สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หุ่นยนต์ 2 ขา แบบสถิตย์

STATIC BIPED ROBOT

โดย

นายประสิทธิ์ ทองถนอม

นายวรานนท์ เจ็งสืบสันต์

นายสายันห์ บินบน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55728
วัน,เดือน,ปี 25 พ.ค. 2548

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

STATIC BIPED ROBOT

BY

MR. PRASIT THONGTANOM

MR. VARANON JUNGSUBSAN

MR. SAYAN BINBON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์ 2 ขาแบบสถิตย์		
ชื่อนักศึกษา	นายประสิทธิ์	ทองถนอม	รหัสประจำตัว 44015698
	นายวรานนท์	เจ็งสืบสันต์	รหัสประจำตัว 44015708
	นายสายันห์	บินบน	รหัสประจำตัว 44015719
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ปิติเขต สู้รักษา		
	อาจารย์ บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์		
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ		
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ		
ปีการศึกษา	2546		

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิติเขต สู้รักษา)
อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(อาจารย์บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์)
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์ 2 ขาแบบสถิตย์		
ชื่อนักศึกษา	1.นายประสิทธิ์	ทองถนอม	รหัสประจำตัว 44015698
	2.นายวรานนท์	เจ็งสืบสันต์	รหัสประจำตัว 44015708
	3.นายสายันห์	บินบน	รหัสประจำตัว 44015719
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ปิติเขต สู้รักษา		
	อาจารย์บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์		
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ		
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ		
ปีการศึกษา	2546		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ให้สามารถทำการควบคุมและสั่งการให้ชุดประมวลผลกลาง (CPU) ทำการประมวลผลคำสั่งและสั่งการให้หุ่นยนต์เคลื่อนไหวในลักษณะเลียนแบบมนุษย์ ซึ่งการทำโครงงานการวิจัยเทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์เลียนแบบมนุษย์ในประเทศไทยนั้นยังพบได้น้อยมากซึ่งทำให้เกิดโครงงานนี้ขึ้นเพื่อที่จะได้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THESIS TITLE	STATIC BIPED ROBOT		
STUDENT	MR. PRASIT	THONGTANOM	NO.44015698
	MR. VARANON	JUNGSUBSAN	NO.44015708
	MR. SAYAN	BINBON	NO.44015719
ADVISOR	Assoc.Prof.Dr. PITIKHATE SOORAKSA		
	MR. BOONCHANA PURAHONG		
DEPARTMENT	INFORMATION ENGINEERING		
YEAR	2003		

Abstract

This project presents computer aided control for a STATIC BIPED ROBOT. The robot movement imitating human legges can be controlled by CPUs via computer program. Due to a few investigation for biped robots in Thailand have been conducted, this project may be initiated and would be helpful for further development in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณพี่ๆที่การกีฬาแห่งประเทศไทยที่ได้เอื้อเฟื้อเครื่องมืออุปกรณ์ Gait Analysis และข้อมูลรวมไปถึงคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม การเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์

ขอขอบพระคุณ ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยามหิดล ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปิติเขต สู้รักษา อาจารย์บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์ อาจารย์กฤดากร กล่อมการ และ อาจารย์ภุชงค์ หงษ์สุวรรณ อย่างสูงที่ให้คำแนะนำประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และคอยเป็นที่ปรึกษาในการทำโครงงานและปริญญานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่คอยห่วงใยและให้การสนับสนุนในด้านการศึกษามาโดยตลอดจนข้าพเจ้ามีทุกวันนี้ รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆร่วมงานและพี่ๆระดับปริญญาโทโดยเฉพาะพี่จตุรวิทย์ จันไพบูลย์ (พี่เต้ย) ที่ได้ให้ความร่วมมือและให้คำปรึกษาพร้อมทั้งเป็นกำลังใจให้กันตลอดมา

นายประสิทธิ์ ทองถนอม
นายวรานนท์ เจ็งสืบสันต์
นายสายันห์ บินบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.2 ชื่อโครงงาน	2
1.3 จุดประสงค์	2
1.4 ขอบเขตของโครงงาน	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 สถาปัตยกรรมหลักโครงงาน	3
1.7 ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ทฤษฎีพื้นฐาน	5
2.2 ทฤษฎีการเดิน	7
2.3 การวิเคราะห์การเดิน	13
2.4 อุปกรณ์และหน้าที่การทำงาน	17
บทที่ 3 โครงสร้างของตัวหุ่นยนต์ 2 ขาแบบสถิตย์	
3.1 โครงสร้างและองค์ประกอบต่างๆของตัวหุ่นยนต์ทางด้านฮาร์ดแวร์	28
3.2 โครงสร้างและองค์ประกอบต่างๆการออกแบบด้านซอฟท์แวร์	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 ระบบการควบคุมและผลการทดลอง

4.1 หลักการควบคุม 40

4.2 ลักษณะการทำงานในส่วนของคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ 42

4.3 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 43

4.4 ความสัมพันธ์ขององศาการเคลื่อนไหว 70

บทที่ 5 สรุป

5.1 สรุปโครงงาน 72

5.2 ปัญหาในการทำโครงงาน 72

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาในอนาคต 73

บรรณานุกรม 74

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 บล็อคไดอะแกรมการทำงานทางด้านฮาร์ดแวร์ 1
รูปที่ 1.2 บล็อคไดอะแกรมการทำงานทางด้านซอฟท์แวร์ 2
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างหลักการโมเมนต์ 6
รูปที่ 2.2 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วงของการเดินปกติ 8
รูปที่ 2.3 ระยะของการเดินในช่วงที่ขารับน้ำหนักและในช่วงที่แกว่งขา 9
รูปที่ 2.4 การแกว่งของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวดิ่งขึ้นและลง ประมาณ 2 นิ้ว 10
รูปที่ 2.5 การแกว่งของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวราบหน้า (Frontal) ประมาณ 2 นิ้ว 11
รูปที่ 2.6 ความยาวและความกว้างของการก้าวเดิน 11
รูปที่ 2.7 การหมุนของกระดูกเชิงกรานในระนาบนอนขณะเหวี่ยงขาไปด้านหน้าได้ประมาณ 4 องศา 11
รูปที่ 2.8 การเดินในช่วงที่ขารับน้ำหนักจากระยะส้นเท้าสัมผัสพื้นจนถึงระยะยืนกลางในแนวราบต่างๆกัน 12
รูปที่ 2.9 การเดินในช่วงที่ขารับน้ำหนักจากระยะยืนกลางจนถึงระยะถีบปลายเท้า 14
รูปที่ 2.10 การเดินในช่วงเหวี่ยงขา ในแนวราบต่างๆกัน 16
รูปที่ 2.11 การตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์ของสัญญาณพัลซ์ที่มีค่าความถี่ต่างกัน 18
รูปที่ 2.12 ภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ 19
รูปที่ 2.13 ภาพเซอร์โวมอเตอร์และส่วนประกอบภายใน 20
รูปที่ 2.14 โครงสร้างภายในของเซอร์โวมอเตอร์ 20
รูปที่ 2.15 การเปรียบเทียบจำนวนรอบสัญญาณนาฬิกาต่อคำสั่งในไมโครคอนโทรลเลอร์(Micro Controller) MCS-51 รุ่นต่างๆ 21
รูปที่ 2.16 โครงสร้างภายในของ DS89C420 22
รูปที่ 2.17 โครงสร้างหน่วยความจำของ DS89C420 23
รูปที่ 2.18 วงจรที่สำหรับการทำงานในโหมด ROM Loader 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.19 คอนเน็คเตอร์แบบ DB-25 26

รูปที่ 2.20 คอนเน็คเตอร์แบบ DB-9 26

รูปที่ 2.21 รูปคลื่นของการส่งสัญญาณแบบอนุกรมด้วยระดับแรงดันของ TTL/CMOS 27

รูปที่ 2.22 รูปคลื่นของสัญญาณที่รับส่งผ่านพอร์ต RS-232 27

รูปที่ 3.1 ขนาดของเซอร์โวมอเตอร์ของ ฟูตาบา รุ่น S3801 28

รูปที่ 3.2 ขนาดของแค้มป์จับเซอร์โวแบบที่ 1 (ส่วนที่ยึดอยู่กับที่) 29

รูปที่ 3.3 ขนาดของแค้มป์จับเซอร์โวแบบที่ 1 (ส่วนที่ยึดกับส่วนที่เคลื่อนที่) 30

รูปที่ 3.4 ขนาดของแค้มป์จับเซอร์โวแบบที่ 2 (ส่วนที่ยึดอยู่กับที่) 31

รูปที่ 3.5 ขนาดของแค้มป์จับเซอร์โวแบบที่ 2 (ส่วนที่ยึดกับส่วนที่เคลื่อนที่) 32

รูปที่ 3.6 ขนาดของแผ่นที่ใช้ประกบกับแค้มป์ที่เคลื่อนที่ 33

รูปที่ 3.7 ขนาดของแผ่นที่ใช้เชื่อมต่อช่วงสะโพก 33

รูปที่ 3.8 ขนาดของแผ่นที่ใช้เชื่อมต่อช่วงเอว 34

รูปที่ 3.9 ขนาดของแผ่นที่ใช้เชื่อมต่อเท้ากับข้อเท้า 35

รูปที่ 3.10 ขนาดของแผ่นเท้า 36

รูปที่ 3.11 โครงสร้างของข้อต่อแต่ละข้อ 36

รูปที่ 3.12 โครงสร้างของหุ่นยนต์ 37

รูปที่ 3.13 บล็อคการทำงานทางด้านซอฟท์แวร์ 38

รูปที่ 3.14 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้แบบ Manual 38

รูปที่ 3.15 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้แบบ Automatic 39

รูปที่ 4.1 ไดอะแกรมการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ 41

รูปที่ 4.2 ลักษณะของสัญญาณเซอร์โว 42

รูปที่ 4.3 ลักษณะของสัญญาณพัลซ์ควบคุมเซอร์โว 42

รูปที่ 4.4 ตำแหน่งโครงสร้างข้อต่อของหุ่นยนต์ 43

รูปที่ 4.5 จังหวะการก้าวขาของหุ่นยนต์ 44

รูปที่ 4.6 จังหวะการยกขาย่ำอยู่กับที่ของหุ่นยนต์ 45

รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างองศาการเคลื่อนไหวเทียบกับเวลา 70

รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างองศาการเคลื่อนไหวเทียบกับเวลา 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบัน วิวัฒนาการด้านหุ่นยนต์ของโลกเราได้พัฒนาก้าวหน้าไปอย่างมาก เมื่อเทียบกับในอดีต แต่ในประเทศไทยยังถือว่ามีการพัฒนาน้อยอยู่เมื่อเทียบกับประเทศที่พัฒนาแล้ว ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะทำโครงงานหุ่นยนต์ 2 ขา เลียนแบบการเดินของมนุษย์ขึ้นมาเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นที่จะพัฒนาต่อไปในอนาคตซึ่งจะทำให้ประเทศของเรานั้นสามารถก้าวทันหรือนำหน้าประเทศอื่นๆได้ โดยที่เราสามารถที่จะคิดนำเอาเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้เองได้ในอนาคต โดยไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากประเทศอื่นเหมือนในปัจจุบัน ถ้าเราสามารถพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์นี้ให้มีประสิทธิภาพได้เราก็จะสามารถนำไปใช้งานได้ทางด้านต่างๆ หลายอย่างไม่ว่าจะเป็นงานทางด้านอุตสาหกรรมที่ต้องการประสิทธิภาพในการทำงานสูง เพราะมนุษย์ไม่สามารถทำงานซ้ำๆ แล้วได้ผลออกมาเช่นเดียวกันดังเดิมได้หรืออาจจะนำไปใช้งานที่มีความเสี่ยงสูงต่อการบาดเจ็บหรือเสียชีวิตและสามารถนำไปใช้ในการสำรวจต่างๆ แทนมนุษย์ได้

หุ่นยนต์ 2 ขา แบบสถิตย์นี้เป็นการประดิษฐ์หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเลียนแบบมนุษย์ซึ่งสามารถแบ่งการทำงานได้ออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

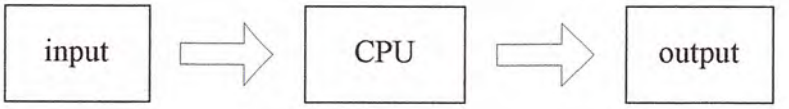
1. ฮาร์ดแวร์ (Hardware)
2. ซอฟท์แวร์ (Software)

รูปที่ 1.1 บล็อคไดอะแกรมการทำงานทางด้านฮาร์ดแวร์

จะประกอบไปด้วยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) ซึ่งจะคอยรับคำสั่งเข้ามา (Input) แล้วทำการส่งข้อมูลคำสั่งระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เมื่อได้รับคำสั่งเข้ามาจะทำการแปรคำสั่งให้สามารถทำการควบคุมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนไหวของ Servo Motor ได้ในทิศทางที่ต้องการ สำหรับบล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานทางด้านซอพท์แวร์แสดงดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 บล็อคไดอะแกรมการทำงานทางด้านซอฟท์แวร์

จะประกอบไปด้วยโปรแกรมส่วนที่ทำการติดต่อกับผู้ใช้ (Graphic User Interface) ได้ทำการรับคำสั่งอินพุท (Input) เข้ามาแล้วจะทำการส่งข้อมูลชุดคำสั่งไปยังชุดประมวลผลกลาง (Central Processing Unit) เมื่อชุดประมวลผลกลางได้รับคำสั่งเข้ามาจะทำการประมวล ผลคำสั่งแล้วทำการส่งผลลัพธ์ (Output) ที่ต้องการให้สามารถนำไปใช้งานได้

1.2 ชื่อโครงงาน

หุ่นยนต์ 2 ขาแบบสถิตย์ (STATIC BIPED ROBOT)

1.3 จุดประสงค์

1. เพื่อทำการศึกษาและทดลองหุ่นยนต์ที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวเลียนแบบมนุษย์
2. เพื่อทำการศึกษาระบบควบคุมที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์
3. เพื่อให้สามารถนำหุ่นยนต์ไปประยุกต์ใช้ เป็นสื่อการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว (กายวิภาคศาสตร์)
4. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างง่าย
5. เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์ในการทดลองทางด้านระบบควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ฯลฯ
6. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับหุ่นยนต์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคตเทียบเท่านานาประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

ในการทำโครงงานหุ่นยนต์ 2 ขาแบบสถิตย์นี้ จะประกอบไปด้วยส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (Graphic User Interface) ซึ่งทำหน้าที่รับอินพุท (Input) เข้ามาที่คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) จากนั้นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลจะทำการส่งอินพุทหรือชุดคำสั่งที่ได้รับมาผ่านพอร์ทอนุกรม RS-232 (Serial Port RS-232) ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลชุดคำสั่งที่ได้รับเข้ามาเพื่อที่จะได้นำผลลัพธ์ (Output)ไปทำการควบคุมทิศทางการเคลื่อนไหวของเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ให้มีทิศทางตามคำสั่งที่ได้รับเข้ามาตามต้องการ

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำโครงงานนี้ไปประยุกต์ใช้ในงานทางด้าน ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

2. สามารถนำโครงงานที่ได้จัดทำขึ้นมานี้ไปใช้ประกอบเป็นสื่อการเรียนการสอนได้

3. สามารถนำโครงงานที่ได้จัดทำขึ้นมานี้ไปเป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อไปในอนาคตได้

1.6 สถาปัตยกรรมหลักโครงงาน

1.6 .1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

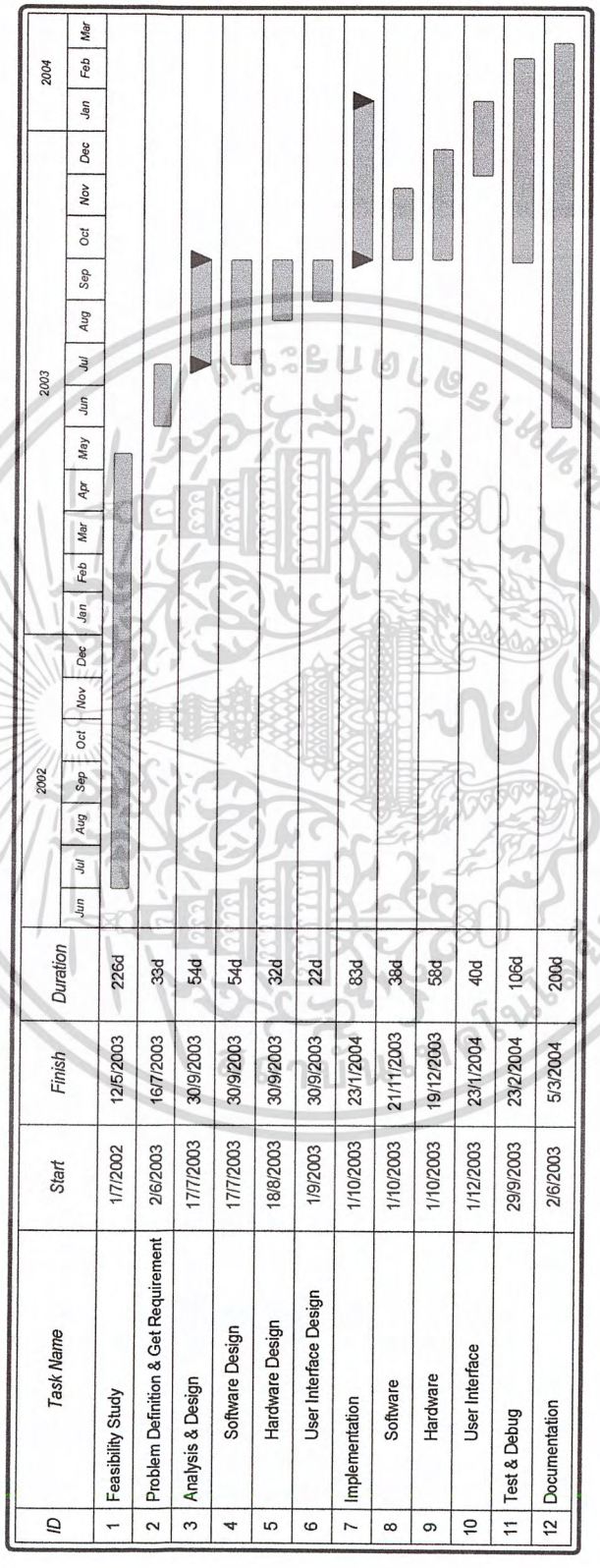
- คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล จำนวน 1 เครื่อง
- บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 1 ชุด
- เซอร์โวมอเตอร์ จำนวน 13 ตัว
- แผ่นอลูมิเนียมสำหรับทำโครงหุ่นยนต์
- ชุดคอมโปเนนท์และแอคเซสซารี่อิเล็คทรอนิคส์

1.6.2 ซอฟท์แวร์ (Software)

- Visual Basic 6.0 เป็นภาษาการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนที่ติดต่อผู้ใช้
- IDE8051 เป็นโปรแกรมที่ทำการคอมไพล์เพื่อส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์
- Win ISP เป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่ในการเบิร์นไฟล์ข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ขั้นตอนการดำเนินงาน



ID	Task Name	Start	Finish	Duration
1	Feasibility Study	1/7/2002	12/5/2003	226d
2	Problem Definition & Get Requirement	2/6/2003	16/7/2003	33d
3	Analysis & Design	17/7/2003	30/9/2003	54d
4	Software Design	17/7/2003	30/9/2003	54d
5	Hardware Design	18/8/2003	30/9/2003	32d
6	User Interface Design	1/9/2003	30/9/2003	22d
7	Implementation	1/10/2003	23/1/2004	83d
8	Software	1/10/2003	21/11/2003	38d
9	Hardware	1/10/2003	19/12/2003	58d
10	User Interface	1/12/2003	23/1/2004	40d
11	Test & Debug	29/9/2003	23/2/2004	106d
12	Documentation	2/6/2003	5/3/2004	200d

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีพื้นฐาน

ความหมายของหุ่นยนต์ตามพจนานุกรม คือ อุปกรณ์ หรือ เครื่องจักรอัตโนมัติชนิดหนึ่งซึ่งสามารถปฏิบัติงานเลียนแบบการทำงานของมนุษย์ หรือปฏิบัติการได้เทียบเคียงกับภูมิปัญญาของมนุษย์ แต่ความหมายในมุมมองของเครื่องมืออุตสาหกรรม จะหมายถึง เครื่องมือชนิดหนึ่งที่สามารถโปรแกรมการทำงานใหม่ได้ สามารถออกแบบให้ทำงานได้หลากหลายและทำงานได้ตามที่ต้องการ

2.1.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของหุ่นยนต์

2.1.1.1 ตัวปฏิบัติการ (Manipulator)

คือส่วนประกอบของชุดข้อต่อที่ใช้เป็นตัวเชื่อมระหว่าง อุปกรณ์กับอุปกรณ์ ประกอบขึ้นเป็นตัวหุ่น

2.1.1.2 ตัวควบคุม (Controller)

คือภูมิปัญญาหรือสมองของตัวปฏิบัติการที่จะสั่งให้ตัวปฏิบัติการทำงานตามความต้องการของผู้ใช้

2.1.2 การกำหนดชนิดของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

2.1.2.1 แบ่งตามรูปแบบทางกลไก

สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. หุ่นยนต์ระบบทรงกระบอก
2. หุ่นยนต์ระบบทรงกลม
3. หุ่นยนต์ระบบทรงลูกบาศก์

2.1.2.2 แบ่งตามรูปแบบทางการควบคุม

สามารถจำแนกได้ดังนี้

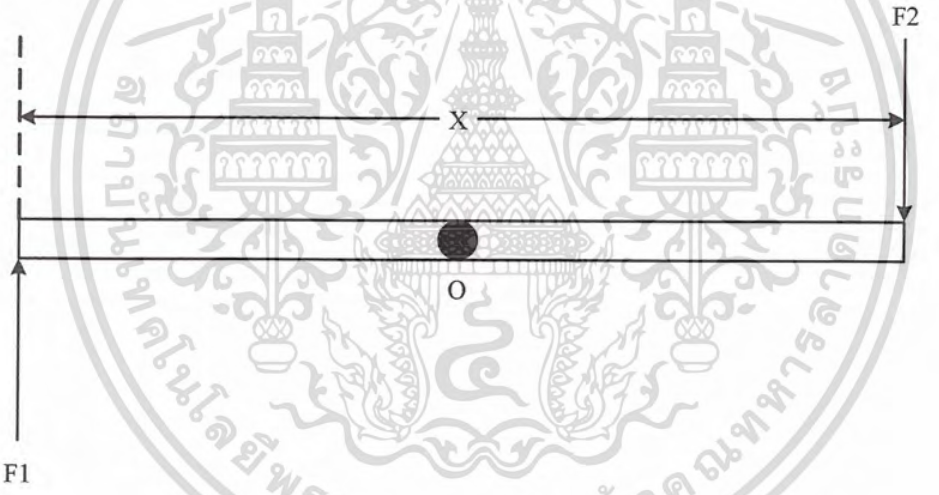
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หุ่นยนต์ควบคุมแบบไม่ใช้เซอร์โวมอเตอร์ หมายถึง เมื่อตัวปฏิบัติการเริ่มเคลื่อน มันจะเคลื่อนต่อไปจนกระทั่งถึงจุดที่ควรจะหยุด จะไม่มีการตรวจสอบใดๆ ในการเคลื่อนที่ระหว่างจุดสองจุดที่กำลังเคลื่อน วิธีการเคลื่อนที่ลักษณะนี้บางทีเรียกว่า ชนิดแบบลูป-เปิด

2. หุ่นยนต์ควบคุมแบบใช้เซอร์โวมอเตอร์ หมายถึง สามารถสั่งการให้ตัวปฏิบัติการเคลื่อนที่ หรือหยุดได้ทุกตำแหน่งตลอดย่านระยะของแกนแนวปฏิบัติการ เป็นลูป-ปิด แบ่งได้ 2 แบบ คือ การเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง และ แบบจุดต่อจุด

2.1.3 โมเมนต์ (Moment)

เมื่อมีแรงหลายแรงมากระทำต่อวัตถุโดยแนวแรงเหล่านั้นไม่ตัดกันวัตถุอาจเกิดการหมุนขึ้นได้ ถึงแม้ว่าตำแหน่งของมันจะไม่เปลี่ยนแปลงก็ตาม



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างหลักการโมเมนต์

รูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงแรง F1 และ F2 ซึ่งเป็นแรงสองแรงที่มีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงกันข้าม แรงทั้งสองนี้กระทำต่อคานที่ปลายทั้งสองข้าง โดยแรง F1 กระทำที่ปลายขวา และแรง F2 กระทำที่ปลายซ้าย ผลของแรงทั้งสองนี้จะทำให้คานหมุนรอบจุด O ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางมวลของคาน แต่จุด O ไม่มีการเคลื่อนที่ หรือกล่าวได้ว่า จุด O หมุนอยู่กับที่ เรียกสภาพของคานขณะนี้ว่า “สภาพที่สมดุลต่อการเปลี่ยนตำแหน่ง แต่ไม่สมดุลต่อการหมุน”

ได้มีการกำหนดปริมาณเวกเตอร์ที่เรียกว่า “โมเมนต์” ขึ้นเพื่อใช้ในการอธิบายผลของการหมุนเนื่องมาจากแรง โดยกำหนดขนาดของโมเมนต์ไว้ว่า โมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อวัตถุมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับระยะทางตั้งฉากจากจุดหมุนถึงแนวแรง ส่วนทิศทางของโมเมนต์ก็คือ ทิศทางของการหมุนว่าเป็นทิศตามเข็ม หรือ ทิศทวนเข็มนาฬิกา โมเมนต์นี้มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ทอร์ก (Torque) ในระบบ SI โมเมนต์มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร

วัตถุที่ได้ชื่อว่าอยู่ในสภาพสมดุลต่อการหมุน คือ วัตถุที่มีโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกาเท่ากับวัตถุที่มีโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา วัตถุที่สมดุลต่อการหมุนไม่จำเป็นต้องสมดุลต่อการเปลี่ยนตำแหน่ง และวัตถุที่สมดุลต่อการเปลี่ยนตำแหน่ง ก็ไม่จำเป็นต้องสมดุลต่อการหมุนเช่นกัน วัตถุใดที่สมดุลต่อการหมุนและสมดุลต่อการเปลี่ยนตำแหน่ง เรียกว่า วัตถุที่อยู่ในสมดุลสมบูรณ์ (Absolute equilibrium)

2.2 ทฤษฎีการเดิน

การเดินของมนุษย์มีกลไกที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน (ที่มาจาก [1]) มีจังหวะของการเดินที่เป็นไปโดยอัตโนมัติเป็นรีเฟล็กซ์ เมื่อใดที่มีความตั้งใจเดินจะทำให้จังหวะของการเดินผิดปกติเช่น แกว่งแขนทั้งสองข้างพร้อมกัน หรือแกว่งแขนและขาข้างเดียวกันพร้อมกัน เป็นต้น

2.2.1วงจรการเดิน (Walking cycle)

ตามรูปที่ 2.2 หนึ่งวงจรการเดินเริ่มจากระยะที่ส้นเท้าของขาข้างหนึ่งแตะพื้น สิ้นสุดเมื่อเท้าของขาข้างนั้นแตะพื้นอีกครั้งหนึ่งจะคิดเป็นระยะทางมีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ หนึ่งวงจรการเดินแบ่งได้ 2 ช่วง คือ

2.2.1.1 ช่วงรับน้ำหนัก (Stance phase)

เริ่มจากเมื่อส้นเท้าแตะพื้น สิ้นสุดเมื่อเท้าข้างนั้นพ้นพื้น ในคนปกติคิดเป็นระยะทางประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของวงจรการเดิน การเดินช่วงนี้จะแบ่งได้อีก 4 ระยะ คือ (รูปที่ 2.3 ก)

1. ระยะส้นเท้าแตะพื้น (Heel strike) เป็นระยะที่ส้นเท้าของขาข้างนั้นแตะพื้น

2. ระยะเท้าวางราบ (Foot flat) เป็นระยะสั้นๆหลังจากที่ส้นเท้าแตะพื้นฝ่าเท้า ทั้งหมดวางราบกับพื้น

3. ระยะยืนกลาง (Mid stance) เท้าข้างนั้นจะรับน้ำหนักของร่างกายทั้งหมด ระยะนี้สิ้นสุดเมื่อส้นเท้าพ้นพื้น

4. ระยะถีบเท้า (Push off หรือ Toe off) เป็นระยะที่ปลายเท้ากำลังถีบพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

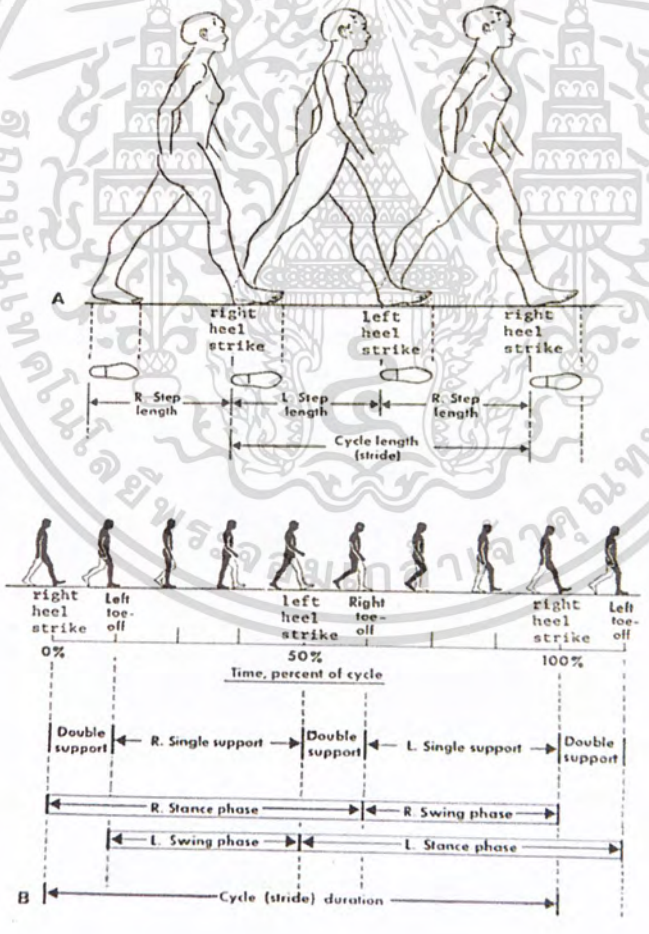
2.2.1.2 ช่วงแกว่งขา (Swing phase)

เป็นช่วงที่ขาแกว่งเท้าพ้นพื้น ในคนปกติคิดเป็นระยะทางประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของวงจรการเดินทาง การเดินช่วงนี้จะแบ่งออกได้อีก 3 ระยะ คือ (รูปที่ 2.3 ข)

1. ระยะมีอัตราเร่ง (Acceleration) เป็นระยะแรกของช่วงแกว่งขา ขาจะมีอัตราเร่งเพื่อให้เท้าก้าวต่อไป ระยะนี้ลำตัวจะอยู่หน้าต่อขาที่แกว่ง

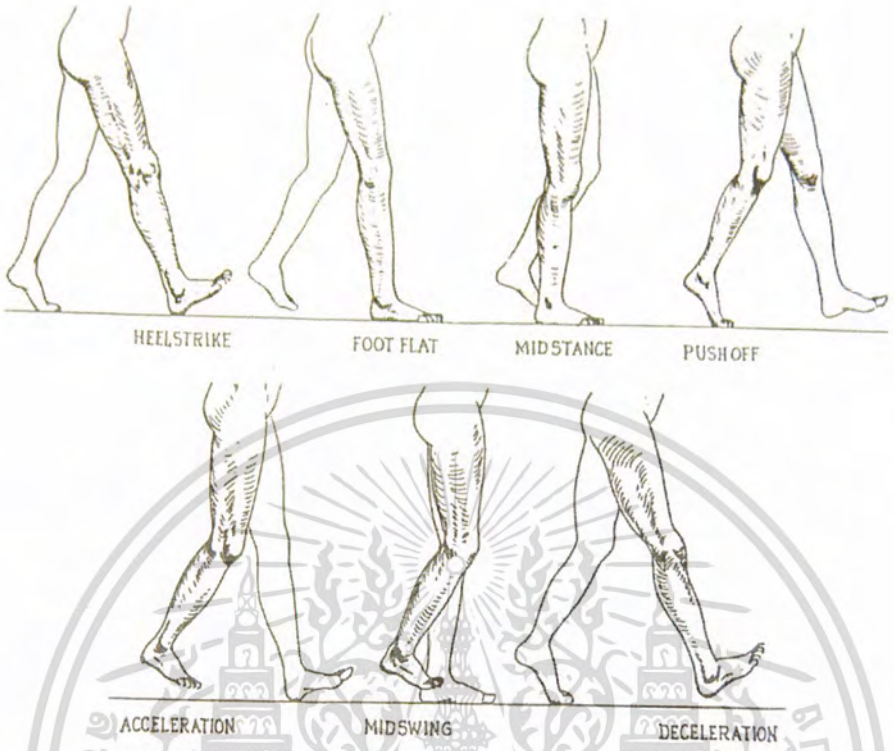
2. ระยะแกว่งกลาง (Mid swing) เป็นระยะที่ขากำลังแกว่งอยู่ในแนวใต้ลำตัว เป็นระยะที่ขาหดสั้นมากที่สุดเพื่อให้เท้าพ้นพื้น

3. ระยะลดอัตราเร่ง (Deceleration) เป็นระยะที่ขาเคลื่อนไหวมาด้านหน้าต่อลำตัวและมีการลดอัตราเร่งของขาลง โดยการทำงานของกล้ามเนื้อเพื่อให้ส้นเท้าแตะพื้น ระยะนี้ลำตัวจะอยู่หลังต่อขาที่แกว่ง



รูปที่ 2.2 เปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วงของการเดินปกติ (ที่มาจาก [1] หน้า 258)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ระยะของการเดิน ในช่วงที่ขารับน้ำหนักและในช่วงที่แกว่งขา (ที่มาจาก [1] หน้า 25)

2.2.1.3 ช่วงที่ขาทั้งสองข้างแตะพื้นพร้อมกัน (Double support)

ในคนปกติคิดเป็นระยะทางประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ของวงจรการเดิน การเดินช่วงนี้เกิดในระยะแรกและระยะหลังของช่วงที่ขารับน้ำหนัก คือ ขณะที่เท้าของขาหน้ากำลังสัมผัสพื้นและเท้าของขาหลังยังคงสัมผัสพื้นอยู่ เมื่อเดินเร็วขึ้นระยะเวลาที่เท้าทั้งสองข้างแตะพื้นพร้อมกันจะสั้นลงและระยะนี้จะหายไปเมื่อเป็นการวิ่ง

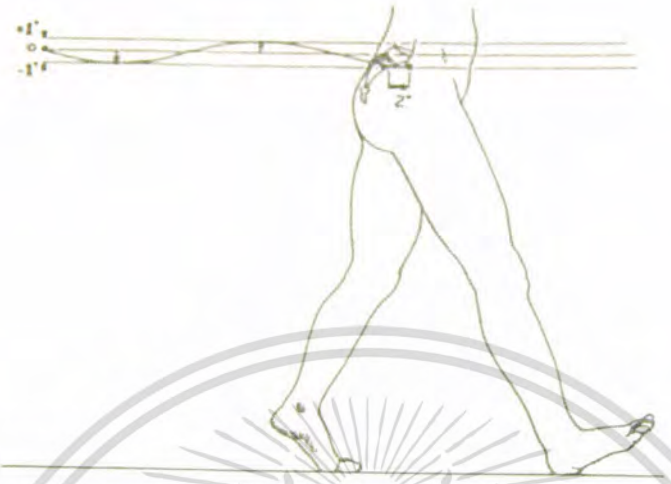
2.2.2. ลักษณะทั่วไปของการเดินปกติ

จะประกอบด้วยสิ่งต่อไปนี้ คือ

1. แขนทั้งสองข้างจะแกว่งสลับกันและแกว่งไปพร้อมกับขาด้านตรงกันข้ามโดยมีระยะการแกว่งที่เท่ากันเสมอ

2. การเคลื่อนที่ของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวดิ่ง (รูปที่ 2.4) ขณะเดินปกติ จุดศูนย์ถ่วงของร่างกายจะเปลี่ยนแปลงไปจากขณะเมื่อยืนปกติ โดยจะเคลื่อนที่ขึ้นสูงสุดเมื่อขาอยู่ในระยะยืนกลางประมาณ 1 นิ้ว รวมเป็นระยะการเคลื่อนไหวของจุดศูนย์ถ่วงในแนวดิ่งได้ 2 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การแกว่งของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวดิ่งขึ้นและลงประมาณ 2 นิ้ว (ที่มาจาก [1] หน้า 260)

3. การเคลื่อนที่ของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายไปด้านข้าง (รูปที่2.5) การเคลื่อนที่ของจุดศูนย์ถ่วงนี้จะเกิดขณะที่มีการเปลี่ยนขารับน้ำหนัก โดยที่จุดศูนย์ถ่วงของร่างกายขณะยืนปกติ จะเลื่อนไปด้านที่ขารับน้ำหนักประมาณ 1 นิ้ว รวมเป็นระยะการเคลื่อนไหวทั้งหมด 2 นิ้ว

4. การลดระดับของกระดูกเชิงกรานไปด้านที่ขาแกว่ง การลดระดับของกระดูกเชิงกรานนี้จะเกิดรอบข้อตะโพกข้างที่ขารับน้ำหนัก โดยกระดูกเชิงกรานจะลดระดับลงมาทำมุมประมาณ 5 องศา กันแนวราบ

5. การหมุนของกระดูกเชิงกรานไปด้านหน้ารอบแนวดิ่ง (รูปที่ 2.6) กระดูกเชิงกรานด้านที่ขากำลังแกว่ง จะเคลื่อนไปด้านหน้าประมาณ 4 องศา โดยใช้ข้อตะโพกของขาที่รับน้ำหนักเป็นจุดหมุน และจะเคลื่อนที่ไปด้านหลัง 4 องศาเช่นกัน

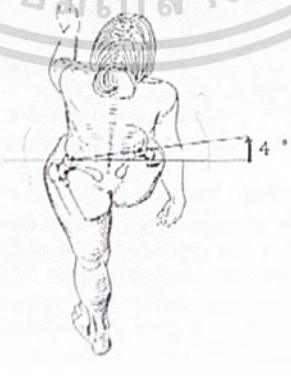
6. การงอข้อเข่าในช่วงที่ขารับน้ำหนัก ข้อเข่าจะงอตลอดเวลาของการเดินช่วงนี้ยกเว้นขณะที่ส้นเท้าแตะพื้นเท่านั้น ทั้งนี้ เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวดิ่งมากเกินไป

7. ความกว้างของฐานการเดิน (รูปที่ 2.7) เป็นระยะระหว่างจุดกึ่งกลางของส้นเท้าข้างหนึ่งไปยังจุดกึ่งกลางของส้นเท้าอีกข้างหนึ่ง ในคนปกติมีค่าประมาณ 2-4 นิ้ว ซึ่งของคนไทยในเพศชายมีค่าเฉลี่ย 7.9 เซนติเมตร ในเพศหญิงมีค่าเฉลี่ย 6.7 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

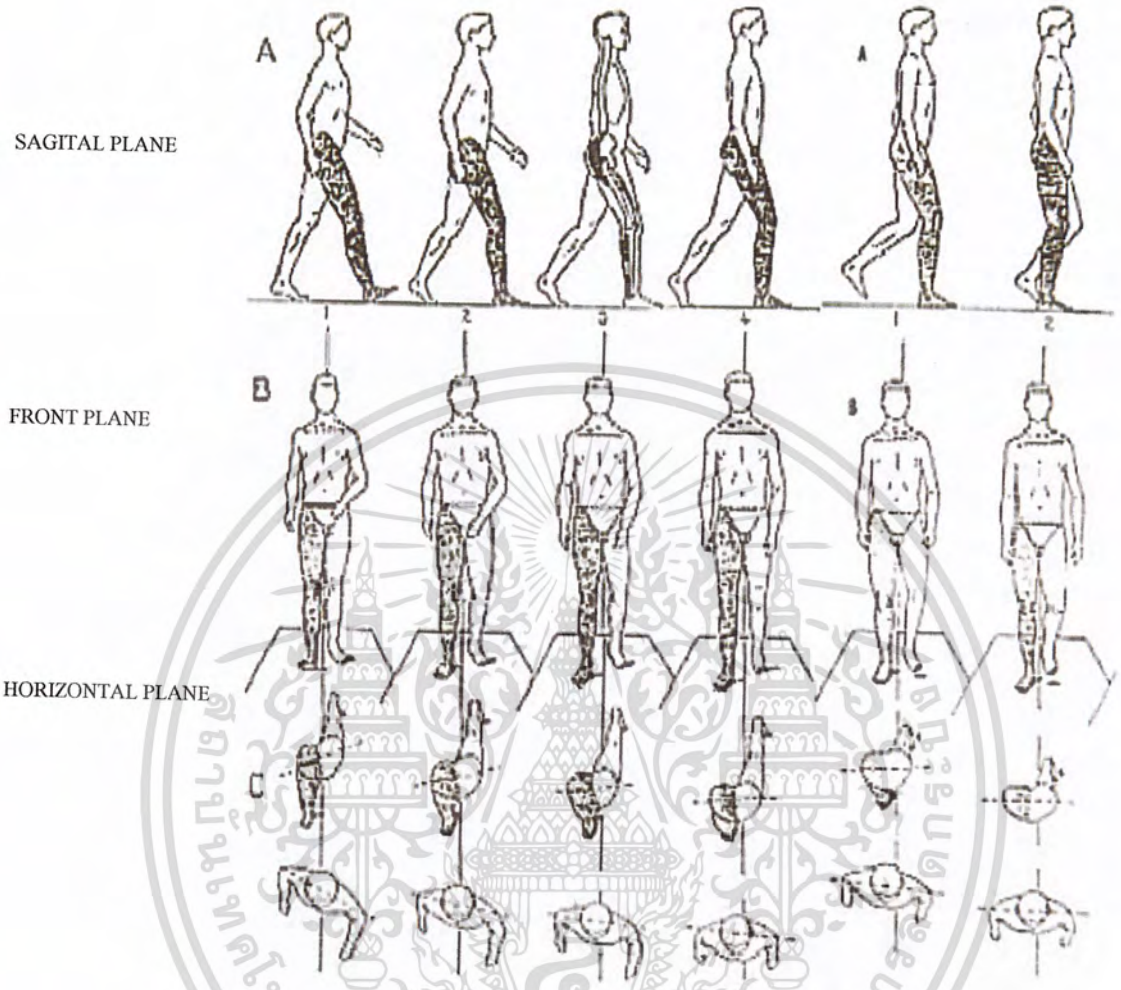
รูปที่ 2.5 การแกว่งของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแนวราบหน้า (Frontal) ประมาณ 2 นิ้ว (ที่มาจาก [1] หน้า 261)

รูปที่ 2.6 ความยาวและความกว้างของการก้าวเดิน (ที่มาจาก [1] หน้า 261)



รูปที่ 2.7 การหมุนของกระดูกเชิงกรานในระนาบนอนขณะเหวี่ยงขาไปด้านหน้าได้ประมาณ 4 องศา (ที่มาจาก [1] หน้า 261)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การเดินในช่วงที่ขารับน้ำหนักจากระยะส้นเท้าสัมผัสพื้น จนถึงระยะยืนกลางในแนวราบต่างๆกัน (ที่มาจาก [1] หน้า 262)

8. ความยาวของการเดิน (รูปที่ 2.7) เป็นความยาวของก้าว ระหว่างส้นเท้าของขาข้างหนึ่งกับส้นเท้าของขาอีกข้างหนึ่ง ซึ่งมีค่าประมาณ 15 นิ้ว ส่วนในคนไทยพบว่าเพศชายมีค่าเฉลี่ย 62.5 เซนติเมตร และในเพศหญิง มีค่าเฉลี่ย 59.2 เซนติเมตร

9. จำนวนก้าวในเวลาที่กำหนด (Cadence) ในคนที่เดินช้า จะมีจำนวน 70 ก้าวใน 1 นาที แต่ในคนที่เดินเร็ว จะมีจำนวน 130 ก้าวใน 1นาที โดยทั่วไปของการเดินปกติจะมีค่าประมาณ 110-115 ก้าวใน 1 นาที ส่วนในคนไทยทั้งเพศชายและหญิง มีค่าเฉลี่ย 106 ก้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การวิเคราะห์การเดิน

ในที่นี้เป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับคิเนแมติกส์ของข้อต่อขา และคิเนติกส์ของแรงกล้ามเนื้อ ซึ่งจะแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ

(ก) ระยะส้นเท้าแตะพื้นถึงระยะยืนกลาง (Heel strike to mid stance)

(ข) ระยะยืนกลางถึงระยะถีบเท้าหรือระยะปลายเท้าพ้นพื้น (Mid stance to push off or toe off)

(ค) ระยะแกว่งขา (Swing phase)

2. 3.1 การวิเคราะห์การเดินจากระยะส้นเท้าแตะพื้น ถึงระยะยืนกลาง ซึ่งสังเกตได้จากรูปที่ 2.8

2.3.1.1 ข้อเท้า

การวิเคราะห์ทางคิเนแมติกส์ ขณะที่ส้นเท้าแตะพื้น ข้อเท้าจะอยู่ในท่ากลางระหว่างการกระดกปลายเท้าขึ้นกับการเหยียดปลายเท้าลง ต่อมาจะมีการเหยียดปลายเท้าลงจนกระทั่งฝ่าเท้าราบกับพื้นในระยะนี้ปลายเท้าจะเหยียดลงประมาณ 15 องศา จากนั้นขาท่อนล่างจะเคลื่อนมาด้านหน้าจนถึงระยะยืนกลางซึ่งทำให้ข้อเท้ากระดกขึ้นประมาณ 2-3 องศา

การวิเคราะห์ทางคิเนติกส์ ขณะที่ส้นเท้าแตะพื้น กล้ามเนื้อในการกระดกข้อเท้าจะทำงานแบบหดสั้น (Concentric contraction) ต่อมาภายหลังเมื่อเท้าจะเหยียดออก กล้ามเนื้อมัดนี้จะทำงานแบบเหยียดออก (Eccentric contraction) เพื่อป้องกันการตกของปลายเท้าทันทีทันใด และจะทำงานน้อยลงๆจนไม่ทำเลยเมื่อถึงระยะยืนกลางกล้ามเนื้อในการเหยียดปลายเท้า(Plantraflexor muscle) จะเริ่มทำงานแบบเหยียดออก ภายหลังจากที่เท้าวางราบกับพื้น เพื่อควบคุมการเคลื่อนของขาท่อนล่างมาด้านหน้าให้เป็นไปอย่างราบเรียบ

2.3.1.2 ข้อเข่า

การวิเคราะห์ทางคิเนแมติกส์ ก่อนที่ส้นเท้าจะแตะพื้นข้อเข่าจะเหยียดตรง เมื่อส้นเท้าแตะพื้นแล้วจะเริ่มมีการงอข้อเข่าไปจนถึงระยะเท้าวางราบกับพื้น ข้อเข่าจะงอประมาณ 20 องศา แต่ในระยะยืนกลางข้อเข่าจะงอเพียง 15 องศา

การวิเคราะห์ทางคิเนติกส์ภายหลังจากที่ส้นเท้าแตะพื้นกล้ามเนื้อ Quadriceps จะทำงานแบบเหยียดออกเพื่อควบคุมการงอเข่าจากท่าเหยียด 0 องศาไปเป็น 20 องศา เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนที่อย่างราบเรียบและหลังจากที่ฝ่าเท้าวางราบกับพื้นแล้ว จนถึงระยะยืนกลางกล้ามเนื้อ Quadriceps ทำงานแบบหดสั้นเพื่อให้ข้อเข่าเหยียดออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3 ข้อตะโพก

การวิเคราะห์ทางคิเนแมติกส์ ขณะที่ส้นเท้าแตะพื้นข้อตะโพกจะงอประมาณ 30 องศา หลังจากระยะนี้ไปข้อตะโพกจะเริ่มเหยียดออก จนถึงระยะที่เท้าวางราบกับพื้น ข้อตะโพกจะงอเพียง 20 องศา และในช่วงยืนกลางข้อตะโพกจะอยู่ในท่าเหยียด 0 องศา

การวิเคราะห์ทางคิเนติกส์ ภายหลังจากที่ส้นเท้าแตะพื้นกล้ามเนื้อ Gluteus maximus และกล้ามเนื้อ Hamstrings จะทำงานแบบเหยียดออก เพื่อต้านการงอของข้อตะโพกที่เกิดขึ้นจากแรงดึงดูดของโลกและกล้ามเนื้อ Erector spinae จะทำงานแบบ หดสั้น เพื่อป้องกันการงอของลำตัวไปด้านหน้า

รูปที่ 2.9 การเดินในช่วงที่ขารับน้ำหนักจากระยะยืนกลางจนถึงระยะถีบปลายเท้า (ที่มาจาก [1] หน้า 264)

2.3.2 การวิเคราะห์การเดินจาก ระยะยืนกลางจนถึงระยะปลายเท้าพ้นพื้น สามารถสังเกตได้จากรูป ที่ 2.9

2.3.2.1 ข้อเท้า

การวิเคราะห์ทางคิเนแมติกส์ ในระยะยืนกลางข้อเท้าจะกระดกขึ้นประมาณ 3 องศา และจะกระดกมากขึ้นจนถึงก่อนระยะส้นเท้าพ้นพื้น ข้อเท้าจะกระดกขึ้นประมาณ 15 องศา จากระยะส้นเท้าพ้นพื้นจนถึงระยะปลายเท้าพ้นพื้น ข้อเท้าจะค่อยๆ เหยียดลงและในที่สุดข้อเท้าจะเหยียดลงประมาณ 20 องศา

การวิเคราะห์ทางคิเนติกส์ หลังจากระยะยืนกลาง ขาท่อนล่างจะเคลื่อนมาด้านหน้ารอบแกนข้อเท้า ทำให้ลำตัวเคลื่อนมาด้านหน้าด้วย และจะเกิดแรงกระทำจากพื้น ทำให้เท้ากระดกขึ้น กล้ามเนื้อ Gastrosoleus จะทำงานแบบเหยียดออกเพื่อควบคุมให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ราบเรียบและในระยะสุดท้ายของการถีบเท้าแรงกระทำจากพื้นจะน้อยลงๆและกล้ามเนื้อ Gastrosoleus จะเริ่มทำงานแบบหดสั้น เพื่อที่จะให้เท้าถีบพ้นพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 ข้อเข่า

การวิเคราะห์ทางคิเนแมติกส์ ในระยะยืนกลาง ข้อเข่าจะงอประมาณ 15 องศา หลังจากระยะนี้ไปข้อเข่าจะเหยียดมากขึ้น จนถึงก่อนระยะส้นเท้าพ้นพื้น ข้อเข่าจะงอเพียง 4 องศา และจากระยะส้นเท้าพ้นพื้นจนถึงระยะปลายเท้าพ้นพื้นข้อเข่าจะเริ่มงอมากขึ้นจนถึง 40 องศา

การวิเคราะห์ทางคิเนติกส์ ในระยะยืนกลางผลของแรงกระทำจากพื้นจะผ่านหลังต่อข้อเข่า ทำให้เกิดการงอเข่า กล้ามเนื้อ Quadriceps จะทำงานแบบเหยียดออก ภายหลังจากระยะนี้ไปกล้ามเนื้อ Gastrosoleus จะทำงานยกส้นเท้าและแรงกระทำจากพื้นจะผ่านไปหน้าต่อข้อเข่า ก่อนถึงระยะถีบปลายเท้า แรงกระทำจากพื้นจะผ่านหลังต่อข้อเข่าอีกครั้ง กล้ามเนื้อ Quadriceps จะทำงานแบบเหยียดออกอีกครั้งเพื่อควบคุมการงอเข่า

2.3.2.2 ข้อตะโพก

การวิเคราะห์ทางคิเนแมติกส์ ในระยะยืนกลางข้อตะโพกจะทำมุม 0 องศา หลังจากระยะนี้ข้อตะโพกจะเริ่มเหยียดจนถึงก่อนระยะส้นเท้าพ้นพื้นข้อตะโพกจะเหยียดประมาณ 10-15 องศา เมื่อส้นเท้าพ้นพื้นข้อตะโพกจะเหยียดประมาณ 20 องศา จากนั้นข้อตะโพกจะงอเข้าจนถึงระยะปลายเท้าถีบพื้น ข้อตะโพกจะเหยียดเพียง 10 องศา

การวิเคราะห์ทางคิเนติกส์ ในระยะยืนกลางแรงกระทำจากพื้นจะผ่านหลังข้อตะโพก ทำให้เกิดโมเมนต์ของการเหยียดข้อตะโพก แรงโมเมนต์นี้จะมากขึ้นจนถึงระยะที่ขาทั้งสองข้างเริ่มรับน้ำหนัก เมื่อน้ำหนักของร่างกายย้ายไปอยู่อีกขาหนึ่งแรงโมเมนต์จะลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากระยะนี้ไปแล้ว กล้ามเนื้อข้อตะโพกจึงจะทำงานการที่แรงโมเมนต์ผ่านหลังข้อตะโพกนั้น ตามหลักเมคานิกส์นั้น กล้ามเนื้อเหยียดข้อตะโพกไม่ควรทำงาน แต่จากการศึกษาของ Ducroquet และคณะ (ค.ศ. 1968) พบว่า กล้ามเนื้อเหยียดข้อตะโพกจะช่วยทำงานด้วย

2.3.3 การวิเคราะห์การเดินในช่วงแกว่งขา ซึ่งสามารถสังเกตได้จากรูปที่ 2.10

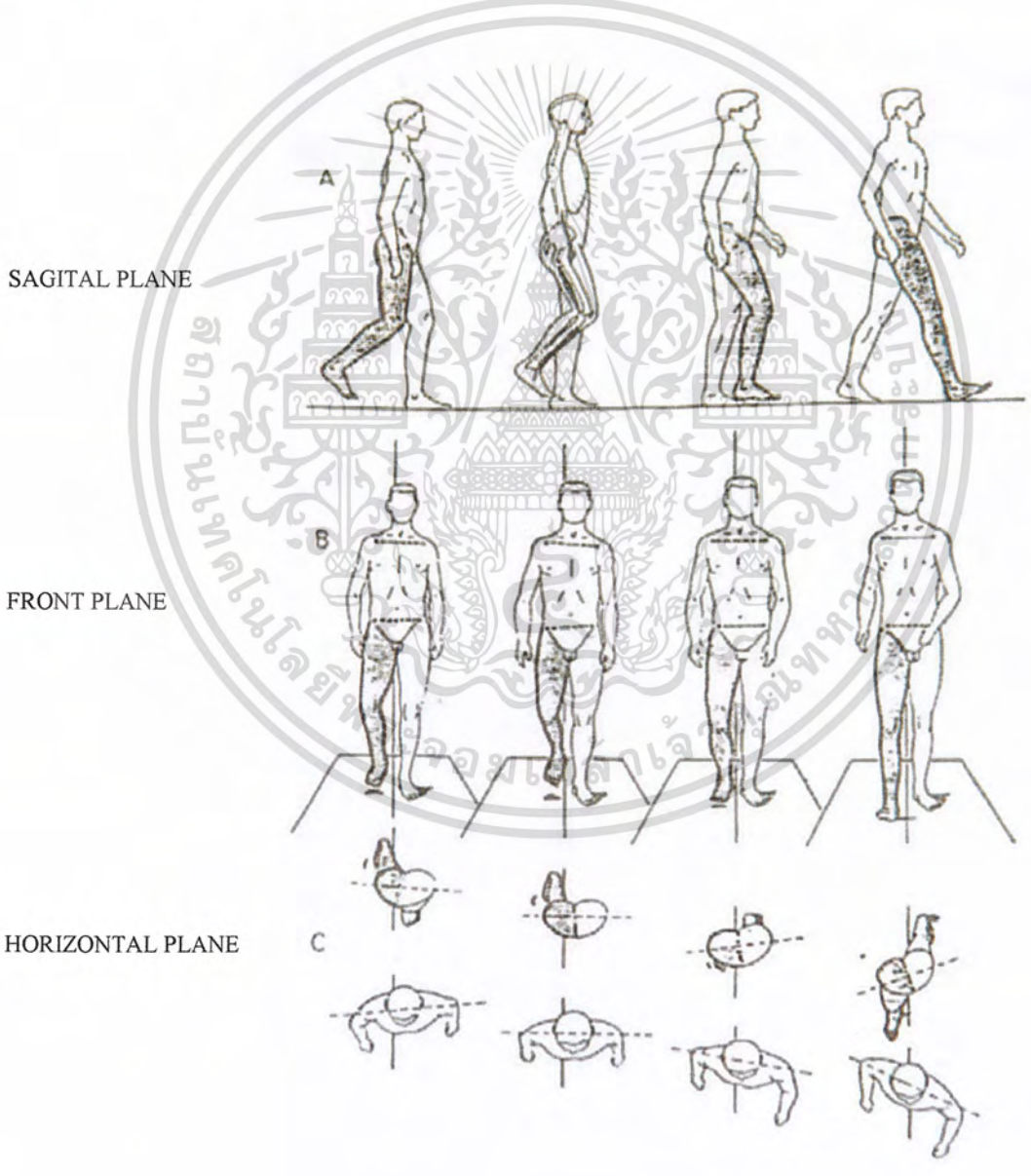
2.3.3.1 ข้อเท้า

ในช่วงแกว่งขา กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าจะทำงานแบบหดสั้นตลอดเวลา จนถึงระยะส้นเท้าแตะพื้นอีกครั้ง เพื่อให้ขาสั้นขึ้นและทำให้ปลายเท้าพ้นพื้นพอที่จะแกว่งขาไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ข้อเข่า

ระยะแรกของการแกว่งขา จะเกิดอัตราเร่งที่เกิดจากการถีบปลายเท้าในระยะ Push off กล้ามเนื้อ Quadriceps ที่ทำงานเหยียดออกในช่วงก่อนถีบปลายเท้านั้น ก็เพื่อป้องกันการยกส้นเท้ามากเกินไป ระยะต่อมากล้ามเนื้อมัดนี้จะทำงานแบบหดสั้น เพื่อแกว่งขาท่อนล่างไปด้านหน้า ตลอดระยะแกว่งขาข้อเข่าจะงอ โดยกล้ามเนื้อในการงอเข่าจะทำงาแบบหดสั้น และจะงอมากที่สุดในระยะขาแกว่งกลาง ซึ่งมีค่าประมาณ 65 องศา ในระยะหลังของช่วงแกว่งขาจะมีการลดอัตราเร็วลง โดยการทำงานของกล้ามเนื้อ Hamstrings และจะช่วยให้ส้นเท้าแตะพื้นอีกด้วย



รูปที่ 2.10 การเดินในช่วงเหวี่ยงขา ในแนวราบต่างๆกัน (ที่มาจาก [1] หน้า 266)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.3.3.3 ข้อตะโพก

ขณะที่ปลายเท้าพ้นพื้น ข้อตะโพกจะอยู่ในแนวกลางระหว่างการงอและการเหยียด หลังจากระยะนี้ไปข้อตะโพกจะงอมากขึ้น จนถึงระยะแกว่งกลาง ข้อตะโพกจะงอประมาณ 25 องศา และในระยะส้นเท้าแตะพื้น ข้อตะโพกจะงอประมาณ 30 องศา

2.4 อุปกรณ์และหน้าที่การทำงาน

2.4.1 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

เซอร์โวมอเตอร์ประกอบด้วยมอเตอร์ความเร็วสูง ภายในมีเฟืองทดรอบให้หมุนช้าลง เพื่อที่จะได้กำลังบิดที่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีวงจรควบคุมมอเตอร์ซึ่งวงจรนี้จะนำเอาค่าเฉลี่ยของพัลซ์รูปคลื่นสี่เหลี่ยม เข้าไปเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพัลซ์ในวงจรควบคุมมอเตอร์ ซึ่งถ้ามีค่าที่ต่างกันวงจรควบคุมมอเตอร์จะสั่งให้มอเตอร์หมุนไปตามทิศทางที่ตั้งไว้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างของพัลซ์โดยที่แกนเฟืองทดรอบจะหมุนพ่วงไปกับแกน VR (ตัวต้านทานปรับค่าได้) ซึ่งอยู่ในวงจรควบคุมมอเตอร์ ในขณะที่มอเตอร์หมุน VR. (ตัวต้านทานปรับค่าได้)จะถูกปรับค่าไปด้วย ทำให้ค่าแรงดันเปรียบเทียบของวงจรควบคุมมอเตอร์เปลี่ยนไปด้วย จนกระทั่งค่าเฉลี่ยของพัลซ์ในวงจรควบคุมมอเตอร์เท่ากับค่าเฉลี่ยของพัลซ์ที่เข้ามา จึงจะทำให้มอเตอร์หยุดหมุน

เซอร์โวมอเตอร์จะประกอบไปด้วยสายไฟสามเส้น คือ สายไฟเลี้ยงวงจร สายกราวด์ และสายสัญญาณพัลซ์ควบคุม ซึ่งลักษณะของสัญญาณพัลซ์ที่ใช้ควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์จะเป็นการส่งสัญญาณพัลซ์ที่มีความกว้างต่างกัน เพื่อควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยที่ความกว้างของพัลซ์จะเป็นตัวกำหนดขนาดและทิศทางการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ สำหรับคาบเวลาหรือระยะห่างระหว่างพัลซ์แต่ละลูกจะเป็นตัวกำหนดแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์

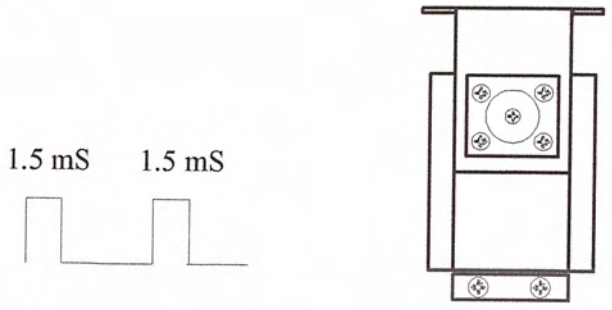
ถ้ากำหนดให้ในสภาวะปกติ เมื่อป้อนสัญญาณพัลซ์สี่เหลี่ยมที่มีความกว้างขนาด 1.5 mS ให้กับเซอร์โวมอเตอร์แกนของเซอร์โวมอเตอร์จะอยู่ ณ ตำแหน่งกลาง(Center) ดังรูปที่ 2.11ก

เมื่อป้อนสัญญาณพัลซ์สี่เหลี่ยมที่มีความกว้างขนาด 1 mS ให้กับเซอร์โวมอเตอร์แกนของเซอร์โวมอเตอร์จะมีทิศทางหมุนตามเข็มนาฬิกา ดังรูปที่ 2.11ข

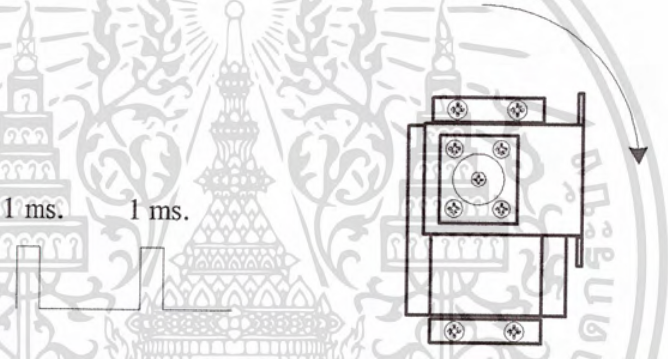
เมื่อป้อนสัญญาณพัลซ์สี่เหลี่ยมที่มีความกว้างขนาด 2 mS ให้กับเซอร์โวมอเตอร์แกนของเซอร์โวมอเตอร์จะมีทิศทางหมุนทวนเข็มนาฬิกา ดังรูปที่ 2.11ค ตามที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

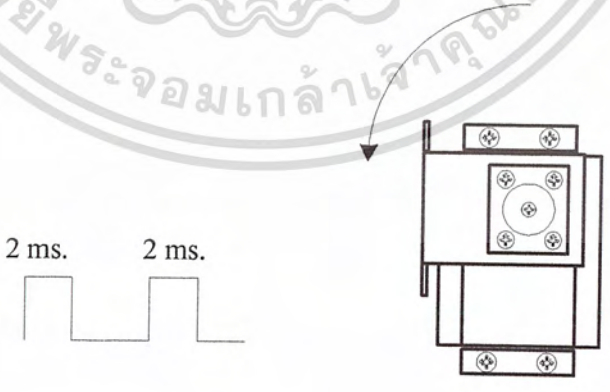
55728



ก. การตอบสนองของเซอร์โวเมื่อจ่ายพัลซ์ขนาด 1.5 mS



ข. การตอบสนองของเซอร์โวเมื่อจ่ายพัลซ์ขนาด 1 mS



ค. การตอบสนองของเซอร์โวเมื่อจ่ายพัลซ์ขนาด 2 mS

รูปที่ 2.11 การตอบสนองของเซอร์โวมอเตอร์ของสัญญาณพัลซ์ที่มีค่าความถี่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นถ้าจ่ายสัญญาณพัลซ์ที่มีความกว้างน้อยหรือมากกว่าความกว้างของพัลซ์ 1.5 mS ก็จะทำให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนต่างทิศทางกัน ทั้งตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกา โดยตำแหน่งแขนที่หมุนเซอร์โวมอเตอร์จะเบี่ยงเบนออกจากจุดกึ่งกลางเป็นสัดส่วนกับความกว้างของพัลซ์ที่จ่ายให้

2.4.1.1 การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

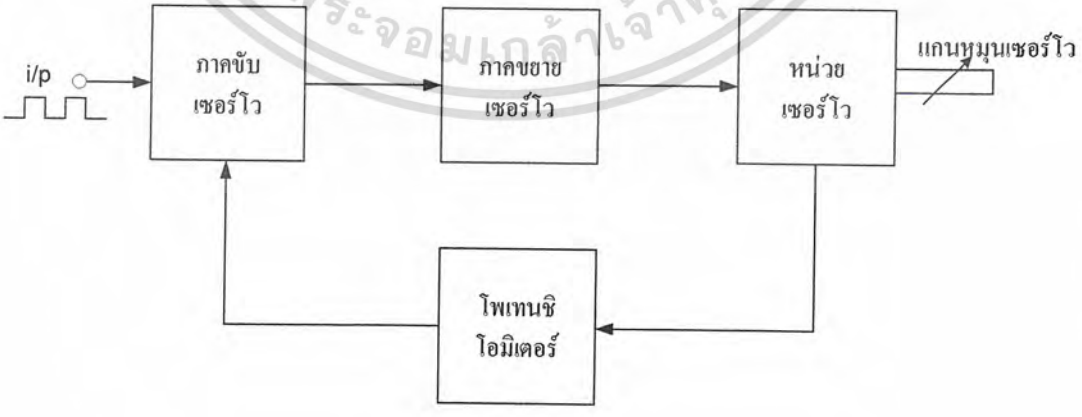
ในเซอร์โวมอเตอร์หนึ่งตัวจะประกอบไปด้วย 3 ภาคการทำงานซึ่งแต่ละภาคมีหน้าที่และการทำงานดังนี้

ภาคขับเซอร์โวมอเตอร์ ประกอบด้วย วงจรสร้างสัญญาณพัลซ์ และวงจรเปรียบเทียบสัญญาณพัลซ์ที่สร้างขึ้นกับสัญญาณพัลซ์ I/P ที่รับเข้ามา

ภาคขยายเซอร์โว ประกอบด้วย วงจร RC Network ที่ช่วยหน่วงสัญญาณให้เซอร์โวมอเตอร์สามารถทำงานได้ตลอดช่วงเวลา จนกระทั่งมีสัญญาณลูกต่อไปเข้ามา รวมถึงวงจรกลับขั้วแรงดันไฟฟ้าควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

หน่วยเซอร์โว ประกอบด้วยมอเตอร์ความเร็วสูง เฟืองทดรอบ แกนหมุน VR. (ตัวต้านทานปรับค่าได้) ทำหน้าที่ป้อนกลับตำแหน่ง (Position Feedback) และอุปกรณ์ต่างๆ

ซึ่งในขณะที่มอเตอร์หมุนโพเทนทิโอมิเตอร์ (VR.) จะถูกปรับค่า Feedback กลับมาปรับและเปรียบเทียบค่าความกว้างของพัลซ์ที่ภาคขับเซอร์โวมอเตอร์ เมื่อขนาดความกว้างของพัลซ์มีค่าเฉลี่ยของค่าแรงดันเท่ากันมอเตอร์จะหยุดหมุนทันที ซึ่งในรูปที่ 2.12 ได้แสดงภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น และได้แสดงไว้ดังรูปต่อไปนี้

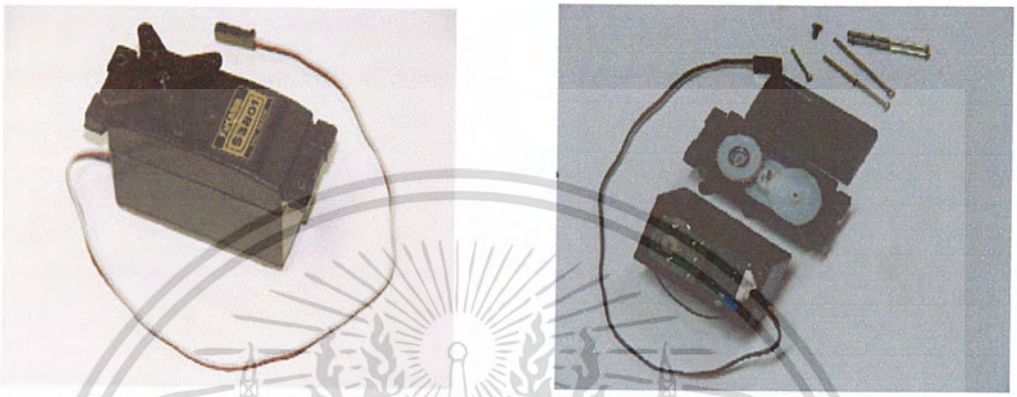


รูปที่ 2.12 ภาคการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

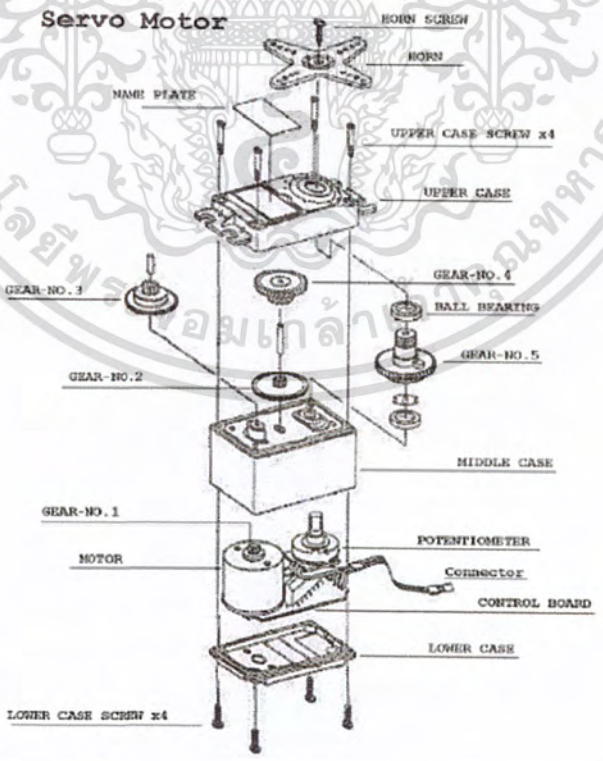
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของเซอร์โวมอเตอร์ รุ่น S3801

ภายในชุดเซอร์โวมอเตอร์ประกอบด้วย ชุดมอเตอร์ความเร็วสูงและชุดเฟืองทดรอบ จะทำให้มอเตอร์มีแรงบิดเพิ่มมากขึ้นซึ่งส่วนประกอบต่างๆของเซอร์โวมอเตอร์ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ภาพเซอร์โวมอเตอร์และส่วนประกอบภายใน

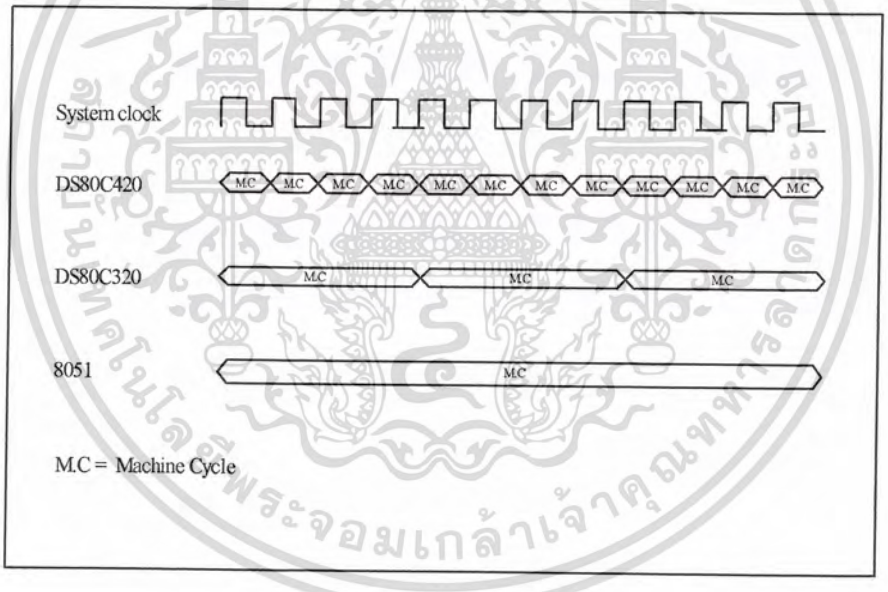


รูปที่ 2.14 โครงสร้างภายในของเซอร์โวมอเตอร์ (ที่มาจาก [2] หน้า 9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro controller) DS89C420

DC89C420 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ของค่าย ดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์ (Dallas Semiconductor) ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ในตระกูล MCS-51 ตัวแรกที่สามารถประมวลผลคำสั่ง 1 คำสั่ง โดยใช้เวลาเพียง 1 รอบสัญญาณนาฬิกาเท่านั้น จากเดิมที่ต้องใช้เวลาในการประมวลผลคำสั่ง 1 คำสั่งถึง 12 รอบสัญญาณนาฬิกา ทำให้ทำงานได้เร็วขึ้นถึง 12 เท่าที่ความถี่สัญญาณนาฬิกาเดียวกัน นอกจากนี้ยังสามารถทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงสุดถึง 33 MHz หรือทำงานได้รวดเร็วถึง 33 ล้านคำสั่งต่อวินาที เทียบได้กับหนึ่งคำสั่งใช้เวลาในการประมวลผลเพียง 33 นาโนวินาทีเท่านั้น ถ้าเปรียบเทียบกับ 8051 เดิมแล้วจะต้องใช้สัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่สูงถึง 33 x 12 = 396 MHz เลยทีเดียว (ที่มาจาก [3]) ดังในรูปที่ 2.14 ซึ่งได้แสดงการเปรียบเทียบจำนวนรอบสัญญาณนาฬิกาต่อคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 รุ่นต่างๆ



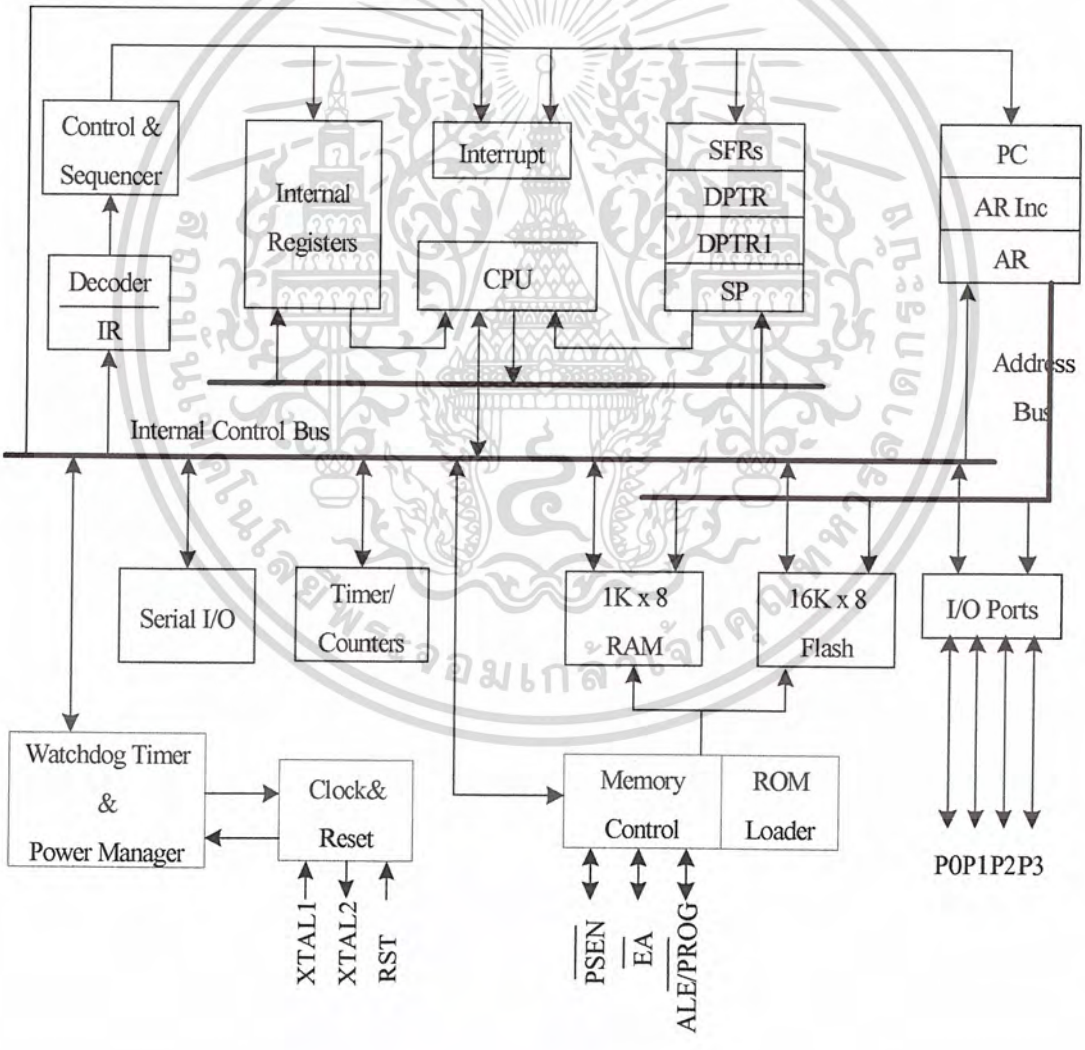
รูปที่ 2.15 การเปรียบเทียบจำนวนรอบสัญญาณนาฬิกาต่อคำสั่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro Controller) MCS-51 รุ่นต่างๆ (ที่มาจาก [3] หน้า 230)

นอกจากนั้น DS89C420 ยังมีความเข้ากันได้ (Compatible) กับชุดคำสั่งของ MCS –51 อีกด้วยและ DS89C420 ยังมีคุณสมบัติอื่นๆที่น่าสนใจ ที่แตกต่างจากไมโครคอนโทรลเลอร์อื่นๆในตระกูล MCS –51อีกดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.1 หน่วยความจำโปรแกรม (Program) แบบแฟลช (flash)

DS89C420 ถูกออกแบบให้มีโครงสร้างหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็นแบบแฟลช ขนาด 16 Kbytes ซึ่งมีข้อดีหลายอย่าง ได้แก่ การนำไปใช้งานโดยไม่ต้องมีการต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกอีก ทำให้ลดจำนวนอุปกรณ์ที่ต้องใช้ลงไปและทำให้สามารถใช้เวลาในการประมวลผลคำสั่งโดยใช้เวลาเพียง 1 รอบสัญญาณนาฬิกาได้ ในขณะที่ถ้าเก็บโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำภายนอก จะต้องใช้เวลาในการเข้าถึงข้อมูลจำนวน 4 รอบสัญญาณนาฬิกา ในรูปที่ 2.15 ได้แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างภายในของ DS89C420

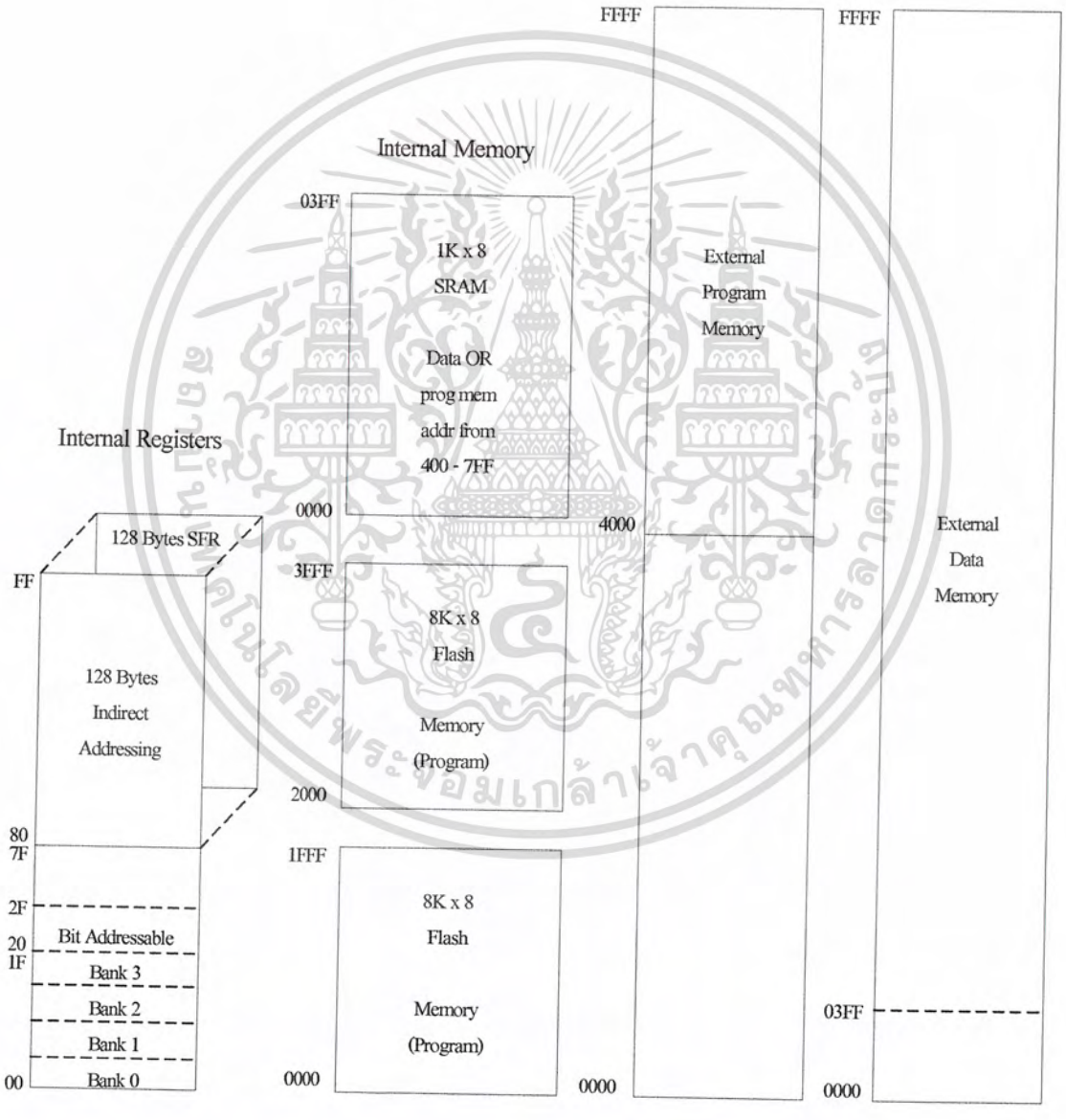


รูปที่ 2.16 โครงสร้างภายในของ DS89C420 (ที่มาจาก [3] หน้า 230)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.2 หน่วยความจำข้อมูลภายใน

ใน DS89C420 นอกเหนือจากหน่วยความจำข้อมูลภายใน (Scratchpad RAM) จำนวน 256 ไบต์ ตามมาตรฐานแล้ว ยังมีหน่วยความความจำข้อมูลภายในเพิ่มเติมขนาด 1 กิโลไบต์ ที่ทำงานเหมือนเป็นหน่วยความจำข้อมูลภายนอก คือใช้คำสั่ง MOVX ในการเข้าถึงข้อมูลในหน่วยความจำส่วนนี้โดยมีพื้นที่อยู่ในตำแหน่ง 0000h-03ffh



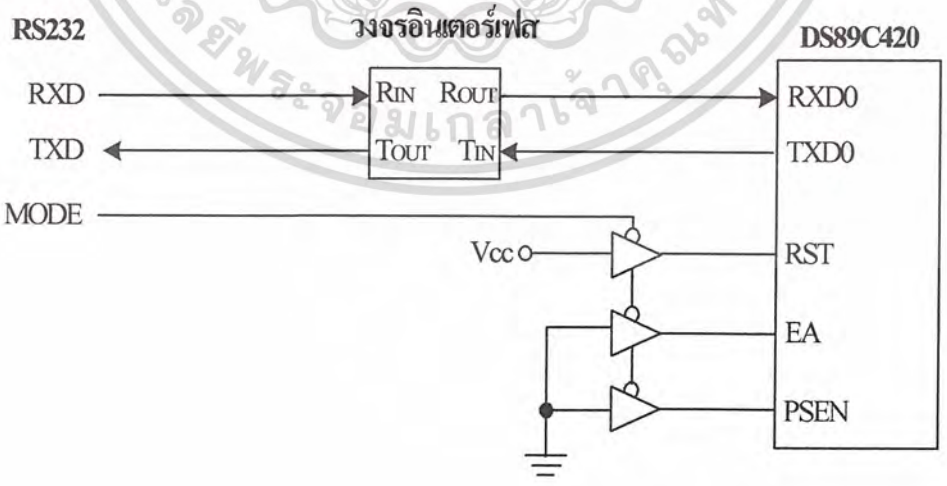
รูปที่ 2.17 แสดงโครงสร้างหน่วยความจำของ DS89C420 (ที่มาจาก [3] หน้า 232)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.3 การโปรแกรมแบบอัดโปรแกรมได้โดยไม่ต้องถอดตัวไอซี (In-system Programming)

นอกจากความเร็วที่เพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นๆแล้ว DS89C420 ยังมีคุณสมบัติเด่นในเรื่องหน่วยความจำภายในแบบแฟลชที่สามารถอัดโปรแกรม ได้โดยไม่ต้องถอดตัวไอซี(IC)ออกจากบอร์ด หรือที่เรียกว่าการโปรแกรมแบบ ISP (In-System Programming)โดยอาศัยการส่งข้อมูลโปรแกรมให้กับ DS89C420 ทางพอร์ตอนุกรมสำหรับการทำงานในโหมด ROM Loader ในการเข้าสู่การทำงานในโหมด ROM Loader ของ DS89C420 ทำได้โดยการกำหนดให้ EA = PSEN = '0' และ RST = '1' เมื่ออยู่ในโหมดการทำงานนี้ DS89C420 จะทำงานตามโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำรอมพิเศษ โดยทำหน้าที่คอยรับคำสั่งที่ติดต่อผ่านทางพอร์ตอนุกรมและดำเนินการตามคำสั่งที่ได้รับ คำสั่งเหล่านี้จะเกี่ยวข้องกับการจัดการกับหน่วยความจำของ DS89C420 ทั้งภายในและภายนอกรวมถึงการดาวน์โหลด(download)โปรแกรมให้กับ DS89C420 ด้วย

ส่วนประกอบของวงจรที่ใช้ในการทำงานในโหมด ROM Loader สำหรับ DS89C420 จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ส่วน คือ วงจรอินเตอร์เฟส (Interface) RS232 สำหรับรับ/ส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม และวงจรสร้างสัญญาณควบคุมทั้ง 3 ขา คือ RST, EA, และ PSEN เพื่อเข้าสู่โหมด ROM Loader ตัวอย่างในรูปที่2.17 ใช้บัฟเฟอร์ (Buffer) แบบ 3 สถานะ (3-state buffer) ช่วยในการสร้างสัญญาณควบคุมทั้ง 3 นี้ เพื่อทำให้มันสามารถใช้งาน DS89C420 ได้ตามปกติเมื่อไม่ได้อยู่ในโหมด ROM Loader



รูปที่ 2.18 วงจรที่ใช้สำหรับการทำงานในโหมด ROM Loader (ที่มาจาก [3] หน้า 160)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

การติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมมีข้อดีหลายประการดังนี้

1. การติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมสามารถใช้สายสัญญาณได้ยาวกว่าการติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตขนาน โดยที่พอร์ตอนุกรมจะใช้ระดับแรงดันในช่วง -3 ถึง -25 โวลท์ แทนลอจิก '0' และใช้ระดับแรงดันในช่วง +3 ถึง +25 โวลท์ แทนลอจิก '1' ดังนั้นจะเห็นได้ว่าช่วงการสวิงของระดับแรงดันมีค่าประมาณ 50 โวลท์ ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าหากมีการสูญเสียในสายสัญญาณแล้วการส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมจะสามารถส่งข้อมูลไปได้ไกลกว่าอย่างเห็นได้ชัดเจน

2. ใช้จำนวนสายสัญญาณน้อยกว่าการส่งสัญญาณข้อมูลแบบพอร์ตขนาน ในกรณีที่อุปกรณ์อยู่ห่างจากเครื่องคอมพิวเตอร์มากๆ ย่อมจะสะดวกกว่าหากจะเดินสายสัญญาณเพียง 3 เส้น ซึ่งเป็นลักษณะของนัลโมเด็ม (Null Modem) เมื่อเทียบกับการเดินสายสัญญาณจำนวน 19 หรือ 25 เส้น ในการใช้พอร์ตขนาน

3. ปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้แสงอินฟราเรด (Infrared) ได้รับความนิยมมากขึ้นซึ่งจะเห็นได้จากจำนวนของอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ทั่วไปเช่น เครื่องคอมพิวเตอร์แบบกระเป๋าหิ้ว ฯลฯ จะมีการติดต่อสื่อสารโดยใช้แสงอินฟราเรดร่วมอยู่ด้วย ซึ่งแน่นอนว่าการใช้แสงอินฟราเรดก็จะต้องใช้การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม เนื่องจากความไม่สะดวกอย่างยิ่งในการที่จะทำการส่งข้อมูลแบบพอร์ตขนานด้วยอินฟราเรด

2.4.3.1 ลักษณะทางฮาร์ดแวร์

อุปกรณ์ที่ใช้การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมสามารถแยกออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. DCE (Data Communication Equipment) อุปกรณ์เหล่านี้ได้แก่ โมเด็ม (Modem) พล็อตเตอร์ (Plotter) เป็นต้น

2. DTE (Data Terminal Equipment) ซึ่งก็คือคอมพิวเตอร์นั่นเอง

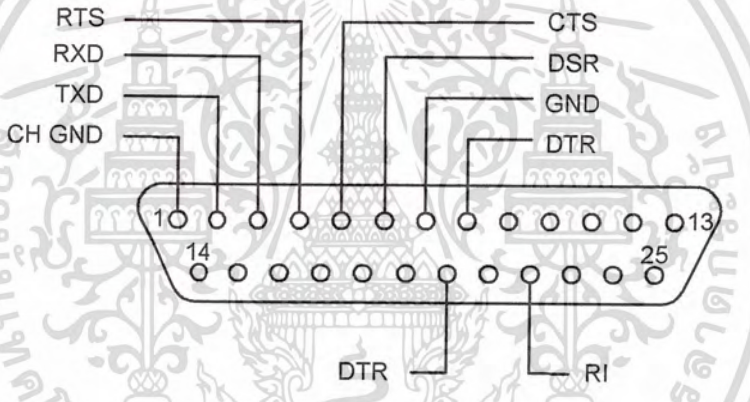
พอร์ตอนุกรมนี้มีข้อกำหนดตามมาตรฐานทางไฟฟ้าซึ่งกำหนดโดย EIA (Electronics Industry Association) หรือ RS-232 ดังนี้

1. ช่วงไม่มีข้อมูล (Space) หรือลอจิก '0' จะต้องมีระดับแรงดันอยู่ในช่วง -3 ถึง -25 โวลท์
2. ช่วงมีข้อมูล (Mark) หรือลอจิก '1' จะต้องมีระดับแรงดันอยู่ในช่วง +3 ถึง +25 โวลท์
3. ระดับแรงดันในช่วง -3 ถึง +3 โวลท์ ไม่มีการนิยามไว้
4. ระดับแรงดันในขณะเปิดวงจรต้องมีค่าไม่เกิน 25 โวลท์
5. พิกัดกระแสขณะช็อตวงจรมีค่าไม่เกิน 500 มิลลิแอมป์

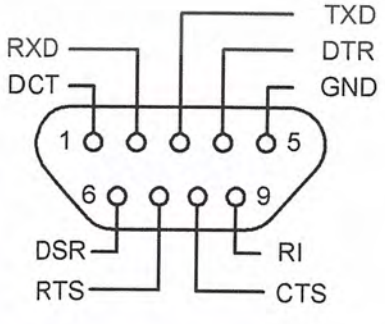
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานของ RS-232 นั้นนอกจากที่ทำการระบุไว้ข้างต้นแล้วยังประกอบไปด้วยส่วนต่างๆอีกดังนี้ เช่น ค่าความจุของสาย อัตราบอดเรต (Baud Rate) สูงสุดซึ่งรายละเอียดต่างๆสามารถดูได้จากมาตรฐานของ EIA RS232-C ซึ่งตามมาตรฐานของ RS-232C ได้กำหนดอัตราบอดเรตไว้ที่ 20,000 บิทต่อวินาทีซึ่งค่อนข้างจะช้าเกินไปสำหรับมาตรฐานในปัจจุบัน ในช่วงหลังจึงได้มีการกำหนดมาตรฐาน RS-232D ขึ้นและยังคงใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน

พอร์ตอนุกรมนี้จะมีอยู่ 2 ขนาดคือ คอนเน็คเตอร์แบบ D-type ตัวผู้ขนาด 25 pin ดังรูปที่ 2.18 และคอนเน็คเตอร์แบบ D-type ตัวผู้เช่นกันขนาด 9 pin ดังรูปที่ 2.19 ซึ่งขนาดของคอนเน็คเตอร์ทั้ง 2 แบบนี้จะติดอยู่ที่ตำแหน่งด้านหลังของเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังตารางที่2 จะแสดงตำแหน่งขาสัญญาณของพอร์ตอนุกรม



รูปที่ 2.19 แสดงคอนเน็คเตอร์แบบ DB-25

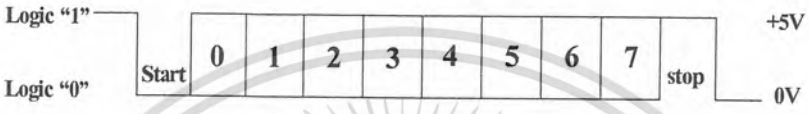


รูปที่ 2.20 แสดงคอนเน็คเตอร์แบบ DB-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.2 รูปคลื่นของ RS-232

การสื่อสารโดยใช้ RS-232 นั้นเป็นการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) นั่นคือในการสื่อสารไม่จำเป็นต้องทำการส่งสัญญาณนาฬิกา (Clock) ไปกับข้อมูลด้วยซึ่งแต่ละเวิร์ด (Word) ของข้อมูลจะใช้บิตเริ่มต้น (Start Bit) ในการซิงโครนัสข้อมูลโดยอาศัยสัญญาณนาฬิกาที่แต่ละด้านของทั้งฝ่ายผู้รับ-ผู้ส่ง ในการส่งข้อมูล



รูปที่ 2.21 รูปคลื่นของการส่งสัญญาณแบบอนุกรมด้วยระดับแรงดันของ TTL/CMOS

รูปที่ 2.22 รูปคลื่นของสัญญาณที่รับส่งผ่านพอร์ต RS-232

ไดอะแกรมที่ผ่านมาแสดงรูปคลื่นจาก UART เมื่อใช้รูปแบบของการส่งแบบ 8N1 ซึ่ง 8N1 นี้หมายถึง ประกอบด้วยข้อมูล 8 บิต ซึ่งไม่มีพาริตี้บิต (Parity Bit) และ 1 บิตหยุด ในการส่งข้อมูลจะต้องส่งบิตที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุด (LSB) ก่อนส่วนบิตที่มีนัยสำคัญมากที่สุด (MSB) จะอยู่ลำดับสุดท้าย

ในรูปที่ 2.21 แสดงรูปคลื่นของการรับและส่งข้อมูลผ่านพอร์ต RS-232 ซึ่งระดับของแรงดันจะแตกต่างจากในรูปที่ 2.20 แต่มีลักษณะของข้อมูลเหมือนกัน

ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎี และหลักการทำงานที่ได้นำมาใช้ประกอบกับการทำโครงงานชิ้นนี้ ซึ่งทฤษฎีและหลักการทำงานหลักๆ ที่นำมาประยุกต์นี้จะประกอบไปด้วย ทฤษฎีการเดินของมนุษย์ว่ามีหลักการทำงานอย่างไร ทฤษฎีและหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เซอร์โวมอเตอร์ และอุปกรณ์

จากทฤษฎีเหล่านี้ที่ได้ทำการศึกษาในบทนี้แล้ว ในบทต่อไปจะกล่าวถึงขั้นตอนต่างๆ ในการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ของตัวโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

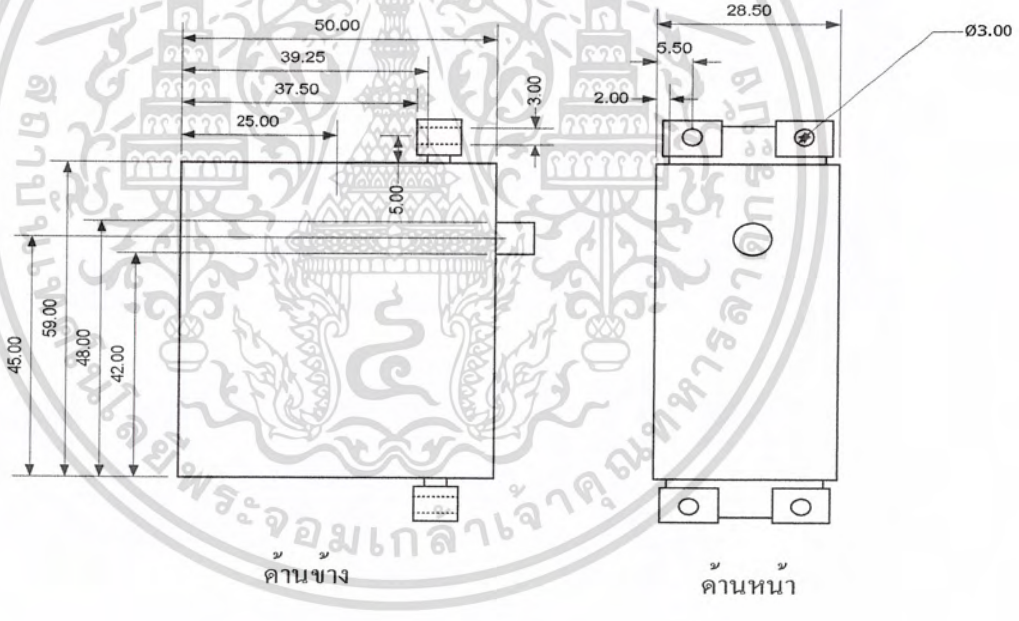
บทที่ 3
โครงสร้างของตัวหุ่นยนต์ 2 ขา แบบสถิตย์

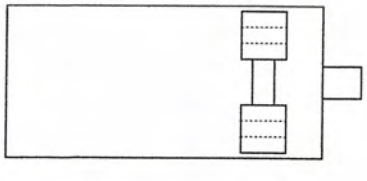
ในบทนี้เราจะกล่าวถึงการออกแบบส่วนประกอบและโครงสร้างโดยรวมของตัวหุ่นยนต์ 2 ขาแบบสถิตย์ ซึ่งส่วนประกอบต่างๆนั้นมีรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 โครงสร้างและองค์ประกอบต่างๆของตัวหุ่นยนต์ทางด้านฮาร์ดแวร์

3.1.1 ขนาดของเซอร์โว

เซอร์โวที่นำมาใช้ในการสร้างหุ่นยนต์นั้นเป็นเซอร์โวของ ฟูตาบา (FUTABA) รุ่น S3801 ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.1





ด้านบน

รูปที่ 3.1 ขนาดของเซอร์โวของฟูตาบา รุ่น S3801

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ขนาดและการออกแบบของแค้มป์จับเซอร์โว

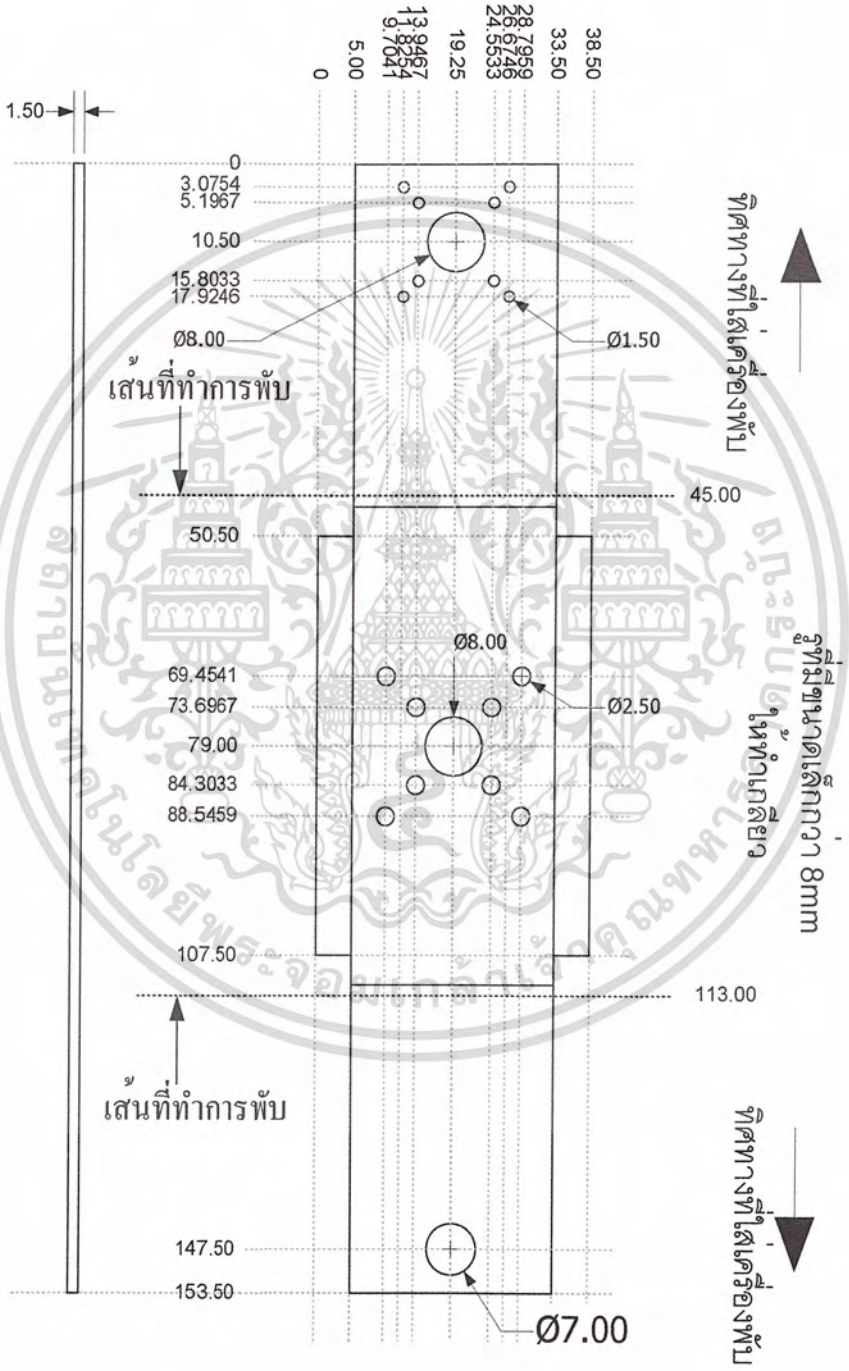
แค้มป์จับเซอร์โวใน 1 แบบนั้นจะแบ่งออกเป็นส่วนย่อยอีก 2 ส่วน คือ ส่วนอยู่กับที่และส่วนเคลื่อนที่

3.1.2.1 ขนาดของแค้มป์จับเซอร์โวส่วนอยู่กับที่ (แบบที่ 1)

รูปที่ 3.2 ขนาดของแค้มป์จับเซอร์โวแบบที่ 1 (ส่วนที่ยึดอยู่กับที่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

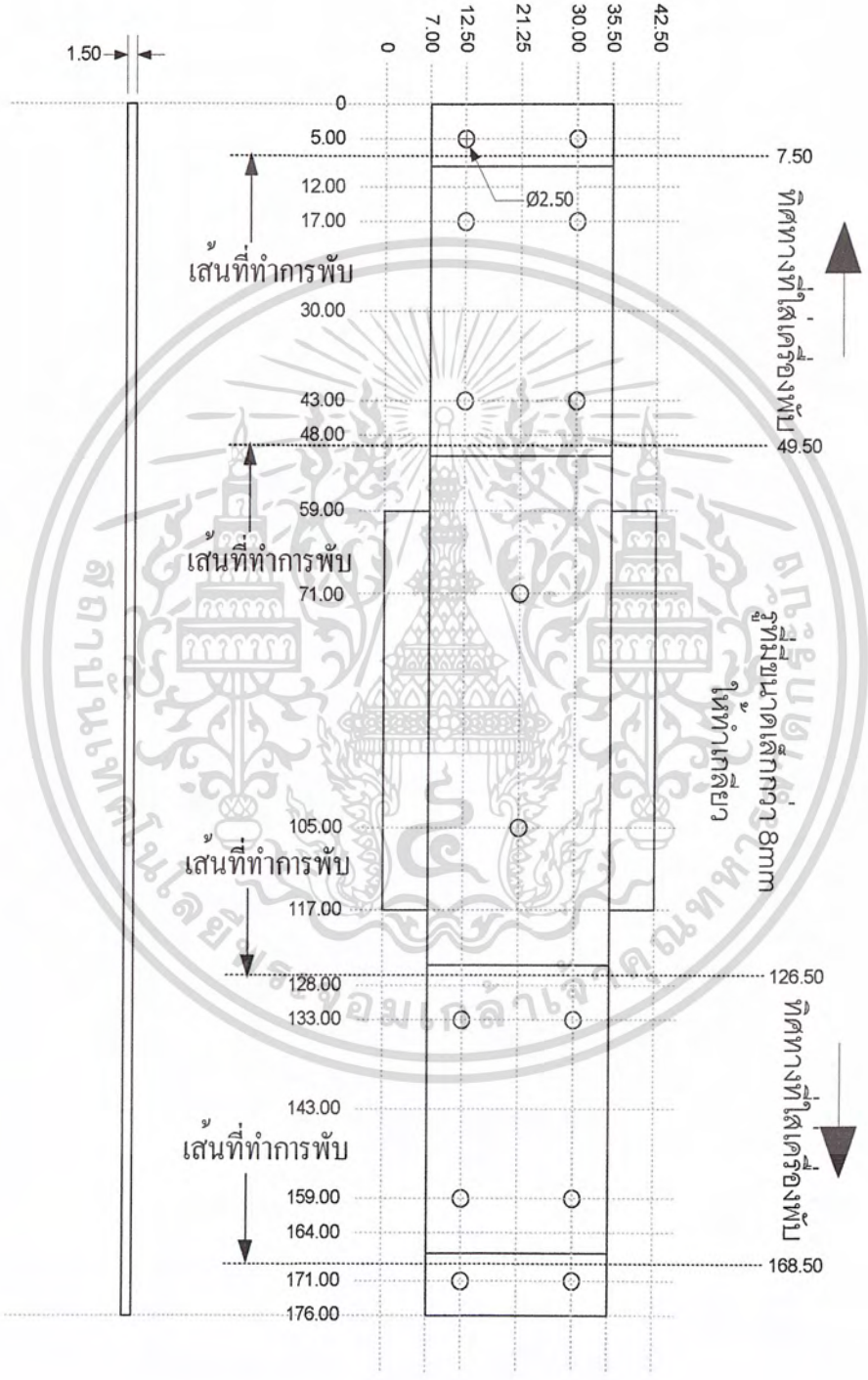
3.1.2.2 ขนาดของแค้มป์จับเซอร์โวส่วนเคลื่อนที่ (แบบที่ 1)



รูปที่ 3.3 ขนาดของแค้มป์จับเซอร์โวแบบที่ 1 (ส่วนที่ยึดกับส่วนเคลื่อนที่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

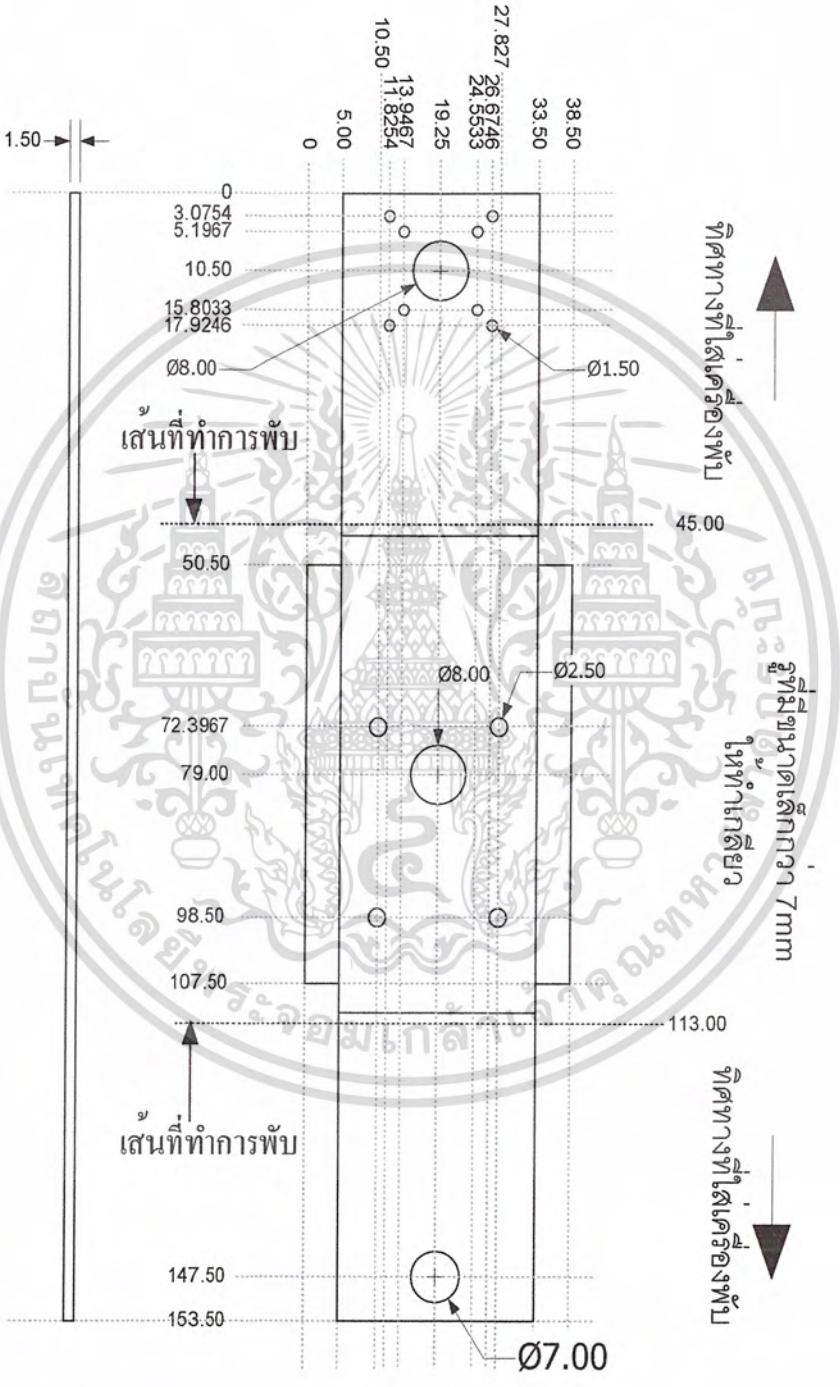
3.1.2.3 ขนาดของแค้มป์จับเซอร์โวส่วนอยู่กับที่ (แบบที่ 2)



รูปที่ 3.4 ขนาดของแค้มป์จับเซอร์โวแบบที่ 2 (ส่วนที่ยึดอยู่กับที่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

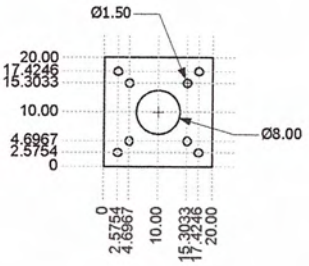
3.1.2.4 ขนาดของแค้มป์จับเซอร์โวส่วนเคลื่อนที่ (แบบที่ 2)



รูปที่ 3.5 ขนาดของแค้มป์จับเซอร์โวแบบที่ 2 (ส่วนที่ยึดกับส่วนเคลื่อนที่)

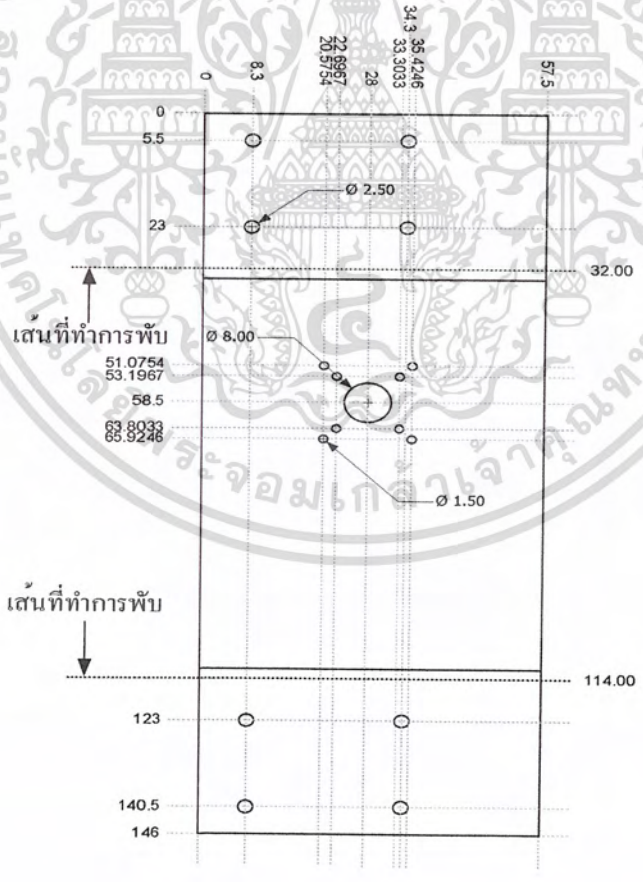
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.5 ขนาดของแผ่นที่ใช้ประกบกับแค้มป์เคลื่อนที่



รูปที่ 3.6 ขนาดของแผ่นที่ใช้ประกบกับแค้มป์เคลื่อนที่

3.1.3 ขนาดของแผ่นที่ใช้เชื่อมต่อช่วงสะโพก



รูปที่ 3.7 ขนาดของแผ่นที่ใช้เชื่อมต่อช่วงสะ โพก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 ขนาดของแผ่นที่ใช้เชื่อมต่อช่วงเอว

รูปที่ 3.8 ขนาดของแผ่นที่ใช้เชื่อมต่อช่วงเอว

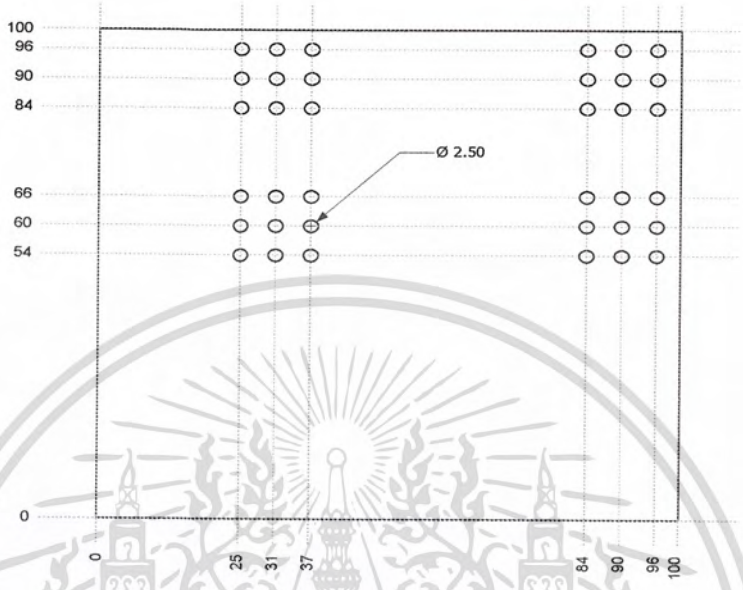
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 ขนาดของแผ่นที่ใช้เชื่อมต่อเท้ากับข้อเท้า

รูปที่ 3.9 ขนาดของแผ่นที่ใช้เชื่อมต่อเท้ากับข้อเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

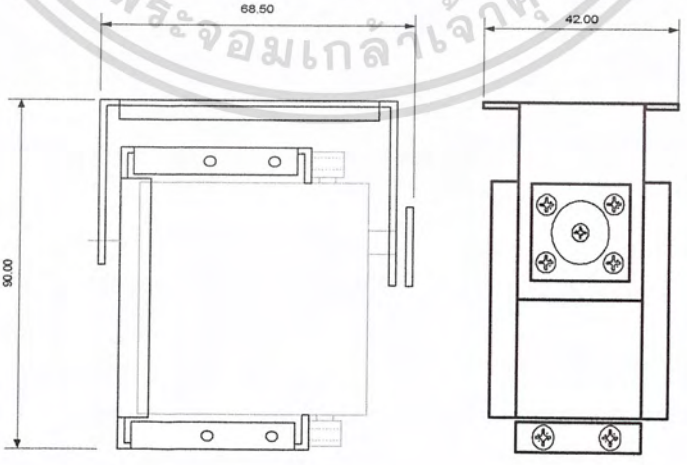
3.1.6 ขนาดของแผ่นเท้า



รูปที่ 3.10 ขนาดของแผ่นเท้า

3.1.7 โครงสร้างข้อต่อแต่ละส่วน

หลังจากที่ได้ออกแบบส่วนต่างๆ แล้วจากนั้นก็นำชิ้นส่วนที่ออกแบบมาทำการพับเข้ารูป แล้วนำมาประกอบเข้ากับเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งจะได้เป็นข้อต่อแต่ละข้อที่สามารถนำมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกันได้ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.11

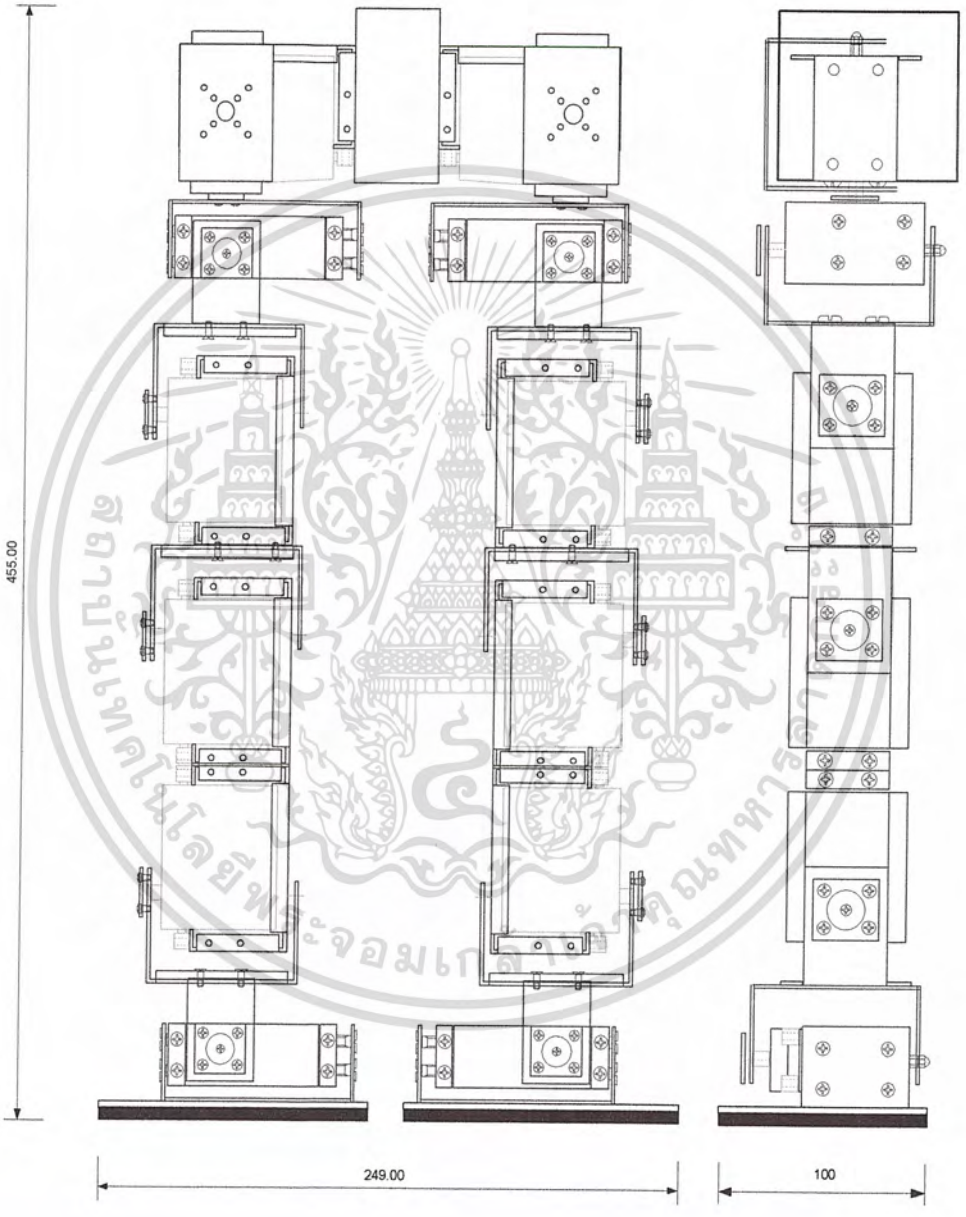


รูปที่ 3.11 โครงสร้างข้อต่อแต่ละข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.17 โครงสร้างหุ่นยนต์

หลังจากนั้นจึงนำข้อต่อแต่ละชิ้นส่วนมาประกอบเข้าด้วยกันซึ่งจะได้เป็นโครงสร้างของตัวหุ่นยนต์ออกมาดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 โครงสร้างของหุ่นยนต์

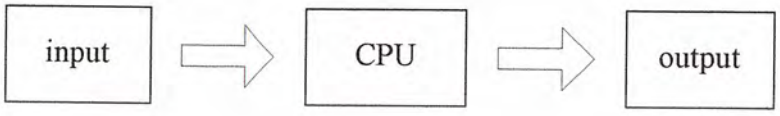
<u>หมายเหตุ</u> หน่วยที่ใช้แสดงมาตราส่วนการวัดมีค่าเป็น มิลลิเมตร (mm.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โครงสร้างและองค์ประกอบต่างๆการออกแบบด้านซอฟท์แวร์

3.2.1 โครงสร้างทางซอฟท์แวร์ของโครงงาน

บล็อคไดอะแกรมแสดงการทำงานทางด้านซอฟท์แวร์แสดงดังรูปที่ 1.13



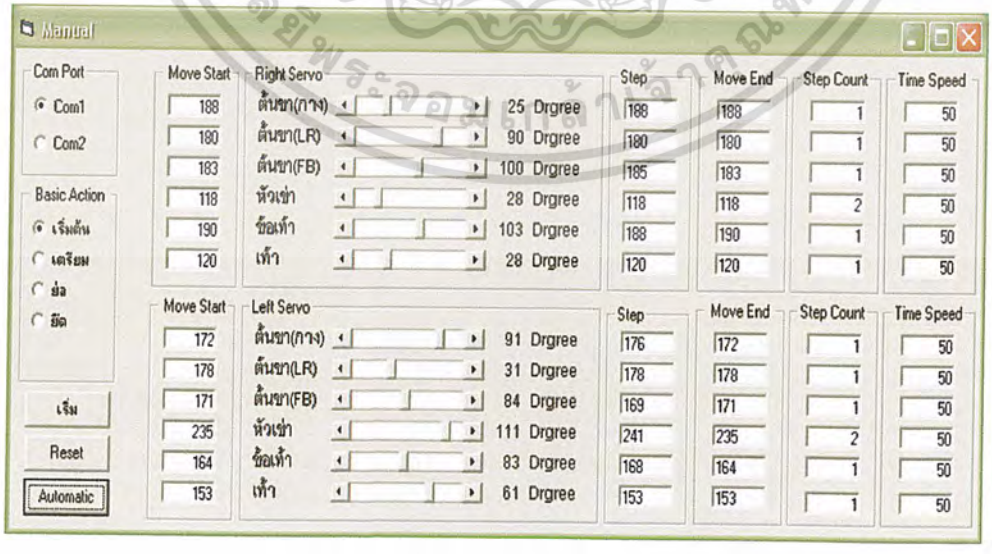
รูปที่ 3.13 บล็อคการทำงานทางด้านซอฟท์แวร์

จะประกอบไปด้วยโปรแกรมส่วนที่ทำการติดต่อกับผู้ใช้ (Graphic User Interface) ได้ทำการรับคำสั่งอินพุท (Input) เข้ามาแล้วจะทำการส่งข้อมูลชุดคำสั่งไปยังชุดประมวลผลกลาง (Central Processing Unit) เมื่อชุดประมวลผลกลางได้รับคำสั่งเข้ามาจะทำการประมวล ผลคำสั่งแล้วทำการส่งผลลัพธ์ (Output) ที่ต้องการให้สามารถนำไปใช้งานได้

3.2.2 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)

ส่วนติดต่อกับผู้ใช้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

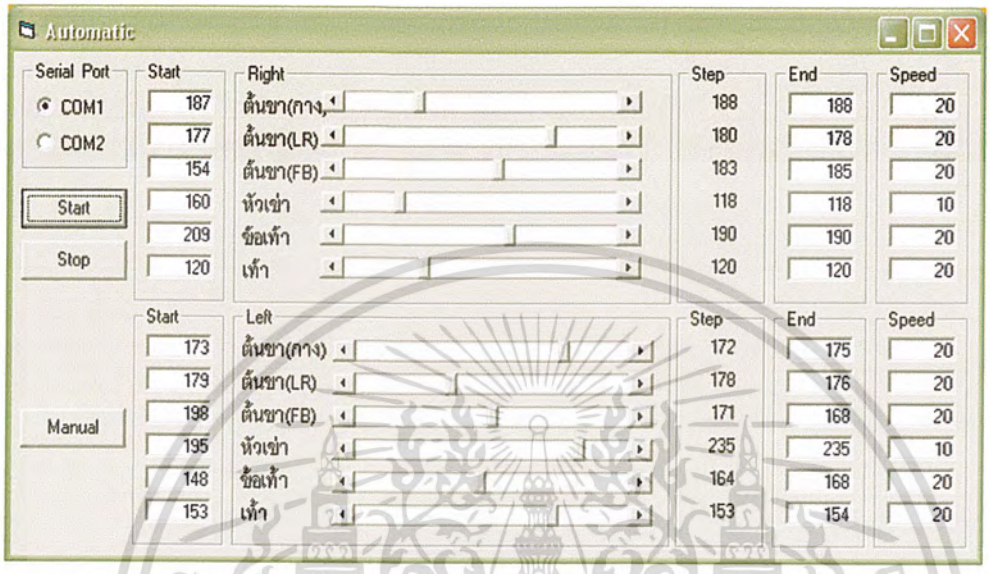
1. Manual ผู้ใช้จะสามารถทำการควบคุมหุ่นยนต์ผ่านอินเตอร์เฟสแบบเป็นลำดับขั้นตอนได้ด้วยตนเองตามต้องการ



รูปที่ 3.14 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้แบบManual

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Automatic ผู้ใช้จะสามารถทำการควบคุมหุ่นยนต์ผ่านอินเตอร์เฟสซึ่งการทำงานจะมีลักษณะเป็นแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 3.15 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้แบบ Automatic

ในบทนี้ได้กล่าวถึงรายละเอียดขั้นตอน ในการออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์ และซอฟท์แวร์ของตัวโครงงานที่ได้ทำการออกแบบมาเพื่อใช้ในโครงงานชิ้นนี้ และในบทต่อไปจะกล่าวถึงผลการทดลองที่ได้ ทำการทดลองเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ระบบการควบคุมและผลการทดลอง

4.1หลักการควบคุม

ลักษณะการเคลื่อนไหวหุ่นยนต์นั้น สามารถทำได้โดยการสร้างสัญญาณพัลซ์ ขึ้นมาเพื่อทำการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ให้สามารถบังคับและควบคุมทิศทางการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ให้มีทิศทางและลักษณะการเคลื่อนไหวตามความประสงค์ของผู้ที่ทำการควบคุม ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องสร้างสัญญาณพัลซ์ขึ้นมา ซึ่งในโครงงานนี้ได้ทำการสร้างสัญญาณพัลซ์ขึ้น โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะทำการสร้างสัญญาณพัลซ์ขึ้นมาตลอดเวลาเพื่อที่จะรักษาสถานะ หรือรักษาตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ให้มีสถานะดังที่ได้ถูกทำการกำหนดไว้ โดยที่เซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวจะมีสถานะที่ได้ถูกกำหนดไว้แตกต่างกันไป ประเด็นหลักที่ต้องทำการรักษาสถานะหรือรักษาตำแหน่งขึ้นเพื่อทำการต้านแรงกดทับจากน้ำหนักของหุ่นยนต์ ซึ่งจากโครงสร้างของหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นนี้ลักษณะทิศทางการเคลื่อนไหว ของเซอร์โวมอเตอร์ที่ตำแหน่งทางด้านขาข้างซ้ายและทางด้านขาข้างขวานี้จะมีทิศทางลักษณะการเคลื่อนไหว ซึ่งตรงกันข้ามกันซึ่งจากความสัมพันธ์ที่แตกต่างของตำแหน่งเซอร์โวมอเตอร์นี้ จึงทำให้สัญญาณพัลซ์ที่ป้อนให้กับเซอร์โวมอเตอร์ทั้งทางด้านซ้ายด้านขวาและเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวจะมีขนาดความถี่ของสัญญาณพัลซ์ที่แตกต่างกัน

4.1.1 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับเซอร์โวมอเตอร์

ในการควบคุมโครงงานนี้ ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์มาทำการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์โดยใช้สัญญาณควบคุมเพียง 1 บิทต่อเซอร์โวมอเตอร์ 1 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นการแสดงไดอะแกรมการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ และการเชื่อมต่อพอร์ตไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับเซอร์โวมอเตอร์ดังนี้

พอร์ต 1 บิทที่ 1 ถึง บิทที่ 6 เชื่อมต่อเข้ากับเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งมีตำแหน่งอยู่ที่ทางด้านขาข้างซ้าย

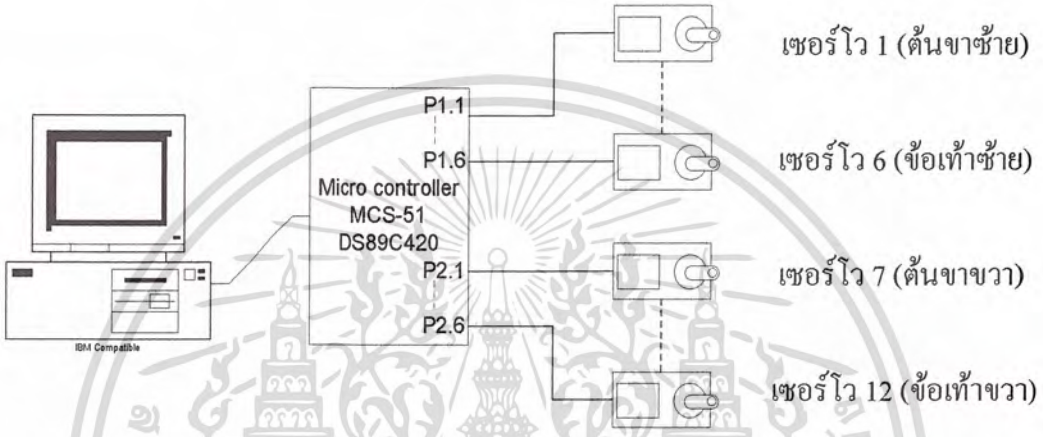
พอร์ต 2 บิทที่ 1 ถึง บิทที่ 6 เชื่อมต่อเข้ากับเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งมีตำแหน่งอยู่ที่ทางด้านขาข้างขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การพัฒนาโปรแกรมในการติดต่อสื่อสารผู้ใช้ระหว่างผู้ใช้และไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการพัฒนาโปรแกรมในการติดต่อสื่อสารผู้ใช้และไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับโครงงานนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนดังนี้ 1. โปรแกรมในการติดต่อสื่อสารผู้ใช้

2. โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.1 ไดอะแกรมการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

4.1.2.1 โปรแกรมในการติดต่อสื่อสารผู้ใช้

เป็นภาษาการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับไมโครคอนโทรลเลอร์และส่วนที่ติดต่อผู้ใช้ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถที่จะใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น โดยสามารถที่จะสามารถสัมผัสได้โดยตรงซึ่งมีรูปแบบที่สวยงามและง่ายต่อการเรียนรู้และทำความเข้าใจในกรณีที่ผู้ใช้ไม่เคยได้สัมผัสและทดลองใช้งานโครงงานนี้มาก่อน

4.1.2.2 โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

การที่ไมโครคอนโทรลเลอร์นี้จะสามารถทำงานควบคุมได้ดีหรือไม่นั้นจะขึ้นอยู่กับกระบวนการขั้นตอนของการเขียนโปรแกรมซึ่งในการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรเลอร์ในโครงงานนี้ประกอบไปด้วยกระบวนการเหล่านี้ เนื่องจากมนุษย์ไม่สามารถทำการสื่อสารกับเครื่อง (ไมโครคอนโทรลเลอร์) ได้โดยตรงทำให้เกิดกระบวนการแปลงภาษาที่มนุษย์สามารถสื่อสารเข้าใจได้ให้เป็นภาษาเครื่อง กระบวนการแรกคือการพัฒนาส่วนของภาษาเครื่อง (Machine Language) ซึ่งเป็นภาษาที่ระดับมนุษย์นั้นสามารถสื่อสารเข้าใจได้ หลังจากเสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการดังกล่าวจะเข้าสู่กระบวนการถัดไปคือทำการแปลงภาษา เครื่องที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมาแล้วนั้นให้เป็นคำสั่งเครื่อง (Machine Code) ซึ่งเป็นภาษาที่ทำการสื่อสารกับเครื่องซึ่งยากต่อการที่มนุษย์จะสามารถทำความเข้าใจได้

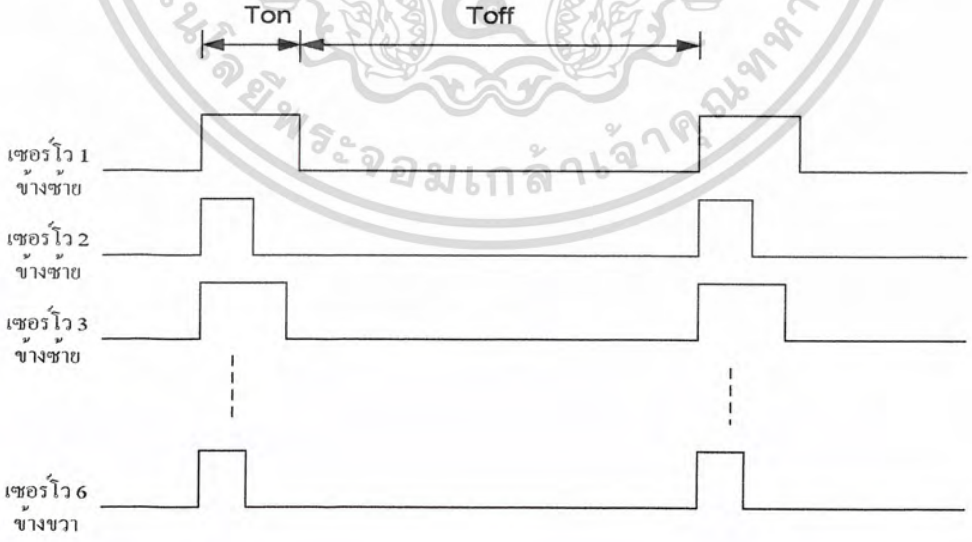
4.2 ลักษณะการทำงานในส่วนของคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์

4.2.1 การจัดสัญญาณให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปที่ 4.2 ลักษณะโครงสร้างการทำงาน

การจัดสัญญาณให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น เราจะทำการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ออกทางพอร์ทอนุกรม ด้วยความเร็วของอัตราบอดเรต 9600 บิตต่อวินาที โดยมีขนาดของสัญญาณข้อมูล 8 บิตและไม่มีพาริตี้บิต ซึ่งโปรแกรมที่ควบคุมจะส่งออกไปตามเวลาที่กำหนด

4.2.2 การสร้างสัญญาณพัลซ์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.3 ลักษณะของสัญญาณพัลซ์ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

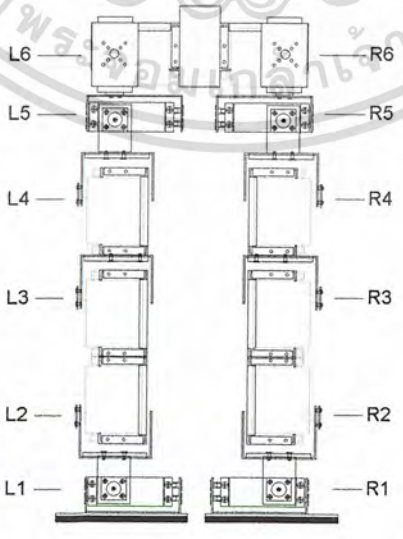
เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ จะนำข้อมูลที่ได้รับไปเก็บไว้ในหน่วยความจำภายในก่อน จากนั้นจึงนำมาประมวลผลภายหลังซึ่งในสภาวะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มทำงานนั้นสัญญาณที่ออกจากพอร์ททุกพอร์ทจะเป็นลอจิก'1' หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเช็คค่าจากหน่วยความจำภายใน ในแต่ละแอดเดรสที่เก็บค่าที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์โดยทำการเปรียบเทียบกับตัวนับรอบ (Counter) ของไทม์เมอร์ '0' ถ้าผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบถ้ามีค่าตรงกันก็จะเปลี่ยนสภาวะจาก ลอจิก '1' เป็น ลอจิก '0' ซึ่งจะทำให้เซอร์โวแต่ละตัวมีช่วงเวลาที่เป็นสภาวะลอจิก '1' ต่างกัน เมื่อเวลาผ่านไป ตัวนับรอบของไทม์เมอร์ '0' จะทำการนับจนกระทั่งถึงจำนวนที่ตั้งไว้ก็จะหยุดการทำงานและรอจนกว่าไทม์เมอร์'1'ทำงาน ซึ่งไทม์เมอร์'1'จะทำการเปลี่ยนสภาวะจากลอจิก '0' ของทุกพอร์ทให้เป็นลอจิก '1' ทั้งหมด หลังจากนั้นจะเริ่มกระบวนการนี้ใหม่ ซึ่งจะทำงานวนแบบนี้ไปเรื่อยๆ จึงทำให้ได้สัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) ออกมาควบคุมเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวตลอดเวลา

4.3 การทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

ในหัวข้อนี้จะได้นำเสนอการทดสอบแนวคิดและหลักการเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆของหุ่นยนต์โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของข้อต่อแต่ละส่วนซึ่งมีการเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กัน

ผลการทดลอง

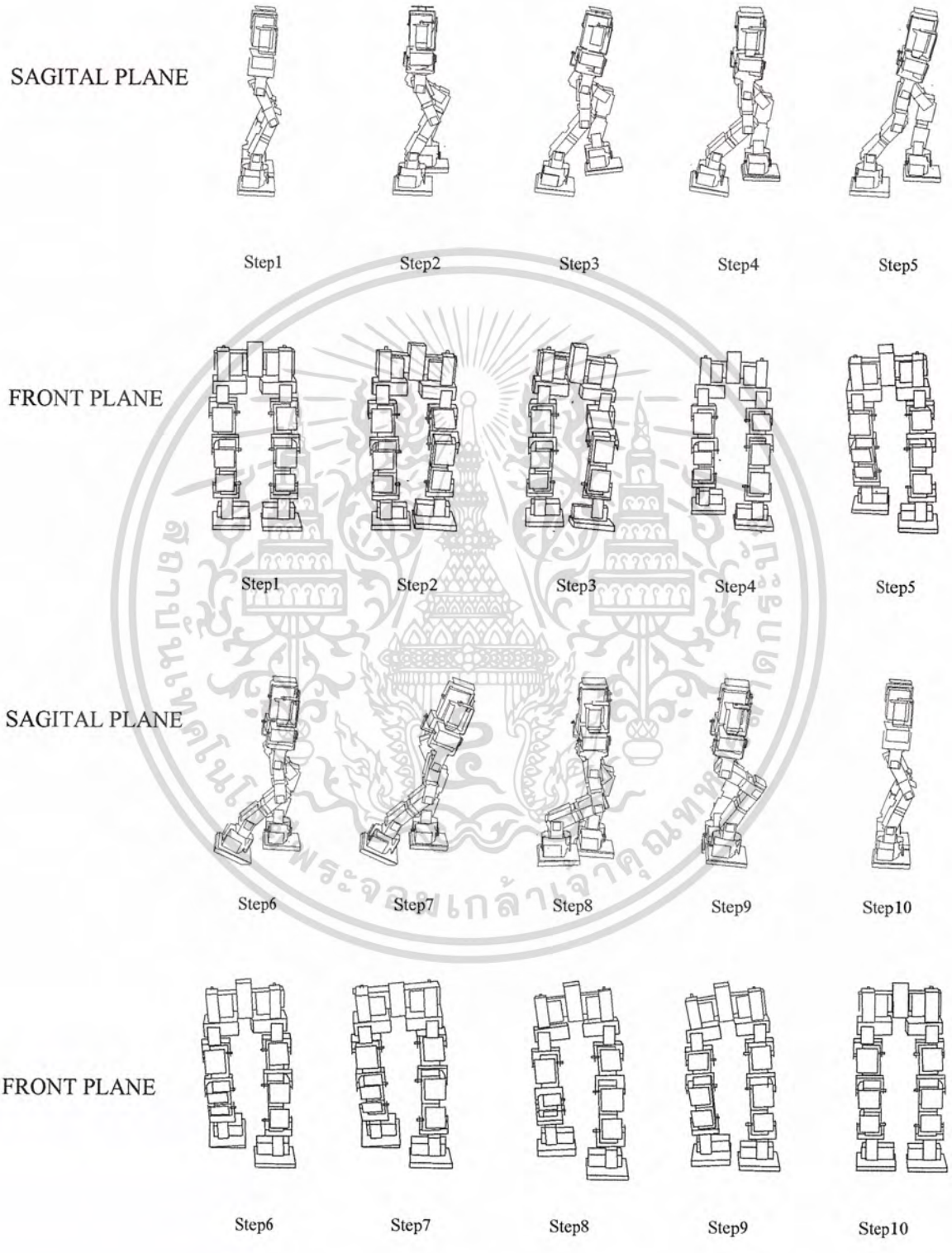
การทดลองในครั้งนี้ได้ทำการทดลองการเคลื่อนไหวของข้อต่อของหุ่นยนต์ทุกส่วนซึ่งมีลักษณะทิศทางการเคลื่อนไหวดังนี้



รูปที่ 4.4 ตำแหน่งโครงสร้างข้อต่อของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

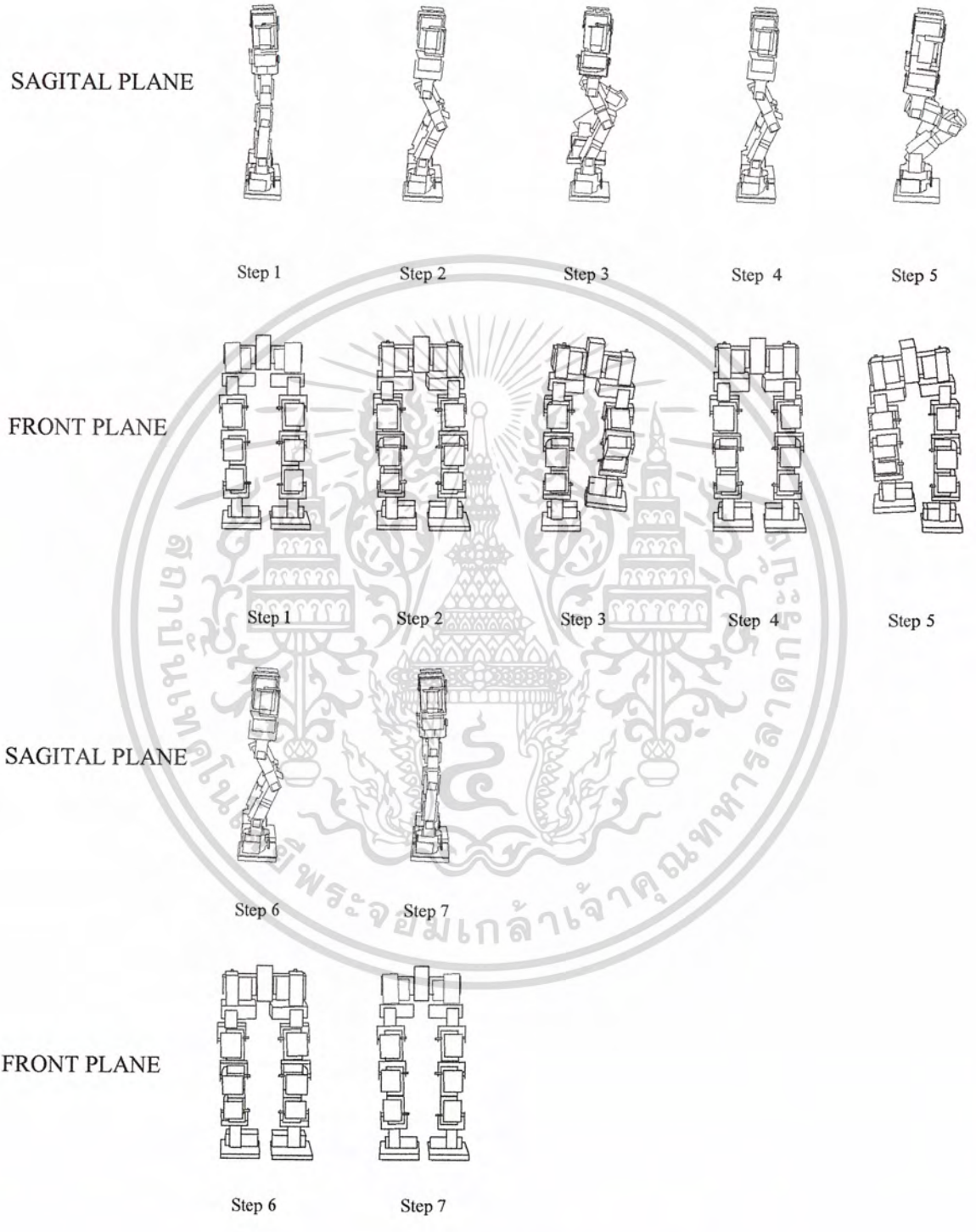
4.3.1 จังหวะในการก้าวขาของหุ่นยนต์จากการทดลองให้หุ่นยนต์ก้าว



รูปที่ 4.5 จังหวะการก้าวขาของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การทดลองให้หุ่นยนต์ยกขาย่ำอยู่กับที่



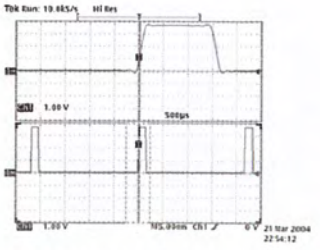
รูปที่ 4.6 จังหวะการยกขาย่ำอยู่กับที่ของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

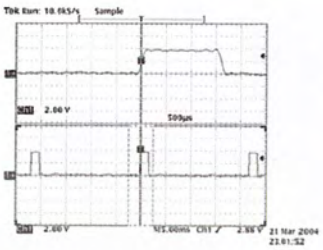
4.3.2 รูปสัญญาณพัลซ์ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะการเคลื่อนไหวต่างๆ

4.3.2.1 จังหวะ การเคลื่อนไหวที่ 1

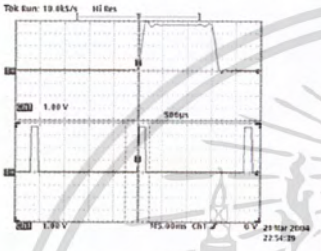
L6



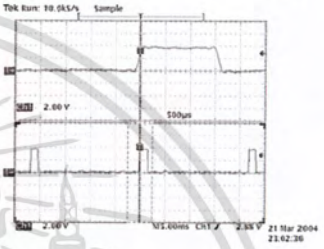
R6



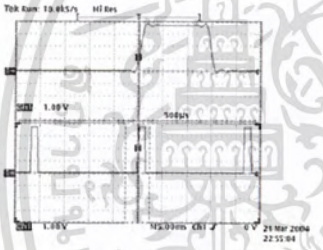
L5



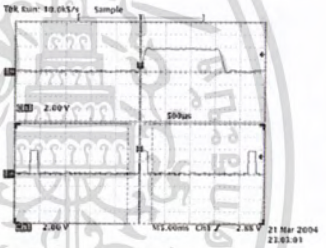
R5



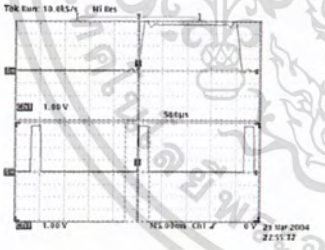
L4

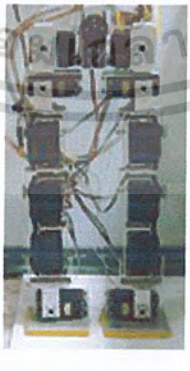


R4

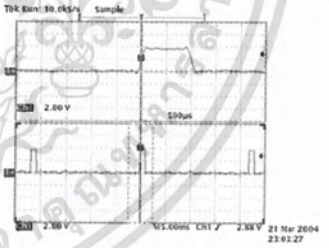


L3

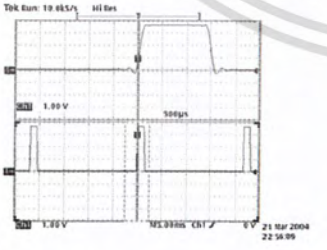




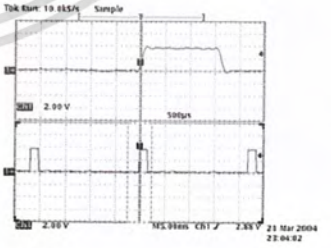
R3



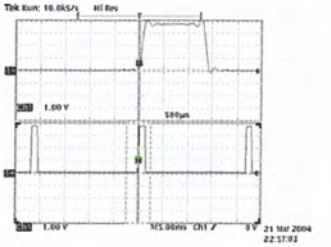
L2



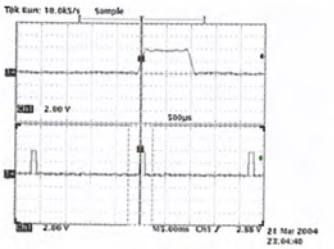
R2



L1



R1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปในหัวข้อที่ที่ 4.3.2.1 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะยืนตรง ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 22 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังนี้

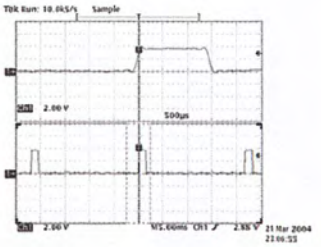
เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
L6	1.7 mS	R6	1.7 mS
L5	1.7 mS	R5	1.7 mS
L4	1.7 mS	R4	1.7 mS
L3	2.15 mS	R3	1.2 mS
L2	1.6 mS	R2	1.75 mS
L1	1.4 mS	R1	1.2 mS

ในท่านี้จะเป็นท่าเริ่มต้นของการทำงาน ซึ่งจะมีลักษณะยืนตรงอยู่กับที่เพื่อรอที่จะเริ่มการทำงานในจังหวะต่อไป

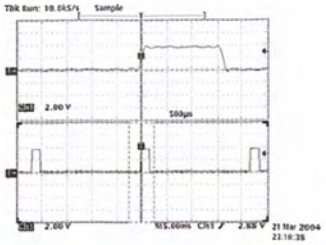
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.2 จังหวะ การเคลื่อนไหวที่ 2 , 4 , 6 , 15

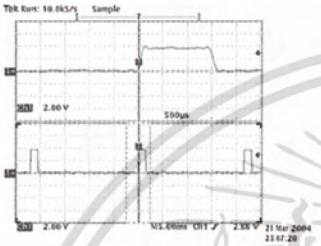
L6



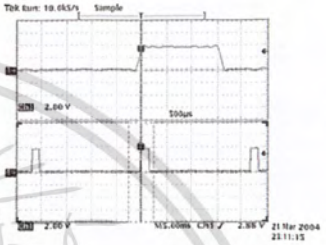
R6



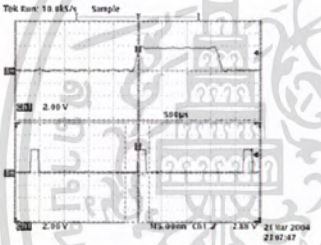
L5



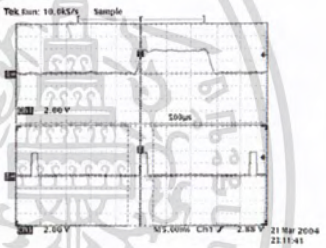
R5



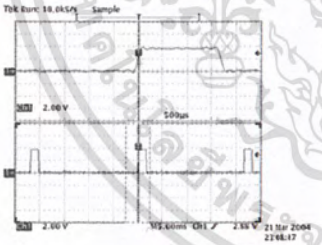
L4



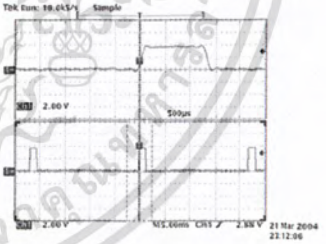
R4

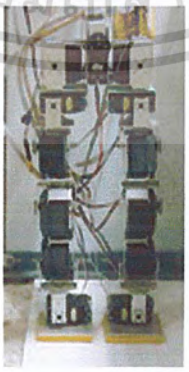


L3

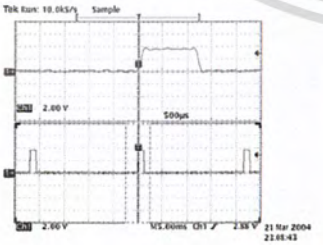


R3

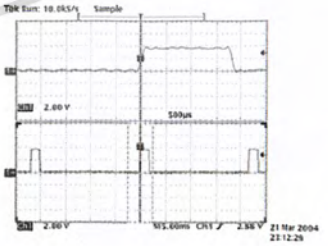




L2

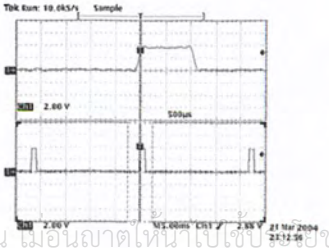


R2



L1

R1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปในหัวข้อที่ที่ 4.3.2.2 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะย่อขาลงเพื่อเตรียมตัวที่จะทำการเคลื่อนไหวในท่าทางต่างๆ ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 22 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังนี้

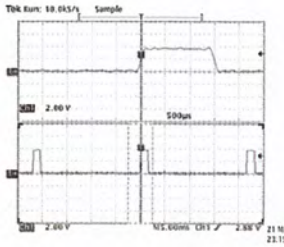
เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
L6	1.7 mS	R6	1.7 mS
L5	1.7 mS	R5	1.7 mS
L4	1.8 mS	R4	1.5 mS
L3	1.8 mS	R3	1.5 mS
L2	1.3 mS	R2	2.0 mS
L1	1.4 mS	R1	1.2 mS

จากการทดลองสามารถสังเกตเห็นว่าช่วงเวลาของสัญญาณในส่วนของ เซอร์โว L4 , L3 , L2 , R4 , R3 และ R2 มีความกว้างของสัญญาณเปลี่ยนไป เนื่องจากส่วนของเซอร์โวในส่วนนี้มีการเคลื่อนที่ไปเพื่อให้มีลักษณะคล้ายกับยืนตรงหลังจากนั้นจะทำการย่อขาลง

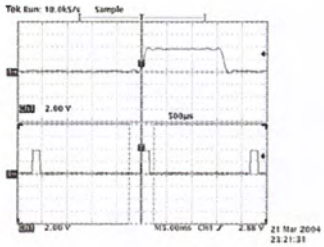
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.3 จังหวะ การเคลื่อนไหวที่ 3

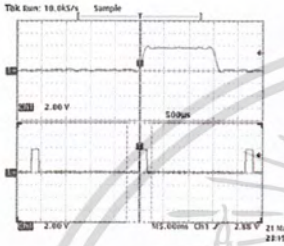
L6



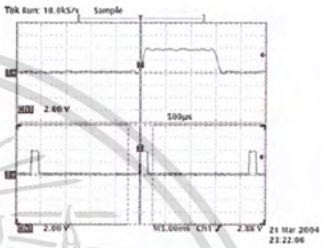
R6



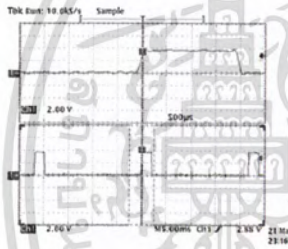
L5



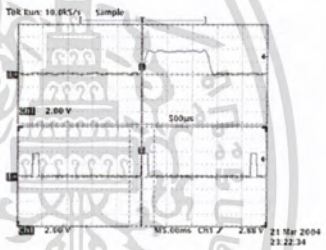
R5



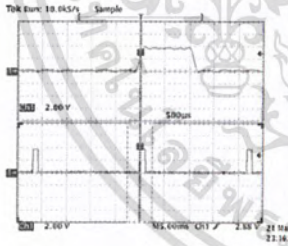
L4



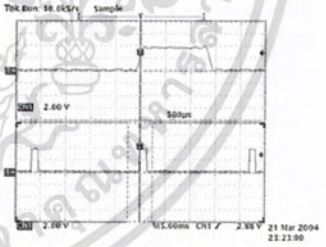
R4



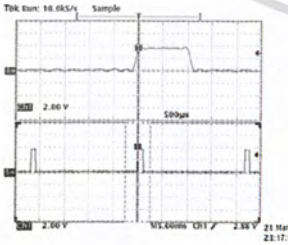
L3

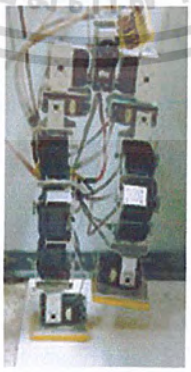


R3

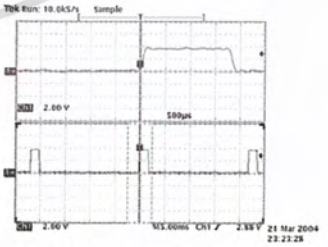


L2

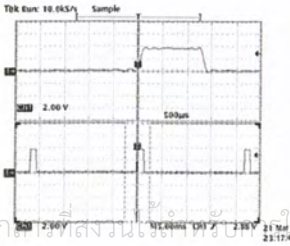




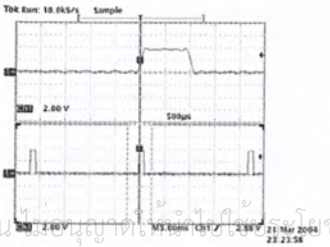
R2



L1



R1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปในหัวข้อที่ที่ 4.3.2.3 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะท่าทางยกขาข้างซ้ายขึ้น ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 22 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังนี้

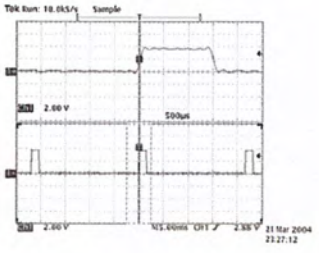
เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
L6	1.7 mS	R6	1.7 mS
L5	1.7 mS	R5	1.7 mS
L4	2.1 mS	R4	1.4 mS
L3	1.2 mS	R3	1.5 mS
L2	1.2 mS	R2	1.9 mS
L1	1.4 mS	R1	1.2 mS

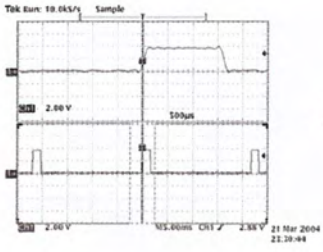
จากการทดลองสามารถสังเกตเห็นว่าช่วงเวลาของสัญญาณในส่วนของ เซอร์โว L4 , L3 , L2 มีความกว้างของสัญญาณเปลี่ยนไป เนื่องจากว่าส่วนของเซอร์โวในส่วนนี้มีการเคลื่อนที่ไปเพื่อให้มีลักษณะคล้ายกับท่ายืนยกขาซ้ายขึ้น ส่วนเซอร์โวข้างขวานั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากต้องยืนย่อขาเหมือนกับในจังหวะที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.4 จังหวะ การเคลื่อนไหวที่ 5

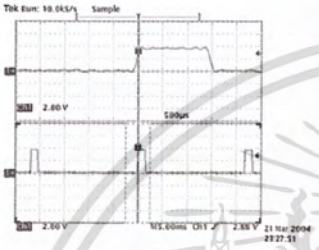
L6

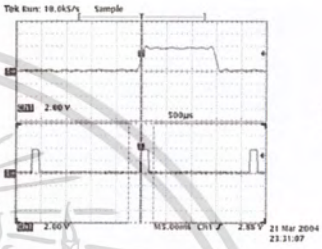




R6

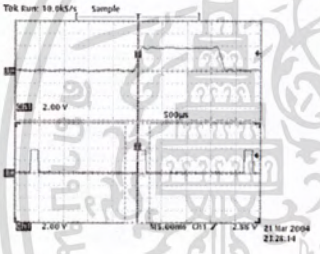
L5

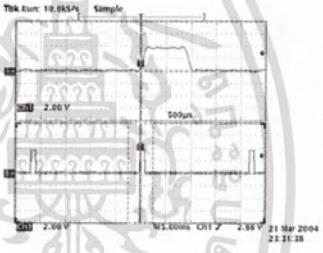




R5

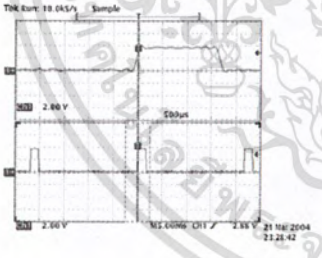
L4

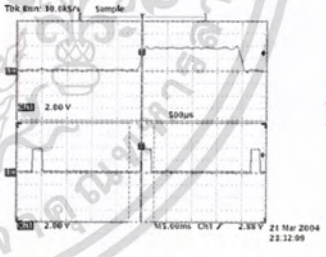




R4

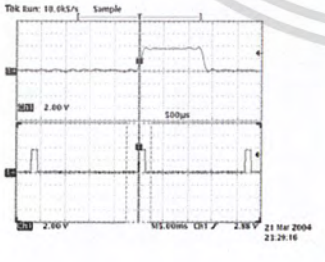
L3

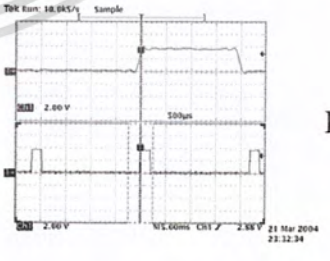




R3

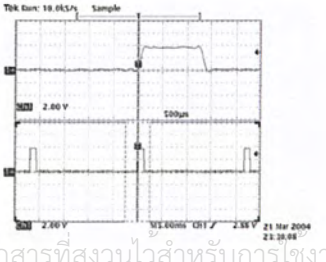
L2

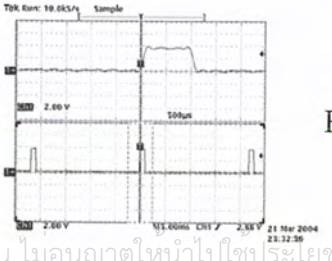




R2

L1





R1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปในหัวข้อที่ที่ 4.3.2.5 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะท่าทางที่มีการยกขาข้างขวาขึ้น ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 22 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังนี้

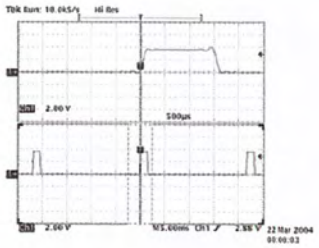
เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
L6	1.7 mS	R6	1.7 mS
L5	1.7 mS	R5	1.7 mS
L4	1.8 mS	R4	1.0 mS
L3	1.8 mS	R3	2.2 mS
L2	1.4 mS	R2	2.1 mS
L1	1.4 mS	R1	1.2 mS

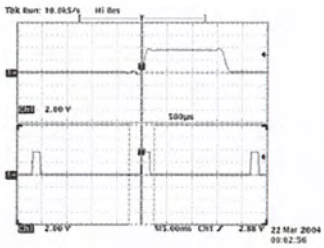
จากการทดลองสามารถสังเกตเห็นว่าช่วงเวลาของสัญญาณในส่วนของ เซอร์โว R4 , R3 , R2 มีความกว้างของสัญญาณเปลี่ยนไป เนื่องจากว่าส่วนของเซอร์โวในส่วนนี้มีการเคลื่อนที่ไปเพื่อให้มีลักษณะคล้ายกับท่ายืนยกขาขวาขึ้น ส่วนเซอร์โวข้างซ้ายนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากต้องยืนย่อขาเหมือนกับในจังหวะที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.5 จังหวะ การเคลื่อนไหวที่ 7

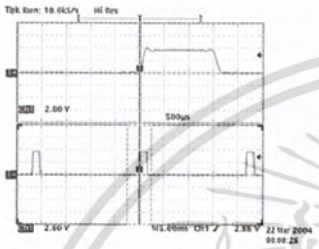
L6

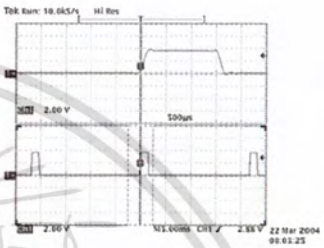




R6

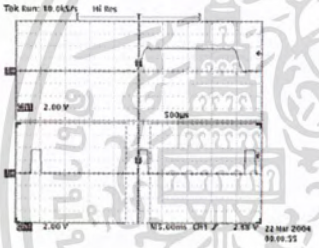
L5

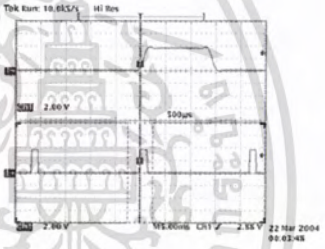




R5

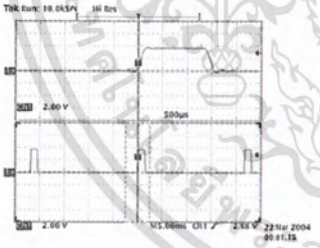
L4

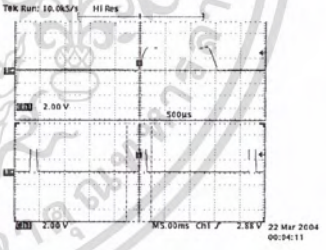




R4

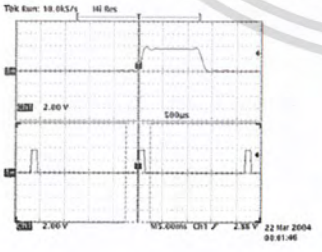
L3

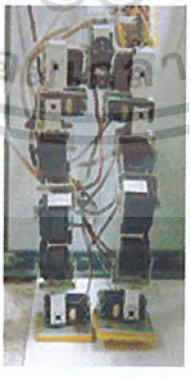


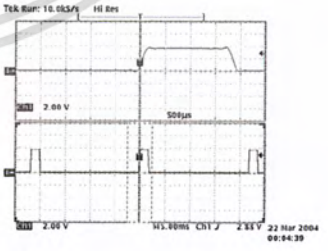


R3

L2

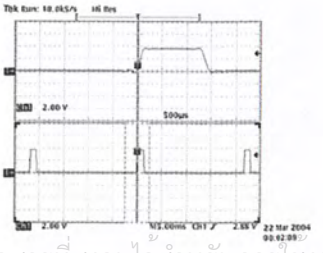


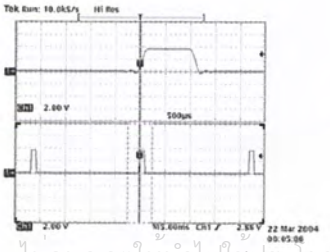




R2

L1





R1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปในหัวข้อที่ที่ 4.3.2.7 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะท่าทางที่มีการยกขาซ้ายขึ้นเพื่อเตรียมที่จะก้าวขาออก ซึ่งจะเป็นการก้าวขาซ้ายในจังหวะแรก ลักษณะของสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 22 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังนี้

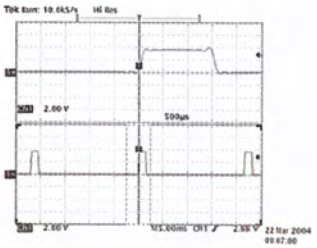
เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
L6	1.7 mS	R6	1.7 mS
L5	1.7 mS	R5	1.7 mS
L4	2.1 mS	R4	1.5 mS
L3	1.6 mS	R3	1.6 mS
L2	1.4 mS	R2	2.0 mS
L1	1.4 mS	R1	1.2 mS

จากการทดลองสามารถสังเกตเห็นว่าช่วงเวลาของสัญญาณในส่วนของ เซอร์โว L4 , L3 , L2 มีความกว้างของสัญญาณเปลี่ยนไป เนื่องจากว่าส่วนของเซอร์โวในส่วนนี้มีการเคลื่อนที่ไปเพื่อให้มีลักษณะคล้ายกับการจะก้าวเดินโดยขาข้างซ้าย ส่วนเซอร์โวข้างขวานั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากต้องยืนย่อขาเหมือนกับในจังหวะที่ 6

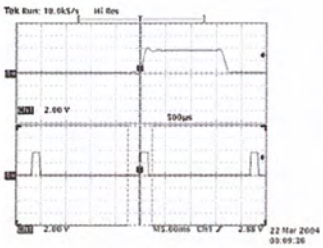
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.6 จังหวะ การเคลื่อนไหวที่ 8

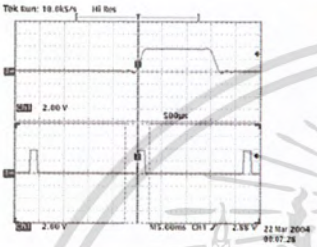
L6



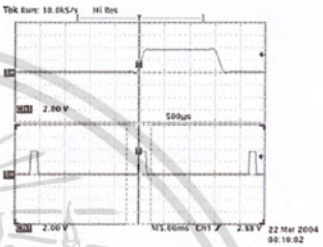
R6



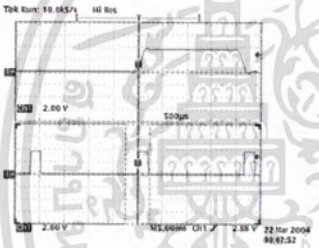
L5



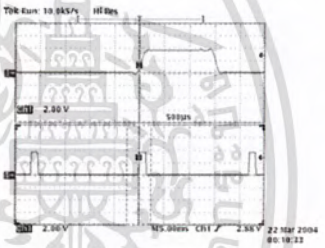
R5



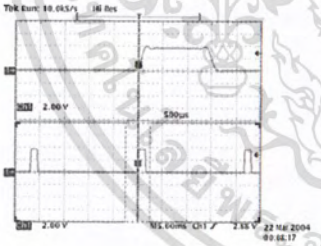
L4

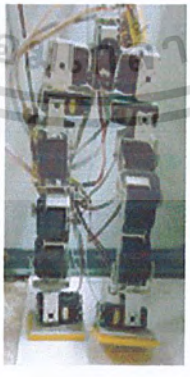


R4

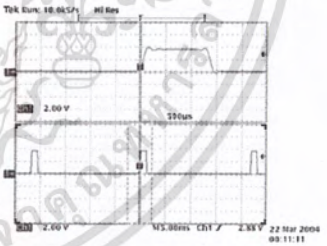


L3

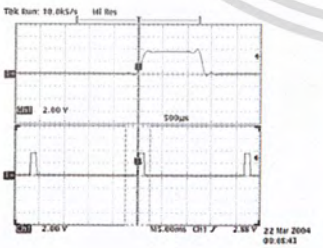




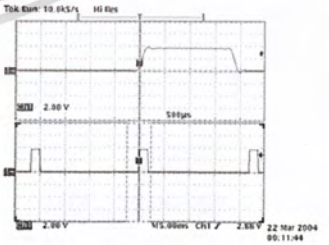
R3



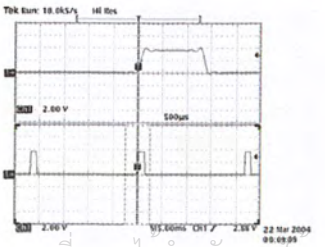
L2



R2



L1



R1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปในหัวข้อที่ที่ 4.3.2.8 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะท่าทางที่มีการยกขาซ้ายขึ้นเพื่อที่จะก้าวขาไปข้างหน้า จังหวะนี้จะเป็นจังหวะที่สองของการก้าวขาซ้าย ซึ่งจะมีการเคลื่อนที่ขาซ้ายออกไปข้างหน้าอีก ลักษณะของสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 22 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังนี้

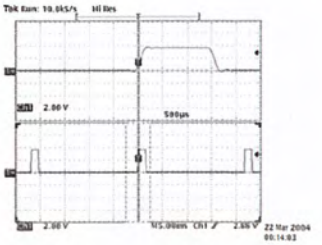
เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
L6	1.7 mS	R6	1.7 mS
L5	1.7 mS	R5	1.7 mS
L4	2.2 mS	R4	1.5 mS
L3	1.6 mS	R3	1.6 mS
L2	1.4 mS	R2	2.0 mS
L1	1.4 mS	R1	1.2 mS

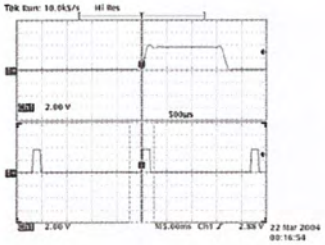
จากการทดลองสามารถสังเกตเห็นว่าช่วงเวลาของสัญญาณในส่วนของ เซอร์โว L4 , L3 , L2 มีความกว้างของสัญญาณเปลี่ยนไป เนื่องจากส่วนของเซอร์โวในส่วนนี้มีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้ามากขึ้นเพื่อเตรียมที่จะวางขาซ้ายลง ส่วนเซอร์โวข้างขวานั้นมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เนื่องจากต้องก้าวส่งขาซ้ายเล็กน้อยเพื่อหุ่นยนต์เคลื่อนไปข้างหน้าเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.7 จังหวะ การเคลื่อนไหวที่ 9

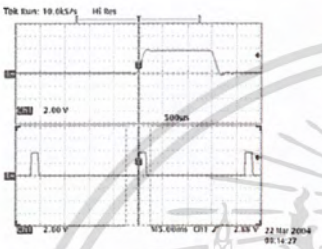
L6

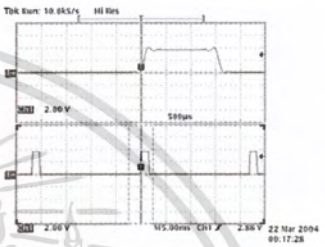




R6

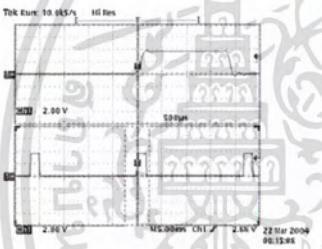
L5

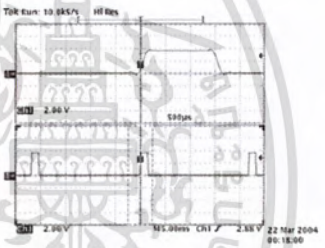




R5

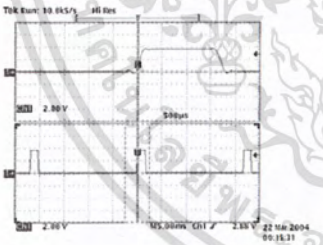
L4

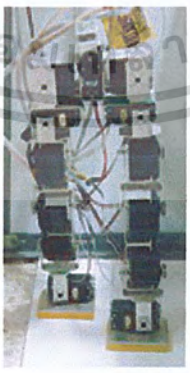


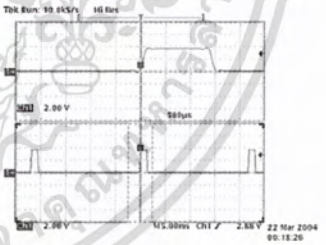


R4

L3

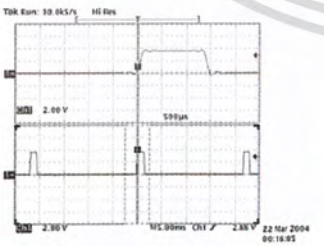






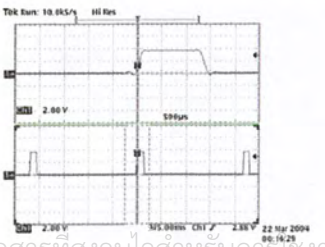
R3

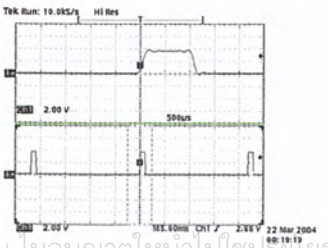
L2



R2

L1





R1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปในหัวข้อที่ที่ 4.3.2.9 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะท่าทางที่มีการวางขาซ้ายลงพื้น ซึ่งจะเป็นการเคลื่อนไหวต่อจากจังหวะที่แล้ว โดยจังหวะนี้จะทำการวางขาซ้ายลงไปที่พื้นเพื่อที่จะเตรียมตัวโยกตัวไปข้างหน้า ลักษณะของสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 22 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังนี้

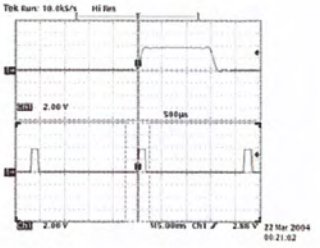
เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
L6	1.7 mS	R6	1.7 mS
L5	1.7 mS	R5	1.7 mS
L4	1.95 mS	R4	1.7 mS
L3	1.8 mS	R3	1.5 mS
L2	1.5 mS	R2	2.0 mS
L1	1.4 mS	R1	1.2 mS

จากการทดลองสามารถสังเกตเห็นว่าช่วงเวลาของสัญญาณในส่วนของ เซอร์โว L4 , L3 , L2 , R4 , R3 และ R2 มีความกว้างของสัญญาณเปลี่ยนไป เนื่องจากส่วนของเซอร์โวในส่วนนี้มีการเคลื่อนที่ไป โดยจังหวะนี้จะวางขาซ้ายลงข้างหน้า และขาขวานั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเนื่องจากต้องก้าวส่งขาซ้ายเล็กน้อยเพื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปข้างหน้า

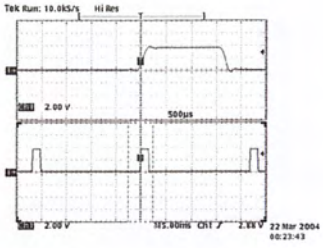
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.8 จังหวะ การเคลื่อนไหวที่ 10

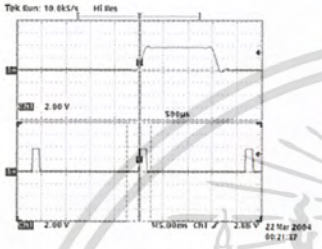
L6



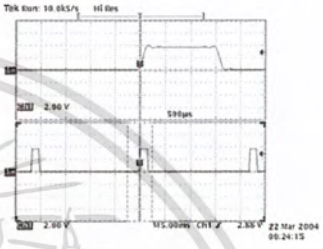
R6



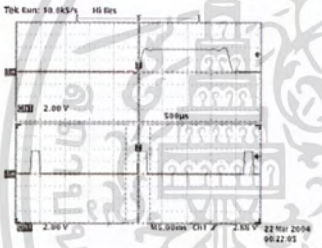
L5



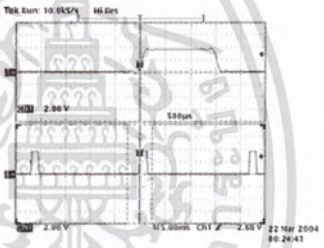
R5



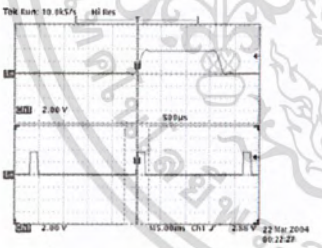
L4

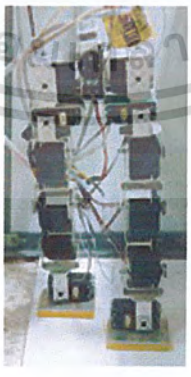


R4

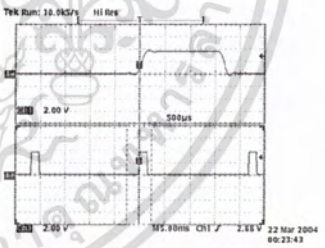


L3

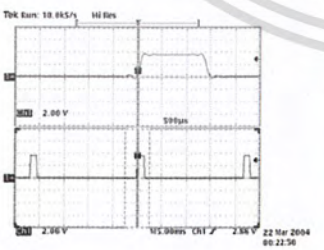




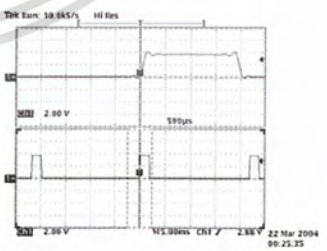
R3



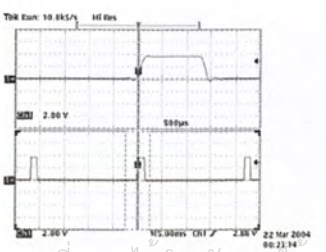
L2



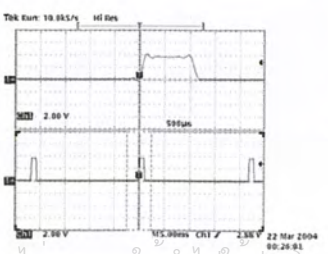
R2



L1



R1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปในหัวข้อที่ที่ 4.3.2.10 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะท่าทางที่มีการก้าวขาซ้ายออกไปข้างหน้าหนึ่งก้าว ซึ่งจะเป็นจังหวะการก้าวขาซ้ายจังหวะสุดท้าย โดยลักษณะของสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 22 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังนี้

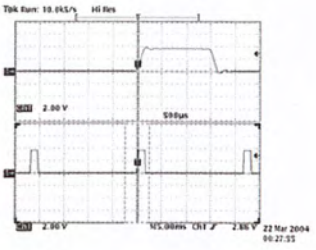
เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
L6	1.7 mS	R6	1.7 mS
L5	1.7 mS	R5	1.7 mS
L4	1.9 mS	R4	1.6 mS
L3	1.8 mS	R3	1.3 mS
L2	1.5 mS	R2	2.0 mS
L1	1.4 mS	R1	1.2 mS

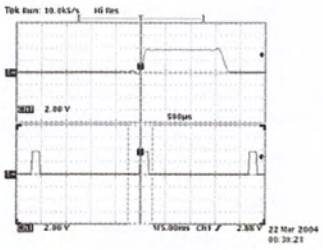
จากการทดลองสามารถสังเกตเห็นว่าช่วงเวลาของสัญญาณในส่วนของ เซอร์โว L4 , L3 , L2 , R4 , R3 และ R2 มีความกว้างของสัญญาณเปลี่ยนไป เนื่องจากส่วนของเซอร์โวในส่วนนี้มีการเคลื่อนที่ไป โดยจังหวะนี้จะวางขาซ้ายลงข้างหน้าอย่างสมบูรณ์ และขาขวานั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เนื่องจากต้องก้าวส่งขาซ้ายเล็กน้อยเพื่อหุ่นยนต์เคลื่อนไปข้างหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.9 จังหวะ การเคลื่อนไหวที่ 11

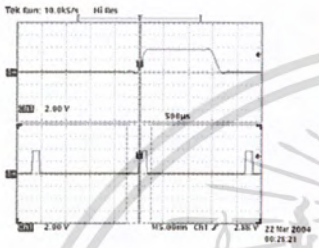
L6

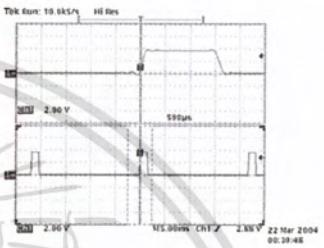




R6

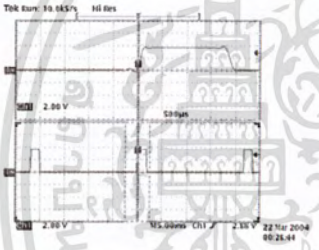
L5

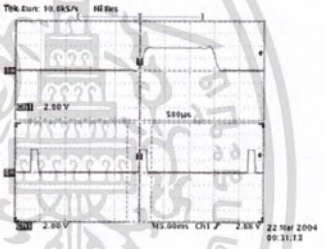




R5

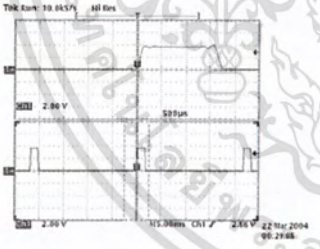
L4

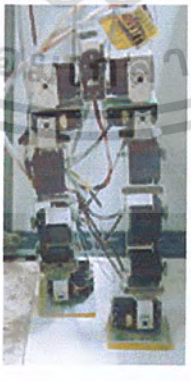


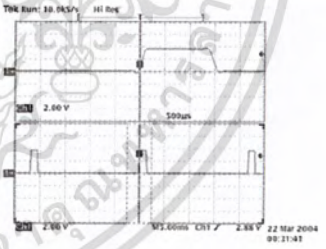


R4

L3

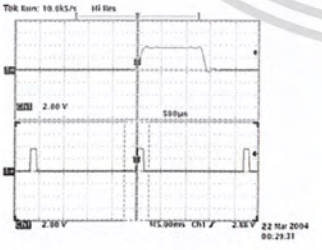


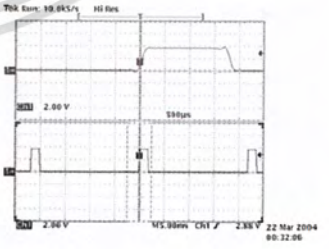




R3

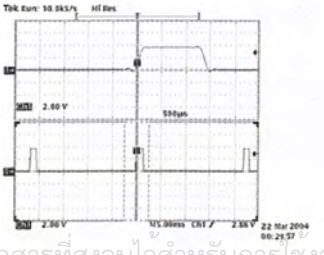
L2

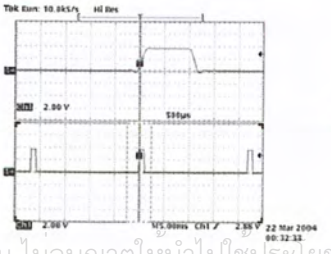




R2

L1





R1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปในหัวข้อที่ที่ 4.3.2.11 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะท่าทางที่มีการเตรียมตัวโยกตัวไปข้างหน้า ซึ่งลักษณะของสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 22 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังนี้

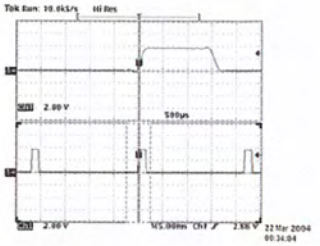
เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
L6	1.7 mS	R6	1.7 mS
L5	1.7 mS	R5	1.7 mS
L4	1.9 mS	R4	1.6 mS
L3	1.7 mS	R3	1.6 mS
L2	1.5 mS	R2	1.95 mS
L1	1.4 mS	R1	1.2 mS

จากการทดลองสามารถสังเกตเห็นว่าช่วงเวลาของสัญญาณในส่วนของ เซอร์โว L4 , L3 , L2 , R4 , R3 และ R2 มีความกว้างของสัญญาณเปลี่ยนไป เนื่องจากว่าส่วนของเซอร์โวในส่วนนี้มีการเคลื่อนที่ไป โดยจังหวะนี้ขาขวาจะเตรียมตัวก่อนที่จะทำการโน้มตัวไปด้านหน้าในจังหวะต่อไป ในจังหวะนี้จะทำการยกส้นเท้าขาขวาขึ้นเล็กน้อย

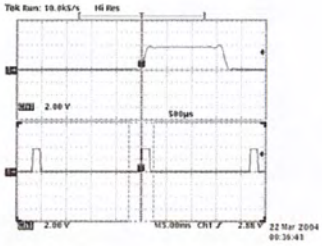
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.10 จังหวะ การเคลื่อนไหวที่ 12

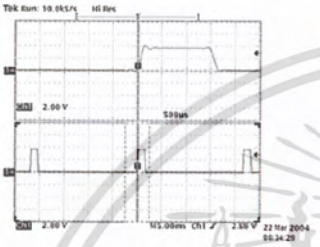
L6



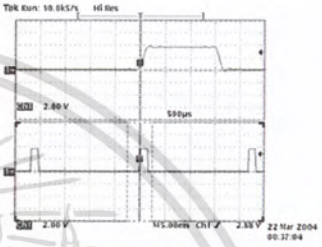
R6



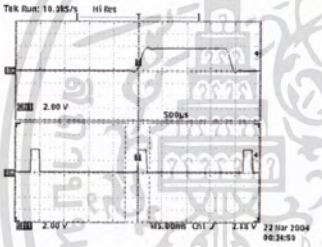
L5



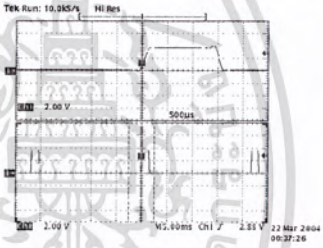
R5



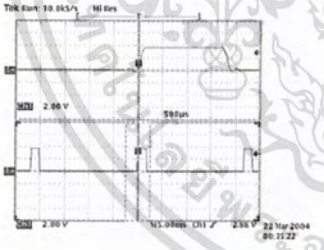
L4

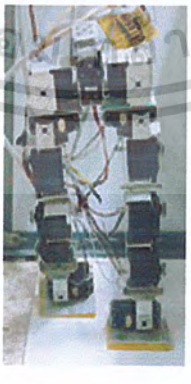


R4

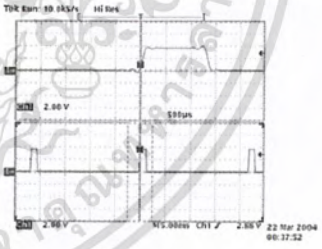


L3

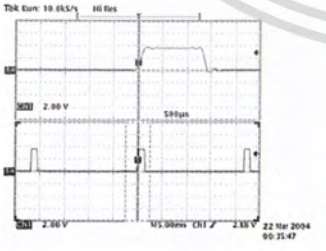




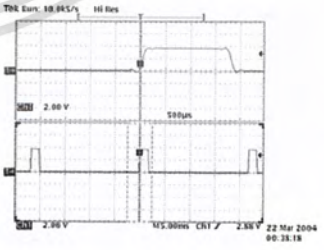
R3



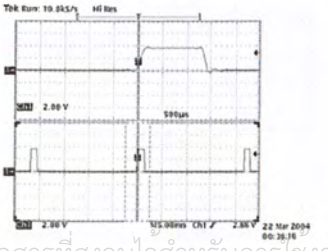
L2



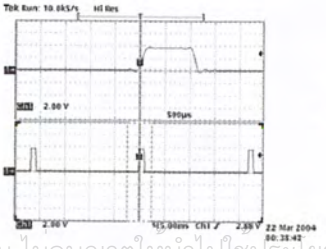
R2



L1



R1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปในหัวข้อที่ที่ 4.3.2.12 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะท่าทางที่มีการโยกตัวไปข้างหน้า ซึ่งลักษณะของสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 22 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังนี้

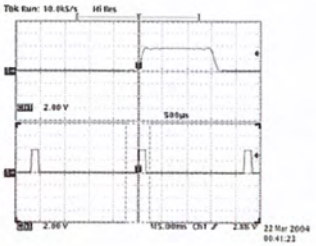
เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
L6	1.7 mS	R6	1.7 mS
L5	1.7 mS	R5	1.7 mS
L4	2.0 mS	R4	1.6 mS
L3	1.9 mS	R3	1.4 mS
L2	1.45 mS	R2	1.9 mS
L1	1.4 mS	R1	1.2 mS

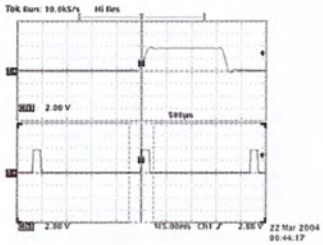
จากการทดลองสามารถสังเกตเห็นว่าช่วงเวลาของสัญญาณในส่วนของ เซอร์โว L4 , L3 , L2 , R4 , R3 และ R2 มีความกว้างของสัญญาณเปลี่ยนไป เนื่องจากส่วนของเซอร์โวในส่วนนี้มีการเคลื่อนที่ไป โดยจังหวะนี้เข่าข้างขวาจะโน้มไปด้านหน้าเล็กน้อย จึงมีผลทำให้ตัวหุ่นยนต์นั้นโยกตัวไปข้างหน้าในจังหวะนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.11 จังหวะ การเคลื่อนไหวที่ 13

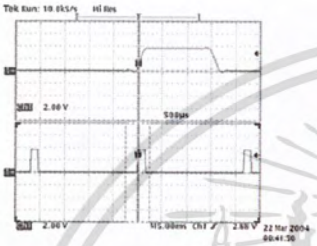
L6

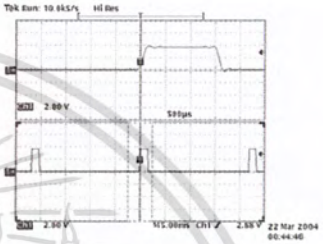




R6

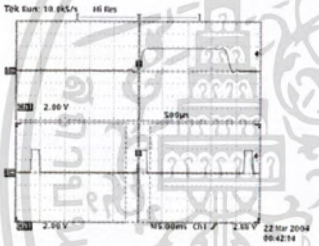
L5

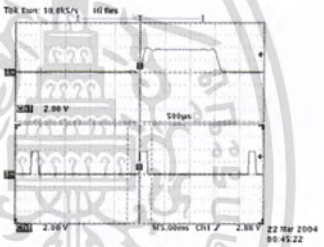




R5

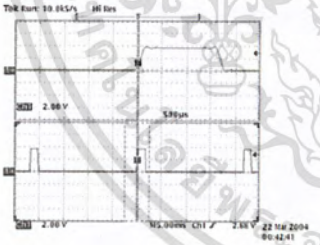
L4

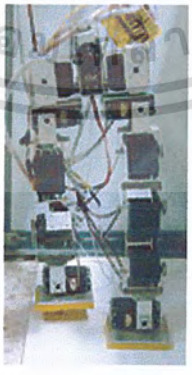


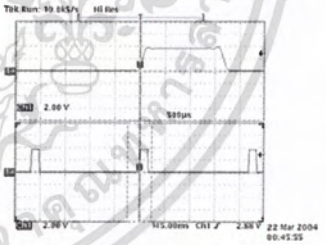


R4

L3

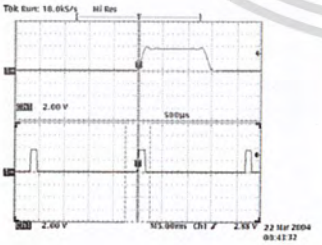


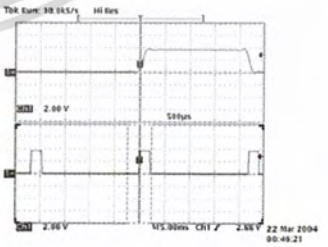




R3

L2





R2

L1

R1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปในหัวข้อที่ที่ 4.3.2.13 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะท่าทางที่มีการยกขาขวาขึ้นเพื่อเตรียมที่จะก้าวขาขวาไปข้างหน้า ซึ่งลักษณะของสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 22 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังนี้

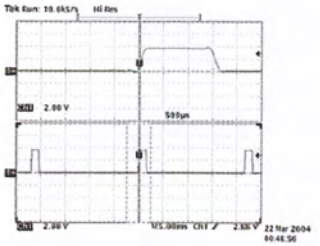
เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
L6	1.7 mS	R6	1.7 mS
L5	1.7 mS	R5	1.7 mS
L4	1.9 mS	R4	1.6 mS
L3	1.8 mS	R3	1.8 mS
L2	1.5 mS	R2	2.3 mS
L1	1.4 mS	R1	1.2 mS

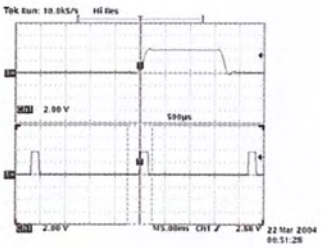
จากการทดลองสามารถสังเกตเห็นว่าช่วงเวลาของสัญญาณในส่วนของ เซอร์โว L4 , L3 , L2 , R4 , R3 และ R2 มีความกว้างของสัญญาณเปลี่ยนไป เนื่องจากส่วนของเซอร์โวในส่วนนี้มีการเคลื่อนที่ไป โดยจังหวะนี้จะเป็นจังหวะแรกของการก้าวขาขวาไปข้างหน้า ลักษณะของท่านี้คือมีการยกขาขวาให้ลอยขึ้นจากพื้นเล็กน้อย เพื่อเตรียมที่จะทำการเคลื่อนไปข้างหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.12 จังหวะ การเคลื่อนไหวที่ 14

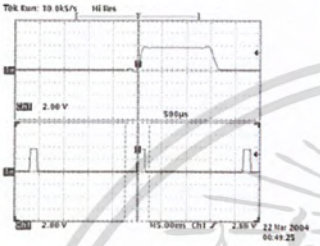
L6

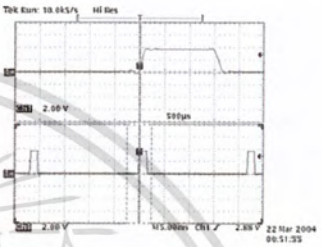




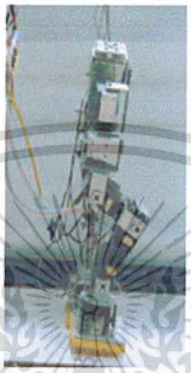
R6

L5

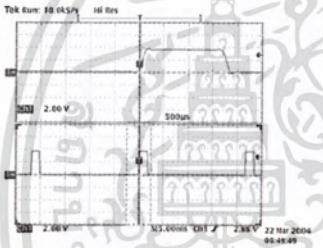


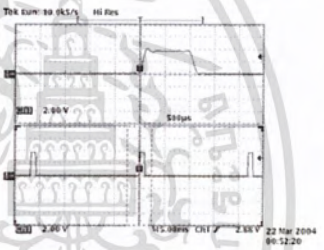


R5



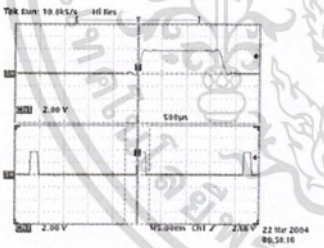
L4

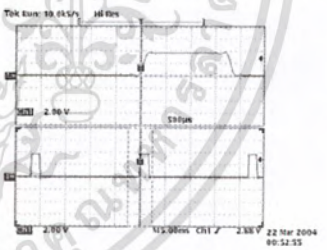




R4

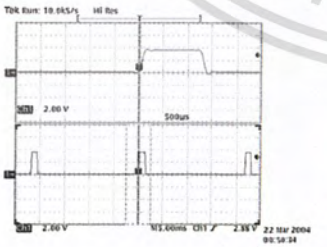
L3

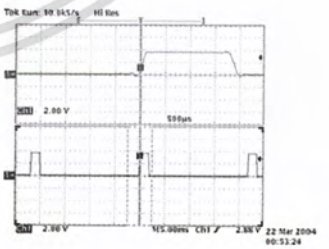




R3

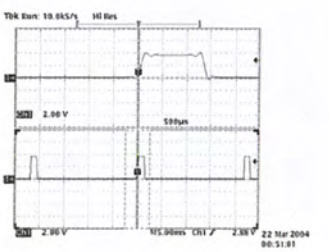
L2

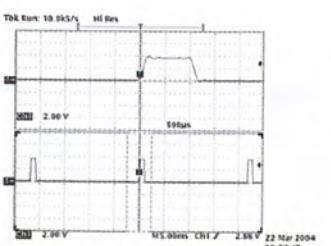




R2

L1





R1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปในหัวข้อที่ที่ 4.3.2.14 แสดงถึงสัญญาณที่ส่งออกไปควบคุมหุ่นยนต์ ให้มีลักษณะท่าทางที่มีการเคลื่อนขาขวามาข้างหน้า ในตำแหน่งที่ตรงกับขาซ้าย ซึ่งลักษณะของสัญญาณที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ ที่มีคาบเวลาทั้งหมด ประมาณ 22 mS ส่วนช่วงเวลาที่มีระดับสัญญาณเป็นบวกที่ส่งออกไปควบคุมนั้นจะแตกต่างไปดังนี้

เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก	เซอร์โว	ความกว้างของสัญญาณบวก
L6	1.7 mS	R6	1.7 mS
L5	1.7 mS	R5	1.7 mS
L4	1.8 mS	R4	1.25 mS
L3	1.8 mS	R3	1.85 mS
L2	1.4 mS	R2	1.95 mS
L1	1.4 mS	R1	1.2 mS

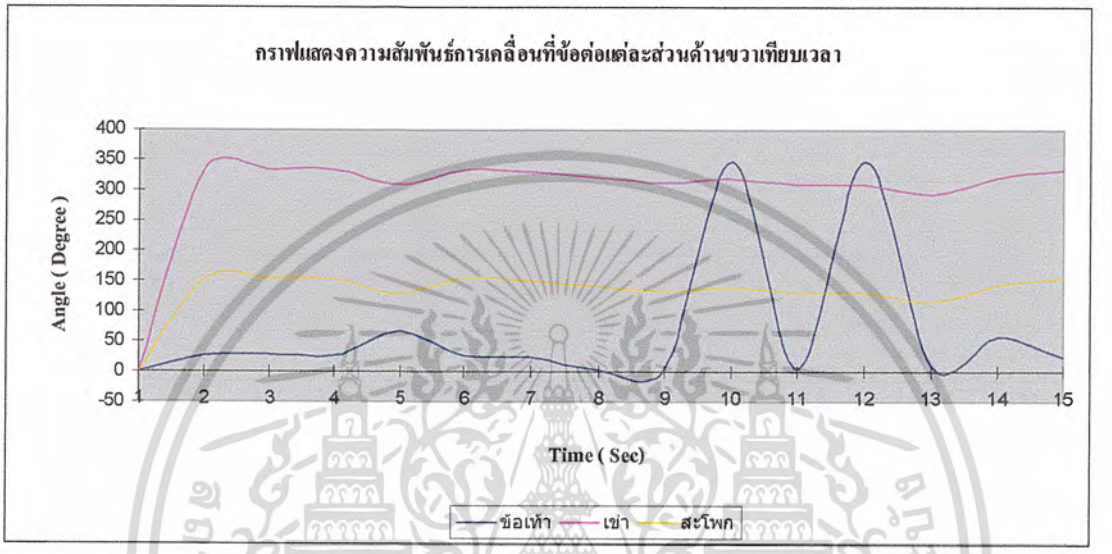
จากการทดลองสามารถสังเกตเห็นว่าช่วงเวลาของสัญญาณในส่วนของ เซอร์โว L4 , L3 , L2 , R4 , R3 และ R2 มีความกว้างของสัญญาณเปลี่ยนไป เนื่องจากว่าส่วนของเซอร์โวในส่วนนี้มีการเคลื่อนที่ไป โดยจังหวะนี้จะเป็นจังหวะสุดท้ายของการก้าวขาขวาไปข้างหน้า ซึ่งจะเคลื่อนที่มาหยุดตรงกับตำแหน่งขาซ้ายพอดี และลอยจากพื้นเล็กน้อยก่อนที่จะวางเท้าในจังหวะต่อไป

จากการเคลื่อนที่ทั้งหมดนี้จะเห็นได้ว่า เซอร์โวที่เคลื่อนที่อยู่เกือบจะทุกลักษณะท่าทาง คือ เซอร์โว L4 , L3 , L2 , R4 , R3 , R2 ซึ่งจะทำหน้าที่ที่แทนตำแหน่งของ ต้นขา หัวเข่า และข้อเท้า ส่วนเซอร์โวในตำแหน่งของ L6 , L5 , L1 , R6 , R5 , R1 ซึ่งจะแทนในตำแหน่งของ สะโพก และฝ่าเท้า เหตุที่ไม่มีการเคลื่อนที่ในส่วนนี้ก็เพราะว่า ทิศทางที่ทำการเคลื่อนที่ไปข้างหน้านั้น ไม่มีการเลี้ยว หรือกางขาออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 รูปความสัมพันธ์ขององศาการเคลื่อนไหว

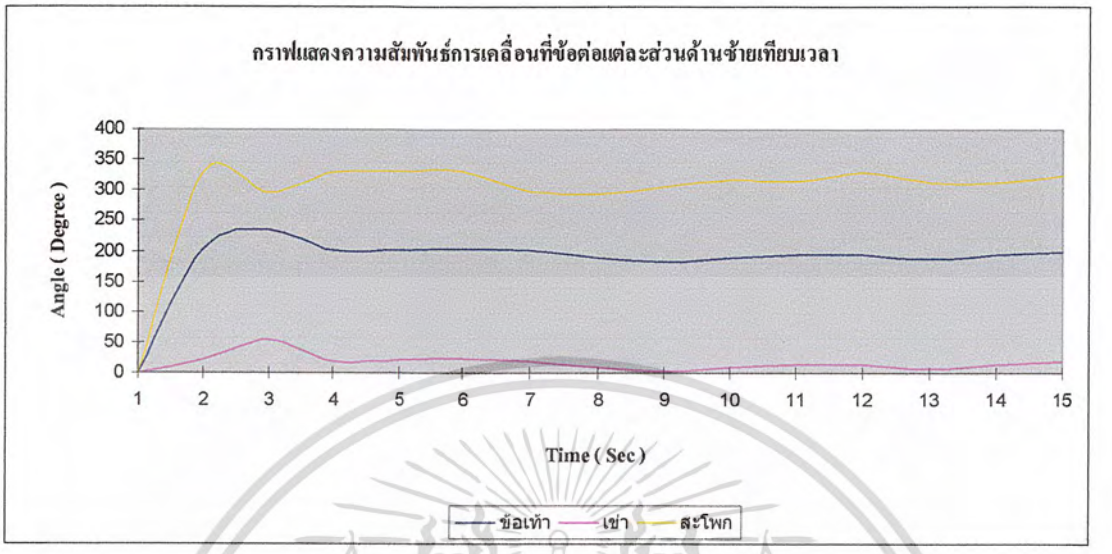
ในหัวข้อนี้จะเสนอผลการทดลองซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการเคลื่อนไหวข้อต่อหุ่นยนต์แต่ละข้อเทียบกับเวลาดังนี้



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างองศาการเคลื่อนไหวเทียบกับเวลา

จากกราฟ พบว่าเมื่อขาขวาเริ่มเคลื่อนที่ ทั้งข้อเข่าและข้อสะโพกจะค่อยจัดเข้าสู่มุมหรือองศาที่เหมาะสมโดยข้อเข่าจะคงที่ที่มุมเฉลี่ยประมาณ 350 องศา ส่วนสะโพกจะคงที่ที่มุมเฉลี่ยประมาณ 150 องศาจากนั้นก็จะคงที่ ณ ตำแหน่งนั้นๆเมื่อเวลาเปลี่ยนไป แต่ข้อเท้าจะเริ่มทำงานช้ากว่าข้อเข่าและสะโพกประมาณ 9 วินาที จากนั้นก็เริ่มเข้าสู่องศาที่เหมาะสมกับการเคลื่อนที่เช่นกันคือที่ประมาณ 380 องศา จากลักษณะการเคลื่อนไหวทั้งหมดนี้ทำให้แต่ละส่วนมีความสัมพันธ์กันเป็นปัจจัยช่วยให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างองศาการเคลื่อนไหวเทียบกับเวลา

จากกราฟในรูปที่ 4.6 สามารถทราบได้ถึงลักษณะการเคลื่อนไหวข้อต่อแต่ละส่วนนั้นมีความสัมพันธ์ซึ่งกันทั้งหมด ทำให้องศาการเคลื่อนที่ข้อต่อแต่ละส่วนมีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมากสามารถสังเกตได้จากช่วงเริ่มต้นการเคลื่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงองศาข้อต่อในการเคลื่อนไหวอย่างกระทันหัน หลังจากที่ข้อต่อแต่ละส่วนได้เคลื่อนไหวผ่านไประยะหนึ่งข้อต่อแต่ละส่วนจะมีองศาการเคลื่อนไหวที่เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเนื่องจากเป็นการเคลื่อนไหวที่มีลักษณะซ้ำๆกันจากการเคลื่อนไหวก่อนหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

5.1 สรุปโครงงาน

หุ่นยนต์ที่ได้ทำการสร้างขึ้นมานี้มีลักษณะเป็น 2 ขา คล้ายกับช่วงล่างของมนุษย์ โดยในแต่ละขาประกอบด้วยเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งทำหน้าที่ทำงานแทนหรือเลียนแบบข้อต่อส่วนต่างๆ ของขามนุษย์ ซึ่งถูกควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ DS89C420 ที่ทำหน้าที่รับคำสั่งข้อมูลควบคุมการเคลื่อนไหวในทิศทางต่างๆ จากอินพุทข้อมูลที่ผู้ใช้ได้ทำการป้อน ผ่านทางส่วนติดต่อผู้ใช้ซึ่งทำให้หุ่นยนต์มีทิศทางลักษณะการเคลื่อนไหวตามที่ผู้ใช้ได้ทำการป้อนข้อมูลอินพุท

จากผลการทดลองการทำงานของหุ่นยนต์ สามารถที่จะทำการควบคุมการเคลื่อนที่ได้ตามที่ต้องการ แต่ยังไม่สามารถรักษาสมดุลของหุ่นยนต์ที่ทำการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า จึงยังต้องอาศัยเส้นลวดสลิง ช่วยประคองให้ตัวหุ่นยนต์สองขาเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้โดยที่ไม่ล้ม

5.2 ปัญหาในการทำโครงงาน

5.2.1ปัญหาในการสร้างตัวหุ่นยนต์

- ผู้จัดทำขาดความรู้ทางด้านเครื่องกลจึงไม่สามารถแก้ปัญหาทางด้านแมคคานิกส์
- ขบวนการเลือกและจัดหาวัสดุที่นำมาสร้างหุ่นยนต์ใช้เวลานาน
- มีข้อผิดพลาดในการพับขึ้นรูปส่วนประกอบของโครงหุ่นยนต์
- การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์นั้นไม่เป็นไปตามที่ต้องการ

5.2.2 ปัญหาในการควบคุม

- ขณะหุ่นยนต์เคลื่อนที่มีการใช้กำลังงานจากแบตเตอรี่ค่อนข้างสูง
- เกิดสัญญาณรบกวน ขณะส่งสัญญาณควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังเซอร์โวมอเตอร์
- โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมมีข้อบกพร่อง ทำให้การควบคุมเซอร์โวไม่เป็นไปตามที่ต้องการ
- ยังไม่สามารถรักษาสมดุลของหุ่นยนต์ได้ โดยที่ไม่ใช้ลวดสลิง
- เกิดแรงเฉื่อยจากการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์หลังจากเคลื่อนที่ จึงทำให้หุ่นยนต์ไม่เคลื่อนไหวตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 ปัญหาในการอ่านผล

- จากการทดลองเมื่อทำการนำอุปกรณ์วัดสัญญาณมาทำการวัดผลที่ได้จากการทดลองจะเกิดปัญหาความคลาดเคลื่อนจากการอ่านค่าผล เนื่องจากสายตามนุษย์มีความเที่ยงตรงน้อยกว่าอุปกรณ์วัดสัญญาณ

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาในอนาคต

ข้อเสนอแนะและการแก้ปัญหานี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาหุ่นยนต์ 2 ขา ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยจะได้นำเสนอเป็นข้อๆดังนี้

- ออกแบบให้ส่วนประกอบต่างๆสามารถใช้แหล่งจ่ายเดียวกันกันเพื่อลดน้ำหนักของหุ่นยนต์
- ใช้แหล่งจ่ายที่มีระดับแรงดันหลายแรงดันและพิกัดกระแสสูงๆ
- ใช้สายสัญญาณที่มีการชิลด์ (Shield) เพื่อป้องกันการรบกวนของสัญญาณรบกวน
- ขอคำปรึกษาและข้อแนะนำจากผู้ชำนาญผู้มีความรู้
- ควรเพิ่มส่วนของบอดี้ส่วนบนเพื่อทำให้เกิดความสมดุลของตัวหุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] กานดา ใจภักดี **วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว (Kinesiology)** สำนักพิมพ์ดวงกมล (2520) จำกัด พิมพ์ครั้งที่ 3 พ.ศ. 2542

[2] วัชรินทร์ เดารพ คู่มือการใช้งาน SERVO MOTOR บริษัทอีทีที จำกัด พิมพ์ครั้งที่ 1 2546

[3] อุดมศักดิ์ ใช้ศรีทอง **SE-420 เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็คทรอนิคส์ ฉ.247 ตอน บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ความเร็วสูง** DS89C420 สุดยอดไมโครคอนโทรลเลอร์ความเร็วสูง กรุงเทพมหานคร:บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

[4] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล **เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ฉบับ AT89C5x ของ Atmel** กรุงเทพมหานคร: บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด

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

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

[7] อรรถพล บุษยะโภคา วรพจน์ วัฒนกุล ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล **เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม** บริษัทอินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด ฉบับปรับปรุงครั้ง 2

[8] ประภาวรรณ ตระกูลเกษมสุข **ตัดต่อภาพยนตร์อย่างมืออาชีพด้วย Adobe Premire 6.0** กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส พิมพ์ครั้งที่ 1 2544

[9] **Robolution**, http://www.tsukuda-original.co.jp

[10] Dallas Semiconductor Maxim. **High Speed Microcontrollers.2nd**, Dallas Semiconductor Maxim.

[11] Dallas Semiconductor Maxim, **DS89C420 Ultra-High-Speed Microcontroller**, www.maxim-ic.com ,

[12] Dallas Semiconductor Maxim, **Ultra-High-Speed Flash user's guideMicrocontroller**

[13] Keon Young Yi, **Walking of a Biped Robot with Compliant Ankle Joints: Implementtation with KUBCA**, Dept. of Electrical Engineering, Kwangwoon University, Seoul 139-701, Korea, E-mail: keonyi@daisy.kwangwoon.ac.kr, Proceeding of the 39th IEEE, Conference on Decision and Control Sydney, Australia, December 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

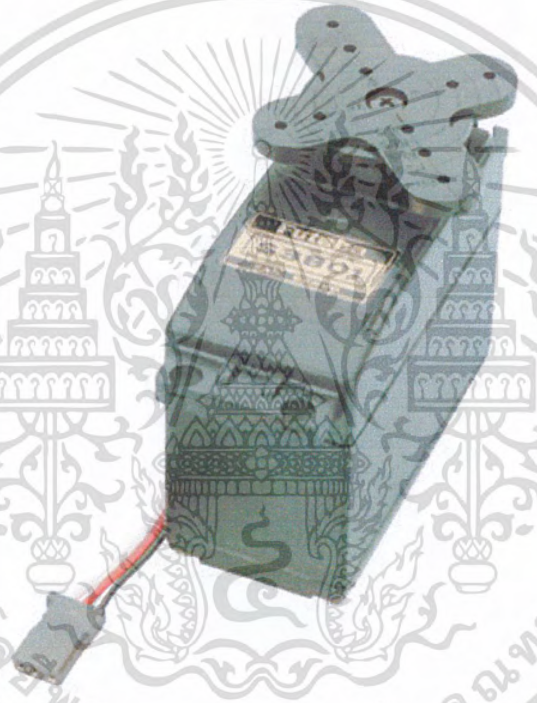
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

แสดงรายละเอียดเซอร์โวมอเตอร์

Futaba S3801 Servo Heavy Duty Arm Type Sail Control



Notes from the Tech Department

This is a High Torque, Arm-Type Sail Servo with a Metal Output Gear for boat applications requiring approximately 200 oz/in torque.

Futaba products have a One-Year Warranty.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FEATURES: Metal output gear and the other gears are nylon

Two Ball Bearings

3-pole motor

Sail Arm included (FSH38)-(FUTM2258) plus standard 4-point arm

Same case as S134 servo

Watertight and Dust tight

INCLUDES: One S3801 High Torque Sail Servo w/ J Connector

SPECS:

Torque: 156 oz/in @ 4.8V - 194 oz/in. @ 6V

1.2 kg/cm @ 4.8V - 14.0 kg/cm @ 6V

Transit Time: .33 sec/60 deg @ 4.8V - .26 sec/60 deg @ 6V

Arm Travel: 125 degrees (under optimum conditions)

Length: 2.4" (61mm)

Width: 1.2" (30mm)

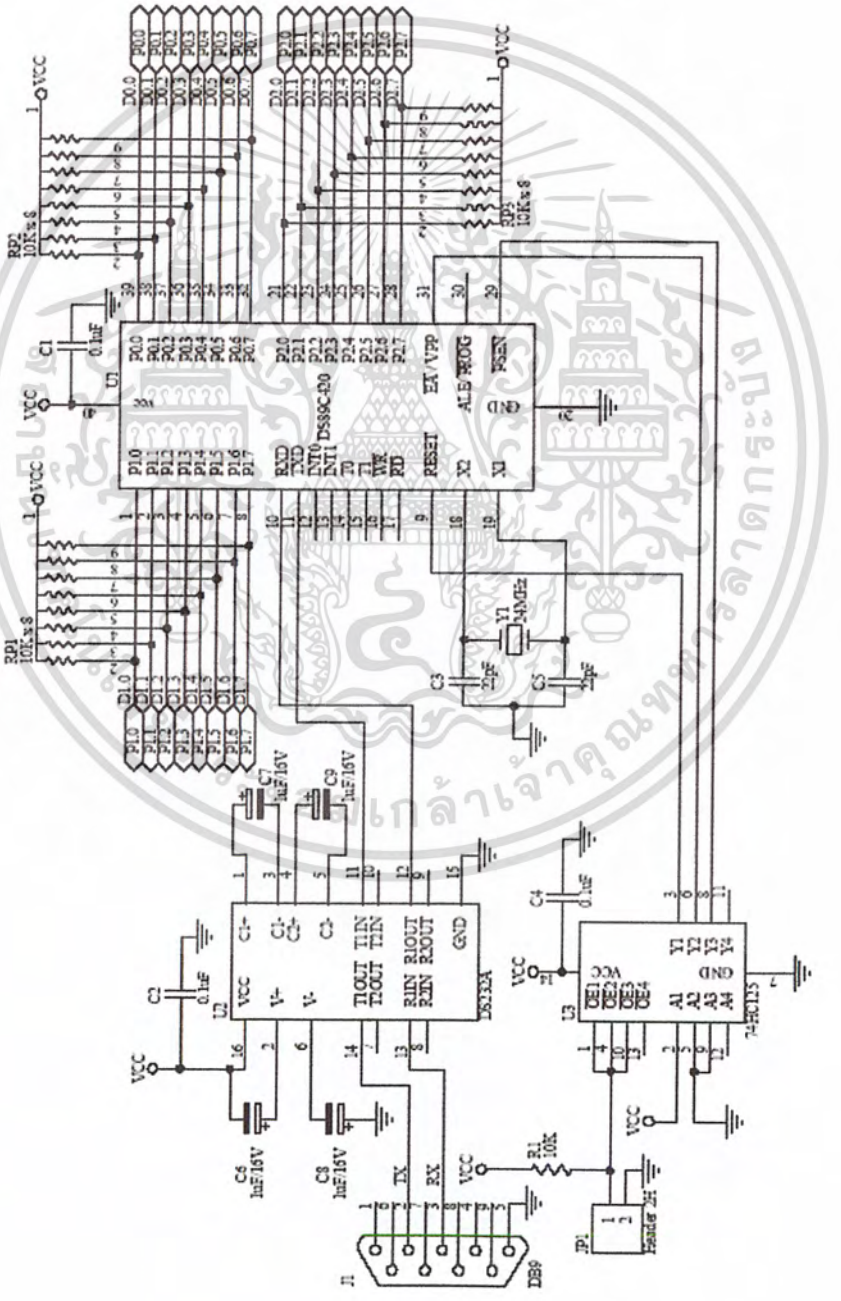
Height: 2.0" (51mm)

Weight: 3.7 oz (107g)

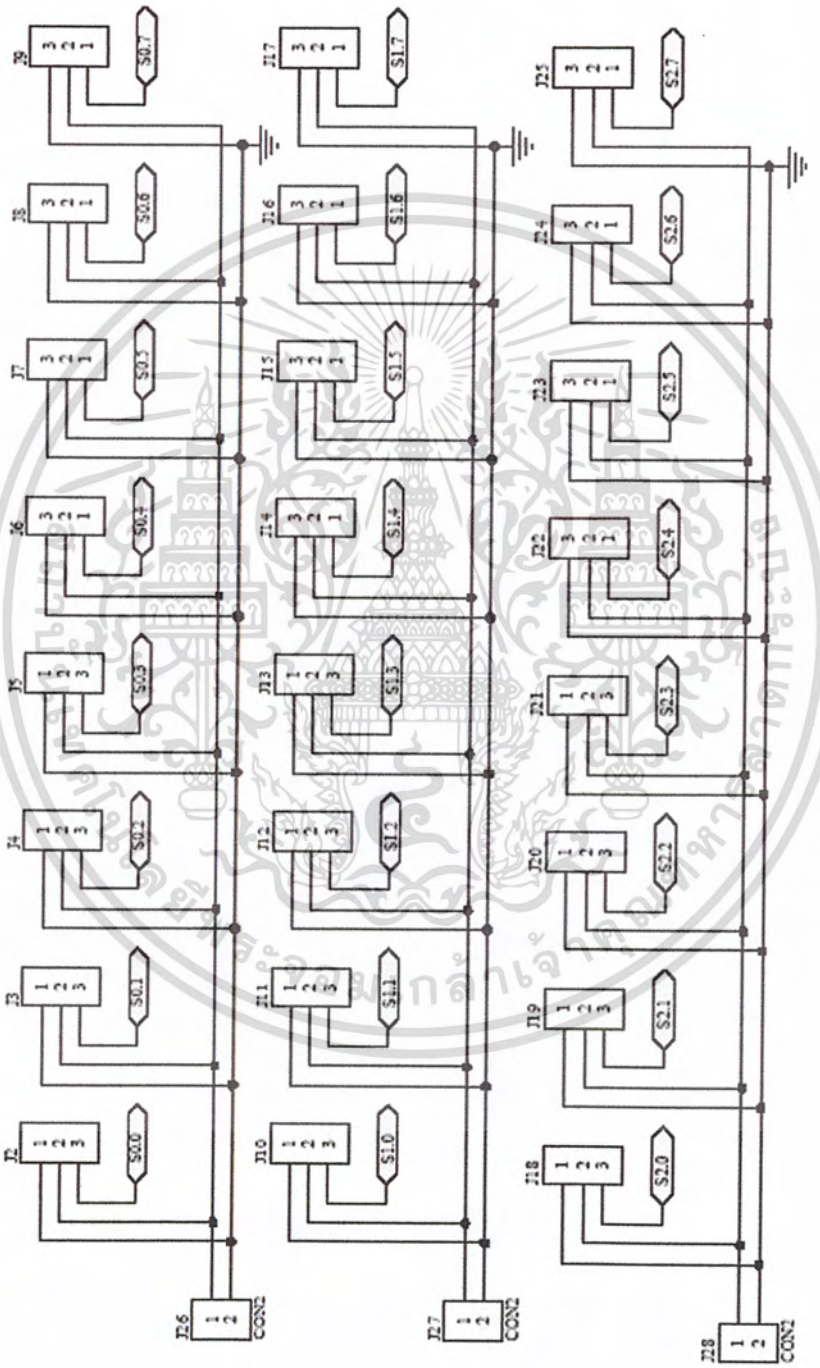
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แสดงรายละเอียดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์และบอร์ดกระจายสัญญาณ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การทดลอง

1. การทดลองแบบไม่มีน้ำหนักถ่วง

ผลจากการทดลองให้หุ่นยนต์ก้าวเดิน คือ

- หุ่นยนต์มีการเดินในลักษณะที่มีทิศทางเป็นเส้นตรงดี
- ระยะทางในการเดินของหุ่นยนต์ เดินได้ไกล
- กรเดินของหุ่นยนต์เดินได้นิ่งไม่ค่อยมีการสั่น

2. การทดลองแบบมีน้ำหนักถ่วง โดยใช้น้ำหนักถ่วงเป็นดินน้ำมัน ขนาด 156 กรัมและ 159กรัม

2.1) ใส่น้ำหนักถ่วง ขนาด 156 กรัม ที่ขาข้างซ้ายจำนวน 1 ก้อน

ผลการทดลองให้หุ่นยนต์ก้าวเดิน คือ

- ทิศทางการเดินของหุ่นยนต์มีการเอียงออกไปทางขาด้านที่ถ่วงน้ำหนัก
- ระยะความสูงของฝ่าเท้ากับพื้นยังอยู่ในระดับปกติ

2.2)ใส่น้ำหนักถ่วง ขนาด 156 กรัมและ 159 กรัมที่ขาด้านซ้าย

ผลการทดลองให้หุ่นยนต์ก้าวเดิน คือ

- ทิศทางการเดินของหุ่นยนต์มีการเอียงไปทางขาด้านที่มีการถ่วงน้ำหนักและมีการเอียงไปมากกว่าการถ่วงน้ำหนักเพียงก้อนเดียว
- ระยะความสูงของฝ่าเท้ากับพื้นยกได้ต่ำกว่าปกติเพราะมีผลจากน้ำหนักที่เพิ่มเข้ามา

2.3)ใส่น้ำหนักถ่วงขนาด 156 กรัมและ 159 กรัมที่ขาทั้งสองข้าง

ผลการทดลองให้หุ่นยนต์ก้าวเดิน คือ

- เท้ายกไม่ค่อยขึ้นเพราะน้ำหนักเพิ่ม
- การเคลื่อนเท้าไปข้างหน้าทำได้ช้ากว่ากรณีที่ไม่มีน้ำหนักถ่วง
- ระยะทางหรือช่วงก้าวจะสั้นกว่ากรณีที่ไม่มีน้ำหนักถ่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4)ใส่น้ำหนักถ่วงขนาด 156 กรัมที่ขาขวาจำนวน 1 ก้อน

ผลการทดลองให้หุ่นยนต์ก้าวเดิน คือ

- ทิศทางการเดินจะเอียงไปทางด้านที่ทำการถ่วงน้ำหนัก
- ระยะความสูงของฝ่าเท้ากับพื้นยังอยู่ในระดับปกติ

2.5)ใส่น้ำหนักถ่วงขนาด 156 กรัมและ 159 กรัมที่ขาขวา

ผลการทดลองให้หุ่นยนต์ก้าวเดิน คือ

- ทิศทางการเดินของหุ่นยนต์มีการเอียงไปทางขาด้านที่มีการถ่วงน้ำหนักและมีการเอียงไปมากกว่าการถ่วงน้ำหนักเพียงก้อนเดียว
- ระยะความสูงของฝ่าเท้ากับพื้นยกได้ต่ำกว่าปกติเพราะมีผลจากน้ำหนักที่เพิ่มเข้ามา

จุดมุ่งหมายของการทดลอง

ในการทดลองได้ทำการทดลองเป็น 2 ลักษณะคือให้หุ่นยนต์เดินในลักษณะที่ไม่มีน้ำหนักถ่วงและแบบมีน้ำหนักถ่วง เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของการทำงานของข้อต่อแต่ละข้อซึ่งได้แก่ สะโพก ข้อเท้า และข้อเข่า ว่ามีการเปลี่ยนแปลงในส่วนขององศา ที่เคลื่อนที่เทียบกับเวลาแล้วมีการเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะใด และเพื่อเป็นการทดลอง เพื่อสนับสนุนความคิดที่ว่าน้ำหนักจะมีผลในการก้าวเดิน หรือ ยกขาของหุ่นยนต์หรือไม่ ซึ่งจากการทดลองถ้าหุ่นยนต์มีน้ำหนักถ่วงเพิ่มขึ้นจะทำให้การยกขาทำได้ลำบากขึ้นทำให้การก้าวเดินไม่มีความสมดุล เกิดการเดินที่ไม่เป็นเส้นตรงหรือเกิดการเอียงขึ้น และจากการทดลองแบบไม่มีน้ำหนักถ่วงจะสังเกตเห็นว่าหุ่นยนต์ก้าวเดินอย่างสมดุลมากกว่าแบบมีน้ำหนักถ่วง และอีกจุดมุ่งหมายหนึ่งของการทดลองก็คือ เพื่อสังเกตดูว่าความเร็วในการทำงานมีผลต่อการก้าวเดินของหุ่นยนต์หรือไม่ ซึ่งจากที่ทำการทดลองถ้ามีการเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ให้เร็วขึ้นจะทำให้หุ่นยนต์เดินโดยที่ไม่มีสมดุล เพราะฉะนั้นความเร็วในการเคลื่อนที่ ของข้อต่อแต่ละข้อควรจะมีความสัมพันธ์กัน เพื่อจะทำให้หุ่นยนต์เดินได้ อย่างมีสมดุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้