ปีการศึกษา 2533

เครื่องตัด CNC สองมิติ

โดย

กุลชาติ ศิริไพศาลกุล

นิพนธ์ ศิริรัตน์

เรืองไกร รังสิพล

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ วิทยา ทิพย์สุวรรณพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2533

เรื่อง เครื่องตัด CNC สองมิติ

ผู้จัดทำ

1. นาย กุลชาติ ศิริไพศาลกุล 32.6302
2. นาย นิพนธ์ ศิริรัตน์ 32.6310
3. นาย เรืองไกร รังสิพล 32.6319

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ วิทยา ทิพย์สุวรรณพร)

เลขหมู่ T 35136 ก4
เลขทะเบียน 027969
วัน, เดือน, ปี 31 ก.ค. 34

027969

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องตัด CNC สองมิติ

นักศึกษา นาย กุลชาติ ศิริไพศาลกุล

นาย นิพนธ์ ศิริรัตน์

นาย เรืองไกร รังสิพล

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. วิทยา ทิพย์สุวรรณเพร

ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ

การนำคอมพิวเตอร์มาควบคุมเครื่องจักรนับว่าเป็น การประสานวิทยาการทั้งสองด้านเข้าด้วยกันที่ ทำให้การใช้งานเครื่องจักรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้แสดงให้เห็นถึง การออกแบบ และการสร้างเครื่องจักรชนิดหนึ่ง คือ เครื่องตัดโลหะซึ่งควบคุมการทำงานทั้งหมดด้วยคอมพิวเตอร์ โดยออกแบบลักษณะชิ้นงานที่ต้องการบนคอมพิวเตอร์ แล้วหลังจากนั้นคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผล ชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้เพื่อนำไปกำเนิดเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อกำหนดการเคลื่อนที่ของหัวตัด ให้เป็นไปตามชิ้นงานที่ออกแบบไว้ นอกจากนี้ยังสามารถกำหนด อัตราส่วนของการชิ้นงาน ตำแหน่งที่ต้องการตัดจริงบนพื้นที่การตัดได้ เพื่อให้มีการสูญเสียของโลหะที่นำมาตัดน้อยที่สุด ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดนั้น สามารถใช้ได้กับหัวตัดหลายประเภทไม่จำเพาะเจาะจงกับประเภทใดประเภทหนึ่ง เพื่อทำให้สามารถใช้งานเครื่องนี้ได้อย่างกว้างขวาง แต่ส่วนใหญ่จะใช้งานได้ดีกับหัวตัดประเภท Air Plasma และหัวตัดที่ใช้แก๊ส ประโยชน์ที่จะได้จากการนำเครื่องจักรประเภทนี้คือ การทำงานของเครื่องจักรจะมีความแม่นยำสูง และสามารถทำงานที่มีความละเอียดซับซ้อน รวมทั้งสามารถลดความสูญเสียของชิ้นงานลงได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title CNC 2 AXIS CUTTING MACHINE

Name Mr.Kullachat Siriphaisankul

Mr.Niphon Sirirat

Mr.Ruangkrai Rangsiphol

Advisor Mr.Vittaya Thipsuwanporn

Academic Year 1990

ABSTRACT

The application of computer for machine control are presented in this thesis. Also in thesis is illustration about design and construct of cutting machine with computer numerical control.

The assigned workpiece that can define ratio and position on the real cutting area for minimize lossing of material are designed on computer, and then the workpiece information are processed and converted into the form of electrical signal for cutting tip movement by microcomputer.

The widely use of many type of cutting tip with this CNC cutting machinr are seem possible but air-plasma and gas cutting tip are better fit.

The useful of this cutting CNC cutting machine is high accuracy , complexity workpiece , and reducing loss of material from cutting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1. บทนำ 1

บทที่ 2. วงจรขับเคลื่อนหัวตัด 3

2.1 ส่วนที่อยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ 3

2.2 ส่วนที่อยู่บน Driver Board 4

2.3 วงจรใช้งานจริง 12

บทที่ 3. โปรแกรมสำหรับควบคุมและใช้งานร่วมกับเครื่องตัด 13

3.1 เป้าหมายของโปรแกรม 13

3.2 Hardware ที่จำเป็น 13

3.3 การใช้งานของโปรแกรม 15

3.4 การทำงานของชุดคำสั่ง 17

3.5 การจัดเก็บคำสั่ง 34

3.6 การควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวตัด 37

3.7 โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ 38

3.8 การประมวลผลคำสั่งเป็นการเคลื่อนที่ 40

บทที่ 4. การทดลอง 47

4.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลอง 47

4.2 การแก้ไขปัญหา 48

4.3 การทดลองตัดชิ้นงานจริง 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1 บทนำ

ปัจจุบัน งานชิ้นส่วนเครื่องกลที่ใช้ในงานโครงสร้างขนาดใหญ่ เช่น เรือเดินสมุทร ไซโลเก็บของ โครงสร้างตึก เป็นต้น จะใช้โลหะแผ่นหนา นำมาตัด เป็นรูปร่างเพื่อเชื่อมกับเหล็กเส้นขนาดใหญ่ให้ได้โครงสร้างที่แข็งแรงเช่นแผ่นประกอบการเชื่อมเข้ามุม แผ่นเหล็กรองต่าง ๆ งานลักษณะนี้ไม่จำเป็นต้องสร้างให้ดีขนาดต้องใช้เครื่องกัด เครื่องกลึง หรือเครื่องไส เพียงใช้เครื่องมือพื้นฐาน เครื่องมือตัดด้วยความร้อน เช่น แก๊สชนิดต่าง ๆ หรือไฟฟ้าการตัดโลหะด้วยเครื่องมือประเภทนี้จะเกิดมลภาวะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานถ้าทำงานเวลานาน

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนรายงานการสร้างและทดลอง เครื่องจักรที่นำมาใช้ติดตั้งหัวตัดประเภทความร้อน เพื่องานตัด โดยสามารถออกแบบรูปร่างชิ้นงานและตัดชิ้นงานได้บนเครื่องนี้

<u>ปัญหาการตัดชิ้นงานโลหะด้วยความร้อนโดยควบคุมหัวตัดด้วยมือ</u>

1. ขอบของชิ้นงานไม่เรียบและต่อเนื่อง เพราะมือคนไม่นิ่งพอ
2. ขนาดในการตัดชิ้นงานผิดพลาด
3. ปริมาณชิ้นงานที่คนตัดได้ ต่อเวลาขึ้นอยู่กับความสามารถและความชำนาญ
4. เวลาการทำงานของคนในงานตัดโลหะน้อยเพราะจะเป็นอันตรายต่อตาและปอด

จากการศึกษาการทำงานของคนแล้วในเบื้องต้นจึงนำมาออกแบบเครื่อง โดยส่วนสำคัญของเครื่องจะประกอบด้วยส่วนของเครื่องกลซึ่งเป็นตัวติดตั้งส่วนหัวตัดเป็นตัวเลื่อนหัวตัดตามรูปที่ต้องการ ส่วนที่สอง จะเป็นส่วนควบคุมส่วนเครื่องกลและส่วนที่สาม อำนวยความสะดวกการออกแบบชิ้นงาน

<u>การออกแบบส่วนเครื่องกล</u>

1. ชิ้นงานของการตัดมี 2 มิติ เพราะฉนั้นจะต้องให้หัวตัดเคลื่อนที่ได้ 2 แกนเครื่องที่ออกแบบจึงใช้มอเตอร์ 2 ตัว และส่วนเคลื่อนที่แนวตรง 2 ตัววางตั้งฉากกัน ดังรูปท้ายบท

2. มอเตอร์ที่ใช้จะเป็นสเตปปิ้งมอเตอร์ขนาด 5V 1A 1.8 องศาต่อสเตปความเร็ว 100 รอบต่อนาที

3. ส่วนเปลี่ยนการหมุนของมอเตอร์เป็นระยะทางจะใช้ สกรู ซึ่งเป็นเกลียวแบบบอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบริ่งสกรู ซึ่งสกรูชนิดนี้จะมีความผิดพลาดน้อย และมีความฝืดน้อย โดยใช้ความยาว 550 มม. ระยะเกลียว = 4 มม./เกลียว

4. ระบบนำร่องการเคลื่อนที่จะใช้แบบ เพลากลม ขนาด 12 มม. กับปลอกทองเหลือง 2 ชุด ในแกนเคลื่อนที่แรก และใช้สายเลื่อนแบบลูกล้อในอีกแกนเคลื่อนที่ ซึ่งส่วนเครื่องกลที่ออกแบบสามารถให้ความละเอียดในการหมุนมอเตอร์สูงสุด = 0.01 มม. จากขนาดมอเตอร์ที่ใช้จะรับน้ำหนักได้มากสุดเท่ากับ 8 กก. และระยะผิดพลาดในการทำงานต้องน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็น ของระยะทางที่กำหนดจากวงจรและโปรแกรมควบคุมการตัด ความเร็วเคลื่อนหัวตัดไม่น้อยกว่า 300 มม. ต่อนาที

<u>การออกแบบส่วนการควบคุม</u>

การควบคุมมอเตอร์จะต้องสามารถกำหนดความเร็วของหัวตัดตามความหนาของชิ้นงาน ส่วนประกอบมี 2 ส่วน

1. วงจรขับมอเตอร์จะต้องให้กำลัง, ความเร็วของมอเตอร์สูงสุด ซึ่งจะให้รายละเอียดต่อไป

2. วงจรควบคุม ส่วนนี้จะใช้ ไมโครคอมพิวเตอร์ IBM PC/XT เป็นหลัก โดยใช้พอร์ทขนานมาควบคุมวงจรขับมอเตอร์ ด้วยโปรแกรมซึ่งจะให้รายละเอียดภายหลัง

3. วงจรควบคุมการปิดเปิด หัวตัด ส่วนนี้จะรับสัญญาณจากโปรแกรมควบคุมบนเครื่องIBM PC/XT

<u>การออกแบบส่วนอำนวยความสะดวกในการออกแบบชิ้นงาน</u>

ส่วนนี้จะเป็นโปรแกรมจำนวยความสะดวกในการออกแบบชิ้นงานที่จะตัด โดยจะมีส่วนใช้ออกแบบเส้นตรง เส้นโค้ง วงกลม วงรี และรูปมาตราฐานอื่น ๆซึ่งใช้ในงานเขียนแบบเครื่องกล ส่วนอำนวยความสะดวก เช่น การเก็บ รูปชิ้นงานการดึงรูปเก่า การวางตำแหน่งของชิ้นงานบนพื้นที่ในการตัด การกำหนดขนาดและมาตราส่วนของชิ้นงาน การลบข้อมูลและอื่น ๆ ซึ่งจะขอกล่าวในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 วงจรกับเคลื่อนหัวตัด

2.1 ส่วนที่ต่อบนเครื่องคอมพิวเตอร์

สำหรับการเชื่อมต่อหรือ interface ระหว่าง program เกี่ยวกับการวาดรูปบน IBM กับ ชุดควบคุม motor ควบคุมการ on/off ของหัวตัดและ sensor สัญญาณ Home ทั้งหมดนี้ กระทำโดยการ interface ผ่านทาง card printer ซึ่งเป็น port ขนาน ขนาด 8 bit. โดยบริษัท IBM ได้ออกแบบมาให้สามารถได้มาตรฐาน port. centronic มีขนาด 25 ขา port. นี้เป็นได้ทั้ง input. และ output. โดยมีกำลังขับได้ถึง 12 TTL output.

โดยทั่วไป port. นี้ปกติใช้เป็น port. output. เพื่อส่งข้อมูลให้กับเครื่องพิมพ์แต่ก็ยังสามารถรับข้อมูลเป็น input. port.ได้เช่นกัน port. ของเครื่องพิมพ์ จะมีสัญญาณต่างๆเพื่อใช้ในการตรวจสอบสัญญาณซึ่งกันและกันด้วย

ใน Board เชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์โดยจัดการเรื่อง port. ที่ cpu 8088 มองเห็นได้เป็น port. output. 2 port และ port input. 2 port สำหรับการเชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์นี้ มันจะมีอยู่บน Board monochrome ด้วยซึ่งเบอร์ port ทั้ง 2 จะแตกต่างกัน ซึ่งมีหมายเลข port ดังนี้

Port. ส่งข้อมูล ออกเครื่องพิมพ์

-port. หมายเลข 378H สำหรับ board อะแดปเตอร์ เครื่องพิมพ์

-port. หมายเลข 3BCH สำหรับ board monochrome Port.ส่งคำสั่งเพื่อควบคุมเครื่องพิมพ์

สำหรับตอบโต้สัญญาน

-port. หมายเลข 37AH สำหรับ board อะแดปเตอร์เครื่องพิมพ์

-port. หมายเลข 3BEH สำหรับ board monochrome สำหรับ input. บน card แต่ละ

card มี 3 port

-port. หมายเลข 378H สำหรับการอ่านข้อมูลจาก port ขนานกรณี board อะแดปเตอร์เครื่องพิมพ์

-port. หมายเลข 3BCH สำหรับอ่านข้อมูลขนาน กรณี board monochrome

-port. หมายเลข 379H สำหรับอ่านสถานะจาก port input. ในกรณี board อะแดป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตอร์เครื่องพิมพ์

-port. หมายเลข 3BDH สำหรับการอ่านสถานะจาก port. input ในกรณี board monochrome

-port. หมายเลข 37AH สำหรับการอ่านสถานะของเครื่องพิมพ์ สำหรับ board อะแดปเตอร์เครื่องพิมพ์

-port. หมายเลข 3BEH สำหรับการอ่านสถานะเครื่องพิมพ์ สำหรับ board monochrome

Port. ที่ใช้

สำหรับ port. ที่ใช้ในการ interface ของเครื่องตัดนี้จะใช้ 2 port. คือ port. input 1 port. และ port. output. 1 port. โดยใช้หมายเลข port. input. 1 port. ตามลำดับ สำหรับ port input. จะใช้สำหรับรับสัญญาน Home_x และ Home_z จาก board buffer ซึ่งเราจะใช้เพียง 2 bit ที่เหลืออีก 6 bit. เราจะสำรองไว้ ส่วน port. output. จะใช้เป็นตัวส่งสัญญานควบคุม มอเตอร์ ซึ่งมีสัญญานต่างๆคือ enable,direction,pulse รวมทั้งสัญญานควบคุมการ on/off ของหัวตัด ซึ่งรวมทั้งสิ้นจะใช้ 7 bit สำรองไว้ 1 bit.

2.2 ส่วนที่อยู่บน driver board

buffer board

เนื่องจากเราใช้ port. printer เป็นตัวเชื่อมต่อ เพื่อเป็นการป้องกัน การเสียหายของ computer ในกรณีเกิดการผิดพลาด หรืออุปกรณ์ทางชุด drive ของมอเตอร์ เสียหรือไป load port. ของของ computer ซึ่งปัญหาเหล่านี้ จะนำความเสียหายให้แก่ computer ได้ เราจึงต้องสร้าง board buffer ขึ้นมา

ส่วนประกอบ

สำหรับ board buffer จะประกอบด้วย 4 ส่วนดังนี้

- input buffer
- output buffer
- indicator
- ชุด drive relay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

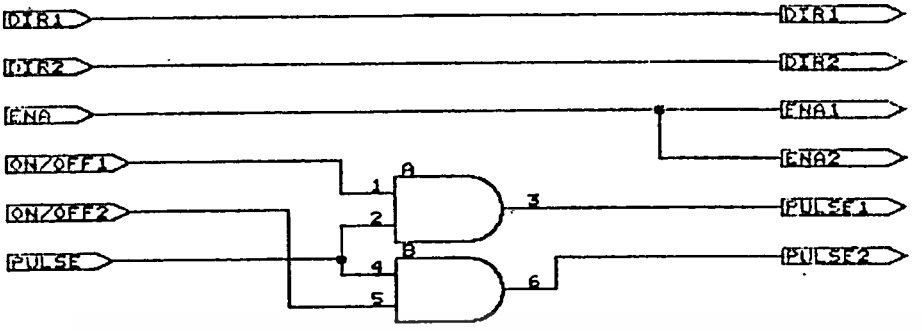
ในการกล่าวถึงต่อไปนี้ ส่วนที่เป็น buffer หมายถึงเป็น buffer ระหว่าง ชุด drive มอเตอร์ กับ computer เพราะฉะนั้นคำว่า input buffer หมายถึง buffer ตอน computer ทำการ in กับอุปกรณ์ภายนอก ส่วนคำว่า output buffer ก็เช่นเดียวกัน จะหมายถึง เป็น buffer ตอน computer ทำการ out ข้อมูลไปให้อุปกรณ์ ภายนอก ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียด ของแต่ละส่วนต่อไป

1.ส่วน input ส่วนนี้ จะทำหน้าที่ เป็นตัวป้องกัน ระหว่าง computer กับ ชุด drive motor เมื่อ computer ทำการ input ข้อมูลจากชุด drive motor วิ่งจะเป็นสัญญาน สำหรับบอก program ควบคุม ตรวจสอบ เพื่อความถูกต้องของตำแหน่ง สัญญานนี้คือ สัญญาน home คือในตอนเริ่มต้นการทำงานของ เครื่องตัดนี้เครื่องจะต้องทำการเคลื่อนหัวตัด มาที่ตำแหน่งอ้างอิง เพื่อจะได้ใช้เป็นระยะอ้างอิง ในการตัด จุดนี้ถือว่าเป็นจุด home ซึ่งจะมี 2 แกน คือ แกน X และ แกน Z เราจะใช้ switch เป็นตัว sensor 2 ตัว ติดอยู่ที่จุดอ้างอิงในกรณีที่หัวตัดไม่ได้อยู่ที่จุดอ้างอิง เพราะฉะนั้น ในตอนที่กำลังเคลื่อนที่ เข้าสู่จุดอ้างอิงนั้น ในขณะเดียวกันจะต้องคอยตรวจสอบด้วยว่าถึงจุดอ้างอิงแล้วหรือยัง และเมื่อถึงจุดอ้างอิงก็จะรอรับคำสั่งที่จะทำงานต่อไป สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนนี้คือ 74LS244 ซึ่งเป็น tristate buffer ขนาด 8 bit มาทำหน้าที่ เป็น buffer

2.ส่วน output ส่วนนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวป้องกัน ระหว่าง computer กับ ชุด drive motorเมื่อ computer ส่งสัญญาน การควบคุมต่าง ๆ ไปให้ชุด drive motor ซึ่งสัญญาณต่าง ๆมีดังนี้ enable , direction , pulse , on/off motor และ on/off relay สำหรับสัญญาน ที่ส่งมาจาก computer โดยตรงนี้จะเป็นสัญญานรวมอยู่ เราจะต้องมาทำการแยกสัญญาน เพิ่มเติม ซึ่งสัญญานที่ชุด drive motor ต้องการคือ enable , pulse , direction ,ซึ่งเรา แสดงวงจรที่ใช้ในการแยกสัญญาน เหล่านั้นได้ดัง รูปที่ 2.1
ซึ่งวิธีการนี้ จะทำให้เราสามารถทำการควบคุม ความสำพันธ์ ของการเคลื่อนที่ และทิศทาง เป็นไปได้โดยง่าย สำหรับ ic ที่ใช้ในส่วนนี้ จะเป็นเบอร์เดียวกับส่วน input นั่นคือ 74LS244 ส่วนที่ทำการแยกสัญญานจะใช้ ic gate เบอร์ 74LS08 ซึ่งเป็น and gate

3.ส่วน indicator ส่วนนี้ จะทำหน้าที่ บอกสถานะต่าง ๆ ของชุด drive ทั้งหมด รวมทั้ง power ซึ่งแสดง สภาวะการ ON ของเครื่อง สัญญานต่าง ๆ มีดังนี้ power , motor1 , motor2 , home X , home Z , relay ON ซึ่ง indicator ของสัญญานทั้งหมดนี้ จะนำมาผ่าน ตัว drive อีกที โดยใช้ ทรานซิสเตอร์ array เบอร์ TIL 2008 ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ของชุด drive motor

แสดงผลด้วย LED ทั้งหมด

4.ชุดขับ relay สำหรับชุดขับ relay เราใช้ ทรานซิสเตอร์ array 1 ชุด เพื่อขับ relay ขนาด 12 V เพื่อในการ on/off หัวตัด ซึ่งจะใช้ relay ไป drive vaue อีกที เพื่อ ใช้ในตอน สิ้งตัดชิ้นงาน

ส่วนของ MORTOR DRIVER BOARD

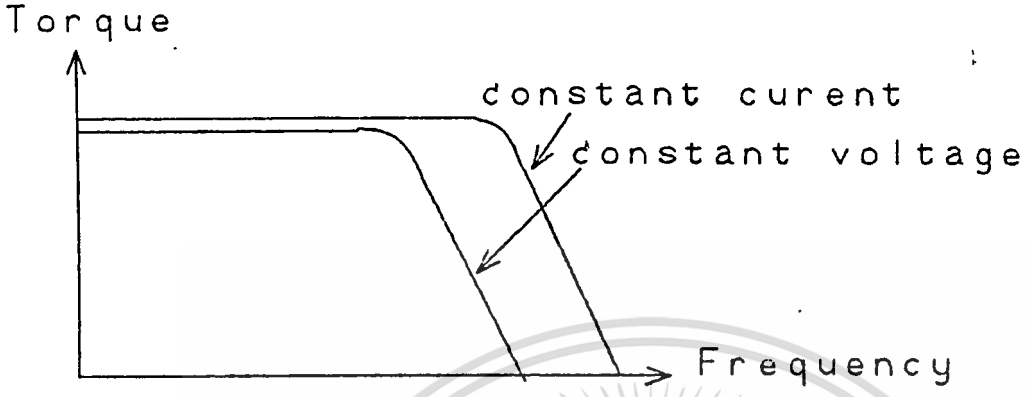
สาเหตุที่เลือกใช้ stepping motor เป็นตัวขับเคลื่อน

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอิเลคทรอนิคส์ได้พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว จนสามารถนำไปใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ และมอเตอร์ที่นิยมนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายชนิดหนึ่งก็ คือสเต็ปปิ้งมอเตอร์ เพราะสามารถควบคุมได้ง่ายและถูกต้องแม่นยำ สามารถควบคุมความเร็วโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่ป้อนเข้าวงจรควบคุม ส่วนตำแหน่งก็สามารถควบคุมโดยการควบคุมจำนวนพัลส์ (pulse) ที่จ่ายให้วงจรควบคุม ซึ่งมุมของการเคลื่อนที่ในแต่ละพัลส์นั้นจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว และยังเหมาะที่จะเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์

ส่วนคุณสมบัติของสเต็ปปิ้งมอเตอร์อีกอย่างหนึ่ง ก็คือในขณะที่แกนเพลาหยุดอยู่กับที่นั้น จะมีแรงบิดสูงสุด แต่เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นพบว่าแรงบิดจะลดลงจนมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งแปรผันกับความถี่ที่ป้อนให้วงจรควบคุมดัง รูปที่ 2.2 ดังนั้นต่อไปนี้จึงขอเสนอวิธีแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้มีการขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

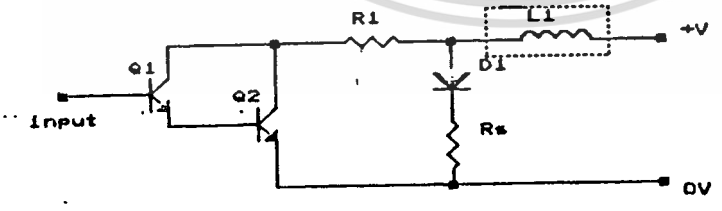
ความเร็วเพิ่มขึ้นไปอีก ดังรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไป



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงบิด

หลักการ

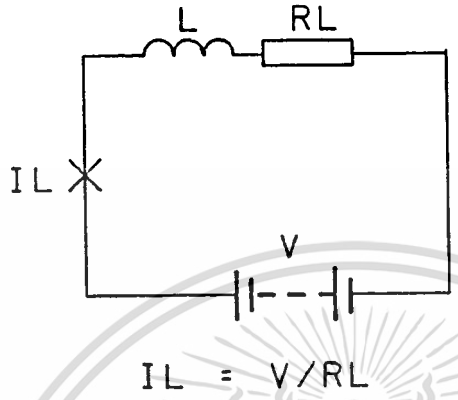
เนื่องจากวงจรขับที่พบเห็นส่วนมากจะเป็นดัง รูปที่ 2.3 ซึ่งเป็นวงจรขับแบบแรงดันคงที่



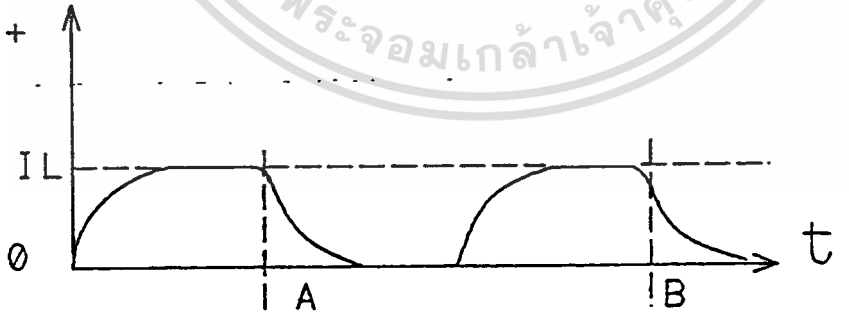
รูปที่ 2.3 แสดงวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (เฟสเดียว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของเวลาคงที่ที่เกิดขึ้นบนขดลวด



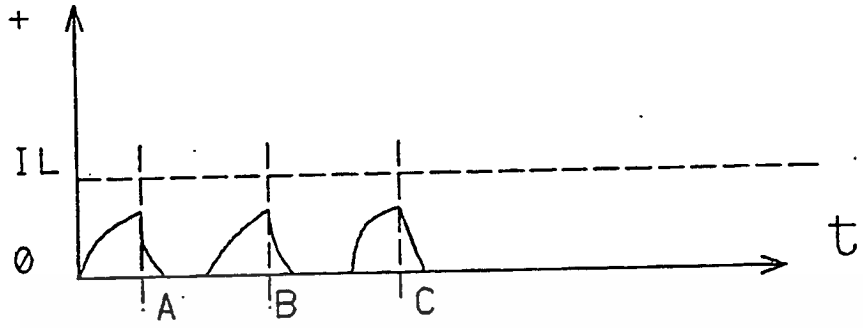
รูปที่ 2.4a. แสดงวงจรสมมูลย์ของแรงดันคงที่ที่หักล้างแล้วจ่ายให้กับ L ที่มีค่า RL รวมอยู่ด้วย



รูปที่ 2.4b. แสดงกระแส IL ที่เกิดขึ้นบนขดลวดเมื่อป้อนความถี่ต่ำ

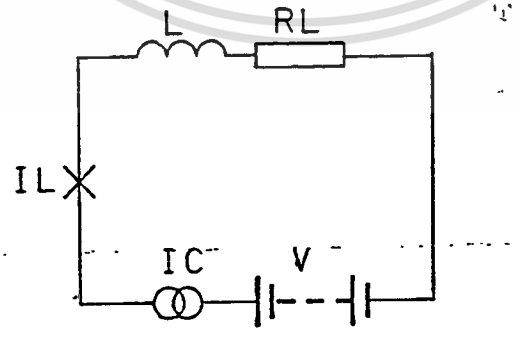
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รูปที่ 2.4c. แสดงกระแส IL ที่เกิดขึ้นบนขดลวดเมื่อป้อนความถี่สูง

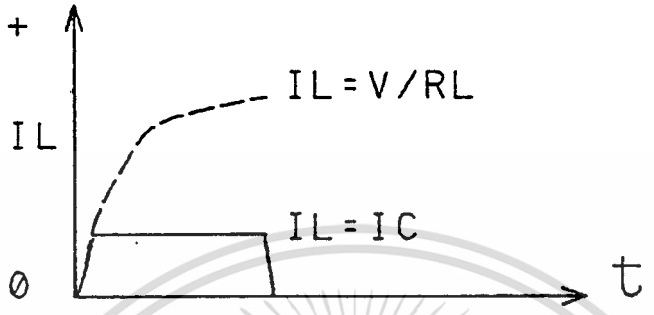
เนื่องจากขดลวดL ของแต่ละเฟส มีค่าความต้านทาน (RL) อยู่ ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่าน L มีค่า IL = VL/RL ด้วยเวลาค่าหนึ่งและค่าของ IL จะเพิ่มขึ้นเป็นกระแสสูงสุด (Imax) เมื่อเวลาการจ่ายกระแส IL มีค่าเท่ากับ หรือมากกว่าเวลาคงที่ของ L จากรูปที่ 2.4b. เป็นตอนที่ใช้ความเร็วต่ำซึ่งไม่มีผลกับค่าเวลาคงที่ของ L ดังนั้นกระแส IL ก็ยังคงสามารถเพิ่มถึงค่าสูงสุดได้ แต่ถ้าเพิ่มความเร็วไปอีก ก็ทำให้ค่าเวลาการจ่ายกระแส IL มีค่าน้อยลงจนทำให้กระแสไม่สามารถจ่ายได้ถึง Imax ทันที ดังรูปที่ 2.4c. และเป็นเหตุทำให้แรงบิดลดลงเช่นกันด้วย



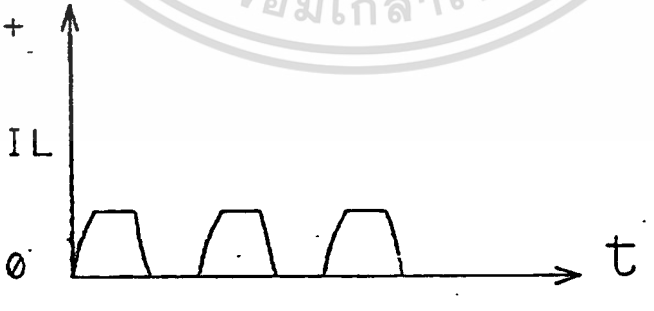
IL = IC

รูปที่ 2.5a. แสดงวงจรสมมูลย์ของแรงดันที่เปลี่ยนแปลงได้ที่หักล้างแล้วเหลือให้รักษากระแส IL = Ic อยู่ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
027969



รูปที่ 2.5b. แสดงกระแส IL ที่เกิดขึ้นบนขดลวด โดยให้ IL = Ic อยู่ตลอดเวลา เมื่อใช้ความถี่ต่ำ



รูปที่ 2.5c. แสดงกระแส IL ที่เกิดขึ้นบนขดลวดโดยให้ IL = Ic อยู่ตลอดเวลา เมื่อใช้ความถี่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

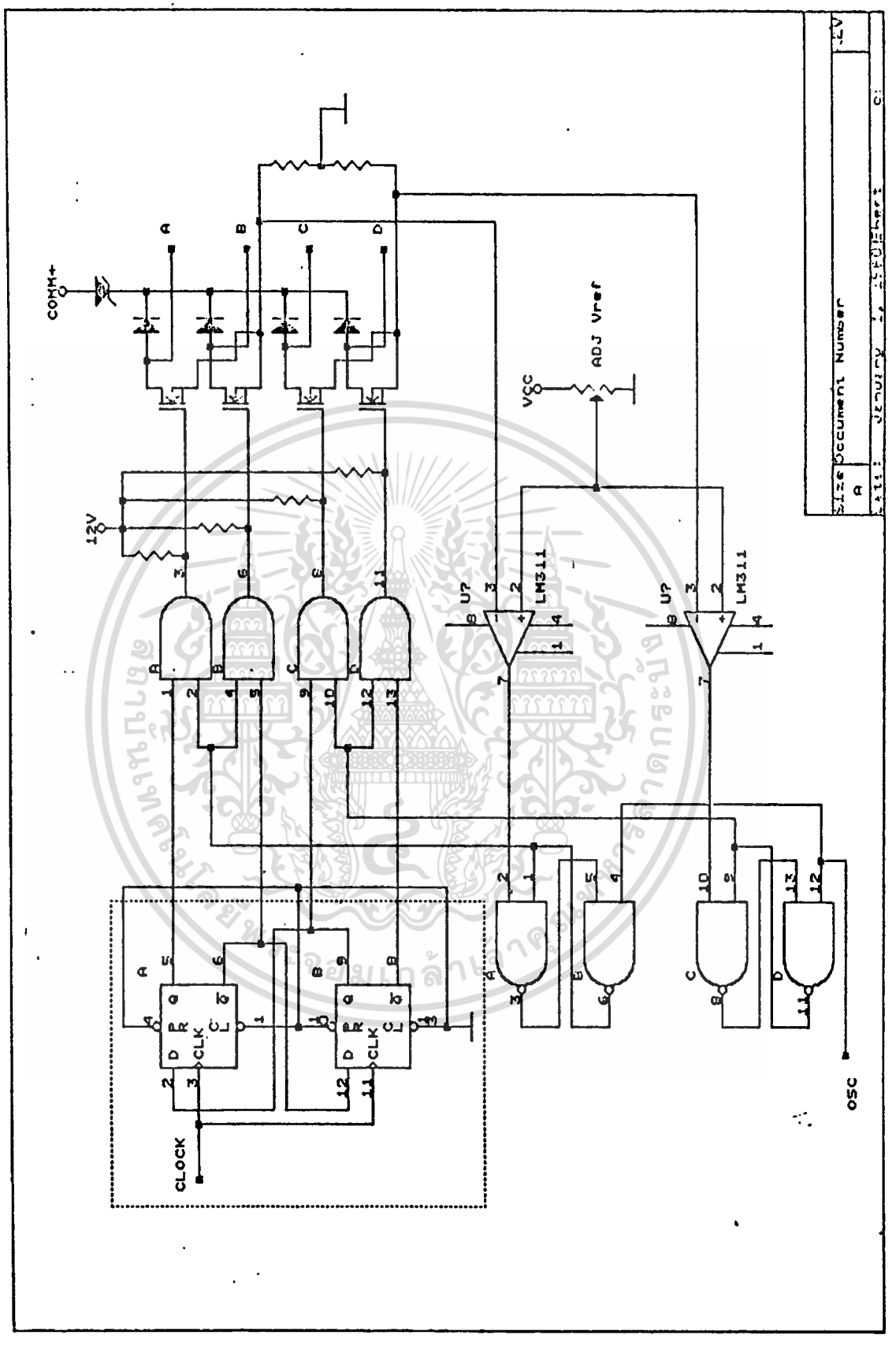
จากรูปที่ 2.5a เป็นวงจรแรงดันที่สามารถปรับการจ่ายกระแส IL ให้คงที่เท่ากับ Ic อยู่ตลอดเวลา (กระแส Ic คือกระแสที่ทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์มีแรงบิดที่คงที่) โดยจ่ายแรงดันให้สูงในกรณีเริ่มแรกของแต่ละพัลส์เพื่อให้ Il = Imax เร็วขึ้น และจะคงที่ที่ Imax ส่วนในกรณีเมื่อใช้ความเร็วรอบสูงขึ้นก็ยังคงรักษาสภาพImax ได้ แม้ว่าจะมี back e.m.f กระแสคงที่ก็จะชดเชยส่วนนี้ได้เช่นกัน ดังรูปที่ 2.5c

จะเห็นว่าวงจร drive แบบ กระแสคงที่จะเหมาะสมมากที่สุดเราจึงเลือกใช้แบบนี้ซึ่งวงจรจริงที่ใช้ดังรูป กระแสที่ไหลผ่าน ขดลวดของมอเตอร์ (IL) เราสามารถหาได้จาก

IL = VRsensor/Rsensor

จากการทดสอบวงจรที่สร้างขึ้นนี้ จะเห็นได้ว่าทำงานได้ตามจุดประสงค์ โดยสามารถเพิ่มแรงบิด และ ความเร็ว ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้สูงกว่าการขับแบบเดิมมาก และเราจะใช้วงจรนี้เป็นชุดขับ stepping motor ซึ่งใช้ในการเคลื่อนที่ของหัวตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 แสดงวงจรการใช้งานจริงที่ได้ออกแบบขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 โปรแกรมสำหรับควบคุมและใช้งานร่วมกับเครื่องตัด

3.1 เป้าหมายของโปรแกรม

1. เป็น editor สำหรับออกแบบชิ้นงาน โดยมีเครื่องมือพื้นฐานในการออกแบบ อันได้แก่ เส้นตรง เส้นโค้ง วงกลม เป็นต้น

2. สามารถเก็บรูปภาพที่ออกแบบไว้เพื่อนำมาแก้ไขในภายหลังได้

3. นำรูปภาพที่ออกแบบไว้มาประมวลผล เพื่อทำการส่งสัญญาณ ไปควบคุมการเคลื่อนที่และการตัดของหัวตัด ให้เป็นไปตาม การออกแบบของชิ้นงาน

4. สามารถทำงานได้ บนคอมพิวเตอร์ IBM compatible ได้ทุกรุ่นโดยไม่ต้องมีการดัดแปลงส่วนประกอบ ใดๆทั้งสิ้น

5. อุปกรณ์พิเศษ ที่ใช้ในการควบคุมเครื่องตัดจะต้องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ทางภายนอกโดยผ่านการ์ด multi I/O มาตรฐานที่ใช้งานทั่วไปในท้องตลาด

3.2 ส่วนประกอบ Hardware ที่จำเป็น

1. คอมพิวเตอร์ IBM PC (or compatible) CPU 8088 ram 640K on board
2. Disk-drive 360k X 1
3. ส่วนแสดงผลแบบ Hercules Monochrome Graphics Adapter
4. Multi I/o Card

การแสดงผลของ IBM PC

ส่วนแสดงผลของคอมพิวเตอร์ นับว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ไม่ยิ่งหย่อนกว่าส่วนอื่นเนื่องจากเป็นส่วนที่คอมพิวเตอร์ จะติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้ ใน IBM PC ส่วนแสดงผลอาจจะเป็นแบบ Monochrome ซึ่งแสดงผลได้ 2 สี คือ สว่างกับมืด หรือแบบ color display ซึ่งแสดงผลได้หลายสี แต่ทั้งหมดมีการทำงานเหมือนกัน คือ Text mode และ Graphic mode

Text Mode การทำงานใน โหมดนี้ IBM จะ แสดงผลเป็นตัวอักษร โดยในแต่ละตัวอักษรจะประกอบด้วย จุดต่างประกอบรวมเข้าด้วยกัน รหัสการเรียงตัวของจุดต่างๆ สำหรับอักษรแต่ละตัวนั้น เก็บอยู่ใน Character Generator โดยตัวอักษรที่สามารถ แสดงออกมาได้มีทั้งสิ้น 256 ตัว โดยแยกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.กลุ่มอักษรสำหรับใช้ในการสร้างตัวอักษรในเกม 16 ตัว

2.กลุ่มอักษรที่ใช้ในงานเวิร์ดโปรเซสซิ่งเฉพาะ 15 ตัว

3.กลุ่ม ASCII 96 ตัว

4.ตัวอักษรใช้งานในยุโรป เช่น ภาษา ฝรั่งเศส เยอรมัน 48 ตัว

5.ตัวอักษรสำหรับการตีเส้น 48 ตัว

6.กลุ่มอักษรกรีก 16 ตัว

7.กลุ่มสัญญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ 15 ตัว

จะเห็นว่าการแสดงผลในโหมดนี้จะมีขีดจำกัดคือ แสดงผลได้เพียง 256 รูปแบบที่มีอยู่ใน Character Generater เท่านั้น จะแสดงอื่นๆนอกจากนี้ไม่ได้ ซึ่งจากขีดจำกัดเหล่านี้ โปรแกรมที่จะ ออกแบบจึงไม่สามารถใช้งานใน โหมดนี้ได้

Graphic Mode ในโหมดนี้จะสามารถแสดงผลได้เป็นจุด โดยที่จอภาพแต่ละชนิดก็มีความละเอียด แตกต่างกันไป ซึ่งจากความสามารถที่แสดงผลได้เป็นจุดนี่เอง ทำให้ผู้ใช้สามารถแสดงผลเป็นรูปอะไรก็ได้ เพราะว่าภาพแต่ละภาพเกิดจากการจัดเรียงตัวของจุดนั่นเอง ดังนั้นโปรแกรมต่างๆที่ต้องการ แสดงผลในรูปแบบที่สวยงามและแปลกออกไป จึงทำงานภายใต้ Graphic mode ทั้งสิ้น ตัวอย่างเช่น โปรแกรมเกม โปรแกรม แสดงผลด้วยกราฟ เป็นต้น สำหรับโปรแกรมที่ใช้งานใน โครงงานนี้ก็เช่นเดียวกัน ที่จำเป็นต้องทำงานภายใต้ Graphic mode เพราะส่วนสำคัญของโปรแกรมนี้ คือ ส่วนที่เป็น Editor ที่ทำหน้าที่ให้ผู้ใช้ออกแบบชิ้นงาน ซึ่งประกอบด้วย เส้นตรง เส้นโค้ง และสัญญลักษณ์ ต่างๆ มากมายซึ่งไม่สามารถ ทำงานใน Text mode ได้ ต้องทำงานภายใต้ Graphic mode ทั้งสิ้น สำหรับคุณสมบัติของการ แสดงผลแบบต่างๆ นั้นมีคุณสมบัติต่างๆ ไม่เหมือนกัน อาทิ เช่น ความละเอียด จำนวนสี เป็นต้น โดยมีรายละเอียดของจอประเภทต่างๆ ดังนี้

	MODE	RESOLUTION
CGA	CGAC0	320 X 250
	CGAC1	320 X 200
	CGAC2	320 X 200
	CGAC3	320 X 200
	CGAHI	640 X 400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCGA	MCGAC0	320 X 200
	MCGAC1	320 X 200
	MCGAC2	320 X 200
	MCGAC3	320 X 200
	MCGAmed	640 X 200
	MCGAHI	640 X 480
EGA	EGALO	640 X 200
	EGAHI	640 x 350
	EGAmonoHI	640 X 350
VGA	VGALO	640 X 200
	VGAmed	640 X 350
	VGAHI	640 X 480
HERCULES	HercMonoHI	720 X 348

จากการพิจารณาถึง หน้าที่การทำงานในส่วนที่เป็น editor ของโปรแกรมแล้วจะพบว่าจำเป็นต้องใช้การแสดงผล ที่ควรมีความละเอียดสูงเพื่อให้ การออกแบบชิ้นงานมีความเที่ยงตรงและมีความผิดพลาดน้อยที่สุด ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติ ของจอแต่ละแบบแล้วเห็นว่าจอที่มีความเหมาะสมคือ จอ monochrome และ จอ VGA แต่เนื่องจากโปรแกรมไม่มีความ ซับซ้อนมากนัก ไม่จำเป็นต้องแสดงผลเป็นสี และประกอบกับ จอ monochrome เป็นที่ใช้งานแพร่หลาย เนื่องจากราคาถูกจึงเห็นว่าสมควรเลือกจอ monochrome สำหรับโครงงานนี้

3.3 การใช้งานของโปรแกรม

ลักษณะการทำงานของโปรแกรมจะเป็นแบบ พูลดาวน์เมนู โดยคำสั่งที่ใช้งานทั้งหมดจะแสดงให้เห็นบนจอภาพ ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องจำคำสั่ง เพียงแต่เลื่อนลูกศรไปยังคำสั่งเพื่อเลือกคำสั่งที่ต้องการ ก็สามารถทำงานได้ทันที จึงทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้อย่าง ง่ายดายและรวดเร็ว ไม่ต้องศึกษาโปรแกรมมาก่อนก็ใช้งานได้ทันที

สำหรับ keyboard ที่ใช้งานมี 6 key โดย แต่ละตัวมีหน้าที่การทำงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Up arrow key : ทำหน้าที่เลื่อน ลูกศร หรือ menu bar ขึ้นสูงกว่าเดิม 1 ตำแหน่ง

Down arrow key : ทำหน้าที่เลื่อน ลูกศร หรือ menu bar ลงต่ำกว่าเดิม 1 ตำแหน่ง

Left arrow key : ทำหน้าที่เลื่อน ลูกศร ไปทางซ้าย หนึ่งตำแหน่ง

Right arrow key : ทำหน้าที่เลื่อน ลูกศรไปทางขวา หนึ่งตำแหน่ง

ENTER : ทำหน้าที่อนุญาติ ให้คำสั่งทำงานเมื่ออยู่ใน edit mode หรือ เลือกคำสั่งที่จะทำงานเมื่อ อยู่ใน command mode

ESC : ทำหน้าที่เปลี่ยน mode การทำงาน ระหว่าง edit mode กับ command mode

พื้นที่ใช้งานบนจอภาพ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆคือ

User area: พื้นที่บริเวณนี้เป็นพื้นที่สำหรับผู้ใช้ ใช้สำหรับการออกแบบ เปรียบเสมือนกระดาษเขียนแบบว่าง ให้ผู้ใช้สามารถ ออกแบบ ลากเส้น วาดรูปได้ โดยจะมีลูกศรเป็นตัวชี้ตำแหน่ง ให้ทราบว่าผู้ใช้กำลังปฏิบัติงานอยู่ส่วนใดของพื้นที่ เมื่อผู้ใช้ทำงานอยู่ในส่วนนี้เรียกว่าผู้ใช้ทำงานอยู่ใน editor mode

Command area : เป็นพื้นที่สำหรับเก็บคำสั่งที่ใช้ในการทำงาน เมื่อผู้ใช้ต้องการใช้คำสั่งในการทำงานจะต้องเข้ามาในส่วนนี้ เพื่อเลือกคำสั่งใช้งาน (active command)การเลือกคำสั่งทำโดย เลื่อนแถบแสง (menu bar) ไปยังคำสั่งที่ต้องการแล้วกด ENTER คำสั่งที่อยู่ตำแหน่ง ของmenu bar ก็จะทำงานทันที เมื่อผู้ใช้ทำงานอยู่ในส่วนนี้เรียกว่าผู้ใช้ทำงานอยู่ใน command mode

นอกจากนี้ยังมีส่วนเพิ่มเติม แต่เป็นพื้นที่ส่วนที่ใช้งานชั่วคราว คือ ส่วนที่เป็นส่วนแสดงผลในกรณีที่มีคำสั่งย่อย เรียกว่า Sub-commans Window และเมื่อใช้งานเสร็จ Window ก็จะหายไปสามารถใช้งานเป็น User area ได้ตามปกติ อีกส่วนหนึ่งคือ ส่วนที่ใช้สำหรับ รับข้อมูลจากผู้ใช้ และแนะนำการใช้งาน ให้แก่ผู้ใช้ เรียกว่า Massage window ซึ่งเมื่อทำงานเสร็จก็หายไป เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทำงานของชุดคำสั่งของโปรแกรม

ในการทำงานของโปรแกรมนี้มีคำสั่งเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ ซึ่งคำสั่งเหล่านี้จะ อยู่ในพื้นที่ของ command area ผู้ใช้สามารถใช้คำสั่งเหล่านี้ได้โดย เข้าไปใน command mode และเลื่อน menu bar ไปยังคำสั่งที่ต้องการแล้ว กด ENTER ซึ่งรายละเอียดของคำสั่งต่างๆ มีดังนี้

LINE : เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับ ลากเส้นตรง เชื่อมระหว่าง จุด สอง จุด โดยมีการทำงาน แบ่งออกเป็น 3 โหมด คือ

normal mode: การทำงานในโหมดนี้ เป็นการลากเส้นเชื่อมต่อ ระหว่างจุดเริ่มต้น กับจุดสุดท้าย ซึ่งในการใช้งาน จะต้องกำหนด จุดทั้งสองทุกครั้ง

relative mode: การทำงานในโหมดนี้ จะทำการลากเส้น เชื่อมระหว่างจุดปัจจุบัน กับจุดปลายของเส้นตรงล่าสุด กล่าวคือ การลากเส้นในโหมดนี้จะสามารถลากเส้นตรง ต่อเนื่องไปเรื่อยๆ โดยไม่ต้องกำหนดจุดเริ่มต้น ขึ้นมาใหม่

continous mode: การทำงานในโหมดนี้ ผู้ใช้ไม่ต้อง กำหนดจุดใดๆ ทั้งสิ้นเพราะโปรแกรมจะทำการ ลากเส้นทุกครั้งที่มีการ เลื่อนลูกศร เส้นจะลากตามลูกศรไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะออกจากคำสั่ง LINE

CURVE : เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับ ลากเส้นโค้งเชื่อม ระหว่าง จุดสองจุด โดยลักษณะความโค้งเป็นไปตาม สมการกำลังสอง

CIRCLE : เป็นคำสั่งสำหรับวาดวงกลม โดยผู้ใช้เป็นผู้กำหนด จุดศูนย์กลางและรัศมี

RECTANGLE : เป็นคำสั่งสำหรับ วาดรูปสี่เหลี่ยม โดยผู้ใช้เป็น ผู้กำหนด ตำแหน่งมุมของสี่เหลี่ยม

ELLIPSE : เป็นคำสั่งสำหรับ วาดรูป วงรี โดยผู้ใช้เป็นผู้กำหนด จุดศูนย์กลาง รัศมีทางแนวตั้ง และ รัศมีทางแนวนอน

CLEAR SCREEN: เป็นคำสั่งสำหรับ ลบพื้นที่ของ user area

CLEAR BUFFER : เป็นคำสั่งสำหรับ ลบคำสั่งทั้งหมด ที่อยู่ในหน่วยความจำ

REDRAW : เป็นคำสั่งสำหรับ นำคำสั่งในหน่วยความจำ มาแสดงบนจอภาพ

MANUAL : เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับ ควบคุมการเคลื่อนที่ ของหัวตัด โดยใช้ arrow key

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CUTTING : เป็นคำสั่งที่ นำภาพที่ออกแบบไว้ มาประมวลผล และส่งสัญญาณไปควบคุม การเคลื่อนที่ และการตัด ของหัวตัด

SET-UP : เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับ ตั้งค่าต่างๆ ที่จำเป็นต่อการ ตัดชิ้นงาน เช่น อัตราส่วน ขนาด ความเร็ว เป็นต้น

SIMULATE : เป็นคำสั่งที่ทำหน้าที่ จำลองการตัดของเครื่องตัด โดยแสดงผลบนจอภาพ ทำให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบลำดับขั้นการทำงาน ของเครื่องตัดก่อนที่จะตัดสินใจตัดชิ้นงานจริง LOAD : เป็นคำสั่งสำหรับ อ่านคำสั่งที่เก็บอยู่ใน diskette เข้ามาไว้ในหน่วยความจำ

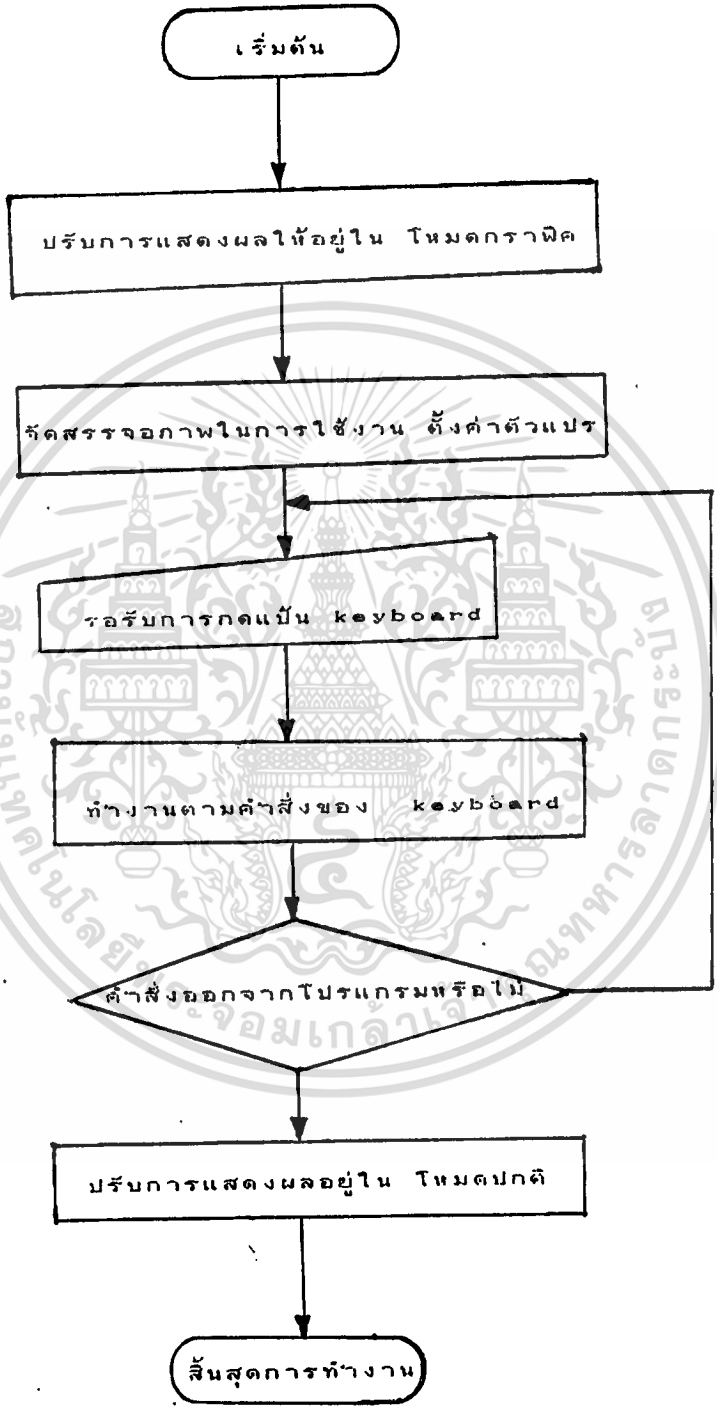
SAVE : เป็นคำสั่งสำหรับ นำคำสั่งที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำ เก็บลงไปใน diskette

QUIT : เป็นคำสั่งออกจาก การทำงานของ โปรแกรมนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

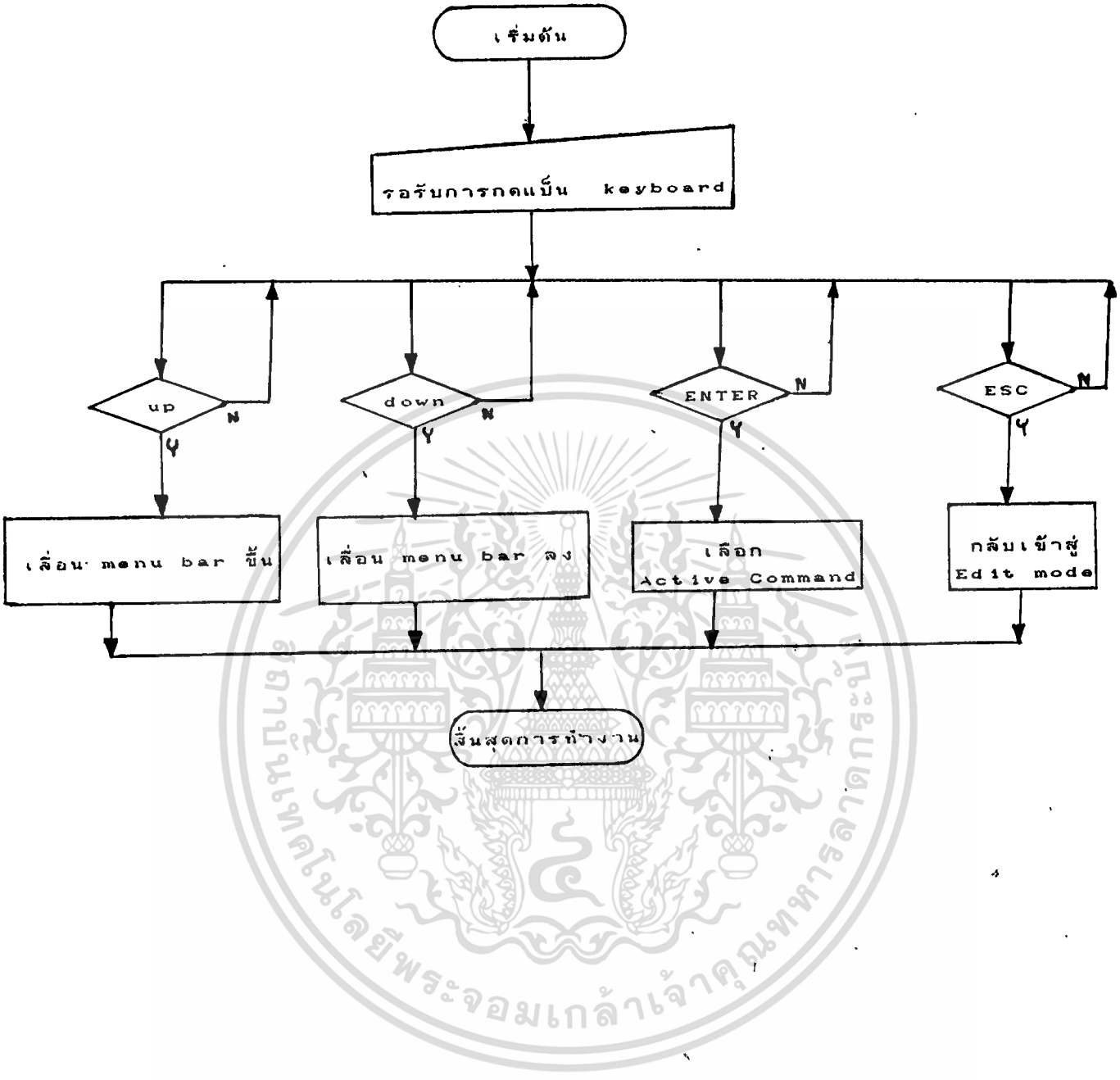
การทำงานของโปรแกรม

เนื่องจากโปรแกรมมีขนาดใหญ่ จึงขออธิบายการทำงานด้วย flow chart และอธิบายทีละส่วน เพื่อให้สามารถ พิจารณาได้โดยง่าย



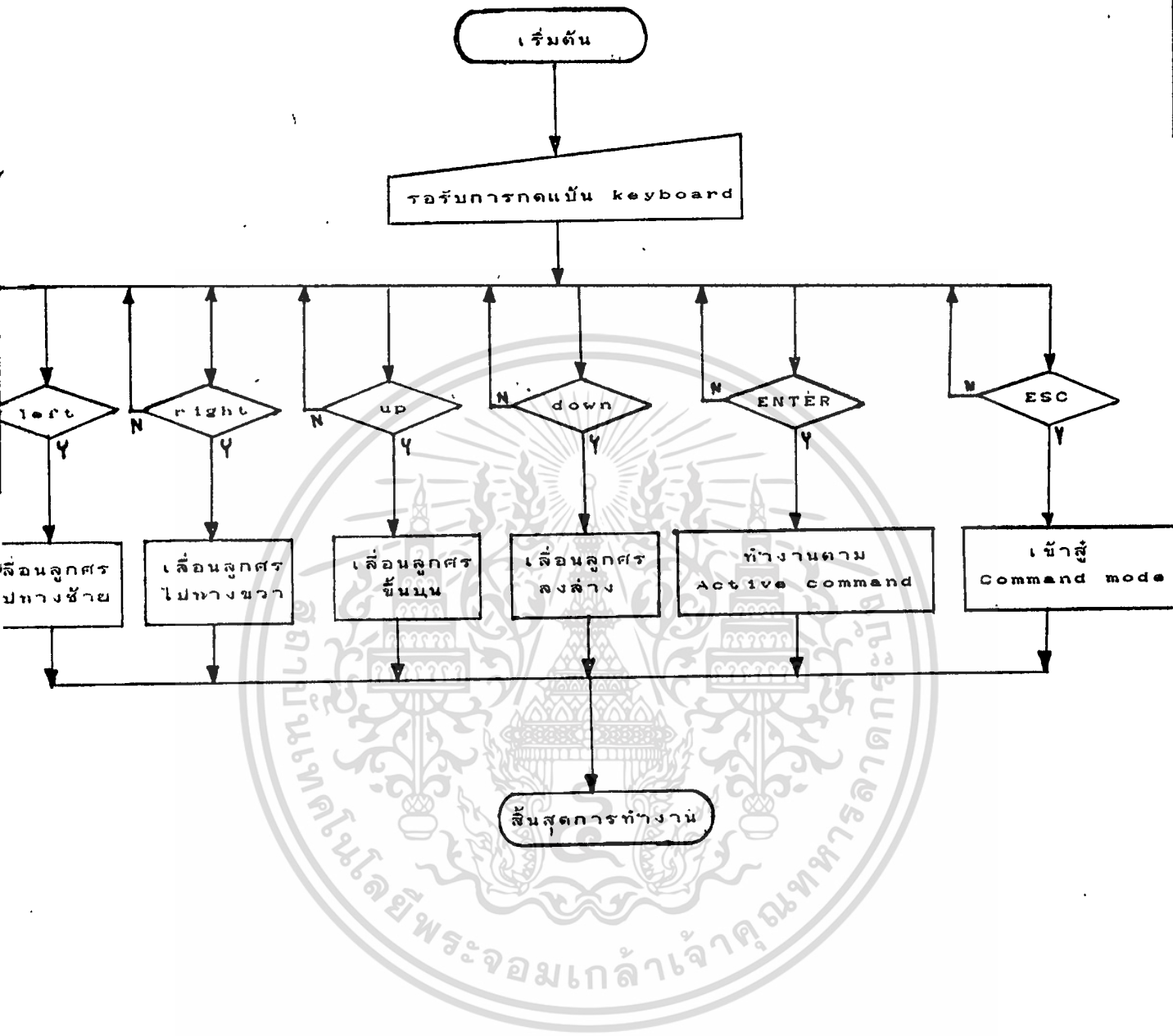
Flow chart แสดงการทำงานของ Main Program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



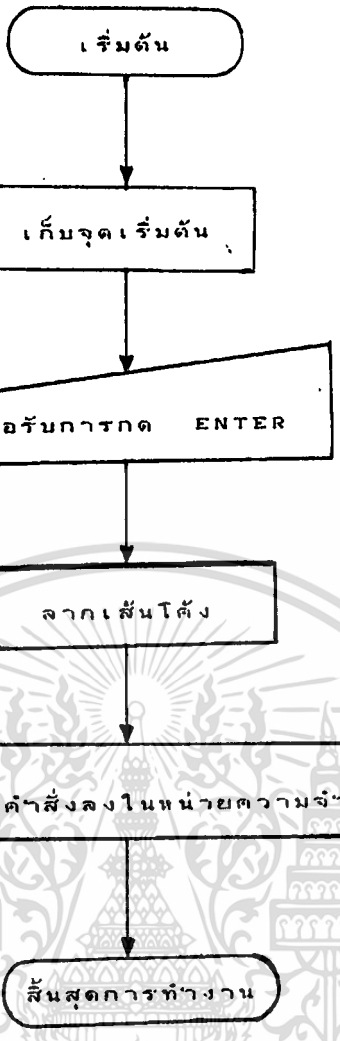
Flow Chart แสดงการทำงานใน Command mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



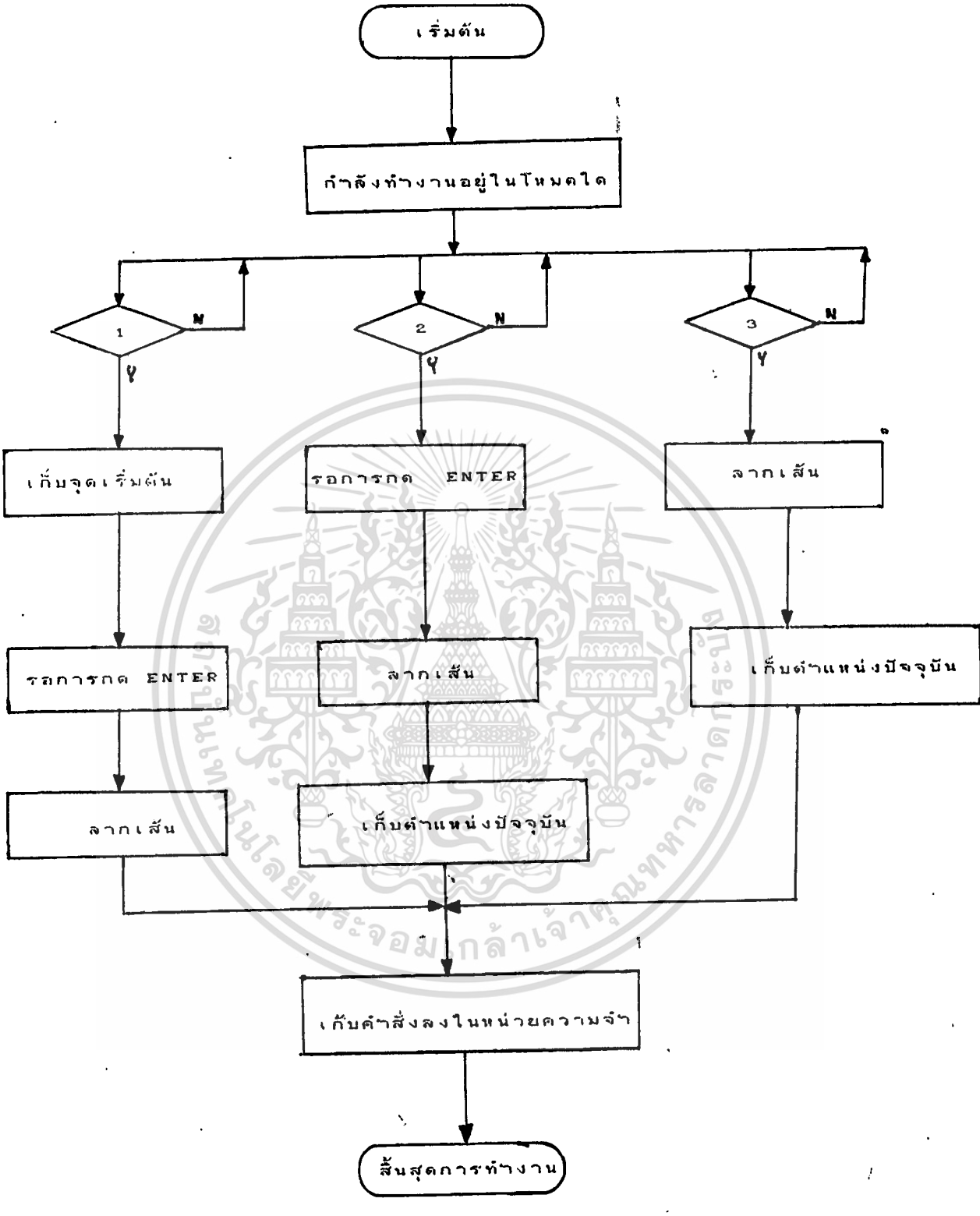
Flow chart แสดงการทำงานเมื่ออยู่ใน Edit Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



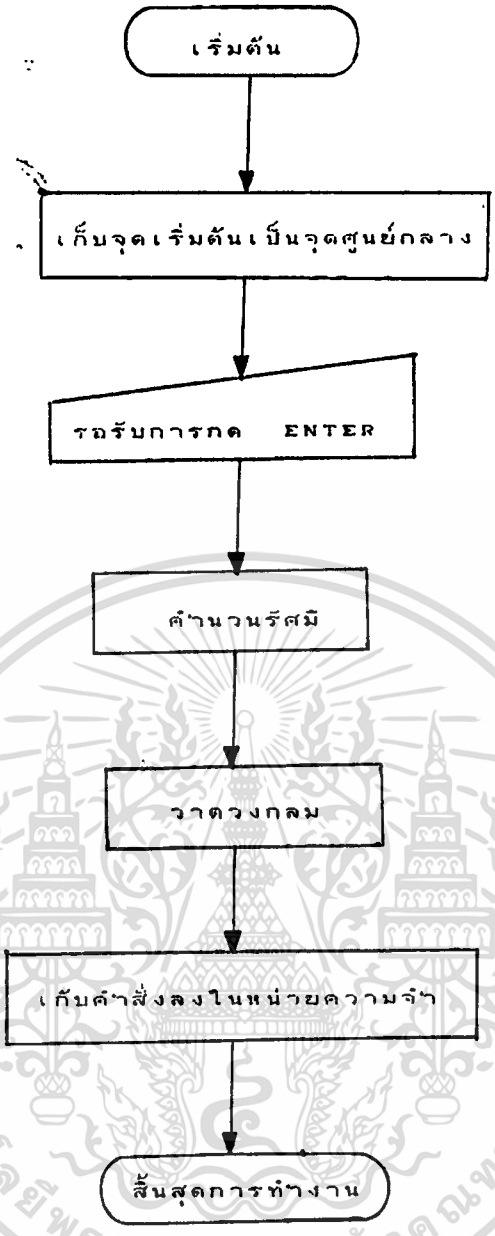
Flow Chart แสดงการทำงานของคำสั่ง CURVE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



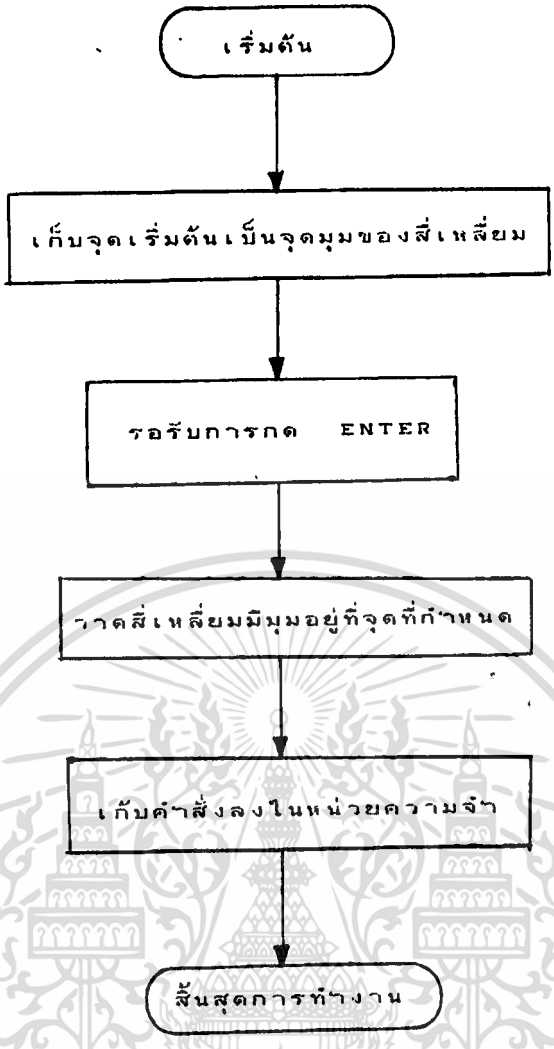
Flow Chart แสดงการทำงานของคำสั่ง LINE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



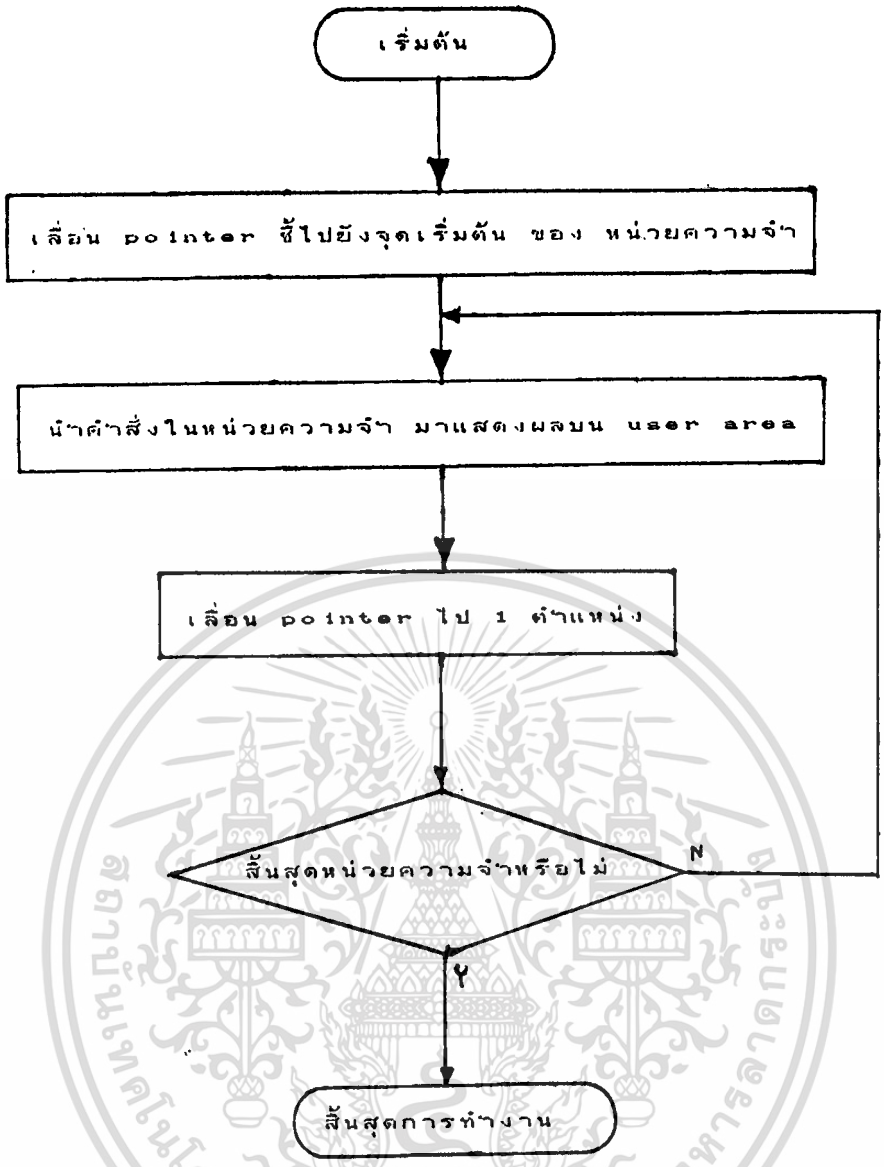
Flow Chart แสดงการทำงานของคำสั่ง CIRCLE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



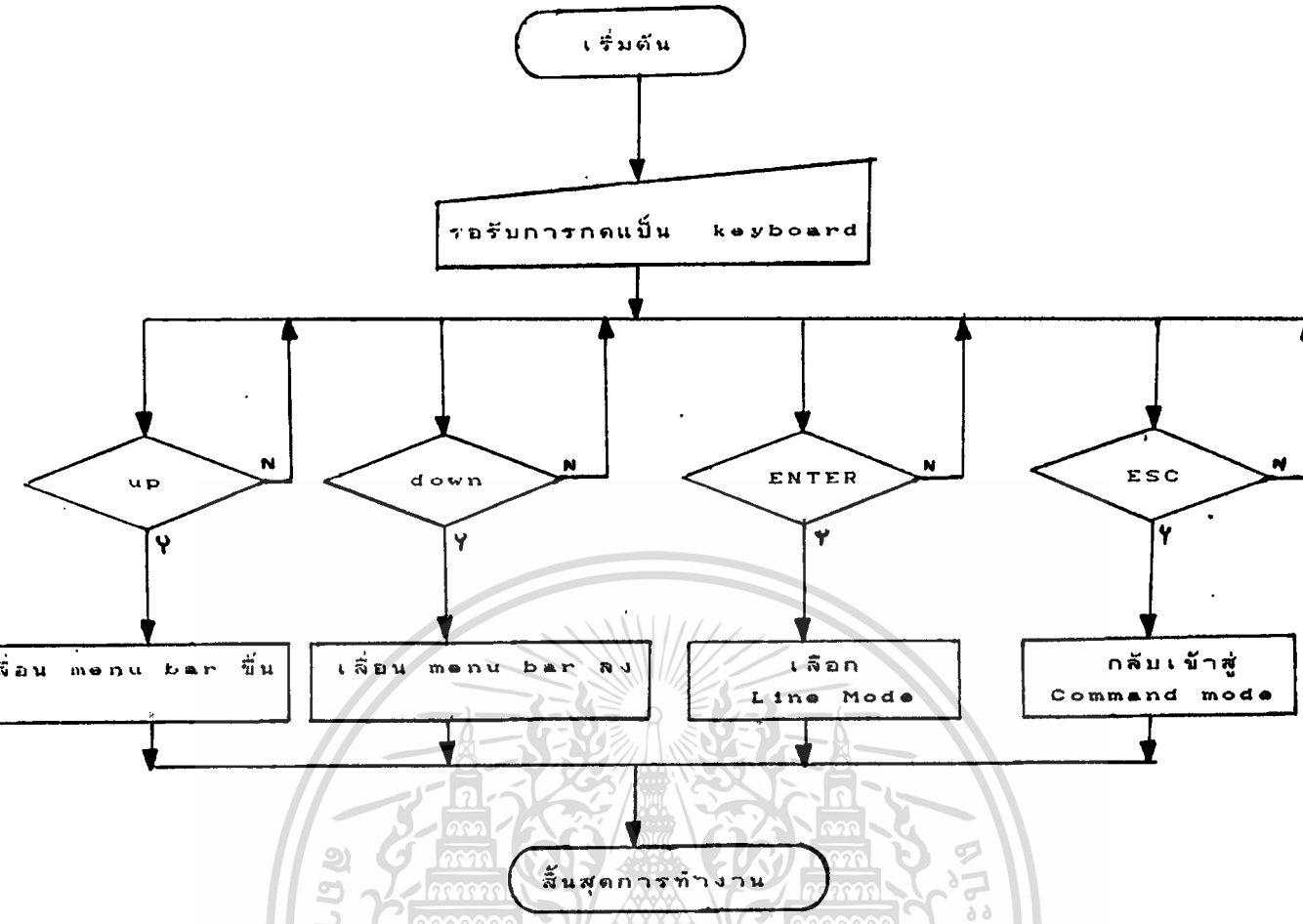
Flow Chart แสดงการทำงานของคำสั่ง RECTANGLE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



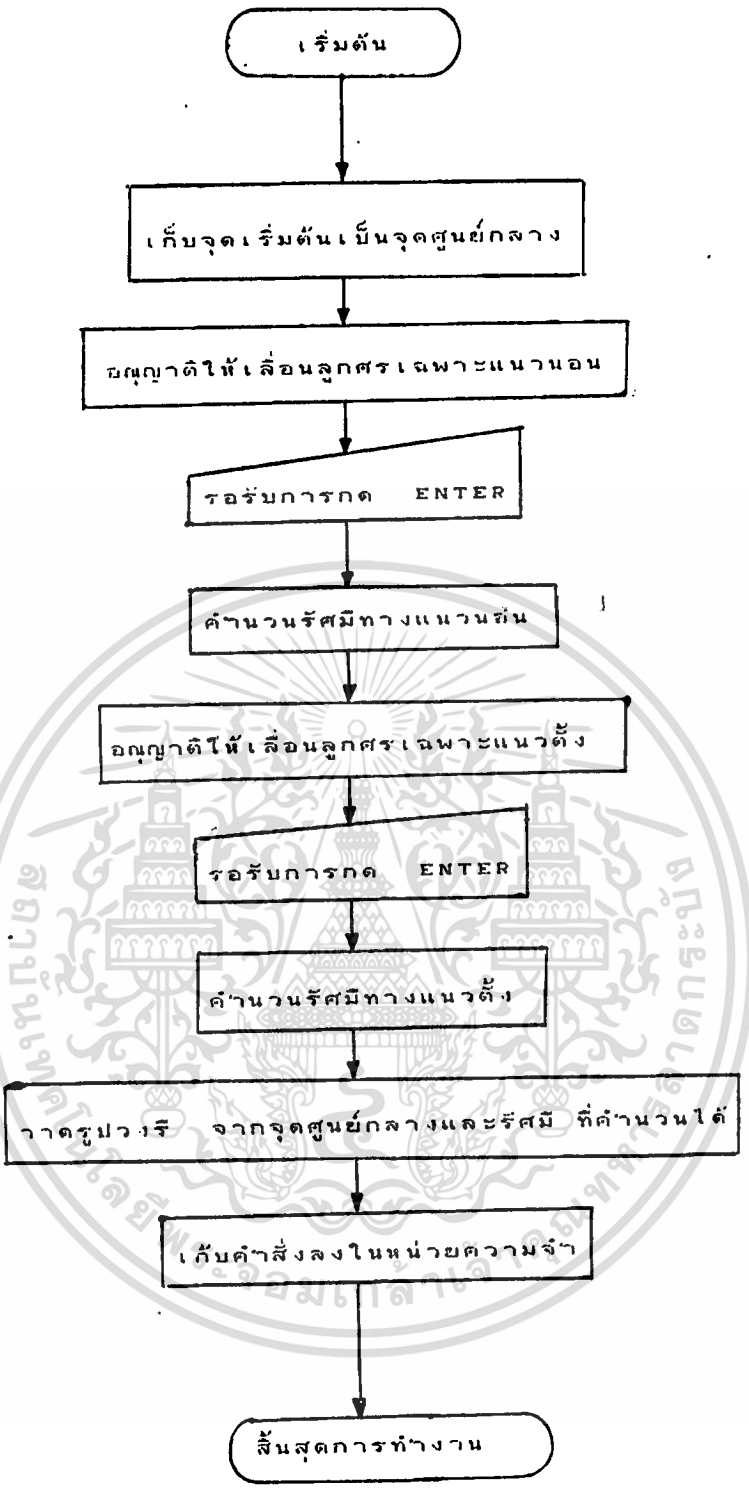
Flow Chart แสดงการทำงานของคำสั่ง REDRAW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



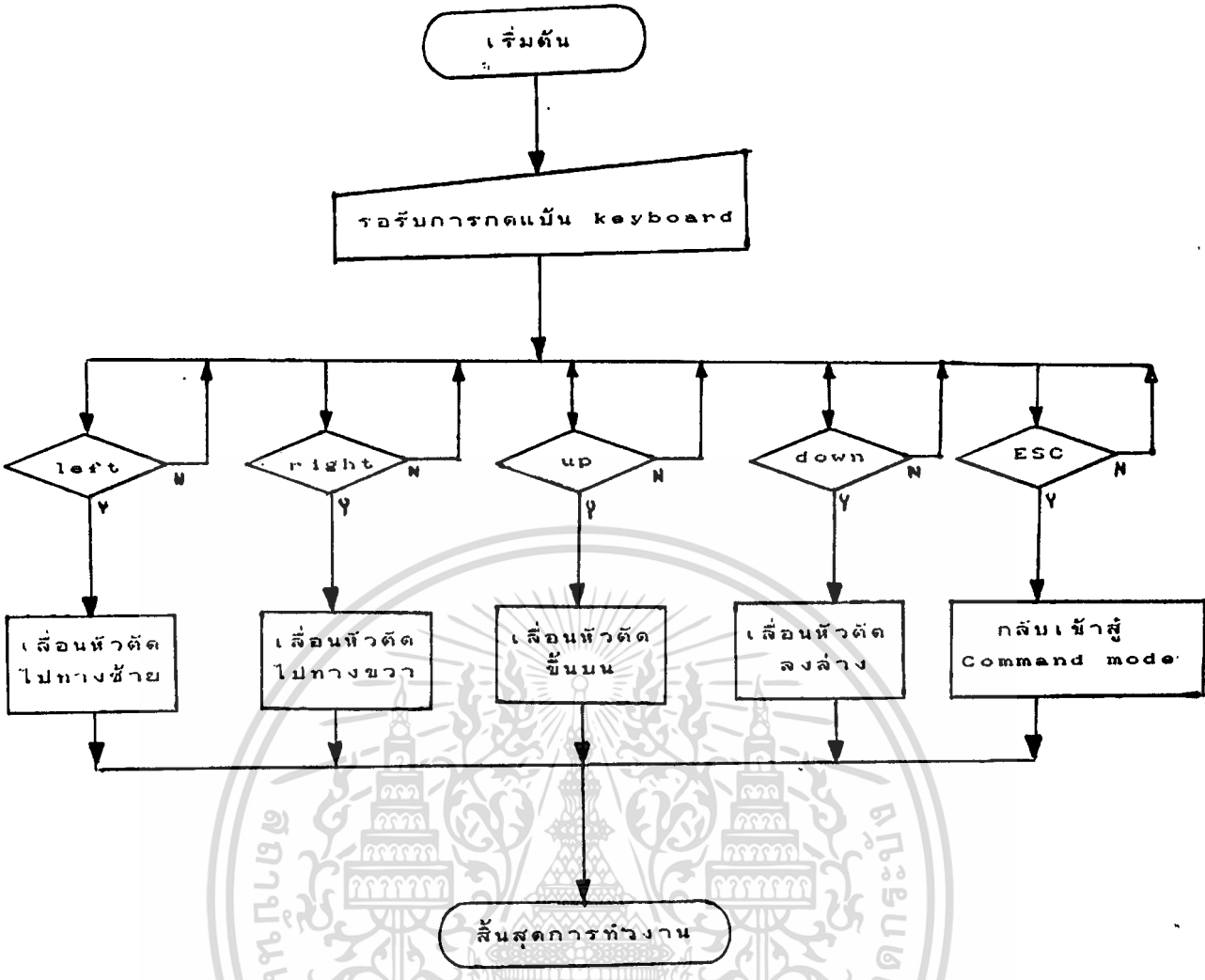
Flow Chart แสดงการทำงานของคำสั่ง SET LINE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



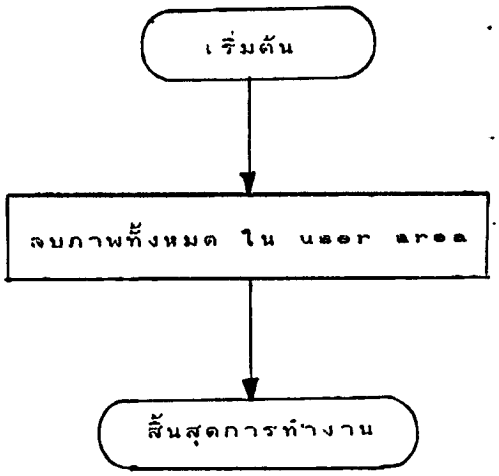
Flow Chart แสดงการทำงานของคำสั่ง ELLIPSE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

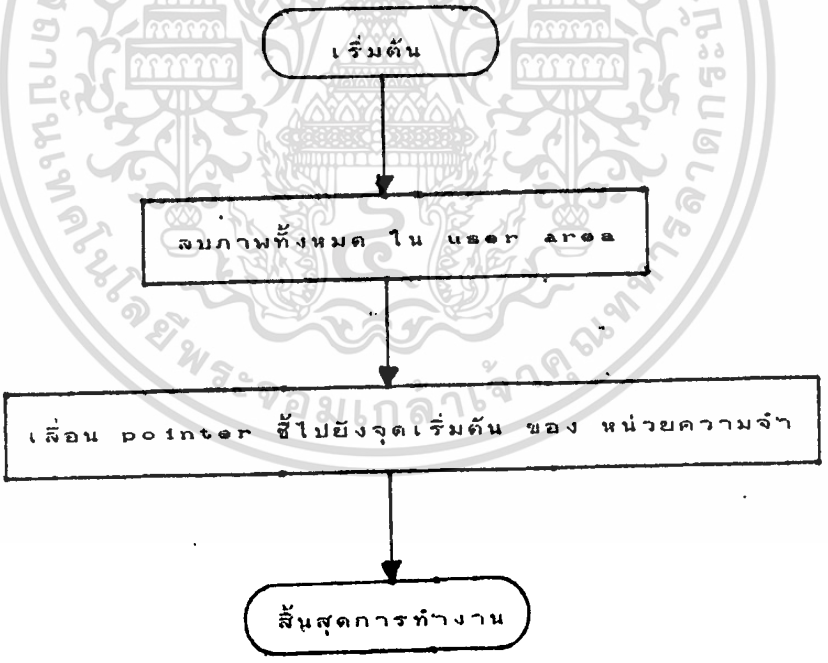


Flow Chart แสดงการทำงานของคำสั่ง MANUAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

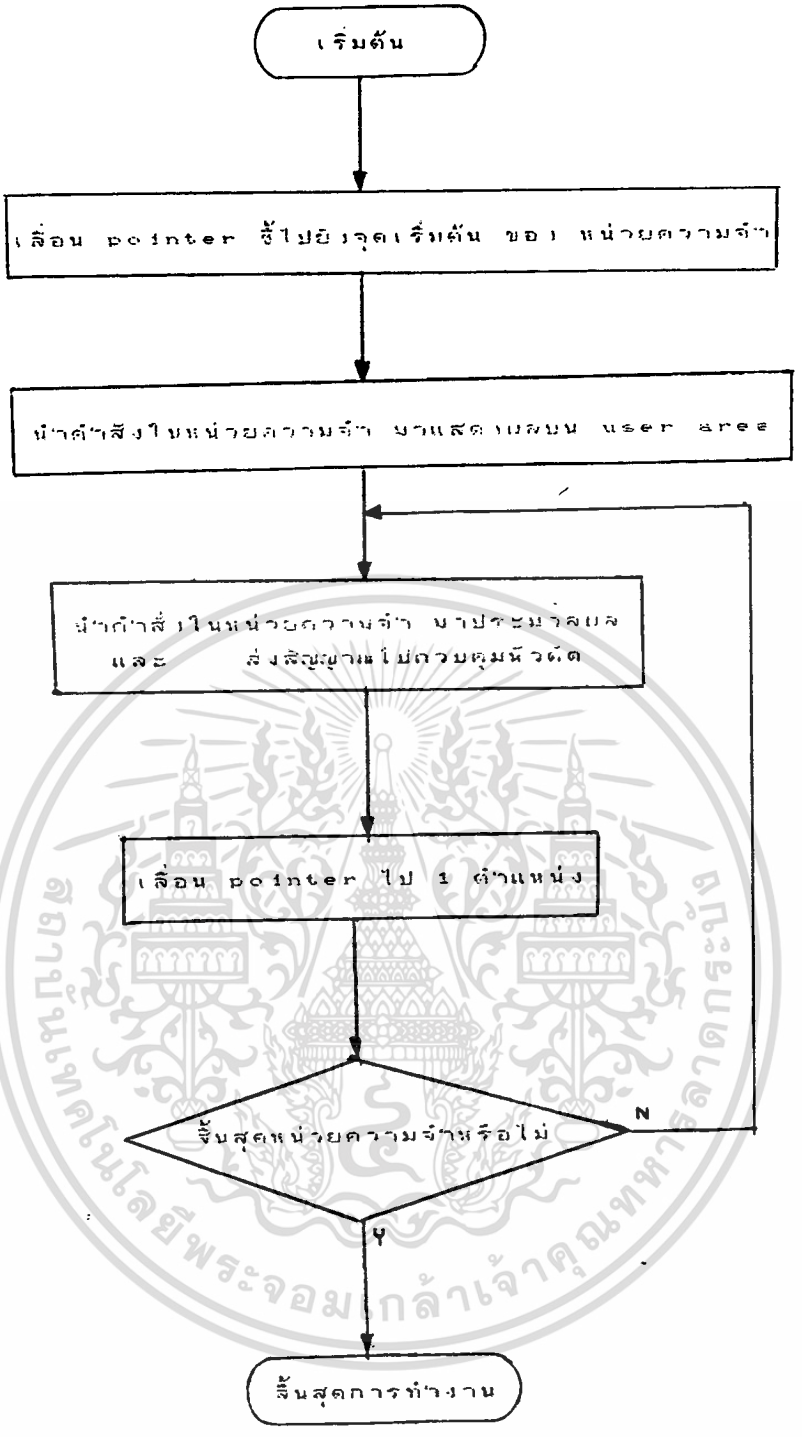


Flow Chart แสดงการทำงานของคำสั่ง CLEAR SCREEN



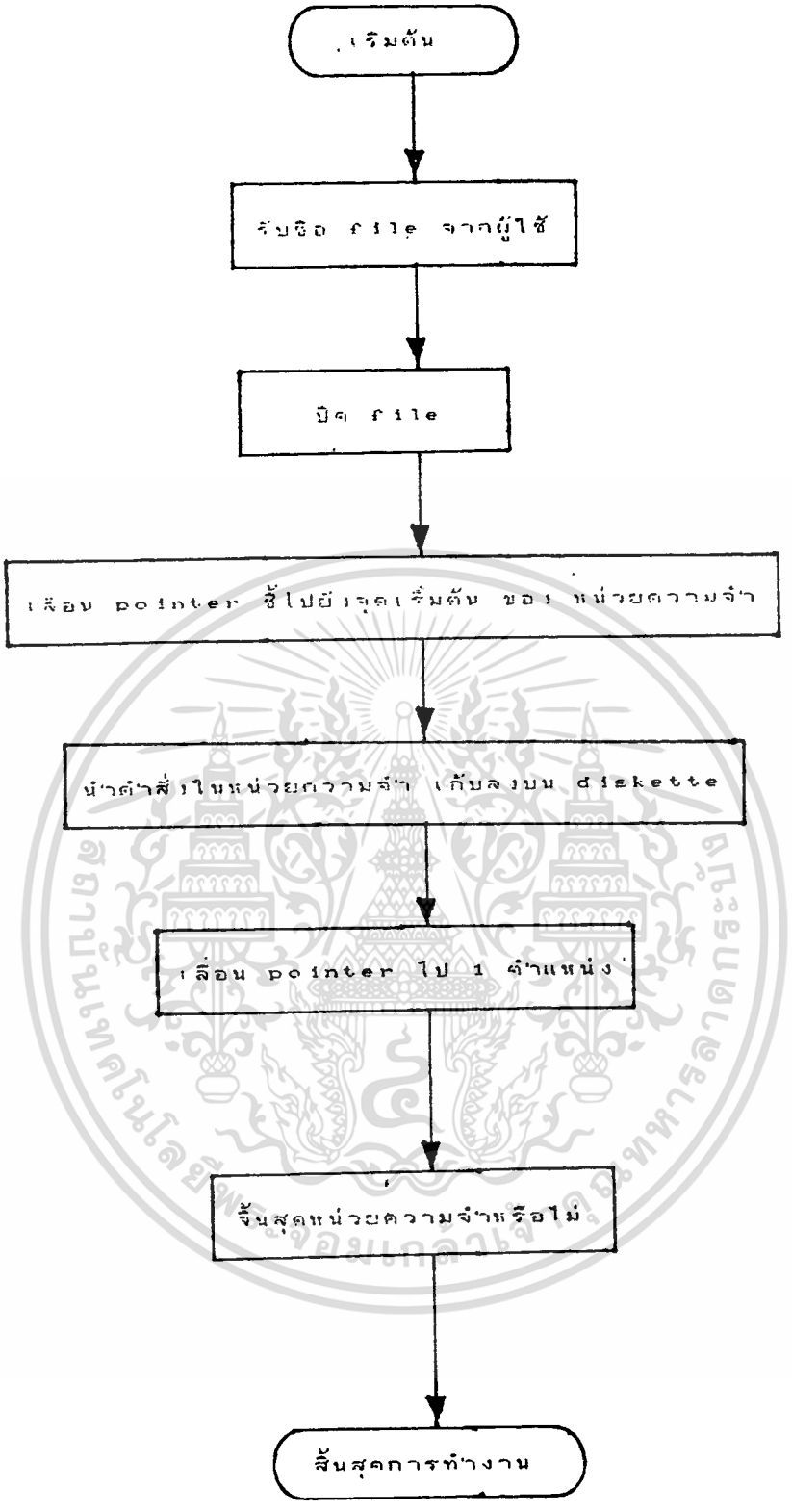
Flow Chart แสดงการทำงานของคำสั่ง CLEAR BUFFER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



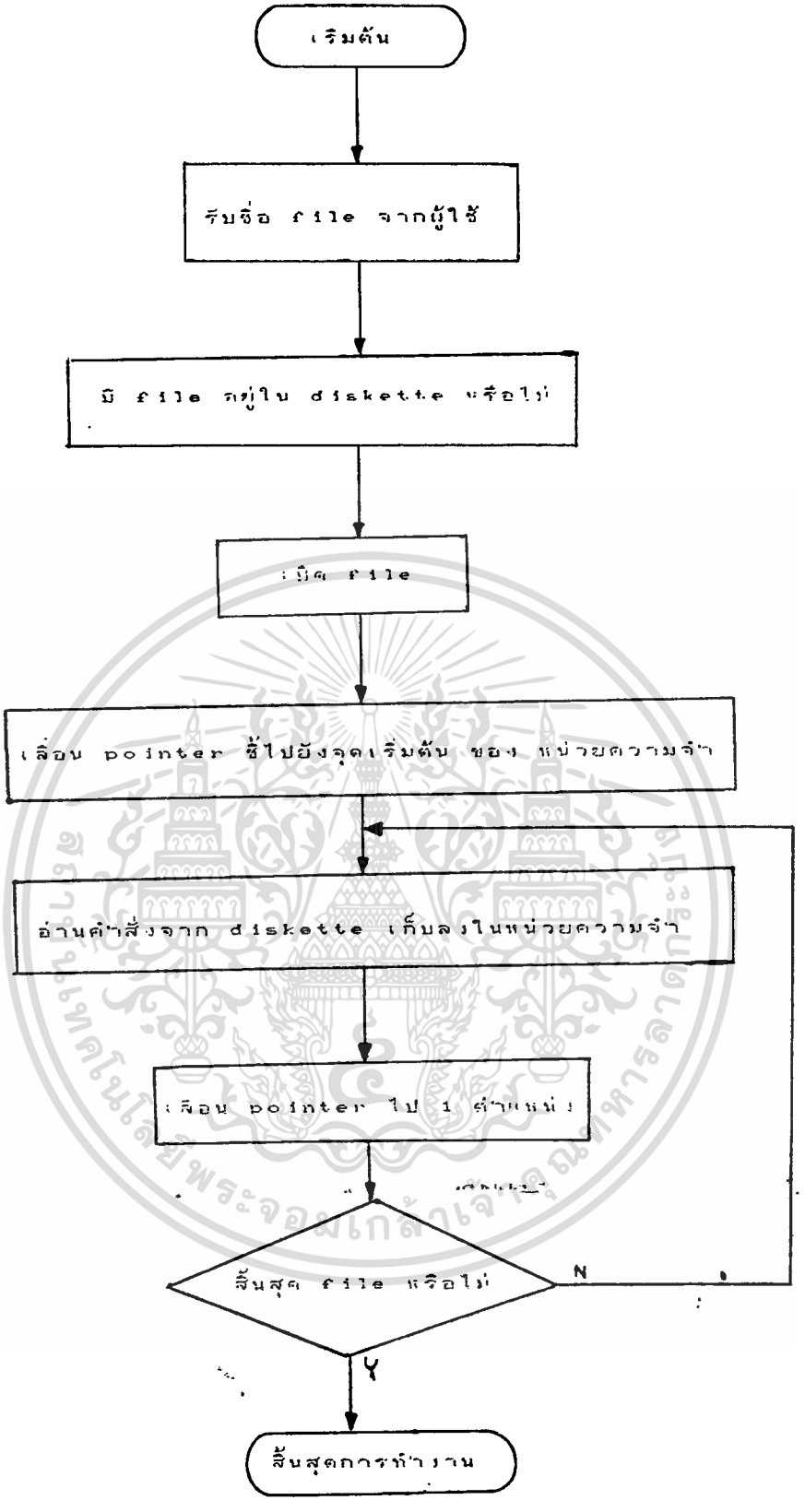
Flow Chart แสดงการทำงานของคำสั่ง CUTTING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Flow Chart แสดงการทำงานของคำสั่ง SAVE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



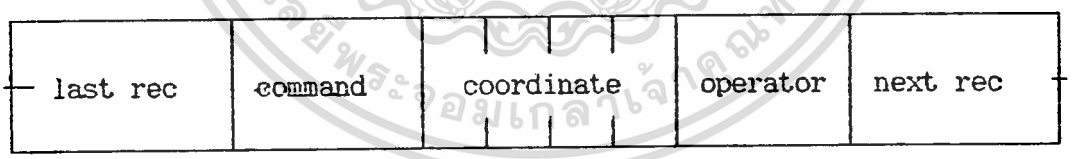
Flow Chart แสดงการทำงานของคำสั่ง LOAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การจัดเก็บคำสั่งในหน่วยความจำ

เนื่องจากในการออกแบบนั้น หลังจากการออกแบบแล้วจะต้องสามารถ นำแบบที่ได้มาทำการควบคุมเครื่องตัด นำมาแก้ไขดัดแปลง หรือเก็บรักษาไว้ได้ จึงจำเป็นต้องมีการจัดสรรหน่วยความจำเพื่อการทำงานเหล่านี้ และจากเป้าหมายของโครงงานนี้คือ เครื่องตัดอัตโนมัติ การทำงานของโปรแกรมเปรียบเสมือนเป็นส่วนป้อนคำสั่งให้แก่เครื่องตัดนั่นเอง ส่วนการทำงานของ graphic editor เป็นส่วนช่วยให้การป้อนคำสั่งเพื่อการควบคุมเครื่องตัดให้ง่ายขึ้น สามารถมองเห็นลักษณะรูปร่างของชิ้นงาน ได้ในขณะออกแบบ ซึ่งแน่นอนย่อมดีกว่าการป้อนคำสั่งเป็นรหัสการทำงานเป็นตัวหนังสือ ดังนั้นเส้นทุกเส้นที่วาดลงไปจะถือว่าเป็นคำสั่งทั้งสิ้น เมื่อออกแบบบนจอมีรูปร่างอย่างไร ก็สามารถที่จะตัดชิ้นงานออกมามีรูปร่างอย่างนั้น ทำให้การใช้งานในการออกแบบจึงมีคำสั่งให้ใช้งานไม่มากเหมือนโปรแกรมคอมพิวเตอร์กราฟิคทั่วไป เพราะบางคำสั่งไม่จำเป็นและบางคำสั่งไม่สามารถนำมาตัดเป็นชิ้นงานจริงได้ แต่ถ้าใช้สำหรับการออกแบบชิ้นงานสำหรับเครื่องตัดแล้วจะใช้งานได้เหมาะสม

สำหรับการเก็บภาพที่ออกแบบไว้นั้น เก็บอยู่ในรูปของคำสั่งโดยจัดหน่วยความจำเป็นแบบ link list สองทางประกอบด้วย field ต่างๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่จำเป็นของคำสั่งดังนี้



last record : เป็นตัวแปรประเภท pointer ทำหน้าที่เป็นตัวชี้ตำแหน่งของข้อมูลล่าสุด เนื่องจากข้อมูลเป็นแบบ link list ซึ่งไม่มีตำแหน่งที่อยู่แน่นอน การเข้าถึงข้อมูลจึงต้องอาศัยการเชื่อมโยงกันระหว่างข้อมูลเป็นหลัก

command : เป็นตัวที่ทำหน้าที่ระบุว่าเป็นคำสั่งอะไร โดยที่การทำงานแต่ละแบบจะมีรหัสประจำอยู่ทั้งสิ้นไม่ซ้ำกัน ดังมีรายละเอียดดังนี้

1: เส้นตรง

2: วงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3: วงรี

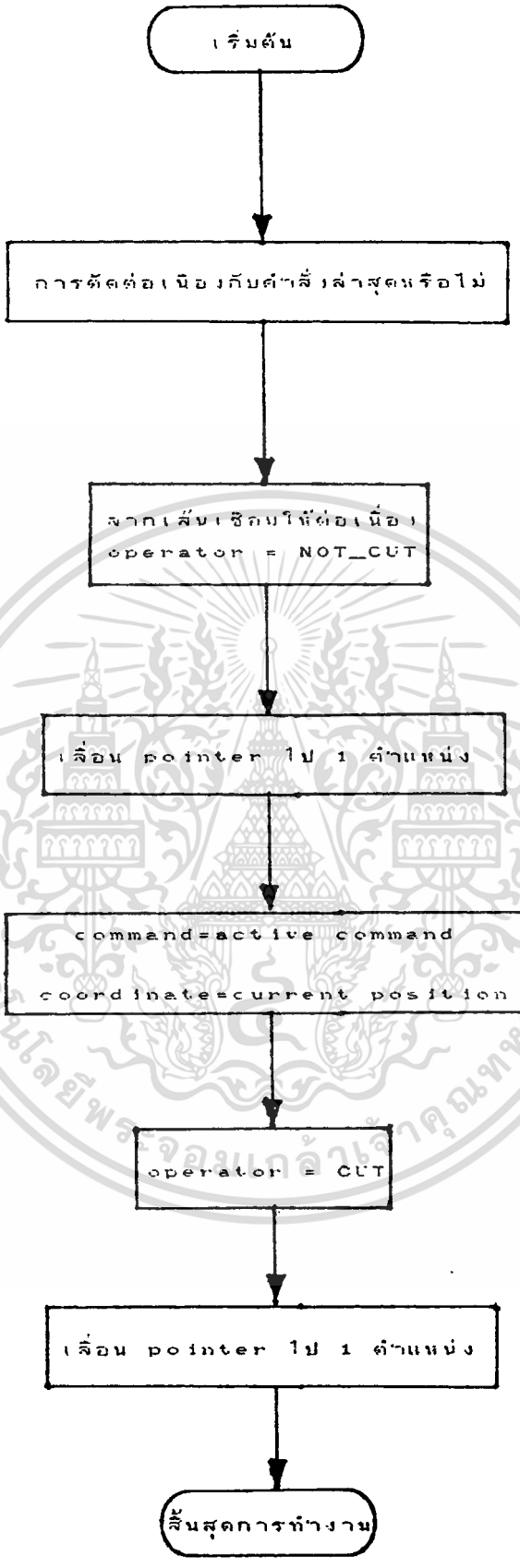
4: สี่เหลี่ยม

6..13 : เส้นโค้ง

coordinate : ตำแหน่งทำงานของคำสั่ง โดยจะเป็นของจุดเริ่มต้น (x,z) และจุดสุดท้าย (x,z) เมื่อทำการนำคำสั่งมาแสดงผลโปรแกรมจะยึดจุดนี้เป็นจุดอ้างอิง

operator : ส่วนนี้เป็นคำสั่งควบคุมการตัดของหัวตัด ว่าคำสั่งนี้อนุญาติให้มีการตัดชิ้นงานหรือไม่ การเคลื่อนที่ของหัวตัดไม่จำเป็นว่าจะต้องตัดชิ้นงานทุกครั้ง เพราะว่าบางครั้งอาจเป็นการเลื่อนตำแหน่งของหัวตัดให้เข้าสู่ตำแหน่งที่ถูกต้องเท่านั้น คำสั่งที่ให้มีการเลื่อนของหัวตัดโดยไม่มีการตัดนี้ผู้ใช้ไม่สามารถกำหนดได้ เพราะเส้นทุกเส้นที่ผู้ใช้วาดนั้นจะถือว่าเป็นแนวการตัดทั้งสิ้น การเคลื่อนที่โดยไม่มีการตัดจะเป็นการควบคุมโดยอัตโนมัติของโปรแกรมในกรณีที่การตัดของชิ้นงานเป็นไปอย่างไม่ต่อเนื่อง โปรแกรมจะทำการลากเส้นตรงเชื่อมระหว่างจุดที่ไม่ต่อเนื่องแต่จะกำหนดคำสั่งใน operator ให้เป็นการเลื่อนโดยไม่มีการตัดเพื่อให้การตัดเป็นไปอย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Flow Chart แสดงการเก็บคำสั่งลงในหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวตัด

ส่วนที่ทำหน้าที่เคลื่อนหัวตัดสำหรับโครงงานนี้คือ stepper motor ซึ่งจากการออกแบบวงจรส่วนที่ควบคุมนั้น ต้องการสัญญาณสำหรับควบคุมการหมุนเพียง 3 สัญญาณคือ

- สัญญาณควบคุมทิศทางการหมุน ซึ่งมีอยู่ 2 ทิศทางคือ หมุนตามเข็มนาฬิกา และหมุนทวนเข็มนาฬิกา
- สัญญาณกระตุ้นการหมุน (pulse) ซึ่งเมื่อมอเตอร์ได้รับสัญญาณนี้จะ หมุนไป1 step ดังนั้นความเร็วในการหมุน ของมอเตอร์จึงสามารถควบคุมได้โดยสัญญาณกระตุ้นการหมุนนี่เอง หากต้องการให้หมุนด้วยความเร็วต่ำก็ ส่งสัญญาณไปกระตุ้นด้วยความถี่ต่ำหากต้องการความเร็วสูงก็ส่งสัญญาณไปกระตุ้นด้วยความถี่สูง
- สัญญาณควบคุมการหมุน(enable) เป็นสัญญาณที่อนุญาติให้ สัญญาณกระตุ้นเข้าไปกระตุ้นมอเตอร์ให้หมุนได้หรือไม่ หากสัญญาณส่วนนี้ไม่ทำงาน สัญญาณกระตุ้นก็ไม่สามารถเข้าไปกระตุ้น มอเตอร์ให้หมุนได้

สำหรับการเคลื่อนที่ของหัวตัดมี สองแกนคือ แกน X และ แกน Z ซึ่งจะต้องมีส่วนขับเคลื่อน ทั้งสองแกน โดยที่แต่ละแกนจะมีส่วนควบคุมการเคลื่อนที่แยกออกจากกันโดยเด็ดขาด แต่มีลักษณะการควบคุมเหมือนกัน และในขณะการทำงานจะต้องเคลื่อนที่พร้อมทั้งสองแกน โดยต้องมีความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ที่สอดคล้องกัน จึงสามารถตัดชิ้นงานได้อย่างถูกต้อง

การเชื่อมต่อวงจรควบคุมกับไมโครคอมพิวเตอร์

การเชื่อมต่อวงจรควบคุมมอเตอร์กับไมโครคอมพิวเตอร์ ทำโดยผ่านพอร์ตขนานบนการ์ด multi I/O คือพอร์ต LPT2 มีหมายเลขคือ 378H,379H เหตุที่ใช้พอร์ตขนานที่มีอยู่บน การ์ด multi I/O เพราะ วงจรควบคุมมอเตอร์ต้องการสัญญาณควบคุมจากโปรแกรมเท่านั้น ไม่ต้องการสัญญาณจากบัสภายในของระบบ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อภายในกับไมโครคอมพิวเตอร์ ใช้พอร์ตที่มีอยู่แล้วก็เพียงพอ อีกประการหนึ่งคือการ์ด multi I/O นั้นเป็นการ์ดมาตรฐานที่ใช้กันอยู่ทั่วไปอยู่แล้ว

ในการใช้งานนั้นจะใช้ พอร์ต 378H เป็นเอาต์พุตพอร์ตส่งสัญญาณให้แก่วงจรควบคุมมอเตอร์ ส่วนพอร์ต 379H นั้นใช้เป็นอินพุตพอร์ตเพื่อตรวจสอบตำแหน่งของหัวตัด ซึ่งจะกล่าวถึงในโอกาสต่อไป สำหรับรายละเอียดการใช้งานแต่ละบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของพอร์ต 378H มีดังนี้

บิต ø : เป็นสัญญาณกระตุ้นการหมุนของมอเตอร์ (pulse) เพื่อให้การควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ทั้งสองเป็นไปได้โดยง่าย มีความเร็วในการเคลื่อนที่เท่ากันจึงให้มอเตอร์ทั้งสองใช้ส

บิต 2 : เป็นสัญญาณควบคุมการหมุนของมอเตอร์ (enable) ในแกน X

บิต 3 : เป็นสัญญาณควบคุมการหมุนของมอเตอร์ (enable) ในแกน Z

บิต 4 : เป็นสัญญาณควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ (direction) ในแกน X

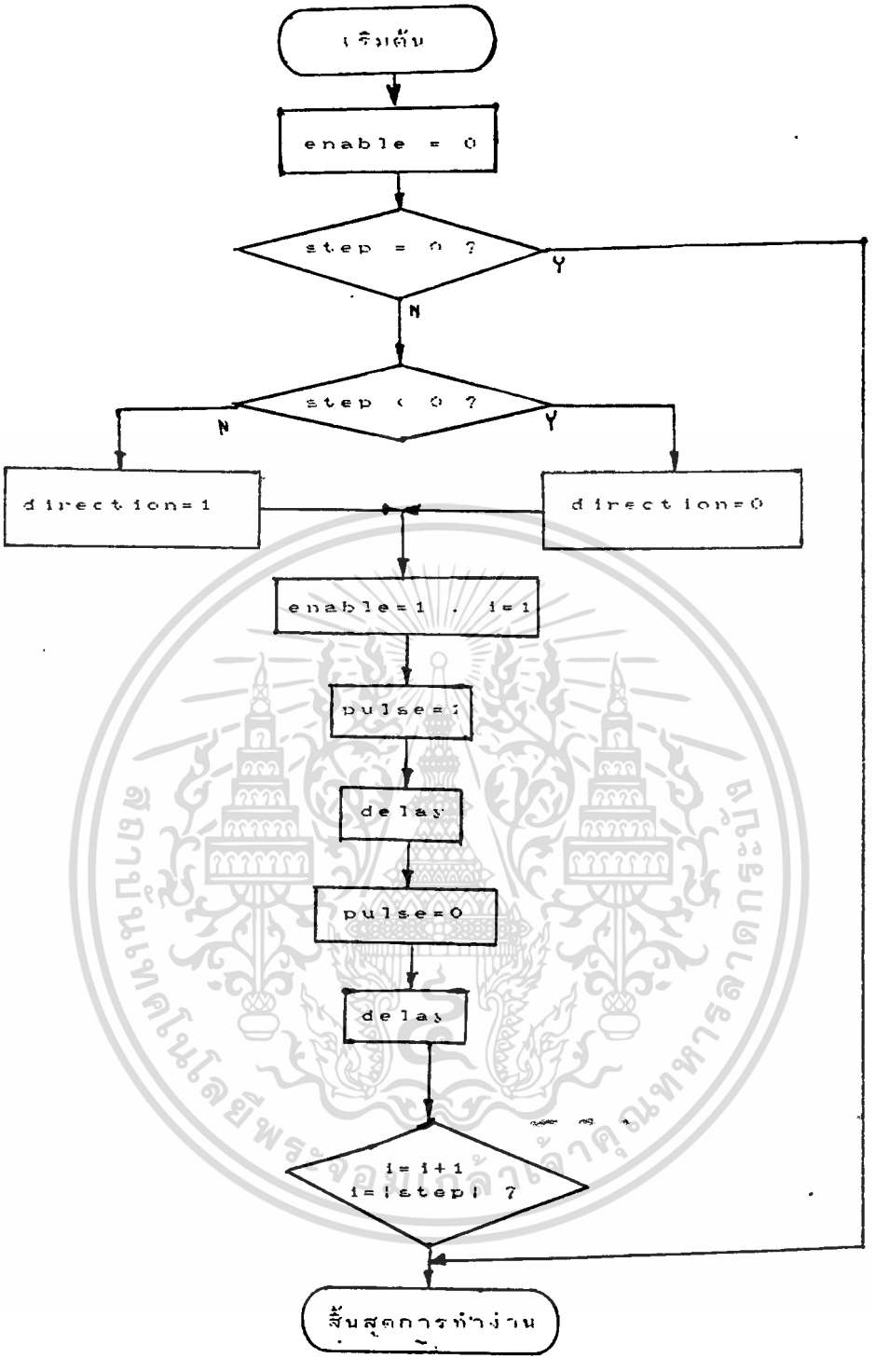
บิต 5 : เป็นสัญญาณควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ (direction) ในแกน Z

บิต 1,6,7 : สงวนไว้

3.7 โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่

เมื่อจัดการเชื่อมต่อระหว่างวงจรควบคุม กับไมโครคอมพิวเตอร์ได้แล้ว การควบคุมการเคลื่อนที่จึงอยู่ที่การจัดสัญญาณ ให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ให้เป็นไปตามต้องการ ดังนั้นเพื่อการควบคุมทำได้ง่าย และตัดปของสัญญาณทุกครั้ง ซึ่งเป็นเรื่องรายละเอียดมาก จึงเขียน Procedure สำหรับการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ทั้งสองตัวโดยเฉพาะ โดยรับค่า 2 ค่า คือ step การเคลื่อนที่ทางแนวแกน X และ step การเคลื่อนที่ทางแนวแกน Z ถ้าค่าเป็นบวกจะหมุนตามเข็มนาฬิกา ถ้าเป็นลบจะหมุนในทิศทางกลับกัน ซึ่งใน procedure นี้จะจัดการเรียงสัญญาณทุกสัญญาณที่จำเป็นต่อการหมุน ให้อย่างถูกต้อง เมื่อเรียกใช้ procedure นี้ มอเตอร์จะหมุนตามจำนวน step ที่กำหนดทันที โดยที่ไม่ต้องเขียนโปรแกรมสำหรับจัดเรียงสัญญาณอีกต่อไป ทำให้การควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวตัดทำได้ง่ายขึ้น เพราะในการตัดชิ้นงานนั้นการเคลื่อนที่ของทั้งสองแกนต้องสัมพันธ์กัน โดยเฉพาะการเคลื่อนที่ที่ซับซ้อน เช่น เส้นโค้ง ซึ่งการควบคุมการเคลื่อนที่ให้สัมพันธ์กัน นั้นยุ่งยากอยู่แล้วหากต้องมาจัดเรียงสัญญาณอีกก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Flow chart แสดงการทำงานของ procedure ควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การประมวลผลคำสั่งเป็นการเคลื่อนที่

ในการที่จะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้นั้น ต้องศึกษาการขับเคลื่อนของส่วน mechanic ว่ามีการขับเคลื่อนอย่างไร อัตราส่วนการเคลื่อนที่จริงต่อการหมุนของมอเตอร์เป็นอย่างไร เพื่อที่จะได้กำหนดระยะการเคลื่อนที่ของหัวตัด และการตัดชิ้นงานเป็นไปอย่างถูกต้องแม่นยำ

สำหรับส่วน mechanic ขับเคลื่อนโดย การใช้ มอเตอร์ต่อโดยตรงกับ ball screw เมื่อมอเตอร์หมุนจะทำให้ หัวตัดซึ่งอยู่บน ball screw เคลื่อที่ไปหน้าหรือถอยหลังได้ตามการหมุนของ มอเตอร์ ball screw ที่ใช้ มีระยะระหว่างเกลียว (pitch) เท่ากับ 4 มิลลิเมตร ดังนั้นเมื่อมอเตอร์หมุน 1 รอบ จะทำให้หัวตัดเคลื่อนที่เป็นระยะทาง เท่ากับ ระยะ pitch คือ 4 มิลลิเมตร ส่วนมอเตอร์นั้นสามารถหมุนได้ ø.9 องศาต่อ step ดังนั้นเมื่อมอเตอร์เคลื่อนที่ 1 step จะทำให้ได้ระยะทางเท่ากับ ø.ø1 mm ซึ่งมีความละเอียดสูงมาก เมื่อทราบอัตราการเคลื่อนที่ของหัวตัดเช่นนี้แล้ว ก็สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวตัดได้ อย่างมีประสิทธิภาพ

จะเห็นว่าหากต้องการให้หัวตัดเคลื่อนที่ ไประยะทางเท่าไรก็สามารถทำได้โดยง่าย เพียงแต่คำนวนระยะทางที่ต้องการออกมาเป็นจำนวน step แล้วป้อนให้แก่มอเตอร์ของแกนนั้น แล้วให้เคลื่อนที่ครั้งเดียว การเคลื่อนที่แบบนี้ เรียกว่าการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่องสามารถเลื่อนหัวตัด ได้เพียง สองแบบ คือ

-เคลื่อนที่ไปทีละแกน การเคลื่อนที่แบบนี้ จะสามารถตัดได้เป็นแนวตาม การเคลื่อนที่ของแต่ละแกน คือแกน X และ Z ซึ่งทำให้ตัดได้เฉพาะชิ้นงานที่เป็นมุมฉาก แต่จะให้ความละเอียดในการตัดสูงสุด

-เคลื่อนที่ไปพร้อมกันทั้งสองแกน การเคลื่อนที่แบบนี้การตัดจะได้แนวการตัดเป็นมุม 45 องศา เพราะการเคลื่อนที่ทั้งสองแกนมีความเร็วเท่ากัน

จากการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่องทั้งสองแบบ จะเห็นว่ามีขีดจำกัดในรูปแบบการตัด จะตัดได้เฉพาะชิ้นงานที่มีรูปร่างพื้นฐาน เป็นเส้นตรง มีมุม 9ø,45 องศาเท่านั้น หากต้องการตัดชิ้นงานให้มีรูปร่างอื่นๆ การเคลื่อนที่แบบนี้ก็ไม่สามารถที่จะตอบสนองความต้องการได้ จึงต้องมีการเคลื่อนที่อีกแบบหนึ่งคือ การเคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของโครงงานนี้ จะใช้การควบคุมแบบนี้ทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่อง

การเคลื่อนที่แบบนี้มีหลักการสำคัญคือ แบ่งเส้นที่จะเป็นแนวของการตัดเป็นส่วนย่อยๆ แล้วทำการคำนวนหาระยะในแกน X และ ระยะในแกน Z แล้วจึงให้หัวตัดเคลื่อนที่ตามระยะของแต่ละแกนที่คำนวนได้ หลังจากนั้นก็นำส่วนย่อยถัดไปมาทำการคำนวนเช่นเดิม จนกว่าจะถึงจุดสิ้นสุดของเส้นนั้น การเคลื่อนที่แบบนี้ในหนึ่งเส้นอาจจะต้อง กำหนดระยะการเคลื่อนที่ของหัวตัดเป็น ร้อยครั้ง แต่มีข้อดีคือสามารถที่จะตัดชิ้นงานให้มีรูปร่างอย่างไรก็ได้

จะเห็นได้ว่าการตัดแบบนี้ แนวการตัดจะประกอบด้วย การตัดเป็นเส้นตรงสั้นๆเป็นจำนวนมากต่อรวมกันเป็นแนวการตัดทั้งหมด ดังนั้นถ้าทำการแบ่งส่วนย่อยให้มีความยาวน้อยๆ ความราบเรียบ (smooth) ของแนวการตัดที่ได้ ก็จะมีสูงมาก จนดูเหมือนเป็นการตัดแบบต่อเนื่อง และระยะการเคลื่อนที่ที่สามารถทำได้ต่ำที่สุดคือมอเตอร์หมุน 1 step ซึ่งจะได้ระยะทาง 10 micron หากสามารถแบ่งย่อยการเคลื่อนที่ได้ขนาดนี้ แนวการตัดที่ได้ก็จะราบเรียบเป็นเส้นเดียวกันตลอด

แต่ในความเป็นจริงแล้ว ไม่สามารถที่จะแบ่งออกส่วนย่อยให้มีขนาด10 micron ได้ เพราะว่าระยะการเคลื่อนที่ของแต่ละแกนนั้น ได้มาจากการคำนวนจาก สมการของเส้นที่กำลังตัดอยู่ เช่น กำลังตัดเส้นตรง ก็จะต้องนำสมการเส้นตรงนั้นมาคำนวน เป็นระยะการเคลื่อนที่ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวนนั้น อาจจะไม่ลงตัว ซึ่งเมื่อเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ ก็จะทำให้เกิดการปัดเศษ เพราะการกำหนดจำนวน step การหมุนนั้นต้องกำหนดเป็นจำนวนเต็ม ดังนั้นเมื่อมีการปัดเศษก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ เมื่อเส้นย่อยแต่ละเส้นต่างก็มีความผิดพลาด เมื่อรวมกันเป็นเส้นใหญ่ก็จะทำให้ ค่าความผิดพลาดรวมสูงจนไม่สามารถนำมาใช้งานได้

ดังนั้นเพื่อให้การทำงาน มีความถูกต้อง จึงต้องขยายระยะของส่วนย่อย ให้มีขนาดกว้างขึ้นก็ จะทำให้ลดปัญหาส่วนนี้ไปได้ แต่ก็ทำให้ความราบเรียบ ก็ลดลงไปด้วยเช่นกัน ซึ่งในส่วนนี้ถือว่าเป็นความผิดพลาดทางด้านขนาด และความผิดพลาดทางด้านรูปร่าง ซึ่งจะแปรผกผันกัน คือถ้าความผิดพลาดด้านรูปร่างต่ำที่สุด ความผิดพลาดด้านขนาดจะสูงที่สุด และถ้าความผิดพลาดด้านขนาดต่ำที่สุด ความผิดพลาดด้านรูปร่างจะสูงที่สุด ดังนั้นจึงต้องเลือกระยะของการแบ่งเส้นย่อยให้เหมาะสม เพื่อให้เกิดความผิดพลาดทั้งสองด้านเป็นไปอย่างเหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำคำสั่งการวาดมาเป็นการเคลื่อนที่

ในการวาดปกตินั้นเมื่อเทียบขนาด บนจอกับชิ้นงานที่จะตัดจริงแล้ว เนื่องจากสัดส่วนในจอภาพของแกน X และ Z ไม่เท่ากัน ในอัตราส่วน 4:3 (aspect ratio = 3:4)ดังนั้นในขั้นแรกต้องทำการปรับขนาด ของทั้งสองแกนให้อยู่ในหน่วยเดียวกันเสียก่อนโดย นำ 4 และ 3 ไปหารค่าที่ได้ตามลำดับ จะได้เป็นหน่วยมาตรฐาน ในกรณีที่ไม่มีการขยายจะถือว่าความยาว 5 หน่วย เท่ากับความยาวจริงเท่ากับ 1 มิลลิเมตร หลังจากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปทำการคำนวน ในการตัดชิ้นงานต่อไป ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเรียกว่าการชดเชยเพื่อหาความยาวจริง

พื้นที่บนจอภาพเมื่อคิดเป็นจำนวนหน่วย จะได้เท่ากับ140*105 หน่วย เมื่อไม่มีการขยาย (scale = 1) จะสามารถตัดได้เท่ากับ 28*21 มิลลิเมตร และในกรณีมีการขยายสูง สุด (scale =15) ก็จะสามารถตัดชิ้นงานได้ ขนาด 420*315 มิลลิเมตร ซึ่งด้าน mechanic สามารถตัดชิ้นงานได้สูงสุด ได้เท่ากับ 450*450 มิลลิเมตร

การประมวลผลในการตัดของเส้นแต่ละแบบ

1. เส้นตรง

การคำนวนระยะการเคลื่อนที่ หาสมการเส้นตรงที่เชื่อมจุดสองจุดออกมาก็จะได้ค่าของความชัน คือ m = Z2-Z1 / X2-X1 โดยกำหนดให้ Z = f(X) = mX+C ยกเว้นในกรณีที่ X2-X1 = 0 ให้ X=f(Z) โดยที่ค่า C เท่ากับ 0 Z = mX การเคลื่อนที่ของหัวตัด จึงเท่ากับ move(X,m*X)

2. วงกลม

จากสมการวงกลม $r^2 = X^2 + Y^2$ เพราะฉะนั้น Y= sqr($r^2 - X^2$)หลังจากนั้นก็เลื่อนค่า X จาก 0 ไปยังส่วนปลายรัศมีไปทีละ step แล้วนำระยะความแตกต่างทั้งทางด้าน แกน X และ แกน Z ไปทำการกำหนดการเลื่อนของหัวตัด

3. วงรีและเส้นโค้ง

การเคลื่อนที่ของเส้นโค้งและวงรี นั้นเหมือนกันเพราะใช้สมการเดียวกัน เพียงแต่เส้นโค้งใช้ เพียง quardrant เดียว แต่วงรีใช้ครบทั้ง 4 quardrant

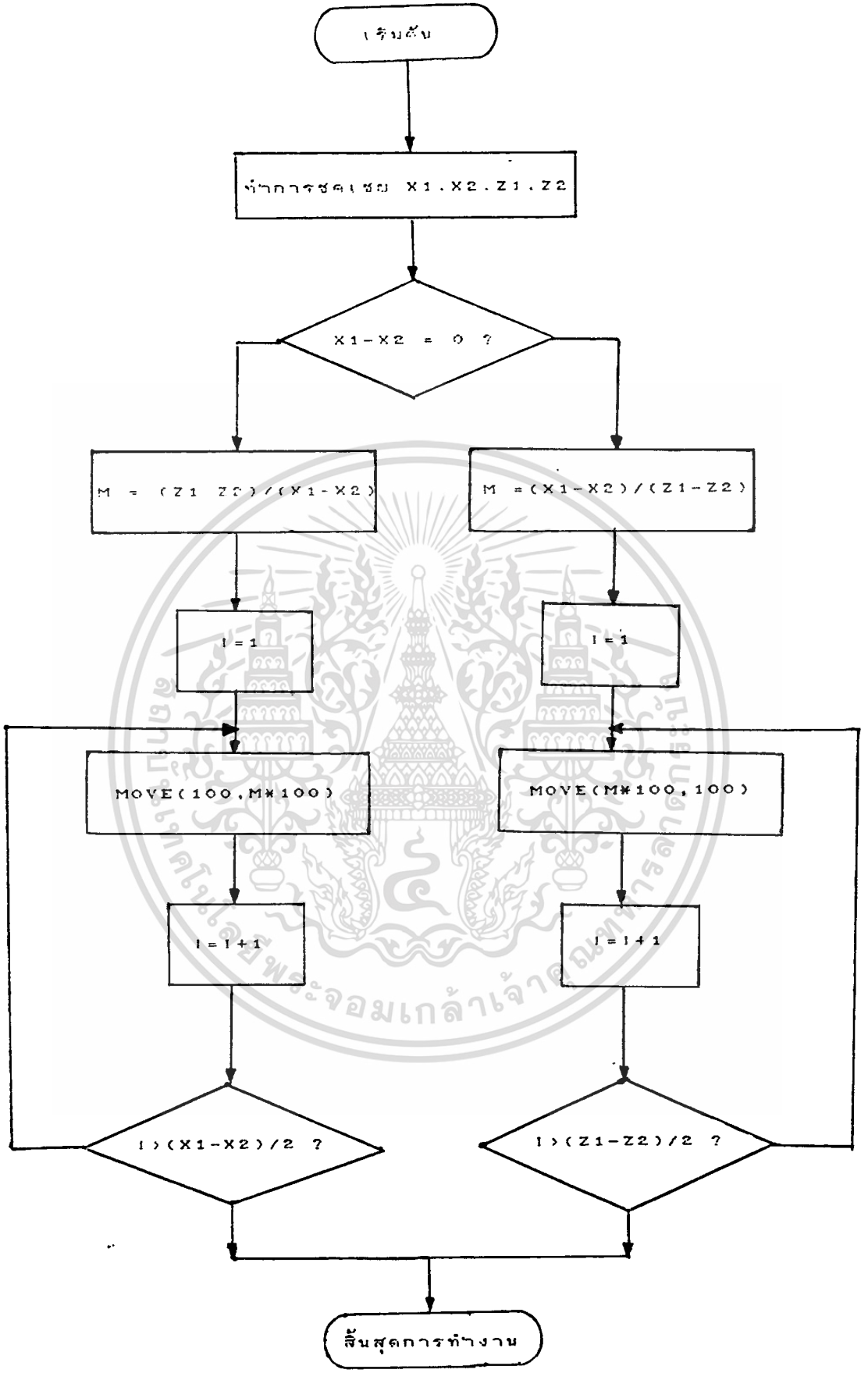
จากสมการวงรี $(X/a)^2 + (Z/b)^2 = 1$

$$Z = b * sqr(1 - (X/a)^2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

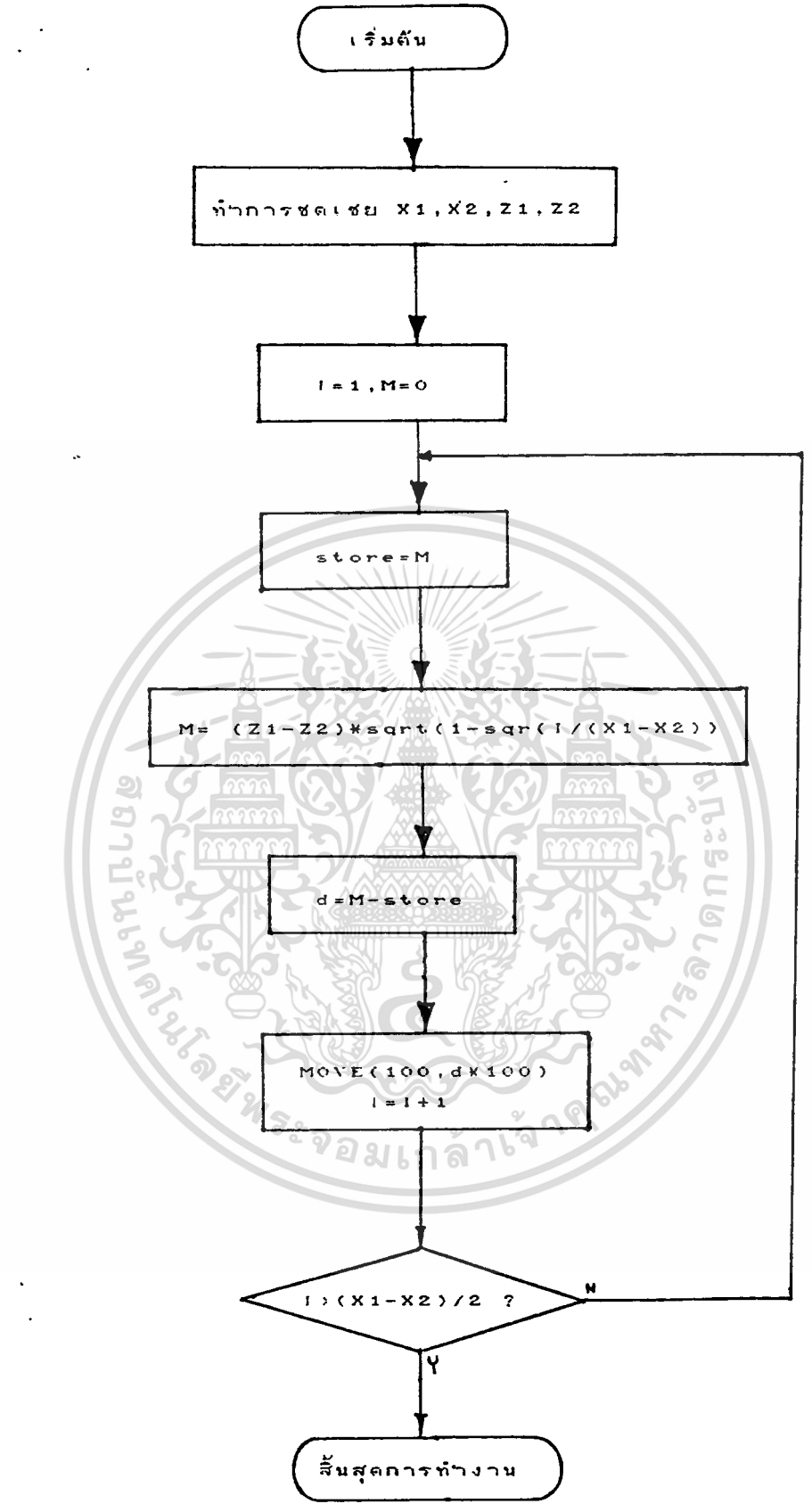
หลังจากนั้นก็เลื่อนค่า X จาก ø ไปยังส่วนปลายรัศมีไปทีละ step แล้วนำระยะความแตกต่างทั้งทางด้าน แกน X และ แกน Z ไปทำการกำหนดการเลื่อนของหัวตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



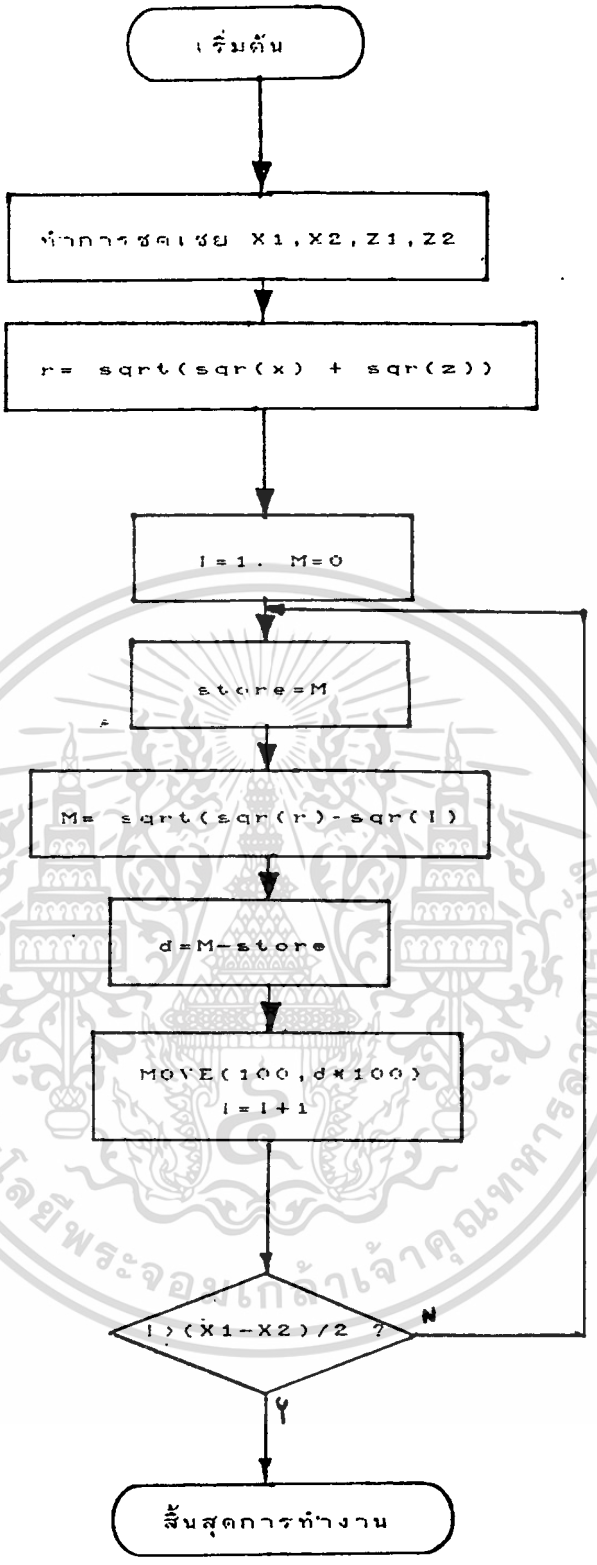
Flow Chart แสดงการตัดเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Flow Chart แสดงการตัดวงรี และเส้นโค้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Flow Chart แสดงการตัดวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลอง

ขั้นตอนการทดลองและแก้ไขเบื้องต้น

1. เมื่อทำการสร้างในส่วนของเครื่องกลเสร็จตามที่ได้ออกแบบแล้ว จึงทดลองและแก้ไขโปรแกรมควบคุมมอเตอร์

2. ทดลองและแก้ไขวงจรและโปรแกรมการเปิดปิดของหัวตัด

3. ทดลองและแก้ไขโปรแกรมออกแบบและโปรแกรมอำนวยความสะดวก

4. เมื่อทุกอย่างทำงานถูกต้อง จึงทดลองตามขั้นตอนใช้งานจริง คือ ออกแบบชิ้นงาน และสั่งให้เครื่องกล ตัดชิ้นงานโดยใช้ปากกาเคมีแทนหัวตัด

4.1 ปัญหาที่พบจากการทดลอง (ในภาคการศึกษาแรก)

ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองข้างต้นปรากฏว่าตอนแรก ๆ มีความผิดพลาดอยู่บ้างบางส่วนในส่วนของโปรแกรมควบคุมการตัด และส่วนของการออกแบบจึงได้ทำการแก้ไข ตามอาการที่ผิด จนทำงานได้ถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ (ตามรูปท้ายบท) โดยช่วงแรกของการทดลองได้ตั้งเป้าไว้แค่ให้หัวตัดเคลื่อนที่ถูกต้องตามรูปที่ออกแบบบนจอของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยไม่ได้กำหนดขนาด ขั้นตอนต่อไปจึงกำหนดขนาดและมาตราส่วนของรูปชิ้นงานบนหน้าจอและชิ้นงานที่ถูกตัดจริงจากเครื่อง ผลปรากฏว่า

1. มีความผิดพลาดในการตัดของขนาด ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ของขนาดที่กำหนดในการออกแบบ ซึ่งมากกว่านี้ได้ตั้งเป้าไว้ คือ น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ของขนาดที่กำหนดในการออกแบบ

2. โปรแกรมควบคุมการตัด ไม่สามารถตัดรูปเดียวกันที่หลาย ๆ ตำแหน่งบนพื้นที่การตัด และไม่สามารถกำหนดตำแหน่งในการตัดจริง บนพื้นที่ของชิ้นงานได้ โดยอัตโนมัติ ทำให้ไม่สะดวกในการสร้างชิ้นงานเดียวกันหลาย ๆ ชิ้น

3. โปรแกรมช่วยในการออกแบบชิ้นงาน ไม่สามารถดึงข้อมูลรูปมาตรฐานจากโปรแกรมอื่น ๆ เช่น AUTOCAD PRODESIGN เป็นต้น ซึ่งไม่สะดวกต่อผู้ใช้ที่ต้องใช้โปรแกรมสำเร็จรูปประเภทนี้ เพราะงานตัดเป็นส่วนหนึ่งเท่านั้นในงานโครงสร้างโดยชิ้นส่วนและรูปร่างของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

โครงสร้างทั้งหมดจึงถูกออกแบบบนโปรแกร่มสำเร็จรูปที่กล่าวมาแล้ว ถ้าโปรแกรมช่วยการออกแบบสามารถดึงข้อมูลจากโปรแกรมเหล่านั้น ได้จะสามารถนำรูปชิ้นงานบางส่วนที่จะตัด มาตัดด้วยเครื่องได้เลยจะสะดวกและรวดเร็วขึ้น

4.2 การแก้ไขปัญหาและทดลอง (ภาคการศึกษาที่สอง)

จากปัญหาที่ได้ทดลองเครื่องต้นแบบจึงได้พิจารณาปรับปรุงส่วนต่าง ๆ ให้ดีขึ้นและทดลองได้ดังนี้ :-

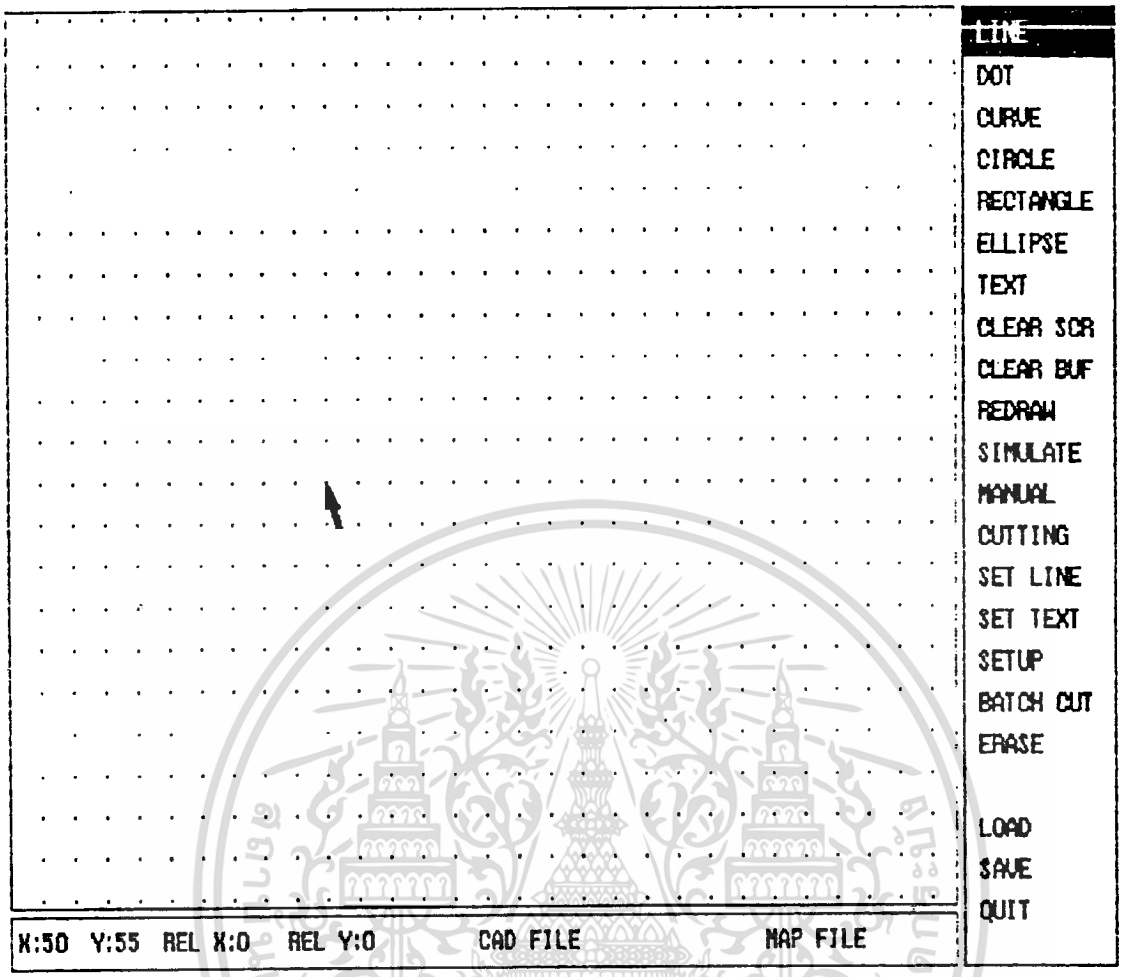
1. จากปัญหาความผิดพลาดของระยะทางในการตัดที่เกิด พบว่าในส่วนเครื่องกลการติดตั้งบอลแบริ่งสกรู และ สเตปปิ้งมอเตอร์ แกนที่สอง ใช้แรงดึงอีกแกนอยู่ข้างเดียวทำให้เกิดการบิดตัวของแกนแรก (ดูรูปท้ายบท) ปัญหานี้ได้แก้ไขโดยสร้างในส่วนเครื่องกลใหม่ โดยทำให้แข็งแรงขึ้นเลการขับของสกรูของแกนที่สองถูกติดตั้งในแนวกึ่งกลางของแกนแรก (ดูรูปท้ายบท) เมื่อได้ทดลองปรากฏว่าการเคลื่อนที่มีความผิดพลาดประมาณ 2 เปอร์เซ็น ของการควบคุมจากขนาดกำหนดซึ่งอยู่ในย่านที่กำหนดไว้

2. ปัญหาโปรแกรมควบคุมได้แก้ไขแล้ว (ดูในบทโปรแกรม) ทดลองแล้วตรงตามความต้องการ

3. ปัญหาโปรแกรมช่วยการออกแบบเกี่ยวกับการดึงข้อมูล จากข้อมูลของโปรแกรมAUTOCAD ได้ศึกษาและแก้ไขทดลองแล้วตรงตามต้องการ

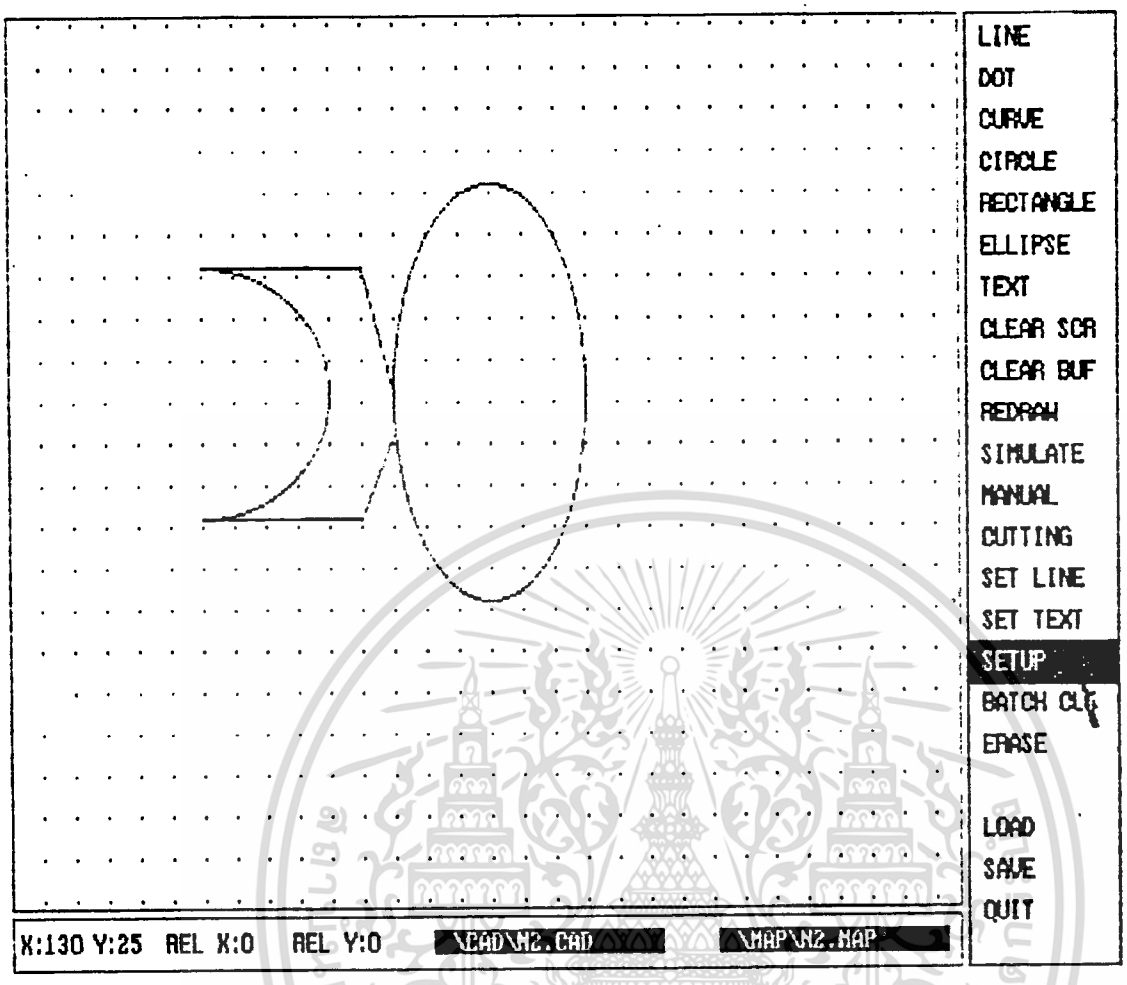
4.3 การทดลองตัดจริง

เมื่อทุกส่วนของเครื่องทำงานถูกต้องจึงนำเครื่องมาติดตั้งหัวตัดแบบพลาสม่าซึ่งเป็นหัวตัดความร้อนใช้ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังขนาด 9000 W เมื่อทดลองตัดเหล็กขนาด 3 มม. , 5 มม. , 15 มม. , และ 20 มม. ปรากฏว่าชิ้นงานที่ออกมาค่อนข้างดี เป็นที่น่าพอใจ (ดูรูปท้ายบท)

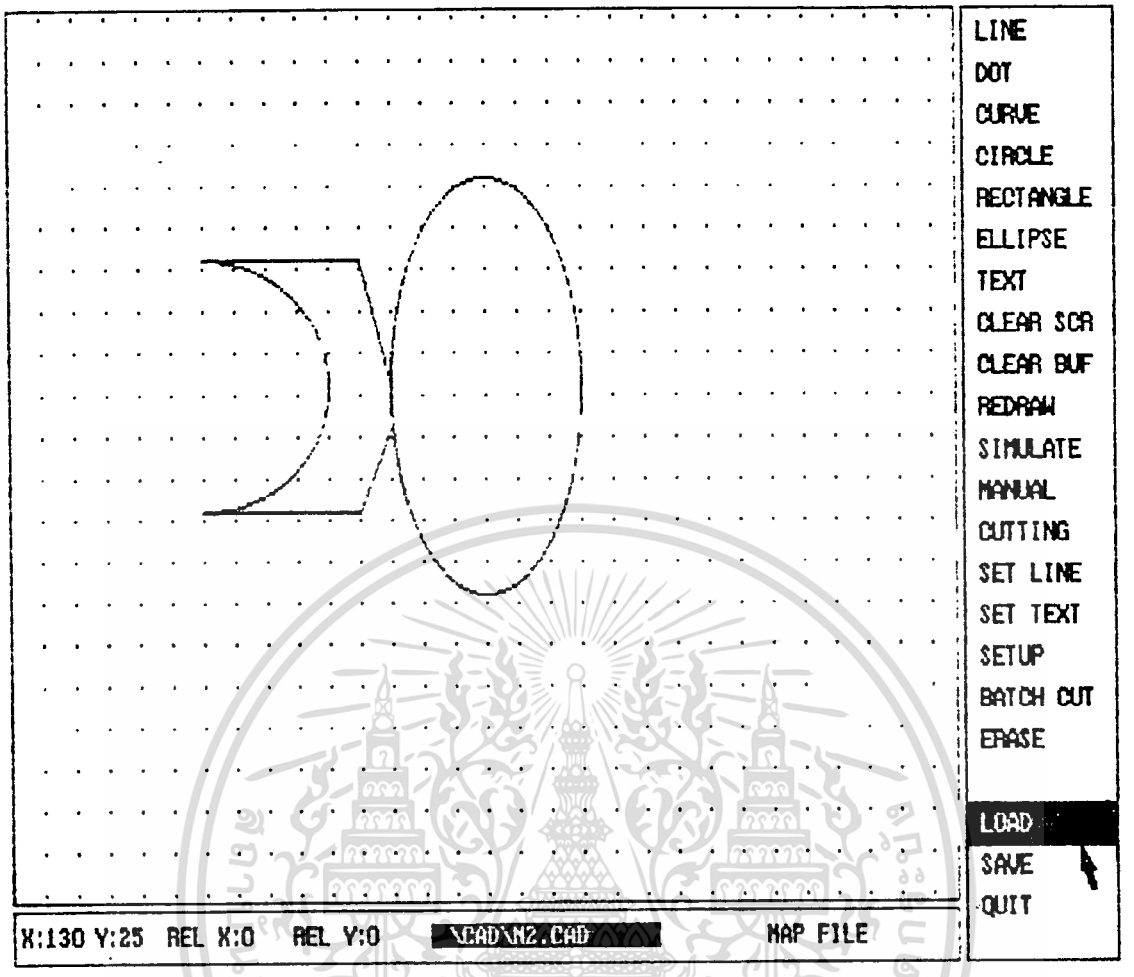


รูปแสดงหน้าจอภาพขณะทำงานคำสั่งต่างๆ

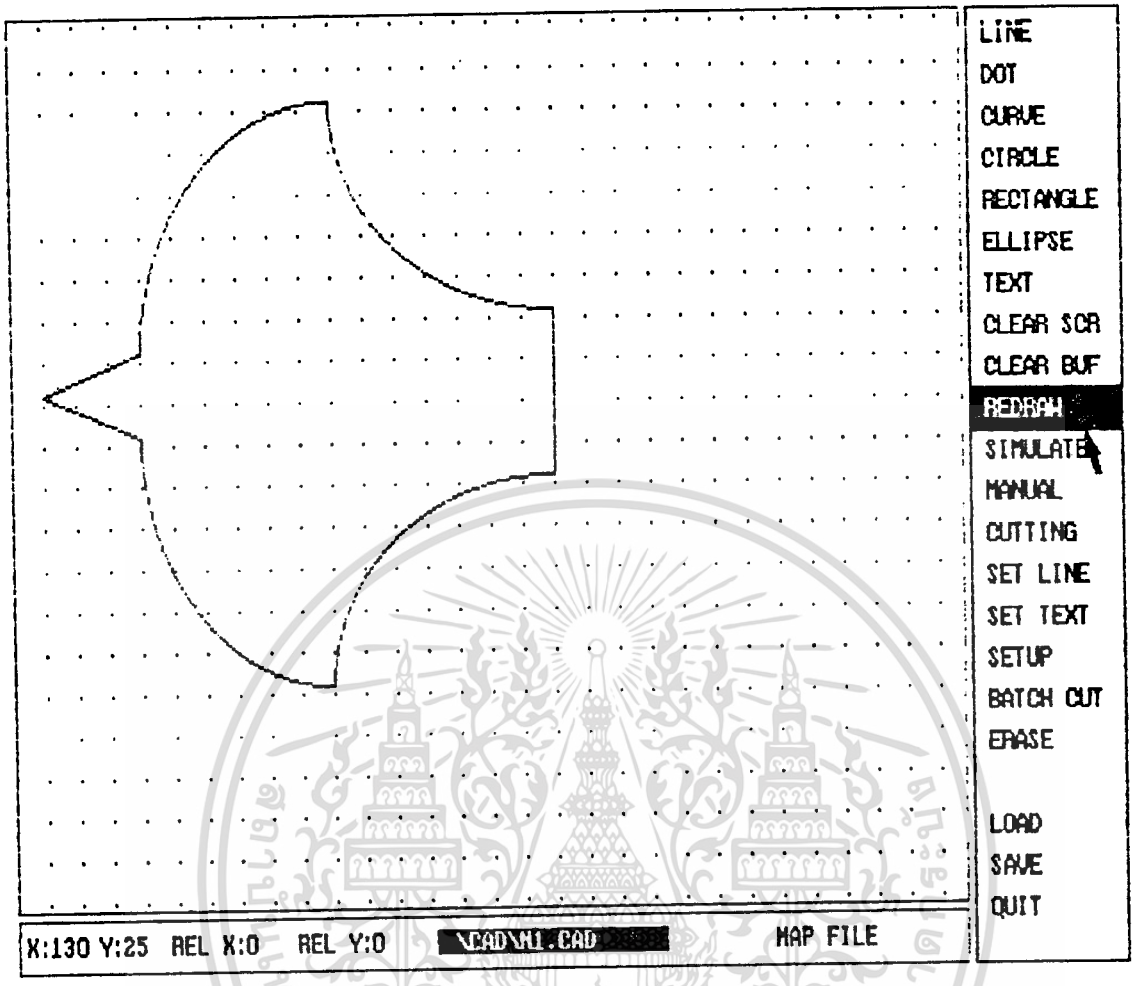
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



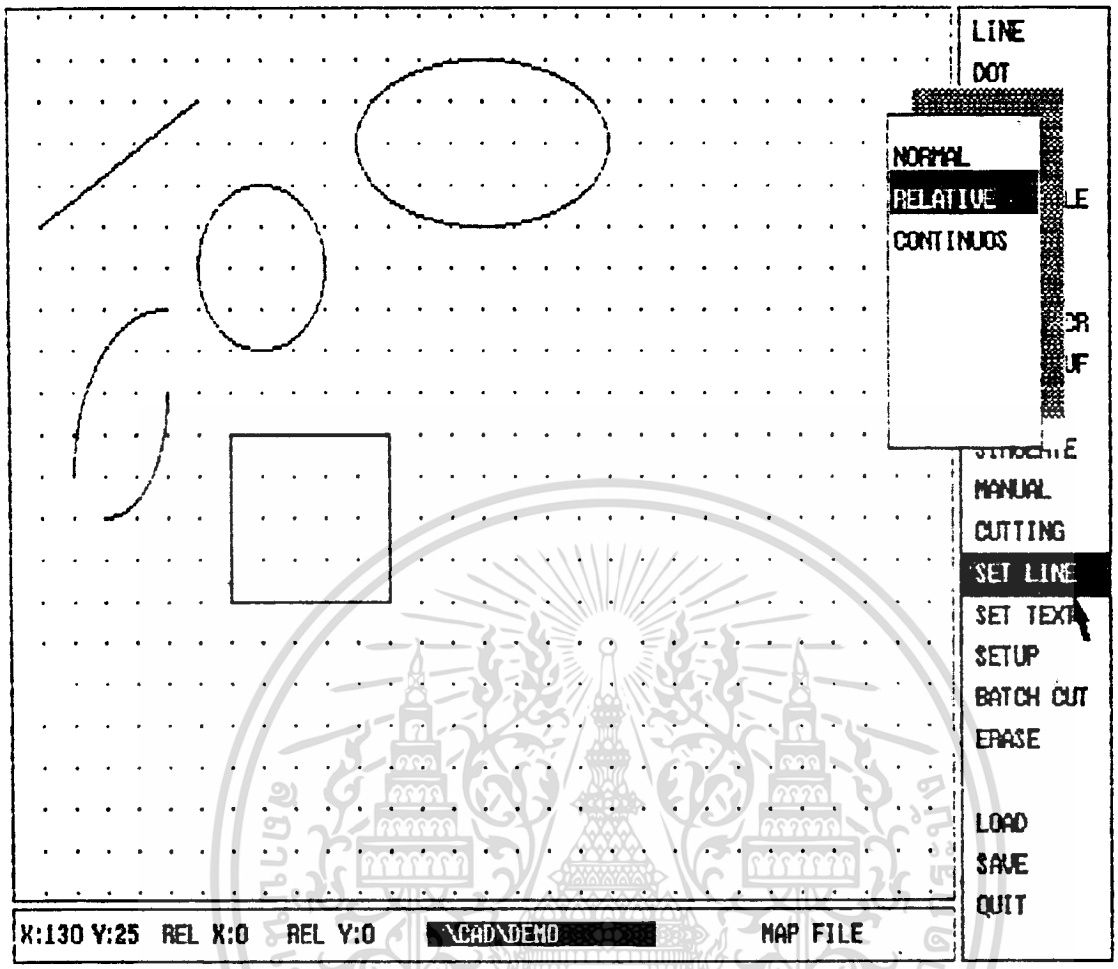
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



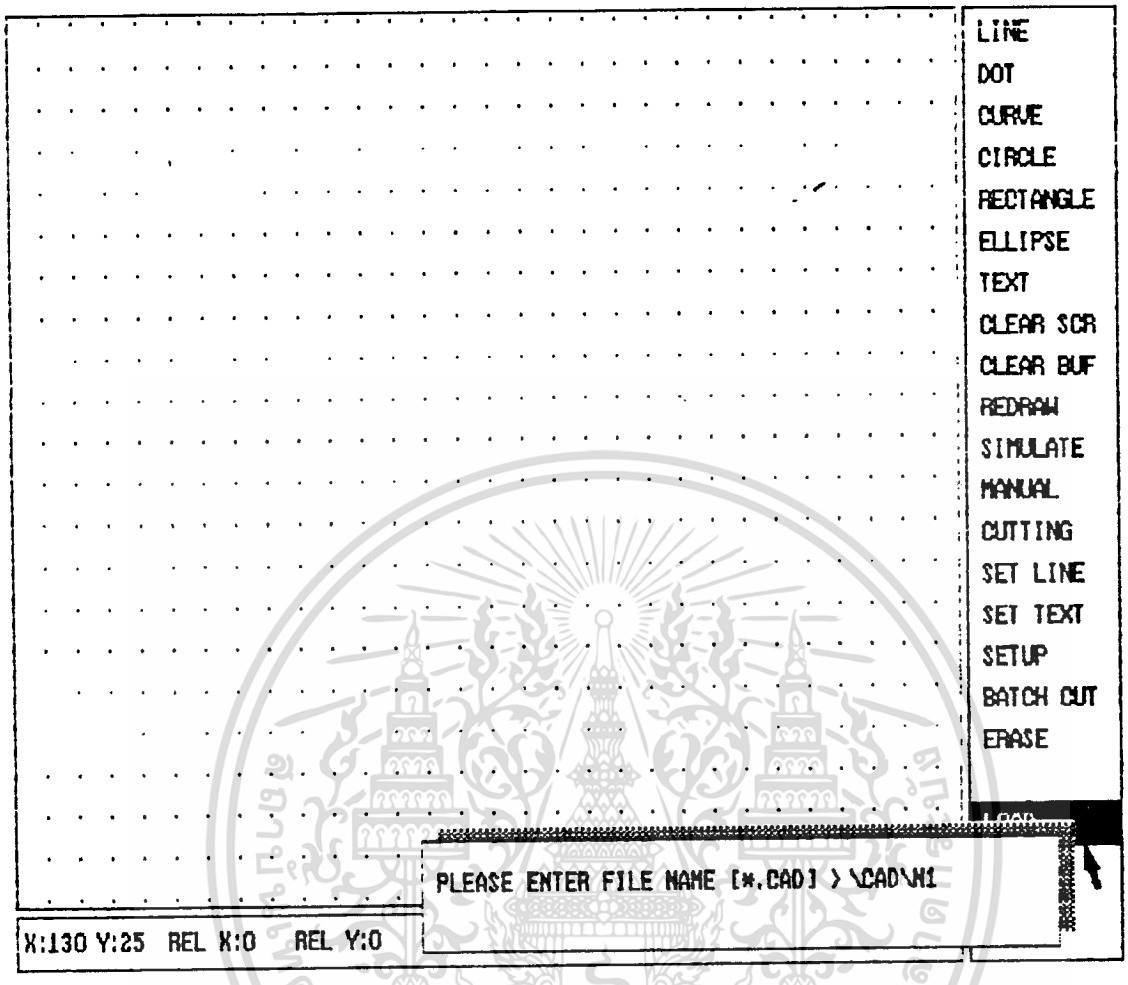
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



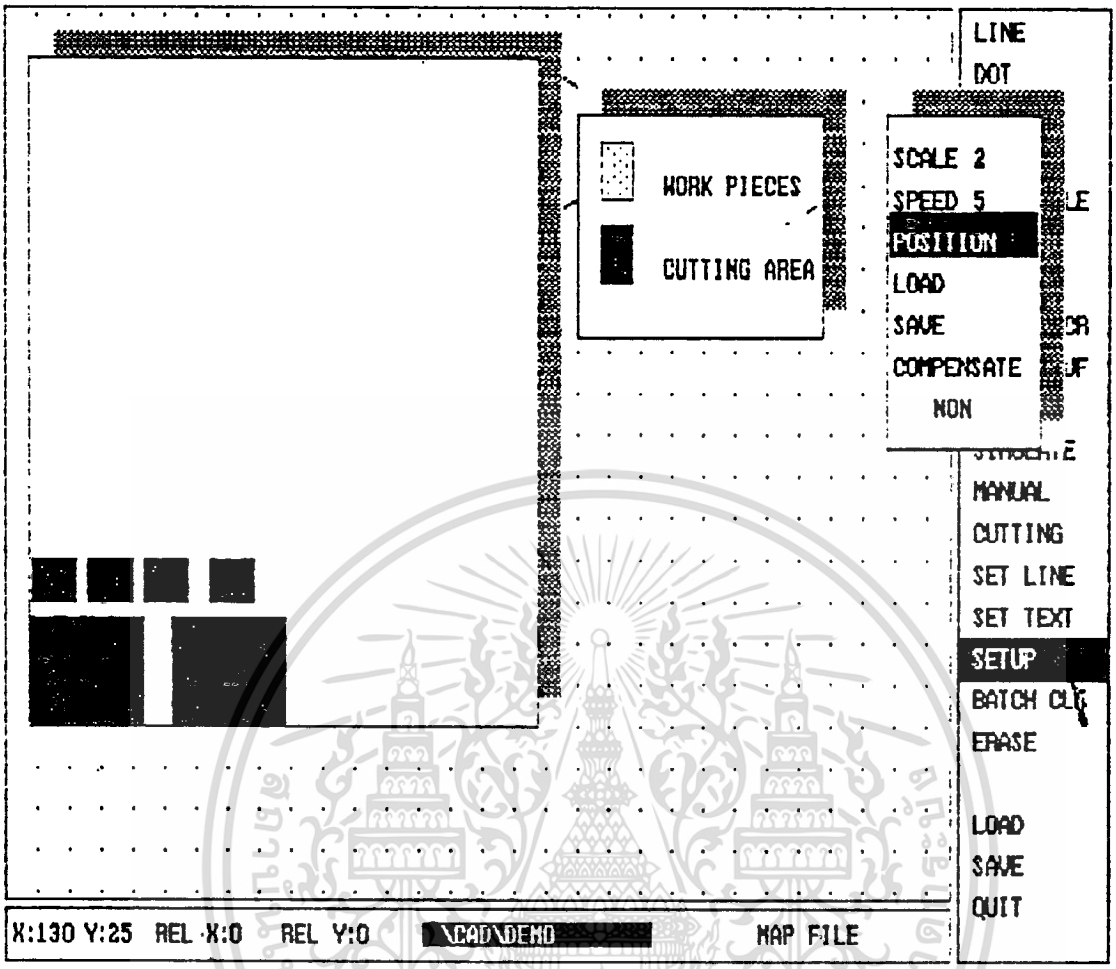
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



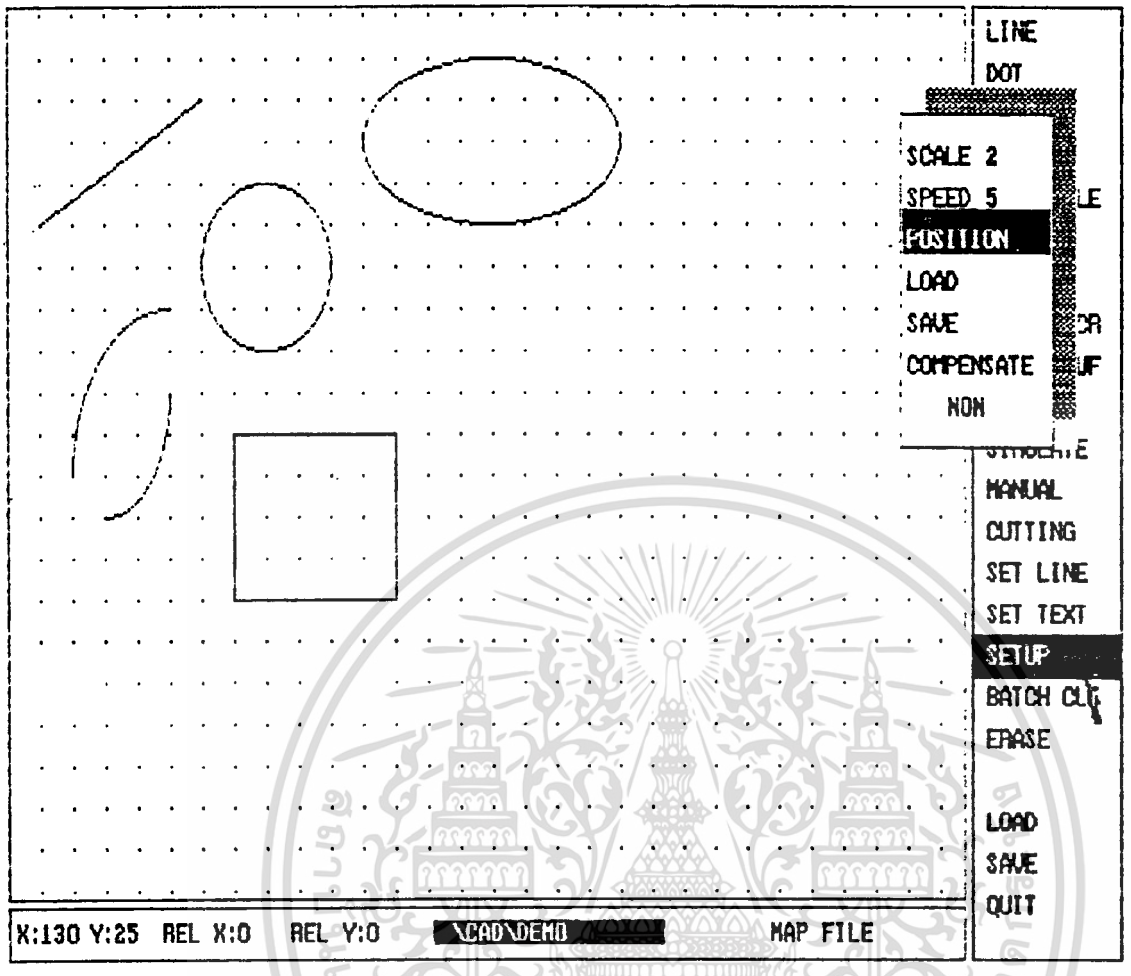
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



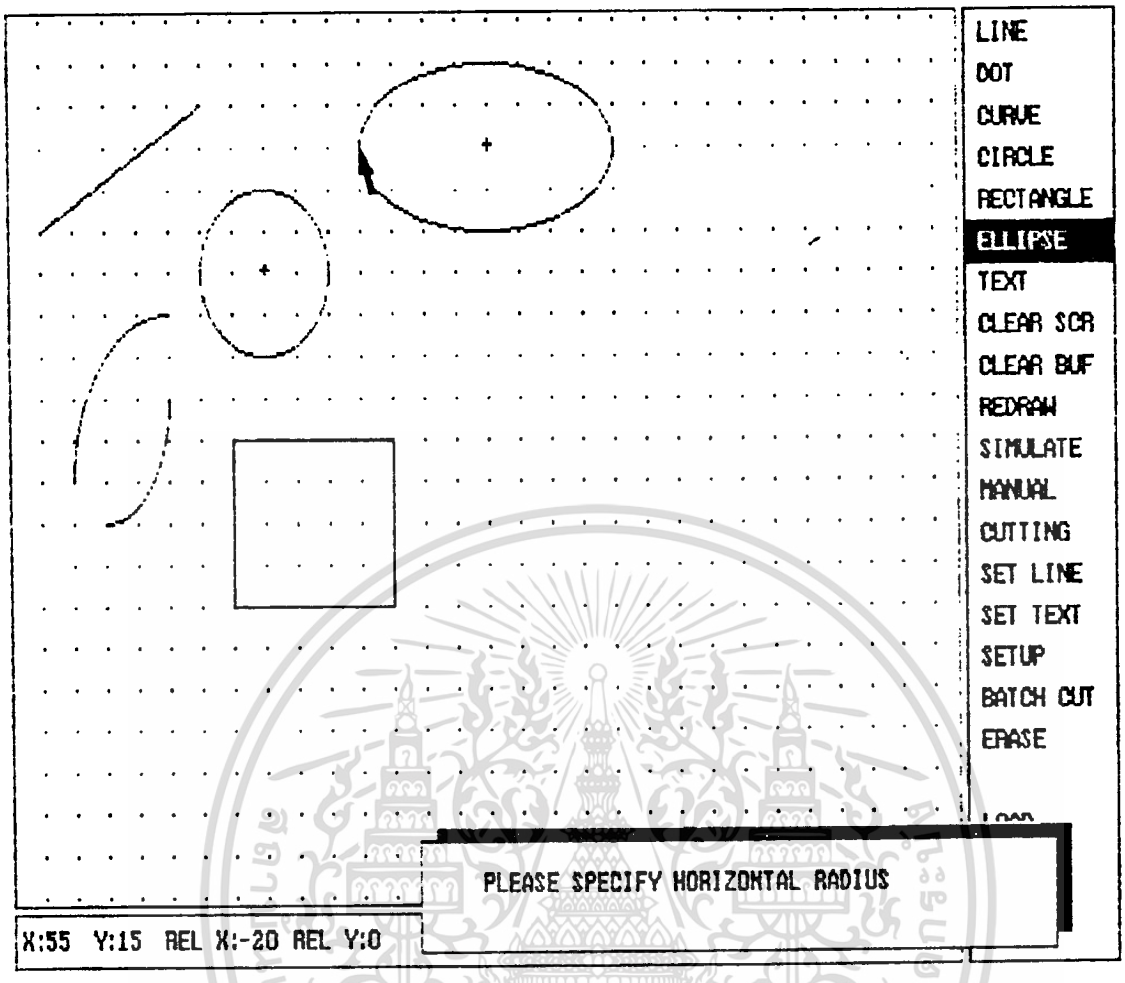
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



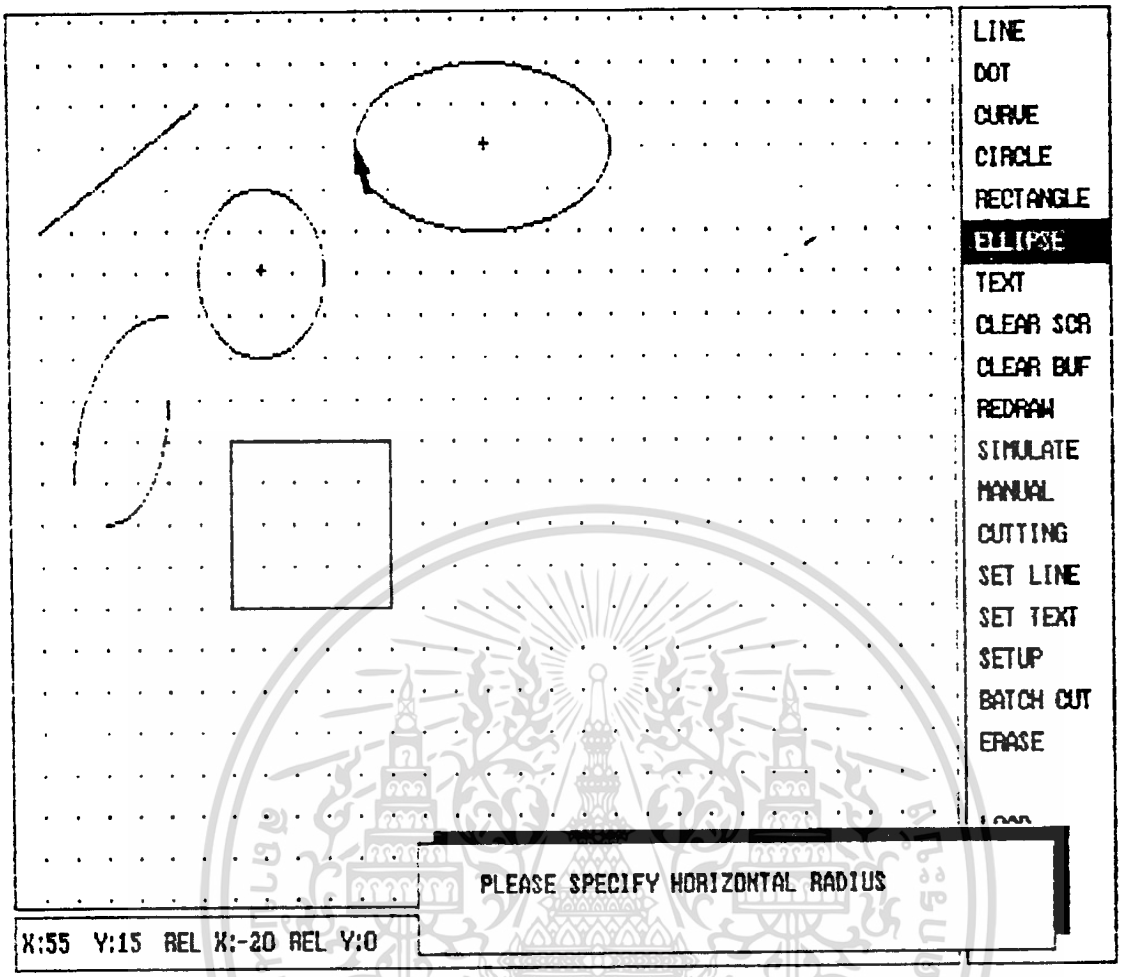
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



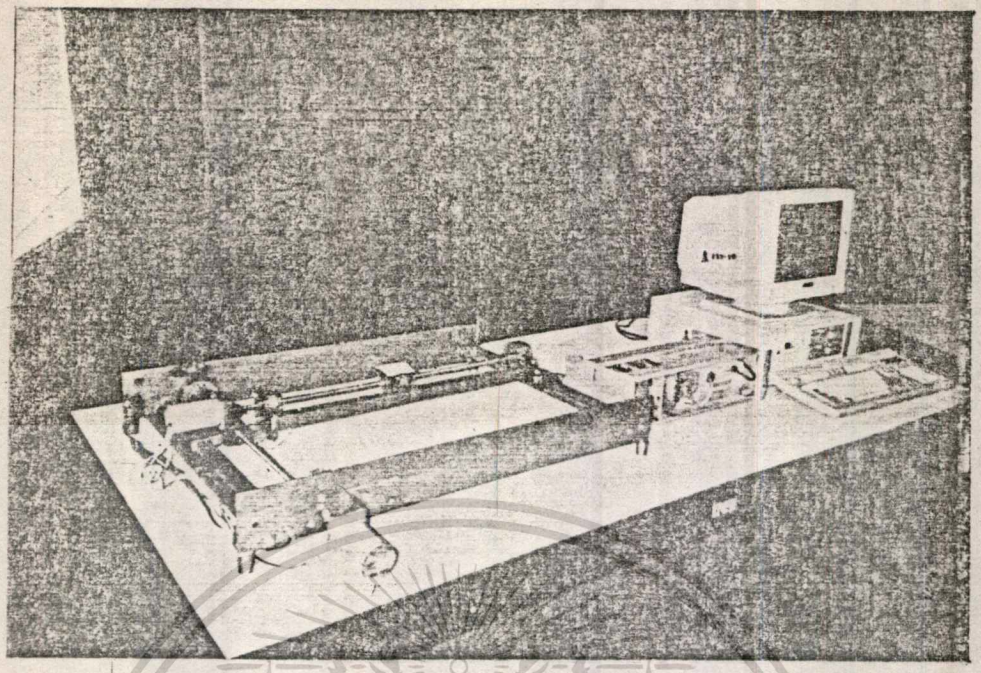
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



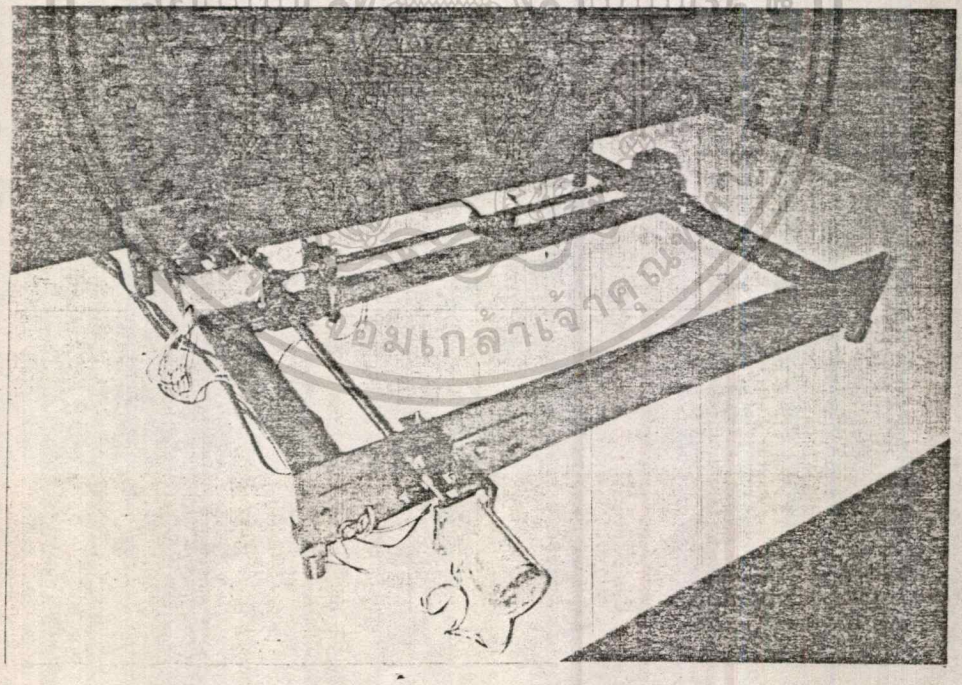
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

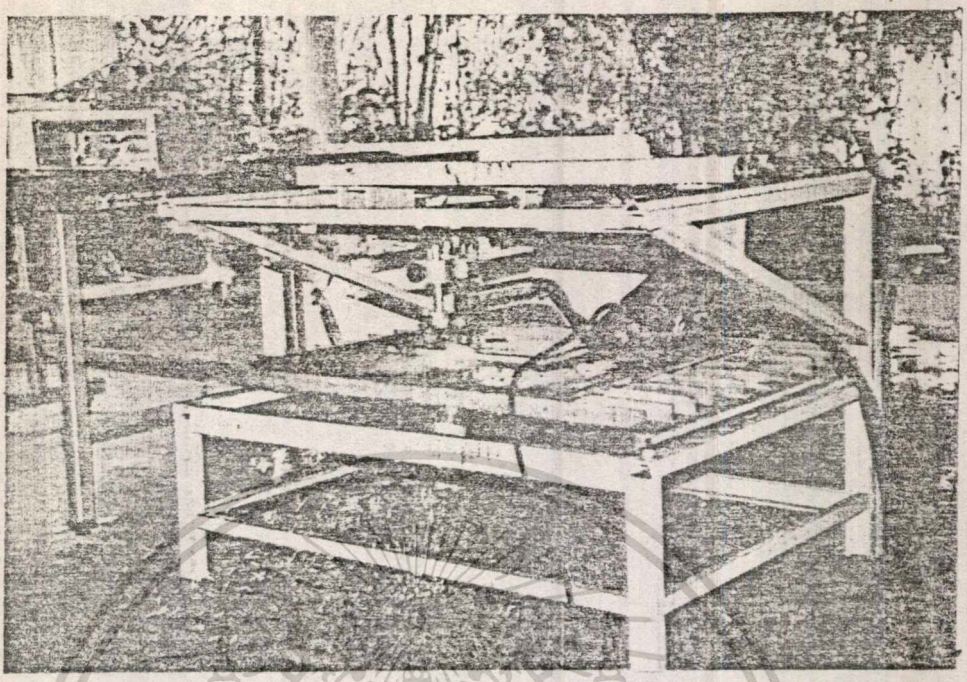


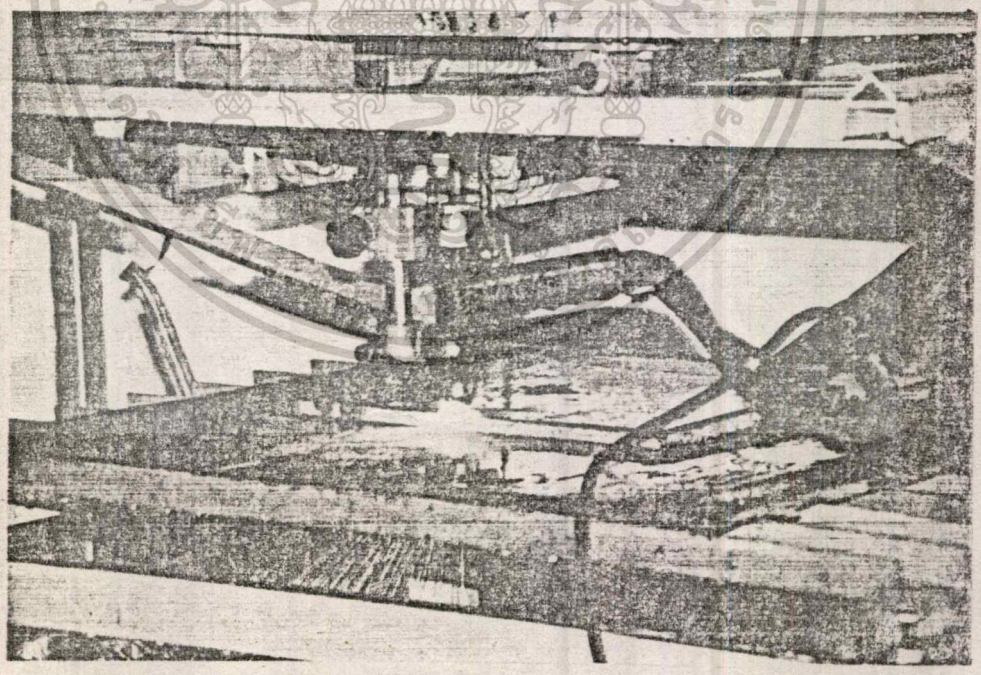
ภาพแสดง เครื่องตัดทั้งชุด ประกอบด้วย
ส่วนเครื่องกล, วงจรอิเลคทรอนิคส์ และไมโครคอมพิวเตอร์
(สร้างทดลองในภาคการศึกษาที่ 1)



ภาพแสดง ส่วนเครื่องกลทั้งหมด
(สร้างทดลองในภาคการศึกษาที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

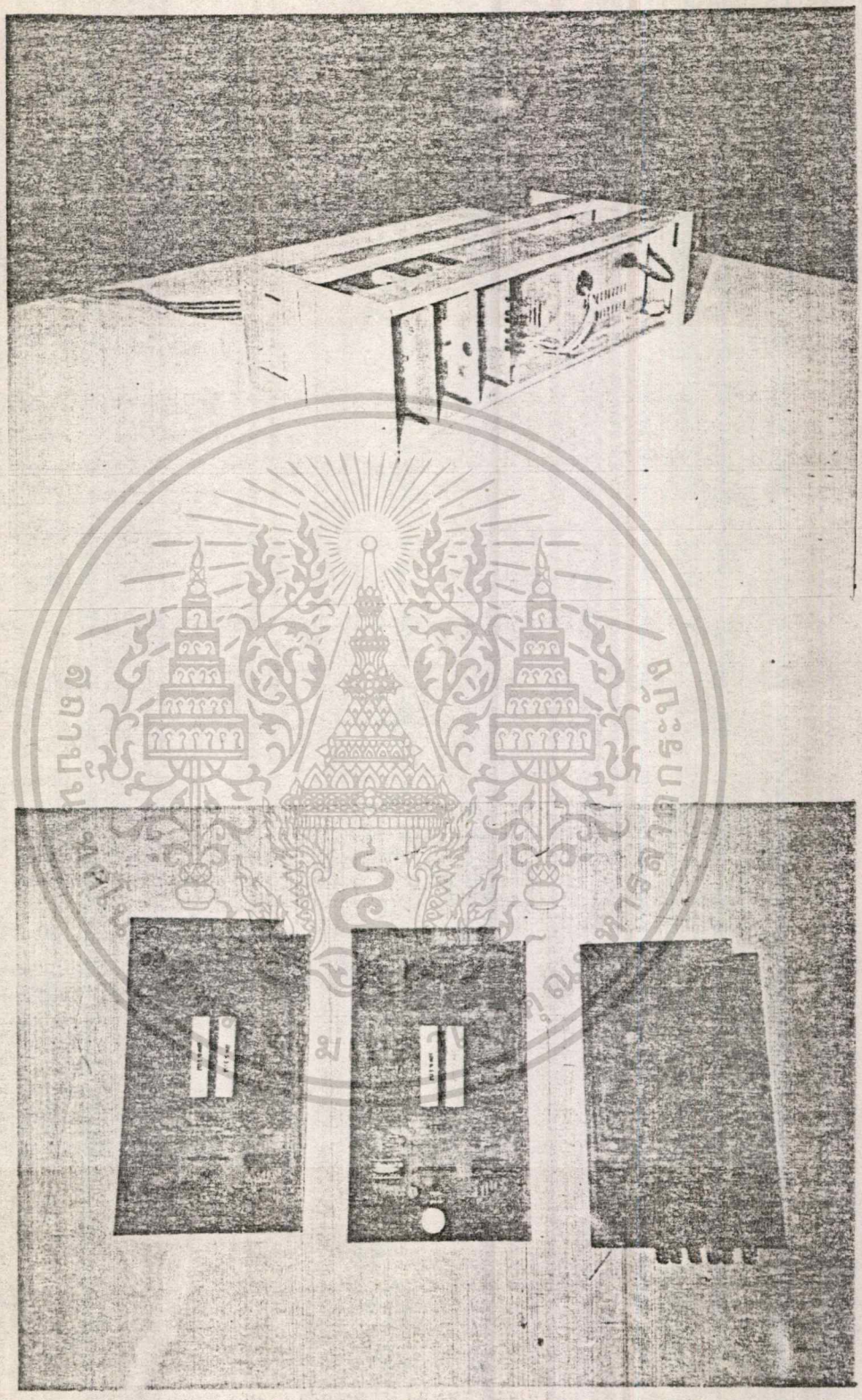




ภาพแสดง ส่วนเครื่องกลทั้งหมด

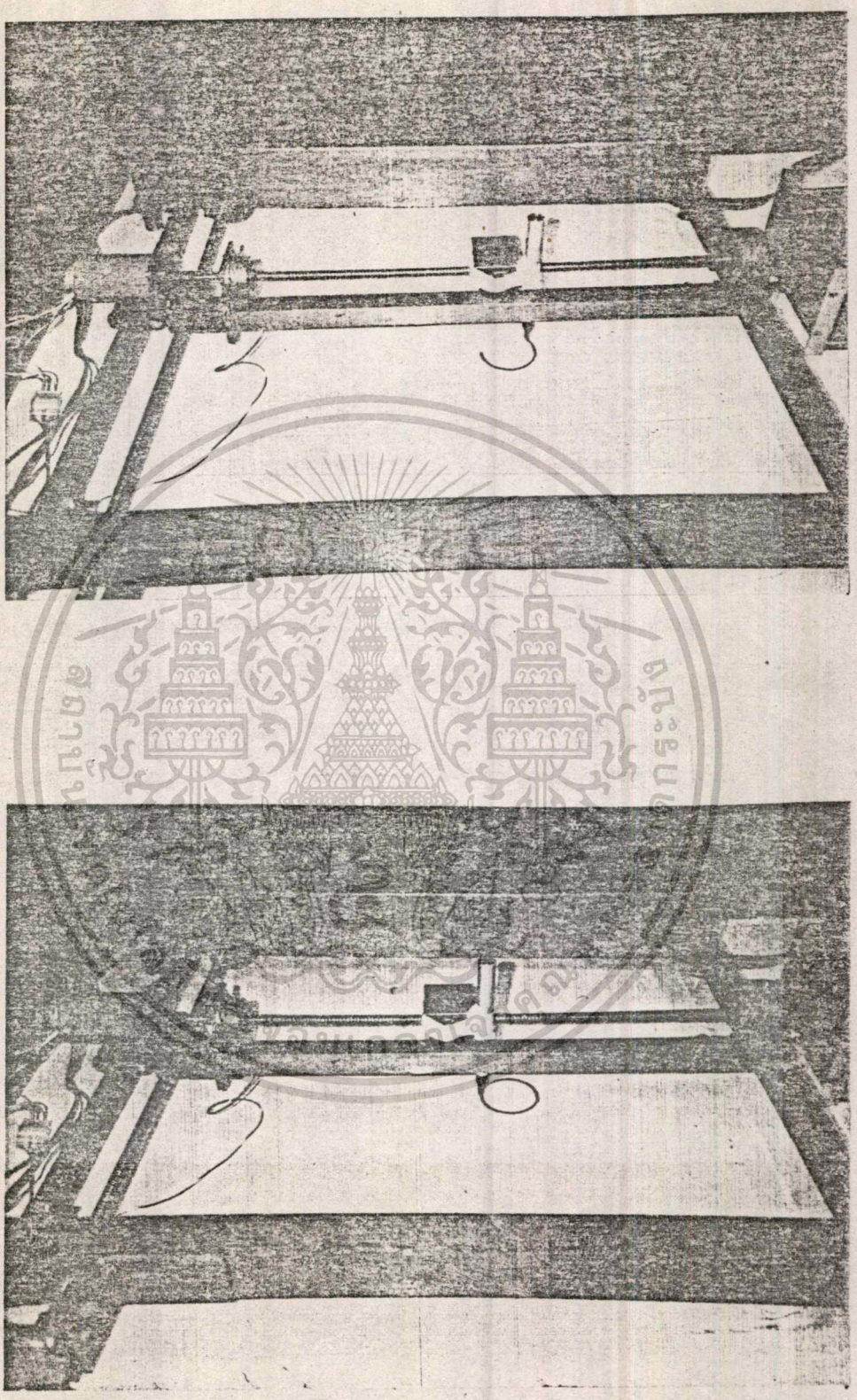
(ปรับปรุงใหม่ ในภาคการศึกษาที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



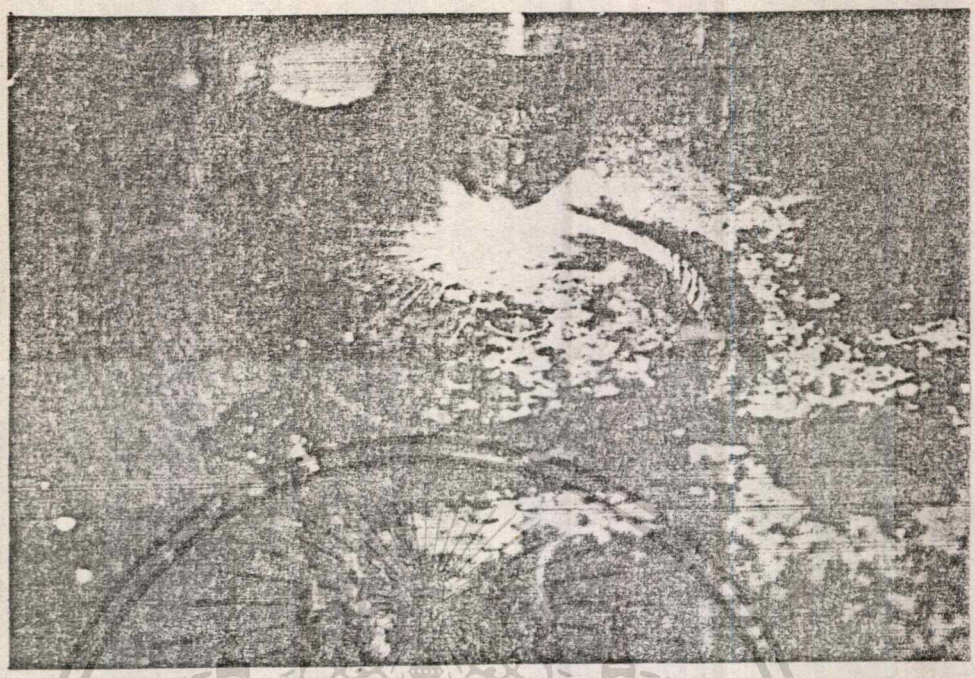
ชุดวงจรอิเลคทรอนิคส์สำหรับขับเคลื่อนหัวตัด

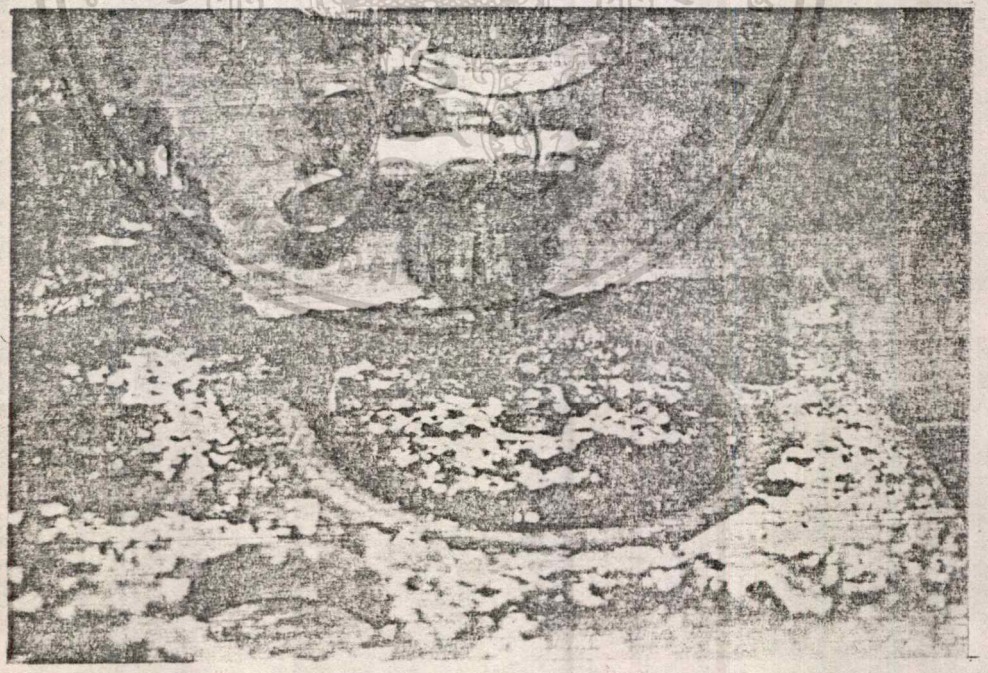
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพแสดงการทดลองตัดโดยใช้ปากกาแทนหัวตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาพแสดง การทดลองตัดชิ้นงานทรงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 mm
โดยใช้หัวตัด Air Plasma ชิ้นงานหนา 12 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์วิทยา ทิพย์สุวรรณพร อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำและ อำนวยความสะดวกในการทำปริญญานิพนธ์ ด้วยดีตลอดมาจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง อาจารย์ ภากร หุตะสังกาศ และ อาจารย์ ยวรวรรณ สาริกะบุตร ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และให้ความอนุเคราะห์บางประการแก่ทางคณะผู้จัดทำ

ขอขอบพระคุณ คุณเจริญพฤกษ์ และ คุณเจริญชัย ผู้จัดการและรองผู้จัดการบริษัท ช่องนนทรีตัดพับเหล็กบริการจำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ เครื่องมือที่ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์รวมทั้ง สถานที่ในการทำงานด้านเครื่องกล

ขอขอบคุณ พี่ชรินทร์ และ พี่ประยงค์ บริษัท เพิร์ลสตาร์จำกัด ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการสร้าง ส่วนประกอบทางเครื่องกล ทั้งสองภาคการศึกษา

ขอขอบคุณ คุณ ยงยุทธ อัศวศรีวรนันท์ ที่ช่วยเหลือในการถ่ายภาพประกอบ รวมทั้งเพื่อนๆ ทุกคนที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้หมด ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ ต่อทางผู้จัดทำด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณอย่างสูง ต่อ คุณพ่อ คุณแม่ และ พี่ๆ ที่ให้การสนับสนุนและอุปการะ ผู้จัดทำ ตั้งแต่เยาว์วัยจนสำเร็จการศึกษาถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. จงกล งามวิวิทย์ ,"การควบคุมเชิงตัวเลข",พิมพ์ครั้งที่ 1 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2533.

2. Pressman R.S and William J.E.,"Numerical Control and Computer-Aided Manufacturing", John Wiley & Sons, New York, 1977.

3. Koren Y.,"Computer control of Manufacturing System", McGraw-Hill , New York,1983

4. Borland International ," Turbo Pascal Version 5.5 Reference Manual ",Borland International, California , 1989

5. IBM," IBM Technical Reference Manual For IBM PC-XT ",IBM Co.Ltd,1983

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้