

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน 3 มิติ

3D DIGITIZER



ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 49874

วันเดือนปี 2 เมษายน 2547



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานโดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งหนังสือเล่มนี้ต้องวางใจถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญาานิพนธ์ เครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน(3D Digitizer)
นักศึกษา นายปานศิริ พิกุลแก้ว รหัสประจำตัว 42010562
นายรณรัชช พลากรกิติ รหัสประจำตัว 42010602
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา 2545
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญาานิพนธ์


อาจารย์พลชัย โขติปราชญ์กุล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน(3D Digitizer)		
นักศึกษา	นายปานศิริ	พิกุลแก้ว	รหัสประจำตัว 42010562
	นายธรมัชช	พลากรกิติ	รหัสประจำตัว 42010602
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2545		
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	อาจารย์พลชัย	โชติปราชญกุล	

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คือการศึกษาการออกแบบ และสร้างเครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน 3 มิติ โดยเครื่องต้นแบบที่จัดสร้างขึ้นนี้ประกอบไปด้วยกลไกทางกลศาสตร์อย่างง่ายเพื่อความสะดวกในการสร้างสามารถวัดค่า โคออดิเนต (Coordinate) ในแนวแกน X,Y และ Z ได้โดยใช้หลักของ Forward Kinematics เพื่อหาจุดพิกัดที่จุดปลายของหัวสัมผัส (Probe) รูปแบบการทำงานเริ่มจากการรับข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงจากตัว Potentiometer ซึ่งจะถูกละเปลี่ยนสัญญาณจากอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล และ ส่งผ่านสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตขนานข้อมูลที่ได้ออกจากการวัดพิกัดจากเครื่องจะถูกนำไปแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Visual Basic โดยพิกัดที่ได้จะถูกส่งไปพล็อตเป็นรูป 2 มิติ และสามารถนำพิกัดเหล่านี้มาวิเคราะห์หา ขนาดของชิ้นงาน หรือ ความเรียบของชิ้นงาน ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	3D DIGITIZER		
Student	Mr. Pansiri	Pikunklaw	ID.Student 42010562
	Mr. Ronnachat	Parakronkitti	ID.Student 42010602
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Industrial Engineering		
Year	2002		
Thesis Advisor	Mr. Pholchai	Chotiprayanakul	

ABSTRACT

The objective of this project is to design and develop 3D Digitizer machine which is basically constructed and used to measure a coordinate of the position in X,Y,Z axis with a contact probe by the concept of forward Kinematics. This machine can be operated by retrieving measured data from Potentiometer. After transferring from analog system to digital signal, the data are submitted to a computer via parallel port and displayed to the monitor by a software developed by VISUAL BASIC programming. This measured position are also used to plot in 2 DIMENTION FORMAT and can be used to calculate the size, flatness

กิตติกรรมประกาศ

คำขอบคุณจากใจจริง

ผศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช

ผศ.ดร.สรรพสิทธิ์ ลีมนรัตน์

อ.พลชัย โชติปรายนกุล

อ.อุดม จันทร์จรธสุข

อาจารย์ทุกท่านในภาค

พีแต่น

เพื่อนๆทุกคน

-ในความหวังดีและคอยดูแลเอาใจใส่เสมอมา

-ในความช่วยเหลือและคำปรึกษาในทุกๆเรื่อง

-ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและให้คำแนะนำดีๆในทุกๆเรื่อง

-ที่คอยให้คำปรึกษาในส่วนของ Program และวงจร

-ที่คอยเป็นห่วงและคอยช่วยเหลือ..

-ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการปริญ์งาน

-ที่คอยห่วงใยและคอยช่วยเหลือรวมทั้งคำปรึกษาดีๆที่มีให้ตลอดมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	
2.1 การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์หาพิกัดขั้วงาน โดยวิธี Forward Kinematics	2
2.2 Potentiometer	11
2.3 การทำงานของพอร์ตเครื่องพิมพ์ (Printer Port)	12
2.4 การทำงานของไอซี LTC1298	14
บทที่ 3 การออกแบบ /การดำเนินงาน	
3.1 การวางแผนการดำเนินงาน	24
3.2 แผนการทำงานและสร้างเครื่องวัดพิกัดขั้วงาน 3มิติ	24
3.3 การออกแบบด้าน Hardware	25
3.4 การออกแบบด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์	28
3.5 การออกแบบด้าน Software	30
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ผลการทดลองด้าน Hardware	33
4.2 ผลการทดลองด้าน โปรแกรม	34
4.3 ผลการทดลอง	37
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุป	
5.1 สรุปผลการทดลอง	41
5.2 ข้อดีของเครื่องวัดพิกัดขั้วงาน 3D Digitizer	41
5.3 ข้อจำกัดของเครื่องวัดพิกัดขั้วงาน 3D Digitizer	41
5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา	42
เอกสารอ้างอิง	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ตารางแสดงสัญญาณของพอร์ตเข้าที่พืทขนาด 8 บิต	13
ตารางที่ 2.2	ตารางแสดงสัญญาณของพอร์ตอินพุท/เอาต์พุทและสัญญาณควบคุมต่างๆ	13
ตารางที่ 2.3	ตารางแสดงสัญญาณของพอร์ตอินพุท ขนาด 5 บิต และ สัญญาณควบคุมต่างๆ	14
ตารางที่ 2.4	ตารางแสดงข้อมูลที่จะเขียนให้กับไอซี LTC1298	16
ตารางที่ 2.5	ตารางแสดงการกำหนดรูปแบบของสัญญาณ ANALOG อินพุท	16
ตารางที่ 4.1	แสดงค่าที่ได้จากการวัดค่าพิคคของสัญญาณตัวอย่างในแกน X	37
ตารางที่ 4.2	แสดงผลสรุปในแกน X	38
ตารางที่ 4.3	แสดงค่าที่ได้จากการวัดค่าพิคคของสัญญาณตัวอย่างในแกน Y	38
ตารางที่ 4.4	แสดงผลสรุปในแกน Y	39
ตารางที่ 4.5	แสดงค่าที่ได้จากการวัดค่าพิคคของสัญญาณตัวอย่างในแกน Z	39
ตารางที่ 4.6	แสดงผลสรุปในแกน Z	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1	แสดง ตำแหน่งของจุด P ใน โครงงที่ต่างกัน	2
รูปที่ 2.2	แสดงการหมุนของ โครงง j รอบแกน x_i เป็นมุม α	3
รูปที่ 2.3	การหมุนในแกน x_i ในรูป(a)-(b) , ตามด้วยการหมุนในแกน y_i ในรูป (c)-(d) การหมุนในแกน z_i ในรูป (c)-(d)	5
รูปที่ 2.4	โครงง j มีการเลื่อนจากจุดกำเนิด จากโครงง i เป็นระยะ vector $[Q]$	5
รูปที่ 2.5	แสดงการเลื่อนตัวของโครงง j จากโครงง i พร้อมทั้งมีการหมุนรอบจุดกำเนิด	7
รูปที่ 2.6	(a) แสดงการวางโครงงในจุดเชื่อมต่อ (S_n, θ_n) (b) แสดงโครงง k ที่เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างโครงง i และโครงง j	8
รูปที่ 2.7	แสดงตัวคำนวณปรับค่าได้	11
รูปที่ 2.8	แสดง ตัวอย่างการต่อวงจรให้กับ Potentiometer	11
รูปที่ 2.9	ภาพแสดง ลักษณะความสัมพันธ์ของการอ่านเขียนข้อมูลกับการกำหนดค่าของ MSBF บิต	16
รูปที่ 2.10	แสดง โครงงแกนต่างๆบนหุ่นยนต์เพื่อหาทิศทางงาน	17
รูปที่ 2.11	แสดงรายละเอียดของ joint0 และ link0	18
รูปที่ 2.12	แสดงรายละเอียดของ link0 และ joint1	19
รูปที่ 2.13	แสดงรายละเอียดของ joint1 และ joint2	20
รูปที่ 2.14	แสดงรายละเอียดของ joint2 และ joint3	21
รูปที่ 2.15	แสดงรายละเอียดของ joint3 และ joint4	22
รูปที่ 2.16	แสดง รายละเอียดของ joint4 และ joint5	23
รูปที่ 2.17	แสดงรายละเอียดของ joint5 และ link5	24
รูปที่ 3.1	Flow Chart การทำงานของเครื่อง	25
รูปที่ 3.2	ขั้นตอนการออกแบบฮาร์ดแวร์	26
รูปที่ 3.3	แบบเครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน 3 มิติ	27
รูปที่ 3.4	Housing	27
รูปที่ 3.5	คัปปลิ่งและ แกนเพลา	28
รูปที่ 3.6	cover	28
รูปที่ 3.7	แบบของการประกอบในส่วนของข้อต่อ	28
รูปที่ 3.8	แสดงการออกแบบด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์	29
รูปที่ 3.9	แสดงลายแผ่นปริ้นต์ด้านลงอุปกรณ์ของวงจร	30
รูปที่ 3.10	ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลเมื่อ Run Program	31
รูปที่ 3.11	ตัวอย่างหน้าจอเมื่อกดปุ่ม Start	32
รูปที่ 3.12	ตัวอย่างหน้าจอเมื่อกดปุ่ม Average	32
รูปที่ 4.1	เครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน 3 มิติที่สมบูรณ์	33
รูปที่ 4.2	เครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน 3 มิติ	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3	แสดงตัวอย่างProgram	34
รูปที่ 4.4	แสดงตัวอย่างค่าของพิกัด x,y และ z	35
รูปที่ 4.5	แสดงขนาดของชิ้นงานแต่ละด้านของชิ้นงานตัวอย่าง	36
รูปที่ 4.6	แสดงตัวอย่างชิ้นงานที่สร้างจากพิกัดชิ้นงานที่อ่านค่าได้จากโปรแกรม	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงการ

ในสายงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีการตรวจสอบและ ควบคุมคุณภาพเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่ได้มาตรฐานและมีความถูกต้องแม่นยำสูง และ คุณภาพตรงตามข้อกำหนด เครื่องวัดพิคคิ์ชิ้นงาน 3มิติ เป็นเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรมชนิดหนึ่งซึ่งช่วยให้ผู้ใช้ทราบถึงพิคคิ์ชิ้นงานที่ถูกต้อง เพื่อที่จะได้นำค่าพิคคิ์ชิ้นงานที่ได้ไปทำการปรับปรุงแก้ไข หรือ ตรวจสอบคุณภาพตามข้อกำหนดต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษากระบวนการทำงานของเครื่องวัดพิคคิ์ชิ้นงานในงานอุตสาหกรรม
2. ออกแบบ และสร้างเครื่องวัดพิคคิ์ชิ้นงาน 3มิติที่สามารถหาพิคคิ์ชิ้นงาน ได้ทั้งแกน x,y,z

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาเพื่อสร้างเครื่องวัดพิคคิ์ชิ้นงาน 3 มิติ โดยมีขอบเขตการศึกษาคือ

1. ส่วนฮาร์ดแวร์ ทำการออกแบบและสร้างเครื่องวัดพิคคิ์ชิ้นงานที่สามารถวัดชิ้นงานที่มีขนาดอยู่ใน Work Space ของเครื่อง
2. ส่วนซอฟต์แวร์ ทำการศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic เพื่อเขียน โปรแกรมควบคุมเครื่องวัดพิคคิ์ชิ้นงานให้สามารถรับ-ส่งข้อมูล และศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องวัดพิคคิ์ชิ้นงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เครื่องวัดพิคคิ์ชิ้นงานสามารถตรวจวัดพิคคิ์ของชิ้นงาน โดยมีความคลาดเคลื่อนประมาณ ± 5 มิลลิเมตร การจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความรู้ในการทำงานในด้านของการศึกษาและออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์รวมถึงการที่จะได้รับความรู้ใหม่ๆที่จะเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต และยังได้เรียนรู้เพิ่มเติมจากวิธีการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำปริญญานิพนธ์ การทำปริญญานิพนธ์ไม่เพียงแต่ให้ประโยชน์แก่ผู้จัดทำเท่านั้น ยังสามารถให้ความรู้แก่นักศึกษาหรือผู้ที่สนใจท่านอื่นที่ต้องการจะศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้เป็นพิเศษอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์หาพิกัดชิ้นงานโดยวิธี Forward

Kinematics

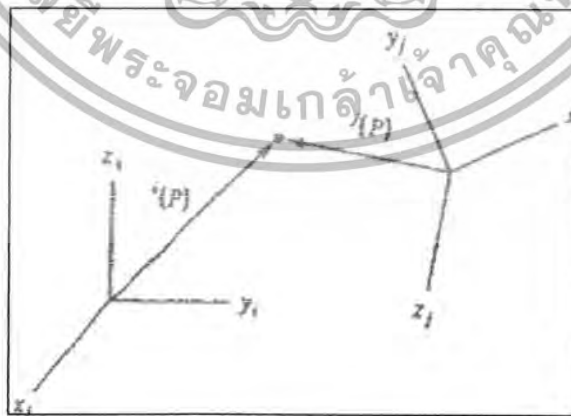
การเคลื่อนไหว หรือ Kinematics ของหุ่นยนต์ คือ การหาสมการเพื่ออธิบายการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ซึ่งเกิดจากความสัมพันธ์กันของการเคลื่อนที่ขององค์ประกอบต่างๆ อันประกอบด้วยแกน(link)และจุดหมุน(joint) ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามโครงสร้างของหุ่นยนต์แต่ละตัว ซึ่งการอธิบายที่สะดวกและเข้าใจง่ายคือการอธิบายในรูปของ Matrix ที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า Transformation matrix ซึ่งอาศัยพื้นฐานทางตรีโกณมิติต่างๆ แต่ต้องมีความเข้าใจในเรื่อง ระบบพิกัดค่อนข้างมาก ในการหาสมการนั้นสามารถทำได้สองแบบคือ

Forward Kinematics เป็นกรวิเคราะห์หาตำแหน่งหัวProbe ของหุ่นยนต์หาพิกัดชิ้นงาน ซึ่งคำนวณจาก coordinate ในจุดเชื่อมต่อต่างๆ โดยอาศัยค่ามุมเชิงมุม (angular position) และตำแหน่งเชิงเส้น (translation position) ของจุดเชื่อมต่อ เพื่อให้ได้ translation matrix เพื่อแปลง Robot coordinate เป็น Cartesian coordinate ซึ่งเป็นพิกัดที่สะดวกในการสั่งงาน

Inverse Kinematics เป็นกรวิเคราะห์โดยเริ่มจากจุดปลายมายังฐาน วิธีนี้จะยากกว่า วิธี Forward Kinematics สำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์หาพิกัดชิ้นงานจะใช้วิธี Forward Kinematics ซึ่งจำเป็นต้องมีพื้นฐานดังต่อไปนี้

2.1.1 การวิเคราะห์โดยวิธีทางเมตริก(Matrix Method of Analysis)

พิจารณาจากรูป 2.1 เป็นการบอกตำแหน่งของจุดในโครง (frame) ที่แตกต่างกัน 2 โครง คือ โครง i และ โครง j ในแต่ละโครงจะมี Cartesian coordinate x, y, z ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 2.1 แสดง ตำแหน่งของจุด P ในโครงที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบาย จุด P ในโครง i ในรูป vector คือ

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

อธิบาย จุด P ในโครง j ในรูป vector คือ

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

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

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

โดย matrix $[T]$ มีมิติ 3×3 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ทั้งการหมุนและตำแหน่งของโครงทั้ง 2 ถูกเรียกว่า Transformation matrix การแปลงจากจุดในโครง i ไปสู่โครง j ก็เช่นเดียวกัน

โดยที่

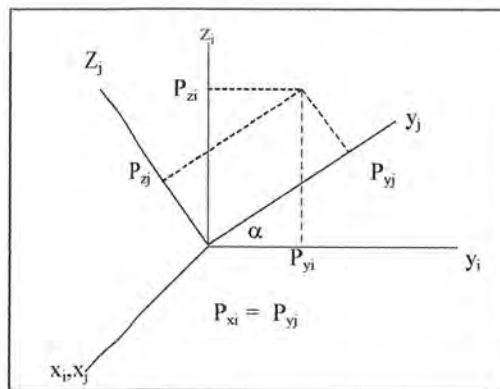
$$\begin{bmatrix} {}^i[P] \\ {}^i[T] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^j[T]^j[P] \\ [T]^{-1} \end{bmatrix}$$

2.1.2 การแปลงพิกัดรวมโดยใช้ Transformation matrices (Homogeneous Coordinate Transformer)

2.1.2.1 การหมุนรอบจุดกำเนิด (Pure Rotation about the origin)

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

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



รูปที่ 2.2 แสดงการหมุนของโครง j รอบแกน x เป็นมุม α

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือเขียนในรูป matrix form

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

อธิบายสมการในรูป Transformation matrix

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

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

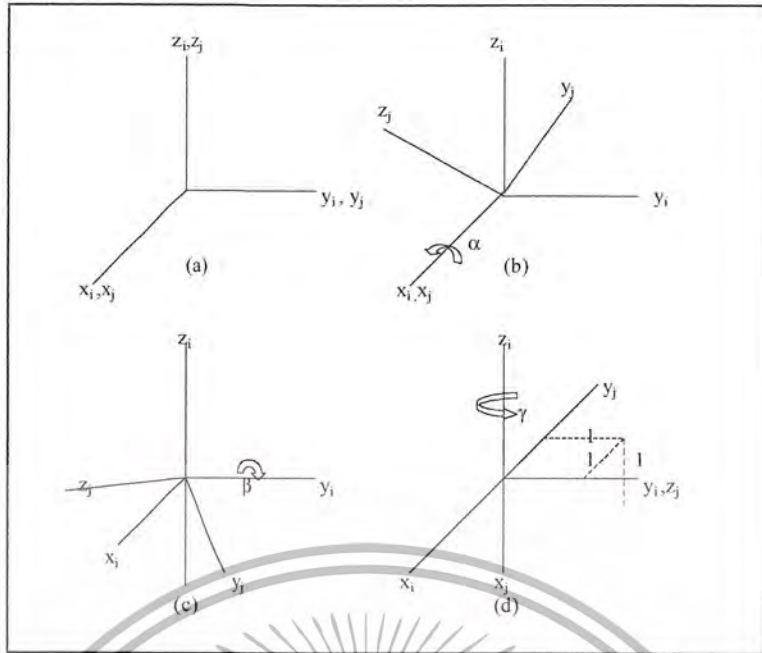
$${}^i_j[T(x_i, \alpha)] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

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

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

การหมุนของแกน อธิบายในรูปเทอมตามลำดับของการหมุนในแกนต่างๆ ตัวอย่างเช่น จากรูป 2.3 เมื่อหมุน โครง j รอบ โครง i ประกอบด้วยการหมุนเป็นมุม α รอบแกน x_i ตามด้วยหมุนเป็นมุม β รอบแกน y_i และสุดท้ายหมุนเป็นมุม γ รอบแกน z_i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.3 การหมุนในแกน x_i ในรูป(a)-(b) , ตามด้วยการหมุนในแกน y_i ในรูป (c)-(d) และการหมุนในแกน z_i ในรูป

(c)-(d)
การแปลงจุด P จากโครง j เป็นโครง i เขียนได้ใน Form

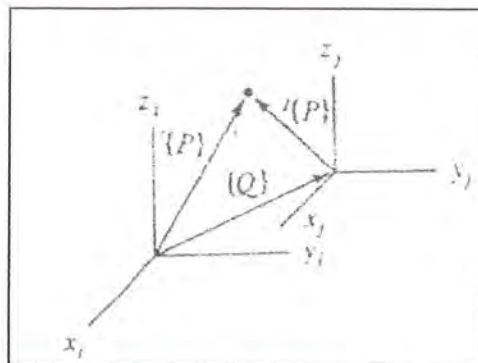
เมื่อ

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

$${}^i[T] = [{}^i[T(z, \gamma)], {}^i[T(y, \beta)], {}^i[T(x, \alpha)]]$$

$$= \begin{bmatrix} \cos\beta \cos\gamma & (\sin\alpha \sin\beta \cos\gamma + \cos\alpha \sin\gamma) & (\cos\alpha \sin\beta \cos\gamma + \sin\alpha \sin\gamma) \\ \cos\beta \sin\gamma & (\sin\alpha \sin\beta \sin\gamma + \cos\alpha \cos\gamma) & (\cos\alpha \sin\beta \sin\gamma - \sin\alpha \cos\gamma) \\ -\sin\beta & \sin\alpha \cos\beta & \cos\alpha \cos\beta \end{bmatrix}$$

2.1.2.2 การเคลื่อนย้ายแกนจากจุดกำเนิดโดยไม่เปลี่ยนทิศแกน (Pure Translation and Homogeneous Coordinate)
จากรูป 2.4 แสดงการเคลื่อนย้ายโครง j ที่สัมพันธ์กับโครง i โดยแกนทั้ง 3 เคลื่อนที่ที่เป็น vector ${}^i[P]$ จากจุดกำเนิด



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแสดง vector ได้ดังนี้

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

ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ของจุด P จากโครง j เป็นจุด P ในโครง i ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} P_{xi} &= P_{xi} + Q_{xi} \\ P_{yi} &= P_{yi} + Q_{yi} \\ P_{zi} &= P_{zi} + Q_{zi} \end{aligned}$$

หรือ

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

พิจารณาโดยอาศัย Transformation matrix

$${}^i[P] = {}^i[T] + {}^i[P]$$

เมื่อกำหนด

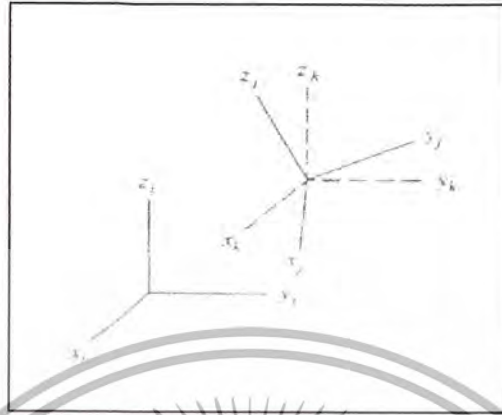
$${}^i[P] = \begin{bmatrix} P_{xi} \\ P_{yi} \\ P_{zi} \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad {}^j[P] = \begin{bmatrix} P_{xj} \\ P_{yj} \\ P_{zj} \\ 1 \end{bmatrix}$$

สามารถเขียนความสัมพันธ์ของ ${}^i[P]$ และ ${}^j[P]$ ในรูป Transformation matrix 4×4 กำหนดโดย

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

2.1.2.3 การเคลื่อนย้ายแกนที่การหมุน (Combined Rotation and Translation)

จากรูป 2.5 พิจารณาในกรณีของโครง j มีการหมุนและเลื่อนตำแหน่งไปจากโครง i กระบวนการได้มาซึ่ง Transformation matrix โดยพิจารณาทีละขั้น โดยเคลื่อนโครง k จากโครง i เป็นระยะ vector ${}^i[P]$



รูปที่ 2.5 แสดงการเคลื่อนตัวของโครง j จากโครง i พร้อมทั้งมีการหมุนรอบจุดกำเนิด

จะได้

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

ในขั้นต่อมา พิจารณาการหมุนของโครง j รอบ โครง 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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย

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

สามารถเขียนได้ว่า Transformation matrix จากการรวม การหมุนและเคลื่อนแกน ได้ดังนี้

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

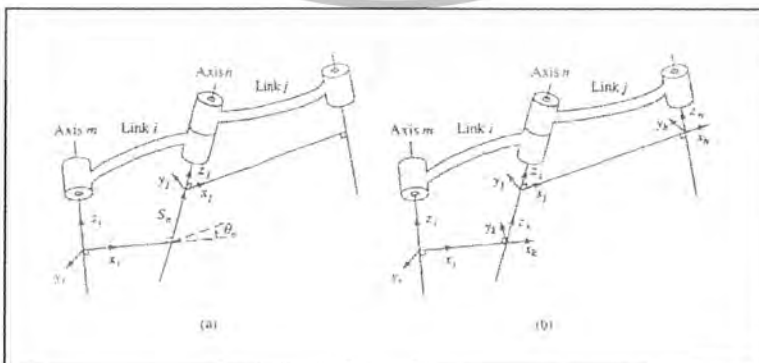
หรือในรูป

$${}^i[T] = \begin{bmatrix} {}^i[R] & : & [Q] \\ \dots & \dots & \dots \\ 0 & : & 1 \end{bmatrix}$$

${}^i[R]$ คือ 3×3 ในส่วนของการหมุนและ $[Q]$ คือ 3×1 ในส่วนของการเคลื่อนตำแหน่ง

2.1.3 Forward Kinematics

จากหลักการในการสร้าง Transformation matrix ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการเปลี่ยน Robot coordinate ในจุดเชื่อมต่อต่างๆมาสู่ Cartesian coordinate โดยยึดจุด origin ที่ base พิจารณาถึงการเปลี่ยนโครงตามลำดับชั้น พิจารณา รูป 2.6 จาก ${}^i[T]$ มีความสัมพันธ์ระหว่าง โครงที่ติดที่เชื่อมต่อกันด้วย link ที่ยึดติดกับ link j ในการสร้าง matrix จะกำหนดโครงชั่วคราว คือ โครง k ในรูป 2.6b จุดกึ่งเน็คของโครง k จะอยู่ตามเส้นแกน n และตั้งฉากเสมอกับ link i โดยแกน x_k จะมีทิศไปตามแกน x_i และตามแกน z_k ไปตามแกน z_i เมื่อพิจารณาการหมุนระหว่างโครง j และ k โครง j ถูกหมุนจากโครง k เป็นมุม θ_n ตามแนวแกน z_k ขณะเดียวกันก็มีการเคลื่อนตำแหน่งไปเป็นระยะ S_n ในแกน z_k



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณา Transformation แล้ว

เมื่อ

$${}^k[P] = {}^k_j[T] {}^j[P]$$

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

ขั้นต่อไปพิจารณาการหมุนของ โครง k เป็นมุม τ , ตามแกน x_j ขณะเดียวกันมีการย้ายแกนเป็นระยะ l_j ตามแกน x_i

เมื่อ

$${}^i[P] = {}^i_k[T] {}^k[P]$$

$${}^i_k[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_j \\ 0 & \cos\tau & -\sin\tau & 0 \\ 0 & \sin\tau & \cos\tau & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของ โครง i และ j

เมื่อ

$${}^i_j[T] = {}^i_k[T] {}^k_j[T] = \begin{bmatrix} \cos\theta_n & -\sin\theta_n & 0 & l_j \\ \cos\tau \sin\theta_n & \cos\tau \cos\theta_n & -\sin\tau & S_n \sin\tau \\ \sin\tau \sin\theta_n & \sin\tau \cos\theta_n & \cos\tau & S_n \cos\tau \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Transformation matrix สามารถสร้างได้ตามหลักการวิเคราะห์ดังกล่าวนั้น สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างต่างๆ ได้ โดยใช้ขั้นตอนดังกล่าวดังเช่นจากโครง h แปลงไปสู่โครง k

$${}^k_h[T] = {}^k_j[T] {}^j_h[T]$$

เมื่อ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ

$${}^h_k [T] = \begin{bmatrix} \cos\theta_n & -\sin\theta_n \cos\tau_j & \sin\theta_n \sin\tau_j & l_j \cos\theta_n \\ \sin\theta_n & \cos\theta_n \cos\tau_j & -\cos\theta_n \sin\tau_j & l_j \sin\theta_n \\ 0 & \sin\tau_j & \cos\tau_j & S_n \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

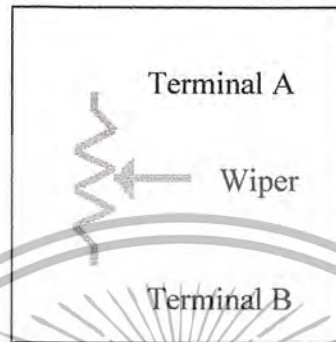


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 Potentiometer

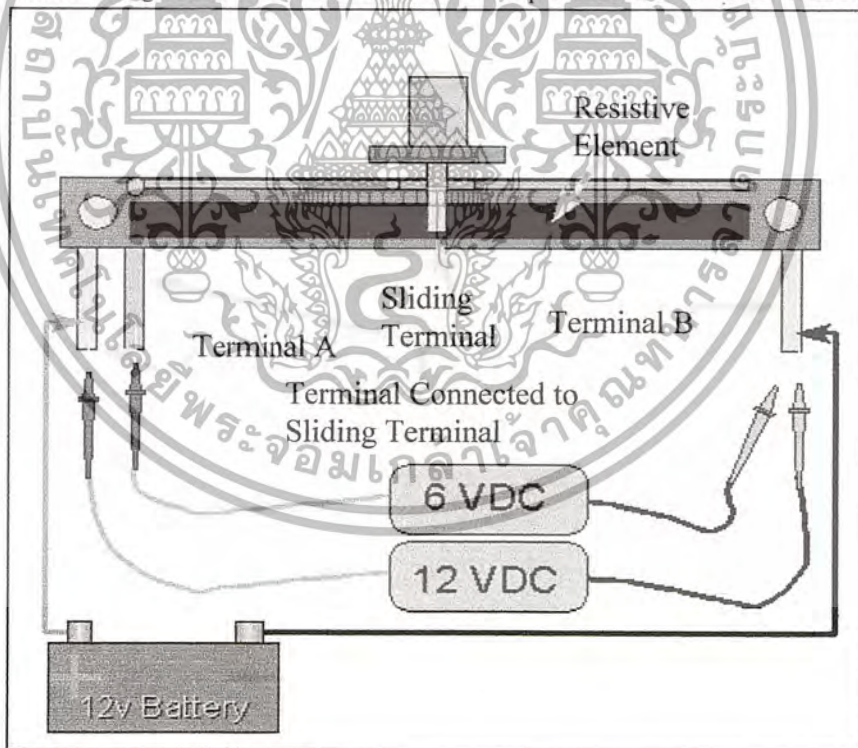
Potentiometer คือ ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ ซึ่ง โดยทั่วไป Potentiometer จะมี 3 ขั้ว โดย 2 ขั้วแรก จะต่ออยู่กับ ขั้วไฟฟ้า (จากแหล่งจ่ายไฟ) และโดยส่วนมากขั้วที่ 3 จะอยู่ตรงกลางระหว่าง 2 ขั้วแรก ซึ่งเรียกว่า wiper

Wiper นี้ จะมีลักษณะเป็นหน้าสัมผัสที่สามารถเคลื่อนที่ไปตามตัวต้านทาน เพื่อปรับค่าความต้านทานให้เพิ่ม ขึ้นหรือลดลง ซึ่ง diagram จะแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 2.7 แสดงตัวต้านทานปรับค่าได้

Potentiometer มีหน้าที่แบ่ง voltage ซึ่งจะเป็นไปตามการเคลื่อนที่ของ wiper โดยจะแสดงลักษณะการต่อวงจรตามรูป



รูปที่ 2.8 แสดง ตัวอย่างการต่อวงจรให้กับ Potentiometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 ขั้วหัวท้ายจะต่ออยู่กับขั้ว A และ B ซึ่งเป็น battery 12 volt ส่วนขั้วกลางจะเป็นตัวอ้างอิงจากการปรับค่าความต้านทาน ซึ่งถ้าเราปรับให้ wiper เคลื่อนที่ไปทางด้านขั้วบวก voltage ที่ได้จะสูงขึ้น และถ้าเราปรับ ให้ wiper เคลื่อนที่ไปทางด้านขั้วลบ voltage ที่ได้จะลดลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การทำงานของพอร์ตเครื่องพิมพ์ (PRINTER PORT)

พอร์ตเครื่องพิมพ์หรือพอร์ตขนาน ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยสัญญาณทั้งหมด 25 เส้นสัญญาณ โดยส่วนมากสัญญาณทั้งหมดจะผ่านคอนเน็คเตอร์ ชนิด DB25 PIN ตัวเมียโดยสัญญาณจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ตามลักษณะหน้าที่ของสัญญาณ คือ

สัญญาณข้อมูล (DATA) ขนาด 8 บิต เป็นรีจิสเตอร์เอาท์พุทขนาด 8 บิต ซึ่งมีหมายเลขพอร์ตในการติดต่อ คือ 0378H(LPT1) หรือ 0278H(LPT) เราสามารถส่งค่าข้อมูลออกโดยใช้คำสั่ง OUT ซึ่งเมื่อเราเขียนข้อมูลออกไปที่พอร์ตนี้ จะให้สัญญาณมีค่าเหมือนกับข้อมูลที่เขียนออกไปทุกประการ กล่าวคือ ถ้าเขียนค่าข้อมูลที่เป็น 1 ออกไปที่บิตใดๆ ของพอร์ตนี้จะทำให้สัญญาณของบิตนั้นเป็น โลจิก 1 ตามไปด้วย ซึ่งในพอร์ตนี้เราสามารถอ่านค่าของข้อมูลที่เรเขียนออกไปแล้วกลับเข้ามาเพื่อตรวจสอบว่าสัญญาณที่เราเขียนออกไปนั้น ถูกทำให้เปลี่ยนแปลงโดยอุปกรณ์ภายนอกหรือไม่

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงสัญญาณของพอร์ตเอาท์พุทขนาด 8 บิต

บิตสัญญาณข้อมูลที่อ่าน/ เขียน	สัญญาณที่พอร์ตเมื่อถูก เขียนด้วย โลจิก "1"	สัญญาณจากพอร์ตเมื่อ อ่านได้เป็น โลจิก "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) ซึ่งเราสามารถเขียนและอ่านข้อมูลจากพอร์ตนี้ได้ ซึ่งสัญญาณของบิต 0,1 และ 3 จะถูกกลับสถานะเป็นตรงข้ามจากค่าของข้อมูลที่เขียน/อ่าน กล่าวคือ ถ้าเราเขียนข้อมูลที่เป็น โลจิก 1 ออกไปที่บิตเหล่านี้จะทำให้สัญญาณกลับเป็น โลจิก 0 หรือถ้าสัญญาณที่คอนเน็คเตอร์มีค่าเป็น โลจิก 0 เมื่อเราอ่านค่าเข้ามาจะได้ค่าข้อมูลเป็น โลจิก 1 เช่นกัน

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงสัญญาณของพอร์ตอินพุท/เอาท์พุทและสัญญาณควบคุมต่างๆ

บิตสัญญาณข้อมูลที่อ่าน/ เขียน	สัญญาณที่พอร์ตเมื่อถูก เขียนด้วย โลจิก "1 "	สัญญาณจากพอร์ตเมื่อ อ่านได้เป็น โลจิก "1"	ขาสัญญาณของ DB25
0	LOW	LOW	1
1	LOW	LOW	14
2	HIGH	HIGH	16
3	LOW	LOW	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	ENABLE IRQ7	ENABLE IRQ 7 BIT	-
5-7	-	-	-

พอร์ตอินพุตเพื่อแสดงสถานะ ขนาด 5 บิต พอร์ตนี้มีหมายเลขพอร์ตในการติดต่อคือ 0379H(LPT1) หรือ 0279H(LPT2) ซึ่งสัญญาณข้อมูลจากพอร์ตนี้ ใช้สำหรับอ่านสถานะของพอร์ตอินพุต แบบ REALTIME STATUS จากภายนอกเพื่อส่งค่าไปประมวลผล

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงสัญญาณของพอร์ตอินพุต ขนาด 5 บิต และ สัญญาณควบคุมต่างๆ

บิตสัญญาณข้อมูลที่อ่าน/เขียน	สัญญาณจากพอร์ตเมื่ออ่าน ได้เป็น โลจิก "1"	ขาสัญญาณของ DB25
0	-	-
1	-	-
2	-	-
3	HIGH	15
4	HIGH	13
5	HIGH	12
6	HIGH	10
7	LOW	11

ซึ่งสัญญาณที่เรานำมาใช้เชื่อมต่อเพื่อใช้ควบคุมและอ่านเขียนข้อมูลกับบอร์ด ET-AD12 นี้จะใช้สัญญาณจากพอร์ตเครื่องพิมพ์เพียงแค่ 4 สัญญาณ คือ

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

สัญญาณ D0 จะถูกใช้เป็นสัญญาณข้อมูลที่จะเขียนให้กับ ไอซี LTC1298 ทางขาข้อมูลเข้า (DI)

สัญญาณ D1 จะถูกใช้สำหรับเป็นสัญญาณนาฬิกา(CLK) เพื่อใช้กำหนดระยะเวลาการเขียน/อ่านข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์(PC) จากพอร์ตเครื่องพิมพ์ กับ ไอซี LTC1298 ให้สัมพันธ์สอดคล้องกัน

สัญญาณ D3 จะถูกใช้สำหรับเป็นสัญญาณควบคุมเลือกการทำงานของ ไอซี LTC1298 (CS)

สัญญาณจากพอร์ตอินพุตสถานะ ซึ่งมีตำแหน่งการติดต่ออยู่ที่ 0379H(LPT1) หรือ 0279H(LPT2) ซึ่งใช้สัญญาณจากพอร์ตนี้เพียง 1 สัญญาณ คือ สัญญาณบิตที่ 7 (BUSY) ซึ่งสัญญาณนี้จะใช้เป็นอินพุตเพื่อทำการอ่านค่าขอข้อมูลที่ส่งออกมาจาก ไอซี LTC1298 ทางขาข้อมูลออก(DO)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การทำงานของไอซี LTC1298

ไอซี เป็นไอซีทำหน้าที่ใช้เปลี่ยนสัญญาณ ANALOG เป็น สัญญาณทาง DIGITAL ขนาด 12 บิต จำนวน 2 CHANNEL โดยเป็นไอซีจัดอยู่ในตัวถังแบบ DIP ขนาด 8 ขา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

PIN 1 (CS# / SHDN) : เป็นขาสัญญาณ CHIP SELECT อินพุท ใช้ควบคุมการทำงานของไอซี ทำงานที่โลจิก 0 เมื่อขาได้รับโลจิก 0 จะเป็นการเลือกการทำงานให้กับไอซี (ENABLE) เมื่อขาเป็นโลจิก 1 จำทำให้ ไอซีหยุดการทำงานและอยู่ในโหมด SHUT DOWN

PIN2(CH0) : เป็นขาสัญญาณ ANALOG INPUT ของ CHANNEL0

PIN3(CH1) : เป็นขาสัญญาณ ANALOG INPUT ของ CHANNEL1

PIN4(GND) : เป็นขาสัญญาณอ้างอิง GROUND ของไอซี ซึ่งควรต่อโดยตรงกับ GROUND PLANE เพื่อลดสัญญาณรบกวน

PIN5(DIN) : เป็นขาสัญญาณรับอินพุทแบบอนุกรมของสัญญาณDIGITAL เพื่อใช้กำหนด CHANNEL และ FORMAT ของข้อมูลที่ต้องการอ่านค่ากลับออกมาทางขาสัญญาณ DOUT

PIN6(DOUT) : เป็นขาสัญญาณเอาต์พุทแบบอนุกรม ซึ่งค่าของข้อมูลที่อ่านได้จากขานี้คือผลลัพธ์จากการเปลี่ยนสัญญาณ ANALOG เป็นสัญญาณ DIGITAL ของ ไอซี LTC1298

PIN7(CLK) : เป็นสัญญาณนาฬิกาอินพุท ใช้เป็นสัญญาณอ้างอิงสำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับ ไอซี LTC1298 โดยจะทำการอ่านและเขียนข้อมูลกับ ไอซี LTC1298 ในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกาเสมอ

PIN8(VCC/AREF) : เป็นขาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ ไอซี LTC1298 ซึ่งขานี้จะใช้เป็นขาสัญญาณอ้างอิงของไอซีในการเปลี่ยนค่าจากสัญญาณ ANALOG ให้เป็นสัญญาณทาง DIGITAL ด้วย ดังนั้นขานี้จึงควรทำการป้องกันและกำจัดสัญญาณรบกวนให้กับ ไอซีด้วย เพราะถ้าหากว่าขานี้เกิดสัญญาณรบกวนมากหรือแรงดันไฟเลี้ยงไม่คงที่ จะส่งผลทำให้ค่าของข้อมูลเอาต์พุทที่ได้เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

จะเห็นว่าในการจัดวงจรเพื่อเชื่อมต่อกับ ไอซี LTC1298 ต้องใช้สัญญาณทั้งหมด 4 เส้น ซึ่งเป็นสัญญาณเอาต์พุทจากอุปกรณ์ภายนอกส่งไปให้ ไอซี LTC1298 เพื่อควบคุมและสั่งงาน 3 สัญญาณ และเป็นสัญญาณเอาต์พุทส่งออกจาก ไอซี LTC1298 เพื่อใช้สำหรับอ่านค่าจาก ไอซี LTC1298 อีก 1 สัญญาณ

2.4.1 การเขียนข้อมูลให้กับไอซี LTC1298

ไอซี LTC1298 ต้องการสัญญาณข้อมูลอินพุตจำนวน 4 บิตเพื่อกำหนดการทำงาน โดยก่อนที่จะเขียนข้อมูลให้กับไอซี LTC1298 นี้ต้องกำหนดให้สัญญาณ CS ทำงานคือเป็น โลจิก 0 ก่อน และจึงเขียนข้อมูลให้กับไอซี LTC1298 ในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา โดยข้อมูลที่จะเขียนให้กับไอซี LTC1298 มีดังนี้คือ

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงข้อมูลที่จะเขียนให้กับไอซี LTC1298

START	SGL/DIFF	ODD/SIGN	MSBF
-------	----------	----------	------

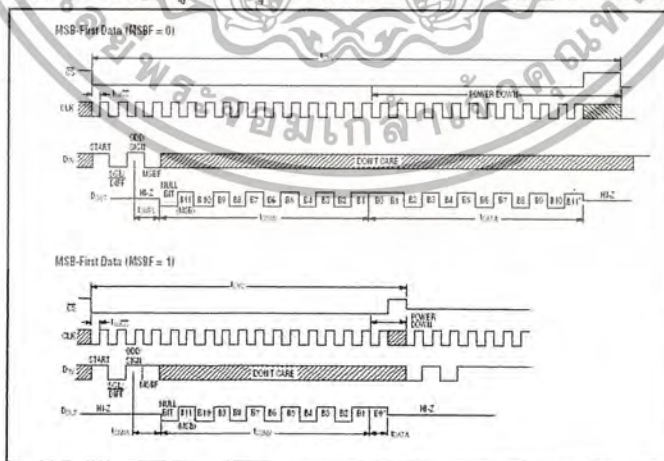
START BITS เป็นข้อมูลกำหนดการเริ่มต้น โดยต้องส่งเป็นบิตแรกหลังจากสัญญาณ CS เป็น โลจิก 0 แล้ว ซึ่งค่าของสัญญาณ START BIT นี้ต้องมีค่าเป็น โลจิก 1 เสมอ

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

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงการกำหนดรูปแบบของสัญญาณ ANALOG อินพุต

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

MSBF เป็นการกำหนดลำดับข้อมูลอินพุตที่จะอ่านจากไอซี LTC1298 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ดังรูป



รูปที่ 2.9 ภาพแสดง ลักษณะความสัมพันธ์ของการอ่านเขียนข้อมูลกับการกำหนดค่าของ MSBF บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การคำนวณการเคลื่อนที่ของของแขนหุ่นยนต์หาพิกัดชิ้นงานโดยวิธี Forward Kinematics

เมื่อพิจารณารูป แสดงโครงสร้างทาง mechanism ของแขนหุ่นยนต์หาพิกัดชิ้นงานสามารถตั้ง โครงต่างๆ ได้ดังนี้

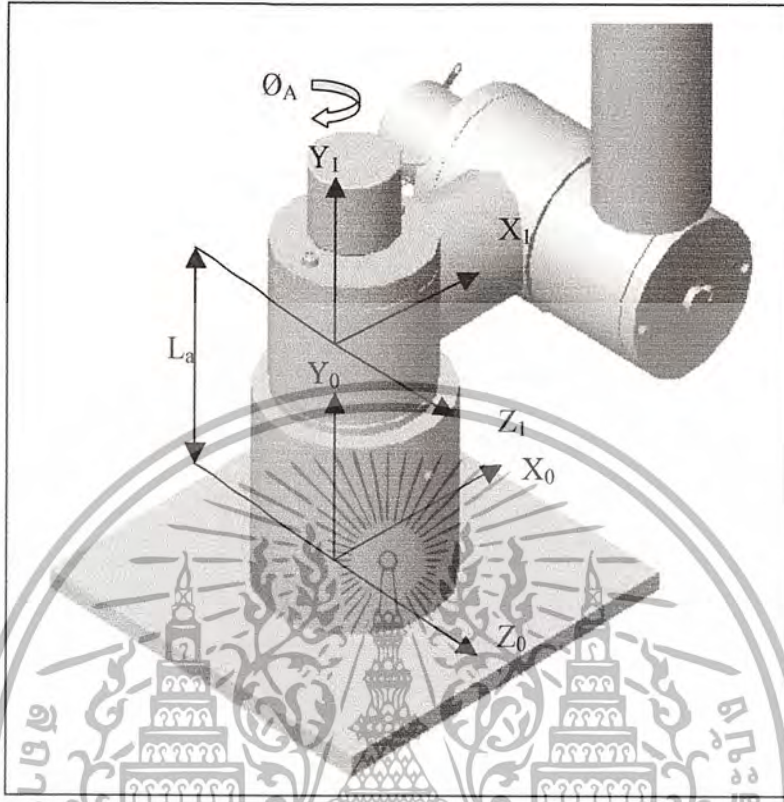


รูปที่ 2.10 แสดงโครงแกนต่างๆแขนหุ่นยนต์เพื่อหาพิกัดชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเลขที่เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 เมื่อพิจารณาแต่ละจุดเชื่อมต่อ เพื่อสร้าง Transformation matrix

1. Transformation matrix ของ joint0 และ link0



รูปที่ 2.11 แสดงรายละเอียดของ joint0 และ link0

กำหนด L_a = ระยะความห่างโดยวัดจากฐาน ไปยังตำแหน่งที่ตรงกันระหว่างจุดกึ่งกลางของ joint0 และ link0

θ_A = องศาการหมุนตามแนวแกน Y_0

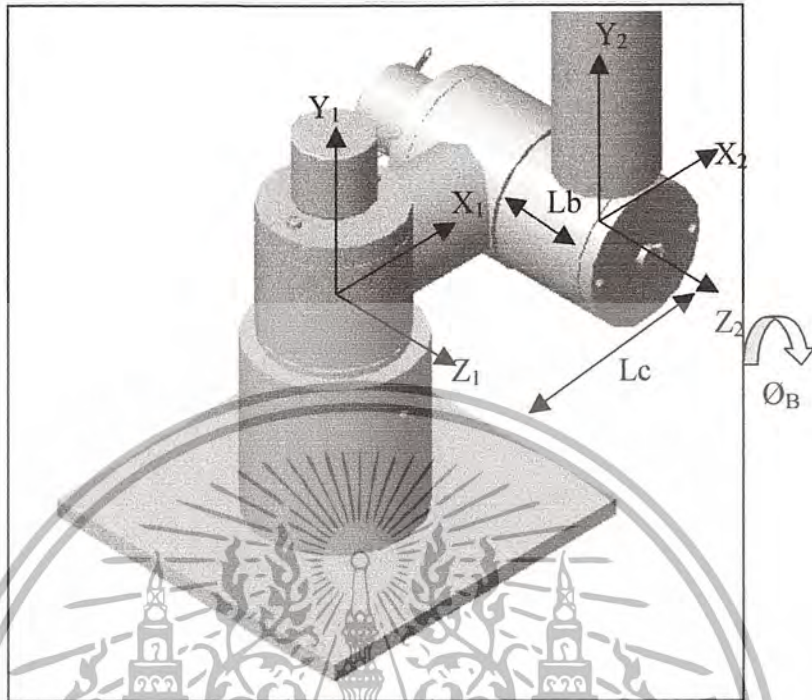
ได้ Transformation matrix

$${}^0_0[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_a \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_A & 0 & \sin\theta_A & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin\theta_A & 0 & \cos\theta_A & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^0_0[T] = \begin{bmatrix} \cos\theta_A & 0 & \sin\theta_A & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_a \\ -\sin\theta_A & 0 & \cos\theta_A & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Transformation matrix ของ link0 และ joint1



รูปที่ 2.12 แสดงรายละเอียดของ link0 และ joint1.

กำหนด L_b = ระยะความห่างตามแกน Z_1 จากจุด origin ของ joint0 ไปยังตำแหน่งที่ตรงกันระหว่างจุดกึ่งกลางของ joint1 และ link1

L_c = ระยะความห่างตามแกน X_1 จากจุด origin ของ joint0 ไปยังตำแหน่งที่ตรงกันระหว่างจุดกึ่งกลางของ joint1 และ link1

θ_B = องศาการหมุนตามแนวแกน Z_2

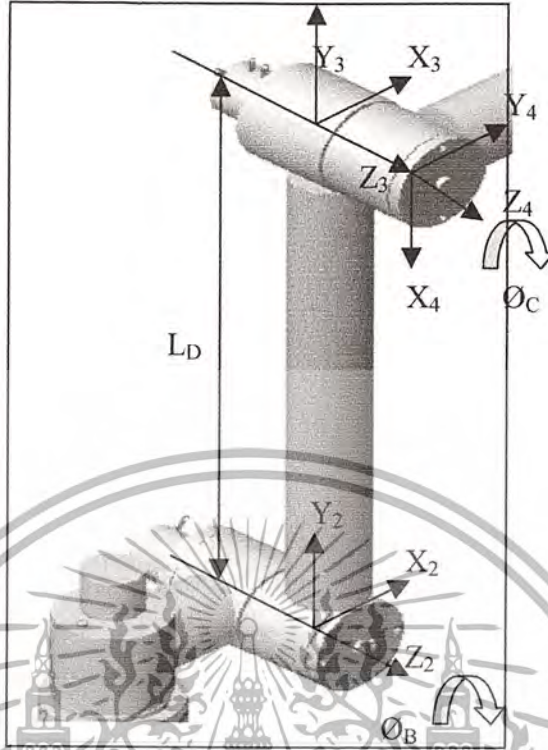
ได้ Transformation matrix

$${}^1_0[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L_c \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & L_b \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_B & -\sin\theta_B & 0 & 0 \\ \sin\theta_B & \cos\theta_B & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^1_0[T] = \begin{bmatrix} \cos\theta_B & -\sin\theta_B & 0 & L_c \\ \sin\theta_B & \cos\theta_B & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & L_b \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.Transformation matrix ของ joint1 และ joint2



รูปที่ 2.13 แสดงรายละเอียดของ joint1 และ joint2

กำหนด L_d = ระยะความห่างตามแกน Y_2 จากจุด origin ของ joint1 ไปยังตำแหน่งที่ตรงกันระหว่างจุดกึ่งกลางของ joint2 และ link2

L_c = ระยะความห่างตามแกน Z_3 จากจุด origin ของ joint2 ไปยังตำแหน่งที่ตรงกันระหว่างจุดกึ่งกลางของ joint2 และ link2

θ_C = องศาการหมุนตามแนวแกน Z_4

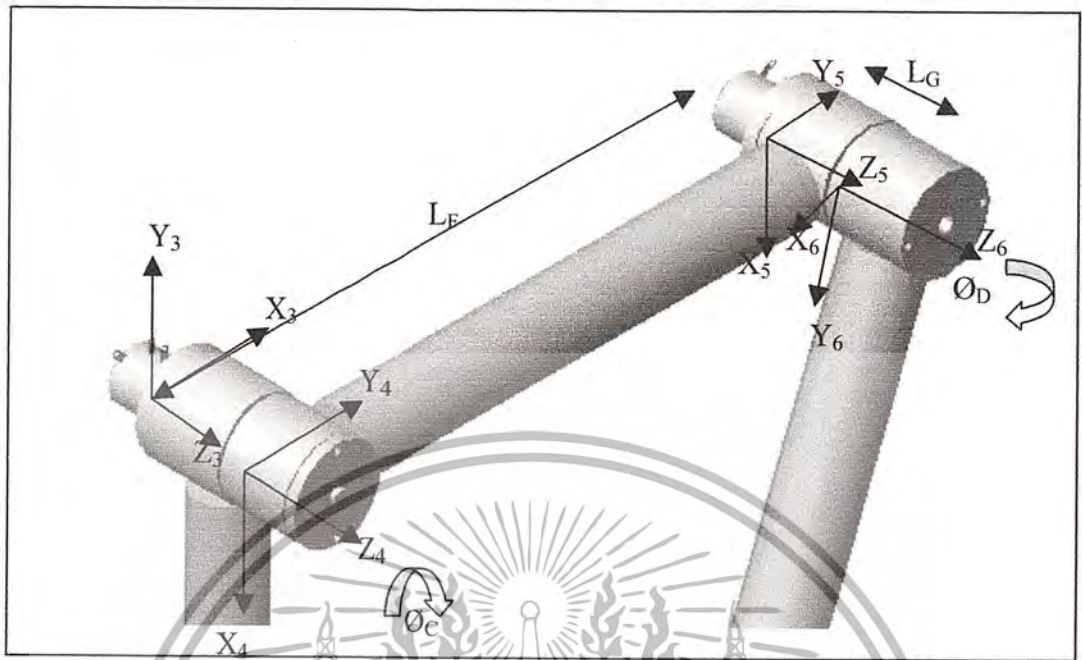
ได้ Transformation matrix

$${}^1_2[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_d \\ 0 & 0 & 1 & L_c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_C & -\sin\theta_C & 0 & 0 \\ \sin\theta_C & \cos\theta_C & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^1_2[T] = \begin{bmatrix} \cos\theta_C & -\sin\theta_C & 0 & 0 \\ \sin\theta_C & \cos\theta_C & 0 & L_d \\ 0 & 0 & 1 & L_c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Transformation matrix ของ joint2 และ joint3



รูปที่ 2.14 แสดงรายละเอียดของ joint2 และ joint3

กำหนด L_f = ระยะความห่างตามแกน Y_4 จากจุด origin ของ joint2 ไปยังตำแหน่งที่ตรงกันระหว่างจุดกึ่งกลางของ joint3 และ link3

L_g = ระยะความห่างตามแกน Z_5 จากจุด origin ของ joint3 ไปยังตำแหน่งที่ตรงกันระหว่างจุดกึ่งกลางของ joint3 และ link3

θ_D = องศาการหมุนตามแนวแกน Z_6

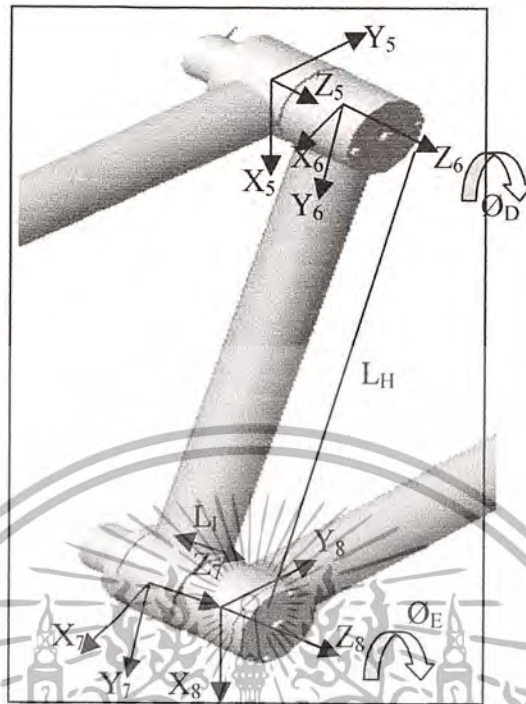
ได้ Transformation matrix

$${}^2_3[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_f \\ 0 & 0 & 1 & L_g \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_D & -\sin\theta_D & 0 & 0 \\ \sin\theta_D & \cos\theta_D & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^2_3[T] = \begin{bmatrix} \cos\theta_D & -\sin\theta_D & 0 & 0 \\ \sin\theta_D & \cos\theta_D & 0 & L_f \\ 0 & 0 & 1 & L_g \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.Transformation matrix ของ joint3 และ joint4



รูปที่ 2.15 แสดงรายละเอียดของ joint3 และ joint4

กำหนด L_h = ระยะความห่างตามแกน Y_6 จากจุด origin ของ joint3 ไปยังตำแหน่งที่ตรงกันระหว่างจุดกึ่งกลางของ joint4 และ link4

L_i = ระยะความห่างตามแกน Z_7 จากจุด origin ของ joint4 ไปยังตำแหน่งที่ตรงกันระหว่างจุดกึ่งกลางของ joint4 และ link4

θ_E = องศาการหมุนตามแนวแกน Z_8

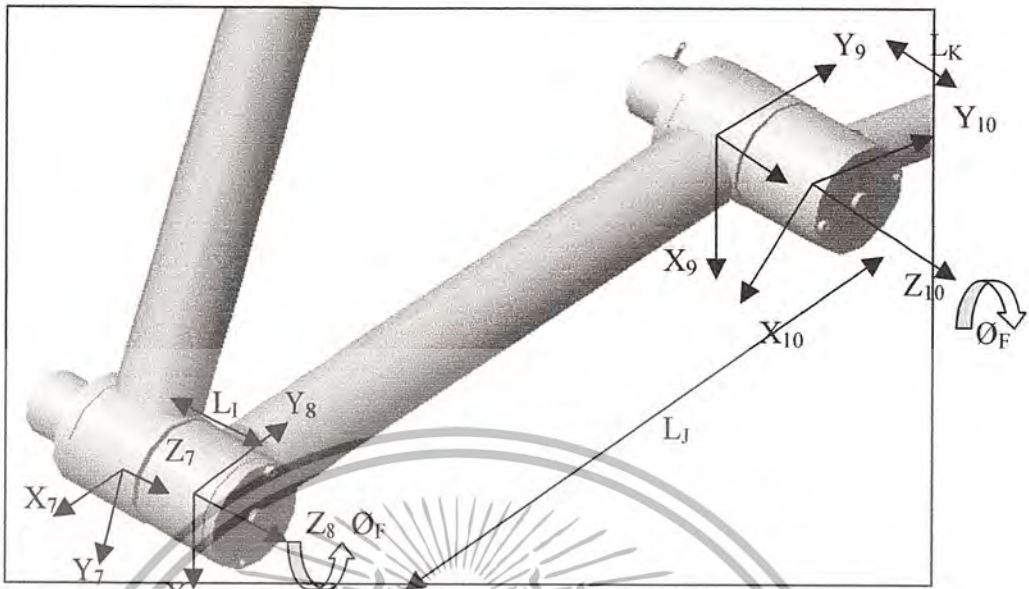
ได้ Transformation matrix

$${}^3_4[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_h \\ 0 & 0 & 1 & L_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_E & -\sin\theta_E & 0 & 0 \\ \sin\theta_E & \cos\theta_E & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^3_4[T] = \begin{bmatrix} \cos\theta_E & -\sin\theta_E & 0 & 0 \\ \sin\theta_E & \cos\theta_E & 0 & L_h \\ 0 & 0 & 1 & L_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Transformation matrix ของ joint4 และ joint5



รูปที่ 2.16 แสดงรายละเอียดของ joint4 และ joint5

กำหนด L_j = ระยะความห่างตามแกน Y_8 จากจุด origin ของ joint3 ไปยังตำแหน่งที่ตรงกันระหว่างจุดกึ่งกลางของ joint5 และ link5

L_k = ระยะความห่างตามแกน Z_9 จากจุด origin ของ joint5 ไปยังตำแหน่งที่ตรงกันระหว่างจุดกึ่งกลางของ joint5 และ link5

θ_F = องศาการหมุนตามแนวแกน Z_{10}

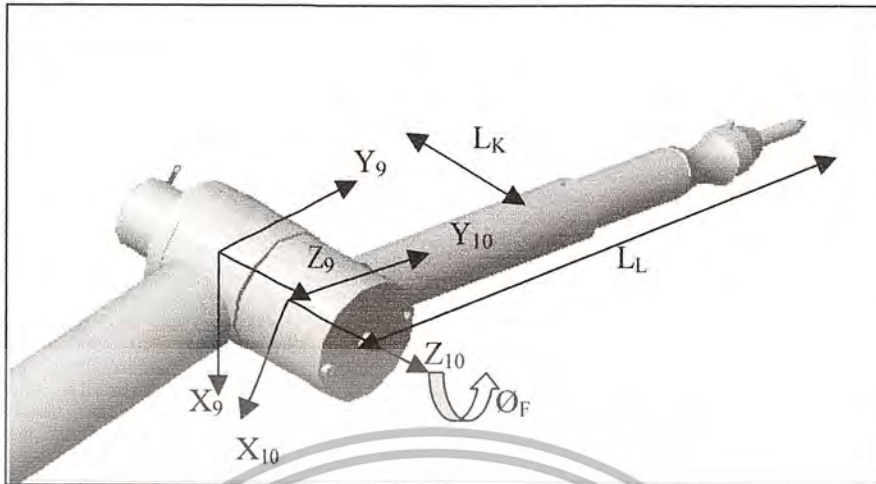
ได้ Transformation matrix

$${}^4_5[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_j \\ 0 & 0 & 1 & L_k \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_F & -\sin\theta_F & 0 & 0 \\ \sin\theta_F & \cos\theta_F & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^4_5[T] = \begin{bmatrix} \cos\theta_F & -\sin\theta_F & 0 & 0 \\ \sin\theta_F & \cos\theta_F & 0 & L_j \\ 0 & 0 & 1 & L_k \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Transformation matrix ของ joint5 และ link5



รูปที่ 2.17 แสดงรายละเอียดของ joint5 และ link5

กำหนด L_1 = ระยะความห่างตามแกน Y_{10} จากจุด origin ของ joint5 ไปยังจุดปลายของหัว probe
ได้ Transformation matrix

$${}^5_5[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$${}^5_5[T] = \begin{bmatrix} 0 \\ L_1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

พิจารณาจุดพิกัดที่ตำแหน่งปลายหัว probe จะได้อดังนี้

$$[T]_{รวม} = {}^0_0[T] {}^1_0[T] {}^1_2[T] {}^2_3[T] {}^3_4[T] {}^4_5[T] {}^5_5[T]$$

จะได้สมการใน Form

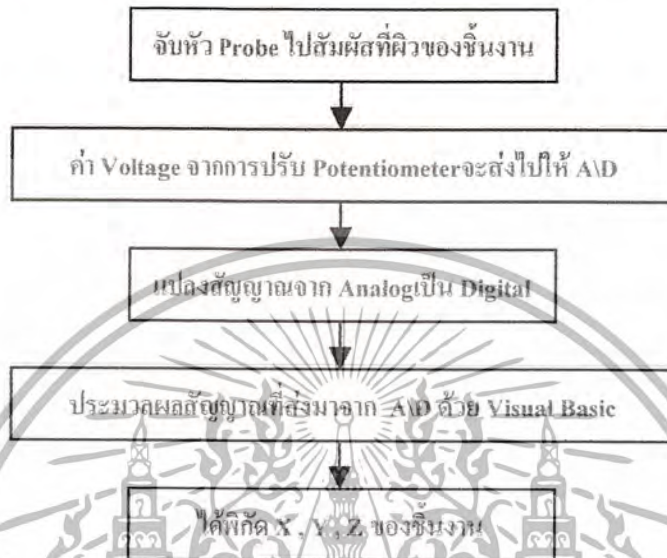
$$[T]_{รวม} = \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \\ 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ / การดำเนินงาน

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 Flow Chart การทำงานของเครื่อง

3.1.1 ลำดับขั้นตอนในการดำเนินงาน

1. การศึกษารายละเอียดเบื้องต้นของโครงการ
2. วางแผนการทำงาน
3. ศึกษาหาข้อมูล
4. การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์
5. การออกแบบด้านซอฟต์แวร์
6. การจัดหาวัสดุที่จะนำมาใช้ในการทำโครงการ
7. การดำเนินการด้านฮาร์ดแวร์
8. การดำเนินการด้านซอฟต์แวร์
9. การดำเนินการด้านวงจรควบคุมการทำงาน

3.2 แผนการทำงานและสร้างเครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน 3 มิติ

แผนการทำงานที่จะนำมาใช้กับการสร้างเครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน 3 มิติ แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ด้านฮาร์ดแวร์ ด้านซอฟต์แวร์ และด้านวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาออกแบบและใช้กับเครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน 3 มิติ โดยที่ในส่วนฮาร์ดแวร์จะรวมในส่วนของการออกแบบเครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน 3 มิติ และรวมไปถึงการต่อวงจรควบคุมการทำงานและการอินเตอร์เฟสด้วย เพื่อให้สะดวกในการทำงาน ได้มีการวางแผนการทำงานเป็นแผนภูมิ เพื่อให้เข้าใจง่ายต่อการทำความเข้าใจ

ด้านฮาร์ดแวร์ แบ่งการทำงานออกเป็น การศึกษา การออกแบบ การปรับปรุงและตัดสินใจเลือกแบบ การจัดซื้ออุปกรณ์ และการสร้างเครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน 3 มิติ และรวมไปถึงการต่อวงจรควบคุมการทำงานและการอินเตอร์เฟสด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านซอฟต์แวร์ แบ่งการทำงานออกเป็นการศึกษา การออกแบบ การสร้างรูปแบบของ โปรแกรม การตรวจสอบ การทำงานของ โปรแกรม และการทดลองโปรแกรมกับเครื่องวัดพิคตินงาน 3 มิติ

ด้านวัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องวัดพิคตินงาน 3 มิติ แบ่งการทำงานออกเป็น การศึกษา การจัดซื้อ การสร้าง(ในส่วนที่ไม่ทำการจัดซื้อ)และการนำอุปกรณ์ที่ได้มาสร้างเครื่องวัดพิคตินงาน

3.3 การออกแบบด้าน Hardware

ทำการออกแบบเครื่องวัดพิคตินงาน 3 มิติ ให้มีอุปกรณ์หลักๆเท่าที่จำเป็น โดยจะเน้นในส่วนของบริษัทของแชนที่จะเป็นตัวอ่านค่าของข้อมูลเมื่อทำการส่งค่าไปแสดงผลยังหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยมีขั้นตอนในการออกแบบ ดังนี้

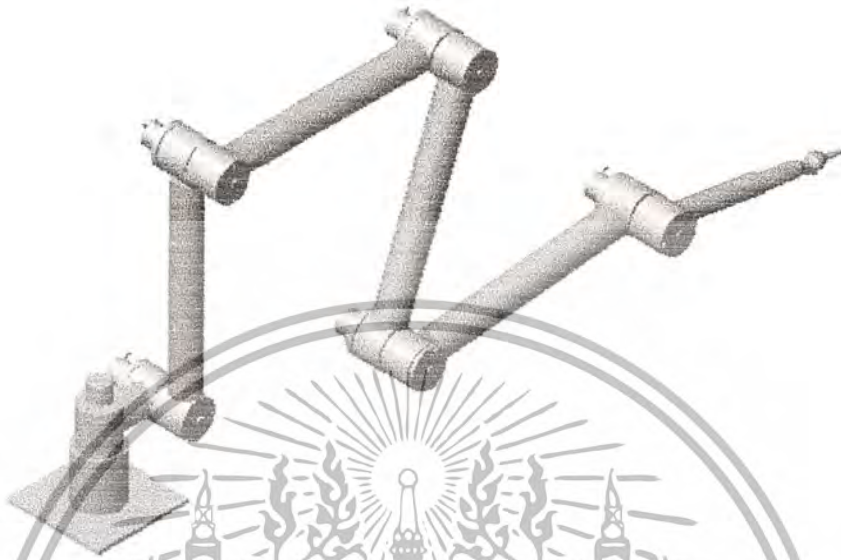


รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการออกแบบฮาร์ดแวร์

3.3.1 การออกแบบโครงสร้างของเครื่อง

โครงสร้างหลักของเครื่องที่ได้ออกแบบมาเพื่อรองรับ potentiometer ให้สามารถหมุนเพื่อที่จะรับค่าตอนที่ potentiometer หมุนและแบ่งเป็น 2 ข้อต่อ เพื่อให้มีการชดกันในตัวองโดยใช้ตลับลูกปืนช่วยในการหมุน ส่วนในรูปเต็มนั้นจะนำข้อต่อทั้ง 6 ส่วนมาเชื่อมเข้าหากันโดยจะใช้อลูมิเนียม แต่ละข้อต่อของเครื่องวัดพิคตินงาน 3 มิติ จะสามารถหมุนได้เพื่อรับค่าที่เปลี่ยนแปลงของพิคคเมื่อนำเครื่องไปทำการหาค่าของชิ้นงาน จะต้องทำการจัดหาตำแหน่งด้วยตนเองเมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการแล้ว ก็ทำการกดบริเวณหัวโพลบเพื่อส่งค่าเข้ามาแสดงผลยังหน้าจอของเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป โดยทำการออกแบบดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แบบเครื่องวัดที่ติดตั้งงาน 3 มิติ

3.3.2 การออกแบบส่วนของข้อต่อ

การสร้างในส่วนของข้อต่อเน้นที่การทำให้มีการขัดกันเพื่อที่จะทำให้ potentiometer มีการหมุน โดยแต่ละข้อต่อจะนำค่าที่หมุนของ potentiometer ส่งค่ากลับไปประมวลผลเพื่อแสดงบนหน้าจอกอมพิวเตอร์ต่อไป โดยส่วนประกอบต่างๆของข้อต่อมีดังนี้

1. Housing ใช้รองรับในส่วนของตลับลูกปืน, แหวน, และ cover
 2. ตลับลูกปืนจะใช้เบอร์ 6805 ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐาน
 3. แกนเพลา
 4. คัปปลิ่ง
 5. cover เป็นส่วนที่ครอบตลับลูกปืนเพื่อให้ตลับลูกปืนขัดกันกับ housing
- ซึ่งส่วนประกอบต่างๆจะแสดงดังรูปต่อไปนี้

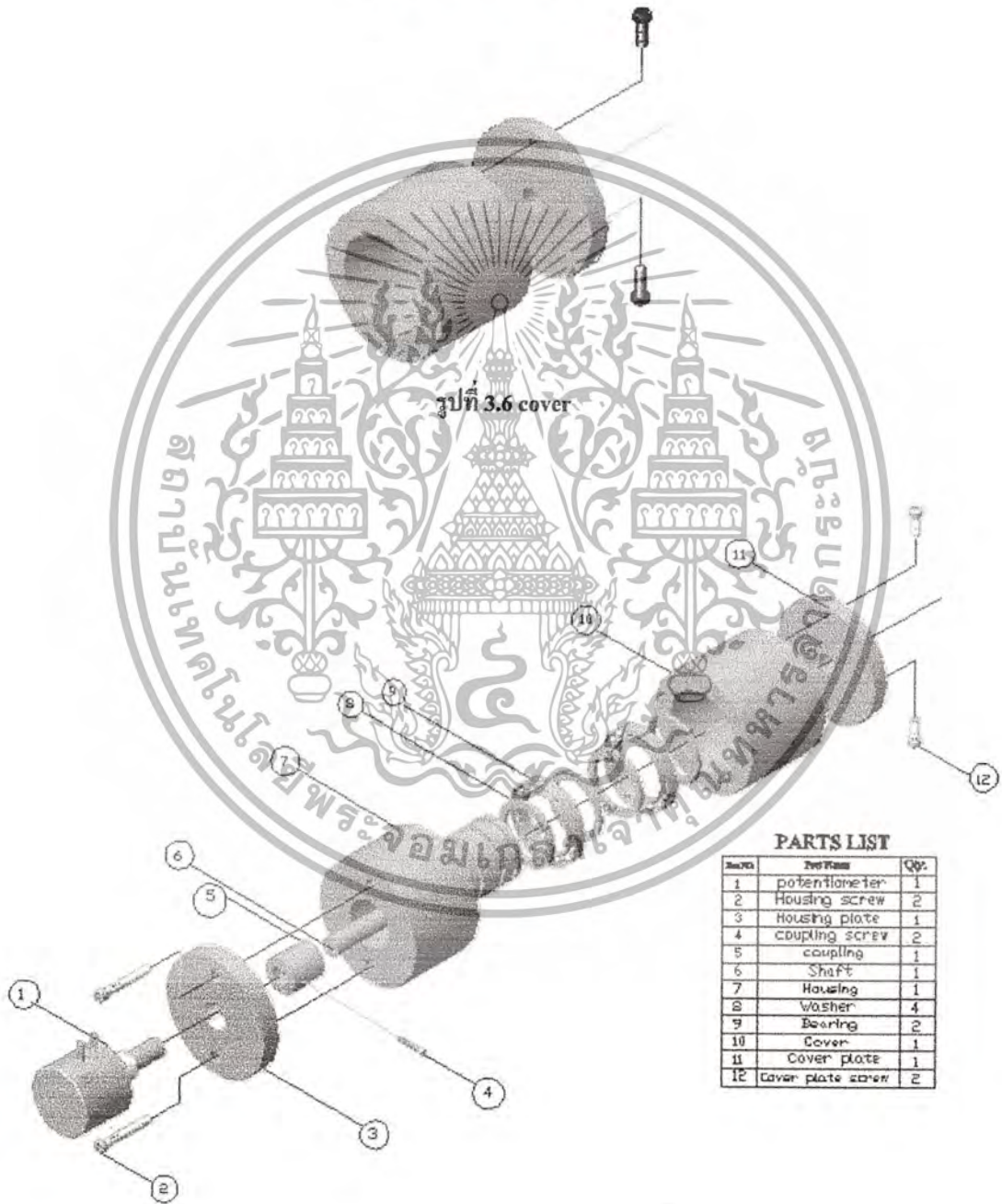


รูปที่ 3.4 Housing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 คัปปลิงและ แกนเพลลา



รูปที่ 3.6 cover

PARTS LIST

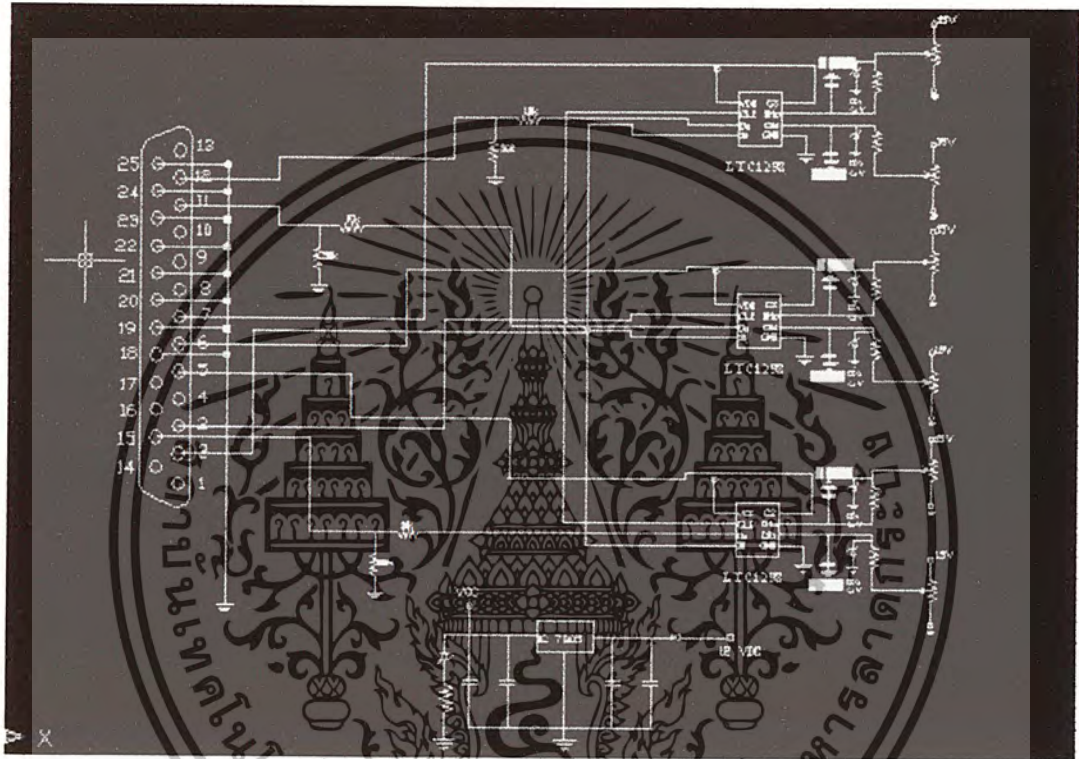
NO.	Part Name	Qty.
1	potentiometer	1
2	Housing screw	2
3	Housing plate	1
4	coupling screw	2
5	coupling	1
6	Shaft	1
7	Housing	1
8	Washer	4
9	Bearing	2
10	Cover	1
11	Cover plate	1
12	Cover plate screw	2

รูปที่ 3.7 แบบของการประกอบในส่วนของข้อต่อ

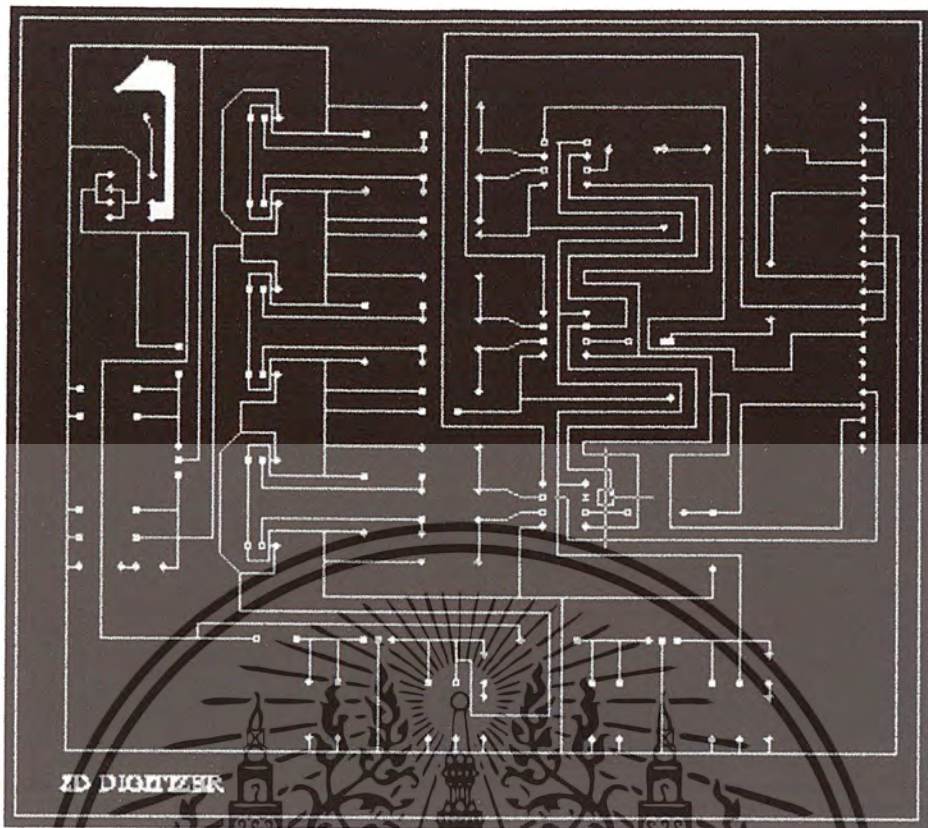
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ส่วนของการออกแบบวงจรสำหรับรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Hardware และ Software นั้นได้มีการนำตัว A/D(Analog to Digital) มาใช้ โดยวงจรที่นำมาใช้งานจะเลือกตามลักษณะการทำงานที่ต้องการหรือนำวงจรที่มีอยู่แล้ว มาประยุกต์ใช้ และวงจรที่นำมาทำนั้นจะนำมาประยุกต์ใช้เข้ากับ potentiometer ทั้ง 6 ตัวที่จะใช้รับค่าไปแสดงผลบน หน้าจอคอมพิวเตอร์โดยจะใช้การทำงานของไอซี LTC1298 ซึ่งจะทำการแปลงค่าจากอนาลอกเป็นดิจิตอล เพื่อที่ คอมพิวเตอร์จะสามารถรับค่าได้และจะแสดงผลโดยผ่านพอร์ตขนาน(Printer Port)และในส่วนของการประมวลผลนั้น จะทำการประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Visual basic และ แสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ต่อไป



รูปที่ 3.8 แสดงการออกแบบด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์

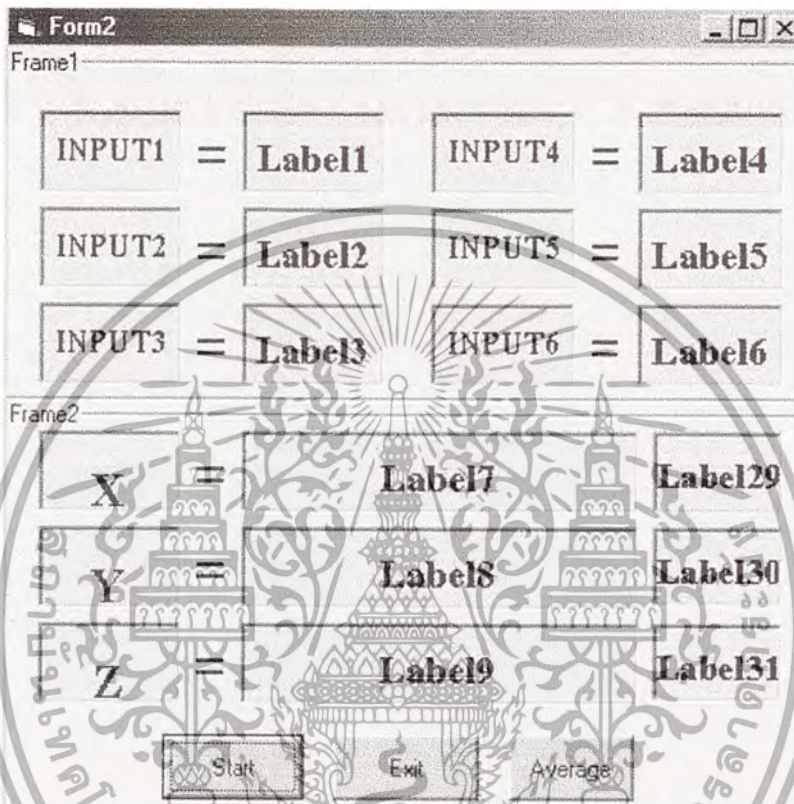


รูปที่ 3.9 แสดงลายแผ่นปริ้นต์ด้านล่างอุปกรณ์ของวงจร



3.5 การออกแบบด้าน Software

ทำการศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องวัดพิคคิ์ชันงานให้สามารถรับ-ส่งข้อมูล และศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องวัดพิคคิ์ชันงาน โดยแบ่งการทำงานออกเป็นการศึกษา การออกแบบ การสร้างรูปแบบของโปรแกรม การตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม และการทดลองโปรแกรมกับเครื่องวัดพิคคิ์ชันงาน 3 มิติ



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลเมื่อ Run Program

3.5.1 ขั้นตอนการทำงานของ Program

1. เมื่อ กดปุ่ม Start จะทำให้ Program เริ่มทำงาน
2. เมื่อกดปุ่ม Exit จะออกจาก Program
3. เมื่อกดปุ่ม Average Program จะทำการเฉลี่ยค่า X,Y, and Z

3.5.2 ความหมายของแต่ละส่วนใน Program

1. Input1-Input6 1 คือ Potentiometer ตัวที่ 1 ถึง Potentiometer ตัวที่6
2. Label1-Label6 คือ ค่าที่เปลี่ยนแปลงตามการหมุนของตัว Potentiometer
3. Label7-Label9 คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณใน Program เป็นค่า Coordinate X,Y,Z
4. Label29-Label31 1คือ ค่าที่ได้จากการ Average X,Y,Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Form2

Frame1

INPUT1 = 4095 INPUT4 = 4095

INPUT2 = 4095 INPUT5 = 4095

INPUT3 = 4095 INPUT6 = 4095

Frame2

X = -127.080734324667 Label29

Y = 94.84421799366 Label30

Z = -143.012686446434 Label31

Start Exit Average

รูปที่ 3.11 ตัวอย่างหน้าจอเมื่อคลิกปุ่ม Start

Form2

Frame1

INPUT1 = 4095 INPUT4 = 4095

INPUT2 = 4095 INPUT5 = 4095

INPUT3 = 4095 INPUT6 = 4095

Frame2

X = -127.080734324667 -127.080

Y = 94.84421799366 94.8442

Z = -143.012686446434 -143.012

Start Exit Average

รูปที่ 3.12 ตัวอย่างหน้าจอเมื่อคลิกปุ่ม Average

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินการ

การศึกษาการสร้างเครื่องวัดพิคคี่งาน 3 มิติ แบ่งได้เป็น 2 ด้าน คือ ด้าน Hardware เกี่ยวข้องกับการศึกษาหลักการการทำงานของเครื่องวัดพิคคี่งาน 3 มิติ โดยพิจารณาถึงความสามารถในการใช้งานของเครื่องวัดพิคคี่งาน 3 มิติ รวมไปถึงวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่อง และการออกแบบรูปแบบของเครื่องวัดพิคคี่งาน 3 มิติ และส่วนที่ 2 ก็คือด้าน Software เกี่ยวข้องกับการศึกษาการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมที่ใช้สร้างคือโปรแกรม Visual Basic ในการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับเครื่องวัดพิคคี่งาน 3 มิติ ในการวัดพิคคี่งาน การดำเนินการทั้งหมด ได้ผลดังนี้

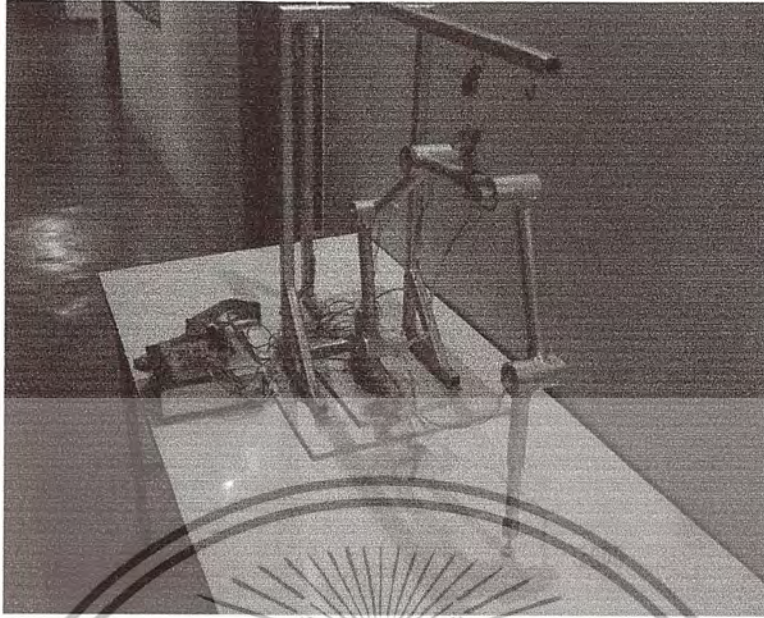
4.1 ผลการทดลองด้าน Hardware

การออกแบบตัวเครื่องสามารถทำการสร้างเครื่องวัดพิคคี่งาน 3 มิติ ได้โดยมีลักษณะดังรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 เครื่องวัดพิคคี่งาน 3 มิติที่สมบูรณ์

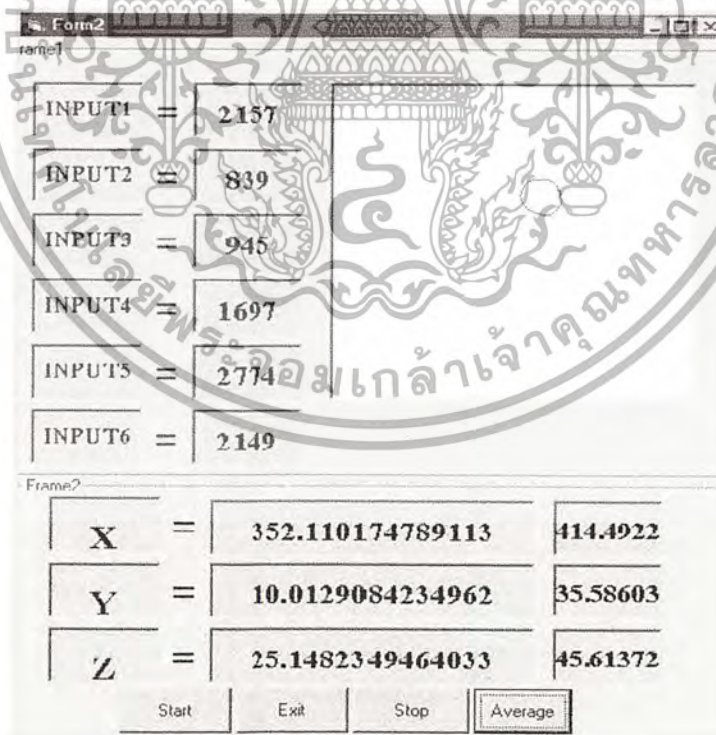
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 เครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน 3 มิติ

4.2 ผลการทดลองด้านโปรแกรม

การทดลองโปรแกรมค่าที่เครื่องอ่านได้จะปรากฏที่หน้าจอ



รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างProgram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปแบบฟอร์มนี้ค่าที่ได้จะได้อากการนำส่วนปลายของเครื่องวัดพิคคชันงาน 3 มิติ ไปแตะที่ส่วนของชิ้นงานทดสอบ โดยในรูปแบบฟอร์มประกอบไปด้วย ส่วนที่เป็นข้อมูลของค่าที่ได้จาก potentiometer และค่าที่ได้จากการนำค่าจาก potentiometer มาแปลงโดยใช้วิธี Forward Kinematics ผ่าน โปรแกรม Visual Basic ที่ได้ทำการเขียนขึ้นมา ซึ่งค่าที่ได้ก็คือค่าของ พิกัด x, พิกัด y และพิกัด z

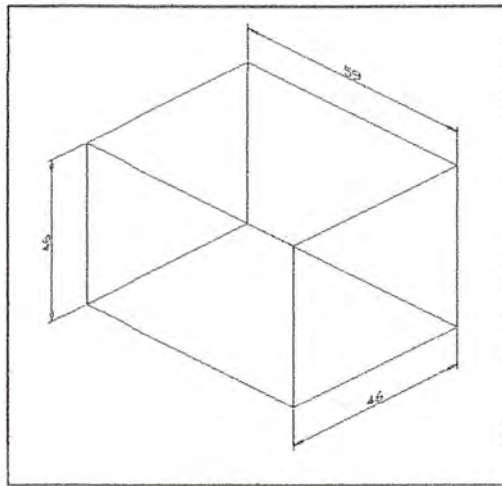
ในการที่จะ ได้มาซึ่งค่าของพิกัดชิ้นงาน 3 มิติต้องอาศัยมือบังคับเครื่องวัดพิคคชันงานในส่วนปลายของเครื่อง (หัวโพรบ) ไปแตะ ในบริเวณที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม Start ค่าที่ได้จะออกมาเป็นพิกัดซึ่ง ได้จากการหาค่าเฉลี่ยในช่วงสั้นๆ ออกมาดังรูปที่ 4.4

The screenshot shows a window titled 'Form2' with a 'Frame1' containing a table of data. The table is divided into two sections. The first section lists six input values (INPUT1 to INPUT6) with their corresponding numerical values. The second section lists three output values (X, Y, Z) with their corresponding numerical values. The values for X, Y, and Z are displayed in two columns, suggesting a range or multiple readings.

INPUT1	=	2084	
INPUT2	=	1330	
INPUT3	=	1373	
INPUT4	=	1474	
INPUT5	=	963	
INPUT6	=	3084	
X	=	395.088575341603	348.1931
Y	=	-342.413462100817	207.5948
Z	=	-83.8051278983418	-117.3701

รูปที่ 4.4 แสดงตัวอย่างค่าของพิกัด x,y และ z

จากรูปแบบฟอร์ม ค่าของ Frame ที่ 1 คือค่าของมุมของ Potentiometer ส่วนพื้นที่ทางด้านขวา คือพื้นที่แสดงรูปของชิ้นงาน ในแบบ 2 มิติและค่าพิกัดชิ้นงานของแกน x,y และ z จะออกมาที่ Frame ที่ 2 โดยทำการเก็บค่าเป็นช่วง(เนื่องจากข้อมูลที่ได้มีการแกว่งตัว) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ส่วนในการทดลองจะทำการทดสอบกับชิ้นงานรูปทรง 4 เหลี่ยมซึ่งมีขนาดแต่ละด้านเป็นดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงขนาดของชิ้นงานแต่ละด้านของชิ้นงานตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลอง

การวางชิ้นงาน จะวางอยู่ที่ตำแหน่ง

- $X = 395 \text{ mm.}$
- $Y = 0 \text{ mm.}$
- $Z = 13 \text{ mm.}$

ค่าที่วัดพิกัด โดยที่ทำการทดลองวัดพิกัดในแนวแกน X ซึ่งในการทดลองจะทำการทดลองทั้งหมด 40 ครั้ง และผลการทดลองที่ได้เป็นดังตารางที่ 4.1

ค่าที่	แกน X		ผลต่าง	ค่าที่	แกน X		ผลต่าง
1	389	450	61	21	397	460	63
2	397	452	55	22	402	460	58
3	385	450	65	23	399	462	63
4	396	456	60	24	398	456	58
5	391	445	54	25	400	458	58
6	396	455	59	26	389	454	65
7	390	453	63	27	390	450	60
8	394	455	61	28	392	449	57
9	391	447	56	29	389	445	56
10	392	448	56	30	392	452	60
11	392	448	56	31	400	460	60
12	393	445	52	32	402	459	57
13	398	461	63	33	398	462	64
14	393	449	56	34	396	458	62
15	394	449	55	35	400	460	60
16	390	456	66	36	394	448	54
17	392	446	54	37	393	450	57
18	399	460	61	38	389	450	61
19	393	445	52	39	393	450	57
20	397	460	63	40	392	450	58
			1168				1188

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าที่ได้จากการวัดค่าพิกัดของชิ้นงานตัวอย่างในแกน x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่ง	Max	Min	ค่า จริง	Mean	Error	Repeatability
1	402	385	395	394.175	4.31%	4.07549
2	460	450	455	454.075	2.20%	5.479
ผลต่าง	65	52	60	58.9	23.73%	3.671093

ตารางที่ 4.2 แสดงผลสรุปในแกน X

ค่าที่วัดพิกัด โดยที่ทำการทดลองวัดพิกัดในแนวแกน Y ซึ่งในการทดลองจะทำการทดลองทั้งหมด 40 ครั้ง และผลการทดลองที่ได้เป็นดังตารางที่ 4.2

ค่าที่	แกน Y		ผลต่าง	ค่าที่	แกน Y		ผลต่าง
1	-7	46	53	21	14	60	46
2	10	57	47	22	15	60	45
3	13	58	45	23	12	60	48
4	14	60	46	24	10	56	46
5	15	59	44	25	12	58	46
6	14	62	48	26	8	54	46
7	15	64	49	27	14	58	44
8	18	62	44	28	9	50	41
9	15	60	45	29	11	54	43
10	17	65	48	30	12	51	39
11	15	63	48	31	10	54	44
12	17	62	45	32	12	55	43
13	14	64	50	33	14	56	42
14	15	66	51	34	21	64	43
15	14	62	48	35	16	61	45
16	14	60	46	36	19	60	41
17	12	64	52	37	12	62	50
18	14	60	46	38	14	54	40
19	11	60	49	39	14	53	39
20	12	62	50	40	19	60	41
			954				872

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าที่ได้จากการวัดค่าพิกัดของชิ้นงานตัวอย่างในแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่ง	Max	Min	ค่า จริง	Mean	Error	Repeatability
1	17	9	13	13.75	58.18%	2.009
2	63	55	59	59.65	13.41%	2.741
ผลต่าง	50	41	46	45.9	16.95%	2.145956

ตารางที่ 4.4 แสดงผลสรุปในแกน Y

ค่าที่วัดพิกัด โดยที่ทำการทดลองวัดพิกัดในแนวแกน Z ซึ่งในการทดลองจะทำการทดลองทั้งหมด 40 ครั้ง และผลการทดลองที่ได้เป็นดังตารางที่ 4.3

ค่าที่	แกน Z		ผลต่าง	ค่าที่	แกน Z		ผลต่าง
1	44	-2	46	21	43	-4	47
2	43	-1	44	22	42	-3	45
3	44	-2	46	23	42	-3	45
4	43	-2	45	24	42	-1	43
5	44	-2	46	25	44	-2	46
6	41	-3	44	26	40	-2	42
7	41	-4	45	27	42	-1	43
8	42	-4	46	28	45	-1	46
9	41	-4	45	29	46	-3	49
10	43	-4	47	30	42	-1	43
11	40	-6	46	31	43	-1	44
12	42	-4	46	32	47	-1	48
13	40	-4	44	33	47	-1	48
14	41	-6	47	34	48	-1	49
15	42	-6	48	35	47	-1	48
16	42	-4	46	36	48	-1	49
17	42	-3	45	37	48	0	48
18	42	-3	45	38	46	-1	47
19	41	-4	45	39	45	-1	46
20	42	-4	46	40	45	-1	46
			912				922

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าที่ได้จากการวัดค่าพิกัดของชิ้นงานตัวอย่างในแกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิเคราะห์และสรุปผลการศึกษา

ในสายงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่ได้มาตรฐาน และ มีความถูกต้องแม่นยำสูง และคุณภาพตรงตามข้อกำหนด เครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน 3มิติ จะช่วยให้ผู้ใช้ทราบถึงพิกัดชิ้นงานที่ถูกต้อง เพื่อที่จะได้นำค่าพิกัดชิ้นงานที่ได้ไปทำการปรับปรุงแก้ไข หรือ ตรวจสอบคุณภาพตามข้อกำหนดต่อไป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง ที่ได้จะเห็นได้ว่า เครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน(3D Digitizer) นั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ ± 5 มิลลิเมตร ซึ่งถือว่าเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่มากพอสมควร แต่ค่าความคลาดเคลื่อนนั้นสามารถยอมรับได้เนื่องจาก ตัว Program มีการ ใช้ Forward Kinematic มาคำนวณ ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนต้องเกิดขึ้นอย่างแน่นอน แต่ปัญญานิพนธ์ ฉบับนี้ก็สามารถเป็นแนวทางสำหรับการสร้างเครื่องวัดพิกัดชิ้นงานที่ต้องการวัดชิ้นงานที่มีความละเอียดสูง และสามารถใช้งาน ได้ง่าย ซึ่งถ้าผู้ใดสนใจก็สามารถนำปัญญานิพนธ์ฉบับนี้ไปใช้ในการประกอบการศึกษาและพัฒนาให้เครื่องสามารถวัดชิ้นงานที่มีความละเอียดสูงต่อไปในอนาคต

5.2 ข้อดีของเครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน 3D Digitizer

จากการศึกษาพบว่าข้อดีของเครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน 3D Digitizer คือ

1. สามารถวัดพิกัดของชิ้นงาน และ สามารถนำพิกัดที่ได้มาเปรียบเทียบกับเพื่อหาขนาดของชิ้นงานหรือ ความเรียบของชิ้นงานได้
2. เครื่อง 3D Digitizer นี้ มีราคาที่ถูกกว่ามาก ถ้าเทียบกับเครื่องวัดพิกัดชิ้นงานที่ขายอยู่ในปัจจุบัน
3. เนื่องจากเครื่อง 3D Digitizer นี้ มีทั้งหมด 6 Links จึงสามารถเข้าถึงชิ้นงานเพื่อวัดขนาดได้ดีกว่าเครื่องทั่วไป
4. เครื่อง 3D Digitizer มีขนาดเล็ก สามารถเคลื่อนย้าย ไปยังสถานที่ต่างๆ ได้ง่าย สะดวกต่อการใช้งาน

5.3 ข้อจำกัดเครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน 3D Digitizer

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษพบว่าข้อจำกัดเครื่องวัดพิกัดชิ้นงาน 3D Digitizer คือ

1. เนื่องจากการแปลงสัญญาณ อานาลอก เป็น ดิจิตอล โดยใช้ A/D นั้น มีความแปรปรวนของข้อมูลที่ถูกต้องออกมาทำให้ข้อมูลที่ได้อาจไม่เป็นเลขที่คงที่ จึงส่งผลให้พิกัดชิ้นงานที่ได้ออกมาเป็นช่วง
2. Error ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการคำนวณ โดยใช้ Forward Kinematic นั้นต้องมีคุณสมบัติของ ตรีโกณมิติ ทำให้เกิดการบิดเบือนของค่าต่างๆเช่น ค่า Sin , Cos หรือ เกิดจากLinkของเครื่องที่ไม่ตั้งฉากกับ Joint หรือ เกิดจาก ค่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ในตัว Potentiometer
3. ขนาดของชิ้นงานที่สามารถนำมาวัดนั้นต้องอยู่ใน Work Space ของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เนื่องจากตัว Potentiometer ที่ใช้นั้นสามารถหมุนได้รอบเดียว จึงทำให้อุปกรณ์ในการหมุนของแกนนั้นไม่ถึง 360 องศา ทำให้ Work Space ที่ได้ถูกจำกัด

5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสรุปข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาโครงการได้ดังนี้

1. พัฒนารูปแบบของการส่งค่าที่ได้ เข้าไป Plot ค่าใน Autocad ได้โดยอัตโนมัติ
2. ทำให้โปรแกรมสามารถบันทึกค่าที่ได้จากการคำนวณ และสามารถเปิดข้อมูลเก่าและพิมพ์ออกมาได้ เพื่อเป็นเอกสารอ้างอิงหรือเก็บเป็นข้อมูลต่อไปได้
3. พัฒนาค่า Error ที่เกิดขึ้นนั้นน้อยลง
4. พัฒนาให้เครื่องสามารถวัดพิคคของชิ้นงานได้ละเอียดกว่านี้ โดยอาจจะใช้ตัว Encoder แทน Potentiometer ซึ่งมันอาจจะมีราคาที่สูงกว่า แต่จะละเอียดกว่า
5. ควรจะมีการเปลี่ยนหัว Probe ที่ใช้ในการวัดให้มีขนาดเล็ก เพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการวัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- 1) John J.Craig, Introduction to Robotics Mechanics and Control, Addison-Wesley Publishing Company, Inc
- 2) คู่มือ ET-AD12 ,LTC 1298



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

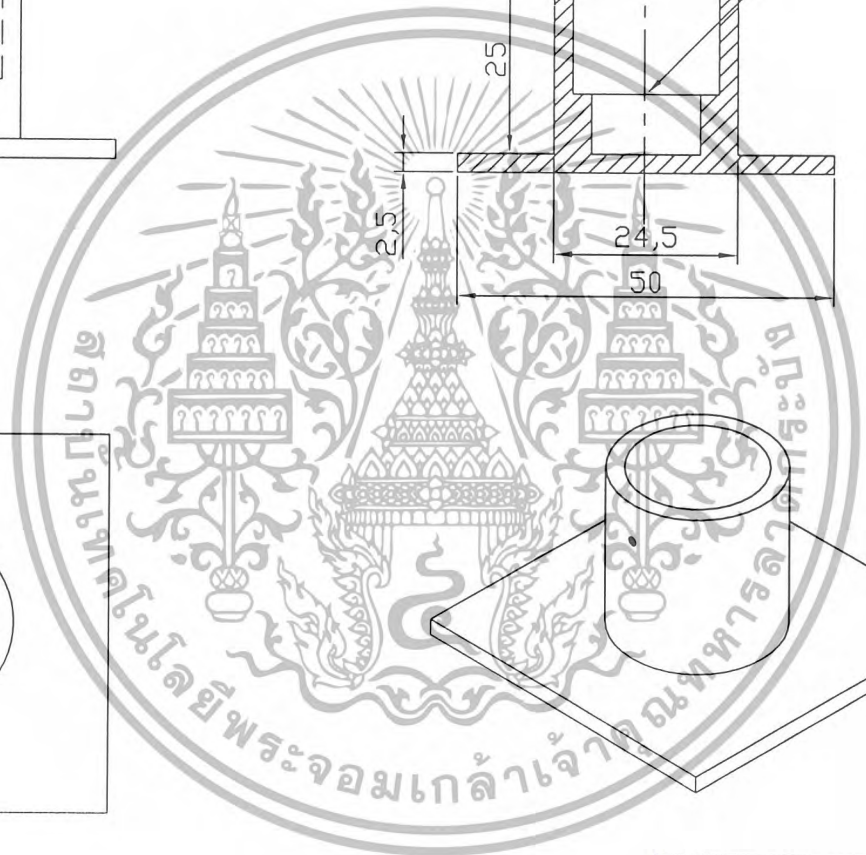
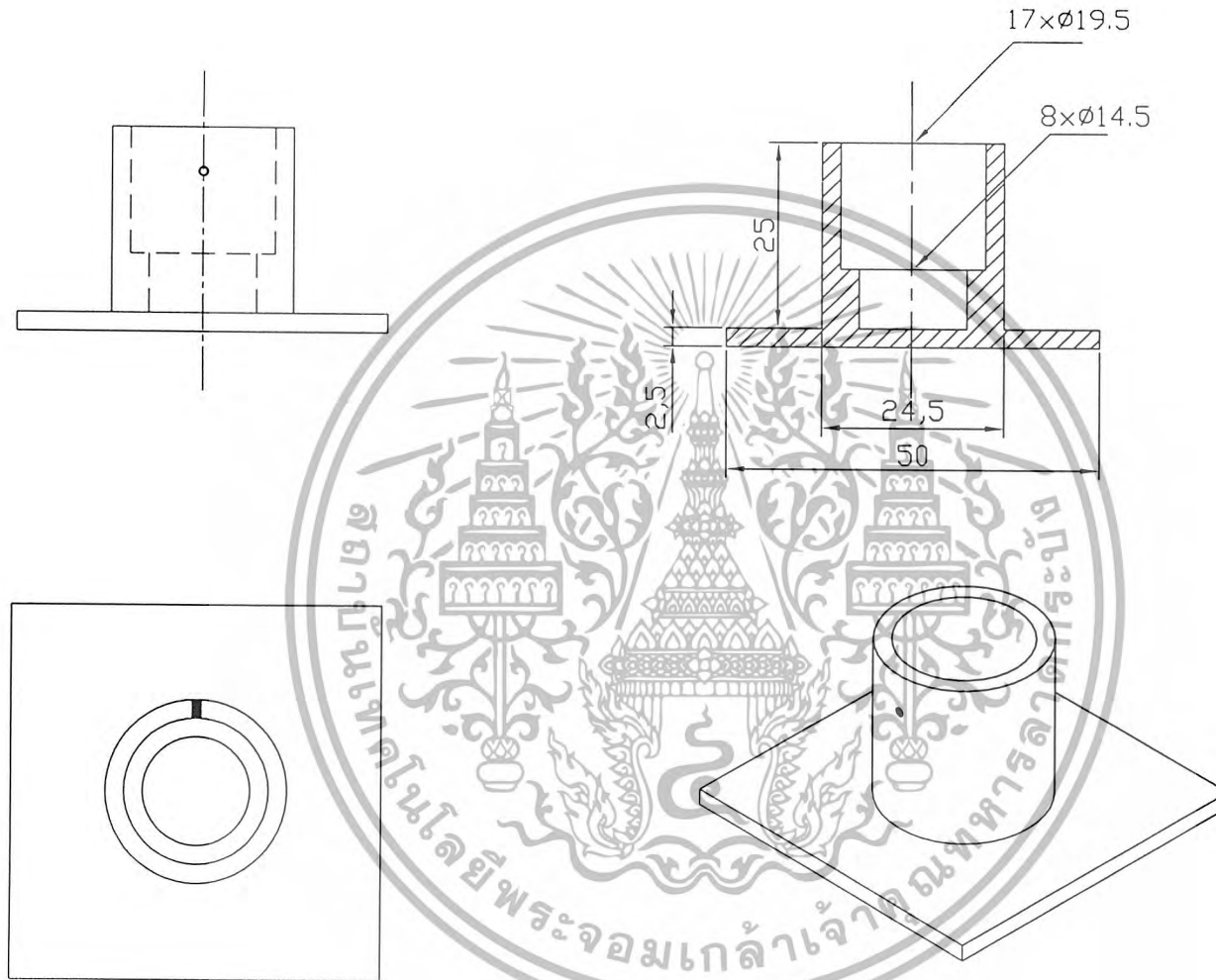


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



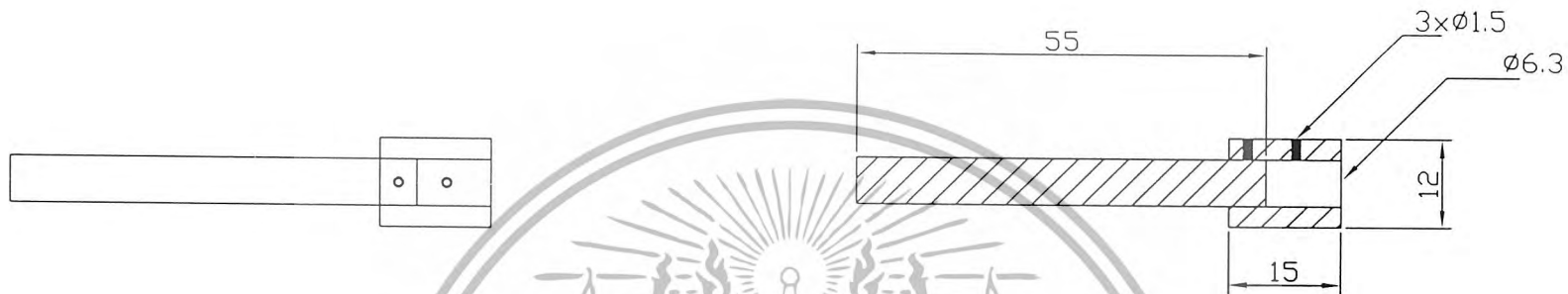
Assembly Base

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Scale 1:2	Drawing No. 1	Title Base	
	Project 3D Digitizer		Unit metric



King Mongkut Institute of Technology Ladkrabang

scale

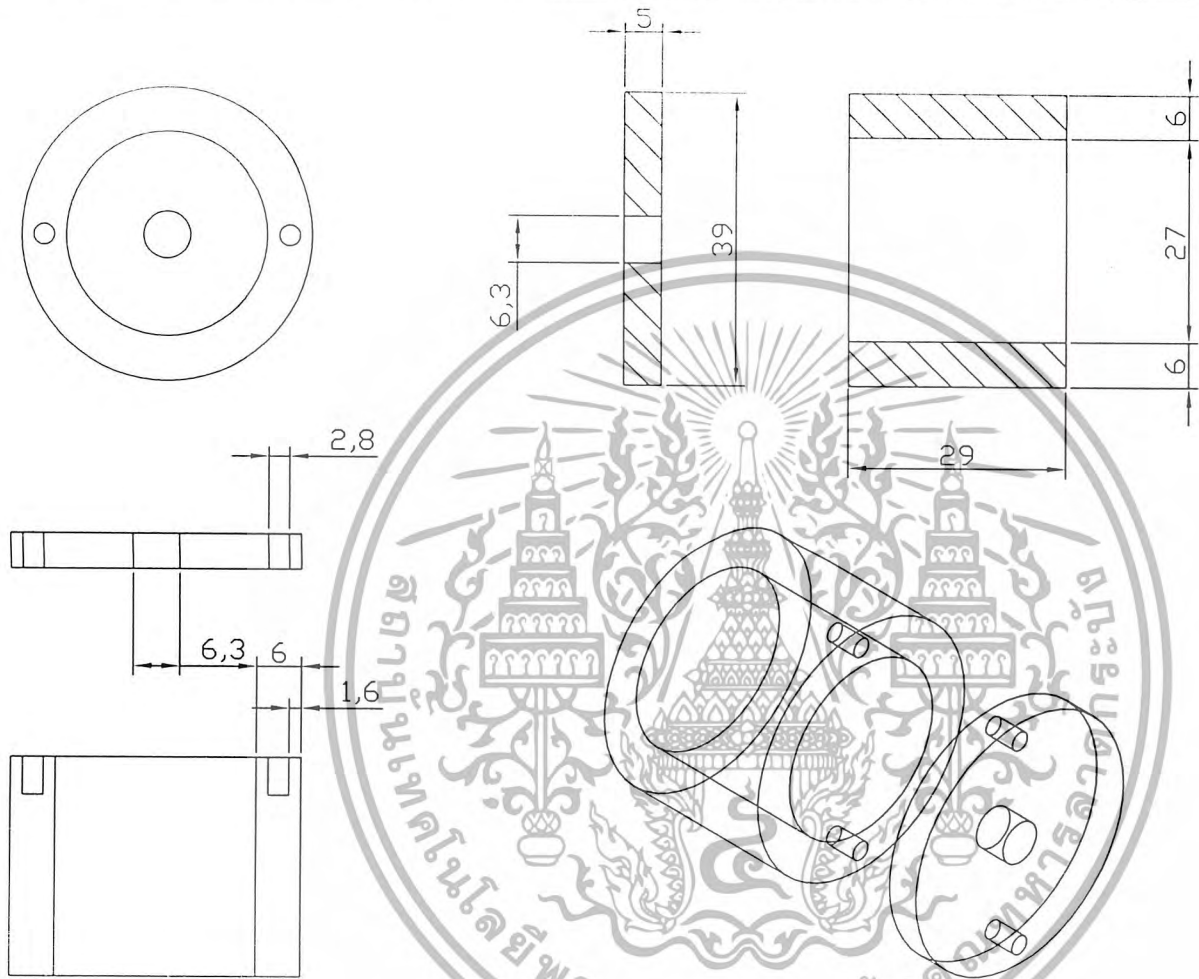
Drawing No.
2

Title *Shaft&coupling*

1:1

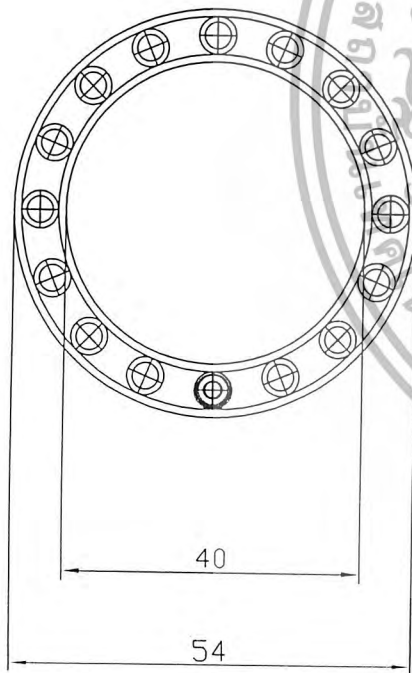
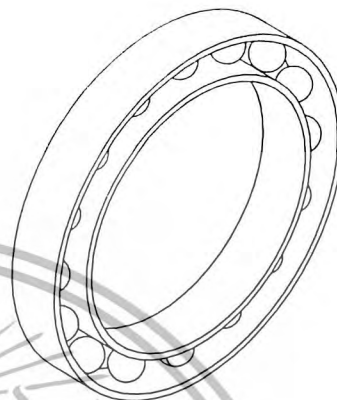
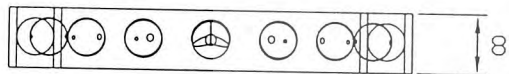
Project
3D Digitizer

Unit
metric

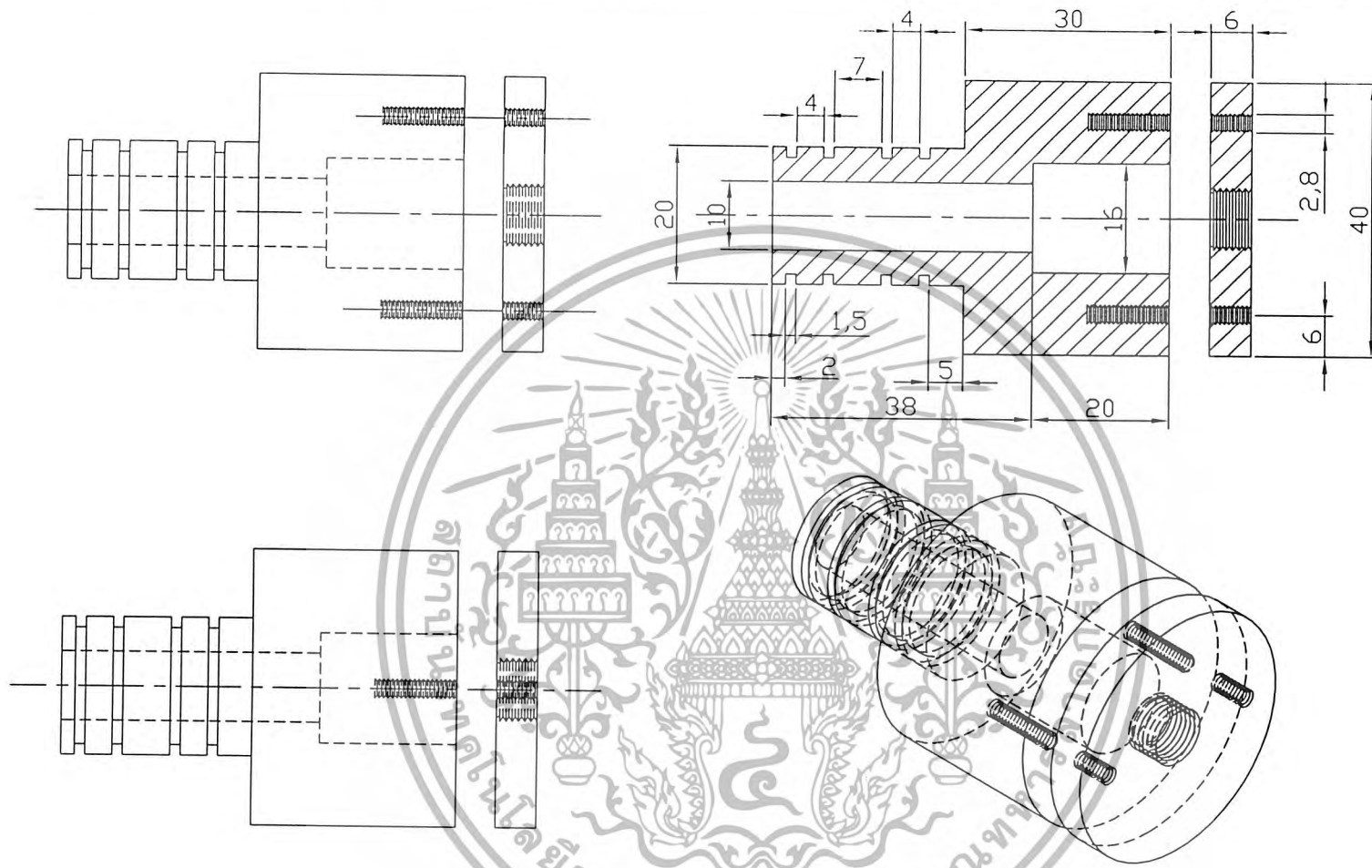


King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Scale 1:1	Drawing No. 3	Title <i>Case&Cover</i>
	Project 3D Digitizer	Unit metric



King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang		
Scale 2:1	Drawing No. 4	Title Bearing (No.6805)
	Project 3D Digitizer	Unit metric



King Mongkut Institute of Technology Ladkrabang

scale

Drawing No.
5

Title *Housing & Case*

1:1

Project
3D Digitizer

Unit
metric