

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบแกนกลางจำลองการเชื่อม

SCARA ROBOT

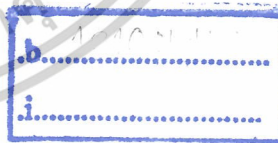


T103972



นายประสิทธิ์ชัย มังคลานนทชัย
นายปิติภูมิ อ่ำสาริกา
นายอนุวัตร รัชพรหม
นายอรรถการ จำปาปาน
นายเอกชัย เมธาสิทธิกุล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...103972...
วัน,เดือน,ปี...28.๓.๒๕52



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตรปีการศึกษา 2551

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบแขนกลจำลองการเชื่อม

SCARA ROBOT

ผู้จัดทำ

นายประสิทธิ์ชัย	มังคลานนทชัย	รหัสประจำตัว	48012206
นายปิติกุมิ	อำสาริกา	รหัสประจำตัว	48012207
นายอนุวัตร	รัชพรหม	รหัสประจำตัว	48012218
นายอรรถการ	จำปาปาน	รหัสประจำตัว	48012220
นายเอกชัย	เมธาสิทธิกุล	รหัสประจำตัว	48012222

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร.เกียรติศักดิ์ กมวัชระ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบแขนกลจำลองการเชื่อม

โดย

นายประสิทธิ์ชัย มังคลานนทชัย รหัสประจำตัว 48012206

นายปิติภูมิ อ่ำสาริกา รหัสประจำตัว 48012207

นายอนุวัตร รัชพรหม รหัสประจำตัว 48012218

นายอรรถการ จำปาปาน รหัสประจำตัว 48012220

นายเอกชัย เมฆาสีทธิกุล รหัสประจำตัว 48012222

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.เกียรติศักดิ์ คมวัชระ

ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการออกแบบสร้างแขนกลและระบบควบคุมแขนกลขึ้น แขนกลที่สร้างขึ้นเป็นแขนกลแบบข้อต่อจำนวน 2 ข้อต่อ การเคลื่อนที่คล้ายกับแขนของมนุษย์ โดยใช้ SERVO MOTOR เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนให้เคลื่อนที่ และใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกเป็นตัวตรวจจับวัดระยะทางระหว่างชิ้นงานกับปลายของแขนกล สำหรับการควบคุมแขนกลนั้นเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 ส่วนฐานของแขนกล สามารถหมุนได้ 0 – 180 องศา แขนท่อนล่างสามารถหมุนได้ 30 – 90 องศาเทียบกับแนวระนาบ แขนท่อนบนสามารถหมุนได้ 90 – 180 องศาเทียบกับแขนท่อนล่าง โดยส่วนปลายของแขนกลจะมีเซนเซอร์อัลตราโซนิกคอยตรวจจับชิ้นงานและทำงานที่ตำแหน่งที่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCARA ROBOT

By

Mr.Prasitchai Mongklanontchai

Mr.Pitiphoom Umsarika

Mr.Anuwat Ratchaprom

Mr.Arrttakarn Jumpapan

Mr.Aekkachai Metasittikul

Advisor

Assoc.Prof Dr.Kiattisak Kumwachara

Academic Year 2008

ABSTRACT

This degree's thesis is focused on Robot arm designing and inventiveness, how they work and how to control them using control broad. Hence we can develop for real work in Mechanism Industry in further. It describes the internals of existing motion control of handling which composed with 2 pieces of joint and moving imitated with human.

The main control of Imitation moving is 'Serve Motor' which most cue of power drive to robot's arm moved and we also used 'Ultrasonic Sensors' for capture and measure on distance between the sample piece and Robot's arm. Positioning of Robot's arm able to rotate 0-180 degree which lower arm can rotate 30-90 degree compared to plane and upper arm will take turned 90-180 degree compared to lower arm which at the end of hand has 'Ultrasonic sensors' for detect the objective .For handling controller program was created on Visual Basic 6.0 Program.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทและโครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความเมตตาจากหลายๆท่านดังนี้
รองศาสตราจารย์ เกียรติศักดิ์ คมวัชระ (อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท)
อาจารย์ที่ให้คำปรึกษาแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอด อีกทั้งเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ตลอดจน
ความช่วยเหลือ แรงงาน และกำลังใจ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ นาย อนุวัชร วงเลิศบริรักษ์ ที่ให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง และ
โปรแกรมที่ใช้วิจัยในครั้งนี้

ที่ลืมเสียไม่ได้คือขอกราบขอบพระคุณพ่อแม่อันเป็นที่รักยิ่งที่สนับสนุนทุนทรัพย์ และเป็นแรง
บันดาลใจในการทำปริญญาโทฉบับนี้เสมอมา

ทางกลุ่มผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงในความช่วยเหลือครั้งนี้ ซึ่งส่งผลให้โครงการนี้ประสบความสำเร็จ
ลุล่วงไปด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญาโทฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ผู้จัดทำ

นายประสิทธิ์ชัย มังคลานนทชัย รหัสประจำตัว 48012206

นายปีติภูมิ อ่ำสาริกา รหัสประจำตัว 48012207

นายอนุวัตร รัชพรหม รหัสประจำตัว 48012218

นายอรรถการ จำปานาน รหัสประจำตัว 48012220

นายเอกชัย เมธาสิทธิกุล รหัสประจำตัว 48012222

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่1 บทนำ.....	1
1.1 กล่าวนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์.....	1
1.3 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงการ.....	2
1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์.....	2
บทที่2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ความเป็นมาของหุ่นยนต์.....	3
2.1.1 ประเภทของหุ่นยนต์ในประเทศไทย.....	3
2.1.2 การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์.....	4
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแขนกล.....	11
2.2.1 การหมุนพื้นฐาน.....	11
2.2.2 การหมุนผสม.....	13
2.2.3 พิกัดโฮโมจีเนียส.....	14
2.2.4 พิกัด Link.....	15
2.2.5 สมการแขน.....	18
2.2.6 Inverse Kinematics.....	19
2.3 ลักษณะเฉพาะของหุ่นยนต์.....	20
2.4 ความแม่นยำของการเคลื่อนที่.....	24
2.4.1 Spatial Resolution.....	24
2.4.2 Accuracy.....	24
2.4.3 Repeatability.....	25
2.5 ค่าความปลอดภัย.....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไข และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.1 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ.....	26
2.5.2 ทฤษฎีการออกแบบเครื่องกล.....	27
2.6 มอเตอร์ไฟฟ้าแบบเซอร์โวมอเตอร์.....	29
2.6.1 ระบบเซอร์โวมอเตอร์.....	30
2.6.2 เซอร์โวมอเตอร์กระแสตรง.....	30
2.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Visual Basic.....	34
2.8 การสื่อสารแบบอนุกรม.....	40
2.8.1 องค์ประกอบของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม.....	41
2.8.2 อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม.....	41
2.8.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232.....	42
บทที่3 โครงสร้างและการออกแบบ.....	50
3.1 การออกแบบแขนกล.....	50
3.1.1 กลศาสตร์การเคลื่อนที่.....	50
3.1.2 ความเป็นไปได้เชิงวิศวกรรม.....	50
3.1.3 รูปร่างและปัจจัยในการออกแบบแขนกล.....	51
3.1.4 การเลือกใช้วัสดุ.....	51
3.2 โครงสร้างของแขนกล.....	51
3.2.1 โครงสร้างส่วนฐาน.....	52
3.2.2 โครงสร้างส่วนแขน.....	52
3.3 หน้าที่ของโครงสร้างส่วนต่างๆ.....	54
3.3.1 ส่วนแขนท่อนล่าง.....	54
3.3.2 ส่วนแขนท่อนบน.....	55
3.3.3 ส่วนมือที่เป็นอุปกรณ์.....	56
3.4 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์.....	56
3.4.1 ส่วนของมือที่เป็นอุปกรณ์.....	57
3.4.2 ส่วนของแขนท่อนบน.....	57
3.4.3 ส่วนของแขนท่อนล่าง.....	58
3.5 การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์.....	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6 ส่วนของชุดควบคุมแขนกล.....	59
3.6.1 แหล่งจ่ายไฟ.....	59
3.6.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	59
3.6.3 ชุดคอนโทรลเซอร์โวมอเตอร์.....	62
3.6.4 เซนเซอร์อัลตราโซนิค.....	64
บทที่4 การทดลองและผลการทดลอง.....	65
4.1 ผลการทดลองการควบคุมแขนกลผ่าน Visual Basic.....	65
4.1.1 การทดลองควบคุมแขนกลแบบ Manual.....	65
บทที่5 บทวิจารณ์และสรุป.....	66
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	66
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข.....	68
ภาคผนวก.....	71
ภาคผนวก ก โปรแกรมการประมวลผลและโปรแกรมควบคุม.....	72
เอกสารอ้างอิง.....	81

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการหมุน.....	4
2.2 แสดงแกนของหุ่นยนต์.....	5
2.3 Kinematic Parameters.....	16
2.4 คุณลักษณะของหุ่นยนต์.....	20
2.5 การเคลื่อนที่แบบ Yaw Pitch และ Roll.....	23
2.6 ค่าความปลอดภัย.....	26
2.7 ระบบควบคุมแบบลูปปิด.....	30
2.8 แสดงขาสัญญาณRS232แบบD9,D25.....	44
2.9 แสดงพอร์ตอนุกรม.....	48
3.1 คุณสมบัติบอร์ดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์PLC 18F8720.....	60
5.1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของแขนกลครั้งที่1.....	66
5.2 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของแขนกลครั้งที่2.....	67
5.3 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ของแขนกลครั้งที่3.....	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไขVII และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงส่วนต่างๆของหุ่นยนต์เปรียบเทียบกับสรีระของมนุษย์.....	4
2.2 แสดงหุ่น Gantry Robot.....	6
2.3 Cylindrical Robot และ Work envelope of Cylindrical Robot.....	7
2.4 Spherical Robot และ Work envelope of spherical Robot.....	8
2.5 Scara Robot และ Work envelope of Scara Robot.....	9
2.6 Articulated Robot และ Work envelope of Articulated Robot.....	10
2.7 การหมุนพื้นฐานใน R.....	11
2.8 แสดงการหมุน โคจรพิกัด M รอบแกน.....	12
2.9 yaw pith และ roll ของเครื่องมือ.....	13
2.10 มุมข้อต่อ และระยะข้อต่อ d.....	15
2.11 แสดงความยาวและมุมบิดของ Link.....	16
2.12 แสดง Normal, Sliding and Approach Vector ของ End-effectors.....	17
2.13 แสดงตำแหน่งการหมุนของเครื่องมือในพิกัดฐาน.....	19
2.14 Redundant Robot หลบหลีกสิ่งกีดขวาง.....	20
2.15 ระยะที่เอื้อมถึงและสโตรกของหุ่นยนต์ทรงกระบอก.....	21
2.16 Yaw – Pitch – Roll ของ Tool.....	21
2.17 ลำดับการหมุนแกน.....	22
2.18 ระบบ YPR.....	23
2.19 ระบบ RPY.....	23
2.20 Servo motor ยี่ห้อ hitec รุ่นต่างๆ.....	30
2.21 ส่วนประกอบของ Servo motor.....	31
2.22 โครงสร้างระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์.....	31
2.23 สัญญาณที่สามสารตป้อนให้กับ Servo motor.....	32
2.24 แสดงตำแหน่งองศาการหมุนของเซอร์โวเป็นไปตามสัญญาณ Pulse.....	33
2.25 แสดงหน้า Project.....	35
2.26 แสดงทูลบาร์.....	35
2.27 แสดง Toolboxes.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง VIII และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.28 แสดงหน้าโปรเจกต์.....	37
2.29 แสดง Properties-From.....	37
2.30 แสดง Form Layout.....	38
2.31 แสดง Immediate Window.....	38
2.32 แสดง New Project.....	39
2.33 แสดง Code Editor.....	39
2.34 แสดงการใช้ RS232 ติดต่อระหว่าง Computer กับ MCU Board.....	43
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 แสดงแผนกสแบบ Articulated Configuration.....	50
3.2 แสดงแผนกสของจริง.....	51
3.3 แสดงโครงสร้างส่วนฐาน.....	52
3.4 แสดงส่วนแขนท่อนล่าง.....	53
3.5 แสดงส่วนแขนท่อนบน.....	53
3.6 แสดงมือที่เป็นอุปกรณ์และชิ้นงานที่ใช้จำลองการเชื่อมเฉพาะจุด.....	54
3.7 แสดงโครงสร้างส่วนแขนท่อนล่าง.....	54
3.8 แสดงโครงสร้างส่วนของท่อนบน.....	55
3.9 แสดงโครงสร้างมือที่เป็นอุปกรณ์.....	56
3.10 แสดงโครงสร้างมือที่เป็นอุปกรณ์คิด โมเมนตัมรอบจุด A.....	57
3.11 แสดงโครงสร้างแขนท่อนบน.....	57
3.12 แสดงโครงสร้างส่วนของแขนท่อนล่างคิด โมเมนตัมรอบจุดB.....	58
3.13 แสดงการติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์.....	59
3.14 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ บนบอร์ดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์.....	61
3.15 แสดงภาพเซนเซอร์อัลตราโซนิก.....	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไข และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์และทางด้านแขนกล ได้พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว ได้มีการนำหุ่นยนต์และนำแขนกลเข้ามาทำงานแทนมนุษย์กันมากขึ้น โดยเฉพาะในประเทศไทย จากเหตุผลดังกล่าวทำให้มองเห็นได้ว่า ในอนาคตหุ่นยนต์และแขนกลจะเข้ามามีบทบาทกับชีวิตมนุษย์มากขึ้นอย่างแน่นอน

งานหลายประเภท ในระบบการผลิตในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ในปัจจุบันนี้มีลักษณะการทำงานที่ต้องการความรวดเร็ว มีความแม่นยำในการผลิต มีลักษณะการทำงานที่ซ้ำๆ กันแต่มีคุณภาพงานเป็นมาตรฐานเดียวกัน และไม่มี ความซับซ้อนมากนัก สามารถทำงานได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นงานทางด้าน การเชื่อม ตัด จับ และอื่นๆ ใช้เป็นเครื่องทุ่นแรง ใช้ในงานอันตรายเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ และอีกทั้งสามารถช่วยในการประหยัดเวลา รวมไปถึงค่าใช้จ่าย และเพิ่มผลผลิตให้แก่องค์กรในงานอุตสาหกรรม ดังนั้น หุ่นยนต์และแขนกลดังกล่าวส่วนใหญ่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง ทำให้เกิดปัญหาอย่างเช่น ต้นทุนในการผลิต ปัญหาในการพัฒนาการศึกษาและการวิจัยอื่นๆ

โครงการแบบจำลองแขนกลเชื่อม โลหะ จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาพื้นฐานหลักการทำงานของแขนกล โดยให้แขนกลเคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมเฉพาะจุด ตามที่เราได้กำหนดไว้ในโปรแกรมควบคุมผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยการทำงานเป็นไปอย่างอัตโนมัติ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อการศึกษาโครงสร้างการทำงานของแขนกล มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการเชื่อม โดยให้แขนกลเคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมเฉพาะจุดได้

1.2.2 เพื่อการศึกษาเกี่ยวกับการใช้งานเขียน โปรแกรมควบคุมแบบต่างๆ มาควบคุมแขนกลให้ทำงาน เคลื่อนที่ไปตามที่ต้องการ

1.2.3 เพื่อการศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC เบอร์ PIC18F8720

1.2.4 เพื่อการศึกษาการทำงานรวมถึงการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.5 เพื่อการศึกษาการทำงานของโปรแกรม Visual Basic 6 ควบคุมการทำงานของแขนกล โดยผ่านคอมพิวเตอร์

1.2.6 เพื่อการศึกษาการทำงานของเซนเซอร์ แล้วสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับแขนกล

1.2.7 เพื่อนำความรู้เกี่ยวกับระบบอัตโนมัติ เข้ามาประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงและเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบอัตโนมัติแบบจำลองแขนกลให้มีศักยภาพสูงขึ้น

1.3 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงการงาน

1.3.1 ศึกษาหาข้อมูลแขนกลแบบต่างๆ จากวารสารปริญญานิพนธ์และแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงหลักการการทำงานและการเคลื่อนที่ของแขนกล

1.3.2 กำหนดรูปแบบของแขนกล ให้เข้ากับรูปแบบของการทำงาน

1.3.3 ทำการร่างแบบของแขนกล

1.3.4 ทำการออกแบบ และคำนวณวัสดุอุปกรณ์ และการจัดหา

1.3.5 ทำการสร้างประดิษฐ์แขนกลที่ได้คำนวณ และได้ออกแบบไว้

1.3.6 ศึกษาโปรแกรม และวงจรควบคุมแขนกลให้สามารถใช้ควบคุมแขนกลได้

1.3.7 เขียน โปรแกรมควบคุมการทำงานของแขนกล ระหว่างซอร์ฟแวร์และฮาร์ดแวร์

1.3.8 ทำการทดลองการใช้งานของแขนกล พร้อมจดบันทึก การทำงานของแขนกล

1.3.9 ทำการปรับปรุงและแก้ไขจุดบกพร่องของแขนกล

1.3.10 ทำการรวบรวมข้อมูลที่ทำการทดลอง และสรุปผลการทดลอง

1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์นี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกในการศึกษาและทำความเข้าใจ ซึ่งเนื้อหาในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วย

บทที่1 บทนำ ได้กล่าวถึง ความสำคัญของโครงการ วัตถุประสงค์ขอบเขตของโครงการ ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงการ ประโยชน์ที่ได้รับและรวมไปถึงรายละเอียดของปริญญานิพนธ์ของแต่ละบท

บทที่2 ทฤษฎีและหลักการของแขนกล ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบและการจัดทำแขนกล

บทที่3 หลักการออกแบบการสร้างแขนกล รวมไปถึง โครงสร้างของแขนกล

บทที่4 การทดลอง และผลการทดลองเป็นการทดสอบองค์ประกอบต่างๆ ของแขนกล

บทที่5 บทวิจารณ์และสรุป ปัญหา และแนวทางแก้ไข ปัญหาของชุดแขนกลที่เกิดขึ้น และแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาเพื่อให้ชุดแขนกลมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี และ หลักการ

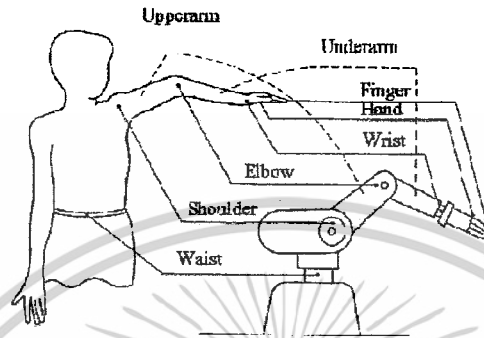
2.1 ความเป็นมาของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์แต่ดั้งเดิมจะเป็นเครื่องจักรแบบการเคลื่อนที่แบบจุดต่อจุดหรือจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งและเหมาะสำหรับการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการจับและวางหรือยกของในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการความรวดเร็ว ที่สามารถทำการตัดแปลงเครื่องมือและเครื่องจักรสำหรับใส่ชิ้นงานและนำชิ้นงานออกได้ เครื่องจักรผลิตแบบกระสวยชนิดพิเศษหรือแบบแม่พิมพ์หรือแบบถาวรและการปฏิบัติงานที่มีส่วนคล้ายคลึงกัน จากการศึกษาที่ได้กล่าวมาแล้วทั้งหมดนี้เป็นที่นิยมและมีชื่อเสียงในวงการอุตสาหกรรมยานยนต์ที่ได้รับการพัฒนาและการปรับปรุงสำหรับการเชื่อมจุด และหุ่นยนต์จะได้รับการพัฒนาสำหรับการผลิตตัวถังรถยนต์โดยอัตโนมัติ และในไม่ช้าตัวถังรถยนต์สามารถทำการเชื่อม โดยอาศัยการเชื่อมแบบความต้านทานด้วยหุ่นยนต์ได้อย่างสมบูรณ์

ประเภทของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมในประเทศไทย (Industrial Robottype) ในยุคเริ่มต้นของการส่งเสริมอุตสาหกรรมในประเทศไทยจะเห็นได้ว่ามีโรงงานต่าง ๆ เข้ามาตั้งฐานผลิตในเมืองไทยจำนวนมากทำให้เกิดนิคมอุตสาหกรรมขึ้นหลายแห่ง ทั้งนี้เนื่องจากรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมอุตสาหกรรมที่ชัดเจน ค่าแรงงานถูก ลดรายจ่ายเนื่องจากภาษีการนำเข้าของสินค้า และวัตถุดิบบางตัว แต่ ณ ปัจจุบันนี้ค่าแรงงานบ้านเราสูงขึ้นและสูงกว่าประเทศเพื่อนบ้าน เช่น จีน เวียดนาม อินโดนีเซีย ฯลฯ ในขณะที่คุณภาพแรงงานไม่ได้มาตรฐาน ขาดความรู้และทักษะจึงทำให้หลายบริษัทได้ย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศที่มีค่าแรงงานถูกกว่า และอีกหลายบริษัทที่พยายามปรับตัวเอง โดยมีการนำเทคโนโลยีระบบอัตโนมัติ (Automation Technology) เข้ามาใช้งานเพื่อให้สินค้าสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ทั้งในเรื่องราคา และคุณภาพ โดยเฉพาะในเรื่องคุณภาพ ปัจจุบันโรงงานที่ผลิตสินค้าส่งออกหรือส่งให้กับลูกค้าที่เป็น บริษัทของต่างประเทศมักจะประสบปัญหาในเรื่องคุณภาพ มีทั้ง ผลิตสินค้าไม่ได้มาตรฐานตามที่ลูกค้ากำหนด หรือ ผลิตสินค้าไม่ทันตามกำหนดเวลา อาจเนื่องจากการเปลี่ยนรุ่นผลิตภัณฑ์อยู่บ่อยๆ ต้องใช้เวลาในการติดตั้ง ปัจจุบันจึงมีการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาใช้ หนึ่งในเทคโนโลยีที่มีความยืดหยุ่นสูง ได้แก่ หุ่นยนต์อุตสาหกรรม เนื่องจากการเปลี่ยนการทำงานสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรม นอกจากนี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสม่ำเสมอเป็นมาตรฐานเดียวกัน

หุ่นยนต์ (Robotics) มีมากมายหลายชนิดขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้งาน เช่น หุ่นยนต์ที่เป็นของเล่น หุ่นยนต์ใช้ในทางการแพทย์ หุ่นยนต์เพื่องานวิจัย หุ่นยนต์สำรวจ และหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ฯลฯ ในที่นี้จะกล่าวถึงหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robot) การทำงานของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมจะเลียนแบบร่างกายของมนุษย์โดย จะเลียนแบบเฉพาะส่วนของร่างกายที่จะนำไปใช้ประโยชน์ ในอุตสาหกรรมเท่านั้น นั่นคือช่วงแขนของมนุษย์ ดังนั้น บางคนอาจจะได้ยินคำว่าแขนกล ซึ่งก็หมายถึงหุ่นยนต์อุตสาหกรรม แสดงดังรูปที่2.1



รูปที่2.1 แสดงส่วนต่างๆของหุ่นยนต์เปรียบเทียบกับสรีระของมนุษย์

2.1.1 การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์

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

ตารางที่2.1 แสดงการหมุน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดต่อ (Joint) ทั้งสองแบบเมื่อนำมาต่อเข้าด้วยกันอย่างน้อย 3 แกนหลักจะได้พื้นที่ทำงาน (Work envelope) ที่มีลักษณะแตกต่างกันไป ซึ่งสามารถนำมาแบ่งชนิดของหุ่นยนต์ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงแกนของหุ่นยนต์

ชนิดของหุ่นยนต์	แกนที่ 1 (เอว)	แกนที่ 1 (เอว)	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

การแบ่งชนิดหุ่นยนต์

การแบ่งชนิดของหุ่นยนต์ออกตามข้อต่อแบ่งได้ 5 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 คือ หุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน(Cartesian)

ประเภทที่ 2 คือ หุ่นยนต์แบบทรงกระบอก(Cylindrical)

ประเภทที่ 3 คือ หุ่นยนต์แบบทรงกลม(Spherical)

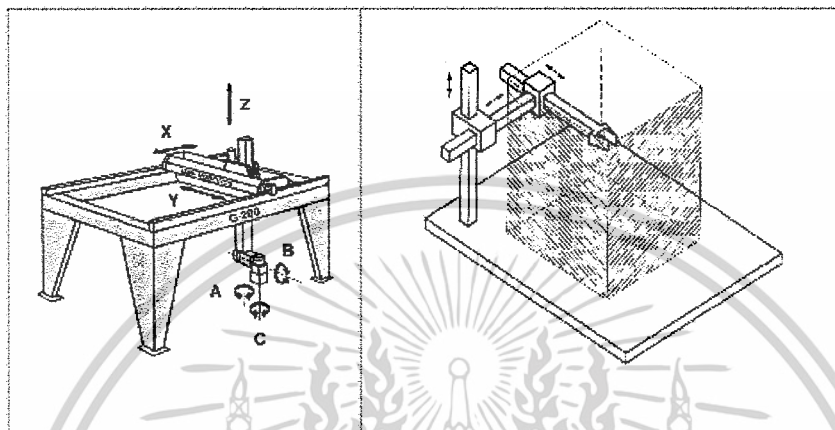
ประเภทที่ 4 คือ หุ่นยนต์แบบอาร์ติคูลेटแนวนอน(Horizontal Articulated)

ประเภทที่ 5 คือ หุ่นยนต์แบบอาร์ติคูลेटแนวตั้ง(Vertical Articulated)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.CARTESIAN

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



รูปที่ 2.2 Gantry Robot and Work envelope of Gantry Robot

ข้อดี

- เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงทั้ง 3 มิติ
- การเคลื่อนที่สามารถทำความเข้าใจง่าย
- มีส่วนประกอบง่าย ๆ

ข้อเสีย

- ต้องการพื้นที่ติดตั้งมาก
- บริเวณที่หุ่นยนต์เข้าไปทำงานได้ จะเล็กกว่าขนาดของตัวหุ่นยนต์
- ไม่สามารถเข้าถึงวัตถุจากทิศทางข้างใต้ได้

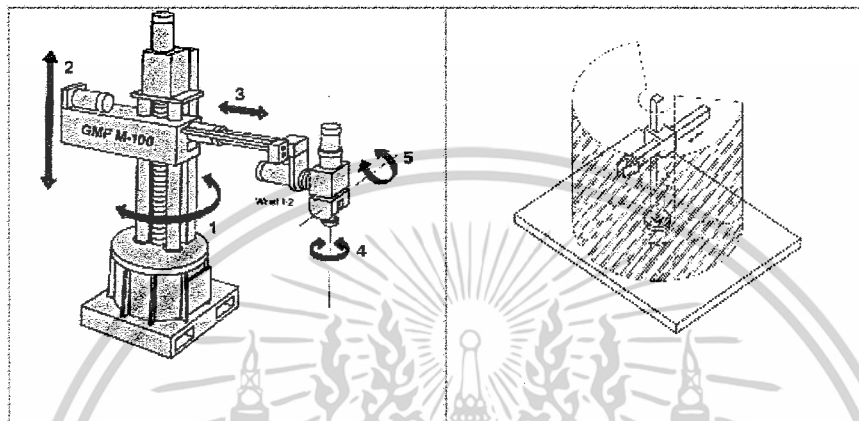
การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรงตลอดแนวการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงเหมาะ กับงานเคลื่อนย้ายของหนัก ๆ หรือเรียกว่างาน Pick-and-Place เช่น ใช้โหลด ชิ้นงานเข้าเครื่องจักร (Machine loading) ใช้จัดเก็บชิ้นงาน (Stacking) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในงานประกอบ (Assembly) ที่ไม่ต้องการเข้าถึงในลักษณะที่มีมุมหมุน เช่น ประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และงาน Test ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.CYLINDRICAL

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



รูปที่ 2.3 Cylindrical Robot and Work envelope of Cylindrical Robot

ข้อดี

- มีส่วนประกอบไม่ซับซ้อน
- การเคลื่อนที่สามารถเข้าใจได้ง่าย
- สามารถเข้าถึงเครื่องจักรที่มีการเปิด ปิด หรือเข้าไปในบริเวณที่เป็นช่องหรือโพรงได้ง่าย เช่นการโหลดชิ้นงานเข้าเครื่อง CNC

ข้อเสีย

- มีพื้นที่ทำงานจำกัด
- แกนที่เป็นเชิงเส้นมีความยุ่งยากในการ seal เพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลว

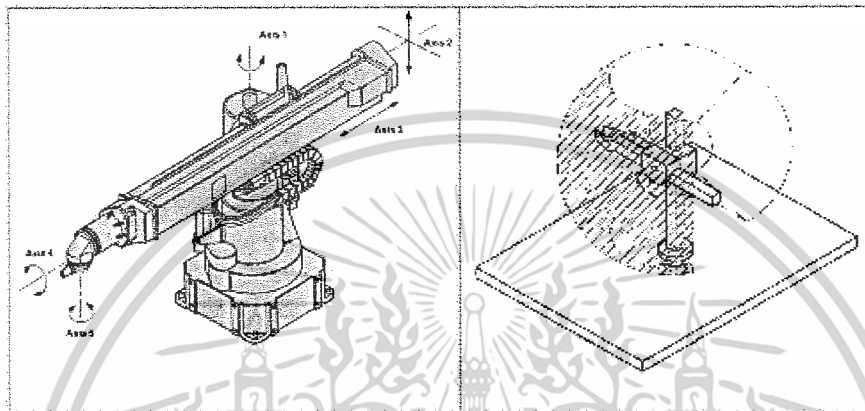
การประยุกต์ใช้งาน

โดยทั่วไปจะใช้ในการหยิบยกใช้งาน (Pick-and-Place) หรือป้อนชิ้นงานเข้าเครื่องจักร เพราะสามารถเคลื่อนที่เข้าออกบริเวณที่เป็นช่องโพรงเล็กๆ ได้สะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.SPHERICAL

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



รูปที่ 2.4 Spherical Robot and work envelope of Spherical Robot

ข้อดี

- มีปริมาตรการทำงานมากขึ้น เนื่องจากการหมุนของแกนที่ 2 (ไหล่)
- สามารถที่จะก้มลงมาจับชิ้นงานบนพื้นได้สะดวก

ข้อเสีย

- มีระบบพิกัด (Coordinate) และส่วนประกอบ ที่ซับซ้อน
- การเคลื่อนที่และระบบควบคุมซับซ้อนขึ้น

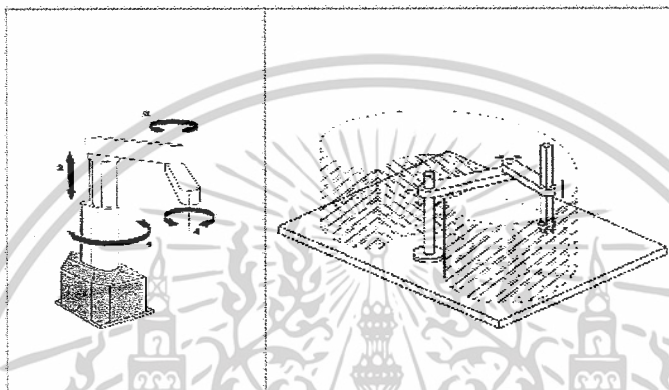
การประยุกต์ใช้งาน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.SCARA

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 Scara Robot และ Work envelope of Scara Robot

ข้อดี

- สามารถเคลื่อนที่ในแนวระนาบ และขึ้นลงได้รวดเร็ว
- มีความแม่นยำ

ข้อเสีย

- มีพื้นที่ทำงานจำกัด
- ไม่สามารถหมุน (rotation) ในลักษณะมุมต่างๆ ได้
- ยกน้ำหนักได้ไม่มากนัก

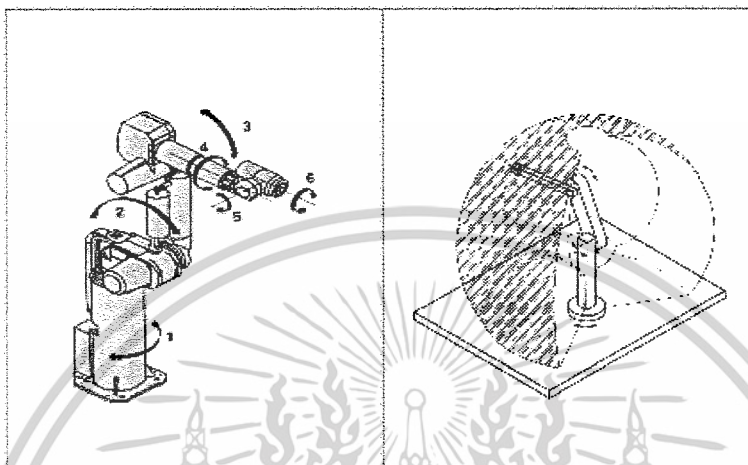
การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากการเคลื่อนที่ในแนวระนาบและขึ้นลงได้รวดเร็วจึงเหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่ง ต้องการความเร็วและการเคลื่อนที่ที่ไม่ต้องการ การหมุนมากนัก แต่จะไม่เหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางกลซึ่งส่วนใหญ่การประกอบจะอาศัยการหมุนใน มุมต่างๆ นอกจากนี้ Scara robot ยังเหมาะกับงานตรวจสอบงานบรรจุภัณฑ์ (Packaging)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Articulated

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



รูปที่ 2.6 Articulated Robot และ Work envelope of Articulated Robot

ข้อดี

- เนื่องจากทุกแกนจะเคลื่อนที่ในลักษณะ ของการหมุนทำให้มีความ ยืดหยุ่นสูงในการเข้าไปยังจุด ต่าง ๆ
- บริเวณข้อต่อ (Joint) สามารถ Seal เพื่อป้องกันฝุ่น ความชื้น หรือน้ำ ได้ง่าย
- มีพื้นที่การทำงานมาก
- สามารถเข้าถึงชิ้นงานทั้งจากด้านบน ด้านล่าง
- เหมาะกับการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อน

ข้อเสีย

- มีระบบพิกัด (Coordinate) ที่ซับซ้อน
- การเคลื่อนที่และระบบควบคุมทำความเข้าใจได้ยากขึ้น
- ควบคุมให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear) ได้ยาก
- โครงสร้างไม่มั่นคงตลอดการเคลื่อนที่ เพราะบริเวณขอบ Work envelope ปลายแขนจะมีการสั่น ทำให้ความแม่นยำลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์ใช้งาน

สามารถใช้งานได้กว้างขวางเพราะสามารถเข้าถึงตำแหน่งต่างๆ ได้ดี เช่นงานเชื่อม Spot Welding, งานยกของ, งานตัด, งานทากาว, งานที่มีการเคลื่อนที่ยากๆ เช่น งานพ่นสี งาน scaling

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแขน

ในการระบุตำแหน่งและการหมุนของ End-Effectors ในทอมของโครงพิกัดซึ่งติดอยู่กับฐานที่นิ่งการถ่ายโอนจึงเกี่ยวข้องกับการหมุนและการเลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่ง

2.2.1 การหมุนพื้นฐาน (Fundamental Rotation)

ถ้าโครงพิกัด M ได้จากการหมุน M รอบยูนิตเวกเตอร์อันหนึ่งของโครงพิกัดที่อยู่นิ่ง F ดังนั้นเมตริกซ์ถ่ายโอนพิกัดที่ได้ชื่อว่า เมตริกซ์การหมุนพื้นฐานในปริภูมิ R^3 มีทางเป็นไปได้ 3 ทางดังแสดงในภาพนี้

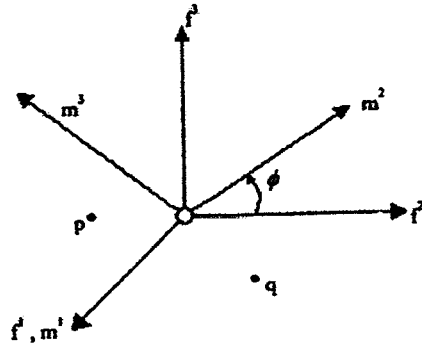


รูปที่ 2.7 การหมุนพื้นฐานใน R^3

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงการหมุน โค้งพิกัด M รอบแกน f^1

เนื่องจากการหมุนรอบแกน f^1 ดังนั้นจะได้ว่า $f^1 = m^1$ และจากทฤษฎีบทของการหมุนที่ว่า เมื่อให้ X และ Y เป็นเวกเตอร์ใน R และ θ เป็นการหมุนจาก X ไป Y ดังนั้น

$$X \cdot Y = X' \cdot Y' \cos \theta$$

ดังนั้นจะได้

$$R^1(\theta) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}$$

ในการทำงานเดียวกัน ถ้า $R^2(\theta)$ และ $R^3(\theta)$

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การหมุนผสม (Composite Rotation)

เมื่อทำการคูณเมตริกซ์การหมุนพื้นฐานเข้าด้วยกัน เมตริกซ์ที่ได้นั้นจะแสดงถึงลำดับของการหมุนรอบยูนิตเวกเตอร์ เรียกเมตริกซ์ที่คูณกันนี้ว่าการหมุนผสม เมื่อพิจารณาภาพเครื่องมือ (End-effects) แสดงอยู่ในรูปที่ 2.8 โครงพิกัดเคลื่อนที่ $M = \{m^1 m^2 m^3\}$ จะหมุนไปกลับในขณะที่โครงพิกัดอยู่นิ่ง $F = \{f^1 f^2 f^3\}$ ติดอยู่ที่โคนของเครื่องมือ ดังนั้นจะได้การหมุนพื้นฐาน 3 ลักษณะคือ

Yaw เป็นการหมุนรอบแกน f^1

Pitch เป็นการหมุนรอบแกน f^2

Roll เป็นการหมุนรอบแกน f^3



รูปที่ 2.9 yaw pitch และ roll ของเครื่องมือ

การหมุนพื้นฐานแต่ละอันแทนด้วยเมตริกซ์ และเมตริกซ์ไม่มีคุณสมบัติการสลับที่การคูณ ดังนั้น ในการหมุนพื้นฐานจึงมีผลต่อการหมุนผสมที่ได้ เพื่อเป็นการป้องกันความสับสนในการหาเมตริกซ์

การหมุนผสมจึงควรใช้อัลกอริธึมต่อไปนี้

1. ให้เมตริกซ์การหมุน $R = 1$ ได้จากเมื่อเริ่มต้น โครงพิกัดจาก F และ M ทับกันสนิท
2. ถ้าโครงพิกัดเคลื่อนที่ M ถูกหมุนไป θ รอบยูนิตเวกเตอร์ที่ k^{th} ของโครงพิกัดอยู่นิ่ง ดังนั้นคูณเข้าทางซ้ายของ R ด้วย $R_k(\theta)$
3. ถ้าโครงพิกัดเคลื่อนที่ M ถูกหมุนไป θ รอบยูนิตเวกเตอร์ที่ k^{th} ของมันเอง ดังนั้นคูณเข้าทางขวาของ R ด้วย $R_k(\theta)$
4. ถ้าหมุนพื้นฐานหลายครั้งให้กลับไปขั้นตอนที่ 2 มิฉะนั้นก็หยุดผลลัพธ์ที่ได้เป็นเมตริกซ์การหมุนผสม R ที่ใช้ถ่ายโอนโครงพิกัด M ไปยัง F
5. เมื่อมีการทำแบบ yaw , pitch และ roll สามารถหาเมตริกซ์ถ่ายโอนผสม yaw , pitch และ roll

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยให้มุม yaw , pitch และ roll ใน R^3 ดังต่อไปนี้

ตามทฤษฎีบทถ่ายโอน (yaw , pitch และ roll Transformation) กำหนดให้ YPS (θ) เป็นเมตริกซ์มุมผสม ที่ได้จากมุมโครงพิกัดเคลื่อนที่ $M = \{m^1 \ m^2 \ m^3\}$ ครั้งแรกโดยรอบแกน f^1 ด้วยมุม Yaw O_1 ต่อมาหมุนรอบแกน f^2 ด้วยมุม pitch O_2 และสุดท้ายหมุนโดยรอบแกน f^3 ด้วยมุม roll O_3 เมตริกซ์ yaw , pitch และ roll YPS (θ) ซึ่งถ่ายพิกัด M ไปที่ F หาได้จาก

$$YPS(\theta) = \begin{pmatrix} c2c3 & s1s2s3-c1c3 & c1s2c3+c1c3 \\ c2c3 & s1s2s3+c1c3 & s1s2s3-s1c3 \\ -s2 & 0 & s1c2 & c1c2 \end{pmatrix}$$

โดย $S_k = \sin O_k$ และ $C_k = O_k$

2.2.3 พิกัดโฮโมจีนีอัส (Homogeneous Coordinates)

โดยปกติเมตริกซ์ถ่ายโอนโฮโมจีนีอัส(T) ขนาด 4x4 นี้แบ่งได้เป็นเมตริกซ์ย่อย 4 ส่วนดังนี้

$$T = \begin{pmatrix} \text{rotation} & \text{translation} \\ R & P \\ h' & S \\ \text{perspective} & \text{scale} \end{pmatrix}$$

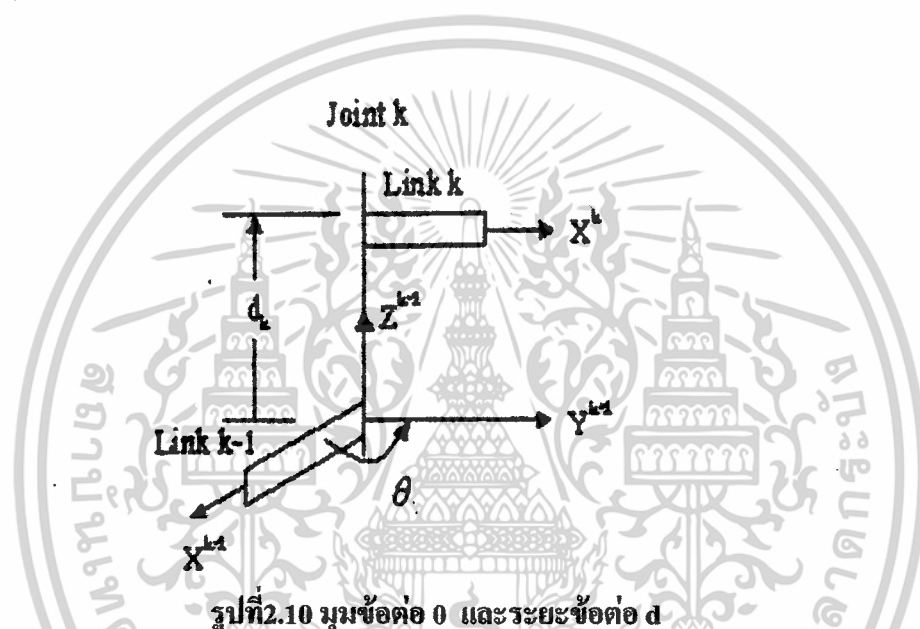
เมตริกซ์ย่อย 3x3 : R ในมุมซ้ายบนของ T เป็นเมตริกซ์การหมุน ซึ่งแสดงตำแหน่งการหมุนของโครงพิกัดเคลื่อนที่เทียบกับโครงพิกัดอยู่นิ่ง คอลัมน์ปีเวคเตอร์ 3×1 : P ในมุมขวาของ T เป็นเวกเตอร์การเลื่อนซึ่งแสดงตำแหน่งของ จุดกำเนิดของโครงพิกัดเคลื่อนที่เทียบกับโครงพิกัดอยู่นิ่ง ค่า Scale : S ในมุมล่างซ้ายขวาของ T เป็นสเกลแฟคเตอร์ที่ไม่มีศูนย์ ปกติให้เท่ากับ 1 เวกเตอร์แถว 1×3 : h' ในมุมล่างซ้ายของ T เป็นเวกเตอร์สายตาปกติให้เท่ากับ 0 การถ่ายโอนโฮโมจีนีอัสผสม (Composite Homogeneous Transformation) โดยปกติเมตริกซ์การถ่ายโอนผสมจะแสดงทั้งการหมุนการเลื่อนตำแหน่งของโครงเคลื่อนที่เทียบกับโครงพิกัดอยู่นิ่ง ลำดับของการหมุนและการเลื่อนในแต่ละครั้ง แสดงได้โดยผลคูณของเมตริกซ์ถ่ายโอน โฮโมนีอัสพื้นฐาน เนื่องจากเมตริกซ์ไม่มีคุณสมบัติการสลับที่การคูณ ลำดับการหมุนและการเลื่อนตำแหน่งจึงเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นในการสร้างเมตริกซ์ จึงควรใช้ขั้นตอนของอัลกอริธึมการหมุนผสม

2.2.4 พิกัด (Link Coordinates)

คงได้กล่าวแล้วว่า แขนกลประกอบด้วย Line หลาย ๆ อันมาเชื่อมต่อกันด้วยข้อต่อ โดยจุดประสงค์ในหัวข้อนี้ คือ การกำหนดโครงพิกัดลงบนแต่ละ Link จากนั้นจึงทำการหาสมการแขน (Arm equation) ที่แสดงการเคลื่อนที่ของ Link แขนกล โดยขั้นแรกจะศึกษาพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบตัวแขนก่อน

Kinematics Parameters

ตำแหน่งและการหมุนสัมพันธ์ของ Link ที่อยู่ติดกัน สามารถแสดงด้วย 2 joint parameters ดังแสดงในรูปที่ 2.10



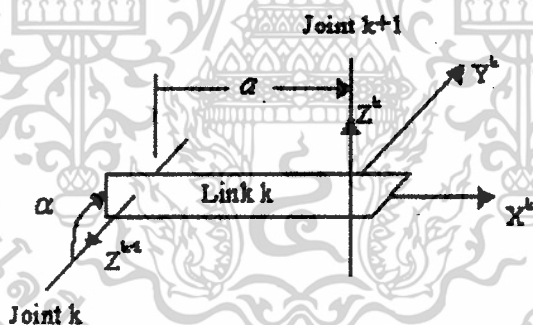
รูปที่ 2.10 มุมข้อต่อ θ และระยะข้อต่อ d

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

ตารางที่ 2.3 Kinematics Parameters

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

ข้อต่อจะอยู่ระหว่าง Link 2 อันที่อยู่ติดกัน ในทางกลับกันจึงมี Link หนึ่งอันอยู่ระหว่างข้อต่อสองอัน ตำแหน่งและการหมุนสัมพัทธ์ของแกนของข้อต่อทั้งสองอันแสดงได้ด้วย Link Parameters จากภาพที่ 2.10 Link Parameters ตัวแรกเรียกว่าความยาว Link (Link length); a_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



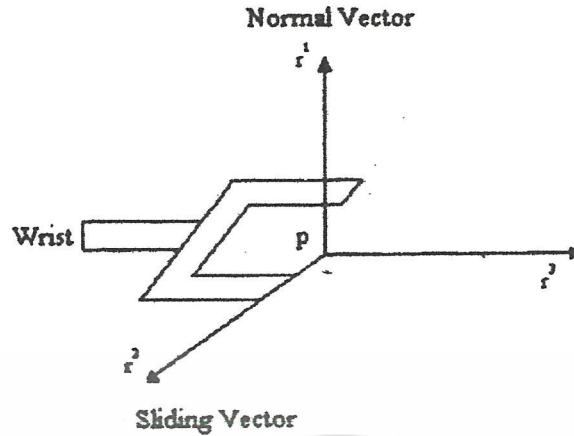
รูปที่ 2.11 แสดง ความยาวและมุมบิดของ Link

Normal, Sliding and Approach Vectors

ในการกำหนดโครงสร้างพิกัดลงบน Link ของแขนกล n แกน จะต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษกับ Link สุดท้ายซึ่งเป็นเครื่องมือ หรือ End-effectors การหมุนของเครื่องมือสามารถแสดงในพิกัดจากได้ด้วยเมตริกซ์การหมุน $R = \{r^1 r^2 r^3\}$ โดยที่ 3 คอลัมน์ของ R สอดคล้องกับ Normal, Sliding and Approach Vectors ดังแสดงในรูปที่ 2.11 Approach Vectors; r^3 อยู่ในแนวเดียวกับมุมแกนหมุนเครื่องมือและชี้ออกจากมือ Sliding Vectors; r^2 ตั้งฉากกับ Approach Vectors และอยู่ระดับเดียวกับแกนเปิด-ปิดของเครื่องมือ Normal Vectors; r^1 ตั้งฉากกับระนาบของ Approach Vectors และ Sliding Vectors ทำให้เกิดโครงพิกัดแกนตามกฎมือขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.12 แสดง Normal, Sliding and Approach Vectors ของ End-effectors

เป็นวิธีกำหนดโครงฟัดจากตามกฎมือขวาของแขนกล ซึ่งใช้สำหรับการถ่ายโอนฟัดที่อยู่ติดกันด้วยเมตริกซ์ถ่ายโอนฟัดโฮโมเนียส 4×4 โดยให้ L_k เป็นโครงฟัดที่อยู่ปลายทาง Linl k เมื่อ

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

อัลกอริทึม(D-H)Representation แสดงได้ดังนี้

กำหนดหมายเลขของข้อต่อจาก 1 ถึง n เริ่มจากฐาน ไปสิ้นสุดที่เครื่องมือตามการหมุน yaw, pitch และ roll

1. กำหนดโครงสร้างฟัดจากตามกฎมือขวา L_k ลงบนฐานแขนกล โดยให้แกน Z^0 อยู่แนวเดียวกับแกน ข้อต่อ 1 ให้ $k=1$
2. วางแกน Z^k ให้อยู่แนวเดียวกับแกน $k+1$
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} และ Z^k และ Z^{k-1} ขนานกัน ให้แกน X^k ชี้ออกจาก Z^{k-1}
5. เลือก T^k ให้ถูกตามกฎมือขวาของโครงฟัดจาก L_k
6. ให้ $k=k+1$ ถ้า $k < n$ กลับไปทำขั้นตอนที่ 2 มิฉะนั้นให้ทำตามขั้นตอนต่อไป
7. กำหนดจุดกำเนิดให้อยู่ที่ปลายเครื่องมือ

โดยให้ X^k อยู่แนวเดียวกับ Approach Vectors

Y^k อยู่แนวเดียวกับ Sliding Vectors

Z^k อยู่แนวเดียวกับ Normal Vectors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. กำหนดจุด b^k ที่จุดตัดกันของแกน X^k และ Z^{k-1} ถ้าไม่ตัดกันให้ใช้จุดตัดระหว่าง X^k กับ Common normal และ X^k กับ Z^{k-1}
9. คำนวณ 0_k ซึ่งเป็นมุมจากการหมุนแกน X^{k-1} ไปยังแกน X^k โดยวัดรอบแกน Z^{k-1}
10. คำนวณ 0_k ซึ่งเป็นระยะจากจุดกำเนิดหมุนของโครง L_{k-1} ไปยังจุด b^k วัดตามแนว Z^{k-1}
11. คำนวณ a_k ซึ่งเป็นระยะจากจุด b^k ไปยังจุดกำเนิดของโครง L_k ไปยังจุด b^k วัดตามแนว แกน X^k
12. คำนวณ a_k ซึ่งเป็นมุมจากแกนหมุน Z^{k-1} ไปยังแกน Z_k โดยวัดรอบแกน X^k
13. ให้ $k=k+1$ ถ้า $k < n$ กลับไปทำขั้นตอนที่ 8 มิฉะนั้นให้หยุด

2.2.4 สมการแขน (Arm Equation)

เมื่อกำหนดให้โครงพิกัด Link ได้แล้ว ก็ทำการย้ายโครงพิกัด k ไปยังโครงพิกัด K_{k-1} โดยใช้เมตริกซ์การถ่ายโอนพิกัดโฮโมเนียส เมื่อนำเมตริกซ์ที่ได้มาคูณกันทั้งหมด ก็จะได้เมตริกซ์ที่แสดงการย้ายพิกัดของเครื่องมือเทียบกับพิกัดฐาน โดยเมตริกซ์ที่ได้เรียกว่า เมตริกซ์แขน (Arm Matrix)

การถ่ายโอนโครงพิกัด (Link – Coordinate Transformation)

การสร้างเมตริกซ์ถ่ายโอนโฮโมเนียสจากโครงพิกัด k มา $k-1$ แต่ละขั้นตอนจะเกี่ยวข้องกับ Kinematic Parameter หนึ่งใน การพิจารณาจะทำการหมุนและเลื่อน โครงพิกัด $k-1$ จนทับกันสนิทกับ โครงพิกัด

ใช้ทฤษฎีบทการถ่ายโอนโครงพิกัด (Link-Coordinate Transformation) โดยกำหนด $\{L_0, L_2, \dots, L_n\}$ เป็นเซตของ โครงสร้างที่ได้จากอัลกอริทึม (D-H) Representation $[q]^{k-1}$ และ $[q]^{k-1}$ โดยจะได้ผลเป็นพิกัดโฮโมเนียสของจุด q เทียบกับ โครง L_k และ L_{k-1} สำหรับ $1 \leq k \leq n$ จะได้ $[q]^{k-1} = T^k [q]^{k-1}$ โดย

$$T_{k-1}^k = \begin{pmatrix} C0_k & -caks0_k & saks0_k & akc0_k \\ s0_k & cack0_k & -saks0_k & aks0_k \\ 0 & sak & cak & dk \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

T_{k-1}^k คือการถ่ายโอนจากโครงพิกัด k ไปยังโครงพิกัด $k-1$

ในการแก้ปัญหา Direct Kinematatics ต้องพิจารณาและการหมุนของเครื่องมือเทียบกับโครงพิกัดที่ติดอยู่กับฐาน การถ่ายโอนจากพิกัดเครื่องมือฐาน จะต้องเริ่มจากปลายเครื่องมือถ่ายโอนย้อนกลับไปที่ละโครงจนถึงฐาน ถ้า T_{Ibase}^{100} แสดงการถ่ายโอนจากพิกัดปลายเครื่องมือ (Link n) ไปยังพิกัดฐาน (Link 0) ดังนั้น

$$T_{Ibase}^{100} = T_{10}(qn)T_{21}(qn) \dots T_{n-1}(qn)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

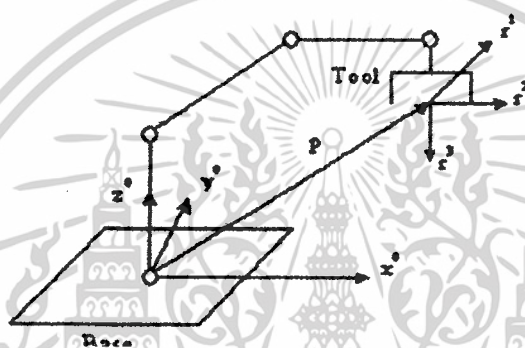
สมการแขน (Arm equation)

จากสมการ ได้เมตริกซ์ $T_{lbase}^{too}(q)$ เมื่อแทนค่าลงไปจะได้สมการแขน (Arm Equation) ดังนี้

$$T_{lbase}^{too} = \begin{pmatrix} R & P \\ 000 & 1 \end{pmatrix}$$

โดย $R(q)$ เป็นเมตริกซ์ย่อย 3×3 แสดงการหมุนของเครื่อง คอลัมน์ทั้งสามของ R แสดงทิศทางของยูนิทเวกเตอร์ $\{r_1 r_2 r_3\}$ ของโครงเครื่องมือเทียบกับโครงฐาน

$P(q)$ เป็นเมตริกซ์ย่อย 3×1 แสดงตำแหน่งของปลายเครื่องมือเป็นฟังก์ชันของปลายเครื่องมือเมื่อเทียบกับ โครงฐาน ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงตำแหน่งการหมุนของเครื่องมือในฟังก์ชัน

2.2.6 INVERSE KINEMATICS

ในหัวข้อที่แล้วได้ทำการหาค่าตำแหน่งและการหมุนของเครื่องมือแขนกล จากตัวแปรข้อต่อที่กำหนดให้ แต่ในหัวข้อนี้จะพิจารณาย้อนกลับ คือการหาตัวแปรข้อต่อจากตำแหน่ง และการหมุนของเครื่องมือที่กำหนดให้ ปัญหา INVERSE KINEMATICS เป็นปัญหาที่มีความสำคัญ และนำไปใช้งานในการแก้สมการแขน (Solve The Arm Equation) และยากกว่าปัญหา Direct Kinematics เนื่องจากไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนและคำตอบที่ได้มักมีหลายคำตอบ

คุณสมบัติทั่วไปของคำตอบ (General Properties Of Solution)

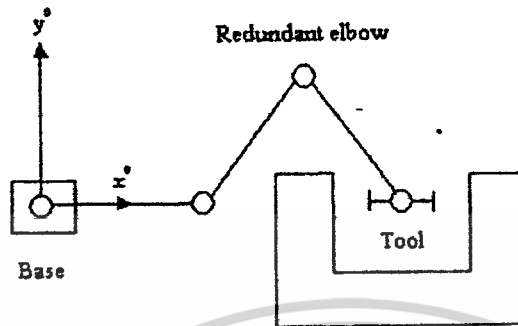
ดังนั้นแสดงแล้วว่า การแก้ปัญหา INVERSE KINEMATICS ไม่มีขั้นตอนที่แน่นอน ขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของแขนกล แต่คำตอบที่ได้ยังมีลักษณะบางประการที่เหมือนกัน

การมีอยู่ของคำตอบ Existence Of Solution พิจารณาในสภาวะที่คำตอบของ INVERSE KINEMATICS มีอยู่จริง คือ ตำแหน่งปลายเครื่องมือ P อยู่ในในของเขตการทำงานและการหมุนของเครื่องมือ ไม่เกินขีดจำกัด ของตัวแปรจากสมการแขน

ความเป็นหนึ่งของคำตอบ (Uniqueness Of Solution) เมื่อหาคำตอบของ INVERSE KINEMATICS ได้แล้ว คำตอบที่ได้มักมีหลายคำตอบ เช่น แขนกล n แกนเมื่อ $n > 6$ คำตอบที่ได้มักมีมากมาย โดยเรียกหุ่นยนต์ที่มีมากกว่า 6 แกนว่า Kinamatically Redundant Robots เพราะมี

ไม่จำกัดทุกข้อ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Degree Of Freedom ที่เกินมานั้นช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับแขนกล เช่น ใช้หลบหลีกสิ่งกีดขวาง ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 Redundant Robot หลบหลีกสิ่งกีดขวาง

2.3 ลักษณะเฉพาะหุ่นยนต์ (Robot Specification)

นอกจากเกณฑ์ต่าง ๆ ในการแบ่งประเภทของหุ่นยนต์ที่กล่าวมาแล้ว ยังมีลักษณะบางอย่างที่ช่วยให้ผู้ใช้ในการเลือกหุ่นยนต์ที่ต้องการ ลักษณะดังต่อไปนี้ดังตารางที่ 2.3

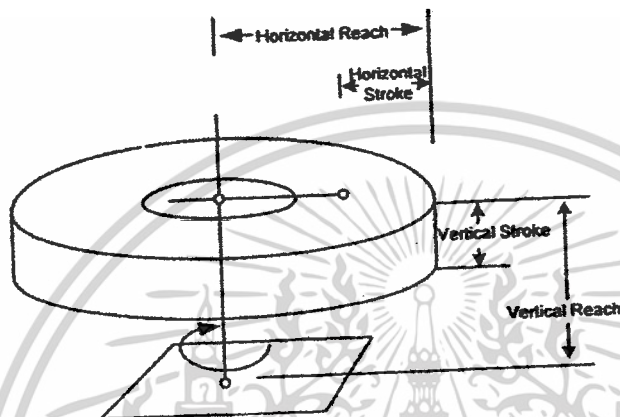
ตารางที่ 2.4 คุณลักษณะของหุ่นยนต์

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

ระยะที่เอื้อมถึงและสโตรก (Reach and Stroke) เป็นการวัดขนาดของพื้นที่การทำงาน (Work Envelope) อย่างคร่าว ๆ ระยะที่เอื้อมถึงในแนวนอน (Horizontal Reach) คือระยะทางตามแนวรัศมีที่มากที่สุดที่มือสามารถเอื้อมไปถึงโดยวัดจากแกนแนวตั้งที่ทำให้หุ่นยนต์หมุน สโตรกแนวนอน (Horizontal Reach) คือระยะตามแนวรัศมีทั้งหมดที่ข้อมือสามารถไปได้ ดังนั้นระยะทางที่เอื้อมถึงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

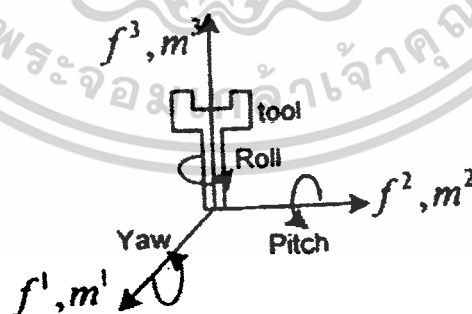
ในแนวนอนด้วย สโตรกในแนวนอน คอระยะตามแนวรัศมีที่น้อยที่สุดที่ข้อมือสามารถไปถึง ได้โดยวัดจากแกนฐานซึ่งมีค่าเป็นบวกเสมอ จึงได้ว่า $\text{Stroke} \geq \text{Reach}$

ตัวอย่างเช่น ระยะที่เอื้อมถึงในแกนนอน (Horizontal Reach) ของหุ่นยนต์พิกัดทรงกระบอก คือมีรัศมีเป็นทรงกระบอก อันนอกจากพื้นที่การทำงาน ในขณะที่สโตรกแนวนอน (Horizontal Reach) คือผลระหว่างรัศมีอันนอก ดังแสดงในรูปที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 ระยะที่เอื้อมถึงและสโตรกของหุ่นยนต์ทรงกระบอก

การหมุนของ Tool (Tool Orientation) ในขณะที 3 แกนหลักใช้ในการพิจารณารูปทรงของ พื้นที่การทำงานแกนที่เหลือจึงเป็นการพิจารณาพื้นที่การทำงาน แกนที่เหลือจึงใช้ในการพิจารณา การหมุนของ Tool จะใช้ในระบบ Yaw – Pitch – Roll (YPR) ดังรูปที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 Yaw – Pitch – Roll และ Tool

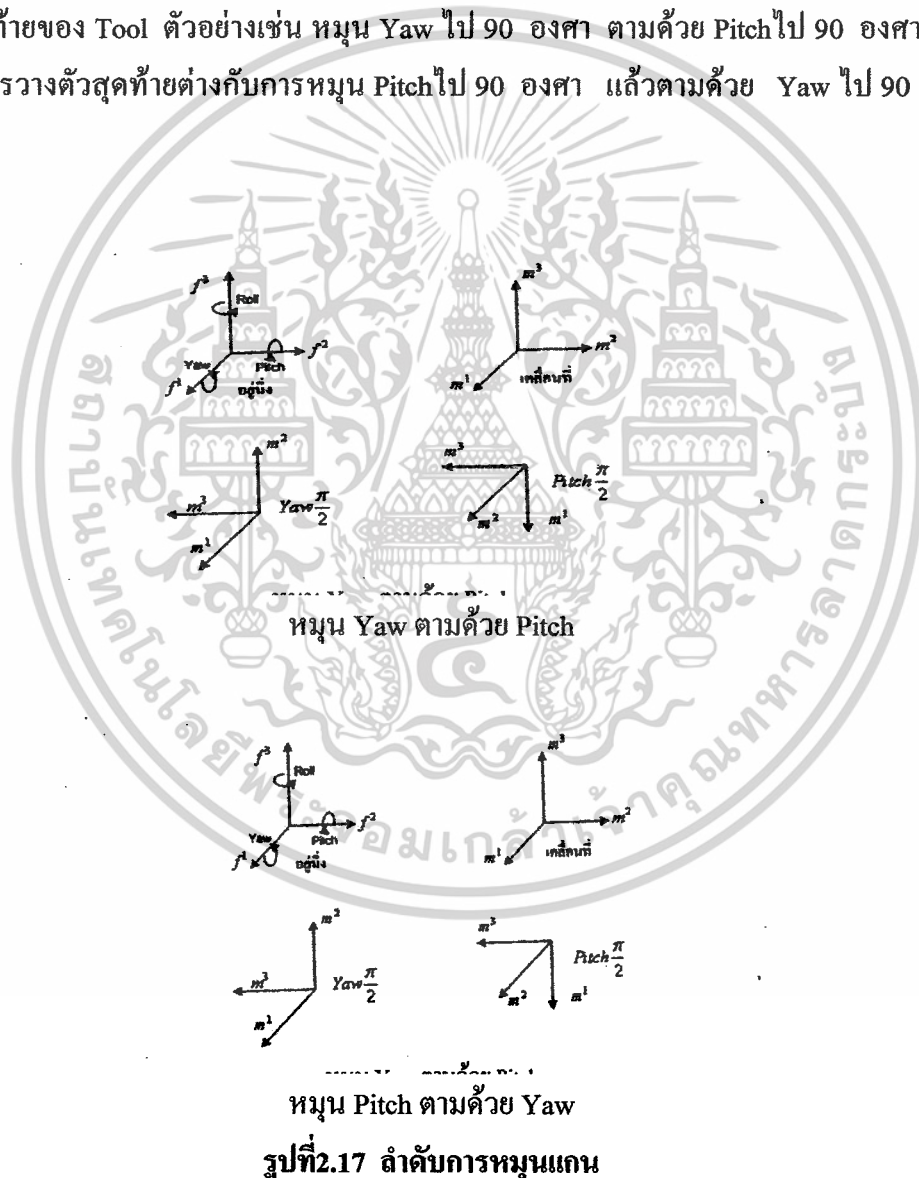
ในการระบุการหมุน จะติดโครงพิกัด Tool $M = \{ m^1 m^2 m^3 \}$ ไว้ที่ Tool และโครงนี้จะ เคลื่อนที่ไปพร้อมกับ Tool ดังในรูปที่ 2.7 แกน m^3 ขนานอยู่แนวเดียวกับแกนของ Tool และชี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกจากข้อมือ แกน m^3 ขนานกับทิศทางที่ปลายนิ้วของ Tool เลื่อนเปิด-ปิด ส่วนแกน m^1 เป็นไปตามกฎมือขวาของโครงพิกัด M

การเคลื่อนที่แบบ Yaw – Pitch – Roll จะกระทำตามลำดับแกนที่อยู่หนึ่ง เมื่อเริ่มต้นโครงพิกัดเคลื่อนที่ของ Tool M จะทับอยู่กับโครงพิกัดอยู่หนึ่งของข้อมือ $F = \{ f^1 f^2 f^3 \}$ ซึ่งติดกันอยู่ที่ส่วนปลายของปลายแขน (Forearm) Yaw คือการหมุน Tool รอบแกนข้อมือ f^1 , pitch คือการหมุน Tool รอบแกนข้อมือ f^2 Roll คือการหมุน Tool รอบแกนข้อมือ f^3 ในกรณีมุมบวกเกิดจากการหมุนทวนเข็มนาฬิกา โดยมองจากปลายแกนเข้าสู่จุดกำเนิด

ลำดับการเคลื่อนที่หมุน Yaw – Pitch – Roll มีความสำคัญมาก เพราะมีผลต่อลักษณะการวางตัวสุดท้ายของ Tool ตัวอย่างเช่น หมุน Yaw ไป 90 องศา ตามด้วย Pitch ไป 90 องศา จะมีลักษณะการวางตัวสุดท้ายต่างกับการหมุน Pitch ไป 90 องศา แล้วตามด้วย Yaw ไป 90 องศา เป็นต้น



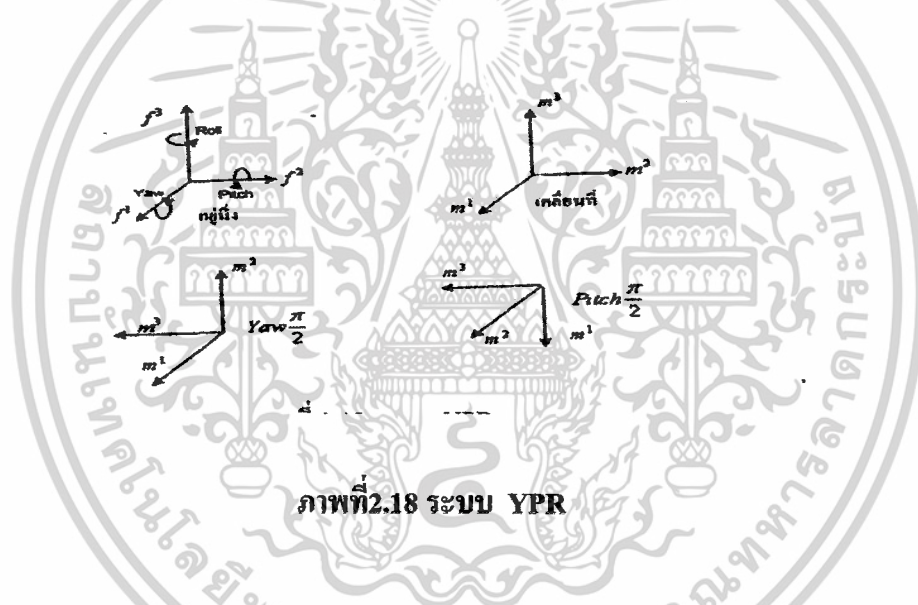
กำหนด YPR ตามลำดับการหมุนแสดงดังตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

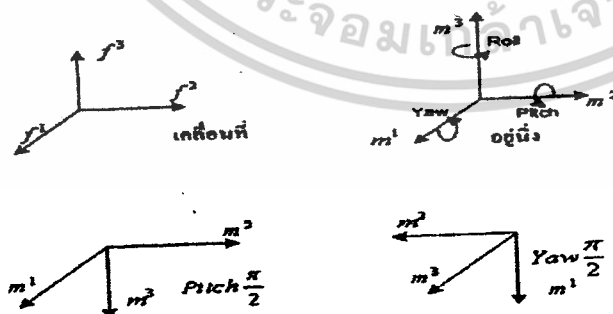
ตารางที่ 2.5 การเคลื่อนที่แบบ Yaw Pitch และ Roll

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

อีกวิธีหนึ่งวิธีที่ใช้ระบุการหมุนคือ ระบุลำดับการหมุนลำดับกับ YPR และคิดเทียบกับโครงพิกัดเคลื่อนที่ของ Tool M แทนที่โครงพิกัดที่อยู่นิ่งของข้อมือ F ดังรูปที่ 2.10 โดยเริ่มแรก Roll คือการหมุนรอบแกน m^3 , Pitch คือการหมุนรอบแกน m^2 , Yaw คือการหมุนรอบแกน m^1 การคิดลักษณะนี้เรียกว่าเป็นระบบ RPY จะมีผลลัพธ์เหมือนแบบ YPR



ภาพที่ 2.18 ระบบ YPR



ภาพที่ 2.19 ระบบ RPY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ความแม่นยำของการเคลื่อนที่

ความสำเร็จอีกประการหนึ่งของการสร้างหุ่นยนต์คือความแม่นยำในการทำงาน ซึ่งความแม่นยำนี้ขึ้นอยู่กับตัวอย่าง 3 อย่าง

2.4.1 Spatial Resolution

คือช่วงการเคลื่อนที่มีระยะทางสั้นที่สุดที่หุ่นยนต์แต่ละตัวสามารถที่จะทำได้ซึ่ง Spatial Resolution นี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการ คือ

1. ระบบการควบคุม (Control System) ระบบการควบคุมนี้จะรวมถึงการวัดสัญญาณป้อนกลับของหุ่นยนต์ด้วย
2. ความคลาดเคลื่อนเชิงกล (Mechanical inaccuracy) ของหุ่นยนต์แต่ละตัวขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อหมุน (Joint) และข้อต่อ (Link) และระบบต้นกำลังของหุ่นยนต์ตัวนั้นด้วย

2.4.2 Accuracy

คือตัวที่แสดงถึงความสามารถของหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่เข้าใกล้จุดเป้าหมายตามที่เรารั้ง Accuracy สามารถที่จะกำหนดให้อยู่ในเทอมของ Spatial Resolution ได้ทั้งนี้เพราะว่าการเคลื่อนที่ให้เข้าจุดเป้าหมาย ก็ต้องขึ้นกับช่วงของการเคลื่อนที่ที่มีความละเอียดมากน้อยเพียงใด ในการทำงานเราต้องวางจุดที่เราต้องการให้หุ่นยนต์ทำงานอยู่ระหว่างการตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ทั้งนี้ก็เพราะว่าความคลาดเคลื่อนเชิงกลมีผลต่อความแม่นยำของหุ่นยนต์ ความแม่นยำของหุ่นยนต์กำหนดให้เท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะทางเคลื่อนที่ที่สั้นที่สุดของหุ่นยนต์ที่สามารถทำได้ โดยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์ ถ้าแขนทำงานในพื้นที่การทำงานจะมีความแม่นยำมากกว่า แขนนอกพื้นที่การทำงาน
2. วงรอบการทำงาน ถ้าวงรอบการทำงานเป็นวงรอบที่แน่นอน ความแม่นยำจะมีมากขึ้น
3. น้ำหนักที่ได้รับ ถ้าหุ่นยนต์ทำงานโดยรับน้ำหนักมาก ๆ ความแม่นยำจะลดลง

2.4.3 Repeatability

คือความสามารถของหุ่นยนต์ในการกลับมาทำงานซ้ำที่เดิมหลาย ๆ ครั้งได้เนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น Backlash ในเฟืองความยืดหยุ่น (Flexibility) ของส่วนต่าง ๆ ซึ่งมักทำให้เกิดความผิดพลาดใน Repeatability

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ค่าความปลอดภัย

โดยทั่วไปแล้วค่าความปลอดภัย หมายถึง ตัวเลขที่นำไปหารค่าความต้านแรงดึงหรือความต้านแรงดึงครากของวัสดุ เพื่อให้ได้ความเค้นการใช้งาน (Working stress) ในชิ้นส่วนที่กำลังออกแบบ ซึ่งเรียกสั้น ๆ ว่าความเค้นออกแบบ (Design Stress) หรือความเค้นใช้งาน ตัวอย่างเช่น เหล็กกล้า มีความต้านแรงดึงและความต้านแรงดึงครากเท่ากับ 700MN/m^2 และ 420MN/m^2 ตามลำดับ และในการออกแบบชิ้นงานหนึ่งโดยใช้เหล็กกล้าชนิด ผู้ออกแบบคิดว่าตามลักษณะการใช้งานแล้วความเค้นใช้งานควรจะไม่เกิน 140MN/m^2 ฉะนั้นค่าความปลอดภัยเมื่อถือความต้านแรงดึงเป็นหลักคือ

$$Nu = 700/140 = 5$$

และค่าความปลอดภัยเมื่อถือความต้านแรงดึงครากเป็นหลักคือ

$$Ny = 420/140 = 3$$

ในกรณีที่ได้มีการกำหนดขนาดของชิ้นงานแล้ว ค่าความปลอดภัยของชิ้นงานนั้นคือ

$$Nu = \text{ความต้านแรงดึง} / \text{ความเค้นที่คำนวณ} \quad (2.1)$$

$$Ny = \text{ความต้านแรงดึงคราก} / \text{ความเค้นคำนวณได้} \quad (2.2)$$

สำหรับปัญหาที่ไม่เป็นแบบเชิงเส้น (nonlinear) เช่นท่อโลหะ หรือเสาที่อาจเสียหายเนื่องจากโก่งงอ จะต้องใช้ค่าความปลอดภัยกับแรงที่กระทำ โดยตรงแทนที่จะใช้กับความเค้น ทั้งนี้เพราะในปัญหาแบบไม่เชิงเส้น ความเค้นที่เกิดขึ้นในชิ้นงานอาจจะมิได้แปรผันโดยตรงกับแรงในกรณี เช่นนี้

$$N = \text{แรงที่ทำให้แตกหัก} / \text{แรงที่ใช้ออกแบบ} \quad (2.3)$$

ค่าความปลอดภัยที่จะเลือกใช้ขึ้นอยู่กับตัวประกอบจำนวนมากดังนี้

1. ชนิดของแรงที่กระทำต่อชิ้นงาน ว่าเป็นแรงที่จัดอยู่ในประเภทอยู่นิ่งหรือเปลี่ยนแปลง

ขนาดอยู่ตลอดเวลาขณะใช้งาน

2. ลักษณะการใช้งานของชิ้นงานว่าเกี่ยวข้องการที่อาจจะสูญเสียชีวิตทรัพย์สิน
3. น้ำหนักของชิ้นงานว่ามีความจำเป็นที่จะต้องเบาที่สุดหรือไม่ เช่น เครื่องบินเป็นต้น ในกรณีเช่นนี้การใช้ค่าความปลอดภัยจะต้องพิจารณาอย่างละเอียดเป็นพิเศษ
4. จำนวนของชิ้นงานที่จะผลิตออกมา ถ้าผลิตครั้งละมาก ๆ ควรจะระมัดระวังในการใช้ค่าความปลอดภัยที่ไม่สูงมากเกินไป ทั้งนี้เพื่อให้ประหยัดวัสดุได้มากที่สุด
5. เนื้อวัสดุที่ผลิตออกมาอาจไม่สม่ำเสมอกัน ทำให้ความสามารถในการรับแรงต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับผู้ที่มีความชำนาญในการออกแบบน้อย ก็อาจจะใช้ค่าที่แนะนำไว้ในตาราง 2.6 เป็นแนวทางในการคำนวณออกแบบได้

ตารางที่ 2.6 ค่าความปลอดภัย

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อและโลหะ
	Ny	Nu	Nu
แรงอยู่นิ่ง	1.5-2	3-4	5-6
แรงซ้ำทิศทางเดียว หรือกระแทกเล็ก น้อย	3	5	7-8
แรงซ้ำสองทิศทาง หรือกระแทก เล็กน้อย	8	8	10-12
แรงกระแทกอย่าง หนัก	5-7	10-15	15-20

ค่าความปลอดภัยสำหรับแรงซ้ำทิศทางเดียว (repeated , one direction) หรือแรงซ้ำสองทิศทาง(repeated , one reversed) ที่ได้ไว้ในตารางที่2.6 หมายถึงค่าความปลอดภัยที่จะนำไปใช้เมื่อให้เป็นแรงนิ่ง (dead load) ในขณะที่ออกแบบสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาโดยคิดละเอียดลงไปถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแรง และความทนของวัสดุต่อแรงที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอนี้จะใช้ค่าความปลอดภัยแตกต่างกัน

2.5.1 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ

ในการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลจะต้องคำนวณหาขนาดของชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติทางกลของวัสดุเป็นสำคัญ ซึ่งจะพบว่ามิชื่อเรียกต่าง ๆ อยู่มาก ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการอ้างอิงต่อไปจะได้นิยามความหมายของชื่อ ๆ ไว้พอสังเขปดังต่อไปนี้

ความต้านทานแรงดึงอัลติเมต (ultimate tensile strength) σ_u เป็นความเค้นสูงสุดที่วัสดุจะรับได้ ซึ่งคำนวณได้จากการนำแรงที่ใช้ดึงวัสดุตัวอย่างหารด้วยพื้นที่หน้าตัดเดิม และแทนด้วยจุด C กราฟความเค้น-ความเครียดในรูปที่ 2.1 ในบางครั้งอาจเรียกให้สั้นลงได้ว่าต้านแรงดึง (tensile strength)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขีดจำกัดความเป็นสัดส่วน (Proportional limit) เป็นค่าความเค้นค่าสุดท้ายที่เป็นสัดส่วน โดยตรงกับความเครียดจุด A เมื่อพ้นจุดนี้ไปแล้วกราฟจะเป็นเส้นโค้งในทางปฏิบัติจะหาจุดนี้ยากมาก ฉะนั้นในการคำนวณจึงนิยมใช้ความต้านแรงคิงคราก (yield strength) แทน

ขีดจำกัดความยืดหยุ่น (elastic limit) อยู่ระหว่างจุด A และจุด B เป็นจุดสุดท้ายที่เมื่อเอาแรงภายนอกออกแล้วชิ้นตัวอย่างทดสอบจะกลับมามีขนาดเท่าเดิม กราฟในช่วง AB จะมีความโค้งเล็กน้อย

ความต้านแรงคิงคราก (yield strength) σ_y เป็นจุดที่ชิ้นทดสอบยืดออกได้มากโดยที่เพิ่มแรงอีกเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งแทนด้วยจุด B หรือเรียกว่าจุดคราก ความเค้นที่จุดนี้ถือเป็นหลักในการออกแบบทั่วไป สำหรับวัสดุที่ไม่มีจุดคราก เช่น เหล็กหล่อ ก็อาจใช้ความต้านแรงคิงครากแทน ความต้านแรงคิงคราก โดยการลากเส้นขนานกับส่วนที่เป็นเส้นตรงของกราฟตามเปอร์เซ็นต์ของความเครียดที่ต้องการ โดยทั่วไปแล้วมักจะใช้ 0.2% และเพื่อแสดงความแตกต่างระหว่างความเค้นที่จุดยืดถาวรกับความต้านคิงคราก จึงใช้สัญลักษณ์แทนความเค้นที่จุดยืดถาวร 0.2% ว่า $\sigma_{0.2}$ หรืออาจเรียกสั้น ๆ ว่าความเค้นพิสูจน์ 0.2%

ยังส์โมดูลัส (Yong ' Modulus) หรือโมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) เป็นอัตราส่วนระหว่างความเค้นต่อความเครียดในส่วนที่กราฟเป็นเส้นตรง

โมดูลัสเฉือน (shear modulus) หรือโมดูลัสความแข็งแกร่ง (Modulus of rigidity) ในการทดสอบชิ้นส่วน โดยใช้แรงเฉือนแล้วเขียนกราฟระหว่างความเค้นเฉือน (shear stress) กับความเครียดเฉือน (shear strain) ก็จะได้กราฟลักษณะเดียวกับการทดสอบแรงคิง อัตราส่วนระหว่างความเค้นเฉือนต่อความเครียดเฉือนในส่วนที่กราฟเป็นเส้นตรงเรียกว่า โมดูลัสเฉือน จำนวนระบบหน่วยเอสไอให้ทำการแปลงหน่วยดังนี้

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

คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ความต้านแรงเฉือนคราก (yield strength in shear) ซึ่งใช้ในการออกแบบเสมอ แต่มีให้ไว้ในตารางดังที่กล่าวมาแล้ว แต่อย่างไรก็ตามให้ใช้ค่าประมาณจากตารางได้ดังนี้คือ

$$T_y = 0.6 \sigma_y \quad (2.5)$$

2.5.2 ทฤษฎีการออกแบบเครื่องกล

2.5.2.1 ความเค้น

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาท่อนโลหะกลมอยู่ภายใต้แรงดึงและแรงกด F ตามลำดับ ความเค้นดึงและความเค้นกด คือ

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

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

ในกรณีที่แผ่นโลหะยึดติดกันด้วยหมุดย้ำ ตัวหมุดย้ำอาจจะขาดเนื่องจากแรงเฉือนกระทำที่หน้าตัด AB ถ้าพื้นที่หน้าตัด ของหมุดย้ำเท่ากับ A ความเค้นเฉือนในหน้าตัดของหมุดย้ำคือ

$$t = F/A \quad (2.8)$$

ถ้าหน้าตัดของชิ้นงานที่รับแรงเฉือนมีมากกว่าหนึ่งแห่ง ซึ่งมีสองแห่งพื้นที่หน้าตัดที่รับแรงคือ $2A$ ในกรณีเช่นนี้เรียกว่า หยุดย้ำรับแรงเฉือนคู่ (double shear) เพราะฉะนั้นความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในหน้าตัดของหมุดย้ำนี้จะเท่ากับ

$$t = F/2A \quad (2.9)$$

พิจารณาหมุดย้ำใน จะเกิดการอัดกันระหว่างด้านข้างของตัวหมุดย้ำกับแผ่น โลหะด้วยความเค้นผิวโลหะที่สัมผัสกันนี้ไม่สม่ำเสมอ ในทางปฏิบัติจึงหาความเค้นกดนี้โดยใช้พื้นที่ภาพฉาย (projected area) ของส่วนที่อัดกันอยู่ แทนการใช้พื้นที่จริงรอบหมุดย้ำ และมีชื่อเรียกว่าความเค้น (bearing stress) ถ้าหมุดย้ำมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง d ความเค้น

$$\sigma_c = F/A \quad (2.10)$$

2.5.2.2 ความเครียด

ความเครียด (strain) ϵ หมายถึงอัตราส่วนระหว่างส่วนที่ยืดหรือหดของชิ้นงานกับความยาวเดิม ส่วนที่ยืดออกเนื่องจากแรงดึง F เท่ากับ ΔL เพราะฉะนั้นความเครียดนี้จะเท่ากับ

$$\epsilon = \Delta L/L \quad (2.11)$$

จากกฎของฮุก

$$\sigma = E\epsilon \quad (2.12)$$

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

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

จากกลศาสตร์วัสดุยังทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างยังส์โมดูลัสเฉือนอีกคือ

$$G = E/(2(1+\nu)) \quad (2.14)$$

โดยที่ ν เป็นอัตราส่วนปัวซอง (Poisson's ratio)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.3 โมเมนต์ดัด

ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลจำนวนมากรับแรงในแนวตั้งลักษณะเช่นเดียวกับคานทั่วไป ฉะนั้นจึงใช้ความเค้นดัด (Bending stress) และการขยับตัว (deflection) เป็นข้อจำกัดในการออกแบบความเค้นดัดสูงสุดเกิดที่ผิวนอกสุดของคาน ณ ตำแหน่งที่โมเมนต์ (Bending stress) มีค่าสูงสุด ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma_b = Mc/I \quad (2.15)$$

โดยที่ M คือ โมเมนต์ดัด

C คือระยะจากแกนสะเทิน (neutral axis) ไปยังผิวนอกสุด

I คือโมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่

โดยทั่วไปแล้วความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นในคานจะมีค่าน้อยมาก จนกระทั่งไม่ต้องนำมาคิดในการออกแบบได้ แต่ถ้าคานสั้นและคานมีหน้าตัดสูงมาก ความเค้นเฉือนก็อาจจะมีค่ามากได้ สำหรับคานที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความเค้นเฉือนสูงสุดจะเกิดที่แกนสะเทิน และมีค่า 1.5 เท่าของความเค้นเฉือนเฉลี่ยหรือเท่ากับ

$$\tau = 3V/2A \quad (2.16)$$

สำหรับหน้าตัดกลม

$$\tau = 4V/3A \quad (2.17)$$

โดยที่ V คือแรงเฉือนสูงสุด

A คือพื้นที่หน้าตัด

2.6 มอเตอร์ไฟฟ้า แบบเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

เซอร์โวมอเตอร์คืออะไร มีตัวอย่างไร ทำไมต้องใช้ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาคำว่า เซอร์โวมอเตอร์ อาจจะเป็นคำศัพท์ที่ไม่ค่อยเป็นที่คุ้นเคยกันสักเท่าไร บางท่านอาจจะคุ้นหูและจำฝังใจดีในเรื่องราคา เนื่องจากราคาในอดีตก็ค่อนข้างสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับระบบขับเคลื่อนทางไฟฟ้าอื่น ๆ อีกทั้งจำนวนการใช้งานก็ค่อนข้างจำกัดอยู่ในกลุ่มของเครื่องจักรบางประเภทเท่านั้น

แต่ปัจจุบันซึ่งเป็นยุคของความเร็ว (speed) สินค้ามีการแข่งขันสูง นอกเหนือจากคุณภาพและราคาซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานในการแข่งขันแบบเดิม ๆ แล้ว อุตสาหกรรมยุคใหม่จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องพึ่งพาเทคโนโลยีที่มีการตอบสนองที่รวดเร็วและมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

จากเหตุผลและความต้องการในการแข่งขันดังกล่าวทำให้ชื่อของเซอร์โวมอเตอร์ได้รับการกล่าวขานมากขึ้นในแวดวงอุตสาหกรรม นวัตกรรมใหม่และเครื่องจักรรุ่นใหม่ ๆ ก็มีการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้เซอร์โวแทนที่ระบบขับเคลื่อนอื่น ๆ มากขึ้น ราคาก็ลดลงตามปริมาณการใช้งานที่เพิ่มขึ้น ทำให้เครื่องจักรอัตโนมัติและเครื่องจักรในกระบวนการผลิตมีการใช้งานกันอย่างกว้างในปัจจุบัน

2.6.1 ระบบเซอร์โวมอเตอร์

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

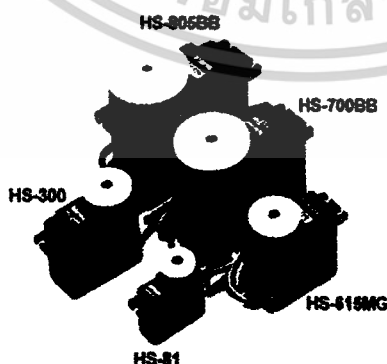
ตารางที่ 2.7 ระบบควบคุมแบบลูปปิด

ระบบควบคุมแบบลูปปิด(Closed loop control)

ระบบไฟฟ้า	ระบบไดนามิก	ระบบกระบวนการ (Process)
โวลต์เตจและ กระแสรีคูลเตเตอร์ ฟีดแบ็คแอมพลิไฟ เออร์	ควบคุมความเร็ว (Speed control) ควบคุมแรงบิด(Torque Control) ควบคุมตำแหน่ง (Position Control) ควบคุมอัตราเร่ง (velocity Control)	ควบคุมอุณหภูมิ (Temp Control) ควบคุมแรงดัน (Pressure Control) ควบคุมการไหล (Flow Control) ควบคุมความหนาแน่น (density Control)

จากตารางสามารถสรุปได้ว่าระบบเซอร์โว คือการควบคุมเครื่องจักรกลให้ทำงานตอบสนองด้านไดนามิก (Dynamic Response) เช่นความเร็ว อัตราเร่ง แรงบิด และตำแหน่ง ให้ได้ดีที่สุด (Optimum Solution) และใช้เวลาน้อยที่สุด (Time Optimum)

2.6.2 เซอร์โวมอเตอร์กระแสตรงแบบ ดิจิเซอร์โว มอเตอร์ (DC Servo Motor)



รูปที่ 2.20 ของ Servo Motor ยี่ห้อ hitec รุ่นต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Servo Motor คือ มอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง DC Motor ภายใน Servo Motor ก็จะมีส่วนของเฟืองเกียร์และบอร์ดควบคุม มีสายสัญญาณในการควบคุมการหมุนของ 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

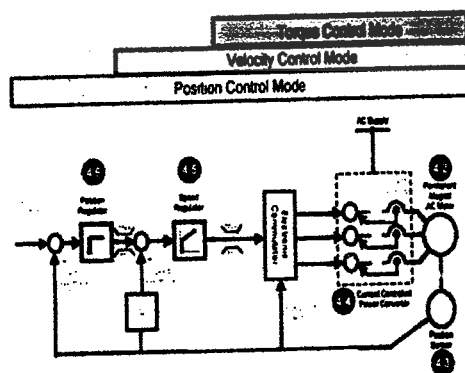
ส่วนประกอบหลักของ Servo Motor มีน้ำหนักเบาและส่ง แรงบิดสูงทำหน้าที่คำนวณตำแหน่งการหมุนของ Servo Motor ตามสัญญาณ pulse ที่เข้ามาโดยในบอร์ดก็จะมี ตัวต้านที่ปรับค่าได้อยู่ด้วย



รูปที่ 2.21 ส่วนประกอบของ Servo Motor

โครงสร้างระบบควบคุมของเซอร์โวมอเตอร์

ระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จะเป็นระบบควบคุมแบบลูปปิด(Closed loop control) ประกอบด้วย 3 โหมดการควบคุมคือ โหมดการควบคุมแรงบิด (Torque Control Mode) ซึ่งอยู่วงรอบหรือลูปในสุด โหมดการควบคุมอัตราเร่ง (Velocity Control Mode) และโหมดการควบคุมตำแหน่ง (Position Control Mode) ซึ่งอยู่ลูปด้านนอกสุด โดยมีอุปกรณ์ที่สำคัญๆ ดังรูป



รูปที่ 2.22 โครงสร้างระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของ Servo Motor

- 1) เซอร์โวมอเตอร์ Servo Motor
- 2) ชุดควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ Servo Drive or Servo Amplifier อุปกรณ์ป้อนกลับ(Feedback Device เช่น Speed encoder และ Position)

ตามท้องตลาดทั่วไป ก็จะมี Servo Motor อยู่หลายยี่ห้อและราคาก็แตกต่างกันออก อย่างไรก็ตาม Servo Motor ก็จะมีคุณสมบัติคล้าย ๆ กันดังนี้

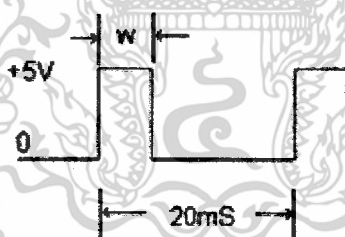
1. Servo Motor จะหมุนเมื่อสัญญาณ Pulse เข้าไป โดยสัญญาณ ความกว้าง Pulse นี้จะทำให้หน้าที่ควบคุมการหมุนและทิศทางของ Servo Motor

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

3. สามารถหมุนได้ 180 องศา (บางรุ่นหมุนได้ 210 องศา) ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะกันความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับวงจรภายใน ดังจะได้ศึกษาต่อไปในหลักการทำงาน

4. ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา 2.6.3 หลักการทำงานของ Servo Motor

เราสามารถควบคุมการทำงานของ Servo Motor ได้โดยป้อนสัญญาณความกว้าง Pulse นี้จะไปกำหนดตำแหน่งของ Servo Motor ว่าจะหมุนไปอยู่ตำแหน่งอยู่ตำแหน่งใด ซึ่งเราสามารถป้อนความกว้าง Pulse เท่ากับ 20 ms ดังรูป



รูปที่ 2.23 สัญญาณที่สามารถป้อนให้กับ Servo Motor

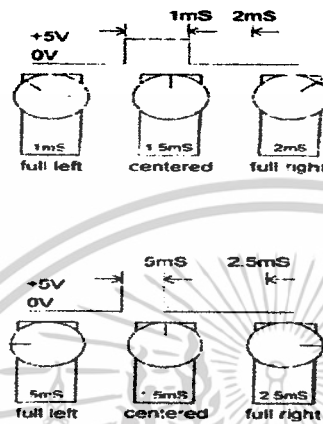
โดยจะมีจุดที่อ้างอิง 3 จุดด้วยกันคือ

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 โดยการป้อนความกว้าง Pulse เท่า 1.5 ms
3. ตำแหน่งขวาสุด เราสามารถกำหนดให้ Servo Motor เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งขวาสุด (90 องศา) ได้ โดยการป้อนความกว้าง Pulse เท่ากับ 2.5 Ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



รูปที่ 2.24 แสดงตำแหน่งองศาการหมุนของ Servo เป็นไปตามสัญญาณ Pulse

สัญญาณ Pulse ที่สามารถป้อนได้เราสามารถป้อนสัญญาณความกว้าง Pulse ให้กับ Servo Motor ได้จากรูปป้อน 1.0 ms Servo หมุนไปยังตำแหน่ง -45 องศา ป้อน 2.0 ms Servo หมุนไปยังตำแหน่ง +45 องศา Max-Mon pulse ความกว้าง pulse ที่สามารถป้อนให้กับ Servo Motor ได้

1. ป้อน 0.5 ms Servo จะหมุนไปตำแหน่งซ้ายสุด
2. ป้อน 1.5 ms Servo จะหมุนไปตำแหน่งตรงกลาง
3. ป้อน 2.5 ms Servo จะหมุนไปยังตำแหน่งขวาสุด

ข้อควรระวัง

ความกว้างของสัญญาณ Pulse ที่กล่าวไว้นั้นเป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้น ซึ่ง Servo Motor ที่มีอยู่ตามท้องตลาดอาจจะใช้สัญญาณ Pulse ที่แตกต่างจากนี้ก็ได้ และแต่ละยี่ห้ออาจจะใช้ความกว้างของสัญญาณแตกต่างกันก็ได้ ดังนั้นเพื่อให้แน่ใจว่าควรศึกษาคู่มือของ Servo นั้น ๆ ให้เข้าใจก่อนอีกประเด็นหนึ่งที่ต้องกล่าวถึงก็คือ ทิศทางการหมุนของ Servo Motor กล่าวคือ Servo Motor แต่ละยี่ห้ออาจจะไม่หมุนไป ในทิศทางเดียวกันถ้าหากเราป้อนสัญญาณ Pulse ให้ Servo Motor ขนาดเท่ากัน เช่น สมมติว่าถ้าเราป้อน สัญญาณ Pulse 2.0 ms บางยี่ห้ออาจจะหมุนไปตามเข็มนาฬิกาไปที่ +45 องศา เช่นยี่ห้อ Hitec และมีบางยี่ห้ออาจจะหมุนทวน เข็มนาฬิกาไปที่ -45 องศา เช่นยี่ห้อ GWS เป็นต้น ส่วนการกำหนดความเร็วของ Servo Motor เราสามารถทำได้โดยการป้อนค่าความกว้างของสัญญาณ Pulse ไปเป็น step ทุก 20 ms กล่าวคือ ถ้าเราอยากจะให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานาน เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Servo Motor เคลื่อนอย่างรวดเร็ว ก็สามารถทำได้โดย ป้อน สัญญาณ Pulse โดยใช้ Step น้อย ๆ ยกตัวอย่างเช่น ต้องการให้ Servo Motor เคลื่อนที่ จากตำแหน่งตรงกลางไปซ้ายสุดอย่างรวดเร็ว ป้อน 1.5 ----> 0.5 ms ถ้าต้องการให้ช้าลงก็สามารถทำได้ 1.5 ms ----> 1.0 ms ----> 0.5 ms อีกนัยหนึ่งคือ ถ้าต้องการให้ช้ามากเท่าใดก็ต้องเพิ่ม Step ให้มากขึ้นตามไปด้วย โดยเราต้องป้อนให้กับ 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 (Control) ไว้สำหรับช่วยการออกแบบโปรแกรม โดยเน้นการออกแบบหน้าจอแบบกราฟิก ทำให้การจัดรูปแบบหน้าจอเป็นไปได้ง่าย และในการเขียนโปรแกรมนั้นจะเขียนแบบ Event-Programming คือโปรแกรมจะทำงานก็ต่อเมื่อเหตุการณ์ Event เกิดขึ้น ตัวอย่างของเหตุการณ์ ได้แก่ ผู้ใช้กดปุ่มบนคีย์บอร์ด ผู้ใช้กดปุ่มเมาส์ เป็นต้น

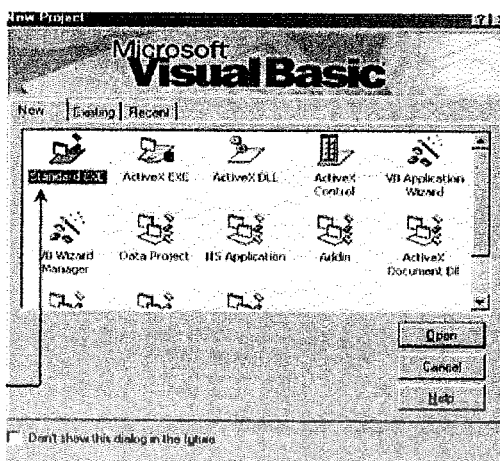
เครื่องมือ หรือ คอนโทรล ต่าง ๆ ที่ Visual Basic ได้เตรียมไว้ให้ ไม่ว่าจะเป็น From box Label ฯลฯ ถือว่าเป็นวัตถุ (Object ในที่นี้ขอให้คำว่า ออบเจกต์) นั้นหมายความว่า ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือใด ๆ ใน Visual Basic จะเป็นออบเจกต์ทั้งสิ้น สามารถที่จะควบคุมการทำงาน แก้ไขคุณสมบัติของออบเจกต์นั้นได้โดยตรง ในทุก ๆ ออบเจกต์จะมีคุณสมบัติ (Properties) และเมธอด ประจำตัว ซึ่งในแต่ละออบเจกต์ อาจจะมีคุณสมบัติและเมธอดที่เหมือนหรือต่างกันได้ขึ้นอยู่กับชนิดของออบเจกต์

ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้วย Visual Basic การเขียนโค้ดจะถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ เรียกว่า โพรซีเจอร์ (Procedure) แต่ละโพรซีเจอร์จะประกอบไปด้วย ชุดคำสั่งที่พิมพ์เข้าไปแล้ว ทำคอนโทรลหรือออบเจกต์นั้น ๆ ตอบสนองการกระทำของผู้ใช้ ซึ่งเรียกว่าการเขียนโปรแกรมเชิง (Object Oriented Programming-OOP) แต่ภาษา Visual Basic ยังไม่ถือว่าเป็นการเขียนโปรแกรมแบบ OOP อย่างแท้จริง เนื่องจากข้อจำกัดหลายๆ อย่างที่ Visual Basic สามารถทำได้

โปรแกรม Visual Basic

เมื่อเข้าสู่โปรแกรม Visual Basic จะแสดงกรอบโต้ตอบสำหรับเลือกชนิดของโปรแกรมประยุกต์ ที่ต้องการเมื่อเลือกชนิดของโปรแกรมประยุกต์เป็นแบบ Standard EXE จะเข้าสู่หน้าต่าง Visual Basic จะมีหน้าต่างแตกต่างกันไป ซึ่งในระหว่างการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์จะต้องใช้ส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 แสดงหน้า Project เมื่อเข้าสู่ Visual Basic

ทูลบาร์ (Toolbars)

เป็นแถบสัญลักษณ์ที่ใช้สำหรับเข้าถึงชุดคำสั่งของ Visual Basic ได้ทันที โดยจะนำคำสั่งที่ถูกใช้งานบ่อยๆ มาแสดง



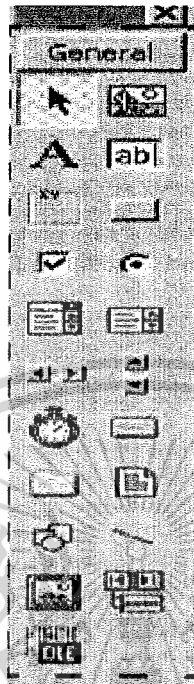
รูปที่ 2.26 แสดงทูลบาร์

ทูลบาร์สามารถแบ่งออกได้ 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. Standard Toolbars เป็นทูลบาร์มาตรฐานประกอบด้วยคำสั่งที่เกี่ยวกับการจัดการ Project Edit Toolbars เป็นทูลบาร์ที่ประกอบไปด้วยคำสั่งที่ใช้สำหรับช่วยในการเขียนโค้ดใน code editor
2. Debug Toolbars เป็นทูลบาร์ที่ประกอบไปด้วยคำสั่งที่ใช้สำหรับตรวจสอบการทำงาน การประมวลผล
3. Form Editor Toolbars เป็นทูลบาร์ที่ประกอบไปด้วยคำสั่งที่ใช้สำหรับช่วยในการปรับขนาด ย้าย เปลี่ยนตำแหน่งคอนโทรลต่างๆ ที่อยู่บนฟอร์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Toolboxes คือแถบสัญลักษณ์ Control ต่างๆ ที่ใช้สำหรับพัฒนา โปรแกรมประยุกต์ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

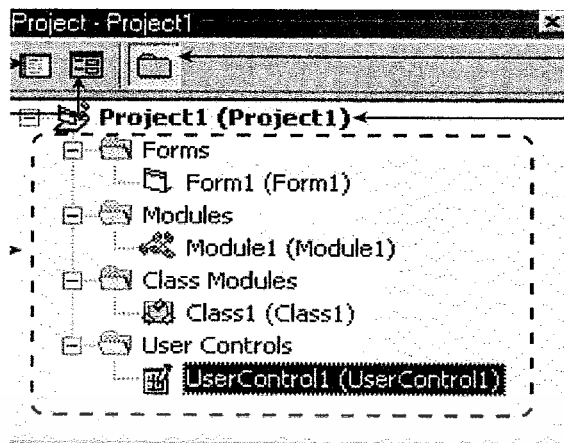


รูปที่ 2.27 แสดง Toolboxes

1. **คอนโทรลภายใน (Intrinsic controls)** เป็นชุดคอนโทรลมาตรฐานของ Visual Basic ทุกๆครั้งที่มีการเรียกใช้ form เพื่อสร้าง โปรแกรมประยุกต์ คอนโทรลชุดนี้จะถูกเรียกขึ้นมาอัตโนมัติ สามารถเลือกใช้งานคอนโทรลกลุ่มนี้ได้ทันที

2. **คอนโทรล Active (ActiveX control)** เป็นชุดคอนโทรลเพิ่มเติมที่ไม่โครซอฟท์จัดเตรียมไว้เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนา โปรแกรมประยุกต์ การเพิ่มคอนโทรลกลุ่มนี้เข้ามาในทูลบ็อกซ์ ทำโดยการเลือกเมนู Project/Components หรือคลิกขวาตรงแถบทูลบ็อกซ์เลือกคำสั่ง

Form Designer เป็นส่วนที่ใช้ออกแบบการแสดงผลส่วนที่ผู้ใช้ติดต่อกับผู้ใช้ ฟอรัมเป็นออบเจกต์แรกที่ถูกเตรียมไว้ให้ใช้งาน คอนโทรลทุกตัวที่ต้องการใช้งานจะต้องนำไปบรรจุไว้ในฟอรัม นำคอนโทรลมาประกอบกันขึ้นเป็น โปรแกรมประยุกต์ ทุกครั้งที่เปิด Visual Basic ขึ้นมา หรือสร้าง Project ใหม่ จะมีฟอรัมว่าง 1 ฟอรัมถูกสร้างเตรียมไว้เสมอ



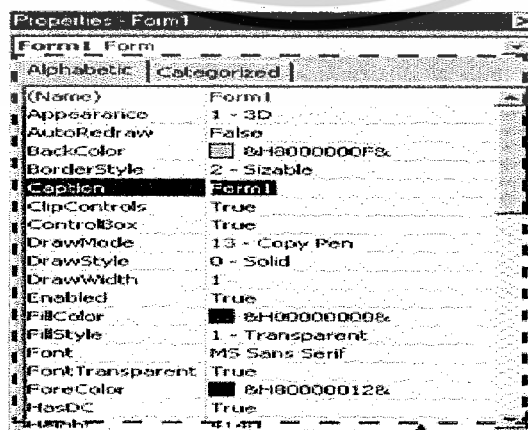
รูปที่ 2.28 แสดงหน้า Project

ส่วนประกอบของ Project

- Project(n)** คือ โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาอยู่ มีนามสกุล .vbp
- Form(n).frm** เป็นฟอร์มที่มีอยู่ใน Project นั้นๆ ใน 1 Project อาจมีมากกว่า 1 ฟอร์มก็ได้
- Modules** เป็นที่เก็บชุดคำสั่งที่เขียนขึ้นมา โดยจะเก็บชุดคำสั่งที่ใช้บ่อยๆ มีนามสกุล .bas
- Class Modules** เป็นโมดูลชนิดพิเศษที่มีลักษณะเป็นอ็อบเจกต์ ที่สามารถสร้างขึ้นมาได้ จะมีนามสกุล .cls
- User Modules** เป็นส่วนเก็บคอนโทรล ActiveX ที่คุณสร้างขึ้นมา มีนามสกุล .ctl
- Designer** เป็นส่วนของรายงานที่ถูกสร้างขึ้นมีนามสกุลเป็น .dsr

Properties Window

หน้าต่างคุณสมบัติเป็นส่วนใช้กำหนดคุณสมบัติอ็อบเจกต์ที่ถูกเลือก (active) หรือได้รับความสนใจ (focus) อยู่ขณะนั้น ซึ่งสามารถที่จะปรับเปลี่ยนค่าต่างๆ ของคอนโทรลเพื่อให้เกิดความเหมาะสมและตรงกับความการใช้งานได้ทันที



รูปที่ 2.29 แสดง Properties-Form

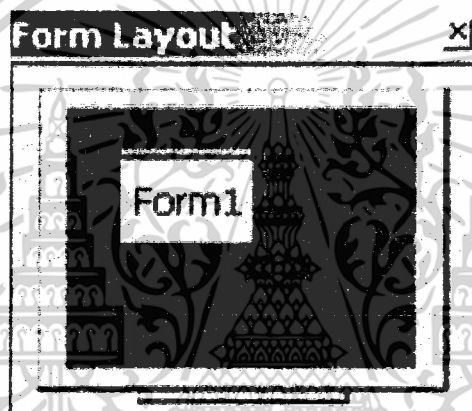
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในหน้าต่างคุณสมบัติ จะประกอบไปด้วยแท็บ 2 แท็บ คือ

1. แท็บ Alphabetic เป็นแท็บที่แสดงรายการคุณสมบัติ เรียงตามตัวอักษรในภาษาอังกฤษ
2. แท็บ categorized เป็นแท็บที่แสดงรายการคุณสมบัติ โดยการจัดกลุ่มของคุณสมบัติที่มีหน้าที่คล้ายกัน หรือมีความสัมพันธ์กัน

หน้าต่าง Form Layout

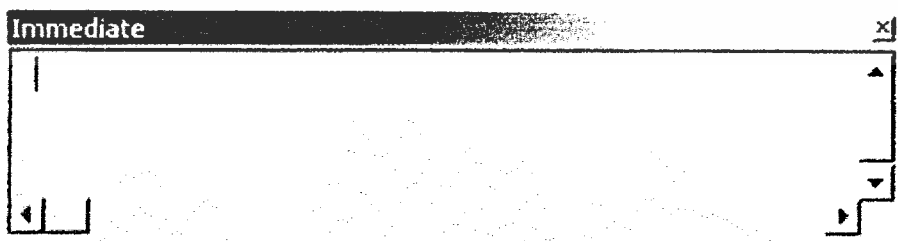
เป็นส่วนที่แสดงให้เห็นตำแหน่งของฟอร์ม และสามารถกำหนดตำแหน่งของฟอร์ม ที่ปรากฏบนจอภาพในขณะที่ประมวลผลได้ โดยการเคลื่อนย้ายฟอร์มจำลอง ที่อยู่ในจอภาพจำลองด้วยการ drag เม้าส์ ไปยังตำแหน่งที่คุณต้องการ โดยจะมีผลในขณะที่ประมวลผลเท่านั้น



รูปที่ 2.30 แสดง Form Layout

Immediate Window

เป็นหน้าต่างที่ให้ประโยชน์ ในกรณีที่คุณต้องการทราบผล การประมวลผลทันที เช่น การทดสอบโปรแกรมย่อยต่างๆ เป็นต้น เมื่อคุณสั่งประมวลผลโปรเจค หน้าต่างนี้จะปรากฏขึ้นโดยอัตโนมัติ

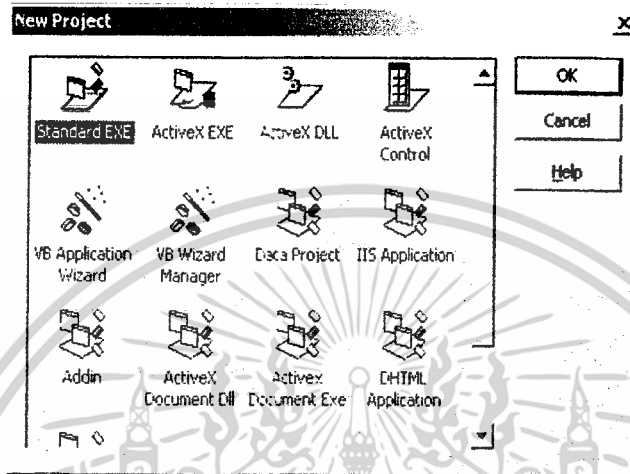


รูปที่ 2.31 แสดง Immediate Window

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าต่าง New Project

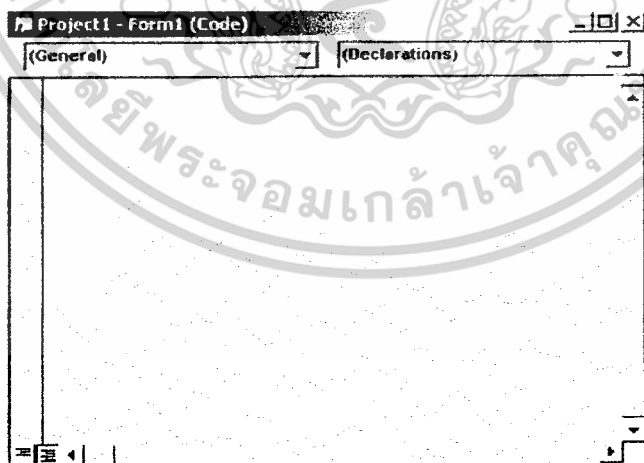
หน้าต่าง New Project จะปรากฏขึ้นเมื่อเลือกเมนู File/New Project จะแสดงชนิดของโปรแกรมประยุกต์ ที่คุณต้องการพัฒนา ซึ่งจะคล้ายกับตอนที่เปิดโปรแกรม Visual Basic ขึ้นมาครั้งแรก



รูปที่ 2.32 แสดง New Project

หน้าต่าง Code Editor

เป็นส่วนที่ใช้ในการเขียนชุดคำสั่งสำหรับการประมวลผล และควบคุมการทำงานของคอนโทรลต่างๆ



รูปที่ 2.33 แสดง Code Editor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 สื่อสารแบบอนุกรม

ถึงแม้ว่าการสื่อสารแบบอนุกรมในเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นจะมีความเร็วในการสื่อสารช้ากว่าแบบขนาน ทั้งนี้ก็เพราะการเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบอนุกรมนั้นเป็นการส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต แต่พอร์ตนานนั้นสามารถส่งข้อมูลได้ครั้งละหลายๆบิตพร้อมกัน ส่งผลให้การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นมีความเร็วต่ำกว่าแบบขนาน

แต่ว่าการส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้นมีข้อดีที่เหนือกว่าการส่งแบบขนาน คือ การส่งข้อมูลที่ได้ในระยะเวลาที่ไกลกว่าแบบขนาน อีกทั้งสายสัญญาณที่ใช้ยังมีน้อยกว่าการส่งข้อมูลแบบขนานอีกด้วย การสื่อสารแบบอนุกรมสามารถแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้

Simplex สามารถส่งข้อมูลได้อย่างเดียว เป็นการสื่อสารแบบทางเดียว

Half-duplex สามารถส่งข้อมูลไปยังปลายทางและสามารถรับข้อมูลจากปลายทางได้ แต่ไม่สามารถทำการส่งและรับข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน

Full-duplex สามารถรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งประเภทของการสื่อสารแบบอนุกรมตามลักษณะสัญญาณในการส่งได้อีก 2 แบบ คือ

การสื่อสารแบบซิงโครนัส(Synchronous) สำหรับการสื่อสารแบบซิงโครนัสนี้จะใช้สัญญาณนาฬิกาควบคุมการรับส่งสัญญาณ เช่น สายเคเบิล โดยจะมีสายสัญญาณหนึ่งเป็นสัญญาณนาฬิกา ส่วนอีกสายหนึ่งเป็นสัญญาณสายข้อมูล(และมักจะมีสายกราวด์ด้วย)

การสื่อสารแบบนี้เหมาะสำหรับการสื่อสารการทำงานระยะใกล้ ข้อมูลที่ส่งมีไม่มากนัก เพราะถ้าระยะทางไกลขึ้นจะทำให้สัญญาณนาฬิกามีปัญหา อีกทั้งต้องมีสายสัญญาณหลายเส้นทำให้สิ้นเปลืองมาก

การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส(Asynchronous) สำหรับการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสนี้จะใช้สายข้อมูลเพียงสายเดียว แต่รูปแบบที่ใช้จะรูปแบบการส่งข้อมูล(Bit Patter) เป็นตัวกำหนดว่า ส่วนไหนเป็นส่วนเริ่มต้นข้อมูล ส่วนไหนเป็นส่วนของข้อมูล ส่วนไหนเป็นส่วนตรวจสอบข้อมูล โดยต้องกำหนดสัญญาณนาฬิกาให้เท่าๆกันทั้งภาคส่งและภาครับ ซึ่งจะมีอุปกรณ์พิเศษที่ชื่อว่า UART หรือ Universal Asynchronous Receive/Transmitter คอยควบคุมการรับและส่งข้อมูล

แต่สำหรับมาตรฐานของการรับและส่งข้อมูลในปัจจุบันที่ได้รับความนิยมอย่างมากในอดีตและปัจจุบัน นั่นคือ มาตรฐาน RS-232 มาตรฐาน RS-232C มาตรฐาน RS-232เป็นมาตรฐานที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อที่จะทำให้อุปกรณ์ต่อพ่วงจากผู้ผลิตต่างกัน สามารถทำงานร่วมกันได้ในยุคแรกๆการอินเตอร์เฟซแบบ RS-232C ถูกออกแบบ สำหรับการเชื่อมต่อเทอร์มินอล(DTE: Data Terminal Equipment) กับ โมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 องค์ประกอบของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมที่นิยมใช้เป็นการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส คือต้องใช้สายสัญญาณสั้นเดียวทำหน้าที่ทั้งส่งส่วนที่เป็นข้อมูลและส่วนที่ใช้ควบคุมการส่งข้อมูล ดังนั้นข้อมูลที่อ่านได้แต่ละบิตจากการส่งแบบอนุกรมจึงต้องถูกแยกแยะว่าใช้สำหรับวัตถุประสงค์ใด โดยแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ

1. Start Bit (ขนาด 1 บิต) เพื่อเป็นการบอกอุปกรณ์ฝ่ายรับว่าข้อมูลกำลังจะมาถึง
2. Data Character (ขนาด 7 บิต หรือ 8 บิต) การส่งบิต ข้อมูลจะส่งเป็นกลุ่มๆ โดยทั่วไปจะส่งเป็น 7 บิต หรือ 8 บิต ซึ่งเพียงพอสำหรับการส่ง ASCII Word
3. Stop Bit (ขนาด 1 บิต หรือ 2 บิต) เป็นบิตที่ส่งมาปิดท้ายข้อมูล
4. Parity Bit (ขนาด 1 บิต) ใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ส่งเราจะใส่บิตพาริตีเข้าไป บิตพาริตีมีหลายแบบดังนี้

- พาริตีคู่ (Even Parity) ค่าของบิตพาริตีนี้เมื่อรวมกับทุกๆ บิตของข้อมูลแล้ว จะต้องมียุทธศาสตร์เป็นเลขคู่
- พาริตีคี่ (Odd Parity) ค่าของบิตพาริตีนี้เมื่อรวมกับทุกๆ บิตของข้อมูลแล้ว จะต้องมียุทธศาสตร์เป็นเลขคี่
- ไม่มีพาริตี (None) ถ้าตั้งบิตพาริตีเป็น None ทั้งรับและส่งจะไม่มีตรวจสอบพาริตี

2.8.2 อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลอนุกรม การที่อุปกรณ์ 2 อย่างจะติดต่อกันได้นั้น จะต้องทำงานด้วยอัตราเร็วเท่ากัน ซึ่งอัตราเร็วในการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสคือค่าบิตเรต (Baud Rate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาทีซึ่งค่าอัตราเร็วในการสื่อสารแบบอนุกรมสำหรับมาตรฐาน RS-232C นั้นมีใช้ดังนี้ 110,150,300,600,1200,2400,4800,9600 และ 19200 บิตต่อวินาที และมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ ซึ่งการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมโดยไม่ผ่านโมเด็มอาจจะสามารถกำหนดค่าบิตเรตได้สูงถึง 115200 บิตต่อวินาที เนื่องจากบิตเรตคือจำนวนบิตของข้อมูลที่ส่งสามารถถ่ายทอกได้ภายใน 1 วินาที ยกตัวอย่างข้อมูลอนุกรมถูกส่งในลักษณะ 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี มีบิตเริ่มต้น 1 บิตและบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูลที่รับส่งนี้เท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บิตเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที และมีการใช้พาริตีความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะเหลือเป็น 872 ไบต์ต่อวินาที

2.8.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดหนึ่งซึ่งอยู่ห่างไกลกัน RS-232 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อที่มีคนนิยมใช้มากที่สุด กำหนดโดย EIA (Electronic Industries Association) หรือสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกา ตั้งแต่ปี 1969 โดยมีจุดเริ่มต้นจากความต้องการที่จะกำหนด มาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโมเด็มในสมัยนั้น ตัวมาตรฐานจะกำหนดสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมต่อนี้ด้วยกันทั้งหมด 4 หัวข้อหลักๆด้วยกัน คือ

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

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment: DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating: DCE) ไว้ว่า DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ ไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์แบบ DCE จะทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดย การส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะผ่านมาตรฐาน RS-232

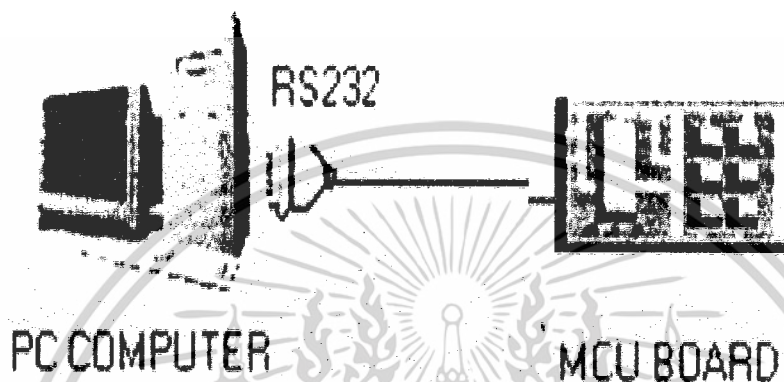
ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เราเห็นได้ชัดคือ คอนเนกเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเนกเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันแบบทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเนกเตอร์ที่อยู่ในโมเด็มจะเป็นแบบ DCE สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์พอร์ตอนุกรม RS-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับ โมเด็มหรือเมาส์ โดยสามารถรับส่งข้อมูล ได้ที่มีความยาวของสายสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร

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 ส่วนคอนเนกเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งปัจจุบันนี้ คอนเนกเตอร์ที่นิยมใช้กันมากจะเป็น ชนิด D-type แบบ 9 ขา และ D-เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

type แบบ 25 ขา โดยคอนเน็กเตอร์จะติดตั้งอยู่หลังเครื่องคอมพิวเตอร์ ระดับแรงดันจะมีค่าระหว่าง -3v ถึง -15 สำหรับลอจิก High และลอจิก Low จะมีระดับแรงดันระหว่าง +3V ถึง +15V สามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความยาวของสายสัญญาณสูงสุด 50 เมตรหรือ 150 ฟุต แต่ถ้าเราต้องการสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นที่อยู่ห่างกันมากๆ เราจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์อื่นๆเข้าช่วย เช่น การใช้โมเด็ม เป็นต้น



รูปที่ 2.34 แสดงการใช้ RS232 ติดต่อระหว่าง Computer กับ MCU Board

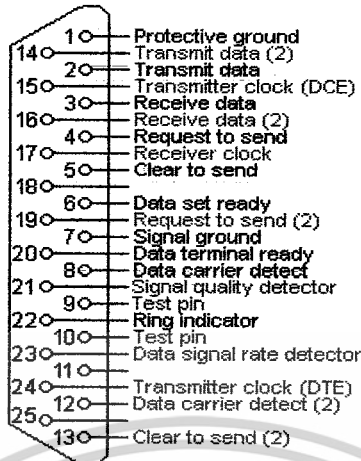
ลักษณะของคอนเน็กเตอร์แบบ D-type

หัวต่อแบบ D-type ที่ใช้ในการสื่อสารแบบอนุกรมนั้น จะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ แบบ 9 ขา และ แบบ 25 ขา บางครั้งเราจะเรียกว่า DB9 และ DB25 ซึ่งหัวต่อทั้ง 2 ชนิดจะมีลักษณะการทำงานของสัญญาณเหมือนกัน แต่การจัดการไม่เหมือนกัน รายละเอียดของสายสัญญาณ (ดูข้อมูลเพิ่มเติม ขาสัญญาณแบบ RS232 D9 และ D25)

คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

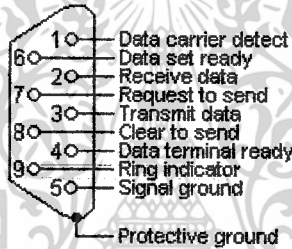
มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้หรือ DB-9 ตัวผู้ ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้น เช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นๆที่เคยใช้งานในอดีตโดยในปัจจุบันได้มีการใช้งานไม่มากแล้ว จึงถูกยกเลิกไป โดยการแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาต่างๆดังรูป

Pin Assignments 25-pin Style



รูปที่ 2.35 แสดงคอนเน็คเตอร์อนุกรม 25 ขาหรือแบบ DB-25

9-Pin "AT" Style

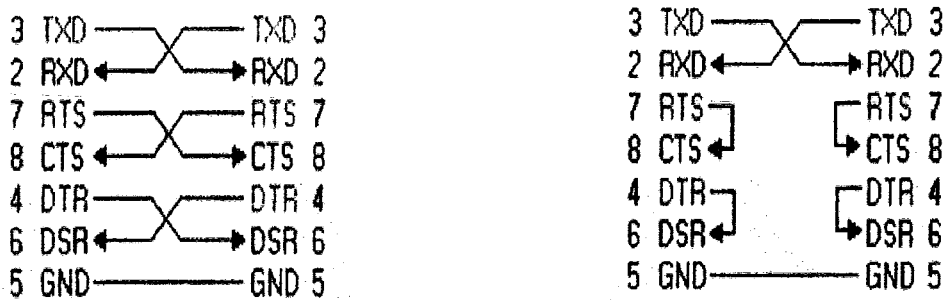


รูปที่ 2.36 แสดงคอนเน็คเตอร์อนุกรม 9 ขาหรือแบบ DB-9

ตารางที่ 2.8 แสดงขาสัญญาณ RS232 แบบ DB-9, DB-25

1	8	Data carrier detect
2	3	Receive data
3	2	Transmit data
4	20	Data terminal ready
5	7	Signal ground
6	6	Data set ready
7	4	Request to send
8	5	Clear to send
9	22	Ring indicator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับกรณีใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.37 แสดงขาสัญญาณ RS232 แบบ DB-9, DB-25

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ Null modem การต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่าน DB9 แบบ 3 เส้น

- **Transmit Data: TD** ใช้สำหรับส่งข้อมูลอนุกรมออกจากคอมพิวเตอร์
- **Receive Data: RD** ใช้สำหรับรับข้อมูลอนุกรมเข้าคอมพิวเตอร์
- **Request To Send: RTS** ใช้สำหรับส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ปลายทางเพื่อร้องขอให้อุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อ Null Modem 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อให้การรับและส่งข้อมูลสามารถ เกิดขึ้น ได้ตลอดเวลา
- **Clear To Send: CTS** ใช้สำหรับตรวจสอบว่าอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อด้วยพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่ โดยจะคอยรับสัญญาณ RTS เมื่อทุกอย่างพร้อมก็จะทำการส่งข้อมูลออกทางขา TD ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับหรือส่งข้อมูลหรือไม่
- **Data Set Ready: DSR** ใช้สำหรับตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทางจะใช้คู่กับขา DTR
- **Signal Ground: SG** เป็นกราวด์ของระบบ
- **Carrier Detect: CD** ขานี้จะ active เมื่อมีการส่งสัญญาณ carrier จากโมเด็ม
- **Data Terminal Ready: DTR** ใช้สำหรับบอกให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าการติดต่อดำเนินการ โดยขาของ DTR นี้ต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง
- **Ring Indicator: RI** ขานี้จะ Active เมื่อโมเด็มได้รับสัญญาณเรียกเข้าจากสาย โทรศัพท์ ปกติในการสื่อสาร โดยทั่วไปขานี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรม มีการตรวจสอบสายสัญญาณเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UART, Universal Asynchronous Receiver Transmitter

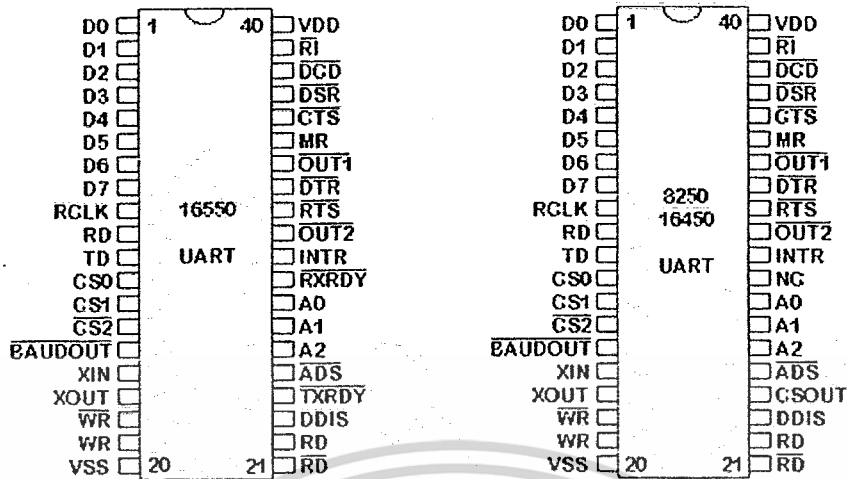
UART ย่อมาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารแบบอนุกรม

หน้าที่หลักของ UART คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัสแล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าคอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยัง คอมพิวเตอร์แล้ว ยังทำการแจ้งข้อมูลอื่นๆ ให้คอมพิวเตอร์ทราบด้วย เช่น อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต), รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายถอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพาริตี, เฟรมข้อมูล, โอเวอร์รัน) เป็นต้น

ภายใน UART จะมีส่วนของวงจรสร้างอัตราการถ่ายถอดข้อมูลแบบ โปรแกรมได้ (Programmable Baudrate Generator) โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิต ดังนั้นจึงกำหนดตัวหารให้อยู่ในช่วง 10-65, 535 UART สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) และฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) โดยการส่งแบบ ฮาล์ฟดูเพล็กซ์เป็นการส่งแบบทิศทางเดียว ส่วนการส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์นั้นสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในคราวเดียวกัน ชนิดของ UART ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปมี UART ที่ใช้กันอยู่ 2 เบอร์ คือ

1. 8250 ซึ่งเป็น UART มาตรฐานที่มีใช้กันมาช้านาน UART เบอร์นี้จะมิบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลตำแหน่งเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลถูกจำกัดความเร็วอยู่ที่ 57.6 กิโลบิตต่อวินาทีเท่านั้น แต่ UART เบอร์นี้ก็ถือว่าเป็นต้นแบบของ UART ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์ทุกรุ่นจะต้องสนับสนุนการทำงานตามรูปแบบของ UART เบอร์นี้
2. 16450 ความสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 115, 200 บิตต่อวินาที และเพิ่มรีจิสเตอร์สำหรับพักข้อมูลสำหรับ UART นอกจากนี้ยังเพิ่มส่วนของชิพรีจิสเตอร์แบบ FIFO (First In First Out) ขนาด 16 ไบต์เข้าไป ทำให้สามารถสนับสนุนความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ 256 กิโลบิตต่อวินาทีได้ โดยคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันใช้ UART เบอร์นี้หรือใหม่กว่าเช่น เบอร์ TL 16C750 ซึ่งมีรีจิสเตอร์แบบ FIFO ขนาด 64 ไบต์ ทำงานได้ที่ระดับแรงดัน +5V และ +3V มีโหมดประหยัดพลังงาน สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 1 เมกะบิตต่อวินาทีเมื่อใช้สัญญาณ นาฬิกา 16 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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 ส่วนสัญญาณข้อมูลทั้งภาคส่งและภาครับจะไม่ถูกกลับสถานะ UART จึงต้องส่งเข้าสู่วงจรขับเพื่อปรับระดับแรงดันให้ได้ระดับสัญญาณเป็นไปตามมาตรฐาน RS 232 ก่อนส่งออกไปจากคอมพิวเตอร์สำหรับอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางก็จะต้องมีวงจรถับในลักษณะนี้เช่นเดียวกัน เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณในระดับเดียวกัน แต่วงจรถับที่ใช้ภายในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางนั้นจะถูกกลับสถานะ

UART ภายในคอมพิวเตอร์ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเช่นเดียวกัน การทำงานภายในของพอร์ตอนุกรม ประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 8 ตัว ที่ใช้งานร่วมกับ UART แอดเดรสของรีจิสเตอร์ภายในพอร์ตอนุกรมสามารถคำนวณได้จากค่ารีจิสเตอร์พื้นฐานของพอร์ตอนุกรม ยกตัวอย่าง พอร์ตอนุกรม COM1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 3F8H ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่างๆจะเป็นตำแหน่งที่บวก ไปกับค่า 3F8H โดยรีจิสเตอร์ที่ใช้งานกับพอร์ตอนุกรมมีดังนี้

00H รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลรับเข้ามาหรือเตรียมข้อมูลก่อนที่จะส่งออกไป

01H รีจิสเตอร์อีนามเปิดการอินเตอร์รัปต์ที่ใช้ในการเซตโหมดการอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตอนุกรม

02H รีจิสเตอร์แสดงโหมดการอินเตอร์รัปต์ ใช้เพื่อตรวจสอบโหมดการอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์ เกิดขึ้น

03H รีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบของข้อมูล

04H รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม ใช้ตรวจสอบบิตสำหรับติดต่อกับโมเด็ม เช่น RTS หรือ DTS

05H รีจิสเตอร์แสดงสถานะการรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

06H รีจิสเตอร์แสดงสถานะ โมเด็ม ซึ่งจะแสดงสถานะของขา DCD, RI, DSR และ CTS

07H รีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราว

แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม

แอดเดรสพื้นฐานของพอร์ตอนุกรมมี 4 ตำแหน่งดังนี้คือ

- 1 COM 1: 3F8H
- 2 COM 2: 2F8H
- 3 COM 3: 3E8H
- 4 COM 4: 2E8H

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องเพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ การไบออสภายในคอมพิวเตอร์จะทำการตรวจสอบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมทั้งหมด ถ้าไบออสตรวจสอบพบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมไบออสจะนำแอดเดรสที่ตรวจสอบพบไปเก็บไว้ในหน่วยความจำขนาด 2 ไบต์ สำหรับพอร์ตอนุกรม COM 1 จะเก็บไว้ที่แอดเดรส 0000:0100H และ 0000:0401H ส่วนตำแหน่งอื่นๆมีรายละเอียดดังนี้

COM2 = 0000:0402H-0000:0403H

COM3 = 0000:0404H-0000:0405H

COM4 = 0000:0406H-0000:0407H

นอกจากนี้ ที่หน่วยความจำแอดเดรส 0000:0411H ยังใช้สำหรับการแสดงพอร์ตอนุกรมที่มีอยู่ในคอมพิวเตอร์อีกด้วย โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางนี้

ตารางที่ 2.9 แสดงพอร์ตอนุกรม

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

ระดับแรงดันที่ใช้งานสำหรับพอร์ตอนุกรม

มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลของพอร์ตอนุกรม ได้ระบุช่วงรับแรงดันสำหรับการทำงานของพอร์ตอนุกรมไว้ว่า ที่ลอจิก "0" จะมีระดับสัญญาณ +3V ถึง +15V ส่วนลอจิก "1" จะมีระดับสัญญาณ -3V ถึง -15V ระดับสัญญาณนี้ทำให้ไม่สามารถที่จะนำขาเอาต์พุตใดๆต่อเข้ากับลอจิกเกตเพื่อใช้งานได้โดยตรง จะต้องผ่านวงจรที่จะเปลี่ยนระดับแรงดันเสียก่อน โดยปกติจะใช้ไอซีจำพวก 74LS14 เป็นอินเวอร์ตอร์ที่ส่งแรงดันลบให้กับทรานซิสเตอร์เพื่อใช้ขับหลอดไฟ LED เมื่อผู้ดูแลระบบต้องการคำนวณว่ากรณิใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS-232 Tranreceiver ที่นิยมมากคือ MAX232 หรือ ICL232 ไปใช้ในกลุ่มนี้ จะทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันของ RS-232 ให้อยู่ในระดับ ทีทีแอล โยลจิก “0” ซึ่งเดิมมีระดับสัญญาณ -3V ถึง -5V จะแปลงเป็น +5V ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเชื่อม ต่ออุปกรณ์ดิจิทัลอื่นที่ใช้ระดับแรงดัน ทีทีแอล ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

โครงสร้างและการออกแบบ

โครงงานนี้เป็นโครงงานแบบจำลองแขนกลเชื่อมโลหะเฉพาะจุด ซึ่งมีโครงสร้างของแขนกลเป็นแบบ Articulated Configuration ซึ่งมีลักษณะของข้อหมุนทั้งหมด 4 ข้อด้วยกัน ซึ่งทำงานคล้ายกับมือของมนุษย์ ซึ่งเหมาะสมกับโครงงานนี้



รูปที่ 3.1 แสดงแขนกลแบบ Articulated Configuration

3.1 การออกแบบแขนกล

การออกแบบแขนกล มีองค์ประกอบสำคัญ 4 ส่วน ได้แก่

3.1.1 กลศาสตร์การเคลื่อนที่ Kinematics ได้แก่

- การหมุน(Rotation)
- พิกัด โม่จีเนียน(Homogeneous Coordinates)
- พิกัดลิงค์(Link Coordinates)
- สมการแขน(Arm Equation)

3.1.2 ความเป็นไปได้เชิงวิศวกรรม ได้แก่

- สามารถสร้างได้จริง
- ใช้ร่วมกับอุปกรณ์อะไร
- ความแข็งแรงทนทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความปลอดภัยในการใช้งาน
- การคำนวณที่ถูกต้องแม่นยำ
- ข้อดี ข้อเสีย ที่เกิดขึ้น

3.1.3 รูปร่างของแขนกล ปัจจัยในการออกแบบ ได้แก่

- สภาพแวดล้อมการทำงานของแขนกล
- ลักษณะของงาน
- ความสะดวกและง่ายในการใช้งาน
- ความสวยงาม
- กลไกการเคลื่อนที่ของแขนกล

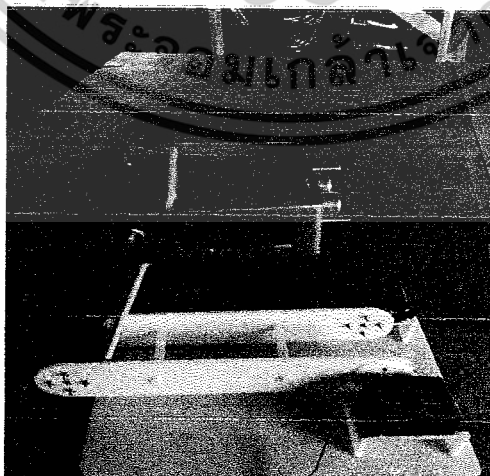
3.1.4 การเลือกใช้วัสดุ ปัจจัยในการเลือกใช้ ได้แก่

- งบประมาณในการสร้าง
- ความเหมาะสมกับงาน
- วัสดุที่มีอยู่แล้ว
- การใช้วัสดุทดแทน

3.2 โครงสร้างของแขนกล

ในการออกแบบ โครงสร้างของแขนกลใน โครงงานนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

- ส่วนฐาน
- ส่วนแขน
- ส่วนมือที่เป็นอุปกรณ์



รูปที่3.2 แสดงแขนกลจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 โครงสร้างส่วนฐาน

โครงสร้างส่วนฐานแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ โครงสร้างส่วนฐานหมุน, โครงสร้างส่วนหมุน, โครงสร้างส่วนฐานเครื่อง

- โครงสร้างส่วนฐานหมุน เป็นส่วนที่ติดตั้งแกนกลทั้งหมด เป็นส่วนที่รองรับน้ำหนักและรับแรงเกือบทั้งหมดของแกนกล ดังนั้น โครงสร้างส่วนฐานหมุนนี้จึงต้องมีความแข็งแรงพอที่จะรับแรงและน้ำหนักของแกนกลได้ ซึ่งวัสดุที่นำมาประกอบเป็นตัวฐานทำมาจากอะคริลิก

- โครงสร้างส่วนหมุน ซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่รวมอยู่ในส่วนของฐาน ซึ่งส่วนนี้จะมีจุดหมุน 1 จุด ซึ่งสามารถหมุนได้ 90 องศา เนื่องจากมีการทดเฟืองเข้าไป

- โครงสร้างส่วนฐาน โครงสร้างส่วนนี้ทำมาจากอะคริลิกหนา 5 เซนติเมตร(cm) ยาว 40 เซนติเมตร(cm) และกว้าง 20 เซนติเมตร(cm) ในส่วนของฐานเป็นส่วนที่ติดตั้งโครงสร้างส่วนหมุนและ โครงสร้างส่วนชิ้นงานจำลองการเชื่อม



รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างส่วนฐาน

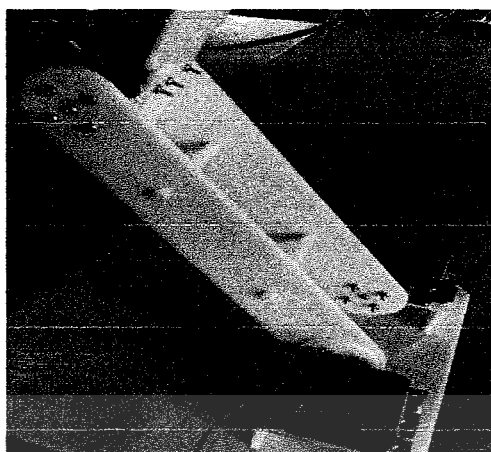
3.2.2 โครงสร้างส่วนแขน

โครงสร้างส่วนแขนแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยเริ่มจากส่วนที่ติดกับส่วนฐานหมุนไปจนถึงส่วนของมือที่เป็นอุปกรณ์จำลองการเชื่อมดังนี้

1. โครงสร้างส่วนแขนท่อนล่าง

ส่วนโครงสร้างนี้เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างโครงสร้างส่วนฐานหมุนกับส่วนของโครงสร้างส่วนแขนท่อนบน โครงสร้างส่วนนี้จะมีจุดหมุนติดอยู่ที่ส่วนฐานหมุน โครงสร้างส่วนนี้ทำจากอะคริลิก ด้านล่างทั้งสองข้างของแขนติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์(Servo Motor) โดยตรงกับแขนโดยที่เซอร์โวมอเตอร์(Servo Motor) ทั้งสองตัวใช้ขับเคลื่อน โครงสร้างส่วนนี้

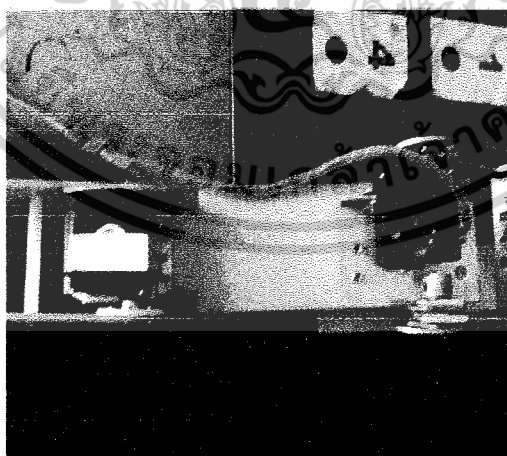
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.4 แสดงแขนท่อนล่าง

2. โครงสร้างส่วนแขนท่อนบน

ส่วนของโครงสร้างส่วนนี้เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างส่วนโครงสร้างส่วนแขนท่อนล่าง และส่วนของมือที่เป็นอุปกรณ์หรือส่วนที่ติดตั้งอุปกรณ์จำลองการเชื่อมเฉพาะจุด โครงสร้างส่วนนี้ ทำมาจากอะครีลิก โดยที่ส่วนปลายด้านล่างของโครงสร้างส่วนนี้ ปลายด้านหนึ่งจะเป็นแกนหมุน ที่เป็นจุดหมุนระหว่างแขนโครงสร้างส่วนแขนท่อนล่าง กับส่วนแขนท่อนบน และอีกด้านหนึ่งจะ ติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์(Servo Motor) 1 ตัวติดกับอีกด้านหนึ่งกับส่วนของโครงสร้างส่วนแขนท่อนล่าง ใช้ในการขับเคลื่อนโครงสร้างส่วนนี้ และส่วนปลายบนสุดของโครงสร้างส่วนนี้จะติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์(Servo Motor) อีก 1 ตัว ใช้ในการขับเคลื่อนส่วนที่เป็นมือที่เป็นอุปกรณ์



รูปที่3.5 แสดงแขนท่อนบน

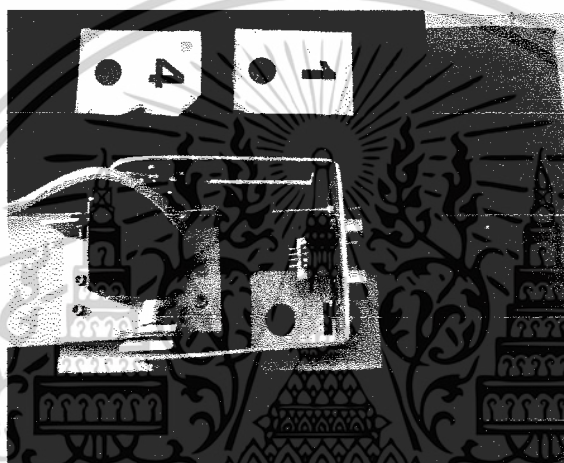
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โครงสร้างส่วนของมือที่เป็นอุปกรณ์ (Tool As End Effect)

โครงสร้างส่วนนี้ใช้ในการติดอุปกรณ์จำลองการเชื่อมเฉพาะจุด และติดเซนเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor) เพื่อเป็นตัวตรวจจับระยะห่างระหว่างอุปกรณ์จำลอง การเชื่อมเฉพาะจุดกับชิ้นงานที่ต้องการเชื่อมเฉพาะจุด โครงสร้างส่วนนี้ทำมาจากอะครีลิก

4. โครงสร้างส่วนของชิ้นงานที่ใช้จำลองการเชื่อมเฉพาะจุด

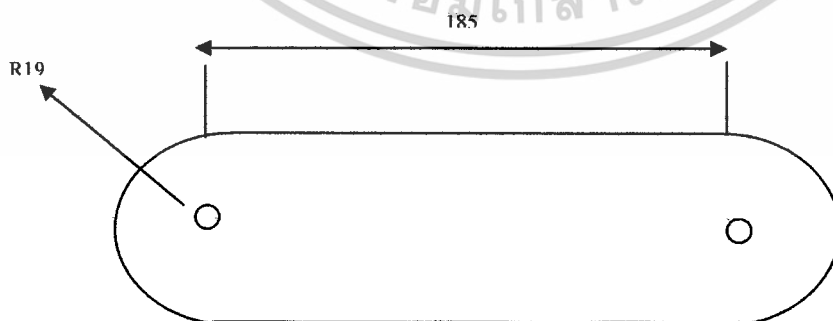
ส่วนนี้เป็นส่วนของชิ้นงานจำลองการเชื่อมเฉพาะจุด โดยที่ชิ้นแต่ละชิ้นวางอยู่บนฐาน แต่ละชิ้นมีความสูงไม่เท่ากัน ทำมาจากอะครีลิก



รูปที่ 3.6 แสดงมือที่เป็นอุปกรณ์และชิ้นงานที่ใช้จำลองการเชื่อมเฉพาะจุด

3.3 นำหนักของโครงสร้างส่วนต่างๆ ของแขนกล

3.3.1 โครงสร้างแขนท่อนล่าง



รูปที่ 3.7 แสดงโครงสร้างส่วนแขนท่อนล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักของเฟรมแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

- ส่วนกลาง มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านกว้าง 4 เซนติเมตร(cm)ยาว 18.5 เซนติเมตร (cm)และหนา 0.3 เซนติเมตร(cm) น้ำหนักของเฟรมส่วนกลาง คำนวณดังนี้

$$\begin{aligned}\text{น้ำหนักของเฟรมส่วนกลาง} &= \text{กว้าง} * \text{ยาว} * \text{หนา} * \text{ความหนาแน่น} \\ &= 4 * 19 * 0.3 * 1.18 \\ &= 26 \text{ กรัม}\end{aligned}$$

(ความหนาแน่นของอะคริลิก = 1.18 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

- ครึ่งวงกลม 1 ด้านบนรัศมี 1.5 เซนติเมตร(cm)

$$\begin{aligned}\text{น้ำหนักครึ่งวงกลม} &= (\text{พื้นที่ครึ่งวงกลม} * \text{หนา} * \text{ความหนาแน่น}) * 2 \\ &= 3.5 * 0.3 * 1.18 \\ &= 1.3 \text{ กรัม}\end{aligned}$$

- ครึ่งวงกลม 1 ด้านบนรัศมี 2.5 เซนติเมตร(cm)

$$\begin{aligned}\text{น้ำหนักครึ่งวงกลม} &= (\text{พื้นที่ครึ่งวงกลม} * \text{หนา} * \text{ความหนาแน่น}) * 2 \\ &= 9.8 * 0.3 * 1.18 \\ &= 3.5 \text{ กรัม}\end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น น้ำหนักของเฟรม} = 26 + 1.3 + 3.5 = 30.8 \text{ กรัม}$$

เนื่องจากโครงสร้างส่วนแขนท่อนล่าง ประกอบด้วย 2 เฟรม และยังมีส่วนประกอบอื่นๆอีก เช่น เฟลา ที่ยึดเซอร์โวมอเตอร์(Servo Motor) ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้ยังไม่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนเพื่อความถูกต้องจึงเพิ่มแฟกเตอร์เพื่อความปลอดภัย(Safety Factor) เข้าไปด้วย

3.3.2 โครงสร้างส่วนแขนท่อนบน



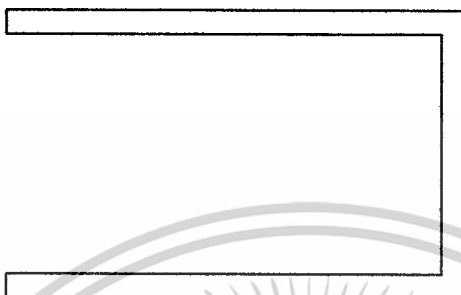
รูปที่ 3.8 แสดงโครงสร้างส่วนแขนท่อนบน

$$\begin{aligned}\text{น้ำหนักของเฟรม} &= \text{กว้าง} * \text{ยาว} * \text{หนาแน่น} * \text{หนา} \\ &= 23 * 6.5 * 0.3 * 1.18 = 53 \text{ กรัม}\end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างส่วนแขนท่อนบน มี 1 เฟรม และยังมีส่วนประกอบอื่นๆอีก ดังนั้นหนักที่แท้จริงต้องรวมแฟคเตอร์ความปลอดภัย(Safety Factor) เข้าไปด้วย

3.3.3 โครงสร้างส่วนมือที่เป็นอุปกรณ์



รูปที่ 3.9 แสดงโครงสร้างมือที่เป็นอุปกรณ์

โครงสร้างนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

1. ด้านข้างของเฟรม ซึ่งส่วนนี้มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักของเฟรม} &= 2(\text{กว้าง} * \text{ยาว} * \text{หนา} * \text{ความหนาแน่น}) \\ &= 2(4.5 * 11 * 0.3 * 1.18) \\ &= 35.14 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

2. ด้านหนาของเฟรม 1 ส่วนมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักของเฟรม} &= \text{กว้าง} * \text{ยาว} * \text{หนา} * \text{ความหนาแน่น} \\ &= 4.5 * 8 * 0.3 * 1.18 \\ &= 13.74 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

$$\text{น้ำหนักของเฟรมทั้งหมด} = 35.14 + 13.74 = 48.88 \text{ กรัม}$$

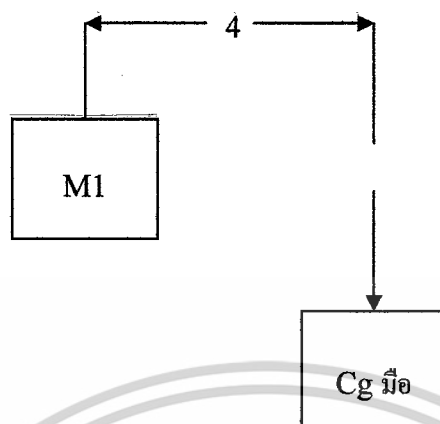
โครงสร้างส่วนนี้นอกจากข้อมือที่เป็นอุปกรณ์แล้ว ยังมีส่วนของเซนเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor) ดังนั้นของโครงสร้างของส่วนมือที่เป็นอุปกรณ์ $48.88 + \text{ค่าความปลอดภัย} = 75$ กรัม

3.4 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์

สามารถคำนวณแต่ละโครงสร้างการเคลื่อนที่ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 ส่วนของโครงสร้างมือที่เป็นอุปกรณ์

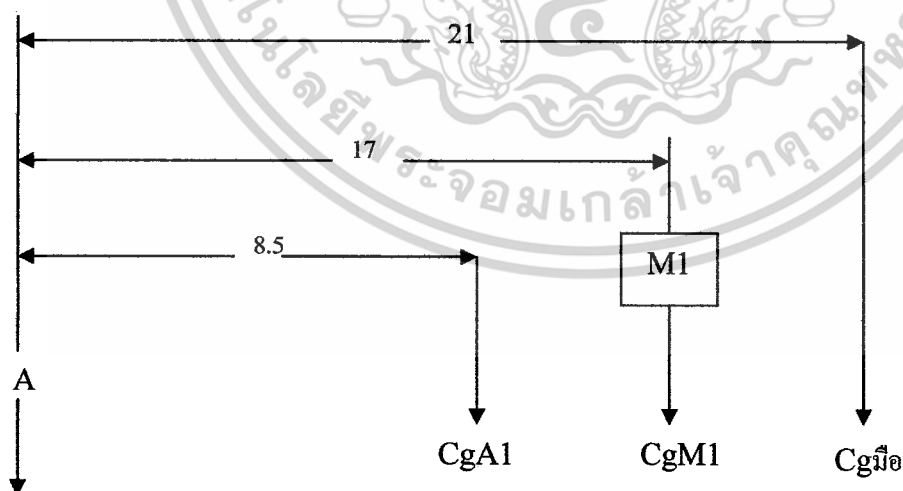


รูปที่ 3.10 แสดงส่วนของโครงสร้างมือที่เป็นอุปกรณ์ คิวโมเมนต์(Moment)รอบจุดA

$$\begin{aligned} M_a &= Cg_{\text{มือ}} * 4 \\ &= 100 * 4 \text{ g-cm} \\ &= 400 \text{ g-cm} \end{aligned}$$

จาก Data Sheet ของเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) GWS(S03T) สามารถรับน้ำหนักได้ 8000 g-cm เพราะฉะนั้น สามารถรับน้ำหนักส่วน โครงสร้างมือที่เป็นอุปกรณ์ได้

3.4.2 ส่วนของโครงสร้างแขนท่อนบน



รูปที่ 3.11 แสดงส่วนของโครงสร้างแขนท่อนบน

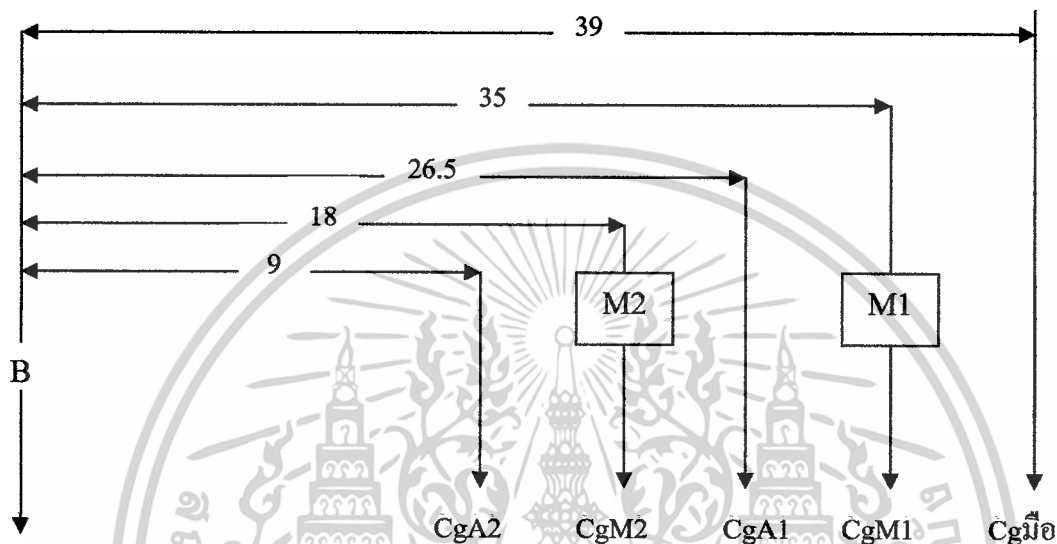
$$M = (Cg_{\text{มือ}} * 21) + (Cg_{M1} * 17) + (Cg_{A1} * 8.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในห้องเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 10,712 \text{ g-cm}$$

จาก Data Sheet ของเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) GWS(S666) สามารถรับน้ำหนักได้ 15000 g-cm เพราะฉะนั้น สามารถรับน้ำหนักโครงสร้างส่วนแขนท่อนบนได้

3.43 ส่วนของโครงสร้างแขนท่อนล่าง



รูปที่ 3.12 ส่วนของโครงสร้างส่วนแขนท่อนล่าง คำนวณโมเมนต์ (Moment) รอบจุด B

$$\begin{aligned} M_b &= (Cg_{\text{มือ}} \cdot 39) + (Cg_{M1} \cdot 35) + (Cg_{A1} \cdot 26.5) + (Cg_{M2} \cdot 18) + (Cg_{A2} \cdot 9) \\ &= (400 \cdot 39) + (46 \cdot 35) + (180 \cdot 26.5) + (142 \cdot 18) + (120 \cdot 9) \\ &= 25,232.2 \text{ g-cm} \end{aligned}$$

จาก Data Sheet ของเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) GWS(S666) สามารถรับน้ำหนักได้ 15000 g-cm ดังนั้น ส่วนนี้เราใช้เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) GWS(S666) 2 ตัว

3.5 การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์

ในโครงงานนี้ใช้เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ในการขับเคลื่อนแขนกล ซึ่งใช้ทั้งหมด 5 ตัว ซึ่งมีขนาดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการรับน้ำหนักของเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ในแต่ละจุด ดังที่ได้คำนวณจากหัวข้อที่แล้ว

- เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) GWS รุ่น S30T มีทอร์ก (Torque) 8 kg-cm ใช้สำหรับขับเคลื่อนและรับน้ำหนักส่วนที่เป็นมืออุปกรณ์ ต้องรับทอร์ก (Torque) 400 g-cm

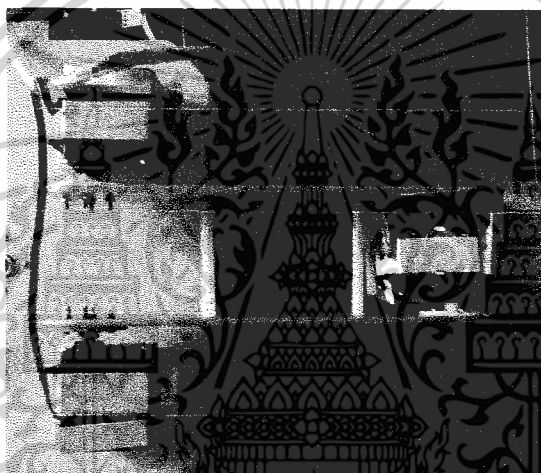
- เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) GWS รุ่น S666 มีทอร์ก (Torque) 15 kg-cm โดยส่วนที่ติดตั้งมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนฐาน ใช้ในการขับเคลื่อนแกนเหล็ก ซึ่งแกนเหล็กนี้จะรับน้ำหนักแกนกลเกือบทั้งหมดเซอร์โวมอเตอร์(Servo Motor) นี้จะไม่ใช้น้ำหนักทั้งหมดของแกนกลแต่ตั้งขับเคลื่อนเหล็ก

2. ส่วนโครงสร้างแกนท่อนล่าง จะติดตั้งจำนวน 2 ตัว โดยติดตั้งตรงกันข้าม ใช้เป็นตัวขับเคลื่อนแกนท่อนนี้ ซึ่งต้องรับน้ำหนักของแขนทั้ง 3 ส่วน ต้องรับทอร์ก(Torque) 25,232 g-cm

3. ส่วนโครงสร้างแกนท่อนบน จะติดตั้งจำนวน 1 ตัว ที่ด้านล่างสุดของแขนส่วนนี้ ใช้ในการขับเคลื่อนแกนท่อนนี้ เซอร์โวมอเตอร์(Servo Motor) ตัวนี้ต้องรับน้ำหนักแกนท่อนนี้และมือที่เป็นอุปกรณ์ และต้องรับน้ำหนักตัวมันเองและตัวที่ใช้ขับเคลื่อนส่วนที่เป็นมืออุปกรณ์ รับทอร์ก(Torque) 10,712 g-cm



รูปที่ 3.13 แสดงการติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์

3.6 ส่วนของชุดควบคุมแขนกล

ในส่วนนี้เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์(Servo Motor) ของแขนกลในแต่ละแกนให้สามารถทำงานได้สัมพันธ์กันและเป็นไปอย่างราบรื่นในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งประกอบด้วย

3.6.1 แหล่งจ่ายไฟ ในโครงการนี้ได้ใช้ Supply ชนิด Single Output Switching Power Supply แบบ 3 แอมแปร์

3.6.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในส่วนของMicrocontrollerนี้ จะทำหน้าที่ติดต่อกันระหว่าง Computer กับ Motion Controller ซึ่ง Microcontroller จะทำหน้าที่ควบคุมชุดเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นบอร์ดควบคุม Microcontroller ของบริษัท อีทีที จำกัด โดยใช้เลือกใช้รุ่น PIC 18F8720 ซึ่งมีคุณสมบัติต่างๆดังนี้

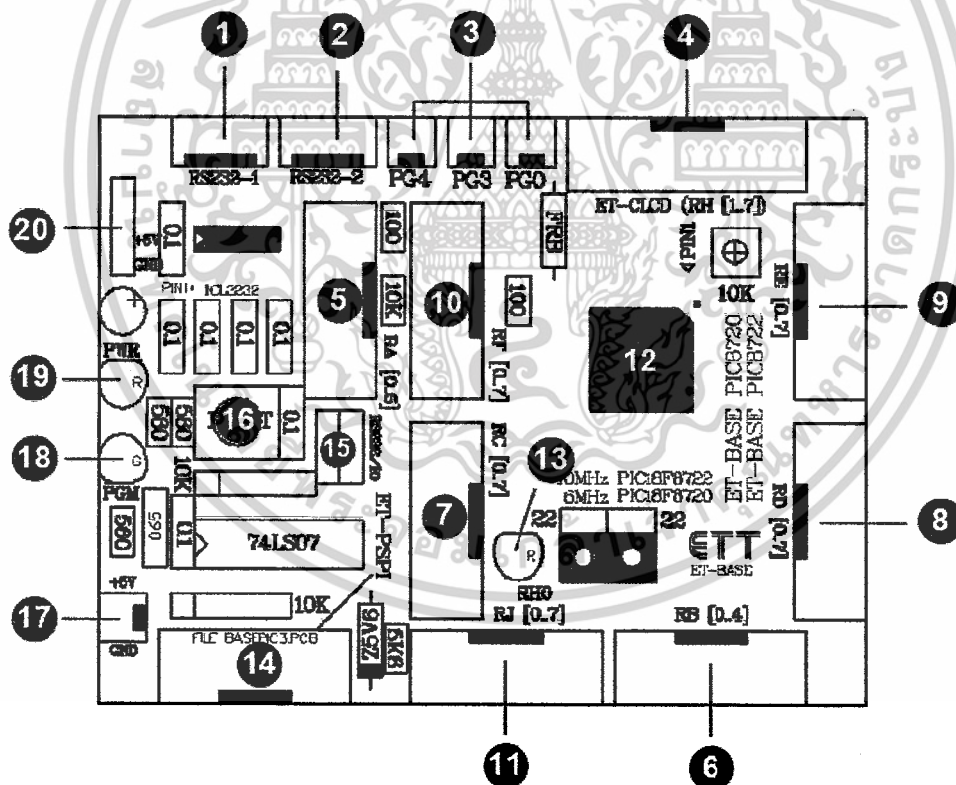
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติบอร์ดควบคุม Microcontroller PIC 18F8720

คุณสมบัติ	PIC 18F8720
Operating Frequency	DC – 25 MHz
Program Memory (Bytes)	128k
Data Memory (Bytes)	3840
Data EEPROM Memory (Bytes)	1024
Interrupt Sources	18
I/O Ports	Port A ,B ,C ,D ,E ,F ,G ,H ,J
Timers	5
Capture / Compare / PWM Modules	5
Enhanced Capture / Compare / PWM Module	-
Enhanced USART	2
Serial Communications	MSSP Addressable USART (2)
Parallel Communications (PSP)	Yes
10-bit Analog-to-Digital Module	16 input channels
Reset)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 Instruction
Packages	80-pin TQFP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของบอร์ด

- รองรับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 80 Pin คือ PIC18F8720
- สัญญาณนาฬิกาคริสตอลอสซิลเลเตอร์ขนาด 6 MHz สำหรับ PIC18F8720 (สามารถใช้ x4 จาก Pill ได้ 24 MHz)
- I/O Port ขนาด 10 Pin (จัดเรียงตามมาตรฐานของ อีทีที) จำนวน 7 พอร์ต
- I/O Port ขนาด 2 Pin จำนวน 3 พอร์ต
- ชุดวงจรไควเวอร์ RS232 จำนวน 2 พอร์ต
- พอร์ตสำหรับต่อ LCD จำนวน 1 พอร์ต
- ชุดวงจรดาวน์โวลต์แบบแรงดันต่ำ (Low Voltage Programming) ขั้วต่อแรงดันไฟ VCC และ GND



รูปที่ 3.14 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ บนบอร์ดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 ชุดคอนโทรลเซอร์โวมอเตอร์

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

คุณสมบัติและลักษณะโครงสร้างของบอร์ด ET-RS SERVO V1.0

- ลักษณะทั่วไปของบอร์ด

บอร์ด ET-RS SERVO V1.0 เป็นบอร์ดสำหรับคอนโทรล Servo Motor โดยการรับคำสั่งควบคุมมาจากภายนอกบอร์ดผ่านระบบการสื่อสารแบบอนุกรม RS232, RS422 และ RS485 ตามความสะดวกของผู้ใช้ ที่จะเลือกใช้งาน โดยค่าที่ส่งมาให้ตัวบอร์ดจะมีด้วยกัน 3 ไบต์ ได้แก่ Sync Byte จะมีค่าเป็น FF_H ตามด้วย ไบต์ของแชนแนล และ ไบต์ของตำแหน่ง Servo ในบอร์ดรุ่นนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Z8Encore! เบอร์ Z8F4801 เป็นตัวประมวลผลในการรับคำสั่งที่ส่งมาจากภายนอกเข้ามาประมวลผลแล้วจึงส่งพัลส์ออกไปควบคุม Servo ตามที่ผู้ใช้ต้องการ โดย Baud Rate ในการรับส่งข้อมูลนั้นจะถูกกำหนดไว้ที่ 9600 Hz/s คายตัว

บอร์ดคอนโทรล Servo Motor รุ่นนี้จะออกแบบวงจรใหม่ส่วนของแชนแนลที่ใช้สำหรับต่อ Servo ออกไปใช้งานได้ถึง 8 แชนแนล ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานแชนแนลไหนก็ได้ และยังมีในส่วนของแหล่งจ่ายไฟเสริมผู้ใช้สามารถต่อจากภายนอกเข้ามาได้ สำหรับเลี้ยง Servo โดยตรง ซึ่งจะมีประโยชน์โดยผู้ใช้จะสามารถนำ Servo ที่กินกระแสมาต่อทดลองได้ (ไม่เกิน 3A) เมื่อไฟเลี้ยง Servo จากบอร์ดไม่เพียงพอ และยังมี E²PROMPT ไว้สำหรับเก็บค่า Step การหมุน, เก็บค่า Min, Max และ ID Address ของบอร์ดไว้ได้ เพื่อใช้งานในครั้งต่อไป โดยผู้ใช้จะไม่ต้องเสียเวลาในการ Setup ตัวบอร์ดและตัว Servo อีก ซึ่งในการ Setup ตัว Servo ก่อนการใช้งานนี้จะมีประโยชน์มาก คือเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับตัว Servo ในกรณีที่เราย้ายพัลส์ให้ตัว Servo เกินจุดที่ Servo จะหมุนไปได้

ในส่วนของการส่งผ่านคำสั่งมาควบคุม Servo นั้นตัวบอร์ดจะออกแบบใหม่การสื่อสารแบบอนุกรม โดยสามารถต่อใช้งานได้ทั้งแบบ RS232 , RS422 และ RS485 โดยในส่วนของ RS485 นี้ ผู้ใช้สามารถที่จะนำ บอร์ดรุ่นเดียวกันนี้มาต่อขนานกันได้ถึง 16 บอร์ด โดยจะต้องกำหนดค่า ID Address ของแต่ละบอร์ดให้ต่างกันแล้วสามารถใช้ตัวส่งคำสั่งเพียงตัวเดียว เลือกส่งคำสั่งมาควบคุม Servo ที่ต่ออยู่ในบอร์ดไหนก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เฉพาะในเชิงการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้เห็นใบใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากส่วนประกอบต่างๆของบอร์ดได้กล่าวไปแล้ว ในส่วนของการแสดงผล จะแสดงผลการทำงานในแต่ละโหมดการทำงานด้วย LED ทั้งหมด ซึ่งสามารถเข้าใจได้ง่าย และยังสามารถแสดงผลการทำงานเป็น ข้อความให้เห็นในบางโหมดการทำงานได้ด้วย โดยผู้ใช้จะต้องต่อสายจากRS232,422หรือ485ของบอร์ด ไปเข้าที่ Port COM1 หรือ COM2 ของ เครื่องPCแล้วจึงใช้โปรแกรมPROCOMMหรือHyperTerminal เปิดข้อความเหล่านั้นได้ โดยกำหนด Baud Rate ของโปรแกรม PROCOMM หรือ Hyper Terminalไปที่ 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
 - แสดงผลการทำงานใน โหมดฟังก์ชันต่างๆด้วย 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 ในแต่ละแกนแนลการทำงานได้
 - สามารถบันทึก Step การหมุน และ Delay Time ในแต่ละ Step แต่ละแกนแนลได้
 - สามารถ Run Step ที่บันทึกเก็บไว้ภายในตัวบอร์ดได้ เพื่อรูปแบบการหมุนของ Servo
 - สามารถหาค่าตำแหน่ง Center ของ Servo motor แต่ละตัวได้อัตโนมัติ
 - มีโหมดการทำงานสำหรับผู้ใช้ Calibrate หาค่า Min และ Max ของ Servo Motor
 - มีโหมดสำหรับ คอนโทรล Servo motor โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
- ตระกูลต่างๆ เขียน โปรแกรมควบคุมผ่านทาง พอร์ต Uart ด้วยการสื่อสารแบบ RS232,422,485 ได้
- มีโหมด สำหรับคอนโทรล Servo motor ครั้งละ1 แกนแนล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ET-RSS V1.00 ผ่านทางหน้าจอของเครื่อง PC ได้
 - ในส่วนของการสื่อสารแบบ RS485 สามารถที่จะนำบอร์ดรุ่นเดียวกันนี้ต่อขนานกันได้ 16 บอร์ด แล้วเลือกควบคุม Servo ที่ต่ออยู่ของแต่ละบอร์ดได้ โดยการกำหนด ID Address ที่ต่างกันให้แต่ละบอร์ดซึ่งค่า ID Address ที่สามารถกำหนดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะอยู่ในช่วง $0_H - F_H$

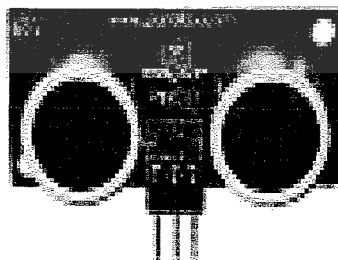
- สามารถต่อแหล่งจ่ายไฟจากภายนอกได้ทั้ง AC และ DC (9-12V) เพื่อใช้ในการขับ Servo Motor ในกรณีที่แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงของบอร์ดจ่ายกระแสไปขับ Servo Motor ได้ไม่เพียงพอ

3.6.4 เซนเซอร์อัลตราโซนิก

ในโครงงานนี้นำเซนเซอร์อัลตราโซนิกมาประยุกต์ใช้ในการวัดระยะทางระหว่างส่วนที่ใช้จำลองการเชื่อมเฉพาะจุดกับชิ้นงานที่ต้องการเชื่อมเฉพาะจุดเพื่อให้เป็นไปตามหลักการเชื่อมที่ถูกต้อง

คุณสมบัติของเซนเซอร์อัลตราโซนิก

- ใช้ไฟเลี้ยง +5V ต้องการกระแสไฟฟ้า 30 mA
- ใช้ตัวรับและตัวส่งคลื่นอัลตราโซนิก ใช้ความถี่ 40 kHz ในการทำงาน
- วัดระยะทางในช่วง 1 เซนติเมตร ถึง 4 เมตร
- สัญญาณพัลส์สำหรับกระตุ้นการทำงาน ต้องมีความกว้างอย่างน้อย 10 ไมโครวินาที
- ให้ผลลัพธ์จากการวัดระยะเป็นค่าความกว้างพัลส์ซึ่งเป็นสัดส่วนกับระยะทางที่วัดได้
- มีขนาดเล็ก คือ 43 มม. X 20 มม. X 17 มม. (กว้างxยาวxสูง)
- สื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดอื่นได้ทุกตระกูล,
- สามารถติดต่อได้ 2 แบบคือ แบบ 2 สัญญาณ (Echo กับ Trigger) เหมือนกับ SRF04 และแบบอนุกรมสัญญาณเส้นเดียว
- สามารถใช้ทดแทน SRF04 ได้



รูปที่ 3.15 แสดงภาพเซนเซอร์อัลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการทดลองการทำงานของแขนกล เมื่อสั่งให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการจำลองการทำงานของแขนกลเชื่อมเฉพาะจุด ตามตำแหน่งในโปรแกรม Visual Basic โดยทำการทดลองให้แขนกลเคลื่อนที่ไปที่แต่ละจุดและให้รักษาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์การจำลองการเชื่อมเฉพาะจุดกับชิ้นงานให้เท่ากันทุกครั้งที่แขนกลทำงาน โดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกเป็นตัววัดระยะห่าง

โดยในส่วนของชิ้นงานที่ต้องการเชื่อมเฉพาะจุด จะมีความสูงของชิ้นงานไม่เท่ากัน แต่เมื่อทำการทดลองให้แขนกลเคลื่อนที่ไปทำการจำลองการเชื่อมเฉพาะจุดของแต่ละชิ้นงาน แขนกลในส่วนที่เป็นมือจับอุปกรณ์จำลองการเชื่อมต้องรักษาระยะ กับชิ้นงานเป็นไปตามที่กำหนดด้วย

4.1 ผลการทดลองการควบคุมแขนกลผ่านโปรแกรม Visual Basic

จากการทดลองได้ทำการทดลองการควบคุมแขนกล 2 แบบ คือ Manual และแบบ Auto ซึ่งในการทดลองการควบคุมแขนกลแบบ Auto นั้นได้เขียนคำสั่งให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการจำลองการเชื่อมเฉพาะจุดจากตำแหน่งหนึ่ง ไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งโดยอัตโนมัติ ส่วนการควบคุมแบบ Manual จะควบคุมผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Visual Basic เป็นตัวควบคุม

4.1.1 การทดลองการควบคุมแขนกลแบบ Manual โดยใช้โปรแกรม วิชาการเบสิก

การทดลองนี้เป็นการควบคุมแขนกลโดยใช้โปรแกรม วิชาการเบสิก เป็นโปรแกรมในการควบคุมแขนกลผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ทำการทดลองโดยการเลือกตำแหน่งของชิ้นงานให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการจำลองการเชื่อมเฉพาะจุด

จากนั้นได้ทำการทดลองควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกล ว่าสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ ได้หรือไม่ โดยการเลือกตำแหน่งของชิ้นงานผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์แล้วให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมเฉพาะจุด

บทที่ 5

สรุปผลและวิจารณ์

5.1 สรุปผลการทดลอง

จะเห็นได้ว่าแขนกลที่ได้ออกแบบไว้นั้นสามารถนำมาสร้างเป็นแขนกลและนำมาใช้งานได้จริง โดยจะมีวงจรควบคุมการทำงาน วงจรที่ใช้สำหรับการสั่งการทำงานของตัวเซอร์โวมอเตอร์ และโปรแกรมควบคุมการทำงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ด้วยสายสัญญาณ RS-232 ซึ่งแขนกลที่ใช้ทำในโครงการนี้เป็นแขนกลแบบ 4 แกน โดยจะมีเซอร์โวมอเตอร์ 5 ตัว และแต่ละตัวได้มีการหาข้อมูลการเคลื่อนย้ายฐานเพื่อนำมาใช้ในการทำงานของแขนกล

จากการทดลอง เมื่อนำแขนกลมาทำการทดสอบจริง จะเห็นได้ว่า แขนสามารถทำการเคลื่อนย้ายตำแหน่งไปในพิกัดต่างๆทั้ง 6 จุดที่ตั้งไว้ได้ และใน Mode-Auto การทำงานของแขนกลก็สามารถทำงานอย่างอัตโนมัติตามที่เรารับค่าไว้ได้ แต่ก็ยังคงไม่แม่นยำนักก็เป็นเพราะความละเอียดของการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ยังคงไม่ละเอียดพอ ยังคงมีความผิดพลาดเกิดขึ้น แต่ก็พอยอมรับได้ว่าแขนกลนั้นสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการได้ และในส่วนของเซนเซอร์วัดระยะทางนั้น เป็นการใช้เซนเซอร์แบบอัลตราโซนิก ซึ่งผลที่ได้ออกมาเป็นค่าที่แม่นยำเป็นที่น่าพอใจ แต่ก็อาจมีปัญหาเกิดขึ้นอาจเป็นได้จากอุณหภูมิรอบข้างที่ทดสอบหรือปัจจัยทางอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1

ตำแหน่ง	ค่า Step ที่เซอร์โวมอเตอร์					มุมของเซอร์โวมอเตอร์					ระยะห่างใน VB (cm)	ระยะห่าง แขนกล(cm)
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
	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 เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3 คือ เซอร์ไวมอเตอร์ที่ใช้ขั้วแกนท่อนที่1
- 4 คือ เซอร์ไวมอเตอร์ที่ใช้ขั้วแกนที่1
- 5 คือ เซอร์ไวมอเตอร์ที่ใช้ขั้วฐาน

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า การเคลื่อนที่ของแกนกลไปยังตำแหน่งต่างๆที่ได้กำหนดไว้ในโปรแกรม Visual Basic เกิดข้อผิดพลาดค่อนข้างเยอะ จะสังเกตเห็นได้ จากค่าของมุมใน โปรแกรม Visual Basic กับมุมของแกนที่เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ มีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ โครงสร้างทางค้ำ Machines ของแกนกลอาจไม่สอดคล้องกับ โปรแกรม จึงต้องทำการปรับปรุงแกนกลใหม่

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 2

ตำแหน่ง	ค่า Step ที่เซอร์ไวมอเตอร์					มุมของเซอร์ไวมอเตอร์					ระยะห่างใน VB (cm)	ระยะห่าง แกนกล(cm)
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
	220	100	197	110	150	165	40	45	135	90	6.60	6.50
1	220	200	112	195	190	165	56	145	35	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

- เมื่อ 1 คือ เซอร์ไวมอเตอร์ตัวมือที่เป็นอุปกรณ์
- 2 คือ เซอร์ไวมอเตอร์ที่ใช้ขั้วแกนท่อนที่2
- 3 คือ เซอร์ไวมอเตอร์ที่ใช้ขั้วแกนท่อนที่1
- 4 คือ เซอร์ไวมอเตอร์ที่ใช้ขั้วแกนที่1
- 5 คือ เซอร์ไวมอเตอร์ที่ใช้ขั้วฐาน

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองครั้งแรก เราได้มีการปรับปรุงแกนกลใหม่ แกนกลสามารถเคลื่อนไปยังตำแหน่งต่างๆได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 3

ตำแหน่ง	ค่าStepที่เซอร์โวมอเตอร์					มุมของเซอร์โวมอเตอร์					ระยะห่าง ในVB (cm)	ระยะห่าง แขนกล(cm)
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
	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 เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้จับแขนท่อนที่ 2

3 คือ เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้จับแขนท่อนที่ 1

4 คือ เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้จับแขนที่ 1

5 คือ เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้จับฐาน

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า แขนกลสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆที่ต้องจำลองการเชื่อมเฉพาะจุดได้ รวมไปถึงระยะชิ้นงานที่ต้องการเชื่อม กับอุปกรณ์จำลองการเชื่อม ก็สามารถรักษาระยะห่างได้ดีพอสมควร

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

1. ค่าขีดจำกัดการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้ จะมีการใช้เซอร์โวมอเตอร์ด้วยกัน 5 ตัว โดยมีการใช้เซอร์โวมอเตอร์ตัวใหญ่(S-666) 4 ตัว และตัวกลาง(ST-302) 1 ตัว ซึ่งเมื่อนำมาใช้งานแล้วแขนท่อนบนตัวที่ 2 ที่ทำงานส่วนแขนท่อนกลาง ถือว่าแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ยังไม่มากพอ เมื่อจำคำนวณจากน้ำหนักของแขนที่ต้องรองรับ แต่ก็สามารถทำงานได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-แนวทางการแก้ไข คือ ควรมีการเปลี่ยนไปใช้เซอร์โวมอเตอร์ที่มีรอบ แรงทอร์ค ที่มากกว่าอีกเล็กน้อย จะทำให้ได้มุมและองศาที่ดีและมีประสิทธิภาพอย่างสมบูรณ์

2. การติดตั้งของเซอร์โวมอเตอร์ในส่วนของแขนกลท่อนล่าง จะมีการวางตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ที่ทับกัน ดังนั้นในเวลาทำการ โปรแกรม จึงต้องมีการกลับมุมของค่า Step ที่ป้อนไว้ให้กับเซอร์โวมอเตอร์ด้วย

3. จากการวางตำแหน่งของแขนกลท่อนล่างที่ใช้เซอร์โวมอเตอร์ 2 ตัว ค่าของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวอาจจะมีค่าที่ยังไม่ตรงกัน จึงทำให้การทำงานของแขนกลมีการทำงานที่บิดตัวไปบ้าง ทำให้การเคลื่อนที่ไปตำแหน่งต่างๆ เกิด error ขึ้นมาได้บ้าง และจากผลการดึงกันของเซอร์โวมอเตอร์ จะทำให้ตัวมันเองกินกระแสไฟมาก ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหาย หรือพังได้และเกิดความร้อนขึ้นที่ตัวของบอร์ดควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ตามมา

-แนวทางการแก้ไข ต้องมีการเซตค่าของเซอร์โวมอเตอร์ให้มีค่าตรงกันหรือให้มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ดังนั้นในการทำงานจึงต้องมีการชิพค่าของมุมให้มีค่าต่างกันตามที่เราได้เซตค่าเอาไว้

4. การตรวจสอบค่าระยะจากเซนเซอร์อัลตราโซนิก จากการทำงานของเซนเซอร์ค่าของแต่ละพิกัดที่แขนกลเคลื่อนที่ไปและตรวจจับในตำแหน่งพิกัดต่างๆ ค่าที่แสดงออกมานั้นจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงของจุดพอสสมควร แต่อาจจะมีข้อผิดพลาดได้บ้าง

-แนวทางการแก้ไข จากค่าที่ผิดพลาดของการทำงานอาจเกิดขึ้น ได้จากค่าของอุณหภูมิโดยรอบข้างในขณะที่ทำการทดสอบอยู่ เป็นสาเหตุให้เกิดความผิดพลาดขึ้นมาได้หรืออาจจะเป็นในส่วนของตัวอุปกรณ์ด้านอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆที่นำมาใช้ จึงควรที่จะมีการตรวจเช็คหรือทดสอบสถานะต่างๆก่อน

5. จากการทำงานในส่วนของ Mode-Auto การตรวจจับค่าสัญญาณจากระยะทางนั้นยังมีปัญหาอยู่บ้างเล็กน้อย คือค่าของการตรวจจับจะ ได้ผลที่ยังไม่แน่นอน ค่าบางค่ายังมีปัญหาในการตรวจวัดให้ได้เห็นอยู่บ้าง

-แนวทางการแก้ไข ให้เวลาหน่วงของสัญญาณในการทำงานของตัวแขนกลมากกว่านี้ จะช่วยให้สามารถตรวจจับที่ระยะต่างๆ ได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

6. ระบบกลไกในการขับเคลื่อน เพียงที่เราใช้มีความห่างของฟันค่อนข้างมาก ทำให้ส่งผลในการเคลื่อนที่และระบบกำลังอีกส่วนของแต่ละตัวของตัวเซอร์โวมอเตอร์มีประสิทธิภาพไม่เท่ากัน

-แนวทางการแก้ไข เลือกระบบกลไกในการขับเคลื่อนที่มีความละเอียดและแน่นนอนมากกว่ากลไกที่ใช้อยู่

5.3 ขอบเขตการดำเนินงานและแนวทางในการพัฒนา

ในภาคเรียนนี้ได้สร้างแกนกลเสร็จแล้ว โดยมีวงจรควบคุมและโปรแกรมที่ใช้ควบคุมจากคอมพิวเตอร์ สามารถพัฒนาได้โดยการทำให้แกนกลเคลื่อนที่ให้แม่นยำมากยิ่งขึ้น สามารถนำไปพัฒนาเพื่อหาความละเอียดของการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ให้มากยิ่งขึ้น แล้วจะทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานของเซอร์โวมอเตอร์ละเอียดขึ้นด้วย ซึ่งจะช่วยให้แกนกลเคลื่อนที่ได้ดีและราบเรียบยิ่งขึ้น ซึ่งแกนกลนี้สามารถนำไปพัฒนาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมการประมวลผลและโปรแกรมควบคุม

โปรแกรมวิซวลเบสิก 6 เพื่อใช้ตรวจสอบและควบคุมการทำงานของแขนกล ประกอบไปด้วยโค้ดโปรแกรม ดังต่อไปนี้

```
Dim Com(15)
Dim B(15)
Dim s As Variant
Private Sub Command1_Click()
If Check1.Value = 1 Then
'ForgeLEDb1.LEDstate = 1
s = Chr$(1)
MSComm1.Output = s
End If
If Check2.Value = 1 Then
'ForgeLEDb2.LEDstate = 1
s = Chr$(2)
MSComm1.Output = s
End If
If Check3.Value = 1 Then
'ForgeLEDb3.LEDstate = 1
s = Chr$(3)
MSComm1.Output = s
End If
If Check4.Value = 1 Then
'ForgeLEDb4.LEDstate = 1
s = Chr$(4)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

s = Chr$(4)
MSComm1.Output = s
End If
If Check5.Value = 1 Then
'ForgeLEDb5.LEDstate = 1
s = Chr$(5)
MSComm1.Output = s
End If
If Check6.Value = 1 Then
'ForgeLEDb6.LEDstate = 1
s = Chr$(6)
MSComm1.Output = s
End If
End Sub
Private Sub Command2_Click()
Select Case Combo1.Text
Case "Com1"
MSComm1.CommPort = 1
If Not MSComm1.PortOpen Then
Call Buad
MSComm1.CommPort = 1
MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.InputMode = comInputModeText
Else
MsgBox ("Port Already Open")
End If
Case "Com2"
MSComm1.CommPort = 2
If Not MSComm1.PortOpen Then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Call Buad

MSComm1.CommPort = 2

MSComm1.PortOpen = True

MSComm1.InputMode = comInputModeText

Else

MsgBox ("Port Already Open")

End If

Case "Com3"

MSComm1.CommPort = 3

If Not MSComm1.PortOpen Then

Call Buad

MSComm1.CommPort = 3

MSComm1.PortOpen = True

MSComm1.InputMode = comInputModeText

Else

MsgBox ("Port Already Open")

End If

Case "Com4"

MSComm1.CommPort = 4

If Not MSComm1.PortOpen Then

Call Buad

MSComm1.CommPort = 4

MSComm1.PortOpen = True

MSComm1.InputMode = comInputModeText

Else

MsgBox ("Port Already Open")

End If

Case "Com5"

MSComm1.CommPort = 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

If Not MSComm1.PortOpen Then
Call Buad
MSComm1.CommPort = 5
MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.InputMode = comInputModeText
Else
MsgBox ("Port Already Open")
End If
Case "Com6"
MSComm1.CommPort = 6
If Not MSComm1.PortOpen Then
Call Buad
MSComm1.CommPort = 6
MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.InputMode = comInputModeText
Else
MsgBox ("Port Already Open")
End If
Case "Com7"
MSComm1.CommPort = 7
If Not MSComm1.PortOpen Then
Call Buad
MSComm1.CommPort = 7
MSComm1.RThreshold = 1
MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.InputMode = comInputModeText
Else
MsgBox ("Port Already Open")
End If

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Case "Com8"
MSComm1.CommPort = 8
If Not MSComm1.PortOpen Then
Call Buad
MSComm1.CommPort = 8
MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.InputMode = comInputModeText
Else
MsgBox ("Port Already Open")
End If
Case "Com9"
MSComm1.CommPort = 9
If Not MSComm1.PortOpen Then
Call Buad
MSComm1.CommPort = 9
MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.InputMode = comInputModeText
Else
MsgBox ("Port Already Open")
End If
Case "Com10"
MSComm1.CommPort = 10
If Not MSComm1.PortOpen Then
Call Buad
MSComm1.CommPort = 10
MSComm1.PortOpen = True
MSComm1.InputMode = comInputModeText
Else
MsgBox ("Port Already Open")

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

End If
End Select

Timer1.Enabled = True

End Sub

Sub Buad()
Select Case Combo2.Text
Case "300"
MSComm1.Settings = "300,n,8,1"
Case "600"
MSComm1.Settings = "600,n,8,1"
Case "2400"
MSComm1.Settings = "2400,n,8,1"
Case "7800"
MSComm1.Settings = "7800,n,8,1"
Case "9600"
MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"
Case "14400"
MSComm1.Settings = "14400,n,8,1"
Case "19200"
MSComm1.Settings = "19200,n,8,1"
Case "38400"
MSComm1.Settings = "38400,n,8,1"
Case "57600"
MSComm1.Settings = "57600,n,8,1"
Case "115200"
MSComm1.Settings = "115200,n,8,1"
End Select
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Form_Load()
```

```
Timer1.Interval = 1
```

```
Combo1.Text = "Select Comport"
```

```
Com(1) = "Com1"
```

```
Com(2) = "Com2"
```

```
Com(3) = "Com3"
```

```
Com(4) = "Com4"
```

```
Com(5) = "Com5"
```

```
Com(6) = "Com6"
```

```
Com(7) = "Com7"
```

```
Com(8) = "Com8"
```

```
Com(9) = "Com9"
```

```
Com(10) = "Com10"
```

```
For n = 1 To 10
```

```
Combo1.AddItem Com(n)
```

```
Next n
```

```
Combo2.Text = "Select Buadrate"
```

```
B(1) = "300"
```

```
B(2) = "600"
```

```
B(3) = "2400"
```

```
B(4) = "4800"
```

```
B(5) = "7200"
```

```
B(6) = "9600"
```

```
B(7) = "14400"
```

```
B(8) = "19200"
```

```
B(9) = "38400"
```

```
B(10) = "57600"
```

```
B(11) = "115200"
```

```
For n = 1 To 11
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Combo2.AddItem B(n)
Next n
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
On Error Resume Next
If Check1.Value = 0 Then
ForgeLEDb1.LEDstate = 0
End If
If Check2.Value = 0 Then
ForgeLEDb2.LEDstate = 0
End If
If Check3.Value = 0 Then
ForgeLEDb3.LEDstate = 0
End If
If Check4.Value = 0 Then
ForgeLEDb4.LEDstate = 0
End If
If Check5.Value = 0 Then
ForgeLEDb5.LEDstate = 0
End If
If Check6.Value = 0 Then
ForgeLEDb6.LEDstate = 0
End If
If Check1.Value = 1 Then
ForgeLEDb1.LEDstate = 1
End If
If Check2.Value = 1 Then
ForgeLEDb2.LEDstate = 1
End If

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

If Check3.Value = 1 Then
ForgeLEDb3.LEDstate = 1
End If
If Check4.Value = 1 Then
ForgeLEDb4.LEDstate = 1
End If
If Check5.Value = 1 Then
ForgeLEDb5.LEDstate = 1
End If
If Check6.Value = 1 Then
ForgeLEDb6.LEDstate = 1
End If
End Sub

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] วิโรจน์ อัสวรังสี, ชัชวาล เต็มฤทธิรงค์,กรชูลี ใส้สถิต .การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ,กรุงเทพฯ:บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด(มหาชน)
- [2] โยธิน เปรมปราณีรัชต์ ,ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ ระบบเซอร์โว อิเล็กทรอนิกส์คอนโทรล มอเตอร์ , กรุงเทพฯ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2533
- [3] อภิชาติ อุ่พลับ, เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ ด้วย Visual Basic, กรุงเทพฯ;Info press Developer Book,2546
- [4] McNeil, Perry A , Electro mechanism:Servo mechanism, New York, Delma, 1972
- [5] Todd, D.J Fundamentals Of Robot Technology, London, Kogan Page, 1986

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้