



การควบคุมความเร็วของอีดีมอเตอร์โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์  
ED MOTORS CONTROLLER BY MICROPROCESSOR



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2534

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2534

ภาควิชา วิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมความเร็วของอัติมอเตอร์โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์

ผู้จัดทำ

1. นาย วรพงษ์ วิวัฒน์วานิช

2. นาย เอกพล สุตวิไล

อาจารย์ เกียรติวรรณ ทรงลัษณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....) *ksk*

## การควบคุมความเร็วของอิตีมอเตอร์โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์

นาย วรพงษ์ วิวัฒน์วานิช

นาย เอกพล สุกวิไล

อ. เกียรติวรรณ ทรงสัจย์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2534

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้เสนอหลักการควบคุมความเร็วของอิตีมอเตอร์โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) ซีพียู Z-80 ซึ่งในระบบการควบคุมความเร็วของมอเตอร์นั้นประกอบด้วยวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (A to D), วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก (D to A), วงจรสร้างสัญญาณควบคุมมุมทริกของไทรซิสเตอร์ (thyristor), ส่วนที่จ่ายพลังงานให้กับมอเตอร์ โดยมีจุดประสงค์ที่จะควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ให้คงที่ในขณะที่รับภาระที่เปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน ตามหลักการควบคุมระบบได้ใช้ลักษณะการควบคุมแบบปรับโพรชันนอล (Proportional Controller) สำหรับระบบนี้ ในการทดลอง ได้ทำการตั้งค่าความเร็วของมอเตอร์ระดับต่าง ๆ และให้มอเตอร์แบกภาระที่เปลี่ยนแปลงได้ แล้วพิจารณาผลตอบสนองของความเร็วของมอเตอร์

ED MOTORS CONTROLLER BY MICROPROCESSOR

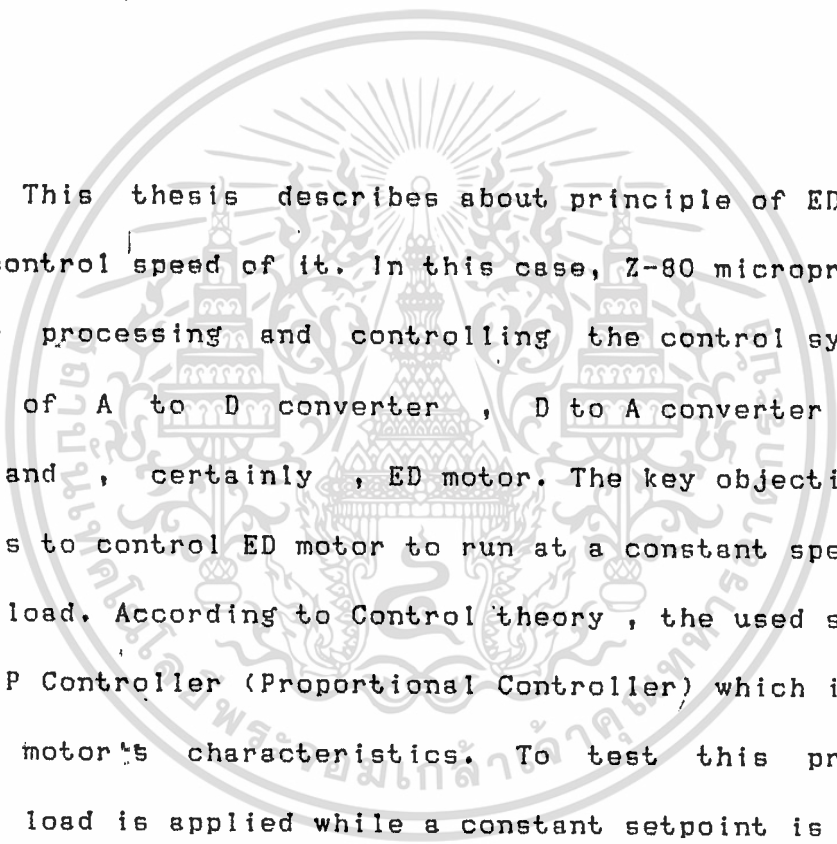
WORAPONG WIWATWANIT

EK-KAPON SUTWILAI

KIETTIWAN SONGSATAYA ADVISOR

1991

ABSTRACT



This thesis describes about principle of ED motor and how to control speed of it. In this case, Z-80 microprocessor is used for processing and controlling the control system which consists of A to D converter , D to A converter , triggig circuit and , certainly , ED motor. The key objective of this thesis is to control ED motor to run at a constant speed despite astable load. According to Control theory , the used system is a type of P Controller (Proportional Controller) which is suitable for ED motor's characteristics. To test this prototype , variable load is applied while a constant setpoint is set and we consider the speed response of ED motor..

## กิติกรรมประกาศ

ปริญญาโทนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ และ บุคคล  
หลายท่านจึงขอกล่าวขอบพระคุณไว้ ณ. ที่นี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ เกียรติวรรณ ทรงสัจย์ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา  
ความรู้ และได้กรุณาให้คำปรึกษาและแก้ไขปัญหิต่าง ๆ ทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ ตลอด  
เวลาในการทำปริญญาโทนี้

ขอขอบคุณ คุณวีรวัฒน์ ปันแว้งกูร ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และ ให้คำปรึกษา  
และแก้ไขปัญหิต่าง ๆ ในการทำงานปริญญาโทนี้

ขอขอบคุณ คุณวิชิต ลีวงศ์สถาพรที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และ ให้คำปรึกษา  
และแก้ไขปัญหิต่าง ๆ ในการทำโครงการนี้

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ และ อุปกรณ์  
ในการทำการทดลอง ตลอดจนการอำนวยความสะดวกในทุกสิ่งในการทำการทดลองนี้

ขอขอบคุณในความหวังดีของเพื่อน ๆ ทุกคน และ ขอขอบคุณที่ให้กำลังใจตลอด  
มาในการทำปริญญาโทนี้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญภาพ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 อีทีมอเตอร์และหลักการควบคุม	3
บทที่ 3 การทำงานด้านฮาร์ดแวร์ของวงจร	6
บทที่ 4 วิธีการควบคุมทางด้านซอฟต์แวร์และผังของโปรแกรม	20
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	28
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	31
ภาคผนวก ก.	
ภาคผนวก ข.	
ภาคผนวก ค.	
ภาคผนวก ง.	
ภาคผนวก จ.	
เอกสารอ้างอิง	

## สารบัญภาพประกอบ

	หน้า	
รูปที่ 2.1	แบบจำลองหลักการทำงานของอัติมอเตอร์	3
รูปที่ 2.2	ภาพตัดขวางแสดงการทำงานของอัติมอเตอร์	4
รูปที่ 2.3	บล็อกไดอะแกรมแสดงการขับอัติมอเตอร์	4
รูปที่ 2.4	โครงสร้างของอัติมอเตอร์	5
รูปที่ 3.1	บล็อกไดอะแกรมแสดงการควบคุมอัติมอเตอร์โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์	7
รูปที่ 3.2	บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเอทูดิ	9
รูปที่ 3.3	รูปการใช้งานของเอทูดิ	9
รูปที่ 3.4	วงจรการใช้งานเอทูดิ	10
รูปที่ 3.5	บล็อกไดอะแกรมการทำงานของดิททูเอ	12
รูปที่ 3.6	รูปการใช้งานของดิททูเอ	12
รูปที่ 3.7	วงจรการใช้งานดิททูเอ	13
รูปที่ 3.8	วงจรสร้างสัญญาณเทริก	15
รูปที่ 3.9	วงจรจ่ายพลังงาน	17
รูปที่ 3.10	วงจรแปลงกระแสสลับเป็นกระแสตรง	18
รูปที่ 3.11	แสดงการติดต่อระหว่างไอซี 8255 กับส่วน เอทูดิและดิททูเอ	19
รูปที่ 4.1	บล็อกไดอะแกรมของระบบการควบคุมแบบพี (proportional control)	20
รูปที่ 5.1	กราฟแสดงความเร็วของมอเตอร์	29
รูปที่ 5.2	กราฟแสดงความเร็วของมอเตอร์	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 กล่าวนำ

การดำเนินการผลิตในทางอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วย เครื่องจักรที่ทำงานร่วมกัน เป็นระบบที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งกลไกที่มีส่วนสำคัญคือระบบ การขับเคลื่อนและการควบคุม อาทิ ในระบบการประกอบเครื่องเรือนในโรงงานอุตสาหกรรม จะมีการแบ่งส่วนการทำงานเป็นขั้นตอนต่าง ๆ โดยแบ่งเป็นส่วน ๆ ให้ชิ้นส่วน และเครื่องเรือนที่จะผลิตไหลเลื่อนไปตามสายพานลำเลียงไปตลอดทาง ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนขั้นตอนสุดท้ายตามลำดับ ซึ่งการทำงานของสายพานจำเป็นต้องใช้ระบบมอเตอร์ที่มี การทำงานที่สอดคล้องกัน โดยจะต้องควบคุมความเร็วเป็นสัดส่วนกัน

ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ที่ให้ความเร็วเที่ยงตรงสูงนั้น วิธีหนึ่งที่ใช้กัน มาคือ การควบคุมโดยใช้ระบบไมโครโพรเซสเซอร์มาทำการควบคุมแบบดิจิทัล ซึ่งใน การควบคุมแบบนี้จะมีความสะดวกในการตั้งค่า และ แก้ไขค่าความเร็ว การเพิ่มหรือ ลดความเร็วและการรักษาความเร็วให้คงที่ นอกจากนี้การควบคุมทั้งระบบให้มีความเร็วเป็น สัดส่วนกันก็สามารถทำได้โดยง่าย รวมทั้งการพัฒนาหรือเพิ่มเติมมอเตอร์ที่ทำได้สะดวกขึ้น ทั้งนี้ในการควบคุมนั้น ผู้ที่มาทำการควบคุมไม่จำเป็นต้องมีความเข้าใจในการทำงานของวง จรอย่างลึกซึ้งก็สามารถใช้งานตัวควบคุมได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ในการทำปฏิญานิพนธ์

เพื่อศึกษาวิธีการควบคุมความเร็วของอัติมอเตอรฺ์ ให้ได้วิธีที่สะดวกต่อการควบคุมโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ และเสนอการควบคุมแบบพรีออบโพรชันนอล เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการควบคุมระบบมอเตอรฺ์ต่อไป

## 1.3 รายละเอียดของปฏิญานิพนธ์

ในปฏิญานิพนธ์นี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บท โดยในบทที่ 1 นี้จะเป็นการกล่าวนำ และวัตถุประสงค์ในการทำปฏิญานิพนธ์ ส่วนในบทอื่น ๆ จะมีรายละเอียดดังนี้

บทที่ 2 จะกล่าวถึง อัติมอเตอรฺ์ และหลักการควบคุมของอัติมอเตอรฺ์

บทที่ 3 กล่าวถึงการทำงานทางด้านฮาร์ดแวร์ของวงจรต่าง ๆ

บทที่ 4 กล่าวถึงวิธีการควบคุมทางด้านซอฟต์แวร์ และผังของโปรแกรม

บทที่ 5 กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 6 เป็นการสรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ส่วนในช่วงท้ายของปฏิญานิพนธ์นี้จะเป็นภาคผนวกซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ภาคผนวก ก. จะเป็นรายละเอียดและสเป็ค (Specification) ของ อัติมอเตอรฺ์

ภาคผนวก ข. จะเป็นวงจรใช้งานในการควบคุมระบบ

ภาคผนวก ค. จะเป็นรายละเอียดโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีและภาษาเครื่อง

ภาคผนวก ง. จะเป็นรายละเอียดของอุปกรณ์ ไอซี บางตัวที่ใช้ในวงจร

ภาคผนวก จ. จะเป็นวงจรจ่ายไฟเลี้ยงกระแสตรง 15 โวลท์ , 5 โวลท์ และ -15 โวลท์

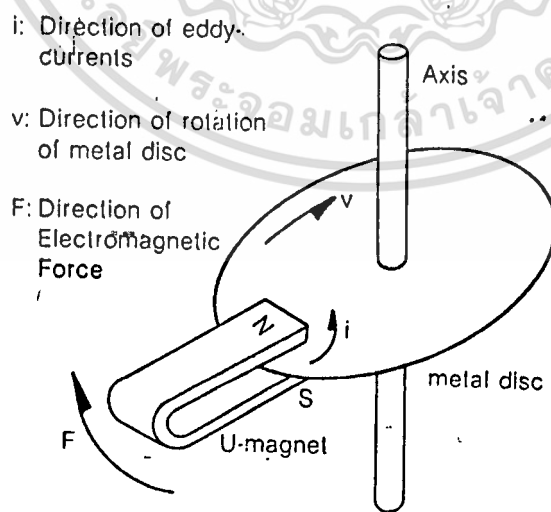
## บทที่ 2

### อิติมอเตอร์และหลักการควบคุม

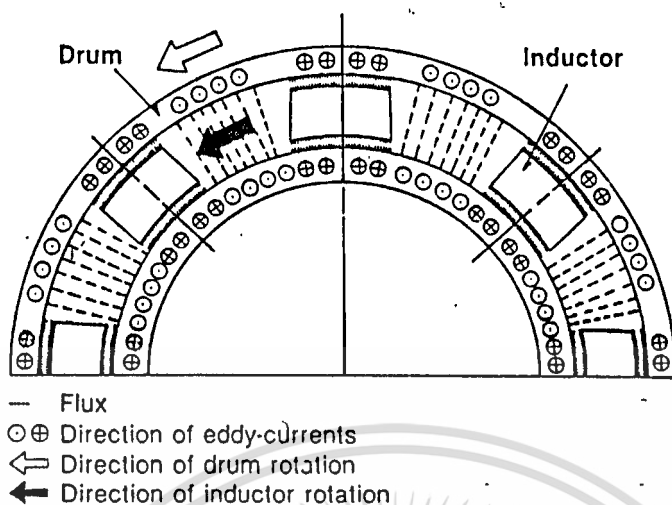
#### 2.1 หลักการของอิติมอเตอร์

ถ้ามีแม่เหล็กขั้วตัว U สามารถหมุนได้อิสระรอบแกนของจานโลหะซึ่งหมุนบนแกนของมัน ดังรูป 2.1 โดยวางจานโลหะ ให้อยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก แม่เหล็กขั้วตัว U จะหมุนตามจานโลหะในทิศทางเดียวกัน การทำงานของอิติมอเตอร์ก็นำหลักการนี้มาประยุกต์โดยใช้ดรัม (Drum) และอินดักเตอร์ (Inductor) เปรียบได้กับจานโลหะและแม่เหล็กขั้วตัว U

เมื่อดรัมหมุนทวนเข็มนาฬิกา โดยการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า และไฟฟ้ากระแสตรงก็ถูกจ่ายผ่าน เอ็กไซเตชัน คอยล์ (excitation coil) ซึ่งเป็นส่วนของอินดักเตอร์ ทำให้เกิดขั้วเหนือขั้วใต้สลับกัน และมีกระแสเอ็ดดี้ (eddy current) ผ่านตัวดรัมดังรูปที่ 2.2 แรงแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสาเหตุให้เกิดการหมุนของอินดักเตอร์ ตามทิศทางของดรัม ซึ่งแรงนี้ก็เกิดขึ้นได้โดยระหว่าง กระแสเอ็ดดี้ และเส้นแรงแม่เหล็ก



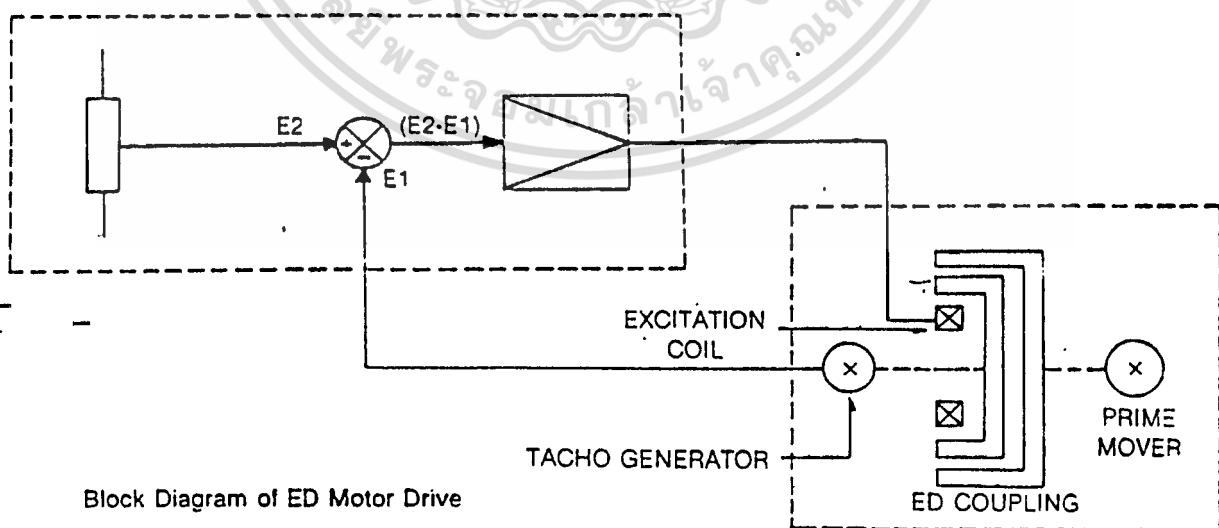
รูปที่ 2.1 แบบจำลองหลักการทำงานของอิติมอเตอร์



รูปที่ 2.2 ภาพตัดขวางแสดงการทำงานของอีดีมอเตอร์

2.2 หลักการควบคุมของอีดีมอเตอร์

ทาโคเจนเนอเรเตอร์ที่อยู่บนเพลลาของอีดีมอเตอร์จะผลิตโวลต์เตจแปรผันตามความเร็วของอีดีมอเตอร์ ซึ่งนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ (speed setpoint) ของหน่วยควบคุม อันที่จะกำหนดกระแสที่จ่ายให้แก่เอ็กไซตติงคอยล์ (exciting coil) ในอินดัคเตอร์



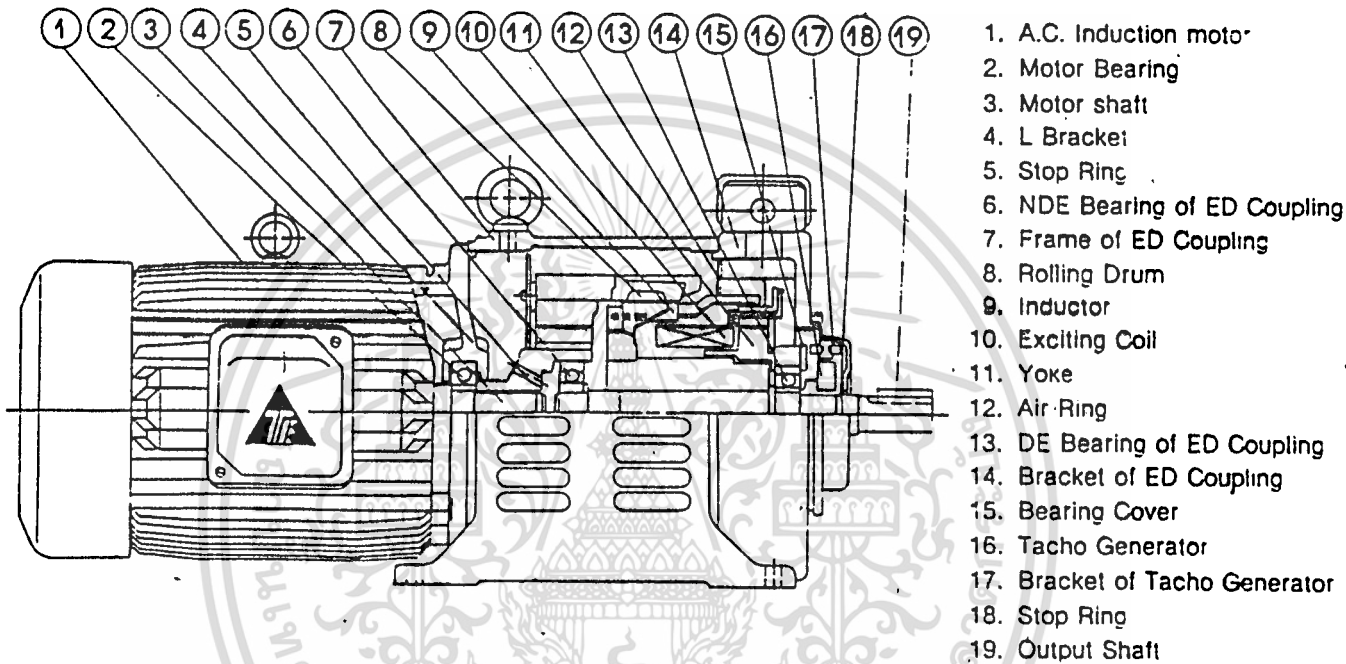
Block Diagram of ED Motor Drive

รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมแสดงการขับอีดีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 โครงสร้าง

เป็นดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของอีดีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

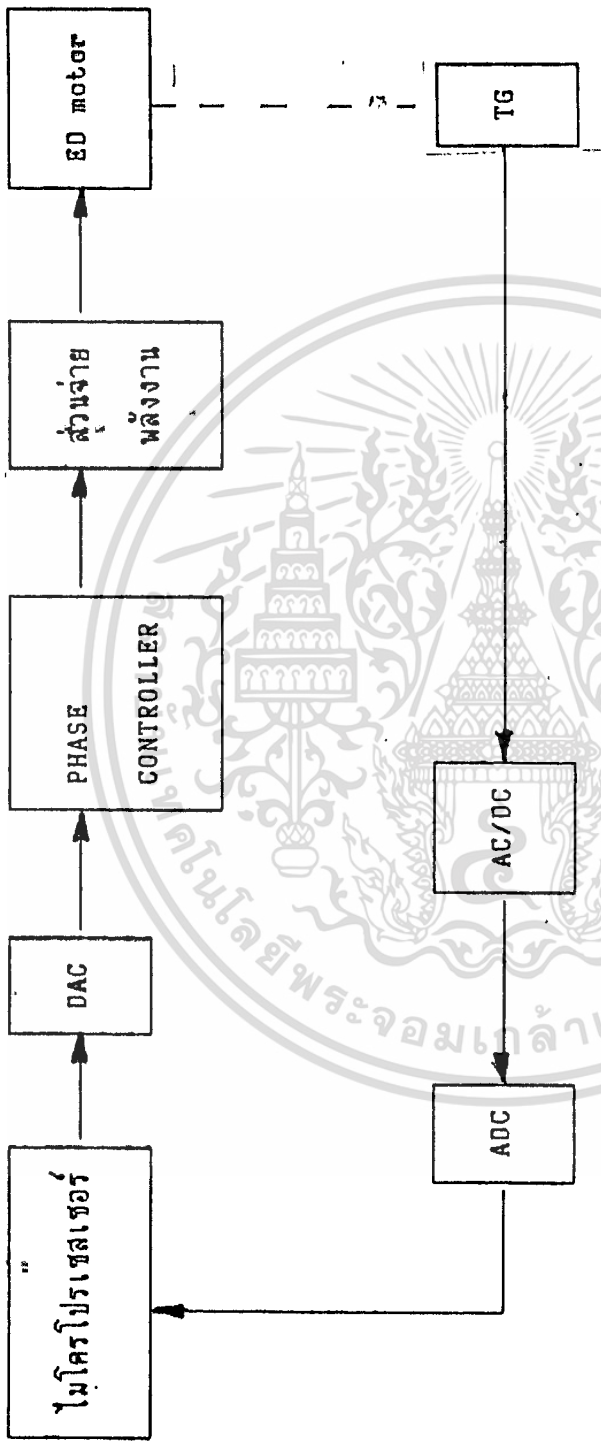
### บทที่ 3

#### วงจรควบคุมและวงจรถ่ายพลังงาน

ในการควบคุมโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวประมวลผลนั้นข้อมูลที่ส่งให้ไมโครโปรเซสเซอร์รวมทั้งข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลแล้ว จะถูกส่งและรับโดยวงจรรวม ซึ่งมีทั้งส่วนแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล , ส่วนแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก , ส่วนสร้างสัญญาณตรรกควบคุมเฟสของไทรสเตอร์ , ส่วนแปลงสัญญาณไฟสลับจากทาโคเจนเนอเรเตอร์เป็นไฟกระแสตรงโดยมีโครงสร้างการควบคุมดังรูปที่ 3.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 บล็อกโดยแผนการแสดงการควบคุมมอเตอร์โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์

### 3.1 โครงสร้างและหน้าที่การทำงาน

จากรูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของวงจรควบคุมซึ่งสามารถแยกได้เป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ส่วนแอนาล็อก (ADC)
2. ส่วนดิจิทัล (DAC)
3. ส่วนควบคุมเฟสทริก
4. ส่วนจ่ายพลังงาน
5. ส่วนแปลงไฟกระแสสลับเป็นกระแสตรง

หน้าที่ของส่วนต่าง ๆ

3.1.1 ส่วนแอนาล็อก ทำหน้าที่ แปลงสัญญาณอนาล็อกที่มีเรนจ์ (Range) อยู่ในช่วง 0-4 โวลต์ เป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 8 บิต โดยจะทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกของไฟกระแสตรงจากส่วนแปลงไฟกระแสสลับเป็นกระแสตรง

3.1.2 ส่วนดิจิทัล ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิทัลขนาด 8 บิต จากไมโครโปรเซสเซอร์ มาเป็นสัญญาณอนาล็อกที่เป็นกระแสมีค่าตั้งแต่ 0-2 มิลลิแอมแปร์

3.1.3 ส่วนควบคุมเฟสทริก ทำหน้าที่นำค่าที่ได้จากส่วนดิจิทัลไปเปรียบเทียบกับสัญญาณรูปสามเหลี่ยม ในตัวคอมพาราเตอร์ (comparator) ผลของตัวคอมพาราเตอร์จะให้สัญญาณที่มีจุดเริ่มเป็นมุมเฟสตามระดับต่าง ๆ ของสัญญาณจากส่วนดิจิทัล

3.1.4 ส่วนจ่ายพลังงาน จะควบคุมการจ่ายพลังงานที่เป็นไฟกระแสตรงโดยไทรสเตอร์ และไทรสเตอร์จะทำงานตามสัญญาณทริกที่ได้รับจากส่วนควบคุมเฟสทริก

3.1.5 ส่วนแปลงไฟกระแสสลับเป็นกระแสตรง จะทำหน้าที่แปลงไฟกระแสสลับจากทาโคเจนเนอเรเตอร์ที่มีโวลต์เตจเฉลี่ย 0-24 โวลต์เอซี มาเป็นไฟกระแสตรงอยู่ในเรนจ์ของแอนาล็อก คือ 0-4 โวลต์ดีซี

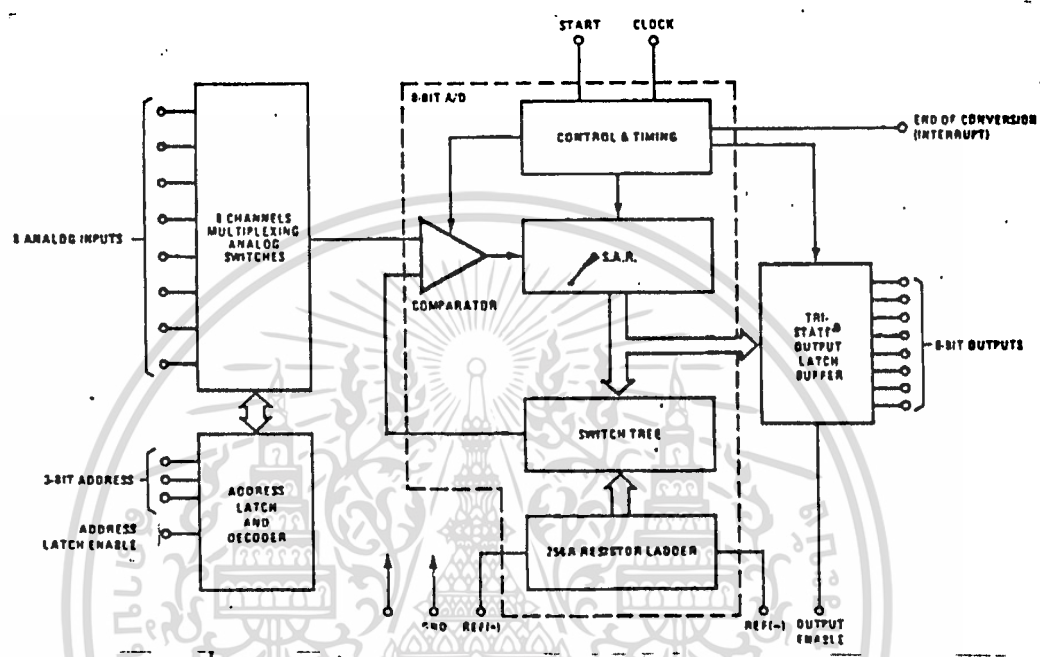
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 3.2 รายละเอียดการทำงานของส่วนต่าง ๆ

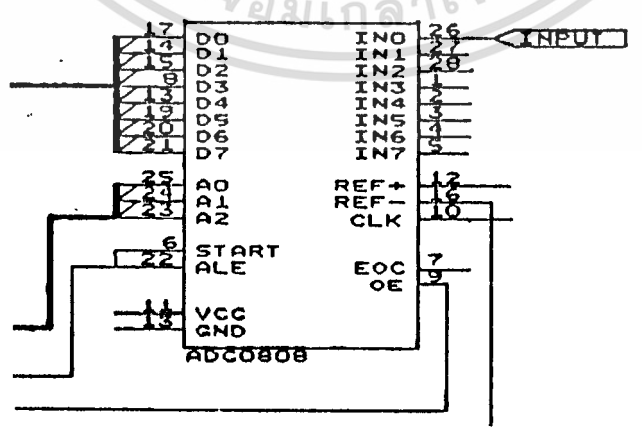
#### 3.2.1 ส่วนเอทู้ติ

ทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาล็อกในเรนจ์ 0-4 โวลต์ เป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 8 บิต โดยใช้ไอซีเอทู้ติ เบอร์ 0808 มีบล็อกไดอะแกรมดังรูป 3.2 และจะแปลงสัญญาณที่สัญญาณนาฬิกาของ CLK A/D

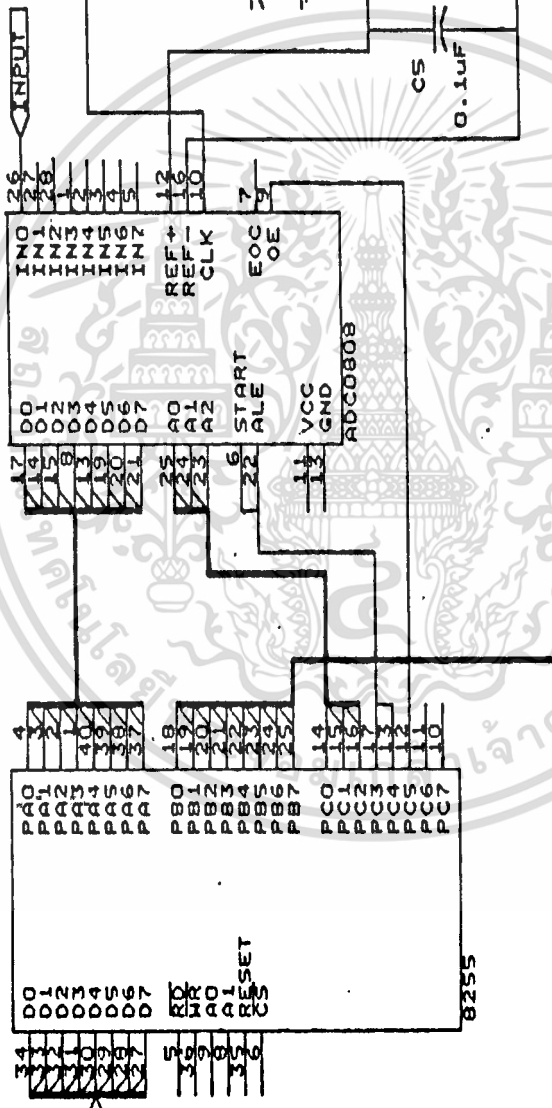
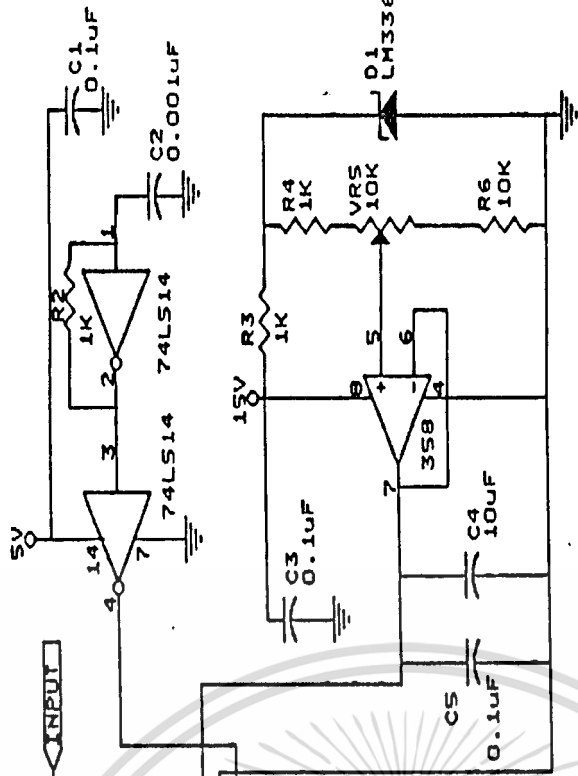


รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเอทู้ติ

ใช้งานดังรูป 3.3



รูปที่ 3.3 รูปการใช้งานเอทู้ติ



รูปที่ 3.4 วงจรการใช้งานแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ที่แปลงเนื้อหาก็ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงานของ ADC 0808 เป็นดังนี้ เมื่อมีอนาล็อกอินพุตเข้ามา เวกต์จะถูกป้อนสัญญาณเลือกแอดเดรสที่ขา 23 , 24 , 25 ต่อมาจะถูกป้อนสัญญาณ ALE เพื่อพร้อมที่จะนำค่าอนาล็อกอินพุตเข้ามาทำการแปลง ต่อมาจะถูกป้อนสัญญาณ START เพื่อเริ่มการแปลงจากนั้นก็หน่วงเวลาสักครู่เมื่อแปลงข้อมูลเสร็จจะถูกป้อนสัญญาณ OE เพื่อให้ นำข้อมูลที่แปลงแล้วออกมายังขา data เมื่อไมโครโปรเซสเซอร์รับข้อมูลแล้วก็ เคลียร์สัญญาณ OE

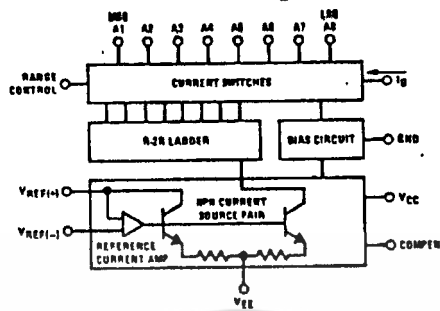
ส่วนขา CLK ก็ต้องป้อนสัญญาณนาฬิกาโดยในช่วงจรัสเตเบิล โดยใช้ตัวอินเวอร์ทเตอร์ ที่ให้เอาท์พุท 2 สถานะเป็นไฮ (high) และโลว์ (low) โดยมีการชาร์จ (charge) และดิสชาร์จ (discharge) ของตัวคาปาซิเตอร์เป็นตัวแทนเปลี่ยนแปลงสถานะระหว่างไฮกับโลว์ ซึ่งความถี่ของสัญญาณที่ได้ก็ขึ้นอยู่กับค่าขนาดของตัวคาปาซิเตอร์ ซึ่งค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้งานประมาณ 640 KHz

ส่วนขา  $REF^+$  และ  $REF^-$  ก็ต้องป้อนแรงดันอ้างอิง โดย  $REF^-$  ต่อกราวด์ ส่วน  $REF^+$  ก็ป้อนแรงดันคงที่ 4 โวลต์ซึ่งแรงดันคงที่นี้ ได้ใช้ออฟ แอมป์เบอร์ LM 358 ทำหน้าที่เป็นโวลท์เทจฟอลโลวเวอร์ (voltage follower) โดยรับสัญญาณมาจากค่าความต้านทานปรับค่าได้โดยใช้หลักการแบ่งโวลท์เทจ (voltage divider) โดยมีซีเนอร์ไดโอด (zener diode) เป็นตัวควบคุมแรงดันที่คร่อมความต้านทาน

### 3.2.2 ส่วนติทูเอ

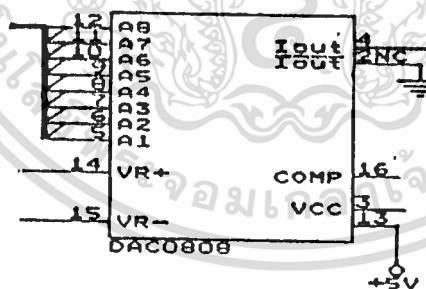
โดยใช้ DAC 0808 ซึ่งจะรับข้อมูล 8 บิต จากไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อนำมาแปลงเป็นสัญญาณอนาล็อก ซึ่งเป็นกระแส Iout จะมีค่าตั้งแต่ 0-2 มิลลิแอมป์ ในระหว่างการใช้งาน บล็อกไดอะแกรมเป็นดังรูป 3.6

Block and Connection Diagrams



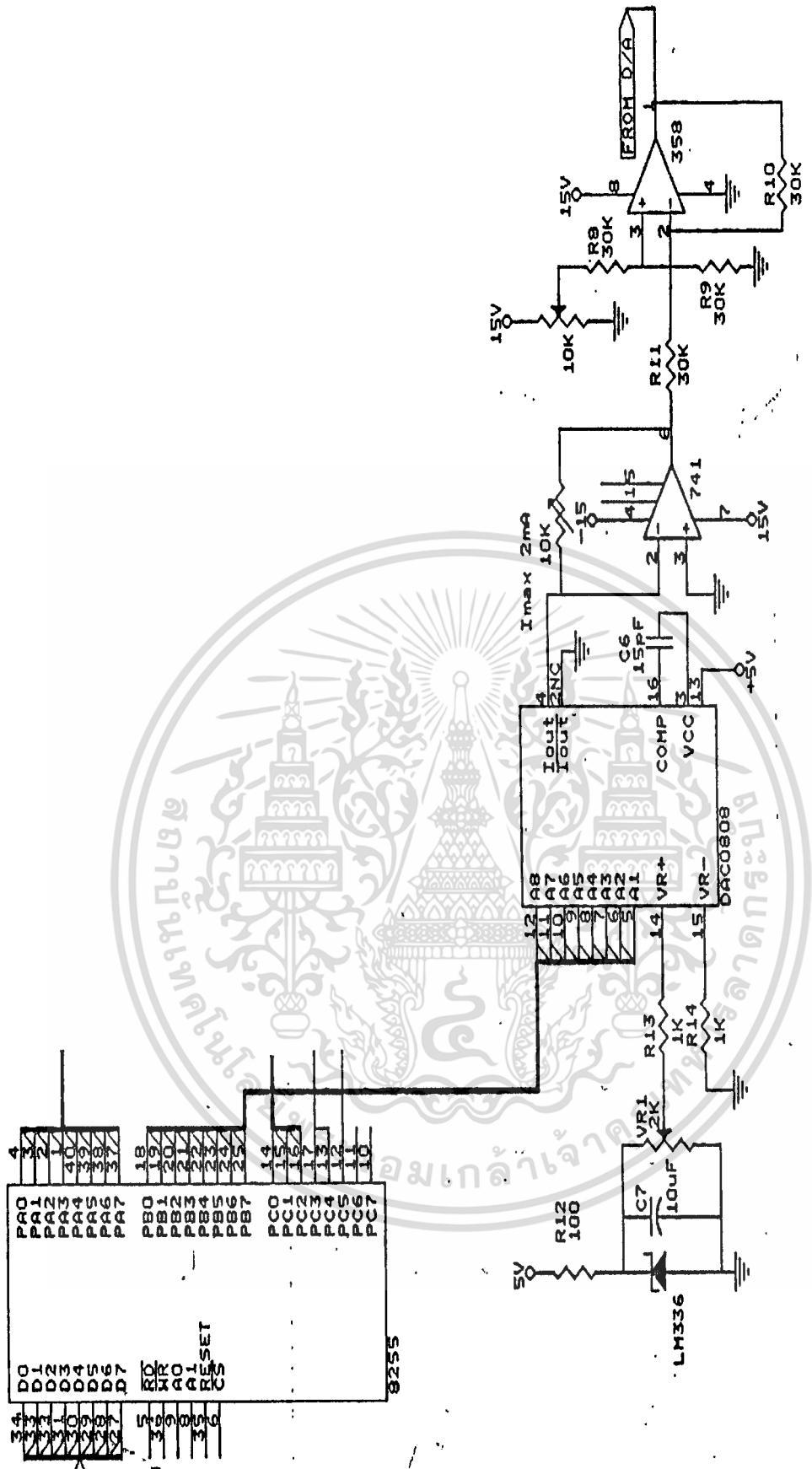
รูปที่ 3.5 บล็อกโดยแกรมการทำงานของดิวเอ

การใช้งานดังรูป



รูปที่ 3.6 รูปการใช้งานดิวเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรการใช้งานทีเกอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ผู้ก้ใช้ห้ามทำให้อัดแปลงเนื้อหา และต่อจากนั้นผู้ก้ใช้ขอเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.7

ที่ขา 14 ต้องป้อน  $V_{R^+}$  ด้วย เรฟเฟอเรนซ์โวลต์เตจ (reference voltage) โดยเป็น  $V_{ref}$  ที่ได้จากการปรับค่าของความต้านทานปรับค่าได้หมายเลข  $R_{14}$  แล้วผ่าน ความต้านทาน เบอร์  $R_{15}$  มีค่า 1 Kโอห์ม แล้วนำมาต่อยังขา  $V_{R^+}$  ,  $V_{ref}$  มีค่า 2 โวลต์

ทำให้ได้  $I_{out}$  มีค่าเท่ากับ  $V_{ref}/R_{15} (A_{1/2} + A_{2/4} + A_{3/6} + A_{4/10} + A_{5/32} + A_{6/64} + A_{7/128} + A_{8/256})$  โดย  $A_1 - A_8$  เป็นข้อมูลที่ส่งจากไมโครโปรเซสเซอร์

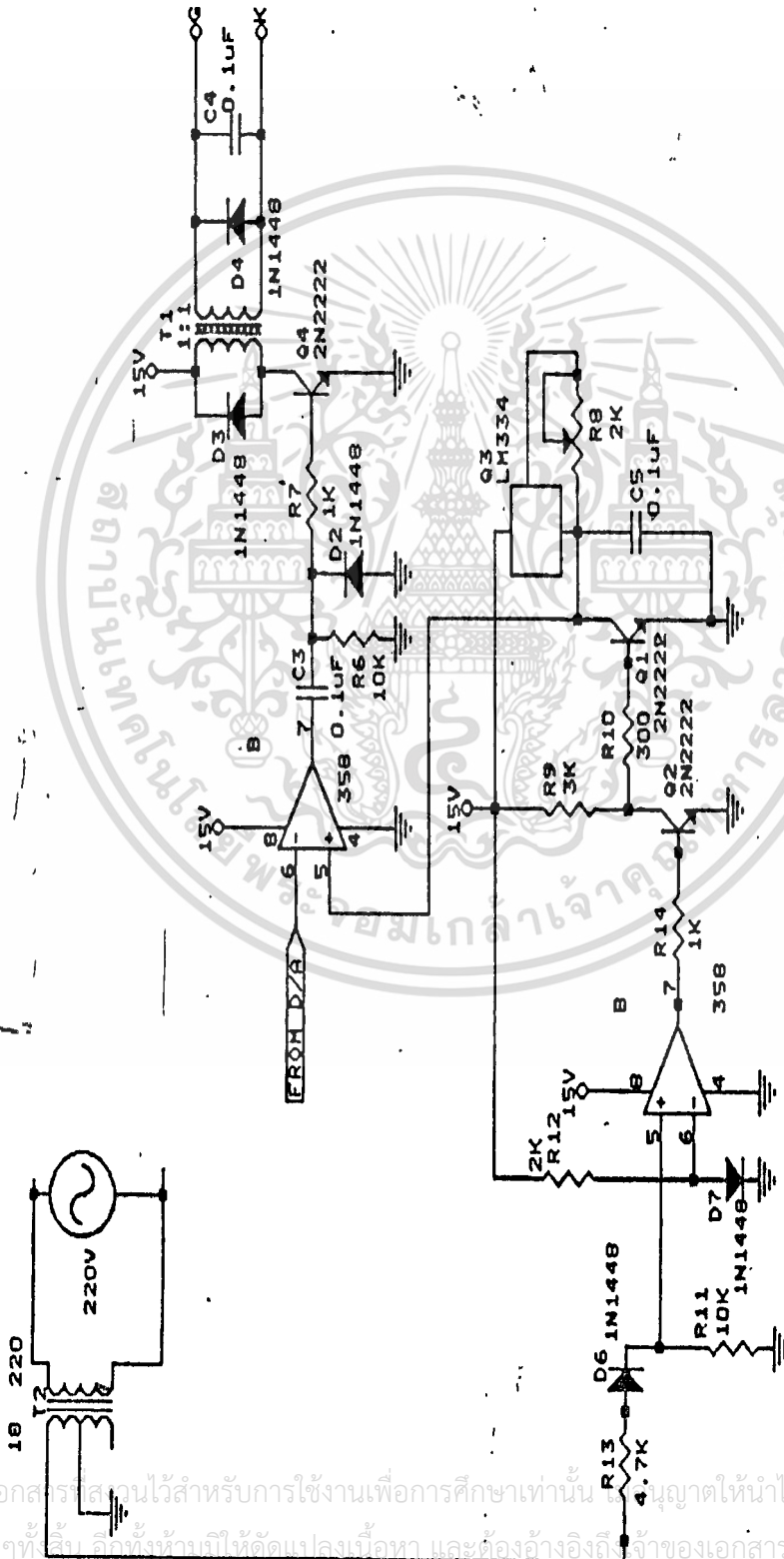
ที่ขา 15 คือขา  $V_{R^-}$  ต้องป้อนด้วยกราวด์ผ่าน  $R_{14}$  มีค่า 1 Kโอห์ม

เมื่อได้  $I_{out}$  ที่ขา 4 ที่มีทิศทางไหลเข้าตัวไอซี ก็นำมาผ่านวงจรแปลงกระแสเป็นโวลต์เตจที่ใช้ออฟแอมป์ เบอร์ LM 741 ซึ่งโวลต์เตจที่ได้มีค่าเท่ากับ ความต้านทานปรับค่าได้ 10 Kโอห์ม  $\times I_{out}$  โวลต์เตจที่ได้ก็นำไปผ่านวงจรดิฟเฟอเรนเชียล แอมพลิไฟเออร์ (differential Amplifier) โดยใช้ออฟแอมป์เบอร์ LM 358 โดยเอาท์พุทที่ได้จะเป็นคักตามีค่าเท่ากับค่า  $V_{ref^-}$  คักคาที่ได้จากวงจรแปลงกระแสเป็นโวลต์เตจ โดย  $V_{ref}$  ในที่นี้ คือ โวลต์เตจที่ได้จากการปรับค่าของความต้านทานค่า 10 Kโอห์ม ที่ปรับค่าได้

เอาท์พุทที่ได้จากวงจรดิฟเฟอเรนเชียลแอมพลิไฟเออร์นี้จะนำมาจ่ายให้กับส่วนวงจรสร้างสัญญาณเทริกเพื่อควบคุมเฟลตต่อไป

### 3.2.3 ส่วนควบคุมเฟสทริก

วงจรดังรูป



รูปที่ 3.8 วงจรสร้างสัญญาณทริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนนี้มีหน้าที่สร้างสัญญาณแรมพ์ (ramp) รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก เพื่อนำสัญญาณนี้ไปเปรียบเทียบกับสัญญาณที่ ได้รับจากส่วนดีทู่เอ เพื่อให้ได้ สัญญาณที่นำไปเป็นสัญญาณทริกเฟสอีกที

การทำงานเพื่อสร้างสัญญาณแรมพ์ เริ่มจากนำสัญญาณไฟกระแสสลับเฟสเดียวกับที่จ่ายพลังงานให้กับมอเตอร์ โดยการเหนี่ยวนำผ่านหม้อแปลง

สัญญาณมีค่าเฉลี่ยโวลต์ที่ตรงประมาณ 18 โวลต์ จากนั้นนำไปผ่านไดโอดเพื่อให้เป็นสัญญาณคลื่นรูปไซน์เพียงครึ่งลูก (half wave) แล้วนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณไฟตรงค่า 0.6 โวลต์ ที่เป็นโวลต์ที่ตรงคร่อมไดโอดเบอร์ 1N 1448 โดยใช้ออฟแอมป์เบอร์ LM 358 สัญญาณที่ได้จะเป็นรูปสี่เหลี่ยม มีเฟสและความถี่เดียวกับสัญญาณอาร์ฟเวฟ

สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมจะถูกขยายกลับเฟสโดยทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2N222 ( $Q_2$ ) ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ (switch) โดยสวิตช์จะ ON และ OFF ตามสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่เป็นไฮ (high) และโลว (low) ตามลำดับ

เมื่อสวิตช์ ON ตัวคาปาซิเตอร์  $C_2$  ที่เก็บประจุจนเต็มแล้วก็จะคายประจุอย่างรวดเร็ว แล้วสัญญาณที่คร่อมตัวคาปาซิเตอร์จะอยู่สถานะโลวไปจนกระทั่งสวิตช์จะ OFF

พอสัญญาณสวิตช์เริ่ม OFF ตัวคาปาซิเตอร์จะเริ่มเก็บค่าประจุโดยมีกระแสคงที่ที่จ่ายให้โดยตัวจ่ายกระแสคงที่ ซึ่งทำหน้าที่โดย LM 334 ทำให้โวลต์ที่คร่อมคาปาซิเตอร์ ค่อย ๆ เพิ่มค่าขึ้นคงที่เป็นเส้นตรง และจนมีศักดาที่สูงสุดเมื่อสวิตช์เริ่ม ON อีกครั้งหนึ่งสัญญาณสามเหลี่ยมที่ได้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณที่ได้จากส่วนดีทู่เอแล้วจะได้สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่มีเฟสที่จุดเริ่มตรงกับจุดตัดระหว่างสัญญาณทั้งสองที่นำมาเปรียบเทียบกับกัน.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

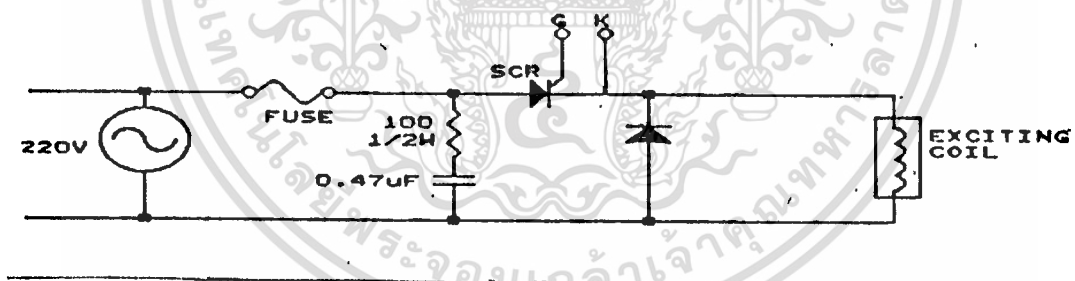
สัญญาณสี่เหลี่ยมที่ได้เข้ามาผ่านวงจร RC ที่เป็นวงจรดีเฟอเรนเชียลให้ได้เป็นสัญญาณแหลม ๆ แล้วเข้ามาผ่านไดโอดขลิบสัญญาณด้านลบออกไป

จากนั้นนำไปผ่านหม้อแปลงไอโซเลต (Isolate transformer) โดยใช้ตัวทรานซิสเตอร์ เป็นสวิทช์ที่ ON และ OFF ตามสัญญาณที่ผ่านเข้ามา

หม้อแปลงไอโซเลตจะทำหน้าที่แยกส่วนของทางด้านจ่ายพลังงานและด้านวงจรสร้างสัญญาณทริกออกจากกัน เพื่อป้องกันการเสียหายเนื่องจากความผิดพลาดในส่วนทางด้านจ่ายกำลังงาน

3.2.4 ส่วนจ่ายพลังงาน

วงจรเป็นดังรูป



รูปที่ 3.9 วงจรจ่ายพลังงาน

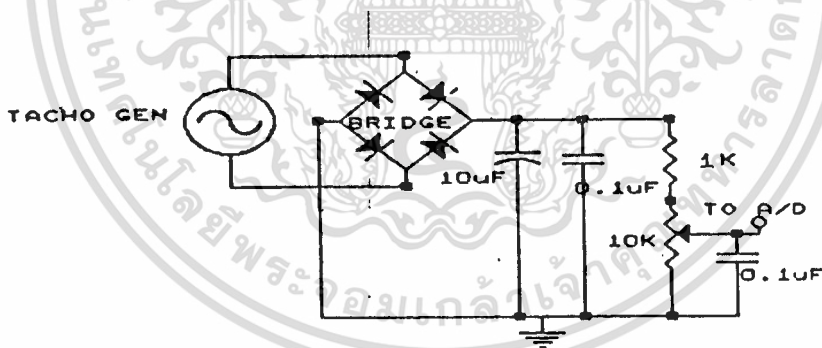
ไฟที่จ่ายก็เป็นไฟกระแสสลับมีโวลต์เตจเฉลี่ย 220 โวลต์เอซี จ่ายผ่านไทรสเตอร์โดยมีความต้านทานและคาปาซิเตอร์ต่ออนุกรมคร่อมเป็นสแน็บเบอร์ (snubber) เพื่อป้องกันการเสียหายของไทรสเตอร์ จากการเปลี่ยนแปลงกระแสที่มีค่าสูงต่อเวลาที่ไหลผ่าน

ไทรสเตอร์ และจากการเปลี่ยนแปลงคัทคาที่มีค่าสูงต่อเวลาที่คร่อมไทรสเตอร์ ส่วนไดโอดนั้นทำหน้าที่เป็นฟรีวีลิ่ง (free-wheeling) สำหรับกระแสที่ตกค้างในขดลวดที่เป็นภาระ

### 3.2.5 ส่วนแปลงกระแสสลับเป็นกระแสตรง

ทำหน้าที่แปลงไฟกระแสสลับจากทาคิเจนเนอเรเตอร์เป็นไฟกระแสตรงในช่วงการใช้งานของ ADC 0808

การทำงานจะนำไฟกระแสสลับ ผ่านวงจรวัดเป็นสัญญาณรูปฟูลเวฟ (full wave) แล้วนำไปผ่านคาปาซิเตอร์ให้กรองกระแสให้เป็นสัญญาณที่เรียบขึ้น แล้วนำไปผ่านความต้านทานปรับค่าได้ ปรับจ่ายให้ส่วนเอทูดิอีกที



รูปที่ 3.10 วงจรแปลงกระแสสลับเป็นกระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



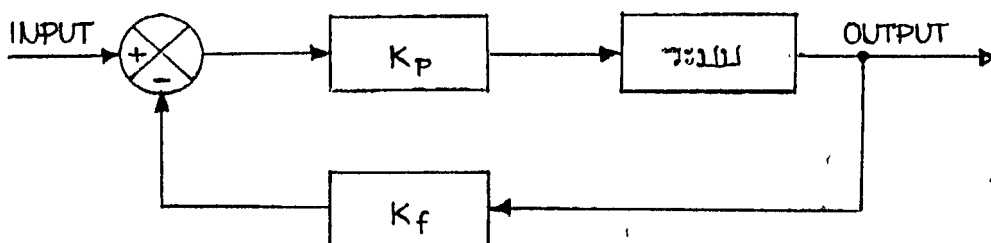
#### บทที่ 4

### วิธีการควบคุมทางด้านซอฟต์แวร์ และ ผังของโปรแกรม

การควบคุมมอเตอร์โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์นั้น ต้องมีการออกแบบวิธีการที่จะให้ไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลข้อมูลตามรูปแบบการควบคุม

ตามข้อมูลของผู้ผลิต ED อีดีมอเตอร์นั้นได้เสนอแนะวิธีการควบคุมมอเตอร์โดยใช้การป้อนกลับแบบลบ (negative feedback) สำหรับโครงงานนี้จึงได้เลือกใช้วิธีการควบคุมแบบพี (proportional control) ซึ่งเป็นการศึกษาหาข้อมูลเพื่อที่จะเป็นแนวทางในการพัฒนาทางด้านโปรแกรมควบคุมต่อไป

รูปแบบของการควบคุมแบบพี (proportional control) สามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากบล็อกไดอะแกรม สามารถอธิบายได้ดังนี้

ในการควบคุมอัตราเร็วมอเตอร์นั้น input ของบล็อกไดอะแกรมคือ SETPOINT SPEED และ output คือความเร็วของมอเตอร์ ส่วนค่า  $K_p$  และ  $K_f$  ก็คือว่า proportional gain และ feed back gain ตามลำดับโดยเฉพาะ  $K_f$  จะมีค่าไม่เกิน 1 ส่วนระบบนั้นก็คือตัวมอเตอร์

ระบบจะควบคุม output โดยนำค่าจาก output นั้นกลับมาผ่าน Feedback gain  $K_f$  แล้วนำไปเปรียบเทียบกับ input ผลที่ได้เป็น ERROR นำไปผ่าน proportional gain  $K_p$  ส่งให้กับระบบต่อไป

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมนี้เป็นภาษาแอสเซมบลีอยู่ในชุดคำสั่งของ Z-80 ซีพียู โปรแกรมที่เขียนนี้เป็นโปรแกรมที่ควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ให้ประมวลผลตามลักษณะการควบคุมแบบพี แต่จะมีปัญหาอยู่ตรงที่ค่า ERROR ถ้าเป็นค่าลบในระบบควบคุมนี้ข้อมูลที่ติดต่อไม่มีค่าลบ จึงต้องให้ข้อมูลเป็น 0 แทน

การทำงานของโปรแกรมเริ่มโดยการส่งค่า control word ออกไปควบคุมการทำงานของ 8255 ให้ทำงานเป็นพอร์ตตามที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นจะทำการเคลียร์ค่าของ SET POINT เพื่อให้มอเตอร์สตาร์ทความเร็วตั้งแต่มอเตอร์ ต่อมาจะรับค่าความเร็วสุดท้ายที่ต้องการโดยค่าของความเร็วสุดท้าย จะไม่เกินค่าความเร็วสูงสุด เมื่อรับค่าแล้วจะรอรับการกดปุ่ม RUN

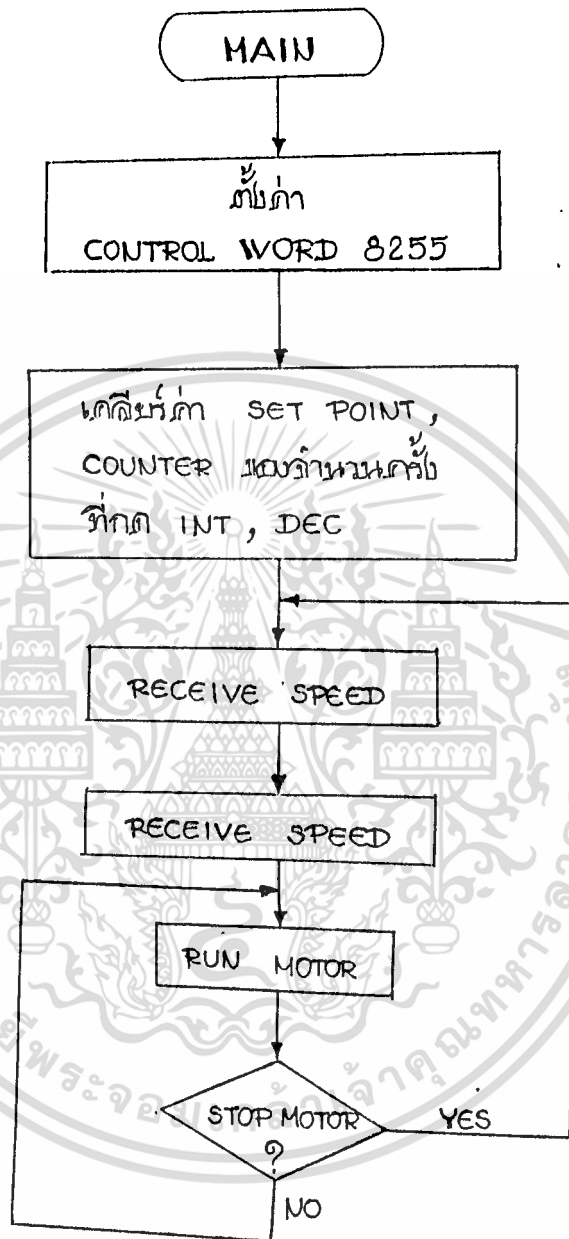
ในขณะที่มอเตอร์กำลังทำงานนั้นจะมีการตรวจสอบรับการกดปุ่ม INC กับ DEC ตลอดเวลาโดย

ปุ่ม DEC จะเป็นการลดค่าความเร็วสุดท้ายที่ต้องการไป 1 ค่า  
 ปุ่ม INC จะเป็นการเพิ่มค่าความเร็วสุดท้ายที่ต้องการไป 1 ค่า

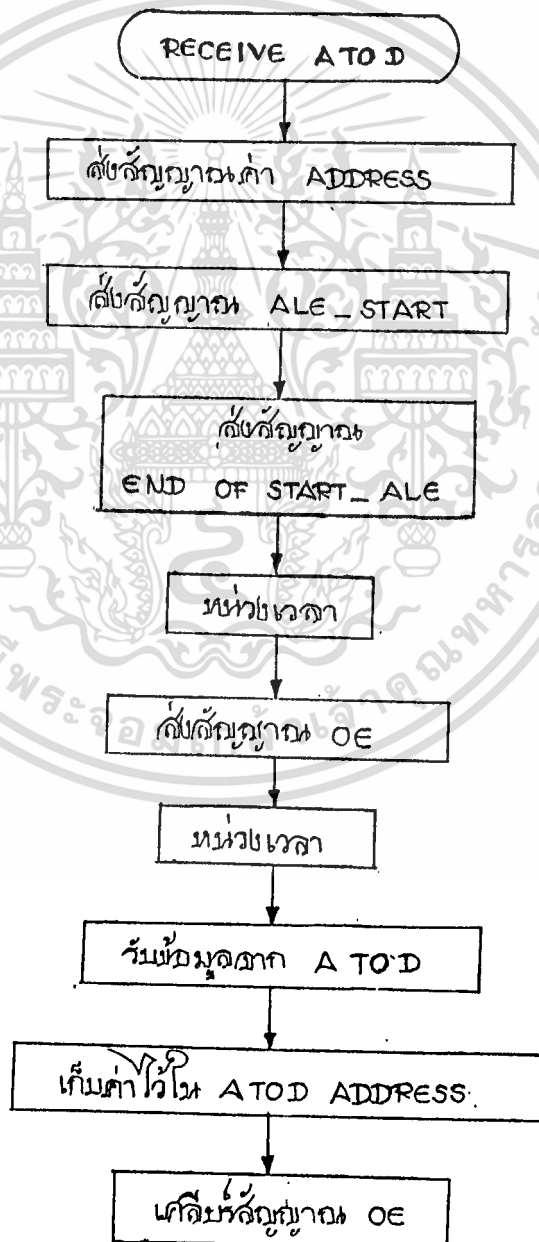
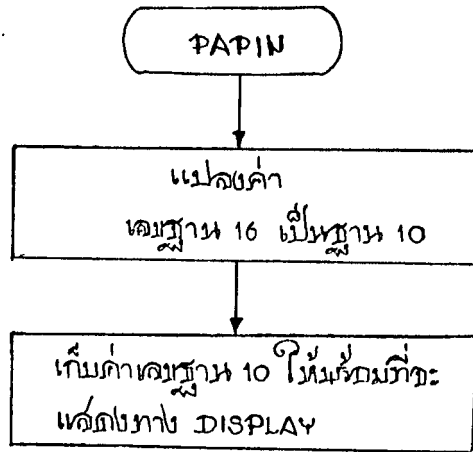
และเมื่อความเร็วของมอเตอร์ถึงค่าความเร็วสุดท้ายแล้วและเริ่มคงที่จะมีการตรวจสอบรับการกดปุ่ม STOP ตลอดเวลา โดยถ้าต้องการให้มอเตอร์หยุดและเริ่มรับค่าความเร็วสุดท้ายใหม่

การทำงานโดยละเอียดจะพิจารณาได้จากไฟล์ชาร์ตดังต่อไปนี้ และ จากโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี , ภาษาเครื่องจากภาคผนวก ค.

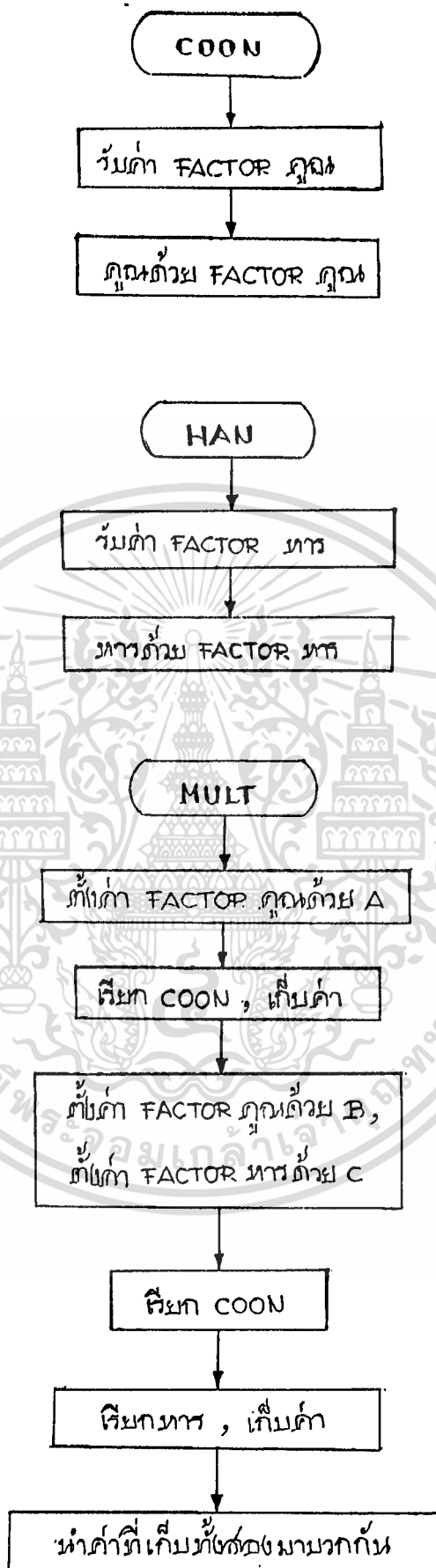




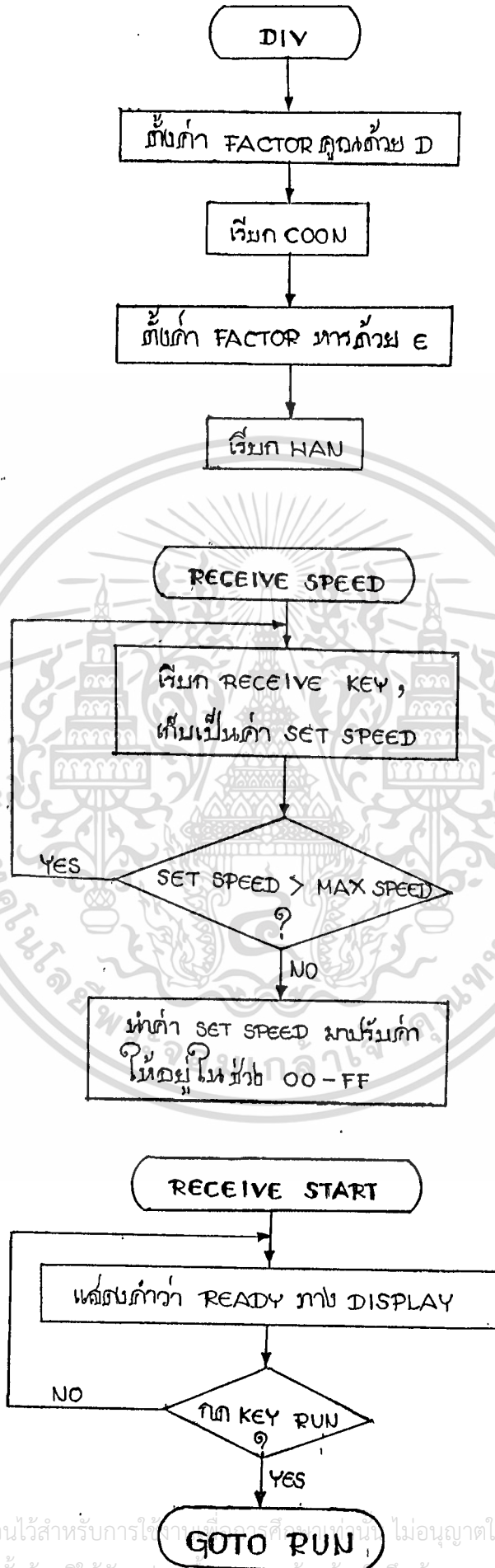
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องขออนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บทที่ 5

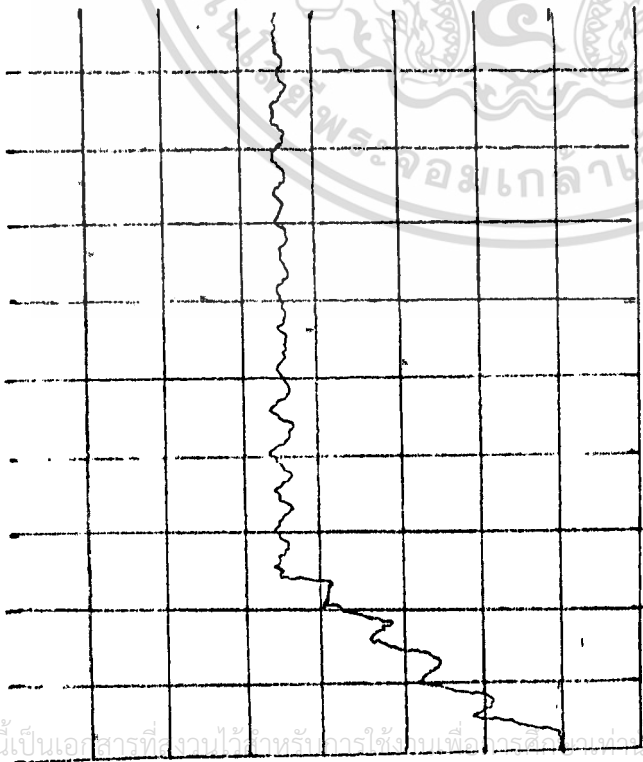
การทดลองและผลการทดลอง

การทดลอง

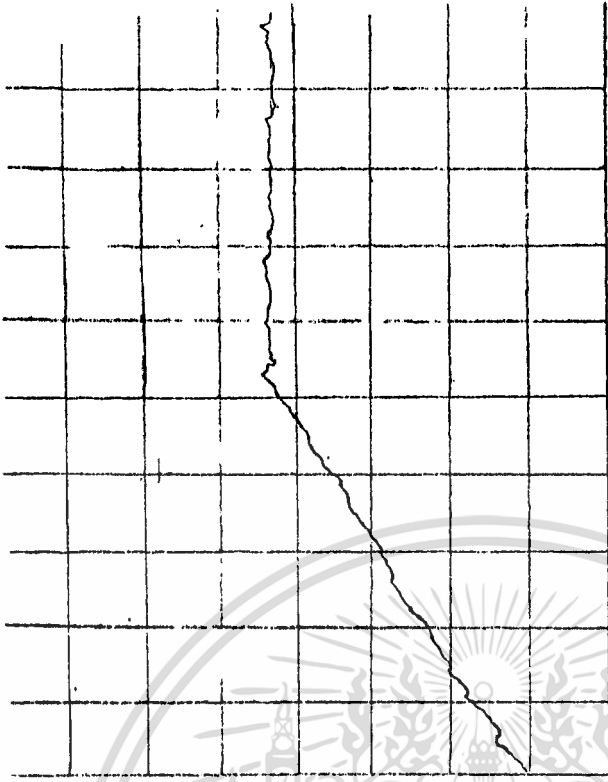
ทำการโดยการตั้งค่าความเร็วสุดท้ายต่าง ๆ หลายค่าและเปลี่ยนค่า  $K_p$  และ  $K_f$  ไปเรื่อย ๆ ในขณะที่มอเตอร์มีภาระที่ไม่คงที่ เพื่อหาค่า  $K_p$  และ  $K_f$  ที่เหมาะสม และสังเกตความเร็วของมอเตอร์เมื่อเริ่มเข้าสู่สภาวะเสถียร

ผลการทดลอง

เมื่อปรับค่า  $K_p$  และ  $K_f$  จนได้ค่าความเร็วของมอเตอร์ที่เริ่มใช้ได้น่า มาทดลองหาข้อมูลที่ความเร็วสุดท้ายค่าต่าง ๆ พบว่า เมื่อความเร็วของมอเตอร์เข้าสู่ สภาวะเสถียรจะมีการส่ายอยู่เล็กน้อย โดยความเร็วมอเตอร์ค่าสุดท้ายที่ต่ำกว่า จะมีการส่ายมากกว่า ความเร็วสุดท้ายที่สูงกว่า



5.1



5.2

รูปที่ 5.1 และ 5.2 กราฟแสดง ความเร็วของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การได้ขออนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 :ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีก ๑๑. / ๑๕๕๑.๑๐ แปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นว่าความเร็วสุดท้าย 600 รอบต่อนาที จะมีความเร็วที่เข้าสู่ภาวะเสถียรช้ากว่าความเร็วสุดท้าย 1000 รอบต่อนาที ส่วนการ RUN มอเตอร์และจะเริ่มสตาร์ท จากค่าศูนย์และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เป็นลักษณะเส้นตรงตามโปรแกรมที่เขียนไว้ให้ SET POINT มีค่าเพิ่มขึ้นทีละค่าจนถึงค่าความเร็วสุดท้าย เพื่อไม่ต้องการให้เกิดโอเวอร์ฮีตค่ามาก ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ความเร็วของมอเตอร์ที่สภาวะคงที่มีการล่าช้าอยู่เล็กน้อยนั้นเป็นเพราะความสามารถของวงจรควบคุมมีค่าอยู่จำกัด เช่น วงจรแปลง A to D , D to A มีค่าละเอียดแค่ 8 บิต , ซีพียู Z-80 นั้น ทำงานได้ไม่เร็วเพียงพอต่อการประมวลผล เทคนิคการเขียนโปรแกรมยังต้องพัฒนาไปอีกโดยให้ใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุดโดยมีประสิทธิภาพมากที่สุด

และเนื่องจากการไม่ทราบ transfer function ของตัวอิตีมอเตอร์เพราะไม่สามารถหาข้อมูลเกี่ยวกับตัวมอเตอร์ได้ทำให้ไม่สามารถใส่ตัวชดเชยที่เหมาะสมและเลือกรูปแบบการควบคุมที่เหมาะสมได้

ส่วนการล่าช้าของค่าความเร็วสุดท้ายที่ตั้งไว้ต่ำ ๆ มีมากกว่าความเร็วสุดท้ายที่ตั้งไว้สูงนั้น คงเป็นเพราะการมีผลกระทบจากภาระต่อความเร็วของมอเตอร์ระดับต่าง ๆ ไม่เท่ากัน

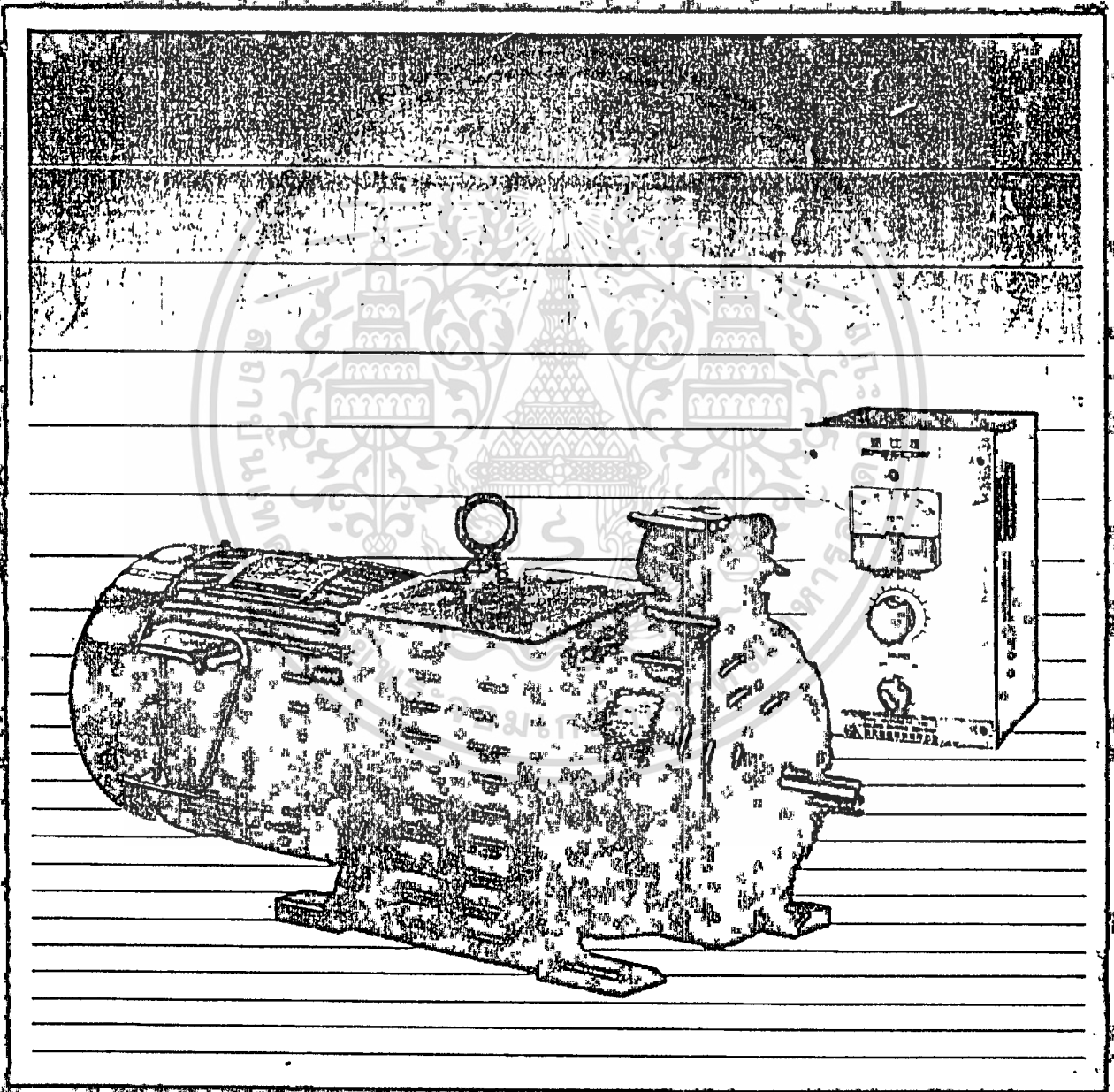


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# EDDY CURRENT MOTOR

ภาคผนวก ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานในโครงการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ประโยชน์ด้านการค้า  
แม้ว่ากรรมสิทธิ์ในทรัพย์สินทางปัญญาจะตกแก่ผู้นอหา และจัดให้มีการจัดตั้งกองเอกสารวิจัยเพื่อการนำไปใช้

## SPECIFICATION

Model	Frame No.	Drive Motor		Max. Output Torque (kg-m)		Speed Control Range		Standard Accessory
		Poles	HP	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	Speecon Panel
VSED405B	A-0917B	4	1/2	0.2	0.24	1500—150	1200—120	SVTMNS-R120C
VSED41B	A-1020B		1	0.4	0.48			
VSED42B	A-1122B		2	0.8	0.96			
VSED43B	A-1325B		3	1.2	1.44			
VSED45B	A-1427B		5	2.0	2.4	1650—150		SVTMNS-R360C
VSED47B	A-1635B		7 1/2	3.0	3.6			
VSED410B	B-1635B		10	4.0	4.8			
VSED415B	A-2040B		15	6.0	7.2			

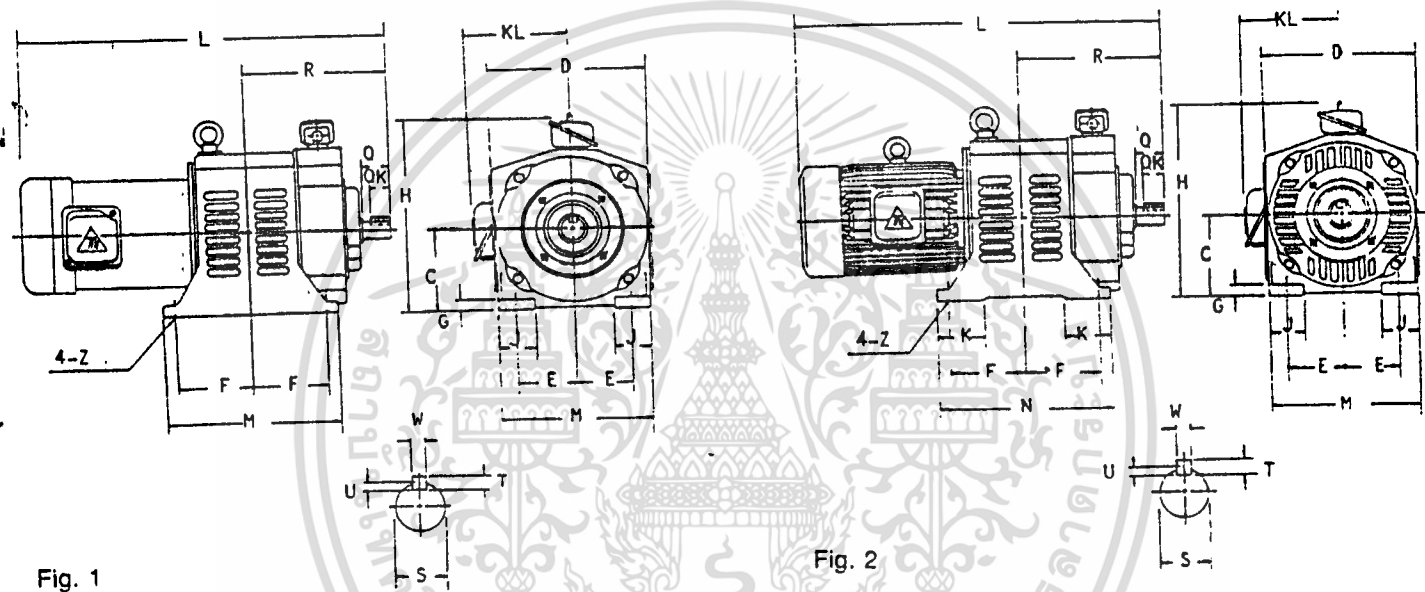


Fig. 1

Fig. 2

Dimensions in mm

Model	HP	Frame No.	Fig	C	D	E	F	G	H	J	K	KL	L	M	N	R
VSED405B	1/2	A-0917B	1	90	200	80	89.0	15	225	40	—	119	458	200	210	182.5
VSED41B	1	A-1020B		100	210	80	101.5	15	248	45	—	121	485	210	240	191.5
VSED42B	2	A-1122B	2	112	230	95	114.0	15	272	50	60	150	570	230	270	221.5
VSED43B	3	A-1325B		132	270	108	127.0	20	311	60	75	173	632	270	300	242.5
VSED45B	5	A-1427B		145	300	127	139.5	20	343	65	85	182	687	300	330	270.0
VSED47B	7 1/2	A-1635B		160	340	127	178.0	25	390	75	95	218	816	340	425	337.5
VSED410B	10	B-1635B		160	340	127	178.0	25	390	75	95	218	854	340	425	337.5
VSED415B	15	A-2040B		200	400	159	203.0	30	460	85	125	256	977	400	500	372.5

Frame No.	Z	Shaft End						Approx. Weight (kg)
		Q	QK	S	T	U	W	
A-0917B	12	40	25	18	6	3.5	6	28
A-1020B	12	40	25	18	6	3.5	6	35
A-1122B	12	50	35	22	6	3.5	6	58
A-1325B	12	60	45	28	7	4.0	8	77
A-1427B	15	60	45	28	7	4.0	8	106
A-1635B	15	80	65	35	8	5.0	10	175
A-1635B	15	80	65	35	8	5.0	10	190
A-2040B	19	90	70	42	8	5.0	12	296

REMARKS: 1. Tolerance of Dimension "S" according to (ISA) h6.  
 2. Tolerance of Dimension "C" +0, -0.5

# SPECIFICATION

Model	Frame No.	Drive Motor		Max. Output Torque (kg-m)		Speed Control Range (rpm)		Standard Accessory	
		Poles	HP	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	Speecon Panel	
VS420B	A-2854B	4	20	8.0	9.6	1500—150	1200—120	SVTMNS-R360C	
VS425B	A-2854B		25	10.0	12.0				
VS430B	B-2854B		30	12.0	14.4				
VS440B	A-3264B		40	16.2	19.4				
VS450B	B-3264B		50	20.0	24.0				

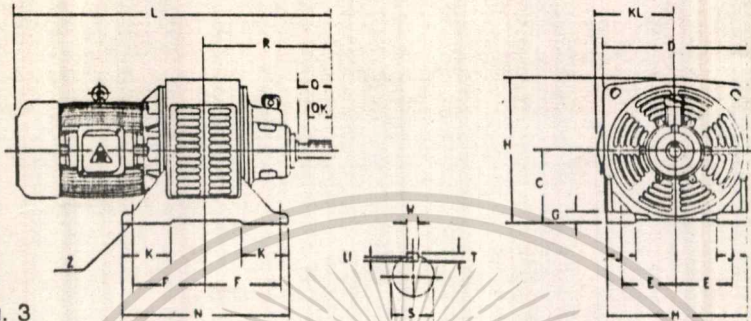


Fig. 3

Dimensions in mm

Model	Frame No.	Fig	C	D	E	F	G	H	J	K	KL	L	M	N	R	Z	Shaft End					
																	Q	OK	S	T	U	W
VS420B	A-2854B	3	280	550	205	270	40	550	120	150	228	1156	530	600	490	24	105	85	48	8	4.5	12
VS425B	A-2854B	3	280	550	205	270	40	550	120	150	291	1207	530	600	490	24	105	85	48	8	4.5	12
VS430B	B-2854B	3	280	570	205	270	40	570	120	150	291	1245	530	600	490	24	105	85	48	8	4.5	12
VS440B	A-3264B	3	320	620	235	320	45	635	130	205	329	1447	600	700	540	24	140	120	55	10	5	15
VS450B	B-3264B	3	320	650	235	320	45	650	130	205	339	1481	600	700	540	24	140	120	55	10	5	15

REMARKS: 1. Tolerance of Dimension "S" According to (ISA) h6  
 2. Tolerance of Dimension "C"  $\begin{matrix} +0 \\ -0.5 \end{matrix}$  for 235mm and Under,  $\begin{matrix} +0 \\ -1 \end{matrix}$  for 280mm and Above

# SPECIFICATION

Model	Frame No.	Drive Motor		Max. Output Torque (kg-m)		Speed Control Range (rpm)		Standard Accessory	
		Poles	HP	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	Speecon Panel	
VSED460B	A-3563B	4	60	24.0	28.8	1650—165	1350—135	SVTMNS-R360C	
VSED475B	A-3563B		75	30.0	35.0	1600—265	1275—215		
VSED4100B	A-3563B		100	40.0	47.0	1500—600	1200—600		
VSED650B	A-3563B	6	50	30.0	35.0	1000—165	800—135		
VSED660B	A-3563B		60	36.0	42.0	950—315	750—250		
VSED830B	A-3563B	8	30	24.0	28.8	750—75	600—60		
VSED840B	A-3563B		40	32.0	38.0	650—215	500—165		
VSED850B	A-3563B		50	40.0	47.0	600—300	450—225		

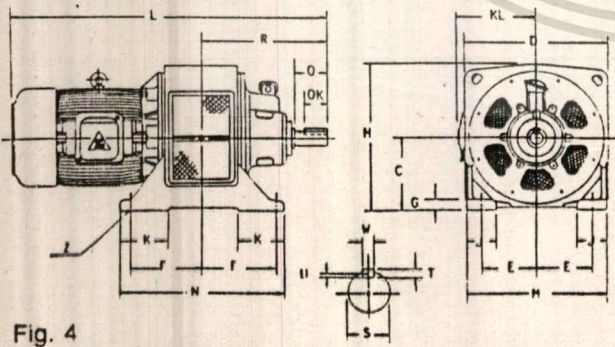


Fig. 4

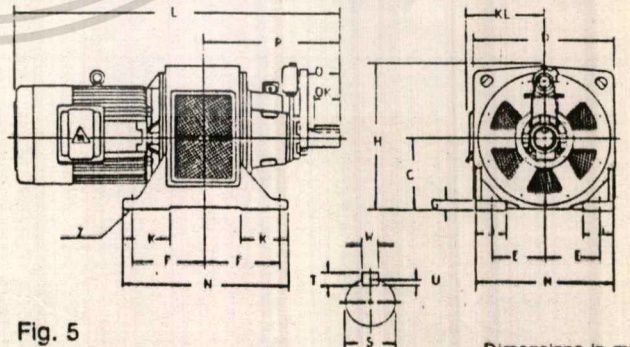


Fig. 5

Dimensions in mm

Model	Fig	C	D	E	F	G	H	J	K	KL	L	M	N	R	Z	Shaft End					
																Q	OK	S	T	U	W
VSED460. 830	4	355	711	265	315	45	725	130	210	377	1480	660	720	564	24	140	110	60	11	7	18
VSED475. 650. 840	4	355	711	265	315	45	725	130	210	377	1480	660	720	564	24	140	110	60	11	7	18
VSED660. 850	5	355	711	265	315	45	758	130	210	490	1517	660	720	564	24	140	110	75	12	7.5	20
VSED4100	5	355	711	265	315	45	758	130	210	490	1555	660	720	564	24	140	110	75	12	7.5	20

REMARKS: 1. Tolerance of Dimension "S" According to (ISA) m6  
 2. Tolerance of Dimension "C"  $\begin{matrix} +0 \\ -1 \end{matrix}$

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SPECIFICATION**

Model	Frame No.	Drive Motor		Max. Output Torque (kg-m)		Speed Cotrol Range (rpm)		Standard Accessory Speecon Panel	Remark
		Poles	HP	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz		
VSED4125	3590	4	125	47	57	1650—165	1300—130	SVTMNS-R360C	TL α N <sup>2</sup>
VSED4150	3590	4	150	57	68	1650—165	1300—130		TL α N <sup>2</sup>
VSED675	3590	6	75	40	49	1000—100	850—85		TL α N <sup>2</sup>
VSED6100	3590	6	100	54	65	1000—100	850—85		TL α N <sup>2</sup>
VSED860	3590	8	60	40	49	700—70	550—55		TL α N <sup>2</sup>
VSED875	3590	8	75	50	60	700—70	550—55		TL α N <sup>2</sup>

REMARKS: 1. TL: Load Torque      2. N: Speed (r.p.m.)

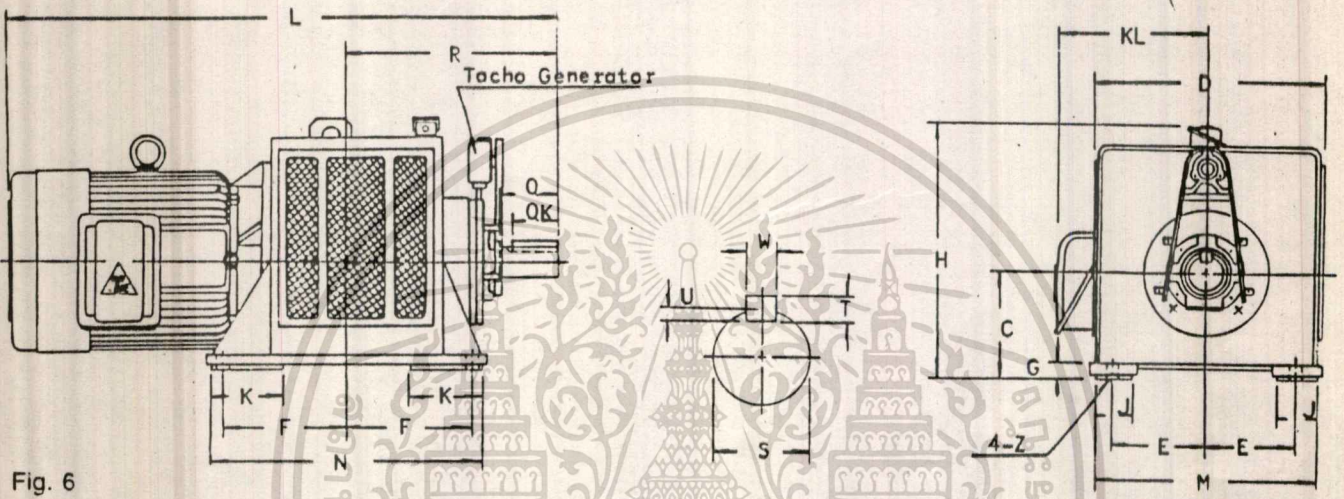


Fig. 6

Dimensions in mm

Model	Drive Motor		C	D	E	F	G	H	J	K	KL	L	M	N	R	K	Z	Shaft End					
	Poles	HP																Q	QK	S	T	U	W
VSED4125	4	125	355	750	305	450	40	855	150	240	520	1779	730	980	754	704	φ28	170	140	85	14	9	22
VSED4150		150	355	750	305	450	40	855	150	240	520	1829	730	980	754	704	28	170	140	85	14	9	22
VSED675	6	75	355	750	305	450	40	855	150	240	490	1760	730	980	754	704	28	170	140	85	14	9	22
VSED6100		100	355	750	305	450	40	855	150	240	520	1779	730	980	754	704	28	170	140	85	14	9	22
VSED860	8	60	355	750	305	450	40	855	150	240	490	1760	730	980	754	704	28	170	140	85	14	9	22
VSED875		75	355	750	305	450	40	855	150	240	520	1779	730	980	754	704	28	170	140	85	14	9	22

**DESCENDING TORQUE-SPEED CURVE**

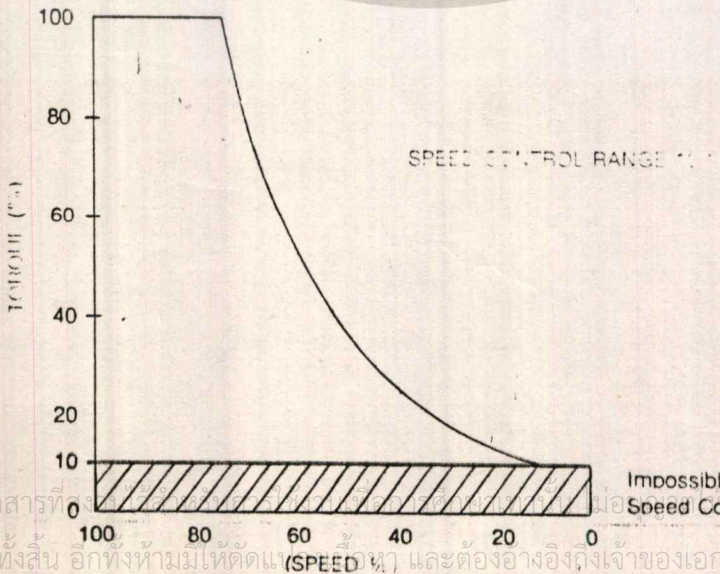


Fig. 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... Impossible Field Ec Speed Control ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

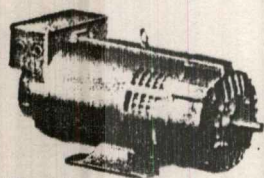
ไม่... และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# INSTRUCTIONS FOR VS MOTORS

Instruction  
TOE-C21

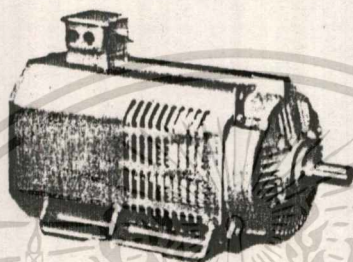
February,

## TYPE VBOZN 0.2 - 45kW

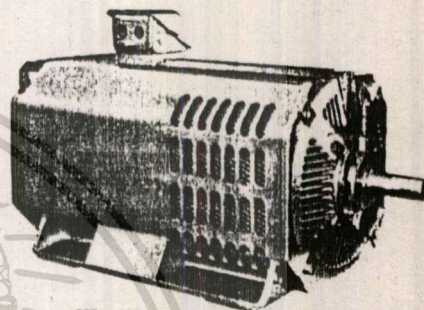


275 - 322

0.75kW 1200-120rpm



11kW 1350-135rpm



275 - 122

22kW 1350-135rpm

VS motor is an AC-operated variable speed motor which contains VS coupling (eddy current coupling) and three-phase squirrel-cage induction motor in one compact unit.

When properly installed, operated and maintained, this motor will provide a lifetime of optimum operation. Before starting read thoroughly these instructions, and keep them for future reference.

### IMPORTANT

- When megger test is necessary, disconnect VS motor from VS motor regulator before the test. For details, refer to the section BEFORE PUTTING INTO SERVICE on page 8.
- Connection to the external terminal 50 or 60 of VS motor regulator should be done according to the frequency. Refer to the section WIRING on page 5.

### CONTENTS

	Page
RECEIVING .....	2
HANDLING .....	2
STORAGE .....	2
CONSTRUCTION .....	2
INSTALLATION .....	3
WIRING .....	5
OPERATION .....	8
DISASSEMBLY AND REASSEMBLY ..	9
MAINTENANCE .....	15
SPARE PARTS .....	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# WIRING (Cont'd)

Fig. 11 shows a typical connection of VS motor drive system. Fig. 12 shows a basic wiring diagram of VS motor drive system.

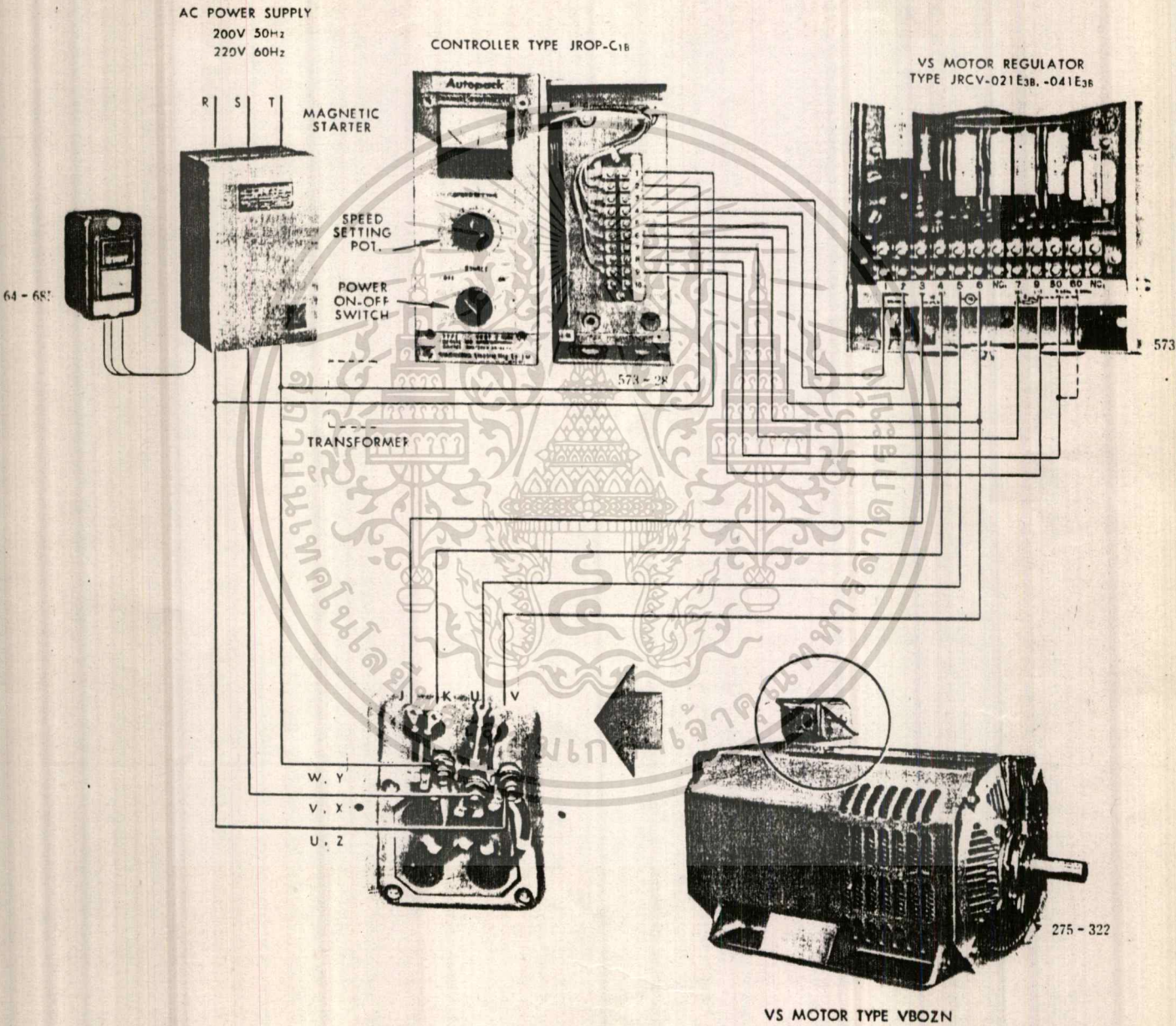
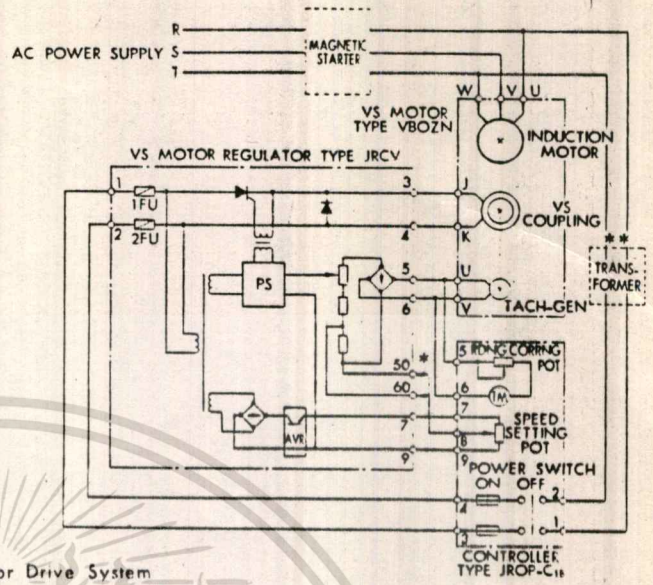


Fig. 11 Connection of VS Motor Drive System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่สามารถแก้ไขทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- \* Connect to regulator terminal 50 when 50Hz, and 60 when 60Hz.
- \*\* Where supply voltage is other than 200/220V provide a transformer whose output is 200/220V (750VA for 0.2kW motor and 1500VA for 0.4kW).

Fig. 12 Basic Wiring Diagram of VS Motor Drive System

## CONNECTIONS OF INDUCTION MOTOR

### Size of Leads

Incoming power leads of proper size should be selected in accordance with Table 2.

Table 2 Induction Motor Full Load Current and Diameter of Terminal Fastening Screws

Induction Motors (4-pole) Output (kW)	Current (A)			Nominal Dia of Terminal Fastening Screws
	200 V		220 V	
	50 Hz	60 Hz	60 Hz	
0.2	1.7	1.35	1.48	M4
0.4	2.1	2.1	1.9	
0.75	3.7	3.4	3.3	
1.5	6.2	5.9	5.6	
2.2	8.9	8.6	8.2	M6
3.7	14.4	14.3	13.3	
5.5	21.0	21.0	19.0	
7.5	29.0	27.0	26.0	
11	43.0	41.0	38.0	M8
15	61.0	60.0	54.0	
22	79.0	75.0	74.3	
30	115	—	100	
37	139	—	125	
45	162	—	158	

### Connections

Across-the-line starting is in general employed for induction motors. Wye-delta starting may be employed for motors 5.5kW and above.

Connections for across-the-line starting are as follows:

- Motors 3.7kW and below — have 3 leads U, V and W. U, V and W should be connected to three-phase line leads R, S and T respectively.
- Motors 5.5kW and above — are furnished with 6 leads U, V, W, X, Y and Z. Leads U-Z, V-X and W-Y should be connected to line leads R, S and T respectively.

### Direction of Rotation

The standard direction of rotation is counter-clockwise viewing from the drive end. To reverse the direction, interchange any two of line leads.

## CONNECTIONS OF VS COUPLING AND TACH-GEN

### Size of Leads

Use the lead 2 mm<sup>2</sup> and over for the excitation coil of VS coupling and the lead 1.25 mm<sup>2</sup> and over for tachometer generator. The diameter of terminal fastening screw is M4.

Currents of VS motor regulator at supply voltage 200/220V AC are shown below.

Type JRCV-021E<sub>3B</sub> used for VS motors 0.2 to 11kW ..... DC, 2.5A

Type JRCV-041E<sub>3B</sub> used for VS motors 15 to 45kW ..... DC, 5A

### Connections

Connections of VS regulator and its regulator are shown in Fig. 13.

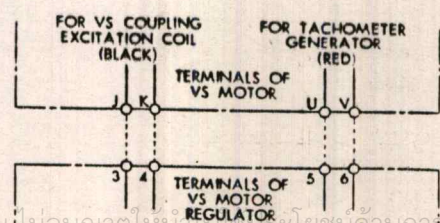


Fig. 13 Connections of VS Coupling and VS Motor Regulator

# OPERATION

## BEFORE PUTTING INTO SERVICE

Check the following items:

- Make sure that thrust block is removed.
- Disconnect VS motor from load, if connected.
- The shaft should be clear of any obstructions for rotating.
- Be sure that wiring is correct and screw is tightened up on each terminal.
- Insulation resistance of induction motor and VS coupling should be above  $0.2\text{ M}\Omega$ , and that of tachometer generator, above  $0.1\text{ M}\Omega$ , when tested with a 500V megger.

### CAUTION:

BEFORE MEGGER TEST OF VS COUPLING, DISCONNECT IT FROM VS MOTOR REGULATOR. IF NOT, VS MOTOR REGULATOR MAY BE DAMAGED.

Leads and coils should not be shortcircuited.

Where VS motor is to be operated after storage for 3 months or more, replenish bearings with grease, referring to MAINTENANCE on page 15.

## TEST RUN

### Test Run at No Load

Make sure that the power ON-OFF switch of controller is in OFF position and turn the speed setting potentiometer full counterclockwise. Then start the induction motor by depressing START button of the pushbutton station.

### Direction of rotation

If the output shaft rotates in the wrong direction, correct the connection according to CONNECTIONS OF INDUCTION MOTOR on page 7.

Set the power ON-OFF switch of controller to ON.

The wind pressure of induction motor and the rotating friction of intermediate bearing may cause the output shaft of VS motor to rotate slowly, but this does not cause any trouble.

Turn slowly the speed setting potentiometer of controller clockwise, and VS motor will accelerate its speed gradually. As the load is disconnected, the speed cannot be controlled accurately.

5. Check for vibration and noise.

If unusual vibration and noise are observed, take a necessary action referring to TROUBLE SHOOTING GUIDE on page 19. Where VS motor is to be operated after storage for 3 months or more, replenish bearings with grease.

6. Turn the speed setting potentiometer of controller full counterclockwise. Set the power ON-OFF switch to OFF position and depress STOP button of pushbutton station to stop the induction motor.

### Test Run at Load

1. Connect to the driven machine. Where V-belt drive, see Belt Tension Adjustment (Fig.8) on page 5.
2. Check to see that the power ON-OFF switch of controller is in OFF position, and turn the speed setting potentiometer full counterclockwise. Then depress the START button of pushbutton station to start the induction motor.
3. Set the power ON-OFF switch to ON position.
4. Turn the speed setting potentiometer clockwise slowly, and the speed of VS motor increases gradually. Then see that VS motor speed varies according to the speed setting. If VS motor speed does not increase, adjust gain with SPEED potentiometer turned slightly clockwise using VS motor regulator.
5. Turn the speed setting potentiometer counterclockwise. Set the power ON-OFF switch to OFF position and depress STOP button of pushbutton station to stop the induction motor.

## OPERATION

For starting VS motor, take the same procedure described in the section Test Run at Load, considering the following:

- The nominal output of VS motor represents the output of induction motor. Actual output of VS motor is 80% output of induction motor at maximum rated speed.
- Operate VS motor within the rated speed range specified on the nameplate. Operation below the rating may make accurate speed control difficult and cause motor failures.
- When VS motor is operating under 5% rated load, accurate VS motor speed control cannot be made.
- Speed regulation of type E3B regulators is 2% or below, when load torque varies between 100% and 10%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการวิจัยและพัฒนาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ดำเนินการใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# DISASSEMBLY AND REASSEMBLY

Before disassembling, observe the following:

- Disassemble or reassemble the motor in a clean and dry place free from water drops.
- Keep small parts such as screws so that they should not be missed for reassembly.
- Rest the disassembled parts on clean wooden board, paper or cloth.
- Care should be taken to avoid damage to the bearing. Do not blow bearing outer race with a hammer or apply undue stress to the bearing.

8. Pull out drive-end bracket (28) together with output shaft (38). Then hollow shaft (20) is removed.

### CAUTION:

- Care should be taken not to damage the coil of induction motor and the excitation coil leads of VS coupling, when removing output shaft.
- Keep the diaphragm (26) and spring washer (10).
- Protect the exposed rotor assembly from dust.

## MOTORS 0.2 TO 1.5kW (Fig. 14)

### Disassembly Procedure

1. Loosen screws (6) and remove terminal box cover (7).
2. Disconnect the leads in the terminal box. Mark terminal leads and incoming cables to insure correct reconnection.
3. Remove eyebolt (21) and screws (15). Remove lead cover (16).
4. Loosen screws (5) and remove tach-gen cover (2).
5. Remove snap ring (1).
6. Pull off tach-gen rotor (3).
7. Remove nut (27) for the through bolt.
9. Remove yoke fastening bolts (32). Separate bracket (28) from yoke (31) and drive-end bearing (34).
10. Pull off opposite-drive-end bearing (9) with a gear puller. Hook a puller on a hollow shaft bearing. Push the output shaft extension and opposite-drive-end bearing is removed. See Fig. 15.
11. Remove hollow shaft (38) from output shaft (20).
12. Remove snap ring (36).
13. Pull off drive-end bearing (34) with a gear puller, and bearing cover (33) is removed.
14. Remove yoke (31) from inductor (29) with excitation coil (30) attached.

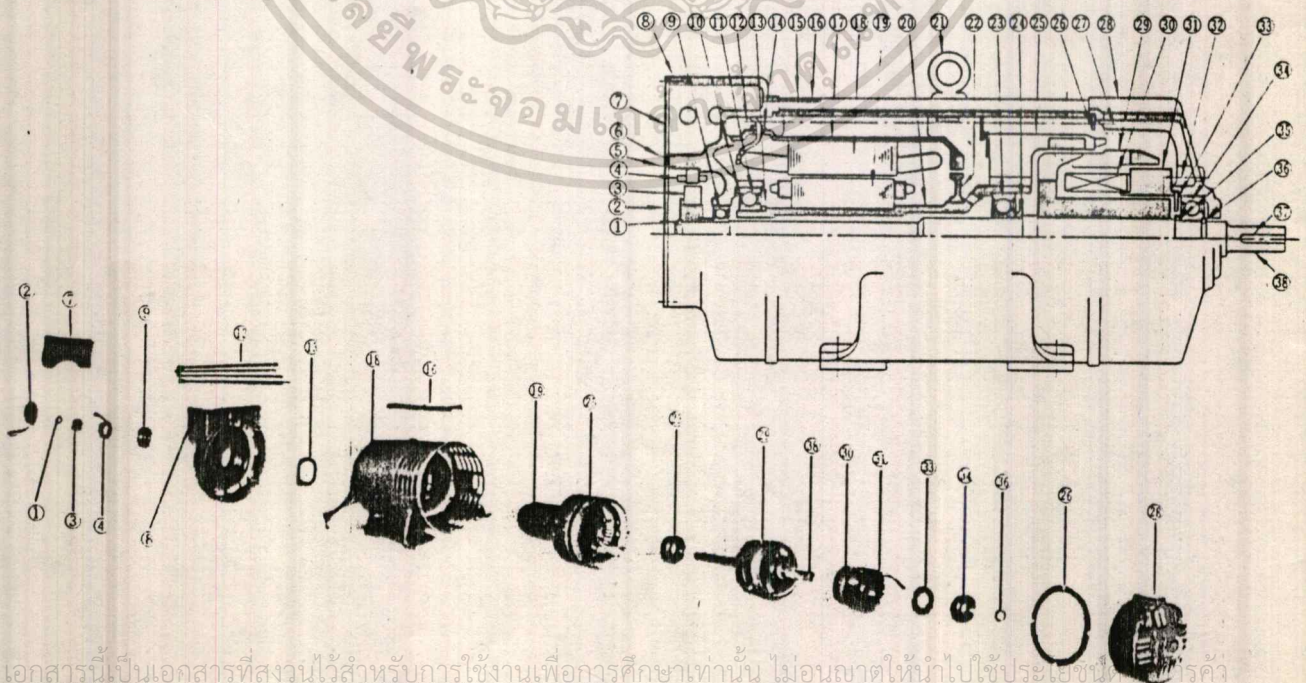


Fig. 14 Construction of VS Motors 0.2-1.5kW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 15. Remove intermediate bearing ⑳.

The bearing can be removed by screwing the bolts in the holes of metal plate applied. See Fig. 16 .

## 16. Pull off hollow shaft bearing ⑪ with a gear puller.

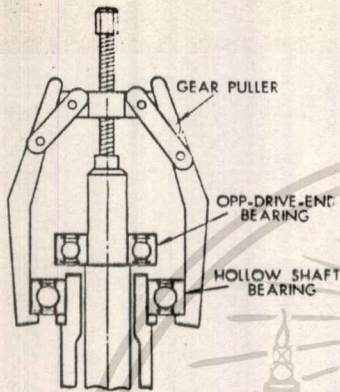


Fig. 15 Removal of Opp-drive-end Bearing

## Reassembly

Reassembly is primarily a matter of reversing the disassembly operations.

Before mounting bearings, apply a thin coat of molybdenum disulfide to the bearing outer race fits of brackets ⑧, ⑳ and hollow shaft ⑳.

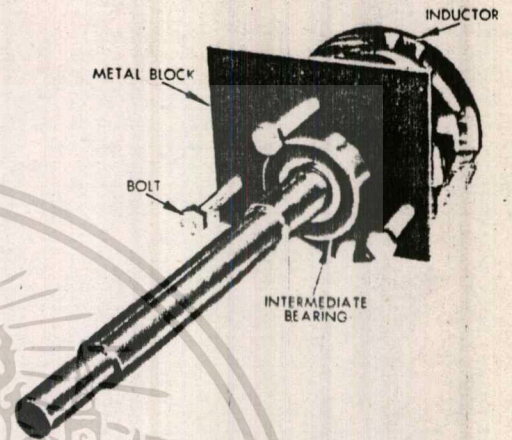


Fig. 16 Removal of Intermediate Bearing

- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| ① SNAP RING             | ⑳ HOLLOW SHAFT         |
| ② TACH-GEN COVER        | ㉑ EYEBOLT              |
| ③ TACH-GEN ROTOR        | ㉒ FLINGER              |
| ④ TACH-GEN STATOR       | ㉓ INTERMEDIATE BEARING |
| ⑤ SCREW                 | ㉔ BEARING SEAL         |
| ⑥ SCREW                 | ㉕ DRUM                 |
| ⑦ T-BOX COVER           | ㉖ DIAPHRAGM            |
| ⑧ BRACKET               | ㉗ NUT                  |
| ⑨ OPP-DRIVE-END BEARING | ㉘ BRACKET              |
| ⑩ SPRING WASHER         | ㉙ INDUCTOR             |
| ⑪ HOLLOW SHAFT BEARING  | ㉚ EXCITATION COIL      |
| ⑫ THROUGH BOLT          | ㉛ YOKE                 |
| ⑬ COLLAR                | ㉜ BOLT                 |
| ⑭ BUSHING               | ㉝ BEARING COVER        |
| ⑮ SCREW                 | ㉞ DRIVE-END BEARING    |
| ⑯ LEAD COVER            | ㉟ COLLAR               |
| ⑰ INTERMEDIATE BEARING  | ㊱ SNAP RING            |
| ⑱ MOTOR STATOR          | ㊲ KEY                  |
| ㉑ MOTOR ROTOR           | ㊳ OUTPUT SHAFT         |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# DISASSEMBLY AND REASSEMBLY (Cont'd)

## MOTORS 2.2 TO 11kW (Fig. 17)

### Disassembly Procedure

1. Loosen cover fastening screws of terminal box and remove cover ②4.
2. Disconnect the leads in the terminal box. Mark terminal leads and incoming cables to insure correct reconnection.
3. Unscrew screws ⑥, ②5 and remove lead covers ⑦, ②6.
4. Loosen screws ⑤ and remove tach-gen cover ②.
5. Remove snap ring ①.
6. Pull off tach-gen rotor ③.
7. Remove bracket fastening bolts ④3. Then hangers ①8 are removed. Keep them.
8. Pull out bracket ④2 with output shaft ⑤3. Then hollow shaft ②2 is taken off.

### CAUTION:

- Care should be taken not to damage the coil of induction motor and the excitation coil leads of VS coupling, when removing output shaft.
  - Keep the spring washer ①1.
  - Protect the exposed rotor assembly from dust.
9. Remove yoke fastening bolts ④4. Separate bracket ④2 from yoke ④1 and drive end bearing ④6.

10. Pull off opposite-drive-end bearing ④10 with a gear puller. Hook a gear puller on a hollow shaft bearing ④16. Push the output shaft extension and opposite-drive-end bearing is removed. See Fig. 15.
11. Remove hollow shaft ②2 from output shaft ⑤3.
12. Remove snap ring ⑤0.
13. Pull off drive-end bearing ④8 with a gear puller.
14. Remove yoke ④1 from inductor ④9 with excitation coil ④0 attached.
15. Remove intermediate bearing ④2. The bearing can be removed by screwing the bolts in the holes of metal plate applied. See Fig. 16.
16. Pull off hollow shaft bearing ④16 with a gear puller.
17. Remove bracket fastening bolts ④5.
18. Remove bracket ④2. Care should be taken not to damage the leads of tachometer generator.

### Reassembly

Reassembly is primarily a matter of reversing the disassembly operations. Before mounting bearings, apply a thin coat of molybdenum disulfide to the bearing outer race fits of brackets ④2, ④2 and hollow shaft ②2.

- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| ① SNAP RING             | ②5 SCREW                |
| ② TACH-GEN COVER        | ②6 LEAD COVER           |
| ③ TACH-GEN ROTOR        | ②7 FLINGER              |
| ④ TACH-GEN STATOR       | ②8 BOLT                 |
| ⑤ SCREW                 | ④2 INTERMEDIATE BEARING |
| ⑥ SCREW                 | ④6 DRUM                 |
| ⑦ LEAD COVER            | ④9 INDUCTOR             |
| ⑩ OPP-DRIVE-END BEARING | ④0 EXCITATION COIL      |
| ⑪ SPRING WASHER         | ④1 YOKE                 |
| ⑫ BRACKET               | ④2 BRACKET              |
| ⑬ BOLT                  | ④3 BOLT                 |
| ⑬ HOLLOW SHAFT BEARING  | ④4 BOLT                 |
| ①8 HANGER               | ④7 BEARING COVER        |
| ①9 INTERMEDIATE FRAME   | ④8 DRIVE END BEARING    |
| ②0 MOTOR STATOR         | ④9 COLLAR               |
| ②1 MOTOR ROTOR          | ⑤0 SNAP RING            |
| ②2 HOLLOW SHAFT         | ⑤2 KEY                  |
| ②3 BUSHING              | ⑤3 OUTPUT SHAFT         |
| ②4 T-BOX COVER          |                         |

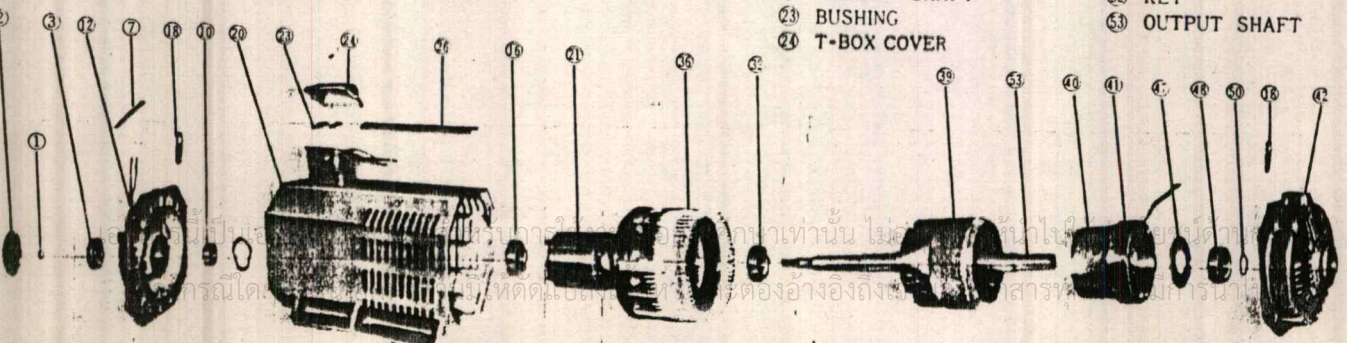
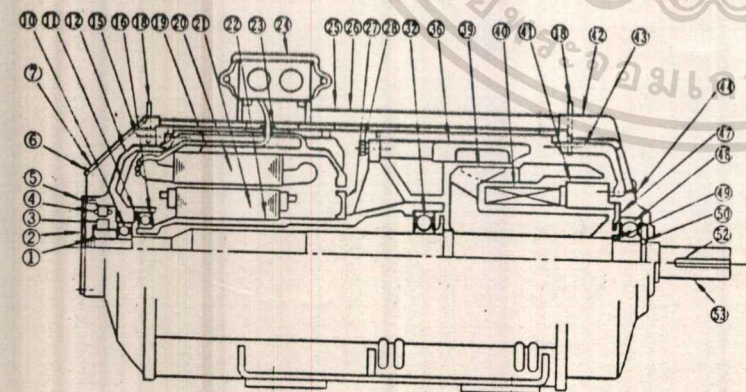


Fig. 17 Construction of VS Motors 2.2-11 kW

# DISASSEMBLY AND REASSEMBLY (Cont'd)

## MOTORS 15 TO 45kW (Fig. 18)

### Disassembly Procedure

Steps 11 - 18 enclosed in the box, below, apply only to 15kW motors.

1. Loosen cover fastening screws of terminal box and remove cover ⑫.
2. Disconnect the leads in the terminal box. Mark terminal leads and incoming cables to insure correct reconnection.

3. Unscrew screws ⑥ and remove lead cover ⑦.
4. Loosen screws ⑤ and remove cover ②.
5. Remove bearing cover by loosening nuts ⑨ of cover fastening bolts.
6. Remove bracket fastening bolts ⑮.
7. Remove bracket ⑫.  
Insert bar between bracket and motor frame and work it lightly back and forth. Care should be taken not to damage leads of tachometer generator.

- |                         |                         |                      |
|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| ① SNAP PING             | ⑲ INTERMEDIATE FRAME    | ⑤⑥ GREASE VALVE      |
| ② TACH-GEN COVER        | ⑳ MOTOR STATOR          | ⑤⑨ INDUCTOR          |
| ③ TACH-GEN ROTOR        | ㉑ MOTOR ROTOR           | ④⑩ EXCITATION COIL   |
| ④ TACH-GEN STATOR       | ㉒ HOLLOW SHAFT          | ④① YOKE              |
| ⑤ SCREW                 | ㉓ BUSHING               | ④② BRACKET           |
| ⑥ SCREW                 | ㉔ T-BOX COVER           | ④③ BOLT              |
| ⑦ LEAD COVER            | ④⑤ SCREW                | ④④ BOLT              |
| ⑧ GREASE NIPPLE         | ④⑥ LEAD COVER           | ④⑤ BEARING COVER     |
| ⑨ BOLT                  | ④⑦ FLINGER              | ④⑥ BOLT              |
| ⑩ OPP-DRIVE-END BEARING | ④⑧ BOLT                 | ④⑦ BEARING COVER     |
| ⑪ SPRING WASHER         | ④⑩ SNAP RING            | ④⑧ DRIVE END BEARING |
| ⑫ BRACKET               | ④① GREASE VALVE         | ④⑨ COLLAR            |
| ⑬ SNAP RING             | ④② INTERMEDIATE BEARING | ⑤⑩ SNAP RING         |
| ⑭ GREASE VALVE          | ④③ BOLT                 | ⑤① GREASE VALVE      |
| ⑮ BOLT                  | ④④ BEARING COVER        | ⑤② KEY               |
| ⑯ HOLLOW SHAFT BEARING  | ④⑤ GREASE NIPPLE        | ⑤③ OUTPUT SHAFT      |
| ⑰ BEARING COVER         | ④⑥ DRUM                 |                      |
| ⑱ HANGER                | ④⑦ O RING               |                      |

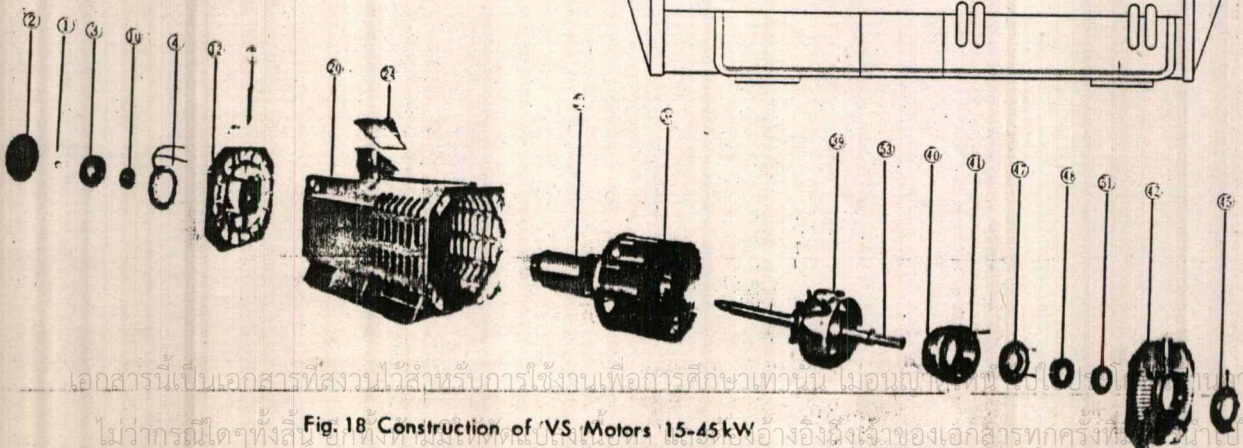
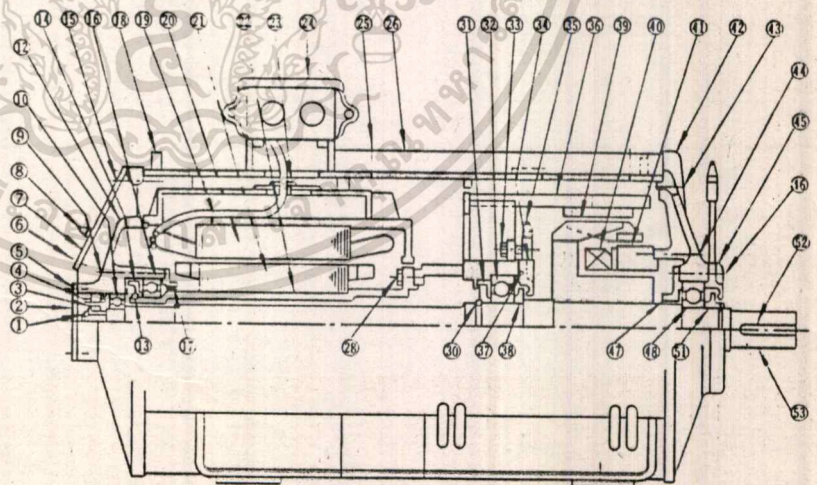


Fig. 18 Construction of VS Motors 15-45kW

8. Screw two eyebolts in the end of frame. Set the frame upright on the block using the eyebolts, Fig. 19. Care should be taken to prevent output shaft ⑤ from being in contact with the earth.

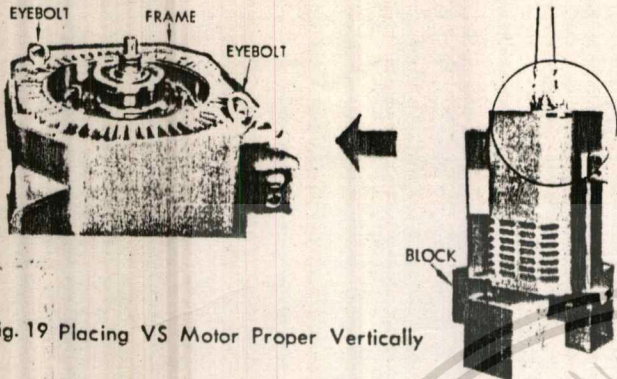


Fig. 19 Placing VS Motor Proper Vertically

9. Unscrew screws ②, and remove lead cover ⑥. Pull out the leads in the terminal box.  
10. Remove bracket fastening bolts ④.

(Motors 15kW)

11. Remove snap ring ①.  
12. Remove tach-gen rotor ③.  
13. Remove opposite-drive-end bearing ⑩ using a gear puller.  
14. Remove snap ring ②.  
15. Remove hollow shaft bearing ⑬, grease valve ⑭ and bearing cover ⑰ using a gear puller.  
16. Remove the frame, lifting it with two eyebolts. Separate the frame from rotor assembly and bracket ④.  
17. Remove bolts ③.  
Mark the cover ③ and drum ③ so that they can be reassembled correctly.  
18. Remove hollow shaft ② from output shaft ⑤. Stretch a wire round motor rotor and lift the rotor with the wire, Fig. 20 (a).

**CAUTION :**

- Wrap a cloth around the rotor before stretching a wire to protect the aluminium rotor from damage.
- Care should be taken not to contact wire with rotor fins.

12. Remove snap ring ①.  
13. Remove tach-gen rotor ③.  
14. Remove opposite-drive-end bearing ⑩ using a gear puller.  
15. Loosen bolts ③ and remove the cover ④. Mark the cover and drum ③ so that they can be reassembled properly.  
16. Lift hollow shaft ② using longer eyebolts screwed in the bearing cover, Fig. 20(b). Remove hollow shaft from output shaft, using a gear puller.

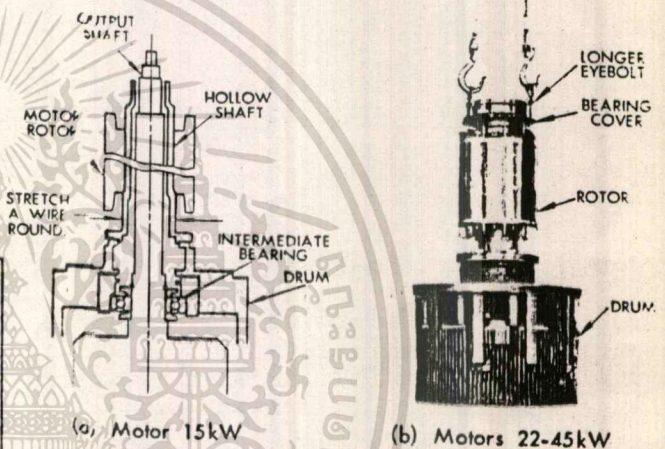


Fig. 20 Removal of Hollow Shaft

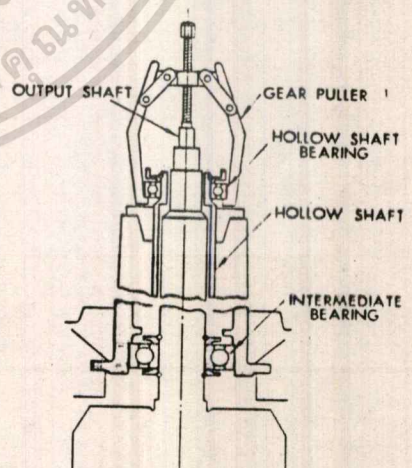


Fig. 21 Removal of Hollow Shaft Using Gear Puller

11. Lift the frame by using hooks in two eyebolts on its top. Separate the frame and the rotor assembly from bracket ④.  
17. Remove snap ring ③.  
18. Remove hollow shaft bearing ⑬ and grease valve ⑭, using a gear puller, Fig. 21.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## DISASSEMBLY AND REASSEMBLY (Cont'd)

- 21. Screw two eyebolts in bearing cover ③④ of hollow shaft, **Fig. 22**. Relocate the output shaft horizontally using two eyebolts. The blocks to support output shaft and inductor should be provided, **Fig. 23**.
- 22. Loosen bolts ④⑥ and remove bearing cover ④⑤.
- 23. Remove yoke fastening bolts ④④.

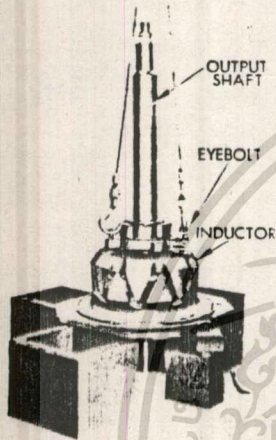


Fig. 22 Lifting of Output Shaft

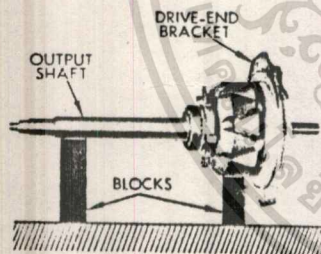


Fig. 23 Relocation of Output Shaft

- 24. Separate bracket ④② from yoke ④① and drive-end bearing ④⑧. Care should be taken not to damage the excitation coil.
- 25. Remove yoke ④① from spider. Then excitation coil is taken off.
- 26. Remove grease valve ⑤① by loosening set-screws.
- 27. Pull off drive-end bearing ④⑧ with a gear pul-  
ler.
- 28. Remove snap ring ⑤③.
- 29. Remove intermediate bearing ⑤②.  
Screw bolts in tapped holes in bearing cover ③④ and intermediate bearing is separated from bearing cover, **Fig. 24**.

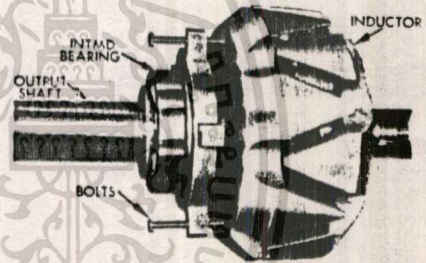


Fig. 24 Removal of Intermediate Bearing

### Reassembly

Reassembly is primarily a matter of reversing the disassembly operations.

Before mounting bearings, replace O ring ⑤⑦ with a new one, if deteriorated or damaged.

MEMO

# MAINTENANCE

Table 3 Inspection Schedule

Component	Inspection Item	Schedule					Inspection or Maintenance Operation
		Daily	Monthly	Yearly	With motor running	With motor at rest	
External Inspection and Cleaning	VS Motor proper				○		Feel by hand. If excessive, measure the vibration with a vibrometer. Max. amplitude: 50 μ. Pay attention to variation of vibration.
					○		If unusual magnetic noise is heard, or unusual noise is accompanied with mechanical vibration, searching inspection is necessary.
					○		One can touch with finger for two seconds (70-80°C). If high, measure with a thermometer.
					○		Check for clogged window or dust accumulation.
					○		If loose, tighten with a wrench.
					○		Clean the parts without disassembling with compressed air.
					○		Check for any intermittent and unusual noise. If excessive, inspect bearing surface and ring for wear.
					○		Grease with a grease gun.
					○		Repair.
					○		If vibration and noise are unusual, searching inspection is necessary.
					○		Tighten with a driver.
					○		Repair leads.
					○		Be sure that insulation resistance is not below 0.2 MΩ. Use a megger.
					○		Be sure that insulation resistance is not below 0.2 MΩ. Use a megger.
					○		Be sure that insulation resistance is not below 0.1 MΩ. Use a megger.
				○		Replace if damaged.	
				○		Tighten with a wrench.	
Internal Inspection and Cleaning					○		Check with an ammeter if load current is less than the rating.
					○		Check using a speedometer if output shaft speed is within the rated speed range.
					○		Replace.
					○		Remove dust. Replace if damaged.
					○		Retreat coil.
					○		Repair or replace.
					○		Repair or replace.
					○		Remove dust. Repair if damaged.
					○		Repair if damaged.
					○		Repair or replace.
					○		Replace.
					○		Repair or replace.

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของกรมการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

# MAINTENANCE (Cont'd)

## BEARINGS

VS motors use either regreasable ball bearings or shielded ball bearings. Where shielded ball bearings are used, suffix ZZ is added to the bearing number.

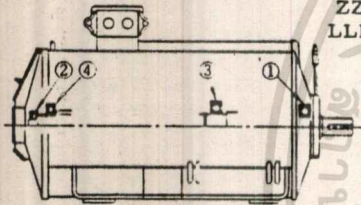
### Lubrication

The life of grease highly depends on bearing temperature, operating conditions and environments. Replace bearings once every two years in general, referring to the motor nameplate or **Table 8 Spare Parts** for bearing number.

Table 4 Type of Bearings

VS Motors	Bearing	(2)	(4)	(3)	(1)
		Opp-Drive-End Bearing	Hollow Shaft Bearing	Intermediate Bearing	Drive-End Bearing
0.2-11 kW		(ZZ)	Shielded Ball Bearing (ZZ)	(LLB)	(ZZ)
15-45 kW		(ZZ)	Regreasable Ball Bearing		

ZZ: Double metal shields  
LLB: Double rubber shields



### (Regreasable ball bearings)

- Regreasing interval and volume ..... See **Table 5**.
- Kind of grease  
Use a lithium base grease. YASKAWA utilizes Sun Light EM-3 made by SHOWA OIL Co., Ltd., Japan. Avoid mixing different kinds of grease, or bearing failure may occur.

- Regreasing  
WITH VS MOTOR AT STANDSTILL, FORCE-FEED FRESH GREASE USING GREASE GUN. As new grease enters, used grease is squeezed out along grease drain port. The grease valve keeps the amount of grease proper by its pumping action. (**Fig. 25**). Grease inlet and drain ports are shown in **Fig. 26**. For amount of grease, refer to **Table 5**.

Table 5 Recommended Regreasing Interval and Amount of Grease

Bearing No.	Grease Required (grams per unit)	Regreasing Interval (total operating hours)
6312	60	5000
6313	70	
6314	80	
6315	90	
6316	100	
6317	120	
6318	140	

- a) Hollow shaft bearing and drive-end bearing
  1. Clean grease inlet and drain ports.
  2. Remove the cover at grease drain port.
  3. Set grease gun to grease nipple and feed grease.
  4. To expel excess grease, continue operating VS motor for approximately 15 minutes.
  5. Stop VS motor and install the cover.

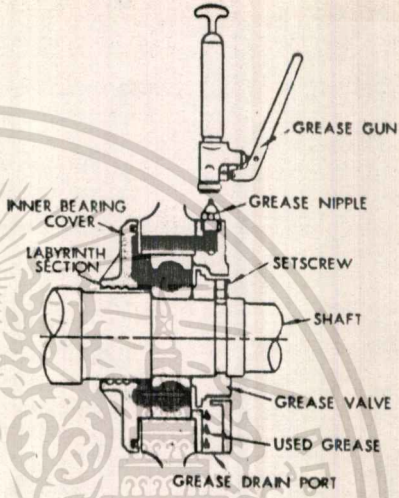
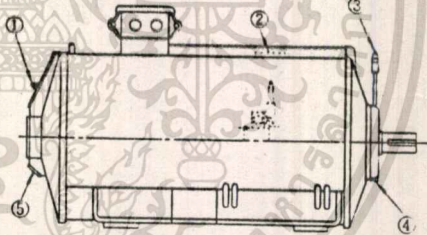


Fig. 25 Bearing Construction



- ① GREASE INLET PORT HOLLOW SHAFT BEARING
- ② GREASE INLET PORT INTERMEDIATE BEARING
- ③ GREASE INLET PORT DRIVE-END BEARING
- ④ GREASE DRAIN PORT
- ⑤ GREASE DRAIN PORT

Fig. 26 Grease Inlet and Drain Ports

- b) Intermediate bearing  
NEVER OPERATE VS MOTOR, WHEN FEEDING GREASE WITH INTERMEDIATE BEARING.

1. Remove the cover at inlet port, **Fig. 27**.
2. For access to grease nipple, turn the drum slowly in the grease inlet port by hand until the grease nipple appears at grease inlet port.
3. Set the nozzle of grease gun to grease nipple and pump in grease as shown in **Fig. 28**.

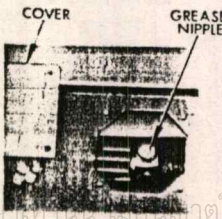


Fig. 27 Grease Nipple of Intermediate Bearing



Fig. 28 Greasing of Intermediate Bearing

• Draining of grease

- a) Drain ports of hollow shaft bearing and drive-end bearing
- b) Since grease drain ports are located downward, grease is naturally discharged.

Drain port of Intermediate shaft bearing

Drain port is inside the motor, and used grease accumulates in the motor. (Fig. 29). Remove the accumulated grease every three or four years in general.

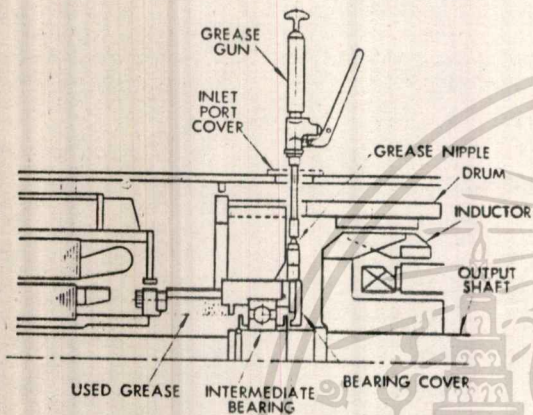


Fig. 29 Construction of Intermediate Bearing

(Shielded ball bearing)

When the grease deteriorates or is contaminated, replace the bearing with new one.

**Bearing Temperature**

Since the lithium base grease is employed, permissible bearing temperature is 95°C. (40°C ambient plus 55°C rise).

**Bearing Noise**

Check the bearing noise with a listening rod applied to the frame or bracket of VS motor. If unusual noise is heard, check the cause and take necessary action referring to Table 7 Trouble-shooting Guide.

**Shuttingdown over Long Period**

Where VS motor is shutdown over a long period, operate it electrically or manually for a short time at two- or three-month intervals to redistribute bearing grease and to prevent bearings from becoming brinelled.

**COILS**

**Induction Motor Coil**

Class E insulation (maximum allowable temperature: 120°C). Temperature of frame may read 75-85 °C on the surface. The insulation resistance should be above 0.2 M Ω.

**Excitation Coil**

Class B insulation for motors 0.2-11kW (maximum allowable temperature: 130°C). Class F insulation for motors 15-45 kW (maximum allowable temperature: 155°C). The insulation resistance should be above 0.2 M Ω. Measure coil resistance with a tester applied across terminals J and K of VS coupling section (Fig. 30). If the measured value is different by more than 20% from the tabulated value in Table 6, it indicates abnormality. In case of wire breakage or shortcircuit, the coil should be replaced with a new one.

Table 6 Excitation Coil Resistance of VS Coupling

Nominal Output (kW)	Resistance (Ω) at 20°C
0.2	28
0.4	28
0.75	22
1.5	33
2.2	26
3.7	24
5.5	24
7.5	25
11	24
15	12
22	14
30	11
37	13
45	13

Resistance Compensation According to Coil Temperature at Time of Resistance Measurement

Temp. (°C)	Compensation Coefficient (γ)
10	0.96
20	1.00
30	1.04
40	1.08
50	1.12

ex.) With 22kW VS Motor, when the temperature of coil is 40°C.  
Coil resistance = 14 × 1.08 ≒ 15 (Ω)

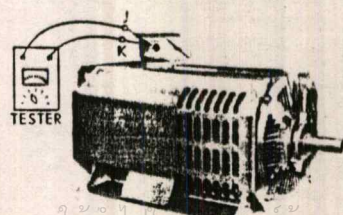


Fig. 30 Resistance Measurement of Excitation Coil

## MAINTENANCE (Cont'd)

### TACHOMETER GENERATOR

#### Construction

The stator of tachometer generator is built into the bracket cover, and the stator coil resin encapsulated. The rotor is made up of a permanent magnet and fixed to the shaft together with a bushing.

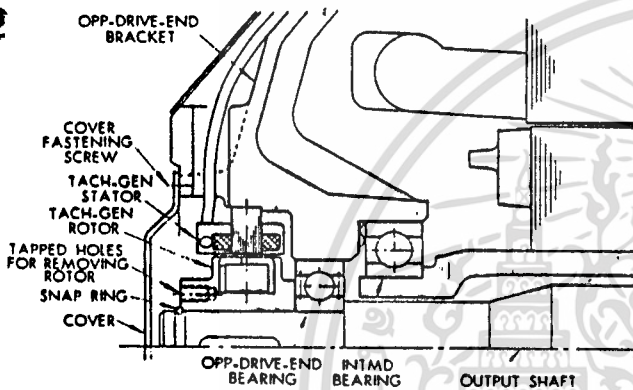


Fig. 31 Construction of Tachometer Generator

#### Voltage Generated

Voltage 35V AC is generated at 1800rpm. Measure the voltage applying a tester across the terminals 5 and 6 of VS motor regulator or controller. The voltage generated should be approximately 24V AC at 1200rpm, 30V AC at 1500rpm.

### INSPECTION AND CLEANING

Periodic inspection should be made, according to Table 3 Inspection Schedule.

#### Vibration

Excessive vibration causes damage to bearings and windings. A corrective action should be taken where the total amplitude exceeds  $50 \mu$  at 1800rpm.

#### Noise

Noise of VS motor may be caused chiefly by electromagnetism, ventilation, bearing, transmission gear and metal-to-metal contact.

Unusual noise during the daily inspection must be eliminated in accordance with Table 7 Troubleshooting Guide.

#### Temperature

As the load torque and shaft speed change, the temperature of VS motor varies. Caution should be taken to avoid the influence due to the exhausted air from VS motor or heated air from other facilities.

Drive the motor within the rated speed range indicated in the nameplate of VS motor.

The temperature rise of drum and frame of VS coupling, and the temperature difference between intake and discharge air are approximately proportional to load torque and relative speed. As the shaft speed decreases, the temperature of frame or discharge air becomes higher. However, this is not unusual.

The temperature rise at minimum speed, while dependent on the VS motor output, will be 40-70°C for frame and 20-70°C for exhausted air (both rarely 100°C). See the test report or consult us for the normal temperature of each part.

#### Cleaning

Excessive dust accumulation at inlet or outlet of the duct and inside the coupling causes serious troubles such as the disturbance of cooling effect and abnormal temperature rise inside the VS coupling.

A large deposit of resin powder inside VS coupling will melt into and fill in the gap between drum and inductor, making the speed control difficult.

Disassembly and inspection should be done every other year in general though the frequency of disassembly and inspection highly depends on the kind and amount of dust.

Since the induction motor is of totally-enclosed construction, dust cannot enter the motor. However, cleaning is necessary, for the dust collecting on the frame and bracket surfaces decreases the cooling effect of motor.

Table 7 Troubleshooting Guide

Symptom	Possible Cause	What to do	
Vibration	Foundation not rigid	Check for adjacent vibration source, settled foundation, crevice and rigidity of mount. Rebuild. Reinforce mount.	
	Low rigidity of bed	Reinforce bed or rebuild foundation.	
	Anchor bolts loosely tightened	Tighten nuts for anchor bolts. Rebuild foundation.	
	VS motor loosely mounted	Tighten frame fastening bolts.	
	VS motor feet uneven	Add shims under foot pads to mount each foot tight.	
	Loose screws of VS motor	Tighten.	
	Coupling or V-belt sheave	Eccentricity	Measure run-out tolerance and compare with that of shaft. If over 0.05mm, correct.
		Weight unbalance	Correct.
		Damage	Repair or replace.
	Pin-type flexible coupling	Worn or damaged coupling pin	Repair or replace.
		Poor position accuracy of holes for coupling pin	Check position of tram marks. Correct.
Misalignment	Correct by realignment of drive. See ALIGNMENT on page 3.		
Worn or damaged bearing	Check for vibration of bearing. Detect noise with listening rod. Replenish grease, if regreasable type. Replace bearing.		
Vibration in driven machine.	Disconnect VS motor from driven machine. Correct.		
Bearing noise	Insufficient lubricant. Shrill chatter due to metal-to-metal contact. Where ambient temp. is below 0°C, noise may occur right after starting.		
	Slip between raceway balls. High pitch chatter.	Check with feeler or bearing checker. Replenish bearings, if regreasable type, with grease, or replace.	
	Flaking, a form of pitting resulting from fatigue. Rattling or chattering.		
	Cracked ball or ring. Rattling or chattering.		
	Indentation due to dirt and dust. Grinding.		
	Electric pitting caused by the passage of electric current across the surface of raceway. Buzz or low pitch buzz.	Check with feeler or bearing checker. Disassemble motor and inspect bearings. Check for axial current and vibration. Replenish bearing, if regreasable type, with grease, or replace.	
	Outer race rotates. Grinding.	Check with feeler or bearing checker. Check bracket fit.	
Noise of VS motor	Noise due to electromagnetism including high frequency 1000 Hz or above. With power switch OFF, magnetic noise disappears.	Motor generates magnetic noise in general. No trouble unless noise is extremely high.	

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท VS MOTORS จำกัด การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่วารณใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 7 Troubleshooting Guide (Cont'd)

Symptom	Possible cause	What to do	
Noise of VS motor (Cont'd)	Intermittent noise due to accumulation of foreign matter between inductor and drum	Disassemble VS motor. Remove foreign matter. Check atmospheric conditions.	
Coupling Noise (Chattering)	Gear coupling	Insufficient lubricant	Supply oil. Check for oil leakage and repair.
		Worn gear tooth	Remove coupling and check tooth mesh. Replace coupling.
	Pin-type coupling	Worn or damaged bushing	Check bushing.
		Poor accuracy of bushing	Replace.
Motor runs hot.	Output shaft speed low	Read tachometer of controller. Operate VS motor within rated speed range.	
	Overload	Check primary current of induction motor. Operate VS motor below rated current.	
	High ambient temperature	Keep ambient temperature below 40°C at all times. Check ventilation conditions and air temperature at inlet. Remove obstacles.	
	Deposits of dust	Check for dust, ventilation and heat dissipation. Disassemble and clean motor.	
	Bearing temperature excessively high: (See NOTE 1)	Too high belt tension	Correct belt tension.
		Small bearing gap	Replace bearing.
		Eccentricity at time of bearing assembling	Remount bearing correctly.
Burnout of bearing		Replace bearing.	
	Excessive thrust from driven machine	Eliminate.	
With VS motor coupled to driven machine, starting induction motor causes rotation of VS motor without excitation.	Defective wiring	Correct.	
	Load too light	Increase.	
	Foreign matter stuck between inductor and drum	See if inductor and output shaft rotate simultaneously, turning output shaft by hand. Clean.	
	Seizure of intermediate bearing	Replace.	
Energized VS motor rotates when speed setting potentiometer is set at zero.	Adjustment of bias potentiometer improper	Check bias adjusting, referring to instructions for regulators.	
	Speed setting pot. is connected at reverse polarity.	Check the voltage across 9(-) and 50/60(+) with tester. The voltage measured should be zero volts when speed setting pot. is set to zero, and approx. 15 volts when turned full clockwise. Correct wiring diagram.	

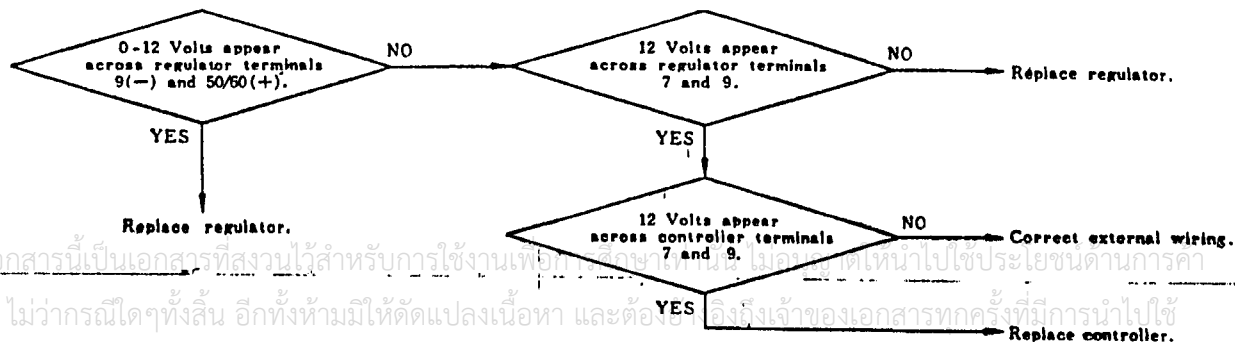
NOTE 1: Temperature cannot be measured from outside. However, temperature of frame and bracket will rise if temperature of bearing becomes extremely high.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 7 Troubleshooting Guide (Cont'd)

Symptom	Possible Cause	What to do
Energized VS motor does not rotate even if speed setting potentiometer is set to higher speed.	Dust stuck between inductor and yoke	Remove dust.
	Bearing of output shaft seized	See if motor output shaft is locked. Replace bearing.
	Supply voltage is not proper.	Check to see that the voltage across regulator terminals 1 and 2 is 200/220 volts. Check wiring.
	Protective fuses 1FU and 2FU are blown.	Replace.
	Breakage of excitation coil lead	Check insulation resistance of excitation coil and external excitation circuit with tester by opencircuiting either terminal 3 and 4. Refer to Table 6. Replace.
	Excitation coil damaged	
	Output voltage is not proper.	Check to see that output voltage of 0-80 volts appears across terminals 3 and 4 as speed setting pot. is turned clockwise. Replace regulator.
	Speed setting is not proper.	See NOTE 2.
VS motor does not come up to rated speed.	Layer short circuit of excitation coil	Measure coil resistance with tester applied across terminals. Replace coil.
	Bearing seizure	Hand-rotate output shaft. Replace bearing.
	Foreign matter stuck between inductor and yoke	Hand-rotate output shaft. Disassemble the motor and clean.
	Overload	Reduce to the nameplate rating.

NOTE 2:

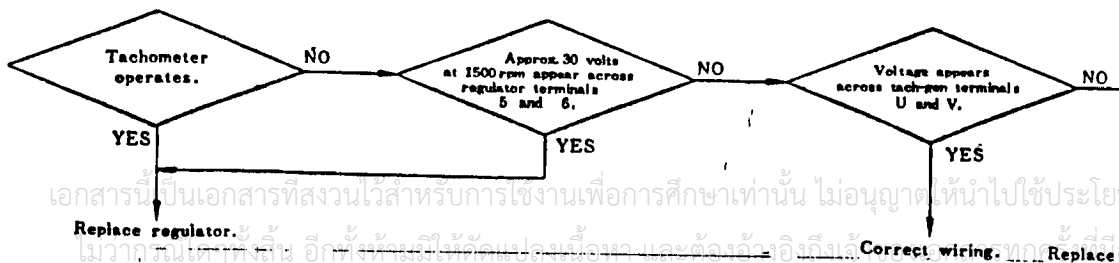


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลนี้ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 7 Troubleshooting Guide (Cont'd)

Symptom	Possible Cause	What to do
Speed of VS motor unadjustable	No load or little load	See if load is less than 10% of rating. Increase load to rating.
	Load driving VS motor	Reduce to the nameplate rating.
	Foreign matter stuck between inductor and drum	See if inductor and output shaft rotate simultaneously, turning output shaft by hand. Disassemble and clean.
	Intermediate bearing siezed	Replace.
	Defective wiring in tach-gen	See NOTE 3
	Thyristor 1 SCR or 2 SCR is still conducting.	If, with setting speed pot. set to zero, VS motor speed does not decrease, check the thyristor. Replace regulator.
Speed of VS motor unstable	Periodic load fluctuations	Check driven load. Mount flywheel or refer to instructions for regulators
	Poor contact of speed setting pot. or other components	Check with a tester connected across speed setting pot. terminal 8 and either 7 or 9. Turning slowly the potentiometer clockwise will cause needle of tester to fluctuate in case of poor contact. Repair or replace.
	Leads between controller, regulator and tach-gen poorly connected	Check wiring and correct.

NOTE 3:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ควรเผยแพร่ขึ้น อีกที่ห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องแจ้งอ้างอิงถึง Correct wiring. Replace tach-gen.

Table 7 Troubleshooting Guide (Cont'd)

Symptom	Possible Cause	What to do
Sudden stop of VS motor (Frequent failure of protective fuses 1FU and 2FU inside the regulator)	Excitation coil of VS coupling or output circuit of regulator is shortcircuited.	Check with a tester. Replace coil.
	Thyristor 1SCR or fly-wheel diode 5D is short-circuited.	Check with a tester. Replace regulator.
	Surge absorbing circuit and diodes 1D-4D are shortcircuited.	Check diodes with a tester. Replace regulator.
	Selection of regulator capacity is not suitable.	Select the regulator according to motor capacity.
	Regulator is grounded.	Check with a tester between each terminal and grounding.

**TOOLS FOR DISASSEMBLY**

**Puller**  
To remove bearings (Fig. 15, 20)



**Metal Block**  
To remove intermediate bearing (Fig. 16)



**Eyebolt**  
To lift VS motor (Fig. 19)



**Longer Eyebolt**  
To remove hollow shaft from output shaft (Fig. 20)



**Block**  
To rest VS motor proper or support output shaft (Fig. 19, 22, 23)

**ADDITIONAL INFORMATION**

For further details, refer to the following instructions:

- VS MOTORS (TSE-C211-3)
- Type E3B VS Motor Regulators (TOE-C714-)
- Autopack Series MANUAL CONTROLLERS (TOE-C734-1)

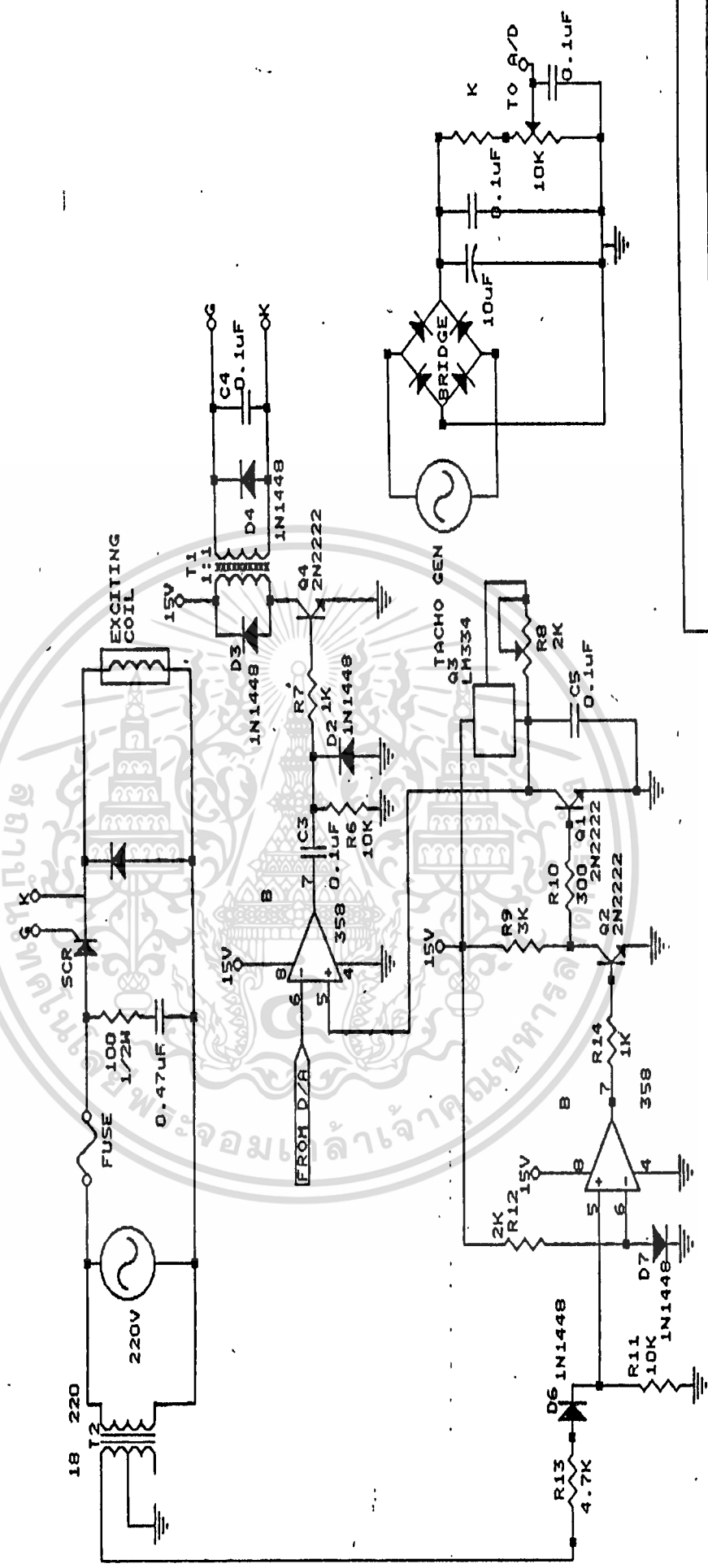
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





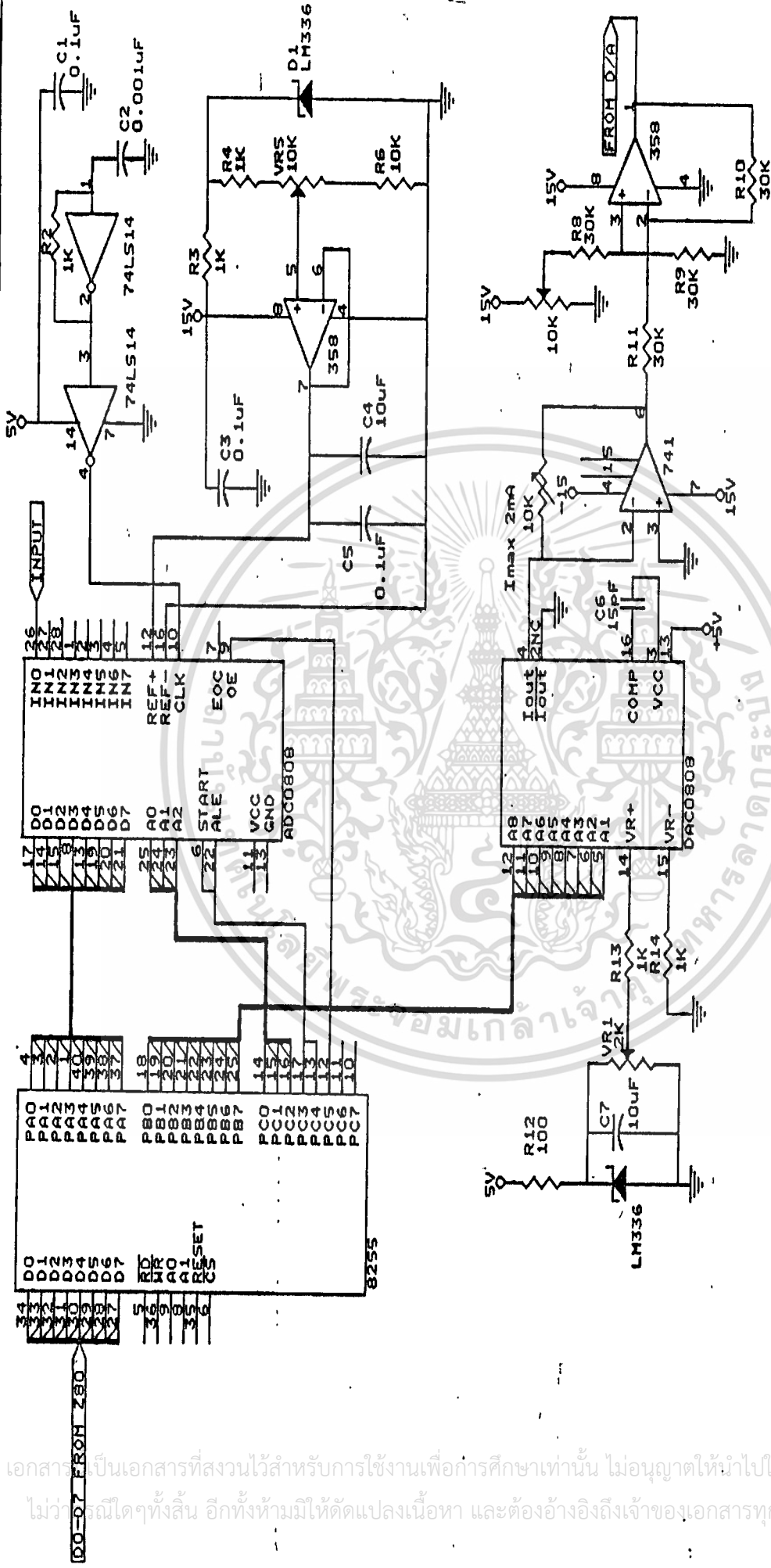
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข



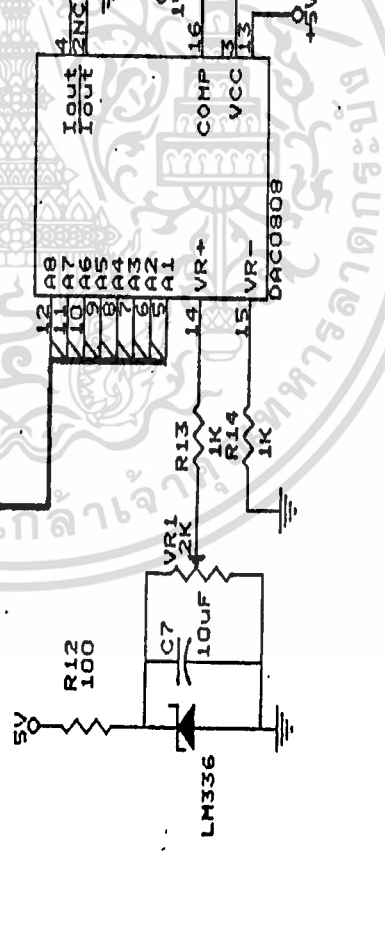
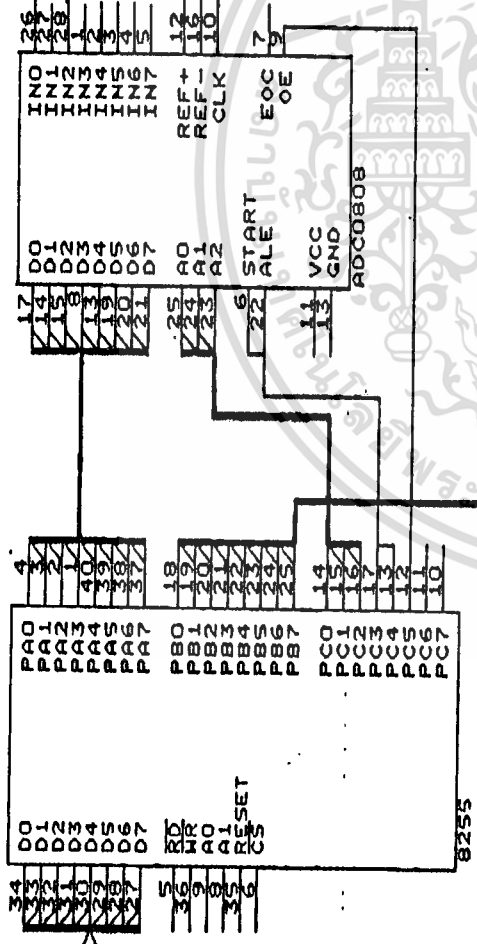
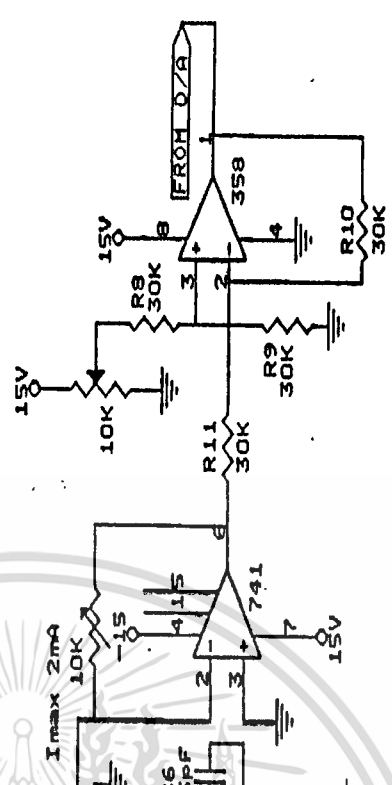
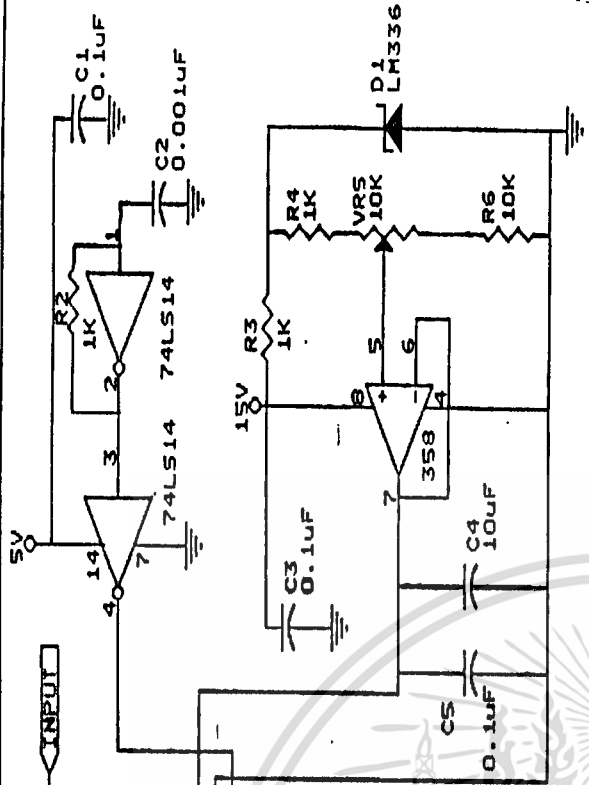
Title	TRIGGER
Size	A
Document Number	
Date	June 24, 1992
Sheet	of
REV	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title	A/D AND D/A CONVERTER
Size/Document Number	A
Date:	June 21, 1992
Sheet	of
REV	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้มาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title	A/D AND D/A CONVERTER
Size Document Number	A
Date:	June 21, 1992 Sheet of
REV	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าในรูปแบบใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0000  
0000  
2000

CPU "Z80.TBL"  
HOF "INT8"  
ORG 2000H

ภาคผนวก ค

0090 = CONTROL\_WORD: EQU 90H  
009C = PORT\_IN: EQU 9CH  
009E = PORT\_CON: EQU 9EH  
009F = PORT\_SET: EQU 9FH  
0000 = ADD\_INO: EQU 00H  
0050 = ALE\_START: EQU 01010000B  
0020 = OE\_SIGNAL: EQU 00100000B  
3E01 = A\_TO\_D: EQU 3E01H  
0002 = SCANED: EQU 02H  
0007 = UNPK: EQU 07H  
3FFD = SYSFLAG: EQU 3FFDH  
3FF9 = MEMY: EQU 3FF9H  
3FEF = BUFFER: EQU 3FEFH  
000B = D\_TO\_H: EQU 0BH  
3DEE = STORE: EQU 3DEEH

;  
;  
; \*\*\*\*\*  
; MAIN PROGRAM

2000 3E90 MAIN: LD A,CONTROL\_WORD  
2002 D39F OUT (PORT\_SET),A  
2004 3E00 LD A,00H  
2006 32003E LD (3E00H),A  
2009 32883E LD (3E88H),A  
200C 32893E LD (3E89H),A  
200F CDC320 NEW: CALL RECEIVE\_SPEED  
2012 CDF720 CALL RECEIVE\_START  
2015 CD0B21 CALL RUN  
2018 18F5 JR NEW

;  
;  
; \*\*\*\*\*  
; PAPIN

2020 22F23F PAPIN: LD (3FF2H),HL  
2023 3E0A LD A,0AH  
2025 D7 RST 10H  
2026 2AF43F LD HL,(3FF4H)  
2029 22103E LD (3E10H),HL  
202C 2A103E LD HL,(3E10H)  
202F 22EF3F LD (3FEFH),HL  
2032 3E07 LD A,07H  
2034 D7 RST 10H  
2035 21406D LD HL,6D40H  
2038 22EB3F LD (3FEBH),HL  
203B C9 RET

;  
;  
; \*\*\*\*\*  
; RECEIVE A TO D

RECEIVE\_A\_TO\_D:

203C 3E00 LD A,00H  
203E D39E OUT (PORT\_CON),A  
2040 3E50 LD A,ALE\_START  
2042 D39E OUT (PORT\_CON),A  
2044 3E00 LD A,ADD\_INO  
2046 D39E OUT (PORT\_CON),A  
2048 0608 LD B,08H

```

204A C5          COUNT:  PUSH BC
204B C1          POP     BC
204C C5          PUSH  BC
204D C1          POP     BC
204E 10FA        DJNZ  COUNT
2050 3E20        LD     A,OE_SIGNAL
2052 D39E        OUT   (PORT_CON),A
2054 00          NOP
2055 DB9C        IN     A,(PORT_IN)
2057 32013E      LD     (A_TO_D),A
205A 3E00        LD     A,ADD_INO
205C D39E        OUT   (PORT_CON),A
205E C9          RET

```

```

;
;
;
*****
COON
*****

```

```

205F 21033E      COON:  LD     HL,3E03H
2062 66          LD     H,(HL)
2063 2E20        LD     L,00H
2065 1600        LD     D,00H
2067 0608        LD     B,08H
2069 29          MULT1: ADD  HL,HL
206A 3001        JR     NC,NOADD
206C 19          ADD  HL,DE
206D 10FA        NOADD: DJNZ MULT1
206F C9          RET

```

```

;
;
;
*****
HAN
*****

```

```

2070 210000      HAN:   LD     HL,00H
2073 0610        LD     B,10H
2075 CB11        DIV1:  RL    C
2077 17          RLA
2078 ED6A        ADC  HL,HL
207A ED52        SBC  HL,DE
207C 3001        JR     NC,DIVO
207E 19          ADD  HL,DE
207F 3F          DIVO: CCF
2080 10F3        DJNZ DIV1
2082 CB11        RL    C
2084 17          RLA
2085 C9          RET

```

```

;
;
;
*****
DIV
*****

```

```

2086 3A053E      DIV:   LD     A,(3E05H)
2089 32033E      LD     (3E03H),A
208C CD5F20      CALL  COON
208F 7C          LD     A,H
2090 4D          LD     C,L
2091 ED5B043E    LD     DE,(3E04H)
2095 1600        LD     D,00H
2097 CD7020      CALL  HAN
209A C9          RET

```

```

;
*****
MULT
*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานาน เมื่ออยู่ใต้งานวิจัยของศูนย์วิจัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่ข้อมูลใดๆที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่มีการนำไปใช้

209B 3A089E  
 209E 32033E  
 20A1 CD5F20  
 20A4 22093E  
 20A7 3A073E  
 20AA 32033E  
 20AD CD5F20  
 20B0 4D  
 20B1 7C  
 20B2 ED5B063E  
 20B6 1600  
 20B8 CD7020  
 20BB 59  
 20BC 1600  
 20BE 2A093E  
 20C1 19  
 20C2 C9

MULT:

LD A, (3E08H)  
 LD (3E03H), A  
 CALL COON  
 LD (3E09H), HL  
 LD A, (3E07H)  
 LD (3E03H), A  
 CALL COON  
 LD C, L  
 LD A, H  
 LD DE, (3E06H)  
 LD D, 00H  
 CALL HAN  
 LD E, C  
 LD D, 00H  
 LD HL, (3E09H)  
 ADD HL, DE  
 RET

; \*\*\*\*\*  
 ; RECEIVE SPEED  
 ; \*\*\*\*\*

RECEIVE\_SPEED:

20C3 01E304  
 20C6 210000  
 20C9 11406D  
 20CC C5  
 20CD CD4A30  
 20D0 C1  
 20D1 E5  
 20D2 ED42  
 20D4 E1  
 20D5 30EC  
 20D7 7D  
 20D8 4F  
 20D9 7C  
 20DA 110500  
 20DD CD7020  
 20E0 59  
 20E1 3E66  
 20E3 32033E  
 2036 CD5F20  
 20E9 7C  
 20EA 4D  
 20EB 1600  
 20ED 1E64  
 20EF CD7020  
 20F2 79  
 20F3 32123E  
 20F6 C9

SWEDEN:

LD BC, (04E3H)  
 LD HL, 0000H  
 LD DE, 6D40H  
 PUSH BC  
 CALL RECEIVE\_KEY  
 POP BC  
 PUSH HL  
 SBC HL, BC  
 POP HL  
 JR NC, SWEDEN  
 LD A, L  
 LD C, A  
 LD A, H  
 LD DE, 0005H  
 CALL HAN  
 LD E, C  
 LD A, 66H  
 LD (3E03H), A  
 CALL COON  
 LD A, H  
 LD C, L  
 LD D, 00H  
 LD E, 64H  
 CALL HAN  
 LD A, C  
 LD (3E12H), A  
 RET

; \*\*\*\*\*  
 ; RECEIVE START  
 ; \*\*\*\*\*

RECEIVE\_START:

20F7 11A922  
 20FA 010520  
 20FD 3E0C  
 20FF D7  
 2100 3E05  
 2102 D7  
 2103 3AFB3F

LD DE, 22A9H  
 LD BC, 2005H  
 LD A, 0CH  
 RST 10H  
 LD A, 05H  
 RST 10H  
 LD A, (3FFBH)

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำออกจำหน่ายโดยไม่ได้รับอนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ควรนำออกจำหน่ายโดยไม่ได้รับอนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2106 FE12  
2108 20ED  
210A C9

CP 12H  
JR NZ,RECEIVE\_START  
RET

;  
;  
;

\*\*\*\*\*  
RUN

\*\*\*\*\*

210B CD3C20  
210E ED5B013E  
2112 3E04  
2114 32083E  
2117 3E2E  
2119 32073E  
211C 3E33  
211E 32063E  
2121 CD9B20  
2124 CD2020  
2127 0601  
2129 3E04  
212B D7  
212C 3A003E  
212F 47  
2130 3A123E  
2133 B8  
2134 2812  
2136 3809  
2138 3A003E  
213B 3C  
213C 32003E  
213F 1807  
2141 3A003E  
2144 3D  
2145 32003E  
2148 3A013E  
214B 47  
214C 3A123E  
214F B8  
2150 2028  
2152 ED5B013E  
2156 3E04  
2158 32083E  
215B 3E2E  
215D 32073E  
2160 3E33  
2162 32063E  
2165 CD9B20  
2168 CD2020  
216B 3E05  
216D D7  
216E 3AFB3F  
2171 FE14  
2173 2005  
2175 3E00  
2177 D39D  
2179 C9  
217A ED5B013E  
217E CD8620  
2181 3A003E  
2184 B9  
2185 3803  
2187 91

RUN:  
CALL RECEIVE\_A\_TO\_D  
LD DE,(3E01H)  
LD A,04H  
LD (3E08H),A  
LD A,2EH  
LD (3E07H),A  
LD A,33H  
LD (3E06H),A  
CALL MULT  
CALL PAPIN  
LD B,01H  
LD A,04H  
RST 10H  
LD A,(3E00H)  
LD B,A  
LD A,(3E12H)  
CP B  
JR Z,GO  
JR C,DEC  
LD A,(3E00H)  
INC A  
LD (3E00H),A  
JR GO  
LD A,(3E00H)  
DEC A  
LD (3E00H),A  
LD A,(3E01H)  
LD B,A  
LD A,(3E12H)  
CP B  
JR NZ,PASS  
LD DE,(3E01H)  
LD A,04H  
LD (3E08H),A  
LD A,2EH  
LD (3E07H),A  
LD A,33H  
LD (3E06H),A  
CALL MULT  
CALL PAPIN  
LD A,05H  
RST 10H  
LD A,(3FFBH)  
CP 14H  
JR NZ,PASS  
LD A,00H  
OUT (9DH),A  
RET

PASS:  
LD DE,(3E01H)  
CALL DIV  
LD A,(3E00H)  
CP C  
JR C,PA  
SUB C

2188 1802  
218A 3E00  
218C 5F  
218D 3E02  
218F 32083E  
2192 3E00  
2194 32073E  
2197 3E01  
2199 32063E  
219C CD9B20  
219F 3E00  
21A1 BC  
21A2 2802  
21A4 2EFF  
21A6 7D  
21A7 D39D  
21A9 ED5B013E  
21AD 3E04  
21AF 32083E  
21B2 3E2E  
21B4 32073E  
21B7 3E33  
21B9 32063E  
21BC CD9B20  
21BF CD2020  
21C2 3E05  
21C4 D7  
21C5 FE11  
21C7 2806  
21C9 FE13  
21CB 2824  
21CD 1842  
21CF 3A123E  
21D2 0600  
21D4 B8  
21D5 283A  
21D7 3A883E  
21DA 3C  
21DB FE05  
21DD 2805  
21DF 32883E  
21E2 18D2  
21E4 3A123E  
21E7 3D  
21E8 32123E  
21EB AF  
21EC 32883E  
21EF 1820  
21F1 3A123E  
21F4 06FF  
21F6 B8  
21F7 2818  
21F9 3A893E  
21FC 3C  
21FD FE05  
21FF 2805  
2201 32893E  
2204 180B  
2206 3A123E  
2209 3C  
220A 32123E

PA:  
PAA:

QQ:

YES1:

OK1:

YES2:

OK2:

JR PAA  
LD A,00H  
LD E,A  
LD A,02H  
LD (3E08H),A  
LD A,00H  
LD (3E07H),A  
LD A,01H  
LD (3E06H),A  
CALL MULT  
LD A,00H  
CP H  
JR Z,QQ  
LD L,FFH  
LD A,L  
OUT (9DH),A  
LD DE,(3E01H)  
LD A,04H  
LD (3E08H),A  
LD A,2EH  
LD (3E07H),A  
LD A,33H  
LD (3E06H),A  
CALL MULT  
CALL PAPI  
LD A,05H  
RST 10H  
CP 11H  
JR Z,YES1  
CP 13H  
JR Z,YES2  
JR CONTINUE  
LD A,(3E12H)  
LD B,00H  
CP B  
JR Z,CONTINUE  
LD A,(3E88H)  
INC A  
CP 05H  
JR Z,OK1  
LD (3E88H),A  
JR CONTINUE  
LD A,(3E12H)  
DEC A  
LD (3E12H),A  
XOR A  
LD (3E88H),A  
JR CONTINUE  
LD A,(3E12H)  
LD B,FFH  
CP B  
JR Z,CONTINUE  
LD A,(3E89H)  
INC A  
CP 05H  
JR Z,OK2  
LD (3E89H),A  
JR CONTINUE  
LD A,(3E12H)  
INC A  
LD (3E12H),A

220D AF  
220E 32893E  
2211 C30B21

XOR A  
LD (3E89H),A  
CONTINUE: JP RUN

; \*\*\*\*\*  
; RECEIVE KEY  
; \*\*\*\*\*

304A ORG 304AH  
RECEIVE\_KEY:

304A 22EE3D LD (STORE),HL  
304D 22EF3F LD (BUFFER),HL  
3050 ED53F93F LD (MEMY),DE  
3054 3E07 LD A,UNPK  
3056 D7 RST 10H  
3057 2AF93F LD HL,(MEMY)  
305A 22EB3F LD (3FEBH),HL  
305D 21FDF3 LD HL,SYSFLAG  
3060 CBE6 SET 4,(HL)  
3062 3E02 SCAN: LD A,SCANED  
3064 D7 RST 10H  
3065 FE0A CP 0AH  
3067 301B JR NC,CHECK1  
3069 2AEE3D LD HL,(STORE)  
306C 0604 LD B,04H  
306E 29 SHIFT: ADD HL,HL  
306F 10FD DJNZ SHIFT  
3071 85 ADD A,L  
3072 6F LD L,A  
3073 22EE3D LD (STORE),HL  
3076 22EF3F LD (BUFFER),HL  
3079 3E07 LD A,UNPK  
307B D7 RST 10H  
307C 2AF93F LD HL,(MEMY)  
307F 22EB3F LD (3FEBH),HL  
3082 18DE JR SCAN  
3084 FE16 CHECK1: CP 16H  
3086 2011 JR NZ,CHECK2  
3088 2AEE3D LD HL,(STORE)  
308B 22F43F LD (3FF4H),HL  
308E AF XOR A  
308F 32F63F LD (3FF6H),A  
3092 3E0B LD A,D\_TO\_H  
3094 D7 RST 10H  
3095 2AF23F LD HL,(3FF2H)  
3098 C9 RET  
3099 FE11 CHECK2: CP 11H  
309B 20C5 JR NZ,SCAN  
309D AF XOR A  
309E 21EF3D LD HL,STORE+1  
30A1 ED67 RRD  
30A3 2B DEC HL  
30A4 ED67 RRD  
30A6 2AEE3D LD HL,(STORE)  
30A9 22EF3F LD (BUFFER),HL  
30AC 3E07 LD A,UNPK  
30AE D7 RST 10H  
30AF 2AF93F LD HL,(MEMY)  
30B2 22EB3F LD (3FEBH),HL  
30B5 18AB JR SCAN



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADC0808, ADC0809



A to D, D to A

## ADC0808, ADC0809 8-Bit $\mu$ P Compatible A/D Converters With 8-Channel Multiplexer

### General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8 single-ended analog signals.

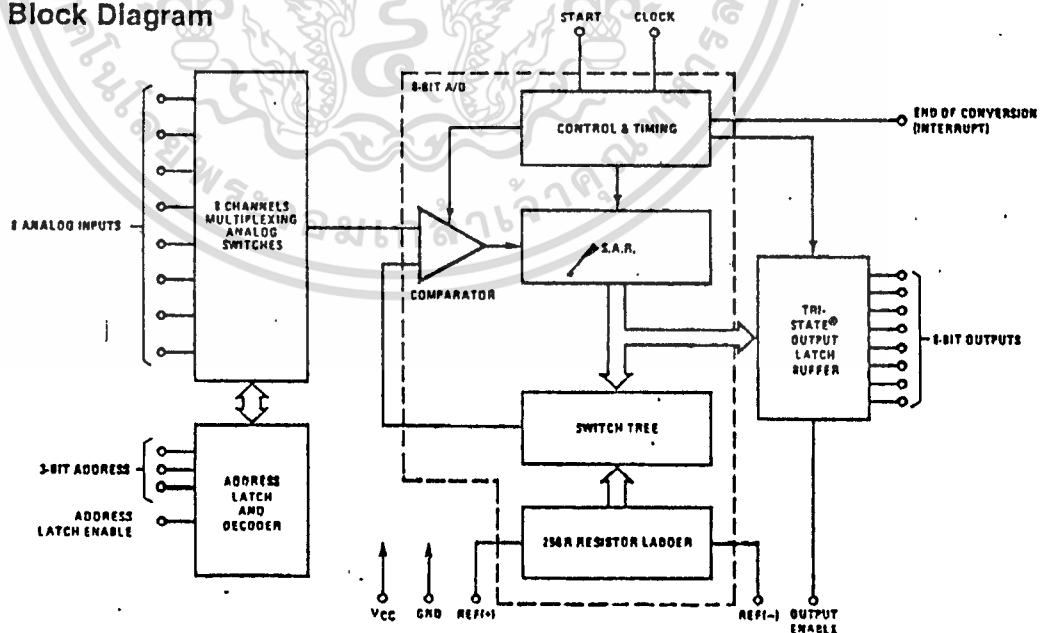
The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE<sup>®</sup> outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.)

### Features

- Resolution — 8-bits
- Total unadjusted error —  $\pm 1/2$  LSB and  $\pm 1$  LSB
- No missing codes
- Conversion time — 100  $\mu$ s
- Single supply — 5  $V_{DD}$
- Operates ratiometrically or with 5  $V_{DD}$  or analog span adjusted voltage reference
- 8-channel multiplexer with latched control logic
- Easy Interface to all microprocessors, or operate "stand alone"
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero or full-scale adjust required
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- Temperature range  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}$  or  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$
- Low power consumption — 15 mW
- Latched TRI-STATE<sup>®</sup> output

### Block Diagram



TRI-STATE<sup>®</sup> is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Absolute Maximum Ratings (Notes 1 and 2)

Supply Voltage (V <sub>CC</sub> ) (Note 3)	6.5V
Voltage at Any Pin Except Control Inputs	-0.3V to (V <sub>CC</sub> + 0.3V)
Voltage at Control Inputs (START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	-0.3V to +15V
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at T <sub>A</sub> = 25°C	875 mW
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

### Operating Ratings (Notes 1 and 2)

Temperature Range (Note 1)	T <sub>MIN</sub> = T <sub>A</sub> = T <sub>MAX</sub> -55°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ +125°C
ADC0808CJ ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0809CCN	-40°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ +85°C
Range of V <sub>CC</sub> (Note 1)	4.5V <sub>DC</sub> to 6.0V <sub>DC</sub>

### Electrical Characteristics

Converter Specifications: V<sub>CC</sub> = 5 V<sub>DC</sub> = V<sub>REF(+)</sub>, V<sub>REF(-)</sub> = GND, T<sub>MIN</sub> ≤ T<sub>A</sub> ≤ T<sub>MAX</sub> and f<sub>CLK</sub> = 640 kHz unless otherwise stated.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ADC0808					
Total Unadjusted Error (Note 5)	25°C T <sub>MIN</sub> to T <sub>MAX</sub>			± 1/2 ± 3/4	LSB LSB
ADC0809					
Total Unadjusted Error (Note 5)	0°C to 70°C T <sub>MIN</sub> to T <sub>MAX</sub>			± 1 ± 1 1/4	LSB LSB
Input Resistance	From Ref(+) to Ref(-)	1.0	2.5		kΩ
Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(-)	GND-0.10		V <sub>CC</sub> +0.10	V <sub>DC</sub>
V <sub>REF(+)</sub> Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		V <sub>CC</sub>	V <sub>CC</sub> +0.1	V
$\frac{V_{REF(+)} + V_{REF(-)}}{2}$ Voltage, Center of Ladder		V <sub>CC</sub> /2-0.1	V <sub>CC</sub> /2	V <sub>CC</sub> /2+0.1	V
V <sub>REF(-)</sub> Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(-)	-0.1	0		V
Comparator Input Current	I <sub>A</sub> = 640 kHz, (Note 6)	-2	± 0.5	2	μA

### Electrical Characteristics

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ 4.5V ≤ V<sub>CC</sub> ≤ 5.5V, -55°C ≤ T<sub>A</sub> ≤ +125°C unless otherwise noted  
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, and ADC0809CCN 4.75 ≤ V<sub>CC</sub> ≤ 5.25V, -40°C ≤ T<sub>A</sub> ≤ +85°C unless otherwise noted

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>ANALOG MULTIPLEXER</b>					
I <sub>OFF(+)</sub>	OFF Channel Leakage Current V <sub>CC</sub> = 5V, V <sub>IN</sub> = 5V, T <sub>A</sub> = 25°C T <sub>MIN</sub> to T <sub>MAX</sub>		10	200	nA μA
I <sub>OFF(-)</sub>	OFF Channel Leakage Current V <sub>CC</sub> = 5V, V <sub>IN</sub> = 0, T <sub>A</sub> = 25°C T <sub>MIN</sub> to T <sub>MAX</sub>	-200 -1.0	-10		nA μA
<b>CONTROL INPUTS</b>					
V <sub>IN(1)</sub>	Logical "1" Input Voltage		V <sub>CC</sub> -1.5		V
V <sub>IN(0)</sub>	Logical "0" Input Voltage			1.5	V
I <sub>IN(1)</sub>	Logical "1" Input Current (The Control Inputs) V <sub>IN</sub> = 15V			1.0	μA
I <sub>IN(0)</sub>	Logical "0" Input Current (The Control Inputs) V <sub>IN</sub> = 0	-1.0			μA
I <sub>CC</sub>	Supply Current f <sub>CLK</sub> = 640 kHz		0.3	3.0	mA

**Electrical Characteristics (Continued)**

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ  $4.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ ,  $-55^{\circ}C \leq T_A \leq +125^{\circ}C$  unless otherwise noted  
 ADC0808CCJ, ADC0808CCN, and ADC0808CCN  $4.75 \leq V_{CC} \leq 5.25V$ ,  $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$  unless otherwise noted

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)</b>					
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -360 \mu A$	$V_{CC}-0.4$		V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	$I_O = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage EOC	$I_O = 1.2 \text{ mA}$		0.45	V
$I_{OUT}$	TRI-STATE® Output Current	$V_O = 5V$ $V_O = 0$		3	$\mu A$ $\mu A$

**Electrical Characteristics**

Timing Specifications:  $V_{CC} = V_{REF(+)} = 5V$ ,  $V_{REF(-)} = GND$ ,  $t_r = t_f = 20 \text{ ns}$  and  $T_A = 25^{\circ}C$  unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$t_{WS}$	Minimum Start Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
$t_{WALE}$	Minimum ALE Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
$t_S$	Minimum Address Set-Up Time	(Figure 5)		25	50	ns
$t_H$	Minimum Address Hold Time	(Figure 5)		25	50	ns
$t_D$	Analog MUX Delay Time From ALE	$R_S = 0\Omega$ (Figure 5)		1	2.5	$\mu s$
$t_{H1}, t_{H0}$	OE Control to Q Logic State	$C_L = 50 \text{ pF}$ , $R_L = 10k$ (Figure 8)		125	250	ns
$t_{1H}, t_{0H}$	OE Control to HI-Z	$C_L = 10 \text{ pF}$ , $R_L = 10k$ (Figure 8)		125	250	ns
$t_c$	Conversion Time	$f_c = 640 \text{ kHz}$ , (Figure 5) (Note 7)	90	100	116	$\mu s$
$f_c$	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
$t_{EOC}$	EOC Delay Time	(Figure 5)	0		8 + 2 $\mu s$	Clock Periods
$C_{IN}$	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
$C_{OUT}$	TRI-STATE® Output Capacitance	At TRI-STATE® Outputs, (Note 12)		10	15	pF

- Note 1: Absolute maximum ratings are those values beyond which the life of the device may be impaired.
- Note 2: All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified.
- Note 3: A zener diode exists, internally, from  $V_{CC}$  to GND and has a typical breakdown voltage of  $7 V_{DC}$ .
- Note 4: Two on-chip diodes are tied to each analog input which will forward conduct for analog input voltages one diode drop greater than the  $V_{CC}$  supply. The spec allows 100 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog  $V_{IN}$  does not exceed the supply voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0  $V_{DC}$  to 5  $V_{DC}$  input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.900  $V_{DC}$  over temperature variations, initial tolerance and loading.
- Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale, linearity, and multiplexer errors. See Figure 3. None of these A/Ds requires a zero or full-scale adjust. However, if an all-zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example: 0.5V to 4.5V full-scale) the reference voltages can be adjusted to achieve this. See Figure 13.
- Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency and has little temperature dependence (Figure 6). See paragraph 4.0.
- Note 7: The outputs of the data register are updated one clock cycle before the rising edge of EOC.

### Functional Description

**Multiplexer:** The device contains an 8-channel single-ended analog signal multiplexer. A particular input channel is selected by using the address decoder. Table 1 shows the input states for the address lines to select any channel. The address is latched into the decoder on the low-to-high transition of the address latch enable signal.

TABLE 1

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

### CONVERTER CHARACTERISTICS

#### The Converter

The heart of this single chip data acquisition system is its 8-bit analog-to-digital converter. The converter is designed

to give fast, accurate, and repeatable conversions over a wide range of temperatures. The converter is partitioned into 3 major sections: the 256R ladder network, the successive approximation register, and the comparator. The converter's digital outputs are positive true.

The 256R ladder network (Figure 1) was chosen over the conventional R/2R ladder because of its inherent monotonicity, which guarantees no missing digital codes. Monotonicity is particularly important in closed loop feedback control systems. A non-monotonic relationship can cause oscillations that will be catastrophic for the system. Additionally, the 256R network does not cause load variations on the reference voltage.

The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in Figure 1 are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached + 1/2 LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

The successive approximation register (SAR) performs 8 iterations to approximate the input voltage. For any SAR type converter, n-iterations are required for an n-bit converter. Figure 2 shows a typical example of a 3-bit converter. In the ADC0808, ADC0809, the approximation technique is extended to 8 bits using the 256R network.

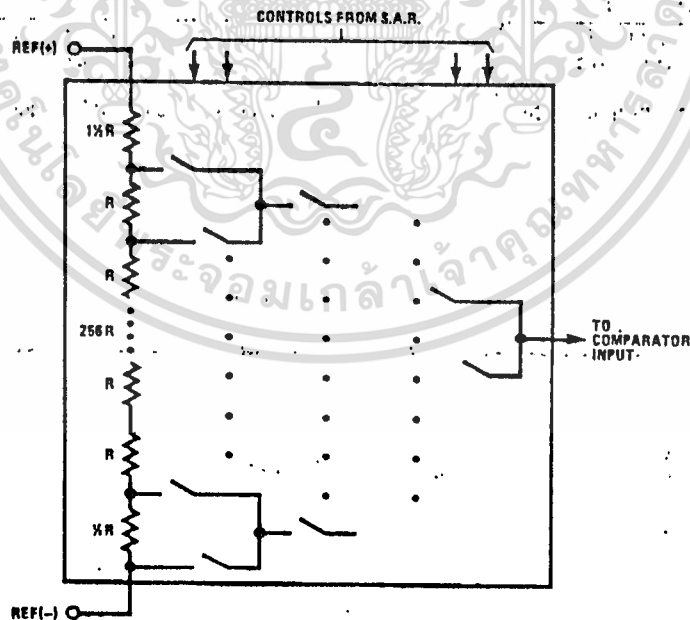


FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

## Functional Description (Continued)

The A/D converter's successive approximation register (SAR) is reset on the positive edge of the start conversion (SC) pulse. The conversion is begun on the falling edge of the start conversion pulse. A conversion in process will be interrupted by receipt of a new start conversion pulse. Continuous conversion may be accomplished by tying the end-of-conversion (EOC) output to the SC input. If used in this mode, an external start conversion pulse should be applied after power up. End-of-conversion will go low between 0 and 8 clock pulses after the rising edge of start conversion.

The most important section of the A/D converter is the comparator. It is this section which is responsible for the ultimate accuracy of the entire converter. It is also the

comparator drift which has the greatest influence on the repeatability of the device. A chopper-stabilized comparator provides the most effective method of satisfying all the converter requirements.

The chopper-stabilized comparator converts the DC input signal into an AC signal. This signal is then fed through a high gain AC amplifier and has the DC level restored. This technique limits the drift component of the amplifier since the drift is a DC component which is not passed by the AC amplifier. This makes the entire A/D converter extremely insensitive to temperature, long term drift and input offset errors.

Figure 4 shows a typical error curve for the ADC0808 as measured using the procedures outlined in AN-179.

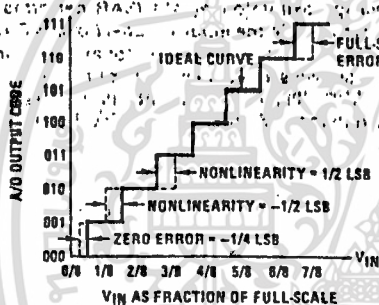


FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve

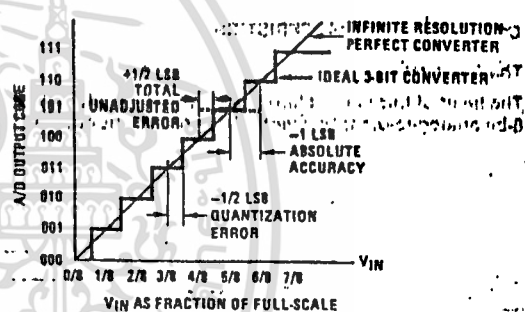


FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve

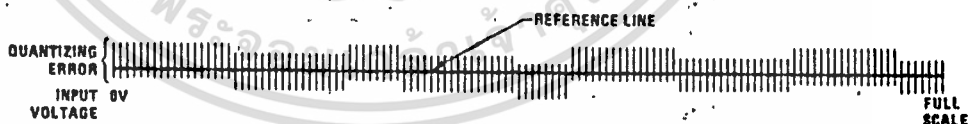
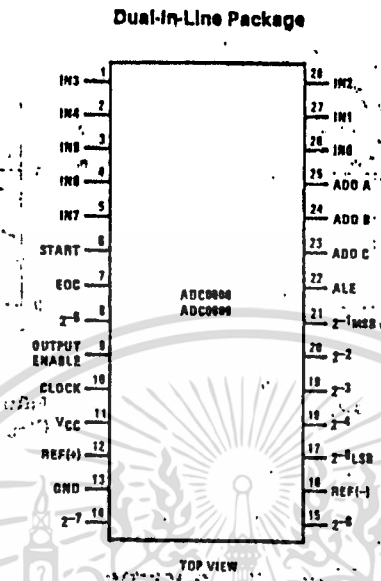
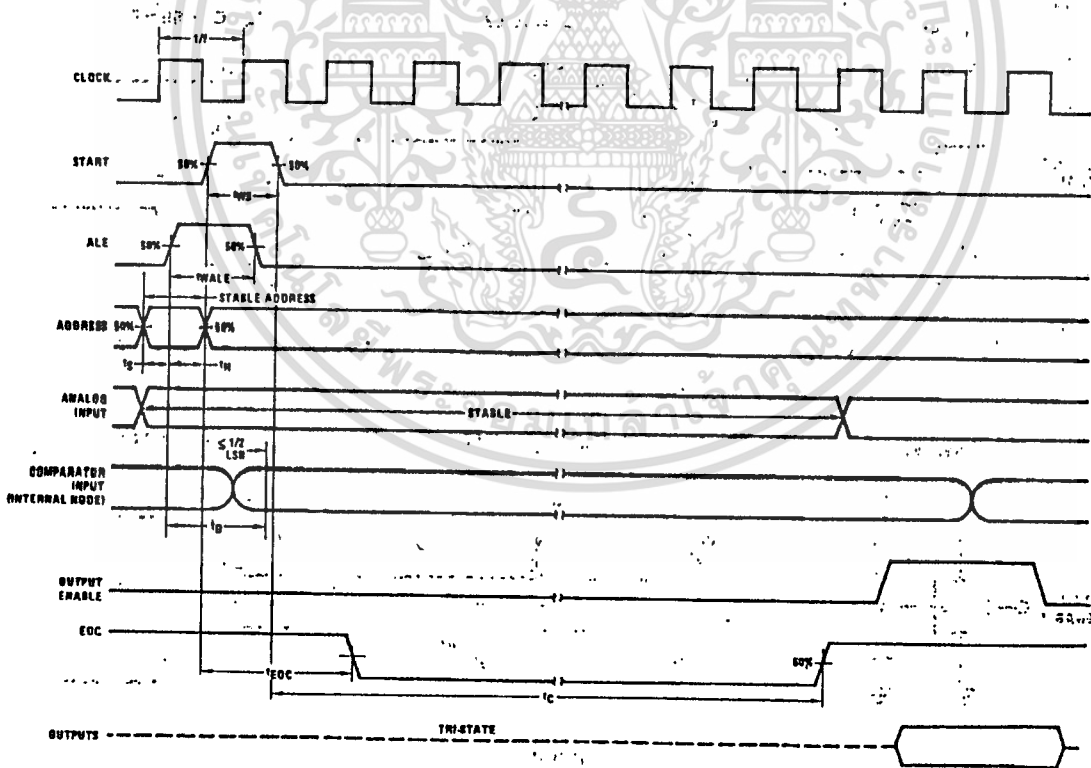


FIGURE 4. Typical Error Curve

# Connection Diagram



# Timing Diagram



**FIGURE 5**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

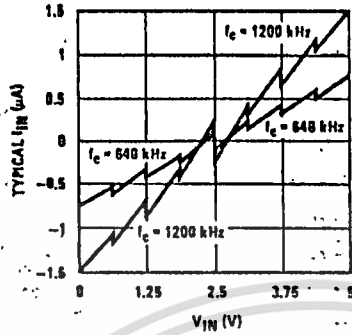


FIGURE 6. Comparator  $I_{IN}$  vs  $V_{IN}$ . ( $V_{CC} = V_{REF} = 5V$ )

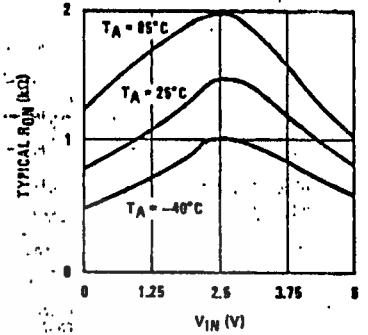


FIGURE 7. Multiplexer  $R_{ON}$  vs  $V_{IN}$ . ( $V_{CC} = V_{REF} = 5V$ )

TRI-STATE® Test Circuits and Timing Diagrams

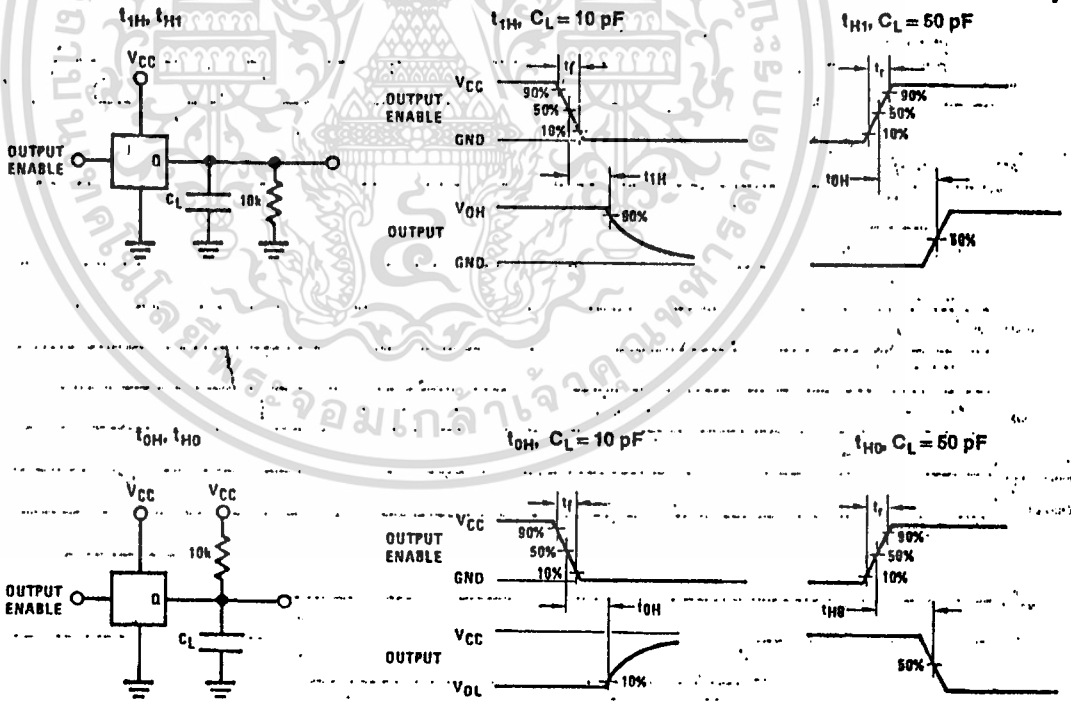


FIGURE 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Applications Information

### OPERATION

#### 1.0 Ratiometric Conversion

The ADC0808, ADC0809 is designed as a complete Data Acquisition System (DAS) for ratiometric conversion systems. In ratiometric systems, the physical variable being measured is expressed as a percentage of full-scale which is not necessarily related to an absolute standard. The voltage input to the ADC0808 is expressed by the equation

$$\frac{V_{IN}}{V_{fs} - V_Z} = \frac{D_X}{D_{MAX} - D_{MIN}} \quad (1)$$

$V_{IN}$  = Input voltage into the ADC0808

$V_{fs}$  = Full-scale voltage

$V_Z$  = Zero voltage

$D_X$  = Data point being measured

$D_{MAX}$  = Maximum data limit

$D_{MIN}$  = Minimum data limit

A good example of a ratiometric transducer is a potentiometer used as a position sensor. The position of the wiper is directly proportional to the output voltage which is a ratio of the full-scale voltage across it. Since the data is represented as a proportion of full-scale, reference requirements are greatly reduced, eliminating a large source of error and cost for many applications. A major advantage of the ADC0808, ADC0809 is that the input voltage range is equal to the supply range so the transducers can be connected directly across the supply and their outputs connected directly into the multiplexer inputs, (Figure 9).

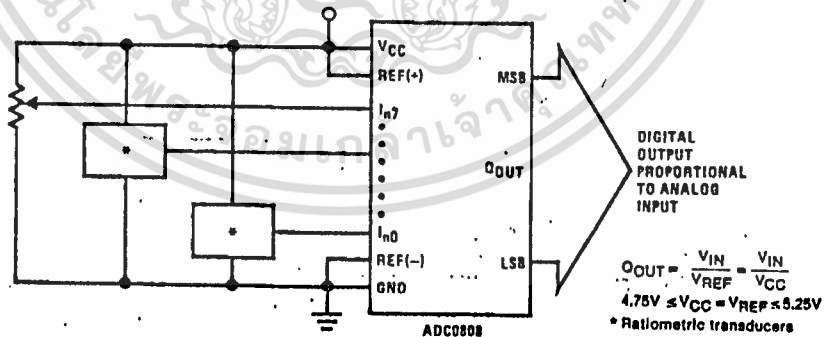


FIGURE 9. Ratiometric Conversion System

Ratiometric transducers such as potentiometers, strain gauges, thermistor bridges, pressure transducers, etc., are suitable for measuring proportional relationships; however, many types of measurements must be referred to an absolute standard such as voltage or current. This means a system reference must be used which relates the full-scale voltage to the standard volt. For example, if  $V_{CC} = V_{REF} = 5.12V$ , then the full-scale range is divided into 256 standard steps. The smallest standard step is 1 LSB which is then 20 mV.

#### 2.0 Resistor Ladder Limitations

The voltages from the resistor ladder are compared to the selected input 8 times in a conversion. These voltages are coupled to the comparator via an analog switch tree which is referenced to the supply. The voltages at the top, center and bottom of the ladder must be controlled to maintain proper operation.

The top of the ladder, Ref (+), should not be more positive than the supply, and the bottom of the ladder, Ref (-), should not be more negative than ground. The center of the ladder voltage must also be near the center of the supply because the analog switch tree changes from N-channel switches to P-channel switches. These limitations are automatically satisfied in ratiometric systems and can be easily met in ground referenced systems.

Figure 10 shows a ground referenced system with a separate supply and reference. In this system, the supply must be trimmed to match the reference voltage. For instance, if a 5.12V is used, the supply should be adjusted to the same voltage within 0.1V.

Applications Information (Continued)

The ADC0808 needs less than a millamp of supply current so developing the supply from the reference is readily accomplished. In Figure 11 a ground referenced system is shown which generates the supply from the reference. The buffer shown can be an op amp of sufficient drive to supply the millamp of supply current and the desired bus drive, or if a capacitive bus is driven by the outputs a large capacitor will supply the transient supply current as seen in Figure 12. The LM301 is overcompensated to insure stability when loaded by the 10  $\mu$ F output capacitor.

The top and bottom ladder voltages cannot exceed  $V_{CC}$  and ground, respectively, but they can be asymmetrically less than  $V_{CC}$  and greater than ground. The center of the ladder voltage should always be near the center of the supply. The sensitivity of the converter can be increased, (i.e., size of the LSB steps decreased) by using a symmetrical reference system. In Figure 13, a 2.5V reference is symmetrically centered about  $V_{CC}/2$  since the same current flows in identical resistors. This system with a 2.5V reference allows the LSB bit to be half the size of a 5V reference system.

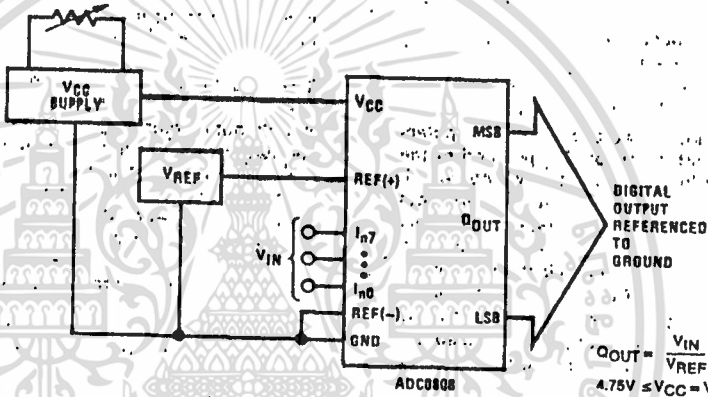


FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System Using Trimmed Supply

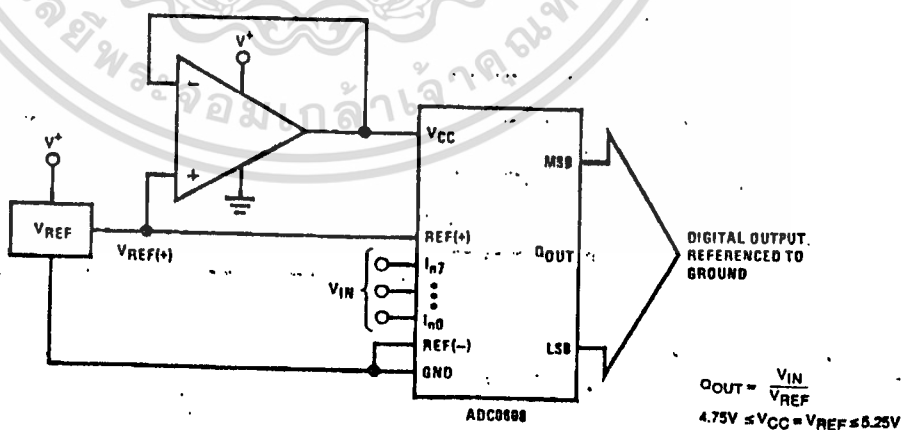


FIGURE 11. Ground Referenced Conversion System with Reference Generating  $V_{CC}$  Supply

Applications Information (Continued)

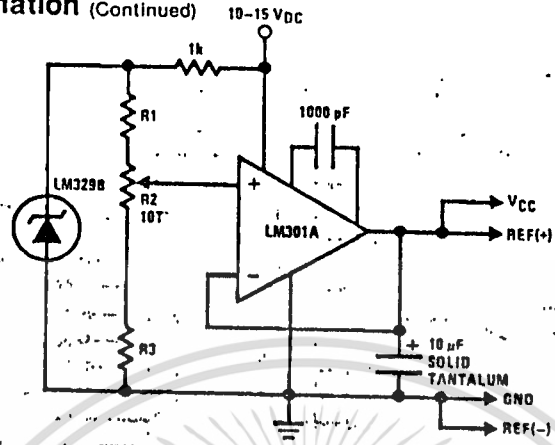


FIGURE 12. Typical Reference and Supply Circuit

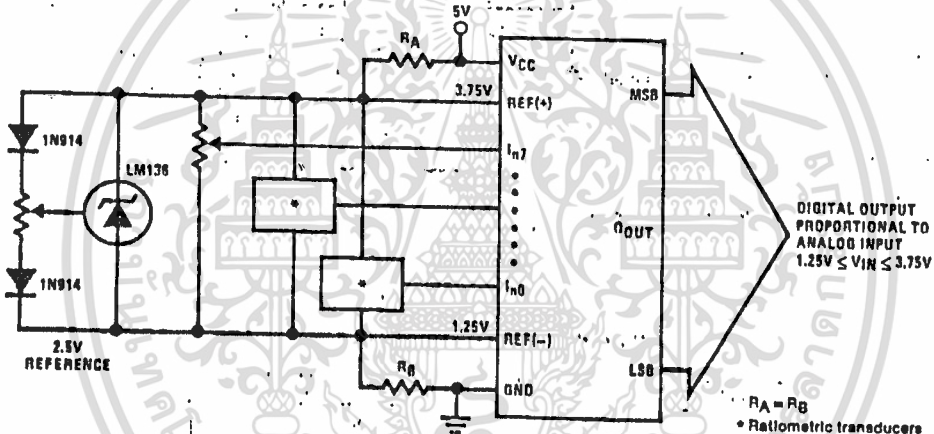


FIGURE 13. Symmetrically Centered Reference

3.0 Converter Equations

The transition between adjacent codes N and N + 1 is given by:

$$V_{IN} = \left\{ (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[ \frac{N}{256} + \frac{1}{512} \right] \pm V_{TUE} \right\} + V_{REF(-)} \quad (2)$$

The center of an output code N is given by:

$$V_{IN} = \left\{ (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[ \frac{N}{256} \right] \pm V_{TUE} \right\} + V_{REF(-)} \quad (3)$$

The output code N for an arbitrary input are the integers within the range:

$$N = \frac{V_{IN} - V_{REF(-)}}{V_{REF(+)} - V_{REF(-)}} \times 256 \pm \text{Absolute Accuracy} \quad (4)$$

- where:  $V_{IN}$  = Voltage at comparator Input
- $V_{REF(+)}$  = Voltage at Ref(+)
- $V_{REF(-)}$  = Voltage at Ref(-)
- $V_{TUE}$  = Total unadjusted error voltage (typically  $V_{REF(+)} + 512$ )

4.0 Analog Comparator Inputs

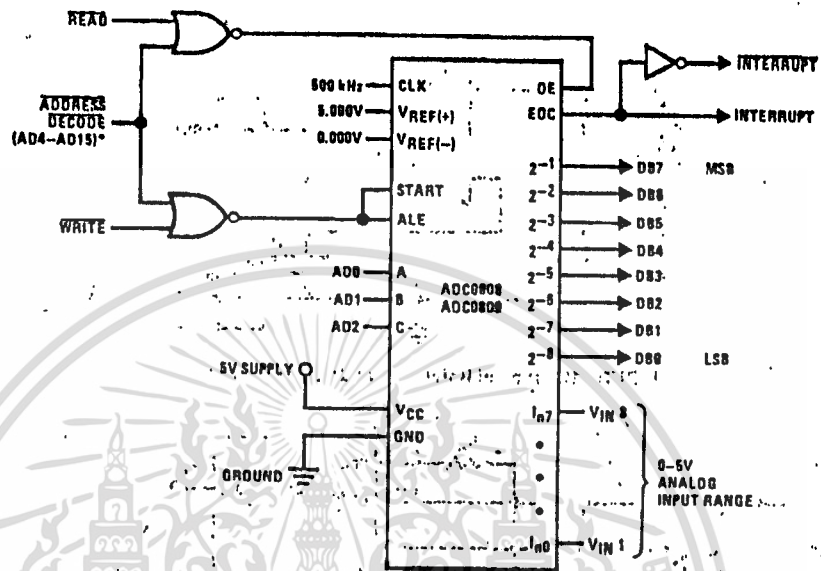
The dynamic comparator input current is caused by the periodic switching of on-chip stray capacitances. These are connected alternately to the output of the resistor ladder/switch tree network and to the comparator input as part of the operation of the chopper stabilized comparator.

The average value of the comparator input current varies directly with clock frequency and with  $V_{IN}$  as shown in Figure 6.

If no filter capacitors are used at the analog inputs and the signal source impedances are low, the comparator input current should not introduce converter errors, as the transient created by the capacitance discharge will die out before the comparator output is strobed.

If input filter capacitors are desired for noise reduction and signal conditioning they will tend to average out the dynamic comparator input current. It will then take on the characteristics of a DC bias current whose effect can be predicted conventionally.

Typical Application



\* Address latches needed for 8085 and 80/MP interfacing the ADC0808 to a microprocessor

MICROPROCESSOR INTERFACE TABLE

PROCESSOR	READ	WRITE	INTERRUPT (COMMENT)
8080	MEMR	MEMW	INTR (Thru RST Circuit)
8085	RD	WR	INTR (Thru RST Circuit)
Z-80	RD	WR	INT (Thru RST Circuit, Mode 0)
80/MP	NRDS	NWDS	SA (Thru Sense A)
6800	VMA*2-R/W	VMA*2-R/W	IRQA or IRQB (Thru PIA)

Ordering Information

TEMPERATURE RANGE		- 40°C to +85°C		- 55°C to +125°C
Error	± 1/2 Bit Unadjusted	ADC0808CCN	ADC0808CCJ	ADC0808CJ
	± 1 Bit Unadjusted	ADC0809CCN		
Package Outline		N28A Molded DIP	J28A Hermetic DIP	J28A Hermetic DIP



## DAC0808, DAC0807, DAC0806 8-Bit D/A Converters

### General Description

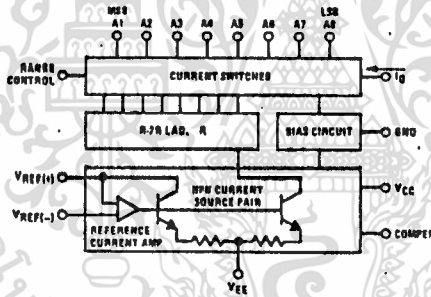
The DAC0808 series is an 8-bit monolithic digital-to-analog converter (DAC) featuring a full scale output current settling time of 150 ns while dissipating only 33 mW with  $\pm 5V$  supplies. No reference current ( $I_{REF}$ ) trimming is required for most applications since the full scale output current is typically  $\pm 1$  LSB of  $255 I_{REF}/256$ . Relative accuracies of better than  $\pm 0.19\%$  assure 8-bit monotonicity and linearity while zero level output current of less than  $4 \mu A$  provides 8-bit zero accuracy for  $I_{REF} \geq 2$  mA. The power supply currents of the DAC0808 series are independent of bit codes, and exhibits essentially constant device characteristics over the entire supply voltage range.

The DAC0808 will interface directly with popular TTL, DTL or CMOS logic levels, and is a direct replacement for the MC1608/MC1408. For higher speed applications, see DAC0800 data sheet.

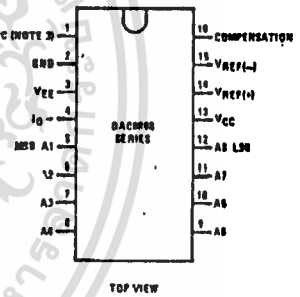
### Features

- Relative accuracy:  $\pm 0.19\%$  error maximum (DAC0808)
- Full scale current match:  $\pm 1$  LSB typ
- 7- and 6-bit accuracy available (DAC0807, DAC0806)
- Fast settling time: 150 ns typ
- Noninverting digital inputs are TTL- and CMOS compatible
- High speed multiplying input slew rate: 8 mA/ $\mu s$
- Power supply voltage range:  $\pm 4.5V$  to  $\pm 18V$
- Low power consumption: 33 mW @  $\pm 5V$

### Block and Connection Diagrams



Dual-In-Line Package



### Typical Application

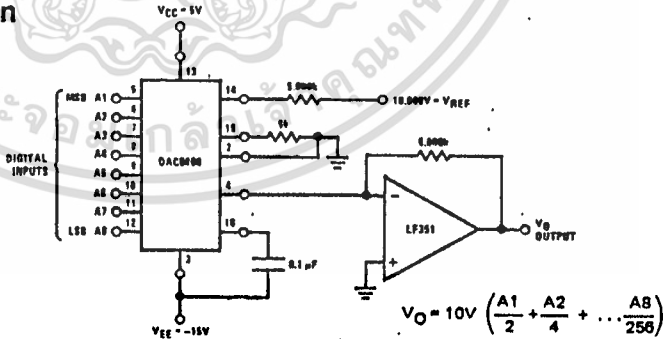


FIGURE 1. +10V Output Digital to Analog Converter

### Ordering Information

ACCURACY	OPERATING TEMPERATURE RANGE	ORDER NUMBERS*					
		D PACKAGE (D16C)		J PACKAGE (J16A)	N PACKAGE (N16A)		
8-bit	$-55^{\circ}C \leq T_A \leq +125^{\circ}C$	DAC0808LD	MC1508L8	DAC0808LCJ	MC1408L8	DAC0808LCN	MC1408P8
8-bit	$0^{\circ}C \leq T_A \leq +75^{\circ}C$			DAC0807LCJ	MC1408L7	DAC0807LCN	MC1408P7
7-bit	$0^{\circ}C \leq T_A \leq +75^{\circ}C$			DAC0806LCJ	MC1408L6	DAC0806LCN	MC1408P6
6-bit	$0^{\circ}C \leq T_A \leq +75^{\circ}C$						

\* Note: Devices may be ordered by using alpha order number.

### Absolute Maximum Ratings

<b>Power Supply Voltage</b>		<b>Power Dissipation (Package Limitation)</b>	1000 mW
VCC	+18 V <sub>DC</sub>	Derate above T <sub>A</sub> = 25°C	6.7 mW/°C
VEE	-18 V <sub>DC</sub>	<b>Operating Temperature Range</b>	
Digital Input Voltage, V <sub>5</sub> -V <sub>12</sub>	-10 V <sub>DC</sub> to +18 V <sub>DC</sub>	DAC0808L	-55°C ≤ T <sub>A</sub> ≤ +125°C
Applied Output Voltage, V <sub>O</sub>	-11 V <sub>DC</sub> to +18 V <sub>DC</sub>	DAC0808L Series	0 ≤ T <sub>A</sub> ≤ +75°C
Reference Current, I <sub>14</sub>	5 mA	<b>Storage Temperature Range</b>	-65°C to +150°C
Reference Amplifier Inputs, V <sub>14</sub> , V <sub>15</sub>	VCC, VEE		

### Electrical Characteristics

(VCC = 5V, VEE = -15 VDC, VREF/R14 = 2 mA, DAC0808: TA = -55°C to +125°C, DAC0808C, DAC0807C, DAC0806C, TA = 0°C to +75°C, and all digital inputs at high logic level unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
E <sub>r</sub> Relative Accuracy (Error Relative to Full Scale I <sub>O</sub> )	(Figure 4)				%
	DAC0808L (LM1508-8)			±0.19	%
	DAC0808LC (LM1408-8)			±0.39	%
	DAC0807LC (LM1408-7), (Note 1) DAC0806LC (LM1408-6), (Note 1)			±0.78	%
τ <sub>PLH</sub> , τ <sub>PHL</sub> Propagation Delay Time	TA = 25°C (Note 2), (Includes t <sub>PLH</sub> ) (Figure 5)		150		ns
	TA = 25°C, (Figure 6)		30	100	ns
TC <sub>IO</sub> Output Full Scale Current Shift	(Figure 3)		±20		ppm/°C
MSB Digital Input Logic Levels	(Figure 3)				V <sub>DC</sub>
V <sub>IH</sub> High Level, Logic "1"		2			V <sub>DC</sub>
V <sub>IL</sub> Low Level, Logic "0"				0.8	V <sub>DC</sub>
MSB Digital Input Current	(Figure 3)				mA
	V <sub>IH</sub> = 5V V <sub>IL</sub> = 0.8V		0 -0.003	0.040 -0.8	mA
I <sub>15</sub> Reference Input Bias Current	(Figure 3)		-1	-3	μA
	Output Current Range	(Figure 3)			
I <sub>O</sub> Output Current	V <sub>EE</sub> = -5V	0	2.0	2.1	mA
	V <sub>EE</sub> = -15V, TA = 25°C	0	2.0	4.2	mA
Output Current, All Bits Low	V <sub>REF</sub> = 2.000V, R14 = 1000Ω, (Figure 3)	1.9	1.99	2.1	mA
	(Figure 3)		0	4	μA
	Output Voltage Compliance Pin 1 Grounded, VEE Below -10V	E <sub>r</sub> ≤ 0.18%, TA = 25°C			-0.55, +0.4 -5.0, +0.4
SRI <sub>REF</sub> Reference Current Slew Rate	(Figure 6)	4	8		mA/μs
Output Current Power Supply Sensitivity	-5V ≤ V <sub>EE</sub> ≤ -18.5V		0.06	2.7	μA/V
I <sub>CC</sub> Power Supply Current	(Figure 3)				mA
	Power Supply Voltage Range	TA = 25°C, (Figure 3)		2.3 -4.3	22 -13
V <sub>CC</sub> , V <sub>EE</sub> Power Dissipation		4.5	5.0	5.5	V <sub>DC</sub>
		-4.5	-15	-16.5	V <sub>DC</sub>
All Bits Low	VCC = 5V, VEE = -5V		33	170	mW
	VCC = 5V, VEE = -15V		106	306	mW
	VCC = 15V, VEE = -5V		80		mW
	VCC = 15V, VEE = -15V		160		mW

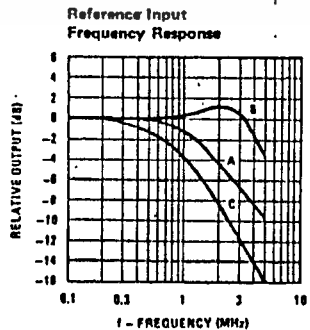
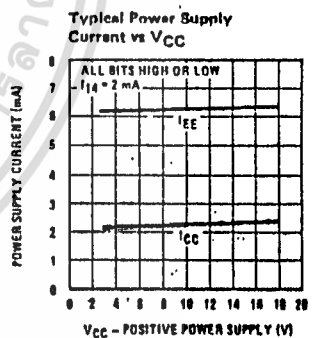
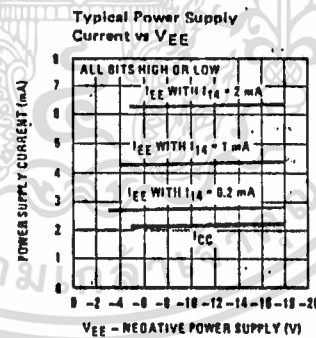
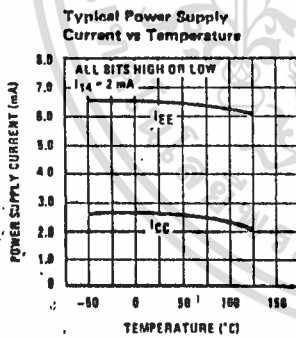
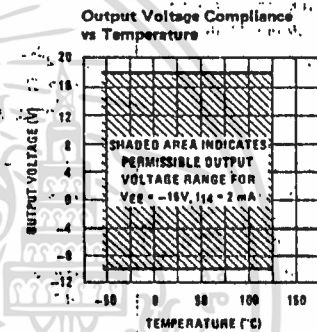
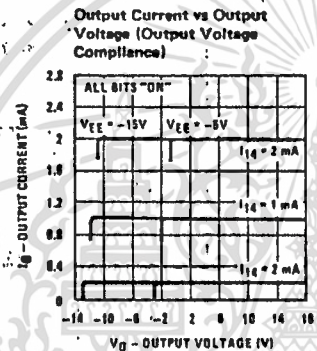
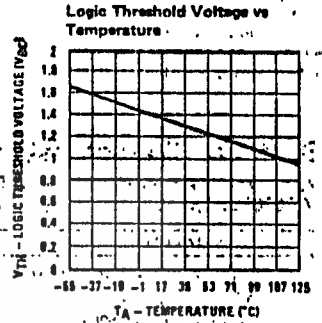
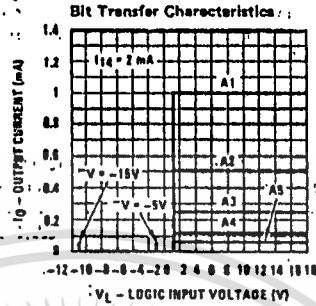
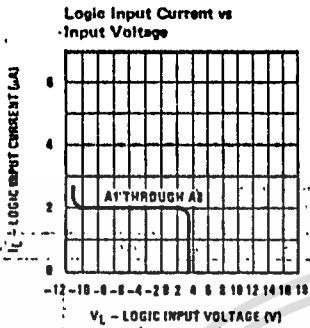
Note 1: All current switches are tested to guarantee at least 50% of rated current.

Note 2: All bits switched.

Note 3: Range control is not required.

## Typical Performance Characteristics

$V_{CC} = 5V$ ,  $V_{EE} = -15V$ ,  $T_A = 25^\circ C$ , unless otherwise noted



Unless otherwise specified:  $R_{14} = 1 k\Omega$ ,  $C = 15 pF$ , pin 16 to  $V_{EE}$ ;  $R_L = 50\Omega$ , pin 4 to ground.

Curve A: Large Signal Bandwidth Method of Figure 7,  $V_{REF} = 2 V_{p-p}$  offset 1 V above ground.

Curve B: Small Signal Bandwidth Method of Figure 7,  $R_L = 250\Omega$ ,  $V_{REF} = 50 mV_{p-p}$  offset 200 mV above ground.

Curve C: Large and Small Signal Bandwidth Method of Figure 9 (no op amp,  $R_L = 50\Omega$ ,  $R_S = 50\Omega$ ,  $V_{REF} = 2V$ ,  $V_S = 100 mV_{p-p}$  centered at 0V).

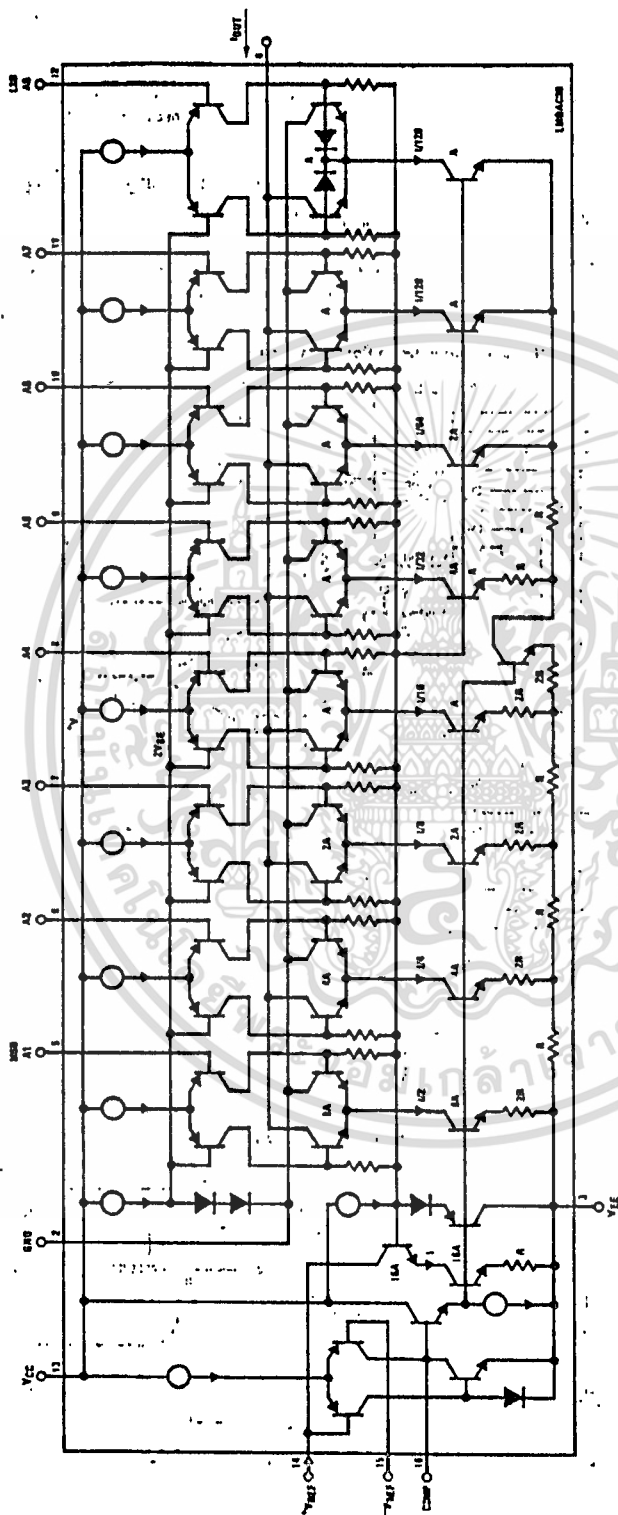
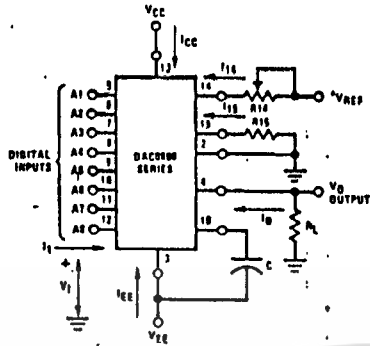


FIGURE 2. Equivalent Circuit of the DAC0808 Series

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits



$V_1$  and  $I_1$  apply to Inputs A1-A8.

The resistor tied to pin 15 is to temperature compensate the bias current and may not be necessary for all applications.

$$I_0 = K \left( \frac{A_1}{2} + \frac{A_2}{4} + \frac{A_4}{16} + \frac{A_5}{32} + \frac{A_6}{64} + \frac{A_7}{128} + \frac{A_8}{256} \right)$$

where  $K = \frac{V_{REF}}{R_{14}}$

and  $A_N = "1"$  if  $A_N$  is at high level

$A_N = "0"$  if  $A_N$  is at low level

FIGURE 3. Notation Definitions Test Circuit

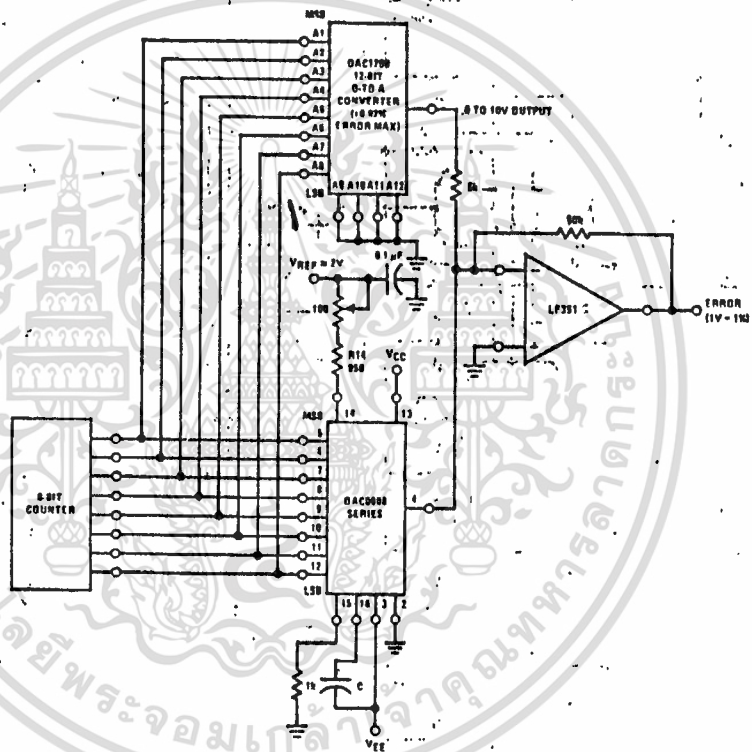


FIGURE 4. Relative Accuracy Test Circuit

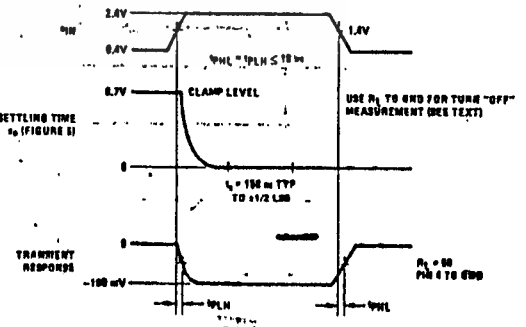
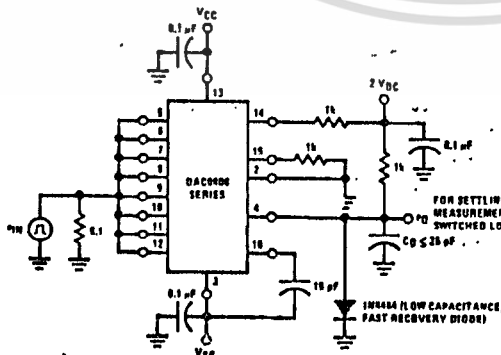
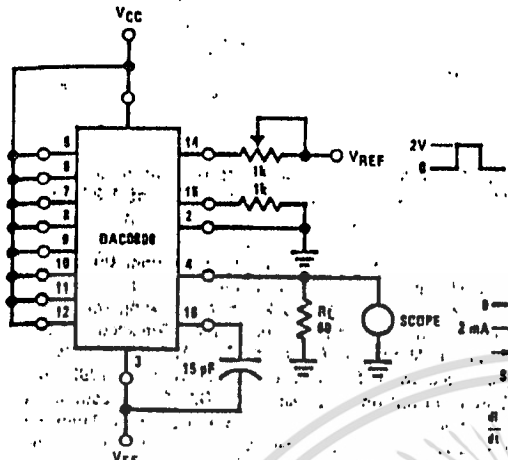


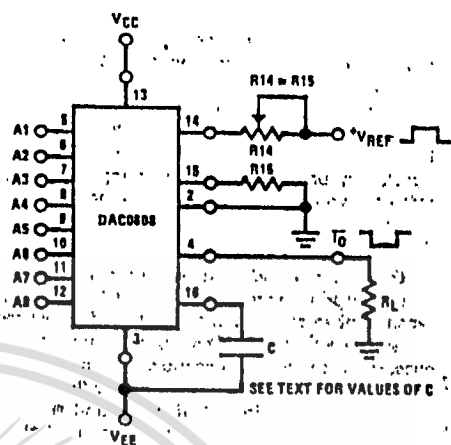
FIGURE 5. Transient Response and Settling Time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

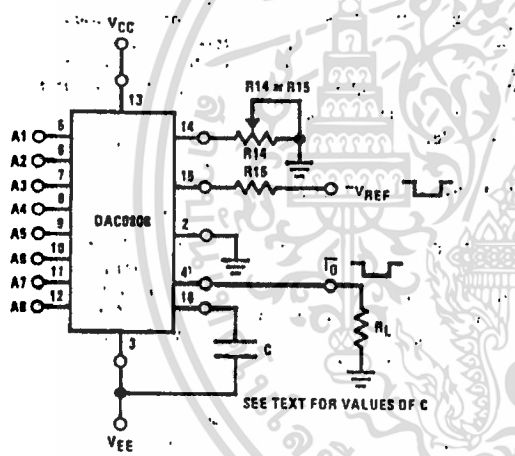
**Test Circuits (Continued)**



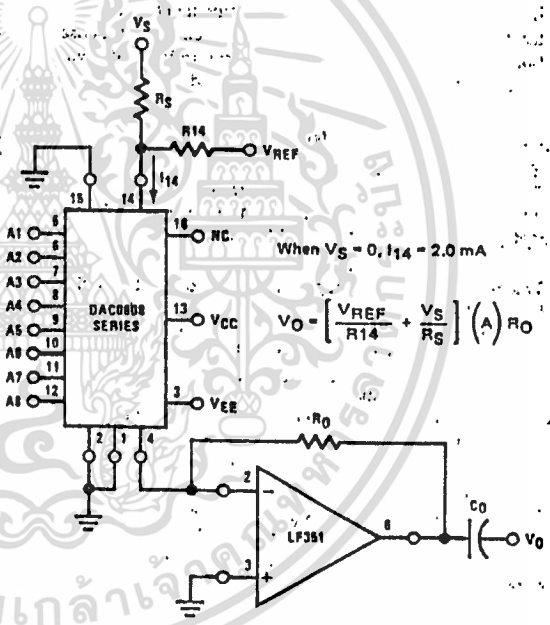
**FIGURE 6. Reference Current Slew Rate Measurement**



**FIGURE 7. Positive VREF**



**FIGURE 8. Negative VREF**



**FIGURE 9. Programmable Gain Amplifier or Digital Attenuator Circuit**

**Application Hints**

**REFERENCE AMPLIFIER DRIVE AND COMPENSATION**

The reference amplifier provides a voltage at pin 14 for converting the reference voltage to a current, and a turn-around circuit or current mirror for feeding the ladder. The reference amplifier input current,  $I_{14}$ , must always flow into pin 14, regardless of the set-up method or reference voltage polarity.

Connections for a positive voltage are shown in *Figure 7*. The reference voltage source supplies the full current

$I_{14}$ . For bipolar reference signals, as in the multiplying mode,  $R_{15}$  can be tied to a negative voltage corresponding to the minimum input level. It is possible to eliminate  $R_{15}$  with only a small sacrifice in accuracy and temperature drift.

The compensation capacitor value must be increased with increases in  $R_{14}$  to maintain proper phase margin; for  $R_{14}$  values of 1, 2.5 and 5 k $\Omega$ , minimum capacitor values are 15, 37 and 75 pF. The capacitor may be tied to either VEE or ground, but using VEE increases negative supply rejection.

$$V_O = \left[ \frac{V_{REF}}{R_{14}} + \frac{V_S}{R_S} \right] (A) R_O$$

When  $V_S = 0, I_{14} = 2.0 \text{ mA}$

## Application Hints (Continued)

A negative reference voltage may be used if R14 is grounded and the reference voltage is applied to R15 as shown in *Figure 8*. A high input impedance is the main advantage of this method. Compensation involves a capacitor to VEE on pin 18, using the values of the previous paragraph. The negative reference voltage must be at least 4V above the VEE supply. Bipolar input signals may be handled by connecting R14 to a positive reference voltage equal to the peak positive input level at pin 15.

When a DC reference voltage is used, capacitive bypass to ground is recommended. The 5V logic supply is not recommended as a reference voltage. If a well regulated 5V supply which drives logic is to be used as the reference, R14 should be decoupled by connecting it to 5V through another resistor and bypassing the junction of the 2 resistors with 0.1  $\mu$ F to ground. For reference voltages greater than 5V, a clamp diode is recommended between pin 14 and ground.

If pin 14 is driven by a high impedance such as a transistor current source, none of the above compensation methods apply and the amplifier must be heavily compensated, decreasing the overall bandwidth.

### OUTPUT VOLTAGE RANGE

The voltage on pin 4 is restricted to a range of -0.6 to 0.5V when VEE = -5V due to the current switching methods employed in the DAC0808.

The negative output voltage compliance of the DAC0808 is extended to -5V where the negative supply voltage is more negative than -10V. Using a full-scale current of 1.992 mA and load resistor of 2.5 k $\Omega$  between pin 4 and ground will yield a voltage output of 256 levels between 0 and -4.980V. Floating pin 1 does not affect the converter speed or power dissipation. However, the value of the load resistor determines the switching time due to increased voltage swing. Values of RL up to 500 $\Omega$  do not significantly affect performance, but a 2.5 k $\Omega$  load increases worst-case settling time to 1.2  $\mu$ s (when all bits are switched ON). Refer to the subsequent text section on Settling Time for more details on output loading.

### OUTPUT CURRENT RANGE

The output current maximum rating of 4.2 mA may be used only for negative supply voltages more negative than -7V; due to the increased voltage drop across the resistors in the reference current amplifier.

### ACCURACY

Absolute accuracy is the measure of each output current level with respect to its intended value, and is dependent upon relative accuracy and full-scale current drift. Relative accuracy is the measure of each output current level as a fraction of the full-scale current. The relative accuracy of the DAC0808 is essentially constant with temperature due to the excellent temperature tracking

of the monolithic resistor ladder. The reference current may drift with temperature, causing a change in the absolute accuracy of output current. However, the DAC0808 has a very low full-scale current drift with temperature.

The DAC0808 series is guaranteed accurate to within  $\pm 1/2$  LSB at a full-scale output current of 1.992 mA. This corresponds to a reference amplifier output current drive to the ladder network of 2 mA, with the loss of 1 LSB (8  $\mu$ A) which is the ladder remainder shunted to ground. The input current to pin 14 has a guaranteed value of between 1.9 and 2.1 mA, allowing some mismatch in the NPN current source pair. The accuracy test circuit is shown in *Figure 4*. The 12-bit converter is calibrated for a full-scale output current of 1.992 mA. This is an optional step since the DAC0808 accuracy is essentially the same between 1.5 and 2.5 mA. Then the DAC0808 circuits' full-scale current is trimmed to the same value with R14 so that a zero value appears at the error amplifier output. The counter is activated and the error band may be displayed on an oscilloscope, detected by comparators, or stored in a peak detector.

Two 8-bit D-to-A converters may not be used to construct a 16-bit accuracy D-to-A converter. 16-bit accuracy implies a total error of  $\pm 1/2$  of one part in 65,536, or  $\pm 0.00076\%$ , which is much more accurate than the  $\pm 0.019\%$  specification provided by the DAC0808.

### MULTIPLYING ACCURACY

The DAC0808 may be used in the multiplying mode with 8-bit accuracy when the reference current is varied over a range of 256:1. If the reference current in the multiplying mode ranges from 16  $\mu$ A to 4 mA, the additional error contributions are less than 1.8  $\mu$ A. This is well within 8-bit accuracy when referred to full-scale.

A monotonic converter is one which supplies an increase in current for each increment in the binary word. Typically, the DAC0808 is monotonic for all values of reference current above 0.5 mA. The recommended range for operation with a DC reference current is 0.5 to 4 mA.

### SETTLING TIME

The worst-case switching condition occurs when all bits are switched ON, which corresponds to a low-to-high transition for all bits. This time is typically 150 ns for settling to within  $\pm 1/2$  LSB, for 8-bit accuracy, and 100 ns to  $1/2$  LSB for 7 and 6-bit accuracy. The turn OFF is typically under 100 ns. These times apply when RL  $\leq$  500 $\Omega$  and CO  $\leq$  25 pF.

Extra care must be taken in board layout since this is usually the dominant factor in satisfactory test results when measuring settling time. Short leads, 100  $\mu$ F supply bypassing for low frequencies, and minimum scope lead length are all mandatory.

# LM134/LM234/LM334 3-Terminal Adjustable Current Sources

## General Description

The LM134/LM234/LM334 are 3-terminal adjustable current sources featuring 10,000:1 range in operating current, excellent current regulation and a wide dynamic voltage range of 1V to 40V. Current is established with one external resistor and no other parts are required. Initial current accuracy is  $\pm 3\%$ . The LM134/LM234/LM334 are true floating current sources with no separate power supply connections. In addition, reverse applied voltages of up to 20V will draw only a few microamperes of current, allowing the devices to act as both a rectifier and current source in AC applications.

The sense voltage used to establish operating current in the LM134 is 64 mV, at 25°C and is directly proportional to absolute temperature ( $^{\circ}\text{K}$ ). The simplest one external resistor connection, then, generates a current with  $\approx +0.33\%/^{\circ}\text{C}$  temperature dependence. Zero drift operation can be obtained by adding one extra resistor and a diode.

Applications for the new current sources include bias networks, surge protection, low power reference, ramp generation LED driver, and temperature sensing. The

LM134-3/LM234-3 and LM134-6/LM234-6 are specified as true temperature sensors with guaranteed initial accuracy of  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  and  $\pm 6^{\circ}\text{C}$ , respectively. These devices are ideal in remote sense applications because series resistance in long wire runs does not affect accuracy. In addition, only 2 wires are required.

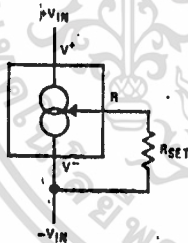
The LM134 is guaranteed over a temperature range of  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$ , the LM234 from  $-25^{\circ}\text{C}$  to  $+100^{\circ}\text{C}$  and the LM334 from  $0^{\circ}\text{C}$  to  $+70^{\circ}\text{C}$ . These devices are available in TO-48 hermetic and TO-92 plastic packages.

## Features

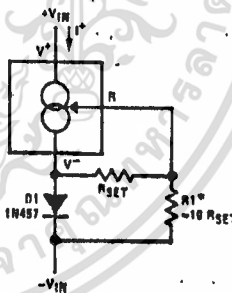
- Operates from 1V to 40V
- 0.02%/V current regulation
- Programmable from 1  $\mu\text{A}$  to 10 mA
- True 2-terminal operation
- Available as fully specified temperature sensor
- $\pm 3\%$  initial accuracy

## Typical Applications

Basic 2-Terminal Current Source

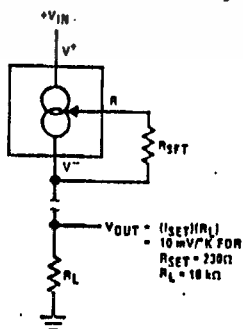


Zero Temperature Coefficient Current Source



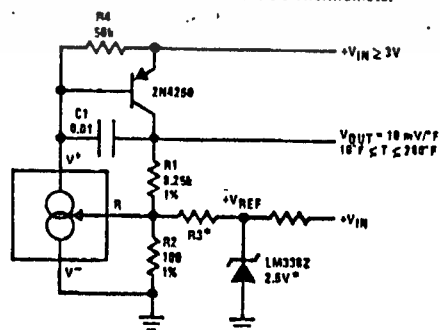
\*Select ratio of R1 to RSET to obtain zero drift.  $I^+ \approx 2 I_{SET}$

Terminating Remote Sensor for Voltage Output



$$V_{OUT} = \frac{(I_{SET}/R_L)}{10 \text{ mV/V/K}} \text{ FOR } R_{SET} = 230\Omega, R_L = 10 \text{ k}\Omega$$

Ground Referred Fahrenheit Thermometer



\*Select  $R_3 = V_{REF}/583 \mu\text{A}$ .  $V_{REF}$  may be any stable positive voltage  $\geq 2\text{V}$ . Trim  $R_3$  to calibrate.

### Absolute Maximum Ratings

V <sup>+</sup> to V <sup>-</sup> Forward Voltage	40V
LM134/LM234	30V
LM334/LM134-3/LM134-6/LM234-3/LM234-6	20V
V <sup>+</sup> to V <sup>-</sup> Reverse Voltage	5V
R Pin to V <sup>-</sup> Voltage	10 mA
Set Current	200 mW
Power Dissipation	-55°C to +125°C
Operating Temperature Range	-25°C to +100°C
LM134/LM134-3/LM134-6	0°C to +70°C
LM234/LM234-3/LM234-6	300°C
LM334	
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	

### Electrical Characteristics (Note 1)

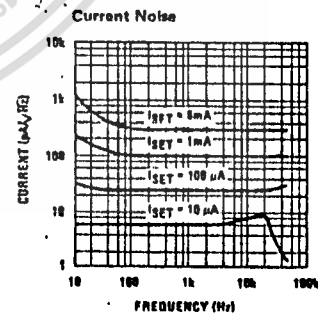
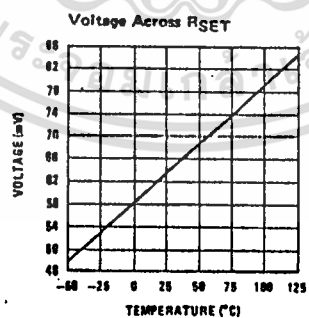
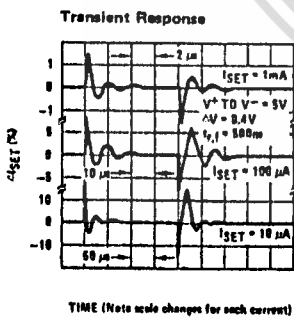
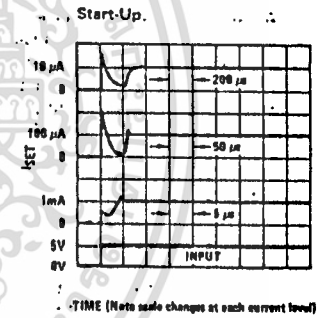
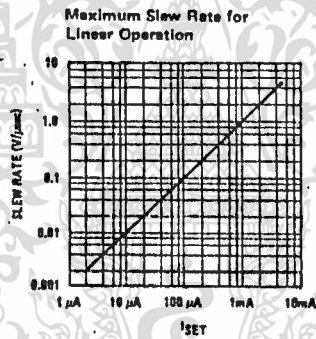
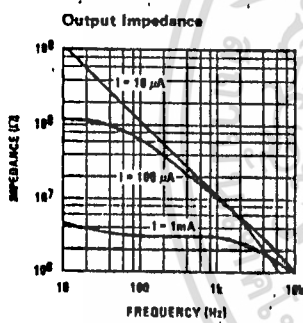
PARAMETER	CONDITIONS	LM134/LM234			LM334			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Set Current Error, V <sup>+</sup> = 2.5V, (Note 2)	10 μA ≤ I <sub>SET</sub> ≤ 1 mA			3			6	%
	1 mA < I <sub>SET</sub> ≤ 5 mA			5			8	%
	2 μA ≤ I <sub>SET</sub> < 10 μA			8			12	%
Ratio of Set Current to V <sup>-</sup> Current	10 μA ≤ I <sub>SET</sub> ≤ 1 mA	14	18	23	14	18	26	
	1 mA < I <sub>SET</sub> ≤ 5 mA		14			14		
	2 μA ≤ I <sub>SET</sub> ≤ 10 μA		18	23	14	18	26	
Minimum Operating Voltage	2 μA ≤ I <sub>SET</sub> ≤ 100 μA		0.8			0.8		V
	100 μA < I <sub>SET</sub> ≤ 1 mA		0.9			0.9		V
	1 mA < I <sub>SET</sub> ≤ 5 mA		1.0			1.0		V
Average Change in Set Current with Input Voltage	1.5 ≤ V <sup>+</sup> ≤ 5V		0.02	0.05		0.02	0.1	%/V
	2 μA ≤ I <sub>SET</sub> ≤ 1 mA							
	5V ≤ V <sup>+</sup> ≤ 40V		0.01	0.03		0.01	0.05	%/V
	1.5V ≤ V ≤ 5V		0.03			0.03		%/V
	1 mA < I <sub>SET</sub> ≤ 5 mA							
Temperature Dependence of Set Current (Note 3)	5V ≤ V ≤ 40V		0.02			0.02		%/V
	25 μA ≤ I <sub>SET</sub> ≤ 1 mA	0.96T	T	1.04T	0.96T	T	1.04T	
Effective Shunt Capacitance			15			15		pF

Note 1: Unless otherwise specified, tests are performed at T<sub>J</sub> = 25°C with pulse testing so that junction temperature does not change during test.  
 Note 2: Set current is the current flowing into the V<sup>+</sup> pin. It is determined by the following formula: I<sub>SET</sub> = 67.7 mV/R<sub>SET</sub> (@ 25°C). Set current error is expressed as a percent deviation from this amount. I<sub>SET</sub> increases at 0.336%/°C @ T<sub>J</sub> = 25°C.  
 Note 3: I<sub>SET</sub> is directly proportional to absolute temperature (°K). I<sub>SET</sub> at any temperature can be calculated from: I<sub>SET</sub> = I<sub>o</sub> (T/T<sub>o</sub>) where I<sub>o</sub> is I<sub>SET</sub> measured at T<sub>o</sub> (°K).

**Electrical Characteristics** (Continued) (Note 1)

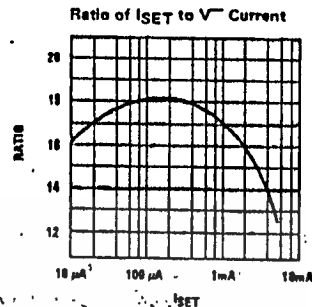
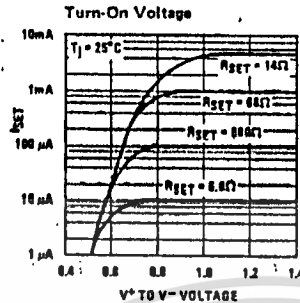
PARAMETER	CONDITIONS	LM134-3, LM234-3			LM134-6, LM234-6			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Set Current Error, $V^+ = 2.5V$ , (Note 2)	$100 \mu A \leq I_{SET} \leq 1 mA$ $T_j = 25^\circ C$			$\pm 1$			$\pm 2$	%
Equivalent Temperature Error				$\pm 3$			$\pm 6$	$^\circ C$
Ratio of Set Current to $V^-$ Current	$100 \mu A \leq I_{SET} \leq 1 mA$	14	18	26	14	18	26	
Minimum Operating Voltage	$100 \mu A \leq I_{SET} \leq 1 mA$		0.9			0.9		V
Average Change in Set Current with Input Voltage	$1.5 \leq V^+ \leq 5V$ $100 \mu A \leq I_{SET} \leq 1 mA$		0.02	0.05		0.02	0.1	%/V
	$5V \leq V^+ \leq 30V$		0.01	0.03		0.01	0.05	%/V
Temperature Dependence of Set Current (Note 3) and Equivalent Slope Error	$100 \mu A \leq I_{SET} \leq 1 mA$	0.98T	T	1.02T	0.97T	T	1.03T	%
Effective Shunt Capacitance			15			15		pF

**Typical Performance Characteristics**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Typical Performance Characteristics (Continued)



### Application Hints

The LM134 has been designed for ease of application, but a general discussion of design features is presented here to familiarize the designer with device characteristics which may not be immediately obvious. These include the effects of slewing, power dissipation, capacitance, noise, and contact resistance.

#### SLEW RATE

At slew rates above a given threshold (see curve), the LM134 may exhibit non-linear current shifts. The slewing rate at which this occurs is directly proportional to  $I_{SET}$ . At  $I_{SET} = 10 \mu\text{A}$ , maximum  $dV/dt$  is  $0.01 \text{ V}/\mu\text{s}$ ; at  $I_{SET} = 1 \text{ mA}$ , the limit is  $1 \text{ V}/\mu\text{s}$ . Slew rates above the limit do not harm the LM134, or cause large currents to flow.

#### THERMAL EFFECTS

Internal heating can have a significant effect on current regulation for  $I_{SET}$  greater than  $100 \mu\text{A}$ . For example, each  $1 \text{ V}$  increase across the LM134 at  $I_{SET} = 1 \text{ mA}$  will increase junction temperature by  $\approx 0.4^\circ\text{C}$  in still air. Output current ( $I_{SET}$ ) has a temperature coefficient of  $\approx 0.33\%/^\circ\text{C}$ , so the change in current due to temperature rise will be  $(0.4)(0.33) = 0.132\%$ . This is a 10:1 degradation in regulation compared to true electrical effects. Thermal effects, therefore, must be taken into account when DC regulation is critical and  $I_{SET}$  exceeds  $100 \mu\text{A}$ . Heat sinking of the TO-46 package or the TO-92 leads can reduce this effect by more than 3:1.

#### SHUNT CAPACITANCE

In certain applications, the  $15 \text{ pF}$  shunt capacitance of the LM134 may have to be reduced, either because of loading problems or because it limits the AC output impedance of the current source. This can be easily accomplished by buffering the LM134 with an FET as shown in the applications. This can reduce capacitance to less than  $3 \text{ pF}$  and improve regulation by at least an order of magnitude. DC characteristics (with the exception of minimum input voltage), are not affected.

#### NOISE

Current noise generated by the LM134 is approximately 4 times the shot noise of a transistor. If the LM134 is used as an active load for a transistor amplifier, input

referred noise will be increased by about 12 dB. In many cases, this is acceptable and a single stage amplifier can be built with a voltage gain exceeding 2000.

#### LEAD RESISTANCE

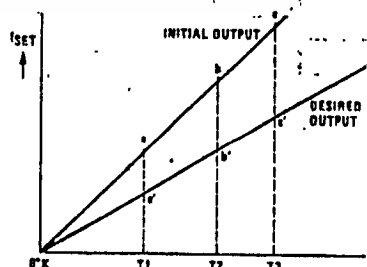
The sense voltage which determines operating current of the LM134 is less than  $100 \text{ mV}$ . At this level, thermocouple or lead resistance effects should be minimized by locating the current setting resistor physically close to the device. Sockets should be avoided if possible. It takes only  $0.75 \Omega$  contact resistance to reduce output current by 1% at the  $1 \text{ mA}$  level.

#### SENSING TEMPERATURE

The LM134 makes an ideal remote temperature sensor because its current mode operation does not lose accuracy over long wire runs. Output current is directly proportional to absolute temperature in degrees Kelvin, according to the following formula:

$$I_{SET} = \frac{(227 \mu\text{V}/^\circ\text{K})(T)}{R_{SET}}$$

Calibration of the LM134 is greatly simplified because of the fact that most of the initial inaccuracy is due to a gain term (slope error) and not an offset. This means that a calibration consisting of a gain adjustment only will trim both slope and zero at the same time. In addition, gain adjustment is a one point trim because the output of the LM134 extrapolates to zero at  $0^\circ\text{K}$ , independent of  $R_{SET}$  or any initial inaccuracy.



This property of the LM134 is illustrated in the accompanying graph. Line abc is the sensor current before

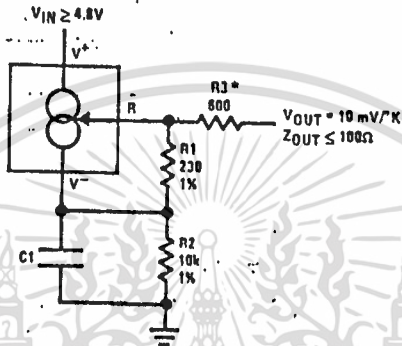
**Application Hints** (Continued)

trimming. Line a'b'c' is the desired output. A gain trim done at T2 will move the output from b to b' and will simultaneously correct the slope so that the output at T1 and T3 will be correct. This gain trim can be done on RSET or on the load resistor used to terminate the LM134. Slope error after trim will normally be less than ±1%. To maintain this accuracy, however, a low temperature coefficient resistor must be used for RSET.

A 33 ppm/°C drift of RSET will give a 1% slope error because the resistor will normally see about the same temperature variations as the LM134. Separating RSET from the LM134 requires 3 wires and has lead resistance problems, so is not normally recommended. Metal film resistors with less than 20 ppm/°C drift are readily available. Wire wound resistors may also be used where best stability is required.

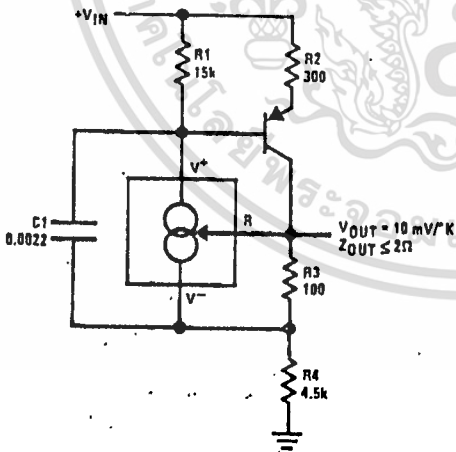
**Typical Applications** (Continued)

Low Output Impedance Thermometer

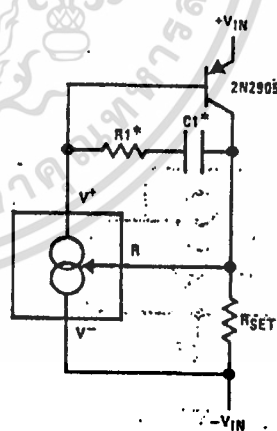


\* Output Impedance of the LM134 at the "R" pin is approximately  $\frac{-R_o}{16}$ , where  $R_o$  is the equivalent external resistance connected to the V- pin. This negative resistance can be reduced by a factor of 5 or more by inserting an equivalent resistor in series with the output.

Low Output Impedance Thermometer

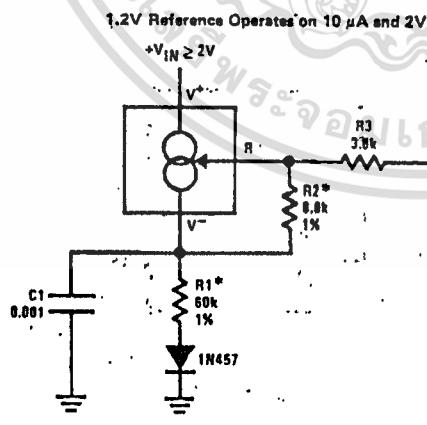
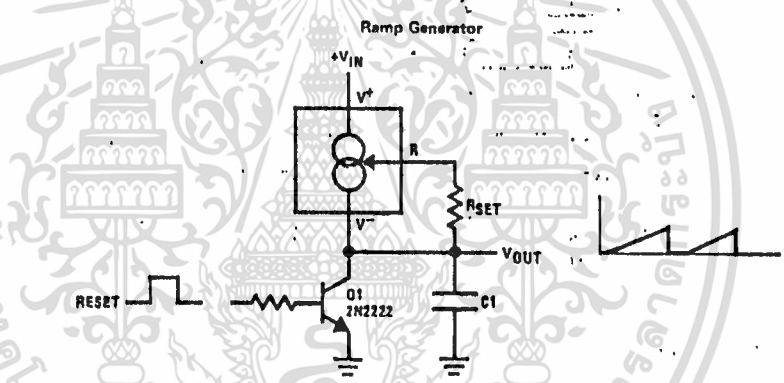
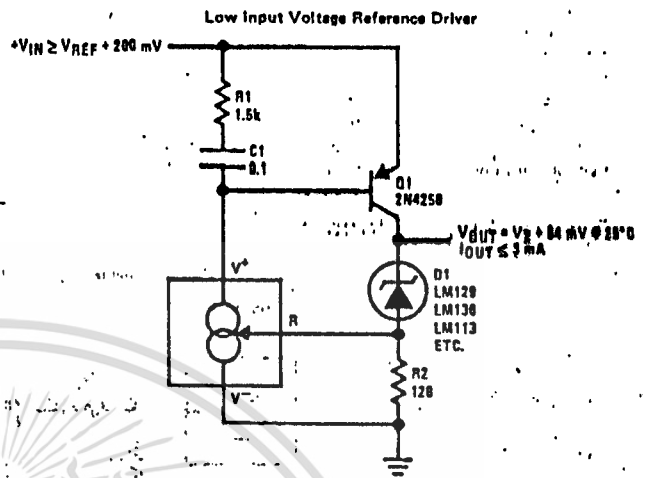
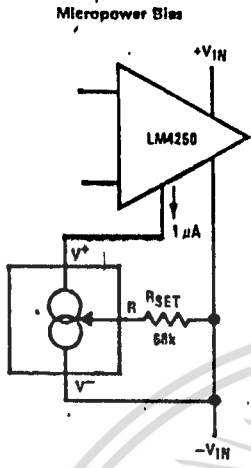


Higher Output Current

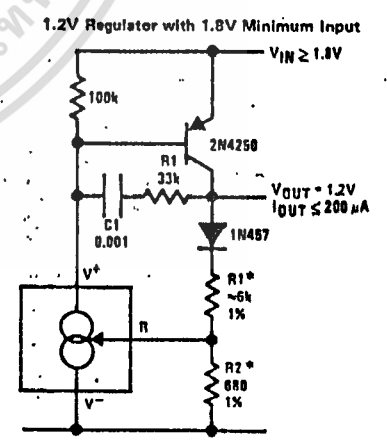


\* Select R1 and C1 for optimum stability

Typical Applications (Continued)



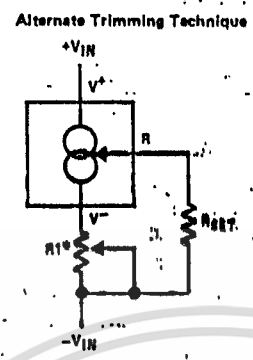
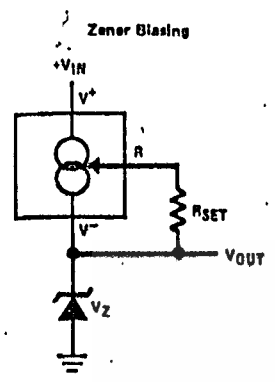
\*Select ratio of R1 to R2 to obtain zero temperature drift



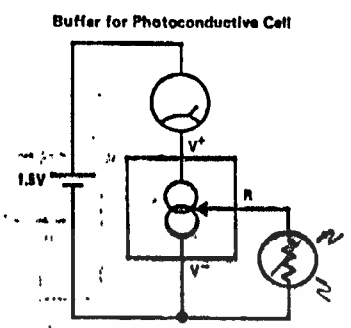
\*Select ratio of R1 to R2 for zero temperature drift

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

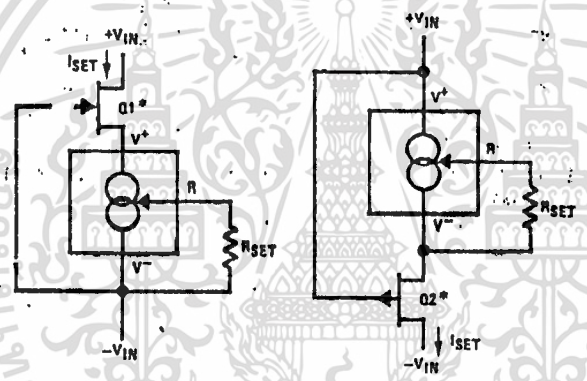
Typical Applications (Continued)



\*For  $\pm 10\%$  adjustment, select RSET 10% high, and make  $R1 \approx 3 RSET$

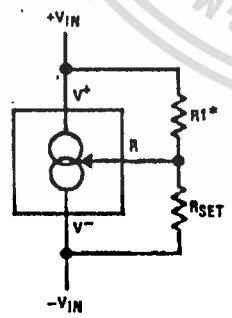


FET Cascoding for Low Capacitance and/or Ultra High Output Impedance.



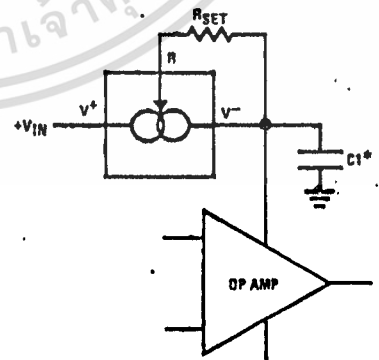
\*Select Q1 or Q2 to ensure at least 1V across the LM134.  $V_p (1 - I_{SET}/I_{OSS}) \geq 1.2V$ .

Generating Negative Output Impedance



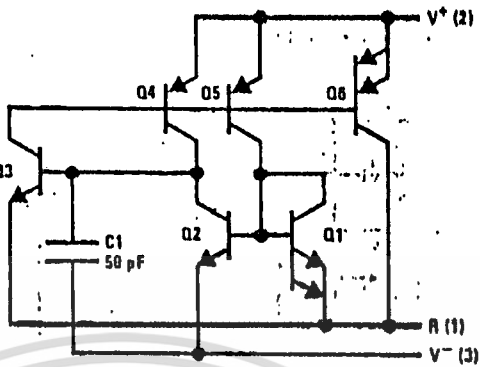
\* $Z_{OUT} \approx -16 \cdot R1$  ( $R1/V_{IN}$  must not exceed  $I_{SET}$ )

In-Line Current Limiter



\*Use minimum value required to ensure stability of protected device. This minimizes inrush current to a direct short.

Schematic and Connection Diagrams



TO-46  
Metal Can Package

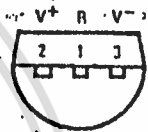


BOTTOM VIEW

Pin 3 is electrically connected to case

Order Number LM134H, LM134H-3, LM134H-6, LM234H,  
LM234H-3, LM234H-6 or LM334H  
See NS Package H03H

TO-92  
Plastic Package



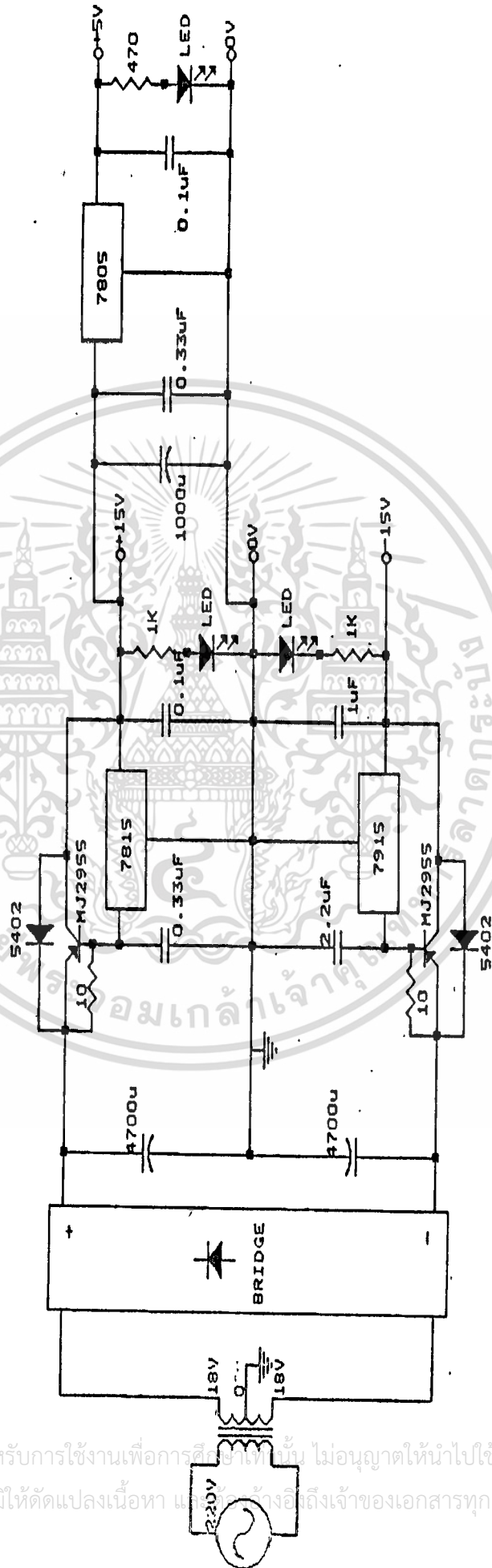
BOTTOM VIEW

Order Number LM334Z, LM234Z-3 or LM234Z-6  
See NS Package Z03A



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ



POWER SUPPLY +5V, +15V AND -15V

Size Document Number

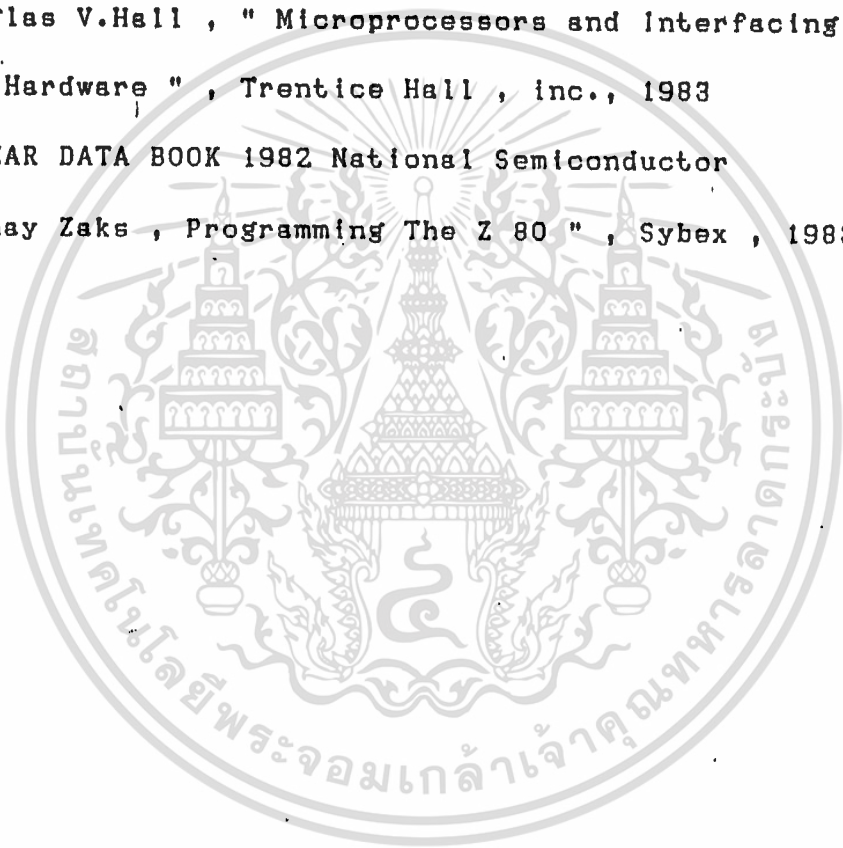
REV

Date: June 24, 1992 Sheet of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และแจ้งไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. B W. Williams , " POWER ELECTRONICS Devices , Drivers and Applications " , Mac Millan , Education LTD. , 1988
2. Boyd Larson , " POWER CONTROL ELECTRONICS " , McGraw Hill Book Company , 1986
3. Douglas V.Hall , " Microprocessors and Interfacing Programming and Hardware " , Trentice Hall , inc. , 1983
4. LINEAR DATA BOOK 1982 National Semiconductor
5. Rodney Zaks , Programming The Z 80 " , Sybex , 1983



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้