



การควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ (INDUSTRIAL ROBOT BASE ON MICROCOMPUTER)



วัน เดือน ปี..... ๒๑ ก.ย. ๒๕๕๑
 เลขทะเบียน..... ๐๓๘๐๙๖
 เลขเรียกหนังสือ..... T ๓๑๑๑๕ ๖ ๓๓๑ ก

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ ปีการศึกษา ๒๕๓๙ นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ใด ๆ ภายใต้นี้ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากฝ่ายนี้ก่อน มิฉะนั้นจะถือว่าผิดกฎหมาย

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2539

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

ผู้จัดทำ

1. นายฐิติ แสงสระศรี 36014129
2. นายวรสิทธิ์ นิตยจินต์ 36014383




..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อ.กวิน สานธิเพิ่มพูน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

นายฐิติ แสงสระศรี*

นายวรสิทธิ์ นิตยจินต์*

อาจารย์ที่ปรึกษา

นายกวิน สนธิเพิ่มพูน**

ปีการศึกษา 2539



บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 5 แกน รุ่น Yasukawa Motoman L-3 ด้วย การ์ดควบคุมการทำงานของมอเตอร์ (PMAC) บนไมโครคอมพิวเตอร์ ในปริญญานิพนธ์นี้ ประกอบไปด้วย คณิตศาสตร์ของหุ่นยนต์, วิธีการติดตั้งการ์ดควบคุม, การตั้งค่าให้การ์ดควบคุม, คำสั่งในการควบคุมการ์ด และ โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของการ์ดและมอเตอร์ การควบคุมหุ่นยนต์สามารถควบคุมได้ 4 แกน จากทั้งหมด 5 แกนเนื่องจากความสามารถของการ์ดควบคุม ในส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของการ์ดและมอเตอร์นั้น ได้ออกแบบมาเพื่อใช้กับหุ่นยนต์ Yaskawa Motoman L-3 และ การ์ดควบคุม PMAC-Lite เท่านั้น เป้าหมายในอนาคต คือ การควบคุมหุ่นยนต์ ทั้ง 5 แกน และ ปรับปรุงโปรแกรมควบคุมให้สามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้ละเอียดถูกต้องมากยิ่งขึ้น

*นักศึกษา ระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INDUSTRIAL ROBOT BASE ON MICROCOMPUTER

Mr.Thiti Sangsasri*

Mr.Worasit Nittayachin*

Advisor

Mr. Kavin Sonthipermpon**

Academic Year 1996



ABSTRACT

This thesis aims to research into the method for controlling robot Yasukawa Motoman L-3 by motor controller card on microcomputer. We represent about mathematical of robot manipulation , controller card installation , motor control commands and control program . At this time we capable of controlling four axis from five axis because of powerless controller card . Program that use control robot is designed for robot Yasukawa Motoman L-3 and PMAC-Lite controller card only .

In future we will control all axis of robot and develop control program to operate for more precise

* Bachelor Degree Student, Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

**Lecturer, Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering,
King Mongkut's institute of Technology Ladkrabang

สารบัญ

บทนำ	
บทที่ 1 : Kinematics ของ Motoman -L3	1
บทที่ 2 : การใช้งาน PMAC Card Interface	13
บทที่ 3 : การเขียน โปรแกรมติดต่อกับการ์ด PMAC	32
บทที่ 4 : การใช้งาน Meastro Drivers Amplifier	40
บทที่ 5 : การใช้งาน โปรแกรมสำเร็จรูป	48
สรุป	58
ภาคผนวก	
PMAC Connection	
Program List	
เอกสารอ้างอิง	

บทนำ

เนื่องจากภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบัน มีการแข่งขันทางด้านเทคโนโลยีการผลิตสูงขึ้น จะต้องทำการผลิตให้มีชิ้นส่วนเสียน้อยที่สุด เพื่อลดต้นทุนสูญเสีย และเพื่อความเที่ยงตรงรวมทั้งความรวดเร็วในการผลิต ซึ่งจะได้ผลตามความต้องการดังกล่าวข้างต้น และยังสามารถสร้างความเชื่อถือในผลิตภัณฑ์ของตนด้วย

ระบบอัตโนมัติที่นำมาใช้นอกจากระบบ CAD/CAM ,CNC แล้วยังรวมถึงการใช้หุ่นยนต์ในการผลิตด้วย เนื่องจากหุ่นยนต์อุตสาหกรรมมีต้นทุนสูงจึงไม่เหมาะสมที่จะผลิตเพื่อใช้เฉพาะอย่าง ดังนั้นเราจึงทำการศึกษาถึงการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเพื่อจะได้นำมาใช้ให้สามารถทำงานได้หลากหลายขึ้น โดยเพียงแค่เปลี่ยน โปรแกรมควบคุมเท่านั้น

วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาถึงการควบคุมการวางแผนการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์
- เพื่อสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นระบบควบคุมหุ่นยนต์ได้
- เพื่อศึกษาการพัฒนาโปรแกรมการควบคุมหุ่นยนต์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะ

- สามารถสั่งการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ถูกต้องทั้ง ทิศทาง ตำแหน่ง และความเร็ว
- สามารถพัฒนาโปรแกรมที่ติดต่อและควบคุมหุ่นยนต์ ในการเคลื่อนที่แบบ Jog ได้

แผนการดำเนินงาน

- ศึกษาคณิตศาสตร์ของหุ่นยนต์
- ศึกษาวิธีการเขียน โปรแกรมติดต่อกับ Hard Ware ด้วยภาษา C ++
- ศึกษา PMAC Card Interface
- เขียน โปรแกรมติดต่อกับ PMAC Card Interface
- เขียน โปรแกรมคำนวณพิกัดการเคลื่อนที่
- ปรับปรุงและต่อเชื่อมสายสัญญาณต่างๆ เช่น Motor Encoder Amplifier ของ

หุ่นยนต์

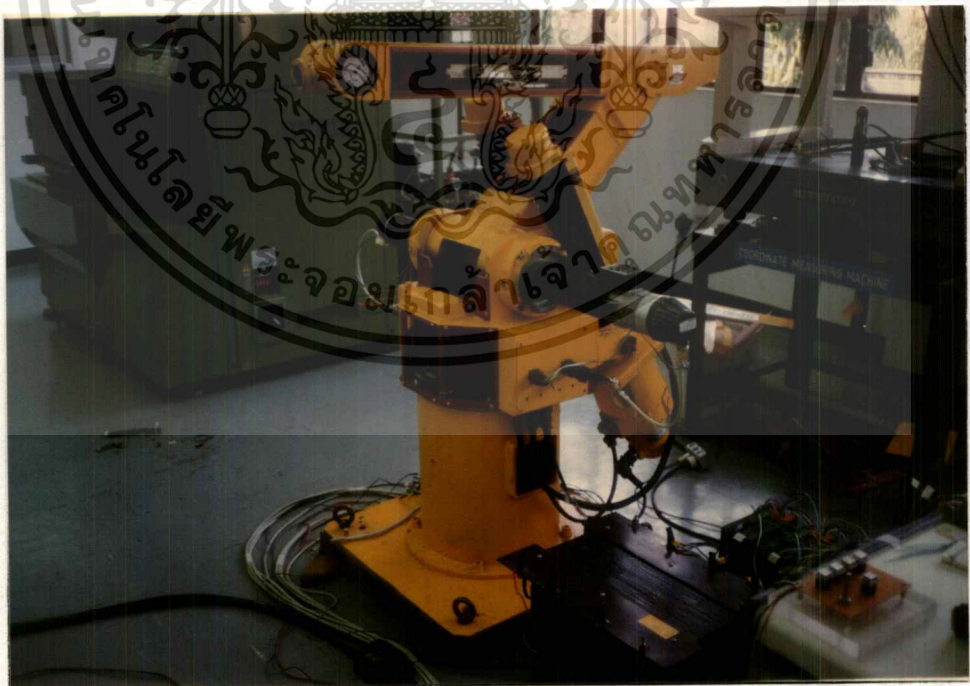
- ทดลองควบคุมและวัดความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KINEMATICS OF MOTOMAN -L3

การคำนวณ Kinematics ของ หุ่นยนต์ Motoman L-3

การเคลื่อนไหว หรือ Kinematics ของ หุ่นยนต์ คือการหาสมการเพื่ออธิบายการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ซึ่งเกิดจากความสัมพันธ์กันของการเคลื่อนที่ขององค์ประกอบต่างๆ อันประกอบด้วย แกน(link)และจุดหมุน(joint) ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามโครงสร้างของหุ่นยนต์แต่ละตัว ซึ่งการอธิบายที่สะดวกและเข้าใจง่ายก็คือการอธิบายในรูปของ matrix ที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า transformation matrix ซึ่งอาศัยพื้นฐานทางตรีโกณมิติต่างๆ แต่ต้องมีความเข้าใจเรื่อง ระบบพิกัดค่อนข้างมาก ในการหาสมการนั้นสามารถทำได้สองแบบ คือ



รูปที่ 1.1 หุ่นยนต์ Motoman - L3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Forward Kinematics เป็นการวิเคราะห์โดยเริ่มจากฐานไปสู่จุดปลาย ซึ่ง transformation matrix ที่ได้จะเป็นตัวแปลงจาก Robot coordinate ไปสู่ Cartesian coordinate x,y,z ซึ่งเป็นพิกัดที่สะดวกในการสั่งงาน โดยส่วนมาก Forward Kinematics จะใช้ในการป้อนกลับเพื่อคู่ตำแหน่ง

Inverse Kinematics เป็นการวิเคราะห์โดยเริ่มจากจุดปลายลงมายังฐาน ซึ่งในการทำงานจริงจะใช้วิธีนี้มากกว่า เพราะเข้าใจง่าย และผลที่ได้ใช้งานได้ทันที

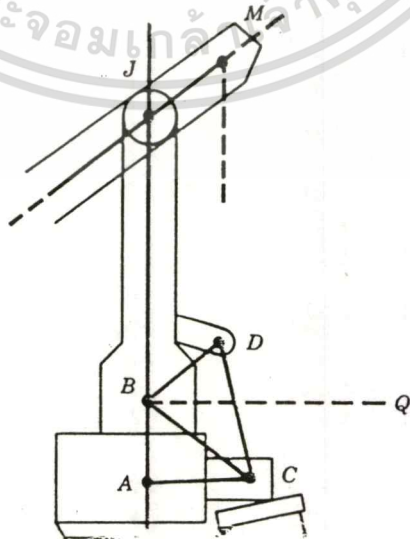
สำหรับ หุ่นยนต์ Motoman L-3 นั้นเป็นแขนกล 5 แกน ที่ได้รับความนิยมในการใช้ในอุตสาหกรรม แต่เป็นแขนกลที่ไม่ได้ใช้โซ่กลแบบเปิดเหมือนแขนกลทั่วไป แต่ใช้ตัวขับเคลื่อนต่อโดยตรงกับตัวเชื่อม 2,3 และยังใช้โซ่ขับเคลื่อนต่อ 4,5 ด้วย ดังรูปที่ 1

Forward Kinematics

ในการแก้ปัญหาจะทำเป็นสองขั้นตอน

- ขั้นตอนแรก แก้ปัญหาสำหรับมุมของจุดต่อจากตำแหน่งกระตุ้น
- ขั้นตอนที่สอง แก้ปัญหาสำหรับตำแหน่งทาง Cartesian และ orientation ของตัวเชื่อมตัวสุดท้ายจากมุมของจุดต่อที่หาได้จากขั้นตอนแรก

จากรูปที่ 2 แสดงตัวเชื่อมทาง Mechanism ซึ่งติดต่อกับตัวขับที่สอง โดยเชื่อมกับตัวขับ 2,3 ของแขนกล เป็นตัวขับทางเส้นตรงซึ่งควบคุมความยาวของเส้นตรง DC โดยตรง สามเหลี่ยม ABC อยู่กับที่ ขณะที่เส้นตรง BD มีความยาวเท่าเดิม จุดต่อ 2 หมุนรอบจุด B และตัวเลื่อนกระตุ้น หมุนรอบจุด C ในขณะที่ตัวเชื่อมเริ่มเคลื่อนที่ ดังนั้นเราสามารถกำหนดสัญลักษณ์ขึ้นมาสำหรับตัวขับ 2



รูปที่ 1.2 Kinematics ของ link 2 และ motor2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับค่าคงที่

$$\gamma_2 = AB$$

$$\phi_2 = AC$$

$$\alpha_2 = BC$$

$$\beta_2 = BD$$

$$\Omega_2 = JBD$$

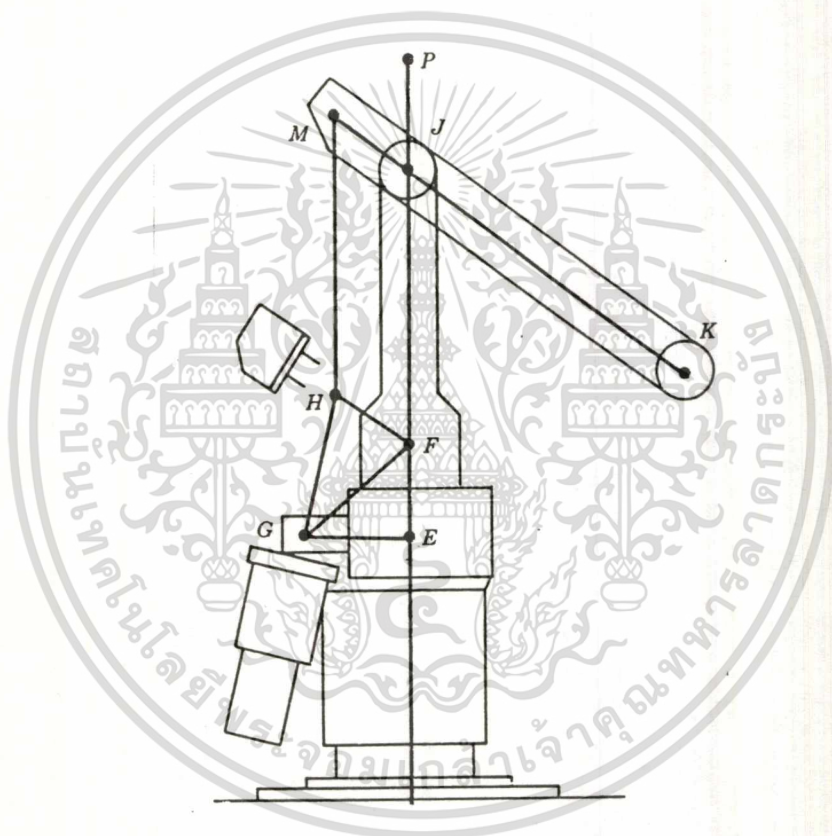
$$l_2 = BJ$$

สำหรับค่าตัวแปร

$$\theta_2 = -JBQ$$

$$\varphi_2 = CB\hat{D}$$

$$g_2 = DC$$



รูปที่ 1.3 Kinematics ของ link 3 และ motor3

จากรูปที่ 3 แสดงตัวขับซึ่งติดต่อกับตัวขับที่ 3 ซึ่งเชื่อมกับตัวเชื่อม 2,3 ของแขนกล ตัวขับเป็นตัวขับทางเส้นตรงซึ่งควบคุมความยาวของส่วนของเส้นตรง HG โดยตรง สามเหลี่ยม EFG อยู่กับที่ ขณะที่เส้นตรง FH มีความยาวเท่าเดิม จุดต่อสามหมุนรอบ J และตัวเลื่อนหมุนรอบจุด G ขณะที่ตัวเชื่อมเคลื่อนที่ ดังนั้นเราก็กำหนดสัญลักษณ์ต่างๆขึ้นมาสำหรับ ตัวขับ 3

สำหรับค่าคงที่

$$\gamma_3 = EF \quad \phi_3 = EG \quad \alpha_3 = GF$$

$$\beta_3 = HF \quad l_3 = JK$$

สำหรับค่าตัวแปร

$$\theta_3 = PJK \quad \varphi_3 = GFH \quad g_3 = DC$$

การจัดวางตัวของตัวขับ และตัวเชื่อมมีเงื่อนไขตามมา ผลก็คือ ตัวขับที่ 2 ใช้ในตำแหน่งจุดต่อ 2 ขณะที่เคลื่อนที่ไป ตัวเชื่อม 3 ก็ยังคงมีมุมที่สัมพันธ์กับฐานของแขนกลเหมือนเดิมตัวขับที่ 3 ใช้สำหรับปรับมุมของตัวเชื่อม 3 สัมพันธ์กับฐานของแขนกล เหตุผลหนึ่งที่มีการจัดวางตัวเชื่อมแบบนี้ก็เพื่อเพิ่มความแข็งแรงทางโครงสร้างของตัวเชื่อมหลักของแขนกลและเพื่อนำมาใช้ในการเพิ่มความสามารถในการเข้าถึงตำแหน่งได้แม่นยำขึ้น

ตัวขับสำหรับตัวเชื่อม 4 และ 5 จะอยู่ที่ตัวเชื่อม 1 ของแขนกลซึ่งวางตัวในแนวแกนของจุดต่อ 2 (จุด B และ F) และการขับจะส่งผ่านโซ่ซึ่งมีอยู่ 2 ส่วน

ส่วนแรก โซ่จะวางอยู่ในตัวเชื่อม 2

ส่วนที่สอง วางตัวในตัวเชื่อม 3

ผลของการส่งผ่านด้วยระบบนี้เงื่อนไขตามมา : ตัวขับ 4 ซึ่งใช้กำหนดตำแหน่งจุดต่อ 4 จะสัมพันธ์กับฐานของแขนกล นอกจากจะสัมพันธ์กับตัวเชื่อมก่อนหน้านี้คือตัวเชื่อม 3 อีกด้วยหมายความว่าถ้าให้ตัวขับ 4 คงที่ก็จะรักษาตัวเชื่อมที่ 4 ให้คงที่ เมื่อเทียบกับฐานของแขนกล โดย ไม่ต้องคำนึงถึงจุดต่อที่ 2,3 และตัวขับ 5 ก็เหมือนกันก็จะเชื่อมโยงจุดต่อ 5 โดยตรง

เราสามารถที่จะกำหนดสมการซึ่งใส่ค่าของตัวขับ (A_i) เพื่อจะได้สมการสมมูลของค่าที่จุดต่อ (θ_i) ในกรณีนี้ สมการที่ได้ส่วนใหญ่มาจากกฎของโคไซน์ ตัวแปร K_i และค่าออฟเซต π_i ที่ปรากฏในสมการมีค่าคงที่สำหรับแต่ละตัวขับ ยกตัวอย่างเช่น ตัวขับ 1 ต่อโดยตรงกับจุดต่อที่แกน 1 ดังนั้นรูปสมการจึงอยู่ในรูปอย่างง่าย คือมีเพียงค่าของ K_i คูณกับตัวขับ A_i บวกกับค่าออฟเซต π_i ดังนั้น

$$\theta_1 = k_1 A_1 + \lambda_1$$

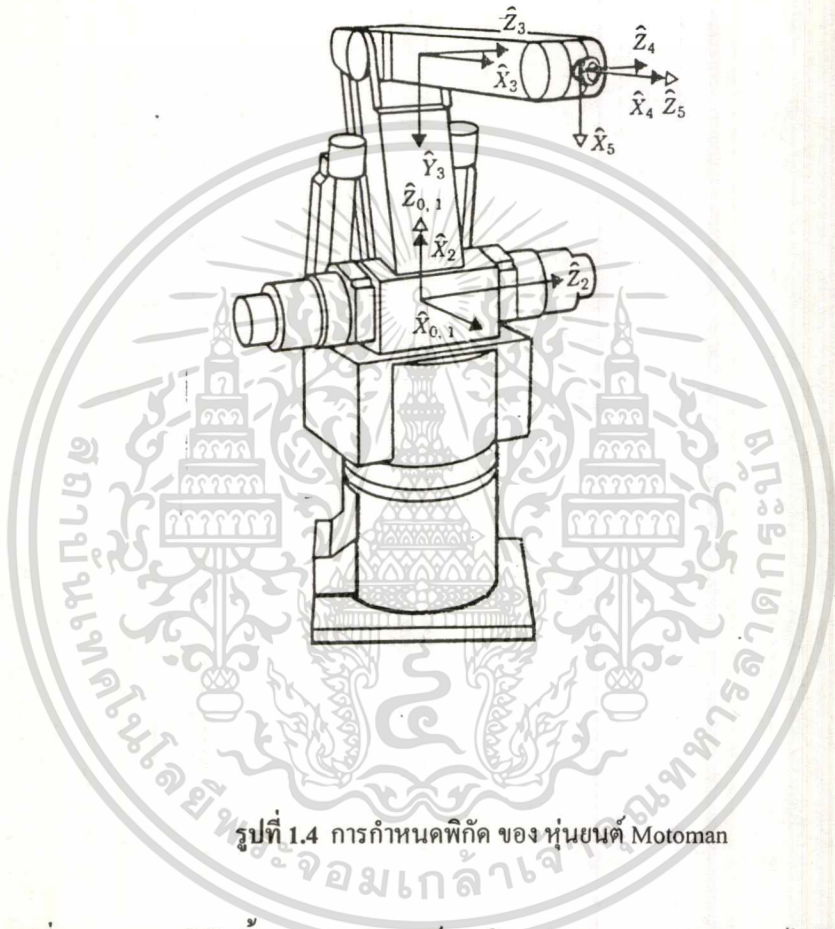
$$\theta_2 = \cos^{-1} \left(\frac{(k_2 A_2 + \lambda_2)^2 - \alpha_2^2 - \beta^2}{\alpha_2 \beta_2} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{\phi_2}{\gamma_2} \right) + \Omega_2 - 270^\circ$$

$$\theta_3 = \cos^{-1} \left(\frac{(k_3 A_3 + \lambda_3)^2 - \alpha_3^2 - \beta_3^2}{-2\alpha_3 \beta_3} \right) - \theta_2 + \tan^{-1} \left(\frac{\phi_3}{\gamma_3} \right) - 90^\circ$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\theta_4 = -k_4 A_4 - \theta_2 - \theta_3 + \lambda_4 + 180^\circ$$

$$\theta_5 = k_5 A_5 + \lambda_5$$



รูปที่ 1.4 การกำหนดพิกัด ของ หุ่นยนต์ Motoman

รูปที่ 4 แสดงพิกัดทั้ง 5 ของหุ่นยนต์ ในรูปแสดงการตอบสนองไปยังตำแหน่ง joint vector $\theta = (0, -90, 90, 90, 0)$ รูปที่ 5 แสดงค่าของตัวเชื่อมสำหรับ manipulator

Transformation matrix

$${}^0_1T = \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & -\sin\theta_1 & 0 & 0 \\ \sin\theta_1 & \cos\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$${}^1_2T = \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & -\sin\theta_2 & 0 & 0 \\ & & 1 & 0 \\ -\sin\theta_2 & -\cos\theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^2_3T = \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & -\sin\theta_3 & 0 & l_2 \\ \sin\theta_3 & \cos\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^3_4T = \begin{bmatrix} \cos\theta_4 & -\sin\theta_4 & 0 & l_3 \\ \sin\theta_4 & \cos\theta_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^4_5T = \begin{bmatrix} \cos\theta_5 & -\sin\theta_5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ \sin\theta_5 & \cos\theta_5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

i	α_{i-1}	α_{i-2}	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	-90	0	0	θ_2
3	0	L_2	0	θ_3
4	0	L_3	0	θ_4
5	90	0	0	θ_5

รูปที่ 1.5 Link parameter ของหุ่นยนต์ Motoman

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะได้ว่า

$${}^0_5T = {}^0_1T * {}^1_2T * {}^2_3T * {}^3_4T * {}^4_5T$$

หรือ

$${}^0_5T = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & p_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & p_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

โดย

$$r_{11} = \cos \theta_1 \cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) \cos \theta_5 - \sin \theta_1 \sin \theta_5$$

$$r_{21} = \sin \theta_1 \cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) \cos \theta_5 + \cos \theta_1 \sin \theta_5$$

$$r_{31} = -\sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) \cos \theta_5$$

$$r_{12} = -\cos \theta_1 \cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) \sin \theta_5 - \sin \theta_1 \cos \theta_5$$

$$r_{22} = -\sin \theta_1 \cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) \sin \theta_5 + \cos \theta_1 \cos \theta_5$$

$$r_{32} = \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) \sin \theta_5$$

$$r_{13} = \cos \theta_1 \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4)$$

$$r_{23} = \sin \theta_1 \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4)$$

$$r_{33} = \cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4)$$

$$p_x = \cos \theta_1 (l_2 \cos \theta_2 + l_3 \cos(\theta_2 + \theta_3))$$

$$p_y = \sin \theta_1 (l_2 \cos \theta_2 + l_3 \cos(\theta_2 + \theta_3))$$

$$p_z = -l_2 \sin \theta_2 - l_3 \sin(\theta_2 + \theta_3)$$

Inverse Kinematics

ในการหาคำตอบนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนด้วยกัน

ในส่วนของพีชคณิต (Algebra)

ในส่วนของเรขาคณิต (Geometry)

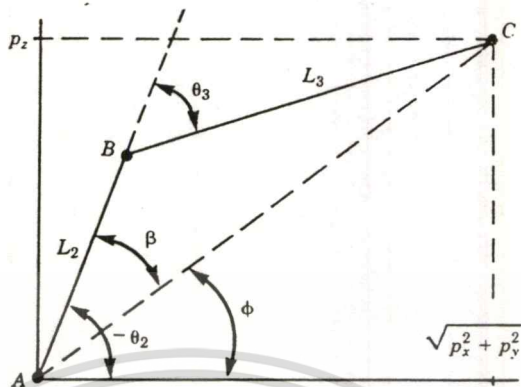
Motoman L-3 มีลักษณะที่แตกต่างจากแขนกลทั่วไป ในการหา inverse kinematics อยู่ 3 ประการคือ

1. เพราะว่ามีจุดต่อเพียง 5 จุดจึงไม่สามารถที่จะเอา จุดปลายไปยังตำแหน่งและมุมทั่วๆ ไปได้ทั้งหมด (General Goal)
2. เพราะว่าเป็น the four-bar type ของตัวเชื่อมและการจับไข้การเคลื่อนที่ของตัวจับเพียง 1 ตัว สามารถทำให้จุดต่อ 2-3 จุดเคลื่อนที่ไปได้
3. ขีดจำกัดของตำแหน่งตัวจับจะไม่คงที่ แต่จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของตัวจับตัวอื่นๆ ในการที่จะตัดสินใจว่ากลุ่มการคำนวณของค่าตัวจับอยู่ในพิสัยหรือไม่จึงเป็นการที่ไม่ควรละเลย

ถ้าเราพิจารณาถึงธรรมชาติของ เนื้อที่ย่อย (Subspace) ของ Motoman manipulator เราสามารถเห็นได้อย่างรวดเร็วว่า เนื้อที่ย่อยนี้สามารถที่จะบอกโดยว่ามีเพียงมุมที่จะทำได้เพียง 1 มุมบังคับ การบอกทิศทางของเครื่องมือ นั่นก็คือแกน Z_T ซึ่งจะวางตัวอยู่ใน “ระนาบของแขน (Plane of the arm) ระนาบนี้คือ ระนาบในแนวตั้งซึ่งมีแกนของจุดต่อที่ 1 อยู่ และจุดที่ซึ่งแกน 4 และ 5 ตัดกัน การหมุนที่ใกล้ที่สุดจากจุดเดิมหมุนไปยังจุดใดๆ มีเพียง 1 ทางเพื่อที่จะให้เกิดการหมุนบนระนาบมีน้อยที่สุด ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างแน่นอนในการอ้างอิง ถึงเนื้อที่ย่อยแล้วเราสามารถที่จะหาวิธีการแตกระนาบที่ต้องการ (General goal frame) เข้าไปในเนื้อที่ย่อยได้ แต่ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ใช้ได้เฉพาะกรณีที่ wrist frame และ tool frame แตกต่างกันเพียงแค่การแค้ในแนวแกน Z_w เท่านั้น

รูปที่ 6 แสดงให้เห็นระนาบของแขนตามปกติ \hat{M} และทิศทางของจุดปลายของอุปกรณ์คือ \hat{Z}_T ทิศทางของจุดปลายนี้ (pointing direction) จะต้องหมุนไปเป็นมุม θ รอบเวกเตอร์ \hat{K} เป็นเหตุให้เกิดทิศทางของจุดปลายอันใหม่คือ \hat{Z}'_T วางตัวอยู่ในระนาบ นั่นคือเวกเตอร์ \hat{K} ซึ่งจะทำให้เกิดมุม θ น้อยที่สุดวางตัวอยู่ในระนาบแล้วยังต้องตั้งฉากกับแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 \hat{Z}_T และ \hat{Z}'_T ด้วย
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.6 แสดงการหมุนของระนาบเป้าหมายในเนื้อที่ย่อยของ Motoman

สำหรับขอบเขตเป้าหมาย (goal frame) ที่ต้องการ, เวกเตอร์ \hat{M} กำหนดเป็น

$$\hat{M} = \frac{1}{\sqrt{p_x^2 + p_y^2}} \begin{bmatrix} -p_x \\ p_y \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

ที่ซึ่ง p_x และ p_y คือตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ต้องการ เมื่อ K กำหนดให้เป็น

$$K = \hat{M} \times \hat{Z}_T \quad (2)$$

และ \hat{Z}'_T คือ

$$\hat{Z}'_T = \hat{K} \times \hat{M} \quad (3)$$

ขนาดของมุม θ คือ

$$\cos \theta = \hat{Z}_T \times \hat{Z}'_T \quad (4)$$

จาก Rodrigues's formula เราจะได้

$$\hat{Y}'_T = \cos \theta \hat{Y}_T + \sin \theta (\hat{K} \times \hat{Y}_T) + (1 - \cos \theta) (\hat{K} \cdot \hat{Y}_T) \hat{K} \quad (5)$$

ในที่สุดเราสามารถที่จะคำนวณหาคอลัมน์ไม่ทราบค่าที่เหลือของ rotation matrix ใหม่ในอุปกรณ์ คือ

$$\hat{X}'_T = \hat{Y}'_T \times \hat{Z}'_T \quad (6)$$

สมการที่(1) ถึงสมการ (6) อธิบายวิธีการแตกแกนให้อยู่ในมุมที่ต้องการใดๆ

(General Goal Orientation) ในเนื้อที่ย่อย (Subspace) ของ Motoman robot)

เราสมมติให้ว่า ${}^B_w T$ คือ wrist frame วางตัวอยู่ในเนื้อที่ข้อย เราสามารถหาสมการ kinematics ได้ซึ่งสมการที่จะอยู่ในรูปของผลคูณของ link Transformations

$${}^0_5 T = {}^0_1 T * {}^1_2 T * {}^2_3 T * {}^3_4 T * {}^4_5 T$$

แต่เรามี

$${}^0_5 T = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & p_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & p_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เอา ${}^0_1 T^{-1}$ คูณทั้งสองข้างของสมการ

$${}^0_1 T^{-1} {}^0_5 T = {}^1_2 T {}^2_3 T {}^3_4 T {}^4_5 T$$

ทางด้านซ้ายของสมการคือ

$$\begin{bmatrix} c\theta_1 \cdot r_{11} + s\theta_1 \cdot r_{11} & c\theta_1 \cdot r_{12} + s\theta_1 \cdot r_{22} & c\theta_1 \cdot r_{13} + s\theta_1 \cdot r_{23} & c\theta_1 \cdot p_x + s\theta_1 \cdot p_y \\ -s\theta_1 \cdot r_{11} + c\theta_1 \cdot r_{21} & -s\theta_1 \cdot r_{12} + c\theta_1 \cdot r_{22} & -s\theta_1 \cdot r_{13} + c\theta_1 \cdot r_{23} & -s\theta_1 \cdot p_x + c\theta_1 \cdot p_y \\ -r_{31} & -r_{32} & -r_{33} & -p_z \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

ทางด้านขวามือของสมการ คือ

$$\begin{bmatrix} * & * & \sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & * \\ \sin\theta_5 & \cos\theta_5 & 0 & 0 \\ * & * & -\cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) & * \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(* คือ จำนวนตัวแปร ซึ่งไม่ได้แสดงในที่นี้)

พิจารณาค่าแห่ง (3,4) เราจะได้

$$-\sin\theta_1 \cdot p_x + \cos\theta_1 \cdot p_y = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้นจะได้

$$\theta_3 = \tan^{-1} 2 \left(\frac{r_{21} \cos \theta_1 - r_{11} \sin \theta_1}{r_{22} \cos \theta_1 - r_{12} \sin \theta_1} \right)$$

พิจารณาค่าแห่ง (2,3) และ (1,3) จะได้

$$\sin(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) = \cos \theta_1 \cdot r_{13} + \sin \theta_1 \cdot r_{23}$$

$$\cos(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) = r_{23}$$

ทำให้เราได้

$$(\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) = \tan^{-1} \left(\frac{r_{13} \cos \theta_1 + r_{23} \sin \theta_1}{r_{33}} \right)$$

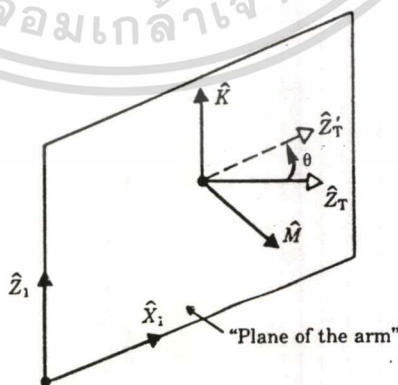
ในการหาค่ามุม $\theta_2, \theta_3, \theta_4$ แต่ละค่า นั้นเราจะหาได้ทางเรขาคณิต รูปที่ 4.7 แสดงระนาบของแขนให้จุด A คือ จุดต่อของแกน 2, จุด B คือ จุดต่อของแกน 3 และจุด C เป็นจุดต่อของแกนที่ 4

จากกฎของโคไซน์ เมื่อเราพิจารณาสามเหลี่ยม ABC จะได้

$$\cos \theta_3 = \frac{p^2_x + p^2_y + p^2_z - l^2_2 - l^2_3}{2l_2 l_3}$$

และ

$$\theta_3 = \tan^{-1} 2 \left(\frac{\sqrt{1 - \cos \theta_3}}{\cos \theta_3} \right)$$



รูปที่ 1.7 รูปสมมูลของแขนกลที่ใช้คำนวณมุมของ link 2,3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 7 เราเห็นได้ชัดว่า $\theta_2 = -\phi - \beta$ หรือ

$$\theta_2 = \tan^{-1} 2 \left(\frac{p_z}{\sqrt{p_x^2 + p_y^2}} \right) - \tan^{-1} 2 \left(\frac{l_3 \sin \theta_3}{l_2 + l_3 \cos \theta_3} \right)$$

ในสุดท้ายเราจะได้

$$\theta_4 = (\theta_2 + \theta_3 + \theta_4) - \theta_2 - \theta_3$$

ในการหามุมของจุดต่อแต่ละจุดเราจำเป็นต้องแสดงค่าตัวกระตุ้น (Actuator Value) ชุดต่อไปในการหาค่า forward kinematics เราจะคำนวณหาค่า A_i ได้ดังนี้

$$A_1 = \frac{1}{k_1} (\theta_1 - \lambda)$$

$$A_2 = \frac{1}{k_2} \left(\sqrt{-2\alpha_2\beta_2 \cos\left(\theta_2 - \Omega_2 - \tan^{-1}\left(\frac{\phi_2}{\gamma_2}\right) + 270^\circ\right) + \alpha_2^2 + \beta_2^2} - \lambda_2 \right)$$

$$A_3 = \frac{1}{k_3} \left(\sqrt{-2\alpha_3\beta_3 \cos\left(\theta_2 + \theta_3 - \tan^{-1}\left(\frac{\phi_3}{\gamma_3}\right) + 90^\circ\right) + \alpha_3^2 + \beta_3^2} - \lambda_3 \right)$$

$$A_4 = \frac{1}{k_4} (180^\circ - \lambda_4 - \theta_2 - \theta_3 - \theta_4)$$

$$A_5 = \frac{1}{k_5} (\lambda_5 - \theta_2)$$

เพราะว่าตัวกระตุ้นมีขีดจำกัดในการเคลื่อนที่ เราจะต้องตรวจสอบค่าที่ได้เหล่านี้ว่าอยู่ใน ช่วงที่เป็นไปได้หรือไม่ ในการตรวจสอบนี้ในความเป็นจริงทำได้ยากมากในทาง mechanical ตัวกระตุ้นจะสัมพันธ์กันและมีผลซึ่งกันและกันในขณะที่ สำหรับ Motoman ตัวกระตุ้น 2 และ 3 มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังนั้นสามารถแสดงความสัมพันธ์นี้ได้เป็น

$$A_2 - 10000 > A_3 > A_2 + 3000$$

นั่นคือ ขีดจำกัดของตัวกระตุ้นที่ 2 เป็นฟังก์ชันของตำแหน่งตัวกระตุ้นที่ 3

และ

$$32000 - A_4 < A_5 < 55000$$

เพราะการหมุนของจุดหมุน 5 รอบหนึ่งจะหมุนได้ 25600 รอบ เมื่อ $A_4 > 2600$ ซึ่งมีอยู่สองสมการที่เป็นไปได้สำหรับ A_5

บทที่ 2

การใช้งาน PMAC-Card Interface

Pmac เป็น controller card ที่สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายอย่าง เพราะมี function ที่ติดต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น Amplifier Encoder Thrumwheel เป็นต้น รวมทั้งมีอุปกรณ์ช่วย(Optional) และอุปกรณ์เสริม(Accessory) ถึงเกือบ 50 กว่าชนิด แต่การนำมาใช้ใน robot control นี้ จะใช้แค่ตัว card ซึ่งเป็นรุ่น PMAC-Lite และและอุปกรณ์ช่วย Acc-3D ซึ่งเป็น terminal ช่วยในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้สะดวกยิ่งขึ้น ในการใช้งานมีขั้นตอนต่างๆ มากมายที่จะต้องปฏิบัติให้ถูกต้องตามลำดับ จึงจะใช้งาน card ได้อย่างสมบูรณ์ ดังนี้

1. Preparing PMAC-Card

1.1 Visual Check ตรวจสอบด้วยสายตา สังเกตความเสียหาย เช่น การแตกหัก การไหม้สายไฟขาด ลายพริんとขีด เป็นต้น

1.2 Set E-point Jumper มี jumper บางตัวที่จะต้อง set ให้ถูกต้อง มิฉะนั้น จะไม่สามารถติดต่อกับ computer ได้ ดังนี้

Card Number Jumper set ที่ E40 - E43 ให้อยู่ตำแหน่ง ON ทั้งหมด
Baud Rate Jumper set ที่ E44 ,E47 ON และ E45,E46 OFF จะได้ความเร็ว 9600 baud

Re-Initialization Jump เมื่อต้องการ reset card ใหม่ ให้ set E51 ON PMAC จะกลับคืนสู่ค่าที่ตั้งไว้ครั้งแรกที่มาจากโรงงาน แต่ในการใช้งานปกติต้องตั้ง E51 OFF เสมอ

Analog Circuit Jumper PMAC สามารถตั้งให้รับ Analog power supply ได้ทั้ง จากภายนอก และภายใน ซึ่งควบคุมโดย E85,E87,E88 โดยถ้าจะใช้ supply จากภายนอก ให้ set E85,E87,E88 OFF แต่ถ้าจะดึงไฟจาก computer ก็ให้ ON jumper ทั้งสามตัว (วิธีนี้ไม่ควรใช้ เพราะว่าจะไปรบกวนการทำงานของ computer) และเมื่อเปลี่ยนจะต้องเปลี่ยนพร้อมกันทั้งสามตัว

2. การติดตั้ง PMAC เข้ากับ Computer

PMAC จะติดต่อกับ computer ผ่านทาง Bus Interface โดยการเสียบ PMAC card เข้ากับ Slot ที่ว่างอยู่ และเสียบ Dual-port Ram เข้าใน slot ที่อยู่ใกล้ๆ กัน ตัว Dual-port Ram นี้จะทำหน้าที่เป็น buffer ช่วยให้การติดต่อระหว่าง PMAC และ computer รวดเร็วยิ่งขึ้น เมื่อเสียบ PMAC เรียบร้อยแล้วให้สังเกตว่า Led สีเขียวติดหรือไม่ ถ้าติดแสดงว่า PMAC พร้อมที่จะใช้งาน แต่ถ้า Led สีแดงติดแสดงว่า เกิดความผิดพลาดที่ตัว card จนถึงขนาดที่ใช้งานไม่ได้ ซึ่งอาจจะเกิดจากความเสียหายที่ตัว card หรือเป็นเพราะตั้ง jumper ผิดก็ได้

เมื่อติดตั้ง PMAC เข้ากับ computer เรียบร้อยแล้ว card จะดึงไฟ+5V จาก bus โดยอัตโนมัติเพื่อจ่ายให้กับ encoder โดย +5V จะออกที่ pin 3,4 ส่วน pin 1,2 จะเป็น digital common ซึ่งในกรณีนี้ห้ามบ่อน supply จากภายนอกเข้าโดยเด็ดขาด(เฉพาะ 4 pin ที่กล่าวมา)

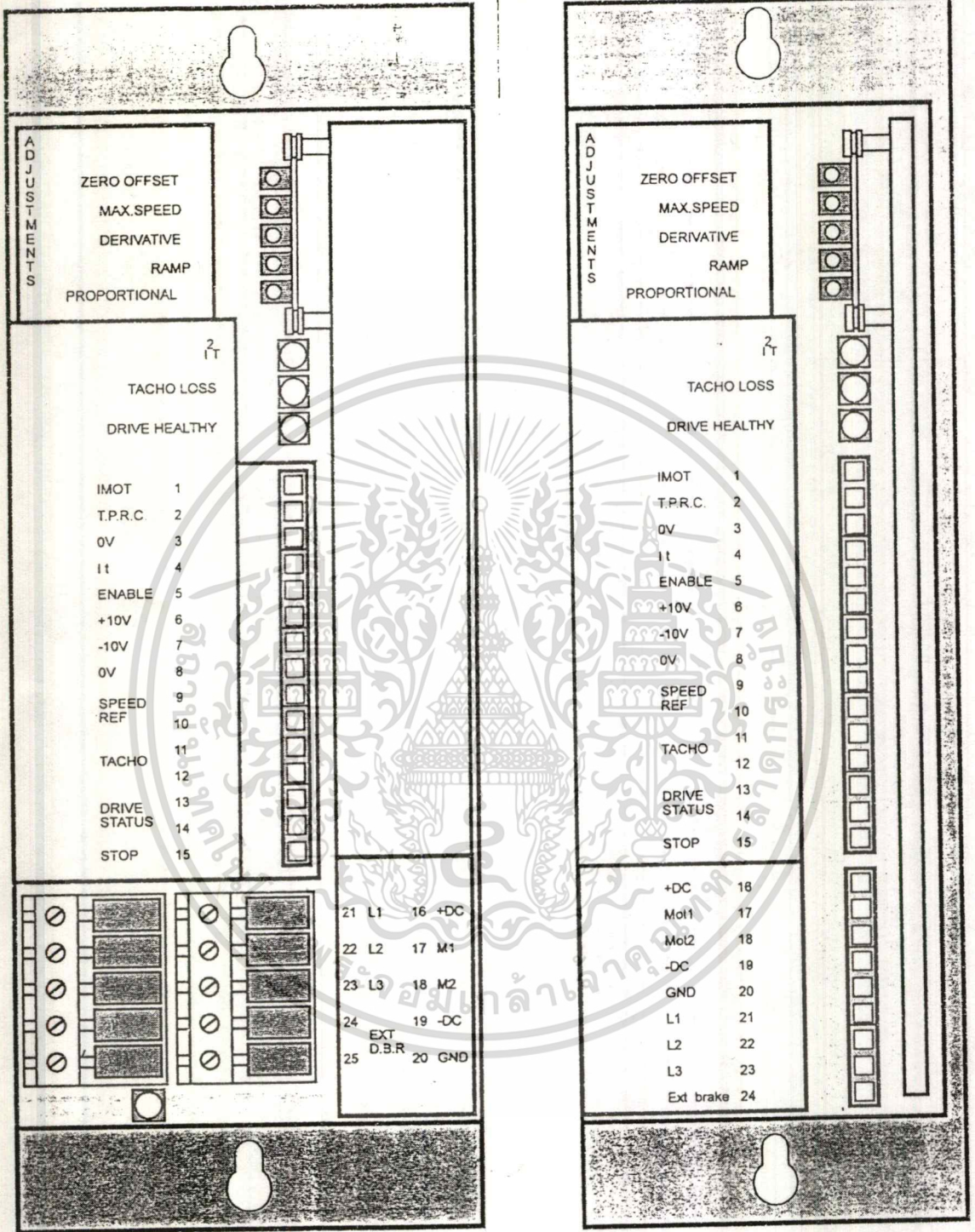
3. การเชื่อมต่อ PMAC เข้ากับระบบควบคุม

3.1 motor ปกติจะไม่ใช้ PMAC ควบคุม motor โดยตรง แต่จะผ่านตัว Amplifier เพื่อขยายสัญญาณไฟ

3.2 Analog Power Supply PMAC ต้องการ analog supply +12-15V และ -12-15V โดย +12-15V บ่อนเข้าที่ pin59 และ -12-15V เข้าที่ pin60 โดยมี pin58 เป็น ground

3.3 Incremental Encoder encoder ที่ใช้เป็นแบบ non-differential ซึ่งไม่ใช้ค่าบาริจมีสายสัญญาณเพียง 4 เส้น เช่น สำหรับ encoder1 ซึ่งมักจะคู่กับ motor1 ให้ต่อ CHA pin25 CHBเข้า pin21 และต่อ supply เข้า pin3,4 และcommonเข้า pin1,2

3.4 Amplifier ตัวamplifierที่ใช้เป็นของ Maestro ซึ่งมีสองขนาดคือ Midi-Maestro สำหรับmotor ตัวเล็ก และ Maxi-Maestro สำหรับ motor ตัวใหญ่ ซึ่งการเชื่อมต่อจะเหมือนกันทุกประการ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อ Drivers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 Limit Switch สำหรับ motor1 ให้ต่อ +limit เข้า pin 53 และ - limit เข้า pin 51 ส่วนขั้วที่เหลือให้ต่อลง ground ถ้าไม่ต้องการใช้ limit switch ก็ให้ต่อลง ground ทั้งหมด

3.6 Home switch จะอยู่ระหว่าง + limit และ -limit โดยจะต่อเข้ากับ pin 55 และ pin 58 ซึ่งเป็น ground

4. Software Setup

เป็นการกำหนดค่าให้แก่ตัวแปรเริ่มต้นของ PMAC ซึ่งเรียกว่า I-Variable ซึ่งมี 1024 ตัว แต่ในการเริ่มต้นไม่จำเป็นต้องกำหนดให้กับทุกตัว เพราะมีค่า default อยู่แล้ว มีบางตัวเท่านั้นที่ต้องกำหนดค่าเข้าไปเพื่อ Setup PMAC ซึ่งมีตัวแปรดังนี้

4.1 Encoder I- Variable

I900	ให้บอกชนิดของ encoder
= 0	pulse and direction CW
= 1	x1 quadrature decode CW
= 2	x2 quadrature decode CW
= 3	x3 quadrature decode CW
= 4	pulse and direction CCW
= 5	x1 quadrature decode CCW
= 6	x2 quadrature decode CCW
= 7	x3 quadrature decode CCW

I901 ใช้เปิดปิด noise filter ปกติตั้งให้เป็น 0 ซึ่งเป็น สถานะ ON

4.2 Motor I-Variable

I102	ตั้งค่า DAC output address = 49155
I103	ตั้งค่า Position Feedback address = 1824
I104	ตั้งค่า Velocity Feedback address = 1824
I125	เมื่อต้องการใช้ home และ limit s/w ให้ตั้งเป็น 49152

ในการทดสอบการทำงานของ motor ว่าเมื่อสั่งให้หยุดนิ่งจะรับแรงบิดได้แค่ไหนนั้นให้ทำ
ดังนี้

set I130 = 0 ซึ่งจะทำให้ output สู่อmplifier เป็น 0

ใช้คำสั่ง #1 เพื่อกำหนด coordinate ให้กับ motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

set I100 = 1 เพื่อบอกให้PMAC รู้ว่ากำลังทำงานกับ motor #1

เมื่อ enable amplifier จะพบว่า motor จะหมุน ให้ทำการปรับ I129 จนกว่า จะหยุดนิ่งที่สุด

การปรับตั้งเกี่ยวกับทิศทางและการเคลื่อนที่นั้น ถ้าต้องการให้ motor หมุนกลับทาง ให้เปลี่ยนค่าของ I900 หรือจะสลับ channel AและB ใน encoder ก็ได้

การ optimize ระบบควบคุมป้อนกลับ เป็นการตั้งค่า I 2 ตัว ซึ่งมีผลต่อความถูกต้อง ในการเข้าสู่ตำแหน่งเป้าหมาย อันได้แก่ I130(Proportional gain) และ I131(Derivative gain) โดย

I130 = command position - actual position ทำหน้าที่คล้ายสปริง ซึ่งถ้ามีค่าสูง การแกว่งก็จะน้อย

I131 ทำหน้าที่คล้ายกับ damper เพื่อป้องกันการกระตุกกลับไปกลับมา จะสังเกตได้ว่า ถ้า I131 สูงมาก จะทำให้เกิดการหน่วงมาก การเคลื่อนที่จะช้า

Jogging Mode

I122 ตั้งค่าความเร็วของการเคลื่อนที่ในการเคลื่อนที่แบบ jog ซึ่ง default = 32

I120 ตั้งค่าเวลาที่ใช้ในการเร่งความเร็ว default=0 ซึ่งหมายถึงให้ I121 ควบคุม

I121 S-curve Time ซึ่งความจริงแล้วควรเป็นครึ่งหนึ่งของ I120 แต่ถ้าตั้งให้มากกว่า ก็จะได้เวลาที่ใช้ในการเร่งความเร็วเป็นสองเท่าของ I121 แต่ถ้าทั้ง I121 และ I120 เกินค่า maximum ที่กำหนดโดย I119 เวลาที่จะขยายออกไปจนอัตราเร่งน้อยกว่า I119

Homing Mode

I902 = 5 หมายถึง home s/w ทำงานแบบ normal open

I903 = 0 หมายถึง กำหนดให้ สัญญาณจาก flag register เป็น home signal ทั้งนี้เพราะ home limit amp-fault จะใช้ flag ตัวเดียวกัน

I123 ตั้งค่าความเร็วในการเคลื่อนที่หา home position default = 32

I120.I121 ตั้งค่าความเร่งและความหน่วง

เมื่อสั่งให้ motor หา home motorก็จะเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่กำหนดโดย I123 จนกระทั่งแตะ home s/w ก็จะเคลื่อนที่เลยไปเล็กน้อย แล้วก็จะกลับมายังตำแหน่ง home และจะแกว่งไป-มา ในค่า Offset ที่ตั้ง โดย I126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผ่านขั้นตอนต่างๆ มาแล้ว PMAC ก็พร้อมที่ทำงานตามคำสั่งที่ป้อนเข้ามา ซึ่งอาจจะ เป็น download command ซึ่งจะต้องส่งเข้าไปเก็บไว้ใน card ก่อนที่จะเรียกใช้ หรือเป็นแบบ On-line command ซึ่งจะทำงานทันทีที่ กด ENTER

คำสั่งที่ใช้ในการควบคุม PMAC

มีสองประเภทคือ download command และ online command โดย

download command เป็นคำสั่งที่จำเป็นต้อง load เข้าไปเก็บไว้ใน memory ของ card ก่อนที่จะเรียกใช้งาน โดยมากเป็นคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรม เช่น F ,TA,TS ,INC,ABS เป็นต้น

ในการติดต่อระหว่าง PMAC กับผู้ใช้นั้น มีคำสั่งชนิดหนึ่ง ซึ่งเมื่อส่งคำสั่งนั้นไปถึง การ์ด PMAC แล้ว การ์ด PMAC จะปฏิบัติงานทันที โดยคำสั่งเหล่านี้มีหน้าที่หลายหน้าที่ เช่น ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ (J+, J-), เปลี่ยนค่าตัวแปร (1169 =20) และรายงานข้อมูลต่างๆ กลับไปยัง คอมพิวเตอร์ ซึ่งคำสั่งเหล่านี้เมื่อถูกประมวลผลแล้ว จะถูกลบออกไปจากหน่วยความจำ แต่ผลที่เกิดขึ้นโดยคำสั่งนั้นยังคงอยู่

คำสั่งที่ปฏิบัติงานในทันทีนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. คำสั่งเฉพาะมอเตอร์ เป็นคำสั่งที่มีผลเฉพาะกับมอเตอร์ที่ต้องการ
2. คำสั่งเฉพาะระบบพิคัด เป็นคำสั่งที่มีผลเฉพาะกับระบบพิคัดที่ต้องการ
3. คำสั่งภายนอก เป็นคำสั่งที่ไม่มีผลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยตรง

โดยคำสั่ง On-line commands สามารถแบ่งออกตามหน้าที่ต่างๆ ดังนี้

PMAC On-line Command

คำสั่งเกี่ยวกับ Address

@{card}	หน้าที่	เป็นคำสั่งที่ใช้ในการรายงานแอดเดรสของการ์ด PMAC บน daisy chain
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก

@	หน้าที่	รายงานแอดเดรสปัจจุบันจของการ์ด PMAC ไปสู่คอมพิวเตอร์
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในของโรงเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



#{ค่าคงที่}	หน้าที่ ขอบเขต	กำหนดการทำงานของมอเตอร์ โดยค่าคงที่คือมอเตอร์ จำนวนมอเตอร์ (1-4)
#	หน้าที่ ขอบเขต	รายงานแอดเดรสปัจจุบันของมอเตอร์ไปสู่คอมพิวเตอร์ จำนวนมอเตอร์ (1-4)
&{ค่าคงที่}	หน้าที่ ขอบเขต	กำหนดพิกัดการเคลื่อนที่ โดยค่าคงที่คือพิกัด จำนวนพิกัด
&	หน้าที่ ขอบเขต	รายงานแอดเดรสปัจจุบันของพิกัดการเคลื่อนที่ จำนวนพิกัด
Communications Control-Characters		
<CTRL-H>	หน้าที่ ขอบเขต	ลบตัวอักษรตัวสุดท้าย คำสั่งภายนอก
<CTRL-I>	หน้าที่ ขอบเขต	ทำคำสั่งสุดท้ายอีกครั้งหนึ่ง คำสั่งภายนอก
<CTRL-M>	หน้าที่ ขอบเขต	ป้อนคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ คำสั่งภายนอก
<CTRL-T>	หน้าที่ ขอบเขต	เปลี่ยนการสื่อสารแบบอนุกรม แบบ full/half duplex คำสั่งภายนอก
<CTRL-W>	หน้าที่ ขอบเขต	รับค่าคำสั่งจาก dual-port RAM คำสั่งภายนอก

คำสั่งปฏิบัติงานภายนอก

<CTRL-A>	หน้าที่	ยกเลิกการปฏิบัติงานของคำสั่งเคลื่อนที่ และหยุดทุกคำสั่งที่ยังไม่ปฏิบัติงานของการ์ด
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก
<CTRL-K>	หน้าที่	หยุดคำสั่งมอเตอร์ทุกตัวโดยการ open the servo loop สั่งให้กระแสไฟออกจากการ์ดเท่ากับศูนย์ และถ้ามีโปรแกรมกำลังปฏิบัติงานอยู่ จะออกจากโปรแกรม
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก
<CTRL-O>	หน้าที่	สั่งให้การ์ด PMAC ส่งไฟออกไปควบคุม Driver เท่ากับศูนย์ มีผลให้ feed ช้าลงจนมีค่าเท่ากับศูนย์ในที่สุด
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก
<CTRL-Q>	หน้าที่	ออกจากและยกเลิกโปรแกรมที่กำลังปฏิบัติงานอยู่ มีผลให้ทุกโปรแกรมที่กำลังปฏิบัติงานในทุกโคออดิเนตหยุดทำงานหลังจากการคำนวณเสร็จสิ้น
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก
<CTRL-R>	หน้าที่	ปฏิบัติงานตามคำสั่งเคลื่อนที่ในทุกๆ โคออดิเนต
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก
<CTRL-S>	หน้าที่	สั่งให้การ์ดทำงานที่ละขั้นตอนในทุกโคออดิเนต
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก

คำสั่งรายงานสถานะ

<CTRL-B>	หน้าที่	รายงานสถานะปัจจุบันของมอเตอร์ทุกมอเตอร์สู่คอมพิวเตอร์ในรูปแบบของเลขฐานสิบหก
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก
<CTRL-C>	หน้าที่	รายงานสถานะปัจจุบันของโคออดิเนตสู่คอมพิวเตอร์ในรูปแบบของเลขฐานสิบหก โดยรายงานด้วยเลขสิบสองตัวต่อโคออดิเนต
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก
<CTRL-E>	หน้าที่	รายงานสถานะของแอดเดรสในรูปแบบของเลขฐานสอง
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก
<CTRL-F>	หน้าที่	รายงานค่าความผิดพลาดในทุกมอเตอร์สู่คอมพิวเตอร์ในรูปแบบของตัวอักษร
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก
<CTRL-G>	หน้าที่	รายงานสถานะทั่วไปของการ์ดสู่คอมพิวเตอร์ในรูปแบบของเลขฐานสิบหก
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก
<CTRL-P>	หน้าที่	รายงานตำแหน่งของมอเตอร์ทุกตำแหน่งสู่คอมพิวเตอร์ โดยรายงานในรูปแบบของเลขฐานสิบหก
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก
<CTRL-V>	หน้าที่	รายงานความเร็วของมอเตอร์ทุกๆ มอเตอร์สู่คอมพิวเตอร์ โดยรายงานในรูปแบบของตัวอักษร
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

???	หน้าที่	รายงานสถานะทั่วไปของการ์ด PMAC สู่คอมพิวเตอร์ โดย รายงานในรูปแบบของเลขฐานสิบหก สิบสองตัวเลข
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก
SIZE	หน้าที่	รายงานจำนวนหน่วยความจำที่เหลือเพื่อนำมาใช้งาน โดยให้ค่า เป็นบวกแสดงถึงหน่วยความจำที่เหลืออยู่ และค่าเป็นลบแสดง ถึงหน่วยความจำได้ถูกเปิดเพื่อใช้งาน ที่เหลืออยู่
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก
List [(buffer)]	หน้าที่	รายงานผลส่วนของหน่วยความจำที่เปิดอยู่
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก
คำสั่งในการควบคุม PLC		
ENABLE PLC {ค่าคงที่} [, {ค่าคงที่}...]	หน้าที่	เริ่มปฏิบัติการคำนวณชุดคำสั่ง PLC โดยที่ค่าคงที่ คือ หมายเลข ชุดคำสั่งที่ต้องการจะคำนวณ
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก
DISABLE PLC {(constant)} [, {constant}...]	หน้าที่	ยกเลิกการคำนวณชุดคำสั่ง PLC โดยที่ ค่าคงที่คือหมายเลขชุด คำสั่งที่ต้องการจะยกเลิกการคำนวณ
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก
คำสั่งเกี่ยวกับตัวแปร		
{ค่าคงที่}	หน้าที่	กำหนดค่า P0 โดยคำสั่งมีค่าเทียบเท่ากับ P0={ค่าคงที่}
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$I\{\text{ค่าคงที่}\} = \{\text{ค่าตัวแปร}\}$

หน้าที่

กำหนดค่าให้กับตัวแปร I โดยค่าคงที่มีค่าเป็นเลขจำนวนเต็ม ตั้งแต่ 0 ถึง 1023

ขอบเขต

คำสั่งภายนอก

$I\{\text{ค่าคงที่}\} = *$

หน้าที่

กำหนดค่าตัวแปร I ให้เท่ากับค่าที่ตั้งจากโรงงาน

ขอบเขต

คำสั่งภายนอก

$P\{\text{ค่าคงที่}\} = \{\text{ค่าตัวแปร}\}$

หน้าที่

กำหนดค่าให้แก่ค่าตัวแปร P

ขอบเขต

คำสั่งภายนอก

$M\{\text{ค่าคงที่}\} = \{\text{ค่าตัวแปร}\}$

หน้าที่

กำหนดค่าให้แก่ค่าตัวแปร M

ขอบเขต

คำสั่งภายนอก

$\cdot M\{\text{ค่าคงที่}\} \rightarrow$

หน้าที่

รายงานค่าที่กำหนดโดยตัวแปร M

ขอบเขต

คำสั่งภายนอก

$M\{\text{ค่าคงที่}\} \rightarrow *$

หน้าที่

กำหนดค่าให้แก่ตัวแปร M เป็นค่าที่ตั้งจากโรงงาน

ขอบเขต

คำสั่งภายนอก

$I\{\text{ค่าคงที่}\}$

หน้าที่

รายงานค่าตัวแปร I สู่คอมพิวเตอร์

ขอบเขต

คำสั่งภายนอก

$P\{\text{ค่าคงที่}\}$

หน้าที่

รายงานค่าตัวแปร P สู่คอมพิวเตอร์

ขอบเขต

คำสั่งภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M(ค่าคงที่) หน้าที่ รายงานค่าตัวแปร M ไปสู่คอมพิวเตอร์
 ขอบเขต คำสั่งภายนอก

M{constant} -> หน้าที่ รายงานค่า definition ของตัวแปร M ไปสู่คอมพิวเตอร์
 ขอบเขต คำสั่งภายนอก

คำสั่งควบคุมหน่วยความจำ

OPEN PROG{constant}
 หน้าที่ เรียกใช้โปรแกรมการเคลื่อนที่ที่ถูกส่งจากเครื่องคอมพิวเตอร์
 และถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำของการ์ด PMAC มาใช้งาน
 ขอบเขต โปรแกรมที่ถูกโอนถ่ายจากเครื่องคอมพิวเตอร์สู่การ์ด PMAC

OPEN ROT หน้าที่ เรียกใช้ Rotary motion program ทุกโปรแกรมที่ปรากฏอยู่ใน
 หน่วยความจำ
 ขอบเขต คำสั่งภายนอก

OPEN PLC {constant}
 หน้าที่ เรียกใช้ PLC โปรแกรมที่กำหนดไว้ในหน่วยความจำ เพื่อทำการ
 ประมวลผลและทำการแก้ไข
 ขอบเขต จำนวน PLC ที่ระบุไว้ในหน่วยความจำ

CLOSE หน้าที่ ปิดหน่วยความจำที่มีการเปิด เพื่อการเรียกใช้ซึ่งควรที่จะกระทำ
 ทันทีหลังจากที่โปรแกรมการเคลื่อนที่โปรแกรม PLC โปรแกรม
 Rotary และอื่นๆ ในบัฟเฟอร์
 ขอบเขต คำสั่งภายนอก

CLEAR	หน้าที่	จบโปรแกรมที่มีการเปิด เพื่อการเรียกใช้ซึ่งสามารถเรียกใช้ได้ด้วยโปรแกรมทุกชนิด
	ขอบเขต	คำสั่งภายนอก

คำสั่งในการกำหนดแกน

#n -> [{constant}] {axis} [+{constant}]

หน้าที่ กำหนดมอเตอร์ให้กับแกนในระบบพิกัด

ขอบเขต ระบบพิกัดที่ระบุ

ตัวอย่าง #1 -> 150X + 10 คือการระบุให้มอเตอร์ 1 ทำตามพิกัดแกน X โดยค่า 150 คือ สเกลแฟกเตอร์ และค่า 10 คือค่าออฟเซต

#n ->

หน้าที่ รายงานการกำหนดแกนปัจจุบันของมอเตอร์ n ในระบบพิกัดปัจจุบัน

ขอบเขต ระบบพิกัดที่ระบุ

ตัวอย่าง #1 ->

UNDEFINE

หน้าที่ ลบการกำหนดแกนของมอเตอร์ทั้งหมดในระบบพิกัดปัจจุบัน

ขอบเขต ระบบพิกัดที่ระบุ

คำสั่งทั่วไปในระบบพิกัด

??	หน้าที่	รายงานสถานะของระบบพิกัดในรูปแบบเลขฐานสิบหกจำนวนสิบสองตัวเลข
	ขอบเขต	ระบบพิกัดที่ระบุ
	ตัวอย่าง	?? รายงาน A8002A020010

%{constant}	หน้าที่ ขอบเขต ตัวอย่าง	กำหนดเปอร์เซ็นต์ feed rate ในระบบฟีดปัจจุบัน ระบบฟีดที่ระบุ % 100 % 50
%	หน้าที่ ขอบเขต	รายงานเปอร์เซ็นต์ feed rate ในระบบฟีดปัจจุบันให้แก่ คอมพิวเตอร์ ระบบฟีดที่ระบุ
ZZ	หน้าที่ ขอบเขต	กำหนดฟีดปัจจุบันเป็นตำแหน่ง home โดยไม่ต้องมีการเคลื่อน แกนในระบบฟีดปัจจุบัน ระบบฟีดที่ระบุ
คำสั่งที่ใช้ในการควบคุมโปรแกรม		
R	หน้าที่ ขอบเขต	เริ่มทำการปฏิบัติงานตามคำสั่งการเคลื่อนที่บริเวณที่ Program counter ซ้ำอยู่ในระบบฟีดปัจจุบัน ระบบฟีดที่ระบุ
S	หน้าที่ ขอบเขต	ทำการปฏิบัติงานตามคำสั่งการเคลื่อนที่ที่ละคำสั่ง บริเวณที่ Program counter ซ้ำอยู่ในระบบฟีดปัจจุบัน ระบบฟีดที่ระบุ
B[{constant}]	หน้าที่ ขอบเขต ตัวอย่าง	ตั้งค่า Program counter ให้ชี้ที่ตำแหน่งบนสุดของโปรแกรม เพื่อพร้อมปฏิบัติการ ระบบฟีดที่ระบุ B1 ; set ค่า program counter ซ้ำที่ตำแหน่งบนสุด ของโปรแกรมการเคลื่อนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		B12.6 ;	set ค่า program counter ซึ่ที่ตำแหน่งบรรทัด ที่ 6 ของโปรแกรมการเคลื่อนที่ 12
H	หน้าที่		กำหนดค่า feed rate ให้เท่ากับศูนย์ในโปรแกรมการเคลื่อนที่ เพื่อหยุดการเคลื่อนที่
	ขอบเขต		ระบบพิกัดที่ระบุ
A	หน้าที่		ยกเลิกโปรแกรมทุกโปรแกรม และทุกการเคลื่อนที่มีผลให้หยุด การเคลื่อนที่ทันทีที่สั่งงาน และออกจากโปรแกรมในระบบพิกัด
	ขอบเขต		ระบบพิกัดที่ระบุ
Q	หน้าที่		ยกเลิกโปรแกรม เมื่อลบการเคลื่อนที่จากคำสั่งการเคลื่อนที่
	ขอบเขต		ระบบพิกัดที่ระบุ
คำสั่งกำหนดคุณสมบัติของแกน			
Z	หน้าที่		กำหนดให้พิกัดปัจจุบันมีค่าเท่ากับศูนย์ ในทุกระบบพิกัด
	ขอบเขต		ระบบพิกัดที่ระบุ
INC [({axis}[, {axis}])]	หน้าที่		กำหนดให้ทุกแกน หรือแกนที่ระบุให้มีการเคลื่อนที่แบบ incrementally
	ขอบเขต		ระบบพิกัดที่ระบุ
	ตัวอย่าง		INC ระบุให้ทุกพิกัดเคลื่อนที่แบบ incremental INC (x) ระบุให้แกน x เคลื่อนที่แบบ incremental

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABS [{axis} [, {axis} ...]]

หน้าที่	กำหนดให้ทุกแกน หรือแกนที่ระบุให้มีการเคลื่อนที่แบบ absolute
ขอบเขต	ระบบพิกัดที่ระบุ
ตัวอย่าง	ABS ระบุให้ทุกพิกัดเคลื่อนที่แบบ absolute ABS(x) ระบุให้แกน x มีการเคลื่อนที่แบบ absolute

FRAX [{axis} [, {axis} ...]]

หน้าที่	กำหนดให้มีการคำนวณ feed rate ในการเคลื่อนที่แต่ละแกน
ขอบเขต	ระบบพิกัดที่ระบุ
ตัวอย่าง	FRAX กำหนดให้ทุกพิกัดมีการคำนวณ feed rate FRAX(x,y) กำหนดให้พิกัด x และ y มีการคำนวณ feed rate

คำสั่งเกี่ยวกับมอเตอร์

\$

หน้าที่	Reset มอเตอร์ และตั้งค่าให้เท่ากับค่าที่ตั้งจากโรงงาน
ขอบเขต	ลักษณะเฉพาะของมอเตอร์ที่กำหนด
ตัวอย่าง	#1 \$ Reset มอเตอร์ที่หนึ่ง

HM

หน้าที่	ให้มอเตอร์เดินเข้าหาตำแหน่ง Home position ทาง hardware
ขอบเขต	ลักษณะเฉพาะของมอเตอร์ที่กำหนด
ตัวอย่าง	#1 HM กำหนดให้มอเตอร์ที่ 1 เคลื่อนที่เข้าหาตำแหน่ง Home position

HMZ

หน้าที่	ระบุให้ตำแหน่งพิกัดปัจจุบันเป็นตำแหน่ง Home position โดยไม่มีการเคลื่อนที่ของมอเตอร์
ขอบเขต	ลักษณะเฉพาะของมอเตอร์ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ตัวอย่าง	#1 HMZ
K	หน้าที่	หยุดกระแสที่ส่งออกไปสู่ Driver และยกเลิก servo loop เป็นคำสั่งที่หยุดการทำงานของมอเตอร์ในทันที
	ขอบเขต	ลักษณะเฉพาะของมอเตอร์ที่กำหนด
	ตัวอย่าง	#1 K, #2 K

คำสั่งในการ Jogging

J+	หน้าที่	เคลื่อนที่มอเตอร์ไปในทิศทางบวก โดยความเร็วถูกควบคุมโดย Ix19, Ix22
	ขอบเขต	มอเตอร์ที่กำหนด
	ตัวอย่าง	#1 J+
J-	หน้าที่	เคลื่อนที่มอเตอร์ไปในทิศทางลบ โดยความเร็วถูกควบคุมโดย K- Ix19, Ix22
	ขอบเขต	มอเตอร์ที่กำหนด
	ตัวอย่าง	#1 J-
J/	หน้าที่	หยุดการเคลื่อนที่แบบ Jog และให้การเคลื่อนที่ควบคุมโดยตำแหน่ง
	ขอบเขต	มอเตอร์ที่กำหนด
J=	หน้าที่	เคลื่อนที่มอเตอร์ไปตำแหน่งก่อนที่จะมีการเข้า Mode jog
	ขอบเขต	มอเตอร์ที่กำหนด
J = {constant}	หน้าที่	เคลื่อนที่มอเตอร์ไปตำแหน่งที่ต้องการ {constant}
	ขอบเขต	มอเตอร์ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- J : {constant} หน้าที่ เคลื่อนที่มอเตอร์ไปในระยะทางที่กำหนด {constant}
 ขอบเขต มอเตอร์ที่กำหนด

คำสั่งรายงานผล

- P หน้าที่ รายงานตำแหน่งพิกัดปัจจุบัน ไปสู่มอเตอร์
 ขอบเขต มอเตอร์ที่กำหนด
- V หน้าที่ รายงานความเร็วปัจจุบันไปสู่มอเตอร์
 ขอบเขต มอเตอร์ที่กำหนด
- F หน้าที่ รายงานความผิดพลาดไปสู่มอเตอร์
 ขอบเขต มอเตอร์ที่กำหนด
- ? หน้าที่ รายงานความผิดพลาดในรูปแบบเลขฐานสิบหกไปสู่มอเตอร์
 ขอบเขต มอเตอร์ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การเขียนโปรแกรมติดต่อกับการ์ด PMAC

การเขียนโปรแกรมเพื่อทำการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับการ์ด PMAC นั้นคือการส่งคำสั่ง และรับคำสั่งจากการ์ด PMAC โดยการส่งและรับข้อมูลนั้นจะใช้รหัส ASCII

การเขียนโปรแกรมติดต่อจะใช้ภาษาระดับเครื่องในการส่งข้อมูลโดยการแยกคำสั่งออกเป็นอักขระ แล้วทำการส่งอักขระเข้าสู่การ์ดทีละตัว

โปรแกรมติดต่อกับการ์ดผ่านทาง Host Port Bus

Host Port มีการใช้ 11 รีจิสเตอร์ ติดต่อกันจากทั้งหมด 16 addresses ใน I/O คอมพิวเตอร์จะติดต่อกับรีจิสเตอร์เหล่านี้โดยการใช้คำสั่งอ่านข้อมูลที่ละอักขระ และเขียนข้อมูลที่ละอักขระ โดยใช้คำสั่ง เช่น outportb, inportb, outp และ inp ส่วนทางด้าน PMAC จะใช้คำสั่งสำเร็จรูปในการติดต่อโดยตรงกับรีจิสเตอร์ และในการตอบสนองต่อคำสั่งจากคอมพิวเตอร์

ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ทั้ง 11 ตำแหน่ง ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์นั้นสามารถเลือกได้โดยปรับ jumpers E91-E92, E66-E71 บนการ์ด PMAC-Lite โดยตำแหน่งของรีจิสเตอร์นั้นมีระยะตั้งแต่ base address ถึงตำแหน่ง base address + 10 โดยตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่างๆ จะมีค่าตามตาราง

Base + 0	Interrupt Control Register
Base + 1	Command Vector Register
Base + 2	Interrupt Status Register
Base + 3	Interrupt Vector Register
Base + 4	ไม่ใช่
Base + 5	High-Byte Data Transmit and Receive
Base + 6	Middle-Byte Data Transmit and Receive
Base + 7	Low-Byte Data Transmit and Receive
Base + 8	Interrupt Controller Command Word 0
Base + 9	Interrupt Controller Command Word 1
Base + 10	Interrupt Acknowledge Word

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษา โดยไม่ใช่วิชาชีพ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดต่อรีจิสเตอร์โดยการติดต่อแบบ Polled สามารถทำได้โดยการติดต่อการ์ด PMAC-Lite โดยการใช้รีจิสเตอร์เพียง 2 ตำแหน่ง คือ

1. {Base + 7} จะเก็บค่าตัวอักษรที่ทำการส่งเข้าสู่และรับจากการ์ด PMAC การส่งและรับข้อมูลนั้นจะถูกจัดการโดยรีจิสเตอร์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงไม่มีปัญหาในการเขียนทับข้อมูลในการส่งคนละทิศทาง

2. {Base + 2} จะเก็บค่าสถานะ ถึงแม้ว่าจะถูกเรียกว่า Interrupt Status Register แต่สามารถนำมาใช้ในการติดต่อแบบ Polled ได้ โดยเมื่อ Write-Ready Bit (bit 1) มีค่าจริงเมื่อ PMAC พร้อมที่จะรับคำสั่งจาก PC และเมื่อ Read-Ready Bit (bit 0) มีค่าจริง แสดงว่า PMAC พร้อมที่จะให้ PC อ่านอักขระ

การติดตั้งการ์ดติดต่อกับ PC

การติดต่อกับ PC Port ไม่จำเป็นต้องทำการติดต่อจริงๆ แต่ควรที่จะส่งค่า 0 ไปที่ High-byte และ Middle-byte register เพื่อที่จะล้างค่าที่มีอยู่เดิม โดยใช้คำสั่งภาษา C

```
outportb (combase + 5,0);
```

```
outportb (combase + 6,0);
```

เพื่อให้การติดต่อดีขึ้น กำหนดให้มีการคำนวณ "time out" ให้สอดคล้องกับความเร็วของ PC เมื่อ PC Polls PMAC เพื่อทดสอบว่าการ์ดพร้อมที่จะทำการติดต่อหรือไม่ ค่าในตัวนับจะเพิ่มขึ้นและถ้าค่าในตัวนับเพิ่มขึ้นเกินค่าของ time out PC จะยกเลิกการพยายามที่จะติดต่อกับ PMAC และ PC จะพยายามติดต่ออีกครั้งภายหลังขึ้นอยู่กับสถานการณ์ โดยค่า time out คำนวณจากสมการ

$$\text{time out} = 7 * \text{speed} * 100;$$

โดยค่า speed = 1, 0 ถ้า PC - XT

speed = 3, 4 ถ้า PC - 286

speed = 5, 6 ถ้า PC - 386

speed = 7, 9 ถ้า PC - 486

การส่งอักษรให้ PMAC

ในการส่งอักษรให้ PMAC สามารถทำได้เมื่อ Write-Ready Bit มีค่าจริง และการส่งค่าอักษรสามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง

```
I = 0;
while (I++ < timeout &&! (inportb(combe + 2)&2));
if (I < timeout) outportb (combe + 7, outchar);
```

การรับอักษรจาก PMAC

ในการรับค่าอักษรให้ PMAC สามารถทำได้เมื่อ Read-Ready Bit มีค่าจริง (1) และกา
รับค่าอักษรสามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง

```
I = 0;
while (I++ < timeout &&! (inportb(combe + 2) & 1));
if (I < timeout) inchar = inportb (combe + 7);
```

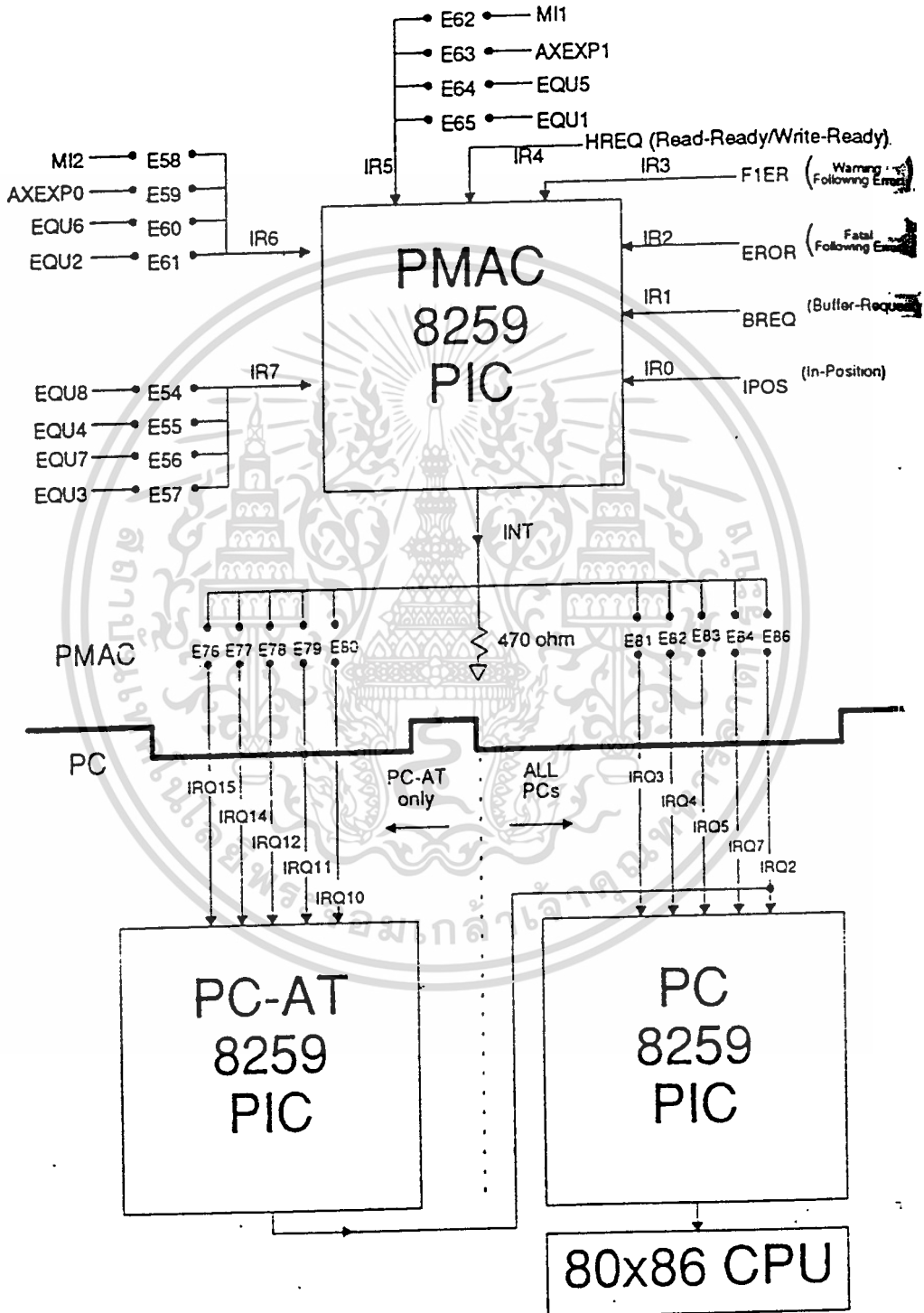
การใช้ PMAC Interrupt the host computer

PMAC สามารถ interrupt host PC ได้ทุกค่า แล้วแต่เหตุผล การใช้ interrupt สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่โปรแกรมแต่มีการเขียนที่ยุ่งยาก บนการ์ด PMAC มีชิพ Intel 8259 Programmable Interrupt Controller IC (PIC) โดย IC มี 8 inputs ที่สามารถเป็นผลให้มีการส่ง interrupt signal to PC ด้วยการให้ Hardware และ Software ทำให้สามารถเลือกสัญญาณ interrupt ได้ โดย input ทั้ง 8 ของ PIC เรียกเป็น IR0 ถึง IR7 โดย IR0 มีความสำคัญสูงสุด และ IR7 มีความสำคัญน้อยสุด ดังตาราง

PIC Input	PMAC Signal
IR0	IPOS
IR1	BREQ
IR2	EROR
IR3	FIER
IR4	HREQ
IR5	EQU1 (thru E65) EQU5 (thru E64) AXEXP1 (thru E63) MI1 (thru E62)
IR6	EQU2 (thru E61) EQU6 (thru E60) AXEXP0 (thru E59) MI2 (thru E58)
IR7	EQU3 (thru E57) EQU7 (thru E56) EQU4 (thru E55) EQU8 (thru E54)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

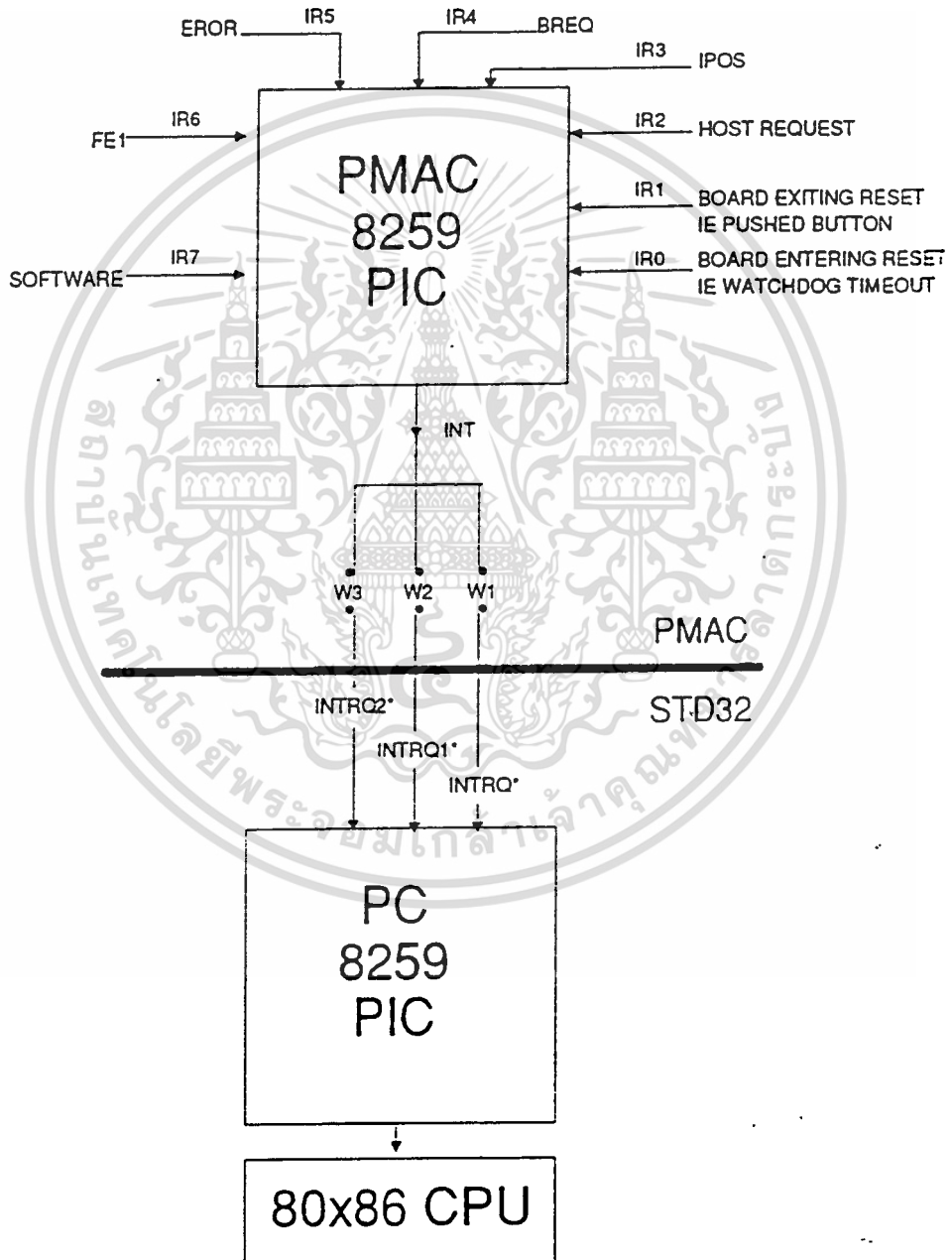
PMAC-PC INTERRUPT STRUCTURE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The following table shows which signals match to each input on the PMAC-STD:

Input	Signal	Input	Signal
IR0	N/A	IR4	BREQ
IR1	N/A	IR5	EROR
IR2	N/A	IR6	FE1
IR3	IPOS	IR7	(Software)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้ง Interrupt

เพื่อให้การทำงานเชื่อมต่อกับ PMAC เป็นไปอย่างราบรื่นจำเป็นต้องตั้งค่าทั้ง hardware และ software ให้มีค่าเดียวกัน ในการตั้งค่านั้นบางค่าจำเป็นต้องทำในขั้นตอนการพัฒนา และในบางค่าจำเป็นต้องกระทำในทุกครั้งที่มีการเปิดเครื่อง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. หาค่า interrupt ที่ว่างบน PC ใช้ IRQ5 (oxod)
2. ตั้งค่า Jumper บน PMAC ให้ใช้ interrupt ที่ว่างบน PC
3. ตั้งค่าเริ่มต้น PC's Pic โดยในโปรแกรม PC's 8259 จำเป็นต้องมีการตั้งค่าทุกครั้ง

โปรแกรมเรียกใช้ PMAC ถูกใช้งาน การติดตั้งประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญคือ Vectoring and Unmasking Vectoring คือการระบุตำแหน่งที่ PC จะปฏิบัติงานเมื่อได้รับ interrupt unmasking คือการอนุญาตให้ใช้ interrupt

4. Vectoring ขั้นแรกเก็บค่า vector ก่อน เพื่อที่จะสามารถคืนค่าได้เมื่อจบโปรแกรม กระทำโดยคำสั่ง

```
oldvect = getvect (oxod);
```

หลังจากนั้นกำหนด PMAC Interrupt Vector

```
setvect (oxod, pmac_comm);
```

5. Set up PMAC

- เขียนค่าให้ DSP's interrupt control register ที่ PMAC's base address (528, ตั้งโดย jumpers E66-E71 และ E91-E92) โดยใช้คำสั่ง

```
outportb (base, value);
```

6. Initialinzing PMAC's PIC ทำโดยส่งคำสั่ง PMAC PIC's Initialization Command Words CI(Ws) เพื่อ set up PIC ถึงแม้ว่า IC บน PMAC สอดคล้องกับ PC's port เหมือน register 2 ตัวที่ base+8, base+9 กระทำโดย

- เขียน 0x17 ที่ {PMAC base address+8}

เพื่อ set up ICW1 เพื่อ edge-triggered interrupts

- เขียน 0x08 ที่ {PMAC base address+9}

เพื่อ set up ICW2

- เขียน 0x03 ที่ {PMAC base address+9}

เพื่อ set up ICW4 ใน 8086 mode

- เขียน 0xDF ที่ {PMAC base address+9}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อ operation control word 1 mask interrupt ทั้ง 8 ไปสู่ PMAC PIC

7. Unmasking interrupts เมื่อพร้อมรับค่า PMAC unmask the interrupt(s) ไป PMAC PIC ที่ต้องการจะให้ทำงาน ทำโดยคำสั่ง

```
outportb (base+9, 0xEF)
```

อ่านค่า mask word ที่ port 0x21 โดยใช้คำสั่ง

```
ch = inportb (0x21)
```

```
ch = ch & 0xEF
```

```
outportb (0x21, ch);
```

8. คืนค่า vectors หลังจากออกจากโปรแกรมจำเป็นต้องคืนค่า PC interrupt และ vector โดยใช้คำสั่ง

```
setvect (0x0c oldvect);
```

```
disable ();
```

```
ch = inportb (0x21);
```

```
ch = ch/0x10;
```

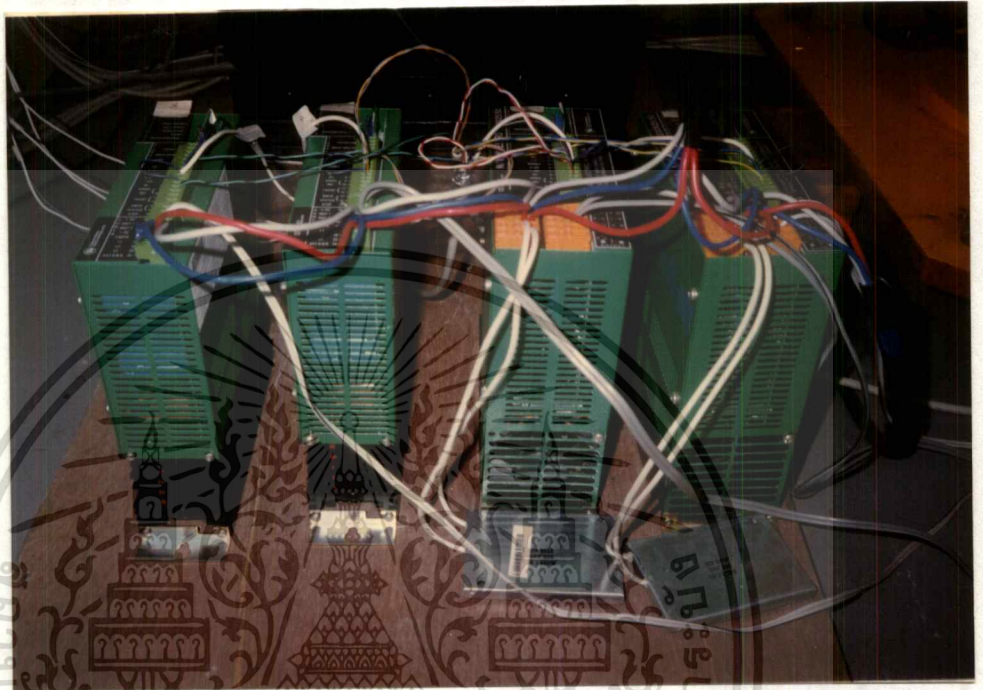
```
outportb (0x21, ch);
```

```
enable();
```

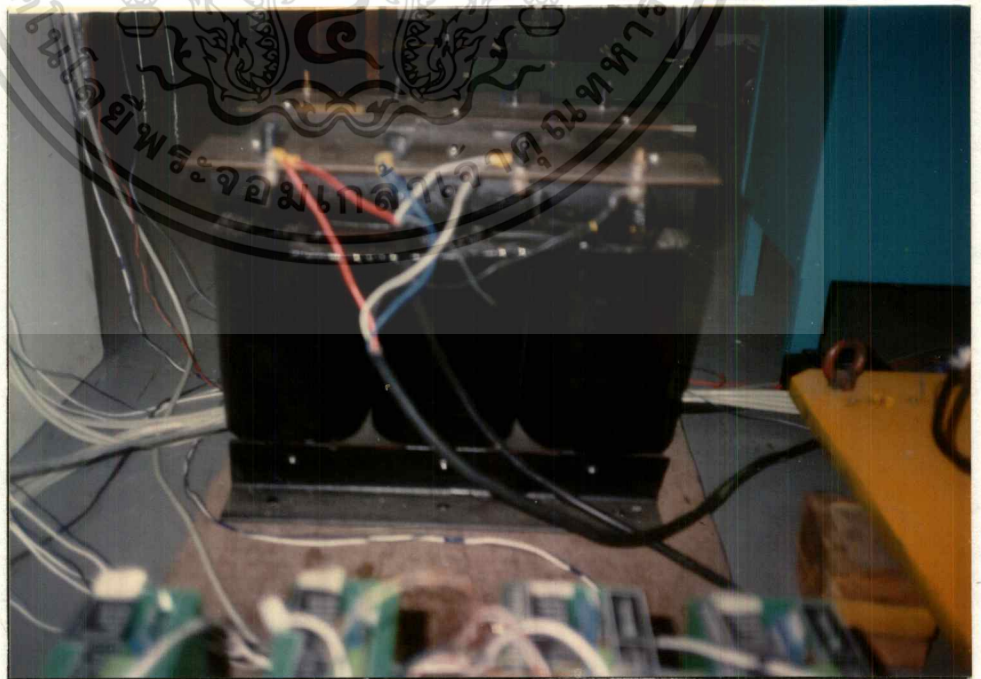
```
outportb (base+9, 0xff);
```

บทที่ 4

การใช้งาน Meastro Drives Amplifiers



รูปที่ 4.1 Meastro Drivers Amplifier



รูปที่ 4.2 Transformer 380VC to 110 VAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

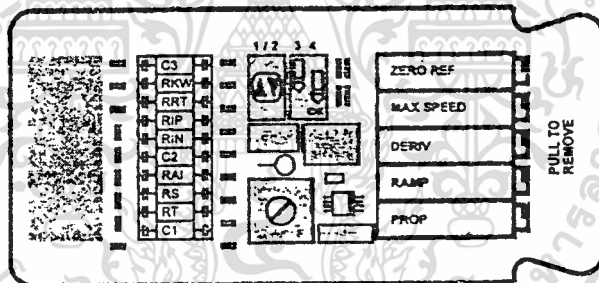
ตัว Meastro Drives Amplifier ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ใต้น้ำมีสองแบบ เนื่องจาก motor ที่ใช้มีสองขนาด จึงต้องใช้ Amplifiers ที่แตกต่างกัน คือ

Midi- Meastro ใช้ขับ motor ขนาดเล็ก โดยจ่ายไฟได้ 150 VDC 8A และต้องการ supply 105 VAC

Maxi-Meastro ใช้กับมอเตอร์ตัวใหญ่ จ่ายไฟได้ 212 VDC 25 A ต้องการ Supply 150 V AC

Amplifier ทั้งสองแบบแตกต่างกันที่ power input และ power output เท่านั้น องค์ประกอบและการ Set up. จะเหมือนกันทุกประการ ยกเว้นในกรณีของ Breaking resistee ซึ่งจะช่วงในการ Discharge ของมอเตอร์ เมื่อหยุดการทำงาน ทำให้หยุดได้เร็วและไม่กระตุก

Setting up the Drive



รูปที่ 4.3 Daughter board

ในตัว Amplifier จะมีแผ่นควบคุมเล็กๆ ที่เรียกว่า daughter board ซึ่งถ้าถูกถอดออกไป Amplifier ก็จะไม่ทำงาน บนตัว daughter board นี้จะมี Adjusted serew อยู่ 5 ตัว เพื่อใช้ปรับตั้ง potentiometer parameter 5 ตัว ดังนี้

ZERO REF -ปรับตั้งเพื่อจุดค่า External speed offset ซึ่งจะจุดความผิดพลาดในการควบคุมความเร็ว

MAX SPEED -เมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกา จะเป็นการลดความเร็วสูงสุดของมอเตอร์ลง 50% แต่ถ้าหมุนตามเข็มนาฬิกา จะเพิ่มความเร็วสูงสุดขึ้นอีก 120 %

DERIVATIVE - เป็นการปรับตั้ง derivative gain ซึ่งเปรียบเสมือนสปริง ถ้าตั้งสูงจะทำให้การ Oscillation น้อย โดยหมุนตามเข็มนาฬิกา หรือกล่าวว่าจะเป็นตัวตั้ง Amplitude ของการ Oscillation.

RAMP - ใช้ปรับตั้งเวลาที่ มอเตอร์ใช้ในการเร่งความเร็วจนถึง Max Speed ซึ่งจะมีช่วงระหว่าง 0-2 วินาที

PROPORTIONAL - ทำหน้าที่คล้าย DAMPER หน่วงการ Oscillation หรือทำให้ความถี่ลดลงในระบบ PID control

การปรับตั้ง Amplifier เข้ากับ Control System

Zero speed offset

1. ต่อ input เข้า pin 9 และ 10 ซึ่ง input นี้สามารถปรับค่าได้ระหว่าง ± 10 VDC
2. ตั้งค่า input เป็น 0 V คือไม่ให้มีการเคลื่อนที่
3. ถอดสาย Stop Signal ออกจาก pin 15
4. ต่อ Multimeter เข้ากับ pin 11 และ 12
5. ม้วนสัญญาณ enable ปรับสกรู ZERO REF จนกว่าค่าที่อ่าน Multimeter ไม่เกิน 1 ทาง
6. ต่อสายต่างๆ ดังเดิม

Maximum speed

การตั้งค่า Maximum speed กล่าวคือ จะต้องเกี่ยวข้องกับ Hardware เล็กน้อย โดยบน daughter board จะมีตัวต้านทานที่เรียกว่า RT ซึ่งควบคุม Max speed โดยค่าของ RT หาได้จากสูตร

$$RT = 200[(V_m * K_e) - 5]$$

$$\text{โดย } V_m = \text{Maximum speed of motor in RPM} / 1000$$

$$K_e = \text{Tachogenerater voltage constant}$$

โดยตัวต้านทาน RT นั้นจะต้องทนได้ 0.25 W และ Tolerance 1.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าค่าที่ได้เกิน 0 ให้ short circuit แทนการใช้ RT แต่ถ้าค่าที่ได้เป็นลบ จะต้องเปลี่ยน Tachogenerator ให้มีค่า Ke มากขึ้น เพื่อขึ้นให้ถึง Max speed.

Nominal current

ถ้ากระแสที่ Amplifier จ่ายให้ มอเตอร์ นั้นสูงเกินไป motor อาจจะไหม้ได้ เราสามารถแก้ไขโดยใช้ RIN เข้าไปที่ Daughter board โดยใช้สูตร

$$RIN = \frac{(10000 \times Inom)}{[(0.1925 \times Ipeak) - (0.385 \times Inom)]}$$

โดย Inom = กระแสที่มอเตอร์ ต้องการหรือ ทนได้

Ipeak = กระแสสูงสุดที่ Amplifier จ่ายได้เมื่อไม่มี RIN

นอกจากการใช้สูตรคำนวณ แล้วยังสามารถใช้ตารางต่อไปนี้ หาค่า RIN ได้

RIN	Midi-Maestro 140 x 8/16	Midi-Maestro 140 x 14/28
kΩ	Inom	Inom
	8	14
18.0	7	
15.0		12
7.5	6	
6.8		10
4.7	5	
3.3		8
2.7	4	
1.8		6
1.0		4

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง RIN และ I peak

Tacho loss protection

1. ON s/w 3
2. หาค่า RRT โดยใช้สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$RRT = [(0.068 \cdot V_m \cdot K_e) - 1] \cdot 183000$$

โดย VM = Maximum speed in RPM /1000

Ke = Motor voltage constant (ที่ความเร็ว 1000 RPM)

Peak current

เมื่อใส่ RIN Ipeak อาจสูงเกินไปเมื่อเทียบกับ Inom จึงต้องใส่ตัวต้านทาน RIP ซึ่งหาค่าได้โดยใช้สูตร

$$RIP = \frac{(2200 \times I_{nom})}{(I_{peak} - I_{lim})} \text{ k}\Omega$$

โดย Ilim = Ipeak ใหม่ที่ต้องการ

ในการเลือกค่า Ipeak ใหม่ สามารถดูได้จาก ตารางดังนี้

RIP	Midi-Maestro 140 × 8/16	Midi-Maestro 140 × 14-28
kΩ	I _{PEAK}	I _{PEAK}
	16	28
15.0		26
12.0	14	
8.6		24
6.8	12	22
5.6		20
3.9	10	18
2.7		16
2.2	8	

ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง RIP และ Ipeak

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dynamic calibration

หลังจากปรับแต่งสกรู และตัวต้านทานต่างๆ แล้ว จะต้องทำการทดสอบ (Calibration) เพื่อให้แน่ใจว่า Amplifier ทำงานได้ตามที่ต้องการ และปรับแต่งรายละเอียดอื่นๆ ซึ่งจะต้องทำขณะที่ใช้งาน ดังนี้

1. ปลดสลัวยุณานควบคุมความเร็วออกจาก pin 9 และ 10
2. ต่อ Function generator เข้า pin 9 และ 10 แทน
3. ตั้ง output ของ function generator ดังนี้

Square wave output

1 2V Amplitude

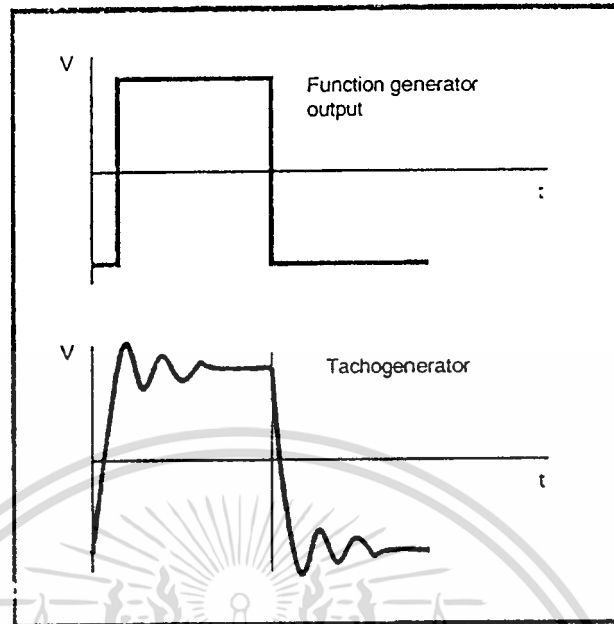
0.2 Hz Frequency

4. ต่อ Channel A ของ oscilloscope เข้า pin 11
5. ต่อ Channel B ของ oscilloscope เข้า pin 1
6. ต่อ oscilloscope ground เข้า pin 8
7. ต่อ oscilloscope external trigger input เข้ากับ function generator output
8. ตั้ง oscilloscope ดังนี้

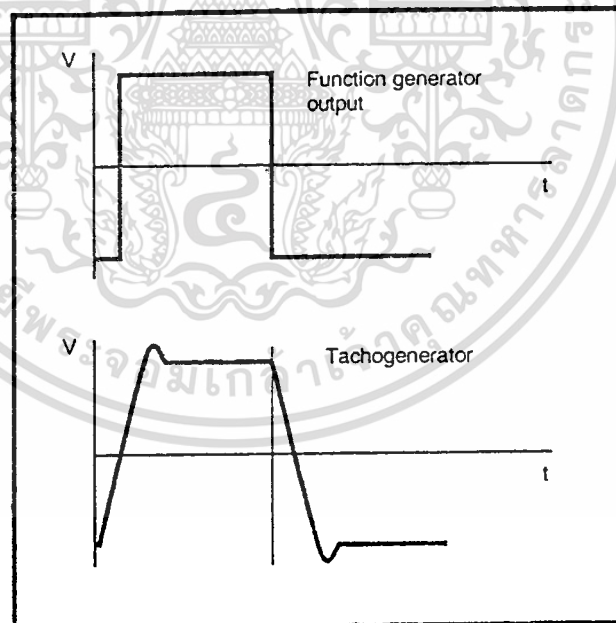
Sensitivity : 1 mV per division

Time base : 20 ms per division

9. จ่าย power ให้กับ Amplifier
10. Enable Amplifier
11. ถ้า wave form เป็นดังรูปที่ 4.6 เกิดจาก proportional gain ไม่เหมาะสม ให้ปรับโดย การหมุนสกรูตามเข็มนาฬิกา จนกว่าการ oscillate จะหายไป
12. เมื่อไม่เกิดการ oscillation แล้วแต่ยังเกิด overshoot ดังรูปที่ 4.6 ให้หมุนสกรูที่ปรับ Derivative gain เพื่อลดการกระชาก จนกว่า จะได้กราฟดังรูปที่ 4.7

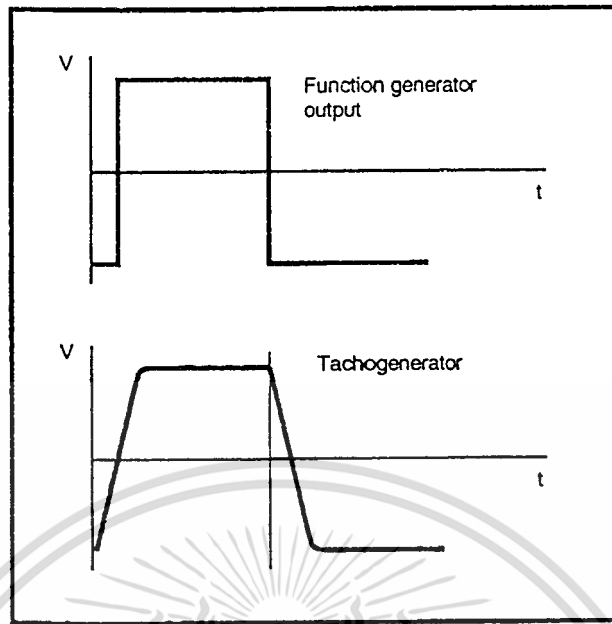


รูปที่ 4.4 Wave form ที่เกิดจากการปรับ proportional gain ต่ำ

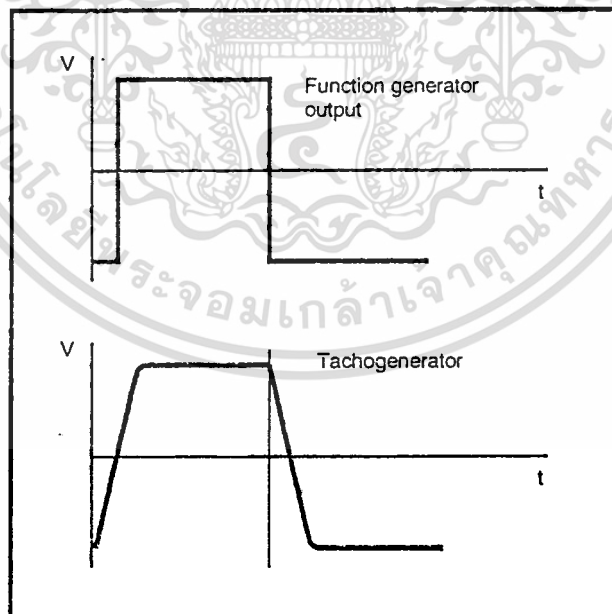


รูปที่ 4.5 Wave form ที่เกิดจากการปรับ derivative gain ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 Wave form ที่เกิดจากการปรับ derivative gain สูง



รูปที่ 4.7 Ideal wave form

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูป

โปรแกรมสำเร็จรูปที่ได้พัฒนาขึ้นมา เขียนโดยโปรแกรมภาษา c++ การเขียนแบ่งออกเป็น 11 file โดยแต่ละfile มีหน้าที่ดังต่อไปนี้

- 1.moto.cpp เป็นไฟล์ทำหน้าที่ติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับการ์ด PMAC
- 2.position.cpp เป็นไฟล์ทำหน้าที่อ่านค่าคำสั่งจากไฟล์และทำการคำนวณค่าพิกัดทุกพิกัดในการเคลื่อนที่
- 3.tran.cpp เป็นไฟล์ทำหน้าที่เปลี่ยนค่าจากพิกัด x,y และ z เป็นมุมแกนกล
- 4.2d.cpp เป็นไฟล์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนค่าจากพิกัด x,y และ z เป็นพิกัดของจอภาพและแสดงภาพในกราฟฟิกโหมด
- 5.panel.cpp เป็นไฟล์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของการ์ดและกำหนดค่าเริ่มต้นให้แก่การ์ด PMAC
- 6.tvedit1.cpp เป็นไฟล์ที่ทำหน้าที่สร้างตัวเลือกเพื่อติดต่อกับผู้ใช้
- 7.tvedit2.cpp เป็นไฟล์ที่ทำหน้าที่สร้าง editor และ ควบคุมการทำงานของ windows
- 8.tvedit3.cpp เป็นไฟล์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด
- 9.robot.h เป็นไฟล์ที่ทำหน้าที่รวบรวมฟังก์ชันการคำนวณพิกัด
- 10.tvedit.h เป็นไฟล์ที่ทำหน้าที่รวบรวมฟังก์ชันการจัดการ windows
- 11.pmac.ini เป็นไฟล์ที่ทำหน้าที่เก็บค่าเริ่มต้นของการ์ด PMAC

โดย การใช้งานสามารถเรียกใช้จากบรรทัดคำสั่ง โดยการพิมพ์ motoman เช่น

```
c:\>motoman.exe
```

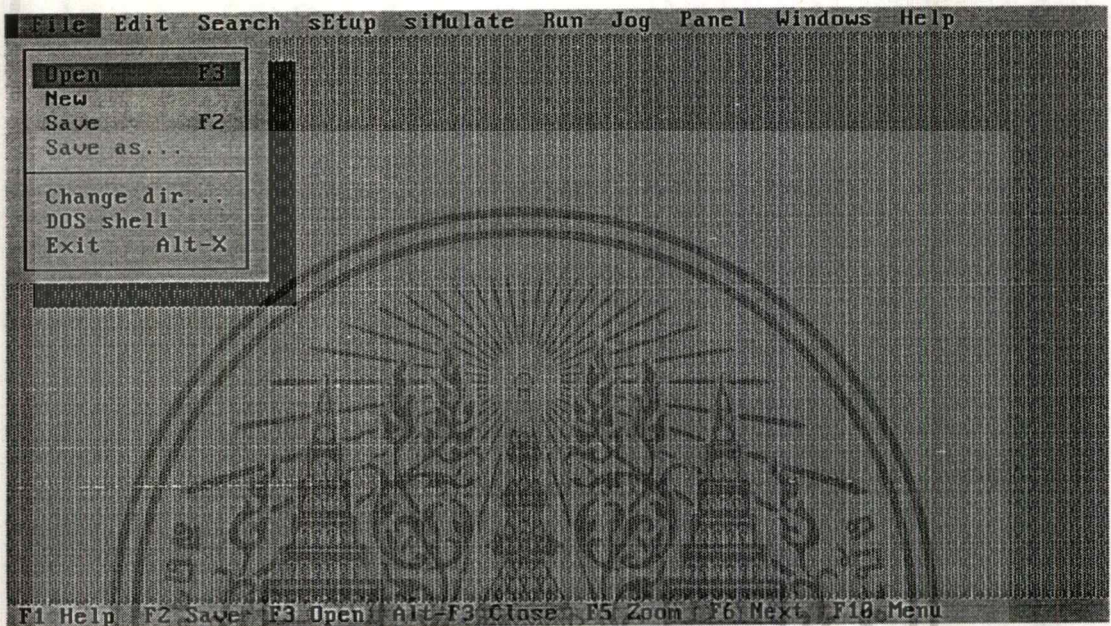
ต่อจากนั้น โปรแกรมจะทำการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับ PMAC และทำการส่งค่า

เริ่มต้นให้แก่ PMAC เพื่อเชื่อมต่อกับ MOTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

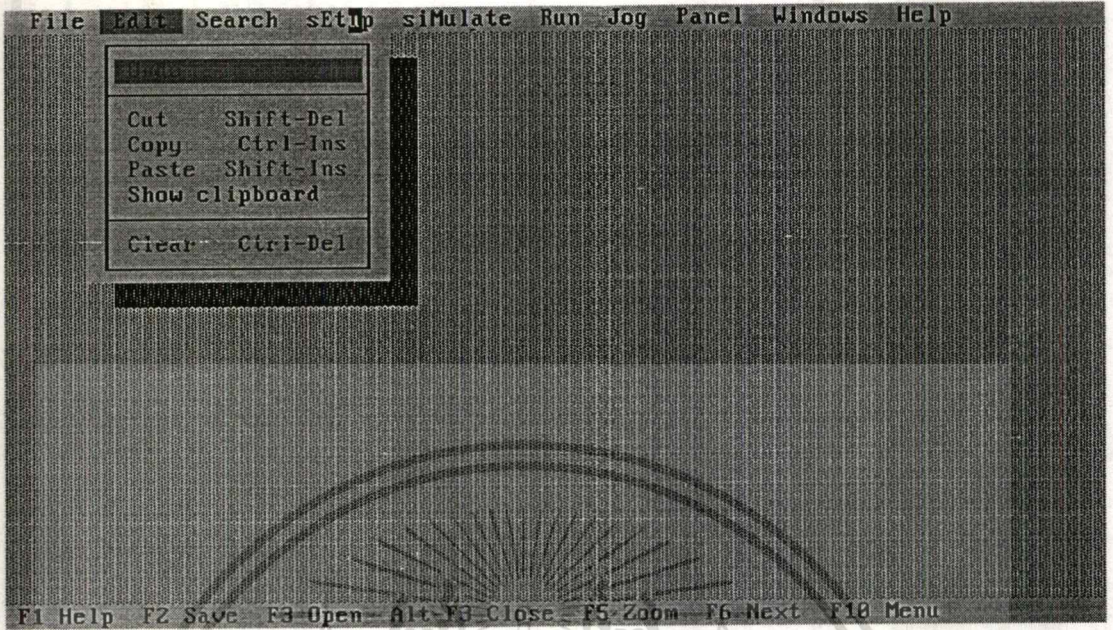
หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการสร้าง WINDOWS ดังรูป



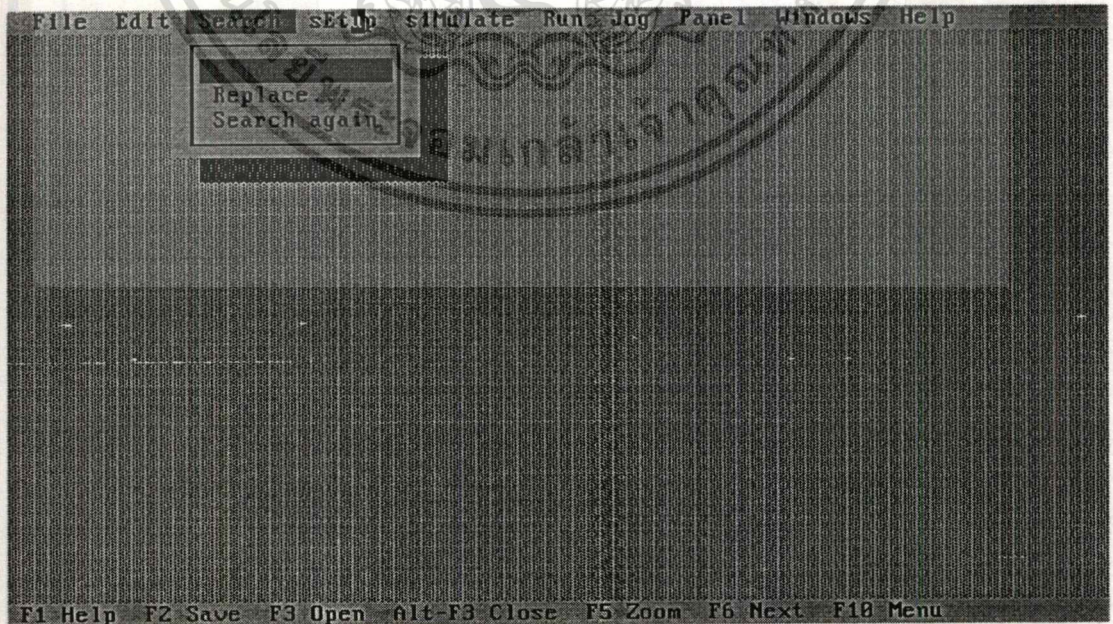
รูปที่ 5.1 แสดง Sub Menu File

Main Menu ประกอบด้วย file, edit, search, setup, simulate, run, jog, panel, windows, help และ ในแต่ละ Menu จะประกอบด้วย Sub Menu ดังรูป

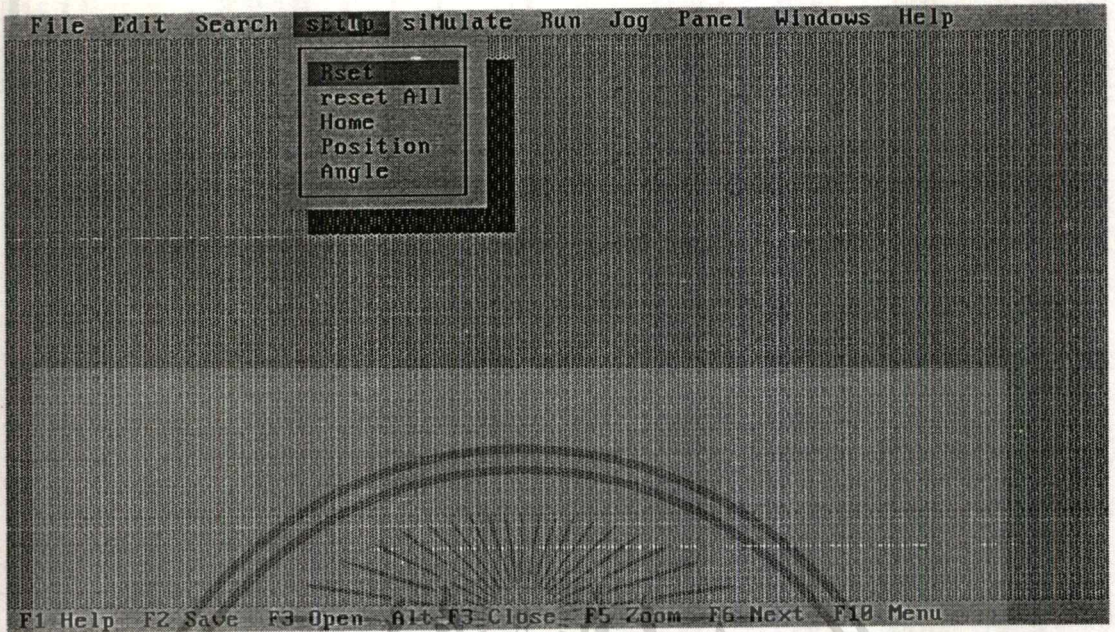
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



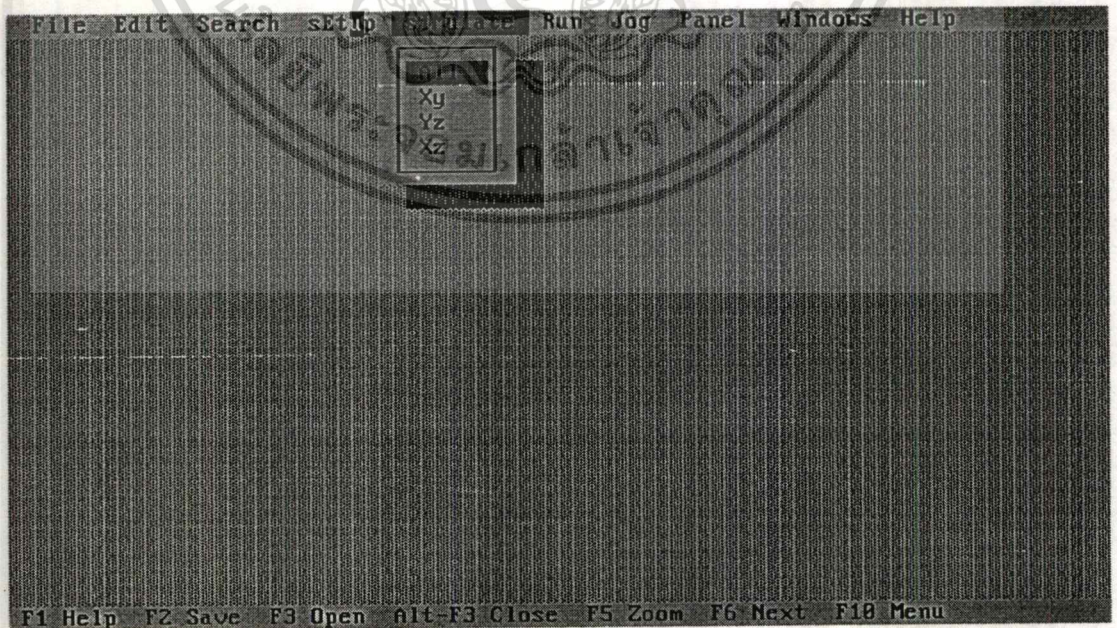
รูปที่ 5.2 แสดง Sub Menu Edit



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการรูปที่ 5.3แสดง Sub Menu Search ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

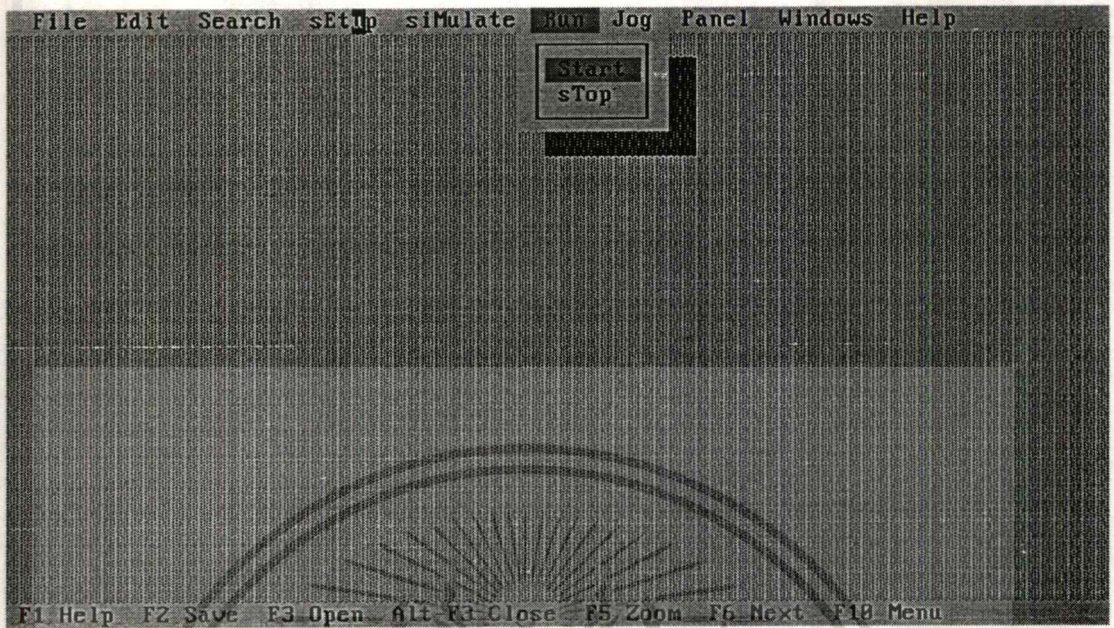


รูปที่ 5.4 แสดง Sub Menu Setup



รูปที่ 5.5 แสดง Sub Menu Simulate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

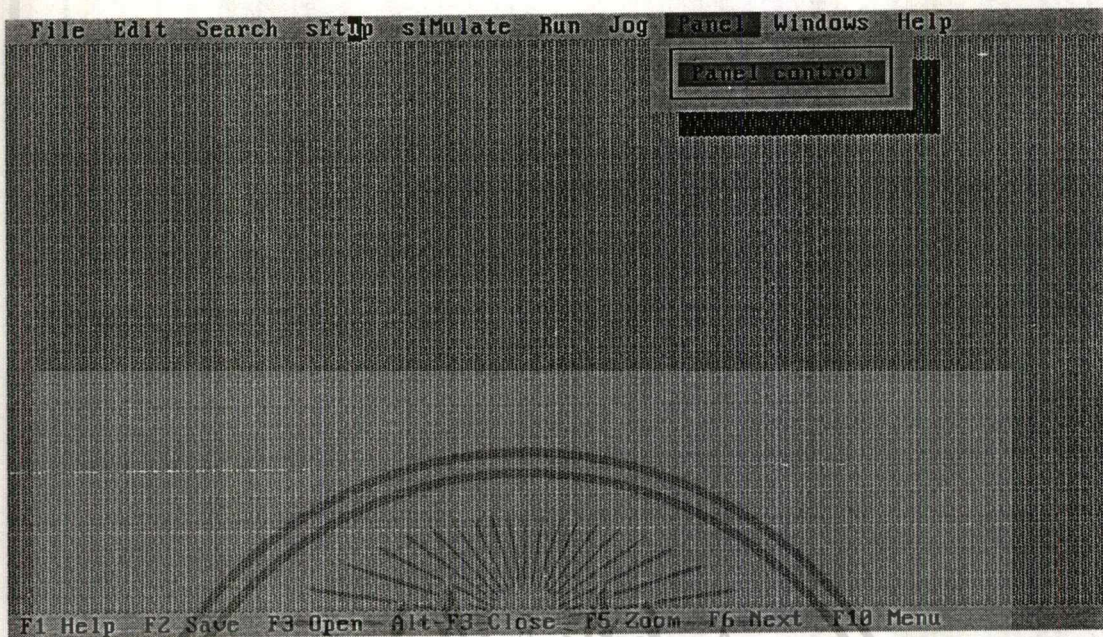


รูปที่ 5.6 แสดง Sub Menu Run

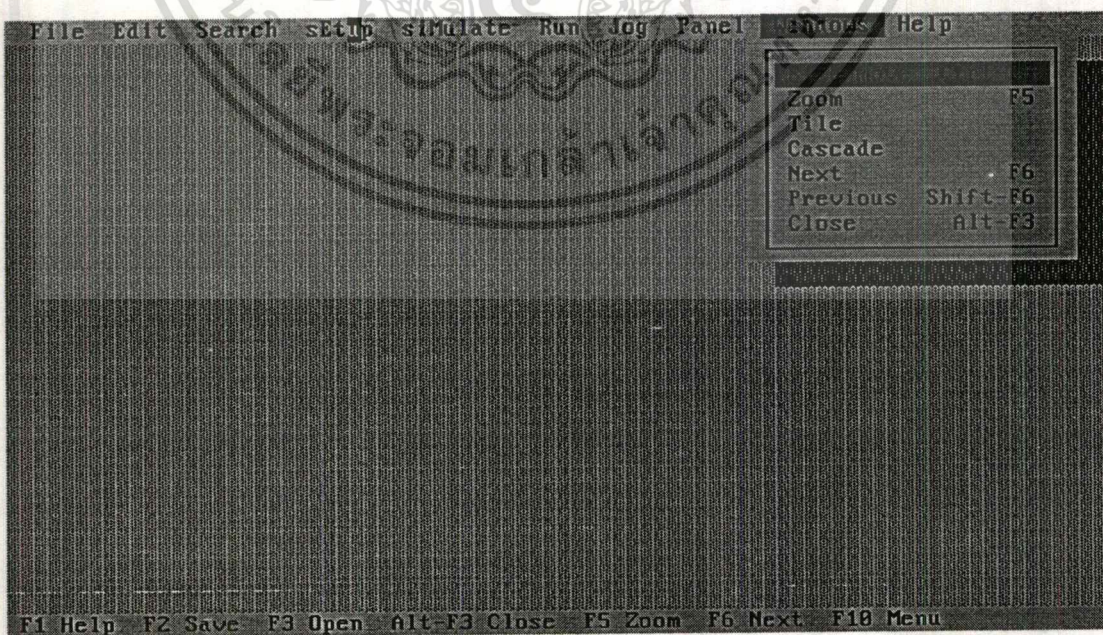


รูปที่ 5.7 แสดง Sub Menu Jog

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

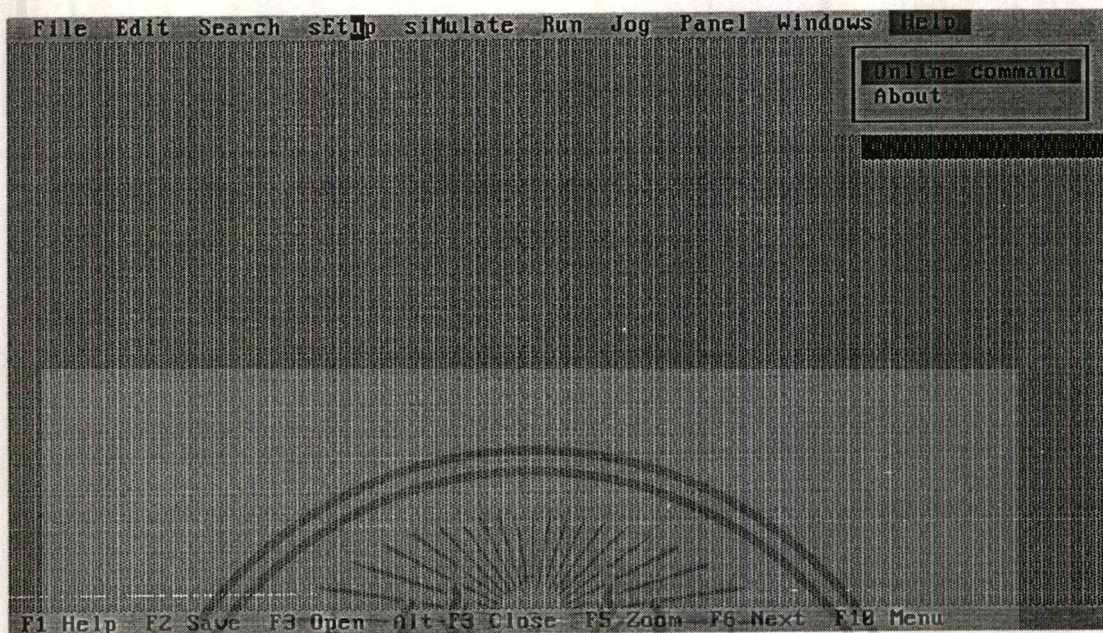


รูปที่ 5.8 แสดง Sub Menu Panel



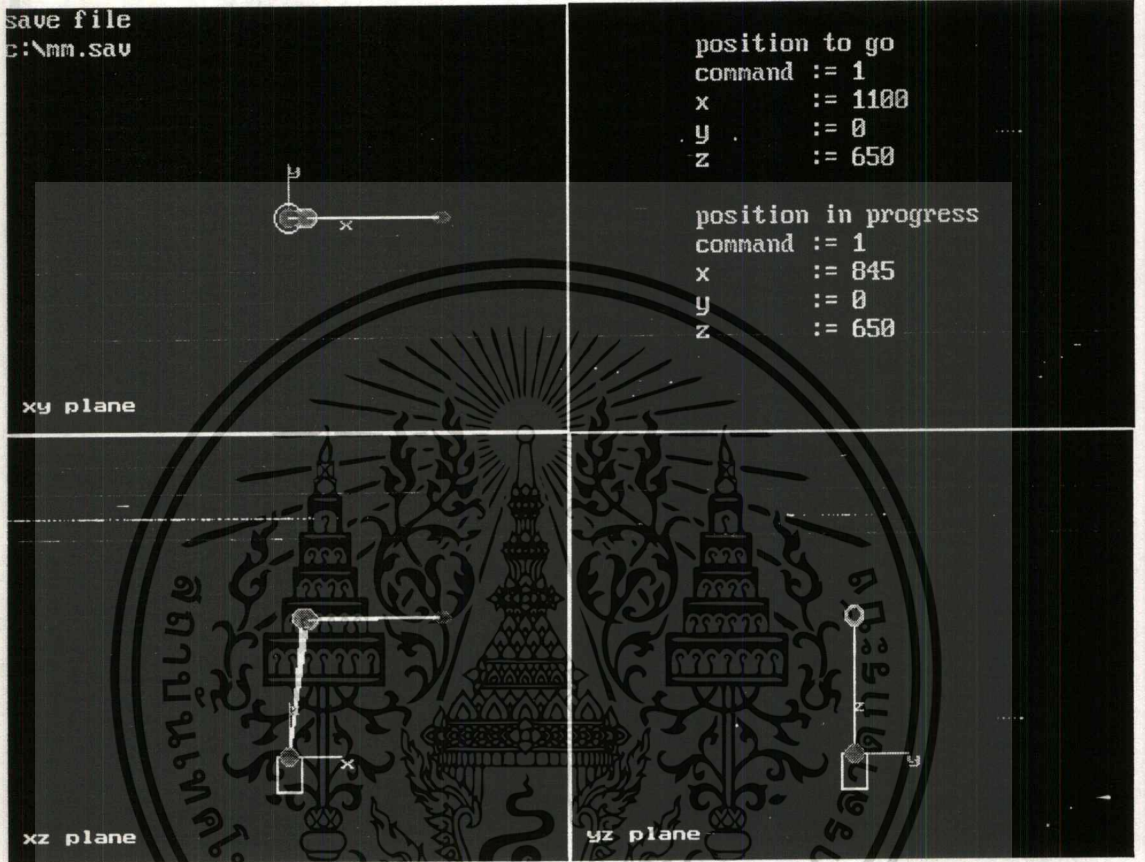
รูปที่ 5.9 แสดง Sub Menu Windows

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



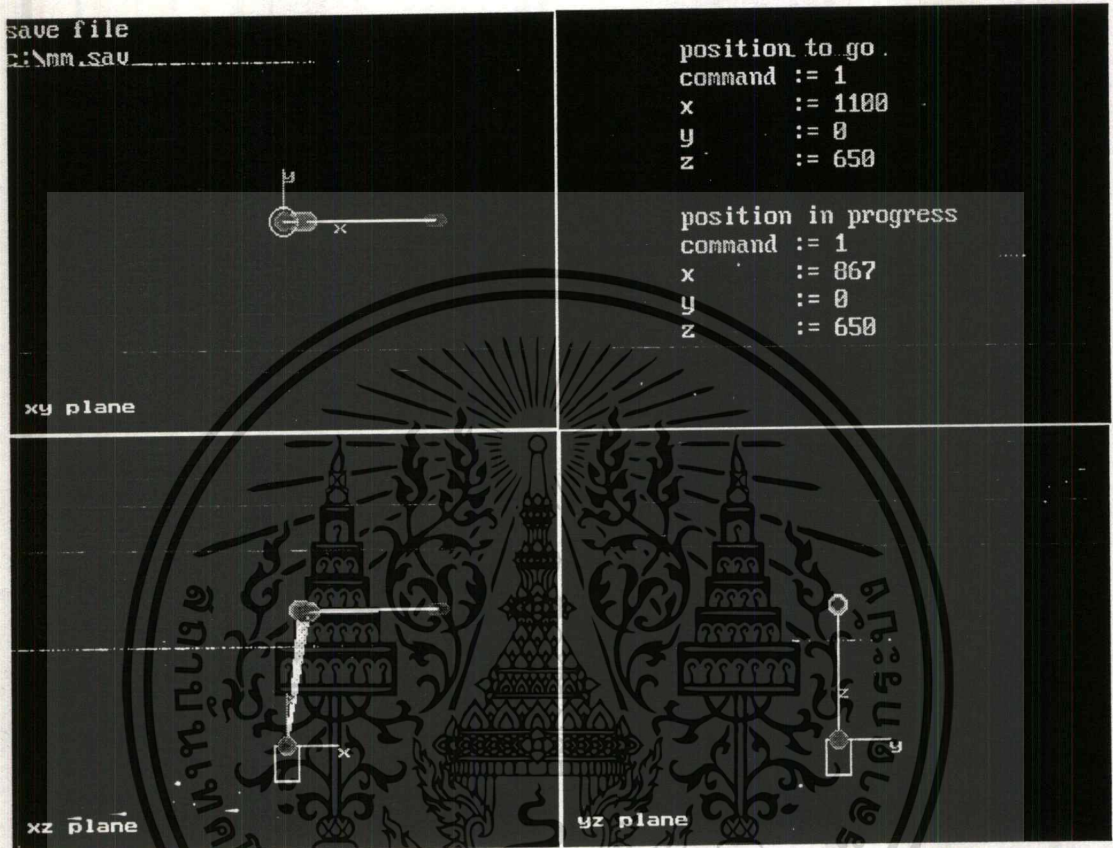
รูปที่ 5.10 แสดง Sub Menu Help

นอกจากการติดต่อกับผู้ใช้โดย Windows แล้ว โปรแกรมยังสามารถแสดงภาพการเคลื่อนที่ของแขนกลทางจอภาพดังรูป



รูปที่ 5.11 แสดงการSimulation ก่อนการเคลื่อนที่

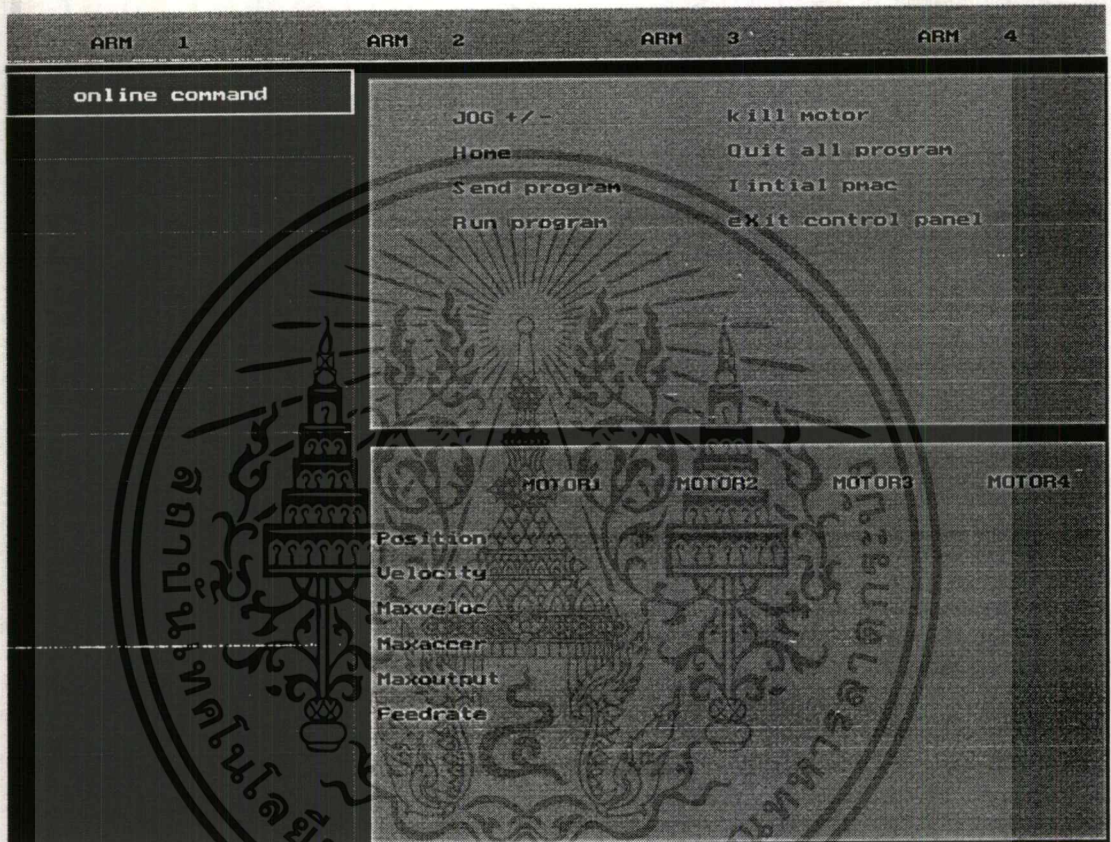
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 แสดงการSimulation ระหว่างการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และยังเพิ่มส่วนการตั้งค่าให้การ์ด PMAC ,SETUP MOTOR,รายงานความผิดพลาดเพื่อ
ความสะดวกในการพัฒนาต่อไป



รูปที่ 5.13 แสดงหน้าจอการติดต่อกับ PMAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากการประกอบและติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกัน และทดลองควบคุมหุ่นยนต์ Motoman พบว่า ความแม่นยำของตำแหน่งยังไม่อยู่ในช่วงที่น่าพอใจ โดยมีความคลาดเคลื่อนของมุมในแต่ละแกน ประมาณ 2 องศา ซึ่งเป็นเพราะว่า gain ที่ใช้ในการแปลงจากค่าที่คำนวณได้ ไปเป็นค่าที่สั่งให้ มอเตอร์ทำงานยังไม่ถูกต้องเนื่องจาก อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดมุมไม่ละเอียดพอ อีกทั้ง ตำแหน่งในการวัดก็ไม่ได้ระนาบ การวัดละเอียดจึงไม่สามารถทำได้ ส่วนความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง ปลายนั้น มีความคลาดเคลื่อนมาก ยังไม่อยู่ในช่วงที่จะใช้งานได้ ซึ่งจะต้องปรับปรุงให้ดีขึ้นต่อไป ส่วนระบบควบคุม และโปรแกรมที่เขียนขึ้นใหม่นั้น ทำงานได้เป็นที่น่าพอใจ สามารถสั่งงานให้ เดินแบบ Jog ได้, จำลองการเคลื่อนไหวได้ และส่งโปรแกรมสั้น ๆ เข้าไปให้ card ได้

ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

ระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้นมาี้ ถึงแม้ว่าจะสามารถติดต่อกับ PAMC ได้ และสั่งให้ มอเตอร์ทำงานได้แล้ว แต่ก็ยังมีส่วนที่ต้องเพิ่มเติมอีกหลายประการ คือ -

1. การเคลื่อนที่เข้าสู่ Home position พบว่า เมื่อเคลื่อนที่ไปแตะ Home switch แล้ว การเคลื่อนที่จะยังไม่หยุดทันที แต่จะเคลื่อนเลยไปเล็กน้อย แล้วจึงเคลื่อนที่กลับมายังตำแหน่ง home อีกครั้ง ซึ่งทำให้การตั้งตำแหน่ง home ที่ขีดกับ limit ไม่สามารถทำได้ ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจาก switch ที่ใช้มีประสิทธิภาพต่ำ หรือสายไปเล็กเกินไป (ใช้สาย Encoder) และสาเหตุที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดคือ การตั้งค่าตัวแปรไม่ถูกต้อง ซึ่งการแก้ไขก็คือ ใช้ switch และสายไฟที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และทดลองปรับค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้อง
2. การเคลื่อนที่เมื่ออยู่ใน Jog Mode กับเมื่ออยู่ใน Running program ยังไม่เหมือนกันโดยบางครั้ง เมื่อสั่งให้โปรแกรมทำงาน จะเคลื่อนที่กลับทิศทางกับใน Jog Mode ทั้งที่ๆ กำหนดให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งน่าจะเกิด

จาก การสูญหายของข้อมูล ในระหว่างการส่งโปรแกรม เพราะหน่วยความจำของ PMAC มีจำกัด การแก้ไข คือ จะต้องเขียนโปรแกรมที่สามารถส่งข้อมูลเข้าไปใน card แล้วมีการ refresh memory โดยใช้คำสั่ง "\$" เป็นระยะๆ

3. เนื่องจาก แกน 2 และ 3 นั้น มี Load ที่ไม่คงที่ ทำให้การตั้งค่าตัวแปรที่ควบคุมการจ่าย output ไปยัง Amplifier($I * 29$) ต้องแปรค่าไปตาม Load แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้ ทำให้ จุด Zero Speed ที่แน่นอน นั้นไม่มี ซึ่งจะเห็นได้จาก เมื่อ enable Amplifier ที่ Zero Speed จะเกิดการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ การแก้ไขที่ดีที่สุด คือ การตั้งให้ Zero Speed มีค่าระหว่างค่า 2 ค่า ที่ทำให้มอเตอร์ หมุนกลับทาง

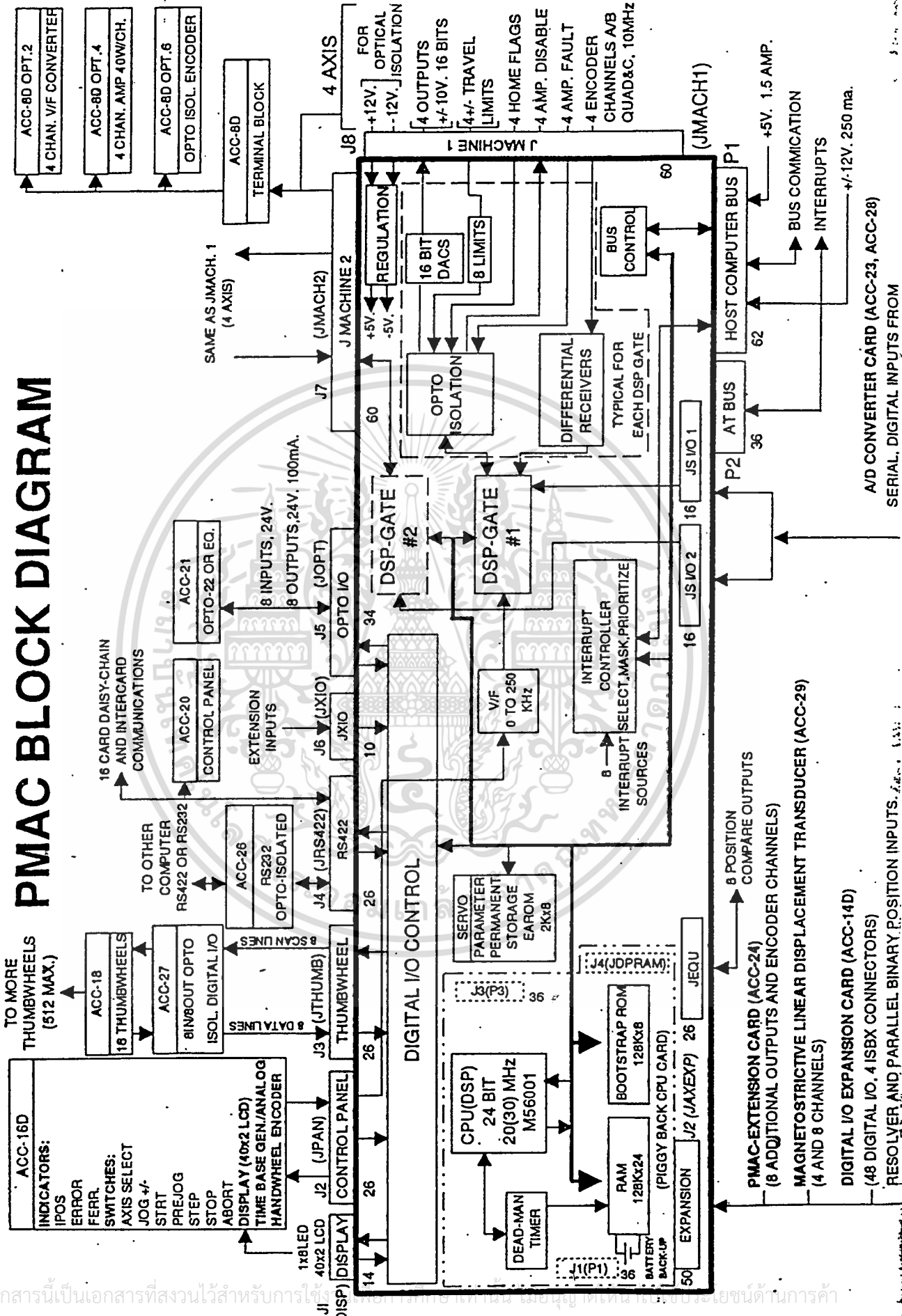
สิ่งที่ควรทำต่อไป

1. ต้องตั้งและปรับปรุง switch ต่างๆ
2. เขียนโปรแกรมแปลงข้อมูลจาก FILE ที่ได้จากการ Simulate ให้เป็น file ที่ card PMAC เข้าใจ ซึ่งมีรูปแบบที่แตกต่างออกไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PMAC BLOCK DIAGRAM



A/D CONVERTER CARD (ACC-23, ACC-28)
SERIAL, DIGITAL INPUTS FROM

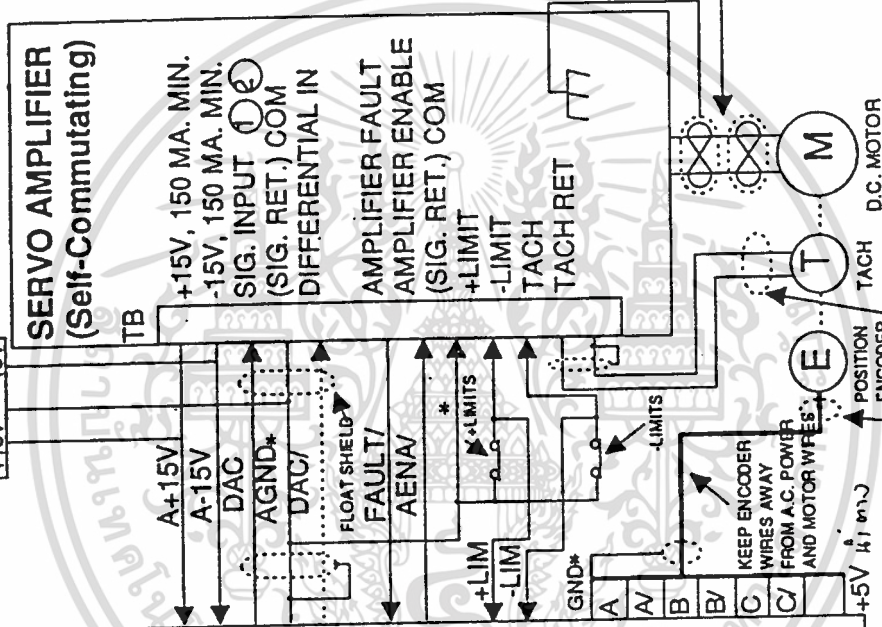
PMAC

		JMACH1		JMACH2			
AXIS #1	AXIS #2	AXIS #3	AXIS #4	AXIS #5	AXIS #6	AXIS #7	AXIS #8
P8	P8	P8	P7	P7	P7	P7	P7
59	59	59	59	59	59	59	59
60	60	60	60	60	60	60	60
43	44	29	30	43	44	29	30
58	58	58	58	58	58	58	58
45	46	31	32	45	46	31	32
49	50	35	36	49	50	35	36
47	48	33	34	47	48	33	34
51	52	37	38	51	52	37	38
53	54	39	40	53	54	39	40
3	4	3	4	3	4	3	4
25	26	13	14	25	26	13	14
27	28	15	16	27	28	15	16
21	22	9	10	21	22	9	10
23	24	11	12	23	24	11	12
17	18	5	6	17	18	5	6
19	20	7	8	19	20	7	8
1	2	1	2	1	2	1	2

* DO NOT TIE (SIG. RET.) COM OF +/- 15V. SUPPLY TO GND UNLESS OPTO-ISOLATION IS NOT REQUIRED.

SEE "E POINT" DESCRIPTION OF E85, E87, E88, E89 FOR SELECTION OF OPTO-ISOLATED OR NON-ISOLATED OPERATION.

IF AMPLIFIER DOES NOT PROVIDE +/- 12 TO 16 V. D.C. OUTPUT USE EXTERNAL +/- 12 TO 15V. POWER SUPPLY, 200MA EACH, TO PROVIDE POWER TO PMAC-PC'S OPTICALLY ISOLATED AMPLIFIER SIGNAL OUTPUT (DAC), AMP-ENABLE OUTPUT (AENA) AMP-FAULT INPUT (FAULT) AND TO THE AMPLIFIER ITSELF IF REQUIRED. +/- LIMITS SHOULD BE GROUNDED TO AGND, P7-58.



NOTES:
 1) IF DIFFERENTIAL INPUT ON SERVO AMP. IS USED, SEE Ix69 FOR ADJUSTMENT OF DAC LIMIT.
 2) IF SINGLE ENDED INPUT ON SERVO AMP. IS USED, DO NOT TIE DAC/ P8-45, P8-46, P8-31, P8-32, P7-45, P7-46, P7-31, P7-32, TO SERVO AMP. COMMON (AGND), LEAVE UNCONNECTED.
 3) THIS SET-UP PROCEDURE APPLIES TO ANY SERVO AMPLIFIER, D.C. BRUSH, BRUSHLESS D.C. OR A.C. INDUCTION, PROVIDING ITS OWN ON-BOARD COMMUTATION. FOR STEPPER MOTOR DRIVE, SEE "STEPPER DRIVE" DRAWING.
 4) JMACH 1/2 OR P7/8 - 3M 7660-5002 60 PIN HEADER. TYP. MATING CONNECTOR IS IDS-C60NPK-SR-TG90. USE ACC-8D OR ACC-8R TO CONNECT JMACH1/2 TO TERMINAL BLOCKS FOR EXTERNAL WIRING.

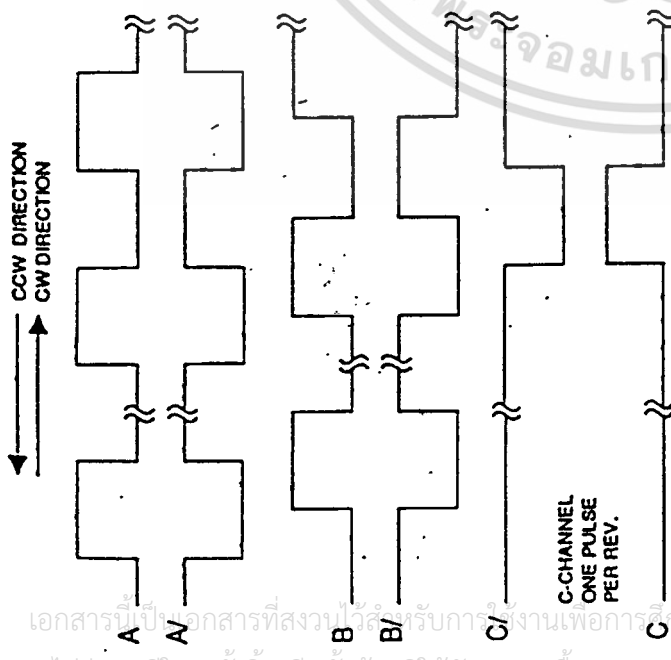
USE 16 AWG OR LOWER GAUGE WIRE, TWIST WIRES AND SHIELD IF POSSIBLE. KEEP AWAY FROM TACH AND ENCODER CABLES.

PMAC-PC SERVO AMPL. SIGNALS, MOTOR, TACH & ENCODER INPUT/OUTPUT CONNECTIONS

IF THE AMPLIFIER WILL BE USED AS CURRENT AMPLIFIER ONLY, JUMPER (TACH) TO (TACH RET) TERMINAL ON AMPLIFIER. REFER TO AMPLIFIER MANUAL FOR CORRECT "CURRENT MODE" SET-UP PROCEDURE. ON PMAC SET Ix31 (DIFFERENTIAL GAIN) TO ZERO IF TACH IS USED. SET TO MINIMUM APPROPRIATE VALUE IF TACH IS NOT USED. REFER TO INSTALLATION AND START-UP SECTION FOR DETAILED DESCRIPTION OF TUNING PROCEDURE.

PMAC

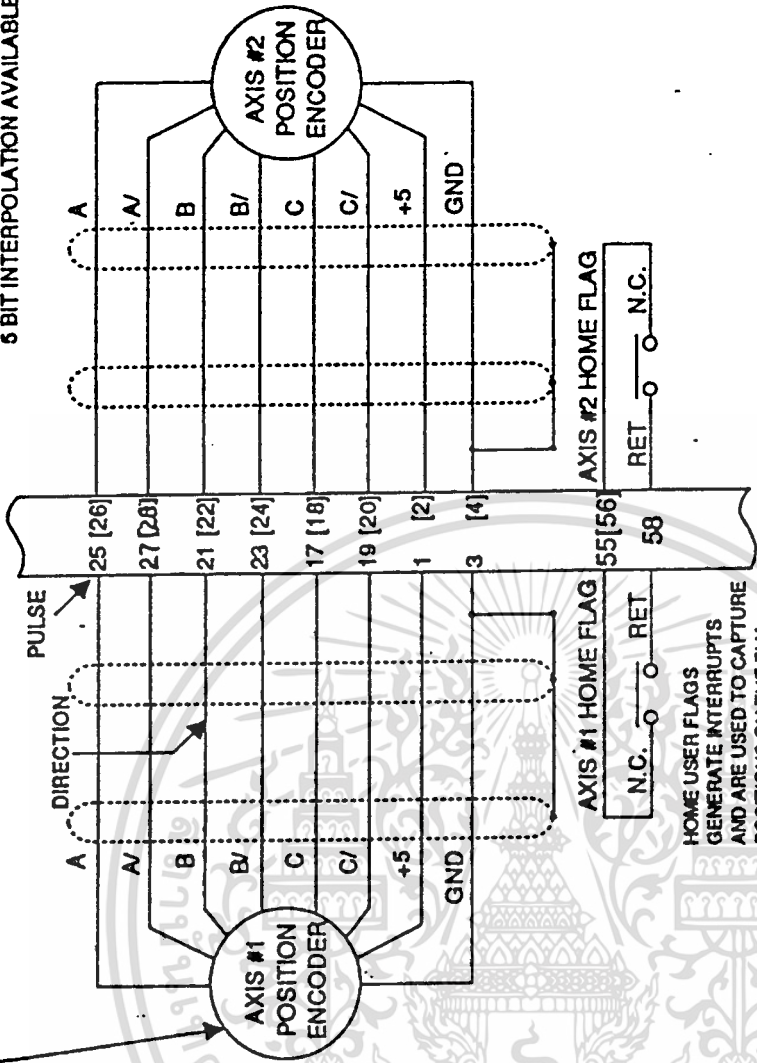
SEE 100-1904 (REV. 1991) FOR ENCODER MULTIPLICATION FACTORS AND DIRECTION CONTROL.



FOR DISTANCES GREATER THAN 3 METERS (10FT.) OR NOISY ENVIRONMENTS, USE DIFFERENTIAL ENCODER WITH DM8830 OR EQ. DRIVERS. IF NEEDED, TERMINATION RESISTORS MAY BE INSTALLED ON PMAC, SEE DRAWING 360

[---] - AXIS #2
PMAC-PC
J8/P8
JMACH1

NOTE:
MAX ENCODER INPUT FREQUENCY IS 10 MHz
ENCODER MULTIPLICATION FACTOR MUST BE INCLUDED IN CALCULATION.
5 BIT INTERPOLATION AVAILABLE



HOME USER FLAGS GENERATE INTERRUPTS AND ARE USED TO CAPTURE POSITIONS ON THE FLY

HOME FLAG SWITCH, OPEN WHEN AT HOME. MUST BE OPEN FOR AT LEAST ONE MOTOR REV. SEE REV. SEQUENCE FOR HOME, C CHANNEL AND USER FLAG POLARITY CONTROL.

- ENCODER LEADS "MUST BE" SHIELDED. SHIELD MUST BE INSULATED AND GROUNDED AT PMAC-PC ONLY. HAVE SHIELD AT ENCODER END UNGROUNDED. DO NOT RUN ENCODER WIRES IN SAME CONDUIT AS A.C. POWER OR AMPLIFIER OUTPUT WIRES.
- JUMP E27 PIN 2 TO PIN 3 FOR DIFFERENTIAL AXIS #1 ENCODER INPUT
JUMP E26 PIN 2 TO PIN 3 FOR DIFFERENTIAL AXIS #2 ENCODER INPUT
- FOR SINGLE ENDED OPERATION, USE A, B, AND C INPUTS ONLY, LEAVE A', B', AND C' OPEN (UNCONNECTED), DO NOT TIE TO GND. JUMP E27 PIN 1 TO PIN 2 FOR AXIS #1, AND JUMP E26 PIN 1 TO PIN 2 FOR AXIS #2 FOR SINGLE ENDED OPERATION.

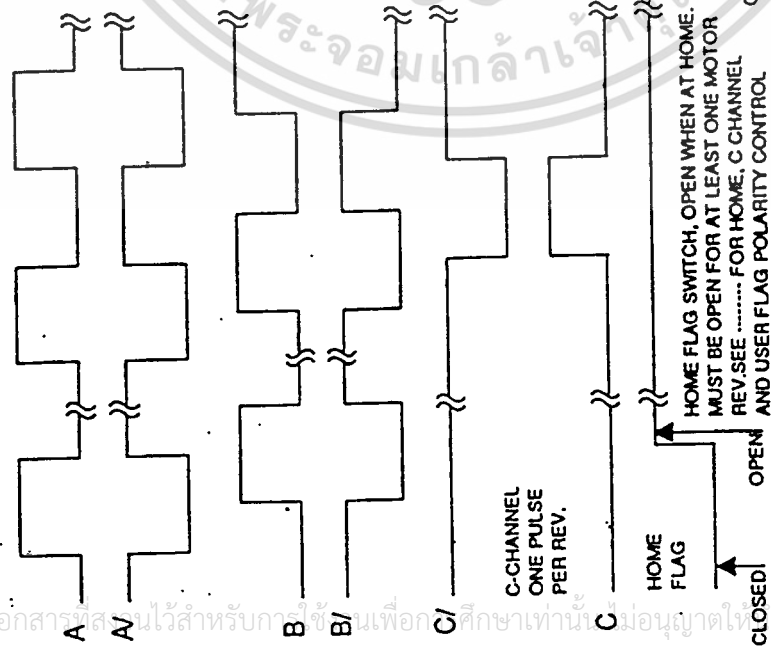
- SEE --- FOR AXIS 1 AND [---] FOR AXIS 2 HOMING FUNCTION CONTROL
- FOR ABSOLUTE POSITION ENCODER, OR RESOLVER, ACC 14 MUST BE INSTALLED REFER TO PMAC MANUAL FOR MORE DETAILS
- WHEN ENCODER IS A PULSE AND DIRECTION DEVICE, P8-25/P8-26 ARE USED AS PULSE INPUT, AND P8-21/P8-22 ARE USED AS DIRECTION HI- +DIRECTION. SEE 1900-1904(1905-1909) FOR MODE SELECTION OF ENCODER.
- P8 P/N - 3M 7660-5002 60 PIN HEADER MATING CONNECTORS:

PMAC-PC (Axis 1 & 2)

TYPICAL LINEAR OR ROTARY, OPTICAL POSITION ENCODER CONNECTIONS
DIFFERENTIAL DRIVER OR SINGLE ENDED OUTPUT A/B QUADRATURE

SEE 1910-1914, 1915-1916 FOR ENCODER MULTIPLICATION FACTORS AND DIRECTION CONTROL

CCW DIRECTION
CW DIRECTION

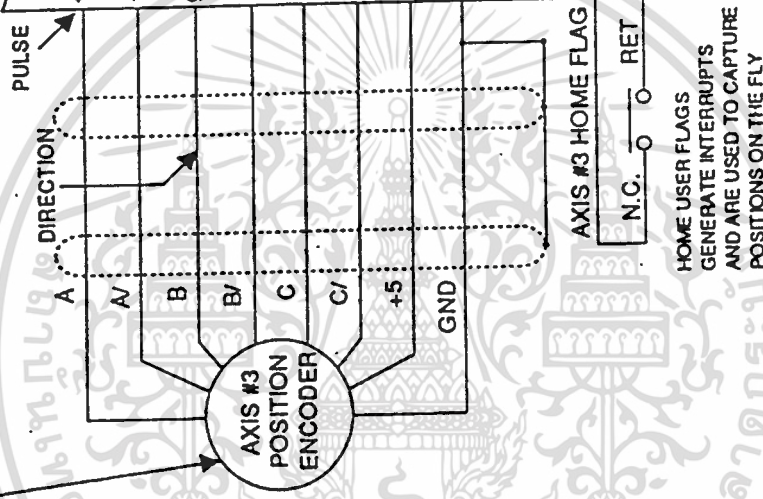


1) ENCODER LEADS MUST BE SHIELDED. SHIELD MUST BE INSULATED AND GROUNDED AT PMAC-PC ONLY. HAVE SHIELD AT ENCODER END UNGROUNDED. DO NOT RUN ENCODER WIRES IN SAME CONDUIT AS A.C. POWER OR AMPLIFIER OUTPUT WIRES.

2) JUMP E25 PIN 2 TO PIN 3 FOR DIFFERENTIAL AXIS #3 ENCODER INPUT
JUMP E24 PIN 2 TO PIN 3 FOR DIFFERENTIAL AXIS #4 ENCODER INPUT

3) FOR SINGLE ENDED OPERATION, USE A, B, AND C INPUTS

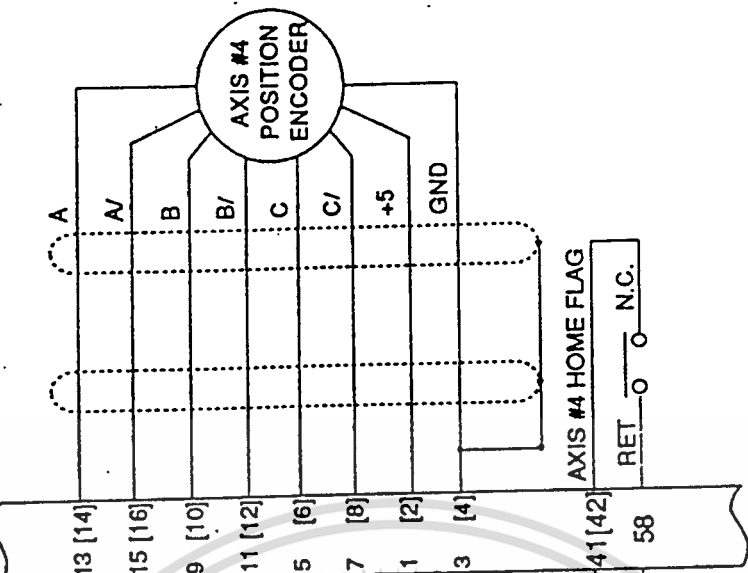
FOR DISTANCES GREATER THAN 3 METERS (10FT.) OR NOISY ENVIRONMENTS, USE DIFFERENTIAL ENCODER WITH DM8830 OR EQ. DRIVERS. IF NEEDED, TERMINATION RESISTORS MAY BE INSTALLED ON PMAC, SEE DRAWING -----360



HOME USER FLAGS GENERATE INTERRUPTS AND ARE USED TO CAPTURE POSITIONS ON THE FLY

- 4) SEE ----- FOR AXIS 3 AND [---] FOR AXIS 4 HOMING FUNCTION CONTROL
- 5) FOR ABSOLUTE POSITION ENCODER, OR RESOLVER, ACC 14 MUST BE INSTALLED REFER TO PMAC MANUAL FOR MORE DETAILS
- 6) WHEN ENCODER IS A PULSE AND DIRECTION DEVICE, P8-13/P8-14 ARE USED AS PULSE INPUT, AND P8-9/P8-10 ARE USED AS DIRECTION HI+ DIRECTION. SEE 1910-1914

[---] - AXIS #4
PMAC-PC
J8/P8
JMACH1

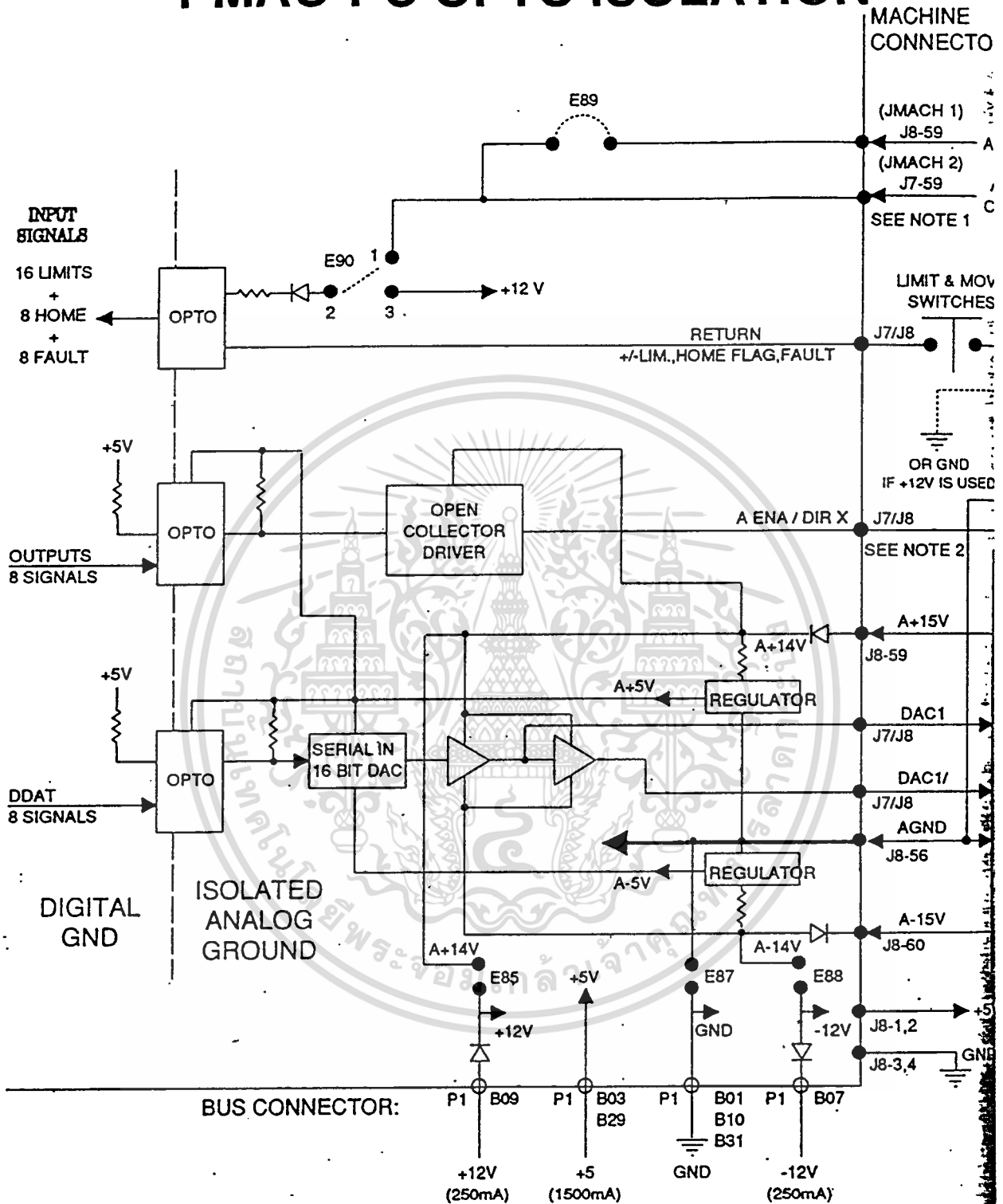


NOTE:
MAX ENCODER INPUT FREQUENCY IS 10 MHZ
ENCODER MULTIPLICATION FACTOR MUST BE INCLUDED IN CALCULATION.
5 BIT INTERPOLATION AVAILABLE

PMAC-PC (Axis 3 & 4)

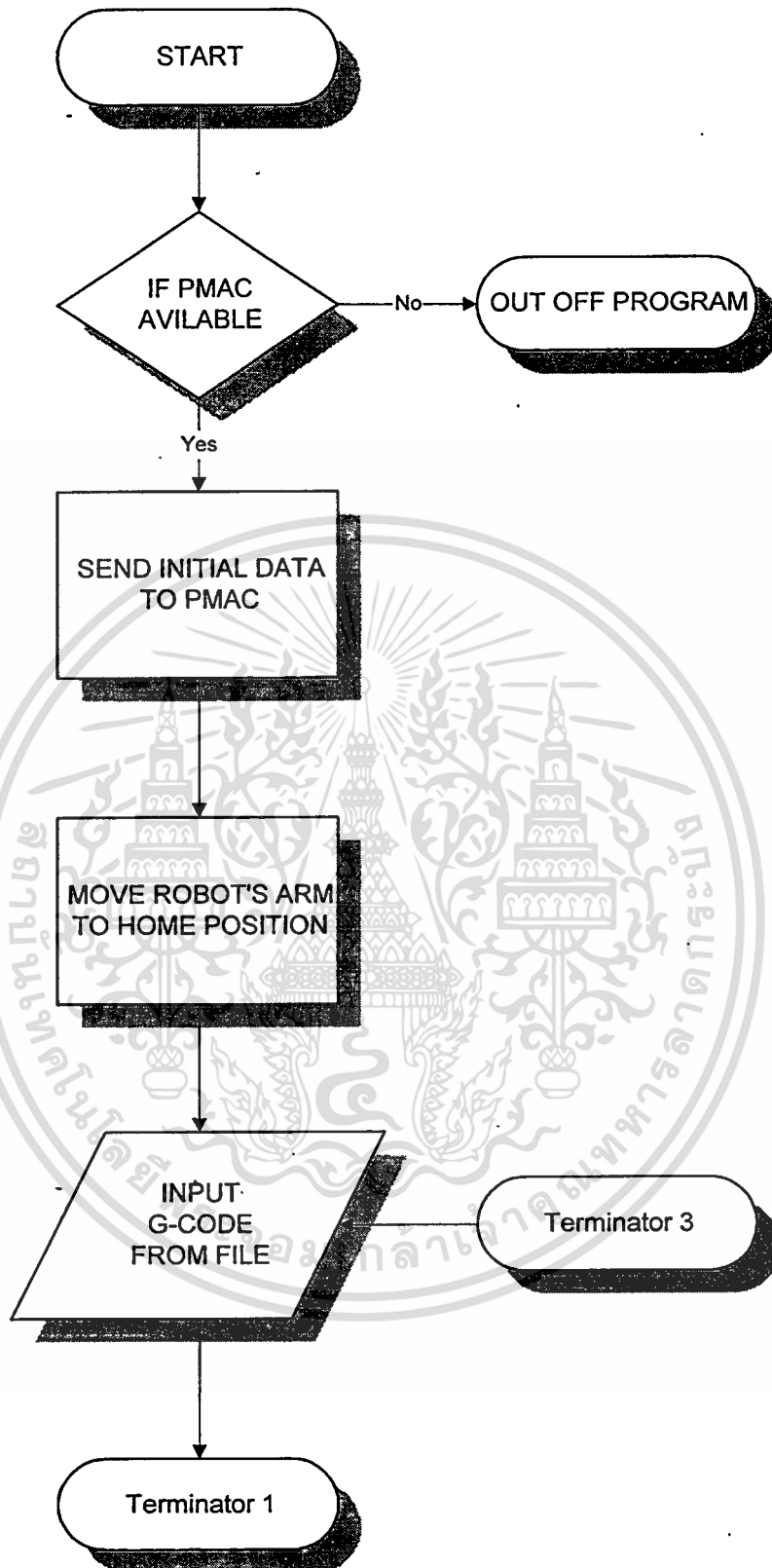
TYPICAL LINEAR OR ROTARY, OPTICAL POSITION ENCODER CONNECTIONS

PMAC-PC OPTO ISOLATION



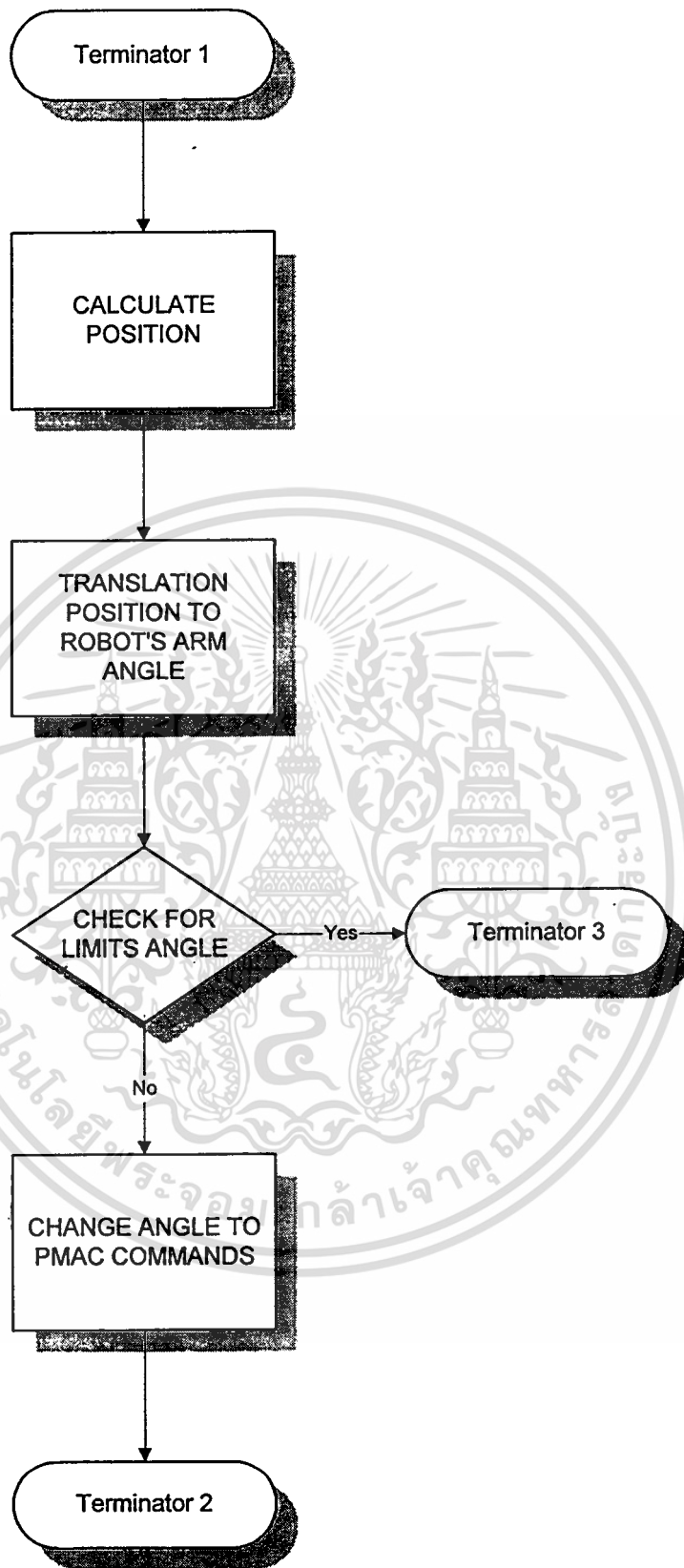
NOTE 1: USE J7-59 (JMACH2) TO PROVIDE AN OPTO POWER SUPPLY, 24 VOLTS MAX. (OPTO+V) SEPARATE THAN THE +/-15 VOLTS NORMALLY USED. REMOVE E89 WHEN DOING SO. ON A 4 AXIS PMAC, J7 (JMACH2) IS NOT PROVIDED, SO WIRES MAY HAVE TO BE SOLDERED

NOTE 2: 1) EXTERNAL +/-15 VOLTS OPERATIONS REQUIRES E89,E90-1&2 ONLY TO BE JUMPERD (DEFAULT)
2) INTERNAL +/-15 VOLTS REQUIRES E90-2&3,E85,E87,E88 TO BE JUMPERD +/-15 VOLTS MAY BE AS LOW AS +/-12 VOLTS AND IS USUALLY PROVIDED BY AMPLIFIERS.



แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program 2d-7.cpp

```
#include<graphics.h>
#include<math.h>
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include<conio.h>
#include<dos.h>
#include "robot.h"
#include<tv.h>
#include <tv.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <ctype.h>

extern FILE *sf,*out;
extern struct pos pos_cur, pos_temp, pos_go ,pos_cen,inc,tool;
extern double feed,m,spindle,radian;
extern int command;
extern struct pos pos_in,p_org[6];
extern double Q[6] ;
extern double u;

typedef struct {
    double x,y,z;
    } point;

point p[10];

double xwl,xwr,ywt,ywb,a,b,c,d;
double xy_x,xy_y,xz_x,xz_z,yz_y,yz_z;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int xvl,xvr,yvt,yvb,x1,y1,z1,x2,y2,z2,x3,y3,z3;
```

```
int color;
```

```
void init()
```

```
{
```

```
    //cout<<"graphic";
```

```
    int gdriver=DETECT,gmode,errorcode;
```

```
    initgraph(&gdriver,&gmode,"");
```

```
    errorcode=graphresult();
```

```
    if(errorcode != grOk)
```

```
    {
```

```
        printf("Graphics error : %s \n",grapherrormsg(errorcode));
```

```
        printf("Press any key to halt . ");
```

```
        getchar();
```

```
        closegraph();
```

```
        exit(1);
```

```
    }
```

```
}
```

```
void set_window(double xmin,double xmax,double ymin,double ymax)
```

```
{
```

```
    xwl=xmin;xwr=xmax;
```

```
    ywb=ymin;ywt=ymax;
```

```
}
```

```
void set_viewport(int xmin,int xmax,int ymin,int ymax)
```

```
{
```

```
    xvl=xmin;xvr=xmax;
```

```
    yvb=ymin;yvt=ymax;
```

```
    a=(xvr-xvl)/(xwr-xwl); b=xvl-a*xwl;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

c=(yvt-yvb)/(ywt-ywb); d=yvb-c*ywb;
rectangle(xvl,yvb,xvr,yvt);

}

// convert world coordinate to screen coordinate
void WORLDtoPC(double xw,double yw,int &xpc,int &ypc)
{ int ypc_temp;
  xpc=(int)(a*xw+b+0.5);ypc_temp=(int)(c*yw+d+0.5);
  if (yvb>=240) ypc=479-(ypc_temp-yvb);
    else ypc=yvt-yvb-ypc_temp;
}

//draw xy plane
void xy_plane()
{
  set_window(-150,150,-150,150);
  set_viewport(0,319,0,239);
  //setcolor(LIGHTGRAY);
  //setfillstyle(SOLID_FILL,BROWN);
  //bar3d(20,20,300,220,5,1);

  WORLDtoPC(p_org[0].x/10,p_org[0].y/10,x1,y1);
  WORLDtoPC(p_org[3].x/10,p_org[3].y/10,x2,y2);
  WORLDtoPC(p_org[5].x/10,p_org[5].y/10,x3,y3);
  color=getcolor();
  setcolor(3);
  line(x1,y1,x1+30,y1); outtextxy(x1+30,y1,"x");
  line(x1,y1,x1,y1-30); outtextxy(x1,y1-30,"y");
  setcolor(14);
  circle(x1,y1,8);
  setcolor(2);
  circle(x1,y1,5);setfillstyle(SOLID_FILL,2);floodfill(x1,y1,2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setcolor(color);
line(x1,y1,x2,y2);
setcolor(13);
circle(x2,y2,5);setfillstyle(SOLID_FILL,13);floodfill(x2,y2,13);
setcolor(color);
line(x2,y2,x3,y3);
setcolor(color);
setcolor(4);
circle(x3,y3,3);setfillstyle(SOLID_FILL,4);floodfill(x3,y3,4);
setcolor(2);
setcolor(color);
outtextxy(10,220,"xy plane");
if(u !=0.00 )
{
setcolor(14);
line(x3,y3,xy_x,xy_y);
}
xy_x=x3;
xy_y=y3;
}

//draw xz plane
void xz_plane()
{
set_window(-150,150,-50,150);
set_viewport(0,319,240,479);
WORLDtoPC(p_org[0].x/10,p_org[0].z/10,x1,z1);
WORLDtoPC(p_org[3].x/10,p_org[3].z/10,x2,z2);
WORLDtoPC(p_org[5].x/10,p_org[5].z/10,x3,z3);
color=getcolor();
setcolor(3);
line(x1,z1,x1+30,z1); outtextxy(x1+30,z1,"x");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

line(x1,z1,x1,z1-30); outtextxy(x1,z1-30,"z");
setcolor(14);
rectangle(x1-7,z1,x1+7,z1+20);
setcolor(color);
line(x1,z1,x2,z2);
setcolor(13);
circle(x2,z2,5);setfillstyle(SOLID_FILL,13);floodfill(x2,z2,13);
setcolor(color);
line(x2,z2,x3,z3);
setcolor(2);
circle(x1,z1,5);setfillstyle(SOLID_FILL,2);floodfill(x1,z1,2);
setcolor(color);
setcolor(4);
circle(x3,z3,3); setfillstyle(SOLID_FILL,4);floodfill(x3,z3,4);
setcolor(color);
outtextxy(10,460,"xz plane");
if(u !=0.00 )
{
setcolor(14);
line(x3,z3,xz_x,xz_z);
}
xz_x=x3;
xz_z=z3;

}

```

```

//draw yz plane
void yz_plane()
{
set_window(-150,150,-50,150);
set_viewport(320,639,240,479);
WORLDtoPC(p_org[0].y/10,p_org[0].z/10,y1,z1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

- WORLDtoPC(p_org[3].y/10,p_org[3].z/10,y2,z2);
WORLDtoPC(p_org[5].y/10,p_org[5].z/10,y3,z3);
color=getcolor();
setcolor(3);
line(y1,z1,y1+30,z1); outtextxy(y1+30,z1,"y");
line(y1,z1,y1,z1-30); outtextxy(y1,z1-30,"z");
setcolor(14);
rectangle(y1-7,z1,y1+7,z1+20);
setcolor(color);
line(y1,z1,y2,z2);
setcolor(13);
circle(y2,z2,5);setfillstyle(SOLID_FILL,13);floodfill(y2,z2,13);
setcolor(color);
line(y2,z2,y3,z3);
setcolor(2);
circle(y1,z1,5);setfillstyle(SOLID_FILL,2);floodfill(y1,z1,2);
setcolor(color);
setcolor(4);
circle(y3,z3,3);setfillstyle(SOLID_FILL,4);floodfill(y3,z3,4);
setcolor(color);
outtextxy(330,460,"yz plane");
- if(u !=0.00 )
{
setcolor(14);
line(y3,z3,yz_y,yz_z);
}
yz_y=y3;
yz_z=z3;
}
void present()
{
//cleardevice();
gotoxy(50,2); cout <<"position to go ";

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gotoxy(50,3); cout <<"command := "<<command<<"\n";
gotoxy(50,4); cout <<"x      := "<<pos_go.x<<"\n" ;
gotoxy(50,5); cout <<"y      := "<<pos_go.y<<"\n";
gotoxy(50,6); cout <<"z      := "<<pos_go.z<<"\n";

```

```

gotoxy(50,8); cout <<"position in progress";
gotoxy(50,9); cout <<"command := "<<command<<"\n";
gotoxy(50,10); cout <<"x      := "<<pos_in.x<<"\n" ;
gotoxy(50,11); cout <<"y      := "<<pos_in.y<<"\n";
gotoxy(50,12); cout <<"z      := "<<pos_in.z<<"\n";
xy_plane();
xz_plane();
yz_plane();
//redraw();
delay(100);
}

```

//draw path of goal position

```

void drawpath(int k)
{
    set_window(-150,150,-150,150); /* xy */
    set_viewport(0,319,0,239);
    WORLDtoPC(p[k-1].x,p[k-1].y,x1,y1);
    WORLDtoPC(p[k].x,p[k].y,x2,y2);
    color=getcolor();
    setcolor(10);
    line(x1,y1,x2,y2);
    setcolor(color);
    delay(500);

    set_window(-150,150,-50,150); /* xz */
    set_viewport(0,319,240,479);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

WORLDtoPC(p[k-1].x,p[k-1].z,x1,z1);
WORLDtoPC(p[k].x,p[k].z,x2,z2);
color=getcolor();
setcolor(10);
line(x1,z1,x2,z2);
setcolor(color);
delay(500);

set_window(-150,150,-50,150); /* yz */
set_viewport(320,639,240,479);
WORLDtoPC(p[k-1].y,p[k-1].z,y1,z1);
WORLDtoPC(p[k].y,p[k].z,y2,z2);
color=getcolor();
setcolor(10);
line(y1,z1,y2,z2);
setcolor(color);
delay(500);
}

plot_all_link()
{ int k;
  ginput();
  for (k=0;k<num;k++)
    { P.x=p[k].x; P.y=p[k].y; P.z=p[k].z;
      trans();
      present();
      if((k>0) && (k<num)) drawpath(k);
    }
  setcolor(15);
  gprintfxy(330,40,"Press any key ...");
  getch();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

plot_some_link()
{ int k;
  ginput();
  for (k=0;k<num;k++)
    { P.x=p[k].x; P.y=p[k].y; P.z=p[k].z;
      trans();
      if((k==num-1) || (k==0)) present();
      if((k>0) && (k<num)) drawpath(k);
    }
  setcolor(15);
  printfxy(330,40,"Press any key ...");
  getch();
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

program moto.cpp

```
/*-----PMAC bus port address-----*/
#define PMACBUFFERSIZE 1024          /*this our queue buffer size */
#define PMAC 528                    /* bus address of PMAC */
#define PMAC_STATUS PMAC+2          /* bus status byte */
#define PMAC_DATA PMAC+7           /* tranmit/reiceve data */
#define PMAC_PIC00 PMAC+8          /* 8259 interrupt controller */
#define PMAC_PIC01 PMAC+9          /* 8259 interrupt controller */
#define PMAC_PIC02 PMAC+10         /* 8259 interrupt controller */
#define PMAC_RECEIVE 2              /* ready to recieve bit */
#define PMAC_SEND 1                 /* ready to send bit */

#define PMAC_IS_SENDING (inp (PMAC_STATUS) & PMAC_SEND )

/*-----PMAC communication intrrupt valves-----*/
#define PMAC_IRQ 4                  /* 0-7 IRQ00 - 07 */
#define PMAC_MASK (~(1<<PMAC_IRQ)) /* for unmark of PMAC 8259 */
#define PMAC_EOI 0x20              /* Pmac end of intrrupt */
#define PMAC_IPOS 1                 /* IR0 for in position */
#define PMAC_BREQ 2                 /* IR1 for buffer reques */
#define PMAC_ERROR 4                /* IR3 for general error */
#define PMAC_FERROR 8              /* IR3 for following error */
#define PMAC_HREQ 16                /* IR4 for communication */
#define PMAC_EQU1 32                /* IR5 for DPRAM acknowledge */
#define PMAC_NOP 0x40               /* 8259 no operation code */

/*-----PMAC interupt valves-----*/
#define IRQ 5                        /* PC intrrupt used for PMAC */
#define PC_INT (8+IRQ)
//#define PC_INT 0x77
#define PC_MASK (~(1<<IRQ))         /* for unmask of PC 8259 */
```

```

#define PC_PIC01    0x21        /* 8259 interrupt controller code */
#define PC_PIC00    0x20        /* "0-7 interrupt" */
#define PC_EOI      0x20        /* end of interrupt */
#define ACK         0x06
#define LF          0x0C
#define EOL         0x0D
#define PCBUS       123
#define TRUE        1
#define FALSE       0
// #define _CPPARGS
#ifdef __cplusplus
    #define _CPPARGS ...
#else
    #define _CPPARGS
#endif

#include <stdio.h>
#include <dos.h>
#include <conio.h>
#include <stdlib.h>
#include <iostream.h>
#include <graphics.h>

void online (void);
void sendline (char *outchar);
int  getline (char *linebuf);
void printbuf(int tempf);
void ini_data(void); *
void respond(void);

static void interrupt far (*old_comm_int)(_CPPARGS);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

static void interrupt far pmac_comm(__CPPARGS);
static int combase,speed,able_to_talk,timeout,old_int_stat,equ1_flag;
static long far *X,*Y,*Z;
static int far *M155,*M154;
static char buf[256];

```

```

void printbuf(int tempf)

```

```

{
int line,n;
//line = getline(buf);
printf("\n");
for ( n=0;n<=tempf;n++)
{
getline(buf);
printf( " LINE %d = %s \n",n,buf);
}
}

```

```

void online(void)

```

```

{
int out;
char get_key;
out =0;
do
{
// clrscr();
sendline("#1P");
cout<<" position moto 1 : = ";
respond();
sendline("#2P");
cout<<" position moto 2 : = ";
respond();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sendline("#3P");
cout<<" position moto 3 : = ";
respond();
sendline("#4P");
cout<<" position moto 4 : = ";
respond();

```

```

sendline("V");
cout<<" velocity :=" ;
respond();

```

```

char get[255];
cout<<" test ON-LINE COMMAND " <<"\n";
gets(get);
if(get[0]==';') out=1;
else
{
//cout<<get;
sendline(get);
respond();
}
//delay(1000);
//cout<<" PRESS ENY KEY TO CONTINUE ";
delay(15);
if(kbhit())
    if (getch() == 27) out=1;
}

```

```

while(out!=1);
}

```

```

void ini_data(void)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

char source_file[20];
char cmd[256];
int line;

//cout << "source file \n";
//cin >> source_file;
//source_file=pmac.ini;
FILE *sf;
if ((sf=fopen("pmac.ini","r"))!=NULL)
{
line=0;
fgets(cmd,sizeof(cmd),sf);
while(!feof(sf))
{
cout <<"line "<<line<<" :=";
sendline(cmd);
cout << cmd;
//respond();
//sendline(cmd);
// while(getline(buf) !=0)
// cout<<buf

fgets(cmd,sizeof(cmd),sf);
line++;
}

//read end line do function
}
else
cout << "can not open file \n" ;
getch();
fclose(sf);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void respond(void)
{

int x;
char buff[255];

x=getline(buff);
if(x==0 && buff[0]==0)
{
//cout<<"PMAC HAVE NOTHING TO SAY \n";
}

else if(buff[0]=='\n')
{
//cout<<"valid command \n";
//delay(10);
do
{
//if(buff[1]=='\n') cout<<"\n";
int l;
l=0;
//gotoxy(wherex+1,wherey);
for (int n=1;n < (x-1);n++)
{
/* setcolor(YELLOW);
int a,b;
char *o;
a=10+(40*n);
b=90+(40*l);
o=&buff[n];
outtextxy(a,b,o); */
cout <<buff[n];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    cout<<"\n";
    l++;
    x=getline(buff);
    //cout<<"\n";
}while(buff[0]!='\x0');
//cout<<"\n";
}

```

```

else if(buff[0]=='\a')

```

```

{
    cout <<"invalid command \n";
    x=getline(buff);
    for(int m=1;m<(x-1);m++) cout<<buff[m];
    delay(100);
    getch();
    //cout<<"\n";
    do
    {
        getline(buff);
    }while(buff[0]!='\x0');
}

```

```

}

```

```

void init_pmac_comm ()    /* initialize the PMAC port intrrupt comm */

```

```

{

```

```

    disable();

```

```

    old_comm_int = getvect(PC_INT); /* disable intrrupt until we'r done */

```

```

    setvect(PC_INT,pmac_comm);    /*save original intrrupt vecter */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/*-----setup PC's 8259-----*/
    old_int_stat = inp (PC_PIC01);
    outp (PC_PIC01,(old_int_stat & PC_MASK ));
/*-----now setup PMAC's 8259 -----*/
    outp (PMAC,0);          /* flush PMAC intrrupt */
    outp (PMAC_PIC00,0x17);      /* 0x17 = edge ,0x1f=level trigger(ICW1) */
    outp (PMAC_PIC01,0x08);      /* vector dor data bus (ICW2) */
    outp (PMAC_PIC01,0x03);      /* setup dor 8086 mode (ICW4) */
    outp (PMAC_PIC01,0xDF);      /* mask out ferr,err,inpos,breq (OCW1) */
    outp (PMAC,0x81);          /*DSP enable read */
    enable ();
}
void restore_pmac_comm () { /* restore original intrrupt vector */
    disable ();
    setvect (PC_INT,old_comm_int); /* replace old PC vectors */
    outp (PC_PIC01,old_int_stat ); /* restore old status */
    outp (PMAC_PIC01,0xff); /* turn off PMAC's 8259 */
    enable ();
}
static void interrupt far pmac_comm (__CPPARGS) { /* interrupt service routine */
    //int ch ;
    char isr ;

    disable ();          /* don't be interrupt until done */
    outp (PMAC_PIC02,PMAC_NOP); /* rising edge of 1st INTA /pulse */
    outp (PMAC_PIC00,PMAC_NOP); /* trailing edge of 1st INTA /pulse */
    outp (PMAC_PIC02,0x0B); /* setup to read ISR register */
    isr = inp(PMAC_PIC00); /* read ISR register */
    if (isr & PMAC_EQU1) /* if EQU1 inerrupt set ,set to flag */
        equ1_flag = 1 ;

    outp (PMAC_PIC00,PMAC_NOP); /* trailing edge of 2nd INNTA /pulse */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    outp (PC_PIC00,PC_EOI);          /* send end of interrupt to PC's8259 */
    ////////////////////////////////////test////////////////////////////////////
    printf(" ok \n");
    enable ();                       /* re_enable interrupt! */
}

```

```

void config_card_for (int address) {
    speed = 9;
    combase = address;
    timeout = 7 * speed * 100 ;
    outportb(combase + 5,0);
    outportb(combase + 6,0);
}

```

```

void sendchar ( char outchar ) { /* send a character to PMAC */
    int i = 0 ;
    while (i++ < timeout && !(inportb(combase+2) & 2));
    if (i < timeout )
        outportb (combase+7,outchar);
}

```

```

void sendline (char *outchar ) { /* send a string with CR to PMAC */
    int i = 0;

    while(getline(buf));
    while (outchar[i] != 0 )
        sendchar(outchar[i++]);
    sendchar(13);
}

```

```

int getline (char *linebuf) { /* This is polled read to PMAC */
    char ic;
    int i,nc;
    if (able_to_talk ) {
        ic = nc = i = 0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

while (i++ < timeout && ic != 13 && nc < 255 )
    if ((inportb (combase+ 2 ) & 1) ==1) {
        ic = inportb (combase+7) ;
        linebuf[nc++] = ic;
        i = 0 ;
    }
linebuf[nc] = 0;
return(nc) ;          /* PMAC had something to say */    }
else {
    linebuf[0] = 0 ;
    return(0);          /* PMAC had nothing to say */
}
}

int Cards_On_Line () { /* verify PMAC is there */
    int i,n;
    able_to_talk = 1;
    n = i =0 ;
    while (n <3 && i < 11){
        sendline ("RHL:$720");
        i = getline (buf) ;
        n++;
    }
    if (i > 11 && i < 17 ) {
        cprintf("\n\nFound PMAC... \n\n");
        while (getline(buf));          /* clear out PMAC 's output buffer */
        return(1);
    }
    else {
        sound(1000); delay(250); nosound();
        cprintf("\n\nNo PMAC found !\n\n ");
        able_to_talk = 0;
        return (0);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
}
void send_command_to_PMAC () {          /* send calculated position to PMAC */
    *X-=100;                            /* calculate new position for next move! */
    *Y-=100;
    *Z-=100 ;
    *M155 = 1 ;
    cprintf ("Sending : X%1d Y%1d Z%1d\r",*X,*Y,*Z);
}

```

```

void pmac(){
    int done = FALSE ;
    char str [256];

    config_card_for (528) ;              /* Setup for PC_bus at 528 */
    Cards_On_Line ();                   /* verify card is there */
    equ1_flag = 0 ;
    if (able_to_talk) {
        sendline("WX:$786,$D,$43");     /* config DPRAM to start at $D4000in PC */
        sendline("save");
        sendline("$$$");                /* reinitialize the card to enable DPRAM */
        sendline("I8=0");
        //respond();
        sendline("I3=1");
        //respond();
        sendline("I6=3");
        sendline("I4=0");
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//respond();
sendline("I5=0");
//respond();
sendline("I9=1");
//respond();
sendline("I100=1");
sendline("I200=1");
sendline("I300=1");
sendline("I400=1");
sendline("I180=1");
sendline("I280=1");
sendline("I380=1");
sendline("I480=1");
sendline("I169=20480");
sendline("I123=-32");
sendline("I130=2000");
sendline("I111=0");
sendline("I280=1");
sendline("I380=1");
sendline("I100=1");
sure I180,I280,I380,etc are set to 1 */
sendline("I900=1");
sendline("I120=2");
sendline("I121=1");
sendline("I190=1000"); //set feed deg/min
//
printf(" \n Nów sending position via dual ported RAM & interrupts...\r\n\r\n");
sendline("Q &1 ");
//respond();
sendline("#1->120X");
sendline("#2->222Y");
//respond();
sendline("#3->150Z");
//respond();

```

/* make

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sendline("#4->150A");
sendline("#1homez #2homez #3homez #4homez");
//respond();
getline(buf);
sendline("M112->X:$C000,12,1");
//respond();
sendline("M113->X:$C000,13,1");
//respond();
sendline("M116->X:$C000,16,1");
//respond();
sendline("M151->DP:$D201");
//respond();
sendline("M152->DP:$D202");
//respond();
sendline("M153->DP:$D203");
//respond();
sendline("M154->Y:$D200,0,1");
//respond();
sendline("M155->X:$D200,0,1");
//respond();
getline(buf);
sound(1000);
nosound();
sendline("close");
//respond();
sendline("delete gather");
//respond();
sendline("delete trac");
//respond();

sendline("OPEN PROG1 ");
//respond();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sendline("CLEAR");
//respond();
sendline("INC");
sendline("TA20");
//respond();
sendline("TS10");
sendline("LINEAR");
//respond();
sendline("FRAX( X,Y,Z,A)");
sendline("INC");
sendline("X10 Y10 Z10 A10 F0.5 ");
//respond();
sendline("CLOSE");
//respond();
sendline("M113=0");
//respond();
sendline("M151=0");
//respond();
sendline("M152=0");
//respond();
sendline("M153=0");
//respond();
sendline("M154=1");
//respond();
sendline("M155=1");
//respond();
```

////////////////////////////////////

```
sendline("&1 ");
//respond();
sendline("CLOSE");
//respond();
sendline("DELETE GATHER");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sendline("DELETE TRACE"); -
//respond();
sendline("OPEN PLC 1 ");
//respond();
sendline("CLEAR");
//respond();
sendline("IF (M11=1)");
//respond();
sendline(" I130=10000");
//respond();
sendline("ELSE");
//respond();
sendline("I130=8000");
//respond();
sendline("ENDIF");
//respond();
sendline("CLOSE");
//respond();
sendline("ENABLE PLC 1 ");
//respond();
nosound();

```

```

////////////////////////////////////

```

```

while (getline(buf));
X =(long *) MK_FP (0xD400,0x0804);
Y =(long *) MK_FP (0xD400,0x0808);
Z =(long *) MK_FP (0xD400,0x080C);
M155 =(int *) MK_FP (0xD400,0x0802);
M154 =(int *) MK_FP (0xD400,0x0800);
init_pmac_comm ();

getch();

ini_data();

getch();

//sendline("LIST PROG1");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//printf("\n LIST PROG 2 := ");
//respond();
//online();

/*          while (!done) {
/* now process the interrupt(s) */
/*          if (equ1_flag) {
                equ1_flag = 0;
                //send_command_to_PMAC ();
            }
/*Background tasks can be inserts here!...*/
/*          if (kbhit ())
                if (getch () == 27)
                    done = TRUE;
            }
/*M154 = 0;          /* Stop motion program */
/*          restore_pmac_comm (); /* restore roiginal interrupt setup */
/*          sendline("i8 = 2"); /* set real time int for evvery 3rd servo int */
//      }
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

program panel.cpp

```
#include<graphics.h>
#include<math.h>
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include<conio.h>
#include<dos.h>
#include<iostream.h>
#include"robot.h"
//##include <tv.h>
#include <stdio.h> // for puts() etc
#include <string.h> // for strlen etc

int cur;

/*void init()
{
    //cout<<"graphic";
    int gdriver=DETECT,gmode,errorcode;
    initgraph(&gdriver,&gmode,"");
    errorcode=graphresult();
    if(errorcode != grOk)
    {
        printf("Graphics error : %s \n",grapherrormsg(errorcode));
        printf("Press any key to halt . ");
        getch();
        closegraph();
        exit(1);
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

*/
void data(void)
{

}

void menu(void)
{

setbkcolor(BLACK);
//setfillstyle(BLACK,BLACK);
//bar(0,65,200,80);
setfillstyle(SOLID_FILL,LIGHTGRAY);
bar3d(0,0,639,30,5,1);
for (int x=0;x<=3;x++)
{
    if(x==cur-1) setcolor(RED);
    else setcolor(BLACK);
    int y;
    y=x*160;
    outtextxy(50+y,15,"ARM");
    setcolor(RED);
    if(x==0) outtextxy(100+y,15,"1");
    if(x==1) outtextxy(100+y,15,"2");
    if(x==2) outtextxy(100+y,15,"3");
    if(x==3) outtextxy(100+y,15,"4");
}

setcolor(LIGHTGRAY);
setfillstyle(SOLID_FILL,BLUE);
bar3d(0,35,200,60,1,1);
setcolor(YELLOW);
    outtextxy(40,45,"online command");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
setcolor(LIGHTGRAY);
//setfillstyle(SOLID_FILL,BLUE);
//bar3d(0,65,200,90,1,1);
//setcolor(BLUE);
//setfillstyle(SOLID_FILL,BLACK);
//bar3d(0,85,200,479,1,1);
```

```
setfillstyle(SOLID_FILL,LIGHTGRAY);
setcolor(MAGENTA);
bar3d(210,40,638,240,1,1);
setcolor(BLACK);
outtextxy(260,60,"JOG");
setcolor(RED);
outtextxy(290,60,"+");
setcolor(BLACK);
outtextxy(300,60,"7");
setcolor(RED);
outtextxy(310,60,"-");
outtextxy(420,60,"k");
setcolor(BLACK);
outtextxy(430,60,"ill motor");
```

```
setcolor(RED);
outtextxy(260,80,"H");
setcolor(BLACK);
outtextxy(270,80,"ome");
setcolor(RED);
outtextxy(420,80,"Q");
setcolor(BLACK);
outtextxy(430,80,"uit all program");
```

```
setcolor(RED);
outtextxy(260,100,"S");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setcolor(BLACK);
outtextxy(270,100,"end program");
setcolor(RED);
outtextxy(420,100,"I");
setcolor(BLACK);
outtextxy(430,100,"initial pmac");

```

```

setcolor(RED);
outtextxy(260,120,"R");
setcolor(BLACK);
outtextxy(270,120,"un program");
setcolor(BLACK);
outtextxy(420,120,"e");
setcolor(RED);
outtextxy(430,120,"X");
setcolor(BLACK);
outtextxy(440,120,"it control panel");

```

```

setcolor(BLUE);
setfillstyle(SOLID_FILL,LIGHTGRAY);
bar3d(210,250,638,478,1,1);

```

```

for ( x=0;x<=3;x++)
{
    if(x==cur-1) setcolor(RED);
    else setcolor(BLACK);
    int y;
    y=x*90;
    outtextxy(300+y,270,"MOTOR");
    setcolor(RED);
    if(x==0) outtextxy(340+y,270,"1");
    if(x==1) outtextxy(340+y,270,"2");
    if(x==2) outtextxy(340+y,270,"3");
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        if(x==3) outtextxy(340+y,270,"4");
    }
    setcolor(BLACK);
    outtextxy(215,300,"Position");
    outtextxy(215,320,"Velocity");
    outtextxy(215,340,"Maxveloc");
    outtextxy(215,360,"Maxaccer");
    outtextxy(215,380,"Maxoutput");
    outtextxy(215,400,"Feedrate");
}

void panel()
{
    cur=1;
    int exit;
    exit=0;
    init();
    //cout<<"\n\n\n";
    char op;
    do
    {
        menu();
        op=getch();
        setfillstyle(BLACK,BLACK);
        bar(0,65,200,80);
        gotoxy(1,5);
        switch(op)
        {
            case '1':
                cur=1;
                cout<<"MOTOR 1";

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sendline("#1");
respond();
break;

case'2':
cur=2;
cout<<"MOTOR 2";
sendline("#2");
respond();
break;

case'3':
cur=3;
cout<<"MOTOR 3";
sendline("#3");
respond();
break;

case'4':
cur=4;
cout<<"MOTOR 4";
sendline("#4");
respond();
break;

case'+':
cout<<"JOG POSITIVE";
//sendline("a");
//sendline("q");
//sendline("j");
sendline("j+");
respond();
break;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

case '-':
    cout<<"JOG NEGATIVE";
//    endl;
//    cout<<"q";
//    endl;
    cout<<"j";
    endl;
    respond();
    break;

case 'h':
    cout<<"HOME";
    endl;
    respond();
    break;

case 'H':
    cout<<"HOME";
    endl;
    respond();
    break;

case 's':
    cout<<"sending command";
    endl;
    break;

case 'S':
    cout<<"sending command";
    endl;
    break;

case 'k':

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
cout<<"KILL MOTOR";  
sendline("k");  
respond();  
break;
```

```
case'K':  
cout<<"KILL MOTOR";  
sendline("k");  
respond();  
break;
```

```
case'q':  
cout<<"QUIT";  
sendline("q");  
respond();  
break;
```

```
case'Q':  
cout<<"QUIT";  
sendline("q");  
respond();  
break;
```

```
case'i':  
cout<<"INITIAL PMAC";  
ini_data();  
respond();  
break;
```

```
case'l':  
cout<<"INITIAL PMAC";  
ini_data();  
respond();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

break;

case'x':
exit=1;
break;

case'X':
exit=1;
break;

case'::
setfillstyle(BLACK,BLACK);
bar(0,65,200,479);
char m[256];
gotoxy(1,5);
gets(m);
sendline(m);
setfillstyle(SOLID_FILL,BLACK);
bar3d(0,85,200,479,1,1);
respond();
gotoxy(1,5);
break;

default:
break;

}
cout<<"\r";
}while(exit==0);
//getch();
closegraph();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

program position.cpp

```
#include <math.h>
#include <iostream.h>
#include <stdio.h>
#include "robot.h"

extern FILE *sf,*out;
extern struct pos pos_cur, pos_temp, pos_go ,pos_cen,inc,tool;
extern double feed,m,spindle,radian;
extern int command;
extern double Q[6] ;
extern struct pos pos_in,p_org[6];
double u;

//////////////////////////////// function //////////////////////////////////
double distance_l(pos &pos_go_ft , pos &pos_cur_ft);

double distance_c(pos &pos_go_ftc ,pos &pos_cen_ftc ,pos &pos_cur_ftc,int direct);

double root_eq(float &a, float &b , float &c , int &control);

int direction(char &xyz , pos &go ,pos &cur , pos &cen , int &Gcode);

//int next_pos();

plan plane(pos &go , pos &cur , pos &cen);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//////////////////////////////// end function //////////////////////////////////
```

```
//////////////////////////////// MAIN FUNCTION //////////////////////////////////
```

```
/*void main()
```

```
{
```

```
//////////////////////////////// distance_l function test //////////////////////////////////
```

```
struct pos pos_cur, pos_go ,pos_cen;
```

```
pos_cur.x = 0 ; pos_cur.y = 0 ; pos_cur.z = 0 ;
```

```
pos_go.x = -1 ; pos_go.y = 400; pos_go.z = 1 ;
```

```
pos_cen.x = 1 ; pos_cen.y = -3 ; pos_cen.z = 2 ;
```

```
cout<<"lenght "<< distance_l( pos_go , pos_cur ) << "\n";
```

```
if(distance_l( pos_go , pos_cen ) == distance_l( pos_cur, pos_cen ))
```

```
{
```

```
    cout<<"circular"<<distance_c( pos_go , pos_cen , pos_cur, -1 );
```

```
}
```

```
else cout<<"error"<< "\n";
```

```
////////////////////////////////end distance_l function test //////////////////////////////////
```

```
//////////////////////////////// root function test //////////////////////////////////
```

```
float a = 1;
```

```
float b = -3;
```

```
float c = 2;
```

```
int con = 1;
```

```
cout << "\n " << a << " " << b << " " << c << " " << root_eq(a,b,c,con);
```

```
//////////////////////////////// end root function test //////////////////////////////////
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
////////////////////////////////////direction function test //////////////////////////////////////
```

```
int gcode = 1;
```

```
char xy='x';
```

```
cout <<"\n" << direction(xy,pos_go,pos_cur,pos_cen,gcode);
```

```
////////////////////////////////////end direction function test //////////////////////////////////////
```

```
////////////////////////////////////
```

```
////////////////////////////////////plane function test //////////////////////////////////////
```

```
plan p ;
```

```
p= plane(pos_go,pos_cur,pos_cen);
```

```
cout <<p.a<<" "<<p.b<<" "<<p.c<<" "<<p.d<<"\n";
```

```
next_pos(pos_go,pos_cur,pos_cen,gcode); // next position test
```

```
}
```

```
*/
```

```
//////////////////////////////////// END MAIN //////////////////////////////////////
```

```
//////////////////////////////////// distance_l function////////////////////////////////////
```

```
double distance_l(pos &pos_go_ft , pos &pos_cur_ft) //ft=function
```

```
{
```

```
    double l,x,y,z;
```

```
    x= (pos_go_ft.x - pos_cur_ft.x);
```

```
    y= (pos_go_ft.y - pos_cur_ft.y);
```

```
    z= (pos_go_ft.z - pos_cur_ft.z);
```

```
    l= sqrt(pow(x,2)+ pow(y,2)+ pow(z,2));
```

```
    return(l);
```

```
}
```

```
//////////////////////////////////// end distance_l function //////////////////////////////////////
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

////////////////////////////////// distance_c function //////////////////////////////////
double distance_c(pos &pos_go_ftc ,pos &pos_cen_ftc ,pos &pos_cur_ftc,int direct)
{

//double distance_l(pos,pos);
double distance_l(pos &pos_go_ft , pos &pos_cur_ft);
double circular , a , r , angle , temp1 , temp2;

r = distance_l(pos_go_ftc , pos_cen_ftc);
a = distance_l(pos_go_ftc,pos_cur_ftc);

temp1 = pow( r , 2);
temp2 = pow( a , 2);

cout<<temp1<<"\n";
cout<<temp2<<"\n";

angle= acos((direct)*((2*temp1)-temp2)/(2*temp1));
.
cout<<angle<<"\n";

circular= angle*r;

return(circular);

}

////////////////////////////////// end distance_c function //////////////////////////////////

```

```

////////////////////////////////// root function //////////////////////////////////
double root_eq(float &a , float &b , float &c , int &control)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
double temp1 , temp2 , root;
```

```
temp1 = pow(b,2)-(4*a*c);
```

```
if( (temp1 >= 0) && (a != 0) )
```

```
{
```

```
temp2 = sqrt(temp1);
```

```
switch(control)
```

```
{
```

```
case 0 :
```

```
root = ( ( (-1)*b)-temp2 ) / (2*a) );
```

```
break;
```

```
case 1 :
```

```
root = ( ( (-1)*b)+temp2 ) / (2*a) );
```

```
break;
```

```
default :
```

```
cout << (" Control data error ");
```

```
break;
```

```
}
```

```
}
```

```
else cout <<(" Root Data Error ");
```

```
return (root);
```

```
}
```

```
//////////////////// end root function //////////////////////
```

```
//////////////////// direction function //////////////////////
```

```
int direction(char &xyz , pos &go ,pos &cur , pos &cen , int &Gcode)
```

```
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

struct pos{ //structure in position
float x;
float y;
float z;
};

```

```

int dirc,Q ;
pos dif_l, dif_c ;

```

```

// dif_l.x == the difference of x position in line
// dif_l.y == the difference of y position in line
// dif_l.z == the difference of z position in line

```

```

// dif_c.x == the difference between currence and center position in x
// dif_c.y == the difference between currence and center position in y
// dif_c.z == the difference between currence and center position in z

```

```

dif_l.x = go.x - cur.x;
dif_l.y = go.y - cur.y;
dif_l.z = go.z - cur.z;

```

```

dif_c.x = cur.x - cen.x;
dif_c.y = cur.y - cen.y;
dif_c.z = cur.z - cen.z;

```

```

switch(Gcode)
{
case 2 :

```

```

    if ( (dif_c.x >= 0 ) && (dif_c.y > 0 ) ) Q=1;
    else if( (dif_c.x < 0 ) && (dif_c.y >= 0 ) ) Q=2;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
else if( (dif_c.x <= 0) && (dif_c.y < 0) ) Q=3;
else if( (dif_c.x > 0) && (dif_c.y <= 0) ) Q=4;
```

```
break;
```

```
case 3 :
```

```
if ( (dif_c.x > 0) && (dif_c.y >=0) ) Q=1;
else if( (dif_c.x <=0) && (dif_c.y > 0) ) Q=2;
else if( (dif_c.x < 0) && (dif_c.y <=0) ) Q=3;
else if( (dif_c.x >=0) && (dif_c.y < 0) ) Q=4;
```

```
break;
```

```
}
```

```
switch(Gcode)
```

```
{
```

```
////////////////////////////////////
```

```
case (0||1):
```

```
{
```

```
if ((dif_l.x || dif_l.y || dif_l.z) >= 0 ) dirc =1;
```

```
else dirc = 0;
```

```
}
```

```
break;
```

```
////////////////////////////////////
```

```
case ( 2 ):
```

```
{
```

```
switch(Q)
```

```
{
```

```
case 1 :
```

```
switch(xyz)
```

```
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        case 'x' :
            dirc = 1;
        break;

        case 'y' :
            dirc = 0;
        break;
    }
break;

case 2 :
switch(xyz)
{
    case 'x' :
        dirc = 1;
    break;
    case 'y' :
        dirc = 1;
    break;
}
break;

case 3 :
switch(xyz)
{
    case 'x' :
        dirc = 0;
    break;
    case 'y' :
        dirc = 1;
    break;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

break;

case 4 :
switch(xyz)
{
    case 'x' :
        dirc = 0;
        break;

    case 'y' :
        dirc = 0;
        break;
}
break;
}
}
break;
////////////////////////////////////
case ( 3 ):
{
switch(Q)
{
    case 1 :
switch(xyz)
{
    case 'x' :
        dirc = 0;
        break;

    case 'y' :
        dirc = 1;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        break;
    }
break;

case 2 :
switch(xyz)
{
    case 'x' :
        dirc = 0;
        break;

    case 'y' :
        dirc = 0;
        break;
}
break;

case 3 :
switch(xyz)
{
    case 'x' :
        dirc = 1;
        break;
    case 'y' :
        dirc = 0;
        break;
}
break;

case 4 :
switch(xyz)
{

```

```

    case 'x' :

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        dirc = 1;
    break;
    case 'y' :
        dirc = 1;
    break;
}
break;
}
}
break;

////////////////////////////////////

//close switch
return(dirc);
// close function dirc

//////////////////////////////////// end direction function //////////////////////////////////////

//////////////////////////////////// next position function //////////////////////////////////////

int next_pos()

{
double fine,temp,u ;

pos pos_last;

//cout<<" \n next position \n" ;
switch (command)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

case 1 :

```
{
//cout<<pos_cur.x<<pos_cur.y<<pos_cur.z;
//cout<<pos_go.x<<pos_go.y<<pos_go.z;
temp=(distance_l(pos_go,pos_cur));
//cout<<temp;
fine=5/ceil(temp);
pos_in=pos_cur;
for( u = 0.0000; u <=1.000; u=u+fine)
{
pos_last = pos_in;
pos_in.x = pos_cur.x + (u*(pos_go.x-pos_cur.x));
pos_in.y = pos_cur.y + (u*(pos_go.y-pos_cur.y));
pos_in.z = pos_cur.z + (u*(pos_go.z-pos_cur.z));
//times(pos_last,pos_in);
//cout<<"\n"<<pos_in.x<<" "<<pos_in.y<<" "<<pos_in.z;
fprintf(out,"next position %5.5f %5.5f %5.5f \n",pos_in.x,pos_in.y,pos_in.z);
//getch();
trans();
}
if( (pos_in.x != pos_go.x)||pos_in.y!=pos_go.y)||pos_in.z!=pos_go.z)
{
pos_in=pos_go;
trans();

//getch();
}

//cout<<"\n"<<pos_in.x<<" "<<pos_in.y<<" "<<pos_in.z;
//cout<<" end pos in";
// cout<<"\n fine :="<<fine;
// cout<<"\n long:="<<distance_l(pos_go,pos_cur);
// cout<<"\n temp:="<<temp;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }

    break;

    //cout<<pos_cen.x;

    // TODO INSERT CODE TO INTERPOLATE G02;

    case 2:

        break;

        // TODO INSERT CODE TO INTERPOLATE G03;

    case 3:

        break;

}

return (0);
}

////////////////////////////////// end next position functuon //////////////////////////////////

////////////////////////////////// plane function //////////////////////////////////

plan plane(pos &go , pos &cur , pos &cen)

{
    plan planf;

    pos p12,p13; //p12= cross product vector point1 and point 2

    p12.x= cen.x-cur.x;
    p12.y= cen.y-cur.y;
    p12.z= cen.z-cur.z;

    p13.x= go.x-cur.x;
    p13.y= go.y-cur.y;
    p13.z= go.z-cur.z;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
planf.a=(p12.y*p13.z)-(p13.y*p12.z);  
planf.b=(p12.z*p13.x)-(p12.x*p13.z);  
planf.c=(p12.x*p13.y)-(p13.x*p12.y);  
planf.d= (-1)*((planf.a*cur.x) + (planf.b*cur.y) + (planf.c*cur.z));  
  
return (planf);  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

program robot.cpp

```
////////////////////////////////////  
// function open file and read data //  
// read until ';' and send data out //  
////////////////////////////////////  
#include <stdio.h>  
#include <iostream.h>  
#include <alloc.h>  
#include <dos.h>  
#include <string.h>  
#include <stdarg.h>  
#include <math.h>  
#include <dos.h>  
#include <conio.h>  
#include <stdlib.h>  
#include <graphics.h>  
#include "robot.h"  
#include <tv.h>  
#include <stdio.h> // for puts() etc  
#include <string.h> // for strlen etc  
#include <ctype.h>  
#include <fstream.h>  
#include <stdlib.h>  
#include <stdarg.h>  
#include <strstrea.h>  
#include <iomanip.h>  
#include <iostream.h>  
#include <conio.h>  
#include <dir.h>
```

```

//int V ;

extern FILE *sf,*out;
extern struct pos pos_cur, pos_temp, pos_go ,pos_cen,inc,tool;
extern double feed,m,spindle,radian;
extern int command;
extern double Q[6] ;
extern char source_file[MAXPATH],save_file[MAXPATH];
extern char code;
extern struct pos pos_in,p_org[6];
extern double T[2][5][5] ;
extern char fileName[MAXPATH];

void home(void)
{
Q[1]=0*M_PI/180.0;
Q[2]=-90*M_PI/180.0;
Q[3]=90*M_PI/180.0;
Q[4]=0*M_PI/180.0;
Q[5]=0*M_PI/180.0;
pos_cur.x=cos(Q[1])*( I2*cos(Q[2])+I3*cos(Q[2]+Q[3]) );
pos_cur.y=sin(Q[1])*( I2*cos(Q[2])+I3*cos(Q[2]+Q[3]) );
pos_cur.z=(-1)*I2*sin(Q[2])-I3*sin(Q[2]+Q[3]);
}

void robot (void)
{
init();
pos_cur.x =100.0;
pos_cur.y=200.0;
pos_cur.z=500.0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

pos_go.x=0.0;
pos_go.y=0.0;
pos_go.z=0.0;
pos_cen.x=0.0;
pos_cen.y=0.0;
pos_cen.z=0.0;

tool.x=1;
tool.y=1;
tool.z=1;

code=1;
feed=10.0;
spindle=100.0;
radian=0.0;
m=0;
home();

//cout << "source file \n";
//cin >> source_file;
cout <<"save file \n";
cin >>save_file;

//out=fopen(save_file,"w+");
//if ((sf=fopen(source_file,"r"))!=NULL)
out=fopen(save_file,"w+");
if ((sf=fopen(fileName,"r"))!=NULL)
{
while( !feof(sf))
{
code=fgetc(sf);
while( code != ':'&& !feof(sf) )
{
inc.x=0.0;
inc.y=0.0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
inc.z=0.0;
command=1;

switch(code)
{
case 'G' :
fscanf(sf,"%2d",&command);
break;

case 'X' :
fscanf(sf,"%8f",&inc.x);
pos_go.x=inc.x+pos_cur.x;
break;

case 'Y' :
fscanf(sf,"%8f",&inc.y);
pos_go.y=inc.y+pos_cur.y;
break;

case 'Z' :
fscanf(sf,"%8f",&inc.z);
pos_go.z=inc.z+pos_cur.z;
break;

case 'I' :
fscanf(sf,"%8f",&inc.x);
pos_cen.x=inc.x+pos_cur.x;
break;

case 'J' :
fscanf(sf,"%8f",&inc.y);
pos_cen.y=inc.y+pos_cur.y;
break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
case 'K' :  
    fscanf(sf,"%8f",&inc.z);  
    pos_cen.z=inc.z+pos_cur.z;  
    break;
```

```
case 'A' :  
    fscanf(sf,"%8f",&tool.x);
```

```
case 'B' :  
    fscanf(sf,"%8f",&tool.y);
```

```
case 'C' :  
    fscanf(sf,"%8f",&tool.z);
```

```
case 'R' :  
    fscanf(sf,"%8f",&radian);  
    break;
```

```
case 'F' :  
    fscanf(sf,"%8d",&feed);  
    break;
```

```
case 'M' :  
    fscanf(sf,"%8d",&m);  
    break;
```

```
case 'S' :  
    fscanf(sf,"%5d",&spindle);  
    break;
```

```
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
code=fgetc(sf);  
}
```

```
next_pos();  
pos_cur=pos_go;  
code=fgetc(sf);  
}  
}
```

```
else  
cout << "can not open file \n";  
fclose(sf);  
closegraph();  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

program tran.cpp

```
////////////////////////////////////
// function open file and read data //
// read until ';' and send data out //
////////////////////////////////////
#include <stdio.h>
#include <iostream.h>
#include <alloc.h>
#include <dos.h>
#include <string.h>
#include <stdarg.h>
#include <math.h>
#include <dos.h>
#include <conio.h>
#include <stdlib.h>
#include <graphics.h>
#include "robot.h"

extern FILE *sf,*out;
extern struct pos pos_cur, pos_temp, pos_go ,pos_cen,inc,tool;
extern double feed,m,spindle,radian;
extern int command;
extern struct pos pos_in,p_org[6];
double tm;
double grm,alp,bta;
extern double T[2][5][5];
extern double Q[6];
```

```

// calculate all point in world coordinate
void mcs()
{
    p_org[0].x=0.0; p_org[0].y=0.0; p_org[0].z=0.0;
    p_org[1].x=0.0; p_org[1].y=0.0; p_org[1].z=0.0;
    p_org[2].x=0.0; p_org[2].y=0.0; p_org[2].z=0.0;

    p_org[3].x=l2*cos(Q[1])*cos(Q[2]);
    p_org[3].y=l2*sin(Q[1])*cos(Q[2]);
    p_org[3].z=-l2*sin(Q[2]);

    p_org[4].x=pos_in.x;
    p_org[4].y=pos_in.y;
    p_org[4].z=pos_in.z;

    p_org[5].x=pos_in.x;
    p_org[5].y=pos_in.y;
    p_org[5].z=pos_in.z;
}

double sqr(double x)
{
    return pow(x,2.00);
}

unsigned short int inverse_link_kinematic(int V) {
    double temp1,temp2,Q234,c3;

```

```

temp1=T[V][2][4];
temp2=T[V][1][4];
Q[1]=atan2(temp1,temp2);

temp1=T[V][2][1]*cos(Q[1])-T[V][1][1]*sin(Q[1]);
temp2=T[V][2][2]*cos(Q[1])-T[V][1][2]*sin(Q[1]);
Q[5]=atan2(temp1,temp2);

temp1=T[V][1][3]*cos(Q[1])+T[V][2][3]*sin(Q[1]);
temp2=T[V][3][3];
Q234=atan2(temp1,temp2);

c3=(sqr(T[V][1][4])+sqr(T[V][2][4])+sqr(T[V][3][4])-sqr(I2)-sqr(I3))/(2*I2*I3);
if (sqr(c3)>1.0) {
    cout<<"angle error";
    printf("\n\t\tError in data file input !!!\n");
    printf("\n\t\tPlease check your data again.\n");
    printf("\n\t\tYour data may be out of range of robot to operate.");
    getch();
}

temp1=sqrt(1.0-sqr(c3));
temp2=c3;
Q[3]=atan2(temp1,temp2);

temp1=T[V][3][4];
temp2=sqrt(sqr(T[V][1][4])+sqr(T[V][2][4]));
Q[2]=-atan2(temp1,temp2)-atan2(I2*sin(Q[3]),I2+I3*cos(Q[3]));

Q[4]=Q234-Q[2]-Q[3];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        return 0;
    }

unsigned short int tool_input(void) {
    bta=1;
    if ( tool.x==0.0 && tool.y==0.0 ) { grm=0.0; alp=0.0; }
    else { grm = acos( tool.z / sqrt(sqrt(tool.x)+sqrt(tool.y)+sqrt(tool.z)) );
          alp = acos( tool.y / sqrt(sqrt(tool.x)+sqrt(tool.y)) ); }

    bta=bta*M_PI/180.0;
    if(! ( ( sqrt(l2-l3)<=(sqrt(pos_in.x)+sqrt(pos_in.y)+sqrt(pos_in.z)) ) &&
    ( sqrt(l2+l3)>=(sqrt(pos_in.x)+sqrt(pos_in.y)+sqrt(pos_in.z)) ) ) )
    {
        printf("\n\t\tError in data file input !!!\n");
        printf("\t\tPlease check your data again.\n");
        printf("\t\tYour data may be out of range of robot to
operate.");
        getch();
    }

    return 0;
}

unsigned short int forward_kinematic(void)
{
    T[0][1][1]= cos(alp)*cos(bta)-sin(alp)*cos(grm)*sin(bta);
    T[0][2][1]= sin(alp)*cos(bta)+cos(alp)*sin(grm)*sin(bta);
    T[0][3][1]= sin(grm)*sin(bta);
    T[0][4][1]= 0.0;

    T[0][1][2]=-cos(grm)*sin(bta)-sin(alp)*cos(grm)*cos(bta);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

T[0][2][2]=-sin(alp)*sin(bta)+cos(grm)*sin(alp)*cos(bta);
T[0][3][2]= sin(grm)*cos(bta);
T[0][4][2]= 0.0;

T[0][1][3]= sin(alp)*sin(grm);
T[0][2][3]=-cos(alp)*sin(grm);
T[0][3][3]= cos(grm);
T[0][4][3]= 0.0;

T[0][1][4]= pos_in.x;
T[0][2][4]= pos_in.y;
T[0][3][4]= pos_in.z;
T[0][4][4]= 1.0;

return 0;
}
int forward(void)
{
T[1][1][1]=cos(Q[1])*cos(Q[2]+Q[3]+Q[4])*cos(Q[5]) - sin(Q[1])*sin(Q[5]);
T[1][2][1]=sin(Q[1])*cos(Q[2]+Q[3]+Q[4])*cos(Q[5]) + cos(Q[1])*sin(Q[5]);
T[1][3][1]=(-1)*sin(Q[2]+Q[3]+Q[4])*cos(Q[5]);
T[1][4][1]=0;

T[1][1][2]=(-1)*cos(Q[1])*cos(Q[2]+Q[3]+Q[4])*sin(Q[5]) - sin(Q[1])*cos(Q[5]);
T[1][2][2]=(-1)*sin(Q[1])*cos(Q[2]+Q[3]+Q[4])*sin(Q[5]) + cos(Q[1])*cos(Q[5]);
T[1][3][2]=sin(Q[2]+Q[3]+Q[4])*sin(Q[5]);
T[1][4][2]=0;

T[1][1][3]=cos(Q[1])*sin(Q[2]+Q[3]+Q[4]);
T[1][2][3]=sin(Q[1])*sin(Q[2]+Q[3]+Q[4]);
T[1][3][3]=cos(Q[2]+Q[3]+Q[4]);
T[1][4][3]=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

T[1][1][4]=pos_in.x;
T[1][2][4]=pos_in.y;
T[1][3][4]=pos_in.z;
T[1][4][4]=1;

return 0;
}

```

```

int trans(void)
{
    forward();
    inverse_link_kinematic(1);
    mcs();
    for(int x=1;x<=5;x++)
    {
        //cout<<"\n"<<x<<" := "<<Q[x]*180/M_PI;
        fprintf(out,"\n %d := %5.5f ",x,Q[x]*180.0/M_PI);
        //cout<<"\n";
    }
    fprintf(out,"\n");

    present();

return 0;
}

```

program tvedit.h

```
class TMenuBar;  
class TStatusLine;  
class TEditWindow;  
class TDialog;  
class box;
```

```
const
```

```
cmOpen      = 100,  
cmNew       = 101,  
cmChangeDrct = 102,  
cmDosShell  = 103,  
cmCalculator = 104,  
cmShowClip  = 105,  
cmReset     = 106,  
cmAll       = 107,  
cmHome      = 108,  
cmPosition  = 109,  
cmAngle     = 110,  
cmSall      = 111,  
cmXy        = 112,  
cmYz        = 113,  
cmXz        = 114,  
cmStart     = 115,  
cmStop      = 116,  
cmJpos      = 117,  
cmJangle    = 118,  
cmAbout     = 119,  
cmOnline    = 120,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
cmTerrific = 121,  
cmIncrnt = 123,  
cmboxok = 122,  
cmPanel = 124;
```

```
class box : public TApplication  
{  
public:  
    box();  
    virtual void handleEvent( TEvent& event );  
    void draw();  
private:  
};  
  
class TEditorApp : public TApplication  
{  
public:  
  
    TEditorApp();  
  
    virtual void handleEvent( TEvent& event );  
    static TMenuBar *initMenuBar( TRect );  
    static TStatusLine *initStatusLine( TRect );  
    virtual void outOfMemory();  
private:
```

```
    TEditWindow *openEditor( const char *fileName, Boolean visible );
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void fileOpen();
void fileNew();
void changeDir();
void dosShell();
void showClip();
void tile();
void cascade();
// void test();
// void box();
void jpos();
void jangle();
};

extern TEditWindow *clipWindow;

ushort execDialog( TDialog *d, void *data );
TDialog *createFindDialog();
TDialog *createReplaceDialog();
ushort doEditDialog( int dialog, ... );
void test();
void panel();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

program tvedit1.cpp

```
#define Uses_TEventQueue
#define Uses_TEvent
#define Uses_TProgram
#define Uses_TApplication
#define Uses_TKeys
#define Uses_TRect
#define Uses_TMenuBar
#define Uses_TSubMenu
#define Uses_TMenuItem
#define Uses_TStatusLine
#define Uses_TStatusItem
#define Uses_TStatusDef
#define Uses_TDeskTop
#define Uses_TView
#define Uses_TWindow
#define Uses_TFrame
#define Uses_TScroller
#define Uses_TScrollBar
#define Uses_TDialog
#define Uses_TButton
#define Uses_TSItem
#define Uses_TCheckBoxes
#define Uses_TRadioButton
#define Uses_TLabel
#define Uses_TInputLine
#define Uses_TSItem
#define Uses_TCheckBoxes
#define Uses_TRadioButton
#define Uses_TLabel
#define Uses_TInputLine
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#define Uses_TApplication
```

```
#define Uses_TEditWindow
```

```
#define Uses_TDeskTop
```

```
#define Uses_TRect
```

```
#define Uses_TEditor
```

```
#define Uses_TFileDialog
```

```
#define Uses_TFileDialog
```

```
#define Uses_TChDirDialog
```

```
#include <tv.h>
```

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <string.h>
```

```
#include <ctype.h>
```

```
#include "tvedit.h"
```

```
#include "robot.h"
```

```
#include <fstream.h>
```

```
#include <stdlib.h>
```

```
#include <stdarg.h>
```

```
#include <strstrea.h>
```

```
#include <iomanip.h>
```

```
#include <iostream.h>
```

```
#include <math.h>
```

```
#include <conio.h>
```

```
#include <graphics.h>
```

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <stdlib.h>
```

```
#include <dos.h>
```

```
int x;
```

```
FILE *sf,*out;
```

```
struct pos pos_cur, pos_temp, pos_go ,pos_cen,inc,tool;
```

```
double feed,m,spindle,radian;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int command;
double Q[6] ;
char source_file[MAXPATH],save_file[MAXPATH];
char code;
struct pos pos_in,p_org[6];
double T[2][5][5] ;
char fileName[MAXPATH];

```

```

void test()

```

```

{

```

```

    window(2,2,79,25);

```

```

    textcolor(BLACK);

```

```

    textbackground(WHITE);

```

```

    gotoxy(40,13);

```

```

    int x=0;

```

```

    x++;

```

```

}

```

```

TEditWindow *clipWindow;

```

```

TEditWindow *TEditorApp::openEditor(const char *fileName, Boolean visible )

```

```

{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TRect r = deskTop->getExtent();
TView *p = validView( new TEditWindow( r, fileName, wnNoNumber ) );
if( !visible )
    p->hide();
deskTop->insert( p );
return (TEditWindow *)p;
}

```

```

TEditorApp::TEditorApp() :
    TProgInit( TEditorApp::initStatusLine,
              TEditorApp::initMenuBar,
              TEditorApp::initDeskTop
            ),

```

```

TApplication()
{

```

```

    TCommandSet ts;
    ts.enableCmd( cmSave );
    ts.enableCmd( cmSaveAs );
    ts.enableCmd( cmCut );
    ts.enableCmd( cmCopy );
    ts.enableCmd( cmPaste );
    ts.enableCmd( cmClear );
    ts.enableCmd( cmUndo );
    ts.enableCmd( cmFind );
    ts.enableCmd( cmReplace );
    ts.enableCmd( cmSearchAgain );
    disableCommands( ts );

```

```

TEditor::editorDialog = doEditDialog;

```

```

clipWindow = openEditor( 0, False );

```

```

if( clipWindow != 0 )

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        TEditor::clipboard = clipWindow->editor;
        TEditor::clipboard->canUndo = False;
    }
}

```

```
void TEditorApp::fileOpen()
```

```

{
    strcpy( fileName, "**.*" );

    if( execDialog( new TFileDialog( "**.*", "Open file",
        "~N~ame", fdOpenButton, 100 ), fileName) != cmCancel )
        openEditor( fileName, True );
}

```

```
void TEditorApp::fileNew()
```

```

{
    openEditor( 0, True );
}

```

```
void TEditorApp::changeDir()
```

```

{
    execDialog( new TChDirDialog( cdNormal, 0 ), 0 );
}

```

```
void TEditorApp::dosShell()
```

```

{
    suspend();
    system("cls");
    cout << "Type EXIT to return...";
    system( getenv( "COMSPEC" ));
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

resume();
redraw();
}

```

```

void TEditorApp::showClip()
{
    clipWindow->select();
    clipWindow->show();
}

```

```

void TEditorApp::tile()
{
    deskTop->tile( deskTop->getExtent() );
}

```

```

void TEditorApp::cascade()
{
    deskTop->cascade( deskTop->getExtent() );
}

```

```

////////////////////////////////////

```

```

void box::draw()
{
    TDialog *d = new TDialog(TRect( 25, 5, 55, 16 ), "Hello, World!" );

    d->insert( new TStaticText(TRect( 3, 5, 15, 6 ), "How are you?" ) );
    d->insert( new TButton( TRect( 16, 2, 28, 4 ), "Terrific", cmTerrific, bfNormal ) );
    d->insert( new TButton( TRect( 16, 4, 28, 6 ), "Ok", cmbboxok, bfNormal ) );
    d->insert( new TButton( TRect( 16, 6, 28, 8 ), "Lousy", cmCancel, bfNormal ) );
    d->insert( new TButton( TRect( 16, 8, 28, 10 ), "Cancel", cmCancel, bfNormal ) );

    deskTop->execView( d );
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
destroy(d);  
}
```

```
void box::handleEvent(TEvent& event)  
{
```

```
TApplication::handleEvent( event );  
    if( event.what != evCommand )  
        return;  
    else  
        switch( event.message.command )  
        {  
        case cmOpen:  
            fileOpen();  
            break;  
        default:  
            return ;  
        }  
    clearEvent( event );  
}
```

```
void TEditorApp::jpos()  
{
```

```
    TDialog *d = new TDialog(TRect( 20, 5, 60, 16 ), "Jog position" );
```

```
    d->insert( new TButton( TRect( 5, 2, 15, 4 ), "x+", cmCancel, bfNormal ) );
```

```
    d->insert( new TButton( TRect( 25, 2, 35, 4 ), "x-", cmCancel, bfNormal ) );
```

```
    d->insert( new TButton( TRect( 5, 4, 15, 6 ), "y+", cmCancel, bfNormal ) );
```

```
    d->insert( new TButton( TRect( 25, 4, 35, 6 ), "y-", cmCancel, bfNormal ) );
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

d->insert( new TButton( TRect( 5, 6, 15, 8 ), "z+", cmCancel, bfNormal ) );
d->insert( new TButton( TRect( 25, 6, 35, 8 ), "z-", cmCancel, bfNormal ) );
d->insert( new TButton( TRect( 5, 8, 15, 10 ), "~O~k", cmCancel, bfNormal ) );
d->insert( new TButton( TRect( 25, 8, 35, 10 ), "~C~ancel", cmCancel, bfNormal ) );

deskTop->execView( d );

destroy(d);
}

```

```

void TEditorApp::jangle()
{
    TDialog *d = new TDialog(TRect( 20, 5, 60, 20 ), "Jog position " );

    d->insert( new TButton( TRect( 5, 2, 15, 4 ), "%1~+", cmIncr, bfNormal ) );
    d->insert( new TButton( TRect( 25, 2, 35, 4 ), "%1-", cmCancel, bfNormal ) );
    d->insert( new TButton( TRect( 5, 4, 15, 6 ), "%2~+", cmCancel, bfNormal ) );
    d->insert( new TButton( TRect( 25, 4, 35, 6 ), "%2-", cmCancel, bfNormal ) );
    d->insert( new TButton( TRect( 5, 6, 15, 8 ), "%3~+", cmCancel, bfNormal ) );
    d->insert( new TButton( TRect( 25, 6, 35, 8 ), "%3-", cmCancel, bfNormal ) );
        d->insert( new TButton( TRect( 5, 8, 15, 10 ), "%4~+", cmCancel, bfNormal ) );
    d->insert( new TButton( TRect( 25, 8, 35, 10 ), "%4-", cmCancel, bfNormal ) );
    d->insert( new TButton( TRect( 5, 10, 15, 12 ), "%5~+", cmCancel, bfNormal ) );
        d->insert( new TButton( TRect( 25,10, 35, 12 ), "%5-", cmCancel, bfNormal ) );
    d->insert( new TButton( TRect( 5, 12, 15,14 ), "~O~k", cmCancel, bfNormal ) );
    d->insert( new TButton( TRect( 25,12, 35, 14 ), "~C~ancel", cmCancel, bfNormal ) );

        deskTop->execView( d );

    destroy(d);
}

```

```

void TEditorApp::handleEvent( TEvent& event )

```

```

{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TApplication::handleEvent( event );
if( event.what != evCommand )
    return;
else
    {

switch( event.message.command )
    {
case cmOpen:
    fileOpen();
    break;

case cmNew:
    fileNew();
    break;

case cmChangeDrct:
    changeDir();
    break;

) case cmDosShell:
    dosShell();
    break;

case cmShowClip:
    showClip();
    break;

case cmTile:
    tile();
    break;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    case cmCascade:
        cascade();
        break;

case cmReset:

        break;
case cmSall:
        robot();
        closegraph();
        TProgram::application->redraw();

        break;
case cmJpos:
        jpos();
        break;
case cmJangle:
        jangle();
        break;
case cmIncr:
        x++;
        gotoxy(5,5);

case cmPanel:
        panel();
        TProgram::application->redraw();
        //TProgram::application->resume();

default:
        return ;
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

clearEvent( event );
}
int main()
{

pmac();
TEditorApp editorApp;
editorApp.run();

/* Stop motion program */
restore_pmac_commm (); /* restore roiginal interrupt setup */
sendline("i8 = 2");
return 0;
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

program tcredit2.cpp

```
#define Uses_TDialog
#define Uses_TDeskTop
#define Uses_TProgram
#define Uses_TApplication
#define Uses_TObject
#define Uses_TInputLine
#define Uses_TLabel
#define Uses_THistory
#define Uses_TRect
#define Uses_TCheckBoxes
#define Uses_TButton
#define Uses_TButton
#define Uses_MsgBox
#define Uses_TSIItem
#define Uses_TEditor

#include <tv.h>

#include "tvedit.h"
#include "robot.h"
#include <stdlib.h>
#include <stdarg.h>
#include <strstrea.h>
#include <iomanip.h>

ushort execDialog( TDialog *d, void *data )
{
    TView *p = TProgram::application->validView( d );
    if( p == 0 )
        return cmCancel;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else
{
    if( data != 0 )
        p->setData( data );
    ushort result = TProgram::deskTop->execView( p );
    if( result != cmCancel && data != 0 )
        p->getData( data );
    TObject::destroy( p );
    return result;
}
}

TDialog *createFindDialog()
{
    TDialog *d = new TDialog( TRect( 0, 0, 38, 12 ), "Find" );

    d->options |= ofCentered;

    TInputLine *control = new TInputLine( TRect( 3, 3, 32, 4 ), 80 );
    d->insert( control );
    d->insert(
        new TLabel( TRect( 2, 2, 15, 3 ), "~T~ext to find", control );
    d->insert(
        new THistory( TRect( 32, 3, 35, 4 ), control, 10 );

    d->insert( new TCheckBoxes( TRect( 3, 5, 35, 7 ),
        new TListItem( "~C~ase sensitive",
        new TListItem( "~W~hole words only", 0 ) ) ) );

    d->insert(
        new TButton( TRect( 14, 9, 24, 11 ), "O~K~", cmOK, bfDefault );
    d->insert(
        new TButton( TRect( 26, 9, 36, 11 ), "Cancel", cmCancel, bfNormal );

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

d->selectNext( False );
return d;
}

```

```

TDialog *createReplaceDialog()

```

```

{
    TDialog *d = new TDialog( TRect( 0, 0, 40, 16 ), "Replace" );

    d->options |= ofCentered;

    TInputLine *control = new TInputLine( TRect( 3, 3, 34, 4 ), 80 );
    d->insert( control );
    d->insert(
        new TLabel( TRect( 2, 2, 15, 3 ), "~T~ext to find", control ) );
    d->insert( new THistory( TRect( 34, 3, 37, 4 ), control, 10 ) );

    control = new TInputLine( TRect( 3, 6, 34, 7 ), 80 );
    d->insert( control );
    d->insert( new TLabel( TRect( 2, 5, 12, 6 ), "~N~ew text", control ) );
    d->insert( new THistory( TRect( 34, 6, 37, 7 ), control, 11 ) );

    d->insert( new TCheckBoxes( TRect( 3, 8, 37, 12 ),
        new TListItem("~C~ase sensitive",
        new TListItem("~W~hole words only",
        new TListItem("~P~rompt on replace",
        new TListItem("~R~eplace all", 0 ) ) ) ) );

    d->insert(
        new TButton( TRect( 17, 13, 27, 15 ), "O~K~", cmOK, bfDefault ) );
    d->insert( new TButton( TRect( 28, 13, 38, 15 ),
        "Cancel", cmCancel, bfNormal ) );
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
d->selectNext( False );
```

```
return d;
```

```
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

program tvedit3.cpp

```
#define Uses_TApplication
#define Uses_TMenuBar
#define Uses_TRect
#define Uses_TSubMenu
#define Uses_TKeys
#define Uses_TMenuItem
#define Uses_TStatusLine
#define Uses_TStatusItem
#define Uses_TStatusDef
#define Uses_TPoint
#define Uses_TEditor
#define Uses_MsgBox
#define Uses_TFileDialog
#define Uses_TDeskTop

#include <tv.h>

#include "tvedit.h"
#include "robot.h"
#include <stdarg.h>
#include <strstrea.h>
#include <iomanip.h>
```

```
TMenuBar *TEditorApp::initMenuBar( TRect r )
```

```
{
```

```
    TSubMenu& sub1 = *new TSubMenu( "~F~ile", kbAltF ) +
        *new TMenuItem( "~O~pen", cmOpen, kbF3, hcNoContext, "F3" ) +
        *new TMenuItem( "~N~ew", cmNew, kbNoKey ) +
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

*new TMenuItem( "~S~ave", cmSave, kbF2, hcNoContext, "F2" ) +
*new TMenuItem( "S~a~ve as...", cmSaveAs, kbNoKey ) +
    newLine() +
*new TMenuItem( "~C~hange dir...", cmChangeDrct, kbNoKey ) +
*new TMenuItem( "~D~OS shell", cmDosShell, kbNoKey ) +
*new TMenuItem( "E~x~it", cmQuit, kbAltX, hcNoContext, "Alt-X" );

```

```

TSubMenu& sub2 = *new TSubMenu( "~E~dit", kbAltE ) +
*new TMenuItem( "~U~ndo", cmUndo, kbNoKey ) +
    newLine() +
    *new TMenuItem( "Cu~t~", cmCut, kbShiftDel, hcNoContext, "Shift-Del" ) +
*new TMenuItem( "~C~opy", cmCopy, kbCtrlIns, hcNoContext, "Ctrl-Ins" ) +
*new TMenuItem( "~P~aste", cmPaste, kbShiftIns, hcNoContext, "Shift-Ins" ) +
*new TMenuItem( "~S~how clipboard", cmShowClip, kbNoKey ) +
    newLine() +
    *new TMenuItem( "~C~lear", cmClear, kbCtrlDel, hcNoContext, "Ctrl-Del" );

```

```

TSubMenu& sub3 = *new TSubMenu( "~S~earch", kbAltS ) +
*new TMenuItem( "~F~ind...", cmFind, kbNoKey ) +
*new TMenuItem( "~R~eplace...", cmReplace, kbNoKey ) +
*new TMenuItem( "~S~earch again", cmSearchAgain, kbNoKey );

```

```

TSubMenu& sub4 =*new TSubMenu( "s~E~tup",kbAltE ) +
*new TMenuItem( "~R~set",cmReset,kbNoKey ) +
*new TMenuItem( "reset ~A~ll",cmAll,kbNoKey ) +
*new TMenuItem( "~H~ome",cmHome,kbNoKey ) +
*new TMenuItem( "~P~osition",cmPosition,kbNoKey) +
*new TMenuItem( "~A~ngle",cmAngle,kbNoKey);

```

```

TSubMenu& sub5 =*new TSubMenu("si~M~ulate",kbAltM ) +
*new TMenuItem( "~A~ll",cmSall,kbNoKey ) +
*new TMenuItem( "~X~y",cmXy,kbNoKey) +
*new TMenuItem( "~Y~z",cmYz,kbNoKey) +

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    *new TMenuItem( "~X~z",cmXz,kbNoKey);

TSubMenu& sub6 =*new TSubMenu("~R~un",kbAltR ) +
    *new TMenuItem( "~S~tart",cmStart,kbNoKey ) +
    *new TMenuItem( "s~T~op",cmStop,kbNoKey );

TSubMenu& sub7 =*new TSubMenu("~J~og",kbAltJ ) +
    *new TMenuItem( "~P~osition",cmJpos,kbNoKey ) +
    *new TMenuItem( "~A~ngle",cmJangle,kbNoKey );

TSubMenu& sub8 =*new TSubMenu("~P~anel",kbAltP ) +
    *new TMenuItem( "~P~anel control",cmPanel,kbNoKey );

TSubMenu& sub9 = *new TSubMenu( "~W~indows", kbAltW ) +
    *new TMenuItem( "~S~ize/move",cmResize, kbCtrlF5, hcNoContext, "Ctrl-F5" ) +
    *new TMenuItem( "~Z~oom", cmZoom, kbF5, hcNoContext, "F5" ) +
    *new TMenuItem( "~T~ile", cmTile, kbNoKey ) +
    *new TMenuItem( "C~a~scade", cmCascade, kbNoKey ) +
    *new TMenuItem( "~N~ext", cmNext, kbF6, hcNoContext, "F6" ) +
    *new TMenuItem( "~P~revious", cmPrev, kbShiftF6, hcNoContext, "Shift-F6" ) +
    *new TMenuItem( "~C~lose", cmClose, kbAltF3, hcNoContext, "Alt-F3" );

TSubMenu& sub10 = *new TSubMenu( "~H~elp", kbAltH ) +
    *new TMenuItem( "~O~nline command",cmOnline, kbF1 )+
    *new TMenuItem( "~A~bout",cmAbout, kbNoKey );

r.b.y = r.a.y+1;
return new TMenuBar( r, sub1 + sub2 + sub3 + sub4 +sub5 +sub6 +sub7 + sub8 +sub9
+sub10);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TStatusLine *TEditorApp::initStatusLine( TRect r )
{
    r.a.y = r.b.y-1;
    return new TStatusLine( r,
        *new TStatusDef( 0, 0xFFFF ) +
        *new TStatusItem( "~F1~ Help", kbF1, cmOnline ) +
        *new TStatusItem( "~F2~ Save", kbF2, cmSave ) +
        *new TStatusItem( "~F3~ Open", kbF3, cmOpen ) +
        *new TStatusItem( "~Alt-F3~ Close", kbAltF3, cmClose ) +
        *new TStatusItem( "~F5~ Zoom", kbF5, cmZoom ) +
        *new TStatusItem( "~F6~ Next", kbF6, cmNext ) +
        *new TStatusItem( "~F10~ Menu", kbF10, cmMenu ) +
        *new TStatusItem( 0, kbCtrlF5, cmResize )
    );
}

void TEditorApp::outOfMemory()
{
    MessageBox("Not enough memory for this operation.", mfError | mfOKButton );
}

typedef char *_charPtr;
typedef TPoint *PPoint;

#pragma warn -rvl

ushort doEditDialog( int dialog, ... )
{
    va_list arg;

    char buf[80];
    ostringstream os( buf, sizeof( buf ) );

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

switch( dialog )
{
case edOutOfMemory:
    return messageBox( "Not enough memory for this operation",
        mfError | mfOKButton );
case edReadError:
{
    va_start( arg, dialog );
    os << "Error reading file " << va_arg( arg, _charPtr )
        << "." << ends;
    va_end( arg );
    return messageBox( buf, mfError | mfOKButton );
}
case edWriteError:
{
    va_start( arg, dialog );
    os << "Error writing file " << va_arg( arg, _charPtr )
        << "." << ends;
    va_end( arg );
    return messageBox( buf, mfError | mfOKButton );
}
case edCreateError:
{
    va_start( arg, dialog );
    os << "Error creating file " << va_arg( arg, _charPtr )
        << "." << ends;
    va_end( arg );
    return messageBox( buf, mfError | mfOKButton );
}
case edSaveModify:
{
    va_start( arg, dialog );
    os << va_arg( arg, _charPtr )

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    << " has been modified. Save?" << ends; -
va_end( arg );
return messageBox( buf, mflInformation | mfYesNoCancel );
}
case edSaveUntitled:
    return messageBox( "Save untitled file?",
        mflInformation | mfYesNoCancel );
case edSaveAs:
    {
    va_start( arg, dialog );
    return execDialog( new TFileDialog( "**.*",
        "Save file as",
        "~N~ame",
        fdOKButton,
        101 ), va_arg( arg, _charPtr ) );
    }
case edFind:
    {
    va_start( arg, dialog );
    return execDialog( createFindDialog(), va_arg( arg, _charPtr ) );
    }
case edSearchFailed:
    return messageBox( "Search string not found.",
        mfError | mfOKButton );
case edReplace:
    {
    va_start( arg, dialog );
    return execDialog( createReplaceDialog(), va_arg( arg, _charPtr ) );
    }

case edReplacePrompt:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Avoid placing the dialog on the same line as the cursor
TRect r( 0, 1, 40, 8 );
r.move( (TProgram::deskTop->size.x-r.b.x)/2, 0 );
TPoint t = TProgram::deskTop->makeGlobal( r.b );
t.y++;
va_start( arg, dialog );
TPoint *pt = va_arg( arg, PPoint );
if( pt->y <= t.y )
    r.move( 0, TProgram::deskTop->size.y - r.b.y - 2 );
va_end( arg );
return messageBoxRect( r, "Replace this occurrence?",
    mfYesNoCancel | mfInformation );
}
}
#pragma warn .rvl

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

program robot.h

```
#define l2 650.0 /* mm. */
#define l3 800.0 /* mm. */
struct pos{
float x;
float y;
float z;
};
struct plan{ // data ax+by+cz+d=0
float a,b,c,d;
};
/*
extern pos pos_cur, pos_temp, pos_go ,pos_cen,inc,tool;
extern double Q[6] ;
extern FILE *sf,*out;
extern double feed,m,spindle,radian;
extern int command;
extern struct pos p_org[6],pos_in,tool;
*/

int trans(void);
double distance_l(pos &pos_go_ft , pos &pos_cur_ft);
int next_pos();
void init();
void robot();
void online (void);
void sendline (char *outchar );
int getline (char *linebuf);
void printbuf(int tempf);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void ini_data(void);
void respond(void);
void pmac();
restore_pmac_comm ();
//extern extern double sqr(double);
//extern double distance_c(pos &pos_go_ftc ,pos &pos_cen_ftc ,pos &pos_cur_ftc,int direct);
//extern double root_eq(float &a, float &b , float &c , int &control);
//extern int direction(char &xyz , pos &go ,pos &cur , pos &cen , int &Gcode);
//extern pos next_pos(char &xyz , pos &go ,pos &cur , pos &cen , int &Gcode);
//plan plane(pos &go , pos &cur , pos &cen);
//void set_window(double xmin,double xmax,double ymin,double ymax);
//void set_viewport(int xmin,int xmax,int ymin,int ymax);
//void WORLDtoPC(double xw,double yw,int &xpc,int &ypr);
//void xy_plane();
//void xz_plane();
//void yz_plane();
void present();
void drawpath(int k);
//extern plot_all_link();
//extern plot_some_link();
//extern viewgoal();
//paintwindow(int left,int top,int right,int bottom,
//            int bt,int bfc,int bft,int bc);
//int savewindow(int left,int top,int right,int bottom);
//int gpopup(int left,int top,int right,int bottom,int bordertype,int bordercolor,
//            int backfill,int fillcolor,int drawcolor);
//int gunpop();
//void unpopallwindows();
//extern int printfx(int xloc,int yloc,char *fmt,...);
/*void online (void);
void sendline (char *outchar );
int getline (char *linebuf);
void printbuf(int tempf);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void ini_data(void);  
void respond(void);  
//static void interrupt far (*old_comm_int)(__CPPARGS);  
//static void interrupt far pmac_comm(__CPPARGS);  
void printbuf(int tempf);  
*/  
void home(void);  
//int readfile (void);  
//double sqr(double);
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

program pmac.ini

#1->120X

#2->222Y

#3->150Z

#4->150A

I3=1

I4=0

I9=0

CLOSE

DELETE GATHER

DELETE TRACE

DELETE STIMULUS

I100=1

I125=\$13C000

M36->X:\$C000,22

M37->X:\$C000,21

M38->X:\$C000,20

M39->X:\$C000,23

I102=49155

I169=6553

I103=1824

I900=5

I129=-996

I103=1824

I900=5

I129=-996

I103=1824

I103=1824

I900=1



I104=1824
I900=1
I109=96
M39->X:\$3,15
I111=0
I112=8388607
I167=8388607
I130=701
I131=795
I132=795
I119=0.015625
I120=0
I121=50
I122=0.2
I119=0.015625
I120=0
I121=50
I122=0.2
I902=10
I903=0
I123=5
I126=0

I225=\$13C004
M36->X:\$C004,22
M37->X:\$C004,21
M38->X:\$C004,20
M39->X:\$C004,23
I202=49154
I269=3276
I203=1825
I905=1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I203=1825

I905=5

I229=-995

I200=1

I203=1825

I905=5

I229=-995

I200=1

I204=1825

I905=5

I204=1825

I905=5

I209=96

M39->X:\$3,15

I211=0

I212=8388607

I267=8388607

I230=2000

I231=1280

I232=1280

I219=0.015625

I220=0

I221=50

I222=0.5

I907=10

I908=0

I223=32

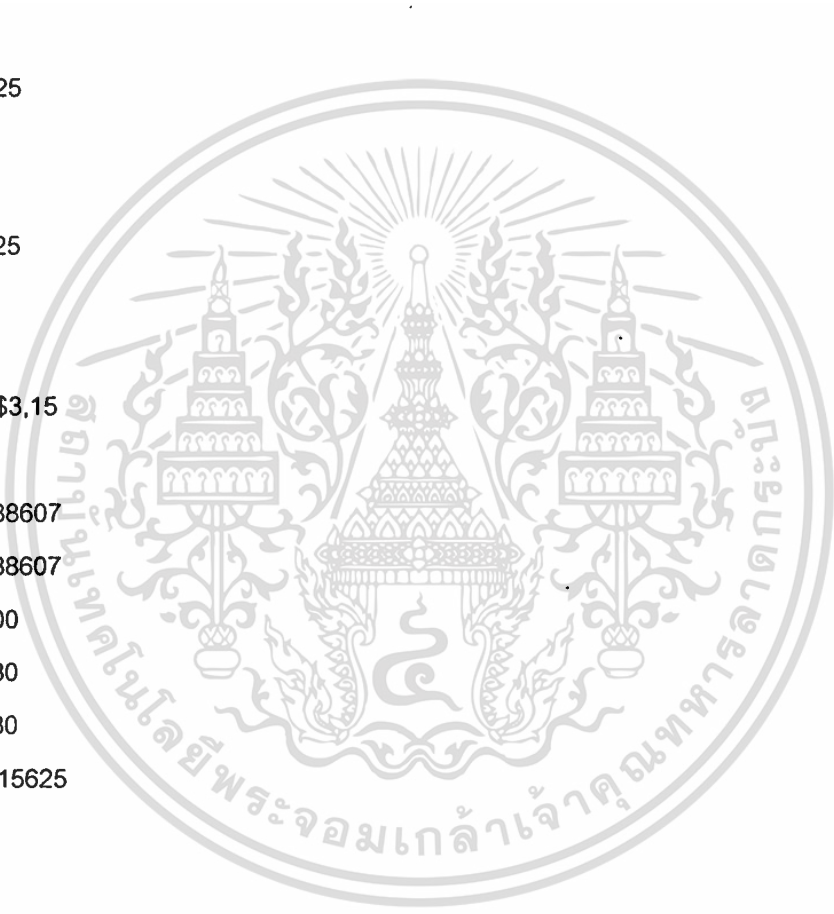
I226=0

I300=1

I325=\$13C008

M36->X:\$C008,22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



M37->X:\$C008,21

M38->X:\$C008,20

M39->X:\$C008,23

I302=49163

I369=3276

I303=1826

I910=5

I329=60

I303=1826

I910=5

I329=60

I300=1

I304=1826

I910=5

I309=96

M39->X:\$3,15

I311=0

I312=8388607

I367=8388607

I330=2000

I331=1280

I332=1280

I319=0.015625

I320=0

I321=50

I322=32

I912=10

I913=0

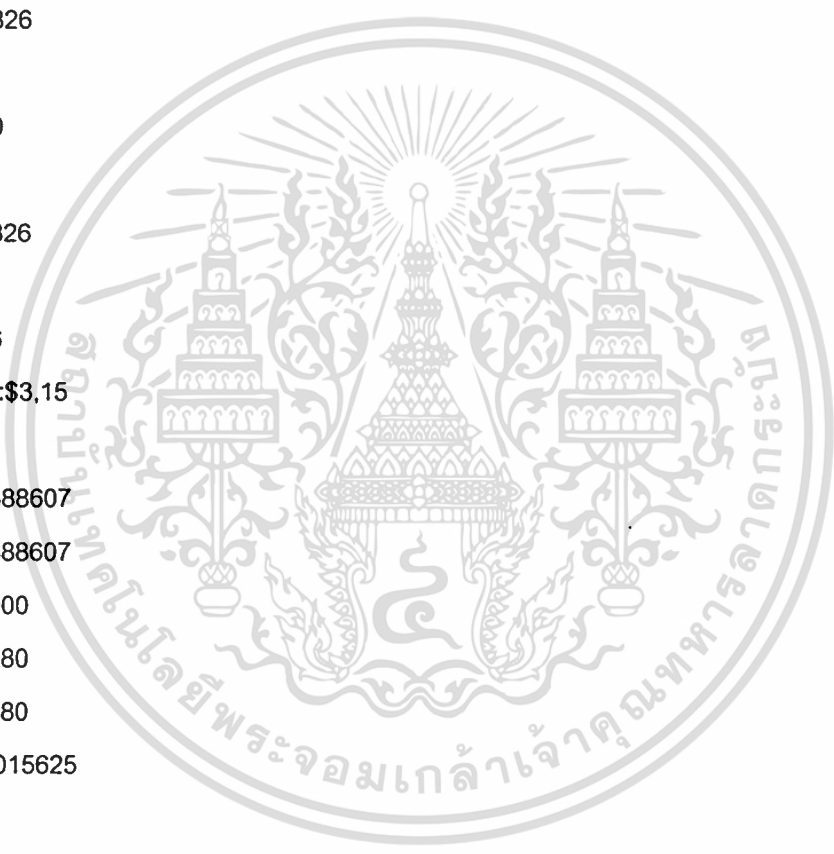
I323=32

I326=0

I400=1

I480=1

I425=\$13C00C



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M36->X:\$C00C,22

M37->X:\$C00C,21

M38->X:\$C00C,20

M39->X:\$C00C,23

I402=49162

I469=3276

I403=1827

I915=5

I429=0

I404=1827

I915=5

I409=96

M39->X:\$3,15

I411=0

I412=8388607

I467=8388607

I430=2000

I431=1280

I432=1280

I419=0.015625

I420=0

I421=50

I422=32

I917=10

I918=0

I423=32

I426=0



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

command

G1 X300 Y0 Z0 ;

G1 X0 Y0 Z-100 ;

G1 X-300 Y0 Z100 ;

result

next position 800.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -84.09386

3 := 90.00000

4 := -5.90614

5 := 0.00000

next position 810.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -83.20187

3 := 89.11298

4 := -5.91112

5 := 0.00000

next position 820.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -82.31170

3 := 88.21473

4 := -5.90303

5 := 0.00000

next position 830.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -81.42320

3 := 87.30500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 := -5.88181 .

5 := 0.00000

next position 840.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -80.53618 .

3 := 86.38356

4 := -5.84738

5 := 0.00000

next position 850.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -79.65046

3 := 85.45012

4 := -5.79966

5 := 0.00000

next position 860.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -78.76586

3 := 84.50440

4 := -5.73854

5 := 0.00000

next position 870.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -77.88217

3 := 83.54609

4 := -5.66393

5 := 0.00000

next position 880.00000 0.00000 650.00000

๑ := 0.00000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 := -76.99918

3 := 82.57486

4 := -5.57568

5 := 0.00000

next position 890.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -76.11668

3 := 81.59033

4 := -5.47365

5 := 0.00000

next position 900.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -75.23442

3 := 80.59213

4 := -5.35771

5 := 0.00000

next position 910.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -74.35217

3 := 79.57983

4 := -5.22766

5 := 0.00000

next position 920.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -73.46968

3 := 78.55299

4 := -5.08331

5 := 0.00000

next position 930.00000 0.00000 650.00000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 := 0.00000
2 := -72.58666
3 := 77.51113
4 := -4.92447
5 := 0.00000

next position 940.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000
2 := -71.70284
3 := 76.45372
4 := -4.75088
5 := 0.00000

next position 950.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000
2 := -70.81790
3 := 75.38019
4 := -4.56229
5 := 0.00000

next position 960.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000
2 := -69.93154
3 := 74.28995
4 := -4.35842
5 := 0.00000

next position 970.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000
2 := -69.04339
3 := 73.18234
4 := -4.13895

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 := 0.00000

next position 980.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -68.15310

3 := 72.05662

4 := -3.90353

5 := 0.00000

next position 990.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -67.26027

3 := 70.91205

4 := -3.65178

5 := 0.00000

next position 1000.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -66.36448

3 := 69.74775

4 := -3.38328

5 := 0.00000

next position 1010.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -65.46527

3 := 68.56283

4 := -3.09756

5 := 0.00000

next position 1020.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -64.56216

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 := 67.35626

4 := -2.79410

5 := 0.00000

next position 1030.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -63.65461

3 := 66.12695

4 := -2.47234

5 := 0.00000

next position 1040.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -62.74204

3 := 64.87368

4 := -2.13164

5 := 0.00000

next position 1050.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -61.82382

3 := 63.59512

4 := -1.77130

5 := 0.00000

next position 1060.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -60.89926

3 := 62.28978

4 := -1.39052

5 := 0.00000

next position 1070.00000 0.00000 650.00000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 := 0.00000
2 := -59.96759
3 := 60.95602
4 := -0.98843
5 := 0.00000

next position 1080.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000
2 := -59.02797
3 := 59.59202
4 := -0.56405
5 := 0.00000

next position 1090.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000
2 := -58.07946
3 := 58.19572
4 := -0.11627
5 := 0.00000

next position 1100.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000
2 := -57.12100
3 := 56.76482
4 := 0.35618
5 := 0.00000

next position 1100.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000
2 := -57.12100
3 := 56.76482
4 := 0.35618
5 := 0.00000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

next position 1100.00000 0.00000 640.00000

- 1 := 0.00000
- 2 := -57.16352
- 3 := 57.61043
- 4 := -0.44691
- 5 := 0.00000

next position 1100.00000 0.00000 630.00000

- 1 := 0.00000
- 2 := -57.19396
- 3 := 58.43527
- 4 := -1.24131
- 5 := 0.00000

next position 1100.00000 0.00000 620.00000

- 1 := 0.00000
- 2 := -57.21261
- 3 := 59.24005
- 4 := -2.02745
- 5 := 0.00000

next position 1100.00000 0.00000 610.00000

- 1 := 0.00000
- 2 := -57.21972
- 3 := 60.02544
- 4 := -2.80573
- 5 := 0.00000

next position 1100.00000 0.00000 600.00000

- 1 := 0.00000
- 2 := -57.21552
- 3 := 60.79205

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 := -3.57653

5 := 0.00000

next position 1100.00000 0.00000 590.00000

1 := 0.00000

2 := -57.20024

3 := 61.54043

4 := -4.34020

5 := 0.00000

next position 1100.00000 0.00000 580.00000

1 := 0.00000

2 := -57.17405

3 := 62.27111

4 := -5.09705

5 := 0.00000

next position 1100.00000 0.00000 570.00000

1 := 0.00000

2 := -57.13715

3 := 62.98455

4 := -5.84740

5 := 0.00000

next position 1100.00000 0.00000 560.00000

1 := 0.00000

2 := -57.08970

3 := 63.68120

4 := -6.59150

5 := 0.00000

next position 1100.00000 0.00000 550.00000

1 := 0.00000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 := -57.03185

3 := 64.36146

4 := -7.32961

5 := 0.00000

next position 1100.00000 0.00000 550.00000

1 := 0.00000

2 := -57.03185

3 := 64.36146

4 := -7.32961

5 := 0.00000

next position 1090.53625 0.00000 553.15460

1 := 0.00000

2 := -57.91610

3 := 65.41107

4 := -7.49497

5 := 0.00000

next position 1081.07251 0.00000 556.30914

1 := 0.00000

2 := -58.79613

3 := 66.44000

4 := -7.64387

5 := 0.00000

next position 1071.60889 0.00000 559.46375

1 := 0.00000

2 := -59.67230

3 := 67.44903

4 := -7.77673

5 := 0.00000

next position 1062.14514 0.00000 562.61829

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 := 0.00000

2 := -60.54497

3 := 68.43898

4 := -7.89400

5 := 0.00000

next position 1052.68140 0.00000 565.77289

1 := 0.00000

2 := -61.41445

3 := 69.41049

4 := -7.99604

5 := 0.00000

next position 1043.21765 0.00000 568.92743

1 := 0.00000

2 := -62.28101

3 := 70.36421

4 := -8.08320

5 := 0.00000

next position 1033.75391 0.00000 572.08203

1 := 0.00000

2 := -63.14493

3 := 71.30073

4 := -8.15580

5 := 0.00000

next position 1024.29016 0.00000 575.23657

1 := 0.00000

2 := -64.00644

3 := 72.22058

4 := -8.21414

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 := 0.00000 -

next position 1014.82648 0.00000 578.39117

1 := 0.00000

2 := -64.86577

3 := 73.12425

4 := -8.25848

5 := 0.00000

next position 1005.36279 0.00000 581.54572

1 := 0.00000

2 := -65.72313

3 := 74.01221

4 := -8.28908

5 := 0.00000

next position 995.89905 0.00000 584.70032

1 := 0.00000

2 := -66.57872

3 := 74.88490

4 := -8.30618

5 := 0.00000

next position 986.43530 0.00000 587.85492

1 := 0.00000

2 := -67.43270

3 := 75.74269

4 := -8.30999

5 := 0.00000

next position 976.97162 0.00000 591.00946

1 := 0.00000

2 := -68.28523

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 := 76.58596

4 := -8.30073

5 := 0.00000

next position 967.50787 0.00000 594.16406

1 := 0.00000

2 := -69.13648

3 := 77.41505

4 := -8.27857

5 := 0.00000

next position 958.04419 0.00000 597.31860

1 := 0.00000

2 := -69.98656

3 := 78.23026

4 := -8.24370

5 := 0.00000

next position 948.58044 0.00000 600.47321

1 := 0.00000

2 := -70.83563

3 := 79.03190

4 := -8.19627

5 := 0.00000

next position 939.11670 0.00000 603.62775

1 := 0.00000

2 := -71.68377

3 := 79.82023

4 := -8.13646

5 := 0.00000

next position 929.65302 0.00000 606.78235



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 := 0.00000

2 := -72.53111

3 := 80.59550

4 := -8.06440

5 := 0.00000

next position 920.18927 0.00000 609.93689

1 := 0.00000

2 := -73.37773

3 := 81.35796

4 := -7.98023

5 := 0.00000

next position 910.72552 0.00000 613.09149

1 := 0.00000

2 := -74.22372

3 := 82.10780

4 := -7.88407

5 := 0.00000

next position 901.26184 0.00000 616.24603

1 := 0.00000

2 := -75.06916

3 := 82.84523

4 := -7.77607

5 := 0.00000

next position 891.79810 0.00000 619.40063

1 := 0.00000

2 := -75.91412

3 := 83.57043

4 := -7.65632

5 := 0.00000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

next position 882.33441 0.00000 622.55518

- 1 := 0.00000
- 2 := -76.75865
- 3 := 84.28359
- 4 := -7.52494
- 5 := 0.00000

next position 872.87067 0.00000 625.70978

- 1 := 0.00000
- 2 := -77.60281
- 3 := 84.98485
- 4 := -7.38204
- 5 := 0.00000

next position 863.40692 0.00000 628.86438

- 1 := 0.00000
- 2 := -78.44664
- 3 := 85.67436
- 4 := -7.22772
- 5 := 0.00000

next position 853.94324 0.00000 632.01892

- 1 := 0.00000
- 2 := -79.29018
- 3 := 86.35226
- 4 := -7.06208
- 5 := 0.00000

next position 844.47949 0.00000 635.17352

- 1 := 0.00000
- 2 := -80.13346
- 3 := 87.01867

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 := -6.88521

5 := 0.00000

next position 835.01575 0.00000 638.32806

1 := 0.00000

2 := -80.97651

3 := 87.67370

4 := -6.69720

5 := 0.00000

next position 825.55206 0.00000 641.48267

1 := 0.00000

2 := -81.81932

3 := 88.31745

4 := -6.49813

5 := 0.00000

next position 816.08832 0.00000 644.63721

1 := 0.00000

2 := -82.66192

3 := 88.95004

4 := -6.28811

5 := 0.00000

next position 806.62463 0.00000 647.79181

1 := 0.00000

2 := -83.50431

3 := 89.57152

4 := -6.06720

5 := 0.00000

next position 800.00000 0.00000 650.00000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1 := 0.00000
- 2 := -84.09386
- 3 := 90.00000
- 4 := -5.90614
- 5 := 0.00000



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Command

G1 X300 Y0 Z0 ;

G1 X0 Y0 Z-100 ;

G1 X-300 Y0 Z100 ;

result

next position 800.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -84.09386

3 := 90.00000

4 := -5.90614

5 := 0.00000

next position 850.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -79.65046

3 := 85.45012

4 := -5.79966

5 := 0.00000

next position 900.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -75.23442

3 := 80.59213

4 := -5.35771

5 := 0.00000

next position 950.00000 0.00000 650.00000

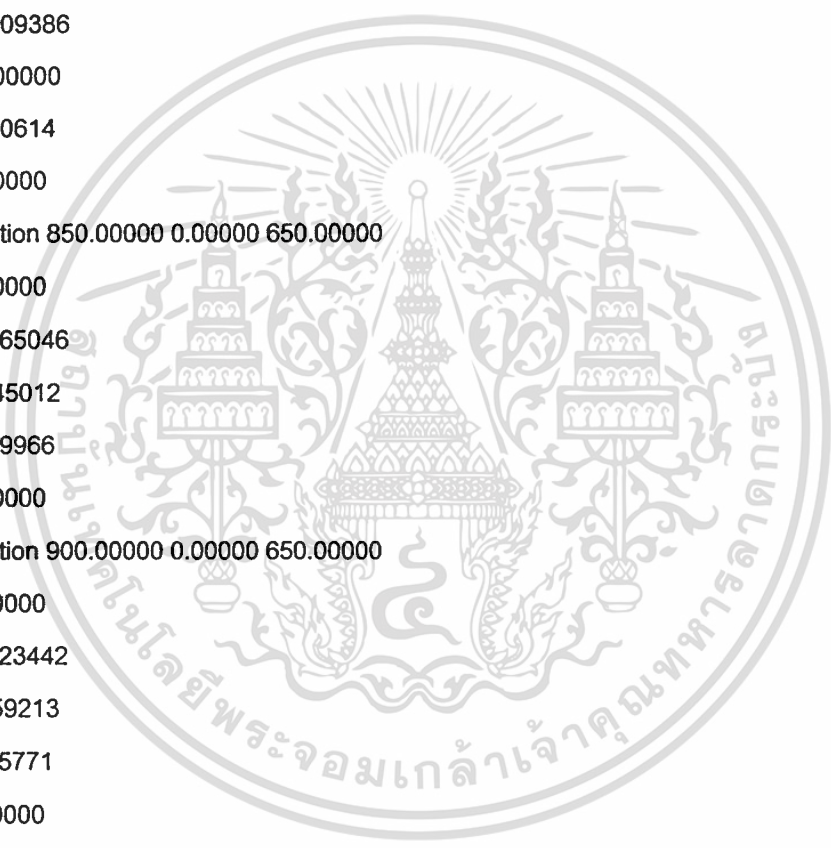
1 := 0.00000

2 := -70.81790

3 := 75.38019

4 := -4.56229

5 := 0.00000



next position 1000.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -66.36448

3 := 69.74775

4 := -3.38328

5 := 0.00000

next position 1050.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -61.82382

3 := 63.59512

4 := -1.77130

5 := 0.00000

next position 1100.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -57.12100

3 := 56.76482

4 := 0.35618

5 := 0.00000

next position 1100.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -57.12100

3 := 56.76482

4 := 0.35618

5 := 0.00000

next position 1100.00000 0.00000 600.00000

1 := 0.00000

2 := -57.21552

3 := 60.79205

4 := -3.57653

5 := 0.00000



next position 1100.00000 0.00000 550.00000

1 := 0.00000

2 := -57.03185

3 := 64.36146

4 := -7.32961

5 := 0.00000

next position 1100.00000 0.00000 550.00000

1 := 0.00000

2 := -57.03185

3 := 64.36146

4 := -7.32961

5 := 0.00000

next position 1052.68140 0.00000 565.77289

1 := 0.00000

2 := -61.41445

3 := 69.41049

4 := -7.99604

5 := 0.00000

next position 1005.36279 0.00000 581.54572

1 := 0.00000

2 := -65.72313

3 := 74.01221

4 := -8.28908

5 := 0.00000

next position 958.04419 0.00000 597.31860

1 := 0.00000

2 := -69.98656

3 := 78.23026

4 := -8.24370

5 := 0.00000



next position 910.72552 0.00000 613.09149

1 := 0.00000

2 := -74.22372

3 := 82.10780

4 := -7.88407

5 := 0.00000

next position 863.40692 0.00000 628.86438

1 := 0.00000

2 := -78.44664

3 := 85.67436

4 := -7.22772

5 := 0.00000

next position 816.08832 0.00000 644.63721

1 := 0.00000

2 := -82.66192

3 := 88.95004

4 := -6.28811

5 := 0.00000

next position 800.00000 0.00000 650.00000

1 := 0.00000

2 := -84.09386

3 := 90.00000

4 := -5.90614

5 := 0.00000



เอกสารอ้างอิง

- [1] ชันวา ศรีประโมง ,”การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับวิศวกรรม”,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร,กรุงเทพฯ,2537.
- [2] สมพัฒน์ รุ่งตะวันเรืองศรี,”เรียนรู้คอมพิวเตอร์กราฟิกส์ 2 มิติ ด้วยภาษา C”,
ซีเอ็ดยูเคชั่น,กรุงเทพฯ,2535.
- [3] Bottema ,O.,”Theoretical Kinematics” ,North Holland,Amsterdam,1979.
- [4] Craig,John J. “Introduction to Robotics”,Addison-Wesley,USA,1986
- [5] DELTA TAU DATA SYSTEM, INC .”PMAC’s USER MANUAL AND SOFTWARE
REFERENCE “,USA,1993.
- [6] CONTROL TECHNIQUES DRIVER Ltd “USER GUIDE MAXI-MAESTRO DRIVES”.
USA,1995