

เลเซอร์ พอยน์เตอร์

(LASER POINTER)

โดย

นายชนิฐ คุณวุฒิพร

34-162105

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์

ปริญญาโท สำหรับปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขา เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M 032585



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทาง อุตสาหกรรม

สาขา เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ อุตสาหกรรม

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เลเซอร์ พอยน์เตอร์  
(LASER POINTER)

ผู้จัดทำ

นาย ชนินฐ์

คุณวุฒิพร

34-162105

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ลงชื่อ) .....

(อ.สิงห์ทอง พัฒนาเศรษฐานนท์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"เลเซอร์ พอยเตอร์"

(LASER POINTER)

นายชนิษฐ คุณวุฒิพร

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์

ปีการศึกษา 2535

บทคัดย่อ

เลเซอร์เป็นแสงชนิดหนึ่ง ซึ่งมีคุณสมบัติของแสงเลเซอร์ ซึ่งแสงเลเซอร์สามารถแสดงออกมาเป็นจุดลำแสงและจุดของแสงเลเซอร์สามารถที่จะสะท้อนได้ด้วยการสะท้อนกับกระจกเงา เมื่อจุดของแสงเลเซอร์เกิดการสะท้อน ตำแหน่งของจุดแสงเลเซอร์ก็จะเปลี่ยนไปตามการสะท้อน จากการสะท้อนสามารถควบคุม ตำแหน่งที่ได้ด้วยการหมุนของกระจกเงาการควบคุมการหมุนของกระจกทำได้โดยใช้ กาวานอมิเตอร์ (GALVANOMETER) กระบวนการทั้งหมดคือ การควบคุมจุดของแสงเลเซอร์เบื้องต้น ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ให้จุดของแสงเลเซอร์สร้างภาพ และ เป็นจุดชี้ในการนำเสนอ และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

# LASER POINTER

KANIT KUNAWOOTIPORN

ADVISOR

SINGTHONG PARRANASETTHANON

1992

## ABSTRACT

LASER IS THE TYPE OF LIGHT. WITH THE QUALIFICATION OF LASER LIGHT. THAT CAN INDICATE, LIGHT TO POINT POINT OF LASER LIGHT CAN REFLECT BY THE MIRROR WHEN THE POINT OF LASER LIGHT REFLECTION THE POSITIVE POINT OF LASER LIGHT TO CHANGE FOLLOWING THAT CAN CONTROL THE POSITION BY MIRROR ROTATE, THIS CONTROLLER MUST BE USE THE DC MOTOR. ALL PROCESS, IS THE BASIC OF THE CONTROLLER LASER POINT, THIS BASIC CONTROLLER CAN BE BROUGHT TO APPLICATION THE LASER POINT TO SCAN THE PATTERNS AND POINTER FOR PRESENTATION AND OTHER.

## สารบัญ

บทนำ	
บทที่ 1	
หลักการเบื้องต้นของเลเซอร์ พอยน์เตอร์ (LASER POINTER)	1
บทที่ 2	
ทฤษฎีเกี่ยวกับ เลเซอร์ ชนิด แก๊ส	4
บทที่ 3	
ทฤษฎีเกี่ยวกับ กวามอมีเตอร์	12
บทที่ 4	
หลักการออกแบบ	16
1. การออกแบบกลไกการสร้างภาพ	16
2. การออกแบบส่วนการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับกลไกการสร้างภาพ	20
3. โปรแกรมควบคุม	31
บทที่ 5	
การทดลอง และ สรุปผลการทดลอง	40
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	
ภาคผนวก	

## บทนำ

การสื่อสารความหมายจากบุคคลหนึ่งสู่อีกบุคคลหนึ่ง หรือจากบุคคลหนึ่งสู่อีกบุคคลหนึ่ง, จากกลุ่มบุคคลสู่อีกกลุ่มบุคคล เป้าหมายของการสื่อสารความหมายก็คือ ให้ความเข้าใจในสิ่งเดียวกัน หรือให้บุคคลกลุ่มบุคคลที่รับการสื่อสารความหมายรับรู้ และเข้าใจถึงสิ่งที่บุคคลหรือกลุ่ม บุคคลที่เป็นผู้สื่อ จะเห็นได้ว่าสิ่งที่สำคัญ คือ สื่อกลางที่จะใช้ในการสื่อสารความหมาย ดังกล่าว ซึ่งตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันก็ได้มี วิชาการพัฒนาอยู่เป็นประจำ จากการสื่อพื้นฐาน โดยการพูดจา, การเขียนและการอ่าน, การใช้เครื่องหมาย, การใช้ภาพต่างๆ จนถึงการสื่อที่ใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วย เช่น โทรทัศน์, วิทยุ, โทรทัศน์, แบบไฟแสดงและตัวอักษร ฯลฯ ซึ่งล้วนแล้วแต่นำมาใช้ในการสื่อสารความหมาย เช่น การโฆษณา, การนำเสนองานข่าวสาร, การประชุม เป็นต้น ฉะนั้นการพัฒนา รูปแบบของตัวสื่อกลางนี้ยังคงมีขึ้นเป็นประจำ เพราะเป็นสิ่งที่จะต้องดึงดูดความสนใจทำให้บรรลุเป้าหมายการสื่อสารความหมายได้สะดวกยิ่งขึ้น ตลอดจนความสะดวกในการใช้งาน ที่จะต้องรองรับการเปลี่ยนแปลงสื่อที่มีอยู่ตลอดเวลา

จากที่กล่าวมาข้างต้น เป็นวัตถุประสงค์ที่น่าเอาค่าแสงเลเซอร์มาใช้เป็นสื่อกลางการสื่อสารความหมาย ซึ่งจะเป็นรูปแบบที่แปลกใหม่ และสะดวกยิ่งขึ้น โดยนำเอาหลักการทำให้เกิดภาพพื้นฐานของโทรทัศน์ คือ ใช้ลำอ็เล็คตรอนยิงกระทบบนผิวจอเป็นจุด แล้วทำให้ลำอ็เล็คตรอนเคลื่อนที่บนจอโดยการกวาดให้เต็มจอด้วยความเร็วที่ตาของมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นการเคลื่อนที่ของ จุดลำอ็เล็คตรอนได้ และมีการปิดลำอ็เล็คตรอน ขณะที่กวาดกลับและในส่วนที่ไม่ต้องการให้ปรากฏ ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นรูปร่างขึ้นบนจอได้ ซึ่งการกวาดนี้เรียกว่า สแกน (SCAN) และการปิดลำอ็เล็คตรอนส่วนที่ไม่ต้องการให้แสดงเรียกว่า แบลิ่งกิ้ง (BLANKING) ถ้าเปรียบเทียบกับหลักการทำให้เกิดภาพของโทรทัศน์นี้ คือ ลำแสงเลเซอร์เปรียบเหมือนลำอ็เล็คตรอน และการ สแกน ก็คือการนำกระแสจางมาสะท้อนลำแสงเลเซอร์เพื่อทำให้ลำแสงเคลื่อนที่ได้แล้วทำการ สแกนลำแสงเพื่อให้เกิดภาพ โดยจะควบคุมการเคลื่อนที่ของกระแสจางนี้ด้วย คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้สำหรับการเปิดปิดลำแสงก็จะใช้มอเตอร์อีกหนึ่งตัวในการควบคุม เปรียบเสมือนการ

แบบลิงกิง จะเห็นได้ว่า จากองค์การประกอบเหล่านี้ก็ สามารถทำให้เกิดภาพ, อักษร หรือ เครื่องหมายต่างๆ ที่จะใช้เป็นสื่อกลางในการสื่อความหมายต่าง ๆ ได้ เพียงแต่สร้างชุดควบคุมมอเตอร์ดังกล่าว และนำเอาคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมาใช้ในการควบคุมเพื่อสะดวกต่อการพัฒนาและการทดลอง ตลอดจนการเปลี่ยนแปลง รูปแบบการควบคุมต่าง ๆ

สำหรับชุดควบคุมที่จะมาควบคุมกาวานอมีเตอร์ (GALVANOMETER) ก็ sẽนำหลักการแปลง ดิจิตอล เป็น อนาล็อก (DIGITAL TO ANALOG) มาใช้ โดย ส่วน ดิจิตอล (DIGITAL) จะเป็นส่วนที่รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ แล้วส่วนอนาล็อก (ANALOG) ก็จะนำไปเข้าชุดขับกระแส (DRIVER) เพื่อขับ กาวานอมีเตอร์ ได้ตามที่ต้องการ หรือกล่าวได้ว่าส่วนควบคุมนี้เป็นตัวกลางในการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ กับ กาวานอมีเตอร์ นั้นเอง ต่อจากนี้ก็จะเป็นเรื่องของการเขียนโปรแกรมเพื่อที่จะควบคุม กาวานอมีเตอร์ ให้ทำงานได้ตาม หลักการข้างต้น การเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลนี้ ก็มีภาษาให้เลือกเขียนได้ มากมายหลายภาษา ซึ่งแล้วแต่ความถนัด ในที่นี้จะใช้ภาษาซี

จากหลักการพอสังเขปนี้จะเห็นได้ว่าขอบเขตของโครงการนี้สามารถพัฒนาได้ กว้างมาก โดยพัฒนาตรงโปรแกรม หรือตรงชุดควบคุมก็ได้ แต่ในปริิณยานี้พบนั่น จะขอกำหนดขอบเขตเพียงทำให้สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของลำแสงได้จากนั้น จึงจะควบคุมให้เกิดภาพจากลำแสงเลเซอร์ได้ สำหรับรูปแบบการรับข้อมูลเพื่อให้เกิดภาพต่าง ๆ ยังคงต้องใช้เวลาในการพัฒนาต่อไปอีกในอนาคต

## บทที่ 1

### หลักการเบื้องต้นของ เลเซอร์ พอยน์เตอร์ (LASER POINTER)

การนำลำแสงเลเซอร์มาประยุกต์ใช้งานทำให้เกิดภาพ อักษร เครื่องหมาย เพื่อเป็นสื่อกลางการสื่อความหมายต่าง ๆ สามารถทำได้โดยองค์ประกอบต่าง ๆ ที่แยกเป็นส่วนตามลักษณะของการทำงาน ดังนี้

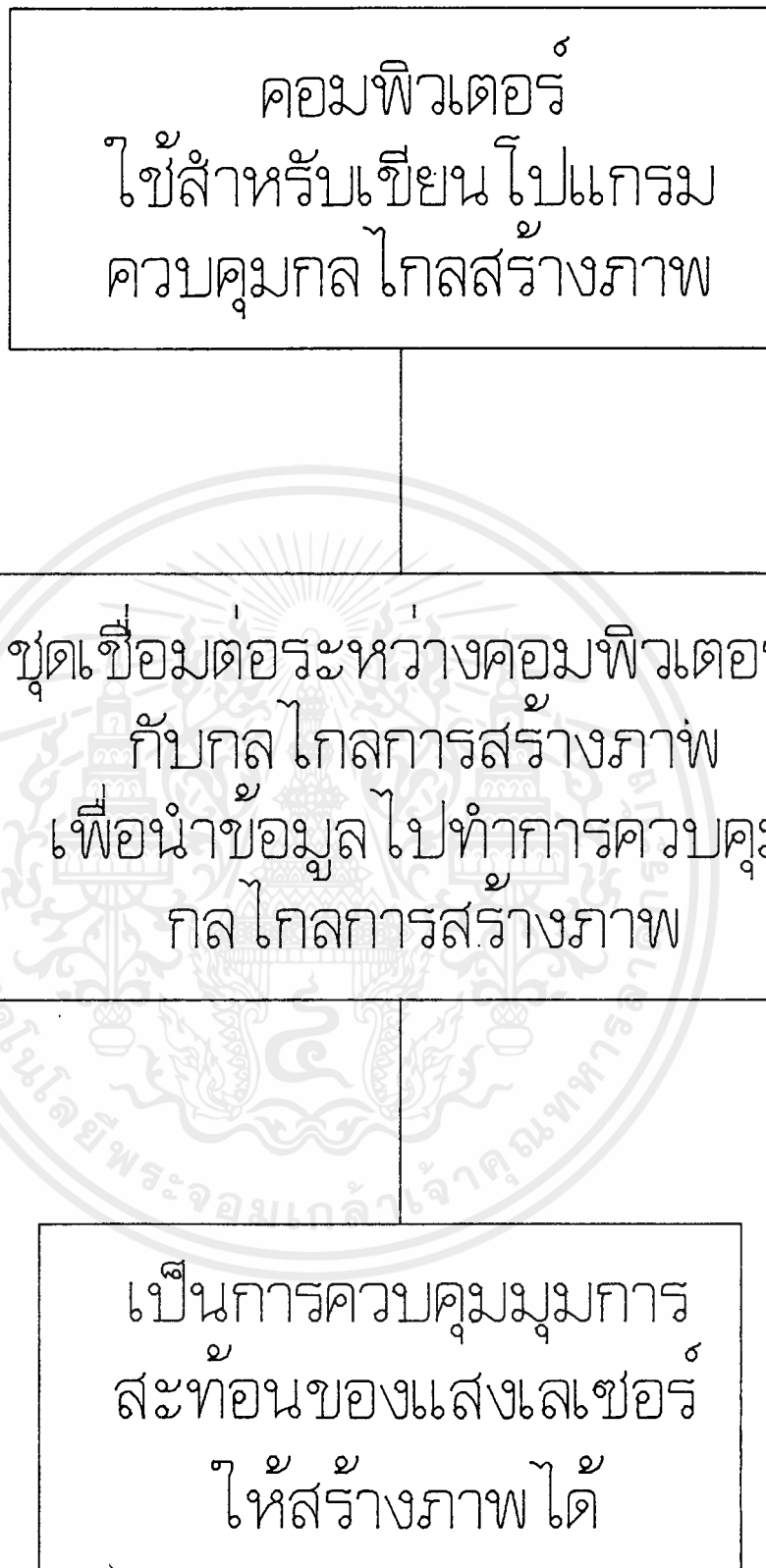
1. กลไกการสร้างภาพ
2. การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ กับกลไกการสร้างภาพ
3. โปรแกรมควบคุม

ทั้ง 3 ส่วนนี้สามารถนำมาเขียนเป็น แผนภาพแสดงการทำงาน (BLOCK DIAGRAM) เพื่อสามารถแสดงให้เห็นทั้งการทำงานของระบบทั้งหมดได้ดังรูปที่ 1

#### 1. กลไกการสร้างภาพ

ถ้าพูดถึงภาพต่าง ๆ ที่มนุษย์มองเห็นได้เพียงมุมเดียว เช่นภาพบนกระดาษ ภาพบนโฆษณา ภาพบนจอโทรทัศน์ ฯลฯ นั่นคือจะเปลี่ยนมุมมองอย่างไรภาพนั้นยังคงเดิมอยู่ ลักษณะภาพเหล่านี้คือ ภาพ 2 มิติและการมองภาพ 2 มิติ จะมีลักษณะการมองเป็นแนวตั้งและแนวนอนซึ่งสามารถเปรียบเทียบเป็นแกนสมมุติได้เช่นเป็นแกน X คือแนวนอน แกน Y คือ แนวตั้ง จากนั้นจะสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขึ้นมา 1 รูป ซึ่งเปรียบเหมือนกระดาษ 1 แผ่น หรือ จอโทรทัศน์ โดยสร้างจากการลากเส้นของแกน X และแกน Y และกำหนดให้มุมของสี่เหลี่ยม แต่ละมุมมีค่า X และ Y ดังรูปที่ 1. เพื่อเป็นขอบเขต เมื่อนำเอาแกน X และแกน Y มาเขียนลงในสี่เหลี่ยมโดยสามารถเคลื่อนแกน X หรือ แกน Y ไปตามแนวจะเห็นว่าจุดที่ติดกันระหว่างแกน X และ แกน Y จะเคลื่อนตามไปด้วย ซึ่งจุดเหล่านี้สามารถนำมา พล็อต (PLOT) เพื่อให้เกิดภาพต่าง ๆ ขึ้นบนรูปสี่เหลี่ยมนี้ได้ โดยความละเอียดของภาพที่ พล็อต ก็อยู่ที่ว่าจะกำหนดให้แกน X แกน Y สามารถเคลื่อนที่ได้ที่ละเท่าไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1. BLOCK DIAGRAM แสดงระบบการทำงาน

ฉะนั้นในส่วนของกลไกการสร้างภาพนี้ ก็คือส่วนที่สามารถจะควบคุมลำแสง เลเซอร์ ให้ไปปรากฏบนระนาบมราประกอบด้วยแกน  $x$  และแกน  $y$  ได้ทุก ๆ จุดแล้วทำการควบคุมด้วยความเร็วที่สามารถทำให้จุดของลำแสงเลเซอร์เคลื่อนที่ อย่างต่อเนื่อง จนทำให้เกิดเป็นภาพขึ้นได้

## 2. การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ กับกลไกการสร้างภาพ

จากที่ได้กล่าวถึงกลไกการสร้างภาพแล้ว จะเห็นว่าการควบคุมดังกล่าวสิ่ง ที่เหมาะสมที่สุดคือ ใช้คอมพิวเตอร์ (PC) ในการควบคุม คือควบคุมโดยการ เขียนโปรแกรมควบคุม เนื่องจากว่า คอมพิวเตอร์ไม่สามารถจะต่อกับชุดกลไก การสร้างภาพได้โดยตรง จึงต้องมีส่วนที่จะติดต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์ เพื่อจะ ส่งสัญญาณควบคุมไปยัง ชุดกลไกการสร้างภาพได้ โดย ชุดติดต่อกันระหว่าง คอมพิวเตอร์กับกลไกการสร้างภาพจะมีหน้าที่ รับข้อมูลที่ใช้ในการควบคุม จากคอมพิวเตอร์แล้วแปลงข้อมูลเหล่านั้นให้เป็นสัญญาณที่สามารถควบคุม ชุดกลไก การสร้างภาพได้

## 3. โปรแกรมควบคุม

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่เกี่ยวข้อง กับ ตัวคอมพิวเตอร์โดยตรง ในที่นี้การเขียน โปรแกรมควบคุม จะใช้ภาษาซี โปรแกรมควบคุมที่เขียนขึ้น จะเป็นการจัดการ เกี่ยวกับข้อมูลที่ส่งไปควบคุมชุดกลไกการสร้างภาพ โดยจะใช้วิธีการทางคณิต ศาสตร์ และการเขียนอ่านข้อมูลโดยตรงซึ่งในส่วนนี้สามารถพัฒนาการทำงานไป ได้อย่างไม่มีขอบเขต

## บทที่ 2

### ทฤษฎีเกี่ยวกับ เลเซอร์ ชนิด แก๊ส

จะเห็นการประยุกต์การใช้งานเกี่ยวกับแสงเลเซอร์ ส่วนใหญ่จะใช้ เลเซอร์ชนิด แก๊ส (GAS LASERS) เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ให้ลำแสงเลเซอร์ที่ผลิตง่าย และวัสดุที่ใช้ก็ค่อนข้างจะหาได้ง่ายจึงทำให้ เลเซอร์ชนิดแก๊ส มีมากมายหลายชนิด เช่น

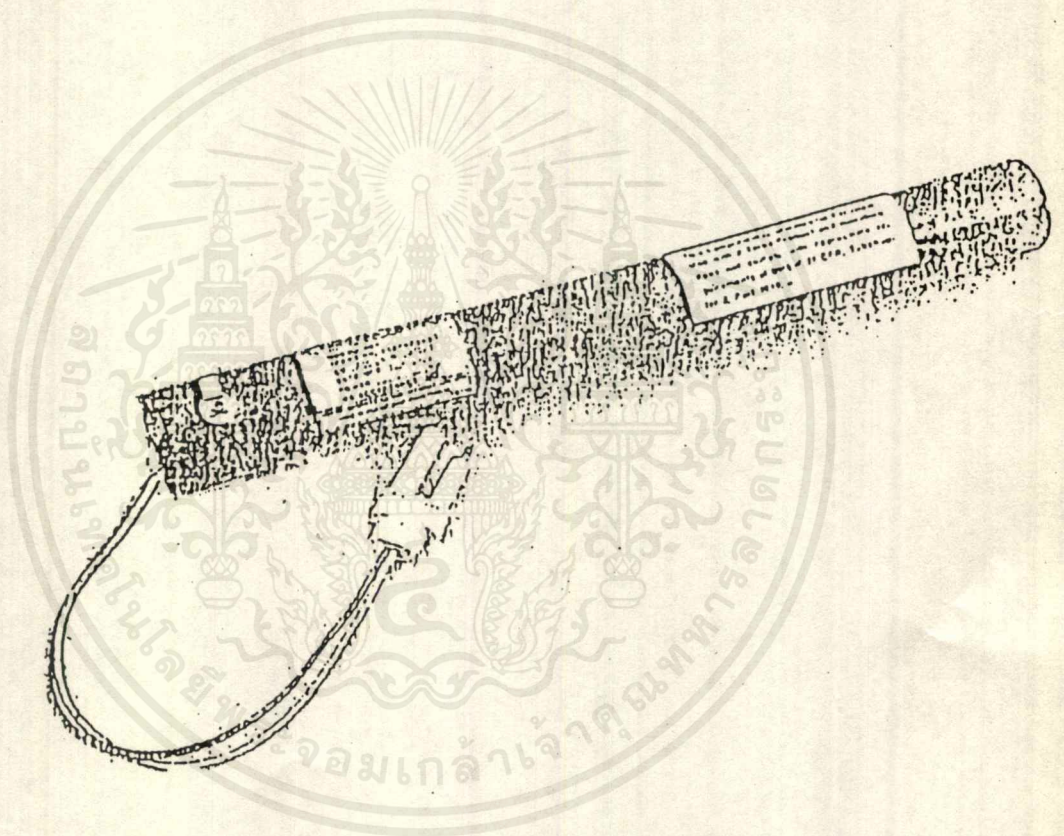
- ฮีเลียม นีออน (HELIUM-NEON)
- ฮีเลียม แคดเมียม (HELIUM-CADMIUM)
- อาร์กอน (ARGON)
- คาร์บอนไดออกไซด์ (CARBON DIOXIDE)
- คลิปตอล (KRYPTON)
- ซีโอทู (CO<sub>2</sub>)

และยังมีมากมายหลายชนิดที่ไม่ได้กล่าวถึง สำหรับการใช้งานในที่นี้จะใช้ ฮีเลียม นีออน เลเซอร์ แสดงดังรูปที่ 2 เป็นเลเซอร์ที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ในงานทั่ว ๆ ไป เช่น

- ตรวจเช็คบาร์โค้ด (BAR-CODE SCANNING)
- โฮโลแกรม (HOLOGRAPHY)
- การสำรวจ (SURVEYING)

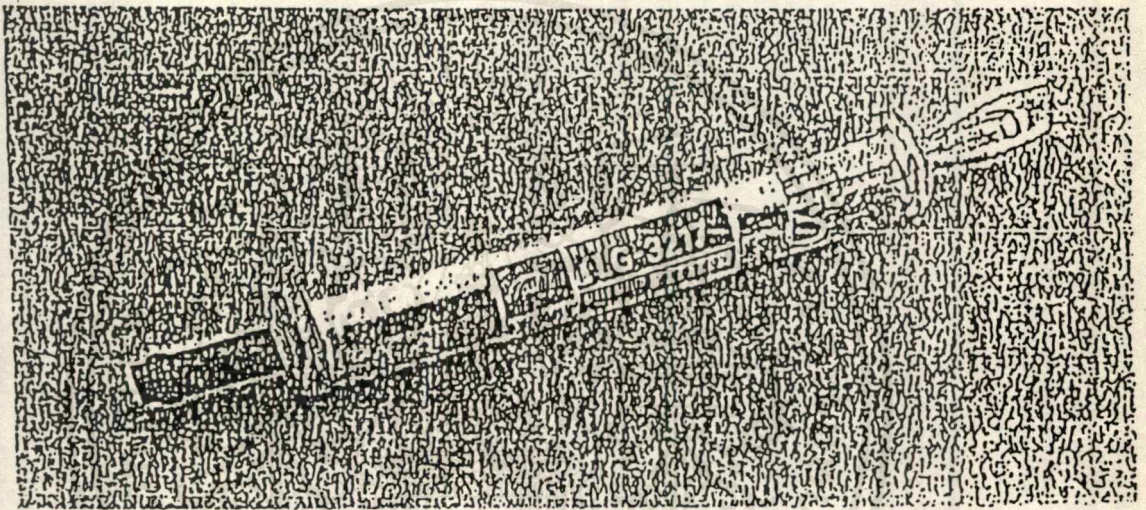
ฮีเลียม นีออน เลเซอร์ ส่วนมากจะส่งลำแสงเป็นสีแดงขนาดของกำลังในการส่งลำแสงจะถูกจำกัดโดยวิธีการระบายความร้อน คือถ้าขนาดกำลังสูงๆ จะต้องมีการระบายความร้อนมาช่วย แต่ที่ใช้งานได้สะดวกก็จะเป็นขนาดกำลังต่ำเป็น มิลลิวัตต์ เพราะไม่ต้องมีการระบายความร้อนที่ยุ่งยาก ฮีเลียม นีออน เลเซอร์ เป็นที่นิยมมากในการทดลองเกี่ยวกับเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2. แสดงถึงลักษณะของ HELIUM-NEON LASER ของจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ .3. แสดงถึงลักษณะของหลอด HELZUM-NEON ของจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ส่วนประกอบภายในของ หลอด ฮีเลียม นีออน เลเซอร์

ฮีเลียม นีออน เลเซอร์ เป็นภาชนะที่หุ้มด้วยแก้วภายในบรรจุ ฮีเลียม 10 ส่วน ที่ นีออน 1 ส่วน และใช้แรงกดอากาศภายในประมาณ 1 mm/Hg เพลทขั้วไฟฟ้าที่ปลาย หลอดแก้วไว้สำหรับต่อเข้ากับไฟฟ้ากับก๊าซ ด้วยวิธีนี้เป็นการกระตุ้นอะตอมของ ฮีเลียม และ นีออน จะมีระจกติดอยู่ที่ปลายแต่ละปลายหลอดระหว่างระจกทั้งสองปลายนี้ เรียกว่า OPTICAL RESONATOR ส่วนมากของหลอด ฮีเลียม นีออน จะเรียกระจกทั้งสองโดยปลายด้านหนึ่งเรียกว่า ระจกรวมการสะท้อนแสง และอีกปลายหนึ่งเรียกว่า ระจกแบ่งส่วนการสะท้อนนี้ เป็นด้านที่ส่องลำแสงออกมาจากหลอดแก้ว

หลอดฮีเลียม นีออนในสมัยแรกจะมีขนาดใหญ่ เทอะทะ และยังต้องการระบายความร้อนด้วยน้ำหรืออากาศ แต่ปัจจุบัน หลอด ฮีเลียม นีออน จะมีลักษณะดังรูปที่ 3. มีขนาดและลักษณะคล้ายแตงกวา และอาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศรอบข้างเท่านั้นซึ่ง มีความสะดวกต่อการใช้งานมาก

ฮีเลียม นีออน เลเซอร์ มีส่วนประกอบที่แท้จริง คือประกอบด้วยหลอด 2 หลอด หลอดภายนอกเป็นหลอดแก้วภายในเป็นสุญญากาศ ที่บรรจุก๊าซอยู่ และยังมีหลอดที่มีรูเล็ก ๆ ที่มีขนาดเล็กกว่าบรรจุอยู่ภายในด้วย โดยปลายด้านหนึ่งของหลอดเล็กภายในนี้จะแนบติดกับปลายด้านหนึ่งของหลอดแก้วใหญ่ ตรงปลายของหลอดเล็ก จะขยายใหญ่ คือเป็นทางออกหันไปทางระจกรวมการสะท้อน ส่วนทางด้านระจกแบ่งส่วนการสะท้อนจะมีส่วนที่ทำด้วยโลหะ ยึดตัวหลอดเล็ก เรียกว่าสไปเดอร์ (SPIDER) เส้นผ่าศูนย์กลางของลำแสงเลเซอร์ โดยปกติจะมีขนาด 0.6 ถึง 1 มิลลิเมตร

ส่วนปลายสุดตัดจากระจกสะท้อนทั้งสองด้านจะเป็นขั้ว อานอด (ANODE POSITIVE) และ คาร์โถด (CATHODENEGATIVE) จะมีวงแหวนโลหะที่ยึดด้วยสกรู ไว้สำหรับตั้งระดับแนวของระจกในตรงกัน โดยจะไม่พยายามปรับวงแหวนโลหะนี้ นอกจากสงสัยว่าระจกไม่ได้แนวกันจริง เพราะวงแหวนโลหะนี้จะถูกปรับแต่งอย่างถูกต้อง จากโรงงานผลิตแล้ว เพื่อให้ได้ลำแสงที่ ออกมามากที่สุด ลักษณะของส่วนประกอบต่าง ๆ ของ หลอด ฮีเลียม นีออน แสดงในรูปที่ 4

ความสำคัญของผิวหน้าของกระจกสะท้อนทั้งสองปลายโดยการสะท้อนระหว่างกระจกทั้งสองนี้สามารถจัดเป็นวิธีการสะท้อนแสงได้ 3 วิธี คือ

1. PLANE PARALLER RESONATOR กระจกทั้งสองด้านจะมีผิวหน้าเรียบ แสงจะสะท้อนกลับและมีลำแสงออกมาแบบเต็มๆ โดยกระจกแบ่งส่วนการสะท้อนจะต้องมีกำลังมากเพียงพอ ในการสะท้อนลำแสงออกไป ในทางปฏิบัติแล้ววิธีนี้นาน ๆ ถึงจะมีการนำมาใช้งานที่จำเป็น เพราะวิธีนี้จะไม่มี ความเที่ยงตรง

2. CONFOCAL RESONATOR วิธีนี้จะใช้กระจกผิวเว้าทั้งสองด้านทำให้เกิดการสะท้อน และรวมแสงกันที่จุดกึ่งกลางของทางเดินแสง ทำให้เกิดจุดพลังงานสูงสุด แต่กระจกไม่สามารถที่จะรับจูดรวมแสงนี้ได้ จึงต้องปรับปรุงไปเป็นแบบต่อไป

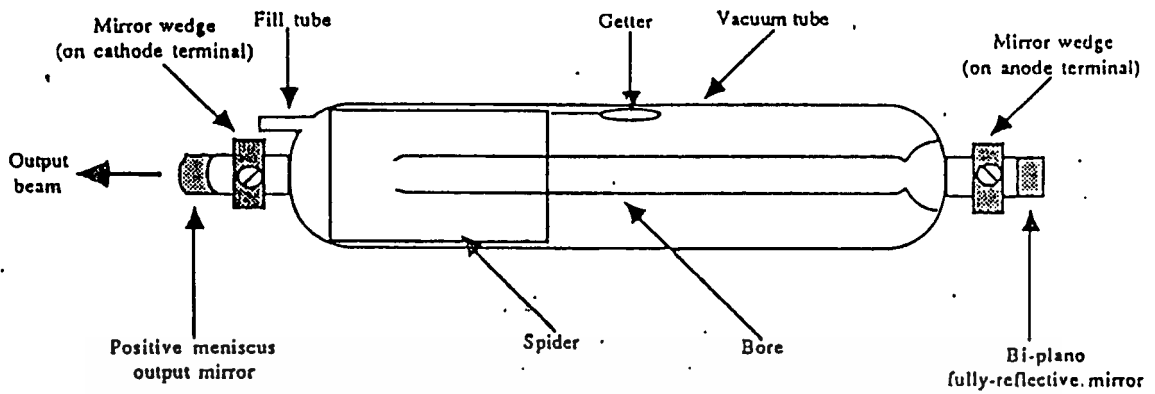
3. HEMISPHERICAL RESONATOR ซึ่งเป็นการปรับปรุงจากวิธีที่ 1. และ 2. โดยใช้ปลายด้านหนึ่งเป็นกระจกผิวเว้า อีกด้านหนึ่งเป็นกระจกผิวเรียบที่สามารถรับจูดรวมแสงจากกระจกผิวเว้าได้ และสะท้อนเป็นลำแสงออกไป โดยวิธีนี้จะมี ความเที่ยงตรงของลำแสงมาก จึงเป็นที่นิยม  
RESONATOR ทั้ง 3 วิธีแสดงดังรูปที่ 5.

ฮีเลียม นีออน เลเซอร์ ที่พอหาใช้ได้ที่อยู่ 3 แบบ ดังนี้

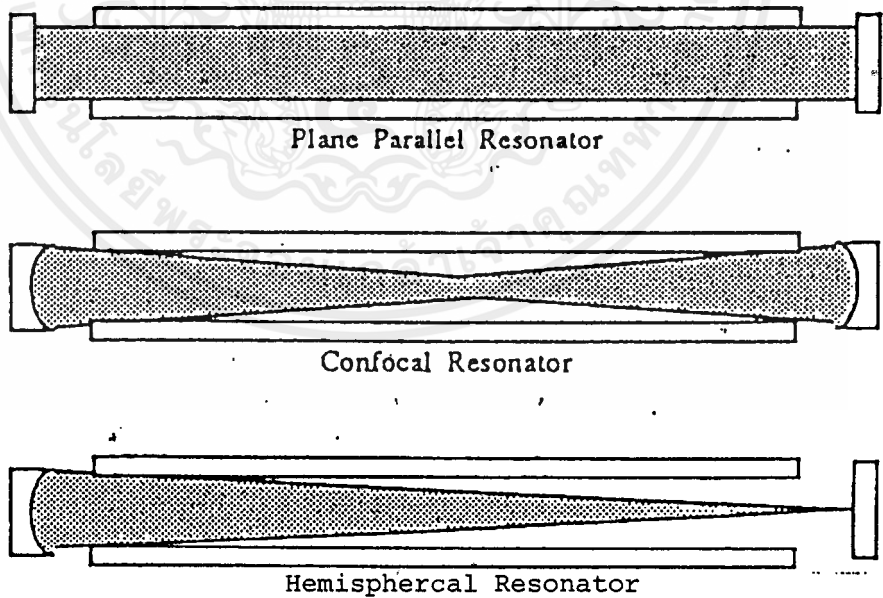
1. BARE TUBEL ชนิดนี้จะไม่มีการห่อหุ้ม ตัวหลอดและขั้วต่อจ่ายแรงดันสูงซึ่งมันจะเป็นอันตรายมากในการใช้งาน ฉะนั้นจะต้องมีความระมัดระวังระมัดระวังในการใช้งานเลเซอร์ชนิดนี้มาก เพื่อหลีกเลี่ยง อันตรายจากไฟฟ้า และการแตกของหลอดแก้ว

2. CYLINDRICAL HEAD LASERS ชนิดนี้จะมีส่วนห่อหุ้มป้องกันทั้งหลอดและขั้วต่อจ่ายแรงดันสูง ซึ่งจะ เป็นส่วนที่ป้องกันอันตรายได้ อีกทั้งยังมีขนาดเล็ก เพราะเลเซอร์ชนิดนี้ไม่ได้ทำขนาดใหญ่ จึงเหมาะมากสำหรับเป็นอุปกรณ์มือถือได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4. ลักษณะโครงสร้างภายในของหลอด HELIUM-NEON



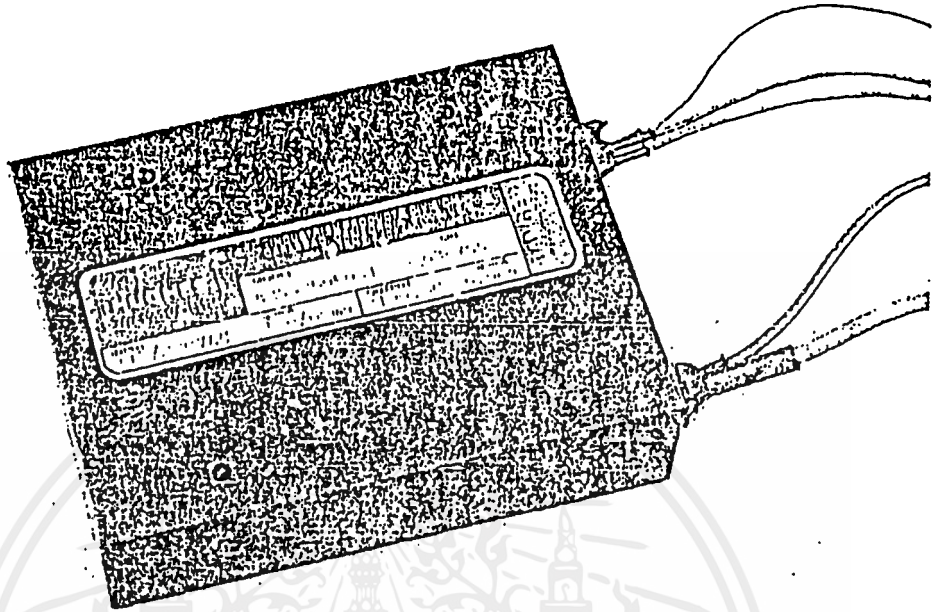
รูปที่ 5. ประเภทของ RESONATOR ต่าง ๆ

3. SELF-CONTAINED LASERS ชนิดนี้มีส่วนต่อห้ามป้องกันอันตรายเหมือนกัน ส่วนใหญ่เลเซอร์ชนิดนี้ จะใช้ในลักษณะติดตั้งอยู่กับที่ เพราะมันมีขนาดใหญ่ และมีข้อห้ามในการนำไปใช้เป็นอุปกรณ์มือถือ

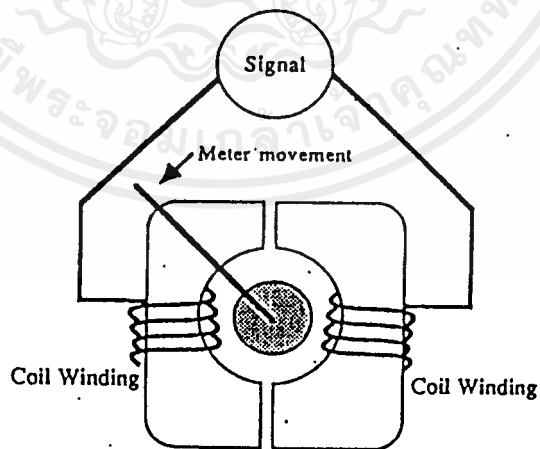
### ภาคว่าสไฟ ของ ฮีเลียม นีออน เลเซอร์

ด้วยตัวของหลอด ฮีเลียม นีออน อย่างเดียวยังไม่สามารถทำงานได้ ยังต้องอาศัย แหล่งจ่ายกำลังไฟ เพราะจะเป็นส่วนที่จ่ายแรงดันให้กับหลอด และ กระแส 3.5 ถึง 7 มิลลิแอมป์ โดยจะมีรูปร่างลักษณะแสดงดังรูปที่ 6.

ทั้งหมดนี้ เป็นความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับตัวกำเนิดแสงเลเซอร์ซึ่งเป็นเพียงการแนะนำให้รู้จักเท่านั้น ไม่ได้เจาะลึกมาก เพราะไม่มีความจำเป็นในการประยุกต์ใช้ สำหรับโครงการนี้ จึงเสนอเนื้อหาพอสังเขป



รูปที่ 6. แหล่งจ่ายกำลังไฟสำหรับ เลเซอร์



รูปที่ 7. แสดงถึงโครงสร้างของ กาวานอมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

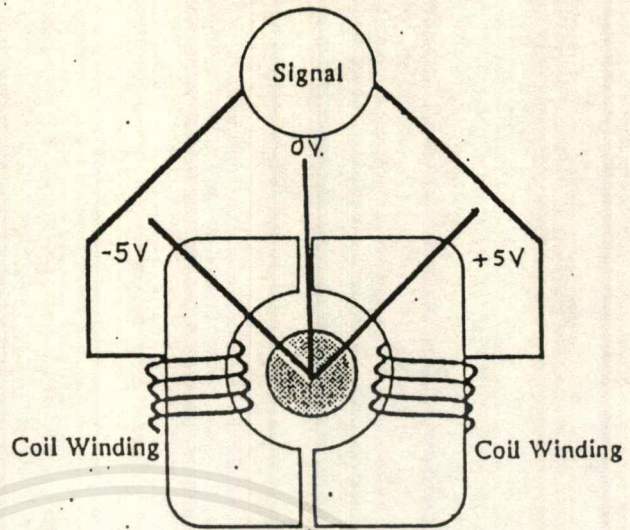
### บทที่ 3

#### ทฤษฎีเกี่ยวกับ กาวานอมมิเตอร์

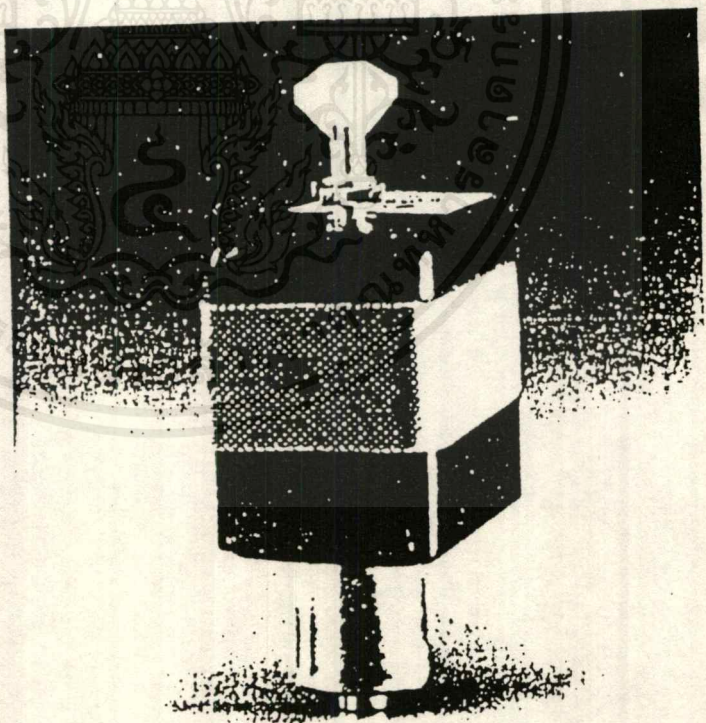
ส่วนมากมักจะคุ้นเคยกับ กาวานอมมิเตอร์ในรูปแบบของส่วนที่เคลื่อนไหวของ เครื่องมือวัดประเภท อนาล็อก มีเตอร์ (ANALOG METER) ซึ่งมีลักษณะการทำงานดังรูปที่ 7. จะประกอบด้วยสายลวดคอลลี่ (COIL) ที่พันอยู่บน แก๊ป (GAP) วงกลมที่เป็นแม่เหล็ก เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับ คอลลี่ นี้จะทำให้ส่วนแม่เหล็ก เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับ คอลลี่ นี้จะทำให้ส่วนที่เคลื่อนไหวหมุนจะเป็นสัดส่วน โดยตรงกับ จำนวนของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้กับ คอลลี่

ส่วนที่เคลื่อนไหวของ มีเตอร์ อาจมีการออกแบบให้เข็มคงอยู่กึ่งกลางของ สเกล (SCALE) เมื่อป้อนแรงดันบวกหรือลบ เข็มก็จะ สวิง (SWING) ไปตาม ทิศทางใดทิศทางหนึ่ง กล่าวคือสมมุติว่าที่ตำแหน่งที่ เข็มเคลื่อนที่ สุดมุมของทั้งสองด้าน จะอ่านค่าเป็น + และ -5 โวลต์ ดังนั้นเมื่อป้อนด้วยแรงดัน +5 โวลต์ เข็มก็จะเคลื่อนที่ไปทางขวาสุด และเมื่อป้อนด้วยแรงดัน -5 โวลต์ เข็มก็จะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายสุด แสดงดังรูปที่ 8.

ส่วนที่เคลื่อนไหวของ มีเตอร์ จะถูกออกแบบให้มีความเที่ยงตรงและไม่มี ความสามารถในการเคลื่อนไหวที่ต้องรับน้ำหนักมาก ๆ แต่ถ้าใช้ แม่เหล็กที่แข็ง มากและลวดทองแดงที่เป็น คอลลี่ เส้นใหญ่ขึ้น กาวานอมมิเตอร์ ก็สามารถ เคลื่อนไหวได้ ในสภาพที่รับน้ำหนักมากๆ (การรับน้ำหนักในที่นี้หมายถึง เดิม กาวานอมมิเตอร์ ในเครื่องมือวัดจะรับน้ำหนักการเคลื่อนที่ของตัวเข็ม มีเตอร์ เท่านั้น แต่ถ้าจะเปลี่ยนจากเข็มเป็นอย่างอื่นที่มีน้ำหนักมากกว่า กาวานอมมิเตอร์ ก็ไม่สามารถทำให้เกิดการเคลื่อนไหวได้อย่างเข็ม) การใช้งาน ในการแกว่ง แบบรับน้ำหนักมักจะเห็นใน เข็มของเครื่อง เครื่องบันทึกกราฟซึ่งความสามารถนั้น พอที่จะนำแผ่นกระจกเงาเล็ก ๆ มาตัดแทนเข็ม และแกว่งได้ จึงได้มีการผลิต กาวานอมมิเตอร์ ขึ้นมาเฉพาะเพื่อใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับการแสดงแสงเลเซอร์ ซึ่ง ได้ออกแบบให้มีการเคลื่อนที่ของแกนด้วยความเร็วสูง เพื่อควบคุมการสะท้อน ลำแสงเลเซอร์ได้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งาน เกี่ยวกับการแสดงต่าง ๆ ด้วยลำแสงเลเซอร์ได้



รูปที่ ๘. แสดงถึงโครงสร้างของ กาวานอมิเตอร์ อีกลักษณะหนึ่ง



รูปที่ ๙. แสดงถึง กาวานอมิเตอร์ ของจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การนำมาใช้งาน

รูปที่ 9. แสดงถึงรูปร่างหน้าตาของ กาวานอมิเตอร์ ของจริงที่จะนำมาใช้ในโรงงานประยุกต์ การแสดงด้วยลำแสงเลเซอร์ซึ่งไม่มีอุปกรณ์ชนิดใด ที่มีคุณสมบัติทดแทน กาวานอมิเตอร์ ชนิดนี้ได้เลย ซึ่งจะไม่มีคุณสมบัติเฉพาะดังนี้

1. FAST DYNAMIC RESPONE
2. HIGH TORQUE TO INERTIA RATIO
3. ANGLES UP TO + 38 DEGRCES OPTICAL
4. SAWTOOTH AND RANDOM STEPPING UP TO 300 H<sub>z</sub>

สำหรับรุ่นที่นำมาทำโครงการนี้ คือ G120 D ซึ่งจะมีรายละเอียดเกี่ยวกับการใช้งานดังนี้

### SPECIFICATIONS

PARAMETERS	UNIT	MODEL NUMBERS	
		G120DT	G138DT
RATED EXCURSION, MAX <sup>(1)</sup>	PEAK-TO-PEAK deg.	40	76
ROTOR INERTIA	GM-CM	0.03	0.03
ANGULAR STIFFNESS	NM/RAD	0.02	0.01
WOBBLE <sup>(1)</sup>	u RADIAN	<50	<50
JITTER <sup>(1)</sup>	PEAK-TO-PEAK u RADIAN	<100	<100
MAGNETIC DRIVER <sup>(2)</sup>	PEAK-TO-PEAK		
COIL RESISTANCE	Ohms	2	2
COIL INDUCTANCE	mH, 1kH <sub>z</sub>	1	4.7
ANGULAR SENSITIVITY <sup>(1, 2)</sup>	mA/°	30	21
MAXIMUN TORQUE	Nm	0.01	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POSITION SENSOR			
ANGULAR SENSITIVITY <sup>(1,4)</sup>	$\mu\text{A}/^\circ$	16	16
LINEARITY <sup>(3)</sup>	%	$\pm 0.3$	$\pm 0.3$
TYPICAL ZERO DRIFT <sup>(1,a)</sup>	$\mu \text{radian}/^\circ\text{C}$	$\pm 30$	$\pm 30$
TYPICAL GAIN DRIFT <sup>(a)</sup>	% / $^\circ\text{C}$	$\pm 0.015$	$\pm 0.015$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### หลักการออกแบบ

หลักการออกแบบจะแบ่งการออกแบบเป็นส่วนๆทั้งหมด 3 ส่วนดังที่เคยได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ถ้าเปรียบเทียบกับมาตรฐานทั่วไป คือ ส่วนของกลไก ส่วน ฮาร์ดแวร์ (HARDWARE) ส่วน ซอฟต์แวร์ (SOFTWARE) ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

#### 1. การออกแบบกลไกการสร้างภาพ

เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับตำแหน่งของการแสดงบนจอภาพ จะได้ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 10 รูปสี่เหลี่ยมกำหนดให้ทั้งแกน X และ แกน Y มีขอบเขต ตั้งแต่ 0 ถึง 255 ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับข้อมูลในการเขียนโปรแกรมควบคุมขนาด 8 บิต นั่นคือเลขฐาน  $2^8 = 256$  มีขอบเขต 0-255 เช่นกัน โดยให้ความละเอียดในการเคลื่อนแกน X และแกน Y ที่ละหนึ่ง ดังตัวอย่าง รูปที่ 11. เป็นการกำหนดจุด 3 จุด และแสดงค่าของ X และ Y ของแต่ละจุด

หลักการเกิดภาพ 2 มิติ สามารถประยุกต์เป็นกลไกการเกิดภาพของ เลเซอร์ พอยน์เตอร์ (LASER POINTER) ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

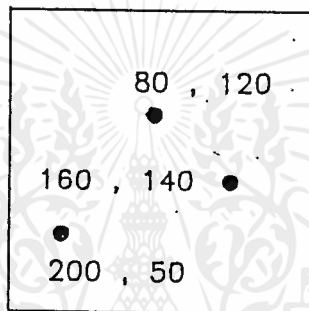
- เครื่องกำเนิดลำแสงเลเซอร์ (LASER GUN)
- กวานอมีเตอร์ ควบคุมกระจกเงา แกน X
- กวานอมีเตอร์ ควบคุมกระจกเงา แกน Y

การทำงานคือ เครื่องกำเนิดลำแสง เลเซอร์ (LASER GUN) จะส่งลำแสงเป็นจุดเพื่อเราจะใช้ในการพล็อตภาพ ไปกระทบกับกระจกเงาแกน X และสะท้อนไปกระทบกระจกเงาแกน Y แล้วจึงสะท้อนลำแสงไปจุดที่จอร์บอีกที่หนึ่ง ซึ่งกระจกเงาแกน X จะเคลื่อนที่ตามแนวแกน X ทำให้การหักเหของลำแสงเปลี่ยนทิศทางตามมุมของกระจกจุดที่กระทบจอก็จะดูเหมือนเคลื่อนตามแนวแกน X ส่วน

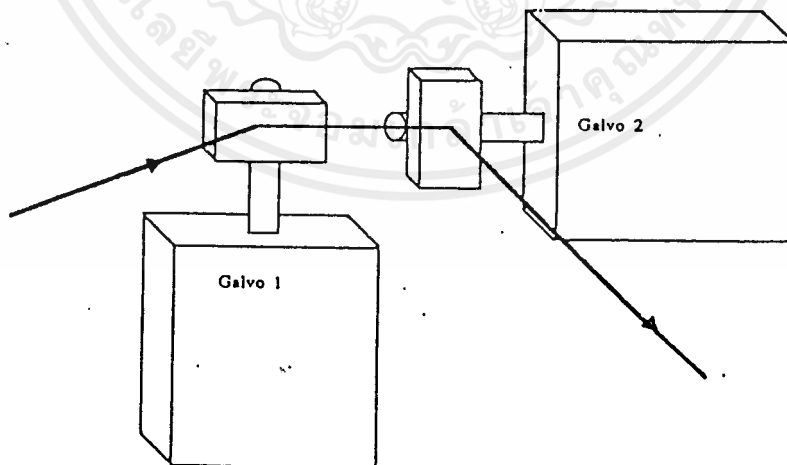
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10. แสดงการกำหนดขอบเขตของจอ



รูปที่ 11. แสดงการกำหนดจุด 3 จุดบนจอ



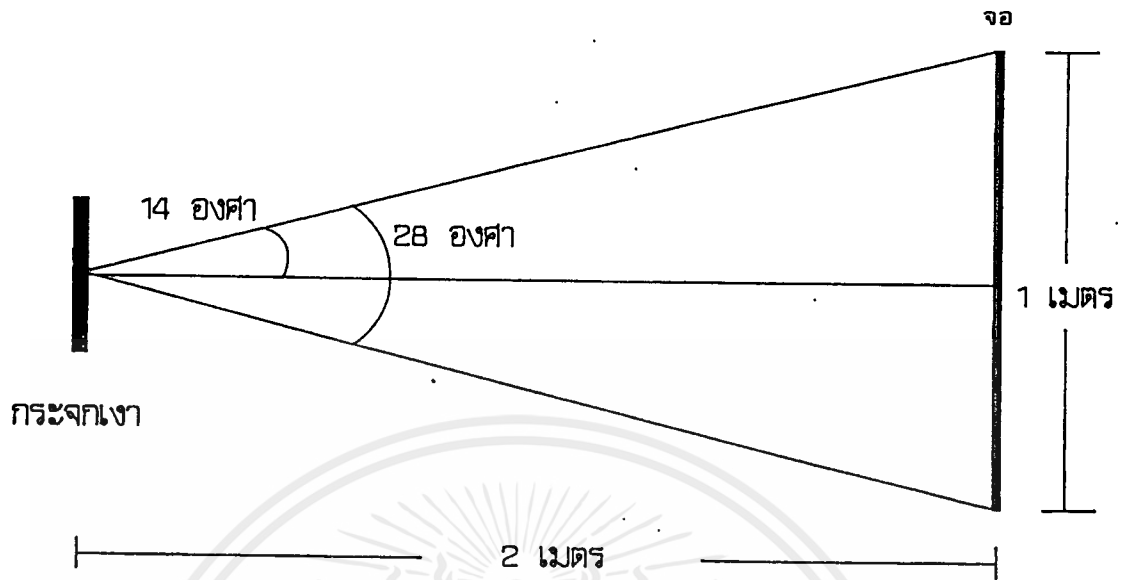
รูปที่ 12. การสะท้อนของลำแสงเลเซอร์กับกระจกเงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

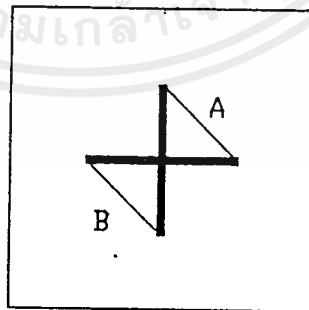
แกน Y ก็เช่นเดียวกัน ดังที่แสดงในรูปที่ 12 . แสดงถึงส่วนการสะท้อนของลำแสงกับกระจกเงาแกน X และแกน Y ซึ่งกระจกเงา ทั้งแกน X และแกน Y จะเปลี่ยนการหักเหโดย กวาวนอมีเตอร์

การหักเหของลำแสงเลเซอร์ ที่ตกกระทบบนกระจกเงามีความสัมพันธ์กัน โดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ ตรีโกณมิติ วิเคราะห์ดังรูปที่ 13. ถ้าจอร์บอยู่ห่างจากกระจกเงาที่สะท้อน 2 เมตร และต้องการขอบเขตของการเกิดภาพ เป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก  $1 \times 1$  เมตร ถ้าพิจารณาเพียงแกน Y ดังรูปที่ 13. ก็จะได้สามเหลี่ยมมุมฉากเกิดขึ้นโดยจะพิจารณาที่มุมหักเหของกระจกเงา ฉะนั้นจะได้ด้านประชิดมุมเท่ากับ 2 เมตร ด้านตรงข้ามมุมเท่ากับ  $1/2$  เมตร ถ้าต้องการขนาด 1 เมตร กระจกต้องเปลี่ยนมุมได้ อยู่ในขอบเขต 28 องศา จากทฤษฎีนี้ ทำให้เห็นว่ากระจกเพียงเปลี่ยนมุมเล็กน้อย จุดลำแสงที่สะท้อนไปกระทบที่จอจะเคลื่อนตำแหน่งจากจุดเดิมไปเป็นระยะทางที่มากกว่าเป็นหลายเท่าเมื่อเป็น เช่นนี้ ในการควบคุมมุมการหักเหของกระจก จึงใช้การควบคุมมุมประมาณ 30 องศาเท่านั้นทั้งแกน X และแกน Y ก็สามารถที่จะมีพื้นที่ในการสร้างภาพ เมื่อวางชุดกลไกไกล ห่างจากจอประมาณ 2 เมตร เท่ากับ  $1 \times 1$  เมตร และสามารถขยายภาพถ้าวางชุดกลไกไกลห่างจากจอมากขึ้น เป็นไปตามทฤษฎีของตรีโกณมิติ

เมื่อสามารถสร้างภาพ ได้จากกลไกดังกล่าว โดยการใช้ จุดของลำแสงเลเซอร์เพื่อพล็อตให้เกิดภาพได้ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการพล็อตคือการที่จุดลำแสงเคลื่อนไปตามจุดต่าง ๆ ที่จะสร้างภาพ จะมีบางส่วนของ การเคลื่อนของลำแสงที่ไม่ต้องการให้แสดงออกไป เช่น ถ้าต้องการพล็อต ให้เป็นรูปกากบาท ดังรูปที่ 14. แสดงให้เห็นว่า จุดของลำแสงจะต้องสร้างเส้นตรงทางแนวแกน X และแกน Y แกนละ 1 เส้นตัดกัน จะเกิดช่วงที่เปลี่ยนแกนจากแกน X เพื่อไปสร้างเส้นตรงทางแกน Y และ เปลี่ยนแกนจาก Y เพื่อไปสร้างเส้นตรงทางแกน X ให้เป็นเส้น A และ B ตามลำดับ ซึ่งทั้งเส้น A และ B ถ้าปรากฏขึ้นมาอย่างนี้ ภาพกากบาทที่ได้ก็จะเป็นกากบาท ดังนั้น จะต้องกำจัดเส้น A และ B นี้ไม่ให้แสดงออกมา โดยในช่วงที่เกิดเส้น A และ B นี้จะปิดลำแสง ไม่ให้มากระทบกระจกเงา และเปิดลำแสงให้กระทบกระจกเงาในช่วงที่เป็นเส้นตรงตามแนว



รูปที่ 13. แสดงความสัมพันธ์ของการจกและจอ



รูปที่ 14. การสร้างภาพทากภาพที่ไม่มี การ BLANKING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

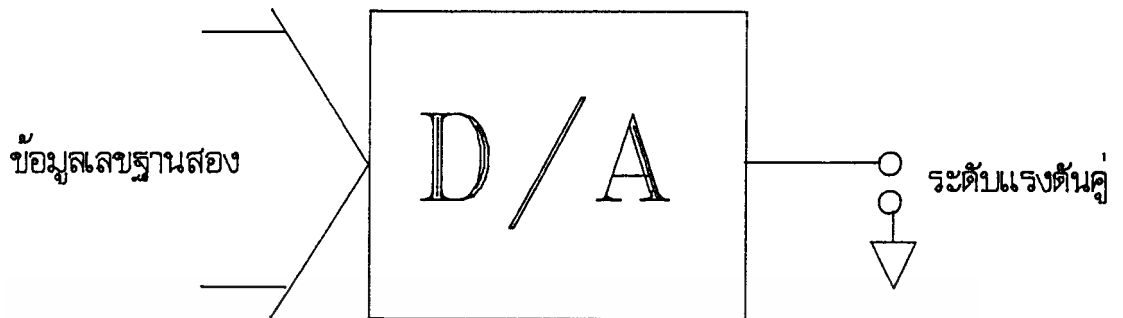
แกน X และแกน Y ก็จะได้ภาพกากบาทที่สมบูรณ์ ฉะนั้นจะต้องเพิ่มส่วนกลไกควบคุม ทำให้เกิดภาพนี้ โดยเพิ่ม กวานอนมีเตอร์ สำหรับเปิด-ปิด ลำแสงอีก 1 ตัว เรียกว่า กวานอนมีเตอร์ ควบคุม การ แบล็งกิ้ง

## 2. การออกแบบส่วนการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับกลไกการสร้างภาพ

การจะนำคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) มาควบคุมกลไกการสร้างภาพ จะต้องสร้างตัวกลางต่อเชื่อมระหว่าง 2 สิ่งนี้ เพราะคอมพิวเตอร์สามารถจะติดต่อกันได้ในรูปของข้อมูลที่เป็นเลขฐานสอง ส่วนกลไกการสร้างภาพ จะติดต่อกันได้ในรูปของ แรงแดันควบคุม  $+10\text{VDC}$  ฉะนั้นจะต้องสร้างตัวเชื่อมต่อที่มี อินพุท (INPUT) รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ และ เอาท์พุท (OUTPUT) จะจ่ายเป็น แรงแดัน เพื่อนำไปควบคุม กวานอนมีเตอร์ นั่นคือ หลักการของดิจิตอล เป็นอนาล็อก (DIGITAL TO ANALOG) ดังรูปที่ 15. ซึ่งปัจจุบันก็มี ไอซีที่เป็นฟังก์ชัน ดิทัเอ (FUNCTION D/A) นี้ ให้เลือกใช้มากมาย ในที่นี้เลือกใช้ ไอซีขนาด 8 บิต ดิจิตอล เป็น 1 เอาท์พุท อนาล็อก (เพื่อให้สัมพันธ์กับขอบเขตของการสร้างภาพที่กล่าวไว้ข้างต้น) แต่จาก เอาท์พุท ของไอซี นี้ไม่สามารถไปควบคุมขั้ว กวานอนมีเตอร์ ด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ ประการแรกไม่สามารถขับกระแสได้ถึง 1 แอมป์ ประการที่สอง มีช่วงแรงแดันที่เป็นบวกเท่านั้น ฉะนั้น จากเอาท์พุทตรงนี้ยังต้องสร้างวงจร ขับกระแสเพิ่มอีก โดยส่วนขับกระแสจะทำหน้าที่เปลี่ยนระดับแรงแดันให้มีทั้ง แรงแดันบวก และแรงแดันลบ ที่เท่ากัน และขับกระแสได้สูงถึง 1 แอมป์ และสามารถแยกแหล่งจ่ายแรงแดัน ที่จะขับ กวานอนมีเตอร์ นี้ ออกต่างหากได้ เขียนเป็น ผังแสดงการทำงาน ได้ดังรูปที่ 16. ฉะนั้น กวานอนมีเตอร์ 1 ตัว จะต้องมีชุดต่อเชื่อม 1 ชุด รวมแล้วจะต้องมี 3 ชุดดังนั้นก็จะมีข้อมูลควบคุมจากคอมพิวเตอร์ 3 ชุดเช่นกัน ในส่วนนี้จะต้องสร้างวงจรสำหรับควบคุมการจ่ายข้อมูลให้แต่ละชุด โดยการให้คอมพิวเตอร์ ส่งข้อมูลออกมาที่ พอร์ต (PORT) ทั้งหมด 3 หมายเลข พอร์ต

ทั้งชุด การติดต่อ ระหว่าง คอมพิวเตอร์ และ กลไกการสร้างภาพที่มี กวานอนมีเตอร์ 3 ตัวเป็นองค์ประกอบสำคัญ นำมาเขียนเป็น ผังการทำงาน รวมทั้ง ระบบเพื่อให้ง่ายต่อการมองเห็นการทำงานในการควบคุม ดังรูปที่ 17.

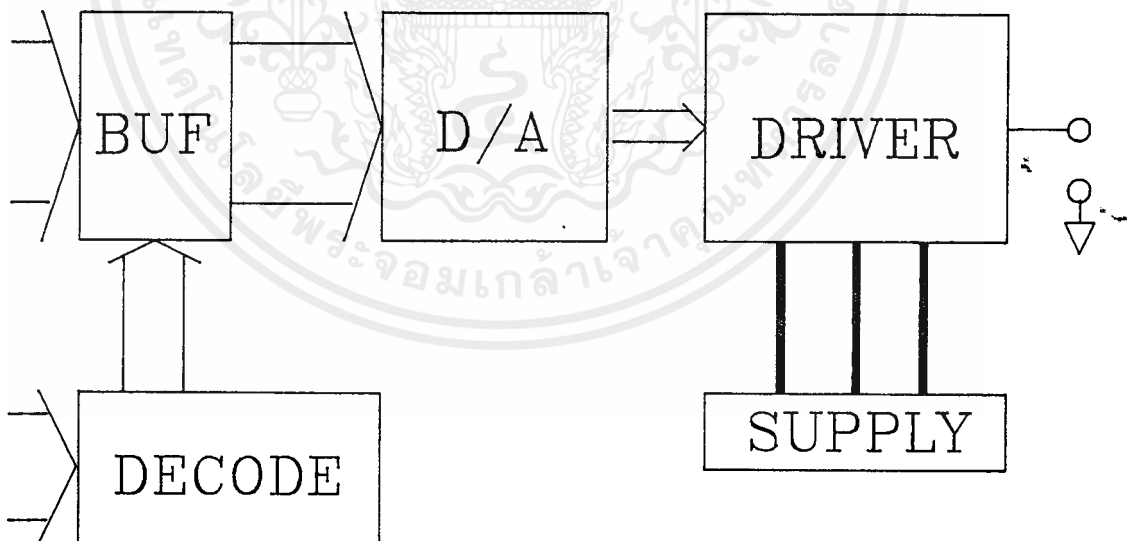
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15. กระบวนการ เปลี่ยนแปลง เลขฐานสอง เป็นแรงดัน

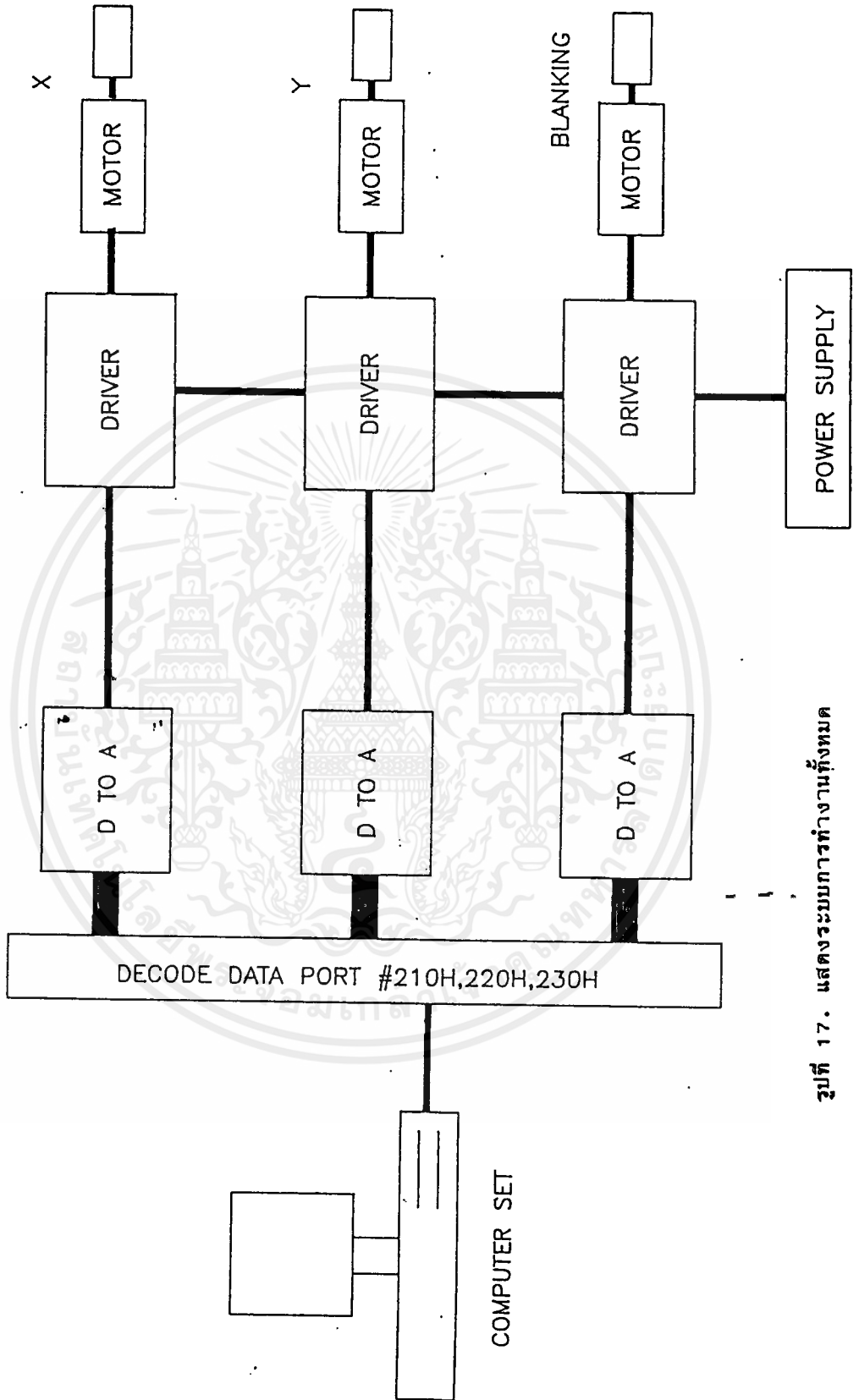
FROM COMPUTER

TO DC MOTOR



รูปที่ 16. BLOCK DIAGRAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17. แสดงระบบการทำงานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผังการทำงาน ทั้งระบบ สามารถแยกการออกแบบเป็นส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

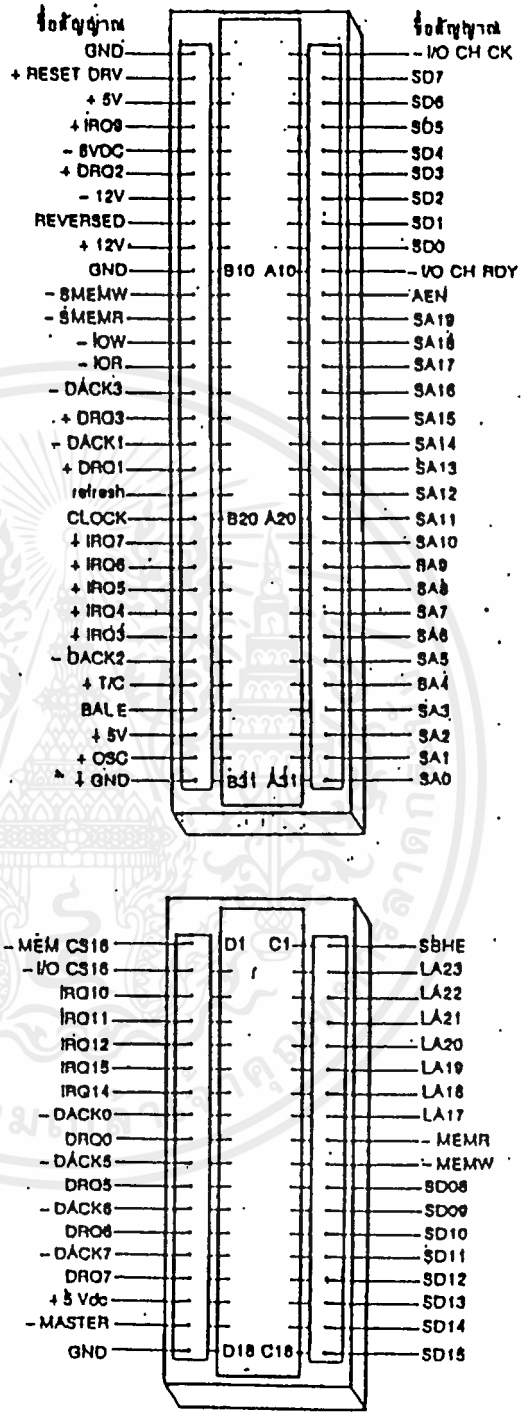
- 2.1. ถอดรหัส ของ พอร์ต (DECODE PORT)
- 2.2. แปลง ดิจิตอล เป็น อนาล็อก (DIGITAL TO ANALOG)
- 2.3. ขับกระแส และ ภาคว่าจ่ายกำลังไฟ (DRIVER AND SUPPLY)

2.1 ถอดรหัส ของ พอร์ต จากรูปที่ 18. แสดงถึงสัญญาณต่าง ๆ บน สล็อต (SLOT) ของระบบคอมพิวเตอร์ เอที และ 386 เอกซ์เอช ในส่วนของการถอดรหัส พอร์ต เพื่อรับข้อมูลที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์โดยการนำเอาเอาท์พุทมาอยู่ที่ สล็อต ในที่นี้ต้องการข้อมูล 3 ชุด ชุดละ 8 บิต ฉะนั้นจะต้องมีการถอดรหัส พอร์ตเป็น 3 ส่วน โดยจะใช้สัญญาณบน สล็อต ในรูปที่ 18. ดังนี้

SD <sub>0</sub> -SD <sub>7</sub>	เป็น	สัญญาณข้อมูล 8 บิต
SA <sub>0</sub> -SA <sub>7</sub>	เป็น	สัญญาณในการถอดรหัส พอร์ต
AEN, IOW	เป็น	สัญญาณควบคุมการรับข้อมูล
+5V>, GND	เป็น	แหล่งจ่ายไฟให้กับวงจร

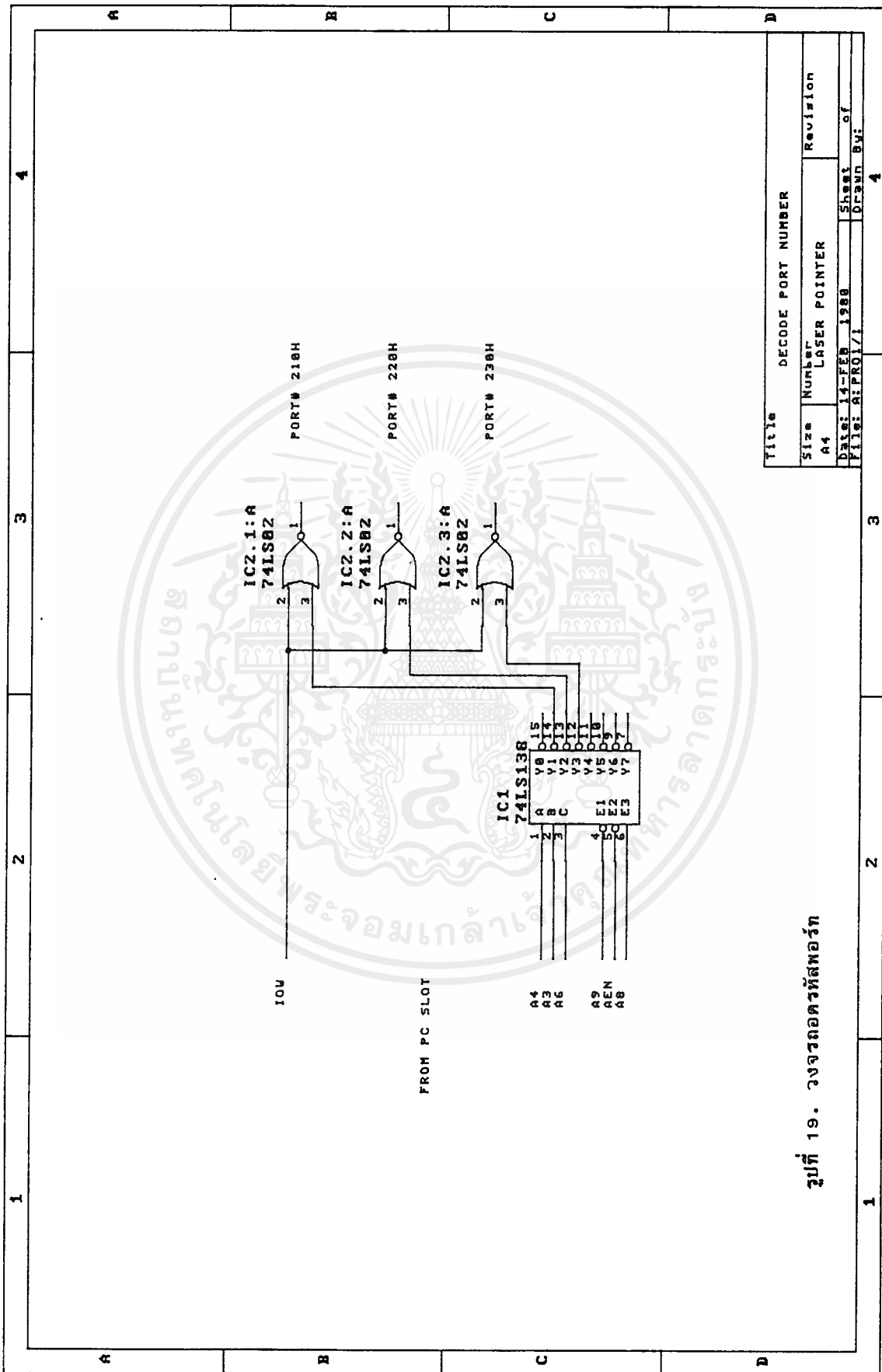
ในที่นี้เลือกใช้หมายเลข พอร์ต 210H, 220H ,230H โดยใช้เป็นข้อมูลของ แกน X แกน Y, แบล็กกิ้ง ตามลำดับ ดังวงจรรูปที่ 19. ก็จะได้ข้อมูล 3 ชุด ชุดละ 8 บิต ที่สามารถนำไปผ่านกระบวนการดีทิวเอ ต่อไปการทำงานของวงจร จะมี ไอซีเบอร์ 74LS138 เป็น ไอซี ถอดรหัส ทำหน้าที่ถอดรหัส หมายเลข พอร์ต ตั้งแต่ 200 ถึง 270 และใช้ ไอซีเบอร์ 74LS374 ทำหน้าที่แลทซ์ข้อมูล ที่ส่งมาจาก สล็อต บนคอมพิวเตอร์ โดยมีสัญญาณควบคุมที่ร่วมกับหมายเลข พอร์ต โดยใช้เกตไอซีเบอร์ 74LS02 และวงจรทั้งหมดใช้แหล่งจ่ายไฟจากสล็อตของคอมพิวเตอร์ได้เลย

2.2 แปลง ดิจิตอล เป็น อนาล็อก ส่วนนี้จะต่อเนื่องกับข้อมูล 3 ชุด ที่ได้จากการถอดรหัส พอร์ต คือจะต้องมีชุด ดีทิวเอ นี้ทั้งหมด 3 ชุด จะใช้ ไอซีเบอร์ MC1408L8 เป็น ไอซีที่มี ฟังก์ชัน (FUNCTION) เป็นดีทิวเอ จาก 8 บิต ดิจิตอล เป็น 1 ช่อง อนาล็อก สามารถปรับ ออฟเซ็ท (OFFSET) ของแรงดัน เอาท์พุทได้ มีวงจรดังรูปที่ 20. วงจรชุดนี้ก็จะอาศัยแหล่งจ่ายไฟจากสล็อต ของคอมพิวเตอร์



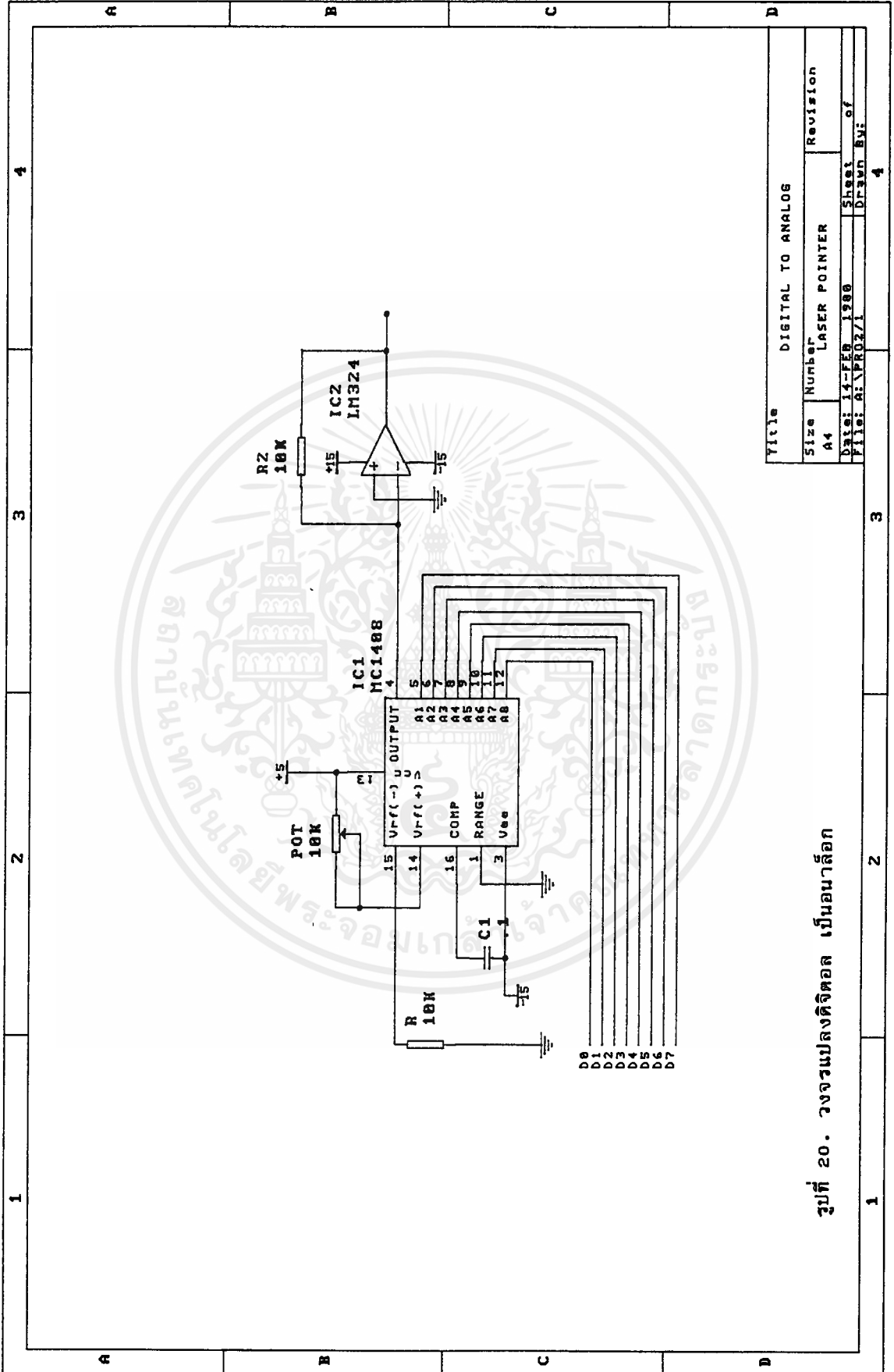
รูปที่ 18. สัญญาณบน SLOT286, 386XS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 19. วงจรถอดรหัสพอร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title			
DIGITAL TO ANALOG			
Size	Number	Revision	
A4	LASER POINTER		
Date: 14-FEB-1988	Sheet	of	
File: A:\PROZ/1	Drawn	By: of	
		4	

รูปที่ 20. วงจรแปลงดิจิทัล เป็นอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตอร์เช่นกัน ฉะนั้นการออกแบบวงจรส่วน การถอดรหัส กับ ดีทูเอ นี้จะอยู่บนพอร์ทเดียวกัน จากตรงนี้ก็จะได้เอาท์พุท ที่เป็นแรงดัน ที่ควบคุมด้วยข้อมูลทางดิจิตอล ที่ส่งมาจากการเขียนโปรแกรม เอาท์พุท ของคอมพิวเตอร์ ทั้งหมด 3 เอาท์พุท เพื่อนำไปควบคุม กวาวานอมีเตอร์ ของแกน X, แกน Y , แบล็งกิ้ง

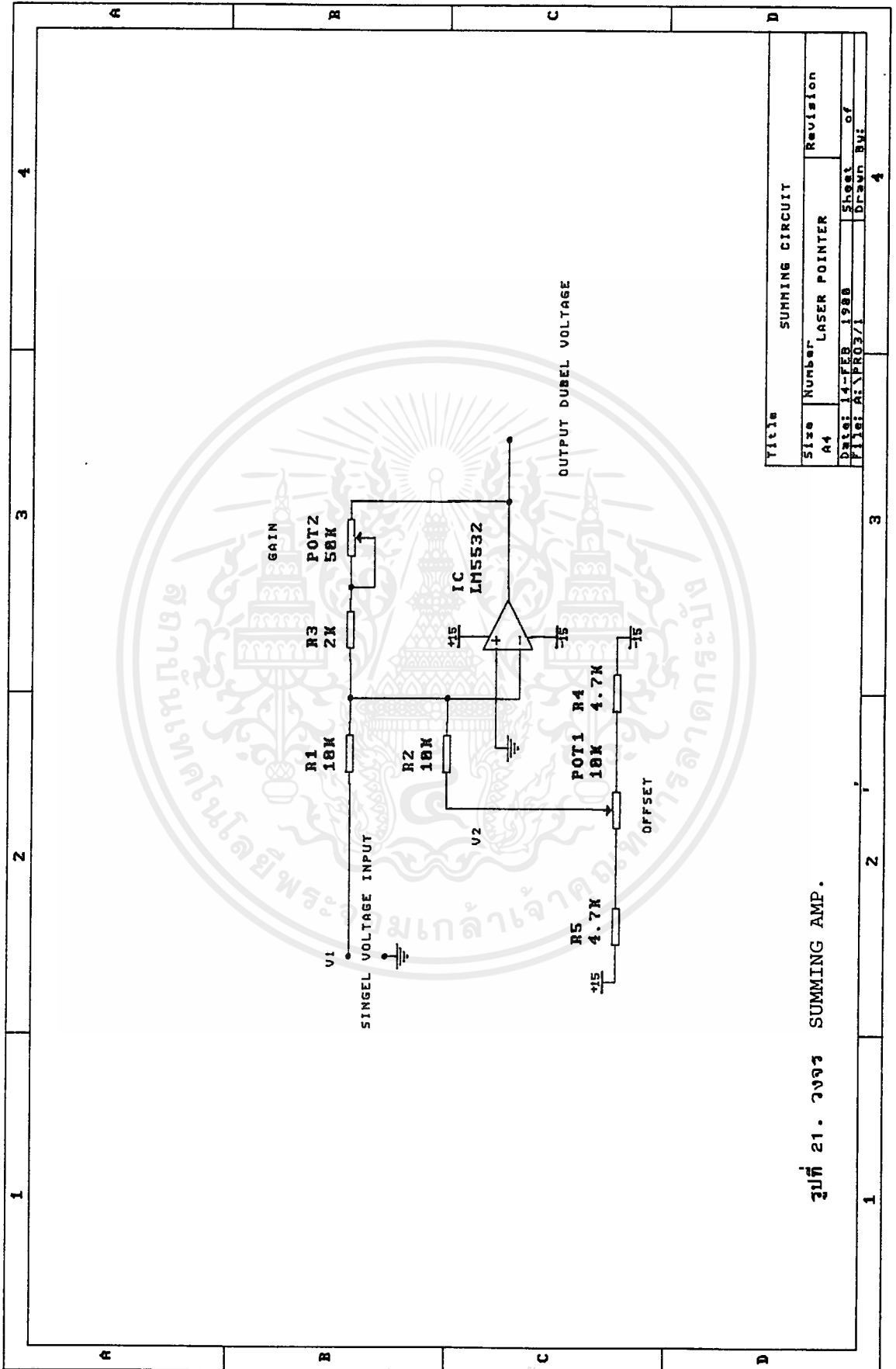
2.3 ขั้วกระแส และ ภาคจ่ายกำลังไฟ แรงดัน เอาท์พุท จากชุด ดีทูเอ ทั้ง 3 ชุด ไม่สามารถมาขับ กวาวานอมีเตอร์ ได้โดยตรง เนื่องจากการปิดของ กวาวานอมีเตอร์ จะต้องใช้กระแส ประมาณ 1 แอมป์ และแรงดันควบคุม ก็จะต้องเป็นแรงดันคู่ คือ มีทั้งช่วงแรงดันบวก และ แรงดันลบ แต่แรงดันจาก เอาท์พุท ของชุด ดีทูเอ เป็นแรงดันแบบเดี่ยวคือ 0-10 โวลต์ และจ่ายกระแสได้เป็น มิลิแอมป์ เท่านั้น จึงต้องสร้างชุด ขั้วกระแสเพิ่มขึ้นได้ จะต้องมีแหล่งจ่ายกำลังไฟ ที่สามารถจ่ายกระแสได้ตามความต้องการด้วย

จากวงจร รูปที่ 21. แสดงถึงวงจรส่วนที่จะแปลงแรงดันเดี่ยวเป็นแรงดันแบบคู่โดยใช้แอมป์ และมีแหล่งจ่ายไฟ เป็นแบบคู่ ที่ +15 และ -15 โวลต์ จากวงจรเป็นวงจรบวก (SUMMING) และขยายในตัวเดี่ยว ผลของ เอาท์พุท หาได้จาก

$$V_{OUT} = - \left[ R_F/R_1 \cdot V_1 + R_F/R_2 \cdot V_2 \right]$$

โดย  $R_1=R_2$  ฉะนั้นอัตราขยายจะเท่ากันคือ  $R_F/R_1=R_F/R_2$  การรวมแรงดันขึ้นอยู่กับ  $V_1$  และ  $V_2$   $V_1$  คือแรงดันจากชุดเอาท์พุท ของ ดีทูเอ ส่วน  $V_2$  คือ แรงดันแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งสามารถปรับได้จาก +15 ถึง -15 จากสมการจะเห็นว่า ทั้ง  $V_1$  และ  $V_2$  ต่างก็มีผลต่อ  $V_{OUT}$  ทั้งสิ้น เช่นในการทดลองต่อไปนี้

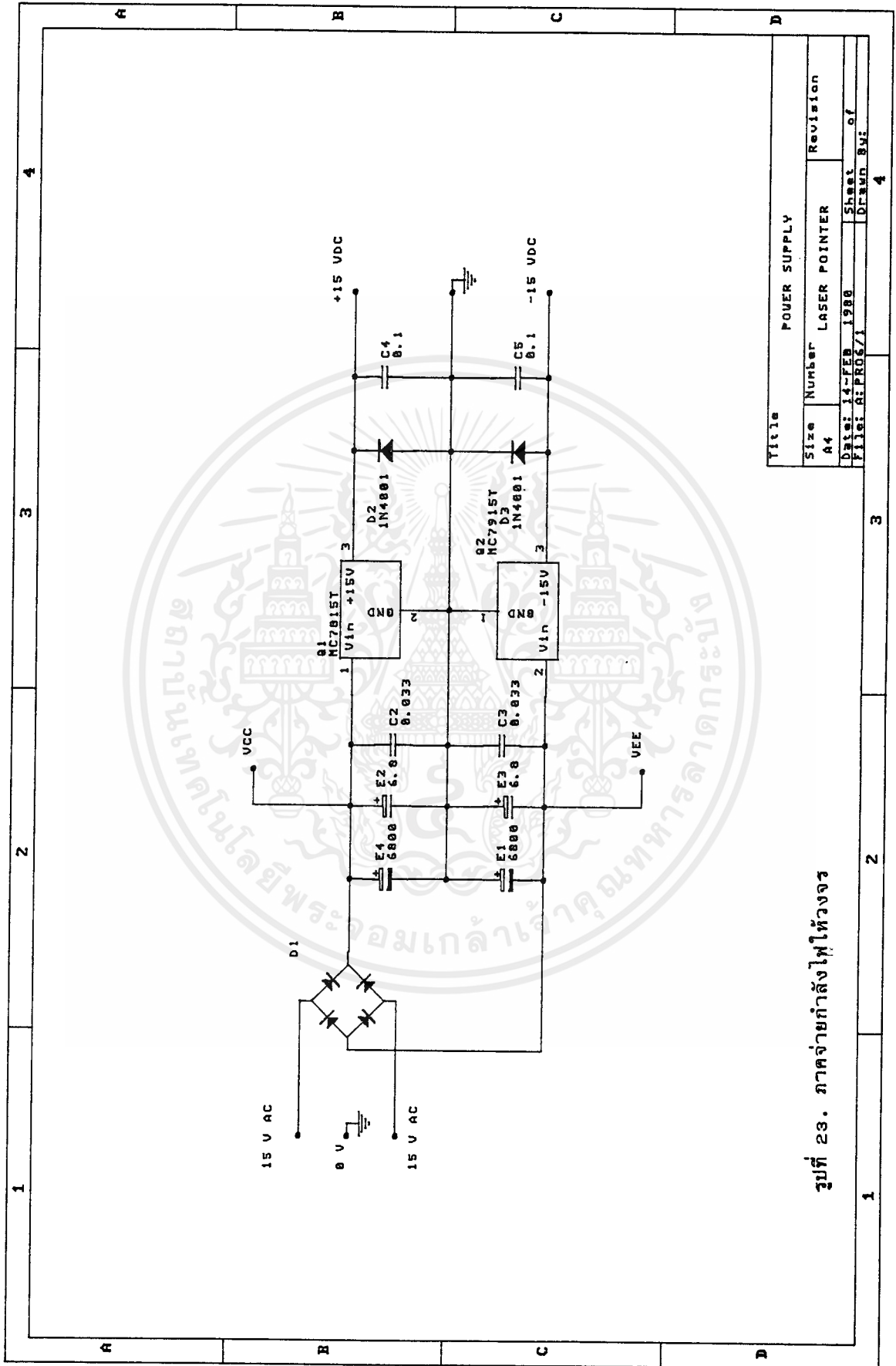
จากวงจรรูปที่ 21. จะได้ เอาท์พุท ที่แรงดันเป็นแรงดันคู่ตามความต้องการแล้วแต่ยังไม่สามารถจ่ายกระแสสูงได้ จึงต้องสร้างวงจรขั้วกระแสดังรูปที่ 22 จากวงจรจะประกอบด้วย ออปแอมป์ ทำหน้าที่เป็นวงจรแรงดันตาม (VOLTAGE FOLLOWER) โดยไม่กลับเฟส และมีส่วนขยาย การขั้วกระแสคือ ส่วนของวงจรขยายแบบคอมแมนทารี โดยมี ตัวต้านทาน (RESISTOR) เป็นตัวจำกัด ออฟเซ็ท



รูปที่ 21. วงจร SUMMING AMP.

Title		SUMMING CIRCUIT	
Size	Number	Revision	
A4	LASER POINTER		
Date:	14-FEB-1988	Sheet	of
Drawn By:	AI-PRO3/1	Drawn	BY:
			4





รูปที่ 23. ภาคจ่ายกำลังไฟให้วงจร

Title			POWER SUPPLY		
Size	Number	Revision	Size	Number	Revision
A4	LASER POINTER		A4	LASER POINTER	
Date:	14-FEB-1988	Sheet	Date:	14-FEB-1988	Sheet
File:	A:PROG/1	Drawn By:	File:	A:PROG/1	Drawn By:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(OFFSET BIAS) ให้กับ ทรานซิสเตอร์ (TRANSISTOR) ทั้งคู่คือ TIP 41 เป็น ทรานซิสเตอร์ ชนิด เอ็นพีเอ็น (NPN TYPE) เป็น ทรานซิสเตอร์ ชนิด พีเอ็นพี (PNP TYPE) ทั้งสองตัวมีค่าจำกัดที่จำเป็นคือ  $V_{ce}$  40 - 100 โวลต์ ไอซี 6 - 10 แอมป์ สิ่งเกิดวงจรจะเหมือน ภาคจ่ายกำลังไฟ ของ ออดิโอ แอมพลิไฟเลอร์ (AUDIO AMPLIFIER) ทั่วๆไป ส่วนภาคจ่ายไฟที่จะใช้จ่ายให้กับวงจร ขั้วกระแสนี้ จะต้องเป็น แหล่งจ่ายกำลังไฟ ที่จ่ายกระแสได้สูงประมาณ 3 แอมป์ และที่ภาคอื่นๆ จะใช้กระแสที่น้อยกว่าจึงผ่านชุด เรกกูเลเตอร์ (REGULATOR) ดังรูปที่ 23. แหล่งจ่ายไฟกระแสสูงนี้จะแยกต่างหากเพราะ โหลดเป็น กวานอมีเตอร์ ซึ่งคุณสมบัติเหมือน คอลย์ ถ้าใช้ร่วมกับแหล่งจ่ายไฟที่เลี้ยงวงจร อาจมีการถึงกระแส ทำให้วงจรทำงานที่ผิดพลาดได้

### 3. โปรแกรมควบคุม

การสร้างโปรแกรมหรือ ซอฟแวร์ ที่จะใช้ในการควบคุมระบบ เลเซอร์ พอยล์เตอร์ให้สร้างภาพ จะเขียนโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้ภาษาซี ในเบื้องต้นนี้จะแบ่งโปรแกรมออกเป็น 2 ส่วน คือ

- 3.1 ส่วนแปลงภาพเป็นข้อมูล
- 3.2 ส่วนรับส่งข้อมูล

#### 3.1 ส่วนแปลงภาพเป็นข้อมูล

เป็นส่วนที่จะต้องสร้างข้อมูลที่จะทำให้เป็นภาพได้ โดยการกำหนดข้อมูลที่เป็นค่าของ X และ Y ที่เรียกว่า จุดบนระนาบ (COORDINATE) แต่ละจุดเพื่อที่จะส่งออกไปควบคุม กวานอมีเตอร์ ควบคุมการเคลื่อนที่ของจุดลำแสงเพื่อสร้างภาพ จุดบนระนาบ (COORDINATE) จะกำหนดโดยข้อมูล ที่มีค่าเป็นเบซฐานสิบ ดังนี้

แกน x จาก 0 ถึง 255

แกน Y จาก 0 ถึง 255

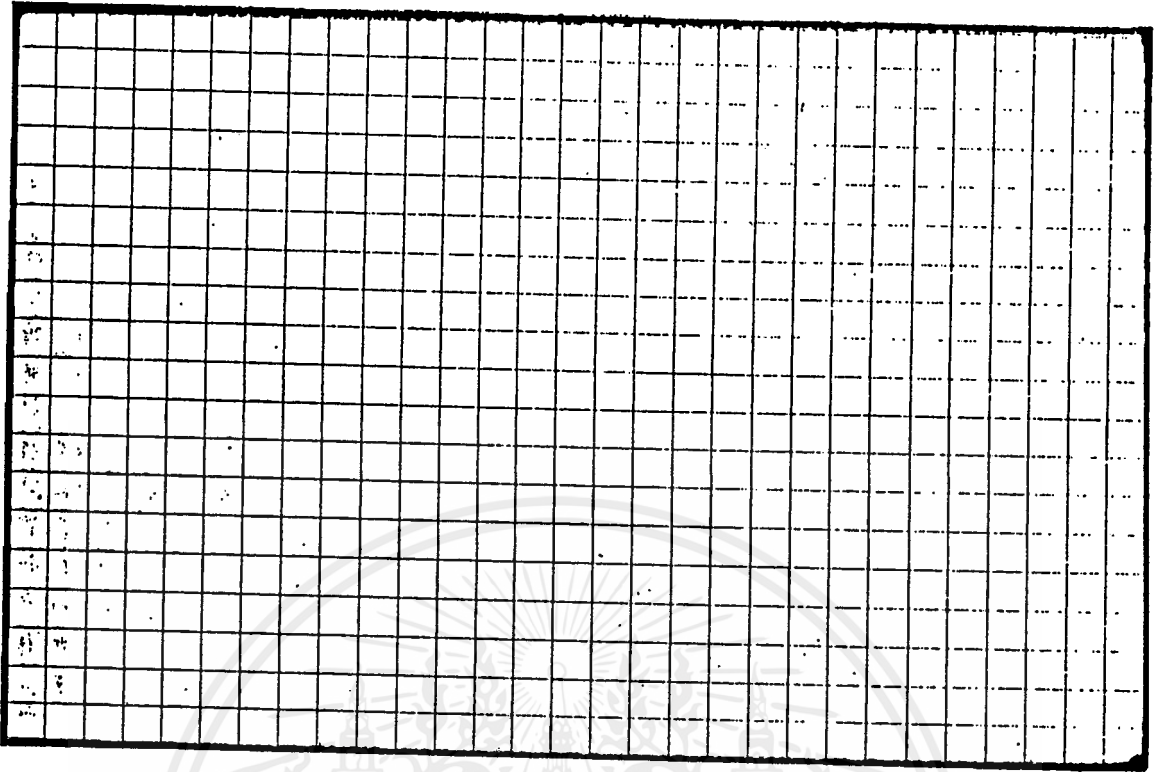
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดจุดบนระนาบ (COORDINATE) ดีทั้งหมด  $256 \times 256 = 65,536$  จุด ซึ่งมีความละเอียดมากพอสมควร ในการจะพล็อตภาพได้ สำหรับค่าของจุดบนระนาบ เหล่านี้หาได้จากภาพที่จะสร้าง โดยถ้ากรณีเป็นภาพทางเรขาคณิต เช่น วงกลม สี่เหลี่ยม เส้นตรง หรือ เส้นโค้ง สามารถใช้สมการทางเรขาคณิตมาประยุกต์ โดยการเขียนโปรแกรมหาค่า บนระนาบ ได้เลย จึงไม่มีการเก็บข้อมูลของ ค่าบนระนาบ แต่ถ้ากรณีเป็นภาพที่ไม่ใช่ภาพทางเรขาคณิต จะต้องมีการสร้างตารางจำลองดังรูปที่ 24. ค่าจุดบนระนาบ ทั้งหมด แล้วนำภาพที่จะสร้างมาลากลงบนตารางเพื่อหาค่าจุด บนระนาบ เป็นข้อมูลที่จะนำไปใช้ แล้วนำข้อมูลเหล่านี้เก็บไว้ให้อยู่ในรูปของไฟล์ (FILE) กระบวนการส่วนนี้เพื่อความเข้าใจ สามารถเป็น ผังการทำงาน ดังรูปที่ 25. จากผังการทำงานอาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่ากระบวนการนี้เป็นกระบวนการแปลงภาพ ให้เป็นข้อมูลนั่นเอง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากตารางจำลองคือค่าของจุด X , Y ที่เส้นต้องลากผ่าน จะต้องนำมาทำการเขียนเป็นข้อมูลเพื่อจะเก็บเป็นไฟล์ (FILE) โดยเขียนลงบน อีดิเตอร์ (EDITTER) อะไรก็ได้ ด้วยคำสั่งเทียบ ดีฟาย ไบท์ (DEFIND BYTE "DB") ของ แอซแซมบลี คอมไพเลอร์ (ASSAMBLY COMPIILER) ทั่วๆไป โดยมีรูปแบบการเขียน ดังนี้

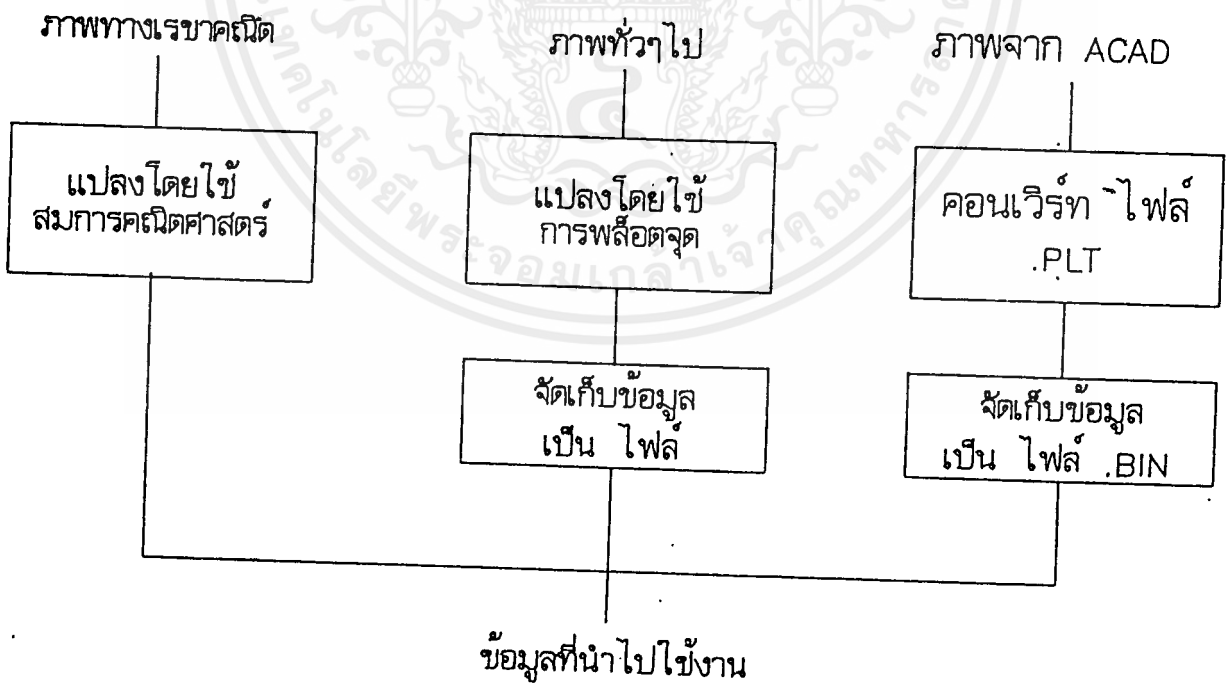
```

ORG 0000H
DB X1,Y1
DB X2,Y2
:   :   :
:   :   :
DB XN,YN
DB 00
DB XA,YA
DB 00
DB X1,Y1
DB X2,Y2
END

```



รูปที่ 24. ตารางจำลองสำหรับฟอร์ทรูปภาพ



รูปที่ 25 กระบวนการแปลงภาพเป็นข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่าง ค่า  $X1 - XN$  และ  $Y1 - YN$  จะเป็นค่า  $X$ ,  $Y$  ของแต่ละจุดที่จะพล็อต สำหรับค่า 00 จะเป็นโค้ดที่ใส่เมื่อต้องการให้ แบล็งก์ทำงานเพื่อตัดเส้นที่ไม่ต้องการแต่เมื่อมีการสั่งให้ แบล็งก์ ครึ่งแรกกลไกการสร้างภาพจะตัดลำแสงเพื่อไม่ให้แสดงออกไป ในช่วงเวลานี้ก็จะเป็นการเลื่อนตำแหน่งจุด

ไปยังจุดที่จะแสดงต่อไปนั่นคือ  $XA, YA$  หลังจากนั้นจะต้องทำการใส่โค้ด แบล็งก์อีกครั้ง เพื่อให้กลไกการสร้างภาพเปิดให้ลำแสงแสดงภาพต่อไป เป็นอย่างนี้ตลอดจนจบหรือสิ้นสุดข้อมูลก็ให้ใส่โค้ด ว่างบรทัดสุดท้ายก่อนใช้คำสั่งเอ็น (END) เพื่อบอกให้รู้ว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้วจะต้องไปขึ้นต้นใหม่อีกทุกครั้งที่พบโค้ดนี้เมื่อป้อนข้อมูลครบหมดตามวิธีการนี้แล้วให้ เซฟ ไฟล์ (SAVE FILE) ว่างโดยให้ไฟล์มีส่วนขยายชื่อไฟล์เป็น ASM หรือ SRC หรืออื่น ๆ แล้วแต่ตัวคอมไพเลอร์ ที่จะนำมาใช้ เมื่อได้ไฟล์มาแล้วก็ต้องนำมาแปลงให้เป็นไฟล์ประเภท BIN โดยใช้คอมไพเลอร์ เช่น เทอร์โบ48 (TURBO48) เทอร์โบ51 (TURBO51), Z81 เป็นต้น เมื่อได้ไฟล์ประเภท BIN ก็ให้นำเอาไฟล์นี้ไปทำการอ่านและส่งไปควบคุมกลไกการสร้างภาพให้แสดงภาพดังที่เขียนได้บนตารางจำลอง ด้วยวิธีที่กล่าวมานี้จะเห็นว่าการป้อนข้อมูลจะต้องใช้เวลาเยอะเพราะจะต้องป้อนคำสั่ง  $X$  และ  $Y$  ทุกจุดที่เส้นลากผ่าน โอกาสผิดพลาดมีมาก เหมาะสำหรับภาพที่มีรายละเอียดน้อย ๆ แต่ถ้าในกรณีภาพมีรายละเอียดเยอะ ๆ จะต้องมีความสามารถในการใช้งานโปรแกรม ACAD ซึ่งจะต้องมีความสามารถในการใช้งานโปรแกรมนี้ได้เพื่อที่จะวาดภาพที่ต้องการขึ้นมาได้ด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งวิธีการใช้จำไม่ชอกกล่าวในที่นี้ เพราะมีเนื้อหาเยอะ ถ้าต้องการศึกษาก็สามารถศึกษาได้จากหนังสือเกี่ยวกับ ACAD ทั่ว ๆ ไป เมื่อเขียนภาพที่ต้องการแสดงด้วย ACAD จะต้องใช้คำสั่ง ตั้งค่าขอบเขต (SET LIMIT) เพื่อตั้งขอบเขตที่จะเขียนรูป เพื่อที่ว่า เมื่อนำไปแปลงค่าเป็นข้อมูลจะได้อยู่ในขอบเขตค่าของจอแสดงภาพ คือ 1 - 254 โดยจะตั้งค่าจำกัดไว้เป็น  $254 \times 254$  จากนั้นจึงทำการเขียนภาพที่ต้องการ เมื่อได้ภาพเรียบร้อยแล้ว ก็จะใช้คำสั่ง PLOT โดยการตั้งการพล็อตเป็น PLOTTER HEWLETT PACKARD MODEL 7550 แล้วสั่งให้พล็อตออกมาเป็นไฟล์ ไฟล์ที่ได้จะเป็นไฟล์ประเภท .PLT หลังจากนั้นจะต้องนำไฟล์นี้มาแปลงเป็น ไฟล์ประเภท BIN ด้วยโปรแกรม คอนเวอร์ท (CONVERT) ซึ่งจะเป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นเอง โดยใช้หลักการดังต่อไปนี้

จากรูปแบบของไฟล์ .PLT จะประกอบด้วยส่วนหัว ส่วนข้อมูล และส่วนจบ โดยในที่นี้จะนำเฉพาะ ส่วนของข้อมูลมาใช้ ซึ่งลักษณะของข้อมูลในไฟล์ .PLT มีดังนี้

```
PU;PA 1,1;PD;PA 254,1;PA 254,254;PA 1,254;PA 1,1;PU;PA
50,50;PD;PU; < END OF FILE >
```

โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

PA คือ คำสั่ง PEN ADDRESS มีหน้าที่บอกตำแหน่งของปากกา  
 PU คือ คำสั่ง PEN UP มีหน้าที่ยกปากกาขึ้น  
 PD คือ คำสั่ง PEN DOWN มีหน้าที่วางปากกาลง

สำหรับตัวเลขต่างๆ จะเป็นตัวบอกค่าของ X , Y แต่ละจุด โดยตัวเลขชุดแรกหลังจากคำสั่ง PA คือค่าของ X แล้วหลังจากเครื่องหมาย คอมนม่า (,) จะเป็นชุดของตัวเลขค่าของ Y

เมื่อทราบถึงรูปแบบของไฟล์ .PLT ก็สามารถที่จะนำมาเขียนโปรแกรม คอนเวร์ท ได้ด้วยวิธีการเช็คหาตัวอักษรคำสั่งว่าเป็น PA, PU, PD ก่อนทำการเช็คจะต้องทำการ เปิดไฟล์ .PLT เพื่อการอ่าน และเปิดไฟล์ .BIN เพื่อการเขียน จากนั้นจึงทำการเช็คตามเงื่อนไขโดยอ่านข้อมูลจากไฟล์ .PLT ดังต่อไปนี้

### เงื่อนไขที่ 1

เมื่อเช็คพบ คำสั่ง PA ให้อ่านชุดตัวอักษรที่อยู่ถัดไปจนพบเครื่องหมาย คอมนม่า (,) ให้หยุดอ่าน แล้วนำชุดตัวอักษรที่อ่านได้มาทำการแปลงเป็นเลขจำนวนเต็ม โดยใช้คำสั่ง "atoi" ในภาษา ซี ก็จะได้ค่าจำนวนเต็ม นำจำนวนเต็มที่ได้มาหารด้วย 40 เพื่อไม่ค่าเกินขอบเขตของกลไกการสร้างภาพได้ ซึ่งค่าที่ได้นี้จะ เป็นค่าบอกตำแหน่งของแกน X นำไปเก็บไว้ก่อน หลังจากนั้นให้อ่านชุดตัวอักษรที่อยู่ถัดจากเครื่องหมาย คอมนม่า ต่อไปจนพบเครื่องหมาย เซมิโคลอน (;) ให้หยุดอ่านแล้วทำการแปลงชุดตัวอักษรนั้นให้เป็นเลขจำนวนเต็มอีกเช่นกันกับการแปลงครั้งที่ผ่านมา ก็จะได้ค่าที่บอกตำแหน่งของแกน Y นำไปเก็บไว้เช่นกัน หลังจากนั้น ให้อ่านตัวอักษรที่อยู่ถัดจากเครื่องหมาย เซมิโคลอน ว่าเป็น คำสั่ง PA

อีกหรือไม่ ถ้าไม่เป็นคำสั่ง PA ก็จะไปทำเงื่อนไขถัดไป แต่ถ้าเป็นคำสั่ง PA อีกก็ให้อ่านตัวอักษรเหมือนที่กล่าวมาข้างต้นอีกครั้ง ก็จะทำได้ข้อมูลที่ เป็นค่าของ X , Y อีกชุด ตอนนั้นก็จะมีค่าของ X , Y อยู่สองชุด ให้นำมาเช็คโดยข้อมูลชุดแรกจะเป็นจุดเริ่มต้น และข้อมูลชุดที่สองก็จะเป็นจุดสิ้นสุด ให้นำข้อมูลทั้ง

สองชุดมาลบกันแบบไม่คิดเครื่องหมาย (ABSOLUB) เพื่อนำค่าของผลต่างที่เกิดขึ้นมาเช็คว่ามีค่ามากกว่าหนึ่งหรือไม่ ถ้าเท่ากับหนึ่งให้นำค่าของ X , Y จุดสิ้นสุดเขียนลงในไฟล์ .BIN เลย แต่ถ้ามากกว่าหนึ่งก็จะทำการเขียนค่าลงในไฟล์ .BIN โดยเขียนค่าของ X , Y จุดเริ่มต้นแล้วเพิ่มค่าทีละหนึ่งทั้ง X , Y เขียนลงในไฟล์เรื่อยๆ จนมีค่าเท่ากับค่าของ X , Y จุดสิ้นสุดจึงหยุด จากนั้นก็ไปเช็คอักษรตัวถัดไปจากที่อ่านครั้งสุดท้ายที่ผ่านมา ถ้าพบว่ามีคำสั่ง PA ให้ไปทำเงื่อนไขถัดไป แต่ถ้ายังคงเป็นคำสั่ง PA อยู่อีก ก็จะอ่านชุดของตัวอักษรถัดไปเหมือนการอ่านตอนต้น ทำให้ได้ชุดของข้อ X , Y อีกหนึ่งชุด ก็จะนำค่าของข้อมูลชุดนี้มาเป็นค่าของตำแหน่งจุดสิ้นสุด แล้วนำค่าของข้อมูลชุดที่สองของการอ่านเมื่อครั้งที่แล้วมาเป็นจุดเริ่มต้นแล้วให้กระทำตามกระบวนการเขียนลงไฟล์เหมือนที่ผ่านมามีข้างต้น หลังจากนั้นก็จะทำการเช็คใหม่อีกอย่างนี้เรื่อยๆ จนพบ EOF ของไฟล์ .PLT

### เงื่อนไขที่ 2

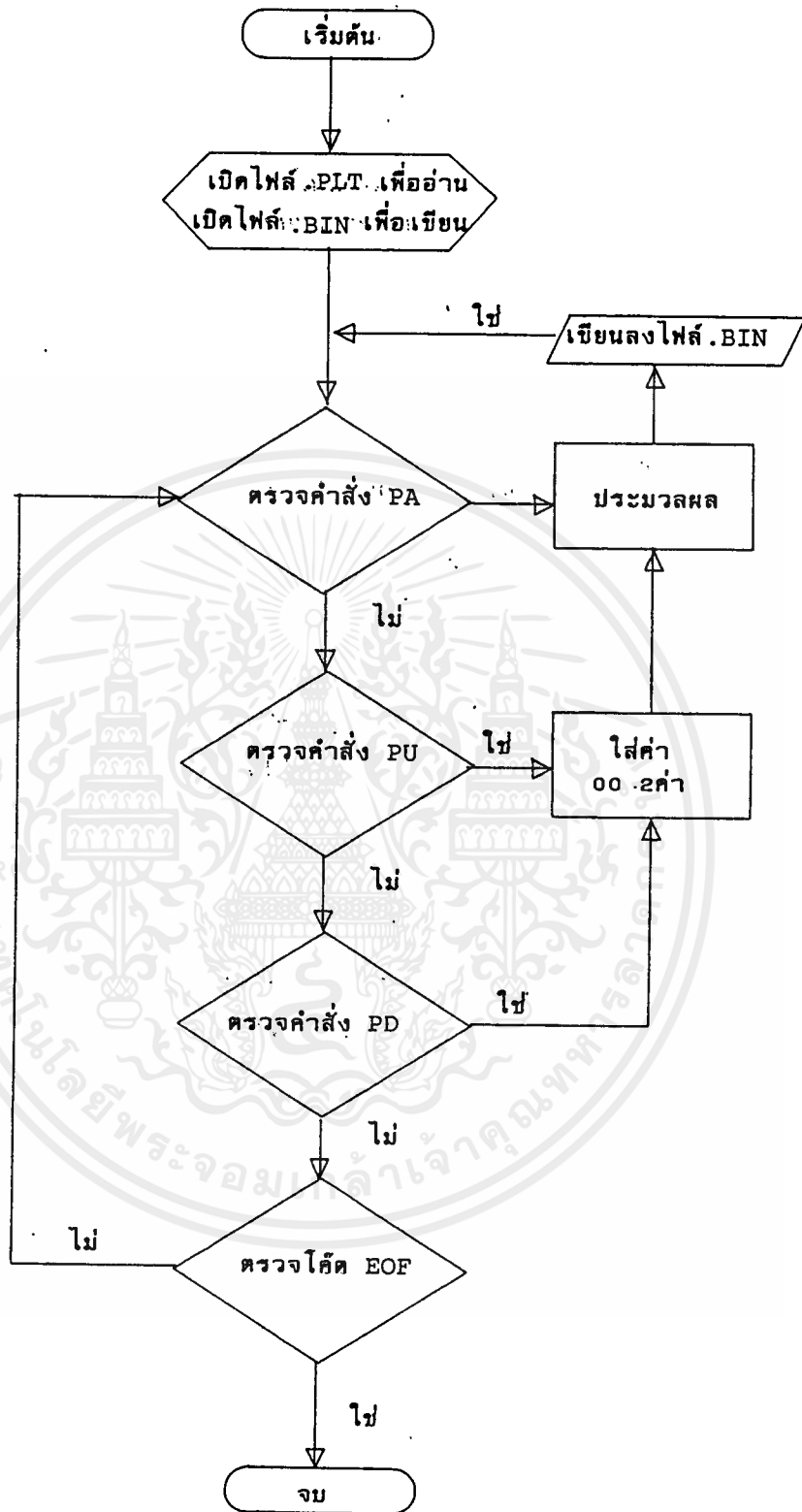
เมื่ออ่านพบคำสั่ง PU ให้ทำการเขียนค่า 00 , 00 ลงในไฟล์ .BIN แล้วอ่านชุดตัวอักษรถัดไปจะต้องเป็นคำสั่ง PA เสมอ แล้วให้ไปทำงานตามเงื่อนไขที่ 1 ต่อไป

### เงื่อนไขที่ 3

เมื่ออ่านพบคำสั่ง PD ก็ให้กระทำกระบวนการตามเงื่อนไขที่ 2

กระบวนการทำงานของการเขียน โปรแกรม คอนเวิร์ท ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้สามารถอธิบายด้วย โฟลว์ชาร์ท (FLOW CHART) ได้ดังรูปที่ 26. หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการนี้แล้วก็จะได้ไฟล์ข้อมูล ชนิด .BIN ที่สามารถนำไปใช้ในการอ่านเพื่อส่งข้อมูลไปควบคุมชุดกลไกการสร้างภาพได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

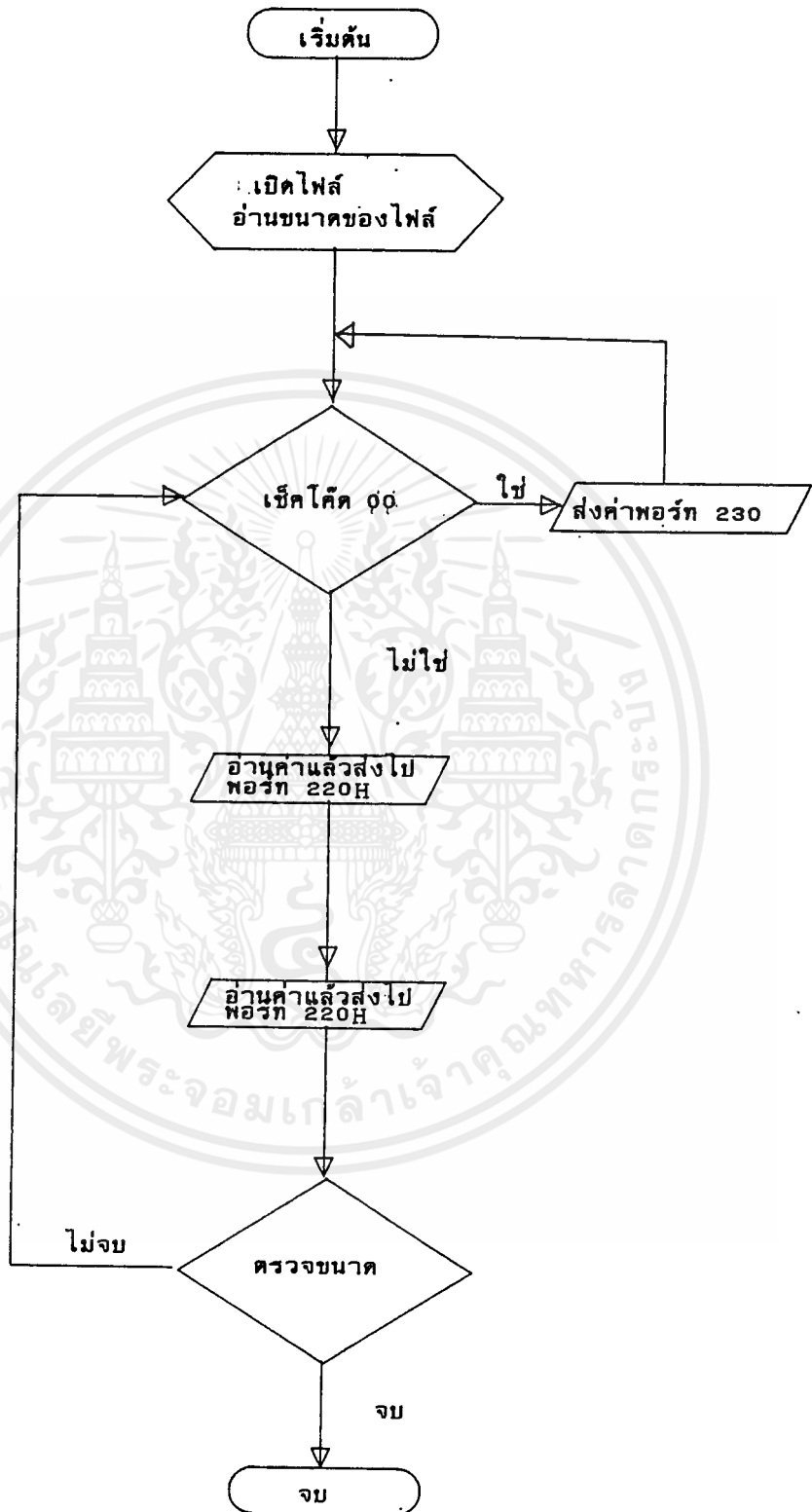


รูปที่ 26. ไฟล์ชาร์ทของโปรแกรมคอนเวิร์ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ส่วนรับส่งข้อมูล

ส่วนนี้จะเป็นส่วนการทำงานที่คงที่ คือทำหน้าที่นำข้อมูลที่ได้มาจาก การแปลง จากข้อ 3.1 ซึ่งมีอยู่ 3 กระบวนการนั้น โดยรับเข้ามาและส่งออกไปยังชุดติดต่อดัง ระหว่างคอมพิวเตอร์กับกลไกการสร้างภาพต่อไปนี้จะ เรียกว่า ชุดอินเตอร์เฟส ดูจากชุดอินเตอร์เฟส แล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลที่จะรับหรืออ่านมาจาก ไฟล์ .BIN โดยเริ่มต้นข้อมูลตัวแรกจะเป็นค่าของ X ตัวที่สองก็จะเป็นค่าของ Y สลับกันไปเรื่อยๆ เมื่ออ่านค่าของ X ก็จะทำกาส่งค่าออกที่พอร์ทหมายเลข 210 H ถ้า เป็นข้อมูลของ Y ก็จะทำกาส่งข้อมูลออกที่พอร์ทหมายเลข 220 H แต่ในกรณีที่ค่า ที่อ่านได้มีค่าเท่ากับศูนย์ ทั้ง X และ Y ก็จะส่งค่าไปที่พอร์ทหมายเลข 230 H เพื่อทำการปิดลำแสงเลเซอร์ แล้วถ้าพบค่าศูนย์อย่างนี้อีก ให้ทำการส่งค่าไปที่ พอร์ทหมายเลข 230 H เพื่อทำการเปิดลำแสงเลเซอร์ เป็นอย่างนี้สลับกันไป ตลอดจนสิ้นสุดไฟล์ โดยทำการเช็คการสิ้นสุดไฟล์ด้วยค่าของตัวเลขบอกขนาดของ ไฟล์ .BIN ก็จะกลับไปทำอ่านจุดเริ่มต้นใหม่อีก กระบวนการที่กล่าวมานี้สามารถอธิบายด้วย โพลีชาร์ท ดังรูปที่ 27. ส่วนของการรับส่งข้อมูลนี้เป็นหลัก การพื้นฐานที่ยังสามารถนำไป ประยุกต์การแสดงรูปแบบต่างๆได้อีก เช่น การขยายภาพ การหดภาพ และการเลื่อนภาพไปตามต้องการ เป็นต้น



รูปที่ 27 ไฟล์ชาร์ทแสดงการเขียนโปรแกรมรับส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### การทดลอง และ สรุปผลการทดลอง

#### การทดลอง

เมื่อทุกส่วนของระบบพร้อม ก็ให้ทำการต่อระบบทั้งหมด ดังรูปที่ 28. แล้วก็ สามารถทำการทดลองโดยการเขียนโปรแกรมเพื่อทดลองการทำงานของระบบได้ โดยทำบนคอมพิวเตอร์เท่านั้น ซึ่งดำเนินการทดลองขั้นแรกโดยการเขียนโปรแกรมเพื่อทดลองหาขอบเขตของการยิงภาพ และการตั้งค่าต่าง ๆ ทาง ฮาร์ดแวร์ สามารถเขียนโปรแกรมภาษา ซี ได้ตั้ง โปรแกรมที่หนึ่ง

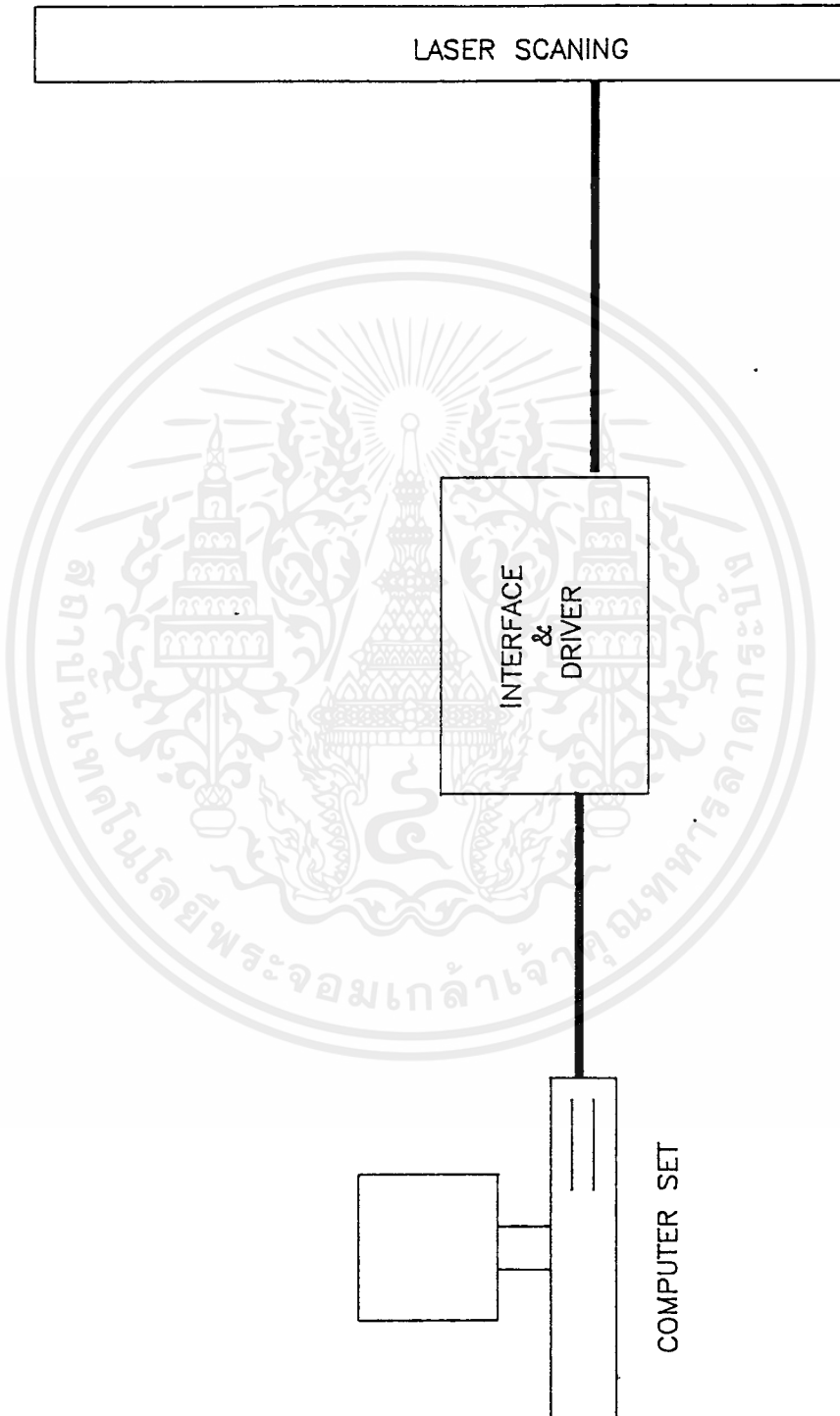
สามารถอธิบายการทำงานของโปรแกรมได้ว่า เริ่มต้นทำการกำหนดค่าของตัวแปรชื่อ X Y BLANK ให้มีค่าเท่ากับหมายเลขพอร์ตตั้งที่กำหนดไว้ข้างต้น จากนั้นทำการกำหนดตัวแปรที่จะต้องใช้ในการเพิ่มลดค่าได้ แล้วเริ่มส่งค่าออกไปควบคุมกลไกการสร้างภาพ โดยจุดแรกคือ  $X = 1, Y = 1$  จากนั้นทำการเปลี่ยนค่าของ X โดยเพิ่มทีละหนึ่งโดยใช้ตัวแปรที่ได้กำหนดไว้ตอนต้น จนถึงค่าเท่ากับ 254 แล้วก็ทำการเพื่อค่าของ Y ทีละหนึ่งเช่น จากนั้นทำการลดค่าของ X และ Y ตามลำดับ จนกลับไปยังจุด  $X = 1, Y = 1$  อีก ให้ทำการวนลูปรการทำงานไปเรื่อยจนมีการกดแป้นพิมพ์ จึงหยุด

เมื่อทดลองให้โปรแกรมทำงาน จะทำให้กลไกการสร้างภาพแสดงภาพ ลี เหลี่ยมขึ้น ซึ่งนั่นคือ ขอบเขตของการแสดงภาพ โดยภาพที่ได้ในตอนแรกนั้นจะมีภาพที่ไม่ค่อยจะสมบูรณ์นัก ก็สามารถปรับแต่งให้สมบูรณ์ได้จากการปรับชุด ชิป กาวานอมิเตอร์ จนกว่าจะได้ภาพที่เป็นสี่เหลี่ยมที่สมบูรณ์ เพราะว่าถ้ามีการแสดงภาพต่อไปจะได้ไม่มีปัญหา

การทดลองต่อไป ทำการเขียนโปรแกรม ดังโปรแกรมที่สอง และโปรแกรมที่สาม โดยนำเอาหลักการที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อของการออกแบบ ซึ่งจะเป็นโปรแกรม คอนเวร์ท และ โปรแกรม รับส่งข้อมูล

เมื่อทำการเขียนโปรแกรมเสร็จแล้ว ก็ทำการทดลองโดยการเขียนโปรแกรม ACAD เขียนภาพ วงกลม และ ลี เหลี่ยมดังรูปที่ 29. แล้วทำตามขั้นตอนที่กล่าวไว้ในหัวข้อการออกแบบ คือ สร้างไฟล์ .PLT จากโปรแกรม ACAD แล้วนำไป คอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 28 การต่อใช้งานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรมที่หนึ่ง

```

#include<stdio.h>
#include<conio.h>

#define X 0x220
#define Y 0x210
#define BLANK 0x230
main()
{
    unsigned int count;
    outportb(BLANK,0); /*open blanking*/
do
    {
        for(count=1; count<=254; count++)
            { outportb(X,count); outportb(Y,1); }
        for(count=1; count<=254; count++)
            { outportb(X,254); outportb(Y,count); }
        for(count=254; count>=1; count--)
            { outportb(X,count); outportb(Y,254); }
        for(count=254; count>=1; count--)
            { outportb(X,1); outportb(Y,count); }
    }
    while(bioskey(0)==1);
    getch();
    outportb(BLANK,254); /*close blanking*/
}

```

```

#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <graphics.h>

#define NO 0
#define YES 100
#define Size 6000
#define MaxFile 10
#define X_AXIS 0x220
#define Y_AXIS 0x210
#define BLANK . 0x230

int pptrn=0,i=0,blank=YES,x_off,y_off;
long int count[MaxFile];
unsigned char Data[MaxFile][Size];

main(int argc,char *argv[])
{
    int count;

    if(argc<2)
    {
        printf("\nUsage : SHOW [d:path]file[.bin]");
        printf("\n          10 files max.\n");
        exit(0);
    }
    else
    {
        for(count=1;count<argc;count++)
            Load_File(argv[count],count-1);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    Show(argc);
    closegraph();
}

Dot(int x,int y)
{
    outportb(X_AXIS,x);
    outportb(Y_AXIS,y);
}

Show(int max_pttr)
{
    int ch=32;
    unsigned char x,y;

    x_off = getmaxx()/2 - 128;
    y_off = getmaxy()/2 - 128;

    outportb(BLANK,blank);

    i = 4;
    while(ch!=27)
    {
        while(i<count[pttrn])
        {
            x = Data[pttrn][i];
            ++i;
            y = Data[pttrn][i];
            ++i;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(x != y)
    Dot(x,y);
else
    Blank();
}
if(kbhit())
{
    ch = getch();
    if(ch==0)
        ch = getch();
    if(ch==73)
    {
        if(pttrn<max_pttr-2)
        {
            clearviewport();
            ++pttrn;
            i = 4;
            blank = NO;
            Blank();
        }
    }
    else if(ch==81)
    {
        if(pttrn)
        {
            clearviewport();
            --pttrn;
            i = 4;
            blank = NO;
            Blank();
        }
    }
}

```

```

        }
    }
}

if(i>=count[pttrn])
    i = 4;
}
}

Load_File(char *filename,int filenum)
{
    int ch;
    FILE *fp;
    char FileName[50];

    strcpy(FileName,filename);
    if(!strpbrk(FileName,(".")))
        strcat(FileName, ".bin");
    i = 0;
    if(fp=fopen(FileName,"rb"))
    {
        while((ch=fgetc(fp)) != EOF)
        {
            Data[filenum][i] = ch;
            i++;
        }
        count[filenum] = i;
        fclose(fp);
    }
    else
    {

```

```
strupr(FileName);  
printf("\nCan't open file %c%s%c.\n",34,FileName,34);  
exit(0);  
}  
}
```

```
Blank()  
{  
    if(blank)  
    {  
        blank = NO;  
        outportb(BLANK,0);  
    }  
    else  
    {  
        blank = YES;  
        outportb(BLANK,50);  
    }  
}
```

```

#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <graphics.h>

#define NO 0
#define YES 1
#define Size 6002

int count=0,i=0;
int Xmax=0,Ymax=0,Xmin=255,Ymin=255;
char string[10]="";
unsigned char Data[Size];

main(int argc,char *argv[])
{
    char sourcefile[50],outputfile[50];

    while(kbhit())
        getch();

    printf("Convert plotter file [ .PLT ] to binary
           file [ .BIN ]\n");

    if(argc<3)
    {
        sourcefile[0] = NULL;
        printf("\nSource filename [ .PLT ]: ");
        while(sourcefile[0]==NULL)
        {
            gets(sourcefile);

```

```

   strupr(sourcefile);
    if(sourcefile[0]==NULL)
        printf("Please enter source filename [.PLT]: ");
    }
    if(!strpbrk(sourcefile, "."))
        strcat(sourcefile, ".PLT");
    strcpy(string, sourcefile);
    while(string[i])
        ++i;
    strcpy(&string[i-3], "BIN");
    printf("Output filename [%s]: ", string);
    gets(outputfile);
    if(outputfile[0])
    {
        if(!strpbrk(outputfile, "."))
            strcat(outputfile, ".BIN");
    }
    else
        strcpy(outputfile, string);
}
else
{
    strcpy(sourcefile, argv[1]);
    strcpy(outputfile, argv[2]);
    if(!strpbrk(sourcefile, "."))
        strcat(sourcefile, ".PLT");
    if(!strpbrk(outputfile, "."))
        strcat(outputfile, ".BIN");
   strupr(sourcefile);
   strupr(outputfile);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

printf("\n\tSource file %s",sourcefile);
printf("\n\tOutput file %s\n",outputfile);
}
Convert_Data(sourcefile);
count -= 2;
Set_To_Center();
Save_To_File(outputfile);
printf("\n\t%d bytes outputfile.\n",count);
}

Convert_Data(char *filename)
{
FILE *fp;
register int ch;

if(fp=fopen(filename,"rb"))
{
while((ch=fgetc(fp)) != EOF)
{
string[i] = ch;
++i;
if(ch==';')
{
Check_Command();
i = 0;
while(string[i])
{
string[i] = NULL;
++i;
}
}
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        i = 0;
    }
}
fclose(fp);
}
else
{
    printf("\nCan't open source file.\n");
    exit(0);
}
}

```

```

Check_Command()

```

```

{
    register int j=0,k=0;
    static int x1,y1,x2,y2;
    static int BLANK = YES;
    char x_char[10]="",y_char[10]="";

    if(string[0]=='P')
    {
        if(string[1]=='A')
        {
            while(string[j+2] != ',')
            {
                x_char[j] = string[j+2];
                ++j;
            }

            j += 3;

            while(string[j+k] != ';')

```

```

{
    y_char[k] = string[j+k];
    ++k;
}
if(BLANK)
{
    x1 = x2 = Calculate(x_char);
    y1 = y2 = Calculate(y_char);
    Dot(x1,y1);
}
else
{
    x1 = x2;
    y1 = y2;
    x2 = Calculate(x_char);
    y2 = Calculate(y_char);
    if((abs(x2-x1) > 1) || (abs(y2-y1) > 1))
        Line(x1,y1,x2,y2);
    else
        Dot(x2,y2);
}
}
else if(string[1]=='U' || string[1]=='D')
{
    Dot(0,0);
    if(string[1]=='U')
        BLANK = YES;
    else
        BLANK = NO;
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
}

Calculate(char val_char[10])
{
    int left, val;

```

```

    val = atoi(val_char);
    left = val%40;
    val = val/40;
    if(left>20)
        ++val;
    return(val);
}

```

```

Dot(int x,int y)
{
    Write_Data(x);
    Write_Data(y);
    if(x != y)
    {
        if(x>Xmax)
            Xmax = x;
        else if(x<Xmin)
            Xmin = x;
        if(y>Ymax)
            Ymax = y;
        else if(y<Ymin)
            Ymin = y;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
```

```

Line(int x1,int y1,int x2,int y2)
```

```

{
```

```

    register int distance,incx,incy,x=0,y=0,delta_x,delta_y;
```

```

    delta_x = x2-x1;
```

```

    delta_y = y2-y1;
```

```

    if(delta_x > 0) incx = 1;
```

```

    else if(delta_x==0) incx = 0;
```

```

    else incx = -1;
```

```

    if(delta_y > 0) incy = 1;
```

```

    else if(delta_y==0) incy = 0;
```

```

    else incy = -1;
```

```

    delta_x = abs(delta_x);
```

```

    delta_y = abs(delta_y);
```

```

    distance = delta_x > delta_y ? delta_x : delta_y;
```

```

    for(i=0;i<distance;i++)
```

```

    {
```

```

        x += delta_x;
```

```

        y += delta_y;
```

```

        if(x>=distance/2)
```

```

        {
```

```

            x -= distance;
```

```

            x1 += incx;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    if(y>=distance/2)
    {
        y -= distance;
        y1 += incy;
    }
    Dot(x1,y1);
}
}

Save_To_File(char *filename)
{
    FILE *fp;
    int x_off,y_off;

    if((fp=fopen(filename,"wb")) && count<Size)
    {
        for(i=0;i<count;i++)
            fputc(Data[i],fp);
        fclose(fp);
    }
    else
    {
        printf("\nCan't open output file.\n");
        exit(0);
    }
}
}

```

```
Write_Data(int val)
```

```
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(count<Size)
{
    Data[count] = val;
    count++;
}
else
{
    closegraph();
    printf("\nError.\nFile too big !");
    exit(0);
}
}

Set_To_Center()
{
    int x_off,y_off;

    x_off = 255 - ((255-(Xmax-Xmin)) / 2) - Xmax;
    y_off = 255 - ((255-(Ymax-Ymin)) / 2) - Ymax;

    Data[0] = Xmin;
    Data[1] = Ymin;
    Data[2] = Xmax;
    Data[3] = Ymax;

    i = 0;
    while(i<count)
    {
        if(Data[i] != Data[i+1])

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{  
    Data[i] += x_off;  
    ++i;  
    Data[i] += y_off;  
    ++i;  
}  
else  
    i += 2;  
}
```



เวิร์กด้วยโปรแกรมที่สองที่เขียนเตรียมไว้แล้ว ทำให้ได้ไฟล์ .BIN จากนั้นเอาไฟล์ที่ได้มาทำการรับส่งข้อมูลไปควบคุม กลไกการสร้างภาพ ปรากฏว่า ชุดกลไกการสร้างภาพสามารถ สร้างภาพตามที่เขียนที่โปรแกรม ACAD ได้อย่างสมบูรณ์

### สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองที่ผ่านสามารถสรุปได้เป็น 2 กรณี คือ กรณีการใช้งาน และกรณีการนำไปประยุกต์และพัฒนาต่อไปในอนาคต

#### การนำไปใช้งาน

1. การเคลื่อนย้ายสถานที่ ที่จะแสดงภาพทุกครั้งจะต้องมีการ ปรับแต่ง ส่วนของ ฮาร์ดแวร์ โดยใช้โปรแกรม ภาพสีเหลี่ยม
2. ขนาดของภาพขึ้นอยู่กับ ระยะทาง จากชุดกลไกการสร้างภาพ ถึง ฉากรับภาพที่แสดง
3. จะต้องใช้ คอมพิวเตอร์ ตั้งแต่ 386 XS ขึ้นไป เพราะถ้าต่ำกว่านี้ จะมีปัญหาในเรื่องของความเร็วในการ แสดงภาพไม่พอ ภาพจะกระพริบ
4. ถ้าใช้ คอมพิวเตอร์ 486 ขึ้นไปความเร็วจะสูงเกินไป ทำให้ภาพที่แสดง ผิดเพี้ยนมาก จะต้องทำการหน่วง เวลาในการแสดงแต่ละจุดโดยแก้ไขโปรแกรม
5. อุปกรณ์ที่ใช้ใน ฮาร์ดแวร์ จะต้องใช้อุปกรณ์ที่มีการคัดเลือกคุณภาพ
6. การใช้งานควรอยู่ในที่ที่มีอากาศ สามารถระบายความร้อนได้สะดวก

#### การนำไปประยุกต์ใช้งานต่อ

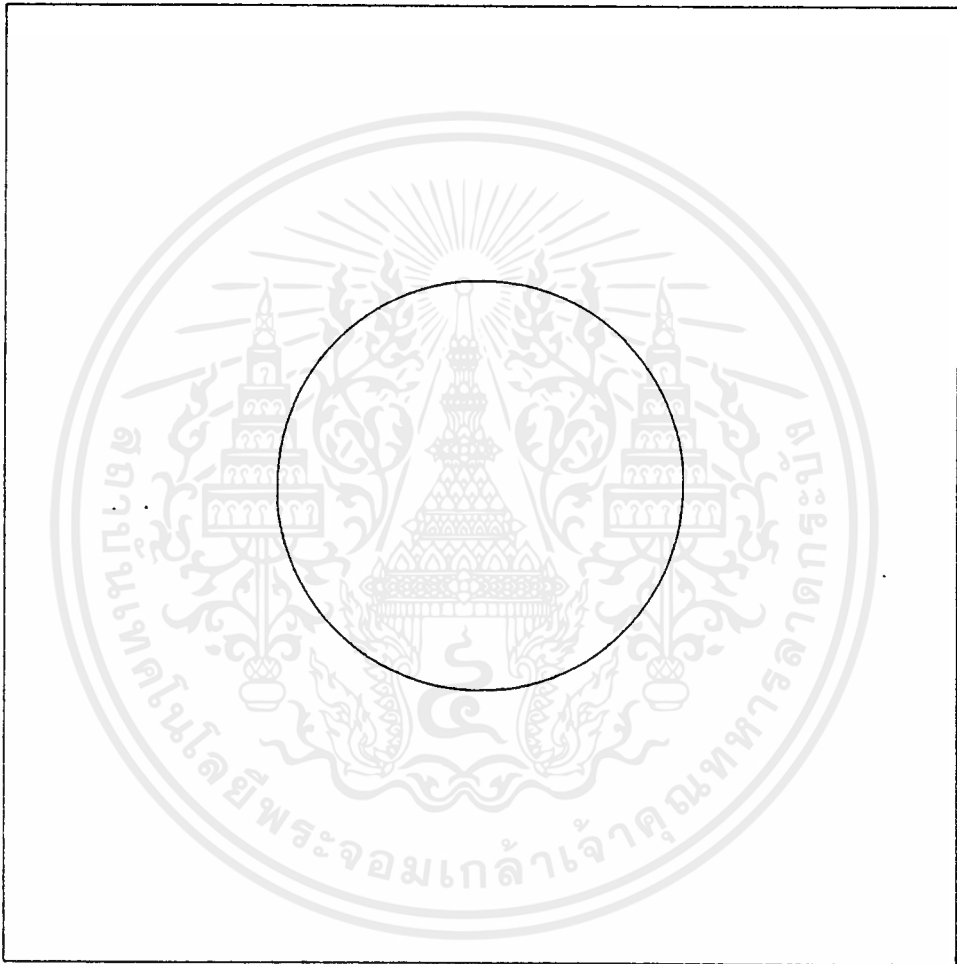
ที่ทำการทดลองมาเป็นเพียงการทดลองถึงความสามารถพื้นฐาน ของอุปกรณ์ที่ใช้เป็นกลไกการสร้างภาพเท่านั้น ผลที่ได้คือสามารถทำงานได้ ฉะนั้นการนำไป

พัฒนาต่อไปจะสามารถทำได้ 2 รูปแบบ คือ

1. พัฒนาตัว โปรแกรมให้มีความสามารถมากขึ้น โดยการเพิ่มลูกเล่นต่างเข้าไป ตลอดการทำภาพเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พัฒนาการ ฮาร์ดแวร์ โดยเพิ่มชุดกลไกการสร้างภาพและใช้แสงเลเซอร์สีอื่น เช่น เพิ่ม สีเขียว สีน้ำเงิน เป็นต้น แล้วทำการเขียนโปรแกรมควบคุมให้ทั้งหมด ทำงานแบบสัมพันธ์กัน ก็สามารถแสดงภาพสีต่างได้อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มรายละเอียดของภาพได้มากขึ้นด้วย



รูปที่ 29 ตัวอย่างรูปที่วาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาณิพนธ์ฉบับนี้ เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยการสนับสนุนจากหลายบุคคลทั้ง การสนับสนุนด้านงบประมาณ ด้านการให้แนวความคิด รวมถึงข้อมูลสำคัญต่างๆ และเอื้ออำนวย สถานที่ใช้ในการทดลอง ผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณด้วยความเคารพ และนับถือบุคคลต่อไปนี้

คุณสุเทพ วิจิษฐ์โยธิน ประธานกรรมการ บริษัท ไตเทค ออดีโอ จำกัด

อาจารย์สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา

คณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรมทุกท่าน

นาย ชนัญ คุณวุฒิพร

19 มีนาคม 2536

หนังสืออ้างอิง

RONALD L. KRUTZ, PH.D, "INTERFACING TECHNIQUES IN DIGITAL DESIGN WITH EMPHASIS ON MICRO PROCESSORS"

JOHN WILEY & SONS, 1983

RAMAKANTA. GAYAKWAD, "OP-AMPS AND LINEAR INTEERATED CIRCUITS "

PRENTICE-HALL, 1988

LEWIS C. EGGBRECHT, "INTERFACING TO THE IBM PERSONAL COMPUTER"

HAWARD W. SAMS, 1983

GORDON MCCOMB, "THE LASER COOKBOOK" UNITED STATES OF AMERICA,

TAB BOOKS INC 1988

บันทึก จามรภูติ " ฮาร์ดแวร์ ไมโครคอมพิวเตอร์ 8088 , 80286 , 80386 "

บริษัท ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด พ.ศ. 2534

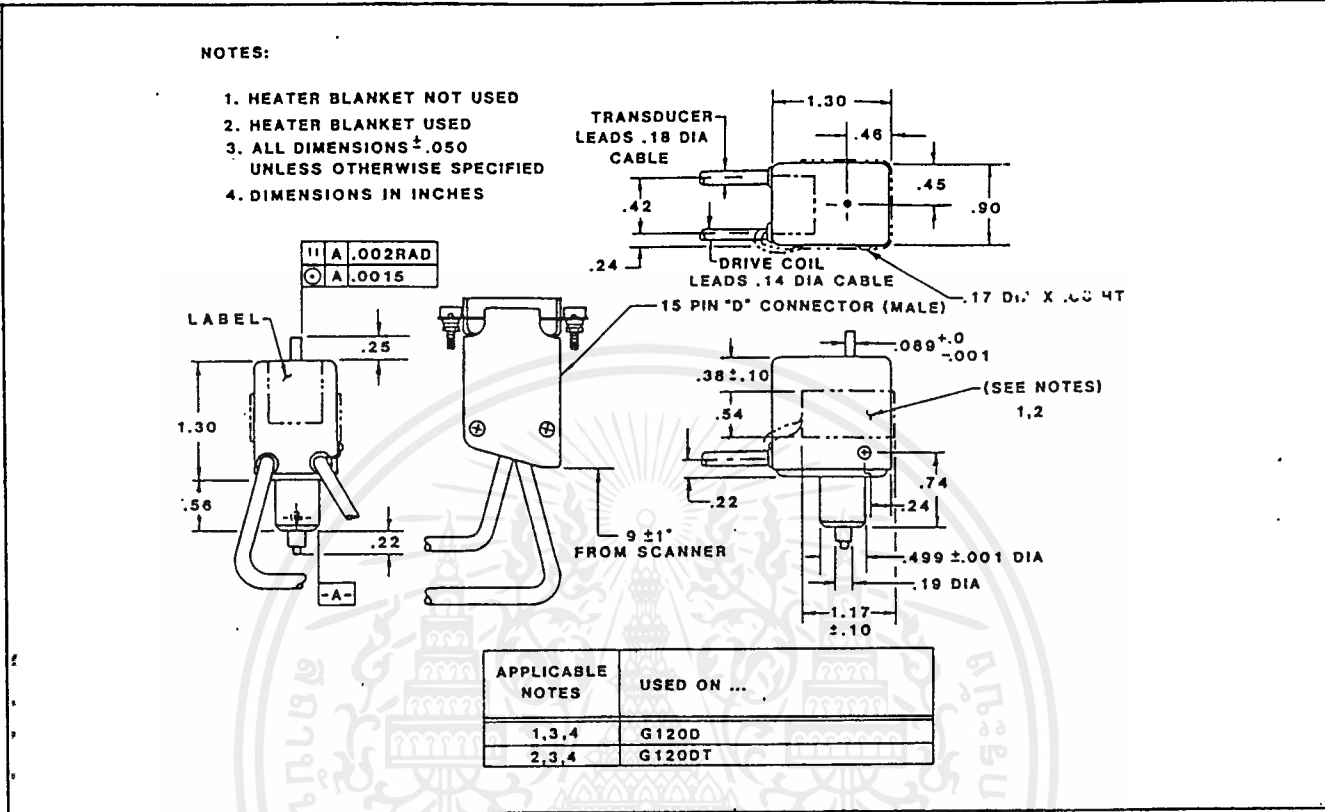


ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**G120D, DT OPTICAL SCANNERS**

Outline Drawing: G120D, DT



**SPECIFICATIONS (nominal values)**

**Torque Driver**  
 Torque Constant 0.006 Nm/A (coils wired in parallel)  
 Armature Inertia 0.028 g-cm<sup>2</sup>  
 Coil Resistance (per coil) 3.8 ohms  
 Coil Inductance (per coil) 2.2 mH  
 Excursion Range 40° P-T-P max.

**Position Transducer**  
 Angular Sensitivity 16  $\mu$ A/degree (Differential into 0 ohm load)  
 Linearity  $\pm 0.3\%$  of P-T-P or better  
 Supply Voltage +12 Vdc max., AGC controlled

**T Type Specifications**  
 Thermistor Resistance 500 ohms at 25°C (Measured from pin 15 to pin 13)  
 Heater Resistance 120 ohm  
 Weight: 6 oz.  
 Finish: Black Anodize

Reference: General Scanning: Users Manual  
Galvanometer Scanners

- Connector Pin Assignments (wire color)**
1. Drive Coil (red)
  2. Drive Coil (yellow)
  3. Position Output (-) (black)
  4. Position Output common (orange)
  5. Heater - T type (red)
  6. N/C
  7. Heater - T type (red)
  8. Oscillator supply voltage (+) (white)
  9. Drive Coil (green)
  10. Drive Coil (black)
  11. Position Output (+) (red)
  12. AGC Output (violet)
  13. Oscillator supply voltage common (brown)
  14. N/C
  15. Thermistor - T type (blue)

Note 1: To wire drive coils in series, connect black to green and drive red and yellow.  
 Note 2: To wire drive coils in parallel, connect red to green and black to yellow.  
 Note 3: All angles in terms of actual beam rotation.  
 Note 4: For additional specifications, consult the factory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**LM124, LM224,  
 LM324, LM324A  
 LM2902**

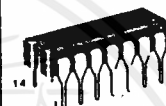
**QUAD DIFFERENTIAL  
 INPUT  
 OPERATIONAL AMPLIFIERS**

**SILICON MONOLITHIC  
 INTEGRATED CIRCUIT**

**QUAD LOW POWER OPERATIONAL AMPLIFIERS**

The LM124 Series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. These have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 Volts or as high as 32 Volts with quiescent currents about one fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 to 32 Volts
- Low Input Bias Currents: 100 nA Max (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts



**J SUFFIX  
 CERAMIC PACKAGE  
 CASE 632**



**N SUFFIX  
 PLASTIC PACKAGE  
 CASE 646  
 (LM224, LM324,  
 LM2902 Only)**



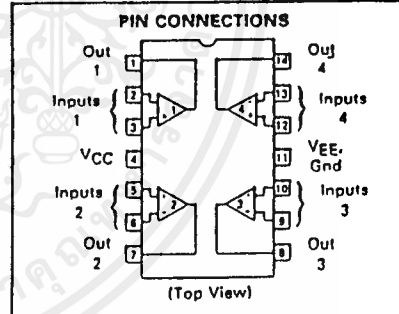
**D SUFFIX  
 PLASTIC PACKAGE  
 CASE 751A  
 (SO-14)**

**MAXIMUM RATINGS (T<sub>A</sub> = +25°C unless otherwise noted)**

Rating	Symbol	LM124 LM224 LM324A	LM2902	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	V <sub>CC</sub> V <sub>CC</sub> , V <sub>EE</sub>	32 ±16	28 ±13	V <sub>dc</sub>
Input Differential Voltage Range (1)	V <sub>IDR</sub>	±32	±28	V <sub>dc</sub>
Input Common Mode Voltage Range	V <sub>ICR</sub>	-0.3 to 32	-0.3 to 28	V <sub>dc</sub>
Input Forward Current (2) (V <sub>I</sub> < -0.3 V)	I <sub>IF</sub>	50	—	mA
Output Short Circuit Duration	t <sub>S</sub>	Continuous		
Junction Temperature Ceramic Package Plastic Packages	T <sub>J</sub>	175 150		°C
Storage Temperature Range Ceramic Package Plastic Packages	T <sub>stg</sub>	-85 to +150 -55 to +125		°C
Operating Ambient Temperature Range LM124 LM224 LM324 LM324A LM2902	T <sub>A</sub>	-55 to +125 -25 to +85 0 to +70 0 to +70 —	— — — — -40 to +105	°C

**NOTES:**

- (1) Split Power Supplies.  
 (2) This input current will only exist when the voltage is negative at any of the input leads.  
 Normal output states will reestablish when the input voltage returns to a voltage greater than -0.3 V.



**ORDERING INFORMATION**

Device	Temperature Range	Package
LM124J	-55 to +125°C	Ceramic DIP
LM2902D	-40 to +105	SO-14
LM2902N		Plastic DIP
LM2902J	-40 to +85°C	Ceramic DIP
LM224D	-25 to +85°C	SO-14
LM224J		Ceramic DIP
LM224N		Plastic DIP
LM324AD	0 to +70°C	SO-14
LM324AN		Plastic DIP
LM324D		SO-14
LM324J		Ceramic DIP
LM324N		Plastic DIP

# LM124, LM224, LM324, A, LM2902

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V<sub>CC</sub> = 5.0 V, V<sub>EE</sub> = Gnd, T<sub>A</sub> = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	LM124/LM224			LM224A			LM324			LM2902			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage V <sub>IO</sub> V <sub>CC</sub> = 5.0 V to 30 V (28 V for LM2902), V <sub>CR</sub> = 0 V to V <sub>CC</sub> - 1.7 V, V <sub>O</sub> = 0 V, R <sub>S</sub> = 0 Ω T <sub>A</sub> = 25°C T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> (Note 1)	V <sub>IO</sub>	—	2.0	5.0	—	2.0	3.0	—	2.0	7.0	—	7.0	7.0	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> (Note 1)	ΔV <sub>IO</sub> /ΔT	—	7.0	—	—	7.0	30	—	7.0	—	—	—	—	μV/°C
Input Offset Current T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> (Note 1)	I <sub>IO</sub>	—	3.0	30	—	5.0	30	—	5.0	50	—	50	50	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> (Note 1)	ΔI <sub>IO</sub> /ΔT	—	10	—	—	10	300	—	10	—	—	—	—	pA/°C
Input Bias Current T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> (Note 1)	I <sub>IB</sub>	—	-90	-150	—	-45	-100	—	-90	-250	—	-90	-250	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 2) V <sub>CC</sub> = 30 V (28 V for LM2902) V <sub>CC</sub> = 30 V (28 V for LM2902), T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub>	V <sub>ICR</sub>	0	—	28.3	0	—	28.3	0	—	28.3	0	—	24.3	V
Differential Input Voltage Range	V <sub>IDR</sub>	0	—	V <sub>CC</sub>	—	—	V <sub>CC</sub>	—	—	V <sub>CC</sub>	—	—	V <sub>CC</sub>	V
Large Signal Open-Loop Voltage Gain R <sub>L</sub> = 2.0 kΩ, V <sub>CC</sub> = 15 V, For Large V <sub>O</sub> Swing, T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> (Note 1)	AVOL	50	100	—	25	100	—	25	100	—	—	—	—	V/mV
Channel Separation 1.0 kHz ≤ f ≤ 20 kHz, Input Referenced	—	—	-120	—	—	-120	—	—	-120	—	—	—	-120	dB
Common-Mode Rejection Ratio R <sub>S</sub> ≤ 10 kΩ	CMRR	70	85	—	65	70	—	65	70	—	50	70	—	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	85	100	—	65	100	—	65	100	—	50	100	—	dB
Output Voltage Range R <sub>L</sub> = 2.0 kΩ (R <sub>L</sub> ≥ 10 kΩ for LM2902)	V <sub>OR</sub>	0	—	3.3	0	—	3.3	0	—	3.3	0	—	3.3	V
Output Voltage — High Limit (T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> ) (Note 1) V <sub>CC</sub> = 30 V (28 V for LM2902), R <sub>L</sub> = 2.0 kΩ V <sub>CC</sub> = 30 V (28 V for LM2902), R <sub>L</sub> = 10 kΩ	V <sub>OH</sub>	26	—	—	26	—	—	26	—	26	—	22	—	V
Output Voltage — Low Limit V <sub>CC</sub> = 5.0 V, R <sub>L</sub> = 10 kΩ, T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> (Note 1)	V <sub>OL</sub>	—	5.0	20	—	5.0	20	—	5.0	20	—	5.0	100	mV
Output Source Current (V <sub>IO</sub> = -1.0 V, V <sub>CC</sub> = 15 V) T <sub>A</sub> = 25°C T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> (Note 1)	I <sub>O+</sub>	20	40	—	20	40	—	20	40	—	20	40	—	mA
Output Sink Current V <sub>IO</sub> = -1.0 V, V <sub>CC</sub> = 15 V T <sub>A</sub> = 25°C T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> (Note 1)	I <sub>O-</sub>	10	20	—	10	20	—	10	20	—	10	20	—	mA
Output Short Circuit to Ground (Note 3)	I <sub>OS</sub>	—	40	60	—	40	60	—	40	60	—	40	60	mA
Power Supply Current (T <sub>A</sub> = T <sub>high</sub> to T <sub>low</sub> ) (Note 1) V <sub>CC</sub> = 30 V (28 V for LM2902), V <sub>O</sub> = 0 V, R <sub>L</sub> = ∞ V <sub>CC</sub> = 5.0 V, V <sub>O</sub> = 0 V, R <sub>L</sub> = ∞	I <sub>CC</sub>	—	—	3.0	—	1.4	3.0	—	—	—	—	—	—	mA
		—	—	1.2	—	0.7	1.2	—	—	—	—	—	—	mA

**NOTES:**

- (1) T<sub>low</sub> = -55°C for LM124      T<sub>high</sub> = +125°C for LM124
- = -40°C for LM2902        = +85°C for LM224
- = -25°C for LM224         = +70°C for LM324,A
- = 0°C for LM324,A         = +105°C for LM2902

(2) The input common-mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common-mode voltage range is V<sub>CC</sub> - 1.7 V.

(3) Short circuits from the output to V<sub>CC</sub> can cause excessive heating and eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.



## MC1408, MC1508

MAXIMUM RATINGS (T<sub>A</sub> = +25°C unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	+5.5	Vdc
	V <sub>EE</sub>	-16.5	
Digital Input Voltage	V <sub>5</sub> thru V <sub>12</sub>	0 to +5.5	Vdc
Applied Output Voltage	V <sub>O</sub>	+0.5,-5.2	Vdc
Reference Current	I <sub>14</sub>	5.0	mA
Reference Amplifier Inputs	V <sub>14</sub> ,V <sub>15</sub>	V <sub>CC</sub> ,V <sub>EE</sub>	Vdc
Operating Temperature Range	T <sub>A</sub>	MC1508	-55 to +125
		MC1408 Series	0 to +75
Storage Temperature Range	T <sub>stg</sub>	-65 to +150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V<sub>CC</sub> = +5.0 Vdc, V<sub>EE</sub> = -15 Vdc,  $\frac{V_{ref}}{R_{14}} = 2.0$  mA, MC1508L8: T<sub>A</sub> = -55°C to +125°C, MC1408L Series: T<sub>A</sub> = 0 to +75°C unless otherwise noted. All digital inputs at high logic level.)

Characteristic	Figure	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Relative Accuracy (Error relative to full scale I <sub>O</sub> ) MC1508L8, MC1408L8, MC1408P8 MC1408P7, MC1408L7, See Note 1 MC1408P6, MC1408L6, See Note 1	4	E <sub>r</sub>	-	-	±0.19 ±0.39 ±0.78	%
Settling Time to within ±1/2 LSB (includes t <sub>PLH</sub> ) (T <sub>A</sub> = +25°C) See Note 2	5	t <sub>S</sub>	-	300	-	ns
Propagation Delay Time T <sub>A</sub> = +25°C	5	t <sub>PLH</sub> , t <sub>PHL</sub>	-	30	100	ns
Output Full Scale Current Drift		TCI <sub>O</sub>	-	-20	-	PPM/°C
Digital Input Logic Levels (MSB) High Level, Logic "1" Low Level, Logic "0"	3	V <sub>IH</sub> V <sub>IL</sub>	2.0 -	-	- 0.8	Vdc
Digital Input Current (MSB) High Level, V <sub>IH</sub> = 5.0 V Low Level, V <sub>IL</sub> = 0.8 V	3	I <sub>IH</sub> I <sub>IL</sub>	- -	0 -0.4	0.04 -0.8	mA
Reference Input Bias Current (Pin 15)	3	I <sub>15</sub>	-	-1.0	-5.0	µA
Output Current Range V <sub>EE</sub> = -5.0 V V <sub>EE</sub> = -15 V, T <sub>A</sub> = 25°C	3	I <sub>OR</sub>	0 0	2.0 2.0	2.1 4.2	mA
Output Current V <sub>ref</sub> = 2.000 V, R <sub>14</sub> = 1000 Ω	3	I <sub>O</sub>	1.9	1.99	2.1	mA
Output Current (All bits low)	3	I <sub>O(min)</sub>	-	0	4.0	µA
Output Voltage Compliance (E <sub>r</sub> ≤ 0.19% at T <sub>A</sub> = +25°C) Pin 1 grounded Pin 1 open, V <sub>EE</sub> below -10 V	3	V <sub>O</sub>	-	-	-0.55, +0.4 -5.0, +0.4	Vdc
Reference Current Slew Rate	6	SR I <sub>ref</sub>	-	4.0	-	mA/µs
Output Current Power Supply Sensitivity		PSRR(-)	-	0.5	2.7	µA/V
Power Supply Current (All bits low)	3	I <sub>CC</sub> I <sub>EE</sub>	-	+13.5 -7.5	+22 -13	mA
Power Supply Voltage Range (T <sub>A</sub> = +25°C)	3	V <sub>CCR</sub> V <sub>EE</sub>	+4.5 -4.5	+5.0 -15	+5.5 -16.5	Vdc
Power Dissipation All bits low V <sub>EE</sub> = -5.0 Vdc V <sub>EE</sub> = -15 Vdc All bits high V <sub>EE</sub> = -5.0 Vdc V <sub>EE</sub> = -15 Vdc	3	P <sub>D</sub>	- -	105 190	170 305	mW

Note 1. All current switches are tested to guarantee at least 50% of rated output current.

Note 2. All bits switched.

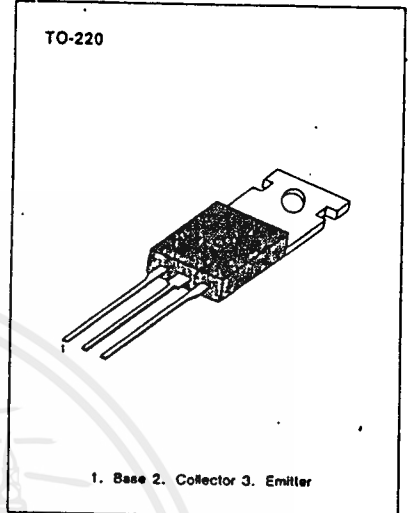
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## MEDIUM POWER LINEAR SWITCHING APPLICATIONS

• Complement to TIP42/42A/42 B/42C

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ( $T_a = 25^\circ\text{C}$ )

Characteristic	Symbol	Rating	Unit
Collector-Base Voltage : TIP41	$V_{cbo}$	40	V
: TIP41A		60	V
: TIP41B		80	V
: TIP41C		100	V
Collector-Emitter Voltage : TIP41	$V_{ceo}$	40	V
: TIP41A		60	V
: TIP41B		80	V
: TIP41C		100	V
Emitter-Base Voltage	$V_{ebo}$	5	V
Collector Current (DC)	$I_c$	6	A
Collector Current (Pulse)	$I_c$	10	A
Base Current	$I_b$	2	A
Collector Dissipation ( $T_c = 25^\circ\text{C}$ )	$P_c$	65	W
Collector Dissipation ( $T_a = 25^\circ\text{C}$ )	$P_c$	2	W
Junction Temperature	$T_j$	150	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature	$T_{stg}$	-65~150	$^\circ\text{C}$



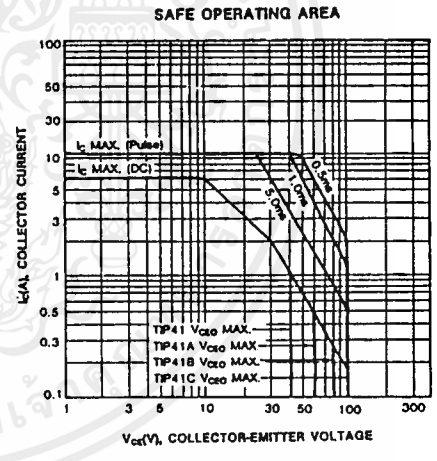
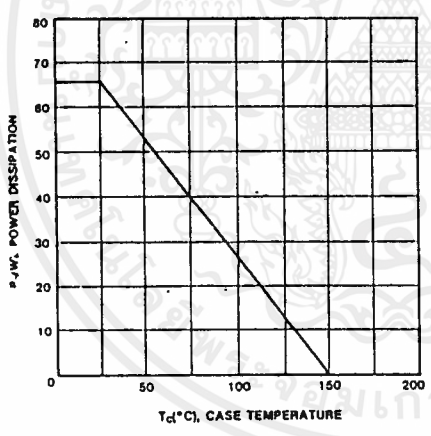
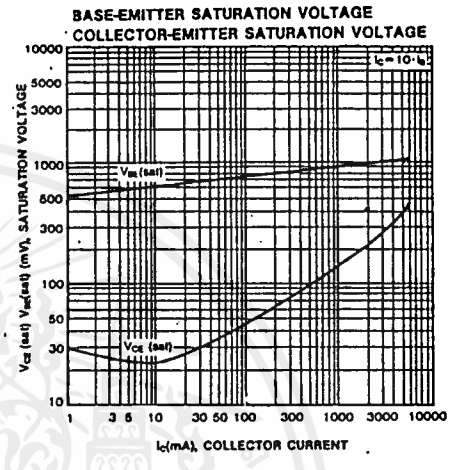
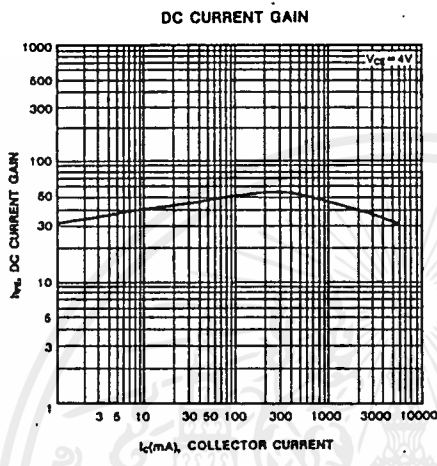
### ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_a = 25^\circ\text{C}$ )

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min	Max	Unit
* Collector Emitter Sustaining Voltage : TIP41	$BV_{ceo}$ (sus)	$I_c = 30\text{mA}, I_b = 0$	40		V
: TIP41A			60		V
: TIP41B			80		V
: TIP41C			100		V
Collector Cutoff Current : TIP41/41A	$I_{ceo}$	$V_{ce} = 30\text{V}, I_b = 0$		0.7	mA
: TIP41B/41C		$V_{ce} = 60\text{V}, I_b = 0$		0.7	mA
Collector Cutoff Current : TIP41	$I_{ces}$	$V_{ce} = 40\text{V}, V_{eb} = 0$		400	$\mu\text{A}$
: TIP41A		$V_{ce} = 60\text{V}, V_{eb} = 0$		400	$\mu\text{A}$
: TIP41B		$V_{ce} = 80\text{V}, V_{eb} = 0$		400	$\mu\text{A}$
: TIP41C		$V_{ce} = 100\text{V}, V_{eb} = 0$		400	$\mu\text{A}$
Emitter Cutoff Current	$I_{ebo}$	$V_{be} = 5\text{V}, I_c = 0$		1	mA
* DC Current Gain	$h_{FE}$	$V_{ce} = 4\text{V}, I_c = 0.3\text{A}$	30		
		$V_{ce} = 4\text{V}, I_c = 3\text{A}$	15	75	
* Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{ce(sat)}$	$I_c = 8\text{A}, I_b = 600\text{mA}$		1.5	V
* Base-Emitter On Voltage	$V_{be(on)}$	$V_{ce} = 4\text{V}, I_c = 8\text{A}$		2.0	V
Current Gain Bandwidth Product	$f_T$	$V_{ce} = 10\text{V}, I_c = 500\text{mA}$ $f = 1\text{MHz}$	3.0		MHz

\* Pulse Test:  $PW \leq 300\mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TIP41 SERIES (TIP41/41A/41B/41C) NPN EXITAXIAL SILICON TRANSISTOR



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## TIP42 SERIES

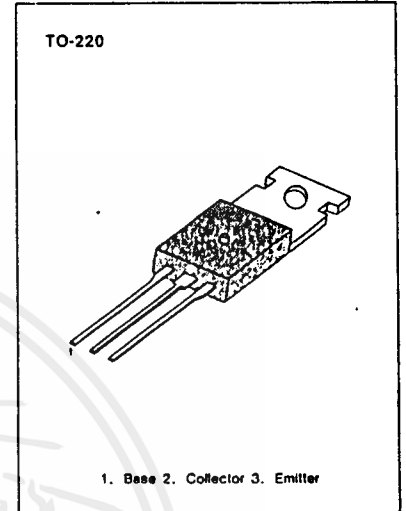
### (TIP42/42A/42B/42C) PNP EXITAXIAL SILICON TRANSISTOR

#### MEDIUM POWER LINEAR SWITCHING APPLICATIONS

- Complement to TIP41/41A/41B/41C

#### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ( $T_a = 25^\circ\text{C}$ )

Characteristic	Symbol	Rating	Unit
Collector-Base Voltage	: TIP42 : TIP42A : TIP42B : TIP42C	$V_{CBO}$	-40 V
		-60 V	
		-80 V	
		-100 V	
Collector-Emitter Voltage	: TIP42 : TIP42A : TIP42B : TIP42C	$V_{CEO}$	-40 V
		-60 V	
		-80 V	
		-100 V	
Emitter-Base Voltage	$V_{EBO}$	-5 V	
Collector Current (DC)	$I_C$	-6 A	
Collector Current (Pulse)	$I_C$	-10 A	
Base Current	$I_B$	-2 A	
Collector Dissipation ( $T_c = 25^\circ\text{C}$ )	$P_C$	65 W	
Collector Dissipation ( $T_c = 25^\circ\text{C}$ )	$P_C$	2 W	
Junction Temperature	$T_J$	150 $^\circ\text{C}$	
Storage Temperature	$T_{stg}$	-65~150 $^\circ\text{C}$	



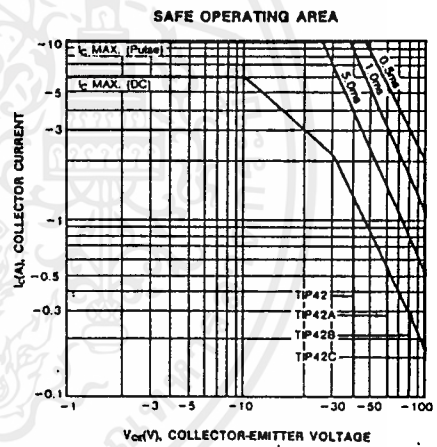
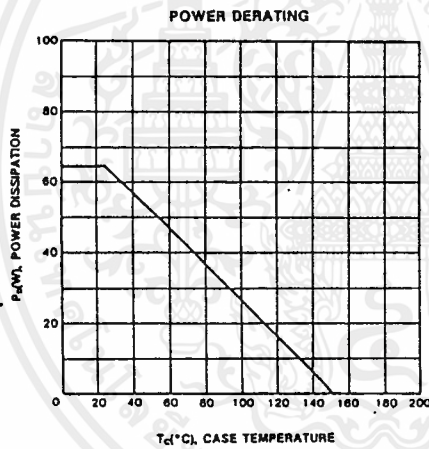
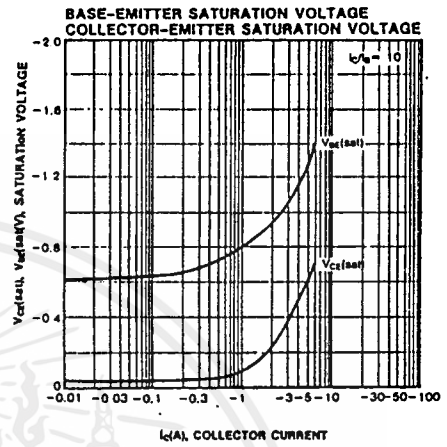
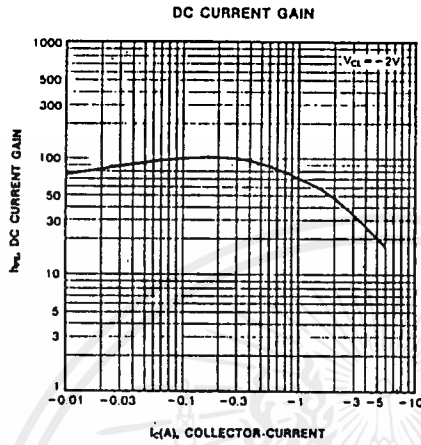
#### ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_a = 25^\circ\text{C}$ )

Characteristic	Symbol	Test Condition	Min	Max	Unit
* Collector Emitter Sustaining Voltage	: TIP42 : TIP42A : TIP42B : TIP42C	$I_C = -30\text{mA}, I_B = 0$	$BV_{CEO}(\text{sus})$	-40	V
			-60		
			-80		
			-100		
Collector Cutoff Current	: TIP42/42A : TIP42B/42C	$V_{CE} = -30\text{V}, I_B = 0$ $V_{CE} = -60\text{V}, I_B = 0$	$I_{CEO}$	-0.7	mA
			-0.7		
Collector Cutoff Current	: TIP42 : TIP42A : TIP42B : TIP42C	$V_{CE} = -40\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = -60\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = -80\text{V}, V_{EB} = 0$ $V_{CE} = -100\text{V}, V_{EB} = 0$	$I_{CES}$	-400	$\mu\text{A}$
			-400		
			-400		
			-400		
Emitter Cutoff Current	$I_{EBO}$	$V_{BE} = -5\text{V}, I_C = 0$	-1	mA	
* DC Current Gain	$h_{FE}$	$V_{CE} = -4\text{V}, I_C = -0.3\text{A}$ $V_{CE} = -4\text{V}, I_C = -3\text{A}$	30		
			15	75	
* Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE}(\text{sat})$	$I_C = -6\text{A}, I_B = -600\text{mA}$	-1.5	V	
* Base-Emitter On Voltage	$V_{BE}(\text{on})$	$V_{CE} = -4\text{V}, I_C = -6\text{A}$	-2.0	V	
Current Gain Bandwidth Product	$f_T$	$V_{CE} = -10\text{V}, I_C = -500\text{mA}$ $f = 1\text{MHz}$	3.0		MHz

- \* Pulse Test:  $PW \leq 300\mu\text{s}$ , Duty Cycle  $\leq 2\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TIP42 SERIES (TIP42/42A/42B/42C) PNP EXITAXIAL SILICON TRANSISTOR



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้