สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบแขนกลจำลองการเชื่อม

SIMULATE ROBOT ARM SYSTEM

โดย

นายเทพนิรันดร์ วิทยากูล
นายรณชัย สวัสดิ์บุรี
นายสุทัศน์ ดีเหนี่ยง

วศ.
ท 614 ร
2550

เลขหมู่.....82002
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี...-4 ก.ค. 2551

b.11900003
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบแขนกลจำลองการเชื่อม

SIMULATE ROBOT ARM SYSTEM

ผู้จัดทำ

นายเทพนิรันดร์	วิทยากูล	รหัสประจำตัว	47012238
นายรณชัย	สวัสดิ์บุรี	รหัสประจำตัว	47012239
นายสุทัศน์	ดีเหนี่ยง	รหัสประจำตัว	47012243

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.สุมิตร พนาอุดมทรัพย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบแขนกลจำลองการเชื่อม

โดย

นายเทพนิรันดร์ วิทยากูล รหัสประจำตัว 47012238

นายรณชัย สวัสดิ์บุรี รหัสประจำตัว 47012239

นายสุทัศน์ ดีเหนี่ยง รหัสประจำตัว 47012243

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.สุมิตร พนาอุดมทรัพย์

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เสนอการออกแบบ และการสร้างแขนกลจำลองขนาดแขนกลในการเชื่อมชิ้นงาน สำหรับการประยุกต์ใช้งานจริงในอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่ของแขนกลผ่านจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางสายสัญญาณ และวงจรขับเซอโวร์มอเตอร์ ที่ทำให้แขนกลสามารถเคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งต่างๆ ได้โดยมีเสถียรภาพ และมีความแม่นยำอยู่ในระดับที่ดี และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIMULATE ROBOT ARM SYSTEM

By

Mr. Thepniran Wittayakul

Mr. Ronnachai Sawasdiburi

Mr. Suthad Deeneang

Advisor

Asst. Prof. Sumit Panaudomsup

Academic Year 2007

ABSTRACT

The degree composes this present designing and building arm the trick model arm trick size in believing in work for applying work TRUE in the industry which can set a format the movement of trick arm changes from the personal computer changes the way late a signal and the circuit drives to stagger brag small stump hill that make trick arm can move to go to follow all position get by have the stability and have the accuracy is in good level and can induce apply in all industry has next

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์และโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความเมตตาจากหลายๆ ท่านดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุมิตร พนาอุดมทรัพย์ (อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์)
2. อาจารย์ ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดว่า อีกทั้งเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ ตลอดจนความช่วยเหลือ ทั้งในด้านทุนทรัพย์ แรงงาน และกำลังใจ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และที่ลืมเสียมิได้คือขอกราบขอบพระคุณพ่อและแม่อันเป็นที่รักยิ่งที่สนับสนุน และเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสมอมา

ทางกลุ่มผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงในความช่วยเหลือครั้งนี้ ซึ่งส่งผลให้โครงงานนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ผู้จัดทำ

นายเทพนิรันดร์ วิทยากูล รหัสประจำตัว 47012238

นายรณชัย สวัสดิ์บุรี รหัสประจำตัว 47012239

นายสุทัศน์ ดีเหนี่ยง รหัสประจำตัว 47012243

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VIII
สารบัญตาราง	XV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงงาน	2
1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ความเป็นมาของหุ่นยนต์	3
2.1.1 การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์	4
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแขน	10
2.2.1 การหมุนพื้นฐาน	11
2.2.2 การหมุนผสม	11
2.2.3 พิกัดโฮโมจีเนียส	12
2.2.4 พิกัด Link	13
2.2.5 สมการแขน	17
2.2.6 INVERSE KINEMATICS	18
2.3 ลักษณะเฉพาะหุ่นยนต์	19
2.4 ความแม่นยำของการเคลื่อนที่	22
2.4.1Spatial Resolution	22
2.4.2 Accuracy	23
2.4.3 Repeatability	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5 ค่าความปลอดภัย	23
2.5.1 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ	25
2.5.2 ทฤษฎีการออกแบบเครื่องกล	26
2.5.2.1 ความเค้น	26
2.5.2.2 ความเครียด	27
2.5.2.3 โมเมนต์ดัด	27
2.6 มอเตอร์ไฟฟ้า แบบ เซอร์โวมอเตอร์(Servo Motor)	28
2.6.1ระบบเซอร์โว	28
2.6.2เซอร์โวมอเตอร์กระแสตรงแบบ คีซีเซอร์โว มอเตอร์	29
2.6.3 หลักการทำงานของ Servo Motor	30
2.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Visual Basic	33
2.8 การสื่อสารแบบอนุกรม	39
2.8.1 องค์ประกอบของการรับส่งข้อมูลแบบ อนุกรม	41
2.8.2 อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	41
2.8.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232	42
2.8.4 มาตรฐาน RS -232C ได้แบ่งอุปกรณ์ออกเป็น 2 ประเภท	43
2.8.4 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ	43
2.8.5 UART, Universal Asynchronous Receiver Transmitter	45
บทที่3 โครงสร้างและการออกแบบ	50
3.1การออกแบบแขนกล	50
3.1.1 กลศาสตร์การเคลื่อนที่ Kinematics	50
3.1.2 ความเป็นไปได้เชิงวิศวกรรม	50
3.1.3 รูปร่างของแขนกล ปัจจัยในการออกกแบบ	51
3.1.4 การเลือกใช้วัสดุ ปัจจัยในการเลือกใช้	51
3.2โครงสร้างของแขนกล	52
3.2.1โครงสร้างส่วนฐาน	52
3.2.2โครงสร้างส่วนข้อต่อ (แขน)	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3 น้ำหนักของโครงสร้างส่วนต่างๆ ของแขนกล 56

3.3.1 โครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ที่1(แขนท่อนล่าง) 56

3.3.2โครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ ที่2 (แขนท่อนที่ 2) 57

3.3.1 โครงสร้างส่วนมือที่เป็นอุปกรณ์ 58

3.4 การคำนวณขนาดของมอเตอร์ 59

3.4.1.ส่วนของโครงสร้างที่เป็นมืออุปกรณ์ 59

3.4.2.ส่วนของโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ ที่ 2 59

3.4.2.ส่วนของโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ ที่ 3 60

3.5 การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ 60

3.6 ส่วนของชุดควบคุมแขนกล (Motion Controller) 61

3.6.1 แหล่งจ่ายไฟ 61

3.6.2 Microcontroller 61

3.6.3.ชุดคอนโทรลเซอร์โวมอเตอร์ 64

3.6.4.เซนเซอร์อัลตราโซนิค 66

3.7 การออกแบบโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม 67

3.7.1 หลักการทำงานของแขนกลโดยรวม 67

3.7.2 หลักการออกแบบในส่วนของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิค 68

3.7.3 ส่วนสำหรับควบคุมแขนกลผ่านคอมพิวเตอร์ 70

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 72

4.1 ผลการทดลองการควบคุมแขนกลผ่านโปรแกรม Visual Basic 73

4.1.1 การทดลองการควบคุมแขนกลแบบManualผ่านทางโปรแกรมวิชวลเบสิก 73

4.1.1.1 การทดลองครั้งที่1 73

4.1.1.2การทดลองครั้งที่ 2 77

4.1.1.3การทดลองครั้งที่ 3 80

4.1.2 การทดลองการควบคุมแขนกลแบบอัตโนมัติ (Auto) 84

4.1.2.1 การทดลองครั้งที่ 1 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่5 สรุปผลและวิจารณ์	89
5.1 สรุปผลการทดลอง	89
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข	89
5.3 ขอบเขตการดำเนินงานและแนวทางในการพัฒนา	90
ภาคผนวก ก โปรแกรมการประมวลผลและโปรแกรมควบคุม	91
เอกสารอ้างอิง	111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2. 1 แสดงส่วนต่าง ๆ ของ หุ่นยนต์เปรียบเทียบกับสรีระของมนุษย์	4
2.2 แสดงหุ่น Gantry Robot	5
2. 3 Cylindrical Robot Work envelope of Cylindrical Robot	6
2.4 Spherical Robot และ Work envelope of Spherical Robot	7
2.5 Sacra Robot และ Work envelope of Scara Robot	8
2.6 Articulated Robot และ Work envelope of Articulated Robot	9
2. 7 การหมุนพื้นฐานในR^3	10
2.8 แสดงการหมุน โครงพิกัด M รอบแกน f^1	11
2.9 yaw pith และ roll ของเครื่องมือ	12
2.10 มุมข้อต่อ θ และระยะข้อต่อd	14
2.11 แสดง ความยาวและมุมบิดของ Link	15
2. 12 แสดง Normal, Sliding and Approach Vectors ของ End-effectors	15
2.13 แสดงตำแหน่งการหมุนของเครื่องมือในพิกัดฐาน	18
2.14 Redundant Robot หลบหลีกสิ่งกีดขวาง	18
2.15 ระยะที่เอื้อมถึงและสโตรกของหุ่นยนต์ทรงกระบอก	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.16 Yaw – Pitch – Roll ของ Tool 20

2.17 ลำดับการหมุนแกน 21

2.18 ระบบ YPR 22

2.19 ระบบ RPY 22

2.20 ของ Servo motor ยี่ห้อ hitec รุ่นต่าง ๆ 23

2.21 ส่วนประกอบของ Servo motor 29

2.22 โครงสร้างระบบควบคุมเซอร์โว 30

2.23 ของ สัญญาณที่สามารถป้อนให้กับ Servo motor 31

2.24 แสดงตำแหน่งองศาการหมุนของ Servo เป็นไปตามสัญญาณ Pulse 32

2.25 แสดงหน้า Project 34

2.26 แสดงทูลบาร์ 34

2.27 แสดง Toolboxs 35

2.28 แสดงคอนโทรล ActiveX (ActiveX controls) 35

2.29 แสดงหน้าโปรเจ็กต์ 36

2.30 แสดงProperties-From 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.31 แสดง Form Layout	38
2.32 แสดง Immediate Window	38
2.33 แสดง New Project	39
2.34 แสดง Code Editor	39
2.35 แสดงคอนเน็กเตอร์อนุกรม 25 ขาหรือแบบ DB-25	44
2.36 แสดงคอนเน็กเตอร์อนุกรม 9 ขาหรือแบบ DB-9	44
2.37 แสดงขาสัญญาณRS232แบบD9,D25	45
2.38 Pin Diagrams for 16550, 16450 & 8250 UARTs	47
3.1 แสดงแขนกลแบบ Articulated Configuration	50
3.2 แสดงแขนกลของจริง	51
3.3 แสดงส่วนประกอบของโครงสร้างส่วนฐานหมุนจริง	52
3.4 แสดงโครงสร้างส่วนฐาน	53
3.5 แสดงแขนกลจริง	54
3.6 แสดงส่วนของโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ 2	54
3.7 แสดงส่วนของมือที่เป็นอุปกรณ์จริง	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.8 แสดงชิ้นงาน 55

3.9 แสดงโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ที่ 1 56

3.10 แสดงโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ ที่ 2 57

3.11 แสดงโครงสร้างมือที่เป็นอุปกรณ์ 58

3.12 แสดงส่วนของ โครงสร้างที่เป็นมืออุปกรณ์ (Tool as End Effect or) 59

3.13 แสดงส่วนของโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ ที่2 (แขนท่อนบน) 59

3.14 ส่วนของโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ ที่3 (แขนท่อนล่าง) 60

3.15 แสดงตำแหน่งที่ติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ 61

3.16 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ 63

3.17 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ ของบอร์ดควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ 66

3.18 แสดงเซนเซอร์อัลตราโซนิค 67

3.19 แสดงการออกแบบการทำงานโดยรวม 67

3.20 แสดงหน้าต่างการควบคุมแขนกลของโปรแกรมวิชวลเบสิก 71

4.1แสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.2 แสดงหน้าจอมคอมพิวเตอร์ชุดควบแขนกลแบบManual 72

4.3 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 73

4.4 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 73

4.5 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 74

4.6 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 74

4.7 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 74

4.8 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 75

4.9 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 75

4.10 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 77

4.11 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 77

4.12 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 77

4.13 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 78

4.14 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 78

4.15 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.16 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 79

4.17 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 80

4.18 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 80

4.19 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 81

4.20 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 81

4.21 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 81

4.22 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 82

4.23 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 82

4.24 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 84

4.25 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 85

4.26 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 85

4.27 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 86

4.28 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.29 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล **87**

ก.1หน้าต่างการควบคุมแขนกล **91**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการหมุน	4
2.2 แสดง แกนของหุ่นยนต์	5
2.3 Kinematic Parameters	14
2.4 คุณลักษณะของหุ่นยนต์	19
2.5 การเคลื่อนที่แบบ Yaw Pitch และ Roll	21
2.6 ค่าความปลอดภัย	24
2.7 ระบบควบคุมแบบลูปปิด	28
2.8 ส่วนประกอบของโปรเจ็กต์	36
2.9 แสดงขาสัญญาณRS232แบบD9,D25	44
2.10 แสดงพอร์ตอนุกรม	49
3.1 คุณสมบัติ บอร์ดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์PIC 18F8720	62
4.1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของแขนกลเมื่อเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ	76
4.2ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของแขนกลเมื่อเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆเมื่อมีการปรับปรุงแขนกล	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.3ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของแขนกลเมื่อเคลื่อนที่ไป ยังตำแหน่งต่างๆเมื่อมีการปรับปรุงแขนกลและซอร์ฟแวร์	83
4.4 แสดงการเคลื่อนที่ไปตำแหน่งต่าง ทดลอง 3 ครั้ง	87
4.5 แสดงค่าของระยะทาง ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ทดลอง 3 ครั้ง	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์ และทางด้านแขนกล ได้พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว ได้มีการนำหุ่นยนต์และนำแขนกลเข้ามาทำงานแทนมนุษย์กันมากขึ้น โดยเฉพาะในประเทศไทย จากเหตุผลดังกล่าวทำให้มองเห็นได้ว่าในอนาคต หุ่นยนต์และแขนกลจะเข้ามามีบทบาทกับชีวิตมนุษย์มากขึ้นอย่างแน่นอน

งานหลายประเภท ในระบบการผลิตในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ในปัจจุบันนี้มีลักษณะการทำงานที่ต้องการความรวดเร็ว มีความแม่นยำในการผลิต มีลักษณะการทำงานที่ซ้ำๆกันแต่มีคุณภาพงานเป็นมาตรฐานเดียวกัน และไม่มีความซับซ้อนมากนัก สามารถทำงานได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็น งานทางด้านเชื่อม ตัด จับ และอื่นๆ ใช้เป็นเครื่องทุ่นแรง ใช้ในงานอันตรายเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ และอีกทั้งยังสามารถช่วยในการประหยัดเวลา รวมไปถึงประหยัดค่าใช้จ่าย และเพิ่มผลผลิตให้แก่องค์กรในงานอุตสาหกรรม ดังนั้น หุ่นยนต์ และแขนกล ดังกล่าวส่วนใหญ่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศซึ่งมาราคาค่อนข้างสูง ทำให้เกิดปัญหา อย่างเช่น ต้นทุนในการผลิต ปันหาในการพัฒนาการศึกษาและการวิจัยและอื่นๆ

โครงงานแบบจำลองแขนกลเชื่องโลหะ จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาพื้นฐานหลักการทำงานของแขน โดยให้แขนกลเคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมเฉพาะจุด ตามที่เราได้กำหนดไว้ในโปรแกรมควบคุมผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยการทำงานเป็นไปอย่างอัตโนมัติ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อการศึกษาโครงสร้างการทำงานของแขนกล มาประยุกต์ใช้ในงอุตสาหกรรมการเชื่อม โดยให้แขนกลเคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมเฉพาะจุดได้

1.2.2 เพื่อการศึกษาเกี่ยวกับการใช้งานการเขียนโปรแกรมควบคุมแบบต่างๆ มาดวบคุมแขนกลให้ทำงาน เคลื่อนที่ไปตามที่ต้องการ

1.2.3 เพื่อการศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC เบอร์ PIC18F8720

1.2.4 เพื่อการศึกษาการทำงานรวมไปการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

1.2.5 เพื่อการศึกษาการงานโปรแกรม วิชวลเบสิก6 ควบคุมการทำงานของแขนกลผ่านจอคอมพิวเตอร์

1.2.6 เพื่อการศึกษาการทำงานของเซนเซอร์ แล้วสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับแขนกล

1.2.7 เพื่อนำความรู้เกี่ยวกับระบบอัตโนมัติ เข้ามาประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงและเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบอัตโนมัติแบบจำลองแขนกลให้มีศักยภาพสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงงาน

1.3.1 ศึกษาหาข้อมูล แขนกลแบบต่างๆ จากวารสารปริญญานิพนธ์และแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมการทำงานและการเคลื่อนที่ของแขนกล

1.3.2 กำหนดรูปแบบของแขนกล ให้เข้ากับรูปแบบของการทำงาน

1.3.3 ทำการร่างแบบของแขนกล

1.3.4 ทำการออกแบบ และคำนวณวัสดุอุปกรณ์ แล้วทำการจัดหา

1.3.5 ทำการสร้างประดิษฐ์แขนกลที่ได้คำนวณ และได้ออกแบบไว้

1.3.6 ศึกษาโปรแกรม และวงจรควบคุมแขนกลให้สามารถใช้ควบคุมแขนกลได้

1.3.7 เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของแขนกล ระหว่างซอร์ฟแวร์และฮาร์ดแวร์

1.3.8 ทำการทดลองการใช้งานของแขนกล พร้อมจดบันทึกการทำงานของแขนกล

1.3.9 ทำการปรับปรุงและแก้ไขจุดบกพร่องของแขนกล

1.3.10 ทำการรวบรวมข้อมูลที่ทำการทดลอง และสรุปผลการทดลอง

1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์นี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกในการศึกษาและทำความเข้าใจ ซึ่งเนื้อหาในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำ ได้กล่าวถึง ความสำคัญของโครงงาน วัตถุประสงค์ขอบเขตของโครงงาน ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงงาน ประโยชน์ที่ได้รับและรวมไปถึงรายละเอียดของปริญญานิพนธ์ของแต่ละบท

บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการของแขนกล ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบและการจัดทำแขนกล

บทที่ 3 หลักการ การออกแบบการสร้างแขนกล รวมไปถึงโครงสร้างของแขนกล

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลองเป็นการทดสอบองค์ประกอบต่างๆ ของแขนกล รวมไปถึงการทำงานของแขนกล

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป ปัญหา และแนวทางการแก้ไข ปัญหาของชุดแขนที่เกิดขึ้น และแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาเพื่อให้ชุดแขนกลมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และหลักการ

2.1ความเป็นมาของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์แต่ดั้งเดิมจะเป็นเครื่องจักรแบบการเคลื่อนที่แบบจุดต่อจุดหรือจากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่งและเหมาะสำหรับการปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับการจับและวางหรือยกของในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการความรวดเร็ว ที่สามารถทำการดัดแปลงเครื่องมือและเครื่องจักรสำหรับใส่ชิ้นงานและนำชิ้นงานออกได้ เครื่องจักรผลิตแบบกระสวยชนิดพิเศษหรือแบบแม่พิมพ์หรือแบบถาวร (ดังแสดงในรูปที่ 3) และการปฏิบัติงานที่มีส่วนคล้ายคลึงกัน จากที่ได้กล่าวมาแล้วทั้งหมดนี้เป็นที่นิยมและมีชื่อเสียงในวงการอุตสาหกรรมยานยนต์ ที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงสำหรับการเชื่อมจุด และหุ่นยนต์จะได้รับการพัฒนาสำหรับการผลิตตัวถังรถยนต์โดยอัตโนมัติ และในไม่ช้าตัวถังรถยนต์สามารถทำการเชื่อมโดยอาศัยการเชื่อมแบบความต้านทานด้วยหุ่นยนต์ได้อย่างสมบูรณ์ (ดังแสดงในรูปที่ 4) ดังเช่นทุกวันนี้ ที่ทุกๆ ส่วนของตัวถังรถยนต์เกือบทั้งหมดสามารถผลิตโดยการเชื่อมจุดด้วยหุ่นยนต์

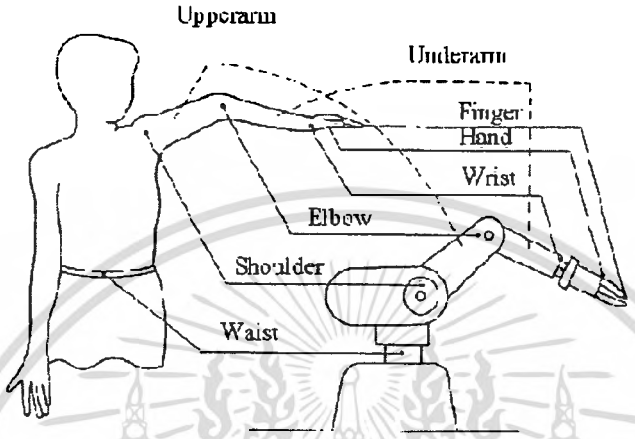
ประเภทของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมในประเทศไทย (IndustrialRobottype)

ในยุคเริ่มต้นของการส่งเสริมอุตสาหกรรมในประเทศไทยจะเห็นได้ว่ามีโรงงานต่าง ๆ เข้ามาตั้งฐานผลิตในเมืองไทยจำนวนมากทำให้เกิดนิคมอุตสาหกรรมขึ้นหลายแห่ง ทั้งนี้เนื่องจากรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมอุตสาหกรรมที่ชัดเจน ค่าแรงงานถูก ลดรายจ่ายเนื่องจากภาษีการนำเข้าของสินค้าและวัตถุดิบบางตัว แต่ ณ ปัจจุบันนี้ค่าแรงบ้านเราสูงขึ้นและสูงกว่าประเทศเพื่อนบ้าน เช่น จีน เวียดนาม อินโดนีเซีย ฯลฯ ในขณะเดียวกันคุณภาพแรงงานไม่ได้มาตรฐาน ขาดความรู้และทักษะจึงทำให้หลายบริษัทได้ย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศที่มีค่าแรงงานถูกกว่า และอีกหลายบริษัทที่พยายามปรับตัวเอง โดยมีการนำเทคโนโลยีระบบอัตโนมัติ (Automation Technology) เข้ามาใช้งานเพื่อให้สินค้าสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ทั้งในเรื่องราคา และคุณภาพ โดยเฉพาะในเรื่องคุณภาพ ปัจจุบันโรงงานที่ผลิตสินค้าส่งออกหรือส่งให้กับลูกค้าที่เป็นบริษัทของต่างประเทศมักจะประสบปัญหาในเรื่องคุณภาพ มีทั้ง ผลิตสินค้าไม่ได้มาตรฐานตามที่ลูกค้ากำหนด หรือ ผลิตสินค้าไม่ทันตามกำหนดเวลา อาจเนื่องจากมีการเปลี่ยนรุ่นผลิตภัณฑ์อยู่บ่อยๆ ต้องใช้เวลาในการ Set up ปัจจุบันจึงมีการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาใช้ หนึ่งในเทคโนโลยีที่มีความยืดหยุ่นสูง ได้แก่ หุ่นยนต์อุตสาหกรรม เนื่องจากการเปลี่ยนการทำงานสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรม นอกจากนี้ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสม่ำเสมอเป็นมาตรฐานเดียวกัน

หุ่นยนต์ (Robotics) มีมากมายหลายชนิดขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้งาน เช่น หุ่นยนต์ที่เป็นของเล่น หุ่นยนต์ใช้ในงานการแพทย์ หุ่นยนต์เพื่องานวิจัย หุ่นยนต์สำรวจ และหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ฯลฯ ในที่นี้จะกล่าวถึงหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robot)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมจะเลียนแบบร่างกายของมนุษย์โดยจะเลียนแบบเฉพาะส่วนของร่างกายที่จะนำไปใช้ประโยชน์ ในอุตสาหกรรมเท่านั้น นั่นคือช่วงแขนของมนุษย์ ดังนั้น บางคนอาจจะได้ยินคำว่าแขนกลซึ่งก็หมายถึงหุ่นยนต์อุตสาหกรรมการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเปรียบเทียบกับแขนมนุษย์ แสดงดังรูปที่ 2.1

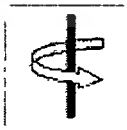
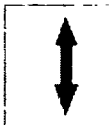


รูปที่ 2. 1 แสดงส่วนต่าง ๆ ของ หุ่นยนต์เปรียบเทียบกับสรีระของมนุษย์

2.1.1 การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์

โดยทั่วไปการแบ่งชนิดของหุ่นยนต์จะแบ่งตามลักษณะรูปทรงของพื้นที่ทำงาน (Envelope Geometric) แต่ก่อนจะอธิบายชนิดของหุ่นยนต์ขออธิบายการทำงานของจุดต่อ (Joint) ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมซึ่งในขั้นพื้นฐานมี 2 ชนิดด้วยกัน ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงการหมุน

ชนิด	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
Revolute (R)		เป็นการหมุนรอบแกน (Rotary)
Prismatic (P)		การเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear motion)

จุดต่อ (Joint) ทั้งสองแบบเมื่อนำมาต่อเข้าด้วยกันอย่างน้อย 3 แกนหลักจะได้พื้นที่ทำงาน (Workenvelope) ที่มีลักษณะแตกต่างกันไป ซึ่งสามารถนำมาแบ่งชนิดของหุ่นยนต์ได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดง แกนของหุ่นยนต์

ชนิดของหุ่นยนต์	แกนที่ 1 (เอว)	แกนที่ 2	แกนที่ 3 (ข้อศอก)
Cartesian (gantry)	P	P	P
Cylindrical	R	P	P
Spherical (Polar)	R	R	P
SCARA	R	P	R
Articulated	R	R	R

R = Revolute, P = Prismatic

การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์

การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์ออกตามข้อต่อแบ่งได้ 5 ประเภทดังนี้

ประเภทที่ 1 คือหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน (Cartesian)

ประเภทที่ 2 คือหุ่นยนต์แบบทรงกระบอก (Cylindrical)

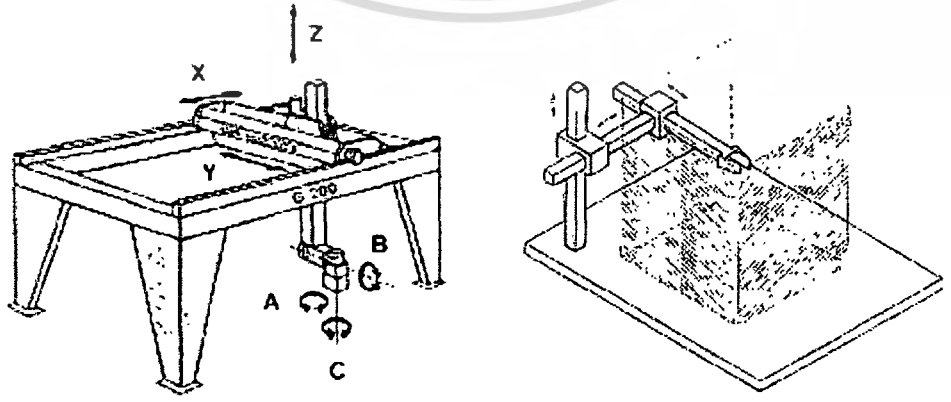
ประเภทที่ 3 คือหุ่นยนต์แบบทรงกลม (Spherical)

ประเภทที่ 4 คือหุ่นยนต์แบบอาร์ติคูเลตแนวนอน (Horizontal Articulated)

ประเภทที่ 5 คือหุ่นยนต์แบบอาร์ติคูเลตแนวตั้ง (Vertical Articulat)

1. **Cartesian (gantry) Robot**

แกนทั้ง 3 ของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงเส้น (Prismatic) ถ้าโครงสร้างมีลักษณะคล้าย Overhead Crane จะเรียกว่าเป็นหุ่นยนต์ชนิด gantry แต่ถ้าหุ่นยนต์ไม่มีขาตั้งหรือขาเป็นแบบอื่น เรียกว่า ชนิด Cartesian



Gantry Robot

รูปที่ 2.2 แสดงหุ่น Gantry Robot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดี

- เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงทั้ง 3 มิติ
- การเคลื่อนที่สามารถทำความเข้าใจง่าย
- โครงสร้างแข็งแรงตลอดการเคลื่อนที่

ข้อเสีย

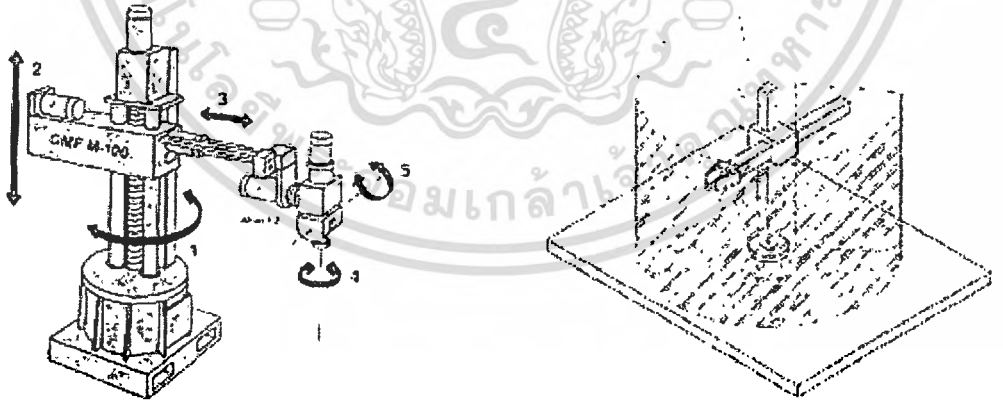
- ต้องการพื้นที่ติดตั้งมาก
- บริเวณที่หุ่นยนต์เข้าไปทำงานได้ จะเล็กกว่าขนาดของตัวหุ่นยนต์
- ไม่สามารถเข้าถึงวัตถุจากทิศทางข้างใต้ได้
- แกนแบบเชิงเส้นจะ Seal เพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลวได้ยาก

การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรงตลอดแนวการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงเหมาะกับงานเคลื่อนย้ายของหนัก ๆ หรือเรียกว่างาน Pick-and-Place เช่นใช้โหลดชิ้นงานเข้าเครื่องจักร (Machine loading) ,ใช้จัดเก็บชิ้นงาน (Stacking)นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในงานประกอบ (Assembly) ที่ไม่ต้องการเข้าถึงในลักษณะที่มีมุมหมุน เช่น ประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และงาน Test ต่าง ๆ

2.Cylindrical

หุ่นยนต์ประเภทนี้จะมีแกนที่ 2 (ไหล่) และแกนที่ 3 (ข้อศอก) เป็นแบบ prismatic ส่วนแกนที่ 1 (เอว) จะเป็นแบบหมุน (revolute) ทำให้การเคลื่อนที่ได้พื้นที่การทำงานเป็นรูปทรงกระบอก ดังรูป



รูปที่2. 3 Cylindrical Robot Work envelope of Cylindrical Robot

ข้อดี

- มีส่วนประกอบไม่ซับซ้อน
- การเคลื่อนที่สามารถเข้าใจได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• สามารถเข้าถึงเครื่องจักรที่มีการเปิด-ปิด หรือเข้าไปในบริเวณที่เป็นช่องหรือโพรงได้ง่าย (Loading) เช่น การโหลดชิ้นงานเข้าเครื่อง CNC

ข้อเสีย

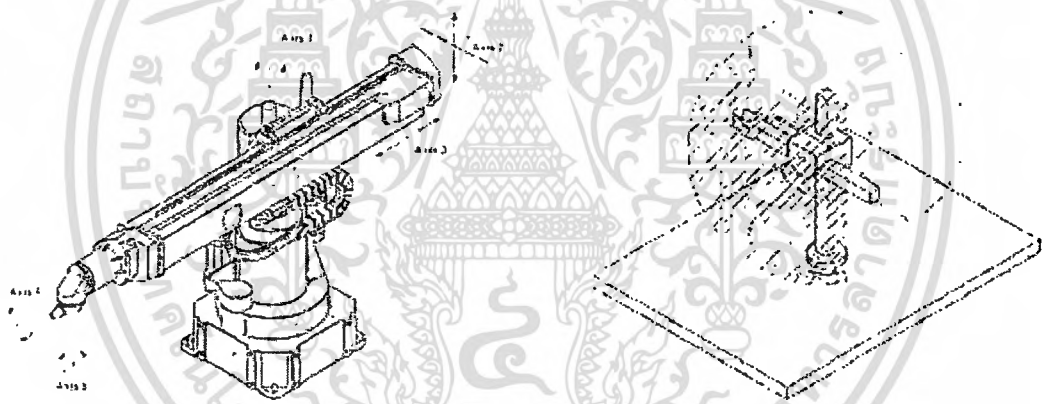
• มีพื้นที่ทำงานจำกัด

• แกนที่เป็นเชิงเส้นมีความยุ่งยากในการ seal เพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลว

การประยุกต์ใช้งาน โดยทั่วไปจะใช้ในการหยิบยกชิ้นงาน (Pick-and-Place) หรือป้อนชิ้นงานเข้าเครื่องจักร เพราะสามารถเคลื่อนที่เข้าออกบริเวณที่เป็นช่องโพรงเล็ก ๆ ได้สะดวก

3.Spherical Robot (Polar)

มีสองแกนที่เคลื่อนในลักษณะการหมุน (Revolute Joint) คือแกนที่ 1 (เอว) และแกนที่ 2 (ไหล่) ส่วนแกนที่ 3 (ข้อศอก) จะเป็นลักษณะของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ดังรูปที่ 6-a ซึ่งทำให้ได้พื้นที่การทำงาน ดังรูปที่ 6-b



รูปที่ 2.4 Spherical Robot และ Work envelope of Spherical Robot

ข้อดี

• มีปริมาตรการทำงานมากขึ้นเนื่องจากการหมุนของแกนที่ 2 (ไหล่)

• สามารถที่จะก้มลงมาจับชิ้นงานบนพื้นได้สะดวก

ข้อเสีย

• มีระบบพิกัด (Coordinate) และส่วนประกอบ ที่ซับซ้อน

• การเคลื่อนที่และระบบควบคุมมีความซับซ้อนขึ้น

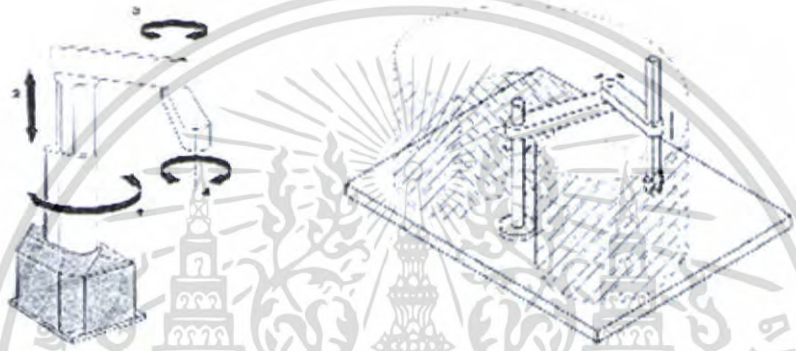
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้งาน

ใช้ในงานที่มีการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (Vertical) เพียงเล็กน้อย เช่น การโหลดชิ้นงานเข้าออกจากเครื่องปั๊ม (Press) หรืออาจจะใช้งานเชื่อมจุด (Spot Welding)

4. SCARA Robot

หุ่นยนต์ SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) จะมีลักษณะแกนที่ 1 (เอว) และแกนที่ 3 (ข้อศอก) หมุนรอบแกนแนวตั้ง และแกนที่ 2 จะเป็นลักษณะการเคลื่อนที่ขึ้นลง (Prismatic) ดังรูปที่ 7-a ทำให้ได้พื้นที่การทำงานดัง รูปที่ 7-b หุ่นยนต์ SCARA จะเคลื่อนที่ได้รวดเร็วในแนวระนาบ และมีความแม่นยำสูง



รูปที่ 2.5 Sacra Robot และ Work envelope of Scara Robot

ข้อดี

- สามารถเคลื่อนที่ในแนวระนาบ และขึ้นลงได้รวดเร็ว
- มีความแม่นยำสูง

ข้อเสีย

- มีพื้นที่ทำงานจำกัด
- ไม่สามารถหมุน (rotation) ในลักษณะมุมต่างๆ ได้
- สามารถยกน้ำหนัก (Payload) ได้ไม่มากนัก

การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากการเคลื่อนที่ในแนวระนาบและขึ้นลงได้รวดเร็วจึงเหมาะกับ งานประกอบชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่ง ต้องการความรวดเร็วและการเคลื่อนที่ก็ไม่ต้องการ การหมุนมากนัก แต่จะไม่เหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางกล (Mechanical part) ซึ่งส่วนใหญ่การประกอบจะอาศัยการหมุน(rotation)ในลักษณะมุมต่างๆ นอกจากนี้ Scara robot ยังเหมาะกับงานตรวจสอบ (Inspection) งานบรรจุภัณฑ์ (Packaging)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Articulated Arm (Revolute)

ทุกแกนการเคลื่อนที่จะเป็นแบบหมุน (Revolute) รูปแบบการเคลื่อนที่จะคล้ายกับแขนคน ซึ่งจะประกอบด้วยช่วงเอว ท่อนแขนบน ท่อนแขนล่าง ข้อมือ การเคลื่อนที่ทำให้ได้พื้นที่การทำงาน ดังรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 Articulated Robot และ Work envelope of Articulated Robot

ข้อดี

- เนื่องจากทุกแกนจะเคลื่อนที่ ในลักษณะ ของการหมุนทำให้มีความยืดหยุ่นสูงในการเข้าไปยังจุดต่าง ๆ
- บริเวณข้อต่อ (Joint) สามารถ Seal เพื่อป้องกันฝุ่น ความชื้น หรือน้ำ ได้ง่าย
- มีพื้นที่การทำงานมาก
- สามารถเข้าถึงชิ้นงานทั้งจากด้านบน ด้านล่าง
- เหมาะกับการใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นชุดขับเคลื่อน

ข้อเสีย

- มีระบบ พิกัด (Coordinate) ที่ซับซ้อน
- การเคลื่อนที่และระบบควบคุมทำความ เข้าใจได้ยากขึ้น
- ควบคุมให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear) ได้ยาก
- โครงสร้างไม่มั่นคงตลอดช่วงการเคลื่อนที่ เพราะบริเวณขอบ Work envelope ปลายแขนจะมีการสั่น ทำให้ความแม่ยำลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้งาน

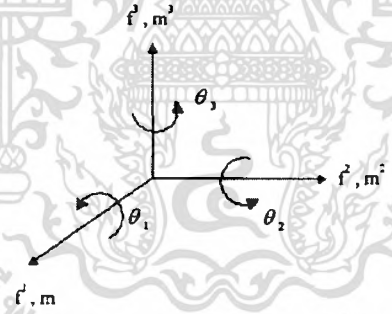
หุ่นยนต์ชนิดนี้สามารถใช้งานได้กว้างขวางเพราะสามารถเข้าถึงตำแหน่งต่าง ๆ ได้ดี เช่นงานเชื่อม Spot Welding, Path Welding, งานยกของ, งานตัด, งานทากาว, งานที่มีการเคลื่อนที่ยาก ๆ เช่น งานพ่นสี งาน sealing ฯลฯ

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแขน

ในการระบุตำแหน่งและการหมุนของ End-Effectors ในเทอมของโครงพิกัดซึ่งติดอยู่กับฐานที่นิ่ง การถ่ายโอนจึงเกี่ยวข้องกับการหมุนและการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่ง

2.2.1 การหมุนพื้นฐาน(Fundamental Rotation)

ถ้าโครงพิกัด M ได้จากการหมุน M รอบยูนิตเวคเตอร์อันหนึ่งของโครงพิกัดที่อยู่นิ่ง F ดังนั้น เมตริกซ์ถ่ายโอนพิกัดที่ได้ชื่อว่า เมตริกซ์กรหมุนพื้นฐานในปริภูมิ R^3 มีทางเป็นไปได้ 3 ทางดังแสดงในภาพที่

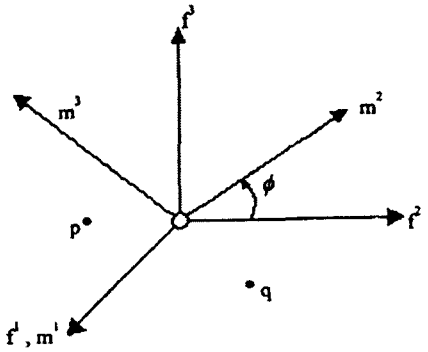


รูปที่ 2. 7 การหมุนพื้นฐานในR^3

ถ้าหมุนโครงพิกัด M รอบแกน f^1 ของโครงพิกัด F ให้เป็น องศาการหมุนจะทำการวัดตามกฎมือขวาดังรูปที่ 2.7 ให้ $R^3(\emptyset)$ เป็นเมตริกซ์ถ่ายโอนพิกัดช่วง M ไป F และจะได้

$$R^1(\emptyset) = \begin{bmatrix} f^1m^1 & f^1m^2 & f^1m^3 \\ f^2m^1 & f^2m^2 & f^2m^3 \\ f^3m^1 & f^3m^2 & f^3m^3 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงการหมุน โครงพิกัด M รอบแกน f^1

เนื่องจากการหมุนรอบแกน f^1 ดังนั้นจะได้ว่า $f^1 = m^1$ และจากทฤษฎีบทของการหมุนที่ว่า เมื่อให้ X และ Y เป็นเวคเตอร์ในR และ Ø เป็นการหมุนจาก X ไป Y ดังนั้น

$$X \cdot Y = X.Y\cos Ø$$

ดังนั้นจะได้

$$R(Ø) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos Ø & -\sin Ø \\ 0 & \sin Ø & \cos Ø \end{bmatrix}$$

ในทำนองเดียวกัน ถ้า $R^2(Ø)$ และ $R^3(Ø)$

$$R^2(Ø) = \begin{bmatrix} \cos Ø & 0 & \sin Ø \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin Ø & 0 & \cos Ø \end{bmatrix}$$

$$R^3(Ø) = \begin{bmatrix} \cos Ø & -\sin Ø & 0 \\ -\sin Ø & \cos Ø & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2.2.2 การหมุนผสม (Composite Rotation)

เมื่อทำการคูณเมตริกซ์การหมุนพื้นฐานเข้าด้วยกัน เมตริกซ์ลัพธ์ที่ได้นั้นจะแสดงถึงลำดับของการหมุนรอบยูนิตเวคเตอร์ เรียกเมตริกซ์ที่คูณกันนี้ว่าการหมุนผสม เมื่อพิจารณาภาพเครื่องมือ (End-effects) แสดงอยู่ในรูปที่ 2.8 โครงพิกัดเคลื่อนที่ M = { m^1 m^2 m^3 } จะหมุนไปกลับเครื่องมือ

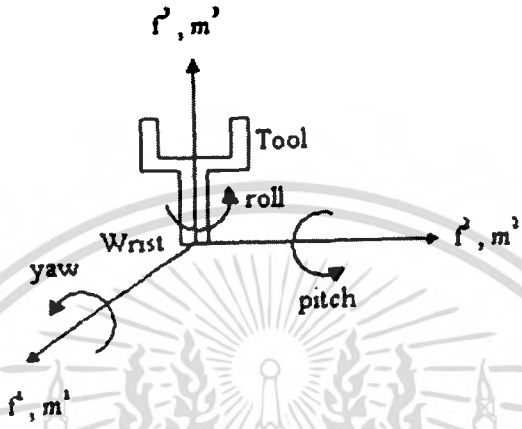
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่โครงพิกัดอยู่นิ่ง F = { f^1 f^2 f^3 }ติดอยู่ที่โคนของเรื่องมือ ดังนั้นจะได้การหมุนพื้นฐาน 3 ลักษณะคือ

Yaw เป็นการหมุนรอบแกน f^1

Pitch เป็นการหมุนรอบแกน f^2

Roll เป็นการหมุนรอบแกน f^3



รูปที่ 2.9 yaw pith และ roll ของเครื่องมือ

การหมุนพื้นฐานแต่ละอันแทนด้วยเมตริกซ์ และเมตริกซ์ไม่มีคุณสมบัติการสลับที่การคูณดังนั้น ในการหมุนพื้นฐานจึงมีผลต่อการหมุนผสมที่ได้ เพื่อเป็นการป้องกันความสับสนในการหาเมตริกซ์การหมุนผสมจึงควรใช้อัลกอริธึมต่อไปนี้

1. ให้เมตริกซ์การหมุน R=1 ได้จากเมื่อเริ่มต้นโครงพิกัดฉาก Fและ M ทับกันสนิท
2. ถ้าโครพิกัดเคลื่อนที่ M ถูกหมุนไป Ø รอบยูนิตเวคเตอร์ที่k^{th} ของโครงพิกัดอยู่นิ่ง ดังนั้นคูณเข้าทางซ้ายของ R ด้วย$R_k(Ø)$
3. ถ้าโครงพิกัดเคลื่อนที่ M ถูกหมุนไป Ø รอบยูนิตเวคเตอร์ที่ k thของมันเอง ดังนั้นคูณเข้าทางขวาของ R ด้วย$R_k(Ø)$
4. ถ้ามีการหมุนพื้นฐานหลายครั้งให้กลับไปที่ขั้นตอนที่ 2 มิฉะนั้นก็หยุดผลลัพธ์ที่ได้เป็นเมตริกซ์การหมุนผสม R ที่ใช้ถ่ายโอนโครงพิกัด M ไปยัง F
5. เมื่อมีการทำแบบ yaw, pitch และ roll สามารถหาเมตริกซ์ถ่ายโอนผสม yaw, pitch และ roll ได้โดยให้มุม yaw, pitch และ roll ในR^3 ดังต่อไปนี้

ตามทฤษฎีบทการถ่ายโอน (yaw,pitchและroll Transformation) กำหนดให้ YPR(θ) เป็นเมตริกซ์มุมผสม ที่ได้จากการหมุนโครงพิกัดเคลื่อนที่ M = {m^1 m^2 m^3} ครั้งแรกโดยรอบแกน f^1 ด้วยมุม yaw θ_1 ต่อมาหมุนรอบแกน f^2 ด้วยมุม pitch θ_2 และสุดท้ายหมุนโดยรอบแกน f^3 ด้วยมุม roll θ_3 เมตริกซ์ผสม yaw pitch และ roll YPR(θ) ซึ่งถ่ายพิกัด M ไปที่ F หาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$YPR(\theta) = \begin{bmatrix} c2c3 & s1s2c3-c1c3 & c1s2c3+c1c3 \\ c2c3 & s1s2s3+c1c3 & s1s2s3-s1c3 \\ -s2 & s1c2 & c1c2 \end{bmatrix}$$

โดย $S_k = \sin\theta_k$ และ $C_k = \theta_k$

2.2.3 พิกัดโฮโมจีเนียส (Homogeneous Coordinates)

โดยปกติเมตริกซ์ถ่ายโอนโฮโมจีเนียส(T) ขนาด 4x4 นี้แบ่งได้เป็นเมตริกซ์ย่อย 4 ส่วนดังนี้

$$T = \left[\begin{array}{c|c} \textit{rotation} & \textit{translation} \\ R & P \\ \hline h^T & S \\ \textit{perspective} & \textit{scale} \end{array}\right]$$

เมตริกซ์ย่อย 3x3 : R ในมุมซ้ายบนของ T เป็นเมตริกซ์การหมุน ซึ่งแสดงตำแหน่งการหมุนของโครงพิกัดเคลื่อนที่เทียบกับโครงพิกัดอยู่นิ่ง คอลัมป์เวคเตอร์ 3x1 : PในมุมขวาของTเป็นเวคเตอร์การเลื่อน ซึ่งแสดงตำแหน่งของ จุดกำเนิดของโครงพิกัดเคลื่อนที่เทียบกับโครงพิกัดอยู่นิ่ง

ค่า Scale : S ในมุมล่างขวาของ T เป็นสเกลแฟคเตอร์ที่ไม่เป็นศูนย์ ปกติให้เท่ากับ 1 เวคเตอร์แถว 1x3 : h^T ในมุมล่างซ้ายของ T เป็นเวคเตอร์สายตาปกติให้เท่ากับ 0 การถ่ายโอนโฮโมจีเนียสผสม (Composite Homogeneous Transformation) โดยปกติเมตริกซ์การถ่ายโอนผสมจะแสดงทั้งการหมุน และการเลื่อนตำแหน่งของโครงเคลื่อนที่เทียบกับโครงพิกัดอยู่นิ่ง ลำดับของการหมุนและการเลื่อนในแต่ละครั้ง แสดงได้โดยผลคูณของเมตริกซ์ถ่ายโอนโฮโมจีเนียสพื้นฐาน เนื่องจากเมตริกซ์ไม่มีคุณสมบัติการสลับที่การคูณ ลำดับการหมุนและการเลื่อนตำปหน่งจึงเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นในการสร้างเมตริกซ์ จึงควรใช้ขั้นตอนของอัลกอริธึมการหมุนผสม

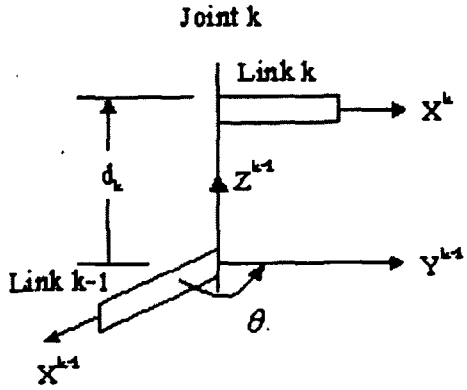
2.2.4 พิกัด Link (Link Coordinates)

ดังได้กล่าวแล้วว่า แขนกลประกอบด้วย Link หลายๆ อันมาเชื่อมต่อกันด้วยข้อต่อ โดยจุดประสงค์ในหัวข้อนี้ คือ การกำหนดโครงพิกัดลงบนแต่ละ Link จากนั้นจึงทำการหาสมการแขน (Arm equation) ที่แสดงการเคลื่อนที่ของ Link ของแขนกล โดยขั้นแรกจะศึกษาพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบตัวแขนก่อน

Kinematics Parameters

ตำแหน่งและการหมุนสัมพันธ์ของ Link ที่อยู่ติดกัน สามารถแสดงด้วย 2 joint parameters ดังแสดงในรูปที่2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.10 มุมข้อต่อ θ และระยะข้อต่อd

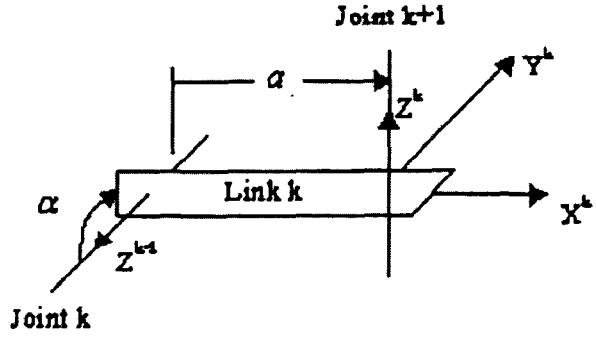
จากรูปข้อต่อ k เชื่อม Link k-1 กับ Link k พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับข้อต่อ k ถูกนิยามเทียบกับแกน Z^{k-1} ซึ่งอยู่ในแนวเดียวกับแกนของ k joint parameters ตัวแรกเรียกว่า มุมข้อต่อ (joint angle) ;k ซึ่งเป็นการหมุนรอบแกน Z^{k-1} เพื่อให้แกน X^{k-1} ขนานกับแกน X^{k} joint parameters ตัวที่สองเรียกว่า ระยะข้อต่อ (joint distance) ; d_k ซึ่งเป็นการเลื่อนตามแนว Z^{k-1} เพื่อให้แกน X^{k-1} ตัดกับแกน X^{k} ดังนั้น θ คือการหมุนรอแกนข้อต่อ k และ d^k คือการเลื่อนไปตามแกนของข้อต่อ k โดยตามปกติ แต่ละข้อจะมี joint parameters ตัวหนึ่งมีค่าคงที่และมีอีกค่าเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของข้อต่อดังแสดงในตาราง 2.3

ตารางที่ 2.3 Kinematic Parameters

Arm parameter	Symbol	Rovolute Joint (R)	Prismatic Joint (P)
Joint angle	θ	Variable	Fixed
Joint distance	d	Fixed	Fixed
Link Length	a	Fixed	Variable
Link twist angle	α	Fixed	Fixed

ข้อต่อจะอยู่ระหว่าง Link 2 อันที่อยู่ติดกัน ในทางกลับกันจึงมี Link หนึ่งอันที่อยู่ระหว่างข้อต่อสองอัน ตำแหน่งและการหมุนสัมพันธ์ของแกนของข้อต่อทั้งสองอันแสดงได้ด้วย Link Parameters จากภาพที่ 2.10 Link Parameters ตัวแรกเรียกว่าความยาว Link (Link length) ; α_k ซึ่งเป็นการเลื่อนตำแหน่งไปตามแนว X^k เพื่อให้แกน Z^{k-1}ตัดแกน Z^k และ Link parameters ตัวที่สองเรียกว่า มุมบิด Link (Link twist angle) α_k ซึ่งเป็นการหมุนรอบ X^k เพื่อให้แกน Z^{k-1} ขนานกับแกน Z^k

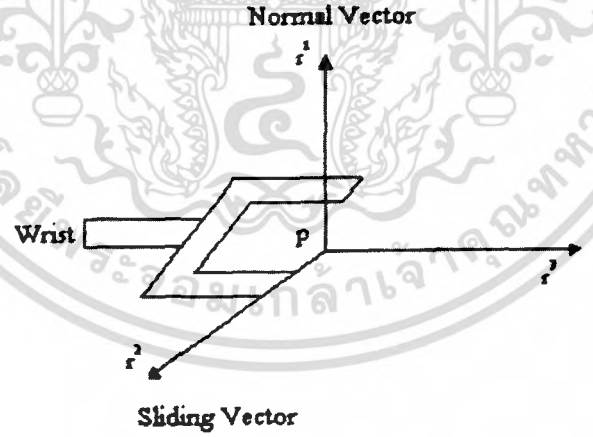
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดง ความยาวและมุมบิดของ Link

Normal,Sliding and Approach Vectors

ในการกำหนดโครงสร้างพิกัดลงบน Link ของแขนกล n แกน จะต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษกับ Link สุดท้ายซึ่งเป็นเครื่องมือ หรือ End-effectors การหมุนของเครื่องมือสามารถแสดงในพิกัดฉากได้ด้วยเมตริกซ์การหมุน $R= \{r^1 \quad r^2 \quad r^3\}$ โดยที่ 3 คอลัมน์ของ R สอดคล้องกับ Normal,Sliding and Approach Vectors ดังแสดงในรูปที่2.11 Approach Vectors ; r^3 อยู่ในแนวเดียวกันกับแกนหมุนเครื่องมือและชี้ออกจากมือ Sliding Vectors; r^2 ตั้งฉากกับ Approach Vectors และอยู่ในแนวเดียวกับแกนเปิด-ปิดของเครื่องมือ Normal Vectors ; r^1 ตั้งฉากกับระนาบของ Approach Vectors และ Sliding Vectors ที่ทำให้เกิดโครงพิกัดแกนตามกฎมือขวา



รูปที่ 2. 12 แสดง Normal, Sliding and Approach Vectors ของ End-effectors

The Denatit-Hartenberg(D-H) Representation

เป็นวิธีกำหนดโครงพิกัดฉากตามกฎมือขวาลงบนแต่ละ Link ของแขนกล ซึ่งใช้สำหรับ การถ่ายโอนพิกัดที่อยู่ติดกันด้วยเมตริกซ์ถ่ายโอนพิกัดโฮโมจีเนียส 4x4 โดยให้ L^k เป็นโครงพิกัดอยู่ที่ปลาย link k เมื่อ

$$L_k = \{X^k, Y^k, Z^k\}; 0 \leq k \leq n$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลกอริธึม (D-H) Representation แสดงได้ดังนี้

0. กำหนดหมายเลขของข้อต่อจาก 1 ถึง n เริ่มจากฐาน ไปสิ้นสุดที่เครื่องมือตามการหมุน yaw pitch และ roll
1. กำหนดโครงสร้างพิกัดฉากตามกฎมือขวา L_k ลงบนฐานแขนกล โดยให้แกน Z0 อยู่แนวเดียวกับแกนข้อต่อ 1 ให้ k =1
2. วางแกน Z^k ให้อยู่แนวเดียวกับแกนข้อต่อ k+1
3. กำหนดจุดกำเนิดของ L_k ที่จุดตัดกันของแกน Z^k และ Z^{k+1} ถ้าไม่ตัดกันให้ใช้จุดตัดระหว่าง Z^k กับ Common normal z^k กับ Z^{k+1}
4. เลือกแกน X^k ให้ตั้งฉากกับแกน Z^k และ Z^{k-1} ถ้า Z^k และ Z^{k-1} ขนานกัน ให้แกน X^k ชี้ออกจาก Z^{k-1}
5. เลือก T^k ให้ถูกตามกฎมือขวาของโครงพิกัดฉาก L_k
6. ให้ k=k+1 ถ้า k<n กลับไปทำขั้นตอนที่ 2 มิฉะนั้นให้ทำตามขั้นตอนต่อไป
7. กำหนดจุดกำเนิดให้อยู่ที่ปลายเครื่องมือ

   โดยให้ X^k อยู่แนวเดียวกับ Approach Vectoes

   Y^k อยู่แนวเดียวกับ Sliding Vectors

   Z^k อยู่แนวเดียวกับ Normal Vectors

8. กำหนดจุด b^k ที่จุดตัดกันของแกน X^k และ Z^{k-1} ถ้าไม่ตัดกันให้ใช้จุดตัดระหว่าง X^k กับ Common normal ของ X^k กับ Z^{k-1}
9. คำนวณ θ_i ซึ่งเป็นมุมจากการหมุนแกน X^{k-1} ไปยังแกน X^k โดยวัดรอบแกน Z^{k-1}
10. คำนวณ d_k ซึ่งเป็นระยะจากจุดกำเนิดของโครง L_{k-1} ไปยังจุด b^k วัดตามแนว Z^{k-1}
11. คำนวณ α_k ซึ่งเป็นระยะจากจุด b^k ไปยังจุดกำเนิดของโครง L_k วัดตามแนวแกน X^k
12. คำนวณ α_k ซึ่งเป็นมุมจากการหมุนแกน Z^{k-1} ไปยังแกน Z^k โดยวัดรอบแกน X^k
13. ให้ k= k+1 ถ้า $k \leq n$ กลับไปทำขั้นตอนที่ 8 มิฉะนั้นให้หยุด

2.2.5 สมการแขน (Arm Equation)

เมื่อกำหนดให้โครงพิกัด Link ได้แล้ว ก็ทำการย้ายโครงพิกัด k ไปยังโครงพิกัด k_{k-1} โดยใช้เมตริกซ์การถ่ายโอนพิกัดโฮโมจีเนียส เมื่อนำเมตริกซ์ที่ได้มาคูณกันทั้งหมด ก็จะได้เมตริกซ์ที่แสดงการยายพิกัดของเครื่องมือเทียบกับพิกัดฐาน โดยเมตริกซ์ที่ได้นี้เรียกว่า เมตริกซ์แขน (Arm Matrix)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถ่ายโอนโครงพิกัด(Link – Coordinate Transformation)

การสร้างเมตริกซ์ถ่ายโอนโฮโมจีเนียสจากโครงพิกัด k มา k-1 แต่ละขั้นตอนจะเกี่ยวข้องกับ Kinematic Parameter หนึ่ง ในการพิจารณาจะทำการหมุนและเลื่อนตำแหน่ง โคงพิกัด k-1 จนทับกันสนิทกับโครงพิกัด k

ใช้ทฤษฎีบทการถ่ายโอนโครงพิกัด (Link – Coordinate Transformation) โดยกำหนดให้ {L0,L2,.....,Ln} เป็นเซตของโครงสร้างที่ได้จากอัลกอลิธึม (D-H) Representation$[q]^k$ และ$[q]^{k-1}$ โดยจะได้ผลเป็นพิกัดโฮโมจีเนียสของจุด q เทียบกับโครง L_k และ L_{k-1} สำหรับ $1 \leq k \leq n$ จะได้ $[q]^{k-1} = T^k_{k-1}[q]^k$ โดย

$$T^k_{k-1} = \begin{bmatrix} c\theta_k & -c\alpha_k s\theta_k & s\alpha_k s\theta_k & a_k c\theta_k \\ s\theta_k & c\alpha_k c\theta_k & -s\alpha_k s\theta_k & a_k s\theta_k \\ 0 & s\alpha_k & c\alpha_k & d_k \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

T^k_{k-1} คือการถ่ายโอนจากโครงพิกัด k ไปยังโครงพิกัด k-1

ในการแก้ปัญหา Direct Kinematics ต้องพิจารณาตำแหน่งและการหมุนของเครื่องมือเทียบกับโครงพิกัดที่ติดอยู่กันฐาน การถ่ายโอนจากพิกัดเครื่องมือไปยังพิกัดฐาน จะต้องเริ่มจากปลายเครื่องมือถ่ายโอนย้อนกลับไปทีละโครงจนถึงฐาน ถ้า T^{tool}_{base} แสดงการถ่ายโอนจากพิกัดปลายเครื่องมือ(Linh n) ไปยังพิกัดฐาน(Link 0) ดังนั้น

$$T^{tool}_{base} = T^1_0(q_n)T^2_1(q_n).....T^n_{n-1}(q_n)$$

สมการแขน (Arm equation)

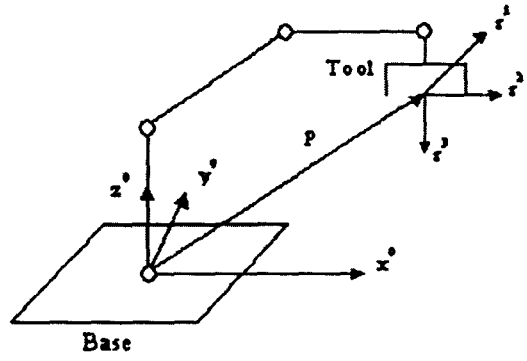
จากสมการ (2.9) ได้เมตริกซ์ $T^{tool}_{base}(q)$ เมื่อแทนค่าลงไปจะได้สมการแขน (Arm Equation) ดังนี้

$$T^{tool}_{base} = \left[\begin{array}{c|c} R & P \\ \hline 000 & 1 \end{array}\right]$$

โดย R(q) เป็นเมตริกซ์ย่อย 3x3 แสดงการหมุนของเครื่อง คอลัมน์ทั้งสามของ R แสดงทิศทางของยูนิตเวคเตอร์ $\{r^1\ r^2\ r^3\}$ ของโครงเครื่องมือเทียบกับโครงฐาน

P(q) เป็นเมตริกซ์ย่อย 3x1 แสดงตำแหน่งของปลายเครื่องมือเป็นพิกัดของปลายเครื่องมือเมื่อเทียบกับโครงฐาน ดังแสดงในรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.13 แสดงตำแหน่งการหมุนของเครื่องมือในพิกัดฐาน

2.2.6 INVERSE KINEMATICS

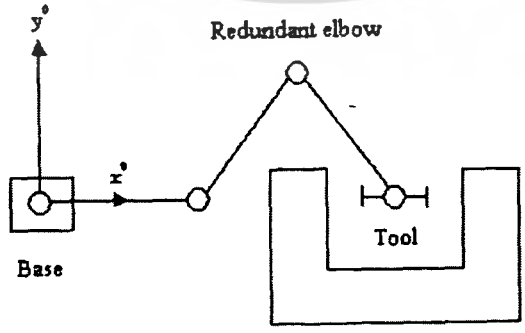
ในหัวข้อที่แล้วได้ทำการหาตำแหน่งและการหมุนของเครื่องมือแขนกล จากตัวแปรข้อต่อที่กำหนดให้ แต่ในหัวข้อนี้จะพิจารณาย้อนกลับ คือการหาตัวแปรข้อต่อจากตำแหน่ง และการหมุนของเครื่องมือที่กำหนดให้ ปัญหา INVERSE KINEMATICS เป็นปัญหาที่มีความสำคัญ และนำไปใช้งานในการแก้สมการแขน(Solve The Arm Equation)และยากกว่าปัญหาDirrect Kinematics เนื่องจากไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนและคำตอบที่ได้มักมีหลายคำตอบ

คุณสมบัติทั่วไปของคำตอบ(General Properties Of Solution)

ดังนั้นแสดงแล้วว่า การแก้ปัญหา Inverse Kinematics ไม่มีขั้นตอนที่แน่นอน ขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของแขนกล แต่คำตอบที่ได้ก็ยังมีลักษณะบางประการที่เหมือนกัน

การมีอยู่ของคำตอบ (Existence Of Solution) พิจารณาในสภาวะที่คำตอบของ Inverse Kinematics มีอยู่จริง คือ ตำแหน่งปลายเครื่องมือ P อยู่ภายในของเขตการทำงาน และการหมุนเครื่องมือไม่เกินลิมิต ของตัวแปรจากสมการแขน

ความเป็นหนึ่งของคำตอบ (Uniqueness Of Solution) เมื่อหาคำตอบของ Inverse Kinematics ได้แล้ว คำตอบที่ได้มักมีหลายคำตอบ เช่น แขนกล n แกนเมื่อ n>6 คำตอบที่ได้มักมีมากมาย โดยเรียกหุ่นยนต์ที่มีมสกกว่า 6 แกนว่า Kinamaticclly Redundant Robots เพราะมี Degree Of Freedom ที่เกินมานั้นช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับแขนกล เช่น ใช้หลบหหลีกสิ่งกีดขวาง ดังรูป



รูปที่ 2.14 Redundant Robot หลบหลีกสิ่งกีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ลักษณะเฉพาะหุ่นยนต์ (Robot Specification)

นอกจากเกณฑ์ต่าง ๆ ในการแบ่งประเภทของหุ่นยนต์ที่กล่าวมาแล้วแล้ว ยังมีลักษณะบางอย่างที่ช่วยให้ผู้ใช้ในการเลือกหุ่นยนต์ที่ต้องการ ลักษณะดังต่อไปนี้ดังตารางที่ 2.3

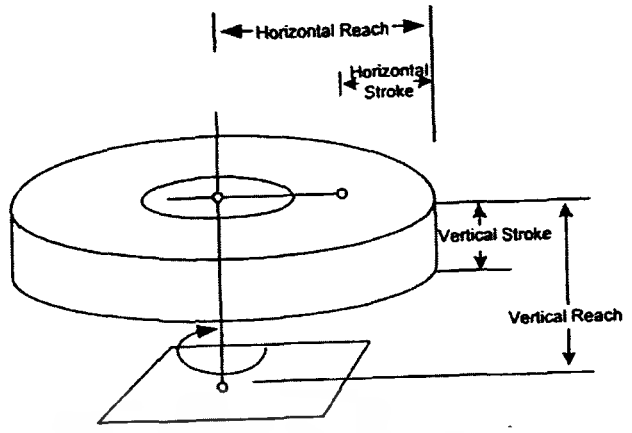
ตารางที่ 2.4 คุณลักษณะของหุ่นยนต์

คุณลักษณะ (Characteristics)	หน่วย(Unit)
จำนวนแกน	_
ความสามารถในการยกน้ำหนัก	Kg
ความเร็วสูงสุด,เวลาครบรอบ	Sec/mm
ระยะเอื้อมถึงและสโตรก	Mm
การหมุนของเครื่องมือ	Deg
การซ้ำเติมตำแหน่งเดิม	Mm
ความระเอียดและความแม่นยำ	Mm
สภาพแวดล้อมการทำงาน	_

ระยะที่เอื้อมถึงและสโตรก (Reach and Stroke) เป็นการวัดขนาดของพื้นที่การทำงาน (Work Envelope) อย่างคร่าว ๆ ระยะที่เอื้อมถึงในแนวนอน (Horizontal Reach) คือระยะทางตามแนวรัศมีที่มากที่สุดที่มือสามารถเอื้อมไปถึงโดยวัดจากแกนแนวตั้งที่ทำให้หุ่นยนต์หมุน สโตรกแนวนอน (Horizontal Reach) คือระยะตามแนวรัศมีทั้งหมดที่ข้อมือสามารถไปได้ ดังนั้นระยะทางที่เอื้อมถึงในแนวนอนลบด้วย สโตรกในแนวนอน คอระยะตามแนวรัศมีที่น้อยที่สุดที่ข้อมือสามารถไปถึงได้โดยวัดจากแกนฐานซึ่งมีค่าเป็นบวกเสมอ จึงได้ว่า Stroke $\geq$ Reach

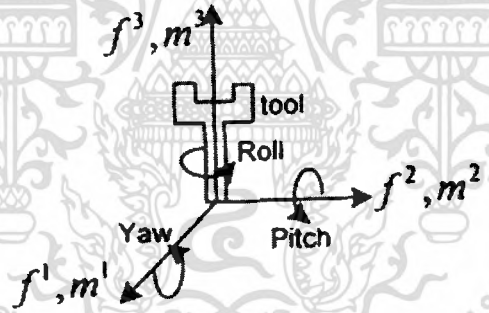
ตัวอย่างเช่น ระยะที่เอื้อมถึงในแกนนอน (Horizontal Reach) ของหุ่นยนต์พิกัดทรงกระบอกคือมีรัศมีเป็นทรงกระบอก อันนอกจากพื้นที่การทำงาน ในขณะที่สโตรกแนวนอน (Horizontal Reach) คือผลระหว่างรัศมีอันในและอันนอก ดังแสดงในรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.15 ระยะที่เอื้อมถึงและสโตรกของหุ่นยนต์ทรงกระบอก

การหมุนของ Tool (Tool Orientation) ในขณะที่ 3 แกนหลักใช้ในการพิจารณารูปทรงของพื้นที่การทำงานแกนที่เหลือจึงใช้เป็นการพิจารณาพื้นที่การทำงาน แกนที่เหลือจึงใช้ในการพิจารณาการหมุนของ Tool จะใช้ในระบบ Yaw – Pitch – Roll (YPR) ดังรูปที่ 2.15



ภาพที่ 2.16 Yaw – Pitch – Roll ของ Tool

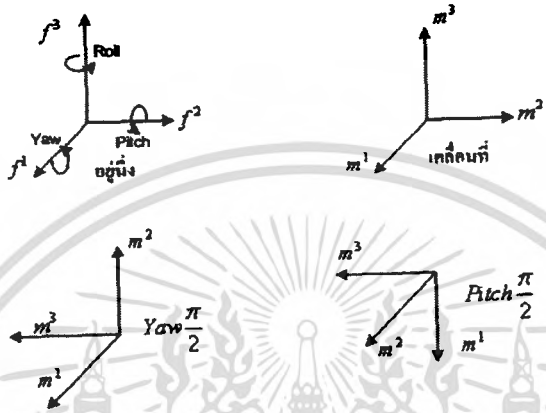
ในการระบุการหมุน จะติดโครงพิกัด Tool M= $\{m^1, m^2, m^3\}$ ไว้ที่ Tool และโครงนี้จะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับ Tool ดังในรูปที่ 2.7 แกน m^3 ขนานอยู่แนวเดียวกับแกนของ Tool และชี้ออกจากข้อมือ แกน m^3 ขนานกับทิศทางที่ปลายนิ้วของ Tool เลื่อนเปิด-ปิด ส่วนแกน m^1 เป็นไปตามกฎมือขวาของโครงพิกัด M

การเคลื่อนที่แบบ Yaw – Pitch – Roll จะกระทำตามลำดับแกนที่อยู่นิ่ง เมื่อเริ่มต้นโครงพิกัดเคลื่อนที่ ของ Tool M จะทับอยู่กับโครงพิกัดอยู่นิ่งของข้อมือ F= $\{f^1, f^2, f^3\}$ ซึ่งติดกันอยู่ที่ส่วนปลายของปลายแขน (Forearm) Yaw คือการหมุน Tool รอบแกนข้อมือ f^1, pitch คือการหมุน Tool

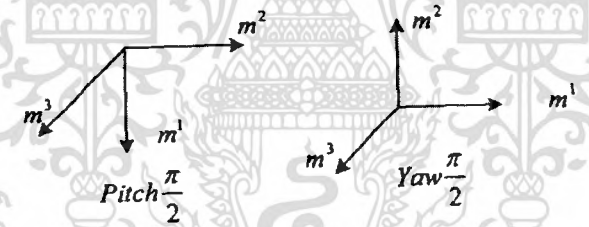
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบแกนข้อมือ f^2, Roll คือการหมุน Tool รอบแกนข้อมือ f^3 ในแต่ละกรณีมุมบวกเกิดจากการหมุนทวนเข็มนาฬิกา โดยมองจากปลายแกนเข้าสู่จุดกำเนิด

ลำดับการเคลื่อนหมุน Yaw, Pitch, Roll มีความสำคัญมาก เพราะมีผลต่อลักษณะการวางตัวสุดท้ายของ Tool ตัวอย่างเช่น หมุน Yaw ไป 90 องศา ตามด้วย Pitch 90 องศา จะมีลักษณะการวางตัวสุดท้ายต่างกับการหมุน Pitch 90 องศา ไป แล้วตามด้วย Yaw 90 องศา เป็นต้น



หมุน Yaw ตามด้วย Pitch



หมุน Pitch ตามด้วย Yawภาพ

รูปที่ 2.17 ลำดับการหมุนแกน

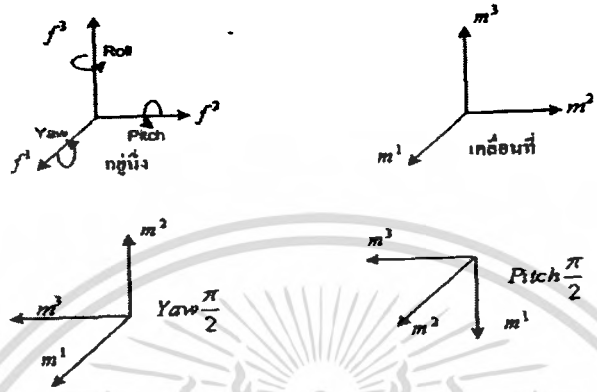
การกำหมด YPR ตามลำดับการหมุนแสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.5 การเคลื่อนที่แบบ Yaw Pitch และ Roll

ขั้นตอน	การอธิบาย	แกน
1	Yaw	f^1
2	Pitch	f^2
3	Roll	f^3

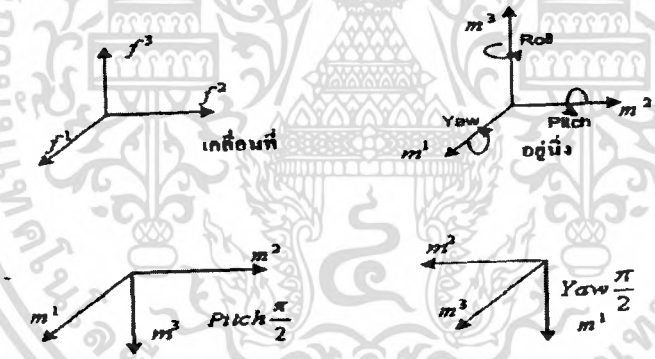
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกครั้งหนึ่งวิธีที่ใช้ระบุการหมุนคือ ระบุลำดับการหมุนลำดับกับ YPR และคิดเทียบกับโครงพิกัดเคลื่อนที่ของ Tool M แทนที่โครงพิกัดที่อยู่นิ่งของข้อมือ F ดังรูปที่ 2.10 โดยเริ่มแรก Roll คือการหมุนรอบแกน m^3, Pitch คือการหมุนรอบแกน m^2, Yaw คือการหมุนรอบแกน m^1 การคิดลักษณะนี้เรียกว่า เป็นระบบ RPY จะให้ผลลัพธ์เหมือนแบบ YPR



ภาพที่ 2.18 ระบบ YPR

หมุนตาม Pitch ตาม Yaw



ภาพที่ 2.19 ระบบ RPY

2.4 ความแม่นยำของการเคลื่อนที่

ความสำคัญอีกประการหนึ่งของการสร้างหุ่นยนต์คือความแม่นยำในการทำงาน ซึ่งความแม่นยำนี้ขึ้นอยู่กับตัวอย่าง 3 อย่าง

2.4.1Spatial Resolution

คือช่วงการเคลื่อนที่มีระยะทางสั้นที่สุดที่หุ่นยนต์แต่ละตัวสามารถที่จะทำได้ซึ่ง Spatial Resolution นี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.ระบบการควบคุม (Control System) ระบบการควบคุมนี้จะรวมถึงการวัดสัญญาณป้อนกลับของหุ่นยนต์ด้วย

2.ความคลาดเคลื่อนเชิงกล (Mechanical inaccuracy) ของหุ่นยนต์แต่ละตัวขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อหมุน (Joint) และข้อต่อ (Link) และระบบต้นกำลังของหุ่นยนต์ตัวนั้นด้วย

2.4.2 Accuracy

คือตัวที่แสดงถึงความสามารถของหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่เข้าใกล้จุดเป้าหมายตามที่เราสั่ง Accuracy สามารถที่จะกำหมดให้อยู่ในเทอมของ Spatial Resolution ได้ทั้งนี้เพราะว่าการเคลื่อนที่ให้เข้าใกล้จุดเป้าหมาย ก็ต้องขึ้นกับช่วงของการเคลื่อนที่ว่ามีความละเอียดมากน้อยเพียงใด ในการทำงานเราต้องวางจุดที่เราต้องการให้หุ่นยนต์ทำงานอยู่ระหว่างการตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ทั้งนี้ก็เพราะว่าความคลาดเคลื่อนเชิงกลมีผลต่อความแม่นยำของหุ่นยนต์ ความแม่นยำของหุ่นยนต์กำหนดให้เท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะทางเคลื่อนที่ที่สั้นที่สุดของหุ่นยนต์ที่สามารถทำได้ โดยขึ้นอยู่กับองค์ ประกอบดังต่อไปนี้

1.พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์ ถ้าแขนทำงานในพื้นที่การทำงานจะมีความแม่นยำมากกว่าแขนนอกพื้นที่การทำงาน

2. วงรอบการทำงาน ถ้าวงรอบการทำงานเป็นวงรอบที่แน่นอน ความแม่นยำจะมีมากขึ้น

3. น้ำหนักที่ได้รับ ถ้าหุ่นยนต์ทำงานโดยรับน้ำหนักมาก ๆ ความแม่นยำจะลดลง

2.4.3 Repeatability

คือความสามารรถของหุ่นยนต์ในการกลับมาทำงานซ้ำที่เดิมหลาย ๆ ครั้งได้เนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น Backlash ในเฟืองระความยืดหยุ่น (Flexibility) ของส่วนต่าง ๆ ซึ่งมักทำให้เกิดความผิดพลาดใน Repeatability

2.5 ค่าความปลอดภัย

โดยทั่วไปแล้วค่าความปลอดภัย หมายถึง ตัวเลขที่นำไปหารค่าความต้านแรงดึงหรือความต้านแรงดึงครากของวัสดุ เพื่อให้ได้ความเค้นการใช้งาน (Working stress) ในชิ้นส่วนที่กำลังออกแบบ ซึ่งเรียกสั้น ๆว่าความเค้นออกแบบ (Design stress) หรือความเค้นใช้งาน ตัวอย่างเช่น เหล็กกล้า มีความต้านแรงดึง และความต้านแรงดึงครากเท่ากับ 700MN/m^2 และ 420 MN/m^2 ตามลำดับ และในการออกแบบชิ้นงานหนึ่งโดยใช้เหล็กกล้าชนิดนี้ ผู้ออแบบคิดว่าตามลักษณะการใช้งานแล้วความเค้นใช้งานควรจะไม่เกิน 140 MN/m^2 ฉะนั้นค่าความปลอดภัยเมื่อเถือความต้านแรงดึงเป็นหลักคือ

$$Nu = 700/140 = 5$$

และค่าความปลอดภัยเมื่อถือความต้านแรงดึงรากเป็นหลักคือ

$$Ny = 420/140 = 3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ได้มีการกำหนดขนาดของชิ้นงานแล้ว ค่าความปลอดภัยของชิ้นงานนั้นคือ

Nu = ความต้านแรงดึง / ความเค้นที่คำนวณ (2.1)

Ny = ความต้านแรงดึงคราก/ ความเค้นคำนวณได้ (2.2)

สำหรับปัญหาที่ไม่เป็นแบบเชิงเส้น (nonlinear)เช่น ท่อโลหะ หรือเสาที่อาจเสียหายเนื่องมาจากการโก่งงอ จะต้องใช้ค่าความปลอดภัยกับแรงที่กระทำโดยตรงแทนที่จะใช้กับความเค้น ทั้งนี้เพราะในปัญหาแบบไม่เชิงเส้น ความเค้นที่เกิดขึ้นในชิ้นงานอาจจะมิได้แปรผันโดยตรงกับแรงในกรณี เช่นนี้

N = แรงที่ทำให้แตกหัก / แรงที่ใช้ออกแบบ (2.3)

ค่าความปลอดภัยที่จะเลือกใช้ขึ้นอยู่กับตัวประกอบจำนวนมากดังนี้

1. ชนิดของแรงที่มากระทำต่อชิ้นงาน ว่าเป็นแรงที่จัดอยู่ในประเภทอยู่นิ่งหรือเปลี่ยนแปลง ขนาดอยู่ตลอดเวลาขณะใช้งาน

2. ลักษณะการใช้งานของชิ้นงานว่าเกี่ยวข้องกับการที่อาจจะสูญเสียชีวิตทรัพย์สิน

3. น้ำหนักของชิ้นงานว่ามีความจำเป็นที่จะต้องเบาที่สุดหรือไม่ เช่น เครื่องบินเป็นต้น ในกรณีเช่นนี้การใช้ค่าความปลอดภัยจะต้องพิจารณาอย่างละเอียดเป็นพิเศษ

4. จำนวนของชิ้นงานที่จะผลิตออกมา ถ้าผลิตครั้งละมาก ๆ ควรจะระมัดระวังในการใช้ค่าความปลอดภัยที่ไม่สูงมากเกินไป ทั้งนี้เพื่อที่จะให้ประหยัดวัสดุได้มากที่สุด

5. เนื้อวัสดุที่ผลิตออกมาอาจไม่สม่ำเสมอกัน ทำให้ความสามารถในการรับแรงต่างกัน

สำหรับผู้ที่มีความชำนาญในการออกแบบน้อย ก็อาจจะใช้ค่าที่แนะนำไว้ในตารางที่ 2.5 เป็นแนวทางในการคำนวณออกแบบได้

ตารางที่ 2.6 ค่าความปลอดภัย

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อและโลหะเปราะ
	Ny	Nu	Nu
แรงอยู่นิ่ง	1.5 -2	3-4	5-6
แรงซ้ำทิศทางเดียวหรือแรงกระแทกเล็กน้อย	3	5	7-8
แรงซ้ำสองทิศทางหรือแรงกระแทกเล็กน้อย	4	8	10-12
แรงกระแทกอย่างหนัก	5-7	10-15	15-20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความปลอดภัยสำหรับแรงซ้ำทิศทางเดียว (repeated, one direction) หรือแรงซ้ำสองทิศทาง (repeated and reversed) ที่ได้ไว้ในตารางที่ 2.1 หมายถึงค่าความปลอดภัยที่จะนำไปใช้เมื่อสมมติให้เป็นแรงนิ่ง (dead load) ในขณะออกแบบสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาโดยคิดละเอียดลงไปถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแรง และความทนของวัสดุต่อแรงที่เปลี่ยนอยู่เสมอนี้จะใช้ค่าความปลอดภัยแตกต่างกัน

2.5.1 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ

ในการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลจะต้องคำนวณหาขนาดของชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติทางกลของวัสดุเป็นสำคัญ ซึ่งจะพบว่ามีชื่อเรียกต่าง ๆ อยู่มาก ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการอ้างอิงต่อไปจะได้นิยามความหมายของชื่อต่าง ๆ ไว้พอสังเขปดังต่อไปนี้

ความต้านทานแรงดึงอัลติเมต (ultimate tensile strength) σ_u เป็นความเค้นสูงสุดที่วัสดุจะรับได้ ซึ่งคำนวณได้จากการนำแรงที่ใช้ดึงวัสดุตัวอย่างหารด้วยพื้นที่หน้าตัดเดิม และแทนด้วยจุด C บนกราฟความเค้น- ความเครียดในรูปที่ 2.1 ในบางครั้งอาจเรียกให้สั้นลงได้ว่าความต้านแรงดึง (tensile strength)

ขีดจำกัดความเป็นสัดส่วน (proportional limit) เป็นค่าความเค้นค่าสุดท้ายที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเครียดตังจุด A ในรูปที่ 2.1 ก เมื่อพ้นจุดนี้ไปแล้วกราฟจะเป็นเส้นโค้งในทางปฏิบัติจะหาจุดนี้ยากมาก ฉะนั้นในการคำนวณจึงนิยมใช้ความต้านแรงดึงคราก (yield strength) แทน

ขีดจำกัดความยือหยุ่น (elasic limit) อยู่ระหว่างจุด A และ จุด B ในรูปที่2.1 ก เป็นจุดสุดท้ายที่เมื่อเอาแรงภายนอกออกแล้วชิ้นตัวอย่างทดสอบจะกลับมามีขนาดเท่าเดิม กราฟในช่วง AB จะมีความโค้งเล็กน้อย

ความต้านแรงดึงคราก (yield strength), σ_y เป็นจุดที่ชิ้นทดสอบยืดออกได้มากโดยที่เพิ่มแรงอีกเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งแทนด้วยจะจุด B หรือเรียกว่าจุดคราก ความเค้นที่จุดนี้ถือเป็นหลักในการออกแบบทั่วไป สำหรับวัสดุที่ไม่มีจุดคราก เช่น เหล็กหล่อ ก็อาจใช้ความต้านแรงดึงมาใช้แทนความต้านแรงดึงคราก โดยการลากเส้นขนานกับส่วนที่เป็นเส้นตรงของกราฟตามเปอร์เซ็นต์ของความเครียดที่ต้องการดังรูปที่ 2.1 ข โดยทั่วไปแล้วมักจะใช้ 0.2% และเพื่อแสดงความแตกต่างระหว่างความเค้นที่จุดยืดถาวรกับความต้านแรงดึงคราก จึงใช้สัญลักษณ์แทนความเค้นที่จุดยืดถาวร 0.2% ว่า $\sigma_{0.2}$ หรืออาจเรียกสั้น ๆ ว่าความเค้นพิสูจน์ 0.2 %

ยังส์โมดูลัส (Yong ' modulus) หรือโมดุลัสความยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) เป็นอัตราส่วนระหว่างความเค้นต่อความเครียดในส่วนที่กราฟเป็นเส้นตรง

โมดุลัสเฉือน (shear modulus) หรือโมดุลัสความแข็งแกร่ง (modulus of rigidity) ในการทดสอบชิ้นส่วนโดยใช้แรงเฉือนแล้วเขียนกราฟระหว่างความเค้นเฉือน (shear stress) กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเครียดเฉือน (shear strain) ก็จะได้กราฟลักษณะเดียวกับการทดสอบแรงดึง อัตราส่วนระหว่างความเค้นเฉือนต่อความเครียดเฉือนในส่วนที่กราฟเป็นเส้นตรงเรียกว่า โมดุลัสเฉือน

ในการใช้คำนวณในระบบหน่วยเอสไอให้ทำการแปลงหน่วยดังนี้

$$1\ ksi = 6.895\ MN/m^2 \text{ หรือ } N/mm^2 \qquad (2.4)$$

คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ความต้านแรงเฉือนคราก (yield strength in shear) ซึ่งใช้ในการออกแบบเสมอ แต่มิได้ให้ไว้ในตารางดังที่กล่าวมาแล้ว แต่อย่างไรก็ตามให้ใช้ค่าประมาณจากตารางได้ดังนี้คือ

$$\tau_y = 0.6\ \sigma_y \qquad (2.5)$$

2.5.2 ทฤษฎีการออกแบบเครื่องกล

2.5.2.1 ความเค้น

นิยามของความเค้นคือ แรงหารด้วยพื้นที่หน้าตัดที่รับแรง ความเค้นอย่างง่าย (simple stress) มีอยู่ 3 ชนิด คือความเค้นดึง ความเค้นกด และความเค้นเฉือน

พิจารณารูปที่ 2.2(ก) และ(ข) ซึ่งเป็นท่อนโลหะกลมอยู่ภายใต้แรงดึง และแรงกด F ตามลำดับ ความเค้นดึงและความเค้นกดคือ

$$\sigma_t = F/A \qquad (2.6)$$

$$\sigma_c = F/A \qquad (2.7)$$

ในกรณีที่แผ่นโลหะยึดติดกันด้วยหมุดย้ำ ดังรูปที่ 2.2(ค) ตัวหมุนย้ำอาจจะขาดเนื่องจากแรงเฉือนกระทำที่หน้าตัด AB ถ้าพื้นที่หน้าตัด ของหมุดย้ำเท่ากับ A ความเค้นเฉือนในหน้าตัดของหมุดย้ำคือ

$$\tau = F/A \qquad (2.8)$$

ถ้าหน้าตัดของชิ้นงานที่รับแรงเฉือนมีมากกว่าหนึ่งแห่ง ซึ่งมีสองแห่งพื้นที่หน้าตัดที่รับแรงคือ 2A ในกรณีเช่นนี้เรียกว่า หยุดย้ำรับแรงเฉือนคู่ (double shear) เพราะฉะนั้นความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในหน้าตัดของหมุดย้ำนี้จะเท่ากับ

$$\tau = F/2A \qquad (2.9)$$

พิจารณาหมุดย้ำในรูปที่ 2.2 (ค) จะเกิดการอัดกันระหว่างด้านข้างของตัวหมุดย้ำกับแผ่นโลหะด้วยความเค้นผิวโลหะที่สัมผัสกันนี้ไม่สม่ำเสมอนัก ในทางปฏิบัติจริงหาความเค้นกดนี้โดยใช้พื้นที่ภาพเฉย (projected area) ของส่วนที่อัดกันอยู่ แทนการใช้พื้นที่จริงรอบหมุดย้ำ และมีชื่อเรียกว่าความเค้น (bearing stress) ถ้าหมุดย้ำมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง d ความเค้นอัดนี้คือ

$$\sigma_c = F/Dt \qquad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.2 ความเครียด

ความเครียด (strain) ε หมายถึงอัตรส่วนระหว่างส่วนที่ยืดหรือหดของชิ้นงานกับความยาวเดิมจากรูป 3.1 (ก) ส่วนที่ยืดออกเนื่องจากแรงดึง F เท่ากับ σ เพราะฉะนั้นความเครียดนี้จะเท่ากับ

$$\varepsilon = G/L \qquad (2.11)$$

จากกฎของฮุค

$$\sigma = E\varepsilon \qquad (2.12)$$

แต่ $\sigma = F/A$ ฉะนั้นเมื่อแทนค่า ε จากสมการที่ (1) ลงในสมการที่ (2) จะได้ว่า

$$\sigma = FL/AE \qquad (2.13)$$

จากกลศาสตร์วัสดุยังทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างยังส์โมดุลัสเฉือนอีกคือ

$$G = E/(2(1+V) \qquad (2.14)$$

โดยที่ เป็นอัตราส่วนปัวซอง (Poisson' s ratio)

2.5.2.3โมเมนต์ดัด

ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลจำนวนมากรับแรงในแนวดิ่งลักษณะเช่นเดียวกับคานทั่วไป ฉะนั้นจึงใช้ความเค้นดัด (bending stress) และการยุบตัว (deflection) เป็นข้อจำกัดในการออกแบบความเค้นดัดสูงสุดเกิดที่ผิวนอกสุดของคาน ณ ตำแหน่งที่โมเมนต์ดัด (bending stress) มีค่าสูงสุด ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma b = Mc/I \qquad (2.15)$$

โดยที่ M คือโมเมนต์ดัด

C คือระยะจากแกนสะเทิน (neutral axis) ไปยังผิวนอกสุด

I คือโมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่

โดยทั่วไปแล้วความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในคานจะมีค่าน้อยมาก จนกระทั่งไม่ต้องนำมาคิดในการออกแบบได้ แต่ถ้าคานสั้นและมีหน้าตัดสูงมาก ความเค้นเฉือนก็อาจจะมีค่ามากได้ สำหรับคานที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความเค้นเฉือนสูงสุดจะเกิดที่แกนสะเทิน และมีค่า 1.5 เท่าของความเค้นเค้นเฉือนเฉลี่ยหรือเท่ากับ

$$\tau = 3v/2A \qquad (2.16)$$

สำหรับหน้าตัดกลม

$$\tau = 4v/3A \qquad (2.17)$$

โดยที่ V คือแรงเฉือนสูงสุด

A คือพื้นที่หน้าตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 มอเตอร์ไฟฟ้า แบบ เซอร์โวมอเตอร์(Servo Motor)

เซอร์โวมอเตอร์คืออะไร มีดีอย่างไร ทำไมต้องใช้เซอร์โวในช่วงหลายปีที่ผ่านมาคำว่า"เซอร์โวมอเตอร์" อาจจะเป็นคำศัพท์ที่ไม่ค่อยเป็นที่คุ้นเคยกันสักเท่าไหร่ บางท่านอาจจะคุ้นหูและจำฝังใจดีในเรื่องราคา เนื่องจากราคาในอดีตค่อนข้างสูงมากเมื่อเปรียบเทียบระบบขับเคลื่อนทางไฟฟ้าอื่นๆ อีกทั้งจำนวนการใช้งานก็ค่อนข้างจำกัดอยู่ในกลุ่มของเครื่องจักรบางประเภทเท่านั้น

แต่ปัจจุบันซึ่งเป็นยุคของความเร็ว(speed) สินค้ามีการแข่งขันสูง นอกเหนือจากคุณภาพและราคาซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานในการแข่งขันแบบเดิมๆแล้ว อุตสาหกรรมยุคใหม่ยังต้องแข่งขันกันในเรื่องความรวดเร็วในการตอบสนองต่อลูกค้าอีกด้วย ดังนั้นอุตสาหกรรมยุคใหม่จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้อง พึ่งพาเทคโนโลยีที่มีการตอบสนองที่รวดเร็วและมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

จากเหตุผลและความต้องการในการแข่งขันดังกล่าวทำให้ชื่อของเซอร์โวมอเตอร์ได้รับการกล่าวขานมากขึ้นในแวดวงอุตสาหกรรม นวตกรรมใหม่และเครื่องจักรรุ่นใหม่ๆก็มีการออกแบบใช้เซอร์โวแทนที่ระบบขับเคลื่อนอื่นๆมากขึ้น ราคาก็ลดลงตามปริมาณการใช้งานที่เพิ่มขึ้น ทำให้เครื่องจักรอัตโนมัติและเครื่องจักรในกระบวนการผลิตมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

2.6.1ระบบเซอร์โว

ตามนิยามของวิศวกรรมการคอนโทรลแบบอัตโนมัติ (Automatic Control)หรือระบบการคอนโทรลอัตโนมัติแบบป้อนกลับ(Feedback Control System)สามารถจำแนกระบบควบคุมแบบลูปปิด(Closed loop control) ได้เป็นสาขาต่างๆดังตาราง

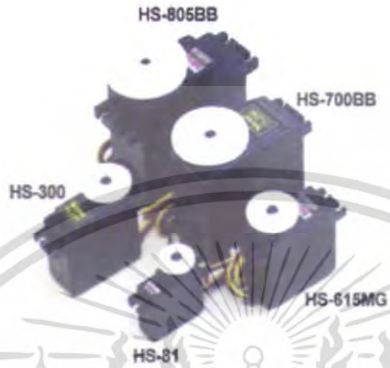
ตารางที่ 2.7 ระบบควบคุมแบบลูปปิด

ระบบควบคุมแบบลูปปิด (Closed loop control)		
ระบบไฟฟ้า	ระบบไดนามิคส์ (ระบบเซอร์โว)	ระบบกระบวนการ(Process)
โวลท์เตจและกระแสเร็คกูเลเตอร์ฟีดแบ็คแอมปลิไฟเออร์	ควบคุมความเร็ว (Speed Control)ควบคุมแรงบิด (Torque Control) ควบคุมตำแหน่ง (Position Control)ควบคุมอัตราเร่ง (Velocity Control)	ควบคุมอุณหภูมิ(Temp. Control)ควบคุมแรงดัน (Pressure Control)ควบคุมการไหล(Flow Control)ควบคุมความหนาแน่น (densityControl)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางสารมารถสรุปได้ว่าระบบเซอร์โว คือการควบคุมเครื่องจักรกลให้ทำงานตอบสนองด้านไดนามิคส์(Dynamic Response)เช่นความเร็ว อัตราเร่ง แรงบิด และตำแหน่ง ให้ได้ ดีที่สุด (Optimum Solution)และใช้เวลาน้อยที่สุด(Time Optimum)

2.6.2เซอร์โวมอเตอร์กระแสตรงแบบ ดีซีเซอร์โว มอเตอร์ (DC Servo Motor)



รูปที่ 2.20 ของ Servo motor ยี่ห้อ hitec รุ่นต่าง ๆ

Servo Motor คือ มอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง DC MOTOR ภายใน Servo motor ก็จะมีส่วนของ เฟืองเกียร์และบอร์ดควบคุม มีสายสัญญาณในการควบคุมการหมุน ของ Servo motor 1 เส้น และอีก 2 เส้นเป็น VCC กับ Ground โดยตัวของ Servo motor จะสามารถหมุนได้ 180 องศา แต่จะมีบางรุ่นที่สามารถหมุนได้ถึง 210 องศา โดยสามารถที่จะหมุนไปทางซ้าย 90 องศา ทางขวาอีก 90 องศา

ส่วนประกอบหลักของ Servo motor มีน้ำหนักเบา และส่ง แรงบิตสูง

ทำหน้าที่คำนวณตำแหน่งการหมุนของ Servo motor ตามสัญญาณ pulse ที่เข้ามา โดยในบอร์ดก็จะมี ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้อยู่ด้วย

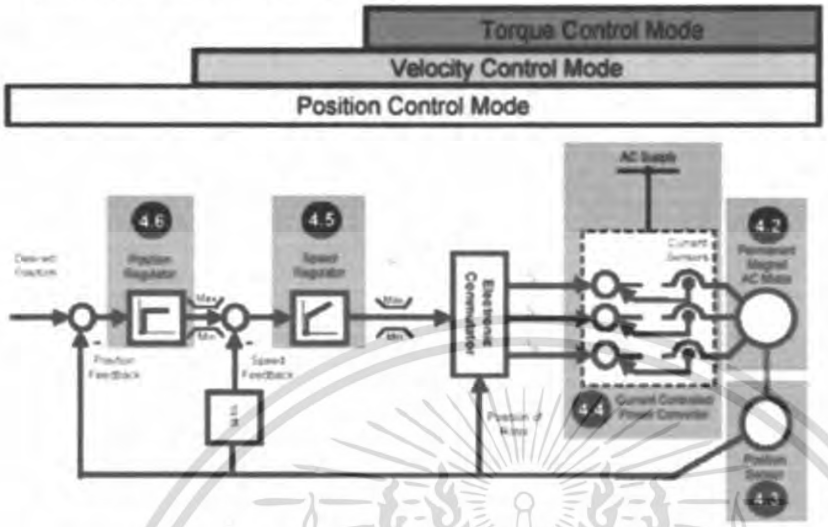
รูปที่ 2.21 ส่วนประกอบของ Servo motor

โครงสร้างระบบควบคุมของเซอร์โวมอเตอร์ (servo Motor)

ระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จะเป็นระบบควบคุมแบบลูปปิด(Closed loop control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วย 3 โหมดการควบคุมคือ โหมดการควบคุมแรงบิด(Torque Control Mode) ซึ่งอยู่วงรอบหรือลูปในสุด โหมดการควบคุมอัตราเร่ง(Velocity Control Mode) และโหมดการควบคุมตำแหน่ง(Position Control Mode) ซึ่งอยู่ลูปด้านนอกสุด โดยมีอุปกรณ์ที่สำคัญๆดังรูป



รูปที่ 2.22 โครงสร้างระบบควบคุมเซอร์โว

ส่วนประกอบของ Servo Motor

1) เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) (4.2)

2) ชุดควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โว(Servo Drive or Servo Amplifier) (4.4,4.5,4.6)

3) อุปกรณ์ป้อนกลับ (Feedback Device เช่น Speed encoder และ Position Sensor) (4.3)

ตามท้องตลาดทั่ว ไปก็จะมี Servo motor อยู่หลายยี่ห้อและราคาก็แตกต่างกันออก อย่างไรก็ตาม Servo motor ก็จะมีคุณสมบัติคล้าย ๆ กันดังนี้

1. Servo motor จะหมุนเมื่อมีสัญญาณ pulse เข้าไป โดยสัญญาณ ความกว้าง pulse นี้จะทำหน้าที่ควบคุมการหมุนและทิศ ทางของ Servo motor

2. กินไฟประมาณ 4-6 volt กินกระแส 9.7 mA (Idle) และ 130 mA (Moving)

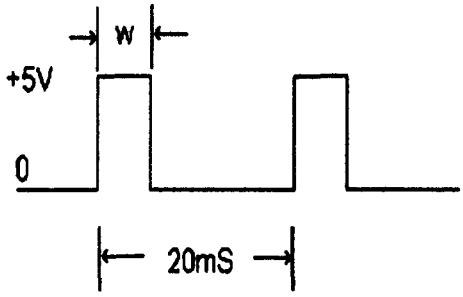
3. สามารถหมุนได้ 180 องศา (บางรุ่นหมุนได้ 210 องศา) ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับวงจร ภายใน ดังจะได้ศึกษาต่อไปในหลักการทำงาน

4. ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา

2.6.3 หลักการทำงานของ Servo Motor

เราสามารถควบคุมการทำงานของ Servo motor ได้โดยป้อนสัญญาณความกว้าง pulse ให้กับ Servo motor ซึ่งความกว้างของ สัญญาณ pulse นี้จะไปกำหนดตำแหน่งของ Servo motor ว่าจะหมุนไปอยู่ตำแหน่งใด ซึ่งเราสามารถป้อนความกว้าง pulse ได้ตั้งแต่ 1.0 ms -2.0 ms โดยที่คาบเวลา (Period) ในการส่งสัญญาณความกว้าง pulse เท่ากับ 20 ms ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สัญญาณที่ส่งให้ Servo motor โดยค่า w นั้น หมายถึงช่วงความกว้าง pulse ที่เราสามารถป้อนให้กับ Servo motor มีค่าตั้งแต่ 0.5 ms-2.5 ms

รูปที่ 2.23 ของ สัญญาณที่สามารถป้อนให้กับ Servo motor

โดยจะมีจุดที่อ้างอิง 3 จุดด้วยกันคือ

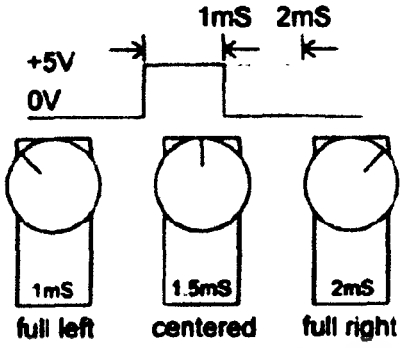
1. ตำแหน่งซ้ายสุด เราสามารถกำหนดให้ Servo motor เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งซ้ายสุด(-90 องศา) ได้ โดยการป้อน ความกว้าง pulse เท่ากับ 0.5 ms

2. ตำแหน่งตรงกลาง เราสามารถกำหนดให้ Servo motor เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งตรงกลาง(0 องศา)ได้ โดยการป้อน ความกว้าง pulse เท่ากับ 1.5 ms

3. ตำแหน่งขวาสุด เราสามารถกำหนดให้ Servo motor เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งขวาสุด(90 องศา) ได้ โดยการป้อนความกว้าง pulse เท่ากับ 2.5 ms

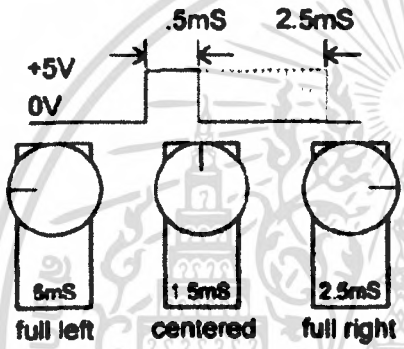
จากจุดอ้างอิงทั้ง 3 เราสามารถที่จะคำนวณตำแหน่งที่ต้องการให้ Servo motor หมุนไปได้ เช่นถ้าเราต้องการให้ Servo motor หมุนไปยังตำแหน่ง -45 องศา เราก็ทำการป้อน (0.5+1.5)/2=1.0 ms ให้กับ Servo motor ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สัญญาณ pulse ที่สามารถป้อนได้ เราสามารถป้อนสัญญาณความกว้าง pulse ให้กับ Servo motor ได้ จากรูป

1. ป้อน 1.0 ms Servo หมุนไปยังตำแหน่ง -45 องศา
2. ป้อน 2.0 ms Servo หมุนไปยังตำแหน่ง +45 องศา



Max-Min pulse ความกว้าง pulse ที่สามารถป้อนให้กับ Servo motor ได้

1. ป้อน 0.5 ms Servo จะหมุนไปตำแหน่ง ซ้ายสุด
2. ป้อน 1.5 ms Servo จะหมุนไปตำแหน่งตรงกลาง
3. ป้อน 2.5 ms Servo จะหมุนไปยังตำแหน่ง ขวาสุด

รูปที่ 2.24 แสดงตำแหน่งองศาการหมุนของ Servo เป็นไปตามสัญญาณ Pulse

ข้อควรระวัง

ความกว้างของสัญญาณ pulse ที่กล่าวไว้นั้นเป็ยเพียงค่าประมาณเท่านั้น ซึ่ง Servo motor ที่มีอยู่ตามท้องตลาดอาจจะใช้ สัญญาณ pulse ที่แตกต่างจากนี้ก็ได้ และแต่ละยี่ห้ออาจจะใช้ความกว้างของสัญญาณแตกต่างกันก็ได้ ดังนั้นเพื่อให้แน่ใจควรศึกษาคู่มือ ของ Servo นั้น ๆ ให้เข้าใจก่อน อีกประเด็นหนึ่งที่ต้องกล่าวถึงก็คือ ทิศทางการหมุนของ Servo motor กล่าวคือ Servo motor แต่ละยี่ห้ออาจจะไม่หมุนไป ในทิศทางเดียวกันถ้าหากเราป้อนสัญญาณ pulse ให้ Servo motor ขนาดเท่ากัน เช่นสมมุติว่าถ้าเราป้อน สัญญาณ pulse 2.0 ms บางยี่ห้ออาจจะหมุนไปตามเข็มนาฬิกาไปที่ +45 องศา เช่นยี่ห้อ Hitec และมีบางยี่ห้ออาจจะหมุนทวน เข็มนาฬิกาไปที่ -45 องศา เช่น ยี่ห้อ GWS เป็นต้น ส่วนการกำหนดความเร็วของ Servo motor เราก็สามารถทำได้โดย การป้อนค่าความกว้างของสัญญาณ pulse ไปเป็น step ทุก 20 ms กล่าวคือ ถ้าเราอยากจะให้ Servo เคลื่อนอย่างรวดเร็วก็สามารถทำได้โดย ป้อน สัญญาณ pulse โดยใช้ Step น้อย ๆ ยกตัวอย่างเช่น ต้องการให้ Servo motor เคลื่อนที่ จากตำแหน่งตรงกลางไปซ้ายสุดอย่างรวดเร็ว ป้อน 1.5 ------> 0.5 ms ถ้าต้องการให้ช้าลง ก็สามารถทำได้ 1.5 ms--------->1.0 ms ---------->0.5 msอีกนัยหนึ่งคือ ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการให้ช้ามากเท่าใดก็ต้องเพิ่ม Step ให้มากขึ้นตามไปด้วย โดยเราต้อง ป้อนให้กับ Servo ทุก ๆ 20 ms นั้นเอง

2.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Visual Basic (VB)

โปรแกรม Visual Basic (VB) เป็นโปรแกรมสำหรับพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่กำลังเป็นที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน โปรแกรม Visual Basic เป็นโปรแกรมที่ได้เปลี่ยนรูปแบบการเขียนโปรแกรมใหม่ โดยมีชุดคำสั่งมาสนับสนุนการทำงาน มีเครื่องมือต่าง ๆ ที่เรียกกันว่า คอนโทรล(Controls) ไว้สำหรับช่วยในการออกแบบโปรแกรม โดยเน้นการออกแบบหน้าจอแบบกราฟิก หรือที่เรียกว่า Graphic User Interface (GUI) ทำให้การจัดรูปแบบหน้าจอเป็นไปได้ง่าย และในการเขียนโปรแกรมนั้นจะเขียนแบบ Event - Driven Programming คือ โปรแกรมจะทำงานก็ต่อเมื่อเหตุการณ์ (Event) เกิดขึ้น ตัวอย่างของเหตุการณ์ได้แก่ ผู้ใช้เลื่อนเมาส์ ผู้ใช้กดปุ่มบนคีย์บอร์ด ผู้ใช้กดปุ่มเมาส์ เป็นต้น

เครื่องมือ หรือ คอนโทรล ต่าง ๆ ที่ Visual Basic ได้เตรียมไว้ให้ ไม่ว่าจะเป็น Form Textbox Label ฯลฯ ถือว่าเป็นวัตถุ (Object ในที่นี้ขอใช้คำว่า ออบเจ็กต์) นั่นหมายความว่า ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือใด ๆ ใน Visual Basic จะเป็นออบเจ็กต์ทั้งสิ้น สามารถที่จะควบคุมการทำงาน แก้ไขคุณสมบัติของออบเจ็กต์นั้นได้โดยตรง ในทุกๆ ออบเจ็กต์จะมีคุณสมบัติ (properties) และเมธอด (Methods) ประจำตัว ซึ่งในแต่ละออบเจ็กต์ อาจจะมีคุณสมบัติและเมธอดที่เหมือน หรือต่างกันก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของออเจ็ก

ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้วย Visual Basic การเขียนโค้ดจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ เรียกว่า โพรซีเดอร์ (procedure) แต่ละโพรซีเดอร์จะประกอบไปด้วย ชุดคำสั่งที่พิมพ์เข้าไปแล้ว ทำให้คอนโทรลหรือออบเจ็กต์นั้น ๆ ตอบสนองการกระทำของผู้ใช้ ซึ่งเรียกว่าการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object Oriented Programming-OOP) แต่ตัวภาษา Visual Basic ยังไม่ถือว่าเป็นการเขียนโปรแกรมแบบ OOP อย่างแท้จริง เนื่องจากข้อจำกัดหลายๆ อย่างที่ Visual Basic ไม่สามารถทำได้

เข้าสู่โปรแกรม Visual Basic

เมื่อเข้าสู่โปรแกรม Visual Basic จะแสดงกรอบโต้ตอบสำหรับเลือกชนิดของโปรแกรมประยุกต์ ที่ต้องการเมื่อเลือกชนิดของโปรแกรมประยุกต์เป็นแบบ Standard EXE จะเข้าสู่หน้าต่างของ Visual Basicในแต่ละส่วนของ Visual Basic จะมีหน้าที่แตกต่างกันไป ซึ่งในระหว่างการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ จะต้องใช้ส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.25 แสดงหน้า Project

ทูลบาร์ (Toolbars)

เป็นแถบสัญลักษณ์ที่ใช้สำหรับเข้าถึงชุดคำสั่งของ Visual Basic ได้ทันที โดยจะนำคำสั่งที่ถูกใช้งานบ่อย ๆ มาแสดง

รูปที่ 2.26 แสดงทูลบาร์

ทูลบาร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. Standard Toolbars เป็นทูลบาร์มาตรฐานประกอบด้วยคำสั่งที่เกี่ยวกับการจัดการ Project

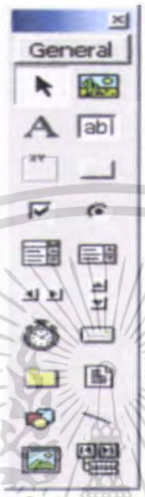
2. Edit Toolbars เป็นทูลบาร์ที่ประกอบไปด้วยคำสั่งที่ใช้สำหรับช่วยในการเขียนโค้ดใน code editor

3. Debug Toolbars เป็นทูลบาร์ที่ประกอบไปด้วยคำสั่งที่ใช้สำหรับตรวจสอบการทำงานการประมวลผลโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Form Editor Toolbars เป็นทูลบาร์ที่ประกอบไปด้วยคำสั่งที่ใช้สำหรับช่วยในการปรับขนาด, ย้าย, เปลี่ยนตำแหน่งคอนโทรลต่าง ๆ ที่อยู่บนฟอร์ม

Toolboxs คือแถบสัญลักษณ์ Controls ต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ แบ่ง เป็น 2 กลุ่ม คือ



รูปที่ 2.27 แสดง Toolboxs

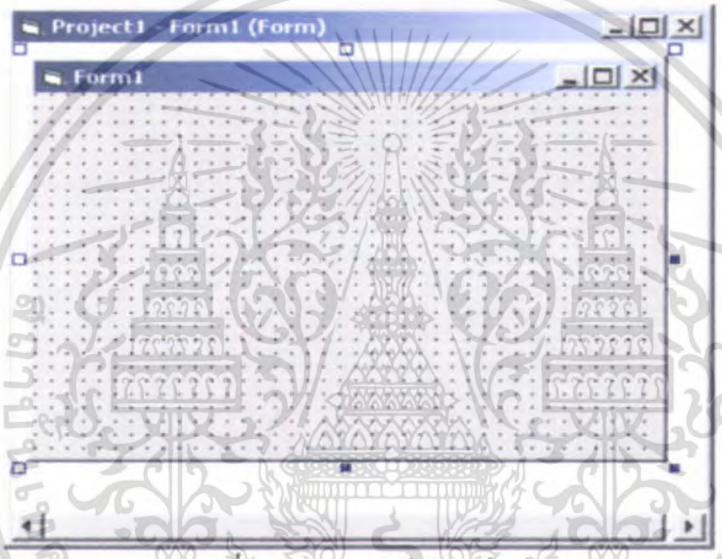
1. คอนโทรลภายใน (Intrinsic controls) เป็นชุดคอนโทรลมาตรฐานของ Visual Basic ทุก ๆ ครั้งที่มีการเรียกใช้ Form เพื่อสร้างโปรแกรมประยุกต์ คอลโทรลชุดนี้จะถูกเรียกขึ้นมาอัตโนมัติ สามารถเลือกใช้งานคอลโทรลกลุ่มนี้ได้ทันที

รูปที่ 2.28 แสดงคอนโทรล ActiveX (ActiveX controls)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คอนโทรล ActiveX (ActiveX controls) เป็นชุดคอนโทรลเพิ่มเติมที่ไมโครซอฟท์จัดเตรียมไว้เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ การเพิ่มคอนโทรลกลุ่มนี้เข้ามาในทูลบ๊อกซ์ทำโดยเลือกเมนู Project/Components (หรือคลิ๊กขวาตรงแถบทูลบ๊อกซ์เลือกคำสั่ง

Form Designer เป็นส่วนที่ใช้ออกแบบการแสดงผลส่วนที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้ ฟอร์มเป็นออบเจ็กต์แรกที่ถูกเตรียมไว้ให้ใช้งาน คอลโทรลทุกตัวที่ต้องการใช้งานจะต้องนำไปบรรจุไว้ในฟอร์ม นำคอลโทรลมาประกอบกัน ใช้งาน คอลโทรลทุกตัวที่ต้องการใช้งานจะต้องนำไปบรรจุไว้ในฟอร์ม นำคอลโทรลมาประกอบกันขึ้นเป็นโปรแกรมประยุกต์ ทุกครั้งที่เปิด Visual Basic ขึ้นมา หรือสร้าง Project ใหม่จะมีฟอร์มว่าง 1 ฟอร์มถูกสร้างเตรียมไว้เสมอ



รูปที่ 2.29 แสดงหน้าโปรเจ็กต์

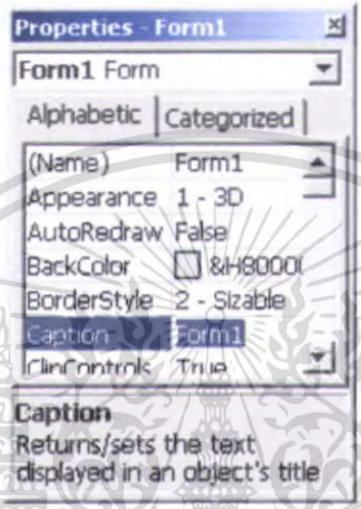
ตารางที่ 2.8 ส่วนประกอบของโปรเจ็กต์

Project(n)	คือ โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาอยู่ มีนามสกุล .vbp
Form(n) .frm	เป็นฟอร์มที่มีอยู่ใน โปรเจ็กต์นั้น ๆ ใน 1 โปรเจ็กต์อาจมีมากกว่า 1 ฟอร์มก็ได้ มีนามสกุล
Modules	เป็นที่เก็บชุดคำสั่งที่คุณเขียนขึ้นมา โดยจะเก็บชุดคำสั่งที่ใช้บ่อย ๆมีนามสกุล .bas
Class Modules	เป็น โมดูลชนิดพิเศษที่มีลักษณะเป็นอ๊อบเจ็กต์ ที่สามารถสร้างขึ้นมาได้ จะมีนามสกุล .cls
User controls	เป็นส่วนที่เก็บคอนโทรล ActiveX ที่คุณสร้างขึ้นมา มีนามสกุล .ctl
Designers	เป็นส่วนของรายงานที่ถูกสร้างขึ้นมีนามสกุลเป็น .dsr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Properties Window

หน้าต่างคุณสมบัติเป็นส่วนที่ใช้กำหนดคุณสมบัติของออบเจ็กต์ที่ถูกเลือก (adtive) หรือได้รับความสนใจ (focus) อยู่ขณะนั้น ซึ่งสามารถที่จะปรับเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ของคอลโทรลเพื่อให้เกิดความเหมาะสมและตรงกับความต้องการใช้งานได้ทันที



รูปที่2.30 แสดงProperties-From

ในหน้าต่างคุณสมบัติ จะประกอบไปด้วยแท็ป 2 แท็ป คือ

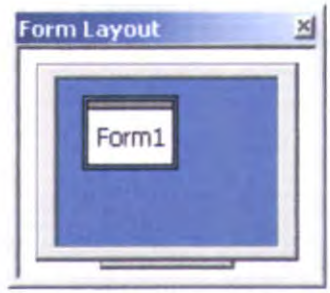
1. แท็ป Alphabetic เป็นแท็ปที่แสดงรายการคุณสมบัติ เรียงตามตัวอักษรในภาษาอังกฤษ

2. แท็ป Categorized เป็นแท็ปที่แสดงรายการคุณสมบัติ โดยการจัดกลุ่มของคุณสมบัติที่มีหน้าที่คล้ายกัน หรือมีความสัมพันธ์กัน

หน้าต่าง Form Layout

เป็นส่วนที่แสดงให้เห็นตำแหน่งของฟอร์ม และสามารถกำหนดตำแหน่งของฟอร์ม ที่ปรากฏบนจอภาพในขณะประมวลผลได้ โดยการเคลื่อนย้ายฟอร์มจำลอง ที่อยู่ในจอภาพจำลองด้วยการ drag เมาส์ ไปยังตำแหน่งทีคุณต้องการ โดยจะมีผลในขณะประมวลผลเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 แสดง Form Layout

Immediate Window

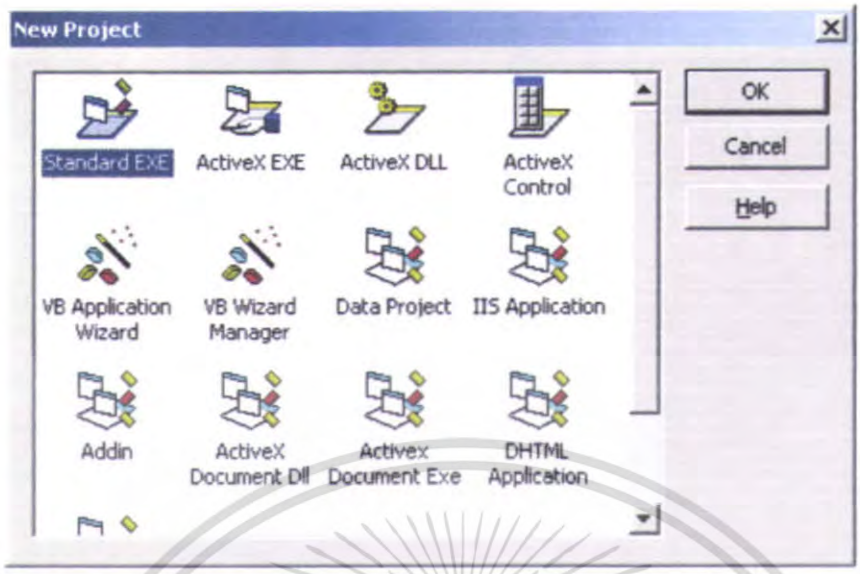
เป็นหน้าต่างที่ให้ประโยชน์ ในกรณีที่คุณต้องการทราบผล การประมวลผลโดยทันที เช่น การทดสอบโปรแกรมย่อยต่าง ๆ เป็นต้น เมื่อคุณสั่งประมวลผลโปรเจ็กต์ หน้าต่างนี้จะปรากฏขึ้นโดยอัตโนมัติ

รูปที่ 2.32 แสดง Immediate Window

หน้าต่าง New Project

หน้าต่าง New Project จะปรากฏขึ้นมาเมื่อเลือกเมนู File/New Project กรอบโต้ตอบนี้ จะแสดงชนิดของโปรแกรมประยุกต์ที่คุณต้องการพัฒนา ซึ่งจะคล้ายกับตอนที่เปิดโปรแกรม Visual Basic ขึ้นมาครั้งแรก

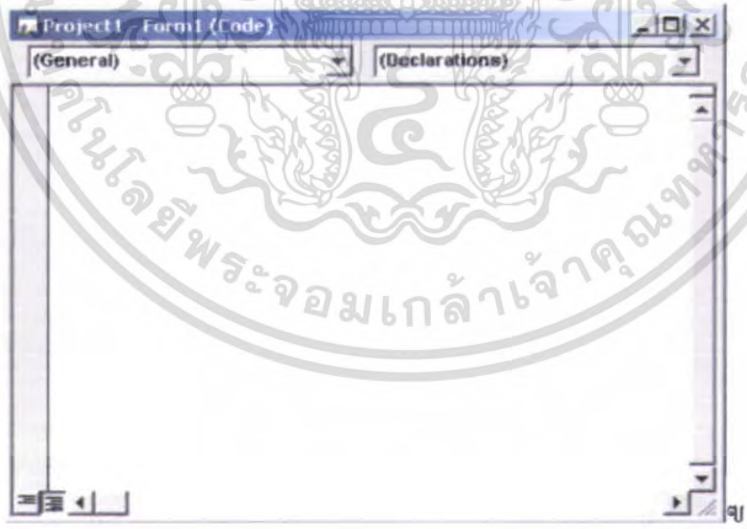
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.33 แสดง New Project

หน้าต่าง Code Editor

เป็นส่วนที่ใช้ในการเขียนชุดคำสั่งสำหรับการประมวลผล และควบคุมการทำงานของคอลโทรล ต่าง ๆ



รูปที่2.34 แสดง Code Editor

2.8 การสื่อสารแบบอนุกรม

ถึงแม้ว่าการสื่อสารแบบอนุกรมในเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นจะมีความเร็วในการสื่อสารช้ากว่าแบบขนาน ทั้งนี้ก็เพราะการเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบอนุกรมนั้นเป็นการส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ตขนานนั้นสามารถส่งข้อมูลได้ครั้งละหลายๆบิตพร้อมกัน ส่งผลให้การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นมีความเร็วต่ำกว่าแบบขนาน

แต่ว่าการส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้นมีข้อดีที่เหนือกว่าการส่งข้อมูลแบบขนาน คือ การส่งข้อมูลที่ได้ในระยะทางที่ไกลกว่าแบบขนาน อีกทั้งสายสัญญาณที่ใช้ยังมีน้อยกว่าการส่งข้อมูลแบบขนานอีกด้วย การสื่อสารแบบอนุกรมสามารถแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้

Simplex สามารถส่งข้อมูลได้อย่างเดียว เป็นการสื่อสารแบบทาง เดียว

Half-duplex สามารถส่งข้อมูลไปยังปลายทางและสามารถรับข้อมูลจากปลายทางได้แต่ไม่สามารถทำการส่งและรับข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน

Full-Duplex สามารถรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งประเภทของการสื่อสารแบบอนุกรมตามลักษณะสัญญาณในการส่งได้อีก 2 แบบ คือ

การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synhronous) สำหรับการสื่อสารแบบซิงโครนัสนี้จะใช้สัญญาณนาฬิกาควบคุมการรับการส่งสัญญาณ เช่น สายคย์บอร์ด โดยจะมีสายสัญญาณหนึ่งเป็นสัญญาณนาฬิกาส่วนอีกสายหนึ่งเป็นสัญญาณสายข้อมูล(และมักจะมีสายกราวน์ด้วย)

การสื่อสารแบบบนี้เหมาะสำหรับการสื่อสารการทำงานระยะใกล้ ข้อมูลที่ส่งมีไม่มากนัก เพราะถ้าระยะทางไกลขึ้นจะทำให้สัญญาณนาฬิกามีปัญหา อีกทั้งต้องมีสายสัญญาณหลายเส้นทำให้สิ้นเปลืองมาก

การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส(Asynchronous) สำหรับการสื่อสารแบบอะซงโครนัสนั้นจะใช้สายข้อมูลเพียงสายเดียว แต่รูปแบบที่ใช้จะใช้รูปแบบการส่งข้อมูล (Bit Patter) เป็นตัวกำหนดว่าส่วนไหนเป็นส่วนเริ่มต้นข้อมูล ส่วนไหนเป็นสวนข้อมูล ส่วนไหนเป็นส่วนตรวจสอบข้อมูล โดยต้องกำหนอสัญญาณนาฬิกาให้เท่าๆกันทั้งภาคส่งและภาครับ ซึ่งจะมีอุปกรณ์พิเศษที่ชื่อว่า UART หรือ Universal Asynchronous Riceive/Transmitter คอยควบคุมการรับและส่งข้อมูล

แต่สำหรับมาตรฐานของการรับและส่งข้อมูลในปัจจุบันที่ได้รับความนิยมอย่างมากทั้งในอดีตและปัจจุบัน นั้นคือ มาตรฐาร RS-232 มาตรฐาน RS -232C มาตรฐาน RS -232C เป็นมาตรฐานที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อที่จะทำให้อุปกรณ์ต่อพ่วงจากผู้ผลิตต่างกันสามารถทำงานร่วมกันได้ในยุคแรกๆการอินเตอร์เฟสแบบ RS-232C ถูกออกแบบ สำหรับการเชื่อมต่อเทอร์มินอล(DTE: Data Terminal Equipment) กับโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 องค์ประกอบของการรับส่งข้อมูลแบบ อนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมที่นิยมใช้ในคอมพิวเตอร์เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส คือต้องใช้สายสัญญาณเส้นเดียวในการทำหน้าที่ทั้งส่งส่วนที่เป็นข้อมูลและส่วนที่ใช้ควบคุมการส่งข้อมี ดังนั้นข้อมูลที่เราอ่านได้แต่ละบิตจากการส่งแบบอนุกรม จึงต้องถูกแยกแยะว่าใช้สำหรับวัตถุประส่งค์ใด โดยเราแบ่งแยกออกเป็นได้ 4ส่วนคือ

1.Start Bit ขนาด 1 บิต
2.Data Character ขนาด 7 บิต หรือ 8 บิต
3.Parity Bit ขนาด 1 บิต
4.Stop Bit ขนาด 1 บิต หรือ 2บิต

แต่ละตัวอักษรที่ถูกส่งออกไปเป็นกลุ่มจะประกอบไปด้วยบิตเริ่มต้น บิตข้อมูล บิตพาริตี้(จะมีหรือไม่มีก็ได้) และบิตจบ โดยเราพอสรุปหน้าที่ของแต่ล่ะส่วนได้ดังนี้

1. Start Bit (ขนาด 1 บิต) จะใส่ที่จุดเริ่มต้นเสมอเพื่อเตือนอุปกรณ์ฝ่ายรับว่าข้อมูลกำลังจะมาถึง
2. Data Character (ขนาด 7 บิต หรือ 8 บิต) การส่งบิต ข้อมูลจะส่งเป็นกลุ่มๆ โดยทั่วไปจะส่งเป็น 7 บิต หรือ 8 บิต ซึ่งเพียงพอสำหรับการส่ง Ascii Word
3. Parity Bit (ขนาด 1 บิต) ใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ส่งเราจะใส่บิตพาริตี้เข้าไป บิตพาริตี้มีหลายแบบดังนี้

- พาริตี้คู่ (Even Parity) ค่าของบิตพาริตี้นี้เมื่อรวมกันทุกๆบิตของข้อมูลแล้วจะต้องมีจำนวนบิตที่เป็นเลข 1 เป็นเลขคู่ตัวอย่างเช่นข้อมูล 1000111 มีเลข 1 ทั้งหมด 3 ตัว ดังนั้นบิตพาริตี้ จะเป็น 0
- พาริตี้คี่ (odd Parity) ค่าของบิตพาริตี้นี้เมื่อรวมกันทุกๆบิตของข้อมูลแล้วจะต้องมีจำนวนบิตที่เป็นเลข 1 เป็นเลขคี่ ตัวอย่างเช่นข้อมูล 1000101 มีเลข 1 ทั้งหมด 3 ตัว ดังนั้นบิตพาริตี้จะเป็น 1
- ไม่มีพาริตี้ (None) ถ้าตั้งค่าบิตพาริตี้เป็น None ทั้งภาครับและภาคส่งจะไม่มีการตรวจสอบ บิตพาริตี้

4. Stop Bit(ขนาด 1 บิต หรือ 2บิต) เป็นบิตที่ส่งมาปิดท้ายข้อมูล

2.8.2 อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลแบบ อนุกรม การที่อุปกรณ์ 2 อย่างจะติดต่อสื่อสารกันได้นั้นจะต้องทำงานด้วยอัตราเร็วเท่ากัน ซึ่งอัตราเร็วในการสื่อสารแบบ อะซิงโครนัสคือค่าบลัดเรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Baud Rate)มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาทีซึ่งค่าอัตราเร็วในการสื่อสารแบบอนุกรมสำหรับมาตรฐาน RS-232c นั้นมี ใช้ ดังนี้ 110,150,300,600, 1200, 2400,4800,9600 และ 19200 บิตต่อวินาที และมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ซึ่งการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมโดยไม่ผ่านโมเด็ม อาจจะสามารถกำหนดค่าบอดเรตได้สูงถึง 115200 บิตต่อวินาที เนื่องจากบอดเรตคือจำนวณบิตของข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดได้ภายใน 1 วินาที ยกตัวอย่างข้อมูลอนุกรมถูกส่งในลักษณะ 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิตและบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูลที่รับส่งนี้เท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบท์ต่อวินาที และมีการใช้พารีตี้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะเหลือเป็น 872 ไบท์ต่อวินาที

2.8.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐานRS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดหนึ่งซึ่งอยู่ห่างไกลกัน **RS-232** เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรมที่มีคนนิยมใช้มากที่สุด กำหนดโดย EIA (Electronics Industry Association) หรือสมาคมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ของอเมริกา ตั้งแต่ปี 1969 โดยมีจุดเริ่มต้นจากความต้องการที่จะกำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโมเด็ม ในสมัยนั้น ตัวมาตรฐานจะกำหนดสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมต่อนี้ด้วยกันทั้งหมด 4 หัวข้อหลักๆ ด้วยกันคือ

1. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสัญญาณ
2. คุณสมบัติทางกลของการเชื่อมต่อ ซึ่งหมายถึงตัวคอนเน็กเตอร์นั่นเอง
3. หน้าที่การทำงานของวงจรสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูล
4. มาตรฐานการเชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารเฉพาะอย่าง

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment:DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง(Data Circuit Terminating:DCE)ไว้ว่าอุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัว เช่น ไมโครคอนโทรเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์แบบDCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูงระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมตรฐาน RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

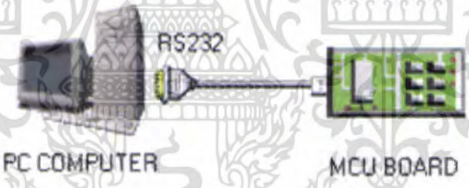
ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันแบบทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ในโมเด็มจะเป็นแบบ DCE สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์พอร์ตอนุกรม RS-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็มหรือเม้าส์โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่มีความยาวของสายสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร

2.8.4 มาตรฐาน RS -232C ได้แบ่งอุปกรณ์ออกเป็น 2 ประเภท

1. อุปกรณ์ DTE(Data Terminal Equipment) เป็นอุปกรณ์สำหรับส่งข้อมูล(output)

2. อุปกรณ์ DCE(Data Communication Equipment) เป็นอุปกรณ์สำหรับรับข้อมูล(Input)

ซึ่งตาม มาตรฐาน RS -232C แล้วคอนเนกเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วน คอนเนกเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งปัจจุบันนี้ คอนเนกเตอร์ที่นิยมใช้กันมากจะเป็น ชนิด D-type แบบ 9 ขา และ D-type แบบ 25 ขา โดยคอนเนกเตอร์จะติดตั้งอยู่หลังเครื่องคอมพิวเตอร์ ระดับแรงดันจะมีค่าระหว่าง -3v ถึง -15 สำหรับลอจิก High และลอจิก Low จะมีระดับแรงดันระหว่าง +3V ถึง +15V สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสายสัญญาณสูงสุด 50 เมตรหรือ 150 ฟุต แต่ถ้าเราต้องการสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นที่อยู่ห่างกันมากๆ เราจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์อื่นๆ เข้าช่วย เช่น การใช้ โมเด็ม เป็นต้น.



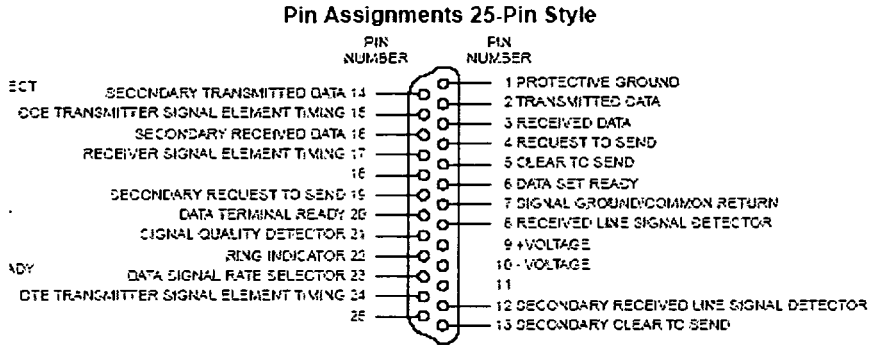
ลักษณะของ คอนเนกเตอร์แบบ D-Type

หัวต่อแบบ D-Typeที่ใช้ในการสื่อสารแบบอนุกรมนั้น จะมีอยู่ 2ลักษณะคือ แบบ 9 ขา และแบบ 25 ขา บางครั้งเราจะเรียกว่า DB9 และ DB25 ซึ่งหัวต่อทั้ง 2 ชนิดจะมีลักษณะการทำงานของสัญญาณเหมือนกัน แต่การจัดการไม่เหมือนกัน. รายละเอียดของสายสัญญาณ (ดูข้อมูลเพิ่มเติม ขาสัญญาณแบบRS232 D9 และ D25)

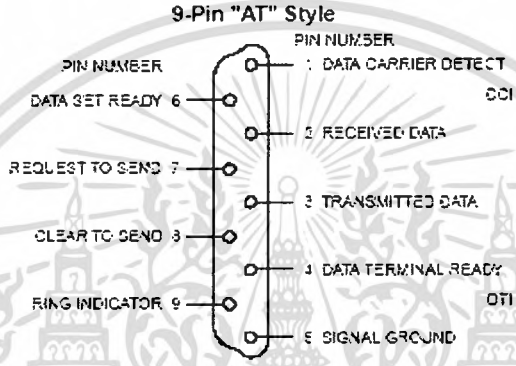
2.8.4 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้หรือ DB-9 ตัวผู้ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้น เช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นๆที่เคยใช้งานในอดีตโดยในปัจจุบันได้มีการใช้งานไม่มากแล้ว จึงถูกยกเลิกไป โดยการแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาต่างๆดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.35 แสดงคอนเน็กเตอร์อนุกรม 25 ขาหรือแบบ DB-25



รูปที่2.36 แสดงคอนเน็กเตอร์อนุกรม 9 ขาหรือแบบ DB-9

ตารางที่ 2.9 แสดงขาสัญญาณRS232แบบD9,D25

D-Type-25 Pin No.	D-Type-9 Pin No.	Abbreviation	Full Name
Pin 2	Pin 3	TD	Transmit Data
Pin 3	Pin 2	RD	Receive Data
Pin 4	Pin 7	RTS	Request To Send
Pin 5	Pin 8	CTS	Clear To Send
Pin 6	Pin 6	DSR	Data Set Ready
Pin 7	Pin 5	SG	Signal Ground
Pin 8	Pin 1	CD	Carrier Detect
Pin 20	Pin 4	DTR	Data Terminal Ready
Pin 22	Pin 9	RI	Ring Indicator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.37 แสดงขาสัญญาณRS232แบบD9,D25

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ Null modem การต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ 3 เส้น

-Transmit Data : TD ใช้สำหรับส่งข้อมูลอนุกรมออกจาก คอมพิวเตอร์

- Receive Data :RD ใช้สำหรับรับข้อมูลอนุกรมเข้าคอมพิวเตอร์

- Request To Send :RTS ใช้สำหรับส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ปลายทางเพื่อร้องขอให้อุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อ Null Modem 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอกเวลา

- Clear To Send :CTS ใช้สำหรับตรวจสอบว่าอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อด้วยพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่ โดยจะคอยรับสัญญาณ RTS เมื่อทุกอย่างพร้อมก็จะทำการส่งข้อมูลออกทางขา TD ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับหรือส่งข้อมูลหรือไม่

- Data Set Ready:DSR ใช้สำหรับตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคออมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทางจะใช้คู่กับขา DTR

- Signal Ground : SG เป็นกราวน์ของระบบ

- Carrier Detect : CD ขานี้จะ active เมื่อมีการส่งสัญญาณ carrier จากโมเด็ม

- Data Terminal Ready : DTR ใช้สำหรับบอกให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าต้องการติดต่อด้วยโดย ขา ของ DTR นี้ต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง

- Ring Indicator : RI ขานี้จะ Active เมื่อโมเด็มได้รับสัญญาณเรียกเข้าจากสาย โทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรมมีกาตรวจสอบสายสัญญาณเท่านั้น

2.8.5 UART, Universal Asynchronous Receiver Transmitter

UART ย่อมาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

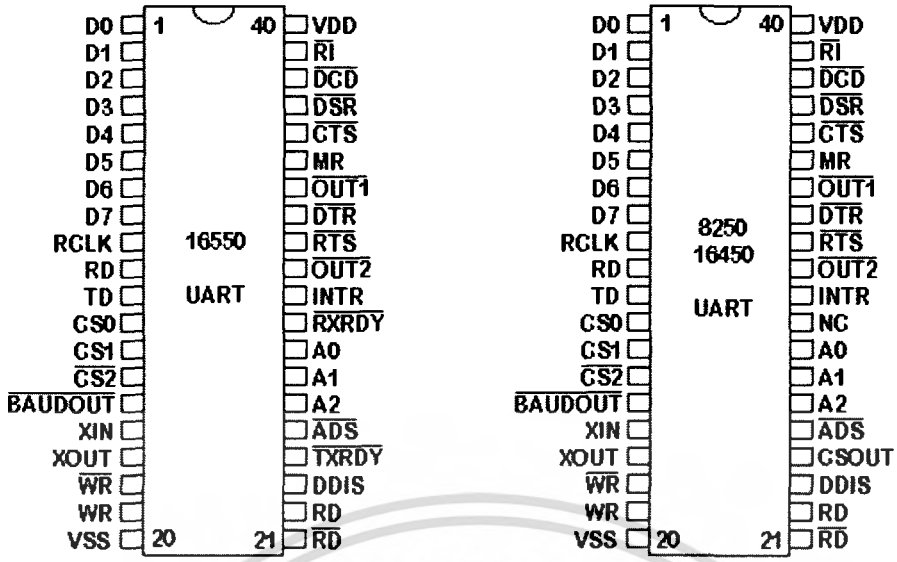
หน้าที่หลักของ UART คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัสแล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าคอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังทำการแจ้งข้อมูลอื่นๆ ให้คอมพิวเตอร์ทราบด้วย เช่น อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต), รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพาริตี้, เฟรมข้อมูล, โอเวอร์รัน) เป็นต้น

ภายในUARTจะมีส่วนของวงจรสร้างอัตราการถ่ายทอดข้อมูลแบบโปรแกรมได้ (Programmable Buadrate Generator) โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิตดังนั้นจึงกำหนดตัวหารให้อยู่ในช่วง 10 – 65,535
UART สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) และฟูลดูเพล็ก (Full Doplex) โดยการส่งแบบ ฮาล์ฟดูเพล็กเป็นการส่งแบบทิศทางเดียว ส่วนการส่งแบบฟูลดูเพล็กนั้นสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในคราวเดียวกัน ชนิดของ UART ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปมี UART ที่ใช้กันอยู่ 2 เบอร์ คือ

1. 8250 ซึ่งเป็น UART มาตรฐานที่มีใช้กันมายาวนาน UART เบอร์นี้จะมีบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลตำแหน่งเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลถูกจำกัดความเร็วอยู่ที่ 57.6 กิโลบิตต่อวินาทีเท่านั้น แต่ UART เบอร์นี้ก็ถือว่าเป็นต้นแบบของ UART ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์ทุกๆรุ่นจะต้องสนับสนุนการทำงานตามรูปแบบของ UART เบอร์นี้

2. 16450 ความสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 115, 200 บิตต่อวินาที และเพิ่มรีจิสเตอร์สำหรับพักข้อมูลสำหรับ UART นอกจากนั้นยังเพิ่มส่วนของชิฟต์รีจิสเตอร์แบบ FIFO (First In First Out) ขนาด 16 ไบต์เข้าไป ทำให้สามารถสนับสนุนความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ 256 กิโลบิตต่อวินาทีได้ โดยคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันใช้ UART เบอร์นี้หรือใหม่กว่าเช่น เบอร์ TL 16C750 ซึ่งมีรีจิสเตอร์แบบ FIFO ขนาด 64 ไบต์ ทำงานได้ที่ระดับแรงดัน +5 V และ +3 V มีโหมดประหยัดพลังงาน สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 1 เมกะบิตต่อวินาทีเมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา 16 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.38 Pin Diagrams for 16550, 16450 & 8250 UARTs

ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต RS-232 สัญญาณเอาต์พุตที่ใช้ควบคุม (RTS และ DTR) และสัญญาณแสดงสถานะอินพุต (CTS, DSR & DCD) ของพอร์ตอนุกรม RS 232 จะถูกกลับสถานะภายในตัว UART ส่วนสัญญาณข้อมูลทั้งภาคส่งและภาครับจะไม่ถูกกลับสถานะUART จึงต้องส่งเข้าสู่วงจรขับเพื่อปรับระดับแรงดันให้ได้ระดับสัญญาณเป็นไปตามมาตรฐาน RS 232 ก่อนส่งออกไปจากคอมพิวเตอร์สำหรับอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางก็จะต้องมีวงจรขับในลักษณะนี้เช่นเดียวกัน เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณในเดียวกัน แต่วงจรขับที่ใช้ภายในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางนั้นจะถูกกลับสถานะ

UARTภายในคอมพิวเตอร์ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเช่นเดียวกัน การทำงานภายในของพอร์ตอนุกรม ประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8บิต 8ตัวที่ใช้งานร่วมกับ UART แอดเดรสของรีจิสเตอร์ภายในพอร์ตอนุกรมสามารถคำนวณได้จากค่ารีจิสเตอร์พื้นฐานของพอร์ตอนุกรม ยกตัวอย่าง พอร์ตอนุกรม COM1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 3F8H ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่างๆจะเป็นตำแหน่งที่บวกไปกับค่า 3F8H โดยรีจิสเตอร์ที่ใช้งานกับพอร์ตอนุกรมมีดังนี้

00H รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลรับเข้ามาหรือเตรียมข้อมูลก่อนที่จะส่งออกไป

01H รีจิสเตอร์อีนาเบิลการอินเตอร์รัปต์ที่ใช้ในการเซตโหมดการอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตอนุกรม

02H รีจิสเตอร์แสดงโหมดการอินเตอร์รัปต์ ใช้เพื่อตรวจสอบโหมดการอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

03H รีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบของข้อมูล

04H รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม ใช้ตรวจสอบบิตสำหรับติกต่อกับโมเด็ม เช่น RTS หรือ DTS

05H รีจิสเตอร์แสดงสถานะการรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม

06H รีจิสเตอร์แสดงสถานะโมเด็ม ซึ่งจะแสดงสถานะของขา DCD,RI,DSRและCTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

07H รีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราว

ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาท์พุตของพอร์ต RS-232

สัญญาณที่ใช้ควบคุม(RTSและDTR) และสัญญาณแสดงสถานะอินพุต(CTS,DSRและ DCD)ของพอร์ตอนุกรม RS-232 จะถูกกลับสถานะภายในตัว UART ส่วนสัญญาณข้อมูลทั้งภาคส่งและภาครับจะไม่ถูกกลับสถานะ UART จะให้ระดับสัญญาณเอาท์พุตออกมาเป็นแบบทีทีแอลเท่านั้น ดังนั้นเมื่อสัญญาณถูกส่งผ่านออกมาจาก UART จึงต้องถูกส่งเข้าสู่วงจรขับเพื่อปรับระดับแรงดันให้ได้ระดับสัญญาณเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 ก่อนส่งออกไปจากคอมพิวเตอร์สำหรับอุกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางก็จะมีวงจรขับในลักษณะนี้เช่นเดียวกัน เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณในระดับเดียวกัน แต่วงจรที่ใช้ทั้งภายในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เชื่อมปลายทางนั้นจะถูกกลับสัญญาณ

แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม

แอดเดรสพื้นฐานของพอร์ตอนุกรมมี 4 ตำแหน่ง ดังนี้คือ

COM1: 3F8H

COM2: 2F8H

COM3: 3E8H

COM4: 2E8H

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องเพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ การไบออสภายในคอมพิวเตอร์จะทำการตรวจสอบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมทั้งหมด ถ้าไบออสตรวจสอบพบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม ไบออสจะนำแอดเดรสที่ตรวจสอบพบไปเก็บไว้ในหน่วยความจำขนาด 2 ไบท์ สำหรับพอร์ตอนุกรม COM1 จะเก็บไว้ที่แอดเดรส 0000:0100Hและ 0000:0401H ส่วนตำแหน่งอื่นๆ มีรายละเอียดดังนี้

COM2=0000:0402H-0000:0403H

COM3=0000:0404H-0000:0405H

COM4=0000:0406H-0000:0407H

นอกจากนี้ ที่หน่วยคสามจำแอดเดรส 0000:0411H ยังใช้สำหรับการแสดงพอร์ตอนุกรมที่มีใช้อยู่ในคอมพิวเตอร์อีกด้วย โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 แสดงพอร์ตอนุกรม

บิต 3	บิต 2	บิต 1	จำนวนพอร์ต
0	0	0	ไม่มีพอร์ตอนุกรม
0	0	1	มีพอร์ตอนุกรม 1 พอร์ต
0	1	0	มีพอร์ตอนุกรม 2พอร์ต
0	1	1	มีพอร์ตอนุกรม 3 พอร์ต
1	0	0	มีพอร์ตอนุกรม 4 พอร์ต

ระดับแรงดันที่ใช้งานสำหรับพอร์ตอนุกรม

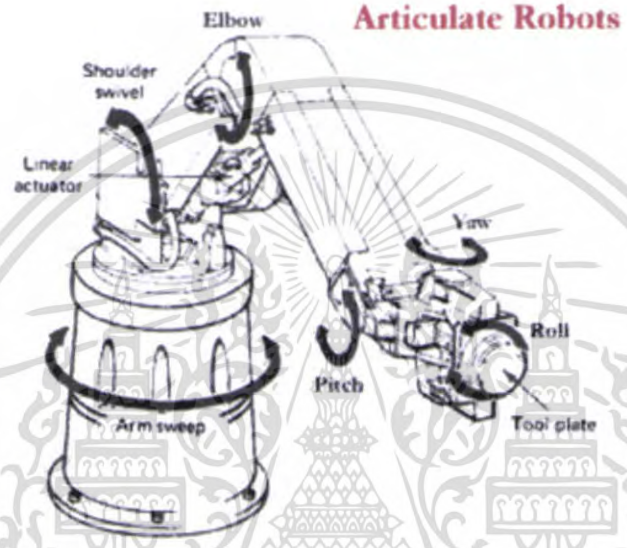
มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลของพอร์ตอนุกรม ได้ระบุช่วงรับแรงดันสำหรับการทำงานของพอร์ตอนุกรมไว้ว่า ที่ลอจิก "0" จะมีระดับสัญญาณ +3 V ถึง+15 V ส่วนลอจิก"1"จะมีระดับสัญญาณ -3V ถึง -15V ระดับสัญญาณนี้ทำให้ไม่สามารถที่จะนำขาเอาท์พุตใดๆ ต่อเข้ากับลอจิกเกตเพื่อใช้งานได้โดยตรง จะต้องผ่านวงจรที่จะเปลี่ยนระดับแรงดันเสียก่อน โดยปกติจะใช้ไอซีจำพวก RS-232 Trasceiver ที่นิยมมากคือ MAX232 หรือ ICL232 ไปใช้ในกลุ่มนี้ จะทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันของ RS-232 ให้อยู่ในระดับ ทีทีแอล โโยลอจิก "0"ซึ่งเดิมมีระดับสัญญาณ -3V ถึง -5V จะแปลงเป็น+5V ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ดิจิตอลอื่นที่ใช้ระดับแรงดัน ทีทีแอล ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

โครงสร้างและการออกแบบ

โครงงานนี้เป็นโครงงานแบบจำลองแบบแขนกลเชื่อมโละเฉพาะจุด ซึ่งมีโครงสร้างของแขนกล เป็นแบบ Articulated Configuration ซึ่งมีลักษณะของข้อหมุนทั้งหมด 4 ข้อด้วยกัน ซึ่งทำงานคล้ายกับมือของมนุษย์ ซึ่งเหมาะสมกับโครงงานนี้



รูปที่ 3.1 แสดงแขนกลแบบ Articulated Configuration

3.1การออกแบบแขนกล

การออกแบบแขนกล มีองค์ประกอบสำคัญ 4 ส่วน ได้แก่

3.1.1 กลศาสตร์การเคลื่อนที่ Kinematics ได้แก่

-การหมุน(Rotation)

-พิกัดโฮโมจีเนียส (Homogeneous Coordinates)

-พิกัด Link (Link Coordinates)

-สมการแขน (Arm Equation)

3.1.2 ความเป็นไปได้เชิงวิศวกรรมได้แก่

-สามารถสร้างได้จริง

-ใช้ร่วมกับอุปกรณ์อะไร

-ความแข็งแรงทนทาน

-ความปลอดภัยในการใช้งาน

-การคำนวณที่ถูกต้องแม่นยำ

-ข้อดี ข้อเสีย ที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 รูปร่างของแขนกล ปัจจัยในการออกกแบบได้แก่

-สภาพแวดล้อมการทำงานของแขนกล

-ลักษณะของงาน

-ความสะดวกและง่ายในการใช้งาน

-ความสวยงาม

-กลไกการเคลื่อนที่ของแขนกล

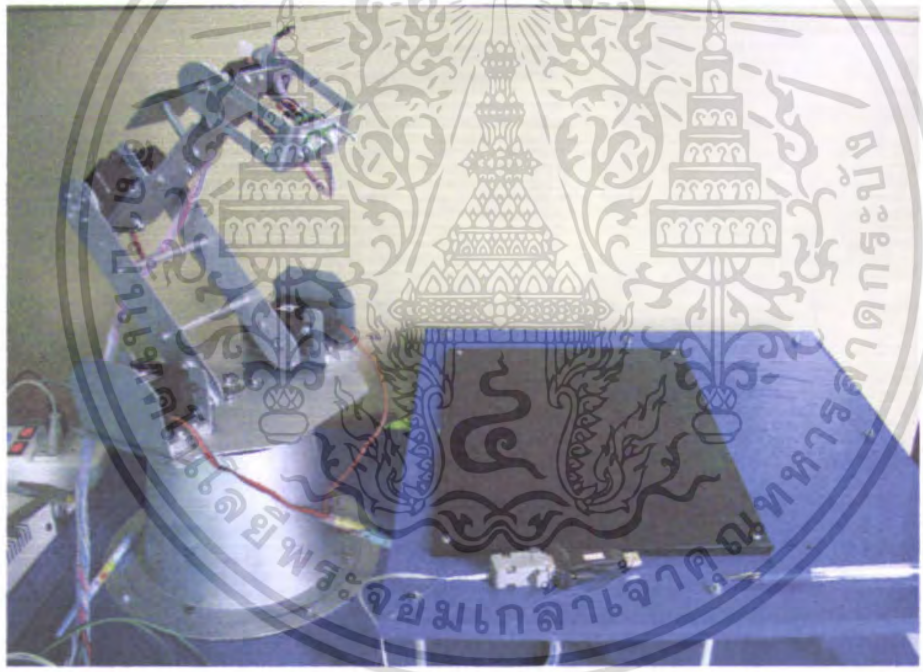
3.1.4 การเลือกใช้วัสดุ ปัจจัยในการเลือกใช้ได้แก่

-งบประมาณในการสร้าง

-ความเหมาะสมกับงาน

-วัสดุที่มีอยู่แล้ว

-การใช้วัสดุทนแทน



รูปที่ 3.2แสดงแขนกลของจริง

แขนกล จะต้องสามารถทำงานได้ หรือเคลื่อนที่ไปครอบคลุมพื้นที่การทำงานของแขนกลที่กำหนดไว้ได้ทั้งหมด โดยการทดลองให้แขนกลเคลื่อนที่ไปในระยะที่ไกลที่สุดและใกล้เคียงที่สุดที่แขนกลสามารถเคลื่อนที่ไปได้แล้วดูค่าของมุมต่างๆ ที่แขนกลได้เคลื่อนที่ไปว่าเกินมุมที่เซอร์โวมอเตอร์ทำงานได้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าได้ออกแบบแขนกลให้แขนกล มีโครงสร้างของแขนกลแต่ละท่อนไม่เท่ากัน ซึ่งมี 3ส่วนคือ

1.แขนท่อนที่ 1

2.แขนท่อนที่2

3.มือที่เป็นอุปกรณ์ (Tool as End Effect or)

3.2โครงสร้างของแขนกล

ในการออกแบบโครงสร้างของแขนกลในโครงงานนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

- ส่วนฐาน
- ส่วนแขน
- ส่วนมือที่เป็นอุปกรณ์

3.2.1โครงสร้างส่วนฐาน

โครงสร้างส่วนฐานแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ โครงสร้างส่วนฐานหมุน,โครงสร้างส่วนหมุน, โครงสร้างส่วนฐานเครื่อง

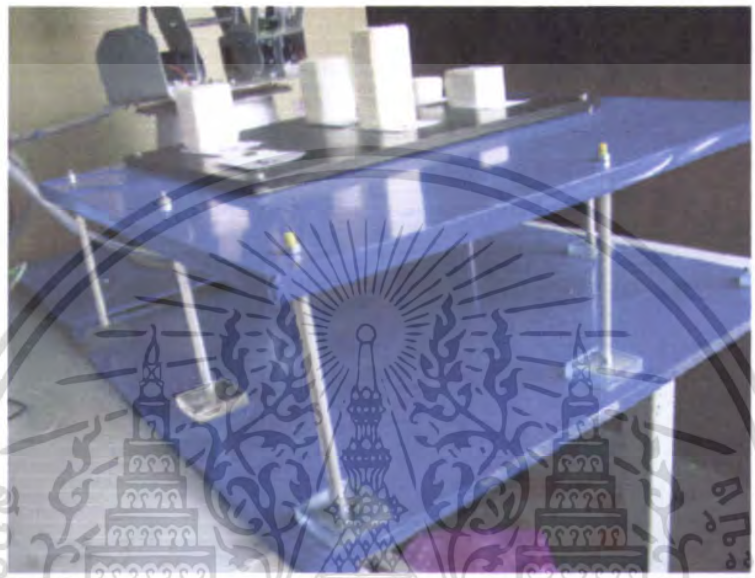
-**โครงสร้างส่วนฐานหมุน** เป็นส่วนที่ติดตั้งแขนกลทั้งหมด เป็นส่วนที่รองรับน้ำหนักและรับแรงเกือบทั้งหมดของแขนกล ดังนั้นโครงสร้างส่วนฐานหมุนนี้จึงต้องมีความแข็งแรงพอที่จะรับแรงและน้ำหนักของแขนกลได้ซึ่งวัสดุที่นำมาประกอบเป็นตัวฐานทำมาจากอลูมิเนียม มีลักษณะดังรูป

รูปที่ 3.3 แสดงส่วนประกอบของโครงสร้างส่วนฐานหมุนจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-โครงสร้างส่วนหมุน ซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่รวมอยู่ในส่วนของฐาน ซึ่งส่วนนี้จะมีจุดหมุน 1จุด ซึ่งสามารถหมุนได้ประมาณ 90 องศา เนื่องจากมีการทดเฟืองเข้าไป

-โครงส่วนฐาน โครงสร้างส่วนนี้ทำมาจากอะคริริกหนา 5 เซนติเมตร (cm) ยาว 40 เซนติเมตร (cm)และกว้าง 20 เซนติเมตร (cm)ในส่วนของฐานเป็นส่วนที่ติดตั้งโครงสร้างส่วนฐานหมุนและ โครงสร้างส่วนชิ้นงานจำลองการเชื่อม



รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างส่วนฐาน

3.2.2โครงสร้างส่วนข้อต่อ (แขน)

โครงสร้างส่วนของข้อต่อนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยเริ่มจากส่วนที่ติดกับส่วนฐานหมุนไปจนถึงส่วนของมือที่เป็นอุปกรณ์จำลองการเชื่อมดังนี้

1.โครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ที่ 1 (แขนท่อนล่าง)

ส่วนโครงสร้างส่วนนี้เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างโครงสร้างส่วนฐานหมุนกับส่วนของโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ที่สอง (แขนท่อนบน) โครงสร้างส่วนนี้จะมีจุดหมุนติดอยู่ที่ส่วนฐานหมุน โครงสร้างส่วนนี้ทำจากอลูมิเนียม หนา 0.2เซนติเมตร (cm) ยาวเซนติเมตร 23(cm) และกว้าง 4 เซนติเมตร (cm) ด้านล่างทั้งสองข้างของแขนติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์โดยตรงกับแขนโดยที่เซอร์โวมอเตอร์ทั้งสองตัวใช้ขับเคลื่อนโครงสร้างส่วนนี้ เมื่อประกอบเสร็จแล้วมีน้ำหนัก กิโลกรัม มีลักษณะดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 แสดงแขนกลจริง

2.โครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ ที่ 2 (แขนท่อนบน)

ส่วนของโครงสร้างส่วนนี้เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างส่วนโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ที่1 และส่วนของมือที่เป็นอุปกรณ์(Tool end Effect or) หรือส่วนที่ติดตั้งอุปกรณ์จำลองการเชื่อมเฉพาะจุด โครงสร้างส่วนนี้ทำมาจากอลูมิเนียมมีความยาว 23 เซนติเมตร (cm) กว้าง 6.5 เซนติเมตร (cm) และหนา 0.2 เซนติเมตร (cm)โดยที่ส่วนปลายด้านล่างของโครงสร้างส่วนนี้ ปลายด้านหนึ่งจะเป็นแกนหมุน ที่เป็นจุดหมุนระหว่างแขนโครงสร้างส่วนที่เคลื่อนที่ที่ 1 กับส่วนโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่2 และอีกด้านหนึ่งจะติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์1 ตัวติดกับอีกด้านหนึ่งกับส่วนของโครงสร้างส่วนที่1 ใช้ในการขับเคลื่อนโครงสร้างส่วนนี้ และส่วนปลายบนสุดของโครงสร้างส่วนนี้จะติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์อีก 1 ตัว ใช้ในการขับเคลื่อนส่วนที่เป็นมือที่เป็นอุปกรณ์แข่นท่อนนี้เมื่อประกอบเสร็จมีน้ำหนัก กิโลกรัม (kg)

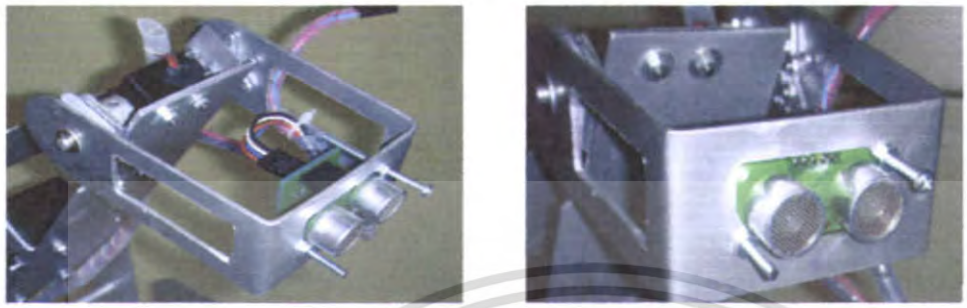
รูปที่ 3.6 แสดงส่วนของโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ 2

3. โครงสร้างส่วนของมือที่เป็นอุปกรณ์(Tool as End Effecter)

โครงสร้างส่วนนี้ใช้ในการติดอุปกรณ์จำลองการเชื่อมเฉพาะจุด และติดเซ็นเซอร์อัลตราโซนิค เพื่อเป็นตัวตรวจจับระยะห่างระหว่างอุปกรณ์จำลองการเชื่อมเฉพาะจุดกับชิ้นงานที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมเฉพาะจุด โครงสร้างส่วนนี้ทำมาจากอลูมิเนียมมีความยาว 15.2 เซนติเมตร (cm) กว้าง 4 เซนติเมตร (cm)และหนาเซนติเมตร0.2 (cm) เมื่อประกอบเสร็จมีน้ำหนัก กิโลกรัม (kg)



รูปที่ 3.7 แสดงส่วนของมือที่เป็นอุปกรณ์จริง

4 โครงสร้างส่วนของชิ้นงานที่ใช้จำลองการเชื่อมเฉพาะจุด

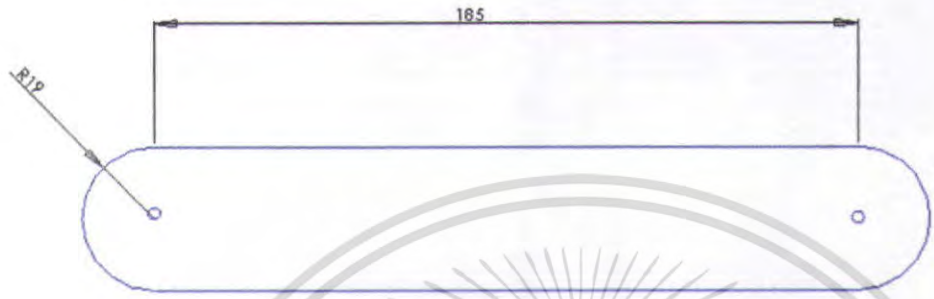
ส่วนนี้เป็นส่วนของชิ้นงานจำลองการเชื่อมเฉพาะจุดโดยที่ชิ้นแต่ละชิ้นวางอยู่บนฐาน แต่ละชิ้นมีความสูงไม่เท่ากัน ทำมาจากอะคริลิก ดังรูป

รูปที่ 3.8 แสดงชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 น้ำหนักของโครงสร้างส่วนต่างๆ ของแขนกล

3.3.1 โครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ที่1(แขนท่อนล่าง)



รูปที่ 3.9 แสดงโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ ที่ 1

น้ำหนักของเฟรมแบ่งออกเป็น2ส่วน

- ส่วนกลาง มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านกว้าง 4 เซนติเมตร (cm)ยาว 18.5 เซนติเมตร (cm)และหนา 0.2 เซนติเมตร (cm)น้ำหนักของเฟรมส่วนกลางคำนวณได้ดังนี้

น้ำหนักของเฟรมส่วนกลาง = กว้าง*ยาว*หนา*ความหนาแน่น

= 4*19*0.2*2.7

= 41กรัม

(ความหนาแน่นของอลูมีเนียม = 2.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

- ครึ่งวงกลม 1 ด้านบนมีรัศมี 1.5 เซนติเมตร (cm)

น้ำหนักครึ่งวงกลม = (พื้นที่ครึ่งวงกลม*หนา*ความหนาแน่น)*2

= $[(\pi(1.5)^2/2)*0.2*2.7$

= 1.9กรัม

- ครึ่งวงกลม 1 ด้านบนมีรัศมี 2.5 เซนติเมตร (cm)

น้ำหนักครึ่งวงกลม = (พื้นที่ครึ่งวงกลม*หนา*ความหนาแน่น)*2

= $[(\pi (2.5)^2/2)*0.2*2.7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 5.3กรัม

ดังนั้นน้ำหนักของเฟรม = 41+1.9+5.3 = 48.20กรัม

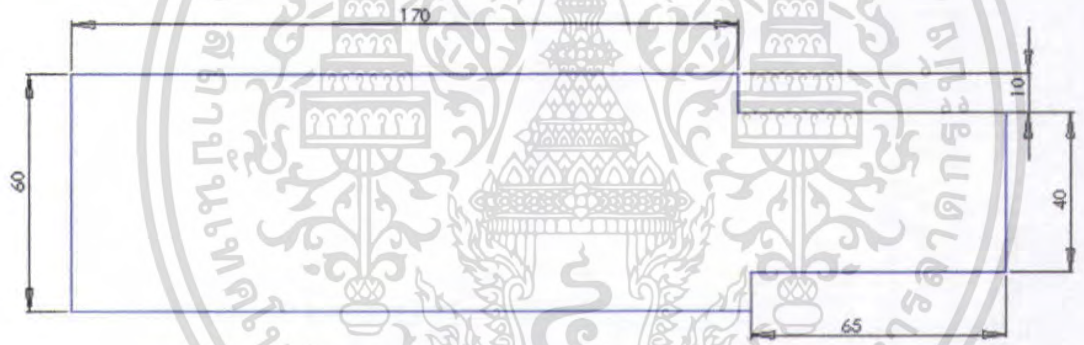
เนื่องจากโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ที่ 1 ประกอบด้วย 2 เฟรมและยังมีส่วนประกอบอื่นๆอีก เช่น เพรา ที่ยึดเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้ยังไม่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนเพื่อความถูกต้องจึงเพิ่มเฟกเตอร์เพื่อความปลอดภัย (Safety Factor,α) เข้าไปด้วย

ดังนั้นน้ำหนักของส่วนโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ที่1

$$W_1 = 96.41 + \alpha$$

= 120 กรัม

3.3.2โครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ ที่ 2 (แขนท่อนที่ 2)



รูปที่ 3.10 แสดงโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ ที่ 2

น้ำหนักของเฟรม = กว้าง*ยาว*หนา*ความหนาแน่น

= 23*6.5*0.2*2.7

= 80.73 กรัม

โครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ ที่ 2 มี1 เฟรม และยังมีส่วนประกอบอื่นๆ อีก ดังนั้นน้ำหนักที่แท้จริงจะต้องรวมเฟคเตอร์ความปลอดภัยเข้าไปด้วย

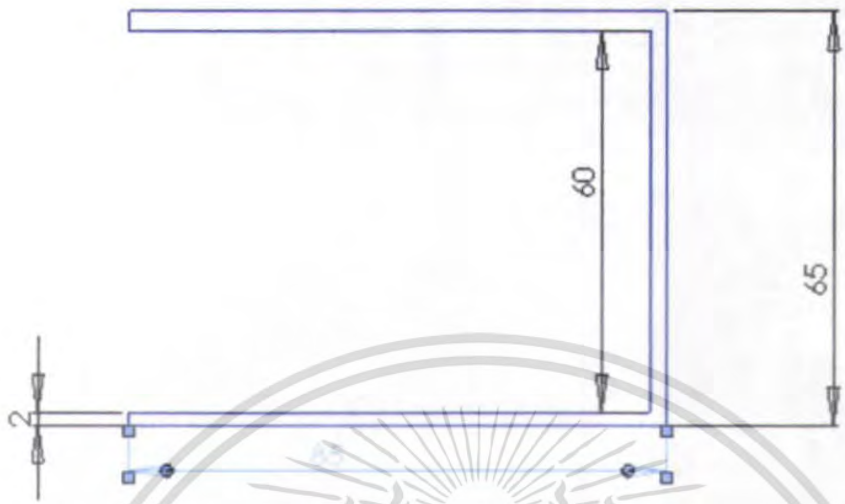
ดังนั้นน้ำหนักของโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ ที่ 2

$$W_2 = 80.73 + \alpha$$

= 180 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 โครงสร้างส่วนมือที่เป็นอุปกรณ์ (Tool as End Effect or)



รูปที่ 3.11 แสดงโครงสร้างมือที่เป็นอุปกรณ์

โครงสร้างส่วนนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

1.ด้านข้างของเฟรม ซึ่งส่วนนี้มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

น้ำหนักของเฟรม = 2(กว้าง*ยาว*หนา*ความหนาแน่น)

= 2(4.5*11*0.2*2.7)

=53.46 กรัม

2.ด้านหน้าของเฟรม 1 ส่วน มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

น้ำหนักของเฟรม = กว้าง * ยาว *หนา *ความหนาแน่น

= 4.5*8*0.2*2.7

= 19.44กรัม

น้ำหนักของ เฟรมทั้งหมด = 53.46+19.44 = 72.90

โครงสร้างส่วนนี้นอกจากข้อมือที่เป็นอุปกรณ์แล้ว ยังมีส่วนของเซนเซอร์อัลตราโซนิค

ดังนั้นน้ำหนักของโครงสร้างของส่วนมือที่เป็นอุปกรณ์ = 72.90+ α

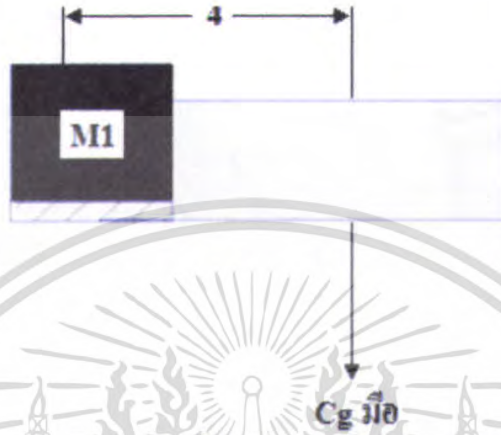
= 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การคำนวณขนาดของมอเตอร์

สามารถคำนวณแต่ละ โครงสร้างการเคลื่อนที่ ดังนี้

3.4.1.ส่วนของโครงสร้างที่เป็นมืออุปกรณ์ (Tool as End Effect or)



รูปที่ 3.12 แสดงส่วนของโครงสร้างที่เป็นมืออุปกรณ์ (Tool as End Effect or)

คิดโมเมนต์รอบจุด A

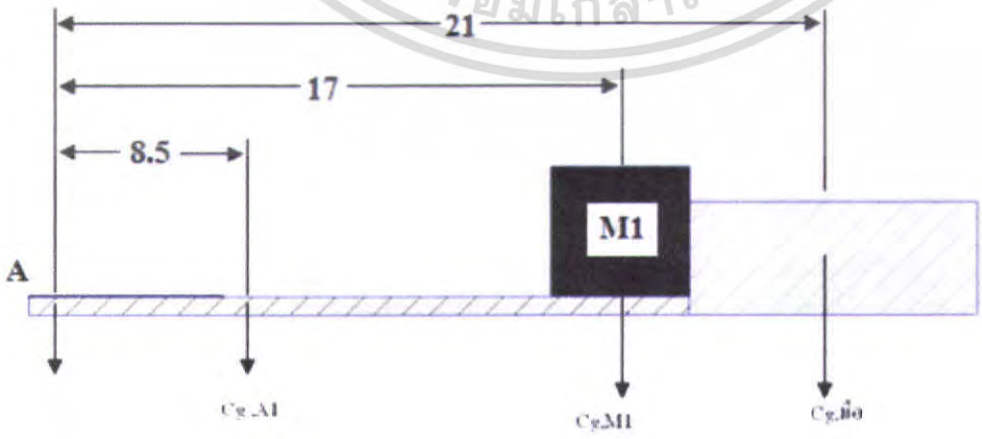
$$Ma = C_{g\text{มือ}} * 4$$

$$= 100*4 \text{ g-cm}$$

$$= 400 \text{ g-cm}$$

จาก Data Sheet ของเซอร์โวมอเตอร์ GWS (S03T) สามารถรับน้ำหนักได้ 8000 g-cm เพราะฉะนั้น เซอร์โวมอเตอร์ GWS (S03T) สามารถรับน้ำหนักได้ส่วนโครงสร้างส่วน มือที่เป็นอุปกรณ์ (Tool as End Effect or) ได้

3.4.2.ส่วนของโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ ที่ 2 (แขนท่อนบน)



รูปที่ 3.13 แสดงส่วนของโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ ที่ 2 (แขนท่อนบน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

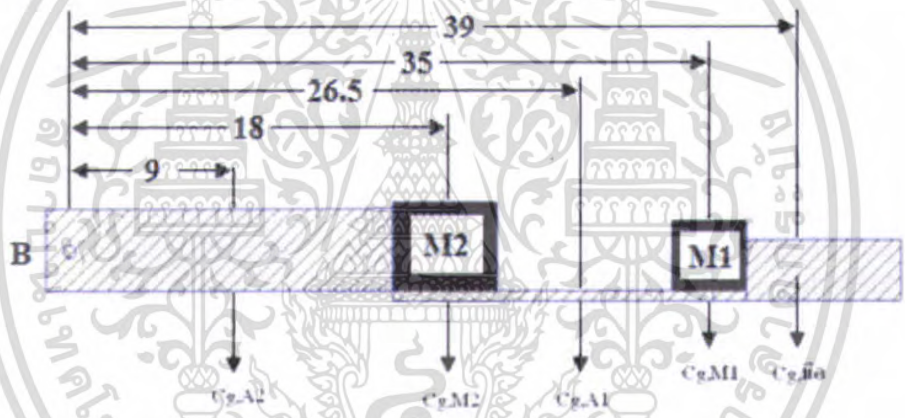
M = (Cg มือ*21)+(CgM1*17)+(CgA1*8.5)

= (400*21)+(46*17)+(180*8.5)

= 10,712g-cm

จาก Data Sheet ของเซอร์โวมอเตอร์ GWS (S666) สามารถรับน้ำหนักได้ 15000 g-cm
เพราะฉะนั้น เซอร์โวมอเตอร์ GWS (S666) สามารถรับน้ำหนักได้ส่วนโครงสร้างส่วน มือที่เป็นอุปกรณ์ (Tool as End Effect or)และแขนท่อนที่ 2 ได้

3.4.3.ส่วนของโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ ที่ 3 (แขนท่อนล่าง)



รูปที่ 3.14 ส่วนของโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ ที่3 (แขนท่อนล่าง)

คิดโมเมนต์(M) รอบจุด B

Mb = (Cg,,มือ*39)+(CgM1*35)+(CgA1*26.5)+(CgM2*18)+(CgA2*9)

= (400*39)+(46*35)+(180*26.5)+(142.4*18)+(120*9)

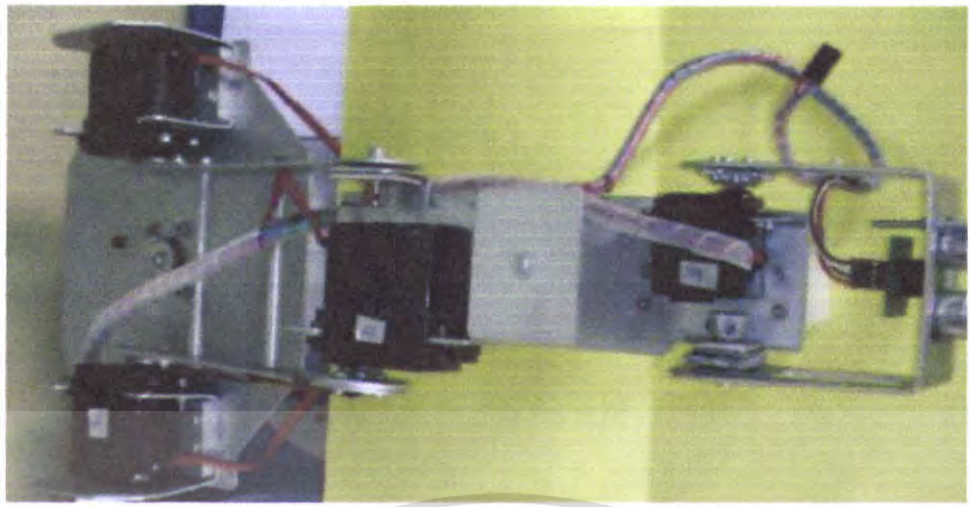
= 25,232.2 g-cm

จาก Data Sheet ของเซอร์โวมอเตอร์ GWS (S666) สามารถรับน้ำหนักได้ 15000 g-cm
ดังนั้น ส่วนนี้ เราใช้เซอร์โวมอเตอร์ GWS (S666) จำนวน 2 ตัว

3.5 การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์

ในโครงงานนี้ใช้เซอร์โวมอเตอร์ในการขับเคลื่อนแขนกล ซึ่งใช้ทั้งหมด 5 ตัว ซึ่งมีขนาดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการรับน้ำหนักของเซอร์โวมอเตอร์ในแต่ละจุด ดังที่ได้คำนวณมาจากหัวข้อที่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แสดงตำแหน่งที่ติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์

-เซอร์โวมอเตอร์ GWS รุ่น S30T มีทอร์ก 8 kg-cm ใช้สำหรับขับเคลื่อนและรับน้ำหนักส่วนที่เป็นมืออุปกรณ์ ต้องรับทอร์ค 400g-cm

-เซอร์โวมอเตอร์ GWS รุ่น S666 มีทอร์ก 15 kg-cm มีทั้งหมด4 ตัว โดยติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์รุ่นนี้ดังนี้

-ส่วนฐาน ใช้ในการขับเคลื่อนแกนเหล็ก ซึ่งแกนเหล็กนี้จะรับน้ำหนักแขนกลเกือบทั้งหมด เซอร์โวมอเตอร์ แต่เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ฐานนี้จะไม่ใช้รับน้ำหนักทั้งหมดของแขนกลแต่ต้องขับเคลื่อนแกนเหล็ก

-ส่วนโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ที่1 (แขนท่อนล่าง) จะติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์GWS รุ่น S666 จำนวน 2 ตัว ติดตั้งตรงกันข้ามกันใช้เป็นตัวขับเคลื่อนแขนท่อนนี้ ซึ่งต้องรับน้ำหนักของแขนทั้ง 3 ส่วน ต้องรับ ทอร์ก 25,232 g-cm

-ส่วนโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ที่2(แขนท่อนที่2) จะติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์ GWS รุ่น S666 จำนวน1ตัวที่ด้านล่างสุดของแขนส่วนนี้ ใช้ในการขับเคลื่อนแขนท่อนนี้ เซอร์โวมอเตอร์ตัวนี้ต้องรับน้ำหนักแขนท่อนนี้และมือที่เป็นอุปกรณ์ และต้องรับน้ำหนักเซอร์โวมอเตอร์ตัวมันเองและตัวที่ใช้ขับเคลื่อนส่วนที่เป็นมือที่เป็นอุปกรณ์ ต้องรับทอร์ค 10,712g-cm

3.6 ส่วนของชุดควบคุมแขนกล (Motion Controller)

ในส่วนนี้เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ของแขนกลในแต่ละแกนให้สามารถทำงานได้สัมพันธ์และเป็นไปอย่างราบรื่นในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งประกอบด้วย

3.6.1 แหล่งจ่ายไฟ ในโครงงานนี้ได้ใช้ supply ชนิด Single Output Switching Power Supply แบบ 3 แอมแปร์

3.6.2 Microcontroller ในส่วนของ Microcontroller นี้จะทำหน้าที่ติดต่อกันระหว่าง Computer กับ Motion Controller ซึ่ง Microcontroller จะทำหน้าที่ควบคุม ชุดควบคุมเซอร์โว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์และรับ เป็นบอร์ดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ของบริษัท อีทีที จำกัด โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F8720 ซึ่งมีคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

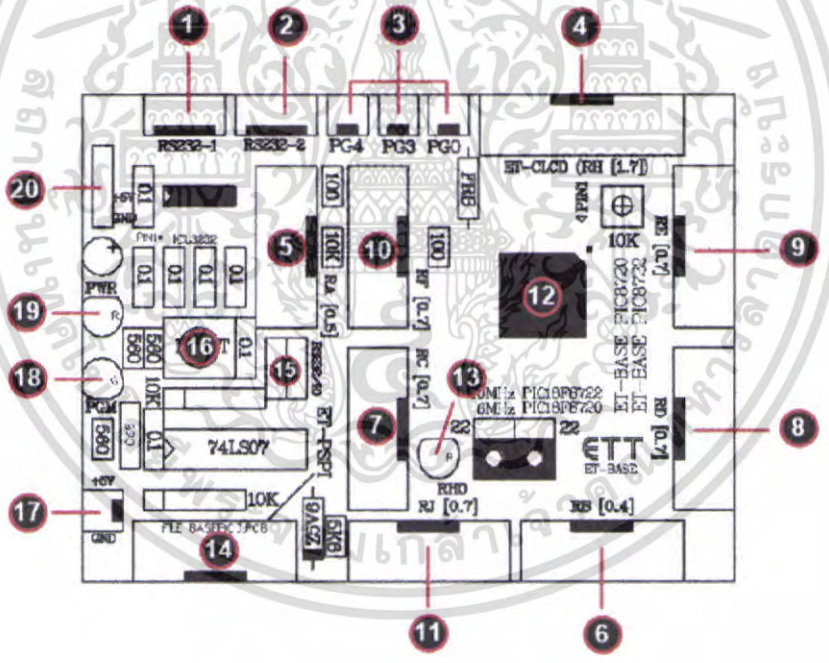
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติ บอร์ดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์PIC 18F8720

คุณสมบัติ	**PIC18F8720**
Operating Frequency	DC – 25 MHz
Program Memory (Bytes)	128k
Data Memory (Bytes)	3840
Data EEPROM Memory (Bytes)	1024
Interrupt Sources	18
I/O Ports	Ports A, B, C, D, E, F, G, H, J
Timers	5
Capture/Compare/PWM Modules	5
Enhanced Capture/Compare/ PWM Modules	-
Enhanced USART	2
Serial Communications	MSSP, Addressable USART (2)
Parallel Communications (PSP)	Yes
10-bit Analog-to-Digital Module	16 input channels
Resets (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)
Programmable High/Low-Voltage Detect	Yes
Programmable Brown-out Reset	Yes
Instruction Set	77 Instructions
Packages	80-pin TQFP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของบอร์ด

- รองรับการใช้งานไมโครคอนโทรเลอร์ขนาด 80 PIN คือ PIC18F8720
- สัญญาณนาฬิกาคริสตอลออสซิลเลเตอร์ขนาด 6 MHz สำหรับ PIC18F8720 (สามารถใช้ x4 จาก PLL ได้ 24 MHz)
- I/O Port ขนาด 10 PIN (จัดเรียงตามมาตรฐานของ อีทีที) จำนวน 7 พอร์ต
- I/O Port ขนาด 2 PIN จำนวน 3 พอร์ต
- ชุดวงจรไดร์เวอร์ RS232 จำนวน 2 พอร์ต
- พอร์ตสำหรับต่อ LCD เรียงตามมาตรฐานของ อีทีที (ET-CLCD) จำนวน 1 พอร์ต
- ชุดวงจรดาวน์โหลดแบบแรงดันต่ำ (Low Voltage Programming)
- ขั้วต่อแรงดันไฟ VCC และ GND



รูปที่ 3.16 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบอร์ดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3.ชุดคอนโทรลเซอร์โวมอเตอร์

เป็นชุดควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ของบริษัท อีทีที จำกัด เป็นบอร์ดสำหรับคอนโทรลเซอร์โวมอเตอร์ โดยรับคำสั่งควบคุมมาจากภายนอกบอร์ด ผ่านระบบการสื่อสารแบบอนุกรม RS232 ในบอร์ดรุ่นนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Z8Encore! เบอร์ Z8F4801 เป็นตัวประมวลผลในการรับคำสั่งที่ส่งมาจากภายนอกเข้ามาประมวลผลแล้วจึงส่งพัลส์ออกไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ตามที่ต้องการ

คุณสมบัติและลักษณะโครงสร้างของบอร์ด ET-RS SERVO V1.0

- ลักษณะทั่วไปของบอร์ด

บอร์ด ET-RS SERVO V1.0 เป็นบอร์ดสำหรับคอนโทรล Servo Motor โดยการรับคำสั่งควบคุมมาจากภายนอกบอร์ด ผ่านระบบการสื่อสารแบบอนุกรม RS232,RS422 และ RS485 ตามความสะดวกของผู้ใช้ที่จะเลือกใช้งาน โดยคำส่งที่ส่งมาให้ตัวบอร์ดจะมีด้วยกัน 3 ไบต์ ได้แก่ Sync Byte จะมีค่าเป็น FFH ตามด้วยไบต์ของแชนแนล และไบต์ของตำแหน่ง Servoในบอร์ดรุ่นนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Z8Encore! เบอร์ Z8F4801 เป็นตัวประมวลผลในการรับคำสั่งที่ส่งมาจากภายนอกเข้ามาประมวลผลแล้วจึงส่งพัลซ์ออกไปควบคุม Servo ตามที่ผู้ใช้ต้องการ โดยBaud Rate ในการรับส่งข้อมูลนั้นจะถูกกำหนดไว้ที่ 9600 Hz/s ตายตัว

บอร์ดคอนโทรล Servo Motor รุ่นนี้จะออกแบบวงจรให้มีส่วนของแชนแนลที่ใช้สำหรับต่อ Servo ออกไปใช้งานได้ถึง 8 แชนแนล ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานแชนแนลไหนก็ได้ และยังมีในส่วนของแหล่งจ่ายไฟเสริมที่ผู้ใช้สามารถต่อจากภายนอกเข้ามาได้ สำหรับเลี้ยง Servo โดยตรง ซึ่งจะมีประโยชน์โดยผู้ใช้จะสามารถนำ Servo ที่กินกระแสมากมาต่อทดลองได้ (ไม่เกิน3A) เมื่อไฟเลี้ยง Servo จากบอร์ดไม่พียงพอและยังมี E2PROMPT ไว้สำหรับเก็บค่า Step การหมุน,เก็บค่า Min,Max และ ID Address ของบอร์ดไว้ได้ เพื่อใช้งานในครั้งต่อไป โดยผู้ใช้จะได้ไม่ต้องเสียเวลาในการ Setup ตัวบอร์ดและตัว Servo อีก ซึ่งในการSetup ตัว Servo ก่อนการใช้งานนี้จะมีประโยชน์มาก คือเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับตัว Servo ในกรณีที่เราจ่ายพัลซ์ให้ตัว Servo เกินจุดที่ Servo จะหมุนไปได้

ในส่วนของการส่งผ่านคำสั่งมาควบคุม Servo นั้นตัวบอร์ดจะออกแบบให้มีการสื่อสารแบบ อนุกรมโดยสามารถต่อใช้งานได้ทั้งแบบ RS232 ,RS422 และ RS485 โดยในส่วนของ RS485 นี้ผู้ใช้สามารถที่จะนำบอร์ดรุ่นเดียวกันนี้มาต่อขนานกันได้ถึง 16 บอร์ด โดยจะต้องกำหนดค่า ID Address ของแต่ละบอร์ดให้ต่างกัน แล้วสามารถใช้ตัวส่งคำสั่งเพียงตัวเดียว เลือกส่งคำสั่งมาควบคุม Servo ที่ต่ออยู่ในบอร์ดไหนก็ได้

นอกจากส่วนประกอบต่างๆของบอร์ดที่ได้กล่าวไปแล้ว ในส่วนของการแสดงผล จะแสดงผลการทำงานในแต่ละโหมดการทำงานด้วย LED ทั้งหมดซึ่งสามารถเข้าใจได้ง่าย และยังแสดงผลการทำงานเป็นข้อความให้เห็นในบางโหมดการทำงานได้ด้วย โดยผู้ใช้จะต้อง ต่อสายจาก

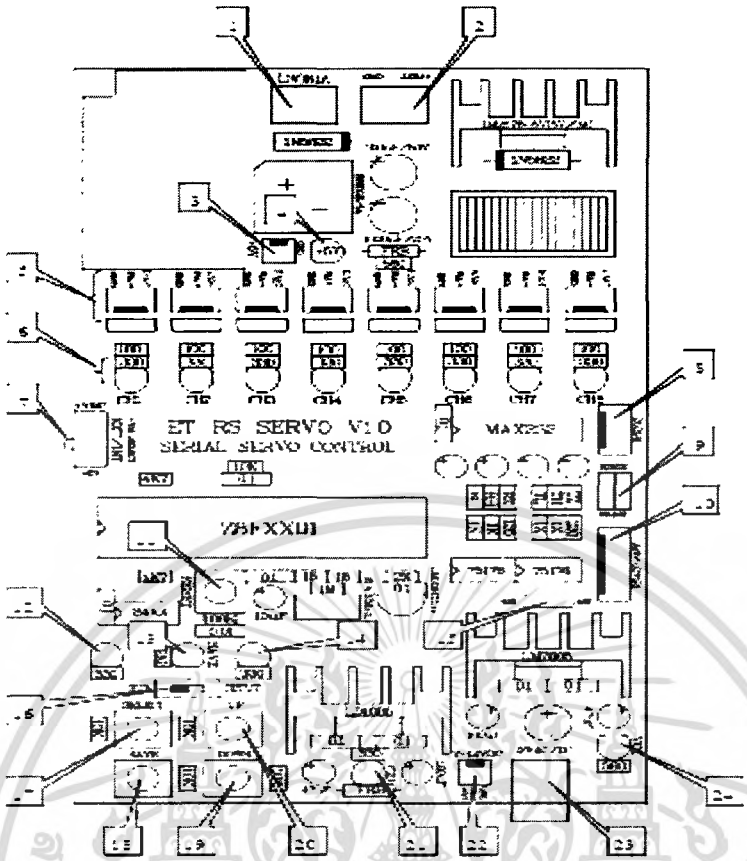
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS232,422 หรือ 485 ของบอร์ดไปเข้าที่Port COM1 หรือ COM2 ของ เครื่อง PC แล้วจึงใช้โปรแกรม PROCOMM หรือ Hyper Terminalเปิดดูข้อความเหล่านั้นได้ โดยกำหนด Baud Rate ของโปรแกรม PROCOMM หรือ Hyper Terminal ไปที่ 9600 bit/s

คุณสมบัติของบอร์ด ET-RS SERVO V1.0

- สามารถต่อ Servo motor ได้ 8 ตัว/บอร์ด
- ทำการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมโดยใช้การสื่อสารด้วย RS232 ,422 ,485
- ใช้ MCU Z8Encore! เบอร์ Z8F4801 ในการประมวลผล และรับส่งข้อมูลจากภายนอก
- แสดงผลการทำงานในโหมดฟังก์ชันต่างๆด้วย LED
- แสดงตำแหน่งการหมุนของ Servo Motor ผ่านทาง โปรแกรม Procomm หรือ Hyper Terminal
- Step ในการหมุนสามารถกำหนดได้ในช่วง 50-250 Step
- ความละเอียดต่อการหมุน 1 Step = 10 us
- Step ต่ำสุดคือ 50 จะจ่าย Pulse ได้กว้าง 500us และ Step สูงสุดคือ 250 จ่าย Pulse ได้กว้าง 2.5 ms
- Broad Rate ในการรับส่งข้อมูลผ่านทาง RS 232 ,422 ,485 = 9600 bit/s
- สามารถ Save ค่า Min และ Max ของ Servo Motor ในแต่ละแชนแนลการทำงานได้
- สามารถบันทึก Step การหมุน และ Delay Time ในแต่ละ Step แต่ละแชนแนลได้
- สามารถ Run Step ที่บันทึกเก็บไว้ภายในตัวบอร์ดได้ เพื่อดูรูปแบบการหมุนของ Servo
- สามารถหาตำแหน่ง Center ของ Servo motor แต่ละตัวได้อัตโนมัติ
- มีโหมดการทำงานสำหรับให้ผู้ใช้ Calibrate หาค่า Min และ Max ของ Servo Motor
- มีโหมดสำหรับ คอนโทรล Servo motor โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ เขียนโปรแกรมควบคุมผ่านทาง พอร์ต Uart ด้วยการสื่อสารแบบ RS232,422,485 ได้
- มีโหมด สำหรับคอนโทรล Servo motor ครั้งละ1 แชนแนล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ET-RSS V1.00 ผ่านทางหน้าจอของเครื่อง PC ได้
- ในส่วนของการสื่อสารแบบ RS485 สามารถที่จะนำบอร์ดรุ่นเดียวกันนี้ต่อขนานกันได้ 16 บอร์ดแล้วเลือกควบคุม Servo ที่ต่ออยู่ของแต่ละบอร์ดได้ โดยการกำหนด ID Address ที่ต่างกันให้แต่ละบอร์ดซึ่งค่า ID Address ที่สามารถกำหนดได้จะอยู่ในช่วง 0H- FH
- สามารถต่อแหล่งจ่ายไฟจากภายนอกได้ทั้ง AC และ DC (9-12V) เพื่อใช้ในการขับ Servo Motor ในกรณีที่แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงของบอร์ดจ่ายกระแสไปขับ Servo Motor ได้ไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์ต่าง ๆ ของบอร์ดควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

3.6.4.เซนเซอร์อัลตราโซนิค

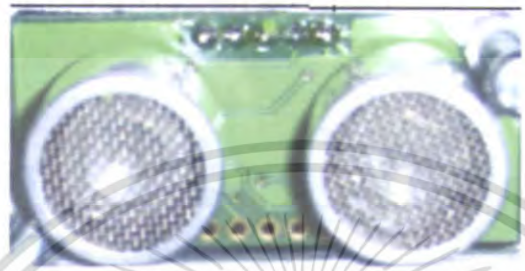
ในโครงงานนี้นำเซนเซอร์อัลตราโซนิคมาประยุกต์ใช้ในการใช้วัดระยะทางระหว่างส่วนที่ใช้จำลองการเชื่อมเฉพาะจุดกับชิ้นงานที่ต้องการเชื่อมเฉพาะจุดเพื่อใช้เป็นไปตามวิธีการเชื่อมที่ถูกหลักการ ของการเชื่อม

คุณสมบัติของเซนเซอร์อัลตราโซนิคคุณสมบัติ

- ใช้ไฟเลี้ยง +5V ต้องการกระแสไฟฟ้า 30 mA
- ใช้ตัวรับและตัวส่งคลื่นอัลต้าโซนิก ใช้ความถี่ 40kHz ในการทำงาน
- วัดระยะทางในช่วง 1 เซนติเมตรถึง 4 เมตร
- สัญญาณพัลส์สำหรับกะตุ้นการทำงาน ต้องมีความกว้างอย่างน้อย 10 ไมโครวินาที
- ให้ผลลัพธ์จากการวัดระยะเป็นค่าความกว้างพัลส์ซึ่งเป็นสัดส่วนกับระยะทางที่วัดได้
- มีขนาดเล็กคือ 43 มม. x 20 มม. x 17 มม (กว้างxยาวxสูง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

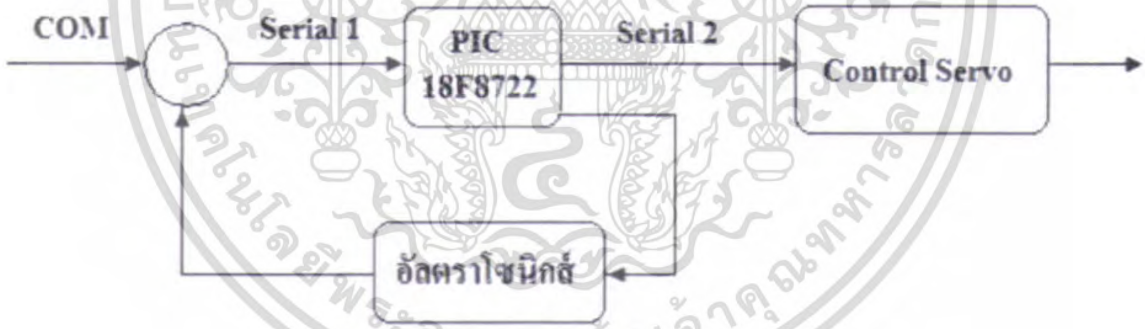
- สื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ยอดนิยมได้ทุกตละกูล อาทิ เบสิกแสตมป์ 2SX/2P, PIC, MCS-51, PSoC, 68HC11
- สามารถติดต่อได้ 2 แบบคือ แบบ 2 สัญญาณ (Echo กับ Trigger) เหมือนกับ SRF04 และแบบอนุกรมสัญญาณเส้นเดียว
- สามารถใช้ทดแทน SRF04 ได้



รูปที่ 3.18 แสดงเซนเซอร์อัลตราโซนิค

3.7 การออกแบบโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม

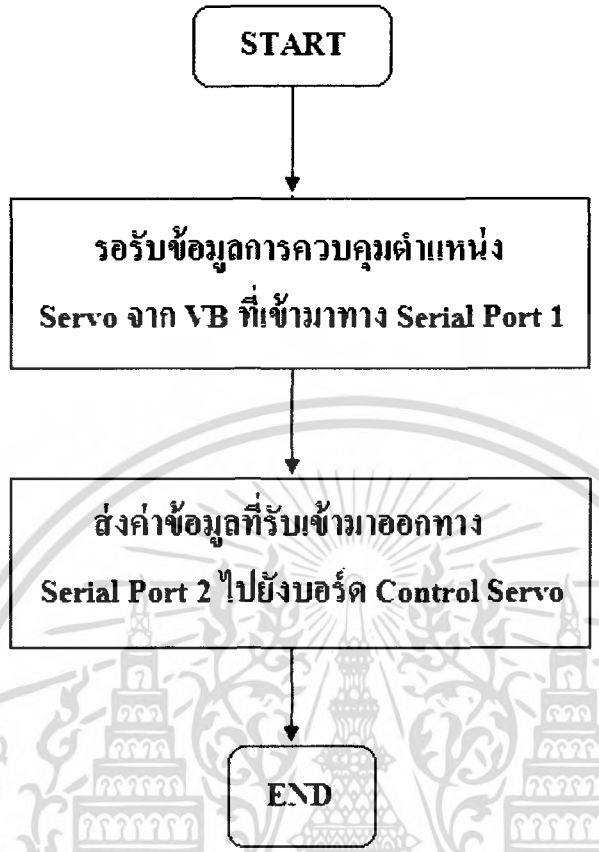
3.7.1 หลักการทำงานของแขนกลโดยรวม



รูปที่ 3.18 แสดงการออกแบบการทำงานโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของแขนกล แสดงดัง Flow Chart ได้ดังนี้



3.7.2 หลักการออกแบบในส่วนของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิค

อัลตราโซนิกส์เลื่อน 346 เมตรต่อวินาที

ใช้ Counter ตรวจสอบ

1/(40mHz/DIV) = 10 mHz

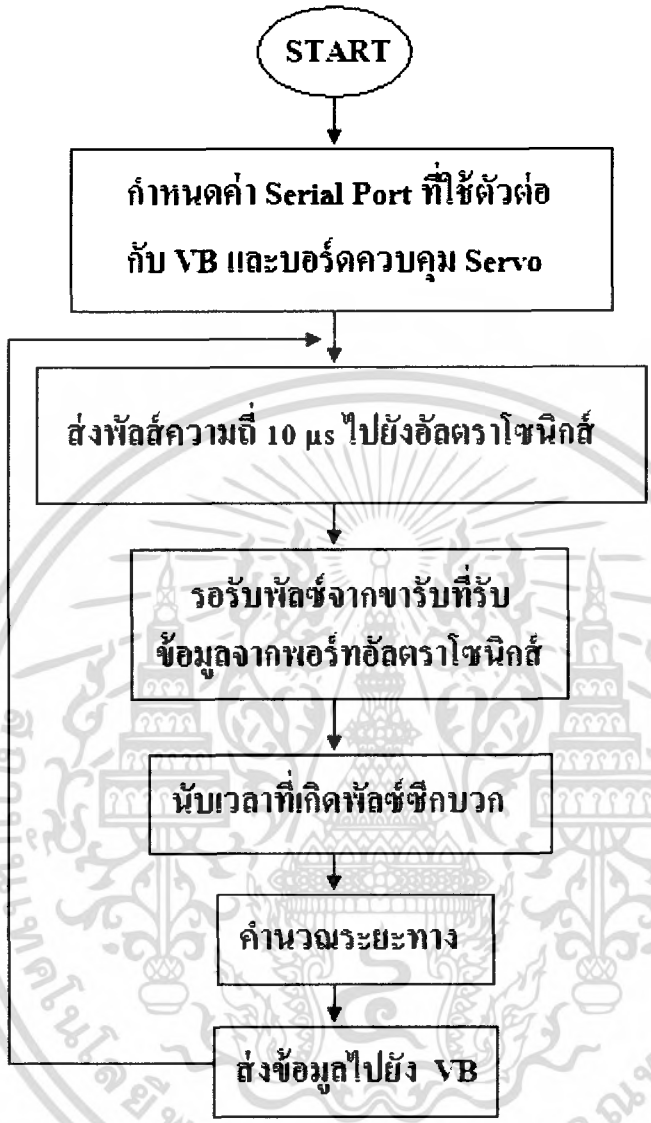
1/10 mHz = 100 ns ต่อการนับ 1 ครั้ง

X = นำค่าที่นับได้ x 100 ns = เวลาที่คลื่นสะท้อนกลับ หน่วยเป็น µs แปลง 346 เมตรต่อวินาทีเป็น µs 0.00346 เมตรต่อµs

ดังนั้นระยะทาง = (X x 0.00346) x 2 = ระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

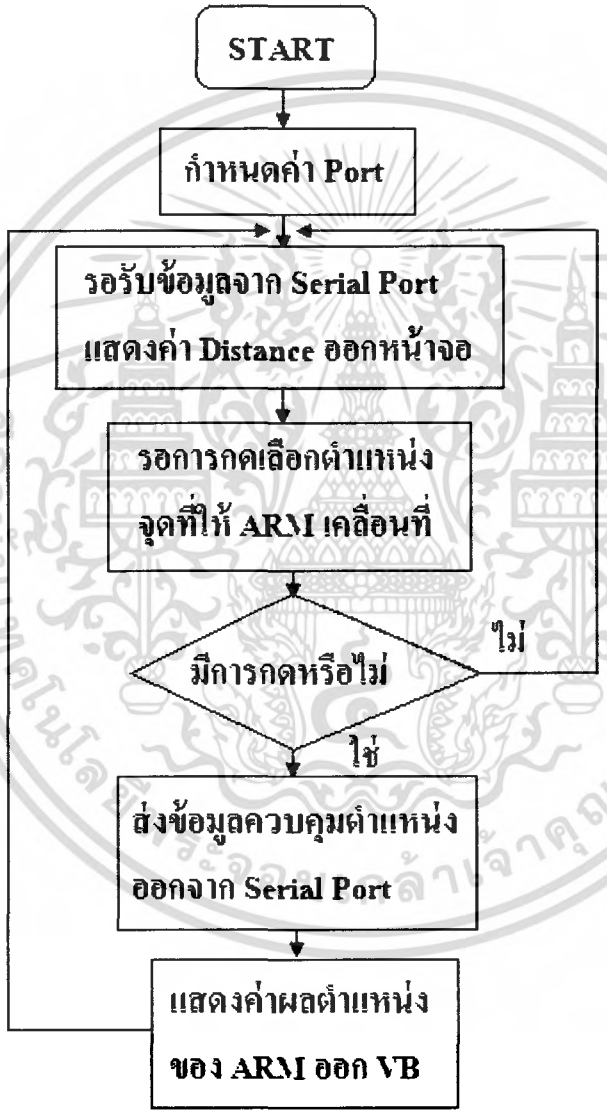
หลักการทำงานของเซนเซอร์อัลตราโซนิค เขียน Flow Chart ได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

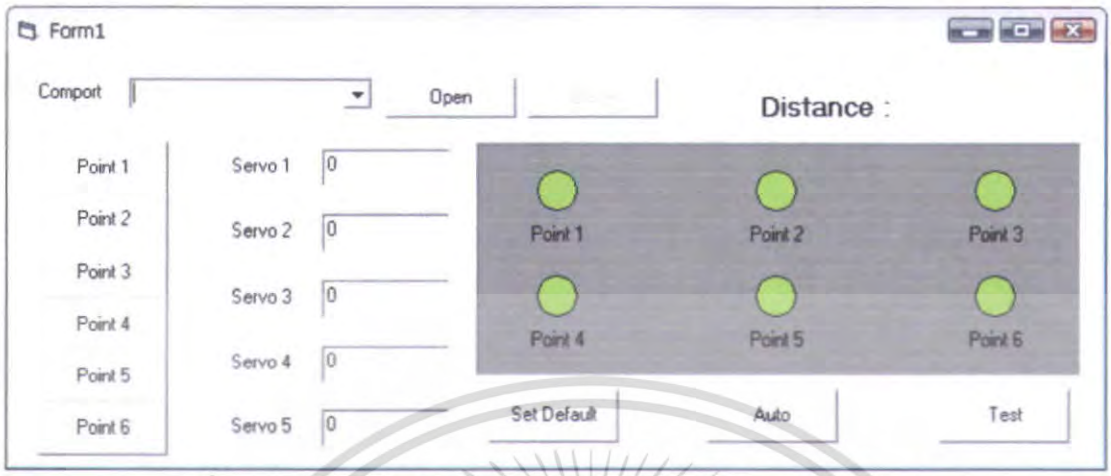
3.7.3 ส่วนสำหรับควบคุมแขนกลผ่านคอมพิวเตอร์ (Vb)

หลักการทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนควบคุมการทำงานของแขนกล หน้าต่าง Vb



รูปที่ 3.19 แสดงหน้าต่างการควบคุมแขนกลของโปรแกรมวิชวลเบสิก

อธิบายส่วนประกอบและการใช้งานในส่วนของโปรแกรมวิชวลเบสิก

Comport แสดงการเลือก Comport

Point 1 กดเพื่อเลือก ตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมตำแหน่งที่ 1

Point 2 กดเพื่อเลือก ตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมตำแหน่งที่ 2

Point 3 กดเพื่อเลือก ตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมตำแหน่งที่ 3

Point 4 กดเพื่อเลือก ตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมตำแหน่งที่ 4

Point 5 กดเพื่อเลือก ตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมตำแหน่งที่ 5

Point 6 กดเพื่อเลือก ตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมตำแหน่งที่ 6

Servo 1 แสดง ค่า step ของเซอร์โวมอเตอร์ ตัวที่ 1

Servo 2 แสดง ค่า step ของเซอร์โวมอเตอร์ ตัวที่ 2

Servo 3 แสดง ค่า step ของเซอร์โวมอเตอร์ ตัวที่ 3

Servo 4 แสดง ค่า step ของเซอร์โวมอเตอร์ ตัวที่ 4

Servo 5 แสดง ค่า step ของเซอร์โวมอเตอร์ ตัวที่ 5

Servo 6 แสดง ค่า step ของเซอร์โวมอเตอร์ ตัวที่ 6

Set Defalut กดเพื่อเลือกให้แขนกล กลับไปอยู่ตำแหน่งเริ่มต้น

Auto กดเพื่อเลือกให้แขนกลทำงานอัตโนมัติ

Test กดเพื่อทดสอบโปรแกรม

Open กดเพื่อเปิดโปรแกรม

Close กดเพื่อปิดโปรแกรม

Distance แสดงค่าระยะทางระหว่างแขนกลกับตัวชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการทดลองการทำงานของแขนกล เมื่อสั่งให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ที่ต้องการจำลองการทำงานของแขนกลเชื่อมเฉพาะจุด ตามตำแหน่งในโปรแกรม Visual Basic โดยทำการทดลองให้แขนกลเคลื่อนที่ไปที่ละจุด และให้รักษาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์จำลองการเชื่อมเฉพาะจุดกับชิ้นงานให้เท่ากันทุกครั้งที่แขนกลทำงาน โดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิคเป็นตัววัดระยะห่าง

รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแขนกล

โดยในส่วนของชิ้นงานที่ต้องการเชื่อมเฉพาะจุด จะมีความสูงของชิ้นงานไม่เท่ากัน แต่เมื่อทำการทดลองให้แขนกลเคลื่อนที่ไปทำการจำลองการเชื่อมเฉพาะจุดของแต่ละชิ้นงาน แขนกลในส่วนที่เป็นมือจับอุปกรณ์จำลองการเชื่อมต้องรักษาระยะ กับชิ้นงานเป็นไปตามที่กำหนดด้วย

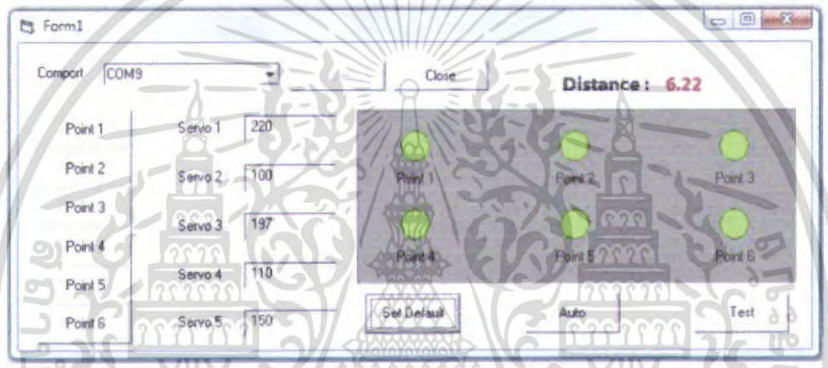
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลการทดลองการควบคุมแขนกลผ่านโปรแกรม Visual Basic

จากการทดลองได้ทำการทดลองการควบคุมแขนกล 2 แบบ คือ Manual และแบบ Auto ซึ่งในการทดลองการควบคุมแขนกลแบบ Auto นั้นได้เขียนคำสั่งให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการจำลองการเชื่อมเฉพาะจุดจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งโดยอัตโนมัติ ส่วนการควบคุมแบบ manual จะควบคุมผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Visual Basic เป็นตัวควบคุม

4.1.1 การทดลองการควบคุมแขนกลแบบ Manual ผ่านทางโปรแกรม วิชวลเบสิก

การทดลองนี้เป็นการทดลองการควบคุมแขนกลโดยใช้โปรแกรม วิชวลเบสิก เป็นโปรแกรมในการควบคุมแขนกลผ่านทางจอคอมพิวเตอร์ ทำการทดลองโดยทำการเลือกตำแหน่งของชิ้นงานให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการจำลองการเชื่อมเฉพาะจุดได้ ดังรูป

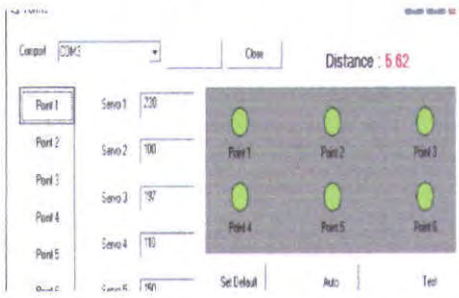


รูปที่ 4.2 แสดงหน้าจอคอมพิวเตอร์ชุดควบแขนกลแบบ Manual

จากนั้นได้ทำการทดลองควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกล ว่าสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ได้หรือไม่ โดยการเลือกตำแหน่งของชิ้นงานผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์แล้วให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการต้องการเชื่อมเฉพาะจุด ซึ่งแสดงผลการควบคุมการเคลื่อนของแขนกลแบบ Manual แสดงผลได้ดังนี้

การทดลองครั้งที่1

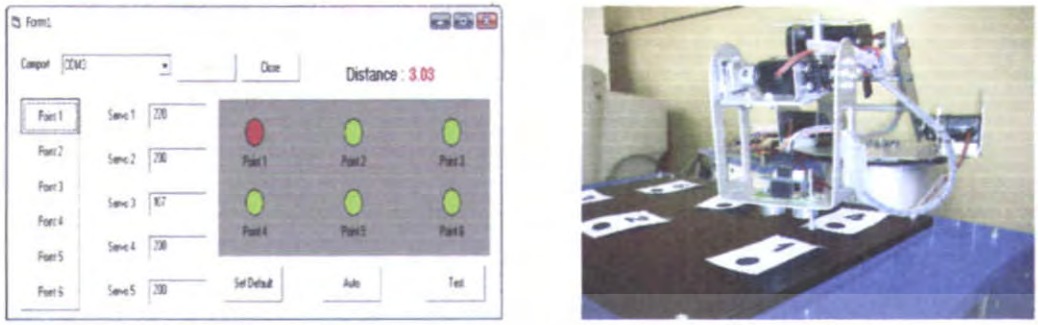
ตำแหน่งที่เริ่มต้น



รูปที่ 4.3 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่1

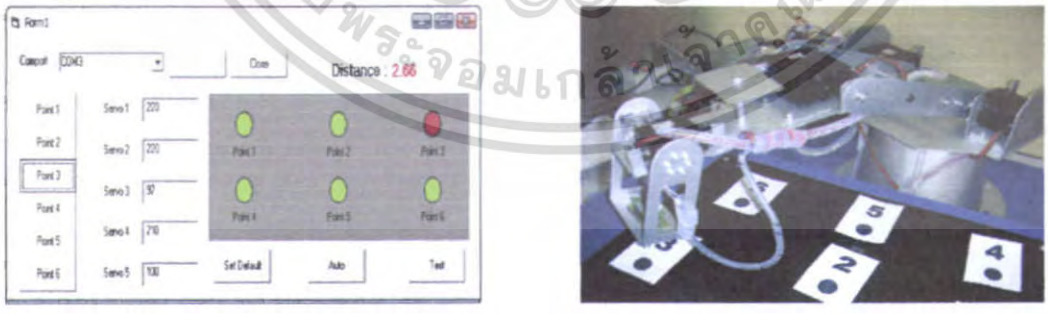


รูปที่ 4.4 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

ตำแหน่งที่ 2

รูปที่ 4.5 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

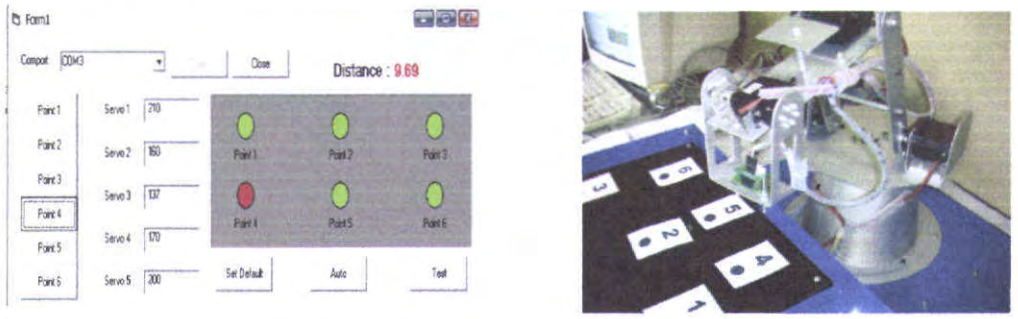
ตำแหน่งที่ 3



รูปที่ 4.6 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่4



รูปที่ 4.7 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

ตำแหน่งที่ 5

รูปที่ 4.8 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

ตำแหน่งที่ 6

รูปที่ 4.9 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของแขนกลเมื่อเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ

ตำแหน่งที่	ค่า step ที่เซอร์โวมอเตอร์					มุมของเซอร์โวมอเตอร์					ระยะห่างในVB (cm)	ระยะห่างแขนกล (cm)
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
0	220	100	197	110	150	150	60	45	135	90	5.62	5.70
1	220	200	107	200	200	160	55	145	35	45	3.03	3.50
2	220	200	107	200	200	170	65	130	50	90	3.03	3.60
3	220	220	97	210	100	165	30	150	25	135	2.66	2.96
4	210	160	137	170	200	170	80	115	65	45	9.69	9.23
5	220	170	137	170	150	140	75	110	70	90	9.94	10.00
6	200	240	137	170	90	165	110	115	65	135	4.88	4.55

เมื่อ 1 คือ เซอร์โวมอเตอร์ตัวมือที่เป็นอุปกรณ์

2 คือ เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ขับแขนท่อนที่ 2

3 คือ เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ขับแขนท่อนที่ 1

4 คือ เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ขับแขนที่1

5 คือ เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ขับฐาน

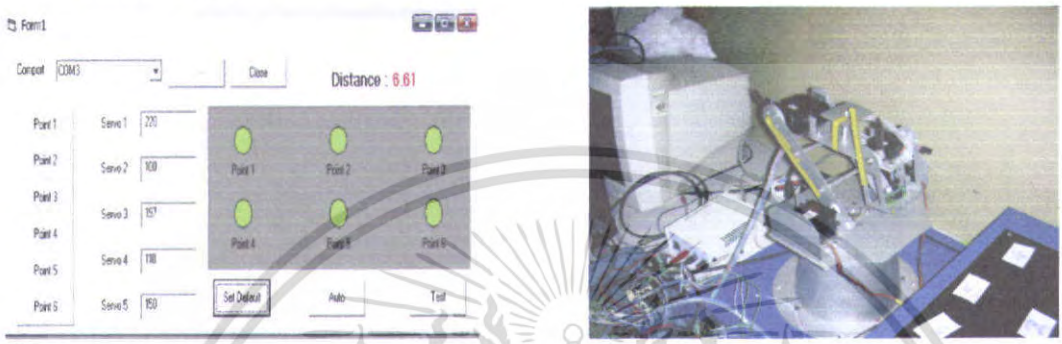
จากผลการทดลองพบว่าการเคลื่อนที่ของแขนกลไปยังตำแหน่งต่างที่ได้กำหนดไว้ในโปรแกรมวิชวลเบสิก เกิดข้อผิดพลาดข่อนข้างเยอะ จะสังเกตเห็นได้ จากค่าของมุมในโปรแกรมวิชวลเบสิก กับมุมของแขนกจริงที่เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ มีค่าแตกต่างกันข่อนข้างมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า โครงสร้างทางด้าน Machines ของแขนกลอาจไม่สอดคล้องกับโปรแกรม จึงทำการปรับปรุงแขนกลใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองครั้งที่ 2

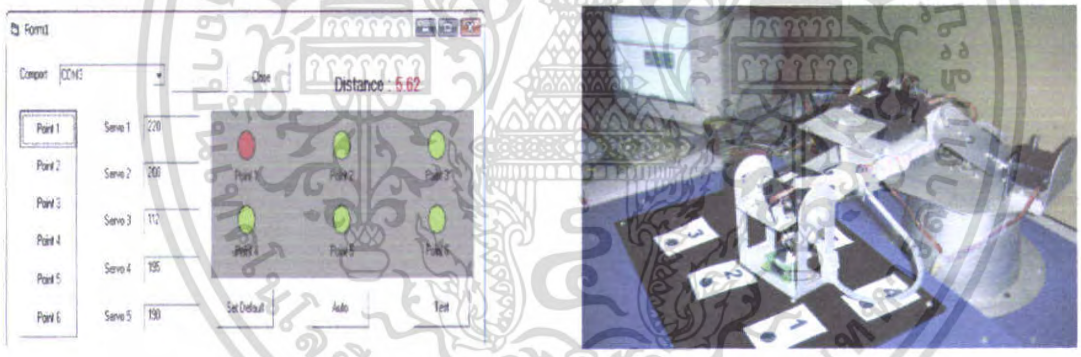
การทดลองนี้เป็นการทดลองการทำงานของแขนกลเมื่อเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการจำลองการเชื่อมเฉพาะจุด เมื่อมีการปรับปรุงแขนกลแล้ว ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

ตำแหน่งที่ เริ่มต้น



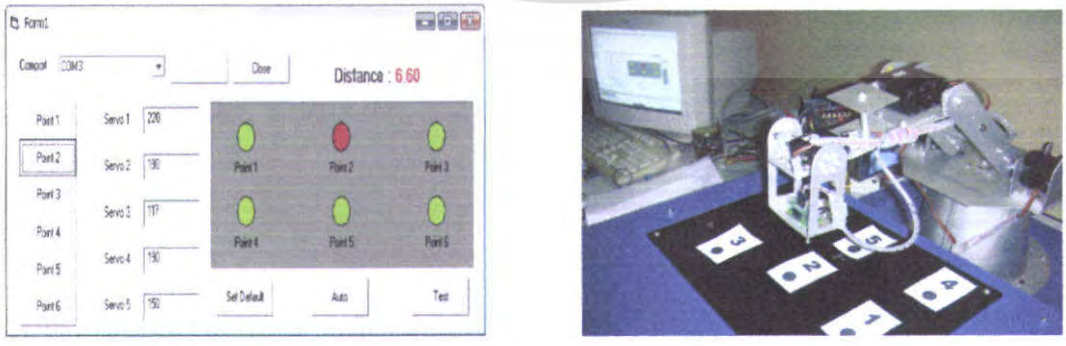
รูปที่ 4.10 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

ตำแหน่งที่ 1



รูปที่ 4.11 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

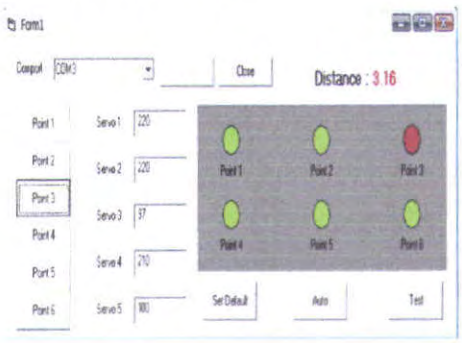
ตำแหน่งที่ 2

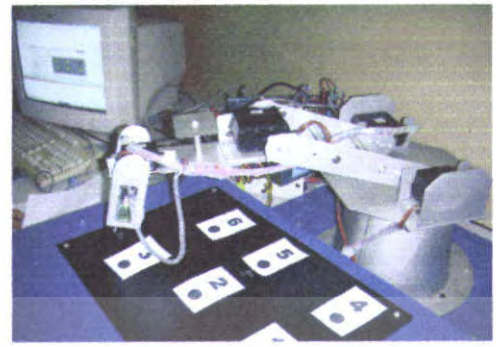


รูปที่ 4.12 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

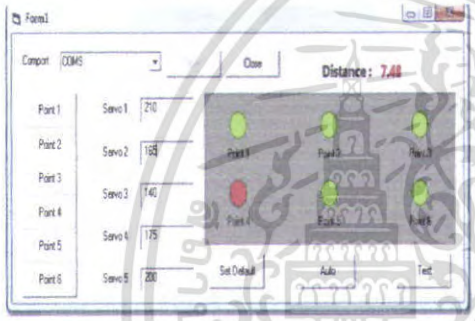
ตำแหน่งที่ 3

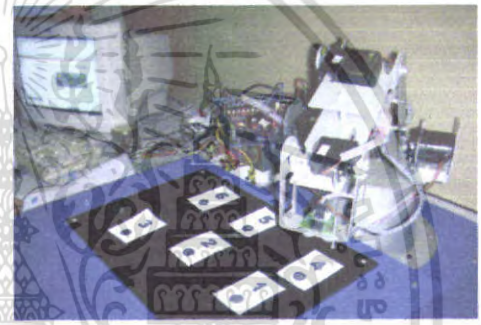




รูปที่ 4.13 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

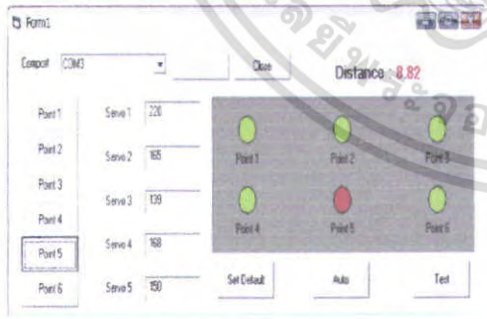
ตำแหน่งที่ 4

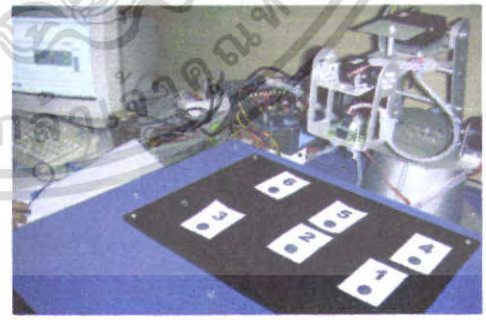




รูปที่ 4.14 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

ตำแหน่งที่ 5





รูปที่ 4.15 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่ 6

รูปที่ 4.16 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

ตารางที่4.2 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของแขนกลเมื่อเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ เมื่อมีการปรับปรุงแขนกล

ตำแหน่งที่	ค่า step ที่เซอร์โวมอเตอร์					มุมของเซอร์โวมอเตอร์					ระยะห่างในVB (cm)	ระยะห่างแขนกล (cm)
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
0	220	100	197	110	150	165	40	45	135	90	6.60	6.50
1	220	200	112	195	190	165	56	145	36	45	5.62	6.00
2	220	190	117	190	150	165	60	130	55	95	6.60	6.78
3	220	220	97	210	100	165	25	155	25	135	3.16	4.12
4	210	165	140	175	200	165	85	115	65	45	7.48	6.89
5	220	165	139	168	150	165	75	110	75	95	8.82	8.85
6	220	175	127	180	90	165	105	110	115	135	9.69	9.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

1 คือ เซอร์โวมอเตอร์ตัวมือที่เป็นอุปกรณ์

2 คือ เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ขับแขนท่อนที่ 2

3 คือ เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ขับแขนท่อนที่ 1

4 คือ เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ขับแขนที่1

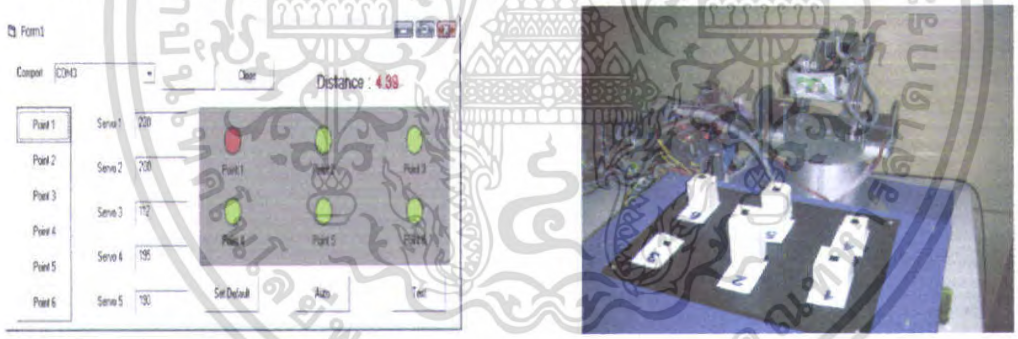
5 คือ เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ขับฐาน

จากการทดลองครั้งที่ 2 เมื่อมีการปรับปรุงแขนกล ใหม่ แขนกลสามารถเคลื่อนไปยังตำแหน่งต่างๆได้ดีขึ้น

การทดลองครั้งที่ 3

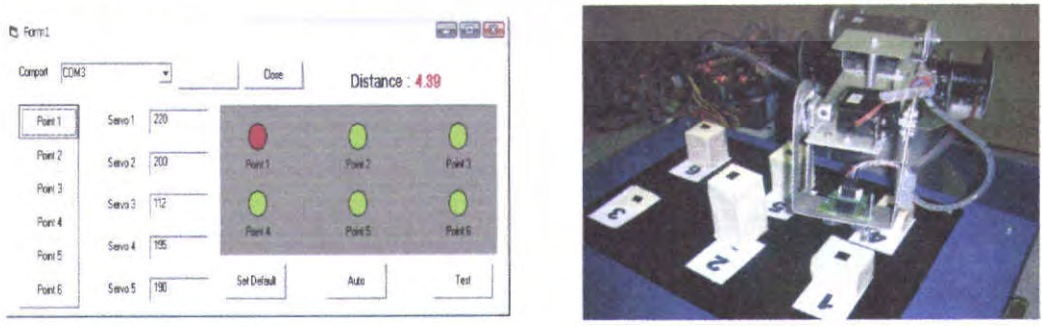
การทดการเคลื่อนที่ของแขนกลไปยังตำแหน่งต่างๆเมื่อมีการปรับปรุงโครงสร้างของแขนกลและโปรแกรมใหม่ และเราทำการเพิ่มความสูงของชิ้นงานที่ต้องการจำลองอการเชื่อมเฉพาะจุดแสดงผลการทดลองได้ดังนี้ได้ดังนี้

ตำแหน่งที่ เริ่มต้น



รูปที่ 4.17 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

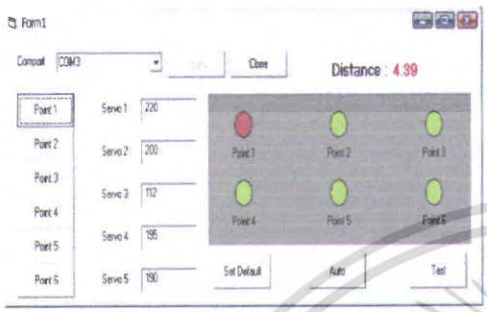
ตำแหน่งที่ 1

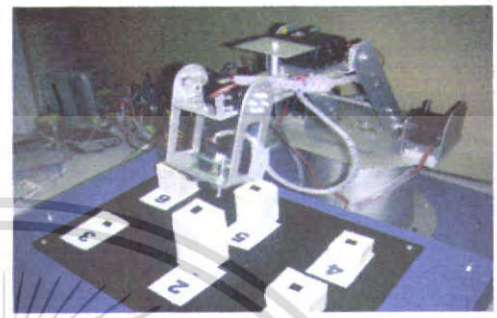


รูปที่ 4.18 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

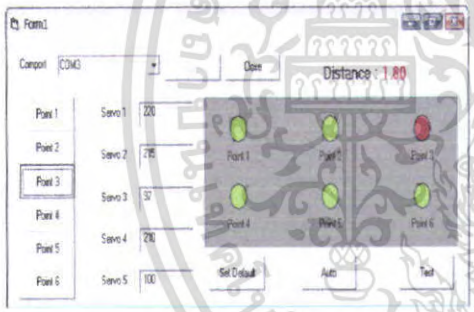
ตำแหน่งที่ 2

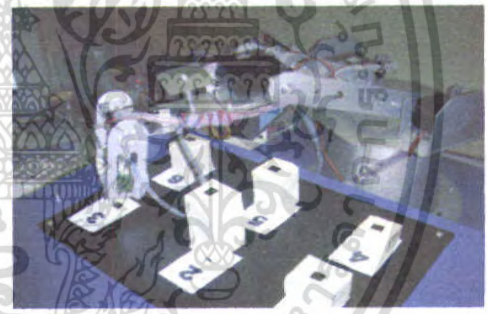




รูปที่ 4.19 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

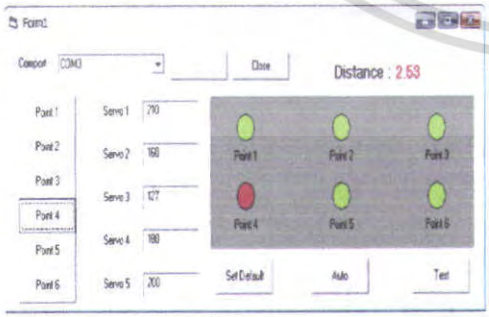
ตำแหน่งที่3

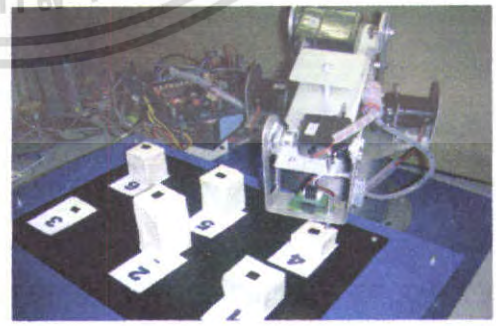




รูปที่ 4.20 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

ตำแหน่งที่ 4

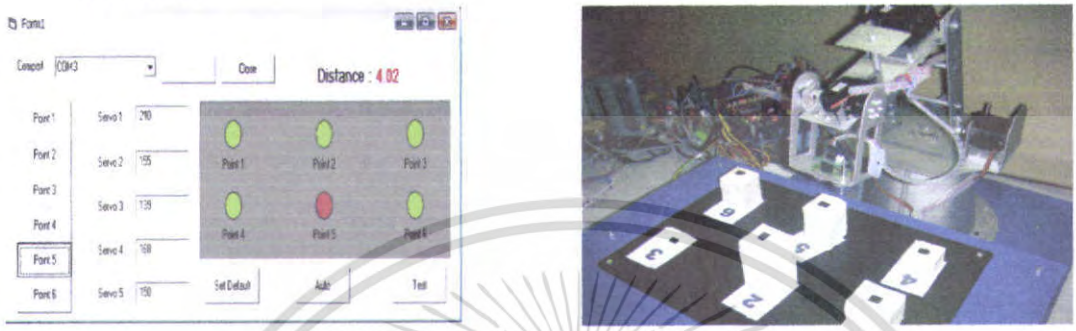




รูปที่ 4.21 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่ 5



รูปที่ 4.22 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

ตำแหน่งที่ 6

รูปที่4.23แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของแขนกลเมื่อเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ เมื่อมีการปรับปรุงแขนกลและซอร์ฟแวร์

ตำแหน่งที่	ค่า step ที่เซอร์โวมอเตอร์					มุมของเซอร์โวมอเตอร์					ระยะห่างในVB \(cm)	ระยะห่างแขนกล (cm)
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
0	220	100	197	110	150	165	40	45	135	90	6.27	6.50
1	220	200	112	195	190	165	50	145	35	45	4.39	4.26
2	220	190	122	185	150	165	65	130	50	95	4.14	4..80
3	220	215	97	210	100	165	20	155	25	135	1.80	1.85
4	210	160	127	180	200	160	80	110	70	45	2.53	2.50
5	210	155	139	168	150	165	70	110	70	95	4.02	4.50
6	220	175	127	180	90	150	110	110	70	135	3.03	3.00

เมื่อ 1 คือ เซอร์โวมอเตอร์ตัวมือที่เป็นอุปกรณ์

2 คือ เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ขับแขนท่อนที่ 2

3 คือ เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ขับแขนท่อนที่ 1

4 คือ เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ขับแขนที่1

5 คือ เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ขับฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

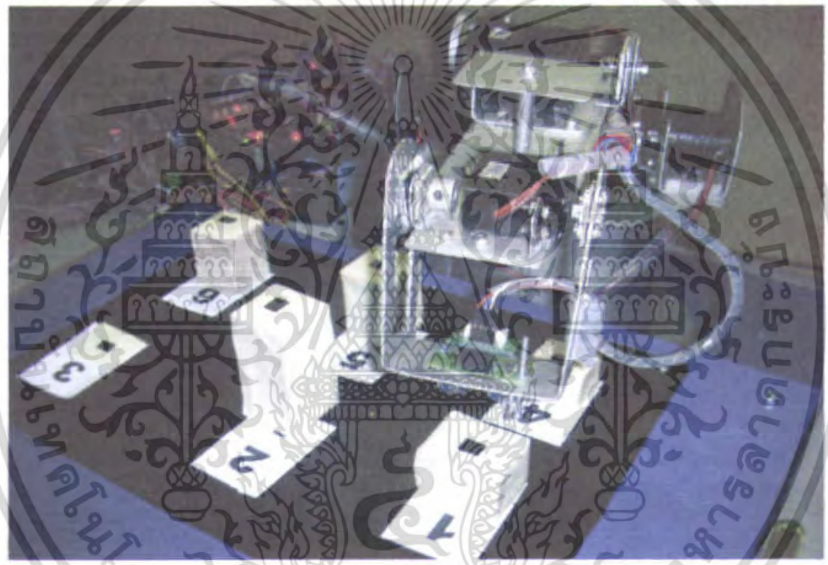
จากผลการทดลองพบว่า แขนกลสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆที่ต้องจำลองการเชื่อมเฉพาะจุด ได้ รวมไปถึงระยะห่างตัวชิ้นงานที่ต้องการเชื่อม กับอุปกรณ์จำลองการเชื่อม ก็สามารถรักษาระยะห่างได้ดีพอสมควร

4.1.2 การทดลองการควบคุมแขนกลแบบอัตโนมัติ (Auto)

จากการทดลองได้เขียนโปรแกรมเพื่อสั่งการให้แขนกลทำงานโดยการเคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่ได้กำหนดในโปรแกรม Visual basic 6 ตำแหน่ง เพื่อดูการทำงานของแขนกลว่าสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการจำลองการเชื่อมเฉพาะจุดได้หรือไม่ โดยให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมเฉพาะจุด ทีละตำแหน่ง ทดลอง 3 ครั้ง ดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1

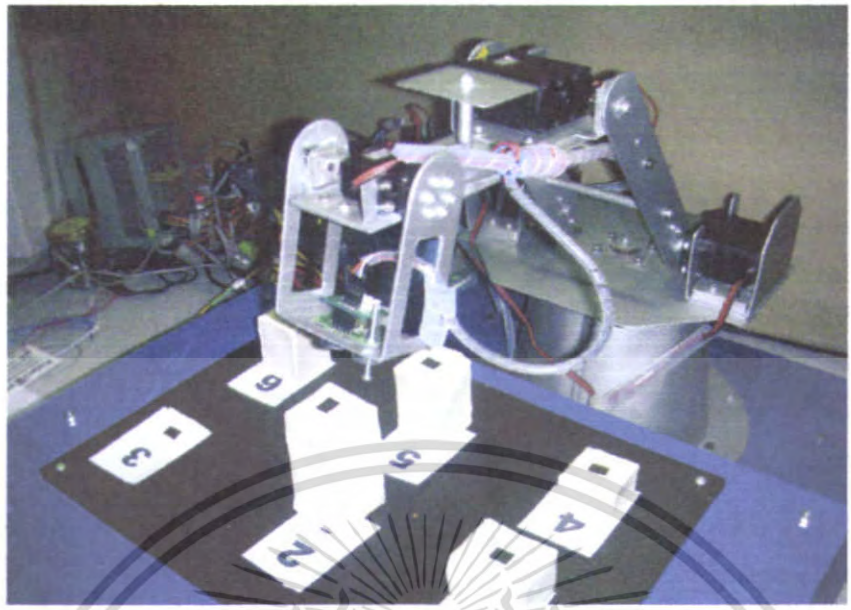
ตำแหน่งที่ 1



รูปที่ 4.24 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

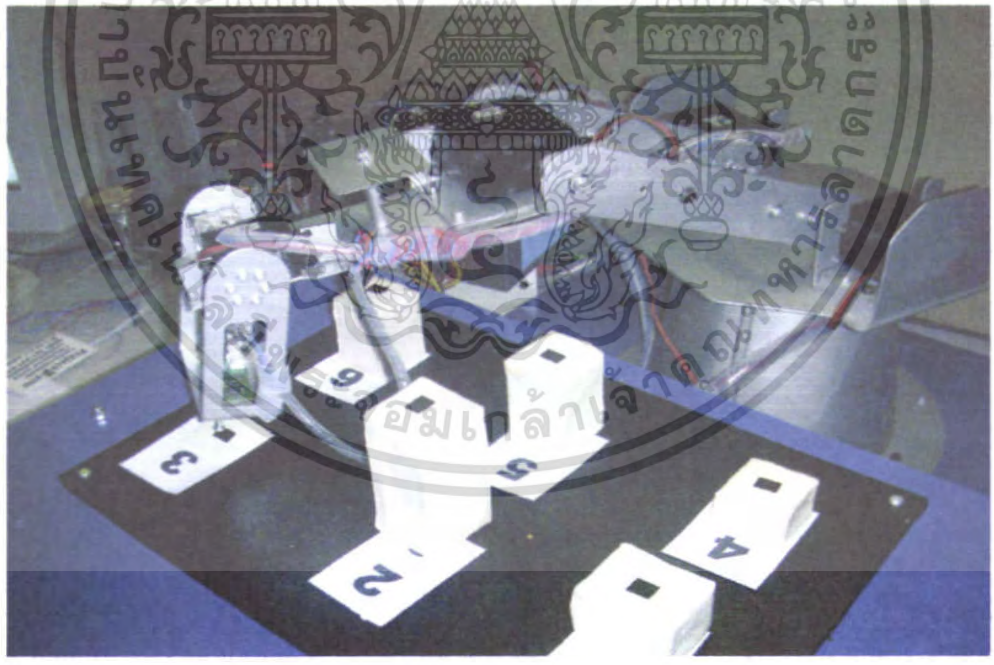
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่2



รูปที่4.25แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

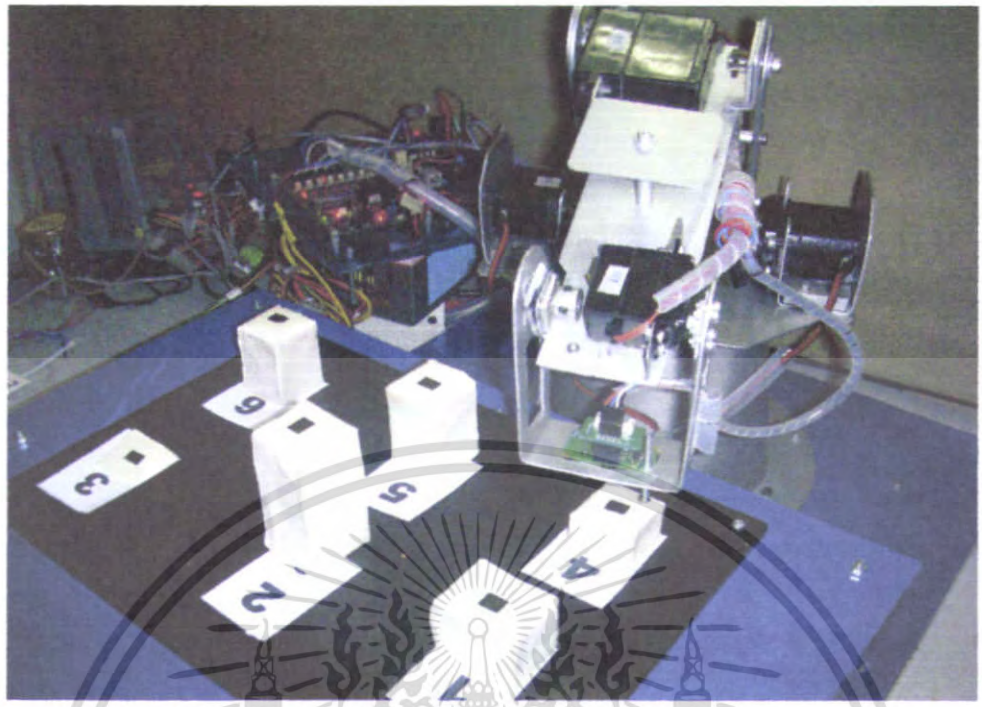
ตำแหน่งที่ 3



รูปที่ 4.26 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

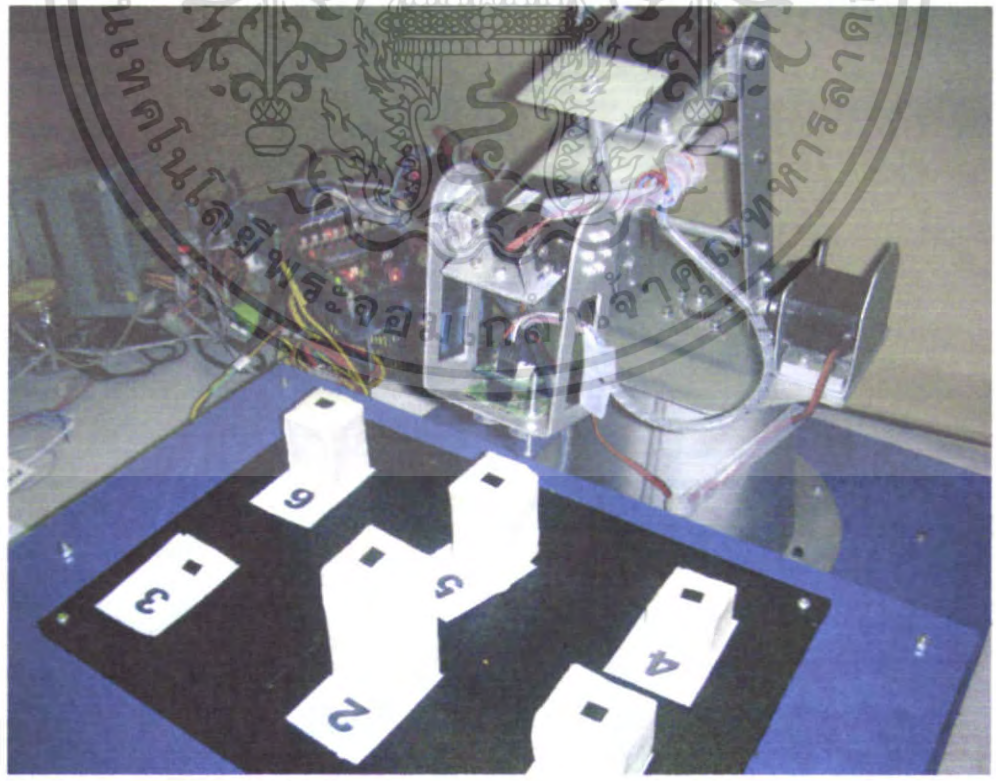
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่ 4



รูปที่ 4.27 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

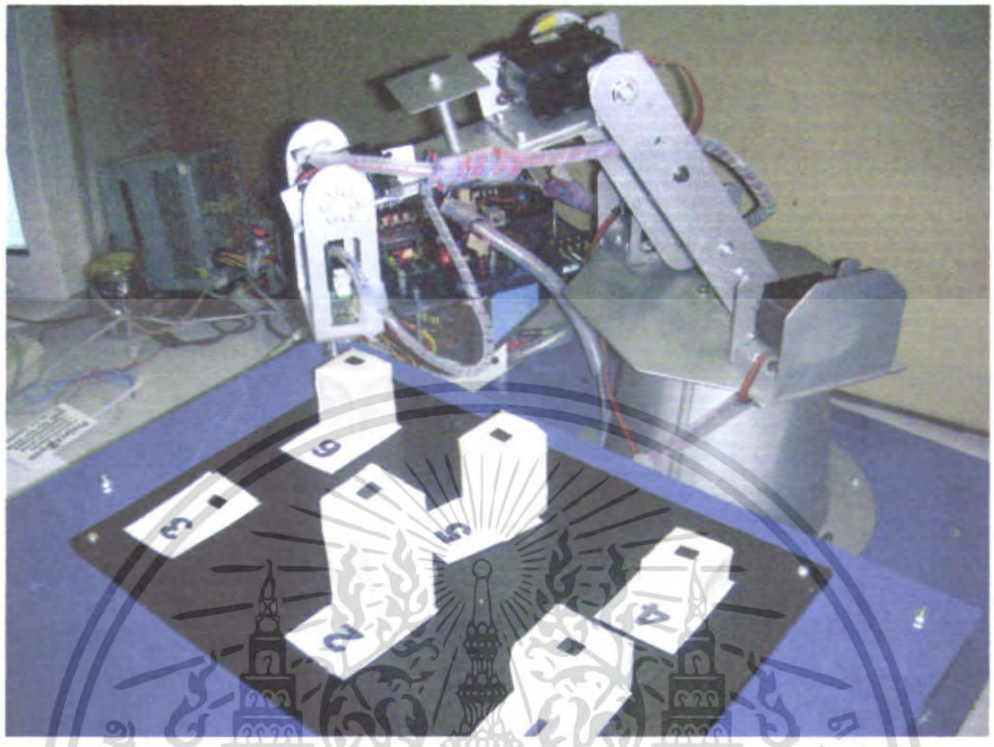
ตำแหน่งที่ 5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.28 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

ตำแหน่งที่ 6



รูปที่ 4.29 แสดงการเคลื่อนที่ของแขนกล

ตารางที่ 4.4 แสดงการเคลื่อนที่ไปตำแหน่งต่าง ทดลอง 3 ครั้งดังนี้

ตำแหน่งที่	การทดลองครั้งที่1	การทดลองครั้งที่2	การทดลองครั้งที่ 3
1	ได้	ได้	ได้
2	ได้	ได้	ได้
3	ได้	ได้	ได้
4	ได้	ได้	ได้
5	ได้	ได้	ได้
6	ได้	ได้	ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.5 แสดงค่าของระยะทาง ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ทดลอง 3 ครั้งแสดงได้ดังนี้

ตำแหน่งที่	การทดลองครั้งที1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3
0	6.27	6.25	6.25
1	4.56	4.50	4.25
2	4.20	4.30	4.30
3	1.80	1.85	1.85
4	2.53	2.50	2.60
5	4.04	4.00	4.05
6	3.03	3.10	315

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและวิจารณ์

5.1สรุปผลการทดลอง

จะเห็นได้ว่าแขนกลที่ได้ออกแบบไว้นั้นสามารถนำมาสร้างเป็นแขนกลและนำมาใช้งานได้จริงโดยจะมีวงจรควบคุมการทำงาน,วงจรที่ใช้สำหรับการสั่งการทำงานของตัวเซอร์โวมอเตอร์ และ โปรแกรมควบคุมการทำงาน ซึ่งจะมีการควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์ด้วยสายสัญญาณRS-232 ซึ่งแขนกลที่ใช้ทำในโครงงานนี้เป็นแขนกลแบบ 4 แกน โดยมีการใช้เซอร์โวมอเตอร์ 5 ตัว และแต่ละตัวได้มีการหาข้อมูลการเคลื่อนที่พื้นฐานเพื่อนำมาใช้ในการทำงานของแขนกล

จากการทดลอง เมื่อนำแขนกลมาทำการทดสอบจริง จะเห็นได้ว่า แขนสามารถทำการเคลื่อนตำแหน่งไปในพิกัดต่างๆ ทั้ง 6จุดที่ได้ตั้งไว้ได้ และใน Mode- Auto การทำงานของแขนกลก็สามารถทำงานอย่างอัตโนมัติตามที่เราตั้งค่าไว้ได้ แต่ก็ยังคงไม่แม่นยำนักก็เป็นเพราะความละเอียดของการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ยังคงไม่ละเอียดพอ ยังคงมีความผิดพลาดเกิดขึ้น แต่ก็พอยอมรับได้ว่าแขนกลนั้นสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ และในส่วนของเซนเซอร์วัดระยะทางนั้นเป็นการใช้เซนเซอร์แบบอัลตาโซนิค ซึ่งผลที่ได้ออกมานั้นเป็นค่าที่แม่นยำเป็นที่น่าพอใจ แต่ก็อาจมีเกิดขึ้นบ้างก็อาจเป็นได้จากอุณหภูมิรอบข้างที่ทดสอบหรือปัจจัยทางอิเล็คทรอนิกส์ทั่วไป

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

5.2.1 ค่าขีดจำกัดการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้จะมีการใช้เซอร์โวมอเตอร์ด้วยกันทั้งหมด 5 ตัวโดยมีการใช้เซอร์โวมอเตอร์ตัวใหญ่(S-666) 4 ตัว และตัวกลาง(ST-302) 1 ตัว ซึ่งเมื่อนำมาใช้งานแล้วแขนท่อนบนตัวที่ 2 ที่ทำงานส่วนแขนท่อนกลาง ถือว่ามีแรงบิดของเซอโวร์มอเตอร์ยังมากไม่พอ เมื่อจะคำนวณจากน้ำหนักของแขนที่ต้องรองรับ แต่ก็สามารถทำงานได้ที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีได้

- แนวทางการแก้ไข คือ ควรมีการเปลี่ยนไปใช้เซอร์โวมอเตอร์ที่มี รอบ แรง ทอร์ค ที่มากกว่าอีกเล็กน้อย จะทำให้ได้มุมและองศาที่ดีและมีประสิทธิภาพอย่างสมบูรณ์

5.2.2 การติดตั้งของเซอร์โวมอเตอร์ในส่วนของแขนกลท่อนล่าง จะมีการวางตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ที่กลับกัน ดังนั้นในเวลาที่ทำการโปรแกรมจึงต้องมีการกลับมุมของค่า Step ทีป้อนให้กับเซอร์โวมอเตอร์ด้วย

5.2.3 จากการวางตำแหน่งของแขนท่อนล่างที่ใช้เซอร์โวมอเตอร์ 2 ตัว ค่าของ เซอร์โวมอเตอร์ แต่ละตัวอาจจะมีค่าที่ยังไม่ตรงกันจึงทำให้การทำงานของแขนกลมีการทำงานที่บิดตัวไปบ้างทำให้การเคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งต่างๆ เกิด error ขึ้นมาได้บ้างและจากผลการดึงกันของ เซอร์โวมอเตอร์ จะทำให้ตัวมันเองกินกระแสไฟมากซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหาย หรือพังได้และเกิดความร้อนขึ้นที่ตัวของบอร์ดควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ตามมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แนวทางการแก้ไข ต้องมีการเซตค่าของเซอร์โวมอเตอร์ให้มีค่าตรงกันหรือให้มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ดังนั้นในการทำงานจึงต้องมีการชิพค่าของมุมให้มีค่าต่างกันตามที่เราได้เซตค่าเอาไว้

5.2.4 การตรวจค่าระยะจากเซนเซอร์อัลตาโซนิค จากการทำงานของเซนเซอร์ค่าของแต่ละพิกัดที่แขนกลเคลื่อนที่ไปและตรวจจับในตำแหน่งพิกัดต่างๆ ค่าที่แสดงออกมานั้นจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงของจุดพอสมควร แต่ก็มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้บ้าง

- แนวทางการแก้ไข

จากค่าที่ผิดพลาดของการทำงานอาจเกิดขึ้นได้จากค่าของอุณหภูมิโดยรอบขณะที่ทำการทดสอบอยู่ก็เป็นสาเหตุให้เกิดการผิดพลาดขึ้นมาได้หรืออาจจะเป็นในส่วนของตัวอุปกรณ์ด้านอิเล็คทรอนิกส์ต่างๆที่นำมาใช้ จึงควรที่จะมีการตรวจเช็คหรือทดสอบสถานะต่างๆก่อน

5.2.5 จากการทำงานในส่วนของ Mode- Aoto การตรวจจับของค่าสัญญาณจากระยะทางนั้นยังมีปัญหาอยู่บ้างเล็กน้อย คือค่าของการตรวจจับจะได้ผลที่ยังไม่แน่นอน ค่าบางค่ายังมีปัญหาในการตรวจวัดให้ได้เห็นอยู่บ้าง

- แนวทางในการแก้ไข ให้เวลาหน่างของสัญญาณในการทำงานของตัวแขนกลมากกว่านี้จะช่วยให้สามารถตรวจจับค่าที่ระยะต่างๆได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

5.2.6 ระบบกลไกในการขับเคลื่อน เฟืองที่เราใช้มีความห่างของฟันค่อนข้างมากทำให้ส่งผลในการเคลื่อนที่และระบบกำลังอีกส่วนของแต่ละตัวของตัวเซอร์โวมอเตอร์มีประสิทธิภาพไม่เท่ากัน

- แนวทางการแก้ไข เลือกระบบกลไกในการขับเคลื่อนที่มีความละเอียดและแน่นอนมากกว่า กลไกที่ใช้อยู่

5.3 ขอบเขตการดำเนินงานและแนวทางในการพัฒนา

ในภาคเรียนนี้ได้สร้างแขนกลเสร็จแล้วโดยมีวงจรควบคุมและโปรแกรมที่ใช้ควบคุมจากคอมพิวเตอร์ สามารถพัฒนาได้โดยการทำให้แขนกลเคลื่อนที่ให้แม่นยำมากยิ่งขึ้น สามารถนำไปพัฒนาเพื่อหาความละเอียดของการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ให้มากยิ่งขึ้น แล้วจะทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานของเซอร์โวมอเตอร์ละเอียดขึ้นด้วย ซึ่งจะทำให้แขนกลเคลื่อนที่ได้ดีและราบเรียบยิ่งขึ้น ซึ่งแขนกลนี้สามารถนำไปพัฒนาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมต่างๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] วิโรจน์ อัศวรังสี, ชัชวาลย์ เต็มฤทธ์วงศ์, กรชุลี ใช้สถิตย์. การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์. กรุงเทพ;บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด(มหาชน)

[2] โยธิน เปรมปราณีรัชต์ , ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ ระบบเซอร์โว อิเล็คทรอนิกส์คอนโทรลมอเตอร์ , กรุงเทพ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจทหารลาดกระบัง, 2533

[3] อภิชาติ ภู่พลับ, เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ ด้วย Visual Basic, กรุงเทพ;Infopress Developer Book,2546

[4] McNeil,Perry A , Electro mechanism:Servo mechanism , New York , Delma, 1972

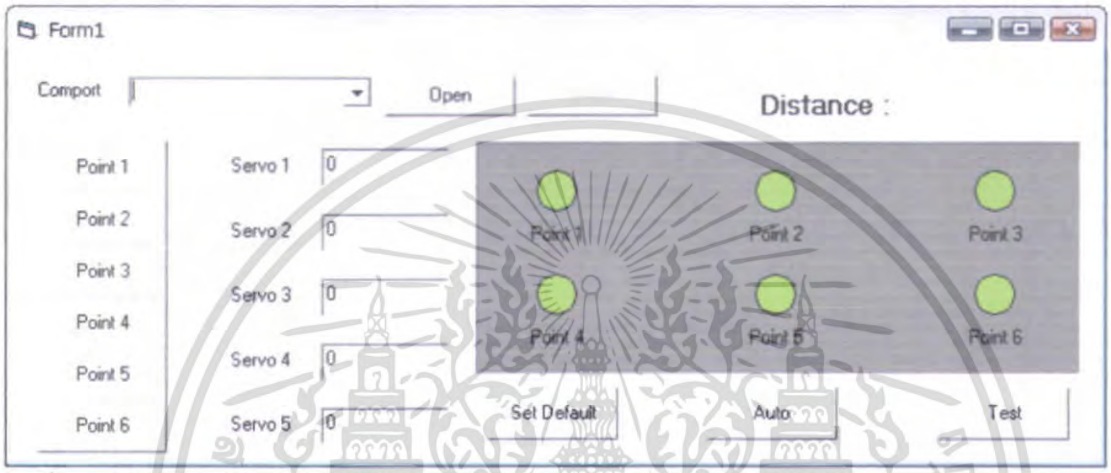
[5] Todd, D.J, Fundamenttals Of Robot Tecnology, London,Kogan Page, 1986

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมการประมวลผลภาพและโปรแกรมควบคุม

โปรแกรมวิชวลเบสิก 6 ซึ่งเขียนเพื่อใช้ในการตรวจสอบตำแหน่งลูกบอลและควบคุม ประกอบด้วย หน้าต่างการควบคุมแขนกล ดังรูปที่ ก.1 และโค้ดโปรแกรม ดังต่อไปนี้



รูปที่ ก.1หน้าต่างการควบคุมแขนกล

```
VERSION 5.00
Object = "{648A5603-2C6E-101B-82B6-000000000014}#1.1#0"; "Mscomm32.ocx"
Begin VB.Form Form1
   AutoRedraw      =  -1  'True
   Caption         =  "Form1"
   ClientHeight    =  3810
   ClientLeft      =  60
   ClientTop       =  345
   ClientWidth     =  10140
   LinkTopic       =  "Form1"
   ScaleHeight     =  3810
   ScaleWidth      =  10140
   StartUpPosition =  3  'Windows Default
   Begin VB.PictureBox Picture1
      BackColor       =  &H00808080&
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Height        =  2175
Left          =  4320
ScaleHeight   =  2115
ScaleWidth    =  5595
TabIndex      =  25
Top           =  840
Width         =  5655
Begin VB.Label Label4
  BackColor     =  &H00808080&
  Caption       =  "Point 6"
  Height        =  255
  Index         =  5
  Left          =  4560
  TabIndex      =  31
  Top           =  1680
  Width         =  615
End
Begin VB.Label Label4
  BackColor     =  &H00808080&
  Caption       =  "Point 5"
  Height        =  255
  Index         =  4
  Left          =  2520
  TabIndex      =  30
  Top           =  1680
  Width         =  615
End
Begin VB.Label Label4
  BackColor     =  &H00808080&
  Caption       =  "Point 4"
  Height        =  255
  Index         =  3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Left        =  480
  TabIndex    =  29
  Top         =  1680
  Width       =  615
End
Begin VB.Label Label4
  BackColor   =  &H00808080&
  Caption     =  "Point 3"
  Height      =  255
  Index       =  2
  Left        =  4560
  TabIndex    =  28
  Top         =  720
  Width       =  615
End
Begin VB.Label Label4
  BackColor   =  &H00808080&
  Caption     =  "Point 2"
  Height      =  255
  Index       =  1
  Left        =  2520
  TabIndex    =  27
  Top         =  720
  Width       =  615
End
Begin VB.Label Label4
  BackColor   =  &H00808080&
  Caption     =  "Point 1"
  Height      =  255
  Index       =  0
  Left        =  480
  TabIndex    =  26
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Top        =  720
  Width      =  615
End
Begin VB.Shape Shape6
  BackColor  =  &H0000FF00&
  BackStyle  =  1  'Opaque
  Height     =  375
  Left       =  4560
  Shape      =  3  'Circle
  Top        =  1200
  Width      =  495
End
Begin VB.Shape Shape5
  BackColor  =  &H0000FF00&
  BackStyle  =  1  'Opaque
  Height     =  375
  Left       =  2520
  Shape      =  3  'Circle
  Top        =  1200
  Width      =  495
End
Begin VB.Shape Shape4
  BackColor  =  &H0000FF00&
  BackStyle  =  1  'Opaque
  Height     =  375
  Left       =  480
  Shape      =  3  'Circle
  Top        =  1200
  Width      =  495
End
Begin VB.Shape Shape2
  BackColor  =  &H0000FF00&
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    BackStyle     =  1  'Opaque
    Height        =  375
    Left          =  2520
    Shape         =  3  'Circle
    Top           =  240
    Width         =  495
  End
  Begin VB.Shape Shape3
    BackColor     =  &H0000FF00&
    BackStyle     =  1  'Opaque
    Height        =  375
    Left          =  4560
    Shape         =  3  'Circle
    Top           =  240
    Width         =  495
  End
  Begin VB.Shape Shape1
    BackColor     =  &H0000FF00&
    BackStyle     =  1  'Opaque
    Height        =  375
    Left          =  480
    Shape         =  3  'Circle
    Top           =  240
    Width         =  495
  End
End
Begin VB.CommandButton cmdAuto
  Caption       =  "Auto"
  Height        =  495
  Left          =  6480
  TabIndex      =  24
  Top           =  3120
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Width        =  1215
End
Begin VB.CommandButton cmdSetDefault
  Caption      =  "Set Default"
  Height       =  495
  Left         =  4440
  TabIndex     =  23
  Top          =  3120
  Width        =  1215
End
Begin VB.CommandButton Command7
  Caption      =  "Test"
  Height       =  495
  Left         =  8640
  TabIndex     =  22
  Top          =  3120
  Width        =  1215
End
Begin VB.TextBox txts5
  Height       =  375
  Left         =  2880
  TabIndex     =  21
  Text         =  "0"
  Top          =  3300
  Width        =  1215
End
Begin VB.TextBox txts4
  Height       =  375
  Left         =  2880
  TabIndex     =  20
  Text         =  "0"
  Top          =  2700
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Width        =  1215
End
Begin VB.TextBox txts3
  Height       =  375
  Left         =  2880
  TabIndex     =  19
  Text         =  "0"
  Top          =  2100
  Width        =  1215
End
Begin VB.TextBox txts2
  Height       =  375
  Left         =  2880
  TabIndex     =  18
  Text         =  "0"
  Top          =  1500
  Width        =  1215
End
Begin VB.TextBox txts1
  Height       =  375
  Left         =  2880
  TabIndex     =  17
  Text         =  "0"
  Top          =  900
  Width        =  1215
End
Begin VB.CommandButton Command6
  Caption      =  "Point 6"
  Height       =  495
  Left         =  240
  TabIndex     =  11
  Top          =  3240
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Width        =  1215
End
Begin VB.CommandButton Command5
  Caption      =  "Point 5"
  Height       =  495
  Left         =  240
  TabIndex     =  10
  Top          =  2760
  Width        =  1215
End
Begin VB.CommandButton Command4
  Caption      =  "Point 4"
  Height       =  495
  Left         =  240
  TabIndex     =  9
  Top          =  2280
  Width        =  1215
End
Begin VB.CommandButton Command3
  Caption      =  "Point 3"
  Height       =  495
  Left         =  240
  TabIndex     =  8
  Top          =  1800
  Width        =  1215
End
Begin VB.CommandButton Command2
  Caption      =  "Point 2"
  Height       =  495
  Left         =  240
  TabIndex     =  7
  Top          =  1320
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Width        =  1215
End
Begin VB.CommandButton Command1
  Caption      =  "Point 1"
  Height       =  495
  Left         =  240
  TabIndex     =  6
  Top          =  840
  Width        =  1215
End
Begin VB.Timer Timer1
  Enabled      =  0  'False
  Interval     =  300
  Left         =  5880
  Top          =  3120
End
Begin MSCommLib.MSComm Comm1
  Left         =  7920
  Top          =  3120
  _ExtentX     =  1005
  _ExtentY     =  1005
  _Version     =  393216
  DTREnable    =  -1  'True
End
Begin VB.CommandButton CmdClose
  Caption      =  "Close"
  Height       =  375
  Left         =  4800
  TabIndex     =  2
  Top          =  240
  Width        =  1215
End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Begin VB.CommandButton CmdOpen
   Caption         =  "Open"
   Height          =  375
   Left            =  3480
   TabIndex        =  1
   Top             =  240
   Width           =  1215
End
Begin VB.ComboBox cmbComport
   Height          =  315
   ItemData        =  "Form1.frx":0000
   Left            =  1080
   List            =  "Form1.frx":0022
   TabIndex        =  0
   Top             =  240
   Width           =  2295
End
Begin VB.Label Label3
   Caption         =  "Servo 5"
   Height          =  255
   Index           =  5
   Left            =  2040
   TabIndex        =  16
   Top             =  3360
   Width           =  615
End
Begin VB.Label Label3
   Caption         =  "Servo 4"
   Height          =  255
   Index           =  4
   Left            =  2040
   TabIndex        =  15
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Top          =  2760
  Width        =  615
End
Begin VB.Label Label3
  Caption      =  "Servo 3"
  Height       =  255
  Index        =  3
  Left         =  2040
  TabIndex     =  14
  Top          =  2160
  Width        =  615
End
Begin VB.Label Label3
  Caption      =  "Servo 2"
  Height       =  255
  Index        =  2
  Left         =  2040
  TabIndex     =  13
  Top          =  1560
  Width        =  615
End
Begin VB.Label Label3
  Caption      =  "Servo 1"
  Height       =  255
  Index        =  1
  Left         =  2040
  TabIndex     =  12
  Top          =  960
  Width        =  615
End
Begin VB.Label labDistance
  BeginProperty Font
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Name        =  "MS Sans Serif"
    Size        =  12
    Charset     =  222
    Weight      =  700
    Underline   =  0  'False
    Italic      =  0  'False
    Strikethrough  =  0  'False
  EndProperty
  ForeColor     =  &H000000FF&
  Height        =  255
  Left          =  8280
  TabIndex      =  5
  Top           =  360
  Width         =  1215
End
Begin VB.Label Label2
  Caption       =  "Distance : "
  BeginProperty Font
    Name        =  "MS Sans Serif"
    Size        =  12
    Charset     =  222
    Weight      =  700
    Underline   =  0  'False
    Italic      =  0  'False
    Strikethrough  =  0  'False
  EndProperty
  Height        =  255
  Left          =  6960
  TabIndex      =  4
  Top           =  360
  Width         =  1575
End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Begin VB.Label Label1
    Caption     =  "Comport"
    Height      =  255
    Left        =  240
    TabIndex    =  3
    Top         =  270
    Width       =  735
  End
End
Attribute VB_Name = "Form1"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Private Declare Sub Sleep Lib "kernel32" (ByVal dwMilliseconds As Long)


Private Sub cmdAuto_Click()
   cmdSetDefault_Click

   Sleep (2000)
   Command1_Click
   Sleep (4000)
   cmdSetDefault_Click

   Sleep (2000)
   Command2_Click
   Sleep (4000)
   cmdSetDefault_Click

   Sleep (2000)
   Command3_Click
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Sleep (4000)
    cmdSetDefault_Click

    Sleep (2000)
    Command4_Click
    Sleep (4000)
    cmdSetDefault_Click

    Sleep (2000)
    Command5_Click
    Sleep (4000)
    cmdSetDefault_Click

    Sleep (2000)
    Command6_Click
    Sleep (4000)
    cmdSetDefault_Click


End Sub

Private Sub CmdClose_Click()
    Timer1.Enabled = False
    Comm1.PortOpen = False
    CmdClose.Enabled = False
    CmdOpen.Enabled = True
    cmbComport.SetFocus
End Sub
Private Sub CmdOpen_Click()
    Select Case cmbComport.Text
        Case "COM1"
        Comm1.CommPort = 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Case "COM2"
    Comm1.CommPort = 2
    Case "COM3"
    Comm1.CommPort = 3
    Case "COM4"
    Comm1.CommPort = 4
    Case "COM5"
    Comm1.CommPort = 5
    Case "COM6"
    Comm1.CommPort = 6
    Case "COM7"
    Comm1.CommPort = 7
    Case "COM8"
    Comm1.CommPort = 8
    Case "COM9"
    Comm1.CommPort = 9
    Case "COM10"
    Comm1.CommPort = 10
  End Select
  Comm1.Settings = "9600,n,8,1"
  Comm1.InputLen = 0
  Comm1.PortOpen = True
  CmdOpen.Enabled = False
  CmdClose.Enabled = True
  Timer1.Enabled = True
  cmdSetDefault_Click
End Sub

Private Sub cmdSetDefault_Click()
  SetGreen
  Call SendServo(1, 150)
  Sleep (1000)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Call SendServo(3, 197)
    Call SendServo(4, 110)
    Sleep (1000)
    Call SendServo(2, 100)
    Call SendServo(5, 150)
    Call SendServo(1, 220)
    Form1.Refresh
End Sub

Private Sub Command1_Click()
    SetGreen
    Shape1.BackColor = vbRed
    Form1.Refresh
    Call SendServo(5, 200)
    Sleep (1000)
    Call SendServo(1, 220)
    Call SendServo(2, 200)
    Sleep (500)
    Call SendServo(3, 107)
    Call SendServo(4, 200)
    Form1.Refresh
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    SetGreen
    Shape2.BackColor = vbRed
    Form1.Refresh
    Call SendServo(5, 150)
    Sleep (1000)
    Call SendServo(1, 215)
    Call SendServo(2, 180)
    Sleep (500)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Call SendServo(3, 117)
    Call SendServo(4, 190)
    Form1.Refresh
End Sub

Private Sub Command3_Click()
    SetGreen
    Shape3.BackColor = vbRed
    Form1.Refresh
    Call SendServo(5, 100)
    Call SendServo(1, 150)
    Sleep (1000)
    Call SendServo(2, 220)
    Sleep (1000)
    Call SendServo(3, 147)
    Call SendServo(4, 160)
    Sleep (1000)
    Call SendServo(3, 127)
    Call SendServo(4, 180)
    Sleep (1000)
    Call SendServo(3, 97)
    Call SendServo(4, 210)
    Sleep (1000)
    Call SendServo(3, 97)
    Call SendServo(4, 210)
    Sleep (1000)
    Call SendServo(1, 220)
    Form1.Refresh
End Sub

Private Sub Command4_Click()
    SetGreen
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Shape4.BackColor = vbRed
    Form1.Refresh
    Call SendServo(5, 200)
    Sleep (1000)
    Call SendServo(1, 210)
    Call SendServo(2, 160)
    Sleep (500)
    Call SendServo(3, 137)
    Call SendServo(4, 170)
    Form1.Refresh
End Sub

Private Sub Command5_Click()
    SetGreen
    Shape5.BackColor = vbRed
    Form1.Refresh
    Call SendServo(5, 150)
    Sleep (1000)
    Call SendServo(1, 220)
    Call SendServo(2, 170)
    Sleep (500)
    Call SendServo(3, 137)
    Call SendServo(4, 170)
    Form1.Refresh
End Sub

Private Sub Command6_Click()
    SetGreen
    Shape6.BackColor = vbRed
    Form1.Refresh
    Call SendServo(5, 90)
    Sleep (1000)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Call SendServo(1, 200)
    Call SendServo(2, 140)
    Sleep (500)
    Call SendServo(3, 137)
    Call SendServo(4, 170)
    Form1.Refresh
End Sub

Private Sub Command7_Click() 'test
    Form1.Refresh
    Call SendServo(1, Val(txts1.Text))
    Call SendServo(2, Val(txts2.Text))
    Call SendServo(3, Val(txts3.Text))
    Call SendServo(4, Val(txts4.Text))
    Call SendServo(5, Val(txts5.Text))
    Form1.Refresh

End Sub

Private Sub Form_Load()
    CmdClose.Enabled = False
    CmdOpen.Enabled = True
End Sub
Sub SendServo(MotorID As Integer, Step As Integer)
    Select Case MotorID
        Case 1
            Comm1.Output = Chr(&HFF) + Chr(&H11) + Chr(Step)
            txts1.Text = Str(Step)
        Case 2
            Comm1.Output = Chr(&HFF) + Chr(&H12) + Chr(Step)
            txts2.Text = Str(Step)
        Case 3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Comm1.Output = Chr(&HFF) + Chr(&H13) + Chr(Step)
        txts3.Text = Str(Step)
      Case 4
        Comm1.Output = Chr(&HFF) + Chr(&H14) + Chr(Step)
        txts4.Text = Str(Step)
      Case 5
        Comm1.Output = Chr(&HFF) + Chr(&H15) + Chr(Step)
        txts5.Text = Str(Step)
    End Select
    Form1.Refresh
End Sub


Private Sub Timer1_Timer()
    Form1.Refresh
    tmp = Comm1.Input
    If tmp <> "" Then
      labDistance.Caption = tmp
      Comm1.InputLen = 0
    End If
End Sub

Sub SetGreen()
    Shape1.BackColor = vbGreen
    Shape2.BackColor = vbGreen
    Shape3.BackColor = vbGreen
    Shape4.BackColor = vbGreen
    Shape5.BackColor = vbGreen
    Shape6.BackColor = vbGreen
    Form1.Refresh
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้