สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ไมโครซีเอ็นซี

MICRO CNC

นายอดิศักดิ์ เพชรรัตน์

นายอาทิตย์ เจริญทอง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 45863
วัน, เดือน, ปี 19 ก.พ. 2546

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICRO CNC

ADISAK PETCHARAT

ATIT JAROENTONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ไมโครซีเอ็นซี

MICRO CNC

นักศึกษาผู้จัดทำ นายอดิศักดิ์ เพชรรัตน์ **รหัสประจำตัว** 42015417

นายอาทิตย์ เจริญทอง **รหัสประจำตัว** 42015419

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2544

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ. ทรงชัย วีระทวีมาศ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันพุธที่ 27 มีนาคม พ.ศ. 2545

สถานที่สอบ ณ. ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(ผศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ไมโครซีเอ็นซี
	MICRO CNC
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายอดิศักดิ์ เพชรรัตน์
	นายอาทิตย์ เจริญทอง
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเครื่องจักรอัตโนมัติประเภทซีเอ็นซี (CNC : Computer Numerical Control) ได้ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการผลิตและการขึ้นรูปชิ้นงาน ทั้งนี้เนื่องจาก CNC มีการควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมรูปแบบเฉพาะตัวเพื่อควบคุมการทำงานให้เกิดความแม่นยำและเที่ยงตรงสูงรวมถึงประสิทธิภาพในการผลิต แต่อย่างไรก็ตาม CNC ก็มีราคาแพงมากเมื่อเทียบกับเครื่องจักรธรรมดา จึงเป็นการยากที่จะนำมาใช้ในการผลิตและการขึ้นรูปชิ้นงานขนาดเล็กหรือการศึกษาหลักการทำงานของการควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติ ดังนั้นปริญญานิพนธ์นี้จึงได้นำเสนอ Micro CNC ซึ่งเป็นเครื่องเจาะขนาดเล็กแบบ 3 แนวแกน 1 หัวเจาะ มีการควบคุมและประมวลผลการทำงานด้วย Microprocessor เพื่อเป็นการนำระบบปฏิบัติการที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรซึ่งเขียนด้วยภาษา Assembly มาใช้ในการควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติและการประยุกต์ใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Micro CNC
Authors	Mr. Adisak Petcharat
	Mr. Atit Jaroentong
Thesis Advisor	Ass. Prof.Songchai Weerathaweemas
Year	2001

ABSTRACT

Now adays,CNC typed automatic machine is widely used in productive industry as well as forming parts. It is that because CNC's operation is controlled by computer system by using unique program in order to controll the operation to acquire entirely consistency. Also,it ensures efficiency in production. However,CNC costs a lot expectially when it is compaired to ordinary machine. Therefore,it is very difficult to use it in the production,forming of small parts or study of the automatic machine's controlling operation. As a result,this thesis presents Micro CNC which is 3 axis 1 drilling. Furthermore,Microprocessor is used in controlling and processing operation in order to place the operating system used to controll the machine which is written by Assembly language to controll the automatic machine and apply to further use.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนจาก อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ทรงชัย วีระทวีมาศ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ คณะอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่านที่ให้ความรู้ต่างๆอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบพระคุณพ่อแม่สำหรับทุกๆสิ่ง

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ท่านผู้มีพระคุณทุกๆท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญภาพ.....VIII

บทที่1 บทนำ.....**1**

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....2

บทที่ 2 ทฤษฎี CNC.....**3**

2.1 กล่าวนำ.....3

2.2 ประวัติความเป็นมาของเอ็นซี.....3

2.3 ความหมายของเอ็นซี.....4

2.4 ความหมายของซีเอ็นซี.....4

2.5 การควบคุมด้วยระบบดีเอ็นซี.....5

2.6 การเขียนโปรแกรม NC ด้วยแคด/แคม (CAD/CAM Programming).....6

2.7 ข้อดีและข้อจำกัดของระบบซีเอ็นซี.....7

2.8 การประยุกต์ใช้งานของ CNC (Application of CNC).....7

2.9 การควบคุมการเคลื่อนที่ของ CNC.....8

2.10 การควบคุมการขับเซอร์โว (Servo Drive Control).....11

2.11 การกำหนดแนวแกนของเครื่องจักร.....13

2.12 ระบบโคออร์ดิเนต (Coordinate Systems).....14

2.13 ระบบของตำแหน่ง (Positioning System).....16

2.14 โคออร์ดิเนตอ้างอิง.....17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.15 รหัสเอ็นซี.....19

2.16 คำในโปรแกรมเอ็นซี.....19

2.17 กระบวนการวางแผนสำหรับการดำเนินการเกี่ยวกับเอ็นซี.....21

2.18 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของการขึ้นรูปทางกล.....21

2.19 เครื่องมือตัดสำหรับงานเจาะ.....24

2.20 เครื่องมือตัดสำหรับงานกัด.....28

2.21 อุปกรณ์จับยึดเครื่องมือสำหรับเครื่องแมชีนนิ่งเซ็นเตอร์.....29

2.22 เครื่องมือตัดสำหรับงานกลึง.....30

2.23 การเลือกอินเสิร์ทชนิดถอดเปลี่ยนได้.....31

2.24 การเลือกและการเปลี่ยนเครื่องมือตัด.....31

บทที่ 3 หลักการและทฤษฎีที่ใช้ออกแบบ Micro CNC.....32

3.1 กล่าวนำ.....32

3.2 ความหมายของระบบปฏิบัติการ.....32

3.3 หลักการสร้างระบบปฏิบัติการ.....33

3.4 บอร์ดประมวลผล.....34

3.5 โปรแกรมสนับสนุนการทำงาน (Program Support).....35

3.6 INTEL HEX FORMAT.....41

3.7 การพัฒนาและการขยายระบบ.....42

3.8 Dot Matrix LCD Module.....44

3.9 Parallel Port.....44

บทที่ 4 การออกแบบ Micro CNC.....47

4.1 กล่าวนำ.....47

4.2 การจัดแบ่งพื้นที่เก็บโปรแกรม.....47

4.3 คำสั่งควบคุมการทำงาน.....49

4.4 โหมดการทำงาน.....50

4.5 การจัดตำแหน่งหน้าจอ LCD.....51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6 การประมวลหมายเลขบรรทัดและแปลงฐานเลข.....52

4.7 ขนาดของชิ้นงานและจุดศูนย์.....53

4.8 อุปกรณ์ Locator.....53

4.9 การควบคุม Stepping Motor.....55

บทที่ 5 ผลการทดลอง.....56

5.1 กล่าวนำ.....56

5.2 การเจาะชิ้นงานในลักษณะกำหนดพิกัดปกติ.....56

5.3 การเจาะชิ้นงานในลักษณะกำหนดพิกัดตัวอักษร.....57

บทที่ 6 สรุปผลโครงงานและแนวทางการพัฒนาต่อ.....61

6.1 สรุปผลโครงงาน.....61

6.2 ปัญหาที่พบและข้อมูลเสนอแนะ.....61

6.3 แนวทางการพัฒนาต่อ.....62

บรรณานุกรม.....63

ภาคผนวก.....64

ภาคผนวก ก.....64

ภาคผนวก ข.....71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ตัวอย่างโปรแกรม Clear Register.....42

3.2 ตัวอย่าง INTEL HEX FORMAT ของโปรแกรม Clear Register.....42

3.3 การจัด address และ port ภายในของ 8255.....45

3.4 การจัด address และ port 8255 ของ ET-board V4.0.....45

4.1 ตัวอย่าการแปลง ASCII Code เป็น HEX Code.....52

4.2 ตัวอย่าการแปลง HEX Code เป็น ASCII Code.....53

5.1 ตัวอย่างการกำหนดพิกัดของรูเจาะในพิกัด Cartesian.....57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 การควบคุมเครื่องจักรด้วยระบบ DNC.....6

2.2 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง.....9

2.3 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง 8 ลักษณะ.....9

2.4 การเคลื่อนแบบเฮลิคอล.....10

2.5 การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก.....10

2.6 ไดอะแกรมระบบการขับเซอร์โวแบบวงรอบเปิด.....12

2.7 ไดอะแกรมระบบการขับเซอร์โวมอเตอร์แบบ DC วงรอบปิดที่มี Feedback แบบ Digital....12

2.8 ไดอะแกรมระบบการขับเซอร์โวมอเตอร์แบบไฮดรอลิก.....13

2.9 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกลึง CNC.....14

2.10 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัด CNC เพลาตั้ง.....14

2.11 ระบบโคออร์ดิเนตแบบ Cartesian.....15

2.12 ระบบโคออร์ดิเนตแบบ Cartesian แบบ 3 แนวแกน.....15

2.13 ระบบโคออร์ดิเนตแบบ Polar ที่สัมพันธ์กับระบบโคออร์ดิเนตแบบ Cartesian.....16

2.14 การกำหนดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์.....17

2.15 การกำหนดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง.....17

2.16 โคออร์ดิเนตอ้างอิง (reference coordinate).....18

2.17 ดอกสว่านชนิดเกลียวบิด (twist drills).....25

2.18 ดอกสว่านชนิดคมแบน (spade drills).....25

2.19 ดอกเจาะนำศูนย์ (center drills).....25

2.20 ดอกสว่านชนิดคาร์ไบด์แข็ง (solid carbide drills).....26

2.21 ดอกคว้านเรียบ (reamer) พร้อมด้ามจับ.....26

2.22 หัวคว้านเรียบที่สามารถปรับขนาดของการตัดเฉือนได้.....27

2.23 ดอกต๊าปแบบคมเลื้อย (spiral fluted taps) และแบบปืนต๊าป (gun taps).....27

2.24 เอ็นด์มิลล์ (end mills) และการขึ้นรูปชิ้นงาน.....28

2.25 เฟซมิลล์ (face mills) และการขึ้นรูปชิ้นงาน.....28

2.26 อุปกรณ์จับยึดเครื่องมือตัดสำหรับเครื่องแมชีนนิ่งเซ็นเตอร์.....29

2.27 ปลอกจับ (collet) เครื่องมือตัดขนาดต่าง.....29

2.28 เครื่องมือตัดสำหรับงานขึ้นรูปภายนอกชิ้นงาน.....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

2.29 เครื่องมือตัดสำหรับงานขึ้นรูปภายในชิ้นงาน.....30

2.30 ตัวอย่างรูปทรงอินเสิร์ทสำหรับงานกลึง.....31

3.1 ET-board V 4.0.....34

3.2 window of PROCOMM.....36

3.3 window of SK.....37

4.1 รูปแบบการจัดแบ่งพื้นที่เก็บโปรแกรม.....48

4.2 ตัวอย่างการใช้งานการจัดแบ่งพื้นที่เก็บโปรแกรมแบบ Dynamic.....48

4.3 ขนาดของชิ้นงานและจุดศูนย์.....53

4.4 อุปกรณ์ Locator.....54

5.1 ตัวอย่างการกำหนดพิกัดปกติ.....56

5.2 ตัวอย่างการกำหนดพิกัดตัวอักษร.....58

6.1 ตัวอย่างเครื่องกัดและเครื่องกลึงขนาดเล็กของบริษัท SHERLINE.....62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย

ไมโครซีเอ็นซี (Micro CNC) หมายถึงเครื่องจักรควบคุมอัตโนมัติซึ่งทำงานด้วยโปรแกรมควบคุมการทำงาน แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ อุปกรณ์ควบคุมกับส่วนที่เป็นเครื่องจักร อุปกรณ์ควบคุมจะเป็นบอร์ดควบคุมการทำงานซึ่งใช้ Microprocessor ประมวลผลข้อมูล โดยได้โปรแกรมในระดับโปรแกรมมอนิเตอร์ (Program Monitor) ให้เป็นระบบปฏิบัติการ Micro CNC ใช้ควบคุมส่วนที่เป็นเครื่องจักร Micro CNC โดยเฉพาะ เครื่องจักร Micro CNC ในส่วนนี้ได้ทำการสร้างให้เป็นเครื่องเจาะขนาดเล็ก 3 แนวแกน 1 หัวเจาะ โดยที่เครื่องจักร Micro CNC ได้ถูกจำลองจากเครื่องจักร CNC แบบเครื่องเจาะ 1 หัวเจาะที่มีใช้ในภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม ทั้งนี้เพื่อศึกษาและออกแบบการควบคุมการทำงานของเครื่องจักร Micro CNC ลักษณะนี้

แนวทางในการวางแผนปฏิบัติงานเพื่อทำการสร้าง Micro CNC โดยการแบ่งแยกงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ในส่วนของการสร้างระบบปฏิบัติการ Micro CNC และส่วนที่เป็นเครื่องเครื่องเจาะให้ทำงานสอดคล้องสัมพันธ์กันโดยเน้นถึงความแม่นยำและเที่ยงตรงในการทำงานเป็นสำคัญ สามารถพัฒนารูปแบบของการควบคุม การแสดงผล การปรับปรุงโครงสร้างโดยรวมเพื่อให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษารูปแบบและวิธีการในการขยายความสามารถของ Microprocessor เพื่อให้สามารถควบคุมและทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. เพื่อศึกษา ออกแบบ กำหนดเงื่อนไข ในการนำโปรแกรม Microprocessor มาสร้างเป็นระบบปฏิบัติการ Micro CNC เพื่อควบคุมให้เครื่องจักร Micro CNC สามารถทำงานได้แม่นยำและเที่ยงตรง

3. เพื่อให้มีความรู้ในการเขียนโปรแกรมในระดับระบบปฏิบัติการ สามารถออกแบบโหมดและฟังก์ชันรวมถึงการเชื่อมโยงโปรแกรมในรูปต่างๆได้

4. เพื่อพัฒนาความสามารถในการนำ Microprocessor ไปใช้งานในการควบคุมการทำงานร่วมกับเครื่องจักรและอุปกรณ์อื่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. สร้างระบบปฏิบัติการ Micro CNC โดยใช้ Microprocessor ประมวลผลข้อมูล โดยได้ทำการศึกษาและออกแบบให้ระบบปฏิบัติการ Micro CNC นี้มี โหมด ฟังก์ชัน ฐานข้อมูล การจัดแบ่งพื้นที่หน่วยความจำ การรองรับโปรแกรมจากผู้ใช้งานในรูปแบบคำสั่งการเคลื่อนที่ซึ่งถูกกำหนดไว้เฉพาะสำหรับระบบปฏิบัติการ Micro CNC โดยเฉพาะ การแสดงผลการทำงานด้วยมอนิเตอร์แบบแอลซีดี (LCD : Liquid Crystal Display) ขนาดเล็ก มีการเชื่อมโยงข้อมูลภายในความสามารถในการเข้าถึง เปลี่ยนแปลง แก้ไขข้อมูล

2. สร้างเครื่องจักร Micro CNC ซึ่งมีรูปแบบเป็นเครื่องเจาะขนาดเล็ก 3 แนวแกน 1 หัวเจาะเพื่อใช้ในการทำงานตามคำสั่งที่ถูกควบคุมโดยระบบปฏิบัติการ Micro CNC โดยใช้อุปกรณ์ที่มีต้นทุนที่ไม่สูงมาก ใช้งานได้สะดวกมีความแม่นยำและเที่ยงตรง มีความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาหลักการและทฤษฎี CNC
2. ศึกษาหลักการและทฤษฎี Microprocessor
3. ศึกษาการใช้งาน Board Microprocessor
4. ศึกษาการแสดงผลด้วย LCD
5. ศึกษาการใช้งาน Program Support
6. ศึกษาการทำงานของ Stepping Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี CNC

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับ CNC ซึ่งเป็นเครื่องจักรอัตโนมัติที่มีการควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งจะมีความแม่นยำและเที่ยงตรงสูง โดยจะได้อธิบายตั้งแต่ประวัติความเป็นมา ลักษณะการทำงาน ระบบโคออร์ดิเนต เป็นต้น เครื่องจักร CNC มีรูปแบบการใช้งานมากกว่างานกลึงกัดตัดเจาะ และเนื่องจากเครื่องจักร CNC เป็นเครื่องจักรอัตโนมัติที่ถูกควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์จึงมีเรื่องของโปรแกรมเข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งเป็นรูปแบบเฉพาะเพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 ประวัติความเป็นมาของเอ็นซี

การควบคุมด้วยเอ็นซี (NC : Numerical Control) เกิดขึ้นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1947 โดยคณะนักวิทยาศาสตร์ของสถาบันเทคโนโลยีแห่งแมสซาชูเซตต์ (MIT : Massachusetts Institute of Technology) และจอห์น พาร์สันส์ ได้มีแนวความคิดที่จะสร้างเครื่องจักรชนิด 3 แกนขึ้นโดยได้นำเสนอแนวความคิดดังกล่าวให้กับกองทัพอากาศของสหรัฐอเมริกาในเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 1948 ซึ่งในขณะนั้นกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกาเองก็มีความต้องการเครื่องจักรที่มีความแม่นยำสูงเพื่อการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ เช่นกัน ดังนั้นในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 1949 จอห์น พาร์สันส์ จึงได้รับเงินทุนสนันสนุนในการวิจัยเพื่อสร้างเครื่องจักรควบคุมด้วยระบบ NC จากกองทัพอากาศของสหรัฐอเมริกาเป็นจำนวนเงิน 200,000 ดอลลาร์ โดยโครงการนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 21 เดือน

ในปี ค.ศ. 1952 เครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบ NC เครื่องแรกจึงสร้างเสร็จสมบูรณ์ โดยใช้ชื่อว่า "Cincinnati Hydrotel Vertical-Spindle Milling Machine" ซึ่งเป็นลักษณะของเครื่องกัดเพลาตั้งที่มีระบบควบคุมประกอบไปด้วยท่อสุญญากาศและมีอุปกรณ์ทางกลจำนวนมาก จากนั้นในปี ค.ศ. 1970 ได้มีการสร้างชุดควบคุมการทำงานของเครื่องจักรด้วยคำสั่งที่ถูกเก็บไว้เทปกระดาษที่เจาะรู

หลังจากที่มีการสร้างเครื่องจักร NC เสร็จสมบูรณ์แล้ว ในปี ค.ศ. 1954 สถาบัน MIT ได้มีการวิจัยและพัฒนาคอมพิวเตอร์สำหรับใช้สำหรับเขียนโปรแกรม NC โดยมีชื่อเรียกว่าเอพีที "APT : Automatically Programmed Tool'' ซึ่งภาษา APT นี้เป็นภาษาคอมพิเตอร์ที่ใช้เขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องจักรในระบบ NC โดยเฉพาะ และนอกจากนี้ภาษา APT ยังทำหน้าที่ช่วยในการคำนวณค่าต่างๆเพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องของชิ้นงานอีกด้วยโดยที่ลักษณะของภาษา APT นี้จะแบ่งคำสั่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มคำสั่งที่เกี่ยวกับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดรูปทรงเรขาคณิตของชิ้นงาน (geometric statement) กลุ่มคำสั่งที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด (cutter motion statement) และกลุ่มคำสั่งที่เกี่ยวกับการแปลงคำสั่ง (postprocessor statement)

2.3 ความหมายของเอ็นซี

NC : Numerical Control หมายถึงระบบการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรด้วยคำสั่งเชิงตัวเลขและตัวอักษรที่ถูกสร้างขึ้นในลักษณะของรหัสคำสั่งที่เรียกว่าโปรแกรม NC ถูกนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมการผลิตของประเทศสหรัฐอเมริกาเมื่อประมาณปี ค.ศ. 1952 โดยทั่วไป NC จะถูกนำมาใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักร (machine tool) เป็นส่วนใหญ่

ระบบ NC มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนด้วยกันคือ

1. ชุดคำสั่ง (programmed) คือคำสั่งในแต่ละขั้นตอนเพื่อกำหนดให้เครื่องจักร NC ทำงานตามที่ต้องการโดยที่ชุดคำสั่งนี้จะถูกสร้างขึ้นในลักษณะตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์ต่างๆ แล้วเก็บไว้ในเทปกระดาษที่เจาะรู (punch tape) เมื่อจะนำไปใช้งานจะต้องใช้เครื่องอ่านเทป (tape-reader) เพื่อแปลรหัสของคำสั่งให้ทำงานตามขั้นตอน

2. หน่วยควบคุมการทำงานของเครื่อง (MCU : Machine Control Unit) คือส่วนที่ทำหน้าที่อ่านและตีความหมายของคำสั่งเพื่อแยกคำสั่งออกเป็นสัญญาณไปควบคุมเครื่องจักรต่อไป ประกอบด้วยเครื่องอ่านเทป ช่องส่งสัญญาณควบคุม (control output signals) ระบบตรวจสอบแล้วส่งผลย้อนกลับ (feedback transducer) และแผงควบคุม (control panel) สำหรับควบคุมการเปิด/ปิดเครื่องจักร NC

3. เครื่องจักร NC (NC machine tool) เป็นส่วนที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานตามชุดคำสั่งหรือโปรแกรมที่เขียนขึ้น

2.4 ความหมายของซีเอ็นซี

CNC : Computer Numerical Control หมายถึงระบบการควบคุมคำสั่งในเชิงตัวเลขและตัวอักษรด้วยคอมพิวเตอร์ โดยที่คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องจักร เก็บข้อมูลหรือช่วยในการป้อนข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขโปรแกรมโดยที่ในปัจจุบันระบบ CNC เข้ามาแทนที่ NC เกือบทั้งหมดแล้ว เนื่องจากในระบบ NC ไม่มีคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการทำงาน อีกทั้งเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบ NC ก็ไม่มีการผลิตออกมาใช้งานอีกแล้ว ในปัจจุบันเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบ CNC สามารถทำการป้อนข้อมูลทางมือ (MDI : Manual Data Input) ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขโปรแกรม การแทรกข้อมูลการให้ขนาดใหม่ การเปลี่ยนความเร็วรอบ การเปลี่ยนความเร็วตัดและอัตราป้อน ก็สามารถทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ CNC มีส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญ 6 ส่วนดังนี้

1. ส่วนที่เป็นโปรแกรมสั่งงาน (part program) โปรแกรมสั่งงานในระบบ CNC จะมีลักษณะเป็นแถวโดยในแต่ละแถวจะมีรหัสคำสั่ง (NC Code) ในรูปแบบของตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์ รหัสคำสั่งในแต่ละแถวจะแทนตำแหน่งการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดบนเครื่องจักร CNC เพื่อใช้สำหรับการขึ้นรูปชิ้นส่วน

2. ส่วนที่ใช้ป้อนข้อมูลของโปรแกรม (program input device) การป้อนข้อมูลของโปรแกรมในเครื่องจักร CNC ที่เป็นแบบซอฟต์ไวร์ (soft wire) โดยจะใช้วิธีการป้อนโปรแกรมเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ที่ชุดควบคุมการทำงานของเครื่อง (MCU) โดยใช้สายส่งสัญญาณ (interface bus) เช่น RS-232-C โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องอ่านเทปเพื่อแปลรหัสคำสั่งเหมือนกับเครื่องในระบบ NC

3. หน่วยควบคุมการทำงานของเครื่อง (MCU : Machine Control Unit) หน่วยควบคุมการทำงานของเครื่องมีหน้าที่อ่านและตีความหมายของคำสั่งที่ส่งมาจากส่วนป้อนข้อมูลของโปรแกรมหลังจากนั้นก็จะแปลงเป็นสัญญาณไปเพื่อควบคุมระบบการขับเคลื่อนของเครื่องจักร CNC ต่อไป

4. ส่วนที่เป็นระบบการควบคุมการขับเคลื่อน (drive system) การควบคุมการขับเคลื่อนในระบบ CNC แบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ ใช้มอเตอร์แบบเป็นขั้น (stepping motor) ใช้มอเตอร์กระแสตรง (DC servo motor) ใช้มอเตอร์กระแสสลับ (AC servo motor) ใช้ระบบไฮดรอลิก (hydraulic servo drive)

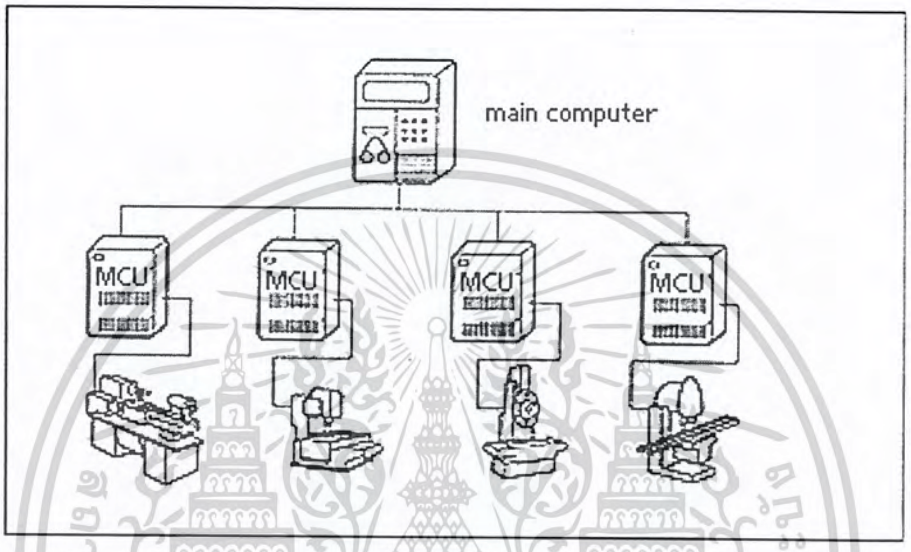
5. เครื่องจักรกล (machine tool) เครื่องจักรกลที่ถูกออกแบบมาเพื่อถูกควบคุมด้วยระบบ CNC จะมีระบบการควบคุม 2 ลักษณะ คือ แบบวงรอบเปิดและแบบวงรอบปิด หรือการผสมผสานระหว่างแบบวงรอบเปิดและแบบวงรอบปิด โดยเครื่องจักรที่ควบคุมแบบวงรอบปิดหรือการผสมผสานระหว่างแบบวงรอบเปิดและแบบวงรอบปิด โดยเครื่องจักรที่ควบคุมแบบวงรอบเปิดจะมีสัญญาณส่งไปที่มอเตอร์ทำให้โต๊ะจับชิ้นงานเคลื่อนที่ไปตามที่โปรแกรมไว้ ซึ่งการควบคุมด้วยระบบนี้จะไม่มีระบบตรวจสอบสัญญาณย้อนกลับ (feedback system) จึงไม่สามารถทำการตรวจสอบได้ว่าสัญญาณที่ส่งมานั้นได้ทำแล้วหรือยัง หรือมีข้อผิดพลาดอย่างไร ส่วนการควบคุมแบบวงรอบปิดจะมีระบบตรวจสอบสัญญาณย้อนกลับเมื่อโต๊ะหรือเครื่องมอตัดเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งที่โปรแกรมไว้ก็จะมีสัญญาณจับเพื่อควบคุมให้โต๊ะจับชิ้นงานหรือเครื่องมือตัดหยุด

2.5 การควบคุมด้วยระบบดีเอ็นซี

ในช่วงกลางปี ค.ศ. 1960 บริษัท Cincinnati Milacron และบริษัท General Electric ในสหรัฐอเมริกา ได้ร่วมมือกันเพื่อพัฒนาระบบการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรโดยใช้ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีเอ็นซี (DNC : Direct Numerical Control) ซึ่งระบบนี้จะเป็นระบบที่ควบคุมเครื่องจักรโดยที่โปรแกรม NC จะถูกส่งมาจากคอมพิวเตอร์กลาง (host computer) คอมพิวเตอร์กลางทำหน้าที่เป็นตัวเก็บข้อมูลหรือโปรแกรม NC ที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนก่อนที่จะส่งไปเก็บในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ที่เครื่องจักร CNC ต่อไป ระบบ DNC นั้นเหมาะสำหรับที่จะใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรที่มีจำนวนมาก การควบคุมด้วยระบบ DNC แสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การควบคุมเครื่องจักรด้วยระบบ DNC

2.6 การเขียนโปรแกรม NC ด้วยแคด/แคม (CAD/CAM Programming)

การนำระบบแคด/แคม (CAD/CAM) มาใช้ในการเขียนโปรแกรม NC เริ่มต้นจากการสร้างรูปทรงเรขาคณิตของชิ้นงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบหรือแคด (CAD : Computer Aided Design) จากนั้นจะเป็นการเลือกใช้เครื่องมือตัดและข้อมูลของการตัดเฉือนที่เหมาะสมกับเครื่องมือตัดแต่ละชนิดซึ่งในโปรแกรมแคด/แคมนั้นสามารถที่จะกำหนดข้อมูลต่างๆได้ ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดทางเดินของเครื่องมือตัด (tool path) เพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน โดยในขั้นตอนนี้โปรแกรมแคด/แคมจะมีการจำลองการขึ้นรูปชิ้นงาน (simulation) เพื่อให้สามารถมองเห็นภาพได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการตรวจสอบหาข้อผิดพลาดของการขึ้นรูปชิ้นงานอีกด้วย ขั้นตอนสุดท้ายของการเขียนโปรแกรม NC ด้วยแคด/แคม คือการแปลงทางเดินของเครื่องมือตัดไปเป็นรหัส NC (NC code) โดยในขั้นตอนนี้เรียกว่า "Postprocessor" เนื่องจากรูปทรงของชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรมแคด/แคมนี้ถูกเขียนขึ้นจากภาษาคอมพิวเตอร์ เช่น ภาษา APT ดังนั้นจึงต้องแปลงให้เป็นรหัสคำสั่งที่ใช้สำหรับควบคุมเครื่องจักร CNC ต่อไป ตัวอย่างสำหรับรหัสควบคุมเครื่องจักร CNC เช่น G,M,S เป็นต้น เมื่อได้โปรแกรม NC ที่ถูกต้องของโปรแกรม NC ก็จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกส่งผ่านสายส่งข้อมูล RS-232-C ไปยังเครื่องจักร CNC เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานต่อไป ในขั้นตอนนี้เรียกว่า คอมพิวเตอร์ช่วยผลิต (CAM : Computer Aided Manufacturing)

2.7 ข้อดีและข้อจำกัดของระบบซีเอ็นซี

ข้อดีและข้อจำกัดของระบบ CNC เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยมือมีดังนี้

ข้อดี

1. มีความเที่ยงตรงสูงและได้ชิ้นงานที่มีความคงที่สม่ำเสมอ
2. ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่ใช้เวลาน้อยลง
3. ค่าใช้จ่ายในการผลิตลดลง
4. ลดจำนวนเครื่องมือและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน
5. ไม่จำเป็นต้องใช้คนงานที่มีทักษะและประสบการณ์สูงในการควบคุมเครื่องจักร ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย
6. การตรวจสอบคุณภาพทำได้ง่ายโดยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพทุกขั้นตอน
7. มีความคล่องตัวและความยืดหยุ่นในการทำงานสูง การแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงขนาดของชิ้นงานนั้นทำได้โดยการแก้ไขโปรแกรมสั่งงานเท่านั้น
8. ลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องหรือการเปลี่ยนเครื่องมือ

ข้อจำกัด

1. เครื่องจักรในระบบ CNC มีราคาสูง ทำให้ค่าลงทุนในการผลิตช่วงต้นๆสูง
2. การบำรุงรักษายุ่งยากและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสูง
3. จำเป็นต้องใช้งานคนงานที่มีความรู้และทักษะสูงในการเขียนโปรแกรมสั่งงาน
4. จำเป็นต้องมีการฝึกอบรมให้กับคนงานสำหรับกรณีที่จะนำระบบ CNC เข้าไปใช้แทนเครื่องจักรแบบเดิม

2.8 การประยุกต์ใช้งานของ CNC (Application of CNC)

ในปัจจุบันเทคโนโลยี CNC นั้นได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตหลายชนิด โดยสามารถจำแนกได้ 5 ประเภทดังนี้

1. งานตัดเฉือนผิวโลหะ (metal cutting) เป็นประเภทที่นำระบบ CNC มาใช้งานมากประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ผลจากผลการสำรวจของหนังสือ Guidebook to CNC Technology ในปี ค.ศ.1992 ที่ได้สำรวจการใช้เครื่องจักร CNC ในอุตสาหกรรมของประเทศสหรัฐอเมริกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วยเครื่องแมชีนนิ่งเซนเตอร์ (Machining Center) 25 เปอร์เซ็นต์ เครื่องกลึง CNC 27 เปอร์เซ็นต์ เครื่องกัด CNC 12 เปอร์เซ็นต์ และเครื่อง CNC แบบกลึง-กัดประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

2. งานเจียระไน (grinding) เป็นงานอีกประเภทหนึ่งที่ได้นำระบบ CNC มาใช้งานมาก รองจากงานตัดเฉือนผิวโลหะ ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์

3. งานขึ้นรูปด้วยวิธีพิเศษ (unconventational machining) เป็นลักษณะของการขึ้นรูปที่ไม่เหมือนกับเครื่อง CNC ที่ใช้สำหรับงานตัดเฉือนผิวโลหะ เช่น เครื่องกัดโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า (EDM) เครื่องตัดโลหะโดยใช้ลำอิเล็คตรอน (electron beam machining) เครื่องตัดโลหะด้วยเลเซอร์ (laser cutting machining)

4. งานตัดเจาะและพับขึ้นรูป (fabrication) เป็นการนำเอาระบบ CNC มาใช้สำหรับงานตัดเจาะและพับขึ้นรูปในงานโลหะแผ่น ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์

5. งานประยุกต์เพื่อใช้สำหรับงานพิเศษหรืองานเฉพาะอย่าง (special-purpose application) เป็นการนำระบบ CNC มาใช้กับงานที่มีลักษณะพิเศษและเป็นงานเฉพาะอย่าง เช่น เครื่องวัดจุดโคออร์ดิเนต (CMM : Coordinate Measurement Machines) งานประกอบชิ้นส่วน (assembly) และงานขนถ่ายวัสดุ (material handling)

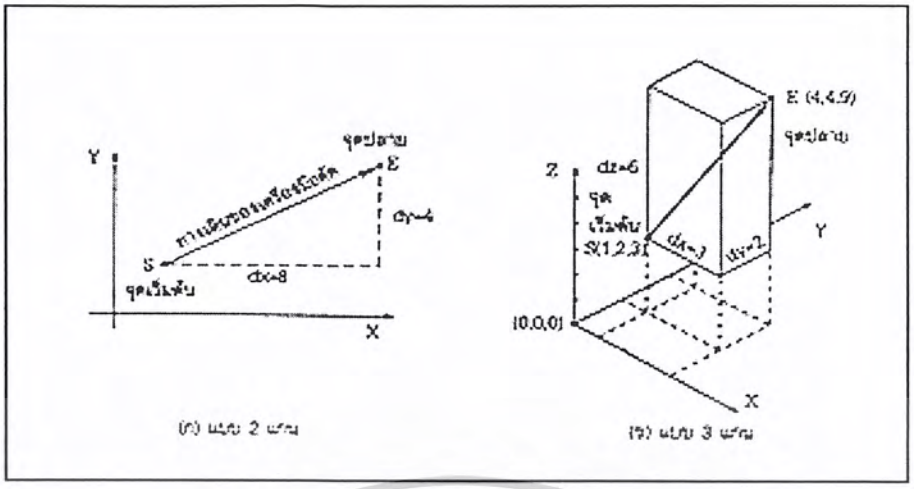
2.9 การควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่อง CNC

การควบคุมการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนแบ่งออกได้เป็น 5 ชนิด คือ การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (linear) การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง (circular) การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอล (helical) การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก (parabolic) และการเคลื่อนที่แบบคิวบิก (cubic) โดยที่การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงและในแนวเส้นโค้งจะเป็นแบบที่มีการใช้งานมากที่สุดในระบบ CNC

1. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (linear interpolation) การเคลื่อนที่ในลักษณะนี้นั้น เครื่องมือตัดจะเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายเป็นแนวเส้นตรง และในขณะเดียวกันระบบ CNC ก็จะทำการคำนวณเปรียบเทียบโดยให้จุดปลายของเส้นแรกจะเป็นจุดเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ไปยังจุดใหม่ต่อไป การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงแสดงไว้ดังภาพที่ 2.2

การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงจำเป็นจะต้องกำหนดค่าตัวแปรที่สำคัญ 3 ค่าโดยค่าตัวแปรคือ โคออร์ดิเนตของจุดเริ่มต้น โคออร์ดิเนตของจุดปลาย และความเร็วของแต่ละแนวแกน โดยที่หลักการควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้สำหรับคุมการเคลื่อนที่ตัดเฉือนผิวชิ้นงานของเครื่องมือตัดในหลายลักษณะซึ่งประกอบด้วยการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง วงกลม ส่วนโค้ง และแบบเฮลิคอล

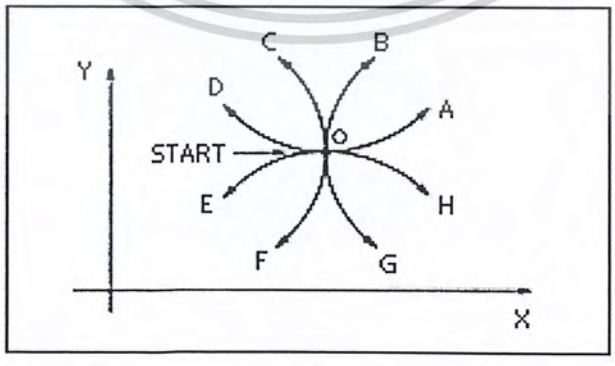
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

2. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง (circular interpolation) การเคลื่อนที่ในลักษณะนี้นั้นคล้ายกับการเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงที่มีระยะทางสั้นมาก ปกติขนาดของสัญญาณพัลส์ที่ส่งไปควบคุมการขับเคลื่อนของมอเตอร์จะมีค่าประมาณ 0.0001 หรือ 0.0002 นิ้ว โดยระบบที่ควบคุม CNC จะคำนวณหาจุดต่อกันของเส้นตรงตามขนาดของรัศมี และในขณะเดียวกันเครื่องมือตัดและชิ้นงานก็จะเคลื่อนที่สัมพันธ์กันทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งขึ้น ซึ่งข้อดีนั้นคือจะมีความคงที่ในขณะที่เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ตัดเฉือนชิ้นงานผิวโค้ง

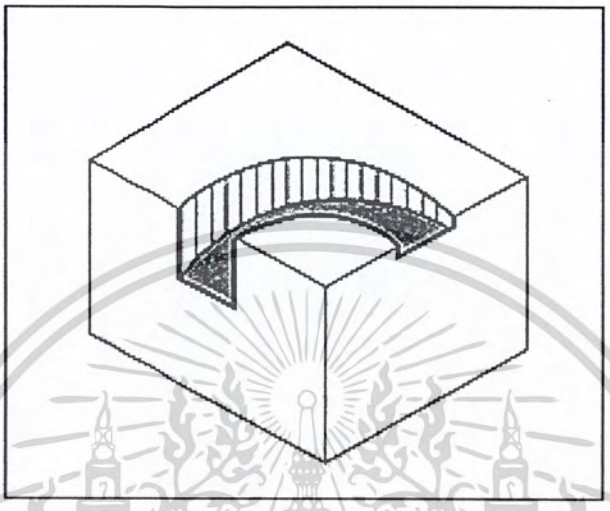
ลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวโค้งไม่ว่าจะมีทิศทางตามเข็มนาฬิกาและทิศทางทวนเข็มนาฬิกา สามารถจำแนกได้ทั้งหมด 8 ลักษณะดังภาพที่ 2.3 ที่แสดงการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง 8 ลักษณะโดยจะกำหนดให้ O คือจุดเริ่มต้นของเส้นโค้ง และที่ตำแหน่ง A,B,C,D,E,F,G,H คือจุดปลายของการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง



ภาพที่ 2.3 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง 8 ลักษณะ

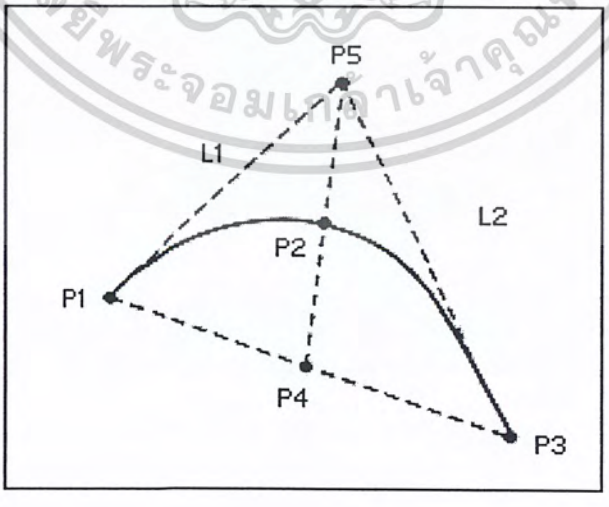
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอล (helical interpolation) การเคลื่อนในลักษณะนี้นั้นจะเป็นลักษณะของการผสมผสานกันระหว่างการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง 2 แกน ร่วมกับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงอีกหนึ่งแกน การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอลนี้จะใช้กับงานกัดเกลียวนอกที่มีขนาดใหญ่ (large internal and external thread) การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอลดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การเคลื่อนแบบเฮลิคอล

4. การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก (parabolic interpolation) การเคลื่อนในลักษณะนี้นั้นจะเป็นการกำหนดโดยใช้จุดที่ไม่อยู่ในแนวเส้นเดียวกัน 3 จุด ซึ่งมีลักษณะเป็นฟรีฟอร์มเคิร์ฟ (free-form curves) ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นโค้งพาราโบลิกที่กำหนด 3 จุด ซึ่งประกอบด้วย P1,P2,P3 โดยที่ P1 และ P3 คือจุดปลายของเส้น ส่วน P2 คือจุดกึ่งกลางที่อยู่ระหว่าง P4,P5 ส่วน P4 คือจุดกึ่งกลางระหว่าง P1 และ P3 เส้นตรง L1,L2 คือเส้นที่ใช้ในการสร้างส่วนโค้งพาราโบลิก การเคลื่อนที่ลักษณะนี้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

5. การเคลื่อนที่แบบคิวบิก (cubic interpolation) การเคลื่อนที่ในลักษณะนี้นั้นสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดได้ทุกรูปแบบ โดยทั่วไปแล้วจะนิยมใช้กับเครื่อง CNC ที่ใช้ขึ้นรูปแม่พิมพ์ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ที่ทำจากโลหะแผ่น เช่น ตัวถังรถยนต์

2.10 การควบคุมการขับเซอร์โว (Servo Drive Control)

ในระบบ CNC นี้จำเป็นจะต้องมีระบบเซอร์โว เนื่องจากคำสั่งที่อยู่ในรูปแบบของบล็อคจะถูกเก็บไว้ในอุปกรณ์เก็บข้อมูล และจะถูกส่งออกจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อขับเซอร์โวให้ควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่อง CNC ต่อไปซึ่งมี 2 ระบบดังต่อไปนี้คือ

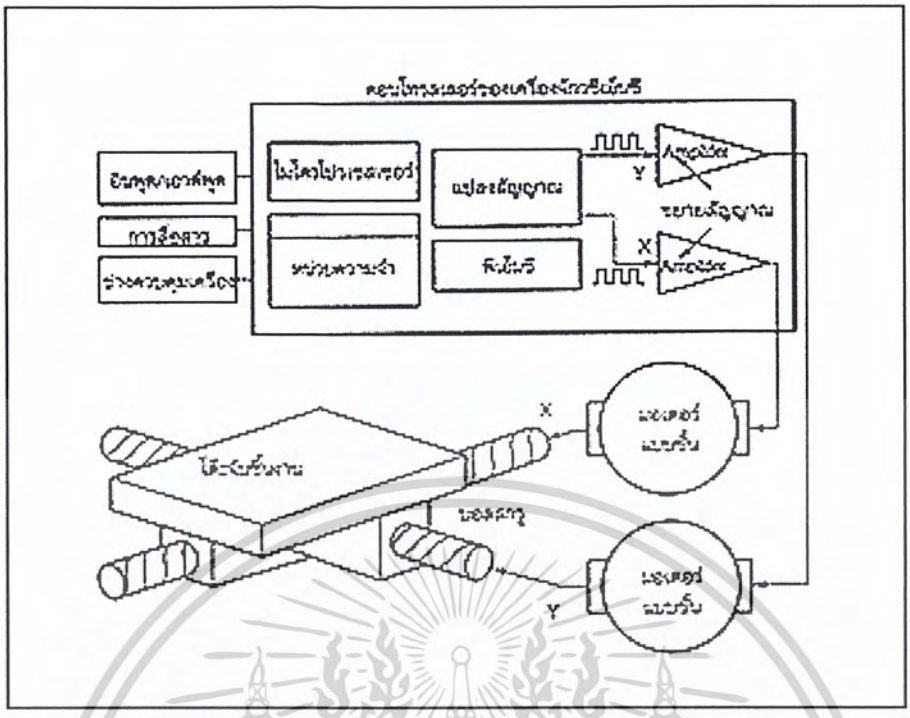
1. ระบบการขับเซอร์โวแบบวงรอบเปิด (open-loop system) ระบบการขับเซอร์โวด้วยวิธีนี้เครื่องจักร CNC จะรับข้อมูลจากเครื่องอ่านเทป สายส่งข้อมูลแบบ RS-232-C หรือวิธีอื่นๆ และเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์เมื่อต้องการข้อมูลนั้นจะส่งสัญญาณข้อมูลไปยังตัวขยายสัญญาณ (amplifier) ก่อนที่จะส่งไปยังตัวขับเซอร์โวอีกครั้งหนึ่งระบบการขับเซอร์โวแบบวงรอบเปิดนี้ ปกติจะใช้มอเตอร์แบบเป็นขั้น (stepping motor) เป็นตัวควบคุมการขับเคลื่อน ส่วนการส่งกำลังนั้นจะใช้บอลสกรู (ball screw) ส่งกำลังขับดังภาพที่ 2.6

ระบบการขับเซอร์โวแบบวงรอบเปิดใช้กับการขึ้นรูปชิ้นงานที่มีการตัดเฉือนชิ้นงานเบาๆ (light-load) และมักใช้กับระบบ CNC ที่ต้องการความเที่ยงตรงแม่นยำสูง ค่าพิกัดมากกว่า 0.0001 นิ้ว

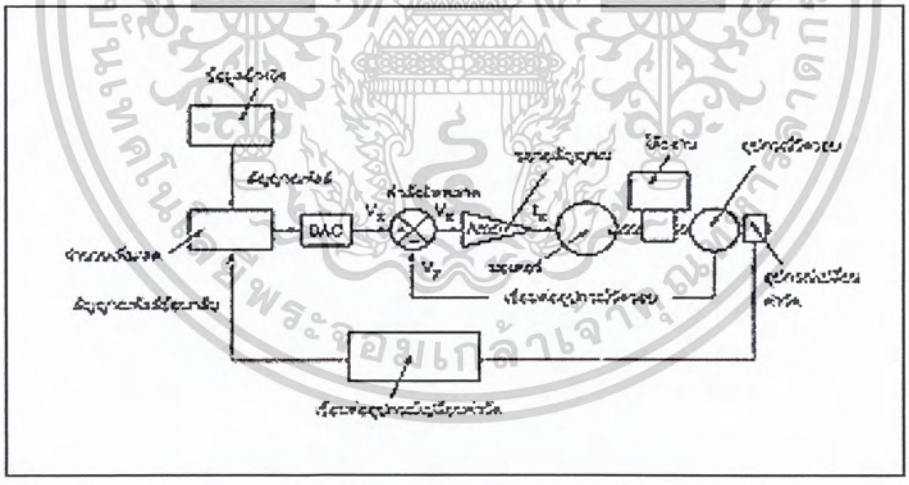
2. ระบบการขับเซอร์โวแบบวงรอบปิด (closed-loop system) ความแตกต่างของระบบการขับเซอร์โวแบบเปิดและปิด คือ ในแบบปิดจะมีระบบส่งสัญญาณย้อนกลับเพื่อตรวจสอบสัญญาณที่ส่งมาว่ามีความถูกต้องหรือผิดพลาดอย่างไร โดยจะแสดงให้เห็นที่จอภาพของคอมพิวเตอร์ซึ่งระบบการส่งสัญญาณย้อนกลับนี้จะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ แบบอะแนล็อกและแบบดิจิตอล ระบบการขับเซอร์โวแบบวงรอบปิดมักจะใช้กับงานที่ต้องการความเที่ยงตรงและต้องการความละเอียดสูง (ค่าความผิดพลาดไม่เกิน0.0001 นิ้ว) โดยระบบการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ของเครื่องจักร แบ่งได้ 2 แบบคือ

2.1 การขับเซอร์โวมอเตอร์แบบกระแสตรง (DC servo motor drives) มอเตอร์แบบกระแสตรงนี้จะเป็นมอเตอร์ที่ถูกนำมาใช้สำหรับควบคุมการขับป้อนในเครื่องจักร CNC มากที่สุด คือประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของการสร้างมอเตอร์กระแสตรงเป็นแม่เหล็กถาวรและมีสมรรถนะสูง การควบคุมทำได้ง่ายสามารถปรับอัตราป้อนได้ละเอียดดังภาพที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 ไดอะแกรมระบบการขับเซอร์โวแบบวงรอบเปิด



ภาพที่ 2.7 ไดอะแกรมระบบการขับเซอร์โวมอเตอร์แบบ DC วงรอบปิดที่มี Feedbackแบบ Digital

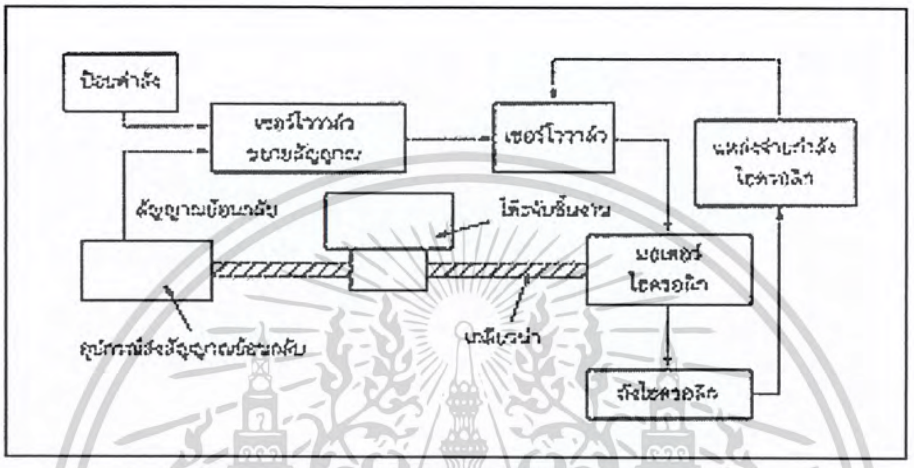
2.2 การขับเซอร์โวมอเตอร์แบบไฮดรอลิก (hydraulic servo drive) โดยใช้มอเตอร์แบบไฮดรอลิกการควบคุมการขับเซอร์โวมอเตอร์แบบไฮดรอลิกดังภาพที่ 2.8

ส่วนประกอบที่สำคัญคือ

- หน่วยจ่ายกำลังของไฮดรอลิก (hydraulic power supply)
- เซอร์โววาล์ว (servo valve) สำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของแต่ละแนวแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เซอร์โววาล์วขยายสัญญาณ (servo valve amplifiers) สำหรับการควบคุมอุปกรณ์ขยายสัญญาณ
- มอเตอร์ไฮดรอลิก (hydraulic motor) สำหรับขับเคลื่อนแต่ละแนวแกน
- อุปกรณ์ส่งสัญญาณย้อนกลับ (feedback device) สำหรับทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งและความเร็วของแต่ละแนวแกน



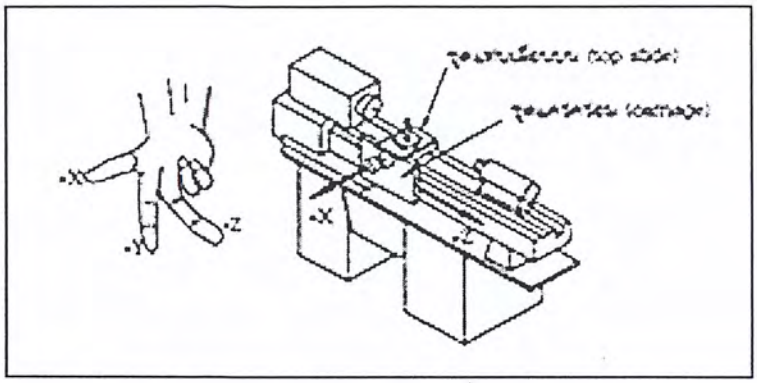
ภาพที่ 2.8 ไดอะแกรมระบบการขับเซอร์โวมอเตอร์แบบไฮดรอลิก

2.11 การกำหนดแนวแกนของเครื่องจักร

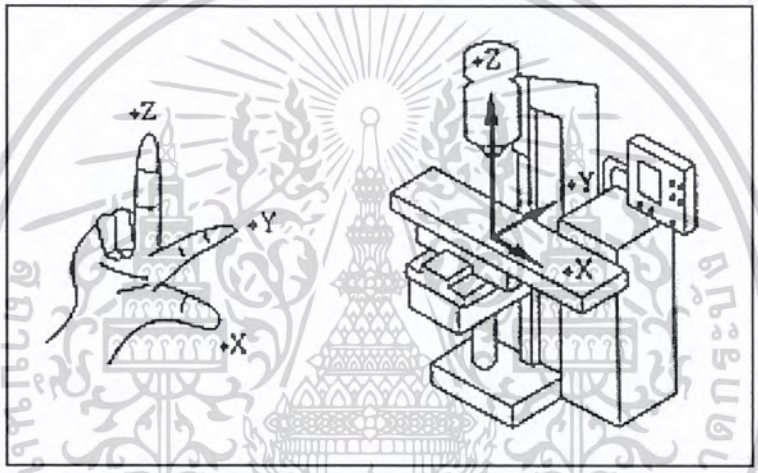
เครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบ CNC โดยทั่วไปมีพื้นฐานการเคลื่อนที่ลักษณะผสมผสานกันของแนวแกน 2 แนวแกน คือ แนวแกนที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (linear motion) และแนวแกนที่เคลื่อนที่หมุน (rotary motion) การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงนั้นเครื่องจักรจะเคลื่อนที่หมุนรอบแนวแกนอ้างอิง ในการกำหนดแนวแกนการเคลื่อนที่เครื่องจักรในระบบ CNC จะอาศัยระบบการวัดโคออร์ดิเนตแบบ Catesian Coordinate System ซึ่งประกอบไปด้วยแนวแกนรวม 3 แนวแกน โดยที่แต่ละแนวแกนจะทำมุมฉากซึ่งกันและกันดังภาพที่ 2.9 และ 2.10

นอกจากนี้แล้วเครื่องจักรในระบบ CNC บางชนิดก็จะมีแนวแกนป้อนและแนวแกนหมุน ซึ่งในการกำหนดแนวแกนของเครื่องจักร CNC ตามมาตรฐาน EIA-267-B (Electronic Industries Association) ได้กำหนดมาตรฐานของแนวแกนไว้ทั้งหมดรวม 14 แนวแกน แนวแกนเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง 9 แนวแกน แนวหมุน 5 แนวแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกลึง CNC



ภาพที่ 2.10 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัด CNC เพลาตั้ง

2.12 ระบบโคออร์ดิเนต (Coordinate Systems)

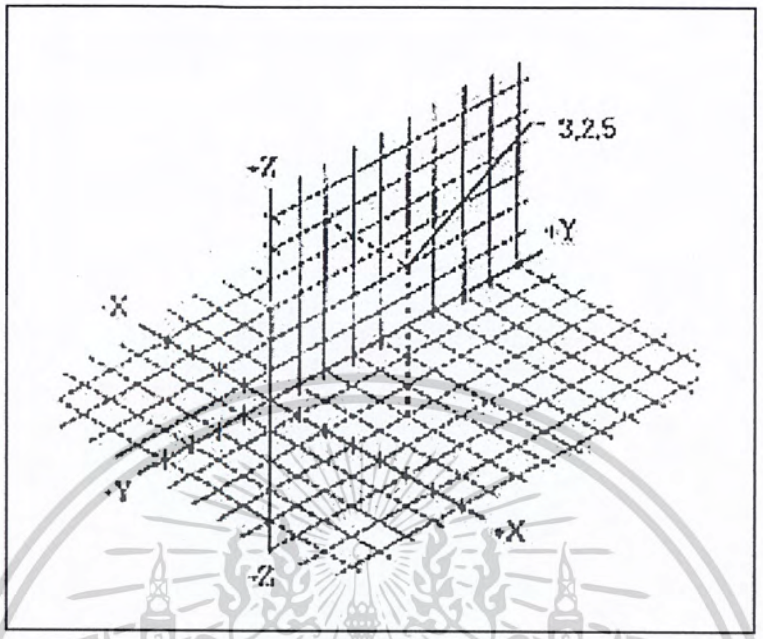
การเขียนโปรแกรม NC นั้นมีจุดมุ่งหมายเพื่อกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดให้เคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งต่างๆเพื่อไปตัดเฉือนผิวชิ้นงานให้ได้ขนาดของชิ้นงานตามที่ต้องการ ดังนั้นเพื่อให้การควบคุมเครื่องมือตัดเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ในการเขียนโปรแกรม NC ต้องอาศัยระบบโคออร์ดิเนตเพื่อให้ผู้เขียนโปรแกรมนั้นได้ใช้เป็นจุดกำหนดตำแหน่งของชิ้นงานบนเครื่องจักร CNC

ระบบโคออร์ดิเนตที่ถูกนำมาใช้งานระบบ CNC แบ่งออกเป็น 2 ระบบคือ

1. ระบบโคออร์ดิเนตแบบ Cartesian (Cartesian coordinate system) ระบบโคออร์ดิเนตแบบ Cartesian หรือ ระบบโคออร์ดิเนตแบบสี่เหลี่ยม (rectangular coordinate system) แบ่งส่วนเป็น 4 ส่วน โดยแต่ละส่วนเรียกว่า “ควอแดรนต์ (quadrants)” การกำหนดตำแหน่งของจุดในระบบนี้ประกอบด้วยแนวแกนตัดกัน 3 แนวแกน โดยแนวแกนแต่ละแนวแกนจะทำมุมตั้งฉาก

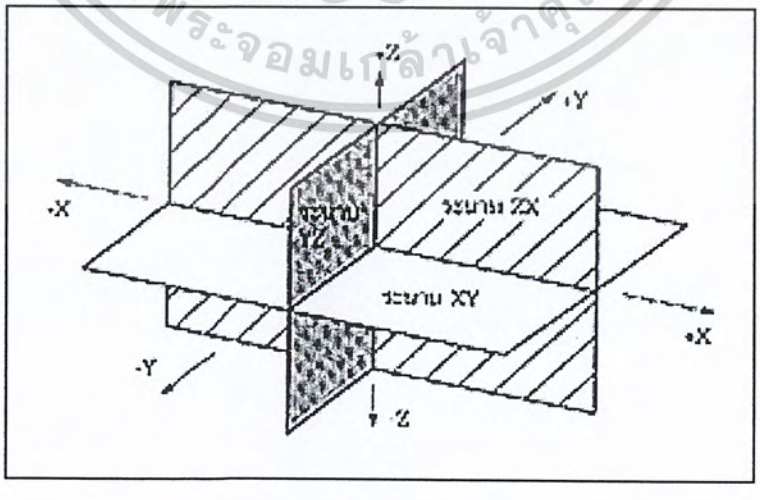
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งกันและกันดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 ระบบโคออร์ดิเนตแบบ Cartesian

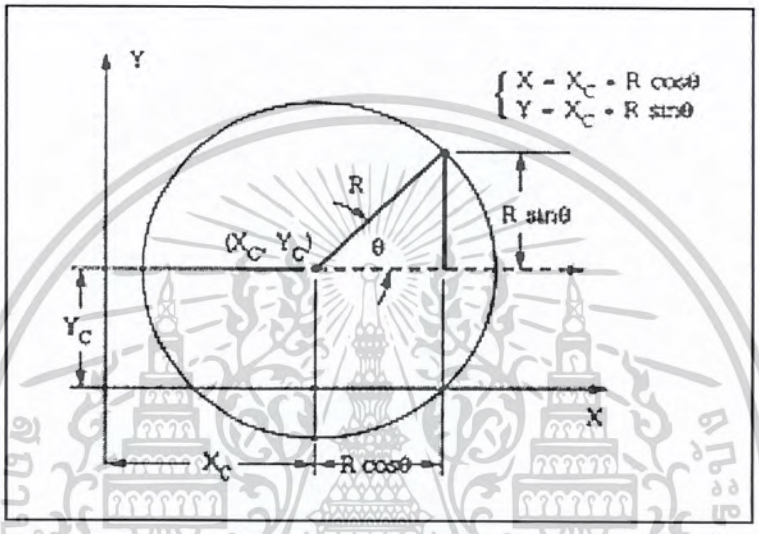
เครื่องจักรในระบบ CNC ส่วนมากแล้วจะมีระบบโคออร์ดิเนตแบบ Cartesian ที่กำหนดตำแหน่งของจุดเป็น 3 แนวแกนหรือมากกว่าทั้งนี้ก็เพื่อให้การผลิตชิ้นงานนั้นมีความสมบูรณ์ที่สุด โดยในแนวแกนหลักที่เพิ่มเข้ามาคือ แนวแกน Z ทำให้เกิดระบบโคออร์ดิเนตแบบ 3 แนวแกน ดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 ระบบโคออร์ดิเนตแบบ Cartesian แบบ 3 แนวแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระบบโคออร์ดิเนตแบบ Polar (Polar coordinate system) การกำหนดตำแหน่งของจุดในระบบโคออร์ดิเนตแบบ Polar จะกำหนดตำแหน่งของจุดด้วยวิธีการระบุระยะทางหรือรัศมีและมุมเอียงที่วัดจากแนวแกนอ้างอิงสัมพันธ์กับระบบโคออร์ดิเนตแบบ Cartesian ดังภาพที่ 2.13 โดยปกติจะให้จุดเริ่มต้น (origin) จะอยู่ที่จุดตัดของแนวแกนอ้างอิงคือแนวแกน X ในส่วนของการกำหนดทิศทางของการวัดมุมจะกำหนดให้เป็นบวกเมื่อวัดทวนเข็มนาฬิกา และจะเป็นลบเมื่อทิศทางตามเข็มนาฬิกา



ภาพที่ 2.13 ระบบโคออร์ดิเนตแบบ Polar ที่สัมพันธ์กับระบบโคออร์ดิเนตแบบ Cartesian

2.13 ระบบของตำแหน่ง (Positioning System)

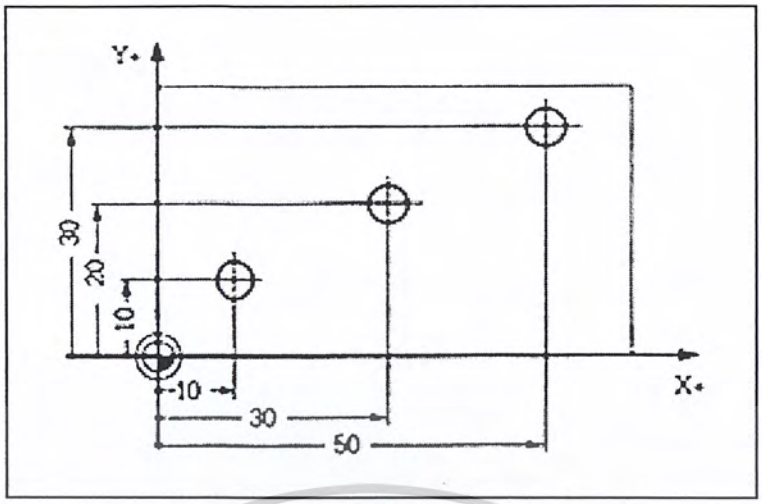
ในการเขียนโปรแกรม NC จำเป็นจะต้องอาศัยระบบโคออร์ดิเนตเพื่อระบุตำแหน่งในการเคลื่อนที่เครื่องมือตัดบนชิ้นงาน การเปลี่ยนเครื่องมือตัด (tool change) และกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์จับยึด การกำหนดตำแหน่งของเครื่องมือตัดจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ แบบสัมบูรณ์และแบบต่อเนื่อง (absolute and incermental position system) โดยวิธีการกำหนดตำแหน่งของแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ

1. การกำหนดตำแหน่งสัมบูรณ์ (absolute positioning) การกำหนดตำแหน่งของจุดโดยวิธีนี้จะอาศัยจุดอ้างอิงเพียงจุดเดียวในแบบงานซึ่งจุดที่อ้างอิงนี้จะเป็นจุดศูนย์ของระบบโคออร์ดิเนต การระบุขนาดของชิ้นงานให้ลากขนานกับแนวแกนและเริ่มต้นจากจุดอ้างอิงเสมอ ดังภาพที่ 2.14

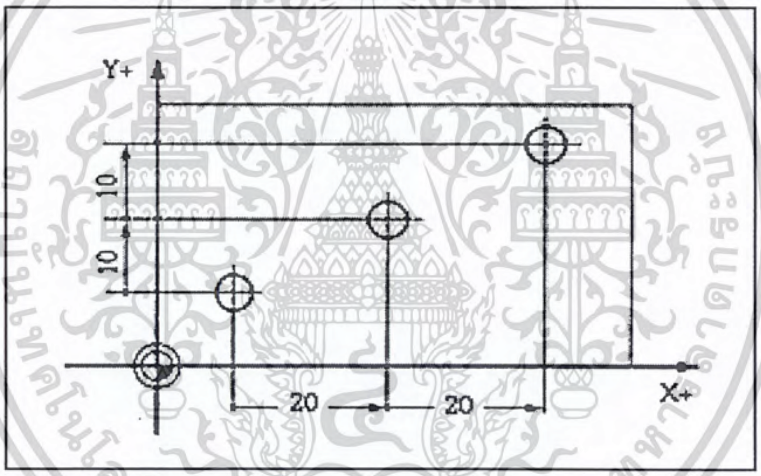
2. การกำหนดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง (incremental positioning) การกำหนดตำแหน่งของจุดโดยวิธีนี้จะอาศัยจุดอ้างอิงจุดสุดท้ายระบุตำแหน่งเป็นจุดเริ่มต้นของการให้ขนาดใหม่ต่อไป ดังภาพที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 2.14 การกำหนดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์



ภาพที่ 2.15 การกำหนดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง

2.14 โคออร์ดิเนตอ้างอิง

โคออร์ดิเนตอ้างอิง (reference coordinate) ประกอบด้วยจุดอ้างอิงหรือจุดศูนย์ของเครื่อง จุดอ้างอิงของการเลื่อนกลับ จุดอ้างอิงของโปรแกรม และจุดอ้างอิงของชิ้นงาน

1. จุดอ้างอิงของเครื่อง (machine reference point : M) จุดอ้างอิงของเครื่องหรือจุดศูนย์ของเครื่อง (machine zero point) จุดนี้เป็นตำแหน่งเริ่มต้นของระบบโคออร์ดิเนตของเครื่องจักร CNC โดยใช้จุดอ้างอิงของเครื่องนี้สำหรับการยึดจับชิ้นงานบนเครื่องจะต้องให้สัมพันธ์กันระหว่างโคออร์ดิเนตของชิ้นงานกับโคออร์ดิเนตของเครื่องให้ถูกต้อง จุดอ้างอิงของเครื่องจะเป็นตำแหน่งที่ถูกกำหนดโดยบริษัทที่ผลิตเครื่องซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงตำแหน่งได้

2. จุดอ้างอิงของการเลื่อนกลับ (reference return point : R) ตำแหน่งของจุดอ้างอิงของ

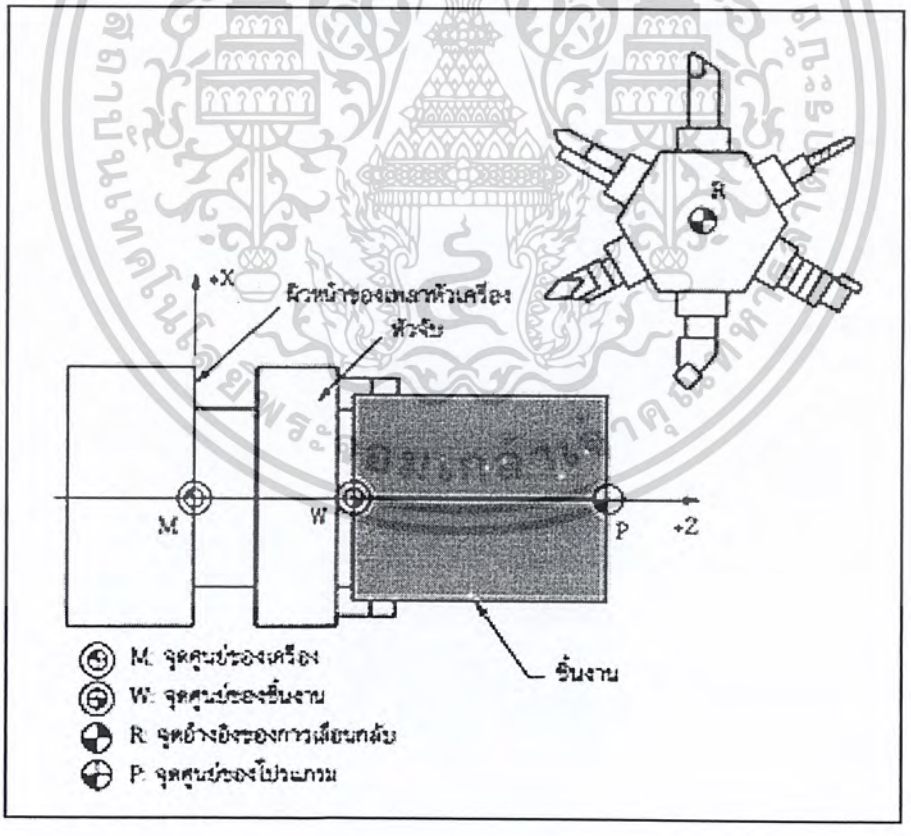
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45863

การเลื่อนกลับนี้จะถูกกำหนดไว้ก่อนล่วงหน้าใช้ลิมิตสวิตซ์ (limit switches) เป็นตัวควบคุมระยะการเคลื่อนที่โดยใช้จุดอ้างอิงของการเลื่อนกลับนี้ช่วยในการปรับค่าและควบคุมการเคลื่อนที่ของโต๊ะงานหรือการหมุนของเพลาเครื่องจักร โดยที่ค่าโคออร์ดิเนตของจุดอ้างอิงนี้จะมีขนาดคงเดิมและจะทราบตัวเลขที่แน่นอน ซึ่งปกติจะมีค่าที่สัมพันธ์กับจุดศูนย์ของเครื่องจักร

3. จุดอ้างอิงของโปรแกรม (program reference point : P) โดยปกติค่าโคออร์ดิเนตในระบบโคออร์ดิเนตของเครื่องจะไม่สามารถนำไปใช้งานสำหรับการเขียนโปรแกรมเนื่องจากมีความแตกต่างกันกับระบบโคออร์ดิเนตของชิ้นงาน ในกรณีนี้ผู้เขียนโปรแกรมจำเป็นต้องเลือกจุดที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงหรือจุดศูนย์ของโปรแกรมซึ่งถ้าเป็นชิ้นงานที่ง่ายๆการกำหนดจุดอ้างอิงของโปรแกรมมักเป็นจุดเดียวกันกับจุดอ้างอิงของชิ้นงานแต่ถ้าชิ้นงานมีความสลับซับซ้อนอาจจำเป็นต้องใช้จุดอ้างอิงของโปรแกรมและจุดศูนย์ของชิ้นงานให้มีความแตกต่างกัน

4. จุดอ้างอิงของชิ้นงาน (work reference point : W) จุดอ้างอิงหรือจุดศูนย์ของชิ้นงาน (work zero point : W) ใช้เป็นจุดเริ่มต้นในการกำหนดระบบโคออร์ดิเนตของชิ้นงานโดยสามารถเลือกตำแหน่งตรงไหนก็ได้บนโต๊ะชิ้นงานโดยป้อนค่าเข้าไปในขั้นตอนการปรับตั้ง



ภาพที่ 2.16 โคออร์ดิเนตอ้างอิง (reference coordinate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15 รหัสเอ็นซี

รหัสเอ็นซี (NC Codes) ใช้กำหนดหน้าที่การทำงานของเครื่องจักรโดยอาศัยชุดควบคุมเครื่องจักร ในโปรแกรม NC จะใช้รหัสอยู่ 3 ชนิดคือ หมายเลข (numbers),ตัวเลข (character) และสัญลักษณ์ (symbols) รหัสของโปรแกรม NC ซึ่งประกอบด้วย

1. ตัวอักษร (character) ในโปรแกรม NC นี้จะใช้ตัวอักษรเพื่อกำหนดลักษณะการทำงานหรือการกำหนดเงื่อนไขต่างๆโดยตำแหน่งของตัวอักษรจะกำหนดไว้ด้านหน้าของแต่ละคำ (word) ตัวอักษรที่กำหนดโดยมาตรฐาน EIA RS-274-B

2. คำ (word) หมายถึงกลุ่มของตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่ประกอบกันขึ้นเพื่อใช้กำหนดเงื่อนไขในการทำงานของเครื่องจักร CNC เช่น

N10 หมายถึงหมายเลขบรรทัดของโปรแกรม

G01 หมายถึงการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงตามอัตราป้อน

X1.0 หมายถึงระยะทางที่เคลื่อนไปตามแนวแกน X เท่ากับ 1.0 หน่วย

3. บล็อก (block) หมายถึงการนำจำนวนคำ (word) หลายๆคำมาประกอบกันเป็นคำสั่งควบคุมการทำงานของเครื่องจักร CNC เช่น

N01 G90 G80 G17 บล็อกที่ประกอบด้วยจำนวนคำ 4 คำ

N10 T01 M06 บล็อกที่ประกอบด้วยจำนวนคำ 3 คำ

N15 G01 X2.0 Y1.5 F7.5 บล็อกที่ประกอบด้วยจำนวนคำ 5 คำ

4. โปรแกรม (program) หมายถึงการรวมกันของบล็อกหลายๆบล็อกที่เขียนขึ้นตามลำดับขั้นตอนในการตัดเฉือนชิ้นงานตามที่กำหนดไว้ ในโปรแกรมนั้นจะประกอบด้วยคำสั่งเกี่ยวกับการทำงานและคำสั่งช่วยในการทำงาน ตัวอย่างของคำสั่งในการทำงาน เช่น คำสั่งเคลื่อนที่เร็ว ส่วนคำสั่งช่วยในการทำงานนั้นจะประกอบไปด้วยตำแหน่งที่เคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด (coordinate) ความเร็วรอบของเพลาจับยึดเครื่องมือตัด (spindle speed) อัตราป้อน (feed rate) การชดเชยรัศมีของเครื่องมือตัด (cutter radius compensation) เป็นต้น

2.16 คำในโปรแกรมเอ็นซี

คำที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซี (NC Words) เพื่อใช้ในการกำหนดหน้าที่และการควบคุมการทำงานของเครื่องจักร CNC สามารถแบ่งได้เป็น 8 ชนิด ซึ่งแต่ละบริษัทหรือประเทศผู้ผลิตอาจกำหนดรูปแบบคำตามมาตรฐานของตน อีกทั้งเครื่องจักร CNC มีการทำงานในหลายลักษณะ NC Words จึงมีความแตกต่างกันไป

1. หมายเลขลำดับของบล็อก (Nxxx) ในโปรแกรม NC จะมีหมายเลขของบล็อกกำกับตามขั้นตอนในการทำงานหรือขั้นตอนในการขึ้นรูปชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การจัดเตรียมการทำงาน (G) การจัดเตรียมการทำงานในระบบ CNC จะถูกกำหนดด้วยตัวอักษร G และตามด้วยตัวเลข 2 หลักเพื่อกำหนดและควบคุมการทำงาน รหัส G จะเป็นรหัสที่มีการทำงานอยู่ 2 ลักษณะคือแบบ Modal และแบบ Nonmodal โดยที่ Modal จะเป็นรหัสที่ถูกปรับตั้งค่าไว้ในหน่วยความจำของเครื่อง เมื่อเปิดสวิตซ์ของเครื่องรหัสนี้จึงจะทำงานและจะถูกยกเลิกการทำงานเมื่อมีรหัส G ในกลุ่มเดียวกันไปสั่งยกเลิก ส่วน Nonmodal จะเป็นรหัสที่ทำงานในบรรทัดเดียวคือเฉพาะบรรทัดที่มีรหัสนี้อยู่

3. การให้ขนาดตามแนวแกน (X,Y,Z) การให้ขนาดตามแนวแกนเป็นการระบุตำแหน่งปลายทางในการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดไปตามแนวแกนของเครื่องจักร CNC เช่น เคลื่อนที่ไปตามแนวแกน X,Y,Z โดยที่การให้รหัสขนาดนี้จะใช้รหัสอักษรของแนวแกนและตามด้วยระยะทางในการเคลื่อนที่ ซึ่งตัวเลขที่ระบุระยะทางในการเคลื่อนที่นั้นอาจจะมีทั้งค่าบวก (+) ค่าลบ (-) เลขจำนวนเต็มหรือมีจุดทศนิยมก็ได้

4. ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง (I,J,K) การให้ขนาดตำแหน่งที่จุดศูนย์กลางของวงกลม (I,J,K) จะใช้ในกรณีที่เครื่องตัดเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งโดยที่

I คือ ขนาดที่วัดจากจุดเริ่มต้นของส่วนโค้งถึงจุดศูนย์กลางในแนวแกน X

J คือ ขนาดที่วัดจากจุดเริ่มต้นของส่วนโค้งถึงจุดศูนย์กลางในแนวแกน Y

K คือ ขนาดที่วัดจากจุดเริ่มต้นของส่วนโค้งถึงจุดศูนย์กลางในแนวแกน Z

5. การหมุนของเพลาจับยึดเครื่องมือตัด (S) ความเร็วรอบของเพลาจับยึดเครื่องมือตัด (spindle speed) ในโปรแกรม NC จะใช้รหัสตัวอักษรคือ S และตามด้วยตัวเลขของความเร็วรอบ 2 ถึง 5 หลัก โดยความเร็วรอบนี้จะมีหน่วยวัดเป็นรอบ/นาที (RPM : revolulations per minute)

6. เครื่องมือตัด (T) การเรียกเครื่องมือตัดหรือการเปลี่ยนเครื่องมือตัด จะกำหนดโดยใช้รหัสตัวอักษร T ตามด้วยหมายเลขลำดับของเครื่องมือที่ติดตั้งไว้ในชุดเปลี่ยนเครื่องมืออัตโนมัติ (automatic tool magazine)

7. อัตราป้อน (F) การกำหนดอัตราป้อนในโปรแกรม NC จะกำหนดโดยใช้รหัสอักษร F (feed) และตามด้วยค่าตัวเลขของอัตราป้อน โดยปกติแล้วการกำหนดอัตราป้อนสำหรับงานกัดและงานเจาะนั้นมีหน่วยวัดเป็นนิ้ว/นาที หรือมิลลิเมตร/นาที และการกำหนดอัตราป้อนสำหรับงานกลึงจะมีหน่วยวัดรอบเป็นนิ้ว/รอบ หรือมิลลิเมตร/รอบ

8. การทำงานเสริม (M) การทำงานเสริมหรือคำสั่งช่วยงาน (miscellaneous function) ในโปรแกรม NC จะกำหนดด้วยรหัสอักษร M ซึ่งเป็นรหัสคำสั่งที่ควบคุมระบบการทำงานของเครื่องจักร CNC ร่วมกับคำสั่งการจัดเตรียมงาน (G) ในการกำหนดรหัสชนิดคำสั่งนี้จะใช้ตัวเลข 2 หลักต่อท้ายตัวอักษร M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.17 กระบวนการวางแผนสำหรับการดำเนินการเกี่ยวกับเอ็นซี

ก่อนที่จะดำเนินการเขียนโปรแกรม NC นั้น ผู้เขียนโปรแกรมต้องวางแผนการดำเนินงานเสียก่อนทั้งนี้เพื่อใช้กำหนดเป็นแนวทางสำหรับการผลิตชิ้นงานนั้นๆ ซึ่งการวางแผนการทำงานที่ดีจะช่วยให้สามารถลดเวลาในการผลิต ลดของเสีย และได้งานตามที่ต้องการ สำหรับกระบวนการวางแผนการดำเนินการเกี่ยวกับ NC นี้จะประกอบไปด้วยหน้าที่ 8 ส่วนที่สำคัญ คือ

1. การเตรียมวัตถุดิบ
2. การเลือกกระบวนการผลิต
3. การจัดลำดับของกระบวนการผลิต
4. การเลือกพารามิเตอร์ของเครื่องจักร
5. การวางแผนเพื่อกำหนดทางเดินของเครื่องมือตัด
6. การเลือกเครื่องจักร
7. การเลือกเครื่องมือตัด
8. การเลือกอุปกรณ์จับยึด

2.18 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของการขึ้นรูปทางกล

ค่าตัวแปรที่ถูกนำมาพิจารณาในกระบวนการขึ้นรูปด้วยเครื่องจักร CNC มากที่สุดคือ ความเที่ยงตรง (accuracy) และสมรรถภาพ (efficiency) ของเครื่องจักร โดยที่ความเที่ยงตรงนั้นหมายถึงความเที่ยงตรงของขนาดชิ้นงานซึ่งอาศัยค่าตัวแปรที่สำคัญ 2 ประการคือ ความเที่ยงตรงแม่นยำของโปรแกรมและเครื่องจักรที่เกิดจากระบบการวัดหรือระบบควบคุมการขับเซอร์โว ส่วนสมรรถภาพของเครื่องจักรนั้นจะสัมพันธ์กับอัตราการผลิตชิ้นงานซึ่งหมายถึงเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน

ในการเขียนโปรแกรม NC จำเป็นจะต้องอาศัยค่าพารามิเตอร์หรือข้อมูลในการตัดเฉือนที่สำคัญ 3 ค่าตัวแปร คือความเร็วตัด (cutting speed) อัตราป้อน (feed rate) และความลึกของการตัดเฉือน (depth of cut) โดยที่ค่าตัวแปรทั้ง 3 จะเป็นตัววัดความสามารถของกระบวนการที่ใช้ตัดเฉือนชิ้นงาน ดังนั้นการพิจารณาเลือกค่าตัวแปรทั้ง 3 ตัวนั้นควรคำนึงถึงความสามารถในการตัดเฉือนของเครื่องมือตัด กำลังม้าที่ใช้ในการขับเพลาจับเครื่องมือตัด ความแข็งแกร่ง (rigidity) ของชิ้นงานและอุปกรณ์จับยึดอีกด้วย ทั้งนี้เพราะค่าตัวแปรทั้ง 3 จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถประเมินความเหมาะสมของการใช้เครื่องจักรกับชิ้นงาน

1. การคำนวณหาความเร็วตัด (cutting speed) ความเร็วตัดในกระบวนการขึ้นรูปทางกลด้วยเครื่องจักร CNC หมายถึงความเร็วรอบ ณ จุดที่เกิดการตัดเฉือนของเครื่องมือตัดในขณะที่เครื่องตัดนั้นเดินตัดเฉือนบนผิวชิ้นงาน ในการเลือกค่าความเร็วตัดนั้นควรพิจารณาถึงองค์ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนี้

ก. ความสามารถในการขึ้นรูปของวัสดุชิ้นงาน

ข. วัสดุและรูปทรงเรขาคณิตของเครื่องมือตัด

ค. การหล่อเย็น

ง. อัตราป้อนและความลึกของการตัดเฉือน

จ. กำลังม้าในการขับเพลาจับยึดเครื่องมือตัด

ในการคำนวณหาค่าความเร็วตัดนั้นสามารถที่จะคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

ระบบนิ้ว

$$CS = \frac{\pi DN}{12} \tag{2.1}$$

โดยที่ CS = ความเร็วตัด (ฟุต/นาที : FPM)

N = ความเร็วรอบของชิ้นงานที่หมุน (รอบ/นาที : RPM)

D = ขนาดของชิ้นงานที่หมุนหรือขนาดของเครื่องมือตัด (นิ้ว)

ระบบเมตริก

$$CS = \frac{\pi DN}{1000} \tag{2.2}$$

โดยที่ CS = ความเร็วตัด (ฟุต/นาที : FPM) (เมตร/นาที : MPM)

N = ความเร็วรอบของชิ้นงานที่หมุน (รอบ/นาที : RPM)

D = ขนาดของชิ้นงานที่หมุนหรือขนาดของเครื่องมือตัด (มิลลิเมตร)

โดยทั่วไปค่าความเร็วตัดของวัสดุแต่ละชนิดนั้นทราบได้จากตารางหรือคู่มือการตัดเฉือนวัสดุนั้นๆ ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงมักนำค่าความเร็วตัดจากตารางไปคำนวณหาค่าความเร็วรอบของแต่ละชิ้นงานหรือความเร็วรอบของเครื่องมือตัดโดยสมการต่อไปนี้

ระบบนิ้ว

$$N = \frac{12CS}{\pi D} \tag{2.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเมตริก

$$N = \frac{1000CS}{\pi D} \tag{2.4}$$

2. การคำนวณหาอัตราป้อน (feed rate) อัตราป้อนหมายถึงอัตราส่วนการเคลื่อนที่ของเครื่องมือที่เคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงานต่อหน่วยเวลา โดยทั่วไปสามารถจะกำหนดหน่วยของอัตราป้อนได้ 3 ลักษณะคือ

2.1 อัตราป้อนเป็นระยะทางการเคลื่อนที่ต่อฟันของเครื่องมือตัด เช่น นิ้ว/ฟัน (IPT : inches per tooth) หรือ มิลลิเมตร/ฟัน (MPT : millimeters per tooth)

2.2 อัตราป้อนเป็นระยะทางการเคลื่อนที่ต่อรอบ เช่น นิ้ว/รอบ (IPR : inches per revolution) หรือ มิลลิเมตร/รอบ (MMPR : millimeters per revolution)

2.3 อัตราป้อนเป็นระยะทางการเคลื่อนที่ต่อนาที เช่น นิ้ว/นาที (IPM : inches per minute) หรือ มิลลิเมตร/นาที (MMPM : millimeters per minute)

$$f_r = f_t.T \tag{2.5}$$

$$f_m = f_t.T.N \tag{2.6}$$

โดยที่ f_r = อัตราป้อน นิ้ว/รอบ หรือ มิลลิเมตร/รอบ

f_m = อัตราป้อน นิ้ว/นาที หรือ มิลลิเมตร/นาที

f_t = อัตราป้อน นิ้ว/ฟัน หรือ มิลลิเมตร/ฟัน

T = จำนวนฟันของเครื่องมือตัด

N = ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)

3. ความลึกของการตัด (depth of cut) ความลึกของการตัดหมายถึงระยะทางที่คมของเครื่องมือตัดหยั่งลึกเข้าไปในชิ้นงานในทิศทางที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ ซึ่งโดยปกติความลึกของการตัดหยาบจะมีขนาดมากกว่าความลึกของการตัดละเอียดการกำหนดความลึกของการตัดนี้จะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ประการคือ แรงม้าในการขับเพลาจับเครื่องมือตัดหรือชิ้นงานกับความแข็งแกร่งของเครื่องมือตัดหรือความแข็งแกร่งของเครื่องจักร CNC

4. การคำนวณหาหน่วยกำลังแรงม้า (UHP : unit horsepower) การตัดเฉือนผิวชิ้นงานด้วยเครื่องจักร CNC กำลังแรงม้าที่ใช้สำหรับการขับเคลื่อนต่างๆจะได้จากมอเตอร์ ดังนั้นก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จะทำการตัดเฉือนผิวชิ้นงานจึงต้องมีความจำเป็นต้องคำนวณหากำลังที่จะใช้สำหรับการตัดเฉือนในแต่ละครั้ง จำนวนของกำลังที่ใช้ต่อการตัดเฉือนผิวชิ้นงานจำนวน 1 ลูกบาศก์นิ้ว/นาที เรียกว่า "หน่วยกำลังแรงม้า" การคำนวณหากำลังแรงม้าที่ตำแหน่งปลายของเครื่องมือตัดสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$HP_c = UHP.\ MRR.\ C \qquad (2.7)$$

โดยที่ HP_c = กำลังแรงม้าที่ปลายของเครื่องมือตัด

UHP = หน่วยกำลังแรงม้า (กำลังที่จะต้องใช้ในการตัดเฉือนผิวชิ้นงาน 1 หน่วยลูกบาศก์นิ้ว/นาที)

MRR = อัตราการตัดเฉือนผิวชิ้นงาน (ลูกบาศก์นิ้ว/นาที)

C = ค่าแฟกเตอร์ของการป้อน

5. การกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับงานกลึง (machining parameters or turning) โดยปกติแล้วค่าความเร็วตัดและอัตราป้อนนั้นมักจะใช้ค่าจากตารางคู่มือมาตรฐานซึ่งค่าจะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของชิ้นงานและวัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือตัด

2.19 เครื่องมือตัดสำหรับงานเจาะ

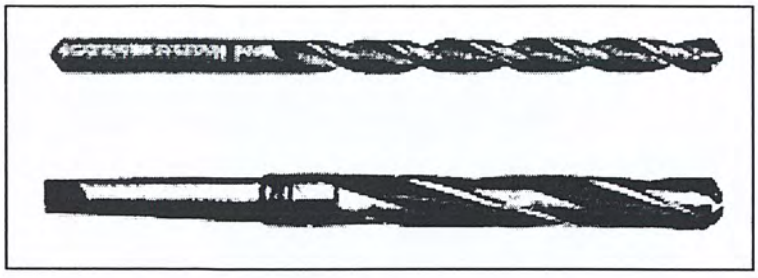
การเจาะรูปชิ้นงานในกระบวนการขึ้นรูปด้วยเครื่องจักร CNC สามารถจำแนกออกได้เป็น 4 ลักษณะคือ

1. การเจาะ (drilling)
2. การคว้านเรียบ (reaming)
3. การคว้านรู (boring)
4. การต๊าปเกลียว (tapping)

สำหรับเครื่องมือตัดที่ใช้สำหรับการเจาะ ประกอบด้วย

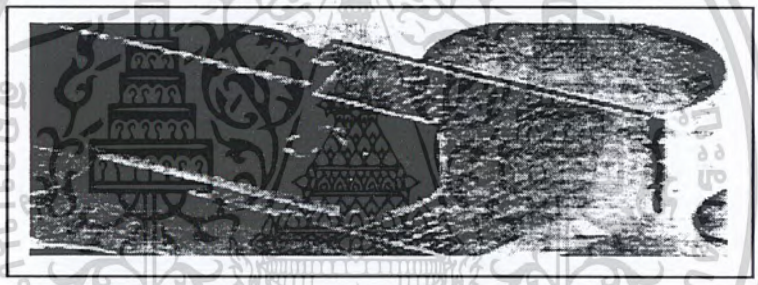
1. ดอกสว่าน ใช้สำหรับเจาะรูชิ้นงานนั้นนิยมใช้ดอกสว่านชนิดเกลียวบิด (twist drills) ที่ทำมาจากเหล็กกล้ารอบสูงซึ่งจะทำได้รวดเร็ว แต่ก็มีข้อเสียคือจะมีความเที่ยงตรงในการเจาะน้อยกว่าดอกสว่านแบบอื่นๆ หากต้องการความเที่ยงตรงอาจจำเป็นจะต้องมีการเจาะนำศูนย์ก่อน ตัวอย่างของดอกสว่านชนิดเกลียวบิดดังภาพที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.17 ดอกสว่านชนิดเกลียวบิด (twist drills)

2. ดอกสว่านชนิดคมแบน (spade drills) การเจาะรูที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่อาจใช้ดอกสว่านชนิดคมแบน ข้อดีของดอกสว่านชนิดคมแบนนี้จะช่วยให้การไหลของเศษเจาะในขณะทำงานได้ดีทำให้ประหยัดด้านการเปลี่ยนคมดอกสว่าน ตัวอย่างดอกสว่านชนิดคมแบนดังภาพที่ 2.18



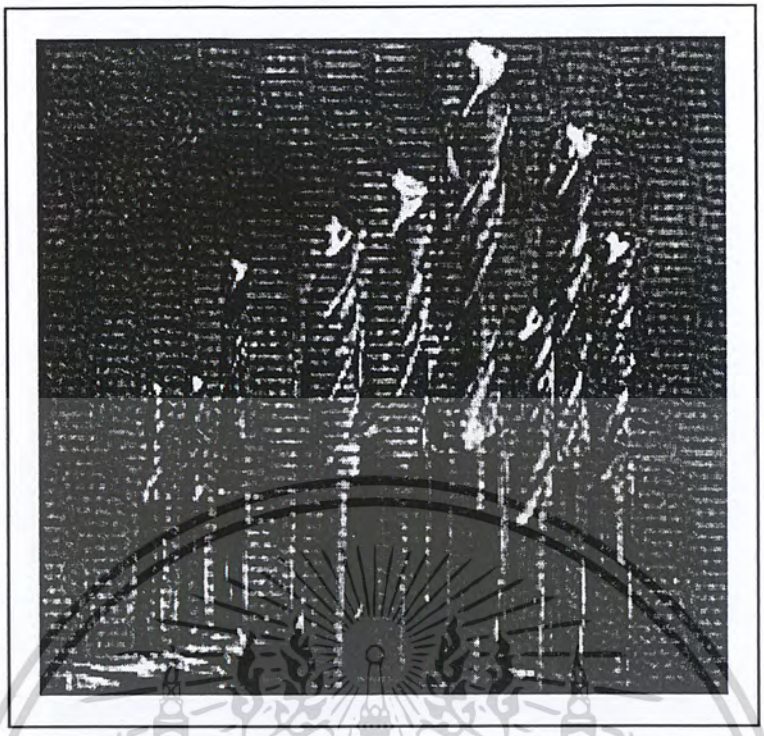
ภาพที่ 2.18 ดอกสว่านชนิดคมแบน (spade drills)

3. ดอกเจาะนำศูนย์ (center drills) เจาะนำศูนย์ในกรณีที่ต้องการความเที่ยงตรงของตำแหน่งจุดศูนย์กลางของรูเจาะ ตัวอย่างดอกเจาะนำศูนย์ ดังภาพที่ 2.19

ภาพที่ 2.19 ดอกเจาะนำศูนย์ (center drills)

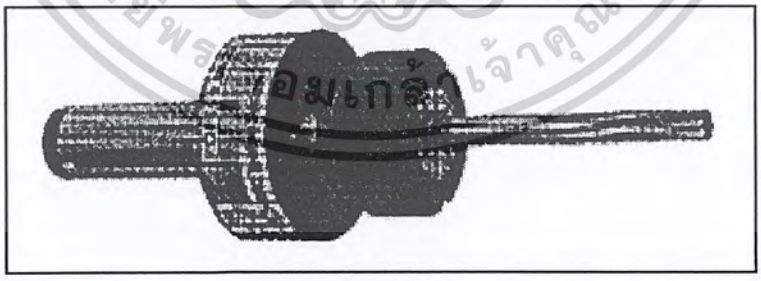
4. ดอกสว่านชนิดที่ทำจากคาร์ไบด์ (carbide drills) ดอกสว่านนี้ถูกออกแบบและผลิตเพื่อใช้กับเครื่องจักร CNC โดยเฉพาะ ตัวอย่างดอกสว่านชนิดชนิดคาร์ไบด์ดังภาพที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.20 ดอกสว่านชนิดคาร์ไบด์แข็ง (solid carbide drills)

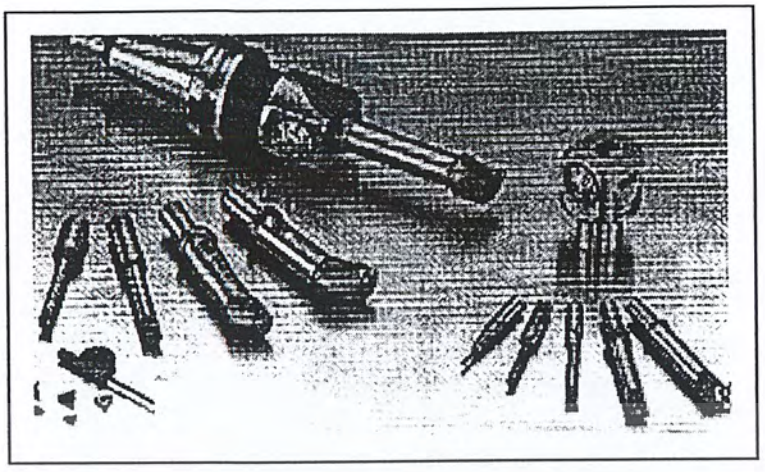
5. ดอกคว้านเรียบ (reamer) การคว้านเรียบเป็นกระบวนการตัดเอาเนื้อวัสดุชิ้นส่วนที่อยู่ภายในรูเจาะออกและให้ผิวเรียบ เนื่องจากการเจาะด้วยสว่านชนิดคมบิดนั้นจะไม่สามารถทำให้ผิวของรูเจาะเรียบได้จึงต้องใช้ดอกคว้านเรียบคว้านอีกครั้ง วัสดุที่ใช้ทำดอกคว้านเรียบมีทั้งทำจากเหล็กกล้ารอบสูงและเหล็กคาร์ไบด์ ตัวอย่างดอกดอกคว้านเรียบดังภาพที่ 2.21



ภาพที่ 2.21 ดอกคว้านเรียบ (reamer) พร้อมด้ามจับ

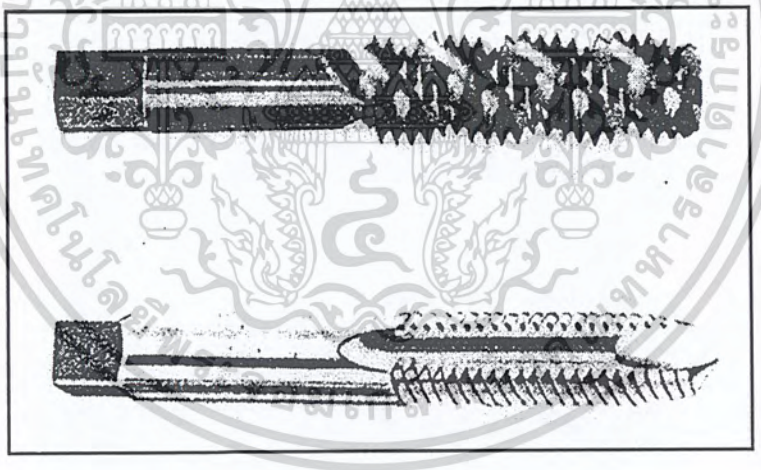
6. การคว้าน (boring) เป็นการตัดเอาเนื้อวัสดุชิ้นงานภายในรูเจาะออกเพื่อขยายรูเจาะให้มีขนาดกว้างขึ้น ในกรณีที่คว้านรูเพื่อขยายขนาดของรูเจาะด้วยเครื่อง CNC จะใช้หัวคว้าน (boring head) ที่ติดตั้งดอกคว้านที่เป็นอินเสิร์ทคาร์ไบด์ สามารถที่จะปรับตั้งระยะการคว้านขนาดต่างๆได้ ตัวอย่างหัวคว้านดังภาพที่ 2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.22 หัวคว้านเรียบที่สามารถปรับขนาดของการตัดเฉือนได้

7. การต๊าป (tapping) เป็นกระบวนการทำเกลียวภายในเจาะรูโดยใช้เครื่องมือตัดเรียกว่า "ดอกต๊าป" แบ่งได้ 2 ชนิดคือ แบบคมเลื้อย (spiral fluted taps) และแบบปืนต๊าป (gun taps) ตัวอย่างดอกต๊าปดังภาพที่ 2.23



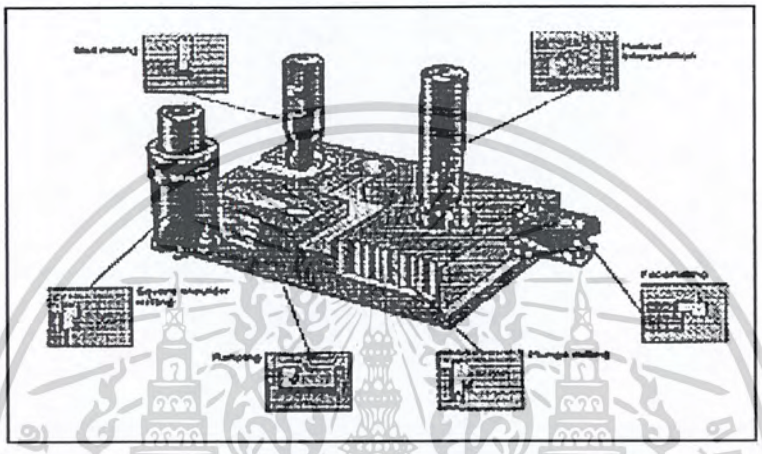
ภาพที่ 2.23 ดอกต๊าปแบบคมเลื้อย (spiral fluted taps) และแบบปืนต๊าป (gun taps)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.20 เครื่องมือตัดสำหรับงานกัด

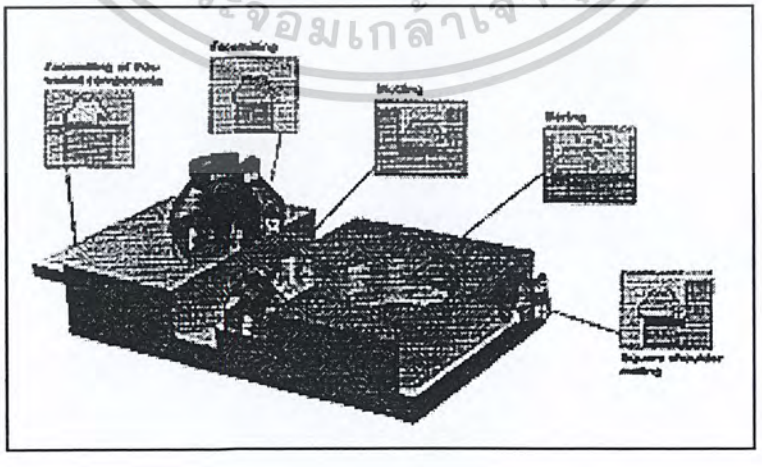
เครื่องมือตัดสำหรับงานกัดด้วยเครื่องกัด CNC หรือเครื่องแมชีนนิ่งเซ็นเตอร์มีดังนี้

1. เอ็นด์มิลล์ (end mills) เป็นเครื่องมือตัดที่ใช้งานสำหรับเครื่องแมชีนนิ่งเซ็นเตอร์แบบเพลาตั้งส่วนวัสดุที่ใช้ทำเอ็นด์มิลล์นั้นมีทั้งทำจากเหล็กกล้ารอบสูง (HSS) และคาร์ไบด์ (carbide) ในกระบวนการตัดเฉือนผิวชิ้นงานด้วยเอ็นด์มิลล์นั้นอาศัยคมตัดตรงปลายและคมตัดด้านข้างของอินเสิร์ท ตัวอย่างของเอ็นด์มิลล์ที่ใช้สำหรับเครื่องจักร CNC ดังภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2.24 เอ็นด์มิลล์ (end mills) และการขึ้นรูปชิ้นงาน

2. เฟซมิลล์ (face mills) เป็นเครื่องมือตัดที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับงานปาดผิวของชิ้นงาน เฟซมิลล์ที่ใช้สำหรับเครื่องจักร CNC นั้นส่วนมากแล้วจะเป็นแบบอินเสิร์ทซึ่งสามารถถอดเปลี่ยนอินเสิร์ทได้ ตัวอย่างของเฟซมิลล์ที่ใช้สำหรับเครื่องจักร CNC ดังภาพที่ 2.25

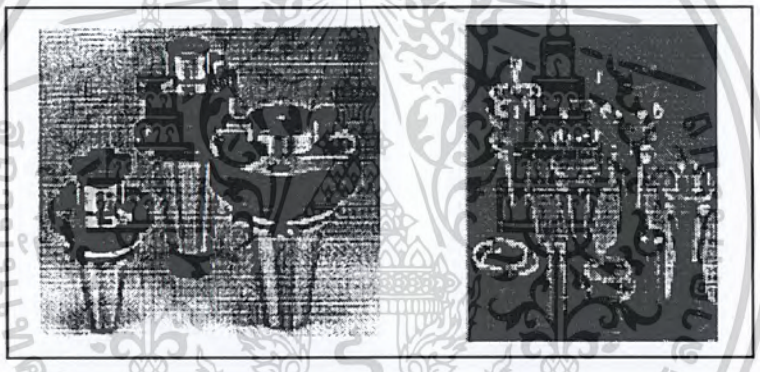


ภาพที่ 2.25 เฟซมิลล์ (face mills) และการขึ้นรูปชิ้นงาน

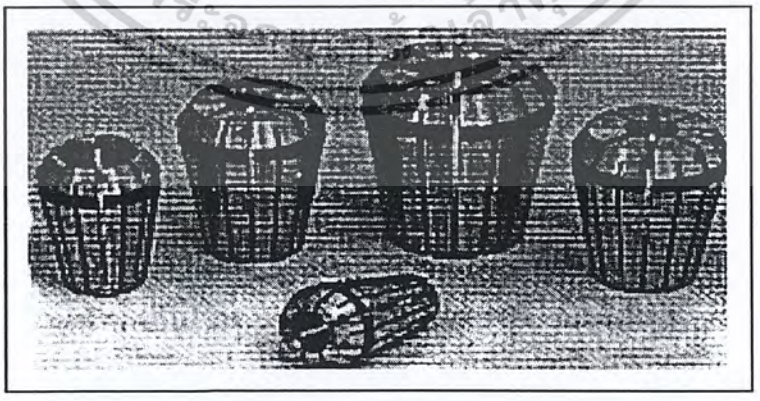
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.21 อุปกรณ์จับยึดเครื่องมือสำหรับเครื่องแมชีนนิ่งเซ็นเตอร์

ในระบบการเปลี่ยนเครื่องมืออัตโนมัตินั้นจะเป็นระบบที่ให้ความสะดวกและง่ายต่อการปฏิบัติงานแต่ก็จำเป็นที่ต้องอาศัยอุปกรณ์จับยึดเครื่องมือ (toolholder) เป็นจำนวนมาก ดังนั้นการพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์จับยึดเครื่องมือต้องเลือกใช้ให้ถูกต้องและเหมาะสมกับเครื่องมือตัดแต่ละชนิดด้วย ในปัจจุบันนี้ระบบรูเพลาของเครื่องจักร (spindle) และอุปกรณ์จับยึดเครื่องมือนั้นจะมีขนาดที่เป็นมาตรฐานซึ่งสามารถเลือกใช้ได้โดยดูจากคู่มือของบริษัทผู้ผลิตแต่สิ่งสำคัญจะต้องเลือกให้มีขนาดและเป็นมาตรฐานเดียวกันกับรูเพลาของเครื่องจักรที่มีใช้งานอยู่เท่านั้น โดยตัวอย่างอุปกรณ์จับยึดดังภาพที่ 2.26 นอกจากนี้แล้วในการจับยึดเครื่องมือตัดบางชนิดอาจมีความจำเป็นต้องใช้ปลอกจับ (collet) มาช่วยเช่น เอ็นด์มิลล์ ดอกต๊าป ดอกสว่าน เป็นต้น โดยที่ลักษณะของปลอกจับจะมีหลายขนาดให้เลือกใช้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดเครื่องมือตัดที่จะนำมาใช้ ตัวอย่างปลอกจับดังภาพที่ 2.27



ภาพที่ 2.26 อุปกรณ์จับยึดเครื่องมือตัดสำหรับเครื่องแมชีนนิ่งเซ็นเตอร์



ภาพที่ 2.27 ปลอกจับ (collet) เครื่องมือตัดขนาดต่าง

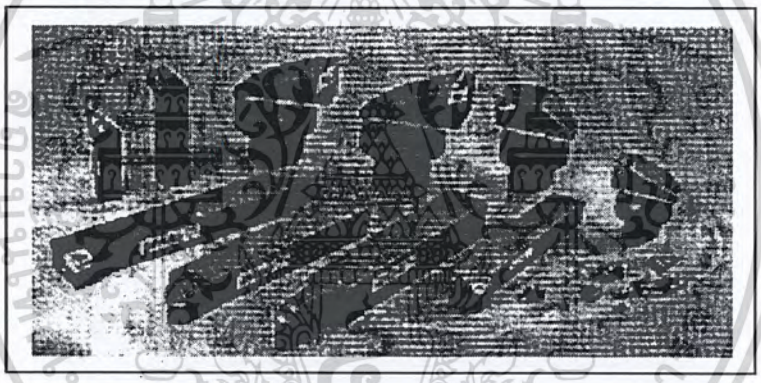
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.22 เครื่องมือตัดสำหรับงานกลึง

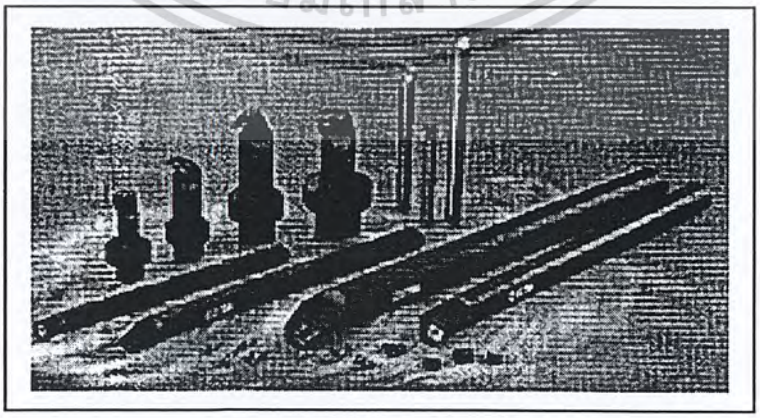
เครื่องมือตัดสำหรับงานกลึง CNC ส่วนมากส่วนมากจะใช้อินเสิร์ทคาร์ไบด์หรือเซรามิกชนิดที่สามารถถอดเปลี่ยนได้ ในการพิจารณาการเลือกใช้เครื่องมือตัดสำหรับงานกลึงนั้นจะต้องมีองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญ 3 ประการคือ

1. เกรดของเครื่องมือ
2. การปรับตั้งเครื่องมือ
3. คุณสมบัติของเครื่องมือตัด เช่น ตำแหน่งของคมตัด ความเที่ยงตรงของปลายคมตัด ซึ่งใช้กำหนดด้านอ้างอิง (datum) บนอุปกรณ์จับยึดเครื่องมือ

สำหรับกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยงานกลึง CNC สามารถจำแนกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ งานขึ้นรูปภายนอกและงานขึ้นรูปภายในชิ้นงาน ตัวอย่างของเครื่องมือตัดที่ใช้สำหรับงานขึ้นรูปภายนอกชิ้นงานดังภาพที่ 2.28 และตัวอย่างเครื่องมือตัดสำหรับงานขึ้นรูปภายในชิ้นงานดังภาพที่ 2.29



ภาพที่ 2.28 เครื่องมือตัดสำหรับงานขึ้นรูปภายนอกชิ้นงาน

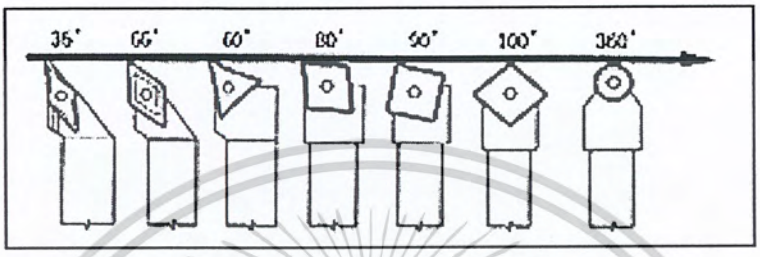


ภาพที่ 2.29 เครื่องมือตัดสำหรับงานขึ้นรูปภายในชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.23 การเลือกอินเสิร์ทชนิดถอดเปลี่ยนได้

อินเสิร์ท (insert) หรือเม็ดมีดที่ถูกนำมาใช้งานสำหรับเครื่องจักร CNC งานกัดและกลึงนั้น โดยส่วนมากแล้วจะเป็นอินเสิร์ทชนิดถอดเปลี่ยนได้ดังภาพที่ 2.30 ส่วนรายละเอียดและการเลือกใช้งานนั้นสามารถดูได้จากคู่มือของบริษัทผู้ผลิต ตามมาตราฐานของ ISO/ANSI ซึ่งได้มีการกำหนดรูปพรรณและข้อมูลรายละเอียดต่างๆของอินเสิร์ท



ภาพที่ 2.30 ตัวอย่างรูปทรงอินเสิร์ทสำหรับงานกลึง

2.24 การเลือกและการเปลี่ยนเครื่องมือตัด

ในโปรแกรม NC ส่วนมากจะมีการใช้เครื่องมือตัดสำหรับขึ้นรูปชิ้นงานมากกว่า 1 ชนิด อย่างไรก็ตามสำหรับการเขียนโปรแกรมการเปลี่ยนเครื่องมือในโปรแกรม NC นั้นจะมีข้อควรระวังที่จะต้องพิจารณาให้รอบคอบ 3 ประการด้วยกันคือ

1. เครื่องกัด CNC ส่วนมากแล้วจำเป็นที่จะต้องมีการใช้เพลาจับยึดเครื่องมือนั้นเลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิงของเครื่องก่อนที่จะมีการเปลี่ยนเครื่องมือตัด

2. คำสั่งในการเลือกเครื่องมือตัด (T) มักใช้ร่วมกันกับคำสั่งเปลี่ยนเครื่องมือตัด

3. ความยาวของเครื่องมือตัดแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีการเผื่อขนาดความยาวของเครื่องมือตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการและทฤษฎีที่ใช้ออกแบบ Micro CNC

3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของหลักการและทฤษฎีนอกเหนือจากทฤษฎี CNC เพื่อใช้ในการออกแบบ Micro CNC ซึ่งประกอบด้วย ความหมายของระบบปฏิบัติการ หลักการสร้างระบบปฏิบัติการ โปรแกรมสนับสนุนการทำงาน การพัฒนาและขยายระบบ เป็นต้น

3.2 ความหมายของระบบปฏิบัติการ

ระบบปฏิบัติการ (OS : Operating System) คือ ระบบซึ่งใช้ในการควบคุมการปฏิบัติการโดยรวมของทุกสิ่งที่อยู่ในระบบนั้นซึ่งต่างจากโปรแกรมเนื่องจากโปรแกรมมีระดับต่ำกว่าระบบปฏิบัติการ โดยโปรแกรมคือกลุ่มของคำสั่งซึ่งทำงานร่วมกัน แต่ระบบปฏิบัติการจะใช้โปรแกรมมาสร้างในที่นี้คือ ระบบปฏิบัติการ Micro CNC จะนำโปรแกรม Microprocessor มาสร้างเป็นระบบปฏิบัติการ Micro CNC เพื่อควบคุมการทำงานเครื่องจักร Micro CNC ซึ่งถูกออกแบบมาโดยเฉพาะ โปรแกรมที่ใช้ควบคุมเครื่องจักร Micro CNC ซึ่งต่อไปนี้จะใช้คำว่า MCO : Micro CNC Operating System เป็นโปรแกรมรูปแบบ CNC ซึ่งเป็นรูปแบบเฉพาะที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรนี้เท่านั้น MCO จะทำงานโดยแปลความหมายจากโปรแกรมรูปแบบ CNC ไปเป็นรูปแบบของ Microprocessor ที่ประมวลผลเข้าใจความหมาย ระบบปฏิบัติการนั้นจะประมวลผลข้อมูลจากโปรแกรมภาษาใดก็ได้ตามที่ถูกออกแบบไว้ให้รองรับโปรแกรมภาษานั้น

จะเห็นได้ว่าระบบปฏิบัติการจะทำงานตั้งแต่การแสดงผลการทำงานของระบบทุกขั้นตอน การรับข้อมูลหรือโปรแกรมจากผู้ใช้ การตอบโต้ (responding) กับผู้ใช้ตลอดเวลาที่ปฏิบัติการ การประมวลผลข้อมูลที่รับจากผู้ใช้ การประมวลผลโปรแกรมที่รับจากผู้ใช้ เป็นต้น แต่สิ่งที่ถือเป็นหน้าที่หลักหรือสาระสำคัญของระบบปฏิบัติการคือ การประมวลผลโปรแกรมที่รับจากผู้ใช้ เนื่องจากโปรแกรมมีความยืดหยุ่นสูงกว่าข้อมูล ผู้ใช้สามารถออกแบบขั้นตอนการทำงานเองแล้วทำการโปรแกรม ดังนั้นระบบปฏิบัติการจึงต้องตรวจสอบและควบคุมโปรแกรมโดยมีข้อกำหนดต่างๆในการโปรแกรมเพื่อตรวจสอบความผิดพลาดหรือเหตุการณ์ใดๆที่อยู่นอกเหนือการควบคุมไม่ให้เกิดขึ้น จากนั้นจึงประมวลผลโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานและการใช้ทรัพยากรในระบบตามที่ผู้ใช้ต้องการตามวัตถุประสงค์การใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 หลักการสร้างระบบปฏิบัติการ

หลักการในการสร้างระบบปฏิบัติการที่ใช้ Microprocessor ประมวลผลประกอบด้วยสิ่งที่สำคัญดังนี้

1. การบริหารสแตค มีความสำคัญมากเพราะสแตคใช้ในการเชื่อมโยงโปรแกรมและการอินเตอร์รัพต์จึงต้องควบคุมสแตคให้มีความถูกต้อง

2. การจัดแบ่งพื้นที่หน่วยความจำ เพื่อใช้ในการเก็บระบบปฏิบัติการและข้อมูล

3. การกำหนดเงื่อนไขการทำงาน แบ่งได้ 2 รูปแบบ

3.1 เงื่อนไขเริ่มต้น เป็นเงื่อนไขทั่วไปที่ทำให้โปรแกรมทำงานได้

3.2 เงื่อนไขสุดท้าย เป็นเงื่อนไขที่ใช้ในการเชื่อมโยงโปรแกรม

4. การเชื่อมโยงโปรแกรม จำเป็นต้องเลือกรูปแบบการเชื่อมโยงโปรแกรมให้เหมาะสม

5. การสำรองข้อมูล ในหลายๆครั้งการสำรองข้อมูลมีความจำเป็นเนื่องจากเป็นการสำรองข้อมูลก่อนการใช้งาน การสำรองข้อมูลก่อนเก็บเข้าในหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมในระบบปฏิบัติการและการสำรองข้อมูลแทนการเก็บในสแตค

6. การโหลดข้อมูลจากฐานข้อมูล ในการสร้างระบบปฏิบัติการจะทำในส่วนที่เป็นรอม (ROM : Read Only Memory) ซึ่งใน ROM จะมีฐานข้อมูลของระบบปฏิบัติการที่ใช้ในการติดตั้งระบบ โดยทั่วไปการที่เข้าสู่ระบบปฏิบัติการทุกครั้งก็เสมือนการรีเซ็ตเครื่องและต้องโหลดข้อมูลจากฐานข้อมูลจาก ROM เป็นการติดตั้งระบบโปรแกรมเข้าไปใหม่ อีกทั้งโปรแกรมที่ได้ทำการโปรแกรมก็สูญหายไปจึงต้องสร้างบิตรีเซ็ตเพื่อตรวจสอบการติดตั้งระบบหากติดตั้งระบบแล้วเมื่อปิดเครื่องหรือออกจากระบบปฏิบัติการและเมื่อกลับสู่ระบบปฏิบัติการอีกครั้งข้อมูลก็ยังเหมือนเดิมโดยไม่มีการติดตั้งระบบใหม่

7. การแก้ไขโปรแกรม ในการสร้างระบบปฏิบัติการจะต้องคำนึงถึงความต้องการแก้ไขโปรแกรมด้วย เนื่องจากระบบปฏิบัติการที่มี mode และ function แบบทำงานเสร็จในตัวทำให้การแก้ไขข้อมูลหรือเรียกดูข้อมูลเก่าเป็นไปได้ยากจึงควรที่จะออกแบบให้ mode และ function สามารถเชื่อมโยงถึงกันด้วยวิธีการที่สามารถเชื่อมโยงข้ามระดับได้ เช่น อยู่ใน function ของ mode ที่เลือก หากผู้ใช้งานจะทำการแก้ไขโปรแกรมระบบปฏิบัติการจะทำการเชื่อมโยงไปยัง mode อื่นเพื่อเข้าสู่ function ที่ต้องการได้

8. การออกจาก mode หรือ function ในหลายๆครั้งที่ระบบปฏิบัติการมองข้ามส่วนนี้ไปซึ่งการออกจาก mode หรือ function นั้นมีความสำคัญมากเพราะเป็นเรื่องของความรู้สึกของผู้ใช้ระบบปฏิบัติการที่ดีจะต้องสามารถออกจาก mode หรือ function ได้ทันทีที่ต้องการ เนื่องจากในระบบปฏิบัติการมีหลาย mode และในแต่ละ mode มีหลาย function ซึ่งมีการเชื่อมโยงมากมาย หากไม่มีการออกแบบให้มีการออกจาก mode หรือ function ได้ทันทีไว้ การกลับเข้าสู่การรับคอมมานด์ (Command) เพื่อเลือก mode จะต้องค่อยๆออกมาจากแต่ละ function ที่ซ้อนอยู่ใน mode

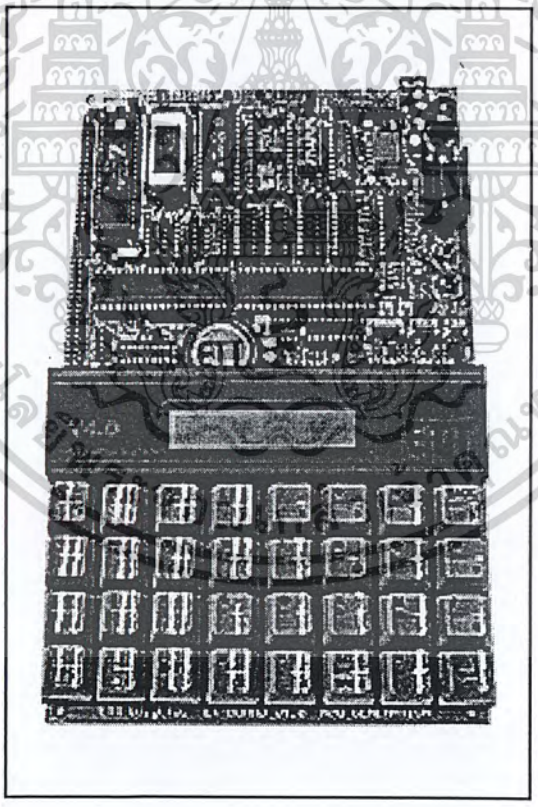
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และออกจาก mode เพื่อเข้าสู่การรับ Command เพื่อเลือก mode ต่อไป

3.4 บอร์ดประมวลผล

ในการประมวลผลและควบคุมการทำงานจะใช้ single board ในรูปแบบ Microprocessor โดยใช้ ET-board V 4.0 ซึ่งเป็น board Microprocessor ที่มีความสามารถในการแสดงผลโดยจอ LCD แบบ dot matrix 16 characters ซึ่งเป็นความสามารถที่ใช้ในการแสดงผลที่เหมาะกับการโปรแกรมแบบ CNC นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติอื่นๆ โดยสามารถดูได้จากคู่มือของ board รุ่นนี้

ถึงแม้ MCO จะนำโปรแกรม Microprocessor มาสร้างเป็นระบบปฏิบัติการ โดยใช้ภาษา Assembly รูปแบบ Microprocessor แต่ board Microprocessor ซึ่งแต่ละรุ่นหรือแต่ละบริษัทนั้นมีการออกแบบ I/O ที่แตกต่างกัน แต่ที่สำคัญที่สุด ET-board V 4.0 มีการใช้ SYSCALL ซึ่งเป็นโปรแกรมช่วยเหลือที่อยู่ภายใน Program Monitor ของ board จึงไม่สามารถใช้งาน board รุ่นอื่นแทนได้ ลักษณะของ ET-board V 4.0 แสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ET-board V 4.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 โปรแกรมสนับสนุนการทำงาน (Program Support)

การพัฒนางานระดับอุตสาหกรรมหรืองานควบคุมที่มีบรรทัดของโปรแกรมค่อนข้างมาก การโปรแกรมด้วย single board อาจทำให้เกิดความล่าช้าและค่อนข้างลำบาก จึงมีการนำเอาความสามารถของเครื่อง PC มาประยุกต์ใช้กับงานควบคุมเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยนำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบการโปรแกรมเพื่อให้ได้ code โปรแกรมที่แล้วนำ code ที่ได้นั้นใส่ยัง board control เพื่อนำ board control นั้นไปใช้งาน ดังนั้นจึงมีการนำ Program Support ที่เป็น software สำเร็จรูปที่ใช้ในการโปรแกรมและแปลโปรแกรมเป็น code ที่ต้องการและจะนำมา copy ใส่ลงในรูปของ EPROM ซึ่งใน ET-board V4.0 จะมี software ที่ใช้ในลักษณะนี้ดังนี้

1. PROCOMM เป็น software communication ในการติดต่อสื่อสารระหว่าง PC กับ board โดยใช้ serial port ในการติดต่อสื่อสารกับ ET-board การแสดงผลที่จอ PC ซึ่งจะทำให้เห็นรายละเอียดมากกว่าหน้าจอ LCD ของเครื่อง

2. UTILITY ประกอบด้วยโปรแกรมต่างๆหลายตัว แต่จะกล่าวถึงคือ

SK : Side Kick เป็นโปรแกรม editor ซึ่งมีหน้าที่การใช้งานหลายอย่างแต่ที่สำคัญจะใช้ทำหน้าที่กระดาษเขียนข้อความหรือโปรแกรมต่างๆ

CROSS 16 : Cross Assembler ใช้ในการแปลงโปรแกรมที่เขียนขึ้นให้เป็นรหัส code ของ Z80

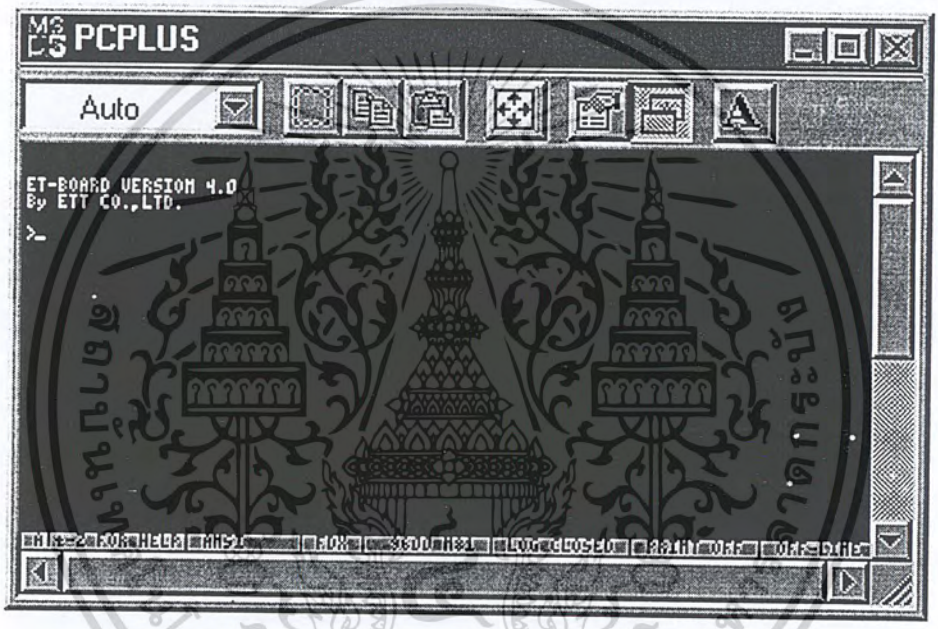
ในส่วนนี้จะกล่าวถึงสิ่งต่างๆและลักษณะ output ที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อให้เห็นโครงสร้างแบบกว้างๆก่อน เริ่มแรกกำหนดงานแล้วนำงานนั้นมาถอดเป็นรหัสคำสั่งของ Z80 โดยเขียนรหัสคำสั่งนั้นโดยใช้โปรแกรม SK ซึ่งโปรแกรมที่เขียนเข้าไปเป็น Text File จากนั้นก็นำ Text File มาทำการ compile คือการแปลให้เป็นรหัส code ในกรณีนี้คือ code Z80 ซึ่ง file output ที่ได้จากการ compile เรียกว่า HEX File โดยมีรูปแบบเป็น INTEL HEX FORMAT ซึ่ง file ที่ได้นี้ (Text File และ HEX File จะเก็บอักขระเหล่านั้นเป็น ASCII Code) ดังนั้นอักขระต่างๆ ที่เห็นใน file ทั้ง 2 นั้นไม่ใช่ค่าตัวเลขจริงๆ เช่นเลข "1" ค่าจริงๆที่อยู่ใน file นั้น จะเป็นรหัส ASCII "31" ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถจะนำ HEX File นั้นมา copy ลง EPROM ได้เพราะรหัสจะผิดไปกลายเป็นรหัส ASCII แทน และอีกประการ HEX File จะมีพวก header ที่ใช้เป็นตัวบอกลักษณะของข้อมูลในแต่ละบรรทัดที่เห็นซึ่งไม่ใช่ข้อมูลที่เป็น code Z80 เพียงอย่างเดียว แต่ปัจจุบันเครื่อง Copy EPROM สามารถ copy ด้วย INTEL HEX FORMAT ได้โดยไม่ต้องใช้โปรแกรมอื่นเสริมซึ่งทำให้เกิดความง่ายต่อการใช้งานเนื่องจาก INTEL HEX FORMAT สามารถเรียกดูได้โดยง่าย อีกทั้งรองรับการ load ข้อมูลระหว่าง PC กับ ET-board V4.0 สามารถทำได้เป็นอย่างดี

รายละเอียดของโปรแกรมสนับสนุนการทำงานซึ่งประกอบด้วย โปรแกรม PROCOMM โปรแกรม SK และ โปรแกรม CROSS 16 จะได้กล่าวต่อไป ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม PROCOMM

การใช้งานเป็นลักษณะย้ายการทำงาน display และ keyboard ของ ET-board ไปไว้บน PC ผู้ใช้สามารถที่จะสั่งงานต่างๆของ ET-board ได้จาก keyboard ของ PC และดูการแสดงผลต่างๆได้ที่จอ PC ซึ่งจะทำให้สะดวกและเห็นรายละเอียดต่างๆได้ดี การทำงานต่างๆนั้นยังอยู่บน ET- board ซึ่งการทำงานนี้อาศัยการติดต่อสื่อสารกันแบบอนุกรมระหว่าง PC กับ ET- board ดังนั้นที่ PC ต้อง run software communication ก็คือ PROCOMM เนื่องจาก software จัดทำ bat file แล้วสามารถเรียก bat file ขึ้นมาใช้งานได้เลย ลักษณะ window ของ PROCOMM แสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 window of PROCOMM

Function Key ของ PROCOMM ที่ใช้บ่อยมีดังนี้

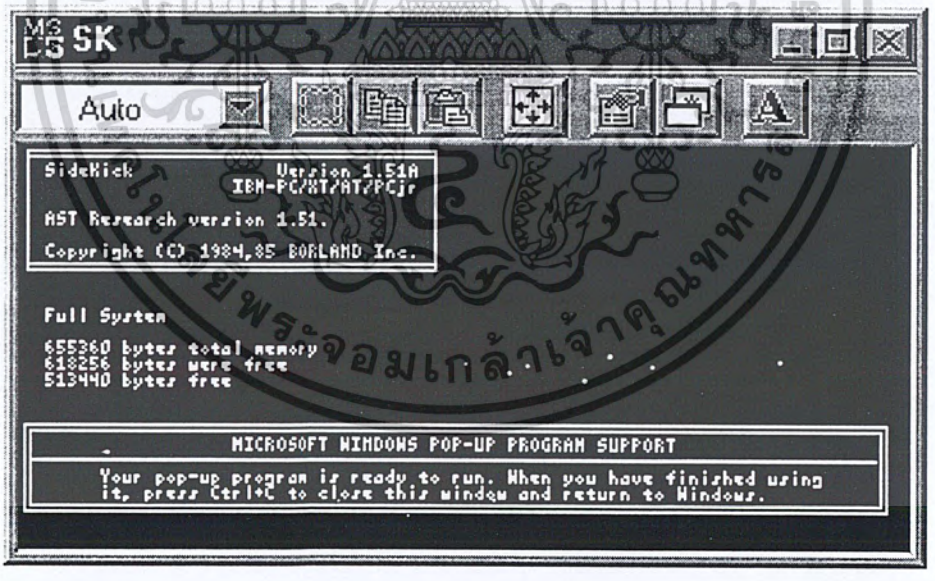
ALT Z	HELP MENU ของ PROCOMM
ALT P	ใช้ในการ set serial port เลือก COM และ baud rate
PG UP	ใช้ในการ load ข้อมูลจาก PC ไปยัง board
PG DN	ใช้ในการนำข้อมูลจาก board ขึ้นมาเก็บเป็น file บน PC
ALT V	ใช้ดูโปรแกรมที่เขียนขึ้นโดยไม่ต้องออกจาก PROCOMM
ALT F1	เป็นลักษณะ toggle ดูสถานะ status ด้านล่างของจอจะบอกว่าเป็น LOG ON หรือ LOG OFF ในกรณี LOG ON ถ้ามีสิ่งใดที่ปรากฏบนหน้าจอสิ่งนั้นจะถูกเก็บเป็น file เข้าเครื่อง PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ALT F7	ใช้เปลี่ยน path ตามต้องการ
ALT C	ใช้ clear หน้าจอ
ALT L	ใช้นำสิ่งที่ปรากฏที่หน้าจอออกไปยัง printer โดย key จะเป็นลักษณะ toggle สังเกตจาก status ของ PRINTER ON หรือ PRINTER OFF
ALT S	ใช้ set ระบบของ PROCOMM เนื่องจากในการติดต่อ serial port อาจเกิดปัญหากับการติดต่อเครื่อง PC ที่ความเร็วสูงให้ใช้ function นี้แล้วเข้าไปที่ menu ในหัวข้อ "ASCII TRANSFER OPTIONS" แล้วเข้าไป set อักษร D กับ E ให้มีค่ามากขึ้น
ESC	ใช้ออกจากการทำงานที่เข้าไปใน function นั้นๆ

โปรแกรม SK

โปรแกรมนี้ใช้ทำการโปรแกรมในรูปแบบภาษา Assembly ในลักษณะของ text editor การใช้งานให้เลือก NOTEPAD เพื่อเป็นการเลือกการทำงานใน mode editor เป็นโปรแกรมกระดาษเขียนข้อความต่างๆตามที่ต้องการ ลักษณะ window ของ SK แสดงดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 window of SK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Function Key ของ SK ที่ใช้บ่อยมีดังนี้

ESC	ใช้ในการออกจากการทำงานที่ window นั้นปรากฏ
F2	ใช้ save ข้อความที่เขียนขึ้นนั้นเป็น file
F3	ใช้ load โปรแกรมที่เขียนขึ้นหรือข้อความที่จะเขียนใหม่
CTRL Y	ใช้ลบบรรทัดที่ cursor ปรากฏ
CTRL G	ใช้ลบตัวอักษรที่ cursor ปรากฏ
CRTL K,B	ใช้กำหนดต้น block เพื่อ copy block
CTRL K,K	ใช้กำหนดท้าย block เพื่อ copy block
CTRL K,C	ใช้ copy block ที่กำหนดไว้
CTRL K,V	ใช้ย้าย block ที่กำหนดไว้ไปยังตำแหน่งที่ cursor ปรากฏ
CTRL K,Y	ใช้ลบข้อมูลใน block ที่กำหนด

รายละเอียดในการใช้โปรแกรม PROCOMM และโปรแกรม SK ซึ่งผู้ใช้สามารถศึกษาจากคู่มือประกอบ

<u>โปรแกรม CROSS 16</u>

เป็นโปรแกรม universal compiler คือโปรแกรมที่ทำการแปลภาษา Assembly ของ CPU เบอร์ต่างๆมากมาย ในที่นี้จะให้ไปเฉพาะ Z80 โดยโปรแกรมนี้จะทำการแปล code ของ Z80 ต้องอาศัย 2 file ด้วยกันคือ

1. File Run (C16.EXE)
2. File Table (Z80.TBL)

จากที่กล่าวไปแล้วว่า CROSS 16 สามารถ compile CPU ได้หลายเบอร์จึงต้องใช้หลักการในการสร้าง table ของแต่ละตัวอิสระกัน ดังนั้นการจะใช้แปล CPU เบอร์ใดก็ตามต้องมี table ของตัวนั้นด้วย

ข้อแตกต่างระหว่าง compiler เฉพาะตัวกับที่แปลได้หลายตัวจะกล่าวถึงเฉพาะของ Z80 คือ จะมีบางคำสั่งที่ไม่ตรงกับรหัส Mnemonic ของ Z80 ในส่วนของ CROSS 16 จะมีด้วยกันจำนวน 5 คำสั่งดังนี้

คำสั่ง Z80	คำสั่งที่ใช้แทนใน CROSS 16
CPD	CPDEC
CPL	CPLA
RLD	RLBCD
RRD	RRBCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SET SETT

ในกรณีการเขียนคำสั่งและ Operand ติดกันทำให้ CROSS 16 ไม่สามารถที่จะแยกกันได้ จะตีความหมายเป็นรหัส code ได้ ดังเช่น

ปกติเขียนเป็น	ถ้าเขียนเป็นก็ยอมรับได้
CP L	CPL; คำสั่งเปรียบเทียบ A กับ L
RL D	RLD; หมุนข้อมูลใน D

จะเห็นว่าทำไม CROSS 16 ถึงต้องมีคำสั่งที่ไม่กับรหัส Z80 อยู่ 5 คำสั่ง จากคำสั่ง CP L หมายถึง เปรียบเทียบ A กับ L แต่ถ้าเขียนกันเป็น CPL (ซึ่งรหัส Z80 จริง เป็น comlpement A) แต่ CROSS 16 จะถือเป็นเปรียบเทียบ A กับ L เช่นกัน จึงกำหนดคำสั่ง comlpement A จะเป็น CPLA นั่นเอง ดังนั้นผู้ใช้ต้องเขียนคำสั่ง Operand ให้ชัดเจน

ในกรณีคำสั่ง ADD และ SUB ต้องกำหนด Destination A โดยต้องมี

ADD A,B	ห้ามเขียนเป็น ADD B
ADC A,5	
SBC A,D	

แต่ถ้าเป็นคำสั่ง SUB สามารถเขียนเป็น SUB C โดยไม่จำเป็นต้องกำหนด Destination A (SUB A,C)

ข้อกำหนดต่างๆในการใช้ CROSS 16

1. เมื่อจะเริ่มเขียนโปรแกรมนั้น 2 บรรทัดแรกจะต้องกำหนด CPU และ file output ของ Z80 จะเป็น

CPU	"Z80.TBL"
HOF	"INT8"

ซึ่งจะต้องเป็นอักษรตัวใหญ่และจะต้องมี 2 บรรทัดนี้เสมอในทุก file ที่เขียนขึ้น

2. การกำหนดชื่อ Label จะต้องมีเครื่องหมาย " : " เสมอ

EXAMPLE:	EQU 1234H
START:	LD A,5
	JP START

เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จแล้วสามารถ compile ด้วยคำสั่งนี้ โดยให้ file ที่สร้างขึ้นให้มีนามสกุลเป็น ASM

A> C16 TEST.ASM -H TEST.HEX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-H หมายถึง ให้ทำการแปล file.ASM เป็น HEX File จากนั้นไปเก็บไว้ยัง file output ที่กำหนดในที่นี้ คือ TEST.HEX

A> C 16 TEST.ASM -L TEST.LST

-L หมายถึง ให้ทำการแปล file.ASM เป็น LISTING File

A> C 16 TEST.ASM -H TEST.HEX -L TEST.LIST

หมายถึง ให้ทำการแปลและเก็บเป็น file 2 file คือ HEX และ LISTING

รูปแบบของการเขียนภาษา Assembly ใน 1 line จะเป็น

Label	Opcode	Operand	Comment
DEMO:	LD	A,B	; นำค่าใน B มายัง A

Label เป็นชื่อต่างๆที่กำหนดขึ้น โดยจะขึ้นต้นด้วยตัวอักษรก่อนเสมอ

Opcode เป็นรหัสคำสั่งของ Z80 หรือเป็นรหัสคำสั่งเทียมของ CROSS 16

Operand เป็นส่วนที่มากระทำกับคำสั่งที่กำหนด

Comment เป็นส่วนที่ใช้อธิบายการทำงานแต่ไม่มีผลในการแปล file ของ compiler โดยจะต้องมีเครื่องหมาย ";" กำหนดที่อยู่ก่อนเสมอซึ่งเครื่องหมายนี้จะอยู่ตำแหน่งไหนก็ได้หลังเครื่องหมายนี้แล้วผู้ใช้สามารถกำหนดข้อความต่างๆ ได้ตามต้องการ

ตัวเลขที่ใช้ติดต่อจะเป็นเลขใดๆก็ได้โดย

H ถ้าต่อท้ายเลขนั้น หมายถึง เลขเป็นระบบฐาน 16

B ถ้าต่อท้ายเลขนั้น หมายถึง เลขเป็นระบบฐาน 2

D จะมีหรือไม่มีก็ได้จะเป็นเลขที่ใช้เป็นระบบฐาน 10

คำสั่งเทียมที่ใช้บ่อย

CPU ใช้กำหนดการ compile ว่าเป็น CPU เบอร์ใด

DFB ใช้กำหนด data เป็น byte โดยจะเป็นจำนวนชนิดใดก็ได้หรือจะเป็น ASCII ก็ได้โดยให้มีเครื่องหมาย ในรหัส ASCII นั้น เช่น "A"

DFS ใช้กำหนดพื้นที่ไว้ใช้งาน เช่น DFS 5 หมายถึง จองพื้นที่ตรงที่ DFS อยู่ไป 5 ตำแหน่ง

DWL ใช้กำหนด data เป็น word โดยนำ low byte ขึ้นก่อน เช่น DWL 1234H เช่น DWL ชี้อยู่ที่ 3000 ที่ตำแหน่ง 3000 จะมีค่า 34 และ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ตามลำดับ
EQU	ใช้กำหนดค่าต่างๆตามที่ต้องการ
ORG	ใช้กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรม
END	ใช้จบการ compile โปรแกรม

3.6 INTEL HEX FORMAT

file HEX ที่ได้จากการ compile จะเป็นลักษณะ INTEL HEX FORMAT ดังนี้

:NNAAAARRHH ..... HHCCTT; 1 record

:	เป็นตัวบอกถึงการเริ่มต้นของ record
NN	เป็นตัวบอกถึงจำนวนข้อมูลที่เป็น HEX ใน record โดย NN นี้จะเป็นเลข HEX
AAAA	เป็นตัวชี้ตำแหน่งที่เก็บข้อมูล HH
RR	ชนิดของ record RR = 00 เป็น data record RR = 01 เป็น record สุดท้าย
HH	แสดงถึงข้อมูล HEX 1 byte
CC	เป็นค่า check sum ของผลรวมทั้งหมดของ record นั้นโดยเริ่มจาก NN เรื่อยไปจนถึง HH หรือ data ตัวสุดท้ายค่าที่ได้นี้จะเป็นเลขในรูปแบบ 2'S Complement
TT	แสดงถึงการขึ้นบรรทัดใหม่ของ record ต่อไปซึ่งจะไม่เห็นรหัสนี้เพราะเป็นรหัสที่ทำให้มองเห็นการขึ้นบรรทัดใหม่

ประโยชน์ของ check sum ถ้ามีการนำ HEX File มาทำการแก้ไขใน editor ตัวใดตัวหนึ่งจะทำให้ค่า check sum ไม่เปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อนำ file นี้ load ลงมาแล้วจะทำให้ตัวรับ file รับแล้วบอก error ออกมาให้ทราบจึงทำให้ผู้ใช้ต้องทำการ compile โปรแกรมใหม่เพื่อให้ได้ HEX File ที่ถูกต้องเพื่อเป็นการป้องกันการ run โปรแกรมที่ผิดพลาด ตัวอย่างโปรแกรมและ INTEL HEX FORMAT แสดงดังตารางที่ 3.1 และ3.2 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างโปรแกรม Clear Register

Address	Mnemonic	Label	Opcode	Operand
2000	3E 00	START :	LD	A,00H
2002	01 00 00		LD	BC,0000H
2005	11 00 00		LD	DE,0000H
2008	21 00 00		LD	HL,0000H
200B	DD 21 00 00		LD	IX,0000H
200F	FD 21 00 00		LD	IY,0000H
2013	31 00 00		LD	SP,3D90H
2016	CF		RST	08H

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่าง INTEL HEX FORMAT ของโปรแกรม Clear Register

Record	Data
1	:102000003E00010000110000210000DD210000FD64
2	:0720100021000031000CFA8
3	:00000001FF

3.7 การพัฒนาและการขยายระบบ

Reboot เป็นการทำงานเสมือนการเปิดเครื่องครั้งแรก โดยจะทำการ initial ค่าต่างๆใน RAM area ให้เป็นค่าที่กำหนดไว้เหมือนตอนเริ่มแรกโดยที่ข้อมูลต่างๆของ user ที่มีอยู่ก็ยังคงอยู่ โดยการกด key switch break และ key switch reset พร้อมกัน จากนั้นปล่อย key switch break ก่อนแล้วตามด้วย key switch reset

Auto start เป็นระบบที่ทำให้โปรแกรมของผู้ใช้ทำงานทันทีเมื่อมีการกด key switch reset โดยโปรแกรมนี้จะอยู่ที่ตำแหน่งต่างๆได้ 3 ตำแหน่ง ดังนี้

ลำดับ	ตำแหน่งโปรแกรม	ตำแหน่งใส่ code
1	2000 H	27FF H (A3H)
2	4000 H	47FF H (A3H)
3	8000 H	87FF H (A3H)

ถ้าผู้ใช้ต้องการให้ไป start ที่ address ใด ก็ให้ใส่รหัส A3H ไว้ที่ address สำหรับใส่ code นั้น และเมื่อเปิดเครื่องครั้งแรกหรือ Reboot เครื่องจะ display ชื่อของตำแหน่งที่ได้มีการใส่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

code ไว้เป็น

ตำแหน่ง	ชื่อที่แสดง
27FF	Ram
47FF	Sok
87FF	Ext

โดยถ้ามีการ set code ไว้ทั้งหมดจะมีการแสดงเป็น

Mon Ram Sok Ext

เป็นการให้ผู้ใช้เลือกว่าจะให้ไปทำงานที่ตำแหน่งใดโดยการกด key ตัวอักษรดังนี้

Mon (M) ในกรณีให้เข้าสู่ mode การทำงานของ monitor โปรแกรม

Ram (R) ให้ไป run ที่ตำแหน่ง 2000 H

Sok (S) ให้ไป run ที่ตำแหน่ง 4000 H

Ext (E) ให้ไป run ที่ตำแหน่ง 8000 H

และถ้าภายใน 3 วินาที หากผู้ใช้ไม่เลือก key ใดๆก็จะทำการ run ลำดับที่พบที่แรกนั่นคือจะ run ที่ RAM,Socket หรือ Extention ตามลำดับที่มีการ set ไว้

Interrupt และ Restart ในส่วนนี้จะเป็นตำแหน่งที่อยู่ใน ROM Monitor ซึ่งได้จัดพื้นที่ที่จะให้ผู้ใช้กำหนดตำแหน่งของการ Interrupt และ Restart เอง

RST 8H ใช้เป็นส่วนที่ใช้ break โปรแกรม

RST 10H ใช้สำหรับเรียกโปรแกรมย่อยกลุ่ม SYSCALL ที่เป็นกลุ่มคำสั่งสำหรับช่วยในการทำงานซึ่งมีหลายรูปแบบ โปรแกรมย่อยกลุ่ม SYSCALL ผู้ใช้ดูรายละเอียดจากคู่มือของ single board

RST 18H ใช้สำหรับจบโปรแกรมต่างๆโดยจะแสดงค่ารีจิสเตอร์ที่ได้กระทำครั้งล่าสุดให้ทราบ

Back-up เครื่องจะสามารถทำการ Back-up RAM 6264 (RAM ตัวเล็ก) และในส่วน socket expand และ RTC ให้เดินตลอดเพื่อให้ข้อมูลที่อยู่ใน RAM ไม่สูญหายไป โดยให้ผู้ใช้ปฏิบัติดังนี้

1. ใส่แบตเตอรี่ Back-up
2. ON DIP switch ตัวที่ 8 ในกรณี RAM 6264 (ตัวเล็ก)
3. ON DIP switch ตัวที่ 7 ในกรณี socket expand ถ้า ON DIP switch 7 จะต้องไม่ ON V_{cc} คือ DIP switch 6 พร้อมกัน
4. RAM 6264 ตัวเล็ก ถ้าจะ Back-up ให้ดีเนื่องจากไม่มี switch write protect ให้ใช้คำสั่ง Quit ก่อนที่จะทำการปิดเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 Dot Matrix LCD Module

LCD : Liquid Crystal Display เป็นจอแสดงผลแบบผลึกเหลวซึ่งอุปกรณ์ในปัจจุบันนั้นในส่วนของการแสดงผลจะใช้ LCD เสียเป็นส่วนใหญ่ เช่น เครื่องเล่น VEDIO,เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องมือวัดคุมต่างๆ,เครื่องคอมพิวเตอร์ Dot Matrix LCD Module สามารถแบ่งออกได้ 3 ชนิด ดังนี้

1. Charactor LCD Module
2. Graphic LCD Module
3. Segment display type LCD Module

ส่วนประกอบของ Dot Matrix LCD ในแต่ละแบบมีส่วนประกอบใหญ่ๆแบ่งได้เป็น

1. Dot Matrix LCD เป็นตัวแสดงผลให้มองเห็นในลักษณะการปิดและการเปิดตัวเองกับแสงคือส่วนของที่เป็นตัวกระจกบรรจุผลึก
2. Driver เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับผลึก LCD เบอร์ที่นิยมใช้ใน LCD Module เช่น HD44100H,MSM5259
3. Controller เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาและจัดการควบคุม LCD Module ให้ทำงานแสดงผลต่างๆ เช่น การลบจอภาพ,การเกิดตัวอักษร เป็นต้น โดยมาก LCD Module ในแต่ละบริษัทจะใช้ตัว Controller ที่มีหลักการทำงานเหมือนกันเป็นส่วนใหญ่ ใน LCD Module แต่ละขนาดจำนวนตัวอักษรหรือจำนวนบรรทัดก็มีหลักการทำงานแบบเดียวกันทั้งหมด IC ที่นิยมกันมากที่สุดที่เป็น Controller LCD คือ เบอร์ HD44780 โดยในรูปแบบการทำงานเป็นมาตรฐานให้กับ Controller LCD ตัวอื่นๆด้วย

3.9 Parallel Port

ลักษณะการติดต่อกับ Z80 ให้ติดต่อกับสัญญาณที่ตรงกันเข้าด้วยกัน จะมี 2 ขาที่ต่างกัน คือ ขา 6 (CS) และ 35 (Reset) ซึ่งขา Reset จะกลับกับ Z80 คือทำงานที่ logic 1 ส่วนขา CS ใช้ต่อกับวงจร Decoder port เพื่อให้ 8255 ทำงานที่ตำแหน่งที่เลือกนั้น 8255 สามารถโปรแกรมให้เป็น input หรือ output ได้ตามต้องการซึ่ง 8255 จะมีขา PA,PB และ PC อย่างละ 8 bit ซึ่งเรียกว่า port A,B และ C ดังนั้นเมื่อใช้งาน port สุดท้ายจะเป็น port ที่มีความสำคัญมากในการใช้งานเพราะ 8255 จะสามารถใช้งานได้ต่อเมื่อเขียนคำสั่งเข้าไปที่ port นี้ก่อน เรียกว่า Port Control ซึ่งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง address A0 และ A1 จะหมายถึงการติดต่อ port ที่เลือก แสดงดังตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การจัด address และ port ภายในของ 8255

A1	A0	Port	Code
0	0	A	0H
0	1	B	1H
1	0	C	2H
1	1	Control	3H

A0 และ A1 เป็นตัวเลือก port ภายในระบบ เนื่องจาก 8255 ในระบบอาจมีหลายตัว จึงถูกแยกด้วยส่วน decoder วงจร ET-board V4.0 8255 ถูก decode ไว้ที่ address 20H ดังนั้น ถ้าต้องการติดต่อกับ port ของ 8255 จะต้องนำตำแหน่งที่ decode มา OR กับ port ภายในของ 8255 ที่ต้องการซึ่งผลของการ OR แสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การจัด address และ port 8255 ของ ET-board V4.0

A1	A0	Port	Code
0	0	A	20H
0	1	B	21H
1	0	C	22H
1	1	Control	23H

รหัส control ที่จะใช้เขียนเข้าไปใน Port Control แบ่งได้ตาม bit ดังนี้

D7 แสดงถึงรหัสควบคุมให้เริ่มทำงาน (1 = ทำงาน) คือ จะมีผลทำให้ 8255 รับรู้สิ่งต่อไปใน bit ต่างๆ จะกำหนดให้ bit นี้จะเป็น 1 เสมอ

D6,D5 เป็นการเลือก mode ในการทำงานของ Port A ซึ่งมี 3 mode

D4 กำหนดให้ Port A เป็น input หรือ output โดย

0 = output port

1 = input port

D3 กำหนดให้ Port C บนเป็น input หรือ output โดย

0 = output port

1 = input port

D2 เป็นการเลือก mode ในการทำงานโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 = mode 0

1 = mode 1

D1 กำหนดให้ Port B เป็น input หรือ output โดย

0 = output port

1 = input port

D0 กำหนดให้ Port C ล่าง เป็น input หรือ output โดย

0 = output port

1 = input port

Mode มีด้วยกัน 3 mode ดังนี้

Mode 0 เป็น mode input/output แบบพื้นฐานที่ใช้กันทั่วไปโดย mode นี้สั่งเป็น input หรือ output ได้ทั้ง 3 port (A,B และ C)

Mode 1 เป็น mode input/output ที่มีการตรวจสอบสัญญาณซึ่งกันและกัน (Hand Shaking) ระหว่าง 8255 กับอุปกรณ์ภายนอกด้วย Port C โดยใน mode นี้จะใช้สั่งงานให้เป็น input หรือ output ได้ที่ Port A และ Port B เท่านั้น

Mode 2 เป็น mode bidirectional คือ Port A เป็นได้ทั้ง input และ output ภายใน port เดียวกัน และใน mode นี้ยังมีการตรวจสอบความพร้อมโดยใช้ Port C ในการตรวจสอบ ที่เหลือคือ Port B ที่ผู้ใช้จะสั่งให้อยู่ใน Mode 0 หรือ 1 ได้อย่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบ Micro CNC

4.1 บทนำ

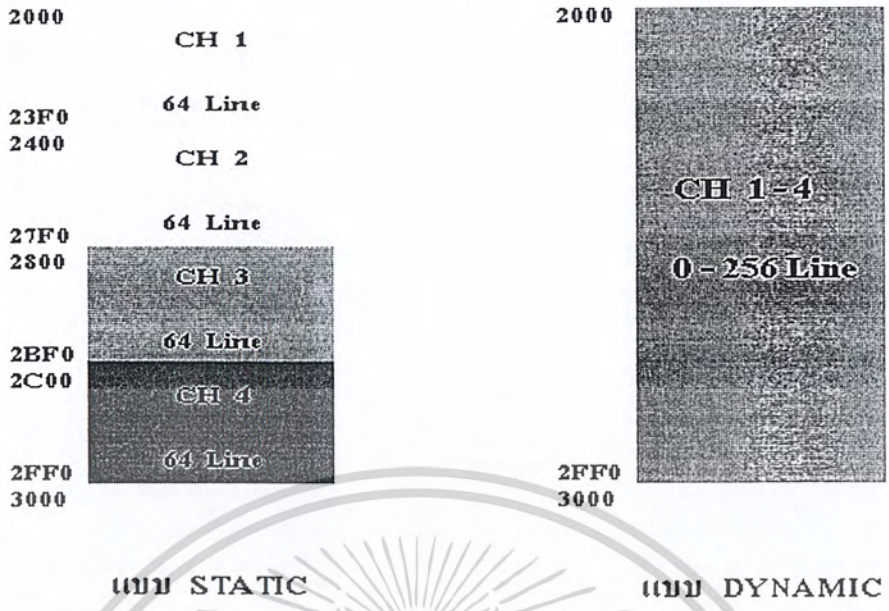
ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของการออกแบบ Micro CNC ในส่วนที่เกี่ยวกับ MCO โดยเฉพาะ ตั้งแต่การจัดแบ่งพื้นที่เก็บโปรแกรม คำสั่งควบคุมการทำงาน โหมดการทำงาน การจัดตำแหน่งหน้าจอ LCD เป็นต้น

4.2 การจัดแบ่งพื้นที่เก็บโปรแกรม

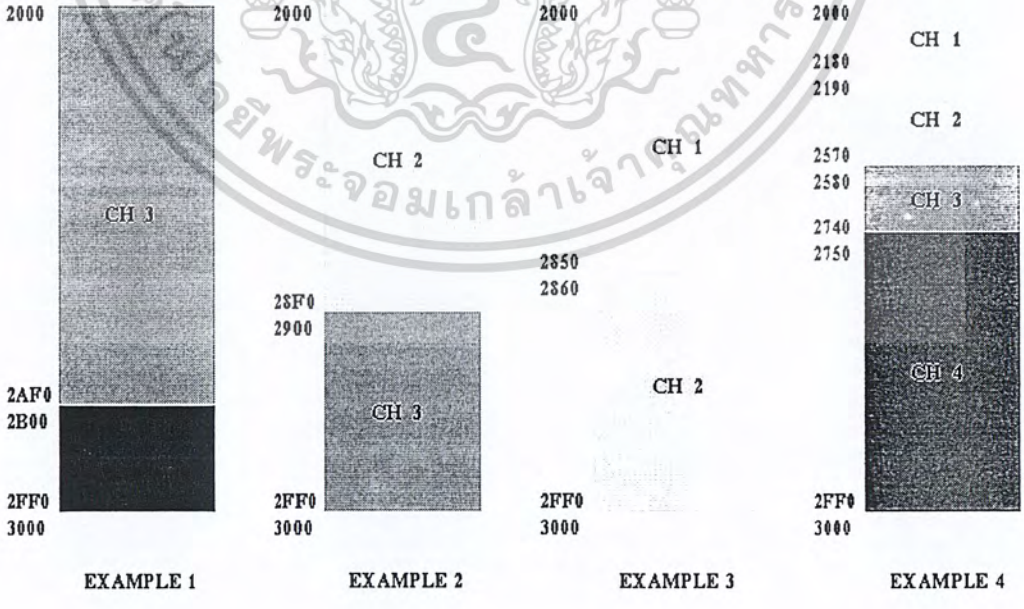
ในการจัดเก็บข้อมูลของ Microprocessor จะเป็นรูปแบบของการจัดเก็บข้อมูลลงใน ROM และ RAM การออกแบบ Micro CNC จะออกแบบการจัดเก็บข้อมูลลงใน RAM เนื่องจากการรับข้อมูลหรือโปรแกรมจากผู้ใช้ซึ่งเป็นคำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่ในรูปแบบ NC Code รวมถึงหน่วยความจำติดตามความเคลื่อนไหวของข้อมูลจะต้องใช้หน่วยความจำที่สามารถอ่านและเขียนได้ทันทีซึ่งก็คือ RAM ส่วนโปรแกรมของ MCO เป็นภาษา Assembly จะถูกจัดเก็บไว้ใน ROM ประเภท EPROM

การจัดเก็บข้อมูลลงใน RAM โดยทั่วไปแล้วสามารถแบ่งพื้นที่เก็บข้อมูลได้ 2 รูปแบบคือ แบบคงที่ (Static) และแบบยืดหยุ่น (Dynamic) จากการแบ่งพื้นที่เก็บข้อมูล 2 ลักษณะดังกล่าว แบบ Static คือ รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลด้วยพื้นที่เก็บข้อมูลเป็นส่วนย่อย (Channel) โดยเรียงลำดับ Channel ของข้อมูลต่อกันและทุก Channel มีขนาดเท่ากันตลอด หากผู้ออกแบบต้องการแบ่งพื้นที่หน่วยความจำของแต่ละ Channel โดยให้มีความยืดหยุ่นเพื่อเพิ่มความสามารถในการเก็บข้อมูลให้มีประสิทธิภาพควรเลือกแบบ Dynamic คือแต่ละ Channel จะสามารถย่อหรือขยายขนาดได้การแบ่งพื้นที่เก็บข้อมูลของ MCO เรียกว่าการจัดแบ่งพื้นที่เก็บโปรแกรม เนื่องจาก MCO เป็นระบบปฏิบัติการที่เขียนด้วยภาษา Assembly ในรูปแบบ Microprocessor แต่มีการรับโปรแกรมจากผู้ใช้เป็นภาษา NC สำหรับเหตุผลที่เลือกการจัดแบ่งพื้นที่เก็บโปรแกรมแบบ Dynamic เนื่องจากการโปรแกรมภาษา NC จะเกี่ยวข้องกับคำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่และหมายเลขบรรทัด (line) คำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่จะระบุการทำงานตามลำดับ (step) ต่อ 1 บรรทัด จะเห็นว่าการทำงานแต่ละชนิดอาจใช้จำนวนบรรทัดไม่เท่ากันหากใช้แบบ Dynamic จะง่ายต่อการจัดเก็บโปรแกรมเพราะช่วยทำให้การแบ่ง Channel สามารถย่อหรือขยายขนาดให้เหมาะสมกับขนาดของโปรแกรม การเรียกใช้งานแต่ละโปรแกรมโดยการระบุตำแหน่งของ Channel ลักษณะการจัดแบ่งพื้นที่เก็บโปรแกรมแสดงดังภาพที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 รูปแบบการจัดแบ่งพื้นที่เก็บโปรแกรม



ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างการใช้งานการจัดแบ่งพื้นที่เก็บโปรแกรมแบบ Dynamic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCO ใช้พื้นที่หน่วยความจำที่ Address 2000H-2FFFH (4096 byte : 256 line) โดยที่แต่ละ Channel จะเก็บโปรแกรมได้สูงสุดจำนวน 256 บรรทัดหรือเท่ากับจำนวนพื้นที่เก็บโปรแกรมที่เหลืออยู่นั่นคือ แต่ละ Channel นั้นสามารถขยายตัวให้เก็บโปรแกรมมากขึ้นได้หากพื้นที่ของหน่วยความจำส่วนนี้ยังมีพื้นที่ว่างเพียงพอแต่ผลรวมของทุก Channel จะต้องไม่เกิน 256 บรรทัด การใช้พื้นที่หน่วยความจำส่วนนี้ทุก Channel เป็นอิสระต่อกันโดยจะเรียงตามลำดับ 1,2,3 และ 4 โดย Channel ที่ 1 จะมีนัยสำคัญสูงสุดและ Channel อื่นจะมีนัยสำคัญรองลงมา แต่ละ Channel จะไม่มีการแทรกลำดับกัน

เมื่อ Channel ที่ต่ำกว่าได้เก็บโปรแกรมเต็มพื้นที่หน่วยความจำเก็บโปรแกรม หากทำการเก็บโปรแกรม Channel ที่สูงกว่าจะทำให้ Channel ที่ต่ำกว่าหายไปทีละ 1 บรรทัดจนกว่าบรรทัดปัจจุบันที่ทำการเก็บโปรแกรมจะเต็มพื้นที่หน่วยความจำเก็บโปรแกรมหรือบรรทัดที่ต่ำกว่าบรรทัดปัจจุบันที่เก็บโปรแกรมและอยู่ใน Channel เดียวกันหายไป อย่างไรก็ตามหากพื้นที่ที่ถูกใช้เป็นหน่วยความจำเก็บโปรแกรมใช้งานเต็มแล้ว Channel ที่มีนัยสำคัญสูงกว่าก็จะเข้าไปเก็บในพื้นที่หน่วยความจำเก็บโปรแกรมได้โดยวิธีการข้างต้นได้ ยกเว้นแต่ Channel ที่มีนัยสำคัญต่ำกว่านั้นจะไม่สามารถทำตามกรณีดังกล่าวได้ ตัวอย่างการใช้งานการจัดแบ่งพื้นที่เก็บโปรแกรมแบบ Dynamic แสดงดังภาพที่ 4.2

4.3 คำสั่งควบคุมการทำงาน

คำสั่งควบคุมการทำงานถูกออกแบบไว้ 2 กลุ่มคือ G-Code เป็นกลุ่มคำสั่งจัดเตรียมการทำงานและการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร Micro CNC และ T-Code เป็นกลุ่มคำสั่งเลือกเครื่องมือการควบคุมการทำงานในลักษณะงานเจาะถือว่าเพียงพอแล้วซึ่งมีรูปแบบคือ

G-Code

G0	XXXX	XXXX	คำสั่งเคลื่อนที่เร็วในแนวแกน X-Y
G1	XXXX	XXXX	คำสั่งเคลื่อนที่ช้าในแนวแกน X-Y
G2		XXXX	คำสั่งเคลื่อนที่เร็วในแนวแกน Z
G3		XXXX	คำสั่งเคลื่อนที่ช้าในแนวแกน Z
G4		TT	คำสั่งหน่วงเวลาการเคลื่อนที่ในแนวแกน Z
G5			คำสั่งเคลื่อนที่แนวแกน Z
G6			คำสั่งไม่เคลื่อนที่แนวแกน Z
G7		CCC	คำสั่งเรียกโปรแกรมย่อย
G8			คำสั่งออกจากโปรแกรมย่อย
G9			คำสั่งจบการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T-Code

T1	XXXX	XXXX	คำสั่งเรียกเครื่องมือหมายเลข 1
T2	XXXX	XXXX	คำสั่งเรียกเครื่องมือหมายเลข 2
T3		XXXX	คำสั่งเปลี่ยนเครื่องมือ

หมายเหตุ

XXXX คือ ระยะการเคลื่อนที่ในแนวแกน X-Y ขนาด 0-4000*10^{-5}m : resolution 25*10^{-5}m โดยที่เมื่ออยู่ใน Word G จะเป็นตัวบอกค่าระยะการเคลื่อนที่แบบ Absolute แต่หากอยู่ใน Word T จะเป็นตัวบอกระยะชดเชยขนาดอุปกรณ์ในแนวแกน X-Y เนื่องมาจากการใช้เครื่องมือมากกว่าหนึ่งชิ้น ตัวอย่างเช่น T1 เป็นดอกสว่าน 1 mm T2 เป็นดอกสว่าน 2 mm ส่วน T3 จะใช้ควบคุมการเปลี่ยนเครื่องมือและชดเชยขนาดอุปกรณ์ในแนวแกน Z

TT คือ ค่าเวลาหน่วง 00-50*10^{-1}second : resolution 1*10^{-1} second เนื่องมาจากดอกสว่านที่ใช้เจาะเป็นชนิดเกลียวบิดทำให้รูเจาะไม่เรียบจึงต้องหน่วงเวลาเพื่อให้รูเจาะเรียบขึ้น

CCC คือ ตำแหน่งบรรทัดที่เป็น subroutine ซึ่งอยู่ใน Channel เดียวกัน โดยที่บรรทัดสุดท้ายของ subroutine จะปิดท้ายด้วย G8

4.4 โหมดการทำงาน

การควบคุมการทำงานของ MCO แบ่ง mode การทำงานออกได้ดังนี้

Mode C : Clear Program

Mode D : Display Program

Mode I : Information

Mode M : Manual

Mode P : Program

Mode Q : Ouit

Mode R : Run

Mode S : Setup

Mode T : Step Run

รายละเอียดของแต่ละ mode มีดังนี้

Mode C : Clear Program เป็น mode ของการลบข้อมูลทิ้งทั้ง Channel ซึ่งการลบข้อมูลแบบนี้จะทำให้เกิดการเลื่อนขึ้นของ Channel ที่ต่ำกว่า Channel ที่ถูกลบไป การใช้งาน mode นี้เพื่อใช้ลบข้อมูลหรือการเพิ่มพื้นที่หน่วยความจำเก็บโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode D : Display Program เป็น mode ของการแสดงผลข้อมูลที่อยู่ใน Channel ที่เลือกแสดงผล โดยจะแสดงผลเริ่มต้นที่บรรทัดแรกของ Channel ที่เลือก และสามารถเลื่อนบรรทัดโดย keyboard ซึ่งจะเลื่อนขึ้นลงทีละบรรทัดภายใน Channel โดยที่หาก Channel นั้นไม่มีข้อมูลก็ไม่สามารถเรียกดูได้

Mode I : Information เป็น mode ของการดูความจุของโปรแกรมโดยนับเป็นจำนวนบรรทัดรวมทั้งหมด และยังสามารถเข้าไปดูจำนวนบรรทัดของโปรแกรมในแต่ละ Channel เพื่อประโยชน์ในการบริหารข้อมูล

Mode M : Manual เป็น mode การทำงานแบบ Manual เนื่องจากการควบคุมเครื่องจักร Micro CNC ต้องมีการหาจุดศูนย์ของงานก่อน Run

Mode P : Program เป็น mode ของการโปรแกรมข้อมูลโดยทำการโปรแกรมรูปแบบ NC ซึ่งสามารถตรวจสอบความผิดพลาดของคำสั่งขณะโปรแกรม รวมถึงการแก้ไขโปรแกรมโดยอาจทำการแก้ไขโปรแกรมในบรรทัดปัจจุบัน การแก้ไขโปรแกรมบรรทัดเก่า การเพิ่มและลดบรรทัดที่โปรแกรมได้โดยตรง

Mode Q : Ouit เป็น mode ของการออกจาก MCO เพื่อออกไปสู่การทำการประมวลผลในแบบ Microprocessor อย่างเต็มรูปแบบ

Mode R : Run เป็น mode ของการประมวลผลโปรแกรมในแบบต่อเนื่องเพื่อใช้ควบคุมการทำงานเครื่องจักร Micro CNC โดยจะแสดงโปรแกรมในบรรทัดที่ทำการประมวลผลที่จอ LCD

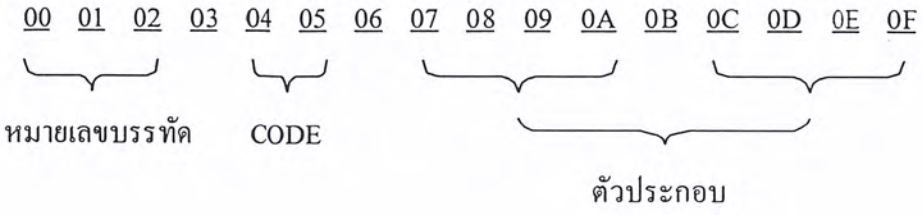
Mode S : Setup เป็น mode ของการติดตั้งระบบใหม่ คือ ทำการรีเซ็ตข้อมูลต่างๆในหน่วยความจำชั่วคราวซึ่งรวมไปถึงโปรแกรม NC และหน่วยความจำติดตามการเคลื่อนไหวข้อมูลแล้วทำการโหลดข้อมูลจากหน่วยความจำหลักมาใส่ในหน่วยความจำชั่วคราว

Mode T : Step Run เป็น mode ของการประมวลผลโปรแกรมทีละบรรทัดเพื่อตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม ซึ่งจะช่วยให้การประมวลผลโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

4.5 การจัดตำแหน่งหน้าจอ LCD

การแสดงผลต่างๆของ ET-Board V4.0 นั้นใช้จอ LCD 16 charaters เป็นตัวแสดงผล จึงต้องมีการจัดตำแหน่งของหน้าจอ LCD ให้เหมาะสมเพื่อให้การแสดงผลและการใช้งานที่ง่าย รวมถึงการจัดวางตำแหน่งของ word ในแต่ละบรรทัดโดยการจัดตำแหน่งหน้าจอ LCD ออกเป็น 4 ส่วน คือ หมายเลขบรรทัด คำสั่ง ตัวประกอบกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเลขบรรทัด	1 - 256
CODE	G0 - 9 , T1 - 3
ตัวประกอบ	XXXX,TT,CCC

4.6 การประมวลหมายเลขบรรทัดและแปลงฐานเลข

เนื่องจากการแสดงผลในระบบ Digital ของ PC จะใช้ ASCII Code ซึ่งการแสดงผลของ ET-Board V4.0 ก็ใช้ ASCII Code เช่นกัน ในการออกแบบ MCO การแสดงผลต่างๆ รวมถึงโปรแกรมที่ผู้ใช้ได้ทำการโปรแกรมจะเป็น ASCII Code ทั้งนี้เพื่อง่ายต่อการแสดงผล แต่อย่างไรก็ตาม Microprocessor ประมวลผลด้วย HEX Code จึงต้องแปลง ASCII Code เป็น HEX Code จากการทำงานของ Micro CNC จะอ้างอิงที่หมายเลขบรรทัดเป็นหลัก ดังนั้นหากทำการประมวลหมายเลขบรรทัดจาก ASCII Code เป็น HEX Code ได้การประมวลค่าตัวประกอบก็สามารถทำได้ด้วยวิธีการเดียวกันโดยใช้ SYSCALL กลุ่ม convert code ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างการแปลง ASCII Code เป็น HEX Code

Display	ASCII	ASCII to HEX (1CH)	Decimal to HEX (21H)
001	30 30 31	00 01	00 01
010	30 31 30	00 10	00 0A
050	30 35 30	00 50	00 32
100	31 30 30	01 00	00 64
255	32 35 35	02 55	00 FF

แต่การประมวลหมายเลขบรรทัดแตกต่างจากการประมวลค่าตัวประกอบคือ การประมวลหมายเลขบรรทัดต้องเพิ่มตำแหน่งบรรทัดขึ้นอีก 1 เพื่อชี้ตำแหน่งบรรทัดต่อไป อีกทั้งต้องแปลง HEX Code กลับไปเป็น ASCII Code เพื่อใช้แสดงผลโดยใช้ SYSCALL กลุ่ม convert code ดังตารางที่ 4.2

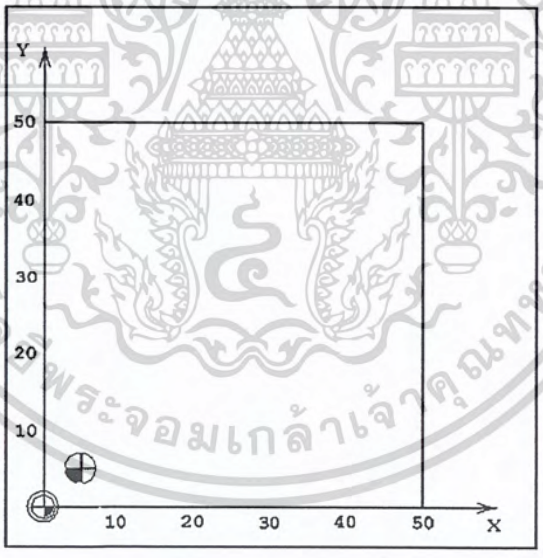
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่าการแปลง HEX Code เป็น ASCII Code

HEX	HEX to Decimal (20H)	HEX to ASCII (1DH)	Display
00 02	00 02	30 30 32	002
00 0B	00 11	30 31 31	011
00 33	00 51	30 35 31	051
00 65	01 01	31 30 31	101
01 00	02 56	32 35 36	256

4.7 ขนาดของชิ้นงานและจุดศูนย์

- ขนาดของชิ้นงานถูกออกแบบให้มีขนาด 50*50 mm
- จุดอ้างอิงของชิ้นงาน (work reference point) อยู่ที่ตำแหน่ง X=0,Y=0 mm
- จุดอ้างอิงของโปรแกรม (program reference point) อยู่ที่ตำแหน่ง X=10,Y=10 mm



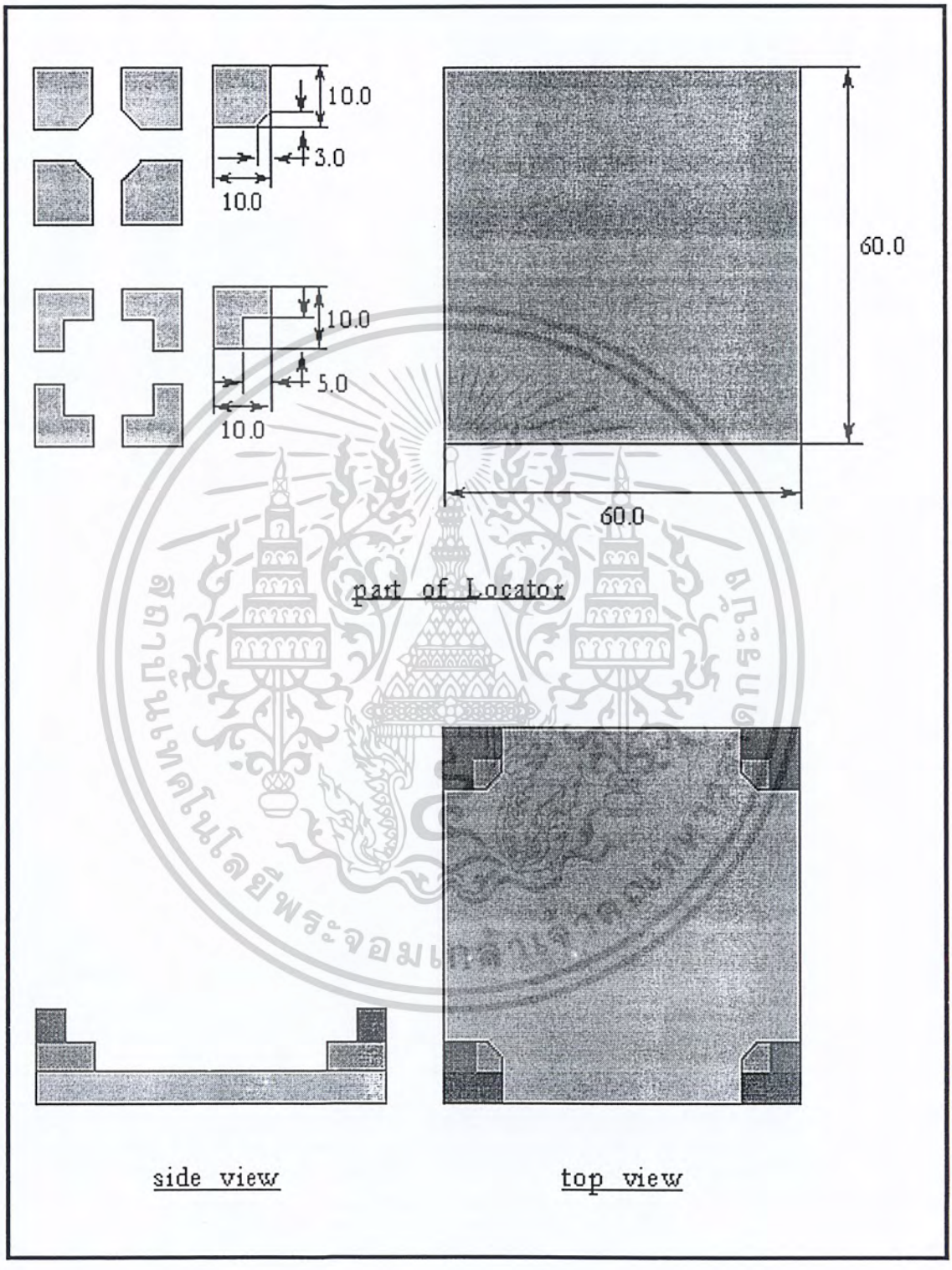
ภาพที่ 4.3 ขนาดของชิ้นงานและจุดศูนย์

4.8 อุปกรณ์ Locator

Locator เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดตำแหน่งของชิ้นงาน ในการใช้งานเครื่องจักรที่ทำงานเฉพาะอย่างจะต้องมี Locator สำหรับงานนั้น Micro CNC ก็เช่นกันทั้งนี้เพราะเป็นเครื่องเจาะขนาดเล็กจึงได้ออกแบบสำหรับเจาะพลาสติกขนาด 50*50*3.5 mm Locator นอกจากจะใช้จัดตำแหน่งชิ้นงานยังใช้เป็นฐานรองเศษชิ้นงาน ใช้จับยึดชิ้นงานและยังใช้ป้องกันการใส่ชิ้นงานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิดขนาดด้วย ลักษณะของ Locator แสดงดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 อุปกรณ์ Locator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 การควบคุม Stepping Motor

ในการควบคุมการทำงานเครื่องจักร Micro CNC โดย MCO จะส่งสัญญาณควบคุมผ่าน parallel port ซึ่งหากผู้ใช้ไม่มีเครื่องจักรอาจทดสอบการทำงานโดยใช้ Stepping Motor ซึ่งถูก drive ด้วย Board Driver อีกที ในการใช้งาน Stepping Motor กำหนด spec ไว้ดังนี้

- Stepping Motor 12 Volt 4 phase
- 48 step 7.5 degree/step

เพลาของ Stepping Motor ถูก coupling กับ lead screw ระยะ pitch ที่ 1.0 mm ดังนั้นการหมุนครบ 1 รอบจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ 1.0 mm สำหรับการเคลื่อนที่ 3 แนวแกน จะใช้ Stepping Motor จำนวน 3 ตัว โดยกำหนด port ควบคุมแต่ละตัวดังนี้

Port A (A0-A3 or A4-A7) ควบคุมแกน X

Port B (B0-B3 or B4-B7) ควบคุมแกน Y

Port C (C0-C3 or C4-C7) ควบคุมแกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

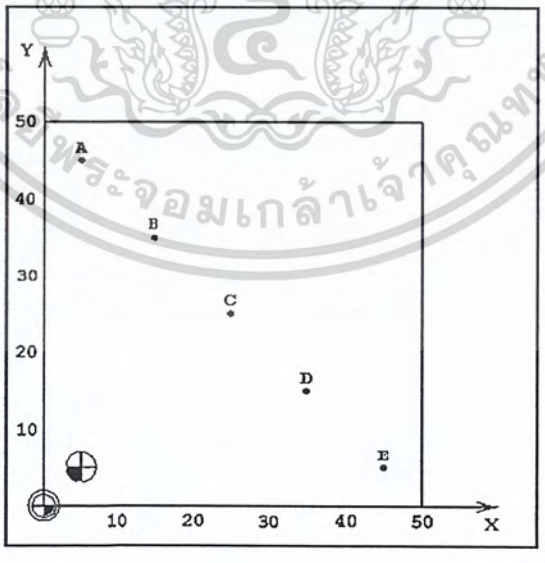
บทที่ 5
ผลการทดลอง

5.1 กล่าวนำ

ในบทนี้เป็นการนำ MCO ไปควบคุมเครื่องจักร Micro CNC ซึ่งเป็นเครื่องเจาะขนาดเล็กแบบ 3 แนวแกน 1 หัวเจาะเพื่อทำการเจาะชิ้นงานขนาดเล็ก เครื่องเจาะจะถูกควบคุมด้วย MCO ที่อยู่บน ET-Board V4.0 การใช้งานมี Menu ต่างๆซึ่งผู้ใช้ควบคุมผ่าน keyboard และ 8255 parallel port ของ ET-Board V4.0 ส่วนการแสดงผลจะใช้จอ LCD ของ board ซึ่งแสดงผลได้ 1 บรรทัด แต่ผู้ใช้สามารถเรียกใช้ PROCOMM ซึ่งเป็น Program Support เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงต่างๆของ buffer และ program area โดยใช้ monitor ของคอมพิวเตอร์

5.2 การเจาะชิ้นงานในลักษณะกำหนดพิกัดปกติ

จากการทดลองในขั้นนี้จะทำการการเจาะชิ้นงาน โดยการกำหนดพิกัดของชิ้นงานในระบบโคออร์ดิเนต การกำหนดพิกัดแบบปกติพบได้บ่อยในงานที่ต้องการเจาะชิ้นงานที่มีจำนวนรูเจาะไม่มากแต่ต้องการความละเอียดสูง การกำหนดจุดต่างๆที่จะทำการเจาะจะมีพิกัด X-Y ซึ่งจะใช้บ่งบอกตำแหน่งของรูเจาะ การเจาะชิ้นงานในลักษณะนี้แสดงดังภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 ตัวอย่างการกำหนดพิกัดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการกำหนดพิกัดดังภาพที่ 5.1 จะมีรูเจาะจำนวน 5 รู คือ A,B,C,D และ E จากนั้นผู้ใช้ต้องทำการกำหนดจุดต่างๆที่จะทำการเจาะในมีพิกัด X-Y ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างการกำหนดพิกัดของรูเจาะในพิกัด Cartesian

ตำแหน่งจุด	โคออร์ดิเนต X	โคออร์ดิเนต Y
A	0	40.00
B	10.00	30.00
C	20.00	20.00
D	30.00	10.00
E	40.00	0

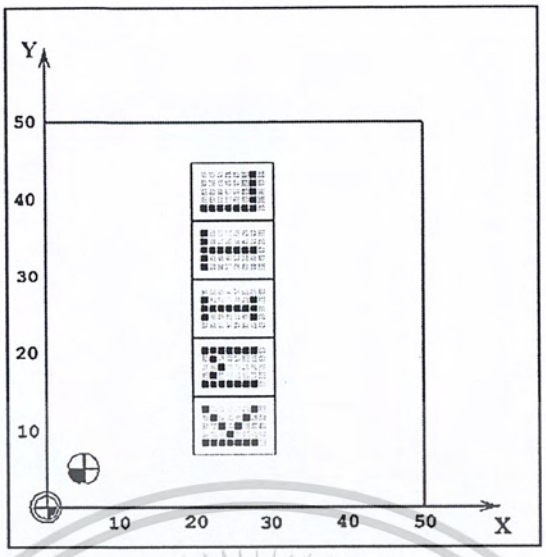
จากนั้นให้ทำการโปรแกรมในรูปแบบของ NC Code โดยผู้ใช้ต้องอยู่ใน Mode P เพื่อทำการโปรแกรมควบคุมการเจาะชิ้นงานดังต่อไปนี้

```
001   G5                    ; กำหนดการเคลื่อนที่แกน Z
002   T1    0     0         ; เลือกเครื่องมือหมายเลข 1
003   G0    0     4000      ; เคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งจุด A (X=0,Y=40.00)
004   G0    1000  3000      ; เคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งจุด B (X=10.00,Y=30.00)
005   G0    2000  2000      ; เคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งจุด C (X=20.00,Y=20.00)
006   G0    3000  1000      ; เคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งจุด D (X=30.00,Y=10.00)
007   G0    4000  0         ; เคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งจุด E (X=40.00,Y=0)
008   G9                    ; จบการทำงาน
```

5.3 การเจาะชิ้นงานในลักษณะกำหนดพิกัดตัวอักษร

จากการเจาะชิ้นงานทั่วไปผู้ใช้อาจมีความต้องการเจาะชิ้นงานให้เป็นรูปตัวอักษรต่างๆก็สามารถทำได้ แต่ผู้ใช้ต้องกำหนด pattern ของตัวอักษรแล้วนำมากำหนดพิกัดของรูเจาะโดยใช้วิธีการดังหัวข้อ 5.2 จากที่เคยกล่าวมาแล้วในข้างต้นว่าการกำหนดพิกัดแบบปกติจะมีรูเจาะไม่มาก แต่หากผู้ใช้ต้องการเจาะชิ้นงานให้เป็นรูปตัวอักษรจะมีรูเจาะจำนวนมาก MCO จึงออกแบบให้มีคำสั่ง G7 และ G8 เพื่อควบคุมกลุ่มของ pattern ให้อยู่ในรูปแบบของโปรแกรมย่อย ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบโปรแกรมของผู้ใช้ การเจาะชิ้นงานในลักษณะนี้แสดงดังภาพที่ 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.2 ตัวอย่างการกำหนดพิกัดตัวอักษร

หลังจากที่ผู้ใช้ได้ทำการกำหนดพิกัดตัวอักษรและกำหนด pattern ดังภาพที่ 5.2 จากนั้นก็สามารถทำการโปรแกรมได้ดังนี้

```
001   G5                    ; กำหนดการเคลื่อนที่แกน Z
002   T1      0      0      ; เลือกเครื่องมือหมายเลข 1
003   G7             9      ; เรียกโปรแกรมย่อยบรรทัดที่ 9 (ตัว K)
004   G7            24      ; เรียกโปรแกรมย่อยบรรทัดที่ 24 (ตัว M)
005   G7            42      ; เรียกโปรแกรมย่อยบรรทัดที่ 42 (ตัว I)
006   G7            54      ; เรียกโปรแกรมย่อยบรรทัดที่ 54 (ตัว T)
007   G7            66      ; เรียกโปรแกรมย่อยบรรทัดที่ 66 (ตัว L)
008   G9                    ; จบการทำงาน
009   GO    1700    600     ; เคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่ง X=1700,Y=600
010   GO    1700    1000
011   GO    1800    600
012   GO    1800    900
013   GO    1900    600
014   GO    1900    800
015   GO    2000    600
016   GO    2000    700
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
017   GO   2100   600
018   GO   2100   800
019   GO   2200   600
020   GO   2200   900
021   GO   2300   600
022   GO   2300   1000
023   G8                ;  จบโปรแกรมย่อย
024   GO   1700   1200
025   GO   1700   1600
026   GO   1800   1200
027   GO   1800   1300
028   GO   1800   1500
029   GO   1800   1600
030   GO   1900   1200
031   GO   1900   1400
032   GO   1900   1600
033   GO   2000   1200
034   GO   2000   1600
035   GO   2100   1200
036   GO   2100   1600
037   GO   2200   1200
038   GO   2200   1600
039   GO   2300   1200
040   GO   2300   1600
041   G8                ;  จบโปรแกรมย่อย
042   GO   1700   1900
043   GO   1700   2000
044   GO   1700   2100
045   GO   1800   2000
046   GO   1900   2000
047   GO   2000   2000
048   GO   2100   2000
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
049     GO      2200    2000
050     GO      2300    1900
051     GO      2300    2000
052     GO      2300    2100
053     G8                      ; จบโปรแกรมย่อย
054     GO      1700    2400
055     GO      1700    2500
056     GO      1700    2600
057     GO      1700    2700
058     GO      1700    2800
059     GO      1800    2600
060     GO      1900    2600
061     GO      2000    2600
062     GO      2100    2600
063     GO      2200    2600
064     GO      2300    2600
065     G8                      ; จบโปรแกรมย่อย
066     GO      1700    3000
067     GO      1800    3000
068     GO      1900    3000
069     GO      2000    3000
070     GO      2100    3000
071     GO      2200    3000
072     GO      2300    3000
073     GO      2300    3100
074     GO      2300    3200
075     GO      2300    3300
076     GO      2300    3400
077     G8                      ; จบโปรแกรมย่อย
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลโครงงานและแนวทางการพัฒนาต่อ

6.1 สรุปผลโครงงาน

จากการทำโครงงาน Micro CNC สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้คือสามารถนำเอา Microprocessor มาสร้างเป็นระบบปฏิบัติการ เพื่อใช้ควบคุมเครื่องเจาะขนาดเล็กซึ่งเรียกระบบปฏิบัติการและเครื่องเจาะขนาดเล็กได้โดยรวมว่า Micro CNC ซึ่งมีค่าความแม่นยำและเที่ยงตรงในระดับที่น่าพอใจ โดยได้ออกแบบระบบปฏิบัติการให้ใช้งานได้ง่ายมีการตอบสนองกับผู้ใช้งานเป็นอย่างดีด้วยการแสดงผลแบบจอ LCD และการใช้ Program Support ซึ่งเป็น software ช่วยขยายความสามารถในการแสดงผลและจัดเก็บข้อมูลจำนวนมากด้วยคอมพิวเตอร์ การควบคุมการทำงานมีรูปแบบของ mode และ NC Code เป็นรูปแบบสำหรับงานเจาะโดยเฉพาะ

6.2 ปัญหาที่พบและข้อมูลเสนอแนะ

ปัญหาสำคัญที่พบจากการทำโครงงานนี้คือ

1. ในการสร้างระบบปฏิบัติการที่ดีจะต้องออกแบบการจัดหน่วยความจำ โหมดการทำงานรูปแบบคำสั่ง การตอบสนองกับผู้ใช้งานให้สามารถใช้งานได้ง่าย มีความแม่นยำและเที่ยงตรงสูง ระบบปฏิบัติการที่ใช้งานในลักษณะดังกล่าวจะมีขนาดของโปรแกรมขนาดใหญ่และต้องจำลองสภาวะการใช้งานของผู้ใช้เป็นที่ตั้ง

2. ความแข็งแรงของเครื่องจักร โครงงานนี้เป็นเพียง model เพื่อศึกษาการสร้างระบบปฏิบัติการควบคุมเครื่องเจาะ Micro CNC จึงใช้โครงสร้างที่ไม่ใช่ rigid body เหมือนเครื่องจักรในอุตสาหกรรม หากต้องการนำไปใช้งานจริงควรออกแบบให้แข็งแรงกว่านี้

3. ความเร็วและความละเอียดของการทำงาน เนื่องจากโครงงานนี้ได้ใช้ Stepping Motor จะมีความเร็วที่ต่ำกว่า DC Survo Motor การควบคุมแบบ feed forward ไม่เหมาะกับงานหนัก Stepping Motor มีความละเอียดของการเคลื่อนที่เมื่อประกอบกับ lead screw ระยะพิทช์ที่ 1 mm เท่ากับ 1/48 mm ทำให้ความละเอียดของการเคลื่อนที่ซึ่งเมื่อใช้การกำหนดระยะแบบ Absolute 4 ตำแหน่งจึงมีค่าอยู่ที่ 0.25 mm หากต้องการใช้งานที่ความเร็วและความละเอียดที่สูงๆให้พิจารณา DC Survo Motor และราคาประกอบด้วย

5. การเคลื่อนที่ในระยะทางที่จำกัด เนื่องจากการใช้ lead screw เป็นตัวส่งกำลังโดยมี Linear Ball Slide เป็นแกนเคลื่อนที่ ซึ่งหากต้องการใช้กับงานขนาดใหญ่อาจออกแบบแท่นประกอบ Linear Ball Slide ด้วยอุปกรณ์ Milling

6. ความสามารถในการแสดงผลที่จำกัดเนื่องจากใช้จอ LCD 1 บรรทัดทำให้ผู้ใช้งานรู้สึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุมมองแคบ อาจเพิ่มอุปกรณ์เสริมจำพวก Graphic LCD เป็นต้น

6.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

จากหัวข้อที่ 6.2 เกี่ยวกับปัญหาที่พบและข้อมูลเสนอแนะหากจะพัฒนาต่อไปสามารถทำได้ แต่การลงทุนนั้นจะสูงมากแต่การลงทุนนี้จะมีประโยชน์หากนำไปใช้ในการศึกษาในสถาบันต่างๆ หรือการขึ้นรูปชิ้นงานที่คาดว่าจะคุ้มทุนทั้งนี้เนื่องจากจะต้องลงทุนซื้อเครื่องจักรอาจเป็นเครื่องกลึงหรือเครื่องกัดขนาดเล็กซึ่งมีบางบริษัทได้ผลิตออกมาขายดังภาพที่ 6.1 จากนั้นจึงทำการดัดแปลงเพื่อประกอบเข้ากับ DC Survo Motor และอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ สำหรับสาเหตุที่แนะนำให้ซื้อเครื่องจักรเนื่องจากมีโครงสร้างที่แข็งแรงสวยงาม แต่ในส่วนการประมวลผลการทำงานจะยังคงใช้ Microprocessor ทั้งนี้เนื่องจากความกะทัดรัด แต่จะต้องพัฒนา MCO ให้มี function และ application สูงขึ้นเพราะข้อจำกัดที่สำคัญที่สุดของ Microprocessor คือ function ทางคณิตศาสตร์อันเนื่องมาจาก Microprocessor มีการประมวลผลด้วยเลขฐาน 16 จึงไม่สามารถคำนวณ function ที่ซับซ้อนได้ อาจใช้ software ทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย เช่น Visual Basic เป็นต้น

ภาพที่ 6.1 ตัวอย่างเครื่องกัดและเครื่องกลึงขนาดเล็กของบริษัท SHERLINE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. อำนาจ ทองแสน , "ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์" , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

2. วิบูลย์ ชื่นแขก , "ไมโครโปรเซสเซอร์" , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

3. ธัชพงษ์ นิลอุบล , "ไมโครคอนโทรลเลอร์ เล่ม 1" , บริษัท เอ็มแอนด์อี จำกัด

4. คู่มือ ET-BOARD V 4.0 New Generation USER'S MANUAL , บริษัท อีทีที จำกัด

5. คู่มือ ET-Z80 HARDWARE EXPERIMENT MANUAL , บริษัท อีทีที จำกัด

6. คู่มือ DOT MATRIX LCD MODULE , บริษัท อีทีที จำกัด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

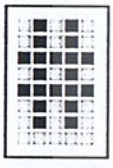
ภาคผนวก ก.

ASCII Code & Character Patterns

```
20H     00H,00H,00H,00H     ; Null
        00H,00H,00H,00H
```

```
21H     10H,10H,10H,10H     ; !
        00H,00H,10H,00H
```

```
22H     28H,28H,28H,00H     ; ”
        00H,00H,00H,00H
```

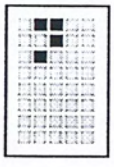


```
23H     28H,28H,7CH,28H     ; #
        7CH,28H,28H,00H
```

```
24H     10H,3CH,50H,38H     ; $
        14H,78H,10H,00H
```

```
25H     60H,64H,08H,10H     ; %
        20H,4CH,0CH,00H
```

```
26H     30H,48H,50H,20H     ; &
        54H,48H,34H,00H
```



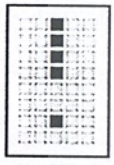
```
27H     30H,10H,20H,00H     ; ’
        00H,00H,00H,00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

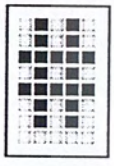
ASCII Code & Character Patterns

```
20H     00H,00H,00H,00H     ; Null
        00H,00H,00H,00H
```

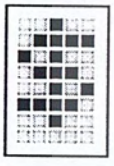


```
21H     10H,10H,10H,10H     ; !
        00H,00H,10H,00H
```

```
22H     28H,28H,28H,00H     ; ”
        00H,00H,00H,00H
```



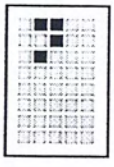
```
23H     28H,28H,7CH,28H     ; #
        7CH,28H,28H,00H
```



```
24H     10H,3CH,50H,38H     ; $
        14H,78H,10H,00H
```

```
25H     60H,64H,08H,10H     ; %
        20H,4CH,0CH,00H
```

```
26H     30H,48H,50H,20H     ; &
        54H,48H,34H,00H
```

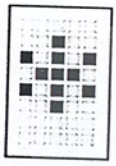


```
27H     30H,10H,20H,00H     ; ’
        00H,00H,00H,00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28H 08H,10H,20H,20H ; (
20H,10H,08H,00H

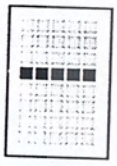
29H 20H,10H,08H,08H ;)
08H,10H,20H,00H



2AH 00H,10H,54H,38H ; *
54H,10H,00H,00H

2BH 00H,10H,10H,7CH ; +
10H,10H,00H,00H

2CH 00H,00H,00H,00H ; ,
30H,10H,20H,00H



2DH 00H,00H,00H,7CH ; -
00H,00H,00H,00H

2EH 00H,00H,00H,00H ; .
00H,30H,30H,00H

2FH 00H,04H,08H,10H ; /
20H,40H,00H,00H

30H 38H,44H,4CH,54H ; 0
64H,44H,38H,00H

31H 10H,30H,10H,10H ; 1
10H,10H,38H,00H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

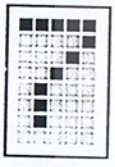
32H 38H,44H,04H,08H ; 2
10H,20H,7CH,00H

33H 7CH,08H,10H,08H ; 3
04H,44H,38H,00H

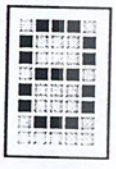
34H 08H,18H,28H,48H ; 4
7CH,08H,08H,00H

35H 7CH,40H,78H,04H ; 5
04H,44H,38H,00H

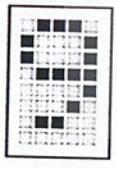
36H 18H,20H,40H,78H ; 6
44H,44H,38H,00H



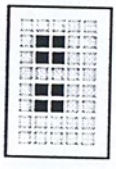
37H 7CH,04H,08H,10H ; 7
20H,20H,20H,00H



38H 38H,44H,44H,38H ; 8
44H,44H,38H,00H



39H 38H,44H,44H,3CH ; 9
04H,08H,30H,00H



3AH 00H,30H,30H,00H ; :
30H,30H,00H,00H

3BH 00H,30H,30H,00H ; ;
30H,10H,20H,00H

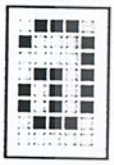
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
3CH     08H,10H,20H,40H     ; <
        20H,10H,08H,00H
```

```
3DH     00H,00H,7CH,00H     ; =
        7CH,00H,00H,00H
```

```
3EH     20H,10H,08H,04H     ; >
        08H,10H,20H,00H
```

```
3FH     38H,44H,04H,08H     ; ?
        10H,00H,10H,00H
```



```
40H     38H,44H,04H,34H     ; @
        54H,54H,38H,00H
```

```
41H     38H,44H,44H,7CH     ; A
        44H,44H,44H,00H
```

```
42H     78H,44H,44H,78H     ; B
        44H,44H,78H,00H
```

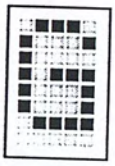
```
43H     38H,44H,40H,40H     ; C
        40H,44H,38H,00H
```

```
44H     70H,48H,44H,44H     ; D
        44H,48H,70H,00H
```

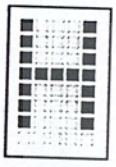
```
45H     7CH,40H,40H,78H     ; E
        40H,40H,7CH,00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

46H 7CH,40H,40H,78H ; F
40H,40H,40H,00H



47H 38H,44H,40H,5CH ; G
44H,44H,3CH,00H



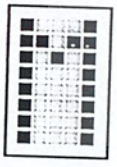
48H 44H,44H,44H,7CH ; H
44H,44H,44H,00H

49H 38H,10H,10H,10H ; I
44H,44H,3CH,00H

4AH 1CH,08H,08H,08H ; J
08H,48H,30H,00H

4BH 44H,48H,50H,60H ; K
50H,48H,44H,00H

4CH 40H,40H,40H,40H ; L
40H,40H,7CH,00H



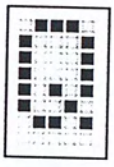
4DH 44H,6CH,54H,54H ; M
44H,44H,44H,00H

4EH 44H,44H,64H,54H ; N
4CH,44H,44H,00H

4FH 38H,44H,44H,44H ; O
44H,44H,38H,00H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50H 78H,44H,44H,78H ; P
40H,40H,40H,00H

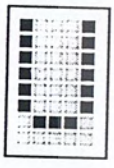


51H 38H,44H,44H,44H ; Q
54H,48H,34H,00H

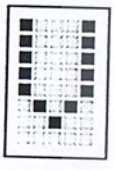
52H 78H,44H,44H,78H ; R
50H,48H,44H,00H

53H 3CH,40H,40H,38H ; S
04H,04H,78H,00H

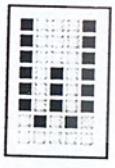
54H 7CH,10H,10H,10H ; T
10H,10H,10H,00H



55H 44H,44H,44H,44H ; U
44H,44H,38H,00H



56H 44H,44H,44H,44H ; V
44H,28H,10H,00H



57H 44H,44H,44H,54H ; W
54H,54H,28H,00H

58H 44H,44H,28H,10H ; X
28H,44H,44H,00H

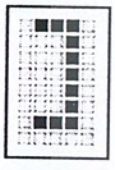
59H 44H,44H,44H,28H ; Y
10H,10H,10H,00H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5AH 7CH,04H,08H,10H ; Z
20H,40H,7CH,00H

5BH 38H,20H,20H,20H ; [
20H,20H,38H,00H

5CH 40H,20H,10H,08H ; \
04H,02H,01H,00H



5DH 38H,08H,08H,08H ;]
08H,08H,38H,00H

5EH 10H,28H,44H,00H ; ^
00H,00H,00H,00H

5FH 00H,00H,00H,00H ; _
00H,00H,7CH,00H

60H 20H,10H,08H,00H ; `
00H,00H,00H,00H

Font ASCII of LCD display in ROM monitor on ET-Board V4.0. The character genereter RAM (CG RAM) is the RAM with which the user can rewrite character patterns by program. With 5*7 dots,8 types of character patterns can be written. Write the character codes in the left columns of above table for details,please consult with Stanley.You can write CG RAM to devide above table in third columns by four.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

data sheet of LCD

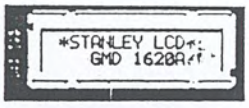
▼ LCD Type

TN Type

This is the most typical general purpose type LCD, being used in applications ranging from watches and calculators to Dot Matrix Modules

● **TN Positive Image Type (Basic Type)**

The most typical general-purpose LCD of the TN types
This type features black characters (or drawings) on a neutral gray background
Usable in three modes: Reflective mode, Transmissive mode and Transflective mode.



● **TN Negative Image Type**

This has reversed image of positive type, with a white display on a black background.
Usable in Transmissive mode only

● **Wide Temperature Type**

In contrast with the operating temperature range of 0 to 50°C for normal TN types, this type features a wide operating temperature range of −20 to 70°C. (This LCD is particularly effective in use with backlighting which generates heat.)

STN Type

Compared with TN types, this high resolution display LCD intended for Dot Matrix Display has an increased twisted angle, resulting in a more than two fold improvement in contrast and viewing angle characteristics

● **STN Yellow Type**

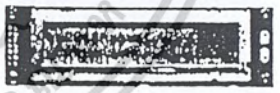
Dark blue display on a yellow-green background
This is the most typical general-purpose type of high contrast STN types
Usable in three modes: Reflective mode, Transmissive mode and Transflective mode.

● **STN Blue Type**

Backlight color display on a blue background
This type intended specifically for use in combination with a white light source
Usable in transmissive mode only.

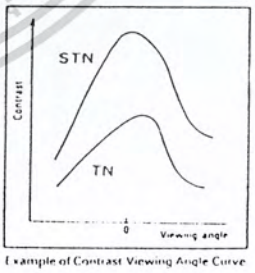
● **STN Gray Type**

Dark blue display on a blue-gray background. This type features an improvement that provides a display which appears natural with its surround colors, when the yellow mode background is blanked. Usable in reflective mode



Features of Each Mode

	LCD Type	Background Color	Display Color	Viewing Direction	Contrast	LCD mode			Temperature	
						Reflective	Transmissive	Transflective	Opr	Stg
T	Positive	Neutral gray	Black	( )	( )	○	△	△	0	+70
N	Negative	Black	Clear	( )	( )	×		○	0 +50	-20 +70
	Wide Tem			( )	( )				-20 +70	-30 +80
S	Yellow	Yellow Green	Dark blue	( )	( )	○		△	0	-20
T	Blue	Blue	Clear	( )	( )	×		○	0 +40	-20 +60
N	Gray	Blue Gray	Dark blue	( )	( )	△		×		



Example of Contrast Viewing Angle Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

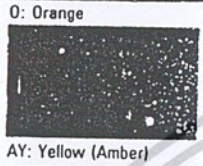
▼ Backlighting

STANLEY Dot Matrix LCDs feature three types of backlighting:
high-intensity, long-life LEDs, CFL with brightness and good color rendition, and slim line EL.

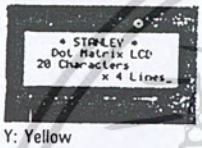
LED Backlighting

R: Red

O: Orange



AY: Yellow (Amber)



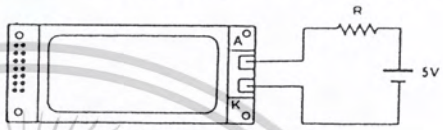
Y: Yellow

G: Green

■ Features
- Long-life, bright and uniform backlighting
- Operating voltage: 4.4-4.7V (Using external resister)
- Five colors are available
- The use of high-intensity LEDs and unique illumination technology enable effective backlighting with a small number of chips.

■ Specifications
Please see each page for standard types.

■ Example of power supply circuit for LED Backlighting Unit.



R: Forward current limiting resister

* Always use an externally connected resister (Ri) for the backlighting unit.

■ Precaution for usage
The operating temperature range of LCD modules with LED backlighting is specified with the assumption that the forward current supplied to the LED units will be varied according to the ambient temperature.

fig. 1 Example of Relative Luminous Intensity vs. Forward C...
(For GMD1610F(LY)

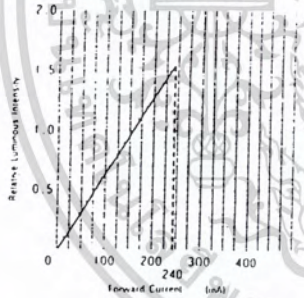
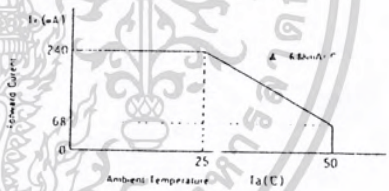
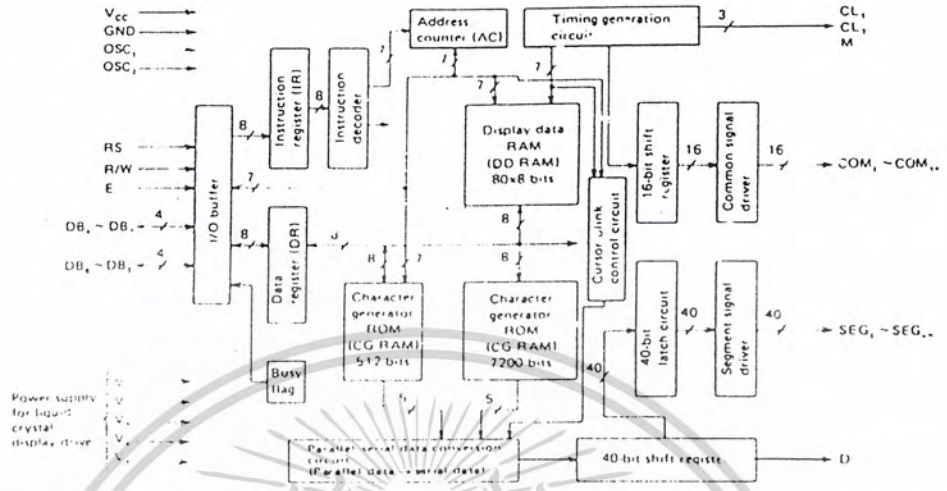


fig. 2 Example of Forward Current vs. Ambient Temperature
(For GMD1610F(LY)

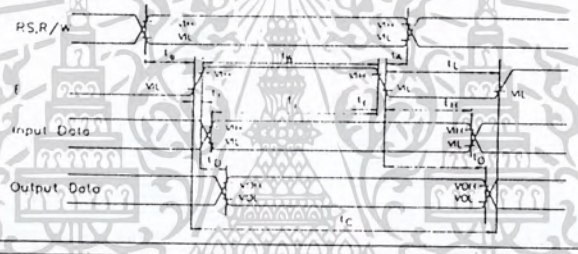


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block diagram of HD44780 interior



TIMING DIAGRAM



TIMING CHARACTERISTICS FOR ALL COMPATIBLE CONTROLLER CHIPS.

PARAMETERS / CONTROLLERS CHIPS		SAMSUNG KS0066	HITACHI HD44780	SANYO LC7985NA	EPSON SED1278	OKI MSM6222	RECOMMENDED TIMING	UNIT
Enable Cycle Time	tC (min)	1000	1000	1000	500	667	1000	nS
Enable Pulse Width High Level	tW (min)	450	450	450	220	280	450	nS
Low Level	tL (min)	450	450	450	220	280	450	nS
E Raise Time	tr (max)	25	25	25	25	25	25	nS
E Fall Time	tf (max)	25	25	25	25	25	25	nS
Set-up Time	tB (min)	140	140	140	40	140	140	nS
Data Set-up Time	tI (min)	195	195	195	60	180	195	nS
Data Delay Time	tD (max)	320	320	320	120	220	320	nS
Address Hold Time	tA (max)	10	10	10	10	10	10	nS
Hold Time Input Data	tH (min)	10	10	10	10	10	10	nS
Output Data	tO (min)	20	20	20	20	20	20	nS

NOTE :

1. INITIALIZATON BY POWER ON RESET INVOLVES MANY UNSTABLE FACTORS CAUSED BY POWER SUPPLY FLUCTUATIONS. THEREFORE, INITIALISING BY INSTRUCTIONS IS STRONGLY RECOMMENDED.
2. MODULE INITIALIZATON DOES NOT AFFECT BY USING HD44100, OR KS0065, OR LC7930, OR MSM5259 OR MSM5839, OR MSM5260 DRIVER CHIPS.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Instructions

Instruction	Code										Description	Execution Time (max) (when fcp or fosc is 250 kHz)
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Clears entire display and sets DD RAM address 0 in address counter.	1.64 ms
Return Home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	Sets DD RAM address 0 in address counter. Also returns display being shifted to original position. DD RAM contents remain unchanged.	1.64 ms
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Sets cursor move direction and specifies shift of display. These operations are performed during data write and read.	40μs
Display On/Off Control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Sets ON/OFF of entire display (D), cursor ON/OFF (C), and blink of cursor position character (B).	40μs
Cursor or Display Shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	Moves cursor and shifts display without changing DD RAM contents.	40μs
Function Set	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	Sets interface data length (DL), number of display lines (L) and character font (F).	40μs
Set CG RAM Address	0	0	0	1	ACG						Sets CG RAM address. CG RAM data is sent and received after this setting.	40μs
Set DD RAM Address	0	0	1	ADD							Sets DD RAM address. DD RAM data is sent and received after this setting.	40μs
Read Busy Flag & Address	0	1	BF	AC							Reads Busy flag (BF) indicating internal operation is being performed and reads address counter contents.	0μs
Write Data to CG or DD RAM	1	0	Write Data								Writes data into DD RAM or CG RAM	40μs
Read Data from CG or DD RAM	1	1	Read Data								Reads data from DD RAM or CG RAM	40μs
	I/D = 1: Increment I/D = 0: Decrement S = 1: Accompanies display shift S/C = 1: Display shift S/C = 0: Cursor move R/L = 1: Shift to the right R/L = 0: Shift to the left DL = 1: 8 bits, DL = 0: 4 bits N = 1: 2 lines, N = 0: 1 line F = 1: 5×10 dots, F = 0: 5×7 dots BF = 1: Internally operating BF = 0: Can accept instruction										DD RAM: Display data RAM CG RAM: Character generator RAM ACG: CG RAM address ADD: DD RAM Address: Corresponds to cursor address AC: Address counter used for both DD and CG RAM address.	Execution time changes when frequency changes Example: When fcp or fosc is 270 kHz: $40\mu s \times \frac{250}{270} = 37\mu s$

* No effect

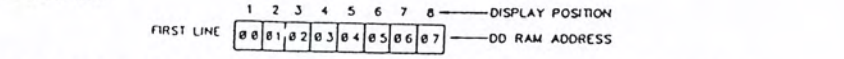
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ALPHANUMERIC DOT MATRIX MODULES

DISPLAY CHARACTER POSITION AND DD RAM ADDRESS

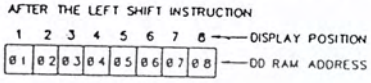
1x8 DMM, 1/8 MUX

N=0 : 1-LINE DISPLAY
F=0 : 5X7 DOTS

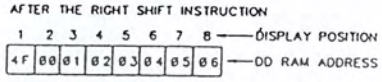


WHEN THE DISPLAY SHIFT OPERATION IS PERFORMED, THE DD RAM ADDRESS MOVED AS FOLLOW :

AFTER THE LEFT SHIFT INSTRUCTION

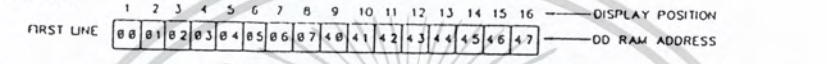


AFTER THE RIGHT SHIFT INSTRUCTION



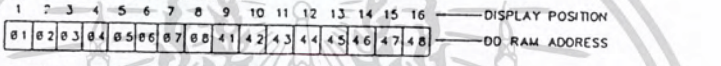
1x16 DMM, 1/16 MUX

N=1 : 2-LINE DISPLAY
F=0 : 5X7 DOTS

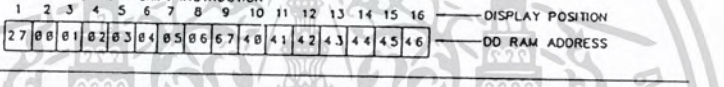


WHEN THE DISPLAY SHIFT OPERATION IS PERFORMED, THE DD RAM ADDRESS MOVED AS FOLLOW :

AFTER THE LEFT SHIFT INSTRUCTION

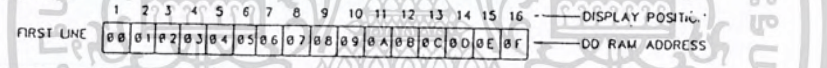


AFTER THE RIGHT SHIFT INSTRUCTION



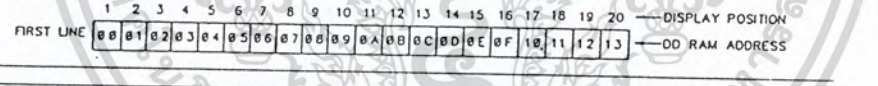
1x16 DMM, 1/8 MUX

N=0 : 1-LINE DISPLAY
F=0 : 5X7 DOTS



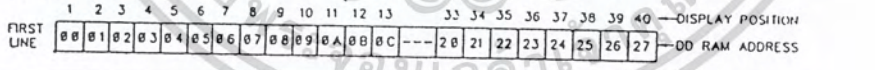
1x20 DMM, 1/8 MUX

N=0 : 1-LINE DISPLAY
F=0 : 5X7 DOTS



1x40 DMM, 1/11 MUX

N=0 : 1-LINE DISPLAY
F=1 : 5X10 DOTS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ALPHANUMERIC DOT MATRIX MODULES

DISPLAY CHARACTER POSITION AND DD RAM ADDRESS (CONTINUE)

2x16 DMM, 1/16 MUX N=1 : 2-LINE DISPLAY F=0 : 5X7 DOTS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
FIRST LINE	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	DD RAM ADDRESS
SECOND LINE	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	

DISPLAY POSITION

WHEN THE DISPLAY SHIFT OPERATION IS PERFORMED, THE DD RAM ADDRESS MOVED AS FOLLOW

AFTER THE LEFT SHIFT INSTRUCTION

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	DD RAM ADDRESS
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	

AFTER THE RIGHT SHIFT INSTRUCTION

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
	27	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	DD RAM ADDRESS
	67	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	

DISPLAY POSITION

2x20 DMM, 1/16 MUX N=1 : 2-LINE DISPLAY F=0 : 5X7 DOTS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
FIRST LINE	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13	DD RAM ADDRESS
SECOND LINE	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53	

DISPLAY POSITION

2x24 DMM, 1/16 MUX N=1 : 2-LINE DISPLAY F=0 : 5X7 DOTS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
FIRST LINE	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13	14	15	16	17	DD RAM ADDRESS
SECOND LINE	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53	54	55	56	57	

DISPLAY POSITION

2x40 DMM, 1/16 MUX N=1 : 2-LINE DISPLAY F=0 : 5X7 DOTS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	33	34	35	36	37	38	39	40	
FIRST LINE	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	20	21	22	23	24	25	26	27	DD RAM ADDRESS
SECOND LINE	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	60	61	62	63	64	65	66	67	

DISPLAY POSITION

4x16 DMM, 1/16 MUX N=1 : 2-LINE DISPLAY F=0 : 5X7 DOTS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
FIRST LINE	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	DD RAM ADDRESS
SECOND LINE	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	
THIRD LINE	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	
FOURTH LINE	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	

DISPLAY POSITION

4x20 DMM, 1/16 MUX N=1 : 2-LINE DISPLAY F=0 : 5X7 DOTS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
FIRST LINE	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13	DD RAM ADDRESS
SECOND LINE	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53	
THIRD LINE	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	20	21	22	23	24	25	26	27	
FOURTH LINE	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	60	61	62	63	64	65	66	67	

DISPLAY POSITION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DMC161C

• Display Format(16character × 1line) • Display Fonts(5×8dots) • Driving Method(1/8D)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

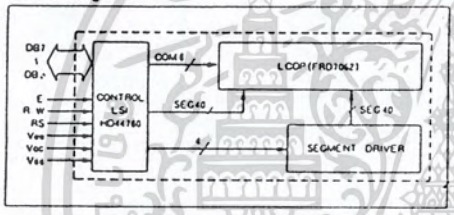
Item	Symbol	Test Condition	Standard Value min.	typ.	max.	Unit
Power Supply Voltage for Logic	Vcc−Vss	----	0	—	7	V
Power Supply Voltage for LCD Drive	Vcc−Vee	----	0	—	13.5	V
Input Voltage	Vi	----	Vss		Vcc	V
Operating Temperature	Ta	----	0		+50	℃
Storage Temperature	Tstg	----	−20		+70	℃

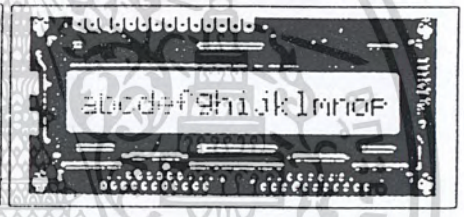
ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Item	Symbol	Test Condition	Standard Value min.	typ.	max.	Unit
Input "High" voltage	V_{IH}		2.2		Vcc	V
Input "Low" Voltage	V_{IL}		−0.3		0.6	V
Output "High" Voltage	V_{OH}	$-I_{OH}$=0.205mA	2.4			V
Output "Low" Voltage	V_{OL}	I_{OH}=1.2mA			0.4	V
Power Supply Current	Icc	Vcc=5.0V		0.5	2.0	mA

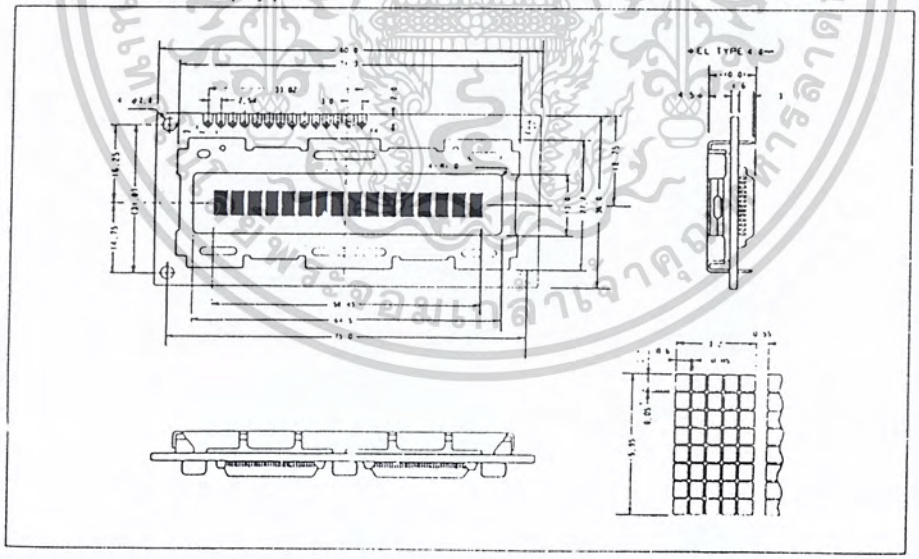
* Vcc=5.0V ± 5%, Ta=25°C

Block diagram





External dimensions / Display pattern



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้