

เครื่องทอแบบวัตถุ 3 มิติ

COPY 3D OBJECT



นายพรณิษฐ์

พงศ์ธนาศ

นางสาวสมชภา

สังสิทธิ์วิทย์

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.โยธิน

เปรมปราณีรัชต์

อาจารย์สุมิตร

พนาอุดมทรัพย์

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 42332  
วัน, เดือน, ปี 17 พ.ค. 2545

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

ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตรปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องก๊อปปี้วัตถุ 3 มิติ

COPY 3D OBJECT

ผู้จัดทำ

1. นายพรณิสร พงศ์สนมมาศ
2. นางสาวสมชาน สังคีตวิมาทย์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รศ.ดร.โยธิน ปรมปราณีรัตน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ศาสตราจารย์สุมิตร พนาอุดมทรัพย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เครื่องก๊อบปี่วัตถุ 3 มิติ

นายพรณิษฐ์ พงศ์ธนาศ  
นางสาวสมชบา สังกิติวิเวทย์  
รศ.ดร.โยธิน เปรมปราณีรัชต์ อาจารย์ที่ปรึกษา  
อาจารย์สุมิตร พนาอุดมทรัพย์ อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2543

### บทคัดย่อ

เครื่องก๊อบปี่วัตถุ 3 มิติ เป็นเครื่องมือที่สามารถสแกนลักษณะโครงสร้างภายนอกของวัตถุ ออกมาเป็นภาพโครงสร้าง 3 มิติ โดยจะทำการถ่ายภาพของวัตถุในแต่ละมุมจนครบ 1 รอบของ วัตถุ โดยใช้กล้องวีดีโอและแสงเลเซอร์ในการถ่ายภาพ จากนั้นนำภาพทั้งหมดไปประมวลผลเพื่อ สร้างภาพ 3 มิติบนหน้าจอ และนำข้อมูลของภาพที่ได้มาไปสร้างวัตถุจำลอง

### Abstract

3D scanner is an equipment which is able to scan structure of any objects and display to the monitor in 3D figure by taking the picture of that objects in every degree until around it. This equipment requires a video camera and laser for capturing the pictures. After that all of the pictures are processed to 3D figure by using Image Processing then they are able to show on the monitor. That image are applied to reproduce a duplicated 3D object.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ	I
สารบัญ	II
สารบัญรูปภาพ	IV
สารบัญตาราง	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบเขตการทำงาน	i
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 แนวคิดในการสร้างภาพและวัตถุ 3 มิติ	3
2.1 การเก็บข้อมูลของวัตถุเชิง 3 มิติ	5
2.1.1 ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างภาพ 3 มิติเบื้องต้น	6
2.1.2 ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างภาพ 3 มิติ	7
2.2 แนวความคิดด้านการเก็บข้อมูล	7
2.3 หลักการของระบบโดยรวม	9
2.4 แนวความคิดในการสร้างภาพ 3 มิติ	12
บทที่ 3 หลักการออกแบบชุดทดลอง	13
3.1 การออกแบบส่วนของฐานหมุนวัตถุ	13
3.2 การออกแบบส่วนเก็บข้อมูลโดยใช้เลเซอร์	14
3.3 การออกแบบส่วนตัดวัตถุจำลอง	14
3.4 การออกแบบวงจร Drive Step Motor	16
บทที่ 4 โปรแกรมการทำงาน	18
4.1 โครงสร้างของโปรแกรมการทำงาน	18
4.2 ขั้นตอนการทำงาน	18
4.3 การส่งสัญญาณควบคุมสเตปมอเตอร์	22
4.4 คอมโพเนนท์ที่พอร์ท (Tparport Component)	22
4.4.1 พรอพเพอร์ตี้ที่สำคัญ	22
4.4.2 เมธอดที่สำคัญ	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3	อีเว้นต์	23
4.4.4	พอร์ทขนาน	23
บทที่ 5	ผลการทดลอง	26
5.1	การใช้งานโปรแกรม	26
5.2	ผลการทดลองการสร้างภาพ 3 มิติบนหน้าจอ	28
5.3	ผลการทดลองการสร้างวัตถุจำลอง	37
5.4	ค่าความคลาดเคลื่อนในการสร้างวัตถุจำลอง	39
บทที่ 6	ปัญหา และ แนวทางในการพัฒนา	41
6.1	ปัญหาในการทดลอง	41
6.2	แนวทางการพัฒนา	41



## สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1	แสดง wafer แต่ละชั้นของพีรามิด	3
รูปที่ 2.2	แสดง wafer แต่ละชั้นของทรงกระบอก	4
รูปที่ 2.3	แสดง Top View ของทรงกระบอกและ wafer	4
รูปที่ 2.4	แสดง Top View ของพีรามิดและ wafer	5
รูปที่ 2.5	การสร้าง wafer จากวัตถุ และการนำ wafer กลับมาสร้างเป็นวัตถุ	6
รูปที่ 2.6	แสดงจุดอ้างอิงของจานหมุนและจุดบนเส้นรอบรูปของวัตถุ	6
รูปที่ 2.7	แสดงจุด 2 จุดบนเส้นรอบรูปของวัตถุทำมุมระหว่างกัน	7
รูปที่ 2.8	แสดงความแตกต่างระหว่างเส้นรอบรูปที่ได้จากการใช้จุด 4,8 จุดต่อชั้น	7
รูปที่ 2.9	แต่ละชั้นมีจุดอ้างอิงเดียวกัน	8
รูปที่ 2.10	แสดง Top View และ Side View ของจานหมุน	8
รูปที่ 2.11	แสดงการวางกล้องกับเลนเซอร์ในการเก็บภาพวัตถุ	9
รูปที่ 2.12	แสดงจุดอ้างอิงบน wafer และจานหมุน	9
รูปที่ 2.13	แสดงหลักการทำงานของระบบโดยรวม	11
รูปที่ 2.14	แสดงระนาบของชั้นมองจาก Top Eye View	12
รูปที่ 3.1	แสดงส่วนของฐานหมุนวัตถุและส่วนยกบานขึ้น-ลง	13
รูปที่ 3.2	ชุดทดลองคั่นแบบ	14
รูปที่ 3.3	แสดงส่วนตัดวัตถุจำลอง	15
รูปที่ 3.4	แสดงถาดตัดโฟม	15
รูปที่ 3.5	แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของสเตปมอเตอร์	16
รูปที่ 3.6	แสดงวงจร Drive Motor	17
รูปที่ 4.1	แสดง flow Chart ของโปรแกรมควบคุมสเตปมอเตอร์ที่ขับจานหมุนวัตถุ	19
รูปที่ 4.2	แสดง Flow Chart ของโปรแกรมประมวลผลสร้างภาพ 3 มิติ	20
รูปที่ 4.3	แสดง Flow Chart ของโปรแกรมควบคุมการสร้างวัตถุจำลอง	21
รูปที่ 4.4	แสดงการส่งข้อมูลแบบขนานไปยังพอร์ท x	22
รูปที่ 4.5	แสดงขาต่างๆ ของพอร์ทขนาน	25
รูปที่ 5.1	แสดงหน้าจอของโปรแกรม	26
รูปที่ 5.2	แสดงหน้าจอ setting	27
รูปที่ 5.3	แสดงหน้าจอ test motor	28

รูปที่ 5.4	แสดงภาพเลเซอร์จากการทดลองจริง	29
รูปที่ 5.5	แสดงรูปสมมติด้านข้างของวัตถุเมื่อแสงเลเซอร์ตัดขอบของวัตถุ	29
รูปที่ 5.6	แสดงภาพ 3 มิติที่สร้างได้	37
รูปที่ 5.7	โคมก่อนนำมาตัดวัตถุจำลอง	38
รูปที่ 5.8	แสดงวัตถุจำลองที่สร้างได้จากโคม	38



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงความคลาดเคลื่อนของมอเตอร์ที่เดือนลวดตัดเข้า-ออก	39
ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงความคลาดเคลื่อนของมอเตอร์ที่ยกฐานหมุนวัคดูขึ้น-ลง	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

ในปัจจุบันนี้ การประยุกต์การใช้งานรูปภาพในเชิง 3 มิติ ได้มีการประยุกต์ไปในหลายแขนงเช่นด้านการแพทย์ ตัวอย่างเช่น ระบบ MRI (Magnetic Resonance Image) ที่ใช้ในการสแกนอวัยวะในร่างกาย อีกตัวอย่างหนึ่งที่สำคัญก็คือการทำแอนิเมชันในภาพยนตร์ การประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียมก็กำลังนำการประมวลผลเชิง 3 มิติมาใช้ ระบบ Visual ต่าง ๆ ก็ต้องการการสร้าง การวิเคราะห์ และการตั้งเคราะห์ในเชิง 3 มิติอย่างมาก และระบบ 3 มิติยังจำเป็นสำหรับการประยุกต์ใช้งานในสาขา Computer Vision อีกด้วย

อีกสิ่งหนึ่งที่สนับสนุนระบบ 3 มิติมากขึ้นก็คือคอมพิวเตอร์มีศักยภาพมากขึ้นและมีความเร็วมากขึ้น ราคาถูกลง ตลอดจนระบบอินเทอร์เน็ตยังสนับสนุนระบบ 3 มิติมากขึ้น จึงได้มีการศึกษาและประยุกต์ใช้ในหลายแขนงมากมายและมีอุปกรณ์ประยุกต์ใช้งานมากขึ้น ตัวอย่างหนึ่งของอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับระบบ 3 มิติ คือ สแกนเนอร์

#### 1.1 วัตถุประสงค์

โครงการนี้จะสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในเชิง 3 มิติเพื่อที่จะสร้างโครงร่าง 3 มิติ และสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ในการทำวัตถุจำลอง 3 มิติขึ้นมา

#### 1.2 ขอบเขตการทำงาน

โครงการนี้เป็นสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับรูปลักษณะของวัตถุโดยการถ่ายภาพของวัตถุแต่ละมุมจนครบ 1 รอบของวัตถุ (360 องศา) โดยใช้กล้องดิจิตอลถ่ายภาพ และใช้แสงเลเซอร์ในการตัดขอบของวัตถุ ซึ่งในแต่ละภาพจะทำการเก็บข้อมูลระยะระหว่างจุดที่เลเซอร์ตัดขอบวัตถุถึงจุดศูนย์กลางของวัตถุ ณ ตำแหน่งความสูงต่าง ๆ แล้วนำภาพตัดขวางที่ได้ไปประมวลผลเพื่อแสดงภาพ 3 มิติ โดยจะเป็นการสร้างภาพ 3 มิติที่เน้นโครงสร้างของวัตถุมากกว่ารายละเอียดของวัตถุ และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างวัตถุจำลอง 3 มิติขึ้นมา วัตถุที่เหมาะสมจะนำมาสแกนคือวัตถุรูปทรงเรขาคณิต เช่น ทรงกระบอก พีรามิด หรืออาจจะเป็นวัตถุที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น แก้ว ขวด แจกัน เป็นต้น ซึ่งการทำงานทั้งหมดจะประมวลผลโดยใช้คอมพิวเตอร์และใช้ภาษา Delphi ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

### 1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถเก็บข้อมูลในเชิง 3 มิติของโครงสร้างวัตถุที่นำมาสแกน และสามารถแสดงเป็นภาพ 3 มิติได้ รวมทั้งสามารถสร้างวัตถุจำลอง 3 มิติขึ้นมาได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### แนวคิดในการสร้างภาพและวัตถุ 3 มิติ

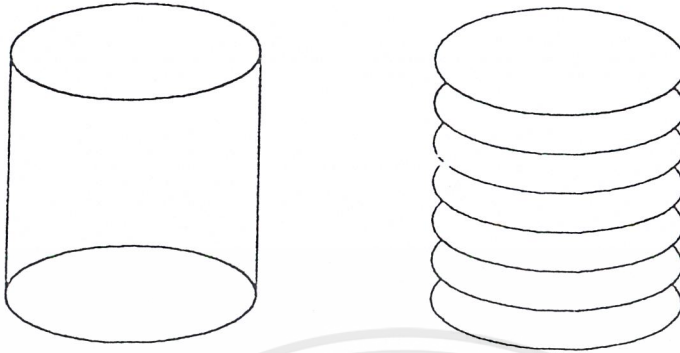
เมื่อเราต้องการสร้างภาพของวัตถุที่นำมาสแกนให้แสดงผลทางหน้าจอในเชิง 3 มิตินั้น แนวคิดเบื้องต้นของการสร้างคือ ถ้าเราสามารถนำวัตถุจริงมาหันทางด้านความสูงให้มีความหนา น้อยมาก จนสามารถมองเห็นได้ว่าเป็นแผ่นบางมาก ๆ ซึ่งจะเรียกแผ่นที่มีความบางมากนี้ว่า wafer เพราะความบางของ wafer นี้เราพูดได้ว่าเป็นรูปทรง 2 มิติ (ไม่มีมิติความสูง) และสามารถเก็บ เส้นรอบรูปของ wafer นี้ได้ ดังนั้นจะสามารถนำ wafer ที่ได้นี้กลับมาสร้างภาพในเชิง 3 มิติได้ โดยการนำ wafer ที่ถูกหันมาวางซ้อนทับกันตามลำดับชั้นที่ได้จากการสแกน เราก็จะได้รูปวัตถุเชิง 3 มิติ

เนื่องจาก wafer นั้นไม่มีมีความหนา ในความเป็นจริงเราไม่สามารถสร้าง wafer ที่ไม่มี ความหนาเลยได้ เราสามารถสร้างได้เพียง wafer ที่มีความหนาน้อยมาก ๆ เท่านั้น ซึ่งอาจจะมีความหนา 1 มม., 2 มม. หรืออาจจะมากกว่านี้ก็ได้ แต่ถ้า wafer ยังมีความหนามาก ข้อมูลที่ได้ก็จะเป็นข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง แต่ถ้าสามารถสร้าง wafer ที่บางมากขึ้น ข้อมูลที่ได้ก็จะต่อเนื่องมากขึ้น



รูปที่ 2.1 แสดง wafer แต่ละชั้นของพีรามิด

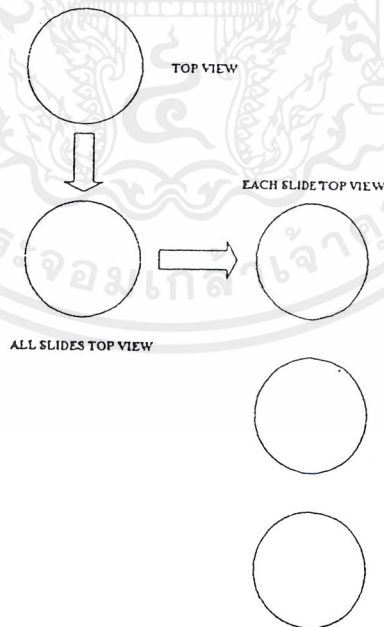
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดง wafer แต่ละชั้นของทรงกระบอก

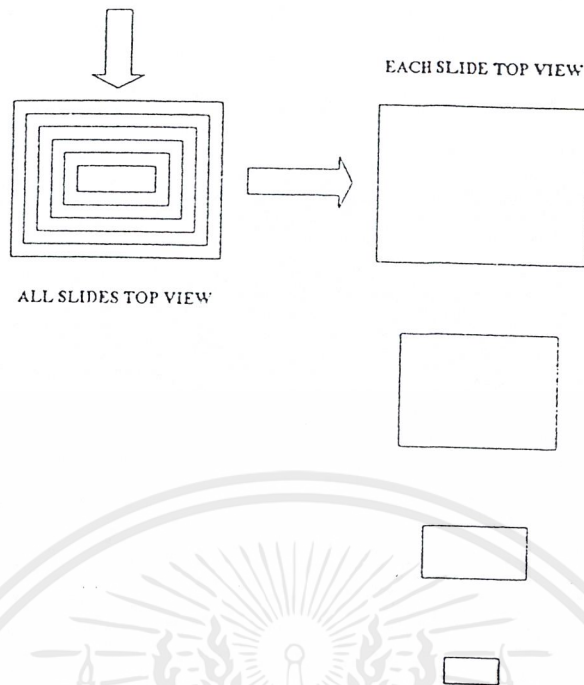
จากรูป 2.1 เป็นรูปทรงพีรามิด ถ้าเราสามารถหั่นพีรามิดออกมาเป็น wafer ได้ เราจะได้ wafer รูปสี่เหลี่ยมที่มีขนาดเล็กลงไปเรื่อยๆ จากต่างชั้นบน

รูป 2.2 เป็นรูปทรงกระบอก ถ้าเราสามารถหั่นทรงกระบอกออกมาเป็น wafer ได้ เราจะได้พบว่าได้ wafer ลักษณะวงกลมทุกชั้น



รูปที่ 2.3 แสดง Top View ของทรงกระบอกและ wafer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



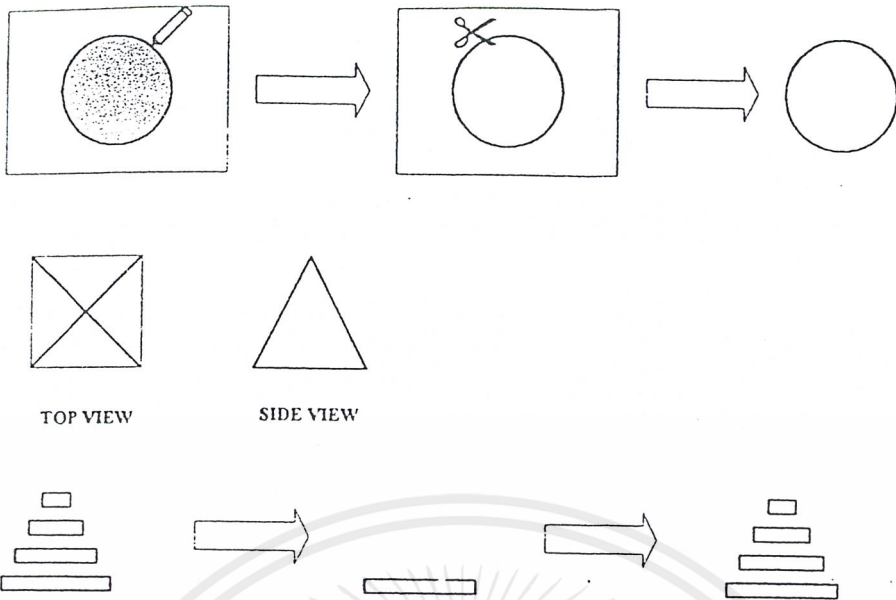
รูปที่ 2.4 แสดง Top View ของพีรามิดและ wafer

ในการสร้างวัตถุกลับมาเป็นรูปทรง 3 มิติ นั้น เราทำได้โดยการนำ wafer มาวางทับกันไปเรื่อย ๆ ก็จะได้ภาพจริงขึ้นมา

## 2.1 การเก็บข้อมูลของวัตถุเชิง 3 มิติ

จากแนวคิดที่เราจะหันวัตถุออกมาเป็น wafer แล้วเก็บเส้นรอบวงของ wafer นั้น ๆ ระบุด้วยว่าเป็น wafer ลำดับที่เท่าไร เราก็จะได้วัตถุเชิง 3 มิติ

การเก็บ wafer ในความเป็นจริงก็คือการเก็บเส้นรอบวงของ wafer นั้น ทำได้โดยการวางวัตถุลงบนกระดาษ แล้ววาดเส้นรอบวงของ wafer ลงบนกระดาษ แล้วตัดกระดาษ เป็นเสมือนการสร้าง wafer ขึ้นมาใหม่



รูปที่ 2.5 การสร้าง wafer จากวัตถุดิบ และการนำ wafer กลับมาสร้างเป็นวัตถุดิบ

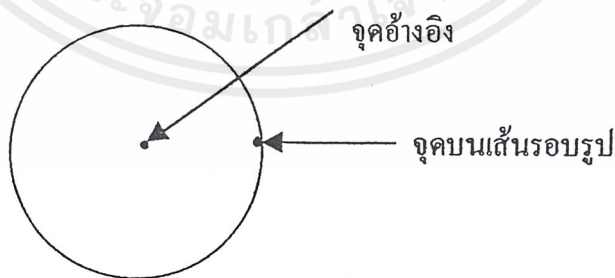
2.1.1 ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างภาพ 3 มิติเบื้องต้น

1) ลำดับของ wafer

ลำดับของ wafer เก็บได้ง่ายโดยนับว่า wafer แรกที่นำมาหาเส้นรอบรูปเรียกเป็น wafer ที่ 1 และ wafer ต่อไปเรียกเป็น wafer ที่ 2

2) เส้นขอบของ wafer

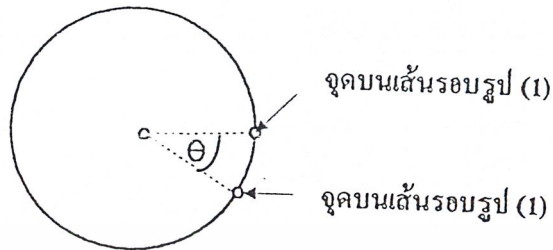
เส้นขอบของ wafer ทำได้โดยหาจุดรอบรูป แล้วทำการเชื่อมต่อจุด ดังนั้นจะสร้างจุดอ้างอิงขึ้นมา 1 จุดบน wafer (จะอยู่ตรงไหนก็ได้) สมมติว่าอยู่ที่จุดศูนย์กลางกลางของ wafer รูปทรงกลม



รูปที่ 2.6 แสดงจุดอ้างอิงของงานหมุนและจุดบนเส้นรอบรูปของวัตถุดิบ

จุดอีกจุดหนึ่งคือจุดที่อยู่บนเส้นรอบรูป ทหาระยะทางระหว่างจุด 2 จุดนี้

จุดต่อไปหาโดยเปลี่ยนจุดบนเส้นรอบรูปโดยต้องบอกว่ามุมเปลี่ยนไปจากจุดแรกเท่าไร



รูปที่ 2.7 แสดงจุด 2 จุดบนเส้นรอบรูปของวงกลมทำมุมระหว่างกัน

ทำไปจนตลอด จำนวนจุดในแต่ละ wafer ขึ้นอยู่กับว่าเราต้องการรายละเอียดมากเท่าไร ถ้าเราต้องการให้ละเอียดมากก็สร้างจุดบนเส้นรอบรูปให้มากขึ้น



รูปที่ 2.8 แสดงความแตกต่างระหว่างเส้นรอบรูปที่ได้จากการใช้จุด 4, 8 จุดต่อชั้น

### 2.1.2 ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างภาพ 3 มิติ

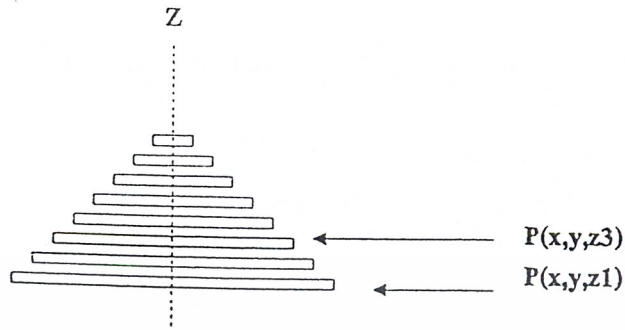
จากการเก็บวิธีนี้พบว่า ข้อมูลที่เราต้องการเก็บจะเพิ่มเป็น 3 พารามิเตอร์ คือ

- 1) ลำดับของ wafer
- 2) ระยะทางจากจุดอ้างอิง
- 3) มุมที่หมุนไปในการเก็บจุดบนเส้นรอบรูปเทียบกับจุดบนเส้นรอบรูปจุดแรก

### 2.2 แนวความคิดด้านการเก็บข้อมูล

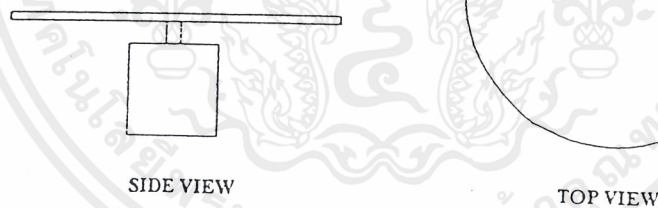
แต่ละ wafer จะต้องมีจุดอ้างอิงอยู่ ถ้าเราให้แต่ละ wafer มีจุดอ้างอิงเดียวกันแต่ต่างกันด้านความสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แต่ละชั้นมีจุดอ้างอิงเดียวกัน

ซึ่ง  $x$  คือระยะจากจุดอ้างอิงถึงขอบของ wafer ,  $y$  คือจุดอ้างอิง และ  $z$  คือความสูงของแต่ละชั้น ดังนั้นค่า  $y$  จะมีค่าเท่ากันทุกชั้นการเก็บข้อมูล



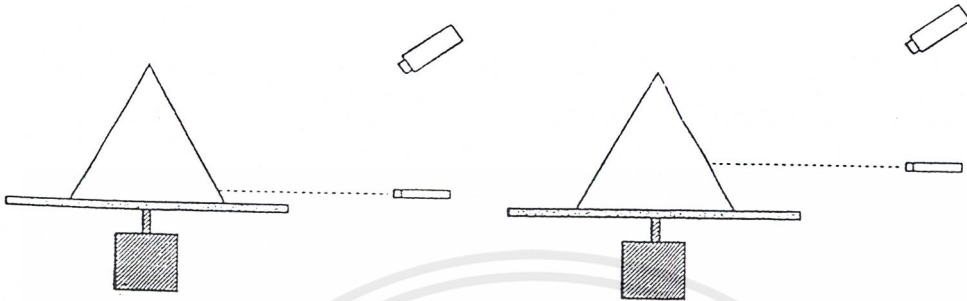
รูปที่ 2.10 แสดง Top View และ Side View ของจานหมุน

ถ้าเรามีจานรองที่สามารถหมุนได้ (จุดหมุนเป็นจุดศูนย์กลาง) เราจะทำการหมุนวัตถุเพื่อเก็บภาพที่มุมต่าง ๆ จนครบ 360 องศา แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสร้างภาพ 3 มิติ

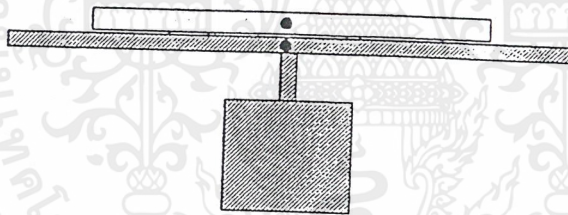
การทำงาน ทำได้โดยเราต้องมี

- กล้องสำหรับถ่ายภาพ แล้วนำไปประมวลผลหาระยะทาง
- แสงเลเซอร์ ใช้สำหรับยิงไปยังผิววัตถุปรากฏเป็นจุดบนเส้นรอบรูปของวัตถุ
- มอเตอร์หมุนจานหมุน ใช้หมุนวัตถุเพื่อเปลี่ยนมุมในการเก็บภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงการวางกล้องกับเลเซอร์ในการเก็บภาพวัตถุ



รูปที่ 2.12 แสดงจุดอ้างอิงบน wafer และจานหมุน

### 2.3 หลักการของระบบโดยรวม

#### 1) Input Image

เป็นการรับภาพผ่านกล้อง quick cam ภาพที่ได้จะเป็นภาพของวัตถุที่มุมใด ๆ ซึ่งจะมองเห็นเฉพาะส่วนของวัตถุที่มีเลเซอร์มากระทบเท่านั้น แล้วนำภาพที่ได้ส่งต่อไปในส่วนถัดไป

#### 2) Store Image

นำภาพที่ได้ในหลายๆมุมของการหมุนกล้องมาเก็บรวบรวมเอาไว้ด้วยกัน เพื่อรอการนำไปสร้างเป็นภาพ 3 มิติในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3) Drive Motor

จะสั่งงานโดยซอฟต์แวร์ ให้หมุนมอเตอร์เพื่อหมุนวัตถุไปตามองศาที่กำหนดไว้ โดยจะถูกหมุนจนครบ 1 รอบ ซึ่งจะได้ภาพในทุกองศาที่ต้องการ

## 4) Full Image Processing

เป็นการนำข้อมูลภาพทั้งหมดที่ได้จากการถ่ายภาพวัตถุจนครบ 1 รอบแล้วมาสร้างเป็นภาพ 3 มิติ

## 5) Display Image

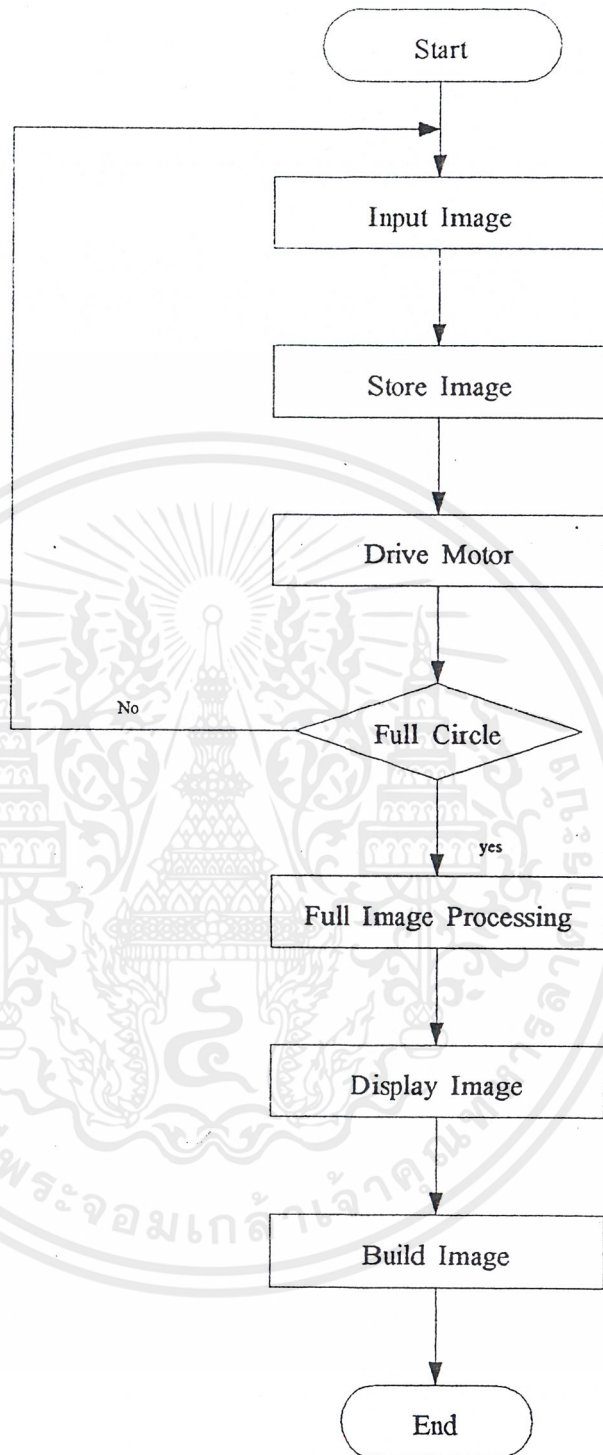
เป็นส่วนแสดงภาพ 3 มิติ

## 6) Build Object

เป็นส่วนของการนำข้อมูลของภาพมาสร้างวัตถุจำลอง

ซึ่งสามารถแสดงภาพหลักการทำงานโดยรวมได้ดังนี้





รูปที่ 2.13 แสดงหลักการทำงานของระบบโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 แนวความคิดในการสร้างภาพ 3 มิติ

ในการสร้างภาพ 3 มิติมีแนวความคิดดังนี้

1. โปรแกรมจะเปิดภาพขึ้นมา จากนั้นจะทำการสแกนไปที่ละพิกเซล จนกว่าจะพบพิกเซลที่มีความสว่างเท่ากับค่าคงที่ที่กำหนดไว้ (ในที่นี้คือความสว่างของ laser นั้นเอง) โดยในการสแกนไปที่ละพิกเซลจะนับไปด้วยเพื่อเก็บค่ารัศมี  $r$
2. เมื่อพบแล้วจะนับค่ารัศมี  $r$  จากจุดที่พบแนวเลเซอร์จนถึงจุดศูนย์กลางของจานหมุน โดยสแกนไปเรื่อย ๆ ตามแนวแกน  $x$  และ  $y$  ตามลำดับ เพราะฉะนั้นในแต่ละรูปจะได้รัศมีจากจุดศูนย์กลางกลางของจานหมุนถึงขอบวัตถุ ณ ตำแหน่งของแนวเลเซอร์ตามแนวแกน  $y$  จากขอบวัตถุด้านบนจนถึงฐานด้านล่าง
3. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 โดยเปิดไฟล์ภาพใหม่ขึ้นมาจะทำให้ได้ระยะของวัตถุโดยประมาณครบ 360 องศา
4. นำจุดต่างๆมา plot บนแกน  $x-y$  เพื่อสร้างภาพ 3 มิติ โดยใช้สูตร

$$x = r \cos\phi$$

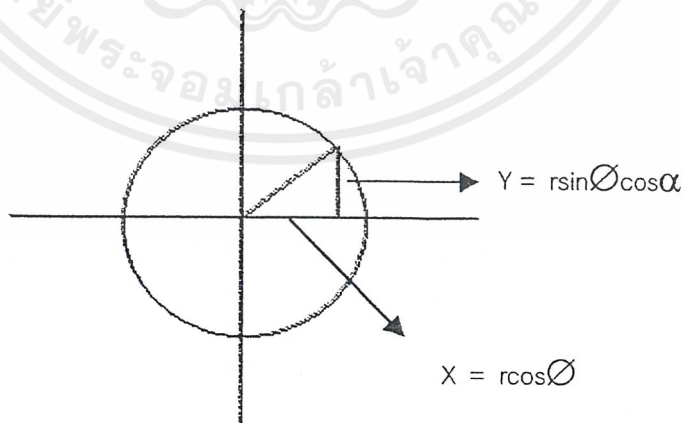
$$y = r \sin\phi \cos\alpha$$

โดยที่  $r$  คือ รัศมี

$\phi$  เป็นมุมที่  $r$  ทำกับแนวแกน  $x$

$\alpha$  เป็นมุมที่ระนาบของวัตถุทำกับระดับสายตา

5. เขียนโปรแกรมแสดงภาพออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.14 แสดงระนาบของชั้นมองจาก Top Eye View

## บทที่ 3

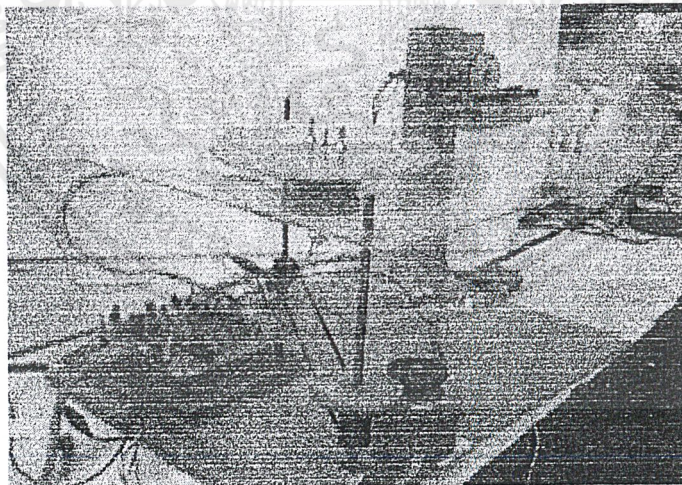
### หลักการออกแบบชุดทดลอง

#### 3.1 การออกแบบส่วนของฐานหมุนวัตถุ

การออกแบบส่วนของฐานหมุนวัตถุ จะใช้สเตปมอเตอร์ในการขับเคลื่อนวัตถุเนื่องจากมีความแม่นยำในการกำหนดองศาของการหมุนในแต่ละสเตป และจะใช้ฐานเดียวกันนี้ในการหมุนโฟมสำหรับการสร้างวัตถุจำลอง

ความละเอียดของสเตปมอเตอร์ ที่ใช้มีค่าเท่ากับ 1.8 องศา ต่อ สเตป โดยในการทดลองจะเก็บค่ารัศมีของวัตถุทุก ๆ 7.2 องศา ดังนั้นเราจะได้ข้อมูลจำนวน 50 ข้อมูลในหนึ่งรอบของวัตถุ

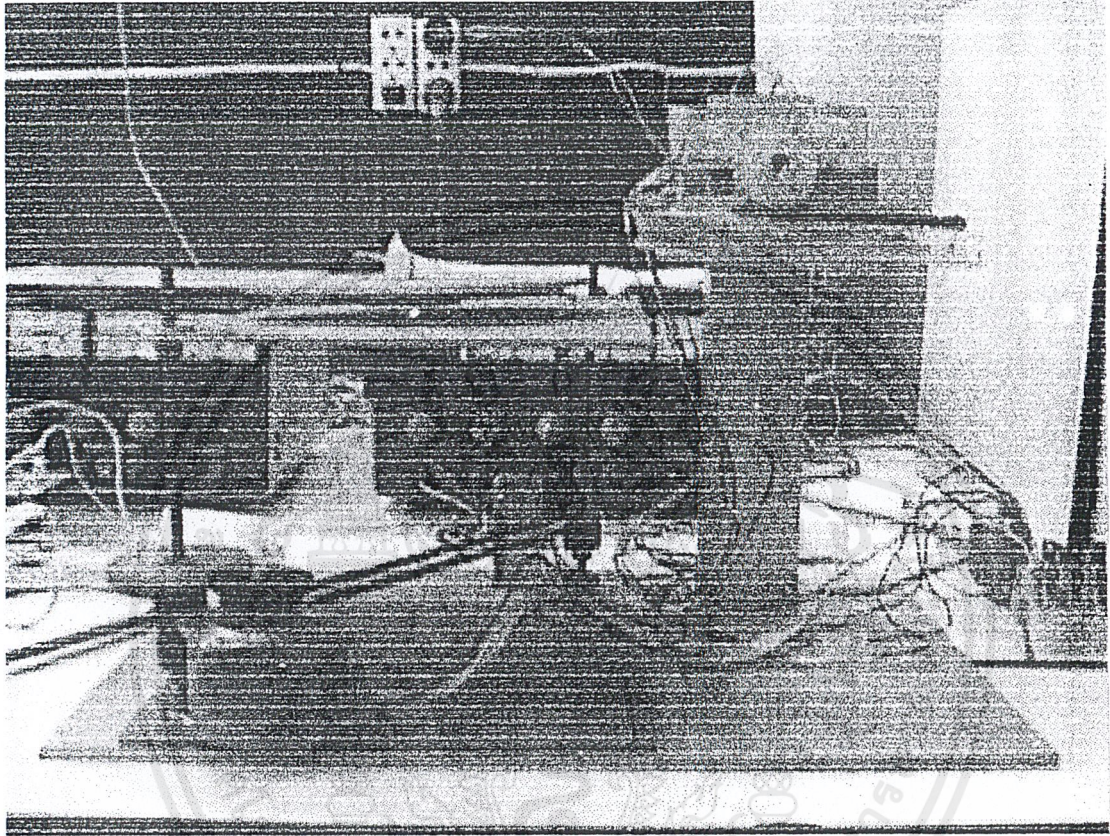
ในส่วนนี้ยังได้มีการออกแบบให้มีการยกฐานขึ้น-ลง เพื่อใช้ในส่วนของการสร้างวัตถุจำลองสำหรับเก็บรายละเอียดทางด้านความสูงของวัตถุ ซึ่งในส่วนนี้จะใช้สเตปมอเตอร์ในการขับเคลื่อนบอลสกรู (Ball Screw) เพื่อใช้ยกฐานขึ้น-ลง ความละเอียดของสเตปมอเตอร์ที่ใช้มีค่าคิดเป็นระยะทางของบอลสกรูได้เป็น 0.004 มม. ต่อสเตป และจะกำหนดให้ 1 Layer ของวัตถุเป็นระยะทาง 1 มม.



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนของฐานหมุนวัตถุและส่วนยกฐานขึ้น-ลง

### 3.2 การออกแบบส่วนเก็บข้อมูลโดยใช้เลเซอร์

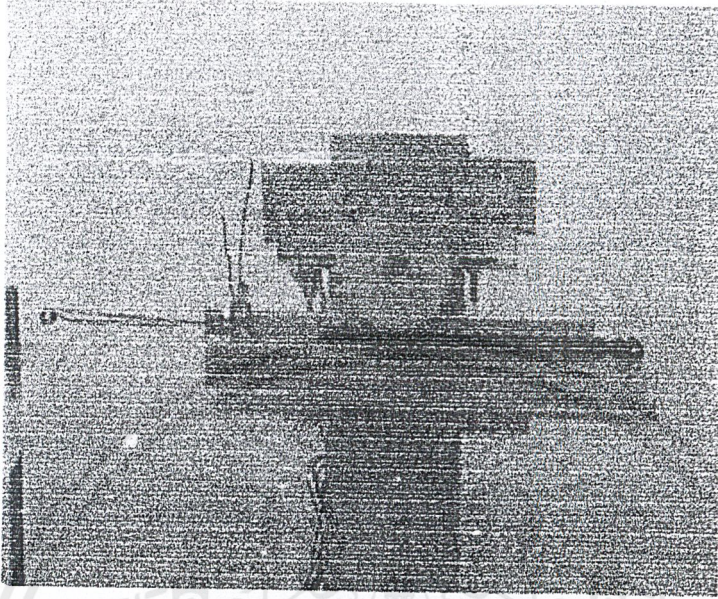
สำหรับส่วนของการกระจายแสงเลเซอร์เพื่อตัดขอบของวัตถุ จะใช้กระจกเงา 4 แผ่น ประกอบเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม นำมาต่อกับแกนซึ่งขับเคลื่อนด้วยดีซีมอเตอร์ให้กระจกหมุนเพื่อกระจายลำแสงเลเซอร์ให้เป็นเส้น



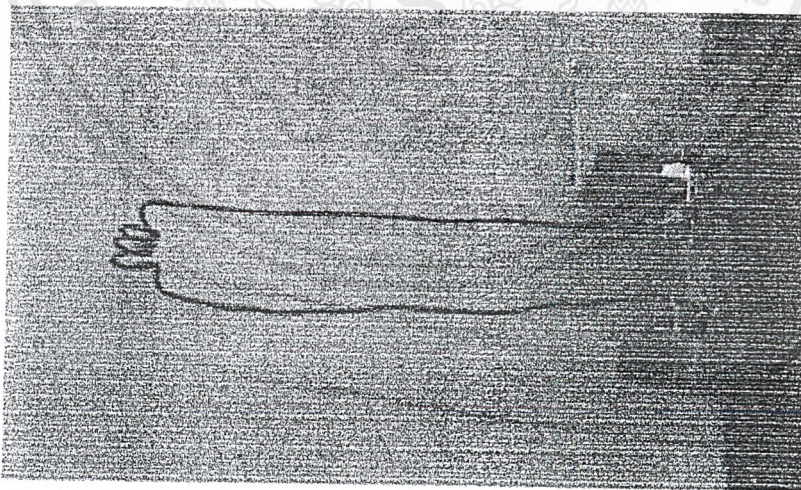
รูปที่ 3.2 ชุดทดลองต้นแบบ

### 3.3 การออกแบบส่วนตัดวัตถุจำลอง

ในส่วนนี้ได้มีการนำสเตปมอเตอร์มาใช้ในการเคลื่อนส่วนตัดเข้า-ออก และใช้ลวดนิโครมซึ่งเป็นลวดนำความร้อนมาใช้ในการตัดโฟมเพื่อสร้างวัตถุจำลอง ในการทำให้ลวดร้อนจะใช้การจ่ายกระแสไฟฟ้าโดยตรงเข้ากับลวด และจะใช้โฟมเป็นวัสดุที่ใช้ในการสร้างวัตถุจำลอง ความละเอียดของสเตปมอเตอร์ที่ใช้คิดเป็นระยะทางเป็น 0.65 มม. ต่อสเตป



รูปที่ 3.3 แสดงส่วนตัดไม้ฉลุ

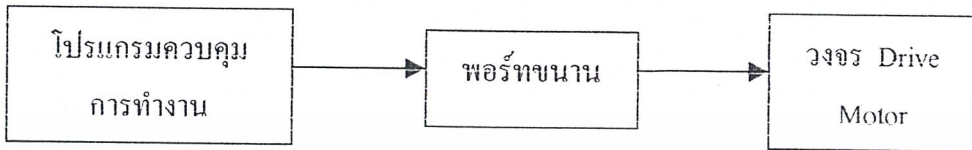


รูปที่ 3.4 แสดงลวดตัดไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การออกแบบวงจร Drive Step Motor

การขับมอเตอร์จะใช้การรับข้อมูลที่ส่งออกมาจากพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของสเตปมอเตอร์

ในส่วนของวงจรจะประกอบด้วย

1. วงจร Regulate ใช้สร้างแหล่งจ่ายไฟ 5V เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ 74LS373 ในวงจร
2. วงจร Drive Motor เป็นวงจรที่ใช้ในการขับกระแสเพื่อให้สเตปมอเตอร์ทำงานโดยจะรับสัญญาณมาจากพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์

ในการควบคุมสเตปมอเตอร์ทั้ง 3 ตัว จะรับสัญญาณ 4 บิตมาจากพอร์ตขนานพร้อม ๆ กัน โดยจ่ายเป็นอินพุทของ 74LS373 และจะใช้สัญญาณ ENABLE ที่จ่ายให้กับ 74LS373 เป็นตัวเลือกการทำงานของสเตปมอเตอร์ว่าจะใช้สเตปมอเตอร์ตัวใดในการทำงาน ถ้าสัญญาณ ENABLE เป็น 0 จะทำให้ 74LS373 คงค่าเอาต์พุทไว้ ซึ่งจะทำให้สเตปมอเตอร์ไม่หมุน เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนเฟสของสัญญาณ ถ้าสัญญาณ ENABLE เป็น 1 จะทำให้ 74LS373 มีค่าเอาต์พุทเปลี่ยนไปตามค่าอินพุท ซึ่งจะทำให้สเตปมอเตอร์หมุนไปตามคำสั่งของโปรแกรม



## บทที่ 4

### โปรแกรมการทำงาน

ในโครงงานนี้จะใช้การเขียนโปรแกรมภาษา Delphi ในการควบคุมการทำงาน โดยโปรแกรมจะควบคุมการทำงานของมอเตอร์ รวมทั้งทำการประมวลผลเพื่อสร้างภาพ 3 มิติบนหน้าจอด้วย

#### 4.1 โครงสร้างของโปรแกรมการทำงาน

โครงสร้างของโปรแกรมการทำงานจะประกอบด้วย

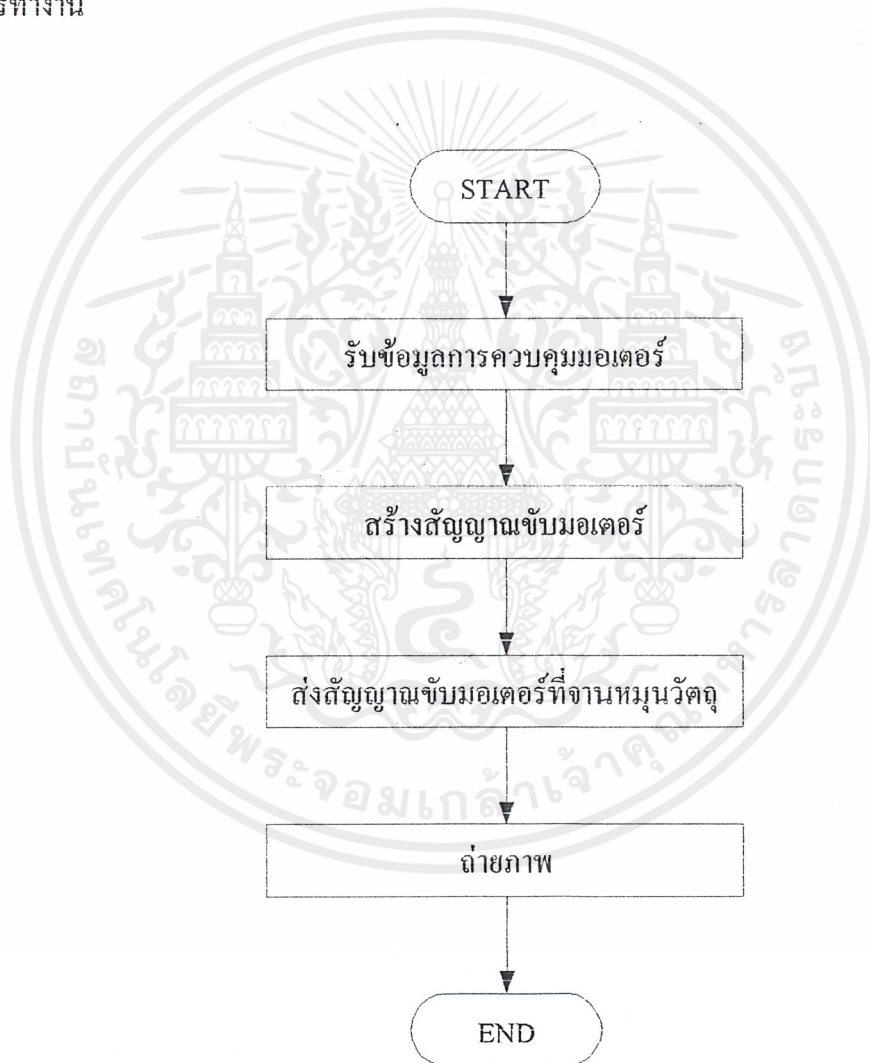
- 1) โปรแกรมการควบคุมการทำงานของสเตปมอเตอร์
  - สร้างสัญญาณขับมอเตอร์จากข้อมูลที่ได้รับ
  - ส่งสัญญาณไปขับมอเตอร์ ซึ่งมีสเตปมอเตอร์ 3 ตัวใช้ควบคุมจานหมุน , ควบคุมการเลื่อนขึ้น-ลง , ควบคุมการเลื่อนเข้า-ออก
- 2) โปรแกรมประมวลผล
  - เก็บข้อมูลจากภาพถ่าย
  - นำข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายมาประมวลผลเพื่อหาระยะจากจุดที่สว่างที่สุด(คือจุดที่แสงเลเซอร์ตัดขอบวัตถุ) ถึงจุดศูนย์กลางของจานหมุน
  - นำข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลมาสร้างภาพ 3 มิติ

#### 4.2 ขั้นตอนการทำงาน

1. เริ่มจากการนำวัตถุต้นแบบมาวางบนจานหมุนวัตถุ จานหมุนจะหมุนไปตามจำนวนองศาที่กำหนดไว้แล้วหยุด จากนั้นทำการฉายลำแสงเลเซอร์ออกไปเพื่อให้ลำแสงเลเซอร์ตัดกับขอบของวัตถุ
2. ใช้กล้องถ่ายภาพทุก ๆ องศาที่วัตถุหมุนไป แล้ว save ภาพเป็นไฟล์ .BMP จะได้ภาพถ่ายด้านข้างโดยรอบของวัตถุ
3. เก็บข้อมูลจากภาพซึ่งเป็นค่ารัศมีของวัตถุโดยวัดจากจุดที่เลเซอร์ตัดขอบวัตถุถึงจุดศูนย์กลางของจานหมุน
4. นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างรูป 3 มิติบนหน้าจอ
5. เมื่อต้องการสร้างวัตถุจำลอง ให้นำโฟมมาวางบนจานหมุน

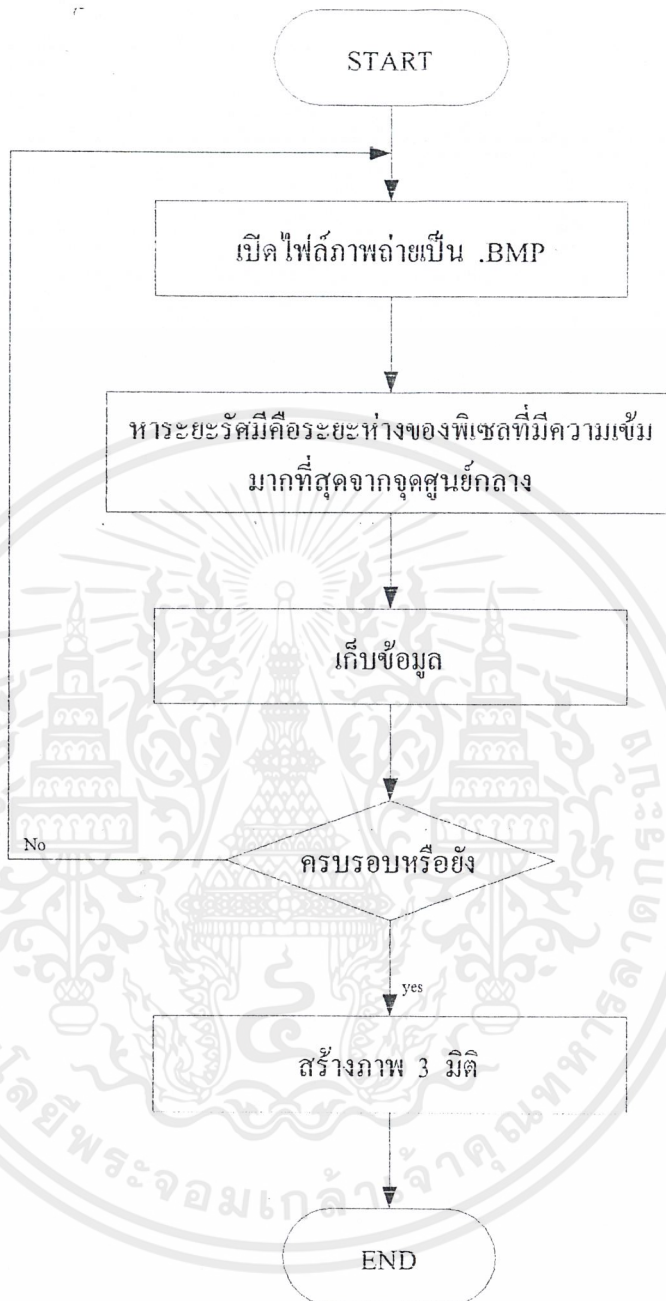
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. มอเตอร์ที่ควบคุมการเลื่อนขึ้น-ลง จะเลื่อนจานหมุน โฟมขึ้น-ลง ตามตำแหน่งความสูงที่ต้องการ
7. มอเตอร์ที่ควบคุมการเลื่อนเข้า-ออก จะเลื่อนชุดตัดโฟมเข้า-ออก เพื่อตัดโฟมตามระยะรัศมีของวัตถุ
8. ทำการตรวจว่าได้ตัดโฟมครบทุกระยะความสูงหรือยัง ถ้ายังให้ย้อนกลับไปทำขั้นตอนที่ 6
9. เมื่อทำการตัดโฟมทุกระยะความสูงแล้ว ให้ตรวจว่าตัดโฟมครบรอบของวัตถุหรือยัง ถ้ายังให้ย้อนกลับไปทำขั้นตอนที่ 5
10. จบการทำงาน



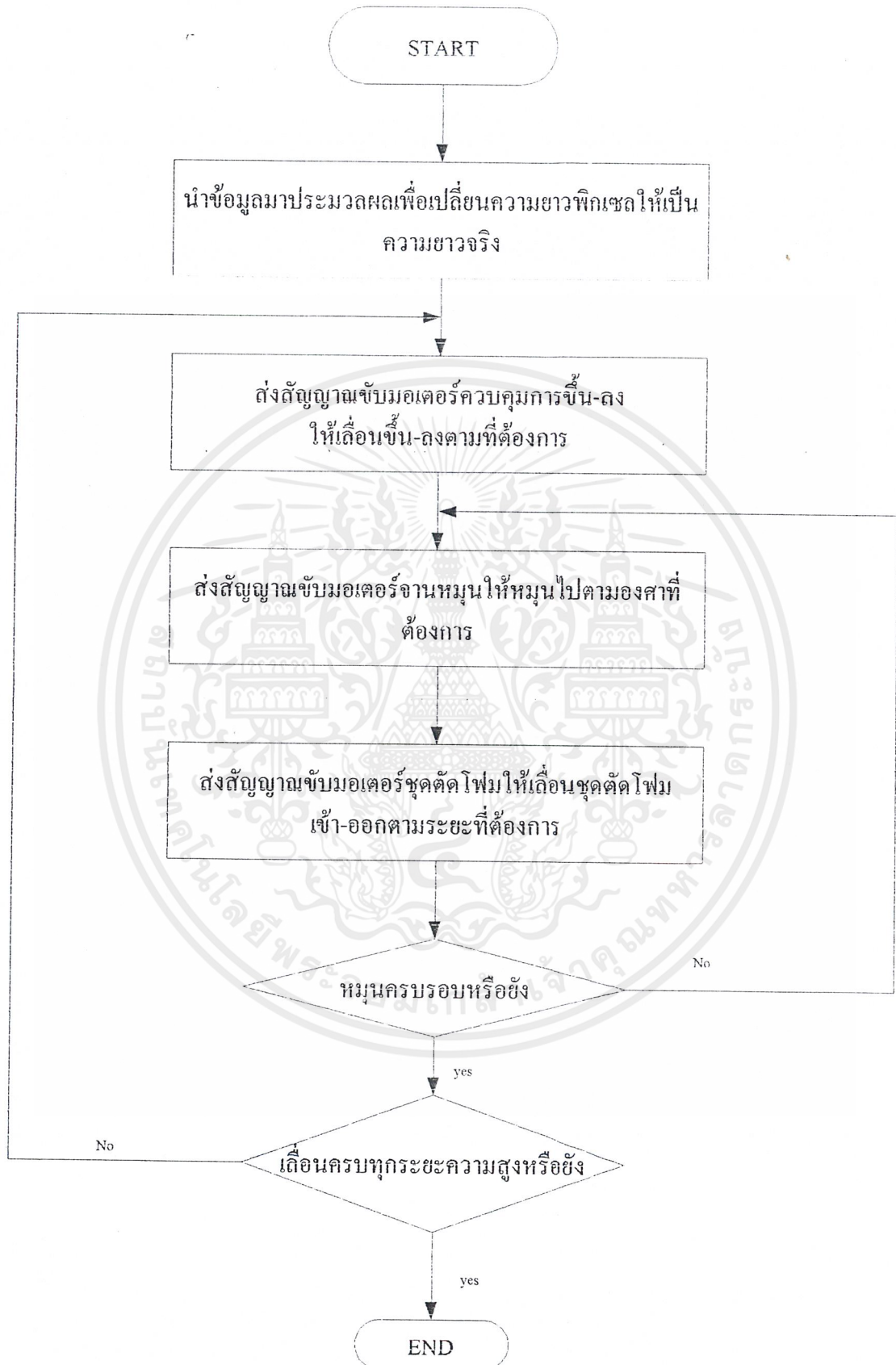
รูปที่ 4.1 แสดง Flow Chart ของโปรแกรมควบคุมสเตปมอเตอร์ที่ขับจานหมุนวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดง Flow Chart ของโปรแกรมประมวลผลสร้างภาพ 3 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



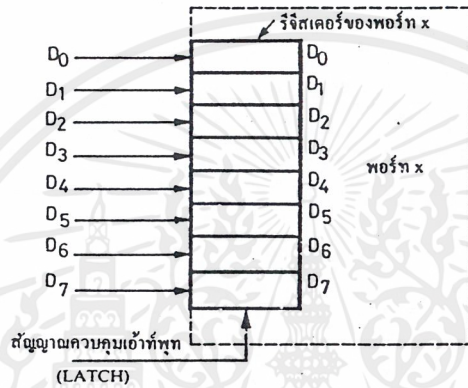
รูปที่ 4.3 แสดง Flow Chart ของโปรแกรมควบคุมการสร้างวัตถุจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 การส่งสัญญาณควบคุมสเตปมอเตอร์

ในโครงการนี้จะใช้การส่งข้อมูลทางพอร์ทขนาน

การรับ-ส่งข้อมูลแบบขนานคือการเคลื่อนย้ายข้อมูลทุก ๆ บิตใน 1 คำในเวลาเดียวกัน ไม่ว่าจะเป็นการรับหรือส่ง ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบขนานไปยังพอร์ท x จะเป็นดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนานไปยังพอร์ท x

จากรูปที่ 4.4 เมื่อสัญญาณควบคุมเอาต์พุตถูกส่งมาจากซีพียู ข้อมูล D0 ถึง D7 จะถูกส่งเก็บเข้าไปไว้ในรีจิสเตอร์ของพอร์ท x พร้อมกันทีเดียว 8 บิตเลย

### 4.4 คอมโพเนนต์ที่พาร์พอร์ต (Tparport Component)

Tparport เป็นคอมโพเนนต์ของภาษา Delphi ที่ช่วยในการติดต่อกับพอร์ทขนาน (Parallel Port) ซึ่งสามารถทำงานได้กับ Windows95 และ Windows98 โดยทำการติดตั้งคอมโพเนนต์ลงในระบบ

#### 4.4.1 พรอพเพอร์ตี้ที่สำคัญ

LPT1\_Used : LPT1 หรือ LPT2

LPT1\_Address : เป็นแอดเดรสของพอร์ทเอาต์พุต LPT1 (378h)

LPT2\_Address : เป็นแอดเดรสของพอร์ทเอาต์พุต LPT2 (278h)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Name : ชื่อของคอมโพเนนท์  
 ValueGet : ค่าที่รับมาเมื่อคำสั่ง Get ถูกเรียกใช้  
 ValueSend : ค่าที่ส่งออกไปเมื่อคำสั่ง Send ถูกเรียกใช้

#### 4.4.2 เมธอดสำคัญ

Create : สร้างคอมโพเนนท์  
 Get : รับค่าอินพุท 5 บิตจากพอร์ทขนาน  
 เช่น `parport1.get`  
`shownmessage[inttostr[parport1.valueget]];`  
 Send : ใช้ส่งข้อมูลออกจากพอร์ทขนาน  
 เช่น `parport1.valuesend=255;`  
`parport1.send;`

#### 4.4.3 อีเวนต์ (Event)

OnError : เกิดขึ้นเมื่อมี error เกิดขึ้น  
 OnBeforeSend : ก่อนส่งไบต์ด้วยเมธอด Send  
 OnAfterSend : หลังจากทีไบต์ถูกส่งออกไปด้วยเมธอด Send  
 OnBeforeGet : ก่อนทีไบต์จะถูกรับด้วยเมธอด Get  
 OnAfterGet : หลังจากทีไบต์ถูกส่งด้วยเมธอด Get

#### 4.4.4 พอร์ทขนาน (Parellel Port)

มีขา (pin) ที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูล ดังนี้  
 เอาท์พุท (8บิต)

Bit	Pin
0	2
1	3
2	4
3	5
4	6
5	7
6	8
7	9

อินพุต (5บิต)

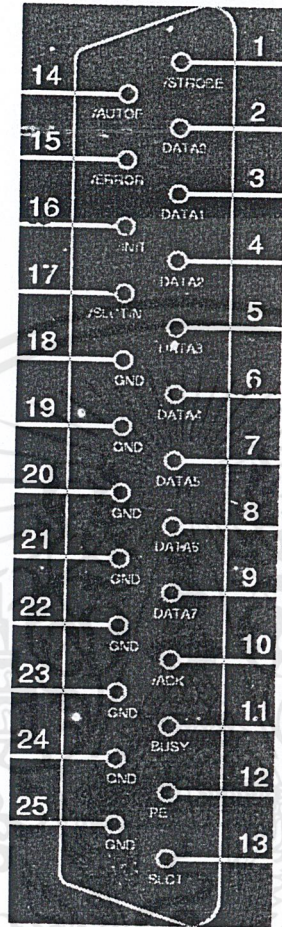
Bit	Pin
0	-
1	-
2	-
3	15
4	13
5	12
6	10
7	11

โดยที่ 3 บิตแรกจะไม่ใช่ แต่ก็สามารถทำ Binary Conversion ได้โดยใช้แค่ 5 บิตเท่านั้น

กราวด์ (GND)

Pin
18
19
20
21
22
23
24
25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



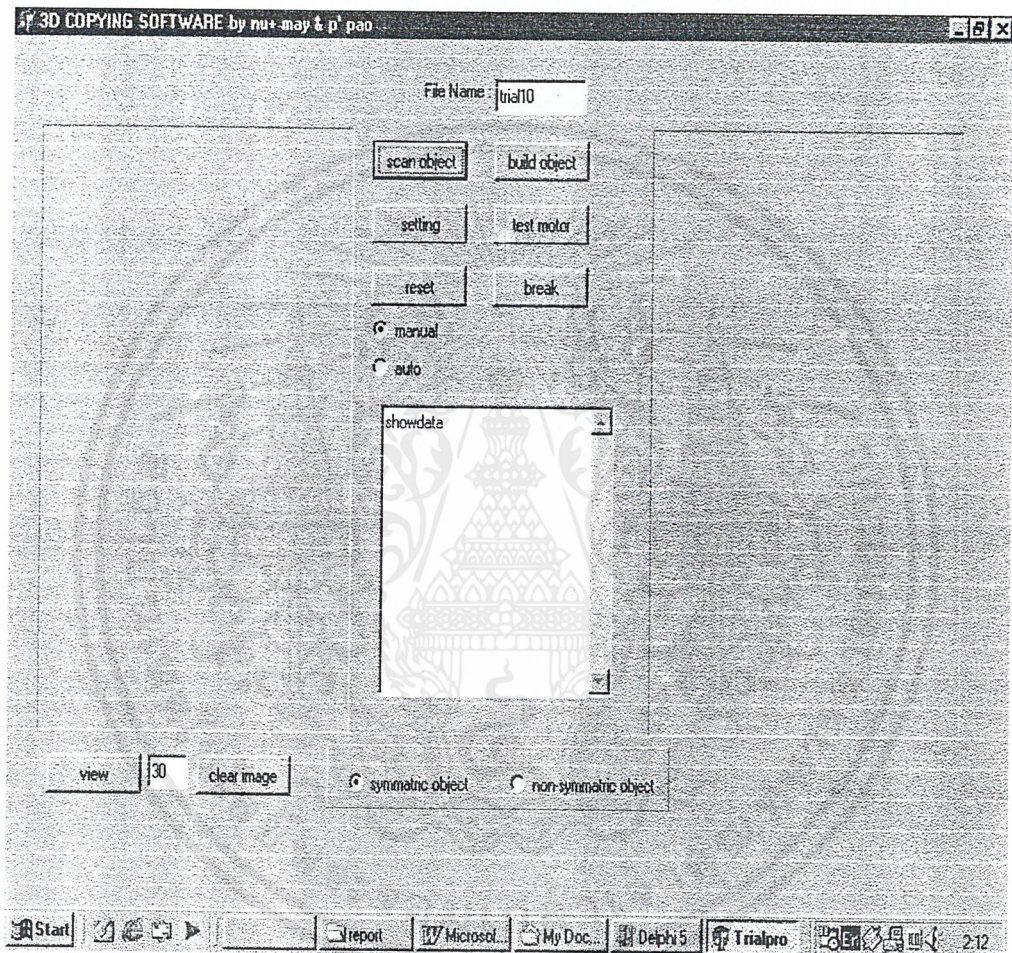
รูปที่ 4.5 แสดงขาต่างๆ ของพอร์ทขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### ผลการทดลอง

#### 5.1 การใช้งานโปรแกรม

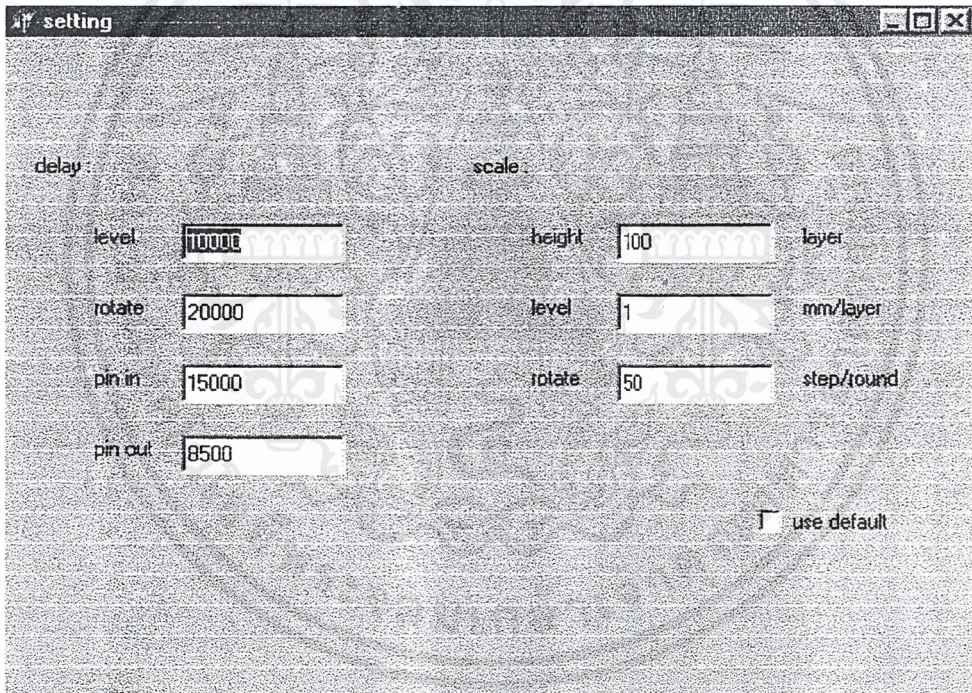


รูปที่ 5.1 แสดงหน้าจอของโปรแกรม

หน้าจอของโปรแกรมจะมีปุ่มการใช้งานต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

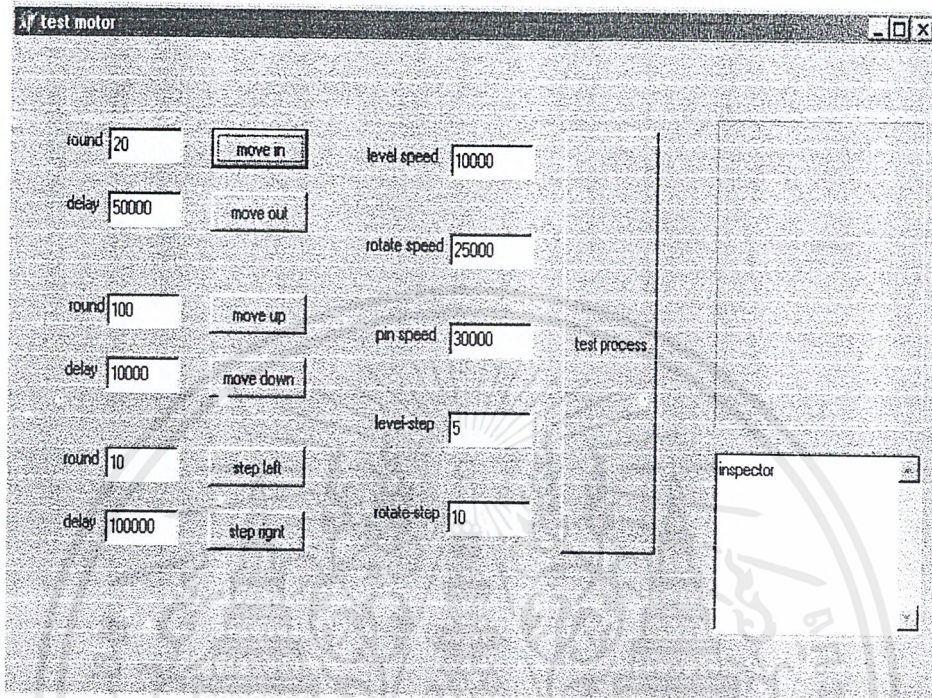
- scan object เมื่อกดปุ่ม scan object โปรแกรมจะทำการเรียกไฟล์รูปด้านข้างของวัตถุเพื่อสแกนหารัศมีจากจุดศูนย์กลางถึงขอบของวัตถุ แล้วนำมาสร้างภาพ 3 มิติแสดงออกทางหน้าจอค้ำซ้าย
- view ใช้เพื่อแสดงภาพ 3 มิติของวัตถุที่ได้จากปุ่ม scan object โดยสามารถเปลี่ยนระดับมุมมองของวัตถุไปตามองศาที่ป้อนเข้าไป
- build object เป็นปุ่มที่ใช้เพื่อทำการสร้างวัตถุจำลอง เมื่อกดปุ่ม โปรแกรมจะทำการส่งข้อมูลต่าง ๆ ออกทางพอร์ตขนานเพื่อทำการสร้างวัตถุ และจะแสดงรูปบนหน้าจอทางขวา
- symmetric object / non-symmetric object ใช้เพื่อเลือกลักษณะของวัตถุว่าเป็นวัตถุสมมาตรหรือไม่สมมาตร
- setting ใช้เพื่อเซตค่าเริ่มต้นให้กับมอเตอร์



รูปที่ 5.2 แสดงหน้าจอ setting

- test motor ใช้เพื่อทำการทดสอบการทำงานของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

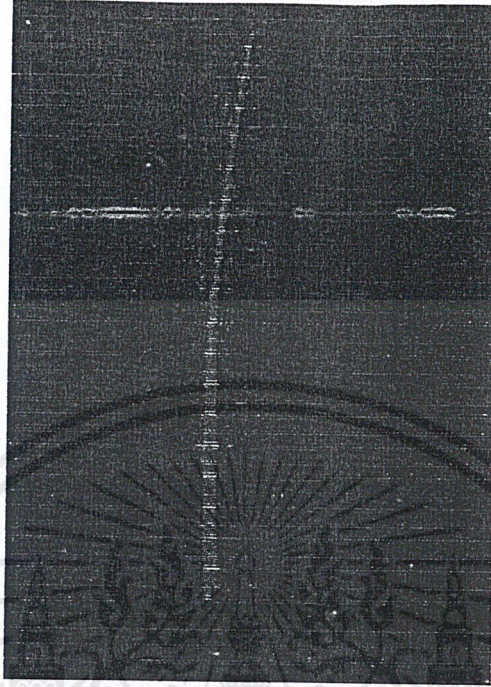


รูปที่ 5.3 แสดงหน้าจอ test motor

- File name ใช้เพื่อเลือกชื่อไฟล์ภาพที่จะใช้ในการทำงานแบบ symmetric
- Clear image ใช้เพื่อ clear หน้าจอรูปภาพที่เกิดจาก scan object

## 5.2 ผลการทดลองการสร้างภาพ 3 มิติบนหน้าจอ

เนื่องจากการสร้างภาพ 3 มิติบนหน้าจอต้องนำข้อมูลรัศมีจากภาพที่ได้จากการถ่ายมาใช้ ซึ่งภาพถ่ายนั้นมาจากการที่ลำแสงเลเซอร์ตัดขอบวัตถุทำให้เห็นเป็นเส้นขอบวัตถุ จากการทดลองกระจายลำแสงเลเซอร์ด้วยกระจกเงาพบว่าเกิดปัญหาหลายประการ คือเมื่อกระจายลำแสงเลเซอร์แล้วจะได้เส้นลำแสงแตกเป็นหลายเส้น ทำให้ไม่สามารถหาขอบวัตถุที่ต้องการได้ และกล้องที่ถ่ายภาพไม่มีความไวชัดเตอร์พอที่จะจับภาพ จึงไม่สามารถเห็นภาพเป็นเส้นได้ ดังนั้นจึงได้สมมติภาพขึ้นมาเพื่อใช้ในการสร้างภาพ 3 มิติ



รูปที่ 5.4 แสดงภาพเลเซอร์จากการทดลองจริง

จากรูป 5.4 จะเห็นได้ว่าลำแสงเลเซอร์ที่กระจายออกมาแตกเป็นสองเส้น จึงไม่สามารถนำมาใช้งานได้



รูปที่ 5.5 แสดงรูปสมมติด้านข้างของวัตถุเมื่อแสงเลเซอร์ตัดขอบของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.5 นำภาพมาสแกนเพื่อหารัศมีของวัตถุที่ขึ้นความสูงต่าง ๆ จะได้ข้อมูลปรากฏบนหน้าจอดังนี้

showdata  
 layer 1 from 100  
 radius : 0  
 layer 2 from 100  
 radius : 10  
 layer 3 from 100  
 radius : 9  
 layer 4 from 100  
 radius : 8  
 layer 5 from 100  
 radius : 8  
 layer 6 from 100  
 radius : 8  
 layer 7 from 100  
 radius : 8  
 layer 8 from 100  
 radius : 8  
 layer 9 from 100  
 radius : 8  
 layer 10 from 100  
 radius : 8  
 layer 11 from 100  
 radius : 8  
 layer 12 from 100  
 radius : 8  
 layer 13 from 100  
 radius : 8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

layer 14 from 100

radius : 8

layer 15 from 100

radius : 8

layer 16 from 100

radius : 8

layer 17 from 100

radius : 8

layer 18 from 100

radius : 9

layer 19 from 100

radius : 9

layer 20 from 100

radius : 9

layer 21 from 100

radius : 9

layer 22 from 100

radius : 9

layer 23 from 100

radius : 9

layer 24 from 100

radius : 10

layer 25 from 100

radius : 10

layer 26 from 100

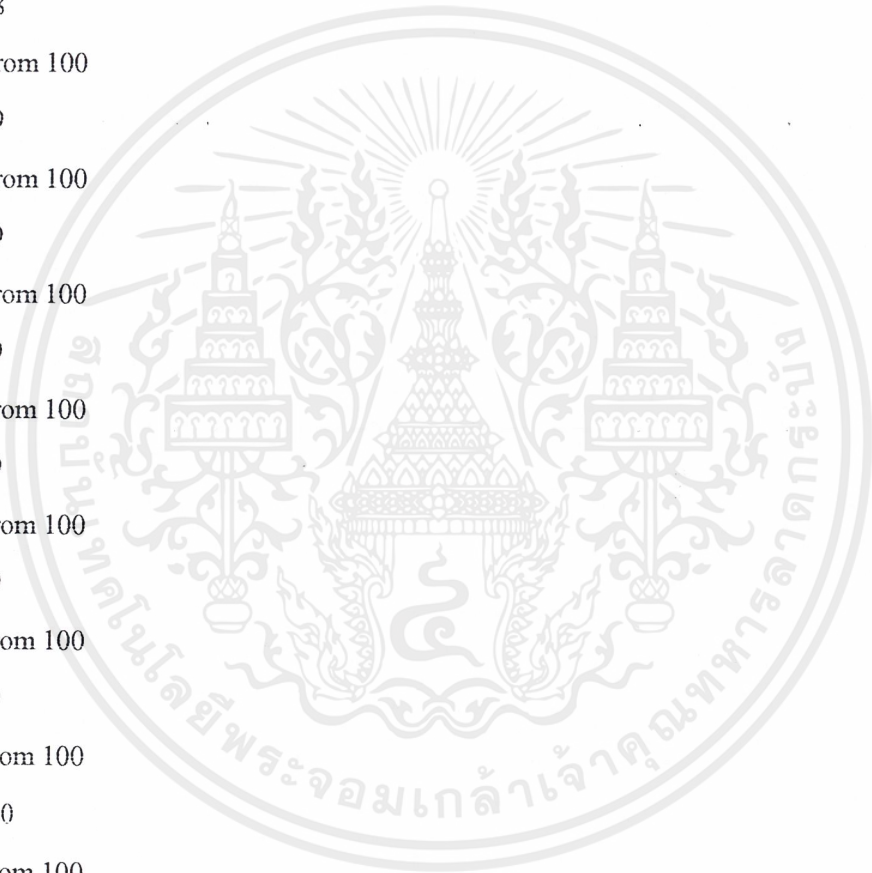
radius : 10

layer 27 from 100

radius : 10

layer 28 from 100

radius : 10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

layer 29 from 100

radius : 10

layer 30 from 100

radius : 11

layer 31 from 100

radius : 11

layer 32 from 100

radius : 12

layer 33 from 100

radius : 12

layer 34 from 100

radius : 12

layer 35 from 100

radius : 12

layer 36 from 100

radius : 12

layer 37 from 100

radius : 12

layer 38 from 100

radius : 13

layer 39 from 100

radius : 13

layer 40 from 100

radius : 14

layer 41 from 100

radius : 14

layer 42 from 100

radius : 14

layer 43 from 100

radius : 14



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

layer 44 from 100

radius : 15

layer 45 from 100

radius : 15

layer 46 from 100

radius : 15

layer 47 from 100

radius : 15

layer 48 from 100

radius : 16

layer 49 from 100

radius : 16

layer 50 from 100

radius : 16

layer 51 from 100

radius : 16

layer 52 from 100

radius : 16

layer 53 from 100

radius : 16

layer 54 from 100

radius : 16

layer 55 from 100

radius : 16

layer 56 from 100

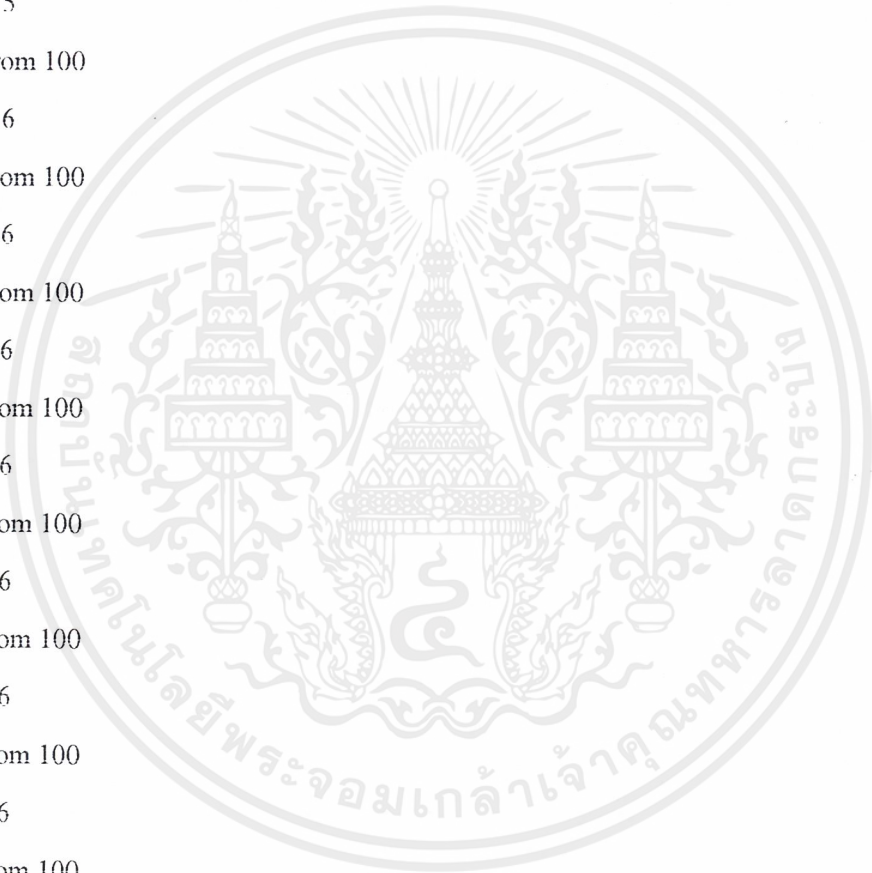
radius : 16

layer 57 from 100

radius : 16

layer 58 from 100

radius : 16



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

layer 59 from 100

radius : 16

layer 60 from 100

radius : 16

layer 61 from 100

radius : 16

layer 62 from 100

radius : 16

layer 63 from 100

radius : 16

layer 64 from 100

radius : 16

layer 65 from 100

radius : 16

layer 66 from 100

radius : 15

layer 67 from 100

radius : 15

layer 68 from 100

radius : 15

layer 69 from 100

radius : 14

layer 70 from 100

radius : 14

layer 71 from 100

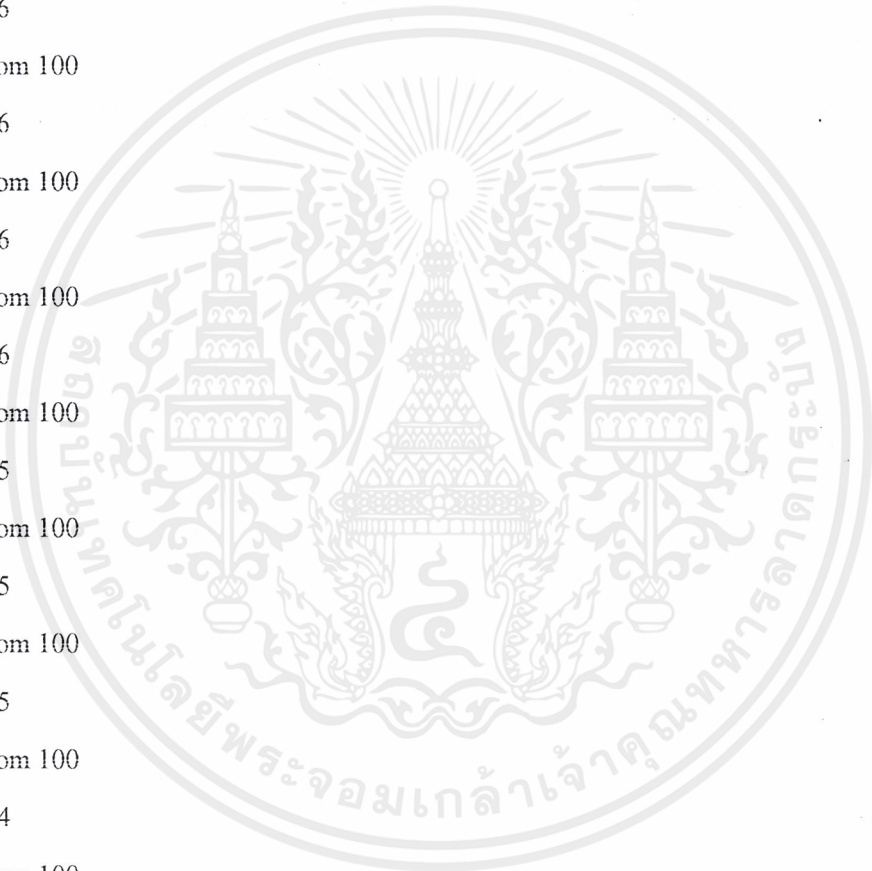
radius : 14

layer 72 from 100

radius : 14

layer 73 from 100

radius : 13



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

layer 74 from 100

radius : 12

layer 75 from 100

radius : 12

layer 76 from 100

radius : 12

layer 77 from 100

radius : 11

layer 78 from 100

radius : 11

layer 79 from 100

radius : 10

layer 80 from 100

radius : 9

layer 81 from 100

radius : 7

layer 82 from 100

radius : 6

layer 83 from 100

radius : 5

layer 84 from 100

radius : 21

layer 85 from 100

radius : 21

layer 86 from 100

radius : 21

layer 87 from 100

radius : 21

layer 88 from 100

radius : 21



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

layer 89 from 100

radius : 21

layer 90 from 100

radius : 21

layer 91 from 100

radius : 21

layer 92 from 100

radius : 21

layer 93 from 100

radius : 21

layer 94 from 100

radius : 21

layer 95 from 100

radius : 21

layer 96 from 100

radius : 21

layer 97 from 100

radius : 21

layer 98 from 100

radius : 21

layer 99 from 100

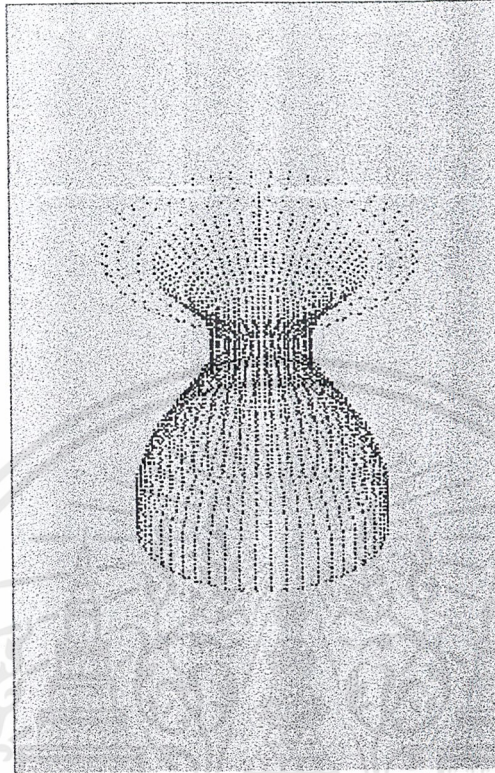
radius : 21

layer 100 from 100

radius : 21

จากข้อมูลทั้งหมดสามารถนำมาสร้างภาพ 3 มิติบนหน้าจอได้ดังนี้

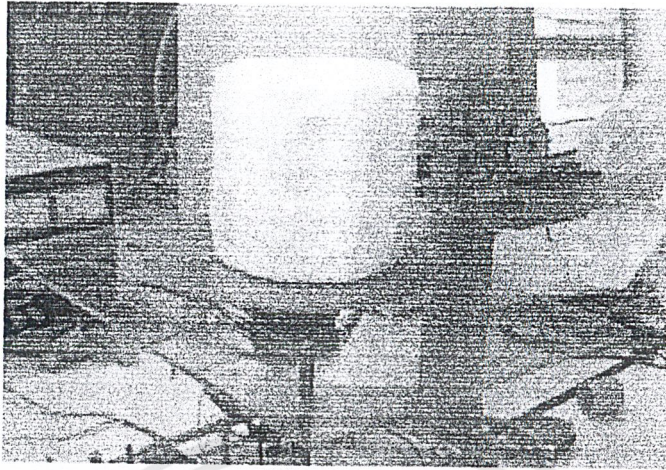
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



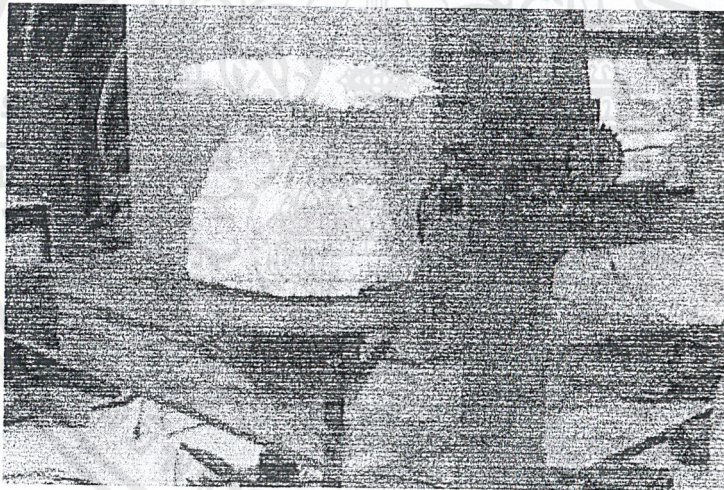
รูปที่ 5.6 แสดงภาพ 3 มิติที่สร้างได้

### 5.3 ผลการทดลองการสร้างวัตถุจำลอง

เริ่มการสร้างวัตถุโดยการกดปุ่ม `build object` ในโปรแกรม ลวดตัดจะเริ่มทำการตัดโฟมตามระยะที่สแกนได้ โดยจะเริ่มตัดจากฐานเป็น `layer` ที่หนึ่งจนครบ 360 องศา แล้วจึงเลื่อนระดับไปตัดที่ `layer` ถัดไปจนครบทุกระยะความสูง



รูปที่ 5.7 โฟมก่อนนำมาตัดวัตถุจำลอง



รูปที่ 5.8 แสดงวัตถุจำลองที่สร้างได้จากโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.4 ค่าความคลาดเคลื่อนในการสร้างวัตถุจำลอง

เราได้เทียบระยะรัศมีที่เป็นพิกเซลกับระยะที่เป็นความยาวจริง โดยให้ 1 พิกเซลมีระยะเท่ากับ 1 มม. และได้ทำการทดลองวัดค่าการเคลื่อนที่เข้า-ออกของวัตถุตัด โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ป้อนเข้าไป ได้ผลการทดลองดังนี้

ครั้งที่	ข้อมูลที่ป้อนให้	ค่าที่วัดได้จริง	ค่าคลาดเคลื่อน	หมายเหตุ
1	5 ซม.	5 ซม.	0 ซม.	
2	4 ซม.	3.8 ซม.	0.2 ซม.	
3	3 ซม.	2.9 ซม.	0.1 ซม.	
4	5 ซม.	4.8 ซม.	0.2 ซม.	
5	4 ซม.	3.6 ซม.	0.4 ซม.	มอเตอร์มีการหมุน ไม่สม่ำเสมอ
6	3 ซม.	3 ซม.	0 ซม.	
7	5 ซม.	4.9 ซม.	0.1 ซม.	
8	4 ซม.	4 ซม.	0 ซม.	
9	3 ซม.	2.7 ซม.	0.3 ซม.	มอเตอร์มีการหมุน ไม่สม่ำเสมอ
10	5 ซม.	4.9 ซม.	0.1 ซม.	

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงความคลาดเคลื่อนของมอเตอร์ที่เคลื่อนวัตถุตัดเข้า-ออก

การทดลองวัดค่าการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของฐานหมุนวัตถุ โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ป้อนเข้าไป ได้ผลการทดลองดังนี้

ครั้งที่	ข้อมูลที่ป้อนให้	ค่าที่วัดได้จริง	ค่าคลาดเคลื่อน	หมายเหตุ
1	8 ชม.	8 ชม.	0 ชม.	*เนื่องจากเมื่อ
2	7 ชม.	7 ชม.	0 ชม.	มอเตอร์
3	6 ชม.	6 ชม.	0 ชม.	หมุนครบ 1 รอบ
4	5 ชม.	5 ชม.	0 ชม.	บอลสกรูจะขยับขึ้น-
5	4 ชม.	4 ชม.	0 ชม.	ลงเพียงเล็กน้อยทำ
6	8 ชม.	8 ชม.	0 ชม.	นั้น จึงทำให้มีความ
7	7 ชม.	7 ชม.	0 ชม.	แม่นยำสูงมาก
8	6 ชม.	6 ชม.	0 ชม.	
9	5 ชม.	5 ชม.	0 ชม.	
10	4 ชม.	4 ชม.	0 ชม.	

ตารางที่ 5.2 แสดงความคลาดเคลื่อนของมอเตอร์ที่ยกฐานหมุนวัดคู่ขึ้น-ลง

ส่วนของฐานหมุนวัดคู่ไม่มีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากลักษณะของการเคลื่อนที่เป็นแบบ  
หมุน ซึ่งสเตปมอเตอร์มีความแม่นยำอยู่แล้ว

## บทที่ 6

### ปัญหา และ แนวทางพัฒนา

#### 6.1 ปัญหาในการทดลอง

1. ในการกระจายลำแสงเลเซอร์ให้เป็นแนวฉากเพื่อตัดขอบวัตถุ ไม่สามารถทำได้เนื่องจากเมื่อใช้กระจกเงาในการสะท้อนเลเซอร์ จะได้ลำแสงเลเซอร์ซึ่งแตกเป็นเส้น ๆ ทำให้ไม่สามารถหาขอบของวัตถุที่แท้จริงได้
2. ในการถ่ายภาพเพื่อเก็บข้อมูล กล้องที่ใช้ถ่ายภาพไม่มีความไวชัตเตอร์พอที่จะถ่ายภาพเลเซอร์ตัดขอบของวัตถุ
3. ในการสร้างวัตถุจำลองจะเกิดปัญหาเนื่องจากลวดตัดไฟไม่มีประสิทธิภาพมากพอ จึงทำให้เกิดปัญหาไฟมละลายไม่ทัน การเลื่อนเข้าของลวดตัดจึงติดขัดบ้าง
4. ความฝืดของ Mechanic ทำให้การกำหนดตำแหน่งคลาดเคลื่อน

#### 6.2 แนวทางการพัฒนา

1. พัฒนาในส่วนของการเก็บข้อมูลด้วยการกระจายลำแสงเลเซอร์อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้แสงเลเซอร์ตัดขอบวัตถุได้
2. ใช้กล้องที่มีความไวชัตเตอร์พอในการเก็บภาพ
3. พัฒนาในส่วนของลวดตัดไฟให้มีประสิทธิภาพมากพอ
4. หาวัสดุที่จะนำมาใช้สร้างวัตถุจำลองแทนไฟให้เหมาะสม



## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

unit trial;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls,
  Forms, Dialogs,
  StdCtrls, parport, ExtCtrls;
type
  TForm1 = class(TForm)
    Button1: TButton;
    Bevel1: TBevel;
    Bevel2: TBevel;
    Button2: TButton;
    Button3: TButton;
    Button4: TButton;
    showdata: TMemo;
    Button5: TButton;
    manual: TRadioButton;
    auto: TRadioButton;
    Button6: TButton;
    setting: TButton;
    Panel1: TPanel;
    sym: TRadioButton;
    nonsym: TRadioButton;
    ParPort1: TParPort;
    Button7: TButton;
    Edit1: TEdit;
    Image1: TImage;
    Image2: TImage;

    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
    procedure Button6KeyDown(Sender: TObject; var Key:
Word;
    Shift: TShiftState);
    procedure settingClick(Sender: TObject);
    procedure Button7Click(Sender: TObject);

private
    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
end;

var
  Form1: TForm1;

implementation

uses testmotor, manualreset, setting ;

{$R *.DFM}

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
type abuff = 0..255;
var
  tf: file of byte;
  v1,v2,v3 : real;
  // buffile : integer;//string;
  f: file of byte;
  fiepoint : integer;
  filestatus,filehandle : integer;
  fiepos : integer;
  buffer : integer;
  abuffer : char;
  bbuffer,bbuf : integer;
  ibyte : integer;
  i,j,k,r,c,z,ax,ay,t : integer;
  x,y : real;
  rady : integer;
  rad : array[1..100] of integer;
  dat : array[1..100] of byte;
  nop : string;
  abuf : array[1..100] of integer;
begin
  if nonsym.checked then
  begin
    for z := 1 to 50 do
    begin
      //////////// scan picture ////////////
    end
  end
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

nop := 'c:\My Documents\pao\project\picture\trial'+ inttostr
(z)+'.bmp';
filestatus := fileopen(nop,fmopenread);

buffer := 0;
for r :=1 to 100 do
begin
rad[r] := 0;
for c := 1 to 100 do
begin
fiepos := fileseek(filestatus,53+(3*c)+(r-1)*300,0);
ibyte := fileread(filestatus,buffer,1);

if buffer >= 200then
rad[r] := c-50;
//if (rad[r]<0) or (rad[r] > 100) then
//rad[r] := -1;
end; //{for c}
end; //{for r}
fileclose(filestatus);

////////// end scan picture //////////
////////// build file //////////

if z = 1 then
begin
assignfile(tf,'c:\My Documents\pao\project\buffle.txt');
rewrite(tf);
for k := 1 to 100 do
begin
write(tf,rad[k]);
end;
closefile(tf);
end
else
begin
filehandle := fileopen('c:\My
Documents\pao\project\buffle.txt',fmopenwrite);
for k := 1 to 100 do
begin
fiepos := fileseek(filehandle,0,2);
ibyte := filewrite(filehandle,rad[k],1);
end;
fileclose(filehandle);
end;
end;//for z

////////// end build file //////////

filehandle := fileopen('c:\My
Documents\pao\project\buffle.txt',fmopenread);
for j := 1 to 50 do
begin
for i := 1 to 100 do
begin
fiepos := fileseek(filehandle,((j-1)*100)+i,0);
ibyte := fileread(filehandle,rady,1);
showdata.Text:= inttostr(rady);
end;
showdata.Text := '';
end;
fileclose(filehandle);

////////// show picture //////////
filehandle := fileopen('c:\My
Documents\pao\project\buffle.txt',fmopenread);
for j := 1 to 50 do
begin
for i := 1 to 100 do
begin
fiepos := fileseek(filehandle,((j-1)*100)+i,0);
ibyte := fileread(filehandle,rad[i],1);

if rad[i] < 0 then
begin
bbuf := strtoint(edit1.text);

if strtoint(edit1.text) <= 90 then
begin
v1 := abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
v3 :=(-sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end
else
if (strtoint(edit1.text) > 90) and (strtoint(edit1.text) <= 180)
then
begin
v1 := 200-abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
v3 :=(-sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end
else

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (strtoint(edit1.text) > 180) and (strtoint(edit1.text) <= 270)
then
begin
v1 := 200-abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
v3 :=abs(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end
else
if (strtoint(edit1.text) > 270) and (strtoint(edit1.text) <= 360)
then
begin
v1 := abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
v3 :=(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end;
v2 :=(cos(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
// v3 :=-(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));

x := 100+((rad[i]*2)*cos(j*22*7.2/(180*7)));
y := 70+v1+(((101-i)*2*v2)+(rad[i]*2*sin(j*22*7.2/
(7*180)*v3));

ax := 0;
ay := 0;
for t:= 1 to 15000 do
begin
if x>t then ax := t;
if y>t then ay := t;
end;{for t:= 0 to 600 do }
if i = 1 then
Canvas.Pixels[ax,ay]:= clyellow
else
Canvas.Pixels[ax,ay] := clblue;

end;

end;{for i = 0 to 99 do}
end;{//for j

fileclose(filehandle);

end;

////////////////////////////////////
//////////////////////////////////// end show picture //////////////////////////////////////
////////////////////////////////////

//////////////////////////////////// symmatic picture //////////////////////////////////////
////////////////////////////////////

if sym.checked then
begin
nop := 'c:\My Documents\pao\project\picture\trial10.bmp';
filestatus := fileopen(nop,fmopenread);

buffer := 0;
for r :=1 to 100 do
begin
rad[r] := 0;
for c := 1 to 100 do
begin
fiepos := fileseek(filestatus,53+(3*c)+((r-1)*300),0);
ibyte := fileread(filestatus,buffer,1);
if buffer >= 200then
rad[r] := c-50 ;
//else
//rad[r] :=-1;
end; //{for c}
end; //{for r }
fileclose(filestatus);

//////////////////////////////////// end scan picture //////////////////////////////////////
//////////////////////////////////// build file //////////////////////////////////////

assignfile(tf,'c:\My Documents\pao\project\sybuffle.txt');
rewrite(tf);
for k := 1 to 100 do
begin
write(tf,rad[k]);
end;
closefile(tf);

//////////////////////////////////// end build file //////////////////////////////////////

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

filehandle := fileopen('c:\My
Documents\pao\project\symbuffle.txt',fmopenread);
for j := 1 to 50 do
begin
for i := 1 to 100 do
begin
fiepos := fileseek(filehandle,((j-1)*100)+i,0);
ibyte := fileread(filehandle,rady,1);
showdata.Text:= inttostr(rady);
end;
showdata.Text := ' ';
end;
fileclose(filehandle);

//////////////////// show picture //////////////////////

nop := 'c:\My Documents\pao\project\picture\trial10.bmp';
filestatus := fileopen(nop,fmopenread);

buffer := 0;
for r :=1 to 100 do
begin
for c := 1 to 100 do
begin
fiepos := fileseek(filestatus,53+(3*c)+((r-1)*300),0);
ibyte := fileread(filestatus,buffer,1);

if buffer >= 200then

rad[r] := c-50

end; //{for c}
end; //{for r }
fileclose(filestatus);

//////////////////// end scan picture //////////////////////

bbuf := strtoint(edit1.text);

for j := 1 to 50 do

begin
for i := 1 to 100 do
begin
if strtoint(edit1.text) <= 90 then
begin
v1 := abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
v3 :=-(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end
else
if (strtoint(edit1.text) > 90) and (strtoint(edit1.text) <= 180)
then
begin
v1 := 200-abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
v3 :=-(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end
else
if (strtoint(edit1.text) > 180) and (strtoint(edit1.text) <= 270)
then
begin
v1 := 200-abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
v3 :=abs(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end
else
if (strtoint(edit1.text) > 270) and (strtoint(edit1.text) <= 360)
then
begin
v1 := abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
v3 :=(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end;
v2 :=(cos(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
// v3 :=-(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
if rad[i] <> -1 then
begin
x :=150+((rad[i]*2)*cos(j*22*7.2/(180*7)));
y := 100+v1+(((101-i)*2*v2)+(rad[i]*2*sin(j*22*7.2/
(7*180))*v3));

ax := 0;
ay := 0;
for t:= 1 to 15000 do
begin
if x>t then ax := t;
if y>t then ay := t;
end;{for t= 0 to 600 do }
if i = 1 then
Canvas.Pixels[ax,ay]:= c tyellow
else

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Canvas.Pixels[ax,ay] := clblue;
end;
end; {for i = 0 to 99 do}
end; //for j

movlev := strtoint(setform.levelscale.text)*120; // move up
lmm = 59

end; //{procedure}

end;

//////////////////////////////// build object //////////////////////////////////

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
var
  h,a,l,i,j,t,k : integer;
  filehandle : integer;
  fiepos,ibyte : integer;
  rada :array[1..100] of integer;
  rad : byte;
  x,y : real;
  ax,ay : integer;
  movdis,movrad,movlev : integer;
  dela,dela1,dela2,dela3,dela4,rou1,rou2,rou3 : integer;
  height : integer;
  roud,last,lastroud,m : integer;
  bbuf : integer;
  v1,v2,v3 : real;

begin
  if nonsym.checked then
  begin
    filehandle := fileopen('c:\My
Documents\pao\project\buffle.txt',fmopenread);
    height := strtoint(setform.heightscale.text);

    dela1 := strtoint(setform.leveldelay.text);
    dela2 := strtoint(setform.rotatedelay.text);
    dela3 := strtoint(setform.pindelayin.text);
    dela4 := strtoint(setform.pindelayout.text);

    for h := 17 to 50 do
    begin
      for k := 1 to dela1 do
      begin
        parport1.valuesend:=40;
        parport1.send;
      end;

      for k := 1 to dela1 do
      begin
        parport1.valuesend:=36;
        parport1.send;
      end;

      for k := 1 to dela1 do
      begin
        parport1.valuesend:=34;
        parport1.send;
      end;

      for k := 1 to dela1 do
      begin
        parport1.valuesend:=33;
        parport1.send;
      end;

      end;

      end;

      end;

      rou1 := strtoint(setform.rotatescale.text);

      showdata.lines.add('layer '+inttostr(h)+' from 100');
      showdata.lines.add('radius : '+inttostr(movdis));
    end;
  end;
end;
//////////////////////////////// end move up-down //////////////////////////////////

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

showdata.lines.add("");

for j := 1 to rou1 do
begin

fiepos := fileseek(filehandle,(((j-1)*100)+(2*h)),0);
ibyte := fileread(filehandle,rad,1);

////////// rotate ////////////
if j <> 1 then
begin

for k := 1 to dela2 do
begin
parport1.valuesend:=24;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela2 do
begin
parport1.valuesend:=20;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela2 do
begin
parport1.valuesend:=18;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela2 do
begin
parport1.valuesend:=17;
parport1.send;
end;

end;
////////// end rotate ////////////

////////// in-out pin ////////////

a := 54-rad;// distance of moving
movdis := a*2 div 5;// 1 pixel = 1.3 mm

for l := 1 to movdis do //for in-out pin
begin

for k := 1 to dela3 do
begin
parport1.valuesend:=76;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela3 do
begin
parport1.valuesend:=70;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela3 do
begin
parport1.valuesend:=67;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela3 do
begin
parport1.valuesend:=73;
parport1.send;
end;

end;

////////// end in-out ////////////

move pin back ////////////

for l := 1 to 100000 do
k := l;

for l := 1 to movdis do //for in-out pin
begin

for k := 1 to dela4 do
begin
parport1.valuesend:=73;
parport1.send;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for k := 1 to dela4 do
begin
  parport1.valuesend:=67;
  parport1.send;
end;

for k := 1 to dela4 do
begin
  parport1.valuesend:=70;
  parport1.send;
end;

for k := 1 to dela4 do
begin
  parport1.valuesend:=76;
  parport1.send;
end;

//////////end move back//////////
//////// show picture(building) //////////
if strtoint(edit1.text) <= 90 then
begin
  v1 := abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
  v3 :=(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end
else
if (strtoint(edit1.text) > 90) and (strtoint(edit1.text) <= 180)
then
begin
  v1 := 200-abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
  v3 :=-(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end
else
if (strtoint(edit1.text) > 180) and (strtoint(edit1.text) <= 270)
then
begin
  v1 := 200-abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
  v3 :=abs(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end
else
if (strtoint(edit1.text) > 270) and (strtoint(edit1.text) <= 360)
then
begin
  v1 := abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
  v3 :=(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end;

x :=650+((rad*2)*cos(j*22*7.2/(180*7)));
y := 150+v1+(((101-(2*h))*2*v2)+(rad*2*sin(j*22*7.2/
(7*180))*v3));

ax := 0;
ay := 0;

for t:= 1 to 15000 do
begin
  if x>t then ax := t;
  if y>t then ay := t;
end;{for t= 0 to 600 do }
if i = 1 then
Canvas.Pixels[ax,ay]:= clyellow
else
Canvas.Pixels[ax,ay] := clblue;
////////// end show picture //////////
end;{for j = 0 to 99 do}
end;{//for h
fileclose(filehandle);
end
else
end

////////// end build object(nonsym) //////////
////////// build object (sym) //////////
//////////

if sym.checked then
begin
  filehandle := fileopen('c:\My
Documents\pao\project\sybuffle.txt',fmopenread);
  height := strtoint(setform.heightscale.text);
  dela1 := strtoint(setform.leveldelay.text);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

dela2 := strtoint(setform.rotatedelay.text);
dela3 := strtoint(setform.pindelayout.text);
dela4 := strtoint(setform.pindelayout.text);

for h := 23 to 30 do
begin
////////// move up-down //////////

movlev := strtoint(setform.levelscale.text)*170; // move up
lmm = 59

if (h <> 23) then
begin

for i := 1 to movlev do
begin

for k := 1 to dela1 do
begin
parport1.valuesend:=40;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela1 do
begin
parport1.valuesend:=36;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela1 do
begin
parport1.valuesend:=34;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela1 do
begin
parport1.valuesend:=33;
parport1.send;
end;

end;

////////// rotate //////////
if j <> 1 then
begin

for k := 1 to dela2 do
begin
parport1.valuesend:=24;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela2 do
begin
parport1.valuesend:=20;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela2 do
begin
parport1.valuesend:=18;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela2 do
begin
parport1.valuesend:=17;
parport1.send;
end;

end;

end;

////////// end move up-down //////////
rou1 := strtoint(setform.rotatescale.text);

showdata.lines.add('layer '+inttostr(h)+' from 100');
showdata.lines.add('radius : '+inttostr(movdis));
showdata.lines.add("");

for j := 1 to rou1 do
begin
fiepos := fileseek(filehandle,(3*h),0);
ibyte := fileread(filehandle,rad,1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

////////// end rotate ////////////
for k := 1 to dela1 do
begin
  parport1.valuesend:=33;
  parport1.send;
end;

for k := 1 to dela1 do
begin
  parport1.valuesend:=34;
  parport1.send;
end;

for k := 1 to dela1 do
begin
  parport1.valuesend:=36;
  parport1.send;
end;

for k := 1 to dela1 do
begin
  parport1.valuesend:=40;
  parport1.send;
end;
for k := 1 to dela1 do
begin
  parport1.valuesend:=40;
  parport1.send;
end;

for k := 1 to dela1 do
begin
  parport1.valuesend:=36;
  parport1.send;
end;

for k := 1 to dela1 do
begin
  parport1.valuesend:=34;
  parport1.send;
end;

for k := 1 to dela1 do
begin
  parport1.valuesend:=33;
  parport1.send;
end;

////////// in-out pin ////////////

a := 54-rad;// distance of moving
movdis := a*2 div 5;// 1 pixel = 1.3 mm

for l := 1 to movdis do //for in-out pin
begin
  for k := 1 to dela3 do
  begin
    parport1.valuesend:=76;
    parport1.send;
  end;

  for k := 1 to dela3 do
  begin
    parport1.valuesend:=70;
    parport1.send;
  end;

  for k := 1 to dela3 do
  begin
    parport1.valuesend:=67;
    parport1.send;
  end;

  for k := 1 to dela3 do
  begin
    parport1.valuesend:=73;
    parport1.send;
  end;

end;

////////// end in-out ////////////

////////// move pin back ////////////

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for l := 1 to 100000 do
k := 1;

for l := 1 to movdis do //for in-out pin
begin

for k := 1 to dela4 do
begin
parport1.valuesend:=73;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela4 do
begin
parport1.valuesend:=67;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela4 do
begin
parport1.valuesend:=70;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela4 do
begin
parport1.valuesend:=76;
parport1.send;
end;

end;

//////////end move back//////////
////////// show picture(building) //////////
if strtoint(edit1.text) <= 90 then
begin
v1 := abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
v3 :=(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end
else
if (strtoint(edit1.text) > 90) and (strtoint(edit1.text) <= 180)
then
begin
v1 := 200-abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
v3 :=-(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end;

end;{for j = 0 to 99 do}
end;//for h
fileclose(filehandle);
end

end
else
if (strtoint(edit1.text) > 180) and (strtoint(edit1.text) <= 270)
then
begin
v1 := 200-abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
v3 :=abs(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end
else
if (strtoint(edit1.text) > 270) and (strtoint(edit1.text) <= 360)
then
begin
v1 := abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
v3 :=(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end;
v2 :=(cos(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
// v3 :=-(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
x :=650+((rad*2)*cos(j*22*7.2/(180*7)));
y := 150+v1+(((101-(2*h))*2*v2)+(rad*2*sin(j*22*7.2/
(7*180))*v3));
ax := 0;
ay := 0;
for t:= 1 to 15000 do
begin
if x>t then ax :=t;
if y>t then ay :=t;
end;{for t:= 0 to 600 do }
if i = 1 then
Canvas.Pixels[ax,ay]:= clyellow
else
Canvas.Pixels[ax,ay] := clblue;
////////// end show picture //////////
end;{for j = 0 to 99 do}
end;//for h
fileclose(filehandle);
end
end

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

end;

for k := 1 to dela3 do
begin
  parport1.valuesend:=73;
  parport1.send;
end;

end;//fori = 1 to 4 do

end
else
if m = roud then
begin
  if last = 0 then
  begin
    for l := 1 to 4 do //for in-out pin
    begin
      for k := 1 to dela3 do
      begin
        parport1.valuesend:=76;
        parport1.send;
      end;

      for k := 1 to dela3 do
      begin
        parport1.valuesend:=70;
        parport1.send;
      end;

      for k := 1 to dela3 do
      begin
        parport1.valuesend:=73;
        parport1.send;
      end;

      end;//fori = 1 to 4 do
    end;//if last = 0
  end
end
else
  for l := 1 to 4 do //for in-out pin
  begin
    for k := 1 to dela3 do
    begin
      parport1.valuesend:=70;
      parport1.send;
    end;

    for k := 1 to dela3 do
    begin
      parport1.valuesend:=67;
      parport1.send;
    end;

    for k := 1 to dela3 do
    begin
      parport1.valuesend:=73;
      parport1.send;
    end;

    end;//fori = 1 to 4 do
  end
end
else
  for l := 1 to 4 do //for in-out pin
  begin
    for k := 1 to dela3 do
    begin
      parport1.valuesend:=76;
      parport1.send;
    end;

    for k := 1 to dela3 do
    begin
      parport1.valuesend:=76;
      parport1.send;
    end;

    for k := 1 to dela3 do
    begin
      parport1.valuesend:=76;
      parport1.send;
    end;

    end;//fori = 1 to 4 do
  end
end

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    parport1.valuesend:=70;
    parport1.send;
end;

for k := 1 to dela3 do
begin
    parport1.valuesend:=67;
    parport1.send;
end;

for k := 1 to dela3 do
begin
    parport1.valuesend:=73;
    parport1.send;
end;

end;//fori = 1 to 4 do

////////// end in-out //////////
////////// show data //////////

showdata.lines.add('layer '+inttostr(h)+' from 100 layer');
showdata.lines.add('radius : '+inttostr(rad));
showdata.lines.add("");

//////////end show data //////////
////////// rotate //////////

rou 1 := strtoint(setform.rotatescale.text);

for j := 1 to rou1 do
begin

for k := 1 to dela2 do
begin
    parport1.valuesend:=24;
    parport1.send;
end;

for k := 1 to dela2 do
begin
    parport1.valuesend:=20;
    parport1.send;
end;

for k := 1 to dela2 do
begin
    parport1.valuesend:=18;
    parport1.send;
end;

for k := 1 to dela2 do
begin
    parport1.valuesend:=17;
    parport1.send;
end;

////////// show picture(building) //////////
////////// end scan picture //////////
bbuf := strtoint(edit1.text);

if strtoint(edit1.text) <= 90 then
begin
    v1 := abs(sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100;
    v3 :=-(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end
else
if (strtoint(edit1.text) > 90) and (strtoint(edit1.text) <= 180)
then
begin
    v1 := 200-abs(sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100;
    v3 :=-(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end
else
if (strtoint(edit1.text) > 180) and (strtoint(edit1.text) <= 270)
then
begin
    v1 := 200-abs(sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100;
    v3 :=abs(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end
else
if (strtoint(edit1.text) > 270) and (strtoint(edit1.text) <= 360)
then
begin
    v1 := abs(sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100;
    v3 :=(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
end;
end;
v2 :=(cos(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// v3 :=-(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));

x := 85+((rad*2)*cos(j*22*7.2/(180*7)));
y := 60+v1+(((101-h)*2*v2)+(rad*2*sin(j*22*7.2/
(7*180))*v3));

ax := 0;
ay := 0;
for t:= 1 to 1000 do
begin
if x>t then ax := t;
if y>t then ay := t;
end;{for t:= 0 to 600 do }
{ if i = 1 then
image2.Canvas.Pixels[ax,ay]:= clblue
else
image2.Canvas.Pixels[ax,ay] := clred;
//////////////////////////////// end show picture //////////////////////////////////
end;{for j = 0 to 99 do}
//////////////////////////////// end rotate //////////////////////////////////
end;
//////////////////////////////// move pin back //////////////////////////////////

for l:= 1 to movdis+2 do //for in-out pin
begin
for k := 1 to dela4 do
begin
parport1.valuesend:=73;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela4 do
begin
parport1.valuesend:=67;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela4 do
begin
parport1.valuesend:=70;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela4 do
begin
parport1.valuesend:=76;
parport1.send;
end;

end;

//////////////////////////////// test motor //////////////////////////////////

procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
begin
testform.showmodal;
end;

//////////////////////////////// end test //////////////////////////////////

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
var
h : integer;
begin
h :=1;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

////////////////////////////////////
procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
var
  filehandle : integer;
  ij : integer;
  fiepos,ibyte : integer;
  rady : byte;
  daa : integer;
begin
  filehandle := fileopen('c:\My
Documents\pao\project\buffle.txt',fmopenread);
  for j := 1 to 25 do
  begin
    showdata.lines.add('picture'+inttostr(j)+'');
    for i := 1 to 100 do
    begin
      fiepos := fileseek(filehandle,((j-1)*100)+i,0);
      ibyte := fileread(filehandle,rady,1);
      //daa := strtoint(rady);
      showdata.text := inttostr(i)+' '+inttostr(rady);
    end;
    showdata.text := 'end picture'+inttostr(j);
  end;
  fileclose(filehandle);
end;

////////////////////////////////////
//////////////////////////////////// reset //////////////////////////////////////

procedure TForm1.Button5Click(Sender: TObject);
begin
  if manual.checked = true then
    resetform.showmodal
  else
    if auto.checked = true then
      showmessage('coming soon');
  end;

  procedure TForm1.Button6KeyDown(Sender: TObject; var Key:
  Word;
  Shift: TShiftState);
  begin
    if (Key=VK_ESCAPE) and button2.enabled then
      begin
        //button2.stop;
        MessageDlg('Process aborted', mtInformation, [mbOK],0);
      end;
    end;

    procedure TForm1.settingClick(Sender: TObject);
    begin
      setform.showmodal;
    end;

    procedure TForm1.Button7Click(Sender: TObject);
    type abuff = 0..255;
    var
      tf : file of byte;
      v1,v2,v3 : real;
      // buffile : integer;//string;
      f : file of byte;
      fiepoint : integer;
      filestatus,filehandle : integer;
      fiepos : integer;
      buffer : integer;
      abuffer : char;
      bbuf : integer;
      ibyte : integer;
      i,j,k,r,c,z,ax,ay,t : integer;
      x,y : real;
      rady : integer;
      rad : array[1..100] of integer;
      dat : array[1..100] of byte;
      nop : string;
      abuf : array[1..100] of integer;
    begin
      if sym.checked then
        begin
          ////////////////////////////////////////////////// scan picture //////////////////////////////////////
          nop := 'c:\My Documents\pao\project\picture\trial10.bmp';
          filestatus := fileopen(nop,fmopenread);
          buffer := 0;
          for r :=1 to 100 do
            begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for c := 1 to 100 do
begin
    fiepos := fileseek(filestatus,53+(3*c)+((r-1)*300),0);
    ibyte := fileread(filestatus,buffer,1);

    if buffer >= 200then
        rad[r] := c-50;
    end; //{for c}
end; //{for r }
fileclose(filestatus);

////////// end scan picture //////////
bbuf := strtoint(edit1.text);

for j := 1 to 50 do

begin
    for i := 1 to 100 do
    begin
        if strtoint(edit1.text) <= 90 then
            begin
                v1 := abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
                v3 := (sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
            end
        else
            if (strtoint(edit1.text) > 90) and (strtoint(edit1.text) <= 180)
            then
                begin
                    v1 := 200-abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
                    v3 := -(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
                end
            else
                if (strtoint(edit1.text) > 180) and (strtoint(edit1.text) <= 270)
                then
                    begin
                        v1 := 200-abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
                        v3 := abs(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
                    end
                else
                    if (strtoint(edit1.text) > 270) and (strtoint(edit1.text) <= 360)
                    then
                        begin
                            v1 := abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
                            v3 := -(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
                        end
                    end;
                end;
            end;
        end;
    end;
end;

v2 := (cos(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
// v3 := -(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));

x := 150+(rad[i]*2)*cos(j*22*7.2/(180*7));
y := 100+v1+(((101-i)*2*v2)+(rad[i]*2*sin(j*22*7.2/
(7*180))*v3));

ax := 0;
ay := 0;
for t:= 1 to 15000 do
begin
    if x>t then ax := t;
    if y>t then ay := t;
end;{for t:= 0 to 600 do }
if i = 1 then
    Canvas.Pixels[ax,ay]:= clblue
else
    Canvas.Pixels[ax,ay] := clyellow;
end;{for i = 0 to 99 do}
end;//for j
end
else
    if nonsym.checked then
        begin
            filehandle := fileopen('c:\My
Documents\pao\project\buffle.txt',fmopenread);
            for j := 1 to 50 do
            begin
                for i := 1 to 100 do
                begin
                    fiepos := fileseek(filehandle,((j-1)*100)+i,0);
                    ibyte := fileread(filehandle,rad[i],1);
                    bbuf := strtoint(edit1.text);

                    if strtoint(edit1.text) <= 90 then
                        begin
                            v1 := abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
                            v3 := (sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
                        end
                    else
                        if (strtoint(edit1.text) > 90) and (strtoint(edit1.text) <= 180)
                        then
                            begin
                                v1 := 200-abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
                                v3 := -(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
                            end
                        else
                            if (strtoint(edit1.text) > 180) and (strtoint(edit1.text) <= 270)
                            then
                                begin
                                    v1 := 200-abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
                                    v3 := abs(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
                                end
                            else
                                if (strtoint(edit1.text) > 270) and (strtoint(edit1.text) <= 360)
                                then
                                    begin
                                        v1 := abs((sin(strtoint(edit1.text)*pi/180))*100);
                                        v3 := -(sin(strtoint(edit1.text)*22/(7*180)));
                                    end
                                end;
                            end;
                        end;
                    end;
                end;
            end;
        end;
    end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

begin
rou := 1;
f := strtoint(edit1.text);
if (f >= 1) and (f <= 10) then
begin
dela := f;
for i := 1 to rou do
begin
for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=33;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=34;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=36;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=40;
parport1.send;
end;

end
end
else
showmessage('speed length from 1 to 10');
end;

procedure Tresetform.buttondownClick(Sender: TObject);
var
rou,dela : integer;
i,k,f : longint;
begin
rou := 1;
f := strtoint(edit1.text);
if (f >= 1) and (f <= 10) then
begin
dela := f;
for i := 1 to rou do
begin
for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=40;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=36;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=34;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=33;
parport1.send;
end;

end
end
else
showmessage('speed length from 1 to 10');
end;

procedure Tresetform.buttoninClick(Sender: TObject);
var
rou,dela : integer;
i,k,f : longint;
begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls,  
Forms, Dialogs,  
StdCtrls;

type

Tsetform = class(TForm)

leveldelay: TEdit;

Label1: TLabel;

CheckBox1: TCheckBox;

Label2: TLabel;

rotatedelay: TEdit;

pindelayin: TEdit;

Label3: TLabel;

Label4: TLabel;

levelscale: TEdit;

rotatescale: TEdit;

Label5: TLabel;

Label6: TLabel;

Label7: TLabel;

Label8: TLabel;

Label9: TLabel;

heightscale: TEdit;

Label10: TLabel;

Label11: TLabel;

pindelayout: TEdit;

Label12: TLabel;

procedure CheckBox1Click(Sender: TObject);

procedure leveldelayChange(Sender: TObject);

procedure rotatedelayChange(Sender: TObject);

procedure pindelayinChange(Sender: TObject);

procedure levelscaleChange(Sender: TObject);

procedure rotatescaleChange(Sender: TObject);

procedure heightscaleChange(Sender: TObject);

procedure pindelayoutChange(Sender: TObject);

private

{ Private declarations }

public

{ Public declarations }

end;

var

setform: Tsetform;

implementation

{SR \*.DFM}

procedure Tsetform.CheckBox1Click(Sender: TObject);

begin

if checkbox1.checked then

begin

leveldelay.text := ('10000');

rotatedelay.text := ('25000');

pindelayin.Text := ('30000');

pindelayout.text := ('10000');

levelscale.text := ('1');

rotatescale.text := ('50');

heightscale.text := ('100');

checkbox1.state := cbchecked;

end;

end;

procedure Tsetform.leveldelayChange(Sender: TObject);

begin

checkbox1.checked := false;

end;

procedure Tsetform.rotatedelayChange(Sender: TObject);

begin

checkbox1.checked := false;

end;

procedure Tsetform.pindelayinChange(Sender: TObject);

begin

checkbox1.checked := false;

end;

procedure Tsetform.levelscaleChange(Sender: TObject);

begin

checkbox1.checked := false;

end;

procedure Tsetform.rotatescaleChange(Sender: TObject);

begin

checkbox1.checked := false;

end;

procedure Tsetform.heightscaleChange(Sender: TObject);

begin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

checkbox1.checked := false;
end;

procedure Tsetform.pindelayoutChange(Sender: TObject);
begin
checkbox1.checked := false;
end;

end.
unit testmotor;

interface

uses
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls,
Forms, Dialogs,
StdCtrls, parport, ExtCtrls;

type
Ttestform = class(TForm)
Button1: TButton;
button2: TButton;
Button3: TButton;
Button4: TButton;
Edit1: TEdit;
Edit2: TEdit;
round: TLabel;
Label1: TLabel;
Edit3: TEdit;
Edit4: TEdit;
Edit5: TEdit;
Edit6: TEdit;
Label2: TLabel;
Label3: TLabel;
Label4: TLabel;
Label5: TLabel;
out: TButton;
Button5: TButton;
Button6: TButton;
ParPort1: TParPort;
Edit7: TEdit;
Edit8: TEdit;
Edit9: TEdit;
Edit10: TEdit;
Edit11: TEdit;
Label6: TLabel;

```

```

Label7: TLabel;
Label8: TLabel;
Label9: TLabel;
Label10: TLabel;
Bevel1: TBevel;
inspector: TMemo;
procedure button2Click(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure outClick(Sender: TObject);
procedure Button5Click(Sender: TObject);
procedure Button6Click(Sender: TObject);

private
{ Private declarations }
public
{ Public declarations }
end;

var
testform: Ttestform;

implementation
{$SR *.DFM}

////////// test up motor //////////

procedure Ttestform.button2Click(Sender: TObject);
var
rou,dela : integer;
i,k,f : longint;
begin
rou := strtoint(edit3.text);
dela := strtoint(edit4.text);
for i := 1 to rou do
begin
for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=40;
parport1.send;
end;
end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for k := 1 to dela do
begin
  parport1.valuesend:=36;
  parport1.send;
end;

for k := 1 to dela do
begin
  parport1.valuesend:=34;
  parport1.send;
end;

for k := 1 to dela do
begin
  parport1.valuesend:=33;
  parport1.send;
end;

end;

showmessage('finish up down')

end;

////////// end test up //////////
////////// test in //////////

procedure Ttestform.Button1Click(Sender: TObject);
var
  rou,dela : integer;
  i,k : longint;
begin
  rou := strtoint(edit1.text);
  dela := strtoint(edit2.text);
  for i := 1 to rou do
  begin

    for k := 1 to dela do
    begin
      parport1.valuesend:=76;
      parport1.send;
    end;

    for k := 1 to dela do
    begin
      parport1.valuesend:=70;
      parport1.send;

      parport1.send;
    end;

    for k := 1 to dela do
    begin
      parport1.valuesend:=67;
      parport1.send;
    end;

    for k := 1 to dela do
    begin
      parport1.valuesend:=73;
      parport1.send;
    end;

    end;

    showmessage('finish in out')

    //////////// end test in out //////////
    //////////// test step round //////////

  procedure Ttestform.Button3Click(Sender: TObject);
  var
    rou,dela : integer;
    i,k : longint;
  begin
    rou := strtoint(edit5.text);
    dela := strtoint(edit6.text);
    for i := 1 to rou do
    begin

      for k := 1 to dela do
      begin
        parport1.valuesend:=24;
        parport1.send;
      end;

      for k := 1 to dela do
      begin
        parport1.valuesend:=20;
        parport1.send;
      end;
    end;
  end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end;

for k := 1 to dela do
begin
  parport1.valuesend:=18;
  parport1.send;
end;

for k := 1 to dela do
begin
  parport1.valuesend:=17;
  parport1.send;
end;

end;
showmessage(' finish step round');
end;

////////// end test step round //////////

////////// test process //////////

procedure Ttestform.Button4Click(Sender: TObject);
var
  dat,a,h,l,i,j,t,k : integer;
  filehandle : integer;
  fiepos,ibyte : integer;
  rad : byte;
  x,y : real;
  ax,ay : integer;
  num,movdis,movrad,movlev : integer;
  dela1,dela2,dela3,dela4,rou1,rou2,rou3 : integer;

begin
  filehandle := fileopen('c:\My
Documents\pao\project\buffle.txt',fmopenread);
  movlev := strtoint(edit10.text);//line

  for h := 1 to movlev do
begin
////////// move up-down //////////

rou1 := 59; //1 step = 1 mm
// 59 round/1 mm
dela1 := strtoint(edit7.text);//column

for i := 1 to rou1 do
begin
  for k := 1 to dela1 do
begin
  parport1.valuesend:=40;
  parport1.send;
end;

for k := 1 to dela1 do
begin
  parport1.valuesend:=36;
  parport1.send;
end;

for k := 1 to dela1 do
begin
  parport1.valuesend:=34;
  parport1.send;
end;

for k := 1 to dela1 do
begin
  parport1.valuesend:=33;
  parport1.send;
end;

end;

////////// end move up-down //////////
rou3 := strtoint(edit11.text);
dela3 := strtoint(edit8.text);
// 50 step/round
//rou3 is the number of rotating step
for j := 1 to rou3 do
begin
  fiepos := fileseek(filehandle,((j-1)*100)+h,0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

iByte := fileread(filehandle,rad,1);
inspector.lines.add('Layer '+inttostr(h)+' From '+inttostr
(movlev));
inspector.lines.add('Step = '+inttostr(j)+'['+inttostr(rou3)+'
step per layer ]');
inspector.lines.add('Data : radius = '+inttostr(rad));
inspector.lines.add("");

//////////////////// rotate //////////////////////

```

```

for k := 1 to dela3 do
begin
  parport1.valuesend:=24;
  parport1.send;
end;

```

```

for k := 1 to dela3 do
begin
  parport1.valuesend:=20;
  parport1.send;
end;

```

```

for k := 1 to dela3 do
begin
  parport1.valuesend:=18;
  parport1.send;
end;

```

```

for k := 1 to dela3 do
begin
  parport1.valuesend:=17;
  parport1.send;
end;

```

```

//////////////////// end rotate //////////////////////

```

```

//////////////////// in-out pin //////////////////////

```

```

//num := strtoint(edit1.text);
dela2 := strtoint(edit9.text);
a := 55-rad;// distance of moving
movdis := a div 2;

```

```

for l := 1 to movdis do //for in-out pin
begin
  for k := 1 to dela2 do
  begin
    parport1.valuesend:=76;
    parport1.send;
  end;

```

```

  for k := 1 to dela2 do
  begin
    parport1.valuesend:=70;
    parport1.send;
  end;

```

```

  for k := 1 to dela2 do
  begin
    parport1.valuesend:=67;
    parport1.send;
  end;

```

```

  for k := 1 to dela2 do
  begin
    parport1.valuesend:=73;
    parport1.send;
  end;

```

```

end;

```

```

//////////////////// end in-out //////////////////////
//////////////////// move pin back //////////////////////

```

```

for l := 1 to movdis do //for in-out pin
begin

```

```

  dela4 := 10000;

```

```

  for k := 1 to dela4 do

```

```

  begin
    parport1.valuesend:=73;
    parport1.send;
  end;

```

```

  for k := 1 to dela4 do

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
  parport1.valuesend:=67;
  parport1.send;
end;

for k := 1 to dela4 do
begin
  parport1.valuesend:=70;
  parport1.send;
end;

for k := 1 to dela4 do
begin
  parport1.valuesend:=76;
  parport1.send;
end;

end;

////////////////////////////////////
//////////////////////////////////// end test process //////////////////////////////////
////////////////////////////////////

procedure Ttestform.outClick(Sender: TObject);
var
  rou,dela : integer;
  i,k : longint;
begin
  rou := strtoint(edit1.text);
  dela := strtoint(edit2.text);
  for i := 1 to rou do
  begin
    for k := 1 to dela do
    begin
      parport1.valuesend:=73;
      parport1.send;
    end;
  end;
end;

////////////////////////////////////end move back////////////////////////////////////
//////////////////////////////////// show picture(building) //////////////////////////////////

x :=630+(rad*cos(j*22/(7*12)));
y :=175+((101-h)+(rad*sin(j*22/(7*12))*cos(22/(5))));
ax := 0;
ay := 0;
for t:= 1 to 600 do
begin
  if x>t then ax := t;
  if y>t then ay := t;
end;{for t:= 0 to 600 do }
Canvas.Pixels[ax,ay]:= clRed;

//////////////////////////////////// end show picture //////////////////////////////////

end;{for i = 0 to 99 do}
end;//for j
fileclose(filehandle);

showmessage('process completed');

end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

showmessage('finish in out')

end;

////////////////////end move out //////////////////////
//////////////////// move down //////////////////////

procedure Ttestform.Button5Click(Sender: TObject);
var
rou,dela : integer;
i,k,f : longint;
begin
rou := strtoint(edit3.text);
dela := strtoint(edit4.text);
for i := 1 to rou do
begin
for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=33;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=34;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=36;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=40;
parport1.send;
end;
end;

showmessage('finish up down')

end;

end;

//////////////////// end move down //////////////////////
//////////////////// step right //////////////////////

procedure Ttestform.Button6Click(Sender: TObject);
var
rou,dela : integer;
i,k : longint;
begin
rou := strtoint(edit5.text);
dela := strtoint(edit6.text);
for i := 1 to rou do
begin
for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=17;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=18;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=20;
parport1.send;
end;

for k := 1 to dela do
begin
parport1.valuesend:=24;
parport1.send;
end;
end;

showmessage('finish step round');
end;

//////////////////// end step right //////////////////////

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# OCTAL TRANSPARENT LATCH WITH 3-STATE OUTPUTS; OCTAL D-TYPE FLIP-FLOP WITH 3-STATE OUTPUT

The SN54/74LS373 consists of eight latches with 3-state outputs for bus organized system applications. The flip-flops appear transparent to the data (data changes asynchronously) when Latch Enable (LE) is HIGH. When LE is LOW, the data that meets the setup times is latched. Data appears on the bus when the Output Enable ( $\overline{OE}$ ) is LOW. When  $\overline{OE}$  is HIGH the bus output is in the high impedance state.

The SN54/74LS374 is a high-speed, low-power Octal D-type Flip-Flop featuring separate D-type inputs for each flip-flop and 3-state outputs for bus oriented applications. A buffered Clock (CP) and Output Enable (OE) is common to all flip-flops. The SN54/74LS374 is manufactured using advanced Low Power Schottky technology and is compatible with all Motorola TTL families.

- Eight Latches in a Single Package
- 3-State Outputs for Bus Interfacing
- Hysteresis on Latch Enable
- Edge-Triggered D-Type Inputs
- Buffered Positive Edge-Triggered Clock
- Hysteresis on Clock Input to Improve Noise Margin
- Input Clamp Diodes Limit High Speed Termination Effects

### PIN NAMES

$D_0$ - $D_7$  Data Inputs  
LE Latch Enable (Active HIGH) Input  
CP Clock (Active HIGH going edge) Input  
 $\overline{OE}$  Output Enable (Active LOW) Input  
 $O_0$ - $O_7$  Outputs (Note b)

$D_0$ - $D_7$  Data Inputs  
LE Latch Enable (Active HIGH) Input  
CP Clock (Active HIGH going edge) Input  
 $\overline{OE}$  Output Enable (Active LOW) Input  
 $O_0$ - $O_7$  Outputs (Note b)

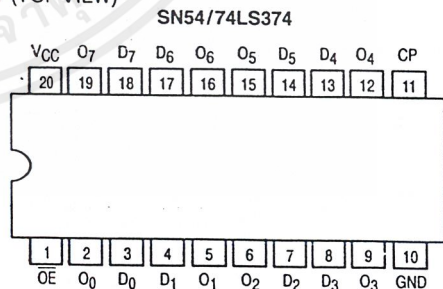
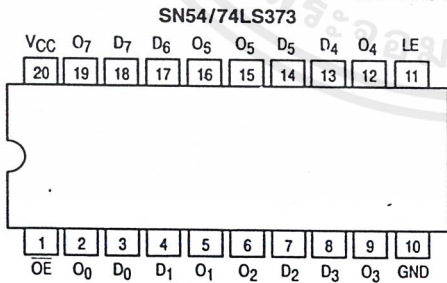
### LOADING (Note a)

	HIGH	LOW
$D_0$ - $D_7$	0.5 U.L.	0.25 U.L.
LE	0.5 U.L.	0.25 U.L.
CP	0.5 U.L.	0.25 U.L.
$\overline{OE}$	0.5 U.L.	0.25 U.L.
$O_0$ - $O_7$	65 (25) U.L.	15 (7.5) U.L.

### NOTES:

- a) 1 TTL Units Load (U.L.) = 40  $\mu$ A HIGH/1.6 mA LOW.  
b) The Output LOW drive factor is 7.5 U.L. for Military (54) and 25 U.L. for Commercial (74) Temperature Ranges. The Output HIGH drive factor is 25 U.L. for Military (54) and 65 U.L. for Commercial (74) Temperature Ranges.

### CONNECTION DIAGRAM DIP (TOP VIEW)



NOTE:  
The Flatpak version has the same pinouts (Connection Diagram) as the Dual In-Line Package.

SN54/74LS373  
SN54/74LS374

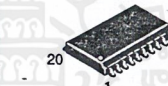
OCTAL TRANSPARENT LATCH WITH 3-STATE OUTPUTS;  
OCTAL D-TYPE FLIP-FLOP WITH 3-STATE OUTPUT  
LOW POWER SCHOTTKY



J SUFFIX  
CERAMIC,  
CASE 732-03



N SUFFIX  
PLASTIC  
CASE 738-03



DW SUFFIX  
SOIC  
CASE 751C-03

### ORDERING INFORMATION

SN54LSXXXJ Ceramic  
SN74LSXXXN Plastic  
SN74LSXXXDW SOIC



FAST AND LS TTL DATA

5-325



# SN54/74LS373 • SN54/74LS374

## TRUTH TABLE

**LS373**

D <sub>n</sub>	LE	$\overline{OE}$	O <sub>n</sub>
H	H	L	H
L	H	L	L
X	L	L	Q <sub>0</sub>
X	X	H	Z'

**LS374**

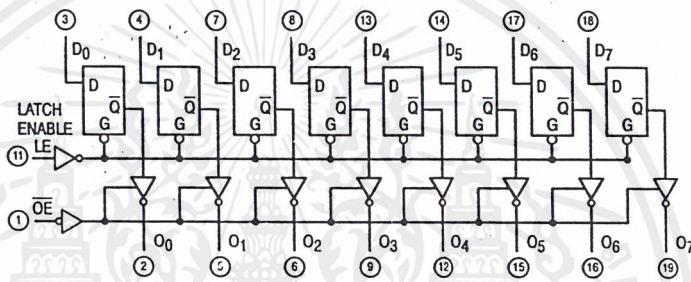
D <sub>n</sub>	LE	$\overline{OE}$	O <sub>n</sub>
H		L	H
L		L	L
X	X	H	Z'

H = HIGH Voltage Level  
L = LOW Voltage Level  
X = Immaterial  
Z = High Impedance

\* Note: Contents of flip-flops unaffected by the state of the Output Enable input ( $\overline{OE}$ ).

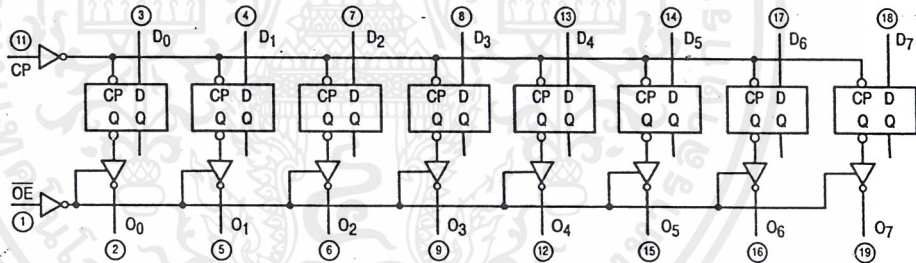
## LOGIC DIAGRAMS

SN54LS/74LS373



V<sub>CC</sub> = PIN 20  
GND = PIN 10  
○ = PIN NUMBERS

SN54LS/74LS374



## GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage	54	4.5	5.0	5.5	V
		74	4.75	5.0	5.25	
T <sub>A</sub>	Operating Ambient Temperature Range	54	-55	25	125	°C
		74	0	25	70	
I <sub>OH</sub>	Output Current — High	54			-1.0	mA
		74			-2.6	
I <sub>OL</sub>	Output Current — Low	54			12	mA
		74			24	

## FAST AND LS TTL DATA

5-326

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## SN54/74LS373 • SN54/74LS374

### DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V <sub>IH</sub>	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
V <sub>IL</sub>	Input LOW Voltage	54		0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
		74		0.8		
V <sub>IK</sub>	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>IN</sub> = -18 mA
V <sub>OH</sub>	Output HIGH Voltage	54	2.4	3.4	V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>OH</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = V <sub>IH</sub> or V <sub>IL</sub> per Truth Table
		74	2.4	3.1	V	
V <sub>OL</sub>	Output LOW Voltage	54, 74	0.25	0.4	V	I <sub>OL</sub> = 12 mA V <sub>CC</sub> = V <sub>CC</sub> MIN, V <sub>IN</sub> = V <sub>IL</sub> or V <sub>IH</sub> per Truth Table
		74	0.35	0.5	V	
I <sub>OZH</sub>	Output Off Current HIGH			20	μA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>OUT</sub> = 2.7 V
I <sub>OZL</sub>	Output Off Current LOW			-20	μA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>OUT</sub> = 0.4 V
I <sub>IH</sub>	Input HIGH Current			20	μA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 2.7 V
				0.1	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 7.0 V
I <sub>IL</sub>	Input LOW Current			-0.4	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 0.4 V
I <sub>OS</sub>	Short Circuit Current (Note 1)	-30		-130	mA	V <sub>CC</sub> = MAX
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current			40	mA	V <sub>CC</sub> = MAX

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

### AC CHARACTERISTICS (T<sub>A</sub> = 25°C, V<sub>CC</sub> = 5.0 V)

Symbol	Parameter	Limits						Unit	Test Conditions
		LS373			LS374				
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
f <sub>MAX</sub>	Maximum Clock Frequency				35	50		MHz	C <sub>L</sub> = 45 pF, R <sub>L</sub> = 667 Ω
t <sub>PLH</sub> t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay, Data to Output		12 12	18 18				ns	
t <sub>PLH</sub> t <sub>PHL</sub>	Clock or Enable to Output		20 18	30 30		15 19	28 28	ns	
t <sub>PZH</sub> t <sub>PZL</sub>	Output Enable Time		15 25	28 36		20 21	28 28	ns	
t <sub>PHZ</sub> t <sub>PLZ</sub>	Output Disable Time		12 15	20 25		12 15	20 25	ns	C <sub>L</sub> = 5.0 pF

### AC SETUP REQUIREMENTS (T<sub>A</sub> = 25°C, V<sub>CC</sub> = 5.0 V)

Symbol	Parameter	Limits				Unit
		LS373		LS374		
		Min	Max	Min	Max	
t <sub>w</sub>	Clock Pulse Width	15		15		ns
t <sub>s</sub>	Setup Time	5.0		20		ns
t <sub>h</sub>	Hold Time	20		0		ns

### DEFINITION OF TERMS

SETUP TIME (t<sub>s</sub>) — is defined as the minimum time required for the correct logic level to be present at the logic input prior to LE transition from HIGH-to-LOW in order to be recognized and transferred to the outputs.

HOLD TIME (t<sub>h</sub>) — is defined as the minimum time following the LE transition from HIGH-to-LOW that the logic level must be maintained at the input in order to ensure continued recognition.

### FAST AND LS TTL DATA

5-327

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SN54/74LS373

## AC WAVEFORMS

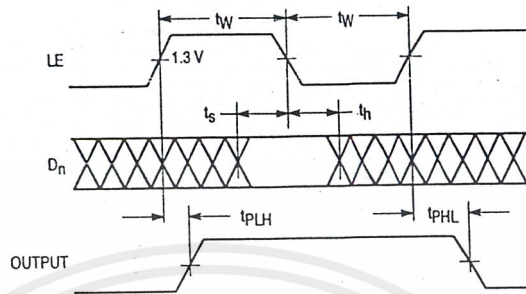


Figure 1

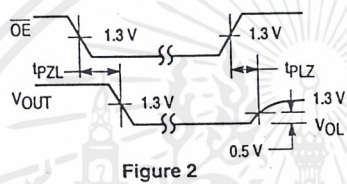


Figure 2

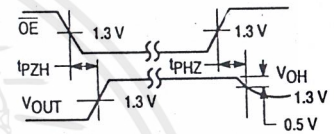
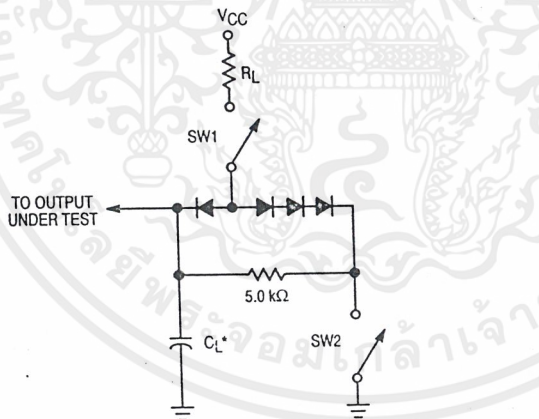


Figure 3

## AC LOAD CIRCUIT



\* Includes Jig and Probe Capacitance.

Figure 4

## SWITCH POSITIONS

SYMBOL	SW1	SW2
tPZH	Open	Closed
tPZL	Closed	Open
tPLZ	Closed	Closed
tPHZ	Closed	Closed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SN54/74LS374

## AC WAVEFORMS

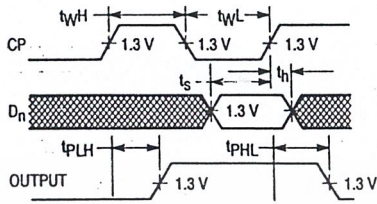


Figure 5

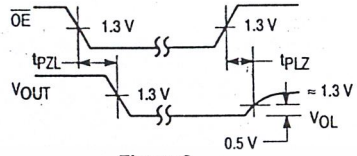


Figure 6

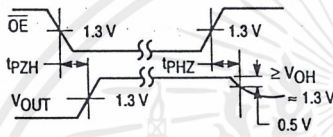
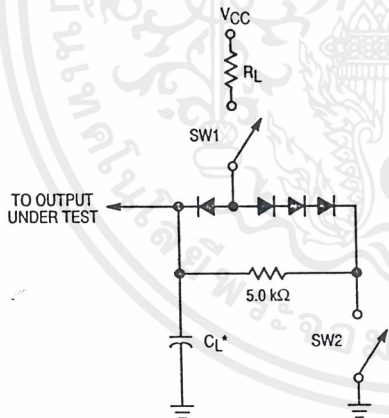


Figure 7

## AC LOAD CIRCUIT



\* Includes Jig and Probe Capacitance.

Figure 8

## SWITCH POSITIONS

SYMBOL	SW1	SW2
tPZH	Open	Closed
tPZL	Closed	Open
tPLZ	Closed	Closed
tPHZ	Closed	Closed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์สุมิตร พนาอุดมทรัพย์ ที่ให้คำปรึกษาที่ดี มีขณมร่อย ๆ ให้ท่าน  
และเป็นผู้ให้กำลังใจในการทำงานครั้งนี้

ขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ที่ให้การสนับสนุนในการทำงาน และเป็นที่กำลังใจในการทำงาน

ขอบคุณพี่ก๊วก , เตี้ย ที่ให้ความช่วยเหลืออย่างมากในทุก ๆ เรื่อง ทุกเวลาที่ต้องการ

ขอบคุณพี่พัฒน์ , หยก , เต่า , เคน , โน้ต ที่ให้ความช่วยเหลือทุกเรื่องที่คุณความช่วยเหลือ  
ทุกเวลาที่ต้องการ

ขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจ ให้คำปลอบใจ ให้เสียงหัวเราะ ร่วมทุกข์ร่วมสุข  
เวลาทำงาน

ขอบคุณคู่โปรเจกต์ที่ทำงานด้วยกันอย่างสนุกสนาน และคอยให้กำลังใจยามท้อแท้

ขอบคุณผู้สร้างคอมโพเนนท์ Tparport ให้เราได้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. ดัจจะ จรัสรุ่งรวีร และ จักรพงษ์ สุขประเสริฐ , “เริ่มต้นอย่างมืออาชีพด้วย Delphi 5” , สำนักพิมพ์อินโฟเพรส, 2543, 541หน้า
2. ชื่น ภูสุวรรณ และ วัฒนา เชียงภูต , “ไมโครซอฟท์เซตเซอร์-ไมโครคอมพิวเตอร์” , บริษัท ซี เอ็ดดูเคชั่น , 292หน้า
3. จารุวรรณ ระวิภัทตร์ , “รู้จัก รู้จริง Style Borland Delphi Visual Guide” , บริษัท สามัคคีสาร (ดอกหญ้า) จำกัด (มหาชน) , 296หน้า
4. [www.efg2.com/lab/library/Delphi/IO/PortIO.htm](http://www.efg2.com/lab/library/Delphi/IO/PortIO.htm)
5. [www.microsoft.com/vidcap](http://www.microsoft.com/vidcap)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้