พัฒนาหุ่นยนต์ ควบคุมโดยระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ

ROBOT DEVELOPMENT CONTROLLED BY KINECT

นายธนัท เหลืองหิรัญภูษิต

Thanat Luanghirunpoosit

นายธวัชชัย โตรส

Thawatchai Toros

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2557

พัฒนาหุ่นยนต์ ควบคุมโดยระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ

Robot Development Controlled by Kinect

โดย

นายธนัท เหลืองหิรัญภูษิต

นายธวัชชัย โตรส

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์	ปีการศึกษา 2557
สาขา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง	พัฒนาหุ่นยนต์ ควบคุมโดยระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ Robot Development Controlled by Kinect

ผู้จัดทำ

1. นายธนัท เหลืองหิรัญภูษิต รหัส 54010580
2. นายธวัชชัย โตรส รหัส 54010605

ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผศ.ดร. ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	พัฒนาหุ่นยนต์ ควบคุมโดยระบบตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ
นักศึกษา	นายธนัท เหลืองหิรัญภูษิต รหัส 54010580 ชั้นปีที่ 4
	นายธวัชชัย โตรส รหัส 54010605 ชั้นปีที่ 4
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอการควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ด้วยกล้องตรวจจับ การเคลื่อนไหว (Kinect) โดยการทำงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรก จับลักษณะการเคลื่อนไหวของกระดูก Skeleton Tracking โดยใช้กล้องตรวจจับการเคลื่อนไหว(Kinect) ส่วนสอง เขียน Software สั่งการทำงานผ่านโปรแกรม Visual Studio 2010 เพื่อไปติดต่อกับ Kinect โดยที่เราจะออกแบบให้หุ่นยนต์จะเคลื่อนไหวตามลักษณะท่าทางของผู้สั่งการ ทั้งนี้ผู้จัดทำมีจุดประสงค์เพื่อเป็นหุ่นยนต์ต้นแบบในการปฏิบัติงานที่มีความเสี่ยงในด้านความปลอดภัย อาทิเช่น การเก็บกู้วัตถุระเบิดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Robot Development Controlled by Kinect	
Student	Thanat Luanghirunpoosit	Student ID 54010580
	Thawatchai Toros	Student ID 54010605
Degree	Bachelor Engineering	
Program	Electronics Engineering	
Year	2014	
Thesis Advisor	Ass.Prof.Dr.Pattarapong Phasukkit	

Abstract

This project presents a motion control Robot by Kinect .The work is divided into three parts. The first caught the movement of Skeleton Tracking using camera motion detection (Kinect). Second software written to work through the program Visual Studio 2010 to interface with the Kinect. We will design the robot can move by a man by catch motion of human . The preparation of project is intended to be a prototype robot in security performance . Such as for Explosive Ordnance Disposal (EOD) use for recover bomb and survey risk Area.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

โครงงานควบคุมการเคลื่อนไหวหุ่นยนต์ด้วย Kinect จากการศึกษาค้นคว้าในการจัดทำโครงงาน ผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านที่ให้ความรู้ความเข้าใจในการศึกษาส่วนต่างๆ บุคคลแรกที่ผู้จัดทำใคร่ขอกราบขอบพระคุณคือ ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้ความรู้ในการจัดทำ การแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นและเทคนิกการทำงานให้ได้ผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ ผู้จักทำใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ นอกจากนี้ ขอบพระคุณพี่นักศึกษาและเพื่อนๆที่ให้ความช่วยเหลือข้อคิดเห็นต่างๆที่มีประโยชน์ต่อโครงงานในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณครอบครัวทุกคนที่อยู่เบื้องหลังในความสำเร็จที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมา

ธนัท เหลืองหิรัญภูษิต
ธวัชชัย โตรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....I

ABSTRAC.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญรูป.....V

สารบัญตาราง.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....1

1.3 ขอบเขตของโครงการ.....1

1.4 แผนการดำเนินงาน.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1Kinect.....3

2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรเลอร์.....8

2.3 Servo Motor.....14

2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการทำงาน.....16

2.5 Skelton Tracking.....16

2.6 เครื่องพิมพ์ 3 มิติ (3D Printers).....18

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง.....21

บทที่ 4 การทดลองแล้วผลการทดลอง.....30

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์.....61

เอกสารอ้างอิง.....63

ภาคผนวก.....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 Kinect Sensor....3
2.2 ระบบภายในของ Kinect sensor....4
2.3 รายละเอียดของ Kinect....4
2.4การทำงานของเซนเซอร์....5
2.5 ตัวอย่างการทำงานของ Kinect....6
2.6 แสดงการขอบเขตของการรับเสียง....7
2.7 แสดงองศาในการหมุนของ Kinect....7
2.8 แสดงระยะในการจับผู้ใช้งาน....8
2.9 Arduino Mega 2560 R3....10
2.10 Arduino Mega 2560 R3 Back....10
2.11 แสดง Port ต่าง ๆ บน Arduino Mega 2560 R3....13
2.12 เซอร์โวมอเตอร์....14
2.13 การส่งสัญญาณควบคุมเซอร์โวมอเตอร์....15
2.14 รูปตัวอย่าง PWM....15
2.15 ตัวอย่างโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010....16
2.16 หุ่นยนต์ Skelton....16
2.17 รูปแสดงข้อต่อของ Skelton....17
2.18 เปรียบเทียบข้อต่อระหว่างท่ายืนและท่านั่ง....17
2.19 โปรแกรมสร้างแบบจำลอง 3 มิติ....18
2.20 พิมพ์ชิ้นงานด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ....19
3.1 ผังการทำงานของระบบ....21
3.2 ผังการทำงานของโปรแกรม....22
3.3 ผังการทำงานของโปรแกรมส่วนของมือซ้าย....23
3.4 ผังการทำงานของโปรแกรมส่วนของมือขวา....24
3.5 ผังการทำงานของโปรมแกรมการเคลื่อนไหวข้อศอกของแขนขวา....25
3.6 ผังการทำงานของโปรมแกรมการเคลื่อนไหวข้อศอกของแขนซ้าย....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.7 เครื่องพิมพ์ 3 มิติ....27
3.8 หน้าต่างโปรแกรมตั้งค่าก่อนการพิมพ์ชิ้นงาน....27
3.9 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ที่ยังไม่ได้ประกอบหลังพิมพ์เสร็จ....28
3.10 ส่วนลำตัวของหุ่นยนต์ที่ได้ประกอบแล้ว....28
3.11 ส่วนขาของหุ่นยนต์ที่ได้ประกอบแล้ว....29
3.12 หุ่นยนต์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว....29
4.1 แสดง Servo ต่างๆของหุ่นยนต์....30
4.2 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 1....31
4.3 กราฟแสดง pulse ของ Servo5....31
4.4 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 2....32
4.5 กราฟแสดง pulse ของ Servo4....32
4.6 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 3....33
4.7 กราฟแสดง pulse ของ Servo6....33
4.8 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 4....34
4.9 กราฟแสดง pulse ของ Servo5....34
4.10 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 5....35
4.11 กราฟแสดง pulse ของ Servo3....35
4.12 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 1....36
4.13 กราฟแสดง pulse ของ Servo5....36
4.14 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 2....37
4.15 กราฟแสดง pulse ของ Servo2....37
4.16 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 3....38
4.17 กราฟแสดง pulse ของ Servo3....38
4.18 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 4....39
4.19 กราฟแสดง pulse ของ Servo1....39
4.20 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 5....40
4.21 กราฟแสดง pulse ของ Servo 5....40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.22 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 1 41
4.23 กราฟแสดง pulse ของ Servo3 41
4.24 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 2 42
4.25 กราฟแสดง pulse ของ Servo4 42
4.26 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 3 43
4.27 กราฟแสดง pulse ของ Servo6 43
4.28 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 4 44
4.29 กราฟแสดง pulse ของ Servo6 44
4.30 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 5 45
4.31 กราฟแสดง pulse ของ Servo3 45
4.32 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 1 46
4.33 กราฟแสดง pulse ของ Servo2 46
4.34 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 2 47
4.35 กราฟแสดง pulse ของ Servo5 47
4.36 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 3 48
4.37 กราฟแสดง pulse ของ Servo4 48
4.38 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 4 49
4.39 กราฟแสดง pulse ของ Servo1 49
4.40 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 5 50
4.41 กราฟแสดง pulse ของ Servo6 50
4.42 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 51
4.43 การแสดง pulse ของ Servo3 51
4.44 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 7 52
4.45 กราฟแสดง pulse ของ Servo2 52
4.46 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 8 53
4.47 กราฟแสดง pulse ของ Servo4 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.48 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 9.....54
4.49 กราฟแสดง pulse ของ Servo1.....54
4.50 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 10.....55
4.51 กราฟแสดง pulse ของ Servo4.....55
4.52 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 11.....56
4.53 กราฟแสดง pulse ของ Servo6.....56
4.54 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 12.....57
4.55 กราฟแสดง pulse ของ Servo3.....57
4.56 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 13.....58
4.57 กราฟแสดง pulse ของ Servo4.....58
4.58 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 14.....59
4.59 กราฟแสดง pulse ของ Servo1.....59
4.60 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 15.....60
4.61 กราฟแสดง pulse ของ Servo1.....60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนดำเนินงาน....2
4.1 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 1.... 31
4.2 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 2....32
4.3 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 3....33
4.4 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 4....34
4.5 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 5....35
4.6 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 1....36
4.7 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 2....37
4.8 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 3....38
4.9 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 4....39
4.10 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 5....40
4.11 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 1....41
4.11 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 2....42
4.13 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 3....43
4.14 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 4....44
4.15 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 5....45
4.16 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 1....46
4.17 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 2....47
4.18 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 3....48
4.19 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 4....49
4.20 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 5....40
4.21 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 6....51
4.22 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 7....52
4.23 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 8....53
4.24 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 9....54
4.25 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 10....55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.26 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 11.....56
4.27 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 12.....57
4.28 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 13.....58
4.29 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 14.....59
4.30 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 15.....60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าไปมากแล้วได้เข้ามามีส่วนในการดำเนินชีวิตของเรามากขึ้น ทางด้านผู้จัดทำจึงเห็นว่าหุ่นยนต์ก็เป็นเทคโนโลยีที่เราน่าจะนำใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้และน่าจะเข้ามามีส่วนช่วยในการทำงานของได้ อย่างงานที่มีความอันตรายต่อชีวิตของผู้ปฏิบัติหน้าที่ ซึ่งในตอนนี้ทางด้านสามจังหวัดชายแดนภาคใต้มีเหตุการณ์ที่อันตรายต่อชีวิตของประชาชนที่ได้อาศัยอยู่และเจ้าหน้าที่ที่เข้าไปปฏิบัติหน้าที่ในบริเวณที่เกิดเหตุ พวกเราจึงได้คิดว่าจะนำหุ่นยนต์เข้ามาปฏิบัติหน้าที่แทนคนในงานที่เสี่ยงอันตราย เช่น การเก็บกู้วัตถุระเบิดในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยเราจะบังคับหุนยนต์ให้เคลื่อนที่ตามคนเราโดยใช้อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการตรวจจับที่มีความแม่นยำที่มีชื่อว่า Kinect เป็นอุปกรณ์เสริมของเคลื่อนเล่น XBOX ทางด้านผู้จัดทำจึงคิดว่าจะนำเอา Kinect มาตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์แล้วส่งค่าไปยังหุ่นยนต์ให้เคลื่อนไหวตามที่เราต้องการ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาได้มีความรู้ความเข้าใจในการเขียนโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010
2. ศึกษาการทำงานของ Kinect เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ทางด้านอื่นที่เหมาะสม
3. เพื่อเป็นหุ่นยนต์ต้นแบบในการปฏิบัติงานที่มีความเสี่ยงในด้านความปลอดภัย อาทิเช่น การเก็บกู้วัตถุระเบิดใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้เป็นการควบคุมหุ่นยนต์ช่วงบนด้วย Kinect โดยที่เราจะเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010 เพื่อเรียกใช้ค่าฟังก์ชันต่าง ๆ ที่ได้จาก SDK (Software Development Kit) ของ Kinect แล้วส่งต่อให้บอร์ด Arduino เพื่อเปลี่ยนค่าจากฟังก์ชันที่เป็นตัวเลขให้เป็น Pulse ไปควบคุม Servo ในหุ่นยนต์ โดยช่วงบนของหุ่นยนต์นั้นจะเคลื่อนไหวตามที่เราต้องการในขณะที่ผู้ควบคุมเคลื่อนไหวร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ม.ค.2557	ก.พ.2557	มี.ค.2557	เม.ย.2557
ศึกษาเกี่ยวกับส่วนประกอบของหุ่นยนต์	⟷	⟷		
เขียน code แก้ไขข้อบกพร่อง/ทดลอง		⟷	⟷	
รวบรวมข้อมูลทำรายงาน/สรุปผล			⟷	⟷

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Kinect

Kinect คือ อุปกรณ์เสริมของเครื่องเล่นเกมส์ Xbox360 จาก Microsoft โดยสามารถจดจำผู้เล่น (Facial Recognition)และให้ผู้เล่นควบคุมเกมส์ผ่านทางการเคลื่อนไหวร่างกายของผู้เล่นโดยตรง(3D Motion Recognition)โดยไม่จำเป็นต้องมี joystickอีกต่อไป และสามารถจดจำเสียงของผู้เล่นได้ (Voice Recognition) และนอกจากใช้ฟังค์ชั่นพวกนี้เล่นเกมส์แล้วเรายังใช้Kinectควบคุมการดูหนัง ฟังเพลง เล่น Window live messenger ได้ด้วย

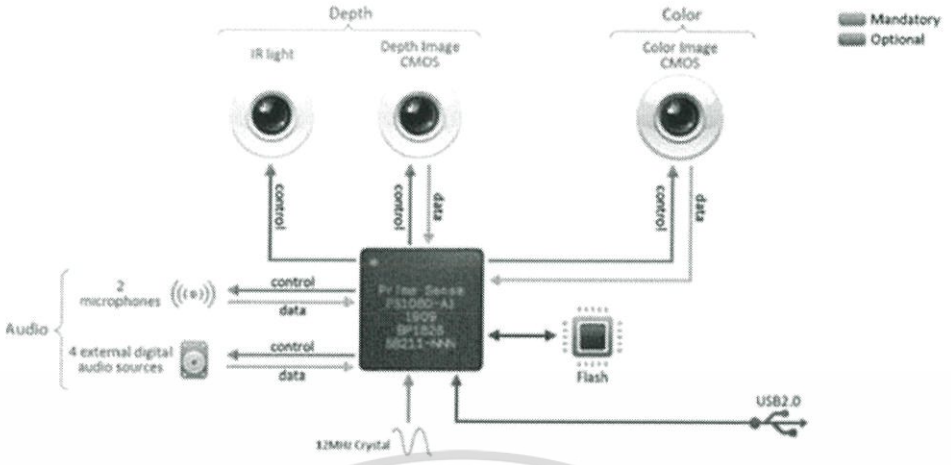
รูปที่ 2.1 Kinect Sensor

(ที่มา : http://news.blogsdna.com/11228/kinect-tech-specs-revealed-limited-to-2-active-players.htm)

โครงสร้างของ Kinect (Kinect Sensor) จะมีลักษณะเป็นแท่งแบนๆ เพื่อใช้ในการวางในแนวราบที่เชื่อมต่อกับฐานขนาดเล็กที่มีมอเตอร์เพื่อใช้ในการเคลื่อนไหวในการปรับมุมกล้อง โดยภายในจะประกอบด้วย

1. กล้อง CMOS RGB 1 ตัว
2. กล้อง IR (Infra Red) 1 ตัว
3. ตัวส่งแสง IR (Infra Red)
4. ไมโครโฟน 4 ตัว
5. มอเตอร์ไว้ปรับมุมกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ระบบภายในของ Kinect Sensor

(ที่มา : http://www.manager.co.th/Game/ViewNews.aspx?NewsID=9530000156439)

PRODUCT SPECIFICATION

Property	PrimeSensor Spec	Property	PrimeSensor Spec
Field of View (Horizontal, Vertical, Diagonal)	58° H, 40° V, 70° D	Color image size	UXGA (1600x1200)
Depth image size	VGA (640x480)	Audio: built-in microphones	2 mics
Spatial x/y resolution (@2m distance from sensor)	3mm	Audio: digital inputs	4 inputs
Depth z resolution (@2m distance from sensor)	1cm	Data interface	USB 2.0
Maximal image throughput (frame rate)	60fps	Power supply	USB 2.0
Average image latency in full VGA resolution	40msec	Power consumption	2.25W
Operation range	0.8m - 3.5m	Dimensions (Width x Height x Depth)	14cm x 3.5cm x 5cm
		Operation environment (every lighting condition)	indoor
		Operating temperature	0°C - 40°C

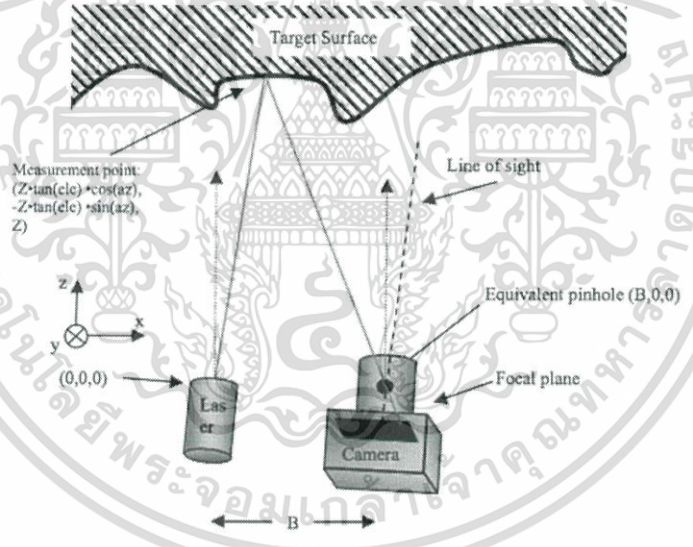
รูปที่ 2.3 รายละเอียดของ Kinect

(ที่มา : http://www.anandtech.com/show/4057/microsoft-kinect-the-anandtech-review/2)

Kinect มีระบบการรับรู้การเคลื่อนไหวของผู้เล่นอยู่ภายในเซนเซอร์เองซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เข้ามาช่วยโดยจะมีการส่งข้อมูลการเคลื่อนไหวของผู้เล่นในลักษณะต่างๆเข้าไปเป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นท่าทางการนั่ง ยืน การเอียงตัว การขว้างลูกบอลการหยิบสิ่งของหรือแม้แต่กระทั่งการตวัดมือข้อมูลการเคลื่อนไหวเหล่านี้จะถูกประมวลเหลือเพียงการเคลื่อนไหวของโครงกระดูกซึ่ง Kinect จะวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อต่อแต่ละข้อรวมทั้งสิ้น 20ข้อต่อเพื่อนำไปวิเคราะห์อีกครั้งว่าขณะนี้ผู้เล่นกำลังแสดงท่าทางอะไรอยู่ซึ่งเรียกว่า Skeletal Tracking การทำงานของ Kinect นั้นมีหลักการทำงานซึ่งเชื่อมโยงกับการทำงานของ hardware คือ การทำงานจะเริ่มจากการฉายแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

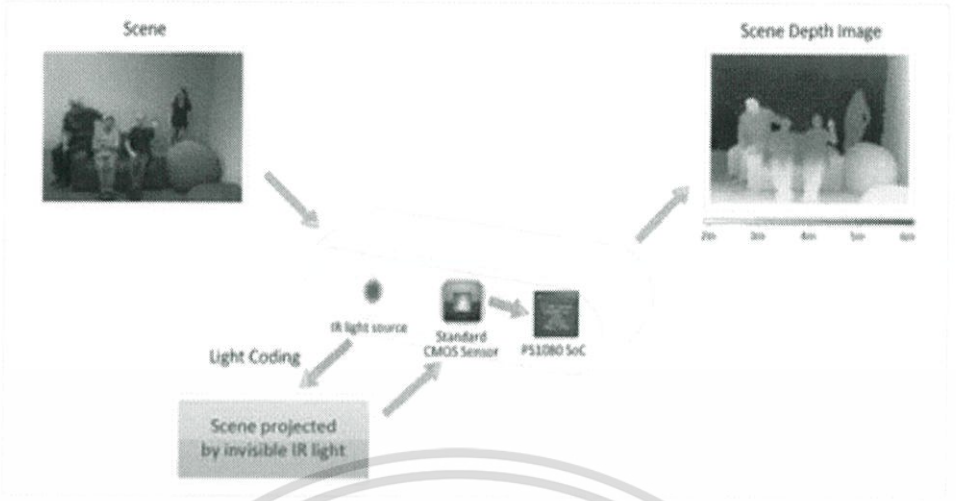
อินฟราเรดออกจากตัว Kinect ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าแสงที่ถูกฉายออกมาจะมีลักษณะเป็นจุดๆ ตามแนวตั้ง 480 จุด แนวนอน 640 จุดแต่ละจุดห่างกัน 3 มิลลิเมตร(ที่ระยะสองเมตรจากแหล่งกำเนิดแสง)ไปกระทบกับวัตถุโดยรอบไม่ว่าจะเป็นคนหรือสิ่งของและแสงอินฟราเรดที่สะท้อนกลับมานั้นจะรับสัญญาณโดยกล้องอินฟราเรด หลังจากนั้นกล้องวัดความลึกจะรับภาพระดับความสว่างของแสงอินฟราเรดที่ตกกระทบลงบนวัตถุส่งไปให้เซนเซอร์เพื่อทำการวัดความลึกตามแนวแกน Z (Z-Axis) โดย เซนเซอร์สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆได้อัตโนมัติ เช่นใช้เวลานานในการสะท้อนแสงกลับมาแสดงว่าวัตถุอยู่ไกลหรือ ของที่มีสีต่างกันจะดูดกลืนและสะท้อนแสงความในความยาวคลื่นที่ไม่เท่ากันนอกจากนี้ Kinect สามารถจดจำเสียงผู้เล่นโดยใช้ไมโครโฟน 4 ตัว โดยไมโครโฟนจะเป็นแบบ Wide-Field, conic audio capture รับเสียงในพื้นที่กว้างและให้ความสำคัญกับเสียงเป็นรูปกรวย (สนใจเสียงไกลๆ เสียงใกล้ๆเซนเซอร์จะไม่สนใจ)หลังจากนั้นจะใช้วิธีVoice Recognition เพื่อจดจำและแปลความหายของที่สิ่งที่ผู้เล่นแต่ละคนพูด ซึ่ง Kinect สามารถแยกเสียงของผู้เล่นได้



รูปที่ 2.4 การทำงานของเซนเซอร์

(ที่มา : http://www.anandtech.com/show/4057/microsoft-kinect-the-anandtech-review/2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการทำงานของ Kinect
(ที่มา : http://www.ayarafun.com/2010/11/what-is-kinect/)

นอกจากนี้ Kinect ยังมีความสามารถในการจดจำผู้เล่นเกมหรือผู้ใช้งานได้คือ

1. จดจำผู้เล่นได้โดยใช้ ข้อมูลจากกล้อง CMOS RGB(ข้อมูล แดง เขียว น้ำเงิน) และประมวลผล
2. จดจำการเคลื่อนไหวร่างกายของผู้เล่นเป็นแบบ 3 มิติแบ่งเป็น 3 อย่างย่อย

2.1 จดจำวัตถุแบบ 3 มิติ : โดยใช้ตัวส่งแสง IR และกล้อง IR , ตัวส่งแสง IR จะส่งแสงไปกระทบกับวัตถุไม่ว่าจะเป็นคนหรือสิ่งของ และแสง IR จะสะท้อนจากวัตถุนั้นๆกลับไปที่กล้อง IR และ Kinect จะใช้ข้อมูลพวก “เวลาในการสะท้อนกลับ”และ“ความยาวคลื่นแสง” ในการประมวลผลวัตถุต่างๆเป็น 3 มิติ (ยกตัวอย่างเช่น ใช้เวลานานในการสะท้อนกลับแสดงว่าวัตถุอยู่ไกล,ของที่มีสีต่างกันจะดูดกลืนแสงที่พบและสะท้อนแสงกลับไปในความยาวคลื่นที่ต่างกัน

2.2 จดจำและแบ่งแยกประเภทของคน ว่าเป็นเพศไหน อายุประมาณเท่าไหร่ ขนาดสัดส่วนตัวประมาณไหนเท่าไร ใส่เสื้อผ้าหรือยัง โดยใช้เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่มีอยู่

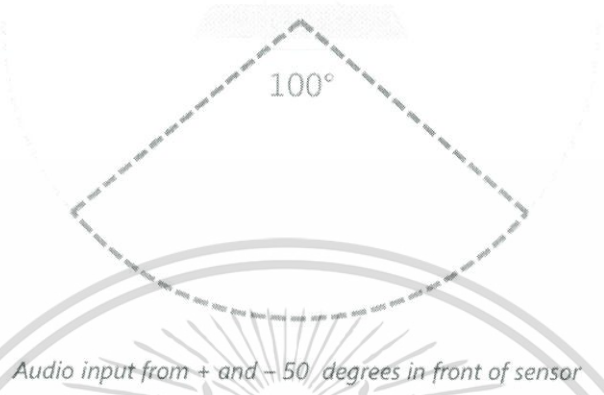
2.3 จดจำการเคลื่อนไหวของคน โดยหลังจากแบ่งแยกประเภทของคนแล้ว จะใช้วิธี skeletal movements(การเคลื่อนไหวตามลักษณะกระดูก)เข้าไปวิเคราะห์คนประเภทนั้นว่า ส่วนไหนคือหัว ตัวคอ หัวไหล่ แขนขวาแขนซ้าย ขาขวาขาซ้าย ข้อศอก, โดยใช้สัดส่วน ลักษณะ หรือข้อจำกัดต่างๆ

3. จดจำเสียงผู้เล่น โดยใช้ไมโครโฟน 4 ตัว โดยไมโครโฟนนั้นจะเป็นแบบ Wide-Field, conic audio capture รับเสียงในพื้นที่กว้าง และให้ความสำคัญกับเสียงเป็นรูปกรวย(สนใจเสียงไกลๆ เสียงใกล้ๆอย่างเสียงที่มาจาก Xbox เอง, Kinect จะไม่สนใจ) หลังจากนั้นจะใช้วิธี Voice Recognition เพื่อจดจำและแปลความหมายของสิ่งที่ผู้เล่นแต่ละคนพูด โดย Kinect สามารถแยกแยะเสียงของแต่ละผู้เล่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

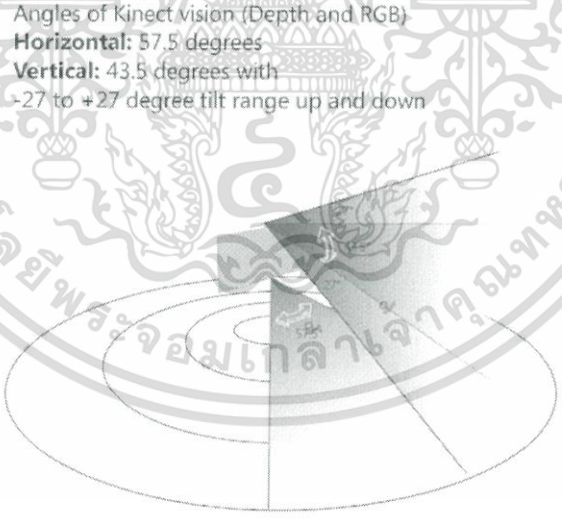
2.1.1 ความสามารถของตัว Kinect

1. Kinect สามารถจับเสียงของผู้เล่นได้ในรัศมี 100 องศาดังรูป 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงขอบเขตของการรับเสียงของตัว Kinect
(ที่มา : http://mportiz08.github.io/cpe486-research-project/speech.html)

2. Kinect สามารถหมุนหาผู้เล่นได้ โดยสามารถหมุนในแนวราบได้ 57.5 องศา และในแนวตั้งได้ 43.5 องศา ดังรูปที่ 2.7

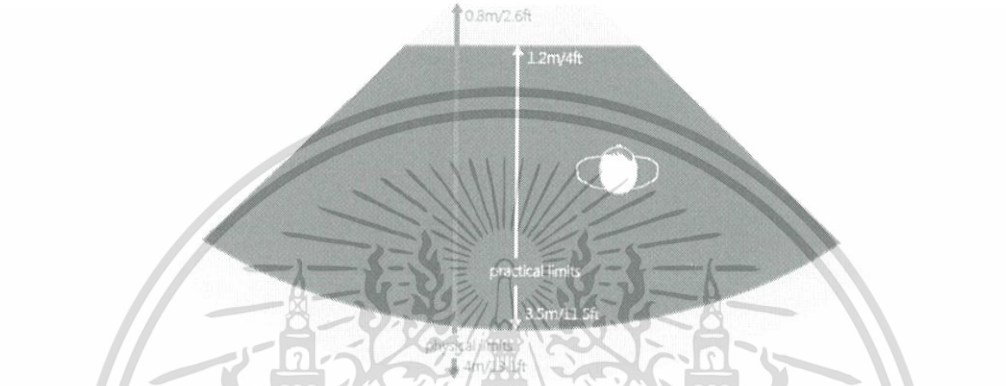


รูปที่ 2.7 แสดงองศาในการหมุนของ Kinect
(ที่มา : http://files.channel9.msdn.com/wlwimages/f1dda9cc6de74512b7c19f0101402403/image%5B8%5D-83.png)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Kinect สามารถจับผู้ใช้ได้ในระยะ 0.8-4 เมตร แต่มีระยะที่ทำงานได้ดีคือ 1.2-3.5 เมตร

Distance ranges for Depth (default mode)
Physical limits: 0.8 to 4m
Practical limits: 1.2 to 3.5m



รูปที่ 2.8 แสดงระยะในการจับผู้ใช้งาน

(ที่มา : https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh973074.aspx)

2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิตอลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิตอลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้ โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเราสามารถที่จะแบ่งออกมาได้เป็น5ส่วนใหญ่ๆพื้นฐาน ดังต่อไปนี้

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)เป็นส่วนที่ทำการประมวลผล
2. หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกกระดาษทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทันทีเมื่อเราปิดหรือไม่จ่ายไฟเลี้ยงมาเลี้ยงตัวคอนโทรลเลอร์และเป็นอีอีพรอม (EEPROM) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

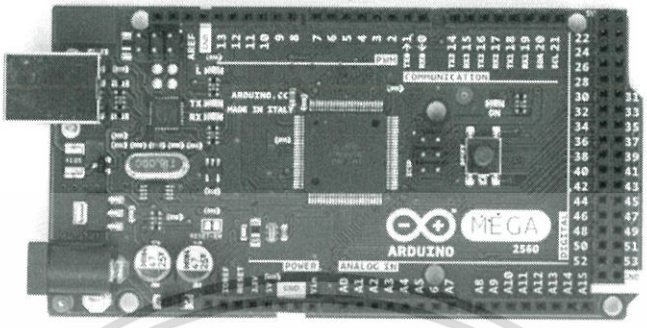
4. ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) , บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัส

5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูงจังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น มีความเร็วประมวลผลสูง ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของ อุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เตาอบไมโครเวฟ, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้ในงานควบคุมหลายประการ เช่น

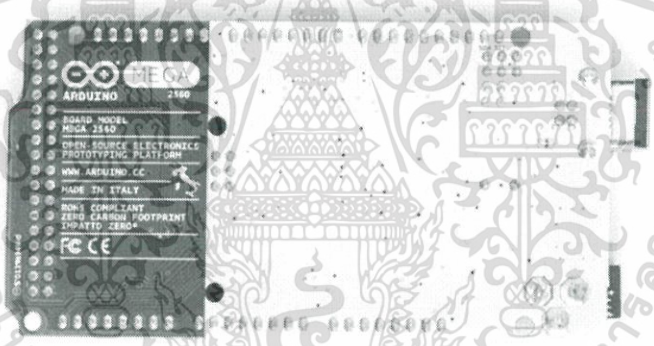
- ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
- ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโพรเซสเซอร์
- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 Arduino Mega 2560 R3



รูปที่ 2.9 Arduino Mega 2560 R3 Front
(ที่มา : http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560)



รูปที่ 2.10 Arduino Mega 2560 R3 Back
(ที่มา : http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560)

2.2.1.1 Overview

Arduino Mega 2560 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานบนพื้นฐาน ของ ATmega2560 ซึ่งประกอบด้วย

- 54 digital input/output pins (15 pin สามารถใช้เป็น PWM output ได้)
- 16 analog inputs
- 4 UARTs (hardware serial ports)
- 16 MHz crystal oscillator (ใช้สำหรับกรองความถี่ให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์)
- USB connection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ช่องเสียบแหล่งจ่าย

- ICSP header :In-Circuit Serial Programming (ส่วนที่เป็น AVR ขนาดเล็กสำหรับการโปรแกรม Arduino ซึ่งประกอบด้วย MOSI, MISO, SCK, RESET, VCC,GND)

- ปุ่มกด reset

โดยบอร์ด Arduino Leonardo นี้มีทุกสิ่งที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จำเป็นต้องใช้อย่างการต่อไฟเลี้ยงสามารถทำได้ทั้งการเชื่อมต่อเข้ากับ USB cable หรือ จ่ายไฟด้วย AC-DC adapter หรือ การใช้แบตเตอรี่ซึ่ง Mega เป็นบอร์ดที่เข้ากันได้กับ shield ที่ออกแบบมาเพื่อ Arduino Duemilanove หรือ Diecimila

Mega 2560 นี้มีความแตกต่างจากบอร์ดก่อนหน้าตรงที่ไม่ใช้ FTDI USB-to-serial driver chip แต่จะมี ATmega16U2 เข้ามาเป็นโปรแกรมแปลง USB-to-serial

Arduino Mega2560 Revision 2 มี ATmega8U2 ทำให้อัพเดท firmware ผ่าน USB protocol ที่เรียกว่า DFU(Device Firmware Update) ได้ง่ายขึ้น

Arduino Mega Revision 3 มี featureใหม่ๆเพิ่มขึ้นมาดังนี้

- 1.0 pinout: เพิ่ม SDA และ SCL (อยู่ใกล้กับ AREF pin) และอีกสอง pins ใหม่คือ IOREF เป็น pin ที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ shields เพื่อแปลงเป็นแรงดันที่ได้จากบอร์ด ส่วนอีก 1 pin ที่เหลือมีไว้สำหรับใช้ร่วมกับ AVR ในอนาคต

- วงจร Reset ที่ดีขึ้น

- ใช้ ATmega 16U2 แทน 8U2

2.2.1.2 Power

Arduino Mega สามารถเชื่อมรับพลังงานโดยการเชื่อมต่อ micro USB connector หรือ จาก power supply จากภายนอกได้ โดยแหล่งพลังงานจะถูกเลือกโดยอัตโนมัติ

แหล่งจ่ายจากภายนอกสามารถมาได้จาก AC-to-DC adapter หรือจากแบตเตอรี่ โดยต่อเข้ากับ 2.1mm center-positive plug ไปยังช่องเสียบแหล่งจ่าย และการต่อเข้ากับแบตเตอรี่สามารถทำได้โดยการต่อเข้ากับGND และ Vin pin header ของ power connector

บอร์ดสามารถทำงานได้ในช่วงแรงดัน 6 ถึง 20 volts ถ้า แหล่งจ่ายมีค่าต่ำกว่า 7 V อาจส่งผลให้ 5 V pinมีแรงดันที่ต่ำกว่า 5V และ บอร์ดอาจจะไม่เสถียร แต่ถ้าหากแรงดันมีค่าสูงกว่า 12 V อาจส่งผลให้บอร์ดOverheat และอาจทำให้บอร์ดเสียหายได้ ดังนั้นช่วงแรงดันที่เหมาะสมกับบอร์ดคือ 7 V ถึง 12 V

- VIN เป็น input voltage ของบอร์ด Arduino โดยใช้แหล่งจ่ายจากภายนอก

- 5V เป็น output pin ที่ควบคุม 5 V จากบอร์ด

- 3V3 เป็น 3.3 volt supply ที่สร้างขึ้นจาก regulator บนบอร์ดและให้กระแสได้สูงสุด 50 mA

- GND เป็น ground pin

- IOREF เป็น pin ที่ให้ voltage reference กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเลือกค่าแรงดันให้กับ shield ที่มาเชื่อมต่อกับบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.3 Memory

ATmega2560 มีหน่วยความจำ 256 KB (8 KB ใช้สำหรับ boot loader) นอกจากนี้ยังมีอีก 8 KB สำหรับ SRAM และ 4 KB สำหรับ EEPROM

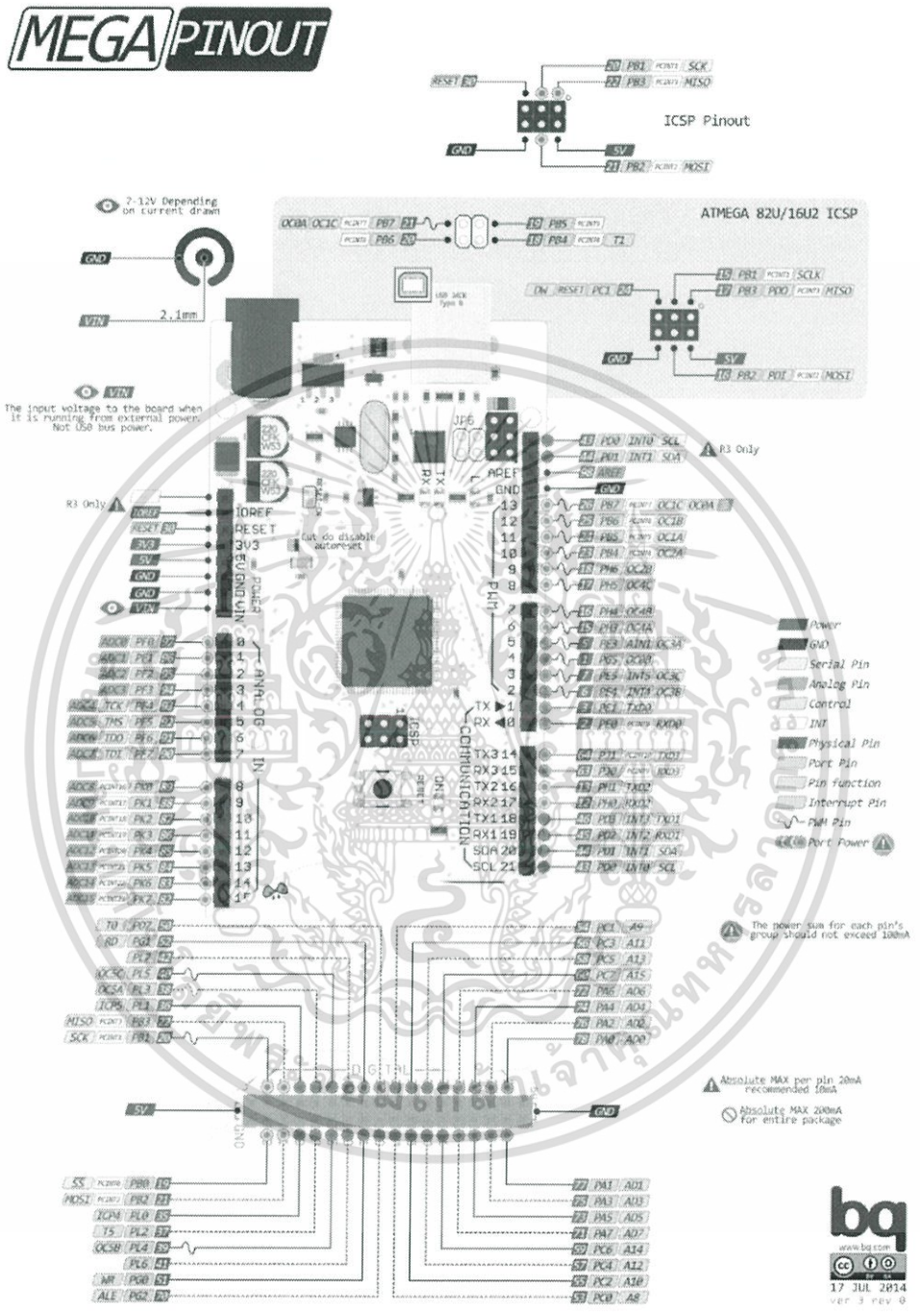
2.2.1.4 Input and Output

ในแต่ละ digital pins ทั้ง 54 pins บนบอร์ด Arduino Uno สามารถเป็นได้ทั้ง input และ output โดยจะทำงานที่แรงดัน 5 V และให้กระแสสูงสุด 40 mA

ฟังก์ชันอื่นๆเพิ่มเติม

Serial: 0 (Rx) และ 1(Tx); Serial 1: 19(Rx) และ 18 (Tx); Serial 2: 17 (Rx) และ16(Tx); Serial 3:15 (Rx) และ 14 (Tx) ใช้สำหรับรับ (Rx) และส่ง(Tx) TTL serial dataโดย pin 0 และ 1 จะถูกเชื่อมต่อไปยัง corresponding pins ของ ATmega16U2 USB-to-TTL serial chip

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดง Port ต่าง ๆ บน Arduino Mega 2560 R3

(ที่มา : http://forum.arduino.cc/index.php/topic,146511.0.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Servo Motor

Servo Motor คือมอเตอร์ขนาดเล็กมีโครงสร้างภายในประกอบด้วยDC-Motor ขนาดเล็กพร้อมชุดเกียร์ทดรอบทำให้มีแรงบิดสูงเมื่อเทียบกับขนาดของตัวมอเตอร์เองนอกจากนี้ตัว Servo Motor ยังมีวงจรขับมอเตอร์และวงจรป้อนกลับ (Feedback control) รวมอยู่ภายในชุดด้วยซึ่งสามารถควบคุมตำแหน่งการหมุนได้อย่างแม่นยำดังนั้นจึงได้มีการนำไปประยุกต์ใช้กันอย่างมากมายในปัจจุบัน

คุณสมบัติ

1. ให้แรงบิดในการหมุนที่สูง
2. มีคุณสมบัติในการควบคุมตำแหน่งการทำงานได้อย่างแม่นยำควบคุมจากความกว้างของสัญญาณ PULSE
3. มีความสามารถในการหมุนเคลื่อนที่+/-90 องศาหรือ0-180 องศา
4. สามารถต่อสัญญาณการควบคุมร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง[TTL Signal]
5. สามารถควบคุมความเร็วในการหมุนได้ง่าย

รูปที่ 2.12 เซอร์โวมอเตอร์

(ที่มา : http://mco-s1-p.mlstatic.com/servo-motor-estandar-futaba-s3003-arduino-microcontrolador-15782-MCO20108633256_062014-F.jpg)

การควบคุมและหลักการทำงานของ Servo motor ตัวเซอร์โวมอเตอร์โดยตัวเซอรฺโวมอเตอร์ควบคุมโดยเราต้องทำการส่งสัญญาณที่เป็น Pulse คือสัญญาณที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมเพื่อทำการควบคุม

1. current control loop เป็นส่วนของการควบคุมกระแสไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์ซึ่งจะแปรผันทางแรงบิดโดยรับสัญญาณ analog ที่มาจาก output ที่ได้ของ speed control loop (KV)
2. Speed control loop เป็นส่วนของการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยรับสัญญาณ Analog มาจาก output ของ Position control loop มาเปรียบเทียบกับ speed feedback จาก Encoder

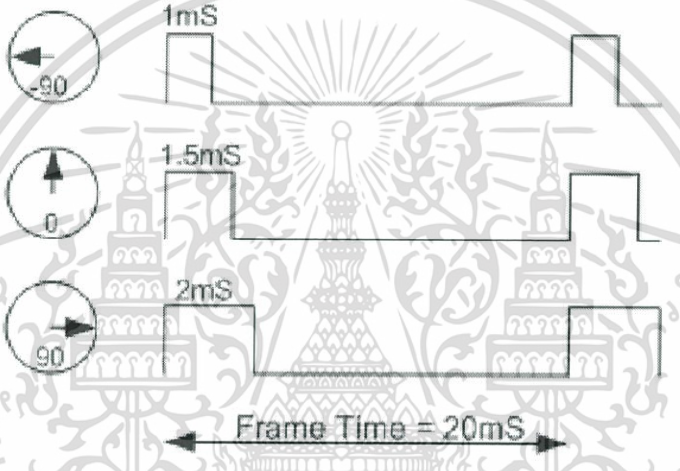
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Position control loop เป็นส่วนของการควบคุมตำแหน่งโดยรับสัญญาณมาจาก signal command อาจจะเป็นสัญญาณ Analog หรือสัญญาณ Pulse มาเปรียบเทียบกับ Position feed back จาก encoder

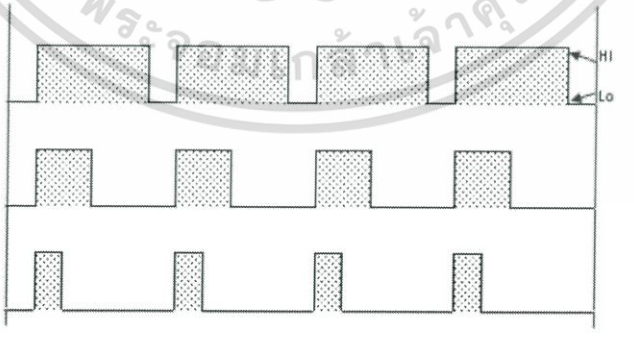
PWM (Pulse Width Modulation) คือ คือสัญญาณที่สามารถปรับความกว้างของ Pulse ได้ ที่เรียกว่า Duty cycle ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดปริมาณของพลังงานไฟฟ้า ที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ เช่น มอเตอร์และหลอดไฟ ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ และความสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

ในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์เราใช้ความกว้างของ Pulse ในการควบคุมให้หมุนในองศาที่ต้องการ

1. สัญญาณPulse ควบคุมตำแหน่งมีความกว้างของสัญญาณPulse อยู่ระหว่าง 1-2 mS
2. สัญญาณPulse ควบคุมตำแหน่งจะต้องถูกส่งต่อเนื่องทุกระยะเวลาประมาณ 20 mS



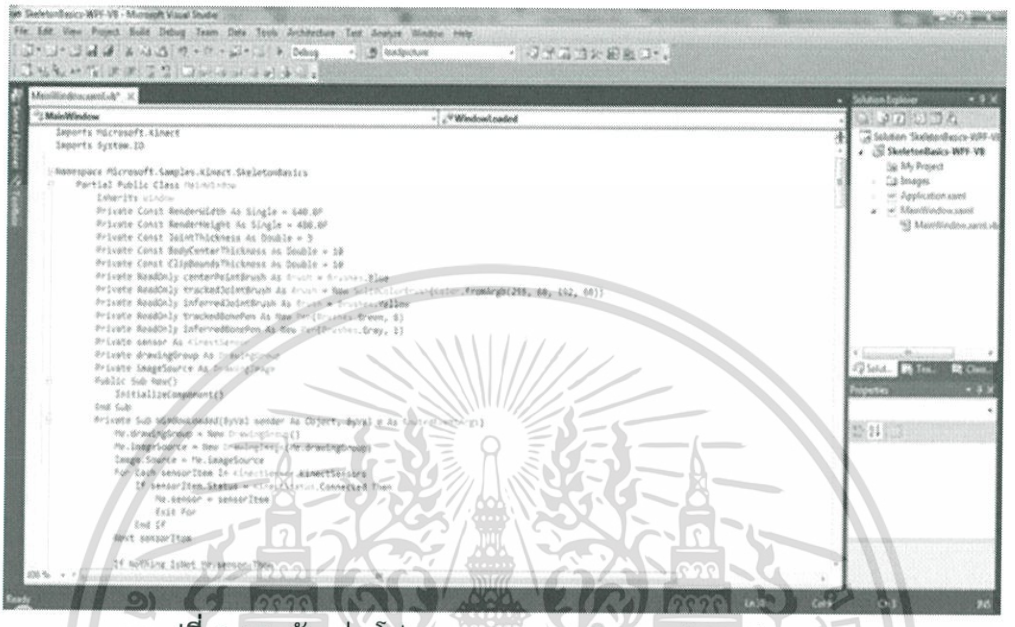
รูปที่ 2.13 การส่งสัญญาณควบคุมเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 2.14 รูปตัวอย่าง PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการทำงาน คือ Microsoft Visual Studio 2010 โดยภาษาที่ใช้เขียนจะเป็น C#



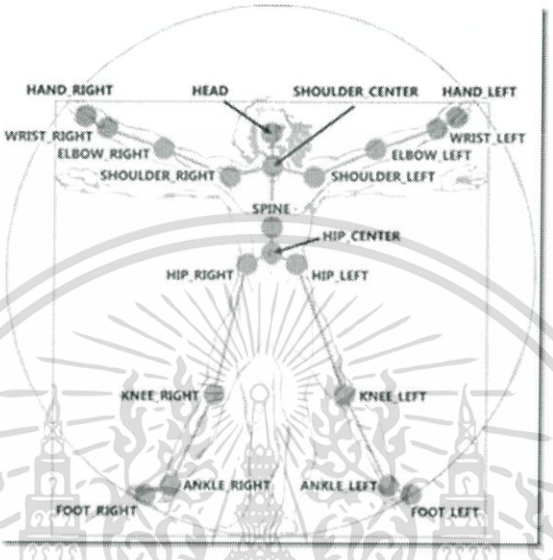
รูปที่ 2.15 ตัวอย่างโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2010
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

2.5 Skelton Tracking

รูปที่ 2.16 Skelton
(ที่มา : http://midimotion.blogspot.com/2013/05/midi-library-to-play-music.html)

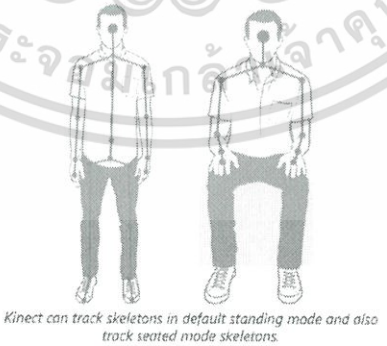
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจับร่างกายผู้ใช้ของ Kinect แปลงออกมาเป็น Skelton โดยที่เมื่อผู้ใช้ยืน Skelton ที่ได้จะมีข้อต่อ 20 จุด ดังรูป 2.13 จะประกอบด้วย ศีรษะ หัวไหล่ขวา หัวไหล่ซ้าย บริเวณแกนกลางไหล่ มือขวา มือซ้าย ศอกขวา ศอกซ้าย ข้อมือขวา ข้อมือซ้าย กระดูกสันหลัง สะโพก สะโพกขวา สะโพกซ้าย หัวเข่าซ้าย หัวเข่าขา ข้อเท้าขวา ข้อเท้าซ้าย เท้าขวา เท้าซ้าย



รูปที่ 2.17 รูปแสดงข้อต่อของ Skelton
(ที่มา : https://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131025.aspx)

แต่ในขณะที่จับผู้ใช้ในท่านั่งจะจับได้เพียง 10 จุด คือ มือซ้าย มือขวา ข้อมือซ้าย ข้อมือขวา ศอกซ้าย ศอกขวา หัวไหล่ซ้าย หัวไหล่ขวา แกนกลางไหล่ ศีรษะ



รูปที่ 2.18 เปรียบเทียบข้อต่อระหว่างท่ายืนและท่านั่ง
(ที่มา : https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh973077.aspx **)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 เครื่องพิมพ์ 3 มิติ (3D Printers)

เทคโนโลยีการพิมพ์แบบสามมิติ (3D printing) คือนวัตกรรมเปลี่ยนโลกที่ได้รับการกล่าวถึงมากที่สุดในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เพราะเทคโนโลยีที่ถูกคิดค้นมาตั้งแต่ปี 1984 กำลังขยายการใช้งานเข้าสู่ผู้ใช้ระดับครัวเรือนมากขึ้นในราคาที่ต่ำลงเรื่อยๆ จนมีผู้นำไปพัฒนาต่อยอดและประยุกต์ใช้ในแวดวงต่างๆ อย่างกว้างขวาง ตั้งแต่ของเล่น ตุ๊กตาคนจริงย่อส่วน เครื่องประดับ รองเท้า เฟอร์นิเจอร์ ไปจนถึงชิ้นส่วนรถยนต์หรือแม้กระทั่งอาหารและอวัยวะเทียมซึ่งผลิตขึ้นเฉพาะบุคคล

สำหรับเทคนิคพื้นฐานในการสร้างชิ้นงานของเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D printing) จะเริ่มจากการนำวัสดุมาขึ้นรูปทีละชั้นตามแบบที่กำหนดในไฟล์คอมพิวเตอร์ เพื่อให้ปรับเปลี่ยนรายละเอียดและสั่งพิมพ์ในปริมาณที่ต้องการได้ทันที ทำให้มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าการสั่งผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมแบบเดิมซึ่งต้องสร้างเบ้าหล่อ (mold) ก่อนแล้วจึงฉีดวัสดุลงไป นอกจากนี้ เทคนิคการสร้างชิ้นงานด้วยการเติมวัสดุ (additive manufacturing) ของเครื่องพิมพ์สามมิติยังทำให้สูญเสียวัตถุดิบน้อยกว่าการผลิตแบบทั่วไปซึ่งมักเริ่มด้วยวัสดุที่เป็นบล็อกใหญ่และตัดส่วนที่ไม่ต้องการออกอีกด้วย

2 ขั้นตอนง่ายๆ ในการพิมพ์สามมิติ

รูปที่ 2.19 โปรแกรมสร้างแบบจำลอง 3 มิติ
(ที่มา : http://www.tcdc.or.th/creativethailand/article/Insight/20010/?ref=fb-siam3dprinter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เตรียมไฟล์รูปจำลองสามมิติ (.stl)

- สร้างแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรมออกแบบสามมิติ*
- ดาวน์โหลดไฟล์รูปจำลองสามมิติจากเว็บไซต์ที่ให้บริการ เช่น Thingiverse**
- สแกนวัตถุต้นแบบเพื่อสร้างไฟล์รูปจำลองด้วยเครื่องสแกนสามมิติ

*ซอฟต์แวร์สร้างแบบจำลองที่ได้รับความนิยมและเปิดให้ใช้งานฟรี เช่น Blender, SketchUp, 123D Design, 3D Canvas, Seamless3d ฯลฯ

**Thingiverse คือเว็บไซต์ยอดนิยมที่เปิดให้สามารถอัพโหลด-ดาวน์โหลดไฟล์สามมิติ พร้อมฟังก์ชันแสดงผลไฟล์ในตัว โดยแบบจำลองสามมิติเหล่านี้บางแบบสามารถนำมาปรับแต่งได้ตามความต้องการ

2. ตั้งค่าและสั่งพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ที่ใช้เทคนิคและวัสดุที่เหมาะสมกับชิ้นงาน

รูปที่ 2.20 พิมพ์ชิ้นงานด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

(ที่มา : http://www.tcdc.or.th/creativethailand/article/Insight/20010/?ref=fb-siam3dprinter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 การพิมพ์แบบต่าง ๆ

2.6.1.1 การพิมพ์แบบหัวฉีด (FDM : Fused Deposition Modeling)

เทคนิค : ทำงานด้วยกลไกหัวฉีด (nozzle) ซึ่งจะทำความร้อนเพื่อให้วัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้น (filament) อ่อนตัวลง แล้วจึงสร้างชิ้นงานขึ้นทีละชั้นโดยเริ่มจากฐาน

วัสดุ : พลาสติกชนิดต่างๆ โดยเฉพาะ PLA และ ABS ปัจจุบันเริ่มมีการนำเทคนิคมาต่อยอดเพื่อใช้กับวัสถุดิบอาหารอย่างช็อกโกแลต ไอซิ่ง ชีส ฯลฯ รวมถึงคอนกรีตสำหรับสร้างอาคาร

เหมาะสำหรับสร้างตัวต้นแบบ (rapid prototype) ด้วยพลาสติก ชิ้นงานไม่ละเอียดเท่าการพิมพ์แบบอื่นๆ จึงมีพื้นผิวไม่เรียบและจำเป็นต้องมีการขัดเก็บงานก่อนในกรณีที่จะนำไปใช้งานจริง FDM เป็นเทคนิคการพิมพ์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เพราะดัดแปลงใช้ได้กับวัสดุหลากหลายประเภท และมีต้นทุนต่ำกว่าการพิมพ์แบบอื่นๆ ทั้งในแง่ของวัสดุและเครื่องพิมพ์

2.6.1.2 การพิมพ์ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต (SLA : Stereolithography)

เทคนิค : สร้างชิ้นงานโดยยิงลำแสงอัลตราไวโอเล็ตให้ผิวน้ำเรซินแข็งตัวทีละชั้นและเชื่อมต่อกับชั้นก่อนหน้า

วัสดุ : ใช้ได้กับเรซิ่นอย่างเดียวเท่านั้น

เหมาะสำหรับการสร้างชิ้นส่วนกลไกต่างๆ เพื่อนำไปใช้ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบ และสามารถสร้างวัตถุเพื่อเป็นชิ้นส่วนจริงในเครื่องมือต่างๆ ได้ เพราะมีความละเอียดมากกว่าและผลิตชิ้นงานได้เร็วกว่าการพิมพ์แบบ FDM มาก งานจึงมีผิวเรียบแต่ก็มีต้นทุนสูงกว่าทั้งในแง่เครื่องพิมพ์และวัสดุ

2.6.1.3 การพิมพ์ด้วยแสงเลเซอร์ (SLS: Selective Laser Sintering)

เทคนิค : เครื่องพิมพ์จะยิงแสงเลเซอร์ลงบนผงวัสดุให้เกิดการหลอมละลายเฉพาะจุดและเกิดการเกาะติดกันทีละชั้น

วัสดุ : ผงโลหะ แก้ว เซรามิก พลาสติก อีลาสโตเมอร์ (โพลิเมอร์ที่มีความยืดหยุ่นคล้ายยาง)

ชิ้นงานที่ได้มีความคงทนกว่าการพิมพ์แบบ SLA เหมาะสำหรับทำสร้างชิ้นงานเพื่อใช้จริง เช่น เครื่องประดับเงินและทองคำ ตุ๊กตาย่อส่วนคนจริงจากเซรามิก เครื่องดนตรีอย่างกีต้าร์ ไวโอลิน ฟรุต ฯลฯ

2.6.1.4 การพิมพ์ด้วยการซ้อนแผ่นวัสดุ (LOM : Laminated Object Manufacturing)

เทคนิค : ใช้เลเซอร์หรือมีดตัดวัสดุที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางทีละชั้น และเชื่อมแต่ละชั้นด้วยกาว

วัสดุ : แผ่นกระดาษ ไม้ โลหะ

เหมาะสำหรับสร้างชิ้นงานเพื่อเป็นวัตถุต้นแบบ เพราะจุดเด่นของการพิมพ์แบบ LOM คือ ความเร็ว แต่ความละเอียดของงานยังต้องอาศัยการเก็บงานที่ดีด้วย ต้นทุนของวัสดุค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับการพิมพ์แบบอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

การออกแบบและการสร้าง

จากที่เราได้เรียนรู้หลักการทำงานของตัวอุปกรณ์ต่างๆทั้งทฤษฎีของ Kinect เซนเซอร์ตรวจจับท่าทางของผู้ใช้แล้วรับค่ามายังคอมพิวเตอร์ เขียนโค้ดให้ Kinect จับskeleton 20 จุดของผู้ใช้ แล้วส่งค่าต่าง ๆ ไปยังบอร์ด Arduino เพื่อเปลี่ยนเป็นสัญญาณ Pulse แล้วส่งต่อไปที่ Servo หุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนไหวตาม การเคลื่อนไหวของผู้ใช้

รูป 3.1 ผังการทำงานของระบบ

(ที่มา : ผู้จัดทำ)

3.1 การออกแบบโปรแกรม

ในส่วนของการออกแบบโปรแกรมเราจะเขียนโปรแกรมผ่านโปรแกรม visual studio 2010 โดยเลือกใช้ภาษา VB ในการเขียน รับค่าจากเซนเซอร์ Kinect ในการจับผู้ใช้ แล้วเขียนโค้ดเพื่อทำการจับ Skeleton ตามจุดต่างๆของมนุษย์ 20 จุด แล้วประมวลผลส่งค่าออกไป ควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ตามจุดข้อต่อต่างๆ 16 จุดแต่ในส่วนของโปรแกรมของเรา จะใช้เพียง 8 จุดของผู้ใช้งานคือ ส่วนมือซ้าย มือขวา ข้อมือซ้าย ข้อมือขวา ข้อศอกซ้าย ข้อซอกขวา หัวไหล่ซ้าย หัวไหล่ขวา และเมื่อเราจับจุดทั้ง 8 จุดแล้วเราก็ทำการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์โดยภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเป็นภาษา Visual Basic แล้วทำการเชื่อมต่อไปยังหุ่นยนต์ โดยค่าที่คอมพิวเตอร์ประมวลผลได้จะถูกส่งไปยัง บอร์ด Arduino ที่จะเป็นตัวสั่งให้ Servoแต่ละตัวทำงานตามที่เราได้เขียนโปรแกรมไว้ โดยเราจะทำการทดลองด้วยการกำหนดท่าทางต่างๆในส่วนบนของร่างกาย

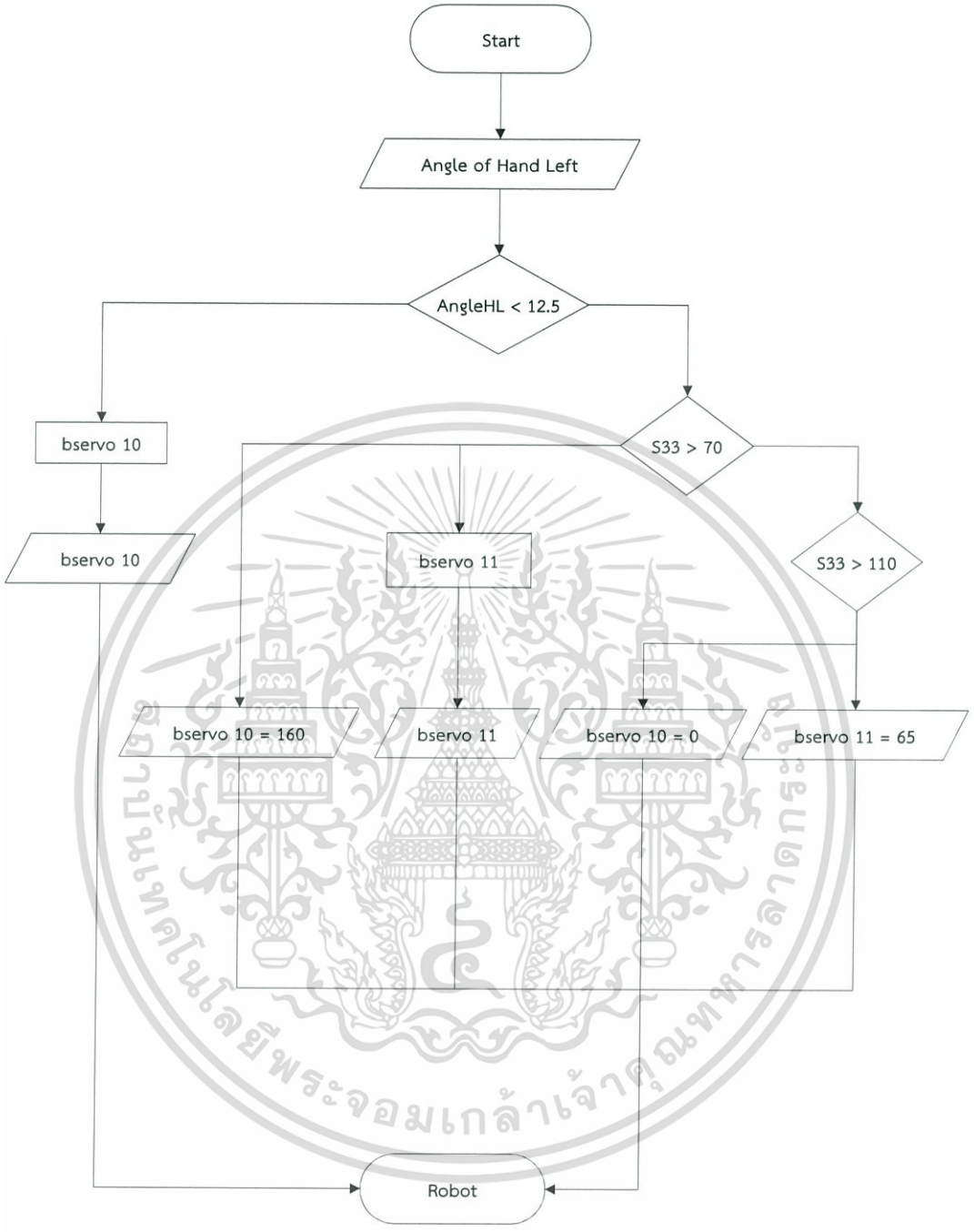
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 ผังการทำงานของโปรแกรม

(ที่มา : ผู้จัดทำ)

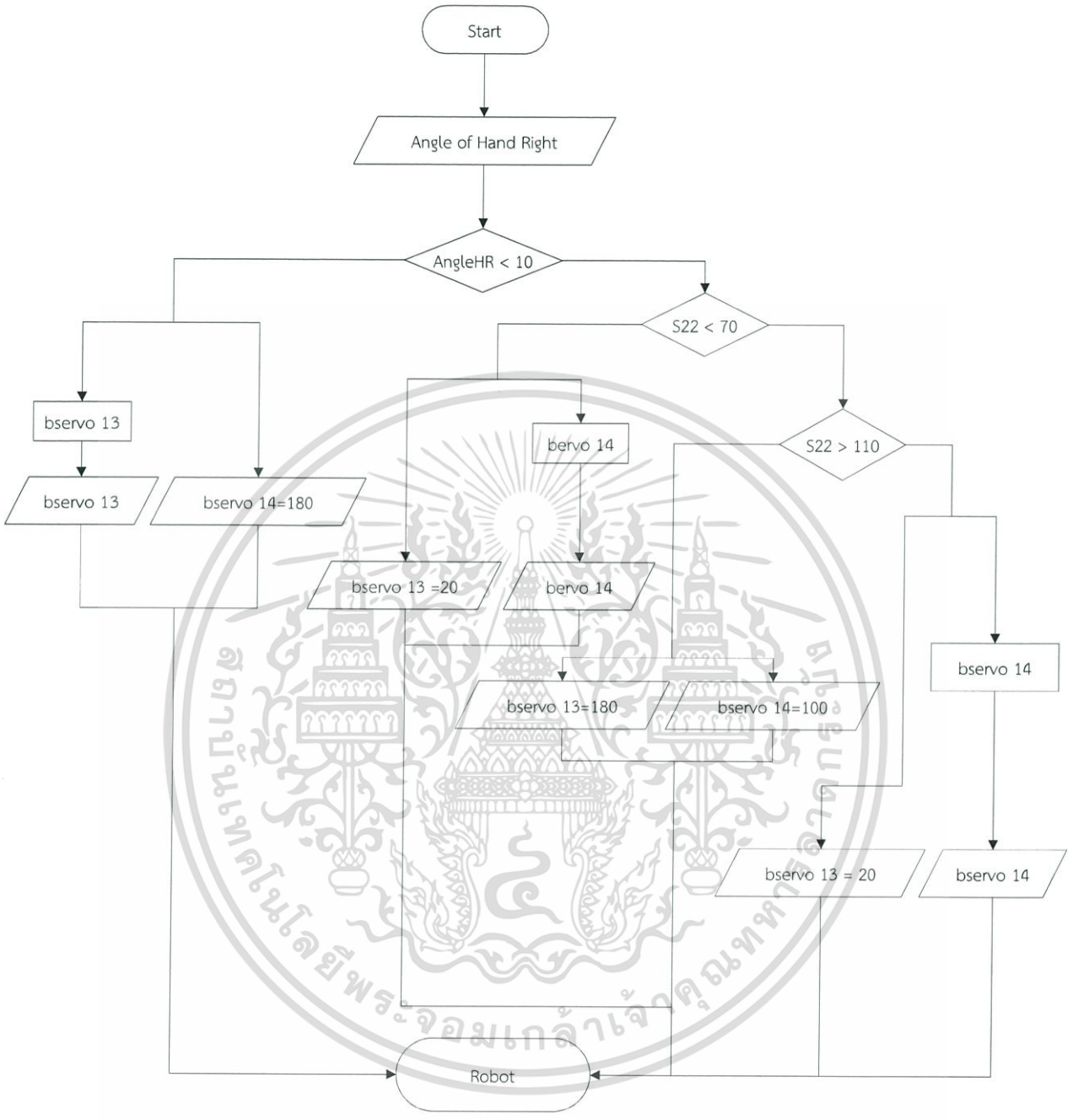
ผังการทำงานของโปรแกรม เมื่อเริ่มการทำงาน Kinect จะทำการจับผู้ใช้งาน โดยที่จะจับ เป็น Skelton Tacking 20 จุดแต่ในส่วนของโปรแกรมนี้เราจะ ใช้เพียง 8 จุด โดย Kinect จะจับจุดทั้ง 8 ตายตัวแล้ว จะส่งค่าในส่วนของการประมวลผลโดยเราจะใช้ทางคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลโดยเมื่อทางคอมพิวเตอร์รับค่าจากตัว Kinect ก็จะส่งค่าไปเชื่อมต่อกับตัวหุ่นยนต์ให้หุ่นยนต์ขยับขึ้นลงตามการเคลื่อนไหว ของตำแหน่งของ มือซ้าย มือขวา ข้อมือซ้าย ข้อมือขวา ข้อศอกซ้าย ข้อซอกขวา หัวไหล่ซ้าย หัวไหล่ขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ผังการทำงานของโปรแกรมส่วนของมือซ้าย
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

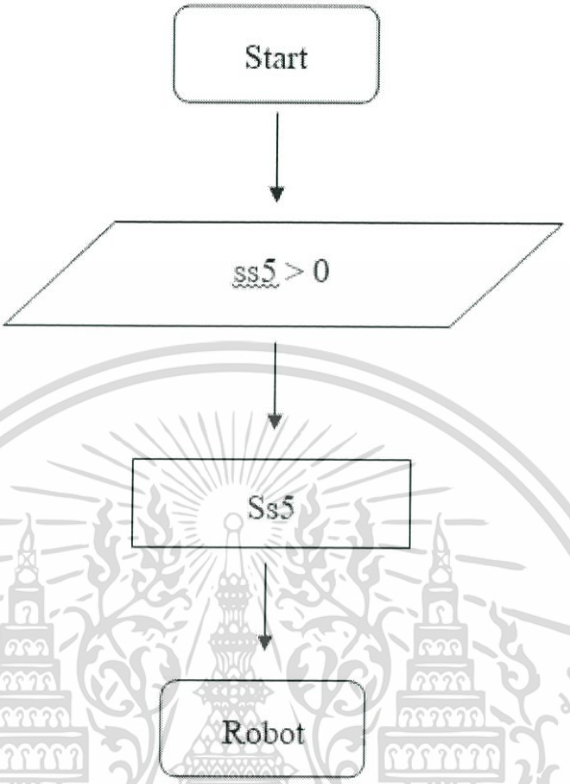
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ผังการทำงานของโปรแกรมส่วนของมือขวา

(ที่มา : ผู้จัดทำ)

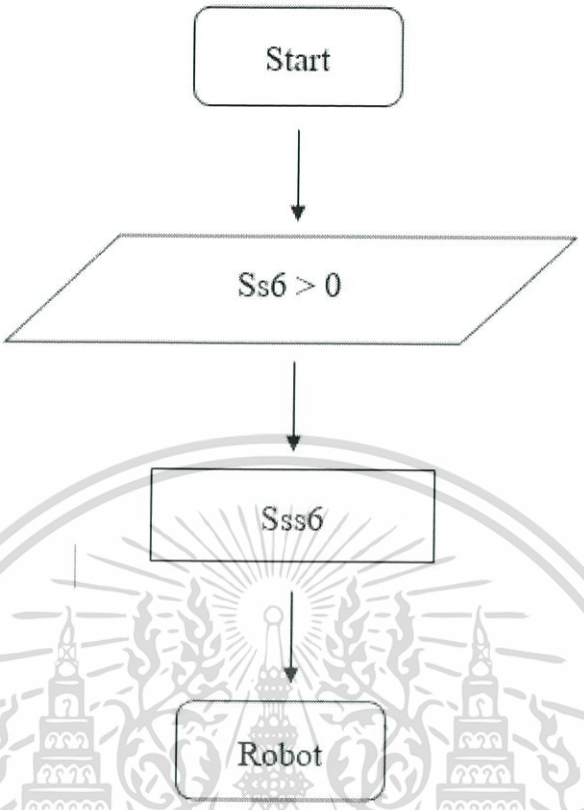
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ผังการทำงานของโปรมแกรมการเคลื่อนไหวข้อศอกของแขนขวา

(ที่มา : ผู้จัดทำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



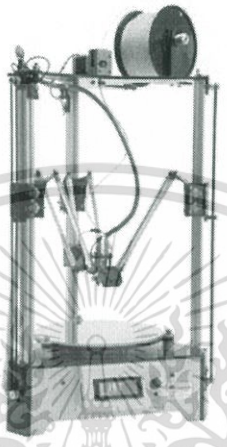
รูปที่ 3.6 ผังการทำงานของโปรมแกรมการเคลื่อนไหวข้อศอกของแขนซ้าย

(ที่มา : ผู้จัดทำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 สร้างหุ่นยนต์

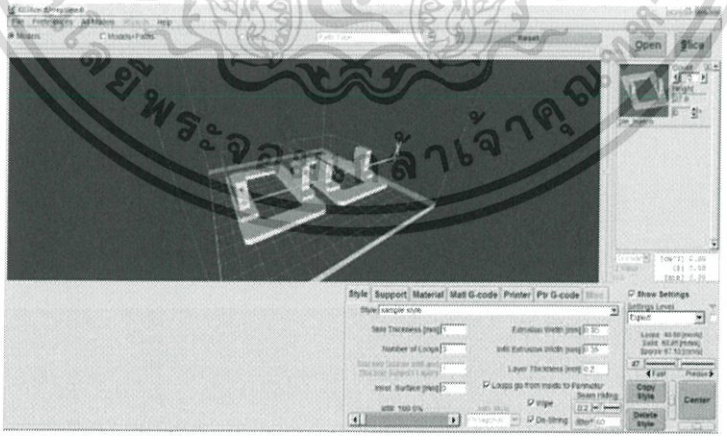
สร้างชิ้นส่วนต่าง ๆ จากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ซึ่งเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เป็นเครื่องที่เอาไว้สำหรับขึ้นรูปโมเดลจากโปรแกรม 3 มิติ โดยใช้การฉีดพลาสติกเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน เป็นชิ้นส่วนประกอบ แล้วนำมาประกอบเป็นตัวหุ่นยนต์



รูปที่ 3.7 เครื่องพิมพ์ 3 มิติ

(ที่มา : http://www.siamreprap.com/newsite/wordpress/shop/3d-printer/delta-x-pro/)

นำไฟล์ของชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ซึ่งเป็นไฟล์ 3 มิติ มาเปิดที่โปรแกรมตั้งค่าก่อนการพิมพ์เพื่อแปลงไฟล์และตั้งค่าการพิมพ์ ดังรูปที่ 3.8

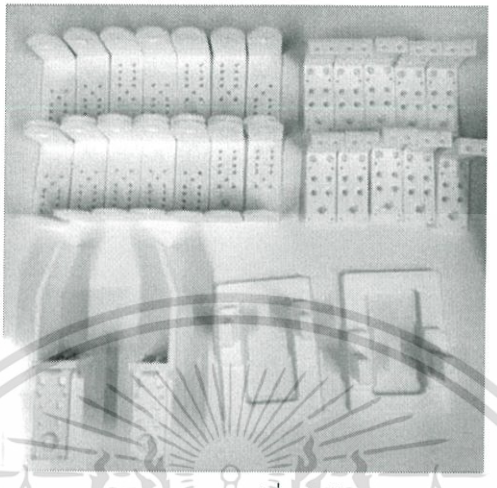


รูปที่ 3.8 หน้าต่างโปรแกรมตั้งค่าก่อนการพิมพ์ชิ้นงาน

(ที่มา : ผู้จัดทำ)

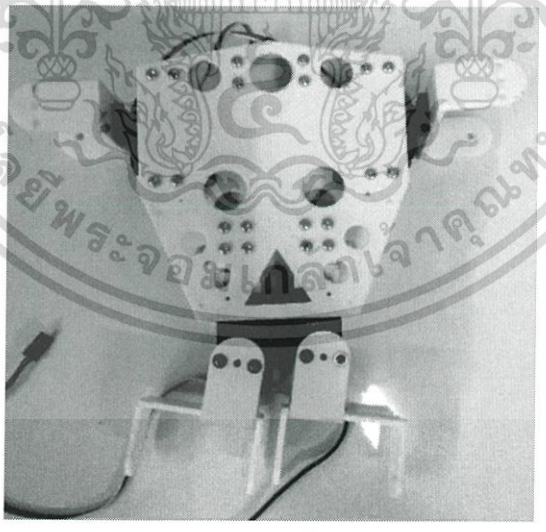
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากตั้งค่าในการพิมพ์เสร็จเรียบร้อยแล้วก็นำไฟล์ที่ได้ไปพิมพ์ผ่านเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ซึ่งเมื่อพิมพ์เสร็จแล้วจะได้ชิ้นงานออกมา ดังรูปที่ 3.9



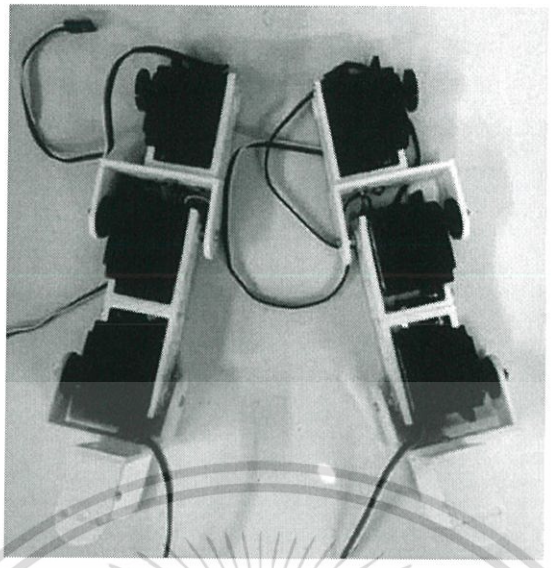
รูปที่ 3.9 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ที่ยังไม่ได้ประกอบหลังพิมพ์เสร็จ
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

เมื่อได้ชิ้นส่วนครบตามที่ต้องการแล้วก็นำชิ้นส่วนเหล่านั้นมาประกอบเป็นตัวหุ่นยนต์ดังรูปต่อไปนี้

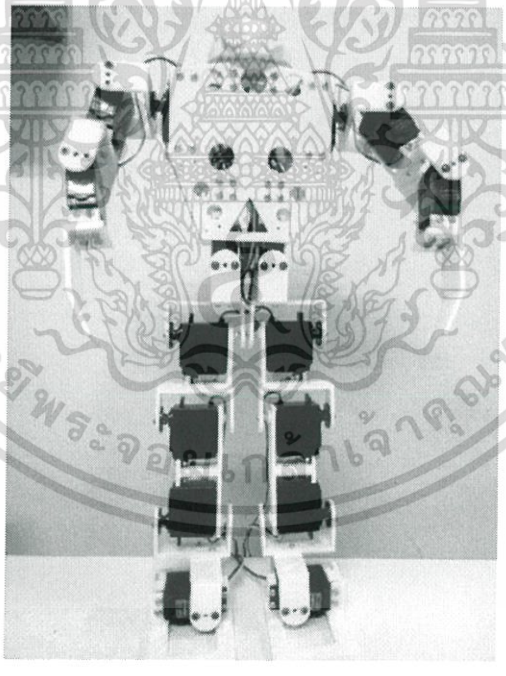


รูปที่ 3.10 ส่วนลำตัวของหุ่นยนต์ที่ได้ประกอบแล้ว
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ส่วนขาของหุ่นยนต์ที่ได้ประกอบแล้ว
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

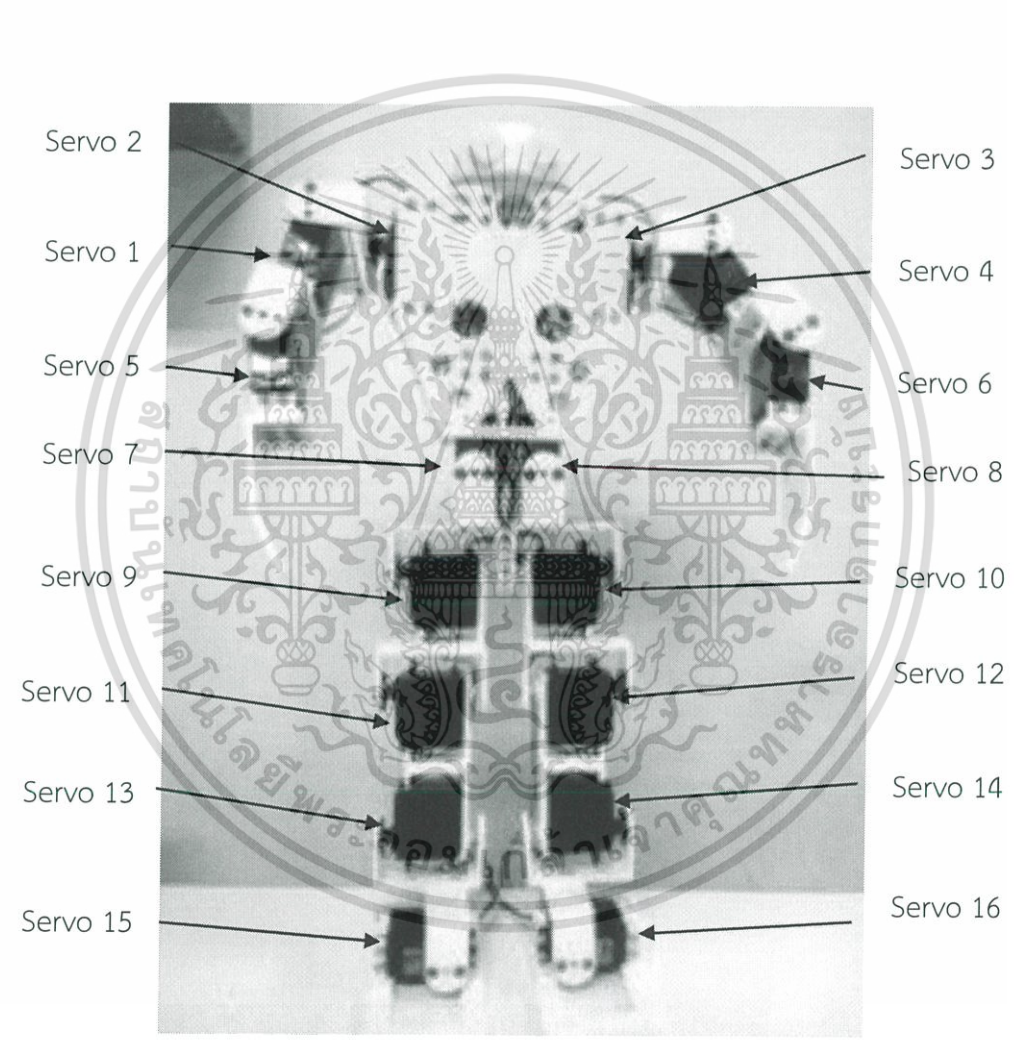


รูปที่ 3.12 หุ่นยนต์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ในส่วนของการทดลองเราจะทำการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยการทำท่าทางต่างๆที่ได้กำหนดขึ้นมา แล้ววัดความเปลี่ยนแลงความกว้างของ Pulse ในแต่ละ Servo แล้วบันทึกผลลงในตาราง การทดลองพร้อมแสดงกราฟของ Servo แต่ละตัว

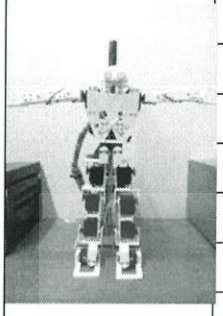


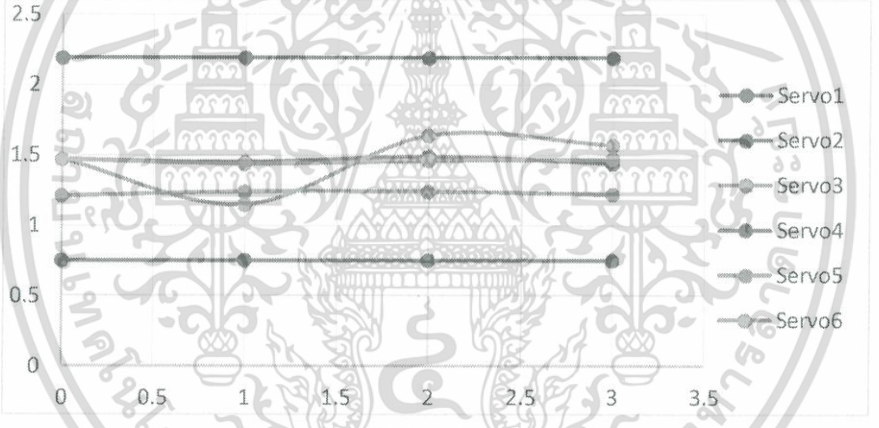
รูปที่ 4.1 แสดง Servo ต่างๆของหุ่นยนต์
(ที่มา : ผู้จัดทำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

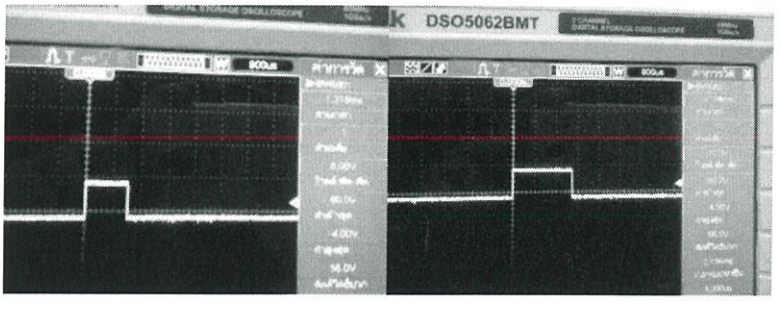
4.1 ยกแขนสองข้างโดยแขนแต่ละข้างท่าเดียวกัน

ตารางที่ 4.1 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 1

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	การทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน (%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	1.47ms	1.45ms	1.49ms	1.44ms	1.46ms	0.68
	2	752us	752us	752us	752us	752us	0
	3	1.47ms	1.15ms	1.64ms	1.57ms	1.45ms	1.36
	4	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
	5	1.21ms	1.24ms	1.24ms	1.22ms	1.23ms	1.65
	6	1.47ms	1.44ms	1.46ms	1.47ms	1.45ms	1.36



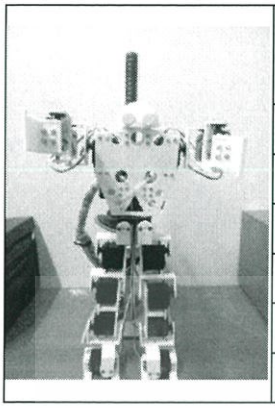
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 1

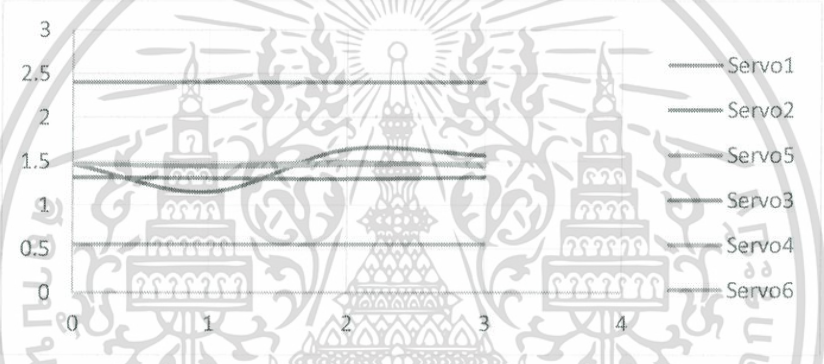


รูปที่ 4.3 กราฟแสดง pulse ของ Servo5

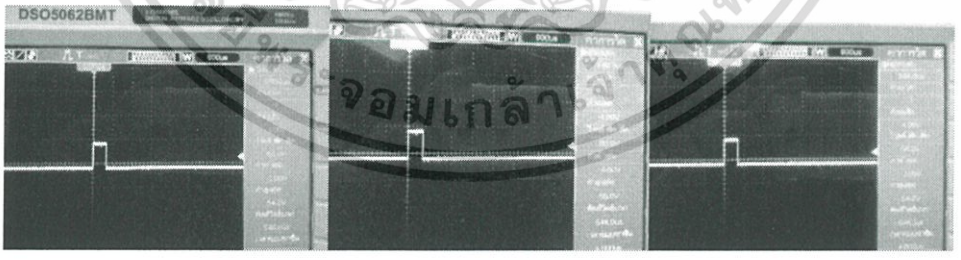
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่2

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน (%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	2	1.47ms	1.15ms	1.64ms	1.57ms	1.45ms	1.36
	5	1.47ms	1.45ms	1.49ms	1.44ms	1.46ms	0.68
	3	1.32ms	1.31ms	1.30ms	1.32ms	1.23ms	0.75
	4	548us	548us	548us	548us	548us	0
	6	1.47ms	1.44ms	1.46ms	1.47ms	1.45ms	1.36



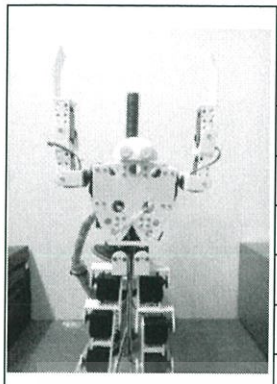
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 2

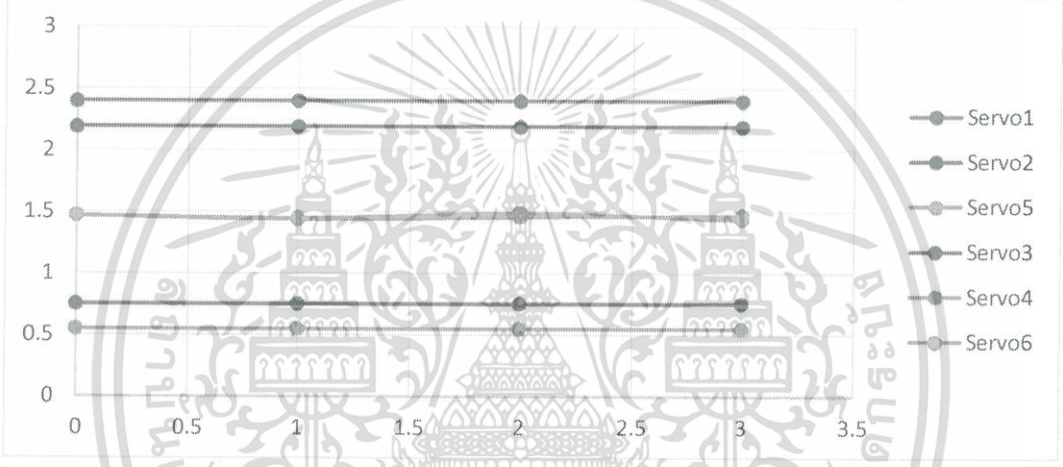


รูปที่ 4.5 กราฟแสดง pulse ของ Servo4

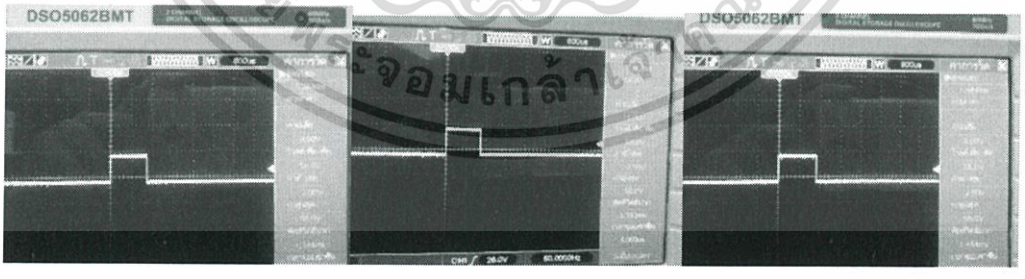
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่3

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	2	752us	752us	752us	752us	752us	0
	5	1.47ms	1.44ms	1.46ms	1.47ms	1.45ms	1.36
	3	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
	4	548us	548us	548us	548us	548ms	0
	6	1.47ms	1.45ms	1.49ms	1.44ms	1.46ms	0.68



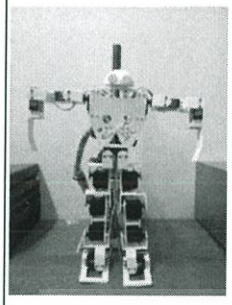
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 3

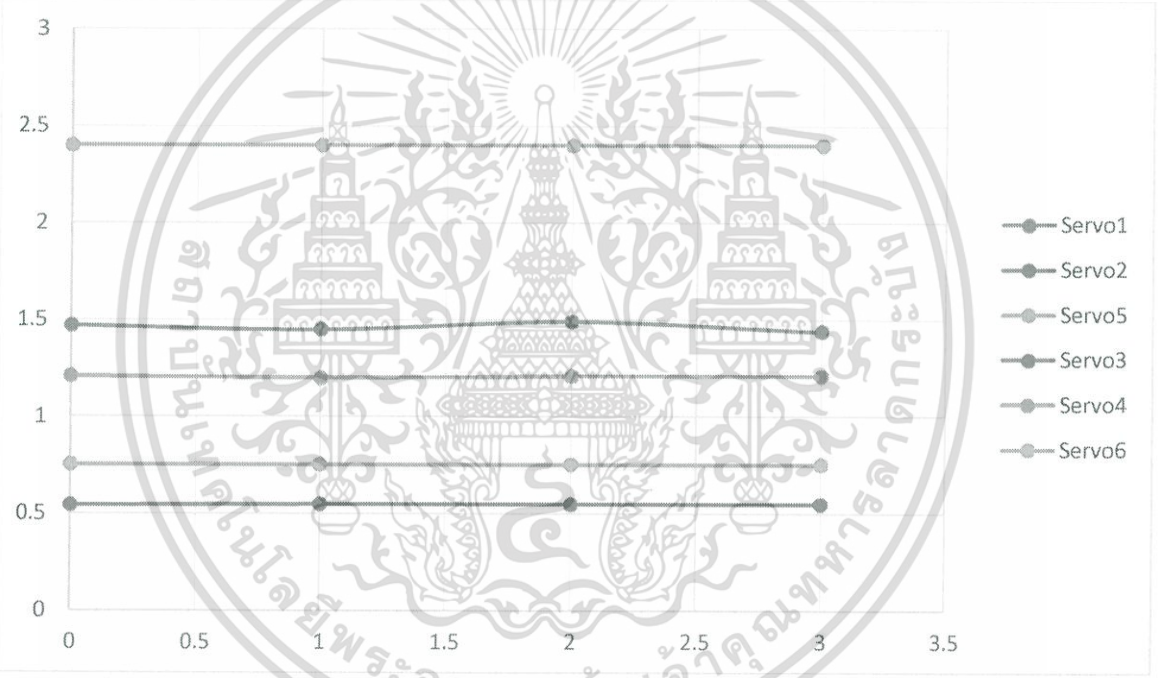


รูปที่ 4.7 กราฟแสดง pulse ของ Servo6

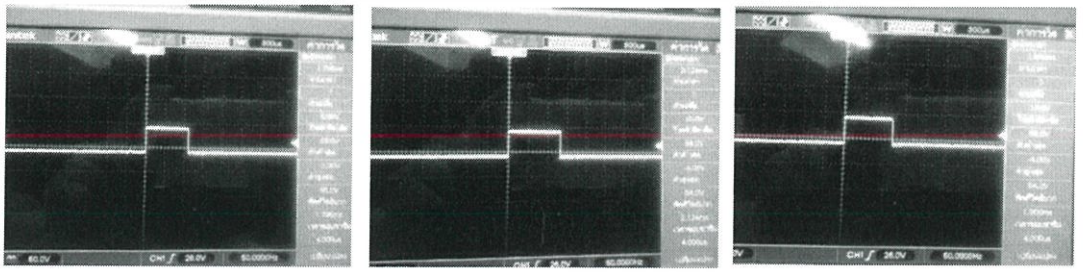
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 4

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	1.47ms	1.45ms	1.49ms	1.44ms	1.46ms	0.68
	2	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	5	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	3	544us	548us	548us	548us	548us	0.73
	4	1.21ms	1.20ms	1.21ms	1.21ms	1.20ms	0.82
	6	752us	752us	752us	752us	752us	0



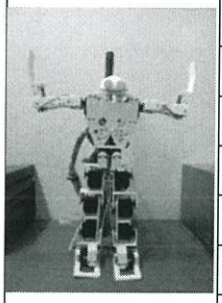
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 4

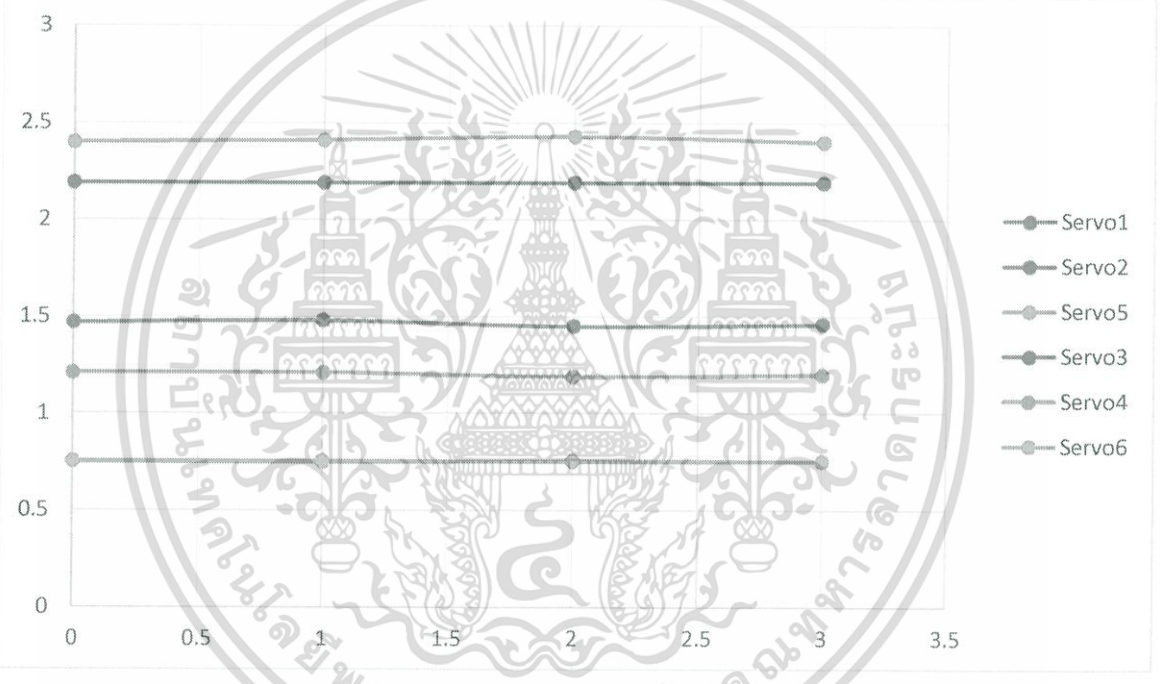


รูปที่ 4.9 กราฟแสดง pulse ของ Servo5

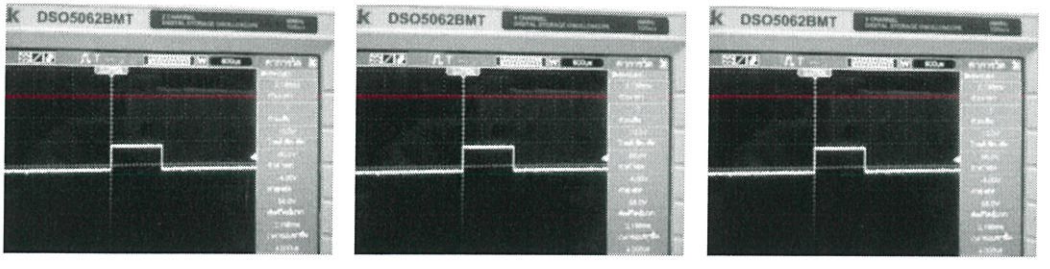
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่5

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	1.47ms	1.48ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	0.68
	2	752us	752us	752us	752us	752us	0
	5	2.4ms	2.41ms	2.43ms	2.4ms	2.41ms	0.41
	3	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
	4	1.21ms	1.21ms	1.19ms	1.2ms	1.2ms	0.82
	6	752us	750us	755ms	753us	752ms	0



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 5

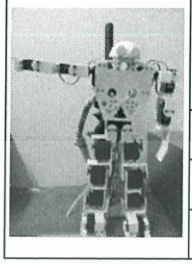


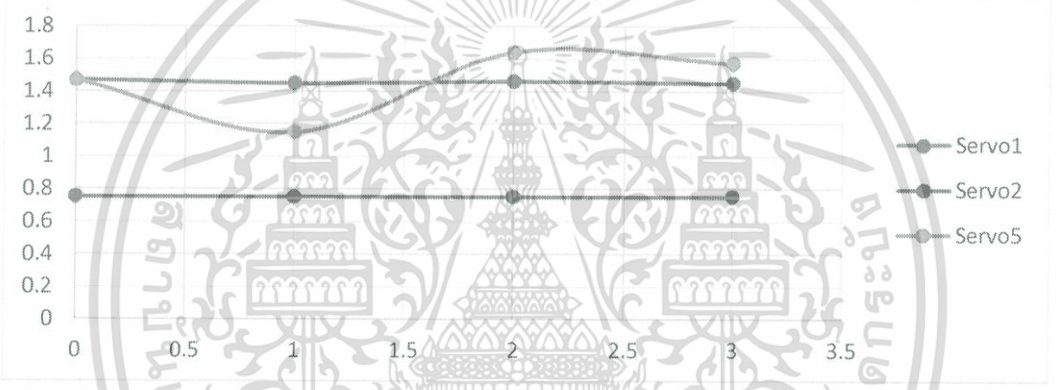
รูปที่ 4.11 กราฟแสดง pulse ของ Servo3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ยกแขนขวาข้างเดียว

ตารางที่ 4.6 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 1

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.45ms	1.45ms	1.36
	2	752us	752us	752us	752us	752us	0
	5	1.47ms	1.15ms	1.64ms	1.57ms	1.45ms	1.36

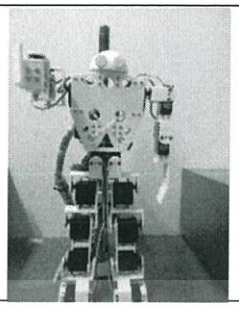


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 1

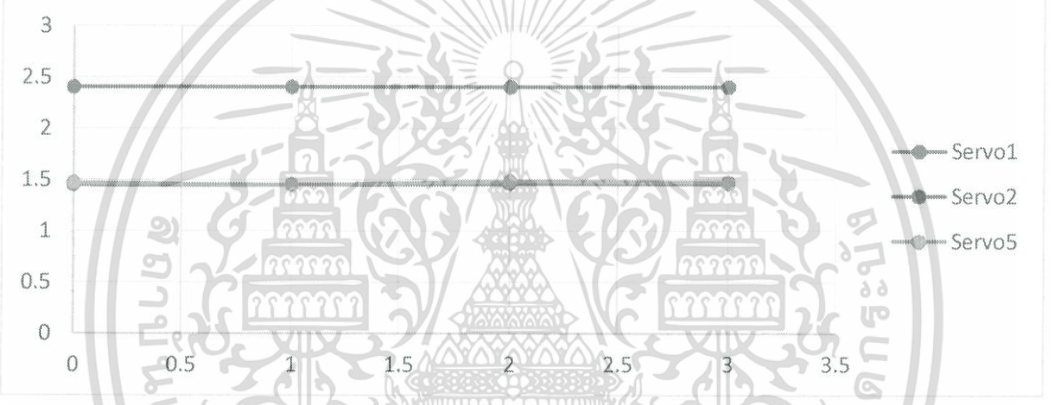
รูปที่ 4.13 กราฟแสดง pulse ของ Servo5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

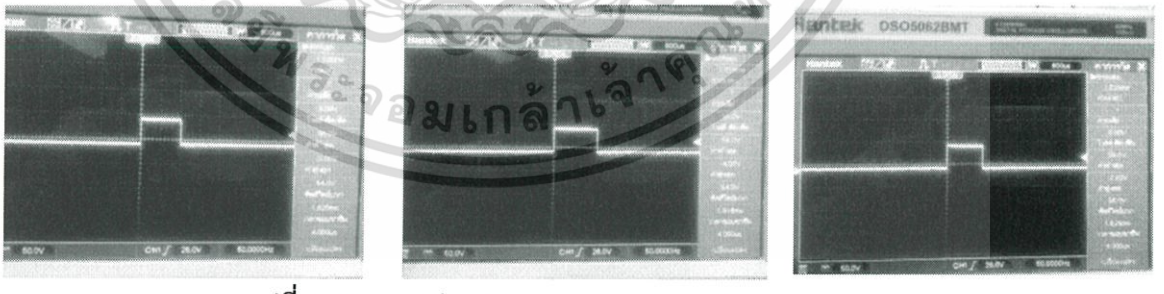
ตารางที่ 4.7 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่2



หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
2	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36
5	1.47ms	1.45ms	1.48ms	1.47ms	1.46ms	0.68



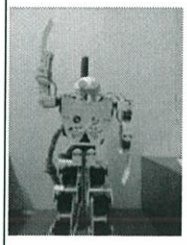
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 2

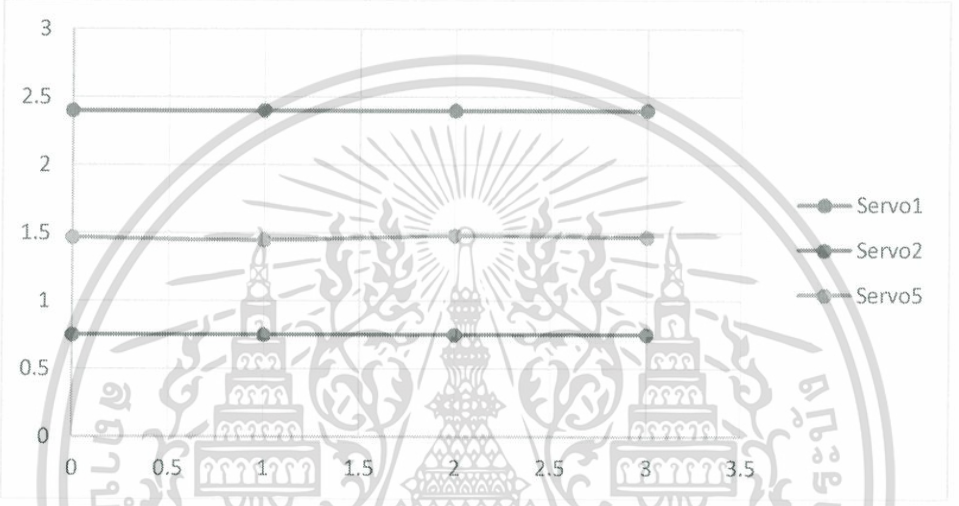


รูปที่ 4.15 กราฟแสดง pulse ของ Servo2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่3

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	2	752us	752us	752us	752us	752us	0
	5	1.47ms	1.45ms	1.48ms	1.47ms	1.46ms	0.68

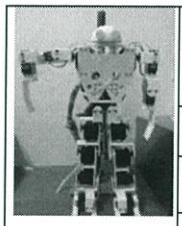


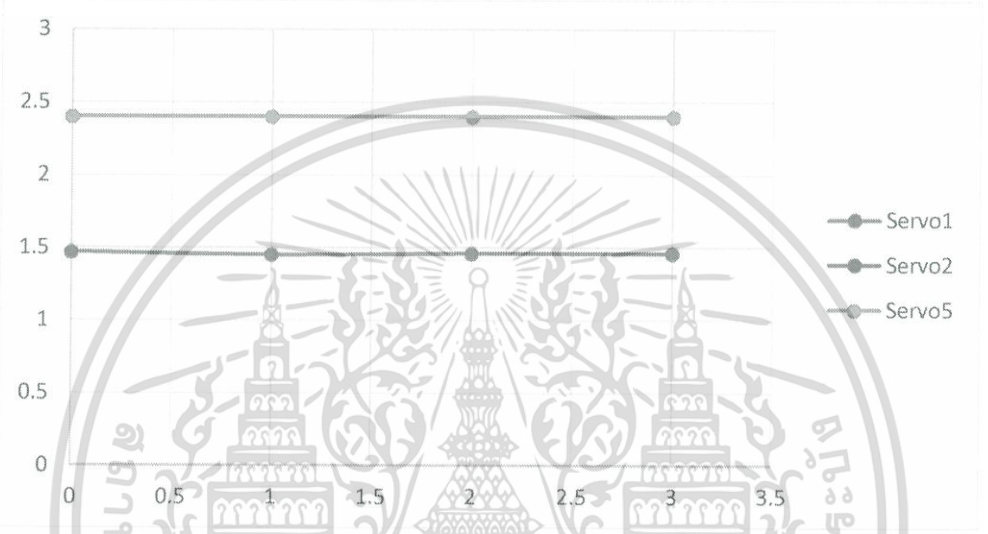
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 3

รูปที่ 4.17 กราฟแสดง pulse ของ Servo3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่4

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36
	2	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	5	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0

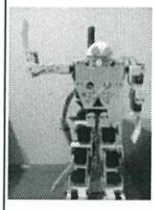


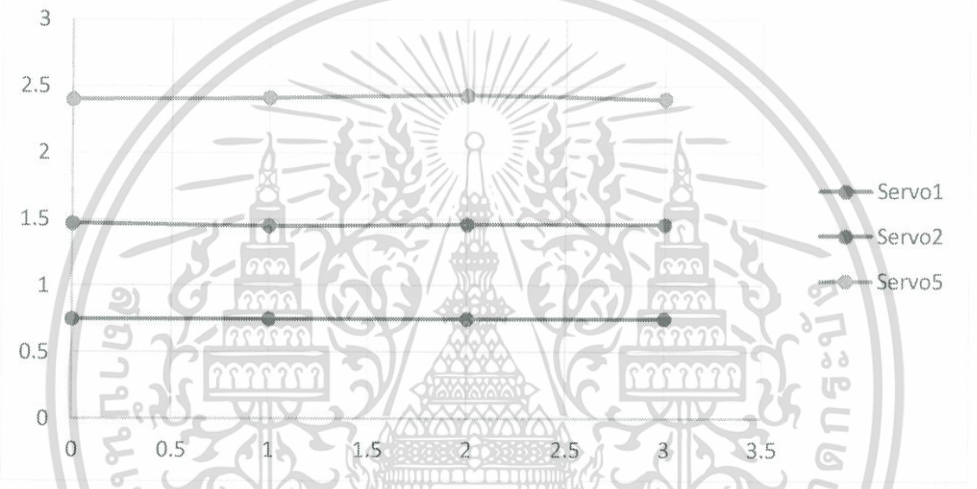
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 4

รูปที่ 4.19 กราฟแสดง pulse ของ Servo1

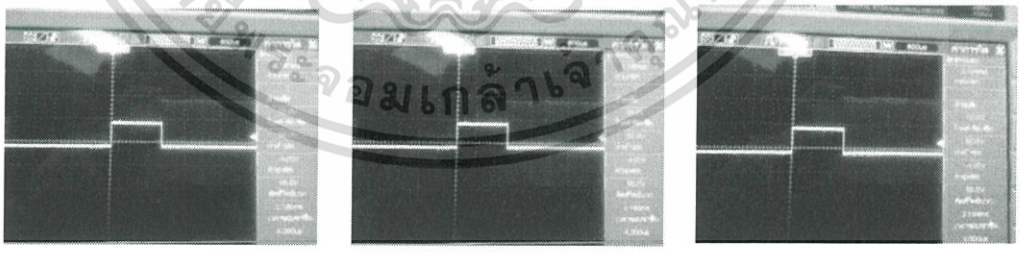
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่5

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36
	2	752us	752us	752us	752us	752us	0
	5	2.4ms	2.41ms	2.43ms	2.4ms	2.41ms	0.41



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 5



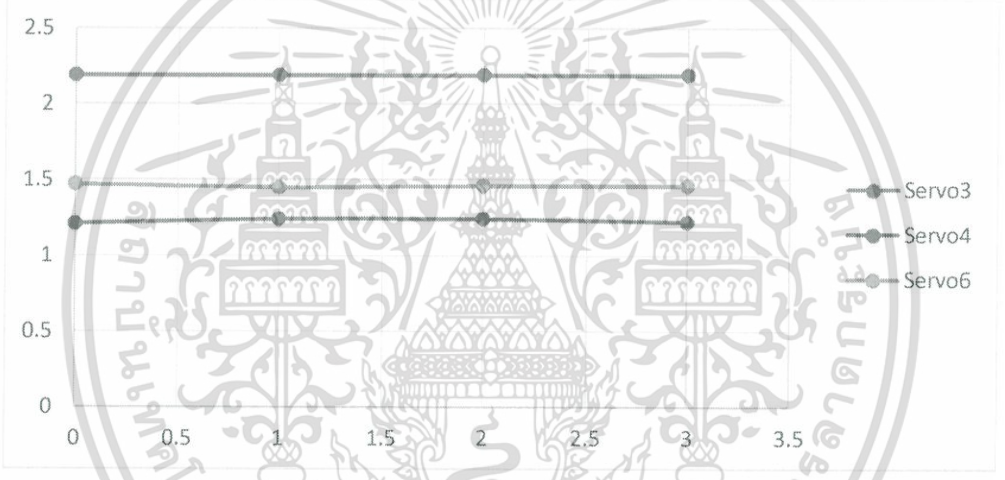
รูปที่ 4.21 กราฟแสดง pulse ของ Servo5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

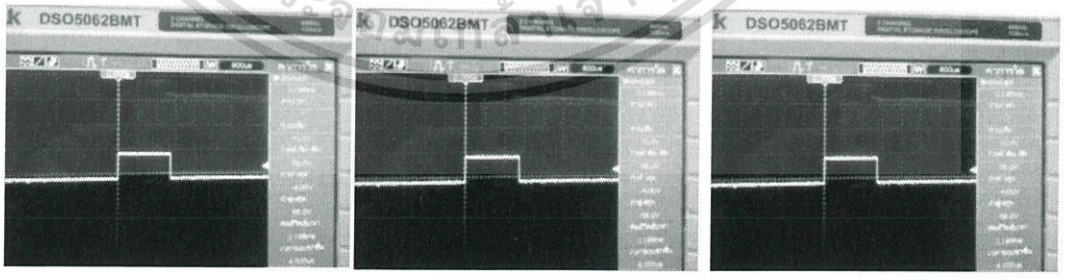
4.3 ยกแขนซ้ายข้างเดียว

ตารางที่ 4.11 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่1

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	3	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
	4	1.21ms	1.24ms	1.24ms	1.22ms	1.23ms	1.65
	6	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36



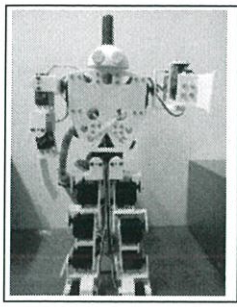
รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 1

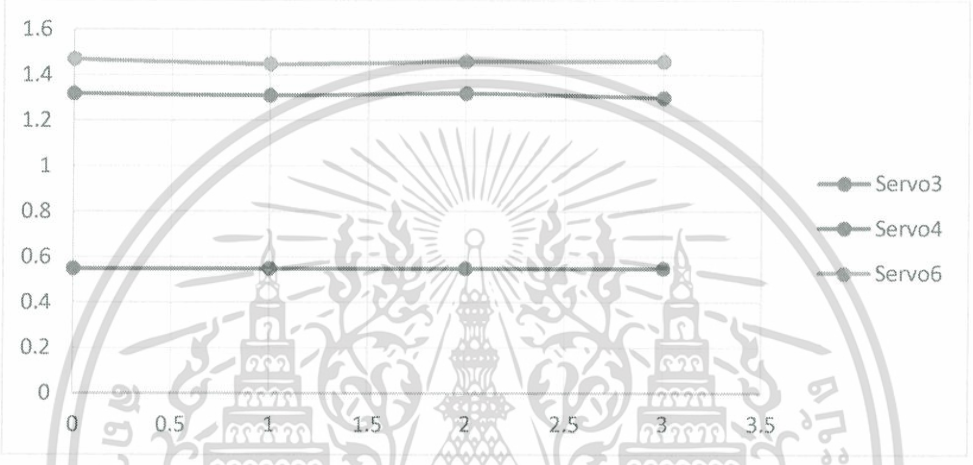


รูปที่ 4.23 กราฟแสดง pulse ของ Servo3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 2

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	3	1.32ms	1.31ms	1.32ms	1.30ms	1.23ms	0.75
	4	548us	548us	548us	548us	548us	0
	6	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36

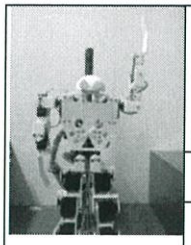


รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 2

รูปที่ 4.25 กราฟแสดง pulse ของ Servo4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 3

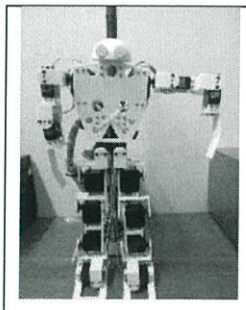
	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	3	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
	4	548us	548us	548us	548us	548ms	0
	6	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36

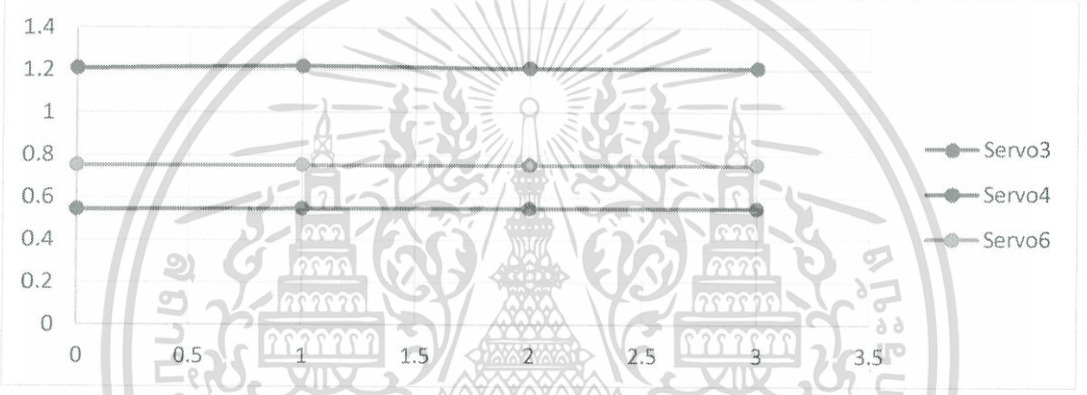
รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 3

รูปที่ 4.27 กราฟแสดง pulse ของ Servo6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 4

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	3	544us	548ms	548ms	548ms	548us	0.73
	4	1.21ms	1.22ms	1.21ms	1.21ms	1.21ms	0
	6	752us	752us	752us	752us	752us	0

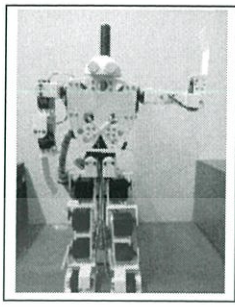


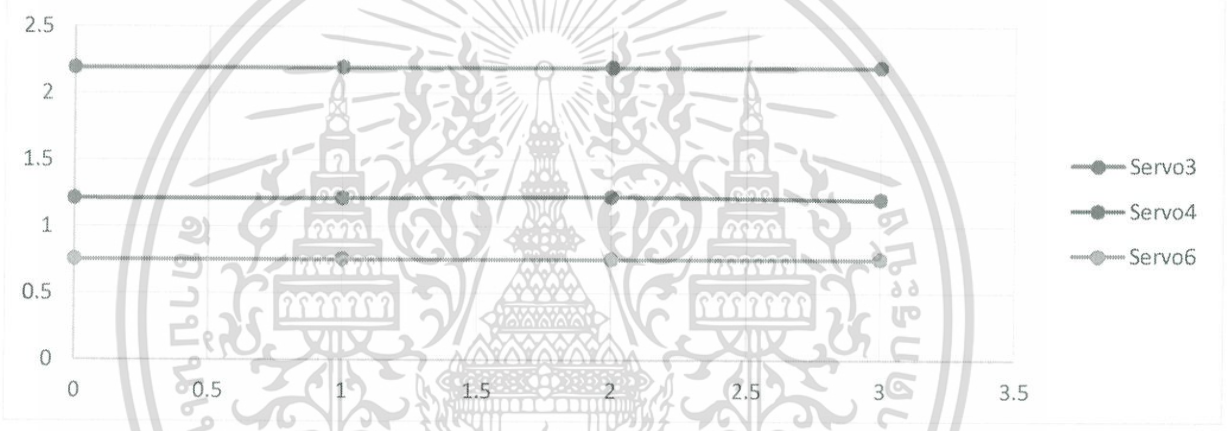
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 4

รูปที่ 4.29 กราฟแสดง pulse ของ Servo6

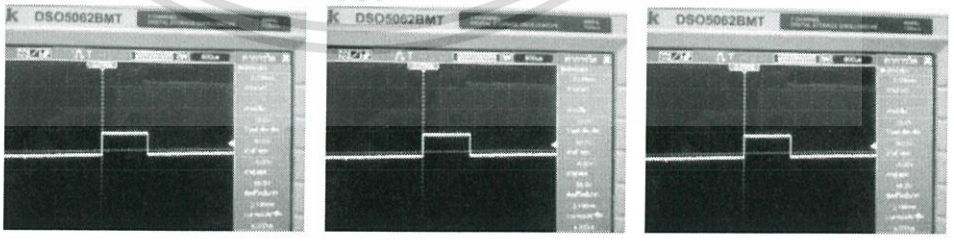
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 5

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	3	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
	4	1.21ms	1.21ms	1.22ms	1.20ms	1.21ms	0
	6	752us	752us	752us	752us	752us	0



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 5

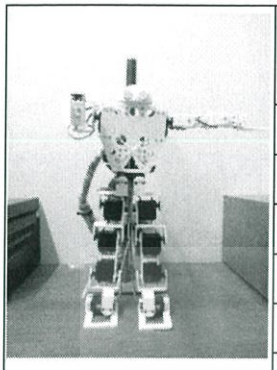


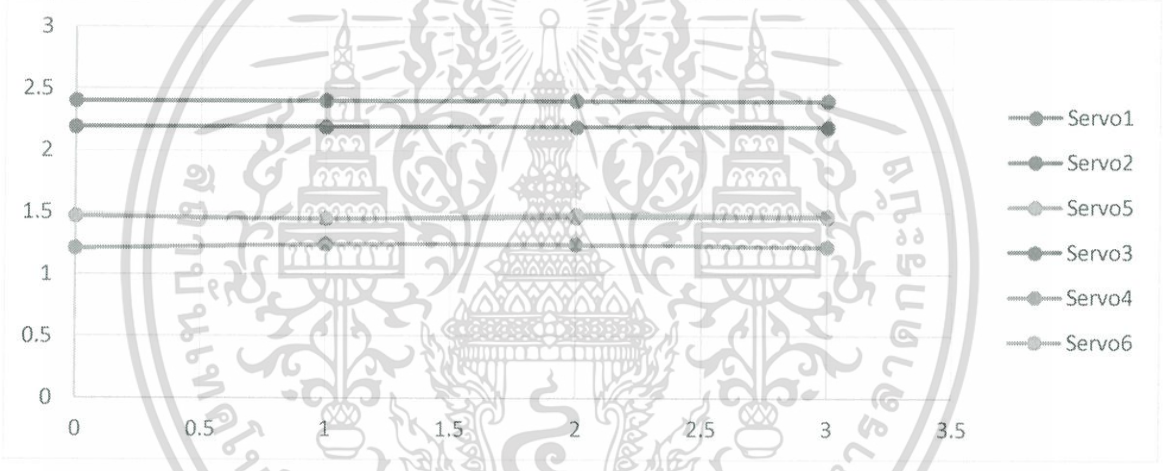
รูปที่ 4.31 กราฟแสดง pulse ของ Servo3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

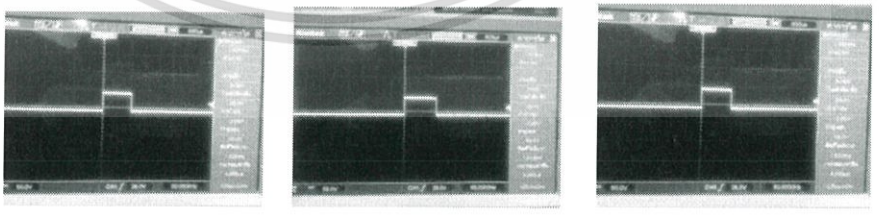
4.4 ยกแขนสองข้างโดยแขนทั้งสองข้างทำคนละท่ากัน

ตารางที่ 4.16 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 1

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	2	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36
	5	1.47ms	1.45ms	1.48ms	1.47ms	1.46ms	0.68
	3	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
	4	1.21ms	1.24ms	1.24ms	1.22ms	1.23ms	1.65
	6	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36



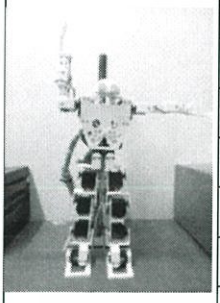
รูปที่ 4.32 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 1

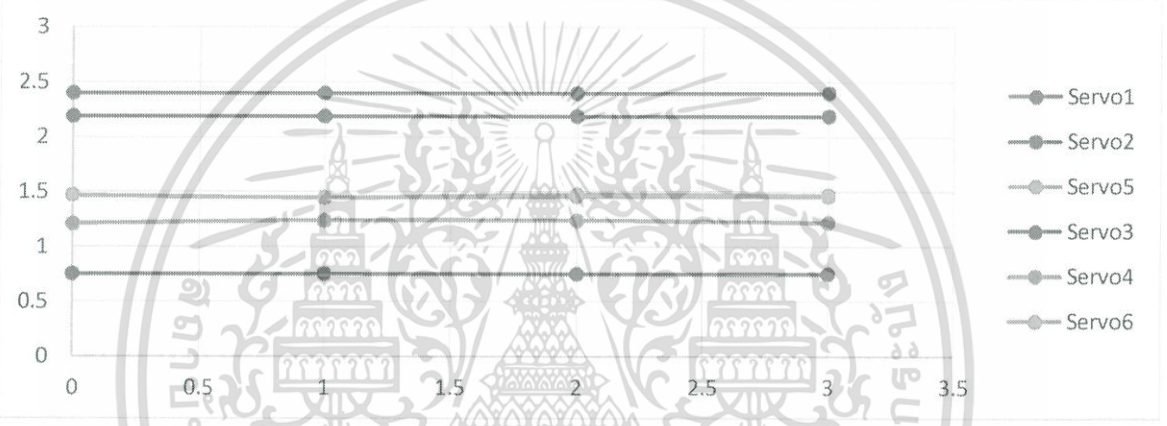


รูปที่ 4.33 กราฟแสดง pulse ของ Servo2

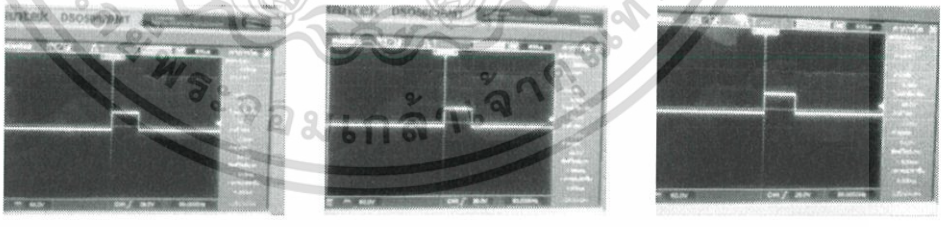
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 2

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	2	752us	752us	752us	752us	752us	0
	5	1.47ms	1.45ms	1.48ms	1.47ms	1.46ms	0.68
	3	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
	4	1.21ms	1.24ms	1.24ms	1.22ms	1.23ms	1.65
	6	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36



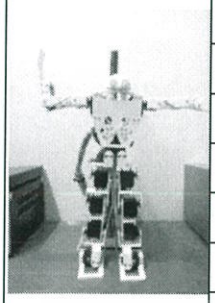
รูปที่ 4.34 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 2

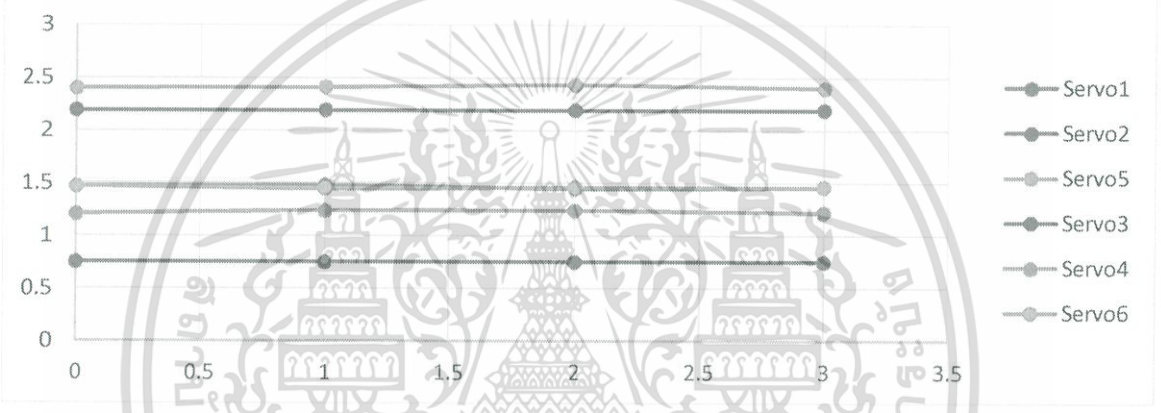


รูปที่ 4.35 กราฟแสดง pulse ของ Servo5

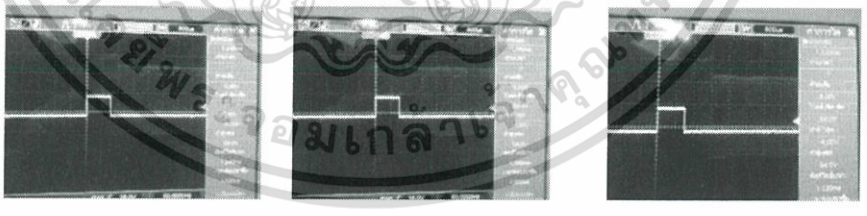
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 3

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	1.47ms	1.48ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	0.68
	2	752us	752us	752us	752us	752us	0
	5	2.4ms	2.41ms	2.43ms	2.4ms	2.41ms	0.41
	3	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
	4	1.21ms	1.24ms	1.24ms	1.22ms	1.23ms	1.65
	6	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36



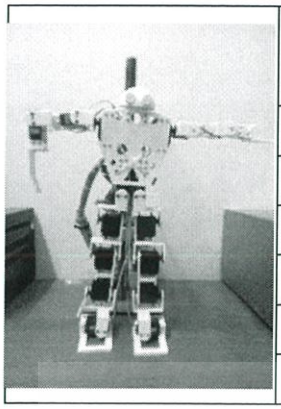
รูปที่ 4.36 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 3

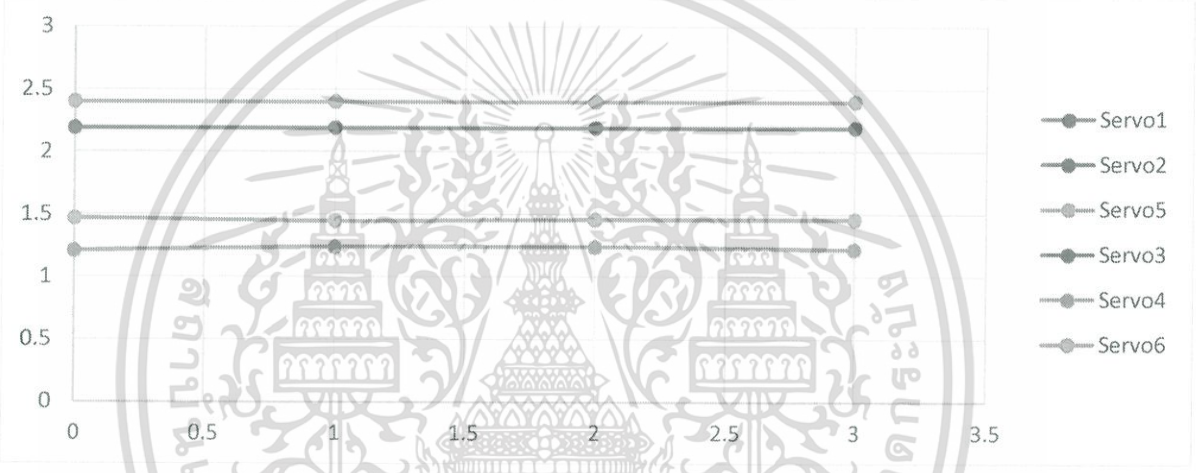


รูปที่ 4.37 กราฟแสดง pulse ของ Servo4

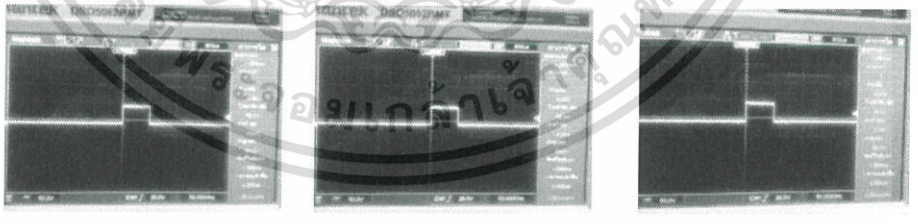
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 4

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36
	2	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	5	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	3	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
	4	1.21ms	1.24ms	1.24ms	1.22ms	1.23ms	1.65
	6	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36



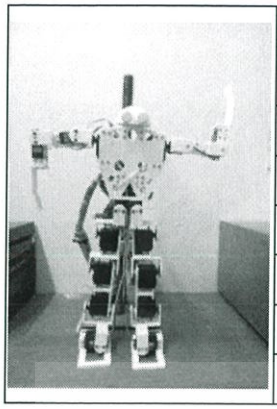
รูปที่ 4.38 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 4

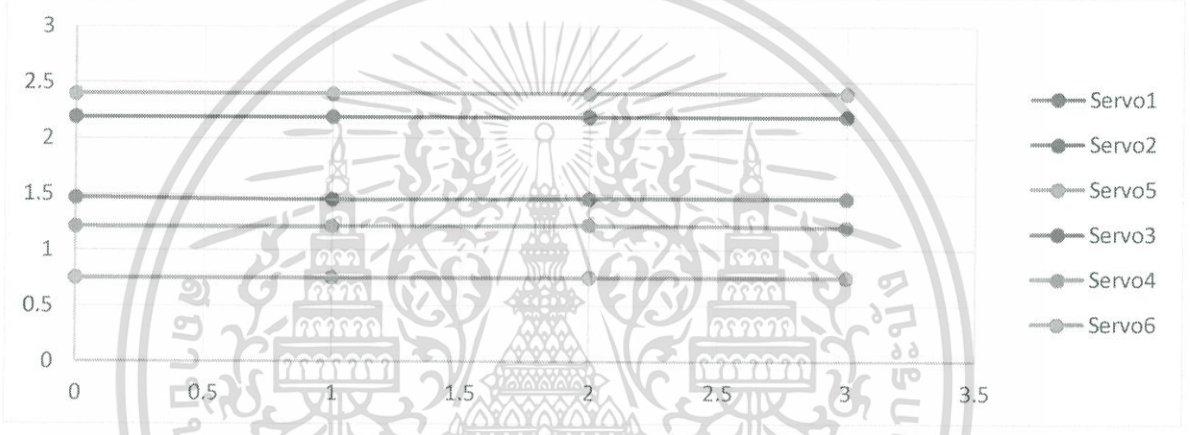


รูปที่ 4.39 กราฟแสดง pulse ของ Servo1

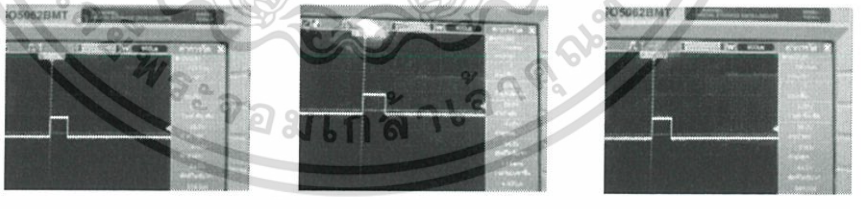
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 5

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36
	2	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	5	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	3	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
	4	1.21ms	1.21ms	1.22ms	1.20ms	1.21ms	0
	6	752us	752us	752us	752us	752us	0



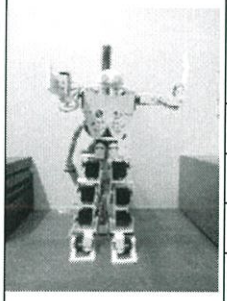
รูปที่ 4.40 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 5

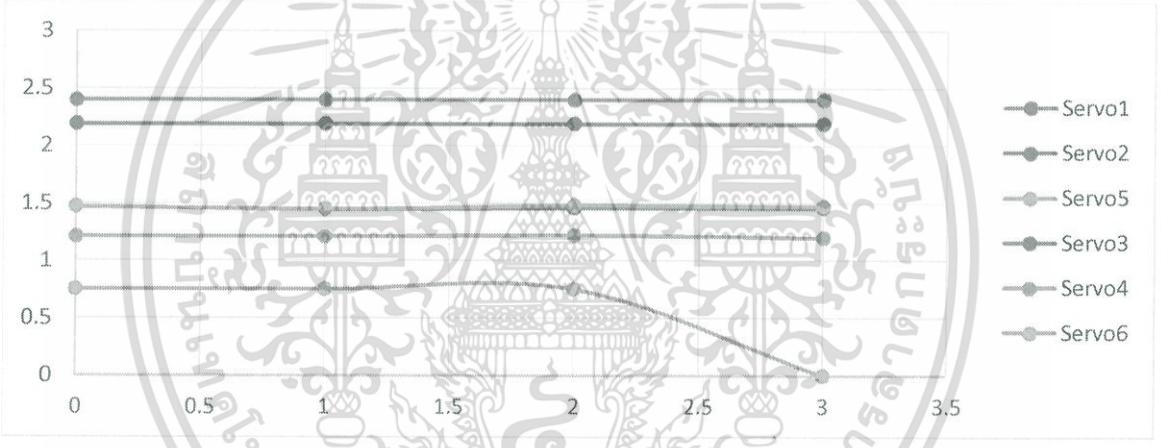


รูปที่ 4.41 กราฟแสดง pulse ของ Servo6

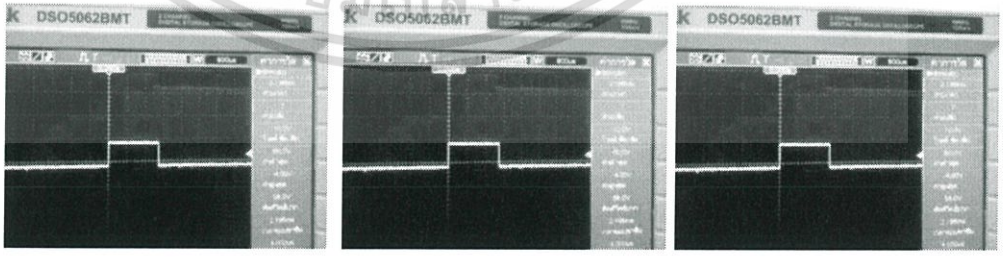
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 6

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	2	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36
	5	1.47ms	1.45ms	1.48ms	1.47ms	1.46ms	0.68
	3	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
	4	1.21ms	1.21ms	1.22ms	1.20ms	1.21ms	0
	6	752us	752us	752us	752us	752us	0



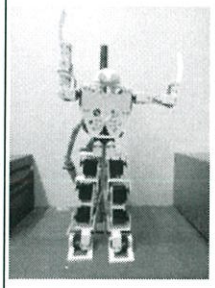
รูปที่ 4.42 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 6

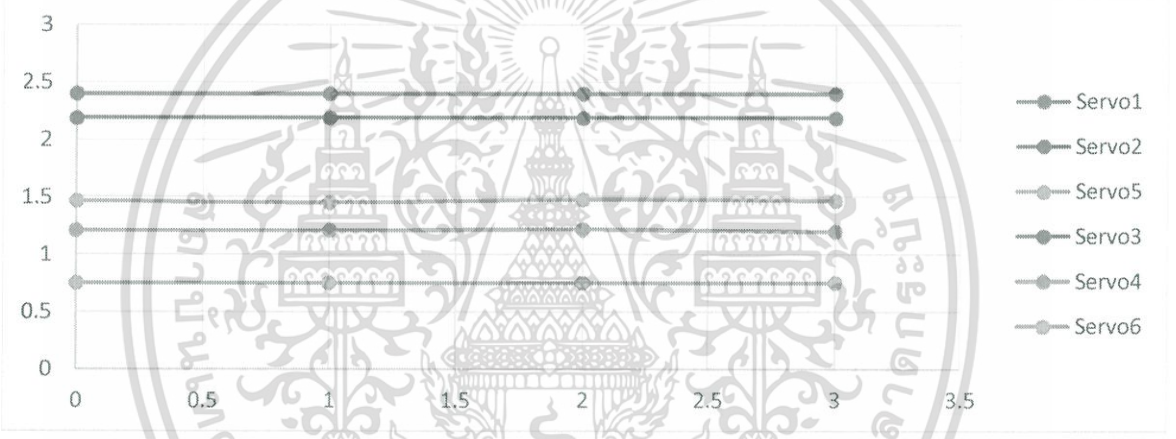


รูปที่ 4.43 การแสดง pulse ของ Servo3

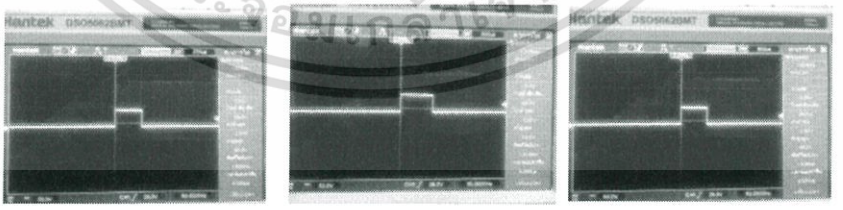
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 7

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	2	752us	752us	752us	752us	752us	0
	3	1.47ms	1.45ms	1.48ms	1.47ms	1.46ms	0.68
	3	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
	4	1.21ms	1.21ms	1.22ms	1.20ms	1.21ms	0
	6	752us	752us	752us	752us	752us	0



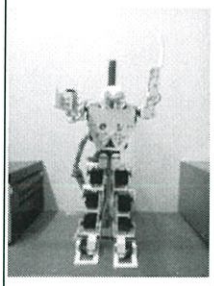
รูปที่ 4.44 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 7



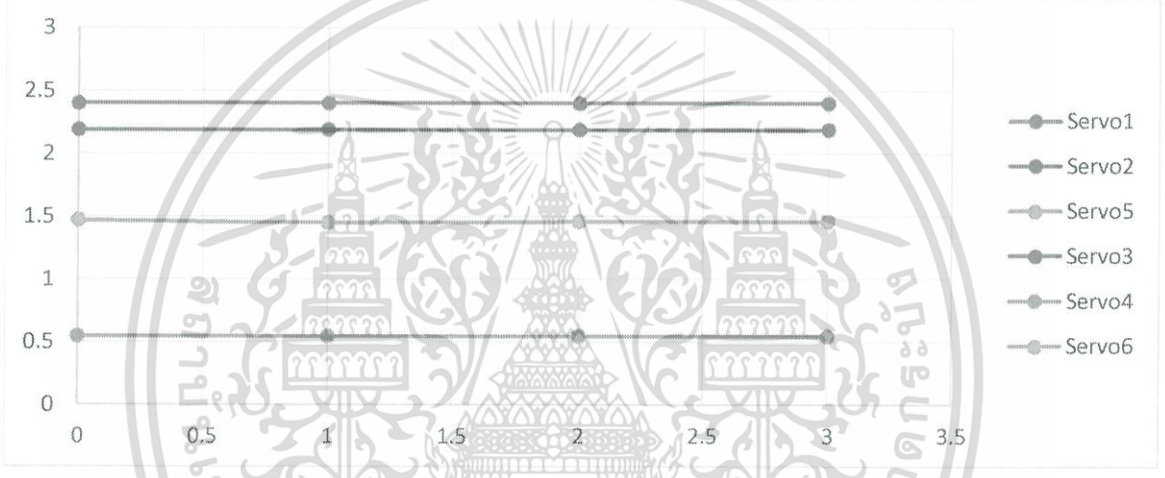
รูปที่ 4.45 กราฟแสดง pulse ของ Servo2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

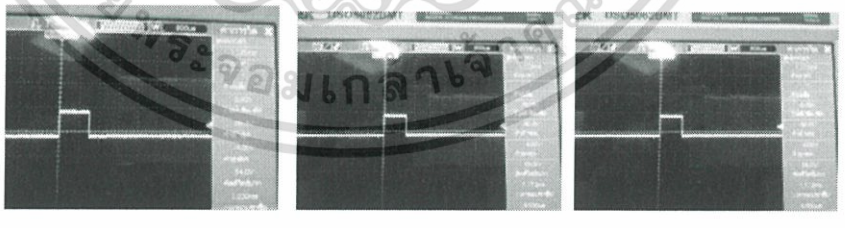
ตารางที่ 4.23 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 8



หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
2	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36
5	1.47ms	1.45ms	1.48ms	1.47ms	1.46ms	0.68
3	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
4	548us	548us	548us	548us	548ms	0
6	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36



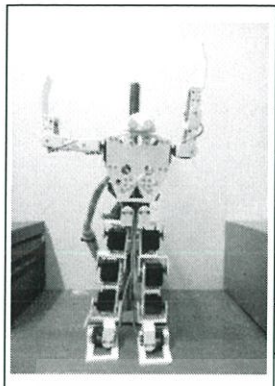
รูปที่ 4.46 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 8

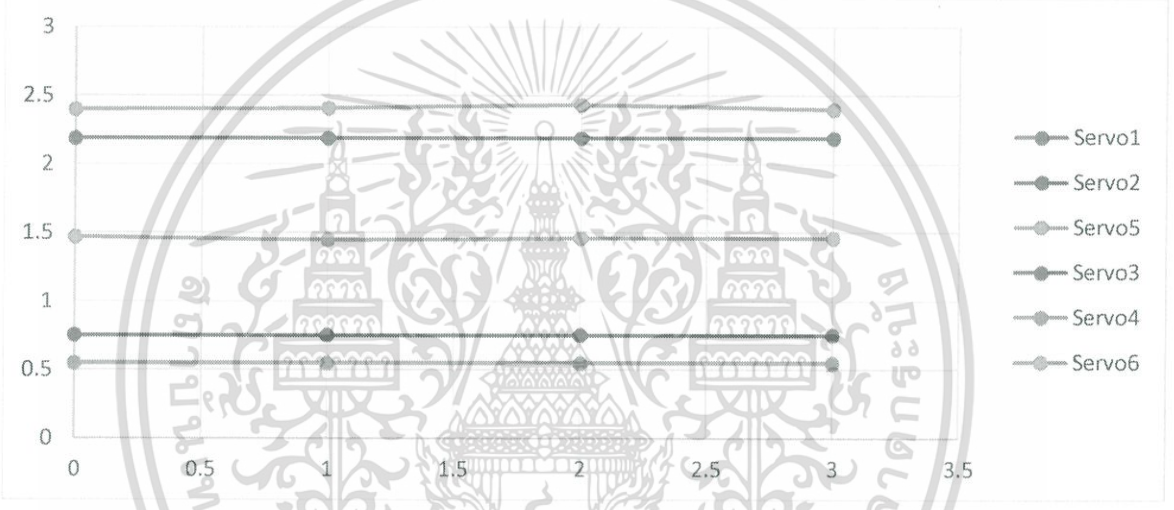


รูปที่ 4.47 กราฟแสดง pulse ของ Servo4

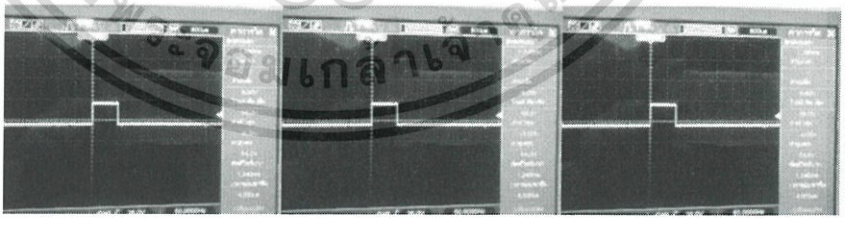
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 9

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36
	2	752us	752us	752us	752us	752us	0
	5	2.4ms	2.41ms	2.43ms	2.4ms	2.41ms	0.41
	3	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
	4	548us	548us	548us	548us	548ms	0
	6	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36



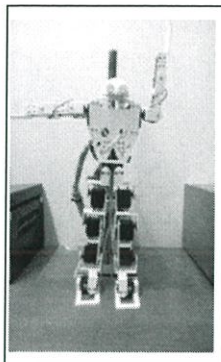
รูปที่ 4.48 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 9

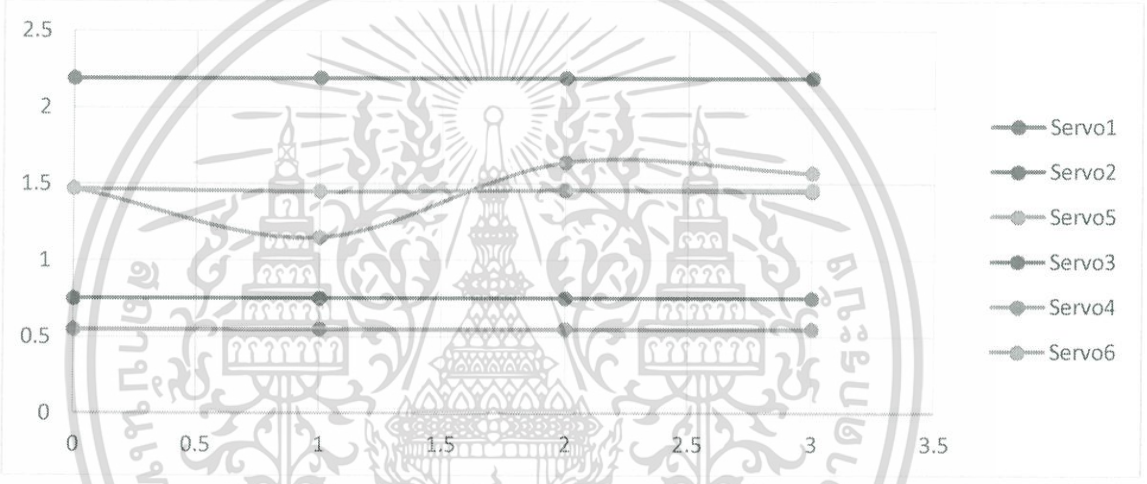


รูปที่ 4.49 กราฟแสดง pulse ของ Servo1

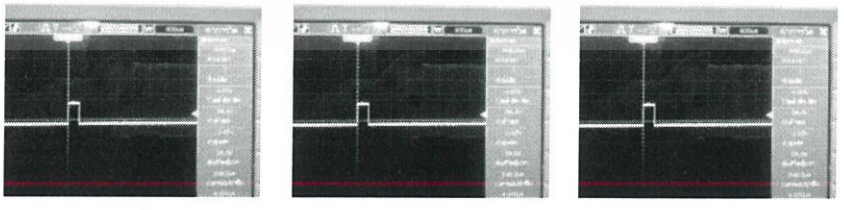
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.25 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 10

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.45ms	1.45ms	1.36
	2	752us	752us	752us	752us	752us	0
	5	1.47ms	1.15ms	1.64ms	1.57ms	1.45ms	1.36
	3	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
	4	548us	548us	548us	548us	548ms	0
	6	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36



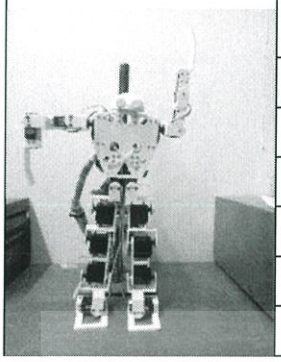
รูปที่ 4.50 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 10



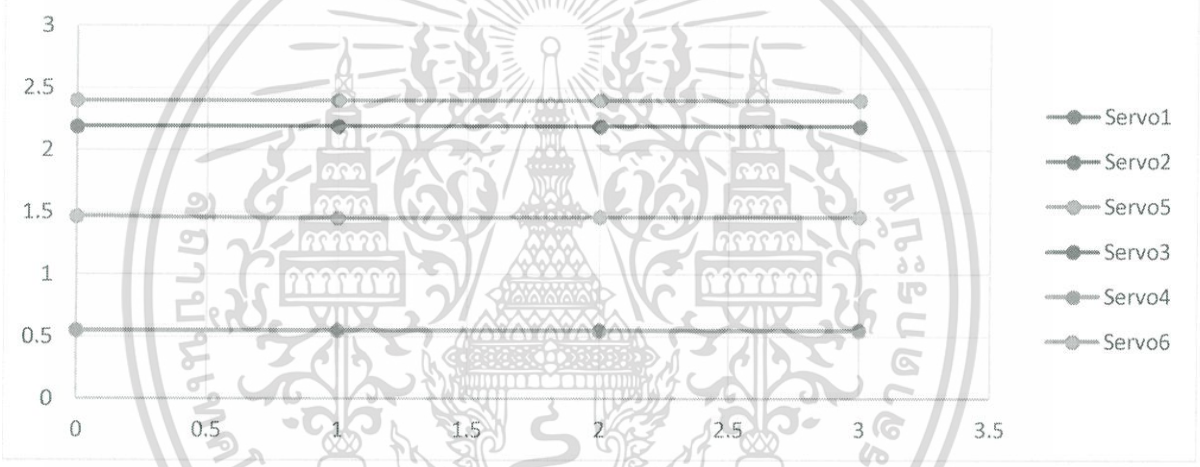
รูปที่ 4.51 กราฟแสดง pulse ของ Servo4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

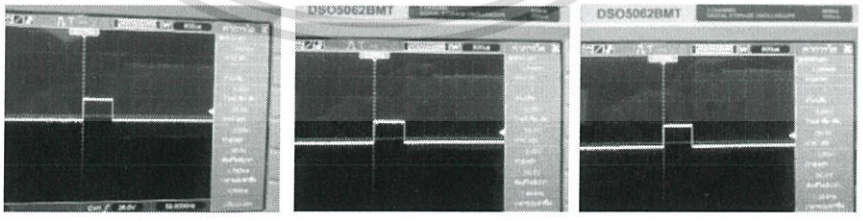
ตารางที่ 4.26 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 11



หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36
2	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
5	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
3	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	2.19ms	0
4	548us	548us	548us	548us	548ms	0
6	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36



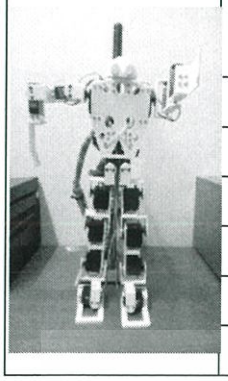
รูปที่ 4.52 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 11

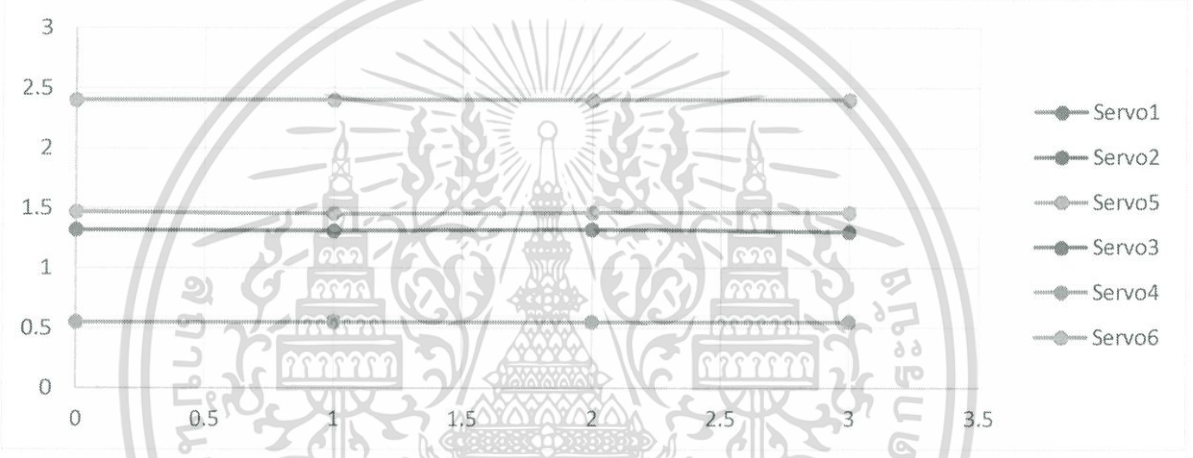


รูปที่ 4.53 กราฟแสดง pulse ของ Servo6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 12

	หมายเลข Servo	ค่าที่ กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาด เคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36
	2	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	5	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	3	1.32ms	1.31ms	1.32ms	1.30ms	1.23ms	0.75
	4	548us	548us	548us	548us	548us	0
	6	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36

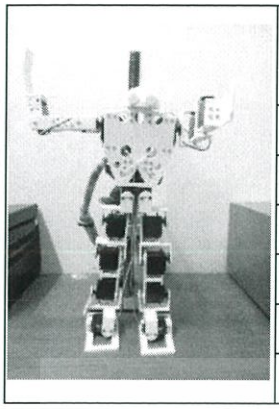


รูปที่ 4.54 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 12

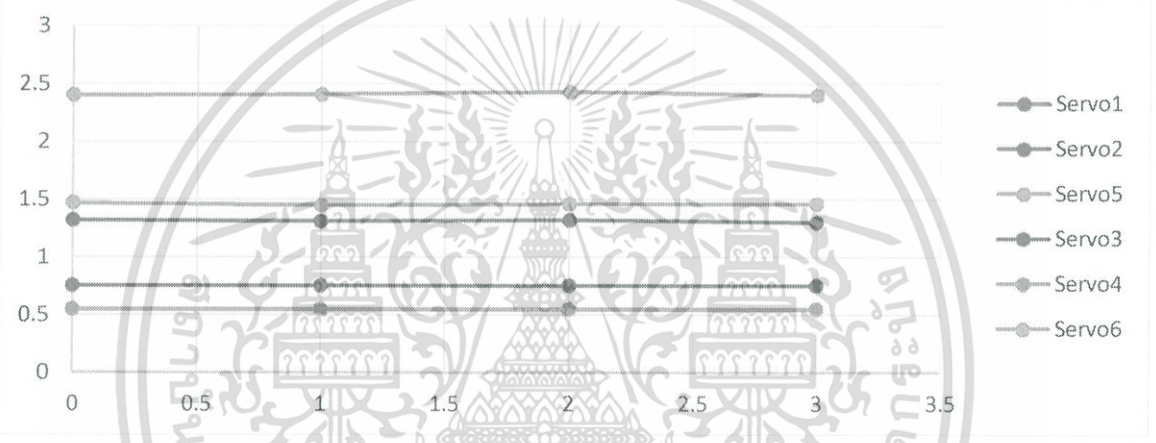
รูปที่ 4.55 กราฟแสดง pulse ของ Servo3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

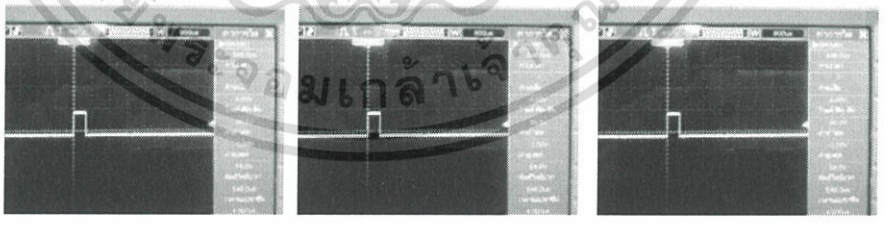
ตารางที่ 4.28 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 13



หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36
2	752us	752us	752us	752us	752us	0
5	2.4ms	2.41ms	2.43ms	2.4ms	2.41ms	0.41
3	1.32ms	1.31ms	1.32ms	1.30ms	1.23ms	0.75
4	548us	548us	548us	548us	548us	0
6	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36



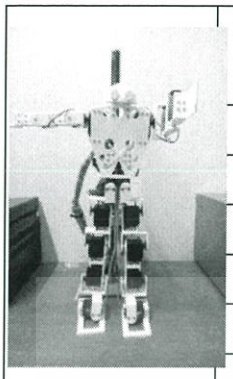
รูปที่ 4.56 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 13

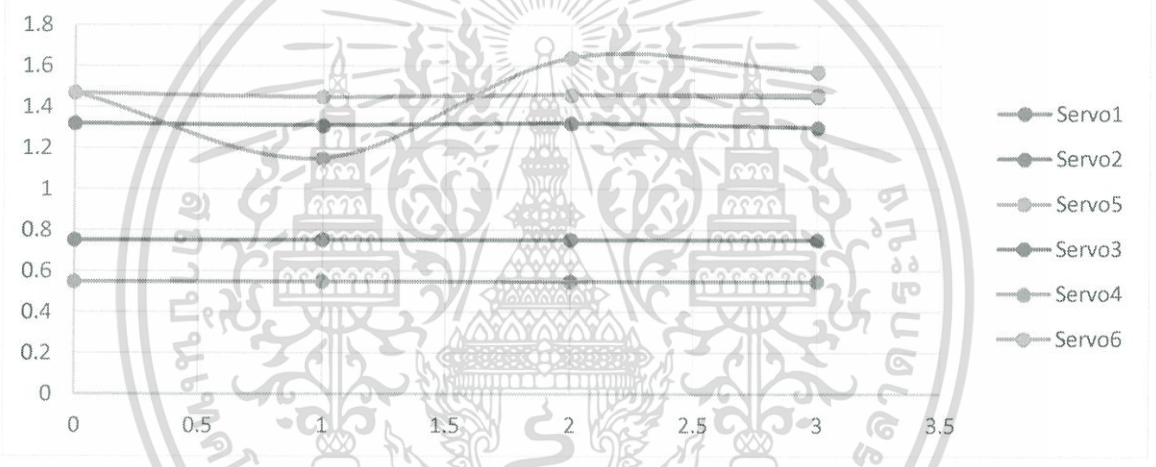


รูปที่ 4.57 กราฟแสดง pulse ของ Servo4

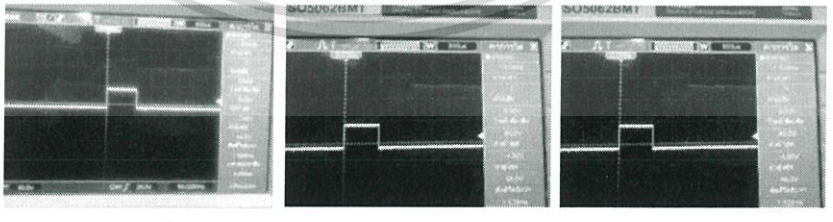
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.29 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 14

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.45ms	1.45ms	1.36
	2	752us	752us	752us	752us	752us	0
	5	1.47ms	1.15ms	1.64ms	1.57ms	1.45ms	1.36
	3	1.32ms	1.31ms	1.32ms	1.30ms	1.23ms	0.75
	4	548us	548us	548us	548us	548us	0
	6	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36



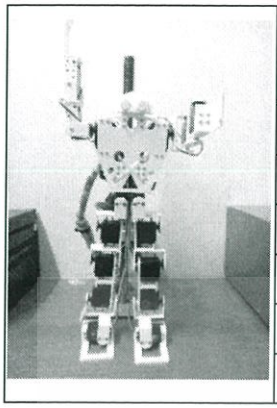
รูปที่ 4.58 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 14

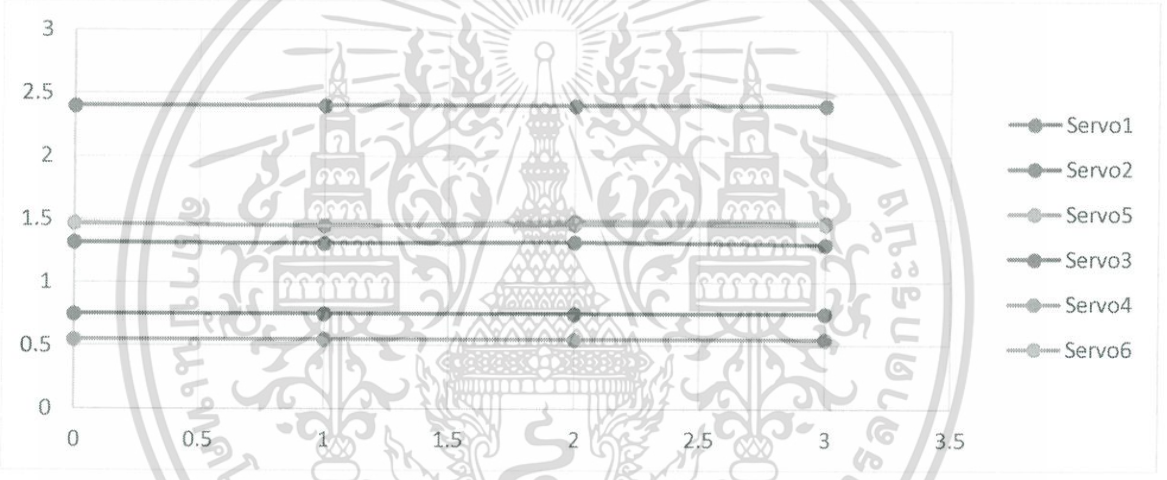


รูปที่ 4.59 กราฟแสดง pulse ของ Servo1

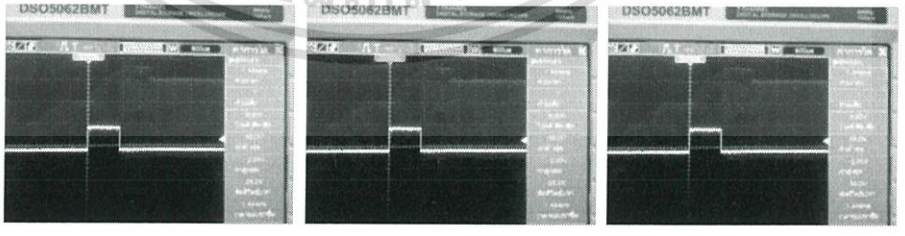
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.30 แสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 15

	หมายเลข Servo	ค่าที่กำหนด	ทดลอง			ค่าเฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อน(%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
	1	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	2.4ms	0
	2	752us	752us	752us	752us	752us	0
	3	1.47ms	1.45ms	1.48ms	1.47ms	1.46ms	0.68
	3	1.32ms	1.31ms	1.32ms	1.30ms	1.23ms	0.75
	4	548us	548us	548us	548us	548us	0
	6	1.47ms	1.45ms	1.46ms	1.46ms	1.45ms	1.36



รูปที่ 4.60 กราฟแสดงความกว้าง pulse ของ servo ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวท่าที่ 15



รูปที่ 4.61 กราฟแสดง pulse ของ Servo1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการทดลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์มีการเคลื่อนไหวตามการเคลื่อนไหวของผู้ทดลอง โดยผู้ที่ทำการทดลองจะต้องยืนอยู่ตรงตำแหน่งที่กล้องของ Kinect สามารถจำจุดต่างๆของเราได้อย่างชัดเจน เพราะระยะของตัวกล้องมีระยะจำกัดในการตรวจจับ ถ้าผู้ทดลองไม่ได้อยู่ในตำแหน่งที่ดีพอจะทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนไหวไม่ตรงตามที่เราต้องการ ซึ่งในการทดลองหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนไหวได้ตามท่าทางที่กำหนด

โดยท่าทดลองแต่ละท่ามีความสมบูรณ์ที่ไม่เท่ากัน มีผลดังนี้

แขนทั้งสองข้างพร้อมกันมีเปอร์เซ็นความเคลื่อน	0.51
แขนขวากันมีเปอร์เซ็นความเคลื่อน	0.57
แขนซ้ายกันมีเปอร์เซ็นความเคลื่อน	0.48
แขนทั้งสองข้างต่างกันมีเปอร์เซ็นความเคลื่อน	0.55

จากผลการทดลองที่มีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากปัจจัยในหลายๆด้าน เช่น ในส่วนของตัวโปรแกรมที่เขียนอาจมีข้อบกพร่องในบางจุด Servo ที่ได้ใช้ทดลองเป็น Servo ขนาดเล็กราคาไม่แพงจึงทำเกิดความคลาดเคลื่อนได้เล็กน้อย และในส่วนของกล้องตรวจจับสามมิติสามารถเกิดการผิดเพี้ยนขึ้นได้เนื่องจาก ท่าที่ทดลองแต่ละท่าทำให้จุดที่เราทดสอบบนร่างกายเกิดการซ้อนทับ ทำให้ค่าที่อ่านได้จากกล้องมีความผิดไปจากเดิมเล็กน้อย เป็นผลให้ค่าที่แสดงออกมาเกิดความคลาดเคลื่อนได้

5.2 ปัญหาที่พบ

จากการทำโครงการนี้พบปัญหาที่เกิดจากเครื่อง Printer 3D เนื่องจากเป็นเครื่องมือใหม่สำหรับผู้จัดทำจึงทำให้ความไม่มีชำนาญในการใช้เครื่องมือชนิดนี้ ปัญหาที่เกิดขึ้นอาทิเช่น การปริ้นชิ้นงานที่มีความซับซ้อนจะต้องใช้เวลาในการปริ้นเป็นเวลานานแล้วบางชิ้นจะต้องนำกลับไปปริ้นใหม่เนื่องจากชิ้นงานมีการผิดเพี้ยนไปจากเดิม มีรอยแตกทำให้ความแข็งแรงของชิ้นงานลดลงไป ส่วนของแบบที่ทำขึ้นมาบางชิ้นอาจมีความไม่พอดีกับ servo ที่ได้เตรียมไว้จึงทำให้ต้องนำแบบไปแก้ให้เข้ากันได้กับ Servo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของโปรแกรมปัญหาที่เราได้พบเกิดจากการติดต่อกันระหว่าง Visual Basic 2010 กับ Arduino เนื่องจากตัวผู้จัดทำไม่เคยเขียน Arduino จึงยังไม่ค่อยเข้าใจในโค้ดต่างๆ ส่วนการบังคับ Servo ปัญหาจะอยู่ที่เราจะใช้ส่วนใดของร่างกายมาควบคุมการหมุนของ Servo ให้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และระยะห่างระหว่างผู้ทดลองกับ Kinect ที่จะทำให้ได้ค่าที่ดีที่สุด ปัญหาต่างๆเหล่านี้จึงเป็นอุปสรรคการทำโครงการให้เกิดความล้าช้า ไม่ได้ผลตรงตามที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Kinect SDK. Retrieved. 6 January,2015 from http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/

[2] How to installKinect SDK. Retrieved 6 January,2015 from http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/develop/developer-downloads.aspx

[3] Kinect Guides. Retrieved 8 January ,2015 from http://www.kinecthacks.com/

[4] Jarrett Webb , James Ashley (2015) : Kinect Programming with the Microsoft Kinect SDK.

[5] Skeleton Tracking with Kinect. Retrieved 8 January ,2015 from http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131025.aspx

[6] Skeleton Tracking Fundamentals. Retrieved 8 January,2015 from http://channel9.msdn.com/Series/KinectSDKQuickstarts/Skeletal-Tracking-Fundamentals

[7] การควบคุม Servo motor. Retrieved 2 February 2015 from http://www.premierac.co.th/index.php?lay=boardshow&ac=webboard_show&No=119584

[8] Kinect Controls Arduino wired Servo using VB. Retrieved 8 February,2015 from http://www.instructables.com/id/Kinect-controls-Arduino-wired-Servos-using-Visual-/

[9] ข้อมูลเกี่ยวกับ Arduino Mega 2560 Retrieved 13 April,2015 from http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560

[10] Siriwimon Sunthon (2557) : ศึกษาข้อมูลของบอร์ด Arduino Mega2560 Retrieved 13 April,2015 from http://mbeddedweekly.blogspot.com/2014/08/arduino-mega2560.html

[11] พ.อ. เจนวิทย์ เหลืองอร่าม, ปิยวิทย์ เหลืองอร่าม (พ.ศ.2546) : “การเขียนโปรแกรมสำหรับ Application ด้วย C/C++.”.บริษัทธรรมสารจำกัด

[12] ทวีศักดิ์ ศรีช่วย, ดร.เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์ (พ.ศ.2556) : “Solid Works 2013 Handbook พิมพ์ครั้งที่ 1 ” .สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

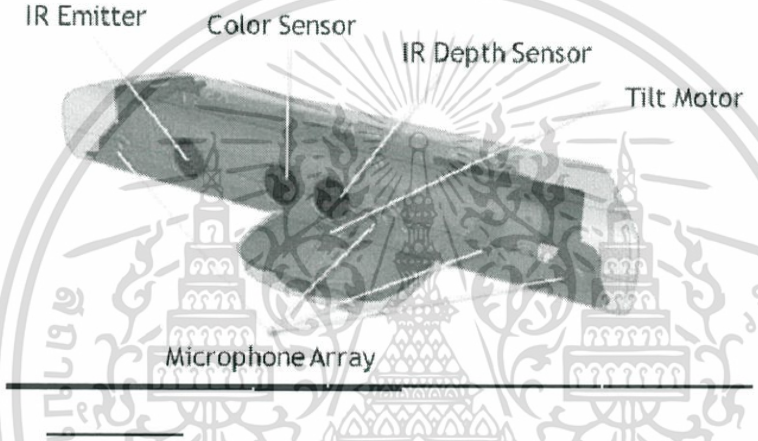
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Datasheet Kinect

PRODUCT SPECIFICATION

Property	PrimeSensor Spec
Field of View (Horizontal, Vertical, Diagonal)	58° H, 40° V, 70° D
Depth image size	VGA (640x480)
Spatial x/y resolution (@2m distance from sensor)	3mm
Depth z resolution (@2m distance from sensor)	1cm
Maximal image throughput (frame rate)	60fps
Average image latency in full VGA resolution	40msec
Operation range	0.8m - 3.5m

Property	PrimeSensor Spec
Color image size	UXGA (1600x1200)
Audio: built-in microphones	2 mics
Audio: digital inputs	4 inputs
Data interface	USB 2.0
Power supply	USB 2.0
Power consumption	2.25W
Dimensions (Width x Height x Depth)	14cm x 3.5cm x 5cm
Operation environment (every lighting condition)	indoor
Operating temperature	0°C - 40°C



Product Feature:Horizontal field of view : 57 degrees

Vertical field of view : 43 degrees

Physical tilt range : ± 27 degrees

Depth sensor range : 1.2 m – 3.5m

Data Streams : 320x240 16-bit depth @ 30 frames/sec

640x480 32-bit colour @ 30 frames/sec

16-bit audio @ 16 kHz

Skeletal Tracking System : Tracks up to 6 People , includeing 2 active player

Tracks 20 joints per active player

Audio System : Echo cancellation system enhances voice input

Code Project

'Arduino start

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Imports System
Imports System.IO.Ports
Imports System.Threading
'Arduino end

Imports System.Text
Imports Microsoft.Kinect
Imports Coding4Fun.Kinect.Wpf

Namespace SkeletalTracking

    ''' <summary>
    ''' Interaction logic for MainWindow.xaml
    ''' </summary>
    Partial Public Class MainWindow
        Inherits Window

    ' Arduino start
    Public Shared _continue As Boolean
    Public Shared _serialPort As SerialPort



    Public Shared ScreenMaxX As Integer = 500
    Public Shared ScreenMaxY As Integer = 390


    ' Define maximum thresholds for relating Kinect to Shoulder
    Public Shared sMaxKinectHandY As Single = 0.25
    Public Shared bMaxShoulder As Byte = 185

    Public Shared sMinKinectHandY As Single = 0.7
    Public Shared bMinShoulder As Byte = 47
    Public Shared rbPCR As RobobuilderLib.PCremote
    Public Shared rbWCK As RobobuilderLib.wckMotion
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Public bRBConnected As Boolean = False

        Private WithEvents sensor As KinectSensor
                Public Sub New()
                        InitializeComponent()
                End Sub
        Private Property components As ComponentModel.Container
        Private Property control As UserControl
        Private Property Timer As Windows.FontStyle
                Private Sub Window_Loaded(ByVal sender As Object, ByVal e As
RoutedEventArgs)
            ' will discover and initialize Kinect
            DiscoverKinectSensor()
            ' DisconnectFromRB()
        End Sub
        Private Sub sensor_SkeletonFrameReady(sender As Object, e As
Microsoft.Kinect.SkeletonFrameReadyEventArgs) Handles sensor.SkeletonFrameReady
            Dim skFrame As SkeletonFrame
            Dim skeletonSlot As Integer = 0
            Dim playerSkeleton As Skeleton
            skFrame = e.OpenSkeletonFrame
            If Not skFrame Is Nothing Then
                Dim skeletonData(skFrame.SkeletonArrayLength - 1) As Skeleton
                skFrame.CopySkeletonDataTo(skeletonData)
                playerSkeleton = (From s In skeletonData Where s.TrackingState =
SkeletonTrackingState.Tracked Select s).FirstOrDefault()
                If Not playerSkeleton Is Nothing Then

                    '''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''Servo5''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
                    Dim shoulderRx =
CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.ShoulderRight).Position.X)
                    Dim shoulderRy =
CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.ShoulderRight).Position.Y)
                    Dim shoulderRz =
CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.ShoulderRight).Position.Z)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Dim elbowRx =
CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.ElbowRight).Position.X)
                Dim elbowRy = CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.ElbowRight).Position.Y)
                Dim elbowRz =
CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.ElbowRight).Position.Z)
                Dim wristRx = CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.WristRight).Position.X)
                Dim wristRy = CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.WristRight).Position.Y)
                Dim wristRz = CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.WristRight).Position.Z)

                Dim ABVecterX = CStr((shoulderRx - elbowRx) * (wristRx - elbowRx)) +
((shoulderRy - elbowRy) * (wristRy - elbowRy)) + ((shoulderRz - elbowRz) * (wristRz -
elbowRz))
                Dim ABVecter = CStr(((((shoulderRx - elbowRx) ^ 2) + ((shoulderRy -
elbowRy) ^ 2) + ((shoulderRz - elbowRz) ^ 2)) ^ 0.5) * ((((wristRx - elbowRx) ^ 2) +
((wristRy - elbowRy) ^ 2) + ((wristRz - elbowRz) ^ 2)) ^ 0.5))
                Dim ss5 = (260 - CInt((180 * Math.Acos((ABVecterX) / (ABVecter))) /
3.14159))
                Dim sss5 As Byte
                If ss5 > 0 Then
                  sss5 = (260 - CInt((180 * Math.Acos((ABVecterX) / (ABVecter))) / 3.14159))
                End If
                check.Text = sss5
    'Servo6'
                Dim shoulderLx =
CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.ShoulderLeft).Position.X)
                Dim shoulderLy =
CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.ShoulderLeft).Position.Y)
                Dim shoulderLz =
CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.ShoulderLeft).Position.Z)
                Dim elbowLx = CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.ElbowLeft).Position.X)
                Dim elbowLy = CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.ElbowLeft).Position.Y)
                Dim elbowLz = CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.ElbowLeft).Position.Z)
                Dim wristLx = CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.WristLeft).Position.X)
                Dim wristLy = CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.WristLeft).Position.Y)
                Dim wristLz = CStr(playerSkeleton.Joints(JointType.WristLeft).Position.Z)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Dim LABVecterX = CStr((shoulderLx - elbowLx) * (wristLx - elbowLx)) +
((shoulderLy - elbowLy) * (wristLy - elbowLy)) + ((shoulderLz - elbowLz) * (wristLz -
elbowLz))
                Dim LABVecter = CStr(((((shoulderLx - elbowLx) ^ 2) + ((shoulderLy -
elbowLy) ^ 2) + ((shoulderLz - elbowLz) ^ 2)) ^ 0.5) * ((((wristLx - elbowLx) ^ 2) +
((wristLy - elbowLy) ^ 2) + ((wristLz - elbowLz) ^ 2)) ^ 0.5))
                Dim ss6 = 190 - (260 - CInt((180 * Math.Acos((LABVecterX) / (LABVecter))) /
3.14159))
                Dim sss6 As Byte
                If ss6 > 0 Then
                    sss6 = 190 - (260 - CInt((180 * Math.Acos((LABVecterX) / (LABVecter))) /
3.14159))
                End If
                check2.Text = sss6
                Dim bServo11 As Byte
                Dim bServo14 As Byte
                Dim bServo13 As Byte
                Dim bServo10 As Byte
                ' Right Arm
                Dim HR = CStr(((180 *
Math.Atan(playerSkeleton.Joints(JointType.WristRight).Position.X /
playerSkeleton.Joints(JointType.WristRight).Position.Z)) / 3.14159) + 2)
                ww.Text = HR
                Dim R0 = playerSkeleton.Joints(JointType.HandRight).ScaleTo(1, 180, 0.5F,
0.5F)
                Dim s22 = R0.Position.Y
                Dim scaledRightArm1 =
playerSkeleton.Joints(JointType.HandRight).ScaleTo(1, 180, 0.5F, 1.5F)
                If HR < 10 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Dim scaledRightArm3 =
playerSkeleton.Joints(JointType.HandRight).ScaleTo(1, 180, 0.5F, 0.5F)
                bServo13 = CByte(240 - (180 - scaledRightArm3.Position.Y +
bMinShoulder))
                ' If HR < 10 Then
                bServo14 = 180
            Else
                If s22 < 70 Then
                    bServo13 = 20
                    bServo14 = 178 - CByte(227 - (180 - scaledRightArm1.Position.Y +
bMinShoulder))
                Else
                    If s22 > 110 Then
                        bServo13 = 180
                        bServo14 = 100
                    Else
                        If 70 < s22 < 110 Then
                            bServo13 = 20
                            bServo14 = 178 - CByte(227 - (180 - scaledRightArm1.Position.Y
+ bMinShoulder))

                        End If
                    End If
                End If
            End If

            ' Left Arm
            Dim HL = CStr(((-1 * 180 *
Math.Atan(playerSkeleton.Joints(JointType.WristLeft).Position.X /
playerSkeleton.Joints(JointType.WristLeft).Position.Z)) / 3.14159))
            ee.Text = HL
            Dim L0 = playerSkeleton.Joints(JointType.HandLeft).ScaleTo(1, 180, 0.5F,
0.5F)
            Dim s33 = L0.Position.Y
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Dim scaledLeftArm1 =
playerSkeleton.Joints(JointType.HandLeft).ScaleTo(1, 180, 0.5F, -0.5F)
            Dim b1 = CInt(scaledLeftArm1.Position.Y) - 20
            Dim scaledLeftArm = playerSkeleton.Joints(JointType.HandLeft).ScaleTo(1,
180, 0.5F, 1.5F)
            If HL < 12.5 Then
                If b1 > 0 Then
                    bServo10 = CInt(scaledLeftArm1.Position.Y) - 20
                End If
            Else
                If s33 < 70 Then
                    bServo10 = 160
                    bServo11 = CByte(scaledLeftArm.Position.Y) - 15
                Else
                    If s33 > 110 Then
                        bServo10 = 0
                        bServo11 = 65
                    End If
                End If
            End If
            Dim bServo12 As Byte
            Dim dServo11 As Double = CDbl(bServo11)
            Dim bServo15 As Byte
            Dim dServo14 As Double = CDbl(bServo14)
            Dim bservo6 As Byte
            Dim bservo1 As Byte
            Dim scaledLeftArm2 =
playerSkeleton.Joints(JointType.FootRight).ScaleTo(1, 300, 0.5F, -1.0F)
            bservo6 = CByte(272 - (180 - scaledLeftArm2.Position.Y + 0))
            Dim scaledLeftFoot2 =
playerSkeleton.Joints(JointType.FootLeft).ScaleTo(1, 300, 0.5F, -1.0F)
            bservo1 = CByte(51 - (190 - (180 - scaledLeftFoot2.Position.Y + 50)))
            s1.Text = bServo14        '180
            s2.Text = bServo13
            s3.Text = bServo10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            s4.Text = bServo11        '0
            s5.Text = sss5
            s6.Text = sss6
            s9.Text = bservo6
            s10.Text = bservo1
            Me.components = New System.ComponentModel.Container()
            MainWindow._serialPort = New
System.IO.Ports.SerialPort(Me.components())
            MainWindow._serialPort.PortName = "COM3"
            _serialPort.DataBits = 8
            _serialPort.Handshake = 0
            _serialPort.ReadTimeout = 500
            _serialPort.WriteTimeout = 500
            Me.control = New System.Windows.Controls.UserControl()
            Me.Timer = New System.Windows.FontStyle()
            MainWindow._serialPort.BaudRate = 9600
            Dim test() As Byte = {bServo10, bServo11, sss6, bServo14, bServo13, sss5,
bservo6, bservo1}
            _serialPort.Open()
            _serialPort.Write(test, 0, test.Length)
            _serialPort.Close()
            Me.InvalidateVisual()
        End If
    End If
End Sub
Private Sub SetEllipsePosition(ByVal ellipse As FrameworkElement, ByVal kjoint As
Joint, ByVal JID As JointType)
    Dim scaledJoint = kjoint.ScaleTo(ScreenMaxX, ScreenMaxY, 0.5F, 0.2F)
    Canvas.SetLeft(ellipse, scaledJoint.Position.X)
    Canvas.SetTop(ellipse, scaledJoint.Position.Y)
End Sub
Private Sub Window_Closed(ByVal sender As Object, ByVal e As EventArgs)
    'Cleanup
    sensor.Stop()
    sensor.Dispose()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        End Sub
        Private Sub DiscoverKinectSensor()
            For Each iterSensor As KinectSensor In KinectSensor.KinectSensors
                If iterSensor.Status = KinectStatus.Connected Then
                    sensor = iterSensor
                    Exit For
                End If
            Next
            If sensor Is Nothing Then
                MsgBox("Could not find any valid Kinect Connected. Please restart the
program", vbCritical)
                Exit Sub
            End If
            Select Case sensor.Status
                Case KinectStatus.Connected
                Case KinectStatus.Disconnected
                    MsgBox("Kinect is Disconnected", vbExclamation)
                Case KinectStatus.NotPowered
                    MsgBox("Kinect is Not Powered. Connect to Power", vbExclamation)
                Case Else
                    MsgBox("Unkown Kinect Status", vbExclamation)
            End Select
            If (sensor.Status = KinectStatus.Connected) Then
                InitializeKinect()
            End If
        End Sub
        Private Sub InitializeKinect()
            Dim parameters = New TransformSmoothParameters With {.Smoothing = 0.8F,
.Correction = 0.3F, .Prediction = 0.4F, .JitterRadius = 1.0F, .MaxDeviationRadius = 0.5F}
            sensor.SkeletonStream.Enable(parameters)

            sensor.Start()
        End Sub
    End Class
End Namespace
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้