.	Part name	Part No.
1.	Upper case	1144
2.	Middle case	1144
3.	Bottom case	1144
4.	Metal bearing	S04137
5.	Metal bearing	S04137
6.	Potentiometer	139668
7.	Potentiometer drive plate	S02753
8.	Motor	S91239
9.	Motor pinion	S02461
10.	Screw	J50002
11.	1st gear	1157
12.	2nd gear	1157
13.	3rd gear	1157
14.	Final gear	1157
15.	Intermediate shaft	S02495
16.	2nd shaft	S02494
17.	Servo horn D	1168
18.	Binding head tapping screw 2.6×8	1122
19.	Printed wiring board	AS1157
20.	3PB-WRB300G	AT2453
21.	w/gum bush	S90045
22.	Pan head truss screw	J50360
23.	Nameplate	S60099

[FEATURES]

* The FP-S148 is a low 1.4 inches(36mm) high and has a thin design that can be easily mounted in all models.
* Vibration and shock resistance have been improved further by using a direct wiring system which directly connects the servo amp, motor and potentiometer
* The height of the servo has been reduced and high torque, high speed, and smooth movement equal to that of the coreless servo have been realized by using a new small, high-performance motor. (Output torque 42 oz/in (3kg. cm), operating speed 0.22 sec/60°)
* New indirect drive/completely sealed potentiometer substantially improves vibration and shock resistance, and neutral accuracy.
* Unique Futaba power-saving custom IC provides high starting torque narrow dead band, and excellent trackabillity.
* Fiberglass PBT (polybutylene terephthalate) servo case is mechanically strong and is invulnerable to glow fuel.
* Strong polyacetyl resin precision servo gear featuring smooth operation, accurate neutral, and minimum backlash.
* Fiberglass epoxy PC board with THRU-THE-HOLE plating improves the servo amp vibration and shock resistance.
* Thick plated connector pins eliminate the problem of faulty contact, improve reliability against shock and vibration, and prevent reverse insertion.
* Special pad grommets simplify mounting of the servo, and are extremely vibration-resistant.
* Seven kind of special adjustable (splined) horns are available.
* High 42 oz-in (3kg. cm) output torque is perfect for almost all models.

[RATINGS]

Control system ····· + pulse control 1520μs neutral
Operation angle ····· Rotary system, one side 45° or greater (including trim)
Power supply ····· 4.8V or 6.0V (shared with receiver)
Power consumption ····· 6.0V 8mA (at idle)
Output torque ····· 42 oz/in (3kg. cm)
Operating speed ····· 0.22 sec/60°
Dimensions ····· 1.59×0.77×1.4 inch (40.4×19.8×36 m/m)
Weight ····· 1.5 oz (44.4 g)

[USAGE PRECAUTIONS]

* Use the FP-S148 with a J, PCM, FGK-FM, CONQUEST-FM, MAGNUM, NEW ATTACK series other 2 ch.
* Futaba servos can not be used with other makes of RC sets.
* Select the servo mounting position and install the push rod, hinges, etc, so each control operates smoothly.
* Install the servos securely. Tighten the mounting screws until the rubber grommet is crushed slightly. If the screws are too tight, the cushioning effect will be adversely affected.
* Spare horns are provided. Use them according to the application.

(Specifications are subject to change without prior notice.)

FUTABA CORPORATION
Makuhari Techno Garden Bldg., B6F 1-3 Nakase, Mihama-ku, Chiba 261-01, Japan
Overseas Marketing & Sales Radio Control Systems
Phone:(043)296-5119 Facsimile:(043)296-5124
FUTABA CORPORATION OF AMERICA
4 Studebaker, Irvine California 92718, U.S.A.
Phone:714-455-9888 Telex:23-0691227 Facsimile:714-455-9899

SERVO S148

4 5 1 3 8 8 6 0 0 3 0 0 4

540047
S148-003

MADE IN TAIWAN

ภาคผนวก จ. รายละเอียดของ ANALOG SWITCH CD4052B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data sheet acquired from Harris Semiconductor
SCHS047C

August 1998 - Revised August 1999

CMOS Analog Multiplexers/Demultiplexers with Logic Level Conversion

The CD4051B, CD4052B, and CD4053B analog multiplexers are digitally-controlled analog switches having low ON impedance and very low OFF leakage current. Control of analog signals up to $20V_{P-P}$ can be achieved by digital signal amplitudes of 4.5V to 20V (if V_{DD}-V_{SS} = 3V, a V_{DD}-V_{EE} of up to 13V can be controlled; for V_{DD}-V_{EE} level differences above 13V, a V_{DD}-V_{SS} of at least 4.5V is required). For example, if V_{DD} = +4.5V, V_{SS} = 0V, and V_{EE} = -13.5V, analog signals from -13.5V to +4.5V can be controlled by digital inputs of 0V to 5V. These multiplexer circuits dissipate extremely low quiescent power over the full V_{DD}-V_{SS} and V_{DD}-V_{EE} supply-voltage ranges, independent of the logic state of the control signals. When a logic "1" is present at the inhibit input terminal, all channels are off.

The CD4051B is a single 8-Channel multiplexer having three binary control inputs, A, B, and C, and an inhibit input. The three binary signals select 1 of 8 channels to be turned on, and connect one of the 8 inputs to the output.

The CD4052B is a differential 4-Channel multiplexer having two binary control inputs, A and B, and an inhibit input. The two binary input signals select 1 of 4 pairs of channels to be turned on and connect the analog inputs to the outputs.

The CD4053B is a triple 2-Channel multiplexer having three separate digital control inputs, A, B, and C, and an inhibit input. Each control input selects one of a pair of channels, which are connected in a single-pole, double-throw configuration.

When these devices are used as demultiplexers, the "CHANNEL IN/OUT" terminals are the outputs and the "COMMON OUT/IN" terminals are the inputs.

Features

- Wide Range of Digital and Analog Signal Levels
  - Digital . . . . . 3V to 20V
  - Analog. . . . . $\leq 20V_{P-P}$
- Low ON Resistance, 125Ω (Typ) Over $15V_{P-P}$ Signal Input Range for V_{DD}-V_{EE} = 18V
- High OFF Resistance, Channel Leakage of ±100pA (Typ) at V_{DD}-V_{EE} = 18V
- Logic-Level Conversion for Digital Addressing Signals of 3V to 20V (V_{DD}-V_{SS} = 3V to 20V) to Switch Analog Signals to $20V_{P-P}$ (V_{DD}-V_{EE} = 20V)
- Matched Switch Characteristics, r_{ON} = 5Ω (Typ) for V_{DD}-V_{EE} = 15V
- Very Low Quiescent Power Dissipation Under All Digital-Control Input and Supply Conditions, 0.2μW (Typ) at V_{DD}-V_{SS} = V_{DD}-V_{EE} = 10V
- Binary Address Decoding on Chip
- 5V, 10V and 15V Parametric Ratings
- 10% Tested for Quiescent Current at 20V
- Maximum Input Current of 1μA at 18V Over Full Package Temperature Range, 100nA at 18V and 25°C
- Break-Before-Make Switching Eliminates Channel Overlap

Applications

- Analog and Digital Multiplexing and Demultiplexing
- A/D and D/A Conversion
- Signal Gating

Ordering Information

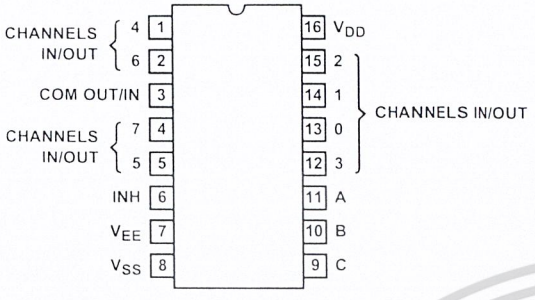
PART NUMBER	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO.
CD4051BF, CD4052BF, CD4053BF	-55 to 125	16 Ld CERDIP	F16.3
CD4051BE, CD4052BE, CD4053BE	-55 to 125	16 Ld PDIP	E16.3
CD4051BM	-55 to 125	16 Ld SOIC	M16.15

CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge; follow proper IC Handling Procedures.
Copyright © 1999, Texas Instruments Incorporated

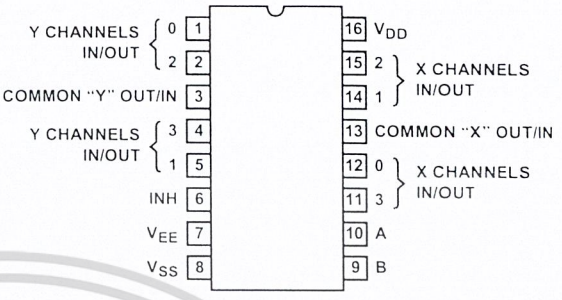
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pinouts

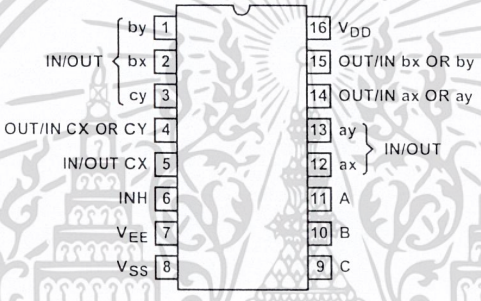
CD4051B (PDIP, CERDIP, SOIC)
TOP VIEW



CD4052B (PDIP, CERDIP, SOIC)
TOP VIEW

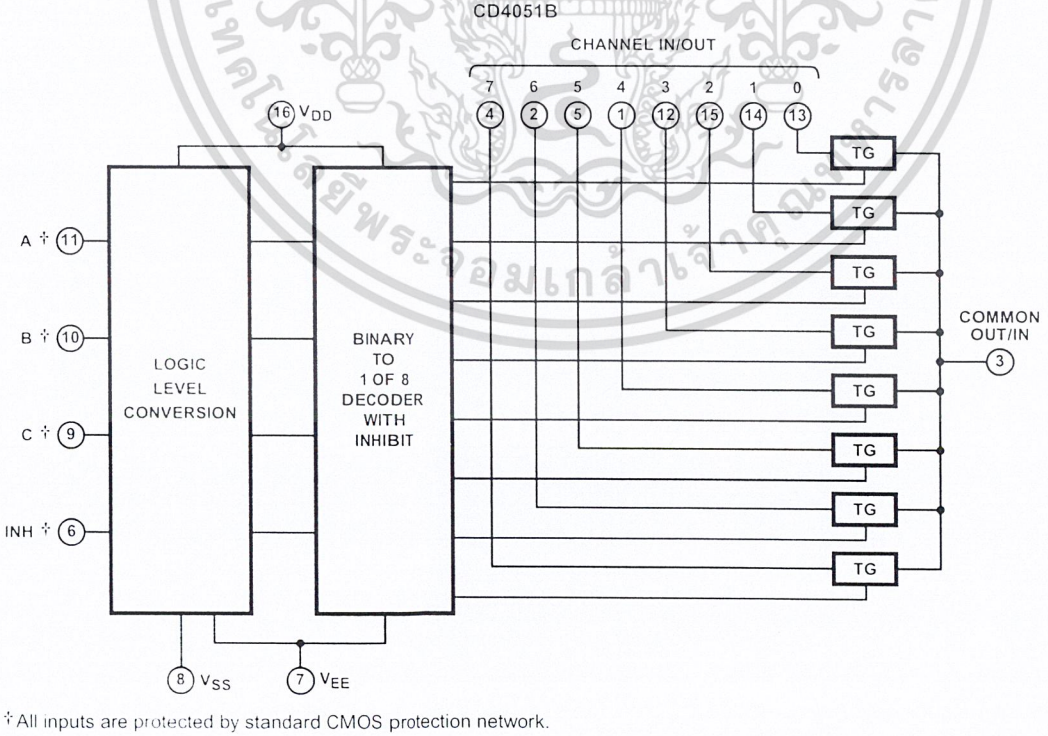


CD4053B (PDIP, CERDIP)
TOP VIEW



Functional Block Diagrams

CD4051B

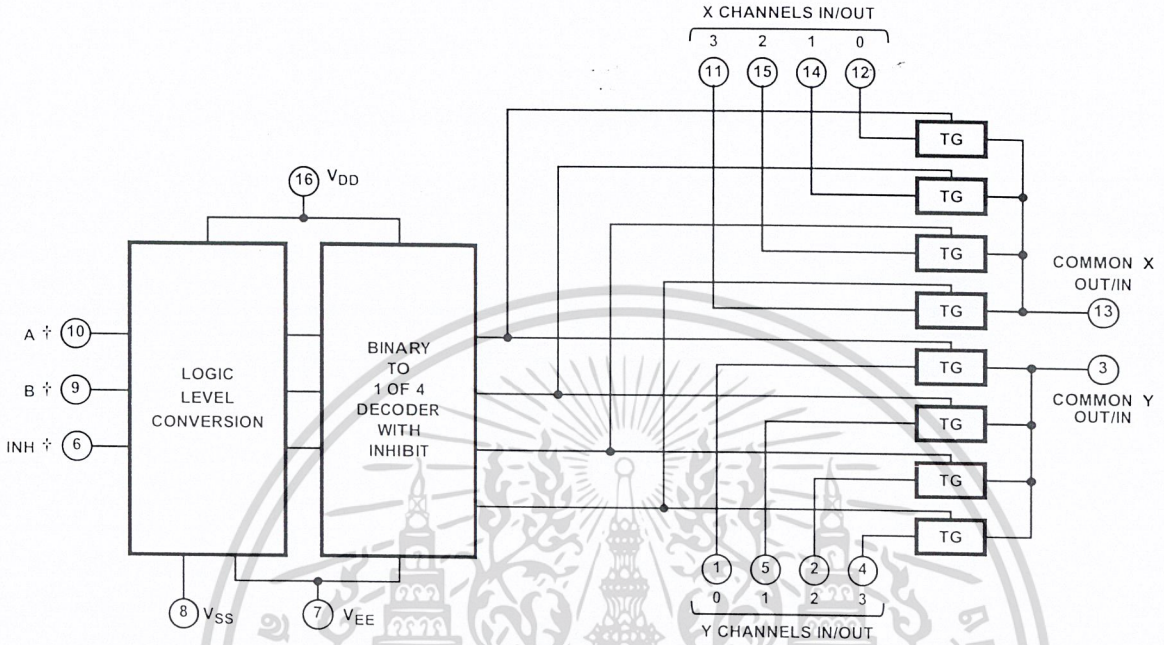


†All inputs are protected by standard CMOS protection network.

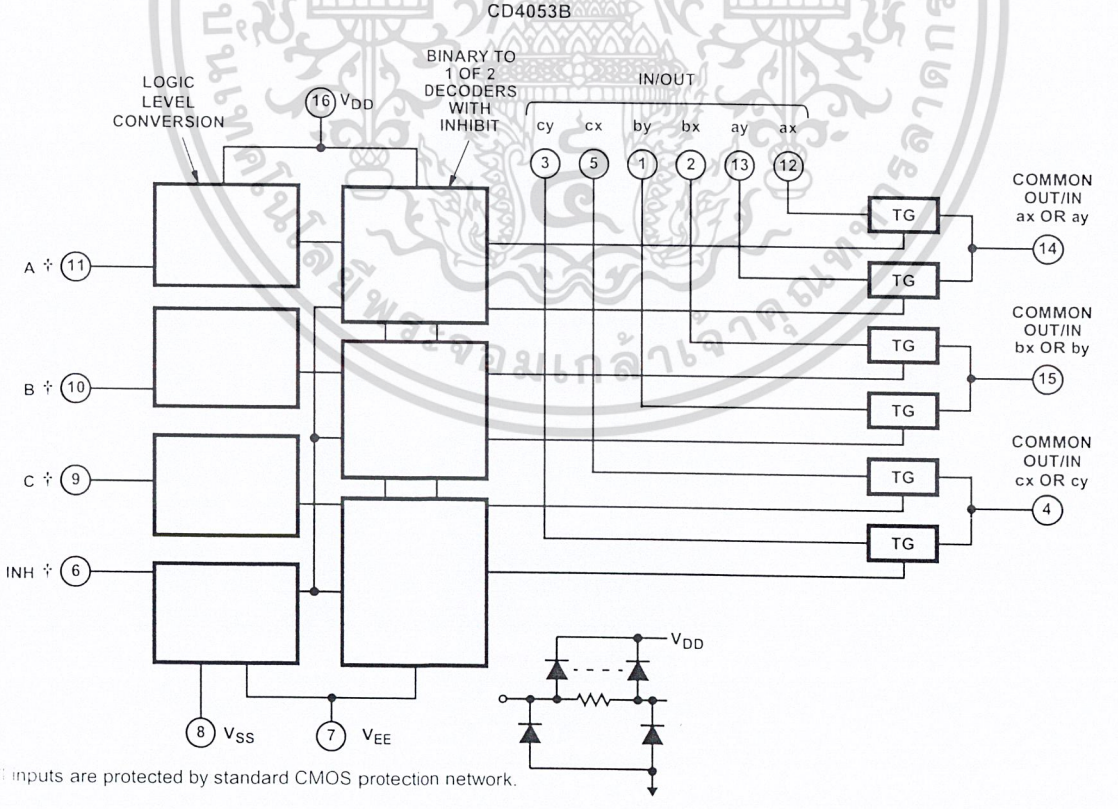
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Block Diagrams (Continued)

CD4052B



CD4053B



÷ All inputs are protected by standard CMOS protection network.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRUTH TABLES

INPUT STATES				
INHIBIT	C	B	A	"ON" CHANNEL(S)
CD4051B				
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	X	X	X	None

CD4052B			
INHIBIT	B	A	
0	0	0	0x, 0y
0	0	1	1x, 1y
0	1	0	2x, 2y
0	1	1	3x, 3y
1	X	X	None

CD4053B		
INHIBIT	A OR B OR C	
0	0	ax or bx or cx
0	1	ay or by or cy
1	X	None

X = Don't Care

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage (V+ to V-)
Voltages Referenced to V_{SS} Terminal . . . . . -0.5V to 20V
DC Input Voltage Range . . . . . -0.5V to V_{DD} +0.5V
DC Input Current, Any One Input . . . . . ±10mA

Operating Conditions

Temperature Range . . . . . $-55^{o}C$ to $125^{o}C$

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 1)	θ_{JA} ($^{o}C/W$)	θ_{JC} ($^{o}C/W$)
PDIP Package	78	N/A
CERDIP Package	115	45
SOIC Package	113	N/A

Maximum Junction Temperature (Ceramic Package) . . . . . $175^{o}C$
Maximum Junction Temperature (Plastic Package) . . . . . $150^{o}C$
Maximum Storage Temperature Range . . . . . $-65^{o}C$ to $150^{o}C$
Maximum Lead Temperature (Soldering 10s) . . . . . $265^{o}C$
(SOIC - Lead Tips Only)

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

1. θ_{JA} is measured with the component mounted on an evaluation PC board in free air.

Electrical Specifications

Common Conditions Here: If Whole Table is For the Full Temp. Range, V_{SUPPLY} = ±5V, A_V = +1, R_L = 100Ω, Unless Otherwise Specified (Note 3)

	CONDITIONS				LIMITS AT INDICATED TEMPERATURES (^{o}C)							
										25		
PARAMETER	V_{IS} (V)	V_{EE} (V)	V_{SS} (V)	V_{DD} (V)	-55	-40	85	125	MIN	TYP	MAX	UNITS
SIGNAL INPUTS (V_{IS}) AND OUTPUTS (V_{OS})												
Quiescent Device Current, I_{DD} Max	-	-	-	5	5	5	150	150	-	0.04	5	µA
	-	-	-	10	10	10	300	300	-	0.04	10	µA
	-	-	-	15	20	20	600	600	-	0.04	20	µA
	-	-	-	20	100	100	3000	3000	-	0.08	100	µA
Drain to Source ON Resistance r_{ON} Max $0 \le V_{IS} \le V_{DD}$	-	0	0	5	800	850	1200	1300	-	470	1050	Ω
	-	0	0	10	310	330	520	550	-	180	400	Ω
	-	0	0	15	200	210	300	320	-	125	240	Ω
Change in ON Resistance (Between Any Two Channels), Δr_{ON}	-	0	0	5	-	-	-	-	-	15	-	Ω
	-	0	0	10	-	-	-	-	-	10	-	Ω
	-	0	0	15	-	-	-	-	-	5	-	Ω
OFF Channel Leakage Current: Any Channel OFF (Max) or ALL Channels OFF (Common OUT/IN) (Max)	-	0	0	18	±100 (Note 2)		±1000 (Note 2)		-	±0.01	±100 (Note 2)	µA
Capacitance:	-	-5	5	5								
Input, C_{IS}					-	-	-	-	-	5	-	pF
Output, C_{OS}												
CD4051					-	-	-	-	-	30	-	pF
CD4052					-	-	-	-	-	18	-	pF
CD4053					-	-	-	-	-	9	-	pF
Feedthrough C_{IOS}					-	-	-	-	-	0.2	-	pF
Propagation Delay Time (Signal Input to Output	V_{DD}	R_L = 200kΩ, C_L = 50pF, t_r, t_f = 20ns		5	-	-	-	-	-	30	60	ns
				10	-	-	-	-	-	15	30	ns
				15	-	-	-	-	-	10	20	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Specifications

Common Conditions Here: If Whole Table is For the Full Temp. Range, V_{SUPPLY} = ±5V, A_V = +1, R_L = 100Ω, Unless Otherwise Specified **(Continued)** (Note 3)

PARAMETER	CONDITIONS				LIMITS AT INDICATED TEMPERATURES (°C)							
									25			
	V_{IS} (V)	V_{EE} (V)	V_{SS} (V)	V_{DD} (V)	-55	-40	85	125	MIN	TYP	MAX	UNITS
CONTROL (ADDRESS OR INHIBIT), V_C												
Input Low Voltage, V_{IL}, Max	V_{IL} = V_{DD} through 1kΩ; V_{IH} = V_{DD} through 1kΩ	V_{EE} = V_{SS}, R_L = 1kΩ to V_{SS}, I_{IS} < 2μA on All OFF Channels		5	1.5	1.5	1.5	1.5	-	-	1.5	V
				10	3	3	3	3	-	-	3	V
				15	4	4	4	4	-	-	4	V
Input High Voltage, V_{IH}, Min				5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	-	-	V
				10	7	7	7	7	7	-	-	V
				15	11	11	11	11	11	-	-	V
Input Current, I_{IN} (Max)	V_{IN} = 0, 18			18	±0.1	±0.1	±1	±1	-	$±10^{-5}$	±0.1	μA
Propagation Delay Time:												
Address-to-Signal OUT (Channels ON or OFF) See Figures 10, 11, 14	t_r, t_f = 20ns, C_L = 50pF, R_L = 10kΩ	0	0	5	-	-	-	-	-	450	720	ns
		0	0	10	-	-	-	-	-	160	320	ns
		0	0	15	-	-	-	-	-	120	240	ns
		-5	0	5	-	-	-	-	-	225	450	ns
Propagation Delay Time:												
Inhibit-to-Signal OUT (Channel Turning ON) See Figure 11	t_r, t_f = 20ns, C_L = 50pF, R_L = 1kΩ	0	0	5	-	-	-	-	-	400	720	ns
		0	0	10	-	-	-	-	-	160	320	ns
		0	0	15	-	-	-	-	-	120	240	ns
		-10	0	5	-	-	-	-	-	200	400	ns
Propagation Delay Time:												
Inhibit-to-Signal OUT (Channel Turning OFF) See Figure 15	t_r, t_f = 20ns, C_L = 50pF, R_L = 10kΩ	0	0	5	-	-	-	-	-	200	450	ns
		0	0	10	-	-	-	-	-	90	210	ns
		0	0	15	-	-	-	-	-	70	160	ns
		-10	0	5	-	-	-	-	-	130	300	ns
Input Capacitance, C_{IN} (Any Address or Inhibit Input)					-	-	-	-	-	5	7.5	pF

NOTE:

2. Determined by minimum feasible leakage measurement for automatic testing.

Electrical Specifications

PARAMETER	TEST CONDITIONS					LIMITS	
	V_{IS} (V)	V_{DD} (V)	R_L (kΩ)			TYP	UNITS
Cutoff (-3dB) Frequency Channel ON (Sine Wave Input)	5 (Note 3)	10	1	V_{OS} at Common OUT/IN	CD4053	30	MHz
	V_{EE} = V_{SS}. $20\text{Log}\frac{V_{OS}}{V_{IS}}$ - 3dB				CD4052	25	MHz
					CD4051	20	MHz
				V_{OS} at Any Channel		60	MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Specifications

PARAMETER	TEST CONDITIONS V_{IS} (V)	V_{DD} (V)	R_L (kΩ)			LIMITS TYP	UNITS
Total Harmonic Distortion, THD	2 (Note 3)	5	10			0.3	%
	3 (Note 3)	10				0.2	%
	5 (Note 3)	15				0.12	%
	$V_{EE} = V_{SS}$, f_{IS} = 1kHz Sine Wave						%
-40dB Feedthrough Frequency (All Channels OFF)	5 (Note 3)	10	1	V_{OS} at Common OUT/IN	CD4053	8	MHz
	$V_{EE} = V_{SS}$, $20\text{Log}\frac{V_{OS}}{V_{IS}} = -40\text{dB}$				CD4052	10	MHz
					CD4051	12	MHz
				V_{OS} at Any Channel		8	MHz
-40dB Signal Crosstalk Frequency	5 (Note 3)	10	1	Between Any 2 Channels		3	MHz
	$V_{EE} = V_{SS}$, $20\text{Log}\frac{V_{OS}}{V_{IS}} = -40\text{dB}$			Between Sections, CD4052 Only	Measured on Common	6	MHz
					Measured on Any Channel	10	MHz
				Between Any Two Sections, CD4053 Only	In Pin 2, Out Pin 14	2.5	MHz
					In Pin 15, Out Pin 14	6	MHz
Address-or-Inhibit-to-Signal Crosstalk		10	10 (Note 4)			65	mV_{PEAK}
	$V_{EE} = V_{SS} = 0$, t_r, t_f = 20ns, $V_{CC} = V_{DD} - V_{SS}$ (Square Wave)					65	mV_{PEAK}

NOTES:

3. Peak-to-Peak voltage symmetrical about $\frac{V_{DD} - V_{EE}}{2}$

4. Both ends of channel.

Typical Performance Curves

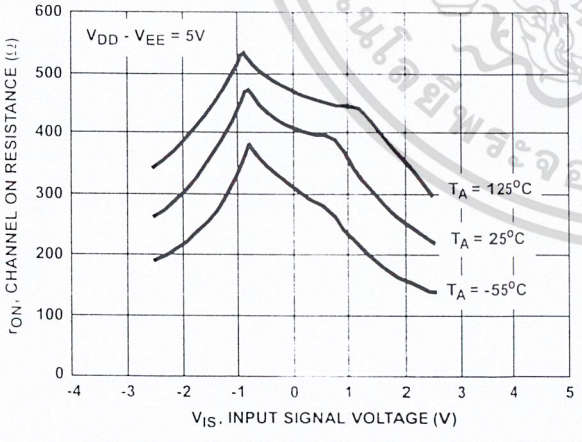


FIGURE 1. CHANNEL ON RESISTANCE vs INPUT SIGNAL VOLTAGE (ALL TYPES)

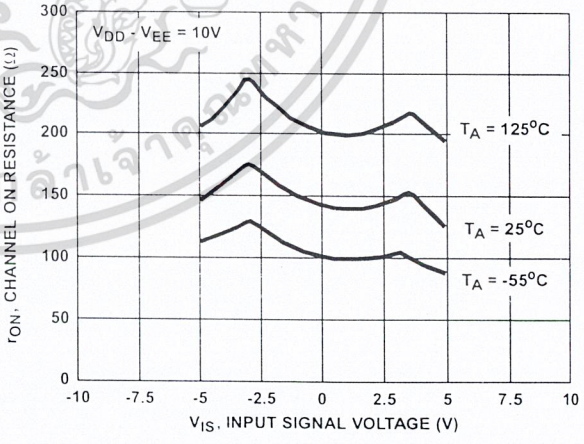


FIGURE 2. CHANNEL ON RESISTANCE vs INPUT SIGNAL VOLTAGE (ALL TYPES)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Curves (Continued)

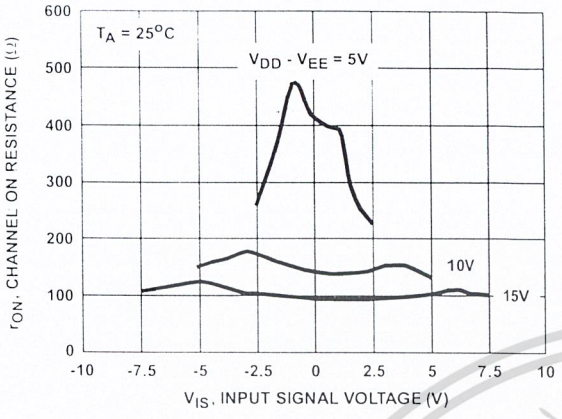


FIGURE 3. CHANNEL ON RESISTANCE vs INPUT SIGNAL VOLTAGE (ALL TYPES)

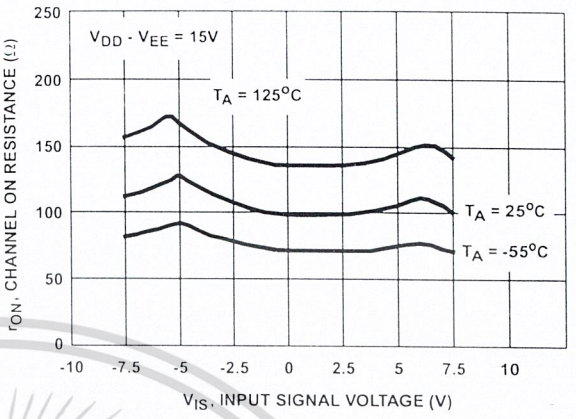


FIGURE 4. CHANNEL ON RESISTANCE vs INPUT SIGNAL VOLTAGE (ALL TYPES)

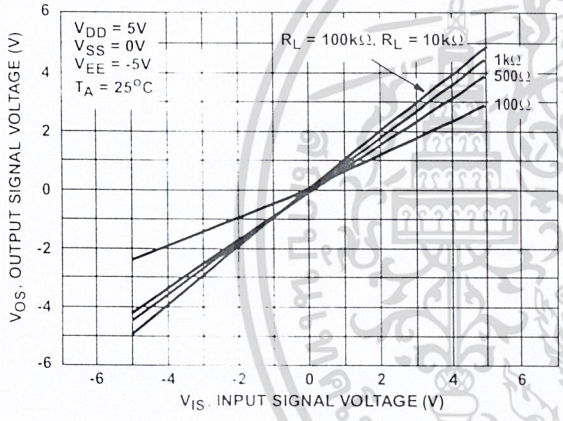


FIGURE 5. ON CHARACTERISTICS FOR 1 OF 8 CHANNELS (CD4051B)

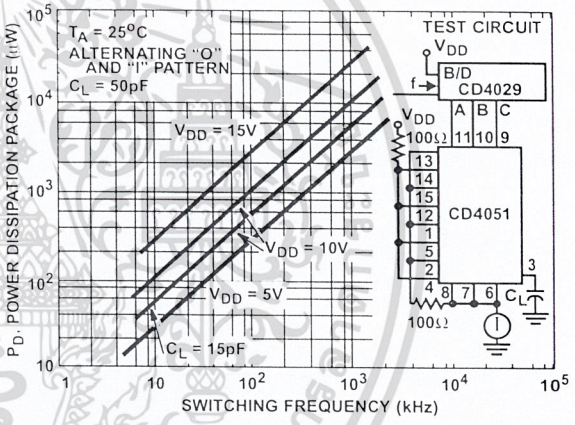


FIGURE 6. DYNAMIC POWER DISSIPATION vs SWITCHING FREQUENCY (CD4051B)

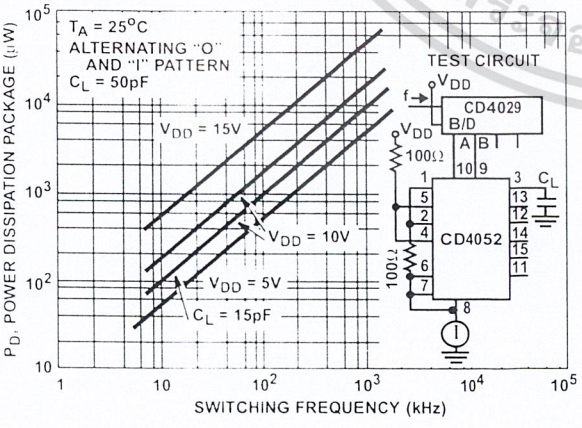


FIGURE 7. DYNAMIC POWER DISSIPATION vs SWITCHING FREQUENCY (CD4052B)

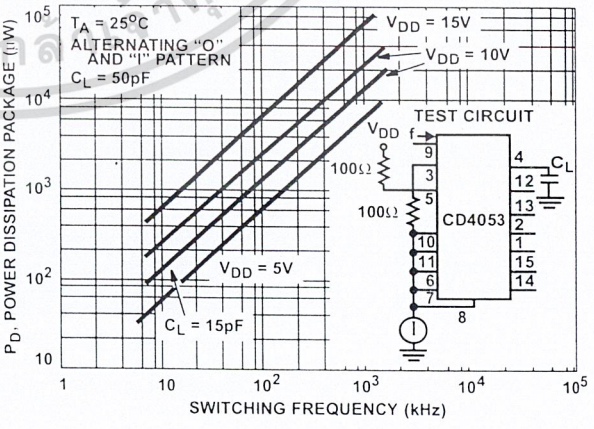
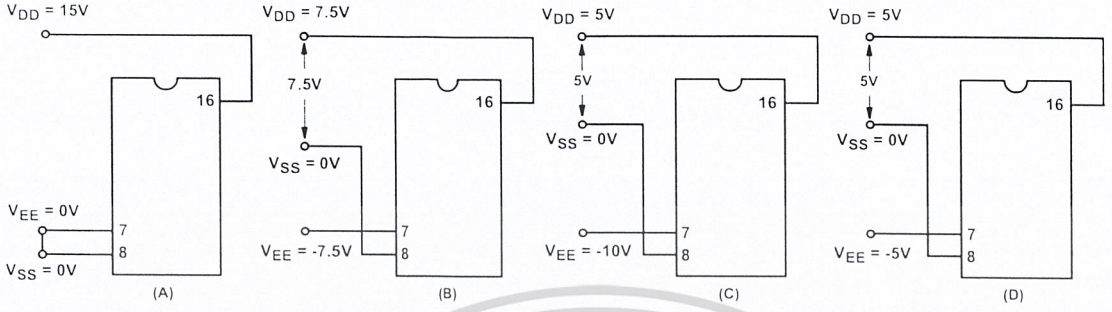


FIGURE 8. DYNAMIC POWER DISSIPATION vs SWITCHING FREQUENCY (CD4053B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits and Waveforms



NOTE: The ADDRESS (digital-control inputs) and INHIBIT logic levels are: "0" = V_{SS} and "1" = V_{DD}. The analog signal (through the TG) may swing from V_{EE} to V_{DD}.

FIGURE 9. TYPICAL BIAS VOLTAGES

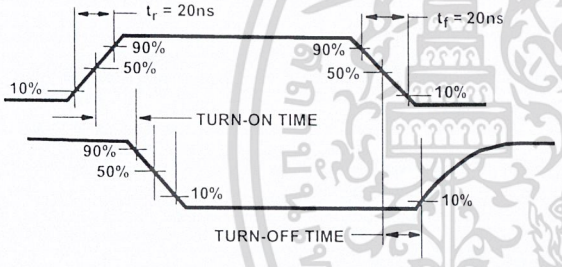


FIGURE 10. WAVEFORMS, CHANNEL BEING TURNED ON (R_L = 1kΩ)

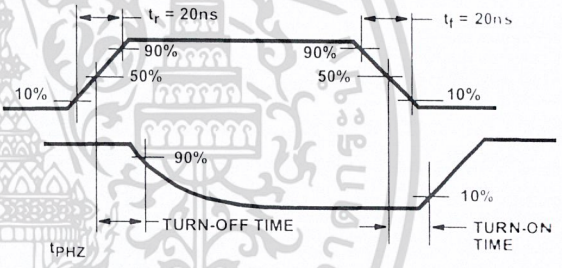


FIGURE 11. WAVEFORMS, CHANNEL BEING TURNED OFF (R_L = 1kΩ)

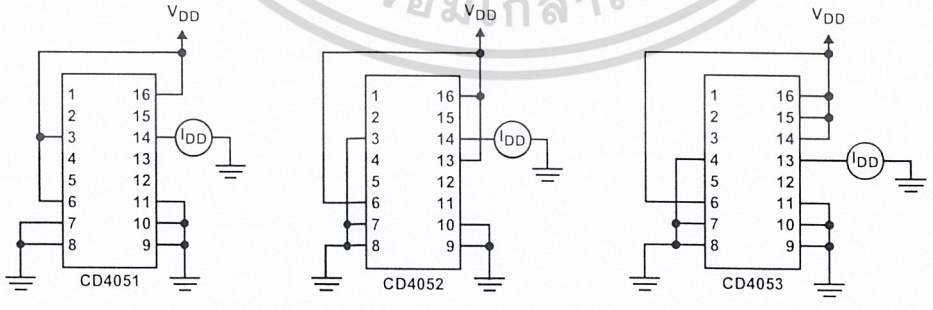


FIGURE 12. OFF CHANNEL LEAKAGE CURRENT - ANY CHANNEL OFF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits and Waveforms (Continued)

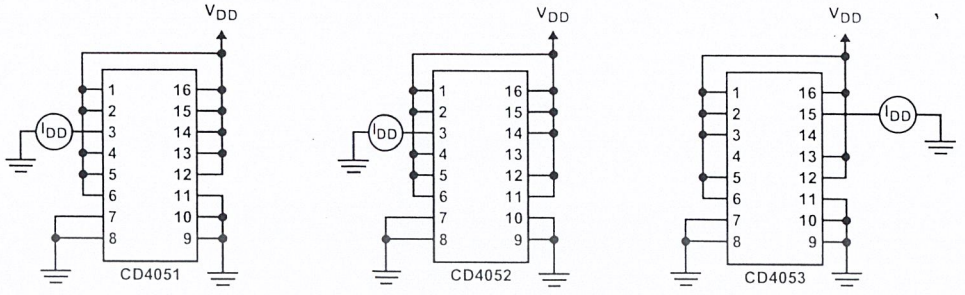


FIGURE 13. OFF CHANNEL LEAKAGE CURRENT - ALL CHANNELS OFF

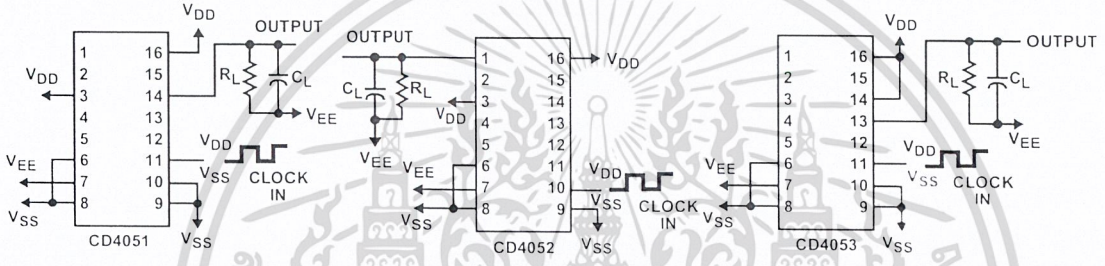


FIGURE 14. PROPAGATION DELAY - ADDRESS INPUT TO SIGNAL OUTPUT

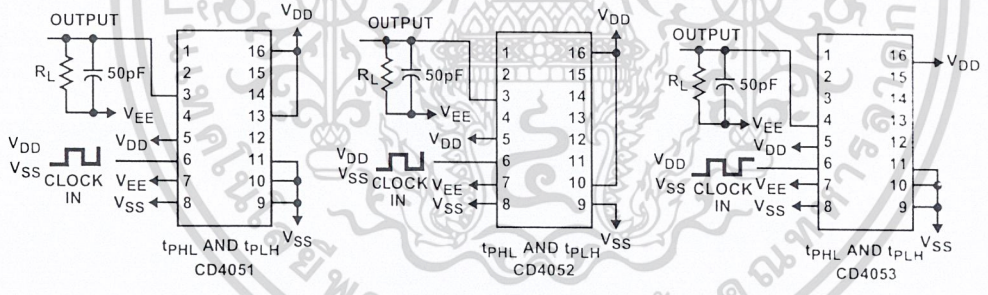


FIGURE 15. PROPAGATION DELAY - INHIBIT INPUT TO SIGNAL OUTPUT

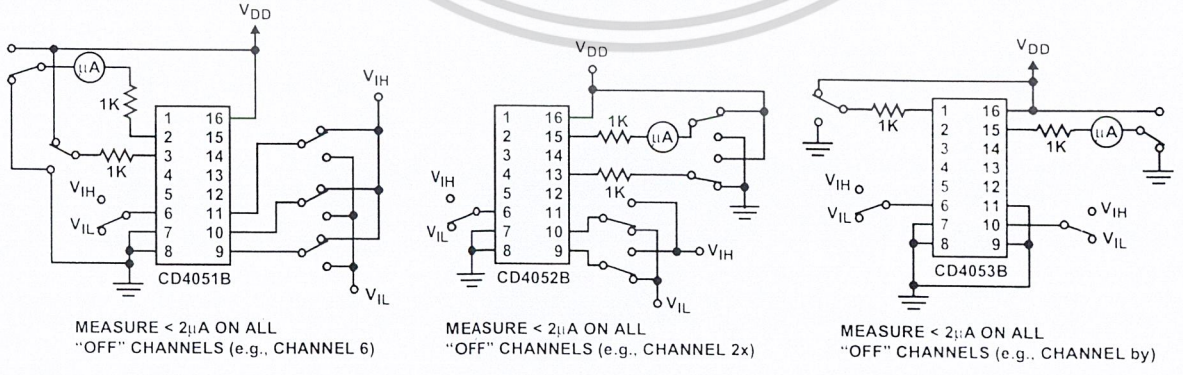


FIGURE 16. INPUT VOLTAGE TEST CIRCUITS (NOISE IMMUNITY)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits and Waveforms (Continued)

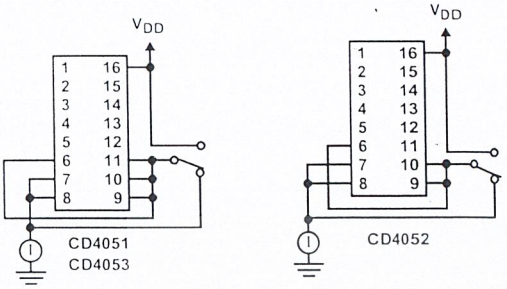


FIGURE 17. QUIESCENT DEVICE CURRENT

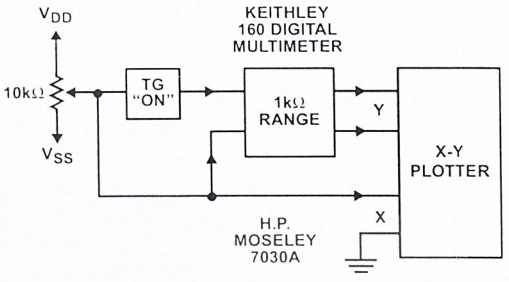


FIGURE 18. CHANNEL ON RESISTANCE MEASUREMENT CIRCUIT

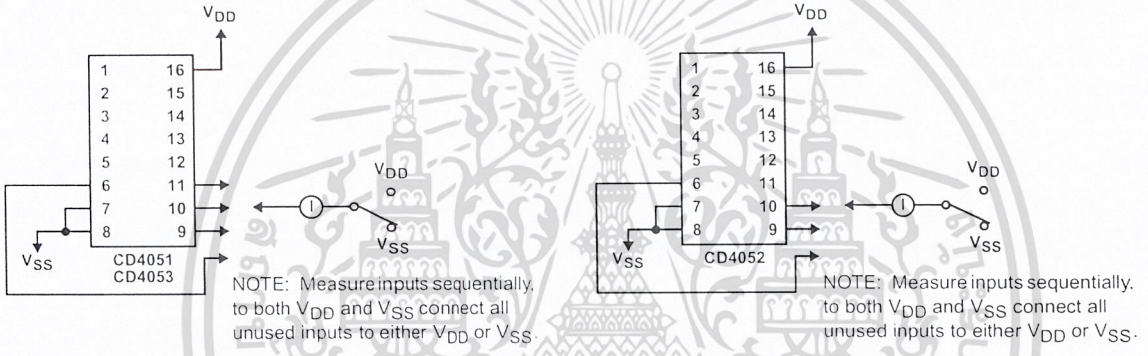


FIGURE 19. INPUT CURRENT

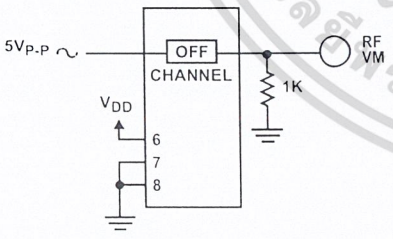


FIGURE 20. FEEDTHROUGH (ALL TYPES)

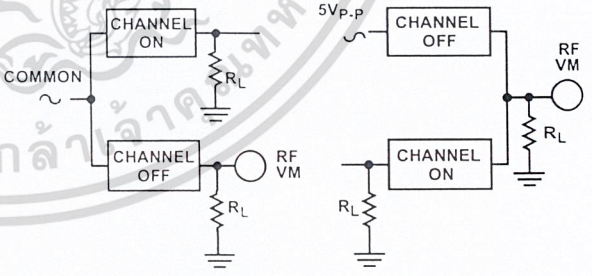


FIGURE 21. CROSSTALK BETWEEN ANY TWO CHANNELS (ALL TYPES)

FIGURE 22. CROSSTALK BETWEEN DUALS OR TRIPLETS (CD4052B, CD4053B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits and Waveforms (Continued)

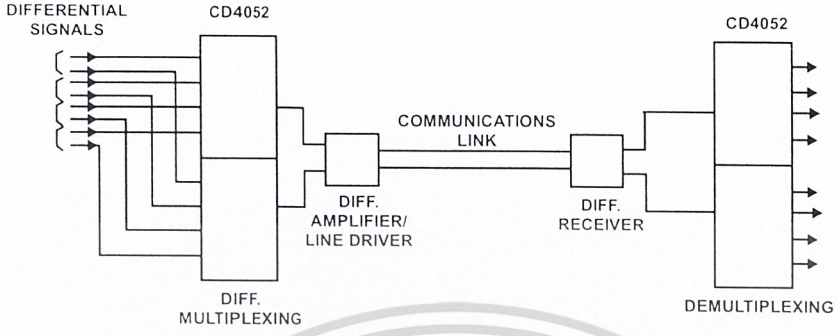


FIGURE 23. TYPICAL TIME-DIVISION APPLICATION OF THE CD4052B

Special Considerations

In applications where separate power sources are used to drive V_{DD} and the signal inputs, the V_{DD} current capability should exceed V_{DD}/R_L (R_L = effective external load). This provision avoids permanent current flow or clamp action on the V_{DD} supply when power is applied or removed from the CD4051B, CD4052B or CD4053B.

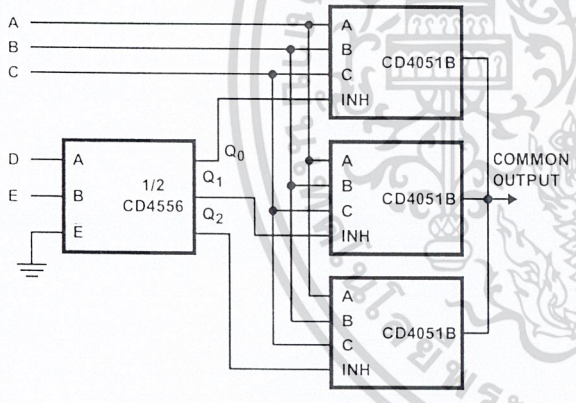


FIGURE 24. 24-TO-1 MUX ADDRESSING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้