สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หุ่นยนต์เลียนแบบการเคลื่อนที่ของงู

SNAKE-LIKE ROBOT

โดย

นายเชิดศักดิ์ บุญทา

นายนราพร สิทธิฤทธิ์

วพ.
ส 75693
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72634
วัน,เดือน,ปี 21 ส.ค. 2550

b 11370612
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SNAKE-LIKE ROBOT

BY

MR. CHERDSAK BOONTHA

MR. NARAPORN SITTIRIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BECHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์เลียนแบบการเคลื่อนที่ของงู Snake-like Robot	
ชื่อนักศึกษา	นายเชิดศักดิ์ บุญทา	รหัสประจำตัว 47015834
	นายนราพร สิทธิฤทธิ์	รหัสประจำตัว 47015840
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. ปีติเขต สู้รักษา	
	ผศ. บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์	
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ	
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2549	

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

(รศ.ดร. ปีติเขต สู้รักษา)
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

.....

(ผศ. บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์)
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์เลียนแบบการเคลื่อนที่ของงู
ชื่อนักศึกษา	นายเชิดศักดิ์ บุญทา รหัสประจำตัว 47015834
	นายนราพร สิทธิฤทธิ์ รหัสประจำตัว 47015840
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. ปิติเขต สู้รักษา
	ผ.ศ. บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2549

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ให้สามารถใช้งานได้มากขึ้น โดยสามารถทำการควบคุมและสั่งการให้ชุดประมวลผลกลาง (Central Processing Unit) ทำการประมวลผลคำสั่งและสั่งการให้หุ่นยนต์เคลื่อนไหวในลักษณะเลียนแบบการเคลื่อนที่ของงู ซึ่งทุกวันนี้การทำโครงงานการวิจัยเทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์เลียนแบบการเคลื่อนที่ของสัตว์ในประเทศไทยนั้นยังพบได้น้อยมากซึ่งทำให้เกิดโครงงานนี้ขึ้นเพื่อที่จะได้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Snake-like Robot	
Student	Mr.Cherdsak Boontha	ID 47015834
	Mr.Naraporn Sittirit	ID 47015840
Advisor	Assoc.Prof.Dr Pitikhate Sooraksa	
	Asst. Prof. Boonchana Purahong	
Graduate Level	Bachelor Degree of Information Engineering	
Department	Information Engineering	
Academic Year	2006	

ABSTRACT

This project presents a Snake-like Robot by controlling servo motors to move the robot's body imitating a snake locomotion. This process can be done by using computer program and microcontrollers. Servo motors are controlled by microcontrollers for tracking the desired angles and the speeds. The project would help Thailand in term of development of robotic technology.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ดร.ปีติเขต สู้รักษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์ อย่างสูงที่ให้คำแนะนำประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และคอยเป็นที่ปรึกษาในการทำโครงงานและปริญญานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ มูลนิธิดำรงชัยธรรม ที่ได้ให้เงินทุนสนับสนุนในการทำโครงงานในครั้งนี้ จนทำให้การจัดทำโครงงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่คอยห่วงใยและให้การสนับสนุนในด้านการศึกษามาโดยตลอดจนข้าพเจ้ามีทุกวันนี้ รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆร่วมงานและพี่ๆระดับปริญญาโท ที่ได้ให้ความร่วมมือและให้คำปรึกษาพร้อมทั้งเป็นกำลังใจให้กันตลอดมา

นายเชิดศักดิ์ บุญทา
นายนราพร สิทธิฤทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ขั้นตอนการออกแบบโครงงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 อุปกรณ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของหุ่นยนต์	4
2.2 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของงู	5
2.3 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์งู	7
2.4 อุปกรณ์และหน้าที่การทำงาน	8
บทที่ 3 การออกแบบโครงสร้างของตัวหุ่นยนต์เลียนแบบการเคลื่อนที่ของงู	
3.1 โครงสร้างและองค์ประกอบต่างๆของตัวหุ่นยนต์ทางด้านฮาร์ดแวร์	16
3.2 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 การทดลองควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 22

4.2 ความสัมพันธ์ขององศาการเคลื่อนไหว 53

บทที่ 5 สรุป

5.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงาน 54

5.2 แนวทางการแก้ปัญหาและข้อเสนอแนะ 55

บรรณานุกรม 56

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 การเคลื่อนที่แบบ Serpentine movement	5
รูปที่ 2.2 การเคลื่อนที่แบบ Rectilinear movement	5
รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่แบบ Concertina movement	6
รูปที่ 2.4 การเคลื่อนที่แบบ Sidewinding movement	6
รูปที่ 2.5 โมเดลของหุ่นยนต์งูที่ใช้ทำโครงงาน	7
รูปที่ 2.6 การตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์ของสัญญาณพัลซ์ที่มีค่าความถี่ต่างกัน	9
รูปที่ 2.7 ภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์	10
รูปที่ 2.8 ภาพเซอร์โวมอเตอร์และส่วนประกอบภายใน	11
รูปที่ 2.9 โครงสร้างภายในของเซอร์โวมอเตอร์	11
รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC	12
รูปที่ 2.11 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC เบอร์ CY8C27443	13
รูปที่ 3.1 ขนาดของข้อต่อ	16
รูปที่ 3.2 รูปแบบของข้อต่อในมุมมองต่างๆ	17
รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมการทำงาน	18
รูปที่ 3.4 วงจรรับ-ส่งข้อมูลผ่าน RS232 แบบไร้สาย	19
รูปที่ 3.5 บล็อกการทำงานทางด้านซอฟท์แวร์	19
รูปที่ 3.6 กระบวนการทำงานทางด้านซอฟท์แวร์	20
รูปที่ 3.7 หน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้	21
รูปที่ 4.1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ t=0	23
รูปที่ 4.2 รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=0	23
รูปที่ 4.2 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=0	24
รูปที่ 4.2 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=0	25
รูปที่ 4.2 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=0	26
รูปที่ 4.2 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=0	27
รูปที่ 4.3 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ t=1	28
รูปที่ 4.4 รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=1	28
รูปที่ 4.4 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=1	29
รูปที่ 4.4 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=1	30
รูปที่ 4.4 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=1	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.4 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=1	32
รูปที่ 4.5 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ t=2	33
รูปที่ 4.6 รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=2	33
รูปที่ 4.6 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=2	34
รูปที่ 4.6 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=2	35
รูปที่ 4.6 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=2	36
รูปที่ 4.6 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=2	37
รูปที่ 4.7 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ t=3	38
รูปที่ 4.8 รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=3	38
รูปที่ 4.8 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=3	39
รูปที่ 4.8 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=3	40
รูปที่ 4.8 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=3	41
รูปที่ 4.8 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=3	42
รูปที่ 4.9 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ t=4	43
รูปที่ 4.10 รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=4	43
รูปที่ 4.10 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=4	44
รูปที่ 4.10 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=4	45
รูปที่ 4.10 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=4	46
รูปที่ 4.10 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=4	47
รูปที่ 4.11 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ t=5	48
รูปที่ 4.12 รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=5	48
รูปที่ 4.12 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=5	49
รูปที่ 4.12 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=5	50
รูปที่ 4.12 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=5	51
รูปที่ 4.12 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=5	52
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างองศาการเคลื่อนไหวเทียบกับเวลา	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 การจัดขาของ PSoC ไมโครคอนโทรลเลอร์	13
ตารางที่ 2.1 (ต่อ) การจัดขาของ PSoC ไมโครคอนโทรลเลอร์	14
ตารางที่ 4.1 ค่าความกว้างของพัลซ์ที่จ่ายให้เซอร์โวแต่ละตัว ที่ t= 0	27
ตารางที่ 4.2 ค่าความกว้างของพัลซ์ที่จ่ายให้เซอร์โวแต่ละตัว ที่ t= 1	32
ตารางที่ 4.3 ค่าความกว้างของพัลซ์ที่จ่ายให้เซอร์โวแต่ละตัว ที่ t= 2	37
ตารางที่ 4.4 ค่าความกว้างของพัลซ์ที่จ่ายให้เซอร์โวแต่ละตัว ที่ t= 3	42
ตารางที่ 4.5 ค่าความกว้างของพัลซ์ที่จ่ายให้เซอร์โวแต่ละตัว ที่ t= 4	47
ตารางที่ 4.6 ค่าความกว้างของพัลซ์ที่จ่ายให้เซอร์โวแต่ละตัว ที่ t= 4	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบัน วิวัฒนาการด้านหุ่นยนต์ของโลกเราได้พัฒนาก้าวหน้าไปอย่างมาก เมื่อเทียบกับในอดีต แต่ในประเทศไทยยังถือว่ามีการพัฒนาน้อยอยู่เมื่อเทียบกับประเทศที่พัฒนาแล้ว ประกอบกับการสร้างหุ่นยนต์ในประเทศไทยของเรานั้นโดยมากเป็นการสร้างหุ่นยนต์ในรูปแบบเดิมๆ ในส่วนของหุ่นยนต์ที่เลียนแบบการเคลื่อนที่ของสัตว์ยังไม่แพร่หลาย

หากเราสามารถพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์นี้ให้มีประสิทธิภาพได้เราก็จะสามารถนำไปใช้งานได้อย่างหลากหลายไม่ว่าจะเป็นงานทางด้านอุตสาหกรรมที่ต้องการประสิทธิภาพในการทำงานสูง เพราะมนุษย์ไม่สามารถทำงานซ้ำๆ แล้วได้ผลออกมาเช่นเดียวกันดังเดิมได้หรืออาจจะนำไปใช้งานที่มีความเสี่ยงสูงต่อการบาดเจ็บหรือเสียชีวิตและสามารถนำไปใช้ในการสำรวจต่างๆ แทนมนุษย์ได้ ตัวอย่างเช่น หุ่นยนต์กู้ภัย ก็ถือว่าเป็นการนำเทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์ไปประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์

หุ่นยนต์ เลียนแบบการเคลื่อนที่ของงู นี้เป็นการประดิษฐ์หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเลียนแบบพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของงู ซึ่งมีพื้นฐานจากการสังเกตพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของงูมาประยุกต์ใช้เป็นทฤษฎีในการวิเคราะห์และการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์นี้จะมีลักษณะคล้ายกับการเคลื่อนที่ของงูที่มีลักษณะคล้ายกับฟังก์ชันของรูปคลื่นไซน์ (Sine wave) เรียกการเคลื่อนที่นี้ว่า การเคลื่อนที่แบบ เซอร์เพนไทน์ (Serpentine Movement) การเคลื่อนที่ดังกล่าวเกิดจากความสัมพันธ์ ของแรงในกล้ามเนื้องู และแรงเสียดทานที่กระทำกับตัวงู ทำให้เกิดการเคลื่อนที่เกิดขึ้นในทิศทางนั้นและหุ่นยนต์ประเภทนี้จะสามารถเคลื่อนที่บนพื้นผิวเรียบเท่านั้น จากสมมุติฐานเบื้องต้นดังกล่าวทำการออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์ โดยการนำล้อมาใช้ควบคุมแรงเสียดทานที่กระทำกับตัวหุ่นยนต์เมื่อเกิดแรงผลักก็จะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปได้ หุ่นยนต์นี้เป็นหุ่นยนต์ต้นแบบที่พัฒนามาจากโครงสร้างของหุ่นยนต์หลายแกน (Multi-Joint Robot) เพื่อทำการทดสอบทฤษฎีพื้นฐานดังกล่าว และศึกษาหาข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้นจากโครงสร้างที่ไม่เหมาะสม เพื่อนำไปพัฒนาออกแบบทั้งในด้านทางกล และระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพต่อไป และยังสามารถนำเอาศาสตร์ทางด้านปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้เพิ่มศักยภาพของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อประยุกต์สมการทางคณิตศาสตร์ให้สามารถควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์

1.2.2 เพื่อทำการศึกษาและทดลองหุ่นยนต์ที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวเลียนแบบงู

1.2.3 เพื่อทำการศึกษาระบบควบคุมที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์

1.2.4 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างง่าย

1.2.5 เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ในการทดลองทางด้านระบบควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

1.2.6 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับหุ่นยนต์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

1.2.7 เพื่อเป็นการจุดประกายให้บุคคลทั่วไป หันมาสนใจเทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์มากขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่โดยการบิดของข้อต่อได้

1.3.2 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะเป็นไปในลักษณะการเคลื่อนที่แบบ เซอร์เพนไทน์

1.3.3 หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ในลักษณะตามการเปลี่ยนแปลงของโปรแกรมควบคุม

1.3.4 หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ในพื้นที่เรียบได้

1.3.5 การควบคุมหุ่นยนต์จะเป็นแบบการควบคุมแบบไร้สาย

1.4 ขั้นตอนการออกแบบโครงงาน

1.4.1 ศึกษาธรรมชาติพื้นฐานของการเคลื่อนที่ของงู

1.4.2 ศึกษาสมการทางคณิตศาสตร์

1.4.3 ออกแบบส่วนของวงจรควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์การเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์งู ถือเป็นส่วนของ ซอร์ฟแวร์

1.4.4 การตรวจสอบการทำงานขององค์ประกอบของหุ่นยนต์งูทั้งหมด เพื่อทำการแก้ไขในส่วนที่เกิดข้อผิดพลาด ในส่วนนี้ถือเป็นขั้นตอนการทดลอง

1.4.5 สรุปผล ข้อเสนอแนะและปัญหาในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำโครงงานนี้ไปประยุกต์ใช้ในงานทางด้านการควบคุมระบบได้

1.5.2 ทำให้ผู้ทำโครงงานได้แสดงความคิดสร้างสรรค์ออกมาได้

1.5.3 สามารถนำโครงงานที่ได้จัดทำขึ้นมานี้ไปเป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

1.5.4 สามารถนำสมการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในงานควบคุม

1.6 อุปกรณ์

1.4.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

- คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล จำนวน 1 เครื่อง
- วงจรควบคุมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC จำนวน 1 ชุด
- เซอร์โวมอเตอร์ จำนวน 13 ตัว
- ชุดเครื่องรับ-ส่ง ข้อมูลผ่าน Rs232 แบบไร้สาย จำนวน 1 ชุด
- แผ่นอลูมิเนียมสำหรับทำโครงหุ่นยนต์
- ชุดอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์อื่นๆ

1.4.1 ซอฟท์แวร์ (Software) ที่ใช้ในการสร้างโครงงาน

- Visual Basic 6.0 เป็นภาษาการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนที่ติดต่อผู้ใช้
- PSoC Designer เป็นโปรแกรมที่ทำการคอมไพล์และเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์
- PSoC pro เป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่ในการเขียนไฟล์โปรแกรมไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์
- Protell 99se เป็นโปรแกรมที่ใช้ทำหน้าที่ออกแบบแผ่นวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของหุ่นยนต์

ความหมายของหุ่นยนต์ตามพจนานุกรม คือ อุปกรณ์ หรือ เครื่องจักรอัตโนมัติชนิดหนึ่งซึ่งสามารถปฏิบัติงานเลียนแบบการทำงานของมนุษย์ หรือปฏิบัติการได้เทียบเคียงกับภูมิปัญญาของมนุษย์ แต่ความหมายในมุมมองของเครื่องมืออุตสาหกรรม จะหมายถึง เครื่องมือชนิดหนึ่งที่สามารถโปรแกรมการทำงานใหม่ได้ สามารถออกแบบให้ทำงานได้หลากหลายและทำงานได้ตามที่ต้องการ โดยสรุปแล้วหุ่นยนต์ คือ อุปกรณ์ที่เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างเครื่องกลกับระบบอิเล็กทรอนิกส์

2.1.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของหุ่นยนต์

2.1.1.1 ตัวปฏิบัติการ (Manipulator)

คือส่วนประกอบของชุดข้อต่อที่ใช้เป็นตัวเชื่อมระหว่าง อุปกรณ์กับอุปกรณ์ประกอบขึ้นเป็นตัวหุ่น

2.1.1.2 ตัวควบคุม (Controller)

คือภูมิปัญญาหรือสมองของตัวปฏิบัติการที่จะสั่งให้ตัวปฏิบัติการทำงานตามความต้องการของผู้ใช้โดยรับคำสั่งจากผู้ใช้

2.1.2 การกำหนดชนิดของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

2.1.2.1 แบ่งตามรูปแบบทางกลไก

สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. หุ่นยนต์ระบบทรงกระบอก
2. หุ่นยนต์ระบบทรงกลม
3. หุ่นยนต์ระบบทรงลูกบาศก์

2.1.2.2 แบ่งตามรูปแบบทางการควบคุม

สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. หุ่นยนต์ควบคุมแบบไม่ใช้เซอร์โวมอเตอร์ หมายถึง เมื่อตัวปฏิบัติการเริ่มเคลื่อน มันจะเคลื่อนต่อไปจนกระทั่งถึงจุดที่ควรจะหยุด โดยไม่มีการตรวจสอบใดๆ ในการเคลื่อนที่ระหว่างจุดสองจุดที่กำลังเคลื่อน วิธีการเคลื่อนที่ลักษณะนี้บางทีเรียกว่า ชนิดแบบวง-เปิด (Open - Loop)

2. หุ่นยนต์ควบคุมแบบใช้เซอร์โวมอเตอร์ หมายถึง สามารถสั่งการให้ตัวปฏิบัติการเคลื่อนที่ หรือหยุดได้ทุกตำแหน่งตลอดย่านระยะของแกนแนวปฏิบัติการ เป็นวง-ปิด (Close Loop) แบ่งได้ 2 แบบ คือ การเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง และ แบบจุดต่อจุด

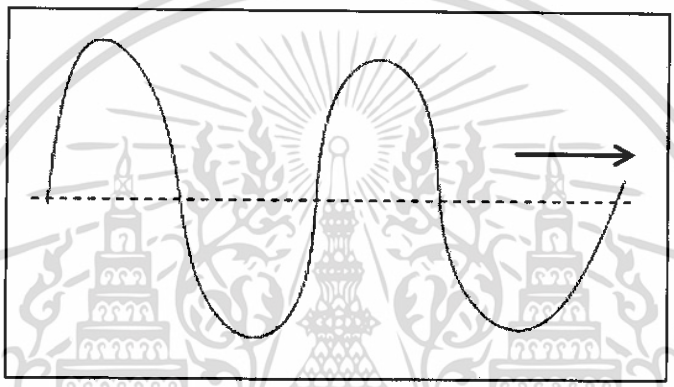
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของงู

วิธีการเคลื่อนที่ของงูนั้นมีหลายแบบที่จะปรับให้เข้ากับสภาพแวดล้อม แต่ในที่นี้สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

1. การเคลื่อนที่แบบเซอร์เพนไทน์ (Serpentine movement)

โดยในแบบ เซอร์เพนไทน์ เป็นลักษณะการเคลื่อนที่ของงูที่มักพบเห็นโดยทั่วไปหรือเป็นแบบที่มนุษย์ได้ค้นพบตั้งแต่โบราณ จากการสังเกตงูเคลื่อนที่คล้ายกับกระแสน้ำข้ามไปยังโขดหิน การเคลื่อนที่แบบนี้ลำตัวของงูมีลักษณะการเคลื่อนที่ที่คล้ายกันในแต่ละส่วน ซึ่งวิธีนี้จัดว่ามีประสิทธิภาพดีที่สุดของการเลื่อยคลาน ในการเคลื่อนที่นี้แสดงดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 การเคลื่อนที่แบบ Serpentine movement

2. การเคลื่อนที่แบบแนวเส้นตรง (Rectilinear movement)

การเคลื่อนที่แบบแนวเส้นตรง เป็นกลไกการเคลื่อนที่แบบนี้เป็นแบบอย่างง่าย วิธีการเคลื่อนที่นี้แสดงดังรูป 2.2

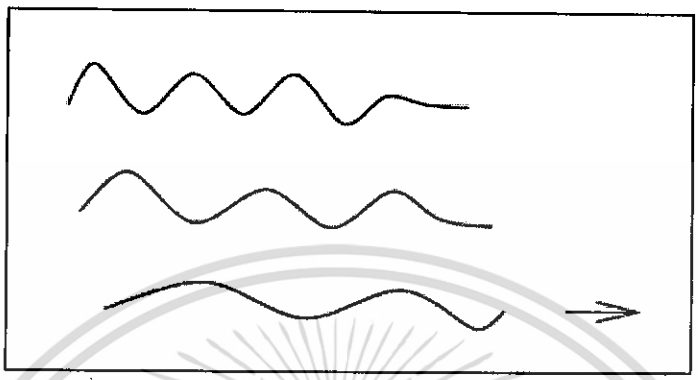
รูปที่ 2.2 การเคลื่อนที่แบบ Rectilinear movement

3. การเคลื่อนที่แบบตัวหนอน (Concertina movement)

การเคลื่อนที่แบบตัวหนอนการเคลื่อนที่แบบนี้มักพบในกรณีที่งูเคลื่อนที่ในบริเวณแคบหรือในบริเวณที่ลื่นมากหรืออธิบายได้ว่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานแบบสถิต (static friction) มีค่าสูงกว่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานแบบพลศาสตร์ (dynamic friction) อันทำให้เกิดพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

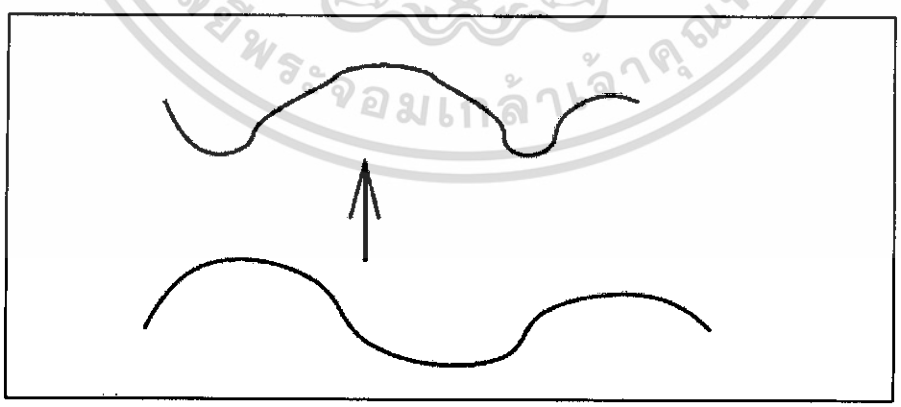
ลื่นในกรณีนี้จึงเป็นไปได้ที่งูสามารถที่จะเคลื่อนที่เป็นแนวตรง แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้ให้ประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่น้อยมากหลักการคือ การขดลำตัวจากนั้นคลายออกเพื่อนผลักลำตัวเคลื่อนที่ไปข้างหน้า แสดงได้ดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่แบบ Concertina movement

4. การเคลื่อนที่แบบตัวเอส (Sidewinding movement)

การเคลื่อนที่แบบ ตัวเอส มักพบในประเภทงูกะปะ หรือ งูที่อาศัยอยู่ในทะเลทราย โดยยกส่วนของลำตัวให้เป็นรูปคล้ายตัวอักษร S แล้วผลักลำตัวไปข้างหน้าคล้ายกับขดลวดกลิ้งไปมา การเคลื่อนที่แบบนี้จะไม่มีการลื่นไถลระหว่างลำตัวกับพื้นโดยลำตัวจะสัมผัสกับพื้นจากด้านบนจากลักษณะการเคลื่อนที่แบบนี้ทำให้ แรงเสียดทานการลื่นไถลมีค่าน้อยและมีประโยชน์ในการเคลื่อนที่ไปบนพื้นที่นุ่ม เช่น พื้นทรายประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ของวิธีนี้มีค่าสูง เพราะสามารถปรับเข้ากับสภาพทะเลทรายได้ดี การเคลื่อนที่แบบนี้แสดงดังรูป 2.4

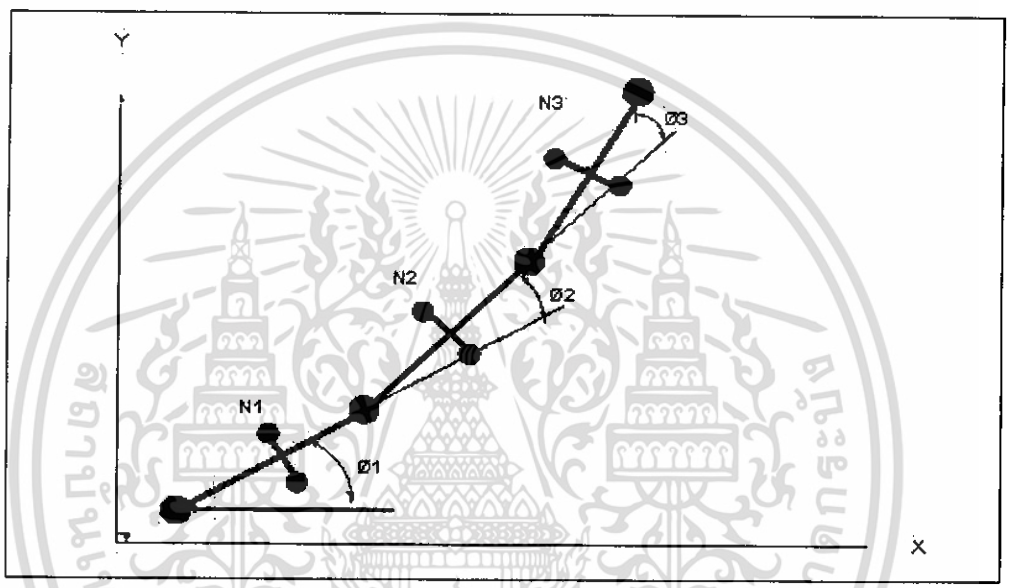


รูปที่ 2.4 การเคลื่อนที่แบบ Sidewinding movement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์งู

หุ่นยนต์งูที่ได้จัดทำในที่นี้จะเกิดจากการนำเอาทฤษฎีโครงสร้างของหุ่นยนต์หลายแกน (Multi-Joint Robot) และทฤษฎีการเคลื่อนที่แบบเซอร์เพนไทน์มาประยุกต์ใช้งานโดยเป็นการนำชุดขับเคลื่อนหลายๆชุดมาประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งชุดขับเคลื่อนแต่ละชุดประกอบไปด้วยเซอร์โวมอเตอร์และชุดล้อ โดยที่การเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นได้เนื่องมาจากการบิดตัวของข้อต่อแต่ละข้อประกอบกับแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นกับตัวหุ่นยนต์ โดยสามารถควบคุมแรงเสียดทานดังกล่าวโดยใส่ล้อให้กับข้อแต่ละข้อต่อ เป็นผลให้เกิดแรงผลัก ทำให้หุ่นยนต์เกิดการเคลื่อนที่ แบบเซอร์เพนไทน์



รูปที่ 2.5 โมเดลของหุ่นยนต์งูที่ใช้ทำโครงงาน

จากรูปที่ 2.5 เราจะเห็นว่าเพลาของล้อของชุดขับเคลื่อนที่ใช้ควบคุมแรงเสียดทานจะอยู่ตรงจุดกึ่งกลางของชุดขับเคลื่อนพอดี ซึ่งจะวางตัวอยู่ในคู่ลำดับ (x,y) และมีมุม ϕ เป็นมุมที่เกิดขึ้นระหว่างทิศทางของชุดขับเคลื่อนกับแกน x

ซึ่งมุม ϕ จะควบคุมการบิดตัวของหุ่นยนต์งู จากพื้นฐานการเคลื่อนที่ของงู จะมีรูปแบบการเคลื่อนที่คล้ายกับฟังก์ชันไซน์ เรียกการเคลื่อนที่นี้ว่า การเคลื่อนที่แบบเซอร์เพนไทน์ ดังนั้นถ้าต้องการหาค่ามุม เพื่อใช้ควบคุมการบิดของข้อต่อเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่แบบ เซอร์เพนไทน์ ก็สามารถหาค่ามุม ได้จากสมการ ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Funtion) ของ การเคลื่อนที่แบบ เซอร์เพนไทน์ (Serpentine)

$$\phi_i(t) = \alpha \, Sin \, (\omega t + (i-1)\beta) + \gamma \qquad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ϕ ค่าของมุมที่ชุดขับเคลื่อน มีหน่วยเป็น องศา

α ค่าอัลฟา มีหน่วยเป็น องศา

γ ค่าแกรมม่า มีหน่วยเป็น องศา

β ค่าเบต้า มีหน่วยเป็น องศา

ω ความเร็วเชิงมุม มีหน่วยเป็น เรเดียน ต่อ วินาที

i แทนลำดับของชุดขับเคลื่อนเป็นจำนวนเต็ม i = 1 ถึง n - 1

t เวลาในขณะใดๆ มีหน่วยเป็น วินาที

จากสมการการ (2.1) ค่าของมุม ϕ จะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (t) และค่าความเร็วเชิงมุมของการบิดตัว (ω) เมื่อค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นที่ใช้ในโครงงานนี้ คือ α มีค่าเท่ากับ 60 , β มีค่าเท่ากับ 30 และค่า γ มีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ได้ดีที่สุด และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวค่าใดค่าหนึ่งก็จะส่งผลให้รูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เลียนแบบการเคลื่อนที่ของงูมีการเคลื่อนที่เปลี่ยนไปจากรูปแบบเดิม

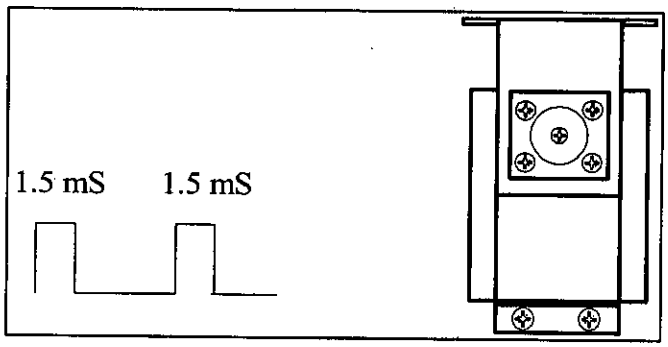
2.4 อุปกรณ์และหน้าที่การทำงาน

1.4.1 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

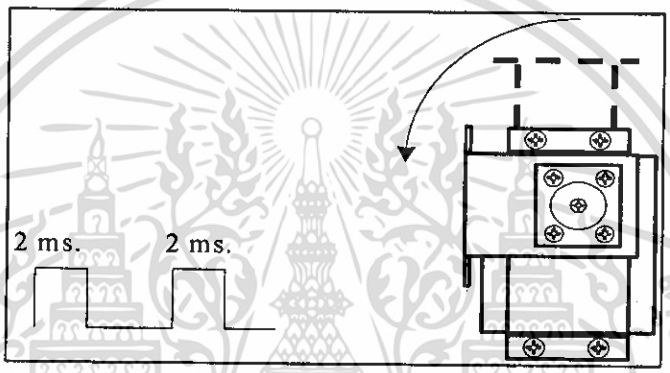
เซอร์โวมอเตอร์ประกอบด้วยมอเตอร์ความเร็วสูง ภายในมีเฟืองทดรอบให้หมุนช้าลง เพื่อที่จะได้กำลังบิดที่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีวงจรควบคุมมอเตอร์ซึ่งวงจรนี้จะนำเอาค่าเฉลี่ยของพัลซ์รูปคลื่นสี่เหลี่ยม เข้าไปเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพัลซ์ในวงจรควบคุมมอเตอร์ ซึ่งถ้ามีค่าที่ต่างกันวงจรควบคุมมอเตอร์จะสั่งให้มอเตอร์หมุนไปตามทิศทางที่ตั้งไว้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างของพัลซ์โดยที่แกนเฟืองทดรอบจะหมุนพ่วงไปกับแกนตัวต้านทานปรับค่าได้ (VR) ซึ่งอยู่ในวงจรควบคุมมอเตอร์ ในขณะที่มอเตอร์หมุน จะถูกปรับค่าไปด้วย ทำให้ค่าแรงดันเปรียบเทียบของวงจรควบคุมมอเตอร์เปลี่ยนไปด้วย จนกระทั่งค่าเฉลี่ยของพัลซ์ในวงจรควบคุมมอเตอร์เท่ากับค่าเฉลี่ยของพัลซ์ที่เข้ามา จึงจะทำให้มอเตอร์หยุดหมุน

เซอร์โวมอเตอร์จะประกอบไปด้วยสายไฟสามเส้น คือ สายไฟเลี้ยงวงจร สายกราวด์ และสายสัญญาณควบคุม ซึ่งลักษณะของสัญญาณพัลซ์ที่ใช้ควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์จะเป็นการส่งสัญญาณพัลซ์ที่มีความกว้างต่างกัน เพื่อควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยที่ความกว้างของพัลซ์จะเป็นตัวกำหนดขนาดและทิศทางการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ สำหรับคาบเวลาหรือระยะห่างระหว่างพัลซ์แต่ละลูกจะเป็นตัวกำหนดแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ ตัวอย่างการควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ในรูปที่ 2.6

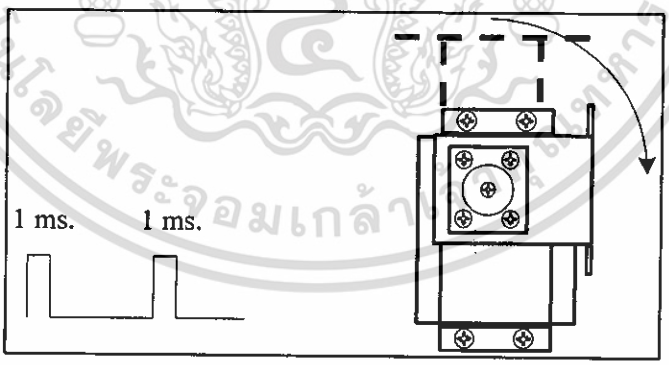
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. การตอบสนองของเซอร์โวเมื่อจ่ายพัลซ์ขนาด 1.5 mS



ข. การตอบสนองของเซอร์โวเมื่อจ่ายพัลซ์ขนาด 2 mS



ค. การตอบสนองของเซอร์โวเมื่อจ่ายพัลซ์ขนาด 1 mS

รูปที่ 2.6 การตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์ของสัญญาณพัลซ์ที่มีค่าความถี่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ากำหนดให้ในสภาวะปกติ เมื่อป้อนสัญญาณพัลซ์สี่เหลี่ยมที่มีความกว้างขนาด 1.5 mS ให้กับเซอร์โวมอเตอร์แกนของเซอร์โวมอเตอร์จะอยู่ ณ ตำแหน่งกลาง ดังรูปที่ 2.6(ก)

เมื่อป้อนสัญญาณพัลซ์สี่เหลี่ยมที่มีความกว้างขนาด 1 mS ให้กับเซอร์โวมอเตอร์แกนของเซอร์โวมอเตอร์จะมีทิศทางหมุนตามเข็มนาฬิกา ดังรูปที่ 2.6(ข)

เมื่อป้อนสัญญาณพัลซ์สี่เหลี่ยมที่มีความกว้างขนาด 2 mS ให้กับเซอร์โวมอเตอร์แกนของเซอร์โวมอเตอร์จะมีทิศทางหมุนทวนเข็มนาฬิกา ดังรูปที่ 2.6(ค)

2.4.1.1 การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

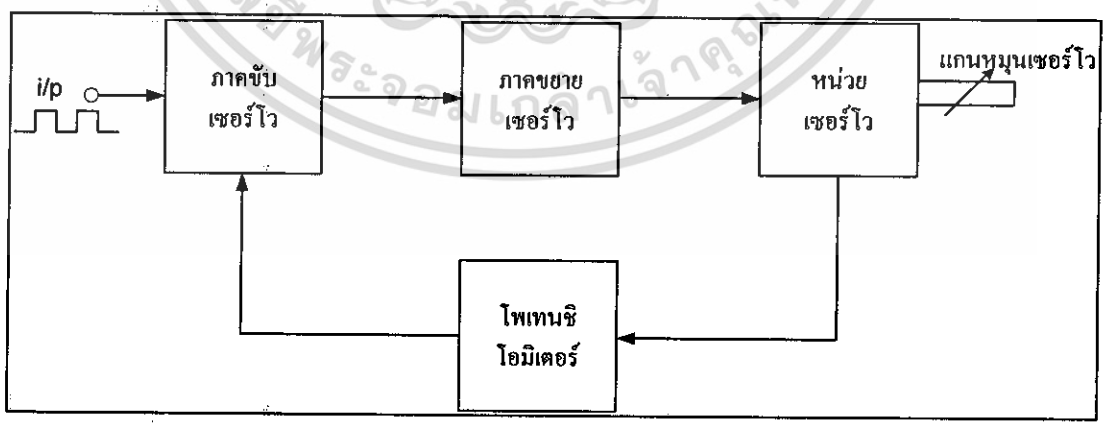
ในเซอร์โวมอเตอร์หนึ่งตัวจะประกอบไปด้วย 3 ภาคการทำงานซึ่งแต่ละภาคมีหน้าที่และการทำงานดังนี้

ภาคขับเซอร์โวมอเตอร์ ประกอบด้วย วงจรสร้างสัญญาณพัลซ์ และวงจรเปรียบเทียบสัญญาณพัลซ์ที่สร้างขึ้นกับสัญญาณพัลซ์ อินพุต (Input) ที่รับเข้ามา

ภาคขยายเซอร์โว ประกอบด้วย วงจร RC Network ให้ในการหน่วงสัญญาณให้เซอร์โวมอเตอร์สามารถทำงานได้ตลอดช่วงเวลา จนกระทั่งมีสัญญาณต่อไปเข้ามา รวมถึงวงจรกลับขั้วแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

หน่วยเซอร์โว ประกอบด้วยมอเตอร์ความเร็วสูง เฟืองทดรอบแกน ทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งการหมุนและส่งกลับไปยังภาครับ (Position Feedback) และอุปกรณ์ต่างๆ

ซึ่งในขณะที่มอเตอร์หมุนตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ (VR) จะถูกปรับค่า และส่งค่าป้อนกลับ(Feedback) กลับมาปรับความกว้างของพัลซ์และเปรียบเทียบค่าความกว้างของพัลซ์ที่ภาคขับเซอร์โวมอเตอร์ เมื่อขนาดความกว้างของพัลซ์มีค่าเฉลี่ยของค่าแรงดันเท่ากันมอเตอร์จะหยุดหมุนทันทีโดย ได้แสดงภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ในรูปที่ 2.7

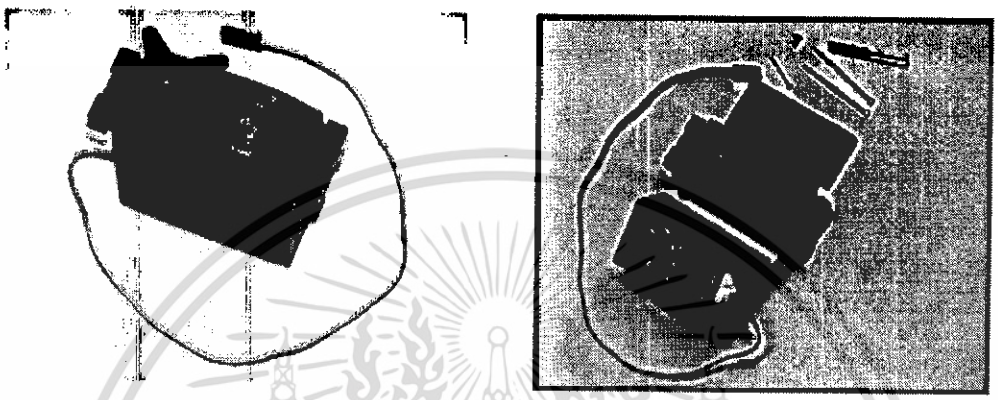


รูปที่ 2.7 ภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

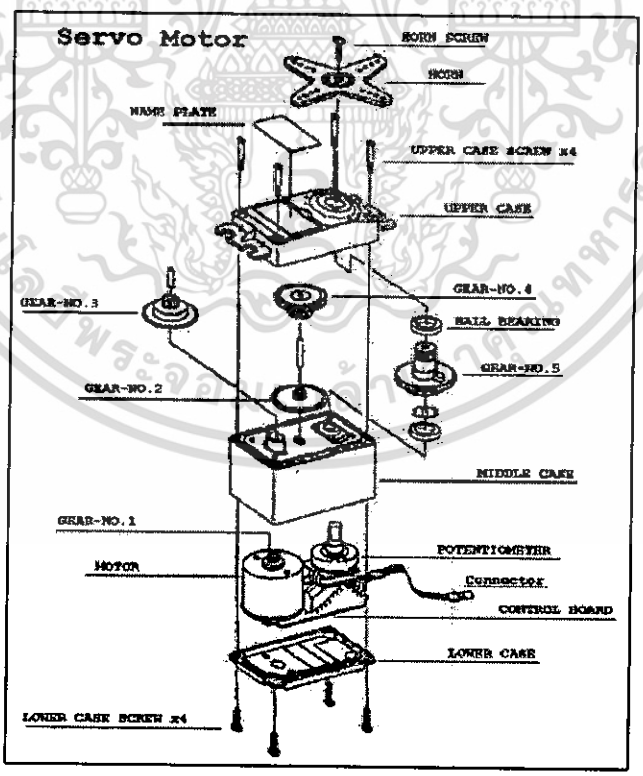
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของเซอร์โวมอเตอร์ รุ่น S3801

ภายในชุดเซอร์โวมอเตอร์ประกอบด้วย ชุดมอเตอร์ความเร็วสูงและชุดเฟืองทดรอบ จะทำให้มอเตอร์มีแรงบิดเพิ่มมากขึ้นซึ่งส่วนประกอบต่างๆของเซอร์โวมอเตอร์ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.8 แลรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.8 ภาพเซอร์โวมอเตอร์และส่วนประกอบภายใน

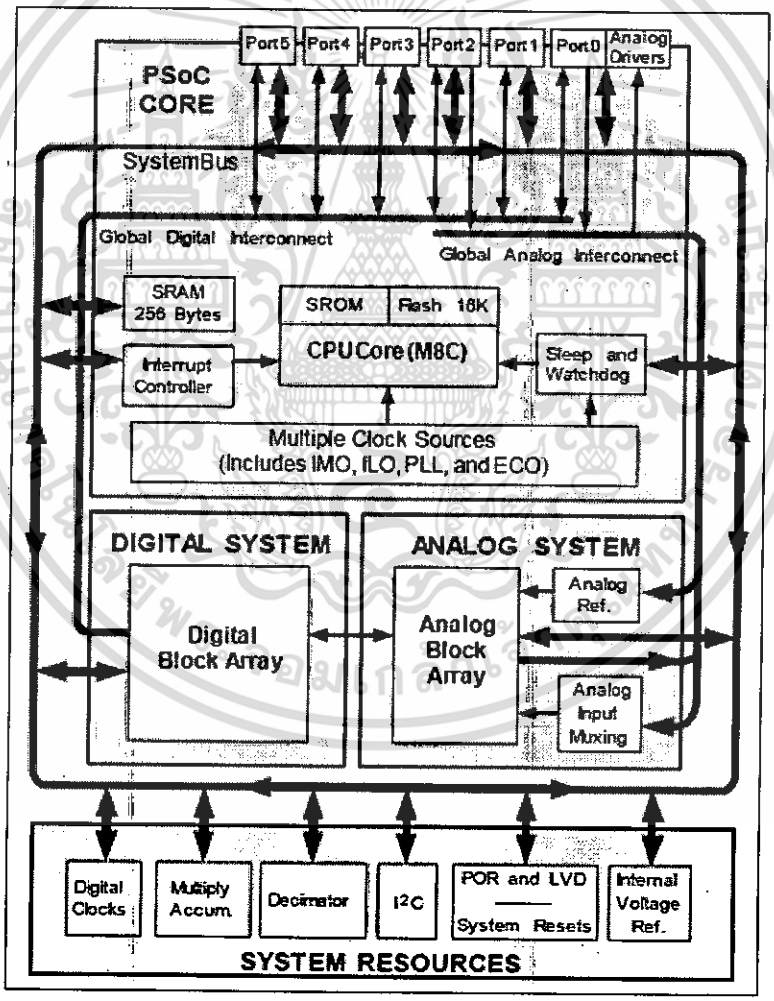


รูปที่ 2.9โครงสร้างภายในของเซอร์โวมอเตอร์ [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro controller) PSoC CY8C27443

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในยุคแรกๆ นั้นมีความสามารถในการประมวลผลได้เฉพาะสัญญาณลอจิก (Logic)หรือสัญญาณดิจิตอล (Digital) เท่านั้น หากระบบใดมีความจำเป็นต้องติดต่อกับสัญญาณอนาล็อก (Analog) เช่น การวัดอุณหภูมิ การวัดค่าแรงดันไฟฟ้า เป็นต้น จะต้องเพิ่มเติมวงจรอินเตอร์เฟส (Interface) เข้าไป เพื่อให้ระบบมีความสามารถที่จะรองรับการทำงานในส่วนที่ต้องการ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการพัฒนาระบบไมโครคอนโทรเลอร์นั้นมิใช่เพียงแค่การศึกษาโครงสร้างและการเขียนโปรแกรมเท่านั้นหากแต่ยังจำเป็นต้องศึกษาถึงวงจรอินเตอร์เฟสในรูปแบบต่างๆ เพื่อทำให้ระบบไมโครคอนโทรเลอร์นั้นสามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และครอบคลุมความต้องการของงาน รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC

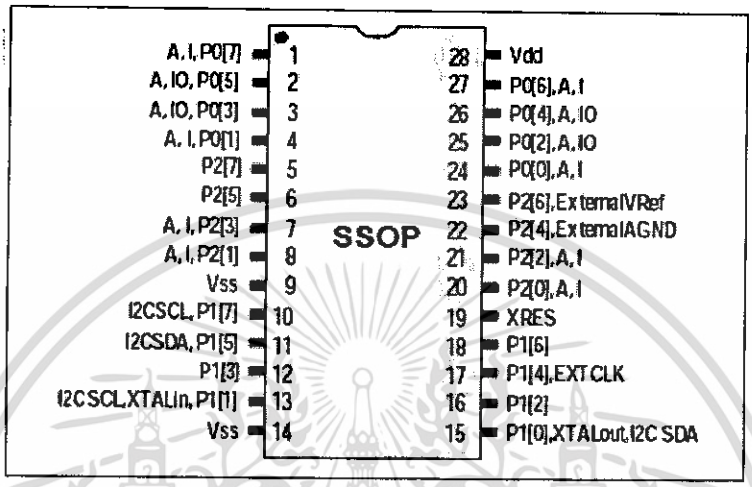


รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การจัดขาสัญญาณต่างๆ ของ PSoC ไมโครคอนโทรเลอร์

ขาสัญญาณของ PSoC มีลักษณะคล้ายกับไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์อื่นๆ คือมีทั้งขาสัญญาณอินพุต เอาต์พุต ซึ่งในบางขาอาจทำหน้าที่มากกว่าหนึ่งหน้าที่ หน้าที่การทำงานของสัญญาณต่างๆ ของ PSoC สามารถสรุปได้ตามรูปที่ 2.11 และ ตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.11 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoC เบอร์ CY8C27443 [3]

ชื่อขา	รายละเอียดของขา	อินพุต/ เอาท์พุท
SMP	Switch Mode Pum	Power
Vdd	Supply Voltage	Power
Vss	Ground	Power
XRES	Extemal Reset (Active High)	Input
XRES	Extemal Reset (Active High)	Input
P0[0]-P0[1]	Port 0[0],0[1],Analog Input	Input/Output
P0[2]-P0[5]	Port 0[2],0[3], 0[4],0[5], Analog Input/Output	Input/Output
P0[6]-P0[7]	Port 0[6],0[7],Analog Input	Input/Output
P1[0]	Port 1[0],XTALOut/SDATA/ I^2C SDA	Input/Output
P1[1]	Port 1[1],XTALIN/SCLK/ I^2C SDA	Input/Output
P1[2]	Port1[2]	Input/Output
P1[3]	Port1[3]	Input/Output

ตารางที่ 2.1 การจัดขาของ PSoC ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อขา	รายละเอียดของขา	อินพุต/ เอาท์พุท
P1[4]	Port1[4],EXTCLK	Input/Output
P1[5]	Port1[5],I2C SDA	Input/Output
P1[6]	Port1[6]	Input/Output
P1[7]	Port1[7],I2C SCL	Input/Output
P2[0]-P2[3]	Port2[0],2[1],2[2],2[3],Non-Multiplexed Analog Input (Switched Capacitor)	Input/Output
P2[4]	Port2[4],Extemal AGND	Input/Output
P2[5]	Port2[5]	Input/Output
P2[6]	Port2[6],Extemal VREF	Input/Output
P2[7]	Port2[7]	Input/Output
P3[0]-P3[7]	Port3[0],3[1],3[2],3[3],3[4],3[5],3[6],3[7]	Input/Output
P4[0]-P4[7]	Port4[0],4[1],4[2],4[3],4[4],4[5],4[6],4[7]	Input/Output
P5[0]-P5[3]	Port5[0],5[1],5[2],5[3],5[4],5[5]	Input/Output

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) การจัดขาของ PSoC ไมโครคอนโทรลเลอร์

จากตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นการกำหนดขาสัญญาณมาตรฐานของ PSoC ไมโครคอนโทรเลอร์ นั่นหมายความว่าไมโครคอนโทรลเลอร์บางตัวอาจจะไม่มีขาสัญญาณบางขาปรากฏอยู่ในตาราง เช่นเบอร์ CY8C27443 ไม่มีขาพอร์ต P3 , P4 และ P5 เป็นต้น

ขาพอร์ตของ PSoC สามารถเป็นขาอินพุตได้อย่างอิสระ และเป็นขาสัญญาณที่มีสภาวะการทำงานได้หลายรูปแบบ เช่น (pull-up) , (pull-down) , (open drain) เป็นต้น ซึ่งการทำงานต่างๆ เหล่านี้สามารถเลือกได้ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

นอกจากการใช้งานขาพอร์ตต่างๆ เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต ทั่วไปแล้ว ขาพอร์ตบางขายังมีหน้าที่เฉพาะอย่าง ดังต่อไปนี้

- VDD เป็นขาสำหรับรับไฟเลี้ยง ต่อกับไฟ 5 โวลท์
- GND เป็นขากราวด์ ต่อกับไฟ 0 โวลท์
- XRES เป็นขารับสัญญาณรีเซต เมื่อขานี้เป็นลอจิก "1" CPU จะถูกรีเซต
- P0[2]–P0[5] เป็นขาสำหรับสัญญาณทางอนาล็อกเข้ามาภายในเพื่อทำการประมวลผลนอกจากนี้แล้วยังสามารถส่งสัญญาณ อนาล็อกออกไปทางขาเหล่านี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- P0[6]–P0[7] เป็นขาสำหรับรับสัญญาณ ทางอนาล็อกเข้ามาภายในเพื่อทำการประมวลผล ไม่สามารถส่งสัญญาณอนาล็อกไปได้

- P1[0] เป็นขา XTAL out ใช้สำหรับต่อกับ XTAL เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกากับ PSoC (ใช้งานร่วมกันกับ P1[1]) นอกจากนี้แล้วขานี้ยังถูกใช้เป็นขาสัญญาณในการรับ/ส่งข้อมูลแบบอนุกรมด้วย (ทั้ง SPI และ I^2C)

- P1[0] เป็นขา XTAL in ใช้สำหรับต่อกับ XTAL เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาให้กับ PSoC (ใช้งานร่วมกันกับ P1[0]) นอกจากนี้แล้วขานี้ยังถูกใช้เป็นขาสัญญาณในการรับสัญญาณนาฬิกาสำหรับรับ/ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (ทั้ง SPI และ I^2C)

- P1[4] เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก

- P1[5] เป็นขารับ/ส่งข้อมูลของ I^2C ซึ่งเรียกว่าขา SDA (Serial Data)

- P1[7] เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาในการรับ/ส่งข้อมูลของ I^2C เพื่อให้ด้านส่งและด้านรับทำการรับ/ส่งข้อมูลได้อย่างสอดคล้องกัน ซึ่งเรียกขานี้ว่า SCL(Serial Clock)

- P2[0]-P2[3] เป็นขารับสัญญาณอนาล็อกแบบ (Non-Multiplexed)

- P2[6] เป็นขารับสัญญาณอ้างอิงจากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

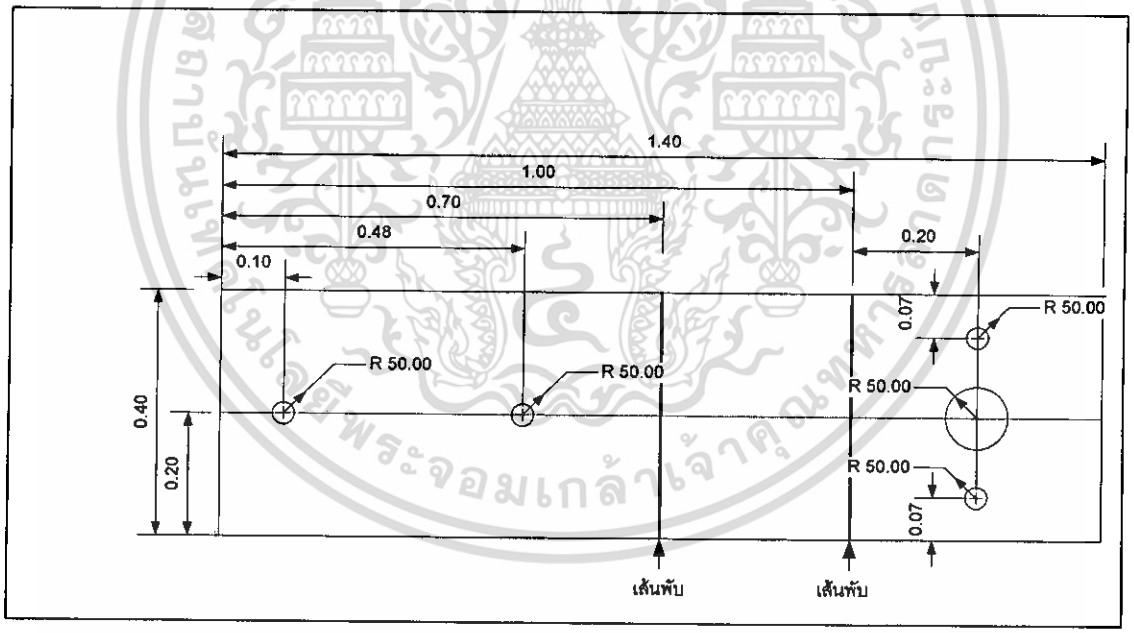
บทที่3
การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์เลียนแบบการเคลื่อนที่ของงู

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบส่วนประกอบและโครงสร้างโดยรวมของหุ่นยนต์เลียนแบบการเคลื่อนที่ของงูหลังจากที่ได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีของหุ่นยนต์และหลักการทำงานของหุ่นยนต์กันมาแล้วก่อนหน้านี้ ซึ่งส่วนประกอบต่างๆของหุ่นยนต์เลียนแบบการเคลื่อนที่ของงู มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 โครงสร้างและองค์ประกอบต่างๆของตัวหุ่นยนต์ทางด้านฮาร์ดแวร์

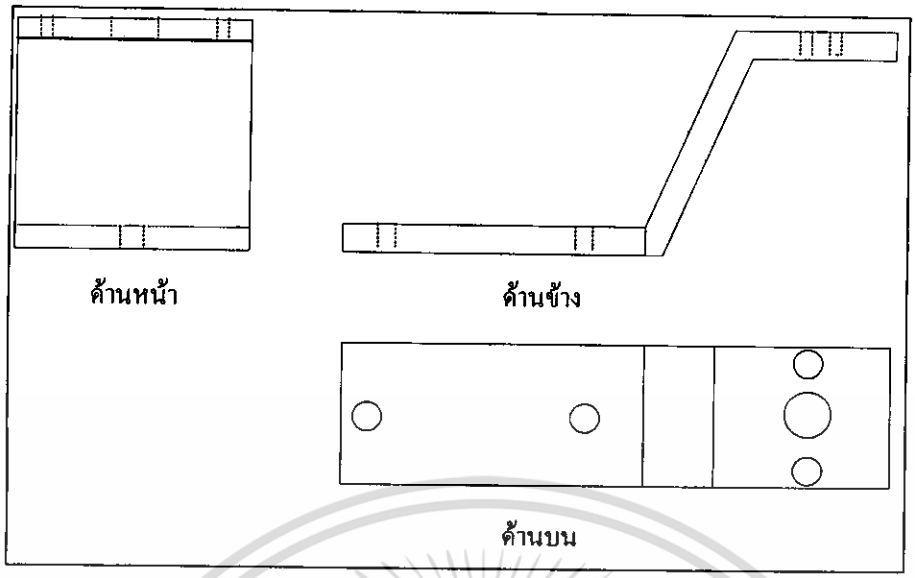
3.1.1 ขนาดและการออกแบบส่วนของข้อ

อะลูมิเนียมที่ใช้ในการทำข้อต่อของหุ่นยนต์งูในแต่ละข้อนั้นเราจะใช้แผ่นอะลูมิเนียมหนา 0.3 มิลลิเมตร และยาว 15 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 ขนาดของข้อต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

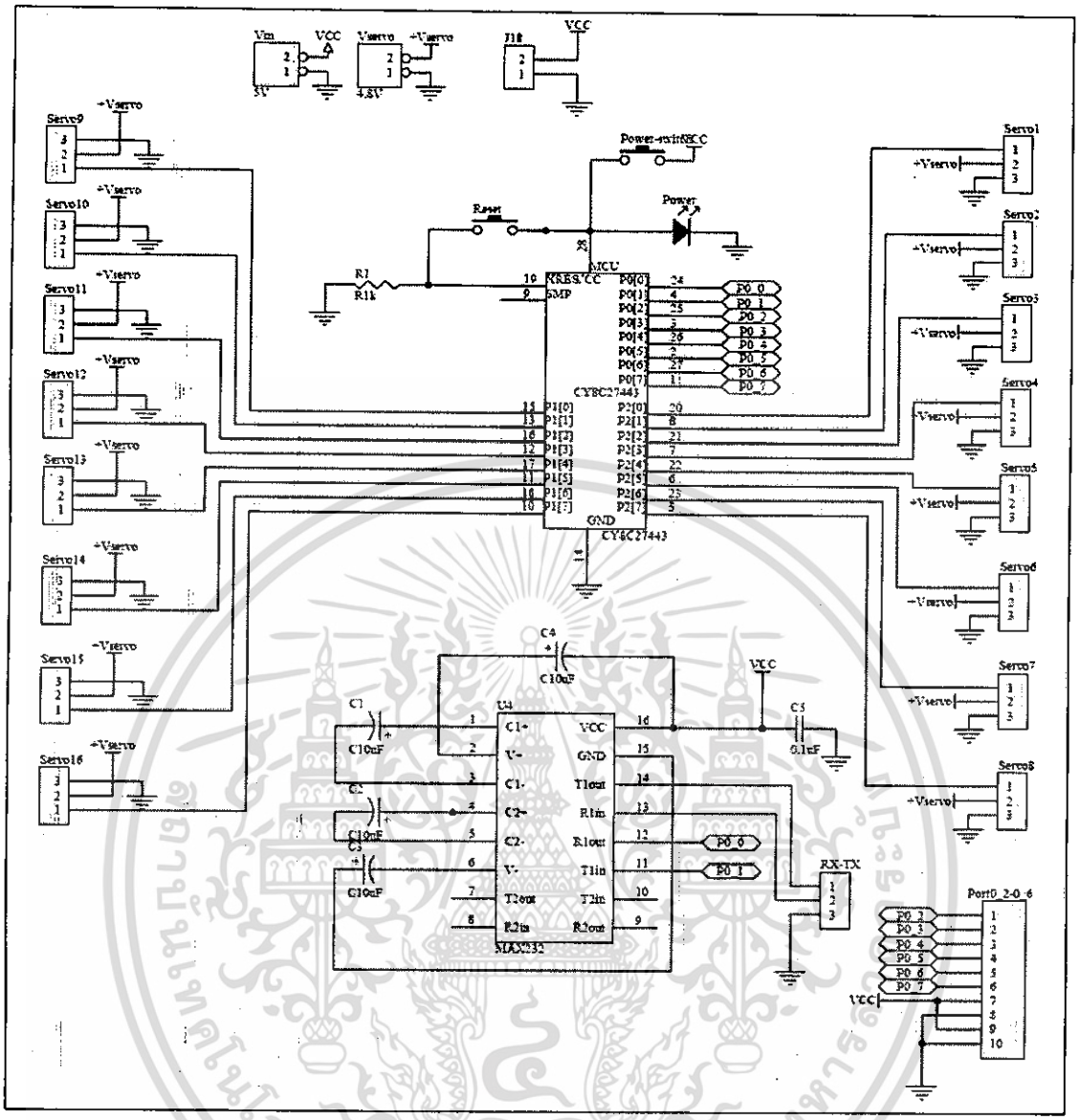


รูปที่ 3.2 รูปแบบของข้อต่อในมุมมองต่างๆ

3.1.2 การออกแบบวงจร ควบคุม

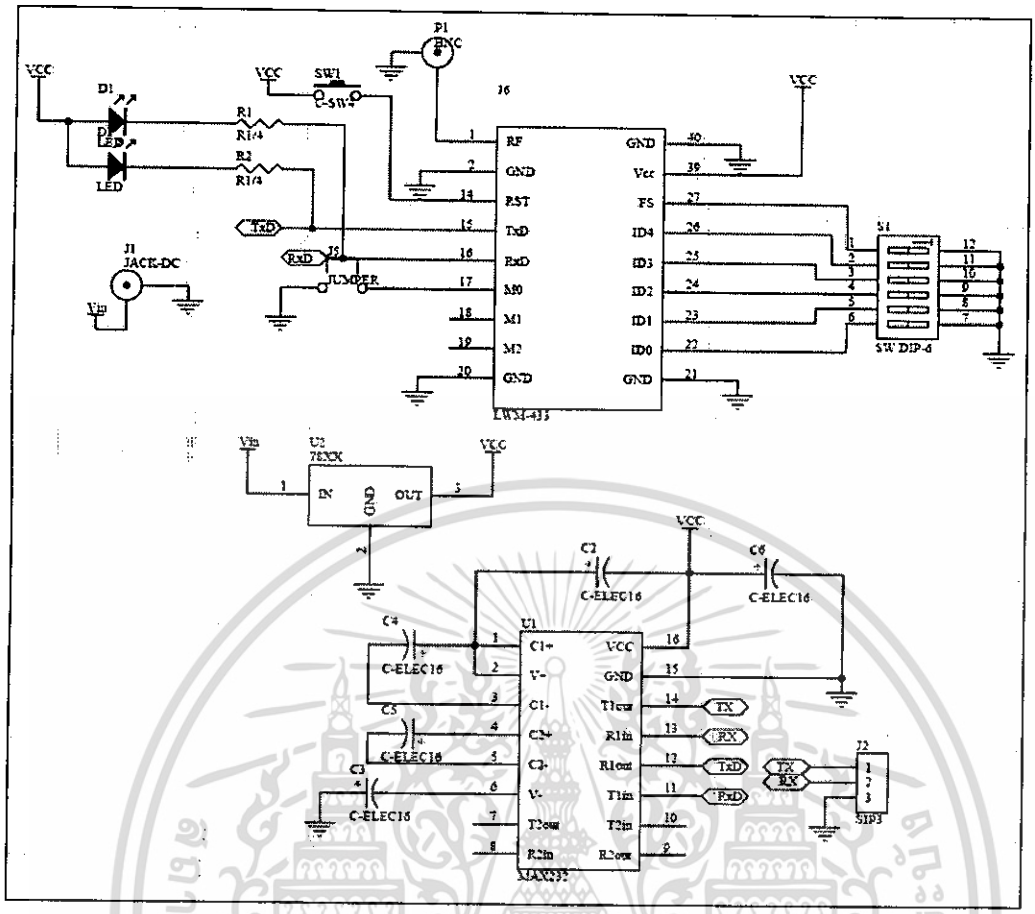
ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PSoC เบอร์CY-27443 เป็นตัวควบคุมการทำงานของตัวหุ่นยนต์ ซึ่งจะรับสัญญาณควบคุมมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยมีวงจรแสดงดังรูปที่ 3.3 และวงจรชุดรับส่งข้อมูลแบบไร้สายแสดงได้ดังรูปที่ 3.4

72634
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

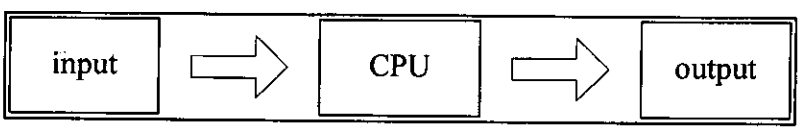


รูปที่ 3.4 วงจรรับ-ส่งข้อมูลผ่าน RS232 แบบไร้สาย

3.2 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน

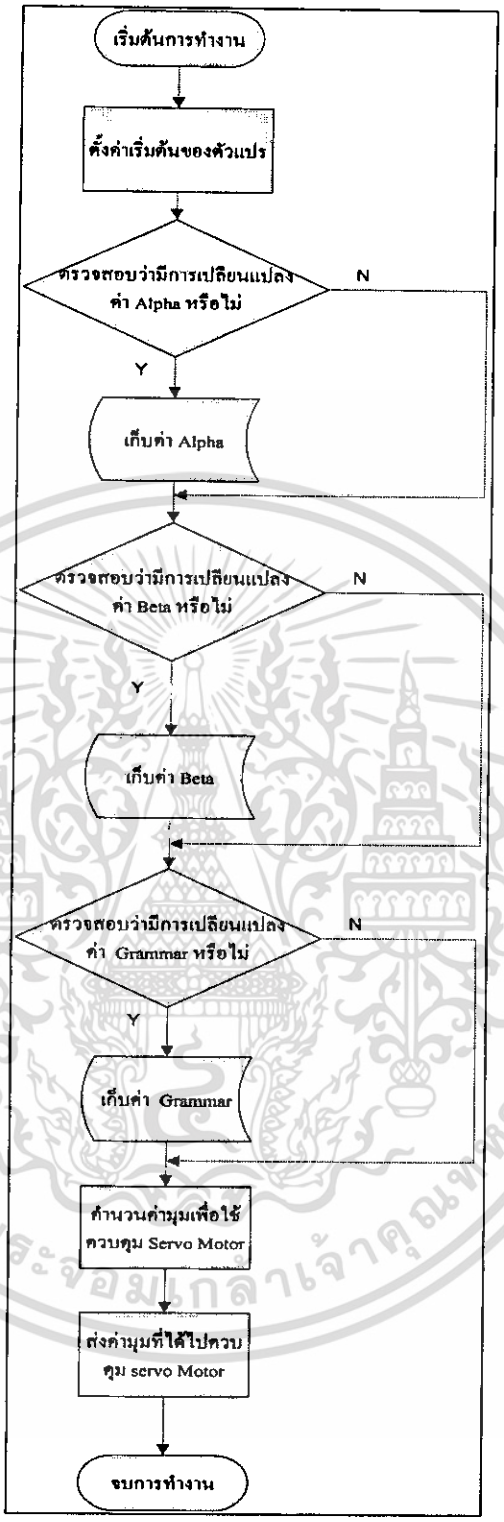
1.4.1 โครงสร้างการทำงานโดยรวมของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

ประกอบไปด้วย ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน(User Interface) จะเป็นส่วนที่ใช้รับคำสั่งจากผู้ใช้งาน (Input) เข้ามาแล้วทำการส่งข้อมูลส่วนคำสั่งไปยังชุดประมวลผลกลาง(Central Processing Unit) ซึ่งในโครงงานนี้ก็คือไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อส่วนประมวลผลกลางได้รับคำสั่งเข้ามาจะนำคำสั่งไปประมวลผลว่า คำสั่งนั้นมีความหมายว่าอย่างไรบ้าง เมื่อประมวลผลชุดคำสั่งเสร็จก็จะทำการส่งผลลัพธ์(Output)ที่ได้จากการประมวลผล ให้สามารถนำไปใช้งานได้ รูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างบล็อกการทำงานทางด้านซอฟท์แวร์



รูปที่ 3.5 บล็อกการทำงานทางด้านซอฟท์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

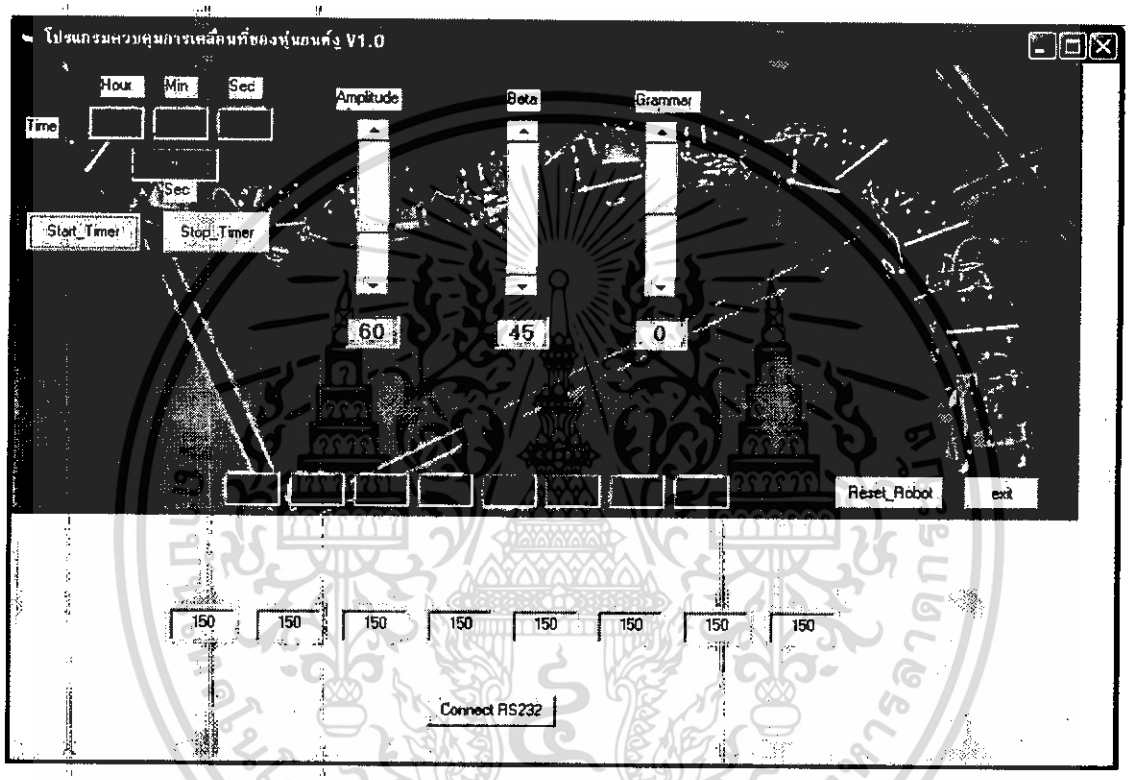


รูปที่ 3.6 กระบวนการทำงานทางด้านซอฟท์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)

ส่วนติดต่อกับผู้ใช้จะเป็นส่วนที่คอยรับคำสั่งจากผู้ใช้งานเพื่อจะทำให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เลียนแบบการเคลื่อนที่ของงูได้ ซึ่งในส่วนของโปรแกรมที่เราใช้ทำในส่วนติดต่อผู้ใช้งาน เราพัฒนาขึ้นมาจากโปรแกรม Microsoft Visual Basic6.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ง่ายต่อการพัฒนาหรือว่าแก้ไขเพิ่มเติมได้ซึ่งหน้าจอของโปรแกรมที่ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้งาน(User Interface) แสดงได้ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 หน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้

ในบทนี้ได้กล่าวถึงรายละเอียดขั้นตอน ในการออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์ และซอฟท์แวร์ของตัวโครงงานที่ได้ทำการออกแบบมาเพื่อใช้ในโครงงานชิ้นนี้ และในบทต่อไปจะกล่าวถึงผลการทดลองที่ได้ทำการทดลองให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ในรูปแบบต่างๆตามคำสั่งที่ได้รับจากผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทดลองและผลการทดลองชิ้นงาน เพื่อหาข้อสรุป และผลการทำงานของชิ้นงาน ว่าชิ้นงานที่เราสร้างขึ้นมานั้นสามารถทำงานและข้อผิดพลาด เพื่อจะได้นำไปปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้น

ในการทดลองนี้จะเป็นการควบคุมหุ่นยนต์ให้มีการเคลื่อนที่ตามรูปแบบที่สั่งจากเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมควบคุมที่พัฒนาขึ้นมา ซึ่งโปรแกรมจะส่งคำสั่งผ่านโมดูลเครื่องส่งไร้สาย ไปยังตัวหุ่นยนต์

4.1 การทดลองควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

ขั้นตอนการทดลองนี้จะควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามรูปแบบการเคลื่อนที่แบบเซอร์เพนไทน์ โดยขั้นตอนการทดลองก็ทำการต่อโมดูลเครื่องส่งข้อมูลแบบไร้สายเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยต่อผ่านพอร์ตอนุกรม จากนั้นก็เปิดโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาเองโดยผู้จัดทำโครงงานนี้ แล้วก็เริ่มการทำงานของโปรแกรมควบคุม โปรแกรมก็จะส่งค่าที่ใช้ควบคุมการทำงานไปให้หุ่นยนต์โดยผ่านชุดส่งข้อมูลแบบไร้สาย ค่าเริ่มต้นของโปรแกรมควบคุมการทำงานใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

α =60 องศา

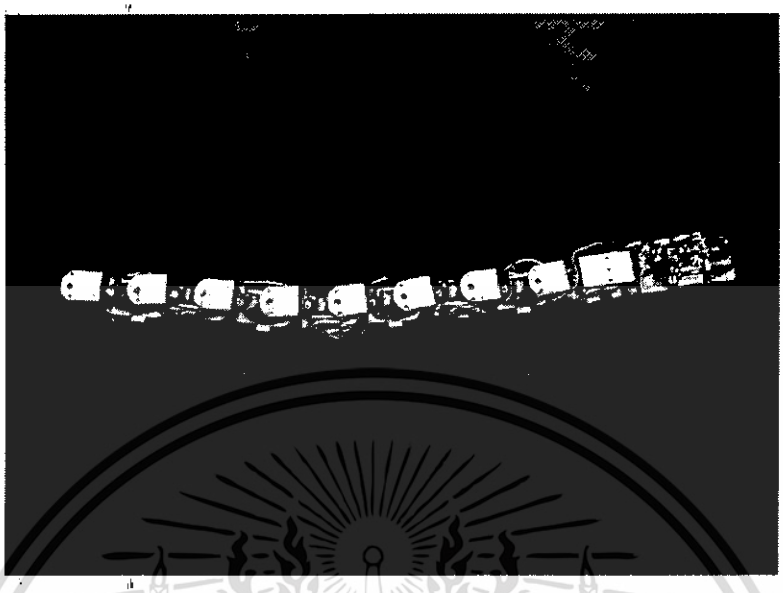
β =30 องศา

γ =0 องศา

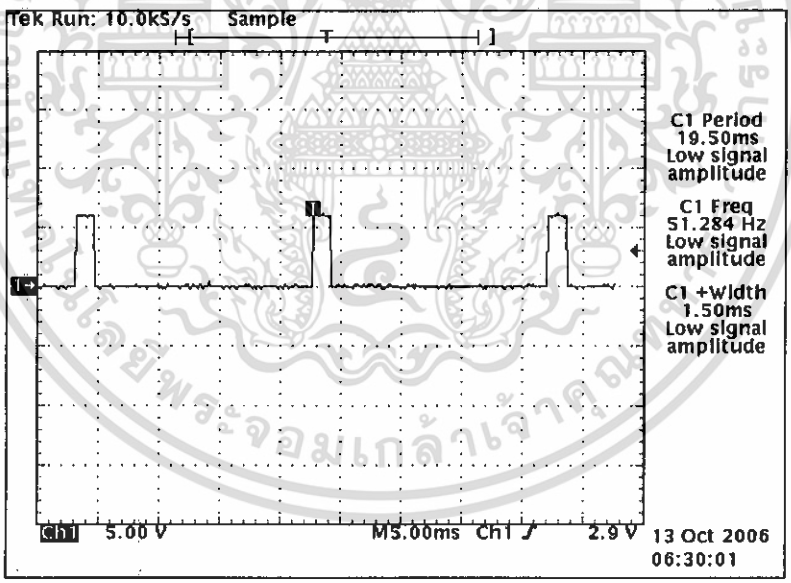
ทำการทดลองวัดสัญญาณพัลซ์ที่จ่ายให้เซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวเริ่มต้นตั้งแต่ ที่เวลา t=0 วินาที ถึงเวลา t=6 วินาที ซึ่งได้ผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่เวลา t=0 วินาที



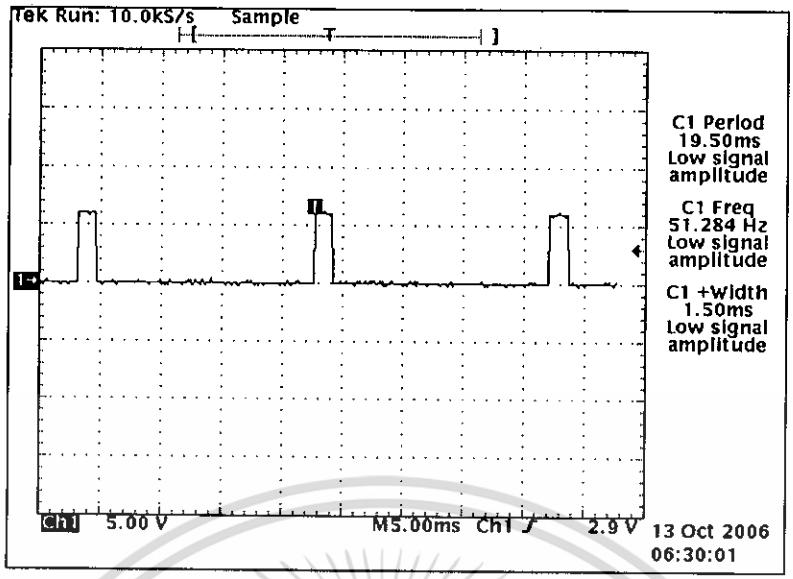
รูปที่ 4.1 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ t=0 วินาที



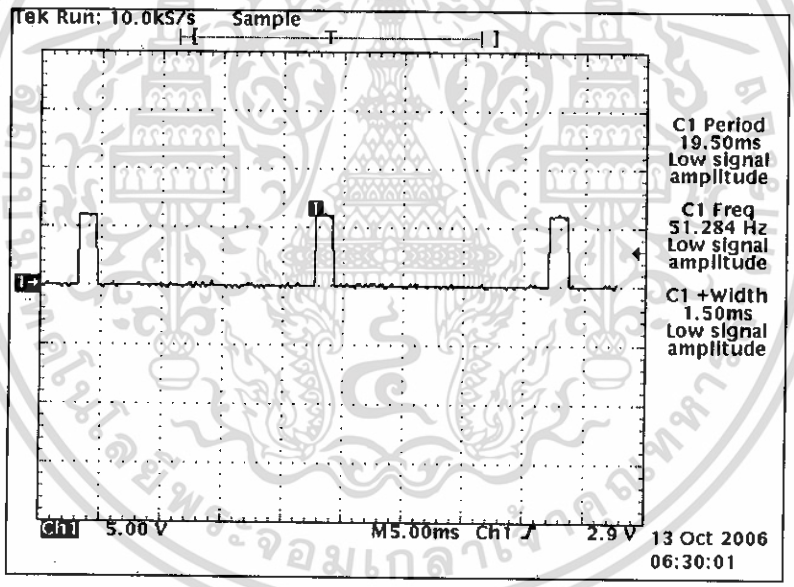
Servo 1

รูปที่ 4.2 รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=0 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



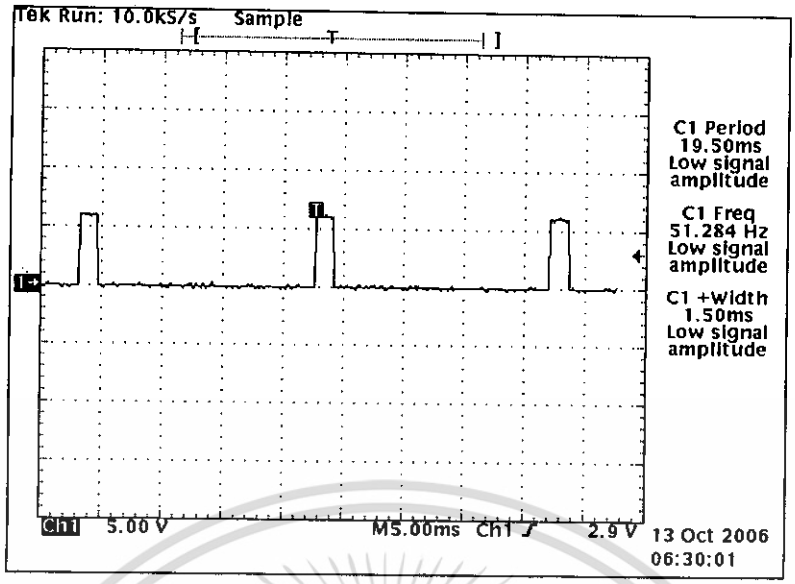
Servo 2



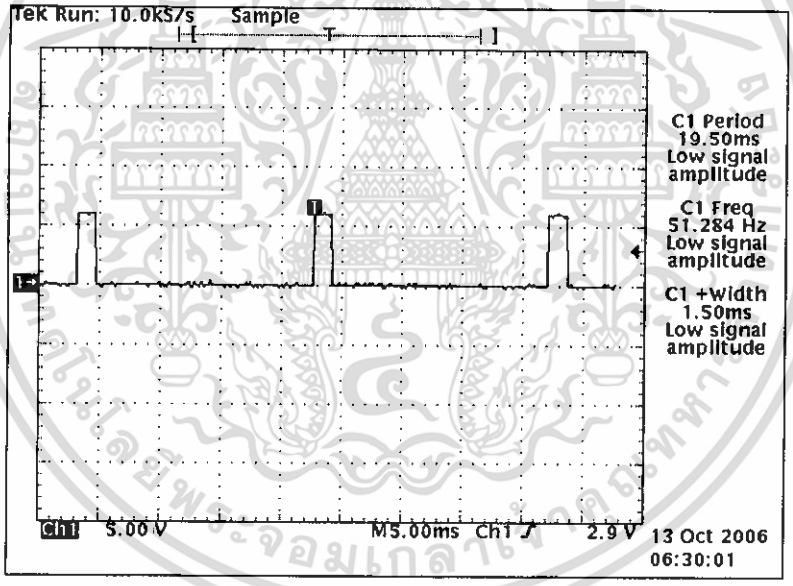
Servo 3

รูปที่ 4.2 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=0 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



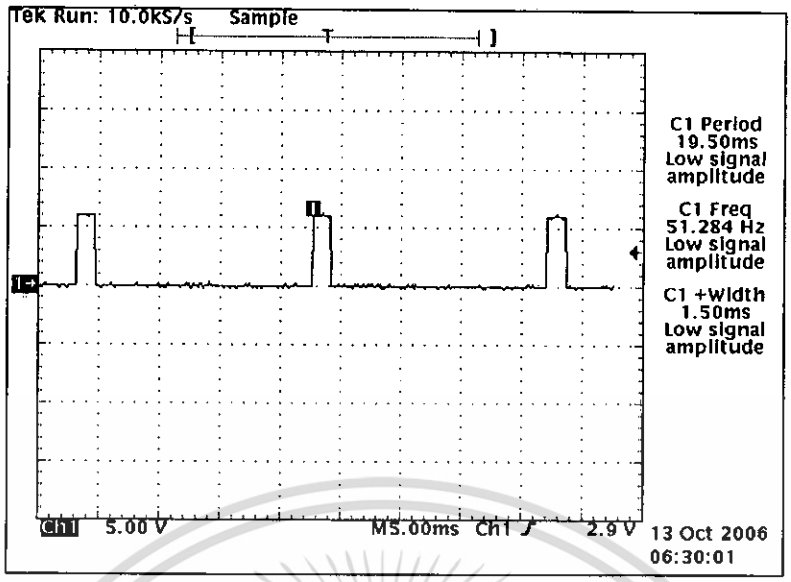
Servo 4



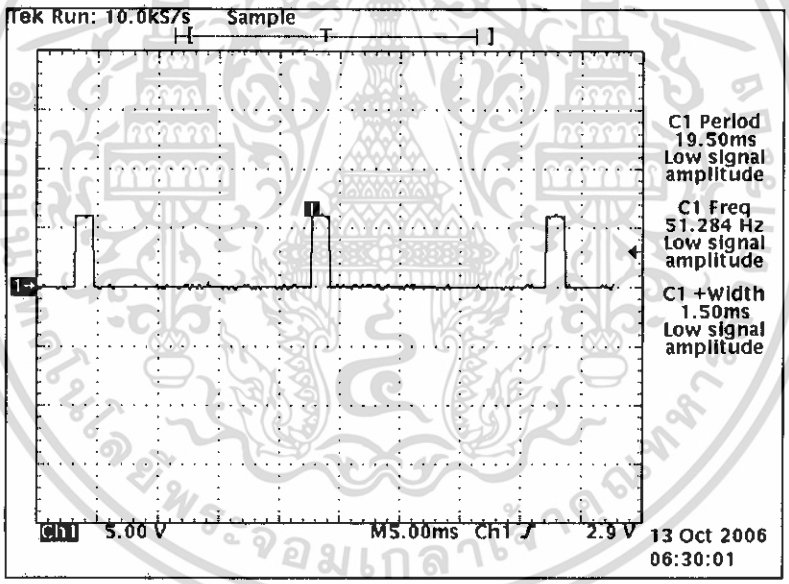
Servo 5

รูปที่ 4.2 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=0 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



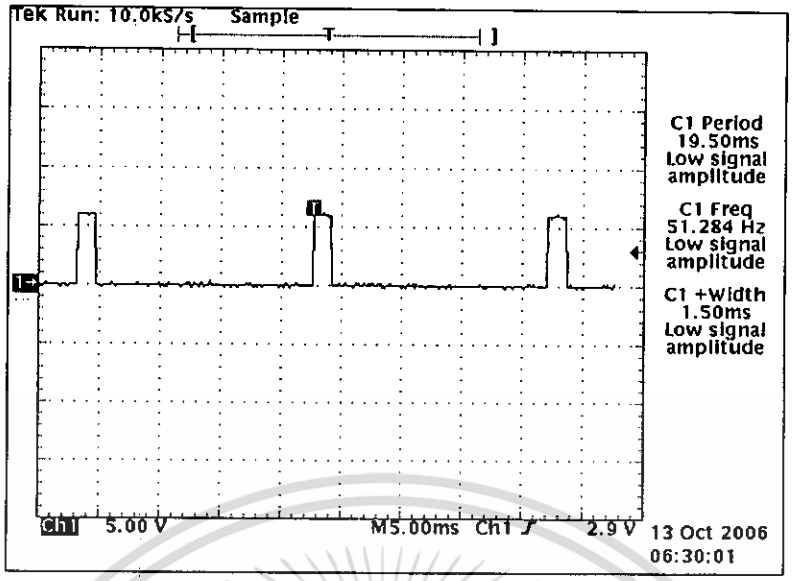
Servo 6



Servo 7

รูปที่ 4.2 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=0 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Servo 8

รูปที่ 4.2 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=0 วินาที

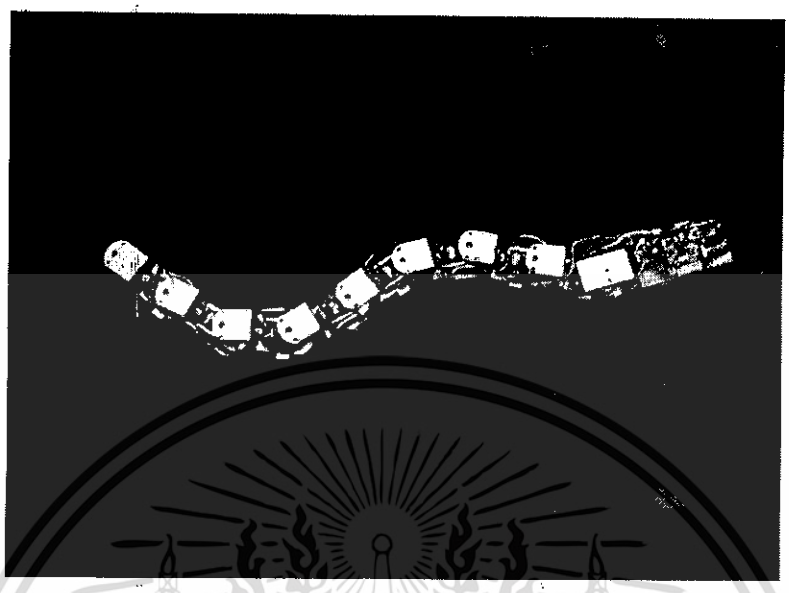
จากรูปที่ 4.2 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะคล้ายกับเส้นตรง เพื่อที่จะเตรียมทำงานในจังหวะต่อไป ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 20 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้น จะแตกต่างไปดังที่แสดงตามตาราง ที่ 4.1

เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
1	1.50 mS	2	1.50 mS
3	1.50 mS	4	1.50 mS
5	1.50 mS	6	1.50 mS
7	1.50 mS	8	1.50 mS

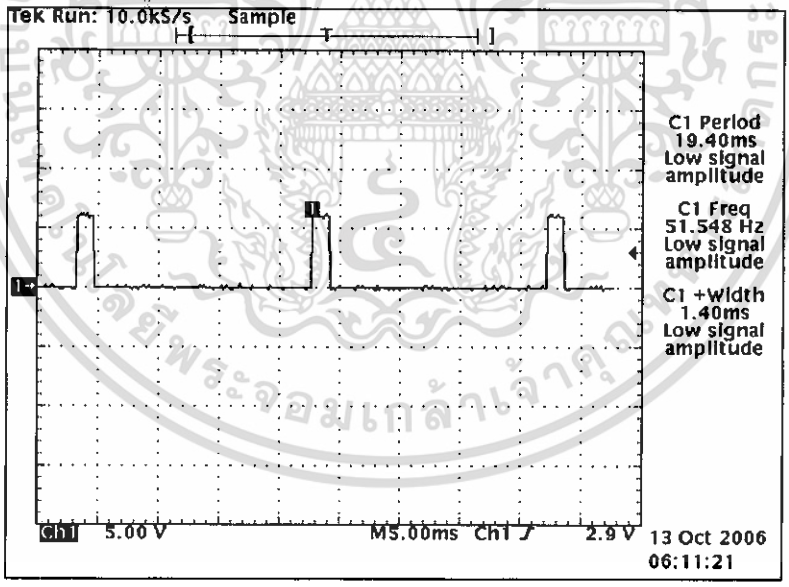
ตารางที่ 4.1 ค่าความกว้างของพัลซ์ที่จ่ายให้เซอร์โวแต่ละตัว ที่ t= 0 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่เวลา t=1 วินาที



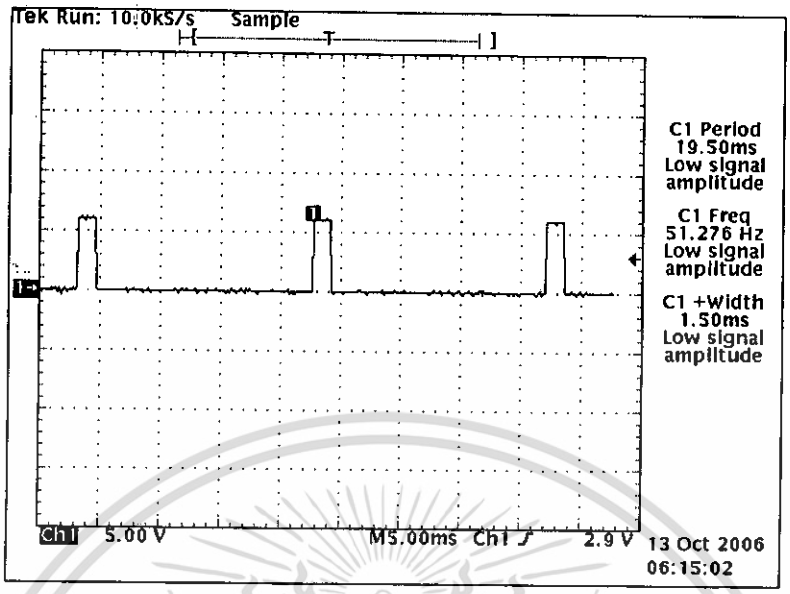
รูปที่ 4.3 แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ t=1 วินาที



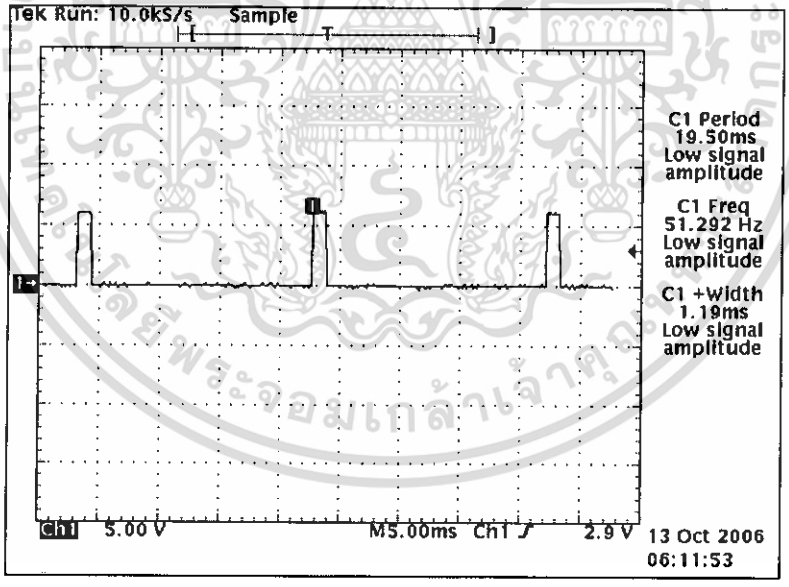
Servo 1

รูปที่ 4.4 รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=1 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



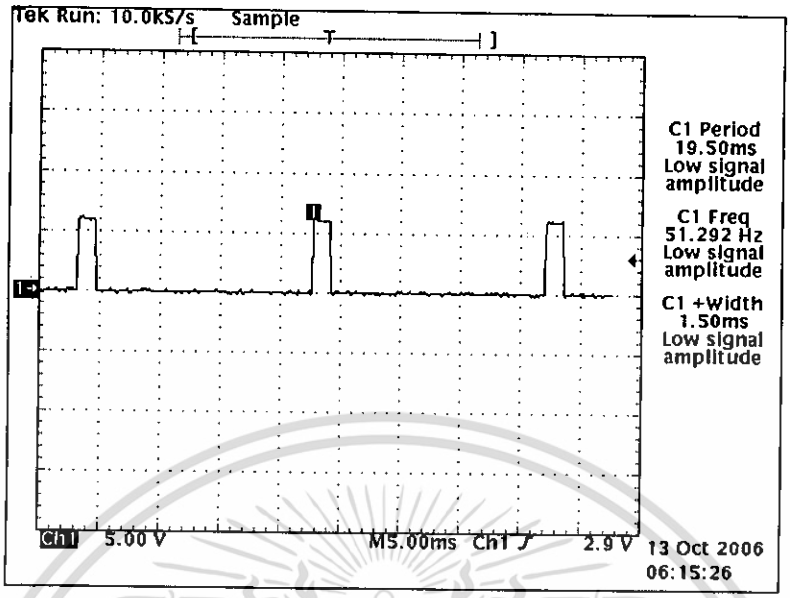
Servo 2



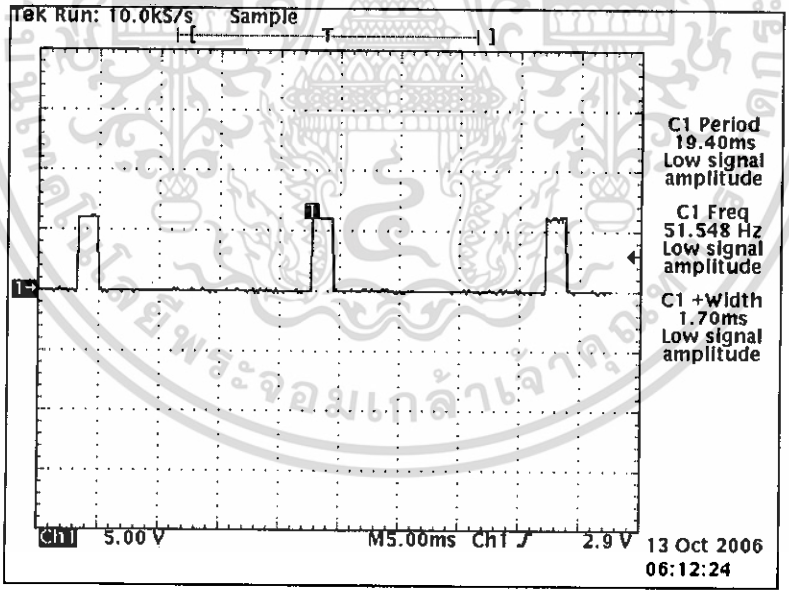
Servo 3

รูปที่ 4.4 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=1 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



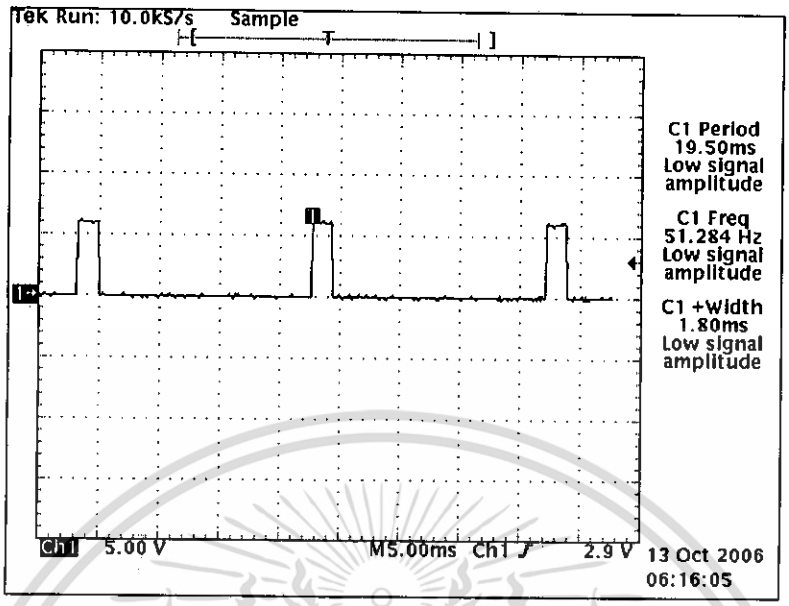
Servo 4



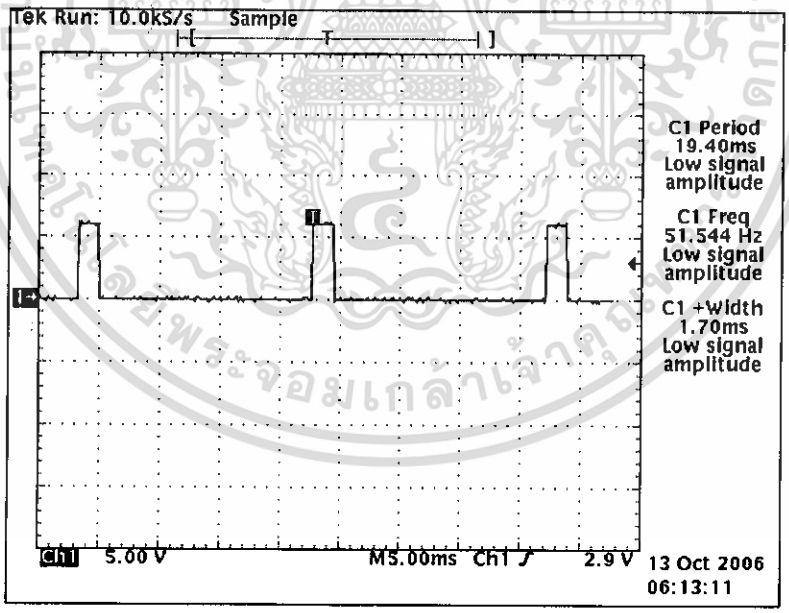
Servo 5

รูปที่ 4.4 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=1 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



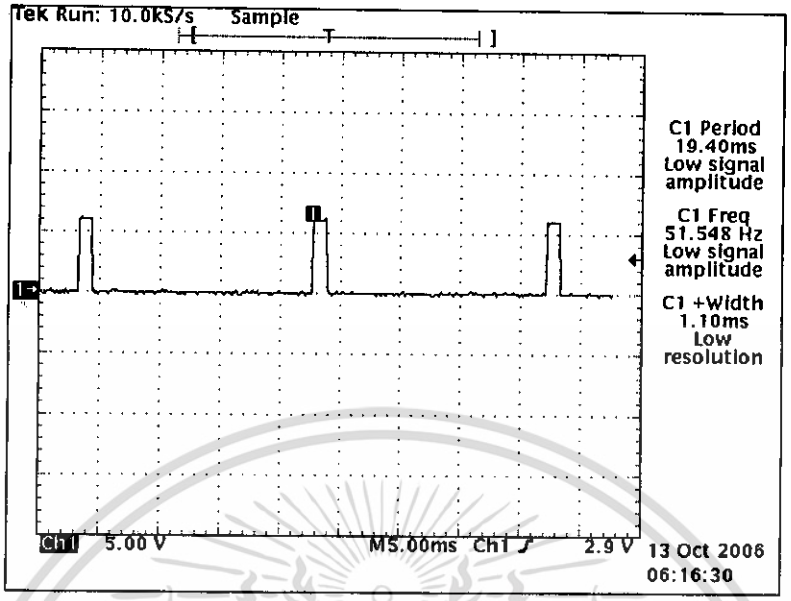
Servo 6



Servo 7

รูปที่ 4.4 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=1 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Servo 8

รูปที่ 4.4 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=1 วินาที

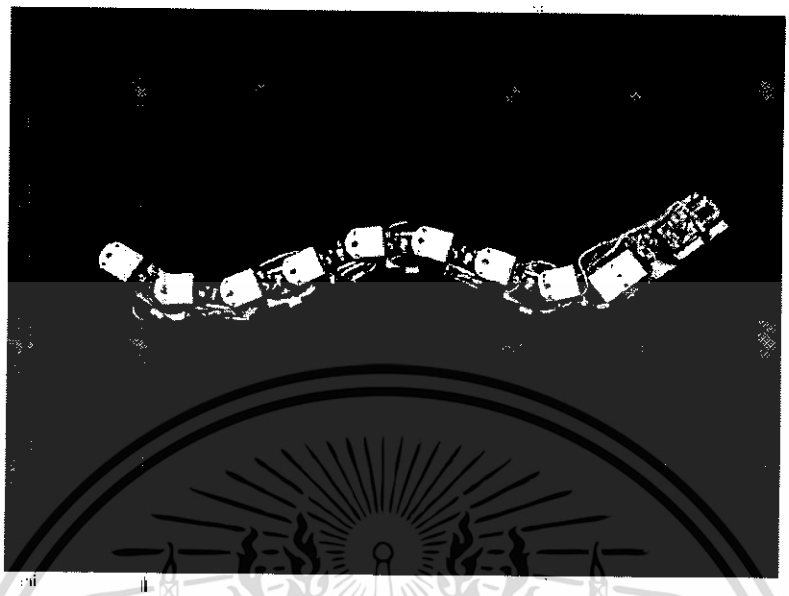
จากรูปที่ 4.4 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะคล้ายกับรูปคลื่นไซน์ ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 20 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังที่แสดงตามตาราง ที่ 4.2

เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
1	1.40 mS	2	1.50 mS
3	1.19 mS	4	1.50 mS
5	1.70 mS	6	1.80 mS
7	1.70 mS	8	1.10 mS

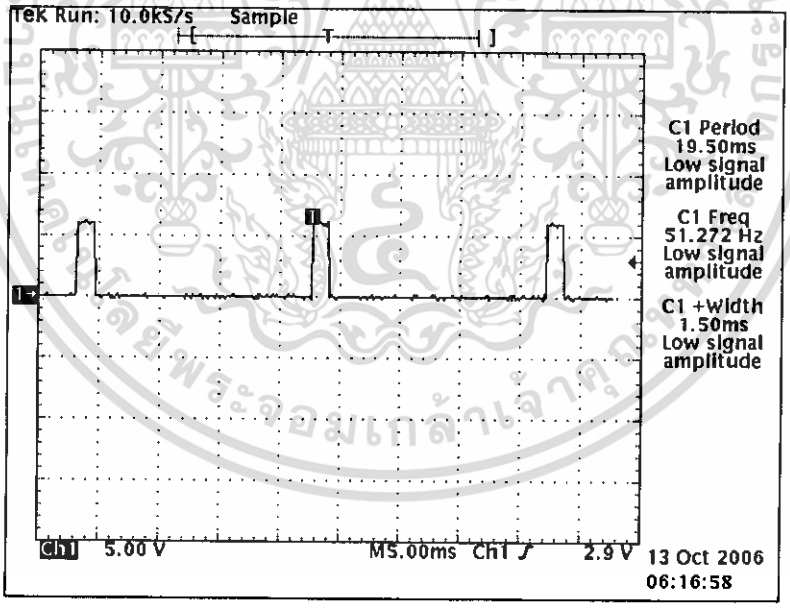
ตารางที่ 4.2 ค่าความกว้างของพัลซ์ที่จ่ายให้เซอร์โวแต่ละตัว ที่ t= 1 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่เวลา t=2 วินาที



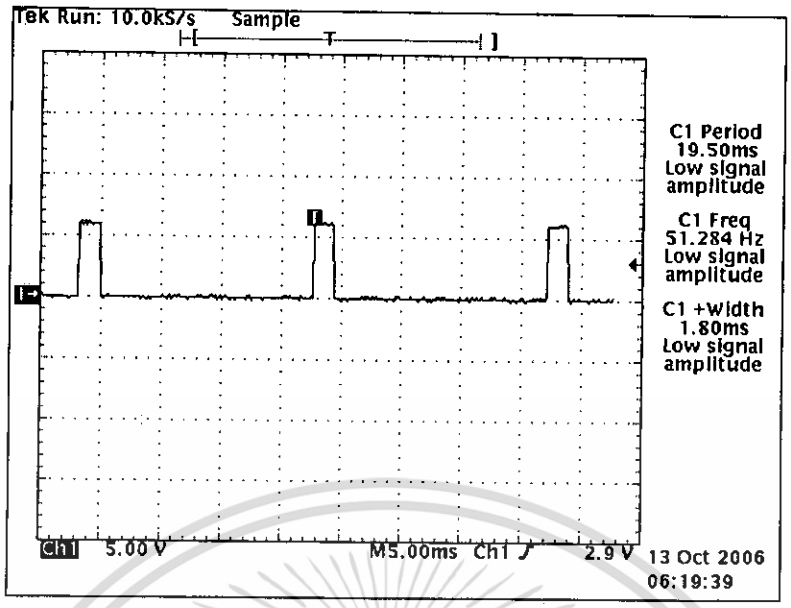
รูปที่ 4.5 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ t=2 วินาที



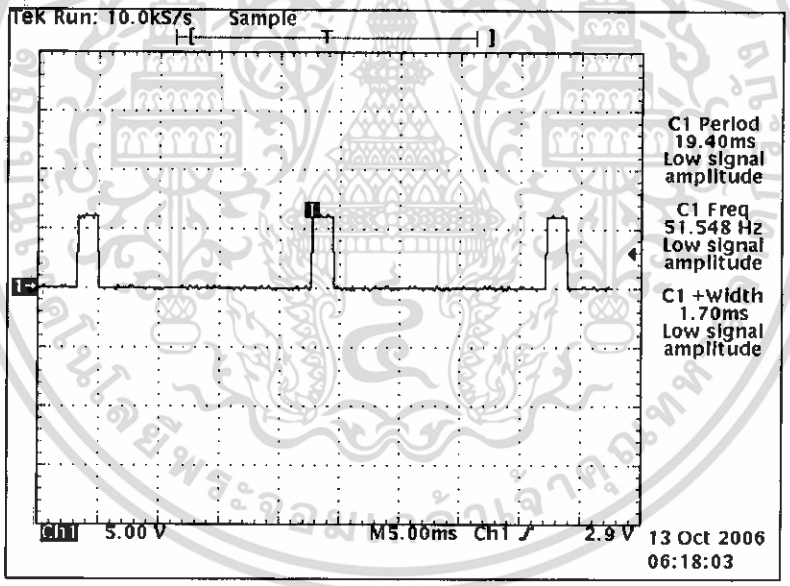
Servo 1

รูปที่ 4.6 รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=2 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



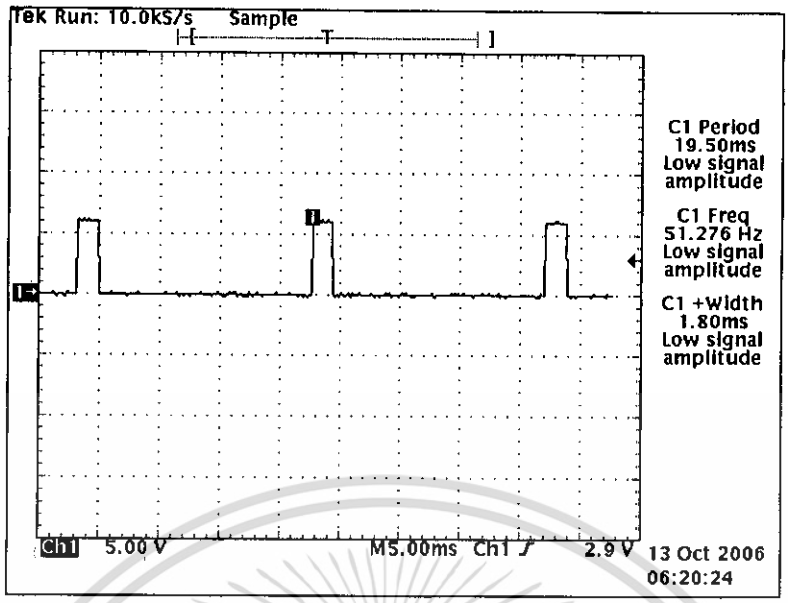
Servo 2



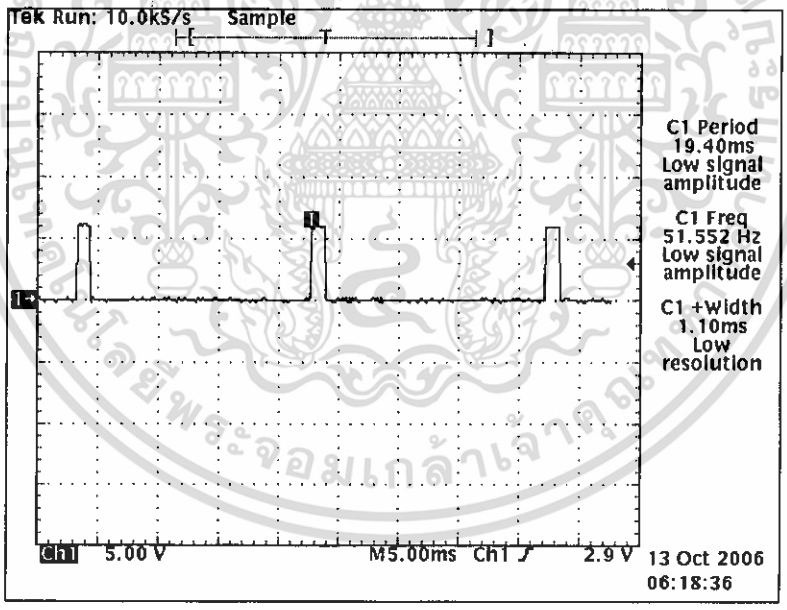
Servo 3

รูปที่ 4.6 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=2 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



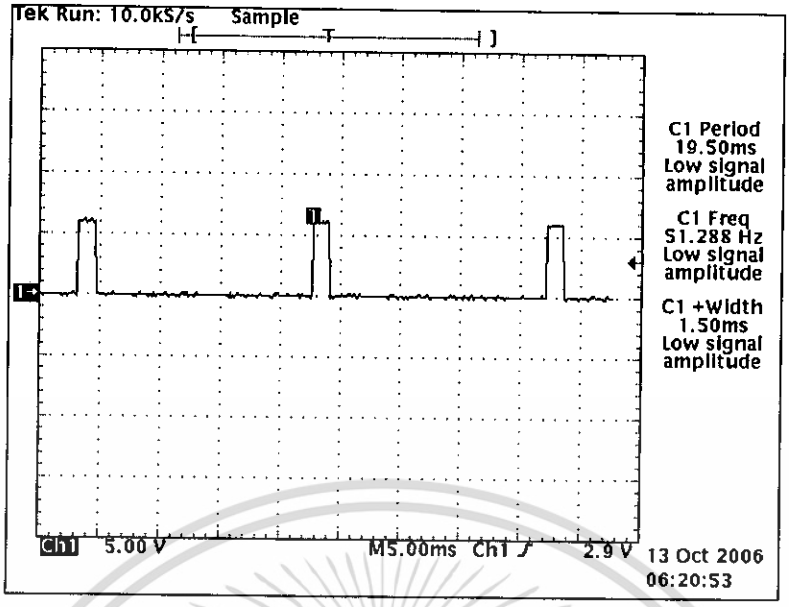
Servo4



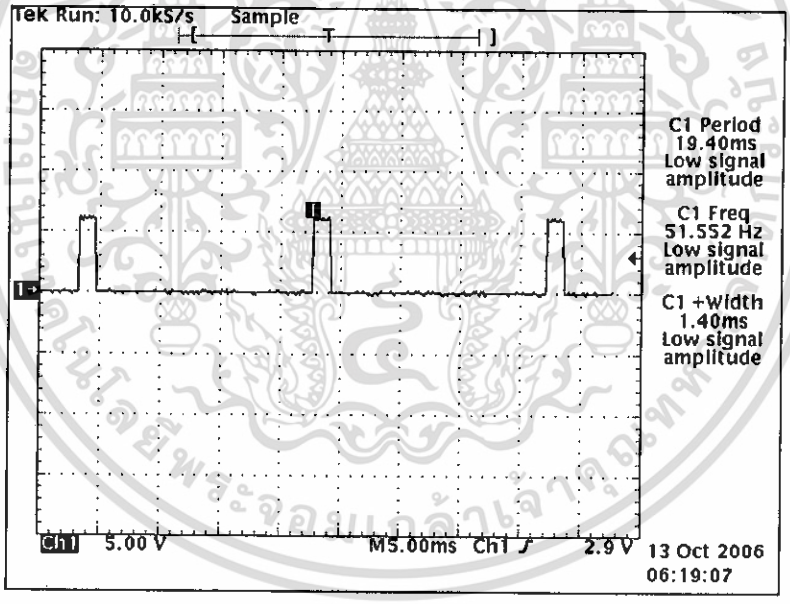
Servo 5

รูปที่ 4.6 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=2 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



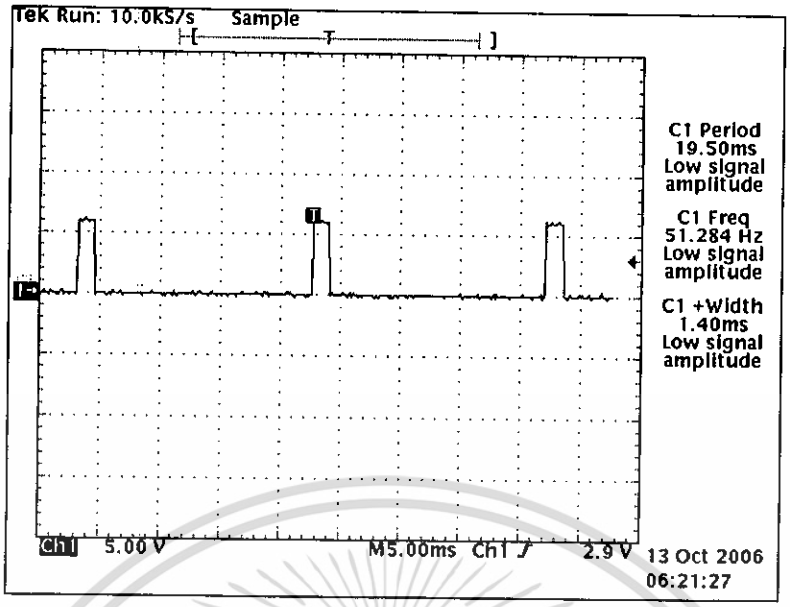
Servo 6



Servo 7

รูปที่ 4.6 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=2 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Servo 8

รูปที่ 4.6 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=2 วินาที

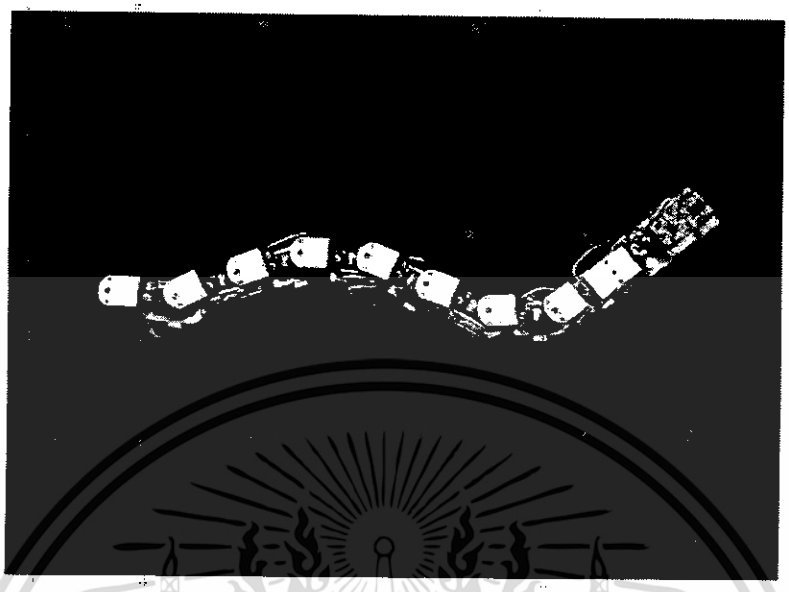
จากรูปที่ 4.6 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะคล้ายกับรูปคลื่นไซน์ ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 20 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังที่แสดงตามตารางที่ 4.3

เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
1	1.50 mS	2	1.80 mS
3	1.70 mS	4	1.80 mS
5	1.10 mS	6	1.50 mS
7	1.40 mS	8	1.40 mS

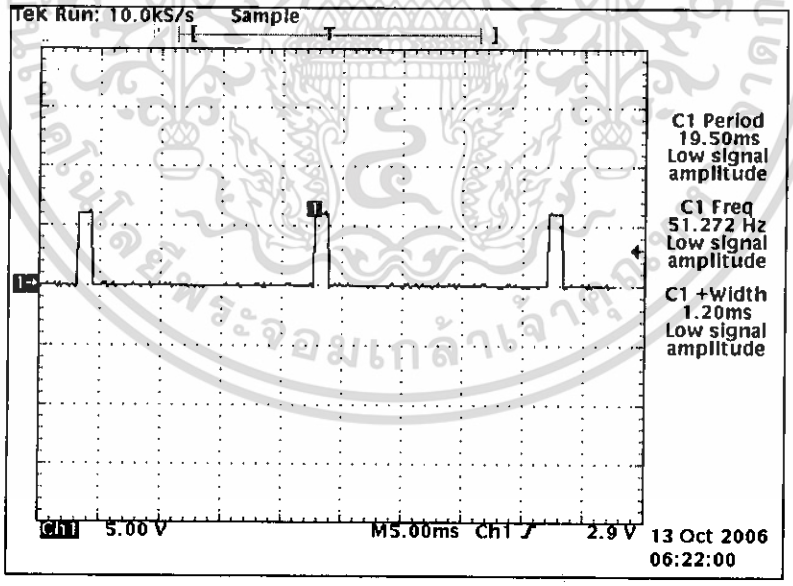
ตารางที่ 4.3 ค่าความกว้างของพัลซ์ที่จ่ายให้เซอร์โวแต่ละตัว ที่ t= 2 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่เวลา t=3 วินาที



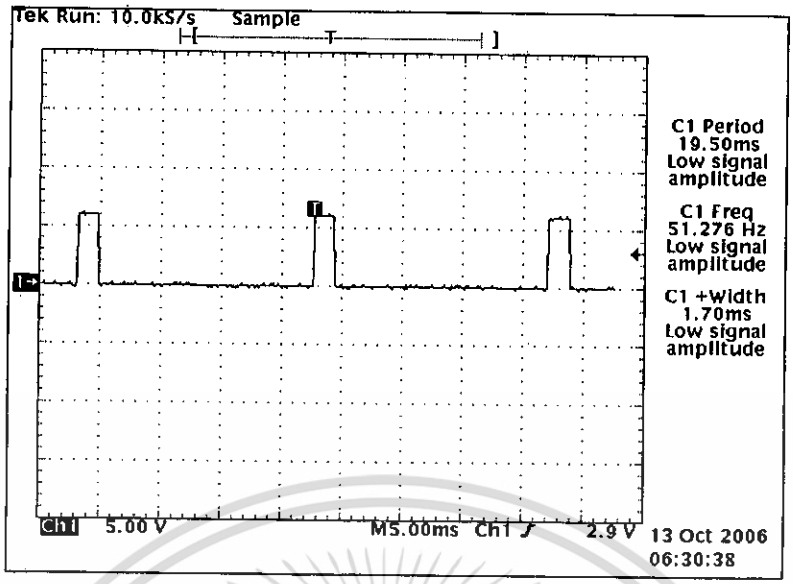
รูปที่ 4.7 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ t=3 วินาที



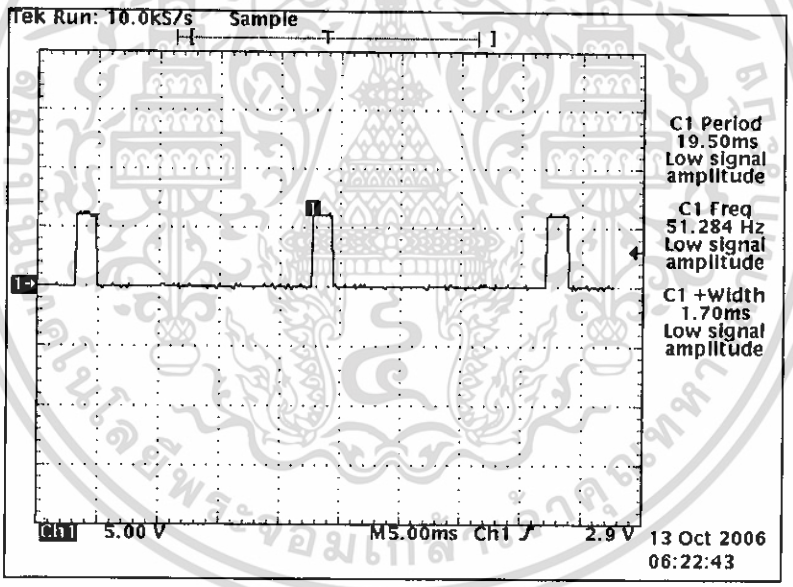
Servo 1

รูปที่ 4.8 รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=3 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



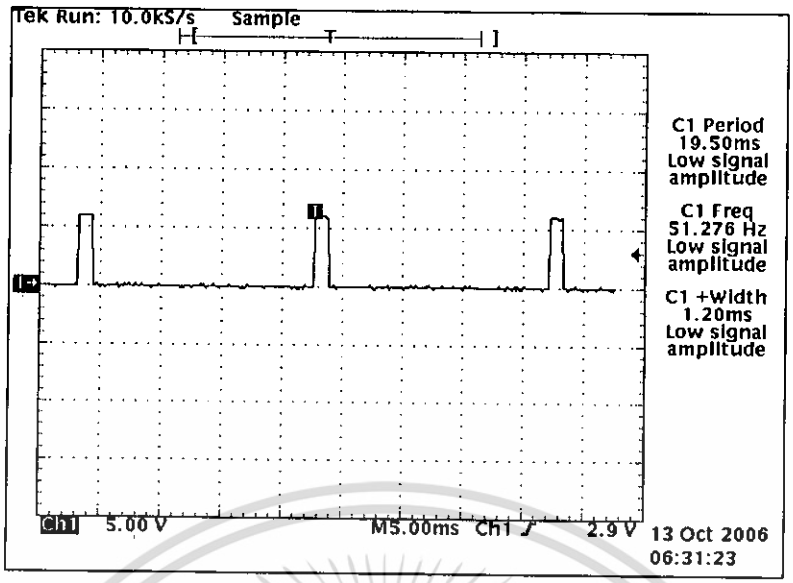
Servo 2



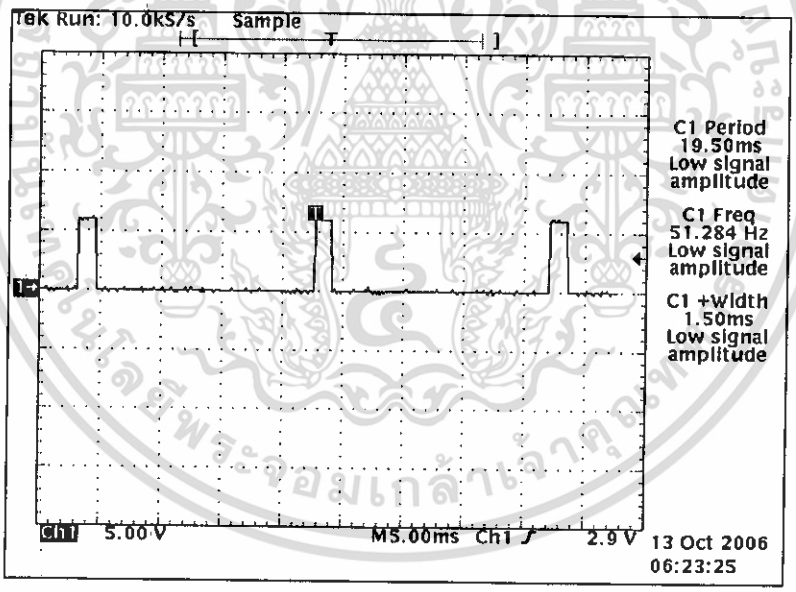
Servo 3

รูปที่ 4.8 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=3 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



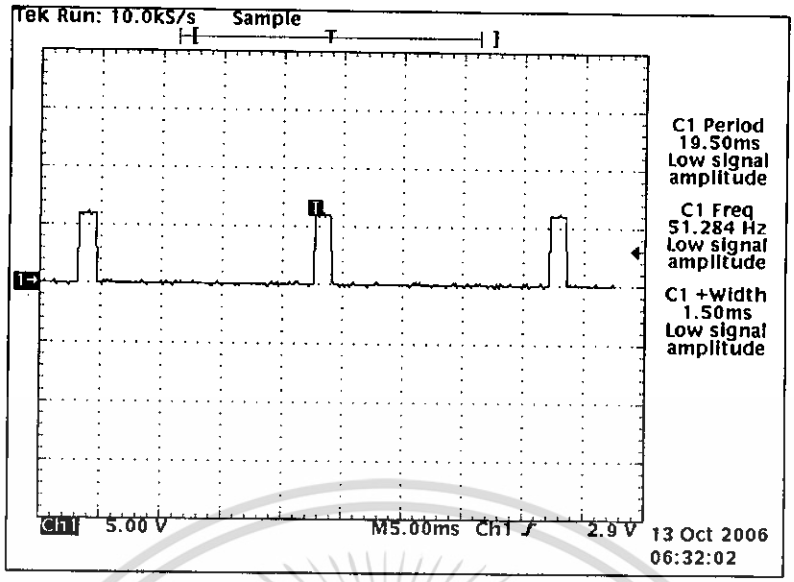
Servo 4



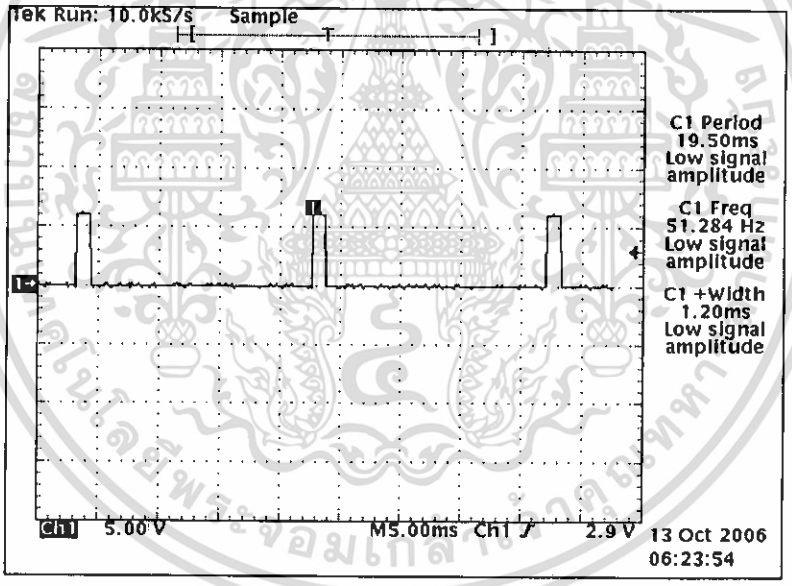
Servo 5

รูปที่ 4.8 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=3 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



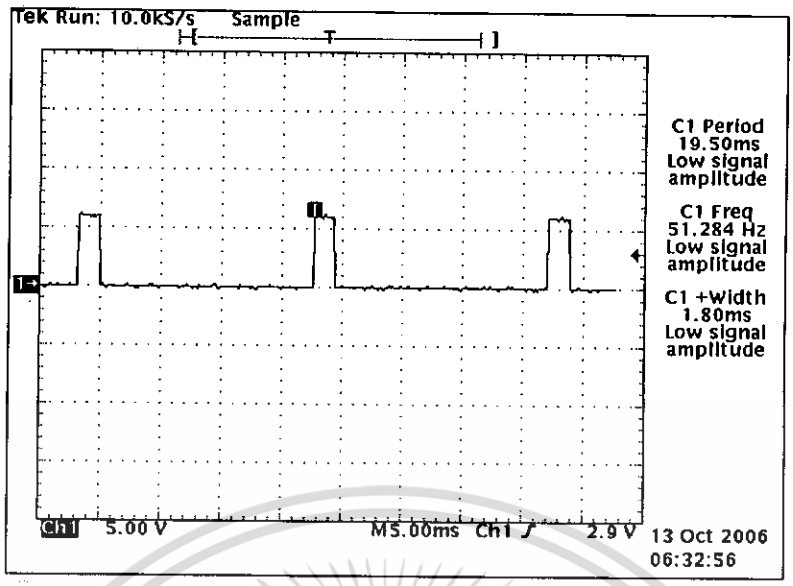
Servo 6



Servo 7

รูปที่ 4.8 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=3 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Servo 8

รูปที่ 4.8 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=3 วินาที

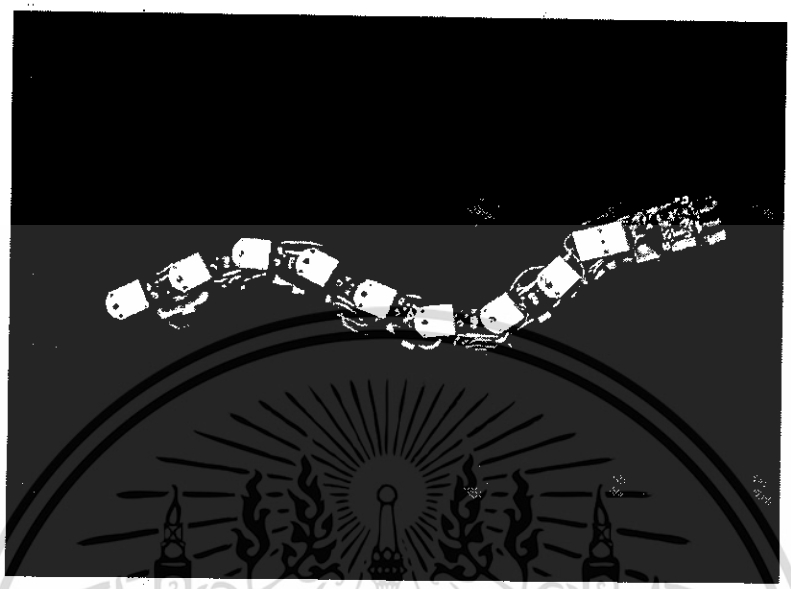
จากรูปที่ 4.8 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะคล้ายกับรูปคลื่นไซน์ ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 20 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังที่แสดงตามตาราง ที่ 4.4

เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
1	1.20 mS	2	1.70 mS
3	1.70 mS	4	1.20 mS
5	1.50 mS	6	1.50 mS
7	1.20 mS	8	1.80 mS

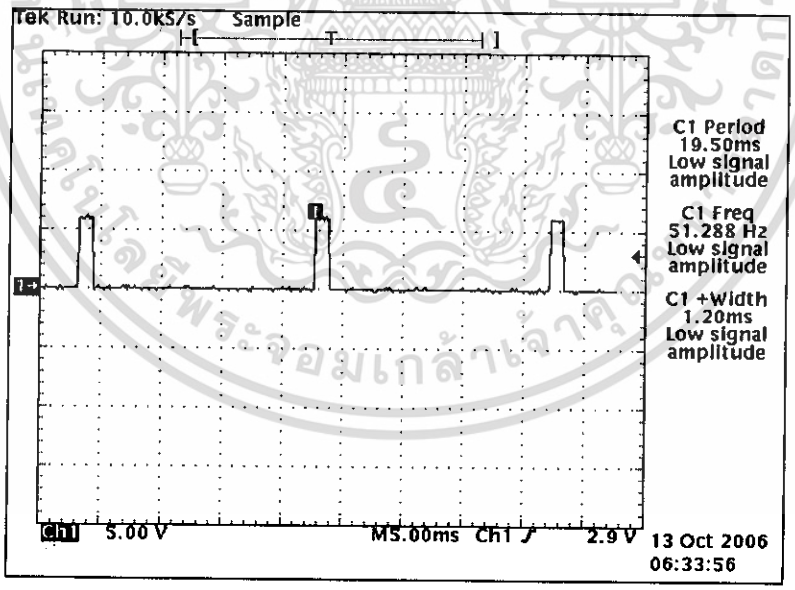
ตารางที่ 4.4 ค่าความกว้างของพัลซ์ที่จ่ายให้เซอร์โวแต่ละตัว ที่ t= 3 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่เวลา t=4 วินาที



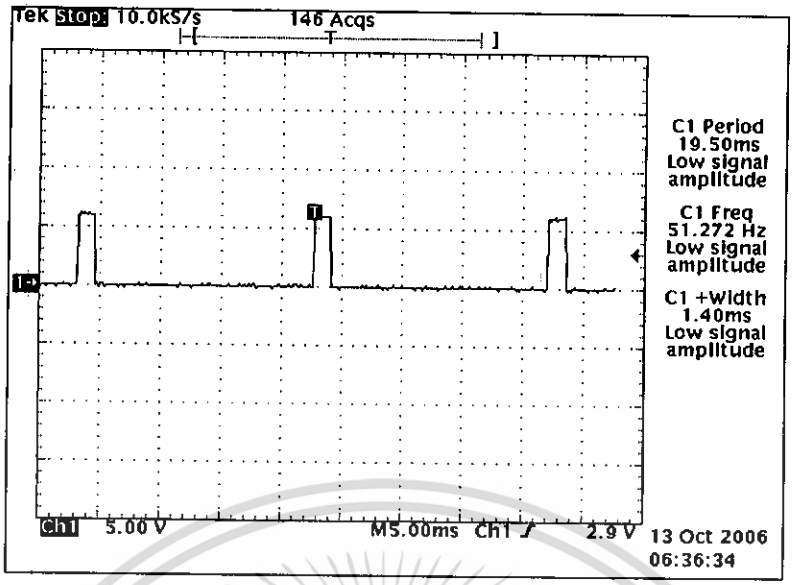
รูปที่ 4.9 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ t=4 วินาที



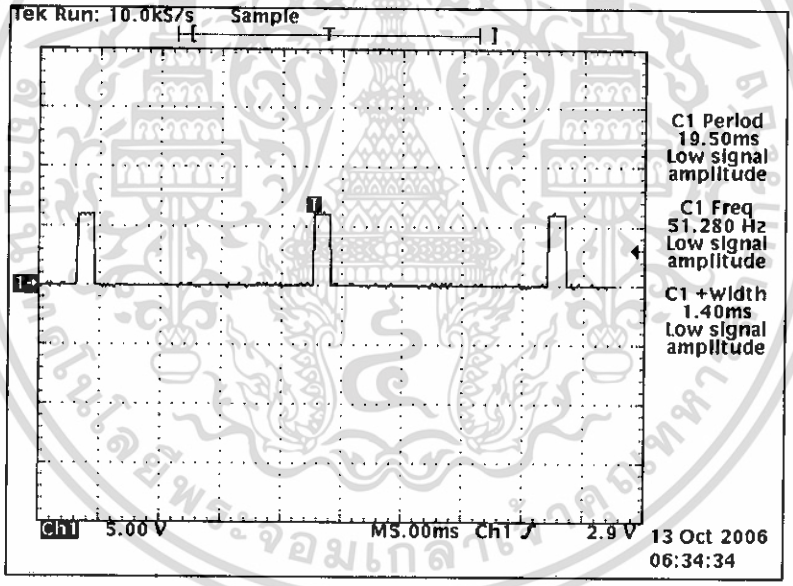
Servo 1

รูปที่ 4.10 รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=4 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



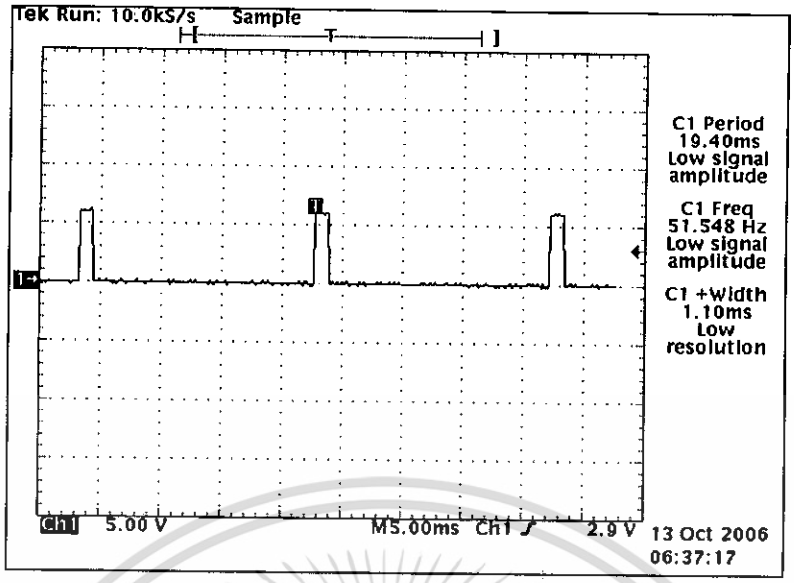
Servo 2



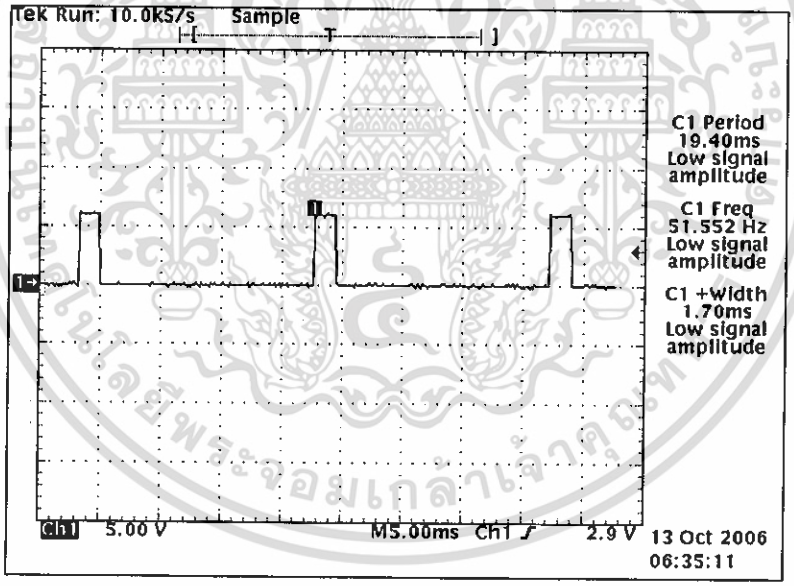
Servo 3

รูปที่ 4.10 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=4 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



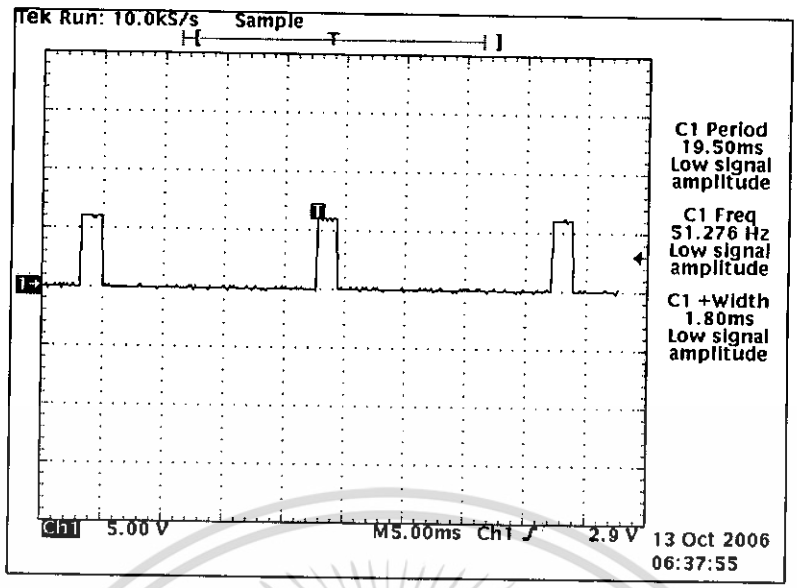
Servo 4



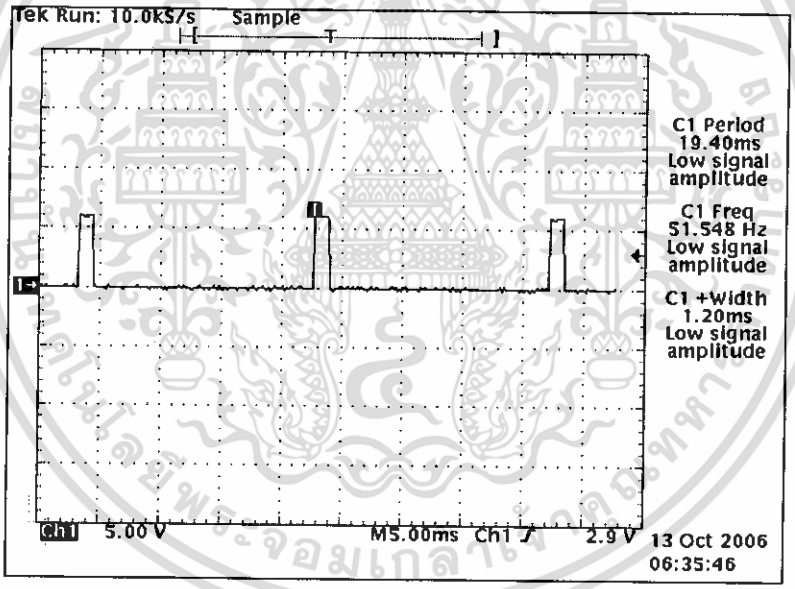
Servo 5

รูปที่ 4.10 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=4 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



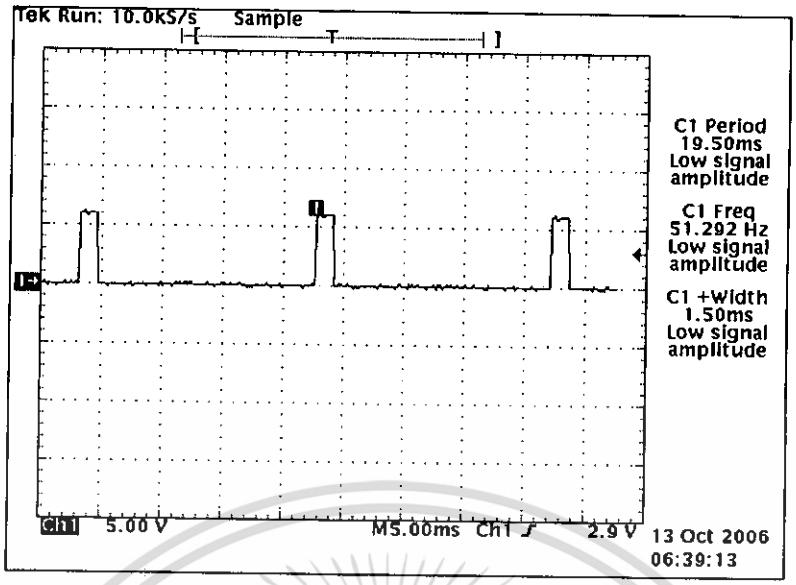
Servo 6



Servo 7

รูปที่ 4.10 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=4 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Servo 8

รูปที่ 4.10 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=4 วินาที

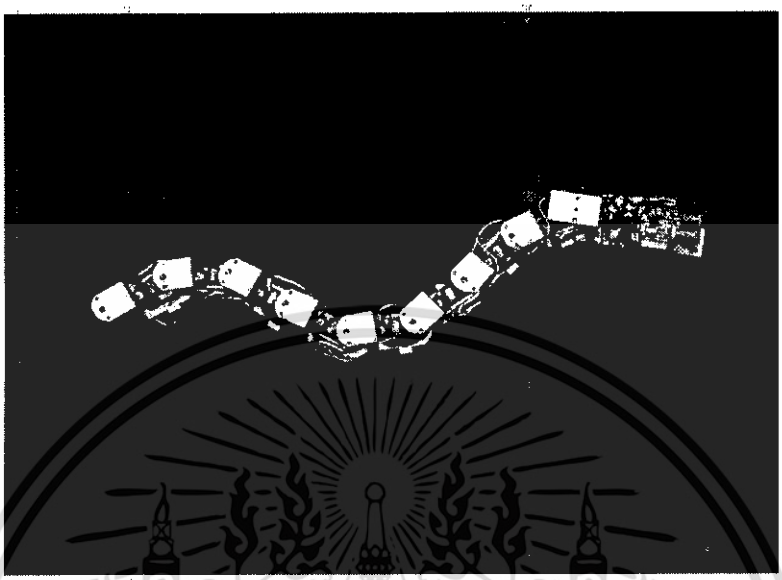
จากรูปที่ 4.10 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะคล้ายกับรูปคลื่นไซน์ ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 20 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังที่แสดงตามตารางที่ 4.5

เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
1	1.20 mS	2	1.40 mS
3	1.40 mS	4	1.10 mS
5	1.70 mS	6	1.80 mS
7	1.20 mS	8	1.50 mS

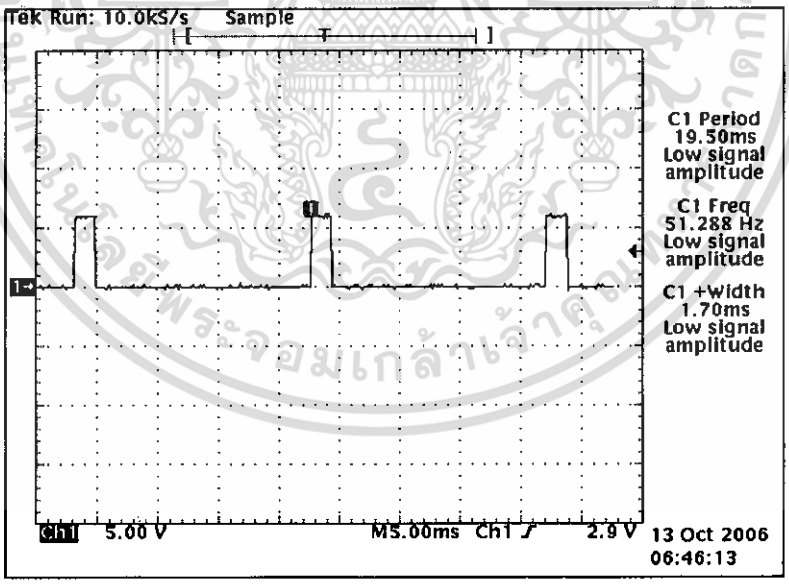
ตารางที่ 4.5 ค่าความกว้างของพัลซ์ที่จ่ายให้เซอร์โวแต่ละตัว ที่ t= 4 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่เวลา t=5 วินาที



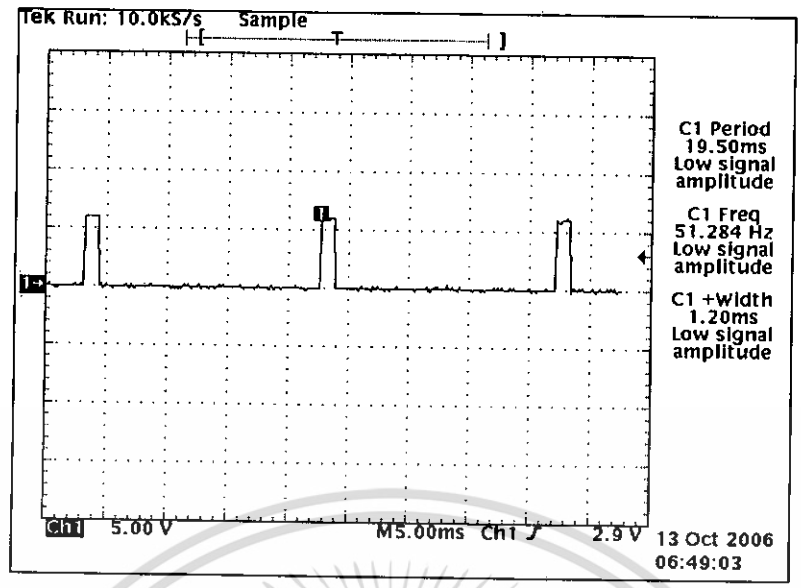
รูปที่ 4.11 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ที่ t=5 วินาที



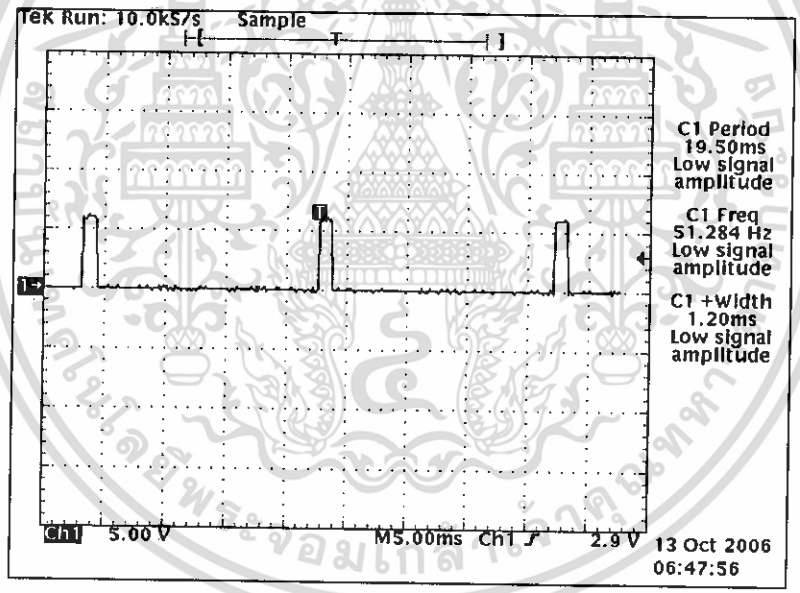
Servo 1

รูปที่ 4.12 รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



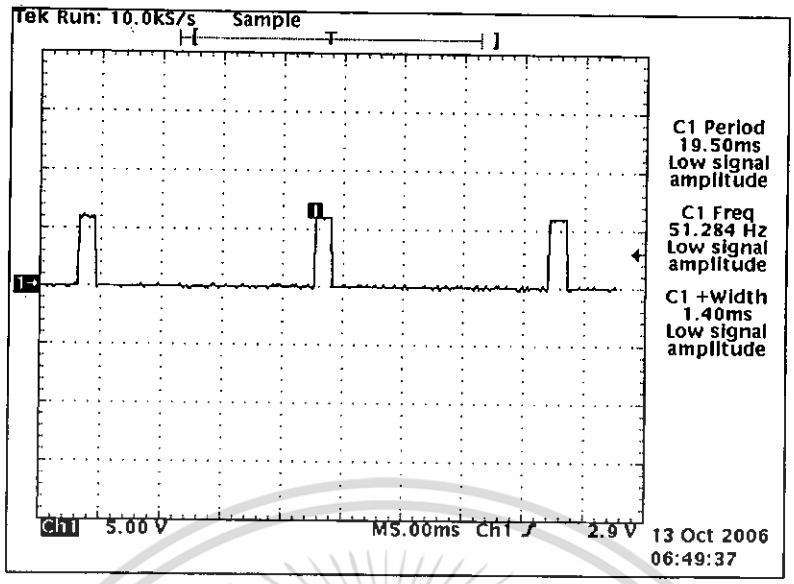
Servo 2



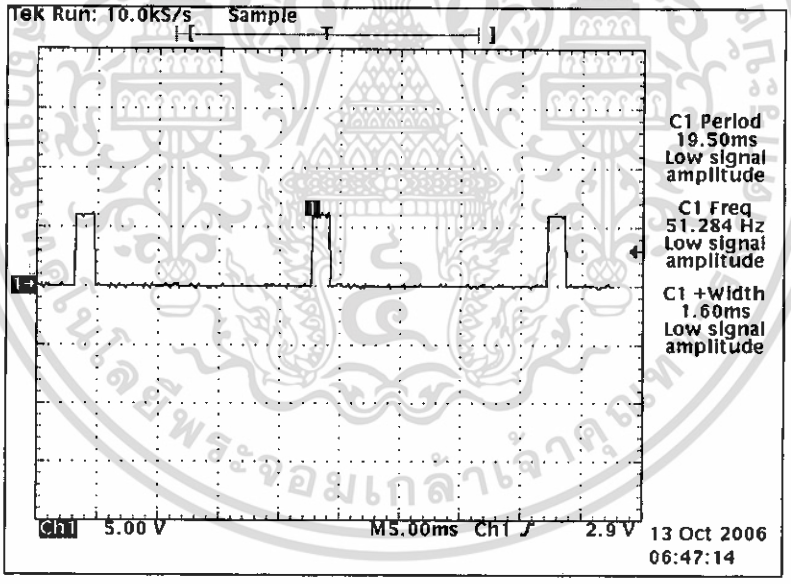
Servo 3

รูปที่ 4.12 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



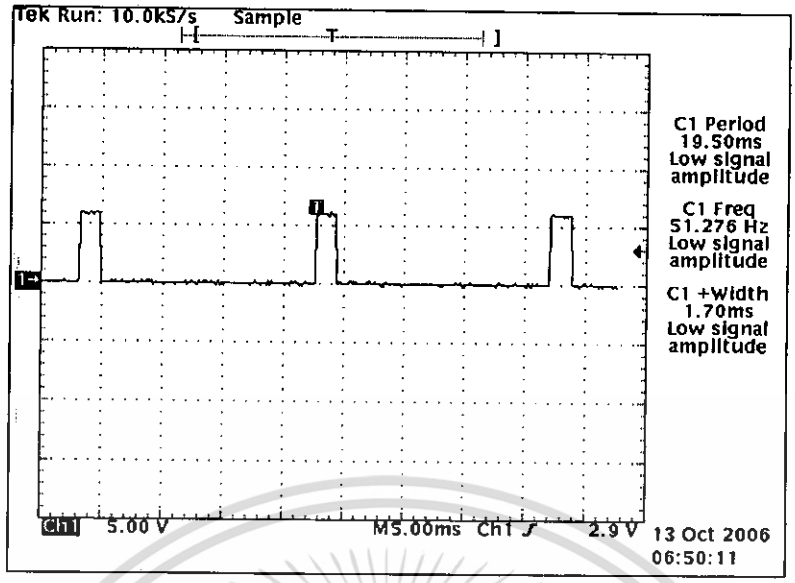
Servo 4



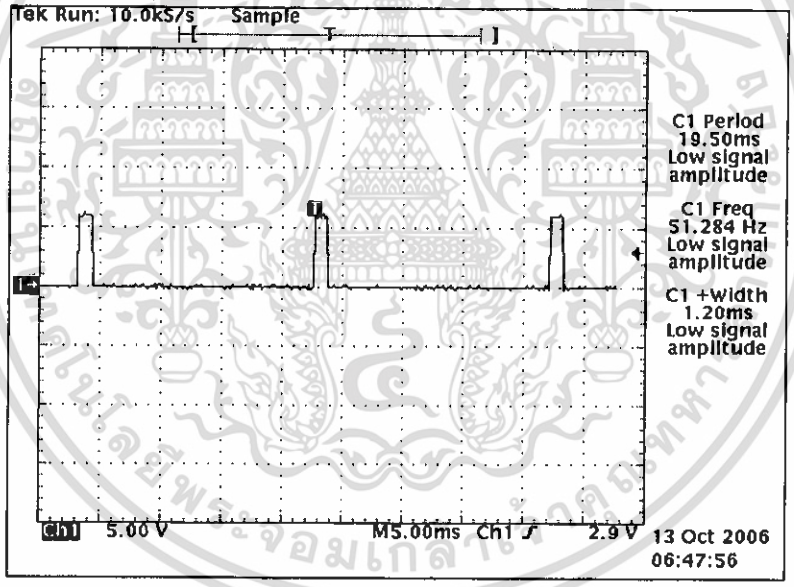
Servo 5

รูปที่ 4.12 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



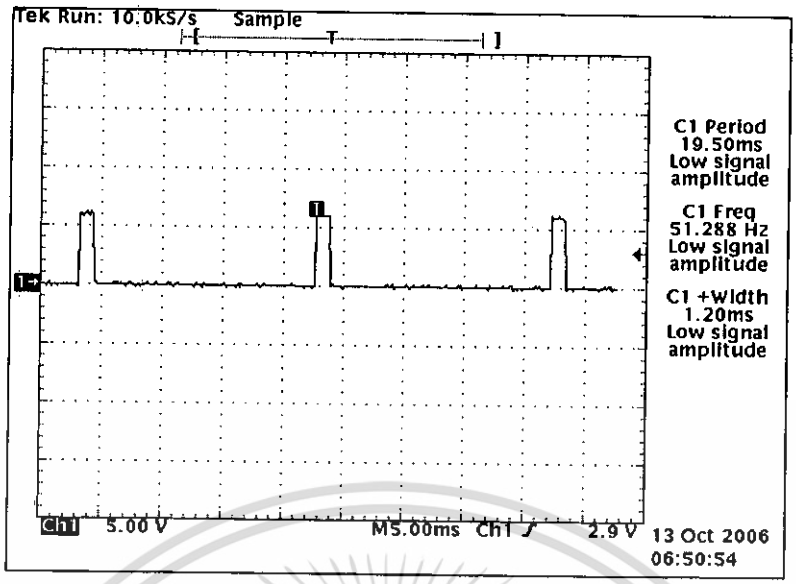
Servo 6



Servo 7

รูปที่ 4.12 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Servo 8

รูปที่ 4.12 (ต่อ) รูปสัญญาณพัลซ์ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ที่ t=5 วินาที

จากรูปที่ 4.12 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะคล้ายกับรูปคลื่นไซน์ ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 20 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังที่แสดงตามตารางที่ 4.6

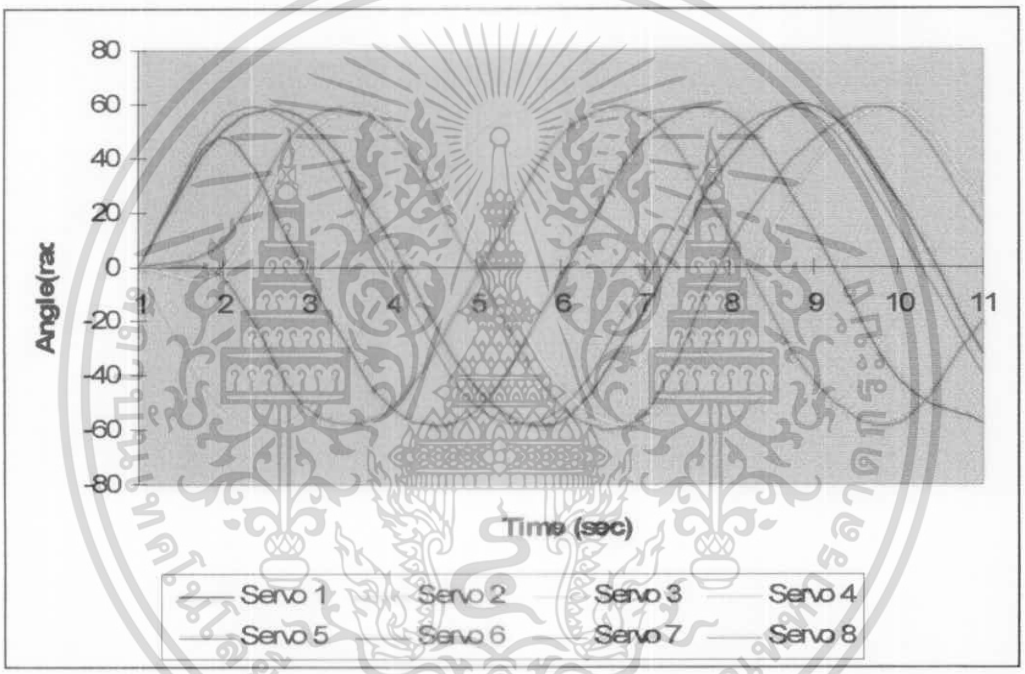
เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
1	1.70 mS	2	1.20 mS
3	1.20 mS	4	1.40 mS
5	1.60 mS	6	1.70 mS
7	1.20 mS	8	1.20 mS

ตารางที่ 4.6 ค่าความกว้างของพัลซ์ที่จ่ายให้เซอร์โวแต่ละตัว ที่ t= 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ความสัมพันธ์ขององศาการเคลื่อนไหว

ในหัวข้อนี้จะเสนอผลการทดลองซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อหุ่นยนต์งูแต่ละข้อเทียบกับเวลาดังรูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการเคลื่อนไหวเทียบกับเวลา พบว่าชุดขับเคลื่อนของหุ่นยนต์แต่ละชุดจะมีมุมการเคลื่อนที่ที่สลับขึ้นลงคือ บวกแล้วก็สลับเป็นลบ ดังจะเห็นได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ ซึ่งเราจะเห็นได้ว่ามุมของชุดขับเคลื่อนจะค่อยๆเปลี่ยนแปลงทำให้เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์กับเวลาแล้วจะได้รูปคล้ายๆกับรูปของไซน์ จากลักษณะการเคลื่อนไหวทั้งหมดนี้ทำให้แต่ละส่วนมีความสัมพันธ์กันทำให้เกิดเป็นการเคลื่อนที่แบบเซอร์เพนไทน์เป็นปัจจัยช่วยให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างองศาการเคลื่อนไหวเทียบกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

หุ่นยนต์งูที่ได้ทำการสร้างขึ้นมานี้เป็นการนำเซอร์โวมอเตอร์มาทำชุดขับเคลื่อนแล้วนำมาต่อกันจำนวน 8 ชุดเพื่อทำเป็นลำตัวของงู โดยในชุดขับเคลื่อนแต่ละชุดประกอบด้วยเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งทำหน้าที่ทำงานแทนหรือเลียนแบบข้อต่อส่วนต่างๆ ของงู ซึ่งถูกควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ CY-27443 ที่ทำหน้าที่รับคำสั่งข้อมูลควบคุมการเคลื่อนไหวในทิศทางต่างๆ จากอินพุทข้อมูลที่ผู้ใช้ได้ทำการป้อน ผ่านทางส่วนติดต่อผู้ใช้ซึ่งทำให้หุ่นยนต์งูมีทิศทางลักษณะการเคลื่อนไหวตามที่ผู้ใช้ได้ทำการป้อนข้อมูลอินพุท

จากผลการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์งู สามารถที่จะทำการควบคุมการเคลื่อนที่ได้ตามที่ต้องการ แต่ยังไม่สามารถรักษาสมดุลของหุ่นยนต์งูที่ทำการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ทำให้บางครั้งหุ่นยนต์งูก็เอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง และการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์งูยังไม่สามารถทำให้เหมือนกับการเคลื่อนที่ของงูจริงๆได้

5.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงาน

1. ปัญหาในการสร้างตัวหุ่นยนต์
   - ผู้จัดทำขาดความรู้ทางด้านเครื่องกลจึงไม่สามารถแก้ปัญหาทางด้านแมคคานิกส์
   - ขบวนการเลือกและจัดหาวัสดุที่นำมาสร้างหุ่นยนต์ใช้เวลานาน
   - มีข้อผิดพลาดในการพับขึ้นรูปส่วนประกอบของโครงหุ่นยนต์
   - การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์นั้นไม่เป็นไปตามที่ต้องการ
   - การติดตั้งล้อเข้ากับชุดขับเคลื่อนแต่ละชุด ไม่สามาทำให้ล้อของชุดขับเคลื่อนทุกชุดสัมผัสกับพื้นได้อย่างสม่ำเสมอ
2. ปัญหาในการควบคุม
   - ขณะหุ่นยนต์เคลื่อนที่มีการใช้กำลังงานจากแบตเตอรี่ค่อนข้างสูง
   - เกิดสัญญาณรบกวน ขณะส่งสัญญาณควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังเซอร์โวมอเตอร์
   - ยังไม่สามารถรักษาสมดุลของหุ่นยนต์ได้
   - เกิดแรงเฉื่อยจากการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์หลังจากเคลื่อนที่ จึงทำให้หุ่นยนต์ไม่เคลื่อนไหวตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 แนวทางการแก้ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะและการแก้ปัญหานี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาหุ่นยนต์งู ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นโดยจะได้นำเสนอเป็นข้อๆดังนี้

1. ออกแบบให้ส่วนประกอบต่างๆสามารถใช้แหล่งจ่ายเดียวกันกันเพื่อลดน้ำหนักของหุ่นยนต์

2. ใช้แหล่งจ่ายที่สามารถจ่ายกระแสได้สูงๆและนำหนักเบา

3. ในการดัดพับชุดขับเคลื่อนแต่ละชุดควรพับให้ได้ขนาดที่เท่ากันทุกชิ้นเพื่อทำให้เกิดความสมดุลของตัวหุ่นจะทำให้ล้อสัมผัสกับพื้นสม่ำเสมอ

4. ขอคำปรึกษาและข้อแนะนำจากผู้ชำนาญผู้มีความรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] กิตติ ภักดีวัฒนะ จำลอง ครูอุตสาหะ **Visual Basic 6** ฉบับโปรแกรมเมอร์ กรุงเทพมหานคร บริษัทเคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด พิมพ์ครั้งที่ 10

[2] ธาริน สิทธิธรรมชารี (Microsoft Certified Professional) **คู่มือการเขียนโปรแกรม Microsoft Visual Basic Version 6.0** ฉบับเพื่อการใช้งานจริง กรุงเทพมหานคร บริษัทซัคเซส มีเดีย จำกัด พิมพ์ครั้งที่ 7

[3] อุกฤษฎ์ ตันทสุทธานนท์ และทีมงาน **การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ PSoc ด้วยภาษาซี** กรุงเทพมหานคร บริษัท ไมโครรีเซิร์ชเทคโนโลยี จำกัด

[4] H. Date, Y. Hoshi and M. Sampei, "Dynamic Manipulability of a Snake-Like Robot", Proceeding of the 39th IEEE Conference on Decision and Control , December 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

Source code โปรแกรมควบคุมการ และโปรแกรมกำเนิดสัญญาณพัลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source code โปรแกรมควบคุม

```
Dim time As Double
Dim hour As Integer
Dim sec As Integer
Dim min As Integer
Dim t As Integer
Dim fine1 As Double
Dim fine2 As Double
Dim fine3 As Double
Dim fine4 As Double
Dim fine5 As Double
Dim fine6 As Double
Dim fine7 As Double
Dim fine8 As Double
Dim amplitude As Integer
Dim gramma As Integer
Dim beta As Integer
Dim w As Integer

Private Sub amplitude_vscroll_Change()
amplitude = amplitude_vscroll.Value
End Sub

Private Sub amplitude_vscroll_scroll()
amplitude_value.Text = amplitude_vscroll.Value
End Sub

Private Sub beta_vscroll_Change()
beta = beta_vscroll.Value
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub beta_vscroll_Scroll()
beta_value.Text = beta_vscroll.Value
End Sub

Private Sub Connect_cmd_Click()
MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.Output = Chr(34)
End Sub

Private Sub gramma_vscroll_Change()
gramma = gramma_vscroll.Value
End Sub

Private Sub gramma_vscroll_Scroll()
gramma_value.Text = gramma_vscroll.Value
End Sub

Private Sub reset_cmd_Click()
Timer1.Enabled = False
fine1_value.Text = 0
fine2_value.Text = 0
fine3_value.Text = 0
fine4_value.Text = 0
fine5_value.Text = 0
fine6_value.Text = 0
fine7_value.Text = 0
fine8_value.Text = 0
servo1.Text = 150
servo2.Text = 150
servo3.Text = 150
servo4.Text = 150
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
servo5.Text = 150
servo6.Text = 150
servo7.Text = 150
servo8.Text = 150
sec = 0
min = 0
hour = 0
sec_value.Text = sec
min_value.Text = min
hour_value.Text = hour
Text3.Text = 0
amplitude_vscroll.Value = 0
beta_vscroll.Value = 0
gramma_vscroll.Value = 0
amplitude_value.Text = amplitude_vscroll.Value
beta_value.Text = beta_vscroll.Value
gramma_value.Text = gramma_vscroll.Value
MSComm1.Output = Chr$(servo1.Text + 32) & Chr$(servo2.Text + 32) & Chr$(servo3.Text +
32) & Chr$(servo4.Text + 32) & Chr$(servo5.Text + 32) & Chr$(servo6.Text + 32) &
Chr$(servo7.Text + 32) & Chr$(servo8.Text + 32) & Chr$(13)
amplitude_vscroll.Value = 60
beta_vscroll.Value = 45
gramma_vscroll.Value = 0
w = 1
amplitude_value.Text = amplitude_vscroll.Value
beta_value.Text = beta_vscroll.Value
gramma_value.Text = gramma_vscroll.Value

End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub start_timer_cmd_click()
Timer1.Enabled = True
End Sub

Private Sub stop_timer_cmd_click()
Timer1.Enabled = False
End Sub

Private Sub Exit_cmd_Click()
Timer1.Enabled = False
End
End Sub

Private Sub Form_Load()
MSComm1.CommPort = 1
'MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"
Timer1.Enabled = False
min_value.Text = 0
sec_value.Text = 0
hour_value.Text = 0
servo1.Text = 150
servo2.Text = 150
servo3.Text = 150
servo4.Text = 150
servo5.Text = 150
servo6.Text = 150
servo7.Text = 150
servo8.Text = 150
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
amplitude_vscroll.Value = 60
beta_vscroll.Value = 45
gramma_vscroll.Value = 0
w = 1
amplitude_value.Text = amplitude_vscroll.Value
beta_value.Text = beta_vscroll.Value
gramma_value.Text = gramma_vscroll.Value
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
sec = sec + 1
sec_value.Text = sec
If sec > 59 Then
sec = 0
sec_value.Text = sec
min = min + 1
min_value.Text = min
End If
If min > 59 Then
min = 0
min_value.Text = min
hour = hour + 1
hour_value.Text = hour
End If
If hour > 23 Then
sec = 0
min = 0
hour = 0
sec_value.Text = sec
min_value.Text = min
hour_value.Text = hour
End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Text3.Text = Val(min_value.Text) * 60 + Val(sec_value.Text) + Val(hour_value.Text) * 3600
time = Val(Text3.Text)

'XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXx Calulate Fine Angle For Snake Locomotion
xXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXx

fine1 = amplitude * Sin(w * time - ((1 - 1) * beta)) + gramma
fine2 = amplitude * Sin(w * time - ((2 - 1) * beta)) + gramma
fine3 = amplitude * Sin(w * time - ((3 - 1) * beta)) + gramma
fine4 = amplitude * Sin(w * time - ((4 - 1) * beta)) + gramma
fine5 = amplitude * Sin(w * time - ((5 - 1) * beta)) + gramma
fine6 = amplitude * Sin(w * time - ((6 - 1) * beta)) + gramma
fine7 = amplitude * Sin(w * time - ((7 - 1) * beta)) + gramma
fine8 = amplitude * Sin(w * time - ((8 - 1) * beta)) + gramma

'XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX Display Value Of Fine Angle
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
fine1_value.Text = fine1
fine2_value.Text = fine2
fine3_value.Text = fine3
fine4_value.Text = fine4
fine5_value.Text = fine5
fine6_value.Text = fine6
fine7_value.Text = fine7
fine8_value.Text = fine8
servo1.Text = Format((fine1 / 1.8) + 150, "#0")
servo2.Text = Format((fine2 / 1.8) + 150, "#0")
servo3.Text = Format((fine3 / 1.8) + 150, "#0")
servo4.Text = Format((fine4 / 1.8) + 150, "#0")
servo5.Text = Format((fine5 / 1.8) + 150, "#0")
servo6.Text = Format((fine6 / 1.8) + 150, "#0")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
servo7.Text = Format((fine7 / 1.8) + 150, "#0")
servo8.Text = Format((fine8 / 1.8) + 150, "#0")
MSComm1.Output = Chr$(servo1.Text + 32) & Chr$(servo2.Text + 32) & Chr$(servo3.Text +
32) & Chr$(servo4.Text + 32) & Chr$(servo5.Text + 32) & Chr$(servo6.Text + 32) &
Chr$(servo7.Text + 32) & Chr$(servo8.Text + 32) & Chr$(13)
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

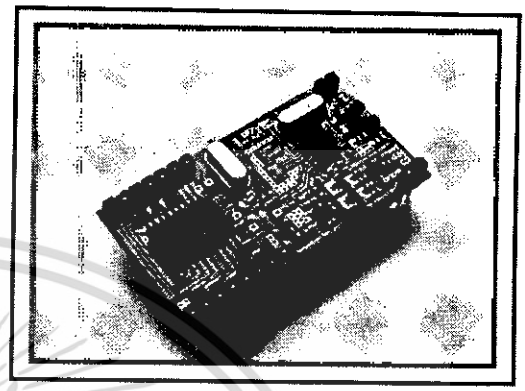
ภาคผนวก ข

Datasheet โมดูลรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LWM-433H
433.93/434.33 MHz Dual Channel FSK Data Transceiver Module

The LWM-433H is a miniature PCB mounting FSK data transceiver module. The LWM-433H is a dual channel data transceiver module designed to operate in 433 MHz ISM frequency band. The module enables the simple implementation of a data link at 5 mW transmitted power and data rate of 4800 or 9600 bit/s. LWM-434H module enables half-duplex directional wireless connectivity using 5V battery powered or handheld applications.



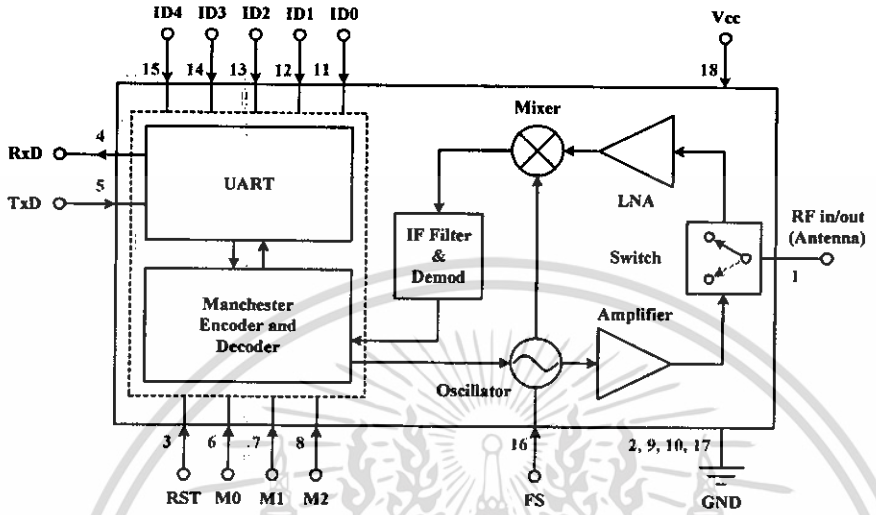
Features

- 433.93 or 434.33 MHz version
- Frequency Shift Keying (FSK) transceiver for digital data transmission
- Operate with 5 VDC supply (*Vcc*)
- 5 mW (+7 dBm) output power @ 5 VDC supply
- Low current consumption < 25 mA @ 5 VDC supply
- -105 dBm receiver's sensitivity @ supply = 5 VDC, BR = 9600 bit/s and BER < 10^{-3}
- Standard UART data connectivity
- Data rate 4800 or 9600 bit/s in radio packet mode
- Continues data up to 4000 bytes per packet in radio package mode
- Usable range up to 500 meters in open ground (used with AMB-434UM)
- Crystal based oscillator in phase lock loop - frequency synthesizer
- High frequency stability with frequency error < 100 ppm
- Small size and very low cost
- Enable facility

The LWM-433H module is a high performance-data transceiver module. With high efficiency and high data rate, the modules will suit one-to-one and multi-node wireless links. Because of their small size, high performance and low voltage requirement a module is ideal for use in portable, battery-powered applications such as alarm and security system, automatic meter reading (AMR), home automation, remote control, surveillance, wireless communication, EPOS and inventory tracking, remote industrial process monitoring and computer networking.

pHz Communications Co., Ltd.
9/204 Moo 1 Buatongkeha Bangbuatong Nonthaburi 11110 THAILAND
Tel: +66-0-2925-8563, +66-0-2925-8565 Fax: 66-0-2925-8564 E-mail: phz@p-Hz.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Block diagram

Description:

Vcc ***(pin 17)*** DC power supply input at 5.0V (Input pin)

ID4 – ID0 ***(pin 11-15)*** 5 bits identify codes (ID) (Input pin)

TxD ***(pin 4)*** Transmitted data input (UART-RxD) (Input pin)

RxD ***(pin 5)*** Received data output (UART-TxD) (Output pin)

RST ***(pin 3)*** Master reset of on-board μ-controller (active HIGH) (Input pin)

M0 ***(pin 6)*** Bit rate selector, HIGH ("1") for 9600 bit/s and LOW ("0") for 4800 bit/s. (Input pin)

M1 ***(pin 7)*** Carrier detect (CD) output pin (release HIGH level when received data ID match as on-board receiver ID) (Output pin)

M2 ***(pin 8)*** Watchdog signal (used for connect to watch dog IC, a square wave signal have been generated when on-board microcontroller working normally) (Output pin)

pHz Communications Co., Ltd.
9/204 Moo 1 Buatongkeha Bangbuatong Nonthaburi 11110 THAILAND
Tel: +66-0-2925-8563, +66-0-2925-8565 Fax: 66-0-2925-8564 E-mail: phz@p-Hz.com

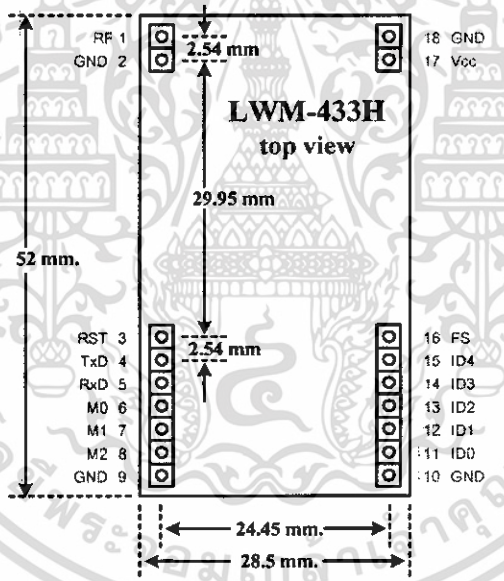
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin description: (continue)

FS ***(pin 16)*** — Frequency selector, LOW ("0") for 433.93 MHz and HIGH ("1") for 434.33 MHz frequency operation

RF in/out ***(pin 1)*** — 50Ω RF input and output port for antenna connected to this pin and DC isolated internally. (50Ω antenna are recommended for high efficiency of data transmission)

GND ***(pin 2,9,10,18)*** — Ground pin (these pin should be connected to RF return path)



Physical dimension

pHz Communications Co., Ltd.
9/204 Moo 1 Buatongkeha Bangbuatong Nonthaburi 11110 THAILAND
Tel: +66-0-2925-8563, +66-0-2925-8565 Fax: 66-0-2925-8564 E-mail: phz@p-Hz.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Rating:

Operating temperature:	0 °C to +55°C
Storage temperature:	-30 °C to +85°C
Operating supply voltage:	6 VDC
Antenna (pin 5):	± 50 VDC

Electrical Specifications:

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Main supply voltage	Vcc at pin 17	4.5	5.0	5.5	V
Icc	Main supply current	Icc at pin 17 @ Vcc = 5V		25		mA
ID4-ID0	Identify code	HIGH ("1") at pin 15-11	Vcc-0.1	Vcc	Vcc+0.6	V
		LOW ("0") at pin 15-11	-0.1	0	0.8	V
RST	Master reset (active HIGH)	normal operation	-0.1	0	1.2	V
		reset operation	Vcc-0.1	Vcc	Vcc+0.6	V
RxD	UART received data	HIGH ("1") at pin 4	Vcc-0.1	Vcc	Vcc+0.6	V
		LOW ("0") at pin 4	-0.1	0	0.8	V
TxD	UART transmitted data	HIGH ("1") at pin 5	Vcc-0.1	Vcc	Vcc+0.6	V
		LOW ("0") at pin 5	-0.1	0	0.8	V
M0	Bit rate selector ("0" for 4800 bit/s) ("1" for 9600 bit/s)	HIGH ("1") at pin 6	Vcc-0.1	Vcc	Vcc+0.6	V
		LOW ("0") at pin 6	-0.1	0	0.8	V
M1	Data carrier detect signal	HIGH ("1") at pin 7	Vcc-0.1	Vcc	Vcc+0.6	V
		LOW ("0") at pin 7	-0.1	0	0.8	V
D_{max}	Maximum data / package	in package mode		4000		byte
M2	Watchdog Signal	HIGH ("1") at pin 8	Vcc-0.1	Vcc	Vcc+0.6	V
		LOW ("0") at pin 8	-0.1	0	0.8	V

pHz Communications Co., Ltd.
9/204 Moo 1 Buatongkeha Bangbuatong Nonthaburi 11110 THAILAND
Tel: +66-0-2925-8563, +66-0-2925-8565 Fax: 66-0-2925-8564 E-mail: phz@p-Hz.com

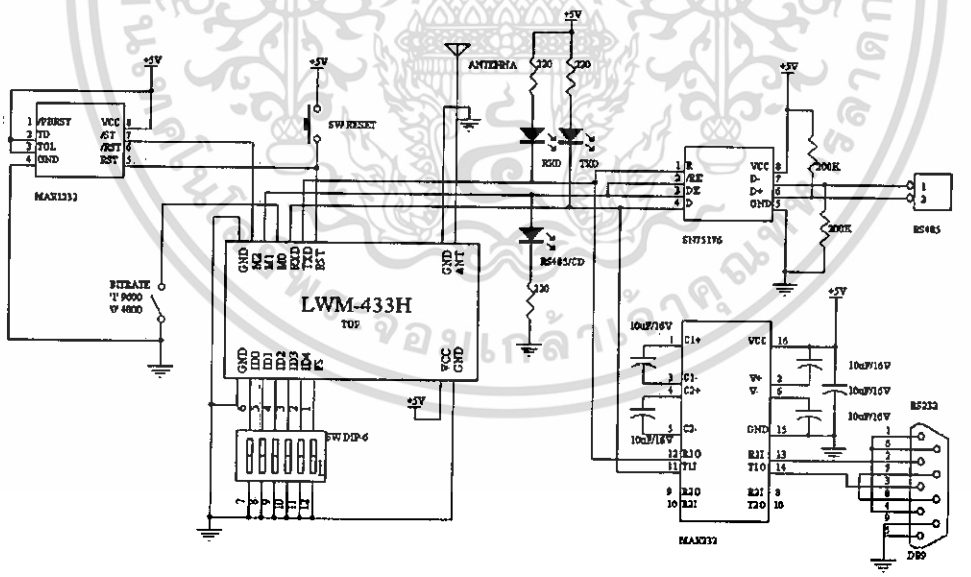
เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Specifications: (continue)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
FS	Frequency selector (HIGH for 433.93 MHz) (LOW for 434.33 MHz)	HIGH ("1") at pin 16	Vcc-0.1	Vcc	Vcc+0.6	V
		LOW ("0") at pin16	-0.1	0	0.8	V
F_o	Output frequency	433.93 MHz operation	433.88	433.93	433.98	MHz
		434.33 MHz operation	434.28	434.33	434.38	MHz
F_{error}	Frequency error	433.93 and 434.33 MHz	50	70	100	ppm
P_o	Output power	Output power @ pin 1	+4	+5	+6	mW
2nd	Second harmonic	VCC=5V, T=25° C		-30	-20	dBc

Note: Case temperature = 25°C, Test source impedance = 50 ohms.

General Application Schematic



pHz Communications Co., Ltd.
9/204 Moo 1 Buatongkeha Bangbuatong Nonthaburi 11110 THAILAND
Tel: +66-0-2925-8563, +66-0-2925-5865 Fax: 66-0-2925-8564 E-mail: phz@p-Hz.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้