สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ

T055645

นายเปรมศักดิ์ คุ้มลำไภย
นายรณน เจียรตระกูล
นายเมธัส หีบเงิน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....55645
วัน,เดือน,ปี.....20 พ.ค. 2548

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

ROBOT MODEL

MR.PREAMSAK KUMLAMPAI

MR.RANON JIENTRAKUL

MR.MAYTHAS HEEPNGERN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRAIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ แบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ
ROBOT MODEL

นักศึกษา นายเปรมศักดิ์ คุ้มลำไภย รหัสประจำตัว 44015741
นายรณน เจียรตระกูล รหัสประจำตัว 44015749
นายเมธัส หืบเงิน รหัสประจำตัว 44015748

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(อ.พลชัย โชติปรายนกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	แบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ		
นักศึกษา	นายเปรมศักดิ์	คุ้มลำไภย	รหัสประจำตัว 44015741
	นายรณน	เจียรตระกูล	รหัสประจำตัว 44015749
	นายเมธัส	หีบเงิน	รหัสประจำตัว 44015750
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล		
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ปีการศึกษา	2546		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอการศึกษาออกแบบและสร้างแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติที่มีลักษณะรูปร่างเป็นแบบข้อต่อ (Articulated Configuration) โดยมีรูปแบบการเคลื่อนที่แบ่งได้ 3 ส่วน คือ ตัวฐานสามารถหมุนเคลื่อนที่ได้รอบ 360 องศา และข้อต่ออีก 2 จุดที่สามารถเคลื่อนที่ได้ 180 องศา ในการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำแบบจำลองแขนกลอัตโนมัตินี้ เป็นต้นแบบในการสร้างแขนกลที่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิต โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกล เพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิตและ ผลประโยชน์ให้แก่องค์กรในงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title : **Robot Model**
Name : **Mr.Preamsak Kumlampai**
Mr.Maythas Heepngern
Mr.Ranon Jientrakul
Degree : **Bachelor of Engineering in Industrial Engineering**
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year : **2003**
Advisor : **Mr.Pholchai Chotiprayanakul**

ABSTRACT

This project presents the design and construction of the Robot Model. This Robot Model has articulated configuration characteristic. Which consist of 3 movement part : the 360° moveable base and two 180° moveable joints. The construction of this model can be the prototype used in production process by using computer program to control the movement of Robot Model in order to increase productivity and benefit of industrial organization.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ ความอนุเคราะห์จากอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุสาหการทุกท่าน โดยเฉพาะอย่ายิ่งอาจารย์ พลชัย โชติปรายนกุล ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และแนวคิดที่ดีเสมอมา ผศ.ดร.สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ สำหรับคำแนะนำในงานด้านเอกสาร และกำลังใจ พร้อมทั้งความทุ่มเทจากท่านอาจารย์เพื่อความสะดวกในการทำโครงงาน ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล ที่ช่วยอำนวยความสะดวกด้านค่าใช้จ่ายของวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทำโครงงาน

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มิได้เอ่ยนาม ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอขอบคุณ เพื่อนๆและรุ่นน้องสำหรับคำแนะนำ คำปรึกษา และกำลังใจที่ดีตลอดมา

เปรมศักดิ์ คุ้มลำไภย

รณน เจียรตระกูล

เมธัส หีบเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		**I**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		**II**
กิตติกรรมประกาศ		III
สารบัญ		IV
สารบัญตาราง		VI
สารบัญภาพ		VII
บทที่ 1	บทนำ	
	1.1 ความสำคัญของโครงงาน	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
	1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2	ทฤษฎี	
	2.1 การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของแบบจำลองแขนกล โดยวิธี Forward Kinematics	2
	2.1.1 การวิเคราะห์โดยวิธีทางเมตริก	2
	2.1.2 การแปลงพิกัดร่วมโดยใช้ Transformation Matrix	3
	1. การหมุนรอบจุดกำเนิด (Pure Rotation about the Origin)	3
	2. การเคลื่อนย้ายจากจุดกำเนิดโดยไม่เปลี่ยนทิศแกน (Pure Translation and Homogeneous Coordinate)	6
	3. การเคลื่อนย้ายแกนที่การหมุน (Combined Rotation and Translation)	7
	2.1.3 Forward Kinematics	10
	2.2 Potentiometer	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การทำงานของพอร์ตเครื่องพิมพ์ (Printer Port)..... 14
2.4 การทำงานของไอซี LTC1298..... 16
2.5 แสดงโครงสร้างและรายละเอียดในการออกแบบ
สร้างแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ..... 18
2.6 การคำนวณการเคลื่อนที่ของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติโดยวิธี
Forward Kinematics..... 22

บทที่3 การวางแผนและการออกแบบ

3.1 การวางแผนดำเนินงาน..... 28
3.2 แผนการทำงานและสร้างแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ..... 28
3.2.1 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์..... 28
3.2.2 การออกแบบด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์..... 30
3.2.3 การออกแบบด้านซอฟท์แวร์..... 31

บทที่4 ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการทดลองการทำงานด้านฮาร์ดแวร์..... 32
4.2 ผลการออกแบบและสร้างวงจรควบคุมการทำงานการทำงาน..... 34
4.3 ผลการออกแบบและสร้างโปรแกรมการทำงาน..... 35
4.4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม..... 36

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์การดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 37
5.2 ข้อดีของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ (Robot Model)..... 37
5.3 ข้อจำกัดของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ (Robot Model)..... 37
5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา..... 38

บรรณานุกรม

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงสัญญาณของพอร์ตเอาท์พุทขนาด 8 บิต..... 14

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงสัญญาณของพอร์ตอินพุท/เอาท์พุทและ
สัญญาณควบคุมต่างๆ..... 15

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงสัญญาณของพอร์ตอินพุทขนาด 5 บิตและ
สัญญาณควบคุมต่างๆ..... 15

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงข้อมูลที่จะเขียนให้กับไอซี LTC1298..... 17

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงการกำหนดรูปแบบของสัญญาณ ANALOG อินพุท..... 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	ชื่อภาพ	หน้า
2.1	แสดงตำแหน่งของจุด P ในโครงที่ต่างกัน	2
2.2	แสดงตำแหน่งของจุด P ในโครง5ที่ต่างกัน	4
2.3	การหมุนในแกน x_i ในรูป (a)-(b) , ตามด้วย การหมุนในแกน y_i ในรูป (c)-(d) และการหมุนในแกน z_i ในรูป (c)-(d)	5
2.4	โครง j มีการเลื่อนจากจุดกำเนิด จากโครง i เป็นระยะ vector $^{i}[Q]$	6
2.5	แสดงการเลื่อนตัวของโครง j จากโครง i พร้อมทั้งมีการหมุนรอบจุดกำเนิด	7
2.6	(a) แสดงการวางโครงในจุดเชื่อมต่อ (S_n , θ_n) (b)แสดงโครง k ที่เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างโครง i และ โครง j	10
2.7	แสดงตัวต้านทานปรับค่าได้	13
2.8	แสดง ตัวอย่างการต่อวงจรให้กับ Potentiometer	13
2.9	ภาพแสดงลักษณะความสัมพันธ์ของการอ่านเขียนข้อมูลกับการกำหนดค่าของ MSBF บิต	17
2.10	แสดงรูปแบบของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ	18
2.11	ภาพแสดงการออกแบบแขนท่อนบน	19
2.12	ภาพแสดงการออกแบบแขนท่อนกลาง	19
2.13	แสดงการออกแบบของฐานรองแขนท่อนบนและท่อนกลาง	20
2.14	แสดงการออกแบบของแบบจำลองฐานแขนกล	20
2.15	แสดงรูปของเฟืองขับฐาน	21
2.16	แสดงรูปของเฟืองขับฐานเล็ก	21
2.17	แสดงรูปของมอเตอร์	22
2.18	แสดงรูปของ Potentiometer	22
2.19	แสดงรายละเอียดของ joint 0 และ link 0	23
2.20	แสดงรายละเอียดของ joint 1และ link 0	24
2.21	แสดงรายละเอียดของ joint 2 และ link 1	25
2.22	แสดงรายละเอียดของ joint 2 และ link 2	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ภาพแสดงแขนท่อนบน..... 29
3.2 ภาพแสดงแขนท่อนกลาง..... 29
3.3 ภาพแสดงฐานล่างของหุ่น..... 29
3.4 ภาพแสดง Potentiometer ที่ใช้ในวงจร..... 30
3.5 ภาพแสดงวงจรที่ใช้ในการควบคุมเบื้องต้น..... 30
3.6 โปรแกรมการทำงานของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ..... 31
4.1 แบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ..... 32
4.2 ภาพแสดงแขนกลท่อนบน..... 33
4.3 ภาพแสดงแขนกลท่อนกลาง..... 33
4.4 ภาพแสดงแขนกลท่อนล่าง..... 33
4.5 วงจรที่ใช้ควบคุมแบบจำลองแขนกล..... 34
4.6 อุปกรณ์อิเลคโทรนิคส์ LTC1298..... 34
4.7 อุปกรณ์อิเลคโทรนิคส์ L293D..... 34
4.8 โปรแกรมการทำงานเก็บค่าเข้าในหน่วยความจำ..... 36
4.9 โปรแกรมเริ่มการทำงานของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ..... 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงงาน

แขนกลอัตโนมัติ เป็นรูปแบบหนึ่งของกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติความรวดเร็ว และความแม่นยำ เช่น การประกอบชิ้นส่วนในสายการผลิต การเคลื่อนย้าย หรือขนถ่ายวัตถุ งานเชื่อมประกอบชิ้นงาน

ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการออกแบบสร้างแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติขึ้น ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้เป็นต้นแบบในการสร้างแขนกลอัตโนมัติเพื่อนำไปช่วยงานมนุษย์ในงานอุตสาหกรรมได้ อีกทั้งยังสามารถจะทำให้ช่วยประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย และเพิ่มผลผลิตให้แก่องค์กรในงานอุตสาหกรรมได้

1.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์หลักของโครงงาน ได้แก่

1.เพื่อออกแบบและสร้างแบบจำลองแขนกลให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม

2.เพื่อนำเอาความรู้เกี่ยวกับระบบอัตโนมัติเข้ามาประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงและเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบอัตโนมัติของแบบจำลองแขนกลให้มีศักยภาพสูงยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตในการศึกษาครั้งนี้ สามารถกำหนดได้จากการทำงานหลัก 3 ส่วน ได้แก่

1. ส่วนฮาร์ดแวร์ ทำการออกแบบและสร้างแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติขึ้นมาที่มีขนาด (150×150×550) มิลลิเมตร
2. ส่วนวงจรไฟฟ้าชุดควบคุมและการอินเตอร์เฟส ใช้ L293D เป็นตัวไดร์ฟ โดยใช้ LTC1298 แปลงสัญญาณจากอนาลอคเป็นดิจิตอล และใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานและอินเตอร์เฟส
3. ส่วนโปรแกรมควบคุมการทำงาน ทำการศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของแบบจำลองแขนกล โดยผ่านการรับ – ส่งข้อมูล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ของโครงงาน

ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาและออกแบบสร้างแขนกลอัตโนมัติ ในครั้งนี้ทำให้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพของแขนกลอัตโนมัติ ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมได้ รวมทั้งยังเป็นแนวทางในการศึกษา และ ออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ และ ซอฟท์แวร์ ของระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติโดยวิธี Forward Kinematics

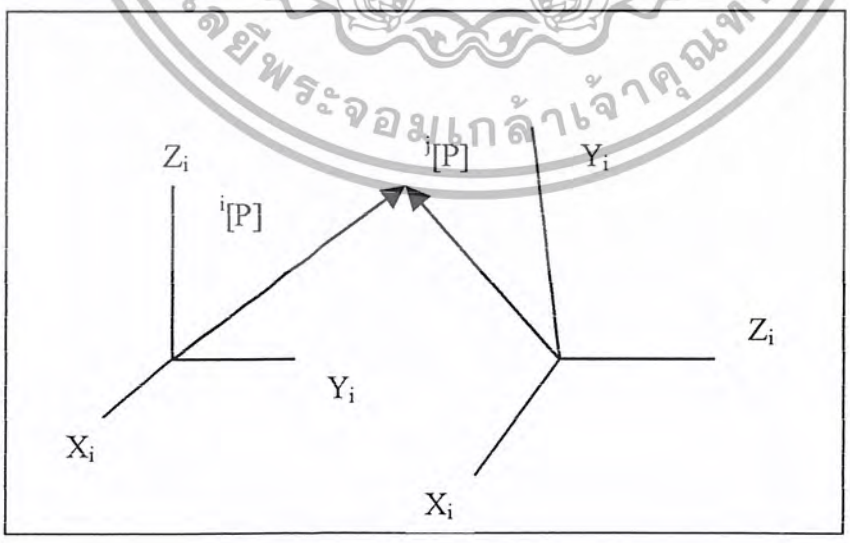
การเคลื่อนไหว หรือ Kinematics ของหุ่นยนต์ คือ การหาสมการเพื่ออธิบายการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ที่เกิดจากความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ขององค์ประกอบต่างๆ อันประกอบด้วยแกน (link) และจุดหมุน (joint) ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามโครงสร้างของหุ่นยนต์แต่ละตัว โดยสามารถอธิบายในรูปของเมตริกซ์ที่เรียกกันว่า เมตริกซ์แปลงค่า ในการหาสมการนั้นสามารถทำได้สองแบบคือ

1. Forward Kinematics เป็นการวิเคราะห์หาตำแหน่งของปลายแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ ซึ่งคำนวณจากพิกัดในจุดเชื่อมต่อต่างๆ โดยอาศัยตำแหน่งเชิงมุม (Angular Position) และตำแหน่งเชิงเส้น (Translation Position) ของจุดเชื่อมต่อเพื่อที่จะให้ได้ เมตริกซ์แปลงค่า สำหรับแปลง ระบบพิกัดหุ่นยนต์เป็น ระบบพิกัดแบบคาร์ทีเซียน ซึ่งเป็นพิกัดที่สะดวกในการสั่งงาน

2. Inverse Kinematics เป็นการวิเคราะห์โดยเริ่มจากจุดปลายมายังฐาน วิธีนี้จะยากกว่า วิธี Forward Kinematics สำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติจะใช้วิธี Forward Kinematics ซึ่งจำเป็นต้องมีพื้นฐานดังต่อไปนี้

2.1.1 การวิเคราะห์โดยวิธีทางเมตริกซ์ (Matrix Method of Analysis)

พิจารณาจากรูป 2.1 เป็นการบอกตำแหน่งของจุดในโครง (Frame) ที่แตกต่างกัน 2 โครง คือ โครง i และโครง j ในแต่ละโครงจะมี ระบบพิกัดแบบคาร์ทีเซียน x,y,z ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งของจุด P ในแต่ละโครงที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายจุด P ในโครง i ในรูปเวคเตอร์ คือ

$$ {}^{i}[P] = \begin{bmatrix} P_{xi} \\ P_{yi} \\ P_{zi} \end{bmatrix} $$

อธิบายจุด P ในโครง j ในรูปเวคเตอร์ คือ

$$ {}^{j}[P] = \begin{bmatrix} P_{xj} \\ P_{yj} \\ P_{zj} \end{bmatrix} $$

ความสัมพันธ์ของ เมตริกซ์ ${}^{i}[P]$ และ ${}^{j}[P]$ กำหนดโดย

$$ {}^{i}[P] = {}^{i}_{j}[T]\ {}^{j}[P] $$

โดยเมตริกซ์ [T] มีมิติ 3×3 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ทั้งการหมุนและตำแหน่งของโครงทั้งสองที่ถูกเรียกว่า เมตริกซ์แปลงค่าการแปลงจากจุดในโครง i ไปสู่โครง j ก็เช่นเดียวกัน

$$ {}^{j}[P] = {}^{j}_{i}[T]\ {}^{i}[P] $$

โดยที่

$$ {}^{i}_{j}[T] = {}^{j}_{i}[T]^{-1} $$

2.1.2 การแปลงพิกัดร่วมโดยใช้เมตริกซ์แปลงค่า (Homogeneous Coordinate Transformer)

วิธีการแปลงพิกัดร่วมโดยใช้ เมตริกซ์แปลงค่า สามารถแปลงพิกัดร่วมได้ 3 วิธี ได้แก่

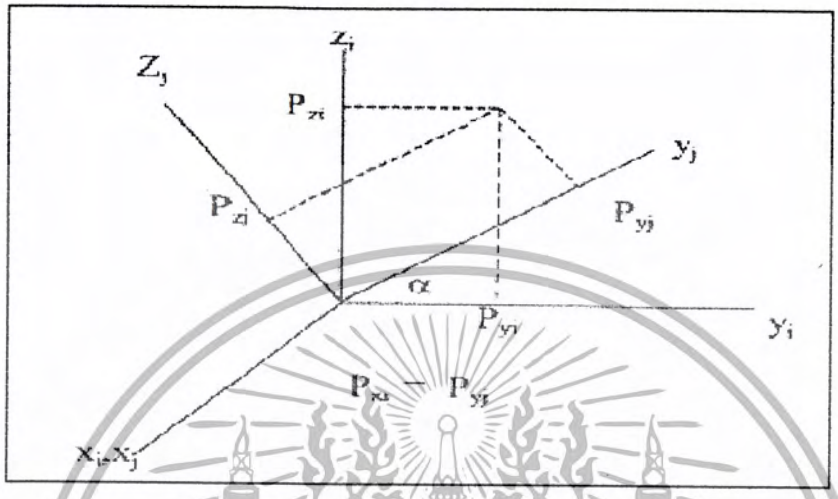
- การหมุนรอบจุดกำเนิด (Pure Rotation about the Origin)
- การเคลื่อนย้ายจากจุดกำเนิดโดยไม่เปลี่ยนทิศแกน (Pure Translation and Homogeneous Coordinate)
- การเคลื่อนย้ายแกนที่การหมุน (Combined Rotation and Translation)

1. การหมุนรอบจุดกำเนิด (Pure Rotation about the origin)

พิจารณารูปที่ 2.2 เมื่อหมุนโครง j รอบแกน i ในแนวแกน x เป็นมุม α จุดกำเนิด (origin) โดยใช้ทฤษฎีตรีโกณมิติ สมการที่เขียนในรูปความสัมพันธ์ของจุดในแกน x,y,z ของแต่ละโครง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$
\begin{aligned}
P_{xi} &= P_{xj} \\
P_{yi} &= P_{yj}\cos\alpha - P_{zj}\sin\alpha \\
P_{zi} &= P_{yj}\sin\alpha - P_{zj}\cos\alpha
\end{aligned}
$$



รูปที่ 2.2 แสดงการหมุนของโครง j รอบแกน x_i เป็นมุม α

หรือเขียนในรูปแบบเมตริกซ์ ได้ดังนี้

$$
\begin{bmatrix} P_{xi} \\ P_{yi} \\ P_{zi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{xi} \\ P_{yi} \\ P_{zi} \end{bmatrix}
$$

สามารถอธิบายสมการในรูปเมตริกซ์แปลงค่า

$$
{}^{i}[P] = {}^{i}_{j}[T(x_i, \alpha)]\ {}^{j}[P]
$$

เช่นเดียวกัน พิจารณาการหมุนของแกนต่างๆรอบจุดกำเนิด ในแกน y_i เป็นมุม β , ${}^{i}_{j}[T(y_i, \beta)]$ และหมุนรอบแกน z_i เป็นมุม γ , ${}^{i}_{j}[T(z_i, \gamma)]$

สามารถกล่าวได้ว่า

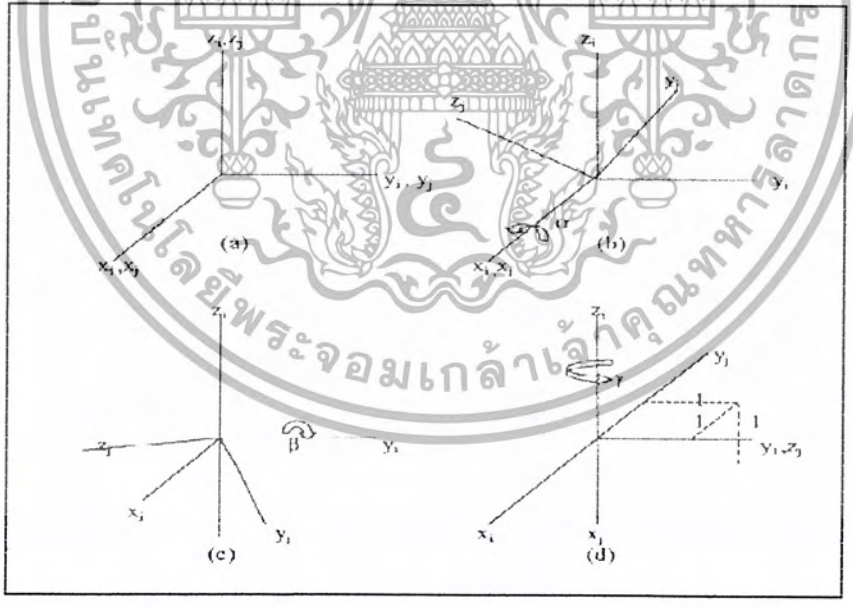
$$
{}^{i}_{j}[T(x_i, \alpha)] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix} \qquad (2.1)
$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$
{}^{i}_{j}[T(y_i, \beta)] = \begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & \sin\beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\beta & 0 & \cos\beta \end{bmatrix} \qquad (2.2)
$$

$$
{}^{i}_{j}[T(z_i, \gamma)] = \begin{bmatrix} \cos\gamma & -\sin\gamma & 0 \\ \sin\gamma & \cos\gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (2.3)
$$

การหมุนของแกน อธิบายในรูปเทอมตามลำดับของการหมุนในแกนต่างๆ ตัวอย่างเช่น จากรูป 2.3 เมื่อหมุนโครง j รอบโครง i ประกอบด้วยการหมุนเป็นมุม α รอบแกน x_i ตามด้วยหมุนเป็นมุม β รอบแกน y_i และสุดท้ายหมุนเป็นมุม γ รอบแกน z_i

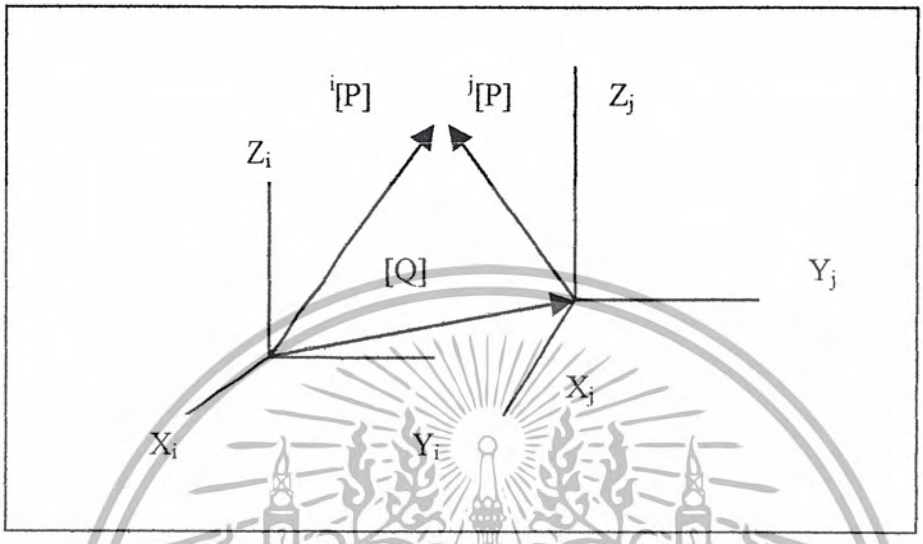


รูปที่ 2.3 การหมุนในแกน x_i ในรูป (a)-(b) , ตามด้วย การหมุนในแกน y_i ในรูป (c)-(d) และการหมุนในแกน z_i ในรูป (c)-(d)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเคลื่อนย้ายแกนจากจุดกำเนิดโดยไม่เปลี่ยนทิศแกน (Pure Translation and Homogeneous Coordinate)

จากรูปที่ 2.4 แสดงการเคลื่อนย้ายโครง j ที่สัมพันธ์กับโครง i โดยแกนทั้ง 3 เคลื่อนที่เป็น vector $^{i}[P]$ จากจุดกำเนิด



รูปที่ 2.4 โครง j มีการเคลื่อนจากจุดกำเนิดจากโครง i เป็นระยะ vector $^{i}[Q]$

โดยแสดงเวกเตอร์ ได้ดังนี้

$$^{i}[Q] = \begin{bmatrix} Q_{xi} \\ Q_{yi} \\ Q_{zi} \end{bmatrix}$$

ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ของจุด P จากโครง j เป็นจุด P ในโครง i ได้ดังนี้

$$P_{xi} = P_{xi} + Q_{xi}$$
$$P_{yi} = P_{yi} + Q_{yi}$$
$$P_{zi} = P_{zi} + Q_{zi}$$

หรือ

$$^{i}[P] = {}^{j}[P] + {}^{i}[Q]$$

พิจารณาโดยอาศัยเมตริกซ์แปลงค่า

$$^{i}[P] = {}^{i}_{j}[T]\ {}^{j}[P]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกำหนด

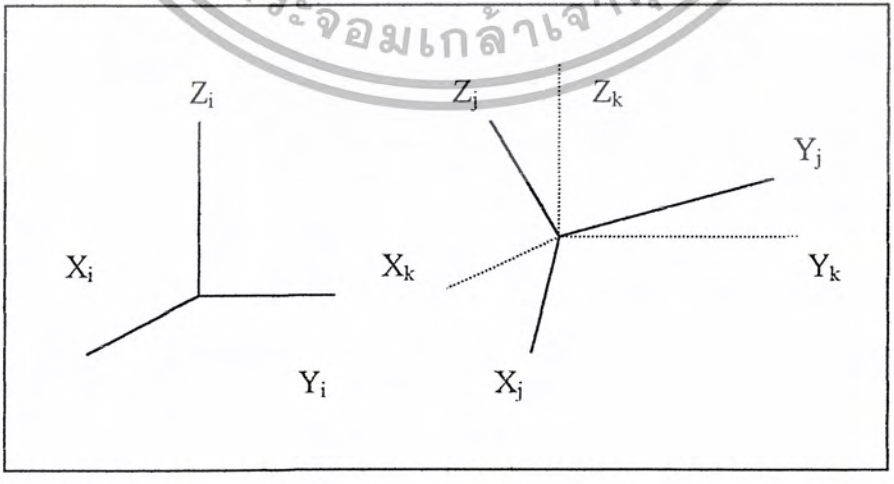
$$ {}^{i}[P] = \begin{bmatrix} P_{xi} \\ P_{yi} \\ P_{zi} \\ 1 \end{bmatrix} \qquad \text{และ} \qquad {}^{j}[P] = \begin{bmatrix} P_{xj} \\ P_{yj} \\ P_{zj} \\ 1 \end{bmatrix} $$

สามารถเขียนความสัมพันธ์ของ ${}^{i}[P]$ และ ${}^{j}[P]$ ในรูปของเมตริกซ์แปลงค่า 4×4 กำหนดโดย

$$ {}^{i}_{j}[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & Q_{xi} \\ 0 & 1 & 0 & Q_{yi} \\ 0 & 0 & 1 & Q_{zi} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

3. การเคลื่อนย้ายแกนที่การหมุน (Combined Rotation and Translation)

จากรูปที่ 2.5 พิจารณาในกรณีโครง j มีการหมุนและเลื่อนตำแหน่งไปจากโครง i กระบวนการได้มาซึ่งเมตริกซ์แปลงค่า โดยพิจารณาทีละขั้นโดยเคลื่อนโครง k จากโครง i เป็นระยะvector ${}^{i}[Q]$



รูปที่ 2.5 แสดงการเลื่อนตัวของโครง j จากโครง i พร้อมทั้งมีการหมุนรอบจุดกำเนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้

$$ {}^{i}[P] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & Q_{xi} \\ 0 & 1 & 0 & Q_{yi} \\ 0 & 0 & 1 & Q_{zi} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} {}^{k}[P] $$

ในขั้นต่อมาพิจารณาการหมุนของโครง j รอบโครง k เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$ {}^{k}[P] = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & 0 \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & 0 \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} {}^{j}[P] $$

เพราะฉะนั้นเขียนความสัมพันธ์ของโครง i และ j คือ

$$ {}^{i}[P] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & Q_{xi} \\ 0 & 1 & 0 & Q_{yi} \\ 0 & 0 & 1 & Q_{zi} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & 0 \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & 0 \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} {}^{j}[P] $$

โดย

$$ {}^{i}[P] = {}^{i}_{j}[T] \; {}^{j}[P] $$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเขียนได้รูปเมตริกซ์แปลงค่าจากการรวมการหมุนและเคลื่อนแกนได้ดังนี้

$$ {}^{i}_{j}[T] = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & 0 \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & 0 \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

หรือในรูป

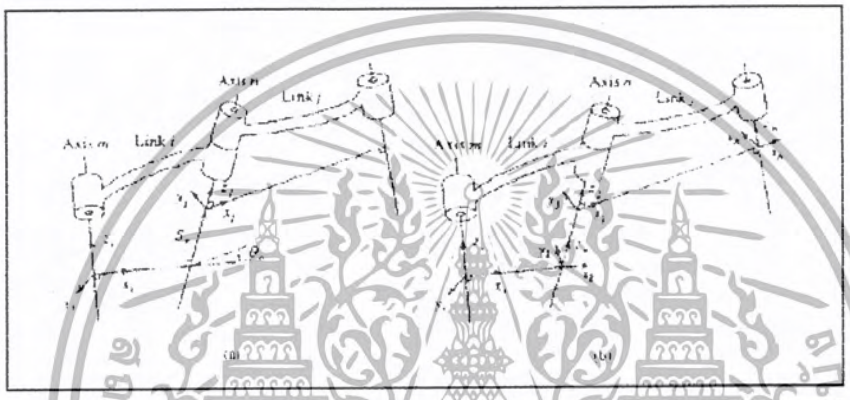
$$ {}^{i}_{j}[T] = \begin{bmatrix} {}^{i}_{j}[R] & \vdots & {}^{i}[Q] \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & \vdots & 1 \end{bmatrix} $$

เมื่อ ${}^{i}_{j}[R]$ คือ 3×3 ในส่วนของการหมุนและ ${}^{i}[Q]$ คือ 3×1 ในส่วนของการเลื่อนตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 Forward Kinematics

จากหลักการในการสร้างเมตริกซ์แปลงค่า ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการเปลี่ยนพิกัดหุ่นยนต์ในจุดเชื่อมต่อต่างๆมาสู่ ระบบพิกัดแบบคาร์ทีเซี่ยนโดยยึดจุดกำเนิด(Origin) ที่ตัวฐาน(Base) พิจารณาถึงการเปลี่ยนโครงตามลำดับขั้น โดยพิจารณารูป 2.6 จาก ${}^{i}_{j}[T]$ มีความสัมพันธ์ระหว่าง โครงพิกัดที่เชื่อมต่อกันด้วย แกนเชื่อมโยง j ในการสร้างเมตริกซ์จะกำหนดโครงชั่วคราว คือ โครง k ในรูป 2.6b จุดกำเนิดของโครง k จะอยู่ตามเส้นแกน n และตั้งฉากเสมอกับ แกนเชื่อมโยง i โดยแกน x_k จะมีทิศไปทางแกน x_i และตามแกน z_k ไปตามแกน z_j เมื่อพิจารณาการหมุนระหว่างโครง j และ k โครง j ถูกหมุนจากโครง k เป็นมุม θ_n ตามแนวแกน z_k ขณะเดียวกันก็มีการเลื่อนตำแหน่งไปเป็นระยะ S_n ในแกน z_k



รูปที่ 2.6 (a) แสดงการวางโครงในจุดเชื่อมต่อ (S_n, θ_n) (b)แสดงโครง k ที่เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างโครง i และโครง j

เมื่อพิจารณา เมตริกซ์แปลงค่าแล้ว

$$ {}^{k}[P] = {}^{k}_{j}[T]\ {}^{j}[P] $$

เมื่อ

$$ {}^{k}_{j}[T] = \begin{bmatrix} \cos\theta_n & -\sin\theta_n & 0 & 0 \\ \sin\theta_n & \cos\theta_n & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_n \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นต่อไปพิจารณาการหมุนของโครง k เป็นมุม τ, ตามแกน x_i ขณะเดียวกันมีการย้ายแกนเป็นระยะ l_i ตามแกน x_i

$$ {}^{i}[P] = {}^{i}{}_{k}[T]\ {}^{k}[P] $$

เมื่อ

$$ {}^{k}{}_{j}[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\tau_n & -\sin\tau_n & 0 \\ 0 & \sin\tau_n & \cos\tau_n & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างโครง i และโครง j

$$ {}^{i}[P] = {}^{i}{}_{j}[T]\ {}^{k}[P] $$

เมื่อ

$$ {}^{i}{}_{j}[T] = {}^{i}{}_{k}[T]\ {}^{k}{}_{j}[T] = \begin{bmatrix} \cos\theta_n & -\sin\theta_n & 0 & l_i \\ \cos\tau_i \sin\theta_n & \cos\tau_i \cos\theta_n & -\sin\tau_n & S_n \sin\tau_i \\ \sin\tau_i \sin\theta_n & \sin\tau_i \cos\theta_n & \cos\tau_I & S_n \cos\tau_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

เมตริกซ์แปลงค่าสามารถสร้างได้ตามหลักการวิเคราะห์ดังกล่าว สามารถสร้างความสัมพันธ์ของโครงสร้างต่างๆได้ โดยใช้ขั้นตอนดังกล่าวดังเช่นโครง h แปลงไปสู่โครง k

$$ {}^{i}[T] = {}^{i}{}_{j}[T]\ {}^{k}[T] $$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

$$[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_i \\ 0 & \cos\tau_j & -\sin\tau_j & 0 \\ 0 & \sin\tau_j & \cos\tau_j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

และ

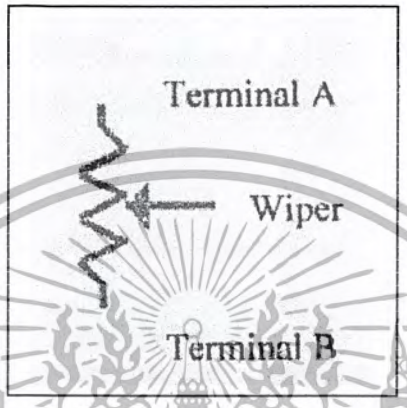
$$^{h}_{k}[T] = \begin{bmatrix} \cos\theta_n & -\sin\theta_n \cos\tau_i & \sin\theta\sin\theta_n & l_i \cos\theta_n \\ \sin\theta_n & \cos\theta_n \cos\tau_i & -\cos\theta_n \sin\tau_i & l_i \sin\theta_n \\ 0 & \sin\tau_j & \cos\tau_j & S_n \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โพเทนทิโอมิเตอร์ (Potentiometer)

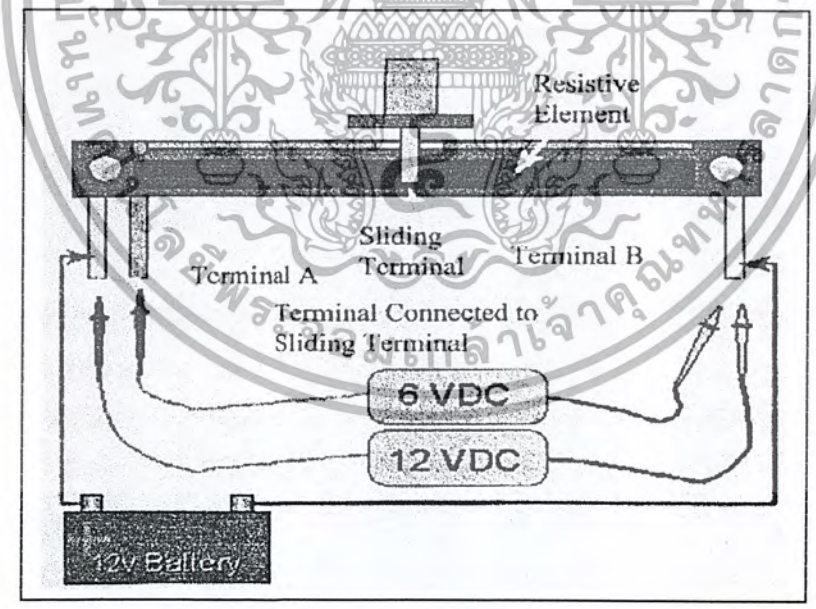
โพเทนทิโอมิเตอร์ คือ ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ ซึ่งโดยทั่วไป โพเทนทิโอมิเตอร์ จะมี 3 ขั้ว โดย 2 ขั้ว จะต่ออยู่กับขั้วไฟฟ้า (จากแหล่งจ่ายไฟ) และโดยส่วนมากขั้วที่ 3 จะอยู่ตรงกลางระหว่าง 2 ขั้วแรกซึ่งเรียกว่า ไวเปอร์ (Wiper)

ไวเปอร์ นี้จะมีลักษณะเป็นหน้าสัมผัสที่สามารถเคลื่อนที่ไปตามตัวต้านทาน เพื่อปรับค่าความต้านทานให้เพิ่มขึ้นหรือลง ซึ่ง ไดอะแกรมจะแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 2.7 แสดงตัวต้านทานปรับค่าได้

โพเทนทิโอมิเตอร์ มีหน้าที่แบ่งโวลท์เทจ ซึ่งจะเป็นไปตามการเคลื่อนที่ของไวเปอร์ โดยจะแสดงลักษณะการต่อวงจรตามรูป



รูปที่ 2.8 แสดง ตัวอย่างการต่อวงจรให้กับโพเทนทิโอมิเตอร์

2 ขั้วหัวท้ายจะต่ออยู่กับขั้ว A และ B ซึ่งเป็น แบตเตอรี่ 12 โวลท์ ส่วนตัวกลางจะเป็นตัวอ้างอิงจากการปรับค่าความต้านทาน ซึ่งถ้าปรับให้ ไวเปอร์ เคลื่อนที่ไปด้านขั้วบวก โวล์ทเทจที่ได้จะสูงขึ้นและถ้าปรับให้ ไวเปอร์ เคลื่อนที่ไปด้านขั้วลบ โวล์ทเทจที่ได้จะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การทำงานของพอร์ตเครื่องพิมพ์ (PRINTER PORT)

พอร์ตเครื่องพิมพ์หรือพอร์ตขนานของเครื่องคอมพิวเตอร์ ประกอบไปด้วยสัญญาณทั้งหมด 25 เส้น สัญญาณ โดยส่วนมากสัญญาณทั้งหมดจะผ่านคอนเนคเตอร์ ชนิด DB25 PIN ตัวเมียโดยสัญญาณจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ตามลักษณะของสัญญาณ คือ

สัญญาณข้อมูล (Data) ขนาด 8 บิต เป็นรีจิสเตอร์เอาท์พุทขนาด 8 บิต ซึ่งมีหมายเลขพอร์ตในการติดต่อ คือ 0378H(LPT1) หรือ 0278(LPT) สามารถส่งค่าข้อมูลออกโดยใช้คำสั่ง OUT ซึ่งเมื่อเขียนข้อมูลออกไปที่พอร์ตนี้จะให้สัญญาณมีค่าเหมือนกับข้อมูลที่เขียนออกไปทุกประการ กล่าวคือ ถ้าเขียนค่าข้อมูลที่เป็น 1 ออกไปที่บิตใดๆ ของพอร์ตนี้จะทำให้สัญญาณของบิตนั้นเป็น โลจิก 1 ตามไปด้วย ซึ่งในพอร์ตนี้สามารถอ่านค่าของข้อมูลที่เขียนออกไปแล้วกลับเข้ามาเพื่อตรวจสอบว่าสัญญาณที่เขียนออกไปนั้น ถูกทำให้เปลี่ยนแปลงโดยอุปกรณ์ภายนอกหรือไม่

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงสัญญาณของพอร์ตเอาท์พุทขนาด 8 บิต

บิตสัญญาณข้อมูลที่ อ่าน/เขียน	สัญญาณที่พอร์ตเมื่อถูกเขียนโลจิก " 1 "	สัญญาณที่พอร์ตเมื่ออ่านได้เป็นโลจิก " 1 "	ขาสัญญาณของ DB25
0	HIGH	HIGH	2
1	HIGH	HIGH	3
2	HIGH	HIGH	4
3	HIGH	HIGH	5
4	HIGH	HIGH	6
5	HIGH	HIGH	7
6	HIGH	HIGH	8
7	HIGH	HIGH	9

พอร์ตอินพุท/เอาท์พุท ของสัญญาณควบคุม (Control) ขนาด 4 บิต โดยมีหมายเลขพอร์ตในการติดต่อคือ 037AH(LPT2) ซึ่งสามารถเขียนและอ่านข้อมูลจากพอร์ตนี้ได้ ซึ่งสัญญาณของบิต 0,1 และ 3 จะถูกสภาวะกลับเป็นตรงข้ามจากค่าข้อมูลที่เขียน/อ่าน กล่าวคือ ถ้าเขียนข้อมูลที่เป็นโลจิก 1 ออกไปที่บิตเหล่านี้จะทำให้สัญญาณกลับเป็นโลจิก 0 หรือถ้าสัญญาณที่คอนเนคเตอร์มีค่าเป็นโลจิก 0 เมื่ออ่านค่าเข้ามาจะได้ค่าข้อมูลเป็นโลจิก 1 เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงสัญญาณของพอร์ตอินพุท/เอาท์พุทและสัญญาณควบคุมต่างๆ

บิตสัญญาณข้อมูลที่อ่าน/เขียน	สัญญาณที่พอร์ตเมื่อถูกเขียนโลจิก " 1 "	สัญญาณที่พอร์ตเมื่ออ่านได้เป็นโลจิก " 1 "	ขาสัญญาณของ DB25
0	LOW	LOW	1
1	LOW	LOW	14
2	HIGH	HIGH	16
3	LOW	LOW	17
4	ENABLE IRQ7	ENABLE IRQ 7 BIT	-
5-7	-	-	-

พอร์ตอินพุทเพื่อแสดงสถานะขนาด 5 บิต พอร์ตนี้มีหมายเลขพอร์ตในการติดต่อ คือ 0379H(LPT) หรือ 0279H(LPT2) ซึ่งสัญญาณข้อมูลจากพอร์ตนี้ ใช้สำหรับอ่านสถานะของพอร์ตอินพุท แบบ Realtime status จากภายนอกเพื่อส่งค่าไปประมวลผล

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงสัญญาณของพอร์ตอินพุทขนาด 5 บิต และสัญญาณควบคุมต่างๆ

บิตสัญญาณข้อมูลที่ อ่าน/เขียน	สัญญาณที่พอร์ตเมื่ออ่านได้เป็นโลจิก " 1 "	ขาสัญญาณของ DB25
0	-	-
1	-	-
2	-	-
3	HIGH	15
4	HIGH	13
5	HIGH	12
6	HIGH	10
7	LOW	11

ซึ่งสัญญาณที่มาใช้เชื่อมต่อเพื่อใช้ควบคุมและอ่านเขียนข้อมูลกับบอร์ด ET-AD12 นี้จะใช้สัญญาณจากพอร์ตเครื่องพิมพ์เพียงแต่ 4 สัญญาณคือ

1. สัญญาณจากพอร์ตข้อมูล ซึ่งมีตำแหน่งของการติดต่ออยู่ที่ 0378H(LPT1) หรือ 0278H(LPT2) โดยใช้สัญญาณจากพอร์ตนี้ 3 สัญญาณ คือ D0 , D1 และ D3

2. สัญญาณ D0 จะถูกใช้เป็นสัญญาณข้อมูลที่ถูกเขียนให้กับ ไอซี LTC1298 ทางข้อมูลขาเข้า (DI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สัญญาณ D1 จะถูกใช้เป็นสัญญาณนาฬิกา (CLK) เพื่อใช้กำหนดระหว่างการเขียน/อ่านข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ (PC) จากพอร์ตเครื่องพิมพ์ กับไอซี LTC1298 เพื่อให้สัมพันธ์สอดคล้องกัน

4. สัญญาณ D3 จะถูกใช้เป็นสัญญาณควบคุมเลือกการทำงานของไอซี LTC1298 (CS)

โดยที่ สัญญาณจากพอร์ตอินพุทสถานะ ซึ่งมีตำแหน่งการติดต่ออยู่ที่ 0379H(LPT1) หรือ 0279H(LPT2) ซึ่งใช้สัญญาณจากพอร์ตนี้เพียง 1 สัญญาณ คือ สัญญาณบิตที่ 7 (BUSY) ซึ่งสัญญาณนี้จะใช้เป็นอินพุทเพื่อทำการอ่านค่าของข้อมูลที่ส่งออกมาจากไอซี LTC1298 ทางข้อมูลขาออก (DO)

2.4 การทำงานของไอซี LTC 1298

ไอซี LTC 1298 เป็นไอซีที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ ANALOG เป็น DIGITAL ขนาด 12 บิต จำนวน 2 CHANNEL โดยเป็นไอซีจัดอยู่ในตัวถังแบบ DIP ขนาด 8 ขา มีรายละเอียดดังนี้

PIN 1 (CS# / SHDN) : เป็นขาสัญญาณ CHIP SELECT อินพุท ใช้ควบคุมการทำงานของไอซีทำงานที่โลจิก 0 เมื่อขานี้ได้รับโลจิก 0 จะเป็นการเลือกการทำงานให้กับไอซี (ENABLE) เมื่อขานี้เป็นโลจิก 1 จะทำให้ ไอซีหยุดการทำงานและอยู่ในโหมด SHUTDOWN

PIN 2 (CH0) : เป็นขาสัญญาณ ANALOG INPUT ของ CHANNEL 0

PIN 3 (CH1) : เป็นขาสัญญาณ ANALOG INPUT ของ CHANNEL 1

PIN 4 (GND) : เป็นขาสัญญาณอ้างอิง GROUND ของไอซี ซึ่งควรต่อโดยตรงกับ GROUND PLAN เพื่อลดสัญญาณรบกวน

PIN 5 (DIN) : เป็นขาสัญญาณรับอินพุทแบบอนุกรมของสัญญาณ DIGITAL เพื่อใช้กำหนด CHANNEL และ FORMAT ของข้อมูลที่ต้องการอ่านค่ากลับออกมาทางขาเข้าของสัญญาณ D OUT

PIN 6 (OUT) : เป็นขาสัญญาณเอ้าท์พุทแบบอนุกรม ซึ่งค่าของข้อมูลที่อ่านได้จากขานี้คือผลลัพธ์จากการเปลี่ยนสัญญาณ ANALOG เป็น DIGITAL ของไอซี LTC 1298

PIN 7 (CLK) : เป็นขาสัญญาณนาฬิกาอินพุท ใช้เป็นสัญญาณอ้างอิงสำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับไอซี LTC 1298 โดยจะทำการอ่านและเขียนข้อมูลกับไอซี LTC 1298 ในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกาเสมอ

PIN 8 (VCC/VREF) : เป็นขาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับไอซี LTC 1298 ซึ่งขานี้จะใช้เป็นขาสัญญาณอ้างอิงของไอซีในการเปลี่ยนค่าจากสัญญาณ ANALOG เป็น DIGITAL ด้วย ดังนั้นขานี้ควรทำการป้องกันและกำจัดสัญญาณรบกวนให้กับไอซีด้วย เพราะถ้าหากขานี้เกิดสัญญาณรบกวนมากหรือแรงดันไฟเลี้ยงไม่คงที่จะส่งผลทำให้ค่าของข้อมูลเอ้าท์พุทที่เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

จะเห็นได้ว่าการจัดวงจรเพื่อเชื่อมต่อกับไอซี LTC 1298 ต้องใช้สัญญาณทั้งหมด 4 เส้น ซึ่งเป็นสัญญาณเอ้าท์พุทจากอุปกรณ์ภายนอกส่งไปให้ไอซี LTC 1298 เพื่อควบคุมและสั่งงาน 3 สัญญาณ และเป็นสัญญาณเอ้าท์พุทส่งออกจากไอซี LTC 1298 เพื่อใช้สำหรับอ่านค่าจากไอซี LTC 1298 เพื่อใช้สำหรับอ่านค่าจากไอซี LTC 1298 อีก 1 สัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเขียนข้อมูลให้กับไอซี LTC 1298

ไอซี LTC 1298 ต้องการสัญญาณข้อมูลอินพุทจำนวน 4 บิต เพื่อกำหนดการทำงาน โดยก่อนที่จะเขียนข้อมูลให้กับไอซี LTC 1298 นี้ต้องกำหนดให้สัญญาณ CS ทำงาน คือเป็นโลจิก 0 ก่อน และจึงเขียนข้อมูลให้กับไอซี LTC 1298 ในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา โดยมีข้อมูลที่จะเขียนให้กับไอซี LTC 1298 มีดังนี้คือ

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงข้อมูลที่จะเขียนให้กับไอซี LTC 1298

START	SGL/DIFF	ODD/SIGN	MSBF

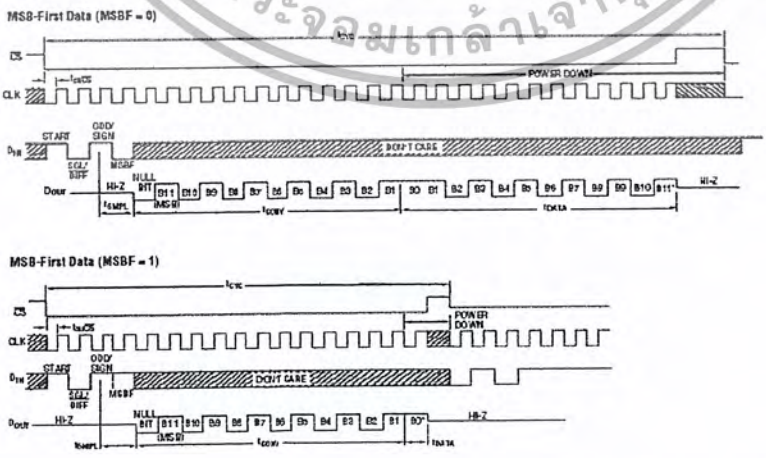
START BITS เป็นข้อมูลกำหนดการเริ่มต้นโดยต้องส่งเป็นบิตแรก จากสัญญาณ CS เป็นโลจิก 0 แล้วซึ่งค่าสัญญาณของ STRAT BITS นี้ต้องมีค่าเป็นโลจิก 1 เสมอ

SGL/DIFF และ ODD/SIGN เป็นข้อมูลใช้สำหรับกำหนดและเลือก CHANNEL ของสัญญาณที่ต้องการ CONVERT และกำหนดรูปแบบของสัญญาณ ANALOG อินพุทในตาราง

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงการกำหนดรูปแบบของสัญญาณ ANALOG อินพุท

SGL/DIFF	ODD/SIGN	CH0	CH1	GND
1	0	+		-
1	1		+	-
0	0	+	-	
0	1	-	+	

MSBF เป็นการกำหนดข้อมูลเอาท์พุทที่จะอ่านจากไอซี LTC 1298 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ ดังรูป

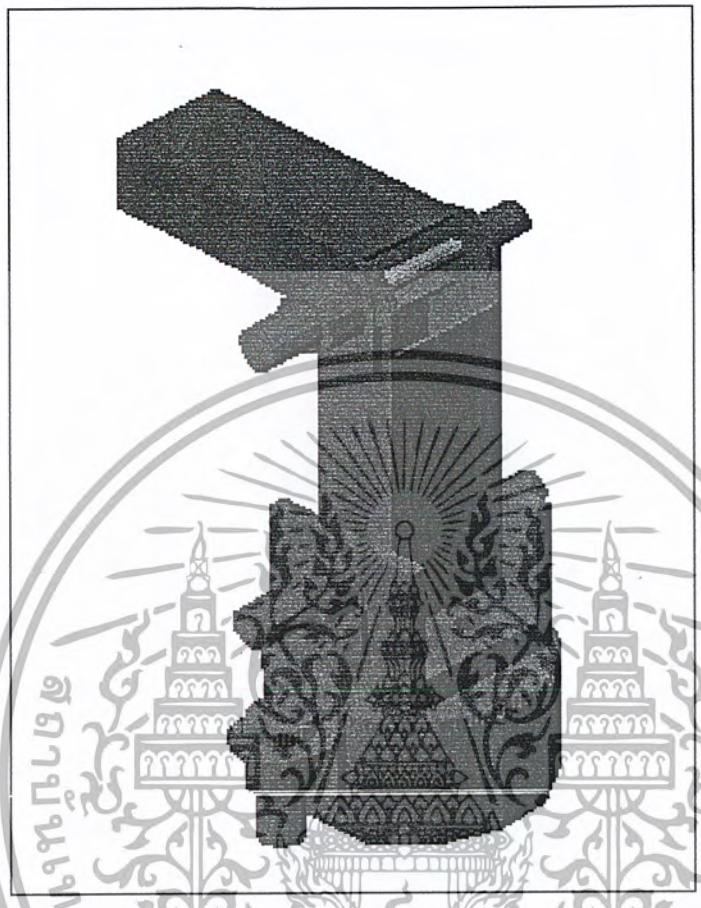


รูปที่ 2.9 ภาพแสดงลักษณะความสัมพันธ์ของการอ่านเขียนข้อมูลกับการกำหนดค่าของ MSBF บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55645

2.5 แสดงโครงสร้างและรายละเอียดในการออกแบบสร้างแบจำลองแขนกลอัตโนมัติ



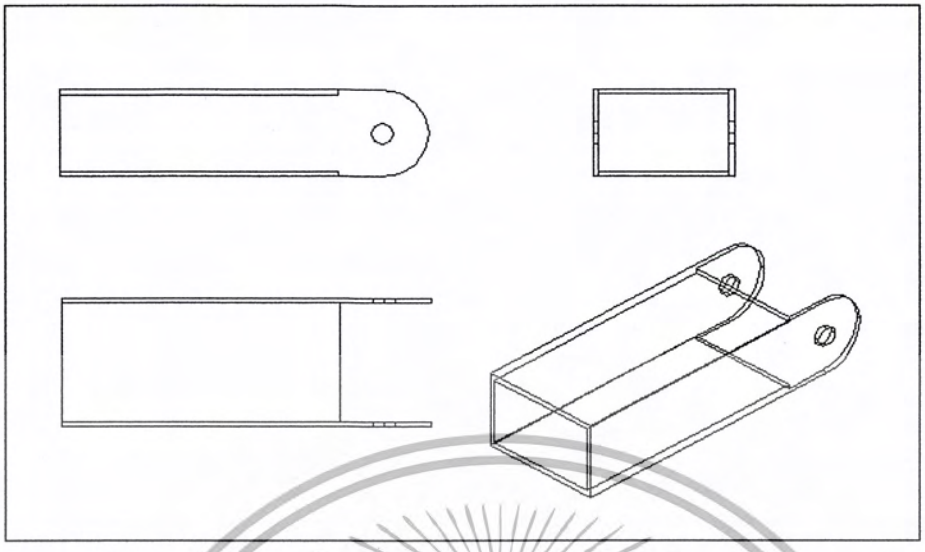
รูปที่ 2.10 แสดงรูปแบบของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ

รายละเอียดในการออกแบบสร้างแบจำลองแขนกลอัตโนมัติ

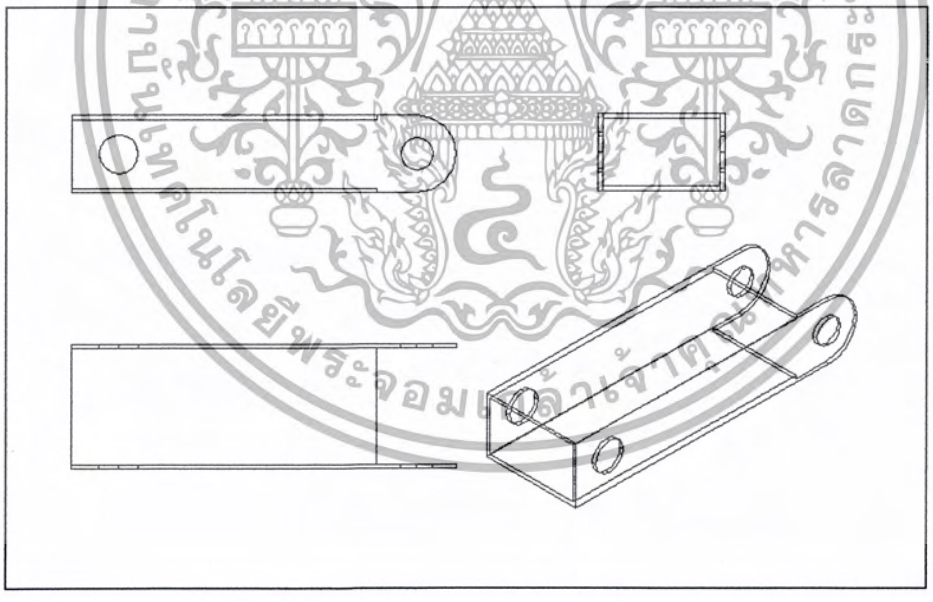
สามารถแสดงรายละเอียดในการออกแบบ ได้ดังนี้

- แขนท่อนบน
- แขนท่อนกลาง
- ฐานรองแขนท่อนบนและท่อนกลาง
- ฐานแขนกล
- เฟืองขับฐาน
- เฟืองขับฐานเล็ก
- มอเตอร์
- โพเทนทิโอมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

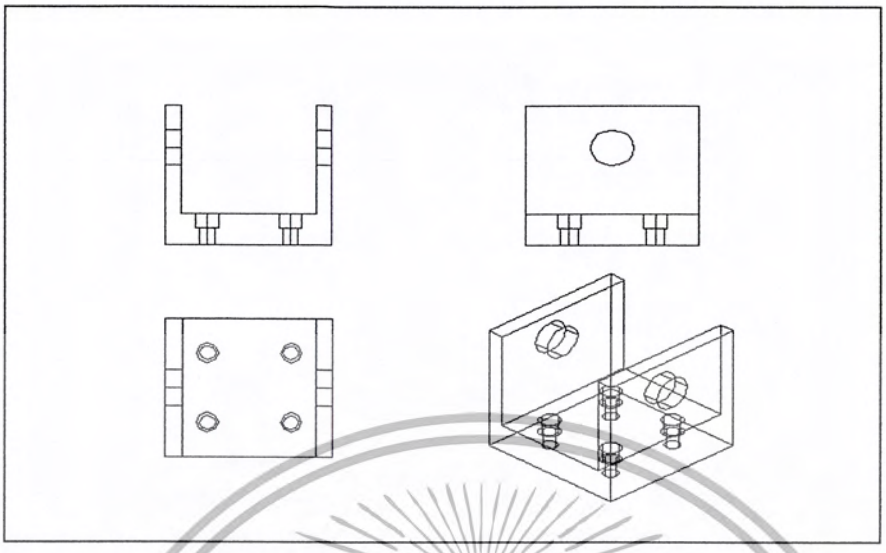


รูปที่ 2.11 แสดงการออกแบบแขนท่อนบน

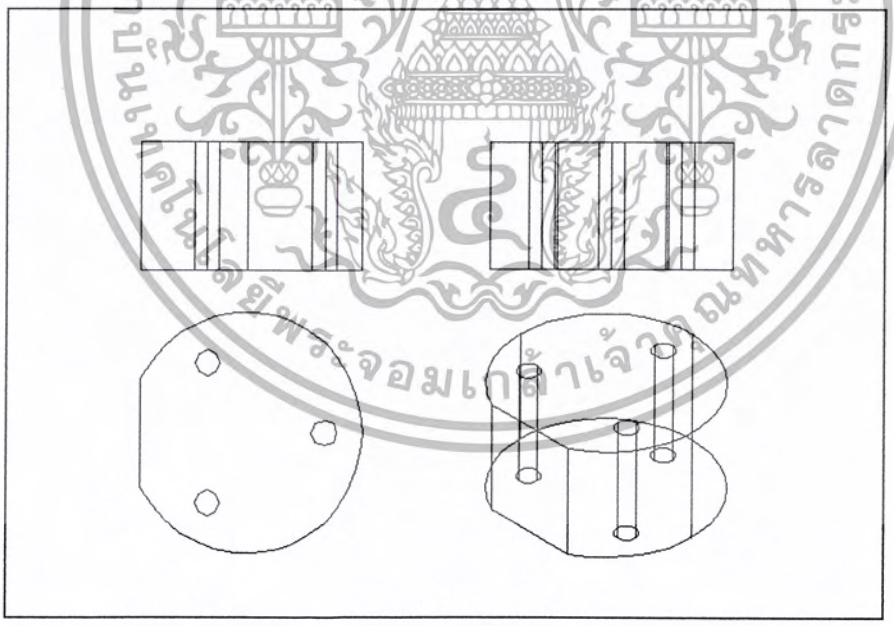


รูปที่ 2.12 แสดงการออกแบบแขนท่อนกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

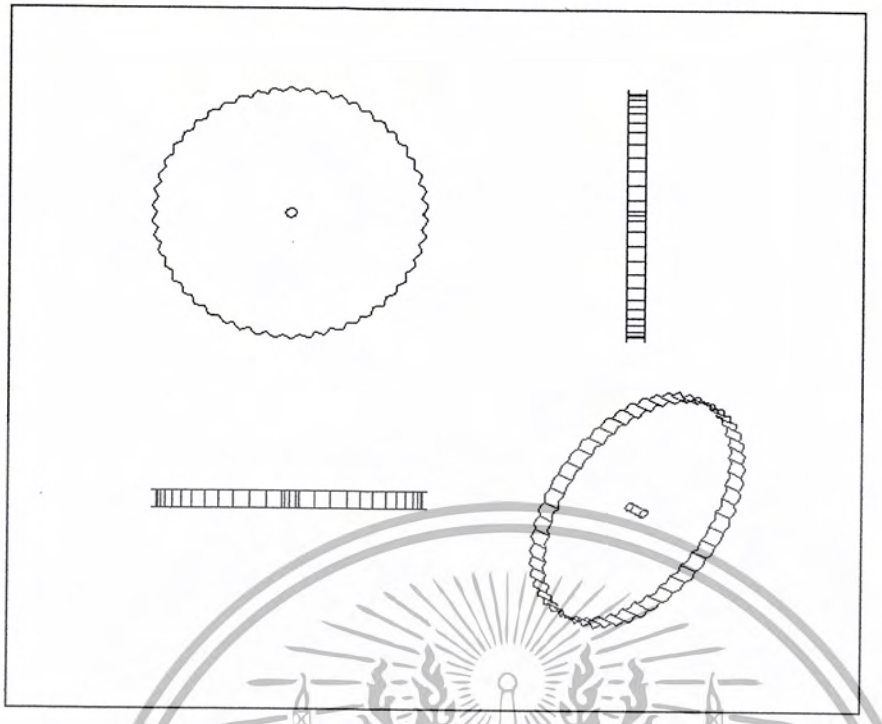


รูปที่ 2.13 แสดงการออกแบบของฐานรองแขนท่อนบนและท่อนกลาง

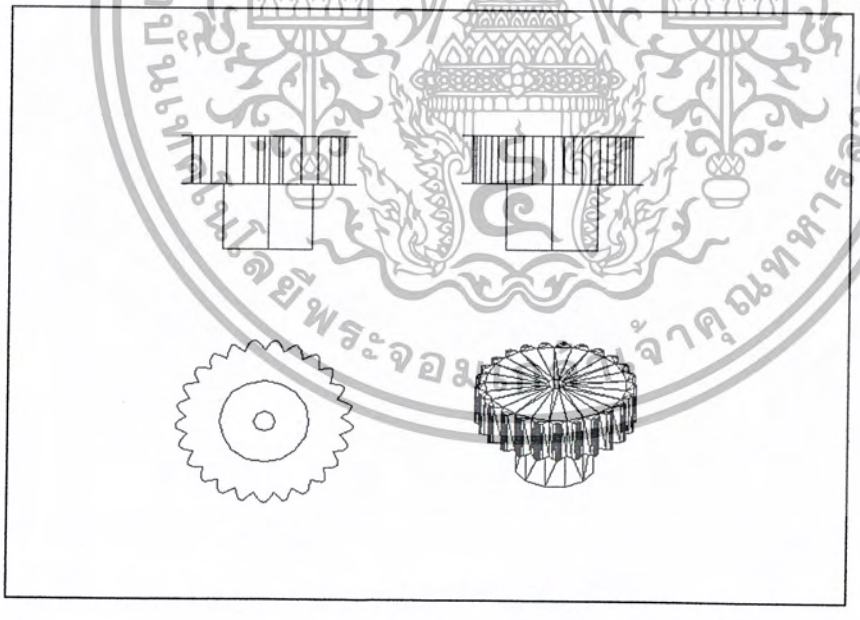


รูปที่ 2.14 แสดงการออกแบบของแบบจำลองฐานแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

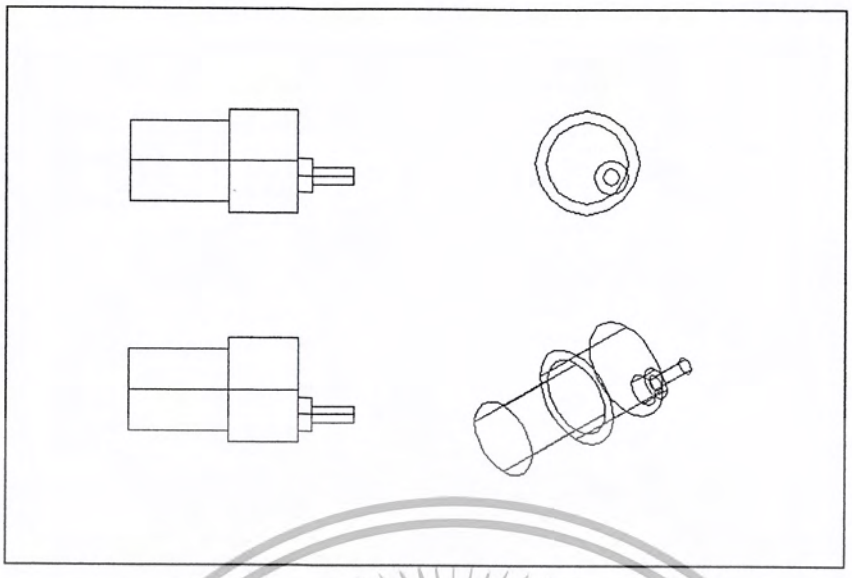


รูปที่ 2.15 แสดงรูปของเฟืองขับฐาน

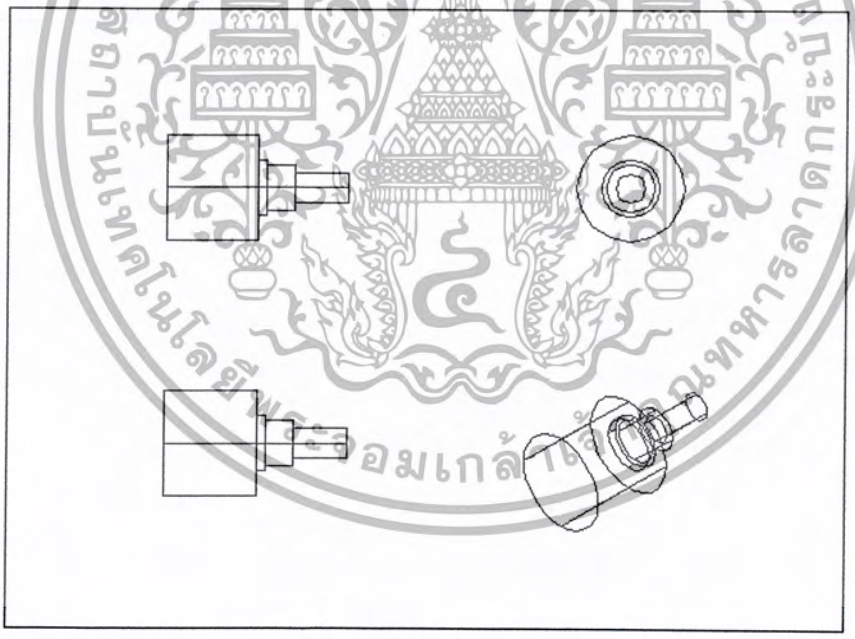


รูปที่ 2.16 แสดงรูปของเฟืองขับฐานเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงรูปของมอเตอร์



รูปที่ 2.18 แสดงรูปของโพเทนทิโอมิเตอร์

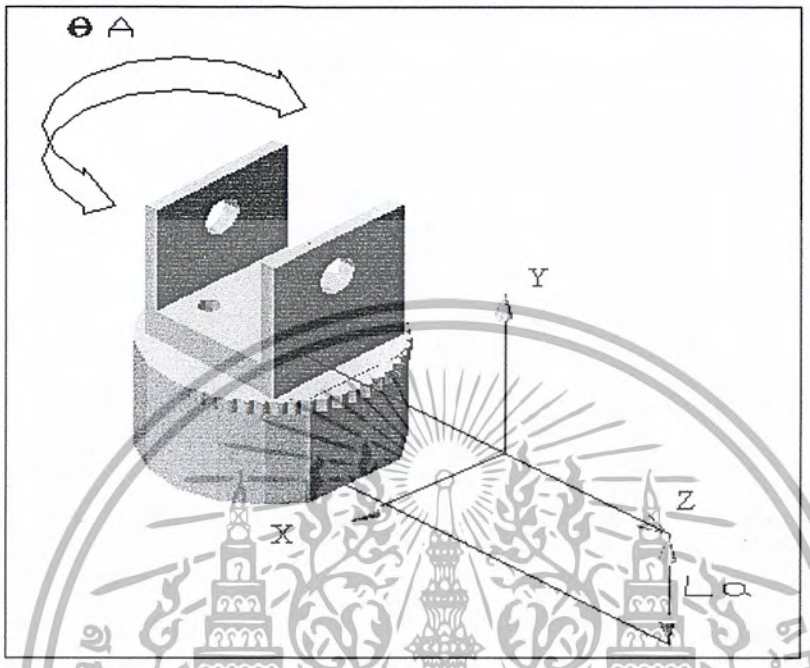
2.6 การคำนวณการเคลื่อนที่ของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติโดยวิธี Forward Kinematics

เมื่อพิจารณารูป แสดงโครงสร้างทางกลของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติจะสามรถแสดงให้เห็นถึงการคำนวณระยะการเคลื่อนที่ของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาแต่ละจุดเชื่อมต่อเพื่อสร้างเมตริกซ์แปลงค่า

1. เมตริกซ์แปลงค่า ของ **joint 0** และ **link 0**



รูปที่ 2.19 แสดงรายละเอียดของ **joint 0** และ **link 0**

กำหนด L_A = ระยะความห่างโดยวัดจากฐานไปยังตำแหน่งที่ตรงกันระหว่างจุดกึ่งกลางของ joint 0 และ link 0

θ_A = องศาการหมุนรอบแนวแกน Y_0

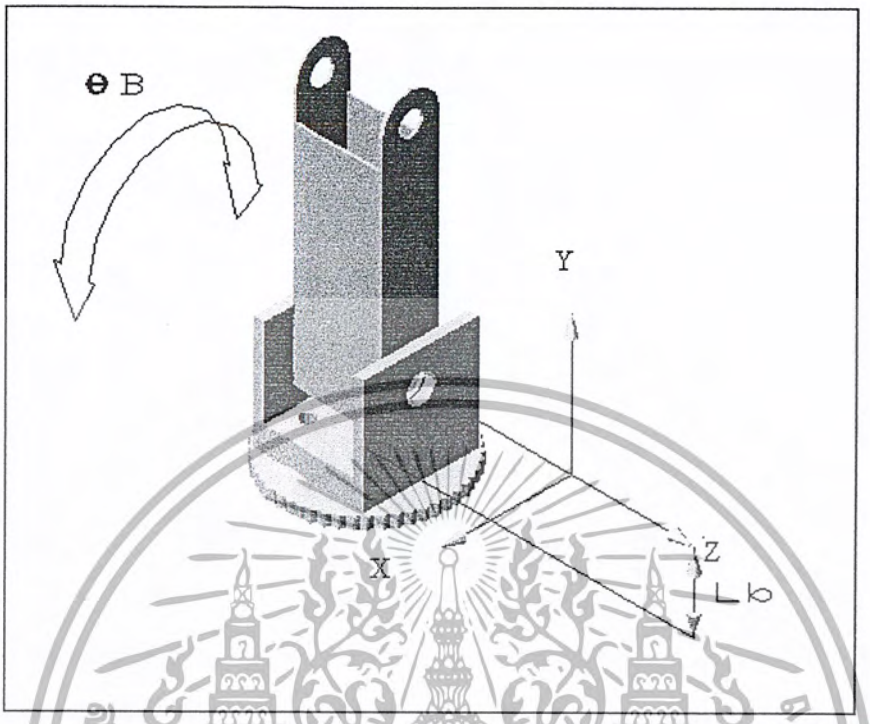
ได้เมตริกซ์แปลงค่า

$$
{}^{0}_{0}[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_A \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_A & 0 & \sin\theta_A & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin\theta_A & 0 & \cos\theta_A & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

$$
{}^{0}_{0}[T] = \begin{bmatrix} \cos\theta_A & 0 & \sin\theta_A & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_A \\ -\sin\theta_A & 0 & \cos\theta_A & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมตริกซ์แปลงค่าของ joint 1 และ link 0



รูปที่ 2.20 แสดงรายละเอียดของ joint 1 และ link 0

กำหนด $L_B = 0$ = ระยะความห่างโดยวัดจากฐานไปยังตำแหน่งที่ตรงกันระหว่างจุดกึ่งกลางของ joint 1 และ link 0

θ_B = องศาการหมุนรอบแนวแกน Z_0

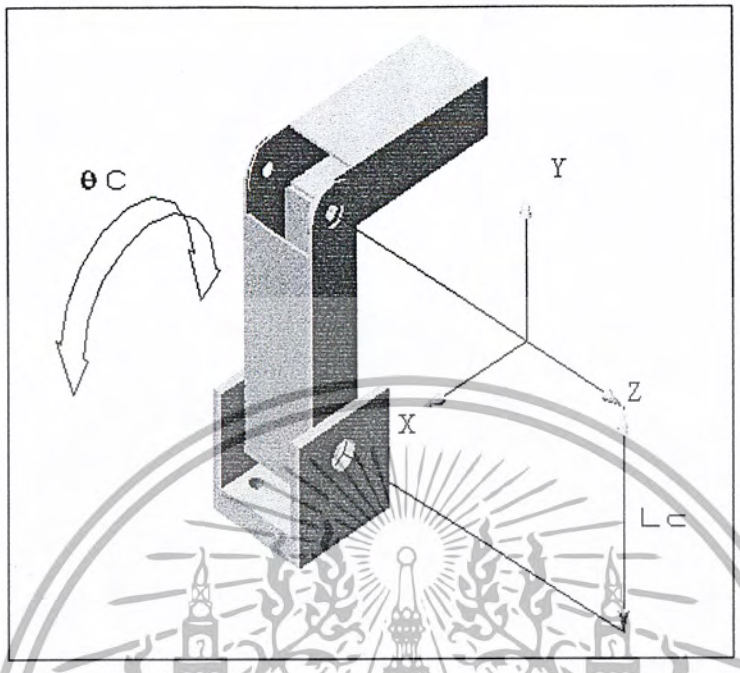
ได้เมตริกซ์แปลงค่า

$$ {}^{1}_{0}[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_B \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_B & -\sin\theta_B & 0 & 0 \\ \sin\theta_B & \cos\theta_B & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

$$ {}^{1}_{0}[T] = \begin{bmatrix} \cos\theta_B & -\sin\theta_B & 0 & 0 \\ \sin\theta_B & \cos\theta_B & 0 & L_B \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมตริกซ์แปลงค่าของ joint 2 และ link 1



รูปที่ 2.21 แสดงรายละเอียดของ joint 2 และ link 1

กำหนด L_C = ระยะความห่างโดยวัดจากฐานไปยังตำแหน่งที่ตรงกันระหว่างจุดกึ่งกลางของ joint 2 และ link 1

θ_C = องศาการหมุนรอบแนวแกน Z_1

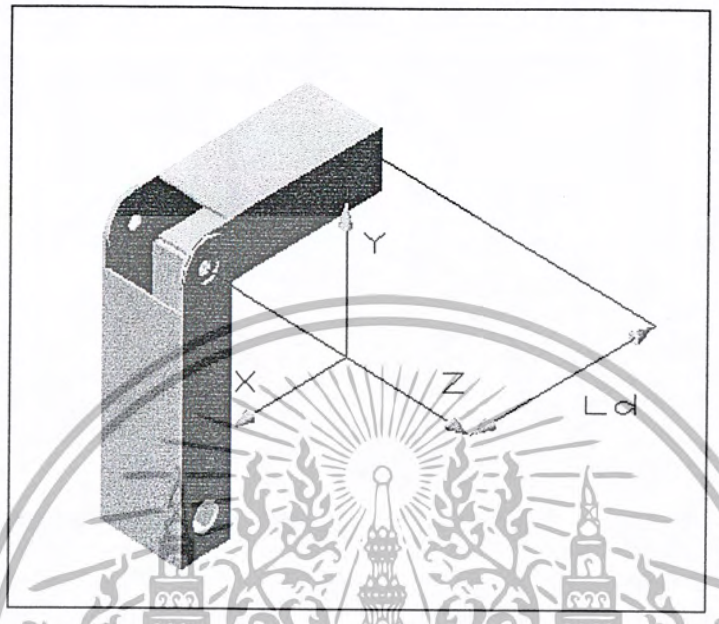
ได้เมตริกซ์แปลงค่า

$$ {}^{2}_{1}[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_C \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_C & -\sin\theta_C & 0 & 0 \\ \sin\theta_C & \cos\theta_C & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

$$ {}^{2}_{1}[T] = \begin{bmatrix} \cos\theta_C & -\sin\theta_C & 0 & 0 \\ \sin\theta_C & \cos\theta_C & 0 & L_C \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมตริกซ์แปลงค่าของ joint 2 และ link 2



รูปที่ 2.22 แสดงรายละเอียดของ joint 2 และ link 2

กำหนด L_D = ระยะความห่างโดยวัดจากฐานไปยังตำแหน่งที่ตรงกันระหว่างจุดกึ่งกลางของ joint 2 และ link 2 ได้เมตริกซ์แปลงค่า

$$
{}^{2}_{2}[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L_D \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}
$$

$$
{}^{2}_{2}[T] = \begin{bmatrix} L_D \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}
$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาจุดพิกัดที่ปลายแขนของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ จะได้ดังนี้

$$[T]_{\text{รวม}} = {}^{0}_{0}[T] \quad {}^{1}_{0}[T] \quad {}^{2}_{1}[T] \quad {}^{2}_{2}[T]$$

จะได้สมการใน รูปแบบของเมตริกซ์แปลงค่า คือ

$$[T]_{\text{รวม}} = \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \\ 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การวางแผนและการออกแบบ

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน ประกอบด้วย 10 ขั้นตอน ได้แก่

1. วางแผนการทำงาน
2. ศึกษาหาข้อมูลของระบบอัตโนมัติ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. ทำการคำนวณและออกแบบ
4. ปรับปรุงแก้ไขในจุดที่บกพร่อง
5. ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับวงจรควบคุม
6. ศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรม Visual Basic
7. วางแผนการสร้างฮาร์ดแวร์
8. วางแผนสร้างวงจรควบคุม
9. ทำการทดสอบการทำงาน
10. สรุปและจัดทำปริญญานิพนธ์

3.2 แผนการทำงานและสร้างแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ

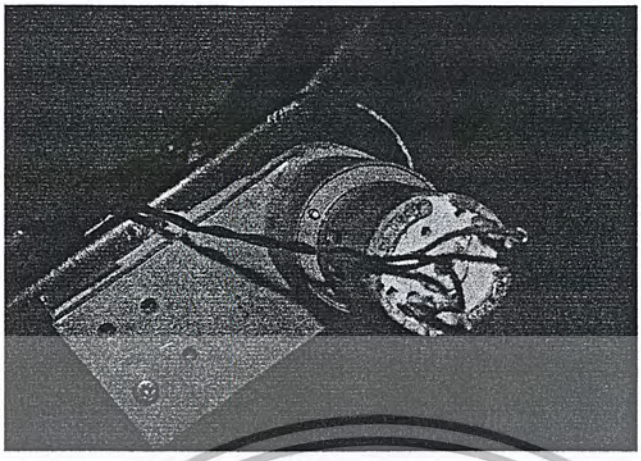
ในส่วนของการสร้างแบบจำลองแขนกลอัตโนมัตินี้ ได้ทำการวางแผนการทำงานออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของฮาร์ดแวร์ ส่วนของวงจรควบคุม และ ส่วนของโปรแกรมที่ใช้ติดต่อและควบคุมการทำงาน เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ รายละเอียดในการออกแบบแต่ละส่วน มีดังนี้

3.2.1 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์

ขั้นตอนการออกแบบฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย

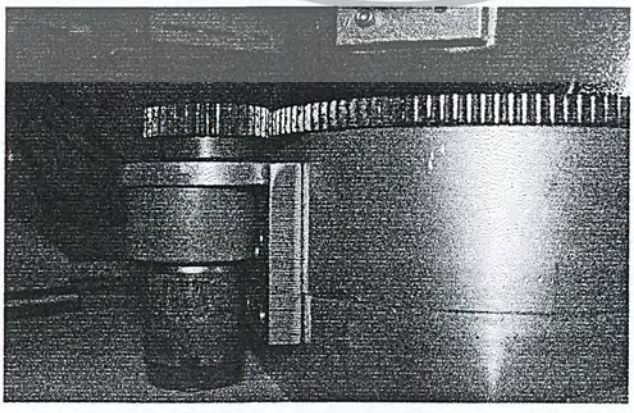
1. ศึกษาหาข้อมูลและเลือกรูปแบบของแขนกล
2. ศึกษารายละเอียดของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติที่ได้เลือกเอาไว้
3. ทำการออกแบบโครงสร้าง และ ลักษณะของแขนกลรวมถึงความสามารถในการทำงานของแขนกล (แขนกลสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้)
4. ดำเนินการเขียนแบบชิ้นส่วนทั้งหมดของแขนกล ที่ต้องการสร้างขึ้น
5. ทำการสรุปและตรวจทานอีกครั้งเพื่อหาจุดบกพร่องและทำการปรับปรุงแก้ไขให้เรียบร้อย
6. ดำเนินการจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ
7. สร้างตัวฐานของแขนกลและสร้างแขนกลท่อนกลาง
8. สร้างแขนกลท่อนบนและรายละเอียดของแขนกล
9. ทดสอบการทำงานในส่วนของฮาร์ดแวร์ให้สามารถทำงานได้ตามเป้าหมาย
10. ดำเนินการแก้ไขในส่วนที่บกพร่องและจะนำวงจรควบคุมมาติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ภาพแสดงแขนท่อนบน

รูปที่ 3.2 ภาพแสดงแขนท่อนกลาง



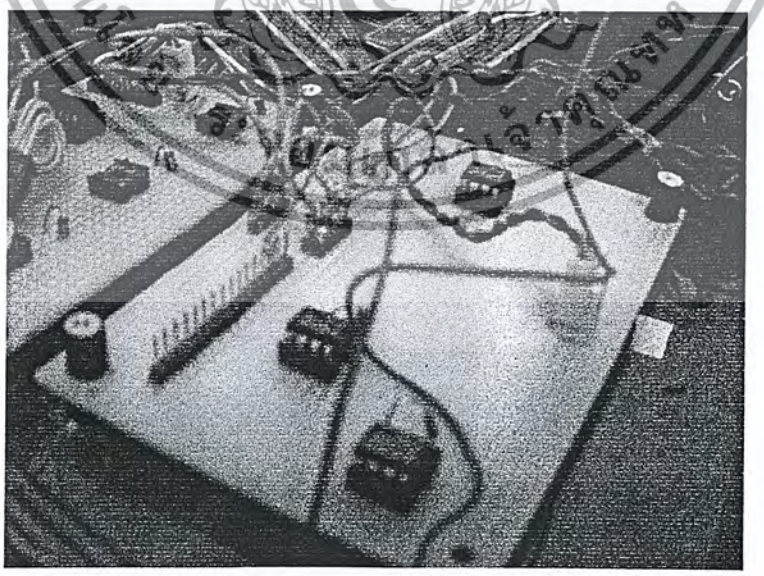
รูปที่ 3.3 ภาพแสดงฐานล่างของหุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การออกแบบด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ส่วนของการออกแบบวงจรสำหรับรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง ฮาร์ดแวร์ และ ซอฟท์แวร์ ได้มีการนำตัว A/D (Analog to Digital) มาใช้โดยวงจรที่นำมาใช้งานจะเลือกตามลักษณะการทำงานที่ต้องการหรือนำวงจรที่มีอยู่แล้วมาประยุกต์ใช้ และวงจรที่จะนำมาประยุกต์ใช้เข้ากับ โพเทนทิโอมิเตอร์ ทั้ง 3 ตัว ที่จะใช้รับค่าไปแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยจะผ่านการทำงานของไอซี LTC1298 จะทำการแปลงค่าจากอนาลอคเป็นดิจิตอล เพื่อที่คอมพิวเตอร์จะสามารถรับค่าได้และจะแสดงผลโดยผ่านพอร์ตขนาน (Printer Port) และส่วนของการประมวลผลนั้นจะทำการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Visual Basic และแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ต่อไป

รูปที่ 3.4 ภาพแสดงโพเทนทิโอมิเตอร์ที่ใช้ในวงจร

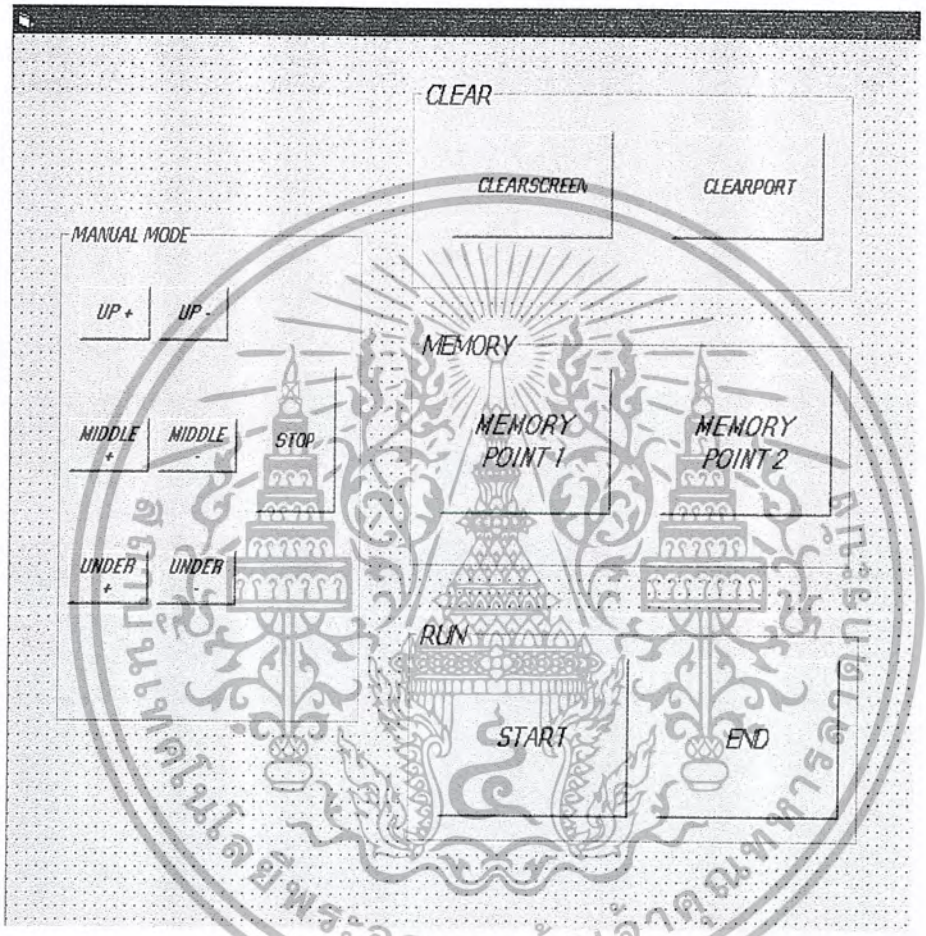


รูปที่ 3.5 ภาพแสดงวงจรที่ใช้ในการควบคุมเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การออกแบบด้านซอฟท์แวร์

ทำการศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติให้สามารถรับ-ส่งข้อมูล และศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ โดยแบ่งการทำงานออกเป็นการศึกษา การออกแบบ การสร้างรูปแบบของโปรแกรม การตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม และการทดลองโปรแกรมกับแขนกล



รูปที่ 3.6 โปรแกรมการทำงานของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

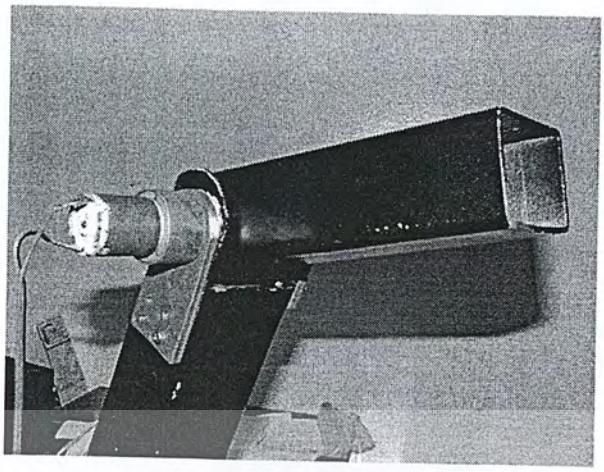
การศึกษาการสร้างแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติแบ่งได้ 3 ด้าน คือ ด้านฮาร์ดแวร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการศึกษาหลักการทำงานของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ โดยพิจารณาถึงความสามารถในการใช้งานของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ รวมถึงวัสดุที่ใช้ในการสร้าง และการออกแบบสร้างแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ ส่วนต่อมาในด้านของวงจรควบคุมการทำงาน การออกแบบวงจรสำหรับรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง ฮาร์ดแวร์ และ ซอฟท์แวร์ ได้มีการนำตัว A/D (ANALOG to DIGITAL) มาใช้โดยวงจรที่นำมาใช้งานจะเลือกตามลักษณะการทำงานที่ต้องการหรือนำวงจรที่มีอยู่แล้วมาประยุกต์ใช้ และวงจรที่จะนำมาประยุกต์ใช้เข้ากับโพเทนทิโอมิเตอร์ ทั้ง 3 ตัว ที่จะใช้รับค่าไปแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยจะผ่านการทำงานของไอซี LTC1298 จะทำการแปลงค่าจากอนาลอคเป็นดิจิตอล เพื่อที่คอมพิวเตอร์จะสามารถรับค่าได้และจะแสดงผลโดยผ่านพอร์ตขนาน (Printer Port) ส่วนสุดท้าย คือ ส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงาน ทำการศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติให้สามารถรับ-ส่งข้อมูลระหว่างการเคลื่อนที่ของแขนกลกับคอมพิวเตอร์

4.1 ผลการออกแบบและสร้างฮาร์ดแวร์

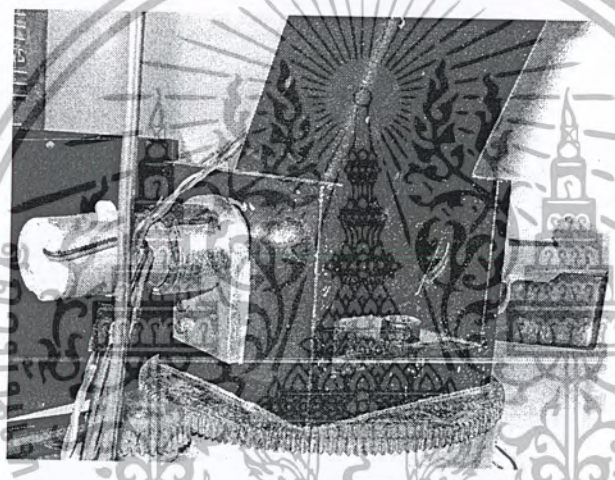
การออกแบบโครงสร้างของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติสามารถแสดงได้ ดังนี้

รูปที่ 4.1 ภาพแสดงแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ภาพแสดงแขนกลท่อนบน



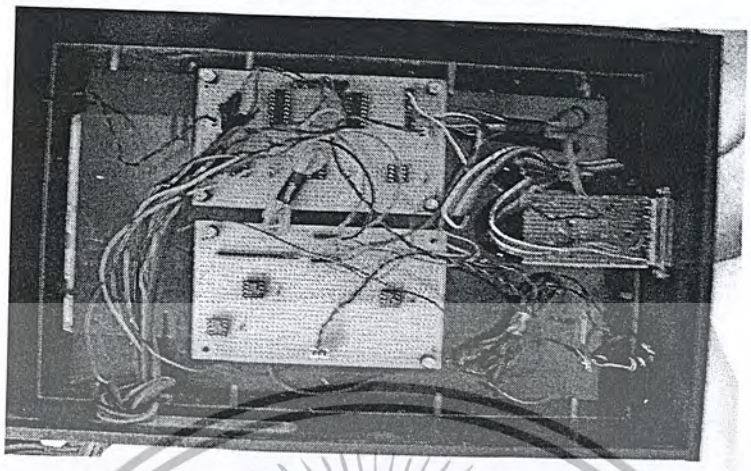
รูปที่ 4.3 ภาพแสดงแขนกลท่อนกลาง

รูปที่ 4.4 ภาพแสดงแขนกลท่อนล่าง

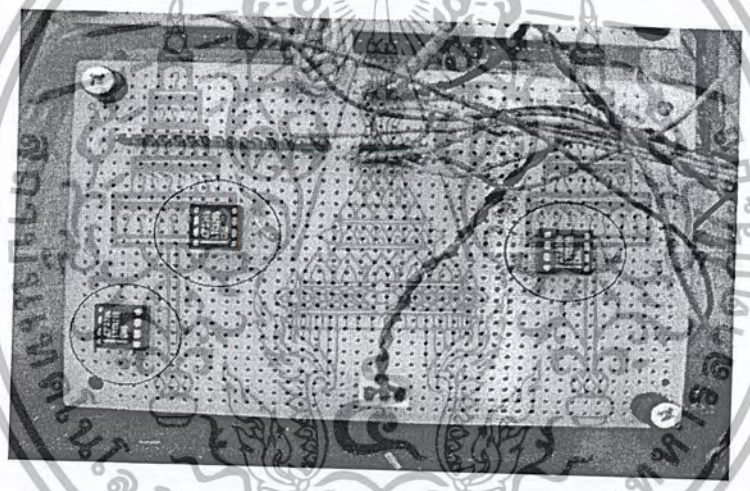
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการออกแบบและสร้างวงจรควบคุมการทำงานการทำงาน

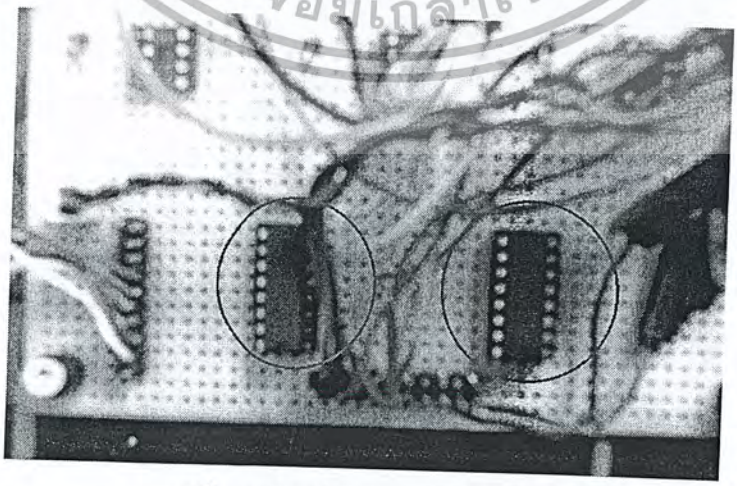
ผลการออกแบบและสร้างวงจรควบคุมการทำงานสามารถแสดงได้ ดังนี้



รูปที่ 4.5 วงจรที่ใช้ควบคุมแบบจำลองแขนกล



รูปที่ 4.6 อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ LTC1298



รูปที่ 4.7 อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ L293D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการออกแบบและสร้างโปรแกรมการทำงาน

ผลการทดลองในส่วนของโปรแกรมการทำงาน สามารถแสดงรายละเอียดได้ ดังนี้

โปรแกรมสามารถทำงานได้โดยการรับค่าเป็นตัวเลขจากไอซีแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล 12 Bit แล้วนำไปแปลงเป็นตัวเลขระหว่าง 0 ถึง 5 และจะทำการแปลงค่าเป็นมุมโดยจะมีหน่วยเป็นเรเดียน โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\Psi = ([I - L) / r] \times 90) \times (\pi / 180)$$

Ψ = ค่ามุม (เรเดียน)

I = ค่าที่รับจากA/D

L = ค่าต่ำสุดที่รับจากA/D

r = ช่วงตัวเลขสูงสุดถึงต่ำสุดที่รับจาก A/D (0-5)

เมื่อเริ่มต้นโปรแกรม โปรแกรมจะวัดค่าจากโพเทนทิโอมิเตอร์ตลอดเวลาแล้วจะสั่งงานออกทางพอร์ตขนานให้ขับมอเตอร์หมุนแขนไปยังตำแหน่งที่ต้องการและเมื่อถึงจุดที่ต้องการตัวเลขที่วัดได้จาก A/D จะเข้าใกล้ตัวเลขที่เก็บไว้ในตัวแปรช่วง $\pm$ 0.003 แล้วโปรแกรมจะสั่งการให้หยุดมอเตอร์ที่ตำแหน่งที่ 1 ที่ตำแหน่งที่ 1นั้นจะเปลี่ยนไปขับมอเตอร์ตัวต่อไป ให้การทำงานเช่นเดียวกันเมื่อถึงตำแหน่งที่ต้องการก็จะเปลี่ยนจุดไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง และเมื่อโปรแกรมสั่งงานให้แขนกลมอเตอร์หมุนไปยังตำแหน่งที่ 2 เมื่อไปถึงตำแหน่งที่ 2 โปรแกรมก็จะสั่งงานให้มอเตอร์หมุนกลับไปยังตำแหน่งที่ 1 อีกครั้ง และทำงานไป – กลับ จนกว่าจะสั่งให้โปรแกรมหยุดการทำงาน

ในการแสดงผลเป็นพิกัดจะนำค่ามุมที่คำนวณได้มาคำนวณโดยใช้วิธี Forward Kinematics ดังสมการด้านล่าง

$$X = -(Lc \times \cos A \times \cos B \times \cos C) - (Lc \times \cos A \times \sin B \times \cos C) - (Lb \times \cos A \times \sin B)$$

$$Y = -(Lc \times \sin A \times \sin B) + (Lc \times \cos B \times \cos C) + (Lb \times \cos B) + La$$

$$Z = (Lc \times \sin A \times \cos B \times \sin C) + (Lc \times \sin A \times \sin B \times \cos C) + (Lb \times \sin A \times \sin B)$$

X = พิกัดตามแนวแกนX

Y = พิกัดตามแนวแกนY

Z = พิกัดตามแนวแกนZ

La = ความยาวของแขนท่อนบน

Lb = ความยาวของแขนท่อนกลาง

Lc = ความสูงของฐานถึงจุดศูนย์กลางมอเตอร์ขับแขนท่อนกลาง

A = มุมที่ฐานหมุนไปเทียบกับแกนX

B = มุมที่แขนท่อนกลางหมุนไปเทียบกับแกนY

C = มุมที่แขนท่อนกลางหมุนไปเทียบกับแขนท่อนกลาง

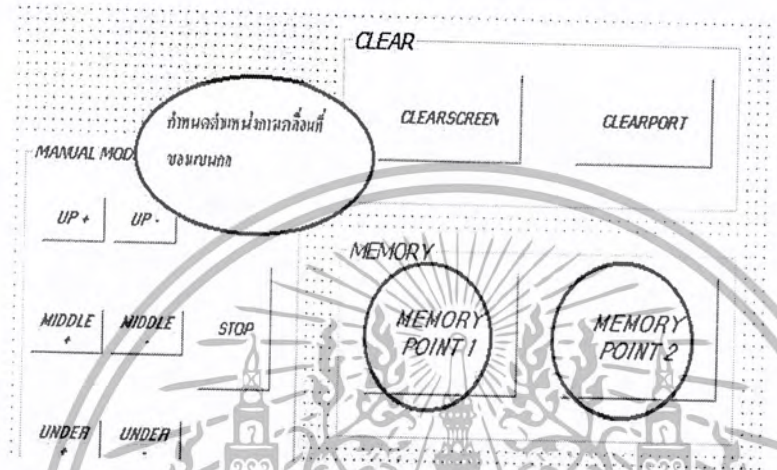
โดยที่จุดเริ่มต้นของแขนกลขณะที่ไม่มีการเคลื่อนที่คือแขนทุกท่อนตั้งตรงไปในทิศทางแกนY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

1. ใช้รูปแบบบังคับด้วยตนเองโดยตรงก่อนที่จะบังคับ ***CLEAR PORT*** ทุกครั้ง
2. เก็บค่าเข้าในหน่วยความจำ

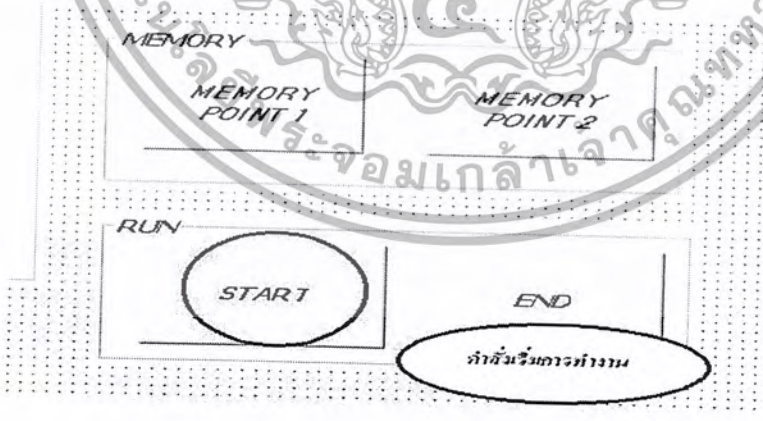
   เมื่อได้เลือกรูปแบบการทำงานให้กับแขนกลแล้ว ให้ใส่ค่าของตำแหน่งเป้าหมายที่ 1 แล้วเก็บค่าเอาไว้โดยเลือกที่ ***(MEMORY POINT 1)*** ถัดมา ให้ใส่ค่าของตำแหน่งเป้าหมายที่ 2 แล้วเก็บค่าอาไว้โดยเลือกที่ ***(MEMORY POINT 2)***



รูปที่ 4.8 โปรแกรมการทำงานเก็บค่าเข้าในหน่วยความจำ

3. เริ่มการทำงานของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ

   หลังจากเราได้ทำการใส่ค่าเป้าหมายแล้วกดปุ่ม ***START*** แขนกลจะเริ่มการทำงานโดยเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ 1 ไปยังตำแหน่งที่ 2 โดยจะทำงานไป-กลับ



รูปที่ 4.9 โปรแกรมเริ่มการทำงานของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ

4. เมื่อต้องการหยุดการทำงานสามารถทำได้โดยกดปุ่ม ***END*** แขนจะหยุดการทำงาน
5. ปุ่ม ***CLEAR SCREEN*** สามารถลบค่าที่แสดงออกมาที่จอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิเคราะห์การดำเนินงาน

ในสายงานอุตสาหกรรมที่ทันสมัยจำเป็นต้องมีการใช้งานแขนกลอัตโนมัติเข้ามาใช้ในสายการผลิตเพื่อความรวดเร็ว และ มีมาตรฐานที่ดีขึ้น แบบจำลองแขกลอัตโนมัติ (Robot Model) จะช่วยให้ใช้ทราบถึงหลัก

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ จะเห็นได้ว่า ในการเคลื่อนที่ของแขนกลอัตโนมัติ (Robot Model) นั้นจะมีความไม่แม่นยำในการเคลื่อนที่ โดยจะมีความคลาดเคลื่อนประมาณ 5 มิลลิเมตร ซึ่งในงานอุตสาหกรรมนั้นถือว่าเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่มากพอสมควร แต่ว่าค่าความคลาดเคลื่อนนั้นเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้ เนื่องจากในการแสดงผลระยะในการเคลื่อนที่จะใช้ Forward Kinematics ในการคำนวณ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนอย่างแน่นอน และการนำโพเทนทิโอมิเตอร์ และ A/D ดัดแปลงสัญญาณ (LTC 1298) ในการตรวจสอบระยะทางที่แขนกลอัตโนมัติเคลื่อนที่ไป จะส่งค่ากลับได้ไม่แม่นยำเท่าที่ควร แต่ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ก็สามารถเป็นแนวทางในการศึกษาเกี่ยวกับหลักการและการสร้างแขนกลอัตโนมัติที่มีความแม่นยำในการเคลื่อนที่สูงสามารถใช้ในงานอุตสาหกรรมได้จริง ซึ่งผู้ใดที่สนใจก็สามารถนำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ไปใช้ประกอบการศึกษา สร้าง และพัฒนาให้แขนกลอัตโนมัติทำงานได้ดียิ่งๆขึ้นไป

5.2 ข้อดีของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ (Robot Model)

จากการศึกษาพบว่าข้อดีของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ (Robot Model) คือ

1. แบบจำลองแขนกลอัตโนมัตินี้มีขนาดเล็กสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก
2. ส่วนของโปรแกรมของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติได้ออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย
3. แบบจำลองแขนกลอัตโนมัติใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีราคาถูกและสามารถใช้กับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดสูงได้

5.3 ข้อจำกัดของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติ (Robot Model)

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่าแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติยังมีข้อจำกัดในการใช้งาน คือ

1. เนื่องจากการแปลงสัญญาณ อนาลอก เป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้A/D(LTC 1298)นั้น มีความแปรปรวนของข้อมูลที่ถูกส่งออกมาทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่คงที่ จึงส่งผลให้การเคลื่อนที่ของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติไม่แม่นยำเท่าที่ควร
2. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการคำนวณพิกัดโดยใช้ Forward Kinematics นั้นต้องมีการคูณกันของ ตรีโกณมิติ ทำให้เกิดการปัดเศษของค่าต่างๆ เช่นค่า sin cos หรือเกิดจากความคลาดเคลื่อนที่อยู่ในโพเทนทิโอมิเตอร์ทำให้การเคลื่อนที่ไม่แม่นยำ
3. พื้นที่การทำงานของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติมีน้อย ทำให้การเคลื่อนที่ถูกจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสรุปข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาโครงงานได้ดังนี้

1. พัฒนาให้การเคลื่อนที่ของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติมีความแม่นยำมากขึ้น เช่น เปลี่ยนระบบควบคุมเป็น PD หรือ PID
2. แก้อาการสั่นของแขนกลที่เกิดขึ้นจากโปรแกรมโดยเพิ่มการหน่วงเวลาในการเคลื่อนที่ของแขนกลต่อหนึ่งรอบการทำงานเพื่อให้เคลื่อนที่ได้ระยะที่มากขึ้น ส่วนอาการสั่นที่เกิดจากระบบควบคุม ควรเปลี่ยนระบบควบคุมเป็นแบบ PD หรือ PID
3. ทำให้โปรแกรมสามารถบันทึกค่าพิกัดจากการแสดงผลไว้เป็นเอกสารอ้างอิงหรือเก็บเป็นข้อมูลได้ โดยออกแบบโปรแกรมให้สามารถพิมพ์ผลข้อมูลการทำงาน และ จัดเก็บในรูปแบบฐานข้อมูลได้
4. ปรับปรุงโครงสร้างทางกายภาพของแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติให้มีความแข็งแรงมากขึ้น รวมทั้งอาจจะใช้วัสดุอื่น เช่น อะคิลิค ซึ่งจะทำประหยัดค่าใช้จ่าย หาซื้อได้ง่าย กรรมวิธีการสร้างและขึ้นรูปง่าย
5. สร้างโปรแกรมในการควบคุมแบบจำลองแขนกลอัตโนมัติให้ทำงานได้หลากหลายตามความต้องการของผู้ใช้ รวมทั้งออกแบบโปรแกรมในการสามารถสื่อสารกับผู้ใช้ มีระบบช่วยเหลือ (Help) เพื่อให้สะดวกแก่การศึกษา และ ทำงานด้วยตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ตารางโลหะ รศ.บรรเลง ศรนิล , ผศ.ประเสริฐ ก๊วยสมบูรณ์
2. วัสดุในงานวิศวกรรม ดร.ชาญวุฒิ ตั้งจิตวิทยา , ฐิติเกรียติพงศ์
3. การออกแบบเครื่องจักรกล Machine Design ชาญ ถนัดงาน , ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์
4. คู่มือการใช้โปรแกรม Auto CAD 2000 3D Modeling ภาณุพงษ์ ปัตติสิงห์ วศ.บ. , ศบ. , MSc , MET (Sweden)
5. การออกแบบแม่พิมพ์ ชาญชัย ทรัพยากร , ประสิทธิ์ สวัสดิสรร , วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์
6. Element of Industrial Robotics Barry Leatham – Jones
7. Mechanical Engineering Design Joseph E- Shigley Charles R- Mischke

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{\rtf1\fbidis\ansi\ansicpg874\deff0\deflang1054{\fonttbl{\f0\fswiss\fcha
rset222
Cordia New;}}
{\*\generator Msftedit 5.41.15.1503;}\viewkind4\uc1\pard\ltrpar\f0\fs28
Dim
portwrite As Long\par
Dim x As Integer\par
Dim y As Integer\par
Dim u As Integer\par
Dim i As Variant\par
Dim j As Variant\par
Dim k As Variant\par
Dim l As Variant\par
Dim m As Variant\par
Dim n As Variant\par
Dim o As Variant\par
Dim p As Integer\par
Dim ab As Integer\par
Dim ac As Integer\par
Dim ad As Integer\par
\par
Private Sub Command1_Click()\par
portwrite = &H378\par
PORTREAD = &H379\par
\par
'POTEN1\par
  PortOut portwrite, &HB  'CS=1,CLK=1,DI=1 Initial Start Operation\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3  'CS "0" = Start Operation\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = Start Clock\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = SGL\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = ODD\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = MSBF\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
\par
  ch3buff = 0\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1        'CLK "0" = Start Clock\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Ignore 12Bit First\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      For y = 1 To 1500\par
   Next y\par
      PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
      For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
      PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Read Data D0..D11 (12Bit)\par
      ADCBUFF = (PortIn(PORTREAD) And &H80) / (2 ^ 7)\par
      ch3buff = ch3buff Or (ADCBUFF * (2 ^ (READCOUNT - 1)))\par
      For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
      PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
      For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
      PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &HB   'CS "1" Stop Operation\par
  ch3buff = (ch3buff * (-5 / 4096)) + 5\par
  'ch1buff = (ch1buff * (-5 / 4096)) + 5\par
  Form1.Print ("ADC CH3 ="), ch3buff , ("ADC CH1 = "), CH1BUFF\par
  \par
'POTEN2\par
  PortOut portwrite, &HB  'CS=1,CLK=1,DI=1 Initial Start Operation\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3  'CS "0" = Start Operation\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = Start Clock\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = SGL\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = ODD\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = MSBF\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
\par
  ch4buff = 0\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1        'CLK "0" = Start Clock\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Ignore 12Bit First\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
      PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
      For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
      PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Read Data D0..D11 (12Bit)\par
      ADCBUFF = (PortIn(PORTREAD) And &H20) / (2 ^ 7)\par
      ch4buff = ch4buff Or (ADCBUFF * (2 ^ (READCOUNT - 1)))\par
      For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
      PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
      For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
      PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &HB   'CS "1" Stop Operation\par
  ch4buff = (ch4buff * (-5 / 4096)) + 5\par
  Form1.Print ("ADC CH4 ="), ch4buff\par
  \par
'POTEN3\par
  PortOut portwrite, &HB  'CS=1,CLK=1,DI=1 Initial Start Operation\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3   'CS "0" = Start Operation\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1   'DI "1" = Start Clock\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1   'DI "1" = SGL\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0   'DI "0" = ODD\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0   'DI "0" = MSBF\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
  ch5buff = 0\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1         'CLK "0" = Start Clock\par
  For READCOUNT = 1 To 12    'Ignore 12Bit First\par
      For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
      For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
      PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Read Data D0..D11 (12Bit)\par
      ADCBUFF = (PortIn(PORTREAD) And &H40) / (2 ^ 7)\par
      ch5buff = ch5buff Or (ADCBUFF * (2 ^ (READCOUNT - 1)))\par
      For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
      PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
      For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
      PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &HB   'CS "1" Stop Operation\par
  ch5buff = (ch5buff * (-5 / 4096)) + 5\par
  Form1.Print ("ADC CH5 ="), ch5buff\par
  l = ch3buff\par
  m = ch4buff\par
  n = ch5buff\par
End Sub\par
\par
Private Sub Command10_Click()\par
PortOut 888, 16\par
End Sub\par
\par
Private Sub Command11_Click()\par
PortOut 890, 1\par
PortOut 888, 4\par
End Sub\par
\par
Private Sub Command12_Click()\par
PortOut 888, 0\par
PortOut 890, 0\par
End Sub\par
\par
Private Sub Command13_Click()\par
PortOut 888, 0\par
PortOut 890, 1\par
End Sub\par
\par
Private Sub Command2_Click()\par
PortOut 888, 0\par
PortOut 890, 1\par
End Sub\par
\par
\par
Private Sub Command3_Click()\par
portwrite = &H378\par
PORTREAD = &H379\par
'1st POSITION\par
'For o = 1 To p\par
POTEN1:\par
 DoEvents\par
 For x = 1 To 5\par
  PortOut portwrite, &HB  'CS=1,CLK=1,DI=1 Initial Start Operation\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3  'CS "0" = Start Operation\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = Start Clock\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = SGL\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = ODD\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = MSBF\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
\par
  ch6buff = 0\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1      'CLK "0" = Start Clock\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Ignore 12Bit First\par
       For y = 1 To 1500\par
   Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Read Data D0..D11 (12Bit)\par
       ADCBUFF = (PortIn(PORTREAD) And &H80) / (2 ^ 7)\par
       ch6buff = ch6buff Or (ADCBUFF * (2 ^ (READCOUNT - 1)))\par
       For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &HB   'CS "1" Stop Operation\par
  ch6buff = (ch6buff * (-5 / 4096)) + 5\par
  Form1.Print ("ADC CH6 ="), ch6buff\par
  If ch6buff > i Then\par
  PortOut 888, 64\par
  For y = 1 To 25000\par
  Next y\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  PortOut 888, 0\par
  For y = 1 To 30100\par
  Next y\par
        If Abs(ch6buff - i) < 0.005 Then\par
            PortOut 888, 128\par
            For y = 1 To 25000\par
            Next y\par
            PortOut 888, 0\par
            For y = 1 To 30100\par
            Next y\par
            GoTo POTEN2\par
            End If\par
  End If\par
  If ch6buff < i Then\par
  PortOut 888, 128\par
  For y = 1 To 25000\par
  Next y\par
  PortOut 888, 0\par
  For y = 1 To 30100\par
  Next y\par
      If Abs(ch6buff - i) < 0.005 Then\par
        PortOut 888, 64\par
        For y = 1 To 25000\par
        Next y\par
        PortOut 888, 0\par
        For y = 1 To 30100\par
        Next y\par
        GoTo POTEN2\par
        End If\par
  End If\par
  Next x\par
  Form1.Cls\par
 GoTo POTEN1\par
  \par
POTEN2:\par
 DoEvents\par
 For x = 1 To 5\par
  PortOut portwrite, &HB  'CS=1,CLK=1,DI=1 Initial Start Operation\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3  'CS "0" = Start Operation\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = Start Clock\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = SGL\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = ODD\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
  For y = 1 To 1000\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = MSBF\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
\par
  ch7buff = 0\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1        'CLK "0" = Start Clock\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Ignore 12Bit First\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Read Data D0..D11 (12Bit)\par
       ADCBUFF = (PortIn(PORTREAD) And &H20) / (2 ^ 7)\par
       ch7buff = ch7buff Or (ADCBUFF * (2 ^ (READCOUNT - 1)))\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &HB   'CS "1" Stop Operation\par
  ch7buff = (ch7buff * (-5 / 4096)) + 5\par
  Form1.Print ("ADC CH7 ="), ch7buff\par
  If ch7buff > j Then\par
  PortOut 888, 16\par
  For y = 1 To 25100\par
  Next y\par
  PortOut 888, 0\par
  For y = 1 To 15100\par
  Next y\par
        If Abs(ch7buff - j) < 0.005 Then\par
            PortOut 888, 32\par
            For y = 1 To 25100\par
            Next y\par
            PortOut 888, 0\par
            For y = 1 To 15100\par
            Next y\par
            GoTo POTEN3\par
            End If\par
  End If\par
  If ch7buff < j Then\par
  PortOut 888, 32\par
  For y = 1 To 25100\par
  Next y\par
  PortOut 888, 0\par
  For y = 1 To 15100\par
  Next y\par
      If Abs(ch7buff - j) < 0.005 Then\par
        PortOut 888, 16\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        For y = 1 To 25100\par
        Next y\par
        PortOut 888, 0\par
        For y = 1 To 15100\par
        Next y\par
        GoTo POTEN3\par
        End If\par
  End If\par
  Next x\par
  Form1.Cls\par
  GoTo POTEN2\par
\par
POTEN3:\par
  DoEvents\par
  For x = 1 To 5\par
  PortOut portwrite, &HB  'CS=1,CLK=1,DI=1 Initial Start Operation\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3  'CS "0" = Start Operation\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = Start Clock\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = SGL\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = ODD\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = MSBF\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
  ch8buff = 0\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1        'CLK "0" = Start Clock\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Ignore 12Bit First\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Read Data D0..D11 (12Bit)\par
       ADCBUFF = (PortIn(PORTREAD) And &H40) / (2 ^ 7)\par
       ch8buff = ch8buff Or (ADCBUFF * (2 ^ (READCOUNT - 1)))\par
       For y = 1 To 1000\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &HB   'CS "1" Stop Operation\par
  ch8buff = (ch8buff * (-5 / 4096)) + 5\par
  Form1.Print ("ADC CH8 ="), ch8buff\par
  If ch8buff > k Then\par
  'PortOut 888, 0\par
  PortOut 890, 0\par
  For y = 1 To 32100\par
  Next y\par
  PortOut 890, 1\par
  'PortOut 888, 0\par
  For y = 1 To 15100\par
  Next y\par
       If Abs(ch8buff - k) < 0.005 Then\par
            PortOut 888, 4\par
            PortOut 890, 1\par
            For y = 1 To 25100\par
            Next y\par
            PortOut 888, 0\par
            For y = 1 To 15000\par
            \par
            Next y\par
            GoTo POTEN4\par
            End If\par
  End If\par
  If ch8buff < k Then\par
  PortOut 888, 4\par
  PortOut 890, 1\par
  For y = 1 To 27100\par
  Next y\par
  PortOut 888, 0\par
  For y = 1 To 15100\par
  Next y\par
      If Abs(ch8buff - k) < 0.005 Then\par
        PortOut 890, 0\par
        'PortOut 888, 0\par
        For y = 1 To 32100\par
        Next y\par
        PortOut 890, 1\par
        For y = 1 To 15000\par
          \par
        Next y\par
        GoTo POTEN4\par
        End If\par
  End If\par
Next x\par
Form1.Cls\par
GoTo POTEN3\par
'2nd POSITION\par
POTEN4:\par
 DoEvents\par
 For x = 1 To 5\par
  PortOut portwrite, &HB  'CS=1,CLK=1,DI=1 Initial Start Operation\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3  'CS "0" = Start Operation\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = Start Clock\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = SGL\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = ODD\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = MSBF\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
\par
  ch6buff = 0\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1      'CLK "0" = Start Clock\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Ignore 12Bit First\par
       For y = 1 To 1500\par
   Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Read Data D0..D11 (12Bit)\par
       ADCBUFF = (PortIn(PORTREAD) And &H80) / (2 ^ 7)\par
       ch6buff = ch6buff Or (ADCBUFF * (2 ^ (READCOUNT - 1)))\par
       For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &HB   'CS "1" Stop Operation\par
  ch6buff = (ch6buff * (-5 / 4096)) + 5\par
  Form1.Print ("ADC CH6 ="), ch6buff\par
  If ch6buff > 1 Then\par
  PortOut 888, 64\par
  For y = 1 To 25100\par
  Next y\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  PortOut 888, 0\par
  For y = 1 To 15100\par
  Next y\par
        If Abs(ch6buff - 1) < 0.005 Then\par
            PortOut 888, 128\par
            For y = 1 To 25100\par
            Next y\par
            PortOut 888, 0\par
            For y = 1 To 15100\par
            Next y\par
            GoTo POTEN5\par
            End If\par
  End If\par
  If ch6buff < 1 Then\par
  PortOut 888, 128\par
  For y = 1 To 25100\par
  Next y\par
  PortOut 888, 0\par
  For y = 1 To 15100\par
  Next y\par
      If Abs(ch6buff - 1) < 0.005 Then\par
        PortOut 888, 64\par
        For y = 1 To 25100\par
        Next y\par
        PortOut 888, 0\par
        For y = 1 To 15100\par
        Next y\par
        GoTo POTEN5\par
        End If\par
  End If\par
  Next x\par
  Form1.Cls\par
 GoTo POTEN4\par
  \par
POTEN5:\par
 DoEvents\par
 For x = 1 To 5\par
  PortOut portwrite, &HB  'CS=1,CLK=1,DI=1 Initial Start Operation\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3  'CS "0" = Start Operation\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = Start Clock\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = SGL\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = ODD\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
  For y = 1 To 1000\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = MSBF\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
\par
  ch7buff = 0\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1        'CLK "0" = Start Clock\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Ignore 12Bit First\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Read Data D0..D11 (12Bit)\par
       ADCBUFF = (PortIn(PORTREAD) And &H20) / (2 ^ 7)\par
       ch7buff = ch7buff Or (ADCBUFF * (2 ^ (READCOUNT - 1)))\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &HB   'CS "1" Stop Operation\par
  ch7buff = (ch7buff * (-5 / 4096)) + 5\par
  Form1.Print ("ADC CH7 ="), ch7buff\par
  If ch7buff > m Then\par
  PortOut 888, 16\par
  For y = 1 To 25100\par
  Next y\par
  PortOut 888, 0\par
  For y = 1 To 15100\par
  Next y\par
       If Abs(ch7buff - m) < 0.005 Then\par
            PortOut 888, 32\par
            For y = 1 To 25100\par
            Next y\par
            PortOut 888, 0\par
            For y = 1 To 15100\par
            Next y\par
            GoTo POTEN6\par
            End If\par
  End If\par
  If ch7buff < m Then\par
  PortOut 888, 32\par
  For y = 1 To 25100\par
  Next y\par
  PortOut 888, 0\par
  For y = 1 To 15100\par
  Next y\par
     If Abs(ch7buff - m) < 0.005 Then\par
       PortOut 888, 16\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        For y = 1 To 25100\par
        Next y\par
        PortOut 888, 0\par
        For y = 1 To 15100\par
        Next y\par
        GoTo POTEN6\par
        End If\par
  End If\par
  Next x\par
  Form1.Cls\par
  GoTo POTEN5\par
\par
POTEN6:\par
  DoEvents\par
  For x = 1 To 5\par
  PortOut portwrite, &HB  'CS=1,CLK=1,DI=1 Initial Start Operation\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3  'CS "0" = Start Operation\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = Start Clock\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = SGL\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = ODD\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = MSBF\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
  ch8buff = 0\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1        'CLK "0" = Start Clock\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Ignore 12Bit First\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Read Data D0..D11 (12Bit)\par
       ADCBUFF = (PortIn(PORTREAD) And &H40) / (2 ^ 7)\par
       ch8buff = ch8buff Or (ADCBUFF * (2 ^ (READCOUNT - 1)))\par
       For y = 1 To 1000\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   Next y\par
        PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
        For y = 1 To 1000\par
   Next y\par
        PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
   Next READCOUNT\par
   For y = 1 To 1000\par
   Next y\par
   PortOut portwrite, &HB   'CS "1" Stop Operation\par
   ch8buff = (ch8buff * (-5 / 4096)) + 5\par
   Form1.Print ("ADC CH8 ="), ch8buff\par
   If ch8buff > n Then\par
   'PortOut 888, 0\par
   PortOut 890, 0\par
   For y = 1 To 32100\par
   Next y\par
   PortOut 890, 1\par
   'PortOut 888, 0\par
   For y = 1 To 15100\par
   Next y\par
         If Abs(ch8buff - n) < 0.005 Then\par
             PortOut 888, 4\par
             PortOut 890, 1\par
             For y = 1 To 25100\par
             Next y\par
             PortOut 888, 0\par
             For y = 1 To 15000\par
             \par
             Next y\par
             GoTo POTEN1\par
             End If\par
   End If\par
   If ch8buff < n Then\par
   PortOut 888, 4\par
   PortOut 890, 1\par
   For y = 1 To 27100\par
   Next y\par
   PortOut 888, 0\par
   For y = 1 To 15100\par
   Next y\par
       If Abs(ch8buff - n) < 0.005 Then\par
         PortOut 890, 0\par
         'PortOut 888, 0\par
         For y = 1 To 32100\par
         Next y\par
         PortOut 890, 1\par
         For y = 1 To 15000\par
           \par
         Next y\par
         GoTo POTEN1\par
         End If\par
  End If\par
Next x\par
Form1.Cls\par
GoTo POTEN6\par
End Sub\par
\par
Private Sub Command4_Click()\par
PortOut 888, 0\par
PortOut 890, 1\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End\par
End Sub\par
\par
Private Sub Command5_Click()\par
portwrite = &H378\par
PORTREAD = &H379\par
\par
'POTEN1\par
  PortOut portwrite, &HB  'CS=1,CLK=1,DI=1 Initial Start Operation\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3  'CS "0" = Start Operation\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = Start Clock\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = SGL\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = ODD\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = MSBF\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
\par
  ch0buff = 0\par
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1        'CLK "0" = Start Clock\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Ignore 12Bit First\par
       For y = 1 To 1500\par
   Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Read Data D0..D11 (12Bit)\par
       ADCBUFF = (PortIn(PORTREAD) And &H80) / (2 ^ 7)\par
       ch0buff = ch0buff Or (ADCBUFF * (2 ^ (READCOUNT - 1)))\par
       For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  For y = 1 To 1500\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &HB    'CS "1" Stop Operation\par
  ch0buff = (ch0buff * (-5 / 4096)) + 5\par
  ch1buff = (ch1buff * (-5 / 4096)) + 5\par
  Form1.Print ("ADC CH0 ="), ch0buff ', ("ADC CH1 = "), CH1BUFF\par
  \par
'POTEN2\par
  PortOut portwrite, &HB  'CS=1,CLK=1,DI=1 Initial Start Operation\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3  'CS "0" = Start Operation\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = Start Clock\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = SGL\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = ODD\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = MSBF\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
\par
  ch1buff = 0\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1        'CLK "0" = Start Clock\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Ignore 12Bit First\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Read Data D0..D11 (12Bit)\par
       ADCBUFF = (PortIn(PORTREAD) And &H20) / (2 ^ 7)\par
       ch1buff = ch1buff Or (ADCBUFF * (2 ^ (READCOUNT - 1)))\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &HB    'CS "1" Stop Operation\par
  ch1buff = (ch1buff * (-5 / 4096)) + 5\par
  Form1.Print ("ADC CH1 ="), ch1buff\par
  \par
'POTEN3\par
  PortOut portwrite, &HB  'CS=1,CLK=1,DI=1 Initial Start Operation\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3  'CS "0" = Start Operation\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = Start Clock\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1  'DI "1" = SGL\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H3\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = ODD\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H0  'DI "0" = MSBF\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H2\par
  ch2buff = 0\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
  PortOut portwrite, &H1        'CLK "0" = Start Clock\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Ignore 12Bit First\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
\par
  For READCOUNT = 1 To 12   'Read Data D0..D11 (12Bit)\par
       ADCBUFF = (PortIn(PORTREAD) And &H40) / (2 ^ 7)\par
       ch2buff = ch2buff Or (ADCBUFF * (2 ^ (READCOUNT - 1)))\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H3   'CLK "1" = Rising Clock\par
       For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
       PortOut portwrite, &H1   'CLK "0" = Falling Clock\par
  Next READCOUNT\par
  For y = 1 To 1000\par
  Next y\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   PortOut portwrite, &HB    'CS "1" Stop Operation\par
   ch2buff = (ch2buff * (-5 / 4096)) + 5\par
   Form1.Print ("ADC CH2 ="), ch2buff\par
   i = ch0buff\par
   j = ch1buff\par
   k = ch2buff\par
   End Sub\par
\par
Public Sub Command6_Click()\par
Form1.Cls\par
End Sub\par
\par
Private Sub HScroll4_Change()\par
Form1.Print HScroll4\par
o = HScroll4\par
o = ((o / 180) * 0.4) + 4.22\par
k = o\par
Form1.Print k\par
End Sub\par
\par
Private Sub HScroll5_Change()\par
Form1.Print HScroll5\par
o = HScroll5\par
o = ((o / 90) * 0.1) + 4.23\par
j = o\par
Form1.Print j\par
End Sub\par
\par
Private Sub HScroll6_Change()\par
Form1.Print HScroll6\par
o = HScroll6\par
o = ((o / 180) * 0.7) + 2.8\par
i = o\par
Form1.Print i\par
End Sub\par
\par
Private Sub Text1_Change()\par
Form1.Print Text1.Text\par
o = Text1.Text\par
o = ((o / 180) * 0.7) + 2.8\par
l = o\par
Form1.Print l\par
End Sub\par
\par
Private Sub Command7_Click()\par
PortOut 888, 128\par
End Sub\par
\par
Private Sub Command8_Click()\par
PortOut 888, 64\par
End Sub\par
\par
Private Sub Command9_Click()\par
PortOut 888, 32\par
End Sub\par
\par
Private Sub HScroll1_Change()\par
Form1.Print HScroll1\par
o = HScroll1\par
o = ((o / 180) * 0.7) + 2.8\par
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
l = o\par
Form1.Print l\par
End Sub\par
\par
Private Sub HScroll2_Change()\par
Form1.Print HScroll2\par
o = HScroll2\par
o = ((o / 90) * 0.1) + 4.23\par
m = o\par
Form1.Print m\par
End Sub\par
\par
Private Sub HScroll3_Change()\par
Form1.Print HScroll3\par
o = HScroll3\par
o = ((o / 180) * 0.4) + 4.22\par
n = o\par
Form1.Print n\par
End Sub\par
\par
Private Sub Text2_Change()\par
Form1.Print Text2.Text\par
o = Text2.Text\par
o = ((o / 90) * 0.1) + 4.23\par
m = o\par
Form1.Print m\par
End Sub\par
\par
Private Sub Text3_Change()\par
Form1.Print Text3.Text\par
o = Text3.Text\par
o = ((o / 180) * 0.4) + 4.22\par
n = o\par
Form1.Print n\par
End Sub\par
\par
Private Sub Text4_Change()\par
Form1.Print Text4.Text\par
o = Text4.Text\par
o = ((o / 180) * 0.7) + 2.8\par
i = o\par
Form1.Print i\par
End Sub\par
\par
Private Sub Text5_Change()\par
Form1.Print Text5.Text\par
o = Text5.Text\par
o = ((o / 90) * 0.1) + 4.23\par
j = o\par
Form1.Print j\par
End Sub\par
\par
Private Sub Text6_Change()\par
Form1.Print Text6.Text\par
o = Text6.Text\par
o = ((o / 180) * 0.4) + 4.22\par
k = o\par
Form1.Print k\par
End Sub\par
}
```

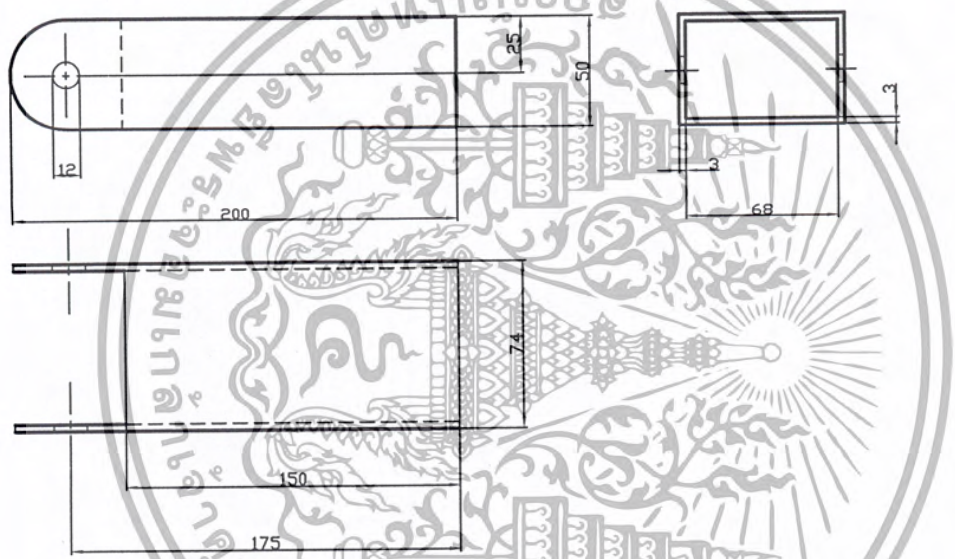
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

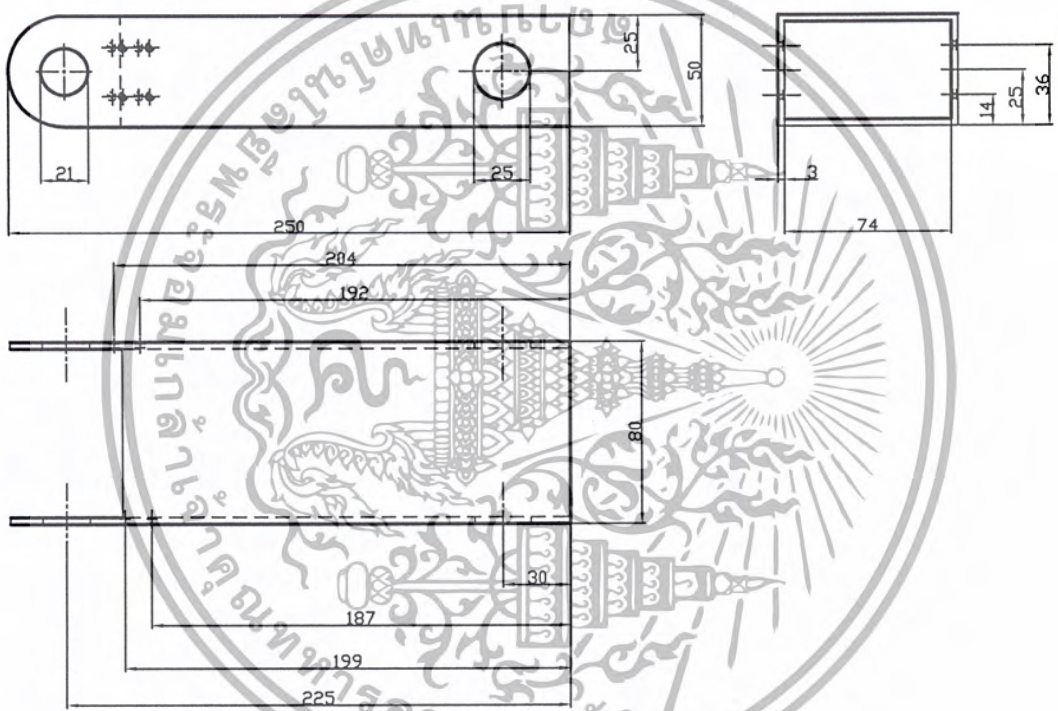
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

1



ชิ้นที่	ชื่อชิ้นงาน	วัสดุ
1	แขนท่อนบน	AlMg 1
มาตราส่วน 1 : 1	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง	หมายเลขแบบ Project-1

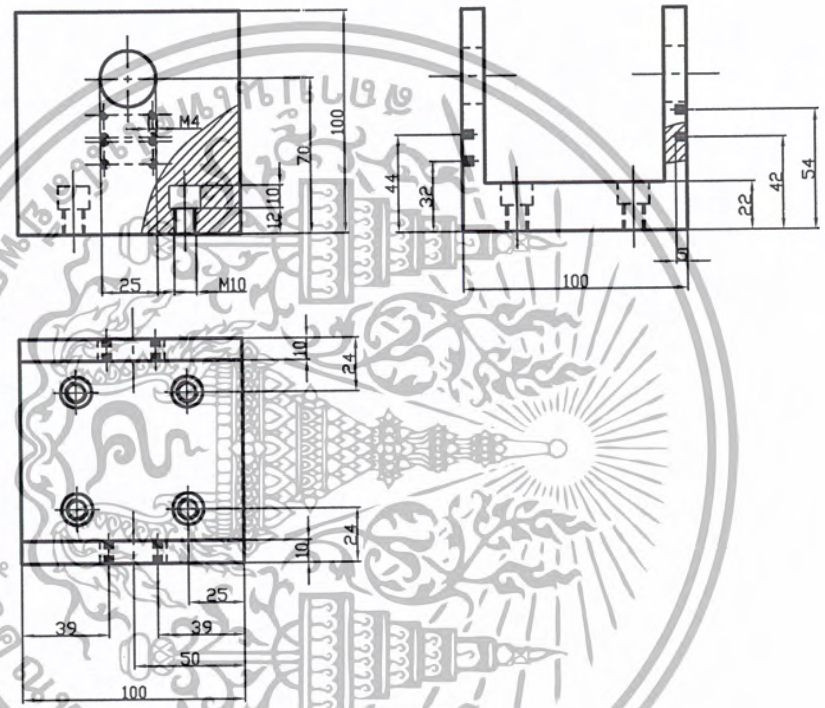
(2)



ชิ้นที่ 2	ชื่อชิ้นงาน แขนท่อนกลาง	วัสดุ AlMg 1
มาตราส่วน 1 : 1	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง	หมายเลขแบบ Project-2

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

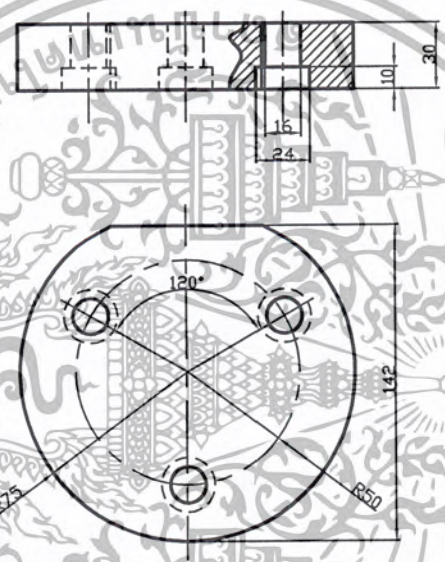
③



ชิ้นที่	ชื่อชิ้นงาน	วัสดุ
3	ฐานรองแขน	AlMg 1
มาตราส่วน 1 : 1	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง	หมายเลขแบบ Project-3

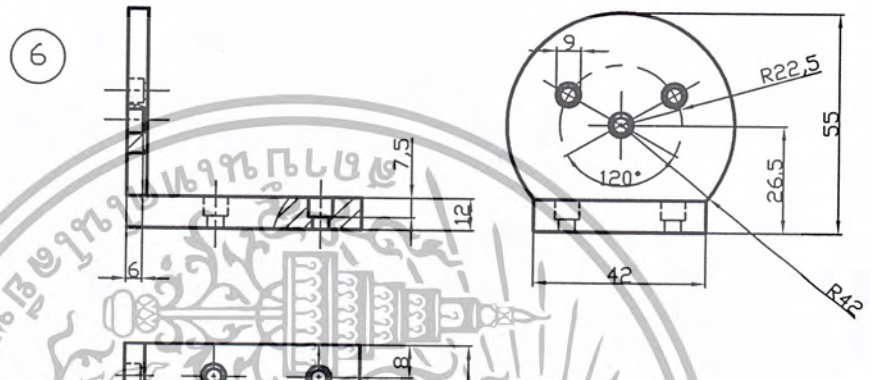
ชิ้นที่	ชื่อชิ้นงาน	วัสดุ
4	ฐานรองเฟือง-1	AlMg 1
มาตราส่วน 1 : 1	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง	หมายเลขแบบ Project - 4

⑤



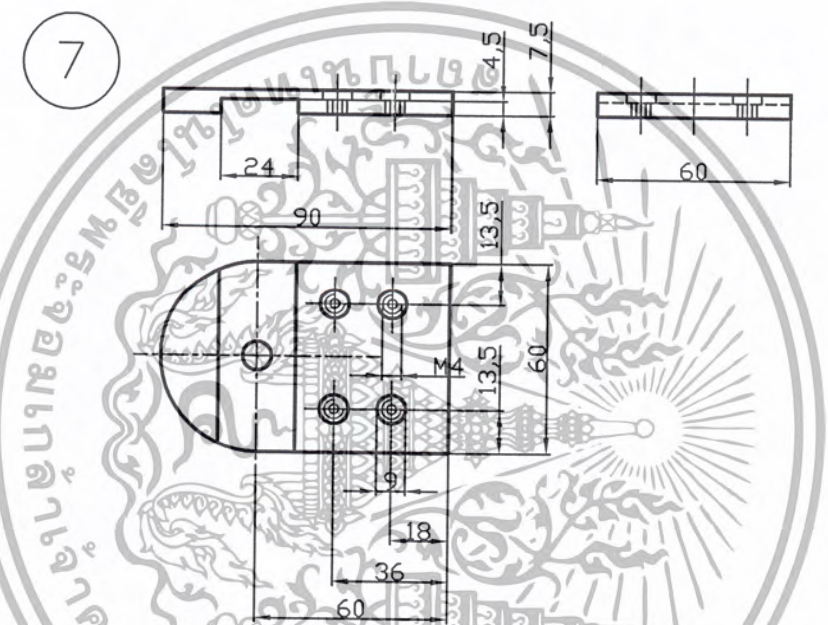
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชิ้นที่	ชื่อชิ้นงาน	วัสดุ
5	ฐานรองเฟือง-2	AlMg 1
มาตราส่วน	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง	หมายเลขแบบ
1 : 1		Project - 5



ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

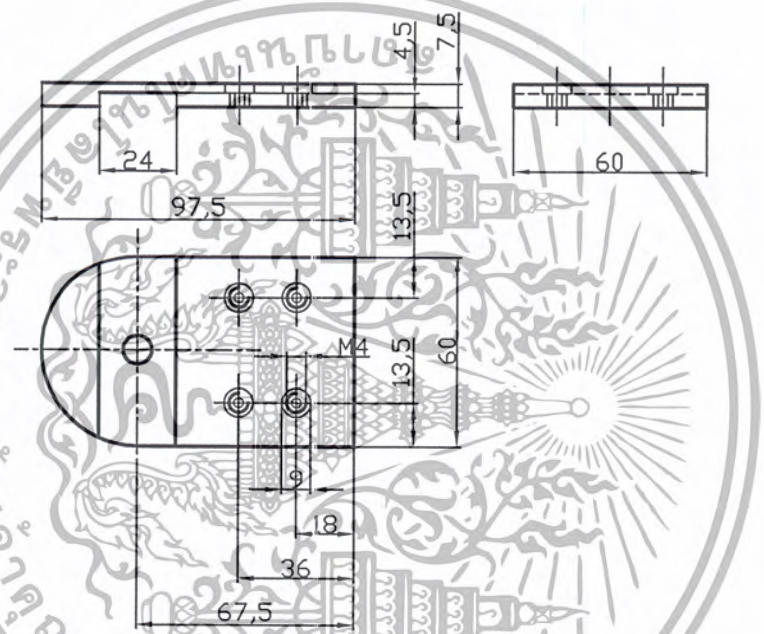
ชิ้นที่ 6	ชื่อชิ้นงาน ฐานรองมอเตอร์ตัวล่าง	วัสดุ AlMg 1
มาตราส่วน 1 : 1	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง	หมายเลขแบบ Project - 6



ชิ้นที่	ชื่อชิ้นงาน	วัสดุ
7	ฐานรองโพเทนชัน-1	AlMg 1
มาตราส่วน 1 : 1	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง	หมายเลขแบบ Project - 7 - 1

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

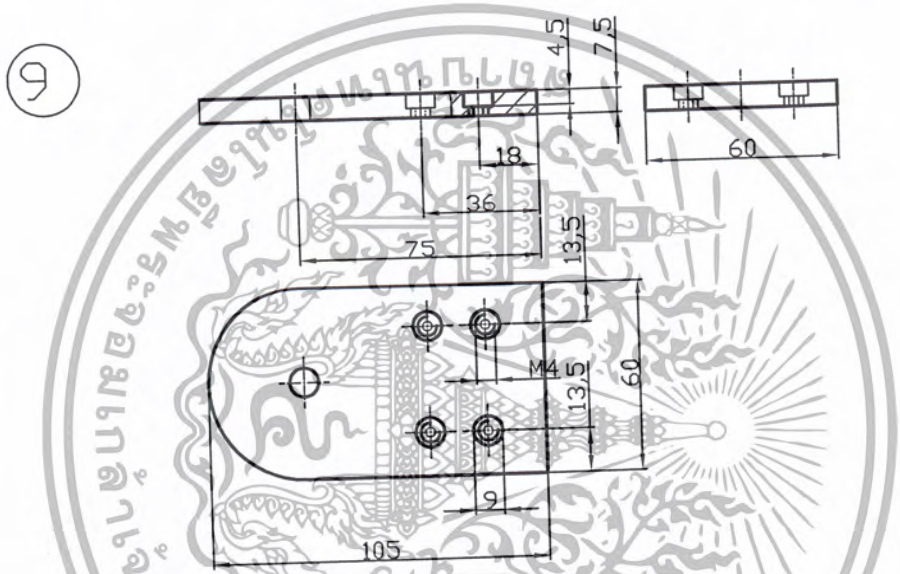
7



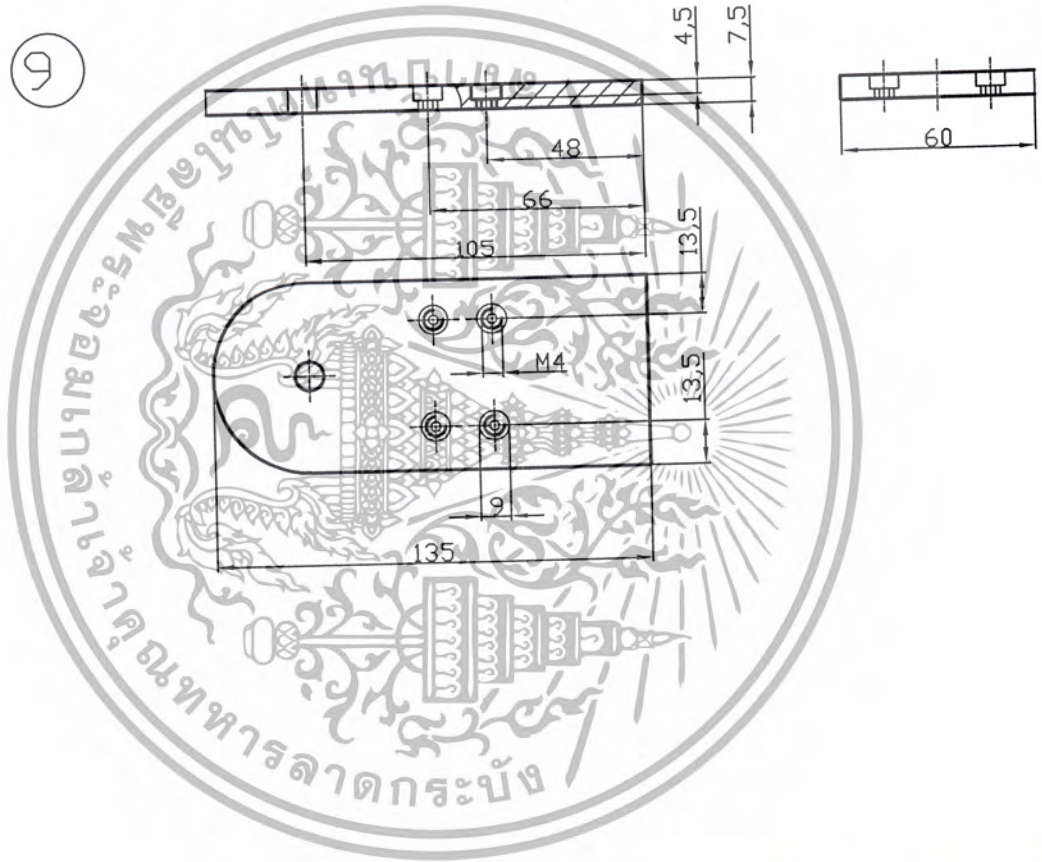
ชิ้นที่	ชื่อชิ้นงาน	วัสดุ
7	ฐานรองโพเทนชิ่น-2	AlMg 1
มาตราส่วน 1 : 1	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง	หมายเลขแบบ Project - 7 - 2

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น



ชิ้นที่ 10	ชื่อชิ้นงาน ฐานรองมอเตอร์	วัสดุ AlMg 1
มาตราส่วน 1 : 1	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง	หมายเลขแบบ Project - 9



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชิ้นที่ 10	ชื่อชิ้นงาน ฐานรองมอเตอร์	วัสดุ AlMg 1
มาตราส่วน 1 : 1	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง	หมายเลขแบบ Project - 9-2