

การจำลองการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์

Simulation Robot Arm



นางสาว ศิริรัตน์ วงสกุล

Miss Sirirat Wongsakul

นาย สรพชร เจนพัฒน์พงศ์

Mr. Solapoch Jenphattanapong

นาย สิทธิพร บรรรทอน

Mr. Sitthiporn Banthorn

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน... 45798
วัน, เดือน, ปี 18 ก.พ. 2546

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การจำลองการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์

Simulation Robot Arm

นักศึกษา

นางสาว ศิริรัตน์ วงสกุล

รหัสประจำตัว 41014755

นาย สรพชร เจนพัฒน์พงศ์

รหัสประจำตัว 41014767

นาย สิทธิพร บรรรทอน

รหัสประจำตัว 41014776

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา

2544

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

(อ. พลชัย โชติปราชญ์กุล)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์
นักศึกษา

การจำลองการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์
นางสาว ศิริรัตน์ วงสกุล

นาย สรพพร เจนพัฒน์พงศ์

นาย สิทธิพร บรรทอน

ระดับการศึกษา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา

2544

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

อ. พลชัย โชติปราชญ์กุล

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาและปรับปรุงการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติสำหรับโรงงานที่มีหุ่นยนต์ไว้ใช้ในการปฏิบัติงานระบบของแขนหุ่นยนต์อัตโนมัติเป็น 1 ในระบบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม โดยได้ศึกษาและพัฒนาการจำลองแบบจำลองของแขนหุ่นยนต์ผ่านขั้นตอนต่างๆ 2 ขั้นตอน คือ

1. การตั้งค่าของแขนหุ่นยนต์ก่อนการนำไปใช้
2. ประยุกต์ข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนแรกไปใช้ในกระบวนการ

โครงการนี้จะศึกษาและปรับปรุงขั้นตอนที่ 1 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นโปรแกรม Delphi 5 เข้ามาใช้ในการทดสอบการจำลองการเคลื่อนที่เพื่อแสดงแนวทางที่แขนหุ่นยนต์จะทำงานในแนวทางที่เป็นไปได้ ส่งผลให้เกิดการเพิ่มผลผลิตอันเนื่องจากการลดเวลาในการตั้งค่าแขนหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Simulation Robot Arm
Student	Miss Sirirat Wongsakul Mr. Solapoch Jenphattanapong Mr. Sithiporn Banthorn
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2001
Advisor	Mr. Parachai Chotipriyanakul

ABSTRACT

This thesis concerns with improvement of Robotic Automation for robotic system. The operation of robotic is one system of esteemed to widespread acquaintance. Researched Group studied and evolution the simulation robot arms. Robotic systems consist of two procedures:

1. Treat Robot (set up before operation)
2. Apply data from first procedure

This project study and improvement in first procedure by use software manipulate movement of robot arm: is written by Delphi 5 can decrease time for treat robot as a result increase production

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปฏิญานិพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ด้วยการได้รับความเมตตาอย่างยิ่งจากอาจารย์ผู้ควบคุมปฏิญานิพนธ์ อาจารย์ พลชัย โชติปราชญ์กุล ในการให้คำแนะนำและช่วยเหลือปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆจนเป็นที่เรียบร้อย คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และบุคลากรท่านอื่นๆที่ได้กรุณาช่วยเหลือ สำหรับการขอความร่วมมือเป็นอย่างดี

นางสาว ศิริรัตน์ วงสกุล

นาย สรพชร เจนพัฒนพงศ์

นาย สิทธิพร บรรรทอน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญภาพ.....	VI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	1
1.4 ประโยชน์ของโครงการ.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์.....	2
2.2 รูปแบบของหุ่นยนต์.....	3
2.3 การหาระยะเอื่อมของหุ่นยนต์.....	5
2.4 ตำแหน่งของหุ่นยนต์ในพื้นที่ทำงาน.....	6
2.5 การเคลื่อนที่ของมือจับ(Manipulator Kinematic).....	8
2.6 การวิเคราะห์เชิงกล.....	8
2.7 สเต็ปปีงมอเตอร์.....	10
2.8 วิธีการกระตุ้นเฟส.....	13
บทที่ 3 การออกแบบและการดำเนินงาน	
3.1 การวางแผนการดำเนินงาน.....	15
3.2 การออกแบบซอฟต์แวร์.....	15
3.3 การออกแบบฮาร์ดแวร์.....	22
3.4 การออกแบบวงจรควบคุม.....	23
3.5 แผนการทดสอบ.....	24
บทที่ 4 วิธีการดำเนินงาน	
4.1 ผลการดำเนินงานด้านSoftware.....	25
4.2 ผลการดำเนินงานด้านHardware.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปการวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1	สรุปผลการดำเนินงาน.....	42
5.2	วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน.....	42
5.3	แนวทางพัฒนาและปรับปรุงในอนาคต.....	42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงค่าของตัวอย่างมุมสตีป.....	10
ตารางที่ 2.2	แสดงค่าของการกระตุ้นเฟสแบบหนึ่งเฟส.....	13
ตารางที่ 2.3	แสดงค่าของการกระตุ้นเฟสแบบเฟสคู่.....	14
ตารางที่ 2.4	แสดงค่าของการกระตุ้นเฟสแบบกึ่งเฟส.....	14
ตารางที่ 3.1	แสดงค่าของการวางแผนดำเนินงาน.....	15
ตารางที่ 4.1	แสดงถึงผลการทดลองการเปลี่ยน Delay.....	41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1	ส่วนแสดงภาพแบบหุ่นยนต์แบบโครงสร้างคาร์ทีเซียน (Cartesian Coordinate Robot).....	3
รูปที่ 2.2	ส่วนแสดงภาพหุ่นยนต์แบบโครงสร้างทรงกระบอก (Cylindrical Coordinate Robot).....	3
รูปที่ 2.3	ส่วนแสดงภาพหุ่นยนต์ที่มีโครงสร้างแบบทรงกลม (Spherical Coordinate Robot).....	4
รูปที่ 2.4	ส่วนแสดงภาพหุ่นยนต์ที่มีโครงสร้างแบบข้อต่อ (Articulated Coordinate Robot).....	4
รูปที่ 2.5	ส่วนแสดงภาพการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมสูงสุด.....	5
รูปที่ 2.6	ส่วนแสดงการเทียบ โครงหลัก.....	6
รูปที่ 2.7	ส่วนแสดงการเคลื่อนที่ของมือจับ.....	8
รูปที่ 2.8	ส่วนแสดงภาพหน้าตัดและการพันขดลวดของสเต็ปปีงมอเตอร์ 3 เฟส.....	11
รูปที่ 2.9	ส่วนแสดงภาพเส้นแรงแม่เหล็กขณะกระตุ้นเฟสที่ 1.....	11
รูปที่ 2.10	ส่วนแสดงภาพขั้นตอนการหมุนเมื่อมีการกระตุ้นเฟสจาก เฟส 1 ไปยัง เฟส 2.....	12
รูปที่ 2.11	ส่วนแสดงภาพหน้าตัดของ PM สเต็ปปีงมอเตอร์แบบ 4 เฟส.....	12
รูปที่ 2.12	ส่วนแสดงภาพลำดับขั้นการหมุน ในมอเตอร์ 4 เฟส.....	13
รูปที่ 3.1	ส่วนแสดงภาพหน้าจอการคำนวณแบบไปข้างหน้า.....	16
รูปที่ 3.2	ส่วนแสดงภาพหน้าจอการคำนวณแบบย้อนกลับ.....	16
รูปที่ 3.3	ส่วนแสดงภาพหน้าจอการคำนวณแบบอนิเมชัน.....	17
รูปที่ 3.4	ส่วนแสดงภาพหน้าจอการคำนวณแบบฟรีสไตล์.....	17
รูปที่ 3.5	ส่วนแสดงภาพแผนผังขั้นตอนประมวลผลแบบ Forward.....	19
รูปที่ 3.6	ส่วนแสดงภาพแผนผังขั้นตอนประมวลผลแบบ Inverse.....	19
รูปที่ 3.7	ส่วนแสดงภาพแผนผังขั้นตอนประมวลผลแบบ Animation.....	20
รูปที่ 3.8	ส่วนแสดงภาพแผนผังขั้นตอนประมวลผลแบบ Freestyle.....	21
รูปที่ 3.9	ส่วนแสดงภาพการใช้อุปกรณ์ช่วยทำให้สายพานตึง.....	23
รูปที่ 3.10	ส่วนแสดงภาพรูปแบบวงจรควบคุม.....	23
รูปที่ 3.11	ส่วนแสดงภาพแสดงรูปส่วนของหน้าจอที่ตั้งแกนหุ่นยนต์แบบแมนนวล.....	23
รูปที่ 3.12	ส่วนแสดงภาพแสดงรูปส่วนของหน้าจอที่ตั้งแกนหุ่นยนต์แบบจุด.....	24
รูปที่ 3.13	ส่วนแสดงภาพแสดงรูปส่วนของหน้าจอที่ตั้งแกนหุ่นยนต์แบบต่อเนื่อง.....	24
รูปที่ 4.1	ส่วนแสดงภาพหน้าต่างต้อนรับขณะเริ่ม โปรแกรม.....	25
รูปที่ 4.2	ส่วนแสดงภาพหน้าจอการคำนวณแบบไปข้างหน้า.....	26
รูปที่ 4.3	ส่วนแสดงภาพแสดงค่า x และ ค่า y ที่ต้องการทราบใน โปรแกรม.....	26
รูปที่ 4.4	ส่วนแสดงภาพหน้าจอการคำนวณแบบย้อนกลับ.....	27
รูปที่ 4.5	ส่วนแสดงภาพการแสดงค่า θ ที่ต้องการทราบใน โปรแกรม.....	27
รูปที่ 4.6	ส่วนแสดงภาพหน้าจอการคำนวณแบบชุดข้อมูล.....	28
รูปที่ 4.7	ส่วนแสดงภาพแสดงปุ่มการเลือกใช้ Freestyle.....	29
รูปที่ 4.8	ส่วนแสดงภาพการกำหนดเส้นทางเดิน โดยไม่จำกัดจำนวน.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9	ส่วนแสดงภาพผลการรันข้อมูลตามเส้นทางเดินที่กำหนดขึ้น.....	31
รูปที่ 4.10	ส่วนแสดงภาพ Delay 5 ครั้งที่ 1.....	32
รูปที่ 4.11	ส่วนแสดงภาพ Delay 5 ครั้งที่ 2.....	33
รูปที่ 4.12	ส่วนแสดงภาพ Delay 5 ครั้งที่ 3.....	33
รูปที่ 4.13	ส่วนแสดงภาพ Delay10 ครั้งที่ 1.....	34
รูปที่ 4.14	ส่วนแสดงภาพ Delay10 ครั้งที่ 2.....	34
รูปที่ 4.15	ส่วนแสดงภาพ Delay10 ครั้งที่ 3.....	35
รูปที่ 4.16	ส่วนแสดงภาพ Delay15 ครั้งที่ 1.....	35
รูปที่ 4.17	ส่วนแสดงภาพ Delay15 ครั้งที่ 2.....	36
รูปที่ 4.18	ส่วนแสดงภาพ Delay15 ครั้งที่ 3.....	36
รูปที่ 4.19	ส่วนแสดงภาพ Delay20 ครั้งที่ 1.....	37
รูปที่ 4.20	ส่วนแสดงภาพ Delay20 ครั้งที่ 2.....	37
รูปที่ 4.21	ส่วนแสดงภาพ Delay20 ครั้งที่ 3.....	38
รูปที่ 4.22	ส่วนแสดงภาพ Delay30 ครั้งที่ 1.....	38
รูปที่ 4.23	ส่วนแสดงภาพ Delay30 ครั้งที่ 2.....	39
รูปที่ 4.24	ส่วนแสดงภาพ Delay30 ครั้งที่ 3.....	40
รูปที่ 4.25	ส่วนแสดงภาพ Delay40 ครั้งที่ 1.....	40
รูปที่ 4.26	ส่วนแสดงภาพ Delay40 ครั้งที่ 2.....	41
รูปที่ 4.27	ส่วนแสดงภาพ Delay40 ครั้งที่ 3.....	41
รูปที่ 4.28	ส่วนแสดงภาพรูปแบบภายนอก.....	42
รูปที่ 4.29	ส่วนแสดงภาพ ระบบส่งกำลัง.....	42
รูปที่ 4.30	ส่วนแสดงภาพที่ตั้งสายพานตัวล่าง.....	43
รูปที่ 4.31	ส่วนแสดงภาพวงจรส่งสัญญาณ.....	43
รูปที่ 4.32	ส่วนแสดงภาพแสดงวงจรขับมอเตอร์.....	44
รูปที่ 4.33	ส่วนแสดงภาพที่ตั้งสายพานตัวบนและแขนกล.....	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของโครงการ

งานวิจัยนี้ เป็นการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในทางคอมพิวเตอร์ เพื่อสามารถทำให้เห็นภาพการทำงานของระบบแขนหุ่นยนต์ เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้ทฤษฎีและการพัฒนา

ในปัจจุบัน การใช้หุ่นยนต์เข้ามาทำงานแทนแรงงานมนุษย์นับวันก็ยังมีมากขึ้นระบบการผลิตในโลกของอุตสาหกรรมปัจจุบัน นิยมใช้หุ่นยนต์กันอย่างแพร่หลาย เพื่อลดค่าแรงงาน ลดค่าสูญเสียวัตถุดิบต่างๆ คงคุณภาพการผลิตได้ เพิ่มการทำงานที่หลากหลายมากขึ้นและใช้กับงานที่อันตราย การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แตกต่างจากเครื่องจักรต่างๆ โดยผู้ควบคุมจะต้องทำการสั่งงานแขนหุ่นยนต์แต่ละแขนให้เคลื่อนที่ เพื่อให้จุดปลายของแขนนั้นอยู่ตรงตำแหน่งและทิศทางที่ต้องการ ซึ่งบางครั้งการสั่งให้แขนหุ่นยนต์เคลื่อนที่จะใช้เวลานานจึง ได้มีวิธีการจำลองการเคลื่อนที่เข้ามาช่วยในการแสดงให้เห็นก่อนการเคลื่อนที่จริง

การออกแบบหุ่นยนต์เพื่อใช้งานในงาน โครงการนี้มีทั้งเป็นงานเขียนโปรแกรม และ งานสร้างแขนหุ่นยนต์จริงขึ้นมาเพื่อทดสอบการทำงานว่าเป็นไปตามที่คอมพิวเตอร์คำนวณ แล้วแสดงผลออกมาทางหน้าจอในรูปแบบการเคลื่อนที่ 2 มิติ แบบจุดไปจุด และสามารถนำค่าตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์ได้

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการทำงานของแขนหุ่นยนต์ที่ทำงานในลักษณะงานที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์หรืองานที่ต้องการความแม่นยำตำแหน่งในการทำงาน โดยใช้โปรแกรม Simulation ทำให้ทราบล่วงหน้าถึงตำแหน่งและลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์สามารถนำมาใช้ในการวางตำแหน่งของเครื่องจักรประเภทอื่นที่ทำงานร่วมกัน ทั้งยังเป็นวิธีลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานจริง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- 1.3.1 เป็นการศึกษาการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์ในระนาบ 2 มิติ แบบScalar
- 1.3.2 โดยมีercำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเคลื่อนที่แบบ ไปข้างหน้า
- 1.3.3 โดยมีercำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเคลื่อนที่แบบย้อนกลับ
- 1.3.4 เชื่อมโยงผลคำนวณมาแสดงเป็นภาพกราฟฟิกจำลอง
- 1.3.5 เชื่อมโยงผลคำนวณมาขับเคลื่อนHardware
- 1.3.6 ทดลองเพื่อผลการทำงาน
- 1.3.7 วิเคราะห์และสรุปการทำงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ศึกษาโปรแกรมที่นำมาเขียนโปรแกรมการจำลองการเคลื่อนที่ได้
- 1.4.2 เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อสั่งงานแขนหุ่นยนต์ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการเคลื่อนที่

2.1.1 พื้นที่ล้อมรอบของการทำงาน

พื้นที่หุ่นยนต์กวาดไปได้ไกลที่สุดเป็นลักษณะที่สำคัญต่อการทำงานทุกๆจุดในการเคลื่อนที่ในโปรแกรมจะต้องอยู่ในขอบเขตการทำงาน แต่ละข้อต่อของหุ่นยนต์จะมีระยะจำกัดการเคลื่อนที่ การออกแบบหุ่นยนต์จำเป็นต้องอยู่ในขอบเขตที่กำหนด โดยพื้นที่ที่อนุญาตนิยามด้วยตำแหน่งจุดปลายของแขนแต่ไม่พิจารณาถึงจุดปลายว่ายึดกับเครื่องมือชนิดใด ทำให้ทราบตำแหน่งจุดปลายของแขนหุ่นยนต์อยู่ตำแหน่ง (End Effect) เพื่อที่จะนำอุปกรณ์ เช่น มือจับ(gripper) หัวเชื่อม หัวพ่นสี หรือ อุปกรณ์ที่ใช้แทนคนในบริเวณเสี่ยงต่ออันตรายยากที่จะเข้าถึงมาติด โดยหุ่นยนต์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. แบ่งตามลักษณะภายนอก คือ

-Cartesian or Rectangular Robot เป็นหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนที่ในระบบพิกัดตามแนวแกน(xyz) หรือ การเคลื่อนที่เป็นสี่เหลี่ยม เป็นเส้นตรง

-Cylindrical or Post type Robot เป็นหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนที่ในลักษณะทรงกระบอกจะคล้ายกับการเคลื่อนที่แบบ Cartesian แต่จะสามารถหมุนได้รอบแกน

-Spherical or Polar Robot เป็นหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนที่ในลักษณะกวาดเป็นวงกลมหมุนได้ 2 ทาง และยึดเข้า ออก ได้ 1 ทาง

-Jointed Arm or Articulated Robot เป็นหุ่นยนต์ที่มีการเชื่อมต่อแขน การทำงานคล้ายแขนคนมากที่สุด สามารถยึดหดได้ เช่นเดียวกับ ข้อศอก ข้อมือ

-Selective Compliance Articulate Robot Arm "SCARA" เป็นหุ่นยนต์ที่มีแขน 2 ตำแหน่ง และจำกัดการเคลื่อนที่ของแขนในแนวตั้ง ส่วนมือจะเคลื่อนที่ขึ้นลง

2. แบ่งตามความสามารถในการเคลื่อนที่ (Degree of Freedom ; DOF) คือ

จำนวนข้อต่อของแขนของหุ่นยนต์จะเป็นตัวบอกจำนวน DOF ซึ่งจะแบ่งได้เป็นลักษณะ ดังนี้

-แบบ Cartesian or Regular Robot

-แบบ Spherical or Polar Robot

-แบบ Articulate Robot

พื้นที่ทำงาน คือ การกำหนดขอบเขตพื้นที่ล้อมรอบที่แขนกลเอื้อมเข้าถึง ปัญหาเบื้องต้น 2 ประการของพื้นที่ทำงาน คือ

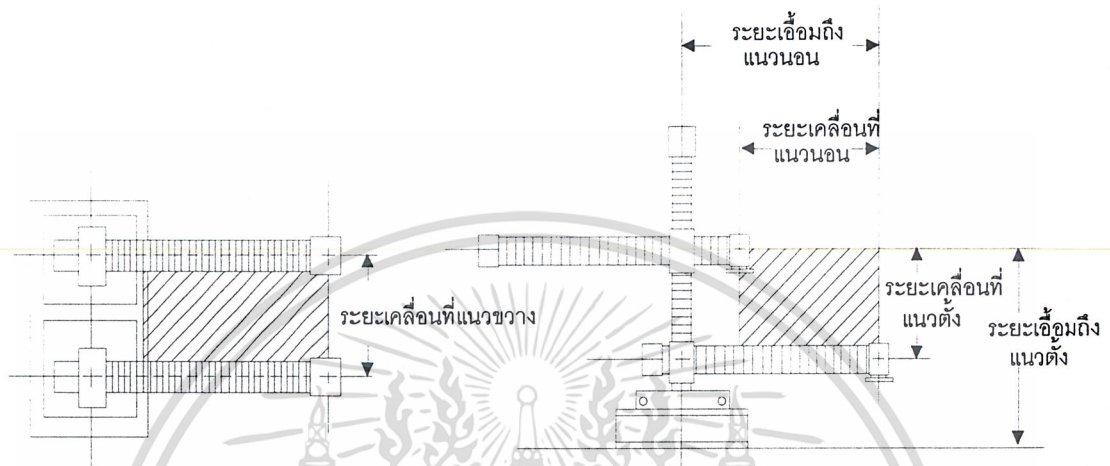
1. โครงสร้างของหุ่นยนต์

2. พื้นที่ทำงาน

2.2 รูปแบบของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์แบบโครงสร้างคาร์ทีเซียน (Cartesian Coordinate Robot)

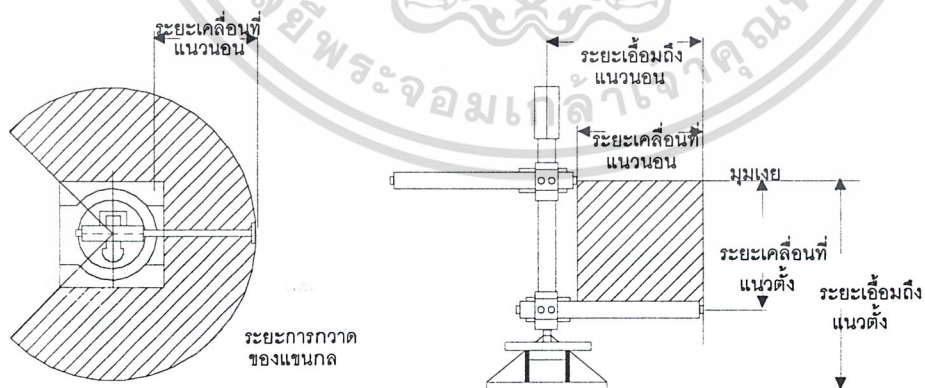
เป็นหุ่นยนต์ที่ธรรมดาที่สุด มีขอบเขตการทำงานเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก



รูปที่ 2.1 แสดงภาพแบบหุ่นยนต์แบบโครงสร้างคาร์ทีเซียน (Cartesian Coordinate Robot)

หุ่นยนต์แบบโครงสร้างทรงกระบอก (Cylindrical Coordinate Robot)

มีขอบเขตการทำงานเป็นทรงกระบอก

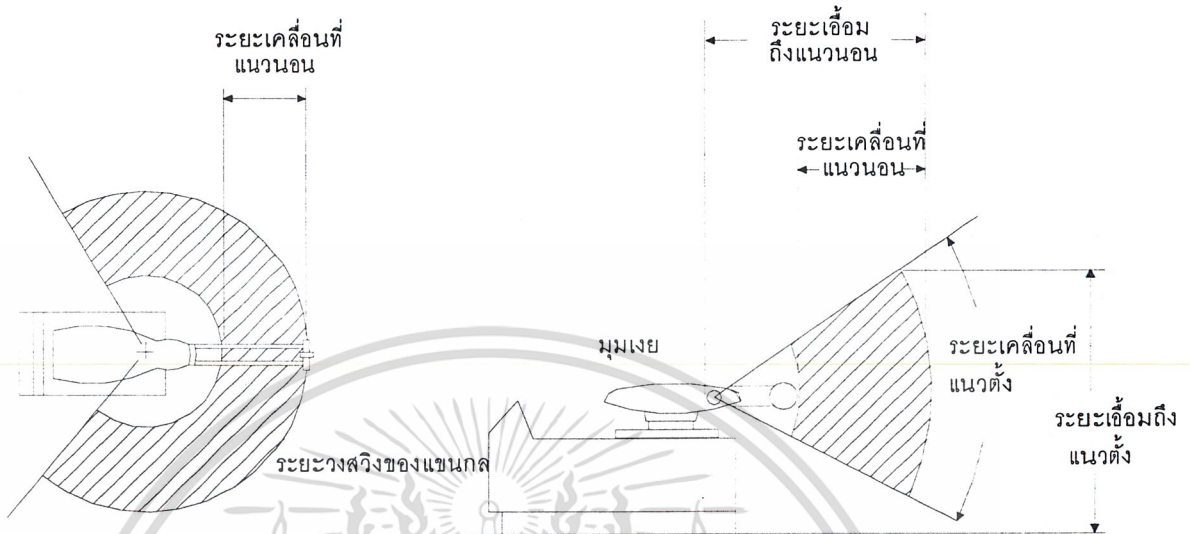


รูปที่ 2.2 แสดงภาพหุ่นยนต์แบบโครงสร้างทรงกระบอก (Cylindrical Coordinate Robot)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์แบบโครงสร้างทรงกลม (Spherical Coordinate Robot)

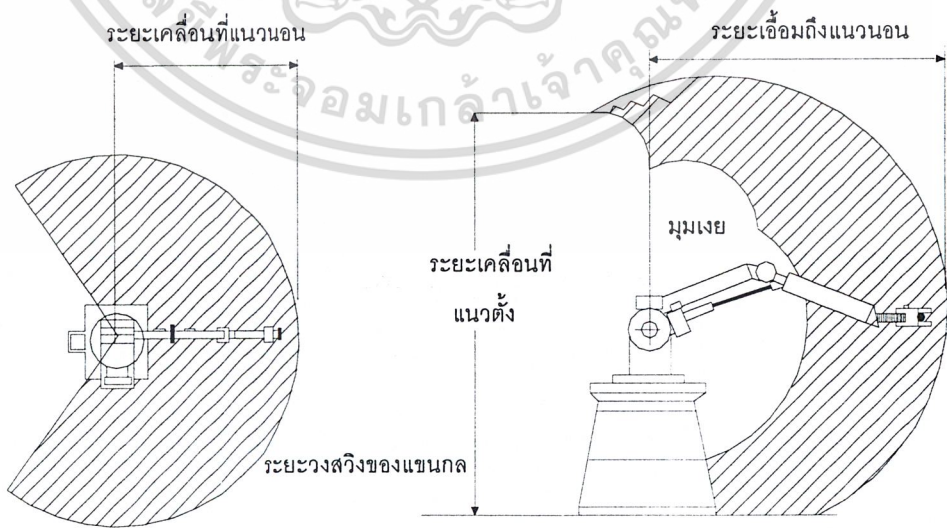
มีขอบเขตการทำงานเป็นทรงกลม



รูปที่ 2.3 แสดงภาพหุ่นยนต์ที่มีโครงสร้างแบบทรงกลม (Spherical Coordinate Robot)

หุ่นยนต์แบบโครงสร้างแบบข้อต่อ (Articulated Coordinate Robot)

มีขอบเขตการทำงานเป็น Tear-shaped จะเห็นว่าขอบเขตการทำงานกว้างกว่าครึ่งวงกลมรอบหุ่นยนต์ด้านหลังจะเป็นส่วนที่แขนกลเอื้อมไม่ถึง (Dead Zone)



รูปที่ 2.4 แสดงภาพแบบโครงสร้างแบบข้อต่อ (Articulated Coordinate Robot)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นว่าไม่เหมาะสมในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การหาระยะเอื้อมของหุ่นยนต์แบบทรงกระบอก

เราสามารถหาพื้นที่สี่เหลี่ยมสูงสุดที่หุ่นยนต์สามารถเอื้อมถึงขณะที่ความโค้งถูกจำกัดโดยข้อต่อของ หุ่นยนต์ จากรูปข้างล่างนี้ทำให้เราทราบว่า

$$W = r_2 \cos \theta - r_1 \quad \dots\dots(2.1)$$

$$L = 2r_2 \sin \theta \quad \dots\dots(2.2)$$

$$A = LW = 2r_2 \sin \theta (r_2 \cos \theta - r_1) \quad \dots\dots(2.3)$$

$$r_2 \cos 2\theta - r_1 \cos \theta = 0 \quad \dots\dots(2.4)$$

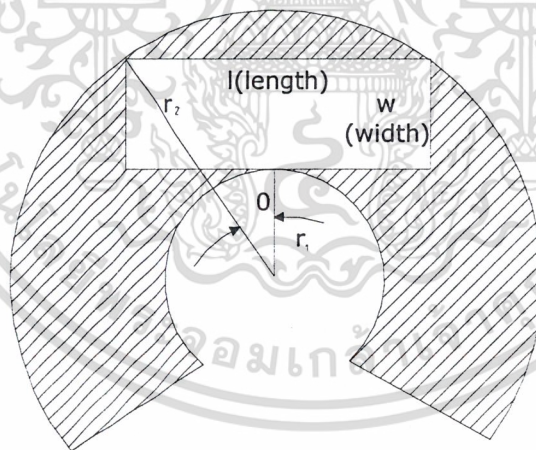
$$r_2 (2 \cos^2 \theta - 1) - r_1 \cos \theta = 0$$

$$\text{let } \cos \theta = x \quad \dots\dots(2.5)$$

$$2r_2 x^2 - r_1 x - r_2 = 0$$

$$x = \frac{r_1 \pm \sqrt{r_1^2 + 8r_2^2}}{4r_2}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{\sqrt{r_1^2 + 8r_2^2}}{4r_2} \right) \quad \dots\dots(2.6)$$



รูปที่ 2.5 แสดงภาพการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมสูงสุด (Footprint of a Cylindrical workspace)

หลังจากสร้าง Coordinate แล้วมีหลักการใช้ตามมา คือ

1. ใช้กฎมือขวาตลอดในระบบ Coordinate
2. แกน z และแกน w จะต้องตั้งเป็นเส้นตรง ในการตั้งแกนเคลื่อนที่
3. ในแต่ละส่วนต้องสร้าง Coordinate 2 ชุด
4. ในแต่ละข้อต่อต้องสร้าง Coordinate 2 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ตำแหน่งของหุ่นยนต์ในพื้นที่ทำงาน

พิจารณามือจับแบบ 3 แขนกล (Link) ที่แสดงในรูปข้างล่างนี้ ประกอบด้วยข้อต่อหมุนที่ o_1, o_2, o_3 ตั้งแกน x_1, x_2, x_3 ไปตามแกนของแขน link เพื่อควบคุมแกนในแต่ละ Link ซึ่งแต่ละ Link จะยึดติดกันและเคลื่อนไหวเป็นไปตามโครงสร้างแบบข้อต่อ ส่วนแกนหลัก x, y, z จะตั้งแกนอ้างอิงยึดที่โครง



รูปที่ 2.6 แสดงภาพการเทียบโครงหลัก

เราใช้สภาพแวดล้อมในการเชื่อมความสัมพันธ์จุดในแกนรองไปแกนหลัก ยกตัวอย่างเช่น จุด o_2 ในแกนรอง (x, y, z) ถูกแทนด้วย $(L, 0, 0)$ ส่วนในแกนหลักถูกแทนด้วย $(L, \cos\theta, L, \sin\theta, 0)$ จะเห็นว่าการหมุนรอบแกน z เป็นมุม θ_1 ตามเข็มนาฬิกาของแกนรอง (x, y, z) จะทำให้มันเกิดพร้อมกับแกนหลัก (x, y, z) เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{bmatrix} l_1 \cos \theta_1 & l_1 \sin \theta_1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & \sin \theta_1 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ตำแหน่งในโครงหลัก
ตำแหน่งในโครงรอง

ในรูปแบบความสัมพันธ์ข้างต้นอธิบายได้ว่า

$${}^1P_R = {}^G P \quad \dots\dots(2.7)$$

1P ใช้แทนตำแหน่งของจุดในแกนรองซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของ Link 2 (o_2) และ ${}^G P$ แทนตำแหน่งจุดในโครงหลัก ตัวอย่างเช่น การแปลงระหว่างแกนหลักและแกนรองสำหรับแขนกล 3 Link ซึ่งเราเขียนสมการได้ดังนี้

$${}^3P_R = {}^G P_3 \quad \dots\dots(2.8)$$

โดยที่ R คือ การแปลง matrix ตำแหน่งของ Link 3 ใน Coordinate รอง (x_3, y_3, z_3) และ Coordinate แกนหลัก เราสามารถเพิ่มส่วนที่เหลือ Link 2, Link 1 ไปยังตำแหน่ง Link 3 ได้โดย

หรือ
$${}^G P = {}^1P + {}^2P + {}^3P \quad \dots\dots(2.9)$$

$${}^G P = \begin{bmatrix} l_1 & 0 & 0 \\ \cos \theta_1 & \sin \theta_1 & 0 \\ -\sin \theta_1 & \cos \theta_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} l_2 & 0 & 0 \\ \cos \theta_2 & \sin \theta_2 & 0 \\ -\sin \theta_2 & \cos \theta_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} l_3 & 0 & 0 \\ \cos \theta_3 & \sin \theta_3 & 0 \\ -\sin \theta_3 & \cos \theta_3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

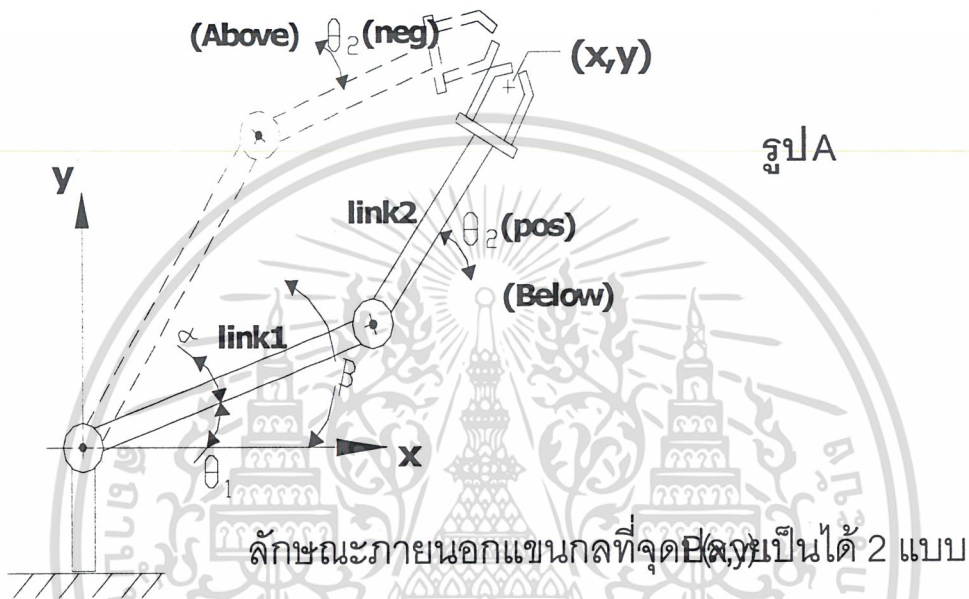
สมมติว่า Link ทุกอันมีความยาว (L) เท่ากัน เราจะได้

$${}^G P = [L(\cos \theta_1 + \cos \theta_2 + \cos \theta_3), L(\sin \theta_1 + \sin \theta_2 + \sin \theta_3), 0] \quad \dots\dots(2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การเคลื่อนที่ของมือจับ(Manipulator Kinematics)

เพื่อพัฒนาการออกแบบในการควบคุมแขนกลจำเป็นต้องพัฒนาเทคนิคการแสดงจุดตำแหน่งของแขนกลทันทีที่ใช้งาน เราจะกำหนดมือจับหุ่นยนต์ด้วยองค์ประกอบ 2 อย่าง คือ ข้อต่อ และ Link แต่ละข้อต่อแทน 1 DOF ข้อต่ออาจเคลื่อนที่แบบเส้นตรง(ข้อต่อแบบ L) หรือ แบบหมุน (ข้อต่อแบบ R,T,V) ระหว่างแขนที่ติดกัน ซึ่งแขนกลนี้จะถูกสมมติว่าเป็นโครงสร้างตายตัวที่เชื่อมกับข้อต่อ จากรูป Link1 หมุนรอบข้อต่อที่ 1 ที่มุม θ_1 วัดเทียบกับ x,y แล้ว Link2 หมุนรอบข้อต่อที่ 2 ที่มุม θ_2 วัดเทียบกับ Link1



รูปที่ 2.7 แสดงภาพการเคลื่อนที่ของมือจับที่เป็นไปได้ 2 แบบ

2.6 การวิเคราะห์เชิงกล

คือ การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ โดยหาตำแหน่ง ความเร็ว ความเร่งของส่วนประกอบทางกลทั้งหมด การบ่งบอกตำแหน่งและความเร็วของส่วนประกอบแต่ละส่วนนั้นรวมเรียกว่า สถานะ(State) ผลของแรง(Force) และแรงบิด(Torque) จะทำให้เกิด โมเมนต์แรงเฉื่อยขึ้นที่ส่วนประกอบซึ่งเป็นการพิจารณาแบบพลศาสตร์ (Dynamic) การคำนวณมี 2 แบบ คือ

- 1) แบบไปข้างหน้า (Forward) คือ หาสถานะของปลายแขนกล (P_{ef}) เมื่อทราบสถานะของข้อต่อต่างๆ หาตำแหน่งของ Link การหมุนและอัตราต่อเวลาของมัน
- 2) แบบย้อนกลับ (Reverse) คือ การทราบจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายแล้วแต่จะหาวิธีการเคลื่อนที่ๆ ไปหาความเร็วและเวลาที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 การเคลื่อนที่แบบไปข้างหน้าของแขนกล 2 DOF (Forward Transformation of 2-Degree of Freedom)

เราสามารถกำหนดตำแหน่งปลายของแขนหุ่นยนต์ใน โครงหลัก (World Space) โดยกำหนดเวกเตอร์ สำหรับความยาวที่ 1 และ เวกเตอร์อื่นๆในความยาวที่สอง ดังนี้

$$r_1 = [L_1 \cos \theta_1, L_1 \sin \theta_1] \quad \dots\dots(2.11)$$

$$r_2 = [L_2 \cos(\theta_1 + \theta_2), L_2 \sin(\theta_1 + \theta_2)] \quad \dots\dots(2.12)$$

ส่วน Vector ในรูป Coordinate x และ y ของจุดปลายแขน(P_w)ในรูป World Space

$$x = L_1 \cos \theta_1 + L_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) \quad \dots\dots(2.13)$$

$$y = L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) \quad \dots\dots(2.14)$$

2.6.2 การเคลื่อนที่แบบย้อนกลับของแขนกล 2 DOF (Reverse Transformation of 2-Degree of Freedom)

เราสามารถนำมุมข้อต่อมาบอกตำแหน่งใน โครงหลัก ได้ ตัวควบคุมหุ่นยนต์ต้องคำนวณมุมข้อต่อเพื่อใช้เคลื่อนที่ให้ปลายแขนไปยังจุดที่ต้องการ หุ่นยนต์ประเภทนี้ เช่น หุ่นยนต์แบบ PUMA ใช้ภาษา VAL มาควบคุม มีชุดคำสั่งที่เรียกว่า ABOVE และ BELOW ที่กำหนดมุมข้อต่อ(θ_2)มีค่ามากกว่า หรือน้อยกว่า ศูนย์ ดังรูปที่ 2.7 สมมติว่า θ_2 มีค่าบวก ใช้เอกลักษณ์ทางตรีโกณมิติมาพิสูจน์

$$\cos(A + B) = \cos A \cos B - \sin A \sin B \quad \dots\dots(2.15)$$

$$\sin(A + B) = \sin A \cos B + \cos A \sin B \quad \dots\dots(2.16)$$

แทนค่าลงในสมการ 1-2

เราจะได้
$$\cos \alpha = \frac{x^2 + y^2 - L_1^2 - L_2^2}{2L_1L_2} \quad \dots\dots(2.17)$$

$$\tan \alpha = \frac{L_2 \sin \theta_2}{(L_2 \cos \theta_2 + L)} \quad \dots\dots(2.18)$$

$$\tan \beta = \frac{y}{x} \quad \dots\dots(2.19)$$

เราจะได้

$$\tan \theta_1 = \frac{[y(L_1 + L_2 \cos \theta_2) - xL_2 \sin \theta_2]}{[x(L_1 + L_2 \cos \theta_2) + yL_2 \sin \theta_2]} \quad \dots\dots(2.20)$$

เมื่อเรารู้ความยาวของแขนก็สามารถคำนวณมุมข้อต่อได้ในตำแหน่ง(x,y) ในโครงหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor)

สเต็ปป์มอเตอร์เป็นอุปกรณ์จ่ายพวกเชิงกลทางไฟฟ้าที่มีอินพุทเป็นกลุ่มของโรเตอร์ไบนารี (Binary Rotate) และเป็นลักษณะของการเคลื่อนที่แบบเชิงมุม หรือหมุนไปตามสเต็ป (แต่ละสเต็ปจะอยู่ในช่วง 0.1 – 90 องศาขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสเต็ปป์มอเตอร์) ตามสัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้กับขั้วสเตเตอร์จึงเกิดแรงผลักต่อโรเตอร์ ทำให้โรเตอร์หมุนไป แต่ลักษณะของสเต็ปป์มอเตอร์จะมีขั้วของสเตเตอร์อยู่หลายขดซึ่งเรียกว่า เฟส นั้นเมื่อป้อนสัญญาณพัลส์ในลักษณะของลำดับของเลขไบนารี โดยผ่านวงจรขับจะทำให้โรเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่อง

คุณสมบัติของสเต็ปป์มอเตอร์ ความถูกต้องเที่ยงตรงของมุมของสเต็ปป์มอเตอร์ ขณะไม่มีโหลดจะถูกระบุสำหรับมอเตอร์ทุกชนิด เช่น มอเตอร์ที่มี 7.5 องศา ขณะที่เคลื่อนที่ไปหนึ่งสเต็ปเป็นต้นมอเตอร์ที่มีจำนวนสเต็ปต่อรอบเท่ากับ 4 จะมีค่าผิดพลาดเป็นศูนย์เมื่อหมุนครบ 1 รอบ เพราะขณะที่หมุนมา ณ ตำแหน่งเดิมขณะเริ่มต้นขั้วแม่เหล็กและทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก (Flux) วงเดิม ด้วยเหตุนี้การเปลี่ยนตำแหน่งของสเต็ปป์มอเตอร์ ที่ต้องการความถูกต้องสูงๆ จะต้องแบ่งจำนวนสเต็ปต่อรอบเป็นจำนวนเท่าของ 4 สเต็ป เพื่อลดการสะสมของค่าผิดพลาด (Step Angle Error) ซึ่งเป็นรูปแบบการทำงาน 4 สเต็ป

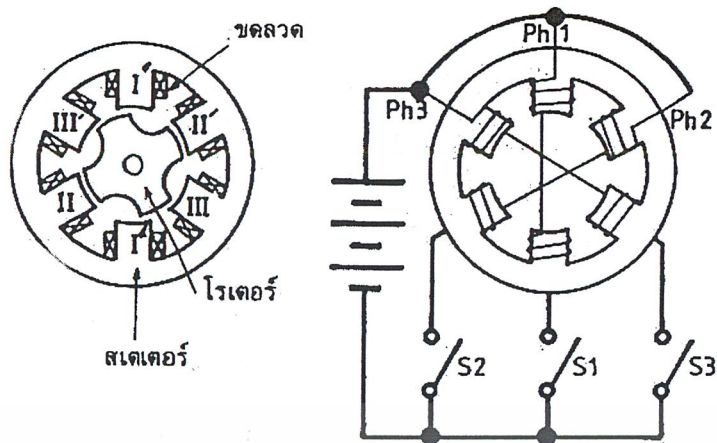
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างของมุมสเต็ป

มุมสเต็ป(องศา)	จำนวนสเต็ปต่อรอบ
0.9	400
1.8	200
3.6	100
3.75	93
7.5	48
15	24

ชนิดของสเต็ปป์มอเตอร์และการทำงาน

สเต็ปป์มอเตอร์แบ่งออกได้หลายชนิดด้วยกัน เช่น Variable - reluctance, hybrid, permanent magnet เป็นต้น แต่ที่ใช้งานบ่อยๆ คือ แบบ Variable - reluctance และ permanent magnet ดังนั้นจะอธิบายหลักการทำงานของ 2 ชนิดนี้เท่านั้น

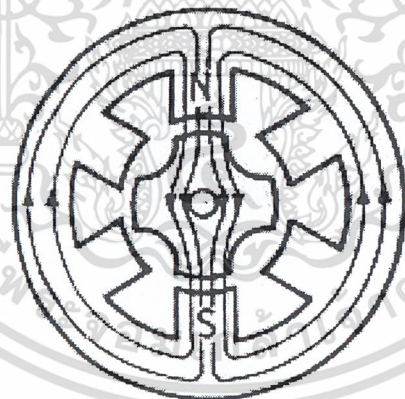
Variable - reluctance หรือเรียกสั้นๆว่า VR มอเตอร์ จะเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการทำงานของสเต็ปป์มอเตอร์ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจการทำงานของสเต็ปป์มอเตอร์ชนิดอื่นๆ ได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยสามารถพิจารณาส่วนประกอบของมอเตอร์ชนิดนี้ได้ดังรูป ซึ่งเป็นภาพหน้าตัดของมอเตอร์



รูปที่ 2.8 ภาพหน้าตัดและการพันขดลวดของสเต็ปิงมอเตอร์ 3 เฟส

จากรูปแสดงถึงส่วนประกอบต่างๆของมอเตอร์ซึ่งเป็นมอเตอร์แบบ 3 เฟส และนอกจากนี้ยังแสดงถึงการพันขดลวดของมอเตอร์ด้วย โดยมอเตอร์นี้จะมีขั้วเหนือและขั้วใต้อยู่ตรงข้ามกัน 3 คู่ โดยจะพันขดลวดแบบอนุกรมกันในแต่ละชุด

การทำงานจะเริ่มจากการกระตุ้นที่เฟส 1 ก่อน (S₁ “ON”) ซึ่งจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้น ตัวโรเตอร์จะพยายามวางตำแหน่งของตัวเองให้อยู่ในทิศทางที่ทำให้เกิดค่าความต้านทานแม่เหล็กน้อยที่สุด ดังรูป



รูป 2.9 แสดงเส้นแรงแม่เหล็กขณะกระตุ้นเฟสที่ 1

การคำนวณหาจำนวนสเต็ปต่อการหมุนโรเตอร์ 1 รอบ

$$S = \frac{360}{\theta_s} = mN_r$$

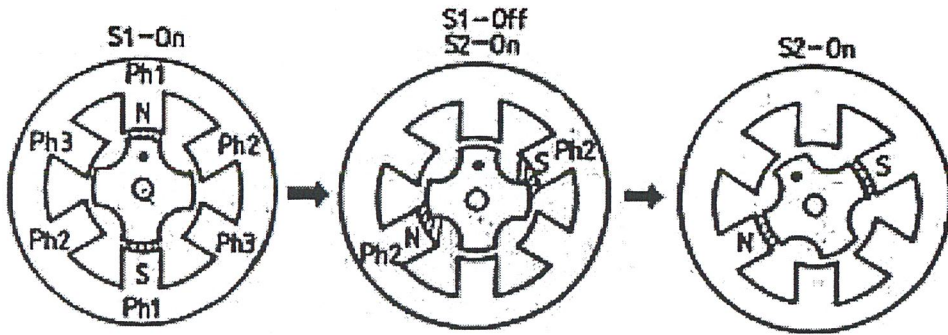
โดย S = จำนวนสเต็ปของการหมุนโรเตอร์ 1 รอบ

m = จำนวนของสเตเตอร์

θ_s = มุมที่เปลี่ยนไปใน 1 สเต็ป

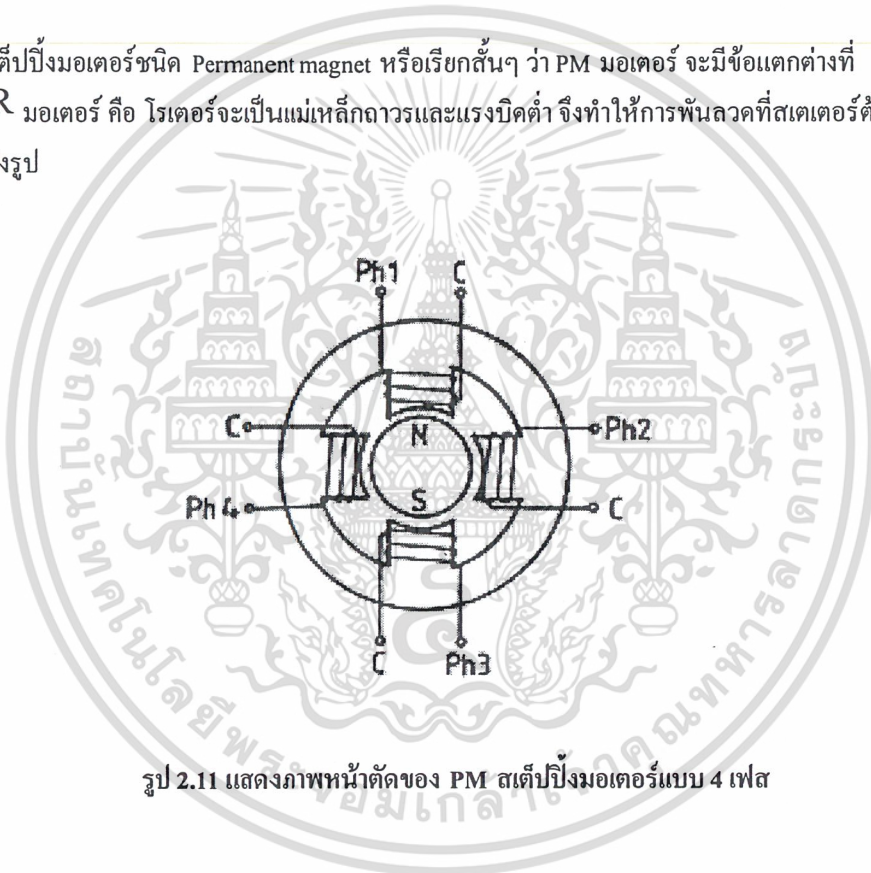
N_r = จำนวนฟันของโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์ผู้สอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



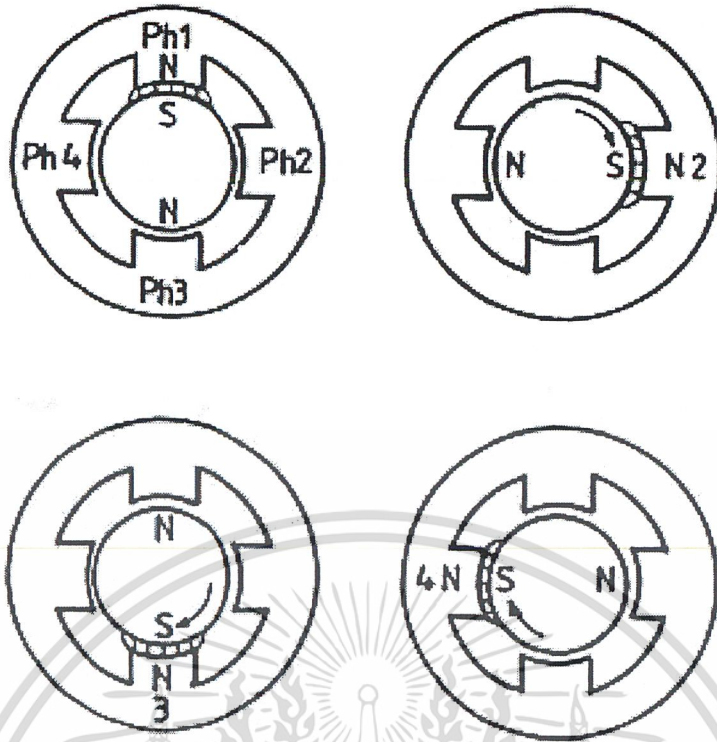
รูปที่ 2.10 แสดงขั้นตอนการหมุนเมื่อมีการกระตุ้นเฟสจาก เฟส 1 ไปยัง เฟส 2

สำหรับสเต็ปมอเตอร์ชนิด Permanent magnet หรือเรียกสั้นๆ ว่า PM มอเตอร์ จะมีข้อแตกต่างที่สำคัญจาก VR มอเตอร์ คือ โรเตอร์จะเป็นแม่เหล็กถาวรและแรงบิดต่ำ จึงทำให้การพันลวดที่สเตเตอร์ต้องแตกต่างกันไป คิว ดังแสดงดังรูป



รูป 2.11 แสดงภาพหน้าตัดของ PM สเต็ปมอเตอร์แบบ 4 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงลำดับขั้วการหมุนในมอเตอร์ 4 เฟส

2.8 วิธีการกระตุ้นเฟส

การที่จะทำให้สแตเตอร์ของมอเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่องเหมือนกับการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นต้องมีการจ่ายพัลส์เป็นลำดับอย่างต่อเนื่อง วิธีการที่จะกระตุ้นเฟสมีด้วยกันหลายวิธี แต่ที่นิยมใช้กันมี ดังนี้ การกระตุ้นแบบเฟสเดี่ยว (Single – phase excitation)

วิธีนี้เป็นการกระตุ้นเฟสเพียงเฟสเดียวเท่านั้นที่จังหวะสัญญาณนาฬิกาหนึ่งๆ

ตารางที่ 2.2 แสดงการกระตุ้นเฟสแบบเฟสเดี่ยว

จังหวะสัญญาณนาฬิกา	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เฟส 1	■			■			■			■	
เฟส 2		■			■			■			■
เฟส 3			■			■			■		

การกระตุ้นแบบเฟสคู่ (Two – phase excitation)

การกระตุ้นแบบนี้จะเป็นการกระตุ้นเฟสสองเฟสพร้อมกันในคราวเดียวกันในจังหวะสัญญาณนาฬิกาหนึ่งๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงการกระตุ้นเฟสแบบเฟสคู่

จังหวัดสัญญาณนาฬิกา	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เฟส 1	■	■			■	■			■	■	
เฟส 2		■	■			■	■			■	■
เฟส 3			■	■			■	■			■

การกระตุ้นแบบกึ่งสเต็ป (Half – step excitation)

การกระตุ้นแบบนี้เป็นการรวมเอาการกระตุ้นทั้งสองแบบแรกเข้าด้วยกัน โดยจะกระตุ้นเฟสแบบที่เฟสเดียว และจะกระตุ้นแบบเฟสคู่สลับกัน ไปอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 2.4 แสดงการกระตุ้นเฟสแบบกึ่งสเต็ป

จังหวัดสัญญาณนาฬิกา	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เฟส 1	■	■			■	■			■	■	
เฟส 2		■	■			■	■			■	■
เฟส 3			■	■			■	■			■

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการดำเนินงาน

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน

รายการ	ม.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาเนื้อหาทฤษฎีการทำงานของหุ่นยนต์										
2. ศึกษาการเขียน โปรแกรม										
3. ทดลองผลที่จากการเขียน โปรแกรม										
4. ศึกษาการทำงานระบบขับเคลื่อน										
5. เชื่อมผลการเคลื่อนที่กับส่วน Hardware										
6. ทดลองการทำงานของระบบ										
7. รวบรวมเนื้อหาทฤษฎีทำรูปเล่ม										

ตารางที่ 3.1 ตารางการวางแผนการดำเนินงาน

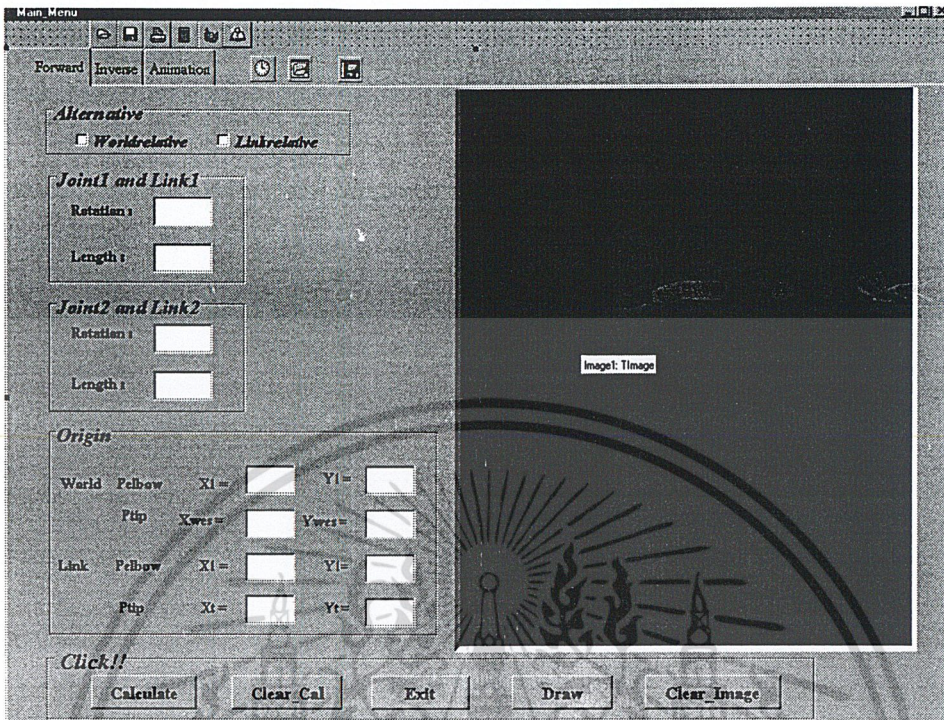
3.2 การออกแบบซอฟต์แวร์

รูปแบบของโปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 4 หน้าจอ

1. ไปข้างหน้า (Forward)
2. ย้อนกลับ (Inverse)
3. อนิเมชัน (Animation)
4. ฟรีสไตล์ (Free Style)

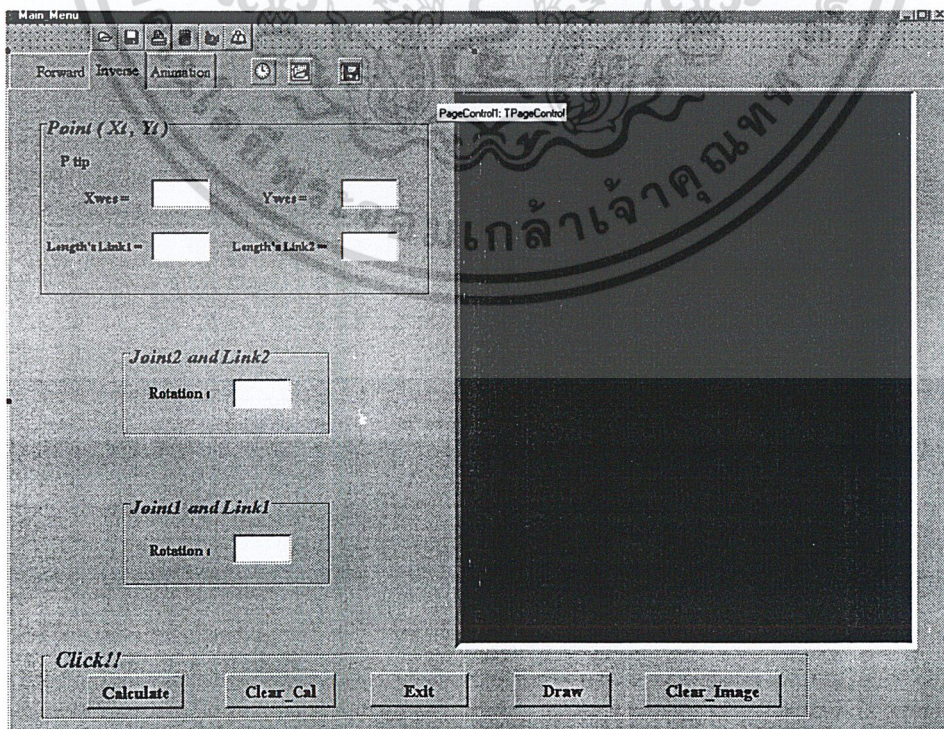
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบไปข้างหน้า



รูปที่3.1 แสดงหน้าจอการคำนวณแบบไปข้างหน้า

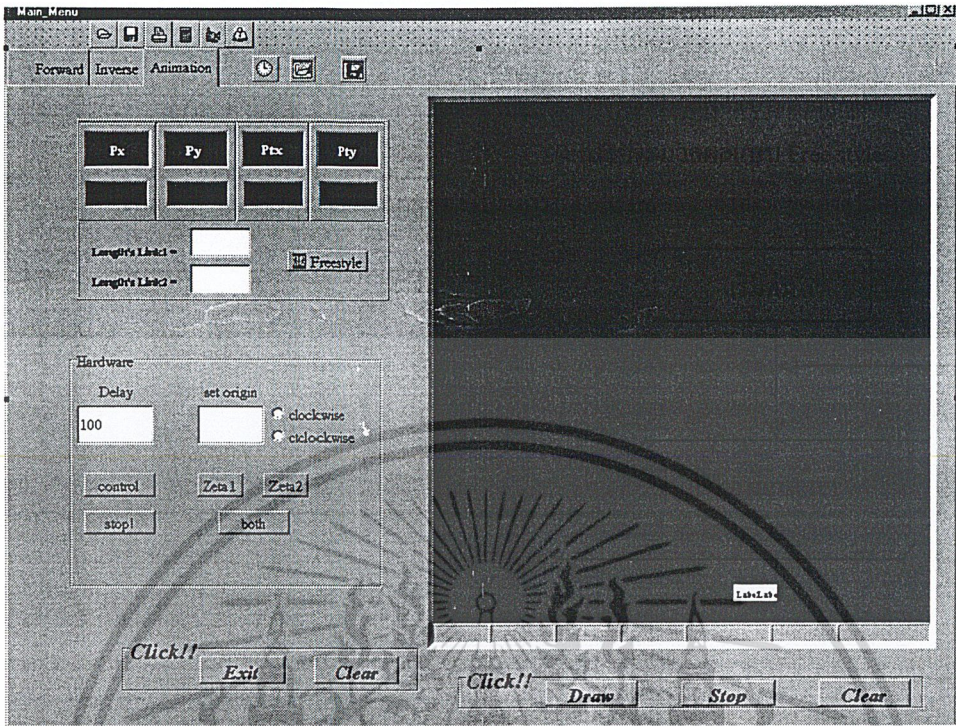
แบบย้อนกลับ



รูปที่3.2 แสดงหน้าจอการคำนวณแบบย้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ได้อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบอนิเมชัน



รูปที่3.3 แสดงหน้าจอการคำนวณแบบอนิเมชัน

แบบฟรีสไตล์



รูปที่3.4 แสดงหน้าจอการคำนวณแบบฟรีสไตล์

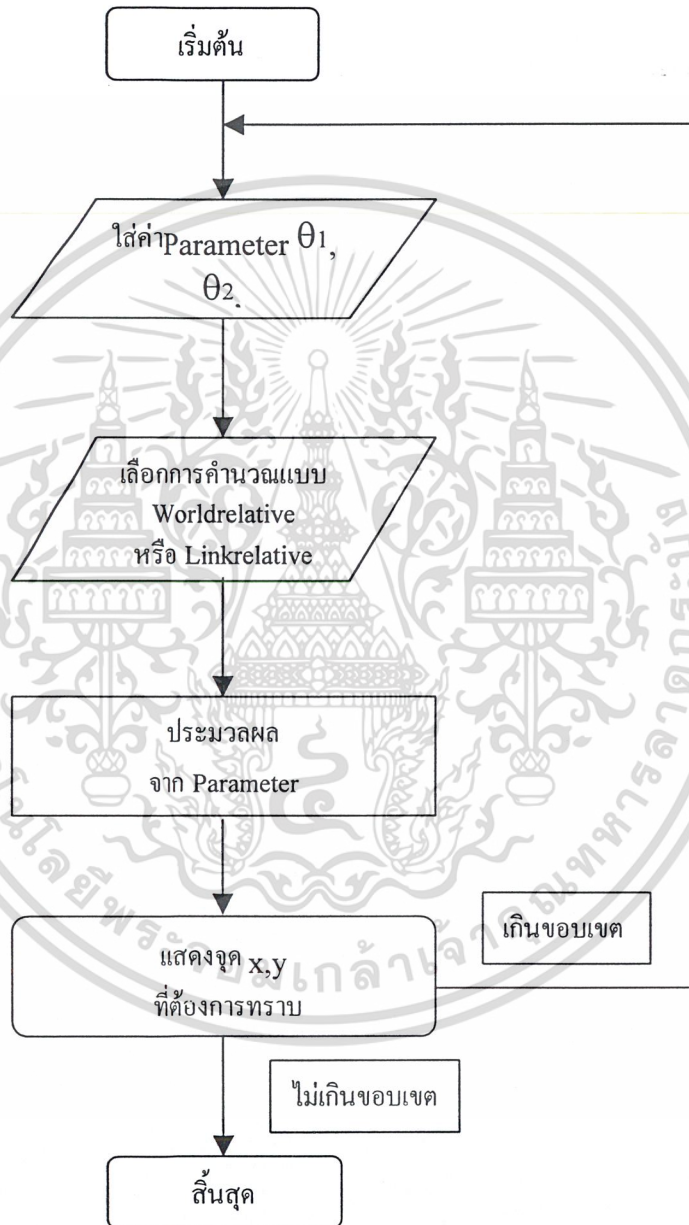
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 รายละเอียดการทำงาน

เป็นการแสดงการประมวลผลของแต่ละหน้าจอเป็น Flow chart diagram ซึ่งประกอบไปด้วย

- 1.การประมวลผลแบบ Forward
- 2.การประมวลผลแบบ Inverse
- 3.การประมวลผลแบบ Animation
- 4.การประมวลผลแบบ Free style

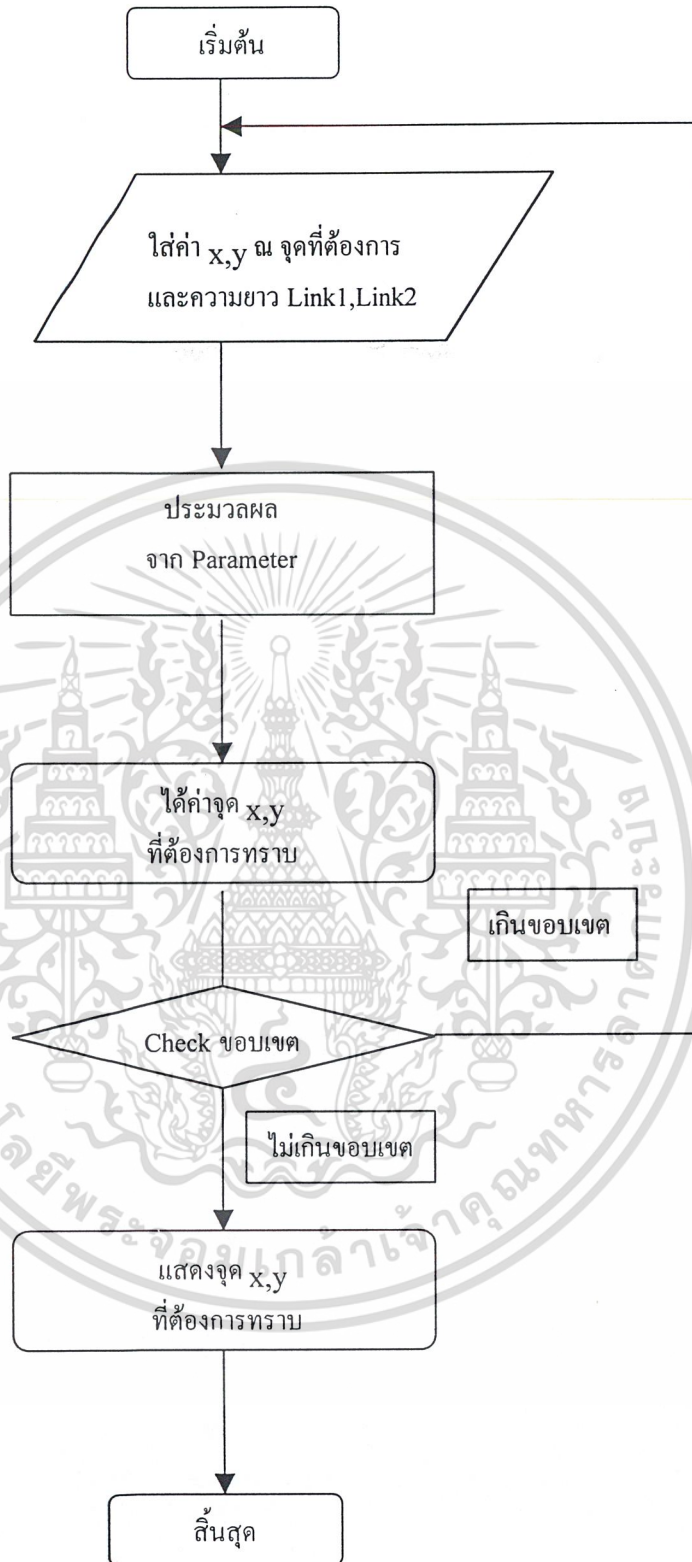
การประมวลผลของโปรแกรม Forward



รูปที่3.5 แสดงแผนผังขั้นตอนประมวลผลแบบ Forward

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

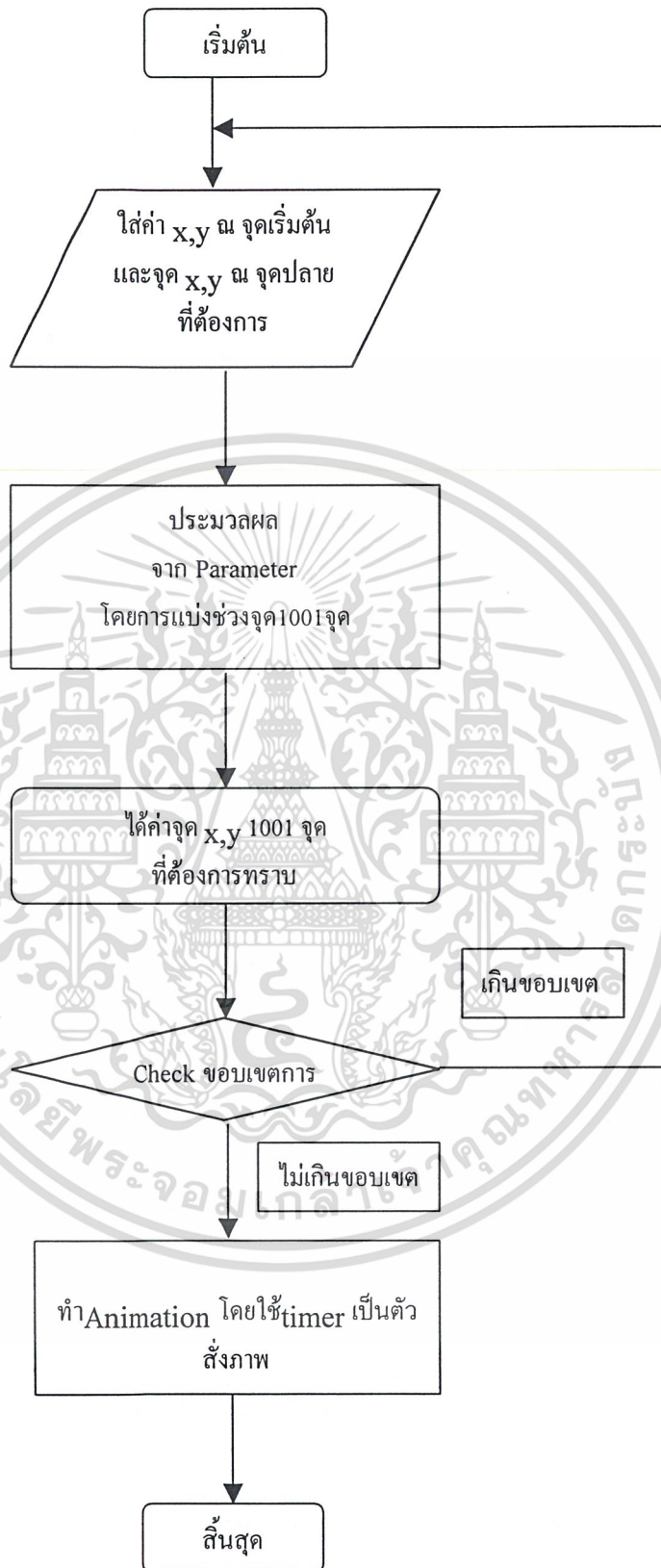
การประมวล โปรแกรมแบบInverse



รูปที่3.6 แสดงแผนผังขั้นตอนประมวลผลแบบ Inverse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

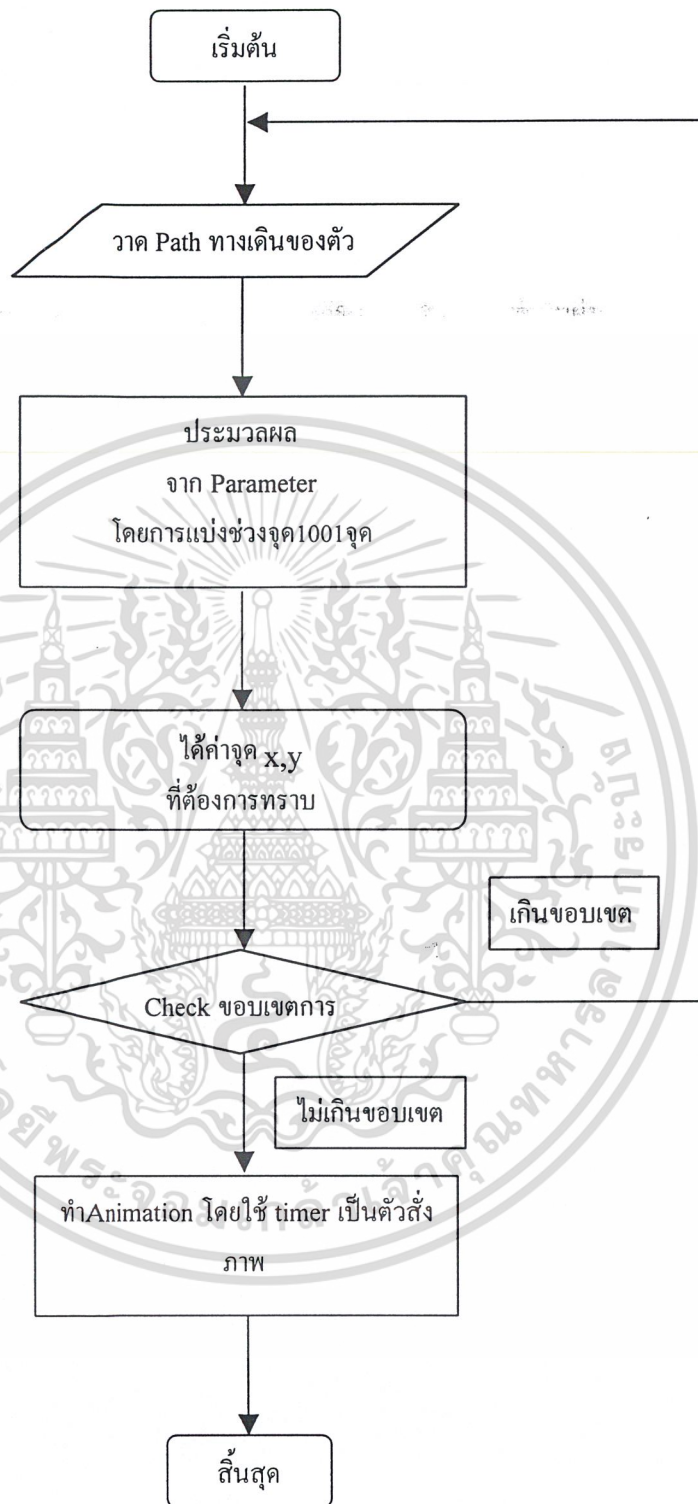
การประมวลผลโปรแกรมแบบAnimation



รูปที่3.7 แสดงแผนผังขั้นตอนประมวลผลแบบ Animation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประมวลผลโปรแกรมแบบ Free Style



รูปที่ 3.8 แสดงแผนผังขั้นตอนประมวลผลแบบ Freestyle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบฮาร์ดแวร์

อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงานครั้งนี้ มีดังนี้คือ

1 แขนกลที่เป็นอะลูมิเนียม 2 ชิ้น นำมาเชื่อมต่อกัน โดยยึดด้วยข้อต่อ ความยาวของ Link1 และ Link2 เป็นระยะ 190 มม. และ 120 มม. ตามลำดับ

2 เพลาขับ Link1 ยาว 180 มม. Link2 ยาว 300 มม.

3 เพลาขับ Link2 ยาว 120 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม.

4 แผ่นรอง 2 แผ่น ขนาด 250 250 ตร.มม. และขนาด 300 300 ตร.มม.

5 แบริ่ง 2 ตัว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มม. 1 ตัว และ 16 มม. อีก 1 ตัว

6 สเต็ปมอเตอร์ 2 ตัว ตัวใหญ่ 1 ตัว เล็ก 1 ตัว

7 มู่เล่ขนาด 18 ฟัน 3 ตัว

10 ฟัน 2 ตัว

15 ฟัน 1 ตัว

28 ฟัน 1 ตัว.

8 ที่จับปากกา

9 ปากกา

10 ฐานรองมอเตอร์เล็กขนาด 70 70 40 ลบ.มม.

11 ฐานรองมอเตอร์ใหญ่ขนาด 95 98 46 ลบ.มม.

12 แผ่น Acrylic ใช้รองฐานรองมอเตอร์เล็กขนาด 90 90 10 ลบ.มม.

13 แผ่น Acrylic ใช้รองฐานรองมอเตอร์ใหญ่ขนาด 90 103 10 และ 110 110 10 ลบ.มม.

14 แบริ่งตัวยาว 1 ตัว ใช้ตั้งสายพาน

15 สายพาน ขนาด 56 ฟัน 2 เส้น
ขนาด 92 ฟัน 1 เส้น

สายพาน (Belts)

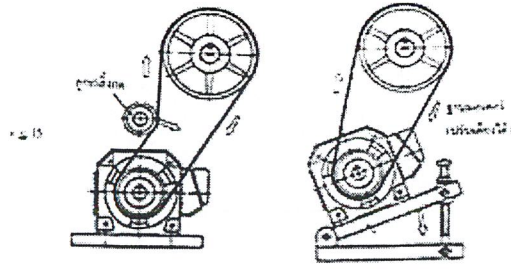
ข้อดี :

- ส่งถ่ายแรงได้อย่างยืดหยุ่น
- ดูดซับเสียงดังและการสั่นสะเทือน
- ไม่ต้องมีการหล่อลื่น

ข้อเสีย :

- เกิดการลื่น ในขณะที่ส่งกำลังได้
- รองเพลารับภาระสูง
- เปื่อยเนือที่มาก

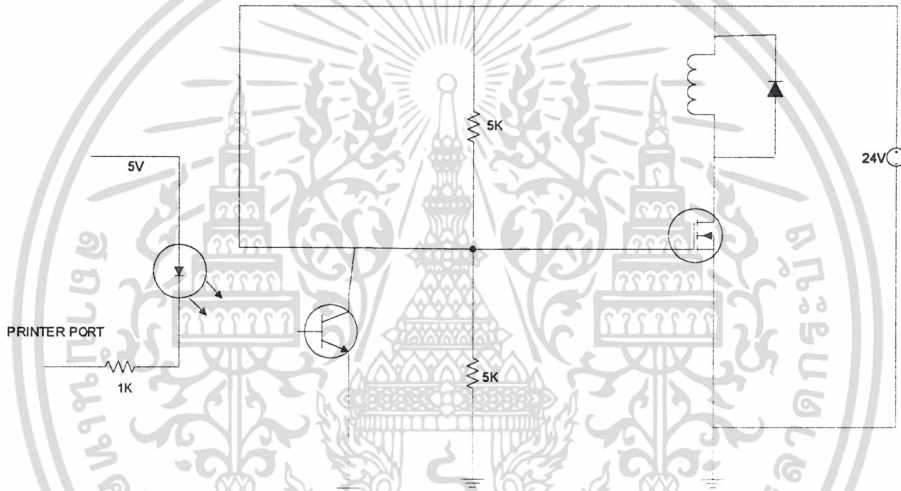
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงการใช้อุปกรณ์ช่วยทำให้สายพานตึง

3.4 การออกแบบวงจรควบคุม

ใช้ควบคุมการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมและแขนหุ่นยนต์โดยใช้ส่งสัญญาณจากพอร์ตพริ้นเตอร์ (Port Printer)

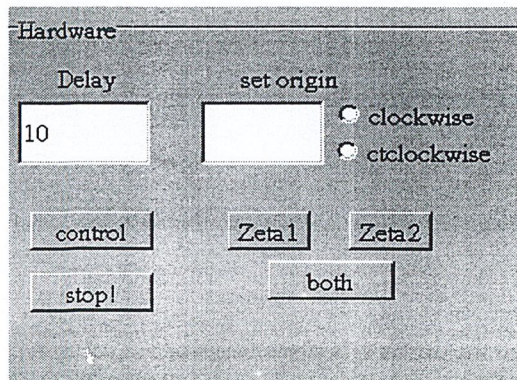


รูปที่ 3.10 แสดงรูปแบบวงจรควบคุม

3.5 แผนการทดสอบ

ทำการเปลี่ยนค่า Delay ทั้งหมด 6 ค่า Delay ละ 3 ครั้ง เพื่อทดสอบการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์ที่มีความยาว Link 1 เป็น 190 มม. และความยาว Link 2 เป็น 120 มม. เป็นการเคลื่อนที่แนวเส้นตรงโดยเคลื่อนที่จากจุดที่แขนหุ่นยนต์อยู่นิ่ง (0,0) ไปตำแหน่ง (180,120) ซึ่งการควบคุมแขนหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่นั้นแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

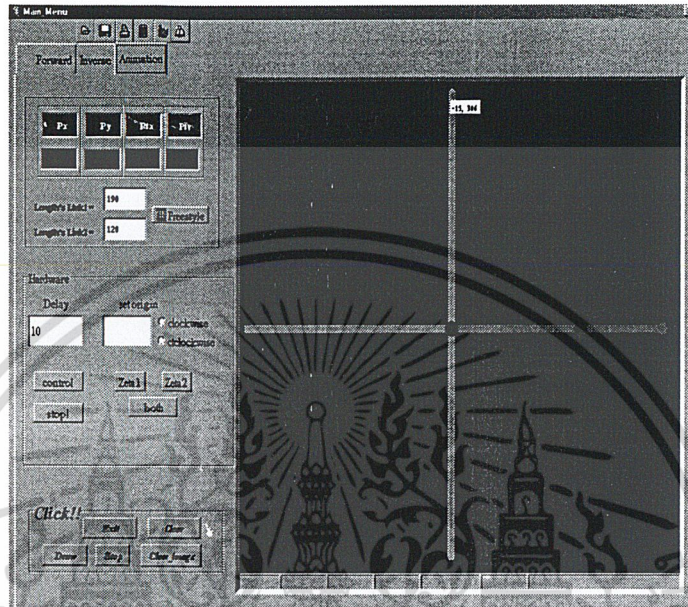
3.5.1 การสั่งแบบแมนนวล



รูปที่ 3.11 แสดงรูปส่วนของหน้าจอที่สั่งแขนหุ่นยนต์แบบแมนนวล

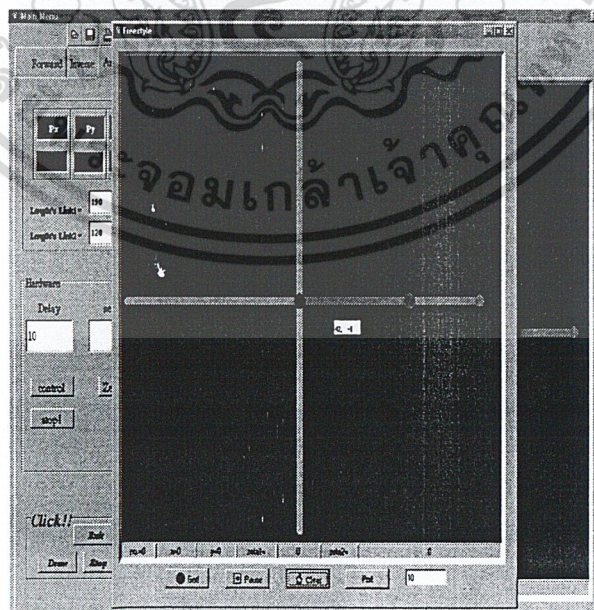
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะงานวิจัยเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปโดยไม่ได้รับอนุญาตจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยไว้ล่วงหน้า และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การสั่งแบบจุด



รูปที่ 3.12 แสดงรูปส่วนของหน้าจอที่สั่งแบบจุด

3.5.3 การสั่งแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 3.13 แสดงรูปส่วนของหน้าจอที่สั่งแบบต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการดำเนินงานของซอฟต์แวร์

ตามที่ได้ศึกษาและการคำนวณแบบจำลองการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์นั้น จะใช้หลักการ การคูณกันของเมตริกโฮโมจีเนียสทรานฟอร์มเมชันทั้งแบบ ไปข้างหน้าและย้อนกลับ

4.1.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

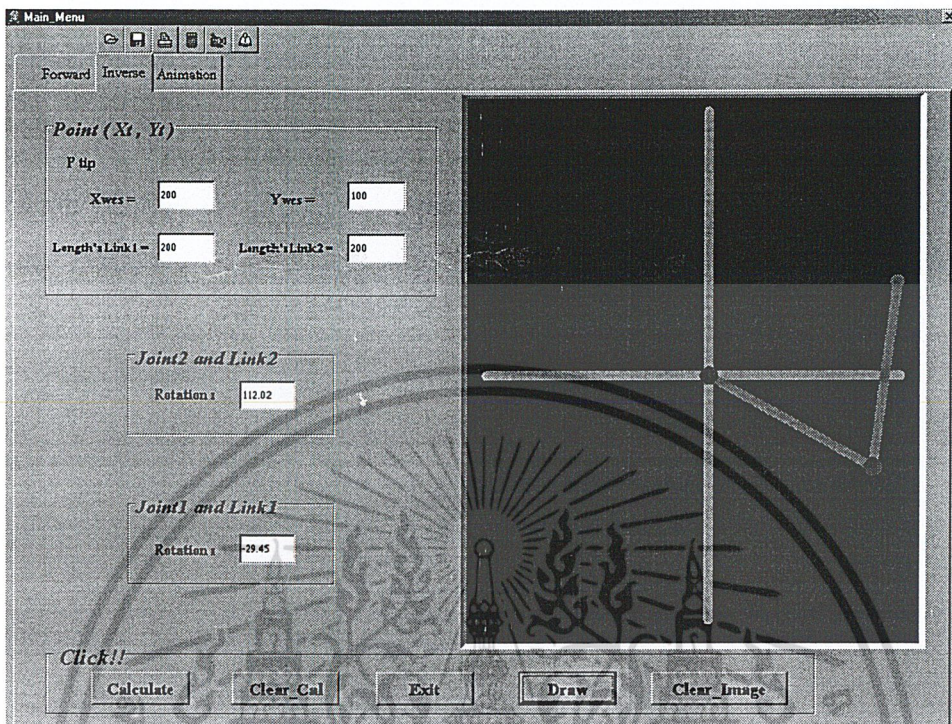
4.1.1.1 เมื่อเรียกโปรแกรมเริ่มแรกจะปรากฏลักษณะดังนี้



รูปที่ 4.1 แสดงหน้าต่างต้อนรับขณะเริ่มโปรแกรม

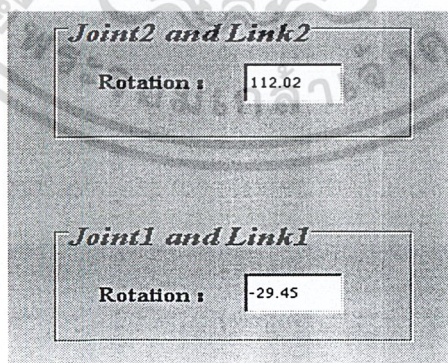
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.3 เมื่อคลิกที่แท็บ Inverse จะปรากฏหน้าต่างการคำนวณแบบย้อนกลับ



รูปที่4.4 แสดงหน้าจอการคำนวณแบบย้อนกลับ ประกอบด้วย

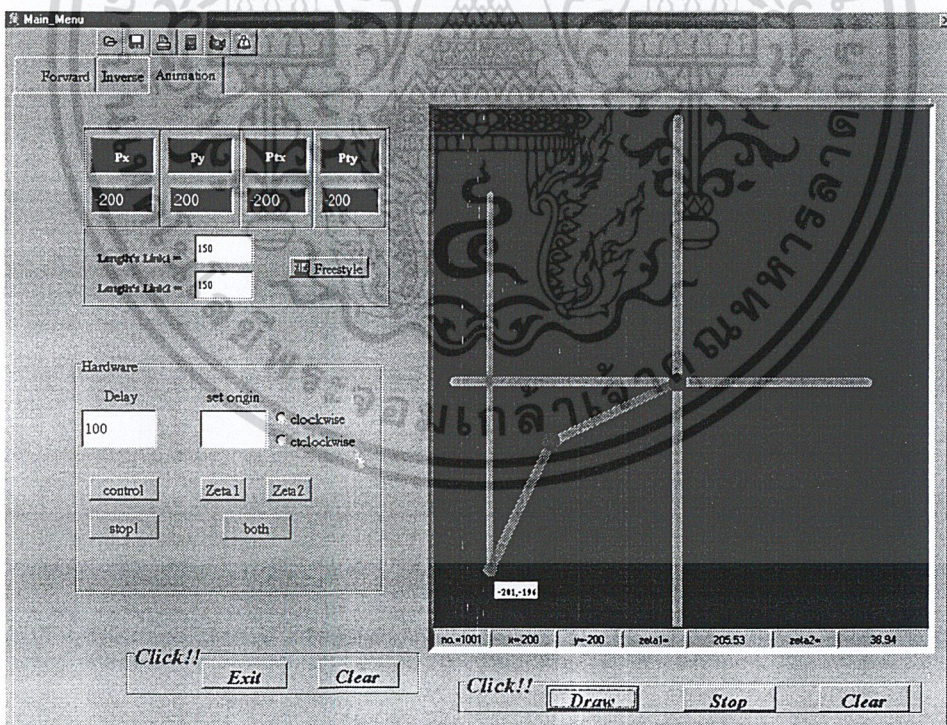
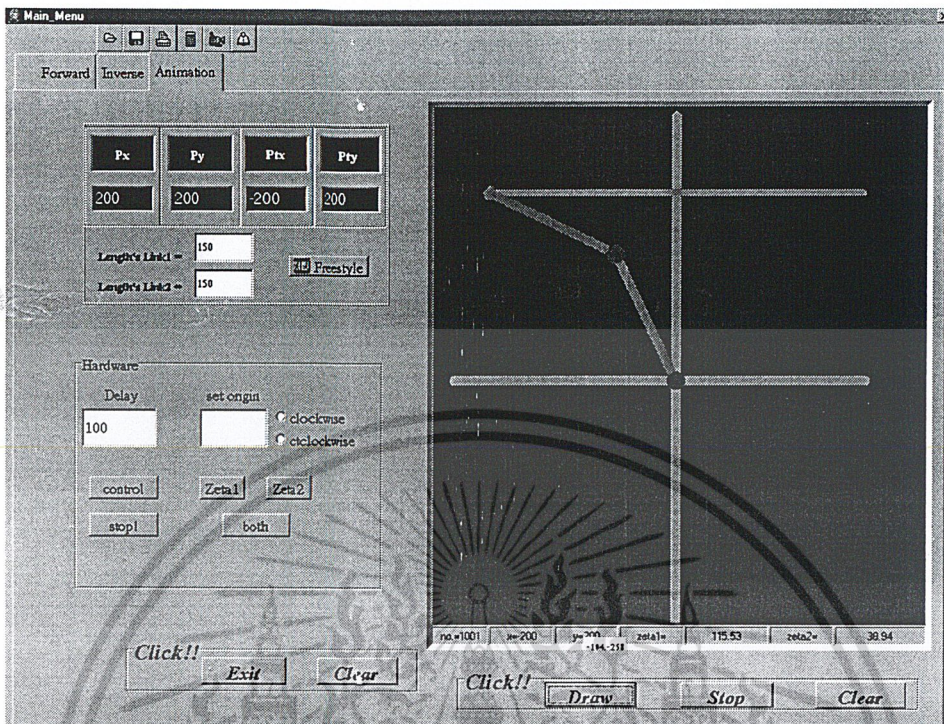
1. ส่วนรับค่าจุดปลายและความยาวของแขนหุ่นยนต์
2. ส่วนแสดงผลค่ามุมที่โปรแกรมคำนวณได้



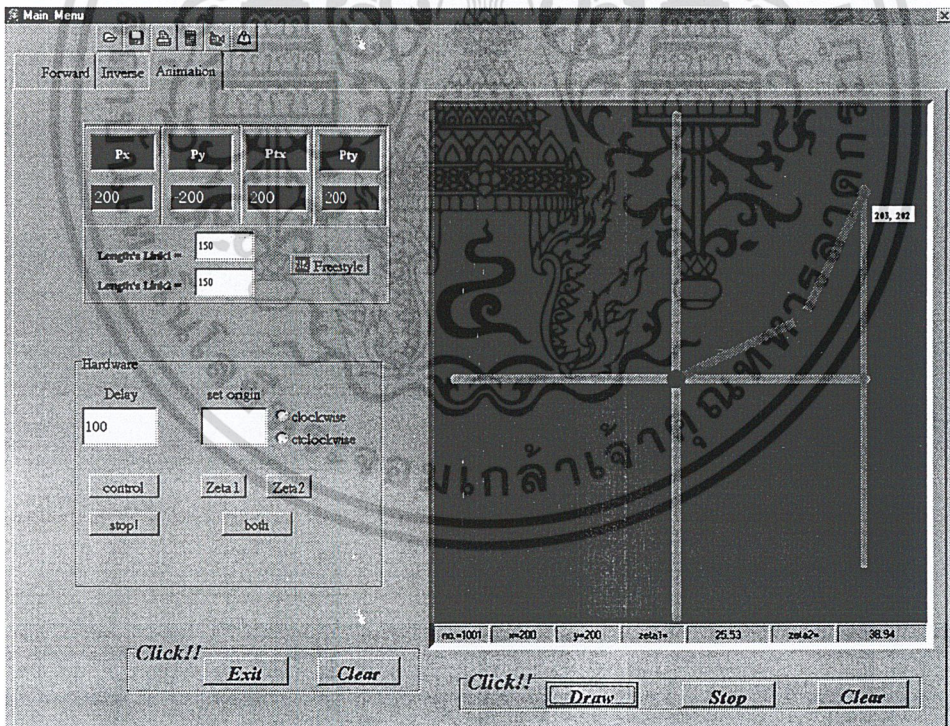
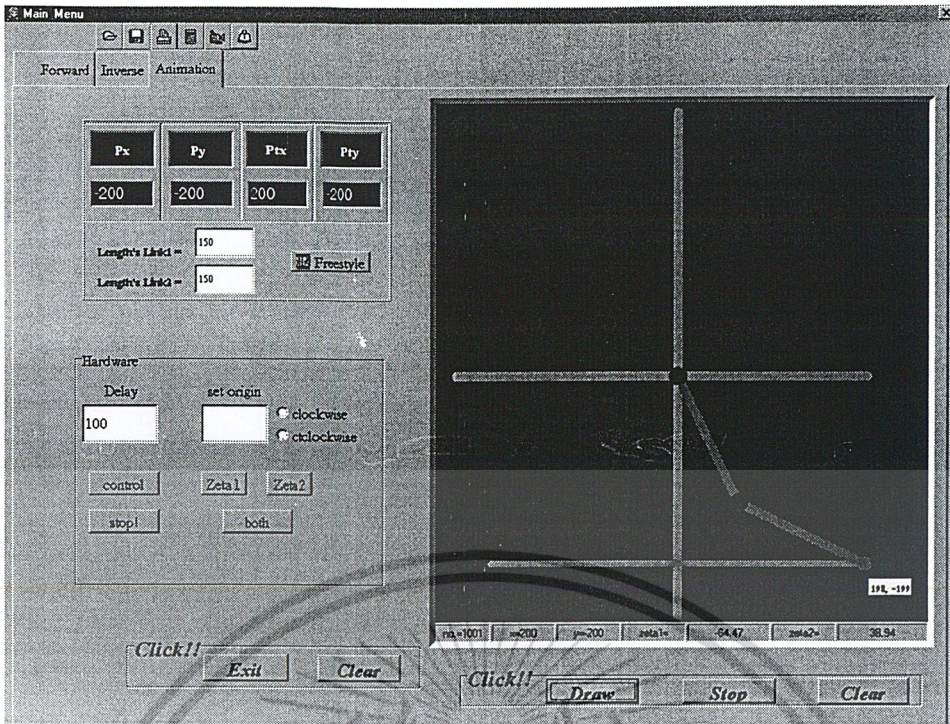
รูปที่4.5 การแสดงค่า θ ที่ต้องการทราบในโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.4 เมื่อกดคลิกที่แท็บ Animation จะปรากฏหน้าต่างการคำนวณแบบชุดข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



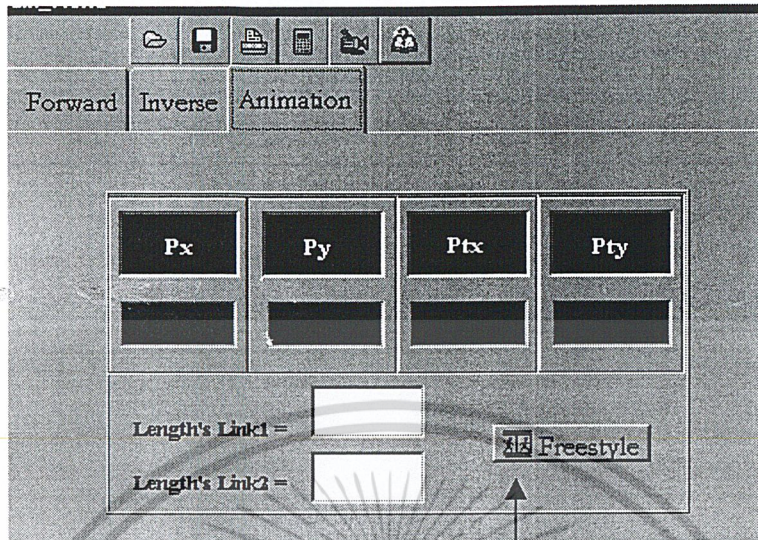
รูปที่ 4.6 แสดงหน้าจอการคำนวณแบบชุดข้อมูล
ประกอบด้วย

1. ส่วนรับค่าช่วงจุดปลายที่ต้องการให้แขนหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไป

2. ส่วนเชื่อมต่อข้อมูลที่ส่งค่าคำนวณออกจาก port เพื่อควบคุมการทำงานของแขนหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นประโยชน์ในการนำมาใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.5 เมื่อคลิกที่ปุ่ม Freestyle จะปรากฏหน้าต่างการคำนวณชุดข้อมูลแบบอิสระ



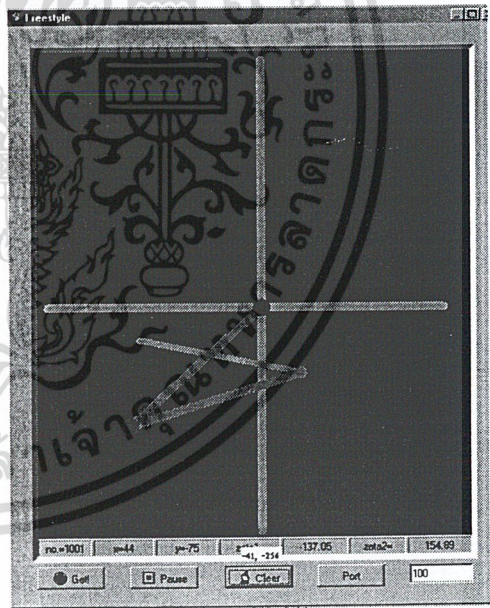
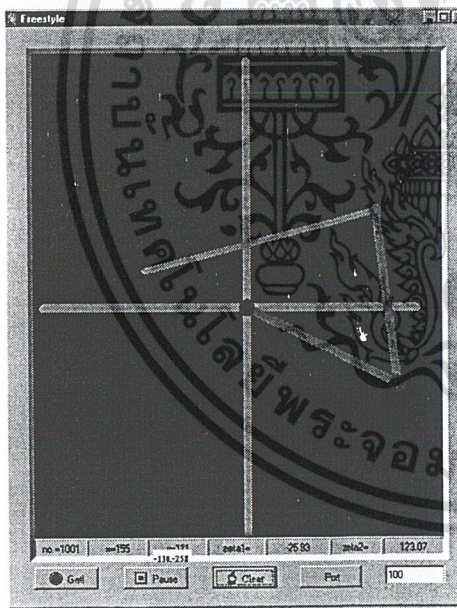
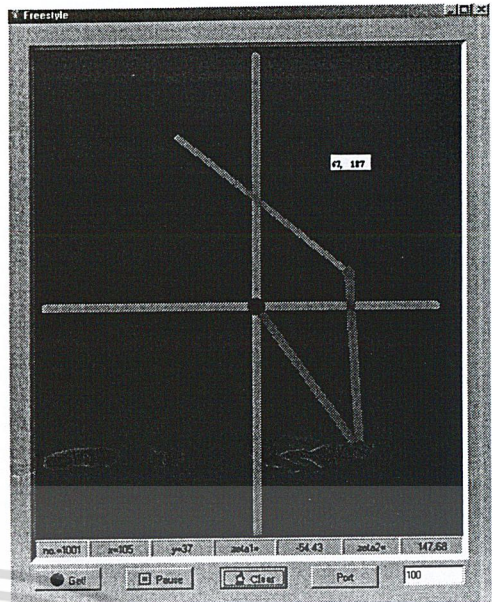
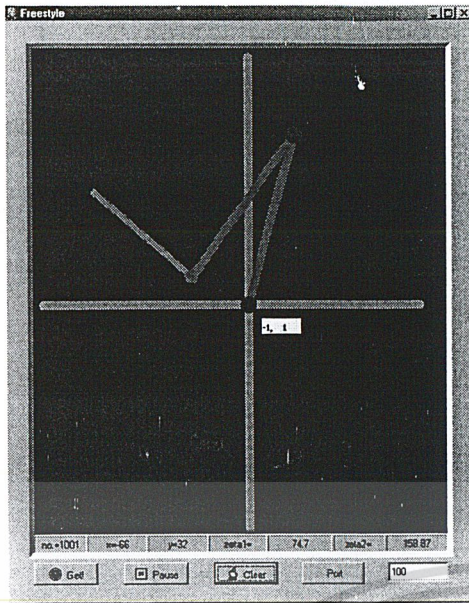
คลิกเพื่อเข้าสู่หน้าจอคำนวณแบบอิสระ

รูปที่ 4.7 แสดงปุ่มการเลือกใช้ Freestyle



รูปที่ 4.8 แสดงการกำหนดเส้นทางเดินโดยไม่จำกัดจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงผลการรันข้อมูลตามเส้นทางเดินที่กำหนดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการดำเนินงานของฮาร์ดแวร์

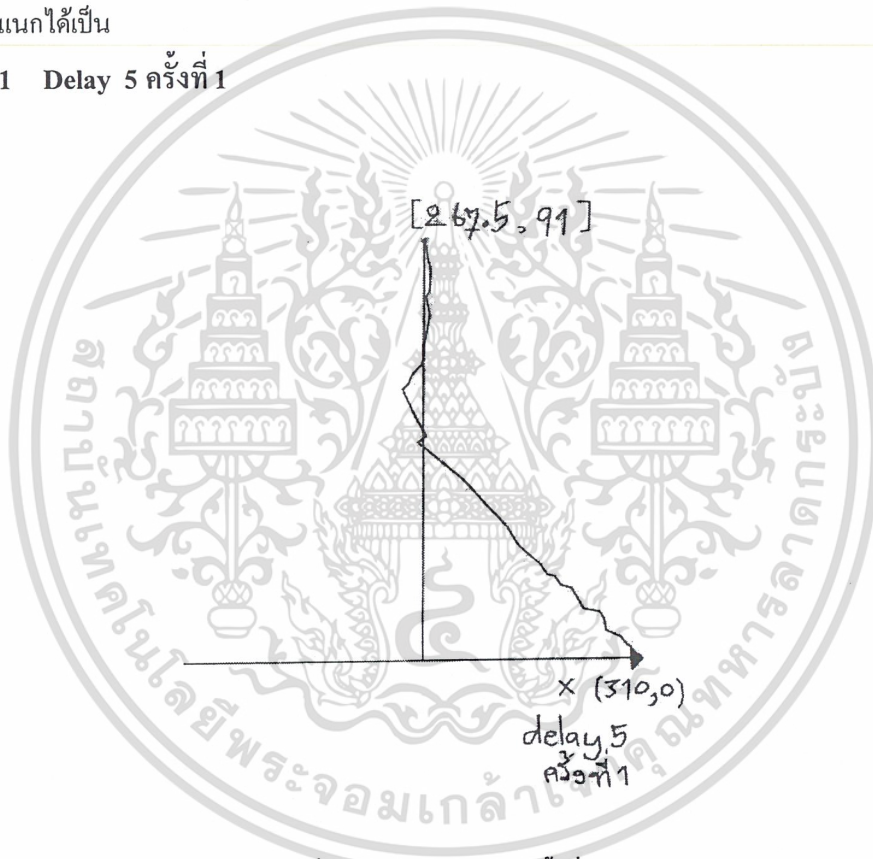
หลักการทำงานของส่วนนี้ คือ

มอเตอร์ใหญ่ ขับเพลาลูกเบี้ยวที่อยู่กับ Link1 ส่วนมอเตอร์เล็กขับเพลาลูกเบี้ยวที่อยู่กับ Link2 เมื่อสั่งมอเตอร์ใหญ่ หมุน มู่เล่แบบตัว 15 ฟัน (ต่ออยู่กับมอเตอร์ใหญ่) จะหมุนส่งผลให้มู่เล่ตัว 28 ฟันที่อยู่กับเพลาลูกเบี้ยวจะหมุนตามไปด้วยอัตราทด 1:1.87 ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยสายพาน เมื่อเพลาลูกเบี้ยวหมุนส่งผลให้ Link1 เคลื่อนที่

เมื่อสั่งมอเตอร์เล็กหมุนมู่เล่ตัว 10 ฟัน จะหมุนส่งผลให้มู่เล่ตัว 18 ฟันที่อยู่กับเพลาลูกเบี้ยวด้านกลางจะหมุนและที่ปลายเพลาลูกเบี้ยวจะติดตั้งมู่เล่อยู่ 1 ตัว (18 ฟัน) และที่ปลายของ Link1 ต่อกับส่วนต้นของ Link2 จะมีเพลาดังขึ้นมาเพื่อเอาไว้ติดตั้งมู่เล่ (18 ฟัน) ยึดต่อกันด้วยสายพาน เมื่อมอเตอร์เล็กหมุนเพลาก็จะหมุนตามทำให้ Link2 เคลื่อนที่ได้

ซึ่งจากผลการทดลองแสดงถึงการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์เนื่องจากการเปลี่ยน Delay 6 แบบ ซึ่งแต่ละแบบมี 3 ครั้ง ซึ่งจำแนกได้เป็น

4.2.1 Delay 5 ครั้งที่ 1



รูปที่ 4.10 แสดง Delay 5 ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 Delay 5 ครั้งที่ 2

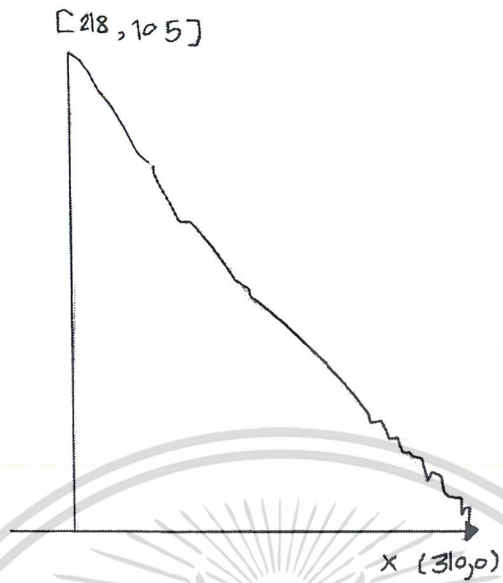


4.2.3 Delay 5 ครั้งที่ 3

รูปที่ 4.12 แสดง Delay 5 ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

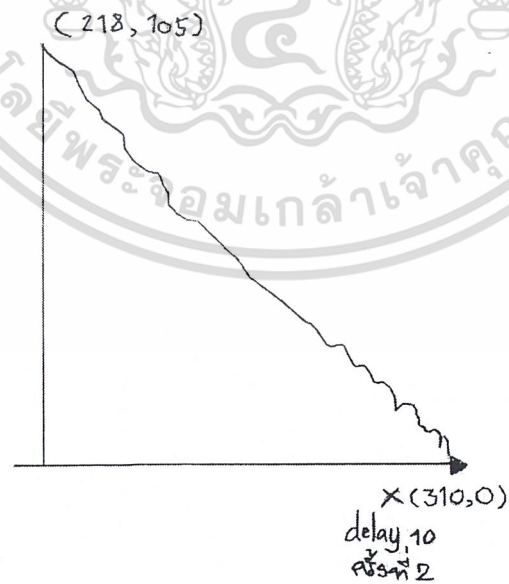
4.2.4 Delay 10 ครั้งที่ 1



delay 10 ครั้งที่ 1

รูปที่ 4.13 แสดง Delay 10 ครั้งที่ 1

4.2.5 Delay 10 ครั้งที่ 2



delay 10 ครั้งที่ 2

รูปที่ 4.14 แสดง Delay 10 ครั้งที่ 2

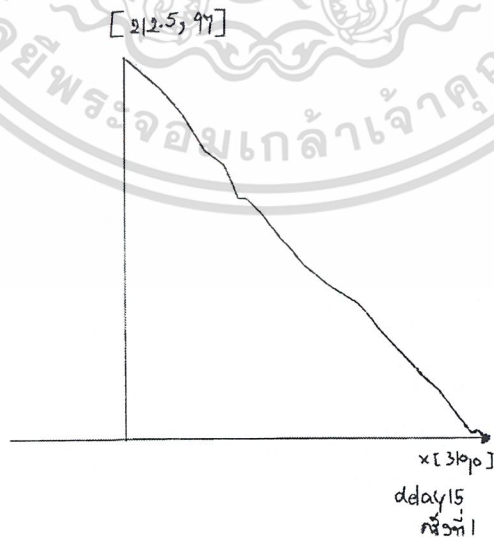
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 Delay 10 ครั้งที่ 3



รูปที่ 4.15 แสดง Delay 10 ครั้งที่ 3

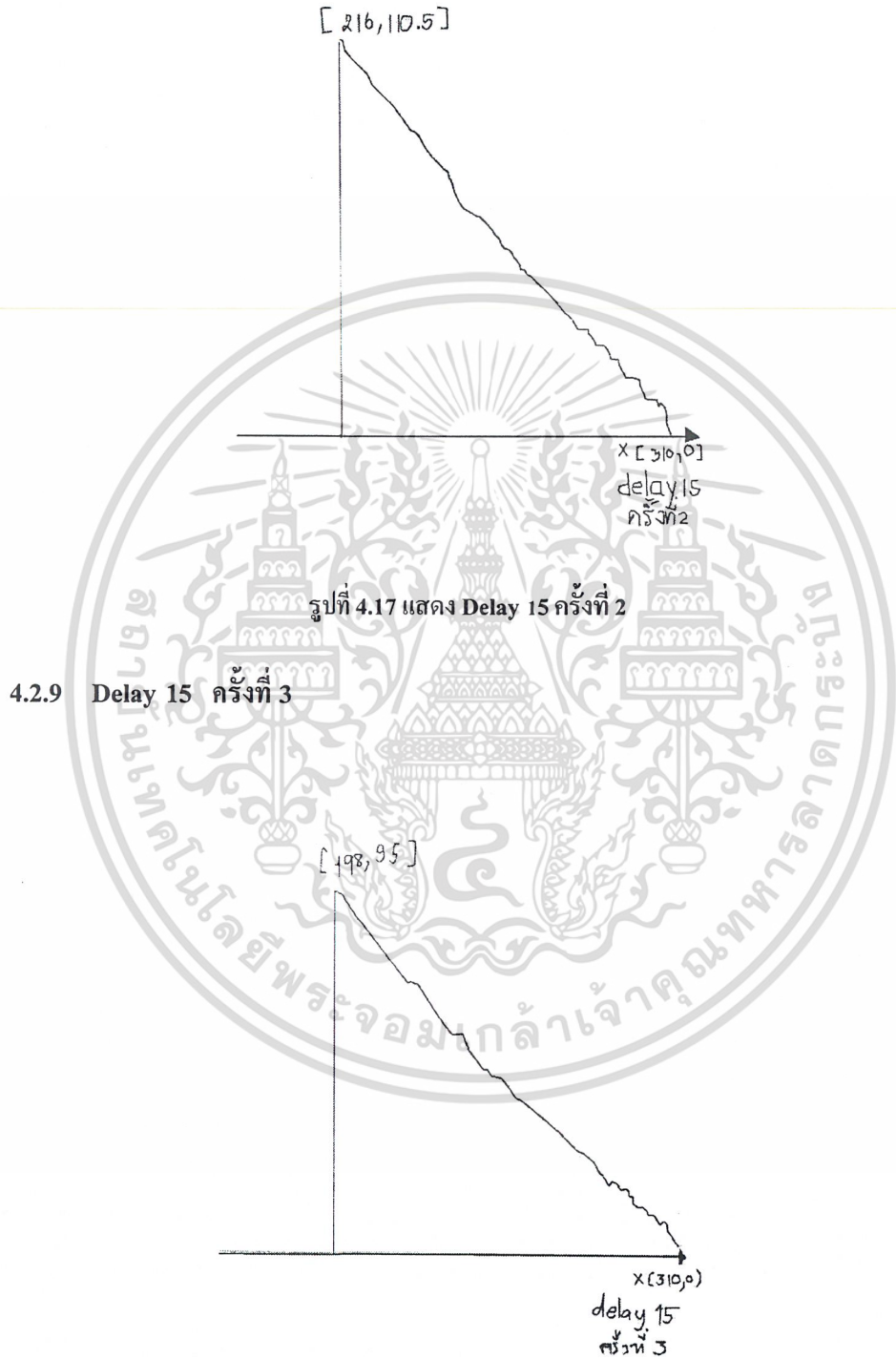
4.2.7 Delay 15 ครั้งที่ 1



รูปที่ 4.16 แสดง Delay 15 ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.8 Delay 15 ครั้งที่ 2



รูปที่ 4.18 แสดง Delay 15 ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

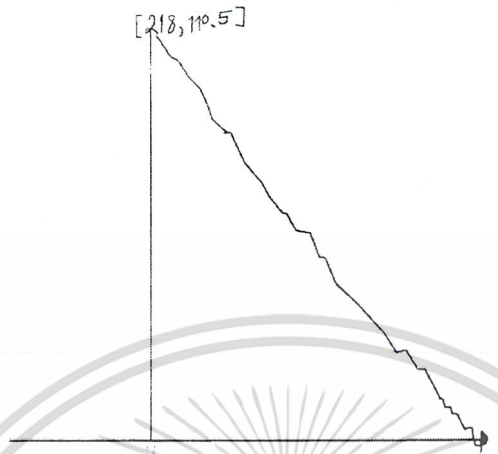
4.2.10 Delay 20 ครั้งที่ 1



รูปที่ 4.20 แสดง Delay 20 ครั้งที่ 2

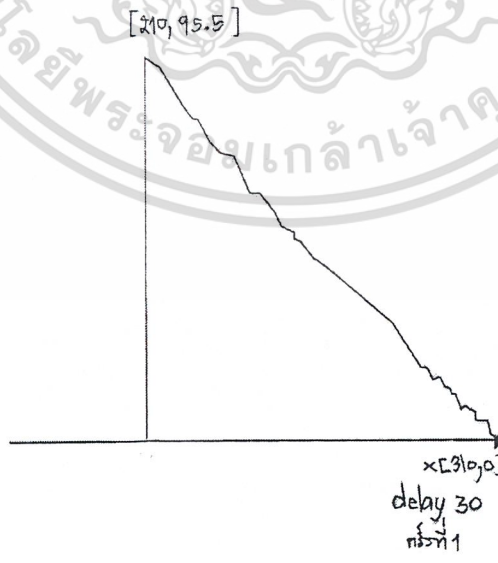
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.12 Delay 20 ครั้งที่ 3



รูปที่ 4.21 แสดง Delay 20 ครั้งที่ 3

4.2.13 Delay 30 ครั้งที่ 1



รูปที่ 4.22 แสดง Delay 30 ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

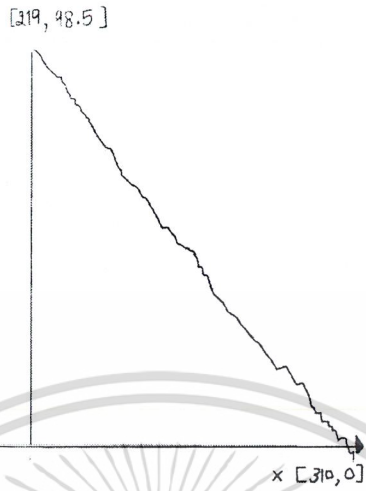
4.2.14 Delay 30 ครั้งที่ 2



รูปที่ 4.24 แสดง Delay 30 ครั้งที่ 3

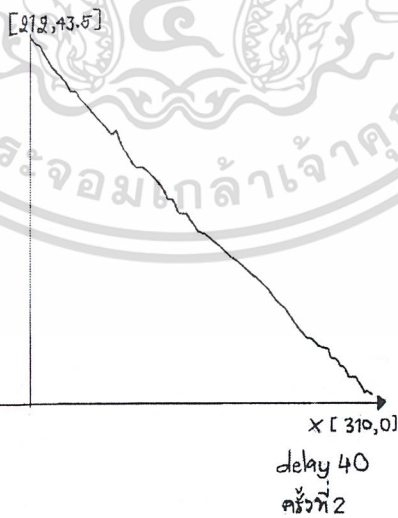
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.16 Delay 40 ครั้งที่ 1



รูปที่ 4.25 แสดง Delay 40 ครั้งที่ 1

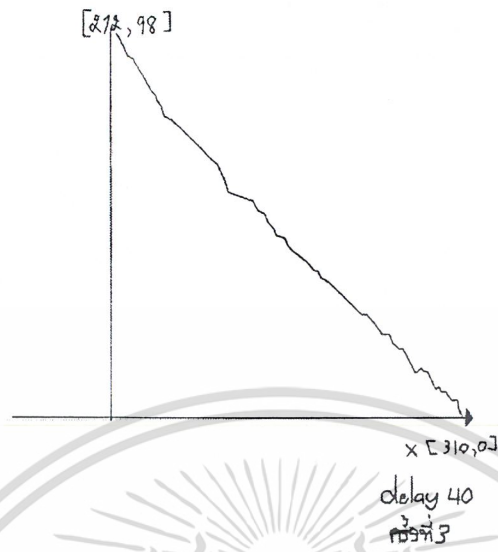
4.2.17 Delay 40 ครั้งที่ 2



รูปที่ 4.26 แสดง Delay 40 ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.18 Delay 40 ครั้งที่ 3



รูปที่ 4.27 แสดง Delay 40 ครั้งที่ 3

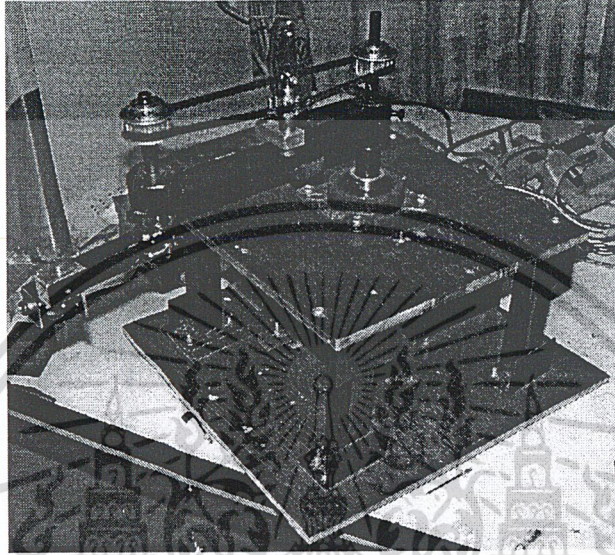
ซึ่งนำมาเขียนเป็นตารางได้ดังนี้

Delay	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
	x	y	x	y	x	y
5	267.5	91	265	92	255	95
10	218	105	218	105	218	105
15	212.5	97	216	110.5	198	95
20	215	100	219.5	97	218	110.5
30	210	95.5	220	99.5	214	96.5
40	219	98.5	212	93.5	212	98

ตารางที่ 4.1 แสดงถึงผลการทดลองการเปลี่ยน Delay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบด้านฮาร์ดแวร์

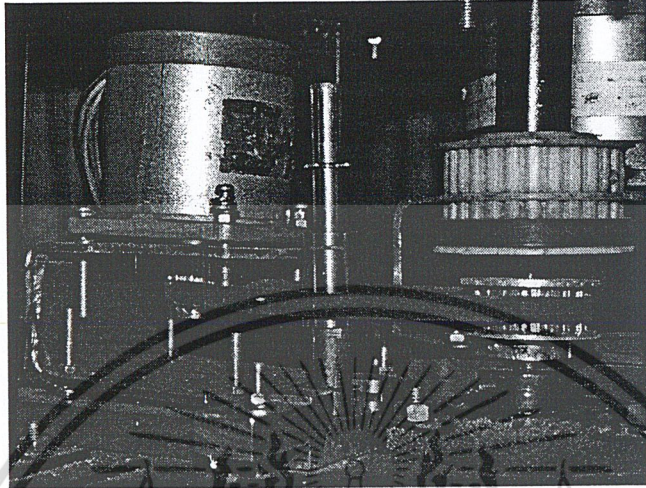


รูปที่4.28 รูปแบบภายนอก



รูปที่4.29 ระบบส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

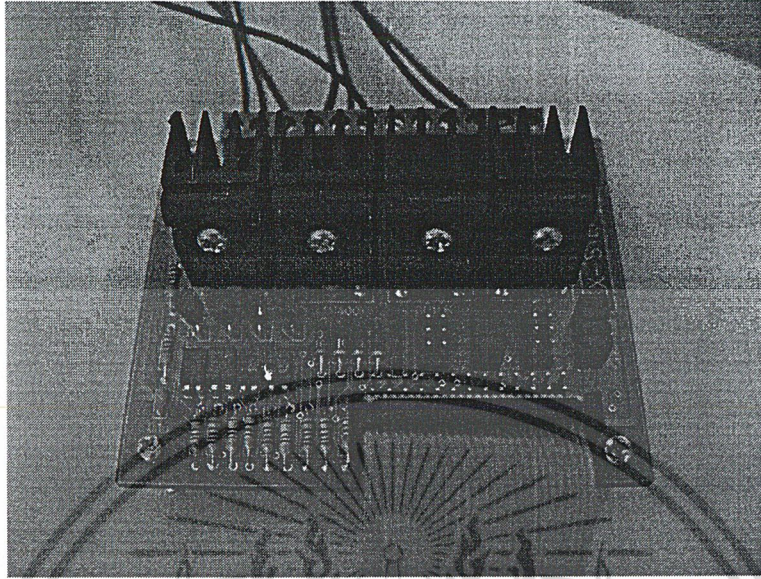


รูปที่4.30 ที่ตั้งสายพานตัวล่าง

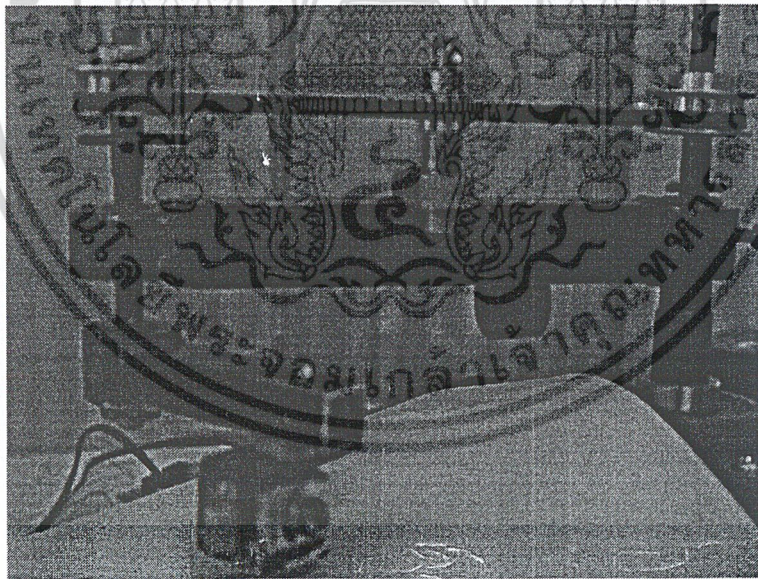


รูปที่4.31 วงจรส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 แสดงวงจรขับมอเตอร์



รูปที่ 4.33 ที่ตั้งสายพานตัวบนและแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงการนี้เป็นการเขียนโปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์ซึ่งรับเงื่อนไขต่างๆที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามา โดยจะแสดงภาพการเคลื่อนที่ ทำให้เราทราบตำแหน่งของจุดปลายสุดของแขนหุ่นยนต์ จากการแทนค่ามุมและความยาวต่างๆทั้งแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไปข้างหน้าและการจำลองเคลื่อนที่แบบย้อนกลับ โดยจากการทดลองสรุปได้ว่าการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์แบบทรงกระบอกนี้สามารถเคลื่อนที่ได้เส้นตรงตามที่กำหนดเงื่อนไขในส่วนซอฟต์แวร์ และแสดงถึงการที่ใช้ Delay มากเกินไปจะทำให้เกิดการสั่นของแขนหุ่นยนต์ ในขณะที่ใช้ Delay น้อยเกินไปก่อให้เกิดค่าผิดพลาดมากเช่นกัน ประโยชน์ต่อการสั่งงานและใช้งานทำให้ ทราบสภาวะการทำงานจริงลดความเสี่ยงของความเสียหาย ทั้งยังปลอดภัยในการดำเนินงานและลดค่าใช้จ่ายในการวางเครื่องจักรปฏิบัติงานจริงอีกด้วย

5.2 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

จากการใช้โปรแกรมจะเห็นว่า เราสามารถสั่งให้ภาพเคลื่อนไหวได้ตามเส้นทางเดินที่เรากำหนดหรือจากการกำหนดจุดปลายของตำแหน่งที่เราต้องการให้แขนหุ่นยนต์อยู่ โดยการป้อนค่ามุมเพื่อเป็นการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ ซึ่งจากผลการรัน โปรแกรมนั้นเราสามารถทราบลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์ได้โดยอาศัยการใช้หลักเมตริกซ์

5.3 แนวทางพัฒนาและปรับปรุงในอนาคต

1. ปรับปรุงด้านรูปภาพที่นำเสนอสามารถพัฒนาต่อให้เป็นรูปลักษณะ 3 มิติ และแสดงเส้นทางการเดินทั้งด้าน Top view และ Side View
2. ทางด้านการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์ไม่ได้กำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ ในโครงการนี้จะเน้นการใช้โปรแกรม Simulation ในการจำลองการปฏิบัติงานจริง ซึ่งสามารถที่จะนำไปพัฒนาเพื่อการใช้งานจริงๆ ในโครงการต่อไป
3. เพิ่มการติดตั้งลิimitswitchเพื่อกำหนดค่าเริ่มต้น
4. การไหลคไฟล์ทางเดินของ AutoCAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Crithlow , A.J.,1985,Introduction to Robotics, New York, Macmillian
- [2] สัจจะ จรัสรุ่งรวิวรร, จักรพงษ์ สุขประเสริฐ , 2543, Delphi 5 , สำนักพิมพ์อิน โฟเพรส
- [3] Lange, Jerome C,1995, Kinematics- Graphic Methods,New Jersey , Prentice Hall,Inc
- [4] Miller, Rex,1998,Fundamentals of Industrial robots and robotics,Boston , PWS-KENT Publishing Company
- [5] Ryan,Daniel L,1994,Robotics Simulation ,Boston , CRC Press, Inc
- [6] Thompson Nigel,1996,3D graphics programming ,Washington , Microsoft Press
- [7] Robert J. Shilling,1990,Fundamentals of Robotics ,New Jersey , Prentice Hall,Inc
- [8] Francis N-Nagy Ardras siegler,1987,Engineering Fundamentals of Robotic ,New Jersey , Prentice Hall,Inc



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของโปรแกรม

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
StdCtrls, ComCtrls, ExtCtrls, math, Buttons, Menus, ExtDlgs, TeeProcs,
TeEngine, Chart, OleCtrls, SHDocVw;

type

```
TMain_Menu = class(TForm)
PageControl1: TPageControl;
forward: TTabSheet;
inverse: TTabSheet;
runauto: TTabSheet;
GroupBox1: TGroupBox;
Label1: TLabel;
Label2: TLabel;
Edit1: TEdit;
Edit2: TEdit;
GroupBox2: TGroupBox;
Label3: TLabel;
Label4: TLabel;
Edit3: TEdit;
Edit4: TEdit;
GroupBox3: TGroupBox;
Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
Edit5: TEdit;
Label7: TLabel;
Edit6: TEdit;
Label8: TLabel;
Label9: TLabel;
Label10: TLabel;
Edit7: TEdit;
Edit8: TEdit;
GroupBox4: TGroupBox;
GroupBox5: TGroupBox;
chkworld: TCheckBox;
chklink: TCheckBox;
Edit9: TEdit;
Edit10: TEdit;
Edit11: TEdit;
Edit12: TEdit;
Label11: TLabel;
Label12: TLabel;
Label14: TLabel;
Label15: TLabel;
Label16: TLabel;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GroupBox6: TGroupBox;
 Label17: TLabel;
 Label18: TLabel;
 Label19: TLabel;
 Edit13: TEdit;
 Edit14: TEdit;
 GroupBox8: TGroupBox;
 Label31: TLabel;
 Edit23: TEdit;
 GroupBox9: TGroupBox;
 Button2: TButton;
 Button3: TButton;
 imagerv: TButton;
 Button5: TButton;
 calfd: TButton;
 clearfd: TButton;
 Button8: TButton;
 imagefd: TButton;
 clear: TButton;
 Panel1: TPanel;
 Image1: TImage;
 Panel2: TPanel;
 Image2: TImage;
 Panel12: TPanel;
 GroupBox11: TGroupBox;
 exitautorun: TButton;
 image3: TImage;
 calrv: TButton;
 clearautorun: TButton;
 Timer1: TTimer;
 Open: TSpeedButton;
 Save: TSpeedButton;
 Calculate: TSpeedButton;
 Run: TSpeedButton;
 Print: TSpeedButton;
 Hp: TSpeedButton;
 OpenPictureDialog1: TOpenPictureDialog;
 SavePictureDialog1: TSavePictureDialog;
 Panel3: TPanel;
 Panel6: TPanel;
 Panel11: TPanel;
 Label30: TLabel;
 Edit38: TEdit;
 Panel5: TPanel;
 Panel10: TPanel;
 Label28: TLabel;
 Edit33: TEdit;
 panel4: TPanel;

Edit20: TEdit;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Panel8: TPanel;
Label26: TLabel;
Panel7: TPanel;
Panel9: TPanel;
Label27: TLabel;
Edit28: TEdit;
GroupBox7: TGroupBox;
Label29: TLabel;
Edit22: TEdit;
Edit15: TEdit;
Edit16: TEdit;
Label20: TLabel;
Label21: TLabel;
Label22: TLabel;
Label23: TLabel;
Edit17: TEdit;
Edit18: TEdit;
bar: TStatusBar;
Panel13: TPanel;
Label24: TLabel;
Label25: TLabel;
SpeedButton1: TSpeedButton;
GroupBox12: TGroupBox;
Button4: TButton;
Edit19: TEdit;
Label32: TLabel;
clearport: TButton;
Edit21: TEdit;
Label33: TLabel;
Button7: TButton;
Button9: TButton;
clockwise: TRadioButton;
ctclockwise: TRadioButton;
autodraw: TButton;
Button1: TButton;
clearimage: TButton;
Button6: TButton;
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure inverseShow(Sender: TObject);
procedure Button5Click(Sender: TObject);
procedure calrvClick(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure imagervClick(Sender: TObject);
procedure imagefdClick(Sender: TObject);
procedure clearClick(Sender: TObject);
procedure Button8Click(Sender: TObject);
procedure clearfdClick(Sender: TObject);
procedure calfdClick(Sender: TObject);
procedure clearautorunClick(Sender:
    TObject);

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

procedure exitautorunClick(Sender: TObject);
procedure clearimageClick(Sender: TObject);
procedure runautoShow(Sender: TObject);
procedure autodrawClick(Sender: TObject);
procedure Exit1Click(Sender: TObject);
procedure OpenClick(Sender: TObject);
procedure SaveClick(Sender: TObject);
procedure CalculateClick(Sender: TObject);
procedure RunClick(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure image3MouseMove(Sender: TObject; Shift: TShiftState; X,Y: Integer);
procedure SpeedButton1Click(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure HpClick(Sender: TObject);
procedure clearportClick(Sender: TObject);
procedure Button7Click(Sender: TObject);
procedure Button9Click(Sender: TObject);
procedure Button10Click(Sender: TObject);
procedure Button6Click(Sender: TObject);

private
  { Private declarations }
  procedure outport(portno:smallint;data:byte);
public
  portno:smallint;
  data:byte;
  { Public declarations }
end;

var
  Main_Menu: TMain_Menu;
  sin2,cos2,jack,x0link2,y0link2,x1link2,y1link2,length1,length2:real;
  c,d,w,m,wk,wi,we,li,lq,lo, lm,ia,ib,x05link2,y05link2,x15link2,y15link2,fix:real;
  dzeta1,dzeta2,pzeta1,pzeta2,ppzeta1,ppzeta2,max:real;
  xx0link2,xx1link2,yy0link2,yy1link2:real;
  x,y,g,h,s,t,runx,runy,conner1,conner2,stra,strb,strcos2,ix,ij,o2: string;
  stop:boolean;
  AI,BI,CI,DI,A2,B2,C2,D2,lp,lr,lj,ln,wf,wl,wn,wj,p1x,p1y,p2x,p2y: integer;
  finalzeta1,i,l,ll,co,del,n,count,cout1,cout2,pos1,pos2: integer;
  dataout1,dataout2,dataout,v1,v2: integer;
  angle2,angle1,xlink1,ylink1,xelbow1,yelbow1,beta,alpha:array[1..2000] of real;
  result1, result2,R,final:array[1..2000] of real;
  aa,bb,drawpx1,drawpy1,drawpx2,drawpy2:array[1..50,1..2000] of integer;
  str1,str2: array[1..10000] of string ;
  a,b,zeta1,zeta2:array[1..5,1..1002] of real;
  strzeta1,strzeta2:array[1..1002] of string;
implementation

uses Unit2, unit5,Unit3;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{$R *.DFM}
procedure inspect1(var pos1,pos2,dataout:integer);
begin
  if pos1>8 then pos1:=1;
  if pos1<1 then pos1:=8;
  if pos2>8 then pos2:=1;
  if pos2<1 then pos2:=8;
  if pos1=1 then dataout1:=14; if pos1=2 then dataout1:=12;
  if pos1=3 then dataout1:=13; if pos1=4 then dataout1:=9;
  if pos1=5 then dataout1:=11; if pos1=6 then dataout1:=3;
  if pos1=7 then dataout1:=7; if pos1=8 then dataout1:=6;
  if pos2=1 then dataout2:=224; if pos2=2 then dataout2:=192;
  if pos2=3 then dataout2:=208; if pos2=4 then dataout2:=144;
  if pos2=5 then dataout2:=176; if pos2=6 then dataout2:=48;
  if pos2=7 then dataout2:=112; if pos2=8 then dataout2:=96;
  dataout:=dataout1+dataout2;
end;
procedure tMain_Menu.outport(portno:smallint;data:byte);
begin
  asm
    push dx
    mov dx,portno
    mov al,data
    out dx,al
    pop dx
  end;
end;
procedure delay(de:integer);
var n:longint;
begin
  n:=gettickcount;
  repeat
    until(gettickcount-n)>=de;
end;
procedure TMain_Menu.calfdClick(Sender: TObject);
var a,b,c,d : real;
    x,y,g,h,u,v,s,t :string;
begin
  button2.Enabled:=true;
  button3.Enabled:=true;
  if chkworld.Checked <> true and chklink.checked <> true then
    messagedlg('Please select relative',mtError,[mbOK],0)
  else
    if chklink.checked = true then
      begin
        a:=strtofloat(edit1.text);
        b:=strtofloat(edit2.text);
        c:= strtofloat(edit3.text);
        d:= strtofloat(edit4.text);
        x:=
          format('%5.3f,[(b*cos(a*(pi/180)))]);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

y:= format('%5.3f,[(b*sin(a*(pi/180)))]);
lo:= strtfloat(x);
lp:= round(lo);
lq:= strtfloat(y);
lr:= round(lq);
u:= format('%5.3f,[(d*(cos(c*(pi/180)))]);
v:= format('%5.3f,[(d*(sin(c*(pi/180)))]);
li:= strtfloat(u);
lj:= round(li);
lm:= strtfloat(v);
ln:= round(lm);
if (lj<-234) or (lj>234) or (ln<-290) or (ln>290) then
begin
edit1.text:="";
edit2.text:="";
edit3.text:="";
edit4.text:="";
edit5.text:="";
edit6.text:="";
edit7.text:="";
edit8.text:="";
edit9.text:="";
edit10.text:="";
edit11.Text:="";
edit12.Text:="";
chkworld.Checked:=false;
chklink.Checked:=false;
showmessage('out of work space');
exit;
end
else
begin
edit5.Text:=x;
edit6.Text:=y;
edit9.Text:=u;
edit10.Text:=v;
end;
end
else if chkworld.Checked = true then
begin
a:=strtfloat(edit1.text);
b:=strtfloat(edit2.text);
c:=strtfloat(edit3.text);
d:=strtfloat(edit4.text);
s:=format('%5.3f,[(b*(cos(a*(pi/180)))]);
we:=strtfloat(s);
wf:=round(we);
t:=format('%5.3f,[(b*(sin(a*(pi/180)))]);
wi:=strtfloat(t);
wj:=round(wi);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

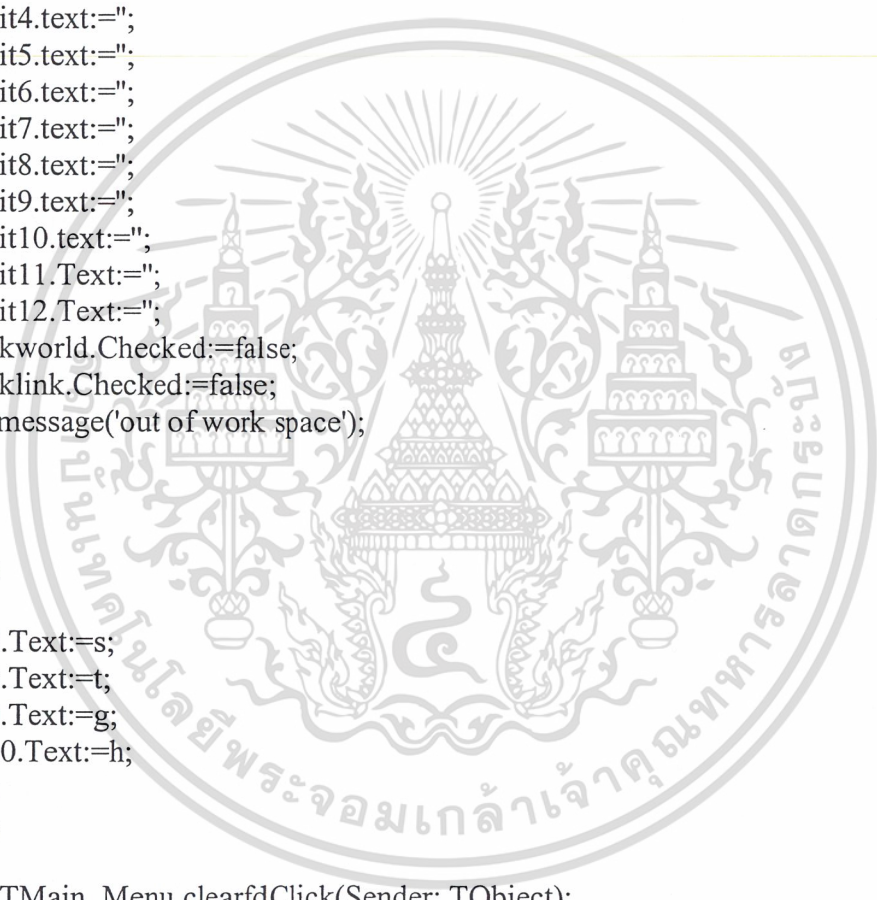
```

g:=format('%5.3f',[(((d*(cos(a*(pi/180)))*(cos(c*(pi/180)))-
(d*(sin(a*(pi/180)))*(sin(c*(pi/180))))+(b*(cos(a*(pi/180))))))]);
wk:=strtofloat(g);
wl:=round(wk);
h:=format('%5.3f',[(((d*(sin(a*(pi/180)))*(cos(c*(pi/180)))+
(d*(cos(a*(pi/180)))*(sin(c*(pi/180))))+(b*(sin(a*(pi/180))))))]);
wm:=strtofloat(h);
wn:=round(wm);
if (wl<-234) or(wl>234) or (wn<-290) or (wn>290) then
begin
edit1.text:="";
edit2.text:="";
edit3.text:="";
edit4.text:="";
edit5.text:="";
edit6.text:="";
edit7.text:="";
edit8.text:="";
edit9.text:="";
edit10.text:="";
edit11.Text:="";
edit12.Text:="";
chkworld.Checked:=false;
chklink.Checked:=false;
showmessage('out of work space');
exit;
end
else
begin

edit5.Text:=s;
edit6.Text:=t;
edit9.Text:=g;
edit10.Text:=h;
end;
end;

end;
procedure TMain_Menu.clearfdClick(Sender: TObject);
begin
edit1.text:="";
edit2.text:="";
edit3.text:="";
edit4.text:="";
edit5.text:="";
edit6.text:="";
edit7.text:="";
edit8.text:="";
edit9.text:="";
edit10.text:="";
edit11.Text:="";

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

edit12.Text:="";
chkworld.Checked:=false;
chklink.Checked:=false;
end; {end of forward}
procedure TMain_Menu.Button8Click(Sender: TObject);
begin
    self.Close;
end;
procedure TMain_Menu.FormCreate(Sender: TObject);
begin
    image1.Canvas.Pen.Width:=5000;
    image1.Canvas.Pen.Color:=clblack;
    image1.Canvas.MoveTo(50,50);
    image1.Canvas.LineTo(50,50);
    image1.Canvas.Pen.Color:=clgray;
    image1.Canvas.Pen.Width:=10;
    image1.Canvas.MoveTo(248,8);
    image1.Canvas.LineTo(248,550);
    image1.Canvas.MoveTo(450,290); {intersect_point}
    image1.Canvas.LineTo(10,290);
    image1.Canvas.Pen.Color:=clred;
    image1.Canvas.MoveTo(248,290);
    image1.Canvas.LineTo(248+wf,290-wj);
    image1.Canvas.LineTo(248+w1,290-wn);
    image1.Canvas.Pen.Color:=clblue;
    image1.Canvas.Pen.Width:=20;
    image1.Canvas.MoveTo(248,290);
    image1.Canvas.LineTo(248,290);
    image1.Canvas.MoveTo(248+wf,290-wj);
    image1.Canvas.LineTo(248+wf,290-wj);
    image1.Canvas.Pen.Color:=clgreen;
    image1.Canvas.Pen.Width:=16;
    image1.Canvas.MoveTo(248+w1,290-wn);
    image1.Canvas.LineTo(248+w1,290-wn);
end;
procedure TMain_Menu.imagefdClick(Sender: TObject);
begin
    if chkworld.Checked = true then
    begin
        image1.Canvas.Pen.Color:=clred;
        image1.Canvas.Pen.Width:=10;
        image1.Canvas.MoveTo(248,290);
        image1.Canvas.LineTo(248+wf,290-wj);
        image1.Canvas.LineTo(248+w1,290-wn);
        image1.Canvas.Pen.Color:=clblue;
        image1.Canvas.Pen.Width:=20;
        image1.Canvas.MoveTo(248,290);
        image1.Canvas.LineTo(248,290);
        image1.Canvas.MoveTo(248+wf,290-wj);
        image1.Canvas.LineTo(248+wf,290-

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

wj);
image1.Canvas.Pen.Color:=clgreen;
image1.Canvas.Pen.Width:=16;
image1.Canvas.MoveTo(248+w1,290-wn);
image1.Canvas.LineTo(248+w1,290-wn);
end
else if chklink.checked = true then
begin
image1.Canvas.Pen.Color:=claqua;
image1.Canvas.Pen.Width:=10;
image1.Canvas.MoveTo(248,290);
image1.Canvas.LineTo(248+lp,290-lr);
image1.Canvas.LineTo(248+lj,290-ln);
image1.Canvas.Pen.Color:=clblue;
image1.Canvas.Pen.Width:=20;
image1.Canvas.MoveTo(248,290);
image1.Canvas.LineTo(248,290);
image1.Canvas.MoveTo(248+lp,290-lr);
image1.Canvas.LineTo(248+lp,290-lr);
image1.Canvas.Pen.Color:=clgreen;
image1.Canvas.Pen.Width:=16;
image1.Canvas.MoveTo(248+lj,290-ln);
image1.Canvas.LineTo(248+lj,290-ln);
end;
end;
procedure TMain_Menu.clearClick(Sender: TObject);
begin
image1.Canvas.Pen.Width:=5000;
image1.Canvas.Pen.Color:=clblack;
image1.Canvas.MoveTo(50,50);
image1.Canvas.LineTo(50,50);
image1.Canvas.Pen.Color:=clgray;
image1.Canvas.Pen.Width:=10;
image1.Canvas.MoveTo(248,8);
image1.Canvas.LineTo(248,550);
image1.Canvas.MoveTo(450,290);
image1.Canvas.LineTo(10,290);
end;
procedure TMain_Menu.inverseShow(Sender: TObject);
begin
image2.Canvas.Pen.Width:=5000;
image2.Canvas.Pen.Color:=clblack;
image2.Canvas.MoveTo(50,50);
image2.Canvas.LineTo(50,50);
image2.Canvas.Pen.Color:=clgray;
image2.Canvas.Pen.Width:=10;
image2.Canvas.MoveTo(248,8);
image2.Canvas.LineTo(248,550);
image2.Canvas.MoveTo(450,290);
image2.Canvas.LineTo(10,290);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

image2.Canvas.Pen.Color:=clred;
image2.Canvas.MoveTo(248+AI,290-BI);
image2.Canvas.LineTo(248+CI,290-DI);
image2.Canvas.LineTo(248,290);
image2.Canvas.Pen.Color:=clgreen;
image2.Canvas.Pen.Width:=15;
image2.Canvas.MoveTo(248+AI,290-BI);
image2.Canvas.LineTo(248+AI,290-BI);
image2.Canvas.Pen.Color:=clblue;
image2.Canvas.Pen.Width:=20;
image2.Canvas.MoveTo(248+CI,290-DI);
image2.Canvas.LineTo(248+CI,290-DI);
image2.Canvas.MoveTo(248,290);
image2.Canvas.LineTo(248,290);
end;
procedure TMain_Menu.calrvClick(Sender: TObject);
var   final,cos2,sin2,beta,alpha,result1,result2,delx,dely,jack:real;
      zeta,zeta1 : string;
      R,elx,ely:Extended;
begin
x0link2:=strtofloat(edit13.Text);
AI:=round(x0link2);
y0link2:=strtofloat(edit14.Text);
BI:=round(y0link2);
length1:=strtofloat(edit15.Text);
length2:=strtofloat(edit16.Text);
cos2:=((sqr(x0link2))+sqr(y0link2))-(sqr(length1))-
(sqr(length2)))/(2*(length1)*(length2));
if (cos2 < -1) or (cos2 > 1) then
begin
showmessage('not work space');
exit;
end;
sin2:=sqrt(1-(cos2*cos2));
R:= arctan2(sin2,cos2); zeta:=format('%5.2f',[R*(180/pi)]);
edit23.Text:=zeta; { zeta2 end }
jack:=(length2*cos2)+length1;
if jack=0 then jack:=0.1;
alpha:=(length2*sin2)/jack;
result1:=((arctan(alpha))*(180/pi)); {get angle_alpha:use }
beta:=(y0link2/x0link2);
result2:=((arctan(beta))*(180/pi)); {get beta :use}
final:= result2-result1 ; zeta1:=format('%5.2f',[final]);
edit22.Text:=zeta1;{ zeta1 end }
elx:= cos(final*(pi/180)); delx:=length1*elx; CI:= round(delx);
ely:= sin(final*(pi/180)); dely:=length1*ely; DI:= round(dely);

```

```
end; {end of inverse}
```

```
procedure
```

```
TMain_Menu.Button2Click(Sender:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TObject);
begin
    edit13.text:=""; edit23.text:="";
    edit14.text:="";
    edit15.text:="";
    edit16.Text:="";
    edit22.text:="";
end;
procedure TMain_Menu.Button5Click(Sender: TObject);
begin
    image2.Canvas.Pen.Width:=5000;
    image2.Canvas.Pen.Color:=clblack;
    image2.Canvas.MoveTo(50,50);
    image2.Canvas.LineTo(50,50);
    image2.Canvas.Pen.Color:=clgray;
    image2.Canvas.Pen.Width:=10;
    image2.Canvas.MoveTo(248,8);
    image2.Canvas.LineTo(248,550);
    image2.Canvas.MoveTo(450,290);
    image2.Canvas.LineTo(450,290);
    image2.Canvas.LineTo(10,290);
end;
procedure TMain_Menu.imagervClick(Sender: TObject);
begin
    image2.Canvas.Pen.Color:=clred;
    image2.Canvas.Pen.Width:=10;
    image2.Canvas.MoveTo(248+AI,290-BI);
    image2.Canvas.LineTo(248+CI,290-DI);
    image2.Canvas.LineTo(248,290);
    image2.Canvas.Pen.Color:=clgreen;
    image2.Canvas.Pen.Width:=15;
    image2.Canvas.MoveTo(248+AI,290-BI);
    image2.Canvas.LineTo(248+AI,290-BI);
    image2.Canvas.Pen.Color:=clblue;
    image2.Canvas.Pen.Width:=20;
    image2.Canvas.MoveTo(248+CI,290-DI);
    image2.Canvas.LineTo(248+CI,290-DI);
    image2.Canvas.MoveTo(248,290);
    image2.Canvas.LineTo(248,290);
end;
procedure TMain_Menu.Button3Click(Sender: TObject);
begin
    self.Close;
end;
procedure TMain_Menu.clearautorunClick(Sender: TObject);

begin
    edit20.Text:=""; edit28.Text:=""; edit33.Text:=""; edit38.Text:="";
    xx0link2:=310;
    yy0link2:=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end;
procedure TMain_Menu.exitautorunClick(Sender: TObject);
begin
    self.Close;

end;
procedure TMain_Menu.clearimageClick(Sender: TObject);
begin
    image3.Canvas.Pen.Width:=5000;
    image3.Canvas.Pen.Color:=clblack;
    image3.Canvas.MoveTo(50,50);
    image3.Canvas.LineTo(50,50);
    image3.Canvas.Pen.Color:=clgray;
    image3.Canvas.Pen.Width:=10;
    image3.Canvas.MoveTo(310,8);
    image3.Canvas.LineTo(310,600);
    image3.Canvas.MoveTo(620,310);
    image3.Canvas.LineTo(1,310);
    image3.Canvas.Pen.Color:=clred;
    image3.Canvas.Pen.Width:=10;
    image3.Canvas.MoveTo(310,310);
    image3.Canvas.LineTo(620,310);
    image3.Canvas.Pen.Color:=clgreen;
    image3.Canvas.Pen.Width:=15;
    image3.Canvas.MoveTo(620,310);
    image3.Canvas.LineTo(620,310);
    image3.Canvas.Pen.Color:=clblue;
    image3.Canvas.Pen.Width:=20;
    image3.Canvas.MoveTo(500,310);
    image3.Canvas.LineTo(500,310);
    image3.Canvas.MoveTo(310,310);
    image3.Canvas.LineTo(310,310);
    bar.Panels[0].Text:=""; bar.Panels[1].Text:=""; bar.Panels[2].Text:="";
    bar.Panels[4].Text:=""; bar.Panels[6].Text:="";
    bar.Panels[0].Text:='no.'+'='; bar.Panels[1].Text:='x'+='';
    bar.Panels[2].Text:='y'+='';
    i:=0;

```

```

end;
procedure TMain_Menu.runautoShow(Sender: TObject);
begin

```

```

    image3.Canvas.Pen.Width:=5000;
    image3.Canvas.Pen.Color:=clblack;
    image3.Canvas.MoveTo(50,50);
    image3.Canvas.LineTo(50,50);
    image3.Canvas.Pen.Color:=clgray;
    image3.Canvas.Pen.Width:=10;
    image3.Canvas.MoveTo(310,8);
    image3.Canvas.LineTo(310,600);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

image3.Canvas.MoveTo(620,310);
image3.Canvas.LineTo(1,310);
image3.Canvas.Pen.Color:=clred;
image3.Canvas.Pen.Width:=10;
image3.Canvas.MoveTo(310,310);
image3.Canvas.LineTo(620,310);
image3.Canvas.Pen.Color:=clgreen;
image3.Canvas.Pen.Width:=15;
image3.Canvas.MoveTo(620,310);
image3.Canvas.LineTo(620,310);
image3.Canvas.Pen.Color:=clblue;
image3.Canvas.Pen.Width:=20;
image3.Canvas.MoveTo(500,310);
image3.Canvas.LineTo(500,310);
image3.Canvas.MoveTo(310,310);
image3.Canvas.LineTo(310,310);
end;

procedure TMain_Menu.autodrawClick(Sender: TObject);
begin
stop:=false;
for l:=1 to 2 do
begin
for i:=1 to 1001 do
begin

application.ProcessMessages;
if stop=true then exit;
image3.Canvas.Pen.Width:=5000;
image3.Canvas.Pen.Color:=clblack;
image3.Canvas.MoveTo(50,50);
image3.Canvas.LineTo(50,50);
image3.Canvas.Pen.Color:=clgray;
image3.Canvas.Pen.Width:=10;
image3.Canvas.MoveTo(310,8);
image3.Canvas.LineTo(310,600);
image3.Canvas.MoveTo(620,310);
image3.Canvas.LineTo(1,310);
image3.Canvas.Pen.Color:=clFuchsia;
image3.Canvas.Pen.Width:=7;
image3.Canvas.MoveTo(310+drawpx2[l,1],310-drawpy2[l,1]);
image3.Canvas.LineTo(310+drawpx2[l,i],310-drawpy2[l,i]);
image3.Canvas.Pen.Color:=clred;
image3.Canvas.Pen.Width:=10;
image3.Canvas.MoveTo(310+drawpx2[l,i],310-drawpy2[l,i]);
image3.Canvas.LineTo(310+drawpx1[l,i],310-drawpy1[l,i]);
image3.Canvas.LineTo(310,310);
image3.Canvas.Pen.Color:=clgreen;
image3.Canvas.Pen.Width:=15;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

image3.Canvas.MoveTo(310+drawpx2[1,i],310-drawpy2[1,i]);
image3.Canvas.LineTo(310+drawpx2[1,i],310-drawpy2[1,i]);
image3.Canvas.Pen.Color:=clblue;
image3.Canvas.Pen.Width:=20;
image3.Canvas.MoveTo(310+drawpx1[1,i],310-drawpy1[1,i]);
image3.Canvas.LineTo(310+drawpx1[1,i],310-drawpy1[1,i]);
image3.Canvas.MoveTo(310,310);
image3.Canvas.LineTo(310,310);

```

```

bar.Panels[0].Text:='no.'+'='+inttostr(i);
bar.Panels[1].Text:='x'+'='+inttostr(drawpx2[1,i]);
bar.Panels[2].Text:='y'+'='+inttostr(drawpy2[1,i]);
bar.Panels[3].Text:='zeta1'+'=';
bar.Panels[4].Text:=floattostr(zeta1[1,i]);
bar.Panels[5].Text:='zeta2'+'=';
bar.Panels[6].Text:=floattostr(zeta2[1,i]);
bar.Refresh;
delay(10);
end;
end;

```

end;

```

procedure TMain_Menu.Exit1Click(Sender: TObject);
begin
self.Close;
end;

```

```

procedure TMain_Menu.OpenClick(Sender: TObject);
begin
if openpictorialog1.Execute then
edit1.Text:= openpictorialog1.FileName
else
edit1.Text:='No file selected';
end;

```

```

procedure TMain_Menu.SaveClick(Sender: TObject);
begin
if savepictorialog1.Execute then
edit1.Text:= savepictorialog1.FileName
else
edit1.Text:='No file selected';
end;

```

```

procedure TMain_Menu.CalculateClick(Sender: TObject);

```

```

var
elbowx,elbowy : string;
n,k,cc:integer;
fix,ix,drawx: array [1..10000] of real;
ij,strzeta2,strzeta1 : array [1..10000] of string;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin    cc:=1;
        if (edit20.Text=") or (edit28.Text=") or (edit20.Text=") or (edit28.Text=")then
            showmessage('Fill the values')
        else
            begin
                x0link2:=strtofloat(edit20.Text); x1link2:=strtofloat(edit33.Text);
                y0link2:=strtofloat(edit28.Text); y1link2:=strtofloat(edit38.Text);
                length1:=strtofloat(edit17.Text);
                length2:=strtofloat(edit18.Text);
                for co:=cc to 2 do
                    begin
                        xx1link2:=x0link2;
                        yy1link2:=y0link2;
                        for n:=1 to 1001 do
                            begin
                                a[co,n]:=((xx0link2+(-(xx0link2-xx1link2)*(0.001*(n-1)))));
                                b[co,n]:=((yy0link2+(-(yy0link2-yy1link2)*(0.001*(n-1)))));
                                stra:=floattostr(a[co,n]);
                                strb:=floattostr(b[co,n]);
                                if (a[co,n] < -311) or (a[co,n] > 310) then
                                    begin
                                        showmessage('out of space');
                                        showmessage('issue'+ '=' + inttostr(co) + ' position'+ '=' + inttostr(n));
                                        showmessage('x'+ ' at '+stra);

                                        exit;
                                        end;
                                if (b[co,n] < -311) or (b[co,n] > 310) then
                                    begin
                                        showmessage('out of space');
                                        showmessage('issue'+ '=' + inttostr(co) + ' position'+ '=' + inttostr(n));
                                        showmessage('y'+ ' at '+strb);
                                        exit;
                                        end;
                                cos2:=(((sqr(a[co,n]))+(sqr(b[co,n])))-(sqr(length1)))-
                                (sqr(length2)))/(2*(length1)*(length2));
                                if (cos2 < -1) or (cos2 > 1) then
                                    begin
                                        strcos2:=floattostr(cos2);
                                        showmessage('value cos out of range');
                                        showmessage('issue'+ '=' + inttostr(co) + ' position'+ '=' + inttostr(n));
                                        showmessage('cos2'+ ' at '+strb);
                                        showmessage('x'+ ' at '+stra+'y'+ ' at '+strb);
                                        exit;
                                        end .
                                else
                                    begin
                                        sin2:= sqrt(1-(sqr(cos2)));
                                        R[n]:= arctan2(sin2,cos2); strzeta2[n]:=floattostr(R[n]);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

strzeta2[n]:=format('%5.2f',[R[n]*(180/pi)]);
zeta2[co,n]:=strtofloat(strzeta2[n]);
{ zeta2 end }
jack:= ((length2*(cos2))+length1);
if jack=0 then jack:=0.1;
alpha[n]:=(length2*(sin2))/jack;
result1[n]:=((arctan(alpha[n]))*(180/pi)); {get angle_alpha:use }
str1[n]:=format('%5.2f',[result1[n]]);

if a[co,n]=0 then a[co,n]:=0.001;
beta[n]:= (b[co,n]/a[co,n]);

if result1[n]<0 then
result1[n]:= 180+((arctan(alpha[n]))*(180/pi));

if a[co,n]>0 then
result2[n]:=((arctan(beta[n]))*(180/pi)); //get angle_beta :use

if a[co,n]<0 then
result2[n]:=180+((arctan(beta[n]))*(180/pi));

str2[n]:= (format('%5.2f',[result2[n]]));
final[n]:=(result2[n]-result1[n] );
end;

strzeta1[n]:=floattostr(final[n]);
strzeta1[n]:=format('%5.2f',[final[n]]);
zeta1[co,n]:=strtofloat(strzeta1[n]); { zeta1 end }
xelbow1[n]:=(length1*(cos(zeta1[co,n]*(pi/180))));
yelbow1[n]:=(length1*(sin(zeta1[co,n]*(pi/180))));
drawpx2[co,n]:=round(a[co,n]); drawpy2[co,n]:=round(b[co,n]);
drawpx1[co,n]:=round(xelbow1[n]); drawpy1[co,n]:=round(yelbow1[n]);
if (b[co,n]<0) and (zeta1[co,n]<0) then
zeta1[co,n]:=360+zeta1[co,n];
{if (a[co,n+1]<a[co,n]) and (drawpy1[co,n]<0) and (zeta1[co,n]<0) then
zeta1[co,n]:=zeta1[co,n]-360;}
end;
xx0link2:=xx1link2;
yy0link2:=yy1link2;
x0link2:=x1link2;
y0link2:=y1link2;
end;
end;
end;

```

```

procedure TMain_Menu.RunClick(Sender: TObject);

```

```

begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        if (edit20.Text='') and (edit28.Text='')then
            showmessage('Fill the values')

end;
procedure TMain_Menu.Button1Click(Sender: TObject);
begin
    //timer1.Enabled:=false;
    stop:=true;
    count:=i;
end;

procedure TMain_Menu.image3MouseMove(Sender: TObject; Shift: TShiftState;X,
    Y: Integer);
begin
    panel13.Top:=y+25;
    panel13.left:=x+25;
    label24.Caption:=inttostr(x-310)+';';
    label25.Caption:=inttostr(-1*(y-310));
    label24.Refresh;
    label25.Refresh;
end;

procedure TMain_Menu.SpeedButton1 Click(Sender: TObject);
begin
    Freestyle.show;
end;
procedure TMain_Menu.Button4Click(Sender: TObject);
label 1;
var    otzeta1,otzeta2,zetacheck, value1,value2:real;
        loopmax,motor1,motor2,preloop:integer;
begin
    stop:=false;
    del:=strtoint(edit19.text);
    for co:=1 to 2 do
        begin
            value1:=zeta1[co,1];
            value2:=zeta2[co,1];
            preloop:=1;
            1: for n:=preloop to 1001 do
                begin
                    application.ProcessMessages;
                    if stop=true then exit;
                    dzeta1:=abs(((zeta1[co,n])+(-(value1)))/0.535);
                    dzeta2:=abs(((zeta2[co,n])+(-(value2)))/0.5);
                    if (dzeta1<1) or (dzeta2<1) then
                        begin
                            preloop:=preloop+1;
                            goto 1;
                        end
                    else

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
preloop:=preloop+1;
if (dzeta1)>=(dzeta2) then
begin
max:=dzeta1;

end
else
begin
max:=dzeta2;
end;

loopmax:=round(max);

pzeta1:=0;
pzeta2:=0;
ppzeta1:=0;
ppzeta2:=0;
while cout1<loopmax do
begin
application.ProcessMessages;
if stop=true then exit;
ppzeta1:=pzeta1+dzeta1;
ppzeta2:=pzeta2+dzeta2;
if ppzeta1>=max then
begin
motor1:=1;
pzeta1:=abs(ppzeta1-max)
end
else
begin
motor1:=0;
pzeta1:=ppzeta1;
end;
if ppzeta2>=max then
begin
motor2:=1;
pzeta2:=abs(ppzeta2-max);
end
else
begin
motor2:=0;
pzeta2:=ppzeta2;
end;

if (motor1=1) and (motor2=1) then
begin
if (zeta1[co,n]>=zeta1[co,n-1]) and (zeta2[co,n]>=zeta2[co,n-1]) then
begin
pos1:=pos1-1;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

pos2:=pos2-1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
pos2:=pos2-1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
v1:=v1+1;
v2:=v2+2;
cout1:=cout1+1;
end
else
begin
if (zeta1[co,n]<zeta1[co,n-1]) and (zeta2[co,n]<zeta2[co,n-1]) then
begin
pos1:=pos1+1;
pos2:=pos2+1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
pos2:=pos2+1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
v1:=v1+1;
v2:=v2+2;
cout1:=cout1+1;
end
else
begin
if (zeta1[co,n]>=zeta1[co,n-1]) and (zeta2[co,n]<zeta2[co,n-1]) then
begin
pos1:=pos1-1;
pos2:=pos2-1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
pos2:=pos2+1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
v1:=v1+1;
v2:=v2+2;
cout1:=cout1+1;
end
else
begin
if (zeta1[co,n]<zeta1[co,n-1]) and (zeta2[co,n]>=zeta2[co,n-1]) then
begin
pos1:=pos1+1;
pos2:=pos2+1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
pos2:=pos2-1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay(del);
v1:=v1+1;
v2:=v2+2;
cout1:=cout1+1;
end;
end;
end;
end;

motor1:=0;
motor2:=0;
end;
if motor1=1 then
begin
if zeta1[co,n]>=zeta1[co,n-1] then
begin
pos1:=pos1-1;
pos2:=pos2-1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
v1:=v1+1;
cout1:=cout1+1;
end
else
begin
pos1:=pos1+1;
pos2:=pos2+1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
v1:=v1+1;
cout1:=cout1+1;
end;
end;
if motor2=1 then
begin
if zeta2[co,n]>=zeta2[co,n-1] then
begin
pos2:=pos2-1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
v2:=v2+1;
cout1:=cout1+1;
end
else
begin
pos2:=pos2+1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    outport($378,dataout);
    delay(del);
    v2:=v2+1;
    cout1:=cout1+1;
    end;
    end;
    end;

```

```

end;
    if v1>0 then
    begin
    value1:=zeta1[co,n];
    end;
    if v2>0 then
    begin
    value2:=zeta2[co,n];
    end;
    v1:=0;
    v2:=0;
    motor1:=0;
    motor2:=0;
    cout1:=0;

```

```

end;
end;
end;

```

```

procedure TMain_Menu.HpClick(Sender: TObject);
begin
    Help.Show;
end;
procedure TMain_Menu.clearportClick(Sender: TObject);

```

```

begin
    stop:=true;
    outport($378,0);
    delay(50);
end;

```

```

procedure TMain_Menu.Button7Click(Sender: TObject);
label end1,end2;
var setloop:integer;
begin

```

```

    stop:=false;
    setloop:=strtoint(edit21.text);
    del:=strtoint(edit19.text);
    if clockwise.checked=true then
    begin
    while cout1<(setloop/0.53) do
    begin
    application.ProcessMessages;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if stop=true then exit;
pos1:=pos1+1;
pos2:=pos2+1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
cout1:=cout1+1;
end;
cout1:=0;
end;
if ctclockwise.checked=true then
begin
while cout1<(setloop/0.53) do
begin
application.ProcessMessages;
if stop=true then exit;
pos1:=pos1-1;
pos2:=pos2-1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
cout1:=cout1+1;
end;
cout1:=0;
end;
end;

end;

procedure TMain_Menu.Button9Click(Sender: TObject);
label end1,end2;
var setloop:integer;
begin
stop:=false;
setloop:=strtoint(edit21.text);
del:=strtoint(edit19.text);
if clockwise.checked=true then
begin
while cout1<(setloop/0.5) do
begin
application.ProcessMessages;
if stop=true then exit;
pos2:=pos2+1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
cout1:=cout1+1;
end;
cout1:=0;
end;
if ctclockwise.checked=true then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
while cout1<(setloop/0.5) do
begin
application.ProcessMessages;
if stop=true then exit;
pos2:=pos2-1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
cout1:=cout1+1;
end;
cout1:=0;
end;
end;

```

```

procedure TMain_Menu.Button10Click(Sender: TObject);
var setloop:integer;
begin setloop:=strtoint(edit21.text);
del:=strtoint(edit19.text);
if clockwise.checked=true then
begin
while cout1<(setloop) do
begin
pos1:=pos1+1;
pos2:=pos2+1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
cout1:=cout1+1;
end;
cout1:=0;
end;
if ctclockwise.checked=true then
begin
while cout1<(setloop) do
begin
pos1:=pos1-1;
pos2:=pos2-1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
cout1:=cout1+1;
end;
cout1:=0;
end;
end;
end;

```

```

procedure TMain_Menu.Button6Click(Sender: TObject);
var setloop:integer;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    stop:=false;
    setloop:=strtoint(edit21.text);
    del:=strtoint(edit19.text);
    if clockwise.checked=true then
    begin
        while cout1<(setloop) do
        begin
            application.ProcessMessages;
            if stop=true then exit;
            pos1:=pos1+1;
            pos2:=pos2+1;
            inspect1(pos1,pos2,dataout);
            output($378,dataout);
            delay(del);
            cout1:=cout1+1;
        end;
        cout1:=0;
        end;
        if ctclockwise.checked=true then
        begin
            while cout1<(setloop) do
            begin
                application.ProcessMessages;
                if stop=true then exit;
                pos1:=pos1-1;
                pos2:=pos2-1;
                inspect1(pos1,pos2,dataout);
                output($378,dataout);
                delay(del);
                cout1:=cout1+1;
            end;
            cout1:=0;
            end;
        end;
    end;
end.

```

```
unit Unit2;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
StdCtrls, jpeg, ExtCtrls, ComCtrls;
```

```
type
```

```
TWelcome = class(TForm)
```

```
Label1: TLabel;
```

```
Label3: TLabel;
```

```
Label4: TLabel;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
Label7: TLabel;
Button1: TButton;
Animate1: TAnimate;
Label2: TLabel;
Image1: TImage;
procedure FormActivate(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure outport(portno:smallint;data:byte);
private
portno:smallint;
data:byte;
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  Welcome: TWelcome;

implementation

uses Unit1;

{$R *.DFM}
procedure tWelcome.outport(portno:smallint;data:byte);
begin
  asm
    push dx
    mov dx,portno
    mov al,data
    out dx,al
    pop dx
  end;
end;

procedure TWelcome.FormActivate(Sender: TObject);
begin
  animate1.Active:=true;
end;

procedure TWelcome.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  Main_Menu.Show;
  pos1:=1;
  pos2:=1;
  outport($378,238);
  xx0link2:=310;
  yy0link2:=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end;

end.
unit Unit3;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  ComCtrls, OleCtrls, SHDocVw;

type
  Thelp = class(TForm)
    list: TTreeView;
    mes: TWebBrowser;
    procedure listClick(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  help: Thelp;

implementation

{$R *.DFM}

procedure Thelp.listClick(Sender: TObject);
begin
  case list.selected.AbsoluteIndex=0 of
    true: mes.Navigate(extractfilepath(application.exename)+'HP1.htm') ;
    false: mes.Navigate(extractfilepath(application.exename)+'HP3.htm') ;
  end;
end;
end.
unit Unit5;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  ComCtrls, StdCtrls, Buttons, ExtCtrls,math;

type
  TDrawingTool = (dtLine);
  TFreestyle = class(TForm)
    Panel1: TPanel;
    Image1: TImage;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

BitBtn1: TBitBtn;
bar5: TStatusBar;
get: TSpeedButton;
SpeedButton2: TSpeedButton;
Timer1: TTimer;
Panel13: TPanel;
Label1: TLabel;
Label2: TLabel;
Button1: TButton;
Edit1: TEdit;
procedure getClick(Sender: TObject);
procedure SpeedButton2Click(Sender: TObject);
procedure Image1MouseDown(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
  Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
procedure Image1MouseUp(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
  Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
procedure Image1MouseMove(Sender: TObject; Shift: TShiftState; X,
  Y: Integer);
procedure FormShow(Sender: TObject);
procedure BitBtn1 Click(Sender: TObject);
procedure Button1 Click(Sender: TObject);

private
  { Private declarations }
  drawing:boolean;
  hold:integer;
  Origin,origin2, MovePt: TPoint;
  procedure DrawShape(TopLeft, BottomRight: TPoint; AMode: TPenMode);
  procedure outport(portno:smallint;data:byte);
public
  { Public declarations }
end;

var
  Freestyle: TFreestyle;
  j,n,nn,i,l,co,ne :integer;
  drawpx1,drawpy1,drawpx2,drawpy2:array[1..50,1..2000] of integer;
  zeta1,zeta2:array[1..50,1..10000] of real;
  dzeta1,dzeta2,pzeta1,pzeta2,ppzeta1,ppzeta2,max:real;
implementation
  uses Unit1;
  {$R *.DFM}
  procedure inspect1(var pos1,pos2,dataout:integer);
  begin
    if pos1>8 then pos1:=1;
    if pos1<1 then pos1:=8;
    if pos2>8 then pos2:=1;
    if pos2<1 then pos2:=8;
    if pos1=1 then dataout1:=14; if pos1=2 then dataout1:=12;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if pos1=3 then dataout1:=13; if pos1=4 then dataout1:=9;
if pos1=5 then dataout1:=11; if pos1=6 then dataout1:=3;
if pos1=7 then dataout1:=7; if pos1=8 then dataout1:=6;
if pos2=1 then dataout2:=224; if pos2=2 then dataout2:=192;
if pos2=3 then dataout2:=208; if pos2=4 then dataout2:=144;
if pos2=5 then dataout2:=176; if pos2=6 then dataout2:=48;
if pos2=7 then dataout2:=112; if pos2=8 then dataout2:=96;
dataout:=dataout1+dataout2;
end;
procedure tfreestyle.outport(portno:smallint;data:byte);
begin
asm
push dx
mov dx,portno
mov al,data
out dx,al
pop dx
end;
end;
procedure delay(de:integer);
var n:longint;
begin
n:=gettickcount;
repeat
until(gettickcount-n)>=de;
end;
procedure TFreestyle.getClick(Sender: TObject);
begin
stop:=false;
for l:=1 to co do
begin
for i:=1 to 1001 do
begin
application.ProcessMessages;
if stop=true then exit;
image1.Canvas.Pen.Width:=5000;
image1.Canvas.Pen.Color:=clblack;
image1.Canvas.MoveTo(50,50);
image1.Canvas.LineTo(50,50);
image1.Canvas.Pen.Color:=clgray;
image1.Canvas.Pen.Width:=10;
image1.Canvas.MoveTo(310,8);
image1.Canvas.LineTo(310,600);
image1.Canvas.MoveTo(620,310);
image1.Canvas.LineTo(1,310);
image1.Canvas.Pen.Color:=clFuchsia;
image1.Canvas.Pen.Width:=7;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

image1.Canvas.MoveTo(310+drawpx2[1,1],310-drawpy2[1,1]);
image1.Canvas.LineTo(310+drawpx2[1,i],310-drawpy2[1,i]);
image1.Canvas.Pen.Color:=clred;
image1.Canvas.Pen.Width:=10;
image1.Canvas.MoveTo(310+drawpx2[1,i],310-drawpy2[1,i]);
image1.Canvas.LineTo(310+drawpx1[1,i],310-drawpy1[1,i]);
image1.Canvas.LineTo(310,310);
image1.Canvas.Pen.Color:=clgreen;
image1.Canvas.Pen.Width:=15;
image1.Canvas.MoveTo(310+drawpx2[1,i],310-drawpy2[1,i]);
image1.Canvas.LineTo(310+drawpx2[1,i],310-drawpy2[1,i]);
image1.Canvas.Pen.Color:=clblue;
image1.Canvas.Pen.Width:=20;
image1.Canvas.MoveTo(310+drawpx1[1,i],310-drawpy1[1,i]);
image1.Canvas.LineTo(310+drawpx1[1,i],310-drawpy1[1,i]);
image1.Canvas.MoveTo(310,310);
image1.Canvas.LineTo(310,310);

bar5.Panels[0].Text:='no.'+'='+inttostr(i);
bar5.Panels[1].Text:='x'+ '='+inttostr(drawpx2[1,i]);
bar5.Panels[2].Text:='y'+ '='+inttostr(drawpy2[1,i]);
bar5.Panels[3].Text:='zeta1'+ '=';
bar5.Panels[4].Text:=floattostr(zeta1[1,i]);
bar5.Panels[5].Text:='zeta2'+ '=';
bar5.Panels[6].Text:=floattostr(zeta2[1,i]);
bar5.Refresh;
delay(1);

end;
end;
co:=0;
get.Glyph.LoadFromFile(extractfilepath(application.exename)+'on.bmp');
end;

```

```

procedure TFreestyle.SpeedButton2Click(Sender: TObject);
begin
    stop:=true;
    timer1.Enabled:=false;
end;
procedure TFreestyle.DrawShape(TopLeft, BottomRight: TPoint; AMode:
TPenMode);
begin
    with Image1.Canvas do
        begin
            Pen.Mode := AMode;
            Image1.Canvas.MoveTo(TopLeft.X, TopLeft.Y);
            Image1.Canvas.LineTo(BottomRight.X, BottomRight.Y);
        end;
    end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

procedure TFreestyle.Image1MouseDown(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
  Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
begin
  origin2:=point(x,y);
  Drawing := True;
  Image1.Canvas.MoveTo(X, Y);
  Origin := Point(X, Y);
  MovePt := Origin;
  x05link2:=(x-310);
  y05link2:=(-1*(y-310));
end;

```

```

procedure TFreestyle.Image1MouseUp(Sender: TObject; Button: TMouseButton;
  Shift: TShiftState; X, Y: Integer);

```

```

label 1;
begin
  length1:=190;          length2:=120;
  if Drawing=true then
  begin
    co:=co+1;
    DrawShape(Origin2, Point(x, y), pmCopy);
    Drawing := False;
    end;
    for co:=co to co do
    begin
      x15link2:=(x-310);
      y15link2:=(-1*(y-310));

      for n:=1 to 1001 do
      begin
        a[co,n]:=(x05link2+(-(x05link2-x15link2)*(0.001*(n-1))));
        b[co,n]:=(y05link2+(-(y05link2-y15link2)*(0.001*(n-1))));

        stra:=floattostr(a[co,n]);
        strb:=floattostr(b[co,n]);
        if (a[co,n] <-311) or (a[co,n] > 310) then
        begin
          showmessage('out of space');
          showmessage('issue'+inttostr(co)+ 'position'+inttostr(n));
          showmessage('x'+ at '+stra);
          exit;
          end;
          if (b[co,n] <-311) or (b[co,n] > 310) then
          begin
            showmessage('out of space');
            showmessage('issue'+inttostr(co)+ 'position'+inttostr(n));
            showmessage('y'+ at '+strb);
            exit;
            end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

cos2:=((sqr(a[co,n]))+(sqr(b[co,n]))-(sqr(length1))-
(sqr(length2)))/(2*(length1)*(length2));
if (cos2 < -1) or (cos2 > 1) then
begin
strcos2:=floattostr(cos2);
showmessage('value cos out of range');
showmessage('issue'+ '=' +inttostr(co)+ 'position'+ '=' +inttostr(n));
showmessage('cos2'+ ' at '+strb);
showmessage('x'+ ' at '+stra+'y'+ ' at '+strb);
exit;
end
else
begin
sin2:= sqrt(1-(sqr(cos2)));
R[n]:= arctan2(sin2,cos2); strzeta2[n]:=floattostr(R[n]);
strzeta2[n]:=format('%5.2f',[R[n]*(180/pi)]);
zeta2[co,n]:=strtofloat(strzeta2[n]); { zeta2 end }
jack:= ((length2*(cos2))+length1);
if jack=0 then jack:=0.1;
alpha[n]:= (length2*(sin2))/jack;
result1[n]:=((arctan(alpha[n]))*(180/pi)); {get angle_alpha:use }
if result1[n]<0 then
result1[n]:= 180+((arctan(alpha[n]))*(180/pi));

if a[co,n]=0 then a[co,n]:=0.001;
beta[n]:= (b[co,n]/a[co,n]);
if a[co,n]>0 then
result2[n]:=((arctan(beta[n]))*(180/pi)) //get angle_beta :use
else if a[co,n]<0 then
result2[n]:=180+((arctan(beta[n]))*(180/pi)); {get angle_beta :use}
final[n]:= (result2[n]-result1[n]) ;
end;
strzeta1[n]:=floattostr(final[n]);
strzeta1[n]:=format('%5.2f',[final[n]]);
zeta1[co,n]:=strtofloat(strzeta1[n]); { zeta1 end }
xelbow1[n]:= (length1*(cos(final[n]*(pi/180)));
yelbow1[n]:= (length1*(sin(final[n]*(pi/180)));

drawpx2[co,n]:=round(a[co,n]); drawpy2[co,n]:=round(b[co,n]);
drawpx1[co,n]:=round(xelbow1[n]); drawpy1[co,n]:=round(yelbow1[n]);
if (b[co,n]<0) and (zeta1[co,n]<0) then
zeta1[co,n]:=360+zeta1[co,n];
1:end;
end;
co:=co-1;
end;

```

```

procedure TFreestyle.Image1MouseMove(Sender: TObject; Shift: TShiftState; X,
Y: Integer);
begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

panel13.Top:=y+25;
panel13.left:=x+25;
label1.Caption:=inttostr(x-310)+'';
label2.Caption:=inttostr(-1*(y-310));
label1.Refresh;
label2.Refresh;
if Drawing then
begin
    DrawShape(Origin, MovePt, pmNotXor);
    MovePt := Point(X, Y);
    DrawShape(Origin, MovePt, pmNotXor);
end;
end;

procedure TFreestyle.FormShow(Sender: TObject);
begin

```

```

    image1.Canvas.Pen.Width:=5000;
    image1.Canvas.Pen.Color:=clblack;
    image1.Canvas.MoveTo(50,50);
    image1.Canvas.LineTo(50,50);
    image1.Canvas.Pen.Color:=clgray;
    image1.Canvas.Pen.Width:=10;
    image1.Canvas.MoveTo(310,8);
    image1.Canvas.LineTo(310,600);
    image1.Canvas.MoveTo(610,310);
    image1.Canvas.LineTo(10,310);
    image1.Canvas.Pen.Color:=clred;
    image1.Canvas.Pen.Width:=10;
    image1.Canvas.MoveTo(310,310);
    image1.Canvas.LineTo(620,310);
    image1.Canvas.Pen.Color:=clgreen;
    image1.Canvas.Pen.Width:=15;
    image1.Canvas.MoveTo(620,310);
    image1.Canvas.LineTo(620,310);
    image1.Canvas.Pen.Color:=clblue;
    image1.Canvas.Pen.Width:=20;
    image1.Canvas.MoveTo(500,310);
    image1.Canvas.LineTo(500,310);
    image1.Canvas.MoveTo(310,310);
    image1.Canvas.LineTo(310,310);
    bar5.Panels[0].Text:='no.'+'='+inttostr(i);
    bar5.Panels[1].Text:='x'+'+'+inttostr(drawpx2[l,i]);
    bar5.Panels[2].Text:='y'+'+'+inttostr(drawpy2[l,i]);
    bar5.Panels[3].Text:='zeta1'+'+=';
    bar5.Panels[4].Text:=floattostr(zeta1[co,i]);
    bar5.Panels[5].Text:='zeta2'+'+=';
    bar5.Panels[6].Text:=floattostr(zeta2[co,i]);
    bar5.Refresh;
    get.Glyph.LoadFromFile(extractfilepath(application.exename)+'off.bmp');
    image1.canvas.pen.Width:=5;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        image1.canvas.pen.color:=clblue;
        hold:=0;
end;

procedure TFreestyle.BitBtn1Click(Sender: TObject);
begin
    stop:=true;;
    image1.Canvas.Pen.Width:=5000;
    image1.Canvas.Pen.Color:=clblack;
    image1.Canvas.MoveTo(50,50);
    image1.Canvas.LineTo(50,50);
    image1.Canvas.Pen.Color:=clgray;
    image1.Canvas.Pen.Width:=10;
    image1.Canvas.MoveTo(310,8);
    image1.Canvas.LineTo(310,600);
    image1.Canvas.MoveTo(620,310);
    image1.Canvas.LineTo(10,310);
    image1.Canvas.Pen.Color:=clred;
    image1.Canvas.Pen.Width:=10;
    image1.Canvas.MoveTo(310,310);
    image1.Canvas.LineTo(620,310);
    image1.Canvas.Pen.Color:=clgreen;
    image1.Canvas.Pen.Width:=15;
    image1.Canvas.MoveTo(620,310);
    image1.Canvas.LineTo(620,310);
    image1.Canvas.Pen.Color:=clblue;
    image1.Canvas.Pen.Width:=20;
    image1.Canvas.MoveTo(500,310);
    image1.Canvas.LineTo(500,310);
    image1.Canvas.MoveTo(310,310);
    image1.Canvas.LineTo(310,310);
    get.Glyph.LoadFromFile(extractfilepath(application.exename)+'off.bmp');
    co:=0;
    bar5.Panels[0].Text:=""; bar5.Panels[1].Text:=""; bar5.Panels[2].Text:="";
    bar5.Panels[4].Text:=""; bar5.Panels[6].Text:="";
    bar5.Panels[0].Text:='no.'+'='; bar5.Panels[1].Text:='x'+='=';
    bar5.Panels[2].Text:='y'+='=';
    i:=0;
end;

```

```

procedure TFreestyle.Button1Click(Sender: TObject);
label 1;
var
    value1,value2:real;
    preloop,loopmax,motor1,motor2:integer;
begin

```

```

    stop:=false;
    del:=strtoint(edit1.text);
    for co:=1 to co do
        begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

value1:=zeta1[co,1];
value2:=zeta2[co,1];
preloop:=1;
1: for n:=preloop to 1001 do
begin
application.ProcessMessages;
if stop=true then exit;

dzeta1:=abs(((zeta1[co,n])+(-(value1)))/0.535);
dzeta2:=abs(((zeta2[co,n])+(-(value2)))/0.5);
if (dzeta1<1) or (dzeta2<1) then
begin
preloop:=preloop+1;
goto 1;
end
else
begin
preloop:=preloop+1;
if (dzeta1)>=(dzeta2) then
begin
max:=dzeta1;
end
else
begin
max:=dzeta2;
end;
loopmax:=round(max);

pzeta1:=0;
pzeta2:=0;
ppzeta1:=0;
ppzeta2:=0;
while cout1<loopmax do
begin
application.ProcessMessages;
if stop=true then exit;
ppzeta1:=pzeta1+dzeta1;
ppzeta2:=pzeta2+dzeta2;
if ppzeta1>=max then
begin
motor1:=1;
pzeta1:=abs(ppzeta1-max)
end
else
begin
motor1:=0;
pzeta1:=ppzeta1;
end;
if ppzeta2>=max then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
motor2:=1;
pzeta2:=abs(ppzeta2-max);
end
    else
    begin
    motor2:=0;
    pzeta2:=ppzeta2;
    end;

if (motor1=1) and (motor2=1) then
begin
if (zeta1[co,n]>=zeta1[co,n-1]) and (zeta2[co,n]>=zeta2[co,n-1]) then
begin
pos1:=pos1-1;
pos2:=pos2-1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
pos2:=pos2-1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
v1:=v1+1;
v2:=v2+2;
cout1:=cout1+1;
end
else
begin
if (zeta1[co,n]<zeta1[co,n-1]) and (zeta2[co,n]<zeta2[co,n-1]) then
begin
pos1:=pos1+1;
pos2:=pos2+1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
pos2:=pos2+1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
v1:=v1+1;
v2:=v2+2;
cout1:=cout1+1;
end
else
begin
if (zeta1[co,n]>=zeta1[co,n-1]) and (zeta2[co,n]<zeta2[co,n-1]) then
begin
pos1:=pos1-1;
pos2:=pos2-1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
pos2:=pos2+1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay(del);
v1:=v1+1;
v2:=v2+2;
cout1:=cout1+1;
end
else
begin
if (zeta1[co,n]<zeta1[co,n-1]) and (zeta2[co,n]>=zeta2[co,n-1]) then
begin
pos1:=pos1+1;
pos2:=pos2+1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
pos2:=pos2-1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
v1:=v1+1;
v2:=v2+2;
cout1:=cout1+1;
end;
end;
end;
end;

motor1:=0;
motor2:=0;
end;
if motor1=1 then
begin
if zeta1[co,n]>=zeta1[co,n-1] then
begin
pos1:=pos1-1;
pos2:=pos2-1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
v1:=v1+1;
cout1:=cout1+1;
end
else
begin
pos1:=pos1+1;
pos2:=pos2+1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
v1:=v1+1;
cout1:=cout1+1;
end;
end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

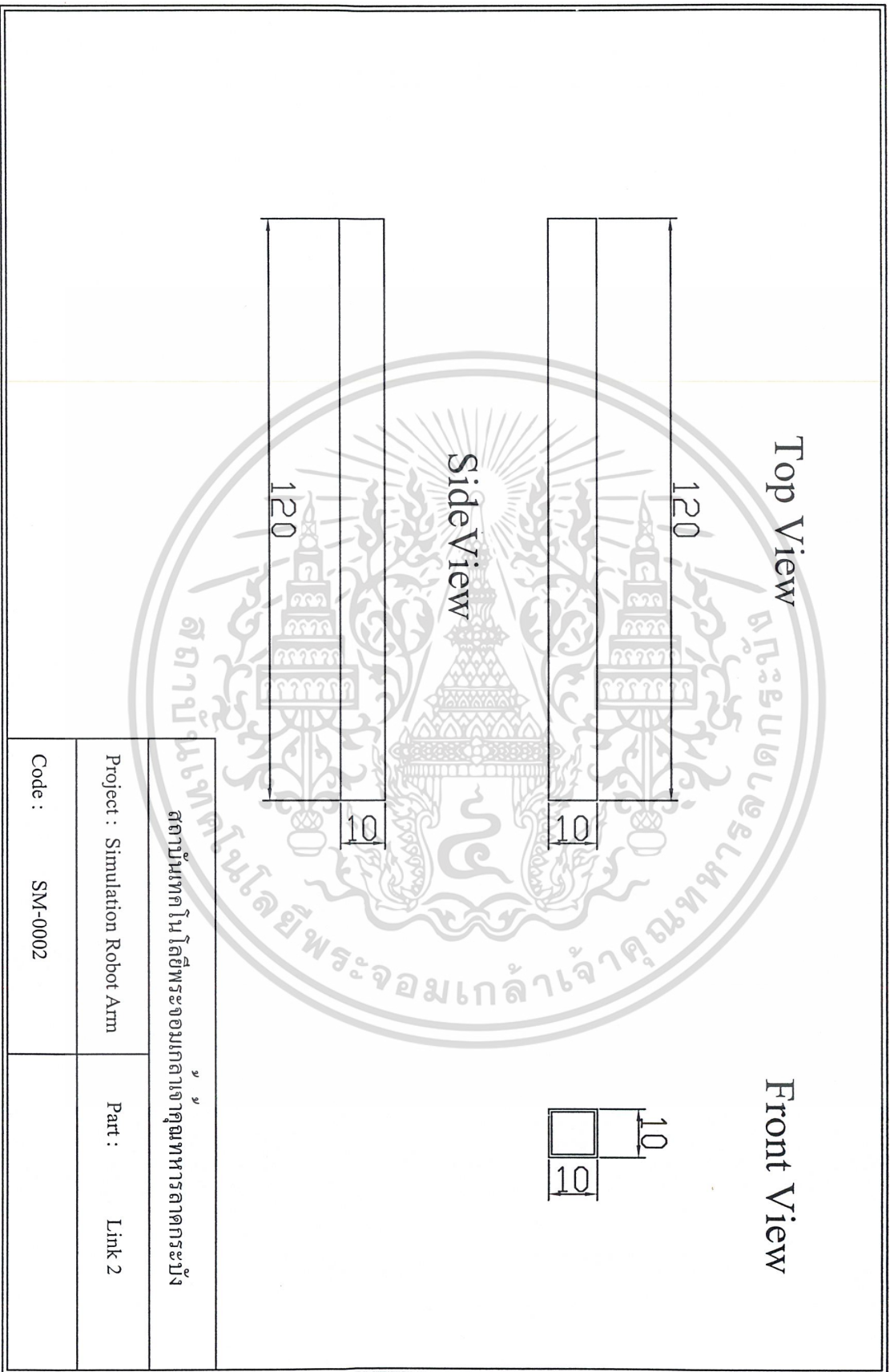
if motor2=1 then
begin
if zeta2[co,n]>=zeta2[co,n-1] then
begin
pos2:=pos2-1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
v2:=v2+1;
cout1:=cout1+1;
end
else
begin
pos2:=pos2+1;
inspect1(pos1,pos2,dataout);
outport($378,dataout);
delay(del);
v2:=v2+1;
cout1:=cout1+1;
end;
end;
end;
end;

if v1>0 then
begin
value1:=zeta1[co,n];
end;
if v2>0 then
begin
value2:=zeta2[co,n];
end;
v1:=0;
v2:=0;
motor1:=0;
motor2:=0;
cout1:=0;
end;
end;
co:=0;
end;
end.

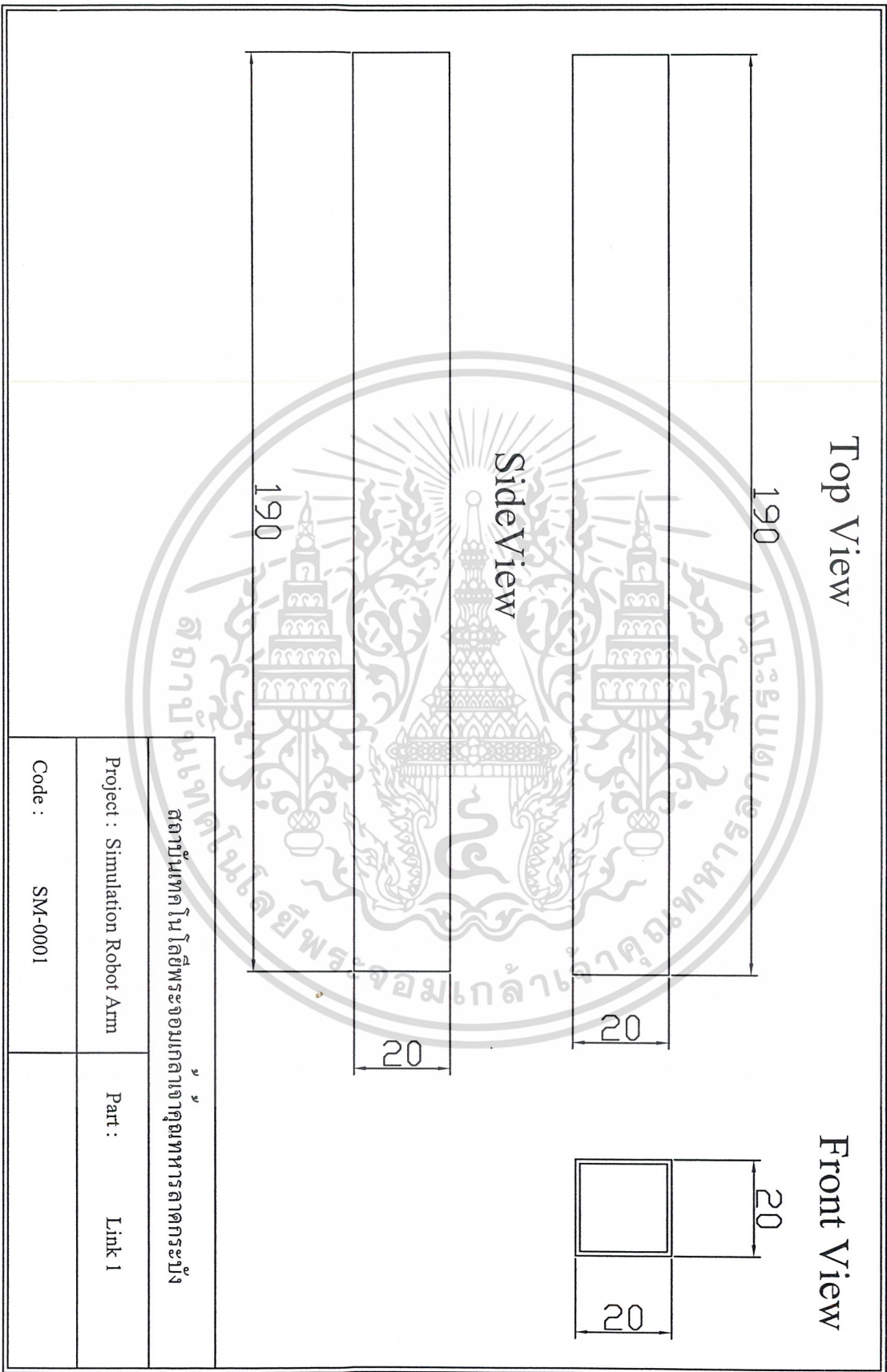
```



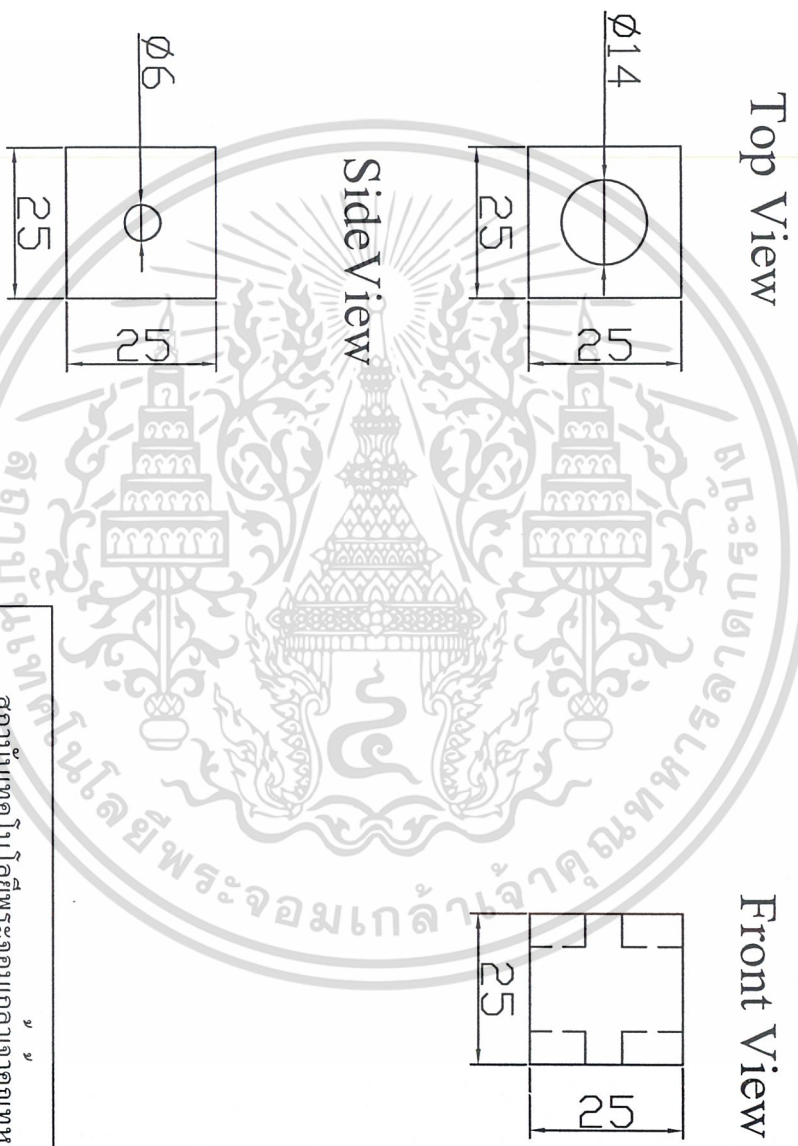
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



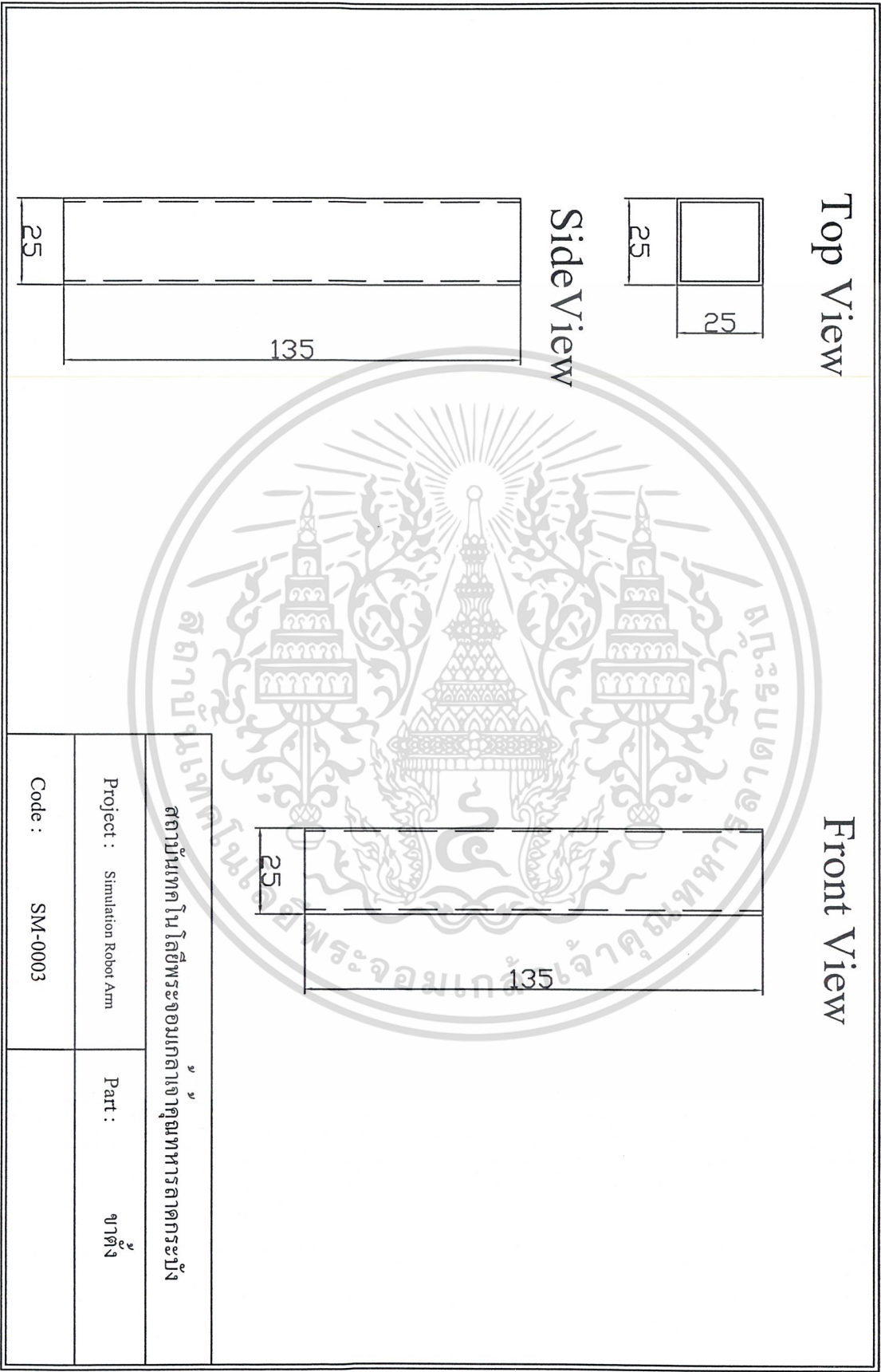
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



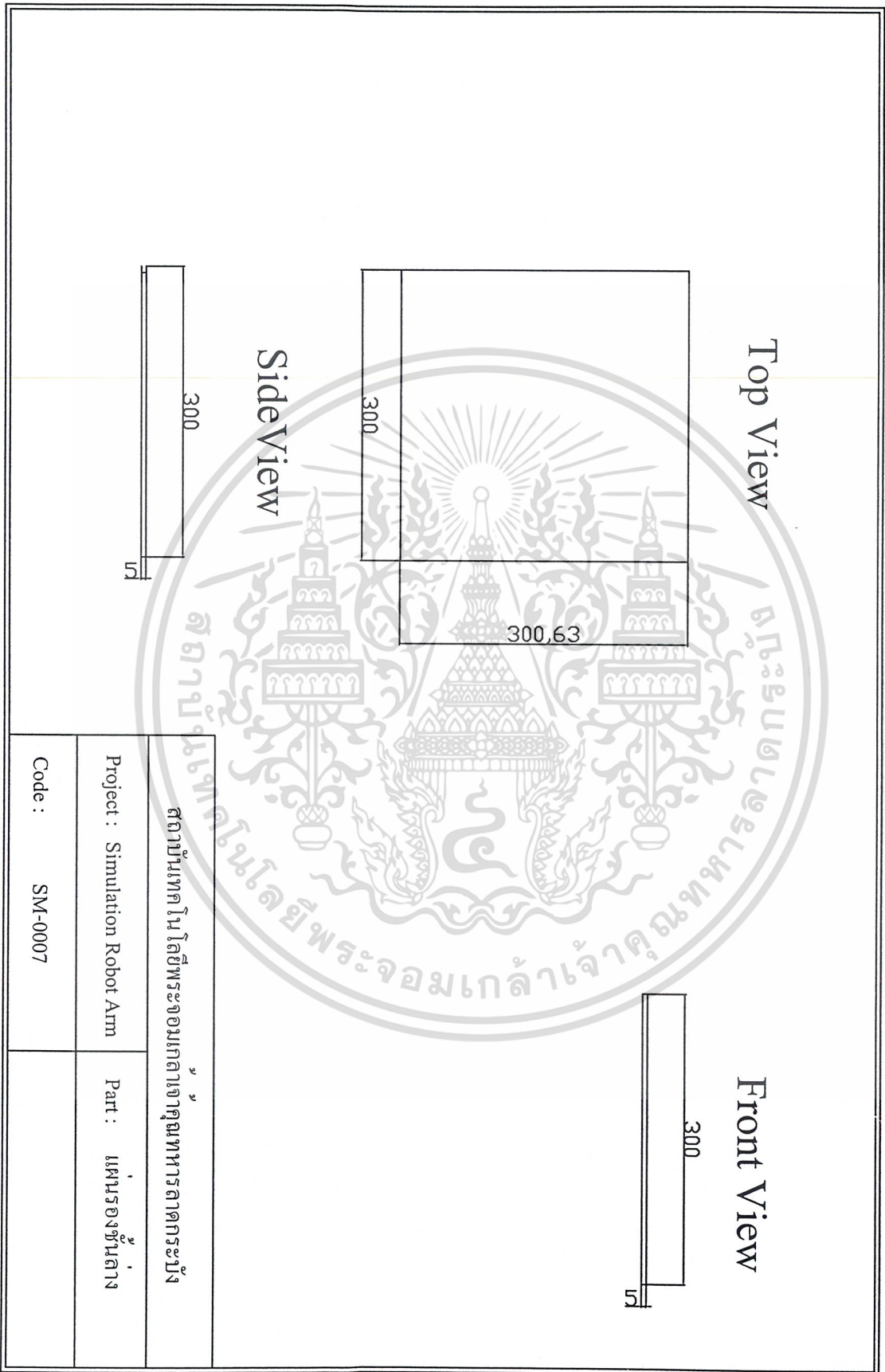
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าจากุณหากราชครระบั้ง

Project : Simulation Robot Arm	Part : ที่จับปากกา
Code : SM-0004	

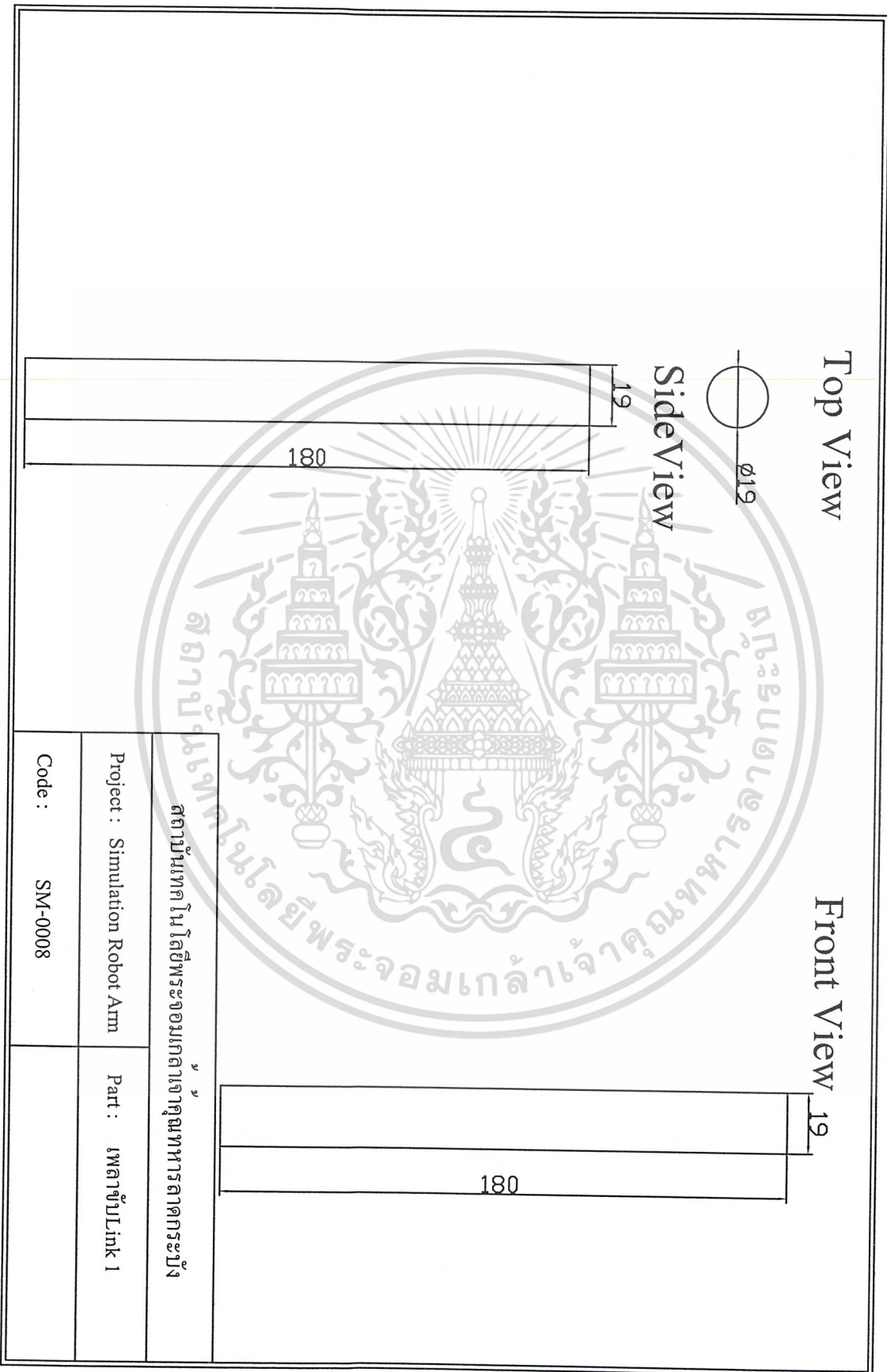
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



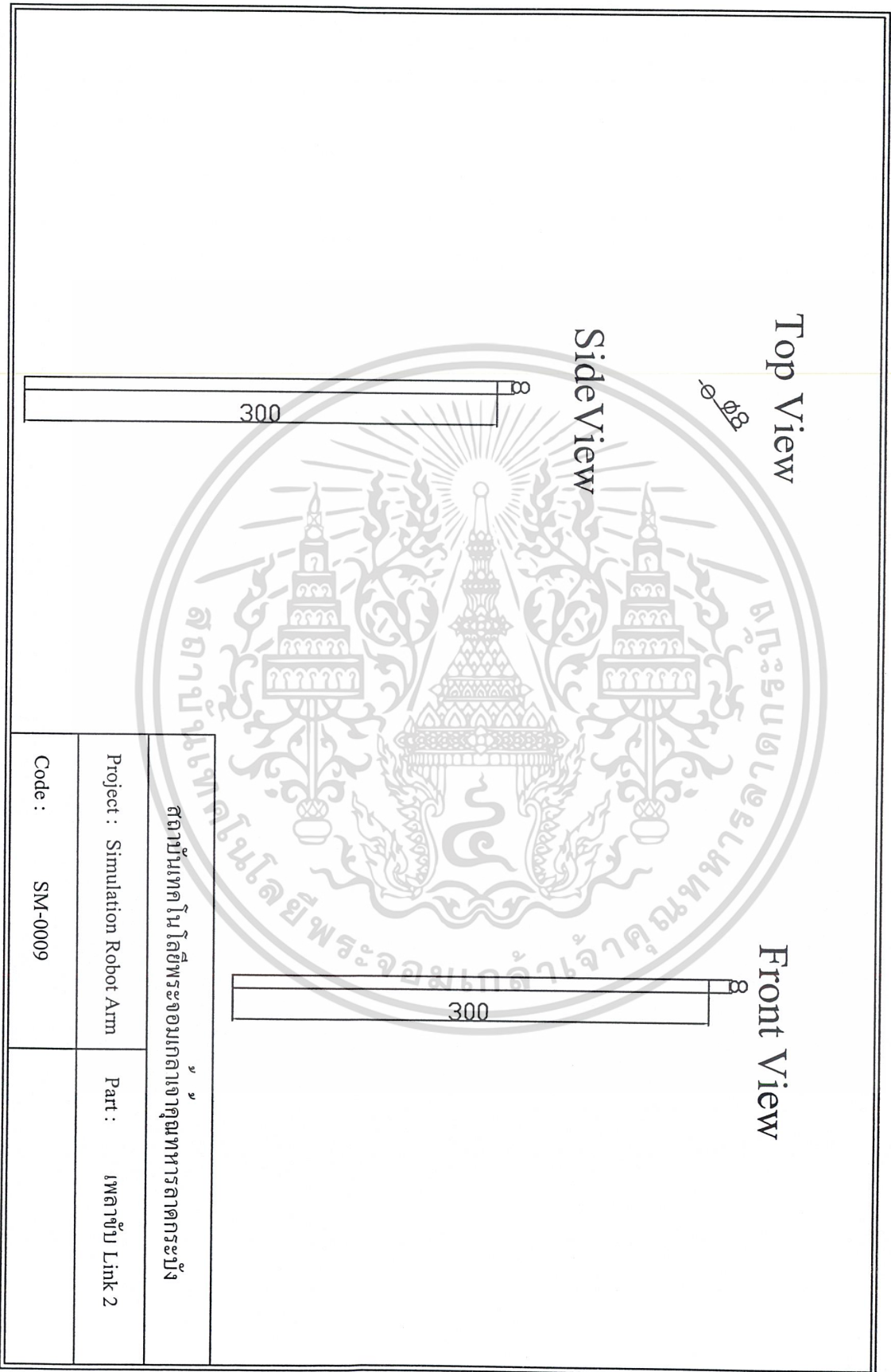
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



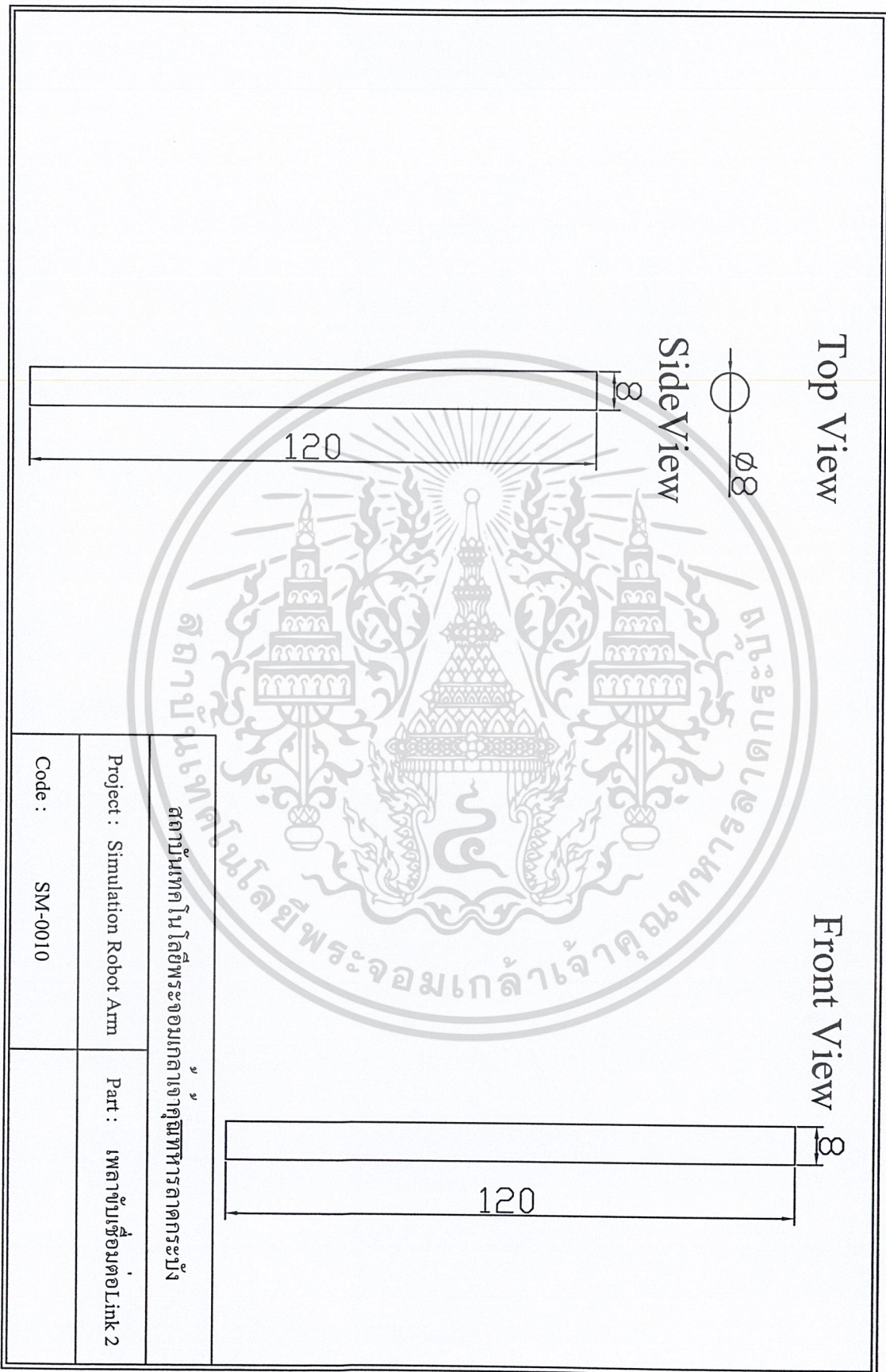
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

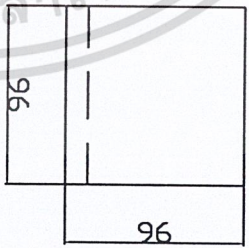


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

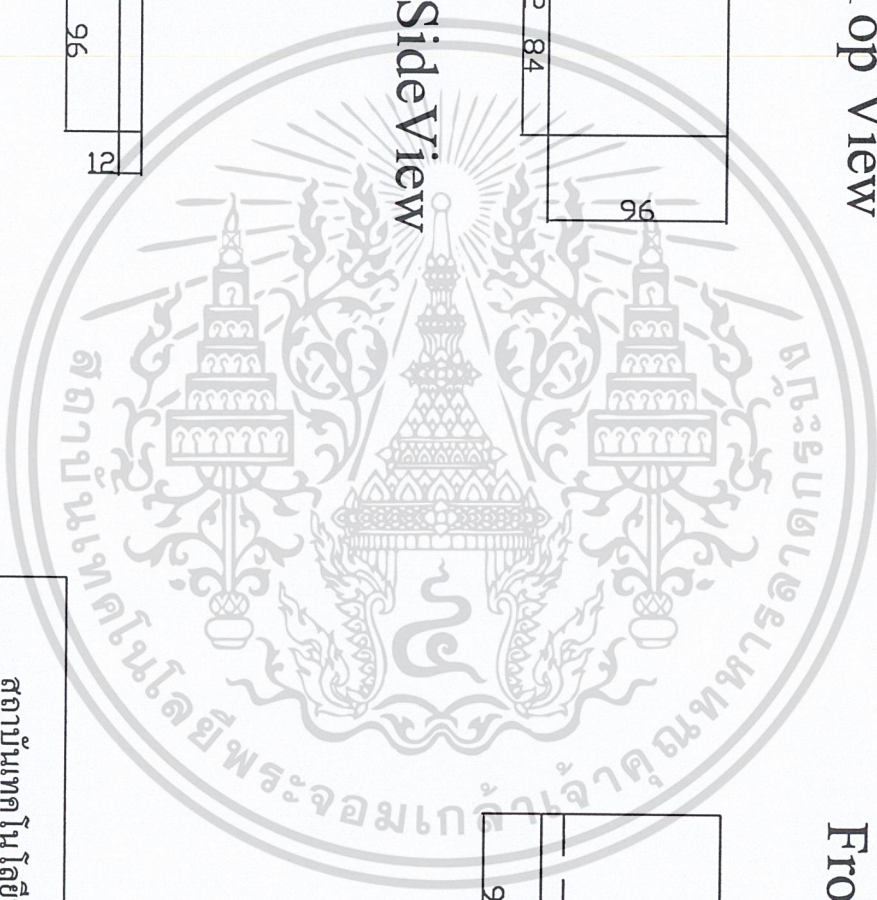
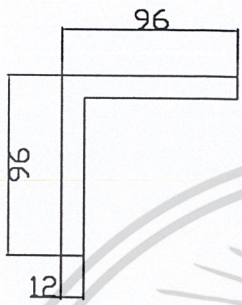
Top View



Front View



Side View



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Project : Simulation Robot Arm

Part : แผงรองขาตั้ง

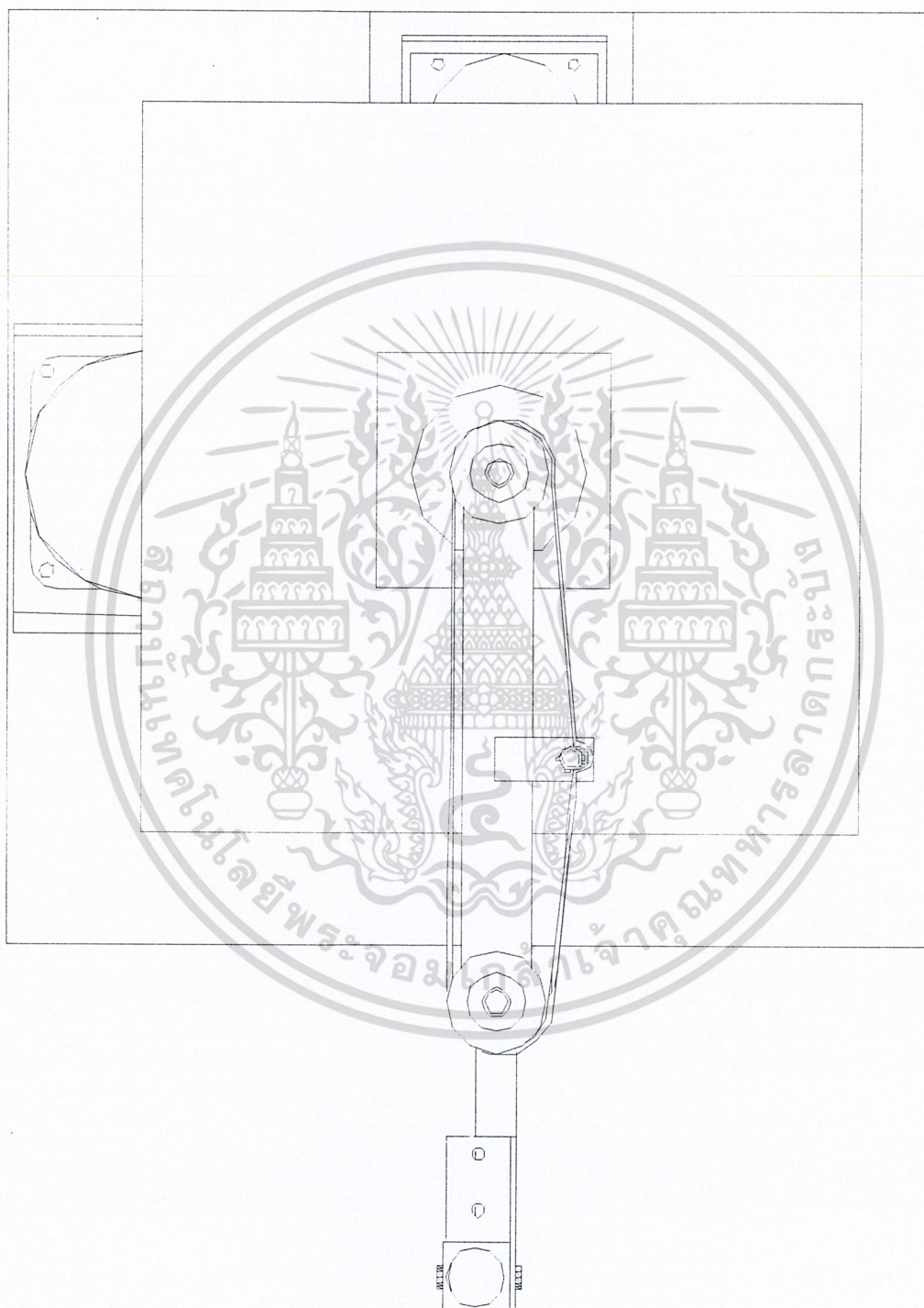
Code : SM-0005

No. : x 8

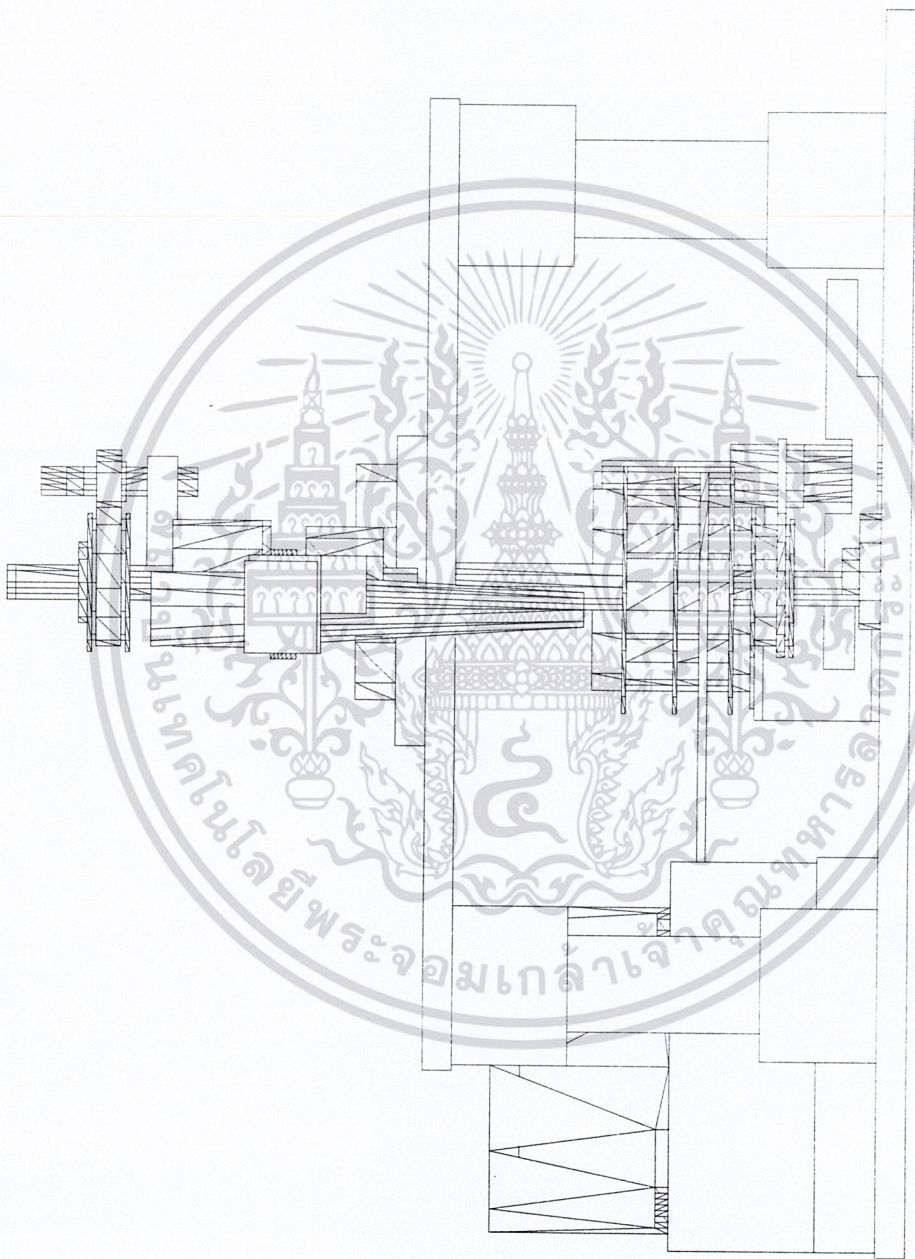
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



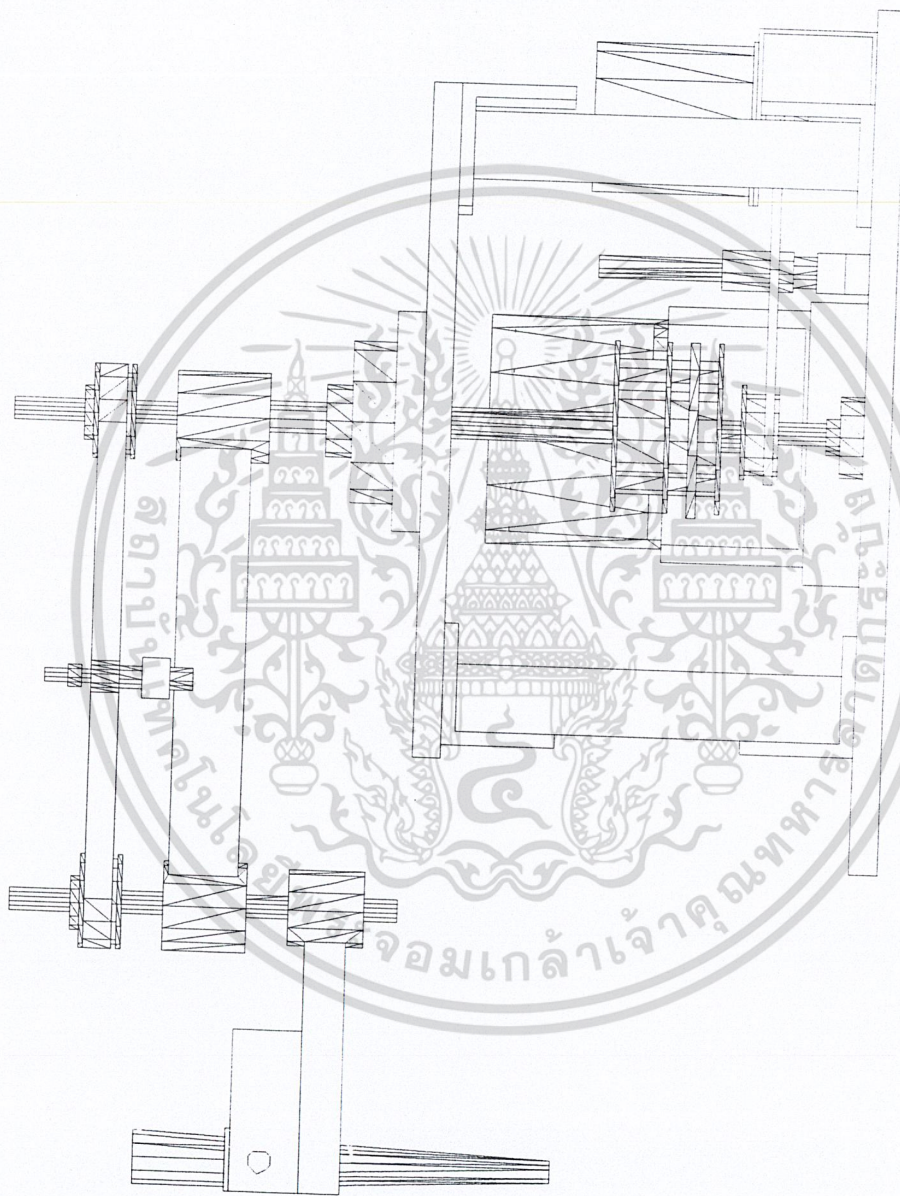
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้