เครื่องจับวางอุปกรณ์อัตโนมัติ

AUTOMATIC PICK & PLACE MACHINE

โดย

นาย ศิริพงษ์ วงษ์คาร

นางสาว จิตติมา ฉัตรจิรโรจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536

033269

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2536

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องจับวางอุปกรณ์อัตโนมัติ
(AUTOMATIC PICK & PLACE MACHINE)

ผู้จัดทำ

1. นาย ศิริพงษ์ วงษ์คาร 33100375

2. นางสาว จิตติมา ฉัตรจิรโรจน์ 33100054

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจับวางอุปกรณ์อัตโนมัติ

AUTOMATIC PICK & PLACE MACHINE

นาย ศิริพงษ์ วงษ์คาร 33100375
นางสาว จิตติมา ฉัตรจิรโรจน์ 33100054

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์
ปีการศึกษา 2536

บทคัดย่อ

ปัจจุบันขั้นตอนของการประกอบชิ้นส่วนอิเลคทรอนิกส์ได้นำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้ มีความถูกต้องแม่นยำ และ รวดเร็ว แต่พบว่าเครื่องจักรเหล่านี้ต้องสั่งซื้อจากภายนอกประเทศในราคาที่สูงมากผลให้ต้นทุนการผลิตสูงตามไปด้วย ดังนั้นโครงงานวิจัยฉบับนี้ จะนำเสนอการออกแบบสร้างเครื่องจับวางอัตโนมัติ (AUTOMATIC PICK & PLACEMACHINE) ตามลำดับขั้นตอน ตั้งแต่เทคนิคการออกแบบ, กระบวนการสร้างชิ้นส่วนต่างๆ การประกอบติดตั้งเครื่อง และ การทดลองใช้งานจริง ซึ่งต้องอาศัยหลักการหลายด้านทั้งทางเครื่องกล, ไฟฟ้า และ คอมพิวเตอร์

ABSTRACT

ELECTRONIC COMPONENT FITTING INTRODUCE TO MODERN TECHNOLOGY FOR INCREASE THE EFFIENCIAL OF PRODUCT,ANACCURENCY AND FASTEN BUT IT IS VERY HIGH PRICE.THOSE MACHINE MUST ORDER FROM FOREIGN, WHICH HAVE EFFECT TO COST.THIS PROJECT WILL PRESENT YOU ABOUT THE DESIGN OF(AUTOMATIC PICK & PLACE MACHINE).AT THE FIRST IS TECHNIC OF DESIGN ,PRODUCT OF COMPONENT , JOIN TOGETER AND TEST , WHICH IS UNDER MACHANIC THEORY , ELECTRONIC THEORY AND COMPUTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 การติดตั้งอุปกรณ์บนผิวหน้า	2
2.2 ขนาดมาตรฐานของอุปกรณ์ติดตั้งบนผิวหน้า	16
2.3 หลักการใช้งานของเครื่อง ซีเอ็นซี (CNC)	28
2.4 การทำงานของระบบนิวเมติก	38
2.5 หลักของระบบสูญญากาศ	40
2.6 หลักการควบคุม STEPPING MOTOR	45
2.7 หลักการทำงานพื้นฐานของเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติ	52
บทที่ 3 การออกแบบและหลักการทำงาน	
3.1 ขั้นตอนการออกแบบ	53
3.2 การออกแบบโครงสร้างส่วนเครื่องกล	54
3.3 ขั้นตอนการทำชิ้นงานด้วยเครื่อง ซีเอ็นซี (CNC)	66
3.4 การออกแบบสร้างส่วนหัวจับสูญญากาศ	67
3.5 หลักการทำงานของเครื่อง	69
3.6 ขั้นตอนการประกอบโครงสร้าง	71
3.7 การควบคุมการทำงานของเครื่อง	73
บทที่ 4 การตรวจสอบการทำงานของเครื่อง	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

กิตติกรรมประกาศ

ภาคผนวก ก. แบบ DRAWING ทั้งหมด

ข. ภาพแสดงการประกอบเครื่อง

ค. วงจร และ PROGRAM CONTROL

ง. RUNNER BLOCK & SLIDE UNIT

จ. TIMING BELT & PULLEY

ฉ. PROFINE & BLANKET , FEEDER

ช. VACUUM SYSTEM

ด. STEPPING MOTOR

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

เทคโนโลยีด้านการประกอบอุปกรณ์ติดตั้งชิ้นส่วนอิเลคทรอนิคส์บนแผงวงจรไฟฟ้าในปัจจุบัน นิยมใช้วิธีการติดตั้งบนผิวหน้าSMD(surface mount devieces) เพราะอุปกรณ์ต่างๆได้รับการออกแบบพิเศษเป็นขาต่อแบบสั้นๆ หรือ แถบที่ชุบด้วยโลหะซึ่งสามารถวางราบไปกับลายทองแดงก่อนจะบัดกรีเข้าที่ (เดิมเป็นขาต่อแบบลวดธรรมดา) ทำให้อุปกรณ์นั้นมีขนาดเล็กลงไปอย่างมาก โดยใช้เครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติ (AUTOMATIC PICK & PLACE MACHINE) ซึ่งสามารถทำงานได้รวดเร็ว มีความแม่นยำของตำแหน่ง สามารถคำนวณระยะเวลาที่ใช้ในการประกอบ ตั้งแต่ต้นจนเสร็จงานซึ่งง่ายต่อการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ประกอบเสร็จเรียบร้อย แต่พบว่าเครื่องจักรมีราคาสูงมากทั้งชิ้นส่วน , อุปกรณ์ต่างๆ ยังคงต้องอาศัยทางต่างประเทศอยู่ดังนั้นการออกแบบ และการสร้างเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติขึ้นใช้เองภายในประเทศที่เน้นการประยุกต์เทคโนโลยี และใช้ส่วนประกอบไม่ซับซ้อน แต่มีประสิทธิภาพของการทำงานตามมาตรฐานจึงทำให้ได้ " เครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติ " ที่มีราคาถูกลง และสามารถนำไปพัฒนาสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรมต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติขึ้นใช้ภายในประเทศ

2.เพื่อศึกษาระบบควบคุมตำแหน่ง (Positioning Control System)

3.เน้นการนำเอาเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ร่วมกันอย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 วิวัฒนาการของอุปกรณ์ติดตั้งบนผิวหน้า

วิทยุสมัยก่อนนั้น อุปกรณ์ส่วนใหญ่จะมีขั้วต่อแบบใช้สกรูขัน แล้วต่อเข้าด้วยกันโดยใช้สายไฟ ระบบนี้จะเสียค่าใช้จ่ายสูง และ ไม่สะดวกอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งต่อมาไม่นานนัก อุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก เช่น ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ ได้ถูกผลิตให้มีขาต่อยื่นออกมาจากภายในตัวมัน และเมื่อเทคโนโลยีของแผ่นวงจรพิมพ์ได้ถูกพัฒนาขึ้นมา ขาต่อนี้นอกจากจะทำหน้าที่ยึดตัวอุปกรณ์ให้อยู่ในตำแหน่งบนด้านหนึ่งของแผ่นวงจรพิมพ์ แล้วในขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อทางไฟฟ้า เข้ากับลายทองแดงอีกด้านหนึ่ง หลังจากใช้เวลาครึ่งศตวรรษเพื่อหาทางลดขนาดของอุปกรณ์ลงแล้วอุปกรณ์ก็ได้ถูกเปลี่ยนแปลงไปอย่างสิ้นเชิง

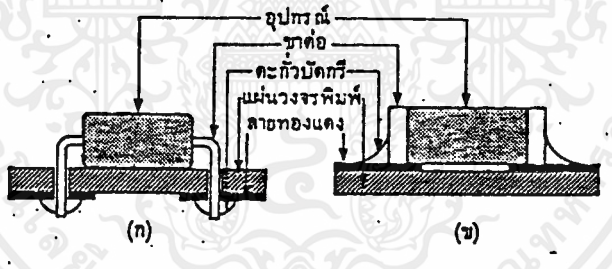
การพัฒนาทางด้านวงจรไฮบริดแบบฟิล์มบางและฟิล์มหนา (thin and thick ,film hibrid circuit) ในตอนต้นปี 2513 ได้ก่อให้เกิดความต้องการใน ด้านอุปกรณ์แบบใหม่ๆ วงจรไฮบริดนั้นก็คล้ายๆกับแผ่นวงจรพิมพ์ขนาดเล็ก ที่มีความหนาแน่นของอุปกรณ์สูง แต่ใช้ฐานรองเป็นเซรามิกแทน และ ไม่มีการเจาะรูผ่านแผ่นเซรามิกเพื่อเชื่อมต่อขาอุปกรณ์เข้าด้วยกัน ดังนั้นอุปกรณ์ขนาดเล็ก เช่น พวกตัวต้านทาน ไดโอด และ ทรานซิสเตอร์ จึงถูกติดตั้งอยู่บนด้านเดียวกับลายทองแดงและบัดกรีต่อเข้าด้วยกันโดยตรง

ในตอนแรก ๆ อุปกรณ์ที่ใช้วิธีการติดตั้งบนผิวหน้านี้ประกอบด้วยขาต่อแบบธรรมดา หลังจากนั้นไม่นาน อุปกรณ์ที่ได้รับการออกแบบเป็นพิเศษสำหรับการติดตั้งบนผิวหน้า (SMD : Surface Mount Devices) หรือบางครั้งเรียกว่า"*ชิ้นส่วนที่ติดตั้งบนผิวหน้า*" (SMC : Surface Mount Components) จึงได้เริ่มมีการผลิตขึ้นมา ขาต่อที่เป็นลวดจะถูกแทนที่ด้วยขาต่อสั้นๆ หรือแถบที่ชุบโลหะซึ่งสามารถวางราบไปกับลายทองแดงก่อนจะบัดกรีเข้าที่ โดยไม่ต้องการขั้วต่อและขาสำหรับยึดเกาะของตัวถังที่บรรจุทำให้อุปกรณ์นั้นลดขนาดลงได้อย่างมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

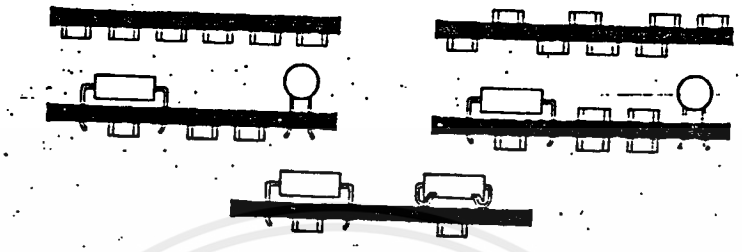
อุปกรณ์ที่เรียกกันว่า "ชิพ" (chip) ถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรก สำหรับเรียก ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุที่ไร้ขาขนาดเล็กมากแต่ในขณะนี้เรียกคลุมถึงอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนผิวหน้าทุกชนิดที่ลดขนาดลงมา อุปกรณ์แบบชิพหลายชนิดได้ถูกประดิษฐ์ขึ้นมามากมาย และในปัจจุบันผู้ผลิตอุปกรณ์ทั้งแบบมีขาต่อธรรมดา และแบบที่ติดตั้งบนผิวหน้า

แผ่นวงจรพิมพ์สามารถใช้เทคนิคการติดตั้งบนผิวหน้าได้หลายวิธี โดยที่ลายทองแดงแดงและอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนผิวหน้านี้ อาจจะอยู่บนด้านเดียว(สำหรับแผ่นวงจรพิมพ์ด้านเดียว) หรืออยู่ทั้งสองด้าน (สำหรับแผ่นวงจรพิมพ์สองหน้า) อุปกรณ์แบบที่มีขาต่อแบบธรรมดา และอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนผิวหน้าอาจใช้ร่วมกันได้ ทำให้แผ่นวงจรพิมพ์แบบผสมหลายๆ ชนิดดังแสดงในรูปที่ 2.1.2



รูปที่ 2.1.1 (ก) การประกอบอุปกรณ์แบบสอดผ่านรูเข้ากับแผ่นวงจรพิมพ์
(ข) การประกอบอุปกรณ์แบบติดตั้งบนผิวหน้าเข้ากับแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1.2 อุปกรณ์แบบติดตั้งบนผิวหน้า สามารถใช้เพียงลำพัง หรือ ใช้ผสมร่วมกับอุปกรณ์อื่น และ สามารถติดตั้งทางด้านบน หรือ ด้านล่างผิวหน้าร่วมกับแผ่นบอร์ด

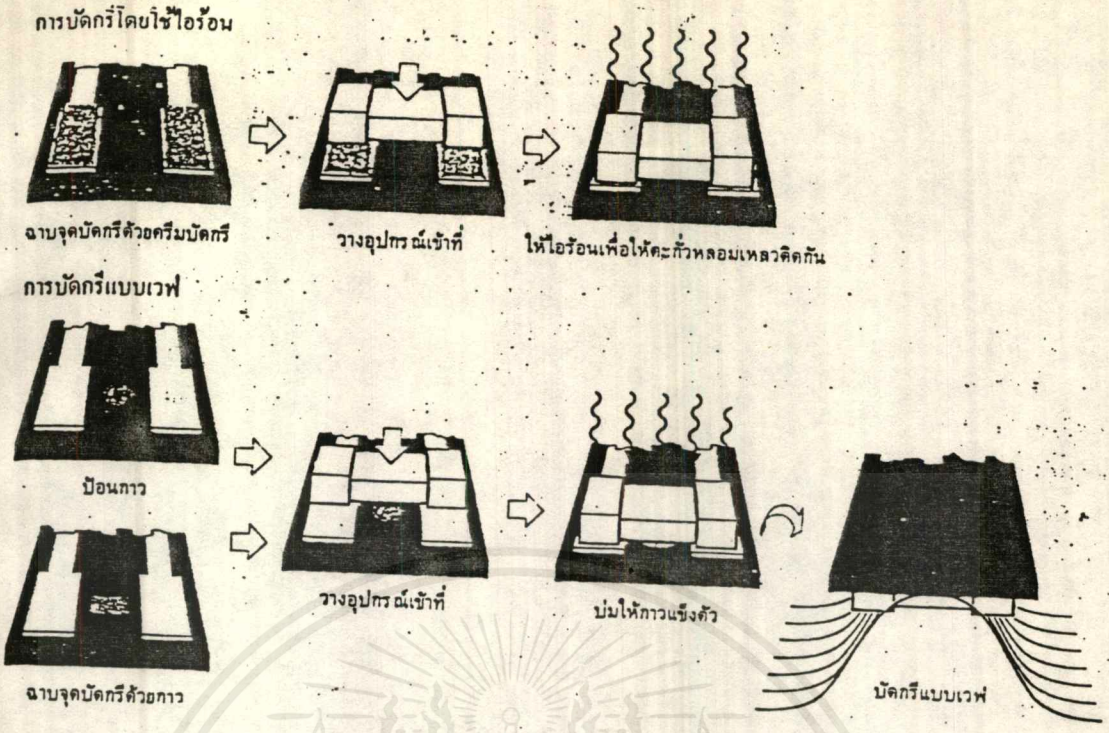
วิธีการประกอบ

เนื่องจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนผิวหน้ามีขนาดเล็กมาก มันไม่เหมาะสม ที่จะทำการประกอบแผ่นบอร์ดโดยใช้แรงงานคนในสายการผลิต ในความเป็นจริงแล้ว แนวความคิดของเทคโนโลยีการติดตั้งอุปกรณ์บนผิวหน้า เป็นการทำงานที่เปลี่ยนไปใช้เครื่องจักร แทนแรงงานคนทั้งหมดในทุกๆ ขั้นตอนของขบวนการผลิต

ด้วยวิทยากรด้านอุปกรณ์ติดตั้งบนผิวหน้าในปัจจุบัน ผู้ผลิตสามารถเลือกใช้ระหว่างการบัดกรีแบบเวฟ

ลองพิจารณาดูถึงการประกอบแผ่นบอร์ด ซึ่งใช้ในการบัดกรีโดยใช้ไอร้อน โดยแผ่นวงจรพิมพ์ที่ถูกออกแบบมาสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์บนผิวหน้าจะประกอบด้วยลายทองแดงที่มีหน้าสัมผัสกับอุปกรณ์เป็นรูปสี่เหลี่ยม แทนที่จะเป็นรูปวงกลมที่เจาะรูตรงกลางในแผ่นวงจรพิมพ์แบบธรรมดา สำหรับการบัดกรีโดยใช้ไอร้อนนั้น ลายทองแดงบริเวณที่เป็นหน้าสัมผัสจะถูกฉาบด้วยครีมเหนียวๆ ที่ใช้บัดกรี (ดังแสดงในรูปที่ 2.1.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1.3 การบัดกรีแบบเวฟ และ การบัดกรีโดยใช้ไอร้อน มีวิธีต่างกันคือ
การบัดกรีแบบเวฟ จะติดตั้งอุปกรณ์ใต้แผ่นบอร์ด
การบัดกรีโดยใช้ไอร้อน จะติดตั้งอุปกรณ์บนแผ่นบอร์ด

เมื่อแผ่นบอร์ดถูกประกอบด้วยอุปกรณ์ครบทุกตัวแล้ว ความร้อนจะถูกป้อนให้กับแผ่นบอร์ด ทำให้ตะกั่วบัดกรีที่ผสมอยู่ในครีมเกิดการหลอมเหลว หรือไหลอีกครั้งหนึ่ง ก่อให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวทางโลหะเข้ากับลายทองแดง ความร้อนที่ป้อนอาจจะอยู่ในรูปของเปลวไฟจากแก๊ส จากหลอดอินฟราเรด (รวมทั้งแสงเลเซอร์) หรือจากไอร้อนแต่ทุกกรณีอุปกรณ์จะต้อง สามารถทนความร้อนที่เกิน 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลาหลายวินาทีโดยไม่เกิดความเสียหาย

สำหรับอุปกรณ์ติดตั้งบนผิวหน้าที่ใช้การบัดกรีแบบเวฟ แผ่นบอร์ดจะต้องถูกพลิกกลับลงด้านล่าง หลังจากประกอบเสร็จแล้ว ดังนั้นอุปกรณ์แต่ละตัวจึงต้องยึดเกาะอยู่กับที่อย่างมั่นคง เพื่อป้องกันการหลุดจากที่ กาวอีพอกซี่ ที่ใช้นั้นจะต้องเซตตัวเร็วแข็งแรง และทนทานต่ออุณหภูมิสูง มิฉะนั้นแล้วคลื่นตะกั่วบัดกรีที่ไหลอย่างเร็ว จะทำให้อุปกรณ์เหล่านั้นหลุดออกมา หรือกวาดมันหลุดออกมาทั้งแผง ซึ่งวิธีการนี้นิยมใช้กันในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อจำเป็นต้องผสมอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนผิวหน้า และอุปกรณ์ที่มีขาต่อแบบธรรมดาอยู่ร่วมกันภายในบอร์ดเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการบัดกรีโดยใช้ไอร้อนนี้ มีแนวโน้มว่าจะได้รับความนิยม สำหรับแผ่นบอร์ดหน้าเดียว ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนผิวหน้าจำนวนมาก และ อุปกรณ์แบบมีขาธรรมดาถูกประกอบลงไปภายหลังแบบกึ่งอัตโนมัติหรือแบบใช้แรงงานคนสำหรับแผ่นบอร์ดสองหน้าสามารถ ใช้วิธีการบัดกรีโดยใช้ไอร้อนกับอุปกรณ์ด้านบน และใช้การบัดกรีแบบเวฟ กับอุปกรณ์อื่นที่ประกอบเพิ่มเติม และ อุปกรณ์ทางด้านล่าง

การออกแบบแผ่นบอร์ด

เทคโนโลยีการติดตั้งอุปกรณ์บนผิวหน้า มีผลกระทบต่ออุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์บางส่วน และ มีผลกระทบส่วนน้อยกับอุตสาหกรรมอื่นๆ การออกแบบวงจรนั้นไม่ได้คาดไว้ว่าจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากมาย มีอุปกรณ์อยู่ 2-3 จำพวก เช่น พวกตัวเก็บประจุแบบอิเล็กทรอไลต์ขนาดใหญ่ และตัวต้านทานขนาดวัตต์สูงๆ

แต่สำหรับการวางรูปของแผ่นบอร์ด และ ความรู้ทางด้านวิศวกรรมการผลิต จะถูกเปลี่ยนไปอย่างสิ้นเชิงโดยเทคโนโลยีของการติดตั้งอุปกรณ์บนผิวหน้า พวกหน่วยงานซ่อมในโรงงานหรือเจ้าหน้าที่บริการยังคงใช้ เครื่องมือ และ เครื่องมือวัดสำหรับเทคโนโลยีการติดตั้งบนผิวหน้าที่เหมือนๆกันกับแบบธรรมดาแต่เขาเหล่านั้นจะต้องเรียนรู้เคล็ดลับใหม่ๆ สำหรับวิธีการปฏิบัติ

เนื่องจากอุปกรณ์พวก "ชิพ" มีขนาดเล็กกว่าอุปกรณ์แบบที่มีขาต่อโดยทั่วไปจึงสามารถบรรจุชิพพวกนี้ได้ ในจำนวนที่มากกว่าในเนื้อที่ขนาดเท่ากัน ซึ่งทำให้แผ่นบอร์ดหน้าเดียวที่ใช้เทคนิคการติดตั้งอุปกรณ์บนผิวหน้า สามารถลดขนาดลงได้ถึง 50% เมื่อเปรียบเทียบกับการประกอบด้วยอุปกรณ์แบบทั่ว ๆ ไป

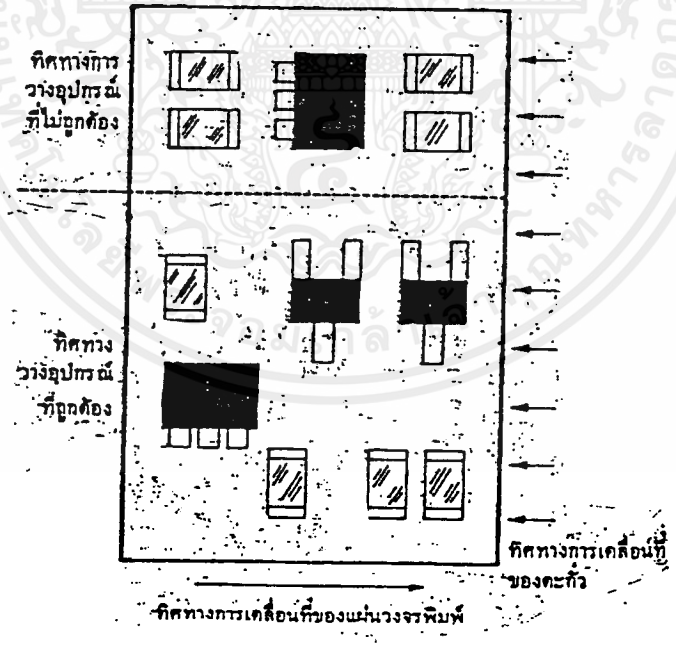
ถ้าเปลี่ยนไปใช้แผ่นบอร์ดสองหน้า หรือ หลายชั้นแทนแล้ว เทคโนโลยีการติดตั้งอุปกรณ์บนผิวหน้านี้ จะมีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากขาต่อของอุปกรณ์แบบธรรมดาที่ทะลุผ่านแผ่นบอร์ดไปนั้น จะใช้เนื้อที่ทั้งสองด้านของแผ่นบอร์ดเจะเห็นได้ชัดในกรณีของไอซี ซึ่งจะกินเนื้อที่ของแผ่นบอร์ด เท่ากับ สองเท่าของเนื้อที่ของตัวมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเหตุผลต่อไปได้แก่ อุปกรณ์พวกชิพ และไอซี ที่ใช้เทคนิคการติดตั้งอุปกรณ์บนผิวหน้าใช้เนื้อที่เพียงด้านเดียวของแผ่นบอร์ดทำให้นักออกแบบจัดวางอุปกรณ์อื่นๆ อีกด้านหนึ่ง โดยไม่ต้องขึ้นกับอีกด้านหนึ่งเลย ด้วยเหตุนี้ และ ขนาดที่เล็กกว่าของอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนผิวหน้า ทำให้เป็นไปได้ที่จะเพิ่มความหนาแน่นของอุปกรณ์ขึ้นได้ ถึง 300 %

อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนผิวหน้าบนบอร์ดแผ่นเดียวสามารถแทนแผ่นบอร์ดจำนวนสองถึงสามแผ่นที่แยกกัน ทำให้ลดค่าใช้จ่ายโดยลดการต่อสายเชื่อมโยง นอกจากนี้ยังช่วยให้การตรวจสอบทำได้ง่ายขึ้น และยังเป็นการปรับปรุงอุปกรณ์ให้มีเสถียรภาพดีขึ้น

การออกแบบ และ การกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์ที่อยู่บนแผ่นบอร์ดยังมีผลกับการบัดกรีที่จะใช้ โดยการใช้วิธีการบัดกรีแบบเวฟ จะต้องเว้นช่องว่างไว้ เพื่อให้หยดอีพ็อกซี่ได้ ภายใต้อุปกรณ์แต่ละตัวลายทองแดงโดยปกติแล้วจะวางอยู่ภายใต้อุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ และ ลายทองแดงที่ปรากฏ หรือ ลดลงไปนั้นจะเป็นตัวเปลี่ยนแปลงจำนวนของกาวที่ต้องใช้เติมช่องว่าง

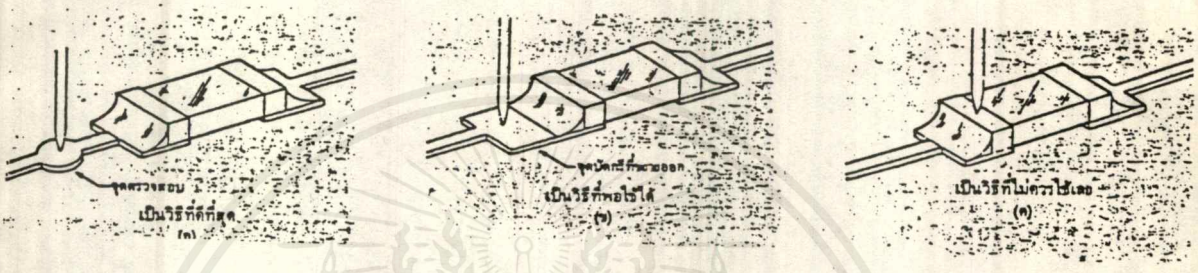


รูปที่ 2.1.4 ทิศทางที่ถูกต้องของการวางอุปกรณ์เมื่อใช้การบัดกรีแบบเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดทดสอบ

สำหรับวิธีการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์แบบธรรมดาทั่วไป ที่ใช้อุปกรณ์แบบมีขาต่อนั้น สามารถสร้างจุดที่ใช้สำหรับต่อกับโพรบหรือตัวจับสำหรับทดสอบได้แต่สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์บนผิวหน้านี้ จะไม่มีจุดที่ใช้ต่อกับโพรบจับทดสอบได้ ดังนั้นจุดต่อสำหรับทดสอบแบบพิเศษจะต้อเผื่อเอาไว้ในการวางลายทองแดงด้วย



รูปที่ 2.1.5 การใช้โพรบตรวจสอบอุปกรณ์ติดตั้งบนผิวหน้าโดยแตะที่จุดบัดกรี แต่มิใช่แตะที่ตัวอุปกรณ์

การแบ่งแยกประเภทของอุปกรณ์

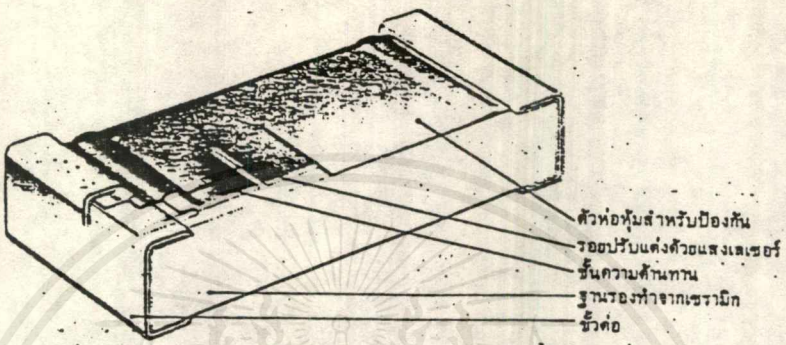
อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนผิวหน้าจะต้องเผชิญกับการกระจายความร้อนหรือดูดความร้อนระดับสูงในระหว่างขบวนการบัดกรีโดยใช้ไอร้อนหรือถูกจุ่มลงในตะกั่วหลอมเหลวเมื่อใช้วิธีการบัดกรีแบบเวฟ ลองคิดดูว่าผลของความร้อนที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์แบบธรรมดาแล้วจะเห็นได้ชัดเจนว่า อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนผิวหน้านี้ จะต้องการคุณสมบัติพิเศษเพื่อความคงทนมากเพียงใด

ตัวต้านทาน

ตัวต้านทานแบบชิพโดยปกติจะสร้างจากแท่งเล็กๆของสารเซรามิกเกรดสูงมีขั้วต่อต่อทำจากโลหะแบนถูกติดตั้งเข้ากับปลายทั้งสองด้านเพื่อบัดกรีติดกับลายทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
033269

ของแผ่นวงจรพิมพ์ด้านหนึ่งของแท่งเซรามิกถูกฉาบไว้ด้วยครีมของสารความต้านทาน ซึ่งคำนวณแล้วว่า จะให้ค่าความต้านทานที่ถูกต้อง และปรับแต่งด้วยแสงเลเซอร์ จะใช้เพื่อให้ค่าถูกต้องแม่นยำขึ้นเมื่อต้องการค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ สุดท้ายผิวหน้าของชั้นความต้านทานจะถูกเคลือบ เพื่อป้องกันการเปรอะเปื้อนหรือการเสียหายทางโครงสร้าง ดูรูปที่ 2.1.6



รูปที่ 2.1.6 ชิพตัวต้านทานแบบทั่วไป ซึ่งปรับแต่งความต้านทานให้เที่ยงตรง โดยใช้แสงเลเซอร์

สำหรับชิพตัวต้านทานแบบทั่วไปมีขนาดประมาณ 3.2 * 1.6 มิลลิเมตร และมีค่าการกระจายพลังงานสูงสุดเท่ากับ 0.125 วัตต์ที่ 70 องศาเซลเซียส ค่าความต้านทานทั่วไปอยู่ในย่านจาก 1 โอห์ม ไปจนถึง 10 เมกะโอห์ม โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนจาก 1 ถึง 10 เปอร์เซนต์

ตัวเก็บประจุ

แบบเซรามิกหลายชั้น (ceramic multilayers type)เป็นชิพตัวเก็บประจุที่นิยมใช้กันมากที่สุดโดยที่โครงสร้างเป็นชั้นๆ แบบแซนวิชนี้ประกอบด้วยแผ่นโลหะสอดแทรกอยู่ในชั้นของแผ่นเซรามิก ที่ซอยเป็นแผ่นบางๆ เรียงซ้อนกัน ชั้นต่อชั้น จนกระทั่งได้ค่าความจุที่ต้องการที่ด้านปลายของตัวเก็บประจุถูกฉาบไว้ด้วยโลหะ เพื่อที่จะต่อเข้ากับแผ่นเพลตของอีกตัวหนึ่งส่วนด้านปลายสุดจะอุดไว้ ด้วยจุกที่ทำจากโลหะสำหรับการต่อเข้ากับลายทองแดงของแผ่นวงจรพิมพ์ (ดังแสดงในรูปที่ 2.1.7) โดยทั่วไป มีอัตราทนอุณหภูมิได้สูงถึง 260 องศาเซลเซียสในระหว่างการบัดกีได้นานถึง 10 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฟิล์มพลาสติกฉาบด้วยโลหะ (meltallized plastic film) ตัวถังแบบธรรมดา ซึ่งมีคุณสมบัติในการสมานตัวเอง (self-healing) นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในเครื่องมืออิเลคทรอนิคหลายชนิดโดยตัวเก็บประจุที่มีตัวถังแบบชิพ ซึ่งเหมาะสำหรับการติดตั้งบนผิวหน้า และใช้การบัดกรีแบบเวฟนั้นก็กำลังได้รับการพัฒนาขึ้นมาสามารถทนต่ออุณหภูมิได้สูงถึง 260 องศาเซลเซียส ได้นาน 5 วินาทีโดยไม่มีปัญหา

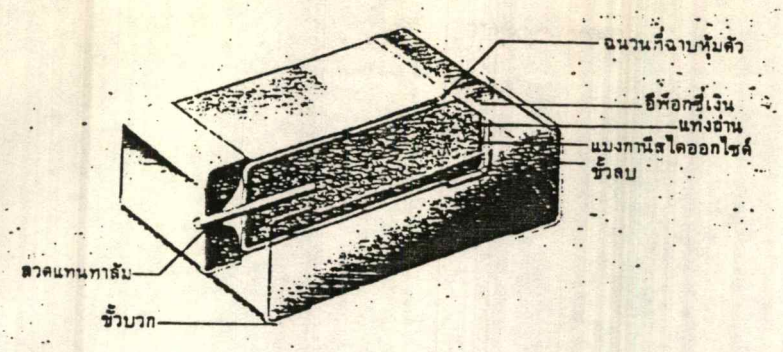
แบบโพลีเอสเตอร์ มีความเที่ยงตรงสูงมาก โดยมีค่าอยู่ในย่าน 0.01 ถึง 0.68 ไมโคฟารัด และ มีค่าอัตราการทนแรงดันใช้งานประมาณ 50 โวลต์ เนื่องจากตัวถังแบบหล่อนี้ โดยทั่วไปจะมีขนาดใหญ่กว่าตัวของชิพเซรามิก ดังนั้นจึงมีตัวหนังสือบอกค่าความจุ และ อัตราการทนแรงดันบนตัวถังของตัวเก็บประจุด้วย

แบบแทนทาลัมแบบติดตั้งบนผิวหน้า นิยมใช้กันมาก (ดูในรูปที่ 2.1.8) โดยค่าความจุอยู่ในย่าน 0.1 ถึง 100 ไมโครฟารัด และ อัตราการทนแรงดันใช้งาน จาก 4 ถึง 50 โวล์ต ตัวเก็บประจุแทนทาลัม แบบติดตั้งบนผิวหน้าที่มีขนาดเล็กสุด จะมีความยาวประมาณ 2.5 มิลลิเมตร และ ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดประมาณ 7.5 มิลลิเมตร

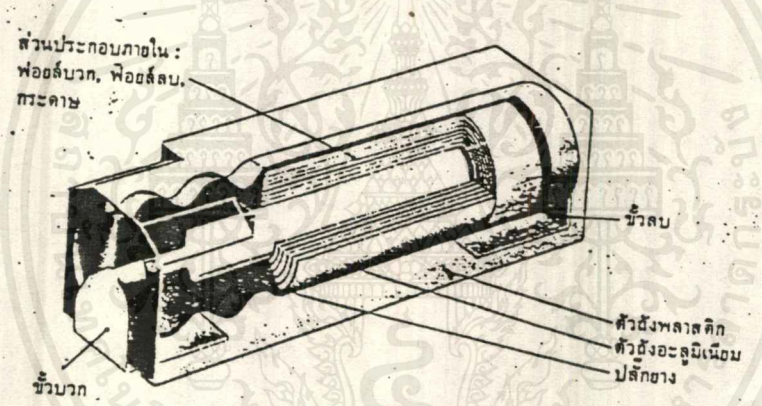
ตัวถังของตัวเก็บประจุชนิดนี้ จะหุ้มเอาไว้ด้วยเปลือกที่เป็นฉนวนความร้อนเพื่อป้องกันอุณหภูมิจากการบัดกรี สามารถทนต่ออุณหภูมิได้สูงถึง 260 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วินาที หรือ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วินาที

แบบอิเล็กทรอไลต์ แบบเปียกที่ใช้ติดตั้งบนผิวหน้า ถูกผลิตขึ้นมา โดยมีค่าจากย่าน 0.1 ถึง 22 ไมโครฟารัด และ แรงดันใช้งานจาก 6.3 ถึง 63 โวลต์ โครงสร้างของตัวนี้ คือทำมาจากการพันอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ผ่านการแกะลาย และ กระดาษซึ่งชุบสารอิเล็กทรอไลต์เข้าด้วยกัน ติดตั้งอยู่ภายในตัวถังอะลูมิเนียมขนาดเล็ก แล้วหุ้มตัวถังด้านนอกอีกทีด้วยพลาสติกหล่อซึ่งทำหน้าที่เป็นฉนวนไฟฟ้า และป้องกันความร้อน จากการบัดกรี (ดูในรูปที่ 2.1.9)ตัวเก็บประจุแบบอิเล็กทรอไลต์มักมีขนาดใหญ่กว่าตัวเก็บประจุแบบแทนทาลัม ถ้าค่าความจุเท่ากัน และมีความยาวทั้งหมดประมาณ 8 ถึง 12 มม. ขนาดตัวที่ใหญ่กว่า และผิวหน้าที่เรียบเนื่องจากตัวถังพลาสติกนี้ทำให้สามารถพิมพ์ค่าความจุ และอัตราการทนแรงดันไว้บนตัวถังได้ตัวถังของตัวเก็บประจุบางครั้งจะมีรอยบาก หรือ ขอบที่เฉียงเพื่อแสดงให้ทราบว่าเป็นขั้วบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1.8 ตัวเก็บประจุแทนทาลัมแบบติดตั้งบนผิวหน้า



รูปที่ 2.1.9 ตัวเก็บประจุอิเล็กทรอไลต์แบบอลูมิเนียมที่ใช้ติดตั้งบนผิวหน้า

ทรานซิสเตอร์และไดโอด

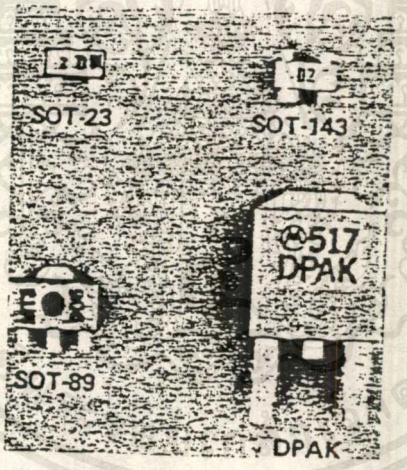
เราคงรู้จักทรานซิสเตอร์แบบที่บรรจุในตัวถังธรรมดามาหลายชนิด เช่น ตัวถังแบบ TO-236 ซึ่งเทียบเท่าตัวถังแบบ SOT-23 ตัวถังแบบ TO-243 ซึ่งเทียบเท่าตัวถังแบบ SOT-89 สำหรับแบบ SOT-37 และแบบ SOT-103 ใช้กับทรานซิสเตอร์ความถี่สูง (RS transister)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอดเปล่งแสงสีแดง เหลือง และเขียว ก็มีในตัวถังแบบ SOT-23 เนื่องจากมีขาต่อออกมาถึง 3 ขา จึงสามารถที่จะบรรจุชิพแอลอีดีสีแดง และ สีเขียวอยู่ภายในตัวถังเดียวกัน และ เลือกให้ตัวใดติด โดยการใช้สัญญาณไฟฟ้านอกจากนี้ยังบรรจุชิพ LED แอลอีดี สีเดียวกัน 2 ตัวในตัวถังเดียวกัน เพื่อเพิ่มค่าความเข้มแสงเป็นสองเท่า

เนื่องจากแอลอีดีในตัวถังแบบนี้ มีขนาดเล็กเพียง 1.3 * 3 มม.และสูงเพียง 1 มม. จึงสามารถนำมารวมกันไว้บนแผ่นวงจรพิมพ์เพื่อใช้แสดงตัวอักษรขนาดใหญ่หรือเป็นตัวบอกสถานะการกดคีย์บอร์ดหรือติดตั้งบนแผ่นวงจรพิมพ์ เพื่อแสดงสถานะของวงจรไฟฟ้าหรือสภาวะผิดปกติต่าง ๆ

อุณหภูมิที่สามารถทนได้ในการบัดกรี สำหรับทรานซิสเตอร์ และไดโอดโดยปกติเท่ากับ 280 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วินาที และ เนื่องจากขนาดที่เล็กมาก อุปกรณ์แยกชิ้นที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ ส่วนใหญ่จะพิมพ์ด้วยรหัสแถบสอง หรือสามแถบบนตัวถัง แทนที่จะเป็นตัวเลขเต็มจำนวน

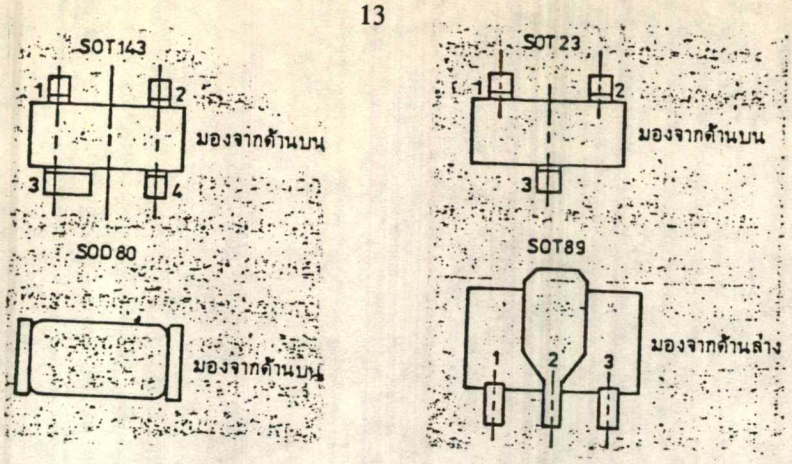


รูปที่ 2.1.10 ทรานซิสเตอร์แบบติดตั้งบนผิวหน้าอยู่ในรูปของตัวถังหลายแบบ

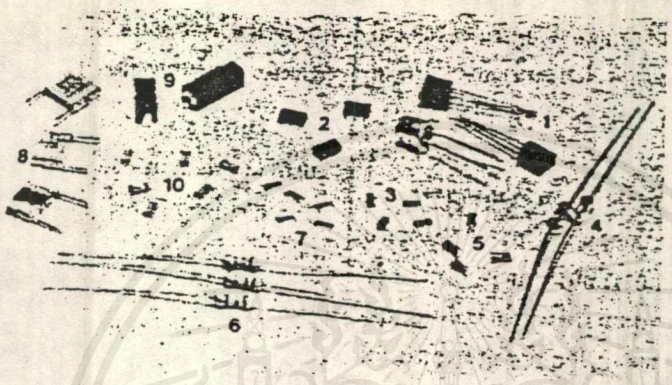
วงจรรวม (Integrated Circuits)

ไอซีที่มีตัวถังขนาดเล็ก ในตอนแรกเริ่มได้นำมาใช้กับงานขนาดเล็กมาก เช่น ในนาฬิกาข้อมืออิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น มันถูกทำขึ้นมาจากชิพซิลิกอน เช่นเดียวกับไอซีแบบธรรมดายกเว้นตัวถังที่ใช้ห่อหุ้มรวมทั้งขนาดและระยะห่างระหว่างขาได้รับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

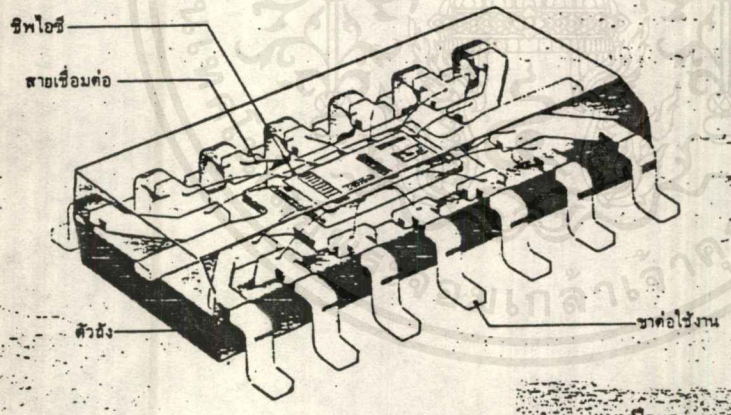


รูปที่ 2.1.11 การต่อขาออกไปใช้งานของอุปกรณ์ที่มีตัวถัง

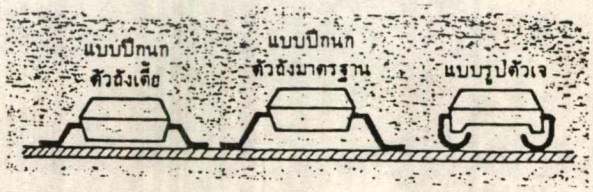


1. ทรานซิสเตอร์ทั่วไป
2. ทรานซิสเตอร์ตัวถังแบบ SOT-89
3. ทรานซิสเตอร์ตัวถังแบบ SOT-23
4. ไดโอดทั่วไป
5. ไดโอดตัวถังแบบ SOD-80
6. ตัวต้านทานทั่วไป
7. ตัวต้านทานแบบติดตั้งบนผิวหน้า
8. ตัวเก็บประจุทั่วไป
9. ตัวเก็บประจุอิเล็กทรอไลต์แบบติดตั้งบนผิวห
10. ตัวเก็บประจุเซรามิกแบบติดตั้งบนผิวหน้า

รูปที่ 2.1.12 แสดงรูปร่างของอุปกร์ทั่วไปและอุปกรณ์ติดตั้งบนผิวหน้า



รูปที่ 2.1.13 ไอซีแบบติดตั้งบนผิวหน้า พบว่ามีขนาดเล็กกว่าและมีระยะห่างของขาใกล้กันมากกว่าแบบทั่วไป



รูปที่ 2.1.14 เปรียบเทียบการติดตั้งบนผิวหน้าของตัวถังแบบขาปีกนกและแบบขาปีกนก และแบบขารูปตัว เจ ซึ่งสามารถใช้ร่วมกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บีบให้เล็กลง เพื่อให้อุปกรณ์ทั้งหมดมีขนาดเล็กลง ตัวถังที่มีขนาดเล็กนี้ไม่สามารถแผ่กระจายความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับไอซีแบบธรรมดา และ ค่าการกระจายพลังงานสูงสุด โดยทั่วไปแล้วจะถูกลดลงถึงหนึ่งในสาม เมื่อเปรียบเทียบกับชิพแบบเดียวกันในตัวถังแบบมาตรฐาน

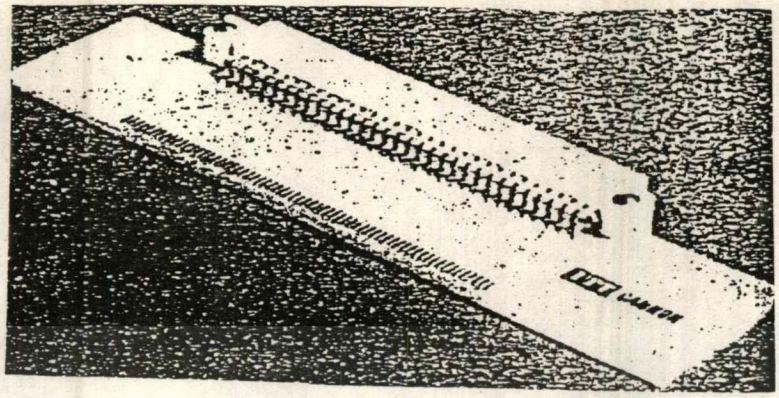
ไอซีแบบติดตั้งบนผิวหน้านี้มีการจัดขาและขนาดของขาต่อแบบต่างๆ หลายแบบ แบบหนึ่งที่นิยมใช้กันมากที่สุดได้แก่ การงอขาออกเป็นรูปตัวแอลซึ่งทำให้ไอซีดูเหมือนขาโก่งออก และต้องการเนื้อที่ในการติดตั้งเพิ่มขึ้นเกินกว่าขนาดของตัวถัง สำหรับวิธีอื่นได้แก่ การดัดขางอกลับไปอยู่ใต้ตัวถังเป็นรูปตัวเจ ทำให้ประหยัดเนื้อที่ และมีการยืดหยุ่นของขาต่อเมื่อเกิดความเค้นเนื่องจากความร้อนในระหว่างขบวนการผลิต แต่ข้อเสียอย่างเดียวของมันก็คือ รอยบัดกรีจะมองไม่เห็น เนื่องจากอยู่ใต้ตัวไอซีจึงยากต่อการตรวจสอบ

ไอซีแบบติดตั้งบนผิวหน้า มีระยะห่างระหว่างขาตรงศูนย์กลาง เท่ากับ 1.27 หรือ 0.762 มม.ระยะห่างที่น้อยกว่านี้จะใช้กับแผ่นวงจรพิมพ์และวิธีการประกอบแบบพิเศษ การบัดกรีโดยใช้ไอร้อนจะเหมาะสมกว่า เนื่องจากการบัดกรีแบบเวฟทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้นระหว่างขาที่อยู่ใกล้กันหรือลายทองแดงที่อยู่ใกล้กัน

อุปกรณ์ชนิดอื่น ๆ

อุปกรณ์อื่นๆ ที่น่าสนใจซึ่งเหมาะกับการติดตั้งบนผิวหน้า ได้เริ่มปรากฏให้เห็นบ้างแล้ว เช่นตัวเหนี่ยวนำที่มีแกนทำจากเฟอร์ไรต์ขนาดสูงถึง 100 มิลลิเฮนรี่ วงจรกรองความถี่และวงจรจูน (resonators) ตัวต้านทานปรับค่าได้ (presettable resistor; trimmer) ตัวเก็บประจุ เทอร์มิสเตอร์แบบค่าสัมประสิทธิ์ต่ออุณหภูมิ เป็นลบ (NTC) และ แบบค่าสัมประสิทธิ์ต่ออุณหภูมิเป็นบวก (PTC) ตลอดจนขั้วต่อสายแบบด้านข้าง (edge connectors) ดังแสดงในรูปที่ 2.1.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1.15 ขั้วต่อสายแบบด้านข้าง (Board edge connectors)
มีจำหน่ายอยู่ในรูปของแบบติดตั้งบนผิวหน้าด้วย

จนกระทั่งถึงปัจจุบันนี้ อุปกรณ์แบบพาสสีฟและอุปกรณ์แบบแยกชิ้นที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ ได้เริ่มมีอนาคตสดใส โดยได้รับความสนใจ และมุ่งไปในการพัฒนาไอซีที่มีขนาดใหญ่กว่าและดีกว่า เทคโนโลยีการติดตั้งบนผิวหน้าได้เปลี่ยนโฉมหน้าอุปกรณ์พวกนี้ และงานใหญ่ที่รออยู่นั้น ได้แก่ การปรับและการทำคุณภาพให้สูงขึ้น (upgrade) ของการออกแบบอุปกรณ์ที่เป็นอยู่ในขณะนี้ หรือพัฒนาอุปกรณ์ชนิดใหม่ๆ ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์นั้นมีราคาถูกลง เล็กลง และทนทานขึ้นกว่าแต่ก่อน ซึ่งจะเป็นแนวทางนำไปสู่อุปกรณ์แบบใหม่ๆ ที่น่าสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ขนาดมาตรฐานของอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนผิวหน้า

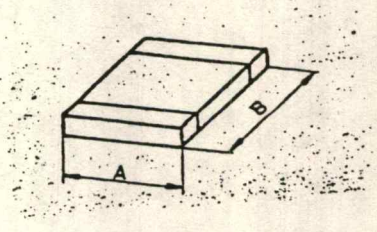
มาตรฐานสำหรับตัวถังของอุปกรณ์แบบติดตั้งบนผิวหน้า

ในการนำเทคโนโลยี การติดตั้งอุปกรณ์บนผิวหน้า มาใช้ในการผลิต เพราะจะได้สามารถติดอุปกรณ์ต่างๆโดยเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตฉะนั้นมาตรฐานในการกำหนด ขนาดของตัวถัง สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคที่ใช้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้เครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติไม่ซับซ้อนมากเกินไป ไม่ต้องเปลี่ยนหัวจับ และ แมกกาซีนบ่อยๆ การออกแบบวงจรทำได้สะดวกขึ้น

ในปัจจุบันการกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์ประเภทนี้ ยังไม่สามารถครอบคลุมจำนวนทั้งหมดได้ แต่เฉพาะอุปกรณ์ที่จำเป็นได้มีการกำหนดมาตรฐานออกมาใช้แล้วซึ่งมีอุปกรณ์พวกตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ทรานซิสเตอร์ ไดโอด และ วงจรรวมบทความอันนี้ จะขอแนะนำให้รู้จัก ตัวถัง ที่ถูกกำหนดมาตรฐานไว้แล้ว เช่น ขนาดและการอ่านรหัสรวมทั้งลักษณะการต่อขาอุปกรณ์ภายใน

ตัวถังแบบแท่งสี่เหลี่ยม

ส่วนใหญ่แล้ว อุปกรณ์ประเภท **พาสซีฟ** เช่น ตัวต้านมาน และตัวเก็บประจุจะใช้ตัวถังที่มีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมแบนๆ ตามรูปที่ 2.2.1 จุดยึดจะอยู่ที่หัว และท้ายซึ่งจะเคลือบโลหะทำให้บัดกรีได้ง่าย รหัสที่ใช้บอกขนาดของตัวถังเป็นตัวเลข 4 หลัก ตามตาราง ในรูปที่ 2.2.2 จะบอกขนาดความกว้างและยาวของตัวถังแบบแท่งสี่เหลี่ยมที่มีใช้อยู่และมีอยู่ 5 ขนาดที่มีเครื่องหมายกากบาทเป็นขนาดที่ถูกกำหนดแล้วในมาตรฐาน IEC

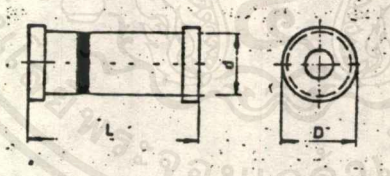


รูปที่ 2.2.1 รูปร่างและการกำหนดขนาดของตัวถังแบบแท่งสี่เหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด	A (mm)	B (mm)	IEC-Norm
0805	1 , 25	2 , 00	x
1005	1 , 27	2 , 41	
1206	1 , 60	3 , 20	x
1210	2 , 50	3 , 20	x
1505	1 , 27	3 , 80	
1805	1 , 27	4 , 57	
1808	2 , 00	4 , 57	
1812	3 , 20	4 , 50	x
1825	6 , 35	4 , 70	
2220	5 , 00	5 , 70	x
2225	6 , 25	5 , 70	

รูปที่ 2.2.2 ตารางบอกขนาดของตัวถังแบบแท่งสี่เหลี่ยมที่มีใช้อยู่ 11 ขนาด



รูปที่ 2.2.3 รูปทรงของตัวถังแบบแท่งกลม (ทรงกระบอก)

ตัวถังแบบแท่งกลม

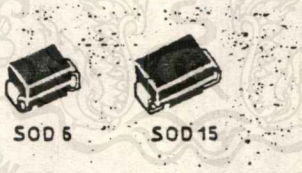
ตัวถังแบบแท่งกลมนิยมใช้กับตัวต้านทานและไดโอดเท่านั้น ตัวถังทำด้วยแก้วเล็ก ๆ และ ถูกปิดด้วยหมวกโลหะทั้งสองด้าน ซึ่งใช้เป็นจุดเชื่อมต่อของอุปกรณ์ไปในตัว ตัวถังสำหรับตัวต้านทานใช้ชื่อว่า "MELF" (Metal Electrode FaceBounding) ซึ่งเป็นการอธิบายถึงกรรมวิธีในการผลิตอุปกรณ์นี้ แต่ถ้ามาจาก Small Outline Diode ซึ่งปัจจุบันนี้ตัวถังแบบแท่งกลมจะมี 4 ขนาดตามตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากขนาดที่ใช้ในตารางในรูปที่ 2.2.4 แล้ว ในท้องตลาดยังมีขนาดอื่นที่ยังไม่ได้จัดอยู่ในมาตรฐาน เช่น ตัวถังสำหรับเก็บประจุแบบแทนตาลัมซึ่งมีชื่อเรียกตามท้องว่า Tubular ส่วนตัวถัง SOD ที่ไม่ใช่ทรงกระบอกก็มีขายในท้องตลาดเช่น SOD 6และSOD 15 แต่ตัวถังทั้งสองขนาดไม่ถูกจัดอยู่ในมาตรฐานใด ๆ ฉะนั้นในการออกแบบวงจรควรหลีกเลี่ยง ไม่ใช้ตัวถังประเภทนี้

ขนาด	L (mm)	D (mm)
MELF	5 , 90	2 , 20
MINIMELF	3 , 60	1 , 40
MIKROMELF	2 , 00	1 , 27
SOD 80	3 , 50	1 , 60

รูปที่ 2.2.4 ขนาดมาตรฐานทั้ง 4 ขนาด ของตัวถังแท่งกลม



รูปที่ 2.2.5 ตัวถังแบบ SOD 2 ขนาด ซึ่งมีใช้แต่ไม่ได้ถูกจัดในมาตรฐาน

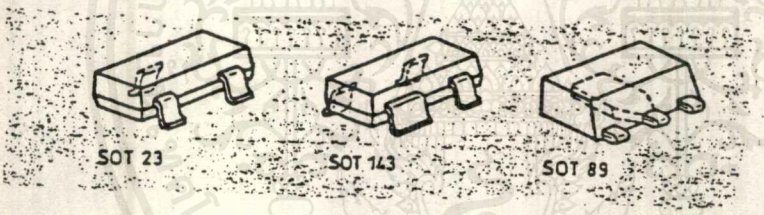
ตัวถังแบบ SOT

SOT ย่อมาจากคำเต็มว่า Small Outline Transistor ซึ่งมาจากคำจำกัดความของตัวถัง ก็รู้ได้ทันทีว่าตัวถังประเภทใช้กับอุปกรณ์พวกซีเนอร์ไดโอดในตัวถังก็พบอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ แต่บางครั้งก็พบอุปกรณ์พวกซีเนอร์ไดโอดในตัวถังแบบนี้เหมือนกัน ตัวถัง SOT มีทั้งหมด 3 ขนาด ตามรูปที่ 2.2.6 โดยเริ่มต้น

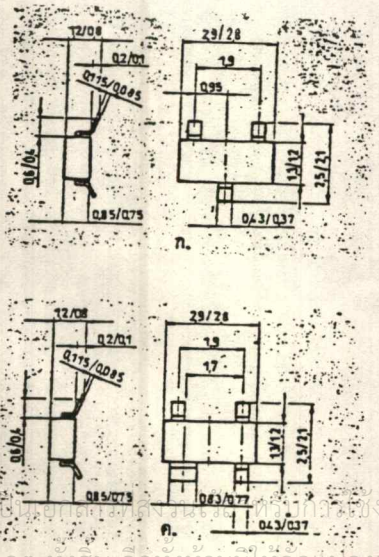
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

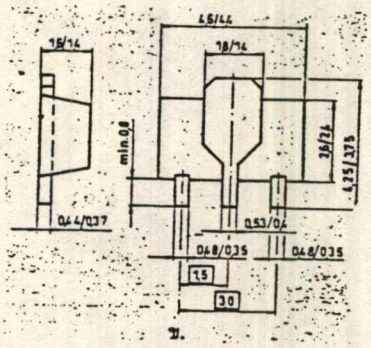
พัฒนาจาก SOT-23 ประมาณปี ค.ศ. 1965 โดยใช้กับทรานซิสเตอร์ขนาดกำลังงานต่ำหรือไม่ก็ไดโอดเดี่ยว และคู่ ขนาดตัวถัง SOT-89 ได้รับการพัฒนาต่อมาสามารถทนกำลังได้สูงขึ้นโดยมีลักษณะ 3 ขา เรียงกัน ขากลางจะแผ่กว้างอยู่ใต้ตัวถังเพื่อช่วยระบายความร้อนไปสู่บอร์ดได้เร็ว ทำให้สามารถทนกำลังงาน ได้ถึง 500 มิลลิวัตต์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ตัวถัง SOT-143 เป็นตัวถังใหม่ล่าสุด และมีจุดเด่นตรงมี 4 ขา และ ขา 1 จะใหญ่กว่าขาอื่น ๆ เพื่อเป็นจุดยึดเวลาวางอุปกรณ์ การที่ตัวถังมี 4 ขา ทำให้สามารถบรรจุอุปกรณ์พวกไดโอดบริดจ์มอสเฟตทรานซิสเตอร์และทรานซิสเตอร์คู่ลงในตัวถังประเภทนี้ได้ สามารถทนกำลังงานได้ถึง 400 มิลลิวัตต์ ขนาดของตัวถังทั้งสามขนาดดูได้จากรูปที่ 2.2.7 และการกำหนดหมายเลขของขาต่างๆ ของตัวถังประเภทนี้ ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ เช่นตัวถัง SOT-143 บริษัทซีเมนส์เรียกขาที่กว้างกว่าขาอื่นว่าขา 3 ขณะที่วอลโว เรียกขานี้ว่า ขา 1 ฉะนั้นเวลาออกแบบควรดูจากข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตว่าอุปกรณ์ภายในต่ออย่างไร



รูปที่ 2.2.6 ตัวถังแบบ SOT ซึ่งใช้บรรจุทรานซิสเตอร์ และไดโอด





รูปที่ 2.2.7 ขนาดของ SOT ทั้ง 3 ขนาด

ก.ขนาด SOT 23

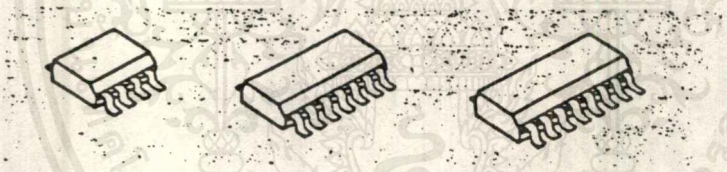
ข.ขนาด SOT 89

ค.ขนาด SOT 143

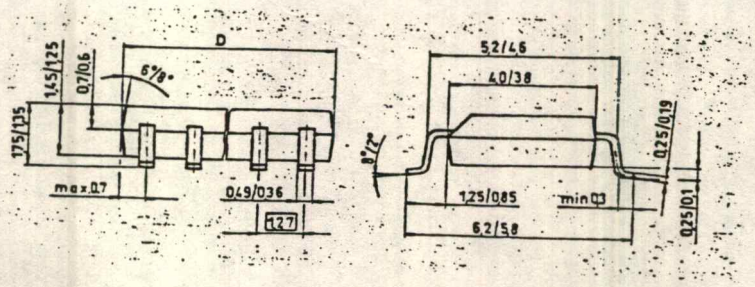
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวถังแบบ SOIC

สำหรับวงจรรวมหรือไอซี แล้วตัวถังมาตรฐานสำหรับการติดตั้งบนผิวหน้า ใช้รหัสว่า SOIC ซึ่งมีรูปร่างคล้ายกับตัวถังแบบ DIL แต่มีขนาดเล็กกว่า มีความห่างระหว่างขาแค่ 1.27 มิลลิเมตร ตัวถังแบบนี้เริ่มใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ.1960 จากการนำเข้ามาใช้ของบริษัทฟิลลิปส์ ตัวถัง SOIC สามารถจะลดเนื้อที่ลงได้จากเดิม 30% เมื่อเปรียบเทียบกับตัวถังแบบ DIL จำนวนขาของ SOIC มีขนาด 8 ขา จน ถึง 40 ขา โดยที่ความกว้างของตัวถังมีเพียง 2 ขนาด คือ 4.0 มิลลิเมตร และ 7.6 มิลลิเมตร โดยจุดเปลี่ยนของความกว้างทั้งสองขนาดอยู่ที่ 16 ขา โดยขาที่ 1 ของ SOIC จะดูจากด้านตัวถังที่โดนหักมุมลงจากตารางในรูปที่ 10 รวบรวมขนาดของตัวถัง SOIC ที่ถูกจัดให้อยู่ในมาตรฐานทั้ง 8 ขนาด โดยรหัสตัวถังจะใช้ตามรหัส JEDEC (Joint Electromic Device Engineering Council)และในกรณีของ SOIC ขนาด 40 ขา ระยะห่างระหว่างขาจะถูกลดลงมาเป็น 0.76 มิลลิเมตร ซึ่งในบางครั้งจะเรียก SOIC แบบ 40 ขาว่า VSO-40 (Very small Outline IC)



รูปที่ 2.2.8 ตัวถัง SOIC ซึ่งถูกกำหนดเป็นมาตรฐานสำหรับบรรจุอุปกรณ์วงจรรวม (ไอซี)



รูปที่ 2.2.9 ขนาดของตัวถัง SOIC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนขา	ชื่อเรียก	กว้าง (มม.)	ยาว (มม.)	รหัส JEDEC
8	SO 8	4,0	5,00	SOT 96A
14	SO 14	4,0	8,75	SOT 108A
16	SO 16	4,0	10,00	SOT 109A
16	SO 16L	7,6	10,50	SOT 162A
20	SO 20	7,6	13,00	SOT 163A
24	SO 24	7,6	15,60	SOT 137A
28	SO 28	7,6	18,10	SOT 136A
40	SO 40	7,6	15,50	SOT 158A

รูปที่ 2.2.10 ขนาดของตัวถัง SOIC ทั้งหมดที่ถูกจัดให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน

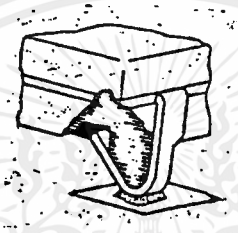
ตัวถังแบบ PLCC

ในปัจจุบันนี้ การพัฒนาวงจรรวมได้ก้าวไปไกล วงจรรวมมีหน้าที่การทำงานมากขึ้นทำให้จำนวนขาต่อสัญญานต่าง ๆ มากขึ้นไปด้วย การใช้ตัวถัง VSOIC ก็ยังเปลืองเนื้อที่การติดตั้งอุปกรณ์ จึงได้มีการพัฒนาตัวถังประเภทใหม่ขึ้นมาที่สามารถมีขามากกว่าเดิม (มากกว่า 40 ขา) โดยมีเนื้อที่ต่อขาน้อยลง, ลดระยะทางระหว่างขาอุปกรณ์และวงจรรวมที่บรรจุอยู่ภายในเป็นการลดค่าความจุ และเหนี่ยวนำลงด้วยซึ่งเหมาะสมกับวงจรดิจิตอลความถี่สูงๆตัวถังใหม่นี้มีชื่อเรียกว่า PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier) ซึ่งเป็นตัวถังลักษณะสี่เหลี่ยมจตุรัสที่มีขาต่อ 4 ด้าน (รูป 2.2.11 และ 2.2.12) มีขนาดอยู่ 6 ขนาดมีจำนวนขาตั้งแต่ 20 ขา ถึง 84 ขาในจำนวนนี้มีอยู่ 3 ขนาด ที่ถูกจัดอยู่ในมาตรฐานของ JEDEC (รูปที่ 13) ขาของตัวถัง PLC จะไม่เหมือนกับขาของอุปกรณ์แบบติดบนผิวหน้าที่ขาแบออก โดยขาของมันจะพับงอเข้าหาตัวและสอดใส่ไปใต้ตัวถังทำให้

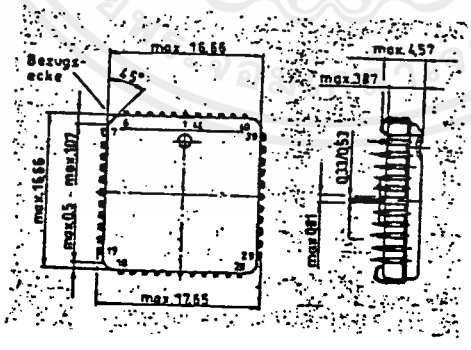
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อติดบนผิวหน้าจะลอยอยู่เหนือบอร์ดเล็กน้อยซึ่งจะทำการติดตั้งง่ายกว่า และขาทุกขาบัดกรีติดดี ระยะห่างระหว่างขาเท่ากับ 1.27 มิลลิเมตร ขา 1 ของตัวถังแบบนี้ดูจากขากลางซึ่งซ้ายมือของมันจะเป็นมุมตัด บางครั้งก็มีจุดแสดงอยู่ใต้ขา 1

นอกจาก PLCC ซึ่งมีการกำหนดมาตรฐานแล้วยังมีตัวถังแบบอื่น ๆ อีกสำหรับวงจรรวม เช่น Micropack และ TAB ซึ่งยังอยู่ระหว่างการพัฒนาและกำหนดมาตรฐานต่อไป



รูปที่ 2.2.11 ลักษณะการบัดกรีตัวถัง PLCC ลงบนบอร์ด



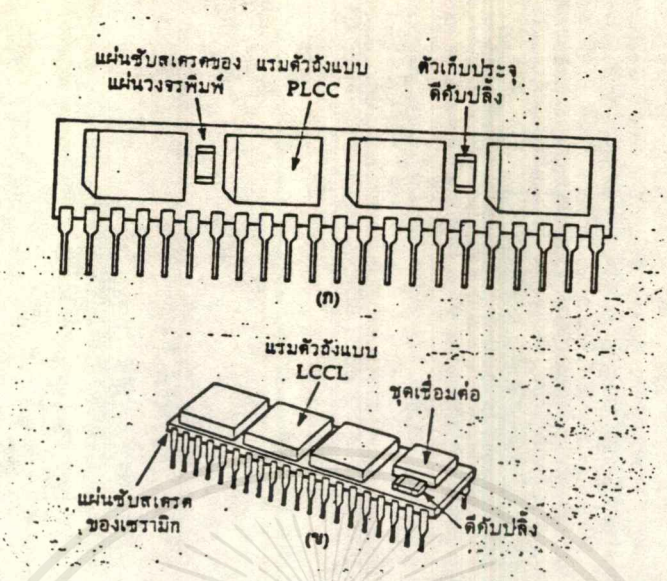
รูปที่ 2.2.12 การกำหนดขนาดตัวถัง แบบ PLCC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนขา	ชื่อเรียก	กว้าง (มม.)	รหัส JEDEC
20	PLC 20	9,04	-
28	PLC 28	11,58	-
44	PLC 44	16,66	SOT 187
52	PLC 52	19,20	-
68	PLC 68	24,33	SOT 188
84	PLC 84	24,41	SOT 189

รูปที่ 2.2.13 ตัวถังแบบ PLCC มีขนาดตั้งแต่ 20 ถึง 84 ขา แต่ 3 ขนาด เท่านั้นที่ได้รับรหัส JEDEC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โมดูลแบบ SIL นี้ จะประกอบสำเร็จจากโรงงานผู้ผลิตสารกึ่งตัวนำ ประกอบด้วยอุปกรณ์ติดตั้งบนผิวหน้าตัวถังแบบ PLCC หลาย ๆ ตัววางอยู่บนแผ่นวงจรพิมพ์ขนาดเล็ก แล้วเชื่อมต่อขาออกมาที่ขอบด้านหนึ่งของแผ่นวงจรพิมพ์ ระยะห่างของขาแต่ละขาเท่ากับ 0.1 นิ้ว โมดูลนี้สามารถเสียบเข้ากับแผ่นวงจรพิมพ์ทั่วไปได้ เหมือนกับเป็นอุปกรณ์ตัวเดียว ตัวอย่างเช่น ไดนามิกแรมก็บรรจุในตัวถังแบบนี้อย่างแพร่หลาย

โมดูลแบบ DIL ประกอบด้วยอุปกรณ์ติดตั้งบนผิวหน้า แบบตัวถังแบบ LCCL ติดตั้งบนแผ่นซับสเตรตของเซรามิก โดยมีขายื่นออกมาที่ขาทั้งสองข้าง เช่นเดียวกับตัวถังแบบ DIL มาตรฐานทั่วไป สแตติกแรมโดยมากจะบรรจุในโมดูลแบบ DIL นี้

ตัวถังแบบ DIL

ตัวถังแบบ DIL นี้เป็นตัวถังมาตรฐานของไอซี สำหรับการประกอบที่ต้องสอดผ่านรูบนแผ่นวงจรพิมพ์ โดยมีขาโลหะยื่นออกมาทางด้านข้างของตัวถังทั้ง 2 ด้าน ระยะห่างระหว่างขาเท่ากับ 0.1 นิ้ว สำหรับระยะห่างของแถวขึ้นอยู่กับจำนวนขาของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวถังที่มีขามากถึง 20 ขา มีระยะห่างระหว่างแถวเท่ากับ 0.3 นิ้ว

ส่วนขนาด 22 ขา มีระยะห่างระหว่างแถวเท่ากับ 0.4 นิ้ว

สำหรับ ขนาด 24-40 ขา มีระยะห่างระหว่างแถว 0.6 นิ้ว

ส่วนขนาดใหญ่กว่านี้ จะมีระยะห่างระหว่างแถว 0.8 นิ้ว

ตัวถังรุ่นใหม่

แบบ skinny DIP มีระยะห่างระหว่างแถวเพียง 0.3 นิ้ว

แบบ skrink DIP มีระยะห่างระหว่างขาเพียง 0.07 นิ้ว และ

แบบ พินกริดแอเรย์ซึ่งใช้ไอซีที่มีขามากๆ โดยมีระยะกริดของขา 0.1 นิ้วที่มีขนาดเล็กลง เพื่อที่จะลดขนาดของแผ่นวงจรพิมพ์ แต่ก็ยังได้ผลสู้เทคนิคการติดตั้งอุปกรณ์บนผิวหน้าไม่ได้

ตัวถังแบบ SOP หรือแบบ SOIC

ตัวถังแบบ SOP (Small Outline Package) หรือ SOIC (Small Out line Integrated Circuit) ออกแบบมาสำหรับใช้กับอุปกรณ์ที่มีขามากถึง 24 ขา ซึ่ง SOIC มีการจัดวางขาเช่นเดียวกับตัวถังแบบ DIP แต่มีมาตราส่วนที่เล็กกว่ามีระยะห่างระหว่างขาเท่ากับ 0.05 นิ้ว ส่วนระยะห่างระหว่างแถว สำหรับอุปกรณ์ขนาด 8-16 ขาเท่ากับ 0.15 นิ้ว ในกรณีที่มีจำนวนขามากกว่านี้ จะมีระยะห่างระหว่างแถวเท่ากับ 0.3 นิ้ว

ลอจิกตระกูลทีทีแอล และซีมอส มาตรฐานปัจจุบันมีอยู่ในตัวถังแบบ SOP ซึ่งมีแบบลักษณะของตัวถังและขาต่อคล้ายกับแบบ DIP อุปกรณ์แบบอะนาลอกบางตัวก็มีรูปร่างเช่นนี้ บางที SOIC ก็มีชื่อเรียกว่า "ตัวถังแบบปีกนก" (gull wing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวถังแบบ PLCC

ตัวถังแบบ PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier) เป็นการแยกรูปแบบออกจากตัวถังแบบ DIL โดยมีขาอยู่ทั้งสี่ด้านของตัวถัง ระยะห่างระหว่างขาจะเท่ากับ 0.05 นิ้ว เช่นเดียวกับตัวถังแบบ SOIC และ มีระยะห่างเป็นครึ่งหนึ่งของตัวถังแบบ DIP แต่สิ่งที่แตกต่างจากตัวถังแบบ SOIC คือ ขาต่อจะดัดงอเข้าไปได้ใต้ตัวถังพลาสติก แบบการดัดงอมีลักษณะคล้ายตัว J

จำนวนขาของอุปกรณ์ในตัวถังแบบ PLCC มีตั้งแต่ 18,20,28,44,68 และ 84 ปัจจุบันอุปกรณ์ตระกูลลอจิกหน่วยความจำไมโครโปรเซสเซอร์เพอริเฟอรอลเกตแอเรย์ และพวกอะนาลอก ก็มีขายในตัวถังแบบ PLCC นี้เช่นเดียวกัน

ตัวถังแบบ LCCC

ตัวถังแบบ LCCC (Leadless Ceramic Chip Carrier) มีลักษณะคล้ายกับตัวถังแบบ PLCC แต่ขาดัดงอเป็นรูปตัว เจ ถูกแทนด้วยหน้าสัมผัสโลหะโดยเชื่อมเข้ากับตัวเซรามิก เนื่องจากตัวถังแบบ LCCC บางกว่าตัวถังแบบ PLCC ซึ่งไม่มีขาต่อยื่นออกจากตัวถังมันจึงมีความแข็งแรงและยึดจับด้วยเครื่องใส่อุปกรณ์อัตโนมัติได้โดยง่าย อย่างไรก็ตามมันเป็นตัวถังของอุปกรณ์ติดตั้งบนผิวหน้าที่มีราคาแพงที่สุดซึ่งส่วนใหญ่จะใช้งานทางทหาร

ส่วนการใช้งานทางพาณิชย์ อุปกรณ์ที่พบเห็นกันมาก คือ ไมโครโปรเซสเซอร์ และ EPROM รูปแบบของตัวถังแบบ LCCC มีมากหลายชนิด เพื่อให้เหมาะสมกับชิพรูปร่างต่างๆ กัน ตัวอย่างเช่น สำหรับไอซีขนาด 28 ขา จะมีรูปร่างได้ 2 แบบคือ แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส และแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

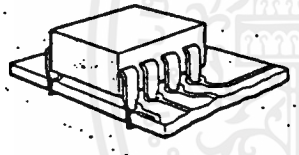
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวถังแบบ FPP

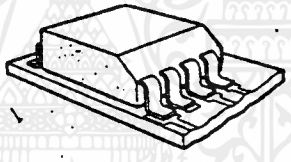
ตัวถังแบบ FPP (Flat Plastic Package) ได้รับการยอมรับน้อยกว่าตัวถังทั้งสามแบบที่กล่าวมา แต่ก็มีใช้ในโรงงานบางแห่งอย่างกว้างขวางทีเดียว โดยมีขาแบบปีกนก ยื่นออกจากตัวถังทั้งสี่ด้าน ระยะห่างระหว่างขามีขนาดเล็กกว่า ตัวถังแบบ SOIC, PLCC และLCCC ตัวถังแบบ FPP นี้เหมาะกับอุปกรณ์ที่มีขามากๆ

ในปัจจุบันตัวถังแบบ FPP สามารถมีขาได้ถึง 100 ขา และกำลังพัฒนาขนาด 200 ขาตัวถังแบบ FPP มีระยะห่างระหว่างขาหลายขนาด เช่น ระยะห่าง 1 มิลลิเมตร, 0.8 มิลลิเมตร, 0.65 มิลลิเมตร, และกำลังจะมีขนาดห่าง 0.55 มิลลิเมตร (0.02 นิ้ว)

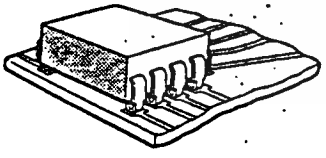
ถ้าหากระยะห่างระหว่างขาลดลงจำนวนขาที่บรรจุได้จะเพิ่มมากขึ้นทำให้อุปกรณ์ที่มีขาถึง 100 ขาก็สามารถใช้ตัวถังขนาดเดียวกันก็ได้ตัวอย่างการใช้งานของตัวถังแบบ FPP เช่น เกตแอเรย์ เป็นต้น



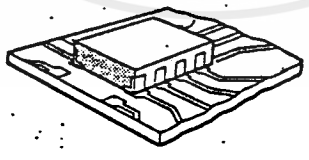
ตัวถังแบบ DIL



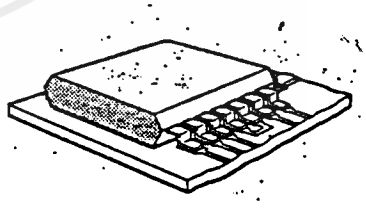
ตัวถังแบบ SOP



ตัวถังแบบ PLCC



ตัวถังแบบ LCCC



ตัวถังแบบ FPP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หลักการใช้งานของเครื่อง ซีเอ็นซี

เครื่องซีเอ็นซี ที่ใช้กันโดยทั่วไปอาจมีลักษณะ และค่าความเที่ยงตรงที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของงาน,ค่าความเที่ยงตรง และเงินลงทุนที่สามารถจะจัดหาได้ แต่ไม่ว่าเครื่อง ซีเอ็นซี จะเป็นลักษณะใดก็จะมีลักษณะของการควบคุมการทำงานที่คล้ายคลึงกันดังแสดงในรูปที่ 2.3.1 และมีองค์ประกอบพื้นฐานที่เหมือนกัน ซึ่งเราสามารถแบ่งองค์ประกอบพื้นฐานออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

1.อุปกรณ์หรือวงจรไฟฟ้าพื้นฐาน

โดยทั่วไป ระบบซีเอ็นซีจะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ หรือวงจรไฟฟ้าอย่างน้อยมีดังนี้

1.1 เซอโวแอมป์ปลิฟลายเออร์ (servo-ampliffier)

ทำหน้าที่ส่งแรงดันกระแสไฟฟ้าไปขับมอเตอร์ และ ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ให้มีค่าคงที่

1.2 เซอโวมอเตอร์ (servo-motor)

ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ หรือ แรงดันไฟฟ้า ที่ได้รับจากเซอโวแอมป์ปลิฟลายเออร์ให้เป็นงาน เพื่อใช้ในการขับแกนของแท่นเครื่อง

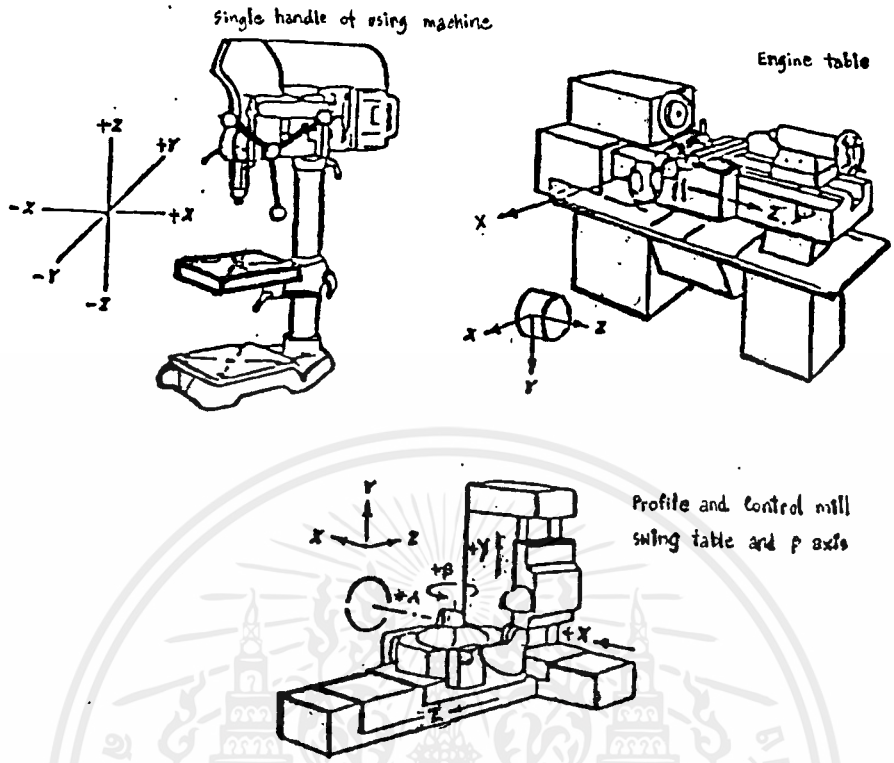
1.3 ทรานส์ดิวเซอร์ (transducer component)

ทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งของแท่นเครื่อง,ทิศทาง,ความเร็ว และความเร่งของมอเตอร์

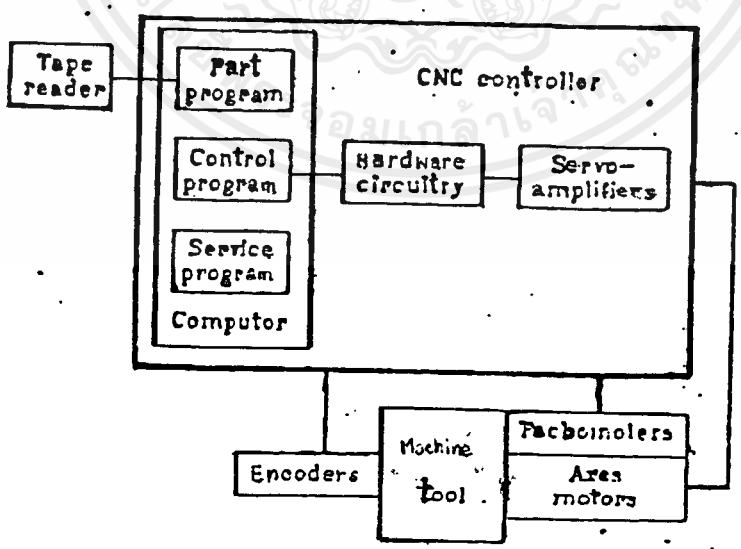
1.4 อุปกรณ์สำหรับการติดต่อ (interface component)

ทำหน้าที่รับและส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ หรือวงจรไฟฟ้าต่างๆที่อยู่ภายในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3.1 ตัวอย่างเครื่องมือกลที่นำมาใช้กับระบบ ซีเอ็นซี



รูปที่ 2.3.2 ไดอะแกรมแสดงระบบการทำงานของระบบ ซีเอ็นซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.โปรแกรมการทำงาน

ระบบ ซีเอ็นซี ได้แบ่งโปรแกรมการควบคุมการทำงานของเครื่อง ซีเอ็นซี ออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

2.1 การเก็บข้อมูลใช้ในการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวกับรูปทรงทางเรขาคณิต และสภาพการทำงานของเครื่องมือกล เช่น ความเร็วของสพินเดิลมอเตอร์ (spindel motor) และอัตราการป้อนชิ้นงาน เป็นต้น

2.2 การแก้ไขข้อมูล ใช้ในการตรวจสอบ แก้ไข และเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่ได้เก็บไว้ในส่วนของการเก็บข้อมูล เช่น การเปลี่ยนแปลงความเร็วของสพินเดิลมอเตอร์เป็นต้น จากการที่สามารถเปลี่ยนแปลง หรือแก้ไขข้อมูลได้ง่าย จึงทำให้การผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องซีเอ็นซี มีความยืดหยุ่นสูง

2.3 การควบคุม คือ ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องมือกลให้เป็นไปตามชุดคำสั่งที่ได้รับ ในส่วนของการควบคุมนี้มีการแบ่งการทำงานที่สำคัญ ๆ ออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้คือ

2.3.1 การอินเตอร์โพเลชั่น (interpolation)

จะทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนขับของแท่นเครื่องให้เป็นไปตามทางเดิน (parth) ที่ต้องการ

2.3.2 การควบคุมอัตราการป้อนชิ้นงาน (feed rate control)

จะทำการควบคุมอัตราการป้อนชิ้นงานให้มีค่าคงที่ตลอดการทำงานของเครื่องกล หรือจนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลง

2.3.3 การควบคุมความหน่วง และค่าความเร่ง จะทำหน้าที่ควบคุมแรงที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานให้มีค่าคงที่โดยการ ลด หรือ เพิ่มความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้ในการขับแกนของแท่นเครื่อง

2.3.4 การบันทึกตำแหน่งของการเคลื่อนที่จะทำหน้าที่ ตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบันของการเคลื่อนที่ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง หรือตำแหน่งที่ต้องการให้แกนของแท่นเครื่องเคลื่อนที่ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ภาษาที่ใช้ในการติดต่อกับเครื่อง ซีเอ็นซี

โดยทั่วไป ในการผลิตชิ้นงานด้วยเครื่อง ซีเอ็นซี จะต้องมีการเตรียมข้อมูล และจัดข้อมูลดังกล่าวให้อยู่ในรูปแบบที่คอมพิวเตอร์หรือหน่วยประมวลผลเข้าใจได้ข้อมูลที่เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการผลิตชิ้นงานแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน

3.1.ข้อมูลที่ได้โดยตรงจากแบบ ได้แก่ ขนาดของชิ้นงานเช่น ความสูง , ความกว้าง เป็นต้น รูปร่างของชิ้นงาน เช่น เส้นตรง , ส่วนโค้ง การคำนวณหาทางเดินของคัทเตอร์จะคำนวณได้จากข้อมูลเหล่านี้

3.2.ข้อมูลที่ใช้กำหนด ค่าพารามิเตอร์ของเครื่องมือกล การกำหนดพารามิเตอร์ของเครื่องจะขึ้นอยู่กับ ชนิดของผิววัสดุ ค่าความคลาดเคลื่อน ชนิดของชิ้นงาน และคัตเตอร์ อัตราการป้อนชิ้นงาน ความเร็วของการกัด และอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ เช่น การเปิด หรือปิดของสารระบายความร้อน

3.3.ข้อมูลที่ได้จากผู้ป้อน ผู้ป้อนข้อมูลจะต้องคุ้นเคยกับขบวนการผลิต และ มีความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติเฉพาะของเครื่องนั้น ๆ เช่น ทิศทางการเคลื่อนที่ของคัตเตอร์ และ การเปลี่ยนหัวเป็นตัว

3.4.ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุม ข้อมูลนี้จะใช้ในการสั่งงาน กับ ระบบควบคุมโดยตรง เช่น ความเร่ง และความหน่วง เป็นต้น

วิธีการเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เป็นมาตรฐานนั้น สามารถทำได้ 2 วิธี

การเตรียมข้อมูลด้วยมือ ผู้ทำการป้อนจะเป็นผู้จัดเตรียมข้อมูลทั้งหมด โดยเริ่มจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์, การหาขั้นตอนดำเนินงานของเครื่องมือกลที่เหมาะสม, การคำนวณหาทางเดินของคัทเตอร์ และการกรอกข้อมูลลงในใบกรอกรายการ จะหมายถึง 1 ชุดคำสั่ง ซึ่งประกอบด้วยการเคลื่อนที่ของคัตเตอร์จากตำแหน่งหนึ่ง ไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง โดยรวมถึงคำสั่งที่ใช้สั่งงานโดยตรงกับระบบควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสมาตรฐานที่นิยมใช้สั่งงานกับเครื่องซีเอ็นซี คือ รหัสมาตรฐาน อีไอเอ อาร์เอล (EIA standard RS-273) หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า "จีโคด" (given control function : G code) รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลโดยทั่วไปสำหรับเครื่อง ซีเอ็นซี มีดังนี้

n g xyzab f s t m eob

โดยที่ n คือ รหัสสำหรับตัวเลขแสดงลำดับการทำงาน
g คือ รหัสสำหรับกำหนดวิธีการเคลื่อนที่
xyzab คือ รหัสสำหรับกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่
f คือ รหัสสำหรับกำหนดอัตราการป้อนชิ้นงาน
s คือ รหัสสำหรับกำหนดความเร็วของเพลา
t คือ รหัสสำหรับกำหนดเครื่องมือ
m คือ รหัสสำหรับกำหนดอุปกรณ์เสริมอื่นๆ
eob คือ การจบชุดคำสั่งภายในบล็อก

จากรูปแบบการจัดเรียงข้อมูลทั่วไปที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังได้มีวิธีการแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 แบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตเป็นผู้กำหนดว่าจะใช้แบบใด ดังนี้

แบบที่ 1 ฟิกส์ซีเควนเชียลฟอร์แมท (fixed sequential format)

รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลนี้ จะมีความยาวของข้อมูล และ จำนวนอักษรที่มีอยู่อยู่ภายในบล็อกเท่ากันทุกบล็อก ข้อจำกัดของรูปแบบการจัดเรียงข้อมูลนี้ คือผู้ป้อนจะต้องป้อนข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงลงในบล็อกทุกบล็อก

แบบที่ 2 บล็อกแอ็ดเดรสฟอร์แมท (Block address format)

รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลแบบนี้จะตัดข้อมูลในส่วนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงออกไป โดยไม่ต้องเขียนซ้ำๆ กันอย่างแบบแรก แต่จะมีรหัสที่ตามหลังตัวเลขแสดงลำดับการทำงานเพื่อแจ้งให้ เอ็มซียู (Machine Control Unit, MCU)รู้ว่าค่าใดที่จะถูกเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับบล็อกที่เพิ่งจะจบสิ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 3 แทปซีเควนเชียลฟอร์แมท (Tap sequential format)

รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลแบบนี้จะใช้การเว้นวรรคหรือเว้นว่างเป็นการแบ่งข้อมูลภายในบล็อกข้อมูลใดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ก็ให้เว้นวรรคข้อมูลนั้นไว้ เอ็มซียู ก็จะนำข้อมูลที่เพิ่งจะจบสิ้นไปมาใช้ในบล็อกต่อไป ตัวอย่างการป้อนข้อมูลด้วยแทปซีเควนเชียลดังนี้

```
001  01  07500  06250  10000  6121  718  eob
002  08725  06750  eob
003  05000  520  620  01  eob
```

แบบที่ 4 เวิร์ดแอ็ดเดรสฟอร์แมท (Word address format)

รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลแบบนี้จะประกอบด้วย ตัวอักษร และ ตัวเลขโดยแต่ละข้อมูลที่อยู่ภายในบล็อกจะต้องนำหน้าด้วยอักษร เพื่อแสดงชนิดของข้อมูลที่ตามมา ตัวอย่างการป้อนข้อมูลด้วยเวิร์ดแอ็ดเดรสมีดังนี้

```
n001  g01  x07500  y06250  z10000  f617  s718  eob
n002  x08752  y06750  eob
n003  z05000  f520  s620  m01  eob
```

ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการสั่งงานให้กับเครื่อง ซีเอ็นซี มีดังนี้

ก.รหัสสำหรับตัวเลขแสดงลำดับการทำงาน (Sequence number)

รหัส N ใช้ในการแสดงลำดับการทำงานก่อน-หลัง สำหรับเครื่อง ซีเอ็นซี ตัวเลขที่ตามหลังรหัสนี้มีได้ไม่เกิน 4 หลัก (No-N9999) ในแต่ละบล็อกจะแสดงลำดับการทำงานได้เพียงตัวเดียว

ข.รหัสสำหรับกำหนดวิธีการเคลื่อนที่ (Preparatory Function)

รหัส G ตัวเลขที่ตามหลังรหัสจะบอกถึงวิธีการเคลื่อนที่ของคัตเตอร์ เช่น G01 เป็นรหัสกำหนดการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงเป็นต้น ตัวเลขที่ตามหลังรหัสมีได้ ไม่เกิน 2 หลัก ในบล็อกหนึ่งๆสามารถที่ใช้รหัส G นี้ได้มากกว่า 1 รหัส ตารางที่ 2.3.1เป็นชุดคำสั่งสำหรับการกำหนดวิธีการเคลื่อนที่ตามมาตรฐานของ อีไอเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.รหัสสำหรับกำหนดอุปกรณ์เสริมอื่นๆ (Miscellaneous function)

รหัส M เป็นรหัสที่ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เสริมอื่นๆ เพื่อนำมาใช้ร่วมในการผลิตชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น รหัส M03 เป็นการสั่งให้เพลา(spidel)หมุนตามเข็มนาฬิกา ตารางที่ 2.3.2 เป็นรหัสตามมาตรฐาน EIA

ง.รหัสสำหรับกำหนดเครื่องมือ (tool function)

รหัส t ใช้กำหนดค่าพารามิเตอร์ของเครื่องมือที่ต้องใช้ในการผลิตชิ้นงาน

จ.รหัสสำหรับอัตราการป้อนชิ้นงาน(feedrate)

ใช้ในการกำหนดอัตราความเร็วในการกัดหรือเจาะเนื้อวัสดุ

ฉ.รหัสสำหรับกำหนดความเร็วของเพลา(speed)

รหัส s กำหนดให้มีได้ไม่เกิน 4

ช.รหัสสำหรับกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่

ผู้ที่ใช้สามารถกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ได้ 2 แบบ คือแบบแรกเป็นการกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ทุกตำแหน่งที่เทียบกับจุดอ้างอิงเพียงจุดเดียว ส่วนอีกแบบหนึ่งเป็นการกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ซึ่งเทียบกับตำแหน่งที่ผ่านมา

การเตรียมข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ (computer assisted preparation)

ในการผลิตชิ้นงาน เรามักจะพบว่าชิ้นงานนั้นมีความซับซ้อน จึงเป็นการยากที่เราจะสามารถคำนวณหาทางเดินของจุดศูนย์กลางของคัตเตอร์ได้ดังนั้นจึงมีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการเตรียมข้อมูลจัดส่งไปยังเครื่อง ซีเอ็นซี จากการนำคอมพิวเตอร์มาใช้จะเป็นการลดเวลา และผลที่ได้มีความถูกต้อง ภาษาที่นิยมใช้เพื่อเตรียมข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์คือ เอทีพี (automatically programmed tools APT)คิดค้นโดย Electronic System Laboratory of the Massachussetts Institute of Technology (MIT)จัดเป็นภาษาระดับสูง (high language) ที่ใช้ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ในการใช้งานผู้ใช้ต้องกำหนดรูปทรงทางเรขาคณิตของชิ้นงาน,ทางเดินของคัตเตอร์,ค่าความคลาดเคลื่อน และค่าพารามิเตอร์ต่างๆของเครื่องมือ จากนั้นคอมพิวเตอร์ก็จะทำการคำนวณ หาทางเดินของจุดศูนย์กลางของคัตเตอร์ และอัตราการป้อนชิ้นงาน นอกจากภาษาเอพีทีแล้ว ยังมีภาษาอื่นๆที่ใช้กับเครื่อง ซีเอ็นซี เช่น COMPACT 11, ADAPT, EXAPT, AUTOSPOT, AUTOPROMPT และ SPLIT เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.3.1 รหัสสำหรับกำหนดวิธีการเคลื่อนที่ตามมาตรฐาน IE

CODE	FUNCTION
g00	Point to point,positioning
g01	Linear interpolation
g02	Circular interpolation arc CW
g03	Circular interpolation arc CCW
g04	Dwell
go5	Hold
g06 - g07	Unassigned
g08	Acceleration
go9	Deceleration
g10	Linear interpolation (long dimensions)
g11	Linear interpolation (short dimensions)
g12	Unassigned
g13 - g16	Axis selection
g17	xy plane selection
g18	zx plane selection
g19	yz plane selection
g20	Circular interpolation arc CW (long dimensions)
g21	Circular interpolation arc CW (short dimensions)
g22 - g24	Unassigned
g25 - g29	Permanently unassigned
g30	Circular interpolation arc CCW (long dimensions)
g31	Circular interpolation arc CCW (short dimensions)
g32	Unassigned
g33	thread cutting, constant lead
g34	thread cutting, increasing lead
g35	thread cutting, decreasing lead
g36 - g39	Reversed for control use only

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.3.1 (ต่อ)

CODE	FUNCTION
g40	Cutter compensation cancel
g41	Cutter compensation-left
g42	Cutter compensation-right
g43 - g49	Cutter compensation if use;otherwise unassigned
g50 - g59	Unassigned
g60 - g79	Reversed for positioning only
g80	Fixed cycle cannel
g81	Fixed cycle 1
g82	Fixed cycle 2
g83	Fixed cycle 3
g84	Fixed cycle 4
g85	Fixed cycle 5
g86	Fixed cycle 6
g87	Fixed cycle 7
g88	Fixed cycle 8
g89	Fixed cycle 9
g90 - g99	Unassigned

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3.2 รหัสสำหรับกำหนดอุปกรณ์เสริมอื่นๆ ตามมาตรฐาน อีไอเอ

(EIA Standard RS-273)

CODE	FUNCTION
m00	Program stop
m01	Optional (planned) stop
m02	End of program
m03	Spindel CCW
m04	Spindel CW
m05	Spindel stop
m06	Tool change
m07	Coolant No.2 ON
m08	Coolant No.1 ON
m09	Coolant OFF
m10	Clamp
m11	Unclamp
m12	Unassigned
m13	Spindel CW & Coolant ON
m14	Spindel CCW & Coolant ON
m15	Motion
m16	Motion
m17 - m24	Unassigned
m25 - m29	Permanently Unassigned
m30	End of tape
m31	Interlock
m33 - m35	Constant cutting speed
m36 - m39	Unassigned
m40 - m45	Gear change if used otherwise unassigned
m46 - m49	Reversed for control use only
m50 - m99	Unassigned

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ระบบการทำงานด้านนิวเมติก (PNEUMATIC SYSTEM)

ได้มีการนำเอาระบบนิวเมติกมาใช้ในการควบคุมการจับวางอุปกรณ์หรือในส่วนหัวสูญญากาศ ซึ่งระบบลมที่ใช้จากปั๊มมีขนาด 7-10 psi เพื่อใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวสูญญากาศ ให้เคลื่อนที่ขึ้น หรือ เคลื่อนที่ลงในแนวแกน Z ส่วนการหมุนรอบถูกควบคุมด้วย Stepping Motor

อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบนิวเมติก ประกอบด้วย

1.เครื่องอัดลม (Air Compressor) คือเครื่องเปลี่ยนพลังงานจากพลังงานไฟฟ้าเป็นเป็นลมอัด ทำให้มีความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศแบ่งขนาดความสามารถของของเครื่องอัดลมออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ความสามารถของเครื่องอัดลม ในการสร้างความดันอัดลมได้ถึง 10 บาร์ โครงสร้างของเครื่องอัดลมแบ่งออกเป็น แบบลูกสูบ และแบบสกรู

2.เครื่องระบายความร้อนลมอัด (heat exchanger) เนื่องจากเครื่องอัดลมจะดูดเอาอากาศที่ความดันบรรยากาศด้วยปริมาตรประมาณ 8 ลูกบาศก์เมตร ไปอัดให้มีความดันสูงขึ้น 7 ถึง 10 บาร์ ดังนั้นอากาศที่มีความดันสูงจะมีอุณหภูมิสูง ถ้าใช้ลมอัดนี้ไปใช้งานโดยตรงจะสร้างความเสียหายให้แก่ ซีลต่างๆ ของอุปกรณ์ ซึ่งจำเป็นจะต้องลดอุณหภูมิของลมอัดด้วยเครื่องระบายความร้อน

3.เครื่องกรองท่อเมน (main air filter) จะเป็นตัวกรองฝุ่นละอองสนิมและน้ำที่มีปะปนมากับลมอัด ให้สะอาดก่อนนำไปใช้งาน และ ก่อนที่จะไปใช้กับเครื่องจักรในระบบนิวแมติก

4.เครื่องทำลมให้แห้ง (air dryer)ลมอัดที่ออกจากเครื่องอัดลมจะมีความชื้นปนอยู่มาก ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องทำลมอัดให้เย็นลงเพื่อจะดูดเอาความชื้นออกจากลมอัด ความชื้นที่ถูกดูดออกมาจะกลั่นตัวเป็นน้ำและถูกนำออกมาทิ้งจากระบบด้วยกับดักน้ำ (trap)

5.กรองลม (air filter) จะทำหน้าที่คล้ายกับเครื่องกรองลมในท่อเมนเพื่อป้องกันการเสียหายของอุปกรณ์ที่ใช้ลมในกรณีที่ไม่มีเครื่องทำลมให้แห้ง ตัวกรองลมนี้จะทำหน้าที่ดักน้ำที่ปนมากับลมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.วาล์วลดความดัน (pressure reducing valve) เครื่องอัดลมจะทำหน้าที่อัดลมไว้ในถังพักให้มีค่าความดันอยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งค่าความดันนี้จะมีค่ามากกว่าค่าความดันใช้งานเล็กน้อย ดังนั้นในการใช้งานจึงจำเป็นจะต้องลดค่าความดันลงมาโดยใช้วาล์วความดันทำหน้าที่ดังกล่าว

7.อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น (oil lubricator) เนื่องจากในอุปกรณ์นิวแมติกส่วนใหญ่ จะต้องมีการหล่อลื่นชิ้นส่วนภายใน จึงจำเป็นที่จะต้องให้มีน้ำมันหล่อลื่นปนไปกับลมอัด เพื่อทำการหล่อลื่น แต่ในงานบางประเภทของระบบนิวแมติก ห้ามมีน้ำมันหล่อลื่นปนไปกับลมอัดโดยปกติแล้ว กรองลม,วาล์วลดความดัน และอุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่นมักจะรวมอยู่ในชุดเดียวกัน เรียกว่า "ชุดปรับคุณภาพลม" (service unit)

8.อุปกรณ์เก็บเสียง (air silencer) ลมอัดเมื่อถูกใช้งานแล้วจะถูกระบายทิ้งออกสู่บรรยากาศ โดยออกมาทางรูระบายถ้าไม่มีตัวเก็บเสียงมาติดตั้งที่รูระบายแล้วเมื่อลมอัดถูกระบายทิ้งออกสู่บรรยากาศจะมีเสียงดัง

9.วาล์วเปลี่ยนทิศทางลม (air flow change valve) ทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์การทำงานของระบบนิวแมติกเช่นกระบอกสูบนิวแมติกเลื่อนออกหรือเลื่อนเข้า มอเตอร์นิวแมติกหมุนทางซ้าย หรือหมุนทางขวา วิธีบังคับเพื่อเปลี่ยนทิศทางนั้น อาจจะใช้การป้อนสัญญาณไฟฟ้า หรือการป้อนลมอัด บังคับให้เกิดการเปลี่ยนทิศทางการไหลของลม

10.วาล์วบังคับความเร็ว (speed control valve) จะทำหน้าที่บังคับลมอัดให้เกิดการเคลื่อนที่เร็วหรือช้าโดยการปรับปริมาตรลมอัดให้ได้มากน้อยตามต้องการซึ่งมีผลทำให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออกเร็ว หรือช้า รวมการหมุนของมอเตอร์นิวแมติกด้วยในบางครั้งเรียกวาล์วประเภทนี้ว่า "วาล์วควบคุมการไหล" (flow control valve)

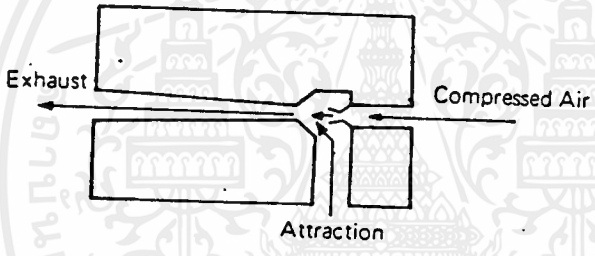
11.กระบอกสูบ (air cylinder)เป็นอุปกรณ์การทำงานระบบนิวแมติกชนิดหนึ่งในจำนวนหลายแบบตัวกระบอกสูบลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนรูปของพลังงานลมอัดให้อยู่ในรูปพลังงานกล โดยทั่วไปกระบอกสูบลมอัดมีอยู่หลายชนิด แต่ที่นิยมใช้มักจะเป็นกระบอกสูบทำงานแบบ 2 ทาง จึงนำมาใช้ประกอบการเคลื่อนที่ตามแนวแกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 หัวจับสูญญากาศ (VACUUM HEAD)

2.5.1 หลักการ

หลักการของหัวจับสูญญากาศ คือ การเอาลมเป่าผ่านคอคอดดัง รูปที่ 2.5.1 ทำให้เกิดสูญญากาศขึ้น โดยอากาศในหัวจับจะถูกดูดออกมาด้วย บริเวณดังกล่าวจึงเกิด สูญญากาศขึ้น ขณะเดียวกันความดันบรรยากาศภายใน ก็จะดันให้หัวจับจับชิ้นงานได้แน่นขึ้น ระดับของสูญญากาศจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วและปริมาณลมอัดที่พ่นผ่านคอคอดนั้น ถ้าพื้นที่ในการจับมีมากจำเป็นต้องใช้แรงในการจับมากขึ้นตามด้วย

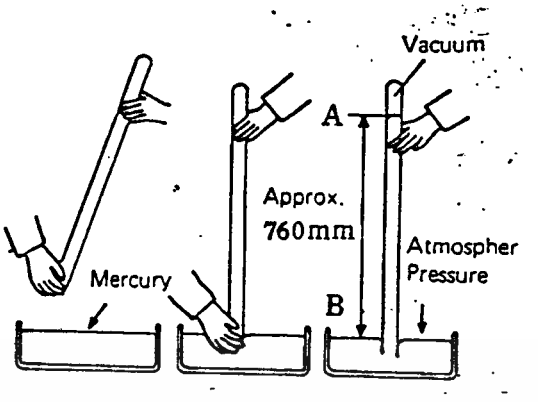


รูปที่ 2.5.1 VACUUM HEAD

2.5.2 การหาค่าของสูญญากาศ

อาศัยหลักการของเวอร์ริเชลล์ (TORRICELLI TEST) ดังรูปที่ 2.5.2 คือการนำเอาหลอดแก้วยาว 1 เมตร มาบรรจุปรอทภายในให้เต็มแล้วปิดปากหลอดด้วยมือนำไปใส่ในภาชนะที่มีปรอทอยู่โดยตั้งหลอดแก้วให้ตรงแล้วปล่อยมือออกจะพบว่าความสูงระดับปรอทลดต่ำลงจนภายในหลอดแก้วมีค่าความสูง เท่ากับ 760 มิลลิเมตรปรอท ส่วนช่วงว่างด้านบนระหว่างปรอทกับปลายหลอดปิดคือส่วนที่เป็นสูญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5.2 การหาค่าของสูญญากาศตามหลักการของ TORRICELLI

2.5.3 การเลือกขนาดของหัวจับสูญญากาศ

เมื่อต้องการเลือกขนาดของหัวจับสูญญากาศให้มีขนาดเหมาะสมกับชิ้นงานเราสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$W = \frac{P * A}{760}$$

โดยที่ W = น้ำหนักของชิ้นงาน (kg)

P = ค่าสูญญากาศที่ใช้ (mmHg)

A = พื้นที่หัวจับที่ใช้งานจริง (cm^2)

จากค่าที่ได้ตามสมการข้างบน ควรเผื่อค่าความปลอดภัยไว้ด้วย หรืออาจเปิดหาค่าได้จากตารางข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นผ่านศูนย์กลางหัวจับ (mm)	ค่าสูญญากาศ (mmHg)			
	-300	-400	-500	-600
1	0.003	0.004	0.005	0.006
2	0.012	0.017	0.021	0.025
3.5	0.038	0.051	0.063	0.076
5	0.08	0.10	0.12	0.15
8	0.20	0.26	0.33	0.40
10	0.31	0.41	0.52	0.62
15	0.7	0.9	1.2	1.4
20	1.3	1.7	2.1	2.5
25	2.0	2.6	3.2	3.9
30	2.8	3.7	4.7	5.6
35	3.8	5.1	6.3	7.6
40	5.0	6.6	8.3	9.9
50	8	10	13	16
60	11	15	19	22
80	20	26	33	40
100	31	41	52	62

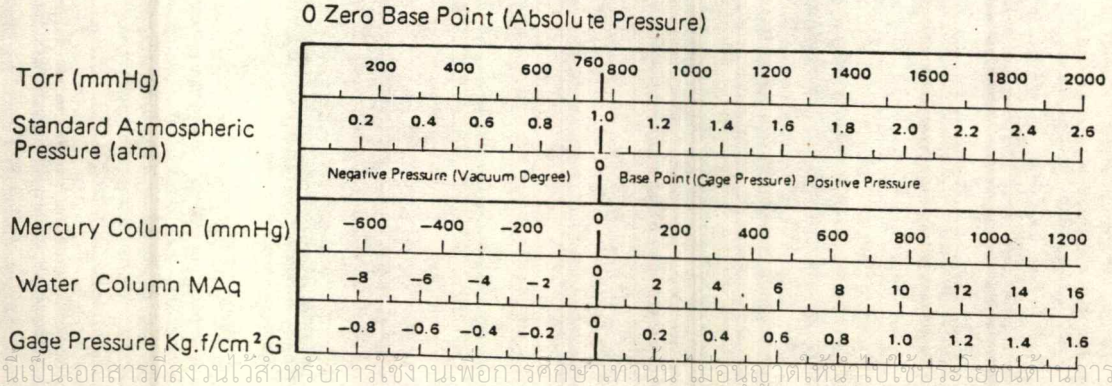
ตารางแสดงค่าของแรงที่หัวจับสามารถยกได้ทางทฤษฎี (หน่วย kg)

2.5.4 การเปรียบเทียบหาค่าสูญญากาศกับหน่วยต่างๆ

ความดันสมบูรณ์ คือ ค่าความดันที่ทำให้เกิดสูญญากาศเต็มที่ ณ จุด Zero Base Point (โดยทั่วไปมีหน่วยเป็น Torr หรือ atm ที่ใช้ในการคำนวณ)

ความดันเกจ คือ ความดันที่มีค่าที่ความดันบรรยากาศ ณ จุด Zero Base Point (ได้แก่ 500 mmHg, 5kgf / cm^2, ect.)

ตารางแสดงค่าความดัน ณ จุด Zero Base Point (ความดันสมบูรณ์)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 วงจรทางเดินของระบบหัวจับสูญญากาศ

อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการทำงานของระบบหัวจับสูญญากาศประกอบด้วย

-วาล์ว

-หัวพ่นลม

-หัวจับสูญญากาศ

ก.วงจรพื้นฐาน

ข.วงจรปล่อยชิ้นงาน

ค.วงจรพื้นฐานใช้ไฟฟ้าควบคุม

ง.วงจรปล่อยชิ้นงานเร็วใช้ไฟฟ้าควบคุม

จ.วงจรปรับสูญญากาศที่หัวจับ

ฉ.วงจรที่ติดตั้งสวิทช์เข้าไปในระบบ

ช.วงจรที่ติดตั้งหัวจับสูญญากาศหลายหัว

2.5.6 รูปแบบการเดินท่อลม

ท่อลมที่ใช้ในระบบเหมือนกับท่อลมที่ใช้กันทั่วไป ซึ่งควรทำมาจากไนลอน, โพลียูรีเทน เพราะสามารถทนแรงดันได้ถึง 30 kgf / cm^2 ในกรณีที่ต่อท่อโลหะไม่ควรใช้ท่อเหล็ก ความยาวของท่อลมระหว่างหัวพ่นลมถึงหัวจับสูญญากาศไม่ควรเกินกว่า 1/2 m

2.3.7 การซีลเกลียว

มีการซีลคล้ายกับวงจรนิวแมติกทั่วๆไป คือจะใช้ เทฟลอน หรือ น้ำยาซีลเกลียวเหมือนกัน การพันเกลียวท่อควรเว้นไว้ 2-3 เกลียวแล้วจึงพันเกลียวลงไป หากใช้น้ำยาซีลเกลียวก็ไม่ควรใช้มากจนเกินไป เพราะอาจทำให้เกิดการขวางทางลมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8 ข้อควรระวังในการใช้หัวจับสูญญากาศ

1.ไม่ควรใช้หัวจับสูญญากาศจับชิ้นงานที่มีรูพรุนมากๆ เพราะทำให้ประสิทธิภาพในการจับยึดไม่ดี ถ้าจำเป็นจะใช้ต้องเผื่อค่าความปลอดภัยให้มากกว่า 3 เท่า

2.ไม่ควรใช้หัวจับสูญญากาศไปดูดจับชิ้นงานที่มีความบางเกินไปเพราะอาจทำให้เกิดการโก่งงอขึ้นได้

3.การใช้หัวจับกับชิ้นงานที่มีความหนาไม่เท่ากัน ควรใช้สปริงติดตั้งที่ชุดยึดหัวจับ

4.ในกรณีที่ชิ้นงานมีแผ่นกว้างมากเกินไป ควรจะใช้หัวจับให้มีจำนวนพอเหมาะกับชิ้นงาน เพราะอาจทำให้ชิ้นงานแอ่นลงได้

5.ในกรณีที่ใช้หัวจับยกเหล็กแผ่นที่วางซ้อนกันอยู่หลายแผ่น มักพบปัญหา คือแผ่นเหล็กจะติดกันเนื่องจากน้ำมันที่ชะโลมแผ่นเหล็ก ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายในขณะยกขึ้น ดังนั้นถ้าต้องการให้ยกได้ทีละแผ่น ควรใช้สปริงติดตั้งที่หัวจับ แต่ให้ความยาวของสปริงไม่เท่ากัน

6.การจับยึดชิ้นงานด้านข้ามตัวรองรับหัวจับ ควรจะใช้แบริ่งที่มีความแข็งแรงในการจับยึดเพื่อป้องกันการลื่นของชิ้นงานได้

7.ห้ามใช้ข้อต่อลมชนิดเสียบมาใช้กับงานหัวจับสูญญากาศ เพราะจะทำให้อากาศแทรกซึมเข้าไปในระบบได้ ดังนั้นในการทำงานจำเป็นต้องใช้ข้อต่อลมแบบเกลียวขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สเต็ปปิ้งมอเตอร์

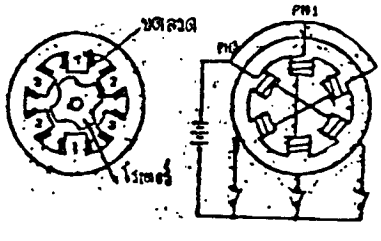
ในปัจจุบันนี้จะเห็นว่า สเต็ปปิ้งมอเตอร์มีใช้ อยู่ในหลายๆงาน เช่นในเครื่องพิมพ์, ใน X - Y พล็อตเตอร์, ในแขนกล, หรือ ในเครื่องถ่ายเอกสาร เพราะ สเต็ปปิ้งมอเตอร์มีข้อได้เปรียบมอเตอร์ไฟตรงแบบธรรมดาคือ สเต็ปปิ้งมอเตอร์มีการควบคุมแบบหลูปเปิด ทำให้ง่ายต่อการควบคุม และเรายังสามารถที่จะรู้ตำแหน่งของมอเตอร์ได้ตลอดเวลาอย่างแน่นอนแม่นยำ ดังนั้นงานที่ต้องการควบคุมตำแหน่งที่แน่นอน จึงมักเลือกใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์

การควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ส่วนใหญ่ใช้ 2 วิธี คือ วิธีแรก ใช้คอมพิวเตอร์หรือชิงเกิ้ลบอร์ดควบคุม ส่วนอีกแบบหนึ่ง ใช้วงจรดิจิตอลควบคุมซึ่งวิธีแรกนั้นจะต้องทำชุดอินเตอร์เฟสระหว่างคอมพิวเตอร์กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ และจะต้องมีซอฟต์แวร์เพื่อควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้ทำงาน วิธีนี้มีข้อเสียคือความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมซึ่งต้องอาศัยความรู้และเทคนิคในการเขียนโปรแกรมอย่างมากแต่ก็มีข้อดีคือสามารถที่จะควบคุมตำแหน่งของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้แน่นอนถูกต้องและมีความละเอียดดีมาก

ก่อนที่จะกล่าวถึงการทำงานของวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ เราก็มาดูพื้นฐานหลักการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ และวิธีการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์กันก่อน

โครงสร้างและการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

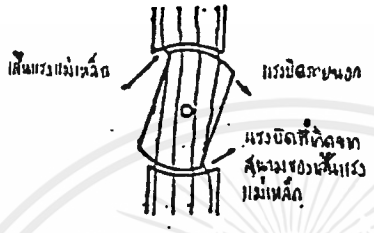
ภายในสเต็ปปิ้งมอเตอร์ประกอบด้วย สเตเตอร์, โรเตอร์ และขดลวดประกอบเข้าด้วยกันดังรูป 2.6.1 (สมมติเป็นมอเตอร์แบบ 3 เฟส)



รูปที่ 2.6.1 ภาพหน้าตัดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบ 3 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

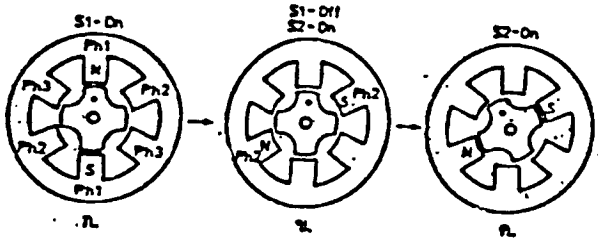
เนื่องจากสเต็ปปิ้งมอเตอร์นี้มีโรเตอร์เป็นเหล็กอ่อน ซึ่งมีคุณสมบัติพยายามปรับตัวเอง ให้อยู่ในแนวที่เส้นแม่เหล็กผ่านมากที่สุด ดังในรูปที่ 2.6.2 เมื่อเกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นที่สเตเตอร์ตัดผ่านโรเตอร์ ตัวโรเตอร์ก็จะพยายามปรับตัวเองให้เส้นแรงแม่เหล็กตัดผ่านตัวเองมากที่สุด โดยการหมุนตัวเองทำให้เกิดมุมของการหมุนขึ้น และมอเตอร์จะหยุดหมุนเมื่อเส้นแรงแม่เหล็กที่ตัดผ่านตัวมันถึงจุดที่มากที่สุด



รูปที่ 2.6.2 เส้นแรงแม่เหล็กที่ทำให้เกิดแรงบิด

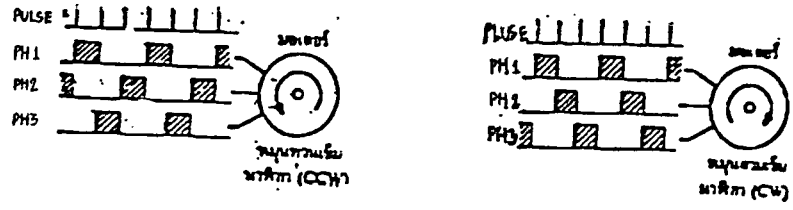
การทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุน ทำได้โดยอาศัยหลักการนี้ แต่ต้องให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้น โดยรับช่วงต่อกันไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2.6.3 ก,ข,ค ซึ่งแสดงถึงการหมุนของมอเตอร์ โดยทิศทางการหมุน ขึ้นอยู่กับการขับกระแสเข้าขดลวด ว่าจะให้ไปทางไหน และ เมื่อต้องการให้มอเตอร์หยุดก็หยุดการขับโรเตอร์ มอเตอร์จะหยุด ณ ตำแหน่งสุดท้ายที่มีการขับที่สเตเตอร์ ดังนั้นเราจึงสามารถรู้ตำแหน่งของมอเตอร์ได้ โดยการนับจำนวนพัลส์ที่ป้อนให้มอเตอร์โดยใช้สูตร

มุมที่เปลี่ยนไป = ค่ามุมต่อสเต็ป * จำนวนพัลส์ที่ป้อนให้

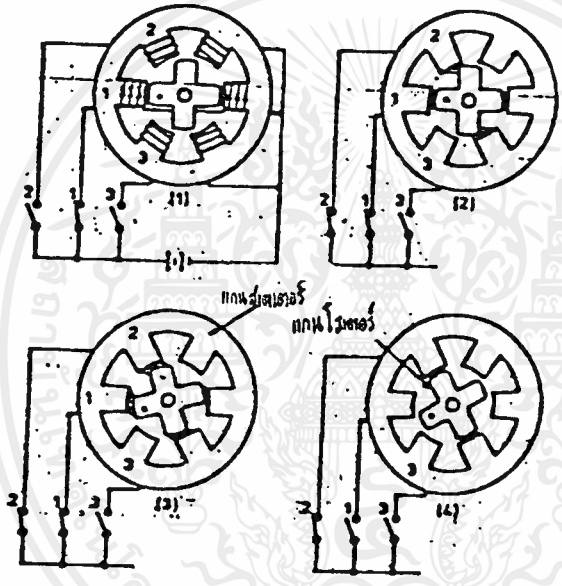


รูปที่ 2.6.3 แสดงการเคลื่อนที่ทีละสเต็ป เมื่อกระตุ้นเฟส 1 เฟส 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6.4 แสดงการกระตุ้น แบบเดินหน้าและถอยหลัง



รูปที่ 2.6.5 แสดงการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

การกระตุ้นเฟสขดลวดสเตเตอร์

ดังที่รู้กันแล้วว่าในการทำให้สเต็ปปิ้งหมุนได้นั้น จะต้องกระตุ้นเฟสของขดลวดสเตเตอร์ให้เรียงกันไปเรื่อยๆทางใดทางหนึ่ง ถ้าต้องการให้หมุนกลับ ก็กระตุ้นเฟสในทิศทางกลับกัน ซึ่งการกระตุ้นเฟสของสเตเตอร์มีอยู่ 3 แบบคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.การกระตุ้นเฟสเดียว เรียกว่า แบบ single phase excitation

2.การกระตุ้นสองเฟส เรียกว่า แบบ two phase excitation

3.การกระตุ้นโดยใช้ แบบ 1 และ 2 สลับกัน เรียกแบบ one-two- phase excitation หรือแบบ half step operation

ในการขับแบบกระตุ้น 2 เฟส เส้นแรงแม่เหล็กไม่ผ่านแกนเหล็กเป็นเส้นตรงเลยตรงเลยทีเดียวเหมือนแบบกระตุ้นเฟสเดียว แต่จะวกกลับมาเข้าสู่แกนทางด้านข้างๆ ดังรูปที่ 2.6.9 และ เส้นแรงแม่เหล็กส่วนหนึ่งจะมาจากแกนตรงข้าม ดังรูปที่ 2.6.10

สัญญาณนาฬิกาที่	R	1	2	3	4	5	6	7	8
เฟสที่ 1	x			x			x		
เฟสที่ 2		x			x			x	
เฟสที่ 3			x			x			x

รูปที่ 2.6.6 แสดงการกระตุ้นแบบเฟสเดียว

สัญญาณนาฬิกาที่	R	1	2	3	4	5	6	7	8
เฟสที่ 1	x	x		x	x		x	x	
เฟสที่ 2		x	x		x	x		x	x
เฟสที่ 3	x		x	x		x	x		x

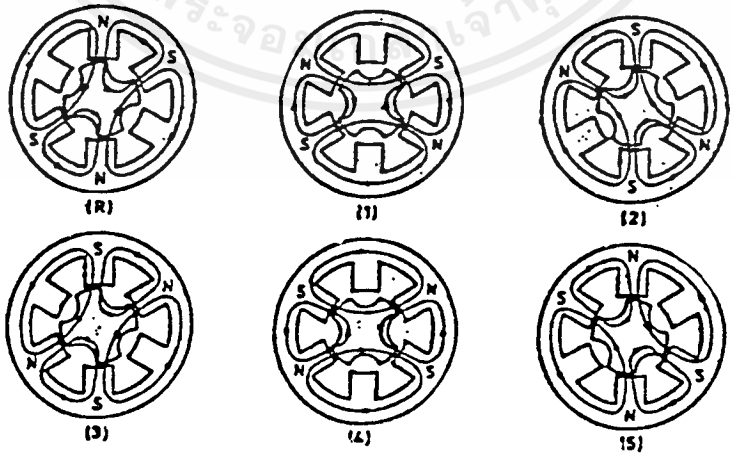
รูปที่ 2.6.7 แสดงการกระตุ้นแบบ 2 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณนาฬิกาที่	R	1	2	3	4	5	6	7	8
เฟสที่ 1	x	x					x	x	x
เฟสที่ 2		x	x	x				x	x
เฟสที่ 3			x	x	x				x

รูปที่ 2.6.8 แสดงการกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป

รูปที่ 2.6.9 เส้นแรงแม่เหล็กเมื่อขับแบบ 2 เฟส



รูปที่ 2.6.10 ลักษณะเส้นแรงแม่เหล็กเมื่อขับแบบ 2 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบกระตุ้น 2 เฟสนี้ จะมีลักษณะเดียวกันกับการขับแบบกระตุ้นเฟสเดียว แต่ในการกระตุ้นแต่ละครั้งนั้น จะกระตุ้นทีเดียวพร้อมกันทั้ง 2 เฟส จะต่างกันก็ตรงที่การขับแบบ 2 เฟสนั้นเข้าตำแหน่งแต่ละสเต็ปได้เร็วกว่าแบบเฟสเดียว และแรงบิดมากกว่าการขับแบบเฟสเดียวด้วย ดังนั้นในโครงงานนี้จึงใช้การขับแบบกระตุ้น 2 เฟส

การเกิดออสซิลเลตของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ความเร็วของการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นลิเนียร์กับความถี่ ที่ป้อนให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ แต่เมื่อเราป้อนความถี่ขึ้นเรื่อยๆ จนถึงความถี่ค่าหนึ่ง สเต็ปปิ้งมอเตอร์ก็จะหยุดหมุน เนื่องจากการที่โรเตอร์หมุนตามฟลักซ์แม่เหล็กไม่ทันเราจะเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า"มอเตอร์เกิดการออสซิลเลต"ซึ่งมอเตอร์แต่ละตัวจะออสซิลเลตที่ความถี่แตกต่างกันไป โดยทั่วไปจะออสซิลเลตที่ความถี่ประมาณ 500 Hz ในการขับแบบกระตุ้น 1 หรือ 2 เฟส และจะออสซิลเลตที่ความถี่ประมาณ 1 kHz เมื่อขับแบบครึ่งสเต็ป

แต่เมื่อลดความถี่ให้ต่ำลงมอเตอร์จะไม่หมุนทันที และเมื่อความถี่ลดลง จนถึงค่าความถี่หนึ่ง มอเตอร์จึงจะเริ่มหมุนอีกครั้ง นั่นก็คือ มอเตอร์มีฮิสเทอริซิส ซึ่งมอเตอร์จะเริ่มหมุนที่ความถี่ประมาณ 200 Hz ในการขับแบบ 1 หรือ 2 เฟสและี่ความถี่ประมาณ 150 Hz เมื่อขับแบบครึ่งสเต็ป

สัญญาณที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวสูญญากาศ (vacuum head)

ส่วนที่ทำหน้าที่เคลื่อนที่สำหรับโครงงานนี้คือ stepper motor ซึ่งจากการออกแบบวงจรส่วนที่ควบคุมนั้น ต้องการสัญญาณสำหรับควบคุมการหมุนเพียง 3 สัญญาณ คือ

- สัญญาณควบคุมทิศทางการหมุน ซึ่งมีอยู่ 2 ทิศทางคือ หมุนตามเข็มนาฬิกา และหมุนทวนเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณกระตุ้นการหมุน (pulse) ซึ่งเมื่อมอเตอร์ได้รับสัญญาณนี้ จะมีการหมุนไป 1 step ดังนั้นความเร็วในการหมุนของมอเตอร์จึงสามารถควบคุมได้ โดยการป้อนสัญญาณกระตุ้นการหมุนนี่เอง หากต้องการให้หมุนด้วยความเร็วต่ำ ก็ส่งสัญญาณไปกระตุ้นด้วยความถี่ต่ำ หากต้องการความเร็วสูง ก็ส่งสัญญาณไปกระตุ้นด้วยความถี่สูง

- สัญญาณควบคุมการหมุน (enable) เป็นสัญญาณที่อนุญาติให้ สัญญาณกระตุ้นเข้าไปกระตุ้นมอเตอร์ให้หมุนได้หรือไม่ หากสัญญาณส่วนนี้ไม่ทำงาน สัญญาณกระตุ้นก็ไม่สามารถเข้าไปกระตุ้นมอเตอร์ให้หมุนได้ สำหรับการเคลื่อนที่ของสองแกนคือในแนวแกน x และ แกน z ซึ่งจะต้องมีส่วนขับเคลื่อนทั้งสองแกนโดยที่แต่ละแกนมีส่วนของการควบคุมการเคลื่อนที่แยกออกจากกันโดยเด็ดขาด แต่มีลักษณะการควบคุมเหมือนกันในขณะการทำงานจะต้องเคลื่อนที่ไปพร้อมกันทั้งสองแกน โดยต้องมีความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ ที่สอดคล้องกัน จึงสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างถูกต้อง

สาเหตุที่เลือกใช้ Stepping Motor เป็นตัวขับเคลื่อน

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ได้พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว จนสามารถนำไปใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ และ มอเตอร์ที่นิยมนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายชนิดหนึ่งก็คือ สเตปปิ้งมอเตอร์ เพราะสามารถควบคุมได้ง่ายและถูกต้องแม่นยำสามารถควบคุมความเร็ว โดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่เข้าวงจรควบคุม ซึ่งมุมของการเคลื่อนที่ในแต่ละพัลส์นั้นจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว และยังเหมาะที่จะเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 หลักการขั้นพื้นฐานของเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติ

ขั้นตอนการวางส่วนประกอบ หรือที่เรียกว่า Pick and Place ประกอบด้วยขั้นตอนที่จำเป็นในการหยิบจับอุปกรณ์จากภาชนะบรรจุ และ วางลงบน แผ่น PCB เนื่องจากต้องการความละเอียดสูงมาก (+-0.2 มม. หรือน้อยกว่า) สำหรับชนิดของแต่ละส่วนประกอบ

ลำดับขั้นตอนพื้นฐานของการวางอุปกรณ์ มีดังนี้คือ

1.Board Indexing : การกำหนดตำแหน่งของบอร์ดใหม่เข้าไปในระบบ
2.Board Registration : การจัดให้ Board อยู่ในรูป Coordinate ของเครื่องจักร
3.Component Presentation : การแสดงรายการอุปกรณ์ เพื่อที่จะสามารถรู้ตำแหน่งสำหรับการหยิบโดย Vacuum Placement Tool
4.Component Pickup : นำเอาอุปกรณ์ออกจาก Feeder เพื่อเตรียมไว้สำหรับการวาง
5.Component Centering : การจัดอุปกรณ์ให้อยู่ในรูป Coordinate ของ เครื่องจักร
6.Component Placement : ทำการวางอุปกรณ์ลงบน Board
7.Board Indexing : การนำ Board ที่วางอุปกรณ์เรียบร้อยแล้วออกจากเครื่องจักร

สองขั้นตอนพิเศษที่สามารถเพิ่มเข้ามา เพื่อความสามารถที่ดีขึ้นมีดังนี้

1.Adhesive Disdensing : มีการใช้การยึดอุปกรณ์โดย wave soldered
2.On-Line Electrical Verification : ทำการตรวจสอบทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่ได้วางไปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการออกแบบและการทำงาน

3.1 ขั้นตอนการออกแบบ

สามารถแยกส่วนที่ต้องทำการศึกษาได้เป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ ด้านเครื่องกล และด้านอิเลคทรอนิค & คอมพิวเตอร์

ก. ด้านเครื่องกล

ในการสร้างเครื่องมือขึ้นมาชุดหนึ่งต้องมีความรู้ และ ความเข้าใจในหลักการพื้นฐานทางเครื่องกล ดังนั้น ในการสร้างเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติ (AUTO MATIC PICK & PLACE MACHINE) จำเป็นต้องเรียนรู้หลักการ แล้วนำมาประยุกต์ ให้เหมาะสมกับงานนั้น ๆ โดยเริ่มจาก การออกแบบ DESIGN ส่วนประกอบทั้งหมดของเครื่องแต่ชิ้นงานขนาดเล็ก ๆ ไปจนถึง ชิ้นงานขนาดใหญ่มีการพิจารณาถึงแบบ DRAWING ไม่ซับซ้อนมาก, สะดวก และง่าย ในการทำงาน, มีขนาดกระทัดรัด, พิจารณาเลือกชนิดวัสดุที่เหมาะสม,มีความสามารถในการรับแรงได้ดี, ขีดจำกัดของอุปกรณ์แต่ละ ชิ้นงานตลอดจนการเลือก เครื่องมือ สถานที่ และขั้นตอนการทำ

สำหรับชิ้นส่วนเครื่องจักรที่มีความยากในการสร้างมาก เช่นเครื่องจ่ายอุปกรณ์, ตัวแท่นของเครื่องจักร, หัวจับสูญญากาศ ได้ทำการจัดซื้อมาประกอบเลย

ข. ด้านอิเลคทรอนิค & คอมพิวเตอร์ (ELECTRONIC & COMPUTER)

มีการนำตัว DRIVE มาขับมอเตอร์ ของการเคลื่อนที่ในแนว แกน X Y Z และแกน R การหมุนของหัวจับสูญญากาศ ซึ่งสามารถทำงานได้ คล่องตัวกว่าการใช้วงจร DRIVE ธรรมดา (L 298) เลือกใช้ระบบนิวเมติกควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวแกน Z (เคลื่อนที่ขึ้น, เคลื่อนที่ลง) ด้วย PRESSURE SENSOR ทุกส่วนที่ประกอบติดตั้งแล้ว สามารถควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถพัฒนาโปรแกรมให้เหมาะสมกับการ ใช้ในงานอุตสาหกรรมต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบส่วนเครื่องกล

3.2.1 BASE (ฐานรอง) และโครงฐานรอง

แนวคิด : ฐานรอง นับเป็นโครงสร้างสำคัญที่ใช้เป็นพื้นฐานในการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด ซึ่งต้องมีความแข็งแรง (rigid) เพียงพอที่จะรองรับระบบในขณะที่ระบบหยุดนิ่งโดยไม่เกิดการสั่นไหวเนื่องจากจะเป็นการลดความแม่นยำ (accuracy) ของตำแหน่งที่วางอุปกรณ์

การออกแบบ : วัสดุที่ใช้เป็น แผ่นอลูมิเนียม เพราะน้ำหนักเบากว่า ดังรูปที่ 3.2.1

ขนาด กว้าง 600 มม. , ยาว 2000 มม. , หนา 10 มม. (น้ำหนักประมาณ 40 กก.)

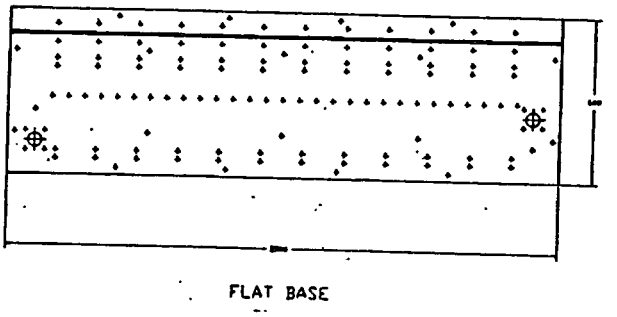
มีการกำหนดรูเจาะทำเกลียว สำหรับยึดติดอุปกรณ์ ต่าง ๆ ได้แก่ SHAFT SUPPORT, BALL RAIL, PULLY, MOTOR ทำขาตั้งโครงเหล็ก (เหล็กรางน้ำ) ใช้ขนาด 4 นิ้ว สูง 50 มม. กว้าง 100 มม. ดังรูปที่ 3.2.2

เพื่อรองรับน้ำหนักจากฐานรองอีกทีหนึ่งได้ออกแบบ ให้มีการแบ่งรับน้ำหนักเป็น 4 ตอน เชื่อมติดกัน รวมฐานรองแล้ว สูงจากพื้น 800 มม.

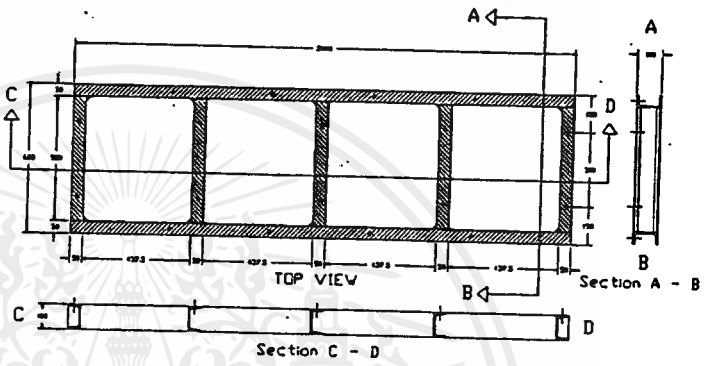
การ MACHINE : เนื่องจากแผ่นฐานรอง มีขนาดใหญ่มาก จำเป็นต้องหาตัวเครื่อง MACHINE ขนาดใหญ่มาก และ มีความเที่ยงตรงสูง ที่สามารถทำงานตามขั้นตอน ได้ตลอดแนวของชิ้นงานให้ได้แนวระดับเมื่อทำการปาดหน้า พร้อมทั้งเจาะรูทำเกลียวตามแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2.1 ฐานรอง



รูปที่ 3.2.2 โครงฐานรอง



3.2.2 เครื่องจ่ายอุปกรณ์ (Component Feders)

แนวคิด : เครื่องนี้เป็นเครื่องบรรจุชิ้นอุปกรณ์ประเภทต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ต้องตั้งบนแผ่นลายวงจร (แผ่น PCB) ซึ่งมีให้เลือกหลายรูปแบบด้วยกันคือ แบบเทป (TAPE AND RELL) แบบ WAFFLE TRAYS หรือ BULK PACKING ในภาคผนวก

การออกแบบ : มีการทำร่องเป็นแนวยาว บนฐานรอง (BASE) ลึก 10 มม. สำหรับใช้ยึดติด FEEDER ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง

3.2.3 ฐานสำหรับวางแผ่นลายวงจร (TABLE OF PCB)

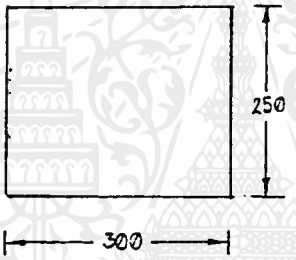
แนวคิด : ฐานของแผ่นวงจรที่เหมาะสมควรมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดขนาดแผ่นวงจรจริง ๆ เพราะ จะได้สะดวกมีขนาดกะทัดรัด ทั้งต้องแข็งแรง (Rigid) และมีน้ำหนักเบาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

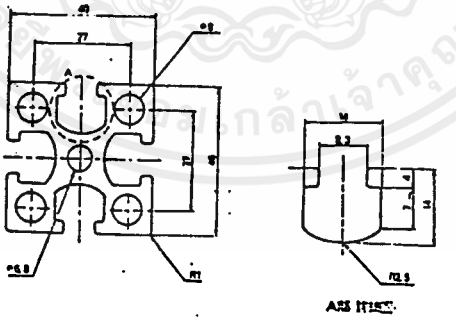
การออกแบบ : วัสดุที่ใช้เป็น แผ่นอลูมิเนียม มีขนาดพื้นที่ใช้งานด้านบน กว้าง 250 มม. , ยาว 300 มม. ,หนา 10 มม. ดังรูปที่ 3.2.3 ก นอกจากนี้ TABLE จะมีส่วนที่คอยยึดกับส่วนที่ทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่ (PUNNER BLOCK) จึงมีการออกแบบ SUPPORT โดยการเลือกใช้ PROFILE ขนาด 40 มม.* 40 มม. (มี นน.เบาเพราะข้างในกลวง) สูง 36 มม. (เพื่อยกระดับ TABLE ให้สูงจาก SLIDE UNIT ทั้ง 2 ด้าน) ดังรูปที่ 3.2.3 ข

การ MACHINE : ลำดับขั้นตอนการทำชิ้นงาน แสดงในหัวข้อ 3.3

รูปที่ 3.2.3 ก



รูปที่ 3.2.3 ข



3.2.4 อุปกรณ์ที่ช่วยในการขับเคลื่อน

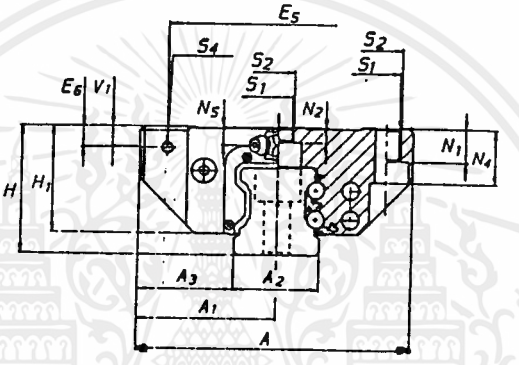
แนวคิด : ตัวขับเคลื่อน ควรมีการเคลื่อนที่ ด้วยความคล่องตัว (SMOOTH) มีการเคลื่อนที่ไปตามแนวยาว (แกน X)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบ : 1. เลือกตัว RUNNER BLOCK ในการเคลื่อนที่บน RAIL มีความยาว 1800 มม. ตามรูปที่ 3.2.4 ก

ข้อดี_ของชุดการเคลื่อนที่แบบนี้คือ สามารถรับแรงกดที่กระทำทั้งด้านบน, ด้านข้างและแรงบิดได้ดีโดยมี RAIL เป็นแกนนำร่อง นำมาใช้ในการขับเคลื่อนตัว TABLE ตามแนวแกน X และ การขับเคลื่อนตัว PLACEMENT HEAD ตามแนวแกน Y (ยึดกับ ALUMINIUM แผ่นแนวขวางด้านบน)

รูปที่ 3.2.4 ก



2. เลือกตัว SLIDE UNIT ที่มีการขับเคลื่อนบน SLIDE SHAFT ตามแนวแกน X ดังรูปที่ 3.2.4 ข

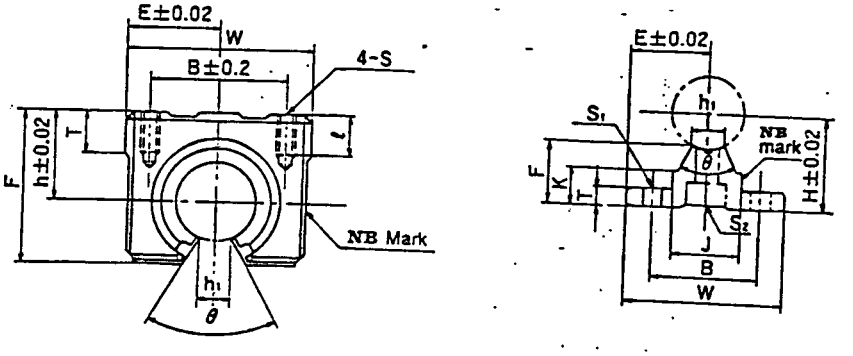
เพราะ ต้องสามารถรับน้ำหนัก และ รับแรงกดหลายด้านได้

Cance ใช้ในการขับเคลื่อน PROFILE ALUMINUM

(ตัวโครงในการติดตั้งฐาน ALUMINUM แนวแกน Y)

ยึดติดกันด้วย ตัวยึด (SUPPORT) ในหัวข้อ 3.2.7

รูปที่ 3.2.4 ข



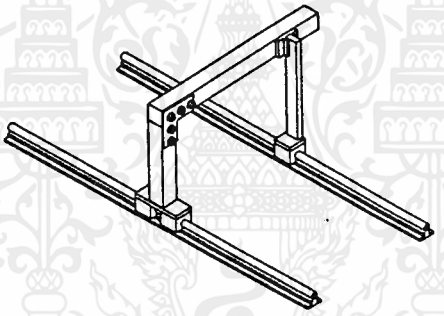
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 ส่วนรองหัวจับ (PLACEMENT HEAD SUPPORT)

แนวคิด : ส่วนรองรับจำเป็นต้องเป็นส่วนที่มีความมั่นคงแข็งแรงมาก ๆ เพราะจะทำให้เกิดค่าผิดพลาดของตำแหน่งได้ ถ้ามีการเอียงเอียงเกิดขึ้น

การออกแบบ : เลือกใช้ PROFILE ALUMINIUM เนื่องจากมีน้ำหนักเบา และมีโครงสร้างที่สามารถรับแรงได้ พร้อมกับมีร่อง T-SLOT ทำให้ง่ายแก่การประกอบ ดังรูปที่ 3.2.5 โดยมีขนาดหน้าตัด 40 มม.* 40 มม.

รูปที่ 3.2.5



3.2.6 ตัวขับเคลื่อน

แนวคิด : ตัวขับที่ใช้ต้องมีแรงฉุดมากพอที่จะดึงตัว RUNNER BLOCK และ HOUSEING ขณะมีการรองรับน้ำหนักอยู่ ให้เคลื่อนที่ตามแนวแกนได้ โดยไม่ติดขัด ส่วนระยะการเคลื่อนที่จริงกับ ระยะการเคลื่อนที่ตามแนวขนานแกนกลาง ต้องมีค่า ERROR ต่อ STEP น้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบ : มีการเลือกใช้ระบบการขับเคลื่อนสลิง ด้วย MOTOR & DRIVER คือในระบบประกอบด้วย

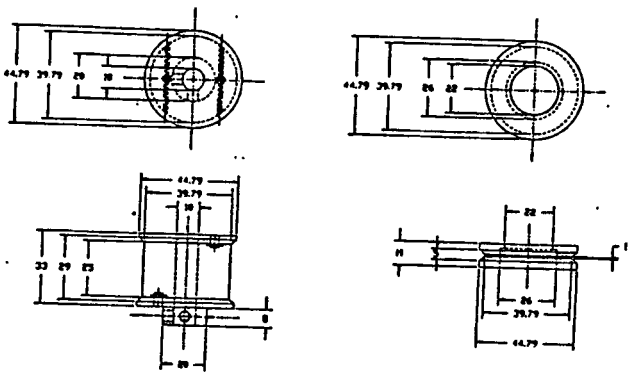
1. MOTOR & DRIVER
2. SLING
3. PULLEY

1.MOTOR ที่เลือกใช้มี 16 jumper สามารถเลือกได้ตั้งแต่ 200 ถึง 50,800 steps/rev และมี Speeds ต่อเนื่องถึง 50 RPS (3,000 RPM) ป้อนแหล่งจ่าย 24 - 75 VDC , กระแสสูงสุด 7.5 Amps ที่ 75 VDC

2.SLING (สายสลิง) ในที่นี้เราเลือกใช้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มม.(ในการเลือกต้องทราบขนาดและน้ำหนักที่ต้องดึงด้วย) ความยาวที่ต้องใช้ต่อ 1 ชุด PULLEY ประมาณท่ากับ 3 เท่าของระยะการเคลื่อนที่

3.PULLEY ชิ้นที่ทำขึ้น มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 39.79 มม.สูง 11 มม. ดังรูปที่ 3.2.6 ก และ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 39.79 มม. สูง 33 มม.ดังรูปที่ 3.2.6 ข
จากรูปจะเห็นได้ว่า มีการเจาะรู ที่แนวศูนย์กลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 26 มม. เพื่อสวมอัด BEARING ส่วนรูที่เห็น ด้านบนขวาและล่างซ้าย ทำขึ้นเพื่อใช้ยึดปลายสายสลิง (SLING)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2.6 ก,รูปที่ 3.2.6 ข แสดงขนาดของ Pulley

ในการคำนวณหาขนาด PULLEY ต้องคำนึงถึงระยะทางที่เคลื่อนที่และขนาดของลวดสลิง (SLING) ที่ใช้ประกอบกันคือ เมื่อกำหนดให้

ขนาดของลวดสลิง = 1.5 มม.

ระยะทางที่เคลื่อนที่สูงสุด = 2,000 มม.

กำหนดจำนวนรอบทั้งหมด = 16 รอบ

เพราะฉะนั้น ความสูง = 1.5*16 = 24 มม.

(เลือกออกแบบ สูง 25 มม. เผื่อระยะ clearance ด้วย)

ระยะการเคลื่อนที่สูงสุด = 2,000 มม.

พันรอบ PULLEY = 16 รอบ

ดังนั้นได้ ระยะ 1 รอบ = $\frac{2000}{16}$ = 125 มม.

แต่ สูตรหาเส้นรอบวง = πD

แทนค่า $125 = \pi D$

จะได้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $D = \frac{125}{\pi}$ = 39.79 มม.

(เลือกออกแบบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง = 39.79 มม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ อาจหาได้จากตารางข้างล่างนี้

โดยที่ S = ความเร็วรอบของมอเตอร์

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ PULLEY (0.025 * S / π) มม.

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ SLING (ในที่นี้ ลือก 1.5 มม.)

T = จำนวนรอบที่พัน (L / πD) รอบ

H = ความสูงของ PULLEY (T * d) มม.

L = ระยะการเคลื่อนที่ (ในที่นี้เลือก 1750 มม.)

S	D	T	H
5080	40.425	14.173	21.259
5000	39.789	14.400	21.600
3600	28.648	20.000	30.000
2560	20.372	28.125	42.188
2540	20.213	28.346	42.519
2500	19.894	28.800	43.200
2160	17.189	33.333	50.000
2000	15.916	36.000	54.000
1280	10.186	56.250	84.375
1000	7.958	72.000	108.000
500	3.979	144.000	216.000
200	1.592	360.000	540.000
100	0.796	720.000	1080.000
40	0.318	1800.000	2700.000
20	0.159	3600.000	5400.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

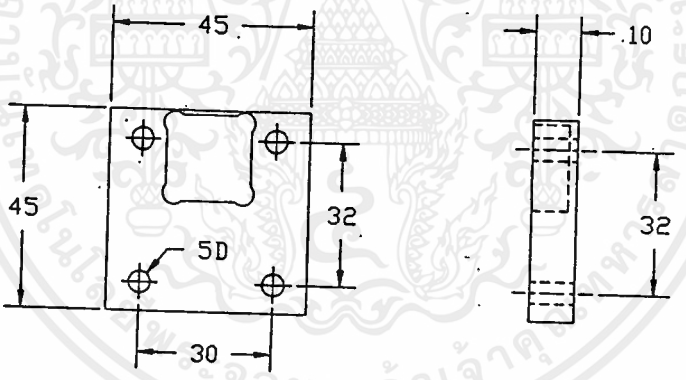
3.2.7 ตัวจับยึด (SUPPORT)

แนวคิด : การทำ SUPPORT เพื่อยึดติดอุปกรณ์เข้าด้วยกัน ต้องเป็นส่วนที่มีความมั่นคงแข็งแรงมาก เพื่อป้องกันการเกิด ค่าตำแหน่ง ที่ผิดพลาด

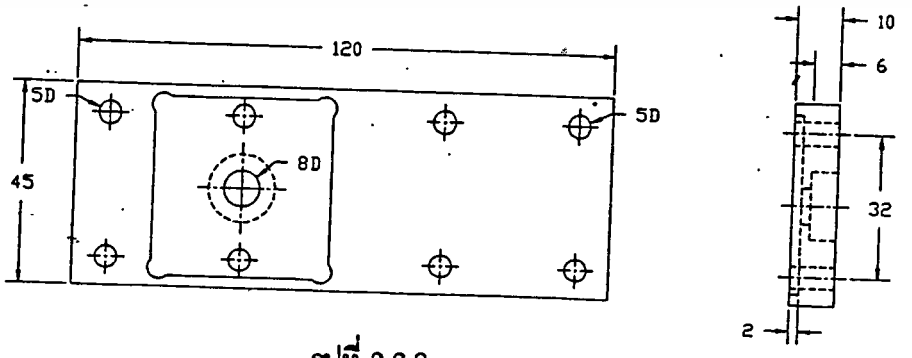
การออกแบบ : ชิ้นส่วน SUPPORT ทั้งหมดที่ใช้ประกอบในเครื่องนี้คือ

ก.ในแนวแกน X ได้แก่

ตัวยึดกับ Slide Unit มีขนาด ดังรูปที่ 3.2.7 มีการทำร่องไว้ยึดติดกับอลูมิเนียมกลวงขนาด 2*2 มม^2 ฝังลึกลงไป 2 มม. เพื่อกำหนดตำแหน่งที่แน่นอน และ ขนาด ดังรูปที่ 3.2.8 ทำร่องยึดกับอลูมิเนียม PROFILE แล้วยึดน็อตแบบฝังหัวด้านล่าง



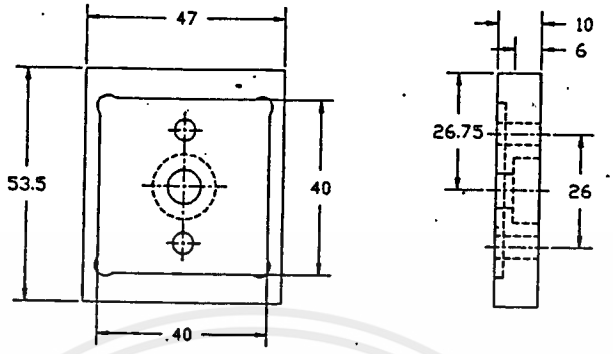
รูปที่ 3.2.7



รูปที่ 3.2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

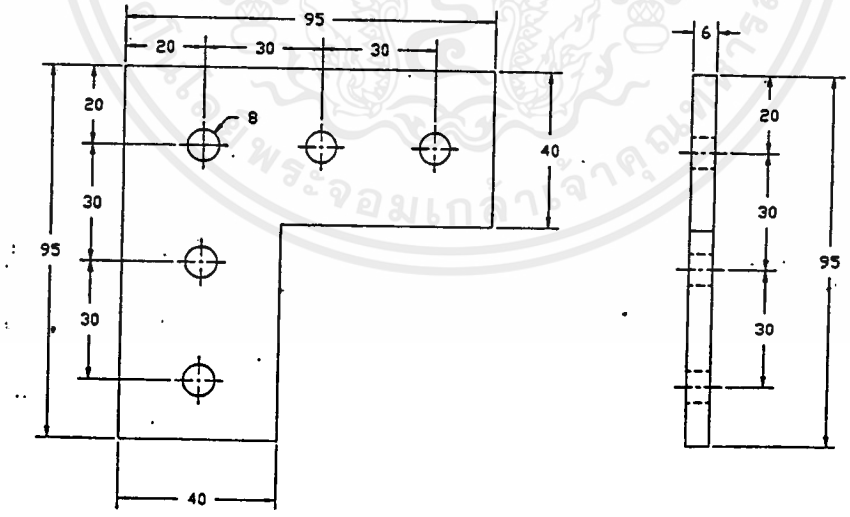
ตัวยึดกับ Runner Block มีขนาดดังรูปที่ 3.2.9 ใช้ยึดตัวแกน Profile กับ Runner Block



รูปที่ 3.2.9

ข.ในแนวแกน Y ได้แก่

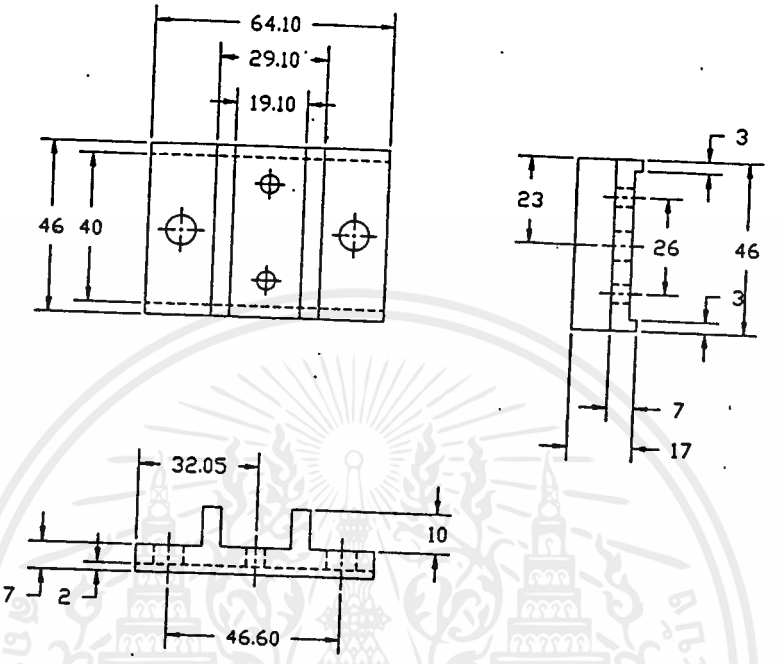
ใช้ประกอบยึดฉาก มีขนาด ดังรูปที่ 3.2.10 ใช้ยึดประกอบฉากของโครงอลูมิเนียม Profile ตามแนว T-SLOT ด้วยน๊อต M8



รูปที่ 3.2.10

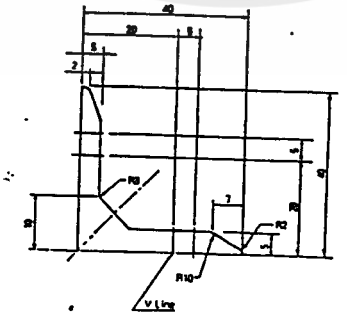
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตัวยึดแกนอลูมิเนียมกลวง</u> ใช้ประกบกัน 2 ตัว มีขนาดดังรูปที่ 3.2.11 โดยทำเป็นร่องขนาดพอดี แล้วยึดด้วยน๊อตอีกที



<u>รูปที่ 3.2.11</u>

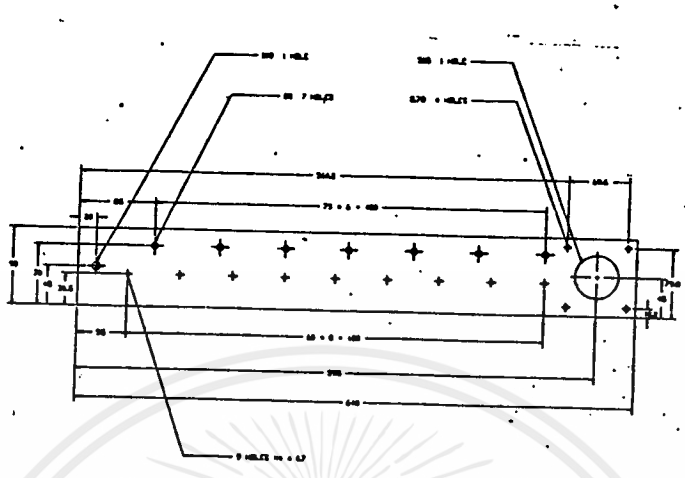
<u>ตัวยึดมุมฉาก</u> (Blanket) มีขนาดดังรูปที่ 3.2.12 ใช้ในการยึดมุมของโคลงอลูมิเนียม ด้วยน๊อตขนาด M8
ตามแนว T-SLOT



<u>รูปที่ 3.2.12</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ฐานยึดตัวขับเคลื่อนในแนวแกน Y</u> ใช้แผ่นอลูมิเนียมหนา 10 มม. มีขนาด ดังรูปที่ 3.2.13



<u>รูปที่ 3.2.13</u>

ค.ในแนวแกน Z ดังรูปที่ 3.6.1 ได้แก่

<u>ตัวยึดติดตั้งแกน Cylender</u> ใช้ในการยึดจับชุด Cylender กับตัว Runner Block ในแนวแกน Y

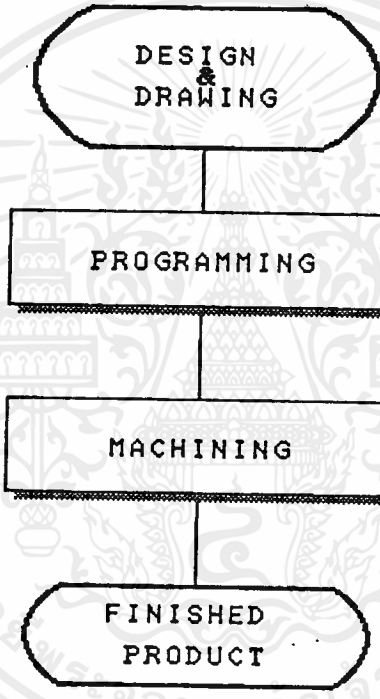
<u>ตัวติดตั้งชุดหัวสูญญากาศ</u> มีการทำร่องเพื่อติดตั้ง Stepping Motor และเจาะรูยึดหัวสูญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสร้างชิ้นงานด้วยเครื่อง ซีเอ็นซี (CNC)

เนื่องจากในการออกแบบและการสร้างชิ้นส่วนต่างๆ ต้องการความเที่ยงตรงสูง ซึ่งชิ้นงานบางชิ้นที่มีแบบค่อนข้างซับซ้อน หรือ มีความต้องการชิ้นงานที่เหมือนกันหลายชุด ดังนั้นในการสร้างชิ้นส่วนต่างๆ ขึ้นมาเองนั้นจำ เป็นต้องใช้เครื่องซีเอ็นซี (CNC) ซึ่งสามารถสร้างชิ้นงานที่ต้องการได้ ดังจะแสดงลำดับขั้นตอนการผลิตชิ้นงานดังนี้คือ

<u>ขั้นตอนการผลิตชิ้นงานด้วยเครื่อง CNC</u>



ในการออกแบบชิ้นงาน มีข้อจำกัดที่ต้องพิจารณาด้วยดังนี้

1.หน้าที่ของชิ้นงานที่ออกแบบ โดยต้องมีการออกแบบให้เหมาะสมกับหน้าที่ของชิ้นงานนั้น ๆ

2.ตำแหน่งในการติดตั้ง และอุปกรณ์ที่ช่วยในการยึดติด

3.ความแข็งแรง

4.ต้องง่ายและประหยัดเวลาในการสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบส่วนหัวจับสูญญากาศ

แนวคิด : ตามลักษณะการหยิบจับของแขนกล มีหลายประเภทต่าง ๆ กัน โดยพื้นฐานแล้ว ยึดหลักการเคลื่อนที่แบบการสัมพันธ์ ของแกน X,Y,Z และ แกน R เหมือนกัน

การออกแบบ : ตามลักษณะโครงงานวิจัยชุดนี้ มีจุดมุ่งหมายที่จะออกแบบการหยิบจับอุปกรณ์ขนาดเล็ก เช่น ชิพ IC, ตัวเก็บประจุและอื่น ๆ จึงเลือกใช้ระบบสูญญากาศโดยมีส่วนประกอบต่าง ๆดังนี้ คือ

1. หัวจับสูญญากาศ (VACUUM PAD) เลือกใช้ ขนาด diameter 5 มม.เพราะสามารถยึดจับอุปกรณ์ขนาดเล็กๆ ได้ มีการยึดต่อ แกนอลูมิเนียมขนาดสวมอัด BEARING

2. STEPPING MOTOR ที่เลือกใช้มีขนาด 0.5 A. ซึ่งในที่นี้เป็นตัวขับ PULLEY & BELT หมุนรอบไม้ทำให้ หัวสูญญากาศหมุนได้รอบถึง 360 องศา เพราะ ในการนำชิ้นงานลงวางบางครั้งต้องมีการปรับทิศทางก่อน

3. PULLEY & BELT เป็นตัวช่วยการขับเคลื่อนมี Pulley 2 ตัวขนาด 16 ร่อง (ใช้ยึดกับแกนของ VACCUM) ขนาด 24 ร่อง (ใช้ยึดกับแกน MOTOR) ใช้คู่กับ Timimg Belt ขนาดหนา 1 มม. มีจำนวน 80 ร่อง ความยาวรอบวง 160 มม.

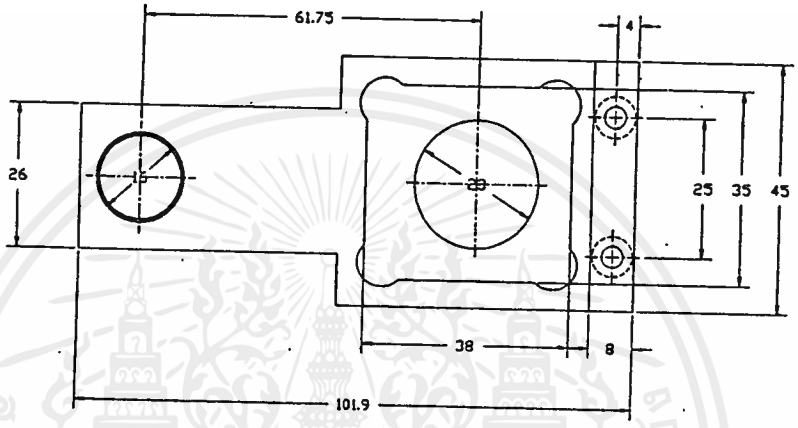
4. BEARING นำมาช่วยการขับเคลื่อนที่คล่องตัวของหัวสูญญากาศ โดยนำมายึดแบบสวมอัดพอดี เลือกใช้ขนาดวงใน 6.2 มม., วงนอก 16 มม.

5. PIN-CYLENDER เลือกใช้ขนาด 16*45 เป็นแบบยึดติดกับ Slide Unit เพื่อควบคุมแนวแกน Z ให้มีความเที่ยงตรง (rigid) ไม่บิด หรือเอียงซ้าย, ขวา ตลอดแนวระยะแกน

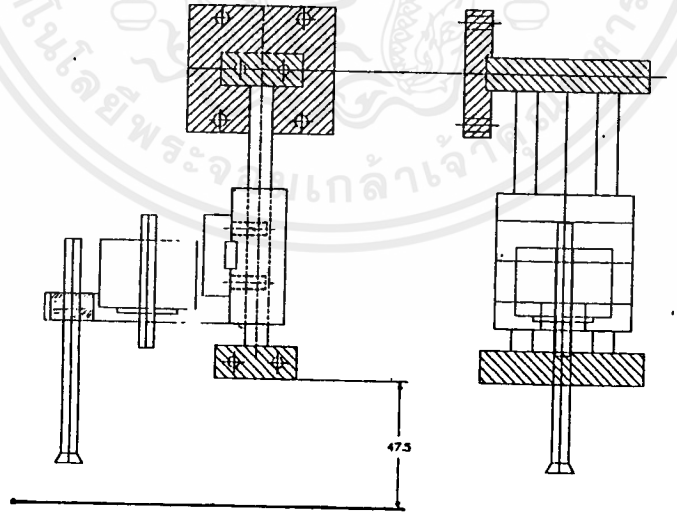
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน : เมื่อมีการกำหนดให้เคลื่อนไปยัง Feeder แล้ว แกน Cylinder จะเคลื่อนที่ลงจนเกือบถึงชิ้นส่วนอุปกรณ์จะค่อย ๆ เคลื่อนที่ต่ำลงจนถึงผิวบนชิ้นงาน หัวสูญญากาศ จะดูดติดอุปกรณ์ชิ้นนั้นขึ้นมาแล้วนำไปวางลงบนแผ่น PCB ตามจุด ที่กำหนดตำแหน่งไว้ เคลื่อนที่กลับตำแหน่งเดิน ณ จุดเริ่มต้น

ส่วน Support ที่เป็นตัวยึด หัวสูญญากาศ กับ Stepping Motor ดังรูปที่ 3.4.1 มีการทำร่องยึด Motor



รูปที่ 3.4.1



รูปที่ 3.4.2 โครงสร้างทั้งหมดของหัวจับสูญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 หลักการทำงานของเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติ

เครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติที่ได้ออกแบบมีหลักการทำงานดังนี้คือ

-ส่วนที่เคลื่อนที่ในแนวแกน X ประกอบด้วย Table สำหรับวางแผ่นลายวงจร (PCB : Print Circuit Board) และส่วนที่รองรับหัวจับ (Support of Placement Head)

-ส่วนที่เคลื่อนที่ในแนวแกน Y, ZและR คือตัวหัวจับ (Placement Head) ซึ่งติดอยู่กับ Runner Block ส่วนตัวอุปกรณ์ ที่จะนำมาติดตั้งบนแผ่นลายวงจร (PCB) จะบรรจุอยู่ในตัวจ่ายอุปกรณ์ (Feeder) ซึ่งมีการจัดเรียงตามขนาดของอุปกรณ์

ดังนั้นในขบวนการหยิบอุปกรณ์ออกจากตัวจ่ายอุปกรณ์ เพื่อมาวางบนแผ่นลายวงจรที่อยู่บนตัว Table หัวจับจะเคลื่อนที่ไปยังอุปกรณ์ชนิดต่างๆ โดยการเคลื่อนที่ของส่วนที่ยึดกับหัวจับในแนวแกน Y และการเคลื่อนที่ของหัวจับบนส่วนที่ยึดกันหัวจับในแนวแกน Y ในขณะเดียวกัน Table สำหรับวางแผ่นลายวงจรก็จะเคลื่อนที่ในแนวแกน X ด้วย เพื่อให้ตำแหน่งของจุดที่จะวางอุปกรณ์ตรงกับหัวจับซึ่งหัวจับจะหยิบอุปกรณ์แล้วเคลื่อนที่ในแนวแกน Y มาวางอุปกรณ์บนแผ่นลายวงจรลักษณะการออกแบบเช่นนี้ก็เพื่อเป็นการลดระยะทางในการเคลื่อนที่ของหัวจับทำให้เวลาที่ใช้ใน การหยิบและการวางอุปกรณ์ (cycletime) น้อยลง นอกจากนี้ ในการออกแบบให้ Table สำหรับวางแผ่นลายวงจรอยู่ใกล้ ๆ Feeders ให้มากที่สุด ก็เพื่อลดระยะการเคลื่อนที่ในแนวแกน X เช่นเดียวกัน ตัวหัวจับอุปกรณ์จะประกอบด้วยส่วนที่เคลื่อนที่ในแนวแกน Z เพื่อเคลื่อนที่ลงไปหยิบอุปกรณ์แล้วยกขึ้น จากนั้นก็จะเคลื่อนที่ในแนวแกน Y ในระดับเดิมที่ยกอยู่นั้น เมื่อถึงจุดที่ต้องการแล้ว จึงวางอุปกรณ์ลงโดยการเคลื่อนที่ลงในแนวแกน Z

ในการวางอุปกรณ์บนแผ่นลายวงจร PCB จะมีการวางอุปกรณ์ทำมุมหลายลักษณะ ซึ่งจะมีการปรับอุปกรณ์ที่ถูกหยิบออกมาจาก Feedersโดยการหมุนของหัวจับ ในแนวแกน R ให้ได้มุมที่ต้องการ ซึ่งในการปรับมุมนี้จะทำในขณะที่หัวจับหยิบอุปกรณ์แล้วเคลื่อนที่อยู่ในแกน Y ซึ่งถูกควบคุมทิศทางการหมุนด้วย Stepping Motor

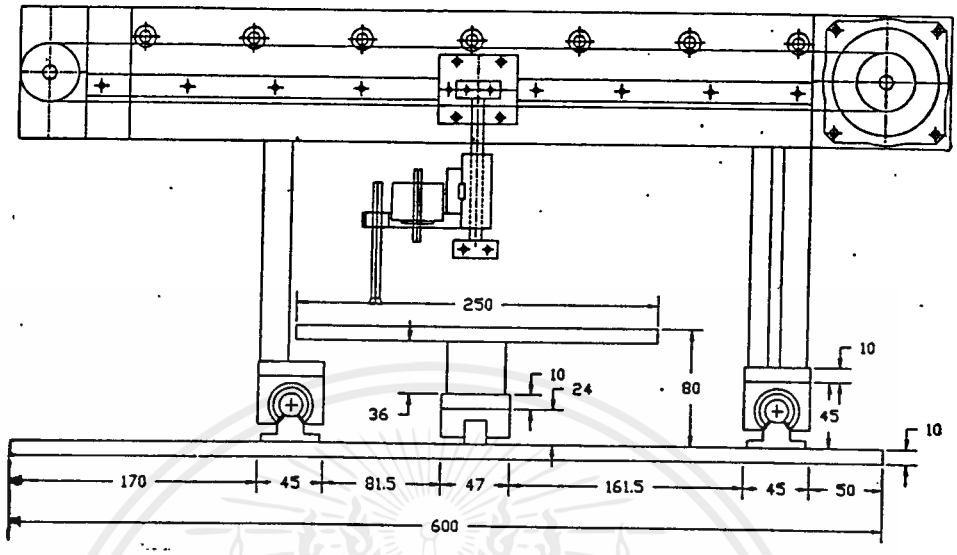
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบเช่นนี้ ทำให้เครื่องสามารถเคลื่อนที่ในหลาย ๆ แกนพร้อมกันเวลาที่ใช้ใน การหยิบ และวางอุปกรณ์ 1 ชิ้น (cycle time) จะเท่ากับเวลาที่ใช้เฉพาะในการเคลื่อนที่ในแนวแกน Y และแกน Z เท่านั้น

ขั้นตอนในการถอด และวางแผ่นลายวงจรลงบน TABLE สามารถทำได้โดย TABLE จะเคลื่อนที่แยกออกมาจากส่วนที่เป็นที่รองรับหัวจับ ทำให้การถอดและการวางแผ่นลายวงจรสามารถทำได้ง่ายและสะดวกขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ขั้นตอนการประกอบโครงสร้างทั้งหมดของเครื่อง(ด้านหน้า)



รูปที่ 3.6.1

พบว่ามีขั้นตอนหลัก ๆ ดังต่อไปนี้คือ

1.ติดตั้งฐานยึดกับโครงรองรับโดยมีการปรับแต่งโครงสร้างให้แข็งแรง

2.ติดตั้ง Slide Way ตามแนวยาว(แกนy)โดยยึดแถวแรกเป็น Refferenceส่วนแถวอื่นๆ จะติดตั้งให้ขนานกับแถวแรกทั้งหมด

3.ติดตั้ง Runner Block และ Slide Bush บน Slide Way พร้อมกับทำการทดสอบการเคลื่อนที่บน Slide Way ดูความคล่องตัวขณะเคลื่อนที

4.ติดตั้ง Pulley สายสลิง และ Motor สำหรับขับเคลื่อน Runner Block และ Slide Bush โดยมีสายสลิงยึดติดอยู่ด้วย

5.ติดตั้ง Table สำหรับวางแผ่นลายวงจร บนตัว Runner Block โดยจะมี Table Support เป็นตัวยึดดังรูปที่ 3.2.9

6.ทำการติดตั้งที่รองรับหัวจับ โดยจะติดตั้ง ฐานรอง Base of Main Support และ Base of Support AID พร้อมกับติดตั้ง Profileอลูมิเนียมเป็นโครงสร้าง โดยการใช้น๊อตยึดติดกันดังรูปที่ 3.1.5

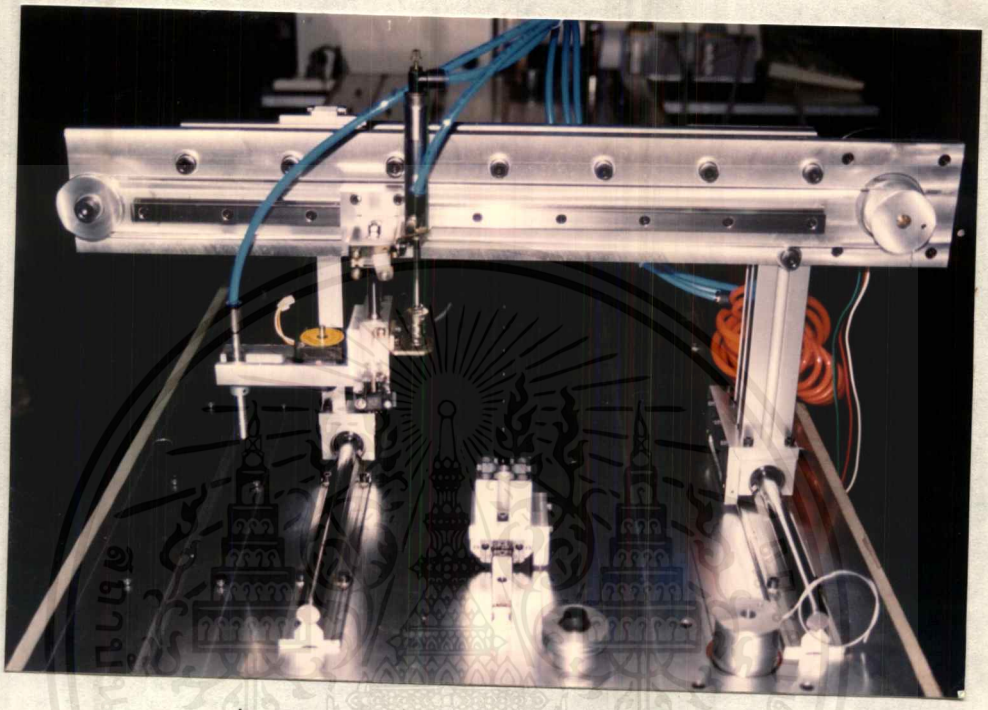
7.ทำการติดตั้ง Runner Block และ Vaccum Placememt Head บนที่รองรับหัวจับพร้อมติดตั้ง Motor ในการขับเคลื่อน Runner Block

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

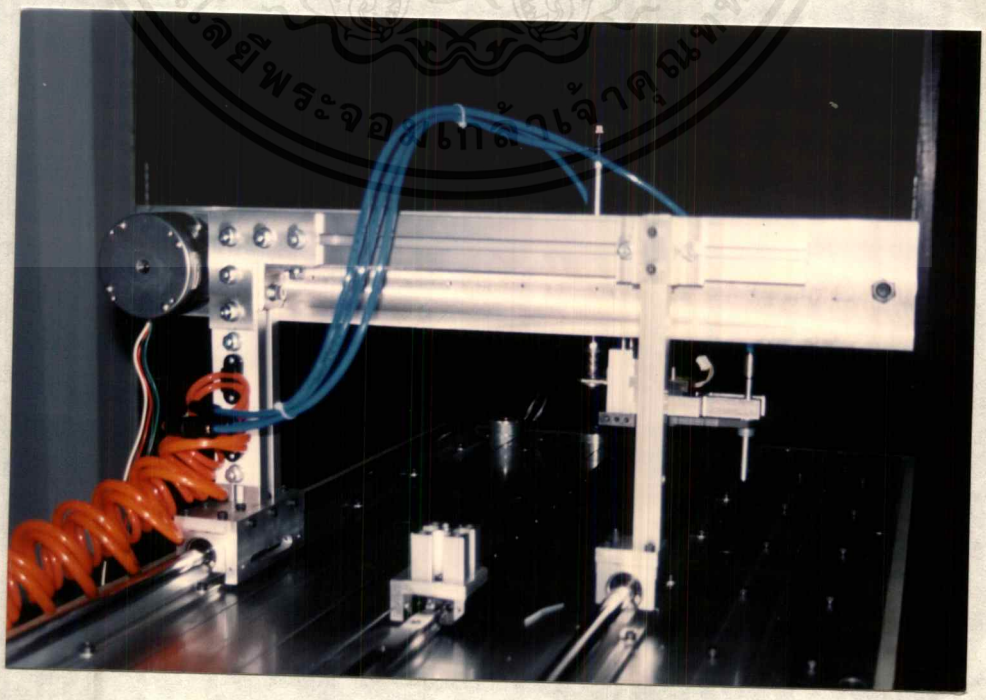
8.ทำการติดตั้งสายสัญญาณควบคุม สาย Pneumatic, VAC Pump

9.ทำการปรับแต่ง และ ติดตั้งส่วนประกอบย่อย ๆ ที่เหลือทั้งหมด

10.ทำการทดสอบการทำงานอย่างง่าย ๆ พร้อมทั้งตรวจสอบสภาพ



รูปที่ 3.6.2 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์จริง ด้านหน้า



รูปที่ 3.6.3 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์จริง ด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

โปรแกรมที่ควบคุมเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติสามารถแบ่งออก ได้เป็น

- โปรแกรมที่ควบคุมการขับเคลื่อน แกน X และแกน Y
- โปรแกรมควบคุมการขับเคลื่อนแกน Z และแกน Q (ของหัวจับสูญญากาศ)

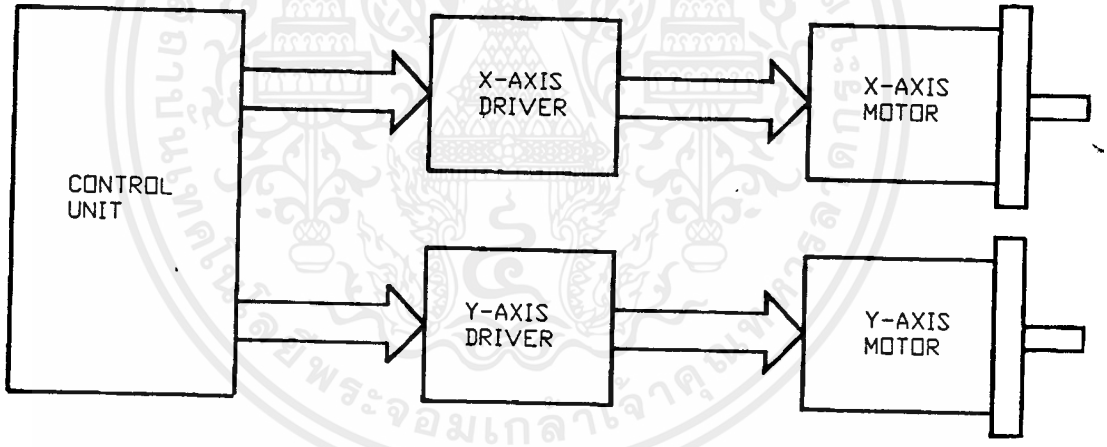
1. การขับเคลื่อนในแกน X และแกน Y

ในการออกแบบนี้ได้เลือกใช้ Stepping moter ชนิดที่มีความละเอียดสูงโดยใช้ของ Parker รุ่น OEM 650 series (สายละเอียดตามภาคผนวก) และปรับความละเอียดไว้ที่ 5000 สเต็ปต่อการหมุนของมอเตอร์ 1 รอบ (5000 steps / Revolution)การคำนวณค่าความละเอียดของการเคลื่อนที่ในแกน X และ Y

สามารถคำนวณได้ คือ

การควบคุม stepping moter ทั้ง 2 แกน ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือ

- หน่วยควบคุมการหมุน (CONTROL UNIT)
- ชุดขับเคลื่อน stepping moter (DRIVER)



บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมการหมุนของ stepping motor

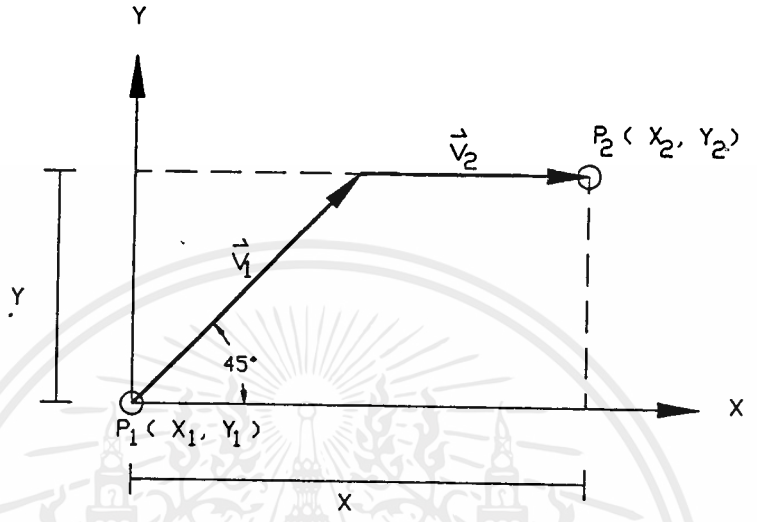
ฟังก์ชันการทำงานของแกนเครื่องจักร

การเคลื่อนที่ในระบบแกน X และ Y ของเครื่องจักร เป็นการเคลื่อนที่ในลักษณะฟังก์ชั่น ที่เป็นเชิงเส้นตรง (Linear Interpolation)

การเคลื่อนที่ระบบ 2 แกนของเครื่องจักรจะเป็นในลักษณะจากจุดถึงจุด (point to point) ซึ่งสามารถแบ่งความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ของแกนทั้งสอง ได้เป็น

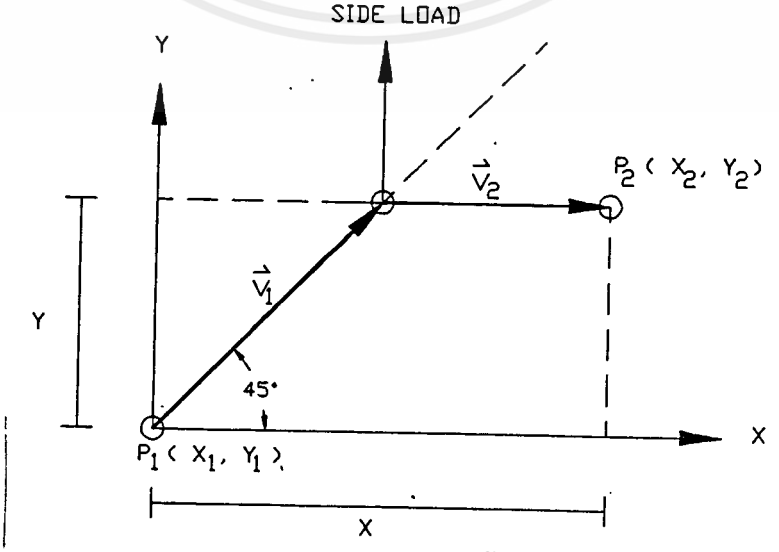
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Asynchronize คือการเคลื่อนที่ของแกน X และแกน Y จะเป็น อิสระต่อกัน โดยแต่ละแกนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุด ด้วยค่าที่เท่ากันนี้ทำให้ลักษณะของการเคลื่อนที่เป็นในลักษณะทำมุม 45 องศากับแกน การเคลื่อนทั้ง 2 เมื่อแกนใดแกนหนึ่งเคลื่อนที่จนสุดระยะแล้วจะทำให้เกิดเปลี่ยนทิศของการเคลื่อนที่ ไปในทิศทางของแกนที่ยังเหลือระยะอยู่



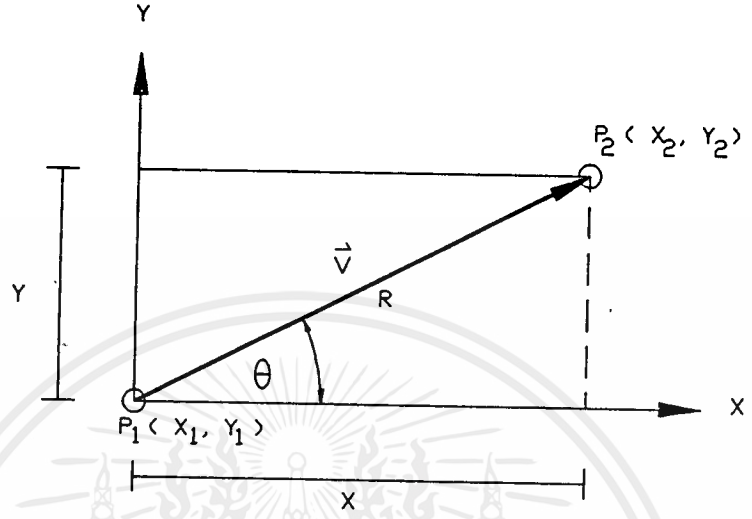
ข้อดี ของการเคลื่อนที่แบบนี้ คือง่ายในการควบคุม ลักษณะของความเร็วในแต่ละแกน ไม่ยุ่งยากในการคำนวณ

ข้อเสีย ของการเคลื่อนที่แบบนี้ คือในขณะที่แกนใดแกนหนึ่งหยุดการเคลื่อนแล้วจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการเคลื่อนไปในทิศทางของแกนที่เหลือเพียงแกนเดียว ลักษณะเช่นนี้ทำให้เกิด SIDE LOAD ขึ้น คือมีแรงมากระทำด้านข้าง ดังนั้นในงานหยิบวัตถุสิ่งของที่มีน้ำหนักค่อนข้างมากอาจจะทำให้วัตถุสิ่งของนั้นหลุดออกมาได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.Sychronize คือการเคลื่อนที่ของแกน X และแกน Y อย่างสัมพันธ์กันโดยแต่ละแกนจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่เท่ากัน ทำให้ลักษณะเส้นทางในการเคลื่อนที่ของระบบเป็นเส้นตรง จากจุดถึงจุด ซึ่งความเร็วในการเคลื่อนที่ของแกนทั้งสอง จะไม่เท่ากัน

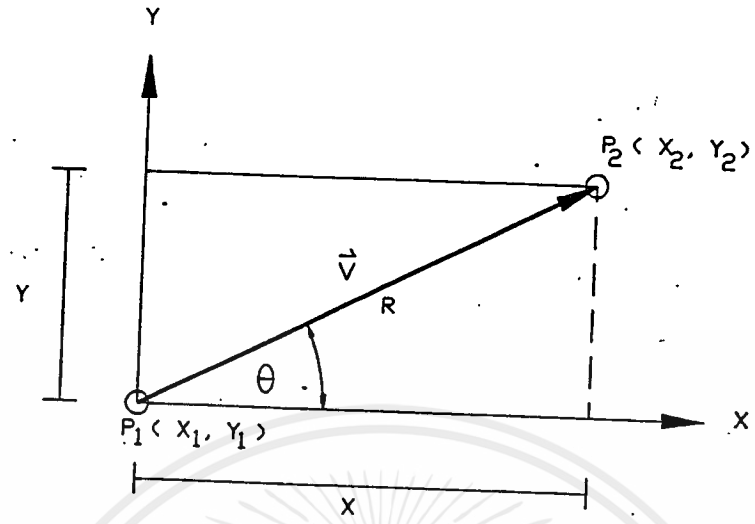


ข้อดี ของการเคลื่อนที่แบบนี้ คือจะเป็นการลด SIDE LOAD ลง ดังจะเห็นได้ว่าไม่มีจุดเปลี่ยนทิศความเร็วตลอดการเคลื่อนที่ระหว่างจุด การเคลื่อนที่จะเป็นในลักษณะเส้นตรงจากจุดถึงจุด

ข้อเสีย ของการเคลื่อนที่แบบนี้ คือ ความยุ่งยากในการควบคุม เนื่องจากการที่ให้การเคลื่อนที่แต่ละแกน สามารถหยุดพร้อมกันได้ที่จุดเป้าหมาย จะต้องมีการกำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ของแต่ละแกนซึ่งจะต้องมีการคำนวณเกิดขึ้นมากมายทำให้หน่วยประมวลผลเสียเวลาตรงนี้มาก

ในการออกแบบโปรแกรมควบคุมระบบขับเคลื่อนในแกน X และ Y นี้เลือกระบบความสัมพันธ์ของแกนทั้งสองเป็นแบบ Synchronize โดยสามารถวิเคราะห์หาฟังชั่นของ การเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นลักษณะฟังก์ชันเส้นตรงเชิงความเร็ว ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การเคลื่อนที่เป็นฟังก์ชันเส้นตรง ถ้า P_1 เป็นจุดเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ เป็นฟังก์ชันเส้นตรงที่พิกัด (X_1, Y_1) และ P_2 คือ จุดสิ้นสุดของการเคลื่อนที่ ที่พิกัด X_2, Y_2 ความเร็วในการเคลื่อนที่จาก P_1 ไปยัง P_2จะมีค่าเป็น

$$V = \frac{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}{t}$$

ความเร็วสัมพัทธ์ของ Y และ X ที่ทำให้เกิด V จะมีค่าเป็น

$V_Y = V \sin \theta$ $\qquad$ $V_X = V \cos \theta$

ถ้า R คือ ความยาวของเส้นตรงที่ลากจากจุด P_1 มายัง P_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทำนองเดียวกัน $\cos\theta = \dfrac{(X_2 - X_1)}{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$

$= \dfrac{(X_2 - X_1)}{R}$

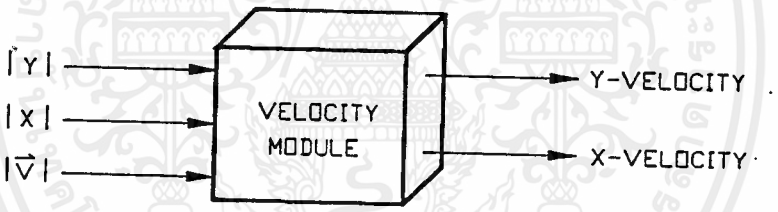
โดยการแทนค่า จะได้

$$V_X = \frac{V}{R} * (X_2 - X_1)$$

$$V_Y = \frac{V}{R} * (Y_2 - Y_1)$$

โดย V = ความเร็วของการเคลื่อนที่ของหัวจับ ในระนาบ X - Y

R = การเคลื่อนที่ของหัวจับในเชิงเส้นตรง



รูปแสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบซอฟแวร์
ของการเคลื่อนที่ระบบ 2 แกนในกรณีเส้นตรง

ลักษณะของโปรแกรมจะเป็นโปรแกรมค่าเพิ่ม (Incremetal Programming) จุดกำเนิดไม่มีความจำเป็นที่จะถูกใช้ การเคลื่อนที่ทั้งหมด ถูกอ้างอิงจากตำแหน่งสุดท้ายของการเคลื่อนที่ของหัวจับ

ดังนั้น $V_Y = \dfrac{|V|}{R} * |Y|$

และ $V_X = \dfrac{|V|}{R} * |X|$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่า input ที่ต้องการสำหรับป้อนให้กับ VELOCITY MODULE ประกอบด้วยตัวแปรอยู่ 3 ตัวคือ |Y| ระยะขจัดในแกน Y

|X| ระยะขจัดในแกน X

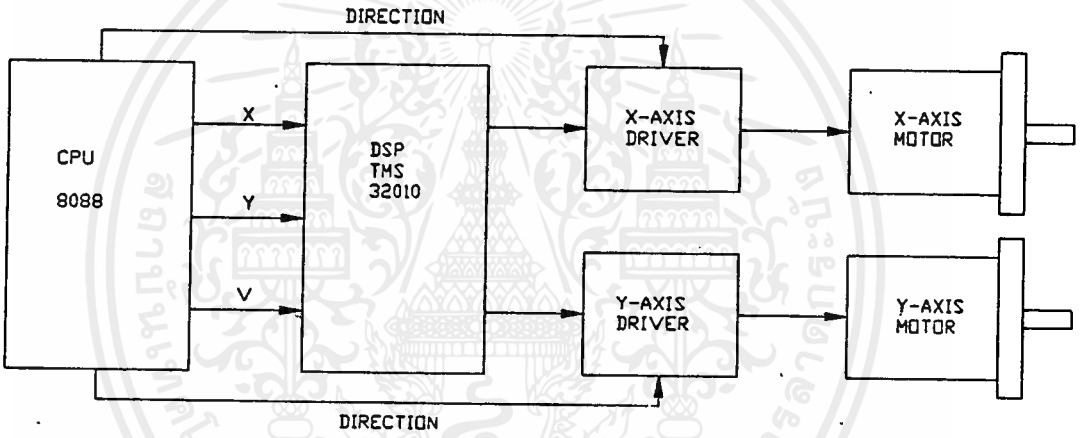
|V| ความเร็วในการเคลื่อนที่ในระนาบ X-Y

ส่วน output ที่จะได้จาก VELOCITY MODULE

V_Y ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแกน Y

V_X ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแกน X

ลักษณะของฮาร์ดแวร์ (HARD WARE) ส่วนควบคุมประกอบด้วย



หน่วยประมวลผลใช้ CPU 8088 ที่มีความเร็วของสัญญาณนาฬิกา เป็น 4 เม็กกะเฮิร์ท (Mhz) มีหน่วยความจำแบบอ่านได้อย่างเดียว 128 กิโลไบท์ (Kilo-bytes) หน่วยความจำแบบอ่านและเขียนได้ขนาด 128 กิโลไบท์

การพัฒนาโปรแกรมจะใช้ภาษาแอสเซมบลี (ASSEMBLY) กระทำบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

ในการคำนวณสมการคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ใช้ DSP TMS 32010 โดย CPU 8088 จะป้อนค่า INPUT V, X, และ Y ให้กับ DSP เพื่อทำการคำนวณแล้วส่งค่าความถี่ของ pulse ให้กับ dirver เพื่อทำการขับเคลื่อน stepping motor ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การตรวจสอบการทำงานของเครื่อง

เมื่อทำการติดตั้งชิ้นส่วนทั้งหมด พร้อมทั้งต่อส่วนขับเคลื่อนของแต่ละแกนเรียบร้อยแล้ว สามารถตรวจสอบการทำงานได้โดยการทดลองการขับเคลื่อนตามขั้นตอนคือ

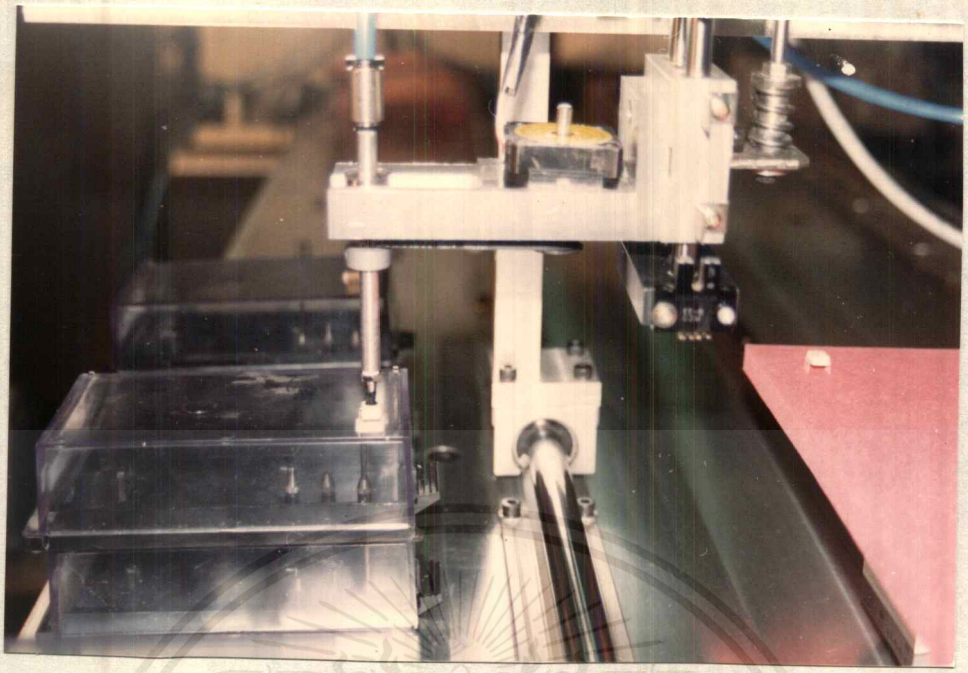
ขั้นตอนที่ 1 ทดลองการขับเคลื่อนตามแนวแกน X และ Y ซึ่งมี COMPUTER เป็น ตัวควบคุมการขับเคลื่อนของ MOTOR ทั้ง 3 ตัว
พบว่า MOTOR ไปขับ PULLEY ที่คล้องด้วยสายสลิงทำให้เครื่องสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่กำหนดไว้ใน PROGRAM

ขั้นตอนที่ 2 ทดลองการขับเคลื่อนตามแนวแกน Z ซึ่งมีการใช้ ชุดของ PLC (PROGRAMABLE LOGIC CONTROL) เป็นตัวควบคุมการเปิด–ปิด วาล์วของท่อลม
พบว่า กระบอกลม (CYLINDER) สามารถเคลื่อนที่ขึ้นและลงได้ทั้งยังควบคุมอัตราเร็วได้อีกด้วย

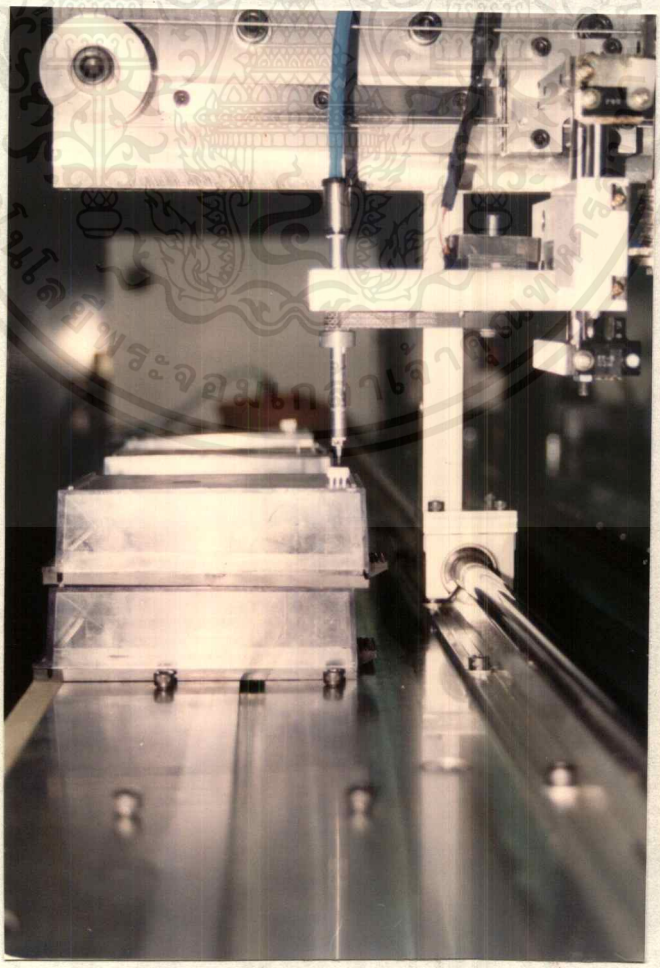
ขั้นตอนที่ 3 ทดลองการจับวางอุปกรณ์ของส่วนหัวจับสูญญากาศ ซึ่งใช้ PLC ควบคุมการเปิด–ปิดวาล์วของท่อสูญญากาศ VACUUM และชุดขับเคลื่อนของ STEPPING MOTOR ในแกน R (โดยใช้ L297)
พบว่า ส่วนหัวจับสูญญากาศ สามารถ **จับ** และ **วาง** อุปกรณ์ได้ดังปรากฏในรูป ก, ข, ค, และ ง

จะเห็นได้ว่า " เครื่องจับวางอุปกรณ์อัตโนมัติ " ชุดนี้ สามารถทำงานในแต่ละขั้นตอนได้อย่างสัมพันธ์กัน เพื่อทำการจับ และวางอุปกรณ์ลงในตำแหน่งตามที่กำหนดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

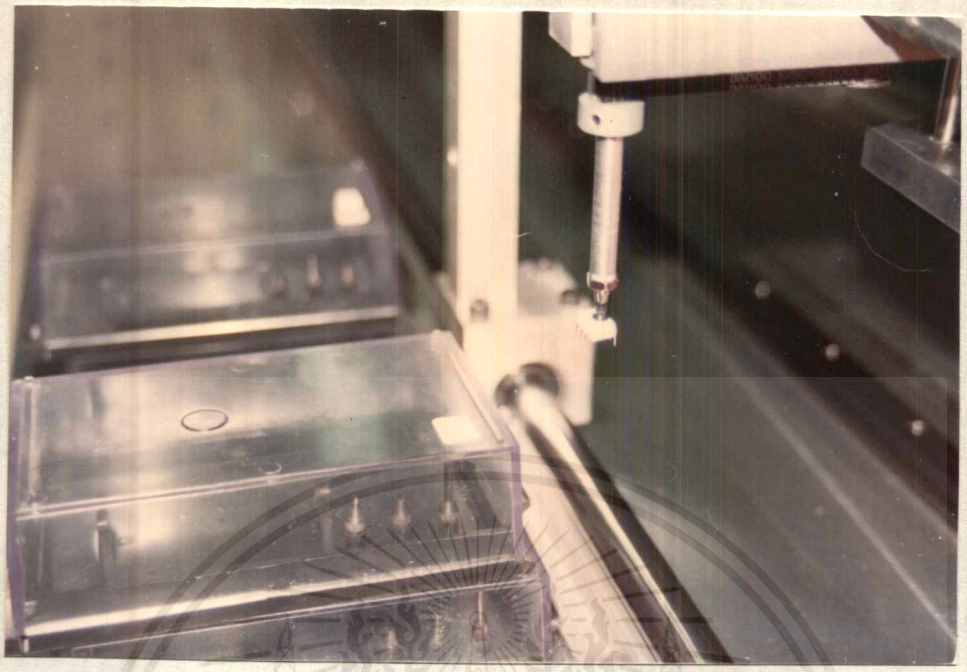


รูป ก แสดงการเคลื่อนที่เพื่อไปจับอุปกรณ์ของหัวจับสูญญากาศ

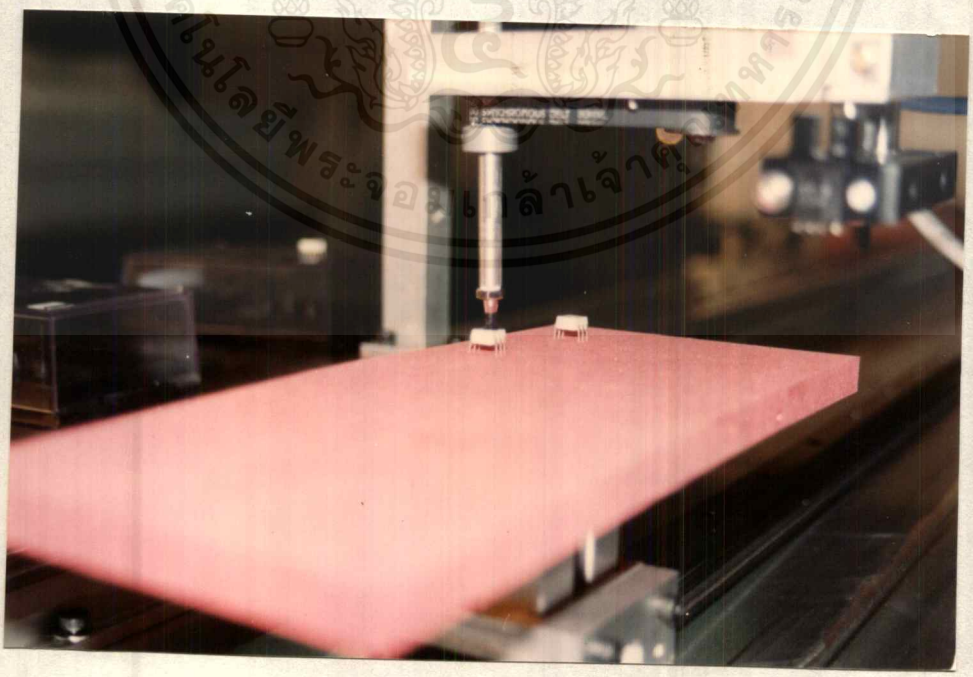


รูป ข แสดงการจับอุปกรณ์ด้วยระบบสูญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ค แสดงการจับไปวางยังตำแหน่งที่กำหนดไว้



รูป ง แสดงการปรับทิศและวางอุปกรณ์ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

โครงงานชุดนี้เป็นการสร้าง เครื่องจับวางอุปกรณ์อัตโนมัติ (AUTOMATIC PICK & PLACE MACHINE) พบว่าได้มีการใช้เวลาส่วนใหญ่เน้นไปที่ การออกแบบ และ การสร้างส่วนประกอบเครื่องกลทั้งหมด ซึ่งประสบปัญหามากมาย เช่น เราไม่มีต้นแบบให้ศึกษา จึงนับเป็นเรื่องที่ยากมากในการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการประกอบเครื่อง เราได้ทำการพัฒนา และดัดแปลงรูปแบบของชิ้นส่วนขึ้นใหม่เพื่อให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับสภาพการใช้งาน, สร้างง่าย, ประหยัด อีกทั้งมีการเลือกใช้วัสดุที่ได้มาตรฐาน และ สามารถหาได้ทั่วไปในท้องตลาด โดยใช้ห้องปฏิบัติการในภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม (ห้อง CNC) เป็นสถานที่ทำการสร้าง, การประกอบ และติดตั้งชิ้นส่วนทั้งหมดเอง ส่วนอุปกรณ์ที่เกินขีดความสามารถของเครื่องมือที่มีอยู่ เราได้ทำแบบ (DRAWING) อย่างละเอียดเพื่อทำการสั่งซื้อ หรือ สั่งทำในโรงงานที่มีความสามารถในการทำชิ้นงานนั้นๆได้

เมื่อประกอบชิ้นส่วนทั้งหมดเรียบร้อยได้ทำการติดตั้งส่วน **ขับเคลื่อน** เข้ากับแกนการเคลื่อนที่แต่ละแกน (แกน X, Y, Z และ R) แล้วทดสอบการทำงานปรากฏว่า " **เครื่องจับวางอุปกรณ์อัตโนมัติ สามารถจับและวางได้ตรงตำแหน่งที่ต้องการ** เราสามารถเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการจับและวางได้ตามต้องการโดยการเปลี่ยนแปลงค่าใน PROGRAM เท่านั้น และสามารถปรับแต่ง ค่าความผิดพลาด (ERROR) ของตำแหน่งได้ที่ SOFTWARE นับได้ว่าช่วยลดปัญหาในการแก้ไขทางด้านเครื่องกล

แนวทางในการพัฒนาต่อไป

ภายหลังจากการติดตั้งส่วนขับเครื่องกล เข้ากับส่วนเครื่องกลเรียบร้อยแล้ว เรายังสามารถพัฒนาทางด้าน SOFTWARE ให้เครื่องจักรมีความฉลาดมากขึ้น คือ สามารถที่จะทำงานได้โดยอัตโนมัติ และ การพัฒนาส่วนที่จะติดต่อกับผู้ปฏิบัติงาน (OPERATOR) ซึ่งควรพัฒนารูปแบบให้สามารถเปลี่ยนแปลง หรือ แก้ไขการทำงานได้ง่ายและสะดวกขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานชิ้นนี้สำเร็จได้ มีบุคคลหลายฝ่ายที่ทางคณะผู้จัดทำระลึกถึงเสมอคือ ต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์ประภาษ อุคคกิมาพันธ์ ที่กรุณาแนะนำ,ให้คำปรึกษา และเสริมความรู้ทางด้านทฤษฎีกับเทคนิคปฏิบัติควบคู่กันทำให้เข้าใจได้ดี ขอขอบพระคุณ อาจารย์วิทยา ทิพย์สุวรรณพร ที่กรุณาแนะนำ และขอขอบพระคุณ คุณเกรียงเกียรติ อิสระยั่งยืน ที่ช่วยกรุณาติดต่อหาโรงงานให้ และขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม และรุ่นพี่ปริญญาโททุกคนที่กรุณาให้คำปรึกษา ตลอดจนเพื่อนๆ น้องๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจ

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ก. แบบ DRAWING ทั้งหมด

ข. ภาพแสดงการประกอบเครื่อง

ค. วงจร และ PROGRAM CONTROL

ง. RUNNER BLOCK & SLIDE UNIT

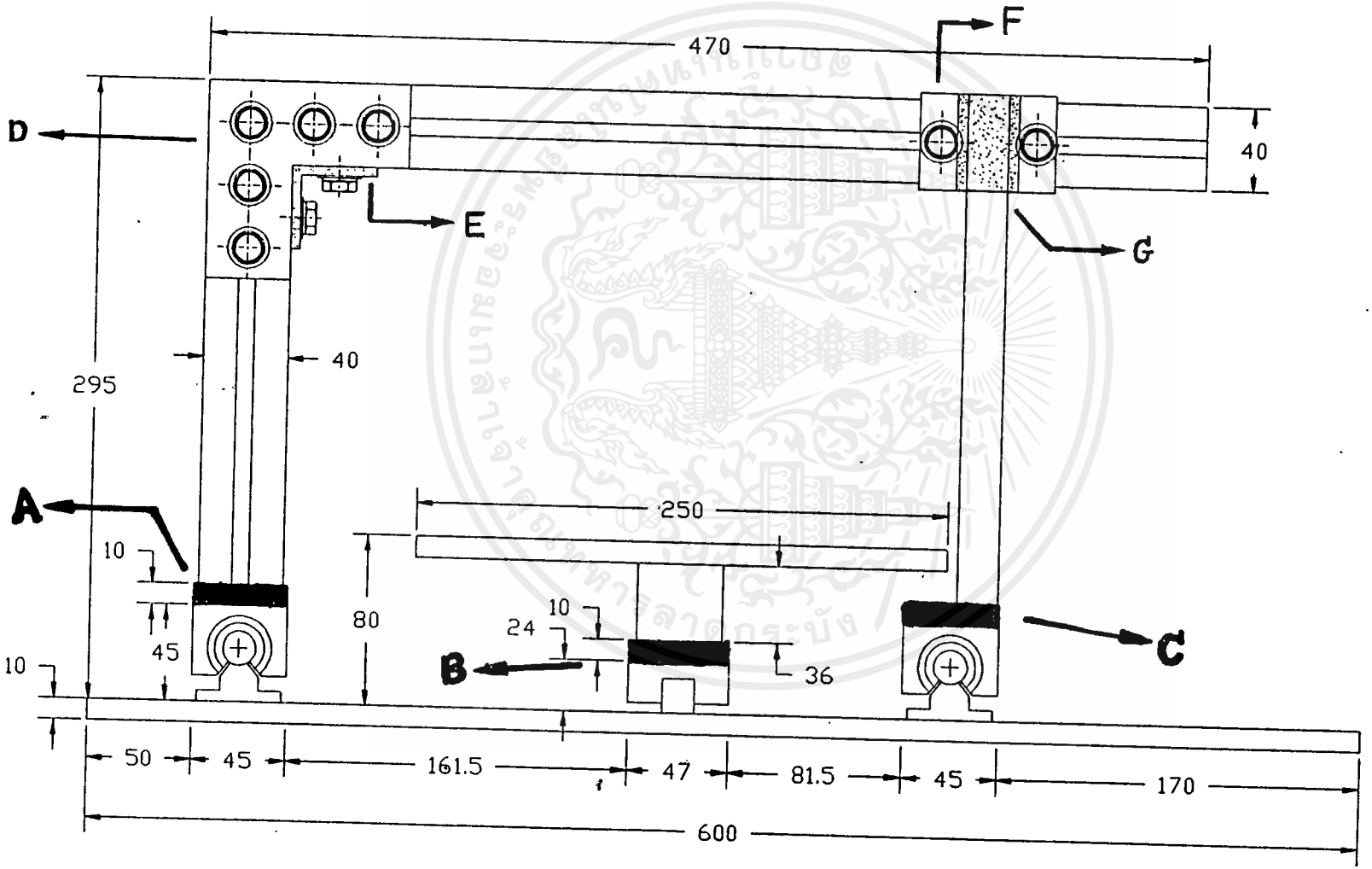
จ. TIMING BELT & PULLEY

ฉ. PROFINE & BLANKET , FEEDER

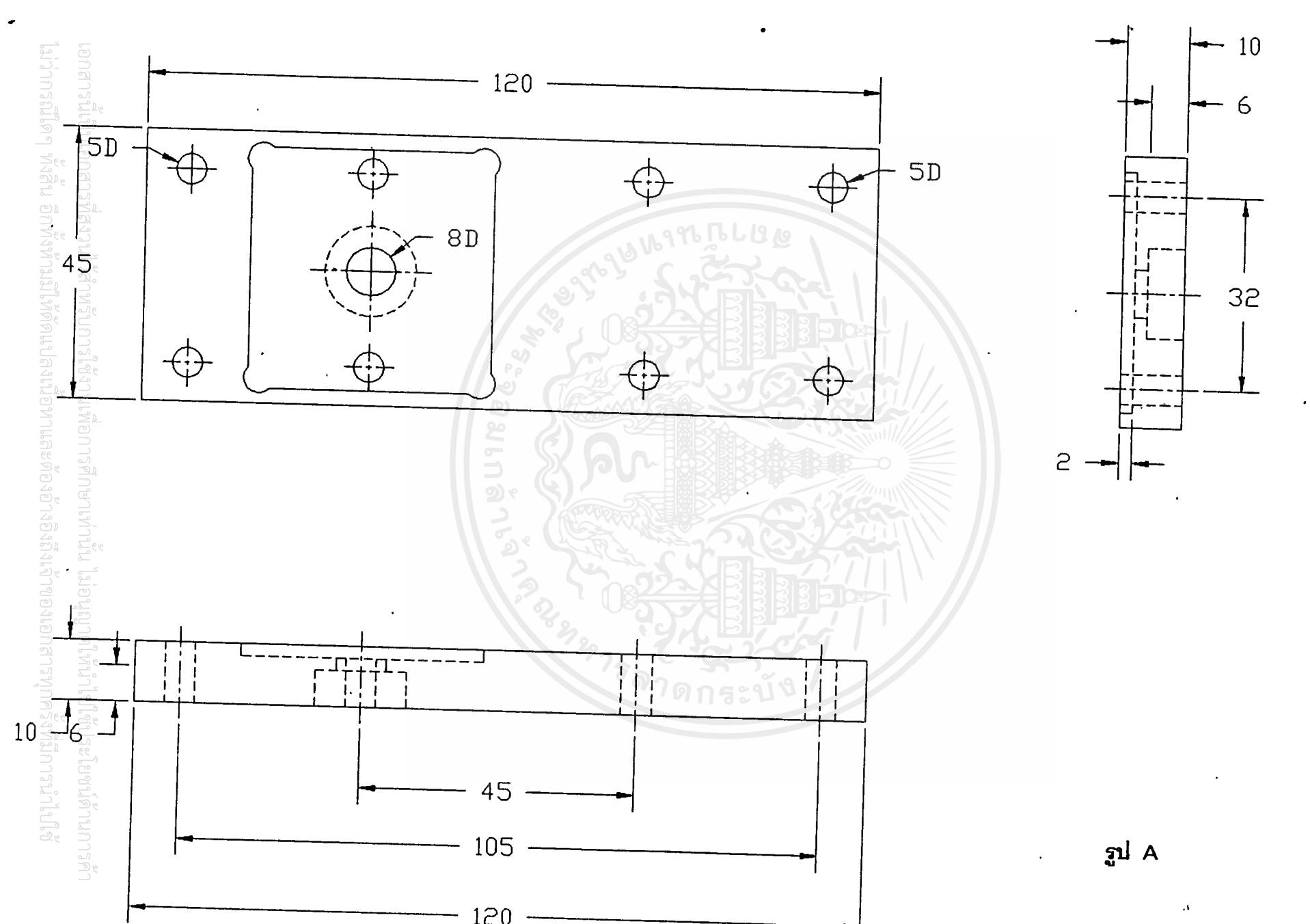
ช. VACUUM SYSTEM

ด. STEPPING MOTOR

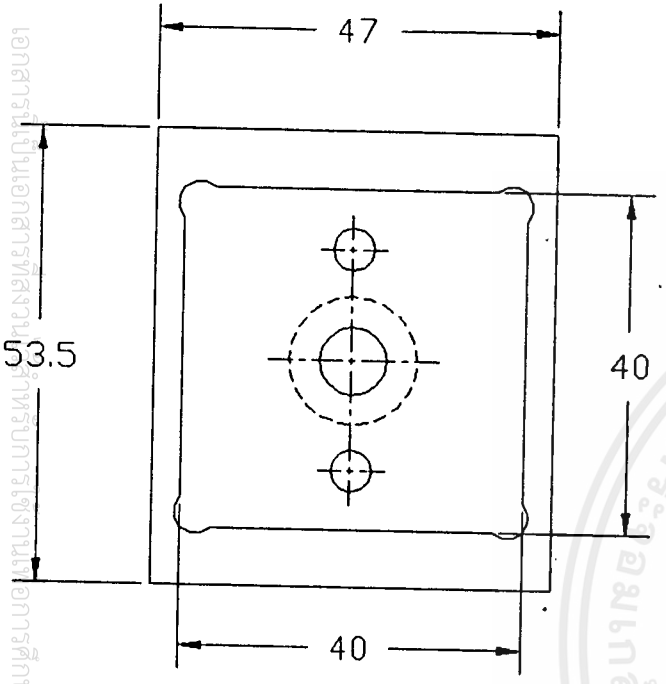
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

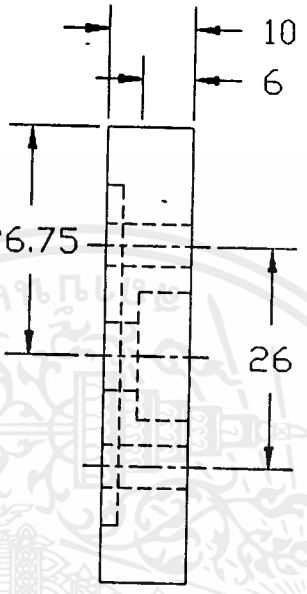


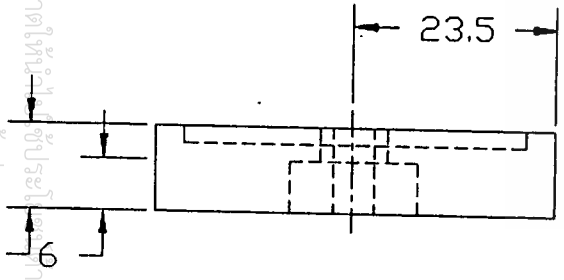
รูปที่ 1ก แบบ และการติดตั้งตัวยึดโครงสร้างทั้งหมด



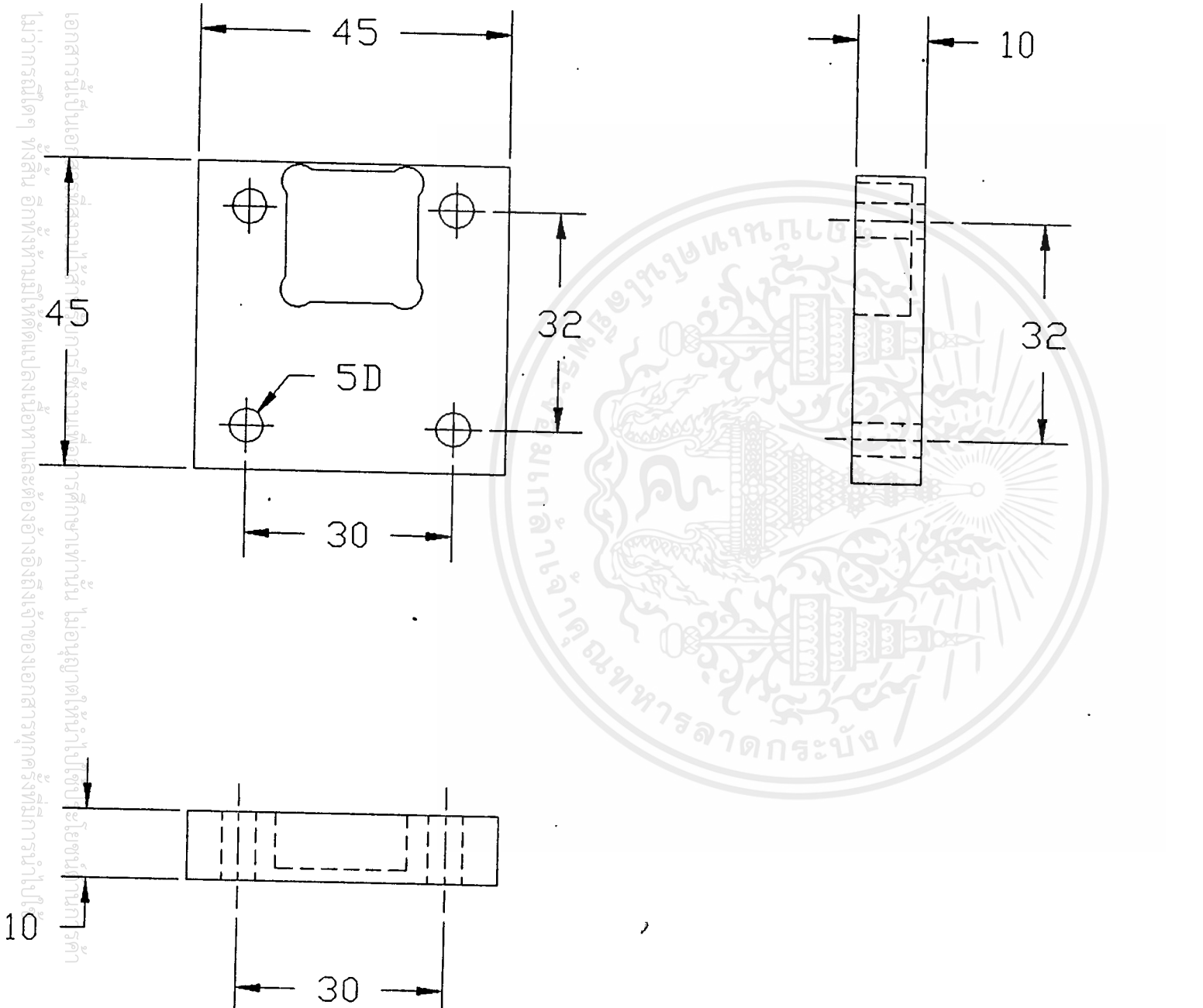
รูป A



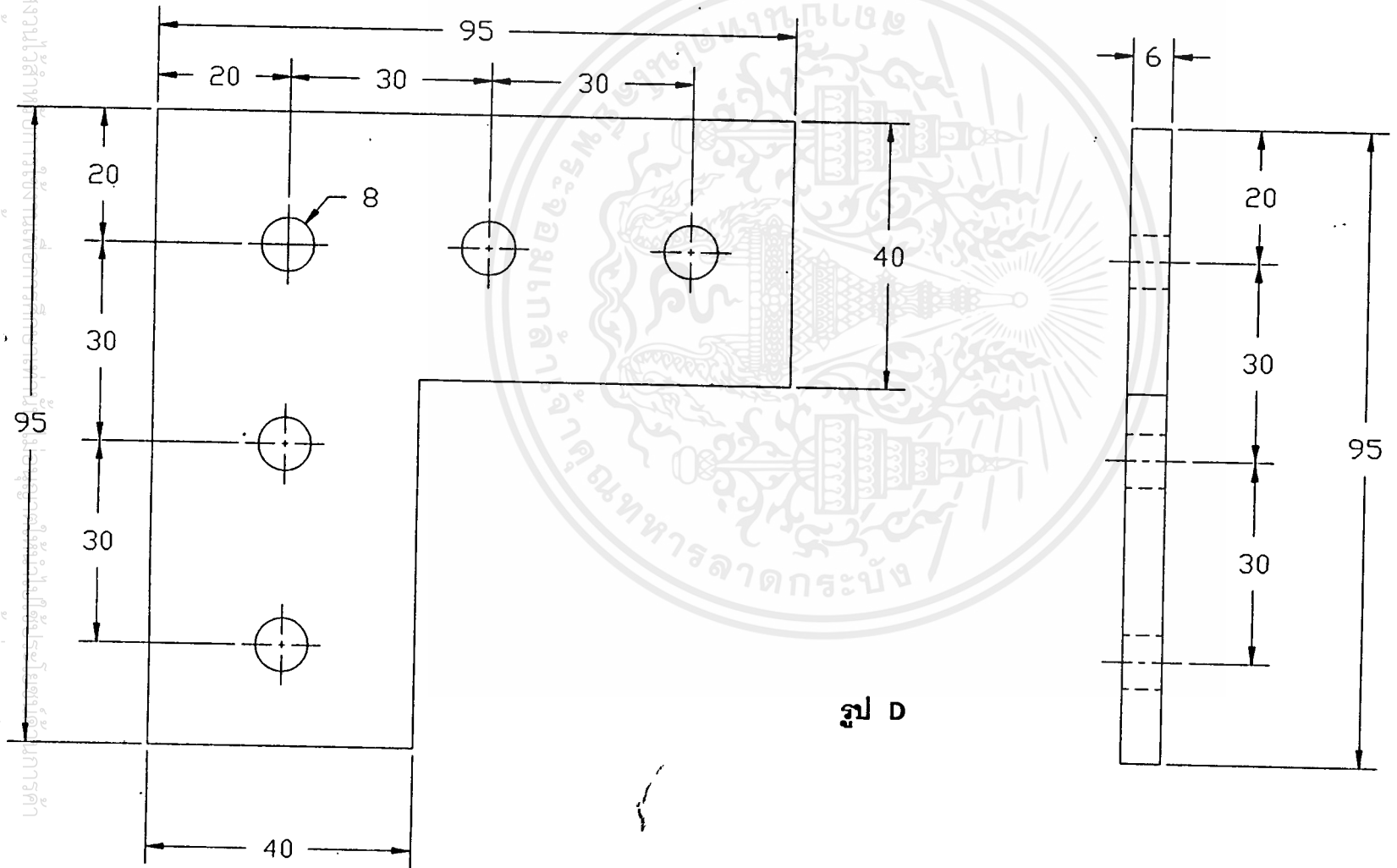




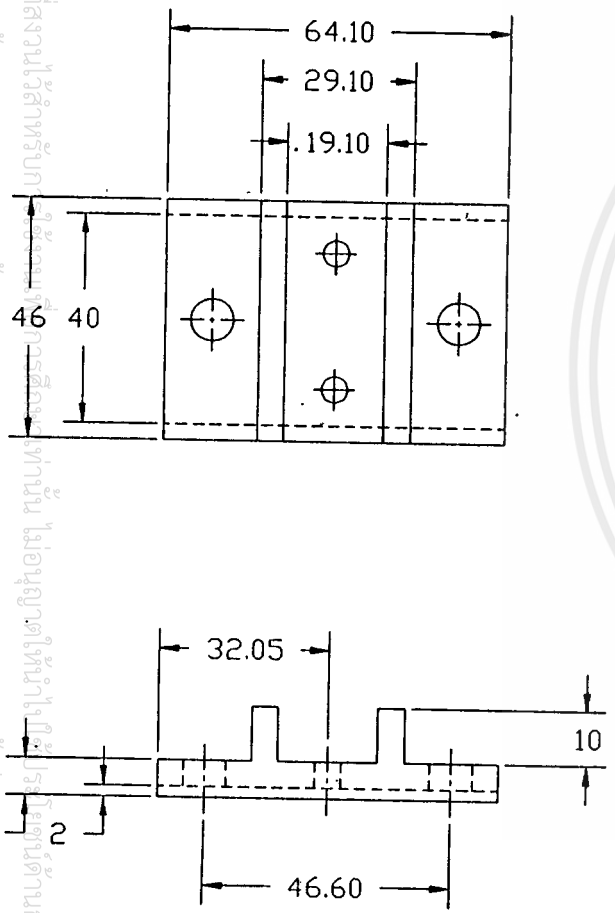
รูป B



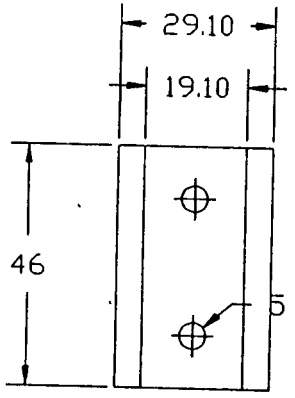
รูป c

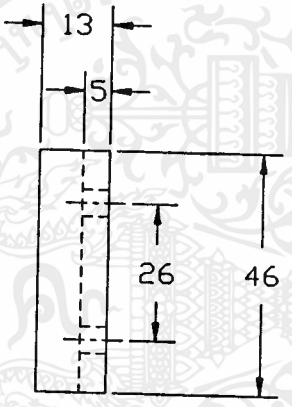


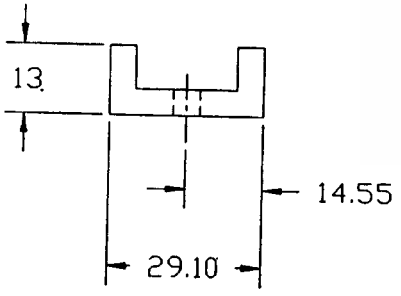
รูป D



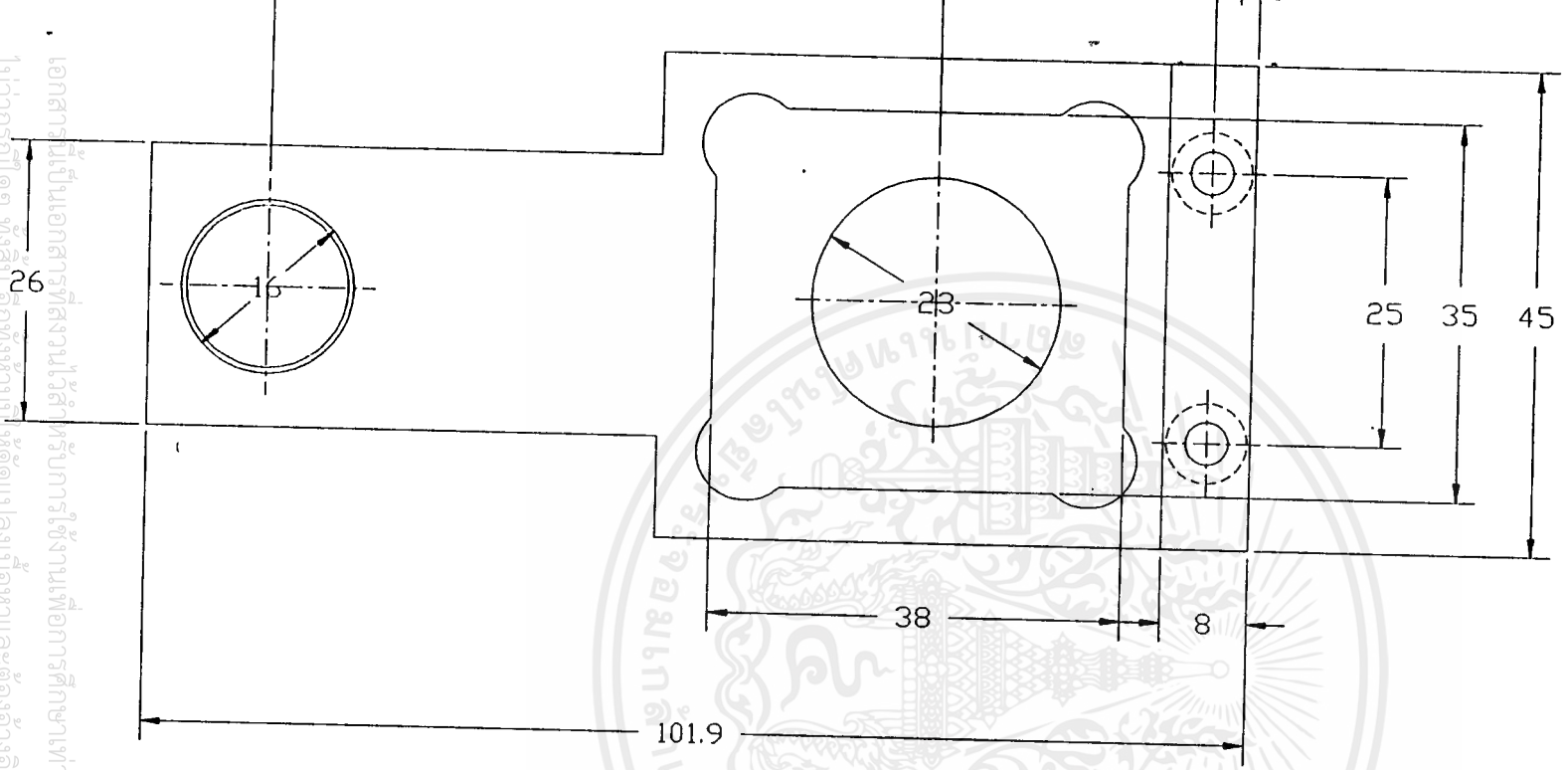
รูป F

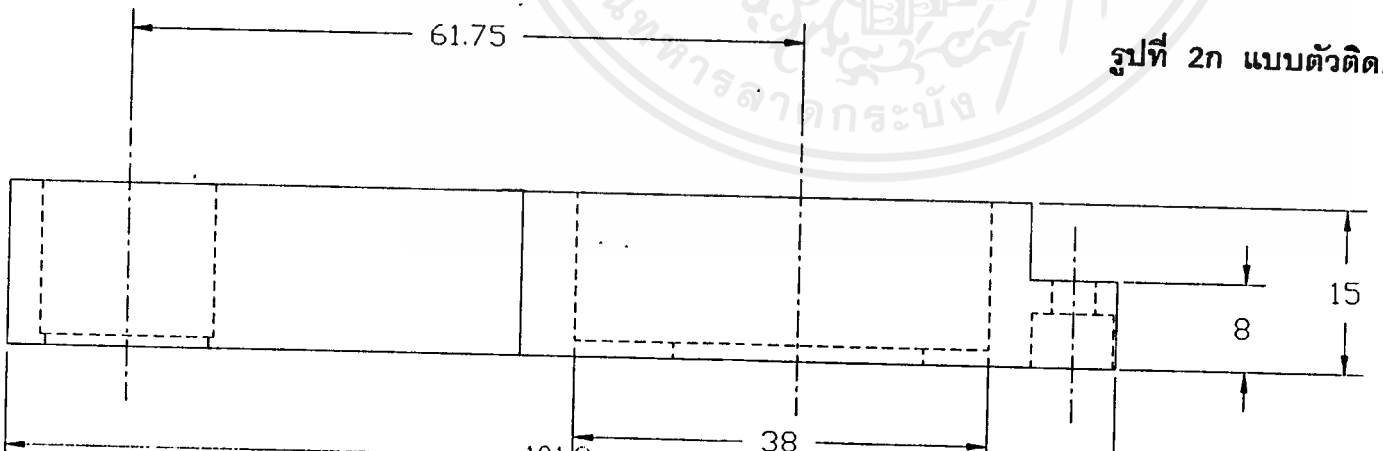




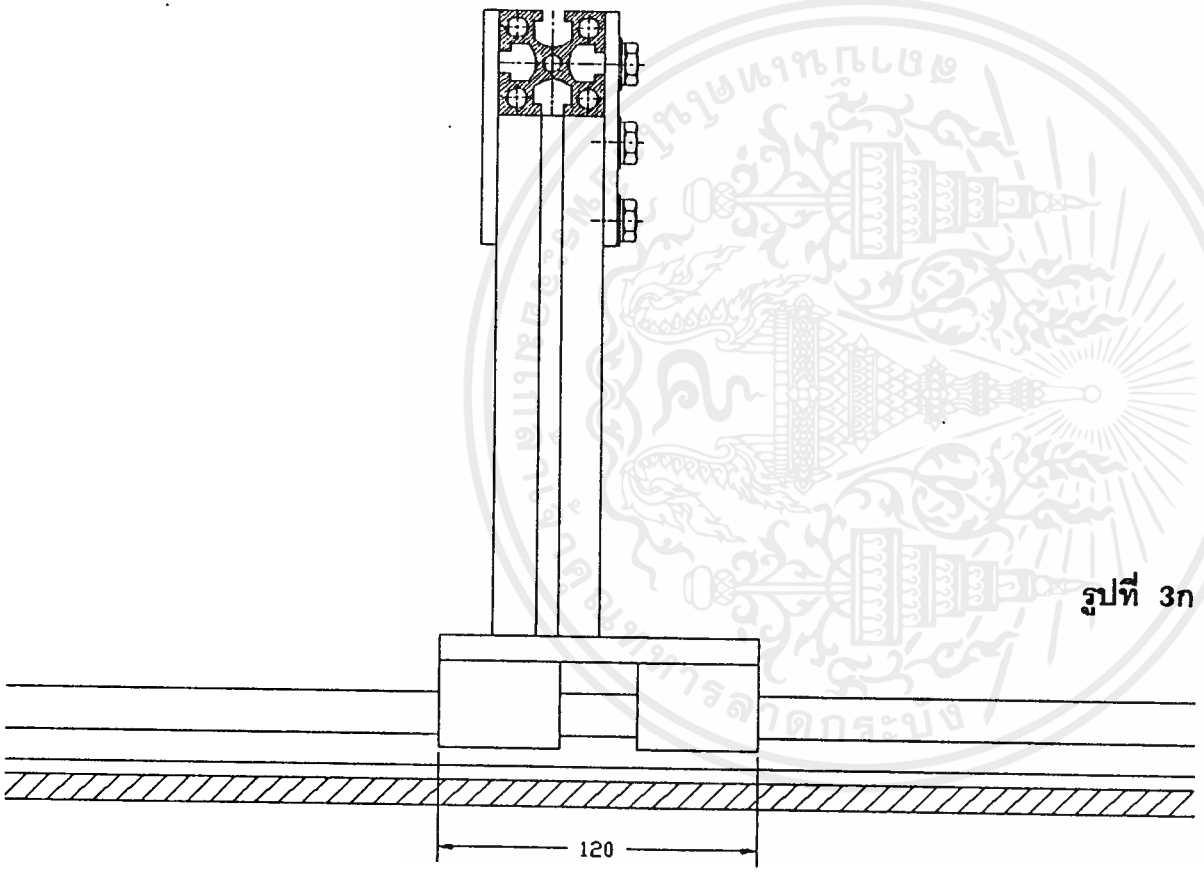


รูป G

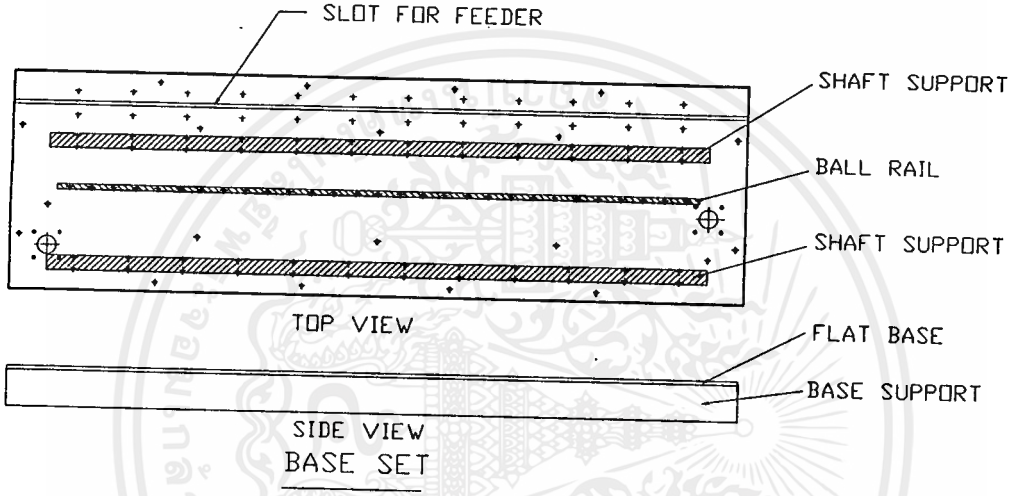




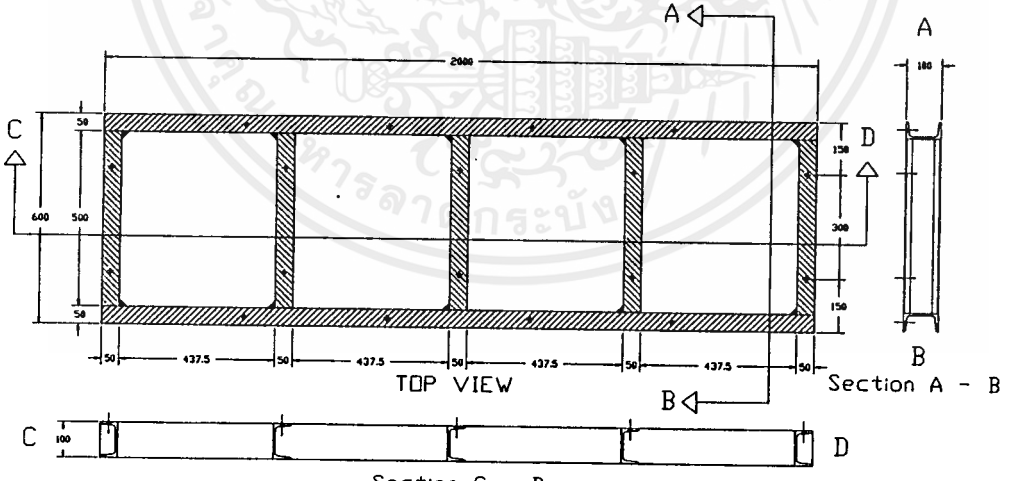
รูปที่ 2ก แบบตัวติดตั้งส่วนหัวจับสูญญากาศ



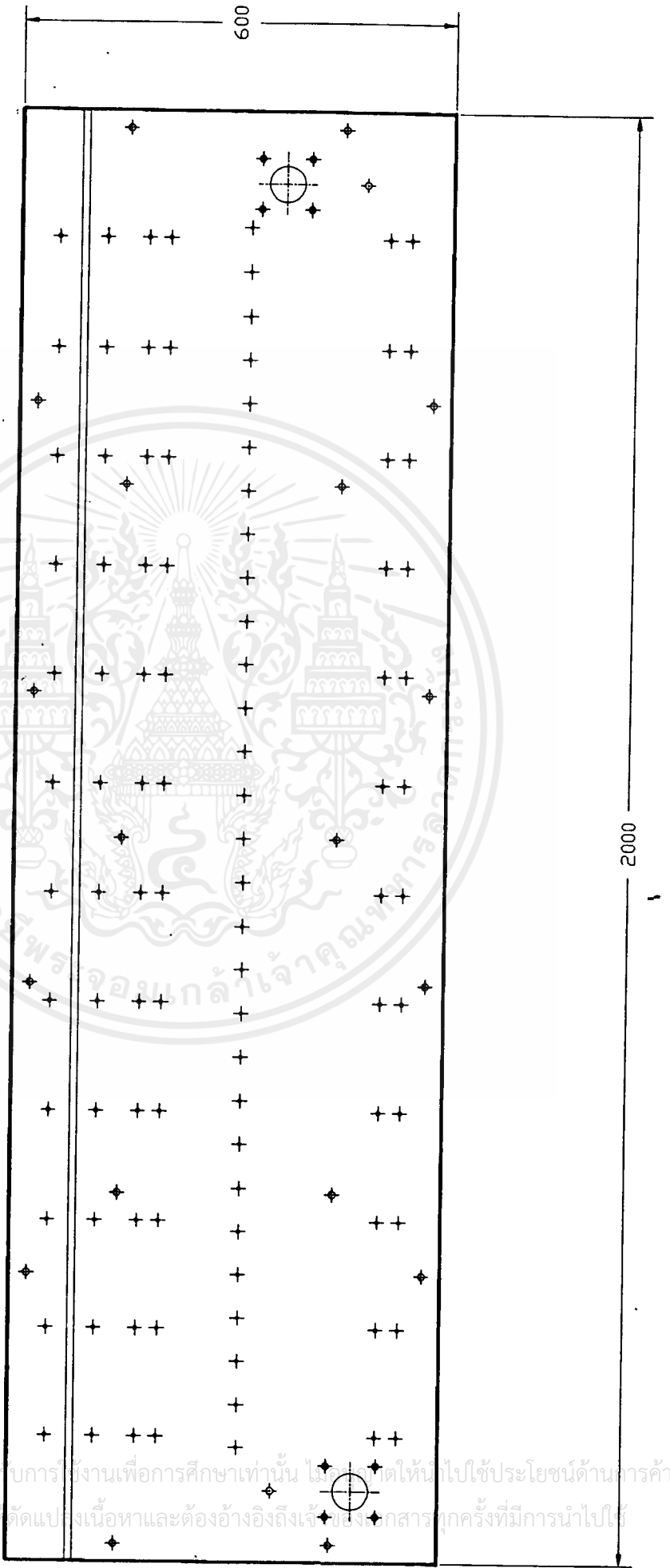
รูปที่ 3ก แบบติดตั้งตัวยึด PROFILE



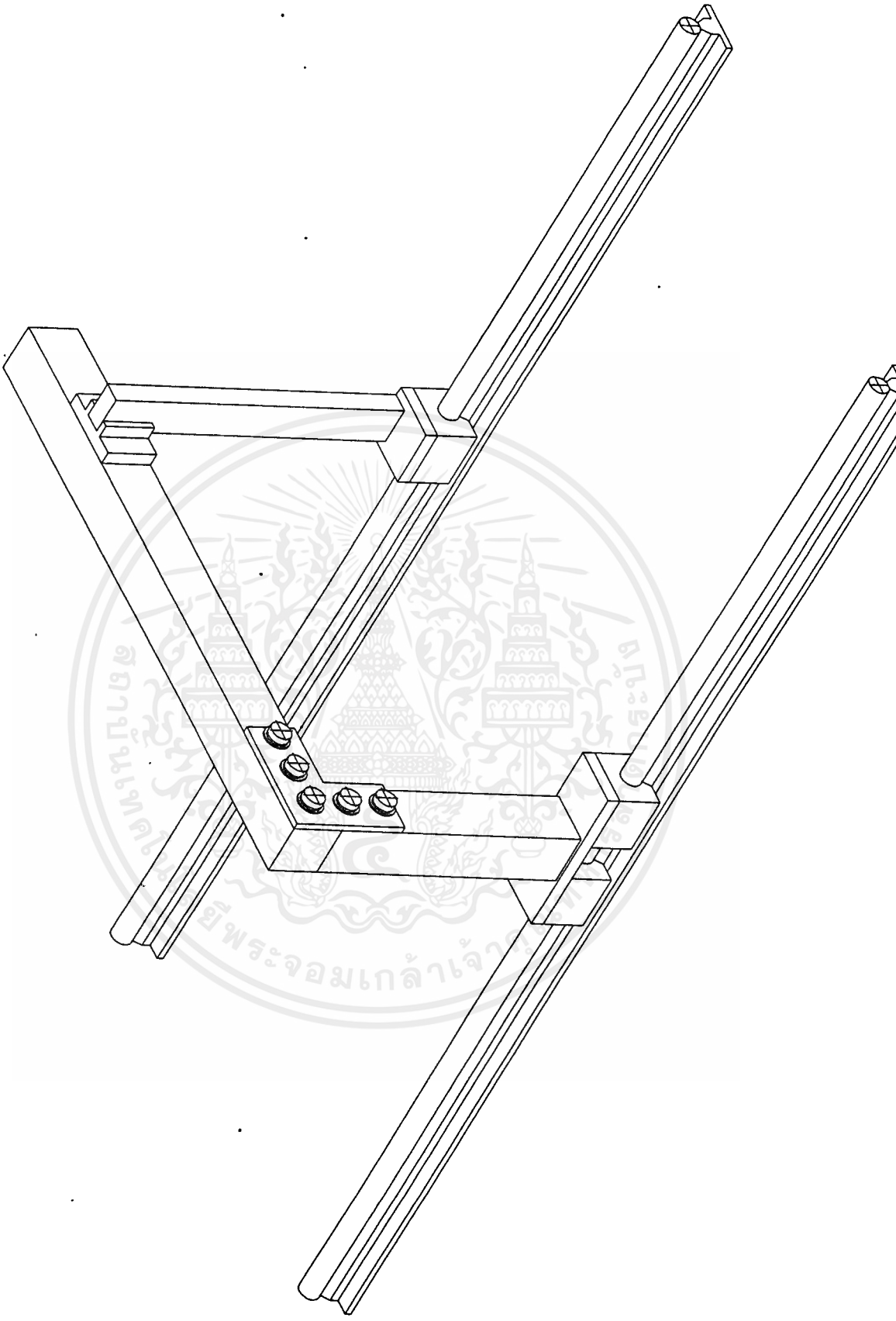
BASE SET



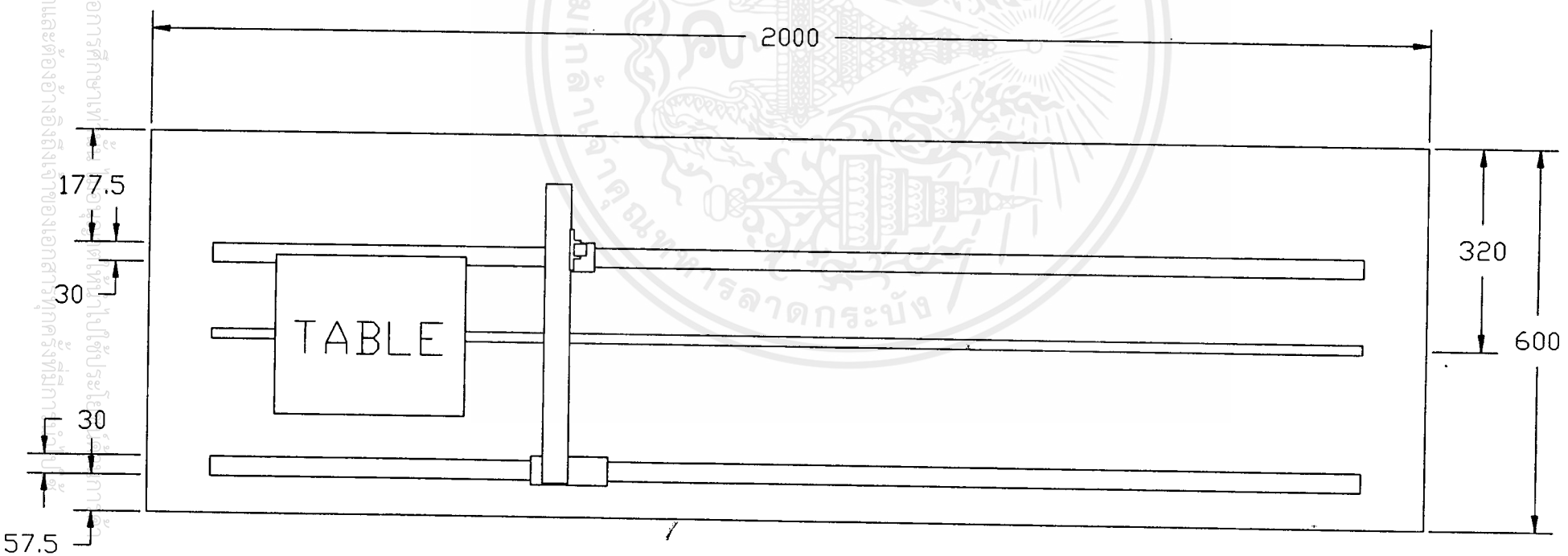
BASE SUPPORT

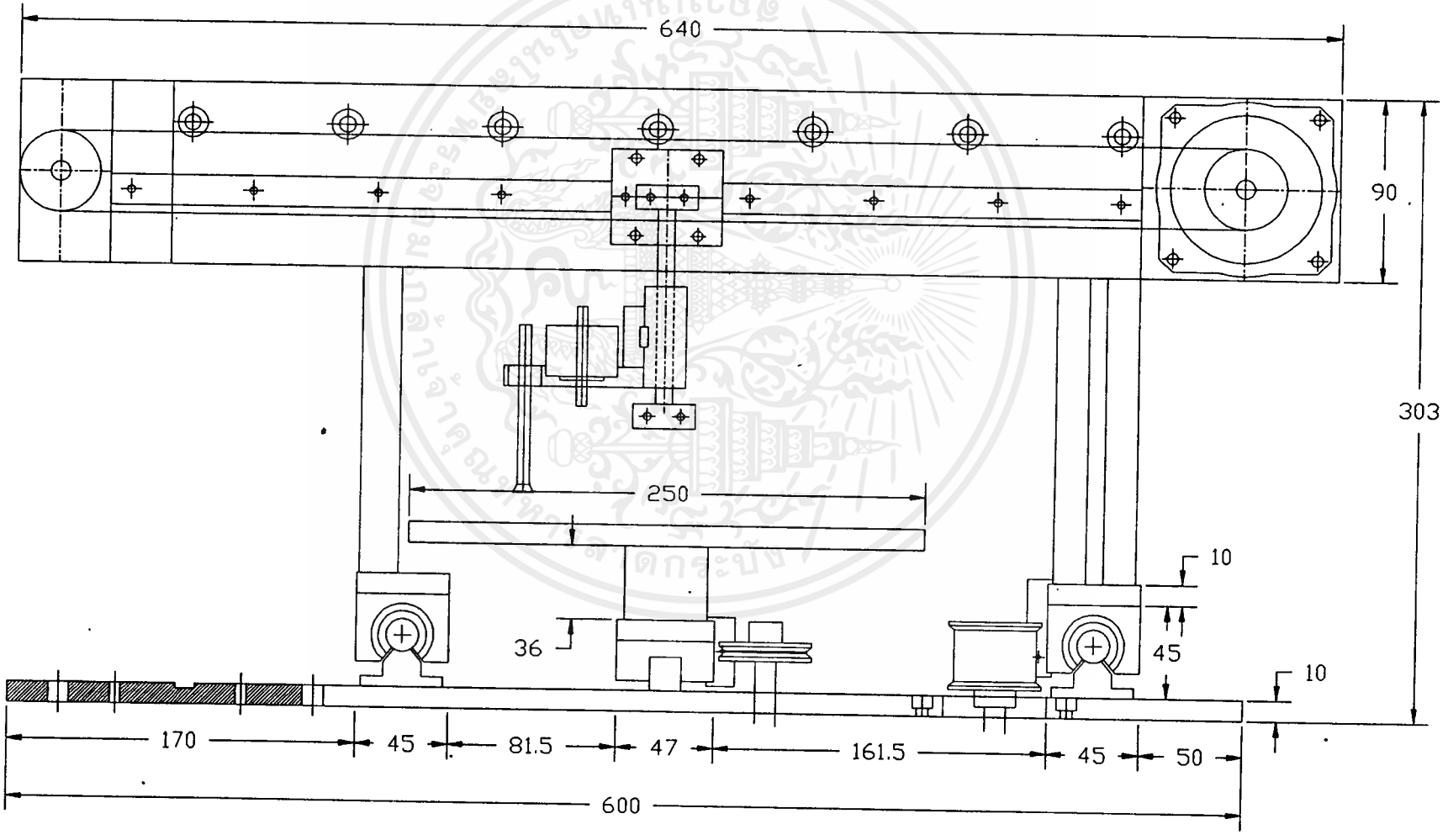


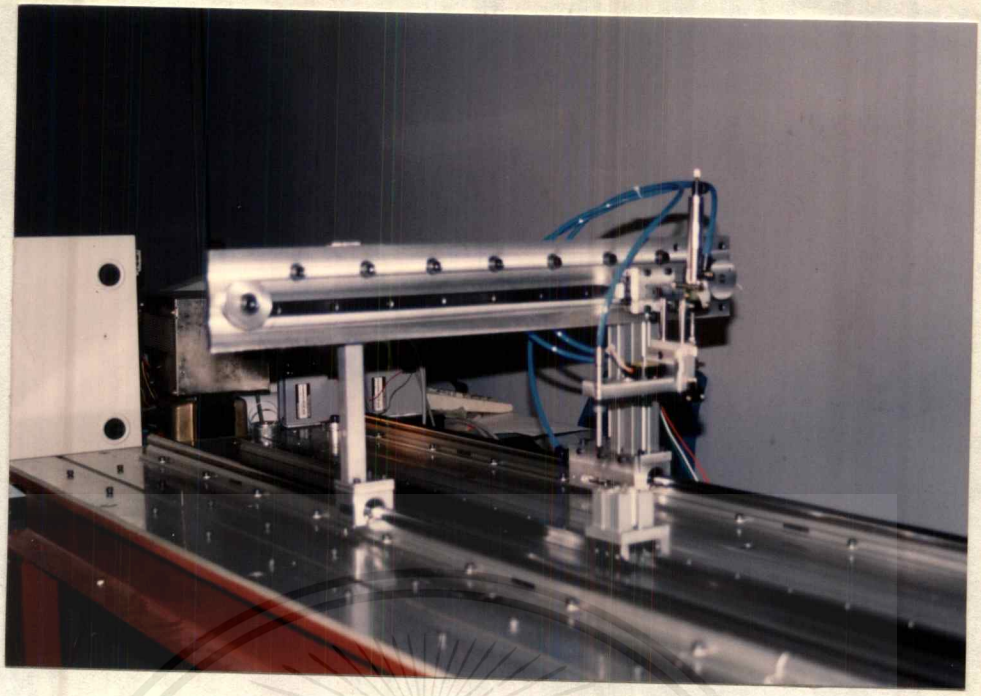
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



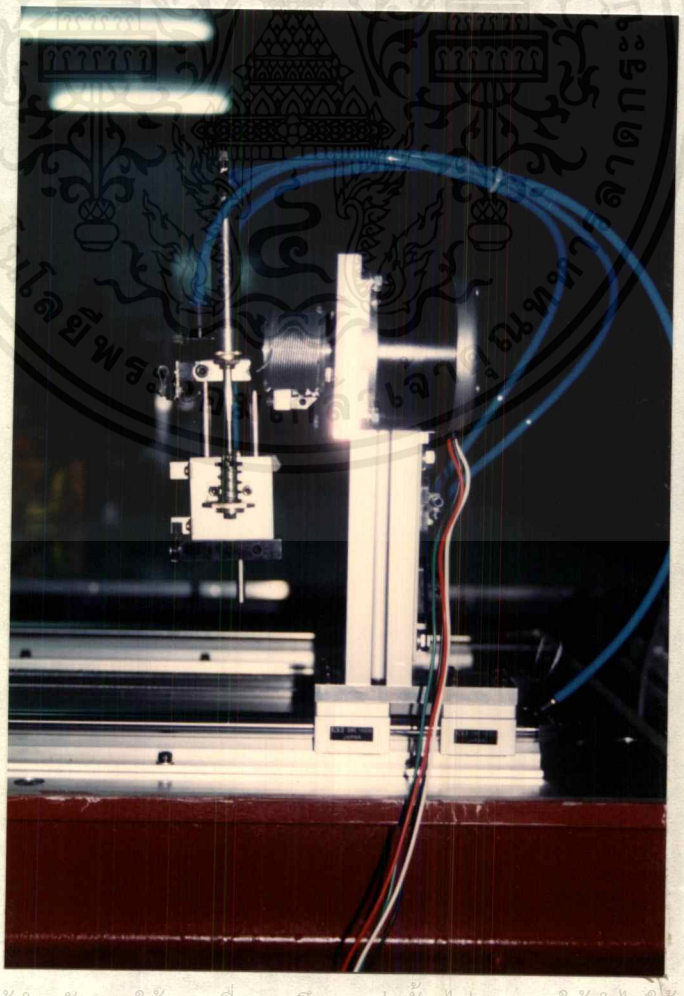
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


2000
177.5
30
TABLE
30
57.5
320
600


640
90
303
250
10
36
45
10
170
45
81.5
47
161.5
45
50
600

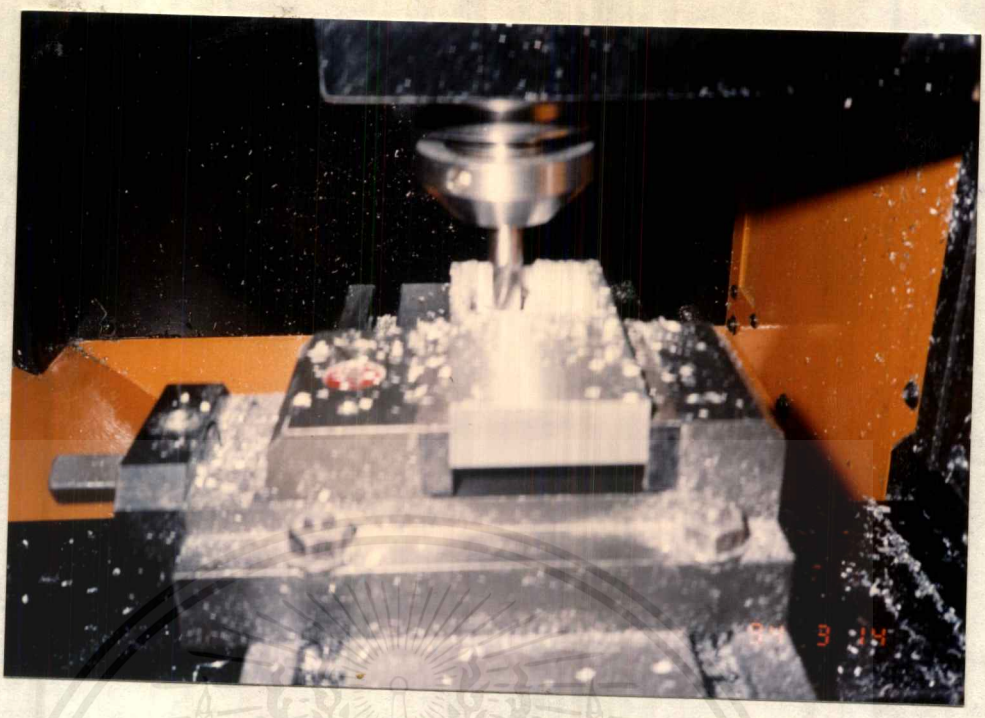


รูปที่ 1ข แสดงเครื่องจับวางอัตโนมัติ



รูปที่ 2ข เครื่องจับวางอัตโนมัติ (มองจากด้านข้าง)

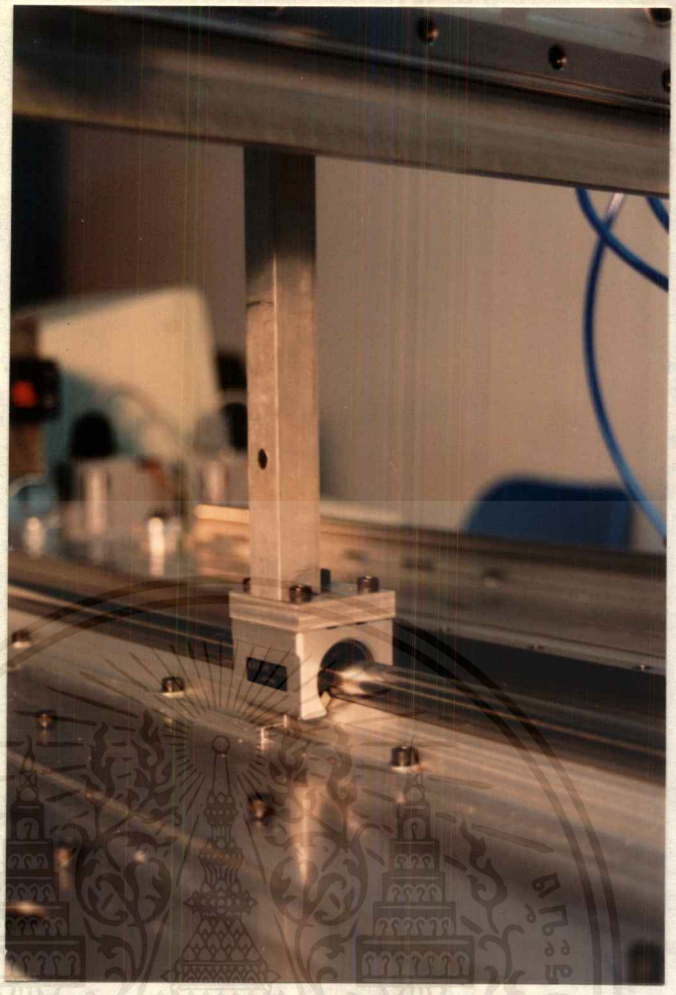
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



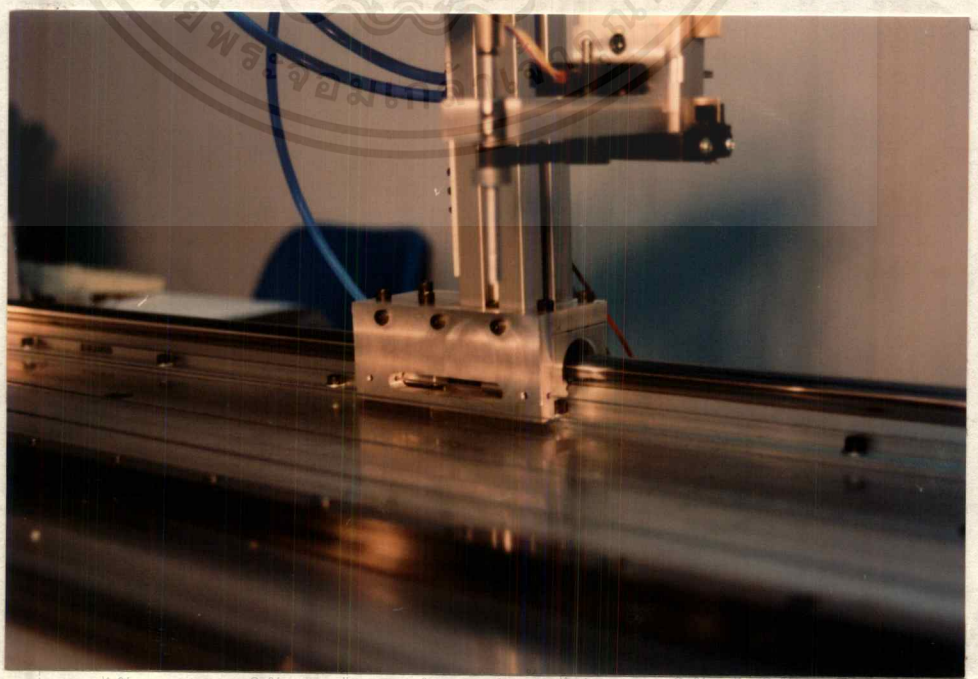
รูปที่ 3ข การสร้างชิ้นงานด้วยเครื่อง CNC

รูปที่ 4ข มอเตอร์ กับชุด Pulley ที่สร้างด้วยเครื่อง CNC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

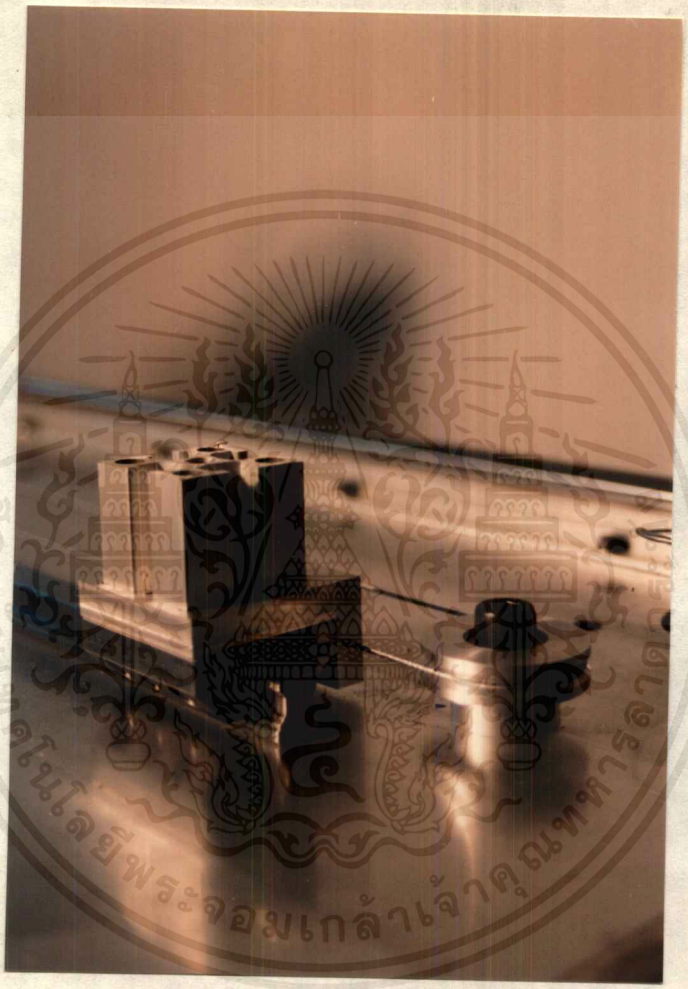


รูปที่ 5ข การยึดติด SLIDE UNIT กับแกนอลูมิเนียม



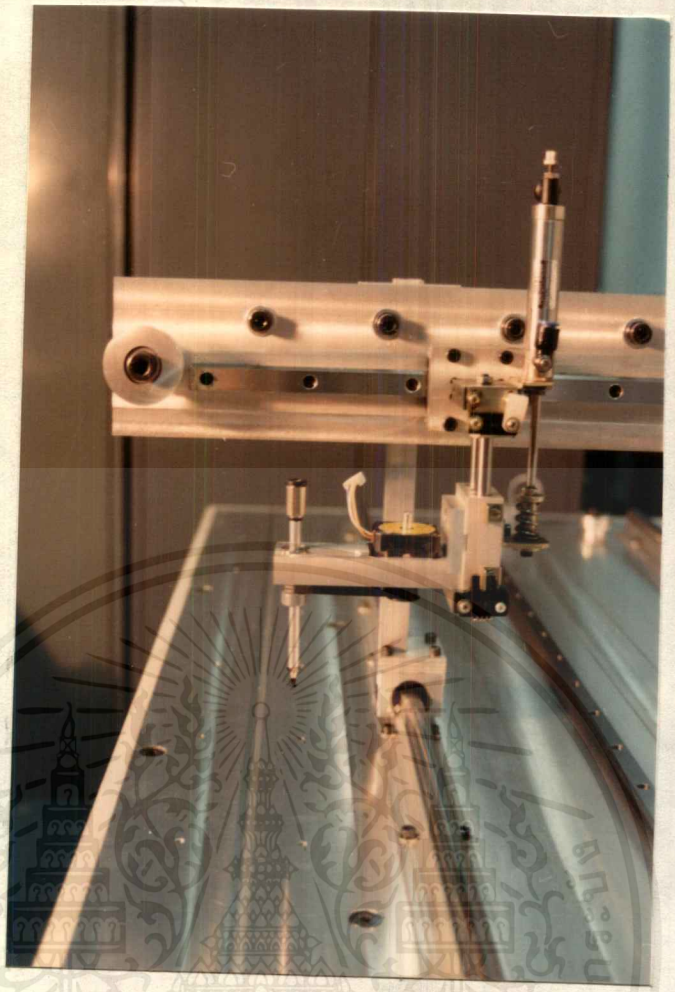
รูปที่ 6ข ตัวยึดสายสลิง กับตัว SLIDE UNIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

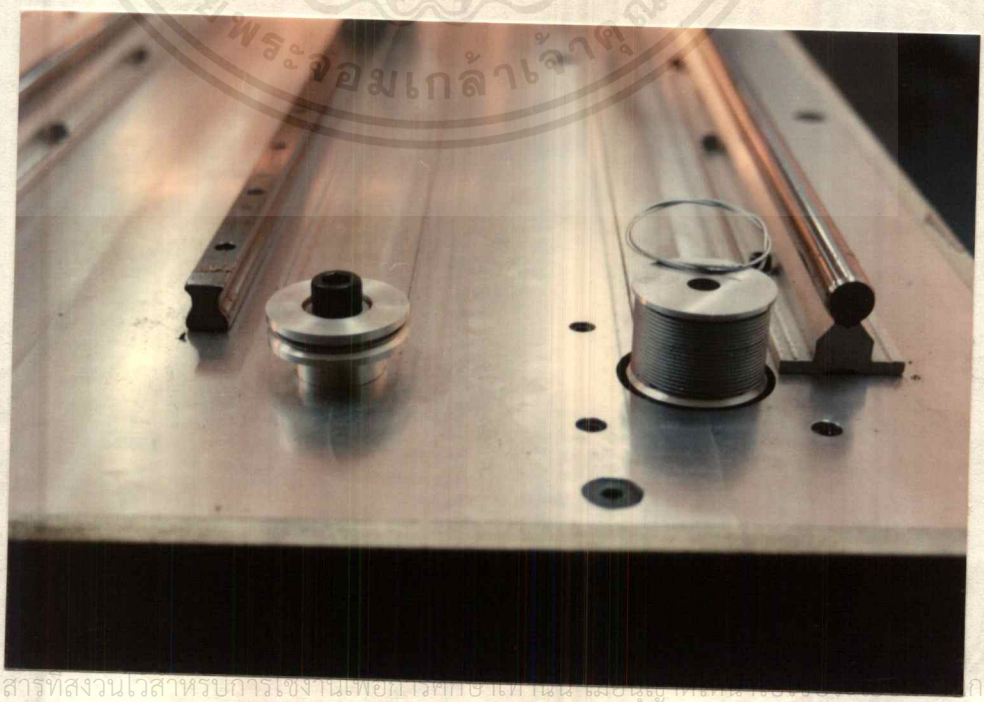


รูปที่ 7ข ตัวยึดสายสลิง กับตัว RUNNER BLOCK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

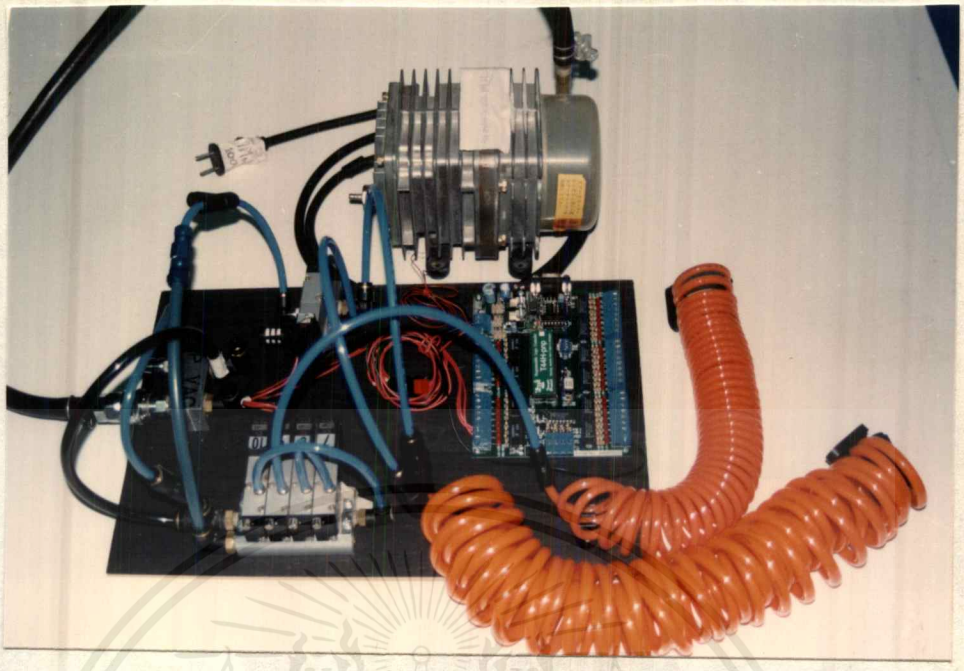


รูปที่ 8ข การติดตั้งชุดหัวจับสูญญากาศ (แกน Z และ R)

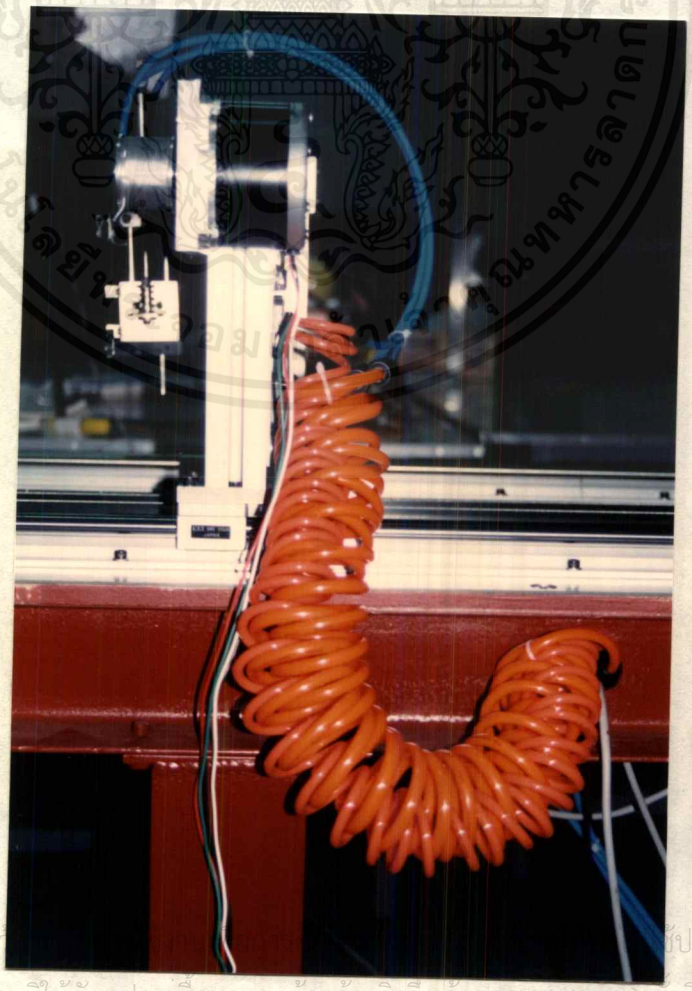


รูปที่ 9ข การติดตั้งชุด PULLEY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

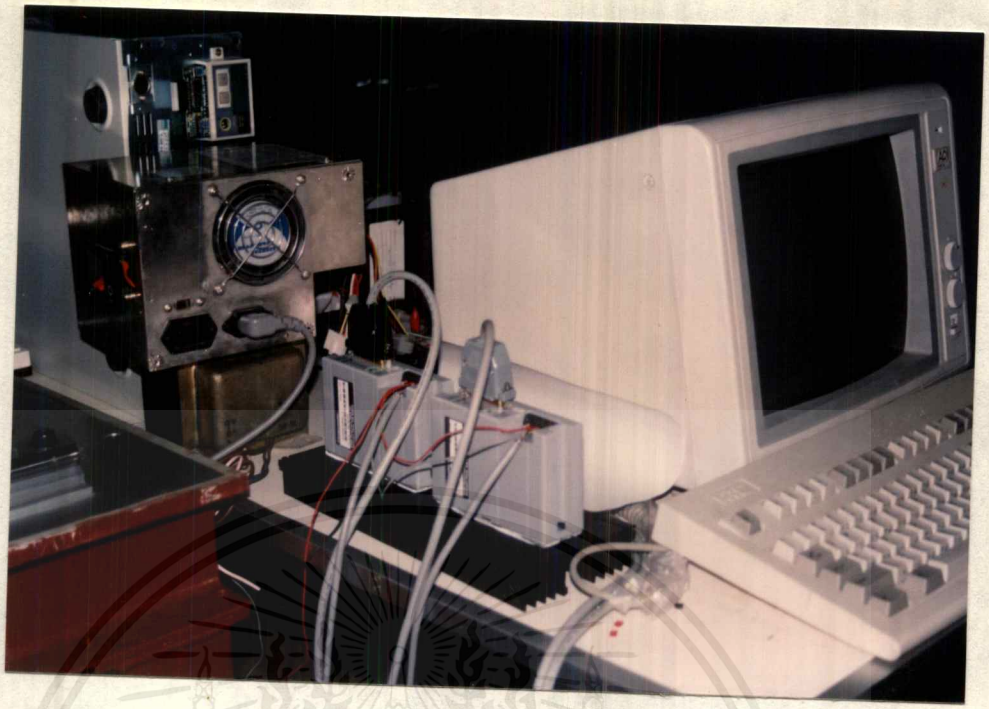


รูปที่ 10ข ชุด PLC ควบคุมวาล์วท่อลม และท่อสูญญากาศ

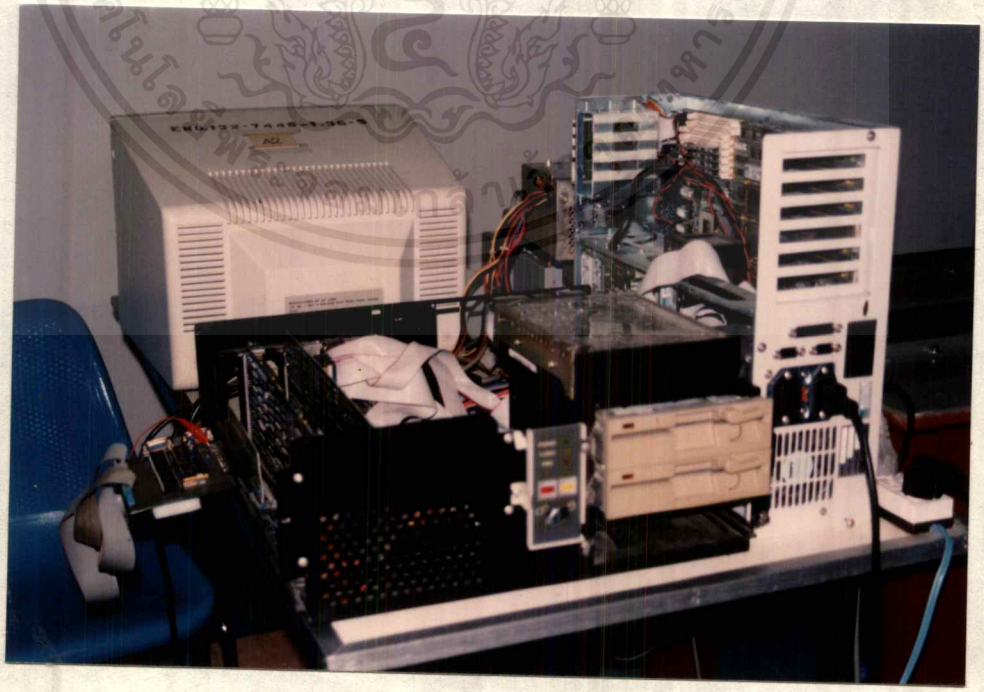


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 11ข การติดตั้งระบบควบคุมส่วนหัวจับสูญญากาศ

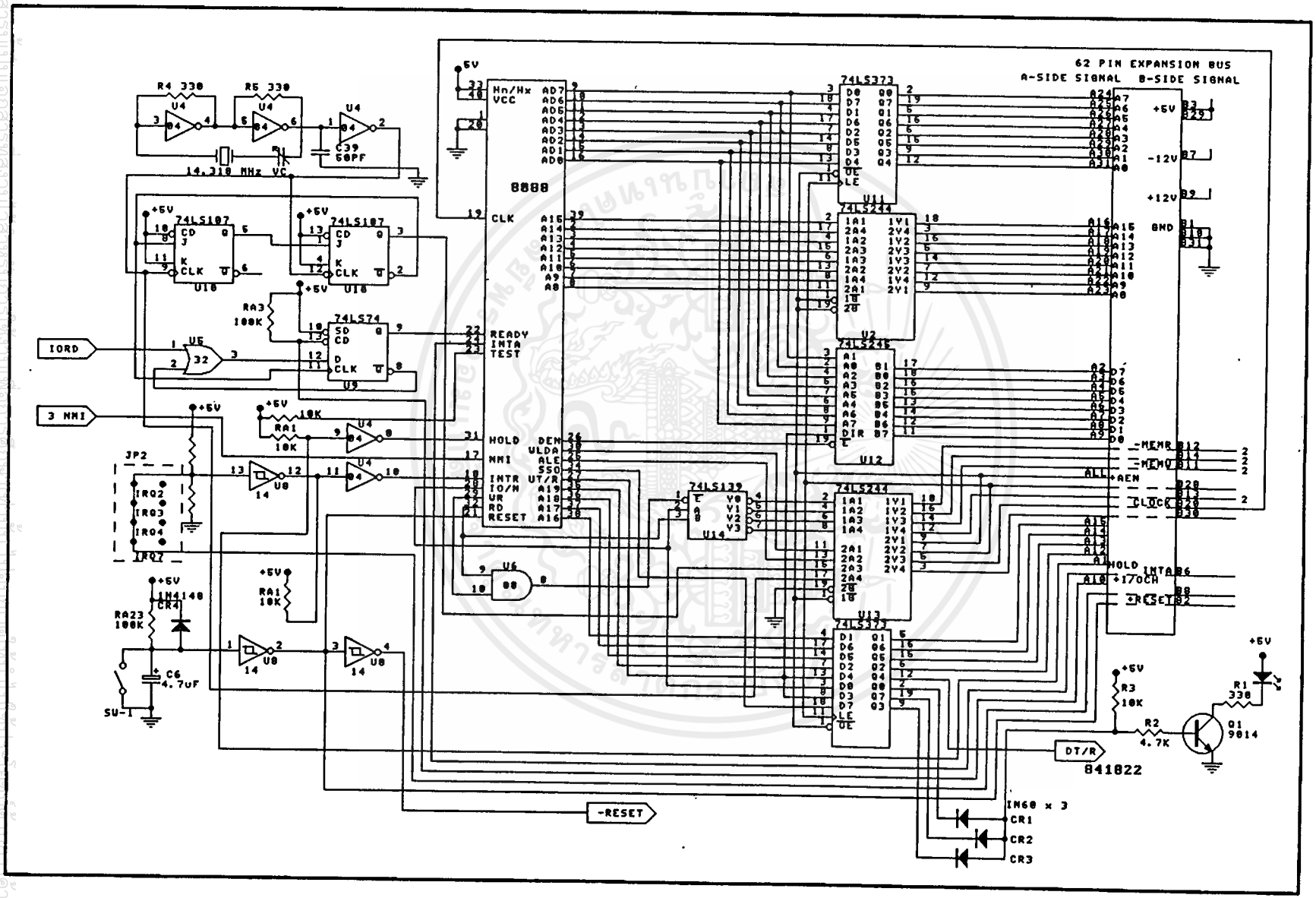


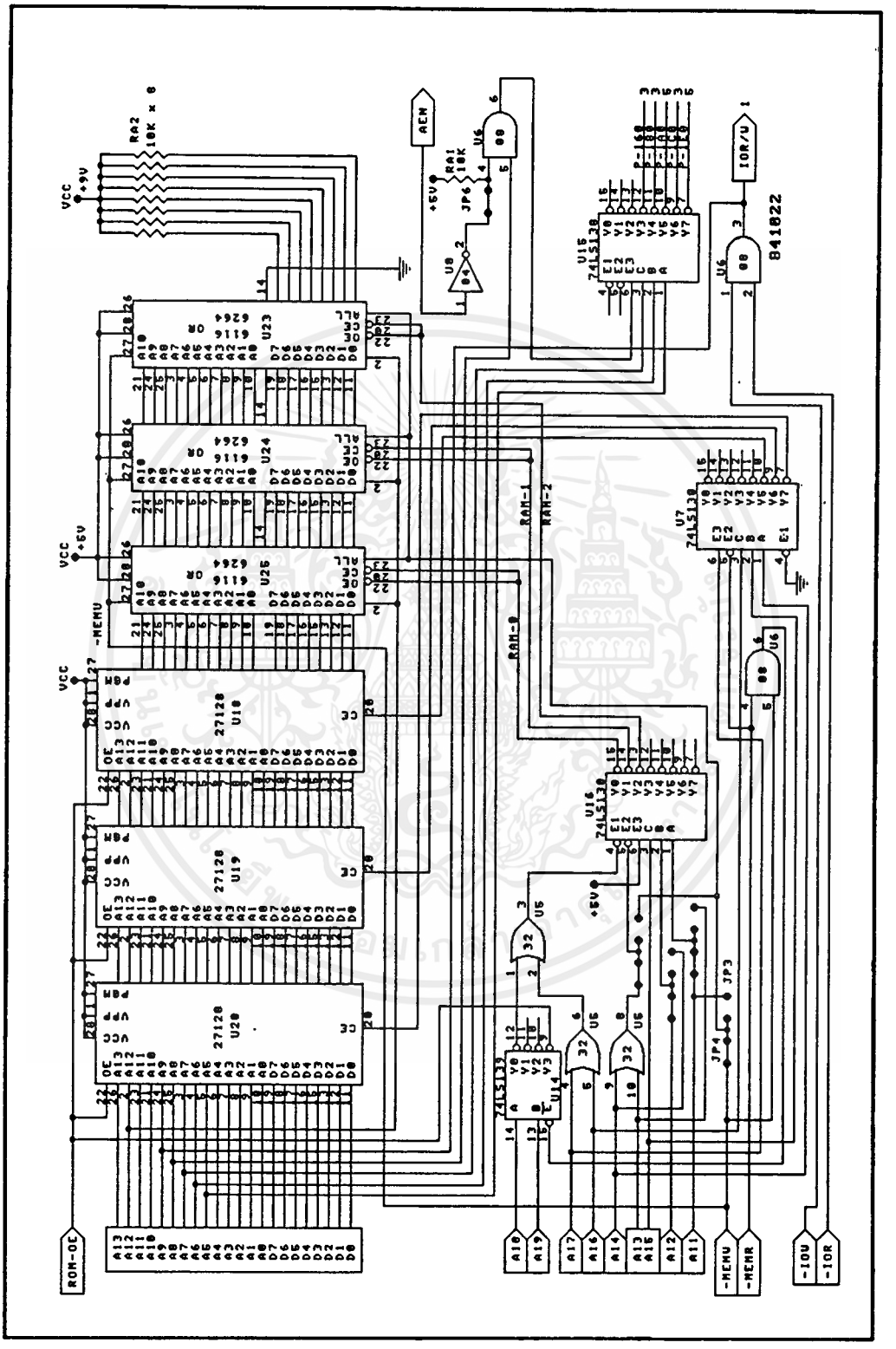
รูปที่ 12ข ชุดควบคุมการขับเคลื่อน (แกน X และ Y)



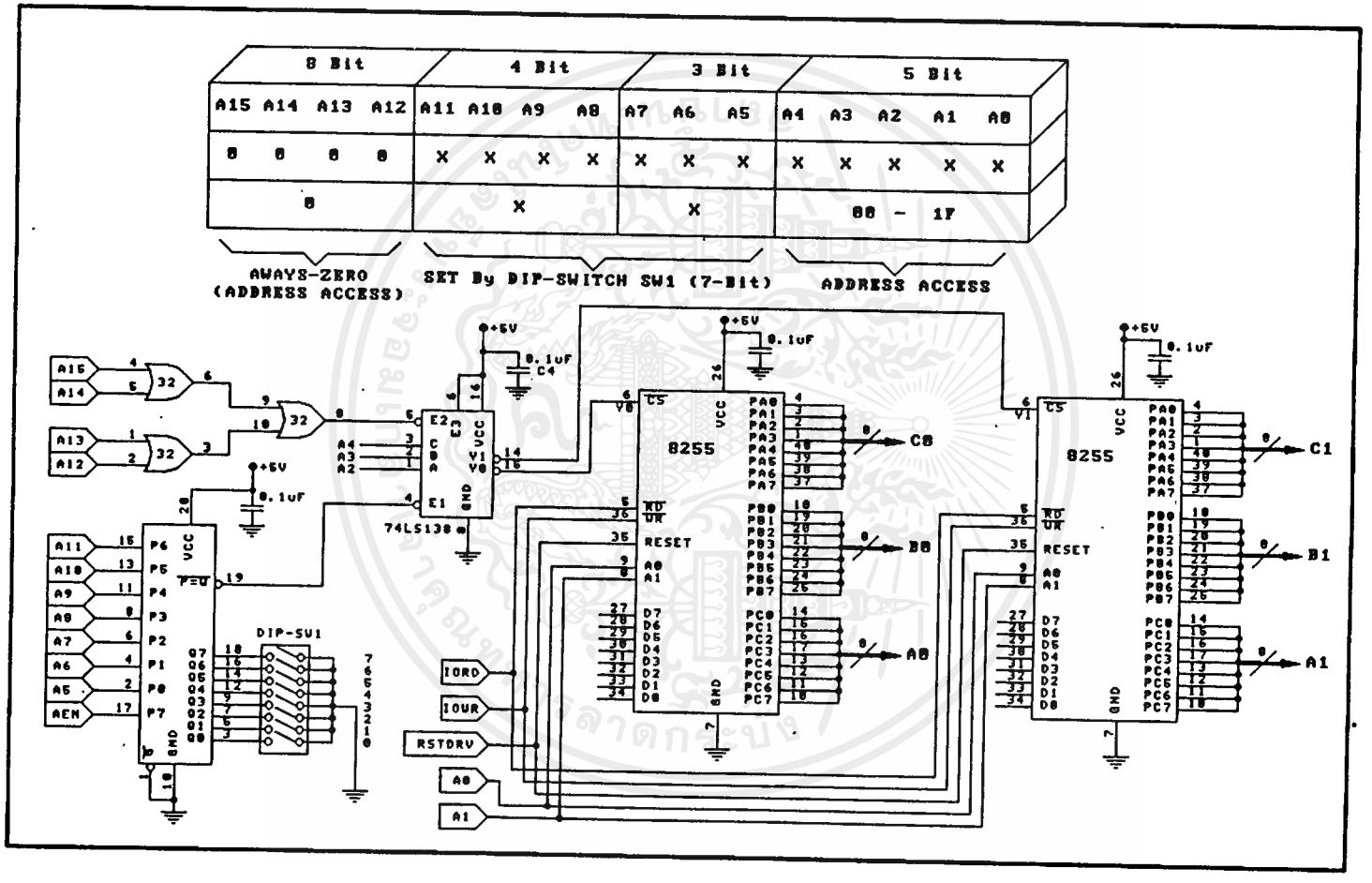
รูปที่ 13ข ส่วน HARDWARE ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


62 PIN EXPANSION BUS
A-SIDE SIGNAL B-SIDE SIGNAL
8088
74LS373
74LS244
74LS245
74LS139
74LS374
74LS107
IORD
3 NMI
-RESET
IN60 x 3
CR1
CR2
CR3
DT/R
841822
14.318 MHz VC
R4 330
R5 330
C39 68PF
RA3 100K
RA1 10K
RA23 100K
C6 4.7uF
SW-1
IN4148
R3 10K
R2 4.7K
R1 330
Q1 9014
+5V
-12V
+12V
GND
-MEMR
-MEMW
ALE
-AEN
CLOCK
HOLD
INTA
+170CH
-RESET



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


8 Bit
4 Bit
3 Bit
5 Bit
A15 A14 A13 A12
A11 A10 A9 A8
A7 A6 A5
A4 A3 A2 A1 A0
0 0 0 0
X X X X
X X X
X X X X X
0
X
X
00 - 1F
AWAYS-ZERO
(ADDRESS ACCESS)
SET By DIP-SWITCH SW1 (7-Bit)
ADDRESS ACCESS
+5V
0.1uF
C4
74LS138
8255
DIP-SW1
IORD
IOWR
RSTDRV
A0
A1
C0
B0
A0
C1
B1
A1

```
;NAME: PROJECT.ASM
            .8086
ATTR        EQU   07            ;ATTRIBUTE OF DISPLAY
BLANK       EQU   20H           ;ASCII BLANK
MONO_SCN    EQU   0B800H        ;BASE ADDRESS DISPLAY
ROW         EQU   25            ;NUMBER OF ROW OF CHAR
COL         EQU   80            ;NUMBER OF COL OF CHAR
NC_DSP      EQU   ROW*COL       ;ALL THE CHAR DISPLAY ON SCREEN
RANG        EQU   15            ;AMOUNT OF BYTES OF RESULT

RESET       EQU   00H           ;RESET COMMAND
PORT8       EQU   05H           ;8-BIT D/A
PORT12      EQU   06H           ;12-BIT D/A
DFH         EQU   02H           ;DEFIND HOME
SIP         EQU   03H           ;SET INDEX POSITION
LPEI        EQU   1BH           ;INTERUPT ON ERROR
LPES        EQU   1AH           ;STOP ON ERROR
SBPA        EQU   20H           ;SET BRAKE POINT, ABS
SBPR        EQU   21H           ;SET BRAKE POINT, REAL
MSKI        EQU   1CH           ;MAKE INTERUPT
RSTI        EQU   1DH           ;RESET INTERUPT
LFIL        EQU   1EH           ;LOAD PARAMS
UDF         EQU   04H           ;UPDATE FILTER
LTRJ        EQU   1FH           ;LOAD TRAJECTORY
STT         EQU   01H           ;START MOTION
RDSIGS      EQU   0CH           ;READ SIGNAL REG
RDIP        EQU   09H           ;READ INDEX POSITION
RDDP        EQU   08H           ;READ DESIER POS
RDRP        EQU   0AH           ;READ REAL POSITION
RDDV        EQU   07H           ;READ DESIRED VEL
RDRV        EQU   0BH           ;READ REAL VELOCITY
RDSUM       EQU   0DH           ;READ INTEGRATION SUM

LN_SCAL     EQU   02H           ;SCALE OUTPUT FOR LINEAR FUNCTION.
CY_SCAL     EQU   02H           ;SCALE OUTPUT FOR CYCLE FUNCTION.

CTRLW1      EQU   00H           ;TRAJECTORY CONTROL WORD MSB
CTRLW2      EQU   02H           ;TRAJECTORY CONTROL WORD LSB
CTRFL1      EQU   00H           ;CONTROL WORD FILTER MSB
CTRFL2      EQU   08H           ;CONTROL WORD FILTER LSB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
STACK       SEGMENT     PARA  STACK 'STACK' ;1K STACK SPACE
            DB          256 DUP (0)    ;256 BYTE OF STACK SPACE
STACK       ENDS

DATA        SEGMENT     PARA  PUBLIC  'DATA'
THIRTY      DB          30            ;VALUE FOR MUL INSTRUC
SIGTEEN     DB          10H
PARM        DB          128 DUP (0)   ;MOVE PARAMETER TO HERE

; MASSAGE  TABLE:

 MSG0       DB          '                                '
 MSG1       DB          '                                '
 MSG2       DB          '                                '
 MSG3       DB          '                                '
 MSG4       DB          '                                '
 MSG5       DB          '                                '
 MSG6       DB          '                                '
 MSG7       DB          '                                '
 MSG8       DB          '                                '

 CHAR_BUFF  DB          'POSITION                        ';DEFIND BUFFER FO
 VELOCITY   DB          'VELOCITY                        '
 HEADING    DB          '        B7 B6 B5 B4 B3 B2 B1 B0 '
 STATUS1    DB          'RDSTAT :                        '
 STATUS2    DB          'RDSIGS :                        '
 STATUS3    DB          '       :                        '
 STATUS4    DB          'RDIP   :                        '
 STATUS5    DB          'RDDP   :                        '
 STATUS6    DB          'RDRP   :                        '
 STATUS7    DB          'RDDV   :                        '
 STATUS8    DB          'RDRV   :                        '
 STATUS9    DB          'RDSUM  :                        '

 MSG9       DB      'LAST MESSAGE OF THE DAY--------'

 OUT_WORD   DW       0FFFFH
 OUT_WORD1  DW       00000H
 SCALE      DD       10000H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BUFF        DB   30 DUP (0)          ;DEFIND BUFFER AND CLEAR.
VBUFF       DB   30 DUP (0)          ;DEFIND BUFFER FOR VELOCITY.
DBUFF       DB   30 DUP (0)          ;DEFIND DATA BUFFER.
INPUT       DW    1 DUP (0)
            DW    1 DUP (0)

STATUS      DB    1 DUP (0)          ;STATUS REG OF LM 628.
RDSIGNAL    DB    1 DUP (0)          ;STSIG HIGH BYTE.
RDSIGNAL1   DB    1 DUP (0)          ;STSIG LOW BYTE.
FORWD       DB      00H,10H,40H,00H  ;FORWARD DIRECTION.
REWRD       DB      00H,00H,01H,00H  ;REWORD DIRECTION.
SPEEDS      DB      00H,00H,00H,00H  ;SPEED COMMAND.
JOG         DB      00H,00H,00H,00H  ;JOGING SPEED
ASCII_TBL   DB     '0123456789ABCDEF'
PEN_UP      DB     'PD'
DATA_X      DB     '000000,'
DATA_Y      DB     '000000;'
            DB     'QQ'
P_SPEED     DB     ';IN;SP1;VS80;'
            DB     'QQ'
            DB     'PD1000,1000;'
            DB    'QQ'
HI_MCND     DW    ?
LO_MCND     DW    ?
HI_PP1      DW    ?
LO_PP1      DW    ?
HI_PP2      DW    ?
LO_PP2      DW    ?
HI_PP3      DW    ?
LO_PP3      DW    ?
HI_PP4      DW    ?
LO_PP4      DW    ?
NEG_IND     DB    ?
VAR_Z       DW    2 DUP (0)
LAST        DW    1 DUP (0)
LAST_X      DW    1 DUP (0)
CNT_T       DW    1 DUP (0)
X_CNT       DW    1 DUP (0)
RESERV      DW    ?
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-----------------------------------
;    ARC GENERATED.
;-----------------------------------
 ARC_1 DW    1 DUP (0)
 ARC_2 DW    1 DUP (0)
 ARC_3 DW    1 DUP (0)
 ARC_4 DW    1 DUP (0)
 RES_2 DW    1 DUP (0)
 RES_1 DW    1 DUP (1)

 SQR_1 DW    1 DUP (1)    ;INITIAL BY ONE.
 SQR_2 DW    1 DUP (0)
 SQR_3 DW    1 DUP (0)
 SQR_4 DW    1 DUP (0)

 SQ_R1 DW    1 DUP (0)    ;SUCESSIVE APPROXIMATION
 SQ_R2 DW    1 DUP (0)    ;REMAIN.
 SQ_R3 DW    1 DUP (0)    ;(LAST STATE OF ARC_1 - ARC_4.)
 SQ_R4 DW    1 DUP (0)
 XN    DW    1 DUP  (0)
 TWO   DW    1 DUP  (0)
 ;----------------------
 ;   DISK I/O DEVICE
 ;----------------------
 FCB       DB    36 DUP (0)     ;FILE CONTROL BOX.
 DTA       DB    0              ;DISK TRANSFER AREA.
 CNT_DATA DW     DATA_BUF
 TBL_FILE DB     'SINE    DAT' ;DATA FILE NAME 'SINE.DAT'.
 DISK_NO  DB     03             ;DEFIND DRIVE C.

 DATA_BUF DB 4000H DUP (0) ;DATA BUFFER FOR DTA.
 ;-------------------
 ;   TEST PLOT
 ;-------------------

 Y_AXITL   DW    1  DUP (0)    ; Y AXIT ON PLOTTER.
 Y_AXITH   DW    1  DUP (0)
 Y_STARTL  DW    1  DUP (0)    ;START OF ARC CONTOUR Y
 Y_STARTH  DW    1  DUP (0)
 Y_ENDL    DW    1  DUP (0)    ;END OF ARC CONTOUR Y.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Y_ENDH     DW    1  DUP (0)
Y_ALPH     DW    1  DUP (0)
Y_ALPL     DW    1  DUP (0)
Y_ABSH     DW    1  DUP (0)     ;LAST POSITION OF CONTOUR Y.
Y_ABSL     DW    1  DUP (0)
Y_AXIT1H       DW   1  DUP (0)      ;ALTITUDE OF Y FIRST POINT (MSW).
Y_AXIT1L       DW   1  DUP (0)      ;ALTITUDE OF Y FIRST POINT (LSW).
Y_ANGLE        DW   1  DUP (0)      ;FIRST ANGLE POINTER Y.

X_AXITL    DW    1  DUP (0)     ; X AXIT ON PLOTTER.
X_AXITH    DW    1  DUP (0)
X_STARTL   DW    1  DUP (0)     ;START OF ARC CONTOUR X
X_STARTH   DW    1  DUP (0)
X_ENDL     DW    1  DUP (0)     ;END OF ARC CONTOUR X.
X_ENDH     DW    1  DUP (0)
X_ALPH     DW    1  DUP (0)
X_ALPL     DW    1  DUP (0)
X_ABSH     DW    1  DUP (0)     ;LAST POSITION OF CONTOUR X.
X_ABSL     DW    1  DUP (0)
X_AXIT1H       DW   1  DUP (0)      ;ALTITUDE OF X FIRST POINT (MSW).
X_AXIT1L       DW   1  DUP (0)      ;ALTITUDE OF X FIRST POINT (LSW).
X_ANGLE        DW   1  DUP (0)      ;FIRST ANGLE POINTER X.
;TEST ONLY
OUTPUT_X       DW   ?               ;OUTPUT TO DSP.
OUTPUT_Y       DW   ?
INTVAL_X       DW   ?               ;ABS INTERVAL DISTANCE.
INTVAL_Y       DW   ?
V_SPEED        DW   ?
QUARDANT       DB   ?               ;DIRECTION OF ARC.

T_SCALE        DW   2000H          ;SCALE PLOT.
CNT_DATAY      DW   1  DUP (0)      ;DATA POINTER Y.
CNT_DATAX      DW   1  DUP (0)      ;DATA POINTER X.
REMAINW2       DW   1  DUP (0)      ;MSW.
REMAINW1       DW   1  DUP (0)      ;
REMAINWO       DW   1  DUP (0)      ;LSW.
FIRST_DIVISOR  DW   51329           ;ARC SCALING FACTOR FIRST DIVISION.
SECOND_DIVISOR DW   1617            ;DEFAULT VALUE 1617
ANGLE_0        DW   1               ;ANGLE COUNTER.
ANGLE_1        DW   1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;--------------------
;   ARC PARAMETER.
;--------------------

X_RECORD        DW   2  DUP (1000)
Y_RECORD        DW   2  DUP (1000)
I_RECORD        DW   2  DUP (1000)
J_RECORD        DW   2  DUP (1000)
STORE           DW   ?
SHFT            DW   1  DUP (0)

 ;ERROR MESSAGE:

   ERRMSG    DB          'ERROR !!! INVALID PARAMETER!!'

   DATA      ENDS

   CODE      SEGMENT     PARA PUBLIC 'CODE'

   START     PROC    FAR

   ;STANDARD PROGRAM PROLOGUE EXCEPT RETRAIN DS AS PTR

             ASSUME  CS:CODE
             PUSH    DS        ;SAVE PSP SEG ADDR
             MOV     AX,0
             PUSH    AX        ;SAVE RET ADDR OFFET (PSP+0)
             MOV     AX,DATA
             MOV     ES,AX     ;ESTABLISH EXTRA SEG ADDRESSABILITY
             ASSUME  ES:DATA
;
; MOVE FCB PARAMETER FROM PSP TO OUR DATA SEGMENT:
;
          MOV     SI,5CH              ;SOURCE STRING OFFSET (WITH PSP).
          MOV     DI,OFFSET FCB       ;DEST STRING OFFSET.
          MOV     CX,12               ;STRING RANG.
          CLD                         ;SET 'FORWARD' STRING OPERATION.
          REP     MOVSB               ;MOVE PARM IN TO DATA AREA
;
; ESTABLISH NORMAL DATA SEGMENT ADDRESSABLITY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
        MOV     DS,AX
        ASSUME  DS:DATA
;
;   SET DATA AND OPEN FILE:
;
NAME:
        MOV     AL,DISK_NO          ;DEFIND DISK NO.
        MOV     FCB,AL
        MOV     SI,OFFSET TBL_FILE  ;SINE TABLE FILE.
        MOV     DI,OFFSET FCB+1
        MOV     CX,11
        CLD
        REP     MOVSB               ;INITIAL PRIMARY FILE NAME
                                    ;AND FILE NAME EXTENSION.
        MOV     DX,OFFSET DTA       ;ADDRESS OF DTA
        MOV     AH,1AH              ;DOS FUNCTION = 'SET DTA'
        INT     21H                 ;INVOKE DOS FUNCTION
        MOV     DX,OFFSET FCB       ;ADDRESS OF FCB
        MOV     AH,0FH              ;DOS FUNCTION = 'OPEN FILE'
        INT     21H                 ;INVOKE DOSFUNCTION
        CMP     AL,0                ;DID THE OPEN WORK?
        JNZ     ERROR2              ;BRANCH IF NOT
;
;   INITIALIZE THE RECORD SIZE','CURRENT BLOCK',AND
;   'CURRENT RECORD' FILE WITHIN THE FCB:
;
        MOV     WORD PTR FCB+0CH,0  ;'CURRENT BLOCK' = 0
        MOV     WORD PTR FCB+0EH,1  ;'RECORD SIZE'   = 1
        MOV     FCB+20H,0           ;'CURRENT RECORD'= 0

; 'TAB' (09H),END OF FILE' (1A),AND 'LINE FEED' (0AH)

        MOV     CX,4000             ;READ DATA 4000 BYTE
RD_AGAIN: MOV   DX,OFFSET FCB       ;ADDRESS OF FCB
        MOV     AH,14H              ;DOS FUNCTION = 'SEQUENTIAL RED'
        INT     21H                 ;INVOKE DOS FUNCTION
        CMP     AL,0                ;DID THE 'READ' WORK?
        JNZ     EOF                 ;BRANCH IF NOT
        MOV     AL,DTA              ;GET THE CHARACTER JUST READ
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            CALL    SAVE_TBL                ;SAVE TO TEXT BUFFER.
            LOOP    RD_AGAIN
            JMP     EOF
;
; AFILE ACCESS ERROR HAS OCCUREED, TELL USER AND QUIT:
;
ERROR2:     RET                             ;RETURN TO DOS
;
; END OF FILE HAS BEEN ENCOUNTED, CLOSE THE FILE AND
;   RETURN TO DOS:
;
EOF:        MOV     DX,OFFSET FCB           ;ADDRESS OF FCB
            MOV     AH,10H                  ;DOS FUNCTION = 'CLOSE FILE'
            INT     21H                     ;INVOKE DOS FUNCTION

                CALL    CLRSCN  ;WRITE CHAR BLANK ON SCREEN

                JMP     INT8255

                MOV     DX,00
                MOV     AH,1
                INT     17H

                MOV     BX,OFFSET P_SPEED   ;INITIAL PLOTER.
    PLT_INIT:
                MOV     AL,[BX]
                CMP     AL,'Q'
                JZ      PLT_EXIT
                CALL    PLOT
                INC     BX
                JMP     PLT_INIT
    PLT_EXIT:

    INT8255:
                MOV     DX,306H
                IN      AL,DX
                CMP     AL,00       ;CHECK DSP POWER UP
                JZ      COLD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     DX,303H
        MOV     AL,80H      ;DEFIND CONTROL WORD
                            ;FOR PA1,PB1,PC1.
        OUT     DX,AL
        MOV     AL,0FFH
        MOV     DX,302H
        OUT     DX,AL

        MOV     DX,307H
        MOV     AL,83H      ;DEFIND 8255 CONTROL WORD
                            ;FOR PA2,PB2,PC2.
        OUT     DX,AL
        ;CALL    INIT       ;INITIAL LM628.
COLD:   ;CALL    IO_TEST    ;TEST SERVO CARD.

        MOV     AL,00
        MOV     DX,304H
        OUT     DX,AL

        CALL    CUR_OFF    ;OFF CURSOR ON CRT.

LOOP:   MOV     AH,01      ;FUNCTION = READ KEYBOARD.
        INT     16H        ;CALL BIOS KEYBOARD ROUTINE.

        ;SUB    AL,'0'     ;CONVERT FROM ASCII TO BINARY
        ;JC     ERROR      ;BRANCH IF NOT NUMERIC (<'0')
        ;CMP    AL,9       ;CHECK FOR VALID NUMERIC

        JNZ     ERROR      ;BRUNCH IF NOT VALID(>'9')

        JMP     MSG


;SELECT APPROPRIATE MASSAGE FROM MASSAGE TABLE

MSG:    MOV     BX,OFFSET MSG0  ;POINT TO FIRST MESSAGE
        MOV     AX,09H
        MUL     THIRTY     ;AX=AX*30
        ADD     BX,AX      ;POINT TO DESIRED MESSAGE
        CALL    DISPLAY    ;DISPLAY MASAGE AT [BX]
        CALL    ASCII
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ;CALL    READ       ;READ STATUS.
                ;CALL    REPORT1    ;DISPLAY IT.

              ;  CALL    COSINT
                 CALL    TEST

                 JMP     LOOP       ;LOOP

        ;DISPLAY ERROR MESSAGE FOR VALID PARAMETER:

        ERROR:   MOV     AH,0       ;DEFIND AH READ CHARACTER.
                 INT     16H
                 SUB     AL,'0'
                 JC      ERROR1
    ;             CMP     AL,1DH     ;CHARACTER M.
    ;             JZ      FORWARD
                 CMP     AL,19H     ;CHARACTER I.
                 JZ      VAR_ADJ
    ;             CMP     AL,23H     ;CHARACTER S.
    ;             JZ      STOP

        ERROR1:  MOV     BX,OFFSET ERRMSG
                 CALL    DISPLAY    ;DISPLAY THE ERROR MESSAGE AT [BX]
                 RET                ;RETURN TO DOS



    ;-----------------------------------------

        ;----------------------
        ; X-VARIABLE ADJUSTABLE.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------
;ADJUST VARIABLE ON X-VALUE.
; Z = SQRT(R_SQR - X_SQR)

VAR_ADJ   PROC   NEAR
          PUSH   AX
          PUSH   BX

          MOV    BX,OFFSET INPUT
          MOV    AX,[BX]
          INC    AX
          MOV    [BX],AX
          MOV    BX,OFFSET VBUFF
          MOV    [BX],AX

          POP    BX
          POP    AX

          JMP    LOOP

VAR_ADJ   ENDP

;-----------------------------------------

FCODE     DB   2048  DUP (0) ;DEFIND MEMORY FOR FIRST CODE.
SCODE     DB   1024  DUP (0) ;DEFIND MEMORY FOR SECOND CODE.
CMD_INDEX DW   1   DUP (0)   ;COMMAND POINTER.
F_INDEX   DW   1   DUP (0)   ;FIRST CODE POINTER.
TEMP      DB   1   DUP (0)   ;TEMPOLARY USE FOR CONVERT DATA.
TEMPH     DW   1   DUP (0)   ;TEMPOLARY USE FOR CONVERT DATA.
TEMPL     DW   1   DUP (0)
DIST_X    DW   2   DUP (0)   ;DISTANCE OF X-AXIS.
DIST_Z    DW   2   DUP (0)   ;DISTANCE OF Y-AXIS.
F_PARA    DW   2   DUP (0)   ;FEED VECTOR.
S_PARA    DW   2   DUP (0)   ;SPEED OF SPINDLE.
DIR_MOVE  DB   1   DUP (0)   ;DIRECTION MOVEMENT REG.

INIT_FCODE: MOV     BX,OFFSET FCODE

STCFCNC   PROC      NEAR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            MOV     BX,OFFSET F_INDEX
            MOV     AL,[BX]
            CMP     AL,'G'
            JZ      G_CMD       ;IF DATA IS CHARECTER G THEN DO G_CMD.
            CMP     AL,'M'
;           JZ      M_CMD       ;IF DATA IS CHARECTER M THEN DO M_CMD.

G_CMD:
            INC     BX
            MOV     AL,[BX]
            CMP     AL,' '      ;CHECK SPACE.
            JZ      G_CMD       ;IF DATA = SPACE THEN SKIP TO NEXT DATA.
            SUB     AL,'0'      ;CHANGE ASCII TO BINARY.
            JC      CMD_ERR     ;CMD ERROR.
            CMP     AL,9
            JNZ     CMD_ERR     ;IF AL >9 INVALID.
            PUSH    BX
            MOV     BL,10
            MUL     BL
            POP     BX          ;RESTORE BX.
            MOV     TEMP,AL
            INC     BX
            MOV     AL,[BX]
            SUB     AL,'0'
            JC      CMD_ERR
            CMP     AL,9
            JNZ     CMD_ERR
            MOV     F_INDEX,BX  ;STORE LAST POINTER.
            ADD     AL,TEMP     ;ADD WITH LSB.
            MOV     TEMP,AL
            CMP     AL,00
            JZ      G_00        ;G00
            CMP     AL,01
;           JZ      G_01        ;G01
            CMP     AL,02
;           JZ      G_02        ;G02
            JMP     G_END

CMD_ERR:    NOP                 ;CODE ERROR.
;NOTE.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;MUT BE HAVE ERROR MASAGE OR ALARM CODE SHOW.
          RET                    ;RETURN TO MAIN.

G_OO:     INC     BX             ;NEXT DATA.
          MOV     AL,[BX]
          CMP     AL,' '         ;CHECK SPACE.
          JZ      G_OO           ;IF SPACE APPEAR THEN SKIP TO NEXT DATA.
          MOV     CX,2           ;SET COUNTER = 2 FOR DATA SEQUENT X,Z.
GOO_PARA:                        ;GOO PARAMETER INPUT.
          CMP     AL,'X'         ;CHECK X PARAMETER.
          JZ      GOO_X          ;INPUT VALUE OF X.
          CMP     AL,'Z'         ;CHECH Z PARAMETER.
          JZ      GOTO_Z         ;INPUT VALUE OF Z.
          JMP     CMD_ERR        ;IF DATA IS NOT X OR Y THEN CMD ERROR.
GOTO_Z:   JMP     GOO_Z


GOO_X:
          INC     BX
          MOV     AL,[BX]
          CMP     AL,' '
          JZ      GOO_X
          CMP     AL,'-'         ;CHECK SIGN INTEGER VALUE.
          JZ      GOTOXDIR       ;DIRECTION OF X MOVEMENT.
          MOV     AL,0FEH        ;CLEAR BIT 0.
          AND     DIR_MOVE,AL    ;CLEAR DIRECTION MOVEMENT REG BIT 0 WITH 0.
          JMP     GOOX_SKIP1     ;SPACE SKIP.
GOTOXDIR: JMP     GOOX_DIR
GOOX_NUM:                        ;X NUMERIC FIELD.
          MOV     F_INDEX,BX     ;SAVE LAST POINTER AT LSB.
          CALL    DAC2BIN        ;DACIMAL TO BINARY CONVERT.

          MOV     BX,OFFSET DIST_X  ;DIISTANCE OF X-AXIS.
          MOV     AX,TEMPH
          MOV     [BX],AX
          ADD     BX,2           ;INCREMENT 2 BYTE.
          MOV     AX,TEMPL
          MOV     [BX],AX

          LOOP    GOO_PARA       ;COUNT INPUT SQUENT.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            CALL    RUN_GOO     ;EXECUTE GOO.

            JMP     STCFCNC     ;JMP TO STANDARD CODE FOR CNC
                                ;PART PROGRAM.

GOOX_DIR:                       ;DIRECTION FLAG X (BIT-0).
            MOV     AL,01       ;SET BIT 0.
            OR      DIR_MOVE,AL ;SET DIRECTION MOVEMENT REG BIT 0.
GOOX_SKIP:                      ;CHECK SPACE.
            INC     BX          ;POINT NEXT DATA.
            MOV     AL,[BX]     ;READ NEXT DATA.
GOOX_SKIP1:
            CMP     AL,' '
            JZ      GOOX_SKIP   ;SPACE SKIP.
            MOV     DX,00       ;SET COUNTER = 0.
            SUB     AL,'0'
            JC      INPUT_ERR   ;IF AL < 0 NUMBER FIELD ERR.
            CMP     AL,9
            JNZ     INPUT_ERR   ;IF AL > 9 NUMBER FIELD ERR.
            JMP     GOOX_LSB1
INPUT_ERR:




GOOX_LSB:                       ;CHECK DATA FIELD.
            SUB     AL,'0'
            JC      X_LSB       ;IF CARRY SET POINTER IS LSB+1.
            CMP     AL,9
            JNZ     X_LSB       ;IF AL > 9 DO X_LSB.
GOOX_LSB1:
            INC     DX          ;COUNT DIGIT.
            INC     BX          ;POINTER IS NEXT DATA.
            MOV     AL,[BX]
            JMP     GOOX_LSB    ;READ AGAIN.
X_LSB:
            DEC     BX          ;POINTER IS LSB.
            JMP     GOOX_NUM
GOO_Z:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LOOP    GOO_PARA

    G_END:                          ;END OF G-CODE.
                RET
    STCFCNC     ENDP

RUN_GOO         PROC    NEAR        ;EXECUTE GOO.


RUN_GOO         ENDP

DAC2BIN         PROC    NEAR        ;CONVERT ASCII NUMBER TO BINARY.

                MOV     BX,F_INDEX  ;LAST DATA POINT.
                SUB     AX,AX       ;ZERO ACCUMULATOR.
                MOV     TEMPH,AX    ;ZERO TEMPH.
                MOV     AL,[BX]     ;READ NUMERIC.
                SUB     AL,'0'      ;CHANGE TO BINARY.
                MOV     TEMPL,AX    ;FIRST DIGIT.
                DEC     DX
                JNZ     MPY_TEN
                JMP     BIN_RDY
MPY_TEN:                            ;MULTIPLY BY 10.
                DEC     BX          ;POINT TO NEXT DIGIT.
                SUB     AX,AX
                MOV     AL,[BX]     ;READ IT.
                SUB     AL,'0'
                PUSH    DX
                PUSH    BX
                MOV     BX,10
                MUL     BX
                ADD     TEMPL,AX
                MOV     AX,0
                ADC     TEMPH,AX
                POP     BX
                POP     DX
                DEC     DX
                JNZ     MPY_HUN
                JMP     BIN_RDY
MPY_HUN:                            ;MULTIPLY BY 100.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            DEC     BX          ;POINT TO NEXT DIGIT.
            SUB     AX,AX
            MOV     AL,[BX]     ;READ IT.
            SUB     AL,'0'
            PUSH    DX
            PUSH    BX
            MOV     BX,100
            MUL     BX
            ADD     TEMPL,AX
            MOV     AX,0
            ADC     TEMPH,AX
            POP     BX
            POP     DX
            DEC     DX
            JNZ     MPY_THOU
            JMP     BIN_RDY
MPY_THOU:                       ;MULTPLY BY 1000.
            DEC     BX          ;POINT TO NEXT DIGIT.
            SUB     AX,AX
            MOV     AL,[BX]     ;READ IT.
            SUB     AL,'0'
            PUSH    DX
            PUSH    BX
            MOV     BX,1000
            MUL     BX
            ADD     TEMPL,AX
            MOV     AX,0
            ADC     TEMPH,AX
            POP     BX
            POP     DX
            DEC     DX
            JNZ     MPY_TENTHOU
            JMP     BIN_RDY
MPY_TENTHOU:                    ;MULTPLY BY 10000
            DEC     BX          ;POINT TO NEXT DIGIT.
            SUB     AX,AX
            MOV     AL,[BX]     ;READ IT.
            SUB     AL,'0'
            PUSH    DX
            PUSH    BX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     BX,10000
                MUL     BX
                ADD     TEMPL,AX
                MOV     AX,0
                ADC     TEMPH,AX
                POP     BX
                POP     DX
            ;   DEC     DX
            ;   JNZ     BIN_OVFO    ;DACIMAL CONVERT TO BIN OVERFOLW.
BIN_RDY:                            ;DACIMAL TO BINARY READY.
                MOV     F_INDEX,BX  ;SAVE LAST POINTER.
                RET                 ;RETURN TO MAIN.
DAC2BIN         ENDP



    PLT_S   PROC    NEAR
            PUSH    AX
            PUSH    DX
            MOV     BX,OFFSET PEN_UP
    PLT_T:
            MOV     AL,[BX]
            CMP     AL,'Q'
            JZ      PL_END

            MOV     DX,378H
            OUT     DX,AL
            MOV     DX,379H
    S_WAIT:
            IN      AL,DX
            TEST    AL,80H
            JZ      S_WAIT
            MOV     DX,37AH
            MOV     AL,0DH
            OUT     DX,AL
            MOV     AL,0CH
            OUT     DX,AL
            INC     BX
            JMP     PLT_T
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PL_END:
        POP     DX
        POP     AX
        RET
PLT_S   ENDP

PLT_S1   PROC   NEAR
        PUSH    BX
        PUSH    DX

        MOV     AH,1        ;PARAMETER TO INITIAL PRINTER.
        MOV     DX,0        ;SET FOR ONE PRINTER.
        INT     17H
        MOV     BX,OFFSET PEN_UP
PLTT1:
        MOV     AL,[BX]
        CMP     AL,'Q'
        JZ      PLTT2

        MOV     AH,0
        INT     17H
        INC     BX
        JMP     PLTT1
PLTT2:
        POP     DX
        POP     BX
        RET
PLT_S1   ENDP


;-----------------------------
;   WRITE DATA TO PRINTER PORT
;-----------------------------
; AL: INPUT
; DX: I/O POINTER.
;

PLOT    PROC    NEAR
        PUSH    AX
        PUSH    DX
        MOV     AH,0
        INT     17H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            POP     DX
            POP     AX
            RET
    PLOT    ENDP

;-----------------------------------
; CONVERT BINARY NUMBER TO A STRING.
;-----------------------------------
; CONVERT A SIGNED BINARY NUMBER TO SIX-BYTE
;ASCII STRING (SIGN PLUS FIVE DIGITS)
; INPUT:  AX = NUMBER TO CONVERTED.
; RESULT: DX = STARTING OF ADDRESS OF SIRING BUFFER.
;         CX = CHARACTER COUNT.
; OTHER REGISTER ARE PRESERVED.

  BIN_ASCII  PROC NEAR
             PUSH DX
             PUSH BX
             PUSH CX
             PUSH SI
             PUSH AX
             MOV  BX,DX
             MOV  CX,6
  FILL_BUFF:
             MOV  BYTE PTR [BX],' '
             INC  BX
             LOOP FILL_BUFF
             MOV  SI,10              ;GET READY TO DIVIDED BY 10.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                OR   AX,AX              ;IF VALUE IS NEGATIVE.
                JNS  CLR_DVD
                NEG  AX                 ;MAKE IT POSITIVE.
    CLR_DVD:
                SUB  DX,DX              ;CLEAR UPPER HALF OF DIVIDEND.
                DIV  SI                 ;DIVIDE AX BY 10.
                ADD  DX,'0'             ;CONVERT REMAINDER TO ASCII DIGIT.
                DEC  BX                 ;BACK UP THROUGH BUFFER.
                MOV  [BX],DL            ;STORE CHAR. IN THE STRING
                INC  CX                 ;COUNT CONVERTED CHARACTER.
                OR   AX,AX              ;ALL DONE ?
                JNZ  CLR_DVD            ;IF NOT GET NEXT DIGIT.
                POP  AX                 ;YES. GET ORIGINAL VALUE.
                OR   AX,AX              ;WAS IT NEGATIVE.
                JNS  NO_MORE
                DEC  BX                 ;YES. STORE SIGN
                MOV  BYTE PTR [BX],'-'
                INC  CX                 ;AND INCREASE CHARACTER COUNT.
    NO_MORE:
                POP  SI                 ;RESTORE REGISTER
                POP  CX
                POP  BX
                POP  DX
                RET                     ;AND EXIT.

    BIN_ASCII   ENDP


;--------------------------------
;    INTEGER UNSIGNED MULTIPLY.
;--------------------------------
;32-BIT BY 32-BIT UNSIGNED MULTIPLY PROCEDURE.

;INPUT  CX:BX = MULTIPLIER
;       DX:AX = MULTIPLICAND
;OUTPUT DX,CX,BX AND AX (HIGH TO LOW ORDER.)

MULU32  PROC   NEAR
        PUSH   DS
        PUSH   DI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     HI_MCND,DX
        MOV     LO_MCND,AX
        MUL     BX
        MOV     HI_PP1,DX
        MOV     LO_PP1,AX
        MOV     AX,HI_MCND
        MUL     BX
        MOV     HI_PP2,DX
        MOV     LO_PP2,AX
        MOV     AX,LO_MCND
        MUL     CX
        MOV     HI_PP3,DX
        MOV     LO_PP3,AX
        MOV     AX,HI_MCND
        MUL     CX
        MOV     HI_PP4,DX
        MOV     LO_PP4,AX
        MOV     AX,LO_PP1
        MOV     BX,HI_PP1
        ADD     BX,LO_PP2
        ADC     HI_PP2,0
        ADD     BX,LO_PP3
        MOV     CX,HI_PP2
        ADC     CX,HI_PP3
        ADC     HI_PP4,0
        ADD     CX,LO_PP4
        MOV     DX,HI_PP4
        ADC     DX,0

        POP     DI
        POP     DS
        RET

MULU32 ENDP

;----------------------
;   ARC GENERATED.
;----------------------
;INPUT 64-BIT:
;OUTPUT 32-BIT.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;VAR INPUT:   I_RECORD+2 - I_RECORD HIGH ORDER TO LOW (32-BIT).
;            J_RECORD+2 - J_RECORD
;    OUTPUT: RES_2 - RES_1    HIGH ORDER TO LOW (32-BIT).

ARC   PROC  NEAR
      PUSH  AX
      PUSH  BX
      PUSH  CX
      PUSH  DX

      SUB  AX,AX
      MOV  CX,I_RECORD+2    ;READ MSW.
      MOV  DX,CX
      MOV  AX,I_RECORD      ;READ LSW.
      MOV  BX,AX

      CALL  MULU32          ;CALCULATED I-SQUARE.

      PUSH  DX              ;STORE VALUE OF I_SQR
      PUSH  CX              ;64-BIT.
      PUSH  BX
      PUSH  AX
;-----------------------------------------
; FIND
;      RADIUS=SQRT(I_SQUARE + J_SQUARE)
;-----------------------------------------
      SUB  AX,AX
      MOV  CX,J_RECORD+2    ;READ MSW.
      MOV  DX,CX
      MOV  AX,J_RECORD      ;READ LSW.
      MOV  BX,AX
      CALL MULU32           ;CALCULATED J-SQUARE.
      MOV   STORE,DX        ;TANSIENT DATA STORAGE.
      POP   DX              ;READ I-SQUARE FIRST WORD (LSW).
      ADD   AX,DX
      POP   DX              ;READ I-SQOARE SECOND WORD.
      ADC   BX,DX
      POP   DX              ;READ I-SQOARE THERD WORD.
      ADC   CX,DX
      POP   DX              ;READ I-SQOARE FOURTH WORD (MSW).
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        PUSH  AX
        MOV   AX,STORE      ;DEFIND MSB=00.
        ADC   DX,AX
        POP   AX            ;RESTORE DATA ON AX.

SAVE_DATA:
        MOV   ARC_4,DX      ;SAVE HIGH ORDER TO LOW ON
        MOV   ARC_3,CX      ;ARC_4 TO ARC_1.
        MOV   ARC_2,BX
        MOV   ARC_1,AX

        ;JMP   SQRT
    ;-------------------------
    ; DIVISON 64-BIT OPERATION.
    ;-------------------------
NEWTON:
        MOV     TWO,2
        MOV     XN,16               ;INITIAL FIRST VALUE.
        MOV     DX,0
LOAD_XN:
        MOV     AX,ARC_2
        DIV     XN
        MOV     AX,ARC_1
        DIV     XN                  ;DIVISION SECOND WORD.
        ADD     AX,XN               ; AX = Xn + X/Xn.
        MOV     DX,0
        DIV     TWO
        MOV     BX,XN               ; BX = 0.5(Xn + X/Xn).
        MOV     XN,AX
        CMP     AX,BX
        JNZ     LOAD_XN
        MOV     RES_1,AX            ;STORE DATA MSW.
        MOV     RES_2,0
CAL_ERR:
        POP   DX
        POP   CX
        POP   BX
        POP   AX

        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SQRT:
            MOV     RES_1,0          ;INITIAL ZERO ON RES_1(LSW)
            MOV     RES_2,0          ;AND RES_2 (MSW).
            MOV     SHFT,8000H
            MOV     CX,16            ;16-BIT MSW.
  SQRT_LOOP:
            PUSH    CX
            MOV     DX,RES_2
            ADD     DX,SHFT
            MOV     CX,DX
            SUB     AX,AX
            MOV     BX,AX
            CALL    MULU32           ;SQUARE (AX:DX).
            SUB     AX,ARC_1
            SBB     BX,ARC_2
            SBB     CX,ARC_3
            SBB     DX,ARC_4
            JNC     SQRT_NEXT
            MOV     AX,SHFT
            ADD     RES_2,AX
  SQRT_NEXT:
            ROR     SHFT,1           ;SHIFT RIGHT ONE BIT.
            POP     CX
            LOOP    SQRT_LOOP
            MOV     SHFT,8000H       ;INITIAL SHFT.
            MOV     CX,16            ;16-BIT LSW.
  SQRT_LOOP1:
            PUSH    CX
            MOV     DX,RES_2
            MOV     CX,DX
            MOV     AX,SHFT
            ADD     AX,RES_1
            MOV     BX,AX
            CALL    MULU32           ;SQUARE (AX:DX).
            SUB     AX,ARC_1
            SBB     BX,ARC_2
            SBB     CX,ARC_3
            SBB     DX,ARC_4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JNC     SQRT_NEXT1
                MOV     AX,SHFT
                ADD     RES_1,AX
        SQRT_NEXT1:
                ROR     SHFT,1          ;SHIFT RIGHT ONE BIT.
                POP     CX
                LOOP    SQRT_LOOP1

                POP     DX
                POP     CX
                POP     BX
                POP     AX

                RET

    ARC   ENDP
    ;---------------------------------------------------------------

    T_FITING PROC NEAR

            MOV     HI_MCND,DX
            MOV     LO_MCND,AX
            MUL     BX
            MOV     HI_PP1,DX
            MOV     LO_PP1,AX
            MOV     AX,HI_MCND
            MUL     BX
            MOV     HI_PP2,DX
            MOV     LO_PP2,AX
            MOV     AX,LO_MCND
            MUL     CX
            MOV     HI_PP3,DX
            MOV     LO_PP3,AX
            MOV     AX,HI_MCND
            MUL     CX
            MOV     HI_PP4,DX
            MOV     LO_PP4,AX
            MOV     AX,LO_PP1
            MOV     BX,HI_PP1
            ADD     BX,LO_PP2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ADC     HI_PP2,0
        ADD     BX,LO_PP3
        MOV     CX,HI_PP2
        ADC     CX,HI_PP3
        ADC     HI_PP4,0
        ADD     CX,LO_PP4
        MOV     DX,HI_PP4
        ADC     DX,0
    ;---------------------------
    ; DIVISON 64-BIT OPERATION.
    ;---------------------------
        PUSH    AX              ;STORE DATA AX.
        MOV     AX,CX
        DIV     FIRST_DIVISOR   ;DIVISION FIRST WORD.
        MOV     REMAINW2,AX     ;STORE DATA MSW.
        MOV     AX,BX           ;READ DATA BX.
        DIV     FIRST_DIVISOR   ;DIVISION SECOND WORDS.
        MOV     REMAINW1,AX     ;STORE DATA MSW.
        POP     AX              ;READ DATA AX.
        DIV     FIRST_DIVISOR   ;DIVISION THERD WORDS.
        MOV     [REMAINW0],AX   ;STORE DATA LSW.

        MOV     DX,[REMAINW2]
        MOV     AX,[REMAINW1]
        DIV     SECOND_DIVISOR
        MOV     REMAINW1,AX
        MOV     AX,REMAINW0
        DIV     SECOND_DIVISOR
        MOV     [REMAINW0],AX
        RET

T_FITING  ENDP


SEARCH_J  PROC    NEAR

;----------------------
;  CHECK FORWARD PART
;----------------------
            MOV     Y_ENDH,0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SUB     AX,AX
                MOV     AX,Y_ENDL
                SUB     AX,J_RECORD
                MOV     AX,Y_ENDH
                SBB     AX,J_RECORD+2
                JC      EXCHANGE
                MOV     AX,I_RECORD
                MOV     X_STARTL,AX
                MOV     AX,I_RECORD+2
                MOV     X_STARTH,AX
                MOV     AX,J_RECORD       ;IF Y_END > J_RECORD THEN PUSH
                MOV     Y_STARTL,AX       ;VALUE OF J_RECORD TO Y_START.
                MOV     AX,J_RECORD+2
                MOV     Y_STARTH,AX
                JMP     PLT_REVERSE
EXCHANGE:
                MOV     AX,X_ENDL
                MOV     X_STARTL,AX
                MOV     AX,X_ENDH
                MOV     X_STARTH,AX
                MOV     AX,Y_ENDL         ;IF Y_END < J_RECORD THEN PUSH
                MOV     Y_STARTL,AX       ;VALUE BETWEEN Y_END AND Y_START.
                MOV     AX,Y_ENDH
                MOV     Y_STARTH,AX



                MOV     AX,I_RECORD
                MOV     X_ENDL,AX
                MOV     AX,I_RECORD+2
                MOV     X_ENDH,AX
                MOV     AX,J_RECORD
                MOV     Y_ENDL,AX
                MOV     AX,J_RECORD+2
                MOV     Y_ENDH,AX
PLT_REVERSE:

        SUB     BX,BX             ;ZERO BX.
        MOV     Y_AXITL,BX
        MOV     Y_AXITH,BX
        MOV     X_AXITL,BX
        MOV     X_AXITH,BX
        CALL ARC                  ;FIND RADIUS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     BX,OFFSET DATA_BUF
        MOV     CNT_DATAY,BX
        ADD     BX,3998          ;OFFSET TO END OF SINE
        MOV     CNT_DATAX,BX     ;TABLE 1999 WORD.
        MOV     CX,2000          ;SET COUNTER LIMIT.
FIND_LOOP:
        MOV     BX,CNT_DATAY     ;READ POINTER.
        MOV     AX,[BX]          ;READ SINE TABLE.
        ADD     CNT_DATAY,2      ;UPDATE COUNTER.
        ADD     Y_AXITL,AX       ;ADD LOW WORD Y-AXIT.
        ADC     Y_AXITH,0        ;ADD CARRY FROM LOW WORD Y-AXIT.

        MOV     BX,CNT_DATAX
        MOV     AX,[BX]
        SUB     CNT_DATAX,2
        ADD     X_AXITL,AX
        ADC     X_AXITH,0
      PUSH    CX
        MOV     CX,Y_AXITH       ;READ DATA ON Y_AXITH.
        MOV     BX,Y_AXITL       ;READ LOW WORD.
        MOV     DX,RES_2
        MOV     AX,RES_1
        CALL    T_FITING         ;TABLE FITTING SCALE.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SUB     AX,AX
        MOV     AX,Y_STARTL         ;READ RADIUS MSW.
        SUB     AX,REMAINW0
        MOV     AX,Y_STARTH
        SBB     AX,REMAINW1
        JNC     FIND_NEXT           ;IF I_RECORD > REMAINW
                                    ;THEN READY.
        POP     CX
        MOV     ANGLE_0,CX          ;SAVE ANGLE COUNTER FIRST POINT.
        MOV     AX,CNT_DATAX        ;READ TABLE POINTER X.
        MOV     X_ANGLE,AX          ;SAVE TABLE POINTER X FIRST POINT.
        MOV     AX,CNT_DATAY        ;READ TABLE POINTER Y.
        MOV     Y_ANGLE,AX          ;SAVE TABLE POINTER Y FIRST POINT.
        MOV     AX,X_AXITH
        MOV     X_AXIT1H,AX         ;SAVE DATA MSW FIRST POINT.
        MOV     AX,X_AXITL
        MOV     X_AXIT1L,AX         ;SAVE DATA LSW FIRST POINT.
        MOV     AX,Y_AXITH
        MOV     Y_AXIT1H,AX
        MOV     AX,Y_AXITL
        MOV     Y_AXIT1L,AX
        DEC     CX                  ;COUNT FOR NEXT COUNT.
        JMP     FINAL_POINT

FIND_NEXT:

        POP     CX
        LOOP    FIND_LOOP
        MOV     ANGLE_0,0FFFFH      ;SET OVER FLOW ANGLE.
        RET                         ;END OF PROCESS.

FINAL_POINT:

        MOV     BX,CNT_DATAY        ;READ POINTER.
        MOV     AX,[BX]             ;READ SINE TABLE.
        ADD     CNT_DATAY,2         ;UPDATE COUNTER.
        ADD     Y_AXITL,AX          ;ADD LOW WORD Y-AXIT.
        ADC     Y_AXITH,0           ;ADD CARRY FROM LOW WORD Y-AXIT.
        MOV     BX,CNT_DATAX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            MOV     AX,[BX]
            SUB     CNT_DATAX,2
            ADD     X_AXITL,AX
            ADC     X_AXITH,0
        PUSH    CX
            MOV     CX,Y_AXITH      ;READ DATA ON Y_AXITH.
            MOV     BX,Y_AXITL      ;READ LOW WORD.
            MOV     DX,RES_2
            MOV     AX,RES_1
            CALL    T_FITING        ;TABLE FITTING SCALE.
            SUB     BX,BX
            MOV     BX,Y_ENDH
            MOV     AX,Y_ENDL
            SUB     AX,REMAINW0
            SBB     BX,REMAINW1
            JNC     FIND_NEXT1      ;IF Y_END > REMAIN THEN
                                    ;FIND_NEXT1.
        POP     CX
            MOV     ANGLE_1,CX      ;SAVE COUNTER END POINT.

FIND_READY:
            RET

FIND_NEXT1:

        POP     CX
            LOOP    FINAL_POINT
            MOV     ANGLE_1,0FFFFH  ;SET OVER FLOW.
            RET

SEARCH_J  ENDP


TEST            PROC    NEAR

;---------------------------------;
;  DEMO  PICK  &  PLACE  MACHINE  ;
;---------------------------------;
RUN_TEST:
            MOV     AX,0C00H        ;DEFIND VECTOR SPEED.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV     V_SPEED,AX

MOV     X_ENDL,5000         ;DEFIND END POINT OF ARC.
MOV     X_ENDH,00
MOV     Y_ENDL,3000          ;2000
MOV     Y_ENDH,00

CALL    L_Q2
CALL    PICK
CALL    ROTATE_CW
CALL    ROTATE_CW

MOV     X_ENDL,8000
MOV     X_ENDH,00
MOV     Y_ENDL,3000
MOV     Y_ENDH,00

CALL    L_Q3
CALL    PLACE

MOV     X_ENDL,3000
MOV     X_ENDH,00
MOV     Y_ENDL,3000
MOV     Y_ENDH,00

CALL    L_Q2
CALL    PICK
CALL    ROTATE_CCW
CALL    ROTATE_CCW

MOV     X_ENDL,2000
MOV     X_ENDH,00
MOV     Y_ENDL,3000
MOV     Y_ENDH,00

CALL    L_Q3
CALL    PLACE

MOV     X_ENDL,3000
MOV     X_ENDH,00
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV     Y_ENDL,3000
MOV     Y_ENDH,00

CALL    L_Q2
CALL    PICK
CALL    ROTATE_CW
CALL    ROTATE_CW
CALL    ROTATE_CW
CALL    ROTATE_CW

MOV     X_ENDL,2000
MOV     X_ENDH,00
MOV     Y_ENDL,3000
MOV     Y_ENDH,00

CALL    L_Q3
CALL    PLACE

MOV     X_ENDL,3000
MOV     X_ENDH,00
MOV     Y_ENDL,3000
MOV     Y_ENDH,00

CALL    L_Q2
CALL    PICK
CALL    ROTATE_CCW
CALL    ROTATE_CCW
CALL    ROTATE_CCW
CALL    ROTATE_CCW

MOV     X_ENDL,2000
MOV     X_ENDH,00
MOV     Y_ENDL,3000
MOV     Y_ENDH,00

CALL    L_Q3
CALL    PLACE


CALL    X_SYNC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     X_ENDL,7000         ;DEFIND X2.
        MOV     X_ENDH,00
        MOV     Y_ENDL,7000          ;DEFIND X1.
        MOV     Y_ENDH,00

        CALL    L_Q4
        CALL    L_Q4
        CALL    X2

        RET

;-----------------------------------------

        MOV     I_RECORD,1000    ;3000    ;DEFIND CENTER OF ARC.
        MOV     J_RECORD,0       ;00
        MOV     I_RECORD+2,0
        MOV     J_RECORD+2,0

        MOV     X_ENDL,1000      ;DEFIND END POINT OF ARC.
        MOV     X_ENDH,00
        MOV     Y_ENDL,1000      ;2000
        MOV     Y_ENDH,00

;       CALL    FFW_Q3

        MOV     I_RECORD,1500    ;3000    ;DEFIND CENTER OF ARC.
        MOV     J_RECORD,0       ;00
        MOV     I_RECORD+2,0
        MOV     J_RECORD+2,0

        MOV     X_ENDL,1500      ;DEFIND END POINT OF ARC.
        MOV     X_ENDH,00
        MOV     Y_ENDL,1500      ;2000
        MOV     Y_ENDH,00
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;     CALL    RFW_Q3

      MOV     X_ENDL,00
      MOV     X_ENDH,00
      MOV     Y_ENDL,10000
      MOV     Y_ENDH,00

      CALL    L_Q4

      MOV     AX,0A000H          ;DEFIND VECTOR SPEED.
;     MOV     V_SPEED,AX

      MOV     X_ENDL,100         ;DEFIND END POINT OF ARC.
      MOV     X_ENDH,00
      MOV     Y_ENDL,00          ;2000
      MOV     Y_ENDH,00

      CALL    L_Q2

      MOV     X_ENDL,00          ;DEFIND END POINT OF ARC.
      MOV     X_ENDH,00
      MOV     Y_ENDL,10000       ;2000
      MOV     Y_ENDH,00

      CALL    L_Q1

      MOV     X_ENDL,00          ;DEFIND END POINT OF ARC.
      MOV     X_ENDH,00
      MOV     Y_ENDL,12500       ;2000
      MOV     Y_ENDH,00

      CALL    L_Q1

      MOV     X_ENDL,2600        ;DEFIND END POINT OF ARC.
      MOV     X_ENDH,00
      MOV     Y_ENDL,00          ;2000
      MOV     Y_ENDH,00

      CALL    L_Q4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
RET

CALL    FFW_Q2
CALL    RFW_Q3
CALL    FFW_Q4
CALL    RFW_Q1
RET

CALL    FFW_Q1
CALL    RFW_Q4
CALL    FFW_Q3
CALL    RFW_Q2

RET

MOV     I_RECORD,2500     ;3000    ;DEFIND CENTER OF ARC.
MOV     J_RECORD,00       ;00
MOV     I_RECORD+2,0
MOV     J_RECORD+2,0

MOV     X_ENDL,00         ;DEFIND END POINT OF ARC.
MOV     X_ENDH,00
MOV     Y_ENDL,2500       ;2000
MOV     Y_ENDH,00

CALL    PLT_FORWARDQ4

MOV     I_RECORD,1250     ;3000    ;DEFIND CENTER OF ARC.
MOV     J_RECORD,00     ;00
MOV     I_RECORD+2,0
MOV     J_RECORD+2,0

MOV     X_ENDL,00         ;DEFIND END POINT OF ARC.
MOV     X_ENDH,00
MOV     Y_ENDL,1250       ;2000
MOV     Y_ENDH,00
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    PLT_FORWARDQ4

                RET

;-------------------------------
;  PLT_S  CW  Q_
;-------------------------------

L_Q1:

                MOV     QUARDANT,80H        ;DEFIND QUARDANT.
                CALL    LINEAR
                CALL    LOAD_DSP
                RET

L_Q2:
                MOV     QUARDANT,40H        ;DEFIND QUARDANT.
                CALL    LINEAR
                CALL    LOAD_DSP
                RET
L_Q3:
                MOV     QUARDANT,0C0H       ;DEFIND QUARDANT.
                CALL    LINEAR
                CALL    LOAD_DSP
                RET
L_Q4:
                MOV     QUARDANT,00H        ;DEFIND QUARDANT.
                CALL    LINEAR
                CALL    LOAD_DSP
                RET


LINEAR          PROC    NEAR

                MOV     AX,X_ENDL
                MOV     BX,LN_SCAL          ;SCALE OUTPUT FOR LINEAR FUNCTION.
                MUL     BX
                MOV     OUTPUT_X,AX
                MOV     AX,Y_ENDL
                MUL     BX
                MOV     OUTPUT_Y,AX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET
LINEAR          ENDP

FFW_Q1:

                MOV     QUARDANT,80H        ;DEFIND QUARDANT.
                CALL    PLT_FORWARDQ4
                RET

FFW_Q2:

                MOV     QUARDANT,0C0H       ;DEFIND QUARDANT.
                CALL    PLT_FORWARDQ4
                RET

FFW_Q3:

                MOV     QUARDANT,04FH       ;DEFIND QUARDANT.
                CALL    PLT_FORWARDQ4
                RET

FFW_Q4:

                MOV     QUARDANT,0FH        ;DEFIND QUARDANT.
                CALL    PLT_FORWARDQ4
                RET

RFW_Q1:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     QUARDANT,80H        ;DEFIND QUARDANT.
                CALL    PLT_FORWARDQ1
                RET

RFW_Q2:

                MOV     QUARDANT,0C0H       ;DEFIND QUARDANT.
                CALL    PLT_FORWARDQ1
                RET

RFW_Q3:

                MOV     QUARDANT,04FH       ;DEFIND QUARDANT.
                CALL    PLT_FORWARDQ1
                RET

RFW_Q4:

                MOV     QUARDANT,0FH        ;DEFIND QUARDANT.
                CALL    PLT_FORWARDQ1
                RET

PLT_FORWARDQ1:
                CALL    SEARCH_J            ;SEARCH START POINT AND END-POINT.

                MOV     CX,X_AXIT1H         ;READ DATA ON Y_AXITH.
                MOV     BX,X_AXIT1L         ;READ LOW WORD.
                MOV     DX,RES_2
                MOV     AX,RES_1
                CALL    T_FITING

                MOV     AX,REMAINW0
                MOV     BX,02
                MUL     BX
                MOV     INTVAL_Y,AX

                MOV     CX,Y_AXIT1H         ;READ DATA ON Y_AXITH.
                MOV     BX,Y_AXIT1L         ;READ LOW WORD.
                MOV     DX,RES_2
                MOV     AX,RES_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    T_FITING

                MOV     AX,REMAINWO
                MOV     BX,02
                MUL     BX
                MOV     INTVAL_X,AX

                MOV     CX,ANGLE_0      ;SET TBL COUNTER.
                SUB     CX,ANGLE_1
                DEC     CX
LOOP_PLTS3:
                PUSH    CX
                SUB     X_ANGLE,2       ;UPDATE COUNTER.
                MOV     BX,X_ANGLE      ;READ POINTER.
                SUB     AX,AX
                MOV     AX,[BX]         ;READ SINE TABLE.
                ADD     X_AXIT1L,AX
                ADC     X_AXIT1H,0
                MOV     CX,X_AXIT1H
                MOV     BX,X_AXIT1L
                MOV     DX,RES_2
                MOV     AX,RES_1
                CALL    T_FITING        ;TABLE FITTING SCALE.

                CALL    DATAFORY

                SUB     AX,AX
                ADD     Y_ANGLE,2       ;UPDATE COUNTER.
                MOV     BX,Y_ANGLE      ;READ POINTER.
                MOV     AX,[BX]         ;READ SINE TABLE.
                ADD     Y_AXIT1L,AX
                ADC     Y_AXIT1H,0

                MOV     CX,Y_AXIT1H
                MOV     BX,Y_AXIT1L
                MOV     DX,RES_2
                MOV     AX,RES_1
                CALL    T_FITING        ;TABLE FITTING SCALE.

                CALL    DATAFORX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    LOAD_DSP

                POP     CX
                LOOP    LOOP_PLTS3

                MOV     CX,X_AXIT1H         ;READ DATA ON Y_AXITH.
                MOV     BX,X_AXIT1L         ;READ LOW WORD.
                MOV     DX,RES_2
                MOV     AX,RES_1
                CALL    T_FITING

                CALL    DATAFORY

                SUB     AX,AX
                MOV     CX,Y_AXIT1H         ;READ DATA ON Y_AXITH.
                MOV     BX,Y_AXIT1L         ;READ LOW WORD.
                MOV     DX,RES_2
                MOV     AX,RES_1
                CALL    T_FITING

                CALL    DATAFORX
                CALL    LOAD_DSP

                RET


PLT_FORWARDQ4:
                CALL    SEARCH_J            ;SEARCH START POINT AND END POINT.

                MOV     CX,X_AXIT1H         ;READ DATA ON Y_AXITH.
                MOV     BX,X_AXIT1L         ;READ LOW WORD.
                MOV     DX,RES_2
                MOV     AX,RES_1
                CALL    T_FITING

                MOV     AX,REMAINWO
                MOV     BX,02
                MUL     BX
                MOV     INTVAL_X,AX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     CX,Y_AXIT1H         ;READ DATA ON Y_AXITH.
                MOV     BX,Y_AXIT1L         ;READ LOW WORD.
                MOV     DX,RES_2
                MOV     AX,RES_1
                CALL    T_FITING

                MOV     AX,REMAINWO
                MOV     BX,02
                MUL     BX
                MOV     INTVAL_Y,AX


                MOV     CX,ANGLE_0          ;SET TBL COUNTER.
                SUB     CX,ANGLE_1
                DEC     CX
LOOP_PLTS2:
                PUSH    CX
                SUB     X_ANGLE,2           ;UPDATE COUNTER.
                MOV     BX,X_ANGLE          ;READ POINTER.
                SUB     AX,AX
                MOV     AX,[BX]             ;READ SINE TABLE.
                ADD     X_AXIT1L,AX
                ADC     X_AXIT1H,0
                MOV     CX,X_AXIT1H
                MOV     BX,X_AXIT1L
                MOV     DX,RES_2
                MOV     AX,RES_1
                CALL    T_FITING            ;TABLE FITTING SCALE.

                CALL    DATAFORX

                SUB     AX,AX
                ADD     Y_ANGLE,2           ;UPDATE COUNTER.
                MOV     BX,Y_ANGLE          ;READ POINTER.
                MOV     AX,[BX]             ;READ SINE TABLE.
                ADD     Y_AXIT1L,AX
                ADC     Y_AXIT1H,0

                MOV     CX,Y_AXIT1H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            MOV     BX,Y_AXIT1L
            MOV     DX,RES_2
            MOV     AX,RES_1
            CALL    T_FITING            ;TABLE FITTING SCALE..

            CALL    DATAFORY
            CALL    LOAD_DSP

            POP     CX
            LOOP    LOOP_PLTS2

            MOV     CX,X_AXIT1H         ;READ DATA ON Y_AXITH.
            MOV     BX,X_AXIT1L         ;READ LOW WORD.
            MOV     DX,RES_2
            MOV     AX,RES_1
            CALL    T_FITING

            CALL    DATAFORX

            SUB     AX,AX
            MOV     CX,Y_AXIT1H         ;READ DATA ON Y_AXITH.
            MOV     BX,Y_AXIT1L         ;READ LOW WORD.
            MOV     DX,RES_2
            MOV     AX,RES_1
            CALL    T_FITING

            CALL    DATAFORY
            CALL    LOAD_DSP

            RET

TEST        ENDP

AXIS        PROC    NEAR

X1:
            PUSH    AX
            PUSH    DX

            MOV     AL,80H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     DX,304H
        CALL    WAIT_AXIS
        OUT     DX,AL

        POP     DX
        POP     AX
        RET

X2:
        PUSH    AX
        PUSH    DX

        MOV     AL,00H
        MOV     DX,304H
        CALL    WAIT_AXIS
        OUT     DX,AL

        POP     DX
        POP     AX
        RET

X1_X2:
        PUSH    AX
        PUSH    DX

        MOV     AL,0C0H
        MOV     DX,304H
        CALL    WAIT_AXIS
        OUT     DX,AL

        POP     DX
        POP     AX
        RET
X_SYNC:                         ;SYNCHRONIZ X1 X2.
        PUSH    AX
        PUSH    DX

        MOV     AL,040H
        MOV     DX,304H
        CALL    WAIT_AXIS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WAIT_PICK:
            IN      AL,DX
            AND     AL,01
            JZ      WAIT_PICK

            MOV     AL,80H
            MOV     DX,304H
            OUT     DX,AL
            INC     DX
WAIT_TOGGLE:
            IN      AL,DX
            AND     AL,08
            JZ      WAIT_TOGGLE
            RET

PLACE:
            MOV     AX,0A00H        ;DEFIND VECTOR SPEED.
            MOV     V_SPEED,AX

            MOV     DX,306H
TW_MACHINE1:
            IN      AL,DX
            AND     AL,01
            JZ      TW_MACHINE1

            MOV     DX,304H
            MOV     AL,09H
            OUT     DX,AL           ;PLACE IT.
            INC     DX
            MOV     CX,4FFFH
TW_PLACE:
            LOOP    TW_PLACE
WAIT_PLACE:
            IN      AL,DX
            AND     AL,02
            JZ      WAIT_PLACE



            MOV     AL,00
            MOV     DX,304H
            OUT     DX,AL
            INC     DX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WAIT_PICK:
            IN      AL,DX
            AND     AL,01
            JZ      WAIT_PICK

            MOV     AL,80H
            MOV     DX,304H
            OUT     DX,AL
            INC     DX
WAIT_TOGGLE:
            IN      AL,DX
            AND     AL,08
            JZ      WAIT_TOGGLE
            RET

PLACE:
            MOV     AX,0A00H        ;DEFIND VECTOR SPEED.
            MOV     V_SPEED,AX

            MOV     DX,306H
TW_MACHINE1:
            IN      AL,DX
            AND     AL,01
            JZ      TW_MACHINE1

            MOV     DX,304H
            MOV     AL,09H
            OUT     DX,AL           ;PLACE IT.
            INC     DX
            MOV     CX,4FFFH
TW_PLACE:
            LOOP    TW_PLACE
WAIT_PLACE:
            IN      AL,DX
            AND     AL,02
            JZ      WAIT_PLACE



            MOV     AL,00
            MOV     DX,304H
            OUT     DX,AL
            INC     DX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WAIT_TOGGLE1:
                IN      AL,DX
                AND     AL,08
                JZ      WAIT_TOGGLE1
                RET

PNEU            ENDP

ROTATE_MOTER    PROC    NEAR

ROTATE_CW:
                MOV     AX,0D000H           ;DEFIND VECTOR SPEED.
                MOV     V_SPEED,AX

                MOV     DX,306H
TW_MACHINE2:
                IN      AL,DX
                AND     AL,01
                JZ      TW_MACHINE2

                MOV     DX,304H
                MOV     AL,0BH
                OUT     DX,AL               ;ROTATE CLOCK WISE = 45 DEGREE.
                INC     DX
                MOV     CX,4FFFH
TW_ROTATE:
                LOOP    TW_ROTATE
WAIT_ROTATE:
                IN      AL,DX
                AND     AL,04
                JZ      WAIT_ROTATE

                MOV     AL,80H
                MOV     DX,304H
                OUT     DX,AL
                INC     DX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WAIT_TOGGLE2:
                IN      AL,DX
                AND     AL,08
                JZ      WAIT_TOGGLE2
                RET

ROTATE_CCW:
                MOV     AX,0D000H           ;DEFIND VECTOR SPEED.
                MOV     V_SPEED,AX

                MOV     DX,306H
TW_MACHINE3:
                IN      AL,DX
                AND     AL,01
                JZ      TW_MACHINE2

                MOV     DX,304H
                MOV     AL,0AH
                OUT     DX,AL               ;ROTATE COUNTER CLOCK WISE = 45 DEGREE.
                INC     DX
                MOV     CX,4FFFH
TW_ROTATE2:
                LOOP    TW_ROTATE2
WAIT_ROTATE1:
                IN      AL,DX
                AND     AL,04
                JZ      WAIT_ROTATE1

                MOV     AL,80H
                MOV     DX,304H
                OUT     DX,AL
                INC     DX
WAIT_TOGGLE3:
                IN      AL,DX
                AND     AL,08
                JZ      WAIT_TOGGLE3
                RET

ROTATE_MOTER            ENDP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DATAFORY    PROC   NEAR

            MOV    AX,INTVAL_Y
            MOV    OUTPUT_Y,AX
            MOV    AX,REMAINWO
            MOV    INTVAL_Y,AX
            SUB    AX,OUTPUT_Y
            MOV    BX,CY_SCAL          ;OUTPUT SCALE FOR STEP MOTOR (Y-AXIS
            MUL    BX

            MOV    OUTPUT_Y,AX

            JNC    GOOD_Y
            MOV    AX,00
            MOV    OUTPUT_Y,AX

GOOD_Y:     RET
DATAFORY    ENDP

DATAFORX    PROC   NEAR
            MOV    AX,INTVAL_X
            MOV    OUTPUT_X,AX
            MOV    AX,REMAINWO
            MOV    INTVAL_X,AX
            SUB    AX,OUTPUT_X
            MOV    BX,CY_SCAL          ;OUTPUT SCALE FOR STEP MOTOR (X-AXIS)
            MUL    BX
            MOV    OUTPUT_X,AX
            JNC    GOOD_X
            MOV    AX,00
            MOV    OUTPUT_X,AX

GOOD_X:     RET

DATAFORX    ENDP

LOAD_DSP    PROC   NEAR
            MOV    AX,OUTPUT_X
            ADD    AX,OUTPUT_Y
            JNZ    START_LOAD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            RET
START_LOAD:
            MOV     DX,306H
TW1:        IN      AL,DX
            AND     AL,01       ;CHECK BIT 0 PORT C (DSP_READY).
            JZ      TW1         ;IF DSP NOT READY THEN WAIT DSP.
            MOV     AL,3FH      ;DEFIND DRIVER DIRECTION & DSP_STATUS.
                                ;   D7-D6 DRIVER DIRECTION.
                                ;   D5-D4 DSP_STATUS
                                ;     00=RUN MODE
                                ;     11=LOAD PARAMETER MODE.
            OR      AL,QUARDANT ;FOR OEM650.
            OUT     DX,AL
I32010:
            MOV     AL,00
            MOV     DX,302H     ;PORT C
            OUT     DX,AL
            MOV     AL,03
            OUT     DX,AL

            MOV     DX,306H     ;PORT A.
            IN      AL,DX
            AND     AL,06
            CMP     AL,00       ;X-PARAMETER.
            JZ      NEXT_POINT

            JMP     I32010

NEXT_POINT:

            MOV     AL,00
            MOV     DX,302H     ;PORT C
            OUT     DX,AL
            MOV     AL,03
            OUT     DX,AL

WAIT_DSP4:
            MOV     DX,306H
            IN      AL,DX
            AND     AL,06
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CMP     AL,06       ;DSP CODE 03 = X_PARA.
                JNZ     WAIT_DSP4
    NEX_DATA:

                MOV     AX,OUTPUT_X
                MOV     DX,300H     ;PORT A.
                OUT     DX,AL
                INC     DX          ;PORT B.
                MOV     AL,AH
                OUT     DX,AL

    DATA_3:
                MOV     AL,00
                MOV     DX,302H     ;PORT C
                OUT     DX,AL
                MOV     AL,03
                OUT     DX,AL
    WAIT_DSP1:
                MOV     DX,306H
                IN      AL,DX
                AND     AL,06
                CMP     AL,04       ;DSP CODE 02 = Y_PARA.
                JNZ     WAIT_DSP1
    DATA_2:
                MOV     AX,OUTPUT_Y
                MOV     DX,300H     ;PORT A.
                OUT     DX,AL
                INC     DX          ;PORT B.
                MOV     AL,AH
                OUT     DX,AL

                MOV     AL,00
                MOV     DX,302H     ;PORT C
                OUT     DX,AL
                MOV     AL,03
                OUT     DX,AL

    WAIT_DSP2:
                MOV     DX,306H
                IN      AL,DX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                AND     AL,06
                CMP     AL,02       ;DSP CODE 01 = V.
                JNZ     WAIT_DSP2
DATA_1:

                MOV     AX,V_SPEED
                MOV     DX,300H     ;PORT A.
                OUT     DX,AL
                INC     DX          ;PORT B.
                MOV     AL,AH
                OUT     DX,AL

                MOV     AL,00
                MOV     DX,302H     ;PORT C
                OUT     DX,AL
                MOV     AL,03
                OUT     DX,AL

WAIT_DSP3:
                MOV     DX,306H
                IN      AL,DX
                AND     AL,06
                CMP     AL,00       ;DSP CODE 00 = DATA READY.
                JNZ     WAIT_DSP3

                MOV     AL,0FH
                OR      AL,QUARDANT
                MOV     DX,306H
                OUT     DX,AL

                MOV     AL,00
                MOV     DX,302H     ;PORT C
                OUT     DX,AL
                MOV     AL,03
                OUT     DX,AL
WAIT_DSP:
                NOP
                MOV     DX,306H     ;READY BIT ON DSP START RUN.
                IN      AL,DX
                AND     AL,01
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JNZ     WAIT_DSP

                MOV     AL,3FH
                OR      AL,QUARDANT
                OUT     DX,AL

FAIL_LOAD:      RET

LOAD_DSP        ENDP

  COSINT        PROC    NEAR

 START_TEST:

                MOV     I_RECORD,00     ;DEFIND CENTER OF ARC.
                MOV     J_RECORD,7000
                MOV     I_RECORD+2,0
                MOV     J_RECORD+2,0
                MOV     X_ENDL,7000     ;DEFIND END POINT OF ARC.
                MOV     X_ENDH,0

                MOV     Y_ABSH,0        ;DEFIND REFERENCE POSITION
                MOV     Y_ABSL,0        ;OF ARC.
                MOV     X_ABSH,0
                MOV     X_ABSL,0
                CALL    ARC
 END_TEST:
                SUB     BX,BX           ;ZERO BX.
                MOV     Y_AXITL,BX
                MOV     Y_AXITH,BX
                MOV     X_AXITL,BX
                MOV     X_AXITH,BX

                MOV     BX,OFFSET DATA_BUF
                MOV     CNT_DATAY,BX
                ADD     BX,3998         ;OFFSET TO END OF SINE TABLE
                MOV     CNT_DATAX,BX    ;(N+1 = END_TBL - START_TBL + 1).

                MOV     CX,2000
 SIN_LOOP:      MOV     BX,CNT_DATAY    ;READ POINTER.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          MOV     AX,[BX]          ;READ SINE TABLE.
          ADD     CNT_DATAY,2      ;UPDATE COUNTER.
          SUB     BX,BX            ;CLEAR CARRY FLAG.
          ADD     Y_AXITL,AX       ;ADD LOW WORD Y-AXIT AND
          ADC     Y_AXITH,0        ;ADD CARRY FROM LOW WORD Y-AXIT.
        PUSH    CX
          MOV     BX,CNT_DATAX     ;READ POINTER.
          MOV     AX,[BX]          ;READ SINE TABLE.
          SUB     CNT_DATAX,2      ;UPDATE COUNTER.
          SUB     BX,BX
          ADD     X_AXITL,AX       ;ADD LOW WORD Y-AXIT AND
                                   ;RESTORE DATA Y-AXIT.
          ADC     X_AXITH,0        ;ADD CARRY FROM LOW WORD Y-AXIT.
          MOV     CX,X_AXITH       ;READ DATA ON Y_AXITH.
          MOV     BX,X_AXITL       ;READ LOW WORD.
          MOV     DX,RES_2
          MOV     AX,RES_1
          CALL    T_FITING         ;TABLE FITTING SCALE.
          CALL    CLIP
        POP     CX
          LOOP    SIN_LOOP

          RET

COSINT    ENDP

CLIP      PROC    NEAR
          SUB     BX,BX
          MOV     BX,I_RECORD+2
          MOV     AX,I_RECORD
          SUB     AX,REMAINW0
          SBB     BX,REMAINW1
          JNC     NO_PLOT          ;IF I_RECORD < REMAIN
                                   ;THEN NO PLOT.
          SUB     BX,BX
          MOV     BX,X_ENDH
          MOV     AX,X_ENDL
          SUB     AX,REMAINW0
          SBB     BX,REMAINW1
          JC      NO_PLOT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     DX,OFFSET DATA_X
        MOV     AX,X_ABSL
        ADD     AX,REMAINWO         ;ABSOLUTE OF POSITION X
        CALL    BIN_ASCII           ;AT REFERENCE POINT.
        MOV     CX,Y_AXITH
        MOV     BX,Y_AXITL
        MOV     DX,RES_2
        MOV     AX,RES_1
        CALL    T_FITING
        MOV     DX,OFFSET DATA_Y
        MOV     AX,Y_ABSL
        ADD     AX,REMAINWO         ;ABSOLUTE OF POSITION Y
                                    ;AT REFERENCE POINT.
        CALL    BIN_ASCII
        CALL    PLT_S
NO_PLOT:

CLIP    ENDP
;-----------------------
; INTEGER SQUARE ROOT.
;-----------------------
;INPUT   ARC_1,ARC_2,ARC_3,ARC_4
;OUTPUT  RES_1,RES_2



;-----------------------
; INTEGER SUBSTRACTION.
;-----------------------
;32-BIT BY 32-BIT SUBTRACTION.
;INPUT  DX:BX
;       CX:AX
;RESULT DX:AX

ISUB    PROC   NEAR
        PUSH    BX
        PUSH    CX
        SUB     BX,AX           ;SUB BX BY AX
        SBB     DX,CX           ;AND DX BY CX.
        MOV     DX,CX           ;STORE RESULT ON
        MOV     AX,BX           ;DX,AX HIGH ORDER TO LOW.
        POP     CX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          POP     BX
          RET
ISUB      ENDP

;-----------------------
; INTEGER ADDITION.
;-----------------------
;32-BIT BY 32-BIT ADDITION.
;INPUT  DX:BX
;       CX:AX
;RESULT DX:AX

IADD      PROC    NEAR
          PUSH    BX
          PUSH    CX
          ADD     AX,BX       ;SUB BX BY AX
          ADC     DX,CX       ;AND DX BY CX.
          POP     CX
          POP     BX
          RET
IADD      ENDP


;SUBROUTINE TO DISPLAY A MESSAGE ON THE SCREEN.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;ENTER TO BX -> MESSAGE TO BE DISPLAYED.
;MESSAGE IS ASSUME TO BE 30 CHARACTERS LONG.

DISPLAY   PROC    NEAR

          PUSH    AX
          PUSH    BX
          PUSH    CX
          PUSH    DX

          MOV     AH,02       ;ATTR OF SCREEN
          MOV     BH,00
          MOV     DX,0A14H    ;CURSOR POSITION ROW,COL
          INT     10H         ;CALL DOS ROUTINE DISPLAY

          POP     DX
          POP     CX
          POP     BX
          POP     AX

          MOV     CX,30       ;NUMBER OF CHARACTER TO DISPLAY
DISP1:    MOV     AL,[BX]     ;GET NEXT CHARACTOR TO DISPLAY
          CALL    DISPCHAR    ;DISPLAY IT
          INC     BX          ;POINT TO NEXT CHARACTER
          LOOP    DISP1       ;DO IT 30 TIME
          MOV     AL,0DH      ;CARRIAGE RETURN
          CALL    DISPCHAR
;          MOV     AL,0AH      ;LINE FEED
;          CALL    DISPCHAR
          RET                 ;RETURN TO CALLER OF 'DISPLAY'
DISPLAY   ENDP

;SUBROUTINE TO DISPLAY A CHARACTER ON THE SCREEN.
;ENTER WITH AL=CHARACTER TO BE DISPLAYED.
;USE VIDEO INTERFACE IN BIOS.

DISPCHAR PROC     NEAR
          PUSH    BX          ;SAVE BX REGISTER
          MOV     BX,0        ;SELECT DISPLAY PAGE0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     AH,14       ;FUNCTION CODE FOR 'WHITE'
        INT     10H         ;CALL VIDEO DRIVE TO BIOS
        POP     BX          ;RESTORE BX REGISTER
        RET                 ;RETURN TO CALLER OF 'DISPCHAR'

DISPCHAR ENDP

;-----------------------------------
; CALL BIOS CURSOR OFF  USED INT10.
;-----------------------------------
CUR_OFF  PROC
        PUSH    AX
        PUSH    CX

        MOV     AH,01
        MOV     CH,20H
        INT     10H

        POP     CX
        POP     AX

        RET

CUR_OFF  ENDP

;-----------------------------------
;       CLEAR SCREEN MONITOR
; BY WRITE CHARACTER SPACE ON SCREEN.
;-----------------------------------

CLRSCN   PROC               ;CLEAR SEREEN MONITOR.
        PUSH    AX
        PUSH    BX
        PUSH    CX
        MOV     AX,ES
        PUSH    AX

        MOV     AX,0B800H   ;DEFIND TAGET ADDRESS
        MOV     ES,AX       ;DEFIND EXTRA SEGMENT
        MOV     DI,0        ;INITIAL OFFSET ADDR INTO SEGMENT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     AL,' '          ;BLANK CHARACTER TO FILL ADAPTER MEMORY
        MOV     AH,02           ;THIS WILL BE THE ATTRIBUTE BYTE
                                ;ALL CHARACTERS DISPLAYED WILL BE
                                ;GREEN BACKGROUND
        MOV     CX,8000         ;INITIAL ALL OF MEMORY
        CLD                     ;SO STOSW GOES FORWARD
        REP     STOSW           ;BLANK OUT THE ADAPTER MEMORY

        POP     AX
        MOV     AX,ES
        POP     CX
        POP     BX
        POP     AX

        RET

CLRSCN  ENDP

;---------------------------------
;     BINARY FORMAT TO ASCII
;   USING ASCII TABLE PROCDURE.
;---------------------------------
ASCII   PROC
        PUSH    AX
        PUSH    BX
        PUSH    CX
        PUSH    DX

        MOV     SI,OFFSET BUFF      ;DEFIND SOURCE POINTER
        MOV     DI,OFFSET CHAR_BUFF ;DEFIND DI TO CHAR_BUFF
        CALL    ASCII1
        MOV     SI,OFFSET VBUFF     ;DEFIND SOURCE POINTER.
        MOV     DI,OFFSET VELOCITY  ;DEFIND DI TO VELOCITY ADDRESS.
        CALL    ASCII1
        MOV     BX,OFFSET VELOCITY
        MOV     DX,0C14H            ;CURSOR POSITION ROW,COL
        CALL    DISP_IT

        POP     DX
        POP     CX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          POP     BX
          POP     AX
          RET
ASCII     ENDP

;-----------------------------
;   HEX  DECIMAL TO ASCII
;-----------------------------

ASCII1    PROC                        ;CONVERSE BINARY TO ASCII
          PUSH    AX
          PUSH    BX
          PUSH    CX
          PUSH    DI
          PUSH    SI

          MOV     CX,08H              ;COUNT EIGHT BYTES
          MOV     AX,DI
          ADD     AX,28               ;ADJUST POINTER
          MOV     DI,AX               ;MODIFY DI TO DI + 28
          SUB     AX,AX               ;ZERO AX.
CONVERT:  MOV     AL,[SI]             ;READ BUFF
          PUSH    AX                  ;SAVE AL TO BL
          AND     AL,0FH             ;MASK HIGH BYTE
          MOV     BX,OFFSET ASCII_TBL
          PUSH    BX
          ADD     BX,AX               ;ASCII TABLE LOOK UP.
          MOV     AL,[BX]             ;READ ASCII TABLE.
          MOV     [DI],AL             ;PUSH IT INTO CHAR_BUFF
          DEC     DI                  ;DEC CHAR POINTER TO NEXT BYTE.
          POP     BX                  ;RESTORE TABLE OFFSET ON BX.
          POP     AX                  ;RESTORE AL
          AND     AX,0F0H             ;MASK LOW BYTE
          DIV     SIGTEEN             ;SHIFT DATA TO RIGHT 4 BIT.
          ADD     BX,AX               ;ASCII TABLE LOOK UP.
          MOV     AL,[BX]             ;READ TABLE.
          MOV     [DI],AL             ;PUSH IT INTO CHAR_BUFF
          DEC     DI                  ;DEC CHAR_BUFF POINTER
          INC     SI                  ;INC SOURCE POINTER
          LOOP    CONVERT             ;DO IT EIGHT TIME
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        POP     SI
        POP     DI
        POP     CX
        POP     BX
        POP     AX
        RET

ASCII1  ENDP


REPORT1 PROC                            ;REPORT STATUS BYTE.

        MOV     SI,OFFSET STATUS        ;DEFIND SOURCE POINTER
        MOV     DI,OFFSET STATUS1       ;DEFIND DI TO STATUS1.
        MOV     DX,0E14H                ;DEFIND CURSOR POSITION ROW,COL.
        MOV     BX,OFFSET STATUS1
        CALL    REPORT
        MOV     SI,OFFSET RDSIGNAL1
        MOV     DI,OFFSET STATUS2
        MOV     DX,1014H                ;DEFIND CURSOR POSITION ROW,COL.
        MOV     BX,OFFSET STATUS2
        CALL    REPORT
        MOV     SI,OFFSET RDSIGNAL
        MOV     DI,OFFSET STATUS2-9
        MOV     DX,1014H
        MOV     BX,OFFSET STATUS2               ;DEFIND DISPLAY LOCATION
        CALL    REPORT
        RET

REPORT1 ENDP

REPORT  PROC
        PUSH    AX
        PUSH    BX
        PUSH    CX
        PUSH    DX                      ;CURSOR POSITION ROW,COL

        MOV     CX,08                   ;COUNT 8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            MOV     AX,DI               ;READ STATUS.
            ADD     AX,28               ;ADJUST POINTER
            MOV     DI,AX               ;MODIFY DI TO DI + 28
            MOV     AL,[SI]             ;READ STATUS.
REP_BIT:    MOV     BL,AL               ;SAVE AL TO BL
            AND     AL,01               ;MASK HIGH BYTE
            ADD     AL,30H              ;CHANGE TO ASCII
            MOV     [DI],AL             ;PUSH IT INTO CHAR_BUFF
            DEC     DI                  ;DEC CHAR POINTER
            MOV     AL,BL               ;RESTORE AL
            ROR     AL,1

            LOOP    REP_BIT             ;DO IT EIGHT TIME

            POP     DX
            POP     CX
            POP     BX
            POP     AX

DISP_IT:    PUSH    BX
            MOV     CX,60H
            MOV     AH,02       ;ATTR OF SCREEN
            MOV     BH,00
           ;MOV     DX,0C14H    ;CURSOR POSITION ROW,COL
            INT     10H         ;CALL DOS ROUTINE DISPLAY
            POP     BX

            MOV     CX,30       ;NUMBER OF CHARACTER TO DISPLAY
DISPST:     MOV     AL,[BX]     ;GET NEXT CHARACTOR TO DISPLAY
            CALL    DISPCHAR    ;DISPLAY IT
            INC     BX          ;POINT TO NEXT CHARACTER
            LOOP    DISPST      ;DO IT 30 TIME
            MOV     AL,0DH      ;CARRIAGE RETURN
            CALL    DISPCHAR

            RET

REPORT      ENDP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
READ    PROC

        PUSH  DX
        PUSH  BX
        PUSH  AX

        MOV   BX,OFFSET BUFF+3 ;FOUR BYTE ( 2 WORDS )
        MOV   DX,200H          ;SET POINTER TO PORT COMMAND.
        MOV   AL,RDRP
        CALL  WAIT
        OUT   DX,AL            ;WRITE COMMAND READ REAL POSITION.
        INC   DX
        CALL  WAIT
        IN    AL,DX            ;READ DATA FIRST BYTE MSB.
        MOV   [BX],AL
        DEC   BX
        CALL  WAIT
        IN    AL,DX            ;READ DATA FIRST BYTE LSB.
        MOV   [BX],AL
        DEC   BX
        CALL  WAIT
        IN    AL,DX            ;READ DATA SECOND BYTE MSB.
        MOV   [BX],AL
        DEC   BX
        CALL  WAIT
        IN    AL,DX            ;READ DATA SECOND BYTE LSB.
        MOV   [BX],AL

BIN_BCD: MOV  BX,OFFSET BUFF
        FILD  QWORD PTR [BX]   ;PUSH HEX TO REG OF MATH CO.
        FBSTP TBYTE PTR BUFF   ;READ SHORT BCD FROM MATH CO.

RD_VEL:  MOV  BX,OFFSET VBUFF+3
        MOV   DX,200H
        MOV   AL,RDRV          ;READ REAL VELOCITY COMMAND.
        CALL  WAIT
        OUT   DX,AL
        INC   DX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL  WAIT
        IN    AL,DX
        MOV   [BX],AL          ;SAVE MSB
        DEC   BX
        CALL  WAIT
        IN    AL,DX            ;READ SECOND BYTE.
        MOV   [BX],AL          ;SAVE SECOND BYTE.
        DEC   BX
        CALL  WAIT
        IN    AL,DX            ;READ THERD BYTE.
        MOV   [BX],AL          ;SAVE THERD BYTE.
        DEC   BX
        CALL  WAIT
        IN    AL,DX            ;READ LSB
        MOV   [BX],AL          ;SAVE LSB

        MOV   BX,OFFSET VBUFF
        FILD  QWORD PTR [BX]   ;PUSH HEX TO REG OF MATH CO.
        FIMUL DWORD PTR [SCALE]
        FBSTP TBYTE PTR VBUFF   ;READ SHORT BCD FROM MATH CO.

RD_STAT: MOV  BX,OFFSET STATUS
        MOV   DX,200H
        CALL  WAIT
        IN    AL,DX            ;READ STATUS FROM LM 628.
        MOV   [BX],AL          ;PUSH IT INTO MEMORY.
        MOV   AL,RDSIGS
        CALL  WAIT
        OUT   DX,AL            ;WRITE COMMAND RDSIG TO LM 628.
        INC   DX
        CALL  WAIT
        IN    AL,DX            ;READ DATA FROM LM 628
        INC   BX



        MOV   [BX],AL
        CALL  WAIT
        IN    AL,DX
        INC   BX
        MOV   [BX],AL
        DEC   DX
```

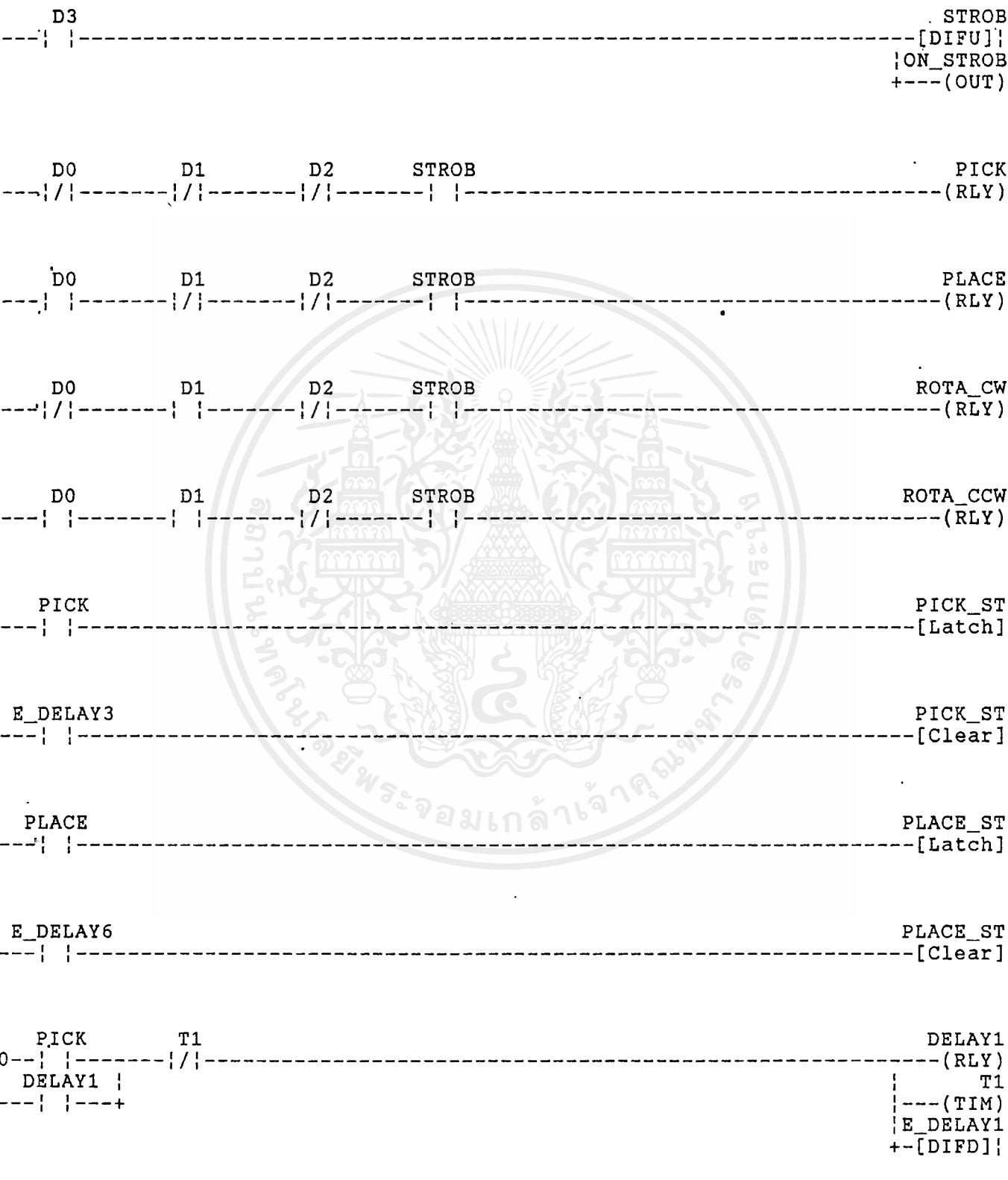
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        POP   AX
        POP   BX
        POP   DX

        RET

READ    ENDP

WAIT    PROC

        PUSH  AX
        PUSH  DX

        MOV   DX,200H
WAIT1:  IN    AL,DX
        AND   AX,01
        JNZ   WAIT1

        POP   DX
        POP   AX

        RET

WAIT    ENDP

;INITIAL PERIPHERAL INTERFACE ADAPTER

INIT    PROC
        PUSH DX
        PUSH CX
        PUSH BX
        PUSH AX
```

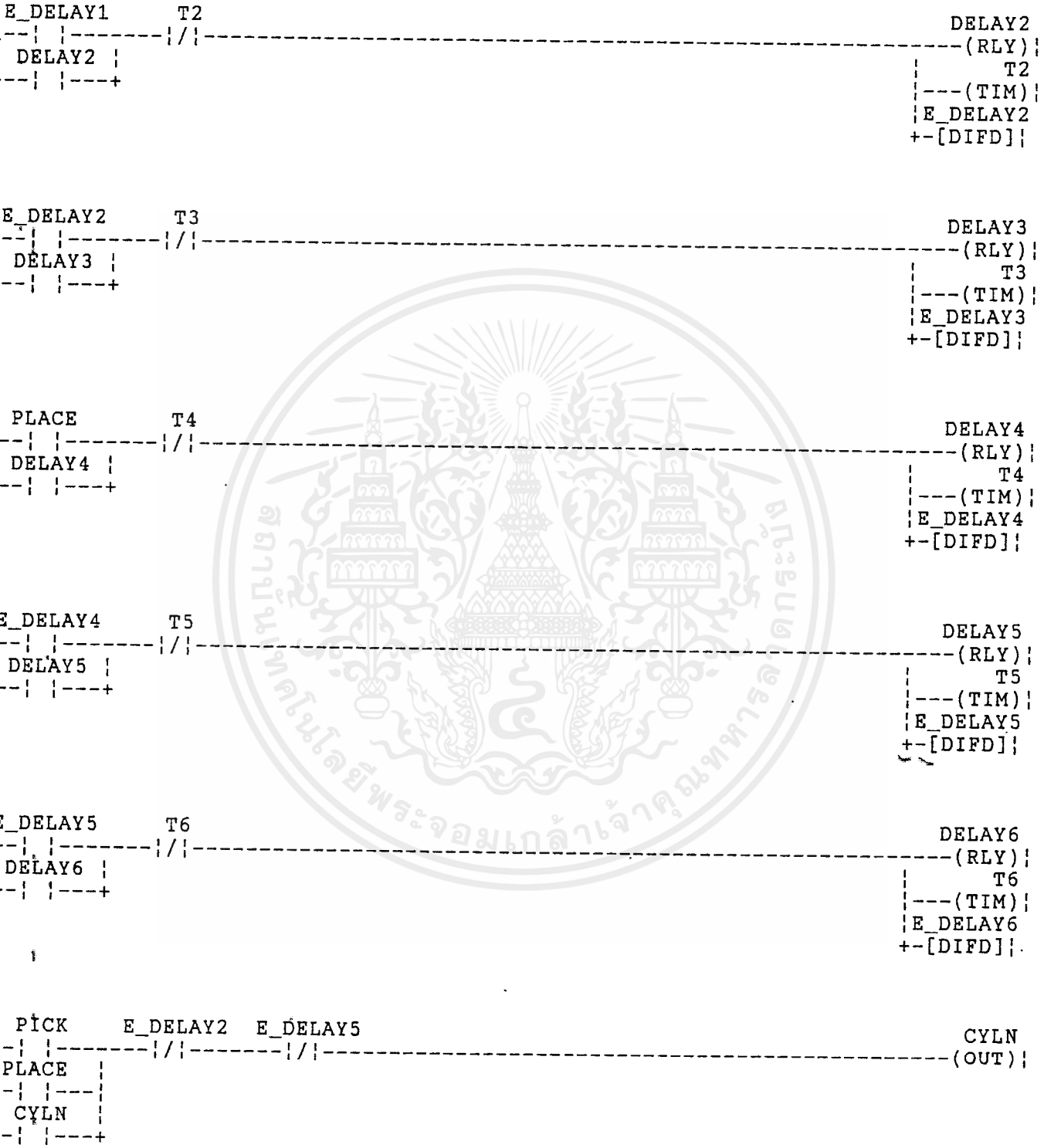
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

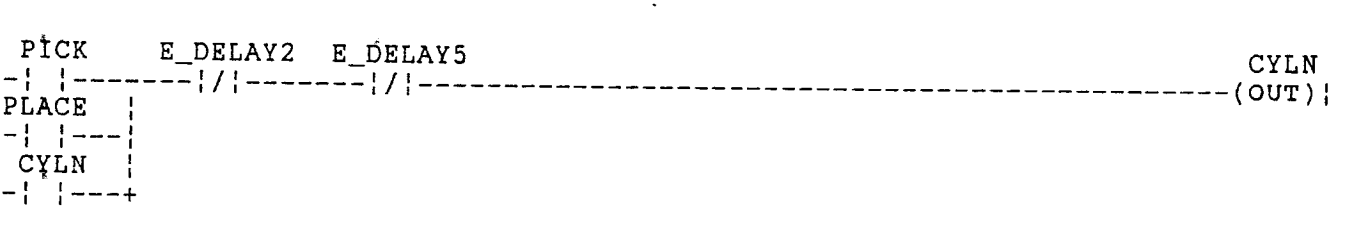
```
        MOV  DX,20DH          ;DEFIND PORT ADDRESS OF 6821
        MOV  AX,00            ;DEFIND MODE OF CONTROL REG
        OUT  DX,AL            ;WRITE ZERO INTO CONTROL REG OF 6821
        MOV  AX,0FFFFH          ;DEFIND MODE OF DIRECTION REG
        DEC  DX               ;RS1 RS2 = 00
        OUT  DX,AL            ;WRITE OFFH IN TO DIRECTION REG
        INC  DX               ;CHANGE RS1 RS2 TO ADDRESS 01
        OUT  DX,AL          ;WIRTE OFFH IN TO CONTROL REG

        POP   AX
        POP   BX
        POP   CX
        POP   DX

        RET
INIT    ENDP

SAVE_TBL PROC   NEAR

        PUSH    BX
        MOV     BX,[CNT_DATA]
        MOV     [BX],AL
        INC     CNT_DATA
        POP     BX
        RET

SAVE_TBL ENDP

START   ENDP
CODE    ENDS
      . END     START
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

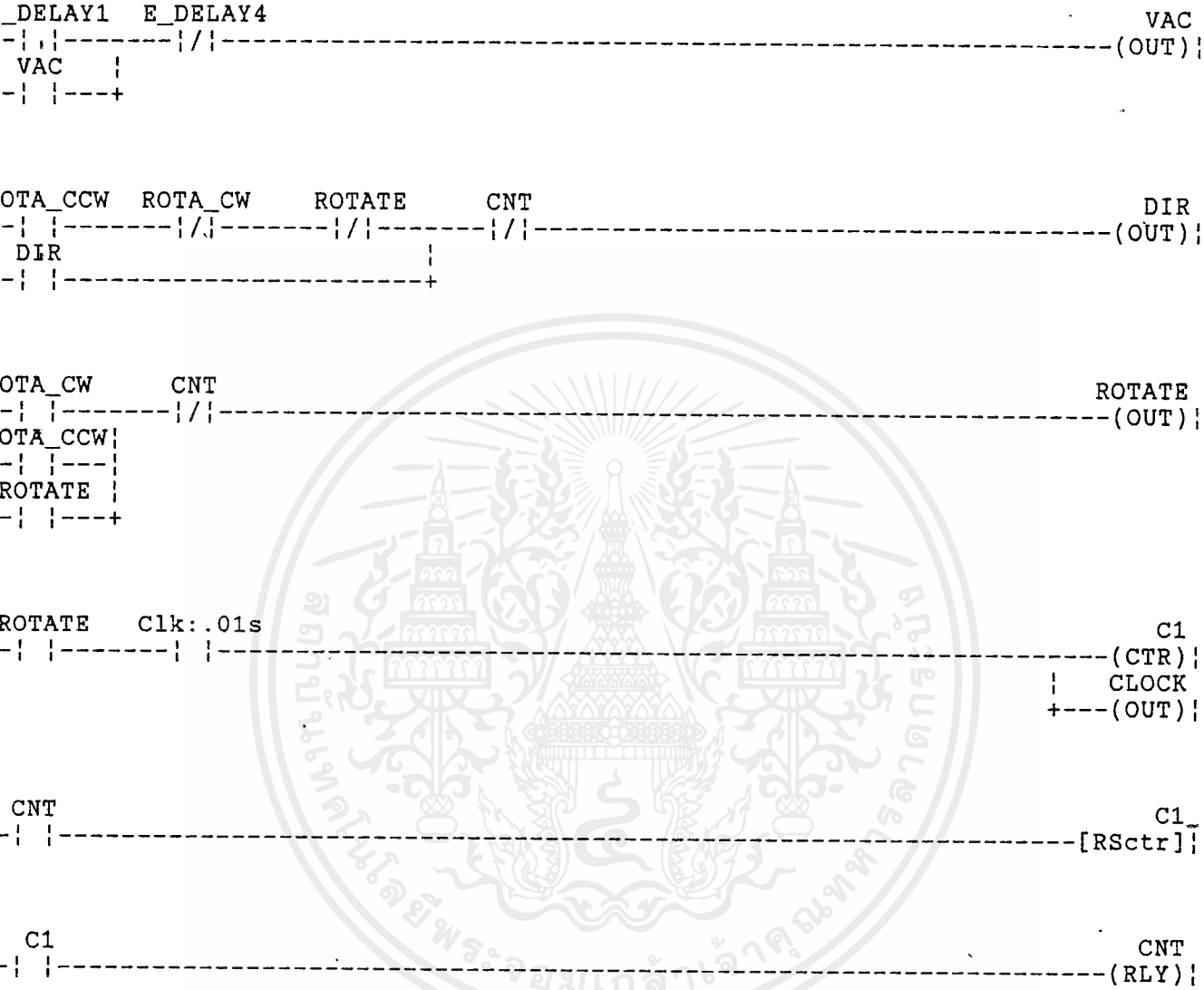


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Combined I/O Definition Table

I/O#	Input	Output	Relay	Timer	Value	Counter	Value
1	D0	CYLN	STROB	T1	20	C1	33
2	D1	VAC	PICK	T2	20		
3	D2	PICK_ST	PLACE	T3	20		
4	D3	PLACE_ST	DELAY1	T4	20		
5		ROTATE	DELAY2	T5	20		
6		ON_STROB	DELAY3	T6	20		
7		CLOCK	DELAY4				
8		DIR	DELAY5				
9			DELAY6				
10			E_DELAY1				
11			E_DELAY2				
12			E_DELAY3				
13			E_DELAY4				
14			E_DELAY5				
15			E_DELAY6				
16			ROTA_CW				
17			ROTA_CCW				
18			CNT				
19							
20							
21							
22							
23							
24							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input Definition Table

I/O#	Label	CH:Bit	I/O#	Label	CH:Bit	I/O#	Label	CH:Bit
1	D0	i00:0	44		i05:3	87		i10:6
2	D1	i00:1	45		i05:4	88		i10:7
3	D2	i00:2	46		i05:5	89		i11:0
4	D3	i00:3	47		i05:6	90		i11:1
5		i00:4	48		i05:7	91		i11:2
6		i00:5	49		i06:0	92		i11:3
7		i00:6	50		i06:1	93		i11:4
8		i00:7	51		i06:2	94		i11:5
9		i01:0	52		i06:3	95		i11:6
10		i01:1	53		i06:4	96		i11:7
11		i01:2	54		i06:5	97		i12:0
12		i01:3	55		i06:6	98		i12:1
13		i01:4	56		i06:7	99		i12:2
14		i01:5	57		i07:0	100		i12:3
15		i01:6	58		i07:1	101		i12:4
16		i01:7	59		i07:2	102		i12:5
17		i02:0	60		i07:3	103		i12:6
18		i02:1	61		i07:4	104		i12:7
19		i02:2	62		i07:5	105		i13:0
20		i02:3	63		i07:6	106		i13:1
21		i02:4	64		i07:7	107		i13:2
22		i02:5	65		i08:0	108		i13:3
23		i02:6	66		i08:1	109		i13:4
24		i02:7	67		i08:2	110		i13:5
25		i03:0	68		i08:3	111		i13:6
26		i03:1	69		i08:4	112		i13:7
27		i03:2	70		i08:5	113		i14:0
28		i03:3	71		i08:6	114		i14:1
29		i03:4	72		i08:7	115		i14:2
30		i03:5	73		i09:0	116		i14:3
31		i03:6	74		i09:1	117		i14:4
32		i03:7	75		i09:2	118		i14:5
33		i04:0	76		i09:3	119		i14:6
34		i04:1	77		i09:4	120		i14:7
35		i04:2	78		i09:5	121		i15:0
36		i04:3	79		i09:6	122		i15:1
37		i04:4	80		i09:7	123		i15:2
38		i04:5	81		i10:0	124		i15:3
39		i04:6	82		i10:1	125		i15:4
40		i04:7	83		i10:2	126		i15:5
41		i05:0	84		i10:3	127		i15:6
42		i05:1	85		i10:4	128		i15:7
43		i05:2	86		i10:5			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output Definition Table

I/O#	Label	CH:Bit	I/O#	Label	CH:Bit	I/O#	Label	CH:Bit
1	CYLN	o00:0	44		o05:3	87		o10:6
2	VAC	o00:1	45		o05:4	88		o10:7
3	PICK_ST	o00:2	46		o05:5	89		o11:0
4	PLACE_ST	o00:3	47		o05:6	90		o11:1
5	ROTATE	o00:4	48		o05:7	91		o11:2
6	ON_STROB	o00:5	49		o06:0	92		o11:3
7	CLOCK	o00:6	50		o06:1	93		o11:4
8	DIR	o00:7	51		o06:2	94		o11:5
9		o01:0	52		o06:3	95		o11:6
10		o01:1	53		o06:4	96		o11:7
11		o01:2	54		o06:5	97		o12:0
12		o01:3	55		o06:6	98		o12:1
13		o01:4	56		o06:7	99		o12:2
14		o01:5	57		o07:0	100		o12:3
15		o01:6	58		o07:1	101		o12:4
16		o01:7	59		o07:2	102		o12:5
17		o02:0	60		o07:3	103		o12:6
18		o02:1	61		o07:4	104		o12:7
19		o02:2	62		o07:5	105		o13:0
20		o02:3	63		o07:6	106		o13:1
21		o02:4	64		o07:7	107		o13:2
22		o02:5	65		o08:0	108		o13:3
23		o02:6	66		o08:1	109		o13:4
24		o02:7	67		o08:2	110		o13:5
25		o03:0	68		o08:3	111		o13:6
26		o03:1	69		o08:4	112		o13:7
27		o03:2	70		o08:5	113		o14:0
28		o03:3	71		o08:6	114		o14:1
29		o03:4	72		o08:7	115		o14:2
30		o03:5	73		o09:0	116		o14:3
31		o03:6	74		o09:1	117		o14:4
32		o03:7	75		o09:2	118		o14:5
33		o04:0	76		o09:3	119		o14:6
34		o04:1	77		o09:4	120		o14:7
35		o04:2	78		o09:5	121		o15:0
36		o04:3	79		o09:6	122		o15:1
37		o04:4	80		o09:7	123		o15:2
38		o04:5	81		o10:0	124		o15:3
39		o04:6	82		o10:1	125		o15:4
40		o04:7	83		o10:2	126		o15:5
41		o05:0	84		o10:3	127		o15:6
42		o05:1	85		o10:4	128		o15:7
43		o05:2	86		o10:5			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Relay Definition Table

I/O#	Label	CH:Bit	I/O#	Label	CH:Bit	I/O#	Label	CH:Bit
1	STROB	r00:0	44		r05:3	87		r10:6
2	PICK	r00:1	45		r05:4	88		r10:7
3	PLACE	r00:2	46		r05:5	89		r11:0
4	DELAY1	r00:3	47		r05:6	90		r11:1
5	DELAY2	r00:4	48		r05:7	91		r11:2
6	DELAY3	r00:5	49		r06:0	92		r11:3
7	DELAY4	r00:6	50		r06:1	93		r11:4
8	DELAY5	r00:7	51		r06:2	94		r11:5
9	DELAY6	r01:0	52		r06:3	95		r11:6
10	E_DELAY1	r01:1	53		r06:4	96		r11:7
11	E_DELAY2	r01:2	54		r06:5	97		r12:0
12	E_DELAY3	r01:3	55		r06:6	98		r12:1
13	E_DELAY4	r01:4	56		r06:7	99		r12:2
14	E_DELAY5	r01:5	57		r07:0	100		r12:3
15	E_DELAY6	r01:6	58		r07:1	101		r12:4
16	ROTA_CW	r01:7	59		r07:2	102		r12:5
17	ROTA_CCW	r02:0	60		r07:3	103		r12:6
18	CNT	r02:1	61		r07:4	104		r12:7
19		r02:2	62		r07:5	105		r13:0
20		r02:3	63		r07:6	106		r13:1
21		r02:4	64		r07:7	107		r13:2
22		r02:5	65		r08:0	108		r13:3
23		r02:6	66		r08:1	109		r13:4
24		r02:7	67		r08:2	110		r13:5
25		r03:0	68		r08:3	111		r13:6
26		r03:1	69		r08:4	112		r13:7
27		r03:2	70		r08:5	113		r14:0
28		r03:3	71		r08:6	114		r14:1
29		r03:4	72		r08:7	115		r14:2
30		r03:5	73		r09:0	116		r14:3
31		r03:6	74		r09:1	117		r14:4
32		r03:7	75		r09:2	118		r14:5
33		r04:0	76		r09:3	119		r14:6
34		r04:1	77		r09:4	120		r14:7
35		r04:2	78		r09:5	121		r15:0
36		r04:3	79		r09:6	122		r15:1
37		r04:4	80		r09:7	123		r15:2
38		r04:5	81		r10:0	124		r15:3
39		r04:6	82		r10:1	125		r15:4
40		r04:7	83		r10:2	126		r15:5
41		r05:0	84		r10:3	127		r15:6
42		r05:1	85		r10:4	128		r15:7
43		r05:2	86		r10:5			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timer Definition Table

Tim#	Label	Setting	CH:Bit	Tim#	Label	Setting	CH:Bit
1	T1	20	t00:0	49			t06:0
2	T2	20	t00:1	50			t06:1
3	T3	20	t00:2	51			t06:2
4	T4	20	t00:3	52			t06:3
5	T5	20	t00:4	53			t06:4
6	T6	20	t00:5	54			t06:5
7			t00:6	55			t06:6
8			t00:7	56			t06:7
9			t01:0	57			t07:0
10			t01:1	58			t07:1
11			t01:2	59			t07:2
12			t01:3	60			t07:3
13			t01:4	61			t07:4
14			t01:5	62			t07:5
15			t01:6	63			t07:6
16			t01:7	64			t07:7
17			t02:0	65			t08:0
18			t02:1	66			t08:1
19			t02:2	67			t08:2
20			t02:3	68			t08:3
21			t02:4	69			t08:4
22			t02:5	70			t08:5
23			t02:6	71			t08:6
24			t02:7	72			t08:7
25			t03:0	73			t09:0
26			t03:1	74			t09:1
27			t03:2	75			t09:2
28			t03:3	76			t09:3
29			t03:4	77			t09:4
30			t03:5	78			t09:5
31			t03:6	79			t09:6
32			t03:7	80			t09:7
33			t04:0	81			t10:0
34			t04:1	82			t10:1
35			t04:2	83			t10:2
36			t04:3	84			t10:3
37			t04:4	85			t10:4
38			t04:5	86			t10:5
39			t04:6	87			t10:6
40			t04:7	88			t10:7
41			t05:0	89			t11:0
42			t05:1	90			t11:1
43			t05:2	91			t11:2
44			t05:3	92			t11:3
45			t05:4	93			t11:4
46			t05:5	94			t11:5
47			t05:6	95			t11:6
48			t05:7	96			t11:7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Counter Definition Table

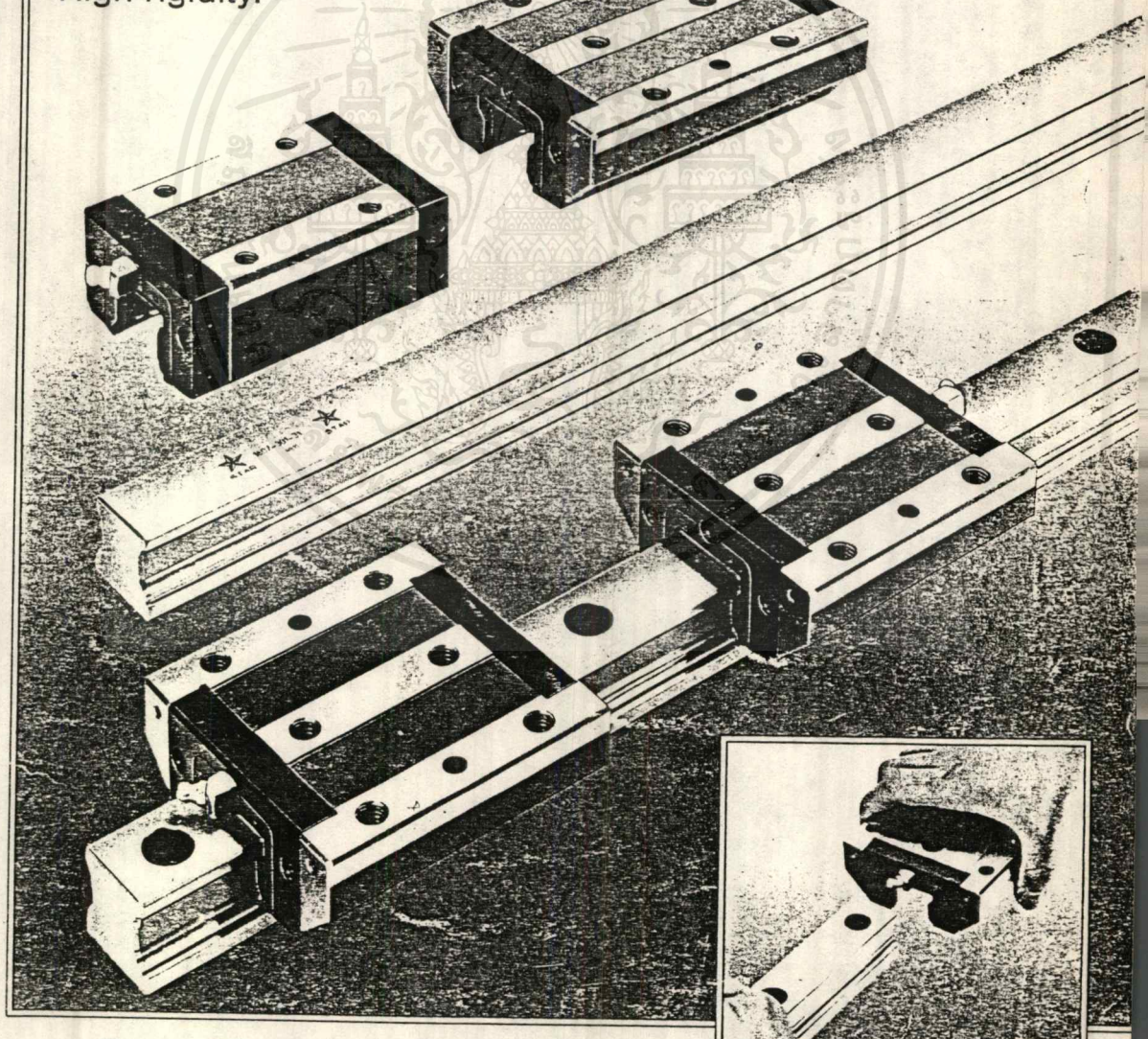
Ctr#	Label	Setting	CH:Bit	Ctr#	Label	Setting	CH:Bit
1	C1	33	c00:0	49			c06:0
2			c00:1	50			c06:1
3			c00:2	51			c06:2
4			c00:3	52			c06:3
5			c00:4	53			c06:4
6			c00:5	54			c06:5
7			c00:6	55			c06:6
8			c00:7	56			c06:7
9			c01:0	57			c07:0
10			c01:1	58			c07:1
11			c01:2	59			c07:2
12			c01:3	60			c07:3
13			c01:4	61			c07:4
14			c01:5	62			c07:5
15			c01:6	63			c07:6
16			c01:7	64			c07:7
17			c02:0	65			c08:0
18			c02:1	66			c08:1
19			c02:2	67			c08:2
20			c02:3	68			c08:3
21			c02:4	69			c08:4
22			c02:5	70			c08:5
23			c02:6	71			c08:6
24			c02:7	72			c08:7
25			c03:0	73			c09:0
26			c03:1	74			c09:1
27			c03:2	75			c09:2
28			c03:3	76			c09:3
29			c03:4	77			c09:4
30			c03:5	78			c09:5
31			c03:6	79			c09:6
32			c03:7	80			c09:7
33			c04:0	81			c10:0
34			c04:1	82			c10:1
35			c04:2	83			c10:2
36			c04:3	84			c10:3
37			c04:4	85			c10:4
38			c04:5	86			c10:5
39			c04:6	87			c10:6
40			c04:7	88			c10:7
41			c05:0	89			c11:0
42			c05:1	90			c11:1
43			c05:2	91			c11:2
44			c05:3	92			c11:3
45			c05:4	93			c11:4
46			c05:5	94			c11:5
47			c05:6	95			c11:6
48			c05:7	96			c11:7

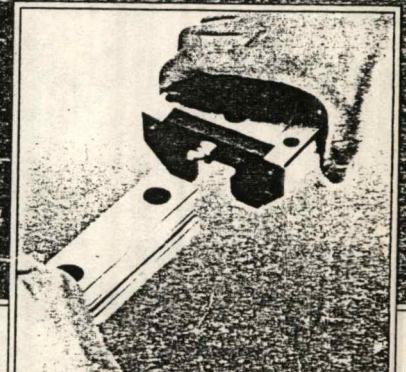
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STAR

Ball Rail Systems

Extra-compact linear motion assemblies
in 5 accuracy classes.
Extremely high load capacity
in all four major directions.
High rigidity.





Runner blocks and rails interchangeable
for easy replacement.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

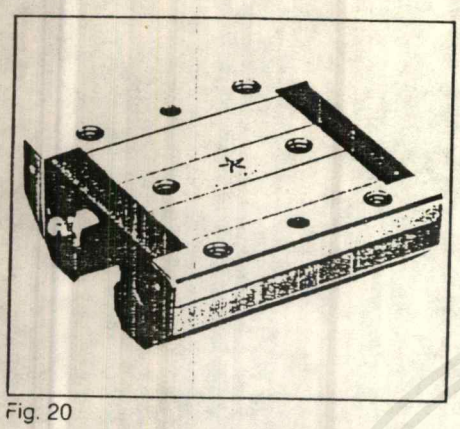
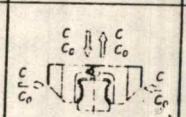


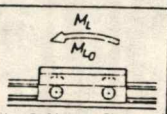
Fig. 20

Size	Accuracy Class	Reference Number for Runner Block for Preload Class			
		up to 10 µm clearance	Preload 0,02 C	Preload 0,08 C	Preload 0,13 C
15	UP		1604-119-10	1604-129-10	1604-139-10
	SP		1604-111-10	1604-121-10	1604-131-10
	P		1604-112-10	1604-122-10	1604-132-10
	H	1604-193-10	1604-113-10	1604-123-10	
	N	1604-194-10	1604-114-10	1604-124-10	
25	UP		1604-219-10	1604-229-10	1604-239-10
	SP		1604-211-10	1604-221-10	1604-231-10
	P		1604-212-10	1604-222-10	1604-232-10
	H	1604-293-10	1604-213-10	1604-223-10	
	N	1604-294-10	1604-214-10	1604-224-10	
30	UP		1604-719-10	1604-729-10	1604-739-10
	SP		1604-711-10	1604-721-10	1604-731-10
	P		1604-712-10	1604-722-10	1604-732-10
	H	1604-793-10	1604-713-10	1604-723-10	
	N	1604-794-10	1604-714-10	1604-724-10	
35	UP		1604-319-10	1604-329-10	1604-339-10
	SP		1604-311-10	1604-321-10	1604-331-10
	P		1604-312-10	1604-322-10	1604-332-10
	H	1604-393-10	1604-313-10	1604-323-10	
	N	1604-394-10	1604-314-10	1604-324-10	
45	UP		1604-419-10	1604-429-10	1604-439-10
	SP		1604-411-10	1604-421-10	1604-431-10
	P		1604-412-10	1604-422-10	1604-432-10
	H	1604-493-10	1604-413-10	1604-423-10	
	N	1604-494-10	1604-414-10	1604-424-10	
55	UP		1604-519-10	1604-529-10	1604-539-10
	SP		1604-511-10	1604-521-10	1604-531-10
	P		1604-512-10	1604-522-10	1604-532-10
	H	1604-593-10	1604-513-10	1604-523-10	
	N	1604-594-10	1604-514-10	1604-524-10	

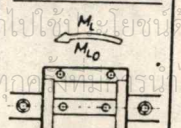
Table 9

Dimensions [mm]										Load Capacities [N]		All. Moments [Nm]				Weights	
N_4	E_5	E_8	S_4	N_5	T	T_1 min.	S_5	N_8	L max.	C dyn.	C_o stat.	M_t dyn.	M_{t_o} stat.	M_L dyn.	M_{L_o} stat.	Runner Block [kg]	Rail [kg/m]
10	38	7,5	M4– 6 deep	4	60	10	4,4	10,8	3 000	5 400	11 000	52	105	30	100	0,25	1,4
18	57	5,5	M4– 6 deep	5,5	60	10	7	16	4 000	13 500	25 000	190	350	120	200	0,75	3,2
18	72	7	M4– 8 deep	6	80	12	9	17,5	4 000	19 100	34 400	330	570	190	300	1,7	5,0
21	82	7	M4– 8 deep	7	80	12	9	21	4 000	25 500	44 000	530	910	290	500	1,85	6,8
30	100	11	M5–10 deep	8	105	16	14	24	4 000	42 500	70 500	1 160	1 910	610	1 000	3,4	10,5
35	116	13	M6–10 deep	9	120	18	16	29,5	4 000	62 500	10 0000	2 000	3 200	1 070	1 700	5,65	16,2





For the purpose of comparison with the 50,000 m travel life sometimes applied for rail-type guideways, the figures for C, M_t and M_L in the table should



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Type 1604 -

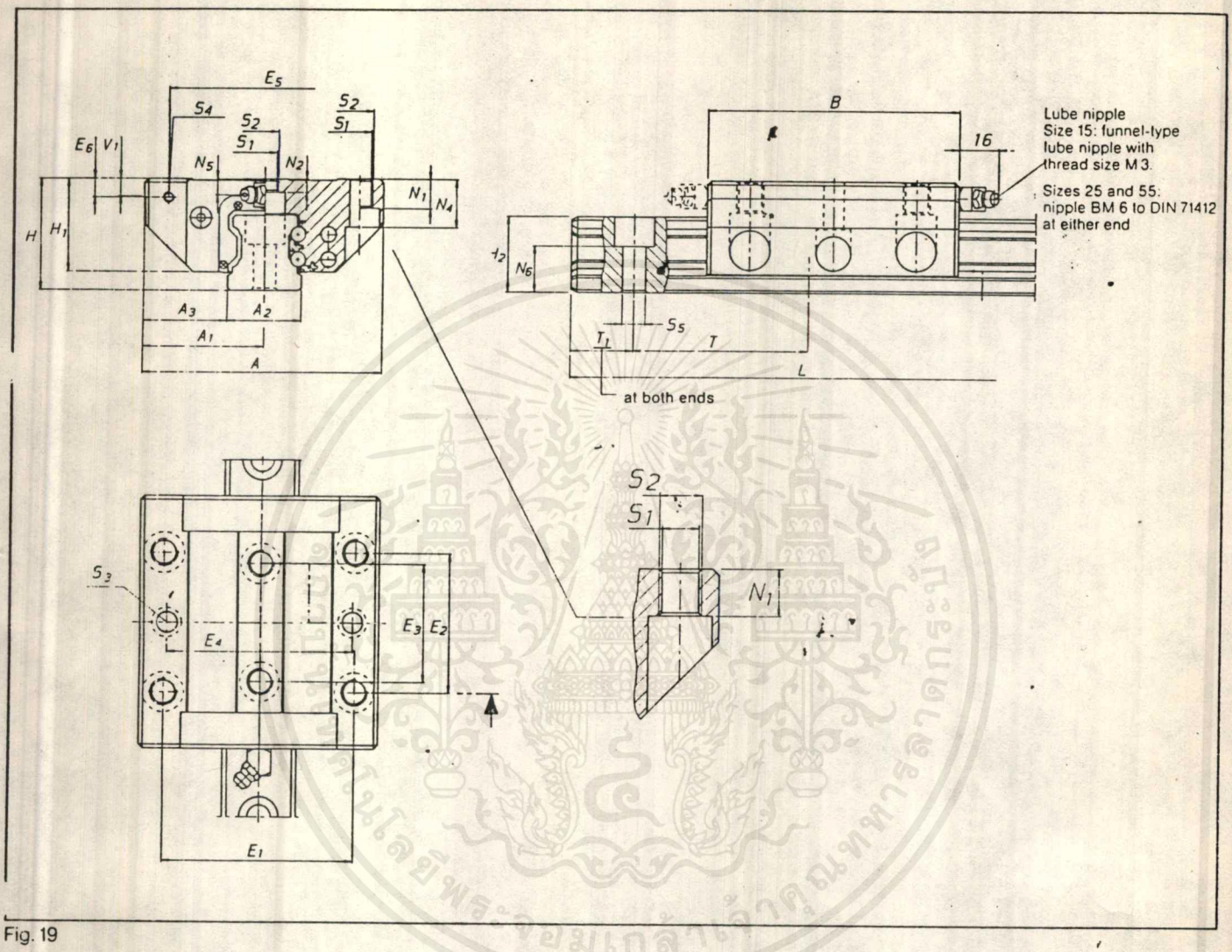


Fig. 19

Size	Dimensions [mm]																		
	A	A_1	B	H	H_1	A_2	H_2	A_3	V_1	E_1	E_2	E_3	S_1	N_1	N_2	S_2	E_4	S_3
15	47	23,5	53,5	24	19,4	15	16,3	16	5	38	30	26	4,4	5	3,2	M 5	38	3,7
25	70	35	81	36	29,5	23	24,5	23,5	7,5	57	45	40	6,4	9	4,5	M 8	55	5,7
30	90	45	94	42	35	28	28,5	31	7	72	52	44	8,4	11	5	M 10	70	7,7
35	100	50	105	48	40	34	32	33	8	82	62	52	8,4	12	7	M 10	80	7,7
45	120	60	133	60	50	45	40	37,5	10	100	80	60	10,5	15	8	M 12	98	9,7
55	140	70	159	70	57	53	48	43,5	12	116	95	70	12,5	18	8	M 14	114	11,7

Table 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rails for mounting from above 1605-

Mounting screw hole plugs are supplied loose with the guide rail

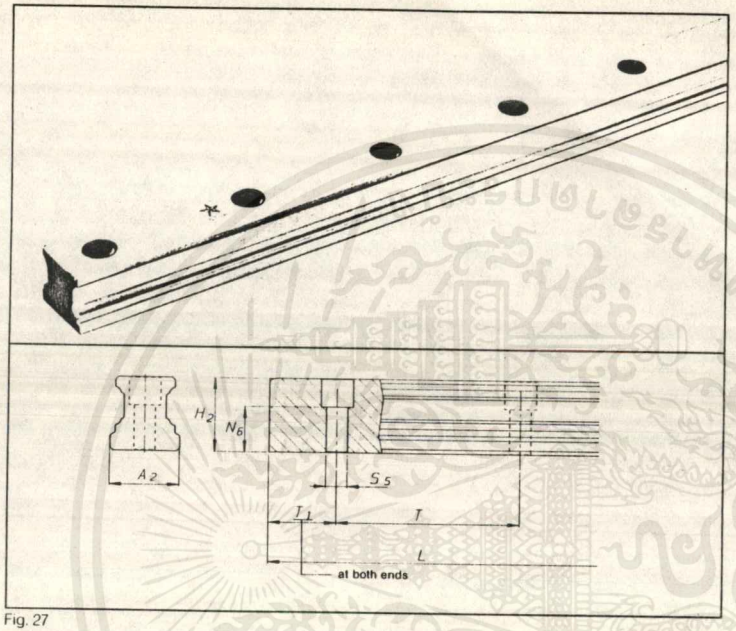
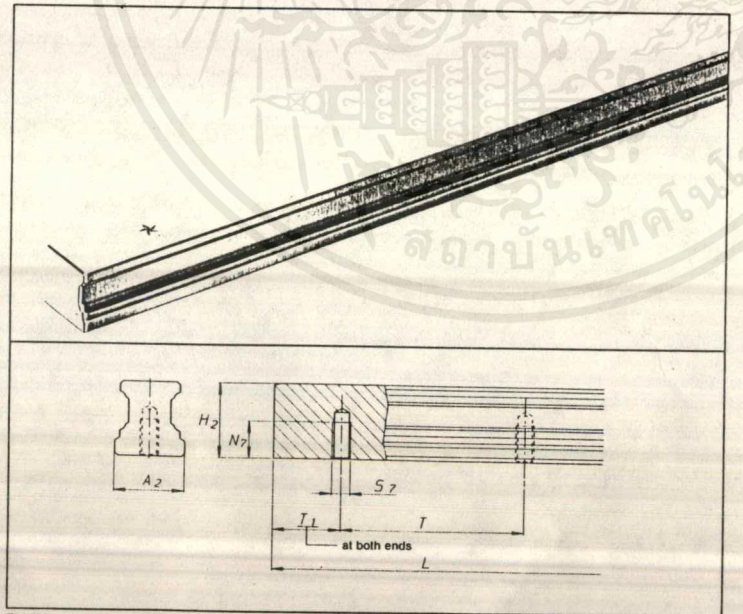


Fig. 27

Rails for mounting from below 1607-



One-Piece Rails				
Size	Accuracy Class	Reference Numbers		
		for mounting from above	Rail length [mm]	for mounting from below
15	UP	1605-109-31	....	1607-109-31
	SP	1605-101-31	....	1607-101-31
	P	1605-102-31	....	1607-102-31
	H	1605-103-31	....	1607-103-31
	N	1605-104-31	....	1607-104-31
25	UP	1605-209-31	....	1607-209-31
	SP	1605-201-31	....	1607-201-31
	P	1605-202-31	....	1607-202-31
	H	1605-203-31	....	1607-203-31
	N	1605-204-31	....	1607-204-31
30	UP	1605-709-31	....	1607-709-31
	SP	1605-701-31	....	1607-701-31
	P	1605-702-31	....	1607-702-31
	H	1605-703-31	....	1607-703-31
	N	1605-704-31	....	1607-704-31
35	UP	1605-309-31	....	1607-309-31
	SP	1605-301-31	....	1607-301-31
	P	1605-302-31	....	1607-302-31
	H	1605-303-31	....	1607-303-31
	N	1605-304-31	....	1607-304-31
45	UP	1605-409-31	....	1607-409-31
	SP	1605-401-31	....	1607-401-31
	P	1605-402-31	....	1607-402-31
	H	1605-403-31	....	1607-403-31
	N	1605-404-31	....	1607-404-31
55	UP	1605-509-31	....	1607-509-31
	SP	1605-501-31	....	1607-501-31
	P	1605-502-31	....	1607-502-31
	H	1605-503-31	....	1607-503-31
	N	1605-504-31	....	1607-504-31

Table 17

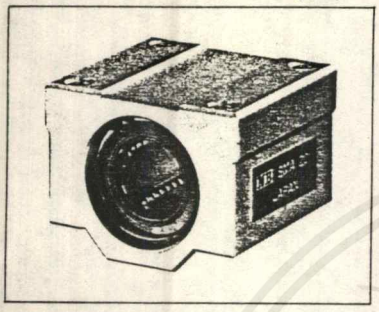
Example of ordering text:
Guide rail size 35,
for mounting from below,
Accuracy Class P,
rail length 1640 mm
(20 x T, T_1 = 20 mm,
21 mounting screw holes)

Reference Number:
1607-302-31, 1640 n

Size	Dimensions [n				
	A_2	H_2	S_5	S_7	
15	15	16,3	4,4	M 5	
25	23	24,5	7	M 6	
30	28	28,5	9	M 8	
35	34	32	9	M 8	
45	45	40	14	M 12	
55	53	48	16	M 14	

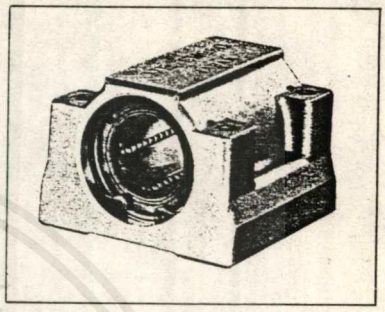
Type

Block type unit (SMA type)

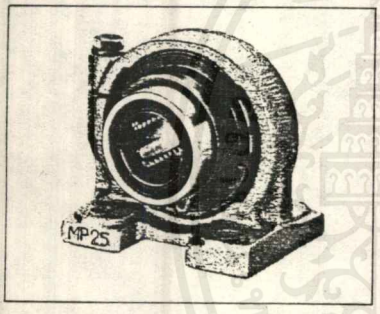


Block type unit (AK type)

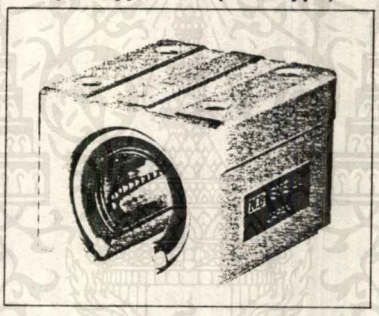
Block type unit (SMB type)



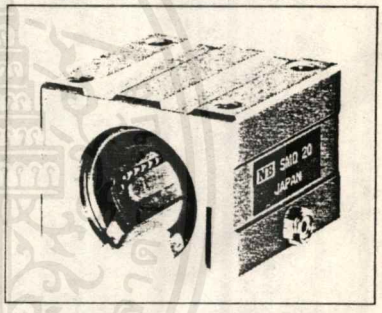
Pillow type unit (SMP type)



Open type unit (SME type)



Open type unit (SMD type)



Example of unit number indication

SME	20	G	UU	P

- Type

SMA	Block type unit
AK	Block type unit (compact type)
SMB	Block type unit
SMP	Pillow type unit
SME	Open type unit
SMD	Adjustable open type unit
SMJ	Adjustable type unit

Inscribed circle diameter

- Anticorrosion column

Symbol	Specification	Example
No entry	Steel	SME
S	Stainless steel	SMSE

- Retainer material

Symbol	Specification
No entry	Steel
G	Resin

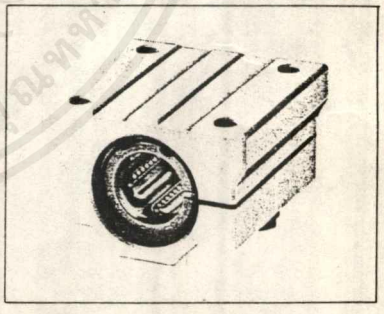
- Seal

Symbol	Specification
No entry	No seal
U	Seal on one side
UU	Seal on both sides

- Precision grade

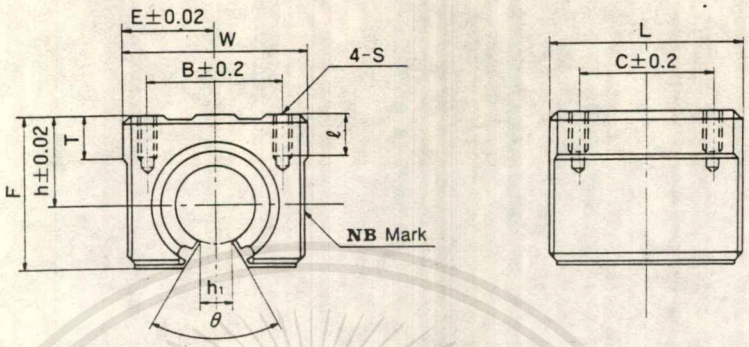
Symbol	Specification
Non entry	High class
P	Precision class

Adjusting type unit (SMJ type)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

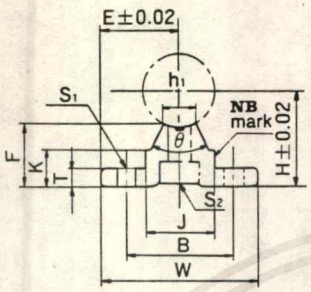
SME Type

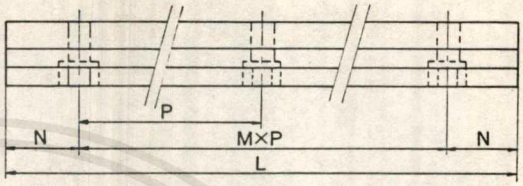


Unit No.	Shaft diameter	Main dimension								Mounting dimension				Slide bush			Weight
		h	E	W	L	F	T	h_1	θ	B	C	S	ℓ	Slide bush No.	Basic load rating C(kgf)	Basic static load rating Co(kgf)	(gf)
SME 10GUU	10	15	18	36	32	23	7	6	80°	25	20	M 5	10	SM 10GUU-OP	38	56	65
SME 13GUU	13	17	20	40	39	27	8	8.5	80°	28	26	M 5	12	SM 13GUU-OP	52	80	100
SME 16GUU	16	20	22.5	45	45	33	9	10	80°	32	30	M 5	12	SM 16GUU-OP	79	120	150
SME 20GUU	20	23	24	48	50	39	11	10	60°	35	35	M 6	12	SM 20GUU-OP	90	140	200
SME 25GUU	25	27	30	60	65	47	14	11.5	50°	40	40	M 6	12	SM 25GUU-OP	100	160	450
SME 30GUU	30	33	35	70	70	56	15	14	50°	50	50	M 8	18	SM 30GUU-OP	160	280	630
SME 35GUU	35	37	40	80	80	63	18	16	50°	55	55	M 8	18	SM 35GUU-OP	170	320	925
SME 40GUU	40	42	45	90	90	72	20	19	50°	65	65	M10	20	SM 40GUU-OP	220	410	1.330
SME 50GUU	50	53	60	120	110	91	25	20	50°	94	80	M10	20	SM 50GUU-OP	390	810	3.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SA Type





Supporting structure No.	Shaft diameter	Main dimension										Mounting dimension				
		H	E	W	L	F	T	K	J	h1	θ	B	N	M×P	S1	S2
SA 10-200	10	18	16	32	200	13.5	4	8.9	12.4	4.7	80°	22	50	1×100	4.5	M4
SA 10-300					300								50	2×100		
SA 10-400					400								50	3×100		
SA 10-500					500								50	4×100		
SA 10-600					600								50	5×100		
SA 13-200	13	21	17	34	200	15	4.5	9.8	15	6	80°	25	50	1×100	4.5	M4
SA 13-300					300								50	2×100		
SA 13-400					400								50	3×100		
SA 13-500					500								50	4×100		
SA 13-600					600								50	5×100		
SA 16-200	16	25	20	40	200	17.8	5	11.7	18.5	8	80°	30	25	1×150	5.5	M5
SA 16-300					300								75	1×150		
SA 16-400					400								50	2×150		
SA 16-500					500								25	3×150		
SA 16-600					600								75	3×150		
SA 20-200	20	27	22.5	45	200	17.7	5	10	19	8	50°	30	25	1×150	5.5	M6
SA 20-300					300								75	1×150		
SA 20-400					400								50	2×150		
SA 20-500					500								25	3×150		
SA 20-600					600								75	3×150		
SA 25-200	25	33	27.5	55	200	21	6	12	21.5	8	50°	35	25	1×150	6.5	M6
SA 25-300					300								50	1×200		
SA 25-400					400								100	1×200		
SA 25-500					500								50	2×200		
SA 25-600					600								100	2×200		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

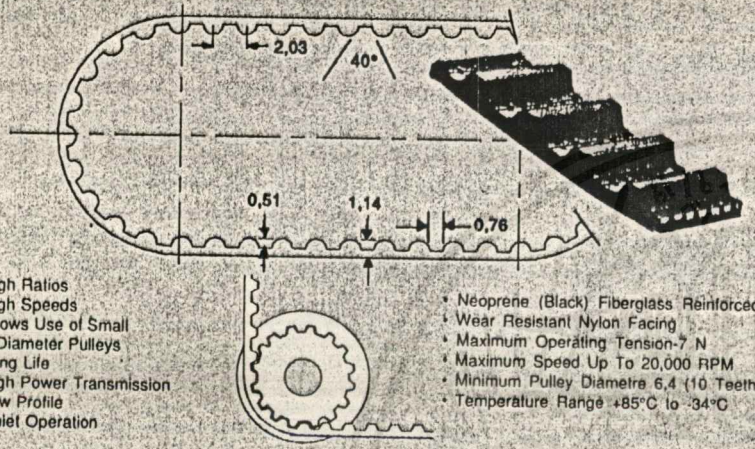
3mm Wide Max-M-Drive®

Timing Belts

2,03 Pitch (.080 Inch) Max-M-Drive®

Timing Pulleys

2,03 Pitch (.080 Inch) 3mm Belt Width Double Flange

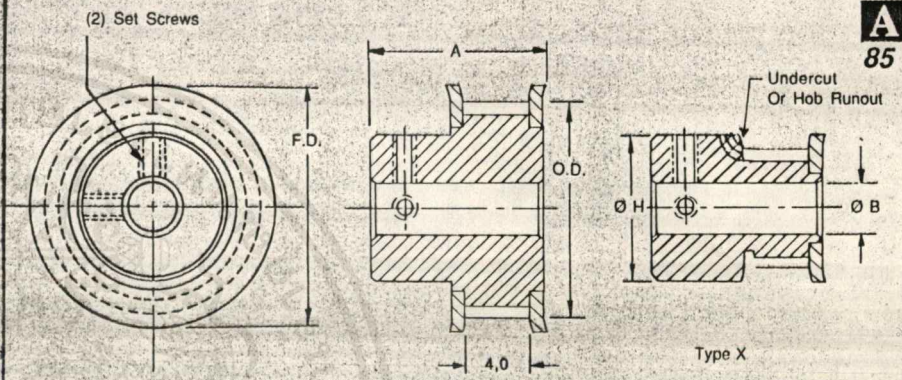


- High Ratios
- High Speeds
- Allows Use of Small Diameter Pulleys
- Long Life
- High Power Transmission
- Low Profile
- Quiet Operation

- Neoprene (Black) Fiberglass Reinforced
- Wear Resistant Nylon Facing
- Maximum Operating Tension-7 N
- Maximum Speed Up To 20,000 RPM
- Minimum Pulley Diametre 6,4 (10 Teeth)
- Temperature Range +85°C to -34°C

STOCK NUMBER	NO.OF GROOVES	BELT LENGTH
TB7EF2-40	40	81,3
TB7EF2-42	42	85,3
TB7EF2-45	45	91,4
TB7EF2-50	50	101,6
TB7EF2-54	54	109,7
TB7EF2-55	55	111,8
TB7EF2-57	57	115,8
TB7EF2-60	60	121,9
TB7EF2-64	64	130,0
TB7EF2-67	67	136,1
TB7EF2-70	70	142,2
TB7EF2-73	73	148,3
TB7EF2-80	80	162,6
TB7EF2-90	90	182,9
TB7EF2-100	100	203,2
TB7EF2-105	105	213,4
TB7EF2-110	110	223,5
TB7EF2-120	120	243,8
TB7EF2-130	130	264,2
TB7EF2-150	150	304,8
TB7EF2-160	160	325,1
TB7EF2-170	170	345,4
TB7EF2-175	175	355,6
TB7EF2-190	190	386,1
TB7EF2-200	200	406,4
TB7EF2-225	225	457,2
TB7EF2-250	250	508,0
TB7EF2-300	300	609,6
TB7EF2-400	400	812,8

All dimensions in mm - unless noted



Type W

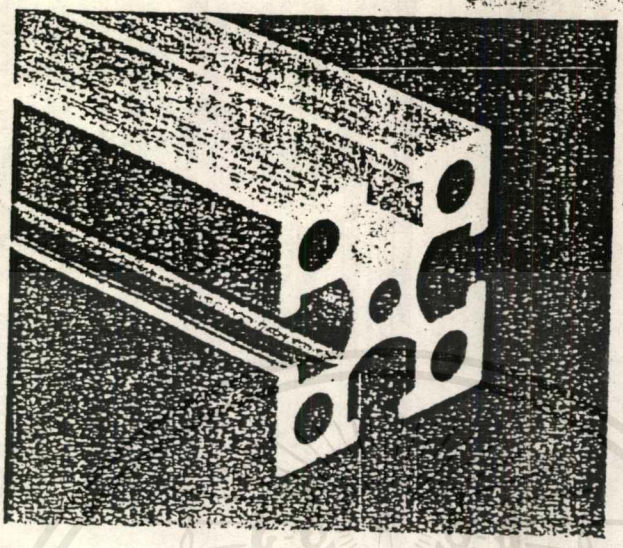
Type X

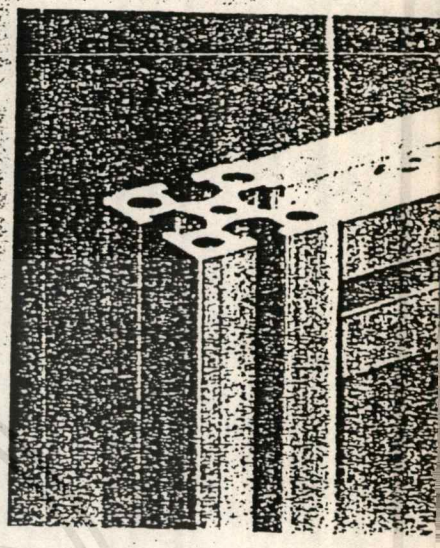
Material:
Aluminium M10,0
Anodized

STOCK NUMBER	NUMBER OF GROOVES	TYPE	P.D.	O.D.	F.D.	A	Ø H	Ø B $^{+0,04}_{0,00}$
TP7A3MW2-10	10	X	6,48	6,0	10,8	11,1	10,8	3,00
TP7A3MW2-11	11	X	7,11	6,6	11,4	11,1	11,4	3,00
TP7A3MW2-12	12	X	7,77	7,3	12,2	11,1	12,2	3,00
TP7A3MW2-14	14	X	9,07	8,6	13,5	11,1	13,5	3,00
TP7A5MW2-15	15	X	9,70	9,2	14,1	11,1	14,1	5,00
TP7A5MW2-16	16	X	10,34	9,8	14,7	11,1	14,7	5,00
TP7A5MW2-18	18	W	11,63	11,1	16,1	12,3	7,9	5,00
TP7A5MW2-20	20	W	12,93	12,4	17,4	12,3	9,2	5,00
TP7A5MW2-21	21	W	13,59	13,1	18,0	12,3	9,9	5,00
TP7A5MW2-22	22	W	14,22	13,7	18,8	12,3	9,9	5,00
TP7A6MW2-24	24	W	15,52	15,0	20,1	13,1	11,2	6,00
TP7A6MW2-28	28	W	18,11	17,6	21,8	13,1	12,5	6,00
TP7A6MW2-30	30	W	19,41	18,9	24,0	13,1	13,9	6,00
TP7A6MW2-32	32	W	20,70	20,2	25,4	13,1	15,2	6,00
TP7A6MW2-36	36	W	23,29	22,8	28,1	13,1	17,2	6,00
TP7A6MW2-40	40	W	25,88	25,4	30,7	13,5	19,2	6,00
TP7A6MW2-42	42	W	27,18	26,7	32,0	13,5	20,5	6,00
TP7A6MW2-44	44	W	28,45	27,9	33,4	13,5	21,8	6,00
TP7A6MW2-48	48	W	31,04	30,5	36,1	13,5	23,8	6,00
TP7A6MW2-60	60	W	38,81	38,3	43,9	13,5	31,0	6,00

All dimensions in mm - unless noted

PROFILE 40×40

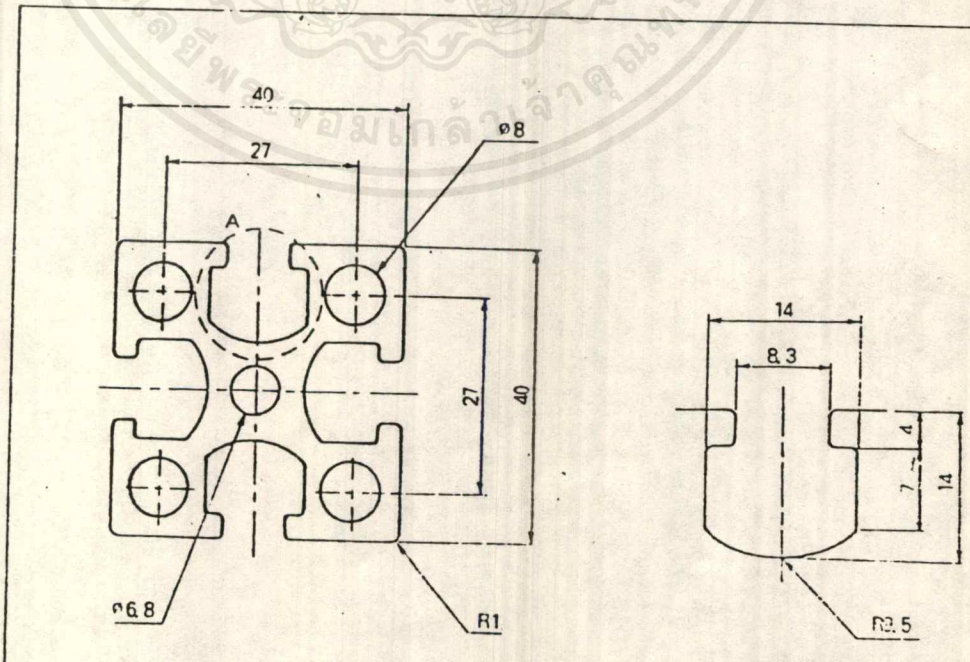




■ 技術 Data
材　　質：A6063S-T5
表面處理：Anodized
重　　量：2 kg/m
斷 面 積：750㎟
引張强度：16kgf/㎟
斷面 2次 Moment：Ix = 10.4×10⁴mm⁴
Iy = 10.4×10⁴mm⁴

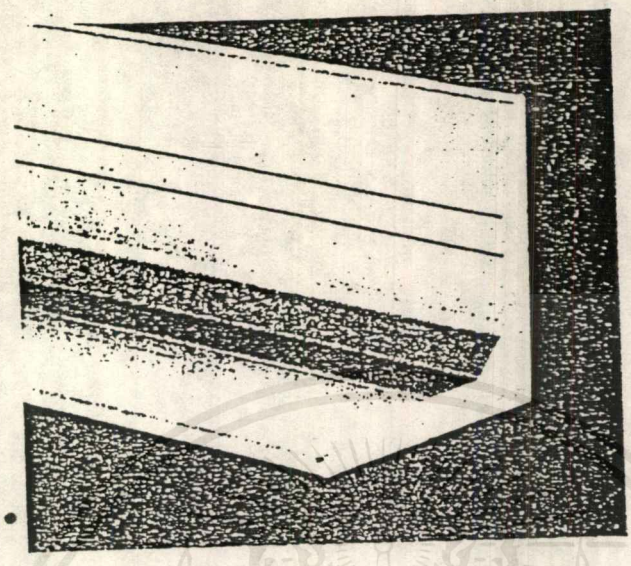
■ 品 番：DF 4040-8
■ 仕 様：4000 m/m
■ 色 相：Silver
■ 用 途：重荷重用 構造物.
Machine Cover用 Frame.
Conveyor Frame.

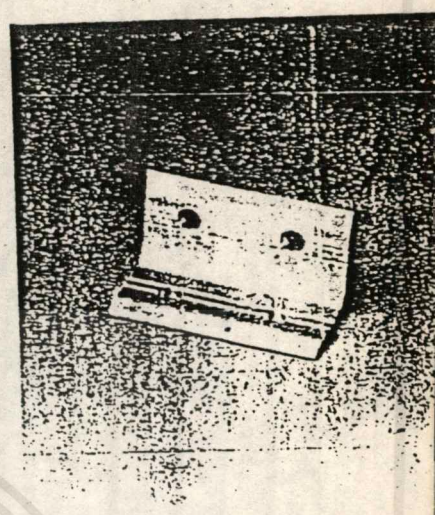
DF 4040-8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANGLE 40×40

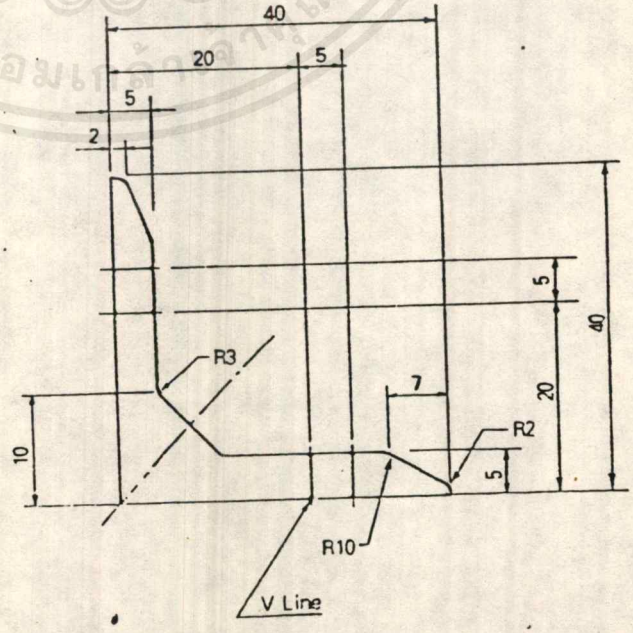




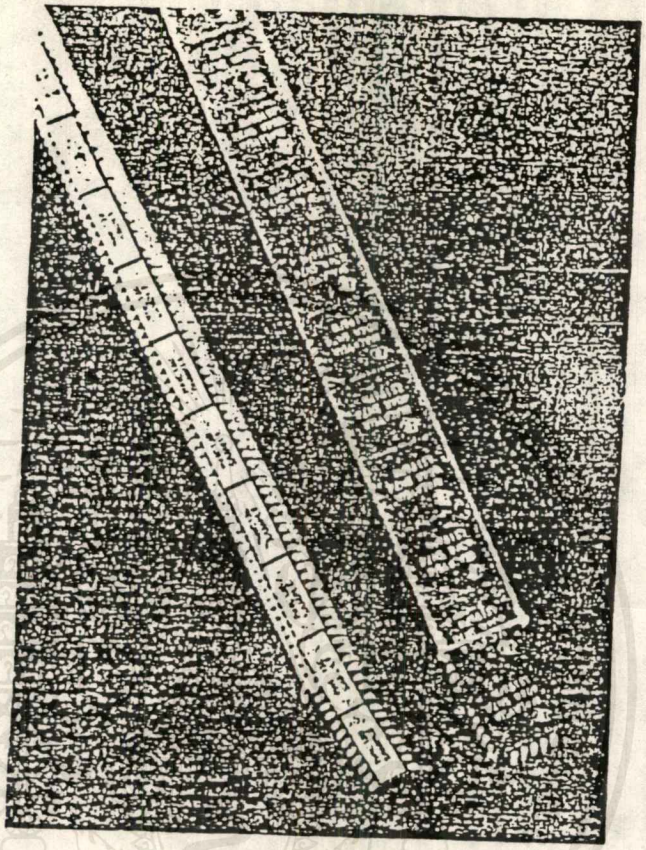
■ 技術 Data
- 材　　質 : A6063S-T6
- 表面處理 : Hard Anodized
- 重　　量 : 0.98 kg/m
- 斷 面 積 : 360.5㎟
- 引張强度 : 21kgf/㎟
- 斷面 2次 Moment : Ix = 4.6×10⁴mm⁴
  Iy = 4.6×10⁴mm⁴

■ 品番 : DAB 4040
■ 仕様 : 4000 m/m
■ 色相 : Silver
■ 用途 : Bracket, Angle 材.

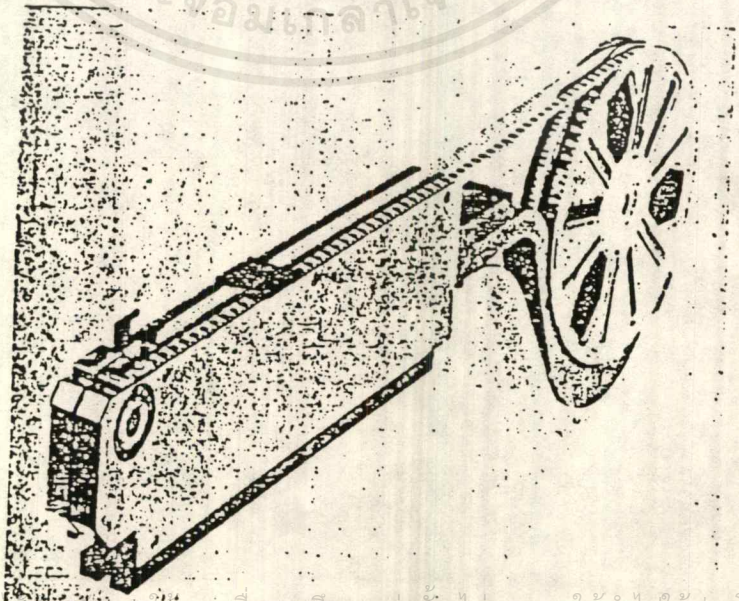
DAB 4040



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

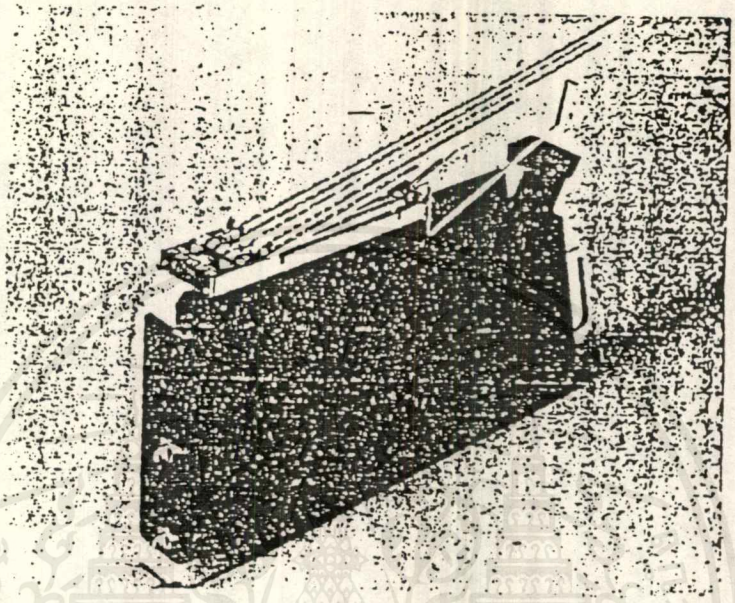


รูปที่ 11 COMPONENT IN MAGAZINE

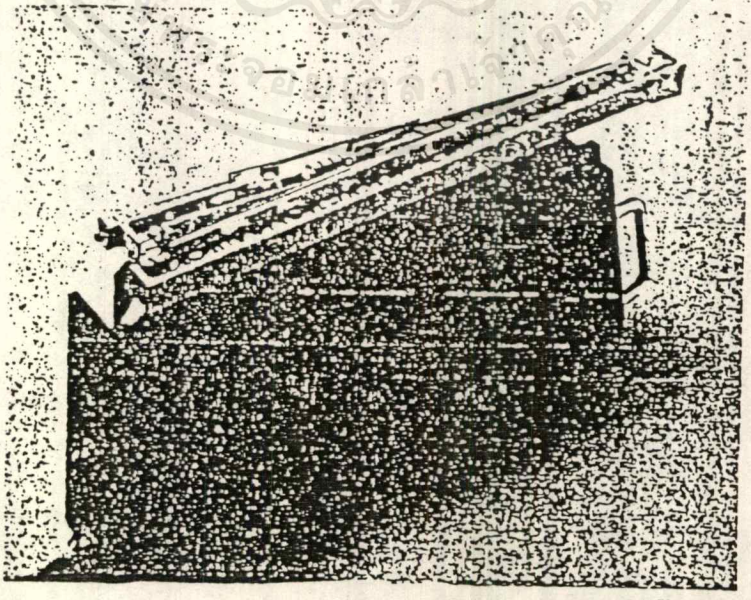


รูปที่ 12 TAPE FEEDER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

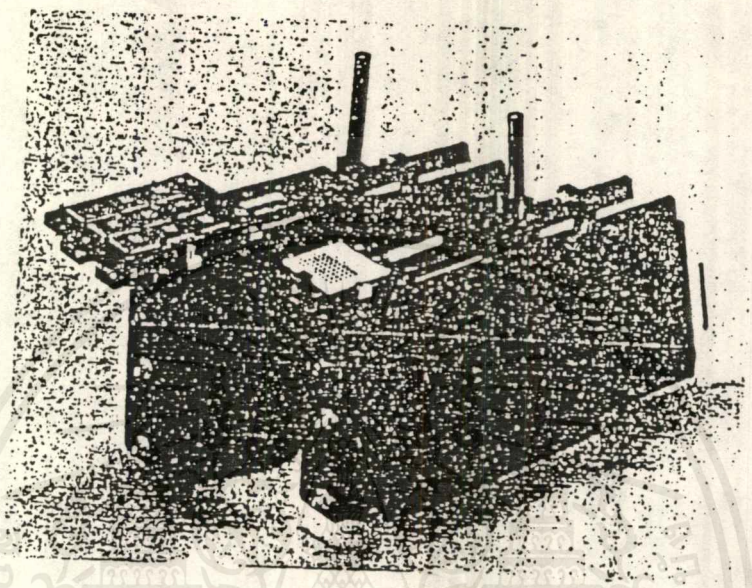


รูปที่ 13 MAGAZINE FEEDER



รูปที่ 14 BULK FEEDER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



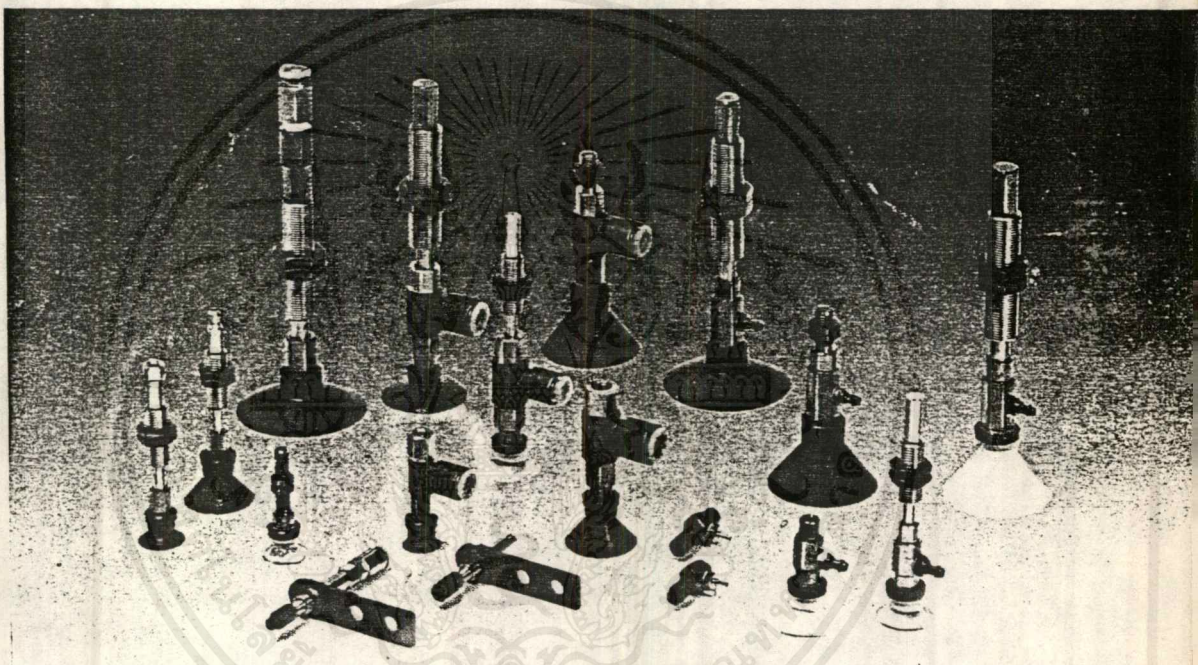
รูปที่ 15 MATRIX TRAY FEEDER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CAT.E807-Ⓒ

SMC

Vacuum Pad
Series ZP



บริษัท ชวนันท์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด

156 ซอยทองหล่อ สุขุมวิท 55 กรุงเทพฯ 10110

โทร 3910338, 39 3601, 3924692 (7 คู่สาย) โทรสาร 3811832

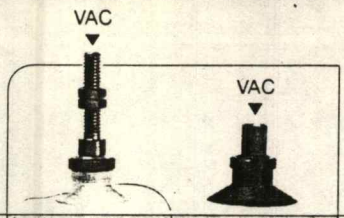
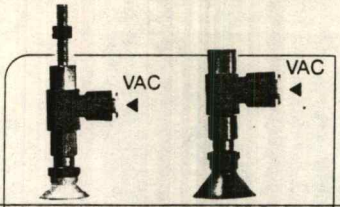
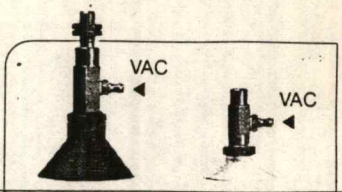
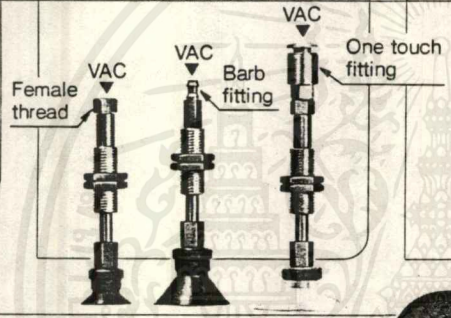
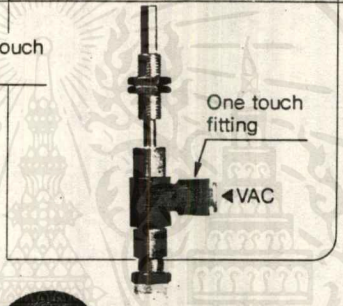
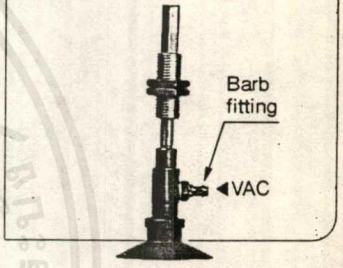
CHAVANAN CORPORATION LIMITED

156 SOI THONGLOR SUKHUMVIT 55 BANGKOK 10110

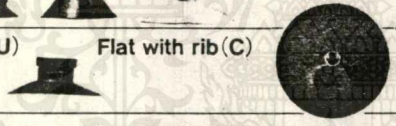
TEL. 3910338, 39 3601, 3924692 (7 LINES) FAX. 3811832

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vacuum Pad : Series ZP

Without buffer				
Vacuum entry	Male thread	Female thread	With one touch fitting	With one touch fitting	With barb fitting	With barb fitting
Mounting	(Cum)	(Cum)	Male thread	Female thread	Male thread	Female thread
Type	**ZPT Vertical type Vacuum entry**		**ZPR Horizontal type Vacuum entry**		**ZPY Horizontal type With barb fitting**	
Vacuum entry	Female thread	With barb fitting	With one touch fitting		With barb fitting	
Mounting	Buffer body	Buffer body	One touch fitting		Barb fitting	
With buffer Without non-rotation type/Non-rotation type φ2~φ8 : Stroke 6mm φ10~φ50 : Stroke 10mm						

Pad type (Compatible with all types)

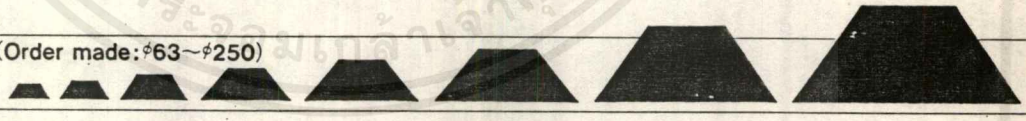


Flat type (U) Flat with rib (C) Deep type (D) Bellows type (B)

Pad size	φ2	φ4	φ6	φ8	φ10	φ13	φ16	φ20	φ25	φ32	φ40	φ50
Flat type	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Flat with rib					●	●	●	●	●	●	●	●
Deep type					●		●		●		●	
Bellows type			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Pad size (φ2~φ50)

φ2~φ50 (Order made: φ63~φ250)



Pad material

NBR (Black) · Silicon rubber (White) · Urethane rubber (Brown) · Fluorine rubber (Black with green mark)
Electric NBR (Black with white one mark) · Electric silicon rubber (Black with white two marks)

INDEX

Series ZPT

Without buffer : Vertical type
Vacuum entry
Specifications · How to order ····· 1
Male thread/Dimensions ····· 2 3
Female thread/Dimensions ····· 4 5
With buffer : Vertical type
Vacuum entry
Specifications · How to order ····· 6
Female thread/Dimensions ····· 7 8 9
One touch/Dimensions ····· 10 11 12
With barb fitting/Dimensions ····· 13 14 15

Series ZPR

Without buffer : Horizontal type
Vacuum entry
Specifications · How to order ····· 16
Male thread/Dimensions ····· 17 18 19
Female thread/Dimensions ····· 20 21 22
With buffer : Horizontal type
Vacuum entry
Specifications · How to order ····· 23
With one touch fitting/
Dimensions ····· 24 25 26

Series ZPY

Without buffer : Horizontal type
Vacuum entry
Specifications · How to order ····· 27
Male thread/Dimensions ····· 28 29
Female thread/Dimensions ····· 30 31
With buffer : Horizontal type
Vacuum entry
Specifications · How to order ····· 32
With barb fitting/Dimensions ····· 33 34 35
Vacuum pad/Parts ····· 36 37 38
Operational guide ····· 39 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Selection of Vacuum Ejectors

To adapt to various industrial applications, the manufacturing of the Vacuum Ejector is divided to many kinds. The basic classification has the following three kinds:

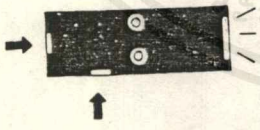
- Degree of Vacuum :Generally divided to two types: 650mm/Hg and 430mm/Hg, similar to our products Model KH and Model DH.
- Bore of Nozzle : The bore of nozzle may affect the vacuum displacement. The larger the nozzle bore is, the more the adopted air is and vice versa. This Company has Model 050, 100, 150 and 200.
- Pressure of Compressed Air : Generally divided to two tu] es—5Kg6cm2 and 3.5Kg/cm2. The letter H and L in the Model KH and KL respectively represents 5Kg/cm2 and 3.5Kg/cm2.

General selection of application may be in accordance with the following factors:

- The power the factory can afford : The pressure of the air compressor of the general factories is 5Kg/cm2 and so Model KH is widely adopted; however, if the old-type air compressor is adopted or as some factories use nitrogen insteadly due to the consideration of over-quantity dust, meanwhile, the Model KL, 3.5Kg/cm2 may be adopted.
- The volume of the attracted article & action frequency: If the special gravity of the attracted article is lighter, you may consider to adopt Model D of low degree of vacuum. Contrarily, if the special gravity of it is weightier, adopt Model K of high degree of vacuum. In consideration of action frequency, for example, if the frequency of action of the automatic conveyer is 80 times per minute, you may adopt the model with larger nozzle bore due to its large displacement and quick suction. If the action frequency is 1 time every three 3 minutes, the model of small nozzle bore may be applied to save much air consumption.power the factory can afford

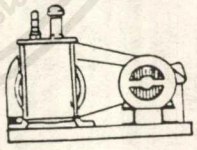
Comparison of Vacuum Pumps, Vacuum Ejector

Vacuum Ejector



- Small volume with a weight under 100g
- Simple assembly to automatized machinery, only small space required
- Compressed air used, vacuum barrel not required
- Low rate of trouble, simple maintenance
- Low price
- No vibration and noise

Vacuum pump



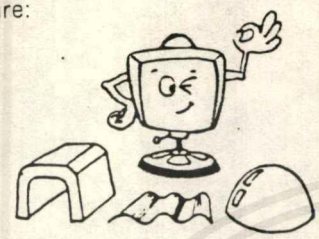
- Larger volume and weightier
- Difficult assembly to small-duty machine, larger space required
- Driven by motor, requiring vacuum barrel
- Difficult in maintenance and reparation as malfunction
- High price
- Much noise and vibratoin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

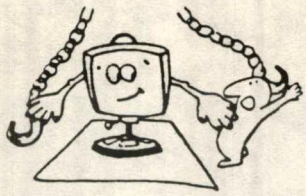
- Civil Construction----------Assembling Plate, Furniture, Cement Products, Tiles, Glass, Sanitary & Bathing Facilities
- Others----------Foods, Manfacturing processes, Acrylic etc.

Advantages of Vacuum Suction Carry

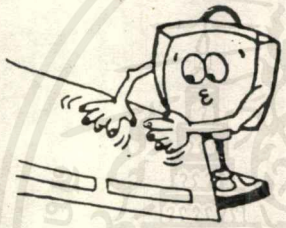
To sum up, the advantages of vacuum suction carry are shown to you through the following caricature:



Any articles of any shapes are carriable

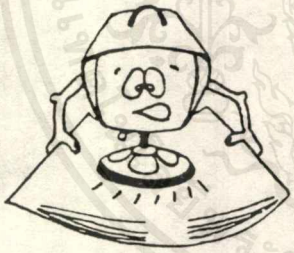


Sling Hook is not required.
Saving time for you

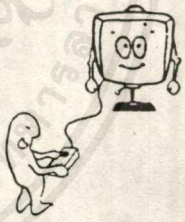


Rubber Pad is adopted, no damage to the work-piece will occur.

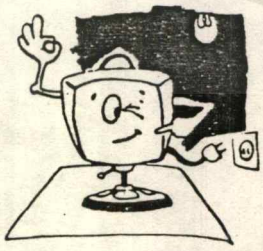
Once suction; No worry about pieces stick to each other



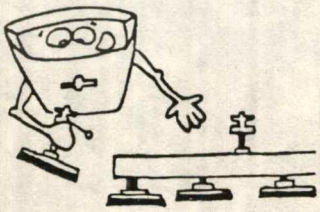
Easy suction & releasing by air open & close



Remote control is available



Compressed air adopted as power source, secure even as power failure



Rubber pad suspension support is adopted to adjust dimension quickly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vacuum Pad Series ZP

Individual cat. No. E807

Series	Vacuum exhaust port	Mounting	Connection		Pad form / Pad dia		
			W/O Buffer	W/Buffer	Plain	Plain	Deep form
ZPT	Vertical	Vacuum exhaust port	Male thread · Female thread	Female thread One-touch fitting Barb fitting	ϕ2 ϕ4 ϕ6 ϕ8 ϕ10,ϕ13 ϕ16,ϕ20 ϕ25,ϕ32 ϕ40,ϕ50	ϕ10,ϕ13 ϕ16,ϕ20 ϕ25,ϕ32 ϕ40	ϕ10,ϕ16 ϕ25,ϕ40
ZPR	Horizontal	Vacuum exhaust port·One-touch fitting	Male thread · Female thread	One-touch fitting			
ZPY	Horizontal	Vacuum exhaust port·Barb fitting	Male thread · Female thread	Barb fitting			

Pad material — NBR·Silicon·Urethane·Fluoro-rubber·Conductive rubber

Vacuum pad

Air Suction Filter Series ZF

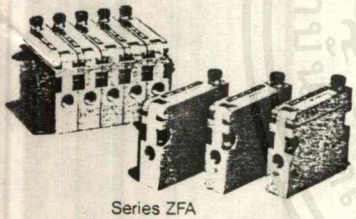
Individual cat. No. E803/E809

Prevents vaccum circuit and air flow from contamination trouble.

ZFA: Large filtration area of element. Can be manifolded up to 10 stations saving space.

ZFB: Possible to mount and remove the tubing in one-touch. Quite freely installation of tubing in 360°.

Model	Port size	Applicable tube O.D.	Max. flow rate (Nℓ/min)	Operating pressure range (MPa {kgf/cm²})	Filtration (μm)
ZFA100-01	1/8		50	Negative pressure ~0.5 {5.1}	30
ZFA200-02	1/4		200		
ZFB100-04	Applicable tube O.D.	ϕ4	10		
ZFB100-06		ϕ6	20		
ZFB200-06		ϕ6	30		
ZFB200-08		ϕ8	50		
ZFB300-08		ϕ8	75		
ZFB300-10		ϕ10	75		



Series ZFA

Series ZFB

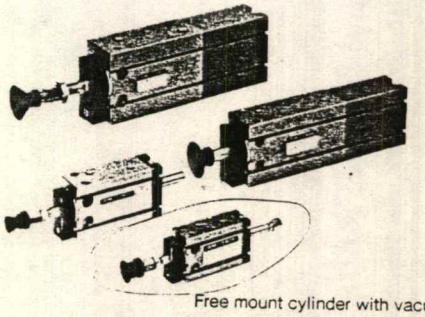
Free Mount Cylinder with Vacuum Pad Series ZCUK

Individual cat. No. E808

Passage for vacuum to rod is provided for the compact and high mounting accuracy rectangular small cylinder series CU to faciliate mounting vacuum pad and to realize space saving.

Standard non-rotating piston rod type, Vacuum pad dia. (ϕ2 ~ ϕ50)

Model	Vacuum side piping type	Rod end model	Tube I.D	Standard stroke (mm)	Pressure MPa {kgf/cm²}	Vacuum port pressure range	Applicable auto switch
ZCUKC	Cap mounting	Male thread	ϕ10 ~ ϕ32	ϕ10,ϕ16 : 5,10,15,20,25,30 ϕ20~ϕ32 : 5,10,15,20,25,30,40,50	ϕ10,ϕ16 : 0.07~0.7 {0.71~7.1} ϕ20~ϕ32 : 0.06~0.7 {0.61~7.1}	≦760mmHg ~6kgf/cm² At vacuum burst 0~0.6MPa {0~6.1kgf/cm²}	Reed switch D-90 D-97 Solid state switch D-F99 D-J99
ZCUKD	Cap mounting	Pad direct mount					
ZCUKQ	Rod mounting	Male thread					
ZCUKR	Rod mounting	Pad direct mount					



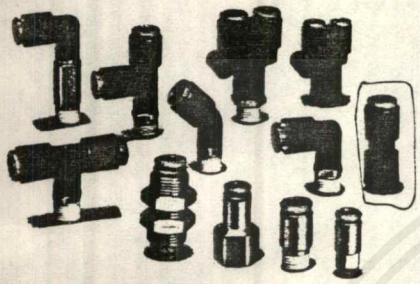
Free mount cylinder with vacuum pad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Individual cat. No. E501

One-touch Fittings Series KQ

Accepts nylon, soft nylon, polyurethane.
Space and labor saving.
Standard specification with seal.



One-touch Fittings

Type	Model	Connection	Applicable tube O.D. ϕ3.2	ϕ4	ϕ6	ϕ8	ϕ10	ϕ12	ϕ16
Half union	KQH	M5	●	●	●				
		1/8	●	●	●	●	●		
		1/4	●	●	●	●	●	●	
		3/8			●	●	●	●	●
		1/2					●	●	●
Half union with hole for hexagon key	KQS	M5		●	●				
		1/8		●	●	●	●		
		1/4			●	●	●	●	
		3/8				●	●	●	
		1/2					●	●	
Female union	KQF	1/8		●	●	●			
		1/4		●	●	●	●	●	
		3/8			●	●	●	●	
		1/2						●	
Straight	KQH	—	●	●	●	●	●	●	
Different dia. straight	KQH	—	●	●	●	●	●	●	
Elbow union	KQL	M5	●	●	●				
		1/8	●	●	●	●	●		
		1/4	●	●	●	●	●	●	
		3/8			●	●	●	●	●
		1/2					●	●	●
45° elbow union	KQK	M5		●	●				
		1/8		●	●	●			
		1/4		●	●	●	●	●	
		3/8			●	●	●	●	
		1/2					●	●	
Universal elbow union	KQV	M5		●	●				
		1/8		●	●	●			
		1/4			●	●	●		
		3/8				●	●	●	
		1/2						●	
Elbow	KQL	—	●	●	●	●	●	●	●
Straight elbow	KQL	—	●	●	●	●	●	●	
Reducer elbow	KQL	ϕ4	●						
		ϕ6		●					
		ϕ8		●	●				
		ϕ10			●	●			
		ϕ12				●	●		
Long elbow union	KQW	M5	●	●	●				
		1/8	●	●	●	●			
		1/4	●	●	●	●	●	●	
		3/8			●	●	●	●	
		1/2					●	●	

Type	Model	Connection	Applicable tube O.D. ϕ3.2	ϕ4	ϕ6	ϕ8	ϕ10	ϕ12	ϕ16
Branch tee	KQT	M5	●	●	●				
		1/8	●	●	●	●	●		
		1/4	●	●	●	●	●	●	
		3/8			●	●	●	●	●
		1/2					●	●	●
Tee	KQT	—	●	●	●	●	●	●	●
Different dia. tee	KQT	—	●	●	●	●	●	●	
Service tee union	KQY	M5	●	●	●				
		1/8	●	●	●	●	●		
		1/4	●	●	●	●	●	●	
		3/8			●	●	●	●	●
		1/2					●	●	●
Union "Y"	KQU	—	●	●	●	●	●	●	
Different dia. union "Y"	KQU	—	●	●	●	●	●	●	
Branch union "Y"	KQU	—	●	●	●	●	●	●	
Branch	KQU	M5	●	●	●				
		1/8	●	●	●	●			
		1/4	●	●	●	●	●	●	●
		3/8			●	●	●	●	
		1/2					●	●	
Reducer	KQR	ϕ4	●		●				
		ϕ6		●					
		ϕ8		●	●				
		ϕ10		●	●	●			
		ϕ12			●	●	●		
		ϕ16						●	
Bulkhead union	KQE	—	●	●	●	●	●	●	●
Bulkhead female union	KQE	1/8		●	●				
		1/4	●	●	●	●	●		
		3/8			●	●	●	●	●
		1/2						●	●
Nipple	KQN	—		●	●	●	●	●	
Different dia. nipple	KQN	—	●	●	●	●	●	●	
Plug	KQP	—	●	●	●	●	●	●	●

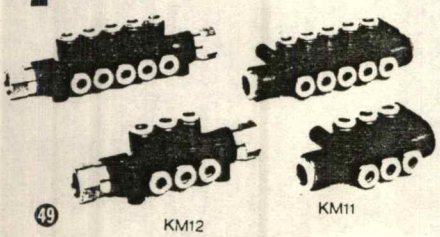
Applicable tube (Material/O.D.)
Nylon tube, Soft nylon tube, Polyurethane tube
Tube O.D. —— ϕ3.2, ϕ4, ϕ6, ϕ8, ϕ10, ϕ12, ϕ16

適用チューブ(材質/外径)
ナイロンチューブ、ソフトナイロンチューブ、ポリウレタンチューブ
チューブ外径 —— ϕ3.2、ϕ4、ϕ6、ϕ8、ϕ10、ϕ12、ϕ16

Individual cat. No. E501

One-touch Fittings/ Manifold Series KM

For compact and centralized piping



KM12 KM11

Model	Piping Port A	Port B	Port A nos.	Port B size	Port A size ϕ4	ϕ6	ϕ8
KM11	One-touch fittings	One-touch fittings	6,10	ϕ8	●		
				ϕ10		●	
				ϕ12			●
KM12	One-touch fittings	Female thread	6,10	1/4	●	●	
				3/8			●

Applicable tube —— Nylon, Soft nylon, Polyurethane
Tube O.D. —— ϕ4, ϕ6, ϕ8, ϕ10, ϕ12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

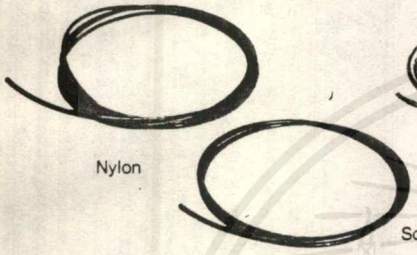
Tube

Tube
Nylon·Soft Nylon·Polyurethane

Individual cat. No. E501

Model	Material	Mili-size (O.D/I.D) mm											Inch-size (O.D/I.D)						
		φ4		(φ6)		φ8		φ10		φ12		φ16	φ3.18		φ4.76		φ9.53		φ12.7
		2.5	3	4	4.5	5	6	6.5	7.5	8	9	12	13	2	2.18	3.18	3.48	6.35	6.99	8.76	9.56
T	Nylon	●	●	●	●		●		●		●		●		●		●		●		●
TS	Soft nylon	●		●			●		●		●	●			●		●		●		●
TU	Polyurethane	●		●		●		●		●				●		●		●		●	

※Applicable Selfalign fittings, Multi connector.



Nylon

Soft nylon

Polyurethane

Individual cat. No. E50

Polyurethane Coil Tube
Polyurethane Flat Tube

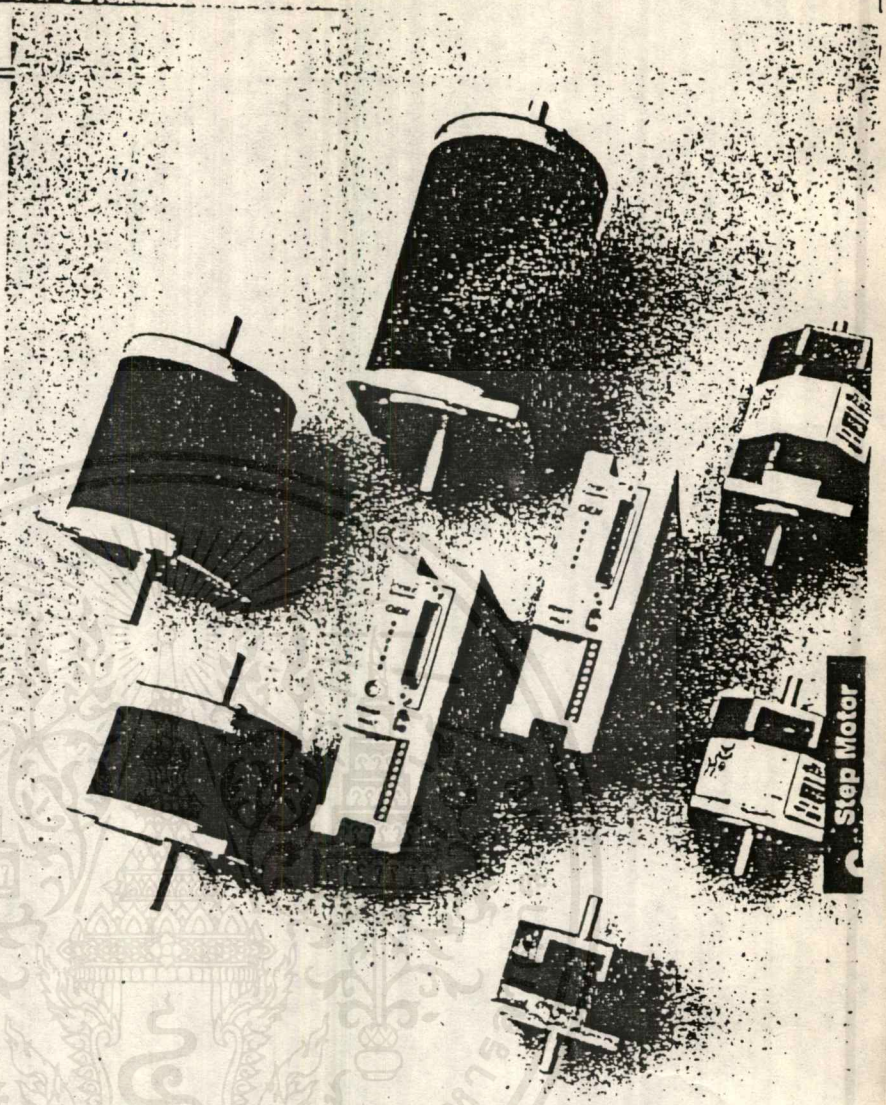
Compact piping made possible, allows quick fitting.

Type	Model	Tube size (O.D.×I.D.×cores)									Applicable fitting			
		φ4			(φ6)			φ8			One-touch fittings	Insert fitting	M5 fitting	Multi connector
		2.5			4			5						
		1	2	3	1	2	3	1	2	3				
Polyurethane coil tube	TCU0425B	●	●	●							●	●	●	●
	TCU0604B				●	●	●							
	TCU0805B							●						
Polyurethane flat tube	TFU0425B		●	●							●	●	●	●
	TFU0604B					●	●							
	TFU0805B								●	●				

Polyurethane coil tube

Polyurethane flat tube

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



)EM650 Series

ost-Effective
licrostepping Systems

mpumotor's OEM650 family of microstepping es and drive/indexers represent the latest ution in the Compumotor microstepping product . The OEM650 family utilizes surface mount nology designed to deliver superior formance while maintaining a compact size. igned to run on 24 to 75 VDC, the OEM650 ers size 23 and size 34 step motors and ers up to 155 watts of shaft power. This OEM uct requires a little more engineering and ications work than other Compumotor ucts. The OEM650 has a heat plate heatsink gn. It is necessary to provide additional heat capabilities of the drive by using the OEM-HS1 S2 heatsink options, or by properly heatsinking product using a customer provided heatsink. e other Compumotor systems, the OEM series y requires motors to be ordered separately to plete the system.

able distinctions between the OEM es and the S series include:

ternal power supply required
ternal heat sink required
n-removable connectors
diagnostic LEDs

650X differences from SX include:

ctly sequential programming (no branching)
stricted indexer instruction set
absolute encoder support
RP240 operator interface support
wer inputs and outputs
optical isolation

Features

- Three-state current control allows the drive and motor to run cooler and more efficiently.
- Optically isolated step and direction inputs – OEM650
- Short circuit protected - phase to phase and phase to ground
- Status/fault LED indicators to confirm proper operation
- Provides up to 7.5 Amps at 75 VDC
- Single 24-75 VDC power supply input
- Selectable resolution up to 50,800 steps/rev
- Application Specific Integrated Circuit (ASIC) and surface mount technology minimize product footprint, overall package size and increase product reliability.
- Auto Standby reduces motor current and heating at rest.
- Built-In Indexer for complete application solutions—OEM650X
- Heat plate heatsink design

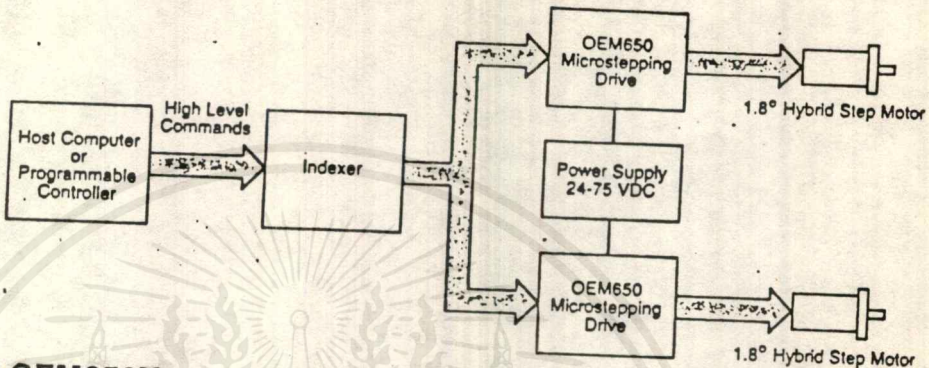
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OEM650 Series

Cost-Effective
Microstepping Systems

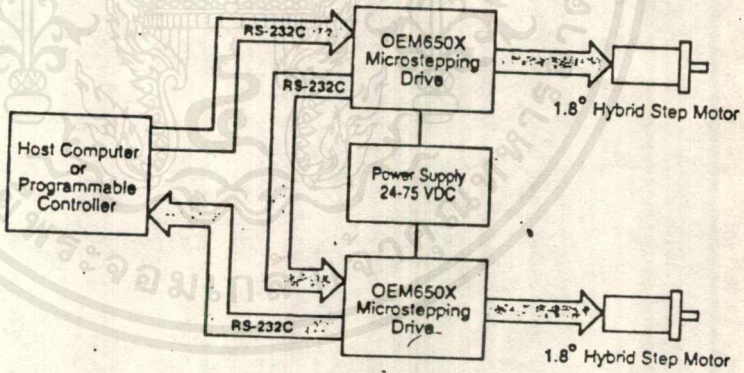
Model OEM650

- Optically isolated step and direction input
- 16 jumper selectable resolutions from 200 to 50,800 steps/rev
- User selectable current wave forms for smooth operation
- Speeds to 50 RPS (3,000 RPM) continuous



Model OEM650X

- Built in indexer
- 16 jumper selectable resolutions from 200 to 50,800 steps/rev
- Incremental encoder support
- Options
  —M2 Non-Volatile Memory 2K of battery backed RAM



Motors

OEM57-40-MO	Size 23 –1/2 stack stepping motor
OEM57-51-MO	Size 23 – 1 stack stepping motor
OEM57-83-MO	Size 23 – 2 stack stepping motor
OEM83-62-MO	Size 34 – 1 stack stepping motor
OEM83-93-MO	Size 34 – 2 stack stepping motor
OEM83-135-MO	Size 34 – 3 stack stepping motor

Motor Options

—DS23	Double shaft motor (OEM57-MO only)
—DS34	Double shaft motor (OEM83-MO only)

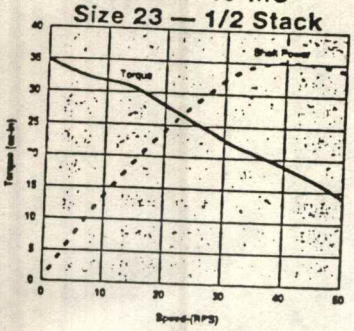
Drive Options

—OEM-HS1	Low current heatsink
—OEM-HS2	High current heatsink

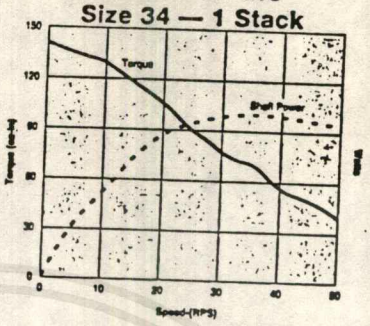
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OEM650 and OEM650X Power and Speed/Torque Curves
(Power is shown with dotted line.)

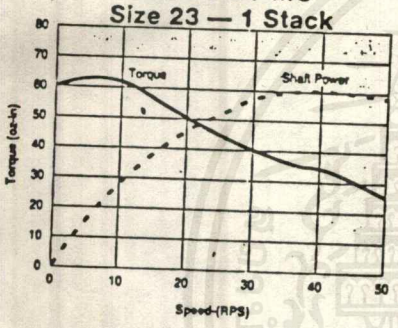
OEM57-40-MO
Size 23 — 1/2 Stack



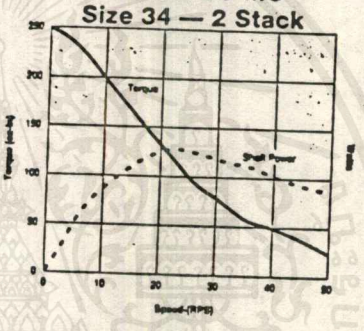
OEM83-62-MO
Size 34 — 1 Stack



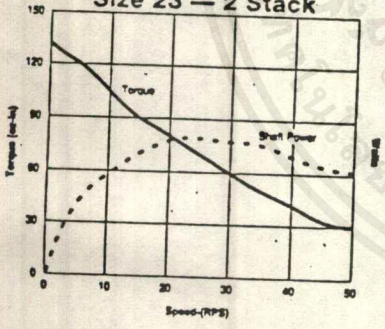
OEM57-51-MO
Size 23 — 1 Stack



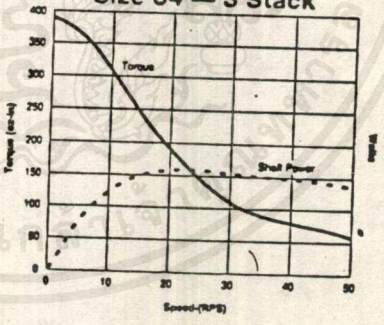
OEM83-93-MO
Size 34 — 2 Stack



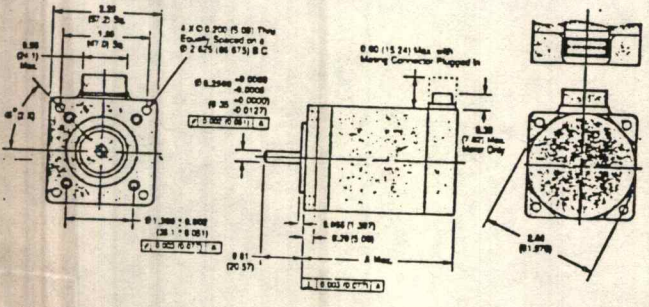
OEM57-83-MO
Size 23 — 2 Stack



OEM83-135-MO
Size 34 — 3 Stack

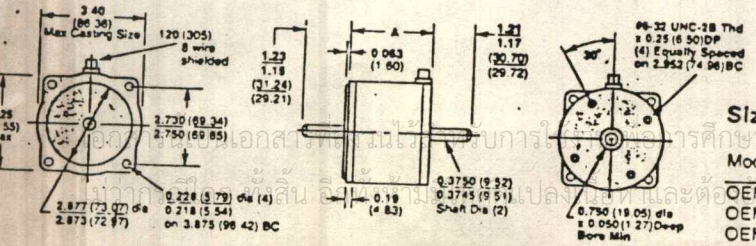


Dimensions (—)denotes millimeters



Size 23 Frame

Model	Rotor Inertia oz-in² (kg-om²)	A
OEM57-40-MO	0.38 (0.07)	1.6 (40.6)
OEM57-51-MO	0.65 (0.12)	2.06 (52.3)
OEM57-83-MO	1.36 (0.25)	3.10 (78.7)



Size 34 Frame

Model	Rotor Inertia oz-in² (kg-om²)	A
OEM83-62-MO	3.50 (0.64)	2.5 (62.5)
OEM83-93-MO	6.70 (1.23)	3.7 (93.98)
OEM83-135-MO	10.24 (1.87)	5.2 (132.08)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ALLEN S.HALL, ALFRED R.HOLOWENKO, AND HERMAN G. LAUGHLIN. SCHAUM'S OUTLINE OF THEORY AND PROBLEMS MACHINE DESIGN. MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, SINGAPORE,1983.

2. STANTON E. WINSTON, MACHINE DESIGN. D.B. TARAPOREVALA SON & CO. PRIVATE LTD., INDIA, 1969.

3. STEPHEN W., HANDBOOK OF SURFACE MOUNT TECHNOLOGRY,JOHN WILEY & SONS, NEW YORK, 1988

4. ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์, ปานเพชร ชินินทร. นิวเมติกอุตสาหกรรม. ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2521

5. จงกล งามวิวิทย์ , การควบคุมเชิงตัวเลข , คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง , 2533

6. เซมิคอนดัคเตอร์ , ซีเอ็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้