

เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ
Voltage Stabilizers



โดย
นาย ชัชวาลย์ สุริยะ
นาย ชัยวัฒน์ สุกใส

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **61447**
วัน,เดือน,ปี. 17. 0. ค.ศ. 2549

11519720

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VOLTAGE STABILIZER



BY

Mr. CHATCHAWARN SURIYA

Mr. CHAIWAT SUKSAI

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบเสนอปริญญาบัตร

หัวข้อปริญญาบัตร เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ
นักศึกษา นาย ชัชวาลย์ สุริยะ รหัสนักศึกษา 45015841
นาย ชัยวัฒน์ สุกใส รหัสนักศึกษา 45015842
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ นิกร สุขุมตันติ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์
ระดับการศึกษา ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา 2547

ปริญญาบัตรฉบับนี้ได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์ นิกร สุขุมตันติ)

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาบัตร

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปริญญาบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ
นักศึกษา	นาย ชัชวาลย์ สุริยะ รหัสนักศึกษา 45015841 นาย ชัยวัฒน์ สุกใส รหัสนักศึกษา 45015842
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ นิกร สุขุมตันติ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์
ระดับการศึกษา	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2547

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ และอุตสาหกรรมเป็นไปอย่างรวดเร็วและไฟฟ้า
 จำเป็นต่อการดำรงชีวิตประจำวันเสมอ ระบบไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบันบางครั้งมีระดับโวลต์เตจ
 เปลี่ยนแปลงเสมอไม่ว่าจะเป็นสาเหตุใดก็ตาม เป็นสาเหตุที่ทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าและเครื่องจักร
 ที่ทำงานอุตสาหกรรมเกิดเสียหายได้ อันเป็นสาเหตุทำให้เกิดการผลิตน้อยลงหรือหยุดชะงัก
 ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้มีการสร้างและทดสอบเครื่องปรับระดับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ
 (AC Voltage Stabilizer) ซึ่งการทำงานถูกควบคุมด้วยวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ
 สัญญาณแรงดันอินพุทกับแรงดันอ้างอิง แล้วนำสัญญาณเข้าที่พุทไปควบคุมเพื่อให้ศักดาไฟฟ้า
 ทางเข้าที่พุทให้มีค่า 220 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title Voltage Stabilizer

Student Mr. Chatchawarn Suriya ID. 45015841
Mr. Chaiwat Suksai ID. 45015842

Advisor Assoc. Prof. Nikorn Sukutamatanti
Asst. Prof. Authai Srithirawiroj

Graduate Level Bachelor Degree of Information Engineering

Department Information Engineering

Academic Year 2004

ABSTRACT

Nowadays, In the field of industrial factory the technology of the electrical and electronics systems are rapidly developed. The electricity by mean of power supply for those systems becomes so important. If the voltage of the power supply is fluctuated by any reason. It many cause the fall down of production processes, that should be avoid. In this project the AC Voltage Stabilizer which can be use for controlling the fluctuation of AC voltage has been studied. The AC voltage stabilizer will compare the AC line voltage whit the reference voltage by after that the output signal correction voltage will be taken to control to produce the nearly constant AC 220 volte.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเป็นผลเนื่องมาจากความมานะอดทนและความช่วยเหลือเกื้อกูลของเพื่อนๆทุกท่านที่มีส่วนร่วมตลอดระยะเวลาที่ทำโครงการนี้โดยได้รับการสนับสนุนจากท่านรองศาสตราจารย์ นิกร สุขุมตันติ และท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์ ซึ่งคอยดูแลและให้คำปรึกษาเกี่ยวกับโครงการนี้ตลอดมา คุณ อาคม ปารมี ที่คอยช่วยเหลือ และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศที่ได้สั่งสอนวิชาความรู้ต่างๆมา ณ. ที่นี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษาอีกทั้งสิ่งดีๆ ทุกๆ อย่างที่มีให้มาโดยตลอด รวมทั้งญาติพี่น้องที่คอยเป็นขวัญและกำลังใจด้วยดีตลอดมา



ผู้จัดทำ

นาย ชัชวาลย์ สุริยะ

นาย ชัยวัฒน์ ตุ๊กใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.1.1 แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ	1
1.1.2 แรงดันไฟฟ้าเกินชั่วขณะ	2
1.1.3 ปัญหาไฟดับหรือไฟกระพริบ	2
1.1.4 ปัญหาไฟตกไฟเกินอย่างต่อเนื่อง	2
1.1.5 ปัญหาคลื่นรบกวนทางไฟฟ้า	2
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของงาน	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.5 ระบบการทำงาน	5
1.6 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ	6
บทที่ 2 ทฤษฎีทั่วไป	7
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	7
2.2 หม้อแปลงไฟฟ้า	10
2.2.1 หม้อแปลงไฟฟ้า	10
2.2.2 การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า	10
2.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน , กระแสไฟฟ้า และ จำนวนรอบของขดลวดทั้งสอง	11
2.2.3.1 หม้อแปลงเพิ่มแรงดันไฟฟ้า	11
2.2.3.2 หม้อแปลงลดแรงดันไฟฟ้า	12
2.2.3.3 Auto- Transformer	13
2.2.4 ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับกระแส	14
2.2.5 การใช้งาน Auto- Transformer	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)	หน้า
2.3 วงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์	17
2.4 ความต้านทาน	18
2.4.1 ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่	18
2.4.2 ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้	18
2.5 ตัวเก็บประจุ	19
2.5.1 แบบอิเล็กทรอนิกส์	19
2.5.2 แบบกระเบื้อง	19
2.6 แอล.อี.ดี.	20
2.7 ไอซีเรีคูลเตเตอร์	21
2.8 ไตรแอก	21
2.8.1 การทำงานของไตรแอก	21
2.8.2 ตัวอย่างการใช้งานพื้นฐานของไตรแอก	22
2.8.3 การควบคุมกำลังไฟแบบเฟสทริกเกอร์	22
2.8.4 กราฟลักษณะสมบัติของไตรแอก	24
2.9 ไอซีจุดชนวนเกต TCA 785	24
บทที่ 3 การออกแบบโครงการ	27
3.1 Block diagram ทั้งหมด	27
3.2 การทำงานทั้งหมด	28
3.3 วงจรการทำงาน	29
3.4 ลายวงจร	30
3.5 การคำนวณค่าอัตราส่วนหม้อแปลงและพิกัดกระแส	31
3.5.1 การคำนวณค่าอัตราส่วนหม้อแปลง	31
3.5.2 การคำนวณค่าพิกัดกระแส	34
3.6 โปรแกรมสำหรับชุดค่า Digital ที่ได้จาก A/D Converter และควบคุม Traic	34
บทที่ 4 ผลการทดลอง	40
บทที่ 5 สรุป	
5.1 สรุปโครงการ	42
5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	สารบัญ (ต่อ)	หน้า
	5.3 ข้อจำกัดของโครงการ	42
	5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อ	43
บรรณานุกรม		44
ภาคผนวก		45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ	5
รูปที่ 2.1 แสดงขาต่างๆของ AT89S8252	7
รูปที่ 2.2 แสดงขาของ AT89S8252 ที่ใช้ต่อกับ XTAL	9
รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบของหม้อแปลงไฟฟ้าอย่างเบื้องต้น	10
รูปที่ 2.4 การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า	11
รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ของแรงดัน , กระแส และจำนวนรอบของขดลวด	11
รูปที่ 2.6 แสดงวงจรของหม้อแปลงแรงดัน แบบเพิ่มแรงดัน	11
รูปที่ 2.7 แสดงวงจรของหม้อแปลงแรงดัน แบบลดแรงดัน	12
รูปที่ 2.8 แสดงรูปแบบของ Auto-Transformer	13
รูปที่ 2.9 แสดงการเปลี่ยนขดลวด	14
รูปที่ 2.10 แสดงการปรับเปลี่ยนแรงดัน ไฟฟ้า	16
รูปที่ 2.11 แสดงการทำงานของวงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์	17
รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะโมดูลของบริดจ์เรกติไฟเออร์ขนาดต่างๆ	17
รูปที่ 2.13 แสดงตารางและวิธีอ่านค่ารหัสสีของตัวต้านทาน	18
รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะภายนอกของตัวต้านทานปรับค่าได้	18
รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะภายนอกของตัวเก็บประจุแบบ อิเล็กโตรไลต์	19
รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะภายนอกของตัวเก็บประจุแบบกระเบื้อง	19
รูปที่ 2.17 ลักษณะรูปร่างภายนอก และขาใช้งาน	20
รูปที่ 2.18 ก.สัญลักษณ์ของ ไตรแอก ข. การใช้งานพื้นฐาน	21
รูปที่ 2.19 วงจรแบบพื้นฐานที่สุดในการใช้งาน ไตรแอก	22
รูปที่ 2.20 การเปลี่ยนแปลงค่าของกำลัง ไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่โหลด	23
รูปที่ 2.21 แสดงตำแหน่งขาของ TCA 785	25
รูปที่ 2.22 แสดงให้เห็น โครงสร้างการทำงานของวงจร	25
รูปที่ 2.23 สัญลักษณ์ที่วัดได้จากวงจรควบคุมเฟส	26
รูปที่ 2.24 แสดง Block diagram ทั้งหมด	27
รูปที่ 2.25 แสดงวงจรการทำงาน	29
รูปที่ 2.26 แสดงลายปริ้นวงจรที่ 1	30
รูปที่ 2.27 แสดงลายปริ้นวงจรที่ 2	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญัตินี้	หน้า
ตารางที่ 2.1แสดงบิตและหน้าที่ต่างๆของพอร์ท 3	8
ตารางที่ 2.2แสดงการทวนกระแสของ ไตรแอก	22
ตารางที่ 3.1แสดงการกำหนดย่านแรงดัน	32
ตารางที่ 3.2แสดงการคำนวณอัตราส่วนหม้อแปลง	33
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าดิจิทัลที่ได้จากการแปลงค่าแรงดัน	40
ตารางที่ 4.2แสดงผลการทดลอง	41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่า ความเจริญทางเทคโนโลยีได้พัฒนาสูงขึ้น อย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเป็นด้านเครื่องมือเครื่องใช้อุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งระบบควบคุมการขยายตัวด้านอุตสาหกรรมซึ่งทั้งหมดนี้ส่วนใหญ่ล้วนอาศัยพลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้นซึ่งปัญหาที่สำคัญของระบบไฟฟ้าของประเทศที่กำลังพัฒนาอยู่ได้แก่ ปัญหาสถานะแรงดันหรือศักดาไฟฟ้า ซึ่งทั้งนี้มาจากแหล่งไฟฟ้าไม่สามารถขยายความต้องการได้ จึงทำให้สถานะของแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ลักษณะของสภาวะผิดปกติที่เกิดขึ้นและพบอยู่บ่อยๆ คือ

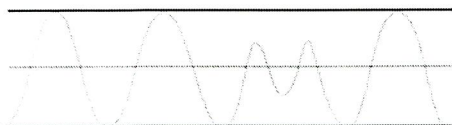
- ลักษณะแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าปกติซึ่ง โดยมากจะเกิดขึ้นในส่วนของสายส่งอยู่ต้นหม้อแปลง หม้อแปลงมีการใช้โหลดน้อยลงจึงทำให้ศักดาทางด้านทุติยภูมิสูงขึ้น โดยทั่วไปศักดาที่สูงกว่าปกตินี้จะอยู่ในช่วง 10 เปอร์เซ็นต์ ของสถานะแรงดันไฟฟ้าปกติ (ซึ่งโดยปกติแรงดันจะอยู่ในช่วงที่ระดับ 220 โวลต์) จากลักษณะดังกล่าว ถ้าป้อนแรงดันเข้าสู่อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ก็อาจก่อให้เกิดความเสียหายของอุปกรณ์เหล่านี้ได้

- ลักษณะแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ ซึ่ง โดยมากจะเกิดขึ้นเมื่อมีความต้องการใช้ไฟฟ้าพร้อมๆ กันทำให้หม้อแปลงต้องจ่ายโหลดเพิ่มขึ้นทำให้แรงดันลดลง สภาวะที่แรงดันต่ำกว่าปกตินี้ อยู่ในช่วง 20 เปอร์เซ็นต์ ของสถานะแรงดันไฟฟ้าปกติ (หรือลดลงถึง 180 โวลต์จากสถานะปกติ 220 โวลต์) สภาวะแรงดันที่ต่ำกว่าปกตินี้จะก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าได้เช่นกัน

ปัญหาของแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

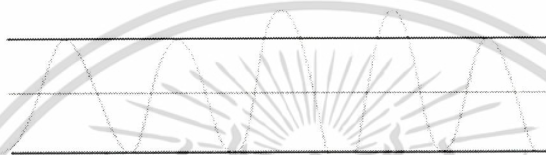
1.1.1แรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ(Sag voltage) หรือ (Voltage drop)

จะเกิดขึ้นชั่วขณะหนึ่งในเวลาสั้นๆ (ไม่กี่ไซเคิล(cycle)) จากการใช้กำลังไฟฟ้ามากเกินไป ขนาดของสายหลัก(Main) หรือเกินกำลังของหม้อแปลงไฟฟ้าที่จะจ่ายให้ได้ เช่นการจ่ายไฟเพื่อเดินเครื่องจักรขนาดใหญ่ การเปิดเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าตกชั่วขณะหนึ่งได้



1.1.2 แรงดันไฟฟ้าเกินชั่วขณะ

แรงดันไฟฟ้าเกินมักจะเกิดจากการปิดสวิตช์ของโหลดขนาดใหญ่ หรือเกิดจากการนำไฟฟ้าอันเนื่องมาจากฟ้าผ่าลงสายส่งไฟฟ้าจะทำให้เกิดไฟฟ้าสูงชั่วขณะหนึ่งและเป็นปัญหาที่รุนแรงพอที่จะทำให้เครื่องอิเล็กทรอนิกส์ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ ที่กำลังใช้งานอยู่เกิดการเสียหายได้ทันทีถึงแม้ว่าเครื่องอิเล็กทรอนิกส์หรือ เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้น จะมี ฟิวส์(Fuse) หรือ เซอร์คิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) ป้องกันระบบอยู่ก็ตามแต่ก็ยังมีช่วงเวลาของการ Trip ของระบบป้องกันที่อาจทำให้ระบบเกิดการขัดข้องก่อนจะทำการตัดวงจร



1.1.3 ปัญหาไฟดับหรือไฟกระพริบ

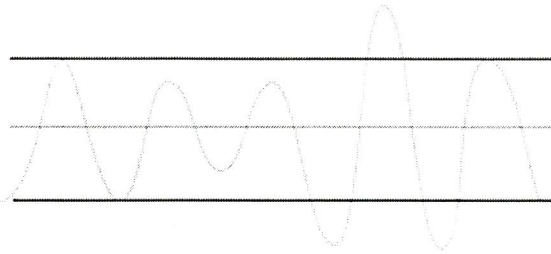
ลักษณะของไฟดับ (Power Failure) มีอยู่ 2 ลักษณะต่อระบบคอมพิวเตอร์ คือ ไฟกระพริบ ทำให้เกิดการขาดหายไปของไฟฟ้าระยะสั้น เช่นการทริป(Trip) ของระบบรีเลย์(Relay) ในการจ่ายไฟฟ้าของสถานีจ่ายไฟฟ้า ซึ่งแม้จะเกิดเพียงระยะสั้นมากเพียง 1/2-1 ไซเคิล ก็ตามแต่หน่วยความจำระบบก็ถูกลบไปเมื่อ ไม่มีพลังงาน และการหยุดจ่ายไฟฟ้าอันเนื่องมาจากระบบไฟเสียหาย หรือเกิดการลัดวงจรแม้ว่าการหยุดจ่ายไฟจะไม่มีผลต่อความเสียหายของเครื่อง นอกจากเครื่องหยุดทำงาน และถูกลบหน่วยความจำแล้ว ยังผลว่าการกลับมาใหม่ของกระแสไฟฟ้า อาจมาสูงกว่ากำหนดในช่วงแรกๆ คือเกิดจากการกระชอกของไฟฟ้าอาจทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์มีอายุการใช้งานสั้นลง หรือเสียหายได้



1.1.4 ปัญหาไฟตกไฟเกินอย่างต่อเนื่อง

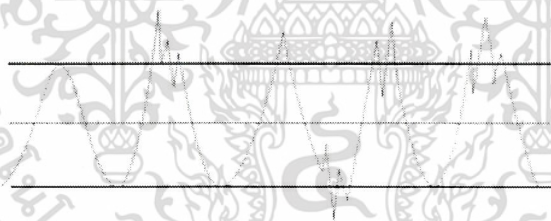
ปัญหาไฟตกไฟเกินอย่างต่อเนื่องนี้เป็นปัญหาลักษณะเดียวกันกับปัญหาไฟตก ชั่วขณะ และไฟเกินชั่วขณะดังรายละเอียดที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่แตกต่างกันตรงที่ไฟตกและไฟเกิน ต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาานาน กระแสไฟฟ้าที่เข้ามาไม่สม่ำเสมออาจก่อให้เกิดความเสียหายหรือทำให้ข้อมูล ผิดพลาดขึ้นได้ เช่นเครื่องมือแพทย์ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องคอมพิวเตอร์หรือแม้แต่เครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1.1.5 ปัญหาคลื่นรบกวนทางไฟฟ้า

คลื่นรบกวนในระบบไฟฟ้าที่เรามักจะพบเห็นเสมอได้แก่สัญญาณรบกวน(Noise) และ Transient Voltage, Noise หมายถึง คลื่นรบกวน ซึ่งโดยทั่วไปจะมีขนาดไม่ใหญ่นัก และมีความถี่สูง ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง หรืออาจเกิดขึ้นเป็นระยะ Noise จะเข้ามาสู่ระบบไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ เช่นพวก EMI., RFI. ส่วน Transient Voltage หมายถึงพวก Surge Voltage และ Spike Voltage, Transient Voltage อาจเกิดขึ้นจากฟ้าผ่า หรือการตัดต่อโหลดบางชนิด เช่นการปิดสวิตซ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องเชื่อม โลหะมอเตอร์ หรือจากอุปกรณ์อื่นๆ ซึ่งคลื่นเหล่านี้เป็นการเคลื่อนที่ไม่ต้องการ เพราะมันสามารถทำให้เกิดการประมวลผลข้อผิดพลาดได้



ดังนั้นอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น ได้จึงจำเป็นต้องรักษา ระดับแรงดันให้คงที่พอสมควรจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงขึ้นลงมากๆ การควบคุมรักษา ระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่นี้มีอยู่หลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะแตกต่างกันหรือเหมือนกันในบางส่วน ตามโครงสร้างและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการออกแบบเครื่องรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าในโครงการนี้ เป็นการปรับปรุงและแก้ไขขนาดของแรงดันไฟฟ้าให้มีขนาดคงที่ เพื่อให้เครื่องใช้ไฟฟ้ามีหน้าที่การทำงานที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงสถานะของระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้จริง ในช่วงเวลาต่างๆ

1.2.2 หาแนวทางในการปรับปรุงขนาดของแรงดันไฟฟ้าให้มีขนาดคงที่ ที่ 220 V.

1.2.3 เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องปรับแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.2.4 สร้างเครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ใกล้เคียง 220 V.
- 1.2.5 นำเครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติไปใช้งานในลักษณะที่แรงดันไฟฟ้าผิดปกติ เช่น ไฟตก , ไฟเกิน
- 1.2.6 เพื่อที่จะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้ามีอายุการใช้งานและมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตของงาน

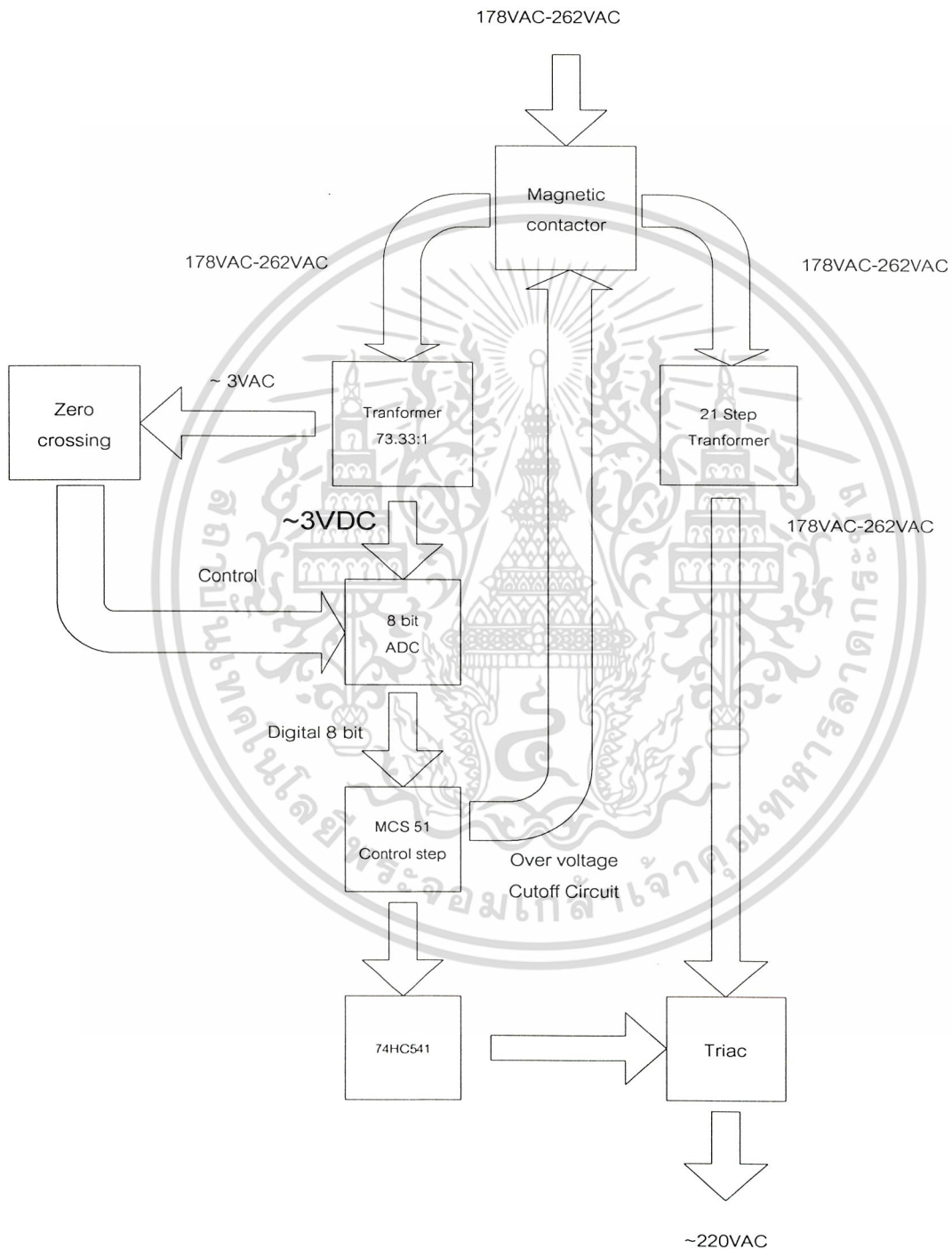
- 1.3.1 เมื่อ Input Voltage มีค่าต่ำกว่า 220 V คือในช่วง 180 V – 220 V จะทำให้ Output Voltage ของเครื่องมีค่าคงที่ที่ 220 V \pm ไม่เกิน 5 V หรือ ประมาณ 2.5 %
- 1.3.2 เมื่อ Input Voltage มีค่าสูงกว่า 220 V คือในช่วง 220 V – 260 V จะทำให้ Output Voltage ของเครื่องมีค่าคงที่ที่ 220 V \pm ไม่เกิน 5 V หรือ ประมาณ 2.5 %
- 1.3.3 สามารถจ่ายโหลดได้ประมาณ 1.5 KVA

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ทำให้เกิดทักษะในด้านเทคโนโลยี ในการที่จะนำไปใช้เป็นแนวทางที่จะพัฒนาระบบควบคุมและการป้องกันแบบอื่น
- 1.4.2 ป้องกันอันตรายแก่อุปกรณ์ไฟฟ้าในกรณีที่มีแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง
- 1.4.3 ช่วยควบคุมไฟฟ้าให้อายุการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้ายาวนานขึ้น
- 1.4.4 สามารถนำเครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าไปประยุกต์ใช้กับ โรงงานอุตสาหกรรม , โรงพยาบาลและห้องทดลองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ระบบการทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีสั่งซื้อโดยทางบริษัทฯ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

- 1.6.1 สร้างวงจรแหล่งจ่าย 5 VDC และ 0-5 VDC
- 1.6.2 สร้างวงจร 8 Bit A/D Converter
- 1.6.3 ทดลองวงจร A/D Converter
- 1.6.4 สร้างวงจรพื้นฐานของ MCS 51
- 1.6.5 ทดลองนำอินพุต 8 Bit จาก A/D Converter เข้าไปประมวลผลใน MCS 51
- 1.6.6 โปรแกรมให้นำค่าอินพุตมาเปรียบเทียบกับเงื่อนไข ถ้าตรงกับเงื่อนไขใดก็ส่งสัญญาณออกบิตประจำเงื่อนไขนั้น
- 1.6.7 สร้างวงจรขยายกระแส ขับ LED
- 1.6.8 โปรแกรมให้ MCS 51 ส่งสัญญาณออกแต่ละบิตส่งไปยังวงจรขับ LED ตามเงื่อนไข
- 1.6.9 สร้างวงจรซีโรครอสซิง
- 1.6.10 ทดลองต่อวงจรซีโรครอสซิง (Zero Crossing) ควบคุมวงจร A/D Converter
- 1.6.11 สร้างวงจรไทรแอก
- 1.6.12 ทดลองวงจรไทรแอกกับวงจรควบคุม
- 1.6.13 สร้างวงจรรวมทั้งหมดให้ทำงานร่วมกัน
- 1.6.14 ต่อวงจรรวมควบคุมหม้อแปลง
- 1.6.15 ประกอบโครงสร้างทั้งหมดและติดตั้งอุปกรณ์

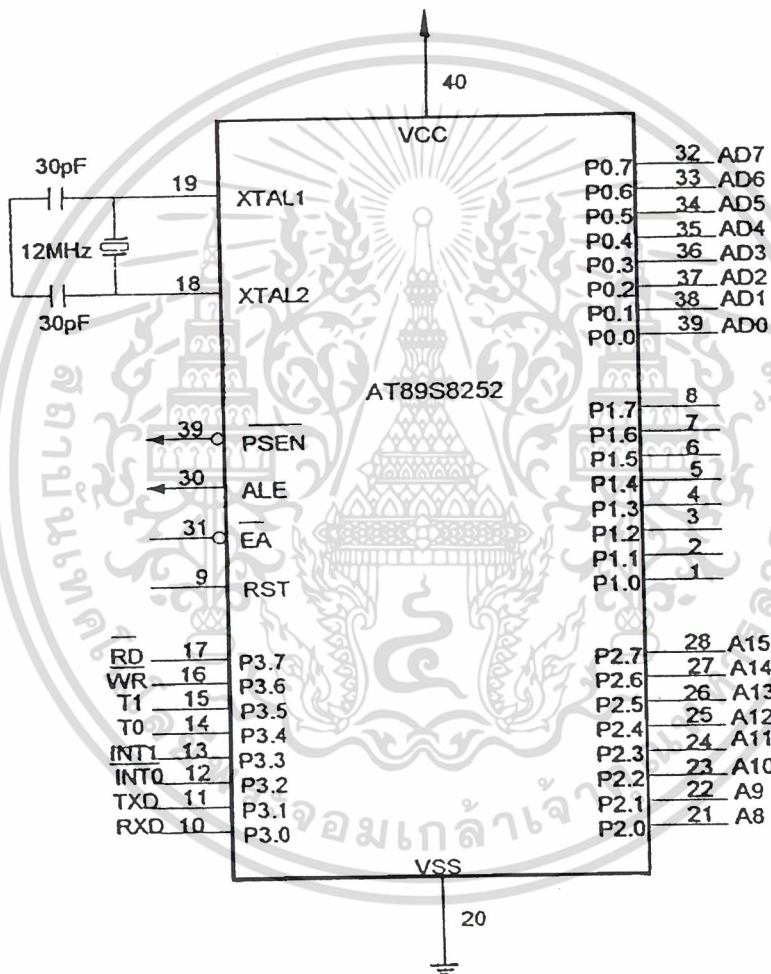
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีทั่วไป

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์โครงสร้างไอซีเป็นแบบ DIP มีขาทั้งหมด 40 ขาโดยขาต่างๆจะใช้เป็นขาพอร์ทอินพุต, เอาต์พุต, ขาสัญญาณควบคุม, ขาดำเนินงานหน่วยความจำและขาข้อมูล ดังรูป



รูปที่ 2.1 แสดงขาต่างๆของ AT89S8252

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหมายของขาต่างๆมีดังนี้

2.1.1 พอร์ต 0 (port 0)

พอร์ต 0 ได้แก่ขาที่ 32-39 ของ AT89S8252 สามารถใช้เป็นอินพุตเอาต์พุตได้นอกจากนี้ ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกยังใช้เป็น ขาแอดเดรสบัส (Address Bus) และ คาต้าบัส (Data Bus) อีกด้วย

2.1.2 พอร์ต 1 (port 1)

พอร์ต 1 ได้แก่ขาที่ 1-8 เป็นพอร์ต 8 บิต สามารถอ้างทีละบิตได้ คือ p1.0 , p1.1 , p1.2 ,....etc

2.1.3 พอร์ต 2 (port 2)

พอร์ต 2 ได้แก่ขาที่ 21-28 จะใช้งานสองหน้าที่คือ ใช้เป็นพอร์ต 8 บิตกับใช้เป็นขาแอดเดรส 8 บิตในการอ้างหน่วยความจำภายนอก

2.1.4 พอร์ต 3 (port 3)

พอร์ต 3 ได้แก่ขาที่ 10-17 จะใช้งานสองหน้าที่คือ เป็นพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุตและใช้เป็นขาควบคุมต่างๆดังตาราง

บิต	ชื่อ	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RXD	ใช้รับข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.1	TXD	ใช้ส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.2	INT0	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 0
P3.3	INT1	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 1
P3.4	T0	ตัวจับเวลา / ตัวนับตัวที่ 0
P3.5	T1	ตัวจับเวลา / ตัวนับตัวที่ 1
P3.6	WR	สัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำภายนอก
P3.7	RD	สัญญาณอ่านข้อมูลหน่วยความจำภายนอก

ตารางที่ 2.1 แสดงบิตและหน้าที่ต่างๆของพอร์ต 3

2.1.5 PSEN (Program Store Enable)

ขา PSEN เป็นขาที่ส่งสัญญาณออกคือขา 29 ขานี้จะแอกทีฟเมื่อ AT89S8252 ต้องการอ่าน โคดโปรแกรมภายนอกโดยปกติถ้าหน่วยความจำภายนอกเป็น EPROM ขา PSEN จะต่อกับขาเอาต์พุต Enable (Output Enable) (OE) ของ EPROM เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ALE (Address Latch Enable)

เนื่องจากพอร์ท 0 สามารถใช้เป็นขาอ้างอิงตำแหน่งและขาข้อมูล AT89S8252 จะมีขา ALE ได้แก่ ขา 30 ขานี้จะใช้ มัลติเพล็กซ์ สัญญาณแอดเดรสบัสของพอร์ท 0 ในการใช้งานระบบ AT89S8252 นั้นจะต้องมีอุปกรณ์มาต่อกับพอร์ท 0 ที่ทำหน้าที่ แลท (Latch) สัญญาณแอดเดรสบัสเมื่อ AT89S8252 ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก AT89S8252 จะส่งสัญญาณแอดเดรสบัส ออกมาก่อนทางพอร์ท 0 จากนั้นจะส่งสัญญาณ ALE มา แลท อุปกรณ์ภายนอกให้เก็บค่าแอดเดรส บัสของพอร์ท 0 ไว้เพื่อใช้พอร์ท 0 เป็นค่าด้าบัส ต่อไป

2.1.7 EA (External Access)

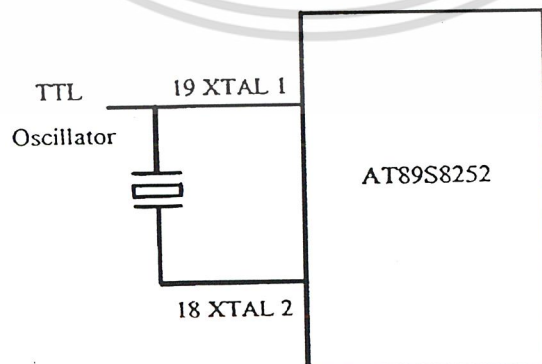
ขา EA ได้แก่ขาที่ 31 ถ้าขานี้เป็นลอจิก “ 1 ” จะใช้กับเบอร์ 8051 / 8052 เพื่อบอกว่าให้อ่าน โปรแกรมจากหน่วยความจำโปรแกรมภายใน แต่ถ้าลอจิกเป็น “ 0 ” จะบอกว่าให้ AT89S8252 ทำ โปรแกรมโดยอ่านจากหน่วยความจำภายนอก(ถ้าขา EA เป็น” 0 ” ขา PSEN จะแอกทีฟ) ถ้าหากเป็น เบอร์ 8031 หรือ 8032 ขา EA จะเป็น” 0 ” เสมอ เพราะว่าไม่มีโปรแกรมหน่วยความจำภายใน แต่ถ้า ใช้เบอร์ 8051 / 8052 ซึ่งมีหน่วยความจำภายในและให้ขา EA เป็น “ 0 ” ซึ่งจะดีสเอเบิลรอม (Disable ROM) ภายในและจะอ่าน โปรแกรมจาก EPROM ภายนอกเสมอ

2.1.8 RST (Reset)

ขา RST ได้แก่ขา 9 จะใช้ในการรีเซ็ต AT89S8252 โดยจะให้ขานี้เป็นลอจิก” 1 ” อย่างน้อย 2 แมกซ์ซิงไซเคิล (Machine Cycles) จึงจะรีเซ็ตระบบได้

2.1.9 ความถี่สัญญาณนาฬิกาบนชิพ (On-chip Oscillator Inputs)

เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) บนชิพ ได้แก่ขา 18-19 โดยต่อ คริสตอล (Crytal) เข้ากับ ขานี้ โดยปกติมักจะใช้ คริสตอล ความถี่ 12 MHz กับตัวเก็บประจุหรืออาจใช้สัญญาณนาฬิกาจาก TTL Clock Source ต่อกับ XTAL1 และ XTAL2 ดังรูป



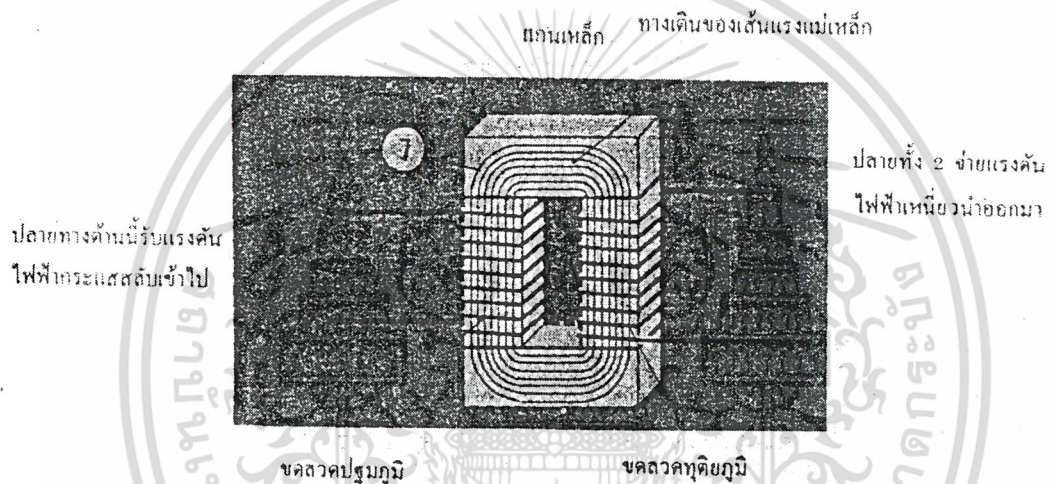
รูปที่ 2.2 ขาของ AT89S8252 ที่ใช้ต่อกับ XTAL

ใน AT89S8252 จะใช้แหล่งจ่ายไฟ 5V ต่อเข้ากับขา VCC (40) ส่วนขา VSS (20) จะต่อลงกราวด์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หม้อแปลงไฟฟ้า

2.2.1 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

นั้นประกอบด้วย ขดลวด 2 ขด พันอยู่บนแกนเหล็กขดลวดส่วนที่รับแรงดันไฟฟ้าเราเรียกว่า ขดปฐมภูมิ (Primary Winding) จากที่ผ่านมาก็คือขดแรก และขดที่สองคือ ขดที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำออกมา เราเรียกว่า ขดทุติยภูมิ (Secondary Winding) แกนเหล็กที่เป็นแกนให้ขดลวดทั้ง 2 พันอยู่บนนั้นก็เพื่อเป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กและทำให้จำนวนของเส้นแรงแม่เหล็กมากขึ้นด้วย

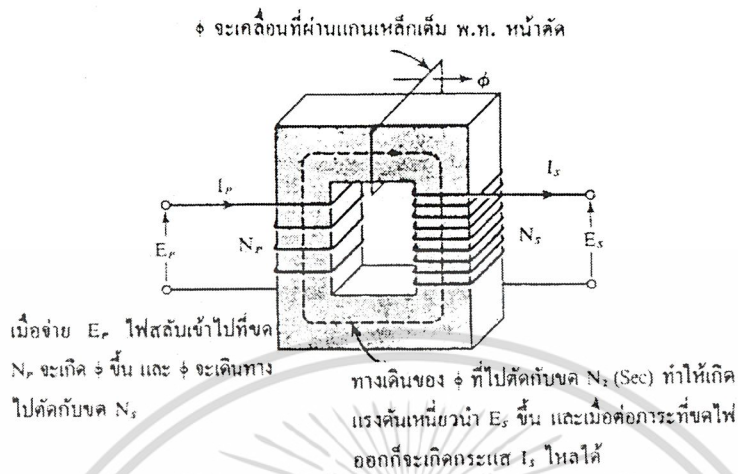


รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบของหม้อแปลงไฟฟ้าอย่างเบื้องต้น

2.2.2 การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเข้าไปที่ขดปฐมภูมิก็จะทำให้เกิดกระแสไฟสลับไหลในขดปฐมภูมิ เส้นแรงแม่เหล็กก็จะเริ่มขยายตัวออกมาจากขดปฐมภูมิ และเมื่อพันแกนเหล็กก็จะเคลื่อนที่ไปตามแกนเหล็ก ไปตามทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้น เมื่อเคลื่อนที่มาถึงขดทุติยภูมิเส้นแรงแม่เหล็กนี้ก็จะตัดกับขดทุติยภูมิ ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำออกมาที่ปลายทั้ง 2 ของขดทุติยภูมิ และเนื่องจากว่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับนั้นมีการเปลี่ยนแปลงระดับของกระแสอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจึงมีอยู่ตลอดเวลาตามลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าสลับที่ป้อนเข้ามา

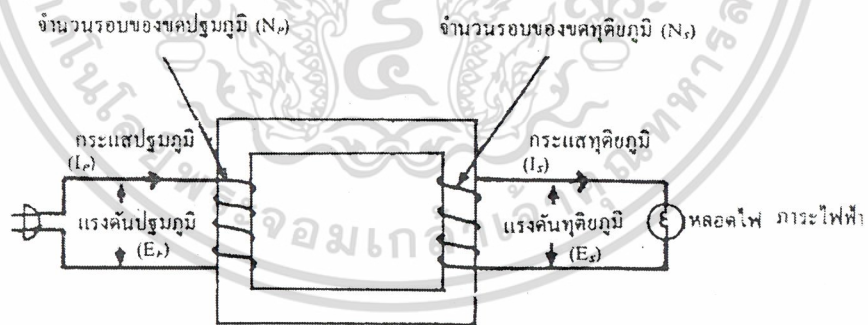
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

2.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน , กระแสไฟฟ้า และจำนวนรอบของขดลวดทั้งสอง

การที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าที่ขดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลที่ขดปฐมภูมิ และมีการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขดทุติยภูมิ และเมื่อนำภาระไฟฟ้ามาต่อก็จะทำให้เกิดกระแสไหลที่ขดทุติยภูมิ ดังรูป



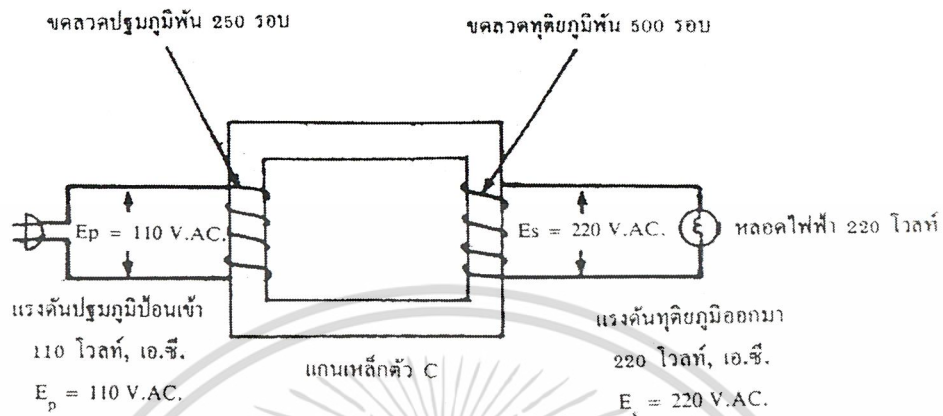
รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ของแรงดัน , กระแส และจำนวนรอบของขดลวด

หม้อแปลงทั่วไปนั้นใช้สำหรับแปลงแรงดันไฟฟ้า มีอยู่ 2 ชนิด คือ

2.2.3.1 หม้อแปลงเพิ่มแรงดันไฟฟ้า (Step-up Transformer)

หม้อแปลงชนิดนี้ใช้สำหรับเมื่อต้องการเพิ่มแรงดันให้สูงขึ้น เช่น เรามีเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ , AC แต่ไฟที่บ้านมีขนาด 110 โวลต์ , AC เราก็ต้องเพิ่มแรงดัน ไฟจาก 110 โวลต์ , AC ให้เป็น 220 โวลต์ , AC เพื่อให้เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นทำงานได้โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าเพิ่มขนาด 110 / 220 V.AC.

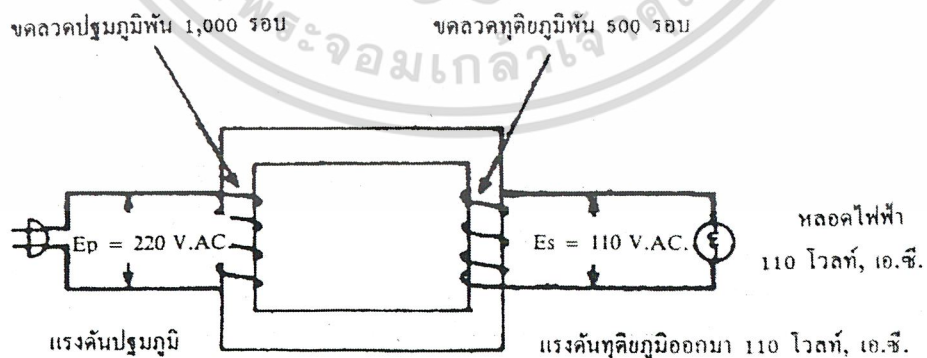
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงวงจรของหม้อแปลงแรงดัน แบบเพิ่มแรงดันจาก 110 เป็น 220 โวลต์, AC.

2.2.3.2 หม้อแปลงลดแรงดันไฟฟ้า (Step-down Transformer)

เป็นหม้อแปลงที่ใช้งานตรงกันข้ามกับหม้อแปลงเพิ่ม คือใช้เมื่อเราต้องการลดค่าแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลง เช่น ถ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าของเราขนาด 110 โวลต์, AC แต่ขนาดของไฟที่บ้านมีแรงดัน 220 โวลต์, AC เราก็ต้องใช้หม้อแปลงขนาด 220 / 110 โวลต์, AC ต่อเข้าไป เพื่อให้มีขนาดแรงเคลื่อนลดต่ำลงเป็น 110 โวลต์, AC เท่ากับเครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งถ้าเราไม่ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแล้ว อาจเป็นอันตรายกับเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นได้



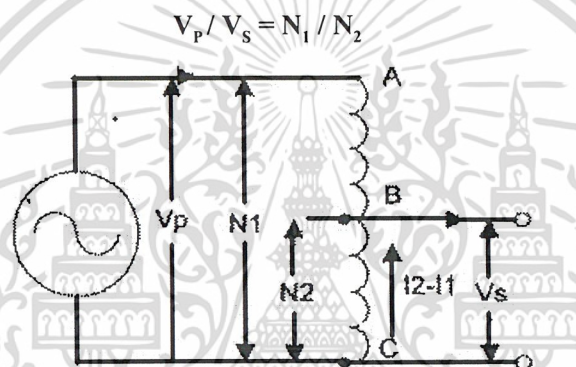
รูปที่ 2.7 แสดงวงจรของหม้อแปลงแรงดัน แบบลดแรงดันจาก 220 เป็น 110 โวลต์, AC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.3 Auto- Transformer

หม้อแปลงชนิดนี้เป็นแบบที่มีขดลวดชุดเดียวทั้งทางด้าน Primary และ Secondary อยู่ในตัว จึงเป็นการประหยัดขดลวดและราคาถูกลง ในทางทฤษฎีและปฏิบัติจะมีหลักการเช่นเดียวกับหม้อแปลงธรรมดาทั่วไป ปกติ Auto-Transformer มักจะนำมาใช้ในงานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าที่มี Transformation Ratio ที่ผิดปกติไปจากหนึ่งเพียงเล็กน้อย

จากรูปที่ 2.8 เป็นรูปแบบของ Auto-Transformer ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าที่ระหว่างจุด AC เป็นจำนวนขดลวดด้าน Primary และ BC เป็นจำนวนขดลวดด้าน Secondary ซึ่งจะแทนด้วย N_1 และ N_2 ตามลำดับ โดยการตัดค่าของ Iron Loss และไม่มี Load จึงได้



รูปที่ 2.8 แสดงรูปแบบของ Auto-Transformer

กระแสที่ไหลใน BC นั้นก็คือ ผลต่างของ Vector I_1 และ I_2 ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วกระแสทั้งสองมีเฟสตรงกันข้ามกันจึงได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น $I_1 - I_2$ โดยที่ $I_2 > I_1$ หม้อแปลงแบบนี้ใช้มากในการเพิ่มและลด Power-Line Voltage ที่เรารู้จักต่างๆ ไป เช่น Variac และ Power Stat เป็นต้น

เนื่องจาก Auto-Transformer มีขนาดขดลวดเพียงชุดเดียว ฉะนั้นจึงทำให้ประหยัดลวดทองแดงที่จะใช้ทั้งนี้เพราะปริมาณลวดทองแดงนั้นจะขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดและความยาวของลวดที่ใช้ จำนวนรอบของลวดขึ้นอยู่กับความยาว ส่วนกระแสนั้นก็ขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัด ฉะนั้น น.น. ของลวดทองแดงที่ใช้ทั้งหมดจึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของกระแสและจำนวนรอบของขดลวด

จากรูป จะได้ว่า น.น. ของทองแดง

$$AB = \propto (N_1 - N_2) I_1$$

$$BC = \propto (I_2 - I_1) N_2$$

ฉะนั้น น.น. ทั้งหมดของทองแดงใน Auto-Transformer เท่ากับ

$$\propto [(N_1 - N_2) I_1 + (I_2 - I_1) N_2]$$

ในกรณีที่เรานำ Auto-Transformer แบบที่ต้องใช้ขดลวด 2 ชุด โดยให้ทำหน้าที่เหมือนเท่าๆกัน

จะได้ว่า น.น. ของทองแดงที่ใช้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น.น. ของทองแดงทางด้าน Primary = $\propto N_1 I_1$

น.น. ของทองแดงทางด้าน Secondary = $\propto N_2 I_2$

น.น. ของทองแดงทั้งหมด = $\propto (N_1 I_1 + N_2 I_2)$

ดังนั้น น.น. ของทองแดงใน Auto-Transformer / น.น. ของทองแดงในหม้อแปลงธรรมดาจะ
เท่ากับ

$$= [(N_1 - N_2) I_1 + (I_2 - I_1) N_2] / (N_1 I_1 + N_2 I_2) \text{ หรือ } = W_a / W_o$$

$$= (N_1 I_1 - 2N_2 I_1 + N_2 I_2) / (N_1 I_1 + N_2 I_2)$$

$$= 1 - (2N_2 I_1) / (N_1 I_1 + N_2 I_2)$$

$$= 1 - 2a / (1 + 1)$$

$$= (1 - 1) / a$$

เมื่อ น.น. ของทองแดงใน Auto-Transformer แทนด้วย W_a ส่วน Transformer ทั่วไปจะแทนด้วย W_o
ฉะนั้นจะได้

$$W_a = (1 - 1/a) * W_o$$

ยังประหยัดทองแดงได้เท่ากับ

$$= W_o - W_a$$

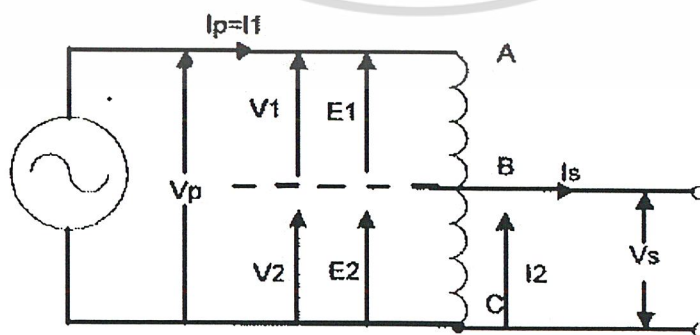
$$= W_o - W_o (1 - 1/a)$$

$$= W_o / a$$

ดังนั้นการประหยัดจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อ a มีค่าเข้าใกล้ 1

2.2.4. ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับกระแส (Voltage and Current Relation)

จากรูปที่ 2.9 ขดลวดชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ต่ออนุกรมกันชุดหนึ่งเรียก Series Winding ชุด 2
เรียกว่า Common Winding



รูปที่ 2.9 แสดงการเปลี่ยนขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หม้อแปลงแบบนี้เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าจากสูงไปต่ำหรือต่ำไปสูงได้โดยที่กำลังไฟฟ้าไม่เปลี่ยนแปลงดังนั้นจากรูปจะได้รับความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$V_s = V_2 \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

$$V_p = V_1 + V_2 \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

สำหรับ V_1 และ V_2 มีค่าแตกต่างจาก E_1 และ E_2 ซึ่งอันเนื่องมาจาก Impedance Drop ใน Winding ของแต่ละชุดแต่ Induced e.m.f. E_1 และ E_2 อยู่ในเฟสเดียวกัน (Inphase) ในกรณีที่ V_1 และ V_2 นั้นมี เฟสต่างกันเล็กน้อย (Out Of Phase) ฉะนั้น $V_1 + V_2$ เมื่อรวมกันตาม Vector จึงมีค่าเกือบเท่ากันเมื่อรวมกันโดยตัวเลขในที่นี้ก็จะมาทำการพิจารณา Induced e.m.f. ของขดลวดทั้งสองเพื่อหาความสัมพันธ์ต่างๆ และเพื่อความสะดวกนั้นคือ

$$E_a = E_2 \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

และ

$$E_p = E_1 + E_2 \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

แต่

$$E_1/E_2 = N_1/N_2 \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

จาก (3.3) , (3.4) และ (3.5) ได้

$$\begin{aligned} E_p &= E_2(N_1/N_2 + 1) \\ &= [(N_1 + N_2)/N_2] E_a \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

เมื่อ E_p และ E_s เป็น Induced e.m.f. ที่เกิดขึ้นทาง Primary และ Secondary ตามลำดับในทำนองเดียวกันเรารู้ว่า

$$V_p / V_s \propto E_p / E_s = (N_1 + N_2) / N_2 \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

จากรูปที่ จะ ได้รับความสัมพันธ์ของกระแสดังนี้

$$I_p = I_1 \quad \dots\dots\dots (3.8)$$

$$I_s = I_1 + I_2 \quad \dots\dots\dots (3.9)$$

เมื่อไม่คิด Exciting Current ได้

$$N_1 I_1 = N_2 I_2 \quad \dots\dots\dots (3.10)$$

จาก (3.8) , (3.9) และ (3.10) ได้

$$\begin{aligned} I_s &= I_1(1 + N_1/N_2) \\ &= [(N_1 + N_2)/N_2] I_p \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (3.11)$$

หรือ

$$I_p/I_s = N_2/(N_1 + N_2) \quad \dots\dots\dots (3.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการต่างๆด้านบนจะเห็นได้ว่า ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสก็มีหลักการเช่นเดียวกับหม้อแปลงธรรมดานั่นเอง

2.2.5 การใช้งาน Auto- Transformer

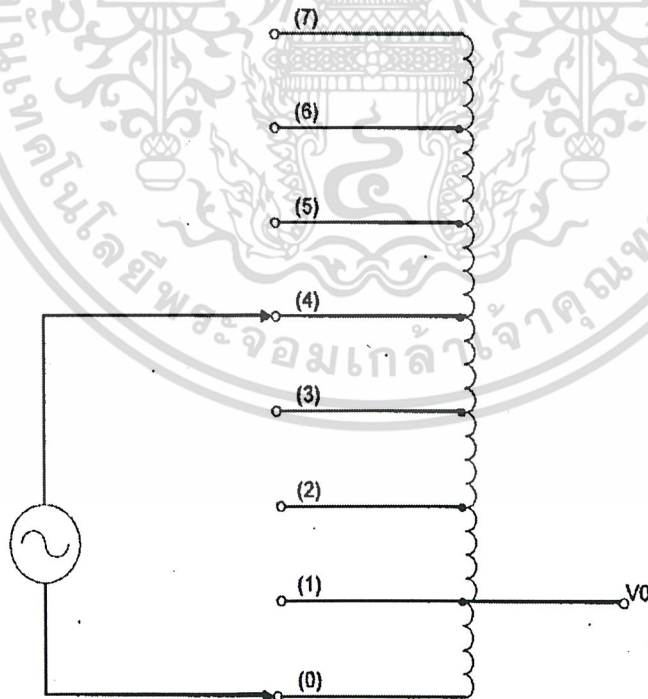
สำหรับการใช้งาน Auto- Transformer มักใช้เมื่อค่าของ a เกือบเท่ากับ 1 ดังนี้

2.2.5.1 เพื่อชดเชย Voltage Drop ของสาย Cable ที่จ่ายไปยังพวก Load ต่างๆ โดยการใช้ Auto- Transformer ต่อเสริมเข้าไปใน Cable นั้นๆ

2.2.5.2 ใช้เป็นตัว Start ของ Introduction Motor ในระหว่างการ Start โดยใช้ค่า Voltage ของตัวมันเองได้สูงถึง 50%- 60% ของ Full Load ของ Motor

2.2.5.3 ใช้เป็น Furnace Transformer เพื่อให้ได้ Supply ที่เหมาะสมเพื่อจ่ายให้กับ Furnace Winding ได้อย่างสะดวกโดยที่ได้จาก Supply 230 v

ด้วยคุณสมบัตินี้ของ Auto- Transformer จึงทำให้ผู้จัดทำนำมาใช้ในการปรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าที่ผิดพลาดก่อนจะจ่ายเข้า Load ผ่านเข้าสู่ทาง Input อันใดอันหนึ่งที่จ่ายผ่านทาง Output ของ Transformer โดยหม้อแปลงจะพันตามลักษณะดังในรูป



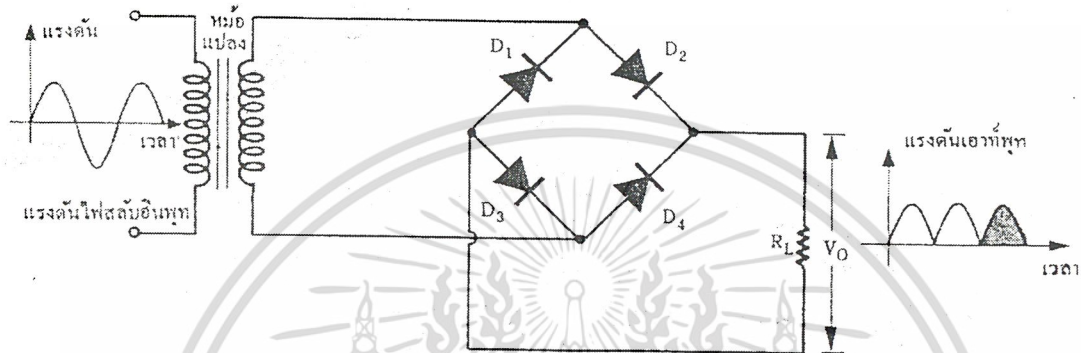
รูปที่ 2.10 แสดงการปรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้า

จากรูปที่ 2.10 สมมติว่าเราต้องการให้ Output ของหม้อแปลงเป็น 220 V เมื่อมีแรงดันขนาด 210 V ผ่านเข้ามา ก็ให้ทำการสวิตซ์เข้าที่ Input 210 V อันจะทำให้ Output ที่ออกมานั้นเป็น 220 V ได้

ตามที่กล่าวมาแล้ว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์ (Bridge Rectifier)

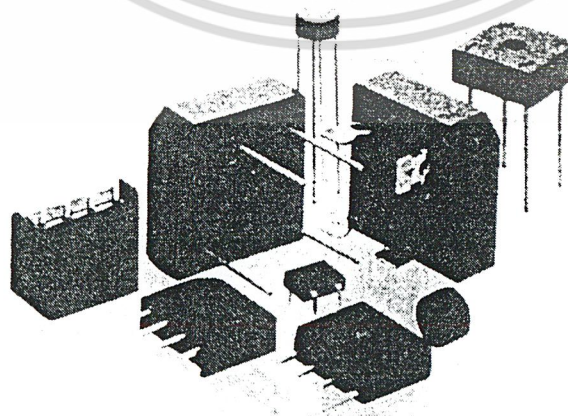
วงจรที่ให้สัญญาณออกเป็นรูปฟูลเวฟ (Full wave) อีกแบบหนึ่งคือ วงจรเรกติไฟเออร์แรงดันไฟสลับจะต่อเข้ากับสองมุมของวงจรบริดจ์ และเอาที่พุกจะถูกนำออกที่สองมุมที่เหลือคือวงจรในรูป



รูปที่ 2.11 แสดงการทำงานของวงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์

วงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นและครึ่งคลื่น จะนำวงจรใดไปใช้งานก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม เช่น ต้องการแรงดันไฟฟ้าขาออก (V_o ซึ่งเป็นแรงดันไฟตรง) เท่าไร หรือมีไดโอดใช้งานกี่ตัว และหม้อแปลงที่ใช้เป็นแบบใด การหาค่า V_o ก็หาด้วยสูตรต่างๆ โดยต้องรู้ค่าแรงดันขาเข้า V_{in} ซึ่งเป็นไฟสลับก่อน

สำหรับวงจรเต็มคลื่นแบบบริดจ์นั้นใช้ไดโอด 4 ตัวต่อเรียงกัน ในปัจจุบันนี้มีโมดูลของบริดจ์เรกติไฟเออร์แบบสำเร็จรูปใช้กันแพร่หลายโดยจะมีขาออกมา 4 ขา ซึ่งระบุมาเลยว่าขาใดไฟสลับเข้า และขาใดเป็นไฟตรงออก ใช้งานสะดวกมากมีขนาดทนกระแสตั้งแต่ 1A จนถึง 50A



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะโมดูลของบริดจ์เรกติไฟเออร์ขนาดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ความต้านทาน

ตัวต้านทานเป็นสิ่งที่สำคัญมากในวงจรไฟฟ้าต่างๆ โดยทั่วไปที่พบเห็นจะแบ่งออก 2 ชนิดตามลักษณะการทำงานคือ

2.4.1 ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่

- แบบคาร์บอน มีขนาดเล็กมีกำลังสูญเสียน้อย ขนาดใหญ่ขึ้นมีกำลังมากขึ้นภายนอกพลาสติกจะมีแถบสีบอกค่าความต้านทานเป็นรหัสสี
- แบบขดลวด นิยมสร้างขึ้นให้มีขนาดใหญ่ซึ่งจะทนกำลังไฟฟ้าได้สูง
- แบบฟิล์มโลหะ มีลักษณะคล้ายแบบคาร์บอนแต่มีความเที่ยงตรงกว่า จึงมีค่าผิดพลาดน้อยกว่าปกติ

รหัสสีของตัวต้านทาน RESISTOR COLOR CODE	สี	แถบที่ 1	แถบที่ 2	แถบที่ 3
	BLACK ดำ	0	0	10^0
	BROWN น้ำตาล	1	1	10^1
	RED แดง	2	2	10^2
	ORANGE ส้ม	3	3	10^3
	YELLOW เหลือง	4	4	10^4
	GREEN เขียว	5	5	10^5
	BLUE น้ำเงิน	6	6	10^6
	VIOLET ม่วง	7	7	10^7
	GREY เทา	8	8	10^8
	WHITE ขาว	9	9	10^9
	GOLD ทอง	-	-	10^{-1}
	SILVER เงิน	-	-	10^{-2}

แถบที่ 1	แถบที่ 2	แถบที่ 3	แถบที่ 4
บอกค่าตัวตั้งตัวแรก	บอกค่าตัวตั้งตัวที่ 2	บอกค่าตัวคูณเป็นค่าเลขฐาน 10 ยกกำลัง	บอกค่าผิดพลาดเป็นเปอร์เซ็นต์ (ถ้าไม่มีสี $\pm 20\%$, สีเงิน $\pm 10\%$, สีทอง $\pm 5\%$, สีน้ำตาล $\pm 1\%$)

รูปที่ 2.13 แสดงตารางและวิธีอ่านค่ารหัสสีของตัวต้านทาน

2.4.2 ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้

คือ ตัวต้านทานชนิดที่สามารถปรับค่าได้อาจมีแกนหมุนหรือแกนเลื่อนเพื่อเปลี่ยนค่าความต้านทานของตัวมัน คือ เปลี่ยนค่าได้จากค่าศูนย์จนถึงค่าสูงสุดที่ระบุไว้แต่ละตัว สัญลักษณ์ของตัวต้านทานทั้ง 2 แบบแสดงในรูป



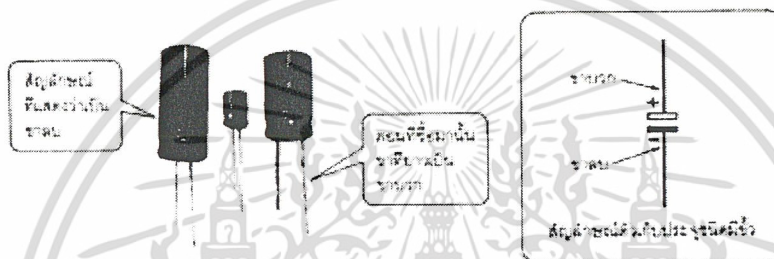
รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะภายนอกของตัวต้านทานปรับค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ตัวเก็บประจุ

2.5.1 แบบอิเล็กทรอนิกส์

จะใช้กันมากกับวงจรแหล่งจ่ายไฟตรง (D.C. Supply) เพื่อใช้เป็นตัวเรียงกระแสให้แรงดันไฟกระแสตรงนั้นเรียบยิ่งขึ้น และมีสัญญาณรบกวนน้อยลง และจะใช้เฉพาะวงจรไฟตรงเท่านั้นเพราะโครงสร้างใช้ได้เฉพาะกับไฟตรง ขนาดความจุมีตั้งแต่ $0.1 \mu\text{F}$ ถึง $1,000,000 \mu\text{F}$ ทนแรงดันได้ตั้งแต่ 10 ถึง 600 V



รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะภายนอกของตัวเก็บประจุแบบ อิเล็กทรอนิกส์

2.5.2 แบบกระเบื้อง

เรามักจะเรียกกันว่า ตัวเก็บประจุแบบเซรามิก ปกติจะสร้างขึ้นมามีความจุเล็กน้อยคือ ขนาดระหว่าง 1 pf ถึง 47,000 pf ขนาดความจุทนแรงดันได้ตั้งแต่ 50 ถึง 1,000 V และมีค่าผิดพลาด ± 5 ถึง $\pm 20 \%$ ตัวเก็บประจุแบบนี้ยังมีความจุมากเท่าไรขนาดยิ่งใหญ่ และค่าผิดพลาดก็จะมากขึ้นด้วย



รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะภายนอกของตัวเก็บประจุแบบกระเบื้อง

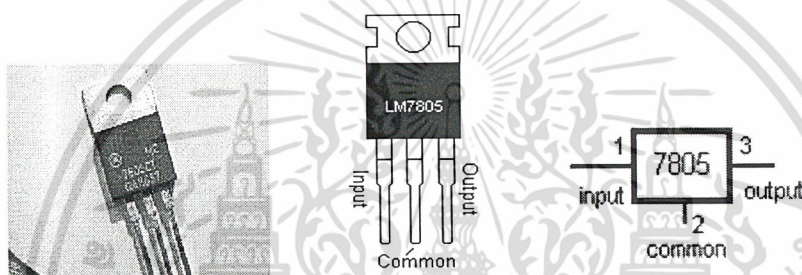
2.6 แอล.อี.ดี. (LED)

LED เป็นไดโอดชนิดหนึ่ง ซึ่งเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาดที่เหมาะสมและถูกกับ LED แล้ว LED จะเปล่งแสงสว่างออกมา คือ ถ้าต่อไฟบวกกับขั้วแอนอด (A) และต่อไฟลบกับขั้วคาโทด (K) LED สว่าง แต่ถ้าต่อกลับขั้ว LED จะดับบางที่ก็มีผู้เรียก LED ว่าไดโอดเปล่งแสง LED นั้นเปล่งแสงได้หลายสีขึ้นอยู่กับสารที่นำมาใช้สร้างตัวมันของ LED จะมีขาคือเหมือนไดโอด และเรียกชื่อเหมือนกันด้วยปกติแล้วขาแอนอด (A) จะยาวกว่า ขาคาโทด (K) เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ไอซีเร็กกูเลเตอร์

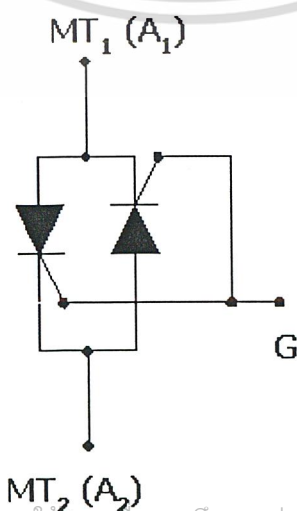
ไอซีเร็กกูเลเตอร์ 7805,7815 เป็นไอซีที่ใช้ในวงจรควบคุมแรงดันให้คงที่ โดยมีค่าแรงดัน 5V,15 V ข่ายกระแสได้ 1 A แต่ถ้าเป็นเบอร์ 79xx จะให้แรงดันไฟลบออกมา เช่น -15V ,-9V การต่อวงจรใช้แรงดันเอาต์พุตออกมา 5V,15V โวลท์เมื่อใช้ไอซีเบอร์ 7805,7815 ในวงจรประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสและกรองกระแสทำหน้าที่ป้องกันสัญญาณบกวนความถี่สูงที่เข้ามาทำความเสียหายให้กับไอซี ถ้าใช้กระแสมากควรติดแผ่นระบายความร้อนให้กับไอซีด้วย(ไม่เกิน 1 แอมป์) แต่ถ้าต้องการที่จะให้มีกระแสมากขึ้นต้องใช้ทรานซิสเตอร์แบ่งกระแสให้กับไอซี



รูปที่ 2.17 ลักษณะรูปร่างภายนอก และขาใช้งาน

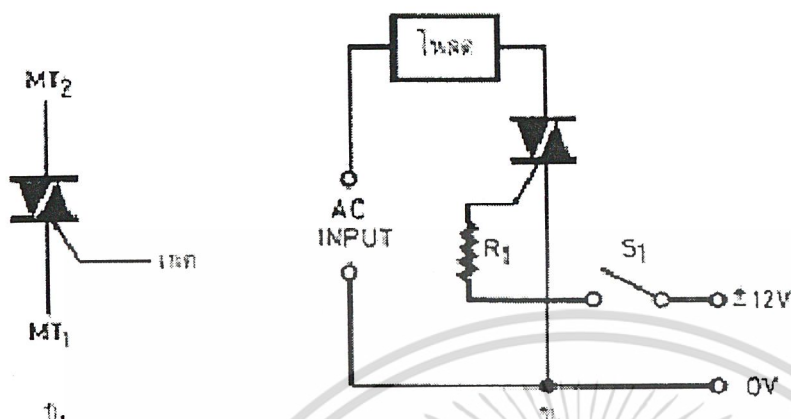
2.8 ไตรแอก

ลักษณะโครงสร้างของไตรแอกนี้เหมือนกับการนำเอาเอสซีอาร์ 2 ตัวมาต่อขนานกันในลักษณะกลับขั้ว ส่วนขาเกตต่อรวมเข้าด้วยกัน ดังนั้นไตรแอกจะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม ระบบไฟได้ทั้งแบบไฟตรง และไฟสลับ นั่นคือความสามารถในการนำกระแสได้ทั้งสองทิศทาง โดยการทริกที่เกตนั่นก็สามารถกระทำได้ทั้งสองทิศทางเช่นกัน รุแสดงการใช้ เอส.ซี.อาร์ 2 ตัวต่อเป็น ไตรแอก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 การทำงานของไทรแอก



รูปที่ 2.18 ก. สัญลักษณ์ของ ไทรแอก ข. การใช้งานพื้นฐาน

คุณสมบัติพื้นฐานของไทรแอกซึ่งมีดังนี้

2.8.1.1 โดยปกติ ถ้าไม่มีสัญญาณริกที่เกท ไทรแอกจะไม่ทำงานโดย จะมีลักษณะเหมือนกับสวิตช์ที่ถูกเปิดวงจร

2.8.1.2 ถ้าในกรณีที่ MT2 และ MT1 ถูกป้อนด้วยแรงดันบวกและลบตามลำดับ ไทรแอกจะถูกกระตุ้นให้ทำงานได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เพียงสั้น ๆ ที่เกทของมัน โดยจะมีแรงดันตกคร่อมตัวมัน มีค่าประมาณ 1 หรือ 2 โวลต์ เท่านั้น และก็เช่นกันคือเมื่อ ไทรแอกเริ่มทำงานแล้ว ก็จะสามารถคงสภาพการทำงานอยู่เช่นนั้นต่อไปเรื่อย ๆ ตรวจจับที่ยังมีกระแสไหลผ่านตัวมันอย่างต่อเนื่อง

2.8.1.3 หลังจากที ไทรแอกคงสภาพการทำงานอยู่นั้น ทางเดียวที่จะหยุดการทำงานลงได้ ก็โดยการลดปริมาณกระแสที่ไหลผ่านตัวมันลง ให้มีค่าต่ำกว่ากระแส โฮลด์จิงของมัน ในกรณีที่ใช้ไทรแอกในการจ่ายกระแส AC การหยุดทำงานจะเกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติ เมื่อแรงดันของไฟสลับเข้าใกล้จุดตัดศูนย์ที่เกิดขึ้น ทุก ๆ ครึ่งคลื่น นั่นคือกระแสจะลดลงเป็นศูนย์

2.8.1.4 ไทรแอกถูกกระตุ้นให้ทำงานได้ ทั้งสัญญาณแบบบวกและลบที่ป้อนให้แก่เกท โดยไม่คำนึงถึงขั้วที่ต่ออยู่ที่ MT1 และ MT2

2.8.1.5 ไทรแอกสามารถทนการกระชากของกระแสได้สูง เช่น โดยปกติสำหรับไทรแอกที่ทนกระแสปกติได้ 10 แอมแปร์ (rms) สามารถทนการกระชากของกระแสในช่วงหนึ่ง คาบเวลาของไฟ 60 เฮิร์ตซ์ได้สูงถึง 100 แอมแปร์ เป็นต้น

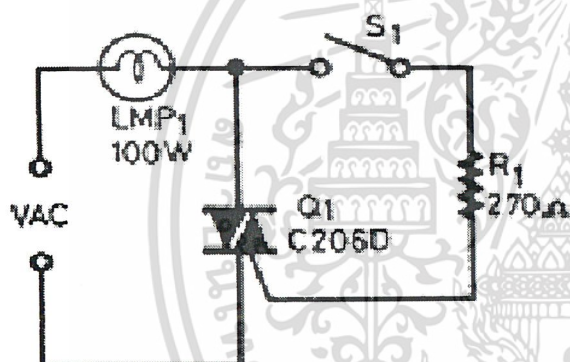
ตาราง แสดงคุณสมบัติที่สำคัญของไทรแอกที่นิยมใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์	PIV	กระแส อาร์เคินเอส	V_{GT} (สูงสุด)	I_{GT} (สูงสุด)	I_H (สูงสุด)
C206D	400 V	3 A	2 V	5 mA	30 mA
2N6073	400 V	4 A	2.5 V	30 mA	70 mA
C226D	400 V	8 A	2.5 V	50 mA	60 mA
5C146D	400 V	10 A	2.5 V	50 mA	75 mA
TIC246D	400 V	15 A	2.5 V	50 mA	50 mA

ตารางที่ 2.2 แสดงการทนกระแสของไทรแอก

2.8.2 ตัวอย่างการใช้งานพื้นฐานของไทรแอก



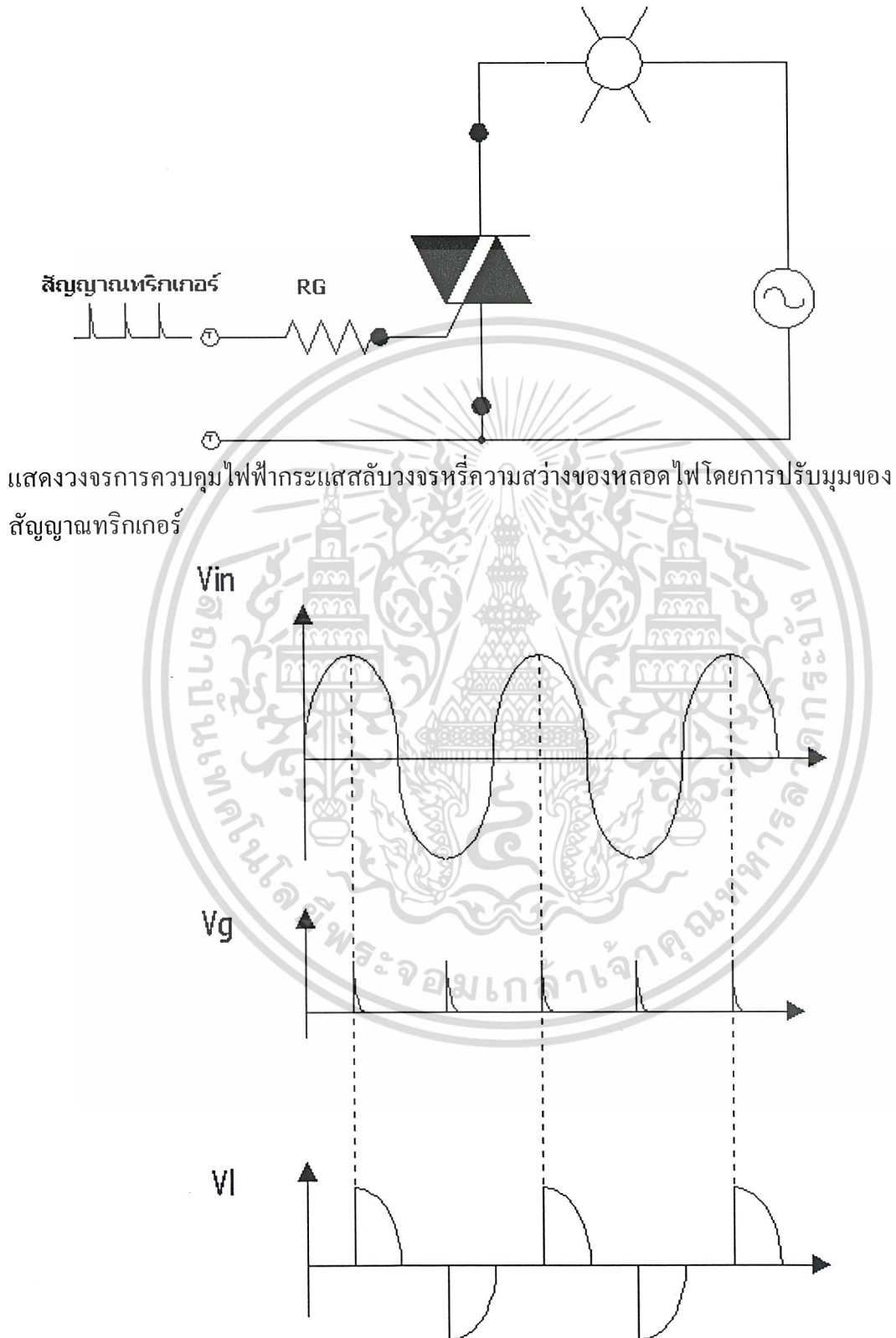
รูปที่ 2.19 วงจรแบบพื้นฐานที่สุดในการใช้งานไทรแอก

ในรูปแสดงถึงการที่ไทรแอกสามารถทำงานเป็นสวิตช์ ที่ใช้ควบคุมการจ่ายกระแสไหลแบบที่ง่ายที่สุด โดยเมื่อสวิตช์ S_1 เปิดวงจรอยู่ ไทรแอกและโหลดจะไม่ทำงาน แต่เมื่อ S_1 ถูกปิดวงจรลง ที่จุดเริ่มต้นของทุก ๆ ครึ่งตามของสัญญาณไฟสลับที่ให้นั้น ไทรแอกจะยังไม่นำกระแส แต่หลังจากนั้นเพียงเล็กน้อยแรงดันที่ขาเกต ก็มีค่าสูงพอที่จะทำให้ไทรแอกเริ่มนำกระแสได้ ดังนั้น หลอดไฟจะติดสว่าง และไทรแอกจะหยุดทำงานลงอีก เมื่อแรงดันของสัญญาณไฟสลับเข้าใกล้จุดตัดศูนย์อีกครั้ง แล้วก็จะเริ่มทำงานใหม่เป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ

2.8.3 การควบคุมกำลังไฟแบบเฟสทริกเกอร์

จากตัวอย่างของการใช้งาน ไทรแอก ที่กล่าวมาตั้งแต่ต้นนี้เป็นการใช้งานในลักษณะเป็นสวิตช์ เปิด/ปิด การจ่ายไฟให้แก่โหลดต่าง ๆ แต่ความจริงแล้วการใช้งานสามารถขยายออกไปได้อีกมาก เช่น ใช้เป็นวงจรหรี่ความสว่างของหลอดไฟ หรือเป็นวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์ เป็นต้นซึ่งก็ล้วนแล้วแต่เป็นการใช้งานควบคุมกำลังไฟ ที่จะจ่ายให้แก่โหลดในระบบที่เรียกว่าเฟส - ทริกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

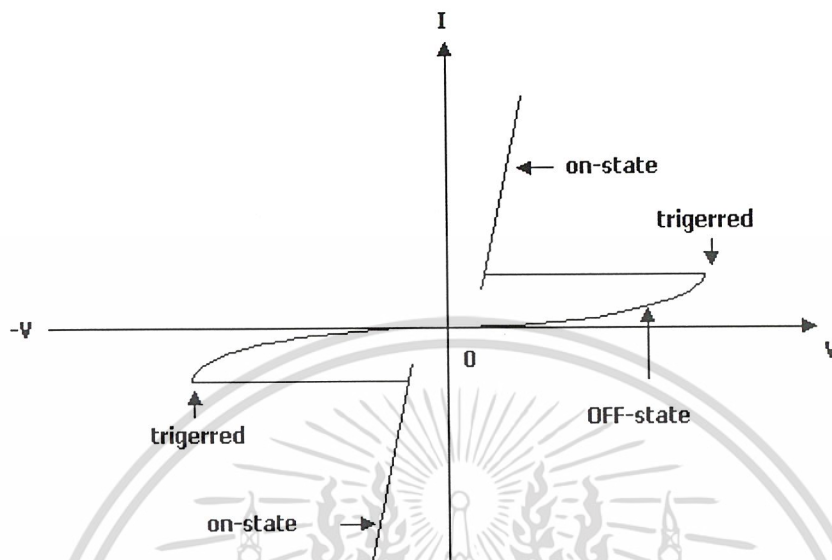


รูปที่ 2.20 การเปลี่ยนแปลงค่าของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่โหลด

โดยกำหนดได้จากตำแหน่งเวลาของการทริกที่ให้แก่ไทรแอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4 กราฟลักษณะสมบัติของไทรแอก



2.9 ไอซีจุดชนวนเกต TCA 785

TCA 785 Integrated Phase Control เป็นวงจรรวมที่สร้างพัลส์จุดชนวนเกต เอสซีอาร์และไทรแอก(ซึ่งต่อไปจะเรียกรวมว่า ไทริสเตอร์) โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานดังต่อไปนี้

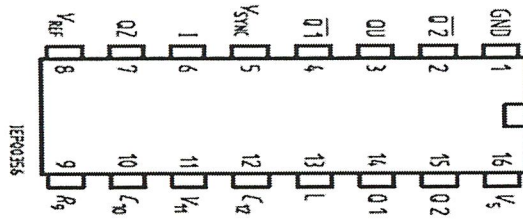
2.9.1 วงจรเรียงกระแส แบบควบคุมได้เต็มทีและครึ่งเดียว(Fully and Half Control) ทั้งแบบเฟสเดียวและสามเฟส

2.9.2 วงจรควบคุมมุมเฟสแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียวและสามเฟสTCA 785 มีคุณสมบัติเด่นหลายประการดังนี้

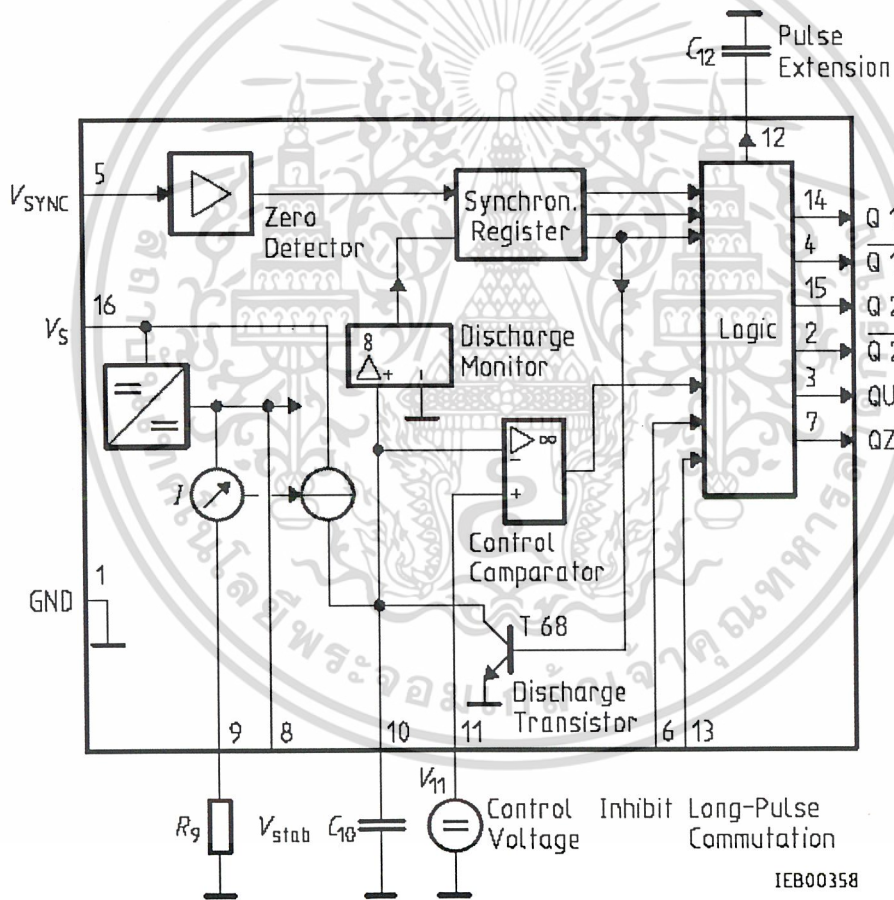
- สามารถจุดชนวนเกตไทริสเตอร์ได้อย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถเลื่อนมุมจุดชนวนเกตได้ระหว่าง $0 - 180^{\circ}$
- ใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงในช่วง 8 – 18 โวลต์
- กระแสภายในวงจรรวมใช้ประมาณ 4.5 mA – 10 mA
- สามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิ -25 ถึง 85°C
- กระแสจุดชนวนเกตสามารถจ่ายได้ถึง 250 mA
- สัญญาณจุดชนวนเกตสามารถควบคุมได้โดยขา Inhibit function
- ลักษณะของสัญญาณจุดชนวนเกตสามารถที่จะกำหนดได้เป็นแบบเดี่ยว และแบบต่อเนื่อง
- ใช้งานกับวงจร Zero Crossing

- ใช้งานได้ใช้งาน 10 – 500Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

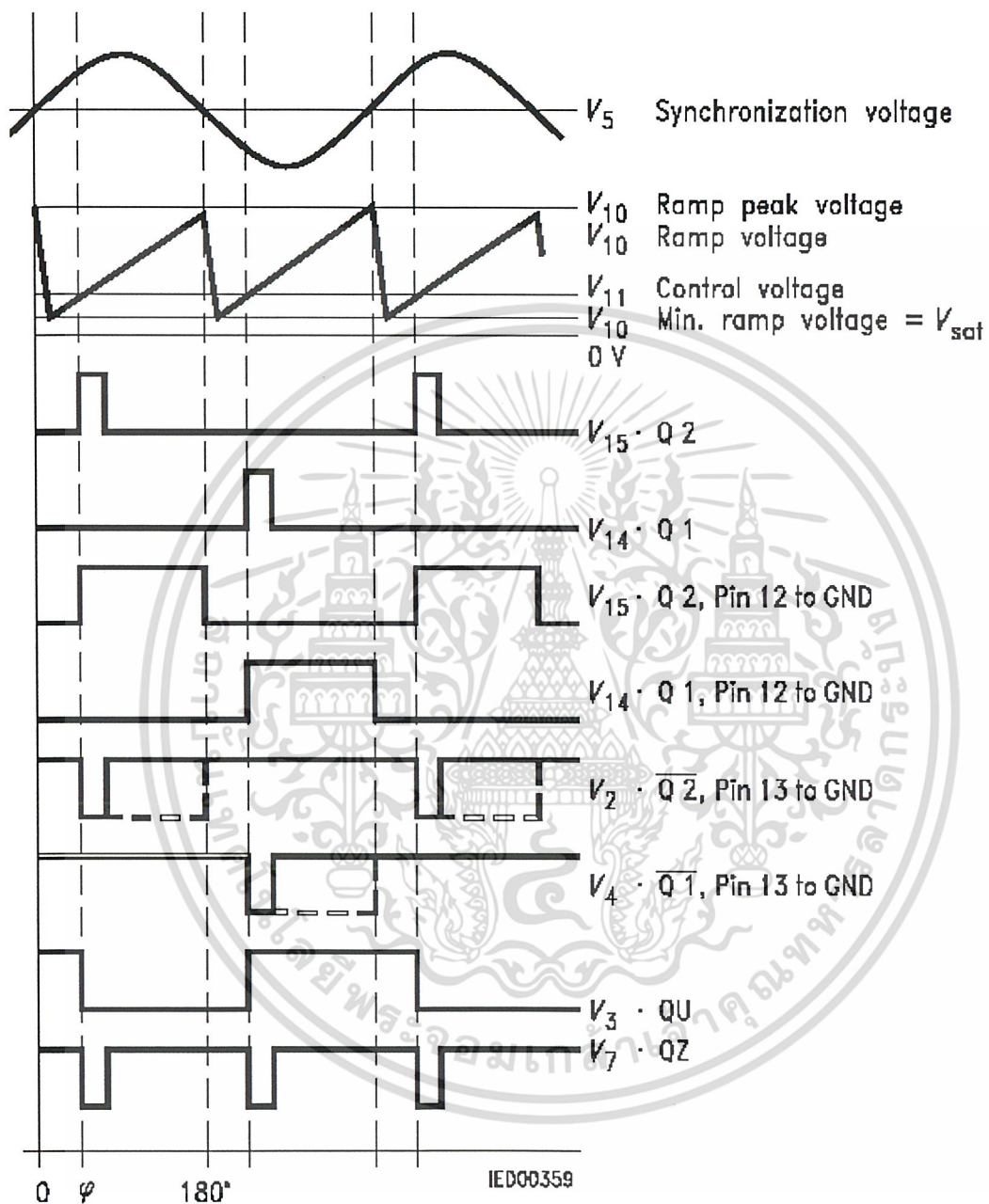


รูปที่ 2.21 แสดงตำแหน่งขาของ TCA 785



รูปที่ 2.22 แสดงให้เห็นโครงสร้างการทำงานของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



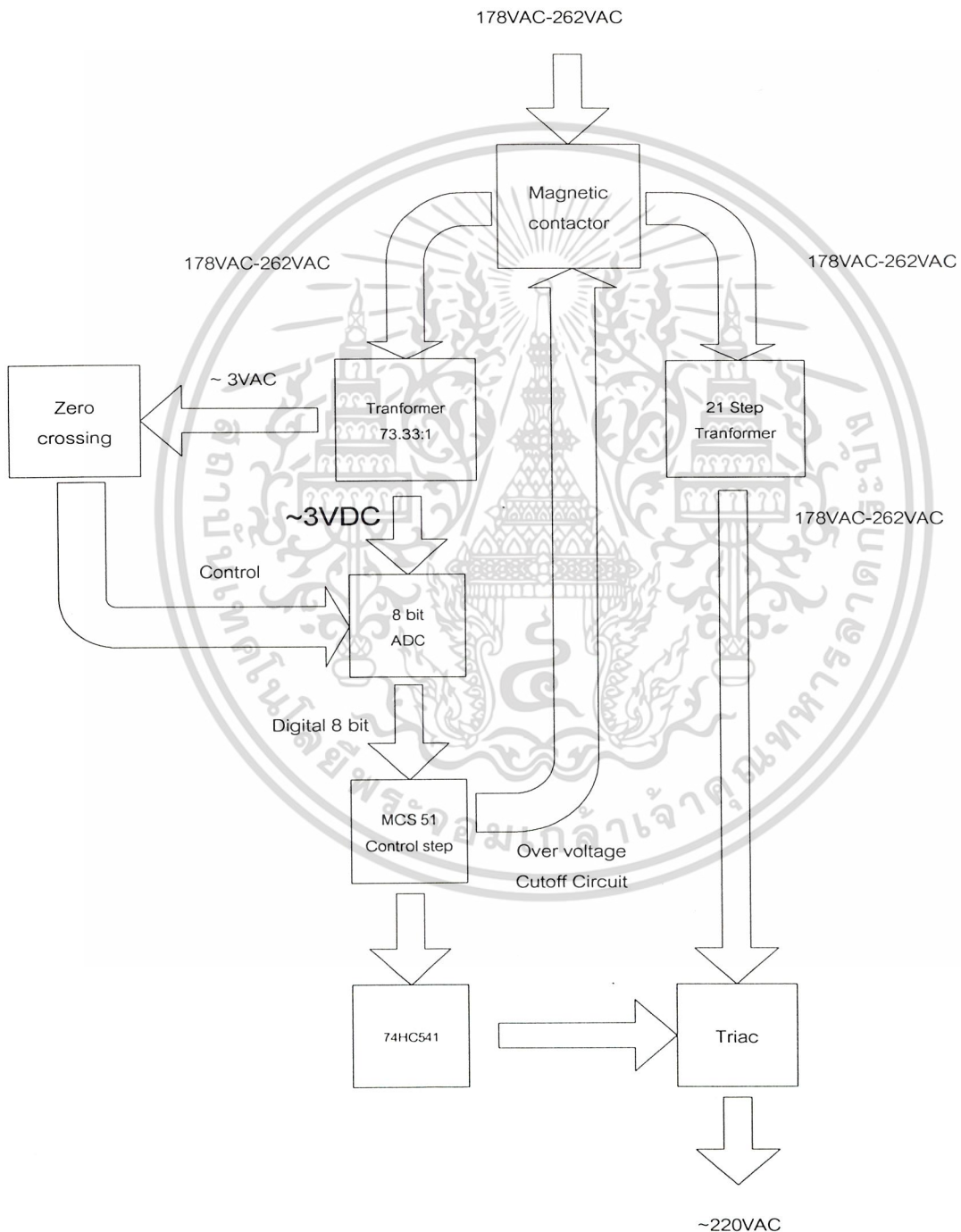
รูปที่ 2.23 สัญญาณที่วัดได้จากวงจรควบคุมเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบโครงการ

3.1 Block diagram ทั้งหมด



รูปที่ 2.24 แสดง Block diagram ทั้งหมด

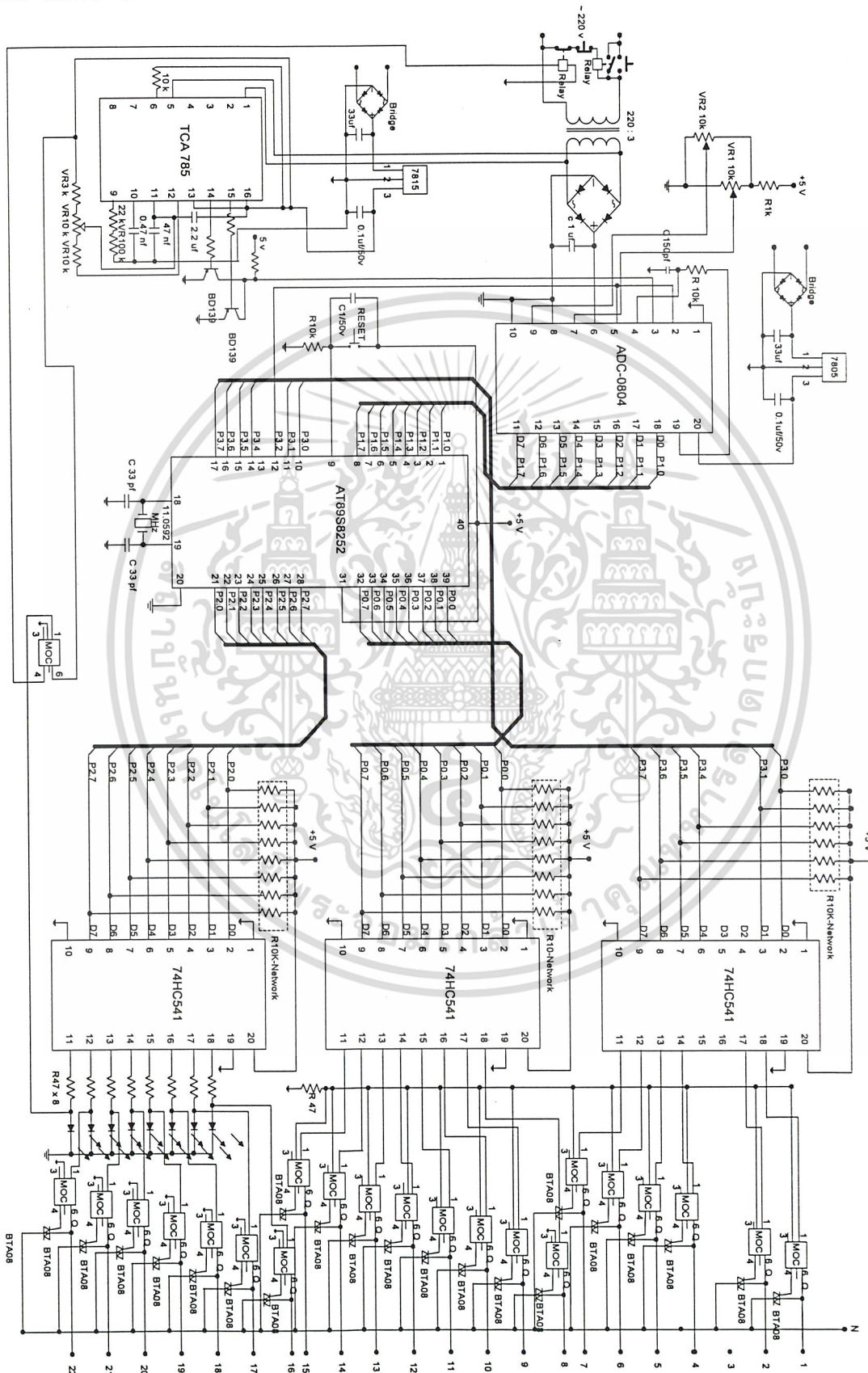
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทำงานทั้งหมด

- 3.2.1 แรงดันขาเข้าเข้ามาที่หม้อแปลงเพื่อลดแรงดันเหลือประมาณ 3VAC
- 3.2.2 ต่อแรงดัน 3VAC เข้าสู่วงจรตรวจจับจุดตัดสัญญาณ
- 3.2.3 ต่อแรงดัน 3VAC วงจรเรียงกระแสให้ได้ 3VDC
- 3.2.4 ต่อแรงดัน 3VDC เข้าสู่วงจรแปลงค่าอนาล็อกเป็นดิจิตอล
- 3.2.5 นำสัญญาณจุดตัดสัญญาณมาควบคุมวงจรถ่ายแปลงค่าอนาล็อกเป็นดิจิตอล
- 3.2.6 นำค่าดิจิตอลไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์
- 3.2.7 ตรวจสอบค่าดิจิตอลกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้
- 3.2.8 ส่งสัญญาณควบคุมหม้อแปลงเข้าวงจรขยายกระแส
- 3.2.9 นำสัญญาณไปจุดชนวนไตรแอกเพื่อควบคุมอัตราส่วนหม้อแปลง
- 3.2.10 เมื่อแรงดันขาเข้ามีค่านอกเหนือขอบเขตที่กำหนด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งสัญญาณไปยังรีเลย์เพื่อตัดวงจรทั้งหมด



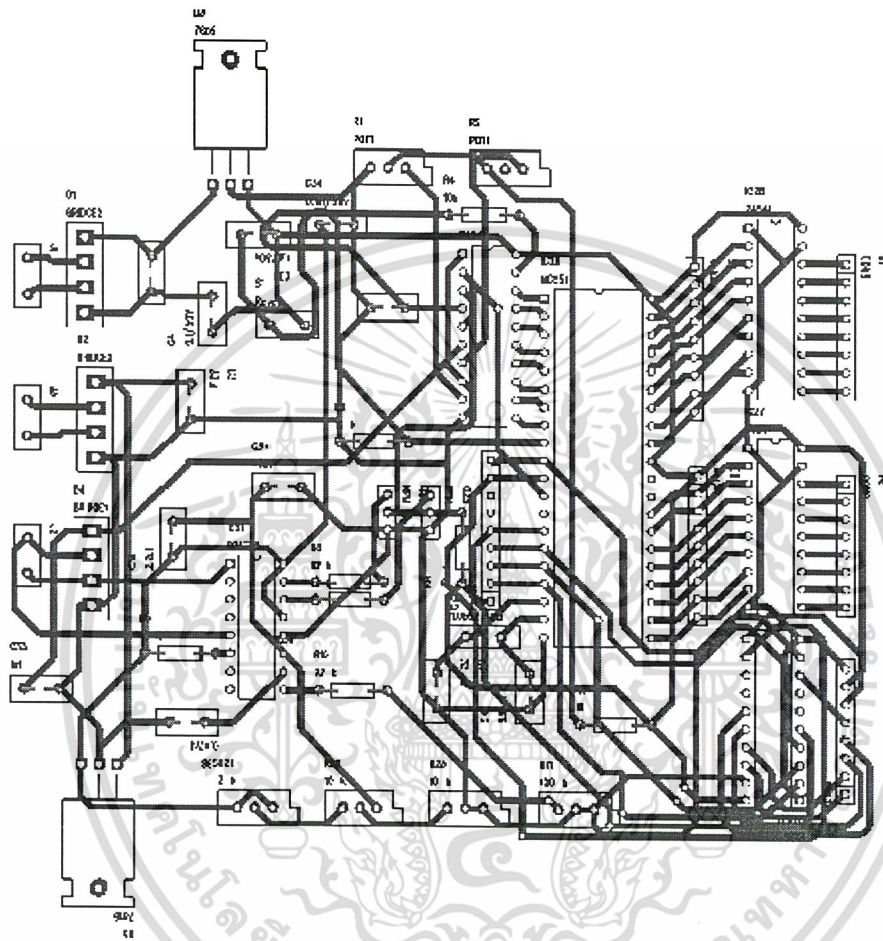
3.3 แสดงวงจรการทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ลายวงจร

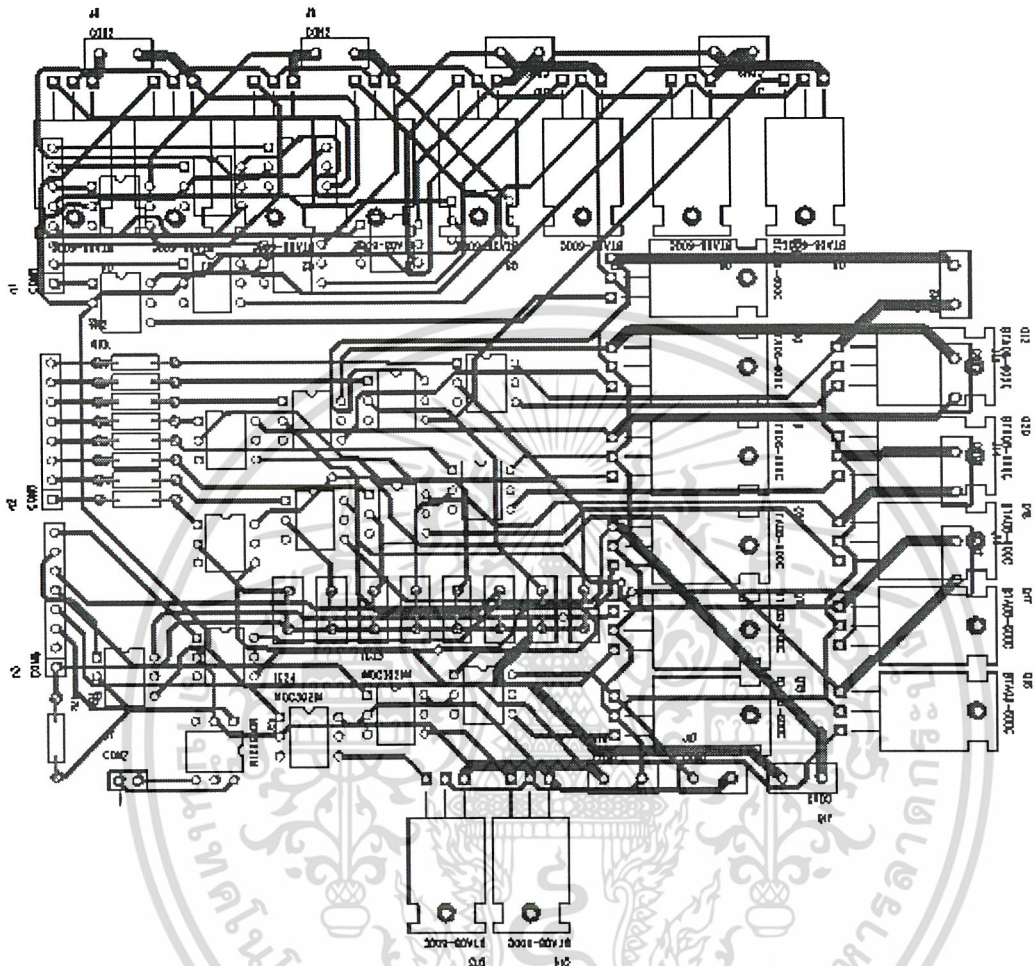
3.4.1 วงจรที่ 1 (2 หน้า)



รูปที่ 2.26 แสดงลายปรินวงจรที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 วงจรที่ 2 (2 หน้า)



รูปที่ 2.27 แสดงลายปรีนวงจรที่ 2

3.5 การคำนวณค่าอัตราส่วนหม้อแปลงและพิกัดกระแส

3.5.1 การคำนวณค่าอัตราส่วนหม้อแปลง(Ratio)

จากสูตร

$$\text{Ratio} = N_1/N_2 = V_1/V_2 = I_2/I_1$$

$$P_{\text{input}} = P_{\text{output}} = V \cdot I$$

จากการที่กำหนดให้จำนวนขดลวดทางด้าน Primary คงที่ แต่ให้ทางด้าน Secondary มีหลายขดเพื่อชดเชยกับแรงดันที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง จึงต้องกำหนดขานในการทำงาน โดยแบ่งช่วงแรงดัน 180V – 260V ออกเป็น 21 ช่วงดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input (V)	ย่านการทำงาน (V)	Output ที่ต้องการ (V)
180	176-182	220
184	182-186	220
188	186-190	220
192	190-194	220
196	194-198	220
200	198-202	220
204	202-206	220
208	206-210	220
212	210-214	220
216	214-218	220
220	218-222	220
224	222-226	220
228	226-230	220
232	230-234	220
236	234-238	220
240	238-242	220
244	242-246	220
248	246-250	220
252	250-254	220
256	254-258	220
260	258-264	220

ตารางที่ 3.1 แสดงการกำหนดย่านแรงดัน

เมื่อ Input เข้ามา 180V (ช่วง 176-182V) ต้องการ Output 220V จะได้อัตราส่วนหม้อแปลง

คือ

$$220\text{V}/180\text{V} = 1:1.222 \text{ (อัตราส่วนนี้จะใช้กับ Input 180V)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Input เข้ามา 184V (ช่วง 182-186V) ต้องการ Output 220V จะได้อัตราส่วนหม้อแปลง

คือ

$$220V/184V = 1:1.196$$

ดังนั้นค่าอัตราส่วนหม้อแปลงทั้งหมดจึงเป็นดังนี้

Input (V)	ย่านการทำงาน (V)	Output ที่ต้องการ (V)	อัตราส่วน
180	176-182	220	1:1.222
184	182-186	220	1:1.196
188	186-190	220	1:1.170
192	190-194	220	1:1.146
196	194-198	220	1:1.122
200	198-202	220	1:1.100
204	202-206	220	1:1.078
208	206-210	220	1:1.058
212	210-214	220	1:1.038
216	214-218	220	1:1.019
220	218-222	220	1:1.000
224	222-226	220	1:0.982
228	226-230	220	1:0.965
232	230-234	220	1:0.948
236	234-238	220	1:0.932
240	238-242	220	1:0.917
244	242-246	220	1:0.902
248	246-250	220	1:0.887
252	250-254	220	1:0.873
256	254-258	220	1:0.859
260	258-264	220	1:0.846

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของ บริษัท อีทีอี จำกัด หากท่านใดนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การคำนวณค่าฟลักตกระแส

เมื่อแรงดัน Output คงที่ทำให้มีกระแสคงที่ด้วย กำหนดฟลักตกระแส 1.5KVA จะได้ค่ากระแสคือ

$$1500\text{VA}/220\text{V} = 6.818 \text{ A}$$

เมื่อแรงดัน Input = 260V จะได้กระแสด้าน Primary คือ

$$1500\text{VA}/260\text{V} = 5.769 \text{ A}$$

เมื่อแรงดัน Input = 180V จะได้กระแสด้าน Primary คือ

$$1500\text{VA}/180\text{V} = 8.333 \text{ A}$$

สรุปคือ เมื่อแรงดันลดลงจะทำให้กระแสด้าน Primary เพิ่มขึ้น ดังนั้นหม้อแปลงจะต้องมีฟลักตกระแสมากกว่า 8.333 A

3.6 โปรแกรมสำหรับดูค่า Digital ที่ได้จาก A/D Converter และควบคุม Triac

```
#include<reg52.h>
```

```
unsigned char out=0;
```

```
void loop() interrupt 0
```

```
{
```

```
  P1=0xFF;
```

```
  out=P1;
```

```
}
```

```
void main()
```

```
{
```

```
  while(1)
```

```
  {
```

```
    IE = 0x81;
```

```
    P1 = 0xFF;
```

```
    P2 = out;
```

```
    P0 = 0x00;
```

```
    P3 = 0x00;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า .
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

}

}

โปรแกรมสำหรับควบคุมบิตแต่ละบิตเพื่อใช้ควบคุมวงจร Triac

โดยการนำค่า Digital จาก A/D Converter เข้าทาง Port 1 แล้วนำมาเปรียบเทียบกับย่านที่กำหนดไว้(เป็นค่า Digital) เมื่อตรงกับเงื่อนไขใด ก็จะส่ง “1” ออกไปยังบิตประจำเงื่อนไขนั้น

```
#include<reg52.h>
```

```
/******set bit******/
```

```
unsigned char out=0;
```

```
sbit out1 = P0^0;
```

```
sbit out2 = P0^1;
```

```
sbit out3 = P0^2;
```

```
sbit out4 = P0^3;
```

```
sbit out5 = P0^4;
```

```
sbit out6 = P0^5;
```

```
sbit out7 = P0^6;
```

```
sbit out8 = P0^7;
```

```
sbit out9 = P2^7;
```

```
sbit out10 = P2^6;
```

```
sbit out11 = P2^5;
```

```
sbit out12 = P2^4;
```

```
sbit out13 = P2^3;
```

```
sbit out14 = P2^2;
```

```
sbit out15 = P2^1;
```

```
sbit out16 = P2^0;
```

```
sbit out17 = P3^7;
```

```
sbit out18 = P3^6;
```

```
sbit out19 = P3^5;
```

```
sbit out20 = P3^4;
```

```
sbit out21 = P3^1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sbit out22 = P3^0;
```

```
/******interrupt******/
```

```
void loop() interrupt 0
```

```
{
```

```
    P1=0xFF;
```

```
    out=P1;
```

```
}
```

```
/******main******/
```

```
void main()
```

```
{
```

```
    IE =0x81;
```

```
    P1 =0xFF;
```

```
    P2 =0x00;
```

```
    P0 =0x00;
```

```
    P3 =0x00;
```

```
    while(1)
```

```
    {
```

```
        if(out<=0x0A)
```

```
        {
```

```
            out22=1;
```

```
        }
```

```
        else if(out<=0x0F)
```

```
        {
```

```
            out21=1;
```

```
        }
```

```
        else if(out<=0x13)
```

```
        {
```

```
            out20=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
else if(out<=0x17)
{
    out19=1;
}
else if(out<=0x19)
{
    out18=1;
}
else if(out<=0x1D)
{
    out17=1;
}
else if(out<=0x1F)
{
    out16=1;
}
else if(out<=0x22)
{
    out15=1;
}
else if(out<=0x25)
{
    out14=1;
}
else if(out<=0x29)
{
    out13=1;
}
else if(out<=0x2D)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    out12=1;
}
else if(out<=0x2F)
{
    out11=1;
}
else if(out<=0x33)
{
    out10=1;
}
else if(out<=0x37)
{
    out9=1;
}
else if(out<=0x3A)
{
    out8=1;
}
else if(out<=0x3D)
{
    out7=1;
}
else if(out<=0x3F)
{
    out6=1;
}
else if(out<=0x40)
{
    out5=1;
}

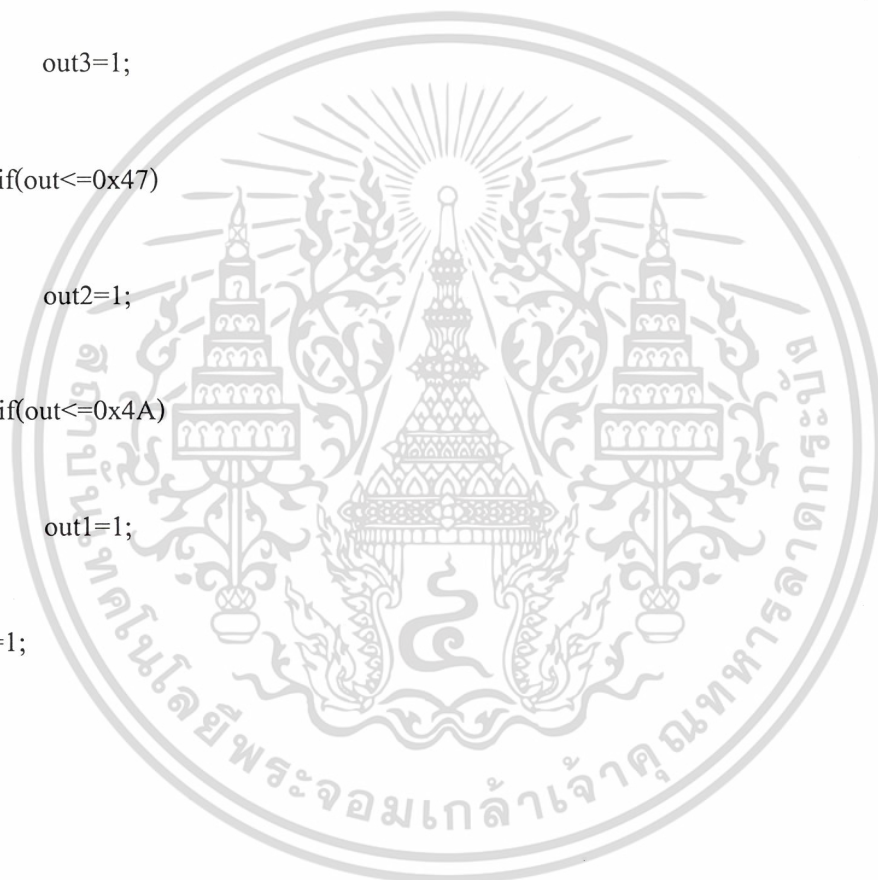
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
else if(out<=0x43)
{
    out4=1;
}
else if(out<=0x45)
{
    out3=1;
}
else if(out<=0x47)
{
    out2=1;
}
else if(out<=0x4A)
{
    out1=1;
}
else out22=1;
}
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากโปรแกรมสำหรับวัดค่าดิจิตอลจะได้ค่าดิจิตอลดังตาราง

แรงดันอินพุต (V)	ค่าดิจิตอล (ฐาน16)
176	0A
182	0F
186	13
190	17
194	19
198	1D
202	1F
206	22
210	25
214	29
218	2D
222	2F
226	33
230	37
234	3A
238	3D
242	3F
246	40
250	43
254	45
258	47
264	4A

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าดิจิตอลที่ได้จากการแปลงค่าแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองจะได้ค่าแรงดันเอาต์พุตตามตาราง

INPUT(V)	STEP RATIO	OUTPUT(V)
178-182	220:260	215-225
182-186	220:256	215-225
186-190	220:252	215-225
190-194	220:248	215-225
194-198	220:244	215-225
198-202	220:240	215-225
202-206	220:236	215-225
206-210	220:232	215-225
210-214	220:228	215-225
214-218	220:224	215-225
218-222	220:220	215-225
222-226	220:216	215-225
226-230	220:212	215-225
230-234	220:208	215-225
234-238	220:204	215-225
238-242	220:200	215-225
242-246	220:196	215-225
246-250	220:192	215-225
250-254	220:188	215-225
254-258	220:184	215-225
258-262	220:180	215-225

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลอง

จากผลการทดลองสถานะของแรงดันที่เข้ามาทางด้านอินพุตจะมีขนาดที่แตกต่างกันเพื่อให้ระดับของแรงดันมีค่าคงที่จึงได้มีการปรับปรุงขนาดแรงดัน โดยทำให้แรงดันผ่านเครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติซึ่งจะมีหม้อแปลงเป็นตัวคัดเลือกย่านแรงดันให้มีค่าใกล้เคียงกับแรงดันที่ใช้งานคือ 220 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป

5.1 สรุปโครงการ

จากการจัดทำโครงการทำให้สามารถควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ได้เป็นอย่างดี มีค่าความผิดพลาดประมาณ $\pm 5\%$ เพราะวงจรควบคุมจะคอยตรวจสอบแรงดันขาเข้าตลอดเวลาแล้วทำการเลือกขดหม้อแปลงที่เหมาะสมจึงทำให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าคงที่

5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน

5.2.1 ไอซีที่หาข้อมูลได้มักจะหาไม่ได้ในประเทศไทย

5.2.2 สถานะของลอจิกมีค่าก้ำกึ่งเนื่องจากการต่อกราวด์ไม่ดี

5.2.3 วงจร ADC Converter จะต้องการการควบคุมที่ถูกต้องเท่านั้นจึงจะทำงาน

5.2.4 วงจรรวมทั้งหม้อมีความซับซ้อนมากเกินไป

5.2.5 พิกัดกระแสที่ต้องการทำให้หม้อแปลงมีขนาดใหญ่และมีราคาแพง

5.2.6 จากการที่หม้อแปลงที่ต้องการมีขนาดใหญ่ทำให้แพ็คเกจมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนัก

มาก

5.2.7 ต้องเสียเวลาพันหม้อแปลงเองเนื่องจากราคาในการสั่งพันหม้อแปลงมีราคาสูงมาก

5.2.8 โปรแกรมอินเทอร์รับไม่สามารถประสานงานกันกับส่วนของฮาร์ดแวร์ได้จึงไม่

สามารถควบคุมขดหม้อแปลงได้ตามที่ต้องการ แก้ไขโดยต้องมีการควบคุมสัญญาณอินเทอร์รับให้สัมพันธ์กับตัวโปรแกรม

5.2.9 สัญญาณชาน์เนลที่เข้าไปที่ไอซี TCA785 เพื่อสร้างสัญญาณจุดตัดสัญญาณนั้นจะมีค่าไม่คงที่เพราะจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าแรงดันอินพุตที่ไม่คงที่ตลอดเวลา แก้ไขโดยใช้ความต้านทานและไดโอดสองตัวที่ต่อขนานกับแบบกลับขั้วมาต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายสัญญาณแล้วใช้แรงดันตกคร่อมไดโอดนั้นเป็นสัญญาณชาน์เนลอ้างอิงให้กับไอซี TCA785]

5.3 ข้อจำกัดของโครงการ

5.3.1 เมื่อค่าแรงดันสูงหรือต่ำกว่าความสามารถที่รองรับได้เครื่องจะทำการตัดวงจรทันที

5.3.2 ไม่มีการสำรองไฟฟ้าเมื่อไฟฟ้ามดับ

5.3.3 รองรับโหลดได้ไม่เกิน 1500VA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อ

5.4.1 สามารถนำค่าสถานะแรงดันไปพลอตกราฟในคอมพิวเตอร์ได้จากค่าแรงดันที่แปลงค่าเป็นดิจิตอลแล้ว

5.4.2 ทำให้มีการเตือนและหน่วงเวลาชั่วขณะหนึ่งเมื่อแรงดันสูงหรือต่ำเกินกว่าที่จะรองรับได้เพราะแรงดันอาจจะสูงหรือต่ำเพียงชั่วขณะหนึ่งเท่านั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ธีรบุลย์ หล่อวิเชียรรุ่ง , นคร ภักดีชาติ , ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, MCS-51 Microcontroller Experiment with C programming, สำนักพิมพ์ บริษัทอินโนเวตีฟ เอ็กเพอร์ริเมนต์ จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 1, พ.ศ.2521

วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล , ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, MCS-51 Microcontroller Theory & Practical Approach Atmel AT89C5x , บริษัทอินโนเวตีฟ เอ็กเพอร์ริเมนต์ จำกัด

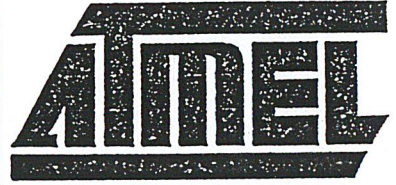
สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์, อุเทน คำน่าน , Power Electronics , สำนักพิมพ์ โกลบอลวิชั่น จำกัด
นภัทร วัจนเทพินทร์ , บุญมี สุวรรณคดี , ทฤษฎีไฟฟ้าเบื้องต้น , พิมพ์ที่โรงพิมพ์เจริญธรรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



AT89S8252 Primer

Introduction

The AT89S8252 microcontroller is a low-power, high-performance device containing 8K bytes of Flash memory (EEPROM), 2K bytes of EEPROM, Serial Peripheral Interface (SPI), I²C and EEPROM memories may be programmed in-system via the SPI. The ROM provides applications with a flexible, nonvolatile data storage. Other features, and others, are described in the text which follows. Code examples are provided. Additional information on the AT89S8252 microcontroller can be found in the data sheet and other sections in the Atmel AT89S8252 microcontroller Databook.

AT89S8252 Memory Organization

Program Memory

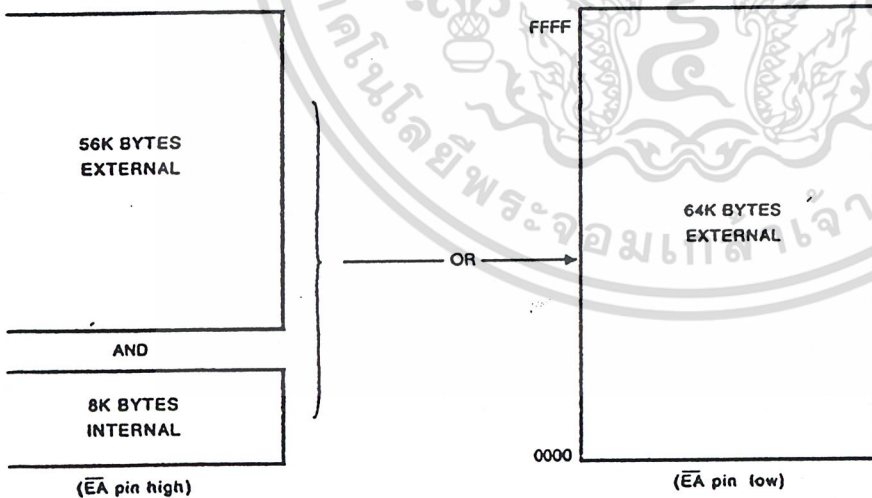
The AT89S8252 has separate address spaces for program memory and data memory. Figure 1 shows two alternate maps of program memory.

Program memory is read-only: the microcontroller generates no write signals for program memory. Depending on the state of the \overline{EA} pin, program memory may consist of 8K bytes of internal Flash memory supplemented by up to 56K bytes of external memory, or may consist entirely of up to 64K bytes of external memory. The 8K bytes of internal Flash memory are accessed at addresses 0000H-1FFFH. Program memory accesses at addresses 2000H-FFFFH always access external memory.

AT89S8252 Primer

Application Note

1. The AT89S8252 Program Memory



Rev. 1018A-03/98



emory
 shows a map of AT89S8252 data memory, which
 of 256 bytes of internal RAM, the Special Function
 ers (SFRs), 2K bytes of on-chip EEPROM and,
 ly, up to 64K bytes of external memory.

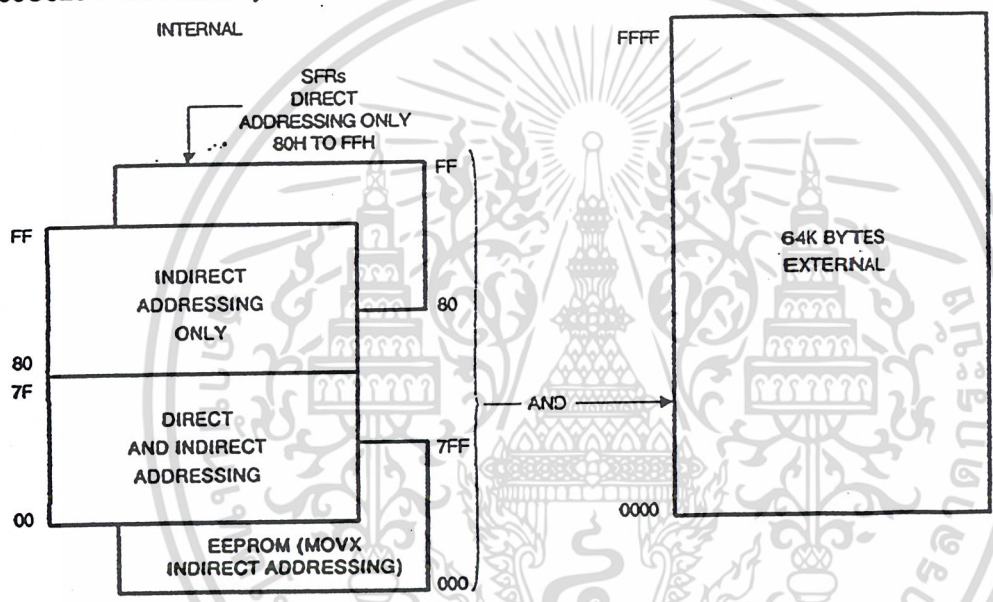
eft in Figure 2 are shown the 256 bytes of internal
 and the SFRs, which shadow the upper 128 bytes of
 RAM. The lower 128 bytes (00H-7FH) of internal
 e accessible by both direct and indirect addressing,
 he upper 128 bytes (80H-FFH) are accessible by
 addressing only. The SFRs (80H-FFH) are accessi-
 direct addressing only. The addressing mode of an
 ion distinguishes accesses to the upper 128 bytes
 al RAM from accesses to the overlapping SFRs.

For an explanation of addressing modes, consult the Archi-
 tectural Overview section in the Atmel AT89-series Micro-
 controller Databook.

The stack, which grows upward, may reside anywhere in
 the 256 bytes of internal RAM.

To the right in Figure 2 are shown the 2K bytes of on-chip
 EEPROM and the optional 64K bytes of external data
 memory. Although the EEPROM is internal, it is shown in
 the diagram shadowing the lower 2K bytes of external data
 memory because some of the same instructions are used
 to access EEPROM as are used to access external data
 memory.

2. The AT89S8252 Data Memory



RAM and external data memory are accessible by
 indirect addressing only, utilizing the MOVX instructions,
 which come in two flavors: 8-bit and 16-bit. Only the 16-bit
 instructions (those utilizing DPTR) may be used to
 access internal EEPROM. The 2K bytes of EEPROM are
 located at addresses 000H-7FFH.

Accesses to EEPROM are distinguished from accesses to
 internal data memory by the state of the EEMEN bit in SFR
 WMCON (96H). To access EEPROM, EEMEN is set; to
 access external data memory, EEMEN is cleared. Reset
 clears EEMEN.

For write accesses to EEPROM, bit EEMWE in SFR
 WMCON must also be set. Reset clears this bit, disabling
 MOVX writes. It is not necessary to explicitly erase any
 portion of EEPROM before writing new data.

Accessing a location in EEPROM triggers an internal pro-
 gramming cycle, which is guaranteed to last no longer than
 100 microseconds. The completion of an EEPROM program-

ming cycle may be determined by monitoring the RDY/BSY
 bit in SFR WMCON. RDY/BSY low indicates that program-
 ming is in progress; RDY/BSY high indicates that program-
 ming is complete. When programming is complete, the
 contents of the written location may be read back and ver-
 ified.

The end of an EEPROM programming cycle may also be
 determined utilizing the DATA Polling method, in which the
 location written is read repeatedly. During programming,
 the most significant bit of the data read is the complement
 of the data bit written. When programming is complete, true
 data is returned. The return of true data also serves as ver-
 ification of the write operation.

Sample code showing EEPROM reads and writes is pre-
 sented in Listing 1.

AT89S8252 Primer

1: EEPROM Read/Write Examples.

The WCON register is not bit-addressable, so Boolean operations are used to control functions and test bits.

```

WCON DATA 96h ; watchdog and memory control register
WEN EQU 00001000b ; EEPROM access enable bit
WE EQU 00010000b ; EEPROM write enable bit
WST EQU 00000010b ; EEPROM RDY/BSY bit
    
```

EEPROM read example.

```

    orl    WCON, #EEMEN ; enable EEPROM accesses
    mov    dptr, #ADDRESS ; address to read
    movx   a, @dptr ; read EEPROM
    xrl    WCON, #EEMEN ; disable EEPROM accesses
    
```

EEPROM write example, utilizing fixed delay for write cycle. Delay is worst case (10 ms). Code for delay is not shown. Write is followed by verify (read and compare), but code to handle verification failure is not shown.

```

    orl    WCON, #EEMEN ; enable EEPROM accesses
    orl    WCON, #EEMWE ; enable EEPROM writes

    mov    dptr, #ADDRESS ; address to write
    mov    a, #DATA ; data to write
    movx   @dptr, a ; write EEPROM

    call   DELAY_10_MS ; wait 10 ms

    movx   a, @dptr ; read EEPROM
    cjne   a, #DATA, ERROR ; jump if data compare fails

    xrl    WCON, #EEMWE ; disable EEPROM writes
    xrl    WCON, #EEMEN ; disable EEPROM accesses
    
```

EEPROM write example, utilizing RDY/BSY to determine the end of the write cycle. Write is followed by verify (read and compare). But code to handle verification failure is not shown. Adds timeout to prevent write error from causing an infinite loop.

```

    orl    WCON, #EEMEN ; enable EEPROM accesses
    orl    WCON, #EEMWE ; enable EEPROM writes

    mov    dptr, #ADDRESS ; address to write
    mov    a, #DATA ; data to write
    movx   @dptr, a ; write EEPROM

loop:
    mov    a, WCON ; get EEPROM write status
    anl    a, #WDTRST ; check RDY/BSY
    jz     loop ; jump if busy
    
```





```
movx    a, @dptr      ; read EEPROM
cjne    a, #DATA, ERROR; jump if data compare fails

xrl     WMCON, #EEMWE ; disable EEPROM writes
xrl     WMCON, #EEMEN ; disable EEPROM accesses
```

PROM write example, utilizing DATA Polling to determine the end of the write cycle. After data is loaded, the code loops on read until data is returned true. Write verification is implicit in this method. Adds timeout to prevent write error from causing an infinite loop.

```
orl     WMCON, #EEMEN ; enable EEPROM accesses
orl     WMCON, #EEMWE ; enable EEPROM writes

mov     dptr, #ADDRESS ; address to write
mov     a, #DATA       ; data to write
mov     @dptr, a       ; write EEPROM

loop:
movx    a, @dptr      ; read EEPROM
cjne    a, #DATA, loop; jump if data compare fails (busy)

xrl     WMCON, #EEMWE ; disable EEPROM writes
xrl     WMCON, #EEMEN ; disable EEPROM accesses
```

Data Pointers

AT89S8252 features two 16-bit data pointers (DP0 and DP1) for accessing data in program memory, external data memory, and on-chip EEPROM. The low and high bytes of DP0 are stored in SFRs DP0L (82H) and DP0H (83H), respectively. The low and high bytes of DP1 are stored in SFRs DP1L (84H) and DP1H (85H), respectively. DP0 occupies the same SFRs as the single data pointer in conventional 8051 microcontrollers.

In the AT89S8252, the DPS bit in SFR WMCON (96H) selects the active data pointer (DP0 or DP1). All instructions which reference DPTR utilize the data pointer which is currently selected. To select DP0, DPS is cleared; to select DP1, DPS is set. Reset clears DPS.

The two data pointers may be used to expedite the transfer of data between program memory, external data memory, and on-chip EEPROM, as shown in Listing 2.

AT89S8252 Primer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2: Dual Data Pointer Examples.

The WMCON register is not bit-addressable, so Boolean operations are used.

```

ON    DATA    96h          ; watchdog and memory control register
WEN   EQU     00001000b    ; EEPROM access enable bit
WE    EQU     00010000b    ; EEPROM write enable bit
RST   EQU     00000010b    ; EEPROM RDY/BSY bit
      EQU     00000100b    ; data pointer select bit
    
```

copy block from program memory to external data memory.

```

mov    r7, #COUNT    ; block byte count
mov    dptr, #PGM_ADDR; pointer to program memory
xrl    WMCON, #DPS     ; switch data pointers
mov    dptr, #XD_ADDR ; pointer to external data memory
loop:
xrl    WMCON, #DPS     ; switch data pointers
clr    a               ; read program memory
movc   a, @a+dptr      ;
inc    dptr            ; advance program memory pointer
xrl    WMCON, #DPS     ; switch data pointers
movx   @dptr, a        ; write external data memory
inc    dptr            ; advance external data memory pointer
djnz   r7, loop        ; continue until done
    
```

copy block from external data memory to on-chip EEPROM.
 Utilizes RDY/BSY to determine the end of the EEPROM write cycle.
 Adds timeout to prevent write error from causing an infinite loop.

```

orl    WMCON, #EEMEN ; enable EEPROM accesses
orl    WMCON, #EEMWE ; enable EEPROM writes

mov    r7, #COUNT    ; block byte count
mov    dptr, #EE_ADDR ; pointer to EEPROM
xrl    WMCON, #DPS     ; switch data pointers
mov    dptr, #XD_ADDR ; pointer to external data memory
copy:
movx   a, @dptr        ; read external data memory
inc    dptr            ; advance external data memory pointer
xrl    WMCON, #DPS     ; switch data pointers
movx   @dptr, a        ; write EEPROM
inc    dptr            ; advance EEPROM pointer
xrl    WMCON, #DPS     ; switch data pointers
wait:
mov    a, WMCON        ; get EEPROM write status
anl    a, #WDRST       ; check RDY/BSY
jz     wait            ; jump if busy
djnz   r7, copy        ; continue until done

xrl    WMCON, #EEMWE ; disable EEPROM writes
xrl    WMCON, #EEMEN ; disable EEPROM accesses
    
```

CAUTION: The state of DPS affects ALL accesses to data pointer SFRs (82H, 83H, 84H, 85H). Any machine code that accesses these SFRs must be written to take into account the state of DPS. Otherwise, unexpected results may occur.

instruction whose operand is one of the data pointer SFRs may produce unexpected results, as shown below.

Define the new data pointer SFRs for a generic 8051 assembler.

```

; Define new data pointer SFRs
L   DATA    82h      ; data pointer 0
H   DATA    83h      ;
L   DATA    84h      ; data pointer 1
H   DATA    85h      ;

; Set DPS
orl  WMCON, #DPS     ; set DPS

; Push DP0L and DP1H
push DP0L            ; PUSHES DP1L!!!
mov  83h, a          ; COPIES ACCUMULATOR TO 85H!!!

; Clear DPS
xorl WMCON, #DPS     ; clear DPS

; Push DP1H and DP0L
push DP1H            ; PUSHES DPOH!!!
mov  84h, a          ; COPIES ACCUMULATOR TO 82H!!!

```

One must exercise caution to avoid accessing the data pointer SFRs. The solution to the problem demonstrated above is to clear DPS before any accesses to SFRs 82H and 83H, and to set DPS before any accesses to SFRs 84H and 85H.

Watchdog Timer

The AT89S8252 features a watchdog timer which allows the microcontroller to be regained, should it be reset. When enabled, the timer will reset the microcontroller if a specified period has elapsed, unless prevented from doing so by the intervention of the firmware.

To enable the watchdog timer, the WDEN bit in SFR WDRST (96H) must be set; to disable the timer, WDEN must be cleared. Once the timer is enabled, the firmware must periodically clear the WDRST bit in SFR WMCON (or disable the timer) before the reset period elapses to prevent the timer from resetting the microcontroller. Each time WDRST is cleared, a new reset period begins, requiring another response from the firmware. The firmware does not need to clear WDRST after setting it; WDRST is automatically cleared by the microcontroller.

The watchdog timer reset period varies from 16 to 2048 milliseconds, as specified by bits PS0, PS1 and PS2 in SFR WMCON. Refer to the AT89S8252 data sheet for the nominal reset periods corresponding to the bit settings. The timer reset period is independent of the frequency of the clock source driving the microcontroller and may deviate from the documented nominal value by a huge percentage.

The watchdog timer continues to operate even when the microcontroller is in Idle mode, but is disabled during Power Down mode. The elapsed time between a watchdog timer reset and the execution of the first instruction is approximately 16 ms. Reset (including reset generated by the watchdog timer) clears WDEN, WDRST, SP0, SP1 and SP2, disabling the watchdog timer.

A typical application of the watchdog timer is outlined in Listing 3.

AT89S8252 Primer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3: Watchdog Timer Example.

Use the watchdog timer to regain control of the microcontroller if an operation takes longer than expected. The details of the operation are not shown. The operation is expected to take less than 20 ms to complete and the reset period chosen is 32 ms. Adequate margin must be allowed between the desired reset period and the selected period to allow for the slop present in the timer.

The WMCN register is not bit-addressable, so Boolean operations are used.

```

N   DATA    96h           ; watchdog and memory control register
N   EQU      00000001b    ; watchdog timer enable bit
ST  EQU      00000010b    ; watchdog timer reset bit
    EQU      00100000b    ; watchdog timer period select bits
    EQU      01000000b    ;
    EQU      10000000b    ;

    orl      WMCN, #PS0   ; select 32-ms period
    orl      WMCN, #WDTEN ; enable watchdog

loop:
    ; Do something which normally takes less than 20 ms.
    .
    .
    .

    orl      WMCN, #WDTRST ; keep watchdog at bay
    jmp      loop
    
```

Power Off Flag

The Power Off Flag (POF) indicates that power has been lost from the AT89S8252. This allows the firmware to differentiate between reset due to the application of power and reset due to the watchdog timer, or a logic high on the RST pin. POF is set when power is applied to the microcontroller and is not affected by the watchdog timer or by

activity on RST. POF is located at bit four in SFR PCON (87H), and may be read, set, or cleared by firmware. Note that PCON is not bit-addressable.

A typical application of the Power Off Flag is outlined in Listing 4.



Power Off Flag Example.

After reset, the microcontroller begins executing code at program memory address 0000H. POF is tested to determine if the controller was reset by the application of power (cold start) or by the watchdog timer or a hardware reset (warm start). The code for the cold start and warm start routines is not shown.

```

EQU      00010000b      ; Power Off Flag bit

CSEG                                ; code segment

ORG      0000h          ; location of reset vector
jmp      xreset        ; vector

.
.
.
reset:                                ; code for responding to reset
.
.
.
mov      a, PCON        ; get Power Control register
anl      a, #POF        ; test Power Off Flag
jz       WARM_START    ; POF=0 indicates reset from
                        ; watchdog timer or RST
xrl      PCON, #POF    ; clear POF for next time
jmp      COLD_START    ; POF=1 indicates reset from power
    
```

Peripheral Interface

The Serial Peripheral Interface (SPI) permits compatible devices to communicate serially over a high-speed, synchronous bus. Devices resident on the bus act as masters and slaves, with only one master and one slave active at any time. Data transfers are always initiated by a master, and the slave actually exchanges data, with data flowing from the slave to the master and from the master to the slave simultaneously.

Compatible devices have four pins in common: SCK, MISO, and SS. All devices in a system have their MOSI, and MISO pins tied together. Data flows from the master to the slave via MOSI (Master Out Slave In) and from the slave to the master via MISO (Master In Slave Out). Data transfers are synchronized to a clock generated by the master and output on its SCK pin. SCK is an input for masters and an output for slaves. Inactive masters must be configured as slaves to prevent them from driving their MOSI pins.

(Slave Select) pins on the devices in the system are addressed. Each slave is connected to its master by a wire from its SS input to a general purpose output on the master. If a slave has multiple masters, the multiple SS lines must be gated to its SS input. Masters do not

utilize their SS pins during SPI data transfers, freeing them for use as general-purpose outputs.

To initiate an SPI data transfer, the active master selects a slave by applying a logic low to the slave's SS input. The master starts the serial clock, which it outputs on its SCK pin, and shifts out a byte on its MOSI pin, synchronized to the clock. Simultaneously, the slave shifts out a byte on its MISO pin, synchronized to the clock. When the master and slave have exchanged data, the transfer is complete. The master stops the serial clock and may deselect the slave. Slaves which are not selected ignore their SCK inputs and float their MISO outputs to avoid contention with the active output of the selected slave.

In the AT89S8252, the SPI is configured via SFR SPCR (D5H), the SPI Control Register. The frequency of the serial clock, the ordering of the serial data, and the relationship between the clock and the shifting and sampling of data are all programmable, as described below.

To enable the SPI feature, the SPE bit in SFR SPCR must be set; to disable the SPI, SPE is cleared. When the SPI is enabled, microcontroller pins P1.4, P1.5, P1.6 and P1.7 become SS, MOSI, MISO, and SCK, respectively. The SPI may not operate correctly unless pins P1.4-P1.7 are first

AT89S8252 Primer

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนวิชาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

med high. Reset sets pins P1.4-P1.7 high and $\overline{P}E$, disabling the SPI.

R bit in SFR SPCR configures the microcontroller master when set, and as a slave when cleared. \overline{SS} pins MSTR. When the microcontroller is configured master, \overline{SS} (P1.4) is not utilized and may be used general-purpose, programmable output.

When the microcontroller is configured as a SPI master, frequency of the serial clock is determined by bits $\overline{SPR}1$ in SFR SPCR. The frequency of the serial clock is the frequency of the microcontroller's clock source divided by the selected divisor. The divisor must be chosen to produce a serial clock frequency which is compatible with the master's slaves. Refer to the AT89S8252 data sheet for the divisors corresponding to the settings of $\overline{SPR}0$ and $\overline{SPR}1$.

D bit in SFR SPCR determines the order in which the serial data are transferred. Data is transferred least-significant bit (LSB) first when DORD is set; most-significant bit (MSB) first when DORD is cleared. \overline{DORD} means DORD. Note that only MSB-first data transfers are shown in the diagrams in the AT89S8252 data sheet.

CPOL bit in SFR SPCR determines the polarity of the SPI serial clock. Setting CPOL specifies serial clock high when idle; clearing CPOL specifies serial clock low when idle. Reset clears CPOL.

CPHA bit in SFR SPCR controls the phase of the SPI serial clock, which defines the relationship between the clock and the shifting and sampling of serial data. Setting CPHA specifies that data is to be shifted on the leading edge of the clock and sampled on the trailing edge. Clearing CPHA specifies that data is to be sampled on the leading edge of the clock and shifted on the trailing edge. Reset clears CPHA. The state of bit CPHA also affects the slave select.

If CPHA is set, the slave may remain selected for a consecutive byte transfers, or may be permanently selected (\overline{SS} tied low). If CPHA is clear, the slave is deselected (\overline{SS} returned high) after each byte transfer. Examples of SPI serial clock phase and polarity are shown in the diagrams in the AT89S8252 data sheet.

When the AT89S8252 is configured as an SPI master, a data transfer may be initiated by writing to the SPI Data Register (SPDR, 86H). As data is shifted out of the master, data from the selected slave is continuously shifted in, replacing the data in SPDR. When a data transfer is complete, the SPIF bit is set in SFR SPI Status Register (SPI Status Register, 8AH). The data received from the slave may then be read from SPDR. Writing to SPDR during a data transfer sets the Write Collision bit (WCOL) in SPSR. The progress of the data transfer is not affected by a collision. To clear bits SPIF and WCOL, read or write SPDR.

An interrupt may be generated as an alternative to polling SPIF to determine the end of a SPI data transfer. To enable the SPI interrupt, three bits must be set. The first is the SPIE bit in SPCR, which causes an interrupt to be generated when SPIF is set. The second and third bits are ES and EA in SFR IE (A8H). ES is the UART interrupt enable bit, which must be set because the SPI shares an interrupt vector with the UART. EA is the global interrupt enable bit. When an SPI interrupt occurs, the SPI/UART interrupt service routine must determine the source of the interrupt. An SPI interrupt is indicated when the SPIF bit in SPSR is set. Bits SPIF and ES must be cleared by software.

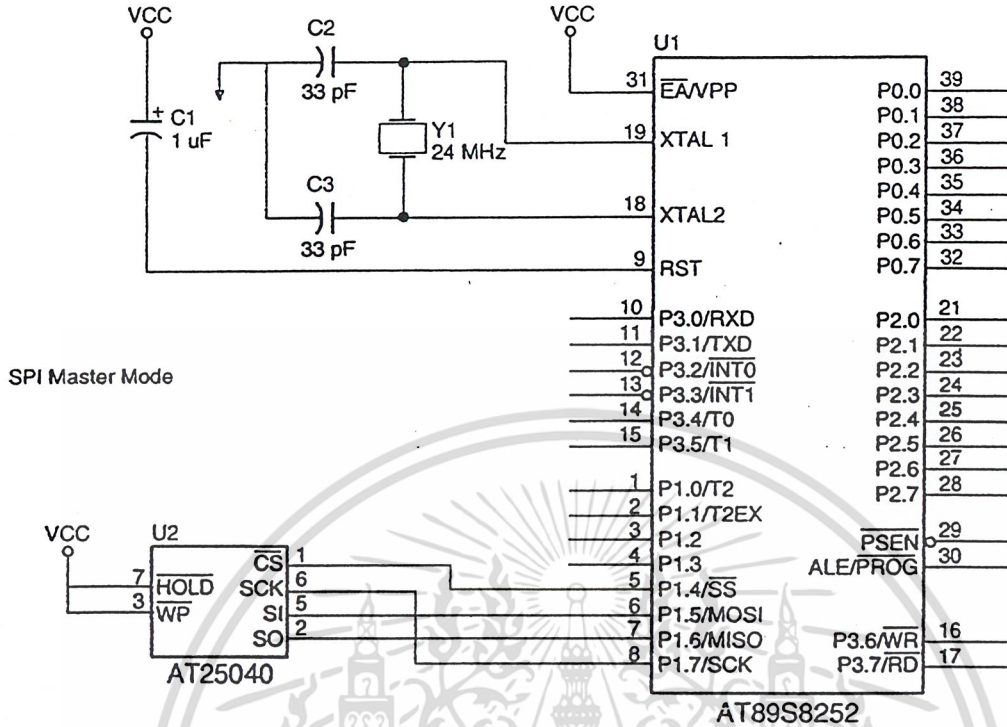
In the application shown below, the AT89S8252 is configured as an SPI master and interfaces to an Atmel AT25040 SPI-compatible EEPROM. The EEPROM provides 512 bytes of re-writable, non-volatile storage while requiring only a four-pin interface to the microcontroller. The microcontroller and EEPROM are wired as shown in Figure 3. Note that the microcontroller's \overline{SS} pin is used as a slave select, since it is unused when the microcontroller is configured as a SPI master. Additional EEPROMs may be connected to the microcontroller's SCK, MISO and MOSI pins, but each device must have its own select line.

Sample code for the application is shown in Listing 5. A SPI master must be configured to meet the requirements of its slaves. The AT25040 data sheet states that the maximum clock rate for the device is 2 MHz. The microcontroller's clock source is a 24-MHz crystal (Figure 3), so a SPI serial clock divisor of 16 was chosen to produce a serial clock of 1.5 MHz. As shown in the AT25040 data sheet, the device's chip select (\overline{CS}) input must remain active (low) for the duration of an operation, which may include multiple data transfers. Also, the serial clock must be low when idle and data is transferred most-significant bit first. Therefore, CPHA=1, CPOL=0 and DORD=0. In the example, SPI interrupts are not used.





4. AT89S8252 as an SPI Master



5: SPI Example.

Write/Read AT25C040 EEPROM via the Serial Peripheral Interface (SPI). Completion of AT25C040 programming is determined by polling the device. Interrupt is not used. ; Works with a microcontroller clock of 24 KHz (or slower).

The AT25040 routines ("read_status", "enable_write", "read_byte", "write_byte") are excerpted from code previously made available by Atmel for use with the AT89Cx051 microcontrollers. In that code, access to the AT25040 was via "bit banging". The two routines which shifted the serial data in/out have been replaced by the single SPI routine "masterIO".

Microcontroller registers and bit definitions.

```

DATA    0d5h          ; SPI control register
DATA    0aah          ; SPI status register
EQU     10000000b     ; interrupt flag
DATA    86h           ; SPI data register

```

Microcontroller connections to AT25040.

```

BIT     p1.4          ; AT25040 slave select
BIT     p1.5          ; SPI
BIT     p1.6          ; SPI
BIT     p1.7          ; SPI

```

AT25040 device command and bit definitions.

AT89S8252 Primer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

EQU    05h        ; Read Status Register
EQU    01h        ; Write Status Register
EQU    03h        ; Read Data from Memory
EQU    02h        ; Write Data to Memory
EQU    06h        ; Write Enable
EQU    04h        ; Write Disable

BIT    acc.3      ; MSB of address
BIT    acc.0      ; high = write cycle in progress

```

; SPI master mode initialization code.

```

setb   CS_        ; deselect AT25040

setb   MOSI       ; initialize SPI pins
setb   MISO       ;
setb   SCK        ;

mov    SPCR, #01010101b ; initialize SPI master
                        ; interrupt disable, pin enable,
                        ; MSB first, polarity 0, phase 1,
                        ; clock rate /16

```

Write one byte to AT25040 and verify (read and compare).
 The code to handle verification failure is not shown.
 A timeout is added to prevent write error from causing an infinite loop.

```

call   enable_write ; must precede each byte write
mov    a, #DATA     ; data
mov    dptr, #ADDRESS ; address
call   write_byte   ; write

```

wchk:

```

call   read_status ; check write status
jnb   NRDY, wchk   ; loop until done

```

```

mov    dptr, #ADDRESS ; address
call   read_byte      ; read
cjne  a, #DATA, ERROR ; jump if data compare fails

```

_status:

; Read device status.
 ; Returns status byte in A.

```

clr    CS_        ; select device
mov    a, #RDSR   ; get command
call   masterIO   ; send command
call   masterIO   ; get status

```



```

setb    CS_          ; deselect device
ret

```

le_write:

```

; Enable write.
; Does not check for device ready before sending command.
; Returns nothing. Destroys A.

```

```

clr     CS_          ; select device
mov     a, #WREN     ; get command
call   masterIO     ; send command
setb   CS_          ; deselect device
ret

```

_byte:

```

; Read one byte of data from specified address.
; Does not check for device ready before sending command.
; Called with address in DPTR.
; Returns data in A.

```

```

clr     CS_          ; select device
mov     a, dph       ; get high byte of address
rrc     a            ; move LSB into carry bit
mov     a, #READ     ; get command
mov     A8, c        ; combine command and high bit of addr
call   masterIO     ; send command and high bit of address
mov     a, dpl       ; get low byte of address
call   masterIO     ; send low byte of address
call   masterIO     ; get data
setb   CS_          ; deselect device
ret

```

e_byte:

```

; Write one byte of data to specified address.
; Does not check for device ready or write enabled before sending
; command. Does not wait for write cycle to complete before returning.
; Called with address in DPTR, data in A.
; Returns nothing.

```

```

clr     CS_          ; select device
push   acc           ; save data
mov     a, dph       ; get high byte of address
rrc     a            ; move LSB into carry bit
mov     a, #WRITE    ; get command
mov     A8, c        ; combine command and high bit of address
call   masterIO     ; send command and high bit of address
mov     a, dpl       ; get low byte of address

```

AT89S8252 Primer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

call    masterIO    ; send low byte of address
pop     acc          ; restore data
call    masterIO    ; send data
setb   CS_          ; deselect device
ret

```

terIO:

- ; Send/receive data through the SPI port.
- ; A byte is shifted in as a byte is shifted out,
- ; receiving and sending simultaneously.
- ; Waits for shift out/in complete before returning.
- ; Expects slave already selected.
- ; Called with data to send in A. Returns data received in A.

```

mov     SPDR, a      ; write output data
bbb:
mov     a, SPSR      ; get status
anl    a, #SPIF      ; check for done
jz     bbb           ; loop until done
move   a, SPDR      ; read input data
ret

```



LM78XX Series Voltage Regulators

General Description

The LM78XX series of three terminal regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. One of these is local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow these regulators to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment. Although designed primarily as fixed voltage regulators these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

The LM78XX series is available in an aluminum TO-3 package which will allow over 1.0A load current if adequate heat sinking is provided. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistor is provided to limit internal power dissipation. If internal power dissipation becomes too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

Considerable effort was expended to make the LM78XX series of regulators easy to use and minimize the number of external components. It is not necessary to bypass the out-

put, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

For output voltage other than 5V, 12V and 15V the LM117 series provides an output voltage range from 1.2V to 57V.

Features

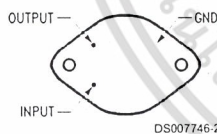
- Output current in excess of 1A
- Internal thermal overload protection
- No external components required
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in the aluminum TO-3 package

Voltage Range

LM7805C	5V
LM7812C	12V
LM7815C	15V

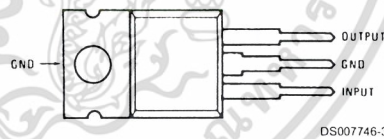
Connection Diagrams

Metal Can Package
TO-3 (K)
Aluminum



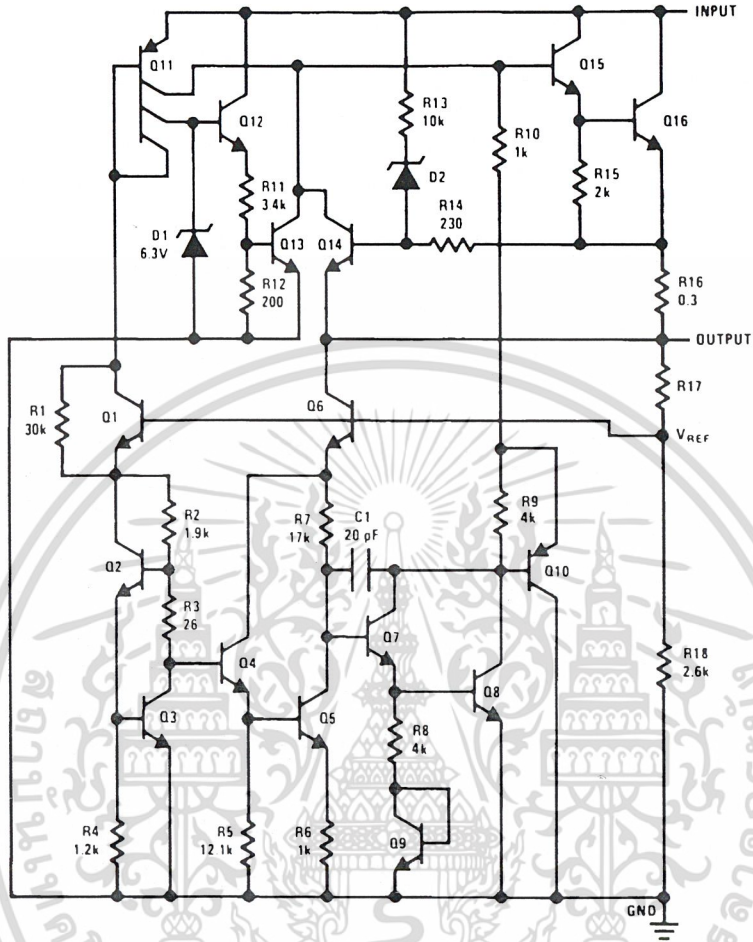
Bottom View
Order Number LM7805CK,
LM7812CK or LM7815CK
See NS Package Number KC02A

Plastic Package
TO-220 (T)



Top View
Order Number LM7805CT,
LM7812CT or LM7815CT
See NS Package Number T03B

Schematic



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 3)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Input Voltage

 $(V_O = 5V, 12V \text{ and } 15V)$

35V

Internal Power Dissipation (Note 1)

Internally Limited

Operating Temperature Range (T_A)

0°C to +70°C

Maximum Junction Temperature

(K Package)

150°C

(T Package)

150°C

Storage Temperature Range

-65°C to +150°C

Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)

TO-3 Package K

300°C

TO-220 Package T

230°C

Electrical Characteristics LM78XXC (Note 2)0°C ≤ T_J ≤ 125°C unless otherwise noted.

		Output Voltage		5V			12V			15V			Units
		Input Voltage (unless otherwise noted)		10V			19V			23V			
Symbol	Parameter	Conditions		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_O	Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}, 5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1 \text{ A}$		4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	V
		$P_D \leq 15 \text{ W}, 5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1 \text{ A}$		4.75		5.25	11.4		12.6	14.25		15.75	V
		$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$		(7.5 ≤ V_{IN} ≤ 20)			(14.5 ≤ V_{IN} ≤ 27)			(17.5 ≤ V_{IN} ≤ 30)			V
ΔV_O	Line Regulation	$I_O = 500 \text{ mA}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$	3			4			4			mV
			ΔV_{IN}	(7 ≤ V_{IN} ≤ 25)			(14.5 ≤ V_{IN} ≤ 30)			(17.5 ≤ V_{IN} ≤ 30)			V
		$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$	ΔV_{IN}	50			120			150			mV
			ΔV_{IN}	(8 ≤ V_{IN} ≤ 20)			(15 ≤ V_{IN} ≤ 27)			(18.5 ≤ V_{IN} ≤ 30)			V
		$I_O \leq 1 \text{ A}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$	50			120			150			mV
ΔV_{IN}	(7.5 ≤ V_{IN} ≤ 20)			(14.6 ≤ V_{IN} ≤ 27)			(17.7 ≤ V_{IN} ≤ 30)			V			
ΔV_O	Load Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}$	$5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1.5 \text{ A}$	10			12			12			mV
			$250 \text{ mA} \leq I_O \leq 750 \text{ mA}$	25			60			75			mV
		$5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1 \text{ A}, 0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$	50			120			150			mV	
I_Q	Quiescent Current	$I_O \leq 1 \text{ A}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$	8			8			8			mA
			$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$	8.5			8.5			8.5			mA
ΔI_Q	Quiescent Current Change	$5 \text{ mA} \leq I_O \leq 1 \text{ A}$		0.5			0.5			0.5			mA
		$T_J = 25^\circ\text{C}, I_O \leq 1 \text{ A}$		1.0			1.0			1.0			mA
		$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$		(7.5 ≤ V_{IN} ≤ 20)			(14.8 ≤ V_{IN} ≤ 27)			(17.9 ≤ V_{IN} ≤ 30)			V
ΔI_Q	Quiescent Current Change	$I_O \leq 500 \text{ mA}, 0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$		1.0			1.0			1.0			mA
		$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$		(7 ≤ V_{IN} ≤ 25)			(14.5 ≤ V_{IN} ≤ 30)			(17.5 ≤ V_{IN} ≤ 30)			V
V_N	Output Noise Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}, 10 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ kHz}$		40			75			90			μV
$\frac{\Delta V_{IN}}{\Delta V_{OUT}}$	Ripple Rejection	$f = 120 \text{ Hz}$	$I_O \leq 1 \text{ A}, T_J = 25^\circ\text{C}$ or $I_O \leq 500 \text{ mA}$	62	80		55	72		54	70		dB
			$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$	62			55			54			dB
		$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$		(8 ≤ V_{IN} ≤ 18)			(15 ≤ V_{IN} ≤ 25)			(18.5 ≤ V_{IN} ≤ 28.5)			V
R_O	Dropout Voltage Output Resistance	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_{OUT} = 1 \text{ A}$		2.0			2.0			2.0			V
		$f = 1 \text{ kHz}$		8			18			19			mΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics LM78XXC (Note 2) (Continued)

$0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq 125^{\circ}\text{C}$ unless otherwise noted.

Output Voltage			5V			12V			15V			Units
Input Voltage (unless otherwise noted)			10V			19V			23V			
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
	Short-Circuit Current	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		2.1			1.5			1.2		A
	Peak Output Current	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		2.4			2.4			2.4		A
	Average TC of V_{OUT}	$0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 5\text{ mA}$		0.6			1.5			1.8		mV/ C
V_{IN}	Input Voltage Required to Maintain Line Regulation	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$, $I_O \leq 1\text{ A}$		7.5		14.6			17.7			V

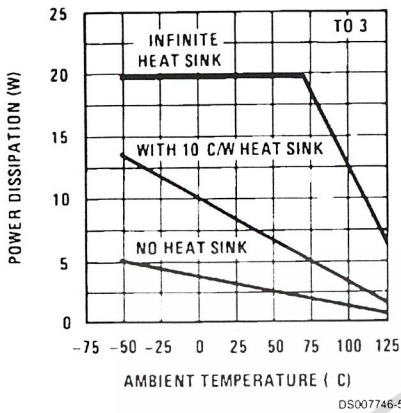
Note 1: Thermal resistance of the TO-3 package (K, KC) is typically 4°C/W junction to case and 35°C/W case to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package (T) is typically 4°C/W junction to case and 50°C/W case to ambient.

Note 2: All characteristics are measured with capacitor across the input of $0.22\ \mu\text{F}$, and a capacitor across the output of $0.1\ \mu\text{F}$. All characteristics except noise voltage and ripple rejection ratio are measured using pulse techniques ($t_w \leq 10\text{ ms}$, duty cycle $\leq 5\%$). Output voltage changes due to changes in internal temperature must be taken into account separately.

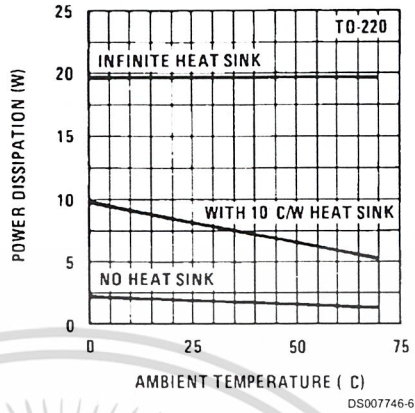
Note 3: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. For guaranteed specifications and the test conditions, see Electrical Characteristics.

Typical Performance Characteristics

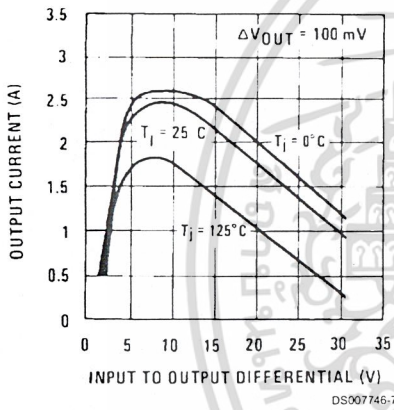
Maximum Average Power Dissipation



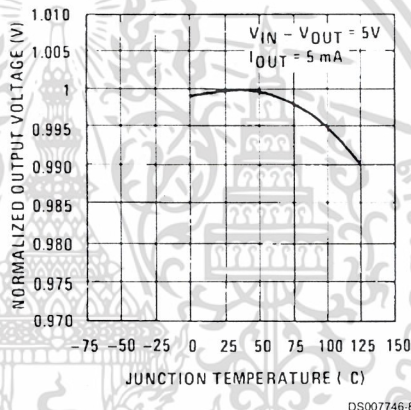
Maximum Average Power Dissipation



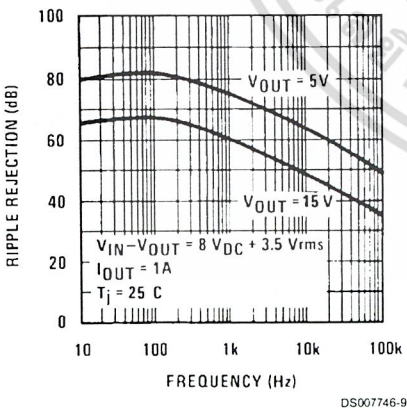
Peak Output Current



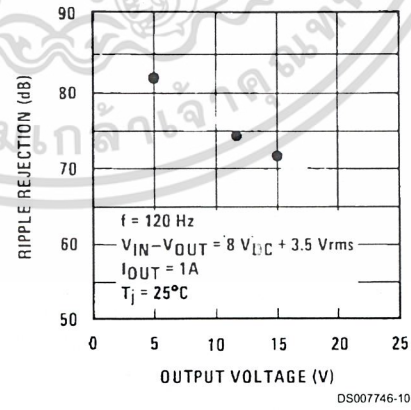
Output Voltage (Normalized to 1V at $T_j = 25^\circ\text{C}$)



Ripple Rejection



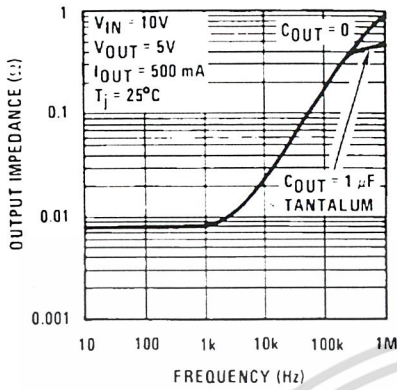
Ripple Rejection



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

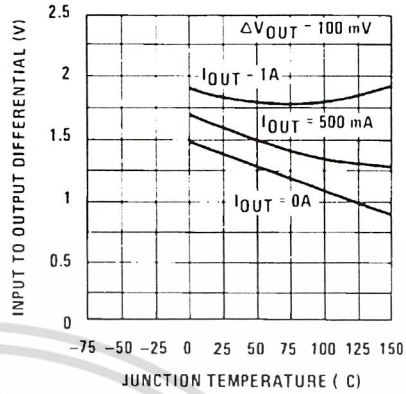
Typical Performance Characteristics (Continued)

Output Impedance



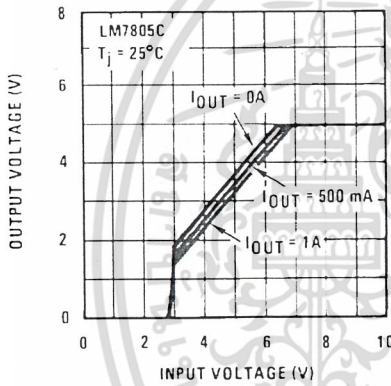
DS007746-11

Dropout Voltage



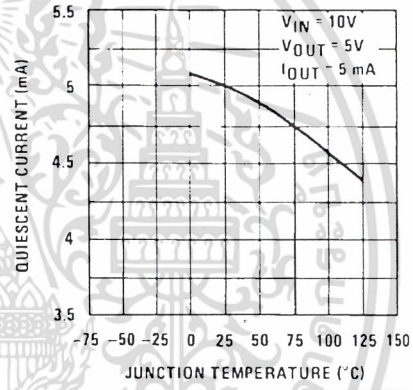
DS007746-12

Dropout Characteristics



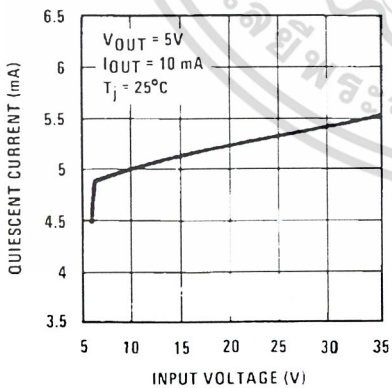
DS007746-13

Quiescent Current



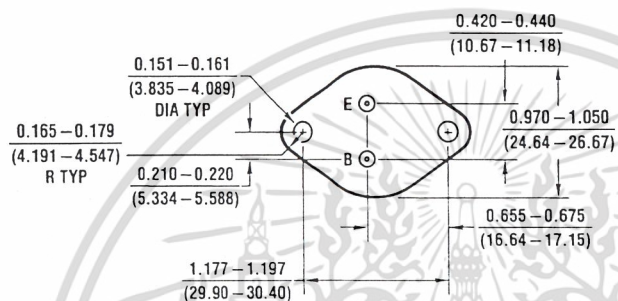
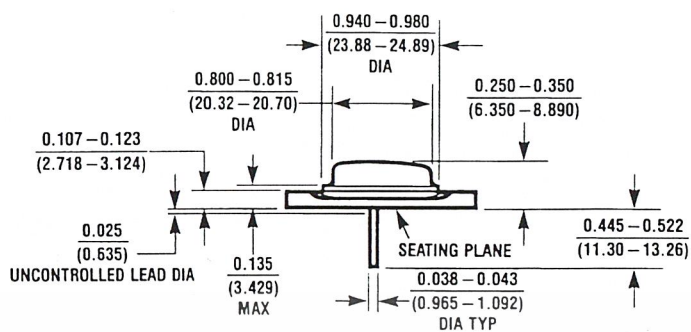
DS007746-14

Quiescent Current



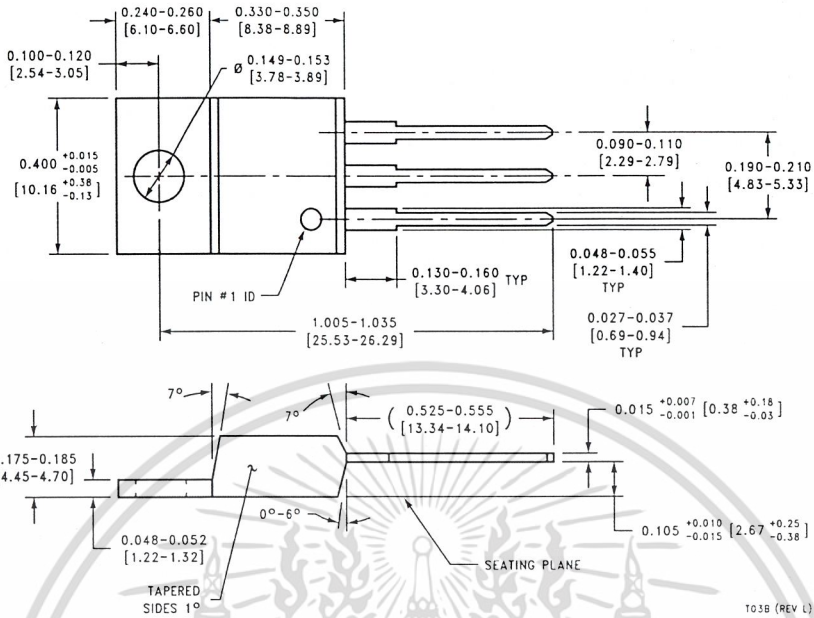
DS007746-15

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



Aluminum Metal Can Package (KC)
 Order Number LM7805CK, LM7812CK or LM7815CK
 NS Package Number KC02A

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



TO-220 Package (T)
 Order Number LM7805CT, LM7812CT or LM7815CT
 NS Package Number T03B

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation Americas
 Tel: 1-800-272-9959
 Fax: 1-800-737-7018
 Email: support@nsc.com
 www.national.com

National Semiconductor Europe
 Fax: +49 (0) 180-530 85 86
 Email: europe.support@nsc.com
 Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208
 English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
 Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
 Tel: 65-2544466
 Fax: 65-2504466
 Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
 Tel: 81-3-5639-7560
 Fax: 81-3-5639-7507

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

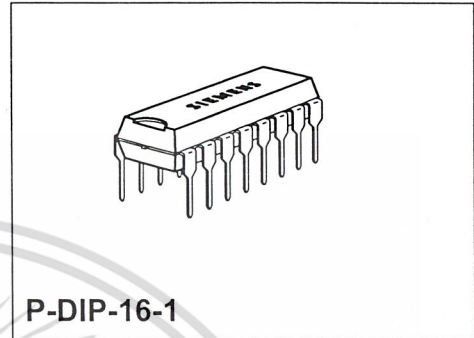
Phase Control IC

TCA 785

Bipolar IC

Features

- Reliable recognition of zero passage
- Large application scope
- May be used as zero point switch
- LSL compatible
- Three-phase operation possible (3 ICs)
- Output current 250 mA
- Large ramp current range
- Wide temperature range



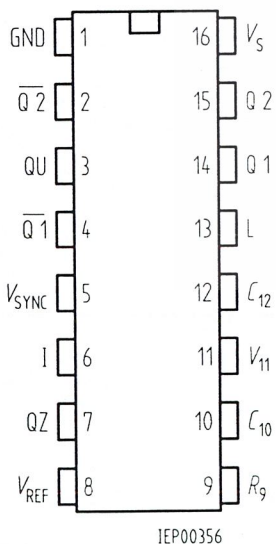
Type	Ordering Code	Package
TCA 785	Q67000-A2321	P-DIP-16-1

This phase control IC is intended to control thyristors, triacs, and transistors. The trigger pulses can be shifted within a phase angle between 0 ° and 180 °. Typical applications include converter circuits, AC controllers and three-phase current controllers.

This IC replaces the previous types TCA 780 and TCA 780 D.

Pin Definitions and Functions

Pin	Symbol	Function
1	GND	Ground
2	Q $\bar{2}$	Output 2 inverted
3	Q U	Output U
4	Q $\bar{2}$	Output 1 inverted
5	V _{SYNC}	Synchronous voltage
6	I	Inhibit
7	Q Z	Output Z
8	V _{REF}	Stabilized voltage
9	R ₉	Ramp resistance
10	C ₁₀	Ramp capacitance
11	V ₁₁	Control voltage
12	C ₁₂	Pulse extension
13	L	Long pulse
14	Q 1	Output 1
15	Q 2	Output 2
16	V _s	Supply voltage



Pin Configuration

(top view)

Functional Description

The synchronization signal is obtained via a high-ohmic resistance from the line voltage (voltage V_s). A zero voltage detector evaluates the zero passages and transfers them to the synchronization register.

This synchronization register controls a ramp generator, the capacitor C_{10} of which is charged by a constant current (determined by R_9). If the ramp voltage V_{10} exceeds the control voltage V_{11} (triggering angle φ), a signal is processed to the logic. Dependent on the magnitude of the control voltage V_{11} , the triggering angle φ can be shifted within a phase angle of 0° to 180° .

For every half wave, a positive pulse of approx. $30 \mu s$ duration appears at the outputs Q 1 and Q 2. The pulse duration can be prolonged up to 180° via a capacitor C_{12} . If pin 12 is connected to ground, pulses with a duration between φ and 180° will result.

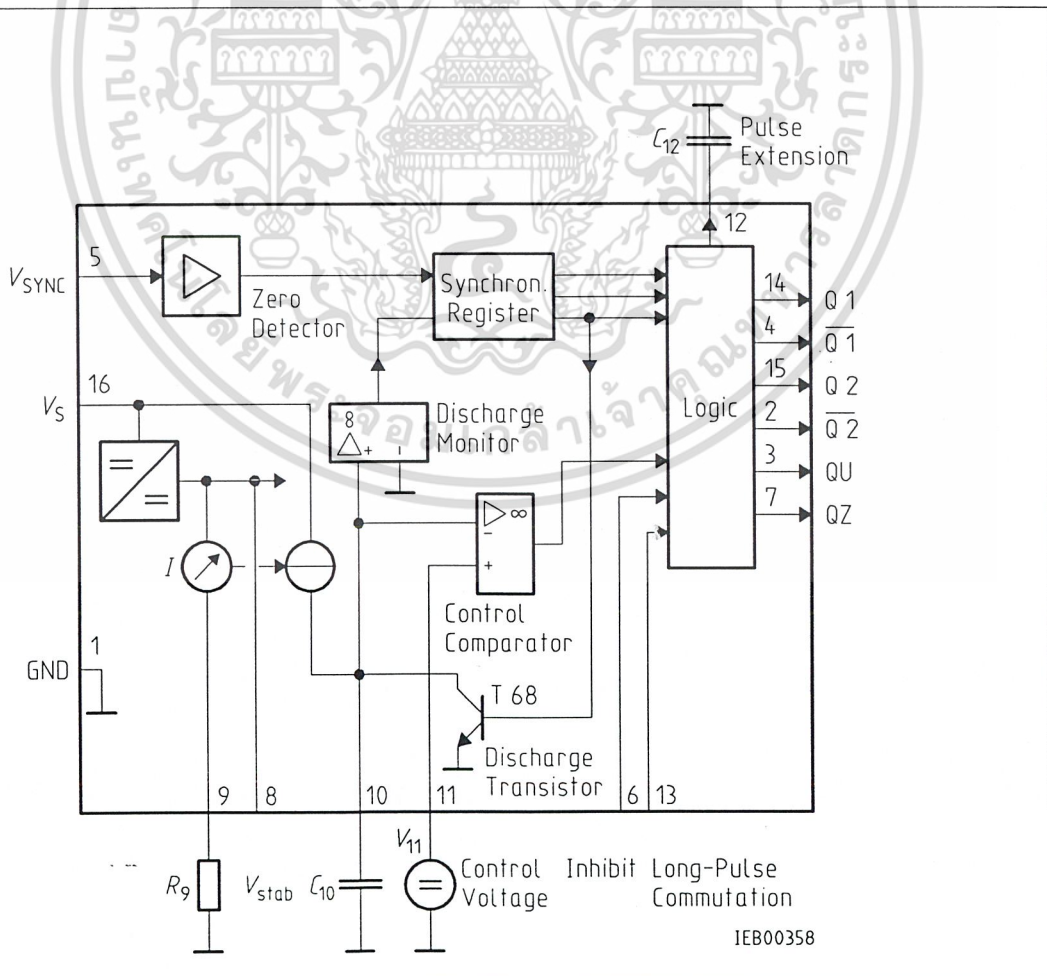
Outputs $\overline{Q}1$ and $\overline{Q}2$ supply the inverse signals of Q 1 and Q 2.

A signal of $\varphi + 180^\circ$ which can be used for controlling an external logic, is available at pin 3.

A signal which corresponds to the NOR link of Q 1 and Q 2 is available at output Q Z (pin 7).

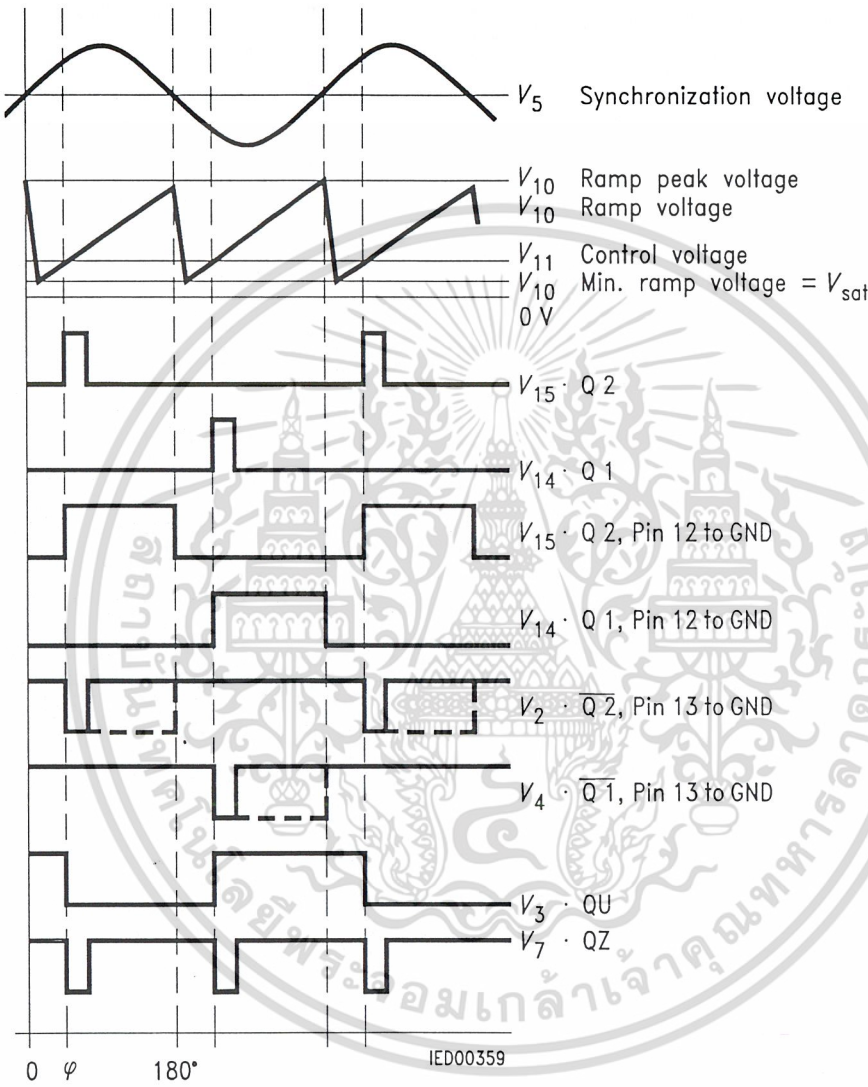
The inhibit input can be used to disable outputs Q1, Q2 and $\overline{Q}1$, $\overline{Q}2$.

Pin 13 can be used to extend the outputs $\overline{Q}1$ and $\overline{Q}2$ to full pulse length ($180^\circ - \varphi$).



Block Diagram ออกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Pulse Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit
		min.	max.	
Supply voltage	V_s	- 0.5	18	V
Output current at pin 14, 15	I_Q	- 10	400	mA
Inhibit voltage	V_6	- 0.5	V_s	V
Control voltage	V_{11}	- 0.5	V_s	V
Voltage short-pulse circuit	V_{13}	- 0.5	V_s	V
Synchronization input current	V_5	- 200	± 200	μA
Output voltage at pin 14, 15	V_Q		V_s	V
Output current at pin 2, 3, 4, 7	I_Q		10	mA
Output voltage at pin 2, 3, 4, 7	V_Q		V_s	V
Junction temperature	T_j		150	$^{\circ}C$
Storage temperature	T_{stg}	- 55	125	$^{\circ}C$
Thermal resistance system - air	$R_{th SA}$		80	K/W

Operating Range

Supply voltage	V_s	8	18	V
Operating frequency	f	10	500	Hz
Ambient temperature	T_A	- 25	85	$^{\circ}C$

Characteristics

$8 \leq V_s \leq 18 V$; $- 25^{\circ}C \leq T_A \leq 85^{\circ}C$; $f = 50 Hz$

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Supply current consumption S1 ... S6 open $V_{11} = 0 V$ $C_{10} = 47 nF$; $R_9 = 100 k\Omega$	I_s	4.5	6.5	10	mA	1
Synchronization pin 5 Input current	$I_{5 rms}$	30		200	μA	1
Offset voltage	ΔV_5		30	75	mV	4
Control input pin 11 Control voltage range	V_{11}	0.2		$V_{10 peak}$	V	1
Input resistance	R_{11}		15		$k\Omega$	5

Characteristics (cont'd)

$8 \leq V_S \leq 18 \text{ V}; -25 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85 \text{ }^\circ\text{C}; f = 50 \text{ Hz}$

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Ramp generator						
Charge current	I_{10}	10		1000	μA	
Max. ramp voltage	V_{10}			$V_2 - 2$	V	1
Saturation voltage at capacitor	V_{10}	100	225	350	mV	1.6
Ramp resistance	R_9	3		300	k Ω	1
Sawtooth return time	t_f		80		μs	1
Inhibit pin 6						
switch-over of pin 7						
Outputs disabled	V_{6L}		3.3	2.5	V	1
Outputs enabled	V_{6H}	4	3.3		V	1
Signal transition time	t_r	1		5	μs	1
Input current	I_{6H}		500	800	μA	1
$V_6 = 8 \text{ V}$						
Input current	$-I_{6L}$	80	150	200	μA	1
$V_6 = 1.7 \text{ V}$						
Deviation of I_{10}	I_{10}	-5		5	%	1
$R_9 = \text{const.}$						
$V_S = 12 \text{ V}; C_{10} = 47 \text{ nF}$						
Deviation of I_{10}	I_{10}	-20		20	%	1
$R_9 = \text{const.}$						
$V_S = 8 \text{ V to } 18 \text{ V}$						
Deviation of the ramp voltage						
between 2 following						
half-waves, $V_S = \text{const.}$	$\Delta V_{10 \text{ max}}$		± 1		%	
Long pulse switch-over						
pin 13						
switch-over of S8						
Short pulse at output	V_{13H}	3.5	2.5		V	1
Long pulse at output	V_{13L}		2.5	2	V	1
Input current	I_{13H}			10	μA	1
$V_{13} = 8 \text{ V}$						
Input current	$-I_{13L}$	45	65	100	μA	1
$V_{13} = 1.7 \text{ V}$						
Outputs pin 2, 3, 4, 7						
Reverse current	I_{CEO}			10	μA	2.6
$V_Q = V_S$						
Saturation voltage	V_{sat}	0.1	0.4	2	V	2.6
$I_Q = 2 \text{ mA}$						

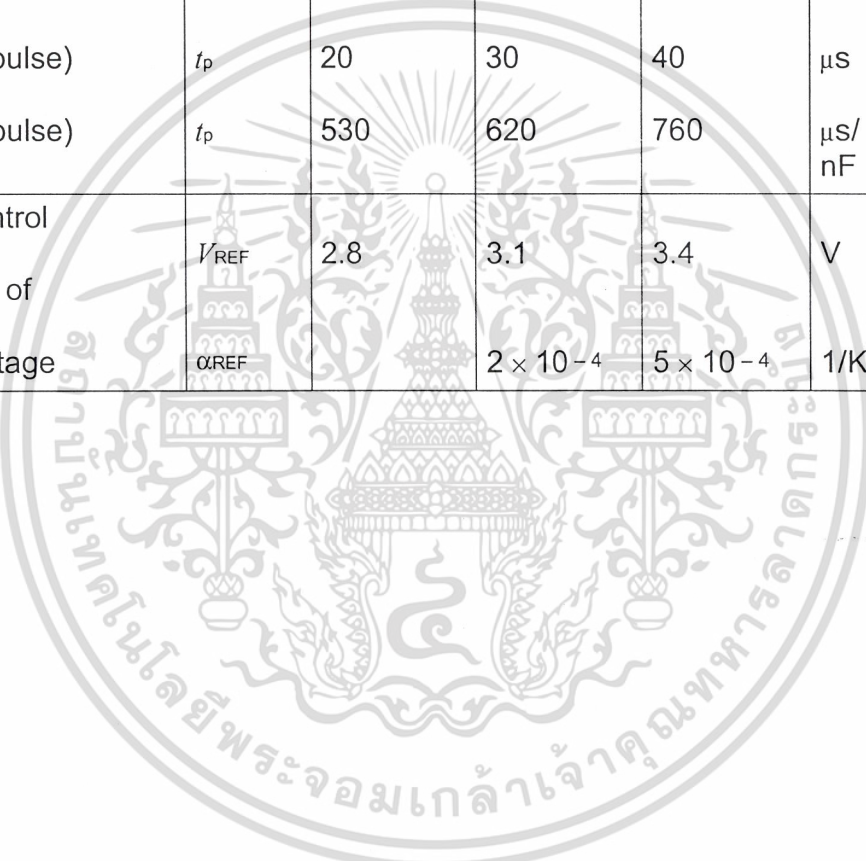
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Characteristics (cont'd)

$8 \leq V_s \leq 18 \text{ V}; -25 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85 \text{ }^\circ\text{C}; f = 50 \text{ Hz}$

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Outputs pin 14, 15 H-output voltage $- I_Q = 250 \text{ mA}$	$V_{14/15 H}$	$V_s - 3$	$V_s - 2.5$	$V_s - 1.0$	V	3.6
L-output voltage $I_Q = 2 \text{ mA}$	$V_{14/15 L}$	0.3	0.8	2	V	2.6
Pulse width (short pulse) S9 open	t_p	20	30	40	μs	1
Pulse width (short pulse) with C_{12}	t_p	530	620	760	$\mu\text{s}/\text{nF}$	1
Internal voltage control Reference voltage	V_{REF}	2.8	3.1	3.4	V	1
Parallel connection of 10 ICs possible TC of reference voltage	α_{REF}		2×10^{-4}	5×10^{-4}	1/K	1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

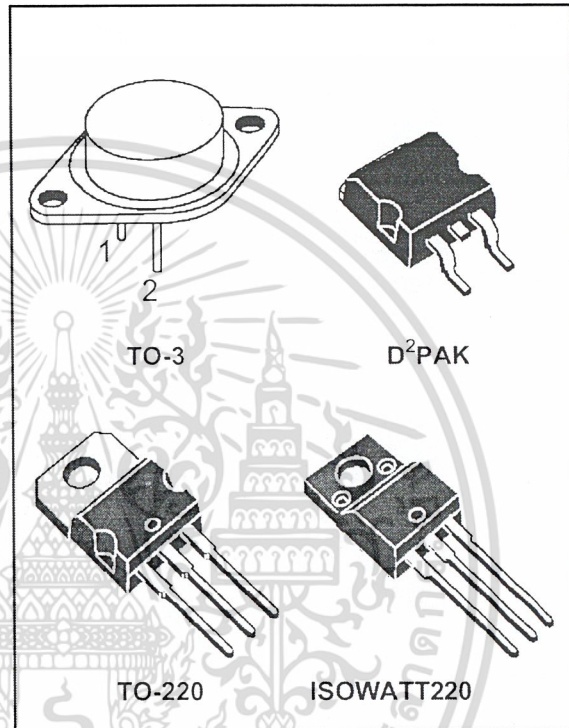
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

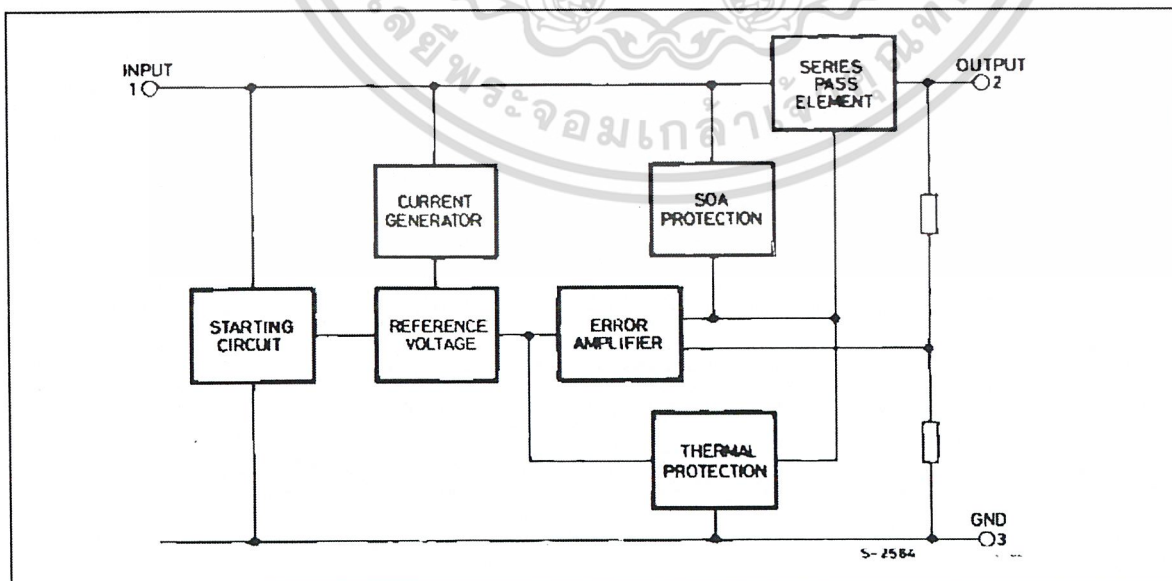
- OUTPUT CURRENT UP TO 1.5 A
- OUTPUT VOLTAGES OF 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 12; 15; 18; 24V
- THERMAL OVERLOAD PROTECTION
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OUTPUT TRANSITION SOA PROTECTION

DESCRIPTION

The L7800 series of three-terminal positive regulators is available in TO-220 ISOWATT220 TO-3 and D²PAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



BLOCK DIAGRAM



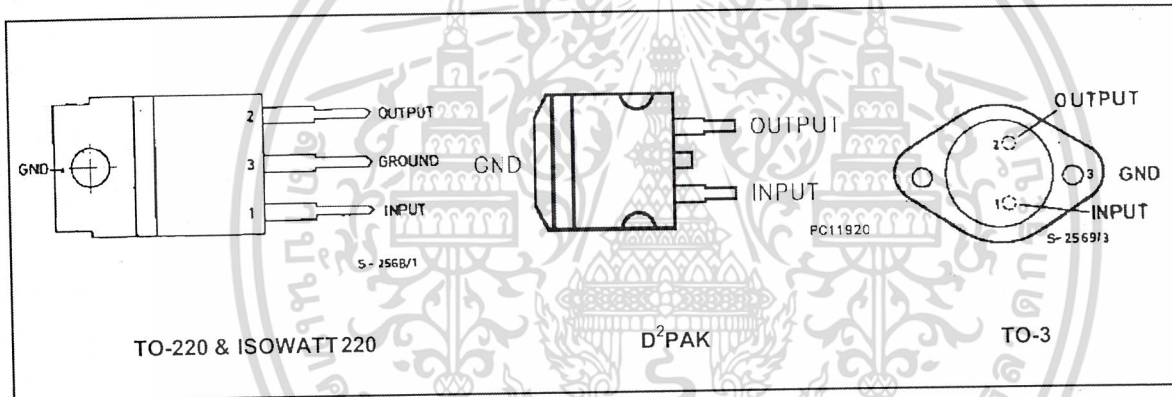
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _i	DC Input Voltage (for V _O = 5 to 18V) (for V _O = 20, 24V)	35	V
		40	V
I _o	Output Current	Internally limited	
P _{tot}	Power Dissipation	Internally limited	
T _{op}	Operating Junction Temperature Range (for L7800) (for L7800C)	-55 to 150	°C
		0 to 150	°C
T _{stg}	Storage Temperature Range	-65 to 150	°C

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	D ² PAK	TO-220	ISOWATT220	TO-3	Unit
R _{thj-case}	Thermal Resistance Junction-case Max	3	3	4	4	°C/W
R _{thj-amb}	Thermal Resistance Junction-ambient Max	62.5	50	60	35	°C/W

CONNECTION DIAGRAM AND ORDERING NUMBERS (top view)



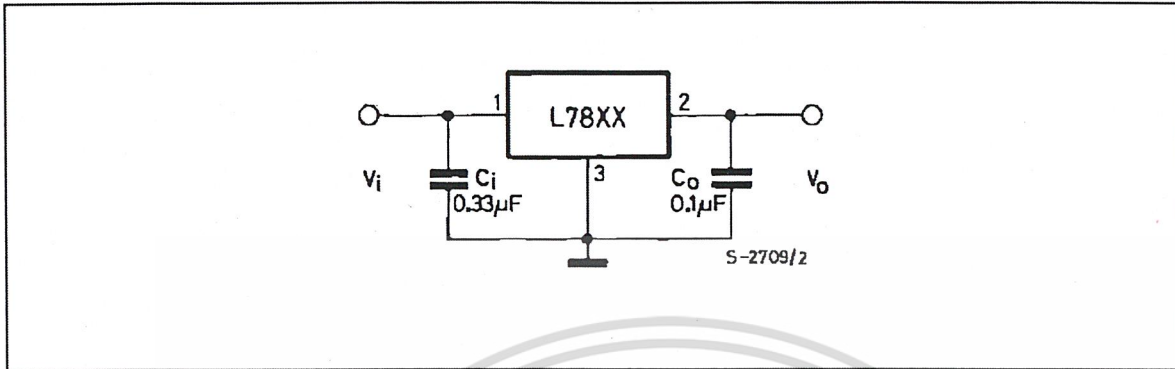
Type	TO-220	D ² PAK (*)	ISOWATT220	TO-3	Output Voltage
L7805				L7805T	5V
L7805C	L7805CV	L7805CD2T	L7805CP	L7805CT	5V
L7852C	L7852CV	L7852CD2T	L7852CP	L7852CT	5.2V
L7806				L7806T	6V
L7806C	L7806CV	L7806CD2T	L7806CP	L7806CT	6V
L7808				L7808T	8V
L7808C	L7808CV	L7808CD2T	L7808CP	L7808CT	8V
L7885C	L7885CV	L7885CD2T	L7885CP	L7885CT	8.5V
L7809C	L7809CV	L7809CD2T	L7809CP	L7809CT	9V
L7812				L7812T	12V
L7812C	L7812CV	L7812CD2T	L7812CP	L7812CT	12V
L7815				L7815T	15V
L7815C	L7815CV	L7815CD2T	L7815CP	L7815CT	15V
L7818				L7818T	18V
L7818C	L7818CV	L7818CD2T	L7818CP	L7818CT	18V
L7820				L7820T	20V
L7820C	L7820CV	L7820CD2T	L7820CP	L7820CT	20V
L7824				L7824T	24V
L7824C	L7824CV	L7824CD2T	L7824CP	L7824CT	24V

(*) AVAILABLE IN TAPE AND REEL WITH "-TR" SUFFIX

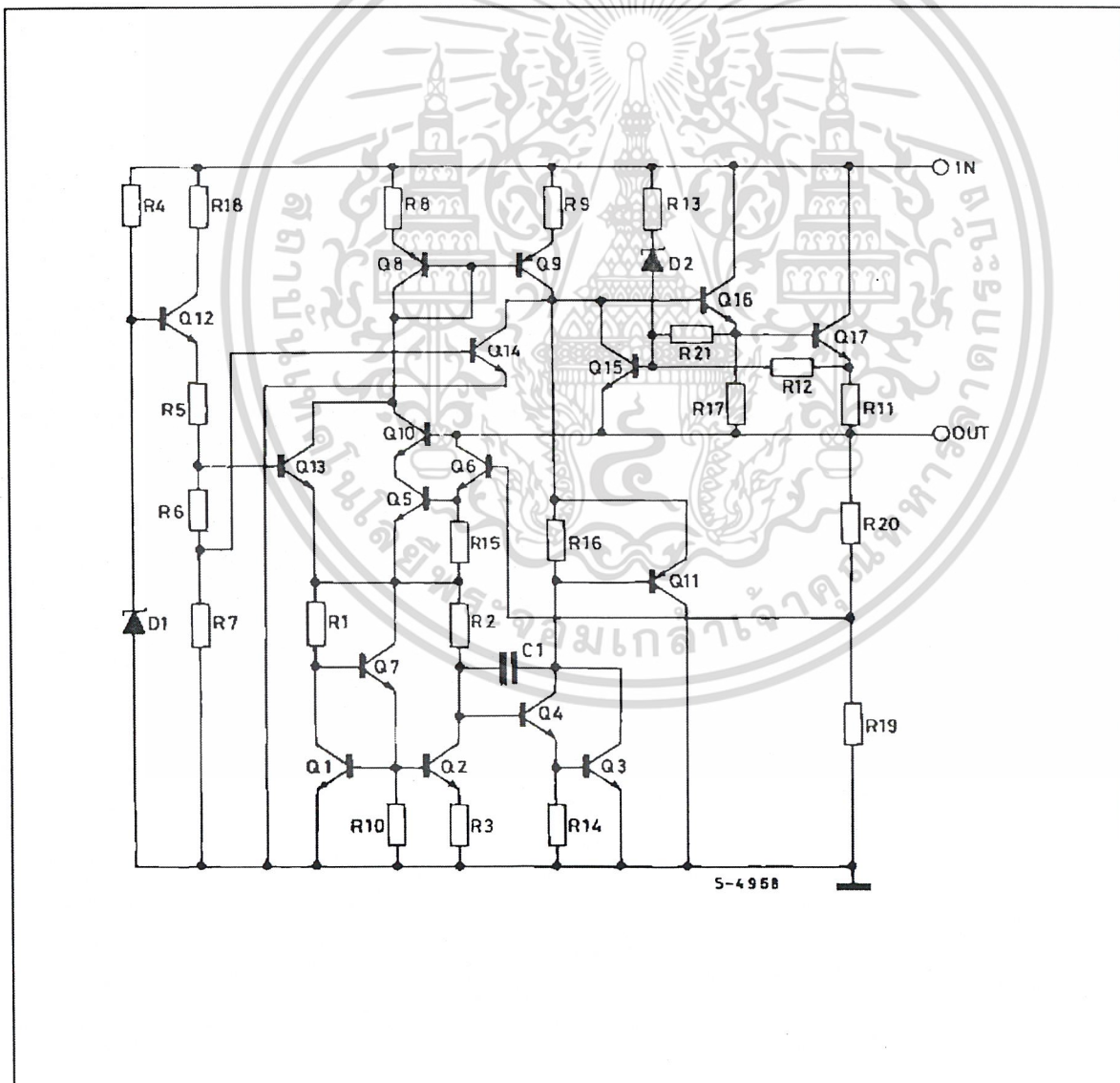


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION CIRCUIT



SCHEMATIC DIAGRAM



TEST CIRCUITS

Figure 1 : DC Parameter

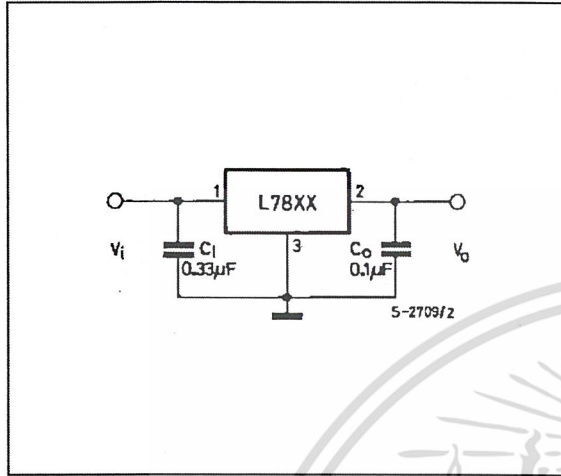


Figure 2 : Load Regulation.

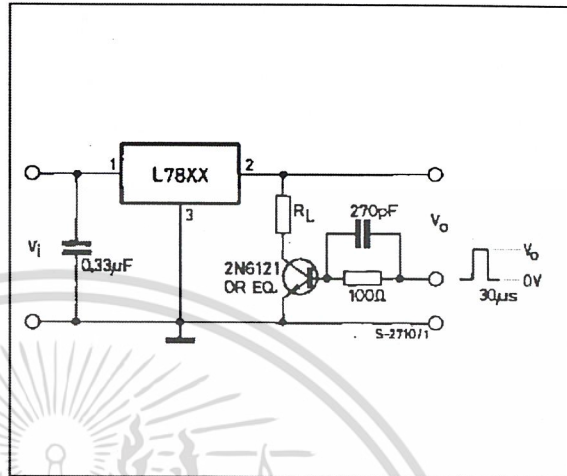
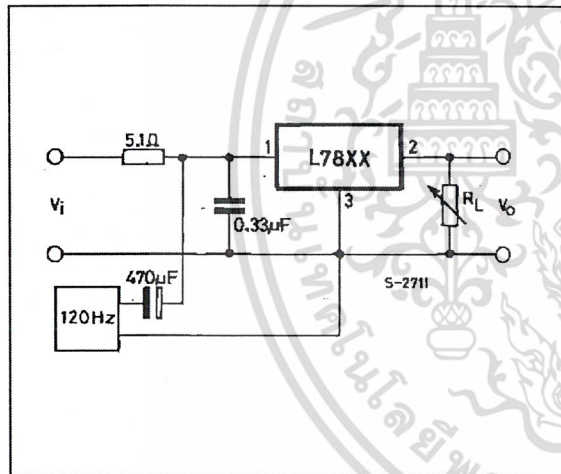


Figure 3 : Ripple Rejection.



ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7805 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C, $V_i = 10V$, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	4.8	5	5.2	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 8$ to 20 V	4.65	5	5.35	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 7$ to 25 V $T_j = 25$ °C $V_i = 8$ to 12 V $T_j = 25$ °C		3 1	50 25	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			100 25	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 8$ to 25 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		0.6		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C			40	μ V/ V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 8$ to 18 V $f = 120$ Hz	68			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		17		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7806 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C, $V_i = 15V$, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	5.75	6	6.25	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 9$ to 21 V	5.65	6	6.35	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 8$ to 25 V $T_j = 25$ °C $V_i = 9$ to 13 V $T_j = 25$ °C			60 30	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			100 30	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 9$ to 25 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		0.7		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C			40	μ V/ V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 9$ to 19 V $f = 120$ Hz	65			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		19		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7808 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C, $V_i = 14$ V, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	7.7	8	8.3	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 11.5$ to 23 V	7.6	8	8.4	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 10.5$ to 25 V $T_j = 25$ °C $V_i = 11$ to 17 V $T_j = 25$ °C			80 40	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			100 40	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 11.5$ to 25 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		1		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C			40	μ V/ V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 11.5$ to 21.5 V $f = 120$ Hz	62			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		16		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7812 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C, $V_i = 19$ V, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	11.5	12	12.5	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 15.5$ to 27 V	11.4	12	12.6	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 14.5$ to 30 V $T_j = 25$ °C $V_i = 16$ to 22 V $T_j = 25$ °C			120 60	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			100 60	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 15$ to 30 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		1.5		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C			40	μ V/ V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 15$ to 25 V $f = 120$ Hz	61			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		18		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7815 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C, $V_i = 23V$, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μF , $C_o = 0.1$ μF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	14.4	15	15.6	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 18.5$ to 30 V	14.25	15	15.75	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 17.5$ to 30 V $T_j = 25$ °C $V_i = 20$ to 26 V $T_j = 25$ °C			150 75	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			150 75	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 18.5$ to 30 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		1.8		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz $T_j = 25$ °C			40	$\mu V/V_o$
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 18.5$ to 28.5 V $f = 120$ Hz	60			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		19		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7818 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C, $V_i = 26V$, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μF , $C_o = 0.1$ μF unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	17.3	18	18.7	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 22$ to 33 V	17.1	18	18.9	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 21$ to 33 V $T_j = 25$ °C $V_i = 24$ to 30 V $T_j = 25$ °C			180 90	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			180 90	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 22$ to 33 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		2.3		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	B = 10Hz to 100KHz $T_j = 25$ °C			40	$\mu V/V_o$
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 22$ to 32 V $f = 120$ Hz	59			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		22		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7820 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C,
 $V_i = 28$ V, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	19.2	20	20.8	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 24$ to 35 V	19	20	21	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 22.5$ to 35 V $T_j = 25$ °C $V_i = 26$ to 32 V $T_j = 25$ °C			200 100	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			200 100	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 24$ to 35 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		2.5		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C			40	μ V/ V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 24$ to 35 V $f = 120$ Hz	58			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		24		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7824 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C,
 $V_i = 33$ V, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	23	24	25	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 28$ to 38 V	22.8	24	25.2	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 27$ to 38 V $T_j = 25$ °C $V_i = 30$ to 36 V $T_j = 25$ °C			240 120	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			240 120	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 28$ to 38 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		3		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C			40	μ V/ V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 28$ to 38 V $f = 120$ Hz	56			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		28		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7805C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to 125 °C, $V_i = 10V$, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	4.8	5	5.2	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 7$ to 20 V	4.75	5	5.25	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 7$ to 25 V $T_j = 25$ °C $V_i = 8$ to 12 V $T_j = 25$ °C		3 1	100 50	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			100 50	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 7$ to 25 V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		-1.1		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C		40		μ V
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 8$ to 18 V $f = 120$ Hz	62			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		17		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		750		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C		2.2		A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7852C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to 125 °C, $V_i = 10V$, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	5.0	5.2	5.4	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 8$ to 20 V	4.95	5.2	5.45	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 7$ to 25 V $T_j = 25$ °C $V_i = 8$ to 12 V $T_j = 25$ °C		3 1	105 52	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			105 52	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 7$ to 25 V			1.3	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		-1.0		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C		42		μ V
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 8$ to 18 V $f = 120$ Hz	61			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		17		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		750		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C		2.2		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7806C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to 125°C , $V_i = 11\text{V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\ \mu\text{F}$, $C_o = 0.1\ \mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}$	5.75	6	6.25	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 8\text{ to }21\text{ V}$	5.7	6	6.3	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 8\text{ to }25\text{ V}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$ $V_i = 9\text{ to }13\text{ V}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$			120 60	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$			120 60	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25^\circ\text{C}$			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 8\text{ to }25\text{ V}$			1.3	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-0.8		mV/ $^\circ\text{C}$
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$		45		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 9\text{ to }19\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	59			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ kHz}$		19		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$		550		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25^\circ\text{C}$		2.2		A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7808C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to 125°C , $V_i = 14\text{V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\ \mu\text{F}$, $C_o = 0.1\ \mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}$	7.7	8	8.3	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 10.5\text{ to }25\text{ V}$	7.6	8	8.4	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 10.5\text{ to }25\text{ V}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$ $V_i = 11\text{ to }17\text{ V}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$			160 80	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$			160 80	mV mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25^\circ\text{C}$			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 10.5\text{ to }25\text{ V}$			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-0.8		mV/ $^\circ\text{C}$
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$		52		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 11.5\text{ to }21.5\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	56			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ kHz}$		16		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$		450		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25^\circ\text{C}$		2.2		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.



BTA/BTB08 and T8 Series

SNUBBERLESS™, LOGIC LEVEL & STANDARD

8A TRIACs

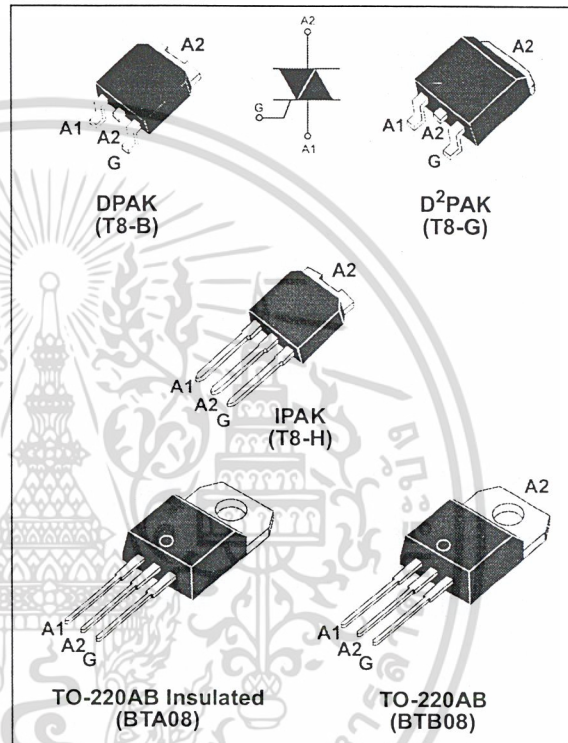
MAIN FEATURES:

Symbol	Value	Unit
$I_{T(RMS)}$	8	A
V_{DRM}/V_{RRM}	600 and 800	V
$I_{GT}(Q_1)$	5 to 50	mA

DESCRIPTION

Available either in through-hole or surface-mount packages, the BTA/BTB08 and T8 triac series is suitable for general purpose AC switching. They can be used as an ON/OFF function in applications such as static relays, heating regulation, induction motor starting circuits... or for phase control operation in light dimmers, motor speed controllers,...

The snubberless versions (BTA/BTB...W and T8 series) are specially recommended for use on inductive loads, thanks to their high commutation performances. By using an internal ceramic pad, the BTA series provides voltage insulated tab (rated at 2500V RMS) complying with UL standards (File ref.: E81734)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter		Value	Unit	
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current (full sine wave)	DPAK / D ² PAK IPAK / TO-220AB	$T_c = 110^\circ\text{C}$	8	A
		TO-220AB Ins.	$T_c = 100^\circ\text{C}$		
I_{TSM}	Non repetitive surge peak on-state current (full cycle, T_j initial = 25°C)	F = 50 Hz	t = 20 ms	80	A
		F = 60 Hz	t = 16.7 ms	84	
I^2t	I^2t Value for fusing	tp = 10 ms		36	A ² s
di/dt	Critical rate of rise of on-state current $I_G = 2 \times I_{GT}$, tr ≤ 100 ns	F = 120 Hz	$T_j = 125^\circ\text{C}$	50	A/μs
I_{GM}	Peak gate current	tp = 20 μs	$T_j = 125^\circ\text{C}$	4	A
$P_{G(AV)}$	Average gate power dissipation	$T_j = 125^\circ\text{C}$		1	W
T_{stg} T_j	Storage junction temperature range Operating junction temperature range			- 40 to + 150 - 40 to + 125	°C

BTA/BTB08 and T8 Series

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_j = 25°C, unless otherwise specified)

■ SNUBBERLESS™ and LOGIC LEVEL (3 Quadrants)

Symbol	Test Conditions	Quadrant		T8		BTA/BTB08				Unit
				T810	T835	TW	SW	CW	BW	
I _{GT} (1)	V _D = 12 V R _L = 30 Ω	I - II - III	MAX.	10	35	5	10	35	50	mA
V _{GT}		I - II - III	MAX.	1.3						V
V _{GD}	V _D = V _{DRM} R _L = 3.3 kΩ T _j = 125°C	I - II - III	MIN.	0.2						V
I _H (2)	I _T = 100 mA		MAX.	15	35	10	15	35	50	mA
I _L	I _G = 1.2 I _{GT}	I - III	MAX.	25	50	10	25	50	70	mA
		II		30	60	15	30	60	80	
dV/dt (2)	V _D = 67 %V _{DRM} gate open T _j = 125°C		MIN.	40	400	20	40	400	1000	V/μs
(dI/dt) _c (2)	(dV/dt) _c = 0.1 V/μs T _j = 125°C		MIN.	5.4	-	3.5	5.4	-	-	A/ms
	(dV/dt) _c = 10 V/μs T _j = 125°C			2.8	-	1.5	2.8	-	-	
	Without snubber T _j = 125°C			-	4.5	-	-	4.5	7	

■ STANDARD (4 Quadrants)

Symbol	Test Conditions	Quadrant		BTA/BTB08		Unit
				C	B	
I _{GT} (1)	V _D = 12 V R _L = 30 Ω	I - II - III IV	MAX.	25 50	50 100	mA
V _{GT}		ALL	MAX.	1.3		V
V _{GD}	V _D = V _{DRM} R _L = 3.3 kΩ T _j = 125°C	ALL	MIN.	0.2		V
I _H (2)	I _T = 500 mA		MAX.	25	50	mA
I _L	I _G = 1.2 I _{GT}	I - III - IV	MAX.	40	50	mA
		II		80	100	
dV/dt (2)	V _D = 67 %V _{DRM} gate open T _j = 125°C		MIN.	200	400	V/μs
(dV/dt) _c (2)	(dI/dt) _c = 3.5 A/ms T _j = 125°C		MIN.	5	10	V/μs

STATIC CHARACTERISTICS

Symbol	Test Conditions	Value	Unit
V _{TM} (2)	I _{TM} = 11 A tp = 380 μs T _j = 25°C	MAX.	1.55 V
V _{to} (2)	Threshold voltage T _j = 125°C	MAX.	0.85 V
R _d (2)	Dynamic resistance T _j = 125°C	MAX.	50 mΩ
I _{DRM} I _{RPM}	V _{DRM} = V _{RPM}	T _j = 25°C	MAX. 5 μA
		T _j = 125°C	MAX. 1 mA

Note 1: minimum I_{GT} is guaranteed at 5% of I_{GT} max.

Note 2: for both polarities of A2 referenced to A1

THERMAL RESISTANCES

Symbol	Parameter		Value	Unit	
R _{th(j-c)}	Junction to case (AC)		DPAK / D ² PAK IPAK / TO-220AB	1.6	°C/W
			TO-220AB Insulated	2.5	
R _{th(j-a)}	Junction to ambient	S = 1 cm ²	D ² PAK	45	°C/W
		S = 0.5 cm ²	DPAK	70	
			TO-220AB TO-220AB Insulated	60	
			IPAK	100	

S = Copper surface under tab

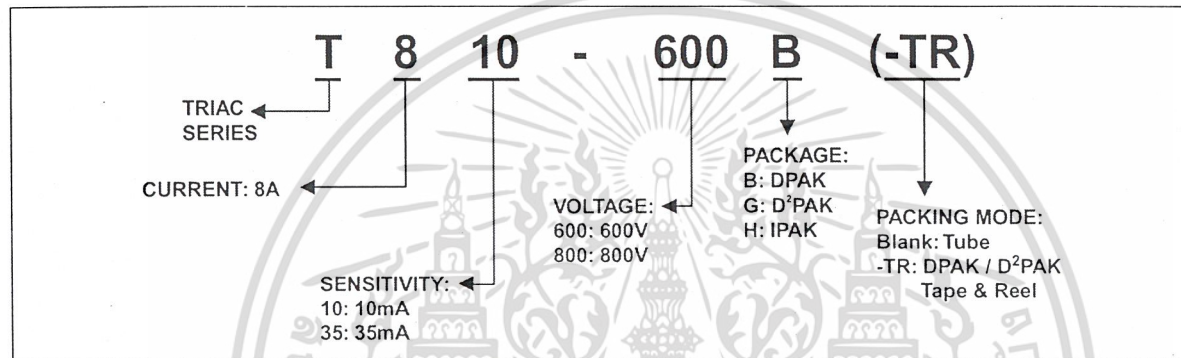
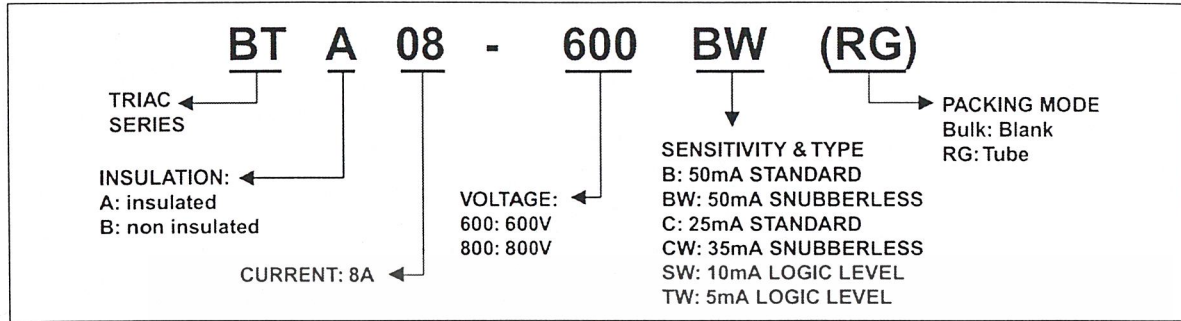
PRODUCT SELECTOR

Part Number	Voltage (xxx)		Sensitivity	Type	Package
	600 V	800 V			
BTA/BTB08-xxxB	X	X	50 mA	Standard	TO-220AB
BTA/BTB108-xxxBW	X	X	50 mA	Snubberless	TO-220AB
BTA/BTB08-xxxC	X	X	25 mA	Standard	TO-220AB
BTA/BTB08-xxxCW	X	X	35 mA	Snubberless	TO-220AB
BTA/BTB08-xxxSW	X	X	10 mA	Logic level	TO-220AB
BTA/BTB08-xxxTW	X	X	5 mA	Logic level	TO-220AB
T810-xxxB	X	X	10 mA	Logic level	DPAK
T810-xxxH	X	X	10 mA	Logic level	IPAK
T835-xxxB	X	X	35mA	Snubberless	DPAK
T835-xxxG	X	X	35 mA	Snubberless	D ² PAK
T835-xxxH	X	X	35 mA	Snubberless	IPAK

BTB: non insulated TO-220AB package

BTA/BTB08 and T8 Series

ORDERING INFORMATION



OTHER INFORMATION

Part Number	Marking	Weight	Base quantity	Packing mode
BTA/BTB08-xxxxyz	BTA/BTB08xxxxyz	2.3 g	250	Bulk
BTA/BTB08-xxxxyzRG	BTA/BTB08-xxxxyz	2.3 g	50	Tube
T8yy-xxxB	T8yyxxx	0.3 g	75	Tube
T8yy-xxxB-TR	T8yyxxx	0.3 g	2500	Tape & reel
T8yy-xxxH	T8yyxxx	0.4 g	75	Tube
T8yy-xxxG	T8yyxxx	1.5 g	50	Tube
T8yy-xxxG-TR	T8yyxxx	1.5 g	1000	Tape & reel

Note: xxx = voltage, yy = sensitivity, z = type

Fig. 1: Maximum power dissipation versus RMS on-state current (full cycle).

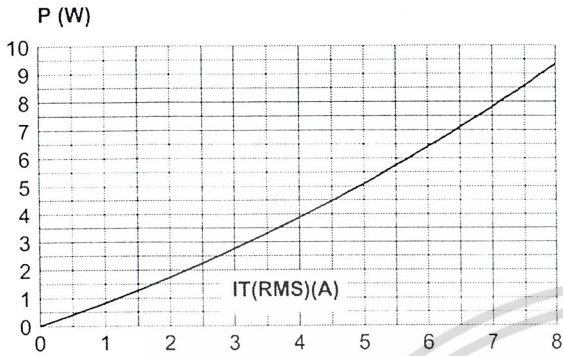


Fig. 2-1: RMS on-state current versus case temperature (full cycle).

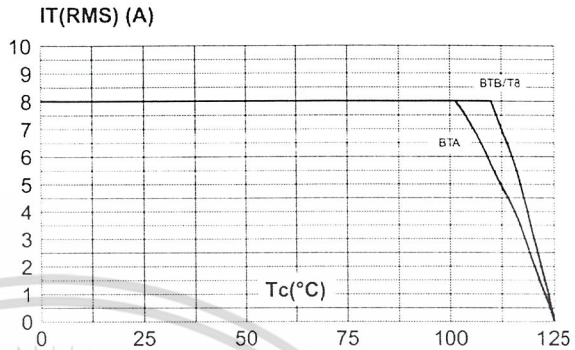


Fig. 2-2: RMS on-state current versus ambient temperature (printed circuit board FR4, copper thickness: 35µm), full cycle.

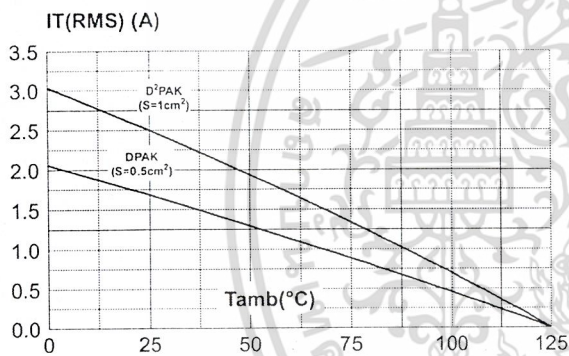


Fig. 3: Relative variation of thermal impedance versus pulse duration.

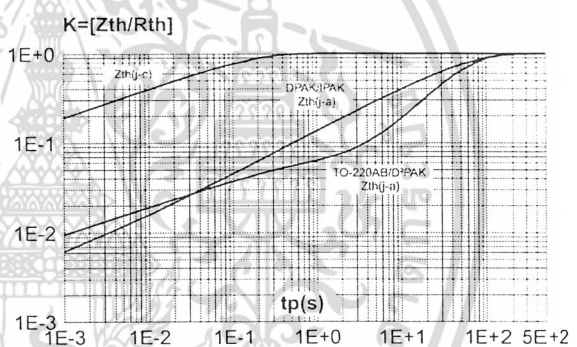


Fig. 4: On-state characteristics (maximum values).

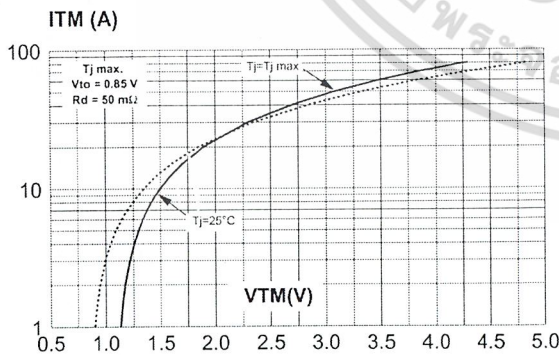


Fig. 5: Surge peak on-state current versus number of cycles.

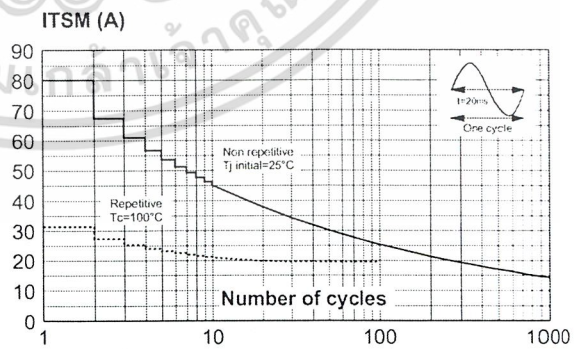


Fig. 6: Non-repetitive surge peak on-state current for a sinusoidal pulse with width $t_p < 10\text{ms}$, and corresponding value of I^2t .

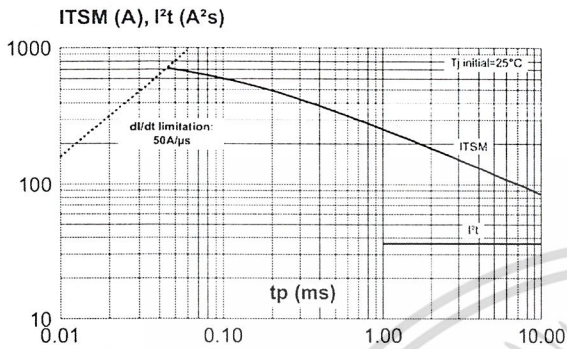


Fig. 7: Relative variation of gate trigger current, holding current and latching current versus junction temperature (typical values).

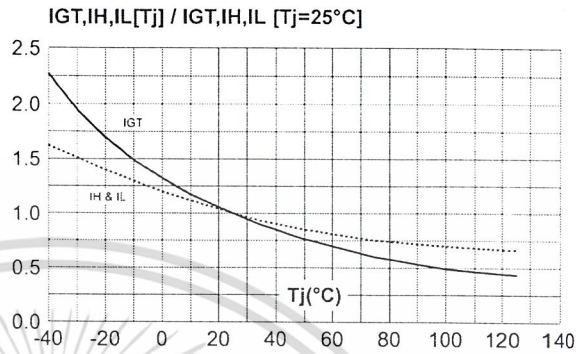


Fig. 8-1: Relative variation of critical rate of decrease of main current versus $(dV/dt)_c$ (typical values). Snubberless & Logic Level Types

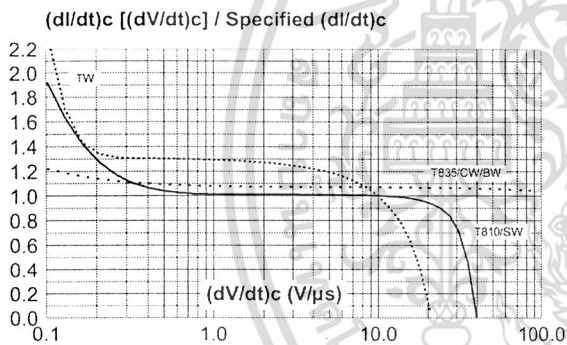


Fig. 8-2: Relative variation of critical rate of decrease of main current versus $(dV/dt)_c$ (typical values). Standard Types

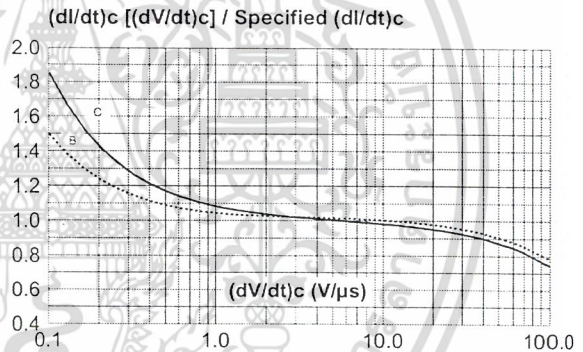


Fig. 9: Relative variation of critical rate of decrease of main current versus junction temperature.

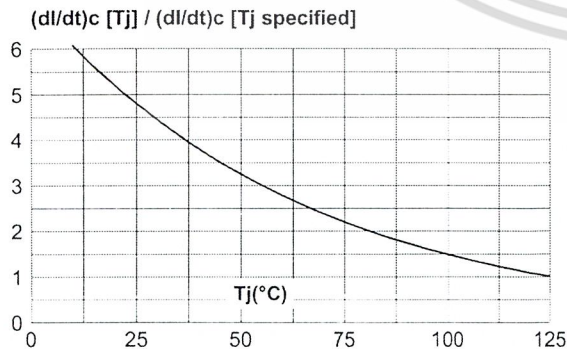
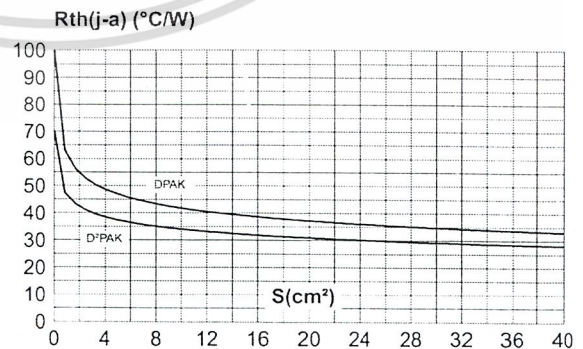
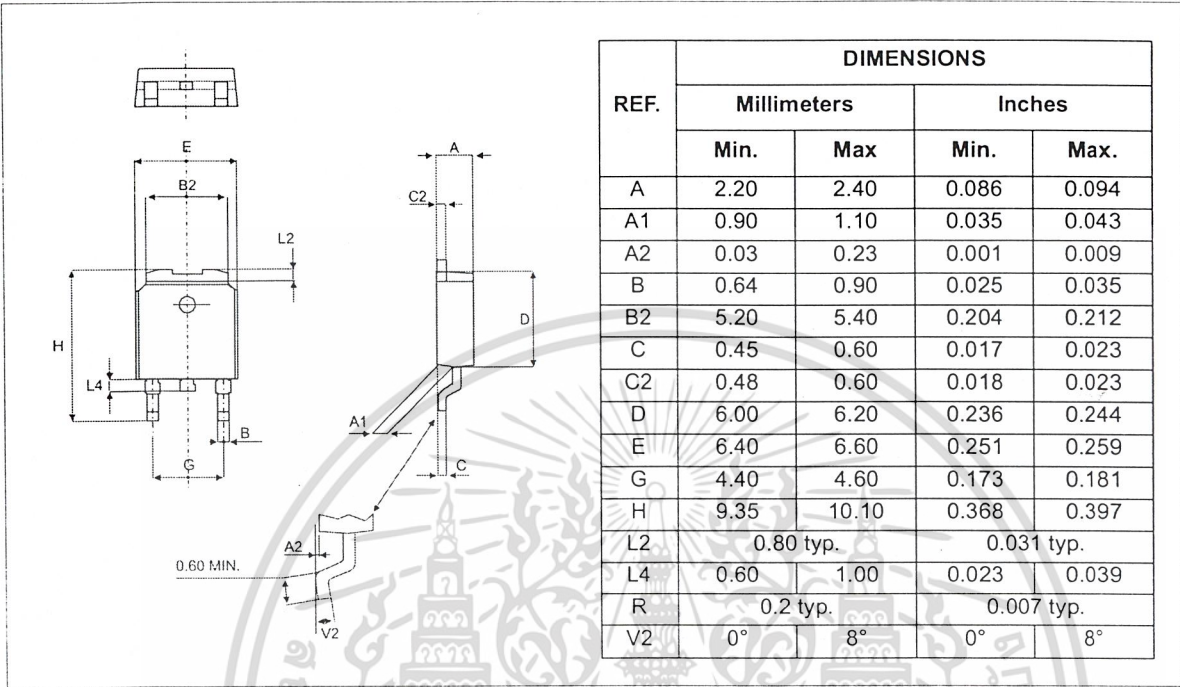


Fig. 10: DPAK and D²PAK Thermal resistance junction to ambient versus copper surface under tab (printed circuit board FR4, copper thickness: 35 µm).



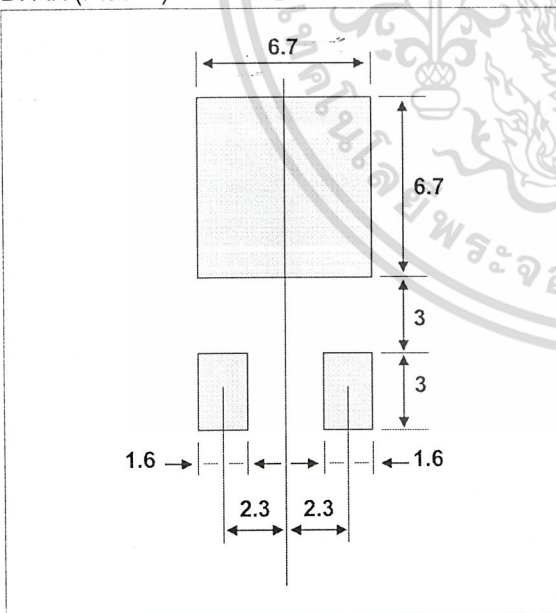
PACKAGE MECHANICAL DATA

DPAK (Plastic)



FOOTPRINT DIMENSIONS (in millimeters)

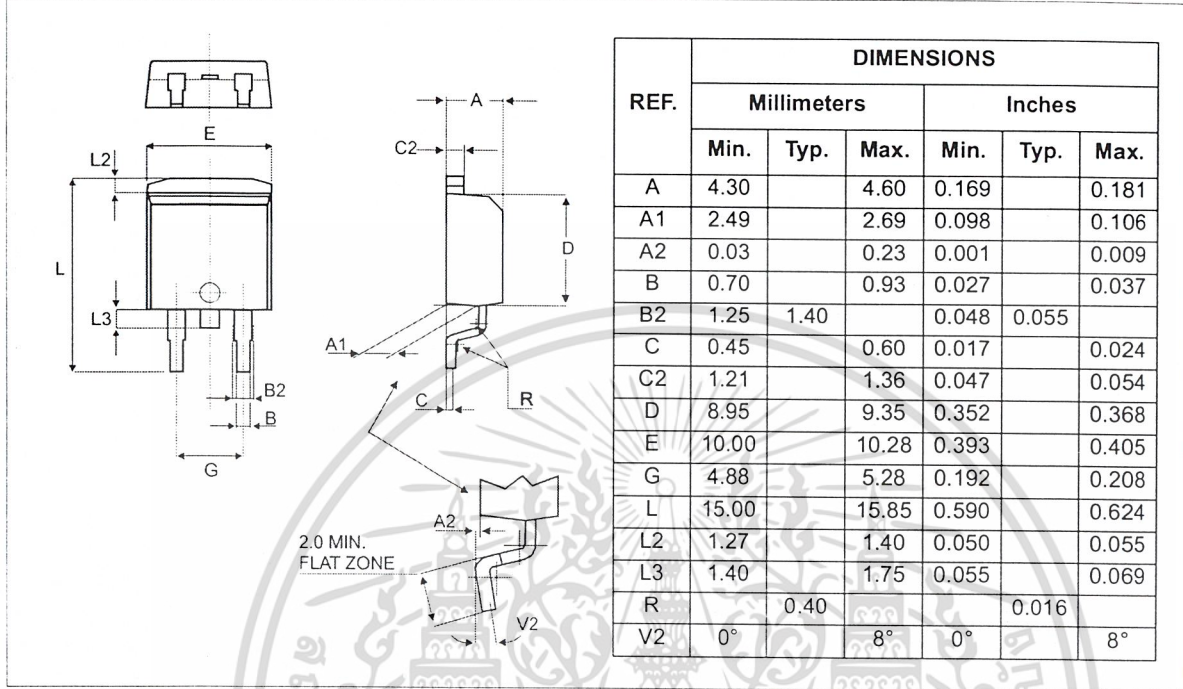
DPAK (Plastic)



BTA/BTB08 and T8 Series

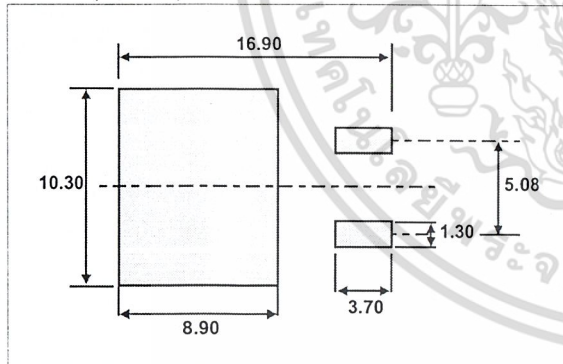
PACKAGE MECHANICAL DATA

D²PAK (Plastic)



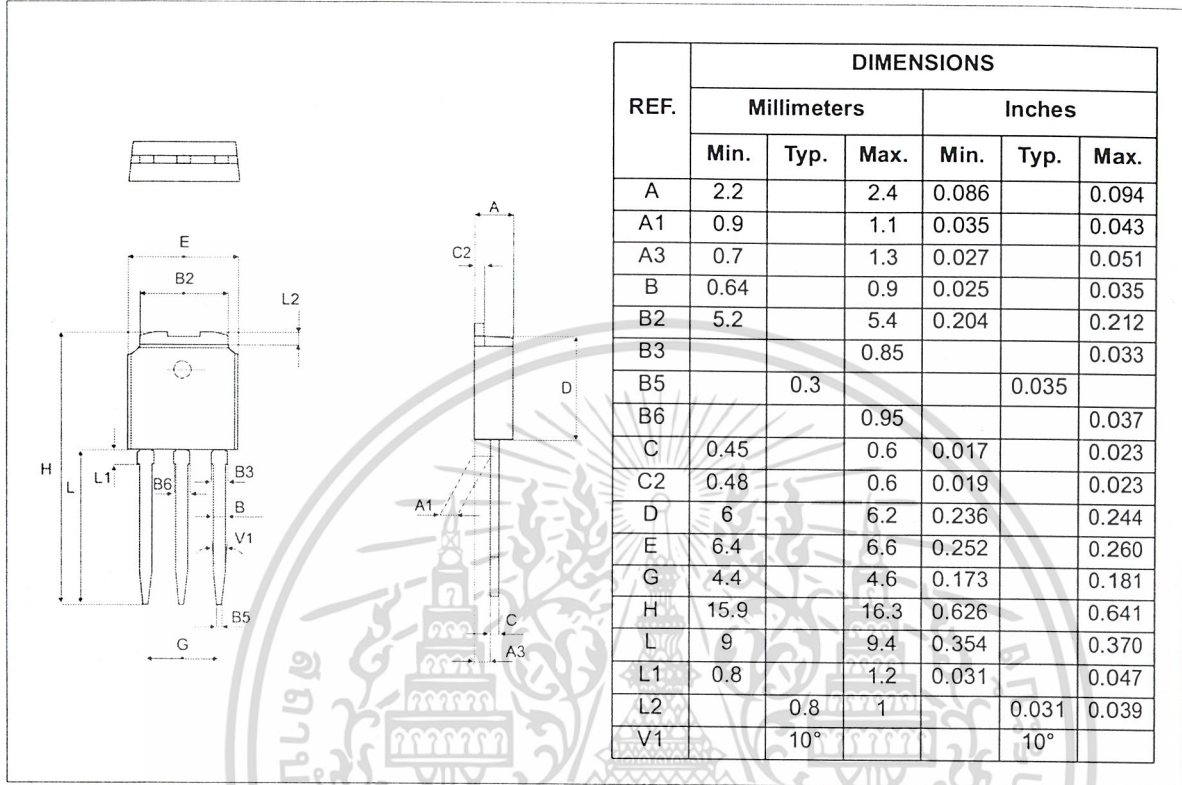
FOOTPRINT DIMENSIONS (in millimeters)

D²PAK (Plastic)



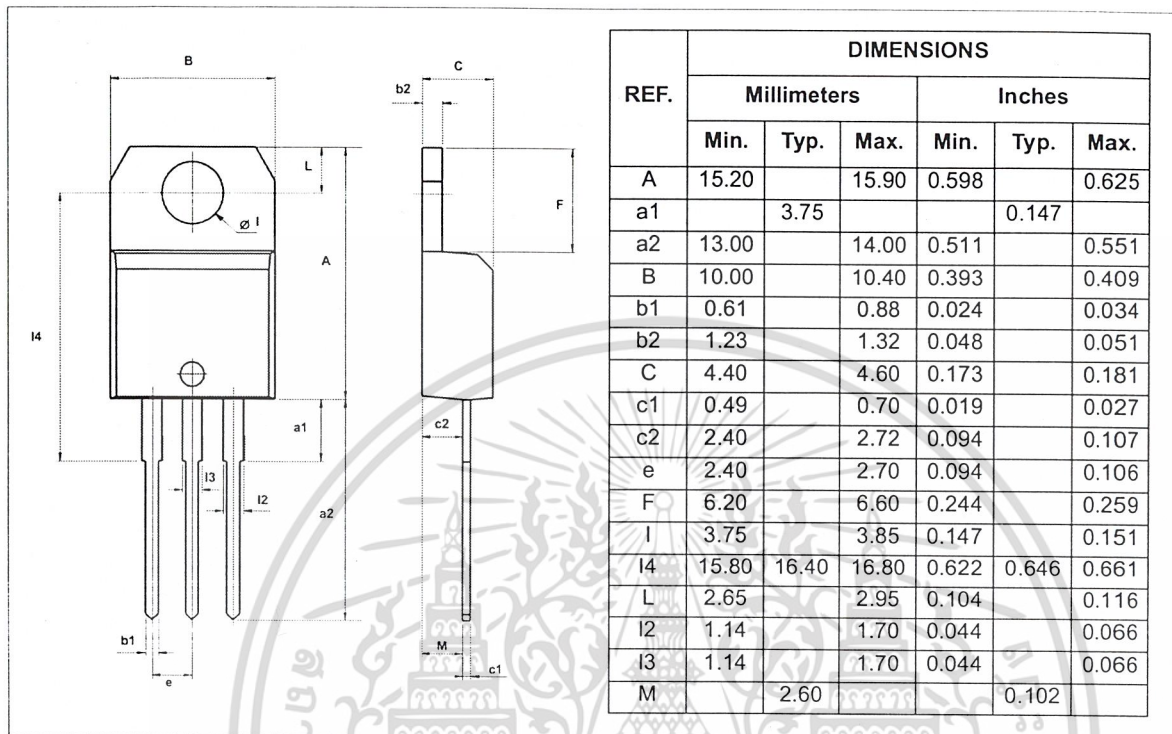
PACKAGE MECHANICAL DATA

IPAK (Plastic)



PACKAGE MECHANICAL DATA

TO-220AB Ins.



Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

© The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 2002 STMicroelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved

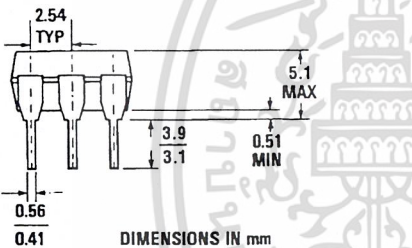
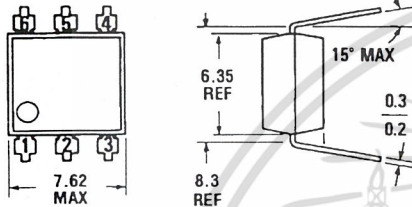
STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES
 Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany
 Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Singapore
 Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States.

<http://www.st.com>



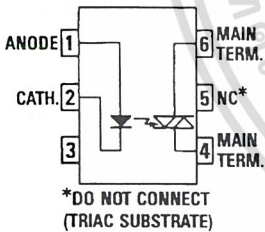
**MOC3020 MOC3021
MOC3022 MOC3023**

PACKAGE DIMENSIONS



DIMENSIONS IN mm
PACKAGE CODE E

ST1603



Equivalent Circuit

DESCRIPTION

The MOC3020, MOC3021, MOC3022 and MOC3023 are optically isolated triac driver devices. These devices contain a GaAs infrared emitting diode and a light activated silicon bilateral switch, which functions like a triac. This is designed for interfacing between electronic controls and power triacs to control resistive and inductive loads for 240 VAC operations.

FEATURES

- Excellent I_T stability—IR emitting diode has low degradation
- High isolation voltage—minimum 7500 VAC peak
- Underwriters Laboratory (UL) recognized—File #E90700

APPLICATIONS

- European applications for 240 VAC
- Triac driver
- Industrial controls
- Traffic lights
- Vending machines
- Motor control
- Solid state relay

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

TOTAL PACKAGE

Storage temperature	-55°C to 150°C
Operating temperature	-40°C to 100°C
Lead temperature (soldering, 10 sec)	260°C

INPUT DIODE

Forward DC current	50 mA
Reverse voltage	3 V
Peak forward current (1 μ s pulse, 300 pps)	3.0 A
Power dissipation (25°C ambient)	100 mW
Derate linearly (above 25°C ambient)	1.33 mW/°C

OUTPUT DRIVER

Off-state output terminal voltage	400 Volts
On-state RMS current (Full cycle, 50 to 60 Hz)	$T_A=25^\circ\text{C}$ 100 mA $T_A=70^\circ\text{C}$ 50 mA
Peak nonrepetitive surge current (PW=10 ms, DC=10%)	1.2 A
Total power dissipation (25°C ambient)	300 mW
Derate above 25°C	4.0 mW/°C

ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS (25°C Temperature Unless Otherwise Specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

CHARACTERISTIC	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
INPUT DIODE						
Forward voltage	V_f		1.2	1.50	V	$I_f = 10 \text{ mA}$
Junction capacitance	C_j		50		pF	$V_f = 0 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}$
Reverse leakage current	I_r			100	μA	$V_r = 3.0 \text{ V}$
OUTPUT DETECTOR						
Peak blocking current, either direction	I_{DM}	—	10	100	nA	$V_{DM} = 400 \text{ V}$, Note 1
Peak on-state voltage, either direction	V_{TM}	—	2.5	3.0	Volts	$I_{TM} = 100 \text{ mA Peak}$

Note 1. Test voltage must be applied within dv/dt rating.

TRANSFER CHARACTERISTICS

DC CHARACTERISTICS	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS	
LED trigger current (current required to latch output)	MOC3020	I_{FT}	—	—	30	mA	Main terminal voltage = 3.0 V, $R_L = 150\Omega$
	MOC3021	I_{FT}	—	—	15	mA	
	MOC3022	I_{FT}	—	—	10	mA	
	MOC3023	I_{FT}	—	—	5	mA	
Holding current	I_H	—	100	—	μA	Either direction	

TRANSFER CHARACTERISTICS

CHARACTERISTICS	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
dv/dt RATING						
Critical rate of rise of off-state voltage	dv/dt	—	12	—	V/ μs	Static dv/dt, $T_s = 85^\circ\text{C}$ (see Fig. 3)
Critical rate of rise of commutating voltage	dv/dt	—	0.2	—	V/ μs	Commutating dv/dt $I_{LO} = 15 \text{ mA}$ (see Fig. 4)

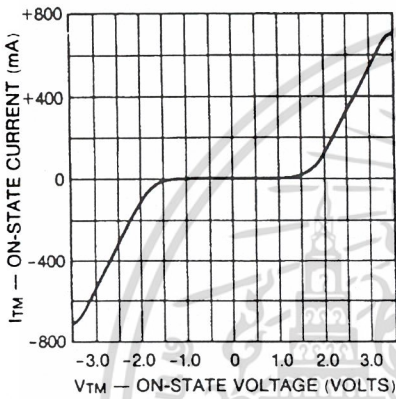
ISOLATION CHARACTERISTICS

CHARACTERISTICS	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
Isolation voltage	V_{i0}	5300			V_{acRMS}	$I_{i0} \leq 1 \mu\text{A}$, 1 Minute
	V_{i0}	7500			V_{acPEAK}	$I_{i0} \leq 1 \mu\text{A}$, 1 Minute
Isolation resistance	R_{i0}	10^{11}			ohms	$V_{i0} = 500 \text{ VDC}$
Isolation capacitance	C_{i0}		0.5		pF	$f = 1 \text{ MHz}$

Note 1: Ratings apply to either polarity of pin 6 — referenced to pin 4. Voltages must be applied within dv/dt rating.

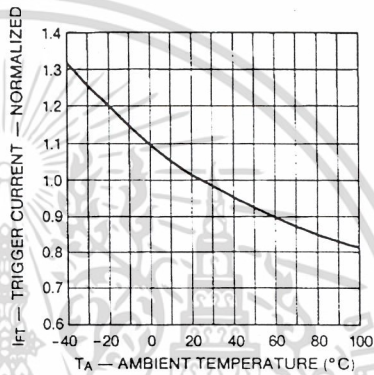
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTIC CURVES
(25°C Free Air Temperature Unless Otherwise Specified)



C1711

Fig. 1. On-State Characteristics



C1712

Fig. 2. Trigger Current vs. Temperature

TEST CIRCUITS FOR dV/dt MEASUREMENTS

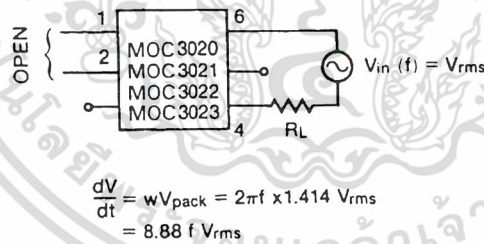
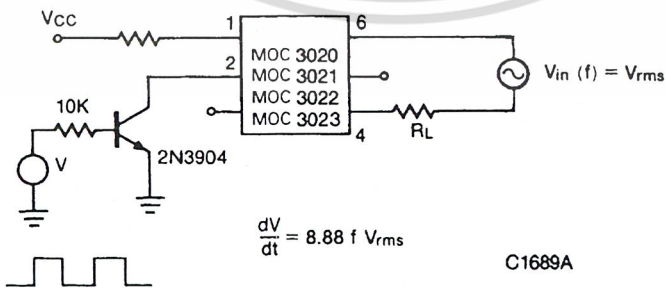


Fig. 3. Static dV/dt



C1689A

Fig. 4. Commutating dV/dt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN5404, SN54LS04, SN54S04, SN7404, SN74LS04, SN74S04 HEX INVERTERS

SDLS029C - DECEMBER 1983 - REVISED JANUARY 2004

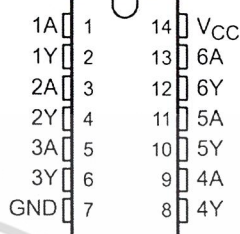
- Dependable Texas Instruments Quality and Reliability

description/ordering information

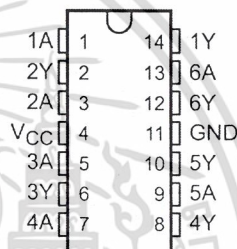
These devices contain six independent inverters.

SN5404 . . . J PACKAGE
SN54LS04, SN54S04 . . . J OR W PACKAGE
SN7404, SN74S04 . . . D, N, OR NS PACKAGE
SN74LS04 . . . D, DB, N, OR NS PACKAGE

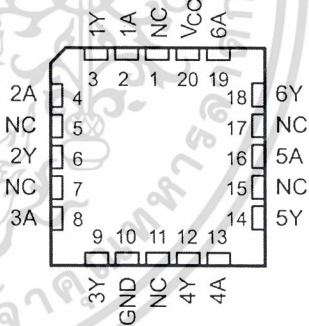
(TOP VIEW)



SN5404 . . . W PACKAGE
(TOP VIEW)



SN54LS04, SN54S04 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC - No internal connection



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated. On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานผลิตภัณฑ์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SN5404, SN54LS04, SN54S04,
SN7404, SN74LS04, SN74S04
HEX INVERTERS**

SDLS029C - DECEMBER 1983 - REVISED JANUARY 2004

ORDERING INFORMATION

TA	PACKAGE†	ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING	
0°C to 70°C	PDIP - N	Tube	SN7404N	SN7404N
		Tube	SN74LS04N	SN74LS04N
		Tube	SN74S04N	SN74S04N
	SOIC - D	Tube	SN7404D	7404
		Tape and reel	SN7404DR	
		Tube	SN74LS04D	LS04
		Tape and reel	SN74LS04DR	
		Tube	SN74S04D	S04
		Tape and reel	SN74S04DR	
	SOP - NS	Tape and reel	SN7404NSR	SN7404
		Tape and reel	SN74LS04NSR	74LS04
		Tape and reel	SN74S04NSR	74S04
	SSOP - DB	Tape and reel	SN74LS04DBR	LS04
	-55°C to 125°C	CDIP - J	Tube	SN5404J
Tube			SNJ5404J	SNJ5404J
Tube			SN54LS04J	SN54LS04J
Tube			SN54S04J	SN54S04J
Tube			SNJ54LS04J	SNJ54LS04J
Tube			SNJ54S04J	SNJ54S04J
CFP - W		Tube	SNJ5404W	SNJ5404W
		Tube	SNJ54LS04W	SNJ54LS04W
		Tube	SNJ54S04W	SNJ54S04W
LCCC - FK		Tube	SNJ54LS04FK	SNJ54LS04FK
		Tube	SNJ54S04FK	SNJ54S04FK

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

FUNCTION TABLE
(each inverter)

INPUT	OUTPUT
A	Y
H	L
L	H



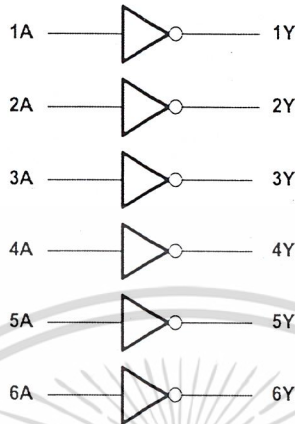
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในองค์กรของท่านนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN5404, SN54LS04, SN54S04,
SN7404, SN74LS04, SN74S04
HEX INVERTERS

SDLS029C - DECEMBER 1983 - REVISED JANUARY 2004

logic diagram (positive logic)



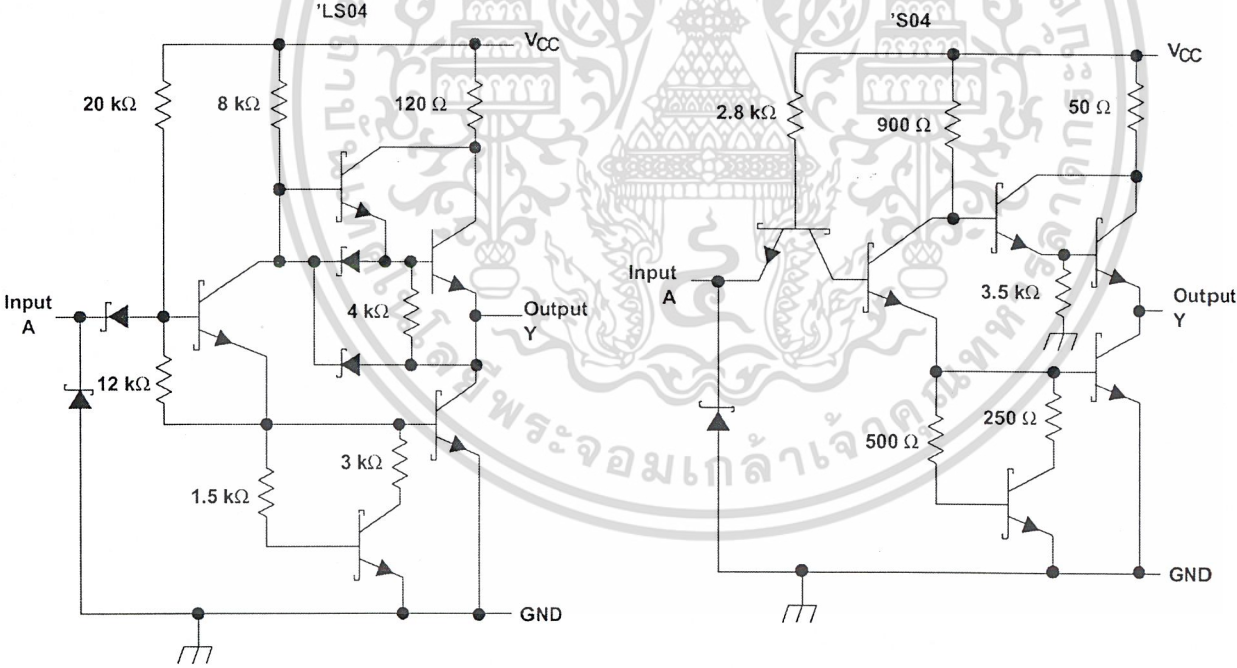
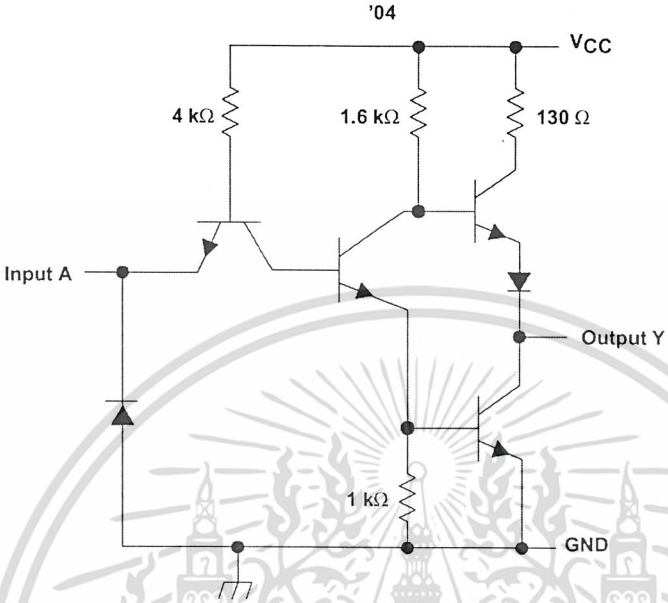
$Y = \bar{A}$



**SN5404, SN54LS04, SN54S04,
SN7404, SN74LS04, SN74S04
HEX INVERTERS**

SDLS029C - DECEMBER 1983 - REVISED JANUARY 2004

schematics (each gate)



Resistor values shown are nominal.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN5404, SN54LS04, SN54S04, SN7404, SN74LS04, SN74S04 HEX INVERTERS

SDLS029C - DECEMBER 1983 - REVISED JANUARY 2004

switching characteristics, $V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (see Figure 1)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	SN5404 SN7404			UNIT	
				MIN	TYP	MAX		
t_{PLH}	A	Y	$R_L = 400\ \Omega$, $C_L = 15\text{ pF}$			12	22	ns
t_{PHL}						8	15	

recommended operating conditions (see Note 3)

		SN54LS04			SN74LS04			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V_{IH}	High-level input voltage	2			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage			0.7			0.8	V
I_{OH}	High-level output current			-0.4			-0.4	mA
I_{OL}	Low-level output current			4			8	mA
T_A	Operating free-air temperature	-55		125	0		70	$^\circ\text{C}$

NOTE 3: All unused inputs of the device must be held at V_{CC} or GND to ensure proper device operation. Refer to the TI application report, *Implications of Slow or Floating CMOS Inputs*, literature number SCBA004.

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SN54LS04			SN74LS04			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
V_{IK}	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_I = -18\text{ mA}$			-1.5			-1.5	V
V_{OH}	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IL} = \text{MAX}$, $I_{OH} = -0.4\text{ mA}$	2.5	3.4		2.7	3.4		V
V_{OL}	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IH} = 2\text{ V}$, $I_{OL} = 4\text{ mA}$ $I_{OL} = 8\text{ mA}$		0.25	0.4		0.25	0.5	V
I_I	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 7\text{ V}$			0.1			0.1	mA
I_{IH}	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 2.7\text{ V}$			20			20	μA
I_{IL}	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 0.4\text{ V}$			-0.4			-0.4	mA
$I_{OS}\S$	$V_{CC} = \text{MAX}$	-20		-100	-20		-100	mA
I_{CCH}	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 0\text{ V}$		1.2	2.4		1.2	2.4	mA
I_{CCL}	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 4.5\text{ V}$		3.6	6.6		3.6	6.6	mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.

§ Not more than one output should be shorted at a time, and the duration of the short-circuit should not exceed one second.

switching characteristics, $V_{CC} = 5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (see Figure 2)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	SN54LS04 SN74LS04			UNIT	
				MIN	TYP	MAX		
t_{PLH}	A	Y	$R_L = 2\text{ k}\Omega$, $C_L = 15\text{ pF}$			9	15	ns
t_{PHL}						10	15	



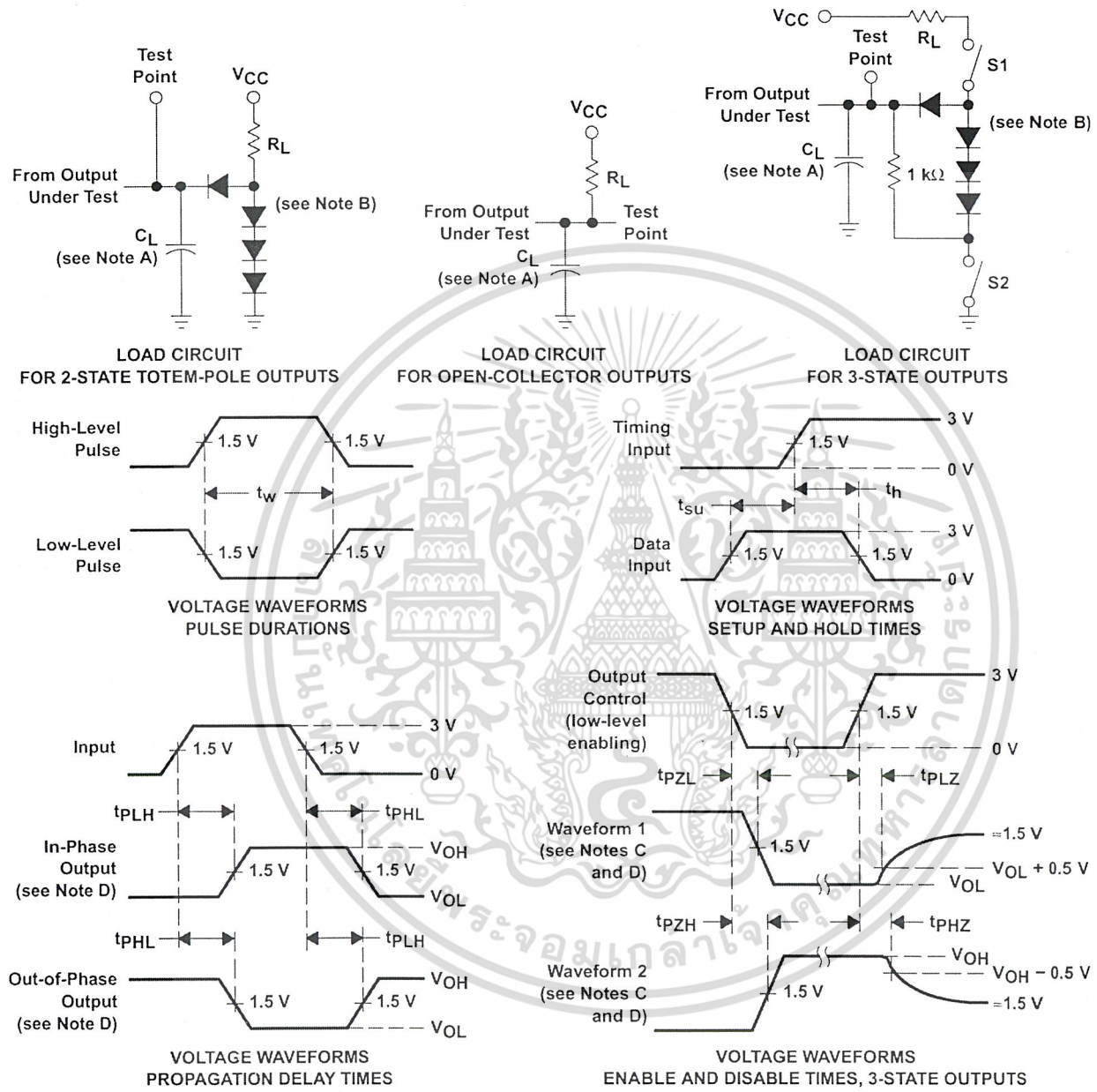
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของ Texas Instruments และขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN5404, SN54LS04, SN54S04,
SN7404, SN74LS04, SN74S04
HEX INVERTERS

SDLS029C - DECEMBER 1983 - REVISED JANUARY 2004

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION
SERIES 54/74 AND 54S/74S DEVICES



- NOTES:
- A. C_L includes probe and jig capacitance.
 - B. All diodes are 1N3064 or equivalent.
 - C. Waveform 1 is for an output with internal conditions such that the output is low, except when disabled by the output control. Waveform 2 is for an output with internal conditions such that the output is high, except when disabled by the output control.
 - D. S1 and S2 are closed for t_{PLH} , t_{PHL} , t_{PHZ} , and t_{PLZ} ; S1 is open and S2 is closed for t_{PZH} ; S1 is closed and S2 is open for t_{PZL} .
 - E. All input pulses are supplied by generators having the following characteristics: $PRR \leq 1$ MHz, $Z_O = 50 \Omega$; t_r and $t_f \leq 7$ ns for Series 54/74 devices and t_r and $t_f \leq 2.5$ ns for Series 54S/74S devices.
 - F. The outputs are measured one at a time, with one input transition per measurement.

Figure 1. Load Circuits and Voltage Waveforms



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN5404, SN54LS04, SN54S04,
SN7404, SN74LS04, SN74S04
HEX INVERTERS

SDLS029C - DECEMBER 1983 - REVISED JANUARY 2004

recommended operating conditions (see Note 3)

		SN54S04			SN74S04			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V _{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	High-level input voltage	2			2			V
V _{IL}	Low-level input voltage			0.8			0.8	V
I _{OH}	High-level output current			-1			-1	mA
I _{OL}	Low-level output current			20			20	mA
T _A	Operating free-air temperature	-55		125	0		70	°C

NOTE 3: All unused inputs of the device must be held at V_{CC} or GND to ensure proper device operation. Refer to the TI application report, *Implications of Slow or Floating CMOS Inputs*, literature number SCBA004.

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SN54S04			SN74S04			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
V _{IK}	V _{CC} = MIN, I _I = -18 mA			-1.2			-1.2	V
V _{OH}	V _{CC} = MIN, V _{IL} = 0.8 V, I _{OH} = -1 mA	2.5	3.4		2.7	3.4		V
V _{OL}	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2 V, I _{OL} = 20 mA			0.5			0.5	V
I _I	V _{CC} = MAX, V _I = 5.5 V			1			1	mA
I _{IH}	V _{CC} = MAX, V _I = 2.7 V			50			50	µA
I _{IL}	V _{CC} = MAX, V _I = 0.5 V			-2			-2	mA
I _{OS} §	V _{CC} = MAX	-40		-100	-40		-100	mA
I _{CCH}	V _{CC} = MAX, V _I = 0 V		15	24		15	24	mA
I _{CCL}	V _{CC} = MAX, V _I = 4.5 V		30	54		30	54	mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

§ Not more than one output should be shorted at a time, and the duration of the short-circuit should not exceed one second.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Figure 1)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	SN54S04 SN74S04			UNIT
				MIN	TYP	MAX	
t _{PLH}	A	Y	R _L = 280 Ω, C _L = 15 pF		3	4.5	ns
t _{PHL}					3	5	
t _{PLH}	A	Y	R _L = 280 Ω, C _L = 50 pF		4.5		ns
t _{PHL}					5		



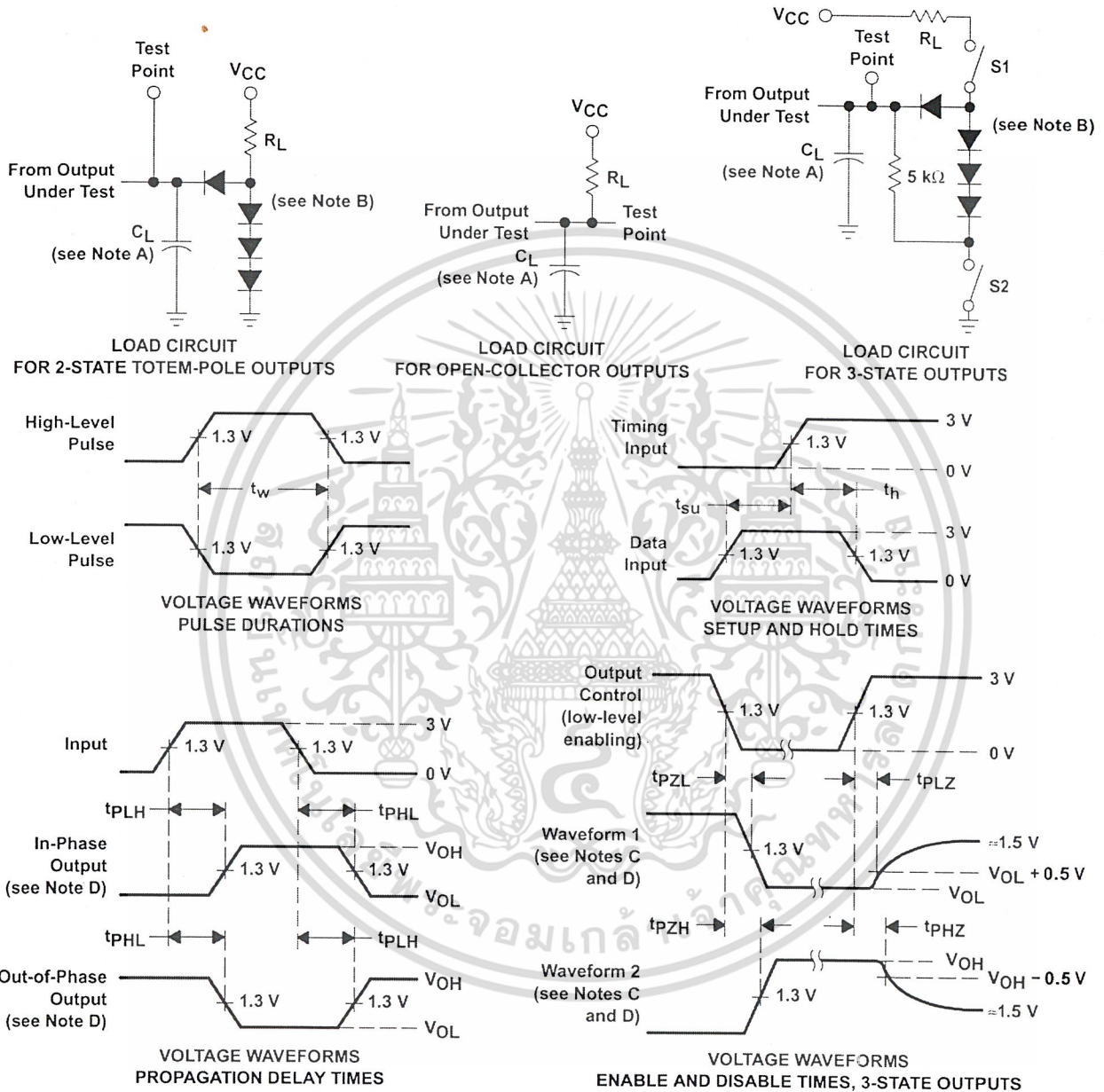
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้ภายในอาคารศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN5404, SN54LS04, SN54S04,
SN7404, SN74LS04, SN74S04
HEX INVERTERS

SDLS029C - DECEMBER 1983 - REVISED JANUARY 2004

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION
SERIES 54LS/74LS DEVICES



- NOTES: A. C_L includes probe and jig capacitance.
 B. All diodes are 1N3064 or equivalent.
 C. Waveform 1 is for an output with internal conditions such that the output is low, except when disabled by the output control. Waveform 2 is for an output with internal conditions such that the output is high, except when disabled by the output control.
 D. S1 and S2 are closed for t_{PLH} , t_{PHL} , t_{PHZ} , and t_{PLZ} ; S1 is open and S2 is closed for t_{PZH} ; S1 is closed and S2 is open for t_{PZL} .
 E. Phase relationships between inputs and outputs have been chosen arbitrarily for these examples.
 F. All input pulses are supplied by generators having the following characteristics: PRR \leq 1 MHz, $Z_O = 50 \Omega$, $t_r \leq 1.5$ ns, $t_f \leq 2.6$ ns.
 G. The outputs are measured one at a time, with one input transition per measurement.

Figure 2. Load Circuits and Voltage Waveforms



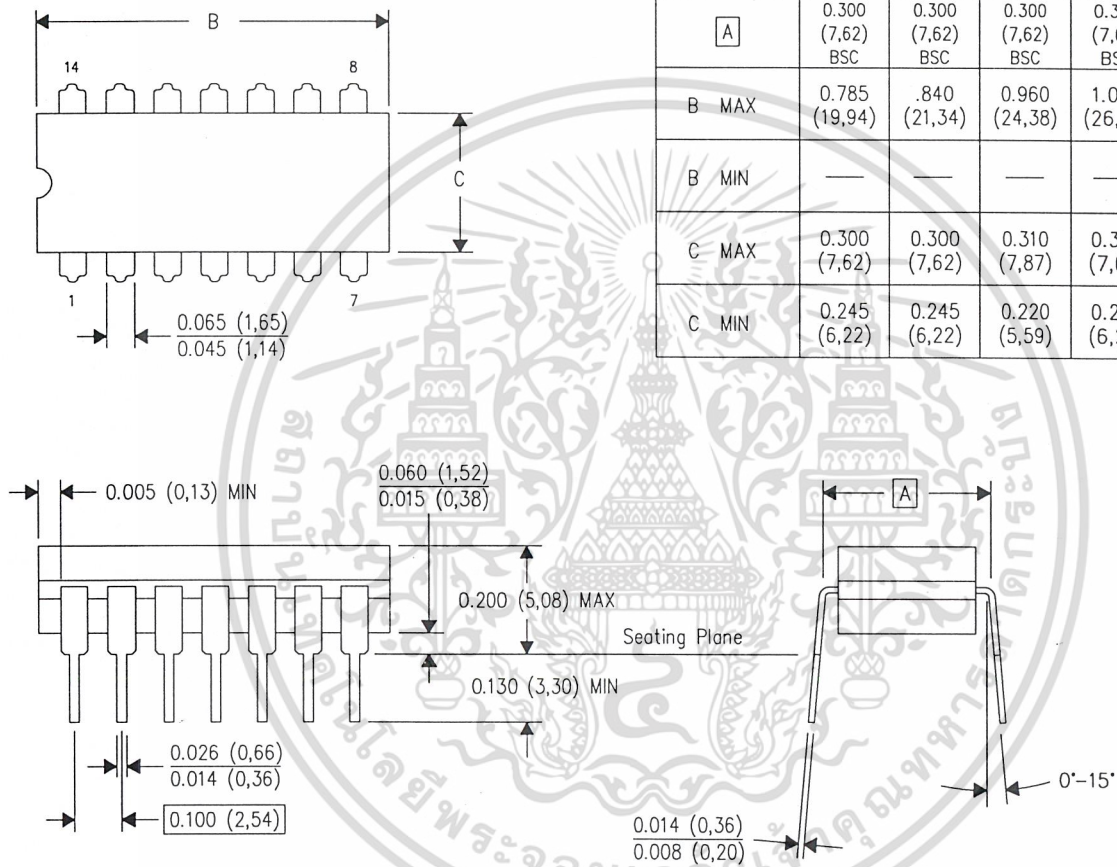
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

J (R-GDIP-T**)

CERAMIC DUAL IN-LINE PACKAGE

14 LEADS SHOWN

DIM \ PINS **	14	16	18	20
A	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC
B MAX	0.785 (19,94)	.840 (21,34)	0.960 (24,38)	1.060 (26,92)
B MIN	—	—	—	—
C MAX	0.300 (7,62)	0.300 (7,62)	0.310 (7,87)	0.300 (7,62)
C MIN	0.245 (6,22)	0.245 (6,22)	0.220 (5,59)	0.245 (6,22)



4040083/F 03/03

- NOTES:
- All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - This drawing is subject to change without notice.
 - This package is hermetically sealed with a ceramic lid using glass frit.
 - Index point is provided on cap for terminal identification only on press ceramic glass frit seal only.
 - Falls within MIL STD 1835 GDIP1-T14, GDIP1-T16, GDIP1-T18 and GDIP1-T20.

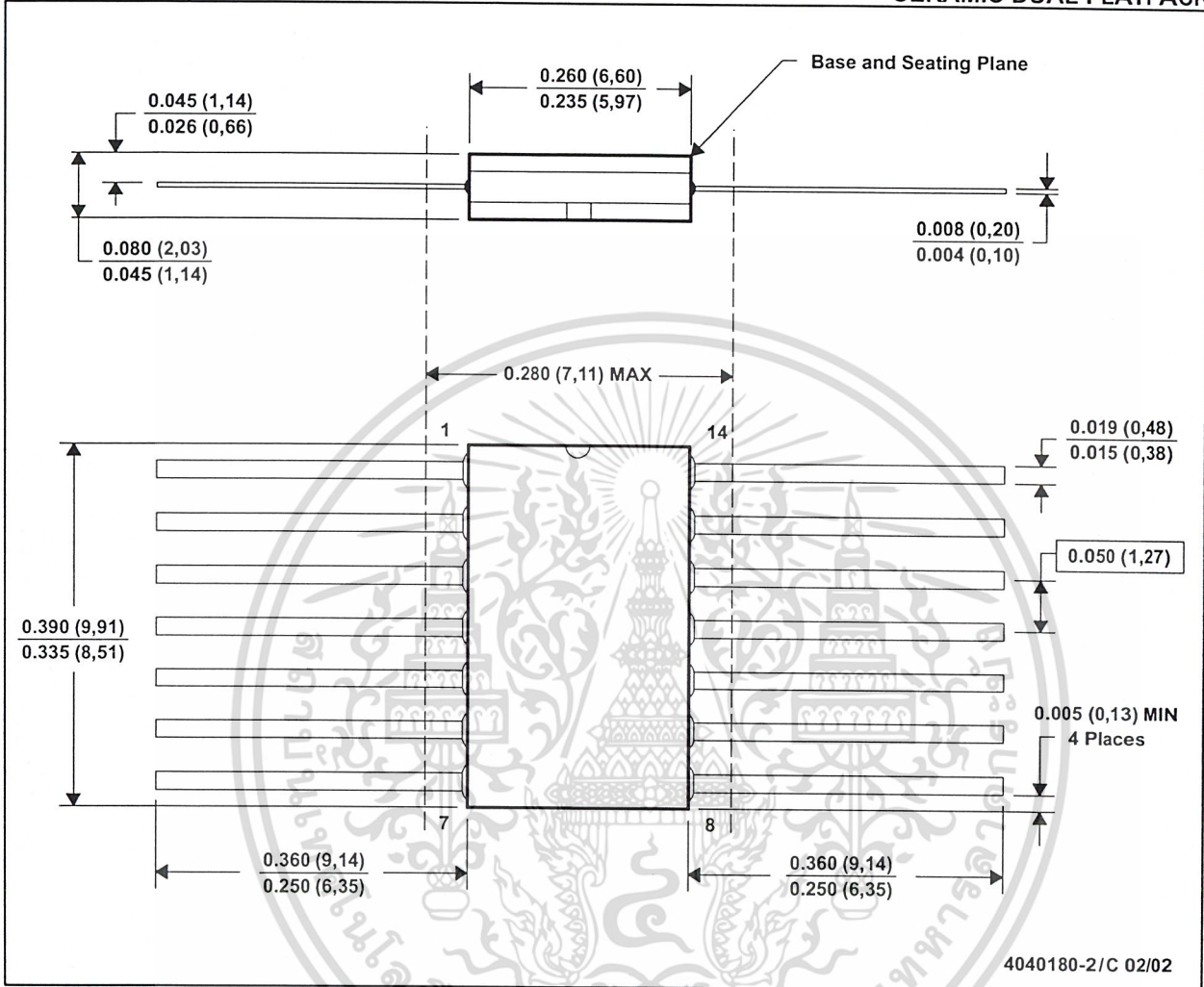
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MECHANICAL DATA

MCFP002A – JANUARY 1995 – REVISED FEBRUARY 2002

W (R-GDFP-F14)

CERAMIC DUAL FLATPACK



- NOTES: A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 B. This drawing is subject to change without notice.
 C. This package can be hermetically sealed with a ceramic lid using glass frit.
 D. Index point is provided on cap for terminal identification only.
 E. Falls within MIL STD 1835 GDFP1-F14 and JEDEC MO-092AB



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

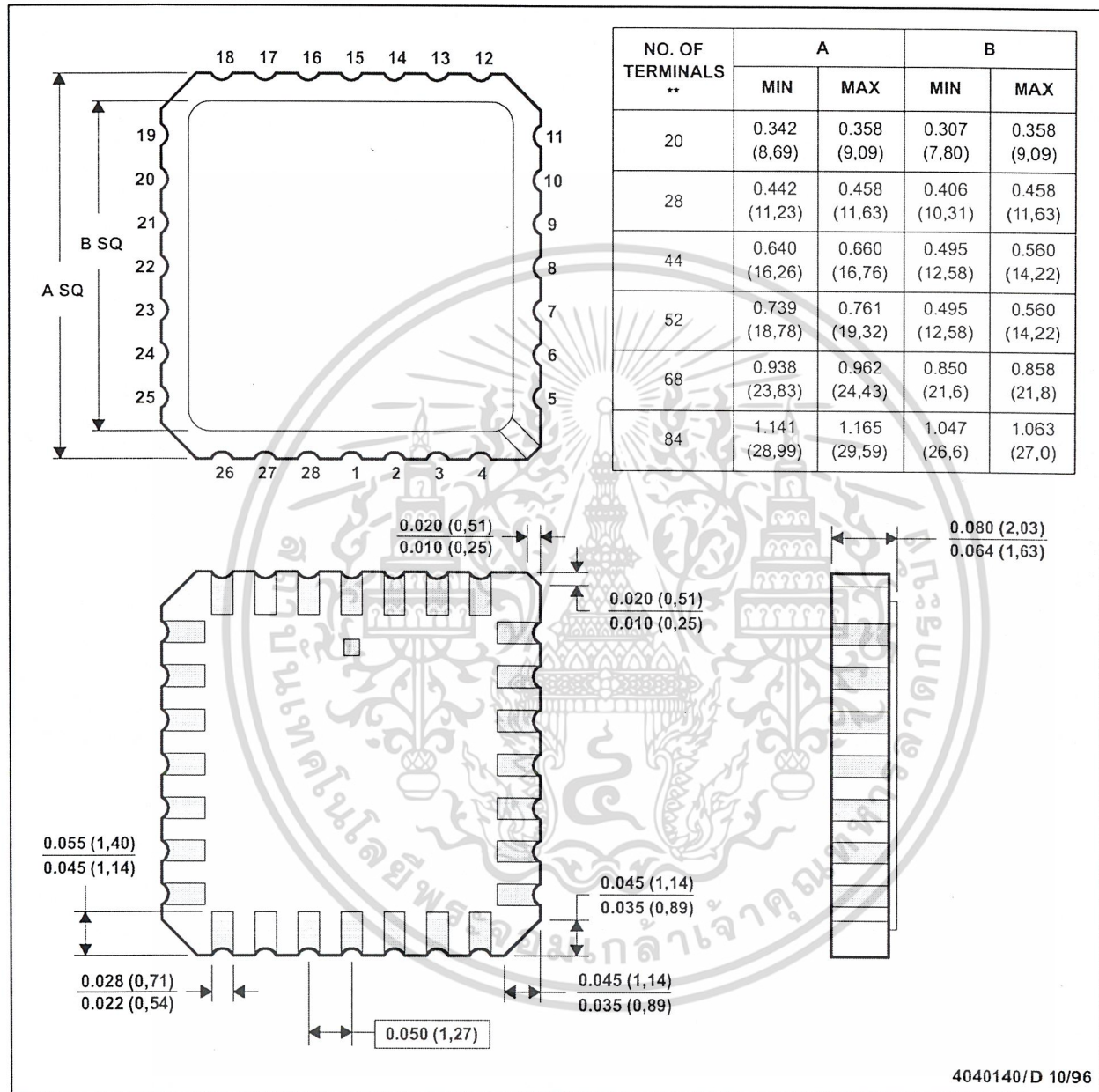
MECHANICAL DATA

MLCC006B - OCTOBER 1996

FK (S-CQCC-N**)

LEADLESS CERAMIC CHIP CARRIER

28 TERMINAL SHOWN



- NOTES: A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 B. This drawing is subject to change without notice.
 C. This package can be hermetically sealed with a metal lid.
 D. The terminals are gold plated.
 E. Falls within JEDEC MS-004



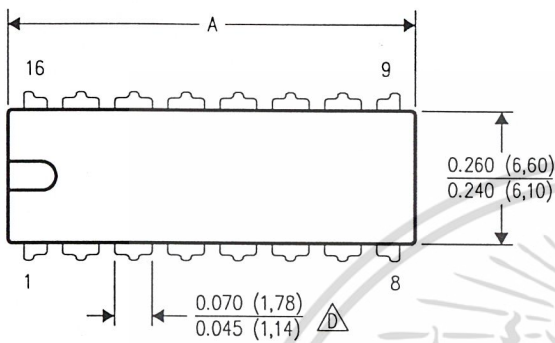
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในหรือใช้เพื่อการตลาดเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MECHANICAL DATA

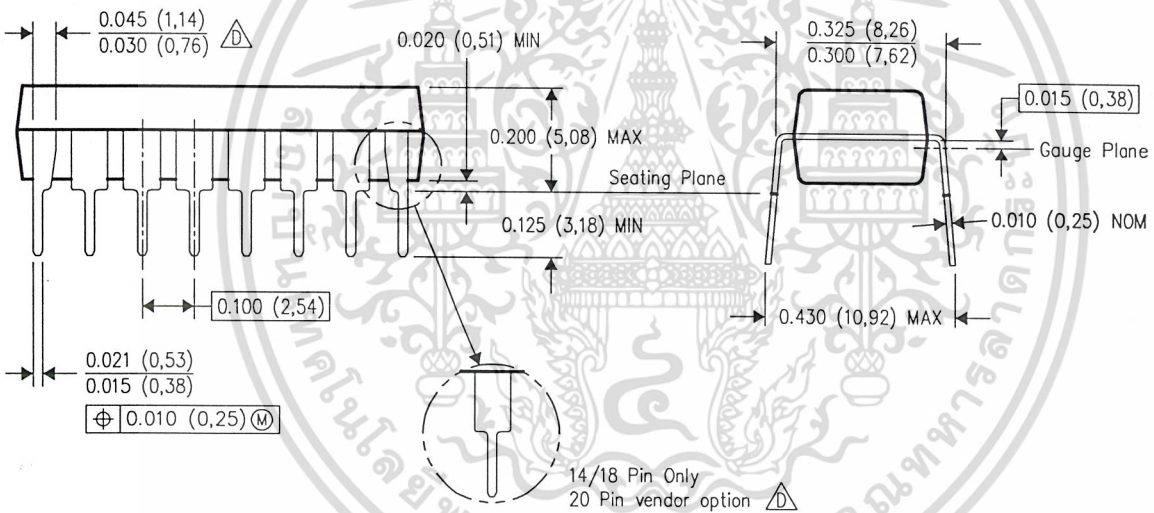
N (R-PDIP-T**)

PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE

16 PINS SHOWN



DIM	PINS **			
	14	16	18	20
A MAX	0.775 (19,69)	0.775 (19,69)	0.920 (23,37)	1.060 (26,92)
A MIN	0.745 (18,92)	0.745 (18,92)	0.850 (21,59)	0.940 (23,88)
MS-001 VARIATION	AA	BB	AC	AD



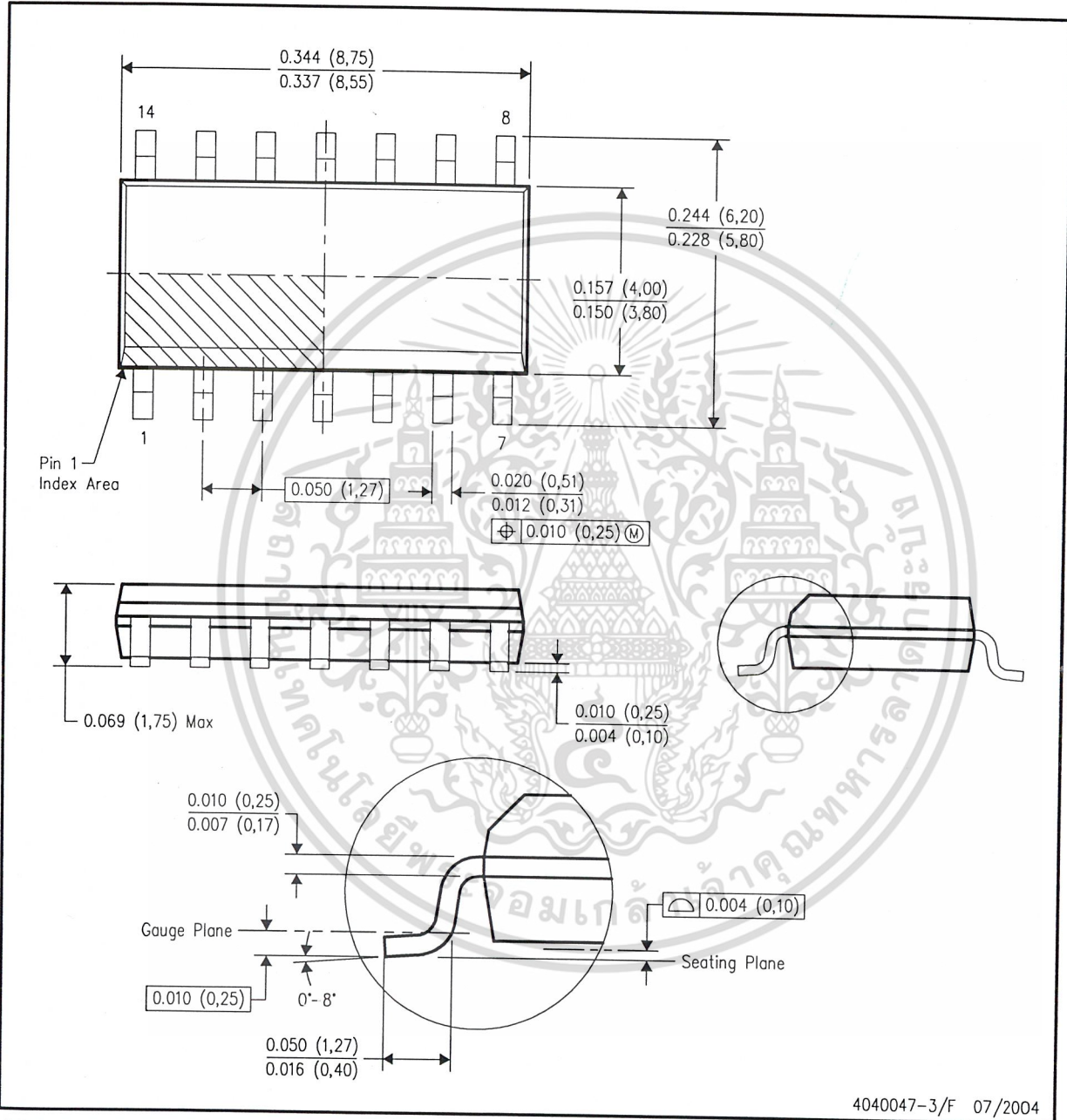
4040049/E 12/2002

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - Falls within JEDEC MS-001, except 18 and 20 pin minimum body length (Dim A).
 - The 20 pin end lead shoulder width is a vendor option, either half or full width.

MECHANICAL DATA

D (R-PDSO-G14)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE

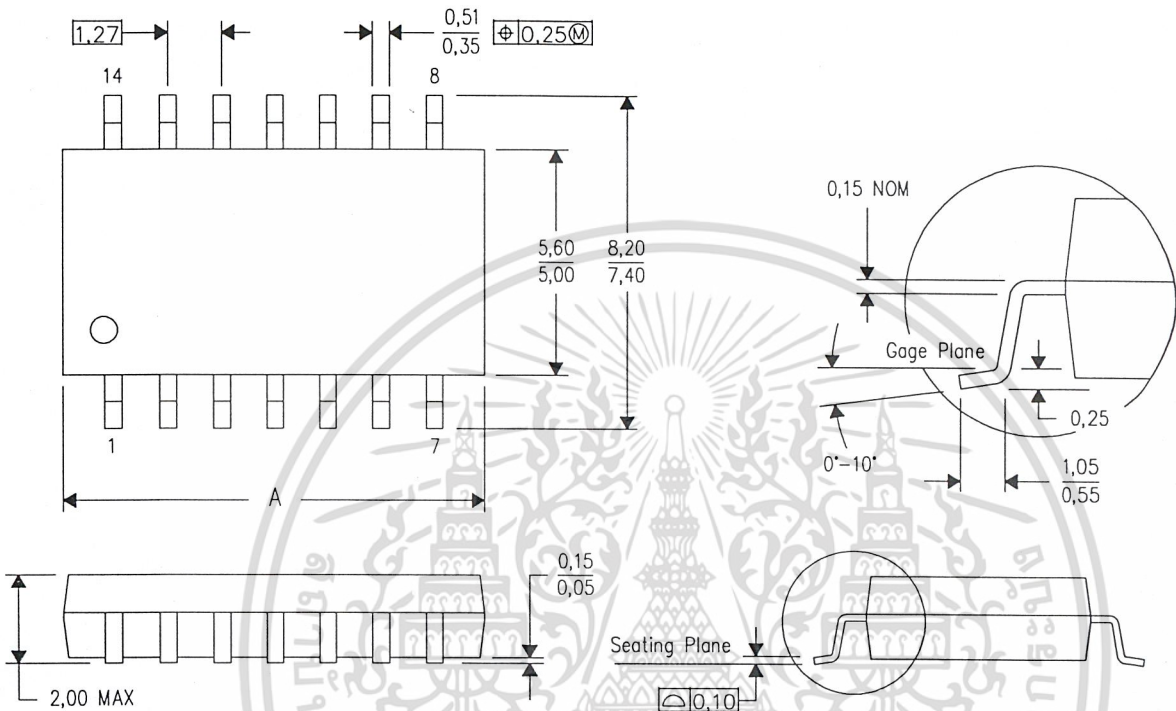


- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion not to exceed 0.006 (0,15).
 - D. Falls within JEDEC MS-012 variation AB.

MECHANICAL DATA

NS (R-PDSO-G**)
14-PINS SHOWN

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



PINS **	14	16	20	24
DIM				
A MAX	10,50	10,50	12,90	15,30
A MIN	9,90	9,90	12,30	14,70

4040062/C 03/03

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion, not to exceed 0,15.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้