หุ่นยนต์จามจุรีเพื่อการสำรวจ
TRI-POD ROBOT

ศิวกร จิตไธสง
SIVAKORN JITTHAISONG
สถาพร บุญศรี
SATHAPORN BOONSRI
สันติภาพ วัชรโยธิน
SANTIPAP WATCHARAYOTHIN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

หุ่นยนต์สามขาเพื่อการสำรวจ
TRI-POD ROBOT

นายศิวกร จิตไธสง
SIVAKORN JITTHAiSONG

นายสถาพร บุญศรี
SATHAPORN BOONSRI

นายสันติภาพ วัชรโยธิน
SANTIPAP WATCHARAYOTHIN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

TRI-POD ROBOT

SIVAKORN JITTHAISONG

SATHAPORN BOONSRI

SANTIPAP WATCHARAYOTHIN

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์สามขาเพื่อการสำรวจ	
รายชื่อนักศึกษา	นายศิวกร จิตไธสง	รหัสนักศึกษา 53011578
	นายสถาพร บุญศรี	รหัสนักศึกษา 53011627
	นายสันติภาพ วัชรโยธิน	รหัสนักศึกษา 53011662
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
พ.ศ.	2556	
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์	

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์)
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์สามขาเพื่อการสำรวจ	
รายชื่อนักศึกษา	นายศิวกร จิตไธสง	รหัสนักศึกษา 53011578
	นายสถาพร บุญศรี	รหัสนักศึกษา 53011627
	นายสันติภาพ วัชรโยธิน	รหัสนักศึกษา 53011662
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
พ.ศ.	2556	
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุณย์ชนะ ภู่ระหงษ์	

บทคัดย่อ

โครงงานปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบ สร้าง และศึกษาการควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์สามขาในรูปแบบต่างๆ โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ขนาดเล็กทั้งหมด 15 ตัว เป็นข้อต่อของหุ่นยนต์สามขา โดยแต่ละขาของหุ่นยนต์สามขาที่ออกแบบมามีความยาว 27 เซนติเมตร และออกแบบท่าทางทั้งหมด 3 รูปแบบคือ ท่าเดินหน้า ท่านั่ง และท่ายืน

Thesis Title	Tri-Pod Robot	
Student	Mr. Sivakorn Jitthaisong	ID 53011578
	Mr. Sathaporn Boonsri	ID 53011627
	Mr. Santipap Watcharayothin	ID 53011662
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Information Engineering	
Year	2013	
Thesis Advisor	Asst. Prof. Boonchana Purahong	

ABSTRACT

This thesis have objective for designs, creates and controls the Tri-Pod Robot and fifteen servo motors use to be joint of the Tri-Pod Robot. Each leg length of the robot is twenty-seven centimeters. In addition, there are three postures such as forwarding, sitting and standing posture.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง หุ่นยนต์สามขาเพื่อการสำรวจ ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือร่วมใจของสมาชิกทุกคนภายในกลุ่ม และคำปรึกษาที่ดีจากท่านคณาจารย์ท่านต่างๆ ดังต่อไปนี้

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญย์ชนะ ภู่ระหงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่ได้ให้ความกรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ จึงทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ Mr.Hiroyuki Aoyama ที่ได้ช่วยเหลือในด้านการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่สั่งซื้อมาจากประเทศญี่ปุ่น และให้คำแนะนำในการลงมือทำงาน

ขอขอบคุณบิดาและมารดาอันเป็นที่รักและเคารพ ซึ่งเป็นผู้ที่ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษา และเป็นผู้ที่คอยให้กำลังใจให้แก่ข้าพเจ้าเสมอ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้แก่ข้าพเจ้าเสมอมา

ศิวกร จิตไธสง
สถาพร บุญศรี
สันติภาพ วัชรโยธิน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญรูป VIII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา 1
1.2 จุดประสงค์ 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน 3
2.1 กล่าวนำ 3
2.2 ความเป็นมาของหุ่นยนต์ 3
2.3 ความสำคัญของหุ่นยนต์ 5
2.4 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยใช้ขา 6
2.5 รูปแบบการเดินของหุ่นยนต์โดยใช้ขา 7
2.6 ทฤษฎีโมเมนต์ของแรง 7
2.7 สมดุล 10
2.8 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ 11
2.9 มาตรฐานสำหรับระบบการสื่อสารแบบสองทาง 13
2.10 อุปกรณ์ 17
2.10.1 บอร์ดควบคุม RCB-4HV 17
2.10.2 เซอร์โวมอเตอร์ KRS-2552RHV 19
2.10.3 Dual USB adapter HS 20

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน 22

3.1 การออกแบบตัวหุ่นยนต์สามขา.....22

3.1.1 ภาพรวมของตัวหุ่นยนต์สามขา.....22

3.1.2 ส่วนขาของหุ่นยนต์สามขา.....23

3.2 ขั้นตอนการตัดแบบและประกอบหุ่นยนต์ 25

3.3 ระบบควบคุมการเคลื่อนไหว.....29

3.3.1 การตั้งค่าเริ่มต้นให้กับเซอร์โวมอเตอร์ 31

3.3.2 การเริ่มต้นตั้งค่าโปรแกรม Heart To Heart 4 สำหรับการควบคุมการเคลื่อนไหว.....34

3.3.3 การโปรแกรมสั่งการให้หุ่นยนต์เคลื่อนไหว 38

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 42

4.1 กล่าวนำ.....42

4.2 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์.....42

4.2.1 การเคลื่อนไหวเมื่อทำการเปิดสวิตช์ 42

4.2.2 การเคลื่อนไหวในลักษณะท่าทางการยืนของหุ่นยนต์.....43

4.2.3 การเคลื่อนไหวในลักษณะท่าทางการเดินหน้าของหุ่นยนต์สามขา.....47

4.2.4 การเคลื่อนไหวของลำตัวเมื่อหุ่นยนต์อยู่ตำแหน่งเดิม.....65

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....70

5.1 สรุป.....70

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข 70

5.3 แนวทางการพัฒนา 70

บรรณานุกรม.....71

ภาคผนวก.....72

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า
2.1 ความต้องการใช้หุ่นยนต์ในการปฏิบัติงานต่าง ๆ 6
2.2 ประเภทของกลไกการเคลื่อนที่ที่ใช้กับหุ่นยนต์ 7
2.3 การตั้งค่าการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication Setting) 13
2.4 โครงสร้างข้อมูลของคำสั่ง (Data structure) 13
2.5 คำสั่งหลัก (CMD) 14
2.6 คำสั่งย่อย (SC) 15
2.7 รวมคำสั่งส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน 16
2.8 คำสั่งสำหรับการเปลี่ยนองศาของเซอร์โวมอเตอร์ 16
2.9 คำสั่งสำหรับการเปลี่ยนองศาของเซอร์โวมอเตอร์ไปที่ตำแหน่ง 7500 หรือที่ 0 องศา 17
4.1 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 1 ของท่า StandBy 42
4.2 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 2 ของท่า StandBy 43
4.3 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 3 ของท่า StandBy 43
4.4 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 4 ของท่า StandBy 44
4.5 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 5 ของท่า StandBy 44
4.6 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 6 ของท่า StandBy 45
4.7 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 7 ของท่า StandBy 45
4.8 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 8 ของท่า StandBy 46
4.9 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 9 ของท่า StandBy 46
4.10 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 1 ของท่า Walking 47
4.11 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 2 ของท่า Walking 47
4.12 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 3 ของท่า Walking 48
4.13 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 4 ของท่า Walking 48
4.14 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 5 ของท่า Walking 49
4.15 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 6 ของท่า Walking 49
4.16 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 7 ของท่า Walking 50
4.17 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 8 ของท่า Walking 50
4.18 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 9 ของท่า Walking 51
4.19 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 10 ของท่า Walking 51
4.20 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 11 ของท่า Walking 52
4.21 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 12 ของท่า Walking 53
4.22 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 13 ของท่า Walking 54

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.23 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 14 ของท่า Walking 55
4.24 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 15 ของท่า Walking 56
4.25 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 16 ของท่า Walking 57
4.26 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 17 ของท่า Walking 58
4.27 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 18 ของท่า Walking 59
4.28 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 19 ของท่า Walking 60
4.29 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 20 ของท่า Walking 61
4.30 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 21 ของท่า Walking.....62
4.31 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 22 ของท่า Walking 63
4.32 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 23 ของท่า Walking 64
4.33 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 24 ของท่า Walking 64
4.34 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 1 ของท่า HomeSit 65
4.35 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 2 ของท่า HomeSit 65
4.36 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 3 ของท่า HomeSit 66
4.37 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 4 ของท่า HomeSit 66
4.38 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 5 ของท่า HomeSit 67
4.39 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 6 ของท่า HomeSit 67
4.40 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 7 ของท่า HomeSit 68
4.41 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 8 ของท่า HomeSit 68
4.42 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 9 ของท่า HomeSit 69

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 โมเมนต์ลัพธ์ของระบบแรงที่อยู่ในระนาบเดียวกัน....8
2.2 แรงคู่ควบ....8
2.3 โมเมนต์ของแรงคู่ควบ....9
2.4 ตัวอย่างมาตรฐานสัญญาณพัลส์....12
2.5 บอร์ดควบคุม RCB-4HV....17
2.6 ส่วนของพอร์ตทั้งหมดบนบอร์ดควบคุม RCB-4HV....18
2.7 เซอร์โวมอเตอร์ KRS-2552RHV....19
2.8 ส่วนประกอบเซอร์โวมอเตอร์ KRS-2552RHV....19
2.9 Dual USB adapter HS....20
2.10 ICS USB adapter....21
2.11 Serial USB adapter HS....21
3.1 หุ่นยนต์สามขาทั้งตัว....22
3.2 ด้านบนของหุ่นยนต์สามขาทั้งตัว....23
3.3 ด้านข้างของหุ่นยนต์สามขาทั้งตัว....23
3.4 ลักษณะของขาเมื่อหุ่นยนต์นั่ง....24
3.5 ลักษณะของขาเมื่อหุ่นยนต์ยืน....24
3.6 ลักษณะของขาเมื่อหุ่นยนต์ยกตัว....25
3.7 ลักษณะของขา....25
3.8 การวาดแบบชิ้นส่วนลำตัวของหุ่นยนต์สามขา....26
3.9 การตัดชิ้นส่วนและเก็บรายละเอียด....26
3.10 ชิ้นส่วนของลำตัวหุ่นยนต์สามขาเมื่อตัดเสร็จแล้ว....27
3.11 ชิ้นส่วนลำตัวด้านล่างของหุ่นยนต์สามขาเมื่อตัดเสร็จแล้ว....27
3.12 การประกอบชิ้นส่วนลำตัวเข้าด้วยกัน....27
3.13 การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์มาติดกับลำตัวของหุ่นยนต์สามขา....28
3.14 ส่วนลำตัวของหุ่นยนต์สามขาเมื่อประกอบเสร็จเรียบร้อย....28
3.15 การตัดชิ้นส่วนที่เป็นส่วนขาของหุ่นยนต์สามขา....28
3.16 การตัดชิ้นส่วนที่เป็นส่วนเท้าของหุ่นยนต์....29
3.17 การประกอบส่วนลำตัวและส่วนขาเข้าด้วยกัน....29
3.18 หุ่นยนต์สามขาเมื่อประกอบเสร็จ....29

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.19 จำลองเส้นทางข้อมูลของคำสั่งที่ถูกส่งจากคอมพิวเตอร์ 30
3.20 แผนผังการทำงานของบอร์ด RCB-4HV ของหุ่นยนต์ 31
3.21 เชื่อมต่อ Dual USB adapter HS เข้าสู่คอมพิวเตอร์ในโหมด ICS 32
3.22 การเชื่อมต่อเซอร์โวมอเตอร์กับแหล่งจ่ายไฟ 32
3.23 การเชื่อมต่อสำเร็จ 33
3.24 เลือกหมายเลขเซอร์โวมอเตอร์หมายเลข 2 33
3.25 เซอร์โวมอเตอร์ในตำแหน่ง 7500 หน่วย หรือ 0 องศา 34
3.26 เซอร์โวมอเตอร์ในตำแหน่ง 3500 หน่วย หรือ -135 องศา 34
3.27 เซอร์โวมอเตอร์ในตำแหน่ง 11500 หน่วย หรือ 135 องศา 34
3.28 อินเตอร์เฟสเริ่มต้นเมื่อเปิดโปรแกรม HTH4 35
3.29 เมนูสร้างโปรเจคใหม่ 35
3.30 ตั้งชื่อให้กับโปรเจคที่สร้างใหม่ 35
3.31 การเลือกพอร์ตและตั้งค่าบอร์ด 36
3.32 หน้าตั้งค่าให้กับบอร์ดควบคุม RCB-4HV 36
3.33 การกำหนดค่าในการตั้งค่าให้กับบอร์ดควบคุม RCB-4HV 37
3.34 อินเตอร์เฟสเริ่มต้นสำหรับการกำหนดค่าให้กับเซอร์โวมอเตอร์ 37
3.35 การกำหนดค่าตำแหน่งเริ่มต้นให้กับเซอร์โวมอเตอร์ 38
3.36 เมนูการสร้างไฟล์ XML ใหม่ 39
3.37 หน้าว่างสำหรับการสร้างไฟล์ XML ใหม่ 39
3.38 เมนูเลือกเครื่องมือสำหรับการสร้างการเคลื่อนไหว 39
3.39 หน้าแสดงเมื่อเลือกเมนูเรียบร้อยแล้ว 40
3.40 กล่องคำสั่งสำหรับการเขียนสั่งงาน 40
3.41 หน้าต่างปรับค่าตำแหน่งต่าง ๆ ของเซอร์โวมอเตอร์ทุกตัว 40
4.1 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาเมื่อทำการเปิดสวิตช์ 42
4.2 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 1 ของท่า StandBy 43
4.3 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 2 ของท่า StandBy 43
4.4 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 3 ของท่า StandBy 44
4.5 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 4 ของท่า StandBy 44
4.6 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 5 ของท่า StandBy 45
4.7 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 6 ของท่า StandBy 45
4.8 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 7 ของท่า StandBy 46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.9 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 8 ของท่า StandBy 46
4.10 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 1 ของท่า Walking 47
4.11 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 2 ของท่า Walking 47
4.12 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 3 ของท่า Walking 48
4.13 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 4 ของท่า Walking 48
4.14 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 5 ของท่า Walking 49
4.15 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 6 ของท่า Walking 49
4.16 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 7 ของท่า Walking 50
4.17 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 8 ของท่า Walking 50
4.18 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 9 ของท่า Walking 51
4.19 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 10 ของท่า Walking 51
4.20 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 11 ของท่า Walking 52
4.21 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 12 ของท่า Walking 53
4.22 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 13 ของท่า Walking 54
4.23 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 14 ของท่า Walking 55
4.24 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 15 ของท่า Walking 56
4.25 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 16 ของท่า Walking 57
4.26 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 17 ของท่า Walking 58
4.27 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 18 ของท่า Walking 59
4.28 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 19 ของท่า Walking 60
4.29 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 20 ของท่า Walking 61
4.30 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 21 ของท่า Walking 62
4.31 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 22 ของท่า Walking 63
4.32 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 23 ของท่า Walking 64
4.33 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 24 ของท่า Walking 64
4.34 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 1 ของท่า HomeSit 65
4.35 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 2 ของท่า HomeSit 65
4.36 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 3 ของท่า HomeSit 66
4.37 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 4 ของท่า HomeSit 66
4.38 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 5 ของท่า HomeSit 67
4.39 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 6 ของท่า HomeSit 67

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.40 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 7 ของท่า HomeSit 68
4.41 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 8 ของท่า HomeSit 68
4.42 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 9 ของท่า HomeSit 69

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีของหุ่นยนต์เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เริ่มเข้ามามีบทบาทกับชีวิตของมนุษย์ในด้านต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมใช้แขนกลในการเชื่อมโลหะของโรงงานผลิตรถยนต์ การทหารใช้หุ่นยนต์ในการช่วยเหลือเจ้าหน้าที่ในการตรวจสอบวัตถุที่ต้องสงสัย การสำรวจอวกาศโดยใช้หุ่นยนต์ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อปฏิบัติหน้าที่สำรวจดาวเคราะห์ที่อยู่ห่างไกล เป็นต้น ซึ่งรูปแบบของการใช้กลไก ในการที่จะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ ซึ่งมีกลไกหลายรูปแบบ เช่น การใช้ล้อ ใช้ตีนตะขาบ ใช้สายพาน เป็นตัวสร้างการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ส่วนการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์อีกแบบหนึ่งเป็นการออกแบบลักษณะการเคลื่อนที่โดยการเลียนแบบสิ่งมีชีวิต เช่น ใช้ขา การเลื้อย การกลิ้ง การกระโดด เป็นต้น ลักษณะของหุ่นยนต์ที่พบเห็นส่วนใหญ่เป็นหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ด้วยล้อไม่เหมาะกับภูมิประเทศในบางพื้นที่ที่ไม่สามารถเข้าถึงได้โดยง่าย และหุ่นยนต์อีกแบบจะมีลักษณะการเคลื่อนที่โดยใช้เป็นขา โดยหุ่นยนต์ที่ใช้การเคลื่อนที่โดยขาถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้งานในพื้นที่ที่หุ่นยนต์ที่มีลักษณะการเคลื่อนที่โดยล้อไม่สามารถใช้งานได้ เช่น ในพื้นที่ที่ต่างระดับ หรือมีลักษณะเป็นหลุม ซึ่งหุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็นขาส่วนใหญ่ที่พบจะมีการรูปแบบ สองขา สี่ขา และหกขา เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นรูปแบบการเคลื่อนที่แต่ละชนิดก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน

1.2 จุดประสงค์

ในการสร้างหุ่นยนต์นั้น เราสามารถแบ่งเป็นส่วนที่สำคัญและน่าสนใจได้หลายส่วน เช่น การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ ศึกษาโครงสร้างของหุ่นยนต์ เป็นต้น ในโครงงานสร้างและพัฒนาหุ่นยนต์สามขานั้นเราจึงให้ความสนใจเรื่องดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานเบื้องต้นของหุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็นขา
2. เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์เป็นต้นกำลัง
3. เพื่อศึกษาโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์
4. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในลักษณะแบบเดิม

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

เนื่องจากมีความสนใจในการศึกษา และออกแบบหุ่นยนต์ ซึ่งในการศึกษาการสร้างหุ่นยนต์นั้นสามารถแบ่งแยกย่อยออกไปได้หลายส่วน ซึ่งในโครงงานนี้ จะสนใจในส่วนของรูปแบบและลักษณะการเดินของหุ่นยนต์ ดังนั้น โครงงานจึงมีขอบเขตของโครงงานดังนี้

1. การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์สามขา

2. หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางตามที่ต้องการได้

3. ศึกษารูปแบบและท่วงท่าการเดินของหุ่นยนต์เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบลักษณะการเดินของหุ่นยนต์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในการทำโครงงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อตัวของกลุ่มนักศึกษาในหลาย ๆ เรื่อง ดังนั้นผลที่คาดว่าจะได้รับมีดังนี้

1. เรียนรู้วิธีการ และฝึกการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการทำงาน
2. เพิ่มพูนประสบการณ์ และฝึกการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มของนักศึกษาภายในกลุ่ม
3. มีความรู้ความเข้าใจในการสร้างหุ่นยนต์
4. สามารถสั่งงานควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ได้
5. สามารถออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ในรูปแบบต่างๆ ได้
6. สามารถออกแบบรูปแบบการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ได้
7. ได้หุ่นยนต์ต้นแบบตามจุดประสงค์ของโครงงาน

1.5 อุปกรณ์ที่ต้องใช้

1.5.1 ฮาร์ดแวร์

- เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุม	จำนวน 1 เครื่อง
- บอร์ดควบคุม RCB-4HV	จำนวน 1 บอร์ด
- เซอร์โวมอเตอร์แบบดิจิทัล KRS-2552RHV	จำนวน 15 ตัว
- แบตเตอรี่ Ni-mh 10.8V	จำนวน 1 ชุด

1.5.2 ซอฟต์แวร์

- Solid Work2012
- Visual Studio 2012
- ICS3.5Manager
- HeartToHeart4 Version 2.2

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 กล่าวนำ

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี (Technology) ทางด้านหุ่นยนต์ ในอดีตมุ่งเน้นไปทางด้าน Fixed Robots หมายความว่า หุ่นยนต์ที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ซึ่งหุ่นยนต์ดังกล่าวส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการผลิต แต่ยังมีงานอีกหลายประเภทที่ไม่สามารถใช้ Fixed Robots เข้าทำงานได้ เช่น งานสำรวจในที่ที่มีอันตราย เป็นต้น ในปัจจุบันสถาบันการศึกษาชั้นนำหลายแห่งของโลก หันมาให้ความสนใจวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์เคลื่อนที่ (Mobile Robots) เช่น สถาบัน M.I.T , Harvard University , Standard University และ Waseda University หรือแม้กระทั่งบริษัทผลิตรถยนต์รายใหญ่ของฮอนด้า (Honda) ยังทุ่มเงินนับพันล้านเยน (Yen) เพื่อวิจัยและสร้าง “Honda Humanoid Robot” ทั้งนี้เนื่องจาก Mobile Robots ที่ใช้แบบสองขามีความคล่องตัวสูงและสามารถเคลื่อนที่ไปในที่ซึ่ง Mobile Robots แบบล้อไปได้ยาก คณะผู้จัดทำโครงงานได้เล็งเห็นถึงความสำคัญดังกล่าว จึงได้รวบรวมข้อมูลและทำการศึกษาเกี่ยวกับหุ่นยนต์ที่ใช้วิธีการเคลื่อนที่โดยใช้ขา โดยเน้นการศึกษาระบบกลไกการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

2.2 ความเป็นมาของหุ่นยนต์ [2]

หุ่นยนต์ (Robot) เป็นคำที่มีรากศัพท์มาจากประเทศเชคโกสโลวาเกีย (Czechoslovakia) ซึ่งอาจถือได้ว่าคำว่า หุ่นยนต์ ปรากฏขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1921 มาจากละครที่ชื่อ Rossun’s Universal Robots แต่งโดยนักเขียนชาวเชคโกสโลวาเกีย นามว่า คาเรล คาเปก (Karel Kapek) โดยบทละครได้แสดงถึงเครื่องจักรที่ล้อเลียนแบบการเคลื่อนไหวของมนุษย์และแสดงให้เห็นถึงความสามารถของเครื่องจักร ที่สามารถทำลายได้ทุกสิ่ง

ในอดีตมนุษย์ได้พยายามที่จะคิดค้นกลไกที่เลียนแบบการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ ชาวอียิปต์ (Egypt) โบราณได้ติดตั้งแขนกลเข้ากับรูปบูชาเพื่อให้นักบวชได้ใช้เพื่อแสดงปฏิหาริย์ต่อผู้คน ต่อมาในศตวรรษที่ 18 ได้มีการประดิษฐ์หุ่นเชิดในยุโรป (Europe) เพื่อเลียนแบบการเคลื่อนที่ของมนุษย์และสัตว์ประกอบไปด้วย เครื่องต้นแบบแขนกลและส่วนอื่นๆ ขับเคลื่อนโดยชุดกลไก (Linkages) และลูกเบี้ยว (Cams) ในหุ่นยนต์บางตัวสามารถเขียน วาดภาพ และมีความสามารถในการเล่นเครื่องดนตรีได้

การพัฒนาเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ (Computer) ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีการพัฒนาชุดควบคุมแบบย้อนกลับของชุดขับเคลื่อน ชุดส่งกำลัง และเครื่องมือวัดที่ทันสมัย ซึ่งช่วยให้การพัฒนาด้านหุ่นยนต์มีการเปลี่ยนแปลงการทำงานให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีขึ้น

ในปี ค.ศ. 1954 George C. Devol ได้สร้างหุ่นยนต์เพื่อใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม โดยหุ่นยนต์นั้นมีหน้าที่จับวางชิ้นส่วนในโรงงานประกอบชิ้นส่วน โดยมีหลักการเบื้องต้นคือ Teach in and Play Back หรือสอนให้รู้แล้วใช้งานตามหรือที่ได้ตั้งโปรแกรม (Program) เอาไว้ ซึ่งหลักการควบคุมนี้ได้เป็นที่แพร่หลายมาจนถึงปัจจุบัน

ในหลักการเบื้องต้นของ Devol ได้ใช้เทคโนโลยี 2 แบบคือ การควบคุมเชิงตัวเลข (Numerical Control) ซึ่งใช้กับเครื่องมือกลเป็นส่วนใหญ่และการควบคุมทางไกล (Remote Manipulation) ซึ่งเป็นการสั่งงานในระยะไกล ในการควบคุมเชิงตัวเลขนั้นมีหลักการว่า ผลิตการควบคุมบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่อาจเป็นจุดพิกัด (Coordinate Data of Points) ที่ต้องการให้แขนกลนั้นขยับไป สัญญาณการเริ่มหรือหยุดทำงานและการควบคุมเชิงตรรกศาสตร์ (Logical Statements) ตามลำดับ

ระบบการทำงานทั้งหมดจะเก็บอยู่ในหน่วยความจำ ซึ่งเมื่อเปลี่ยนแปลงระบบงานใหม่จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ใหญ่ๆ หรือ Hardware น้อยที่สุด ในระบบการผลิตรุ่นใหม่จะมีการผลิตจำนวนน้อยหลากหลายชนิดและมีการเปลี่ยนแบบบ่อยครั้ง จึงต้องมีการยืดหยุ่น (Flexibility) ไปตามการผลิต หุ่นยนต์ที่ใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีการตั้งโปรแกรมที่ทำงานได้หลายแบบ โดยการเปลี่ยนเพียงข้อมูลที่เก็บไว้ก่อนซึ่งลักษณะนี้เป็นการพัฒนาจากการควบคุมเชิงตัวเลข

การควบคุมทางไกลใช้งานที่มนุษย์ไม่สามารถทำงานได้หรืองานที่เสี่ยงอันตรายต่อชีวิต เช่น งานสำรวจเกี่ยวกับกัมมันตภาพรังสี งานสำรวจใต้ทะเล งานสำรวจอวกาศ เป็นต้น แขนกลแบบหัวหน้าสั่งลูกน้อง (Master-Slave Manipulator) ได้ถูกประดิษฐ์ขึ้นในปี ค.ศ. 1948 โดยหลักการคือใช้กระแสไฟฟ้าเป็นตัวส่งกำลังที่แขนกลที่ติดตั้งอยู่ ณ ที่ทำงานระยะไกลและใช้ชุดควบคุมผ่านสวิตซ์ (Switch) ควบคุมหรือ Joystick บังคับให้มีการเคลื่อนไหวเหมือนกับแขนมนุษย์ โดยที่ Joystick นั้นมีเครื่องมือวัดติดอยู่ในแต่ละจุดของข้อต่อ เพื่อวัดการเคลื่อนที่ของผู้ควบคุมและส่งผลการวัดไปยังแขนกล ทำให้มีการเคลื่อนที่เหมือนกับผู้ควบคุม ในส่วนของผู้ควบคุมนั้นเรียกว่าหัวหน้า (Master) ที่แขนกล เรียกว่า ลูกน้อง (Slave) ลักษณะการเคลื่อนไหว คือ การเลียนแบบผู้ควบคุมนั่นเอง โดยทั่วไป Master – Slave Manipulator ประกอบด้วย องศาการหมุนอิสระ (Degrees of Freedom หรือ DOF) แต่ละข้อต่อนั่นจะมีการเคลื่อนที่แบบเชิงมุม ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับแขนของมนุษย์ ในการรวมกันของการควบคุมเชิงตัวเลข (Numerical Control) และการควบคุมทางไกล (Remote Manipulation) ทำให้เกิดการศึกษาด้านหุ่นยนต์ ซึ่งรวมถึงการออกแบบ (Design) และควบคุม (Control) ที่แตกต่างไปจากเดิม

จากหลักการเบื้องต้นของหุ่นยนต์ที่โปรแกรมของ Georage C. Devol ต่อมาได้มีการพัฒนาด้วยการเพิ่มการควบคุมแบบย้อนกลับ (Sensory Feedback) โดย H.A. Ernst ได้สร้างมือกลควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์พร้อมเครื่องมือวัดแบบสัมผัส ซึ่งกลไกนี้สามารถตอบสนองความรู้สึกและใช้ความรู้สึกนั้นควบคุมมือกลเพื่อใช้เรียงกล่อง โดยอุปกรณ์วัดค่าความสัมผัสนี้เรียกว่า MH-1 ลักษณะงานดังกล่าวเป็นตัวอย่างหนึ่งของความสามารถในการควบคุมหุ่นยนต์ที่ไม่ใช้มนุษย์ควบคุม โดยหุ่นยนต์สามารถปรับพฤติกรรมเข้ากับสภาพแวดล้อมได้

ในปี ค.ศ. 1969 McCarthy และคณะที่ Stanford Artificial Intelligence Laboratory ได้สร้างหุ่นยนต์ที่ประกอบไปด้วย มือ ตา และหู ซึ่งก็คือ แขนกล กล้องโทรทัศน์และไมโครโฟน (Microphone) โดยหุ่นยนต์มีความสามารถที่จะรับรู้ภาษา เห็นวัตถุ และจัดวางให้เข้าที่ตามคำสั่ง ในช่วงนี้ Pieper ได้ทำการศึกษาปัญหาไคเนมาติก (Kinematics) ของแขนกลที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ และ Kahn and Roth ได้วิเคราะห์ไดนามิกส์ (Dynamics) และการควบคุมของแขนกลเคลื่อนที่ในวงจำกัด โดยใช้ทฤษฎีแบงค์แบงค์ (Bang-Bang Near Minimum Time) ควบคุม

ขณะเดียวกันได้มีการพัฒนาหุ่นยนต์ในรูปแบบแปลกๆ โดยบริษัท Gemeral Electric ได้สร้างหุ่นยนต์เดินด้วยขา เพื่อใช้ทางการทหารของสหรัฐอเมริกา (America) ในปีเดียวกัน Boston Arm และ Stanford Arm ได้ถูกสร้างขึ้นซึ่งประกอบไปด้วยกล้องและชุดควบคุมคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะแขนกล มีความสามารถจัดเรียงกล่องในแนวตั้งแบบอัตโนมัติซึ่งนับได้ว่าเป็นผลงานที่มีชื่อเสียงมากในขณะนั้น

ในช่วงปี 1970 นี้ก็มีการคิดค้นพัฒนาอุปกรณ์เครื่องมือตรวจวัดต่างๆ มากมายเพื่อช่วยในการทำงานของแขนกล เช่น มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด (Stanford University) Bolles และ Paul ใช้การมองเห็นและชุดควบคุมสะท้อนกลับด้วยแรง (Force Feedback Control) ประกอบเข้าไปกับแขนกล Stanford Arm ต่อกับคอมพิวเตอร์ PDP-10 เพื่อใช้ประกอบปั๊ม (Pump) น้ำใช้ในรถยนต์

ต่อมาในปี ค.ศ. 1974 Cincinnati Milacron ได้ริเริ่มใช้หุ่นยนต์ในอุตสาหกรรมมีชื่อว่า T^3 หรือ The Tomorrow Tool มีความสามารถยกน้ำหนักได้เกินกว่า 100 ปอนด์ (Pound) ในขณะที่วัตถุนั้นเคลื่อนที่อยู่บนสายลำเลียงประกอบ

ในปี ค.ศ. 1978 วิศวกรบริษัท General Motors ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้สร้างหุ่นยนต์ตั้งชื่อว่าพูมาร์ (PUMA : Programmable Universal Machine for Assembly) ซึ่งมีขนาดเท่ากับขนาดแขนของมนุษย์และหุ่นยนต์สกาลา (SCARA : Selective Compliance Assembly Robot Arm) ประกอบไปด้วยหนึ่งชุดข้อต่อเคลื่อนที่ตามแนวแกน (Prismatic Joint) และสองชุดข้อต่อเคลื่อนที่เชิงมุม (Rotational Joints)

ขณะเดียวกันบริษัทไอบีเอ็ม (IBM) Will และ Grossman ได้พัฒนาชุดควบคุมแขนกลที่ประกอบด้วยระบบสัมผัสและอุปกรณ์วัดแรง เพื่อใช้ประกอบ 20 ชิ้นส่วนในเครื่องพิมพ์ดีด และที่ Artificial Intelligence Laboratory แห่งสถาบัน Massachusetts Institute of Technology (MIT) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ริเริ่มการวิจัยเกี่ยวกับระบบอัจฉริยะของชุดควบคุมสะท้อนกลับด้วยแรง (Force Feedback control) และในประเทศญี่ปุ่น ได้เล็งเห็นถึงศักยภาพของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้ทำการพัฒนาออกแบบสร้างหุ่นยนต์เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรม เช่น บริษัท Mitsibishi , Yaskawa , Fanuc , Toshiba Seiki , Fanuc เป็นต้น และได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน

2.3 ความสำคัญของหุ่นยนต์ [2]

ในปัจจุบันหุ่นยนต์อุตสาหกรรมในประเทศต่าง ๆ ในโลกนี้เพิ่มจำนวนขึ้นมาอย่างรวดเร็ว สาเหตุที่มีการนำหุ่นยนต์มาใช้งานเป็นจำนวนมาก เพราะว่า หุ่นยนต์สามารถทำหน้าที่แทนมนุษย์ได้ในหลายๆ เรื่อง ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ ที่เสี่ยงต่ออันตราย พื้นที่เล็กเกินไป สำหรับมนุษย์ที่จะเข้าถึง ใช้ในการเฝ้าสำรวจตรวจตราในพื้นที่ ที่ต้องดูแลตลอดเวลา เช่น ในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ และพื้นที่เสี่ยงภัยในกรุงเทพ ฯ ในส่วนของการผลิตที่ต้องใช้ความถูกต้องแม่นยำ และความรวดเร็วการผลิตก็จะใช้หุ่นยนต์ รวมถึงการแก้ปัญหาเรื่องการขาดแคลนแรงงานที่มีฝีมือ จากข้อมูลในประเทศสหรัฐอเมริกา ยุโรป และญี่ปุ่น อัตราการเพิ่มของผลเมืองจะลดลง และประชากรที่อยู่ในวัยทำงานจะลดลงไปเรื่อยๆ ทำให้ขาดแคลนแรงงาน จำเป็นต้องใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมมาช่วยในการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม และในยุคสมัยนี้ เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตหุ่นยนต์มีการพัฒนาไปอย่างมาก ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตของหุ่นยนต์ดีขึ้นอย่างมาก เป็นผลให้ขีดความสามารถของ

หุ่นยนต์ มีความหลากหลาย และมีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น พร้อมทั้งมีเทคโนโลยีสมองกลที่ทันสมัยอยู่ภายใน ทำให้สามารถทำงานแทนมนุษย์ รวมทั้งคิด และวิเคราะห์สิ่งต่างๆ ได้เอง ซึ่งนับว่า เป็นสิ่งที่สามารถอำนวยความสะดวก และเพิ่มความปลอดภัยในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของมนุษย์นั่นเอง และเป็นสิ่งจำเป็นที่มนุษย์ต้องมีหุ่นยนต์ไว้ใช้งาน และในปัจจุบันมีหุ่นยนต์ใหม่ๆ เกิดขึ้นตลอดเวลาส่วนใหญ่จะเป็นหุ่นยนต์ที่ตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์นั่นเอง

ตารางที่ 2.1 ความต้องการใช้หุ่นยนต์ในการปฏิบัติงานต่าง ๆ

ภารกิจ	**ความสามารถของหุ่นยนต์**
การสำรวจ	ช่วยในงานที่มนุษย์เข้าถึงได้ยาก เช่น ในป่าทึบ หุบเหว ฯลฯ
อวกาศ	สำรวจ และทำงานบนดาวเคราะห์ รวมถึงอวกาศด้วย
การทหาร	ช่วยในการตรวจตราในพื้นที่อันตราย รวมถึงการเฝ้าระวังภัย
ดับเพลิง	ค้นหามนุษย์ และทำงานในที่อันตราย
ไฟฟ้า	ค้นหาและทำงานในที่อันตราย หรือในสถานที่มนุษย์เข้าไปไม่ได้
สื่อสาร	ทำงานในพื้นที่อันตราย
ก่อสร้าง โยธา	ทดแทนแรงงานฝีมือที่ขาดแคลน ทำงานในที่อันตราย
การแพทย์	ช่วยงานพยาบาล ทดแทนแรงงานพยาบาล ให้กำลังผู้ป่วย
กำจัดขยะ	ทำงานที่สกปรกและอันตราย
การศึกษาการวิจัย	ช่วยงานวิจัย หรือทำงานแทนมนุษย์
การขนส่งสินค้า	เพิ่มจำนวนผลผลิตของงาน และความรวดเร็วในการขนส่ง
ก๊าซ น้ำประปา	ทำงานโดยอัตโนมัติ ในที่ที่ไม่เหมาะต่องานของมนุษย์
การค้าขาย	เพิ่มผลผลิตในการค้า
การเกษตร	เพิ่มผลผลิต ทดแทนแรงงานที่ขาดแคลน ช่วยมนุษย์ทำงาน
การบริการต่างๆ	ทดแทนแรงงานที่ขาดแคลน และช่วยในการเรียกลูกค้า

มนุษย์คาดหวังที่จะใช้หุ่นยนต์ในสถานที่อันตรายมากๆ ในสภาพแวดล้อมที่เลวร้าย ที่มนุษย์ไม่สามารถทนได้ เช่น ในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ เฝ้าระวังในพื้นที่เสี่ยงภัยตามจุดต่าง ๆ ในกรุงเทพฯ ในอวกาศ ทะเลลึก นอกจากนั้น ในสถานที่อันตรายที่ไม่เหมาะกับมนุษย์เข้าไปทำงาน เช่น การตรวจสอบเตาปฏิกรณ์ปรมาณู โรงงานเคมี หรือสถานที่บางแห่งที่มนุษย์เข้าไปไม่ได้ หรือมีขนาดเล็ก เช่น ในท่อ

2.4 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยใช้ขา [3]

กลไกการเคลื่อนไหวกลายมาเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ ในการขยายพื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์ การเคลื่อนที่เดินสองขาเหมือนมนุษย์ การเดินสองขาจะต้องใช้เทคโนโลยีการควบคุมขั้นสูง ถ้าเป็นบริเวณที่ขรุขระหรือมีสิ่งกีดขวางใหญ่อยู่มาก การเดินแบบหลายขาเป็นวิธีที่เหมาะสม ยิ่งขาที่ใช้ยาวเท่าไหร่ก็สามารถข้ามสิ่งกีดขวาง หลุมบ่อ หรือพื้นเป็นขั้นได้ การรักษาสมดุลตลอดเวลาการเดินด้วยขาสองขา หรือสามขา

ตารางที่ 2.2 ประเภทของกลไกการเคลื่อนที่ที่ใช้กับหุ่นยนต์

การเดินโดยใช้ขา	การเดิน 2 ขา
	การเดิน 3 ขา (กำลังศึกษาและพัฒนา)
	การเดิน 4 ขา
	การเดิน 5 ขา
	การเดิน 6 ขา
การเดินโดยไม่ใช้ขา	หุ่นยนต์มีล้อ หุ่นยนต์งู
แบบผสม	ล้อผสมกับขา

2.5 รูปแบบการเดินของหุ่นยนต์โดยใช้ขา [3]

การเคลื่อนที่ด้วยการเดินโดยใช้ขานั้น กลไกที่ใช้สำหรับการเคลื่อนที่มักจะมีองศาความอิสระ (Degree of Freedoms) จำนวนมากเพื่อให้มีอิสระในการเคลื่อนที่สูง และสามารถเคลื่อนที่ไปบนพื้นที่ขรุขระมากๆ ได้โดยทั่วไปต้องมีอุปกรณ์ในการตรวจสภาพพื้นล่วงหน้าเพื่อช่วยในการวางเท้าลงสัมผัสพื้น ระบบควบคุมจะมีความซับซ้อนมากตามไปด้วย เนื่องจากต้องควบคุมข้อต่อและอุปกรณ์ต่างๆ จุดเด่นของการเคลื่อนที่แบบนี้คือสามารถเคลื่อนที่บนพื้นที่ขรุขระมากๆ ได้ดีมาก รูปแบบการเดินของหุ่นยนต์โดยใช้ขามี 2 ชนิด คือ

การเดินแบบสถิต

การเดินลักษณะนี้จะรักษาสมดุลไว้ตลอดเวลา เห็นได้ทั่วไปจากการเดินสองขาของหุ่นยนต์ของเล่น ลักษณะเด่นคือ แม้จะหยุดการเคลื่อนไหวในขณะที่ยกขาขึ้นขาหนึ่ง ก็ยังสามารถยืนอยู่ได้โดยไม่เสียการทรงตัว

การเดินแบบจลน์

วิธีการเดินนี้มีเจตนาที่ให้เสียสมดุลไปในระหว่างการถ่ายเทน้ำหนัก เมื่อเสียสมดุลไปจะใช้ก้าวขาออกไปข้างหนึ่งทำให้กลับมาสู่สภาวะสมดุล ซึ่งระหว่างที่ก้าวขาออกไปจะไม่มีการรักษาสมดุล ดังนั้น จึงไม่สามารถหยุดนิ่งระหว่างที่ก้าวขาได้อย่างการเดินแบบสถิต

2.6 ทฤษฎีโมเมนต์ของแรง (Moment) [4]

โมเมนต์ (Moment) ของแนวรอบจุดหรือแกนเป็นการวัดแนวโน้มของวัตถุว่าจะหมุนรอบจุดหรือหมุนรอบแกนไปทิศทางใด ผลคูณระหว่างขนาดของระยะทางจากจุดหมุนไปตั้งฉากกับแนวของแรง เรียกว่า โมเมนต์ของแรง (Moment) หรือ ทอร์ก (Torque) และเรียกจุดที่ตรึงอยู่กับที่ว่าจุดหมุน (Fulcrum)

โมเมนต์ลัพธ์ของระบบแรงอยู่ในระนาบ X-Y ดังนั้น โมเมนต์ที่เกิดจากแรงรอบจุดหมุน O ที่มีทิศตามแกน Z ดังรูป 2.1 ดังนั้น โมเมนต์ลัพธ์ M_{RO} ของระบบหาได้โดยการบวกหรือลบโมเมนต์ของแต่ละแรงตามทิศทางการหมุนรอบแกน เนื่องจากเวคเตอร์โมเมนต์ทั้งหมดอยู่ในแนวเดียวกัน ผลรวมเวคเตอร์สามารถเขียนในรูป

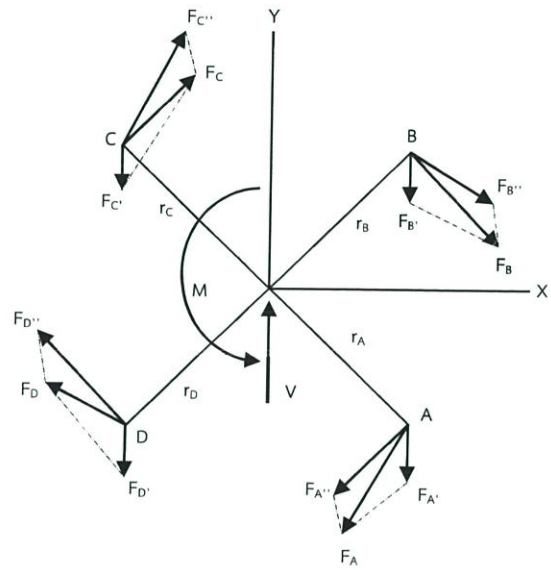
$$M_{RO} = \sum Fd$$

เมื่อ

M เป็นโมเมนต์ของแรง

F หน่วยเป็นนิวตัน – เมตร

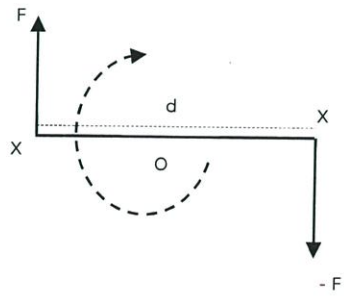
d เป็นระยะทางจากจุดหมุนไปตั้งฉากกับแนวแรง F



รูปที่ 2.1 โมเมนต์ลัพธ์ของระบบแรงที่อยู่ในระนาบเดียวกัน [4]

โมเมนต์ของแรงคู่ควบ (Moment of a Couple)

แรงคู่ควบ (Couple) คือแรงสองขนานกันและมีขนาดเท่ากัน โดยมีทิศทางตรงข้ามกันและห่างกัน โดยระยะตั้งฉาก d ดังรูปที่ 2.2 เนื่องจากแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ประกอบเป็นแรงคู่ควบมีค่าเท่ากับศูนย์ ผลของแรงคู่ควบมีค่าเท่ากับศูนย์ แต่ผลของแรงคู่ควบจะทำให้เกิดการหมุนในทิศทางตามแนวของแรงคู่ควบ



รูปที่ 2.2 แรงคู่ควบ [4]

โมเมนต์ที่เกิดจากแรงคู่ควบ เรียกว่า โมเมนต์ของแรงคู่ควบ (Couple Moment) มีค่าเท่ากับผลรวมของโมเมนต์ของแรงคู่ควบทั้งคู่รอบจุด O ในอาณาบริเวณใด ๆ สำหรับการพิสูจน์

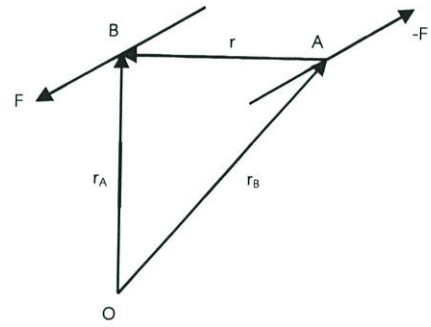
เวคเตอร์ระบุตำแหน่ง r_A และ r_B ทิศทาง O ไปยังจุด A และ B ที่อยู่บนแนวการกระทำของ –F และ F ดังรูปที่ 2.3 โมเมนต์คู่ควบรอบ O ดังนั้น

$$M = r_A(-F) + r_B(F)$$
$$M = (r_B - r_A)F$$

จากกฎรูปสามเหลี่ยมของการบวกเวคเตอร์ $r_A + r = r_B$ หรือ $r = r_B - r_A$ จะได้ว่า

$$M = r \times F$$

ผลดังกล่าวบ่งบอกว่าโมเมนต์แรงคู่ควบเป็นเวคเตอร์อิสระ (Free Vector) นั่นคือ เป็นเวคเตอร์กระทำที่จุดใด ๆ ก็ได้และสามารถเคลื่อนย้ายไปที่จุดใดก็ได้เนื่องจาก M ขึ้นอยู่กับเวคเตอร์ระบุตำแหน่งที่มีทิศระหว่างแรงทั้งสอง ซึ่งไม่ใช่ว่าเวคเตอร์ระบุตำแหน่ง และที่มีทิศทางจากจุด O ไปยังแรง หลักการนี้ไม่เหมือนโมเมนต์ของแรงที่มีจุดหรือแกนของโมเมนต์แน่นอนที่จะต้องคำนวณหาโมเมนต์รอบจุดหรือแกนที่แน่นอนนั้น



รูปที่ 2.3 โมเมนต์ของแรงคู่ควบ [4]

รูปสมการสเกลาร์ (Scalar Formulation) โมเมนต์ของแรงคู่ควบ M ถูกนิยามให้มีขนาด

$$M = Fd$$

เมื่อ F คือ ขนาดของแรง
d คือ ระยะตั้งฉาก หรือแขนโมเมนต์ระหว่างแรง

ทิศทางของโมเมนต์แรงคู่ควบหาได้จากกฎมือขวา โดยนิ้วหัวแม่มือแสดงทิศทาง ในขณะที่นิ้วมือทั้งสี่ที่กำเป็นทิศการหมุนที่เกิดจากแรงทั้งสอง ในทุกกรณี M กระทำตั้งฉากกับระนาบที่มีแรงคู่ควบบรรจุอยู่

รูปสมการเวคเตอร์ (Vector Formulation) โมเมนต์ของแรงคู่ควบแสดงเป็นผลคูณเวคเตอร์ (Vector Cross Product) โดยใช้สมการ

$$M = r \times F$$

การประยุกต์ใช้นี้ง่ายต่อการจดจำ ถ้ามีแนวคิดที่จะหาโมเมนต์ของแรงทั้งคู่รอบจุดที่อยู่บนแนวแกนการกระทำของแรงใดแรงหนึ่งของทั้งคู่ เช่น ถ้าต้องการคำนวณหาโมเมนต์รอบจุด A โมเมนต์ของ –F มีค่าเป็นศูนย์รอบจุดนั้น และโมเมนต์ของ F นิยามจากสมการ $M = r \times F$

2.7 สมดุล [4]

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน ทราบแล้วว่าวัตถุ จะไม่มีการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ คือ วัตถุจะรักษาสภาพหยุดนิ่ง หรือยังคงรักษาสภาพเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ต่อไปได้ นอกจากจะมีแรงลัพธ์ ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุ จึงทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

ในกรณีที่วัตถุเดิมหยุดนิ่ง และยังคงหยุดนิ่งต่อไปไม่มีการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ เรียกสภาวะนั้นว่า สภาพสมดุลสถิต เช่น หนังสือวางบนโต๊ะ รถจอดอยู่ข้างถนน เป็นต้น

สำหรับกรณีที่มีวัตถุที่มีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่ รถยนต์แล่นบนพื้นถนนด้วยอัตราเร็วคงที่เท่าเดิม จะเรียกว่าวัตถุนั้นอยู่ในสภาพ สภาพสมดุลจลน์ เช่น เรือลอยไปตามน้ำด้วยอัตราเร็วคงที่ รถยนต์แล่นบนพื้นถนนด้วยอัตราเร็วคงที่ เป็นต้น นอกจากนี้สมดุลจลน์ยังรวมถึงสมดุลของวัตถุเคลื่อนที่ โดยมีสภาพการหมุน คือ มีการหมุนรอบแกนซึ่งวางตัวในแนวเดิมด้วยอัตราการหมุนคงที่

ดังนั้น เงื่อนไขที่ทำให้วัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่ คือ แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุต้องเป็นศูนย์ ซึ่งเขียนสมการได้ คือ

$\sum F = 0$ ซึ่งเมื่อแยกพิจารณาแต่ละแนวจะได้ว่า

แนวราบ $\sum F_x = 0$ คือ แรงซ้าย เท่ากับ แรงขวา

แนวดิ่ง $\sum F_y = 0$ คือ แรงขึ้น เท่ากับ แรงลง

และ การหมุน $\sum M = 0$ คือ วัตถุไม่มีการหมุน หรือหมุนคงที่

การคำนวณสมดุลต่อการเคลื่อนที่เนื่องจากมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุ แยกพิจารณาเงื่อนไขของแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อวัตถุได้ 3 แบบ ดังนี้

1. การสมดุลของแรงตัดที่จุดเดียวกัน ส่วนใหญ่ได้แก่ การสมดุลของแรงสามแรง จะได้ว่าถ้าแรงสามแรงกระทำต่อวัตถุ แล้ววัตถุอยู่ในสภาวะสมดุล ต่อเมื่อแนวแรงทั้งสามมันจะตัดกันที่เดียวกันเสมอ

2. การสมดุลของวัตถุในระบบที่ประกอบด้วยวัตถุหลายก้อน มีหลักการพิจารณาดังนี้

2.1 ถ้าวัตถุในระบบวิ่งด้วยอัตราเร็วเท่ากัน หาค่าที่ต้องการจากสมการผลรวมแรงในระบบเท่ากับศูนย์

2.2 ถ้าวัตถุในระบบที่วิ่งด้วยอัตราเร็วไม่เท่ากัน หาค่าที่ต้องการโดยการตัดวัตถุออกมาคิดแรงทีละก้อนตามสมการ

3. การสมดุลของแรงที่ตัดกันคนละจุด เพื่อความสะดวกและความรวดเร็วในการคำนวณได้ดังนี้

3.1 หยิบวัตถุที่ต้องการหาแรงออกมาเขียนแรงกระทำต่าง ๆ ให้ครบ

3.2 เลือกตรงจุดที่ไม่ทราบค่าแรงมากที่สุด

3.3 คำนวณหาค่าที่ต้องการจากสมการ

แนวราบ $\sum F_x = 0$

แนวดิ่ง $\sum F_y = 0$

และ การหมุน $\sum M = 0$

4. ต้องการหาแรงปฏิกิริยาที่ใด ให้รวมกันแบบเวคเตอร์จะได้

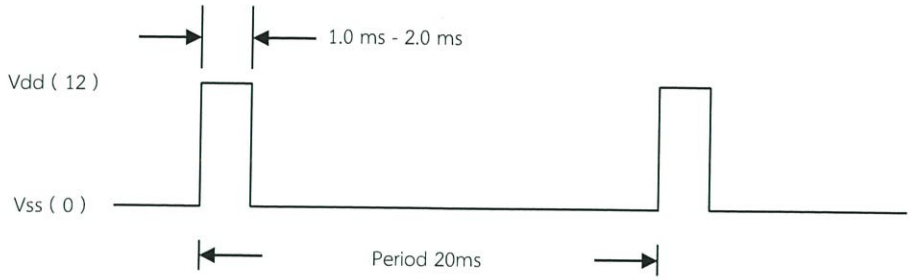
ขนาดของแรง $R = \sqrt{(R_X^2 + R_Y^2)}$

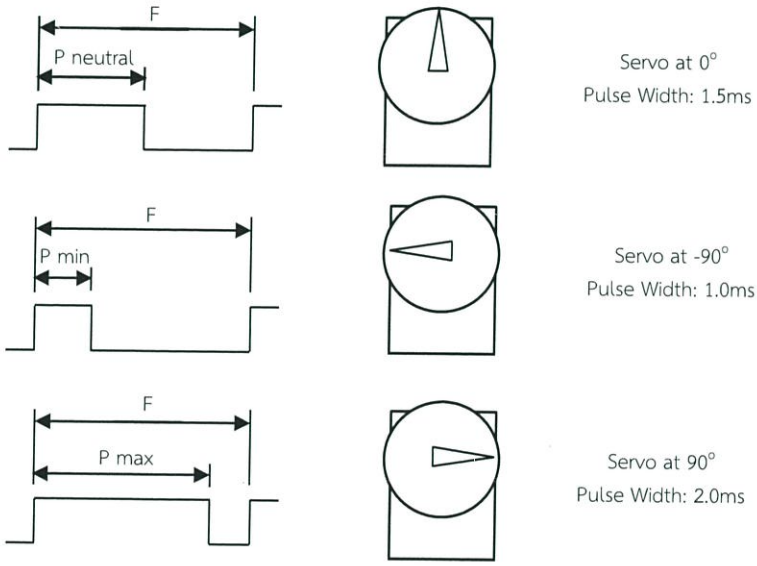
ทิศทาง $\tan \alpha = \frac{R_y}{R_x}$

2.8 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ทั่วไป [4,8,9]

เซอร์โวมอเตอร์คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) ที่ถูกประกอบรวมกับ ชุดเกียร์และส่วนควบคุมต่าง ๆ ไว้ในโมดูลเดียวกัน หรือ ภายในกล่องพลาสติกเดียวกัน โดยมอเตอร์ชนิดนี้จะมีสายต่อเพื่อใช้งานเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ แหล่งจ่ายไฟบวก (Vcc) , กราวด์ (GND) และสายสัญญาณควบคุม (Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้าย หรือขวาได้จากสายสัญญาณเพียงเส้นเดียว โดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณ พัลส์วิดมอดดูเลเตอร์ (PWM) แบบ TTL Level ระดับแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์นี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 9 v ถึง 12 v ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้ก็คือจะมีขนาดเล็กน้ำหนักเบา ให้แรงบิดสูง กินพลังงานน้อย และสามารถควบคุมด้วยแรงดันลอจิกที่เป็น TTL ได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องต่อวงจรขับ (Driver) อื่นๆ เพราะมอเตอร์ชนิดนี้จะมีวงจรควบคุมบรรจุไว้ภายในอยู่แล้ว ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้สามารถควบคุมให้หมุนไปในตำแหน่ง หรือทิศทางองศาที่ต้องได้ โดยอาศัยสัญญาณความกว้างพัลส์ ที่ป้อนให้มอเตอร์แต่เซอร์โวมอเตอร์นี้จะหมุนได้เพียงในช่วงประมาณ 180 องศา แต่จะไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้เนื่องจากโครงสร้างภายในจะประกอบด้วย ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (VR) ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์และ ตัวต้านทานนี้จะถูกยึดติดกับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งจากการที่ตัวต้านทานปรับค่านี้ไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ ดังนั้นเซอร์โวมอเตอร์จึงถูกออกแบบให้หมุนได้เพียงแค่ประมาณ 180 องศา เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับตัวต้านทานปรับค่าได้

การควบคุมการทำงานของ เซอร์โวมอเตอร์ ทำได้โดยการป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ซึ่งตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์นี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของความกว้างของพัลส์นั้น ๆ โดยทั่วไปแล้วความกว้างของสัญญาณพัลส์มีจุดอ้างอิง 3 จุด ดังรูปคือ





รูปที่ 2.4 ตัวอย่างมาตรฐานสัญญาณพัลส์

- สัญญาณความกว้างของพัลส์ขนาด 1.5 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 0 องศา หรือจุดกึ่งกลางของมอเตอร์

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม -90 องศา หรือในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม +90 องศา หรือในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ค่าความกว้างพัลส์ และ ระยะองศาการหมุนของมอเตอร์ที่อธิบายด้านบน นั้นเป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้น ทั้งนี้ระยะการหมุน และขนาดของพัลส์ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในแต่ละยี่ห้ออาจจะไม่เท่ากัน ดังนั้นในการใช้งาน จึงควรศึกษารายละเอียดของมอเตอร์ในแต่ละรุ่นที่นำมาใช้ ซึ่งโดยปกติแล้วรายละเอียดต่าง ๆ ของมอเตอร์มักจะมีติดมากับตัวมอเตอร์นั้น ๆ

ส่วนการที่จะควบคุมให้มอเตอร์หมุนเป็นมุมขนาดต่าง ๆ สามารถทำได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เป็นระบบความกว้างต่าง ๆ โดยอ้างอิงจากจุดทั้ง 3 จุดที่กล่าวมานี้ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปที่มุม -45 องศา ก็จะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้าง 1.25 ms เป็นต้น และสัญญาณพัลส์นี้จะต้องจ่ายให้มอเตอร์ทุกๆ 20 ms เพื่อรักษาสภาพตำแหน่งของมอเตอร์ไว้ โดยหลักการก็คือ จะอาศัยการเปรียบเทียบช่วงเวลาของความกว้างพัลส์ ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุม กับค่าเวลาของวงจร RC ภายในบอร์ดควบคุมในตัวของมอเตอร์ ซึ่งค่าเวลาของวงจร RC นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการหมุนของมอเตอร์ เนื่องจากตัวต้านทาน ปรับค่าจะถูกยึดติดอยู่กับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งการหมุนของมอเตอร์จะทำให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่า (VR) เปลี่ยนแปลงไป เป็นผลทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยในขณะที่ป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุม สัญญาณนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าเวลาของวงจร RC หากค่าทั้ง 2 ไม่เท่ากัน มอเตอร์ก็จะหมุนทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนกระทั่งค่าเวลาความกว้างของพัลส์ของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนเท่ากับสัญญาณพัลส์ทางขาควบคุม (Control Line) มอเตอร์จึงจะหยุดหมุน

2.9 มาตรฐานสำหรับระบบการสื่อสารแบบสองทาง [5,6,7]

มาตรฐานสำหรับระบบการสื่อสารแบบสองทาง (Interactive Communication System) เป็นมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลระหว่างดิจิทัลเซอร์โวมอเตอร์ที่เชื่อมต่อและส่งข้อมูลถึงกันได้ โดยโครงสร้างและมาตรฐานการสื่อสารเป็นตามนี้

ตารางที่ 2.3 การตั้งค่าการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication Setting)

Communication speed	115200bps, 625000bps, 1250000bps
Data length	8-bit
Stop bit length	One bit
Parity	Even
Flow Control	None

ตารางที่ 2.4 โครงสร้างข้อมูลของคำสั่ง (Data structure)

Number of bytes	1 (CMD)	2 (SC)	3 (DATA)
Content	Command header = main command + ID number	Subcommand	Data

ในส่วนของ Command header (CMD) จะเป็นการรวมส่วนของ ID ของมอเตอร์และคำสั่งหลักเข้าไว้ด้วยกัน โดยจะมี 4 คำสั่งหลักไว้ในการสั่งการ

ตารางที่ 2.5 คำสั่งหลัก (CMD)

Position - กำหนดองศาการหมุนของมอเตอร์	0b 100 XXXXX
Read - อ่านค่าพารามิเตอร์	0b 101 XXXXX
Write - เขียนค่าพารามิเตอร์	0b 110 XXXXX
ID - อ่านหมายเลขประจำเซอร์โวมอเตอร์	0b 111 XXXXX

ซึ่ง XXXXX หมายถึง 5 บิตที่แสดงหมายเลขของ ID เช่น ต้องการให้ปรับตำแหน่งของมอเตอร์หมายเลข 12 จะสั่งเป็น 0b10001100

ในส่วนของ Subcommand (SC) จะใช้เปลี่ยนค่าต่างๆ ที่อยู่ใน main command เช่น การเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์ การยืด และกระแสของมอเตอร์

ตารางที่ 2.6 คำสั่งย่อย (SC)

EEPROM	0x00 Direct access to the ROM data of the servo motor
STRC	0x01 Deal with stretch data
SPD	0x02 Deal with speed data
CUR	0x03 Writing the current limit or reads the ionization position
TMP	0x04 Writing a temperature limit value or reads the temperature of the servo motor

ในส่วนของ DATA ไม่ได้กำหนดเฉพาะในการอ่านค่า แต่สามารถเขียนค่าข้อมูลส่งให้เซอร์โวมอเตอร์ขึ้นอยู่กับแต่ละกรณีในการส่งคำสั่งไปให้เซอร์โวมอเตอร์

เช่นการเขียนคำสั่งให้เปลี่ยนความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ กำหนดให้หมายเลขประจำเซอร์โวมอเตอร์เป็นหมายเลข 10 และกำหนดความเร็วให้มอเตอร์ที่ระดับ 100 (ซึ่งค่าต้องอยู่ระหว่าง 0 -127) จะสามารถเขียนได้ดังนี้

ส่วนของ CMD

คำสั่งสำหรับเขียนพารามิเตอร์ให้มอเตอร์

0b110XXXXX

กำหนดหมายเลขประจำมอเตอร์หมายเลข 10

0b00001010

เมื่อนำมารวมกันจะได้จะได้ 0b11001010
เมื่อแปลงเป็นฐานสิบหก -> 0xCA
เมื่อแปลงเป็นฐานสิบ -> 202

ส่วนของ SC

คำสั่งสำหรับการระบุความเร็ว SPD = 0x02

0x02 แปลงเป็นฐานสิบ -> 2

ส่วนของ DATA

กำหนดความเร็วที่ 100 (ค่าอยู่ระหว่าง 0 – 127)

100 -> 0x64

ตารางที่ 2.7 รวมคำสั่งส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน

Number of bytes	1 (CMD)	2 (SC)	3 (DATA)
Content	202 (0xCA)	2 (0x02)	100 (0x64)

ตัวอย่างการเปลี่ยนตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์

คำสั่งในการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์นั้นค่าข้อมูลของตำแหน่งจะอยู่ระหว่าง 3500 – 11500 ซึ่งมีตำแหน่งตรงกลางอยู่ที่ 7500 แล้ว ซึ่งสามารถหมุนได้ทั้งหมด 270 องศา หากนับค่าตำแหน่ง 7500 เป็นตำแหน่ง 0 องศาแล้ว ค่าของข้อมูลของตำแหน่ง 3500 ตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์อยู่ที่ตำแหน่ง -135 องศา และค่าข้อมูลของตำแหน่ง 11500 เซอร์โวมอเตอร์อยู่ในตำแหน่ง +135 องศา

ตารางที่ 2.8 คำสั่งสำหรับการเปลี่ยนองศาของเซอร์โวมอเตอร์

CMD	POS_H	POS_L
0b100XXXXX	แยกเป็น 7 บิต จาก 14 บิตต่ำสุดของ 16 บิต POS_H 7 บิตซ้ายสุดของ 14 บิต POS_L 7 บิตขวาสุดของ 14 บิต	

ในการตั้งค่าตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ จะใช้ CMD code 0b100XXXXX ในการกำหนดตำแหน่งของมอเตอร์ (XXXXX คือ ID ของเซอร์โวมอเตอร์) ส่วนของ DATA (POS_H + POS_L) จะมีขนาด 2 ไบต์ (16 บิต) แต่จะใช้เพียง 14 บิตต่ำสุดของ 16 บิต และแบ่ง 14 บิตออกเป็น 2 ชุดๆ ละ 7 บิต ชุดซ้ายสุดจะถูกใส่ค่าให้กับ POS_H และ 7 บิตชุดขวาจะถูกใส่ค่าให้กับ POS_L ตัวอย่างเช่น ต้องการให้เคลื่อนย้ายตำแหน่งไป ที่ 7500 หรือ 0 องศา จะต้องแปลง 7500 เป็นฐาน 2 ก่อน โดยที่ 7500 มีค่าเท่ากับ 0b0001110101001100 จะใช้เพียง 14 บิตต่ำสุด คือ 01110101001100 และแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดละ 7 บิต ชุดแรกจะเป็น 7 บิตสูงสุด จะได้ 0111010 ชุดที่สอง จะเป็น 7 บิตต่ำสุด จะได้ 1001100 และนำค่าที่ได้ไปใช้

POS_H = 0b00111010 -> 0x3A

POS_L = 0b01001100 -> 0x4C

*หมายเหตุ เติม 0 ไปที่ MSB เพื่อให้ครบ 1 ไบต์

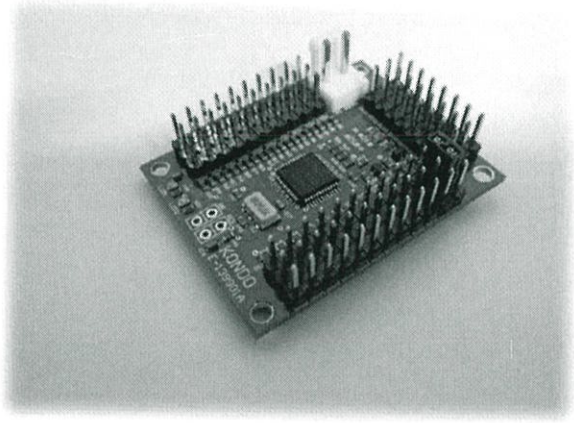
เช่นต้องการให้มอเตอร์หมายเลข 10 เลื่อนค่าข้อมูลตำแหน่งเป็น 7500 หรือที่ 0 องศา คำสั่งที่ได้จะเป็นดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 คำสั่งสำหรับการเปลี่ยนองศาของเซอร์โวมอเตอร์ไปที่ตำแหน่ง 7500 หรือที่ 0 องศา

CMD	POS_H	POS_L
0b100 01010 -> 0x8A	0b00111010 -> 0x3A	0b01001100 -> 0x4C

2.10 อุปกรณ์

2.10.1 บอร์ดควบคุม RCB-4HV



รูปที่ 2.5 บอร์ดควบคุม RCB-4HV

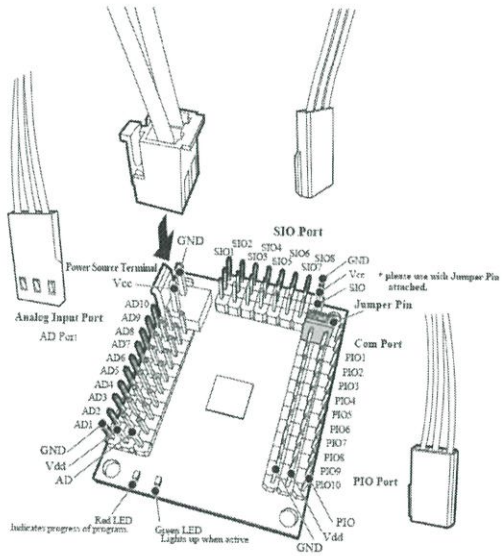
บอร์ดควบคุม RCB-4HV ออกแบบและผลิตโดยบริษัท KONDO ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งสามารถสื่อสารแบบอนุกรม และยังสามารถรองรับมาตรฐานการสื่อสารแบบ ICS3.0 และ ICS3.5 สามารถสร้างสั่งการเซอร์โวมอเตอร์ด้วยโปรแกรมเฉพาะที่มีชื่อว่า HeartToHeart4 ที่สามารถควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ได้อย่างง่าย

รายละเอียดเกี่ยวกับ RCB-4HV

ขนาด : 35 x 45 x 12 mm
น้ำหนัก : 11.8 g
ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน : 9-12V
แรงดันไฟฟ้าที่ทำให้เสียหาย : มากกว่า 15V
แรงดันไฟฟ้าภายในวงจร : 5V

ลักษณะสำคัญของ RCB-4HV

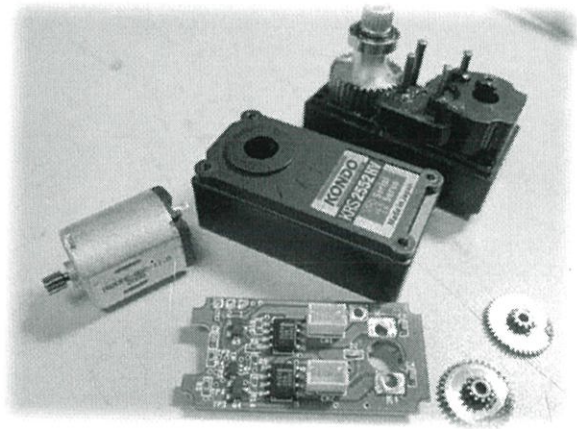
- เป็นบอร์ดควบคุมสำหรับหุ่นยนต์โดยเฉพาะใช้ในมาตรฐานการสื่อสารแบบ ICS3.0 และ ICS3.5
- มีพอร์ตอนุกรม 8 พอร์ตสำหรับมาตรฐานการสื่อสารแบบ ICS3.0 และ ICS3.5 สามารถรองรับอุปกรณ์ได้ถึง 36 อุปกรณ์
- 10 Analog Input Port สำหรับการใช้งานอนาล็อก
- 10 Programmable I/O Port ซึ่งเป็นพอร์ตพิเศษและยังสามารถใช้งานเป็นพอร์ตอนาล็อกเพิ่มเติมได้
- COM port สามารถสื่อสารด้วยความเร็วสูงถึง 1.25Mbps
- สามารถใช้งานร่วมกับโปรแกรม HeartToHeart4 ได้



รูปที่ 2.6 ส่วนของพอร์ตทั้งหมดบนบอร์ดควบคุม RCB-4HV

2.10.2 เซอร์โวมอเตอร์ KRS-2552RHV

รูปที่ 2.7 เซอร์โวมอเตอร์ KRS-2552RHV



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบเซอร์โวมอเตอร์ KRS-2552RHV

เซอร์โวมอเตอร์ KRS-2552RHV เป็นเซอร์โวมอเตอร์แบบดิจิทัลที่สามารถตอบสนองความเร็วในการหมุนได้อย่างรวดเร็วและเป็นเซอร์โวมอเตอร์ที่รองรับมาตรฐานการสื่อสาร ICS3.5 จากการศึกษาลักษณะที่สำคัญของ เซอร์โวมอเตอร์ KRS-2552RHV ซึ่งแตกต่างจากรุ่นอื่นๆ ดังนี้

1. KRS-2552RHV มีพอร์ตแบบ 2 พอร์ต ถอดเปลี่ยนได้ ต่างจากรุ่นอื่นที่เคยมีมา ซึ่งมีพอร์ตตายตัว พอร์ตเดียว

2. เมื่อถอดเปลี่ยนสายทำให้สามารถ เปลี่ยนชื่อเซอร์โวมอเตอร์ได้ ตั้งชื่อใหม่ได้ ซึ่งแตกต่างจากรุ่นอื่น ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนชื่อได้ ซึ่งเป็นข้อดีเมื่อเกิดปัญหาสามารถย้าย ชื่อไปสวมให้กับตัวอื่นเพื่อสั่งทำงานได้

3. เมื่อมี 2 พอร์ต ทำให้สามารถต่อแบบอนุกรมได้ หรือส่งข้อมูลให้กับทุกตัวแต่จะทำงานเฉพาะตัวที่เรียกหา หรือชื่อตรงกับคำสั่งเท่านั้น ข้อดีของการต่ออนุกรม จะลดจำนวนสายที่ต่อเข้าบอร์ดกลางได้ จาก 15 สาย เหลือ 6 สาย ทำให้กระแสคงที่มากขึ้น

รายละเอียดเกี่ยวกับ KRS-2552RHV

ขนาด : L41 xW21 xH30.5 mm

ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน : 9 - 12V

น้ำหนัก : 41.5 กรัม

มุมทำงานสูงสุด : 270 องศา (± 135)

กินกระแสสูงสุด : ประมาณ 1.3A (ที่ 11.1 V)

วัสดุเกียร์ : เหล็ก

มาตรฐานการสื่อสาร : ICS3.5 (อนุกรม / PWM)

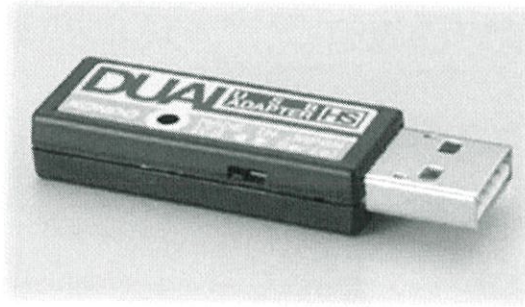
ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ (ที่ 11.1 V)

แรงบิดสูงสุด : 14.0kg · cm

ความเร็วสูงสุด : 0.14 sec/60 °

อัตราทดเกียร์ : 312.40 : 1

2.10.3 Dual USB adapter HS



รูปที่ 2.9 Dual USB adapter HS

Dual USB adapter HS เป็นอุปกรณ์ที่รวมความสามารถของ ICS USB adapter HS และ Serial USB adapter HS เข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งการใช้งานในโหมด ICS นั้นจะเป็นการเชื่อมต่อสู่เซอร์โวมอเตอร์โดยตรง ส่วนการใช้งานในโหมด Serial จะเป็นการเชื่อมต่อผ่านบอร์ดควบคุม RCB-4HV เพื่อสั่งการเซอร์โวมอเตอร์ ในการเปลี่ยนโหมดใช้งานระหว่าง ICS และ Serial นั้นสามารถเปลี่ยนได้โดยการสลับสวิตช์ที่อยู่ด้านข้างของตัวอุปกรณ์

ในโหมด ICS ไฟสถานะจะเป็นสีแดง

ในโหมด Serial ไฟสถานะจะเป็นสีเขียว

รูปที่ 2.10 ICS USB adapter

รูปที่ 2.11 Serial USB adapter HS

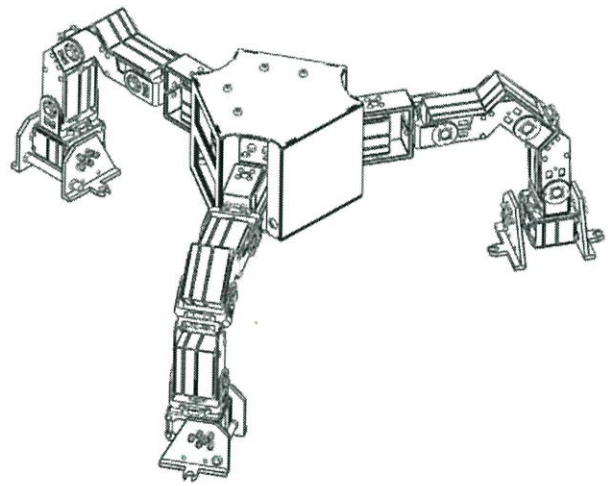
บทที่ 3
การออกแบบและวิธีการดำเนินงาน

หุ่นยนต์สามขาออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solid Work โดยโปรแกรมดังกล่าวจะช่วยในการจำลองชิ้นส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์ จากนั้นนำชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ที่ออกแบบไว้มาประกอบตามแบบจำลอง

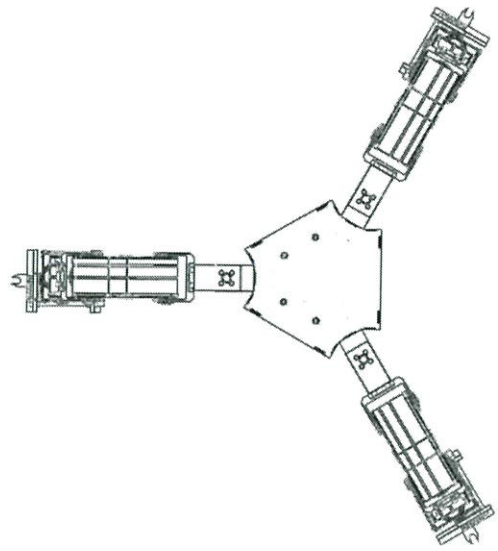
3.1 การออกแบบตัวหุ่นยนต์สามขา

3.1.1 ภาพรวมของตัวหุ่นยนต์สามขา

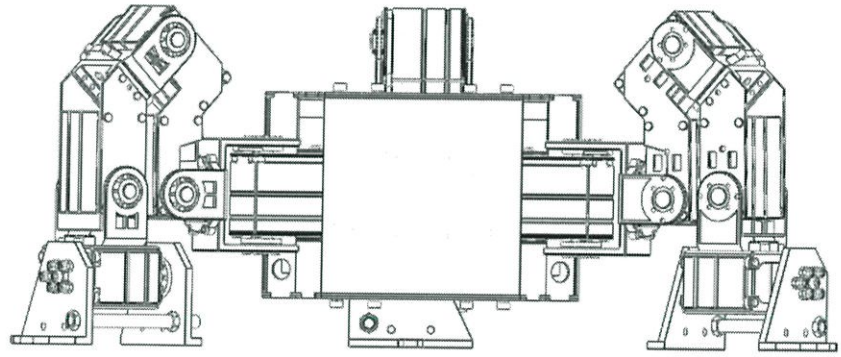
หุ่นยนต์สามขาได้ทำการออกแบบให้หุ่นยนต์มีรูปร่างที่สมมาตรกันทั้งตัวและส่วนของขาเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทรงตัวได้อย่างสมดุล และสามารถเคลื่อนไหวได้หลากหลายรูปแบบเนื่องจากขาแต่ละข้างมีความเป็นอิสระต่อกัน ดังแสดงไว้ในรูป 3.1 ถึง รูปที่ 3.3



รูปที่ 3.1 หุ่นยนต์สามขาทั้งตัว



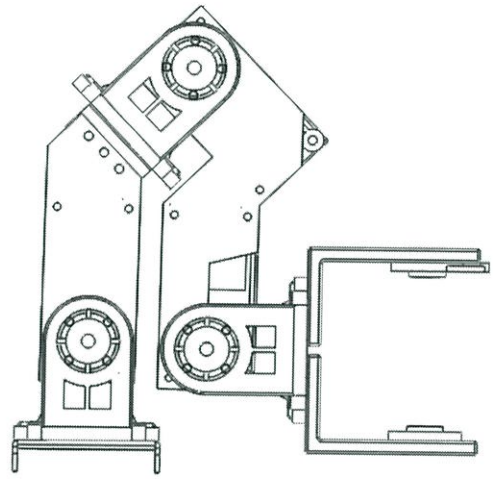
รูปที่ 3.2 ด้านบนของหุ่นยนต์สามขาทั้งตัว



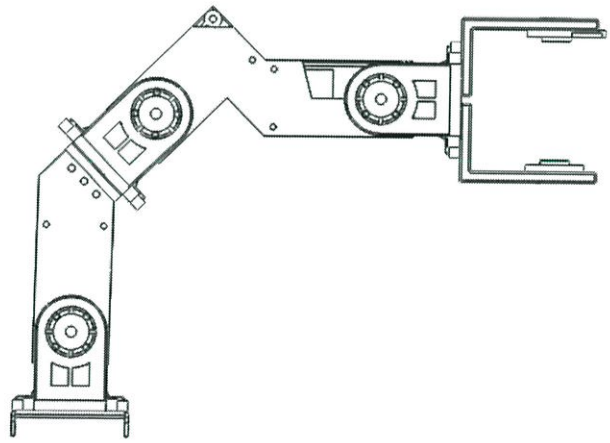
รูปที่ 3.3 ด้านข้างของหุ่นยนต์สามขาทั้งตัว

3.1.2 ส่วนขาของหุ่นยนต์สามขา

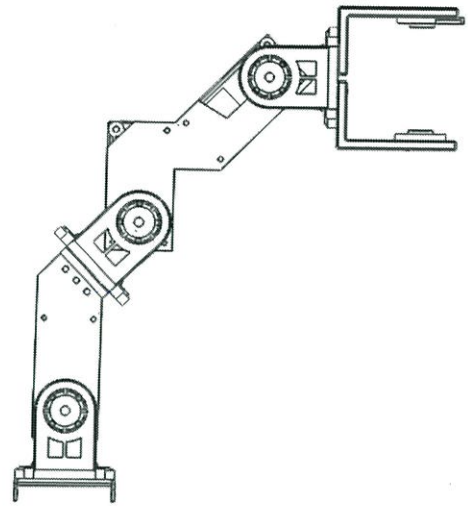
ส่วนขาของหุ่นยนต์สามขา ในแต่ละชิ้นส่วนของหุ่นยนต์สามขา เช่น ข้อต่อ ส่วนยึดระหว่างเซอร์โวมอเตอร์แต่ละส่วน ได้ถูกออกแบบมาเพื่อให้หุ่นยนต์สามขาสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระและหลากหลายรูปแบบ ใกล้เคียงการเคลื่อนไหวของขามนุษย์ โดยทำการออกแบบให้ขามีขนาดสั้นที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ เพื่อให้ได้แรงของเซอร์โวมอเตอร์มากที่สุด ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.4 ถึงรูปที่ 3.7



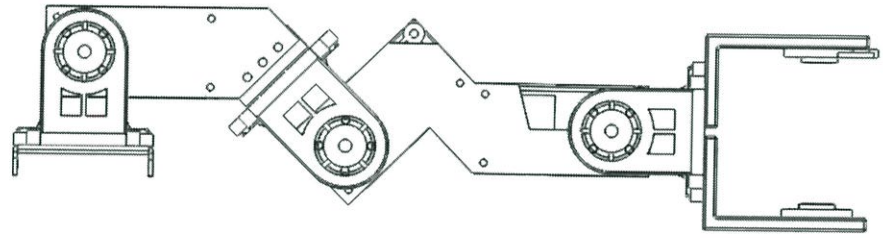
รูปที่ 3.4 ลักษณะของขาเมื่อหุ่นยนต์นั่ง



รูปที่ 3.5 ลักษณะของขาเมื่อหุ่นยนต์ยืน



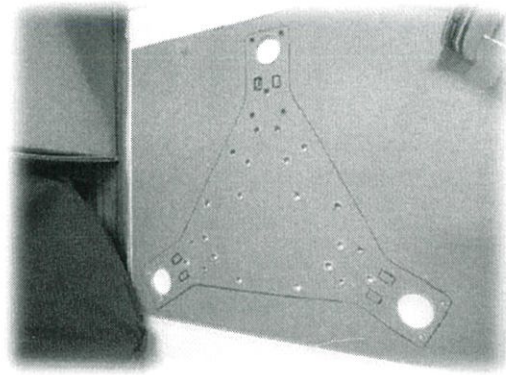
รูปที่ 3.6 ลักษณะของขาเมื่อหุ่นยนต์ยกตัว



รูปที่ 3.7 ลักษณะของขา

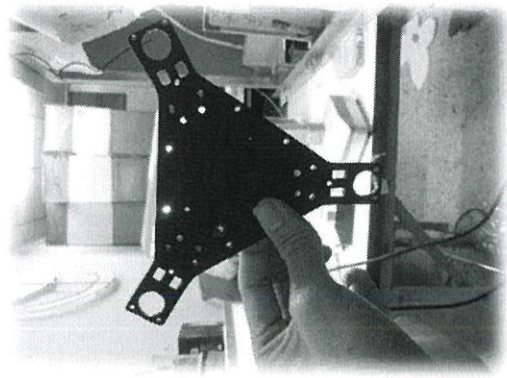
3.2 ขั้นตอนการตัดแบบและประกอบหุ่นยนต์

เมื่อได้ออกแบบหุ่นยนต์สามขาแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการสร้างชิ้นงานจากสิ่งที่ได้ออกแบบไว้โดยเริ่มต้นจากการตัดชิ้นส่วนต่าง ๆ ตามแบบที่ได้ออกแบบ ต่อจากนั้นประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน

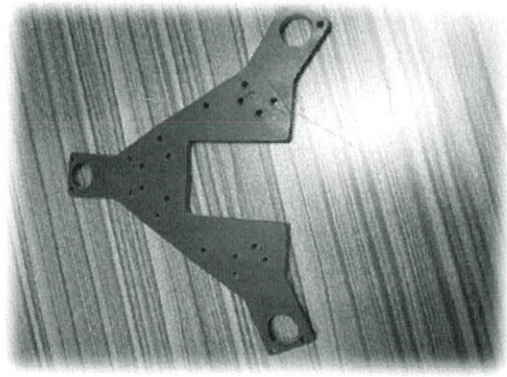


รูปที่ 3.8 การวาดแบบชิ้นส่วนลำตัวของหุ่นยนต์สามขา

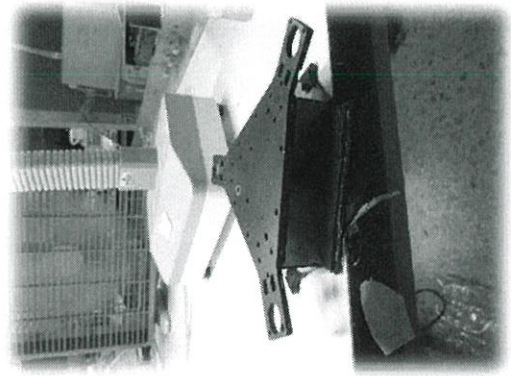
รูปที่ 3.9 การตัดชิ้นส่วนและเก็บรายละเอียด



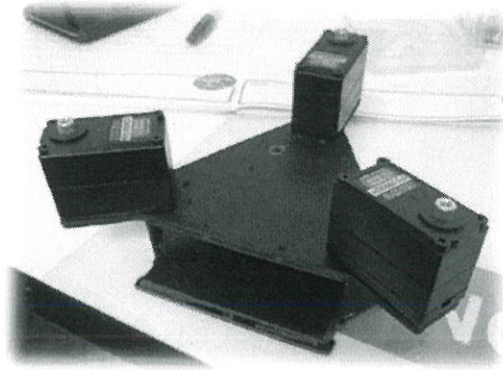
รูปที่ 3.10 ชิ้นส่วนของลำตัวหุ่นยนต์สามขาเมื่อตัดเสร็จ



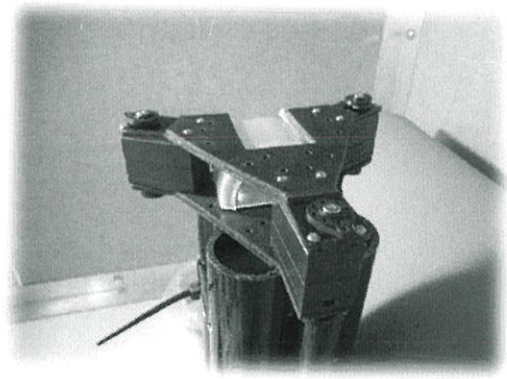
รูปที่ 3.11 ชิ้นส่วนลำตัวด้านล่างของหุ่นยนต์สามขาเมื่อตัดเสร็จ



รูปที่ 3.12 การประกอบชิ้นส่วนลำตัวเข้าด้วยกัน

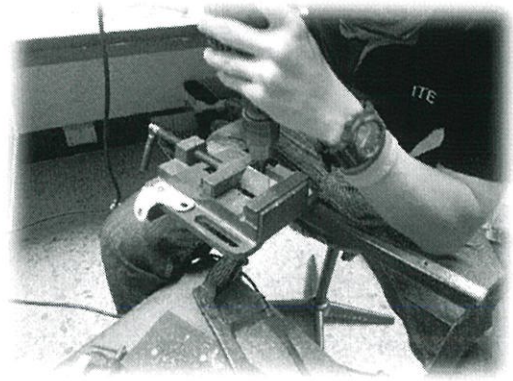


รูปที่ 3.13 การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์มาติดกับลำตัวของหุ่นยนต์สามขา



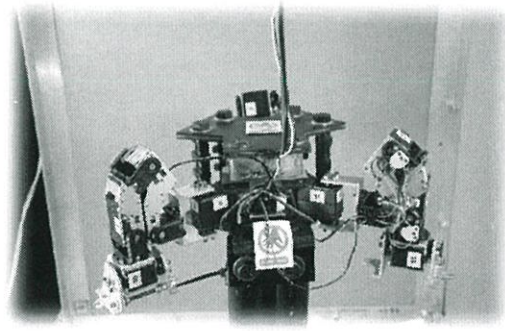
รูปที่ 3.14 ส่วนลำตัวของหุ่นยนต์สามขาเมื่อประกอบเสร็จเรียบร้อย

รูปที่ 3.15 การตัดชิ้นส่วนที่เป็นส่วนขาของหุ่นยนต์สามขา



รูปที่ 3.16 การตัดชิ้นส่วนที่เป็นส่วนเท้าของหุ่นยนต์

รูปที่ 3.17 การประกอบส่วนลำตัวและส่วนขาเข้าด้วยกัน

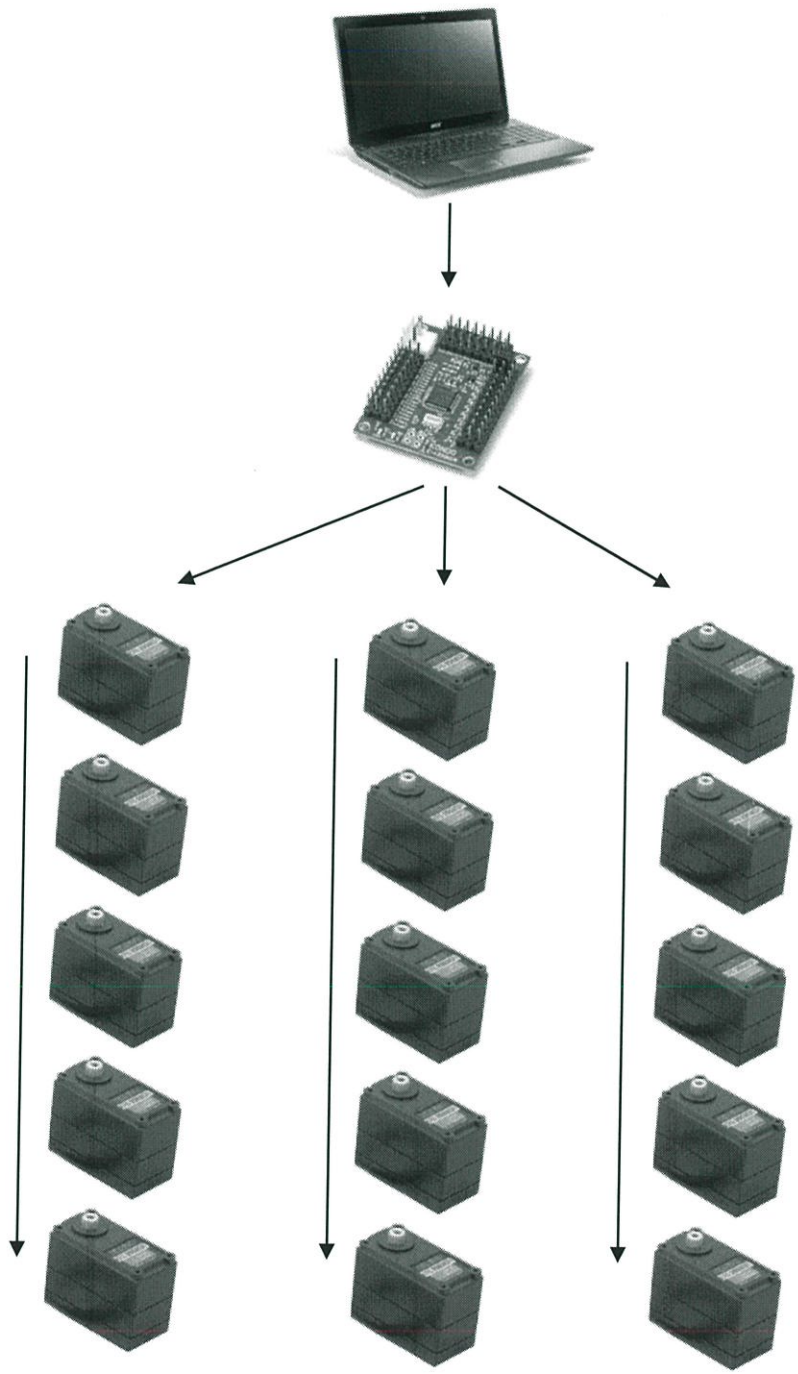


รูปที่ 3.18 หุ่นยนต์สามขาเมื่อประกอบเสร็จ

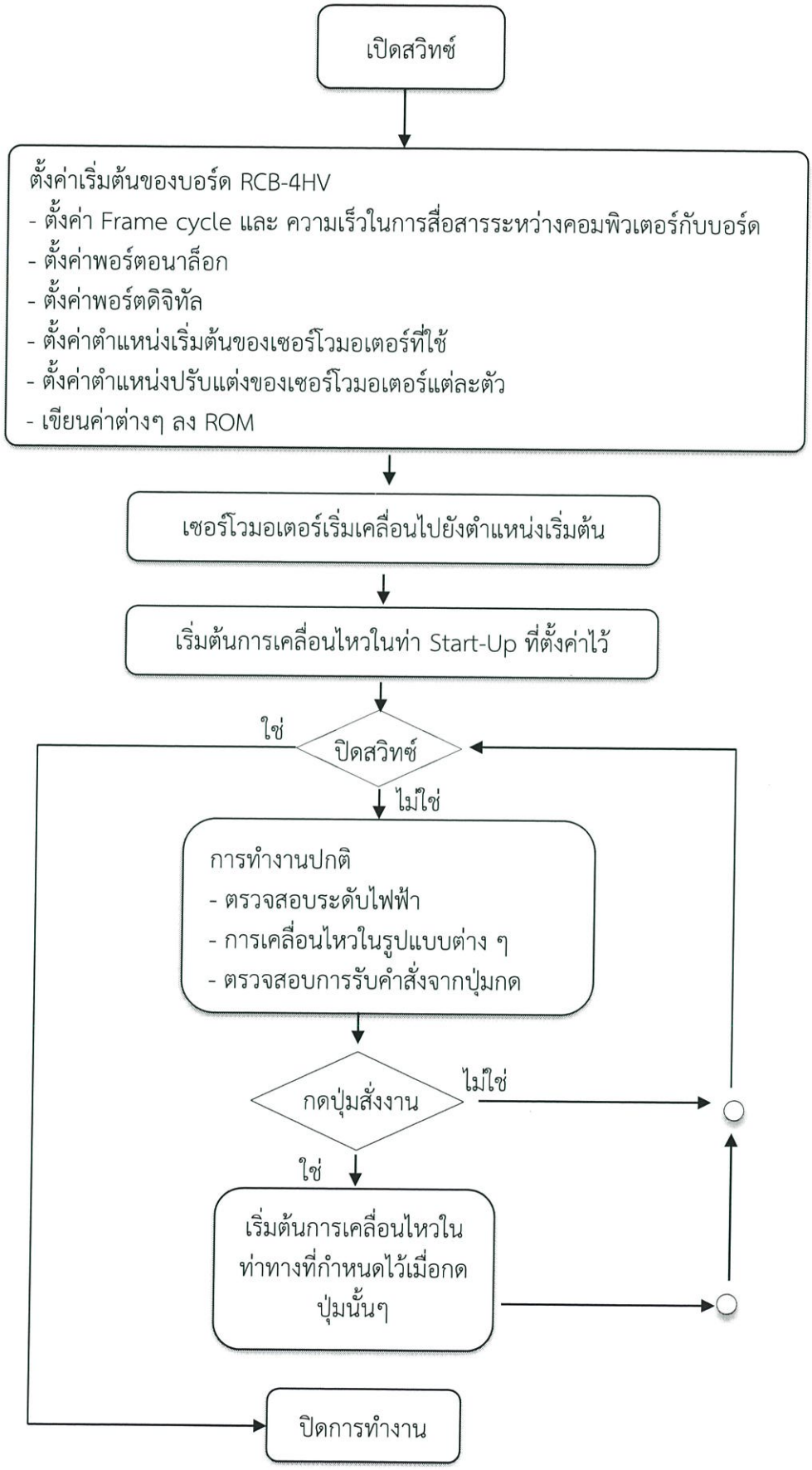
หลังจากที่ประกอบหุ่นยนต์สามขาเรียบร้อยแล้วจะเป็นส่วนของโปรแกรมควบคุมของหุ่นยนต์สามขาให้เคลื่อนไหว

3.3 ระบบควบคุมการเคลื่อนไหว [7]

การควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์สามขา จะสั่งงานจากคอมพิวเตอร์ไปสู่บอร์ดควบคุม RCB-4HV และหลังจากนั้นตัวบอร์ดควบคุม RCB-4HV จะกระจายคำสั่งไปสู่ขาของหุ่นยนต์แต่ละขา ซึ่งแต่ละขาก็จะประกอบไปด้วยเซอร์โวมอเตอร์อยู่ 5 ตัว ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 การจำลองเส้นทางข้อมูลของคำสั่งที่ถูกส่งจากคอมพิวเตอร์



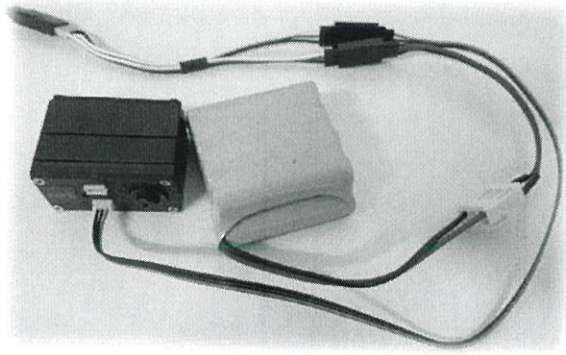
รูปที่ 3.20 แผนผังการทำงานของบอร์ด RCB-4HV ของหุ่นยนต์

3.3.1 การตั้งค่าเริ่มต้นให้กับเซอร์โวมอเตอร์

ก่อนที่จะติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆ เข้ากับเซอร์โวมอเตอร์เพื่อประกอบเป็นขา ต้องคำนึงถึงจุดเริ่มต้นตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์เพื่อไม่ให้การประกอบขานั้นผิดรูปแบบ เริ่มต้นโดยการเชื่อมต่อ Dual USB adapter HS เข้าสู่คอมพิวเตอร์ โดยปรับโหมดไปที่ ICS หลอด LED แสดงสถานะสีแดง ดังรูปที่ 3.21

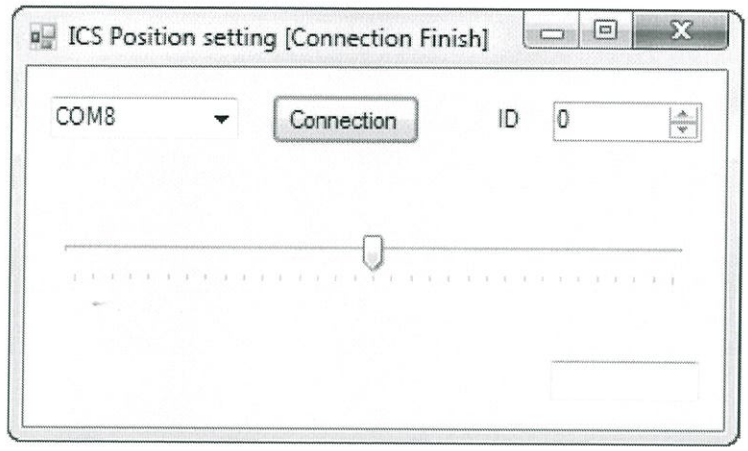
รูปที่ 3.21 การเชื่อมต่อ Dual USB adapter HS เข้าสู่คอมพิวเตอร์ในโหมด ICS

เมื่อทำการเชื่อมต่อ Dual USB adapter HS เข้าสู่คอมพิวเตอร์แล้ว จากนั้นเชื่อมต่อเข้ากับสาย Y Harness จะเป็นสายที่มีการเชื่อมต่อแยกออกเป็นสองทางโดยปลายด้านหนึ่งของสายจะเชื่อมต่อเข้ากับเซอร์โวมอเตอร์ และอีกด้านหนึ่งจะเชื่อมต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ ดังรูปที่ 3.22

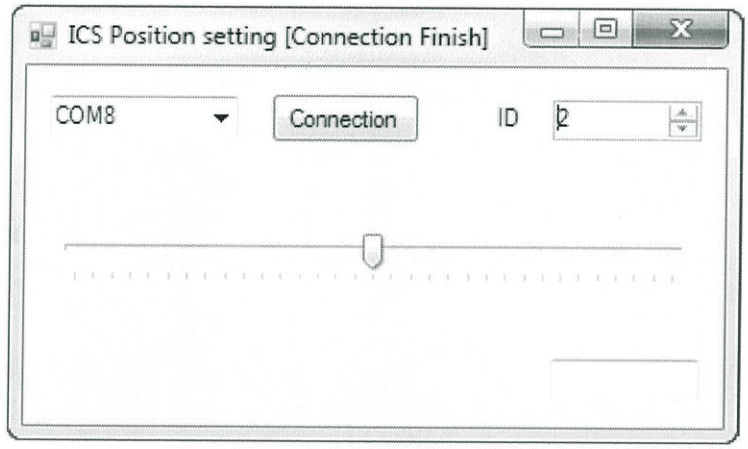


รูปที่ 3.22 การเชื่อมต่อเซอร์โวมอเตอร์กับแหล่งจ่ายไฟ

เมื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จากนั้นเปิดโปรแกรมสำหรับการเปลี่ยนตำแหน่งเริ่มต้นของเซอร์โวมอเตอร์ เลือกพอร์ตและกดเชื่อมต่อ ดังรูปที่ 3.23 และเปลี่ยนหมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์ให้ตรงกันในที่นี้เลือกใช้เซอร์โวมอเตอร์หมายเลข 2 ดังรูปที่ 3.24

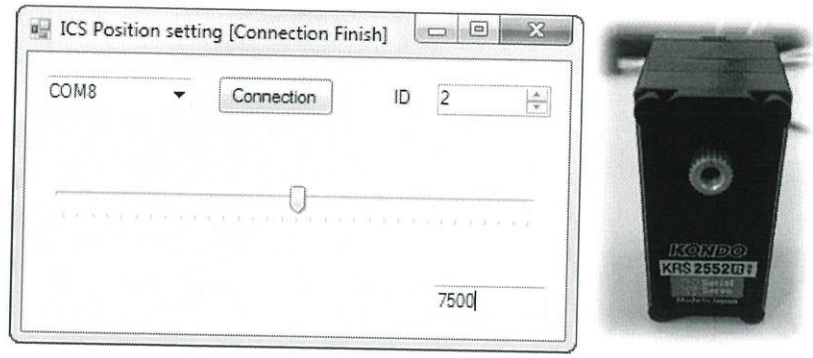


รูปที่ 3.23 การเชื่อมต่อสำเร็จ

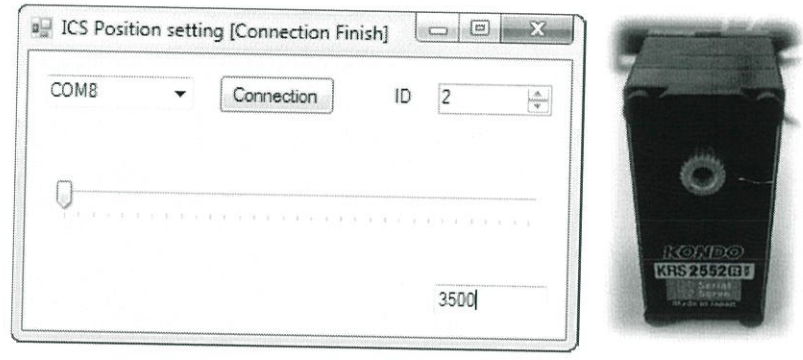


รูปที่ 3.24 การเลือกหมายเลขเซอร์โวมอเตอร์หมายเลข 2

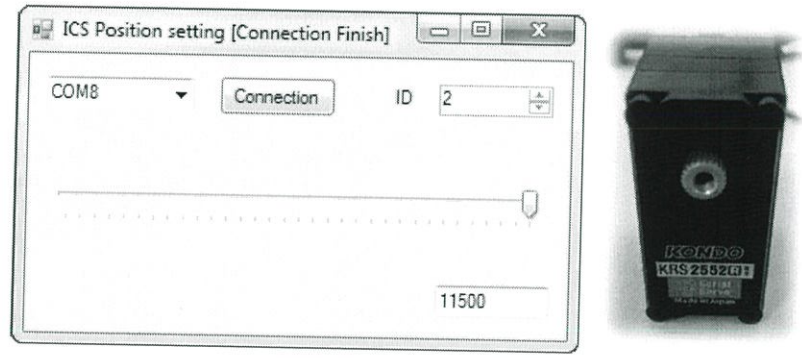
หากเลือกหมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์ไม่ตรงกับเซอร์โวมอเตอร์ที่เชื่อมต่ออยู่นั้นเซอร์โวมอเตอร์จะปฏิเสธคำสั่งเนื่องจากไม่ใช่หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์ตัวนั้นๆ หลังจากเลือกหมายเลขถูกต้องแล้ว สามารถเลื่อน Track Bar ซึ่งอยู่บริเวณตรงกลางของอินเตอร์เฟส หากเลื่อนอยู่ตรงกลางเซอร์โวมอเตอร์จะถูกปรับตำแหน่งไปที่ 7500 หน่วย หรือตำแหน่ง 0 องศา ดังรูปที่ 3.25 ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งศูนย์กลางของเซอร์โวมอเตอร์มอเตอร์ เมื่อเลื่อนไปทางซ้ายสุดตำแหน่งจะเปลี่ยนไปที่ 3500 หน่วย หรือตำแหน่ง -135 องศา ดังรูปที่ 3.26 และเมื่อเลื่อนไปทางขวาสุดตำแหน่งจะเปลี่ยนไปที่ 11500 หน่วย หรือตำแหน่ง 135 องศา ดังรูปที่ 3.27 ขั้นตอนการประกอบเป็นขาของหุ่นยนต์จะต้องจัดตำแหน่งให้อยู่ตรงกลางเพื่อให้สามารถปรับตำแหน่งได้อย่างถูกต้องและไม่เกิดรูปแบบที่ผิดเพี้ยนไป จึงเลือกใช้ตำแหน่งที่เซอร์โวมอเตอร์อยู่ที่ตำแหน่ง 7500 หน่วย หรือ 0 องศานั้นเอง



รูปที่ 3.25 เซอร์โวมอเตอร์ในตำแหน่ง 7500 หน่วย หรือ 0 องศา



รูปที่ 3.26 เซอร์โวมอเตอร์ในตำแหน่ง 3500 หน่วย หรือ -135 องศา

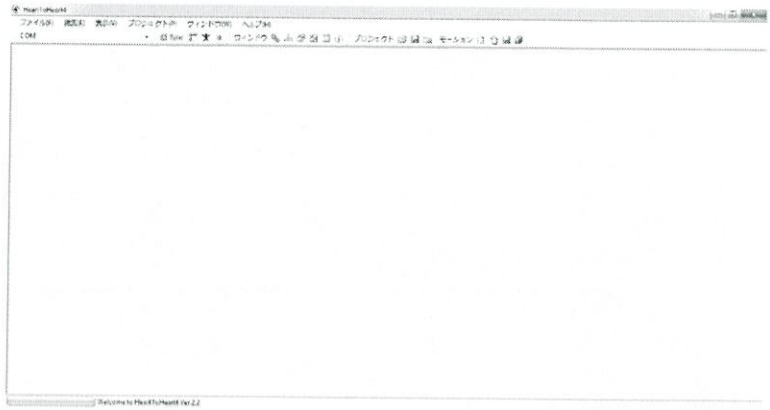


รูปที่ 3.27 เซอร์โวมอเตอร์ในตำแหน่ง 11500 หน่วย หรือ 135 องศา

เมื่อทำการตั้งค่าตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ให้อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นเพื่อไปประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว ทำการถอดแหล่งจ่ายไฟ จากนั้นถอดเซอร์โวมอเตอร์ออก และถอด Dual USB Adapter HS ออกแล้วทำการปิดโปรแกรม

3.3.2 การเริ่มต้นตั้งค่าโปรแกรม Heart To Heart 4 สำหรับการควบคุมการเคลื่อนไหว

ก่อนที่จะเริ่มใส่ท่าทางต่าง ๆ ให้กับหุ่นยนต์นั้นต้องมีการตั้งค่าข้อมูลการเชื่อมต่อและการสื่อสารระหว่างบอร์ดกับคอมพิวเตอร์แล้ว นอกจากนี้ยังต้องตั้งค่าตำแหน่งต่างๆ ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว เริ่มต้นโดยการตั้งค่าตัวโปรแกรม Heart To Heart 4 (HTH4) ดังรูปที่ 3.28



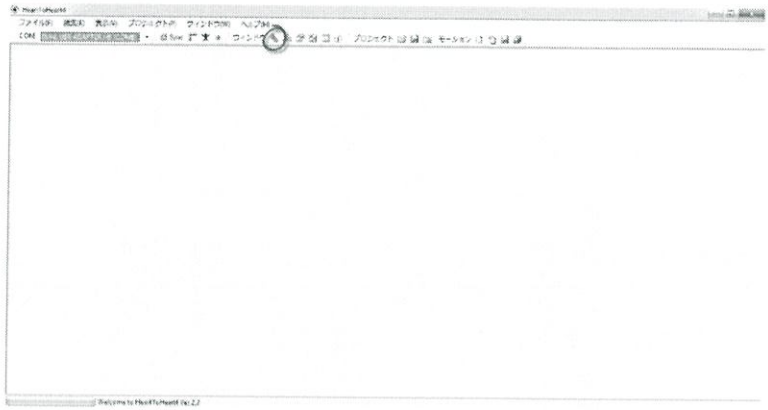
รูปที่ 3.28 อินเตอร์เฟสเริ่มต้นเมื่อเปิดโปรแกรม HTH4

หลังจากที่เปิดโปรแกรมขึ้นมาเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการสร้างโปรเจค โดยการคลิกไปที่ Toolbar ดังรูปที่ 3.29 และตั้งชื่อโปรเจคที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.30 แล้วคลิกปุ่ม OK

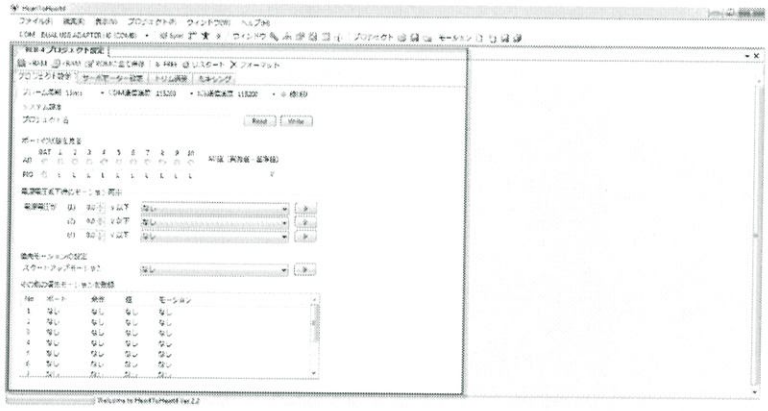
รูปที่ 3.29 การเลือกที่เมนูสร้างโปรเจคใหม่

รูปที่ 3.30 การตั้งชื่อให้กับโปรเจคที่สร้างใหม่

เชื่อมต่อ Dual USB adapter HS เข้าสู่คอมพิวเตอร์ ในโหมด Serial เลือกพอร์ตการเชื่อมต่อของ Dual USB adapter HS และปลายสายอีกข้างหนึ่งเชื่อมต่อกับบอร์ดควบคุม RCB-4HV และคลิกที่ไอคอนในวงกลมสีแดง ดังรูปที่ 3.31 จะปรากฏหน้าต่างสำหรับการตั้งค่าของบอร์ดควบคุม RCB-4HV ดังรูปที่ 3.32

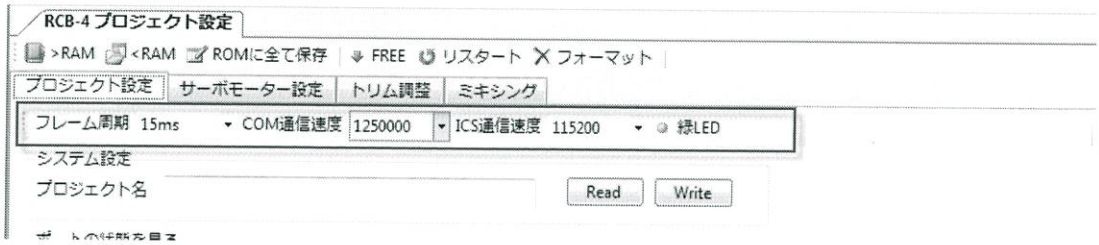


รูปที่ 3.31 ทำการเลือกพอร์ตและตั้งค่าบอร์ด



รูปที่ 3.32 หน้าตั้งค่าให้กับบอร์ดควบคุม RCB-4HV

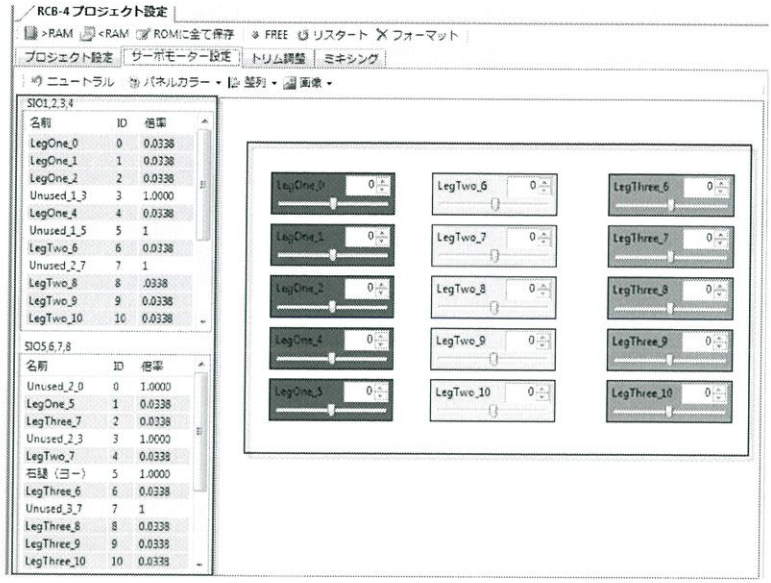
ในการตั้งค่าบอร์ดควบคุม RCB-4HV มีข้อมูลสำคัญๆ เช่น Frame Cycle ที่ใช้เป็นความเร็วรอบในการทำงานของท่าทางในแต่ละท่าของหุ่นยนต์ COM communication speed ใช้สำหรับตั้งค่าการติดต่อระหว่างบอร์ดกับคอมพิวเตอร์ ICS communication speed ใช้สำหรับเป็นความเร็วในการสื่อสารแบบสองทิศทางในการติดต่อกับเซอร์โวมอเตอร์ที่เชื่อมต่อด้วยกัน ในโปรเจคนี้ใช้ค่าต่างๆ ดังนี้ Frame Cycle เลือกใช้ค่า 15ms COM communication speed เลือกใช้ค่า 1250000 ICS communication speed เลือกใช้ค่า 115200 ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 การกำหนดค่าในการตั้งค่าให้กับบอร์ดควบคุม RCB-4HV

หลังจากที่ตั้งค่าเบื้องต้นให้กับบอร์ดควบคุม RCB-4HV บอร์ดควบคุมก็สามารถสั่งงานให้เซอร์โวมอเตอร์ทำงานได้ แต่จะเกิดการหมุนองศาที่ผิดเพี้ยนจากที่ต้องการจึงต้องทำการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว โดยการตั้งชื่อ ให้ตรงกับหมายเลข โดยคลิกในแทป (Tap) ที่สองจากซ้าย เป็นหน้าเริ่มต้นของการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นให้กับเซอร์โวมอเตอร์ ดังรูปที่ 3.34 หลังจากตั้งค่าตำแหน่งเริ่มต้นและกำหนดชื่อเซอร์โวมอเตอร์เรียบร้อยแล้ว จะเป็นดังรูปที่ 3.35

รูปที่ 3.34 อินเตอร์เฟสเริ่มต้นสำหรับการกำหนดค่าให้กับเซอร์โวมอเตอร์

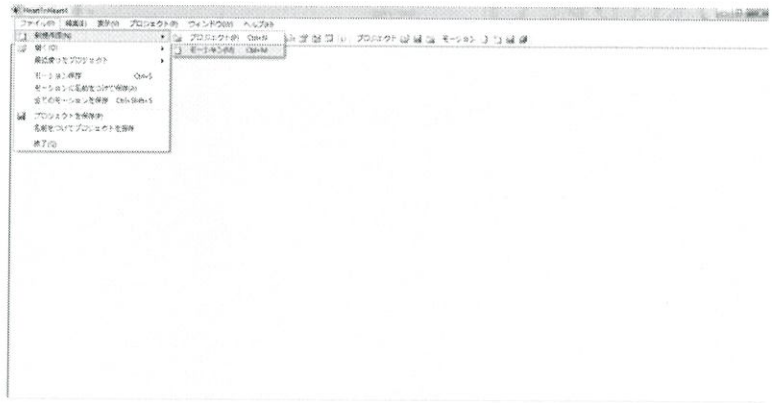


รูปที่ 3.35 กำหนดค่าตำแหน่งเริ่มต้นให้กับเซอร์โวมอเตอร์

จากรูปที่ 3.35 เป็นหน้าต่างสำหรับการปรับค่าตำแหน่งของมอเตอร์ให้อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น ในส่วนของรายชื่อเซอร์โวมอเตอร์ (ด้านซ้ายของรูปที่ 3.35) จะประกอบไปด้วยสามส่วนคือ ชื่อเซอร์โวมอเตอร์ หมายเลขประจำมอเตอร์ และอัตราส่วนการแสดงผลลัพธ์ ซึ่งค่าที่จะแสดงใน Track Bar ซึ่งอัตราส่วนการแสดงผล เริ่มต้นของ Track Bar มีค่าอยู่ระหว่าง -4000 ถึง +4000 โดยระยะการหมุนสำหรับเซอร์โวมอเตอร์อยู่ที่ -135 ถึง +135 องศา ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนแสดงผลให้เหมือนกับเซอร์โวมอเตอร์โดยการเปลี่ยนอัตราส่วนใหม่ จาก 1.0000 เป็น 0.0338 ซึ่งมาจาก 135/4000=0.0338 ซึ่งอัตราส่วนแสดงผลใน Track Bar อยู่ระหว่าง -135 ถึง +135

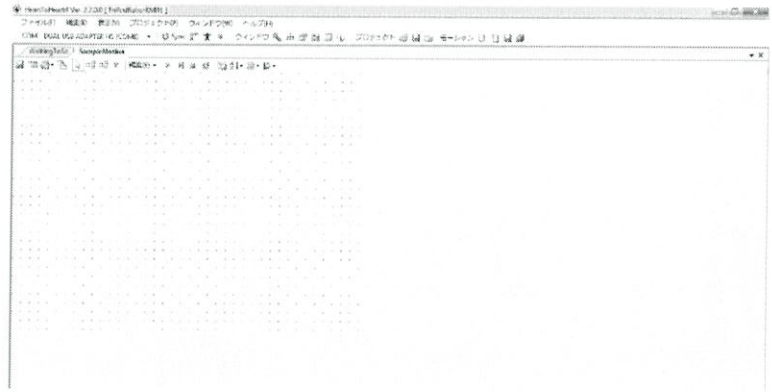
3.3.3 การโปรแกรมสั่งการให้หุ่นยนต์เคลื่อนไหว

ในการโปรแกรมสั่งการให้หุ่นยนต์ทำงานในท่าทางลักษณะต่างๆ หรือ Motion ที่ต้องการ โดยไฟล์ที่สร้างออกมาจะถูกบันทึกในสกุลไฟล์ XML ซึ่งจะเก็บค่าตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ตามท่าทางนั้นๆ จะถูกสร้างจากโปรแกรม HTH4 ซึ่งการสร้างไฟล์ XML เริ่มจากเปิดโปรแกรม HTH4 ดังรูปที่ 3.36

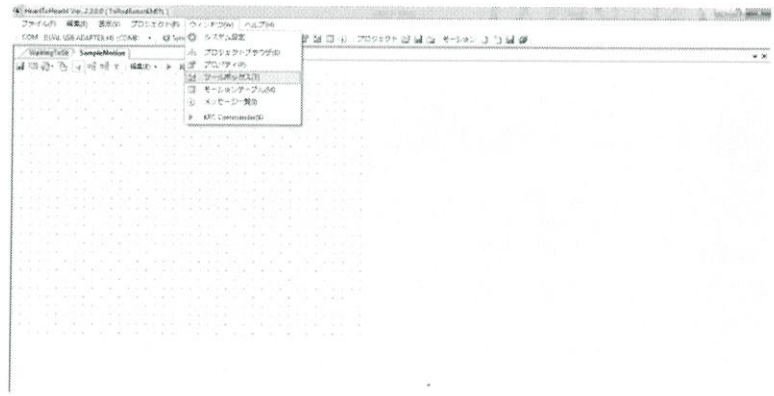


รูปที่ 3.36 เมนูการสร้างไฟล์ XML ใหม่

หลังจากที่เปิดเมนูสำหรับการสร้างไฟล์ XML มาแล้วโปรแกรมจะปรากฏหน้าว่างเพื่อทำการสร้างการเคลื่อนไหวดังรูปที่ 3.37 และเพิ่มเครื่องมือในการใช้ควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ดังรูปที่ 3.38

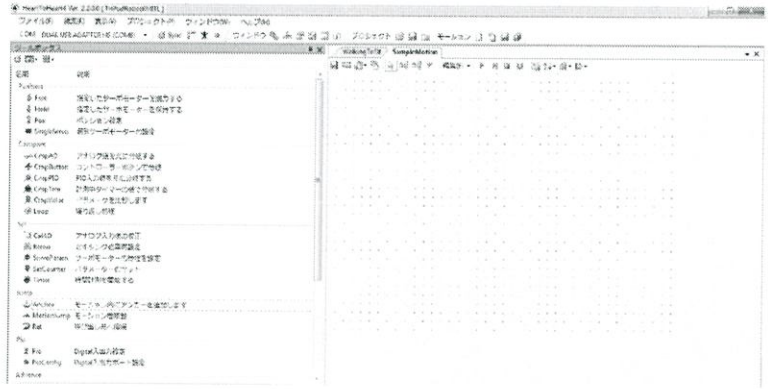


รูปที่ 3.37 หน้าว่างสำหรับการสร้างไฟล์ XML ใหม่

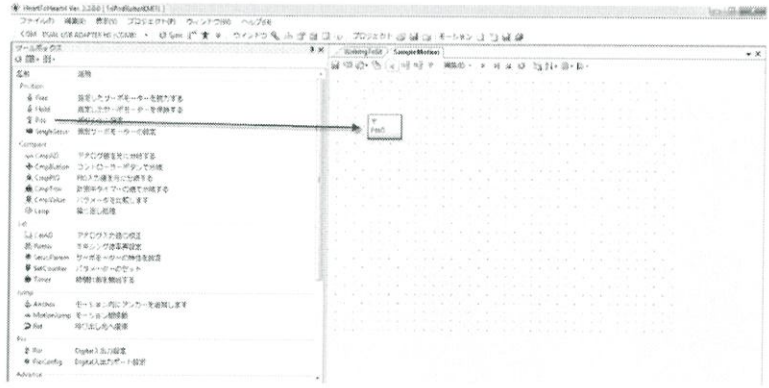


รูปที่ 3.38 เมนูเลือกเครื่องมือสำหรับการสร้างการเคลื่อนไหว

หลังจากที่เพิ่มเมนูเครื่องมือต่างๆ มาแล้วจะปรากฏดังรูปที่ 3.39 ทำการเพิ่มคำสั่งควบคุมเซอร์โวมอเตอร์เข้าไปในหน้าต่างทำงานดังรูปที่ 3.40

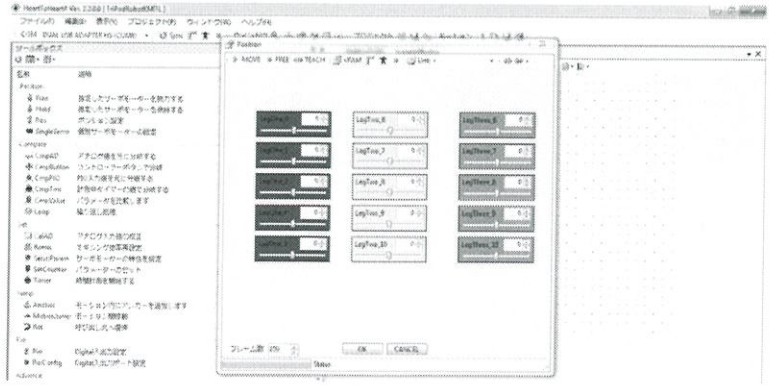


รูปที่ 3.39 หน้าแสดงเมื่อเลือกเมนูเรียบร้อยแล้ว

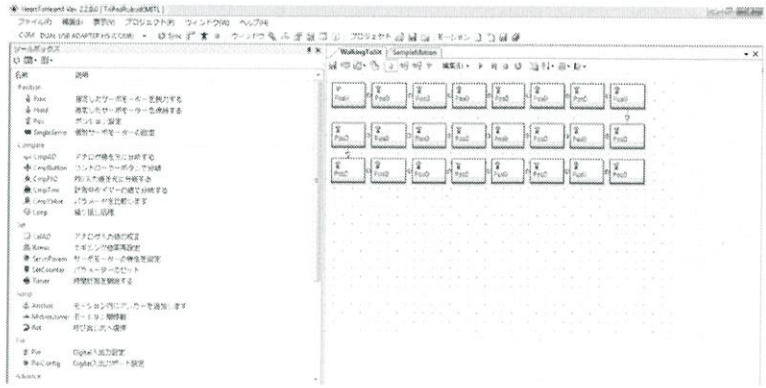


รูปที่ 3.40 กล่องคำสั่งสำหรับการเขียนสั่งงาน

หลังจากที่เพิ่มคำสั่งสำหรับควบคุมเซอร์โวมอเตอร์มาแล้ว จะทำการกำหนดองศาให้กับเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวให้เปลี่ยนแปลงไปในตำแหน่งที่ต้องการเพื่อสร้างท่าทางสำหรับการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์สามขาดังรูปที่ 3.41 และทำการเพิ่มคำสั่งให้กับเซอร์โวมอเตอร์จนครบเป็น 1 ท่า สำหรับการเคลื่อนไหว ดังรูปที่ 3.42



รูปที่ 3.41 หน้าต่างปรับค่าตำแหน่งต่าง ๆ ของเซอร์โวมอเตอร์ทุกตัว



รูปที่ 3.42 ตัวอย่างหน้าต่างคำสั่งเมื่อโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของส่วนต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ที่ได้ออกแบบและจัดสร้างขึ้นว่า มีขีดความสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ในตอนต้นหรือไม่ เพื่อจะได้ทราบผลการทำงานของส่วนต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นรวมทั้งผลที่ได้จากการทดลองว่าตรงตามขีดความสามารถที่กำหนดหรือไม่

4.2 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์

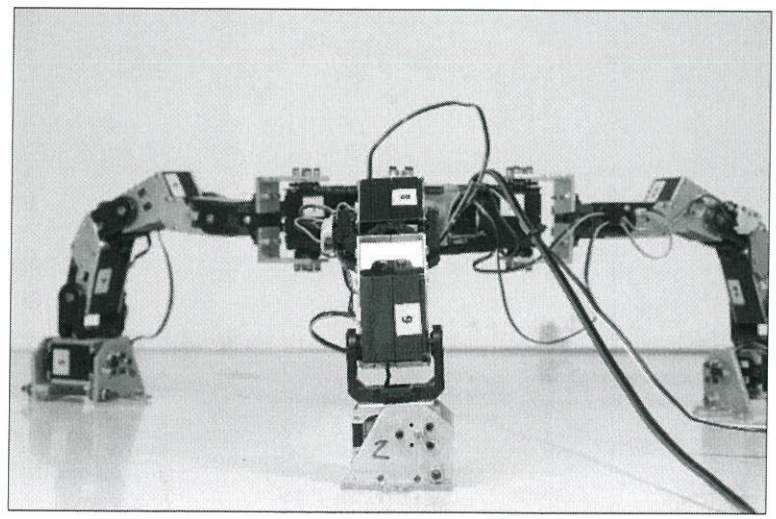
การทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในลักษณะการเคลื่อนที่ในรูปแบบต่างๆ

1. การเคลื่อนไหวเมื่อทำการเปิดสวิทช์
2. การเคลื่อนไหวในลักษณะท่าทางการยืนของหุ่นยนต์
3. การเคลื่อนไหวในลักษณะท่าทางการเดินหน้าของหุ่นยนต์สามขา
4. การเคลื่อนไหวของลำตัวเมื่อหุ่นยนต์อยู่ตำแหน่งเดิม

4.2.1 การเคลื่อนไหวเมื่อทำการเปิดสวิตช์

ตารางที่ 4.1 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาเมื่อทำการเปิดสวิตช์

หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

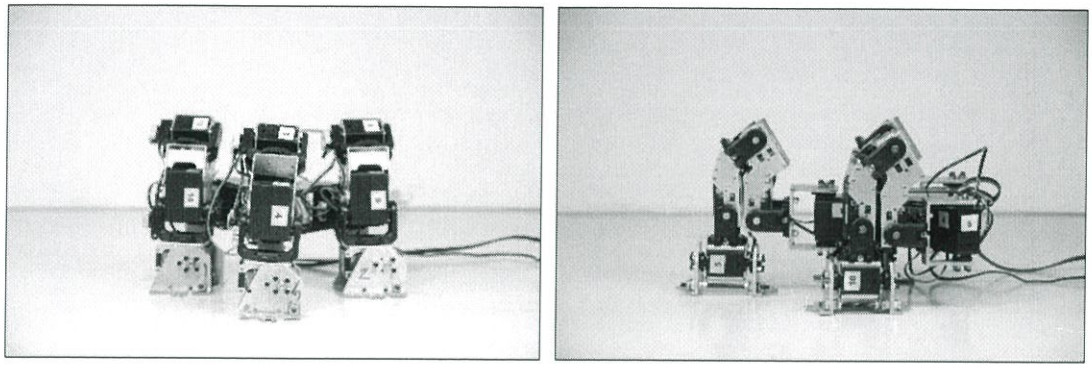


รูปที่ 4.1 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาเมื่อทำการเปิดสวิตช์

4.2.2 การเคลื่อนไหวในลักษณะท่าทางการยืนของหุ่นยนต์

ตารางที่ 4.2 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 1 ของท่า StandBy

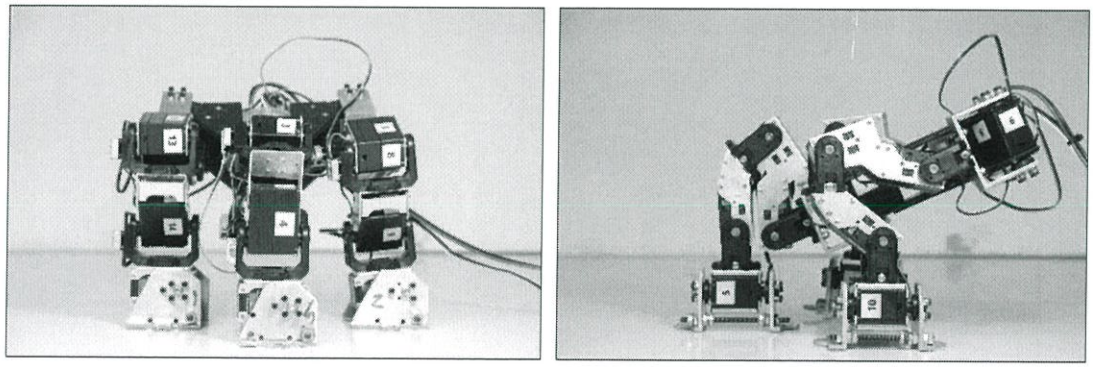
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	2	-88	-100	16	-3	113	-88	-99	14	-3	-113	-90	-104	16	0



รูปที่ 4.2 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 1 ของท่า StandBy

ตารางที่ 4.3 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 2 ของท่า StandBy

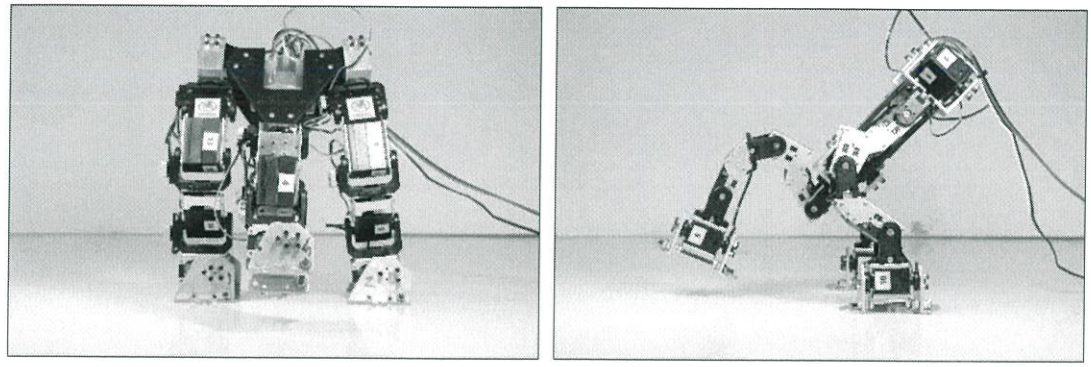
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	2	-108	-99	17	-2	114	-35	-73	67	4	-115	-48	-76	58	3



รูปที่ 4.3 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 2 ของท่า StandBy

ตารางที่ 4.4 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 3 ของท่า StandBy

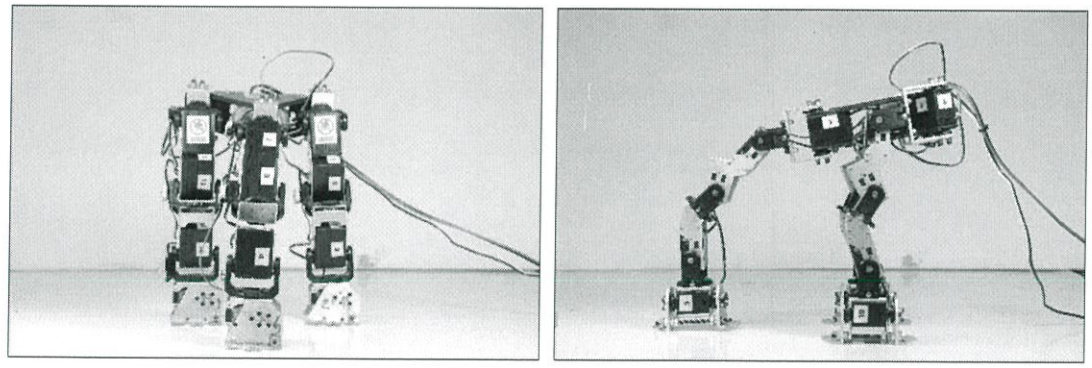
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	2	-105	-42	-12	-2	114	-5	-27	-67	5	-119	-11	-33	66	2



รูปที่ 4.4 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 3 ของท่า StandBy

ตารางที่ 4.5 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 4 ของท่า StandBy

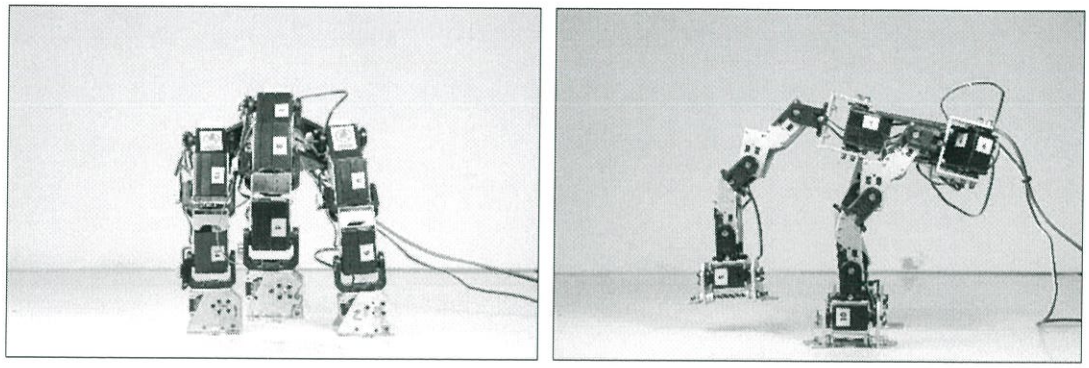
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	6	44	33	12	-2	125	78	59	32	4	-121	69	44	39	3



รูปที่ 4.5 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 4 ของท่า StandBy

ตารางที่ 4.6 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 5 ของท่า StandBy

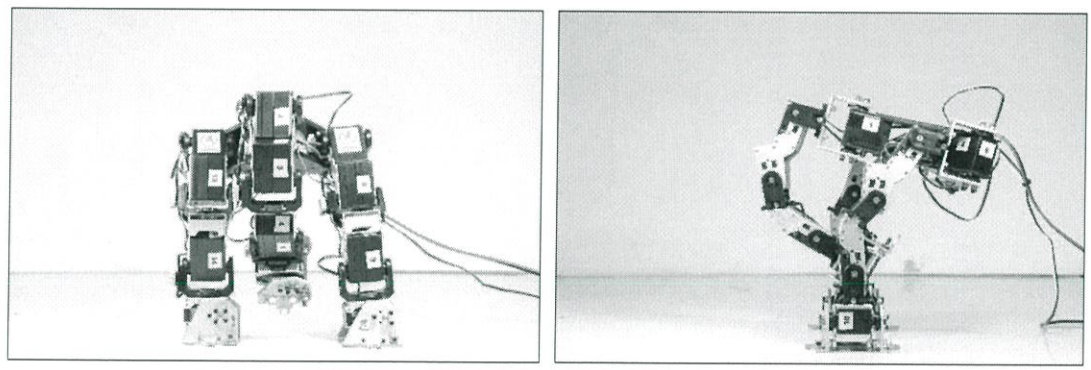
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	6	44	33	12	-2	125	78	59	32	4	-121	69	44	39	3



รูปที่ 4.6 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 5 ของท่า StandBy

ตารางที่ 4.7 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 6 ของท่า StandBy

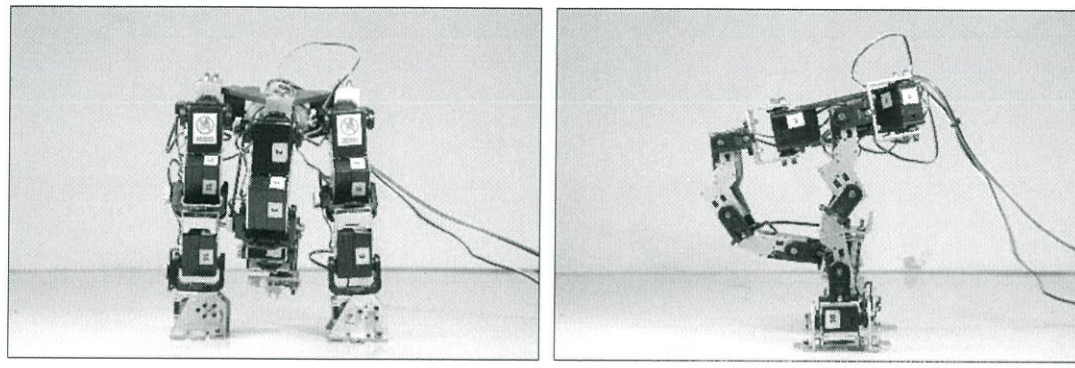
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	63	34	13	-1	125	71	38	18	4	-120	56	6	37	2



รูปที่ 4.7 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 6 ของท่า StandBy

ตารางที่ 4.8 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 7 ของท่า StandBy

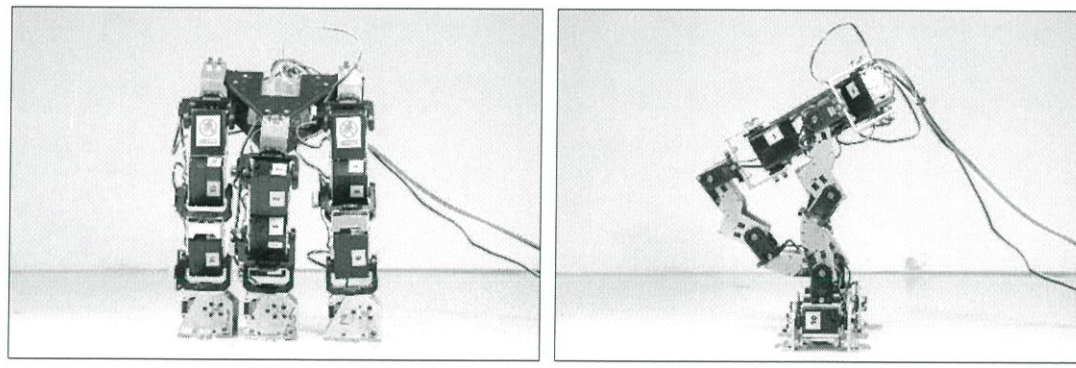
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	90	-1	13	-1	122	88	74	24	3	-119	82	52	39	2



รูปที่ 4.8 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 7 ของท่า StandBy

ตารางที่ 4.9 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 8 ของท่า StandBy

หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	1	102	28	101	-4	122	75	77	30	0	-120	59	41	48	3

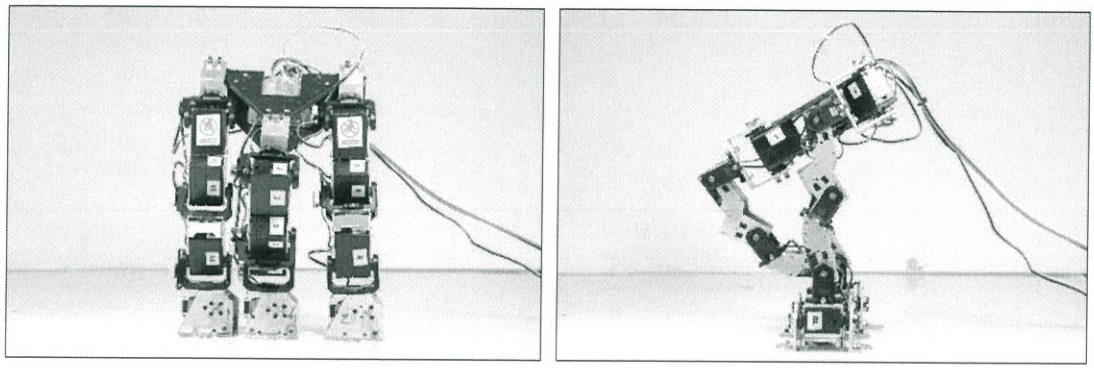


รูปที่ 4.9 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 8 ของท่า StandBy

4.2.3 การเคลื่อนไหวในลักษณะท่าทางการเดินหน้าของหุ่นยนต์สามขา

ตารางที่ 4.10 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 1 ของท่า Walking

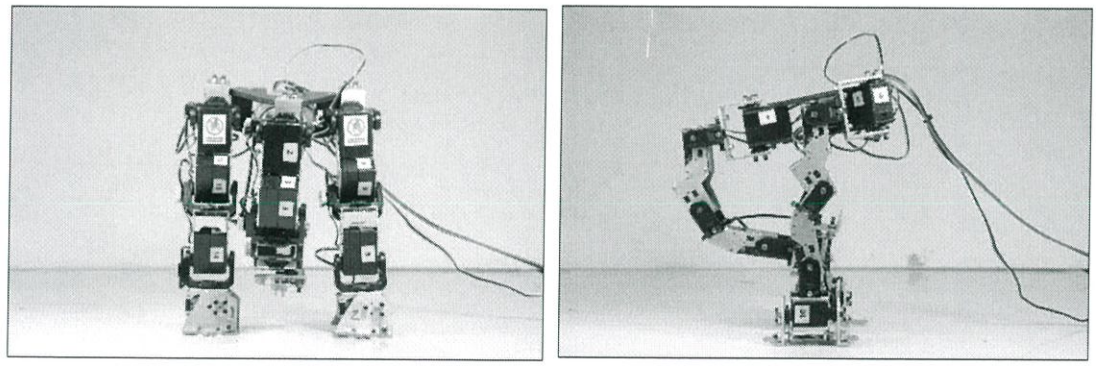
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	1	102	28	101	-4	122	75	77	30	0	-120	59	41	48	3



รูปที่ 4.10 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 1 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.11 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 2 ของท่า Walking

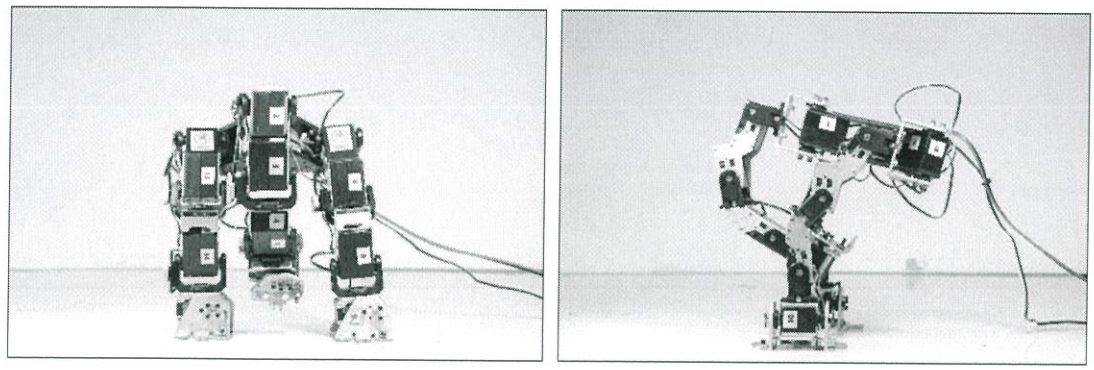
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	90	-1	13	-1	122	88	74	24	3	-119	82	52	39	2



รูปที่ 4.11 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 2 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.12 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 3 ของท่า Walking

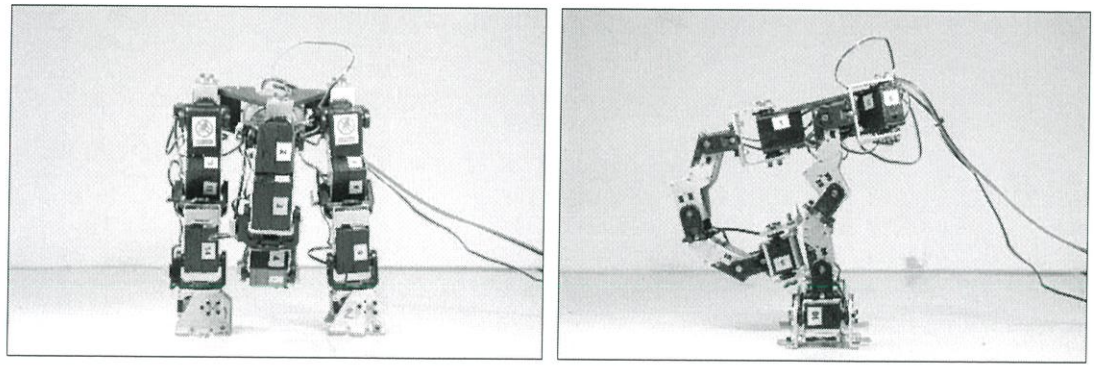
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	90	-2	13	-1	125	71	38	18	4	-120	56	6	37	2



รูปที่ 4.12 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 3 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.13 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 4 ของท่า Walking

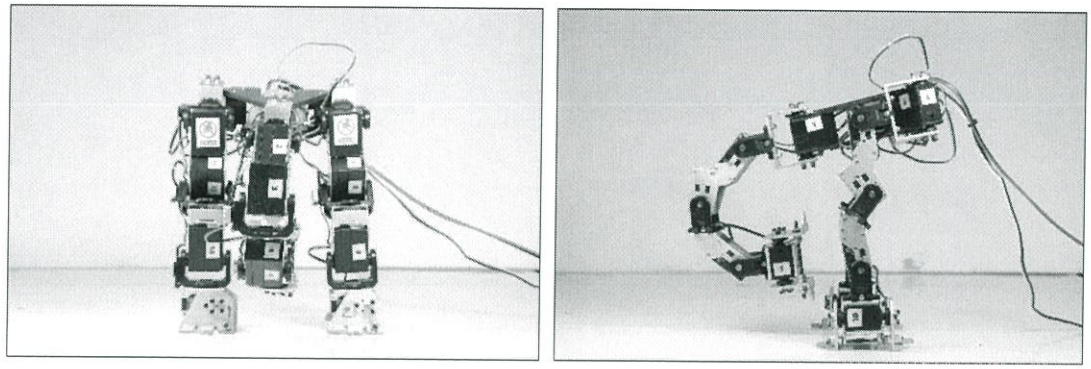
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	68	-1	-31	-1	122	88	74	24	3	-119	88	74	24	2



รูปที่ 4.13 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 4 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.14 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 5 ของท่า Walking

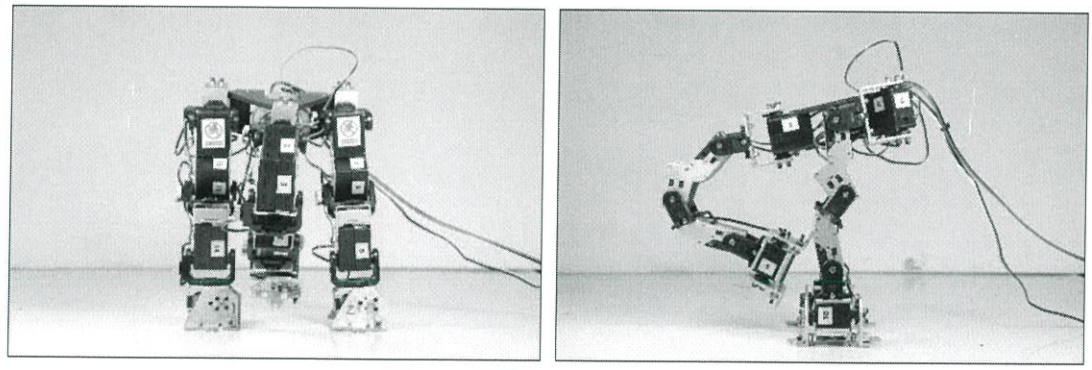
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	45	-15	-31	-1	122	88	74	24	3	-119	88	74	24	2



รูปที่ 4.14 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 5 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.15 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 6 ของท่า Walking

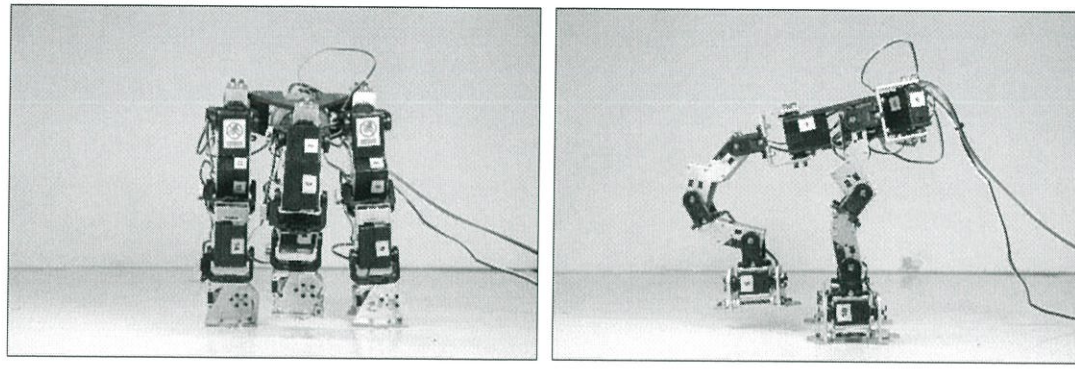
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	41	-41	24	-1	122	88	74	24	3	-119	88	74	24	2



รูปที่ 4.15 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 6 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.16 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 7 ของท่า Walking

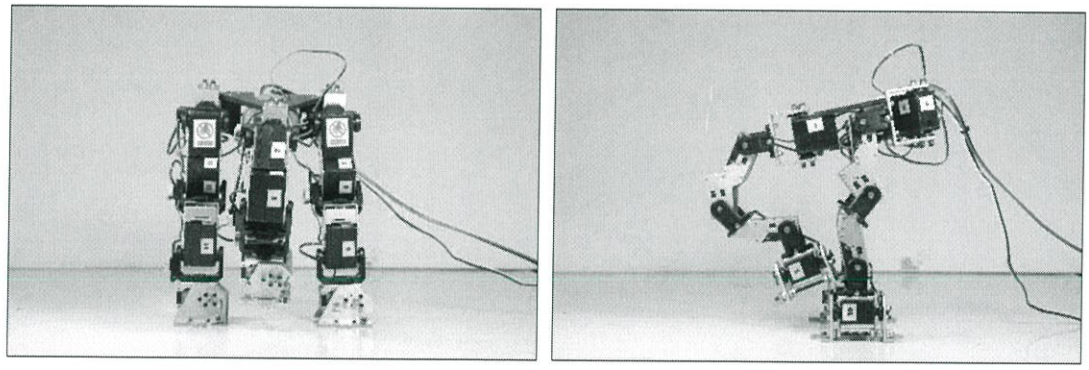
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	41	-41	85	-1	122	88	74	24	3	-119	88	74	24	7



รูปที่ 4.16 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 7 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.17 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 8 ของท่า Walking

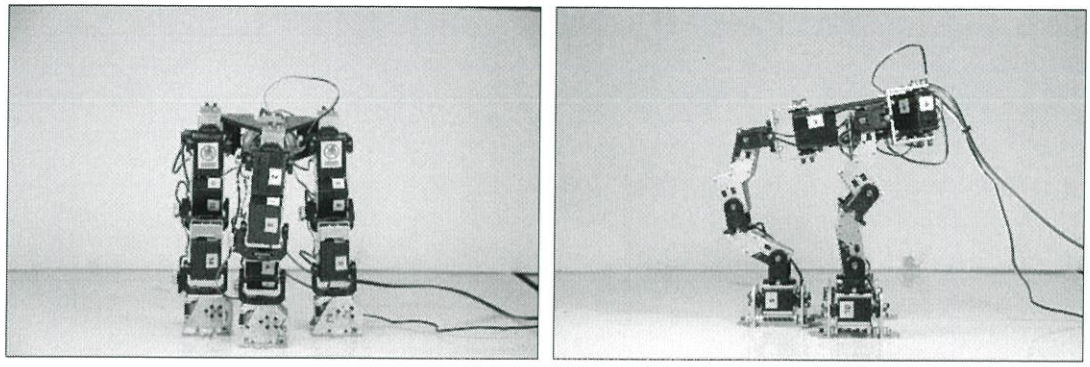
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	61	-41	85	-1	122	88	74	24	0	-119	88	74	24	7



รูปที่ 4.17 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 8 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.18 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 9 ของท่า Walking

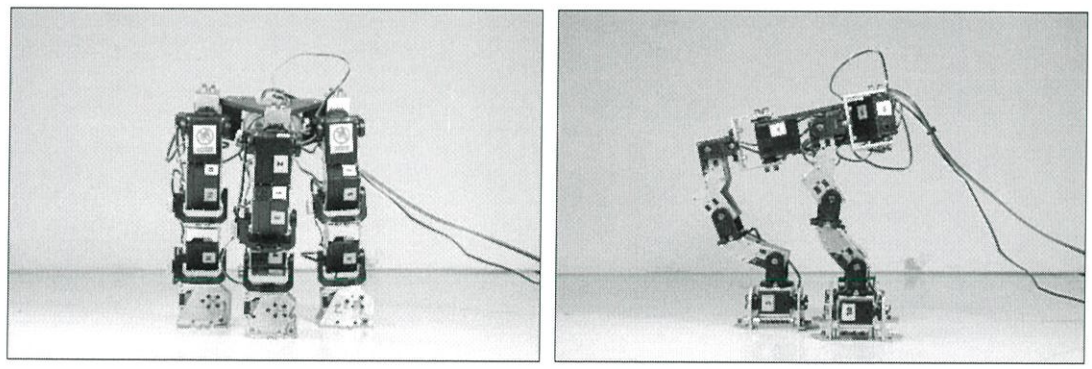
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	72	10	77	-3	122	88	74	24	0	-119	88	74	24	7



รูปที่ 4.18 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 9 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.19 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 10 ของท่า Walking

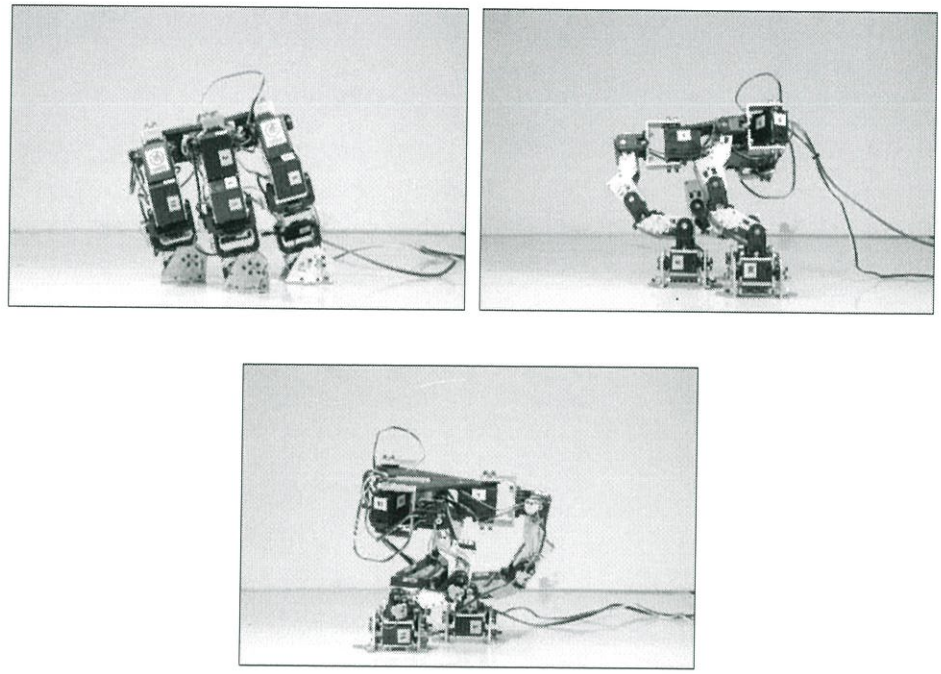
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	95	18	85	-3	123	91	47	55	1	-119	84	34	59	7



รูปที่ 4.19 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 10 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.20 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 11 ของท่า Walking

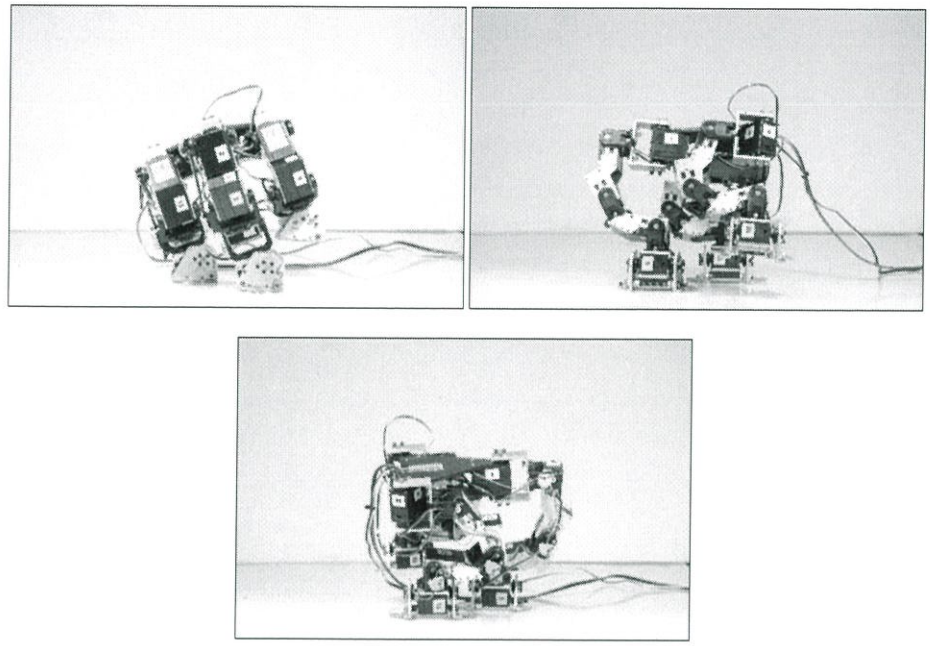
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	101	3	100	11	123	79	9	76	15	-118	66	-41	107	7



รูปที่ 4.20 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 11 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.21 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 12 ของท่า Walking

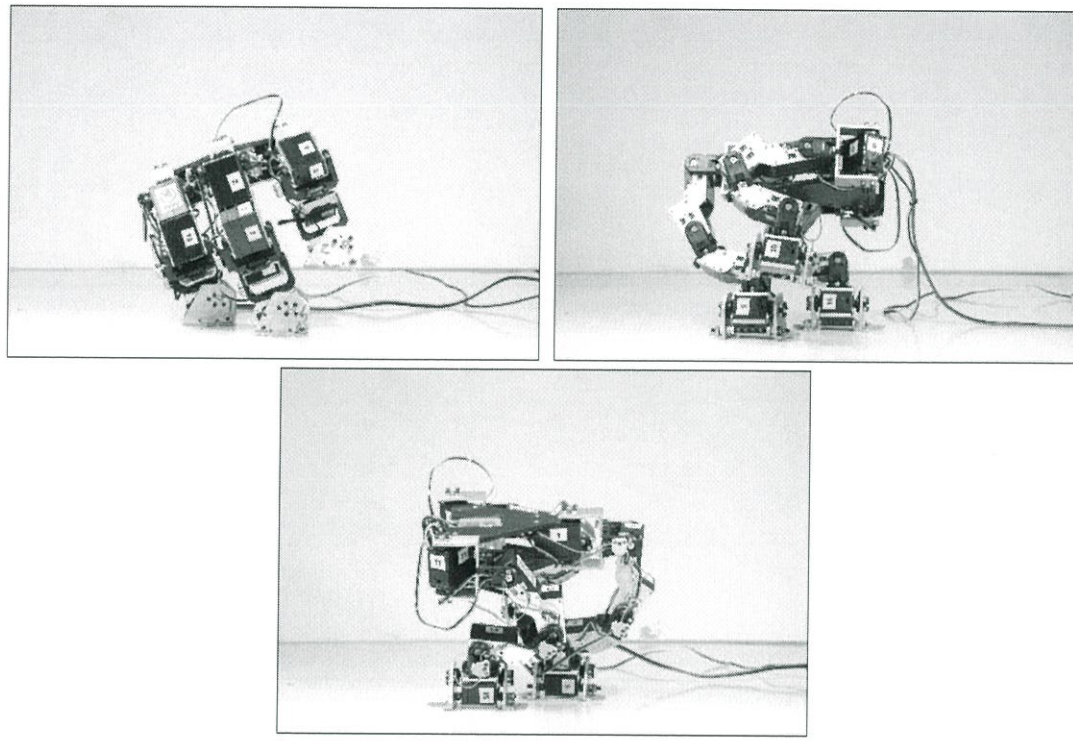
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	100	3	95	22	124	79	-45	125	22	-120	55	-59	110	7



รูปที่ 4.21 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 12 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.22 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 13 ของท่า Walking

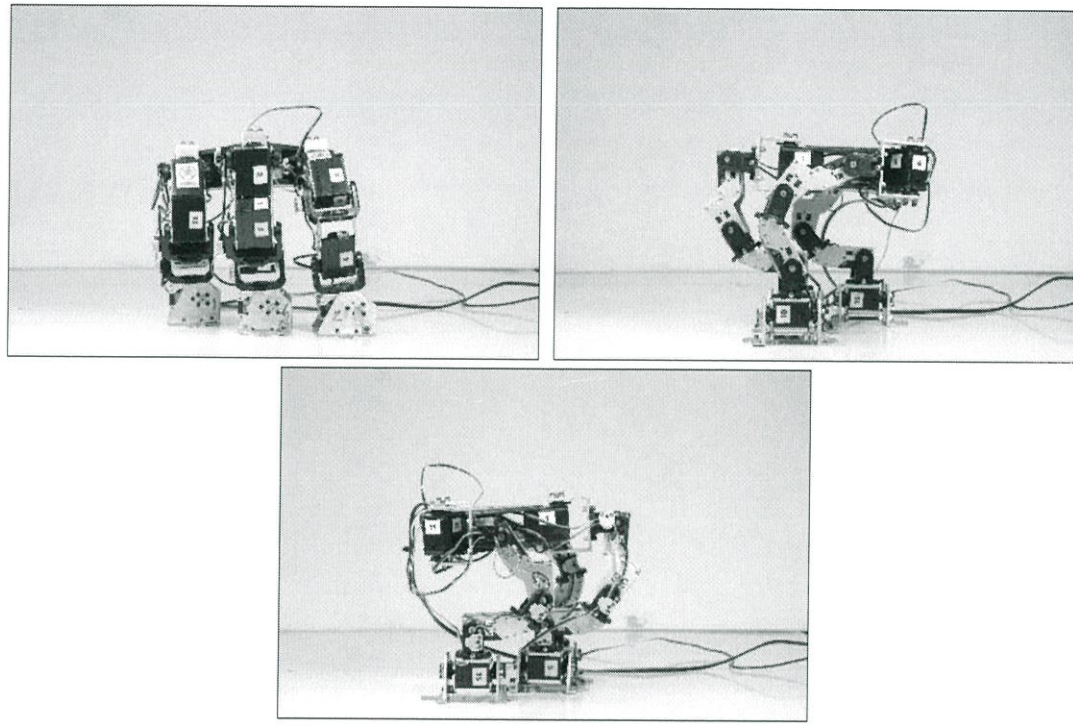
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	100	3	96	21	119	13	-69	92	23	-120	56	-56	110	7



รูปที่ 4.22 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 13 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.23 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 14 ของท่า Walking

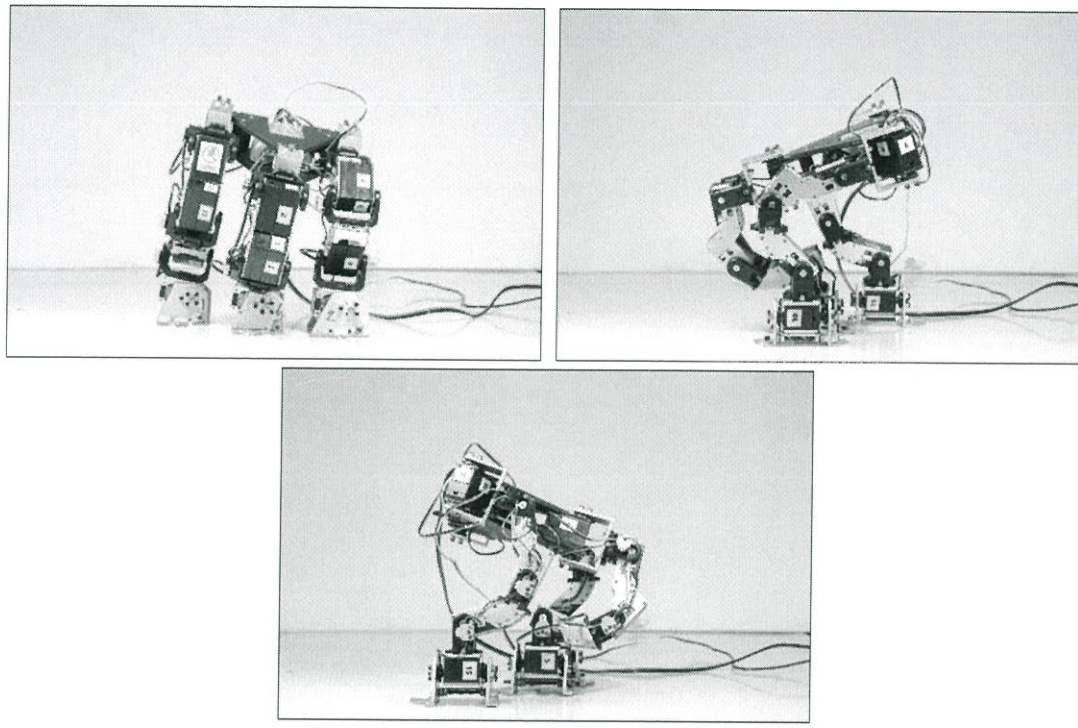
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	101	-1	99	2	124	27	-17	43	5	-120	57	-47	120	7



รูปที่ 4.23 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 12 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.24 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 15 ของท่า Walking

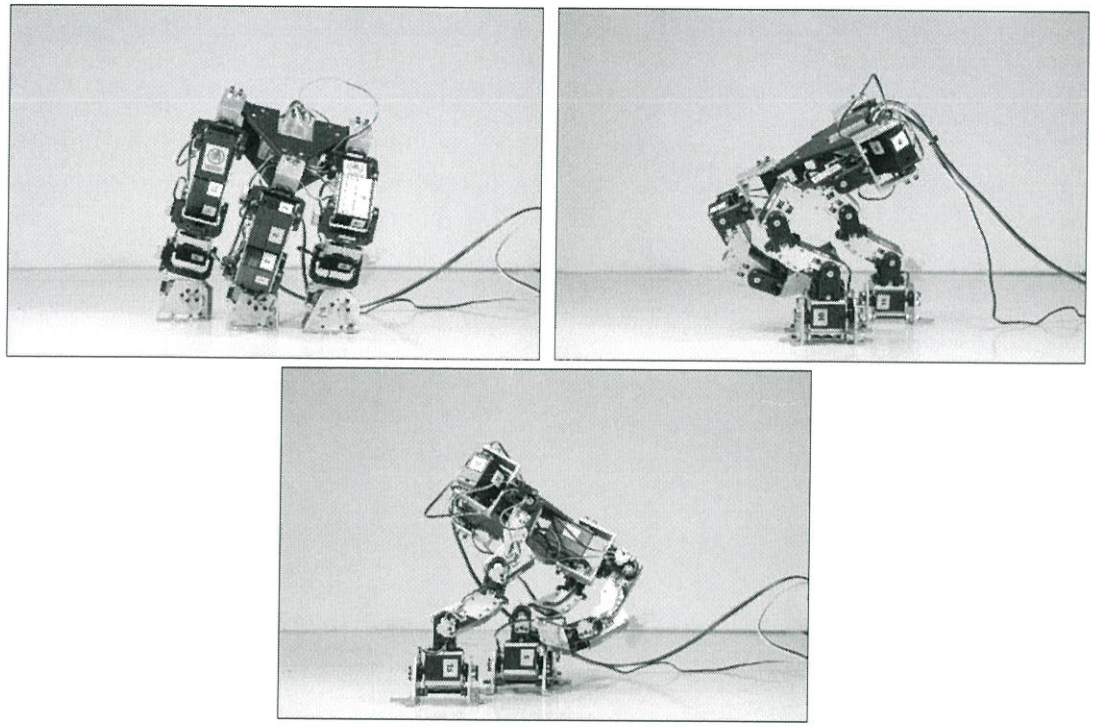
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	88	-21	126	-9	124	2	-36	60	-9	-117	65	-5	87	7



รูปที่ 4.24 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 15 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.25 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 16 ของท่า Walking

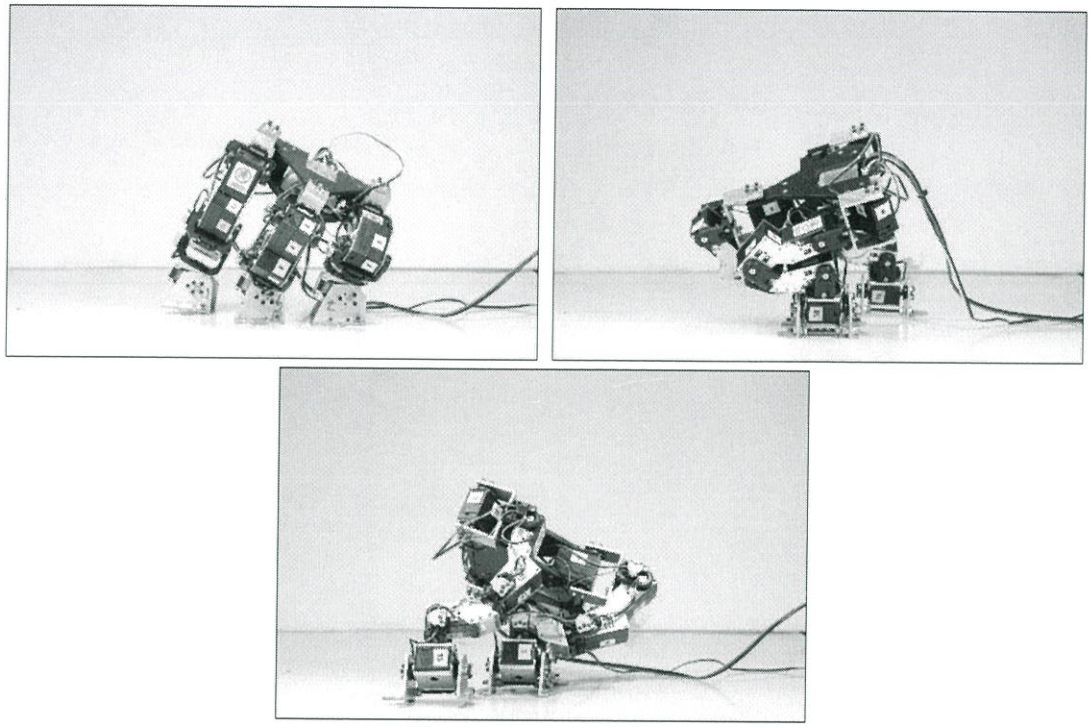
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	7	96	-13	134	-18	123	3	-48	82	-14	-117	84	34	77	7



รูปที่ 4.25 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 16 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.26 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 18 ของท่า Walking

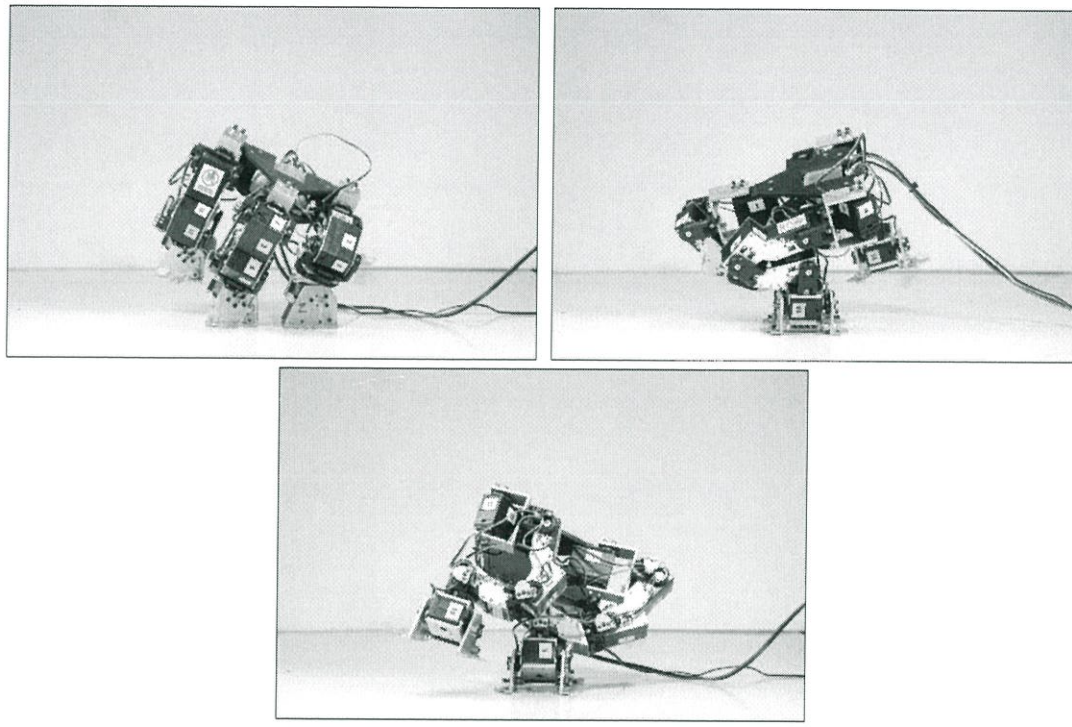
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	4	121	4	134	-28	119	4	-93	121	-27	-116	87	8	97	4



รูปที่ 4.26 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 17 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.27 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 18 ของท่า Walking

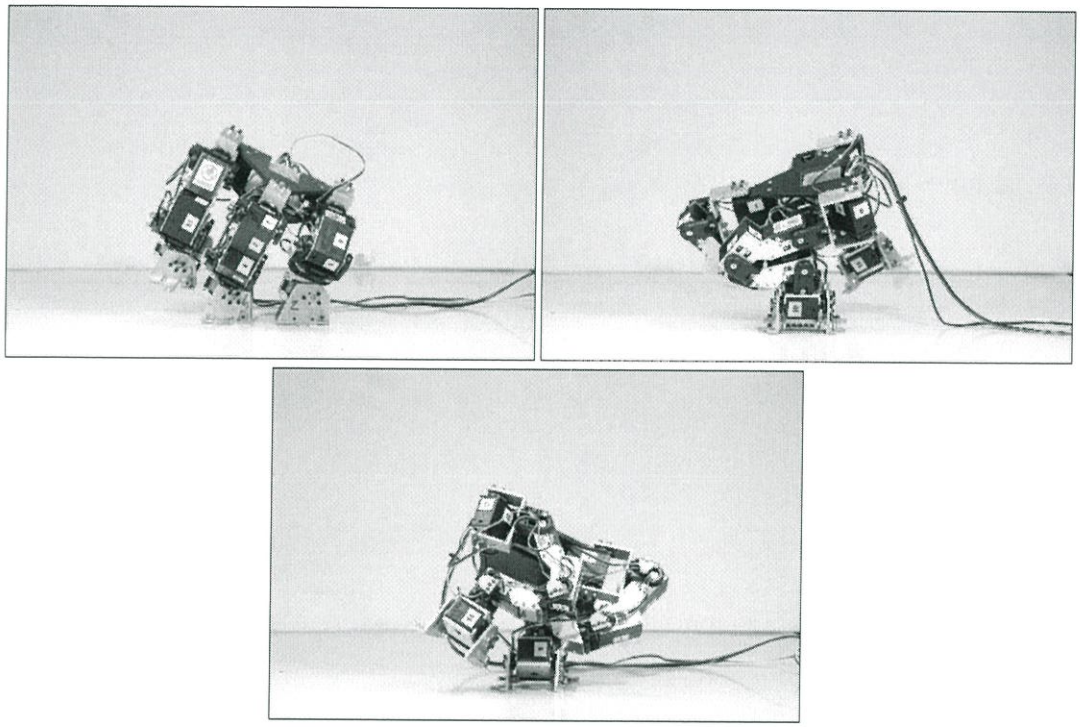
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	5	121	3	134	-29	119	4	-93	121	-26	-116	83	-46	124	5



รูปที่ 4.27 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 18 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.28 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 19 ของท่า Walking

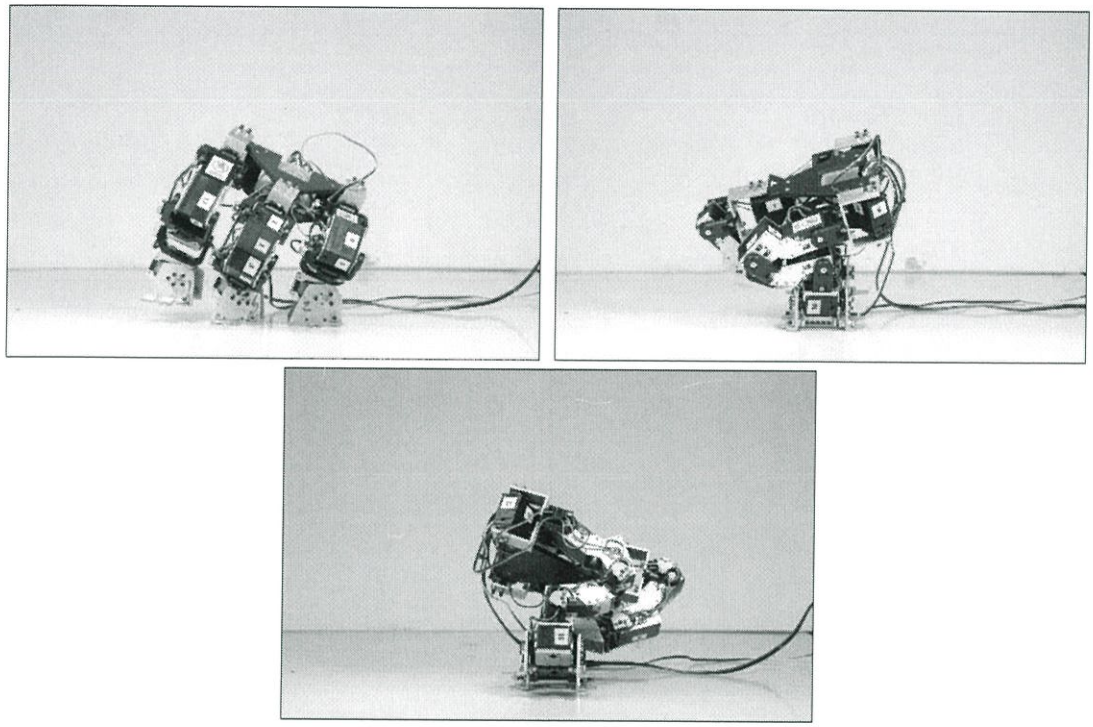
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	5	121	3	134	-29	119	4	-93	121	-26	-116	56	-60	97	5



รูปที่ 4.28 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 19 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.29 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 20 ของท่า Walking

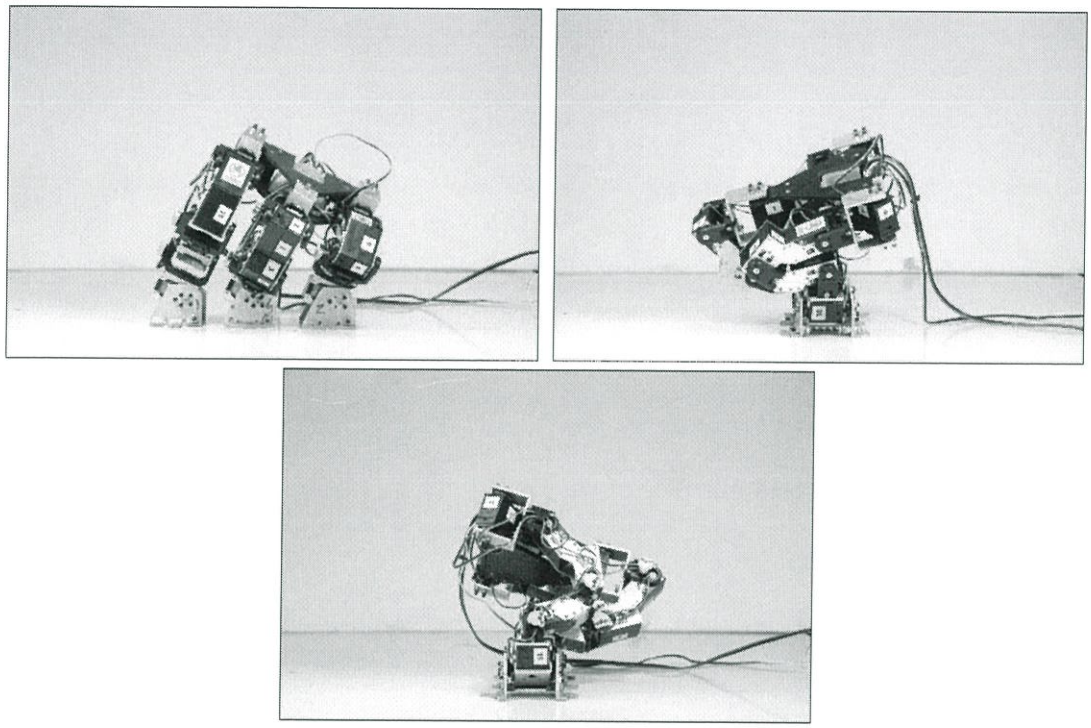
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	5	121	3	134	-29	119	4	-93	121	-26	-116	23	-60	97	5



รูปที่ 4.29 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 20 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.30 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 21 ของท่า Walking

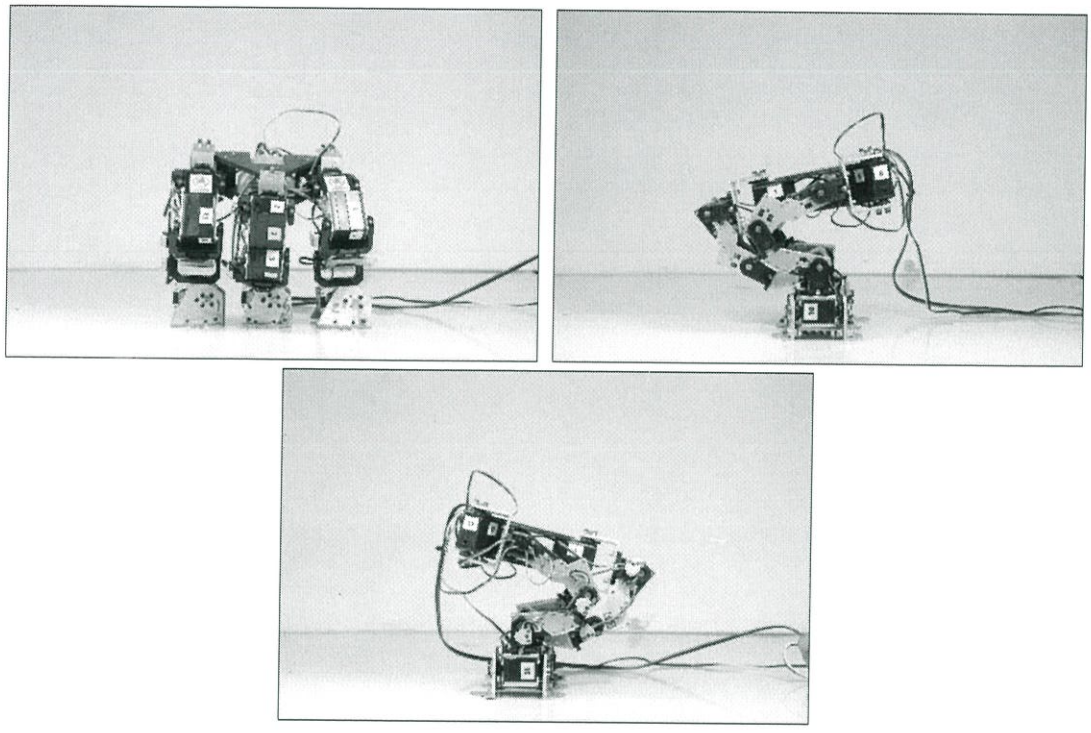
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	5	121	3	134	-28	120	5	-93	121	-26	-119	36	-38	89	5



รูปที่ 4.30 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 21 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.31 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 22 ของท่า Walking

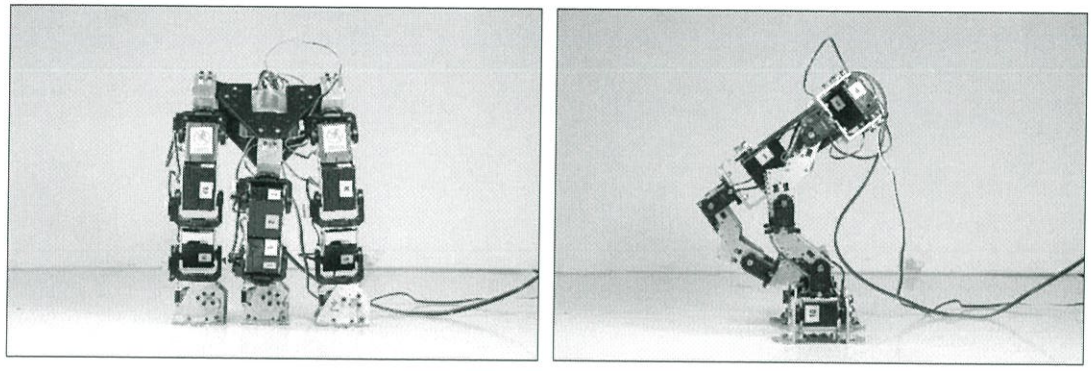
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	5	120	3	130	-6	115	17	-61	94	2	-119	24	-62	99	5



รูปที่ 4.32 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 22 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.32 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 23 ของท่า Walking

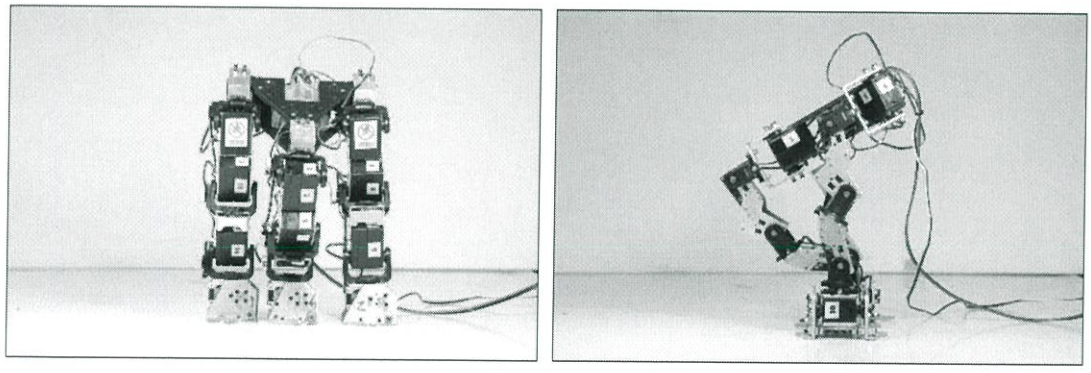
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	5	91	3	125	-2	116	31	7	64	3	-119	29	-2	68	5



รูปที่ 4.32 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 23 ของท่า Walking

ตารางที่ 4.33 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 24 ของท่า Walking

หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	1	102	28	101	-4	122	75	77	30	0	-120	59	41	48	1

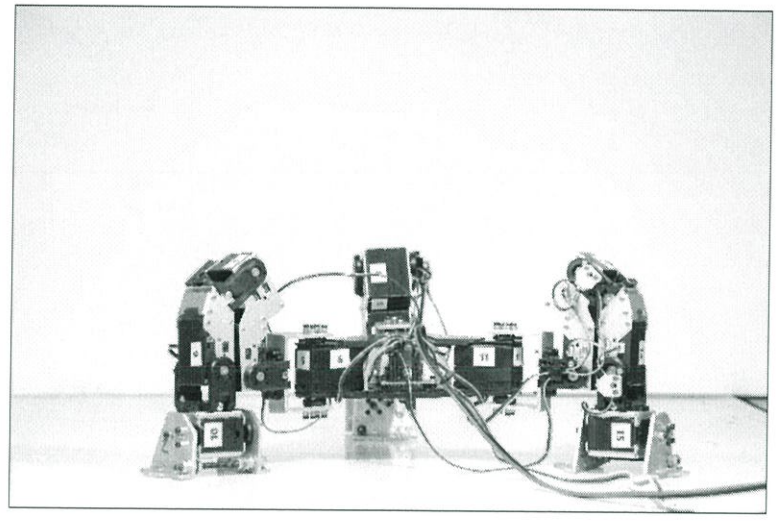


รูปที่ 4.33 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 24 ของท่า Walking

4.2.4 การเคลื่อนไหวของลำตัวเมื่อหุ่นยนต์อยู่ตำแหน่งเดิม

ตารางที่ 4.34 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 1 ของท่า HomeSit

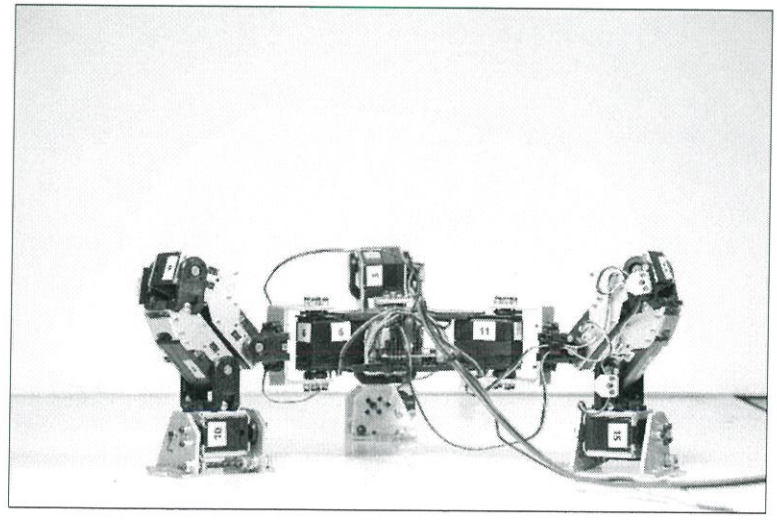
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	2	-88	-100	16	-3	1	-88	-99	14	0	-1	-88	-104	16	-2



รูปที่ 4.34 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 1 ของท่า HomeSit

ตารางที่ 4.35 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 2 ของท่า HomeSit

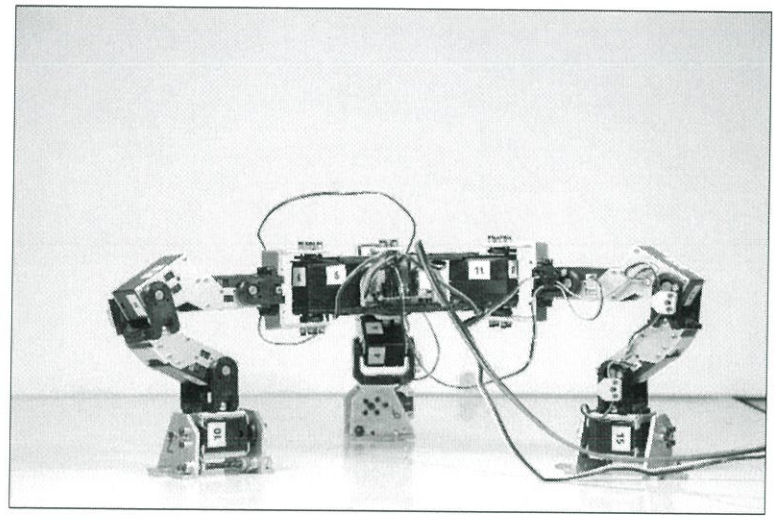
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	1	-44	-97	54	-3	2	-47	-99	55	2	2	-53	-102	51	-1



รูปที่ 4.35 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 2 ของท่า HomeSit

ตารางที่ 4.36 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 3 ของท่า HomeSit

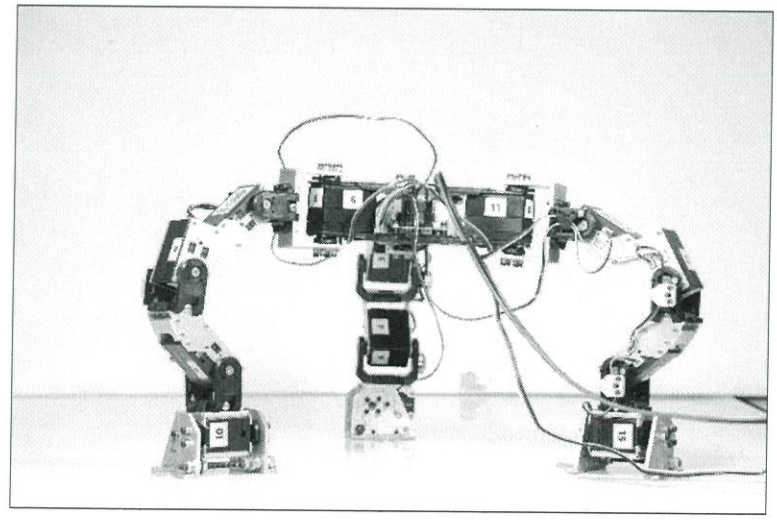
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	1	1	-71	72	-1	2	1	-74	78	2	2	3	-66	67	2



รูปที่ 4.36 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 3 ของท่า HomeSit

ตารางที่ 4.37 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 4 ของท่า HomeSit

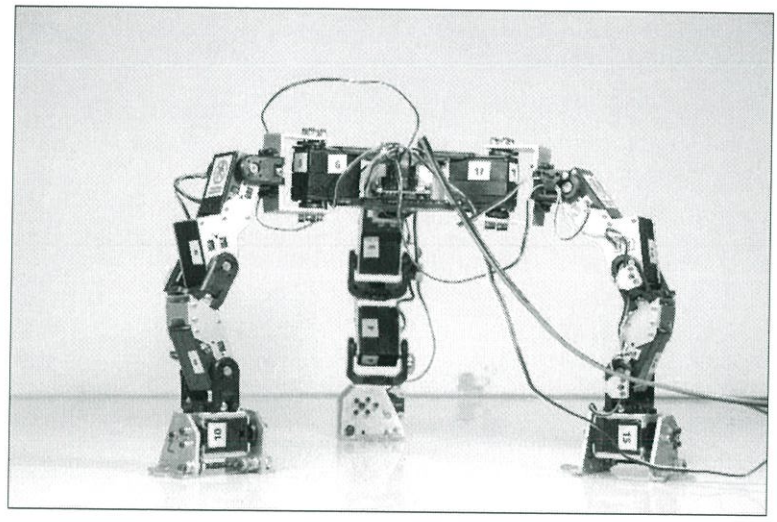
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	1	37	-22	58	0	2	43	-13	56	1	2	28	-34	63	0



รูปที่ 4.37 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 4 ของท่า HomeSit

ตารางที่ 4.38 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 5 ของท่า HomeSit

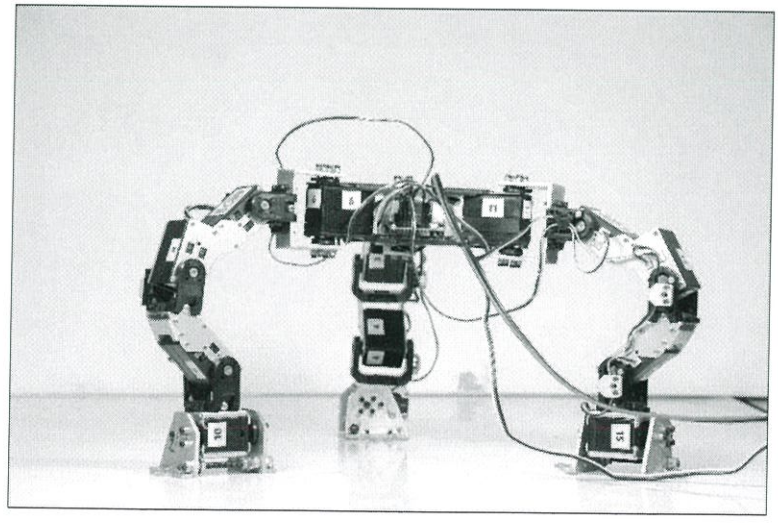
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	2	59	17	44	1	3	74	40	35	2	2	48	14	36	0



รูปที่ 4.38 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 5 ของท่า HomeSit

ตารางที่ 4.39 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 6 ของท่า HomeSit

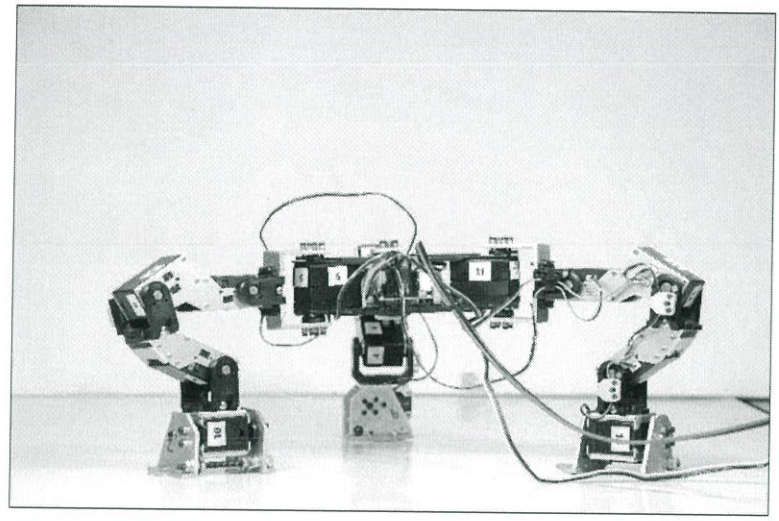
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	1	37	-22	58	0	2	43	-13	56	1	2	28	-34	63	0



รูปที่ 4.39 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 6 ของท่า HomeSit

ตารางที่ 4.40 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 7 ของท่า HomeSit

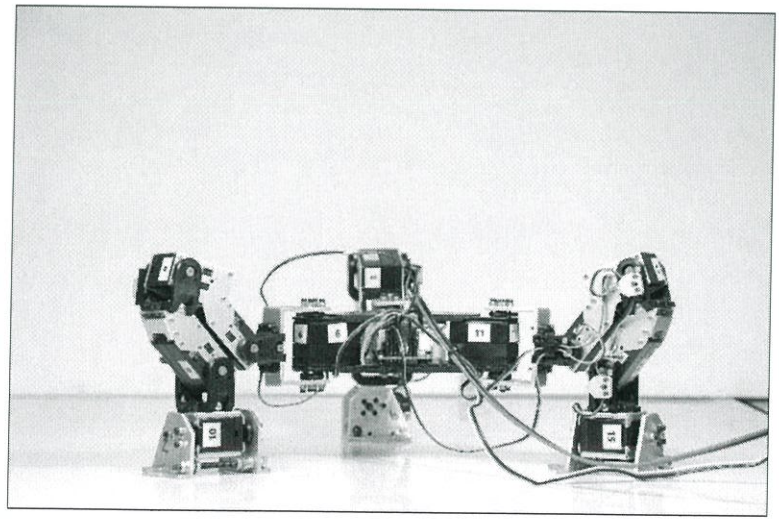
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	1	1	-71	72	-1	2	1	-74	78	2	2	3	-66	67	2



รูปที่ 4.40 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 7 ของท่า HomeSit

ตารางที่ 4.41 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 8 ของท่า HomeSit

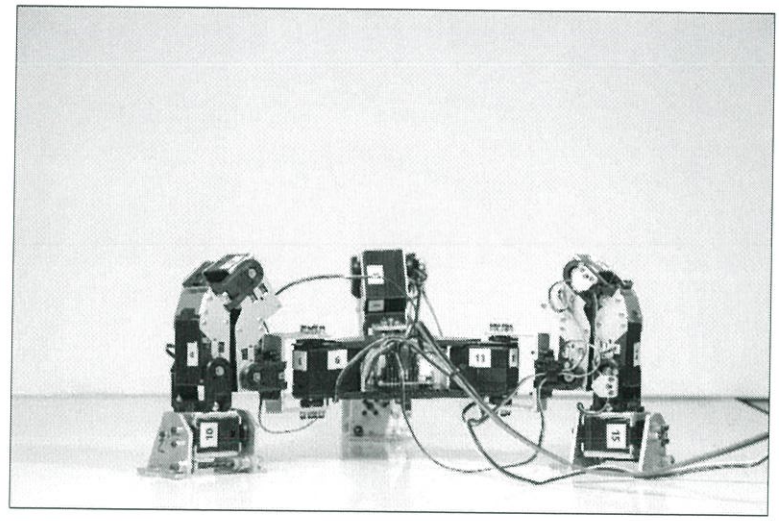
หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	1	-44	-97	54	-3	2	-47	-99	55	2	2	-53	-102	51	-1



รูปที่ 4.41 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 8 ของท่า HomeSit

ตารางที่ 4.42 ตำแหน่งองศาของเซอร์โวมอเตอร์ในจังหวะที่ 9 ของท่า HomeSit

หมายเลขของเซอร์โวมอเตอร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
องศา	2	-88	-100	16	-3	1	-88	-99	14	0	-1	-88	-104	16	-2



รูปที่ 4.42 ท่าทางของหุ่นยนต์สามขาในจังหวะที่ 9 ของท่า HomeSit

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุป

โครงงานปริญญานิพนธ์นี้เป็นการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์สามขาต้นแบบขึ้นมาและสามารถควบคุมหุ่นยนต์ให้สามารถเคลื่อนไหว โดยได้บรรลุวัตถุประสงค์หลักที่ได้ตั้งไว้ทั้งหมด ซึ่งได้แก่ การศึกษาหลักการทำงานเบื้องต้นของหุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็นขา การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์เป็นต้นกำลัง ศึกษาโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ และทดลองควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ในรูปแบบต่างๆ

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

ปัญหาหลักของการทำงานคือ เนื้อหาเอกสารที่อ้างอิงส่วนใหญ่ที่ใช้ในการศึกษาและการทำงานของอุปกรณ์เป็นภาษาญี่ปุ่น ทำให้ต้องใช้เวลาในการศึกษาเป็นเวลานาน ซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดในการทดลองทำให้เซอร์โวมอเตอร์เกิดความเสียหายขณะที่ทดลองใช้ และปัญหาในเรื่องของแบตเตอรี่ที่ไม่เพียงพอต่อการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์จำนวน 15 ตัวซึ่งทำให้สามารถใช้งานได้เพียงแค่ 10 - 15 นาทีเท่านั้น ทำให้ต้องเปลี่ยนแหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟจากภายนอกเพื่อใช้ในการทดลอง และปัญหาที่สำคัญซึ่งเกิดจากการตัดแบบ เนื่องจากชิ้นงานส่วนใหญ่เป็นอะลูมิเนียมและชิ้นงานที่ต้องการใช้แต่ละชิ้นมีขนาดเล็ก และอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดไม่สามารถให้ความแม่นยำ จึงยากที่จะขึ้นรูปอะลูมิเนียมให้มีลักษณะถูกต้องตามแบบซึ่งทำให้มีชิ้นส่วนบางชิ้นมีความผิดเพี้ยนจากแบบ ส่งผลต่อการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. พัฒนาการติดต่อสื่อสารจากใช้สายเป็นแบบไร้สาย และติดตั้งแหล่งพลังงานภายในตัวหุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถนำเข้าไปปฏิบัติงานในภาคสนามจริงได้

2. พัฒนาเท้าให้สามารถติดตั้งกล้องเข้าไปอยู่ในเท้าหรือที่เรียกว่าระบบ “ตาในมือ (eye-in-hand) ” เพื่อให้เท้าหุ่นยนต์ทำหน้าที่เป็นตาของหุ่นยนต์ ใช้ในการสำรวจและตรวจสอบพื้นที่ได้จริง

3. ใช้เซอร์โวมอเตอร์ที่มีสมรรถภาพสูงกว่าเดิม เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถรับน้ำหนักของหุ่นยนต์ที่มากขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวให้แม่นยำมากขึ้น

4. พัฒนาระบบในการตรวจสอบสิ่งกีดขวางที่ทำหน้าที่เปรียบเสมือนดวงตาของหุ่นยนต์ตรวจจับและส่งค่ากลับมาเป็นระยะทางว่าตัวหุ่นอยู่ห่างจากพื้นเป็นระยะเท่าใด เพื่อไปวิเคราะห์ว่าหุ่นยนต์จะสามารถข้ามสิ่งกีดขวางนี้ไปได้หรือไม่ หรือหากข้ามไม่ได้จะสามารถหลีกเลี่ยงไปด้านใดได้บ้าง

5. พัฒนารูปแบบการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ให้หลากหลาย เพื่อให้หุ่นยนต์มีความสามารถที่มากขึ้น

บรรณานุกรม

[1] พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ. *ฟิสิกส์ มหาวิทยาลัย 2*. บริษัทวิทยพัฒน์ จำกัด,2552.

[2] บุญเจตน์ แจ่มจันทร์ และคนอื่นๆ. *หุ่นยนต์ 2 ขา*. ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิตสาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[3] ธนดิตถ์ สุรังษี,พิศาล สุขสามและอภิวัฒน์ พลสันติกุล. *การพัฒนาและควบคุมต้นแบบหุ่นยนต์ห้าขา*. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[4] Hibbeler, R. C. 2550. *Engineering Mechanics Statics*. Singapore : Pearson/ Prentice Hall.

[5] Kondo Kagaku co.,ltd. 2552. *ICS3.0 Command Reference Manual*. (หน้า 1-10)

[6] Kondo Kagaku co.,ltd. 2556. *ICS3.5 Serial Manager V1.1.2*.

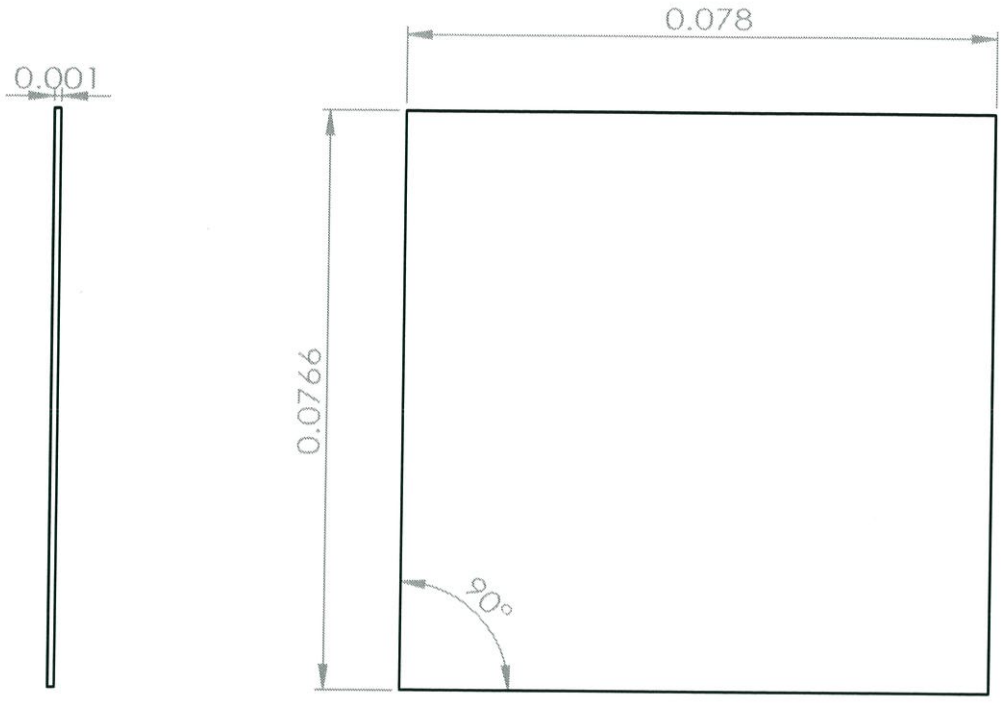
[7] Kondo Kagaku co.,ltd. 2553. *HTH4 Basic Program*. (หน้า 10-23)

[8] Kondo Kagaku co.,ltd. 2556. *วิธีการควบคุมเซอร์โซมอเตอร์แบบอนุกรม* (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://kondo-robot.com/faq/serial-servo-method-tech. 17 ตุลาคม 2556.

[9] Premier. 2009. *การควบคุม Servo motor* (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.premier-ac.co.th/index.php?lay=boardshow&ac= webboard_show&No=1195843. 25 ตุลาคม 2556.

ภาคผนวก

แบบพิมพ์เขียว
จากโปรแกรม Solid Work



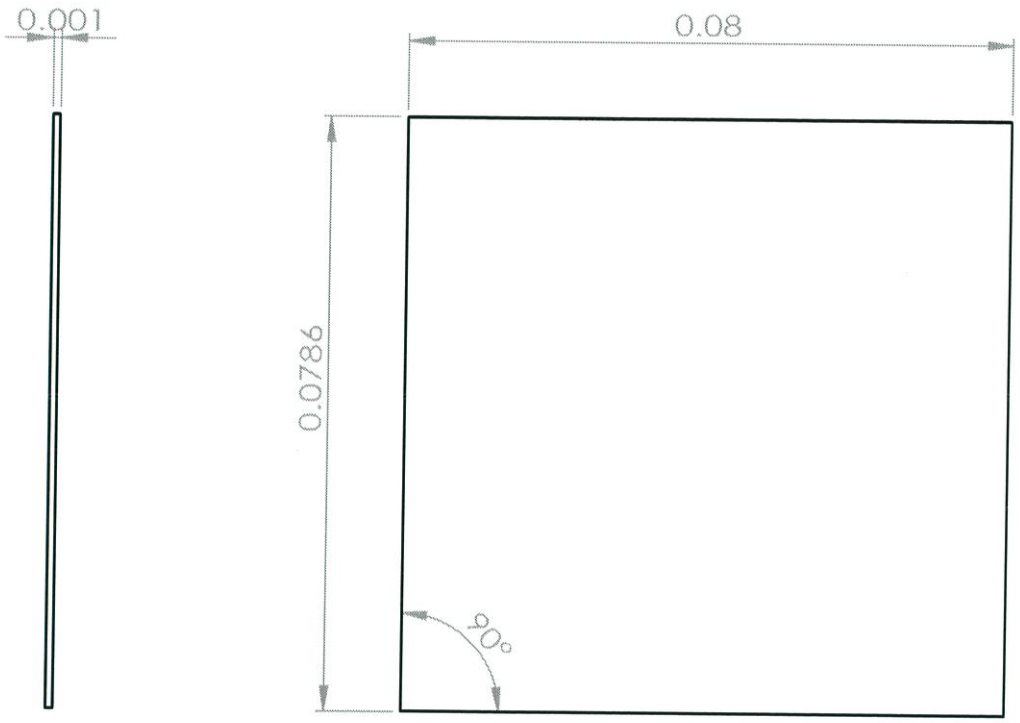
ESS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS ACE FINISH: RANCES: EAR: GULAR:	FINISH: 6/12/2013 PHASE - 2			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			
VN	ANTIPAP WATCHARAYOTHIN		6/12/2013			
D	ANTIPAP WATCHARAYOTHIN		6/12/2013			
D	ANTIPAP WATCHARAYOTHIN		6/12/2013			
	ANTIPAP WATCHARAYOTHIN		6/12/2013			
	ANTIPAP WATCHARAYOTHIN		6/12/2013	MATERIAL:		

TITLE: Body Cover (1st,2nd,3rd-Layer) - Defense KRS-2552RHV.
- Rubber (ESD) 1mm.
- Out side.
- 1 piece.

DWG NO.

A1

ASE2][Finish][ALL]BodyCoverSide - 1st - 2nd - 3rd -



ESS OTHERWISE SPECIFIED:
ENSIONS ARE IN MILLIMETERS
ACE FINISH:
RANCES:
EAR:
GULAR:

FINISH: 6/12/2013

PHASE - 2

DEBUR AND BREAK SHARP EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
VN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		6/12/2013
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		6/12/2013
'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		6/12/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		6/12/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		6/12/2013

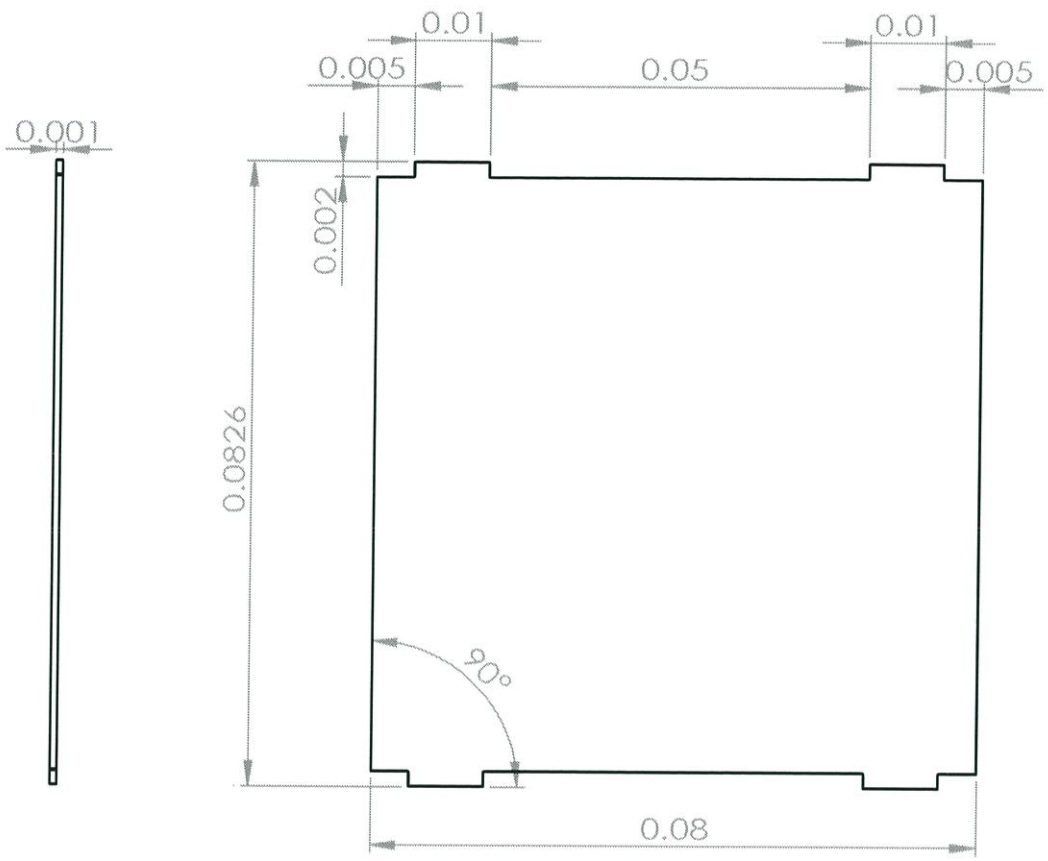
TITLE: Body Cover (1st,2nd,3rd-Layer) - Defense KRS-2552RHV.
- Rubber 1mm.
- In side.
- 1 piece.

MATERIAL:

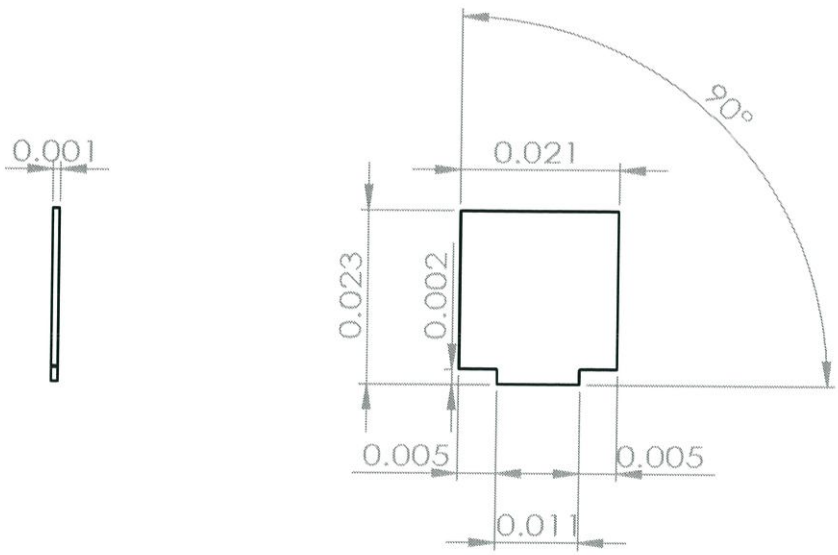
DWG NO.

A4

ASE2][DRAWING][Finish][ALL]BodyCoverSide - 1st

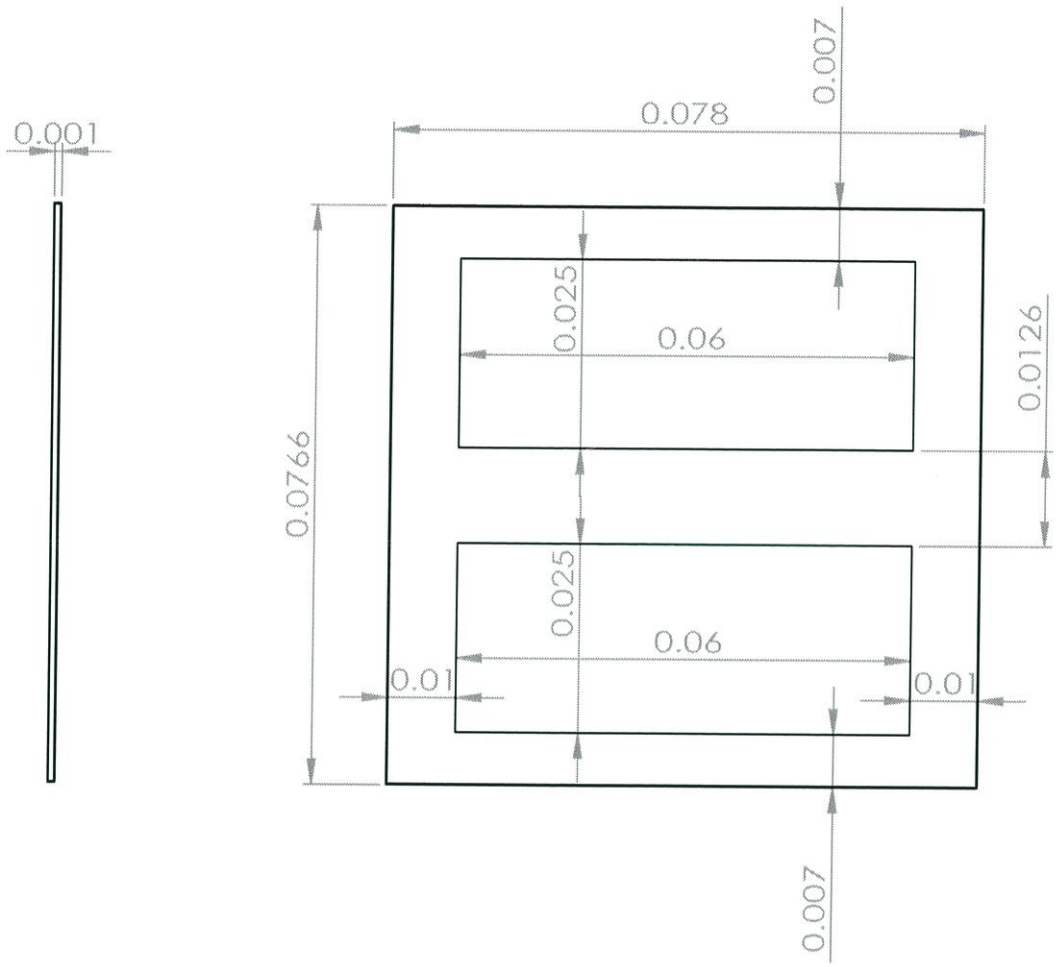


ESS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS FACE FINISH: ERANCES: NEAR: NGULAR:	FINISH: 6/12/2013 PHASE - 2		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			
WN	SANTIPAP WATCHARAYOTHAN		6/12/2013		TITLE: Body Cover (1st,2nd,3rd-Layer) - Defense KRS-25521RHV. - Arclylic 1 mm. - Middern. - 1 piece.	
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHAN		6/12/2013			
'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHAN		6/12/2013			
	SANTIPAP WATCHARAYOTHAN		6/12/2013			
	SANTIPAP WATCHARAYOTHAN		6/12/2013	MATERIAL:	DWG NO. [PHASE2] [DRAWING] [Finish] [ALL] BodyCover	A4
				WEIGHT:	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1

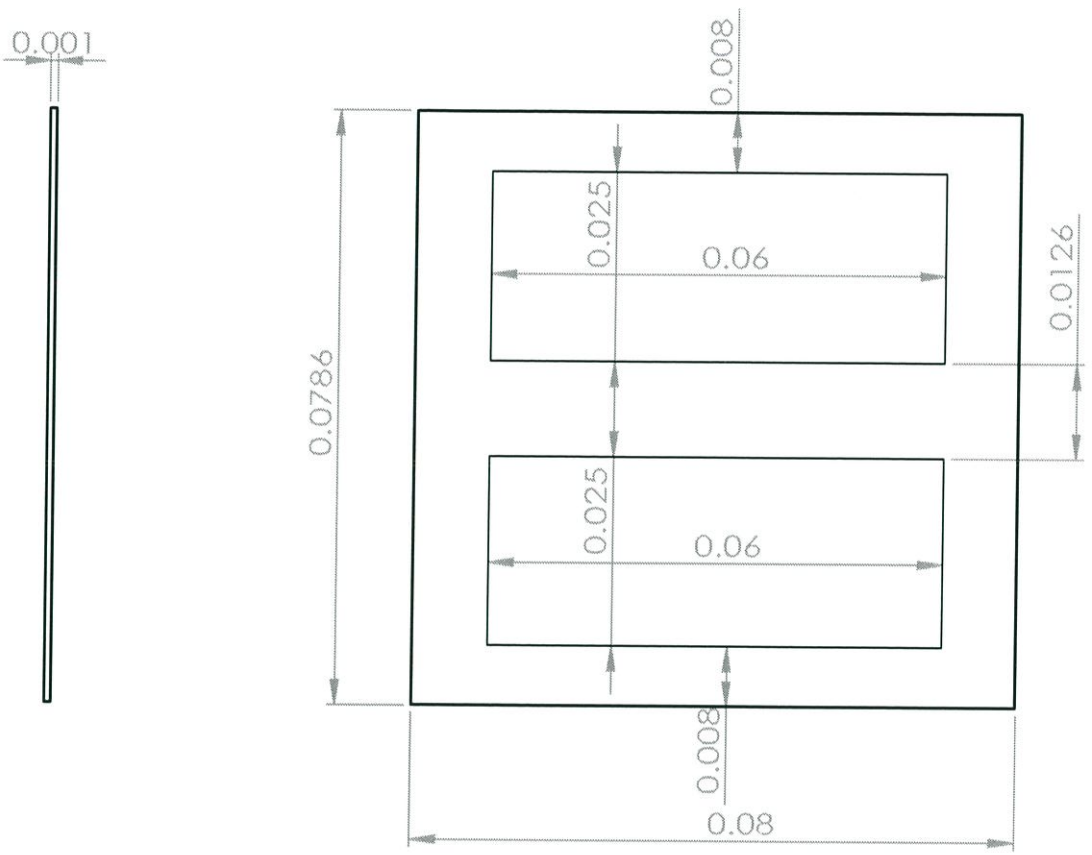


ESS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS FACE FINISH: ERANCES: IEAR: IGULAR:	FINISH: 6/12/2013 PHASE - 2		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			
WN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		6/12/2013			
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		6/12/2013			
'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		6/12/2013			
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		6/12/2013			
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		6/12/2013	MATERIAL:	DWG NO. [PHASE2][DRAWING][ALL]BodyCoverSide - 2nd	A4
				WEIGHT:	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1

TITLE: Body Cover Up Side (1st-Layer.) - Up side KRS-2552RHV.
- Arclylic 1 mm.
- 3 piece.

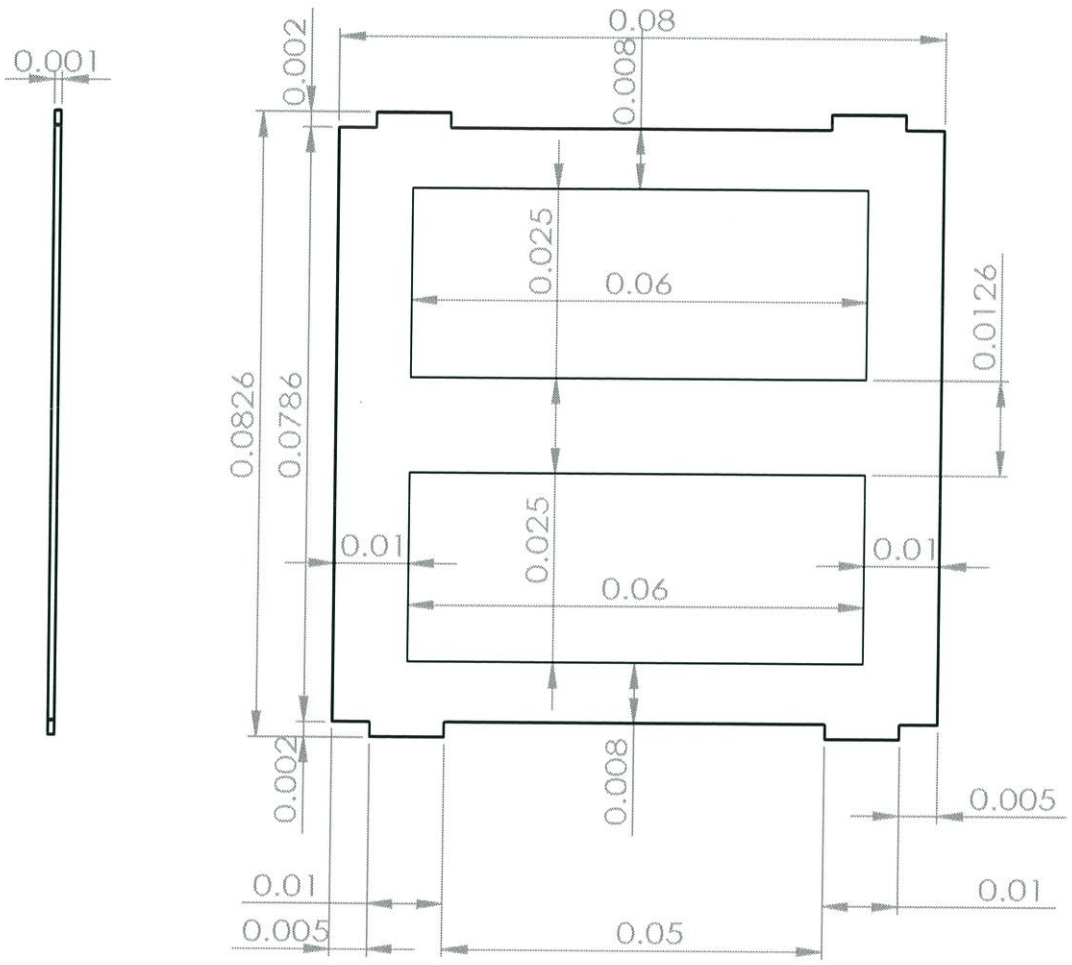


ESS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS FACE FINISH: ERANCES: NEAR: NGULAR:	FINISH: 8/12/2013 PHASE - 2		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Body Cover (window) (1st,2nd,3rd-Layer.) - Rubber 1 mm. - In side. - 2 piece.		
WN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		8/12/2013			
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		8/12/2013			
V'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		8/12/2013			
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		8/12/2013			
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		8/12/2013	MATERIAL:	DWG NO. F2][DRAWING][ALL]BodyCoverSideWindow - 1st	A4
				WEIGHT:	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1

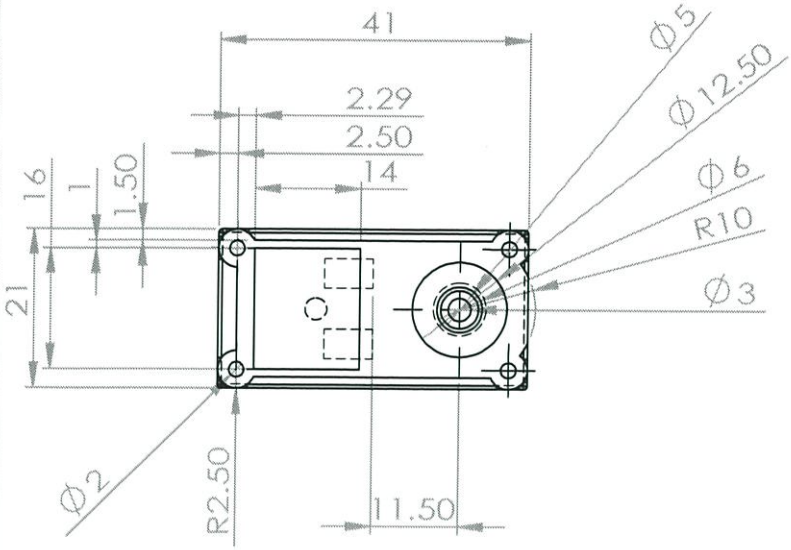


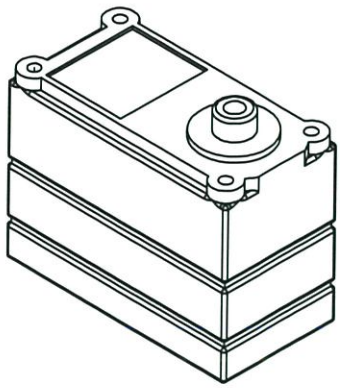
ESS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS FACE FINISH: ERANCES: NEAR: NGULAR:	FINISH: 8/12/2013 PHASE - 2		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	
	NAME	SIGNATURE	DATE			
WN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		8/12/2013			
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		8/12/2013			
V'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		8/12/2013			
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		8/12/2013			
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		8/12/2013	MATERIAL:	DWG NO.	A4
2][DRAWING][ALL]BodyCoverSideWindow - 1st						
				WEIGHT:	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1

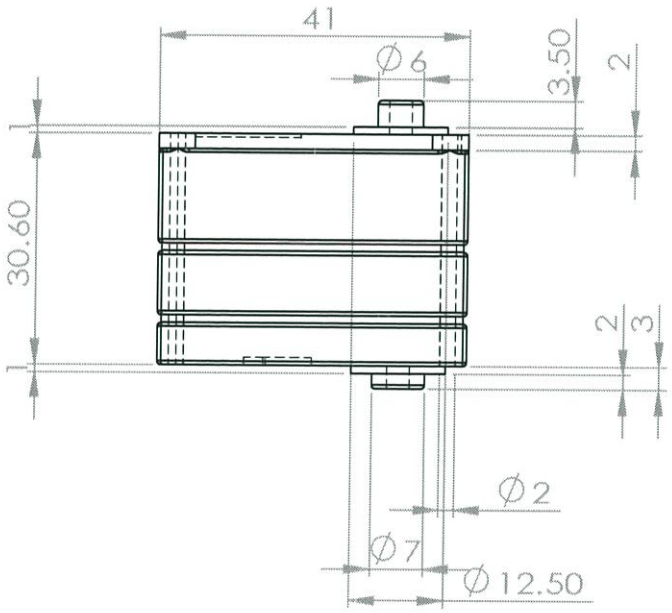
TITLE: Body Cover (window) (1st,2nd,3rd-Layer.)
- Rubber 1 mm.
- Out side.
- 2 piece.

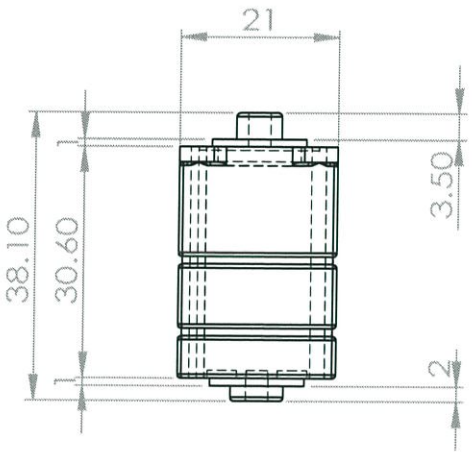


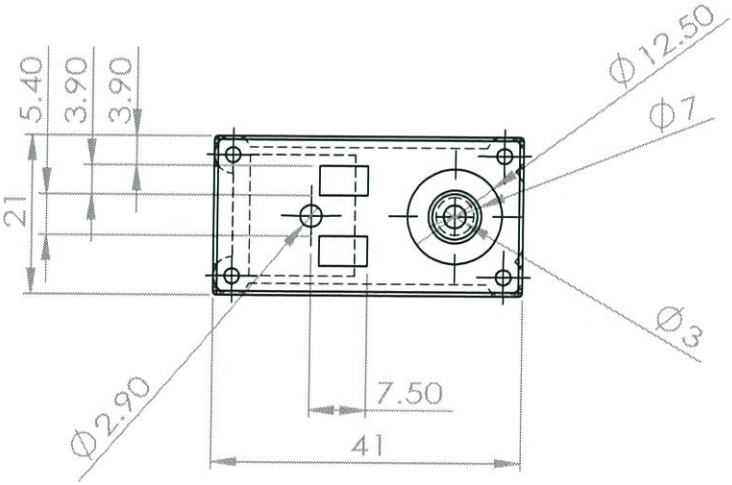
ESS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS ACE FINISH: RANCES: EAR: GULAR:	FINISH: 8/12/2013 PHASE - 2		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	
	NAME	SIGNATURE	DATE				
WN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		8/12/2013		TITLE: Body Cover Side (1st,2nd,3rd-Layer.) - Arclylic 1 mm. - Middern. - 2 piece.		
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		8/12/2013				
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		8/12/2013				
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		8/12/2013				
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		8/12/2013	MATERIAL:	DWG NO.		A4
[PHASE2][DRAWING][Finish][ALL]BodyCoverSide							
				WEIGHT:	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1	

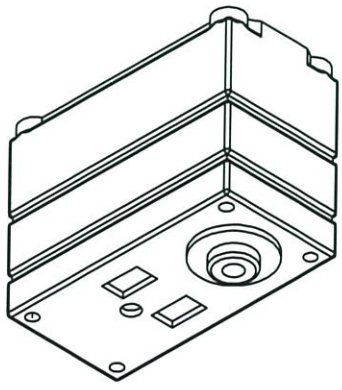




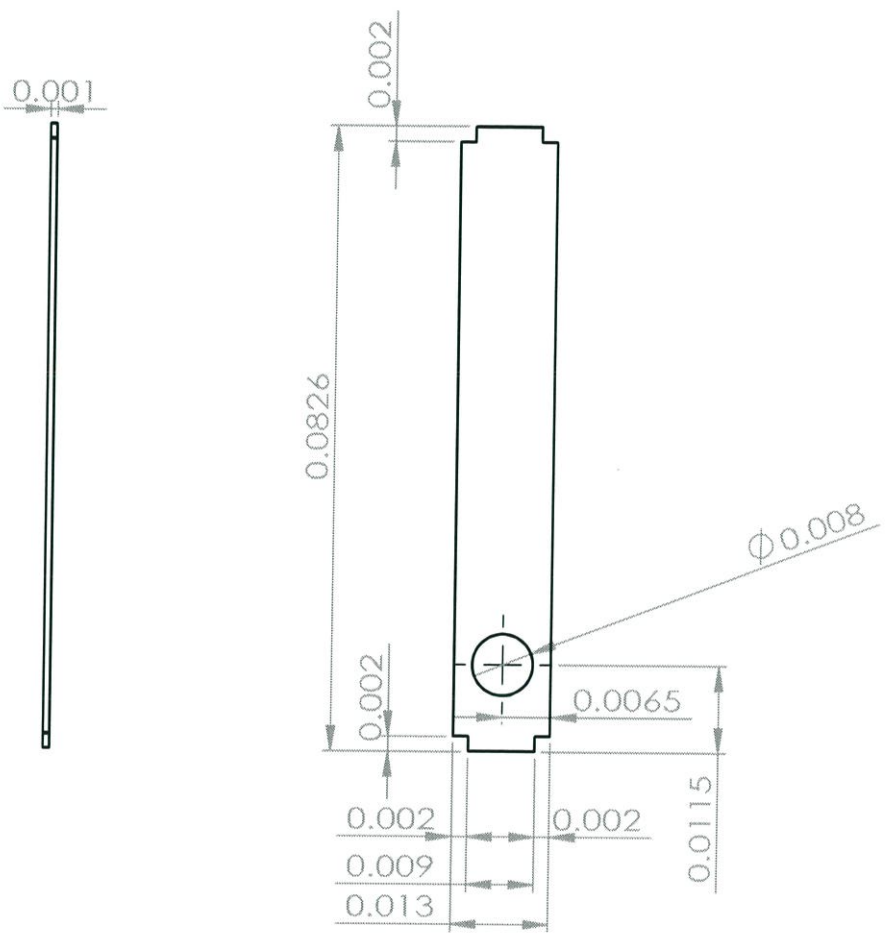




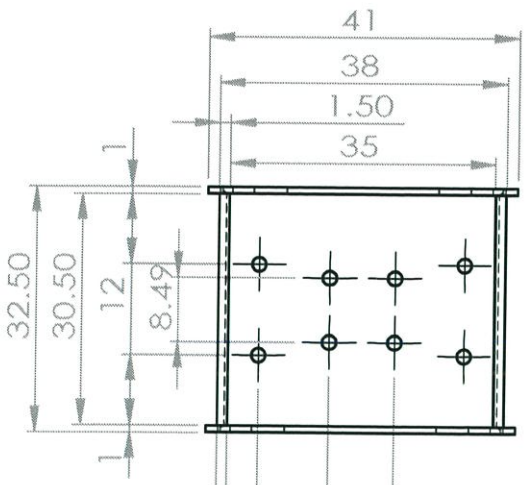


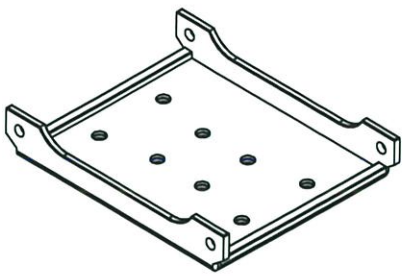


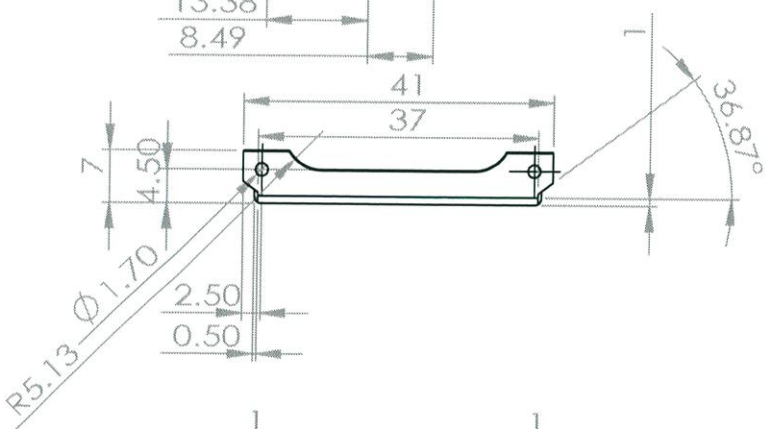
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH: 23/11/2013		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
		PHASE - 2					
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE: KRS-2552RHV (Kondo) - 15 Piece.	
DRAWN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		08/9/2013			KONDO Product	
CHK'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013				
APPV'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013				
MFG	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013				
Q.A	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013	MATERIAL: Plastic		DWG NO. [PHASE2][DRAWING][ALL]KRS-2	A4
				WEIGHT: 41.5 grams		SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1

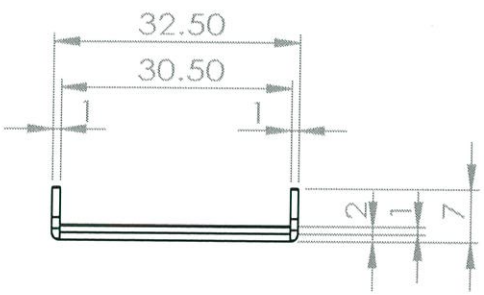


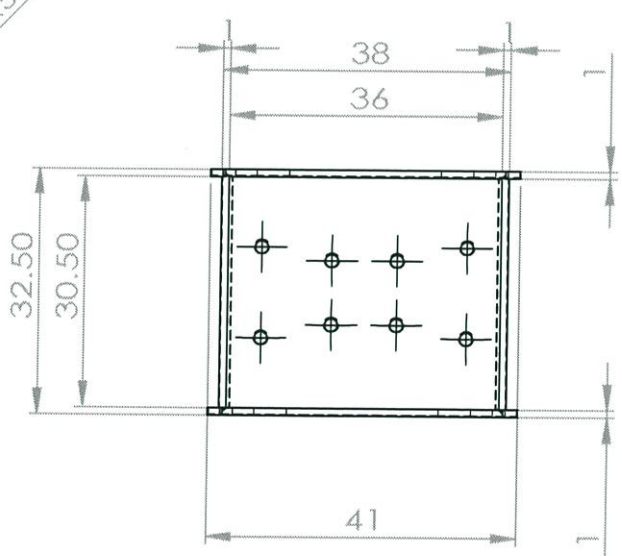
ESS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS FACE FINISH: ERANCES: NEAR: NGULAR:	FINISH: 10/12/2013 PHASE - 2		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	
	NAME	SIGNATURE	DATE			
WN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013	TITLE: Body Cover. Gate To Leg (Wire Gate) - Acrylic 1 mm. - 1 Hole. - (1M8) - 6 piece.		
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013			
'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013			
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013			
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013	MATERIAL:	DWG NO. [PHASE2][DRAWING][ALL]WireGate	A4
				WEIGHT:	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1

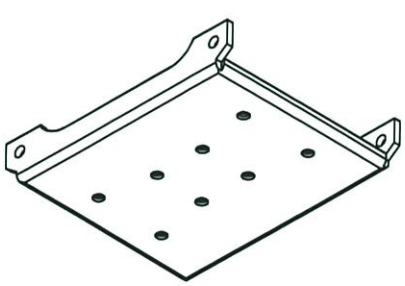












ESS OTHERWISE SPECIFIED:	FINISH: 23/11/2013	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		
ENSIONS ARE IN MILLIMETERS	PHASE - 2					
ACE FINISH:						
RANCES:						
EAR:						
GULAR:						

	NAME	SIGNATURE	DATE
WN	SANTIPAP WATCHARAYOTH- N		08/9/2013
D	SANTIPAP WATCHARAYOTH- N		23/11/2013
'D	SANTIPAP WATCHARAYOTH- N		23/11/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTH- N		23/11/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTH- N		23/11/2013

TITLE: YHR-6 (Kondo)
- Aluminium 1 mm.
- 6 Piece.

KONDO Product

MATERIAL: Aluminium

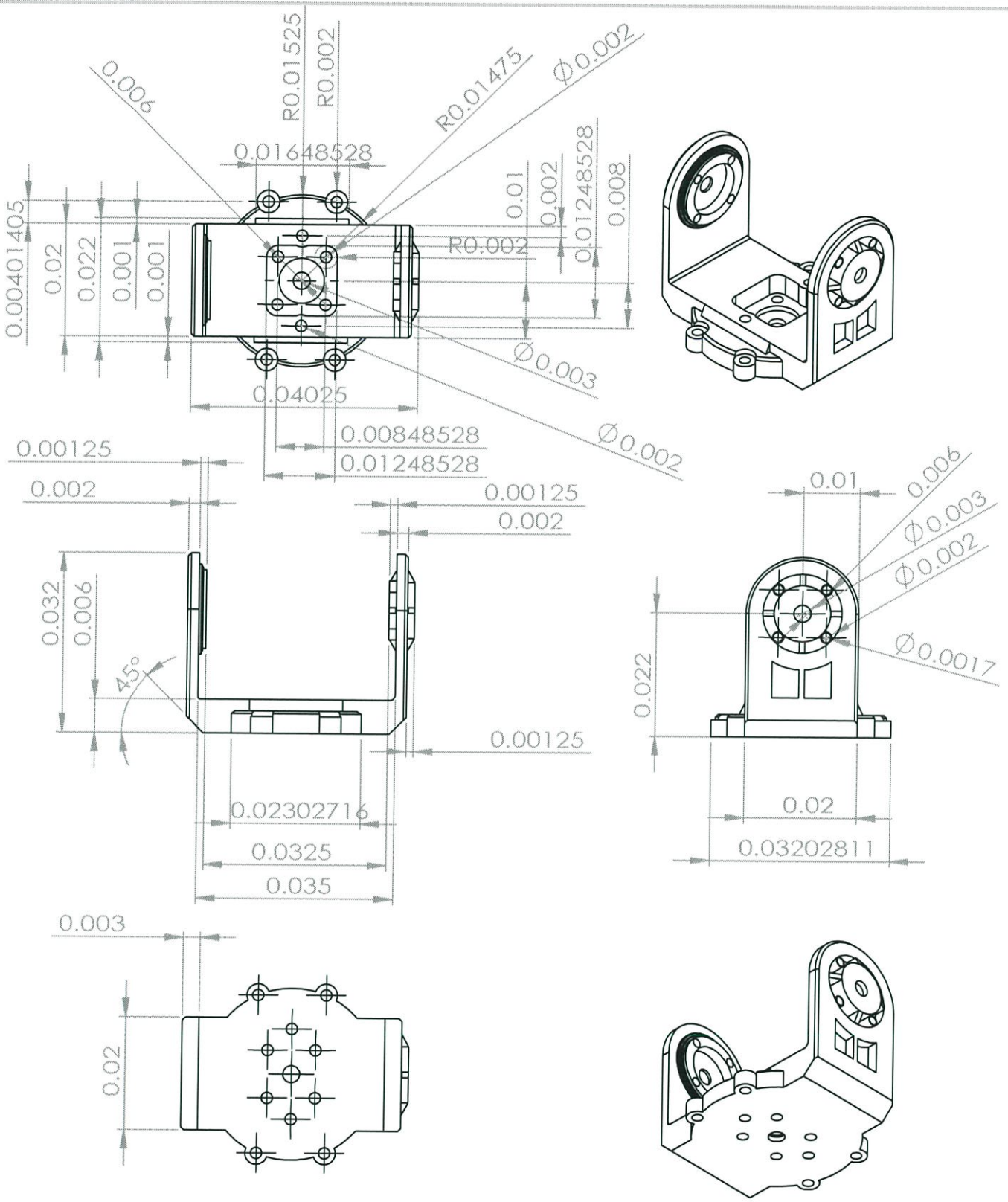
DWG NO. [PHASE2] [DRAWING] [ALL] YH

A4

WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1



ESS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS ACE FINISH: RANCES: EAR: GULAR:	FINISH: 23/11/2013 PHASE - 2	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		

	NAME	SIGNATURE	DATE
WN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		08/9/2013
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013
'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013

TITLE: YHR-A1,YHR-A2,YHR-A3 (Kondo)
- Plastic
- 9 Piece.

KONDO Product

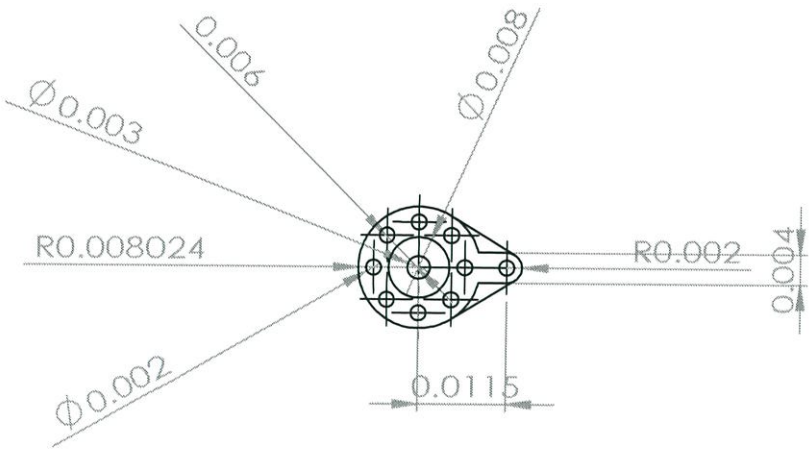
MATERIAL: PLASTIC

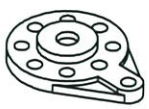
DWG NO. [PHASE2][DRAWING][ALL]YHR-A1_[A4]

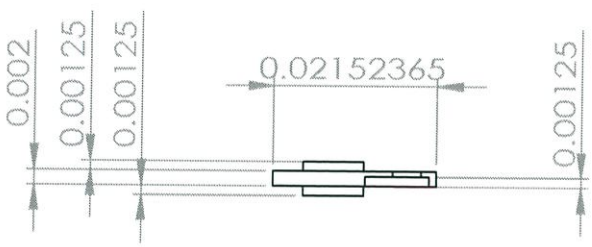
WEIGHT: 7.66 grams.

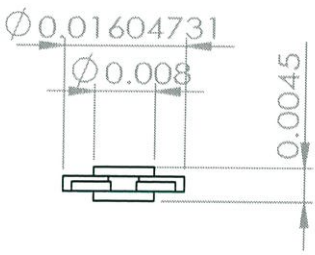
SCALE:1:1

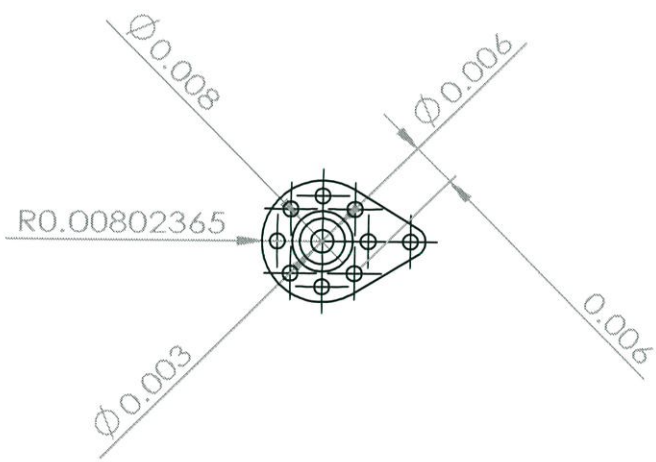
SHEET 1 OF 1











SS OTHERWISE SPECIFIED:	FINISH: 23/11/2013	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION			
NSIONS ARE IN MILLIMETERS	PHASE - 2						
ACE FINISH:							
RANCES:							
EAR:							
GULAR:							

	NAME	SIGNATURE	DATE				
YN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		08/9/2013				
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013				
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013				
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013				
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013				

TITLE: YHR-A1-4 (Kondo)
- Aluminium.
- 9 Piece.

KONDO Product

MATERIAL: Plastic

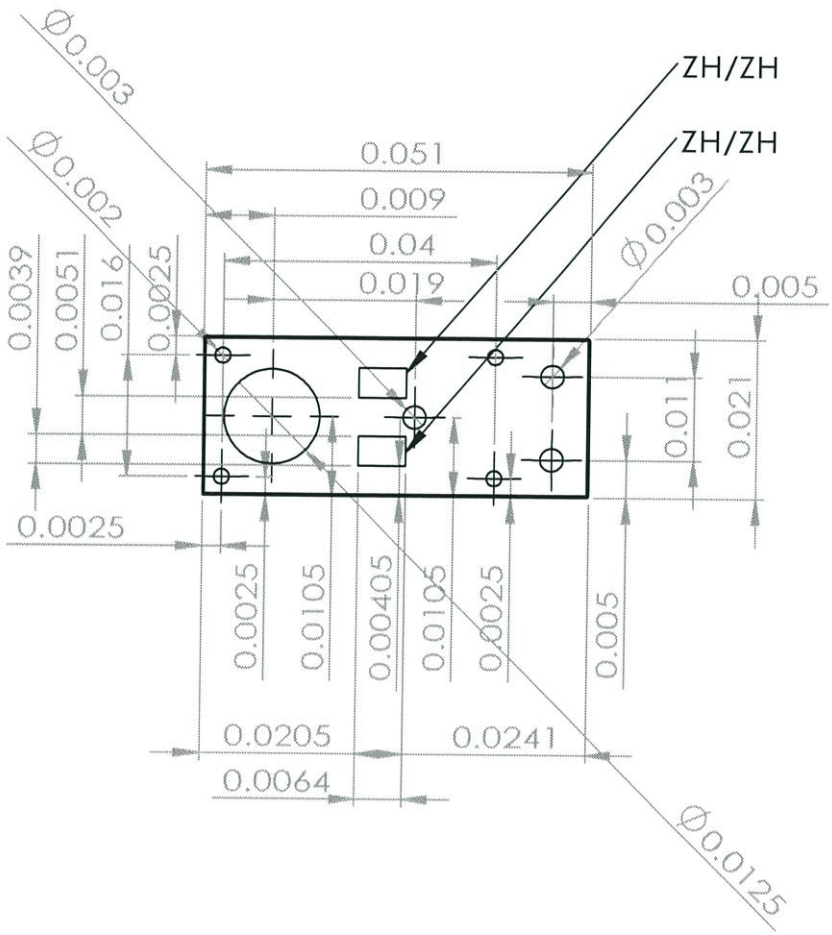
DWG NO. [PHASE2] [DRAWING] [ALL] YHR

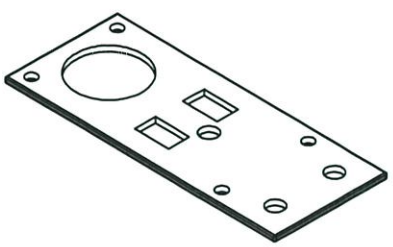
A4

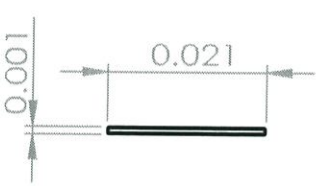
WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1







ESS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS FACE FINISH: ERANCES: NEAR: NGULAR:	FINISH: 23/11/2013 PHASE-2	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		

	NAME	SIGNATURE	DATE
WN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013
'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013

TITLE: Cover docking servo motor
- Aluminium 1 mm.
- 8 Hole. - (1M12,4M2,3M3)
- 3 leg pattern.
- 3 Piece. -1.[LEG-1]Cover_KRS-2552RHV_Body_bottom
2.[LEG-2]Cover_KRS-2552RHV_Body_bottom
3.[LEG-3]Cover_KRS-2552RHV_Body_bottom

MATERIAL:

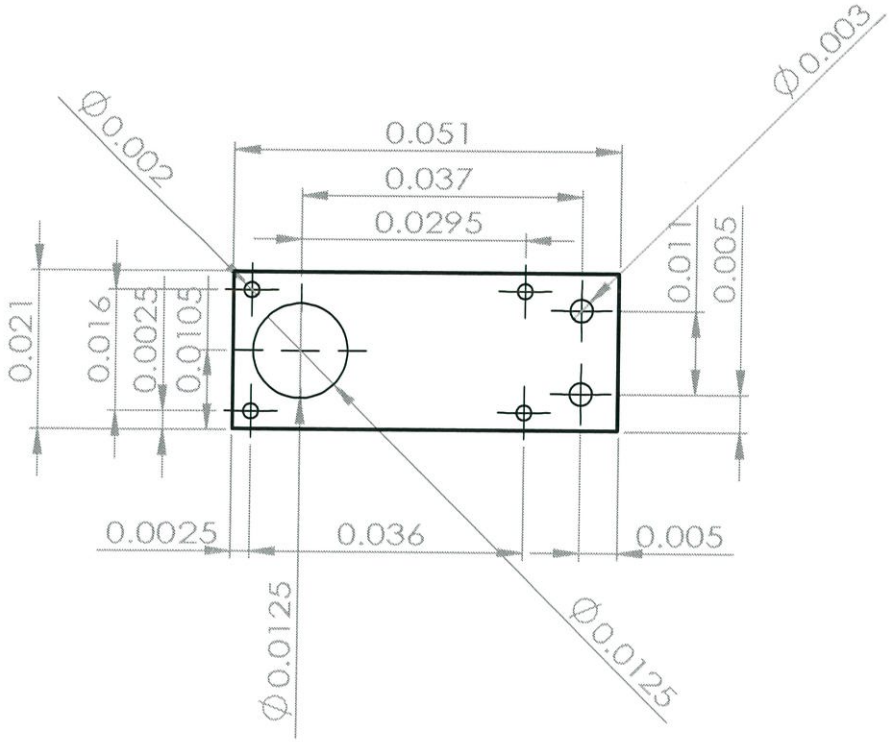
DWG NO. [PHASE2][DRAWING][Finish][LEG-1]Cover_KRS-2

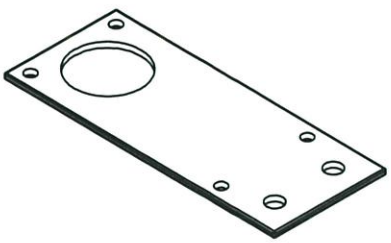
A4

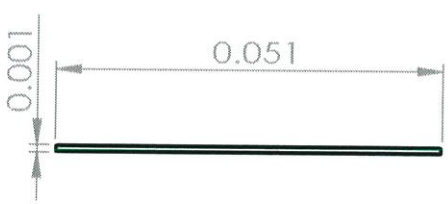
WEIGHT:

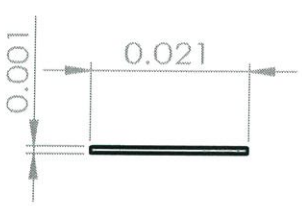
SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

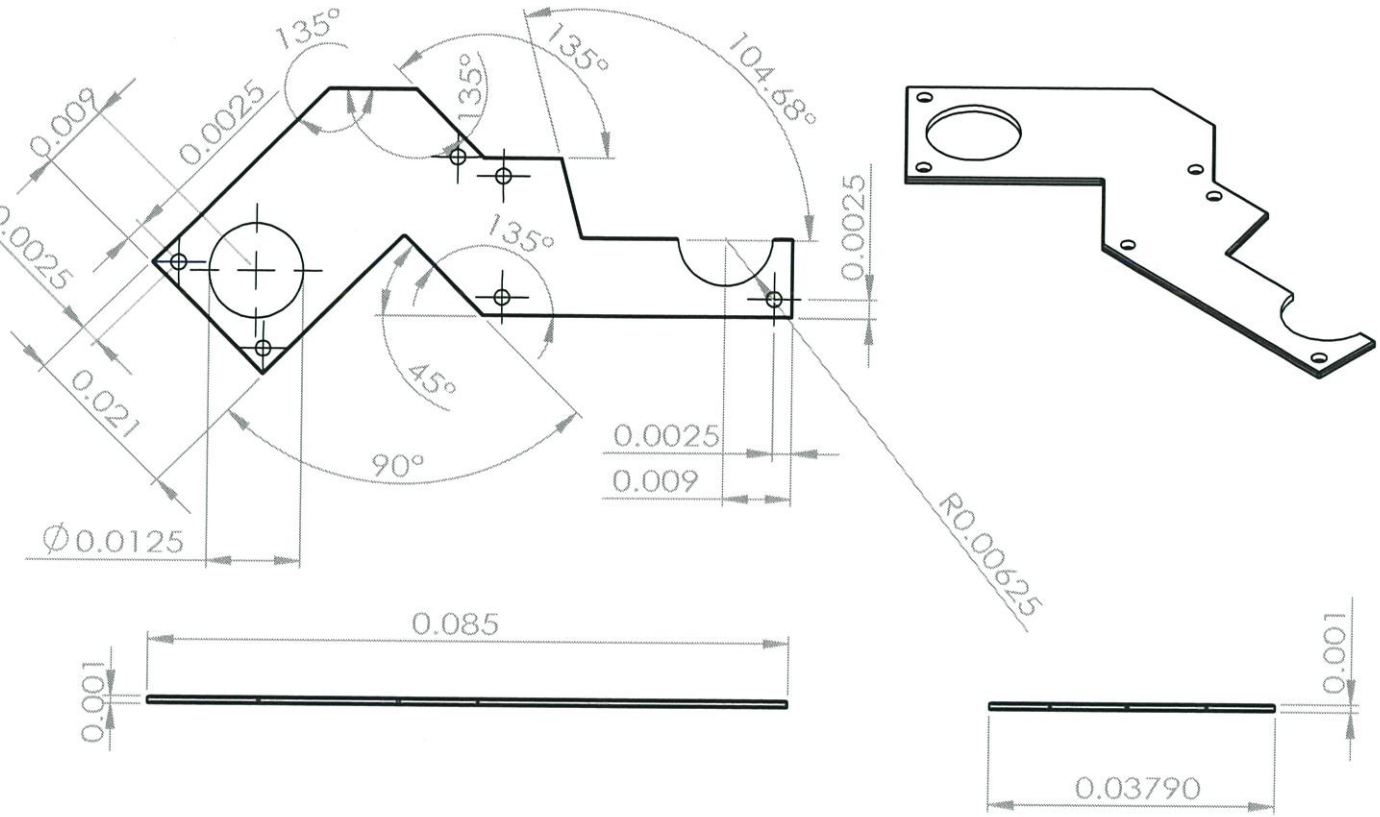


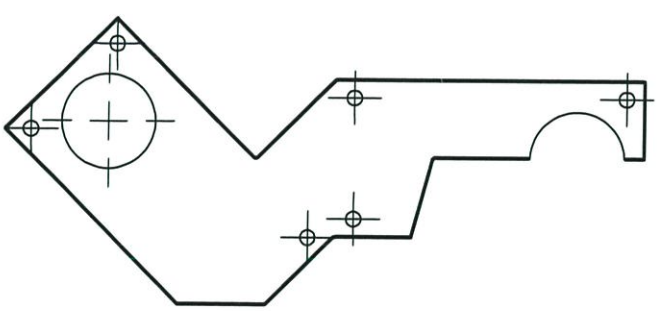






ESS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS ACE FINISH: RANCES: EAR: GULAR:	FINISH: 23/11/2013 PHASE - 2		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Cover docking servo motor - Aluminium 1 mm. - 7 Hole. - (1M12,4M2,2M3) - 3 Leg pattern. - 3 Piece. - 1.[LEG-1]Cover_KRS-2552RHV_Body_Top 2.[LEG-2]Cover_KRS-2552RHV_Body_Top 3.[LEG-3]Cover_KRS-2552RHV_Body_Top		
WN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013			
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013			
'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013			
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013			
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013	MATERIAL:	DWG NO. [PHASE-2] [DRAWING] [Finish] [LEG-1] Cover_KRS	A4
				WEIGHT:	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1





ESS OTHERWISE SPECIFIED:	FINISH: 2/2/2014		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	
ENSIONS ARE IN MILLIMETERS	PHASE - 2					
FACE FINISH:						
ERANCES:						
NEAR:						
NGULAR:						

	NAME	SIGNATURE	DATE
WN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		2/2/2014
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		2/2/2014
'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		2/2/2014
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		2/2/2014
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		2/2/2014

TITLE: Leg Cover
- Aluminium 1 mm.
- 8 Hole. - (6M2,2M12)
- 3 piece 1.[LEG-1]Cover_Leg_Top_1
2.[LEG-2]Cover_Leg_Top_1
3.[LEG-3]Cover_Leg_Top_1

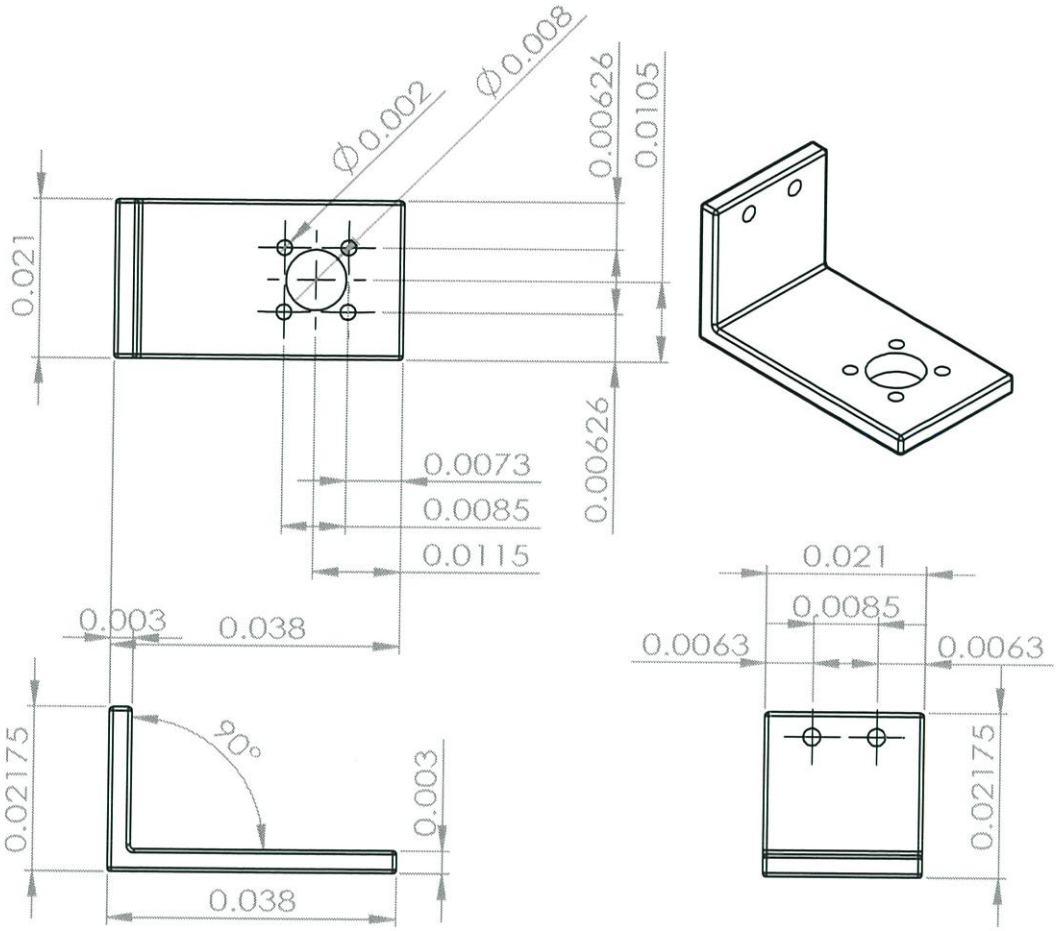
MATERIAL:

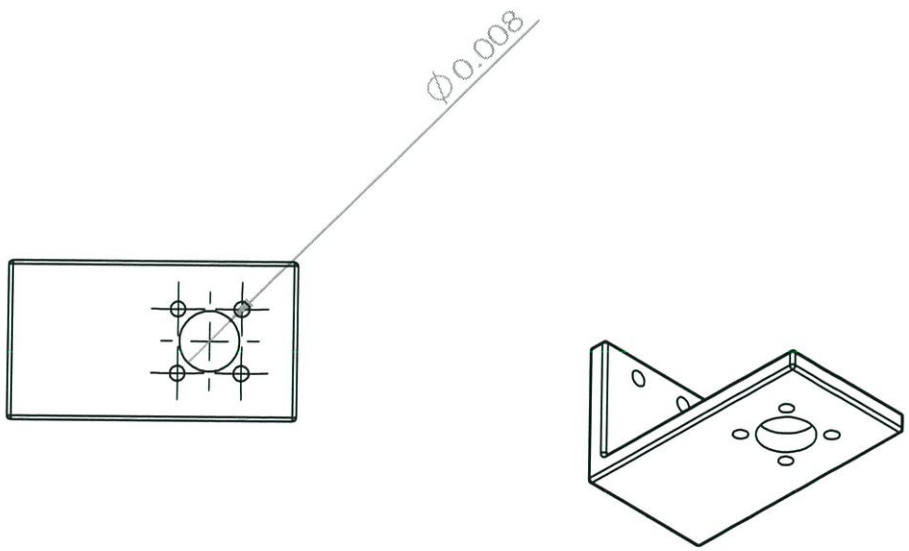
DWG NO. [PHASE2][DRAWING][LEG-1]Cover_ A4

WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1





ESS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS ACE FINISH: RANCES: EAR: GULAR:	FINISH: 10/12/2013 PHASE - 2	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		

	NAME	SIGNATURE	DATE
WN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013
'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013

TITLE: KRS-2552RHV Cover Docking.
- Aluminium 3 mm.
- 7 Hole. - (2M2.3,4M2,1M8)
- 6 piece 1.Join_BaseCover_Body-Leg-1_Bottom.
2.Join_BaseCover_Body-Leg-1_Top.
3.Join_BaseCover_Body-Leg-2_Bottom.
4.Join_BaseCover_Body-Leg-2_Top.
5.Join_BaseCover_Body-Leg-3_Bottom.
6.Join_BaseCover_Body-Leg-3_Top.

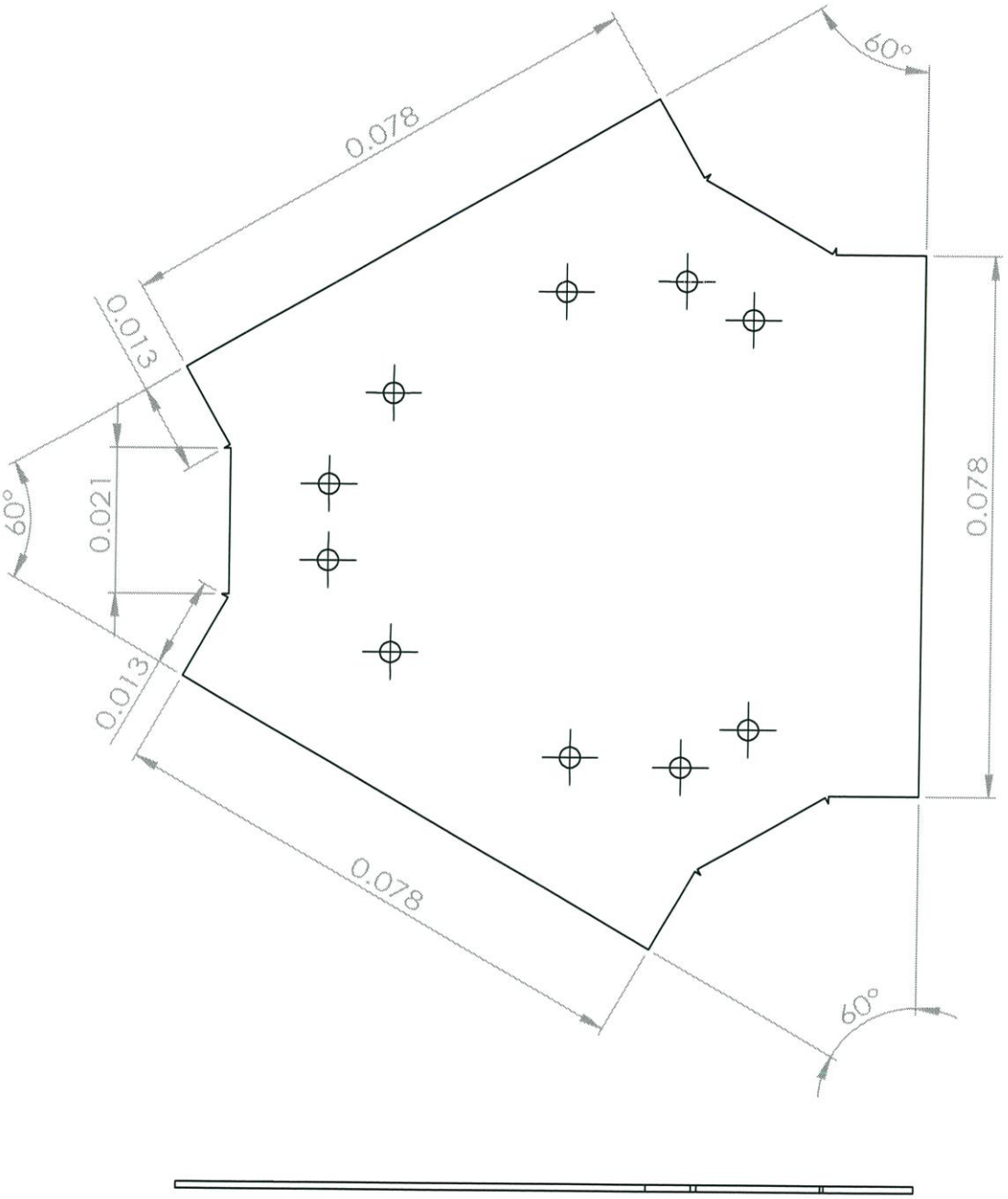
MATERIAL:

DWG NO. [PHASE-2][DRAWING][LEG-1]Join_BaseCover_ A4

WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1



ESS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS FACE FINISH: ERANCES: NEAR: NGULAR:	FINISH:10/12/2013 PHASE - 2	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		

	NAME	SIGNATURE	DATE
WN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013
'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		10/12/2013

TITLE: Body Cover (3rd-Layer.)
- Rubber 1 mm.
- 10 Hole. - (10M3)
- 2 piece - 1.Body_3rdCover_(BottomRoof) - ESD Rubber_Up.
2.Body_2ndCover_(UpperRoof) - ESD Rubber_Up.

BASE On (Hole) Body_3rdCover_(BottomRoof).

MATERIAL:

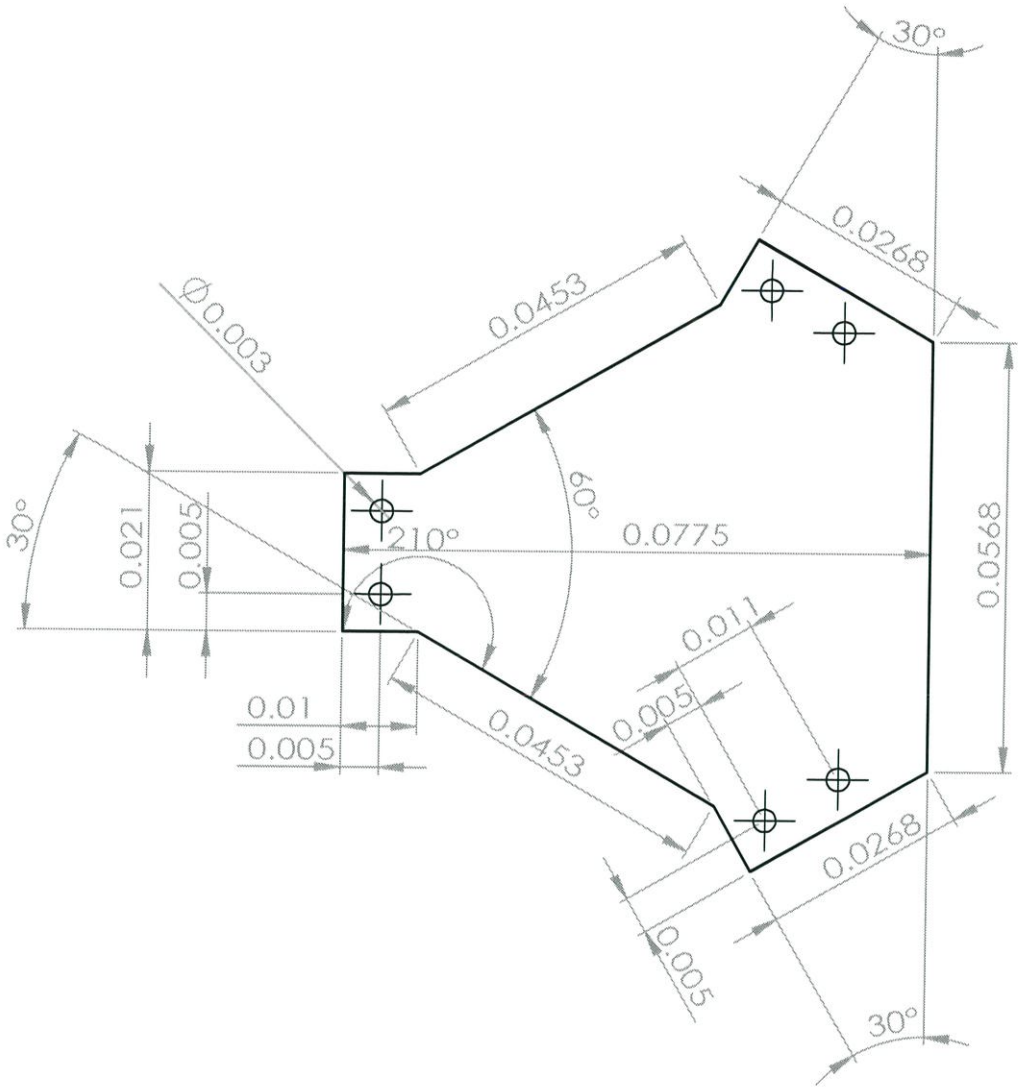
DWG NO. [PHASE2][DRAWING]Body_3rdCover_(BottomR

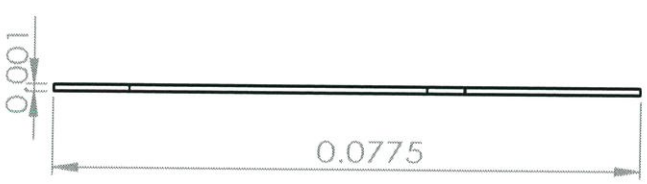
A4

WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1





ESS OTHERWISE SPECIFIED:	FINISH: 6/12/2013		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	
ENSIONS ARE IN MILLIMETERS	PHASE - 2					
ACE FINISH:						
RANCES:						
EAR:						
GULAR:						

	NAME	SIGNATURE	DATE
VN	SANTIPAP WATCHARAYOTH N		6/12/2013
D	SANTIPAP WATCHARAYOTH N		6/12/2013
'D	SANTIPAP WATCHARAYOTH N		6/12/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTH N		6/12/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTH N		6/12/2013

TITLE: PCB (3rd.Layer) - PCB(NanoArduino)
- PCB 1 mm.
- M3 Screw.
- 6 Hole. - (6M3)

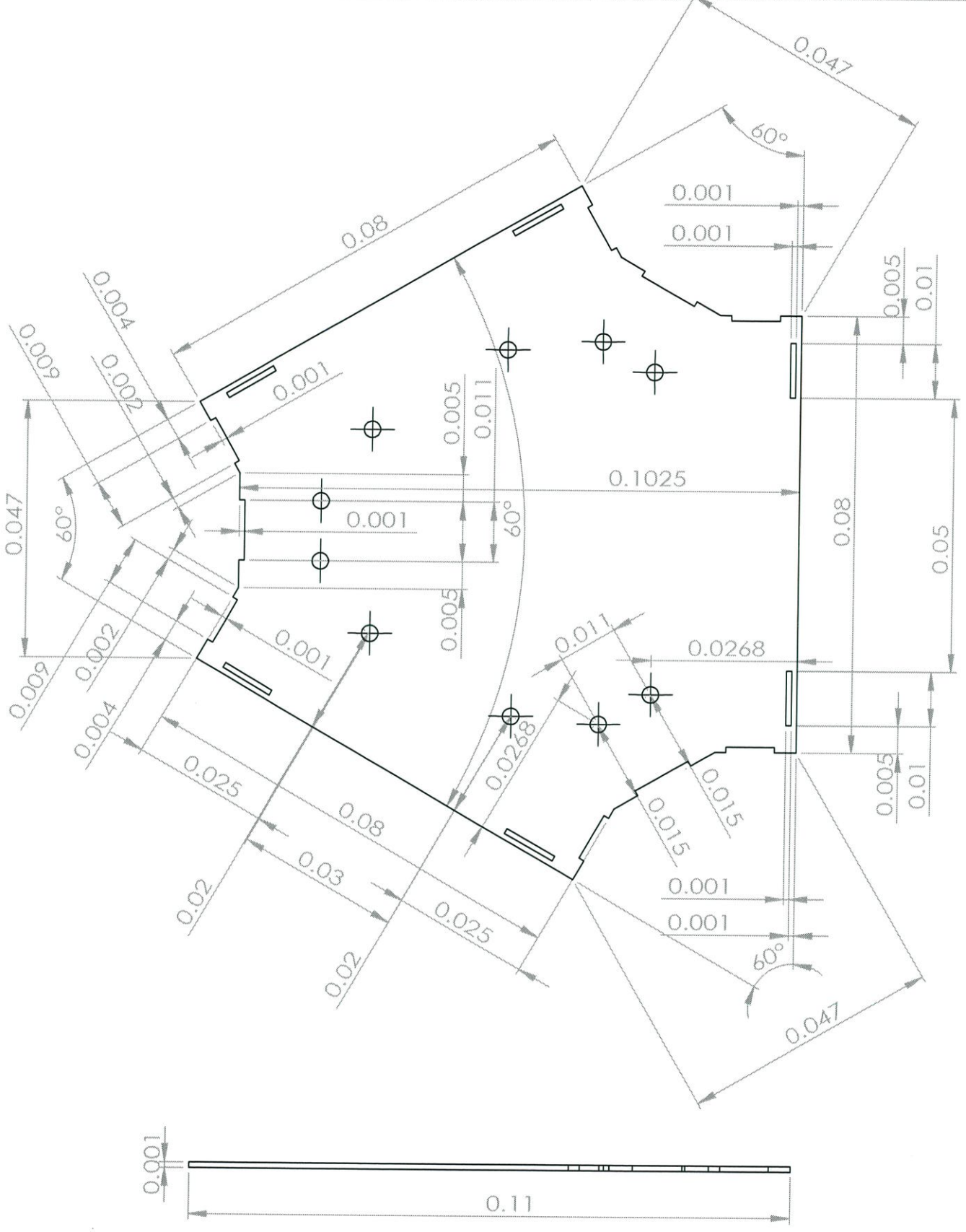
MATERIAL:

DWG NO. ASE2] [DRAWING]Body_3rdCover_(BottomRoof) A4

WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1



SS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS ACE FINISH: RANCES: EAR: GULAR:	FINISH: 8/12/2013 PHASE - 2	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		

	NAME	SIGNATURE	DATE
VN	SANTIPAP WATCHARAYOTH-N		8/12/2013
D	SANTIPAP WATCHARAYOTH-N		8/12/2013
'D	SANTIPAP WATCHARAYOTH-N		8/12/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTH-N		8/12/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTH-N		8/12/2013

TITLE: Body Cover (3rd.Layer)-cover.
- Arcrylic 1 mm.
- M3 Screw Tapping.
- 10 Hole. - (10M3) (4M3-Screw,6M3-Screw Tapping.)
- 2 piece - 1.Body_3rdCover_(BottomRoof)
2.Body_2ndCover_(UpperRoof)

MATERIAL:

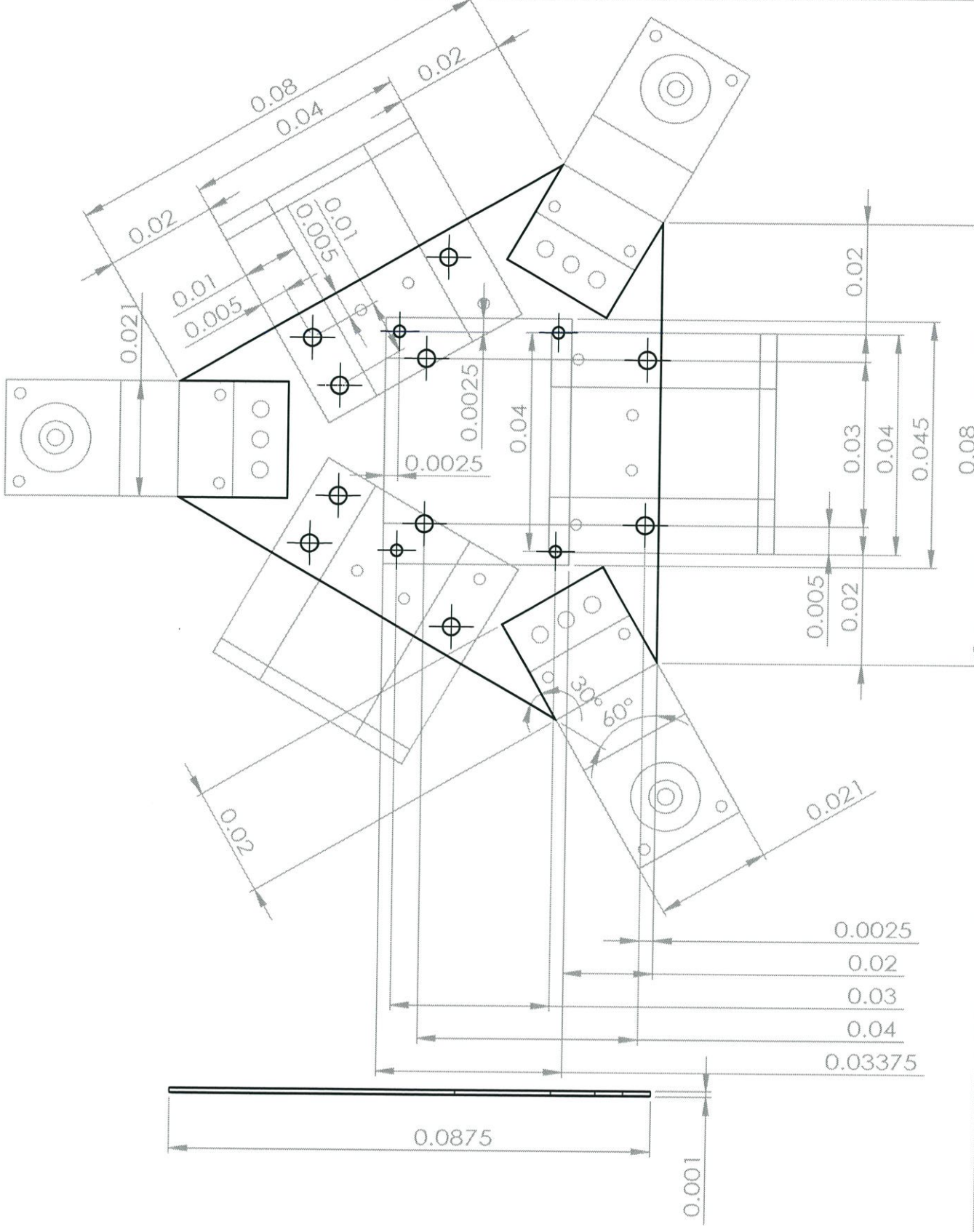
DWG NO. [PHASE2] [DRAWING] Body_3rdCover_

A4

WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1



ESS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS ACE FINISH: RANCES: EAR: GULAR:	FINISH: 22/11/2013 PHASE - 2	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
WN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		22/11/2013
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		22/11/2013
'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		22/11/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		22/11/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		22/11/2013

TITLE: - Rubber 1 mm
- Protection
- Non - Conductivity
- M2 & M3 (4M2,10M3)
- 14 Hole.

MATERIAL:

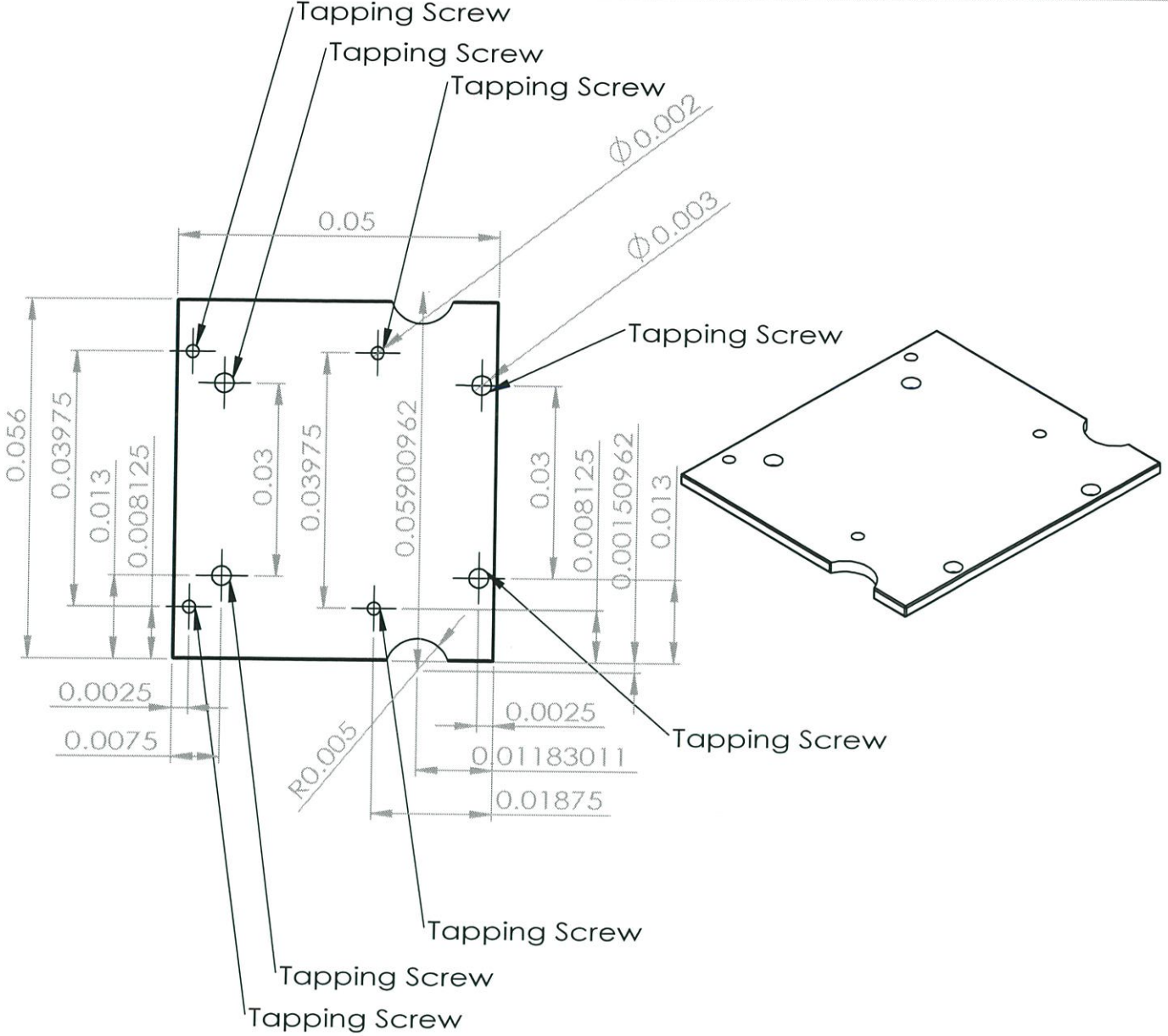
DWG NO. [PHASE2][DRAWING][Finish]Body_1stCover_Bo

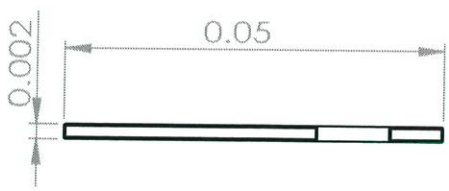
A4

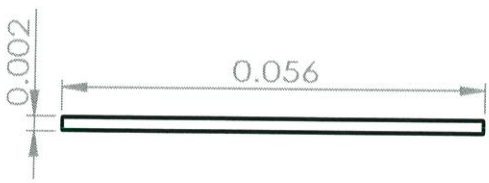
WEIGHT: 5.54 grams.

SCALE:1:1

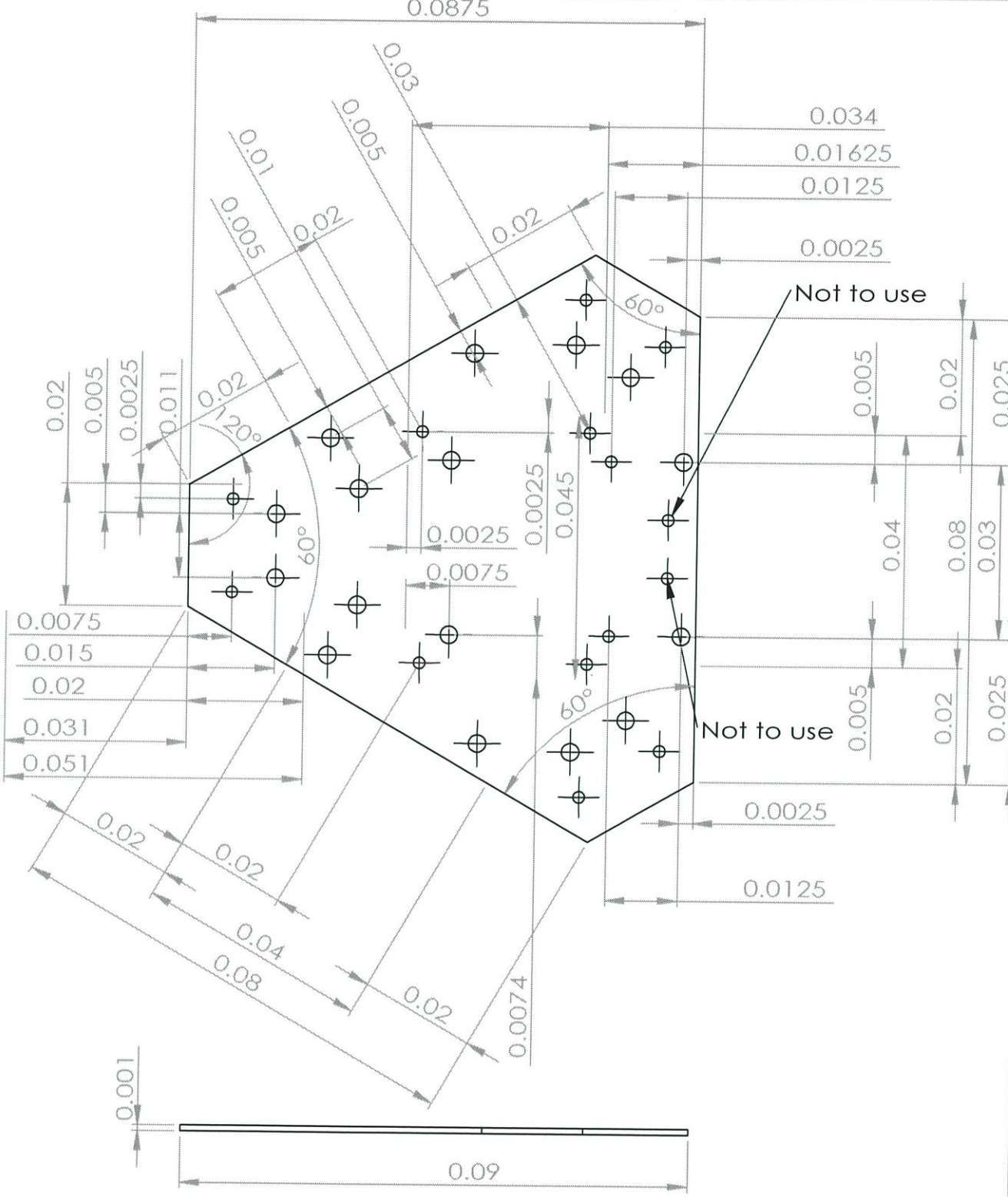
SHEET 1 OF 1







UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH: 23/11/2013 PHASE - 2	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		
	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Base cover - RCB-4HV - Arcrylic 2mm.(1mm.) - 10 Hole. - (4M2-Tapping,4M3-Tapping,2M10)		
DRAWN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013			
CHK'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013			
APPV'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013			
MFG	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013			
Q.A	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013	MATERIAL:	DWG NO. [PHASE2][DRAWING][Finish]Body_1stCover_Bott	A4
				WEIGHT: 5.79 grams.	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1



ESS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS FACE FINISH: ERANCES: EAR: IGULAR:	FINISH: 21/112013 PHASE - 2	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
VN	Santipap Watchrayothin		21/11/2013
D	Santipap Watchrayothin		21/11/2013
'D	Santipap Watchrayothin		21/11/2013
	Santipap Watchrayothin		21/11/2013
	Santipap Watchrayothin		21/11/2013

TITLE: Phase 2 body(1st.Layer)- cover
- Acrylic 1mm.
- Non - Conductivity.
- Low weight.
- Storng and flexible.
- M2 & M3 Screw Tapping.
- 26 Hole. - (10M2,16M3)

MATERIAL: Acrylic 1mm

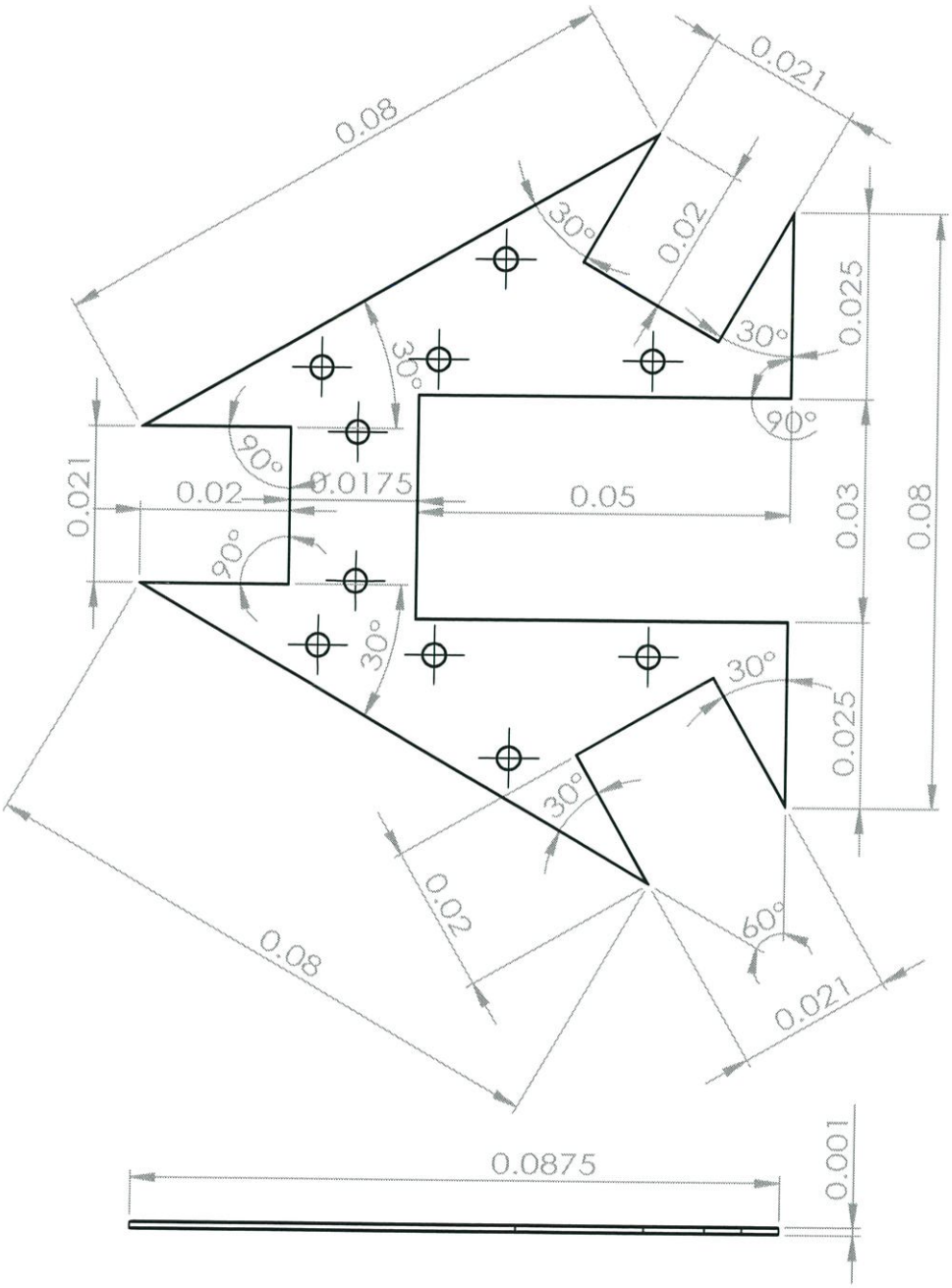
DWG NO. [PHASE2] [DRAWING] [Finish] Body_1st.C

A4

WEIGHT: 6.86 gram.

SCALE:1:1

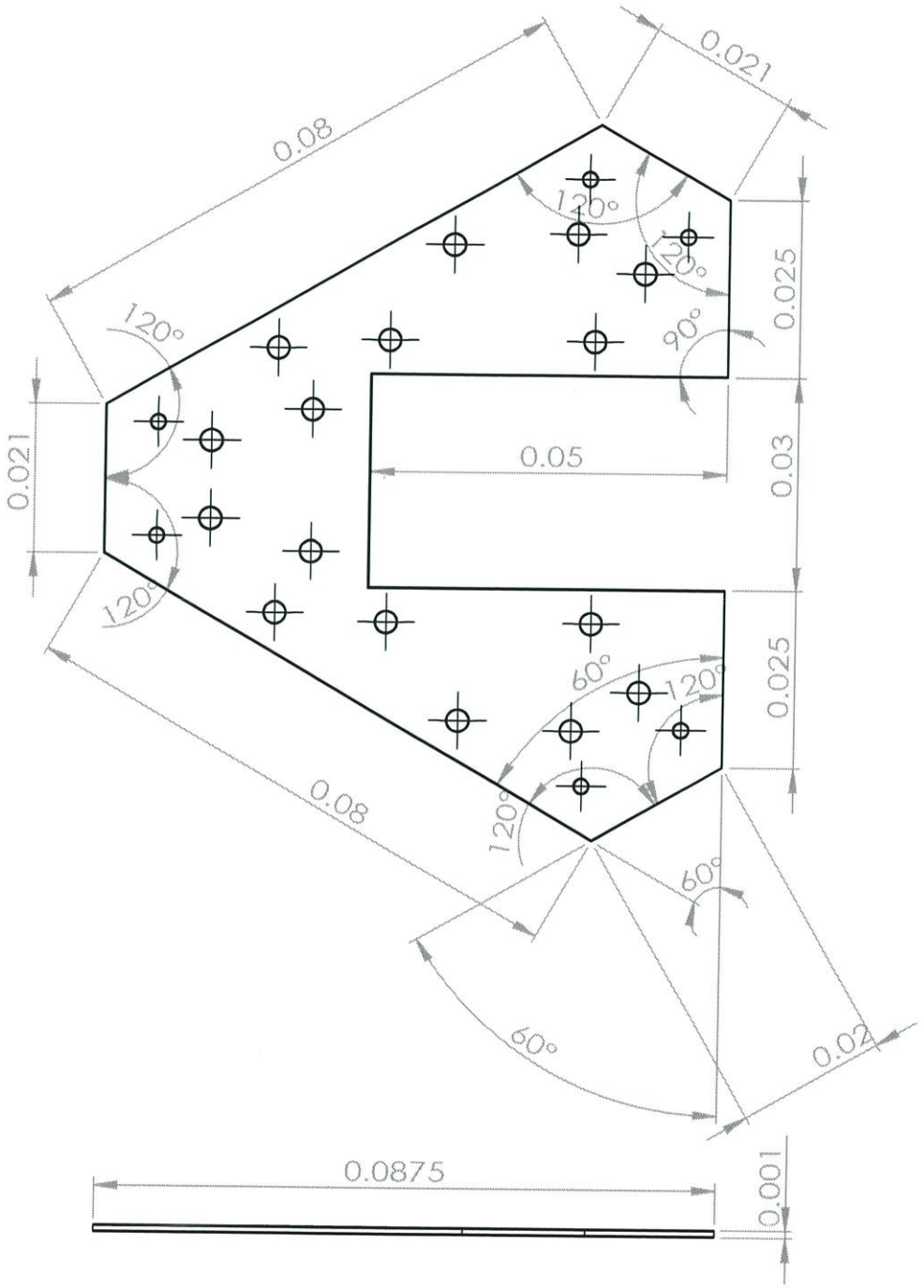
SHEET 1 OF 1



ESS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS FACE FINISH: ERANCES: NEAR: NGULAR:	FINISH: 23/11/2013 PHASE - 2		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	
	NAME	SIGNATURE	DATE				
WN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013				
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013				
'D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013				
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013				
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013	MATERIAL:	DWG NO. [PHASE2] [DRAWING] [Finish] Body_1stCover_To		A4
				WEIGHT: 3.72 grams.	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1	

TITLE: - Rubber 1 mm.
- 10 Hole. - (10M3)

- Body_1stCover_Top - ESD Rubber_Down
- Body_1stCover_Top - ESD Rubber_Top



ESS OTHERWISE SPECIFIED: ENSIONS ARE IN MILLIMETERS ACE FINISH: RANCES: EAR: GULAR:	FINISH: 23/11/2013 PHASE - 2	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION		

	NAME	SIGNATURE	DATE
VN	SANTIPAP WATCAHRAYOTHIN		23/11/2013
D	SANTIPAP WATCAHRAYOTHIN		23/11/2013
'D	SANTIPAP WATCAHRAYOTHIN		23/11/2013
	SANTIPAP WATCAHRAYOTHIN		23/11/2013
	SANTIPAP WATCAHRAYOTHIN		23/11/2013

TITLE:
- Rubber 1 mm.
- Non - Conductivity
- 22 Hole. - (6M2,16M3)

- Body_1stCover_Top - ESD Rubber_up
- Body_1stCover_Top - ESD Rubber_Down

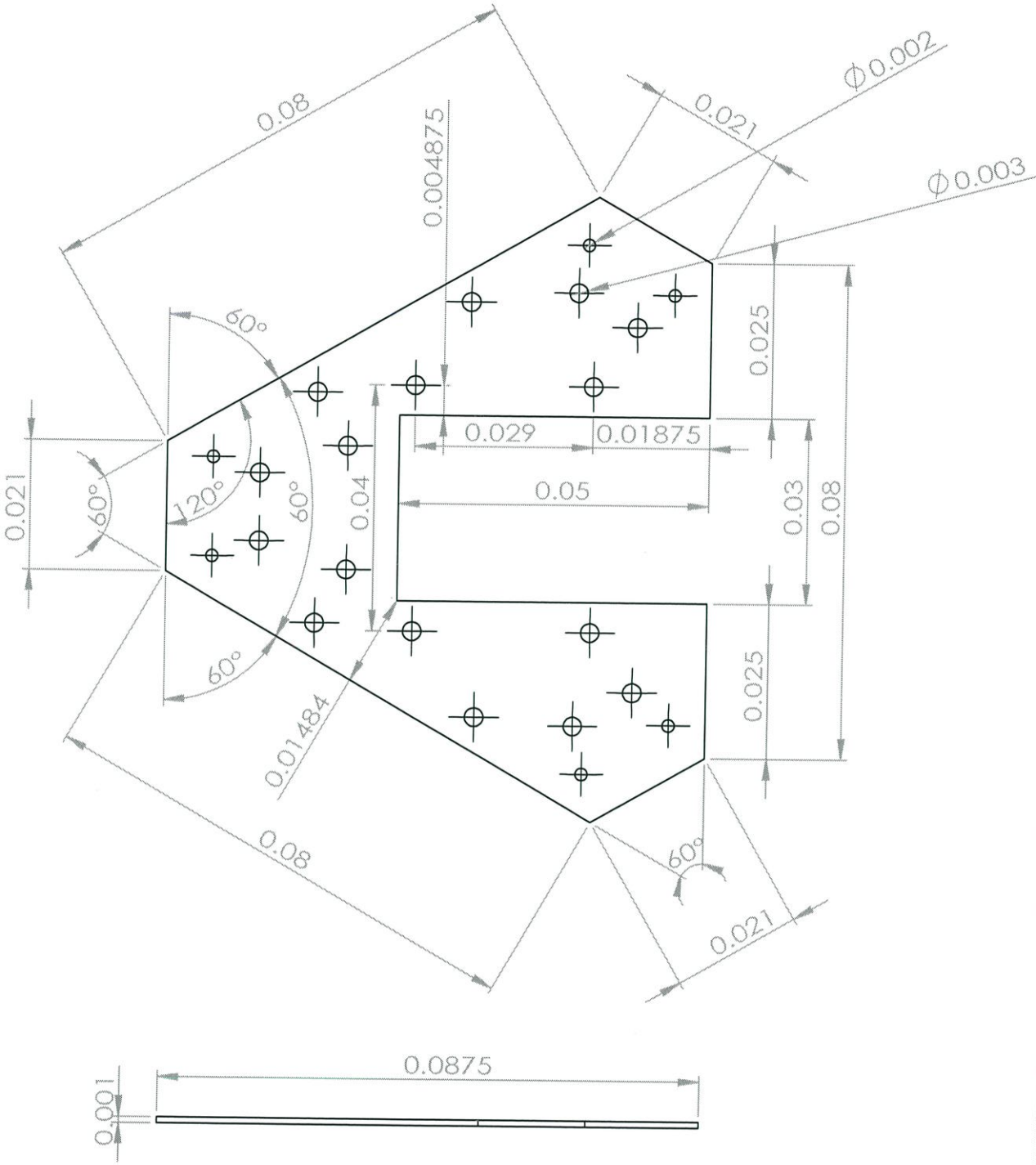
MATERIAL:

DWG NO. [PHASE2] [DRAWING] [Finish] Body_1stCover_T A4

WEIGHT: 5.19 grams.

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1



SS OTHERWISE SPECIFIED: NSIONS ARE IN MILLIMETERS ACE FINISH: RANCES: EAR: GULAR:	FINISH: 23/11/2013		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	
	PHASE - 2					

	NAME	SIGNATURE	DATE
WN	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013
D	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013
	SANTIPAP WATCHARAYOTHIN		23/11/2013

TITLE: BodyCover(1st-Layer)
- Hole position with Body_1stCover_Down.
- Acrylic 1 mm.
- Flexible & Stong.
- Non - Conductivity.
- 22Hole. - (6M2,16M3)

- Body_1stCover_Top
- Body_1stCover_Down

MATERIAL: [PHASE2] [DRAWING] [Finish] Body_1st

DWG NO.

A4

WEIGHT: 5.09 grams.

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

โค้ดโปรแกรม

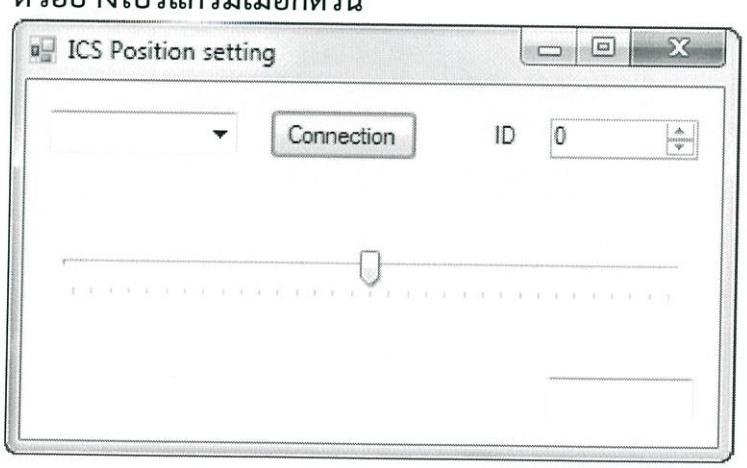
โปรแกรมคำสั่งเปลี่ยนตำแหน่งมอเตอร์

Visual C# Windows Forms Application

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;

namespace IcsSetPosition_CS
{
  public partial class Form1 : Form
  {
    public Form1()
    {
      InitializeComponent();
    }

    private int SetPos(int id, int pos)
    {
      byte[] tx = new byte[3]; // unsigned char tx[3]
      byte[] rx = new byte[6]; // unsigned char Rx[6] //I include a loopback
      int dat;
      Boolean flag = true; //Did you receive the data correctly

      tx[0] = (byte)(0x80 | id);       // CMD
      tx[1] = (byte)(pos >> 7 & 0x7F); // POS_H
      tx[2] = (byte)(pos & 0x7f);      // POS_L

      serialPort1.DiscardInBuffer();    //I want to clear the buffer
      serialPort1.DiscardOutBuffer();

      serialPort1.Write(tx, 0, 3); //tx I want to output from the serial port
array (ICS command)

      for (int i = 0; i < rx.Length; i++) //I repeat 6 times 1 byte reception
      {
        try
        {
            rx[i] = (byte)serialPort1.ReadByte(); //1 byte reception
        }
        catch
        {
            flag = false; //If there is a problem something, received failure
          break;
        }
      }

      if (flag == false)
      {
        return -1;
      }

      dat = (int)rx[4]; //Is returned to the position data received
      dat = (dat << 7) + (int)rx[5];

      return dat;
    }
```

```
    private void comboBox1_DropDown(object sender, EventArgs e)
    {
      comboBox1.Items.Clear();
      comboBox1.Items.AddRange(System.IO.Ports.SerialPort.GetPortNames());
    }

    private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        serialPort1.Close(); //I close once
        if (comboBox1.Text != string.Empty) //When the port name is set
correctly in the ComboBox
      {
        serialPort1.PortName = comboBox1.Text; // Set the port name
        serialPort1.Open();                    // To open a port (connected)
        if (serialPort1.IsOpen == true)         // Port opens properly
        {
            this.Text = this.Text + " [Connection Finish] "; // I want to
display the Connection Finish in the title bar of the form
        }
      }
    }

    private void trackBar1_ValueChanged (object sender, EventArgs e)
    {
        if (serialPort1.IsOpen == true) // Make sure whether the connected
serial port
      {
        // I will send to the position SetPos function ID and data
        int pos = SetPos ((int)numericUpDown1.Value, (int)trackBar1.Value);
        if (pos != -1) // If the data returned from the SetPos function was
successful
        {
          textBox1.Text = pos.ToString (); // I want to display the current
position data in the text box
        }
      }
    }

    private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
    {

    }
  }
}
```

ตัวอย่างโปรแกรมเมื่อกดรัน



คู่มือ

ICS3.0 コマンドリファレンス

Ver.1.0

©KONDO KAGAKU CO.,LTD 2009 年1月 第1版

このコマンドリファレンスは参考資料として公開されるものです。
ご利用に際しては、ご自身の責任でご使用ください。内容についての著作権など法的な権利は、近藤科学株式会社にありますが、ご使用になった結果について生じた結果については、責任は負いません。この件に関しましてご了承のうえご利用願います。
なお、誤字脱字などについては、弊社窓口までお申し出ください、。ただし、内容についてのご質問及びプログラミングについてのご質問については、お答えかねますのでご了承ください。

ICS3.0 について

従来のICS,ICS2.0 に対して、拡張された上位規格として生まれたのがICS3.0 です。
シリアル通信によるサーボ内の各種パラメータの変更が可能としたICS ですが、新たに次の点が拡張されています。

特徴

- 従来115200bps の通信速度を高速化。最大1.25Mbps による高速通信を実現。
- コマンドの一部として位置制御を実装。対応サーボでは、シリアル信号で位置制御が可能です。
- 従来の内部パラメータの設定を細分化および拡張。
- ID 管理によるマルチドロップ接続で32 台の同時接続と設定をサポート。(実際には、電圧降下など電源供給の問題を考慮する必要があります。

※ ICS3.0の高速通信を使用するためには、ICS USB アダプターHS(No.02042)が必須となります。
ICS USB アダプターは高速通信に対応していないため115200bps以外は使用できません。

通信条件

通信速度 115200bps, 625000bps, 1.25Mbps
ビット長 8bit
スタート 1bit
ストップ 1bit
フロー制御 無し
パリティ EVEN(偶数)

送信コマンドのループバック

送信側(PC またはマイコンなどのコントロール側)で受信されるデータは、最初に自分自信が送出したデータが受信されます。これはICS のインターフェースで送受信が結線されているためのエコーです。
この後ほとんどのコマンドにおいて、デバイス側は最初に受信したコマンドをそのまま返した後で、内容のデータを送出します。

マルチドロップ接続

ICS対応デバイスはシリアル信号の送信線と受信線が共通ですので、コントロールボードの端子に対して1対1の接続ではなく、デバイス同士を連結して接続してもデータ通信が可能です。この連結接続をマルチドロップ接続と呼びます。

ポジション設定

機能

ポジション設定コマンド サーボを動かす

構成

TX	1	2	3
	CMD	POS_H	POS_L

RX	1	2	3	4	5	6
	送信コマンドのループバック			CMD	TCH_H	TCH_L

解説

CMD	CMD コマンドとID TX とRX はRXのMSBが0になる以外は同じ値になります。

LSB	
0 ～ 4	サーボのID $00h(0) ～$1Fh(31)
5 ～ 7	ポジション設定コマンド #100xxxxxb
MSB	

POS_H,POS_L	サーボの設定舵角

LSB	
0 ～ 6	設定舵角(下位7bit)
7	0 に固定
8 ～ 14	設定舵角(上位7bit)
15	0 に固定
MSB	

サーボの舵角の範囲は0 ～ 16383 とする。
舵角を16383 に設定する場合、16383($3FFFh) を7bit づつに分割してPOS_H に$7Fh、POS_L に$7Fhをセットすること。
舵角に$0000h をセットすると、サーボがFREE になります。

TCH_H,TCH_L	現在のサーボの舵角(教示)

LSB	
0 ～ 6	設定舵角(下位7bit)
7	0 に固定
8 ～ 14	設定舵角(上位7bit)
15	0 に固定
MSB	

シリアルサーボでは、従来のPWM 信号の場合のようなポジションキャプチャー専用のコマンドがありません。動作位置を指定した場合の戻り値として現在の位置を返してきます。
動作位置を指定した場合の戻り値として現在の位置を返してきます。現在の位置が不定の場合には、一旦フリーで指定してから位置を取得してから、希望位置に移動することで安全な起動時の動作が可能です。

例

ID=1のサーボモーターのポジションを7500にする送信コマンド

TX	1	2	3
	81h	$3Ah	$4Ch

パラメータ読み出し

機能

パラメータ読み出しコマンド 各種設定値を読み出す

構成

TX	1	2
	CMD	SC

EEPROM

RX	1	2	3	4	5から62
	送信ｺﾏﾝﾄﾞのﾙｰﾌﾟﾊﾞｯｸ		CMD	SC	EEPROM 58bytes

ストレッチ

RX	1	2	3	4	5
	送信ｺﾏﾝﾄﾞのﾙｰﾌﾟﾊﾞｯｸ		CMD	SC	STRC

スピード

RX	1	2	3	4	5
	送信ｺﾏﾝﾄﾞのﾙｰﾌﾟﾊﾞｯｸ		CMD	SC	SPD

電流

RX	1	2	3	4	5
	送信ｺﾏﾝﾄﾞのﾙｰﾌﾟﾊﾞｯｸ		CMD	SC	CUR

解説

CMD	コマンドとID TX とRX はRXのMSBが0になる以外は同じ値になります。

LSB	
0 ～ 4	サーボのID $00h(0) ～$1Fh(31)
5 ～ 7	パラメータ読み出しコマンド #101xxxxxb
MSB	

SC	サブコマンド $00h:EEPROM 読込 $01: ストレッチデータ読込 $02h: スピードデータ読込 $03h: 電流値読込
STRC	ストレッチデータ 1(2) ～ 127(254) カッコ内の数値はEEPROM の設定値
SPD	スピードデータ 1(1) ～ 127(127) カッコ内の数値はEEPROM の設定値
CUR	電流値 正転時0 ～63,逆転時64～127
EEPROM	EEPROM データ参照

例

ID=1のサーボモーターのストレッチデータを読み込む送信コマンド

TX	1	2
	$A1h	$01h

ID コマンド

機能

ID コマンド シリアルサーボのID を設定する

構成

TX	1	2	3	4
	CMD	SC	SC	SC

RX	1	2	3	4	5
	送信コマンドのループバック				R_CMD

解説

CMD	コマンドと設定するID

LSB	
0 ～ 4	0 ～ 4 SC がID 書込の場合は、書き込むID をセットする $00h(0) ～ $1Fh(31)　SC がID 読込のときは意味を持たない
5 ～ 7	ID設定コマンド #111xxxxxb
MSB	

SC	サブコマンド $00h:ID 読込 $01:ID 書込

R_CMD	コマンドと設定後のID

LSB	
0 ～ 4	0 ～ 4 SC がID 書込の場合は、送ったときのID がセットされる。 SC がID 読込の現在設定してあるID がセットされる。
5 ～ 7	ID設定コマンド #111xxxxxb
MSB	

ID コマンドを使用する際は、必ず送り側とシリアルサーボを1対1で接続すること！

マルチドロップ接続になっているデバイスにIDコマンドを送ると、全てのデバイスがコマンドに対して返事をして信号が混ざり合い不正なデータとなります。またIDを書き込んだ場合は、全てのデバイスが同じIDになってしまいます。

例

1対1で接続されたサーボモーターのIDを20にする送信コマンド

TX	1	2	3	4
	$F4h	$01h	$01h	$01h

1対1で接続されたサーボモーターのIDを読み込むコマンド（読み込み時はCMD=$FFhでよい）

TX	1	2	3	4
	$FFh	$00h	$00h	$00h

EEPROMデータ

機能

BYTE	設定範囲	出荷時値	
1	5Ah固定	5Ah	バックアップキャラクタ 上位4bit
2			バックアップキャラクタ 下位4bit
3	2,4…254	60	ストレッチゲイン 上位4bit
4			ストレッチゲイン 下位4bit
5	1,2,3…127	127	スピード 上位4bit
6			スピード 下位4bit
7	1,2,3…10	1	パンチ 上位4bit
8			パンチ 下位4bit
9	1,2,3,4,5	2	デッドバンド 上位4bit
10			デッドバンド 下位4bit
11	1,2…255	40	ダンピング 上位4bit
12			ダンピング 下位4bit
13	10,11…255	250	セイフタイマー 上位4bit
14			セイフタイマー 下位4bit
15	※ 1 参照	0	フラグ 上位4bit ※ 1 参照
16			フラグ 下位4bit ※ 1 参照
17	3500…11500	11500	パルスリミット上限 上位バイト上位4bit
18			パルスリミット上限 上位バイト下位4bit
19			パルスリミット上限 下位バイト上位4bit
20			パルスリミット上限 下位バイト下位4bit
21	3500…11500	3500	パルスリミット下限 上位バイト上位4bit
22			パルスリミット下限 上位バイト下位4bit
23			パルスリミット下限 下位バイト上位4bit
24			パルスリミット下限 下位バイト下位4bit
25	変更禁止	変更禁止	出荷時に固体の補正データを書き込んでいます。
26			実際には、読み出したデータをそのまま書き込んでください。
27	0,1,10	10	通信速度　上位4bit　10 = 115200bps, 1 = 625000bps, 0 = 1.25Mbps
28			通信速度　下位4bit
29	1,2…255	20	温度制限　上位4bit
30			温度制限　下位4bit
31	1,2…255	100	電流制限　上位4bit
32			電流制限　下位4bit
33	変更禁止	変更禁止	
34			
35	変更禁止	変更禁止	
36			
37	変更禁止	変更禁止	
38			
39	変更禁止	変更禁止	
40			
41	変更禁止	変更禁止	
42			出荷時に固体の補正データを書き込んでいます。
43	変更禁止	変更禁止	
44			実際には、読み出したデータをそのまま書き込んでください。
45	変更禁止	変更禁止	
46			
47	変更禁止	変更禁止	
48			
49	変更禁止	変更禁止	
50			
51	変更禁止	変更禁止	
52			
53	変更禁止	変更禁止	
54			
55	190…220…250	220	オフセット　上位4bit
56			オフセット　下位4bit
57	0…31	0	ID 上位4bit
58			ID 下位4bit

※フラグの詳細

LSB	
0	0 リバース 0:OFF 1:ON
1	FREE　0:OFF　1:ON 読み込み参照のみ可
2 ～ 3	未使用 0 に固定
4	無限回転　0:OFF　1:ON
5	スレーブモード　0:OFF　1:ON
6 ～ 7	未使用 0 に固定
MSB	

ストレッチ、スピード、通信速度の設定について

ICS3.0のサーボはシリアル通信専用で、PWM 信号では動作しません。シリアル通信によってのストレッチとスピードの変更は、パラメータ書込みコマンドで行います。このときに使用されるパラメーターは、メモリ上の値が変更されており、同時には、EEPROM の内容は変わりません。
通信速度のパラメーターを書き換える際は充分気をつけて書き換えてください。一度書き換えてしまうと次回からは書き換えたスピードでの通信が必要になります。電流値の読み出しコマンドでは、電流が正方向の時、0から127、負の方向の時は255から128が帰ってきます。

電流値の読取について

電流値の読取コマンドでは電流値と方向が読み取れます。
正方向では電流値が0から63まで、逆方向では64から127として読み込まれます。これは逆方向のときに6bit目が1になるためです。

汎用コマンド

汎用コマンドはシリアルサーボモーター以外のデバイスをICS3.0へ対応させるためのものです。デバイスの入出力データを仮想メモリエリアにマッピングして使います。

汎用コマンド読み出し

機能

デバイスからデータを読み込む

構成

TX	1	2	3	4
	CMD	SC	ADDR	BYTE

RX	1	2	3	4	5	6	7	8
	送信コマンドのループバック				CMD	SC	ADDR	BYTE

9	10	11	12		8+(2N−1)	8+2N
DAT1_H	DAT1_L	DAT2_H	DAT2_L	・・・	DAT(N)_H	DAT(N)_L

解説

CMD	コマンドと設定するID

LSB	
0 ～ 4	サーボのID $00h(0) ～$1Fh(31)
5 ～ 7	パラメータ詠み出しコマンド #101xxxxxb
MSB	

SC	サブコマンド $7F: 仮想メモリマップ書き込み(固定)

ADDR	仮想メモリマップのアドレス $00h(0)～$7Fh(127)

BYTE	受け取りデータ数 $01h(1)～$7Fh(127)

R_CMD	コマンドと設定後のID

LSB	
0 ～ 4	サーボのID $00h(0) ～$1Fh(31)
5 ～ 7	パラメータ詠み出しコマンド #101xxxxxb
MSB	

DAT1_H～DATA(N)_L	受け取りデータ(BYTEで指定したバイト数、最大127バイト) H、Lはそれぞれデータの上位4ビットと下位4ビット

※ BYTEで指示するデータ数は次ページの仮想メモリーマップ上でのデータ数ですが、実際の送受信では、1バイトデータを上位と下位に2分割して2×BYTE数を実データとして通信します。

例

10bit、4chアナログデバイス(ID=1)

仮想メモリーマップ

ADDR	0	1	2	3	4	5	6	7
0	ch1上位2bit	ch1下位8bit	ch2上位2bit	ch2下位8bit	ch3上位2bit	ch3下位8bit	ch4上位2bit	ch4下位8bit
1	–	–	–	–	–	–	–	–
2	–	–	–	–	–	–	–	–
3	–	–	–	–	–	–	–	–
4	–	–	–	–	–	–	–	–
5	–	–	–	–	–	–	–	–
6	–	–	–	–	–	–	–	–
7	–	–	–	–	–	–	–	–
8	–	–	–	–	–	–	–	–
9	–	–	–	–	–	–	–	–
10	–	–	–	–	–	–	–	–
11	–	–	–	–	–	–	–	–
12	–	–	–	–	–	–	–	–
13	–	–	–	–	–	–	–	–
14	–	–	–	–	–	–	–	–
15	–	–	–	–	–	–	–	–

例1) 全てのデータを読み出す(ID=1)

	CMD	SC	ADDR	BYTE
TX	10100001	$7Fh	0	8

	CMD	SC	ADDR	BYTE
RX	10100001	$7Fh	0	8

ch1上位2bit		ch1下位8bit		ch2上位2bit		ch2下位8bit	
上位4bit	下位4bit	上位4bit	下位4bit	上位4bit	下位4bit	上位4bit	下位4bit

ch3上位2bit		ch3下位8bit		ch4上位2bit		ch4下位8bit	
上位4bit	下位4bit	上位4bit	下位4bit	上位4bit	下位4bit	上位4bit	下位4bit

デバイスはデータ送信時に、メモリーマップ上のデータを1バイト毎に上位4ビット、下位4ビットに分解し、分解した4ビットデータから、上位4ビットが0で下位4ビットがデータとなる1バイトデータを作成します。
結果としてBYTEコマンドでNバイトを要求すると、2Nバイト返ってきます。

例2) CH3のデータのみ読み出す

	CMD	SC	ADDR	BYTE
TX	10100001	0	4	2

	CMD	SC	ADDR	BYTE	ch3上位2bit		ch3下位8bit	
RX	10100001	0	4	2	上位4bit	下位4bit	上位4bit	下位4bit

汎用コマンド書き込み

機能

デバイスへデータを書き込む

構成

TX	1	2	3	4
	CMD	SC	ADDR	BYTE

5	6	7	8		4+(2N−1)	4+2N
DAT1_H	DAT1_L	DAT2_H	DAT2_L	・・・	DAT(N)_H	DAT(N)_L

RX	1	2	3	4	5	6	7	8
	送信コマンドのループバック				CMD	SC	ADDR	BYTE

解説

CMD	コマンドと設定するID

LSB	
0 ～ 4	サーボのID $00h(0) ～$1Fh(31)
5 ～ 7	パラメータ書き込みコマンド #110xxxxxb
MSB	

SC	サブコマンド $7F: 仮想メモリマップ書き込み(固定)

ADDR	仮想メモリマップのアドレス $00h(0)～$7Fh(127)

BYTE	受け取りデータ数 $01h(1)～$7Fh(127)

DAT1_H～DATA(N)_L	受け取りデータ(BYTEで指定したバイト数、最大127バイト) H、Lはそれぞれデータの上位4ビットと下位4ビット

R_CMD	コマンドと設定後のID

LSB	
0 ～ 4	サーボのID $00h(0) ～$1Fh(31)
5 ～ 7	パラメータ書き込みコマンド #110xxxxxb
MSB	