สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก

MICRO CIM

โดย

นายสิตพล คำสนอง

นายสุภกิจ ชาวชุมนุม

นายอุดมสุข ถาวรสถิตย์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา

อาจารย์เกียรติศักดิ์ คมวัชระ

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....33956
วัน, เดือน, ปี 23 ก.ย. 2542

ลิขสิทธิ์นี้เป็นของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก

MICRO CIM

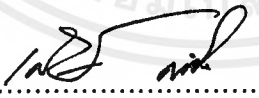
โดย

นายสิตพล	คำสนอง	รหัสประจำตัว	38014423
นายสุภกิจ	ชาวชุมนุม	รหัสประจำตัว	38014584
นายอุดมสุข	ถาวรสถิตย์	รหัสประจำตัว	38014654

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา)



.....

(อาจารย์เกียรติศักดิ์ คมวัชระ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก

นายสิตพล คำสนอง
นายสุภกิจ ชาวชุมนุม
นายอุดมสุข ถาวรสถิตย์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์เทพจิตร์ เชยโภคา
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์เกียรติศักดิ์ คมวัชระ
ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้าด้วยกัน เพื่อให้เป็นการควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก ซึ่งอุปกรณ์ต่างๆนี้ประกอบไปด้วยเครื่องมือกลCNC แขนกล ระบบนิวแมติก และไมโครคอมพิวเตอร์ โดยการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์เหล่านี้จะถูกควบคุมโดยโปรแกรม ลักษณะการทำงานจะเป็นขั้นตอนโดยโปรแกรมจะสั่งให้แขนกลหยิบชิ้นงานที่ต้องการกัด แล้วนำไปวางบนแท่นรองชิ้นงาน จากนั้นเครื่องCNC จะทำการกัดชิ้นงานตามที่กำหนดไว้ เมื่อเสร็จงานแขนกลจะนำชิ้นงานที่กัดเรียบร้อยไปเก็บอย่างเป็นระเบียบ.

ABSTRACT

This project is about hardware interface to be small automatic controlled system. This system consist of CNC-Machine , Robot Arm , Numatic System , and Microcomputer. This hardware interface is controlled by program written by C++ language. The robot's gripper grip workpiece to CNC-machine and then mill to the desired figure. Finally , Robot arm work again to bring the complete workpiece to the store perfectly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	เครื่องกัด	2
	2.1 ประวัติเครื่องจักร NC	2
	2.2 CNC และ DNC	3
	2.3 ระบบการเคลื่อนที่	5
	2.4 ระบบควบคุมการเคลื่อนที่	7
	2.5 กระทงความเทป (Format)	8
บทที่ 3	แขนกล	11
	3.1 ชนิดของหุ่นยนต์	11
	3.2 มือของหุ่นยนต์(Robot end effect)	13
	3.3 ความแม่นยำของการเคลื่อนที่	14
	3.4 ลักษณะเฉพาะและการใช้งานของ Robot	15
บทที่ 4	ระบบนิวแมติก	17
	4.1 วาล์วควบคุมทิศทางการไหล	18
	4.2 กระบอกสูบลม	19
	4.3 โซลินอยด์ควบคุมการทำงานของวาล์ว	20
บทที่ 5	โครงสร้างการทำงานของโครงงาน	22
	5.1 ไมโครคอมพิวเตอร์	22
	5.2 การควบคุมแขนกล	23
	5.3 เครื่องมือกล Boxford DUET	29
บทที่ 6	สรุปและข้อเสนอแนะ	36
ภาคผนวก ก.		
ภาคผนวก ข.		
ภาคผนวก ค.		
หนังสืออ้างอิง		
กิตติกรรมประกาศ		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 การป้อนกลับ 3
รูปที่ 2.2 ตัวควบคุมเครื่องมือกล 3
รูปที่ 2.3 การทำงานในระบบ DNC 4
รูปที่ 2.4 ระบบการเคลื่อนที่แบบอินครีเมนทัล 6
รูปที่ 2.5 ระบบการเคลื่อนที่แบบแอบโซลูท 6
รูปที่ 2.6 การเคลื่อนที่แบบโพซิชั่นนิ่ง 7
รูปที่ 3.1 Polar Configuration 11
รูปที่ 3.2 Cylindrical 12
รูปที่ 3.3 Cartesian 12
รูปที่ 3.4 Articulated 13
รูปที่ 4.1 ลักษณะของวาล์วที่นำใช้ในโครงงานนี้ 18
รูปที่ 4.2 การออกแบบไฟฟ้าควบคุมกรทำงานของกระบอกสูบ 21
รูปที่ 5.1 โครงสร้างการทำงานของโครงงาน 22
รูปที่ 5.2 บล็อกไดอะแกรมของสมการ Direct Kinematic 23
รูปที่ 5.3 พิกัด Link ของ SCORBOT-ER III 24
รูปที่ 5.4 บล็อกไดอะแกรมของสมการ Inverse Kinematic 27
รูปที่ 5.5 บล็อกไดอะแกรมในหารตรวจสอบตำแหน่งด้วยสมการ Direct Kinematic 28
รูปที่ 5.6 ส่วนประกอบของเครื่องมือกล Boxford Duet 30
รูปที่ 5.7 การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ 32
รูปที่ 5.8 การหาจุดศูนย์ของชิ้นงาน 33
รูปที่ 5.9 ตัวอย่างของชิ้นงาน 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

โครงงานนี้เป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้าด้วยกัน เพื่อให้เป็นการควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก ซึ่งอุปกรณ์ต่างๆนี้ประกอบไปด้วย เครื่องCNCแขนกล ระบบนิวแมติก และไมโครคอมพิวเตอร์ โดยการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์เหล่านี้จะถูกควบคุมโดยโปรแกรมที่เขียนขึ้นโดยภาษา C++ ผู้ใช้สามารถใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นอย่างง่ายดาย โดยไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านคำสั่งที่ใช้กับเครื่องมือกล CNC มากนัก ลักษณะการทำงานจะเป็นขั้นตอนโดยโปรแกรมจะสั่งให้แขนกลหยิบชิ้นงานที่ต้องการกัด แล้วนำไปวางบนแท่นรองชิ้นงาน จากนั้นเครื่องCNC จะทำการกัดชิ้นงานตามที่กำหนดไว้ เมื่อเสร็จงานแขนกลจะนำชิ้นงานที่กัดเรียบร้อยไปเก็บอย่างเป็นระเบียบ

1.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก

ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็กจะประกอบด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ , เครื่องมือกล CNC , แขนกล , ระบบนิวแมติก ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. กำหนดรูปแบบเคลื่อนที่ของแขนกล และกำหนดรูปชิ้นงานที่ต้องการกัดไว้ในโปรแกรมเพื่อให้โปรแกรมทำงาน ระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็กก็จะเริ่มทำงาน
2. เริ่มต้นการทำงานโดยคอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลและสัญญาณไปยัง Controller ของแขนกล ซึ่งจะสั่งให้แขนกลเริ่มทำงานเคลื่อนที่ไปหยิบชิ้นงานไปวางที่ฐานวางงชิ้นงานในเครื่องมือกล CNC
3. หลังจากนั้น Controller ของแขนกลส่งสัญญาณไปยังขดลวดโซลินอยด์ทำงานจะเปิดลมให้ดันวาล์วให้ก้านลูกสูบชักออกไปอัดชิ้นงานให้ชิ้นงานอยู่กับที่
4. เมื่อชิ้นงานยึดติดกับฐานวางชิ้นงานแล้ว แขนกลจะเคลื่อนที่ออกจากเครื่องมือกล CNC ต่อจากนั้นController ของแขนกลจะส่งสัญญาณไปบอกเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นไมโครคอมพิวเตอร์ก็จะส่งสัญญาณสั่งให้เครื่องมือกล CNC เริ่มทำงาน
5. เมื่อเครื่องมือกล CNC ทำงานเสร็จสมบูรณ์แล้ว เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ก็จะสั่งให้เครื่องมือกล CNC หยุดทำงานและส่งสัญญาณไปสั่งให้ Controller ของแขนกลเพื่อให้ Controller ของแขนกลส่งสัญญาณไปยังขดลวดโซลินอยด์เพื่อปิดลมที่ไปดันวาล์ว ทำให้วาล์วอยู่ที่ตำแหน่งปกติซึ่งก้านกระบอกลูกสูบจะคลายชิ้นงานออกจากฐานวางชิ้นงาน
6. หลังจากนั้น แขนกลจะเคลื่อนที่ไปหยิบชิ้นงานจากเครื่องมือกลCNC แล้วนำไปวางที่ตำแหน่งที่เก็บชิ้นงาน
7. แขนกลก็จะหยิบชิ้นงานที่จะกัดชิ้นต่อไป การทำงานจะทำเป็นไซคิล (Cycle) อย่านี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าผู้ใช้จะสั่งให้โปรแกรมหยุดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เครื่องกัด (Milling Machine)

2.1 ประวัติเครื่องจักร NC

ในปัจจุบันเครื่องจักรกลอัตโนมัติมีเพิ่มมากขึ้น จึงต้องลดจำนวนพนักงานปฏิบัติงานเครื่องจักรที่ต้องใช้ในกระบวนการผลิต เพราะความสามารถของพนักงานมีขอบเขตจำกัด เมื่อต้องผลิตงานที่ใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติยากต่อการผลิต รวมทั้งเมื่อต้องการงานที่มีความผิดพลาดที่ยอมรับได้ นอกจากความต้องการดังกล่าวยังต้องการความคล่องตัวของอุปกรณ์ด้วยจึงสร้างเครื่องจักรอัตโนมัติขึ้นมา ซึ่งมีการควบคุมเชิงตัวเลข (Numerical Control) อันใช้ชื่อว่าย่อว่า NC

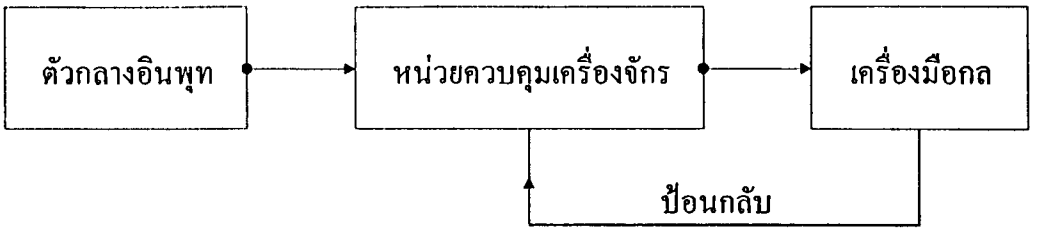
ประวัติ NC เริ่มต้นในปี ค.ศ.1940 เมื่อจอห์น ที พาร์สัน ได้เสนอวิธีการควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติ ซึ่งสามารถนำมีดตัดของเครื่องกัดให้ทำงานในลักษณะเส้นโค้งได้ โดยวิธีการของเขาจุดคู่ลำดับจะถูกปรุเป็นรหัสลงในการ์ดคอมพิวเตอร์ แล้วป้อนสู่ตัวควบคุมเครื่องจักรซึ่งจะทำให้เครื่องกัดเคลื่อนที่โดยเพิ่มเป็นขั้นเล็กๆ เพื่อที่จะได้ทางเดินที่ต้องการ ในปีค.ศ.1949 กองทัพอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา ได้ให้ทางห้องปฏิบัติการทางเซอร์โวเมคานิซึมของสถาบันเทคโนโลยีแมสซาจูเสท (MIT) พัฒนาระบบ NC ที่ทำงานได้โดยอาศัยแนวคิดของพาร์สัน

ในค.ศ.1957 ระบบ NC ได้ถูกนำมาใช้เพื่อการผลิตอย่างประสบผลสำเร็จเป็นครั้งแรก แต่ผู้ใช้ประสบปัญหาในการสร้างโปรแกรมชิ้นงาน เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวทาง MIT ได้พัฒนาภาษาเพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรมโดยใช้คอมพิวเตอร์ เรียกโปรแกรมนี้ว่า เครื่องมือเพื่อการโปรแกรมอย่างอัตโนมัติ (Automatically Programmed Tools) ใช้สัญญาลักษณ์ย่อว่า ATP ซึ่งเป็นภาษาสัญญา-ลักษณ์

ภาษา ATP ได้ถูกพัฒนาเพื่อให้การควบคุมเชิงตัวเลขเป็นส่วนหนึ่งของแนวความคิด นั่นคือการผลิตโดยที่มีคอมพิวเตอร์ช่วย (Computer Aided Manufacturing) หรือ CAM นอกจาก CAM จะรวมกับเครื่องจักร NC แล้วยังรวมถึงการควบคุมและเฝ้าตรวจการผลิต การจัดการเรื่องที่เกี่ยวกับวัสดุ และการวางแผนงาน การเน้นใช้คอมพิวเตอร์ในกระบวนการผลิต ทำให้เกิดการควบคุมเชิงตัวเลขในรูปแบบใหม่คือ CNC (Computer Numerical Control) และ DNC (Direct Numerical Control)

ระบบเครื่องจักรกล NC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ส่งถ่ายสถานะของเครื่องจักรกลกลับไปยังหน่วยควบคุม ดังนั้นการป้อนกลับ (Feedback) จึงสามารถทำให้ตัวควบคุมได้พิสูจน์ว่า การปฏิบัติงานของเครื่องจักรนั้นเหมาะสมกับคำสั่งอินพุทที่สัญลักษณ์ ดังรูป 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.1 การป้อนกลับ

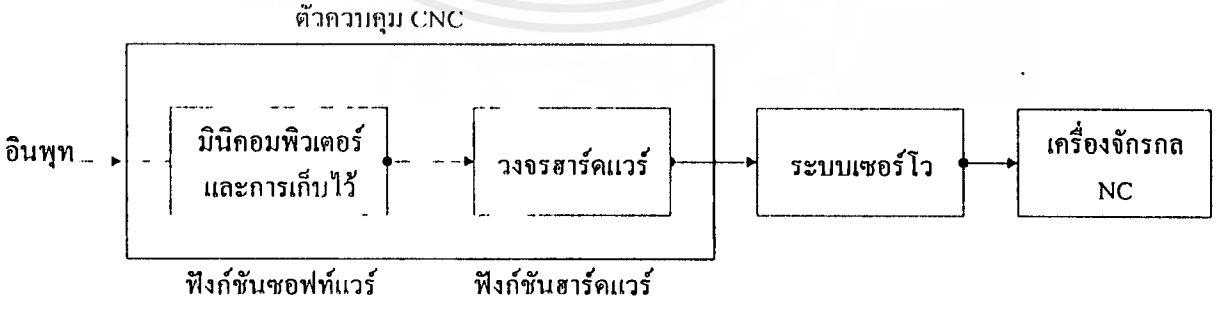
2.2 CNC และ DNC

CNC และ DNC ต่างก็เป็นระบบที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมเครื่อง NC ซึ่งมีข้อแตกต่างระหว่างระบบควบคุมเชิงตัวเลขทั้งสอง ดังนี้

2.2.1 CNC

ระบบ CNC เป็นการประยุกต์ที่สำคัญ เพื่อใช้คอมพิวเตอร์จัดการเครื่อง NC ซึ่งได้ให้ความหมายของระบบ CNC หมายถึงการควบคุมเชิงตัวเลขที่ได้เก็บในโปรแกรมไว้ก่อน ดังนั้นระบบ CNC จึงเข้ามาแทนฟังก์ชันฮาร์ดแวร์บางส่วนหรือทั้งหมดที่ถูกกระทำโดย MCU ด้วยคอมพิวเตอร์ทั้งเครื่อง นั่นคือคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องจักร NC เพียงหนึ่งเครื่องเท่านั้น

ความแตกต่างระหว่างอุปกรณ์ NC ดั้งเดิมกับ CNC นั่นคือ การเพิ่มไมโครคอมพิวเตอร์เข้าเป็นส่วนหนึ่งของตัวควบคุมเครื่องมือกลดังรูป 2.2 ตัวควบคุมของระบบ CNC ประกอบด้วยสองส่วนคือ โมดูล(Modules) ของโปรแกรมได้ และวงจรตรรกฮาร์ดแวร์ซึ่งถูกใช้เพื่อการปฏิบัติงานการควบคุมอื่นๆ ซึ่งฟังก์ชันฮาร์ดแวร์มีความสำคัญมากกว่าฟังก์ชันซอฟท์แวร์ในสมรรถนะทั้งหมดของระบบมาก



รูปที่ 2.2 ตัวควบคุมเครื่องมือกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

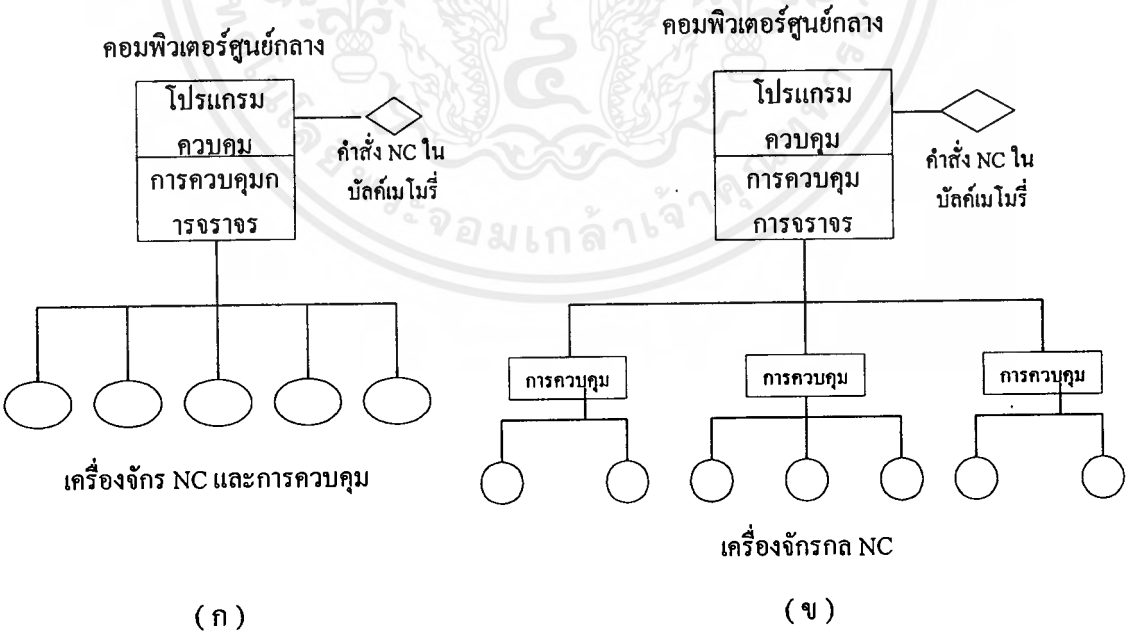
2.2.2 DNC

ระบบ DNC มีลักษณะคล้ายกับระบบ CNC ที่ใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาจัดการระบบ NC เป็นหลักใหญ่ แต่จะมีข้อแตกต่างระหว่าง DNC และ CNC ก็คือ การลดใช้เครื่องคอมพิวเตอร์หนึ่งเครื่องเพื่อเครื่องจักรหนึ่งเครื่อง แต่เป็นการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่กว่าให้มาจัดการเครื่องจักรหลายเครื่อง โดยอาศัยหลักการแบ่งเวลา (Time-Shared Basis)

ระบบ DNC จะประกอบด้วยคอมพิวเตอร์หนึ่งเครื่อง และอุปกรณ์ช่วยอื่นๆอีก 4 ชนิดคือ

1. บัลค์เมโมรี่ (Bulk Memory) ซึ่งมีความสามารถเก็บโปรแกรมชิ้นงาน NC ต่างชนิดกัน เพื่อส่ง-ถ่ายไปให้เครื่องจักร NC เครื่องที่ต่างกัน
2. สถานีสื่อสาร (Communication Station) ซึ่งมีคีย์บอร์ดและจอแสดงที่อินเตอร์เฟสระหว่างผู้ปฏิบัติงานด้านเครื่องจักรกับคอมพิวเตอร์ที่อยู่ห่างไกลออกไป
3. สายสื่อสาร(Telecommunication Lines) เป็นการส่งถ่ายข้อมูลของเครื่องจักรไปยังสถานีที่ติดตั้งเครื่องจักรที่อยู่ไกลออกไป
4. เครื่องจักร NC

DNC ใช้หลักของ CAM โดยตรงกว่า CNC เครื่องจักร NC แต่ละเครื่องที่อยู่ที่พื้นที่ของโรงงานจะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางเพียงเครื่องเดียวที่รับสัญญาณการป้อนกลับจากเครื่องจักรในเวลาจริง (Real Time) ดังนั้น คอมพิวเตอร์จึงสามารถรัษาการปฏิบัติงานการผลิตทั้งหมดภายใต้การควบคุมโดยตรงได้



รูปที่ 2.3 การทำงานในระบบ DNC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่2.3(ก) เป็นรูปที่ลักษณ์ทั่วไปของระบบ DNC คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางทำงานอยู่ 3 หน้าที่ซึ่งจะสัมพันธ์กับ DNC ดังนี้คือ ทำหน้าที่ดึงคำสั่งของโปรแกรมชิ้นงานจากบัลค์เมโมรี่ แล้วส่งข้อมูลไปยังเครื่องจักรที่เหมาะสม จากนั้นจึงควบคุมการไหลของข้อมูล(ในสองทิศทาง) เพื่อให้คำสั่ง NC ที่ต้องการได้สอดคล้องทันที ฟังก์ชันนั้นบางทีเรียกว่า การควบคุมการจราจร (Traffic Control) และขั้นสุดท้าย คอมพิวเตอร์ทำหน้าที่สังเกต และประมวลการป้อนกลับของเครื่องจักรเพื่อใช้ในลูป(Loop) ข่าวสารข้อมูลของ CAM

เนื่องจากเครื่องจาก NC ทุกตัวต้องรับคำสั่งของตัวเองในเวลาที่ถูกต้องตามที่ต้องการ ดังนั้นฟังก์ชันของการควบคุมการจราจรจะทำได้ลำบาก โดยเฉพาะเมื่อคอมพิวเตอร์ได้ติดตั้งไว้ในที่ห่างไกลออกไปจากอุปกรณ์ NC ปัญหาการควบคุมการจราจรสำหรับระบบ DNC ที่ใหญ่นี้สามารถทำให้เบาบางลงได้ โดยนำไมโครคอมพิวเตอร์บริวาร(Satellite Minicomputers) ซึ่งมีบัฟเฟอร์เก็บข้อมูลของตัวเอง คอมพิวเตอร์บริวารแต่ละเครื่องจะรับบล็อคใหญ่ของข้อมูล NC จากระบบศูนย์กลาง แล้วเก็บข้อมูลเหล่านี้ไว้ในบัฟเฟอร์ของตนเอง หน้าที่การส่งข้อมูลจำเพาะที่เวลาอันเหมาะสมจึงเป็นหน้าที่ของมินิคอมพิวเตอร์แทน ดังนั้นการควบคุมการจราจรจำนวนมหาศาลจึงแบ่งออกระหว่างคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางกับบริวารแต่ละเครื่อง รูปลักษณ์ดังกล่าวได้แสดงไว้ในรูป2.3(ข) ถึงแม้ว่าคอมพิวเตอร์ DNC จะเป็นระดับสูงของการควบคุม แต่ในแต่ละเครื่องจักร NC เองอาจมีหน่วยควบคุมที่โรงงานเอง เพื่อแสดงคำสั่งเครื่องจักร

2.3 ระบบการเคลื่อนที่

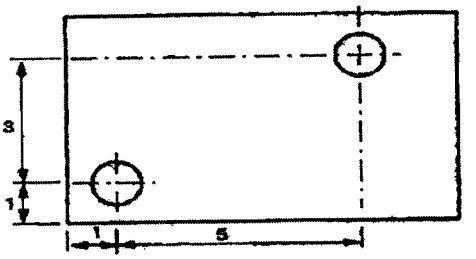
การเคลื่อนที่ของเครื่องจักรระบบ NC เพื่อที่จะส่งให้เครื่องมือกลเคลื่อนที่ไปจะแบ่งออกได้เป็นสองระบบคือ ระบบอินครีเมนทัล(Incremental System) และระบบแอบโซลูท (Absolute Syetem)

2.3.1 ระบบอินครีเมนทัล

ในการเคลื่อนที่แบบอินครีเมนทัลนั้น จำเป็นต้องเข้าใจในเรื่องของขนาดสัดส่วนแบบอินครีเมนทัลด้วย .

การทำงานในระบบอินครีเมนทัลนั้น จะทำงานในลักษณะที่เพิ่มจากตำแหน่งปัจจุบันออกไปไม่ว่าจะเป็นชิ้นงานหรือมีดตัด การคำนวนจะเริ่มจากตำแหน่งของมีดตัดหรือของเทเบิ้ลไปสู่ตำแหน่งที่จะไป เครื่องหมายลบและบวก จะหมายถึงการเพิ่มไปในทางบวกหรือลบ นั่นคือการเคลื่อนที่ไปในทิศทาง X ที่เป็นบวก ไม่ได้หมายความว่า เดินไปในแกน +X แต่หมายถึงการเคลื่อนที่ไปในทิศทางขวาโดยไปตามแนวแกน X จากตำแหน่งปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

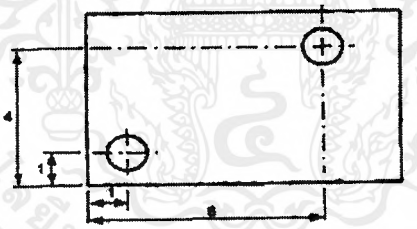


รูปที่2.4 ระบบการเคลื่อนที่แบบอินครีเมนทัล

2.3.2 ระบบแอบโซลูท

การเคลื่อนที่แบบแอบโซลูทนั้น เป็นการแสดงขนาดสัดส่วนแบบแอบโซลูทหรือเส้นพื้นฐาน (Baseline Dimensioning) ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าตำแหน่งทุกตำแหน่งได้ถูกกำหนดเป็นระยะทางจากตำแหน่งศูนย์หรือจากจุดอ้างอิง

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการเคลื่อนที่แบบแอบโซลูทจะเคลื่อนไปตามตำแหน่งต่างๆจะมาจากจุดเดียวกันทุกครั้ง จึงต่างกับระบบอินครีเมนทัลที่เพิ่มระยะทางจากตำแหน่งปัจจุบัน



รูปที่2.5 ระบบการเคลื่อนที่แอบโซลูท

ข้อดีของระบบแอบโซลูทซึ่งเป็นข้อดีที่เหนือกว่าระบบอินครีเมนทัลคือ เรื่องความผิดพลาดในตำแหน่ง (Positioning errors) ถ้าเกิดความผิดพลาดในตำแหน่งในระบบอินครีเมนทัลแล้วทุกตำแหน่งที่ตามมาจะถูกกระทบหมด และการเคลื่อนที่ที่เหลือจะไม่ถูกต้อง แต่ถ้ามีความผิดพลาดในตำแหน่งเกิดขึ้นในระบบ NC แบบแอบโซลูทแล้ว ตำแหน่งที่เจาะจงในขณะนั้นจะผิดพลาด แต่ตำแหน่งที่ตามมาจะไม่ถูกกระทบ เพราะว่าทุกขนาดสัดส่วนและการเคลื่อนที่แบบตำแหน่งในแต่ละตำแหน่งจะอ้างอิงจากจุดแดียวกันเสมอ ในปัจจุบันได้มีการประยุกต์ทั้ง 2 ระบบเข้าด้วยกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดีขึ้น

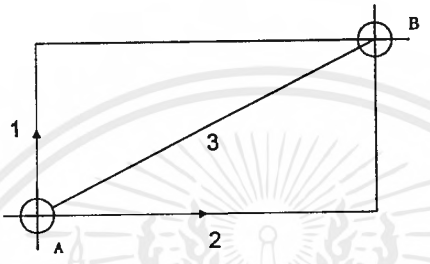
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การควบคุมการเคลื่อนที่

การควบคุมมีดกัดให้เคลื่อนที่ไปตามทางที่จะให้ทำงานนั้น โดยปรกติการเคลื่อนที่ของเครื่องมือกล NC จะแบ่งออกเป็น 4 แบบดังต่อไปนี้

2.4.1 ระบบโพซิชั่นนิ่ง

ระบบโพซิชั่นนิ่ง(Position System) หรือระบบ จุด-ถึง-จุด(Point to Point) เป็นระบบที่ง่ายที่สุดของเครื่องจักร NC ซึ่งจะควบคุมเครื่องมือกลให้เคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้เป็นตัวเลขแล้วโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 2.6 การเคลื่อนที่แบบโพซิชั่นนิ่ง

จากรูปที่2.6 เป็นการเจาะจากจุด A ไปยังจุด B จะเคลื่อนที่ได้หลายวิธีแล้วแต่ว่าโปรแกรมจะกำหนดมาว่าเป็นอย่างไร เพราะไม่มีระบบควบคุมแนวทางเดิน(Path) จากจุด A ไปจุด B แต่อย่างไรก็ตามการเคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B ควรใช้เวลาน้อยที่สุด

2.4.2 ระบบโพซิชั่นนิ่ง/ตัดตรง

ระบบโพซิชั่นนิ่ง/ตัดตรง เป็นระบบที่มีความสามารถในการทำงานอยู่สองแบบคือ การทำงานในลักษณะเป็นตำแหน่งและการกัด(Milling) ไปตามแกนแต่ละแกน ดังนั้นระบบนี้จึงมีความสามารถในการเจาะชิ้นงาน และการทำชิ้นงานให้มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยม

2.4.3 ระบบคอนทัวริ่ง

ระบบคอนทัวริ่ง(Contouring) เป็นระบบที่มีความสามารถหลายอย่าง โดยทั่งไปจะเป็นระบบที่ทำงานแบบโพซิชั่นนิ่งและแบบตัดตรง นอกจากนี้ยังสามารถทำงานเป็นเส้นหักมุม วงกลม รูปกรวย หรือรูปร่างต่างๆที่สามารถใช้คณิตศาสตร์นิยามได้ ระบบนี้เป็นระบบที่ควบคุมทางเดินแบบต่อเนื่อง(Continuous Path Control) จึงเป็นระบบที่มีแกนสามแกนหรือมากกว่านั้น

2.4.4 ระบบรวม

ระบบรวมหมายถึง ระบบที่รวมข้อดีของแต่และโหมด เช่นถ้าให้ MCU ทำงานในระบบคอนทัวริ่งอย่างเดียว โดยไม่ระบบโพซิชั่นนิ่งเข้ามาเกี่ยวข้องเลย อย่างไรก็ตามถ้าต้องการให้เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จักร NC ทำงานแบบโพซิชั่นนิ่งแล้ว ส่วนที่ควบคุมการทำงานแบบต่อเนื่องจะถูกตัดออก เพื่อเพิ่มความเร็วในการทำงาน

2.5 กระทงความเทป (Format)

ข้อมูลที่จำเป็นต่อการควบคุมเครื่องจักร จะอยู่ในรูปที่เรียกว่า บล็อก(Block) ซึ่งบล็อกแต่ละบล็อกจะเกิดจาก คำหรือการเรียงกันเป็นกลุ่มของคำ และในแต่ละบล็อกบนเทป NC จะลงท้ายด้วยอักษร EOB (End Of Block) ซึ่งทำหน้าที่แบ่งแยกแต่ละบล็อก และในแต่ละบล็อกของเทป NC จะ ต้องมีความสามารถในการระบุข้อมูลแบบสัดส่วน(Dimension Data) และข้อมูลไม่เป็นสัดส่วน(Nondimension Data) อย่างชัดเจน ไม่ว่าจะเขียนอยู่ในกระทงความใดก็ตาม

ข้อมูลแบบสัดส่วน จะหมายถึงข้อมูลคำสั่งการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงหรือเป็นมุมที่สั่งเครื่องจักรให้ทำงาน

ข้อมูลแบบไม่เป็นสัดส่วน จะเป็นข้อมูลที่ประกอบด้วย ฟังก์ชันเพื่อการจัดเตรียม (Preparatory unctions) ซึ่งใช้เพื่อบรรยายชนิดของการเคลื่อนที่, ฟังก์ชันเพื่อการอื่น(Miscellaneous Functions) ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร, ข้อมูลเพื่อแสดงลำดับ,ความเร็วและอัตราการส่ง และรายละเอียดของเครื่องมือตัด ซึ่งข้อมูลภายใน 1 บล็อกจะเรียงกันอยู่ดังนี้

n g xyzab f s t m eob

โดยที่

n = ตัวเลขเพื่อแสดงลำดับ

g = ฟังก์ชันเพื่อการจัดเตรียม

xyzab = ข้อมูลแบบสัดส่วน

f = ฟังก์ชันของอัตราการส่ง

s = ฟังก์ชันของความเร็ว

t = ฟังก์ชันของเครื่องมือตัด

m = ฟังก์ชันเพื่อการอื่น

eob = สิ้นสุดหนึ่งบล็อก

ลักษณะการเรียงกันของคำในหนึ่งบล็อก จะเรียกว่ากระทงความเทป (Tape Format) โดยทั่วไปจะแบ่งออกได้เป็น 3 กระทงความ

1. กระทงความแบบลำดับคงที่ (Fix Sequential Format)
2. กระทงความแบบลำดับแท็บ (Tab Sequential Format)
3. กระทงความแบบเวิร์ดแอดเดรส (Word Address Format)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระทงความทั้งสามแบบนี้มีข้อแตกต่างกันดังนี้

1. กระทงความแบบลำดับคงที่ กระทงความแบบนี้ ความยาวแต่ละบล็อกของเทป NC จะต้องยาวเท่ากัน และจะต้องบรรจุจำนวนตัวอักษรที่เท่ากันด้วย การเข้ารหัสอัตราการส่งและความเร็วทุกๆบล็อก จะต้องข้ามรหัสไม่ได้ ทุกๆค่าจะต้องได้รับกำหนดไว้ล่วงหน้าว่าจะใช้กี่ดิจิต ตัวอย่างเช่น

37 81 235000 115000 128000 0080 1700 005 03

สองดิจิตแรก	37	หมายถึงเลขเพื่อแสดงลำดับที่
สองดิจิตถัดไป	81	หมายถึงเป็นฟังก์ชันเพื่อการจัดเตรียม
สามชุดถัดไป	235000	หมายถึงคู่ลำดับแกน X
	115000	หมายถึงคู่ลำดับแกน Y
	128000	หมายถึงคู่ลำดับแกน Z
สี่ดิจิตถัดไป	0800	หมายถึงอัตราเร็วการส่ง
สี่ดิจิตถัดไป	1700	หมายถึงความเร็ว
สามดิจิตถัดไป	005	หมายถึงเลขหมายของเครื่องมือตัดที่จะนำมาใช้งาน
สองดิจิตสุดท้าย	03	หมายถึงฟังก์ชันเพื่อการอื่น

การเขียนกระทงความด้วยโปรแกรมแบบนี้ มีโอกาสผิดพลาดได้ง่ายเพราะต้องระมัดระวังการรักษาลำดับให้คงที่

2. กระทงความแบบลำดับแท็บ ข้อมูลจะต้องเรียงลำดับกัน และใช้ tab เพื่อแยกข้อมูลออกจากกัน ถ้ามีแท็บมากกว่าสองขึ้นไปอยู่บล็อกถัดไป มีความหมายว่าข้อมูลบล็อกก่อนเหมือนข้อมูลในปัจจุบัน ดังนั้นวิธีนี้จึงลดการที่ต้องเขียนข้อมูลซ้ำกันในบล็อกปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น

t001 t01 t07500 t062500 t10000 t612 t719 teob

t002 tt08725 t06750 t620 t01 teob

t003 tttt05000 t520 t620 t01 teob

3. กระทงความแบบเวิร์ดแอดเดรส กระทงความแบบนี้นิยมใช้มากที่สุดในบรรดากระทงความทั้งหมด ข้อมูลแต่ละตัวจะถูกกำหนดและนำหน้าด้วยตัวอักษรที่ควบคุมสามารถจะเข้าใจได้และนำไปสู่รีจิสเตอร์นั้นๆในกระทงความแบบนี้ การเรียงลำดับไม่จำเป็น เพราะว่าข้อมูลทุกตัวข้อมูลมีตัวอักษรนำหน้าอยู่ นอกจากนี้ยังไม่ต้องเขียนโปรแกรมซ้ำ เพราะว่าตัวควบคุมสามารถนำข้อมูลจากบล็อกก่อนมาใส่ในบล็อกที่ข้อมูลนั้นหายไปได้ จึงทำให้ลดความผิดพลาดลง พร้อมกับลดความยาวของโปรแกรมลงได้อีกด้วย ซึ่งมีผลทำให้ลดความยาวของเทป NC ลงด้วย ดังนั้นวิธีจึงเป็นที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

n001 g01 x07500 y06250 z10000 f612 s718 eob

n002 x08752 y06750 eob

n003 z05000 f520 s620 m01 eob

n004 g00 x06500 y05000 z05000 f612 eob

n006 m06 eob

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

แขนกล

คำว่าหุ่นยนต์ (robot) สามารถนำไปสู่ความหมายต่าง ๆ กันในความคิดของผู้อ่าน ขึ้นอยู่กับบทความที่เกี่ยวข้อง แต่ในที่นี้หุ่นยนต์ จะหมายถึงหุ่นยนต์ ทางอุตสาหกรรม (Industrial robot) ซึ่งถูกเรียกว่า แขนกล (Robotic Manipulator or Robotic Arm) ตัวอย่างของหุ่นยนต์ดังรูป ซึ่งเป็นแขนกลข้อต่อหมุน และมีลักษณะคร่าว ๆ คล้ายคลึงกับแขนมนุษย์ แขนกลเปรียบได้กับ Rigid Link หลายอัน ที่นำมาเชื่อมต่อกันด้วยข้อต่อยืดหยุ่นได้ Link เหล่านี้ทำหน้าที่คล้ายกับอวัยวะบางส่วนของมนุษย์เช่น หน้าอก ต้นแขน ปลายแขน ในขณะที่ข้อต่อต่าง ๆ เปรียบได้กับ หัวไหล่ ข้อศอกและข้อมือ ที่ปลายแขนกลเป็นส่วนทำงานเรียกว่า Tool,Gripper หรือ Hand จะเป็นมือที่มี 2 นิ้ว หรือมากกว่าใช้ในการเปิดและปิด

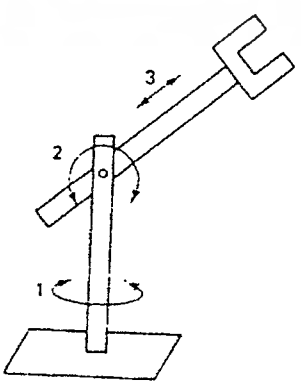
3.1 ชนิดของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์แบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่และลักษณะของแขน แบ่งได้เป็น 4 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

1. Polar Configuration
2. Cylindrical Configuration
3. Cartesian Configuration
4. Articulated Configuration

3.1.1 Polar Configuration

หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็นแบบ Polar นั้น ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนจะสามารถยกขึ้นลงได้ในแนวดิ่งโดยยกทำมุมกับฐาน สามารถหมุนได้รอบตัว (ดังรูป2.1) พื้นที่ทำงานจะเป็นแบบทรงกลม ดังนั้นในบางครั้ง จึงเรียกว่า "Spherical coordinate"

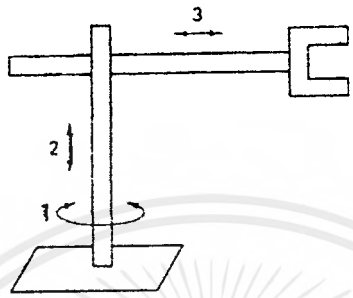


รูปที่ 3.1 Polar Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 Cylindrical

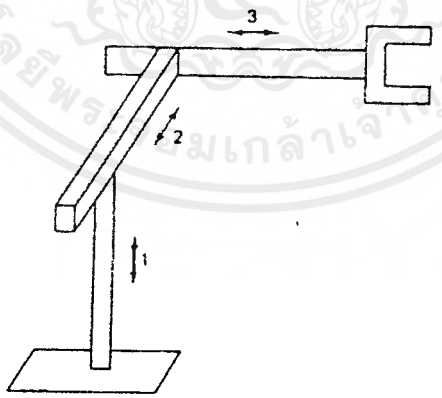
หุ่นยนต์ที่มีลักษณะแบบ Cylindrical (ดังรูป2.2) เคลื่อนที่ขึ้นข้างบนได้ตามแกนที่เป็นแกนตั้งที่เป็นแกนหลักและสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้โดยใช้ แกนนอน แกนตั้ง สามารถที่จะหมุนได้ พื้นที่การทำงานเป็นแบบทรงกระบอก



รูปที่ 3.2 Cylindrical

3.1.3 Cartesian

หุ่นยนต์ที่มีลักษณะแบบ Cartesian (ดังรูป2.3) ลักษณะการเคลื่อนที่จะมีแกน 3 แกน เหมือนเป็นแกน X,Y,Z ดังนั้นในบางครั้งจึงเรียกว่า หุ่นยนต์เรคติลิเนียร์ (Rectilinear) พื้นที่ทำงานสามารถที่จะทำงานได้ในส่วนที่เป็นด้านของมือเพียงด้านเดียวเท่านั้นเพราะไม่มีการหมุนของฐาน

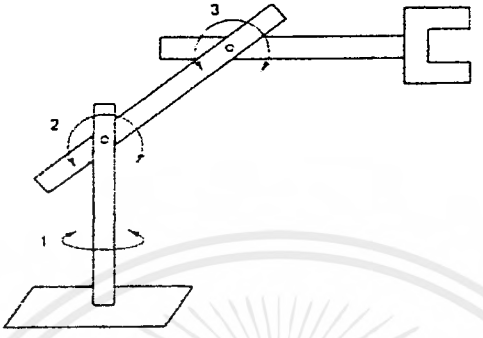


รูปที่ 3.3 Cartesian

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 Articulated

หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็น Articulated (ดังรูป 2.4) หุ่นยนต์แบบนี้จะมีลักษณะใกล้เคียงกับแขนของมนุษย์มีข้อหมุนต่าง ๆ เหมือนกัน ดังนั้นพื้นที่การทำงานจึงสามรถที่จะทำงานได้ในทุกตำแหน่งในระยะความยาวของแขน



รูปที่ 3.4 Articulated

ข้อดีข้อเสียของแต่ละชนิดนี้แตกต่างกันออกไป เพราะว่าลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน แต่ถ้ามองในแง่ของการทำงานที่เป็นแบบซ้ำ ๆ ที่เดิมตลอด ชนิด คาร์ทีเซียน จะสามารถทำงานได้ดีกว่า แต่ถ้ามองในแง่การเข้าถึงวัตถุชนิดแบบ Polar และ Articulated จะสามารถยกวัตถุได้ดีกว่าชนิดอื่น และชนิดที่เป็นแบบ Cylindrical จะมีข้อดีในแง่ที่สามารถยกวัตถุได้มากกว่า ในงานทั่วไปแล้วใช้แบบ Polar และ Cylindrical เพราะ 2 ชนิดนี้สามารถที่จะทำงานเป็นแบบ Load และ Unload โดยมีการเคลื่อนที่ของแขนไปในด้านข้างได้ดีกว่าชนิดอื่น ๆ

3.2 มือของหุ่นยนต์ (Robot end effector)

มือจับของหุ่นยนต์คือตัวที่ทำหน้าขั้นสุดท้ายของหุ่นยนต์ มือจับของหุ่นยนต์สามารถแบ่งตามลักษณะของการทำงานได้ดังนี้

1. ทำงานเป็นตัวจับ (Gripper)
2. ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือ (Tools)

มือของหุ่นยนต์ชนิดที่เป็นตัวจับมีหน้าที่โดยทั่วไป คือ การจับและการยกวัตถุสามารถแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ Single gripper และ Double gripper สำหรับ Single gripper หมายถึง มือจับที่มีการเคลื่อนที่ของนิ้วเพียงข้างเดียวอีกข้างหนึ่งอยู่กับที่ และ Double gripper มีการเคลื่อนที่ของนิ้วทั้ง 2 ข้างเข้าหากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ความแม่นยำของการเคลื่อนที่

ความสำคัญอย่างหนึ่งของการสร้างหุ่นยนต์คือต้องการความแม่นยำในการทำงาน ความแม่นยำของหุ่นยนต์แต่ละตัวขึ้นกับตัวแปร 3 ประการ คือ

1. Spatial resolution
2. Accuracy
3. Repeatability

- **Spatial resolution**

คือช่วงการเคลื่อนที่ที่มีระยะทางที่สั้นที่สุด ที่หุ่นยนต์แต่ละตัวสามารถที่จะทำได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการคือ

1. ระบบการควบคุม (control system) ระบบการควบคุมนี้จะรวมถึงการวัดสัญญาณป้อนกลับของหุ่นยนต์ ด้วยช่วงของการเคลื่อนที่ที่ระบบควบคุมสามารถที่จะทำได้ขึ้นอยู่กับหน่วยความจำหลักของเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำ 8 bit จะสามารถที่จะแบ่งช่วงการเคลื่อนที่ออกได้เป็น 256 ช่วงของการเคลื่อนที่ที่คอมพิวเตอร์แบ่งได้ มีค่าเท่ากับ 2 ยกกำลัง n เมื่อ n คือหน่วยความจำหลักของเครื่อง
2. ความคลาดเคลื่อนเชิงกล (Mechanical inaccuracy) ความคลาดเคลื่อนเชิงกลของหุ่นยนต์แต่ละตัวขึ้นอยู่กับลักษณะของ ข้อหมุน(joint) ข้อต่อ(link) และระบบต้นกำลังของหุ่นยนต์ตัวนั้นด้วย

- **Accuracy**

Accuracy คือตัวที่แสดงถึงความสามารถของหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่เข้าใกล้จุด เป้าหมายตามที่เราสั่ง Accuracy สามารถที่จะกำหนดให้อยู่ในเทอมของ Spatial Resolution ได้ ทั้งนี้เพราะว่าการเคลื่อนที่ให้เข้าใกล้จุดเป้าหมาย ก็ต้องขึ้นอยู่กับช่วงของการเคลื่อนที่ว่า มีความละเอียดมากน้อยเพียง ในการทำงานเราต้องวางที่เราต้องการให้หุ่นยนต์ทำงานอยู่ระหว่างกลางของตำแหน่งการเคลื่อนที่ ของหุ่นยนต์ทั้งนี้เพราะว่าความคลาดเคลื่อนเชิงกลมีผลต่อความแม่นยำของหุ่นยนต์

ความแม่นยำของหุ่นยนต์กำหนดให้เท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะทางการเคลื่อนที่ที่สั้นที่สุดของหุ่นยนต์ที่สามารถทำได้ความแม่นยำของหุ่นยนต์ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเหล่านี้คือ

1. พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์ถ้าแขนทำงานในพื้นที่การทำงานจะมีความแม่นยำมากกว่าเมื่อแขนออกนอกพื้นที่การทำงาน
2. วงรอบการทำงาน ถ้าวงรอบการทำงานเป็นวงรอบที่แน่นอนความแม่นยำจะมีมากขึ้น
3. น้ำหนักที่ได้รับ ถ้าหุ่นยนต์ทำงานโดยการรับน้ำหนักมาก ๆ ความแม่นยำจะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Reatability**

คือความสามารถของหุ่นยนต์ในการกลับมาทำงานซ้ำ ๆ ที่เดิมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สามารถแบ่งการเคลื่อนที่ออกได้เป็น 2 ส่วนคือ

1. การเคลื่อนที่ของตัวและแขน (body and arm)

การเคลื่อนที่ของตัวและแขนแบ่งตามลักษณะของข้อหมุนได้ดังนี้คือ

- การเคลื่อนที่แบบเส้นตรง (Linear)
- การเคลื่อนที่แบบหมุนรอบจุดหมุน (Rotational)
- การเคลื่อนที่แบบบิดรอบจุดหมุน (Twisting)
- การเคลื่อนที่แบบหมุนตั้งฉาก (Revolving)

2. การเคลื่อนที่ของมือ

- หมุน (Rool) หรือบางครั้งเรียกว่า Swival ข้อมือหมุนรอบแกนของแขน
- บิด(Pitch) บางครั้ง เรียกว่า Bend ข้อมือจะยกขึ้นลงในแนวดิ่ง
- ส่าย (Yaw) หมายถึงการบิดไปมาทางซ้ายและทางขวาของแกนมือ

3.4 ลักษณะเฉพาะและ การใช้งานของ Robot

- Cartesian มี 3 แกนหลัก ง่ายต่อการบังคับและการเคลื่อนที่ ส่วนประกอบจะมี gantry (โครงร่าง) ซึ่งยึดติดกับแขนกล ดังนั้นแขนกล จึงเหมาะกับพื้นที่การทำงานที่เป็น สี่เหลี่ยม ซึ่งขอบเขตการทำงานน้อยกว่าที่มันจะเป็นจริง ๆ

  ประโยชน์ : ใช้ประกอบชิ้นส่วน ฉีด mould

- Cylindrical เป็น robot ที่มีแกนกลางซึ่งสามารถหมุนได้ บนแกนกลางจะมีแกนหลักซึ่งสามารถ เคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวนอน มีขอบเขตการทำงานเป็นลักษณะทรงกระบอก มักใช้ในงานที่มีการระบุตำแหน่งที่แน่นอน เช่น มีการหยิบของจากที่หนึ่งไปยังที่หนึ่ง robot ที่มีขนาดเล็ก สามารถใช้งานกับเครื่องจักร NCได้
- Polar เป็นรุ่นแรก แต่ยังใช้อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ไม่มีความซับซ้อนของ joint มีความคงทนสูง ขอบเขตการทำงานมีลักษณะเป็นส่วนหนึ่งของทรงกลม ใช้เชื่อมจุด และใช้ยกของหนัก
- Joint-arm horizontal axes มีแกนกลางเรียกว่า Weist หมุนได้ทั้งในแนวตั้งและนอน ซึ่งมี joint เชื่อมต่อกับ shoulder และ elbow มีลักษณะคล้ายมือคนมากที่สุด โดยแกนทั้ง 3 มีอิสระต่อกัน จึงใช้กับงานได้หลายประเภท ขอบเขตการทำงานเป็นทรงกลมกลวง ใช้ในงานเชื่อมรอยต่อ เชื่อมจุด พ่นเสปรย์ ยกของหนัก ใช้ในงานเกี่ยวกับพวกของเหนียว
- Joint-arm vertical axes หมุนในแนวตั้งจึงทำให้มีการเคลื่อนที่ตามระนาบแนวนอน แต่จะใช้งาน เช่น ประกอบชิ้นส่วนในแนวตั้ง robot ประเภทนี้ใช้กับงานเบา ๆ ไม่หักโหม ขอบเขตการกระทำมีลักษณะเป็นส่วนหนึ่งของทรงกระบอก แต่มี robot ชื่อ "Lamberton" ทำงานหนักได้ใช้ในโรงตีเหล็ก , ในโรงหล่อเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Pendulum Arm ใช้สำหรับงานประกอบชิ้นส่วน แต่ปัจจุบันยังติดตั้งใช้เป็นหุ่นยนต์เชื่อม gantry ซึ่งมันถูกเตรียมให้มีโครงสร้างความเฉื่อยต่ำ เหมาะสำหรับการเคลื่อนที่ที่มีความเร่ง และความเร็วสูง งานที่ได้เป็นทรงกลม แค่บางส่วน
- Multiple-joint arm มีความซับซ้อนสูง และสามารถใช้กับหลาย ๆ application เช่น ชนิดที่ผลิตโดย "Komatsu Ltd" ของแบบเป็นพิเศษสำหรับการพ่นสีสเปรย์, เชื่อมจุด , เชื่อมรอยต่อ นอกจากนี้ 1 ในชนิดอื่น ๆ ของแขนกลประเภทนี้ออกแบบให้ใช้ในปฏิกรณ์นิวเคลียร์ สำหรับตรวจตราและซ่อมบำรุง ขอบเขตการทำงาน เป็นทรงกลมที่เกือบสมบูรณ์ กับฐานแบนและใจกลางกลวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ระบบนิวแมติก

ในระบบนิวแมติกเราใช้ลมอัดเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานกล ตัวการที่ทำให้เกิดลมอัดก็ได้แก่ เครื่องอัดลม (Compressor) โดยตัวเครื่องอัดลมจะมีหน้าที่ดูดอากาศเข้ามาทางท่อดูดแล้วอัดอากาศให้มีความดันสูงขึ้นกว่าเดิม จากนั้นจึงส่งอากาศที่ถูกอัดตัวอัดไปยังถังพักลมอีกทีหนึ่งก่อนที่จะถูกส่งไปใช้งานในการควบคุมระบบนิวแมติกต่อไป ขนาดของถังพักจะมีขนาดใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องอัดลมและปริมาณลมที่ใช้ในวงจรนิวแมติก

เครื่องอัดลมที่มีใช้อยู่ทั่วไปมีหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทจะเหมาะกับงานที่แตกต่างกันไป แต่เราสามารถจำแนกเครื่องอัดลมออกได้เป็น 6 ประเภทคือ

1. เครื่องอัดลมแบบลูกสูบ

หลักการทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ จะทำงานโดยการอัดอากาศในกระบอกสูบให้มีมีปริมาณลดลงเพื่อให้มีความดันเพิ่มขึ้น เครื่องอัดลมในลักษณะนี้มีอยู่ 2 แบบคือ เครื่องอัดลมแบบลูกสูบชัก (Reciprocating Piston Compressor) และเครื่องอัดลมแบบลูกสูบหมุน (Rotary Piston Compressor) เครื่องอัดลมแบบลูกสูบสามารถสร้างความดันได้ตั้งแต่ 4-300 บาร์ ซึ่งขึ้นอยู่กับขั้นตอนการอัดลม และสามารถจ่ายลมได้ตั้งแต่ 2-500 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ถ้าขั้นตอนในการอัดลมมากก็จะสามารถสร้างความดันให้สูงขึ้นตามไปด้วย

2. เครื่องอัดลมแบบไดอะแฟรม

ในกรณีที่เราต้องการให้อากาศอัดไม่มีสิ่งเจือปนเช่น น้ำมันหล่อลื่นเพื่อไปใช้งานด้านเคมีภัณฑ์ต่างๆควรจะเลือกใช้เครื่องอัดลมชนิดนี้ เพราะน้ำมันหล่อลื่นไม่สามารถผ่านไดอะแฟรมเข้าไปยังห้องอัดได้

3. เครื่องอัดลมแบบเวนโรตารี

การทำงานของเครื่องอัดลมชนิดนี้จะมีเสียงไม่ดัง การหมุนทำงานได้เรียบ การผลิตลมเป็นไปอย่างคงที่ ไม่มีการขาดเป็นห้วงๆความสามารถในการผลิตลมสามารถทำได้ถึง 4-100 ลูกบาศก์-เมตรต่อนาที ในกรณีที่เครื่องอัดลมมีจำนวนขั้นตอนการอัดเพียงขั้นเดียวนั้น จะได้ความดัน 7 บาร์ แต่ถ้าเป็น 2 ขั้นจะได้ความดันถึง 10 บาร์

4. เครื่องอัดลมแบบสกรู

โครงสร้างของเครื่องอัดลมแบบสกรูเป็นการพัฒนาทางเทคโนโลยีที่ทันสมัยยิ่งขึ้น โดยคอมเพรสเซอร์ชนิดนี้จะมีเพลาสองเพลาที่หมุนขบกัน การขบกันของเพลาสกรูทั้งสองจะต้องหมุนขบกันได้พอดีตลอดเวลา โดยที่เพลาตัวหนึ่งจะมีสกรูซึ่งมีสันนูนเรียกว่า เพลาตัวผู้ และอีกเพลาหนึ่งจะมีสกรูที่มีสันเพลาเว้าเรียกว่า เพลาตัวเมีย เพลาทั้งสองจะประกอบอยู่ในตัวเรือนเดียวกันโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

33956

หมุนที่มีความเร็วรอบเท่ากัน ซึ่งเพลาตัวผู้จะหมุนเร็วกว่าเพลาตัวเมียเพียงเล็กน้อย และมีทิศทางการหมุนเข้าหากัน ทำให้ดูดลมจากด้านหนึ่งและส่งต่อไปอัดอีกด้านหนึ่งได้ โดยสามารถให้ค่าความดันสูงถึง 10 บาร์ และมีอัตราการจ่ายลมได้ถึง 170 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที

5. เครื่องอัดลมแบบใบพัดหมุน

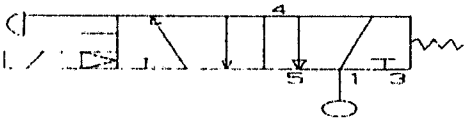
มีโครงสร้างคล้ายกับเกียร์ โดยใช้เกียร์ 2 ตัวขบกันแต่เกียร์ของเครื่องอัดลมชนิดนี้มีลักษณะพิเศษคือมีเพียง 2 ฟัน หมุนขบกันด้วยความเร็วรอบที่เท่ากัน โดยที่ปลายอีกข้างของฟันเฟืองจะต้องหมุนเกือบสัมมผัสผนังเครื่องอัดลม รีดและอัดลมขณะหมุนไปได้ อากาศจะถูกอัดจากปลายด้านหนึ่งไปสู่ปลายอีกด้านหนึ่งโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร นั่นคืออากาศไม่ถูกอัดขณะดูดจากด้นหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่ง แต่อากาศจะถูกอัดตัวต้านกับความต้านทานที่เกิดขึ้นภายในถังเก็บ

6. เครื่องอัดลมแบบกังหัน

หลักการของกังหัน คือการที่ใบพัดดูดลมเข้าหาเครื่องและหมุนอัดลมให้ออกไปโดยผ่านช่องเวนความเร็วของลมที่ถูกดูดไหลผ่านใบกังหันจะทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นพลังงานลมอัด ซึ่งสามารถผลิตอัตราการจ่ายลมได้ตั้งแต่ 170-20,000 ลูกบาศก์ต่อนาที และทำความดันได้ประมาณ 4-10 บาร์

4.1 วาล์วควบคุมทิศทางการไหล

วาล์วเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่เลือกทิศทางการไหลของลมอัดให้ไปตามทิศทาง ที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานเช่น กระบอกสูบลม มอเตอร์ลม สามารถทำงานได้และเคลื่อนที่ในทิศทางที่ถูกต้องโดยใช้หลักการปิดเปิดลมอัดจากสกรูลมอัด(Port) หนึ่งไปยังรูลมอัดอีกรูหนึ่งจำนวนรูลมอัดของวาล์วควบคุมทิศทางการไหลมีอยู่หลายแบบเช่น 2 , 3 , 4 , 5 รูลมอัดซึ่งจะประกอบด้วยรูลมอัดสำหรับท่อจ่ายลมอัดเข้า (Supply Port) สำหรับต่อไปบังคับอุปกรณ์ทำงานหรือนำไปใช้งานเป็นรูลมอัดจะบายลมทิ้ง (Exhaust) โดยทั่วไปวาล์วชนิดนี้นิยมเรียกว่า D.C.V. (Directional Control Valves) สำหรับวาล์วที่นำมาใช้ในโครงงานนี้แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่4.1 ลักษณะของวาล์วที่นำมาใช้ในโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาล์วที่นำมาใช้ในโครงงานเป็นวาล์วควบคุม 5 ทิศทาง 2 ตำแหน่ง ปกติเปิดหรือ 5/2 D.C.V. Normally Opened ใช้สปริงดันให้อยู่ในตำแหน่งปกติ

4.2 กระบอกสูบลม (Air Cilinder)

กระบอกสูบลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกล ลักษณะในการเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง ในสมัยก่อนที่ลูกสูบจะเข้ามามีบทบาท ในงานอุตสาหกรรมยังใช้กลไกทางกลและทางไฟฟ้า มีความยุ่งยากในการควบคุม และปัญหาของช่วงชักจำกัด ดังนั้นในอุตสาหกรรมสมัยใหม่จึงพัฒนาลูกสูบลมมาใช้งานจนถึงปัจจุบัน

ตัวกระบอกสูบลมมักจะทำด้วยท่อชนิดไม่มีตะเข็บ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม ทองเหลือง สแตนเลส ขึ้นอยู่กับงานที่ใช้ ภายในท่อจะต้องเจียรนัยให้เรียบ เพื่อลดการสึกหรอของซีลที่จะเกิดขึ้น และยังลดแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบด้วย ตัวฝาสูบทั้งสองด้านส่วนใหญ่นิยมการหล่อขึ้นรูป บางแบบอาจใช้การอัดขึ้นรูป การยึดตัวกระบอกสูบลมกับฝาอาจใช้เกลียวขัน เหมาะสำหรับกระบอกสูบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 25 มิลลิเมตร ลงมา ถ้าโตกว่านี้นิยมใช้สกรูร้อยขันรัดหัวท้ายไว้ สำหรับก้านสูบอาจทำด้วยสแตนเลสหรือเหล็กชุบโครเมียมที่เกลียวปลายก้านสูบจะทำด้วยกรรมวิธีรีดขึ้นรูป

ในปัจจุบันได้มีการนำกระบอกสูบลมแบบต่าง ๆ เข้ามาใช้ในงานอุตสาหกรรม ซึ่งแต่ละแบบก็มีลักษณะการทำงาน และการนำไปใช้งานแตกต่างกันไปดังต่อไปนี้

4.2.1 กระบอกสูบลมทำงานทางเดียว

จะใช้ลมดันทางหัวของลูกสูบเพื่อดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออกมาส่วนในจังหวะลูกสูบลมเคลื่อนที่กลับนั้น เมื่อปล่อยลมทางด้านหัวลูกสูบระบายทิ้ง สปริงที่อยู่ภายในกระบอกสูบจะดันให้ก้านสูบเคลื่อนที่กลับมาเอง

4.2.2 กระบอกสูบแบบทางเดียวชนิดไดอะแฟรม

กระบอกสูบแบบนี้หัวลูกสูบจะทำเป็นแผ่นไดอะแฟรม ซึ่งวัสดุที่ใช้ทำนั้นได้แก่ ยาง , พลาสติก หรือ เยื่อโลหะสังเคราะห์ ก้านสูบที่ต่อออกมาใช้งานจะติดอยู่กับแผ่นไดอะแฟรม กระบอกสูบนี้ไม่จำเป็นต้องมีการหล่อลื่น และมีระยะชักลูกสูบสั้นประมาณ 2 มิลลิเมตร ขึ้นไป เหมาะสำหรับผลิตอาหาร และงานเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการให้ลมอัดมีน้ำมันหล่อ-ลื่นผสมเข้าไปและแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจะมีน้อยมาก

4.3.3 กระบอกสูบชนิดสองทาง

จะใช้ลมดันหัวลูกสูบทั้งตอนเคลื่อนเคลื่อนที่ออกและตอนเคลื่อนที่กลับ ทำให้ได้แรงทั้ง 2 ทิศทาง เหมาะกับงานที่จะต้องใช้แรงในตอนลูกสูบเลื่อนออกและเลื่อนเข้า รวมทั้งลักษณะงานที่ต้องการช่วงชักยาว ปัญหาที่เกิดขึ้นในกรณีที่ช่วงชักยาวเกินไปจะทำให้ก้านลูกสูบโก่งงอได้ ดังนั้นช่วงชักของกระบอกสูบแบบนี้จะต้องมีการคำนวณหาระยะช่วงชัก ที่อนุญาตให้ใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากปัญหาดังกล่าวถ้ากระบอกสูบมีเส้นผ่านศูนย์กลางโตเกินไปจะทำให้เกิดความสิ้นเปลืองลมมาก

4.2.4 กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางแบบมีก้านสูบสองข้าง

กระบอกสูบแบบนี้ไม่ว่าจะเคลื่อนที่ไปหรือกลับ แรงที่ได้ทั้งสองข้างจะมีค่าเท่ากันเนื่องจากพื้นที่หน้าตัดทั้งสองข้างมีขนาดเท่ากันและที่ปลายจุดรองรับของก้านสูบทั้งสองข้างจะมีแบริงรองรับก้านสูบอยู่ ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงกระทำด้านข้างของก้านสูบจึงน้อยมาก ไม่เหมือนกับกระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง

4.2.5 กระบอกสูบชนิดช่วงชักหลายตำแหน่ง

การออกแบบกระบอกสูบชนิดนี้เพื่อสามารถนำไปใช้งานที่ต้องการให้กระบอกสูบกระบอกเดียวกันหยุดได้หลายตำแหน่ง โดยนำเอากระบอกสูบชนิดสองทางสองกระบอกมาประกอบรวมกันเป็นกระบอกเดียว

4.2.6 กระบอกสูบแบบกระแทก

กระบอกสูบแบบนี้เหมาะกับงานประเภทตัดชิ้นงาน งานขันรูปชิ้นงานและงานย้ำหมุด ซึ่งงานเหล่านี้ต้องการแรงกระแทกในการทำงาน ความเร็วของก้านสูบแบบนี้อยู่ระหว่าง 7.5 ถึง 10 เมตร /วินาที ซึ่งความเร็วของกระบอกสูบลมทั่วไปมีความเร็วประมาณ 1 ถึง 2 เมตร/วินาที และแรงกระแทกที่กระบอกสูบแบบกระแทกทำได้อยู่ระหว่าง 25 ถึง 500 นิวตันเมตร

4.2.7 กระบอกสูบชนิดพิเศษที่ใช้กับลักษณะเฉพาะ

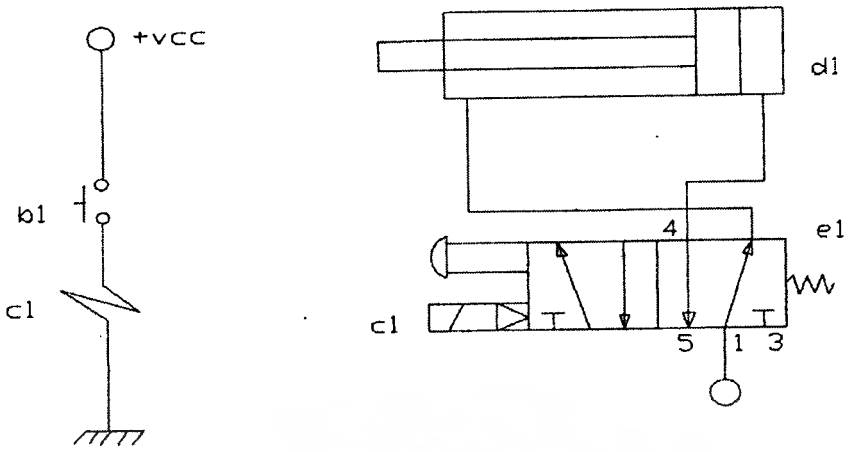
กระบอกสูบแบบนี้ได้แก่กระบอกที่ใช้ในการจับยึดชิ้นงาน ได้แก่การประสานชิ้นงานของโครงสร้างรถยนต์ การทำงานคล้ายกับกระบอกสูบแบบสองทิศทางทั่ว ๆ ไป แต่ลักษณะดังกล่าวไม่ต้องการช่วงชักในการทำงานยาวมากนัก แต่จำเป็นต้องใช้แรงในการจับยึดสูง นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในงานประเภทดัด ปั๊มขึ้นรูป ย้ำหมุดทำเครื่องหมาย และงานเฉือน

4.3 โซลินอยด์ควบคุมการทำงานของวาล์ว

ระบบการควบคุมในวงจรที่มีความซับซ้อนของวงจรนิวแมติก ถ้าใช้ไฟฟ้าควบคุมการทำงานจะทำให้สามารถควบคุมได้ง่าย เพราะอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมนอกจากโซลินอยด์แล้วยังมีรีเลย์เป็นตัวหน่วงเวลาและสวิตซ์แบบต่างๆ ทำให้การาใช้งานเป็นไปอย่างกว้างขวาง

วงจรไฟฟ้าแบบพื้นฐานสำหรับควบคุมการทำงานของวาล์วนิวแมติก สามรถออกแบบวงจรไฟฟ้าควบคุมได้หลายแบบแล้วลักษณะของงานที่จะควบคุม รูปที่4.2 เป็นการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของกระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียวและกระบอกสูบชนิดทำงานสองทางโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



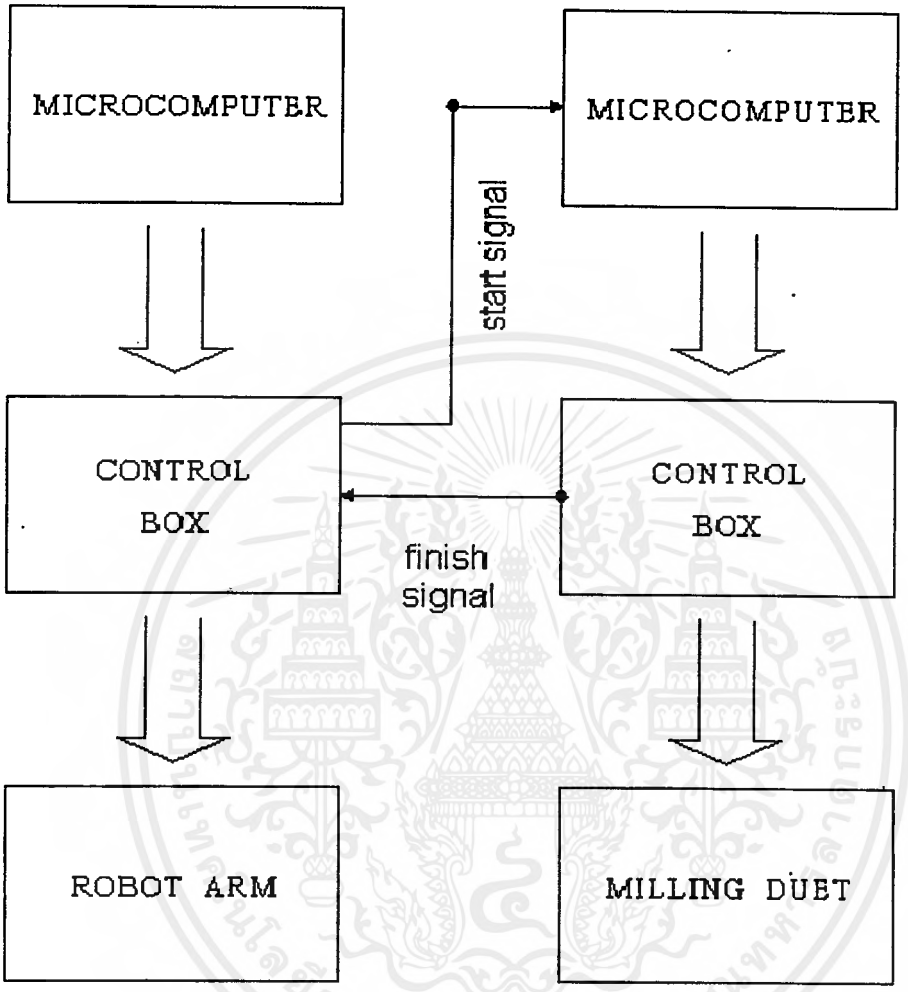
รูปที่4.2 การออกแบบไฟฟ้าควบคุมการทำงานของกระบอกสูบ

ขณะที่โซลินอยด์ยังไม่ทำงาน วาล์วจะถูกสปริงดันให้อยู่ในตำแหน่งปกติ ลมอัดจากเครื่องอัดลมจะเข้าทางรู 1 และออกทางรู 2 ไปดันหัวกระบอกสูบ ทำให้ก้านสูบถูกดันไปอยู่ในตำแหน่งชักเข้า ลม จากรู 4 จะถูกระบายทิ้งที่รู 5 เมื่อโซลินอยด์ทำงานวาล์วจะถูกดันให้ไปอยู่ในตำแหน่งทำงานที่ 1 ลมจากเครื่องอัดลมจะเข้าทางรู 1 และออกทางรู 4ไปดันกระบอกด้านตรงข้ามกับด้านที่ลมจากรู 2 ไปดัน ทำให้ก้านสูบถูกดันไปอยู่ในตำแหน่งชักออก ลมจากรู 2 จะถูกระบายทิ้งที่รู 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

โครงสร้างการทำงานของโครงงาน



รูปที่5.1 โครงสร้างการทำงานของโครงงาน

5.1 ไมโครคอมพิวเตอร์

ไมโครคอมพิวเตอร์(PC) มีหน้าที่รับข้อมูลจากภายนอกโดยผ่านทางพอร์ทอนุกรม (COM1 ,COM2) หรือ พอร์ทขนาน (LPT1 ,LPT2) ซึ่งข้อมูลที่รับเข้ามาจะถูกประมวลผล แล้วส่งผลลัพธ์ออกทางพอร์ทต่างๆ เพื่อใช้ในการควบคุม

ในโครงงานนี้ได้จัดให้มีไมโครคอมพิวเตอร์อยู่ 2 เครื่องโดยไมโครคอมพิวเตอร์เครื่องแรกใช้ในการควบคุมแขนกล และไมโครคอมพิวเตอร์เครื่องที่สองใช้ควบคุมเครื่องกัด(Milling Machine)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การควบคุมแขนกล

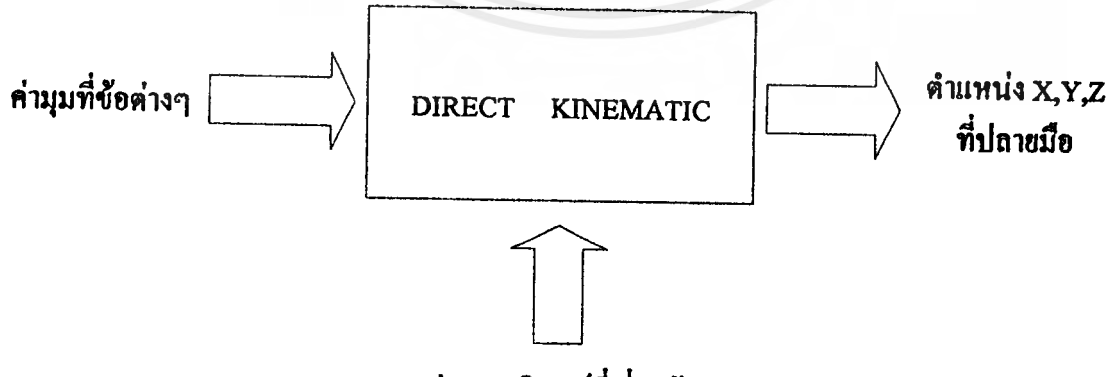
สิ่งที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการทำงานของแขนกล คือความแม่นยำและเที่ยงตรงซึ่งการเคลื่อนไหวขณะการทำงานของแขนกลจะประกอบด้วยการเคลื่อนไหวของฐาน,ไหล่,ข้อศอก,ข้อมือ เป็นต้น การเคลื่อนไหวตามส่วนต่างๆจะส่งผลให้ตำแหน่งของมือเคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งต่างๆที่ปฏิบัติงาน ฉะนั้น ถ้าส่วนต่างๆนี้ทีการควบคุมที่ไม่ดีพอจะส่งผลถึงความแม่นยำและความเที่ยงตรงในการทำงานนั้นๆลดน้อยลง

ดังนั้นมือของแขนกลจะเคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งใดๆได้นั้น ขึ้นอยู่กับข้อต่อต่างๆจะเคลื่อนไปในตำแหน่งที่เหมาะสมและสอดคล้องกันด้วย ซึ่งการควบคุมตำแหน่งของข้อต่อต่างๆให้เหมาะสมกันสามารถแสดงได้ด้วยสมการรคณิตศาสตร์ สำหรับสมการที่จะกล่าวถึงในที่นี้มีสองลักษณะด้วยกัน คือ สมการ Direct Kinematic และสมการ Inverse Kinematic ซึ่งสมการทั้งสองลักษณะใช้แสดงความสัมพันธ์ของข้อต่อต่างๆและตำแหน่งปลายมือ

โดยทั่วไปการควบคุมแขนกลให้เคลื่อนที่ไปตามต้องการนั้น จะต้องมีตำแหน่งเริ่มต้นของแขน โดยเป็นตำแหน่งอ้างอิงในการเคลื่อนที่ เรียกว่าตำแหน่ง โฮม(Home) ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับชนิดของแขนกลและผู้ควบคุมว่าต้องการให้ตำแหน่งนี้อยู่ในลักษณะใด

5.2.1 สมการ Direct Kinematic

ความหมายของสมการ Direct Kinematic คือสมการของแขนกลที่แสดงความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ของข้อต่อต่างๆ โดยผลลัพธ์ของสมการคือ ตำแหน่งปลายมือในพื้นที่ 3 มิติ (ตำแหน่ง X,Y,Z) ดังบล็อกไดอะแกรมแสดงการควบคุมดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 บล็อกไดอะแกรมของสมการ Direct Kinematic

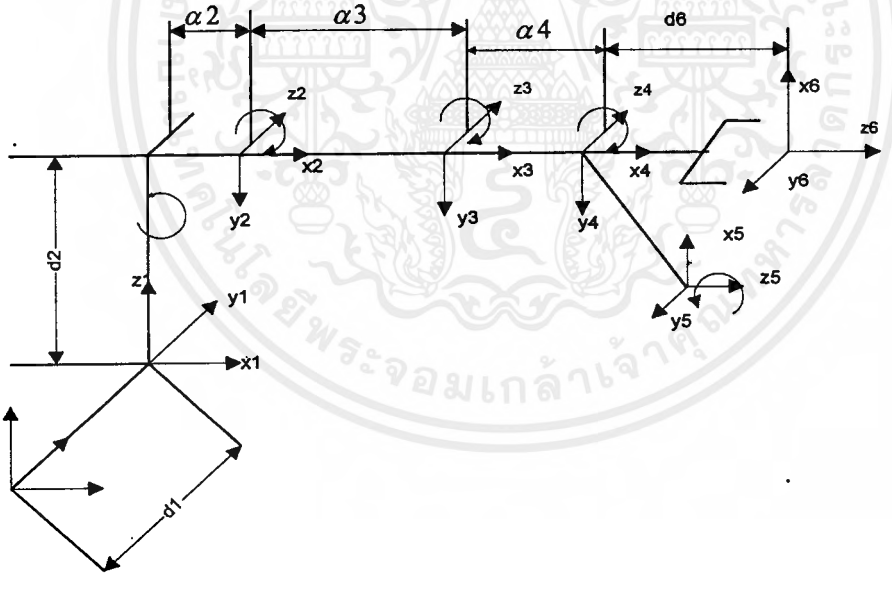
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากบล็อกไดอะแกมจะพบว่าส่วนที่เป็นอินพุทของสมการ คือค่าของมุมที่ข้อต่อต่างๆซึ่งจะขึ้นอยู่กับแขนกลว่ามีกี่ข้อต่อ ส่วนพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง จะเป็นค่าคงที่ประจำตัวแขนกล เช่น ความยาวของแต่ละก้านจากข้อต่อหนึ่งไปยังข้อต่อหนึ่ง เป็นต้น และเมื่อผ่านสมการนี้ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจะเป็นตำแหน่งของปลายมือที่แขนกลเคลื่อนที่ไปบนพื้นที่ 3 มิติ (X,Y,Z)

5.2.1.1 การอ้างอิงมุมของแขนกล

ในโครงงานนี้ใช้แขนกลรุ่น SCORBOT-ER III ซึ่งแขนกลนี้เป็นประเภทแขนกลข้อต่อหมุน 5 แกน และมี slide base ติดตั้งอยู่ที่ฐานแขนกลเพิ่มอีก 1 แกน รวมเป็นทั้งหมด 6 แกน ซึ่งขับเคลื่อนด้วย DC Servo Motor

แขนกลนี้เมื่อใช้ D-H อัลกอริทึมจะได้ไดอะแกรมโครงพิกัด (Link Coordinate Diagram) ดังรูป5.3 เส้นประระหว่างจุดกำเนิดของ L_4 กับ L_5 มีเพื่อแสดงว่า จุดกำเนิดของโครงพิกัดทั้งสองทับกันอยู่ และจะได้ Kinematic Parameter ของ SCORBOT-ER III ดังตาราง 5.1 โดยมี $(d_1, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5)$ เป็นตัวแปรข้อต่อ



รูปที่ 5.3 พิกัด Link ของ SCORBOT –ER III

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Axis	θ	d	a	α	Home
1	$\pi/2$	d	0	$\pi/2$	0
2	θ_1	420.0mm	27.0mm	$-\pi/2$	0
3	θ_2	0	219.0mm	0	0
4	θ_3	0	219.0mm	0	0
5	θ_4	0	0	$-\pi/2$	$-\pi/2$
6	θ_5	146.0mm	0	0	0

ตารางที่ 5.1 Kinematic Parameter ของ SCORBOT-ER III

ค่าในคอลัมน์สุดท้ายของตารางที่5.1คือค่าตัวแปรข้อต่อต่างๆที่ตรงกับตำแหน่ง Soft Home ตามรูปไดอะแกรมโครงพิกัด เมื่อเรากำหนด และ Link โดนใช้ D-H อัลกอริทึม ควรใช้ตำแหน่ง Soft Home ให้ค่าของตัวแปรข้อต่ออยู่ในเทอมของ $\pi/2$ เรเดียน เพื่อความสะดวกในการเขียน

เมื่อได้กำหนดโครงพิกัดลงบน Link ได้แล้ว ก็ทำการย้ายโครงพิกัด k ไปยังโครงพิกัด k-1 โดยใช้เมตริกซ์การถ่ายโอนพิกัดโฮโมจีเนียส เมื่อนำเมตริกซ์มาคูณกันทั้งหมด ก็จะได้เมตริกซ์ที่แสดงการย้ายพิกัดของเครื่องมือเทียบกับพิกัดของฐาน โดยเมตริกซ์ที่ได้เรียกว่า เมตริกซ์แขน (Arm Metrix)

โดยที่ T^{k}_{k-1} คือการถ่ายโอนจากพิกัดโครงพิกัด k ไปยังโครงพิกัด k-1

$$T^{k}_{k-1} = \begin{bmatrix} C\theta_k & -C\alpha_k S\theta_k & S\alpha_k S\theta_k & aC\theta_k \\ S\theta_k & C\alpha_k C\theta_k & -S\alpha_k C\theta_k & aS\theta_k \\ 0 & S\alpha_k & C\alpha_k & d_k \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ในการแก้ปัญหา Direct Kinematic ต้องพิจารณาตำแหน่งและการหมุนของเครื่องมือเทียบกับโครงพิกัดที่ติดอยู่กับฐาน การถ่ายโอนจากพีกัดเครื่องมือไปยังพิกัดฐานจะเริ่มจากปลายเครื่องมือถ่ายโอนย้อนกลับไปทีละโครงจนถึงฐาน ถ้า T^{tool}_{base} แสดงการถ่ายโอนจากพิกัดปลายเครื่องมือ (Link n) ไปยังพิกัดฐาน (Link 0) ดังนี้

$$T^{tool}_{base}(q) = T^{1}_{0}(q_1)\, T^{2}_{1}(q_2)\, T^{3}_{2}(q_3) \ldots T^{n}_{n-1}(q_n) = T^{n}_{0}(q)$$

โดยที่ $T^{tool}_{base}(q)$ คือสมการแขน (Arm Equation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากไดอะแกรมโครงพิกัดในรูป5.3 และค่าในตารางที่ 5.1 เราสามารถนำมาเขียนเป็นสมการแขน(Arm Equation) ของแขนกล SCORBOT – ER III ได้ดังนี้

$$T_{slidebase}^{robotbase} = T_0^1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{robotbase}^{shoulder} = T_1^2 = \begin{bmatrix} c2 & 0 & -s2 & a2c2 \\ s2 & 0 & c2 & a2c2 \\ 0 & -1 & 0 & d2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{shoulder}^{elbow} = T_2^3 = \begin{bmatrix} c3 & -s3 & 0 & a3c3 \\ s3 & c3 & 0 & a3s3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{elbow}^{pitch} = T_3^4 = \begin{bmatrix} c4 & -s4 & 0 & a4c4 \\ s4 & c4 & 0 & a4s4 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{pitch}^{roll} = T_4^5 = \begin{bmatrix} c5 & 0 & -s5 & 0 \\ s5 & 0 & c5 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_{roll}^{tool} = T_5^6 = \begin{bmatrix} c6 & -s6 & 0 & 0 \\ s6 & c6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

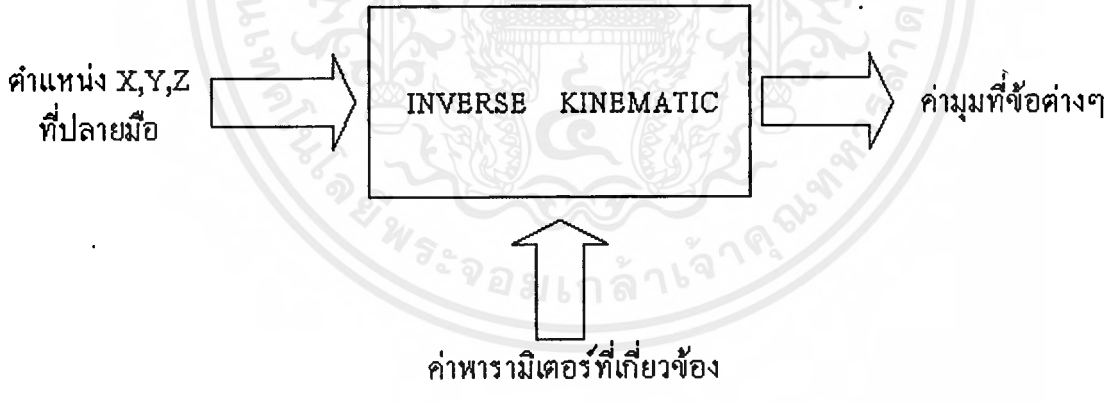
$$T_{slidebase}^{tool} = T_0^6 = T_0^1 \times T_1^2 \times T_2^3 \times T_3^4 \times T_4^5 \times T_5^6$$

$$= \begin{bmatrix} -s345c6 & s345s6 & -c345 & -c345d6 - a3s3 - a4s34 + d2 \\ c2c6c345 + s2s6 & -c2c345s6 + s2c6 & -c2c345 & c2[-d6s345 + a4c345 + a3c3 + a2] \\ s2c6c345 - c2s6 & -s2s6c345 & -s2s345 & s2[-d6s345 + a4c34 + a3c3 + a2] \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

5.2.2 สมการ Inverse Kinematic

จากที่ผ่านมาพอทราบความหมายของสมการกันไปแล้วในส่วนตอไปจะได้กล่าวถึงสมการอีกลักษณะหนึ่ง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นหัวใจในการควบคุมแขนกลอีกแบบหนึ่งสมการชุดนี้คือ สมการ Inverse Kinematic

ความหมายของสมการจะมีความหมายที่ตรงข้ามกับสมการ Direct Kinematic คือจากเดิมป้อนค่าของมุมที่ข้อต่อส่วนต่างๆเข้าไปในสมการแล้วได้ผลลัพธ์เป็นตำแหน่ง X,Y,Z ที่ปลายมือเคลื่อนไป แต่สมการ Inverse Kinematic จะเปลี่ยนเป็นการป้อนตำแหน่ง X,Y,Z ของปลายมือเข่าไปแล้วจะได้ผลลัพธ์เป็นมุมของข้อต่อว่าต้องเคลื่อนที่ไปกี่องศาจากตำแหน่งโฮม ปลายมือจึงจะเคลื่อนที่ไปอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานจะแลดงดังรูปที 5.4



รูปที่ 5.4 บล็อกไดอะแกรมของสมการ Inverse Kinematic

จากรูปที่ 5.4 โดยพารามิเตอร์ต่างๆยังคงใช้ค่าเหมือนเดิมทุกประการจากความหมายของสมการ Inverse Kinematic เมื่อป้อนตำแหน่ง X,Y,Z ที่ปลายมือและค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องผลลัพธ์จะได้เป็นมุมของข้อต่อต่างๆคือ d_iและ θ_1 ถึง θ_5

ในการหาคำตอบของ Inverse Kinematic เราต้องกำหนดสถานภาพของเครื่องมือได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่ง และการหมุน (Position and Orientation) ของเครื่องมือโดยบอกให้อยู่ในรูปของ Tool Configuration Vector (w)

$$w = [\, p_1, p_2, p_3, q_{345}, q_6 \,]^T$$

โดยที่ $[\, p_1, p_2, p_3 \,]$ คือพิกัดของปลายเครื่องมือเทียบกับพิกัดฐานอ้างอิง { X,Y,Z }

q_{345} คือ $q_3 + q_4 + q_5$ แสดงมุมของเครื่องมือวัดเทียบกับระนาบทำงาน XY

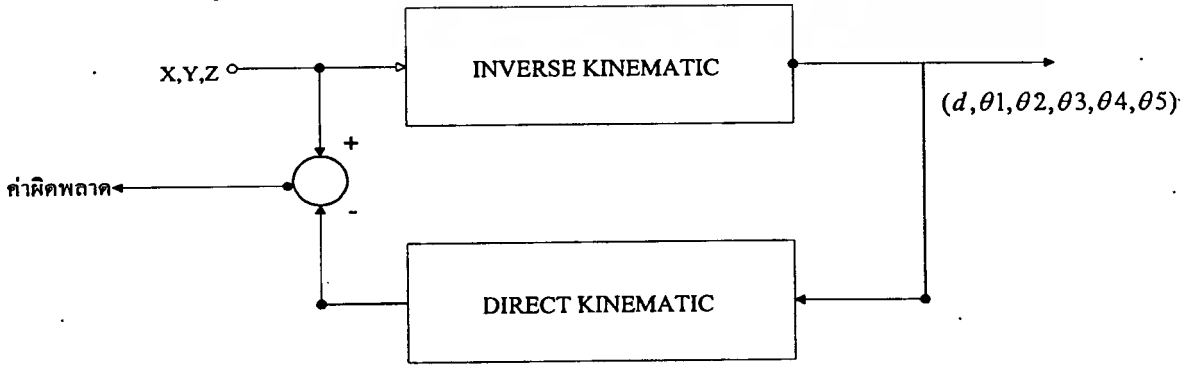
q_6 คือ ค่าแสดงการหมุน Roll ของเครื่องมือ

ดังนั้นเราสามารถวิเคราะห์หาค่ามุมของข้อต่อต่างๆคือ d_1และ θ_1 ถึง θ_5 ของ SCORBOT-ER III โดยการแก้สมการ Tool Configuration Vector ได้

5.2.3 การประยุกต์ใช้งาน

สำหรับการประยุกต์การใช้งานอัลกอริทึมของสมการ Inverse Kinematic อันดับแรกที่เห็นได้ชัดคือ ควบคุมการจับวัตถุที่ตำแหน่ง X,Y,Z ต้นทาง ให้ไปวางที่ตำแหน่ง X,Y,Z ปลายทาง โดยคอมพิวเตอร์จะเป็นตัวคำนวณค่าของมุมที่ข้อต่อต่างๆจากค่าตำแหน่ง X,Y,Z เมื่อคำนวณเสร็จคอมพิวเตอร์จะส่งค่ามุมต่างๆไปให้กับชุดขับเคลื่อน ชุดขับเคลื่อนก็จะทำการขับเคลื่อนข้อต่อต่างๆไปตามมุมที่ได้มาจากอัลกอริทึมของสมการ Inverse Kinematic ผลลัพธ์ที่ปลายมือจะอยู่ที่ตำแหน่งที่ต้องการ จากนั้นก็เป็นหน้าที่ของผู้เขียนโปรแกรมควบคุมว่าจะให้ทำอย่างไรต่อไป

สำหรับสมการ Direct Kinematic ที่ใช้งานอยู่บางส่วนใช้ในการตรวจสอบตำแหน่งในการเขียนโปรแกรมจำลองหรือซิมูเลต การทำงานของแขนกล โดยจะใช้สมการ Direct Kinematic เป็นชุดป้อนกับ แสดงดังรูป5.6



รูปที่5.5 บล็อกไดอะแกรมในการตรวจสอบตำแหน่งด้วยสมการ Direct Kinematic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากบล็อกไดอะแกรมค่าเอาท์พุทของอัลกอริทึมของสมการ Inverse Kinematic จะถูกสมการ Direct Kinematic นำมาเป็นอินพุทเพื่อป้อนกลับไปหาค่าผิดพลาดในการเคลื่อนที่ ค่าผิดพลาดที่ได้จะถูกส่งไปยังโปรแกรมอีกชุดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม ถ้าเปรียบเทียบแขนกลจริงๆกับโปรแกรมจำลองการทำงานนั้น สมการ Direct Kinematic ก็คือตัวตรวจจับนั้นเอง

ในโครงงานนี้โปรแกรมที่เขียนจะแสดงค่าของตำแหน่ง X,Y,Z ไว้บนหน้าจอมอนิเตอร์ (สมการ Direct Kinematic) เมื่อมีการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งใดค่าตำแหน่ง X,Y,Z ก็จะเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งส่งผลให้ค่ามุมต่างๆของข้อต่อเปลี่ยนตามไปด้วย (สมการ Inverse Kinematic)ทำให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้

5.2.4 โปรแกรมแขนกล

โปรแกรมแขนกลถูกเขียนด้วยภาษา C เพื่อรองรับการใช้งานร่วมกับเครื่องมือกลDUET ซึ่งโปรแกรมที่ถูกเขียนจะประกอบด้วยไฟล์ดังนี้

1.Kine.cpp : คำนวณสมการ Kinematic

2. Record.cpp : เก็บตำแหน่งต่างๆ

3. Tabot.cpp : โปรแกรมหลัก

รายละเอียดของโปรแกรมแขนกล(Souce Code) สามารถศึกษาได้จากภาคผนวก ข. และตัวปฏิบัติงาน(Execute File)ได้แนบมากับรายงานนี้

5.3 เครื่องมือกล Boxford DUET

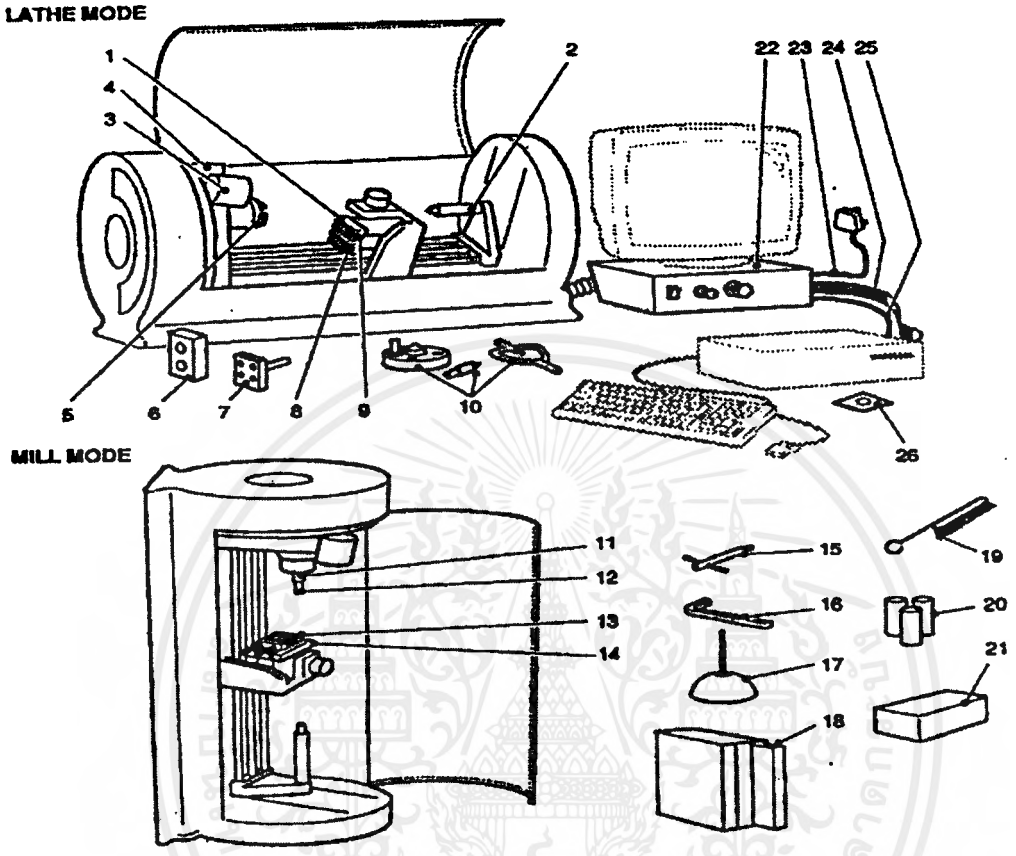
การพัฒนาโดยนำเอาเครื่องจักรกล NC มาใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์ซึ่งช่วยในการควบคุมการทำงานของเครื่องมือกลซึ่งเรียกว่า CAM และการควบคุมนี้จะใช้รหัสคำสั่ง G-Code และ รหัสคำสั่งM-Code ซึ่งทำให้เครื่องจักรดังกล่าวทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในโครงงานนี้ได้ใช้เครื่องมือกล Boxford DUET (CNC)

เครื่องมือกล Boxford DUET นั้นเป็นเครื่องมือกลที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในงานงานกลึง (Lathe) และงานกัด(Milling) ในโหมดของงานกลึง การเคลื่อนที่จะเคลื่อนที่ได้เพียง 2 แกน และยังสามารถใช้ในการเจาะชิ้นงานได้อีกด้วย ซึ่งเหมือนกับเครื่องกลึงโดยทั่วไปที่ควบคุมโดยคอมพิวเตอร์โดยทั่วไป ส่วนในโหมดของงานกัดนั้นสามารถเคลื่อนที่ได้ 3 แกนเหมือนกับเครื่องกัดทั่วไป

เครื่องมือกล DUET จะถูกควบคุมโดยซอฟท์แวร์ที่ถูกติดตั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์ และสัญญาณการควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณที่เกิดจากไมโครคอมพิวเตอร์ โดยการส่งสัญญาณจะผ่านทางพอร์ทอนุกรม RS-232 ไปยังงกล่องควบคุม และผ่านไปยังเครื่องมือกล Boxford DUET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือกล DUET จะถูกควบคุมโดยซอฟท์แวร์ที่ถูกติดตั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์ และสัญญาณการควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณที่เกิดจากไมโครคอมพิวเตอร์ โดยการส่งสัญญาณจะผ่านทางพอร์ทอนุกรม RS-232 ไปยังกล่องควบคุม และผ่านไปยังเครื่องมือกล Boxford DUET



รูปที่5.6 ส่วนประกอบของเครื่องมือกล Boxford DUET

ส่วนประกอบของเครื่องมือกล Boxford DUET

อุปกรณ์ที่ติดอยู่กับเครื่องมือกล DUET :

1. 6-position toolholder with six clamps
2. Tailstock and Center
3. Low-Voltage Light
4. 320W Version (Fix spindle drive with cover)
   450W Version(Speed change Cassette)
5. 3-Jaw Chuck
6. Additional Speed Change Cassette(450W Version)

เครื่องมือที่ใช้ในโหมดการกลึง :

7. 4-Positiion Drilling/Boring Toolholder with Bush

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Left-Hand Turning Tool with Spare Tips
9. Parting-Off Tool with Spare Tips
10. Spindle Center, Driver and Carrier

เครื่องมือที่ใช้ในโหมดการกัด :

11. One 10 mm. Bore Cutter Holder
    Two 5 mm. Bore Cutter Holders
12. One 5 mm. End Mill
13. Milling Vice with Two Reversible Jaws
14. Milling Table with Four T-Clamps

ส่วนประกอบอื่นๆ :

15. Chuck Key
16. Camlock Key
17. Oilcan
18. Operating Manuals
19. Swarf Brush
20. Turning Billet(3)
21. Milling Billet(wax)

อุปกรณ์ควบคุม :

22. Control Unit (For 240V or 110V AC. Supply)
23. Mains Cable
24. Parallel Cable with 25-way Connectors
25. Serial Cable with 9-way Connectors
26. Duet Software

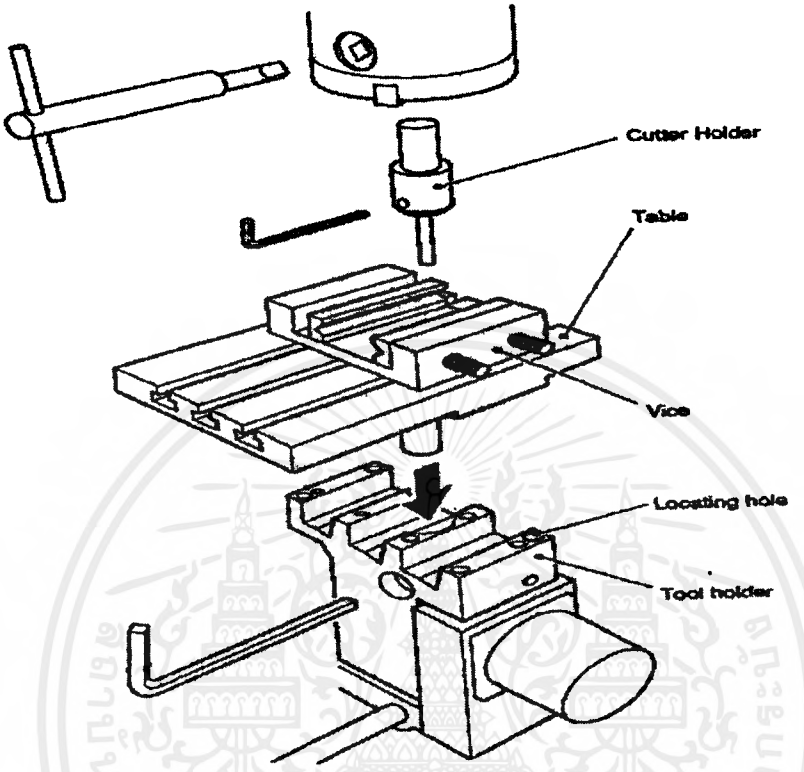
5.3.1 เครื่องมือกล DUET ในโหมดของงานกัด

ในโครงงานนี้ได้ใช้เครื่องมือกล DUET ในโหมดของงานกัดร่วมกันแขนกล ดังนั้นจึงขอกล่าวในส่วนที่เกี่ยวกับโครงงานนี้เท่านั้น

5.3.1.1 ตำแหน่งของเครื่องมือ และค่าชดเชย(Offsets)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประกอบชิ้นส่วนต่างๆก่อนที่จะเริ่มทำงาน โดยแท่นรองงานกัดจะถูกยึดติดกับแท่นรองชิ้นงานโดยใช้ Camlock ขันยึดติด ดอกกัดขนาด 5 มม.จะถูกใช้เป็นค่าอ้างอิงกับดอกกัดอื่นๆ ดังรูปที่5.8



รูปที่5. 7การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ

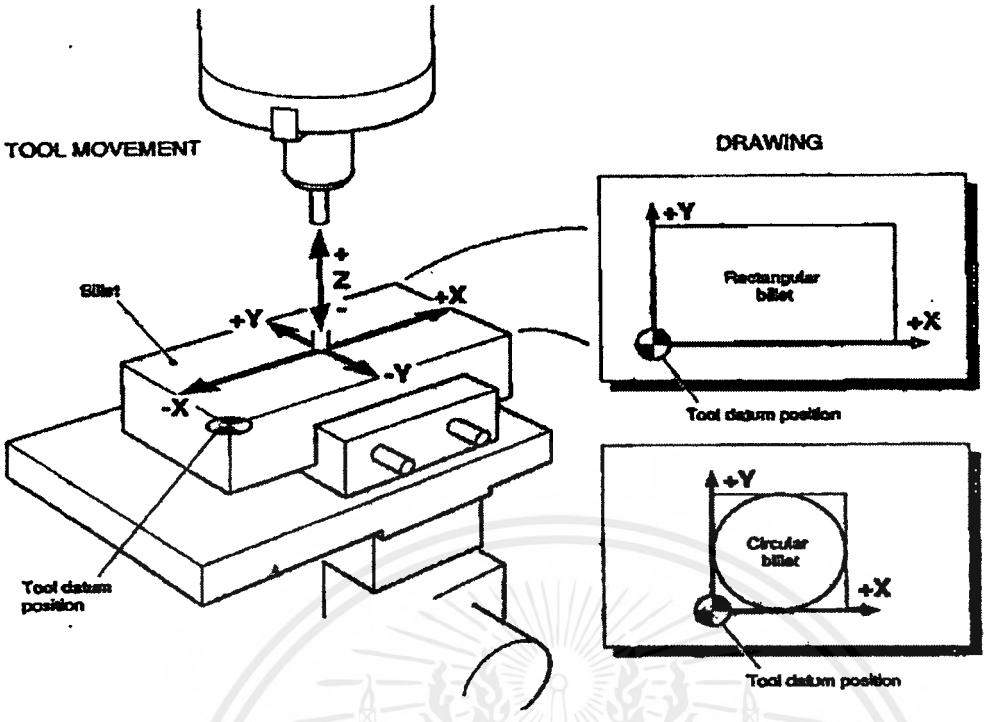
ก่อนการใช้งานต้องมั่นใจว่าเครื่องมือตต่างๆได้ถูกยึดติดกับสส่วนประกอบของเครื่องมือกลอย่างแน่นหนา และดอกกัดได้ถูกสอดเข้ากับตัวยึดดอกกัดและใช้ประแจรูปตัวแอลขันยึดติดให้แน่น

เมื่อเครื่องมือต่างๆได้ถูกติดตั้งแล้ว ดอกกัดขนาด 5 มม.ที่ถูกติดตั้งไว้จะถูกใช้เป็นค่าอ้างอิงของดอกกัดอื่น โดยค่าชดเชย(Offset) ของดอกกัดขนาด 5 มม.จะถูกตั้งค่าเป็นศูนย์ของแกน Z ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนดอกกัดอันอื่น ค่าของเครื่องมือก็จะถูกชดเชยด้วยค่าที่ตั้งไว้

5.3.1.2 แกนหมุน และจุดศูนย์ของชิ้นงาน

การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์แท่นรองสามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งแกนX แกนY และแกนZ โดยที่อุปกรณ์ที่จับเครื่องมือนั้นไม่สามารถเคลื่อนที่ตามแกนต่างๆได้ ดังรูปที่5.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 การหาจุดศูนย์ของชิ้นงาน

การหาจุดศูนย์ของชิ้นงานนั้น ทำได้โดยการเลื่อนปลายมีดกัดไปยังตำแหน่งด้านล่างซ้ายของชิ้นงาน ค่าที่ได้จะถูกเก็บไว้ใน Tool Data เพื่อเป็นค่าอ้างอิงของเครื่องมืออื่น ถ้าชิ้นงานมีลักษณะเป็นวงกลมการหาจุดศูนย์ของชิ้นงานสามารถหาได้จากค่าจุดตัดที่เกิดจากเส้นตั้งฉากแกน X สัมผัสด้านซ้ายของวงกลม กับเส้นที่ตั้งฉากแกน Yสัมผัสด้านล่างของวงกลม ซึ่งค่าตำแหน่งที่เกิดจากตัดกันจะเป็นจุดศูนย์ของชิ้นงาน ซึ่งจะถูกเก็บใน Tool Data เพื่อใช้สำหรับอ้างอิงเครื่องมืออื่น

5.3.1.2 Speeds and Feeds

- ความเร็วหมุน (Spindle Speeds)

เมื่อเริ่มเขียนโปรแกรมการกัดชิ้นงานนั้น จำเป็นต้องกำหนดอัตราเร็ว (Speed) และอัตราการเคลื่อนที่(Feeds) ค่านี้จะเปลี่ยนไปตามชนิดของชิ้นงาน และประเภทของมีดกัด หลักการพื้นฐานการหาค่าอัตราเร็วจะใช้การเปิดตารางหาค่า Cutting Speeds แล้วจึงแทนสูตรเพื่อหาค่าอัตราเร็วในการหมุน(Spindle Speeds) ค่าอัตราความเร็วในการหมุนนั้นจะมีหน่วยเป็น รอบ/นาที

สูตรหาอัตราเร็วในการหมุน

Spindle Speeds = (1000*Cutting Speed(m/min))/(π *Cutter Diameter(mm))

- อัตราการเคลื่อนที่(Feed Rate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราเร็วการเคลื่อนที่ในระนาบX-Y ก็คือความเร็วของระนาบพื้นผิวชิ้นงาน ส่วนความเร็วในแกน Z จะเป็นความเร็วในการเจาะชิ้นงาน ซึ่งการหาค่าจะทำได้โดยการเปิดตารางซึ่งจำเป็นต้องรู้ชนิดของชิ้นงาน และชนิดของมีดกัดที่ใช้แล้วนำไปแทนในสูตร

สูตรหาอัตราการเคลื่อนที่

Feed Rate(mm/rev) = Feed Rate(mm/tooth)*Number of Teeth

หรือ

Feed Rate(mm/min) = Feed Rate(mm/rev)*Spindle Speed(rev/min)

5.3.2 รูปแบบการเขียนโปรแกรม

รูปแบบการเขียนโปรแกรมสำหรับโหมดการกลึงของเครื่องมือกล DUET จะมีรูปแบบดังนี้

LINE G M X Y Z I J K F S

โดยที่

LINE คือค่าลำดับของโปรแกรม

G คือฟังก์ชันเพื่อการจัดเตรียม

M คือฟังก์ชันเพื่อการอื่น

X คือ โคออดิเนทของค่าแกน X

Y คือ โคออดิเนทของค่าแกน Y

Z คือ โคออดิเนทของค่าแกน Z

I คือค่าอินเตอร์โพเลชั่น

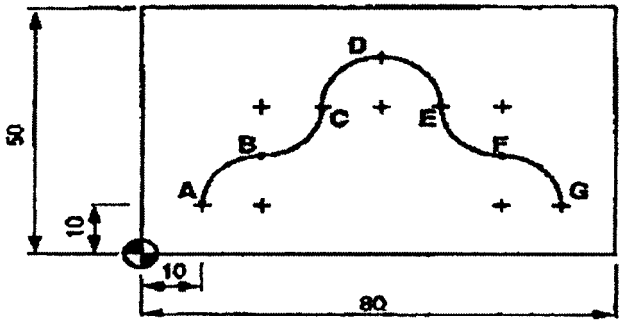
J คือจำนวนต้องการตัด

K คือค่าอินเตอร์โพเลชั่น

F คืออัตราเร็วการเคลื่อนที่(มม./นาที)

S คืออัตราเร็วหมุน(รอบ/นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่5. 9 ตัวอย่างของชิ้นงาน

Point	A	B	C	D	E	F	G
X	10	20	30	40	50	60	70
Y	10	20	30	40	30	20	10

จากรูปและระยะต่างๆ ณ ตำแหน่งต่างสามารถเขียนเป็นโปรแกรมได้ดังนี้

การทำงาน/รหัสคำสั่ง	N	G	M	X	Y	Z	I	J	F	S
เคลื่อนที่แบบแอบโซลูท	N10	90								
หน่วยการวัด	N20	71								
เปลี่ยนเครื่องมือ	N30			-5	-5	25				
เริ่มหมุน	N40		03							1500
ไปยังจุด A	N50			10	10	2				
เจาะชิ้นงาน	N60	01				-2			125	
A ไปยัง B	N70	02		20	20		10			
B ไปยัง C	N80	03		30	30		10			
C ไปยัง D	N90	02		40	40		10			
D ไปยัง E	N100	02		50	30		0	10		
E ไปยัง F	N110	03		60	20		10	0		
F ไปยัง G	N120	02		70	10		0	10		
ยกมีดกัดขึ้น	N130					2				
หยุดหมุน	N140		05	-5	-5	25				
จบโปรแกรม	N150		30							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

- **ข้อสรุป**

โครงงานนี้เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างแขนกลกับเครื่องมือกล CNC และ โซลินอยล์ โดยมี PC ควบคุมการทำงานของระบบ การติดต่อระหว่าง PC และแขนกลจะทำการส่งถ่ายข้อมูลผ่านทาง Serial Port RS-232 ส่วนการติดต่อระหว่าง PC กับเครื่องมือกล CNC จะติดต่อผ่านทาง Serial Port และ Parallel Port การทำงานระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะประสานกันได้โดยใช้สัญญาณจาก Box Control ของเครื่องมือกล CNC กับ Box Control ของแขนกล โดยสัญญาณจาก Box Control ของแขนกลจะมีสัญญาณให้เครื่องมือกลทำงาน และรับสัญญาณจาก Box Control ของเครื่องมือกล CNC เมื่อทำการกัดชิ้นงานเสร็จสิ้น ซึ่งสัญญาณนี้จะสั่งให้แขนกลไปหยิบชิ้นงานออกจากฐานรองชิ้นงานพร้อมทั้งหยุดการทำงานของโซลินอด์ย (ปิดวาล์ว)

ปัญหาที่เกิดขึ้นคือข้อกำหนดทางด้านตำแหน่ง หมายความว่า แขนกลจะทำงานในตำแหน่งที่มีการเซตตำแหน่งไว้ ถ้ามีการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ เช่น แขนกล , ฐานวางชิ้นงาน, เครื่องมือกล CNC จะทำให้การเคลื่อนที่ของแขนกลผิดพลาดไป ดังนั้นจะต้องตรวจสอบตำแหน่งของอุปกรณ์ทุกครั้งก่อนเริ่มการทำงาน

- **ข้อเสนอแนะ**

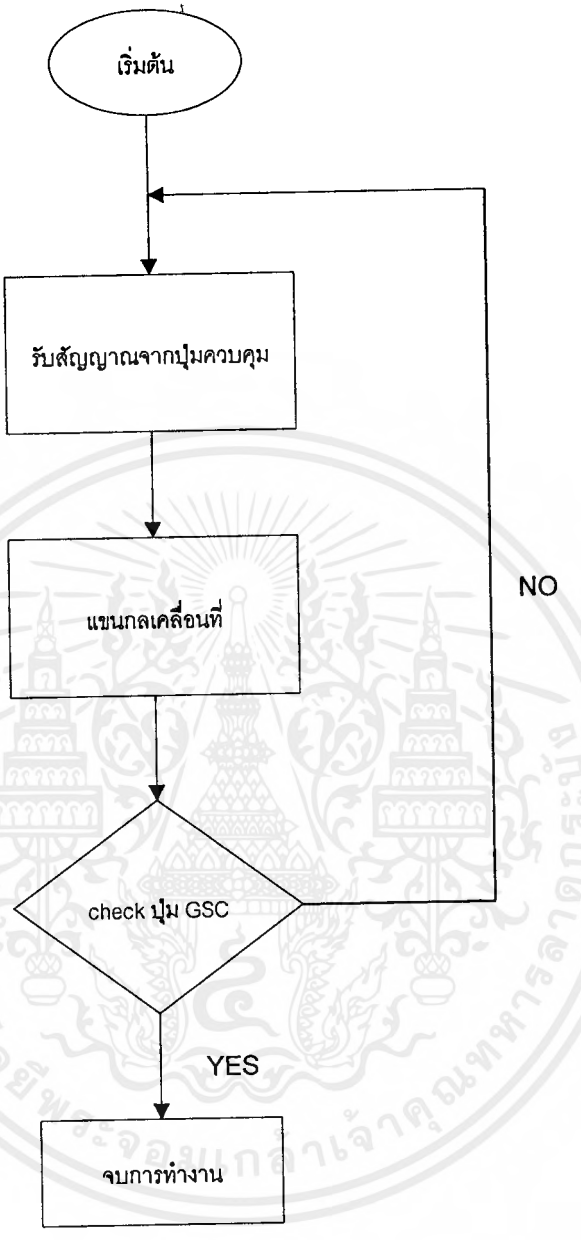
โครงงานนี้เป็นเพียงต้นแบบ ซึ่งควรมีการพัฒนาต่อไปโดยการติดตั้งกล้องที่จะสามารถตรวจสอบชิ้นงานว่าอยู่ตำแหน่งใด ซึ่งจะช่วยลดปัญหาที่เกี่ยวกับขอบเขตทางตำแหน่งลงได้ และควรจะมีการพัฒนา Software เพื่อลดข้อผิดพลาดทาง และกราฟิกต่างๆซึ่งจะทำให้เห็นภาพที่แท้จริงขอกงการทำงาน พร้อมทั้งควรพัฒนา Software ที่รวมการทำงานของเครื่องมือกล CNC และแขนกลให้เป็นโปรแกรมเดียวกัน ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้ระบบ และยังลดการใช้ทรัพยากรลงได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

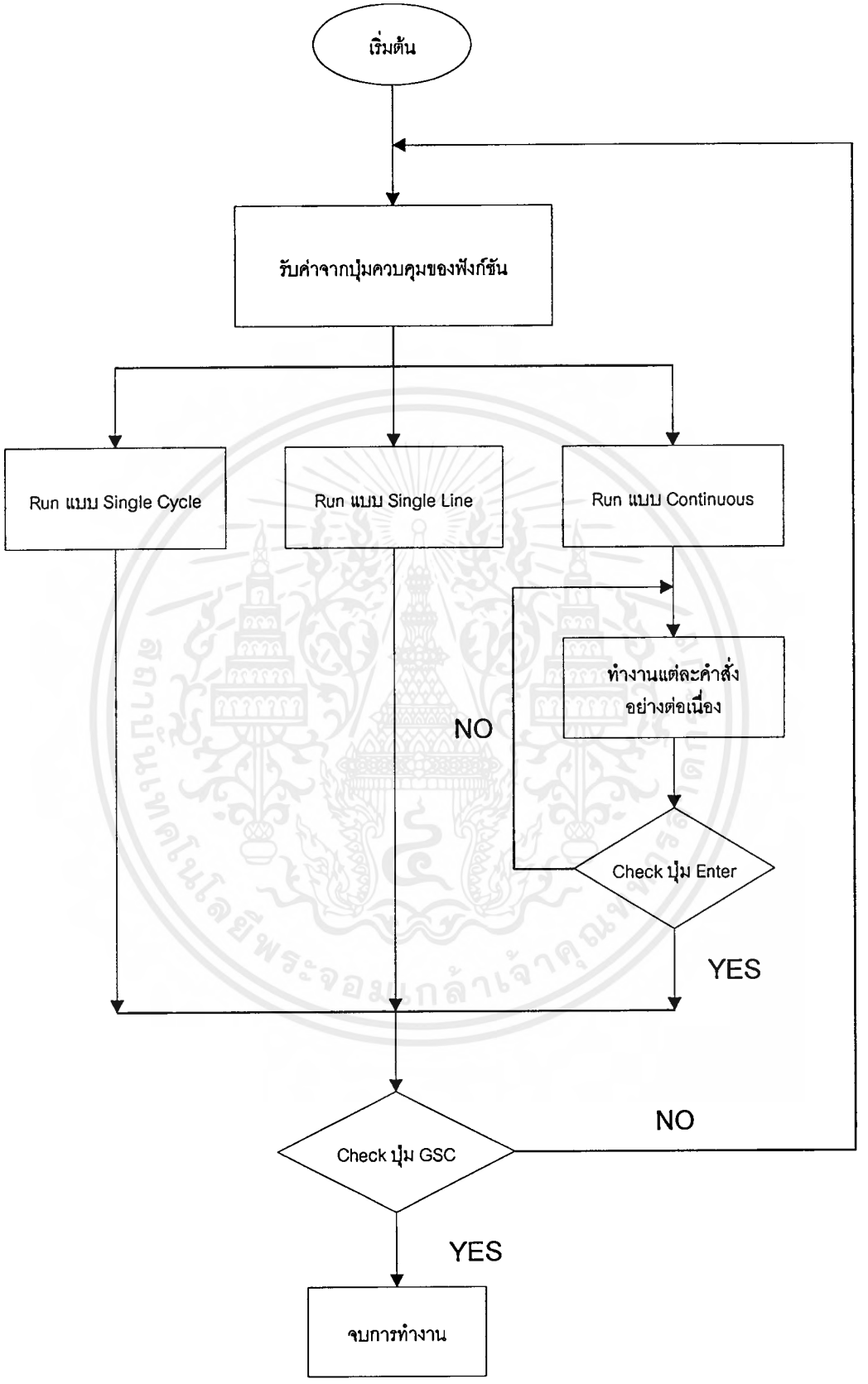
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart ฟังก์ชัน Teach Position ของแขนกล



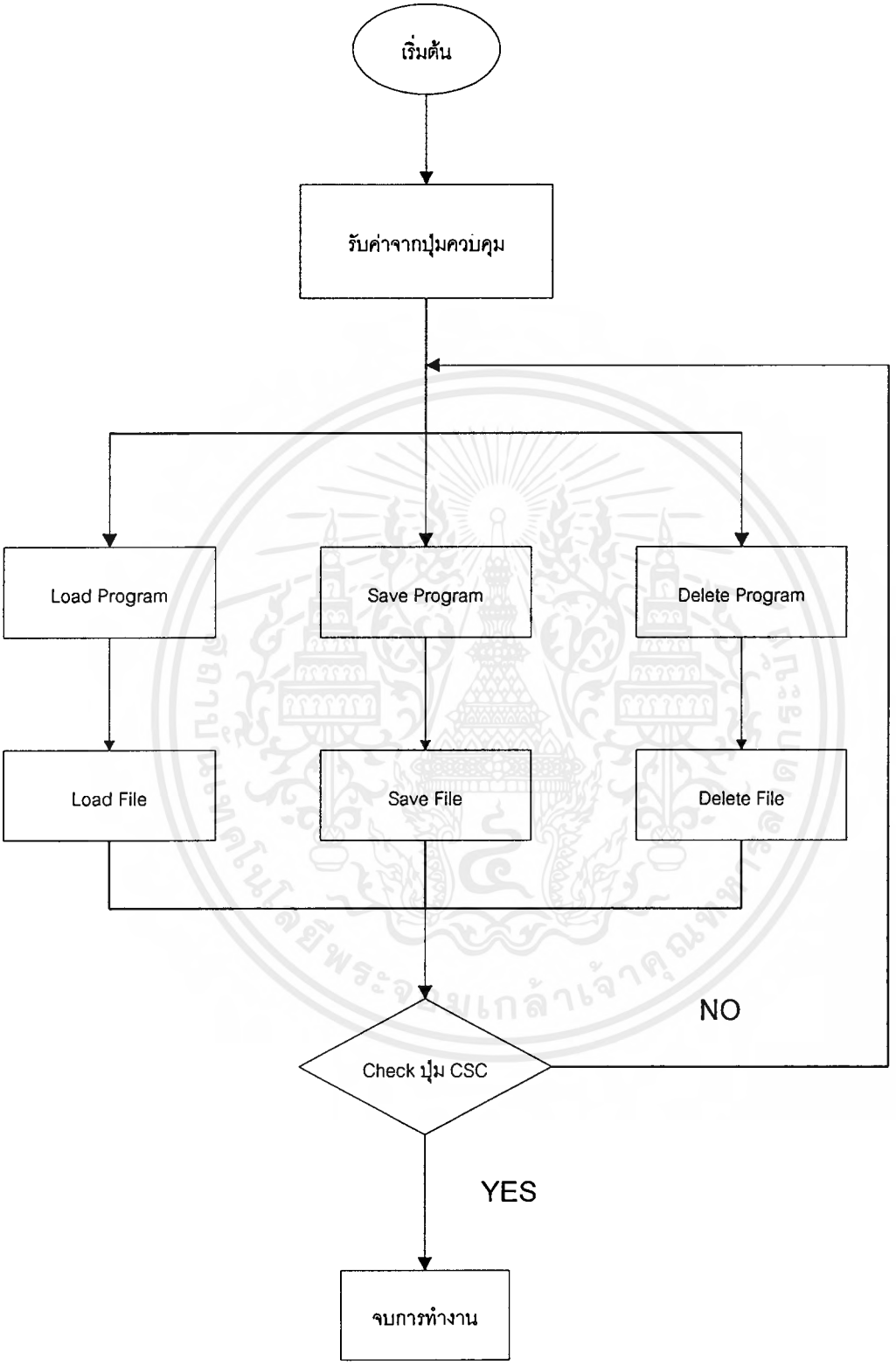
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart Run Program ของแขนกล



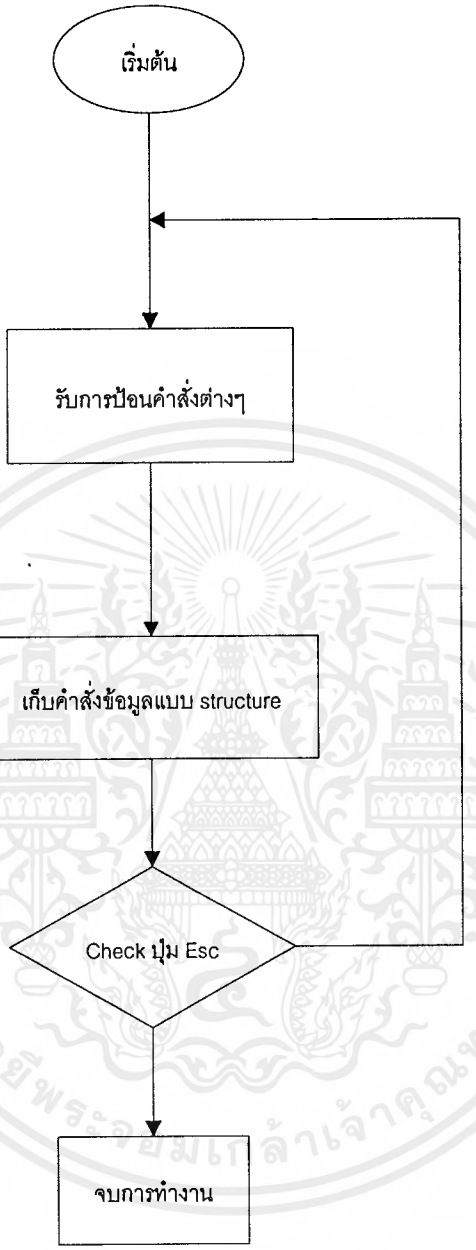
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart ฟังก์ชัน Program Handing ของแขนกล



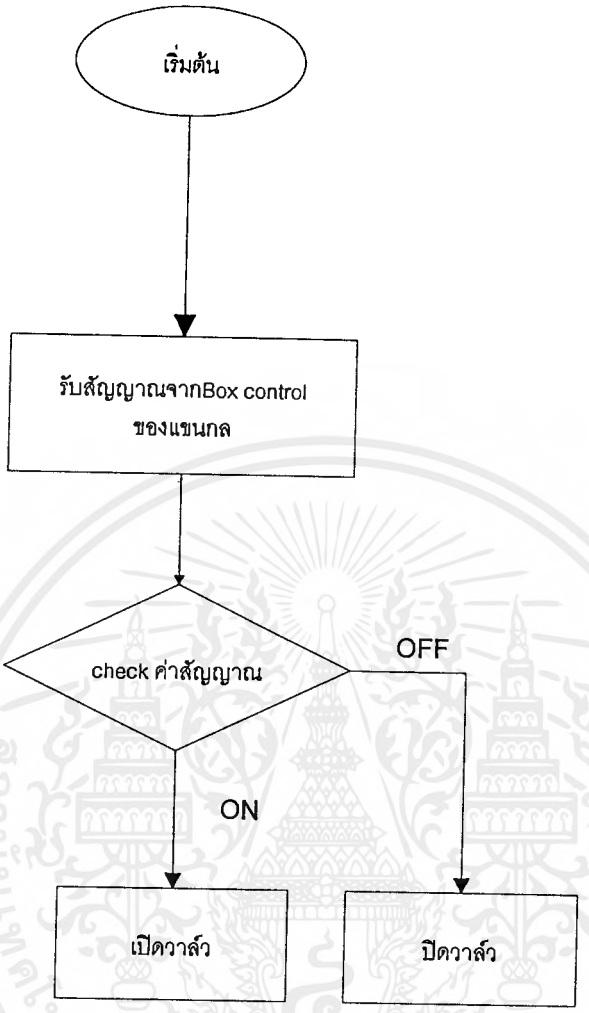
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart ฟังก์ชันEdit Program ของแขนกล



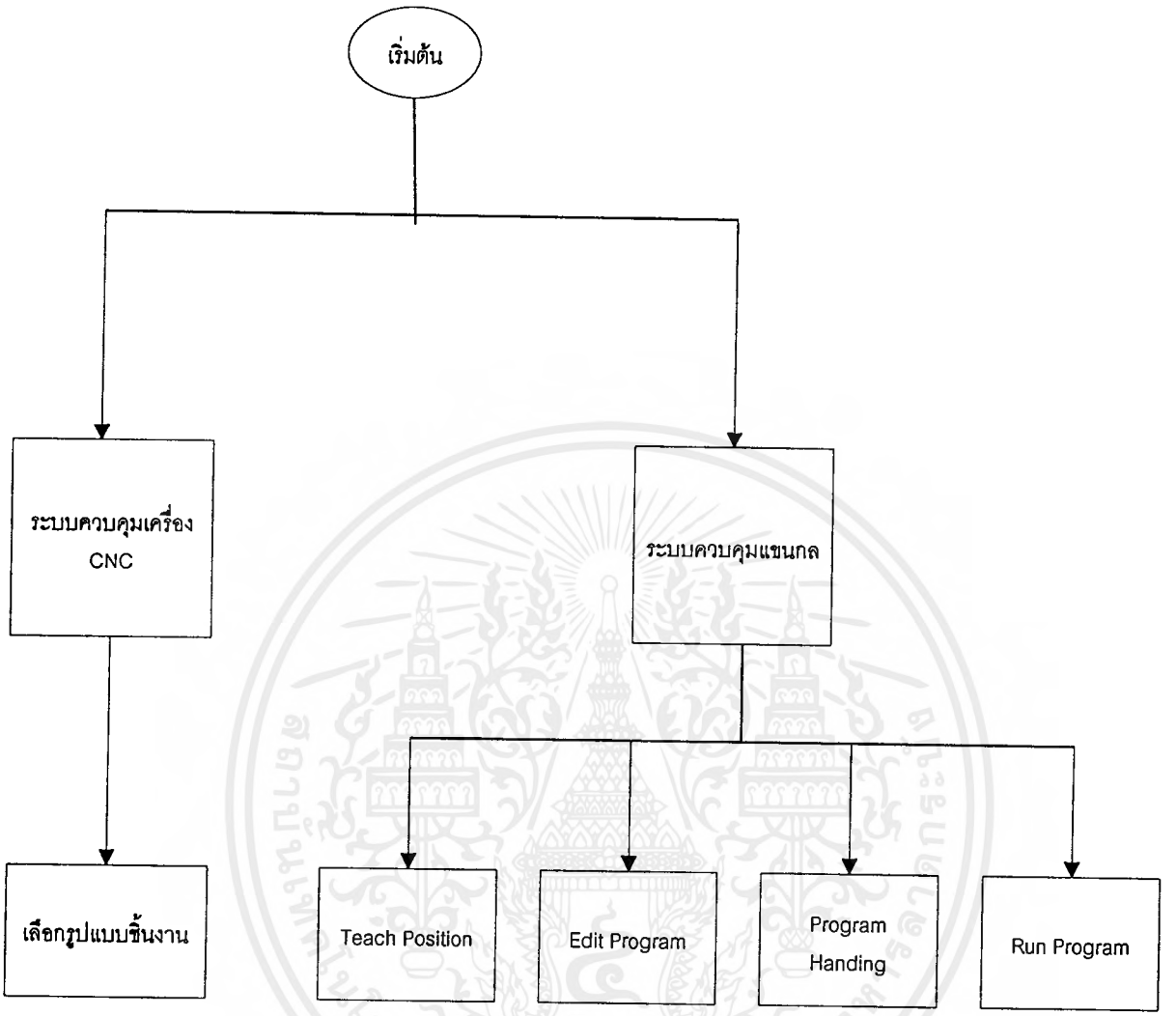
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart การทำงานของขดลวดโซลินอด์ย



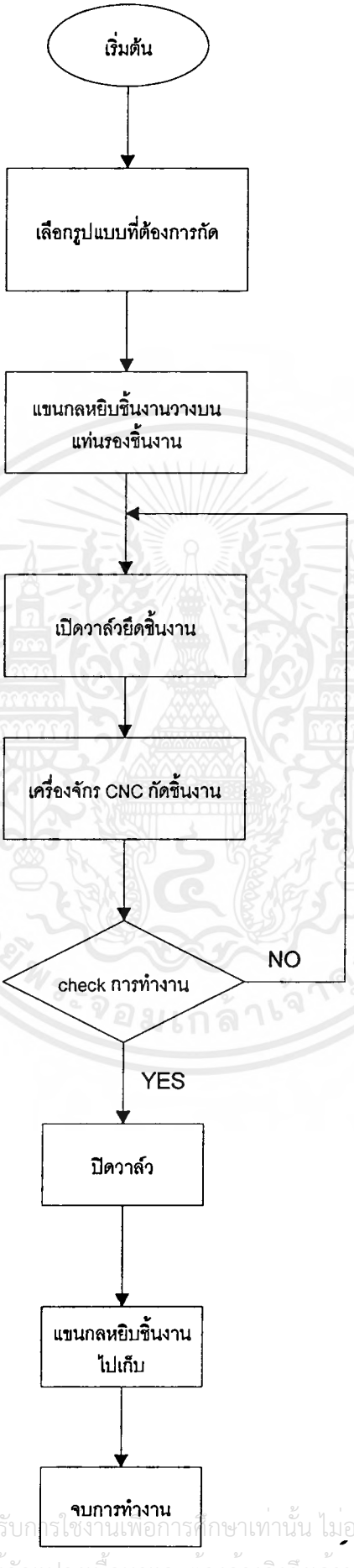
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart แสดงระบบรวม



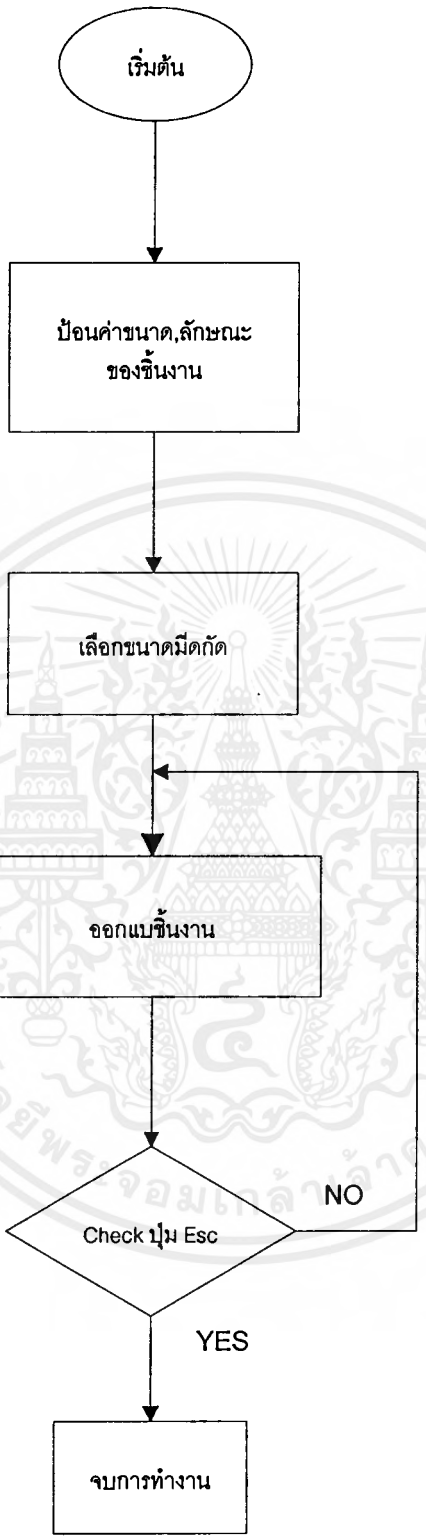
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart การทำงานของเครื่องจักรCNC และแขนกล



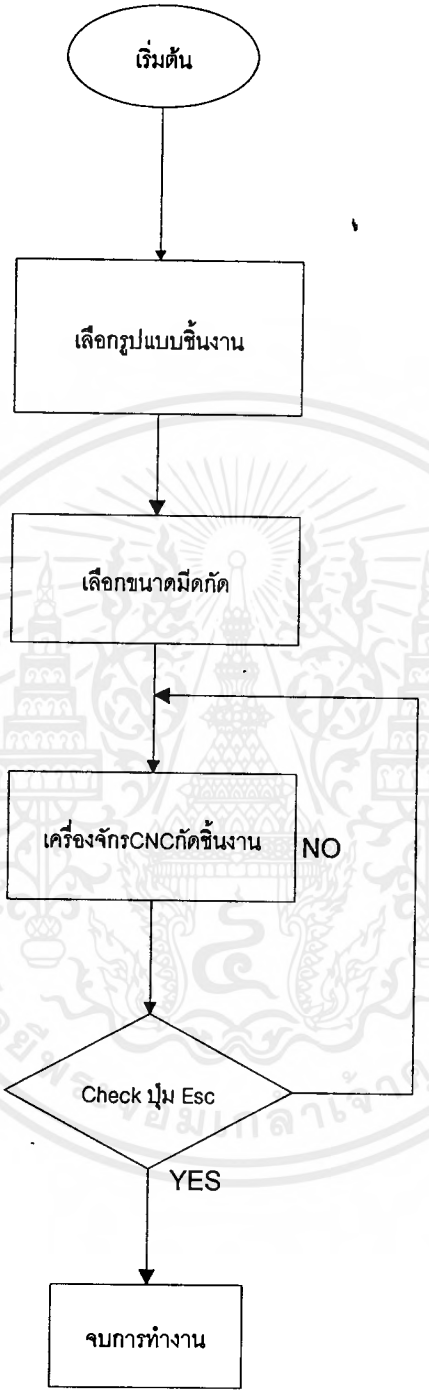
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart การออกแบบชิ้นงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart การทำงานของเครื่องจักร CNC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ Tabot.cpp

```
#include <fstream.h>
#include <graphics.h>
#include <conio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <dos.h>
#include <ctype.h>
#include <stdio.h>
#include "mouse.h"
#include "mouse3.cpp"
#include "graph1.h"
#define Port 0
struct datatype
{    int number;
     int speed;
     char o_c;
     int on_op,off_op,jump_to,input; }
 data[300];
int count=1,sline;
int ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,ia7;
 int de2=30,de3=22,de4=45,de5=35,de6=30,de7=45,de8=45,de9=60,de10=80;
float a1,a2,a3,a4,a5,a6;
float aa1[50],aa2[50],aa3[50],aa4[50],aa5[50],aa6[50];
int iaa1[50],iaa2[50], iaa3[50],iaa4[50],iaa5[50],iaa6[50] , iaa7[50];
int chkrec[50],se1;
int da1,da2,da3,da4, dia3,dia4,da5,da6,da7;
float o2,o3,o4,o5,o6,o7,io5,x,y,z;
void Robot_Arm();
void Manual();
void send_port(int port,unsigned char data);
void send_str(char*data);
void init_port(int port,unsigned char code);
void edit();
void display();
void handling();
void save();
void load();
void delet();
void catalog();
void run();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void single_cycle();
void single_line();
void continuous();
int input_set(int);
extern void kinematic(float,float,float,float,float,float,float);
extern void rec(int);
extern void go_to(int,int);
void clear(int,int);
void del(int,int,int,int);
int getnum(int,int);
char* getstr(int,int);
char* conv(int);
char setchar(int);
const int frame=0;
main()
{int GrDriver=DETECT,GrMode,GrError;
initgraph(&GrDriver,&GrMode,"");
GrError=graphresult();
if(GrError!=0)
    {       cout<<"\aGraphics Error:"<<grapherrormsg(GrError);
            exit(GrError);    }
setcolor(BLUE);
setbkcolor(YELLOW);
Board board1(2,2,637,477,YELLOW,BLUE,1);
board1.Display();
char* text;
text="SUPBOT";
char* text2;
for (;;)
    { board1.Display();
    settextstyle(TRIPLEX_FONT,HORIZ_DIR,14);
    outtextxy((getmaxx()/2)-(textwidth(text)/2),20,text);
    settextstyle(TRIPLEX_SCR_FONT,HORIZ_DIR,2);
    setcolor(GREEN);
    text2="CONTROL ENGINEERING PRODUCTION OF KMIT'L";
    outtextxy((getmaxx()/2)-(textwidth(text2)/2),160,text2);
    setbkcolor(BLACK);
    mouse();
    mouse_show_cursor();
    Menu menu1(40,300,120,360,BLUE,LIGHTGRAY,1,3,1);
    Menu menu2(200,300,280,360,BLUE,LIGHTGRAY,1,3,1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Menu menu3(360,300,440,360,BLUE,LIGHTGRAY,1,3,1);
    Menu menu4(520,300,600,360,BLUE,LIGHTGRAY,1,3,1);
    settextstyle(SMALL_FONT,HORIZ_DIR,5);
    menu1.Gettext("ROBOT ARM");
    menu2.Gettext("CNC");
    menu3.Gettext("RUN");
    menu4.Gettext("EXIT");
    menu1.Display3d();   menu2.Display3d();   menu3.Display3d();   menu4.Display3d();
    Int number,x,y,press=0;
    char ch='?';
    mouse_times_released(0,&number,&x,&y);
    mouse_times_released(0,&number,&x,&y);
    do
    {       if(kbhit()) ch=getch();
            if(ch==27)  { closegraph(); exit(0); }
            menu1.Check_left_press(1,&press,ch,YELLOW);
            menu2.Check_left_press(2,&press,ch,YELLOW);
            menu3.Check_left_press(3,&press,ch,YELLOW);
            menu4.Check_left_press(4,&press,ch,YELLOW);
            if (press) mouse_times_released (0,&number,&x,&y);
            else{mouse_times_released(0,&number,&x,&y); number=0;}
            }while(!number);
    menu1.Display3d();   menu2.Display3d();   menu3.Display3d();   menu4.Display3d();
    if (press==1) Robot_Arm();
    if (press==4)
            { outtextxy(230,450,"Are you sure?(Y or N):");
              ch=getch();
              if (toupper(ch)=='Y')
              { closegraph();
                exit(0); }}
void Robot_Arm()
{  for(;;)
   { Board board2(0,0,639,120,YELLOW,BLUE,1);
     setcolor(BLUE);
     setbkcolor(LIGHTGRAY);
     setviewport(0,0,639,479,0);
     clearviewport();
     board2.Display();
     settextstyle(TRIPLEX_FONT,HORIZ_DIR,5);
     outtextxy((getmaxx()/2)-(textwidth("ROBOT ARM")/2),20,"ROBOT ARM");
     settextstyle(TRIPLEX_FONT,HORIZ_DIR,2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    outtextxy((getmaxx()/2)-(textwidth("MAIN MENU")/2),80,"MAIN MENU");
    Menu menu5(80,160,220,200,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
    Menu menu6(76,280,220,320,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
    Menu menu7(420,160,560,200,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
    Menu menu8(420,280,560,320,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
    Menu menu9(250,400,370,440,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
    menu5.Gettext("TEACH POSITION (T)");
    menu6.Gettext("PROGRAM HANDING(P)");
    menu7.Gettext("EDIT PROGRAM (E)");
    menu8.Gettext("RUN PROGRAM (R)");
    menu9.Gettext("HOME (H)");
    settextstyle(SMALL_FONT,HORIZ_DIR,5);
    menu5.Display3d();    menu6.Display3d();    menu7.Display3d();
    menu8.Display3d();    menu9.Display3d();
    int x,y,number,press=0;
    char ch='?';
    mouse_times_released(0,&number,&x,&y);
    mouse_times_released(0,&number,&x,&y);
    do
    {       if(kbhit()) ch=getch();
            if(ch==27)  break;
            menu5.Check_left_press(5,&press,ch,getbkcolor());
            menu6.Check_left_press(6,&press,ch,getbkcolor());
            menu7.Check_left_press(7,&press,ch,getbkcolor());
            menu8.Check_left_press(8,&press,ch,getbkcolor());
            menu9.Check_left_press(9,&press,ch,getbkcolor());
            if (press) mouse_times_released(0,&number,&x,&y);
             else{mouse_times_released(0,&number,&x,&y); number=0;}
    } while(!number);
    menu5.Display3d();    menu6.Display3d();    menu7.Display3d();
    menu8.Display3d();    menu9.Display3d();
    switch (press)
    {       case 5: Manual(); break;
            case 6: handling(); break;
            case 7: edit(); break;
            case 8: run(); break;
            default: break;    }
   if (ch==27) { ch='?'; break; }
 void Manual()
{           char r1_1;
            int no;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
char* recstr;
se1=58;
init_port(Port,231);
send_str("1V0");  send_str("5V0");
send_str("2V0");  send_str("6V0");
send_str("3V0");  send_str("7V0");
send_str("4V0");  send_str("8V0");
setcolor(BLUE);
setbkcolor(BLACK);
setviewport(0,0,639,479,0);
clearviewport();
Board board3(0,0,639,479,WHITE,BLUE,1);
board3.Display();
settextstyle(TRIPLEX_FONT,HORIZ_DIR,3);
outtextxy((getmaxx()/2)-(textwidth("TEACH POSITION")/2),20,
"TEACH POSITION");
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
outtextxy(30,85,"move base");
Menu menu10(140,80,210,100,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
Menu menu11(230,80,300,100,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
outtextxy(30,125,"move shoulder");
Menu menu12(140,120,210,140,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
Menu menu13(230,120,300,140,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
outtextxy(30,165,"move elbow");
Menu menu14(140,160,210,180,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
Menu menu15(230,160,300,180,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
outtextxy(10,205,"move wrist-pitch");
Menu menu16(140,200,210,220,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
Menu menu17(230,200,300,220,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
outtextxy(10,245,"move wrist-roll");
Menu menu18(140,240,210,260,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
Menu menu19(230,240,300,260,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
outtextxy(10,285,"move slide-base");
Menu menu20(140,280,210,300,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
Menu menu21(230,280,300,300,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
outtextxy(350,85,"move disk");
Menu menu22(460,80,530,100,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
Menu menu23(550,80,620,100,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
outtextxy(360,125,"gripper");
Menu menu24(460,120,530,140,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
Menu menu25(550,120,620,140,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
menu11.Check_left_press(11,&press,ch,getbkcolor());
menu12.Check_left_press(12,&press,ch,getbkcolor());
menu13.Check_left_press(13,&press,ch,getbkcolor());
menu14.Check_left_press(14,&press,ch,getbkcolor());
menu15.Check_left_press(15,&press,ch,getbkcolor());
menu16.Check_left_press(16,&press,ch,getbkcolor());
menu17.Check_left_press(17,&press,ch,getbkcolor());
menu18.Check_left_press(18,&press,ch,getbkcolor());
menu19.Check_left_press(19,&press,ch,getbkcolor());
menu20.Check_left_press(20,&press,ch,getbkcolor());
menu21.Check_left_press(21,&press,ch,getbkcolor());
menu22.Check_left_press(22,&press,ch,getbkcolor());
menu23.Check_left_press(23,&press,ch,getbkcolor());
menu24.Check_left_press(24,&press,ch,getbkcolor());
menu25.Check_left_press(25,&press,ch,getbkcolor());
menu26.Check_left_press(26,&press,ch,getbkcolor());
menu27.Check_left_press(27,&press,ch,getbkcolor());
menu28.Check_left_press(28,&press,ch,getbkcolor());
menu29.Check_left_press(29,&press,ch,getbkcolor());
menu30.Check_left_press(30,&press,ch,getbkcolor());
menu31.Check_left_press(31,&press,ch,getbkcolor());
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
switch (press)
{       case 26 : clear(380,WHITE);
                  outtextxy(160,380,"Speed Fast       "); sup=10;
                  send_str("1V0"); send_str("2V0"); send_str("3V0");
                  send_str("4V0"); send_str("5V0"); send_str("6V0");
                  send_str("7V0"); send_str("8V0"); se1=58; break;
        case 27 :do
        {       clear(380,WHITE);
                outtextxy(160,380,"Speed#(1-9)      ");
                se1=getch();
        }while ((se1!=0x1b)&&(se1!=49)&&(se1!=50)&&(se1!=51)
            &&(se1!=52)&&(se1!=53)&&(se1!=54)&&(se1!=55)
            &&(se1!=56)&&(se1!=57));
        switch (se1)
        {       case 49:outtextxy(260,380,"1");  sup=1;
                        send_str("1V1"); send_str("2V1");
                        send_str("3V1"); send_str("4V1");
                        send_str("5V1"); send_str("6V1");
                        send_str("7V1"); send_str("8V1"); break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
case 50:outtextxy(260,380,"2");  sup=2;
        send_str("1V2"); send_str("2V2");
        send_str("3V2"); send_str("4V2");
        send_str("5V2"); send_str("6V2");
        send_str("7V2"); send_str("8V2"); break;
case 51:outtextxy(260,380,"3");  sup=3;
        send_str("1V3"); send_str("2V3");
        send_str("3V3"); send_str("4V3");
        send_str("5V3"); send_str("6V3");
        send_str("7V3"); send_str("8V3"); break;
case 52:outtextxy(260,380,"4");  sup=4;
        send_str("1V4"); send_str("2V4");
        send_str("3V4"); send_str("4V4");
        send_str("5V4"); send_str("6V4");
        send_str("7V4"); send_str("8V4"); break;
case 53:outtextxy(260,380,"5");  sup=5;
        send_str("1V5"); send_str("2V5");
        send_str("3V5"); send_str("4V5");
        send_str("5V5"); send_str("6V5");
        send_str("7V5"); send_str("8V5"); break;
case 54:outtextxy(260,380,"6");  sup=6;
        send_str("1V6"); send_str("2V6");
        send_str("3V6"); send_str("4V6");
        send_str("5V6"); send_str("6V6");
        send_str("7V6"); send_str("8V6"); break;
case 55:outtextxy(260,380,"7");  sup=7;
        send_str("1V7"); send_str("2V7");
        send_str("3V7"); send_str("4V7");
        send_str("5V7"); send_str("6V7");
        send_str("7V7"); send_str("8V7"); break;
case 56:outtextxy(260,380,"8");  sup=8;
        send_str("1V8"); send_str("2V8");
        send_str("3V8"); send_str("4V8");
        send_str("5V8"); send_str("6V8");
        send_str("7V8"); send_str("8V8"); break;
case 57:outtextxy(260,380,"9");  sup=9;
        send_str("1V9"); send_str("2V9");
        send_str("3V9"); send_str("4V9");
        send_str("5V9"); send_str("6V9");
        send_str("7V9"); send_str("8V9"); break;
default:break; }break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
case  28 :clear(380,WHITE);
            outtextxy(160,380," goto position:...");
            no=getnum(290,380);
           if (chkrec[no]) go_to(no,sup);
            else {clear(380,WHITE); outtextxy(200,380,"no record");}
            break;
  case  29 :clear(380,WHITE);
            outtextxy(160,380,"record position:...");
            no=getnum(290,380);
            chkrec[no]=1;
            rec(no); break;
    case  10 :r1_1='9';
            switch(se1)
            {   case 49:send_str("1M+0001\r"); ia1=ia1+1;
                      kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 50:send_str("1M+0005\r"); ia1=ia1+5;delay(de2);
                      kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 51:send_str("1M+0005\r"); ia1=ia1+5;delay(de3+3);
                      kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 52:send_str("1M+0010\r"); ia1=ia1+10;delay(de4);
                      kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 53:send_str("1M+0010\r"); ia1=ia1+10;delay(de5);
                      kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 54:send_str("1M+0010\r"); ia1=ia1+10;delay(de6);
                      kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 55:send_str("1M+0015\r"); ia1=ia1+15;delay(de7);
                      kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 56:send_str("1M+0015\r"); ia1=ia1+15;delay(de8);
                      kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 57:send_str("1M+0020\r"); ia1=ia1+20;delay(de9);
                      kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 58:send_str("1M+0025\r"); ia1=ia1+25;delay(de10);
                      kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                default:break;     }
            send_str("A");
            r1_1=inport(0x3f8);
            if (r1_1=='1')
            {   send_str("1p"); send_str("1M-0030\r");
                a1=a1-1.0; ia1=ia1-30;
                kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                clear(380,WHITE);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
outtextxy(40,380,"'Motor 1 error':press 'm' to return to menu    or press
'c' to continue");
do
{     choose=getch();
      switch(choose)
      {     case 99 : send_str("C");clear(380,WHITE);
                        outtextxy(40,380,"OK..!");  break;
            case 109: send_str("1P");
                        send_str("1I");
                        r1_1=inport(0x3f8);
                        clear(380,WHITE);
                        outtextxy(40,380,"OK..!");  break;
  default: break;       }
  }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
}break;
case 11 :r1_1='9';
      switch(se1)
      {     case 49:send_str("1M-0001\r"); ia1=ia1-1;
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
            case 50:send_str("1M-0005\r"); ia1=ia1-5;delay(de2);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break
           case  51: send_str("1M-0005\r"); ia1=ia1-5;delay(de3+5);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
            case 52:send_str("1M-0010\r"); ia1=ia1-10;delay(de4);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
            case 53:send_str("1M-0010\r"); ia1=ia1-10;delay(de5);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
           case 54:send_str("1M-0010\r"); ia1=ia1-10;delay(de6);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
            case 55:send_str("1M-0015\r"); ia1=ia1-15;delay(de7);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
            case 56:send_str("1M-0015\r"); ia1=ia1-15;delay(de8);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
            case 57:send_str("1M-0020\r"); ia1=ia1-20;delay(de9);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
            case 58:send_str("1M-0025\r"); ia1=ia1-25;delay(de10);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
            default:break;          }
      send_str("A");
      r1_1=inport(0x3f8);
      if (r1_1=='1')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{   send_str("1p"); send_str("1M+0030\r");
    a1=a1+1.0; ia1=ia1+30;
    kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
    clear(380,WHITE);
    outtextxy(40,380,"'Motor 1 error':press 'm' to return to
    menu or press 'c' to continue")
    do
      { choose=getch();
        switch(choose)
         { case 99 : send_str("C"); break;
           case 109: send_str("1P");
           send_str("1I");
           r1_1=inport(0x3f8); break;
           default: break;  }
         }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
  }break;
case  12 :r1_1='9';
  switch(se1)
  { case 49: send_str("2M-0001\r"); ia2=ia2-1;
           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
    case 50:send_str("2M-0005\r"); ia2=ia2-5;delay(de2+5);
           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
    case 51:send_str("2M-0005\r"); ia2=ia2-5;delay(de3+5);
           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
    case 52:send_str("2M-0010\r"); ia2=ia2-10;delay(de4+5);
           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
    case 53:send_str("2M-0010\r"); ia2=ia2-10;delay(de5+10);
           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
    case 54:send_str("2M-0010\r"); ia2=ia2-10;delay(de6+10);
           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
    case 55:send_str("2M-0015\r"); ia2=ia2-15;delay(de7+15);
           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
    case 56:send_str("2M-0015\r"); ia2=ia2-15;delay(de8+15);
           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
    case 57:send_str("2M-0020\r"); ia2=ia2-20;delay(de9+20);
           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
    case 58:send_str("2M-0025\r"); ia2=ia2-25;delay(de10+25);
           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);  break;
    default:break;    }
send_str("A");
r1_1=inport(0x3f8);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if (r1_1=='2')
        {send_str("2p"); send_str("2M+0030\r");
         a2=a2+1.0; ia2=ia2+30;
         kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
         clear(380,WHITE);
         outtextxy(40,380,"'Motor 2 error':press 'm' to return to menu
         or press 'c' to continue");
        do
         {       choose=getch();
                 switch(choose)
                  {case 99 : send_str("C"); break;
                    case 109: send_str("2P");
                              send_str("2i");
                              r1_1=inport(0x3f8); break;
                     default: break;  }
                 }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
        }break;
case  13 :r1_1='9';
        switch(se1)
        {case 49:send_str("2M+0001\r"); ia2=ia2+1;
                 kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
        case 50:send_str("2M+0005\r"); ia2=ia2+5;delay(de2);
                 kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
        case 51:send_str("2M+0005\r"); ia2=ia2+5;delay(de3);
                 kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
        case 52:send_str("2M+0010\r"); ia2=ia2+10;delay(de4);
                 kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
        case 53:send_str("2M+0010\r"); ia2=ia2+10;delay(de5);
                 kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
        case 54:send_str("2M+0010\r"); ia2=ia2+10;delay(de6);
                 kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
        case 55:send_str("2M+0015\r"); ia2=ia2+15;delay(de7);
                 kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
        case 56:send_str("2M+0015\r"); ia2=ia2+15;delay(de8);
                 kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
        case 57:send_str("2M+0020\r"); ia2=ia2+20;delay(de9);
                 kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
        case 58:send_str("2M+0025\r"); ia2=ia2+25;delay(de10);
                 kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
        default:break;      }
send_str("A");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
r1_1=inport(0x3f8);
if (r1_1=='2')
        {  send_str("2p"); send_str("2M-0030\r");
           a2=a2-1.0; ia2=ia2-30;
           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
           clear(380,WHITE);
           outtextxy(40,380,"'Motor 2 error':press 'm' to return to menu
           or press 'c' to continue");
           do
           {        choose=getch();
                    switch(choose)
                     {case 99 : send_str("C"); break;
                       case 109: send_str("2P");
                                 send_str("2i");
                                 r1_1=inport(0x3f8); break;
                        default: break;   }
                    }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
        }break;
case  14 :r1_1='9';
        switch(se1)
        { case 49:send_str("3M+0001\r"); ia3=ia3-1;
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
          case 50:send_str("3M+0005\r"); ia3=ia3-5;delay(de2);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
          case 51:send_str("3M+0005\r"); ia3=ia3-5;delay(de3);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
          case 52:send_str("3M+0010\r"); ia3=ia3-10;delay(de4+5);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
          case 53:send_str("3M+0010\r"); ia3=ia3-10;delay(de5+5);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
          case 54:send_str("3M+0010\r"); ia3=ia3-10;delay(de6+5);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
          case 55:send_str("3M+0015\r"); ia3=ia3-15;delay(de7+10);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
          case 56:send_str("3M+0015\r"); ia3=ia3-15;delay(de8+15);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
          case 57:send_str("3M+0020\r"); ia3=ia3-20;delay(de9+15);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
          case 58:send_str("3M+0025\r"); ia3=ia3-25;delay(de10+15);
                  kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
          default:break; }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                send_str("A");
                r1_1=inport(0x3f8);
                if (r1_1=='3')
                        { send_str("3p"); send_str("3M-0030\r");
                          a3=a3+1.0; ia3=ia3+30;
                          kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                          clear(380,WHITE);
                          outtextxy(40,380,"'Motor 3 error':press 'm' to return to menu
                          or press 'c' to continue");
                          do
                          {       choose=getch();
                                  switch(choose)
                                   {case 99 : send_str("C"); break;
                                     case 109: send_str("3P");
                                               send_str("3i");
                                               r1_1=inport(0x3f8); break;
                                    default: break;  }
                                  }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
                        }break;
        case  15 :r1_1='9';
                switch(se1)
                {  case 49:send_str("3M-0001\r"); ia3=ia3+1;
                           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                   case 50:send_str("3M-0005\r"); ia3=ia3+5;delay(de2);
                           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                   case 51:send_str("3M-0005\r"); ia3=ia3+5;delay(de3);
                           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                   case 52:send_str("3M-0010\r"); ia3=ia3+10;delay(de4);
                           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                   case 53:send_str("3M-0010\r"); ia3=ia3+10;delay(de5);
                           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                   case 54:send_str("3M-0010\r"); ia3=ia3+10;delay(de6);
                           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                   case 55:send_str("3M-0015\r"); ia3=ia3+15;delay(de7);
                           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                   case 56:send_str("3M-0015\r"); ia3=ia3+15;delay(de8);
                           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                   case 57:send_str("3M-0020\r"); ia3=ia3+20;delay(de9);
                           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                   case 58:send_str("3M-0025\r"); ia3=ia3+25;delay(de10);
                           kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                default:break; }
            send_str("A");
            r1_1=inport(0x3f8);
            if (r1_1=='3')
                {send_str("3p"); send_str("3M+0030\r");
                 a3=a3-1.0; ia3=ia3-30;
                 kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                 clear(380,WHITE);
                 outtextxy(40,380,"'Motor 3 error':press 'm' to return to menu
                 or press 'c' to continue");
                 do
                   {    choose=getch();
                        switch(choose)
                         {case 99 : send_str("C"); break;
                           case 109: send_str("3P");
                                     send_str("3i");
                                     r1_1=inport(0x3f8); break;
                          default: break;  }
                        }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
                }break;
case  16 :r1_1='9';
                switch(se1)
                {case 49:send_str("5M-0001\r"); send_str("4M+0001\r");
                         ia4=ia4-1;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 50:send_str("5M-0005\r"); send_str("4M+0005\r");
                         ia4=ia4-5;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                         delay(de2-5); break;
                case 51:send_str("5M-0005\r"); send_str("4M+0005\r");
                         ia4=ia4-5;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                         delay(de3-10); break;
                case 52:send_str("5M-0010\r"); send_str("4M+0010\r");
                         ia4=ia4-10;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                         delay(de4-5); break;
                case 53:send_str("5M-0010\r"); send_str("4M+0010\r");
                         ia4=ia4-10;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                         delay(de5-10); break;
                case 54:send_str("5M-0010\r"); send_str("4M+0010\r");
                         ia4=ia4-10;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                         delay(de6-10); break;
                case 55:send_str("5M-0015\r"); send_str("4M+0015\r");
                         ia4=ia4-15;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                delay(de7-5); break;
        case 56:send_str("5M-0015\r"); send_str("4M+0015\r");
                ia4=ia4-15;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                delay(de8); break;
        case 57:send_str("5M-0020\r"); send_str("4M+0020\r");
                ia4=ia4-20;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                delay(de9); break;
        case 58:send_str("5M-0025\r"); send_str("4M+0025\r");
                ia4=ia4-25;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                delay(de10); break;
        default:break;     }
send_str("A");
r1_1=inport(0x3f8);
if ((r1_1=='4')||(r1_1=='5'))
        {  switch (r1_1)
          {    case '4':send_str("4p"); send_str("5p");
                        send_str("4M-0030\r");
                        send_str("5M+0030\r");
                        a4=a4+1.0; ia4=ia4+30;
                        kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                        clear(380,WHITE);
                        outtextxy(40,380,"'Motor 4 error':press 'm' to
                        return to menu or press 'c' to continue");
                        do
                                { choose=getch();
                                switch(choose)
                                 { case 99 : send_str("C"); break;
                                   case 109: send_str("4P");
                                             send_str("4i");
                                             r1_1=inport(0x3f8); break;
                                   default: break;      }
                                }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
                                break;
               case '5': send_str("4p"); send_str("5p");
                        send_str("4M-0030\r");
                        send_str("5M+0030\r");
                        a4=a4+1.0; ia4=ia4+30;
                        kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                        clear(380,WHITE);
                        outtextxy(40,380,"'Motor 5 error':press 'm' to return
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    to menu or press 'c' to continue");
                    do
                        { choose=getch();
                          switch(choose)
                           {case 99 : send_str("C"); break;
                            case 109: send_str("5P");
                                      send_str("4i");
                                       r1_1=inport(0x3f8); break;
                             default: break;      }
                           }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
                          break;
                default: break;   }
              }break;
case  17 :r1_1='9';
          switch(se1)
           {case 49:send_str("5M+0001\r"); send_str("4M-0001\r");
                    ia4=ia4+1;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
            case 50:send_str("5M+0005\r"); send_str("4M-0005\r");
                    ia4=ia4+5;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                    delay(de2-5); break;
            case 51:send_str("5M+0005\r"); send_str("4M-0005\r");
                    ia4=ia4+5;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                    delay(de3-10); break;
            case 52:send_str("5M+0010\r"); send_str("4M-0010\r");
                    ia4=ia4+10;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                    delay(de4-5); break;
            case 53:send_str("5M+0010\r"); send_str("4M-0010\r");
                    ia4=ia4+10;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                    delay(de5-10); break;
            case 54:send_str("5M+0010\r"); send_str("4M-0010\r");
                    ia4=ia4+10;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                    delay(de6-10); break;
            case 55:send_str("5M+0015\r"); send_str("4M-0015\r");
                    ia4=ia4+15;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                    delay(de7-5); break;
            case 56:send_str("5M+0015\r"); send_str("4M-0015\r");
                    ia4=ia4+15;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                    delay(de8); break;
            case 57:send_str("5M+0020\r"); send_str("4M-0020\r");
                    ia4=ia4+20;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                    delay(de9); break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        case 58:send_str("5M+0025\r"); send_str("4M-0025\r");
                ia4=ia4+25;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                delay(de10); break;
        default:break;      }
send_str("A");
r1_1=inport(0x3f8);
if ((r1_1=='4')||(r1_1=='5'))
        {  switch (r1_1)
          { case '4': send_str("4p"); send_str("5p");
                send_str("4M+0030\r");
                send_str("5M-0030\r");
                a4=a4-1.0; ia4=ia4-30;
                kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                clear(380,WHITE);
                outtextxy(40,380,"'Motor 4 error':press 'm' to return
                to menu or press 'c' to continue");
                do
                  {  choose=getch();
                    switch(choose)
                    {case 99 : send_str("C"); break;
                     case 109: send_str("4P");
                               send_str("4i");
                               r1_1=inport(0x3f8); break;
                     default: break;   }
                    }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
                   break;
            case '5': send_str("4p"); send_str("5p");
                send_str("4M+0030\r");
                send_str("5M-0030\r");
                a4=a4-1.0; ia4=ia4-30;
                kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                clear(380,WHITE);
                outtextxy(40,380,"'Motor 5 error':press 'm' to return
                to menu or press 'c' to continue");
                do
                    {choose=getch();
                     switch(choose)
                      {case 99 : send_str("C"); break;
                       case 109: send_str("5P");
                                 send_str("4i");
                                 r1_1=inport(0x3f8); break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                        default: break;   }
                                      }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
                                      break;
                        default: break;   }
                    }break;
case  18 :r1_1='9';
            switch(se1)
            { case 49:send_str("5M+0001\r"); send_str("4M+0001\r");
                        ia5=ia5+1;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
              case 50:send_str("5M+0005\r"); send_str("4M+0005\r");
                        ia5=ia5+5;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                        delay(de2-5); break;
              case 51:send_str("5M+0005\r"); send_str("4M+0005\r");
                        ia5=ia5+5;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                        delay(de3-10); break;
              case 52:send_str("5M+0010\r"); send_str("4M+0010\r");
                        ia5=ia5+10;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                        delay(de4-5); break;
              case 53:send_str("5M+0010\r"); send_str("4M+0010\r");
                        ia5=ia5+10;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                        delay(de5-10); break;
              case 54:send_str("5M+0010\r"); send_str("4M+0010\r");
                        ia5=ia5+10;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                        delay(de6-10); break;
              case 55:send_str("5M+0015\r"); send_str("4M+0015\r");
                        ia5=ia5+15;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                        delay(de7); break;
              case 56:send_str("5M+0015\r"); send_str("4M+0015\r");
                        ia5=ia5+15;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                        delay(de8); break;
              case 57:send_str("5M+0020\r"); send_str("4M+0020\r");
                        ia5=ia5+20;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                        delay(de9); break;
              case 58:send_str("5M+0025\r"); send_str("4M+0025\r");
                        ia5=ia5+25;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                        delay(de10); break;
              default:break;     }
            send_str("A");
            r1_1=inport(0x3f8);
            if ((r1_1=='4')||(r1_1=='5'))
                  {  switch (r1_1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{ case '4':send_str("b");
        clear(380,WHITE);
        outtextxy(40,380,"'Motor 4 error':press 'm' to return
        to menu or press 'c' to continue");
        do
          { choose=getch();
            switch(choose)
             { case 99 : send_str("C"); break;
               case 109: send_str("4P");
                         r1_1=inport(0x3f8); break;
                default: break;   }
            }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
           break;
   case '5':send_str("B");
        clear(380,WHITE);
        outtextxy(40,380,"'Motor 5 error':press 'm' to return
        to menu or press 'c' to continue");
        do
        {       choose=getch();
            switch(choose)
             {case 99 : send_str("C"); break;
               case 109: send_str("5P");
                         r1_1=inport(0x3f8); break;
                default: break;   }
            }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
           break;
    default: break;   }
  }break;
case  19 :r1_1='9';
        switch(se1)
         {case 49:send_str("5M-0001\r"); send_str("4M-0001\r");
                  ia5=ia5-1;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
         case 50:send_str("5M-0005\r"); send_str("4M-0005\r");
                  ia5=ia5-5;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                  delay(de2-5); break;
         case 51:send_str("5M-0005\r"); send_str("4M-0005\r");
                  ia5=ia5-5;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                  delay(de3-10); break;
         case 52:send_str("5M-0010\r"); send_str("4M-0010\r");
                  ia5=ia5-10;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                  delay(de4-5); break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
case 53:send_str("5M-0010\r"); send_str("4M-0010\r");
        ia5=ia5-10;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
        delay(de5-10); break;
case 54:send_str("5M-0010\r"); send_str("4M-0010\r");
        ia5=ia5-10;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
        delay(de6-10); break;
case 55:send_str("5M-0015\r"); send_str("4M-0015\r");
        ia5=ia5-15;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
        delay(de7); break;
case 56:send_str("5M-0015\r"); send_str("4M-0015\r");
        ia5=ia5-15;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
        delay(de8); break;
case 57:send_str("5M-0020\r"); send_str("4M-0020\r");
        ia5=ia5-20;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
        delay(de9); break;
case 58:send_str("5M-0025\r"); send_str("4M-0025\r");
        ia5=ia5-25;kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
        delay(de10); break;
default:break;     }
send_str("A");
r1_1=inport(0x3f8);
if ((r1_1=='4')||(r1_1=='5'))
    { switch (r1_1)
     {  case '4':send_str("B");
            clear(380,WHITE);
            outtextxy(40,380,"'Motor 4 error':press 'm' to return
            to menu or press 'c' to continue");
            do
           {choose=getch();
                switch(choose)
                {
               case 99 : send_str("C"); break;
               case 109: send_str("4P");
                        r1_1=inport(0x3f8); break;
                 default: break;   }
               }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
               break;
      case '5':send_str("B");
            clear(380,WHITE);
            outtextxy(40,380,"'Motor 5 error':press 'm' to return
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    to menu or press 'c' to continue");
                    do
                    {       choose=getch();
                            switch(choose)
                             {case 99 : send_str("C"); break;
                              case 109: send_str("5P");
                                        r1_1=inport(0x3f8); break;
                               default: break;   }
                            }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
                            break;
                default: break;   }
            }break;
case  20 :r1_1='9';
            switch(se1)
            {case 49:send_str("6M+0001\r"); ia6=ia6-1;
                     kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
             case 50:send_str("6M+0005\r"); ia6=ia6-5;delay(de2);
                     kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
             case 51:send_str("6M+0005\r"); ia6=ia6-5;delay(de3);
                     kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
             case 52:send_str("6M+0010\r"); ia6=ia6-10;delay(de4);
                     kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
             case 53:send_str("6M+0010\r"); ia6=ia6-10;delay(de5);
                     kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
             case 54:send_str("6M+0010\r"); ia6=ia6-10;delay(de6);
                     kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
             case 55:send_str("6M+0015\r"); ia6=ia6-15;delay(de7);
                     kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
             case 56:send_str("6M+0015\r"); ia6=ia6-15;delay(de8);
                     kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
             case 57:send_str("6M+0020\r"); ia6=ia6-20;delay(de9);
                     kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
             case 58:send_str("6M+0025\r"); ia6=ia6-25;delay(de10);
                     kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
             default:break;    }
        send_str("A");
        r1_1=inport(0x3f8);
        if (r1_1=='6')
            {send_str("6p"); send_str("6M-0030\r");
             a6=a6+1.0; ia6=ia6+30;
             kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                clear(380,WHITE);
                outtextxy(40,380,"'Motor 6 error':press 'm' to return to menu
                or press 'c' to continue");
                do
                {       choose=getch();
                        switch(choose)
                      {   case 99 : send_str("C"); break;
                          case 109: send_str("6P");
                                    send_str("8i");
                                    r1_1=inport(0x3f8);
                                    send_str("x");break;
                          default: break;  }
                       }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
               }break;
case  21 :r1_1='9';
               switch(se1)
               {case 49:send_str("6M-0001\r"); ia6=ia6+1;
                        kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 50:send_str("6M-0005\r"); ia6=ia6+5;delay(de2);
                        kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 51:send_str("6M-0005\r"); ia6=ia6+5;delay(de3);
                        kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 52:send_str("6M-0010\r"); ia6=ia6+10;delay(de4);
                        kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 53:send_str("6M-0010\r"); ia6=ia6+10;delay(de5);
                        kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 54:send_str("6M-0010\r"); ia6=ia6+10;delay(de6);
                        kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 55:send_str("6M-0015\r"); ia6=ia6+15;delay(de7);
                        kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 56:send_str("6M-0015\r"); ia6=ia6+15;delay(de8);
                        kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 57:send_str("6M-0020\r"); ia6=ia6+20;delay(de9);
                        kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                case 58:send_str("6M-0025\r"); ia6=ia6+25;delay(de10);
                        kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0); break;
                default:break;    }
          send_str("A");
          r1_1=inport(0x3f8);
          if (r1_1=='6')
                {send_str("6p"); send_str("6M+0030\r");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                a6=a6-1.0; ia6=ia6-30;
                kinematic(ia1,ia2,ia3,ia4,ia5,ia6,1.0);
                clear(380,WHITE);
                outtextxy(40,380,"'Motor 6 error':press 'm' to return to menu
                or press 'c' to continue");
                do
                  {     choose=getch();
                        switch(choose)
                         {case 99 : send_str("C"); break;
                           case 109: send_str("6P");
                                     send_str("8i");
                                     r1_1=inport(0x3f8);
                                     send_str("x");break;
                             default: break;     }
                        }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
               }break;
case  22 :r1_1='9';
               switch(se1)
               {case 49:send_str("7M+0001\r"); ia7=ia7+1;break;
               case 50:send_str("7M+0005\r"); ia7=ia7+5;
                       delay(de2+5);break;
               case 51:send_str("7M+0005\r"); ia7=ia7+5;
                       delay(de3+5);break;
               case 52:send_str("7M+0010\r"); ia7=ia7+10;
                       delay(de4);break;
               case 53:send_str("7M+0010\r"); ia7=ia7+10;
                       delay(de5);break;
               case 54:send_str("7M+0010\r"); ia7=ia7+10;
                       delay(de6);break;
               case 55:send_str("7M+0015\r"); ia7=ia7+15;
                       delay(de7);break;
               case 56:send_str("7M+0015\r"); ia7=ia7+15;
                       delay(de8);break;
               case 57:send_str("7M+0020\r"); ia7=ia7+20;
                       delay(de9);break;
               case 58:send_str("7M+0025\r"); ia7=ia7+25;
                       delay(de10);break;
               default:break;    }
          send_str("A");
          r1_1=inport(0x3f8);
          if (r1_1=='7')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                {send_str("7p"); send_str("7M-0030\r");
                 ia7=ia7-30;
                 clear(380,WHITE);
                 outtextxy(40,380,"Motor 7 error':press 'm' to return to menu
                 or press 'c' to continue");
                 do
                   {     choose=getch();
                         switch(choose)
                          {case 99 : send_str("C"); break;
                           case 109: send_str("7P");
                                     send_str("7i");
                                     r1_1=inport(0x3f8); break;
                            default: break;  }
                         }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
                }break;
case  23 :r1_1='9';
                switch(se1)
                {case 49:send_str("7M-0001\r"); ia7=ia7-1;break;
                case 50:send_str("7M-0005\r"); ia7=ia7-5;
                        delay(de2+5);break;
                case 51:send_str("7M-0005\r"); ia7=ia7-5;
                        delay(de3+5);break;
                case 52:send_str("7M-0010\r"); ia7=ia7-10;
                        delay(de4);break;
                case 53:send_str("7M-0010\r"); ia7=ia7-10;
                        delay(de5);break;
                case 54:send_str("7M-0010\r"); ia7=ia7-10;
                        delay(de6);break;
                case 55:send_str("7M-0015\r"); ia7=ia7-15;
                        delay(de7);break;
                case 56:send_str("7M-0015\r"); ia7=ia7-15;
                        delay(de8);break;
                case 57:send_str("7M-0020\r"); ia7=ia7-20;
                        delay(de9);break;
                case 58:send_str("7M-0025\r"); ia7=ia7-25;
                        delay(de10);break;
                default:break;     }
              send_str("A");
              r1_1=inport(0x3f8);
              if (r1_1=='7')
                   {send_str("7p"); send_str("7M+0030\r");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ia7=ia7+30;
clear(380,WHITE);
outtextxy(40,380,"Motor 7 error':press 'm' to return to menu
or press 'c' to continue");
do
   {      choose=getch();
          switch(choose)
           {case 99 : send_str("C"); break;
            case 109: send_str("7P");
                      send_str("7i");
                      r1_1=inport(0x3f8); break;
             default: break;  }
          }while ((choose!=99)&&(choose!=109));
}break;
case 24 : r1_1='9'; send_str("8i");
send_str("8M-5000\r"); delay(500);
do
{send_str("A");
 r1_1=inport(0x3f8);
}while ((r1_1!='8')&&(!(kbhit())));
send_str("8P");
break;
case 25 : r1_1='9'; send_str("8i");
send_str("8M+5000\r"); delay(500);
do
{send_str("A");
 r1_1=inport(0x3f8);
}while ((r1_1!='8')&&(!(kbhit())));
send_str("8P");
break;
case 30:clear(380,WHITE);
outtextxy(160,380,"turn on output(1-8):...");
no=getnum(320,380);
send_str(conv(no)); send_str("S");
break;
case 31:clear(380,WHITE);
outtextxy(160,380,"turn off output(1-8):...");
no=getnum(330,380);
send_str(conv(no)); send_str("R");
break;
default : break;  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        if (press) mouse_times_released(0,&number,&x,&y);
         else{mouse_times_released(0,&number,&x,&y); number=0;}
        key=1;
        if (key&&chkhit) {press=0; key=0; ch='?';}
        if (number)
           {press=0;
            menu10.Display3d();   menu11.Display3d();   menu12.Display3d();
            menu13.Display3d();   menu14.Display3d();   menu15.Display3d();
            menu16.Display3d();   menu17.Display3d();   menu18.Display3d();
            menu19.Display3d();   menu20.Display3d();   menu21.Display3d();
            menu22.Display3d();   menu23.Display3d();   menu24.Display3d();
            menu25.Display3d();   menu26.Display3d();   menu27.Display3d();
            menu28.Display3d();   menu29.Display3d();   menu30.Display3d();
            menu31.Display3d();
            mouse_times_released(0,&number,&x,&y);
            number=0;
            key=0;
            ch='?';    }    } }
void send_str(char*data)
{       int x=0;
        while (data[x]!='\0')
        {while((inport(0x3fd)&0x20)==NULL){}
                send_port(Port,data[x]);
                x++;}
}
void init_port(int port,unsigned char code)
{       union REGS reg;
        reg.x.dx = port;
        reg.h.ah = 0;
        reg.h.al = code;
        int86(0x14,&reg,&reg);
}
void send_port(int port,unsigned char data)
{       union REGS reg;
        reg.x.dx = port;
        reg.h.ah = 1;
        reg.h.al = data;
        int86(0x14,&reg,&reg);
}
void clear(int line,int cc)
{       setfillstyle(1,cc);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            bar(0,line-12,639,line+12);
}
void del(int xx1,int xx2,int yy,int cc)
{           setfillstyle(1,cc);
            bar(xx1,yy-8,xx2,yy+8);
}
char* conv(int integer)
 {char* ss;
  int dem1,dem2,dem3;
  dem1=integer/100;
  integer=integer%100;
  dem2=integer/10;
  integer=integer%10;
  dem3=integer;
  if(dem1==0)
   {        if(dem2==0) { ss[0]=setchar(dem3); ss[1]='\0'; }
            else { ss[0]=setchar(dem2); ss[1]=setchar(dem3); ss[2]='\0'; }     }
  else { ss[0]=setchar(dem1); ss[1]=setchar(dem2); ss[2]=setchar(dem3);
            ss[3]='\0'; }
  return(ss);  }
char setchar(int ta)
 {char tt;
  switch (ta)
   {        case 0: tt='0'; break;
            case 1: tt='1'; break;
            case 2: tt='2'; break;
            case 3: tt='3'; break;
            case 4: tt='4'; break;
            case 5: tt='5'; break;
            case 6: tt='6'; break;
            case 7: tt='7'; break;
            case 8: tt='8'; break;
            case 9: tt='9'; break;
    }return(tt);  }
int getnum(int xx,int yy)
{ char ch;
 char* cc;
 int nub=0;
 do
  { ch=getch();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  if ((ch!='\r')&&(ch!='\b')&&(ch!=27))
  { cc[nub]=ch; cc[nub+1]='\0'; nub++;}
  if ((ch=='\b')&&(nub>0)) { nub=nub-1; cc[nub]='\0'; }
  del(xx,xx+24,yy,WHITE);
  outtextxy(xx,yy,cc);
  }while(ch!='\r');
 nub=atoi(cc);
 return(nub);}
char* getstr(int xx,int yy)
{ char ch;
 char* cc;
 int nub=0;
 do
  {ch=getch(); if ((ch!='\r')&&(ch!='\b')&&(ch!=27))
     { cc[nub]=ch; cc[nub+1]='\0'; nub++;}
   if ((ch=='\b')&&(nub>0)) { nub=nub-1; cc[nub]='\0'; }
   del(xx,xx+100,yy,LIGHTGRAY);
   outtextxy(xx,yy,cc);
  }while(ch!='\r');
 return(cc);}
void edit ()
 {char ch='?';
   int count1=count;
   int numm1,numm2;
   setcolor(BLUE);
   setbkcolor(BLACK);
   setviewport(0,0,639,479,0);
   clearviewport();
   Board board4(0,0,639,479,LIGHTGRAY,BLUE,1);
   board4.Display();
   Board board5(321,61,639,479,WHITE,BLUE,1);
   board5.Display();
   settextstyle(TRIPLEX_FONT,HORIZ_DIR,3);
   outtextxy((getmaxx()/2)-(textwidth("EDIT PROGRAM")/2),20,"EDIT PROGRAM");
   settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
   line(0,60,639,60);
  Menu menu31(40,80,280,100,BLUE,LIGHTRED,1,3,1);
  line (10,105,310,105);
  Menu menu32(40,110,280,130,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
  Menu menu33(40,140,280,160,BLUE,YELLOW,1,3,1);
  line (10,165,310,165);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Menu menu34(40,170,280,190,BLUE,LIGHTMAGENTA,1,3,1);
Menu menu35(40,200,280,220,BLUE,WHITE,1,3,1);
line (10,225,310,225);
Menu menu36(40,230,280,250,BLUE,BROWN,1,3,1);
line (10,255,310,255);
Menu menu37(40,370,280,390,BLUE,LIGHTCYAN,1,3,1);
Menu menu38(40,290,280,310,BLUE,DARKGRAY,1,3,1);
Menu menu39(40,420,280,440,BLUE,GREEN,1,3,1);
Menu menu40(40,260,280,280,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
Menu menu41(40,320,280,340,BLUE,LIGHTRED,1,3,1);
menu31.Gettext("GO TO POSITION... (G)");
menu32.Gettext("OPEN GRIPPER (O)");
menu33.Gettext("CLOSE GRIPPER (C)");
menu34.Gettext("TURN ON OUTPUT...(F)");
menu35.Gettext("TURN OFF OUTPUT...(T)");
menu36.Gettext("JUMP TO...IF INPUT...ON (J)");
menu37.Gettext("DELETE COMMAND (D)");
menu38.Gettext("END PROGRAM (N)");
menu39.Gettext("DISPLAY PROGRAM (Y)");
menu40.Gettext("JUMP TO:... (M)");
menu41.Gettext("WAIT:...SECOND (W)");
menu31.Display3d();  menu32.Display3d();  menu33.Display3d();
menu34.Display3d();  menu35.Display3d();  menu36.Display3d();
menu37.Display3d();  menu38.Display3d();  menu39.Display3d();
menu40.Display3d();  menu41.Display3d();
int x,y,number,press=0;
mouse_times_released(0,&number,&x,&y);
mouse_times_released(0,&number,&x,&y);
for(;;)
 { do
   {     if(kbhit()) ch=getch();
         if(ch==27)  {press=0; break;}
         menu31.Check_left_press(31,&press,ch,getbkcolor());
         menu32.Check_left_press(32,&press,ch,getbkcolor());
         menu33.Check_left_press(33,&press,ch,getbkcolor());
         menu34.Check_left_press(34,&press,ch,getbkcolor());
         menu35.Check_left_press(35,&press,ch,getbkcolor());
         menu36.Check_left_press(36,&press,ch,getbkcolor());
         menu37.Check_left_press(37,&press,ch,getbkcolor());
         menu38.Check_left_press(38,&press,ch,getbkcolor());
         menu39.Check_left_press(39,&press,ch,getbkcolor());
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        menu40.Check_left_press(40,&press,ch,getbkcolor());
        menu41.Check_left_press(41,&press,ch,getbkcolor());
        if (press) mouse_times_released(0,&number,&x,&y);
         else{mouse_times_released(0,&number,&x,&y); number=0;} }
while(!number);
menu31.Display3d();   menu32.Display3d();   menu33.Display3d();
menu34.Display3d();   menu35.Display3d();   menu36.Display3d();
menu37.Display3d();   menu38.Display3d();   menu39.Display3d();
menu40.Display3d();   menu41.Display3d();
switch (press)
      { case 31:del(340,636,60+(count1*20),WHITE);
                outtextxy(340,60+(count1*20),conv(count));
                outtextxy(370,60+(count1*20),"go to position:... speed:...");
                data[count].number=getnum(490,60+(count1*20));
                data[count].speed=getnum(570,60+(count1*20));
                data[count].o_c='z';
                data[count].on_op=0;
                data[count].off_op=0;
                data[count].jump_to=0;
                data[count].input=0;
                break;
        case 32:del(340,636,60+(count1*20),WHITE);
                outtextxy(340,60+(count1*20),conv(count));
                outtextxy(370,60+(count1*20),"open gripper   ");
                data[count].number=51;
                data[count].speed=0;
                data[count].o_c='o';
                data[count].on_op=0;
                data[count].off_op=0;
                data[count].jump_to=0;
                data[count].input=0;
                break;
        case 33:del(340,636,60+(count1*20),WHITE);
                outtextxy(340,60+(count1*20),conv(count));
                outtextxy(370,60+(count1*20),"close gripper  ");
                data[count].number=51;
                data[count].speed=0;
                data[count].o_c='c';
                data[count].on_op=0;
                data[count].off_op=0;
                data[count].jump_to=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                data[count].input=0;
                break;
        case 34:del(340,636,60+(count1*20),WHITE);
                outtextxy(340,60+(count1*20),conv(count));
                outtextxy(370,60+(count1*20),"turn on output:...");
                data[count].number=51;
                data[count].speed=0;
                data[count].o_c='z';
                data[count].on_op=getnum(490,60+(count1*20));
                data[count].off_op=0;
                data[count].jump_to=0;
                data[count].input=0;
                break;
        case 35:del(340,636,60+(count1*20),WHITE);
                outtextxy(340,60+(count1*20),conv(count));
                outtextxy(370,60+(count1*20),"turn off output:...");
                data[count].number=51;
                data[count].speed=0;
                data[count].o_c='z';
                data[count].on_op=0;
                data[count].off_op=getnum(500,60+(count1*20));;
                data[count].jump_to=0;
                data[count].input=0;
                break;
        case 36:del(340,636,60+(count1*20),WHITE);
                outtextxy(340,60+(count1*20),conv(count));
                outtextxy(370,60+(count1*20),"jump to:...if input:...");
                data[count].number=200;
                data[count].speed=0;
                data[count].o_c='z';
                data[count].on_op=0;
                data[count].off_op=0;
                data[count].jump_to=getnum(435,60+(count1*20));
                data[count].input=getnum(530,60+(count1*20));
                break;
        case 37:if (count>1)
                  { count=count-2; count1=count1-2;
                    del(340,636,60+((count1+1)*20),WHITE); }
                else { count=0; count1=0; }
                break;
        case 38:del(340,636,60+(count1*20),WHITE);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    outtextxy(340,60+(count1*20),conv(count));
                    outtextxy(370,60+(count1*20),"end program!!");
                    data[count].number=100;
                    data[count].speed=0;
                    data[count].o_c='z';
                    data[count].on_op=0;
                    data[count].off_op=0;
                    data[count].jump_to=0;
                    data[count].input=0;
                    break;
            case 40:del(340,636,60+(count1*20),WHITE);
                    outtextxy(340,60+(count1*20),conv(count));
                    outtextxy(370,60+(count1*20),"jump to:...");
                    data[count].number=200;
                    data[count].speed=0;
                    data[count].o_c='z';
                    data[count].on_op=0;
                    data[count].off_op=0;
                    data[count].jump_to=getnum(435,60+(count1*20));
                    data[count].input=200;
                    break;
            case 41:del(340,636,60+(count1*20),WHITE);
                    outtextxy(340,60+(count1*20),conv(count));
                    outtextxy(370,60+(count1*20),"wait:... second");
                    data[count].number=300;
                    data[count].speed=getnum(410,60+(count1*20));
                    data[count].o_c='z';
                    data[count].on_op=0;
                    data[count].off_op=0;
                    data[count].jump_to=0;
                    data[count].input=0;
                    break;
            default: break;      }
      count++; count1++; if (count1>=21) count1=1;
      press=0;
      if (ch==27) { ch='?'; break; }
    } }
  void handling()
  {
    setcolor(BLUE);
    setbkcolor(BLACK);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
setviewport(0,0,639,479,0);
clearviewport();
Board board6(0,0,639,479,BROWN,BLUE,1);
board6.Display();
Board board7(0,61,639,479,LIGHTGRAY,BLUE,1);
board7.Display();
settextstyle(TRIPLEX_FONT,HORIZ_DIR,3);
outtextxy((getmaxx()/2)-(textwidth("PROGRAM HANDLING")/2),20,"PROGRAM
HANDLING");
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
line(0,60,639,60);
Menu menu39(60,100,260,140,BLUE,LIGHTRED,1,3,1);
Menu menu40(60,160,260,200,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
Menu menu41(380,100,580,140,BLUE,YELLOW,1,3,1);
Menu menu42(380,160,580,200,BLUE,LIGHTMAGENTA,1,3,1);
menu39.Gettext("SAVE PROGRAM (S)");
menu40.Gettext("LOAD PROGRAM (L)");
menu41.Gettext("DELETE PROGRAM (D)");
menu42.Gettext("CATALOG (C)");
menu39.Display3d();   menu40.Display3d();   menu41.Display3d();
menu42.Display3d();
char ch='?';
int x,y,number,press=0;
mouse_times_released(0,&number,&x,&y);
mouse_times_released(0,&number,&x,&y);
for(;;)
{    do
  {      if(kbhit()) ch=getch();
         if(ch==27)  {press=0; break;}
         menu39.Check_left_press(39,&press,ch,getbkcolor());
         menu40.Check_left_press(40,&press,ch,getbkcolor());
         menu41.Check_left_press(41,&press,ch,getbkcolor());
         menu42.Check_left_press(42,&press,ch,getbkcolor());
         if (press) mouse_times_released(0,&number,&x,&y);
          else{mouse_times_released(0,&number,&x,&y); number=0;}
  } while(!number);
  menu39.Display3d();
  menu40.Display3d();
  menu41.Display3d();
  menu42.Display3d();
  switch(press)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            { case 39:save(); break;
              case 40:load(); break;
              case 41:delet(); break;
              case 42:catalog(); break;
              default:break;       }
     press=0;
     if (ch==27) { ch='?'; break; }
   } }
void save()
 { FILE *datafile;
   char* filename;
   int i;
   clear(250,LIGHTGRAY);
   clear(270,LIGHTGRAY);
   outtextxy(180,250," SAVE PROGRAM FILENAME:          ");
   filename=getstr(370,250);
   datafile=fopen(filename,"wb");
   for(i=1;i<=count;i++)
    {fwrite(&data[i],sizeof(struct datatype),1,datafile);    }
   fclose(datafile);
   outtextxy(180,270,"SAVE POSITION FILENAME:          ");
   filename=getstr(370,270);
   datafile=fopen(filename,"wb");
   for(i=0;i<=49;i++)
    {       fwrite(&iaa1[i],sizeof(int),1,datafile);
            fwrite(&iaa2[i],sizeof(int),1,datafile);
            fwrite(&iaa3[i],sizeof(int),1,datafile);
            fwrite(&iaa4[i],sizeof(int),1,datafile);
            fwrite(&iaa5[i],sizeof(int),1,datafile);
            fwrite(&iaa6[i],sizeof(int),1,datafile);
            fwrite(&iaa7[i],sizeof(int),1,datafile);
            fwrite(&chkrec[i],sizeof(int),1,datafile);    }
   fclose(datafile); }
void load()
 {FILE *datafile;
   char* filename;
   int i=1;
   clear(250,LIGHTGRAY);
   clear(270,LIGHTGRAY);
   outtextxy(180,250," LOAD PROGRAM FILENAME:          ");
   filename=getstr(370,250);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
datafile=fopen(filename,"rb"); rewind(datafile);
while(!feof(datafile))
 {      fread(&data[i],sizeof(struct datatype),1,datafile);
        i++;    }
fclose(datafile);
i=0;
outtextxy(180,270," LOAD POSITION FILENAME:          ");
filename=getstr(370,270);
datafile=fopen(filename,"rb"); rewind(datafile);
while(!feof(datafile))
 {      fread(&iaa1[i],sizeof(int),1,datafile);
        fread(&iaa2[i],sizeof(int),1,datafile);
        fread(&iaa3[i],sizeof(int),1,datafile);
        fread(&iaa4[i],sizeof(int),1,datafile);
        fread(&iaa5[i],sizeof(int),1,datafile);
        fread(&iaa6[i],sizeof(int),1,datafile);
        fread(&iaa7[i],sizeof(int),1,datafile);
        fread(&chkrec[i],sizeof(int),1,datafile);
        i++;    }
 fclose(datafile); }
void delet()
 { char* filename;
  clear(250,LIGHTGRAY);
  clear(270,LIGHTGRAY);
  outtextxy(200,250,"  DELETE FILENAME:");
  filename=getstr(345,250);
  unlink(filename); }
void run()
 { sline=1;
  setcolor(BLUE);
  setbkcolor(BLACK);
  setviewport(0,0,639,479,0);
  clearviewport();
  Board board8(0,0,639,479,DARKGRAY,BLUE,1);
  board8.Display();
  settextstyle(TRIPLEX_FONT,HORIZ_DIR,3);
  outtextxy((getmaxx()/2)-(textwidth("RUN PROGRAM")/2),20,"RUN PROGRAM");
  settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
  outtextxy(40,330,"X(mm)      Y(mm)     Z(mm)     pitch(deg)   roll(deg) ");
  line(0,60,639,60);
  Menu menu43(220,100,420,140,BLUE,LIGHTRED,1,3,1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Menu menu44(220,160,420,200,BLUE,LIGHTGREEN,1,3,1);
Menu menu45(220,220,420,260,BLUE,YELLOW,1,3,1);
menu43.Gettext("RUN SINGLE CYCLE (S)");
menu44.Gettext("RUN SINGLE LINE (L)");
menu45.Gettext("RUN CONTINUOUSLY (C)");
menu43.Display3d();  menu44.Display3d();  menu45.Display3d();
char ch='?';
int x,y,number,press=0;
mouse_times_released(0,&number,&x,&y);
mouse_times_released(0,&number,&x,&y);
for(;;)
{
 do {
        if(kbhit()) ch=getch();
        if(ch==27)  {press=0; break;}
        menu43.Check_left_press(43,&press,ch,getbkcolor());
        menu44.Check_left_press(44,&press,ch,getbkcolor());
        menu45.Check_left_press(45,&press,ch,getbkcolor());
        if (press) mouse_times_released(0,&number,&x,&y);
         else{mouse_times_released(0,&number,&x,&y); number=0;}
  } while(!number);
  menu43.Display3d();   menu44.Display3d();   menu45.Display3d();
  switch(press)
        { case 43:single_cycle(); break;
          case 44:single_line(); break;
          case 45:continuous(); break;
          default:break;      }
  press=0;
  if (ch==27) { ch='?'; break; }
 } }
void single_cycle()
 { int i=1,end=0;
  char r1;
  char* as;
  as[1]='\0';
  sline=1;
  clear(300,DARKGRAY);
  while(i<=300)
   {     if ((data[i].number!=100)&&(data[i].number!=200)&&(data[i].number!=300))
           { if (data[i].number!=51) go_to(data[i].number,data[i].speed);
             switch (data[i].o_c)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{       case 'o': delay(500);
                  r1='9'; send_str("8i");
                  send_str("8M-5000\r"); delay(700);
                  do
                  {send_str("A");
                   r1=inport(0x3f8);
                  }while (r1!='8');
                  send_str("8P");
                  break;
          case 'c': delay(500);
                  r1='9'; send_str("8i");
                  send_str("8M+5000\r"); delay(700);
                  do {
                   send_str("A");
                   r1=inport(0x3f8);
                   }while (r1!='8');
                   send_str("8P");
                   break;       }
        if(data[i].on_op!=0)
         { delay(500); as[0]=setchar(data[i].on_op); send_str(as); send_str("s"); }
        if(data[i].off_op!=0)
         { delay(500); as[0]=setchar(data[i].off_op); send_str(as); send_str("r"); }
        i++;
       }else
       { switch (data[i].number)
         {       case 200: if(data[i].input!=200)
                           {if(input_set(data[i].input)) i=data[i].jump_to; else i++;}
                           else { i=data[i].jump_to; }
                           break;
                 case 100: end=1; break;
                 case 300: delay(data[i].speed*1000); i++; break;
       } }
       if (end==1) break;     }
  clear(300,DARKGRAY);
  outtextxy(240,300,"RUN FINISHED.");  }
void single_line()
 { char r1;
  char* as;
  as[1]='\0';
  clear(300,DARKGRAY);
  if((data[sline].number!=100)&&(data[sline].number!=200)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    &&(data[sline].number!=300))
    {if (data[sline].number!=51)
            go_to(data[sline].number,data[sline].speed);
          switch (data[sline].o_c)
           {  case 'o': r1='9'; send_str("8i");
                        send_str("8M-5000\r"); delay(700);
                        do
                              {send_str("A");
                               r1=inport(0x3f8);
                              }while (r1!='8');
                              send_str("8P");
                              break;
              case 'c': r1='9'; send_str("8i");
                        send_str("8M+5000\r"); delay(700);
                        do
                              { send_str("A");
                                r1=inport(0x3f8);
                              }while (r1!='8');
                        send_str("8P");
                        break;  }
          if(data[sline].on_op!=0)
           { as[0]=setchar(data[sline].on_op); send_str(as); send_str("s"); }
          if(data[sline].off_op!=0)
           { as[0]=setchar(data[sline].off_op); send_str(as); send_str("r"); }
          sline++;
     } else
     {  switch (data[sline].number)
             {     case 200: if(data[sline].input!=200)
                               { if(input_set(data[sline].input))
                                 sline=data[sline].jump_to; else sline++;}
                              else { sline=data[sline].jump_to; }
                              break;
               case 100: sline=1;
                         outtextxy(240,300,"LINE FINISHED.");
                         break;
               case 300: delay(data[sline].speed*1000); sline++; break;    }
     } }
void continuous()
 { int i=1;
   char r1,ch;
   char* as;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
as[1]='\0';
sline=1;
clear(300,DARKGRAY);
outtextxy(200,300,"PRESS <ENTER> TO BREAK");
for(;;)
{
        if (kbhit()) { ch=getch(); if(ch=='\r') break; }
        if ((data[i].number!=100)&&(data[i].number!=200)&&(data[i].number!=300))
          {if (data[i].number!=51) go_to(data[i].number,data[i].speed);
           switch (data[i].o_c)
            {       case 'o':  delay(500);
                               r1='9'; send_str("8i");
                               send_str("8M-5000\r"); delay(700);
                               do  {
                                 send_str("A");
                                 r1=inport(0x3f8);
                               }while (r1!='8');
                               send_str("8P");
                               break;
                    case 'c':  delay(500);
                               r1='9'; send_str("8i");
                               send_str("8M+5000\r");  delay(700);
                               do  {
                                 send_str("A");
                                 r1=inport(0x3f8);
                               }while (r1!='8');
                               send_str("8P");
                               break;     }
           if(data[i].on_op!=0)
            { delay(500); as[0]=setchar(data[i].on_op); send_str(as); send_str("s"); }
           if(data[i].off_op!=0)
            { delay(500); as[0]=setchar(data[i].off_op); send_str(as); send_str("r"); }
           i++;
          }else
          {  switch (data[i].number)
            {       case 200: if (data[i].input!=200)
                                {if(input_set(data[i].input)) i=data[i].jump_to; else i++;}
                               else {i=data[i].jump_to;}
                               break;
                    case 100: i=1; delay(1000); break;
                    case 300: delay(data[i].speed*1000); i++; break;  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            } }
  clear(300,DARKGRAY);
  outtextxy(200,300,"RUNNING BREAK."); }
int input_set(int mm)
 {char cc='0';
  int check;
  send_str(conv(mm)); send_str("I"); delay(100);
  cc=inport(0x3f8);
  if (cc=='1') check=1; else check=0;
  return(check); }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติขนาดเล็ก

- รูปที่ 1-2 แสดงอุปกรณ์ต่างๆซึ่งทำงานร่วมกัน ประกอบด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง , แขนกล , เครื่องมือกล CNC , Power Supply , Air Pump , ฐานรองชิ้นงาน และ โซลินอยด์
- รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนแรกของการทำงาน แขนกลทำการหยิบชิ้นงานชิ้นแรกที่จะทำการกัด
- รูปที่ 4 แสดงขั้นตอนที่สองของการทำงาน โดยแขนกลจะนำชิ้นงานไปวางบนฐานรองชิ้นงาน
- รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนที่สามของการทำงาน แขนกลเคลื่อนที่ออกจากเครื่องมือกล CNC และกระบอกสูบชักออกอัดชิ้นงานให้แน่นอยู่กับที่
- รูปที่ 6 แสดงขั้นตอนที่สี่ของการทำงาน เครื่องมือกล CNC เริ่มทำการกัดชิ้นงานตามรูปแบบที่ได้เลือกไว้
- รูปที่ 7 แสดงขั้นตอนที่ห้าของการทำงาน เครื่องมือกล CNC กัดชิ้นงานเสร็จได้รูปแบบชิ้นงานตามต้องการ
- รูปที่ 8 แสดงขั้นตอนที่หกของการทำงาน กระบอกสูบชักกลับ ปล่อยชิ้นงานออก และแขนกลเคลื่อนที่มาหยิบชิ้นงานที่กัดเสร็จแล้ว
- รูปที่ 9 แสดงขั้นตอนที่เจ็ดของการทำงาน แขนกลทำการหยิบชิ้นงานที่กัดเสร็จแล้วไปใส่ในภาชนะเก็บชิ้นงาน
- รูปที่ 10 แสดงขั้นตอนที่สุดท้ายของการทำงาน แขนกลเคลื่อนที่ไปหยิบชิ้นงานชิ้นต่อไป เพื่อนำไปกัด โดยมีขั้นตอนการทำงานแปดขั้นตอนข้างต้น

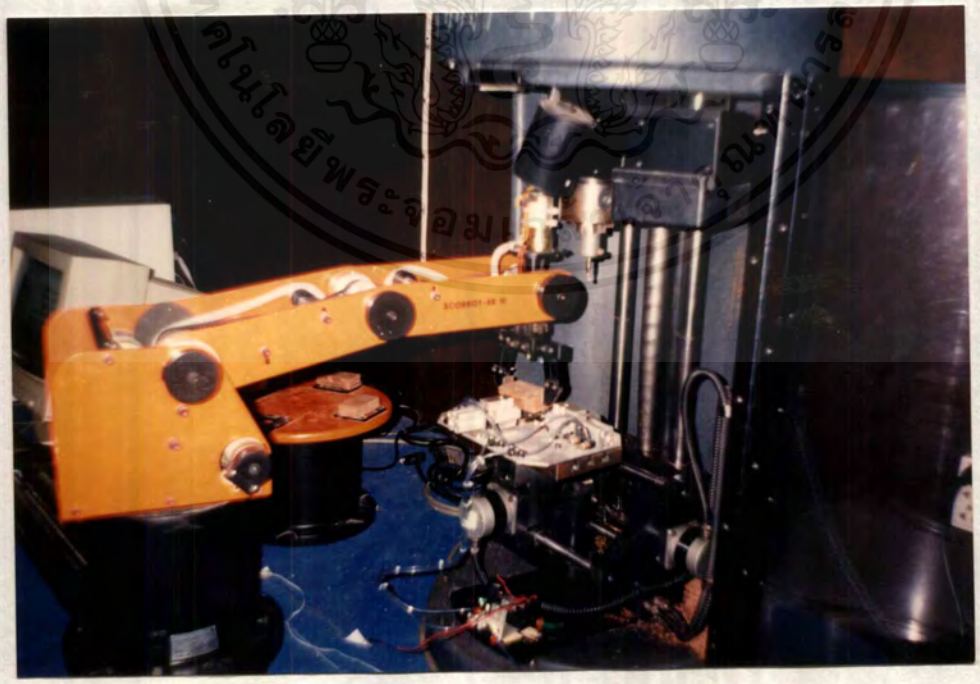
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในโครงงานนี้

รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในโครงงานนี้

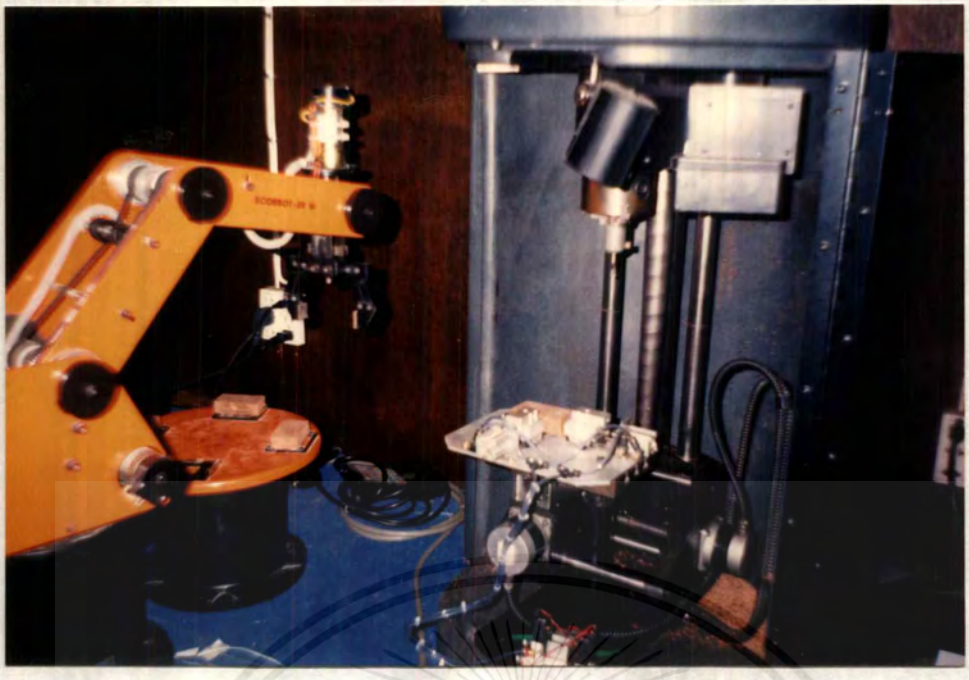
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนแรกของการทำงาน

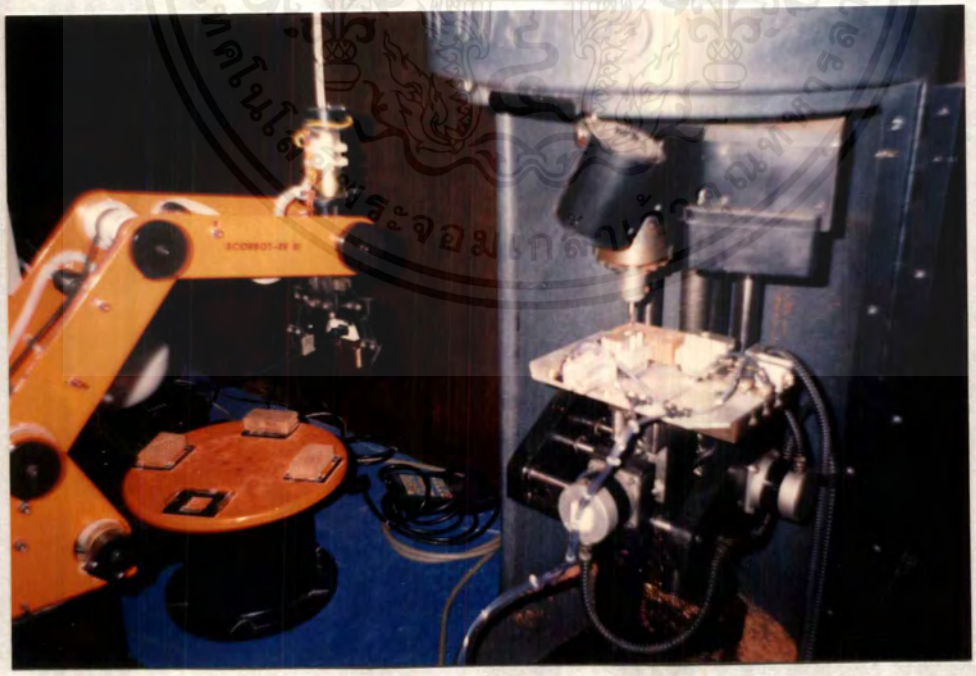


รูปที่ 4 แสดงขั้นตอนที่สองของการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

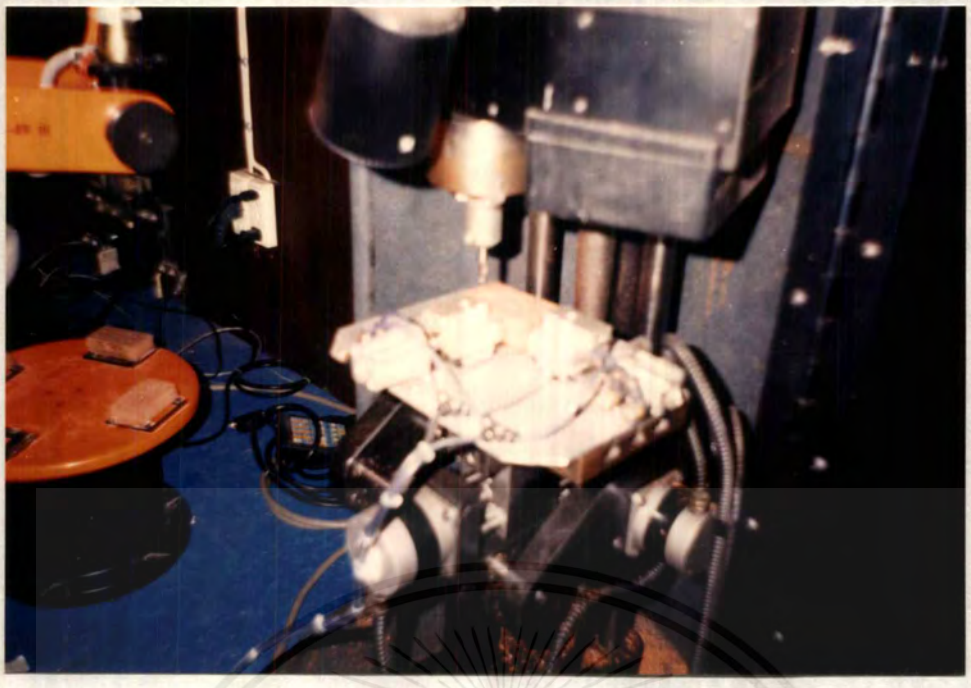


รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนที่สามของการทำงาน

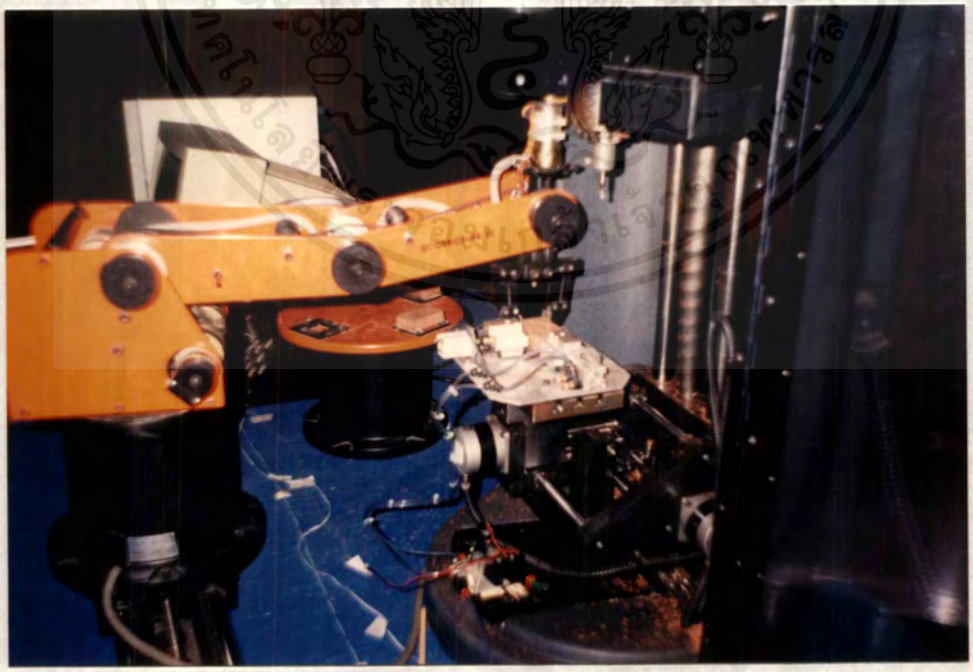


รูปที่ 6 แสดงขั้นตอนที่สี่ของการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



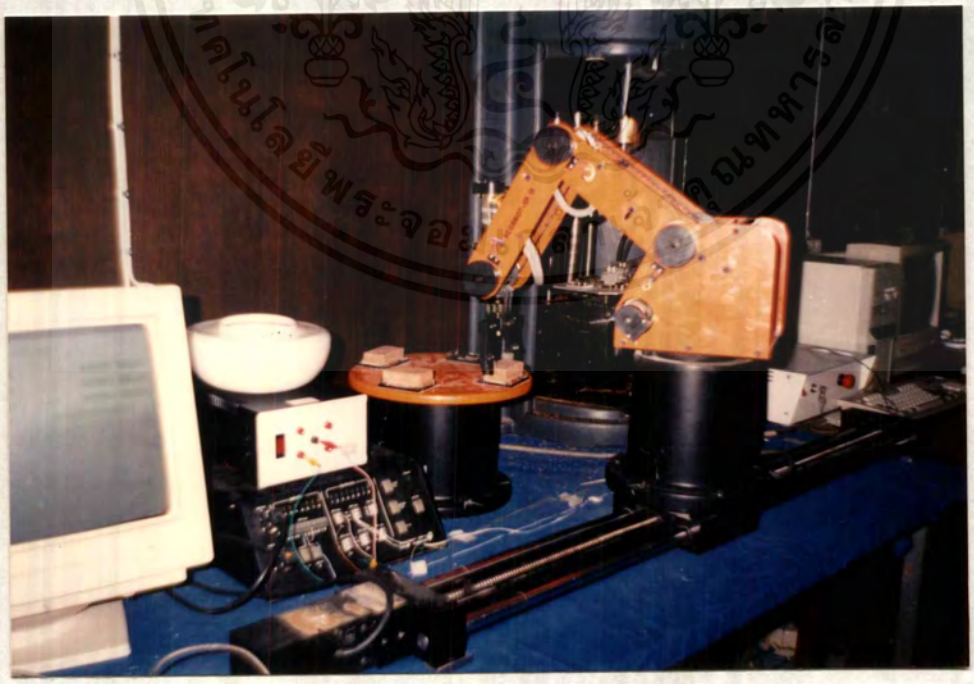
รูปที่ 7 แสดงขั้นตอนที่ห้าของการทำงาน



รูปที่ 8 แสดงขั้นตอนที่หกของการทำงาน

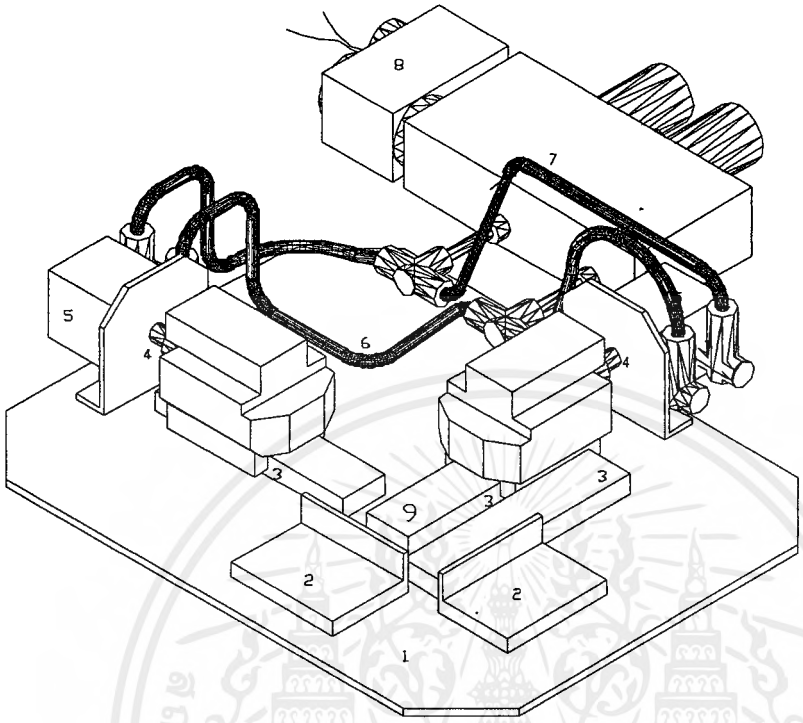
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 9 แสดงขั้นตอนที่เจ็ดของการทำงาน



รูปที่ 10 แสดงขั้นตอนสุดท้ายของการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. แผ่นโลหะที่ใช้ทำฐาน
2. แผ่นเหล็กฉากกันชิ้นงาน
3. แผ่นเหล็กรองชิ้นงาน
4. ก้านสูบ
5. กระบอกสูบ
6. ท่อลม
7. วาล์วควบคุมทิศทางลม
8. โซลินอยด์
9. ตำแหน่งวางชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ธันวา ศรีประโมง "การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับวิศวกรรม" มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
2. Mark Nelson ,Serial Communications: A C++ Developer's Guide
3. Robert J.Willam, Fundamental Of Robtic
4. Eshed Robotec(1982) Ltd., " SCORBOT-III User's Manual " Eshed Robotec (1982)
5. Bosford Ltd.," Installation & User Manual " ,"Milling Manual "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อ.เทพจิตร์ เชยโภคา ในการให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในการทำโครงงาน และให้เบิกอุปกรณ์ในการทำโครงงาน

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ทุกท่านในการถ่ายทอดความรู้ ให้คำปรึกษาในเรื่องวิชา และประสิทธิ์ประสาทวิชา

ขอขอบคุณ บิดา-มารดา ที่ให้ทุกสิ่งทุกอย่างจนถึงทุกวันนี้

ขอขอบคุณ พี่ๆสโตรที่ให้ความร่วมมือในการทำโครงงานนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่สร้างแรงผลักดันให้โครงงานนี้สำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้