

ตัวช่วยลดการกระชากของมอเตอร์ขณะสตาร์ท

SOFT STARTERS

นายณรงค์ กสิกร รหัส 43362433

นายเอกลักษณ์ อินตะวิชัย รหัส 43362854

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 25 /พ.ค. 2553 /.....
เลขทะเบียน..... 15012533.....
เลขเรียกหนังสือ..... 6521137.....
มหาวิทยาลัยนเรศวร 2546

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2546



ใบรับรองโครงการวิศวกรรม

หัวข้อโครงการ	ตัวช่วยลดการกระชากของมอเตอร์ขณะสตาร์ท (Soft Starters)		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายณรงค์	กสิกร	รหัส 43362433
	นายเอกทัศน์	อินต๊ะวิชัย	รหัส 43362854
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ขงยุทธ	ชนบดีเฉลิมรุ่ง	
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์พรพิศุทธิ์	วรจิรัตน์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2546		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ
(ดร. ขงยุทธ ชนบดีเฉลิมรุ่ง)

.....กรรมการ
(อาจารย์พนัส นัดฤทธิ)

.....กรรมการ
(อาจารย์สุพรรณนิภา ชังอยู่)

หัวข้อโครงการ	ตัวช่วยลดการกระชากของมอเตอร์ขณะสตาร์ท		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายณรงค์	กสิกร	รหัส 43362433
	นายเอกลักษณ์	อินตะวิชัย	รหัส 43362854
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ชงยุทธ	ชนบคิเฉลิมรุ่ง	
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์พรพิศุทธิ์	วรจิรัตน์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2546		

บทคัดย่อ

เครื่องจักรกลไฟฟ้าที่ถูกใช้และพบได้บ่อยในงานทางด้านอุตสาหกรรมต่าง ๆ คือ มอเตอร์ ซึ่งลักษณะการใช้งานมอเตอร์ ขึ้นกับงานแต่ละประเภท งานบางงานต้องการความประณีต หรือความต่อเนื่อง และสม่ำเสมอของชิ้นงาน จึงจำเป็นต้องใช้มอเตอร์ที่ไม่มีการกระชากในตอนเริ่มสตาร์ท และมอเตอร์ส่วนใหญ่จะมีกระแสในตอนเริ่มต้นในตอนสตาร์ทสูงถึงประมาณ 300% ของกระแสของกระแสอาร์เมเจอร์ปกติหรือมากกว่านั้น ยิ่งในมอเตอร์ขนาดใหญ่ โหลดมากและแรงเฉื่อยสูงจะมีค่ากระแสขณะสตาร์ทสูงมาก ซึ่งจะกินกระแสไฟมาก และอาจทำให้ความเสียหายแก่ตัวมอเตอร์เองได้

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงกล่าวถึงการทำให้มอเตอร์มีการสตาร์ทที่นิ่มนวลเพื่อที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพ และจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของ ค่าไฟฟ้าตอนเริ่มสตาร์ทที่มีการคิดเป็นฟีดสูงสุด ค่าของวัสดุชิ้นส่วนที่เสียหาย ค่าซ่อมบำรุงมอเตอร์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ

Project Title Soft Starters
Name Mr. Narong Kasikom ID. 43362433
Mr. Eakaluk Intavichai ID. 43362854
Project Advisor Dr. Yongyut Chonbadechalearmrung
Co – Project Advisor Miss Ponpisut Worajirutt
Major Electrical Engineering
Department Electrical and Computer Engineering
Academic Year 2003

.....

ABSTRACT

AC motors have been widely used in industrial sectors. Some industries need softness or continuity in production line. Since when motors are started, they have an inrush current of 300% of the rated amature current or more, motors may be destroyed.

This paper proposes about soft starter method for motors, for helping industries produce better products and save cost of power.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิศวกรรมไฟฟ้า สำเร็จได้ด้วยดีก็เนื่องด้วยความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา
โครงการคือ อาจารย์ยงยุทธ ชนบดีเฉลิมรุ่ง อาจารย์พรพิศุทธิ์ วรจิรัตน์ และอาจารย์พนัส นัถฤทธิ์
รวมทั้งพี่คณะวิทยาศาสตร์ และเพื่อน ๆ

ในโอกาสนี้ทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่านที่มีส่วนช่วยทำให้โครงการ
นี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี

นายณรงค์ กสิกร
นายเอกลักษณ์ อินตะวิชัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบข่ายของงาน	1
1.4 ตารางกิจกรรมการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 งบประมาณ	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น	
2.1 ไทริสเตอร์ (Thyristors)	4
2.2 การแปลงผัน AC เป็น AC (AC TO AC Convertors)	9
2.3 มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส (Single Phase Motors)	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	18
บทที่ 4 ผลการทดลอง	25
บทที่ 5 บทสรุป	34
เอกสารอ้างอิง	35

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก ก.	36
ภาคผนวก ข.	47
ประวัติผู้ทำโครงการ	58



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Thyristors ชนิดต่าง ๆ	4
2.2 องค์ประกอบของ SCR	5
2.3 การทำงานของ SCR	6
2.4 คุณลักษณะของ SCR	7
2.5 รูปคลื่นของกระแสสภาวะเปิด (I_T)	7
2.6 การหยุดกระแสแบบธรรมชาติ	9
2.7 วงจรควบคุมแบบทิสทางเดี่ยว	10
2.8 วงจรควบคุมแบบสองทิสทาง	12
2.9 มอเตอร์แบบกรงกระรอก	15
2.10 กราฟการไหลของกระแสเข้าสู่มอเตอร์ขณะสตาร์ทโดยวิธีสตาร์ทตรง	17
3.1 วงจรสร้างสัญญาณ trigger	18
3.2 วงจรการทำงานของ SCR	18
3.3 วงจรการสร้างสัญญาณ Interrupt ขอบขาถลง	19
3.4 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณ trigger เข้าสู่ ขา Gate ของ SCR	19
3.5 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณ trigger เข้าสู่ ขา Gate ของ SCR	20
3.6 วงจรเชื่อมต่อใช้งาน	20
3.7 วงจรเชื่อมต่อ ส่วน Electronic กับ Power	21
3.8 วงจรส่วน Electronic	21
3.9 วงจรเชื่อมส่วน Power	22
3.10 Power Supply	22
3.11 Induction Motor	23
3.12 วงจรเชื่อมต่อใช้งาน	23
3.13 อุปกรณ์สำหรับการวัดผล	24
4.1 กราฟสัญญาณที่ได้จากการ Triger	25
4.2 กราฟสัญญาณที่ได้จากการ Triger	26
4.3 กราฟสัญญาณที่ได้จากการ Triger	27
4.4 ผลของการมอเตอร์โดยตรง	28
4.5 ผลของการต่อมอเตอร์โดยใช้โปรแกรม Soft 1	29

สารบัญรูป (ต่อ)

4.6 ผลของการต่อมอเตอร์โดยใช้โปรแกรม Soft 2	30
4.7 ผลของการต่อมอเตอร์โดยใช้โปรแกรม Soft 3	31
4.8 ผลของการต่อมอเตอร์โดยใช้โปรแกรม Soft 4 ส่วนหน้าคลื่น	32
4.9 ผลของการต่อมอเตอร์โดยใช้โปรแกรม Soft 4 ส่วนหลังคลื่น	33



บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ในงานอุตสาหกรรมสิ่งที่เราพบอยู่บ่อย ๆ คือ มอเตอร์ แต่อาจถูกใช้ในลักษณะต่าง ๆ กันไป ในบางงานต้องการความประณีตและความนิ่มนวล เพื่อประโยชน์ของคุณภาพของผลผลิตมากที่สุด ตัวอย่างเช่น โรงงานทอผ้า ทุกครั้งในการสตาร์ทมอเตอร์ จะก่อให้เกิดผลเสียต่อผลิตภัณฑ์เนื่องจากการกระชากของมอเตอร์

ในโรงงานที่ใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนปั้มน้ำซึ่งจะใช้วาล์วร่วมด้วยถ้าเกิดมีการเริ่มสตาร์ทมอเตอร์ แรงดันน้ำกระแทกเข้าก็กลัวว่าจะมากหรือน้อยเหตุผลหนึ่ง มาจากการกระชากของมอเตอร์ หลังจากการดับสวิทช์เปิด ซึ่งจะต้องเสียค่าบำรุงรักษาว่าด้วยบ่อยๆ

อีกประการหนึ่งที่สำคัญที่สุด คือ ในการสตาร์ทมอเตอร์กระแสขณะสตาร์ทที่จะสูงถึง 300% ของกระแสอาร์เมเจอร์ปกติหรือมากกว่านั้น ยิ่งในมอเตอร์ขนาดใหญ่ โหลดมากและแรงเฉื่อยสูงจะมีค่ากระแสขณะสตาร์ทสูงมาก ซึ่งจะกินกระแสไฟมาก และอาจทำให้ความเสียหายแก่ตัวมอเตอร์เองได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อลดการกระชากของกระแสขณะสตาร์ทมอเตอร์ซึ่งส่งผลเสียต่อตัวมอเตอร์
2. เพื่อลดการกระชากของมอเตอร์ขณะสตาร์ท ซึ่งก่อให้เกิดผลเสียต่อผลิตภัณฑ์ซึ่งอาจทำให้เสียคุณภาพได้

1.3 ขอบข่ายของงาน

ทำตัวช่วยลดการกระชากมอเตอร์ (Soft Starters) รวมทั้งการกระชากของกระแสขณะสตาร์ทมอเตอร์โดยใช้หลักการการควบคุมมูฟเฟสและใช้ไทรสเตอร์ (Thyristor) เป็นสวิทช์ใช้กับมอเตอร์

1 เฟสขนาด 1 กิโลวัตต์ได้

1.4 ตารางกิจกรรมการดำเนินงาน

กิจกรรมการดำเนินงาน	2545		2546										
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	
ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับไทรสเตอร์ การแปลงผัน ac to ac โดยการ ควบคุมมมเฟส	***												
ประมวลผลเกี่ยวกับข้อมูลเพื่อหา กระบวนการที่เหมาะสมกับการทำ โครงการ	*****												
ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ภาษาแอส แซมบลีและไอซีเพื่อเขียนโปรแกรม ใช้สร้างสัญญาณเกต แก้ ปัญหา เกี่ยวกับ โหลดที่เป็นอินดักตีฟ		*****											
นำสัญญาณเกตที่ได้ไปทำงาน ร่วมกับไทรสเตอร์ และจับมอเตอร์ โดยใช้โปรแกรม P-spice เป็น ตัวทดสอบ รวบรวมผลที่ได้ รวบรวมเพื่อนำเสนอ			*****										
รวบรวมข้อมูล ปรับปรุงโปรแกรม และชิ้นงาน				*****									
จัดทำรูปเล่ม โครงการงาน												***	
เสนอ โครงการงาน													***

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำตัว Soft Sarters ไปใช้ช่วยลดการกระชากของมอเตอร์ได้จริง
2. ทำให้ได้ความรู้เกี่ยวกับการลดการกระชากของกระแสของมอเตอร์ขณะสตาร์ท
3. ทำให้ได้ความรู้เกี่ยวกับการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ Thyristor และมอเตอร์ 1 เฟส
4. ทำให้ได้ความรู้เกี่ยวกับการควบคุมแรงดัน (AC Voltage Control) โดยหลักการควบคุมมม
5. ทำให้ได้ความรู้เกี่ยวกับภาษาแอสแซมบลี และการใช้โปรแกรม P-spice

1.6 งบประมาณ

1. ค่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
2. ค่าถ่ายเอกสาร
3. ค่าพิมพ์เอกสาร
4. กระดาษ
5. แผ่นดิสเก็ต
6. หนังสือประกอบการทำโครงการ

รวม 2000 บาท



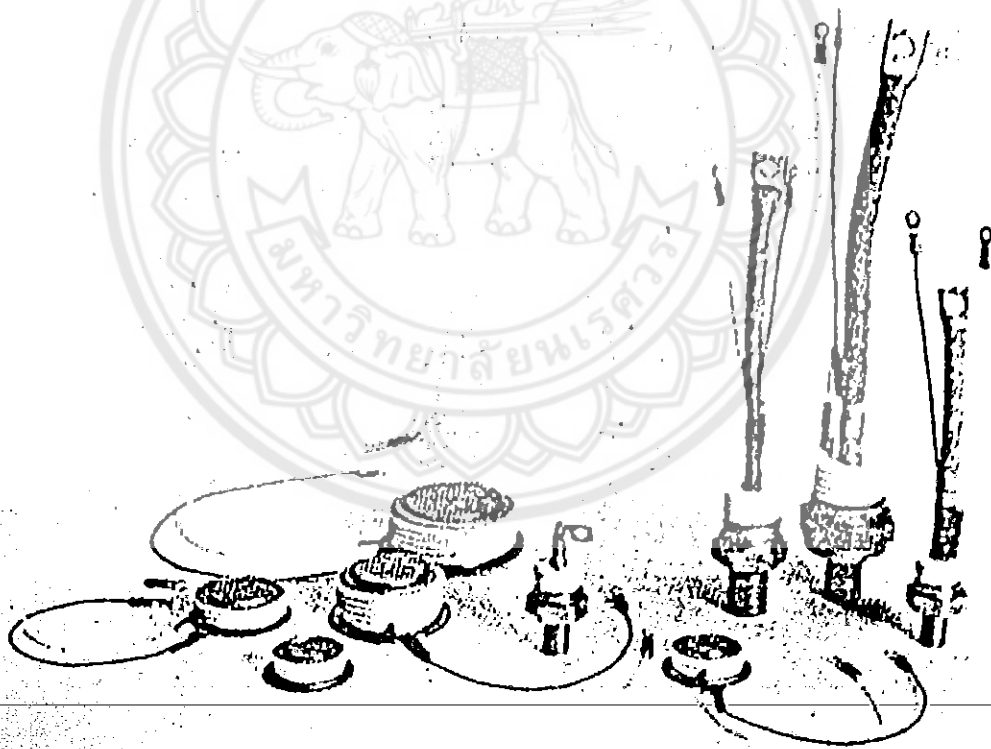
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

ในการทำโครงการนี้ จะเป็นการใช้ความรู้เกี่ยวกับการควบคุมแรงดัน (AC Voltage Control) โดยใช้ Thyristors เป็นสวิตช์ หลักการคือการเพิ่มแรงดันข้างที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าและค่อยๆ เพิ่มแรงดันให้มีค่าศักย์ไฟฟ้าใกล้เคียงกัน จนแรงดันทั้งสองข้างมีค่าเท่ากัน โดยใช้ทฤษฎีการแปรผัน ac to ac โดยหลักการควบคุมเฟสโดยที่โหลดเป็น Inductive

2.1 ไทริสเตอร์ (Thyristors)

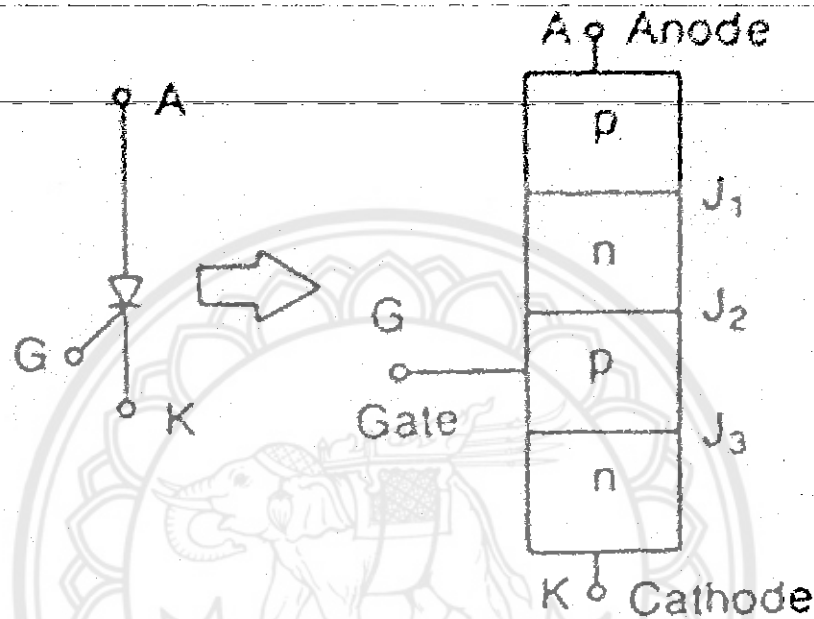
ไทริสเตอร์ครึ่งรูป เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิด p และชนิด n วางตัวซ้อนสลับกันเป็นชั้น ๆ ไทริสเตอร์มีมากมายหลายประเภทแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงประเภทที่จะนำมาใช้ คือ เอสซีอาร์



รูปที่ 2.1 Thyristors ชนิดต่าง ๆ

2.1.1 เอสซีอาร์ (Silicon Controlled Rectifier ; SCR)

เอสซีอาร์ เป็นอุปกรณ์ที่นำกระแสได้ทิศทางเดียว (จากขั้วแอโนดไปยังขั้วแคโทด) ที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด p และ n วางตัวซ้อนสลับกัน 4 ชั้น ซึ่งทำให้เกิดบริเวณรอยต่อ 3 แห่ง คือ J_1 , J_2 และ J_3 ดังรูปที่ 2.2

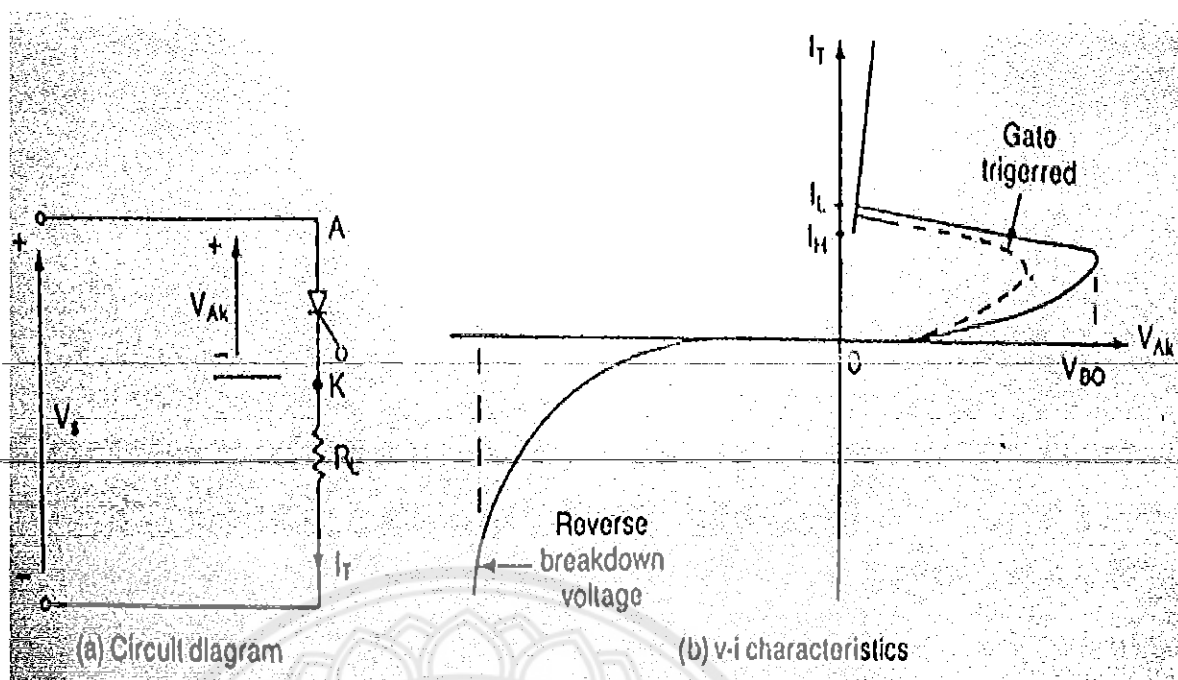


รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของ SCR

จากรูปจะแสดงสัญลักษณ์และโครงสร้างพื้นฐานของเอสซีอาร์ สังเกตว่าเอสซีอาร์แตกต่างกับไดโอดคือ มีขั้วที่สาม [นอกเหนือจากขั้วแอโนด (Anode ;A) และขั้วแคโทด (Cathode ;K)] คือ ขั้วเกต (Gate ;G) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด (ON) และปิด (OFF)

2.1.2 หลักการทำงานของเอสซีอาร์

ตามปกติการเปิดเอสซีอาร์ให้นำกระแสทำได้โดยป้อนแรงดันไฟฟ้าที่สัมพันธ์กัน 2 ส่วน คือ ป้อนแรงดันไบอัสตรง [ป้อนแรงดันบวกให้แก่ขั้วแอโนดเมื่อเทียบกับแคโทด (V_{AK}) และป้อนแรงดันเกต (V_G) ที่เป็นบวกที่ขั้วเกต [ในทางปฏิบัติจะเป็นสัญญาณพัลส์หรือสัญญาณชุกรนวน หรือสัญญาณทริกเกอร์(ซึ่งเกิดจาก IC หรือวงจรมานอก)]



รูปที่ 2.3 การทำงานของ SCR

ขณะ SCR นำกระแสอยู่นั้น ทรานซิสเตอร์ที่ยังไหลผ่าน SCR มีค่ามากกว่าระดับกระแสแลตชิ่ง (Latching Current ; I_L) ของ SCR SCR นี้จะยังคงรักษาสถานะนำกระแสอย่างต่อเนื่อง

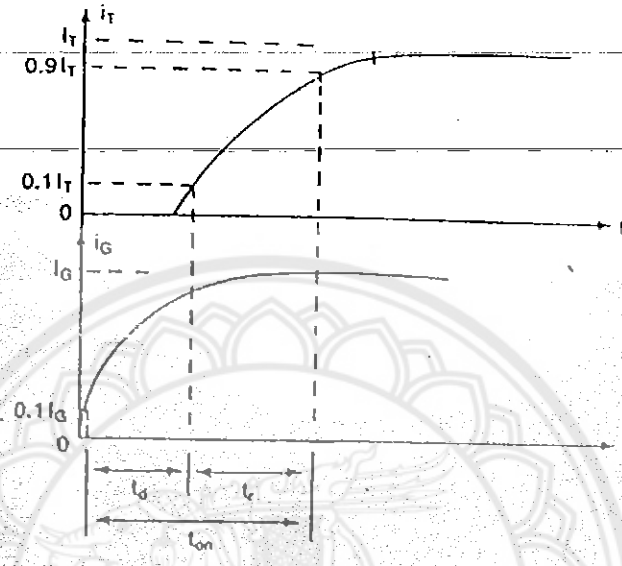
ถ้าต้องการให้ SCR ปิดหรือหยุดนำกระแส จะต้องทำให้กระแสที่ไหลผ่านมีปริมาณน้อยกว่าระดับกระแสโฮลดิ้ง (Holding Current ; I_H) ของ SCR

ถ้าเราป้อนแรงดันไบอัสตรง (V_{AK}) ให้กับ SCR เพียงส่วนเดียวโดยปราศจาก V_G ขณะ V_{AK} มีค่าน้อย จะมีเพียงกระแสรั่วไหล (Leakage Current) จำนวนเล็กน้อยเท่านั้นที่ไหลผ่าน SCR แต่เมื่อเพิ่ม V_{AK} มากขึ้น จนถึงค่าแรงดันพังทลายทิสฟอว์เวิร์ด (Forward Breakdown Voltage ; V_{BO}) กระแสรั่วไหลจะมีปริมาณมากกว่า I_L เอสซีอาร์จึงนำกระแสได้ แต่ถ้าปริมาณของกระแสรั่วไหลมีค่ามากกว่ากระแสที่พิกัด (Rated Current) ของ SCR ก็จะทำให้ SCR เสียหาย ดังนั้นจึงไม่ควรเปิด SCR โดยป้อนแรงดันไบอัสตรง (V_{AK}) เพียงส่วนเดียวโดยไม่มี V_G

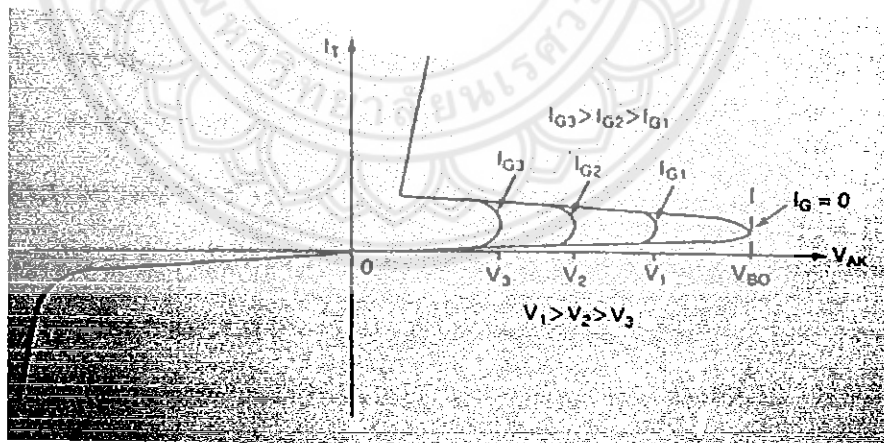
ถ้าเราป้อนแรงดันไบอัสกลับ [ป้อนแรงดันที่เป็นลบ ให้กับขั้วแอนโอดเมื่อเทียบกับขั้วแคโทด] เพียงส่วนเดียวหรือป้อน V_G ให้กับ SCR ด้วยก็ตาม เป็นผลให้ SCR ไม่นำกระแส ถ้าระดับแรงดันไบอัสกลับนี้มีค่าสูงกว่าแรงดันพังทลายทิสฟอว์เวิร์ด (Reverse Breakdown Voltage) จะทำให้ SCR เสียหาย

2.1.3 คุณลักษณะของเอสซีอาร์ขณะนำกระแส

เราทราบว่า ขณะเอสซีอาร์ได้รับไบอัสตรงและได้รับแรงดันเกต (V_G) ที่เหมาะสมซึ่งจะสร้างกระแสเกต (I_G) สำหรับจุดชนวน หรือทริกเกอร์เอสซีอาร์ก็จะนำกระแส เช่นเดียวกับการป้อน V_{AK} เพียงอย่างเดียวโดยไม่มี V_G นั่นคือ เมื่อ $V_{AK} > V_{BO}$ เอสซีอาร์จะนำกระแส



รูปที่ 2.4 คุณลักษณะของ SCR



รูปที่ 2.5 รูปคลื่นของกระแสภาวะเปิด (I_T)

จากรูปที่ 2.4 แสดงคุณลักษณะของเอสซีอาร์ ที่เกิดจากการพิจารณา 2 กรณีด้วยกันคือ

กรณีแรก ป้อน V_{AK} โดยปราศจาก V_G ($I_G = 0$) จะเห็นว่าเมื่อป้อน $V_{AK} > V_{BO}$ จะทำให้เอสซีอาร์นำกระแส

กรณีที่สอง ป้อน V_G (I_G คงที่ที่ค่าต่างๆ) ร่วมกับ V_{AK} ก็จะทำให้ค่าระดับแรงดันที่ใช้เปิดเอสซีอาร์ต่ำลง

รูป 2.5 แสดงรูปคลื่นของกระแสสภาวะเปิด (I_T) หรือกระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ขณะป้อน V_G (ทำให้เกิด I_G) สังเกตว่าเวลาในการเปิด (t_{on}) เท่ากับช่วงเวลาระหว่างค่ากระแส 10% ของกระแสเกณฑ์ ($0.1I_G$) จนถึง 90% ของกระแสสภาวะเปิด ($0.9I_T$)

นอกจากนี้ t_{on} ยังประกอบด้วยช่วงเวลาดีเลย์ (t_d) รวมกับช่วงเวลาที่ขาขึ้น (t_r) เมื่อ t_d เป็นช่วงเวลาระหว่างค่ากระแส $0.1 I_G$ จนถึง $0.1 I_T$ และ t_r เป็นช่วงเวลาระหว่างค่ากระแส $0.1I_T$ ถึง $0.9I_T$

ขณะเอสซีอาร์ นำกระแส นั้นจะมีแรงดันตกคร่อม บริเวณรอยต่อของ เอสซีอาร์(แรงดันตกคร่อมเอสซีอาร์) ประมาณ 0.25 ถึง 2 Volt ซึ่งในที่นี้จะไม่นำมาพิจารณา

2.1.4 การปิดเอสซีอาร์ (SCR Turn-off)

การปิด (Turn-off) และการหยุดกระแส (Commutation) มีความหมายแตกต่างกันคือ การปิด หมายถึง การหยุดนำกระแสของเอสซีอาร์

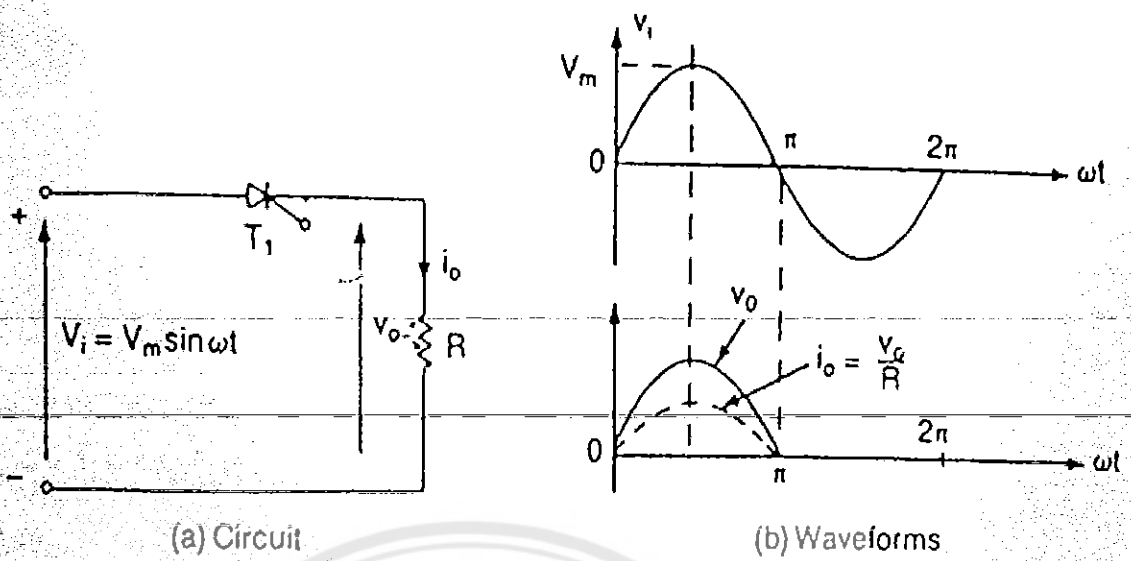
การหยุดนำกระแส หมายถึง กระบวนการที่ใช้ปิดเอสซีอาร์ ซึ่งมักทำให้เกิดการถ่ายโอนกระแสจากตัวเอสซีอาร์ไปยังส่วนอื่นของวงจร หรือเพิ่มวงจรสำหรับการหยุดนำกระแสของเอสซีอาร์

2.1.5 การหยุดกระแสแบบธรรมชาติ(Natural Commutation)

ถ้าป้อนแรงดัน ac (แรงดันอินพุต) ให้กับเอสซีอาร์ ทุกๆ ค่าลบของรูปคลื่นจะทำให้เกิดแรงดันไบอัสกลับตกคร่อมที่เอสซีอาร์ ส่งผลให้เอสซีอาร์ปิด

เนื่องจากการปิดเอสซีอาร์ประเภทนี้เป็นไปตามธรรมชาติของรูปคลื่นแรงดันอินพุต จึงเรียกรวมการหยุดกระแสนี้ว่า การหยุดกระแสแบบธรรมชาติ

ในทางปฏิบัติ การทริกเกอร์เอสซีอาร์จะเข้าจังหวะกัน(Synchronous) กับตำแหน่งตรงข้ามศูนย์ (Zero Crossing) ของรูปคลื่นแรงดันอินพุต(รูปคลื่นด้านบวกเป็นด้านลบในทุกไซเคิล) เพื่อควบคุมกำลังไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2.6 การหยุดกระแสแบบธรรมชาติ

จากรูป 2.6a แสดงโครงสร้างวงจรการหยุดกระแสแบบธรรมชาติ ส่วนรูป 2.6b แสดงรูปคลื่นแรงดันอินพุต (v_i) กับแรงดันเอาต์พุต (v_o) และกระแสเอาต์พุต (i_o) สังเกตว่า เมื่อรูปคลื่นของแรงดันอินพุตด้านลบปรากฏขึ้นเอสซีอาร์จะหยุดนำกระแส

การหยุดกระแสแบบธรรมชาตินี้มักนำมาใช้กับงานที่มีแรงดันอินพุต ac เช่นการควบคุมแรงดัน ac (ac Voltage Controllers) , การเรียงกระแสที่ถูกควบคุม (Controller Rectifiers) และไซโคลคอนเวอร์เตอร์ (Cycloconverter) เป็นต้น

2.2 การแปลงผัน ac เป็น ac (AC TO AC Convertors)

การควบคุมแรงดัน ac ทำได้ 2 วิธี

1. ควบคุมโดยการเปิด - ปิด (On-off Control)
2. ควบคุมมุมของเฟส (Phase - angle Control) หรือการควบคุมเฟส

กรณีควบคุมการเปิด-ปิด ไทริสเตอร์จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ต่อระหว่างโหลดกับแหล่งจ่าย ส่งผลให้รูปคลื่นแรงดันอินพุตที่จ่ายไปยังโหลดมีลักษณะเป็นช่วงๆ เช่น ไทริสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ต่อระหว่างโหลดกับแหล่งจ่าย ac ในช่วงสองสามไซเคิลของรูปคลื่นแรงดันอินพุตและปิดในช่วงสองหรือสาม ไซเคิลต่อมา เป็นต้น

กรณีควบคุมมุมของเฟส ไทริสเตอร์จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ต่อโหลดกับแหล่งจ่าย ac ภายใน 1 ไซเคิลของรูปคลื่นแรงดันอินพุต

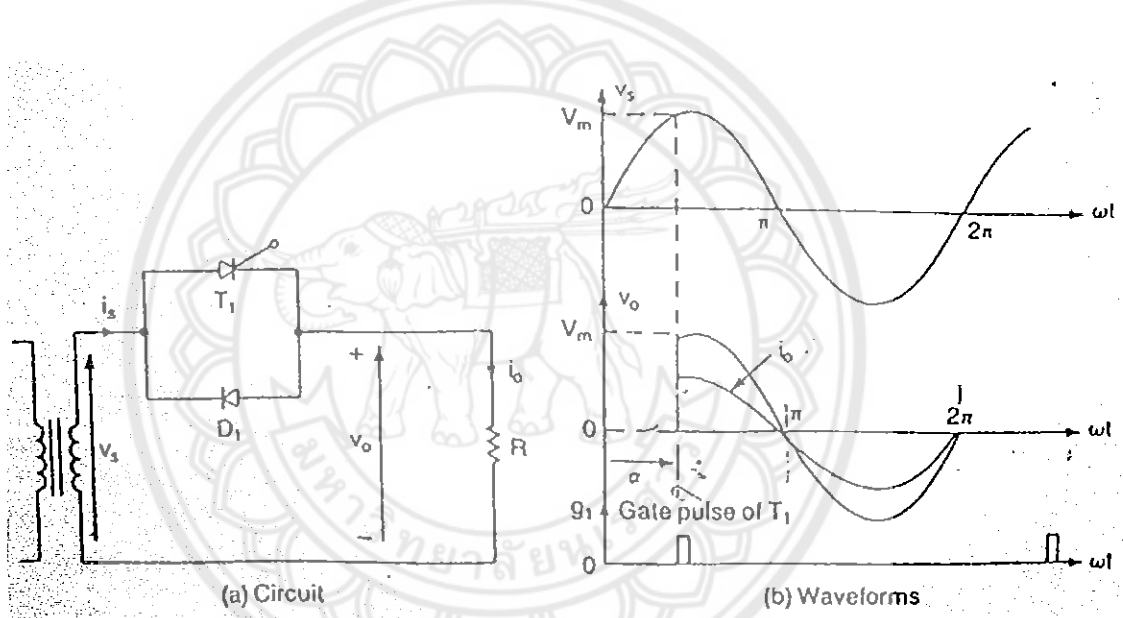
วงจรควบคุมแรงดัน ac แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. วงจรควบคุมเฟสเดียว
2. วงจรควบคุม 3 เฟส

แต่ละประเภทยังแบ่งออกเป็น การควบคุมแบบสองทิศทางหรือการควบคุมแบบเต็มคลื่น แต่ในการทำโครงการนี้จะใช้หลักการควบคุมมุมเฟสจึงไม่สนใจการควบคุมการเปิด-ปิด

2.2.1 หลักการควบคุมเฟส (Principle of Phase Control)

สามารถอธิบายหลักการทำงานของวงจรควบคุมมุมเฟสได้โดยอาศัยรูป 2.7a สังเกตว่าการหน่วง (Delay) มุมทริกเกอร์ (α) ของ T_1 ควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ไหลไปยังโหลดสำหรับรูป 2.7b แสดงสัญญาณทริกเกอร์หรือพัลส์ที่เกต รูปคลื่นแรงดันอินพุต และรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุต



รูปที่ 2.7 วงจรควบคุมแบบทิศทางเดียว

เนื่องจากวงจรในรูป 2.7a มีไดโอด (D_1) ประกอบอยู่ช่วงการควบคุมจึงมีขีดจำกัด นั่นคือ การควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้าจะอยู่ในช่วงระหว่างครึ่งไซเคิลด้านบวกของแรงดันอินพุต ด้วยเหตุนี้เราจึงเรียกววงจรในรูป 2.7a ว่าวงจรควบคุมแบบทิศทางเดียว นอกจากนี้รูปคลื่นเอาต์พุตแต่ละไซเคิลมีส่วนหนึ่งที่ถูกควบคุมจึงเกิดการไม่สมมาตรและมีองค์ประกอบ dc ปนอยู่กับรูปคลื่นกระแสเอาต์พุต ดังนั้นวงจรในรูป 2.7a จึงเหมาะกับโหลดความต้านทานที่มีกำลังไฟฟ้าต่ำ

จากรูป 2.7b ถ้า $V_s = V_m \sin \omega t = \sqrt{2} V_s \sin \omega t$ เป็นแรงดันอินพุตชั่วขณะ และมุมทริกเกอร์ของ T_1 เป็น $\omega t = \alpha$ จะหาค่า rms ของแรงดันเอาต์พุต ได้จาก

$$\begin{aligned}
V_o &= \left\{ \frac{1}{2\pi} \left[\int_{\alpha}^{\pi} 2V_s^2 \sin^2 \omega t d(\omega t) + \int_{\pi}^{2\pi} 2V_s^2 \sin^2 \omega t d(\omega t) \right] \right\}^{1/2} \\
&= \left\{ \frac{2V_s^2}{4\pi} \left[\int_{\alpha}^{\pi} (1 - \cos 2\omega t) d(\omega t) + \int_{\pi}^{2\pi} (1 - \cos 2\omega t) d(\omega t) \right] \right\}^{1/2} \\
&= V_s \left[\frac{1}{2\pi} (2\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2}) \right]^{1/2} \quad (2.1)
\end{aligned}$$

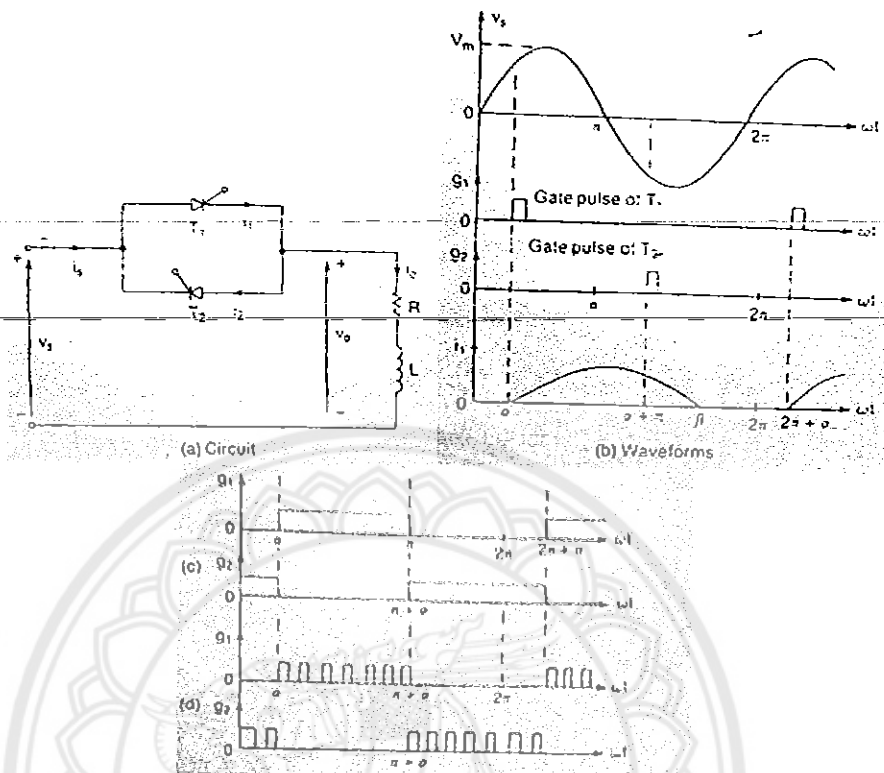
ค่าเฉลี่ยของแรงดันเอาต์พุต มีค่าเป็น

$$\begin{aligned}
V_{dc} &= \left\{ \frac{1}{2\pi} \left[\int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2}V_s \sin \omega t d(\omega t) + \int_{\pi}^{2\pi} \sqrt{2}V_s \sin \omega t d(\omega t) \right] \right\} \\
&= \frac{\sqrt{2}V_s}{2\pi} (\cos \alpha - 1) \quad (2.2)
\end{aligned}$$

จากสมการ 2.1 และสมการ 2.2 เมื่อปรับค่า α จาก 0 ไปยัง π ค่า V_o ก็จะเปลี่ยนจาก V_s ไปยัง $V_s/\sqrt{2}$ และ V_{dc} เปลี่ยนจาก 0 ไปยัง $-\sqrt{2}V_s/\pi$ นอกจากนี้ Power Factor ของอินพุต จะมีค่าเป็น

$$PF = \frac{P_o}{VA} = \frac{V_o}{V_s} = \left[\frac{1}{\pi} (\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2}) \right]^{1/2} \quad (2.3)$$

2.2.2 การควบคุมเฟสเดียวที่มีโหลดอินดักทีฟ



รูปที่ 2.8 วงจรควบคุมแบบสองทิศทาง

สมมติว่า T_1 นำกระแสระหว่างครึ่งไซเคิลด้านบวกของแรงดันอินพุตไปสู่โหลด เนื่องจากนี้ อินดักเตนซ์ในวงจรกระแสที่ T_1 จึงไม่เป็นศูนย์ที่ ωt เท่ากับ π นั่นคือ เมื่อแรงดันอินพุตเริ่มต้น เป็นลบ T_1 ยังคงนำกระแสอยู่จนกระทั่งกระแสที่เอสซีอาร์ $T_1(i_1)$ ลดลงเป็นศูนย์ที่ ωt เท่ากับ β มุม ในการนำกระแส (Conduction Angle) ของ T_1 เป็น δ เท่ากับ $\beta - \alpha$ และขึ้นอยู่กับมุมรีกเทอรรวม กับมุม Power Factor ของโหลด (θ) ส่วนรูป 2.8b แสดงรูปคลื่นของกระแสที่เอสซีอาร์, พัลส์เกต และแรงดันอินพุต

จากรูป 2.8b ถ้า $V_s = \sqrt{2} V_s \sin \omega t$ เป็นแรงดันอินพุตชั่วขณะและมุมรีกเทอรรวมของ T_1 เป็น α จะหาค่ากระแสเอสซีอาร์ $T_1(i_1)$ ได้จาก

$$L di/dt + Ri = \sqrt{2} V_s \sin \omega t \tag{2.4}$$

$$i_1 = \frac{\sqrt{2}}{Z} V_s \sin(\omega t - \theta) + A_1 e^{-(R/L)t} \tag{2.5}$$

เมื่ออิมพีแดนซ์โหลด $Z = [R^2 + (\omega L)^2]^{1/2}$ และมุมโหลด $\theta = \tan^{-1}(\omega L/R)$
 หาค่าคงที่ A_1 ได้จากเงื่อนไขเริ่มต้นคือที่ $\omega t = \alpha, i_1 = 0$

$$A_1 = -\frac{\sqrt{2}}{Z} V_s \sin(\alpha - \theta) e^{(R/L)\alpha(\omega - 1)} \quad (2.6)$$

แทนค่า A_1 จากสมการ 2.6 ลงในสมการ 2.5

$$i_1 = \frac{\sqrt{2}}{Z} V_s [\sin(\omega t - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{(R/L)\alpha(\omega - 1)}] \quad (2.7)$$

จากสมการ 2.7 ถ้า $i_1(\omega t = \beta) = 0$ เราจะได้

$$\sin(\beta - \theta) = \sin(\alpha - \theta) e^{(R/L)\alpha(\omega - 1)} \quad (2.8)$$

เมื่อทราบค่า β ก็จะหาค่ามุมในการนำกระแส (δ) ของ T_1 ได้จาก

$$\delta = \beta - \alpha \quad (2.9)$$

หาค่า rms ของแรงดันเอาต์พุต ได้จาก

$$\begin{aligned} V_o &= \left[\frac{2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} 2V_s^2 \sin^2 \omega t d(\omega t) \right]^{1/2} \\ &= \left[\frac{4V_s^2}{4\pi} \int_{\alpha}^{\beta} (1 - \cos 2\omega t) d(\omega t) \right]^{1/2} \\ &= V_s \left[\frac{1}{\pi} \left(\beta - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} - \frac{\sin 2\beta}{2} \right) \right]^{1/2} \end{aligned} \quad (2.10)$$

หาค่า rms ของกระแสที่เอสซีอาร์ ได้จากสมการ 2.7 ดังนี้

$$I_R = \left[\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} i_1^2 d(\omega t) \right]^{1/2}$$

$$= \frac{V_s}{Z} \left[\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\beta} \left\{ \sin(\omega t - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{(R/L)\alpha/\omega - t} \right\}^2 d(\omega t) \right]^{1/2} \quad (2.11)$$

และหาค่า rms ของกระแสเอาต์พุตได้โดยการรวมค่า rms ของกระแสที่เอสซีอาร์แต่ละตัว ดังนี้

$$I_o = (I_R^2 + I_R^2)^{1/2} = \sqrt{2} I_R \quad (2.12)$$

หาค่าเฉลี่ยของกระแสทรินสเตอร์ ได้จากสมการ 2.7 ดังนี้

$$I_A = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} i_1 d(\omega t)$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2\pi Z} V_s \int_{\alpha}^{\beta} [\sin(\omega t - \theta) - \sin(\alpha - \theta) e^{(R/L)(\alpha\omega - t)}] d(\omega t) \quad (2.13)$$

ในทางปฏิบัติ สัญญาณทริกเกอร์หรือพัลส์ที่เกของเอสซีอาร์ทั้งสองที่เป็นพัลส์ไม่เหมาะสมกับโหลดคินคักตีฟ อธิบายได้จากรูป 2.8b ดังนี้คือ

สมมติเราต้องการให้ T_2 นำกระแสที่ ωt เท่ากับ $\pi + \alpha$ แต่ที่เวลาดังกล่าว T_1 ยังคงนำกระแสเนื่องจากพลังงานสะสมในอินคักตีฟและหยุดนำกระแสที่ ωt เท่ากับ β เท่ากับ $\alpha + \delta$ ลักษณะเช่นนี้พัลส์ที่เกของ T_2 หยุดลงแล้ว T_2 ยังไม่เปิด ด้วยเหตุนี้จึงมีเพียง T_1 เท่านั้นที่ทำงาน ทำให้รูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตและกระแสเอาต์พุตเกิดการไม่สมมาตร ปัญหานี้แก้ไขได้โดยการใช้สัญญาณพัลส์แบบต่อเนื่อง (Continuous Pulse) ซึ่งมีช่วงเวลา $(\pi - \alpha)$ ดังรูป 2.8c นั่นคือ ทันทีกกระแสของ T_1 ลดลงเป็นศูนย์ T_2 จะเปิด

อย่างไรก็ตามสัญญาณพัลส์ที่เกแบบต่อเนื่อง จะทำให้เกิดการสูญเสียขณะเอสซีอาร์ทำหน้าที่เป็นสวิทช์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ในทางปฏิบัติจึงใช้ขบวนพัลส์เป็นช่วงสั้นๆ ดังรูป 2.8d แทน

นอกจากนี้สมการ 2.7 แสดงให้ทราบว่าแรงดันที่โหลด (และกระแสที่โหลด) จะเป็นรูปคลื่นไซน์ที่ต่อเมื่อมุมทริกเกอร์ α มีค่าต่ำกว่ามุมของโหลด θ แต่ถ้า α มีค่ามากกว่า θ กระแสที่โหลดจะไม่ต่อเนื่องและไม่เป็นรูปคลื่นไซน์

2.3 มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส (Single Phase Motors)

Single Phase Induction Motor คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ส่วนมากเป็นมอเตอร์ขนาดเล็ก มักจะมีพิกัดกำลังต่ำกว่า 1 แรงม้า ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า มอเตอร์ขนาดเศษส่วนของกำลังม้า (fraction horsepower motor) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส มีหลายประเภทสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

2.3.1. Single phase induction motor เป็นมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอกเช่นเดียวกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบกรงกระรอก แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์จะจ่ายให้กับขดลวดสเตเตอร์ สำหรับโรเตอร์รับกำลังไฟฟ้าได้โดยอาศัยการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า มอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส แบ่งออกได้ 3 แบบ คือ

- 1) Split phase induction motor
- 2) Capacitor type induction motor
 - Capacitor start motor
 - Capacitor start capacitor run motor
 - Two value capacitor start motor
- 3) Shaded pole motor



รูปที่ 2.9 มอเตอร์แบบกรงกระรอก

2.3.2 Commutator type motor เป็นมอเตอร์ที่มีโรเตอร์มีลักษณะคล้ายกับอาเมเจอร์ของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง คือ มีขดลวดหลายขดพันอยู่ในร่องของแกนอาเมเจอร์ ปลายของขดลวดอาเมเจอร์จะต่ออยู่กับคอมมิวเตเตอร์ มอเตอร์แบบคอมมิวเตเตอร์แบ่งได้เป็น 2 แบบ

1) Repulsion type motor เป็นมอเตอร์ที่มีโรเตอร์มีลักษณะคล้ายกับ อาเมเจอร์ของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง แต่แปรงถ่านทุกอันที่สัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์จะตั้งวางจรดถึงกัน ด้วยลวดทองแดงเส้นใหญ่ ดังนั้นส่วนที่รับพลังงานไฟฟ้า คือ ขดลวดสเตเตอร์ สำหรับขดลวดอาเมเจอร์ หรือโรเตอร์รับกำลังไฟฟ้า โดยอาศัยการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าจากสเตเตอร์ ดังนั้นจึงถือว่ามอเตอร์แบบรีพัลชันอยู่ในประเภทมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส ได้อีกแบบหนึ่ง แบ่งออกได้ 3 แบบ

- Repulsion motor
- Repulsion start induction motor
- Repulsion induction motor

Repulsion motor เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับหนึ่งเฟสให้กับขดลวดสเตเตอร์จะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้น สนามแม่เหล็กนี้ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และกระแสขึ้นที่โรเตอร์ ถ้าหากแปรงถ่านถูกวางอยู่ตำแหน่งที่เหมาะสมบนคอมมิวเตเตอร์ กระแสในโรเตอร์ จะสร้างขั้วแม่เหล็กขึ้นมาสัมพันธ์ กับขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ โดยจะอยู่ที่ตำแหน่งเยื้องกับจุดกึ่งกลางของขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ประมาณ 15 องศาทางไฟฟ้า และมีขั้วเหมือนกัน จึงมีแรงบิดซึ่งเกิดจากการผลักกัน (repulsion torque) ระหว่างขั้วทั้งสองแห่ง ทำให้โรเตอร์หมุนไปได้ จึงเรียกมอเตอร์แบบนี้ว่า มอเตอร์รีพัลชัน

Repulsion start induction motor ใช้การสตาร์ทแบบรีพัลชัน แต่ขณะหมุนทำงานเป็นแบบอินดักชันภายในโรเตอร์ประกอบด้วย อุปกรณ์สำหรับทำหน้าที่ลัดวงจรซี่คอมมิวเตเตอร์ ซึ่งทำงานโดยอาศัยแรงเหวี่ยง (centrifugal force) เมื่อโรเตอร์มีความเร็วประมาณ 75 % ของความเร็วเต็มพิกัด อุปกรณ์ดังกล่าวจะทำให้ อาเมเจอร์มีลักษณะเหมือนกับ โรเตอร์ของอินดักชันมอเตอร์ มอเตอร์แบบนี้แบ่งออกตามลักษณะการทำงานและกลไก การลัดวงจรซี่คอมมิวเตเตอร์ออกเป็น 2 แบบ คือ แบบยกแปรงถ่าน กับ แบบแปรงถ่านสัมผัส

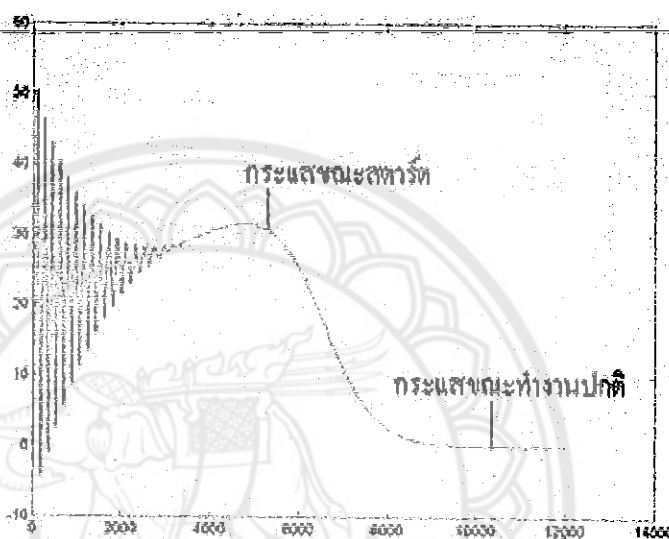
Repulsion induction motor มอเตอร์แบบนี้รวมคุณลักษณะของมอเตอร์ รีพัลชันและมอเตอร์เหนี่ยวนำไว้ในตัวเดียวกัน มีส่วนประกอบต่างๆ เหมือนมอเตอร์รีพัลชันทุกอย่าง มีส่วนที่แตกต่างจากมอเตอร์รีพัลชัน คือ มีขดลวดกรงกระรอก (squirrel-cage winding) ฝังไว้ใต้ร่องสลิตของแกนอาเมเจอร์ปลาย ดังนั้นมอเตอร์แบบนี้จึงมีขดลวดใน โรเตอร์สองชุด ชุดแรกอยู่ด้านบนบนพื้นอยู่ในร่องสลิตของอาเมเจอร์ปลายขดลวดต่อกับคอมมิวเตเตอร์ ชุดที่สองเป็นขดลวดกรงกระรอกฝังไว้ใต้ร่องสลิตมีค่ารีแอกแตนซ์สูง

2) Universal motor ทำงานโดยอาศัยหลักการของซีรี่มอเตอร์ คือ ขดลวดอาเมเจอร์บน โรเตอร์ต่อแบบอนุกรมกับขดลวดฟิลด์ซึ่งอยู่ที่สเตเตอร์ ดังนั้นจึงรับพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟเข้าไปในขดลวดอาเมเจอร์ และขดลวดฟิลด์โดยตรง จึงไม่สามารถจัดให้มอเตอร์แบบยูนิเวอร์แซล อยู่ในประเภทมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส

2.3.3 ประเภทของการสตาร์ทมอเตอร์ (Motor Starting Methods)

วิธีการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งออกเป็นหลายประเภท แต่จะกล่าวถึงเพียง 2 ประเภทคือ

1) การสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง (Direct on line starting) เป็นการสตาร์ทด้วยแรงดันเต็มพิกัด (Full-Voltage Starting) วิธีการสตาร์ทมอเตอร์แบบนี้เป็นที่นิยมกันมาก ใช้สำหรับมอเตอร์ที่มีขนาดเล็กซึ่งมอเตอร์จะถูกต่อผ่านอุปกรณ์สตาร์ทแล้วต่อเข้ากับสายไฟกำลังโดยตรง ทำให้มอเตอร์สตาร์ทด้วยแรงดัน เท่ากับสายจ่ายแรงดันทันทีทันใด และกระแสขณะสตาร์ทสูงถึงประมาณ 600 % ของแรงดันเต็มพิกัด ก่อให้เกิดอันตรายต่อมอเตอร์ หรือวงจรไฟฟ้าอื่นๆที่ต่อร่วมสายจ่ายกำลังมอเตอร์ได้

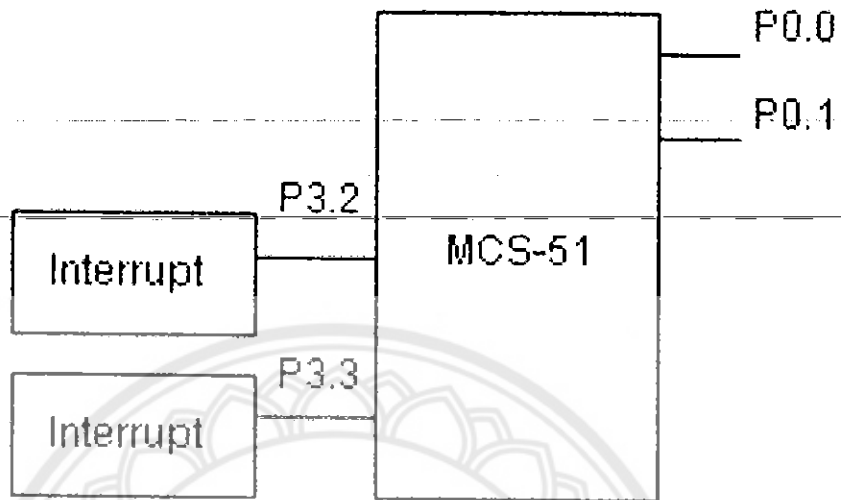


รูปที่ 2.10 กราฟการไหลของกระแสเข้าสู่มอเตอร์ขณะสตาร์ทโดยตรง

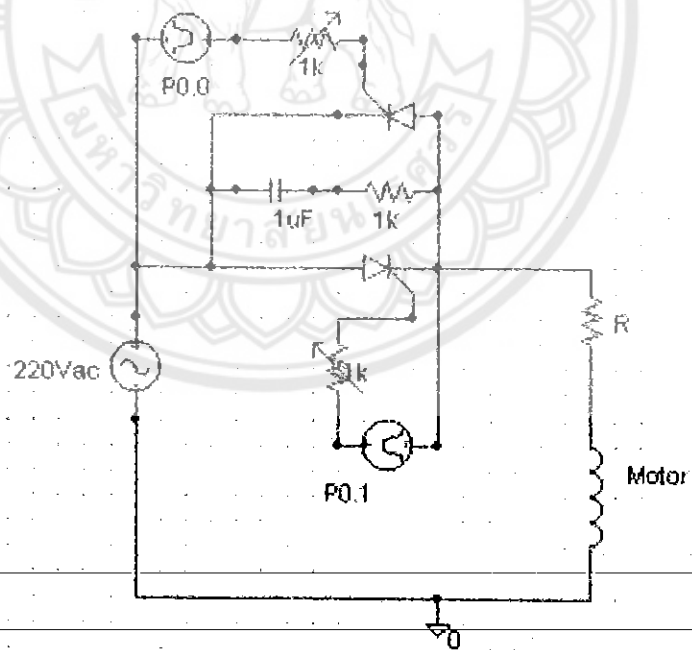
2) การสตาร์ทโดยใช้อุปกรณ์โซลิดสเตต (Solid State motor starter) เป็นการสตาร์ทมอเตอร์โดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นประเภทโซลิดสเตต โดยปกติเป็นพวงเอสซีอาร์ (Silicon Control Rectifier; SCR) ซึ่งในขณะที่มอเตอร์เริ่มเร่งความเร็วอุปกรณ์โซลิดสเตตจะช่วยควบคุมแรงดันและกระแสให้เหมาะสม เอสซีอาร์มีความสามารถในการสวิตช์ได้อย่างรวดเร็วทำให้แรงบิดขณะสตาร์ทเรียบไม่กระชาก

บทที่ 3

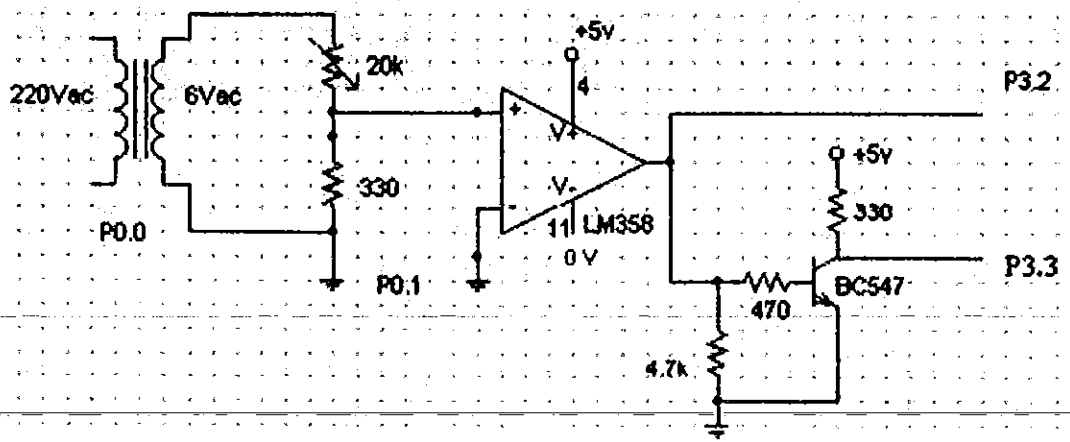
วิธีดำเนินงานวิจัย



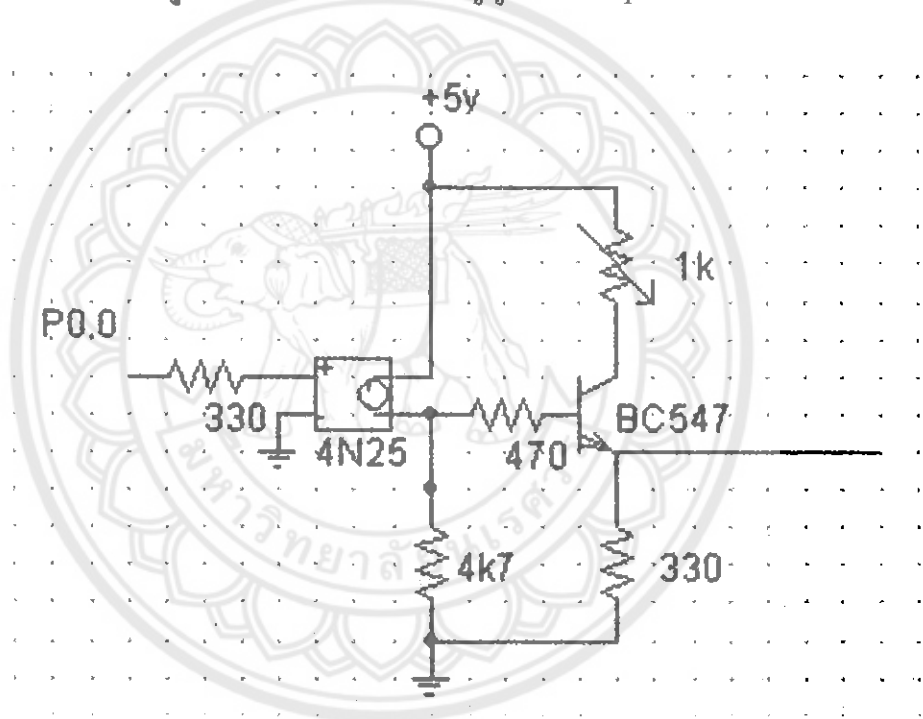
รูปที่ 3.1 วงจรสร้างสัญญาณ trigger



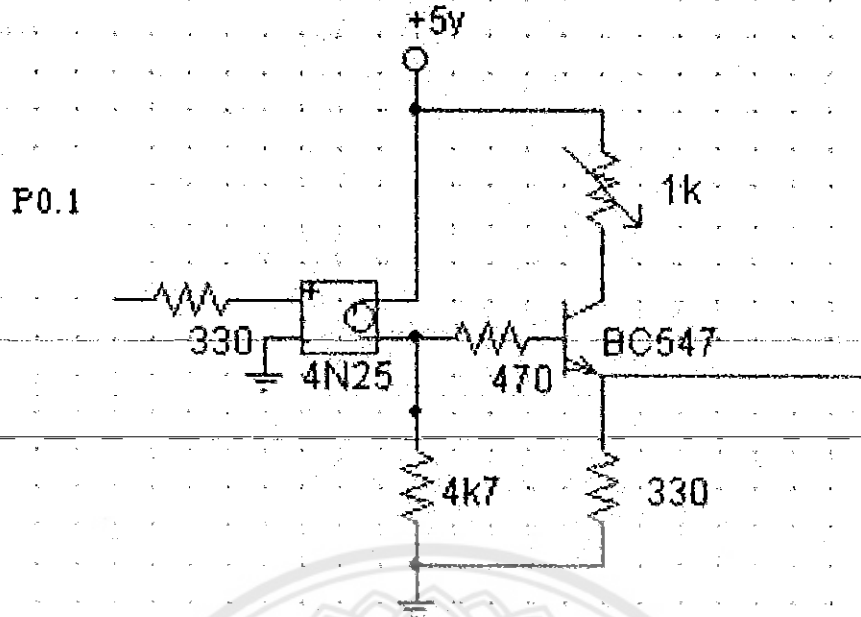
รูปที่ 3.2 วงจรการทำงานของ SCR



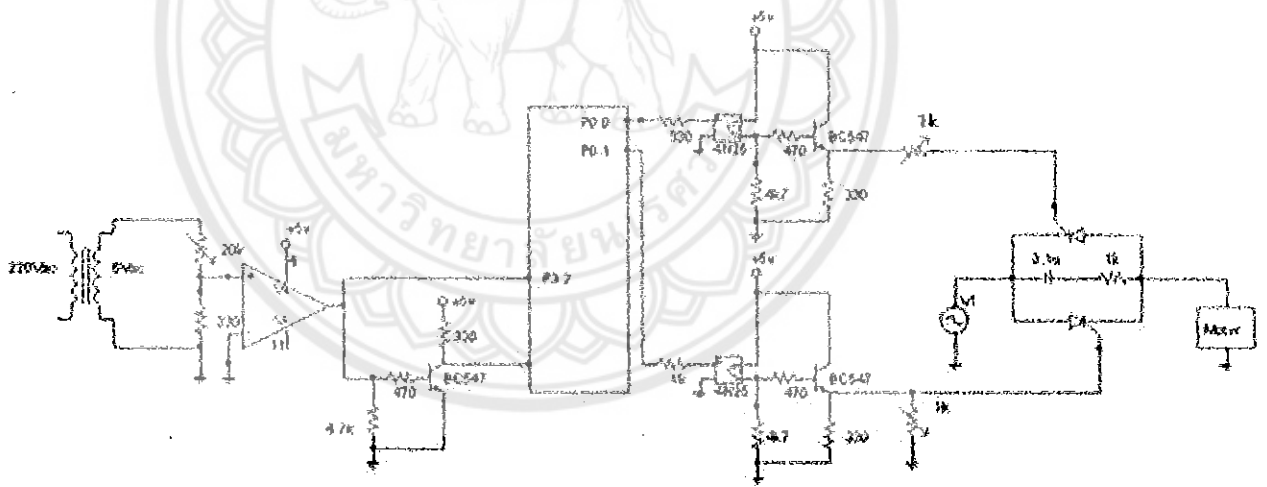
รูปที่ 3.3 วงจรการสร้างสัญญาณ Interrupt ขอบขาอง



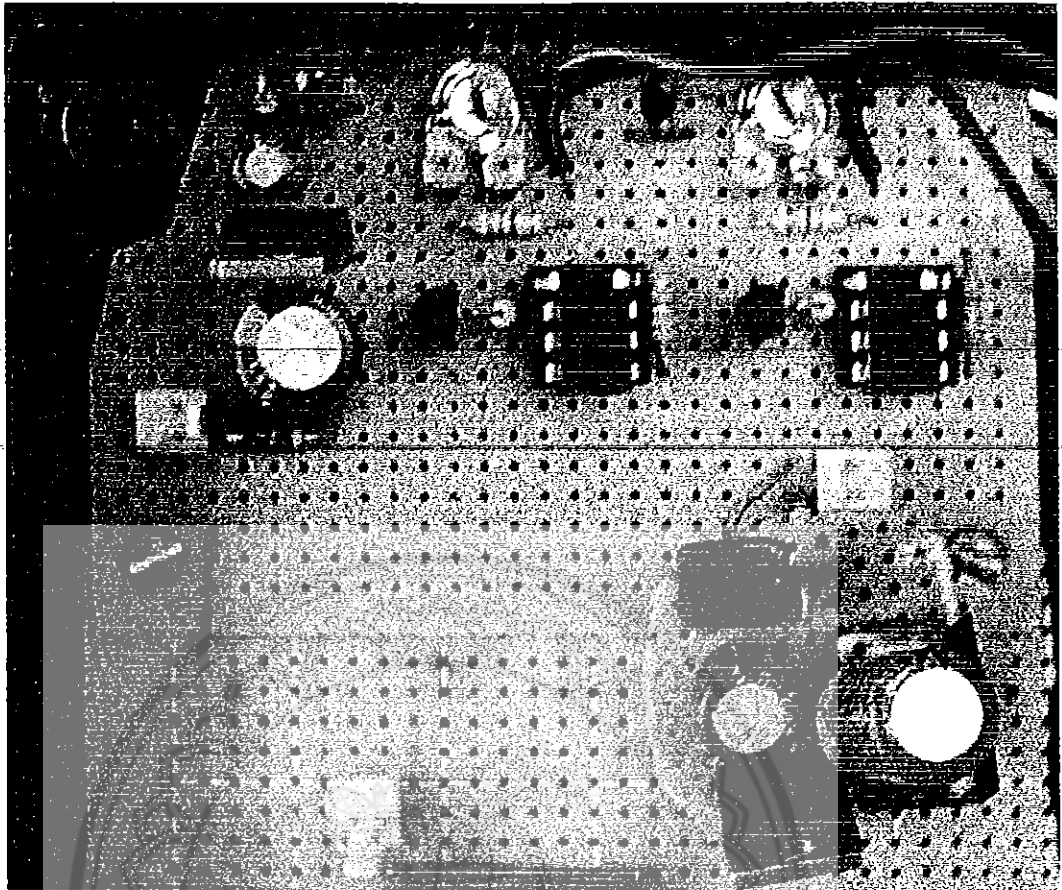
รูปที่ 3.4 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณ trigger เข้าคู่ ขา Gate ของ SCR



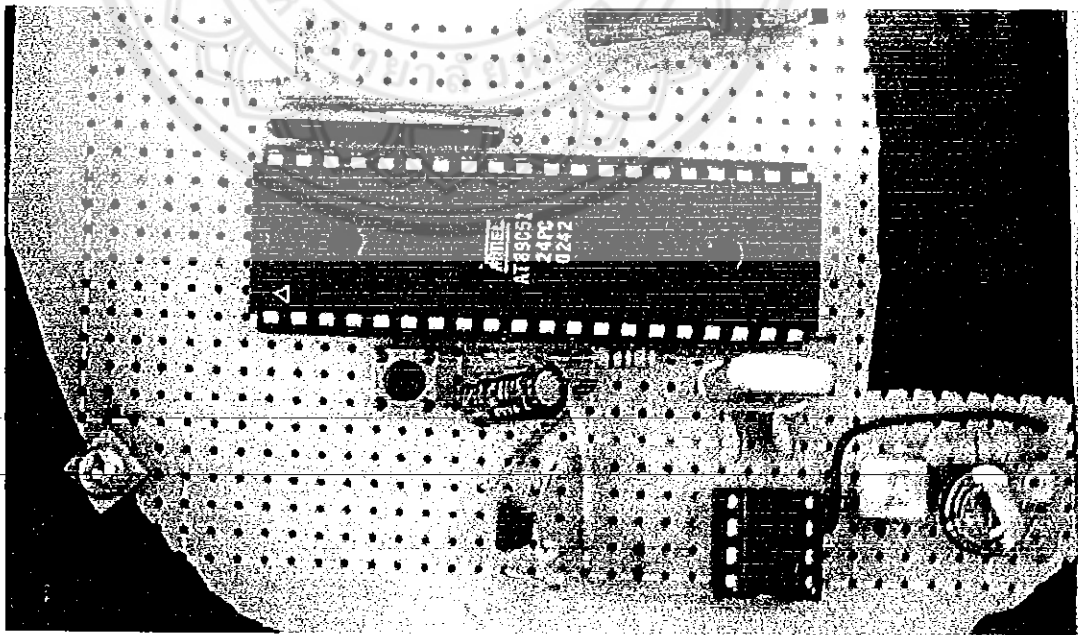
รูปที่ 3.5 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณ trigger เข้าสู่ขา Gate ของ SCR



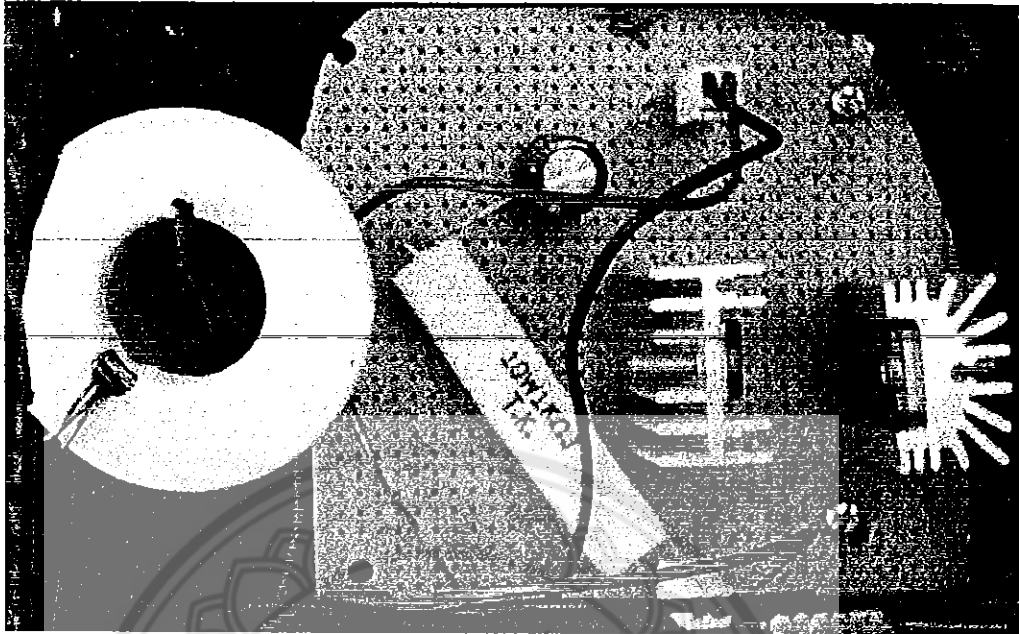
รูปที่ 3.6 วงจรเชื่อมต่อใช้งาน



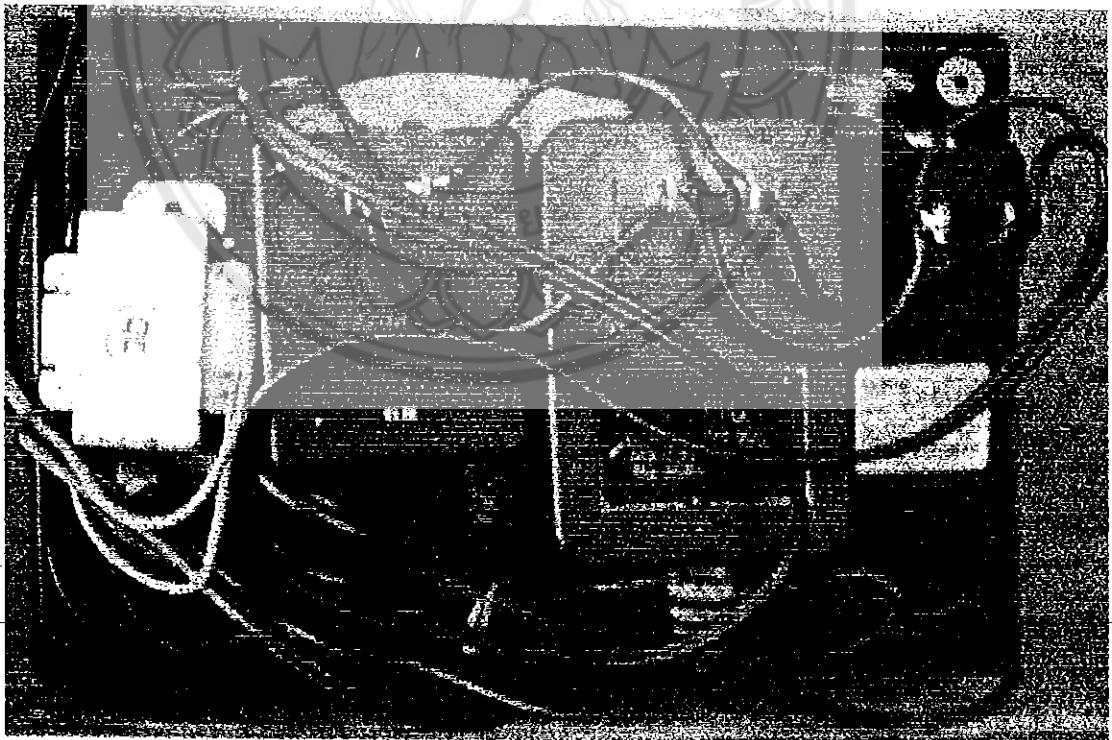
รูปที่ 3.7 วงจรเชื่อมต่อ ส่วน Electronic กับ Power



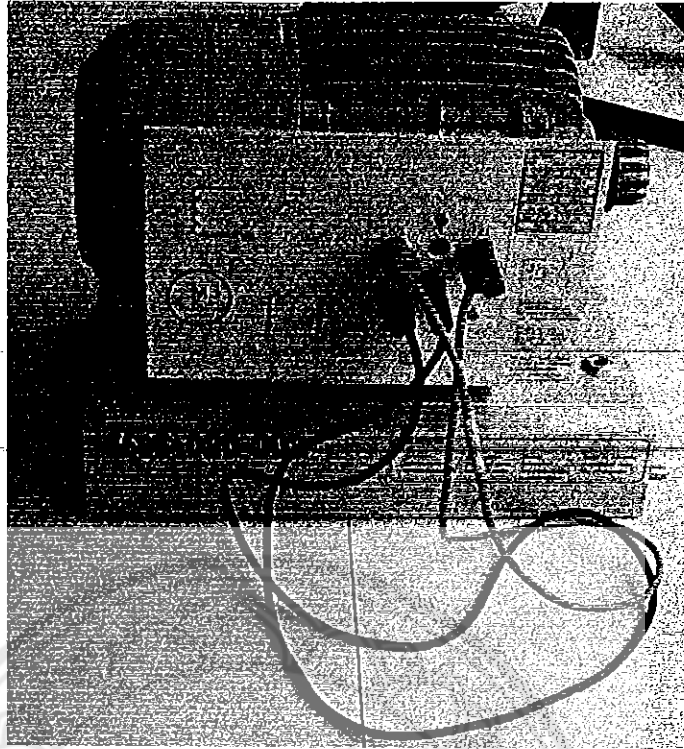
รูปที่ 3.8 วงจรส่วน Electronic



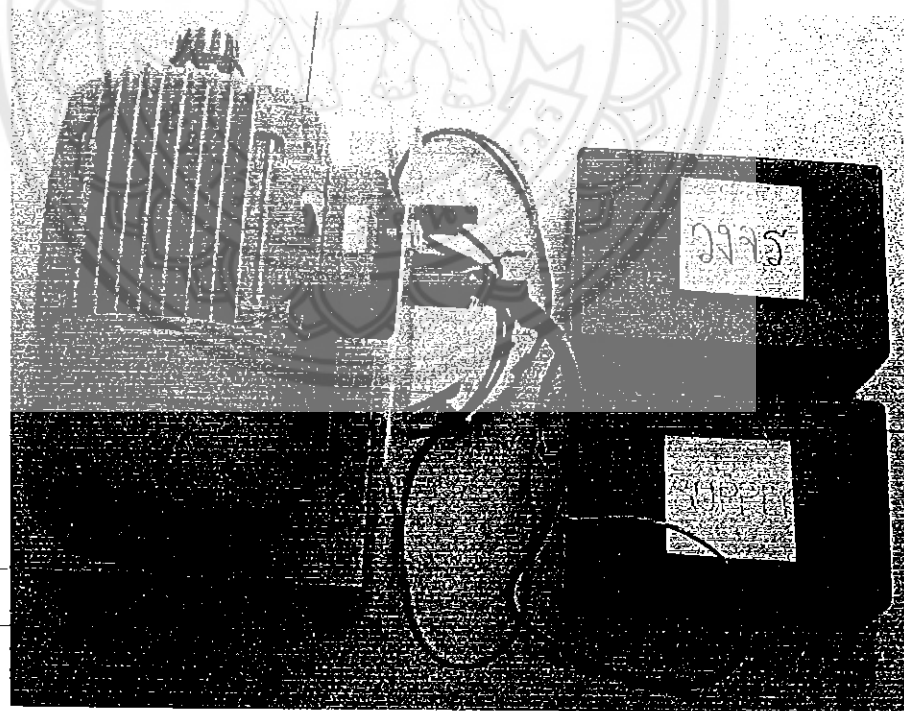
รูปที่ 3.9 วงจรเชื่อมถ่าน Power



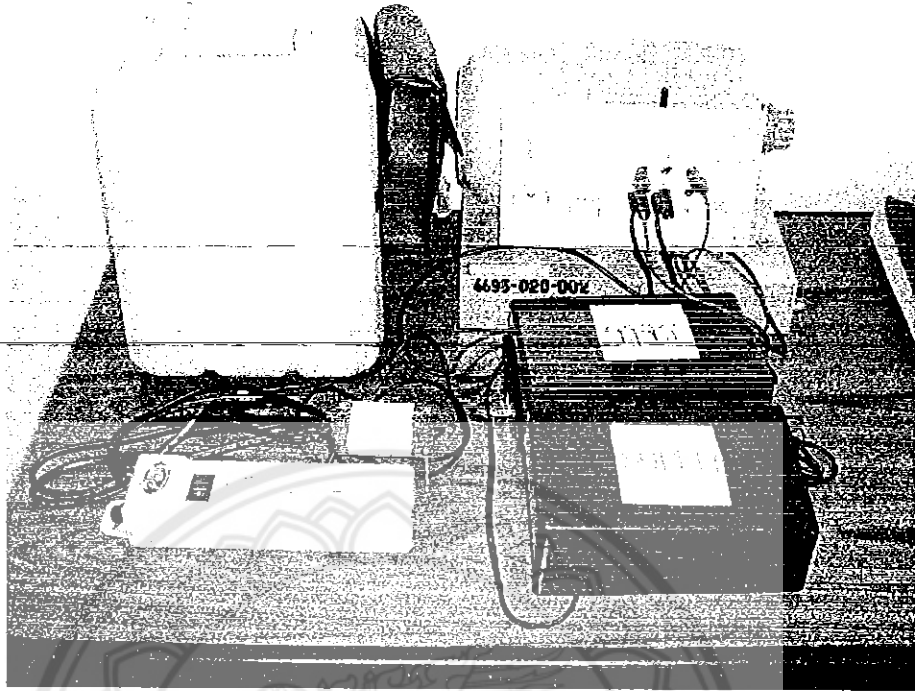
รูปที่ 3.10 Power Supply



รูปที่ 3.11 Induction Motor



รูปที่ 3.12 วงจรเชื่อมต่อใช้งาน

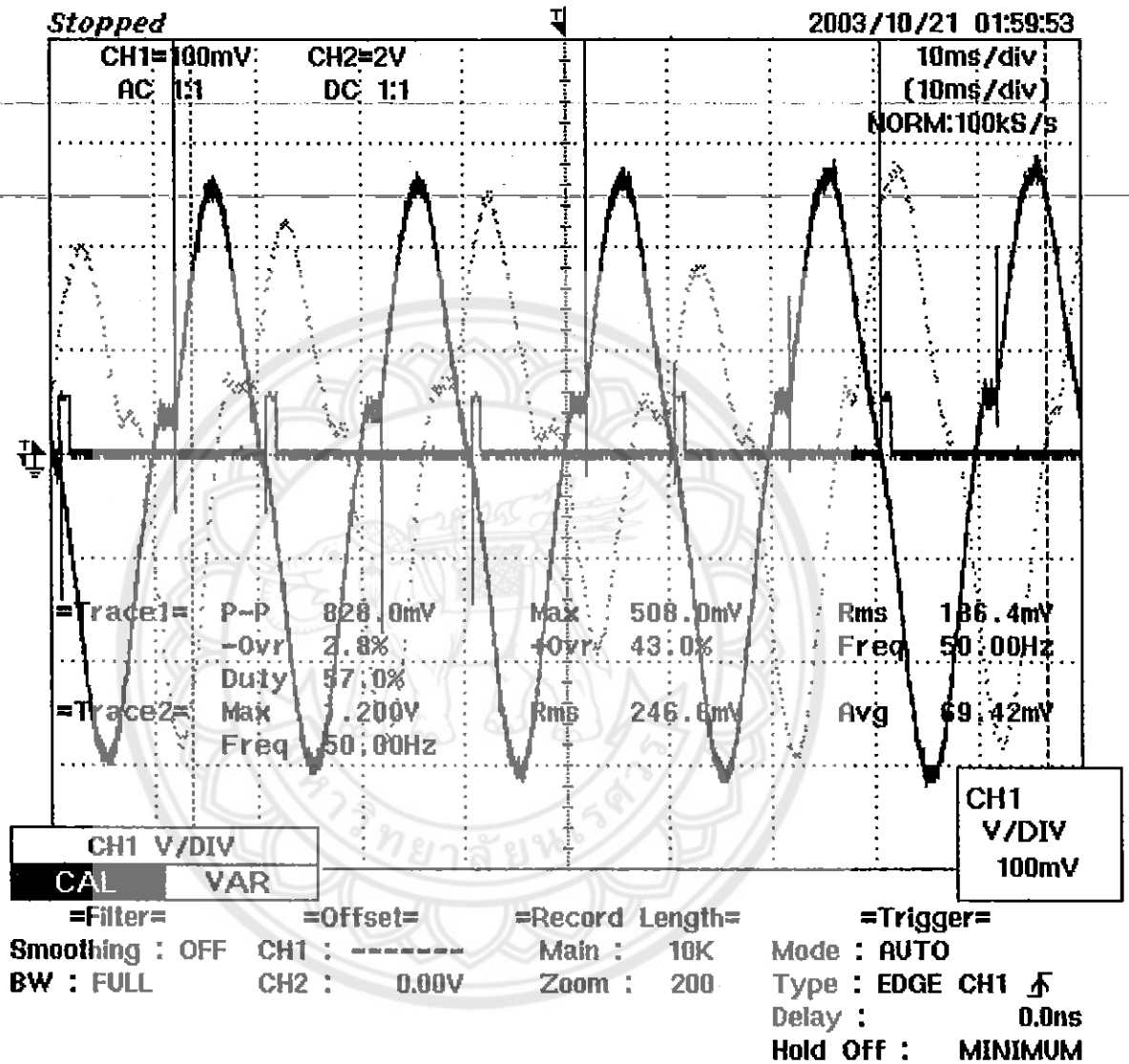


รูปที่ 3.13 อุปกรณ์สำหรับการวัดผล

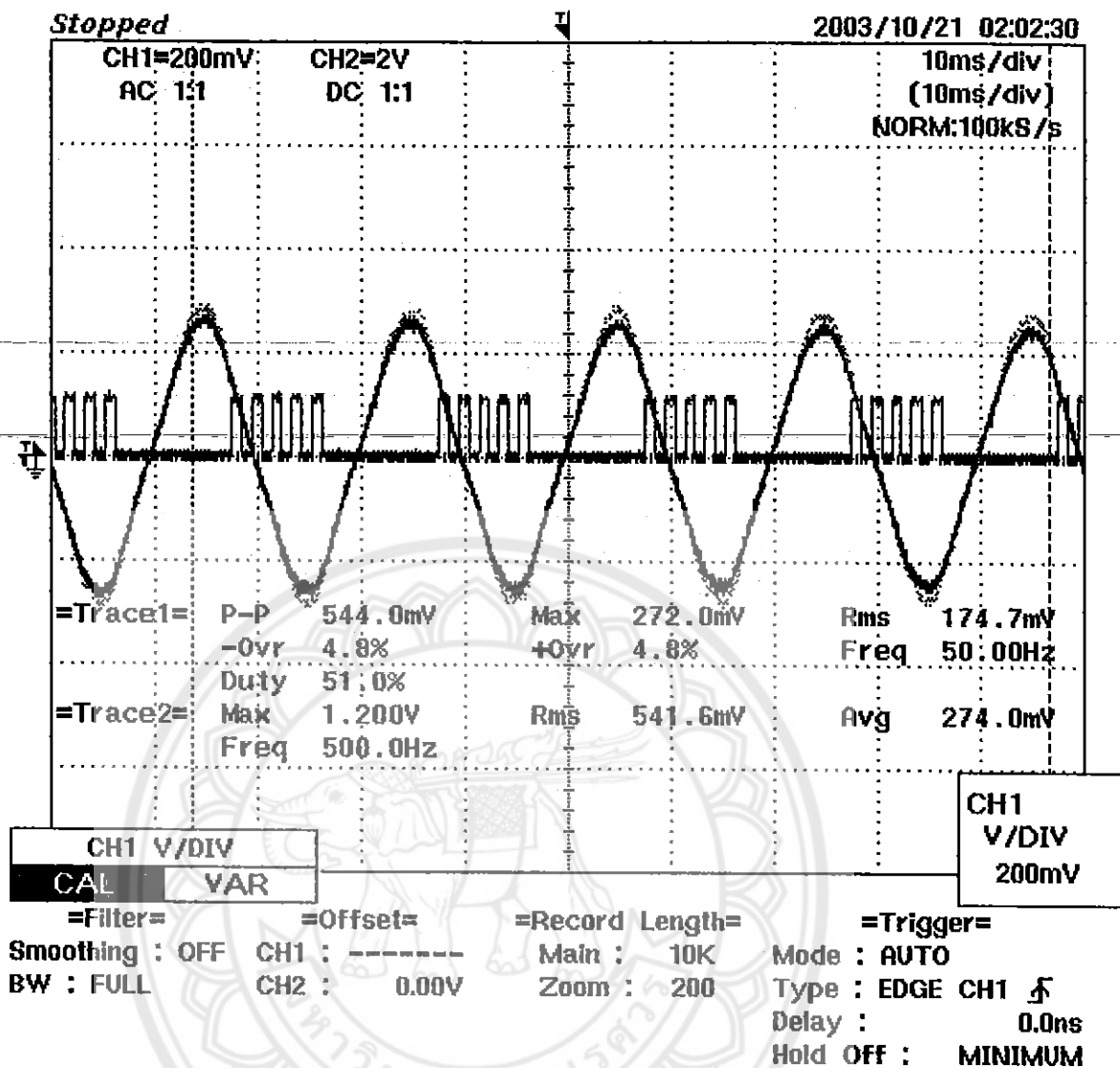


บทที่ 4

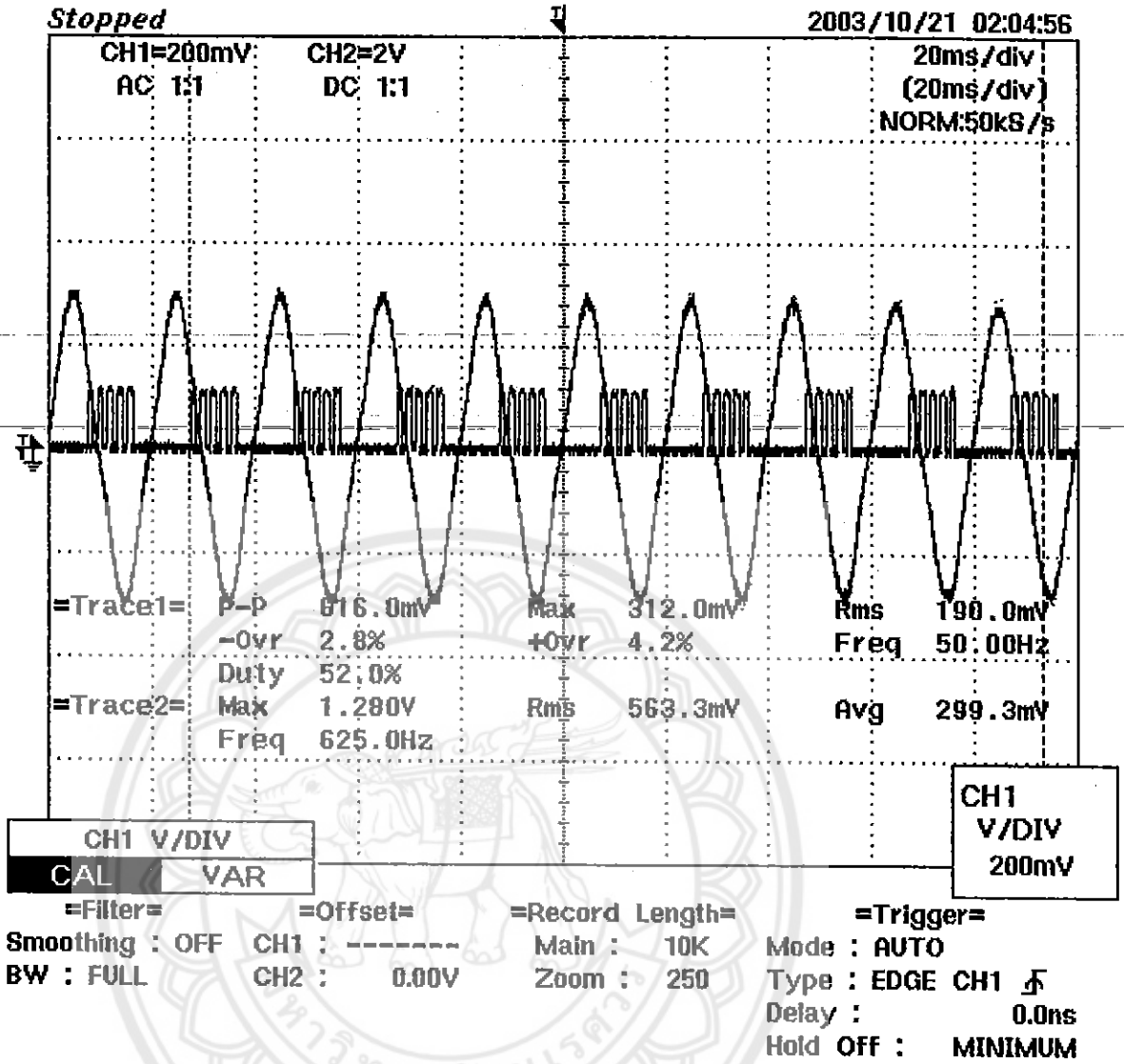
ผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 กราฟสัญญาณที่ได้จากการ Trigger



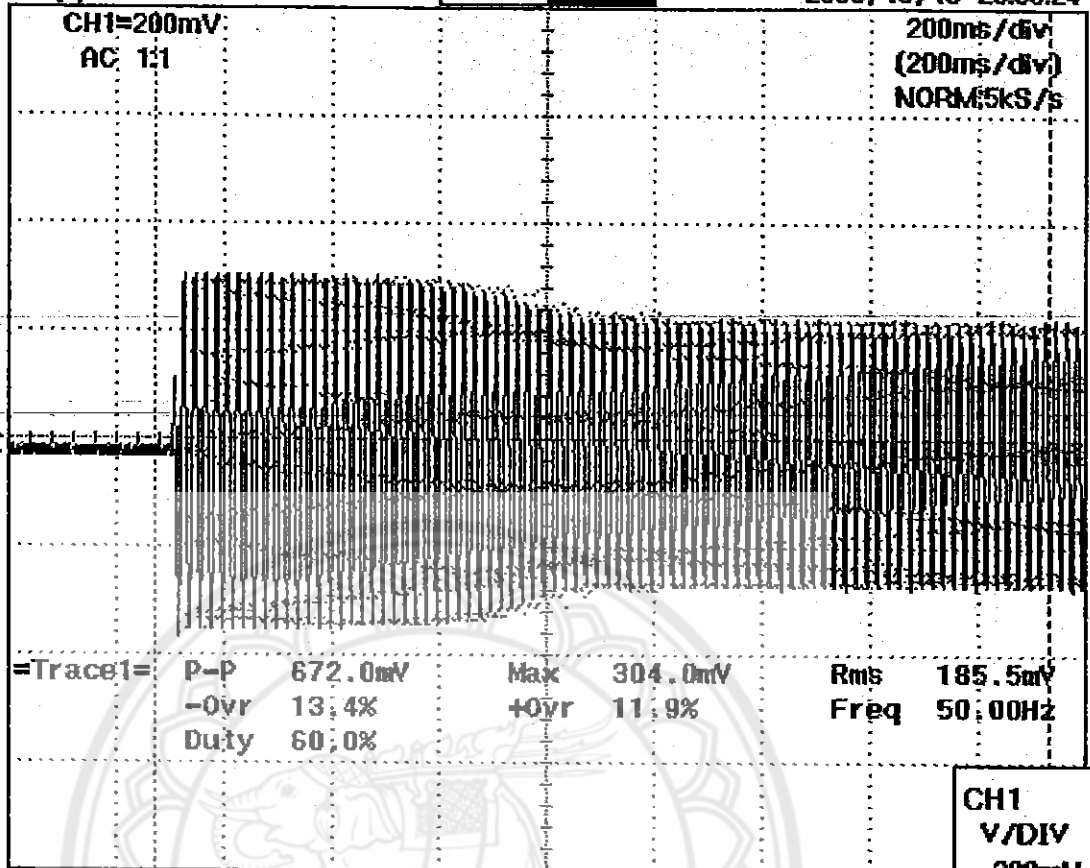
รูปที่ 4.2 กราฟสัญญาณที่ได้จากการ Triger



รูปที่ 4.3 กราฟสัญญาณที่ได้จากการ Triger

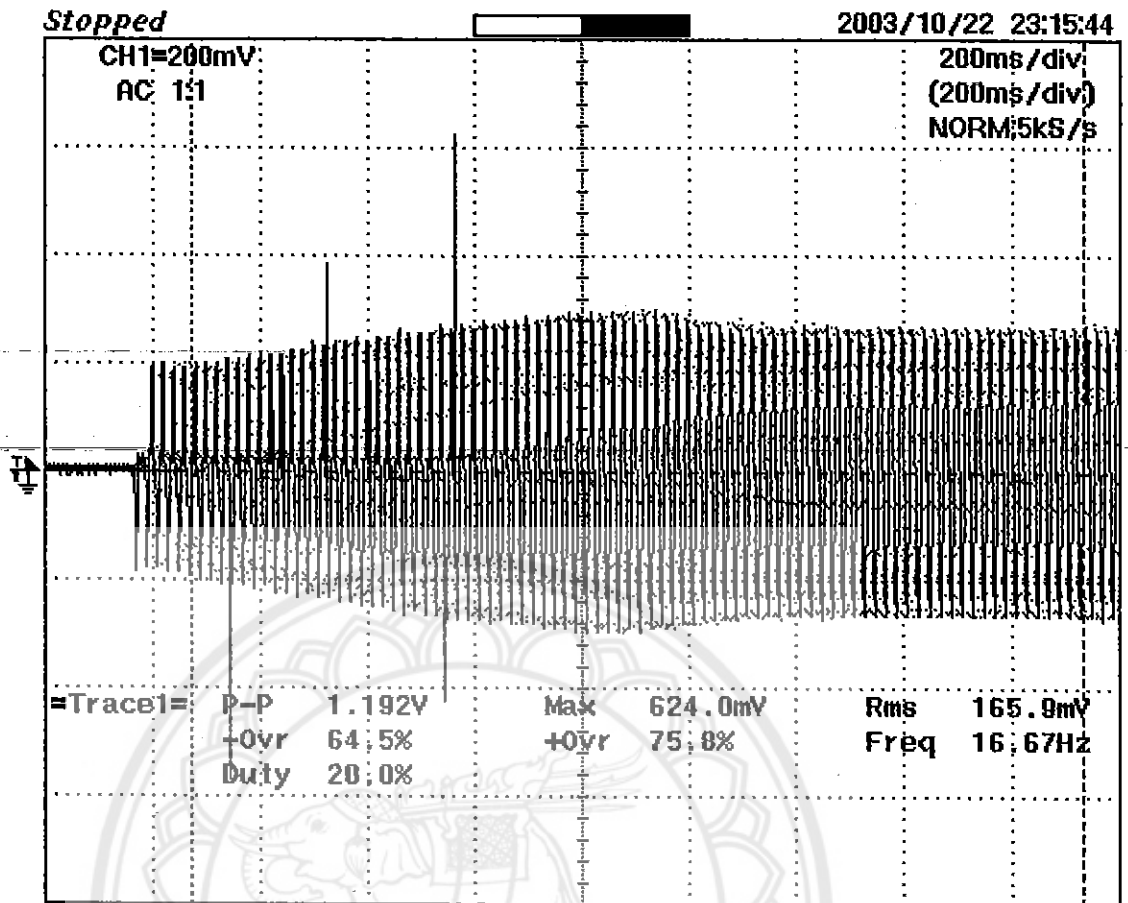
Stopped

2003/10/13 20:36:24



=Filter=	=Offset=	=Record Length=	=Trigger=
Smoothing : OFF	CH1 : -----	Main : 10K	Mode : AUTO
BW : FULL	CH2 : 0.00V	Zoom : 250	Type : EDGE CH1 <input checked="" type="checkbox"/>
			Delay : 0.0ns
			Hold Off : MINIMUM

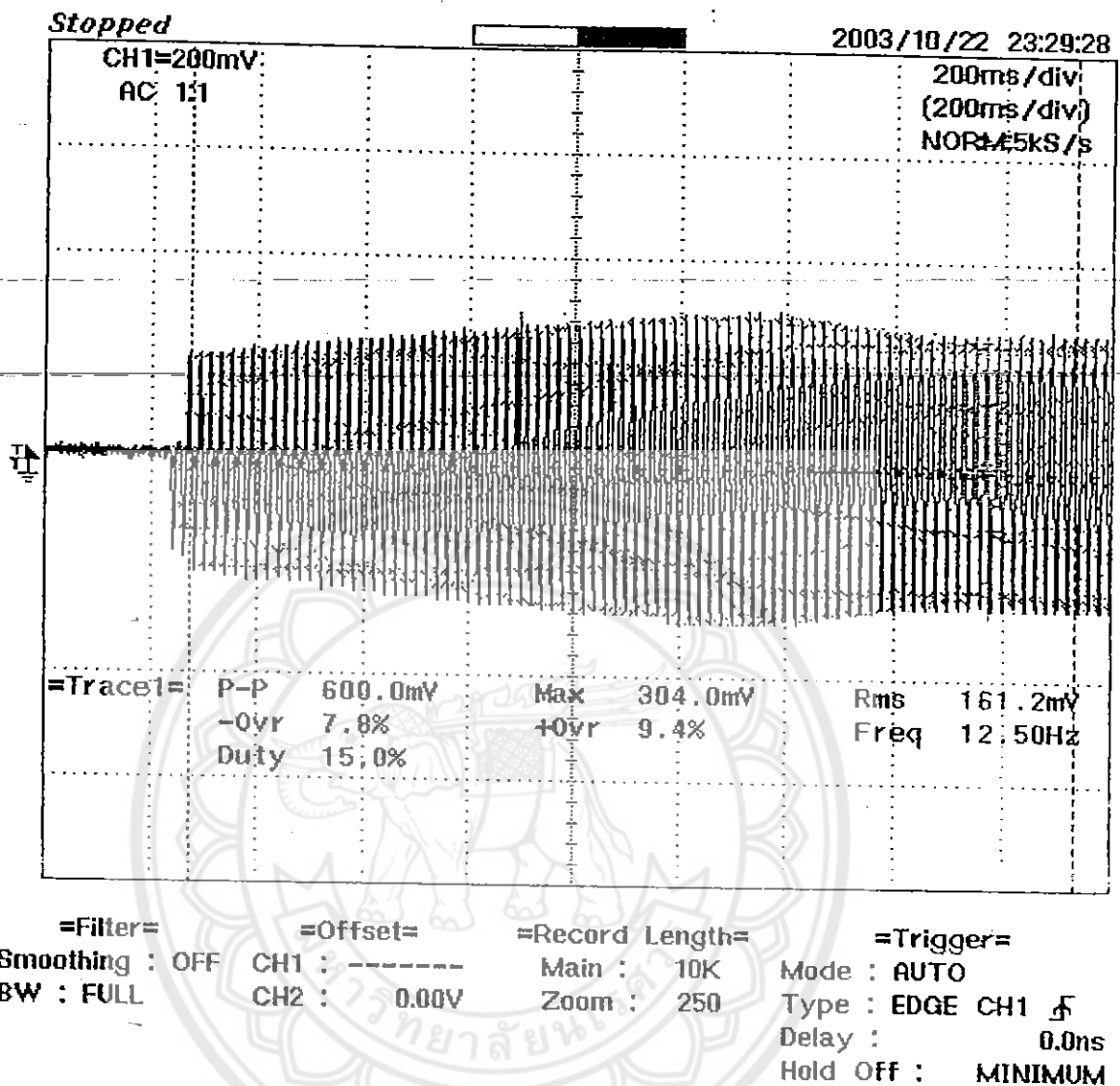
รูปที่ 4.4 ผลของการต่อมอเตอร์โดยตรง



=Filter= =Offset= =Record Length= =Trigger=
Smoothing : OFF CH1 : ----- Main : 10K Mode : AUTO
BW : FULL CH2 : 0.00V Zoom : 250 Type : EDGE CH1
Delay : 0.0ns
Hold OFF : MINIMUM

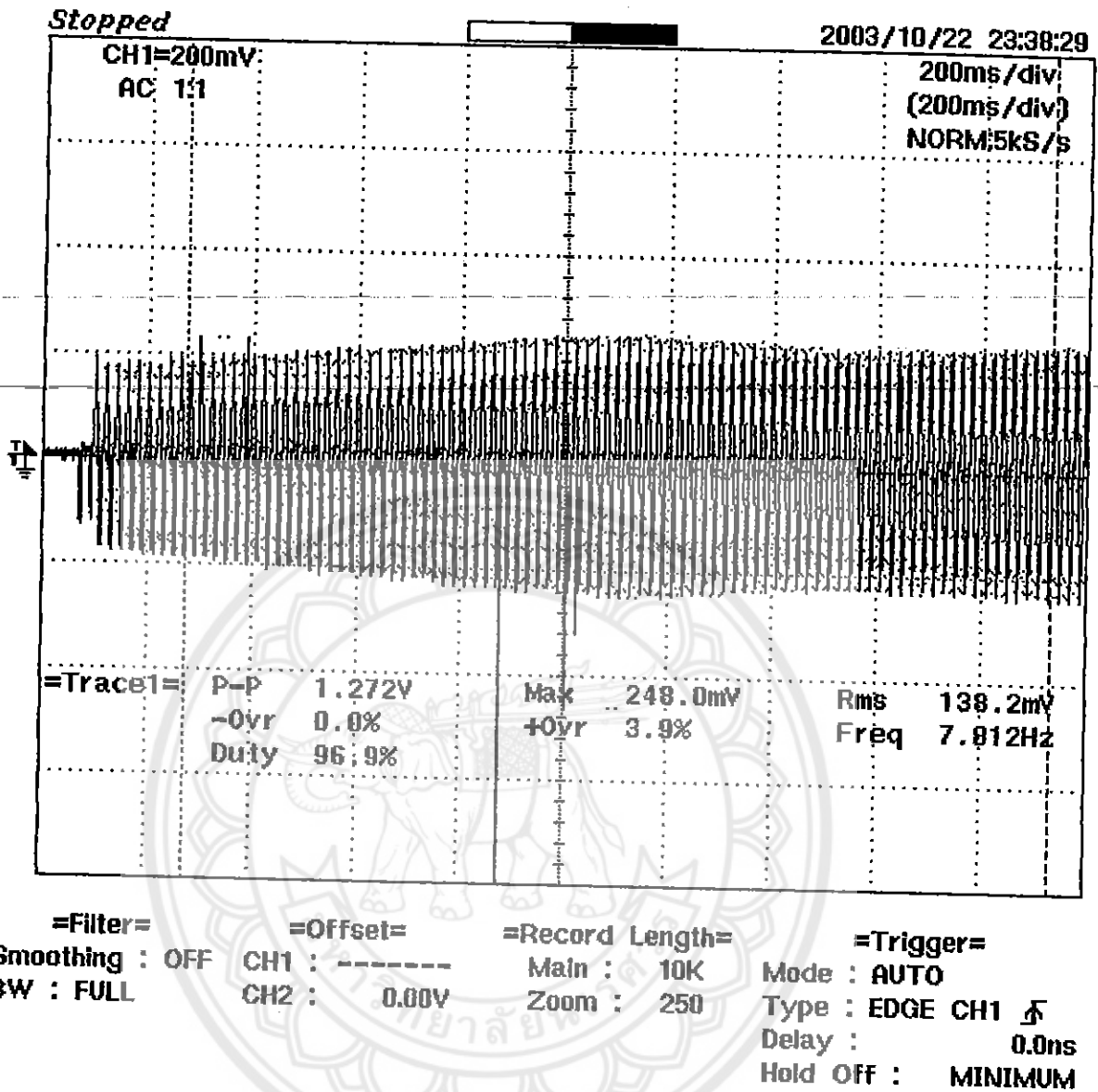
รูปที่ 4.6 ผลของการต่อมอเตอร์โดยใช้โปรแกรม Soft 2

โปรแกรมจะเริ่มหน่วงเวลาตั้งแต่ 6 ms แล้วจะส่งสัญญาณ output ออกไปที่ P0.0 และ P0.1 เป็นสัญญาณทริกแบบ pulse และทำอย่างนั้น 2 รอบ หลังจากนั้นทำการลดค่าลงทีละ 0.1 ms จนกระทั่งเวลาที่หน่วงมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่า 2 ms จะส่งสัญญาณทริกเป็น pulse train และทำอย่างนี้ต่อไปเรื่อยๆ

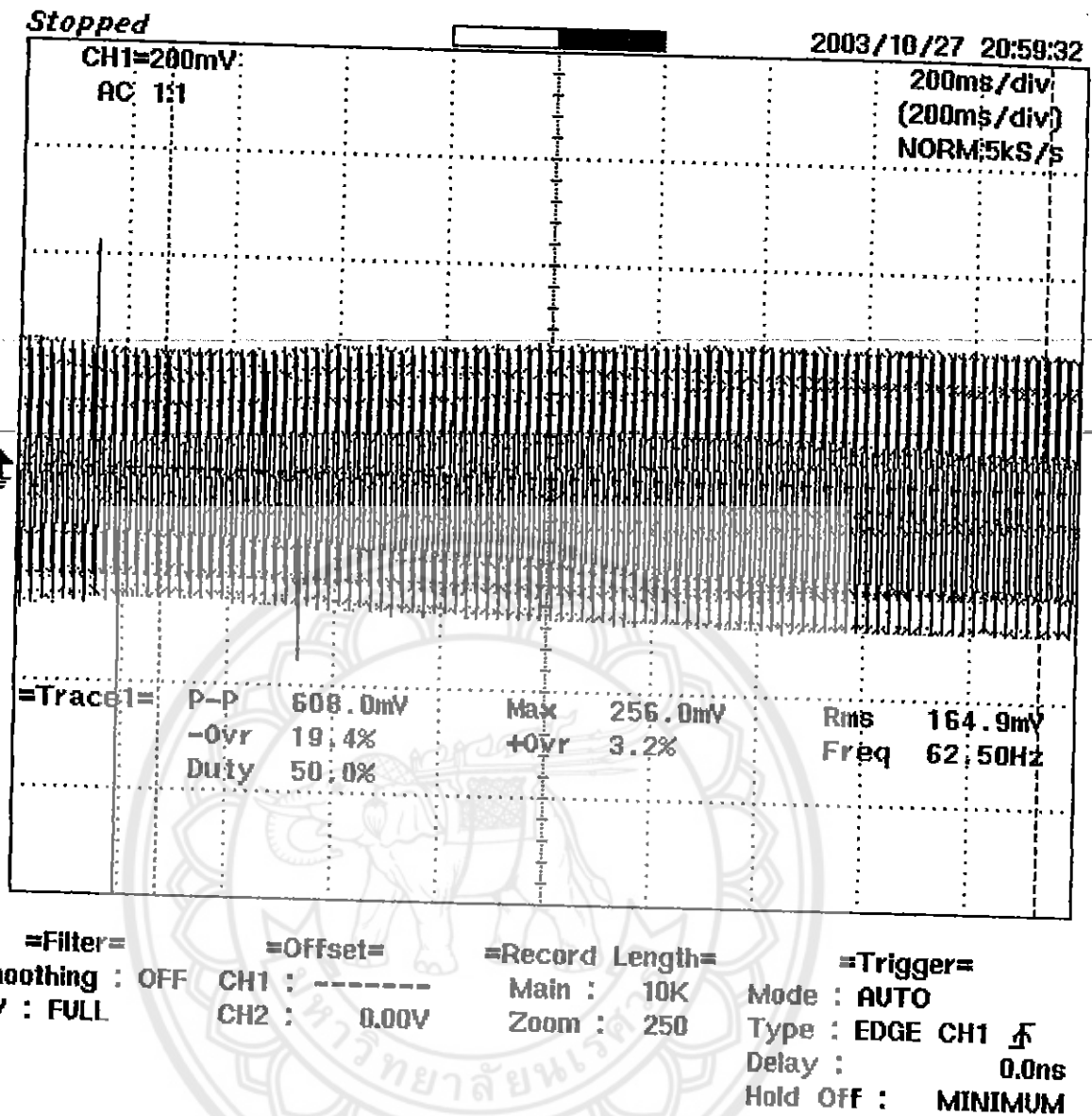


รูปที่ 4.7 ผลของการคอมอเตอร์โดยใช้โปรแกรม Soft 3

โปรแกรมจะเริ่มหน่วงเวลาตั้งแต่ 6 ms แล้วจะส่งสัญญาณ output ออกไปที่ P0.0 และ P0.1 เป็นสัญญาณทริกแบบ pulse และทำอยู่อย่างนั้น 3 รอบ หลังจากนั้นทำการลดค่าลงทีละ 0.1 ms จนกระทั่งเวลาที่หน่วงมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่า 2 ms จะส่งสัญญาณทริกเป็น pulse train และทำอย่างนี้ต่อไปเรื่อยๆ



รูปที่ 4.8 ผลของการต่อมอเตอร์โดยใช้โปรแกรม Soft 4 ช่วงแรก 0-2 วินาที



รูปที่ 4.9 ผลของการต่อมอเตอร์โดยใช้โปรแกรม Soft 4 ช่วงหลัง 2-4 วินาที

โปรแกรมจะเริ่มหน่วงเวลาตั้งแต่ 6 ms แล้วจะส่งสัญญาณ output ออกไปที่ P0.0 และ P0.1 เป็นสัญญาณทริกแบบ pulse และทำอยู่อย่างนั้น 4 รอบ หลังจากนั้นทำการลดค่าลงทีละ 0.1 ms จนกระทั่งเวลาที่หน่วงมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่า 2 ms จะส่งสัญญาณทริกเป็น pulse train และทำอย่างนี้ต่อไปเรื่อยๆ รูปที่ 4.8 จะเป็นส่วนหน้าคลื่น รูปที่ 4.9 ส่วนหลังของคลื่น

บทที่ 5

บทสรุป

จากการทดลองเมื่อทำการสตาร์ทด้วยการต่อมอเตอร์โดยตรง จะมีค่ากระแสขณะสตาร์ทมากกว่ากระแสที่ใช้ในขณะที่มอเตอร์หมุนแล้วปกติจะเห็นได้ในรูปที่ 4.4 แต่เมื่อเราสตาร์ทด้วยการต่อเข้ากับตัว SOFT STARTER ค่ากระแสที่ใช้ในการสตาร์ทจะลดลงโดยจะดูได้จากรูปที่ 4.5 ถึง รูปที่ 4.9

ในการทดลองเราจะมีผลการทดลองอยู่ 4 อย่าง สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างผลการทดลองทั้ง 4 คือ เมื่อเราทำการลดค่าอย่างช้าๆ ดังนี้ โดยทุกโปรแกรมจะเริ่มจาก 6 ms

กระแสขณะสตาร์ท $1 < 2 < 3 < 4$
เวลาที่ใช้ $4 < 3 < 2 < 1$

1. 4 circle ลดทีละ 0.1 ms
2. 3 circle ลดทีละ 0.1 ms
3. 2 circle ลดทีละ 0.1 ms
4. 1 circle ลดทีละ 0.1 ms

แต่ที่สังเกตได้จากการทดลองผลของการทดลองเห็นความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการสตาร์ทโดยตรงกับการต่อเข้ากับตัว SOFT STARTER จะเห็นความแตกต่างของกระแสขณะสตาร์ทได้ไม่ชัดเจนนักถ้าหากเราใช้กับตัว SOFT STARTER กับมอเตอร์ที่มีตัวขนาดใหญ่ขึ้นกลุ่มผู้จัดทำคาดว่าน่าจะมีมองเห็นความแตกต่างได้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] มงคล ทองสงคราม. (2536). อิเล็กทรอนิกส์กำลัง. กรุงเทพฯ: พรสิวกการพิมพ์.
- [2] Muhammad H. Rashid. POWER ELECTRONICS circuit, devices; and application (second edition). Ph.D., Fellow IEE professor of Electrical Engineering Purdue University Fort Wayne.
- [3] Muhammad H. Rashid. Spice Simulations of Power Electronics. Ph.D., Fellow IEE professor of Electrical Engineering Purdue University Fort Wayne.
- [4] ฉัตรทวดี พิษผลและอนิรุทธิ์ รัชตะวราห์. (2544). คู่มือเรียน Visual Basic 6. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น จำกัด.
- [5] ชีรวัดณ์ ประกอบผล. (2544). การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี.
- [6] คอนสัน ปงพาป. (2544). การเขียนโปรแกรมภาษาซีในงานควบคุม. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี.
- [7] ชัยวัฒน์ ถิมพรจิตรวิไลและวรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล.เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์. MCS-51.อินโนเวตีฟ เอ็ดเจอร์เมนท์ จำกัด.
- [8] เว็บไซต์ไนน์เอนจิเนียร์. (ไม่ปรากฏวันที่ เดือน ปีที่เผยแพร่). มอเตอร์ 1 เฟสแบบเหนี่ยวนำ (Single Phase Induction Motor). สืบค้นเมื่อวันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2545. จาก www.9engineer.com



ภาคผนวก ก.

โปรแกรม

โปรแกรม Soft 1

```

#include <reg51.h>
sbit P0_0=P0^0;
sbit P0_1=P0^1;
unsigned int a=60,b=60,y=5,q,d=0,t=0;
void second(unsigned int sec_num)
{
    unsigned int x;
    for(x=0;x<sec_num;x++)
    {
        TMOD=0x02;
        TH0=70;
        TF0=0;
        TR0=1;
        while(TF0==0);
        TR0=0;
    }
}
void main(void)
{
    IE=0x85;
    IT0=0x01;
    IT1=0x01;
    P3=0xff;
    P0=0x00;
    while(1)
    {
        }
}

```

```
void aung_0(void) interrupt 0
```

```
{  
    if(a>20)  
    {  
        second(a);  
        PO_0=1;  
        second(10);  
        PO_0=0;  
        a=a-1;  
    }  
    else  
    {  
        for(q=0;q<5;q++)  
        {  
            PO_0=1;  
            second(10);  
            PO_0=0;  
            second(10);  
        }  
    }  
}
```

```
void aung_1(void) interrupt 2
```

```
{  
    if(b>20)  
    {  
        second(b);  
        PO_1=1;  
        second(10);  
        PO_1=0;  
        b=b-1;  
    }  
}
```

```

else
    {
        for(q=0;q<5;q++)
        {
            P0_1=1;
            second(10);
            P0_1=0;
            second(10);
        }
    }
}

```

โปรแกรม Soft 2

```

#include <reg51.h>
sbit P0_0=P0^0;
sbit P0_1=P0^1;
unsigned int a=60,b=60,q,d=0,t=0;
{
    unsigned int x;
    for(x=0;x<sec_num;x++)
    {
        TMOD=0x02;
        TH0=70;
        TF0=0;
        TR0=1;
        while(TF0==0);
        TR0=0;
    }
}
void main(void)
{

```



```
IE=0x85;
ITO=0x01;
IT1=0x01;
P3=0xff;
P0=0x00;
```

```
while(1)
```

```
{
}
```

```
}
```

```
void aung_0(void) interrupt 0
```

```
{
```

```
if(a>20)
```

```
{
```

```
second(a);
```

```
P0_0=1;
```

```
second(10);
```

```
P0_0=0;
```

```
d=d+1;
```

```
if(d==2)
```

```
{
```

```
a=a-1;
```

```
d=0;
```

```
}
```

```
}
```

```
else
```

```
{
```

```
for(q=0;q<5;q++)
```

```
{
```

```
P0_0=1;
```

```
second(10);
```

```
P0_0=0;
```

```
        second(10);
    }
}

void aung_1(void) interrupt 2
{
    if(b>20)
    {
        second(b);
        P0_1=1;
        second(10);
        P0_1=0;
        t=t+1;
        if(t==2)
        {
            b=b-1;
            t=0;
        }
    }
    else
    {
        for(q=0;q<5;q++)
        {
            P0_1=1;
            second(10);
            P0_1=0;
            second(10);
        }
    }
}
```

โปรแกรม Soft 3

```

#include <reg51.h>
sbit P0_0=P0^0;
sbit P0_1=P0^1;
unsigned int a=60,b=60,q,d=0,t=0;
{
    unsigned int x;
    for(x=0;x<sec_num;x++)
    {
        TMOD=0x02;
        TH0=-70;
        TF0=0;
        TR0=1;
        while(TF0==0);
        TR0=0;
    }
}
void main(void)
{
    IE=0x85;
    IT0=0x01;
    IT1=0x01;
    P3=0xff;
    P0=0x00;
    while(1)
    {
}

}

void aung_0(void) interrupt 0
{
    if(a>20)
    {

```

```

        second(a);
        P0_0=1;
        second(10);
        P0_0=0;
        d=d+1;
    if(d==3)
    {
        a=a-1;
        d=0;
    }
}
else
{
    for(q=0;q<5;q++)
    {
        P0_0=1;
        second(10);
        P0_0=0;
        second(10);
    }
}
}
void aung_1(void) interrupt 2
{
    if(b>20)
    {
        second(b);
        P0_1=1;
        second(10);
        P0_1=0;
        t=t+1;
    }
    if(t==3)

```

```

        {
        b=b-1;
        t=0;
        }
    }
else
    {
        for(q=0;q<5;q++)

```

```

    {
    PO_1=1;
    second(10);
    PO_1=0;
    second(10);
    }
}
}

```

โปรแกรม Soft 4

```

#include <reg51.h>
sbit PO_0=P0^0;
sbit PO_1=P0^1;
unsigned int a=60,b=60,q,d=0,t=0;
{
    unsigned int x;
    for(x=0;x<sec_num;x++)
    {

```

```

        TMOD=0x02;
        TH0=-70;
        TF0=0;
        TR0=1;
        while(TF0==0);
        TR0=0;

```

```
    }  
}  
void main(void)  
{  
    IE=0x85;  
    IT0=0x01;  
    IT1=0x01;  
    P3=0xff;  
    P0=0x00;  
    while(1)  
    {  
    }  
}  
void aung_0(void) interrupt 0  
{  
    if(a>20)  
    {  
        second(a);  
        P0_0=1;  
        second(10);  
        P0_0=0;  
        d=d+1;  
        if(d==4)  
        {  
            a=a-1;  
            d=0;  
        }  
    }  
    else  
    {  
        for(q=0;q<5;q++)  
        {
```

```
        PO_0=1;
        second(10);
        PO_0=0;
        second(10);
    }
}
```

```
void aung_1(void) interrupt 2
```

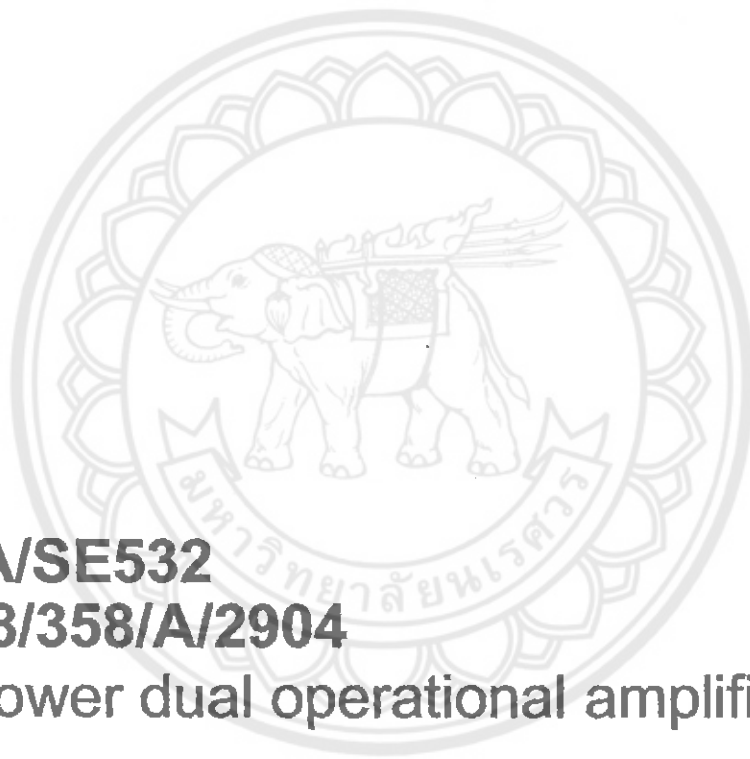
```
{
    if(b>20)
    {
        second(b);
        PO_1=1;
        second(10);
        PO_1=0;
        t=t+1;
        if(t==4)
        {
            b=b-1;
            t=0;
        }
    }
    else
    {
        for(q=0;q<5;q++)
        {
            PO_1=1;
            second(10);
            PO_1=0;
            second(10);
        }
    }
}
```

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงาน

1. Microcontroler	1	ตัว
2. DC transformer	3	ตัว
3. SCR(S6025L)	2	ตัว
4. Transistor(BC547)	3	ตัว
5. Opto diod(4N25)	2	ตัว
6. Capacitor 1/400V	1	ตัว
7. Op-amp(LM358)	1	ตัว
6. Resistance 330 Ω	6	ตัว
7. Resistance 470 Ω	4	ตัว
8. Resistance 1 k Ω	4	ตัว
9. Resistance 4.7 k Ω	4	ตัว
11. Resistance 1 k Ω 10 Watt	1	ตัว
12. Socket 40 ขา	1	ตัว
13. Socket 8 ขา	3	ตัว



DATA SHEET



NE/SA/SE532

LM258/358/A/2904

Low power dual operational amplifiers

Product data
Supersedes data of 2002 Jan 22

2002 Jul 12

Low power dual operational amplifiers

**NE/SA/SE532/
LM258/358/A/2904**

DESCRIPTION

The 532/358/LM2904 consists of two independent, high gain, internally frequency-compensated operational amplifiers internally frequency-compensated operational amplifiers designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from dual power supplies is also possible, and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

UNIQUE FEATURES

In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage. The unity gain cross frequency is temperature-compensated. The input bias current is also temperature-compensated.

FEATURES

- Internally frequency-compensated for unity gain
- Large DC voltage gain: 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain): 1 MHz (temperature-compensated)
- Wide power supply range single supply: 3 V_{DC} to 30 V_{DC}; or dual supplies: ±1.5 V_{DC} to ±15 V_{DC}
- Very low supply current drain (400 µA)—essentially independent of supply voltage (1 mW/op amp at +5 V_{DC})
- Low input biasing current: 45 nA_{DC} temperature-compensated
- Low input offset voltage: 2 mV_{DC}, and offset current: 5nA_{DC}
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage: 0 V_{DC} to V₊ 1.5 V_{DC} swing

PIN CONFIGURATION

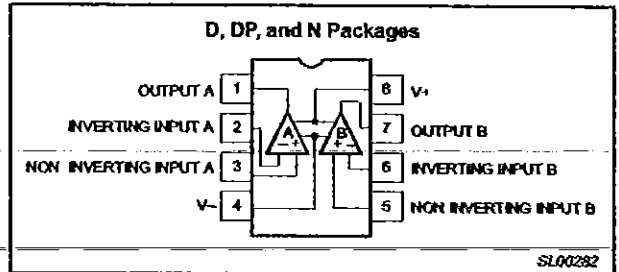


Figure 1. Pin configuration.

EQUIVALENT CIRCUIT

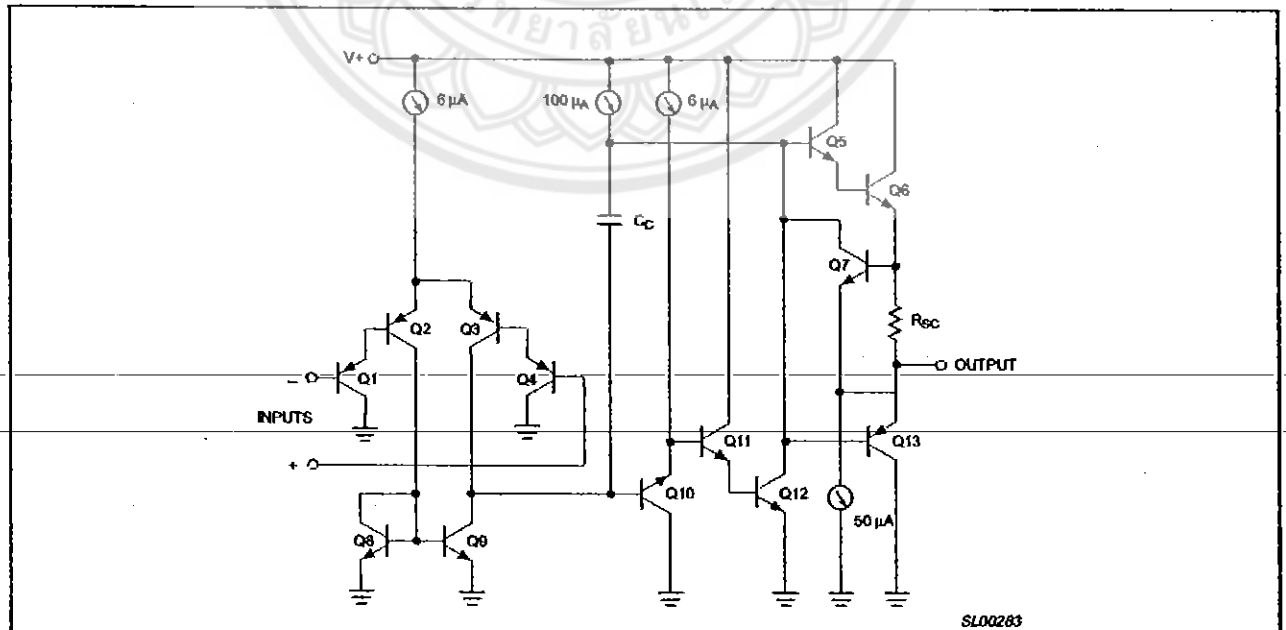


Figure 2. Equivalent circuit.

Low power dual operational amplifiers

NE/SA/SE532/
LM258/358/A/2904

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 °C to +70 °C	NE532D	SOT96-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 °C to +70 °C	NE532N	SOT97-1
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40 °C to +85 °C	SA532D	SOT96-1
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40 °C to +125 °C	LM2904D	SOT96-1
8-Pin Plastic Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP)	-40 °C to +125 °C	LM2904DP	SOT505-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40 °C to +125 °C	LM2904N	SOT97-1
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-25 °C to +125 °C	LM258D	SOT96-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-25 °C to +125 °C	LM258N	SOT97-1
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 °C to +70 °C	LM358D	SOT96-1
8-Pin Plastic Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP)	0 °C to +70 °C	LM358DP	SOT505-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 °C to +70 °C	LM358N	SOT97-1
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 °C to +70 °C	LM358AD	SOT96-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 °C to +70 °C	LM358AN	SOT97-1
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55 °C to +125 °C	SE532N	SOT97-1

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V_S	Supply voltage, V_+	32 or ± 16	V_{DC}
	Differential input voltage	32	V_{DC}
V_{IN}	Input voltage	-0.3 to +32	V_{DC}
P_D	Maximum power dissipation $T_{amb} = 25\text{ °C}$ (Still air) ¹		
	N package	1160	mW
	D package	780	mW
	DP package	714	mW
	Output short-circuit to GND ² $V_+ < 15\ V_{DC}$ and $T_{amb} = 25\text{ °C}$	Continuous	
T_{amb}	Operating ambient temperature range		
	NE532/LM358/LM358A	0 to +70	°C
	LM258	-25 to +85	°C
	LM2904	-40 to +125	°C
	SA532	-40 to +85	°C
	SE532	-55 to +125	°C
T_{stg}	Storage temperature range	-65 to +150	°C
T_{sld}	Lead soldering temperature (10 sec max)	230	°C

NOTE:

- Derate above 25 °C, at the following rates:
N package at 9.3 mW/°C
D package at 6.2 mW/°C
DP package at 5.72 mW/°C
- Short-circuits from the output to V_+ can cause excessive heating and eventual destruction. The maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V_+ . At values of supply voltage in excess of +15 V_{DC} , continuous short-circuits can exceed the power-dissipation ratings and cause eventual destruction.

Low power dual operational amplifiers

NE/SA/SE532/
LM258/358/A/2904

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

 $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $V_{+} = +5\text{ V}$, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE532, LM258			NE/SA532/ LM358/LM2904			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{OS}	Offset voltage ¹	$R_S = 0\ \Omega$		± 2	± 5		± 2	± 7	mV
		$R_S = 0\ \Omega$; over temp.			± 7			± 9	mV
V_{OS}	Drift	$R_S = 0\ \Omega$; over temp.		7			7		$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
I_{OS}	Offset current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$		± 3	± 30		± 5	± 50	nA
		Over temp.			± 100			± 150	nA
I_{OS}	Drift	Over temp.		10			10		$\text{pA}/^{\circ}\text{C}$
I_{BIAS}	Input current ²	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$		45	150		45	250	nA
		$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$; Over temp.		40	300		40	500	nA
I_B	Drift	Over temp.		50			50		$\text{pA}/^{\circ}\text{C}$
V_{CM}	Common-mode voltage range ³	$V_{+} = 30\text{ V}$	0		$V_{+} - 1.5$	0		$V_{+} - 1.5$	V
		$V_{+} = 30\text{ V}$; Over temp.	0		$V_{+} - 2.0$	0		$V_{+} - 2.0$	V
CMRR	Common-mode rejection ratio	$V_{+} = 30\text{ V}$	70	85		65	70		dB
V_{OH}	Output voltage swing	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$; $V_{+} = 30\text{ V}$; over temp.	26			26			V
		$R_L \geq 10\text{ k}\Omega$; $V_{+} = 30\text{ V}$; over temp.	27	28		27	28		V
V_{OL}	Output voltage swing	$R_L \geq 10\text{ k}\Omega$; over temp.		5	20		5	20	mV
		$R_L = \infty$; $V_{+} = 30\text{ V}$		0.5	1.0		0.5	1.0	mA
I_{CC}	Supply current	$R_L = \infty$ on all amplifiers; $V_{+} = 30\text{ V}$; over temp.		0.6	1.2		0.6	1.2	mA
		$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$; $V_{OUT} \pm 10\text{ V}$	50	100		25	100		V/mV
A_{VOL}	Large-signal voltage gain	$V_{+} = 15\text{ V}$ (for large V_O swing); over temp.	25			15			V/mV
PSRR	Supply voltage rejection ratio	$R_S = 0\ \Omega$	65	100		65	100		dB
	Amplifier-to-amplifier coupling ⁴	$f = 1\text{ kHz}$ to 20 kHz (input referred)		-120			-120		dB
I_{OUT}	Output current (Source)	$V_{IN+} = +1\text{ V}_{DC}$; $V_{IN-} = 0\text{ V}_{DC}$; $V_{+} = 15\text{ V}_{DC}$	20	40		20	40		mA
		$V_{IN+} = +1\text{ V}_{DC}$; $V_{IN-} = 0\text{ V}_{DC}$; $V_{+} = 15\text{ V}_{DC}$; over temp.	10	20		10	20		mA
	Output current (Sink)	$V_{IN-} = +1\text{ V}_{DC}$; $V_{IN+} = 0\text{ V}_{DC}$; $V_{+} = 15\text{ V}_{DC}$	10	20		10	20		mA
		$V_{IN-} = +1\text{ V}_{DC}$; $V_{IN+} = 0\text{ V}_{DC}$; $V_{+} = 15\text{ V}_{DC}$; over temp.	5	8		5	8		mA
		$V_{IN+} = 0\text{ V}$; $V_{IN-} = +1\text{ V}_{DC}$; $V_O = 200\text{ mV}$	12	50		12	50		μA
I_{SC}	Short circuit current ⁵		40	60		40	60	mA	
	Differential input voltage ⁶			V_{+}			V_{+}	V	
GBW	Unity gain bandwidth	$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		1			1		MHz
SR	Slew rate	$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		0.3			0.3		$\text{V}/\mu\text{s}$
V_{NOISE}	Input noise voltage	$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $f = 1\text{ kHz}$		40			40		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$

(Notes on next page).

Low power dual operational amplifiers

NE/SA/SE532/
LM258/358/A/2904

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

T_{amb} = 25 °C; V₊ = +5 V; unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM358A			UNIT
			Min	Typ	Max	
V _{OS}	Offset voltage ¹	R _S = 0 Ω		±2	±3	mV
		R _S = 0 Ω; over temp.			±5	mV
V _{OS}	Drift	R _S = 0 Ω; over temp.		7	20	µV/°C
I _{OS}	Offset current	I _{IN(+)} - I _{IN(-)}		5	±30	nA
		Over temp.			±75	nA
I _{OS}	Drift	Over temp.		10	300	µA/°C
I _{BIAS}	Input current ²	I _{IN(+)} or I _{IN(-)}		45	100	nA
		I _{IN(+)} or I _{IN(-)} ; Over temp.		40	200	nA
I _B	Drift	Over temp.		50		µA/°C
V _{CM}	Common-mode voltage range ³	V ₊ = 30 V	0		V ₊ - 1.5	V
		V ₊ = 30 V; Over temp.	0		V ₊ - 2.0	V
CMRR	Common-mode rejection ratio	V ₊ = 30 V	85	85		dB
V _{OH}	Output voltage swing	R _L ≥ 2 kΩ; V ₊ = 30 V; over temp.	26			V
		R _L ≥ 10 kΩ; V ₊ = 30 V; over temp.	27	28		V
V _{OL}	Output voltage swing	R _L ≥ 10 kΩ; over temp.		5	20	mV
I _{CC}	Supply current	R _L = ∞, V ₊ = 30 V		0.5	1.0	mA
		R _L = ∞ on all amplifiers; V ₊ = 30 V; over temp.		0.8	1.2	mA
A _{VOL}	Large-signal voltage gain	R _L ≥ 2 kΩ; V _{OUT} ±10 V	25	100		V/mV
		V ₊ = 15 V (for large V _O swing); over temp.	15			V/mV
PSRR	Supply voltage rejection ratio	R _S = 0 Ω	85	100		dB
	Amplifier-to-amplifier coupling ⁴	f = 1 kHz to 20 kHz (input referred)		-120		dB
I _{OUT}	Output current (Source)	V _{IN+} = +1 V _{DC} ; V _{IN-} = 0 V _{DC} ; V ₊ = 15 V _{DC}	20	40		mA
		V _{IN+} = +1 V _{DC} ; V _{IN-} = 0 V _{DC} ; V ₊ = 15 V _{DC} ; over temp.	10	20		mA
	Output current (Sink)	V _{IN-} = +1 V _{DC} ; V _{IN+} = 0 V _{DC} ; V ₊ = 15 V _{DC}	10	20		mA
		V _{IN-} = +1 V _{DC} ; V _{IN+} = 0 V _{DC} ; V ₊ = 15 V _{DC} ; over temp.	5	8		mA
		V _{IN+} = 0 V; V _{IN-} = +1 V _{DC} ; V _O = 200 mV	12	50		µA
I _{SC}	Short circuit current ⁵		40	60	mA	
	Differential input voltage ⁶			V ₊	V	
GBW	Unity gain bandwidth	T _{amb} = 25 °C		1		MHz
SR	Slew rate	T _{amb} = 25 °C		0.3		V/µs
V _{NOISE}	Input noise voltage	T _{amb} = 25 °C; f = 1 kHz		40		nV/√Hz

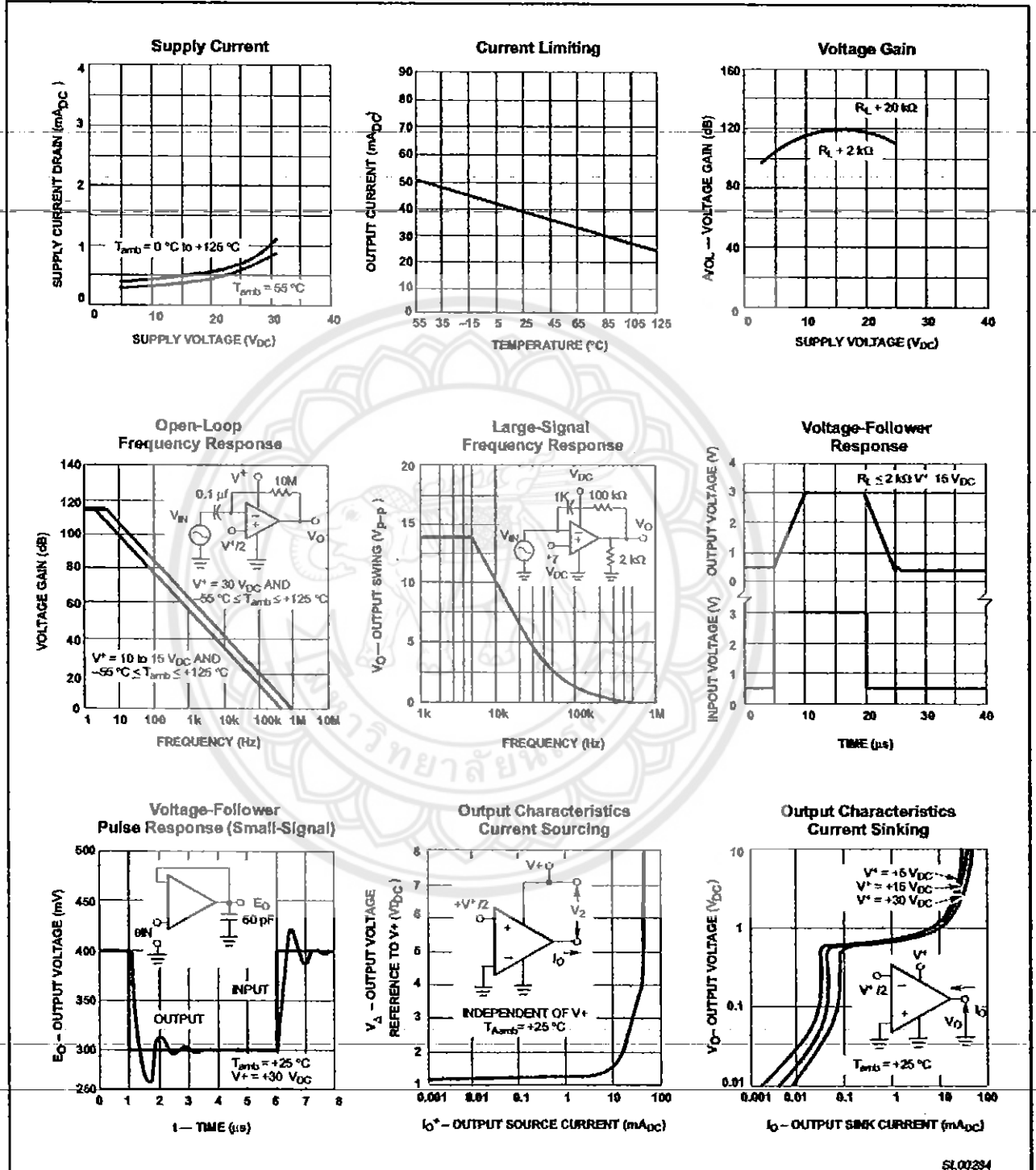
NOTES:

- V_O ≈ 1.4 V, R_S = 0 Ω with V₊ from 5 V to 30 V; and over the full input common-mode range (0 V to V₊ - 1.5 V).
- The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
- The input common-mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common-mode voltage range is V₊ - 1.5 V, but either or both inputs can go to +32 V without damage.
- Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance coupling increases at higher frequencies.
- Short-circuits from the output to V₊ can cause excessive heating and eventual destruction. The maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V₊. At values of supply voltage in excess of +15 V_{DC}, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction.
- The input common-mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common-mode voltage range is V₊ - 1.5 V, but either or both inputs can go to +32 V_{DC} without damage.

Low power dual operational amplifiers

NE/SA/SE532/
LM258/358/A/2904

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



SL00284

Figure 3. Typical performance characteristics.

Low power dual operational amplifiers

NE/SA/SE532/
LM258/358/A/2904

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Continued)

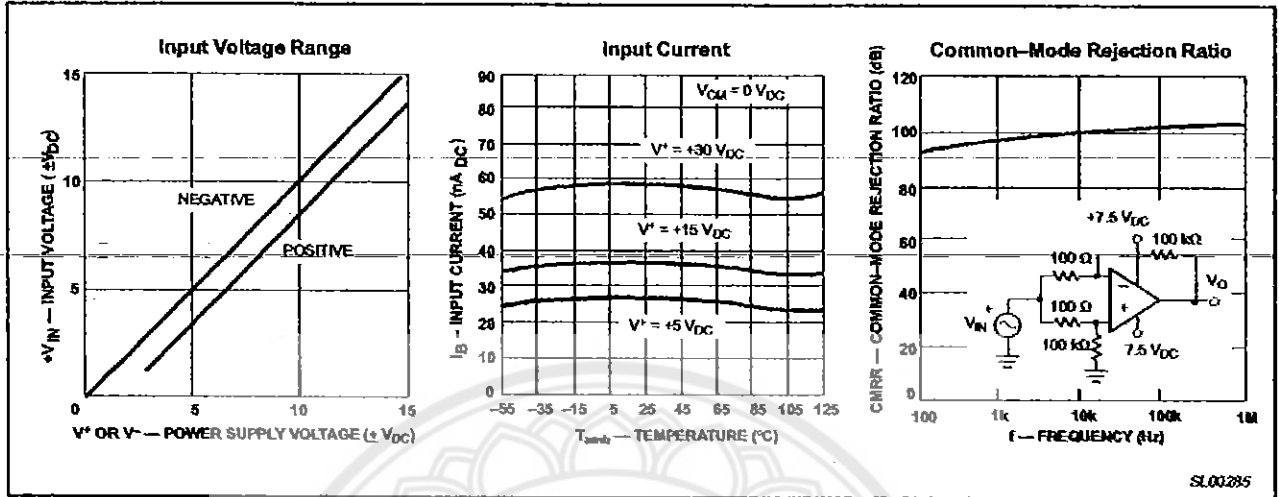


Figure 4. Typical performance characteristics (continued).

TYPICAL APPLICATIONS

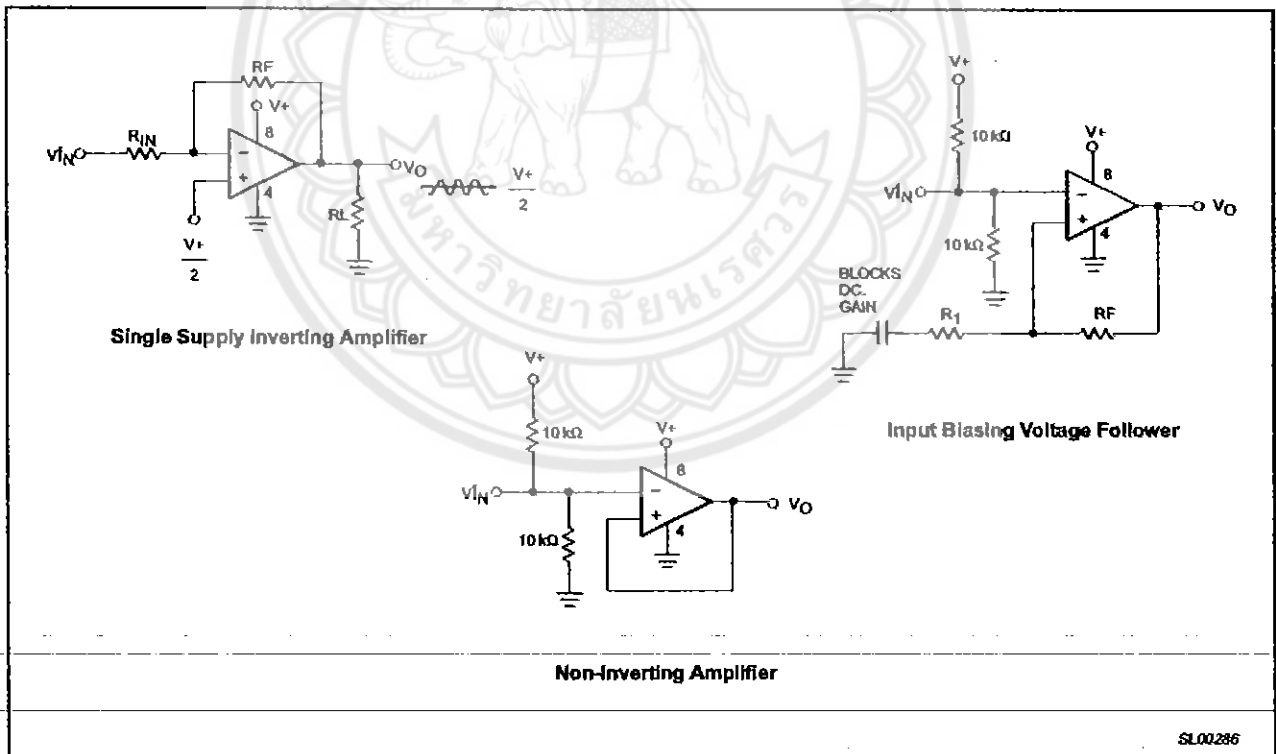


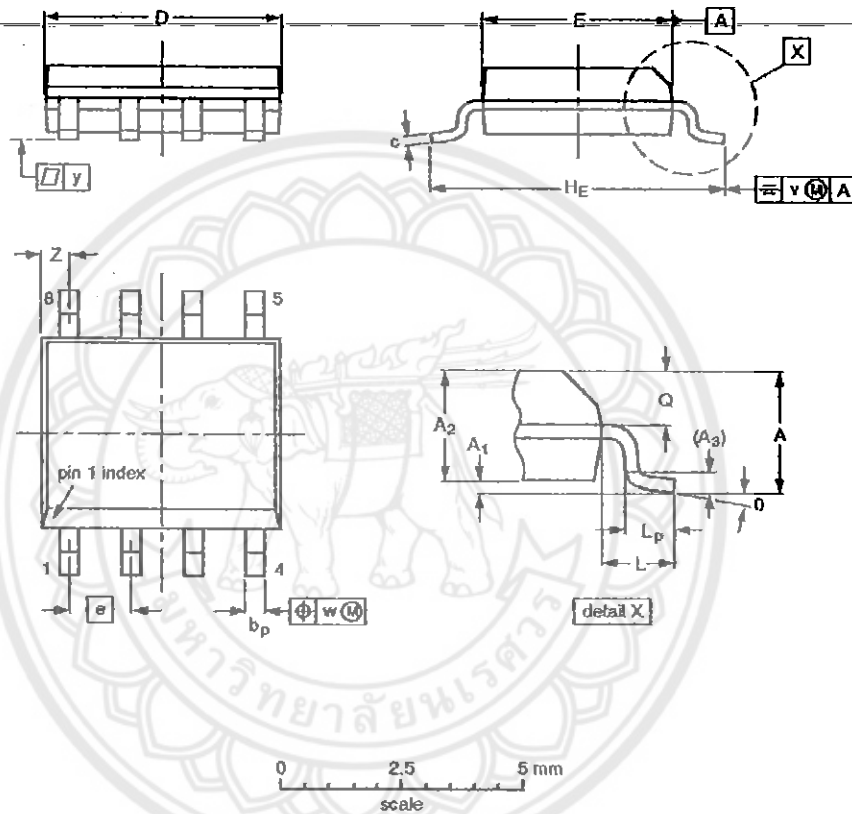
Figure 5. Typical applications.

Low power dual operational amplifiers

NE/SA/SE532/
LM258/358/A/2904

SO8: plastic small outline package; 8 leads; body width 3.9 mm

SOT96-1



DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

UNIT	A max.	A ₁	A ₂	A ₃	b _p	c	D ⁽¹⁾	E ⁽²⁾	e	H _E	L	L _p	Q	v	w	y	z ⁽¹⁾	θ
mm	1.75	0.25 0.10	1.45 1.25	0.25	0.49 0.36	0.25 0.19	5.0 4.8	4.0 3.8	1.27	6.2 5.8	1.05	1.0 0.4	0.7 0.6	0.25	0.25	0.1	0.7 0.3	8° 0°
Inches	0.069	0.010 0.004	0.057 0.049	0.01	0.019 0.014	0.0100 0.0075	0.20 0.19	0.16 0.15	0.050	0.244 0.228	0.041	0.039 0.016	0.028 0.024	0.01	0.01	0.004	0.028 0.012	

Notes

1. Plastic or metal protrusions of 0.15 mm maximum per side are not included.
2. Plastic or metal protrusions of 0.25 mm maximum per side are not included.

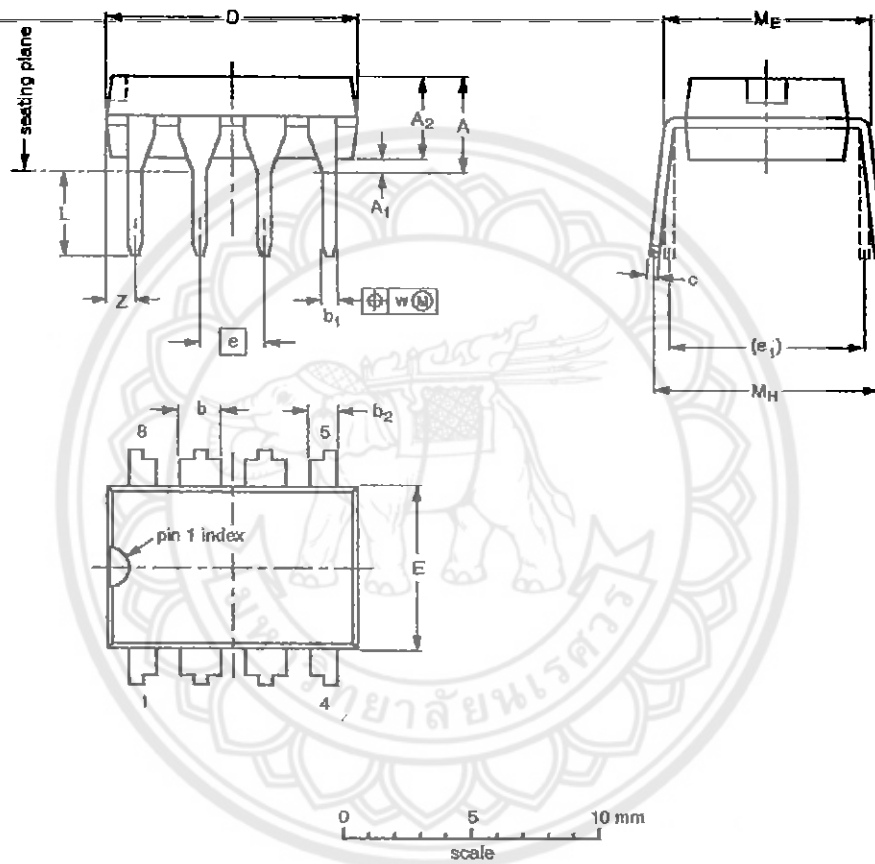
OUTLINE VERSION	REFERENCES			EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ		
SOT96-1	076E03	MS-012			97-05-22- 99-12-27

Low power dual operational amplifiers

NE/SA/SE532/
LM258/358/A/2904

DIP8: plastic dual in-line package; 8 leads (300 mil)

SOT97-1



DIMENSIONS (inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

UNIT	A max.	A ₁ min.	A ₂ max.	b	b ₁	b ₂	c	D ⁽¹⁾	E ⁽¹⁾	e	e ₁	L	M _E	M _H	w	Z ⁽¹⁾ max.
mm	4.2	0.51	3.2	1.73 1.14	0.53 0.38	1.07 0.89	0.38 0.23	9.8 9.2	6.48 6.20	2.54	7.62	3.60 3.05	8.25 7.80	10.0 8.3	0.254	1.15
inches	0.17	0.020	0.13	0.068 0.045	0.021 0.015	0.042 0.035	0.014 0.009	0.39 0.36	0.26 0.24	0.10	0.30	0.14 0.12	0.32 0.31	0.39 0.33	0.01	0.045

Note

1. Plastic or metal protrusions of 0.25 mm maximum per side are not included.

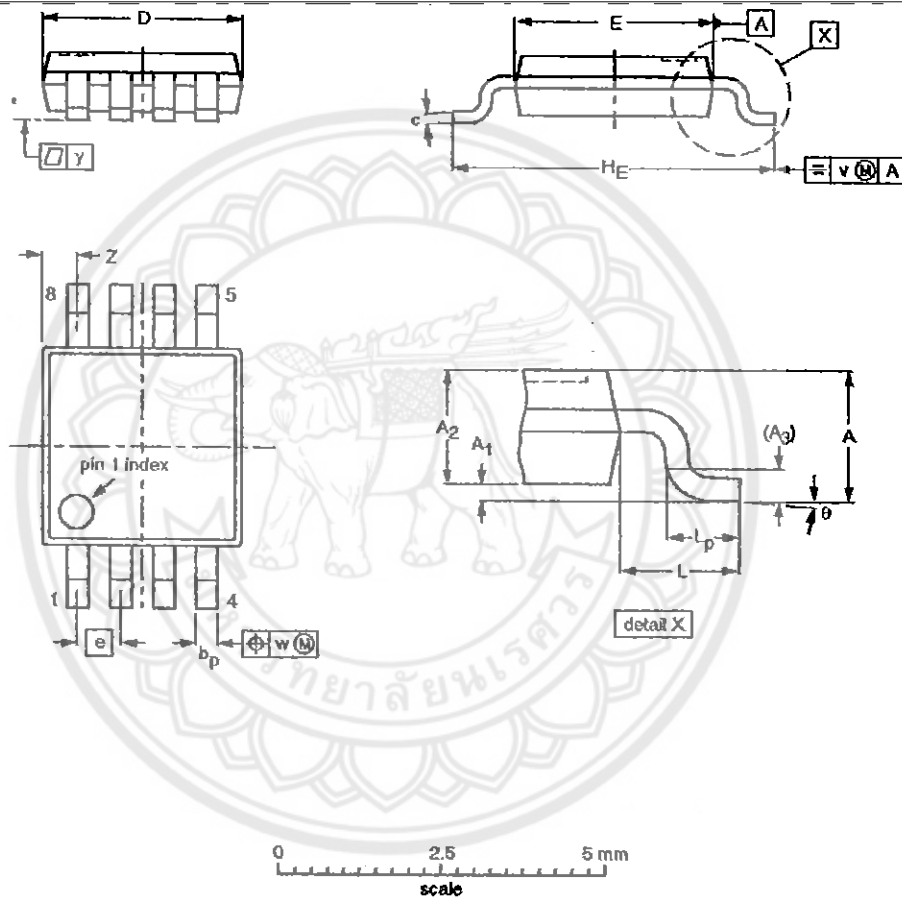
OUTLINE VERSION	REFERENCES			EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ		
SOT97-1	050G01	MO-001	SC-504-B		95-02-04 99-12-27

Low power dual operational amplifiers

NE/SA/SE532/
LM258/358/A/2904

TSSOP8: plastic thin shrink small outline package; 8 leads; body width 3 mm

SOT505-1



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A max.	A ₁	A ₂	A ₃	b _p	o	D ⁽¹⁾	E ⁽²⁾	e	H _E	L	L _p	v	w	y	Z ⁽¹⁾	θ
mm	1.10	0.15 0.05	0.95 0.80	0.25	0.45 0.25	0.28 0.15	3.10 2.90	3.10 2.90	0.65	5.10 4.70	0.94	0.70 0.40	0.1	0.1	0.1	0.70 0.35	6° 0°

Notes

1. Plastic or metal protrusions of 0.15 mm maximum per side are not included.
2. Plastic or metal protrusions of 0.25 mm maximum per side are not included.

OUTLINE VERSION	REFERENCES			EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ		
SOT505-1					99-04-09

Low power dual operational amplifiers

NE/SA/SE532/
LM258/358/A/2904

Data sheet status

Data sheet status [1]	Product status [2]	Definitions
Objective data	Development	This data sheet contains data from the objective specification for product development. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification in any manner without notice.
Preliminary data	Qualification	This data sheet contains data from the preliminary specification. Supplementary data will be published at a later date. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification without notice, in order to improve the design and supply the best possible product.
Product data	Production	This data sheet contains data from the product specification. Philips Semiconductors reserves the right to make changes at any time in order to improve the design, manufacturing and supply. Changes will be communicated according to the Customer Product/Process Change Notification (CPCN) procedure SNW-SQ-650A.

[1] Please consult the most recently issued data sheet before initiating or completing a design.

[2] The product status of the device(s) described in this data sheet may have changed since this data sheet was published. The latest information is available on the Internet at URL <http://www.semiconductors.philips.com>.

Definitions

Short-form specification — The data in a short-form specification is extracted from a full data sheet with the same type number and title. For detailed information see the relevant data sheet or data handbook.

Limiting values definition — Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.

Application information — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. Philips Semiconductors make no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

Disclaimers

Life support — These products are not designed for use in life support appliances, devices or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips Semiconductors customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips Semiconductors for any damages resulting from such application.

Right to make changes — Philips Semiconductors reserves the right to make changes, without notice, in the products, including circuits, standard cells, and/or software, described or contained herein in order to improve design and/or performance. Philips Semiconductors assumes no responsibility or liability for the use of any of these products, conveys no license or title under any patent, copyright, or mask work right to these products, and makes no representations or warranties that these products are free from patent, copyright, or mask work right infringement, unless otherwise specified.

Contact information

For additional information please visit
<http://www.semiconductors.philips.com> Fax: +31 40 27 24825

© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2002
All rights reserved. Printed in U.S.A.

For sales offices addresses send e-mail to:
sales.addresses@www.semiconductors.philips.com

Date of release: 08-02

Document order number:

9397 750 10187

Let's make things better.

Philips
Semiconductors



PHILIPS

ประวัติผู้เขียนโครงการ

ชื่อ นายณรงค์ กติกร
 ภูมิลำเนา 63 หมู่ 9 ต.หัวน้ำหอม อ.ลาดยาว จ.นครสวรรค์
 ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนหัวน้ำหอมวิทยาการ
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร

e-mail : ee4g7nu@yahoo.com

ชื่อ นายเอกกฤษณ์ อินตะวิชัย
 ภูมิลำเนา 111/3 หมู่ 1 ต.เขาแก้วศรีสมบูรณ์ อ.ทุ่งเสลี่ยม จ.สุโขทัย
 ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนชัยมงคลพิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร

e-mail : eakluk_in@yahoo.com