



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ชุดควบคุมประตูไฟฟ้า
Control Electric Gate

นางสาวลักขมณ วัฒนาพรโสภา

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ชุดควบคุมประตูไฟฟ้า
Control Electric Gate

นางสาวลักษมณ วัฒนาพรโสภา

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา (ภาษาไทย) ชุดควบคุมประตูไฟฟ้า
ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวลักษมณ วัฒนพรโสภา
คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ชื่อ-สกุล อาจารย์ผู้นิเทศ อาจารย์ชินภัทร นันทจิวงกรชัย ,อาจารย์เกรียงไกร สุขสุด
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายพิพัฒน์ สัมมาพาณิชกุล
สถานประกอบการ บริษัท ดาต้าโปรดักส์ ทอปปิง ฟอรัม จำกัด

บทคัดย่อ

วงจรชุดควบคุมประตูไฟฟ้าประดิษฐ์ขึ้นเพื่อทดแทนวงจรเดิมที่ชำรุด ซึ่งทางผู้ผลิตไม่จำหน่ายวงจรรุ่นนี้แล้ว ดังนั้นการซื้อวงจรชุดควบคุมประตูไฟฟ้ารุ่นใหม่จำเป็นต้องซื้อมอเตอร์รุ่นใหม่เพื่อใช้งานร่วมกัน ทำให้มอเตอร์รุ่นเดิมไม่สามารถนำมาใช้งานได้ การนำความรู้เกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ประดิษฐ์วงจรชุดควบคุมประตูไฟฟ้า สามารถลดต้นทุนการซื้ออะไหล่จากผู้ผลิตซึ่งมีราคาสูง และเป็นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ผู้จัดทำได้ทำวงจรชุดควบคุมประตูไฟฟ้า โดยมีส่วนประกอบ 4 ส่วนใหญ่ ส่วนแรกคือ วงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟสลับเป็นแรงดันไฟตรงเอาต์พุตตามต้องการ ส่วนที่สองคือ วงจรควบคุมฟังก์ชันประตูไฟฟ้า ทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยนสถานะการทำงานของประตูไฟฟ้า ส่วนที่สามคือ วงจรรีดสวิตช์ (Reed Switch) ทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณที่รีดสวิตช์ (Reed Switch) ตรวจจับได้ และส่วนสุดท้ายคือ วงจรมอเตอร์ ทำหน้าที่แยกการทำงานระหว่างไฟกระแสต่ำและไฟกระแสสูง เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์

คำสำคัญ : แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ,สถานะการทำงานของประตู ,รีดสวิตช์ ,มอเตอร์

Cooperative Title: Control Electric Gate

Student intern name: Miss.Laksamon Wattanapornsopa

Faculty: Engineering

Department: Electronics Engineering

Advisor name: Mr.Chinnapat Nantajiwakornchai ,Mr.Kriangkrai Suksud

Mentor name: Mr.Pipat Sammapanichakul

Company: Data Products Toppan Forms Ltd.

ABSTRACT

The Control Electric Gate invented to replace the original circuit damaged. The manufacturer doesn't supply circuit this version. So buying a new electric door control units need to buy a new motor for sharing. Motors made the original version can't be used. Knowledge about electronic control circuits fabricated using an electric gate. Can reduce the cost of buying replacement parts from the manufacturer, which is expensive. And the use of resources to achieve maximum benefit.

Organizers can do a circuit control an electric door. The four components of the first part is the DC power supply circuit. Converts AC voltage into DC voltage output optional. The second part is a control circuit electrical gate function. To change the status of the electric gate. The third part is the Reed Switch control signal that Reed Switch detection and finally part is Motor circuit. Separate between low current and high current power to control the operation of the motor.

Keywords : DC power supply ,The status of the electric gate ,Reed Switch ,Motor

กิตติกรรมประกาศ

โครงการ “ชุดควบคุมประตูไฟฟ้า” สามารถสำเร็จตามเป้าหมายได้ ด้วยความช่วยเหลือจาก นายพิพัฒน์ สัมมาพาณิชย์กุล ผู้ให้ความรู้ คำปรึกษา รวมถึงการดูแลตลอดการทำงาน นอกจากนี้ ต้องขอขอบคุณ นางสาวกันยา จิตรไพบูลย์ ,นางสาววิจิตตรา ศรีลา และนายปัญญา บุ่งจันทร์ ที่คอยประสานงานทั้งภายในองค์กร และติดต่อประสานงานกับทางสถาบันการศึกษาให้ดำเนินการไปด้วยดี อีกทั้งต้องขอขอบคุณพี่ๆ ที่บริษัทฯ ดาต้าโปรดักส์ ทอปปิง ฟอรัม จำกัด ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือ สนับสนุน ให้ความรู้ และดูแลเป็นอย่างดีตลอดการทำงานที่บริษัทฯ แห่งนี้ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ บริษัทฯ ดาต้าโปรดักส์ ทอปปิง ฟอรัม จำกัด ที่ให้โอกาส เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ สถานที่ในการทดสอบและผลิตชิ้นงาน อีกทั้งอาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่สอนและให้ความรู้เกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งทฤษฎี แนวทาง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตชิ้นงาน ผู้จัดทำโครงการ ขอมอบคำขอบคุณแต่ผู้มีพระคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้

ลักษมณ วัฒนาพรโสภา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....	1
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 หลักการทำงานของวงจรจ่ายไฟตรง.....	3
2.2 โครงสร้างพื้นฐานในการทำงานของวงจรจ่ายไฟตรง.....	4
2.3 หลักการทำงานของไครสทริบโดยไอซีเบอร์ NE555 และCD4017B.....	12
2.4 พร็อกซิมีตีเซนเซอร์ (Proximity sensor).....	13
2.5 เซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared Sensor).....	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	21
3.1 ออกแบบและทดลองชิมูเลชั่นวงจรควบคุมฟังก์ชันของประตูไฟฟ้า.....	21
3.2 การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายกระแสตรง.....	21
3.3 การออกแบบวงจรควบคุมฟังก์ชันของประตูไฟฟ้า.....	22
3.4 การออกแบบวงจรรีดสวิตช์ (Reed Switch).....	23
3.5 การออกแบบวงจรมอเตอร์.....	23
3.6 รูปภาพลายปริ้นท์ของวงจร.....	24
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	25
4.1 ผลการทดลอง.....	25
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	27
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	27
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง.....	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง.....	28
ภาคผนวก.....	29

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงผลการทำงานเมื่อเปิดประตูไฟฟ้า.....	25
4.2 แสดงผลการทำงานเมื่อรีดสวิทช์ (Reed Switch) ตรวจจับขณะเปิดประตู.....	25
4.3 แสดงผลการทำงานเมื่อปิดประตูไฟฟ้า.....	25
4.4 แสดงผลการทำงานเมื่อรีด สวิทช์ (Reed Switch) ตรวจจับขณะปิดประตู.....	26
4.5 แสดงผลการทำงานเมื่อเซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared Sensor) ตรวจจับสิ่งกีดขวาง.....	26

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1	บล็อกไดอะแกรมของวงจรจ่ายไฟตรง (Line Operated DC Power supply).....3
2.2	โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า.....5
2.3	ตัวอย่างหม้อแปลงชนิดแกนเหล็กและตัวอย่างแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นลามีเนต.....5
2.4	ตัวอย่างหม้อแปลงชนิดแกนเฟอร์ไรต์.....6
2.5	หม้อแปลงชนิดแกนอากาศ.....6
2.6	วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นมีสัญญาณขาเข้าและขาออก.....6
2.7	การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเซนเตอร์แทปเมื่ออินพุตเป็นซีกบวก.....7
2.8	การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเซนเตอร์แทปเมื่ออินพุตเป็นซีกลบ.....7
2.9	การทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เมื่ออินพุตเป็นซีกบวก.....8
2.10	การทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เมื่ออินพุตเป็นซีกลบ.....8
2.11	ตัวอย่างวงจรกรองลดแรงดันกระเพื่อมโดยใช้ตัวเก็บประจุ.....9
2.12	กราฟแสดงพฤติกรรมของสัญญาณแรงดันเมื่อผ่านการกรองแรงดันกระเพื่อม.....10
2.13	วงจรอินดักเตอร์ฟิลเตอร์.....10
2.14	การต่อวงจรรักษาระดับแรงดันคงที่แบบต่างๆ.....11
2.15	การใช้งานตำแหน่งขาต่างๆ ของไอซีเบอร์ NE555.....12
2.16	การใช้งานตำแหน่งขาต่างๆ ของไอซีเบอร์ CD4017B.....13
2.17	ตัวอย่างวงจรไฟกระพริบ.....13
2.18	ส่วนประกอบและลักษณะการกระจายสนามแม่เหล็กไฟฟ้า.....14
2.19	การทำงานของพรีอักษิมิตี์เซนเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำ.....14
2.20	การทำงานของพรีอักษิมิตี์เซนเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำ.....15
2.21	รูปแบบของพรีอักษิมิตี์เซนเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำ.....15
2.22	ส่วนประกอบและลักษณะการกระจายสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของคัพเพซิทีฟพรีอักษิมิตี์.....16
2.23	การทำงานของคัพเพซิทีฟพรีอักษิมิตี์สวิตช์.....16
2.24	การทำงานของคัพเพซิทีฟพรีอักษิมิตี์สวิตช์.....17
2.25	โฟโตเซ็นเซอร์แบบตัวรับ ตัวส่ง แยกกัน.....18
2.26	โฟโตเซ็นเซอร์แบบใช้งานคู่กับแผ่นสะท้อน.....18
2.27	โฟโตเซ็นเซอร์แบบสะท้อนกับวัตถุโดยตรง.....18
2.28	ตัวอย่างแม็กเนติกเซนเซอร์.....19
2.29	การทำงานของแม็กเนติกเซนเซอร์.....19
2.30	ตัวอย่างเซนเซอร์อินฟราเรด.....20

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.1 การจำลองการทำงานของวงจรเบื้องต้นในโปรแกรม Circuit Wizard.....	21
3.2 รูปแบบวงจรจ่ายไฟตรงกระแสสูง และไฟตรงกระแสต่ำ 12 โวลต์.....	22
3.3 รูปแบบวงจรควบคุมฟังก์ชันของประตูไฟฟ้า.....	22
3.4 รูปแบบวงจรรีดสวิตช์ (Reed Switch)	23
3.5 รูปแบบวงจรมอเตอร์.....	23
3.6 ลายปริ้นท์ของวงจรชุดควบคุมประตูไฟฟ้า.....	24

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การพัฒนาระบบเทคโนโลยี ที่สามารถมั่นใจว่าเทคโนโลยีที่ใช้ไม่ล้าหลัง ได้ประโยชน์อย่างต่อเนื่อง และไม่เป็นการใช้เทคโนโลยีที่เกินจำเป็น ซึ่งมั่นใจได้ว่าวงการลงทุนด้านเทคโนโลยีมีความคุ้มค่าแน่นอน แต่เทคโนโลยีที่ทันสมัยไม่สามารถตอบโจทย์กับการใช้งานของทุกบริษัทฯ เสมอไป ความต้องการในมุมมองของผู้ใช้งาน ความสำคัญของการประยุกต์เทคโนโลยีให้เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของการทำงานขององค์กรจึงมีประโยชน์มากกว่า

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การทำโครงการครั้งนี้จัดทำขึ้นเพื่อ

- 1.2.1 เพื่อให้เครื่องมือเครื่องจักรใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 1.2.2 เพื่อลดต้นทุนการซื้ออะไหล่จากผู้ผลิตซึ่งมีราคาสูงหรือเล็กจำหน่าย
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งหลักการทำงานของวงจร
- 1.2.4 บูรณาการความรู้ที่ได้จากการเรียนการสอนในภาคทฤษฎี นำมาใช้ในการปฏิบัติงาน

ขั้นต้น

1.2.5 ตอบสนองนโยบายของทางบริษัทฯ ดาต้าโปรดักส์ ทอปปิง ฟอรัม จำกัด โดยการประดิษฐ์ ชุดควบคุมประตูไฟฟ้า

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

สามารถเข้าใจถึงวิธีการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยผ่านการออกแบบโครงงานนี้ รวมทั้งหลักการทำงานในส่วนต่างๆ ของวงจร รวมทั้งขั้นตอนในการประดิษฐ์ สามารถนำความรู้ภายในห้องเรียนมาประยุกต์ใช้ในการลงมือปฏิบัติชุดควบคุมประตูไฟฟ้า และชุดควบคุมประตูไฟฟ้าสามารถใช้งานได้จริงตามฟังก์ชันที่ต้องการ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ทำการศึกษาและออกแบบชุดควบคุมประตูไฟฟ้า (Control Electric Gate) ที่มีคุณสมบัติดังนี้

- 1.4.1 สำหรับการควบคุมประตูไฟฟ้า สามารถสั่งให้เปิด - ปิด ด้วยสวิตช์ และสั่งให้หยุดด้วยสวิตช์หรือหยุดเมื่อเซนเซอร์ตรวจจับได้
- 1.4.2 ในกรณีรีดสวิตช์ (Reed Switch) ตรวจจับได้ ประตูไฟฟ้าจะหยุดทำงาน ซึ่งรีดสวิตช์
- 1.4.3 ในกรณี Infrared Sensor ตรวจจับได้ ขณะเปิดประตูไฟฟ้า จะไม่มีผลต่อการทำงาน แต่ขณะปิดประตูไฟฟ้า ประตูไฟฟ้าจะหยุดการทำงานและเปิดประตูทันที

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

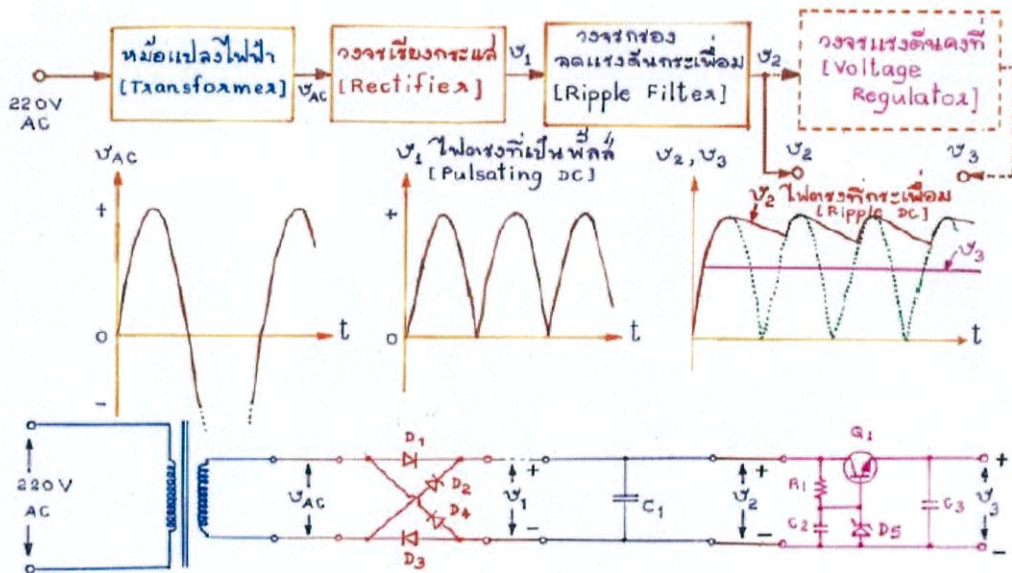
- 1.5.1 ชุดควบคุมประตูปower สามารถอำนวยความสะดวกในการใช้งานภายในบริษัทฯ
- 1.5.2 มีความรู้เกี่ยวกับการออกแบบ และหลักการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์มากขึ้น
- 1.5.3 มีทักษะพื้นฐานในการปฏิบัติงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานของวงจรจ่ายไฟตรง

วงจรรีเลย์ทรอนิกส์เกือบทุกวงจรต้องการไฟกระแสตรงเพื่อเป็นพลังงานให้วงจรทำงานได้ ในอุปกรณ์หรือเครื่องมือขนาดเล็กๆ เคลื่อนที่ได้ เช่น เครื่องรับวิทยุและเทปขนาดเล็ก เครื่องคำนวณขนาดเล็กอาจใช้แบตเตอรี่เป็นตัวจ่ายพลังงานให้ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปจะทำงานได้โดยใช้ไฟกระแสตรงจากวงจรจ่ายไฟบ้าน (Line Operated DC Power supply) โดยบล็อกไดอะแกรมของวงจรจ่ายไฟตรงจะแสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรจ่ายไฟตรง (Line Operated DC Power supply)

ที่มา : เอกสารประกอบการสอนวิชา Electronic Engineering

บทที่ 4 การประยุกต์ใช้งานไดโอด, ผศ.ประภากร สุวรรณะ

ค่าแรงดันไฟฟ้าของไฟบ้าน (Line Voltage) โดยทั่วไปจะมีค่า 220V หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) จะทำหน้าที่เปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220V ให้มีค่าตามต้องการ ส่วนใหญ่จะเป็นการลดค่าแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลงและบางระบบอาจมีทั้งการเพิ่มแรงดันกับการลดแรงดันไฟฟ้า เมื่อหม้อแปลงได้เปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าให้เป็นไปตามที่ต้องการแล้ว วงจรเรียงกระแส (Rectifier) ก็จะเปลี่ยนไฟกระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรง ซึ่งวงจรเรียงกระแสอาจใช้ไดโอด 1 ตัว 2 ตัว หรือ 4 ตัวต่อวงจร

ไฟตรงที่ได้จากวงจรเรียงกระแสจะมีลักษณะเป็นพัลส์ (Pulsating DC) มีการกระเพื่อมสูงมาก (Ripple) ซึ่งวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ไม่สามารถทำงานได้ ฉะนั้นวงจรกรองลดแรงดันกระเพื่อม (Ripple-Filter) จะทำหน้าที่กรองแรงดันที่กระเพื่อมออกมาจากไฟตรงที่เป็นพัลส์ ทำให้ได้ไฟตรงที่มีลักษณะการ

กระแสไฟฟ้าน้อยลง วงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยทั่วไปจะสามารถทำงานได้จากไฟตรงที่มีการกระแสไฟฟ้าน้อยคือ %Ripple น้อยกว่า 10%

วงจรลดแรงดันกระแสไฟฟ้ามักจะสร้างขึ้นได้จากอุปกรณ์รีแอกทีฟ (Reactive) ได้แก่ตัวเก็บประจุ (Capacitor) และตัวขดลวดเหนี่ยวนำ (Inductor) ซึ่งจะต่อในลักษณะกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) วงจรอิเล็กทรอนิกส์บางวงจรที่ต้องการไฟตรงที่เรียบมากๆ วงจรแรงดันคงที่ (Voltage Regulation) ทำหน้าที่กำจัดแรงดันกระแสไฟฟ้ายิ่งหลงเหลืออยู่จากการลดจากวงจรลดแรงดันกระแสไฟฟ้ามายังหายไป ไฟตรงที่ได้จากวงจรแรงดันคงที่จะมีคุณภาพใกล้เคียงกับแบตเตอรี่มาก

2.2 โครงสร้างพื้นฐานในการทำงานของวงจรจ่ายไฟตรง

2.2.1 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งถ่ายพลังงานไฟฟ้าจากขดลวดชุดหนึ่งไปยังขดลวดอีกชุดหนึ่ง โดยที่ความถี่ไม่เปลี่ยนแปลงหรือเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าต่างกัน โดยจะทำหน้าที่เพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะกับการส่ง การจ่าย และการใช้พลังงานไฟฟ้า หม้อแปลงจึงเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่สำคัญชนิดหนึ่ง

โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า มีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 3 ส่วน คือ แกนเหล็ก ขดลวดตัวนำและฉนวน อาจจะมีส่วนประกอบย่อยอื่นๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดพิกัดของหม้อแปลง เช่น หม้อแปลงที่ใช้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า มีถังบรรจุหม้อแปลง น้ำมันหม้อแปลง cribระบายความร้อน ขั้วแรงดันด้านสูง ขั้วแรงดันด้านต่ำ และอื่นๆ เป็นต้น

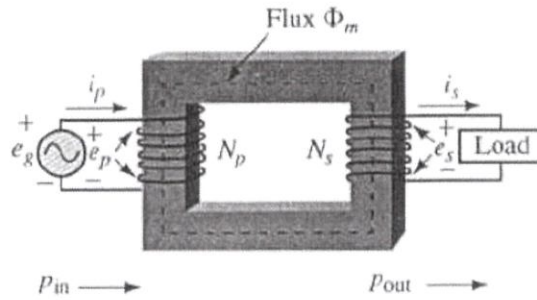
แกนเหล็ก (Core) มีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กบางๆ เคลือบด้วยฉนวนนำมาอัดซ้อนกันเป็นรูป รูปแกนของหม้อแปลง ทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก แกนเหล็กที่ดีต้องเป็นเหล็กอ่อน มีส่วนผสมของสารซิลิกอน มีความซึมซับได้ (Permeability) สูง การสูญเสียเนื่องจากฮิสเตอร์รีซิส (Hysteresis loss) ต่ำ มีความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่ใช้ในการเหนี่ยวนำสูงถึง 1.35 - 1.55 เวเบอร์ต่อตารางเมตร

ขดลวด (Winding) ขดลวดที่ใช้พันหม้อแปลงมีลักษณะเป็นขดลวดทองแดงหรือขดลวดอลูมิเนียมที่หุ้มหรือเคลือบด้วยฉนวน อาจจะเป็นได้ทั้งลวดแบนที่มีพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือลวดกลมก็ได้ หม้อแปลงไฟฟ้ามีขดลวด 2 ชุด คือ ขดลวดปฐมภูมิ (Primary winding) และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary winding) โดยขดลวดปฐมภูมิจะเป็นชุดที่รับไฟเข้า ส่วนขดลวดทุติยภูมิเป็นชุดที่จ่ายไฟออกไปใช้งาน

ฉนวน (Insulation) ฉนวนมีไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ขดลวดสัมผัสกับส่วนที่เป็นแกนเหล็กและป้องกันไม่ให้ขดลวดลัดชั้นสัมผัสกันได้ (Short turn) สำหรับลวดตัวนำที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.2 - 1.3 มิลลิเมตร หากต้องการให้ฉนวนมีคุณภาพดีและทนความร้อนได้มากจะต้องเคลือบด้วยไวนิเฟล็กซ์ (Viniflex) หรือพันทับด้วยไหมแคปรอน (Caprone) เทเรไลน์ (Teleline) หรือฝ้าย และถ้าลวดตัวนำมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1.3 - 4.1 มิลลิเมตร จะพันด้วยกระดาษเคเบิล (Cable paper) หลายชั้น ส่วนตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดแบบสี่เหลี่ยมจะพันทับด้วยฉนวนไฟเบอร์กลาส (Fiberglass) สำหรับฉนวนที่คั่นระหว่างชั้นของขดลวดส่วนมากจะเป็นกระดาษเคเบิลหนาประมาณ 0.2 มิลลิเมตร และจำนวนชั้นของกระดาษจะขึ้นอยู่กับพิกัดกำลังของหม้อแปลง

การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้านั้นอาศัยหลักการความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า เส้นแรงแม่เหล็กในการสร้างแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำให้กับตัวนำ คือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดตัวนำก็จะทำให้

เกิดเส้นแรงแม่เหล็กรอบๆ ตัวนำนั้น และถ้ากระแสที่ป้อนมีขนาด และทิศทางที่เปลี่ยนแปลงไปมาจะทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ถ้าสนามแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวตัดผ่านตัวนำก็จะเกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำนั้น โดยขนาดของแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำจะสัมพันธ์กับความเข้มของสนามแม่เหล็ก และความเร็วในการตัดผ่านตัวนำของสนามแม่เหล็ก

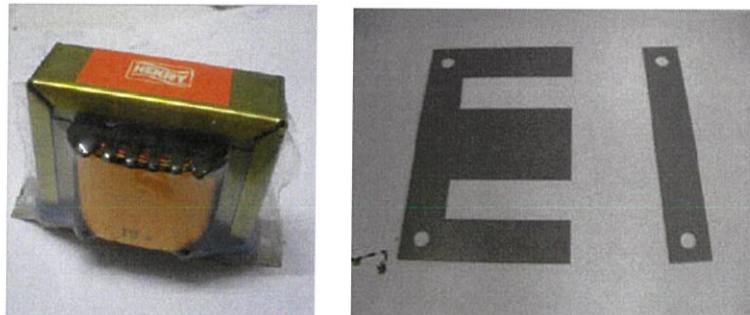


ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า
ที่มา : <http://nirut05.blogspot.com>

ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า

เราสามารถแบ่งชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้าตามแกนของหม้อแปลงได้ 3 แบบ คือ

หม้อแปลงชนิดแกนเหล็ก (Iron Core Transformer) หม้อแปลงแบบนี้จะใช้แผ่นเหล็กอ่อนหลายๆ แผ่นส่วนใหญ่จะใช้รูปทรงตัว E กับ ตัว I ประกอบกันเป็นแกนซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในงานทั่วไปที่มีความถี่ไม่สูงนัก เช่น หม้อแปลงในการส่งกำลังไฟฟ้า หรือหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าตามบ้านเป็นแรงดันต่ำๆ ที่ต้องการ หม้อแปลงชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างหม้อแปลงชนิดแกนเหล็กและ
ตัวอย่างแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นลามีเนต

ที่มา : <http://www.oknation.net>

<http://www.psptech.co.th>

หม้อแปลงชนิดแกนเฟอร์ไรต์ (Ferrite Core Transformer) หม้อแปลงชนิดนี้ส่วนใหญ่จะ
ใช้ในงานที่มีความถี่สูง เช่น ในเครื่องรับ เครื่องส่งวิทยุ หรือในวงจรสวิตซิ่ง เพราะไม่สามารถใช้หม้อแปลง
ชนิดแกนเหล็กได้



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างหม้อแปลงชนิดแกนเฟอร์ไรต์
ที่มา : <http://www.psptech.co.th>

หม้อแปลงชนิดแกนอากาศ (Air Core Transformer) หม้อแปลงชนิดนี้จะใช้ในงานความถี่สูงมากๆ เช่นในเครื่องรับ เครื่องส่งวิทยุความถี่สูง เพราะไม่สามารถใช้หม้อแปลงชนิดอื่นได้ เนื่องจากจะเกิดความสูญเสียอย่างมาก

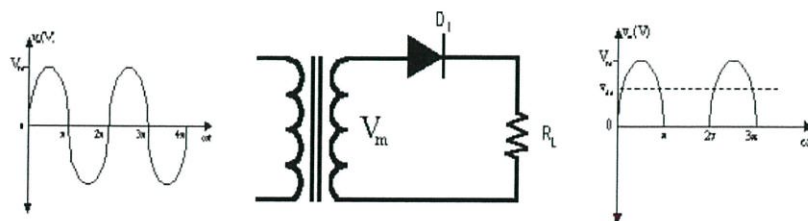


ภาพที่ 2.5 หม้อแปลงชนิดแกนอากาศ
ที่มา : <http://www.psptech.co.th>

2.2.2 วงจรเรียงกระแส (Rectifier circuit)

เป็นวงจรไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณกระแสสลับให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงหรือมีคุณสมบัติยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการแปลงสัญญาณ ได้แก่ ไดโอด (Diode) จะสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

2.2.2.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier)



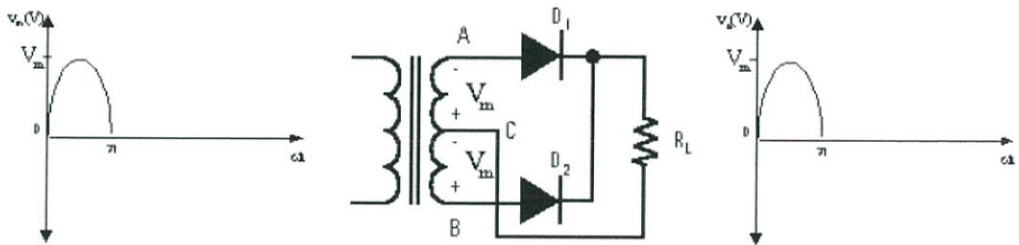
ภาพที่ 2.6 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นมีสัญญาณขาเข้าและขาออก
ที่มา : <http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum>

จากภาพที่ 2.6 เราสามารถเห็นได้ว่า $V_M = V_{D1} + V_{RL}$ ตามกฎของเคิร์ชฮอฟ (KVL) โดยในขณะที่สัญญาณไฟสลับมีค่าเป็นบวก ไดโอดจะได้รับไบแอสตรงให้แรงดันเอาท์พุทจะมีค่า

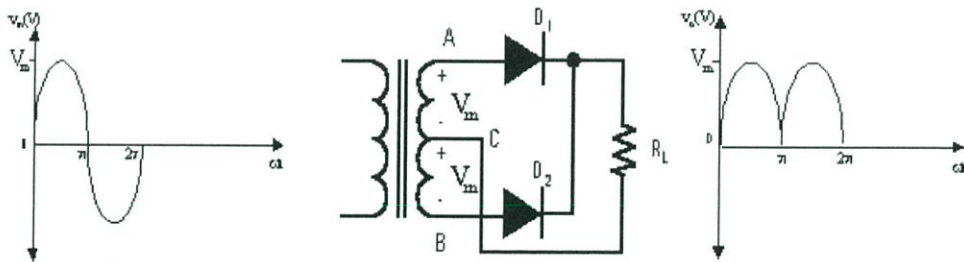
เป็นแรงดันที่ตกคร่อมที่โหลดมีค่าเป็น $V_{RL} = V_M - V_{D1} = V_m \sin \omega t - V_{D1}$ เมื่อ $0 \leq \omega t \leq \pi$ โดย V_{D1} เป็นค่าแรงดันขีดเริ่มของไดโอด แต่ในขณะที่สัญญาณไฟสลับมีค่าเป็นลบ ไดโอดจะได้รับการไบแอสย้อนกลับจะไม่มีกระแสไหลผ่าน ทำให้แรงดันเอาท์พุทมีค่าเป็น 0 คือ $V_{RL} = 0$ เมื่อ $\pi \leq \omega t \leq 2\pi$ จะได้ลักษณะลูกคลื่นเป็นกราฟครึ่งคลื่น (Half wave)

จะเห็นว่ากระแสจะไหลผ่าน RL ในทิศทางเดียวเท่านั้น ถึงแม้ว่าแรงดันและกระแสที่ไหลผ่าน RL จะเป็นกระแสตรงแต่ก็ยังมีลักษณะคล้ายพัลส์ (Pulsating DC) มีการกระเพื่อมสูงมาก คลื่นไฟกระแสสลับ 1 ลูกคลื่น จะได้ลูกคลื่นของไฟตรง 1 ลูก นั่นคือความถี่ของการกระเพื่อม (Ripple Frequency) จะมีค่าเท่ากับความถี่ไฟสลับที่ต่อตรงเข้ามาคือ F_R (Half wave) = $F_{AC LINE} = 50 \text{ Hz}$ หรือ 60 Hz

2.2.2.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นโดยใช้หม้อแปลงเซ็นเตอร์แทป (Full wave Center Tapped Rectifier)



ภาพที่ 2.7 การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเซ็นเตอร์แทปเมื่ออินพุตเป็นซีกบวก
ที่มา : <http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum>



ภาพที่ 2.8 การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเซ็นเตอร์แทปเมื่ออินพุตเป็นซีกลบ
ที่มา : <http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum>

เมื่อมีแรงดันสลับป้อนเข้ามาทางขดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะเกิดแรงดันขึ้นทางขดทุติยภูมิ คือ ขั้ว A และ B เนื่องจากจุด C เป็นจุดกึ่งกลางของขดทุติยภูมิ ดังนั้นแรงดันไฟครึ่งหนึ่งจึงเกิดขึ้นที่ขั้ว AC และอีกครึ่งหนึ่งจะปรากฏที่ขั้ว CB แรงดันระหว่างขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิจะมีเฟสตรงข้ามกันคือ 180 องศา เนื่องจากหม้อแปลงทำหน้าที่สลับเฟสของไฟสลับที่ป้อนให้กับไดโอดทั้งสองตัว

เมื่อแรงดันไฟในครึ่งไซเคิลแรก คือครึ่งไฟบวกเข้ามาที่อินพุตทางด้านขดปฐมภูมิ ศักย์ไฟฟ้าที่จุด B จะมีค่าบวกเมื่อเทียบกับ A หรือ C และศักย์ไฟฟ้าที่จุด C จะมีค่าบวกเมื่อเทียบกับจุด A ดังนั้นไดโอด D1 จะไม่นำกระแสไฟฟ้า ส่วนไดโอด D2 จะนำกระแสได้ เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นในวงจรตามภาพที่ 2.7

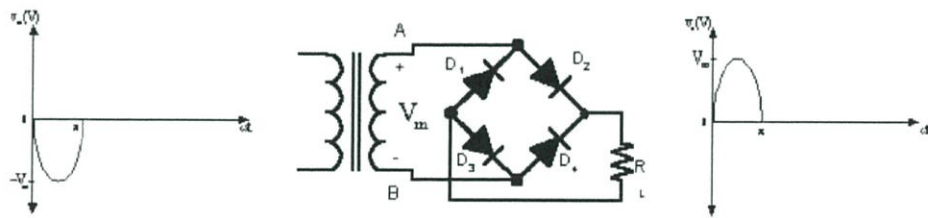
เมื่อแรงดันไฟในครึ่งไซเคิลต่อมา คือครึ่งโพลเข้ามาที่อินพุตทางด้านขดปฐมภูมิ ศักย์ไฟฟ้าที่จุด A จะมีค่าบวกเมื่อเทียบกับ B หรือ C และศักย์ไฟฟ้าที่จุด C จะมีค่าบวกเมื่อเทียบกับจุด B ดังนั้นไดโอด D2 จะไม่นำกระแสไฟฟ้า ส่วนไดโอด D1 จะนำกระแสได้ เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นในวงจร ตามภาพที่ 2.8 ค่าแรงดันเอาต์พุตจะได้อีกครึ่งไซเคิลกระแสผ่านตัวต้านทาน RL จะไหลไปในทิศทางเดียวกับตอนแรก

โดยค่าเฉลี่ยของแรงดันเอาต์พุตเป็น $V_o (DC) = 2(V_m - 0.7) / \pi V$ และ 1 คาบของไฟสลับแรงดันเอาต์พุต V_o จะมีการกระเพื่อม 2 ลูกคลื่นความถี่ของการกระเพื่อมจะเป็น

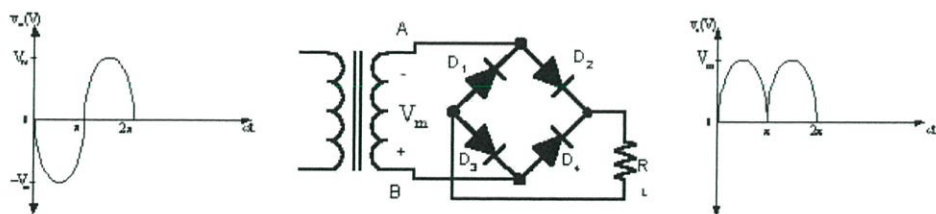
$$F_R (\text{Full Wave}) = 2F_{AC \text{ LINE}} \quad (2.1)$$

2.2.2.3 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Full wave Bridge Rectifier)

วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์นี้นิยมใช้งานเป็นอย่างมาก โดยการใช้งาน ไดโอด 4 ตัว ไดโอด 2 ตัวในวงจรจะสลับกันทำงานให้มีกระแสไหลผ่านในเวลาครึ่งคาบของไฟสลับ และอีกครึ่งคาบไดโอดอีก 2 ตัว ก็จะทำงาน



ภาพที่ 2.9 การทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เมื่ออินพุตเป็นซิกเปล
ที่มา : <http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum>



ภาพที่ 2.10 การทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เมื่ออินพุตเป็นซิกบวก
ที่มา : <http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum>

ในแต่ละครึ่งไซเคิลของวงจรอินพุตสมมติว่าเมื่อขั้ว A ของขดทุติยภูมิมีค่าเป็นบวก และขั้ว B มีค่าเป็นลบจึงเหมือนกับครึ่งไซเคิลลบถูกป้อนเข้าทางขดปฐมภูมิของหม้อแปลง ไดโอด D2 และ D3 จะอยู่ในลักษณะไบอัสตรง ดังนั้นกระแสจึงไหลครบวงจรจากขั้ว A ผ่านไดโอด D2

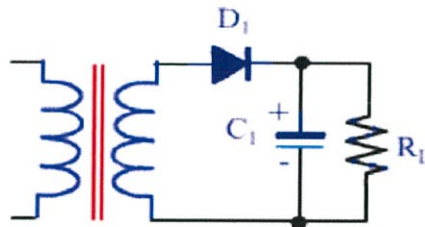
ความต้านทานโหลด และไดโอด D3 แล้วกลับเข้าสู่ขั้ว B ของหม้อแปลงดังภาพที่ 2.9 และเมื่อ แรงดันไฟสลับเปลี่ยนข้างมาเป็นขั้วบวกที่ขั้ว B และเป็นลบที่ขั้ว A การนำกระแสของไดโอดจะเปลี่ยนไปโดยเริ่มจากจุด B ของขดทุติยภูมิผ่าน D4 ความต้านทานโหลด และ D1 กลับเข้าขั้ว A ของ

หม้อแปลง ทิศทางแรงดันตกคร่อมโหลดจะมีทิศเดียวกับตอนแรก คือมีขั้วบวกอยู่ทางด้านบนดังภาพที่ 2.10 ดังนั้นการนำกระแสไดโอดจะเกิดสลับกันที่ละสองตัว D2 กับ D3 และ D1 กับ D4

2.2.3 วงจรกรองลดแรงดันกระเพื่อม (Ripple Filters)

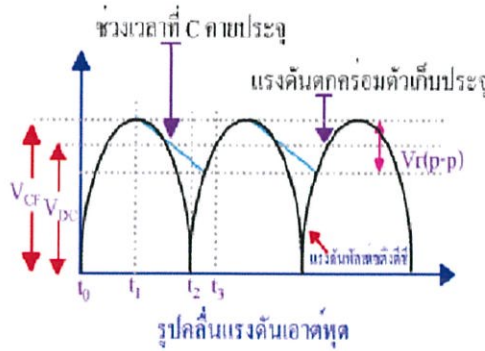
วงจรฟิลเตอร์เป็นวงจรที่ใช้สำหรับกรองกระแสและแรงดันจากวงจรเรียงกระแสให้เรียบ เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้เนื่องจากแรงดันที่ได้จากวงจรเรียงกระแส ที่เรียกว่าพัลส์เซตติงติชี่นั้น ยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้เพราะแรงดันไฟที่ได้ยังคงมีลักษณะที่เป็นรูปคลื่นซึ่งจะทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์เกิดปัญหาในการทำงาน ดังนั้นจะต้องทำแรงดันที่เป็นคลื่นให้เรียบเสียก่อน โดยวงจรฟิลเตอร์ที่นิยมใช้ใน ปัจจุบันคือ วงจรคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ (Capacitor Filter) จะทำหน้าที่กรองแรงดันที่ได้จากวงจรเร็คติไฟร์ให้เรียบเพื่อที่จะนำแรงดันนั้นไปใช้งาน หรืออาจใช้วงจรอินดักทีฟ (Inductive Filter) ในกรณีวงจรจ่ายไฟทำงานด้วยความถี่สูง

วงจรกรองลดแรงดันกระเพื่อมโดยใช้ตัวเก็บประจุ (Ripple Filter using capacitors) หลักการทำงานของวงจรกรองลดการกระเพื่อม สามารถอธิบายได้อย่างง่าย ๆ คือ ในขณะที่ไดโอดนำกระแสตัวเก็บประจุจะสะสมพลังงานไว้ เมื่อไดโอดหยุดนำกระแส ตัวเก็บประจุจะคายพลังงานออกมาให้กับโหลดทำให้โหลดได้รับพลังงานอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างวงจรกรองลดแรงดันกระเพื่อมโดยใช้ตัวเก็บประจุ
ที่มา : <http://km.cric.ac.th>

เมื่อมีแรงดันพัลส์เซตติงติชี่จากวงจรเรียงกระแสป้อนเข้าวงจรฟิลเตอร์ตัวเก็บประจุจะทำให้การเก็บประจุทำให้แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุสูงขึ้นจนค่า V_m จากนั้นแรงดันพัลส์เซตติงติชี่ที่มีค่าสูงสุดจะมีค่าลดลงเหลือ 0 โวลต์ในช่วงเวลานี้แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุจะมีค่ามากกว่าแรงดันพัลส์เซตติงติชี่ทำให้ตัวเก็บประจุคายประจุให้กับโหลดแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุจะมีค่าลดลงจนแรงดันพัลส์เซตติงติชี่มีค่าเพิ่มขึ้นอีก (แต่ในช่วงแรกๆ แรงดันพัลส์เซตติงติชี่ยังมีค่าน้อยตัวเก็บประจุจะยังคงคายประจุ) เมื่อแรงดันพัลส์เซตติงติชี่จากวงจรเร็คติไฟร์มีค่ามากกว่าแรงดันตกคร่อม ตัวเก็บประจุจะทำให้ตัวเก็บประจุทำการเก็บประจุอีกครั้งจนแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุมีค่าถึงค่า V_m หลังจากนั้นตัวเก็บประจุจะทำการคายประจุอีกครั้งที่เวลา t_0 แรงดันพัลส์เซตติงติชี่จะมีค่าเป็นศูนย์และแรงดันตกคร่อม C_1 มีค่าเป็นศูนย์โวลต์เมื่อเวลาผ่านไป (t_0-t_1) แรงดันพัลส์เซตติงติชี่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ C_1 จะทำการเก็บประจุ ทำให้แรงดันตกคร่อม C_1 มีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับแรงดันพัลส์เซตติงติชี่



ภาพที่ 2.12 กราฟแสดงพฤติกรรมของสัญญาณแรงดันเมื่อผ่านการกรองแรงดันกระแสเพื่อม
ที่มา : <http://km.cric.ac.th>

เมื่อเวลา t_1 แรงดันพัลส์เซตติ้งดีซีมีค่าเท่ากับค่า V_m ดังนั้น C_1 จะเก็บประจุแรงดันตกคร่อม คือ $V_C = V_m$ ด้วยหลังจากนั้นแรงดันพัลส์เซตติ้งดีซีจะมีค่าลดลง C_1 จะทำการคายประจุให้กับโหลดที่เวลา t_2 แรงดันพัลส์เซตติ้งดีซีมีค่าเท่ากับศูนย์ C_1 ยังคงคายประจุให้กับโหลดเนื่องจากแรงดันตกคร่อม C_1 มีค่ามากกว่าแรงดันพัลส์เซตติ้งดีซีจนเมื่อเวลา t_3 แรงดันพัลส์เซตติ้งดีซีมีค่าเพิ่มขึ้นและมีค่ามากกว่าแรงดันตกคร่อม C_1 ตัวเก็บประจุ C_1 จะเริ่มทำการเก็บประจุอีกครั้งซึ่งแรงดันเฉลี่ยที่ตกคร่อม C_1 จะคำนวณได้จากสมการ

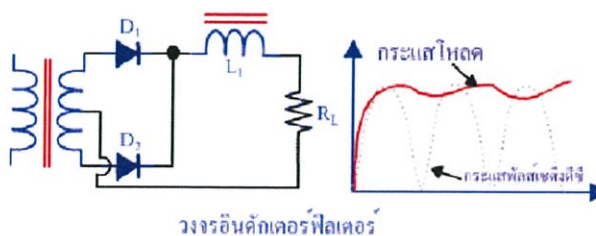
$$V_{DC} = V_m - \frac{V_{ripple(p-p)}}{2} \quad (2.2)$$

V_{DC} คือแรงดันเฉลี่ยดีซีที่ตกคร่อมโหลด

V_m คือแรงดันพีคสูงสุดที่ขดทุติยภูมิของหม้อแปลงซึ่งมีหน่วยเป็น V_p

V_r คือเป็นค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่มีค่าสูงสุดเนื่องจากการเก็บประจุและเปลี่ยนแปลงต่างสุดเนื่องจากการคายประจุให้กับโหลดของ C_1 มีหน่วยเป็น V_{pp}

วงจรอินดักเตอร์ฟิลเตอร์ วงจรอินดักเตอร์ฟิลเตอร์ หรือบางครั้งเรียกว่าโช้กฟิลเตอร์จะต่ออนุกรมระหว่างโหลดของวงจรเรกติไฟร์กับขดลวด หรือโช้กขดลวด หรือโช้กจะมีคุณสมบัติในด้านการไหลของกระแส ทำให้กระแสเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ



ภาพที่ 2.13 วงจรอินดักเตอร์ฟิลเตอร์

ที่มา : <http://km.cric.ac.th>

ในขณะที่มีกระแสไหลผ่านขดลวดและโพลตของวงจรทำให้ระยะเวลาในการไหลของกระแสหน่วงออกไปเนื่องจากค่าอินดักทีฟรีแอกแตนซ์ของขดลวดซึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดค่า EMF จะคอยต้านการเปลี่ยนแปลงของกระแส ในตอนแรกค่าอินดักแตนซ์จะต้านการไหลของกระแสให้ไหลผ่านไปอย่างช้าๆ และในช่วงหลังจะพยายามเหนี่ยวนำกระแสให้ลดลงอย่างช้าๆ เมื่อมีแรงดันป้อนจากขดทุติยภูมิทำให้ไดโอดนำกระแสตั้งนั้นจะมีกระแสไหลผ่านไดโอดผ่านขดลวดทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่โพลต RL ในขณะที่มีกระแสไหลผ่านขดลวดนั้น เนื่องจากกระแสมีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจึงทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กที่ขดลวดขยายตัวออกตัดกับขดลวดเกิดค่า EMF ขึ้น ค่า EMF จะคอยต้านการไหลของกระแสให้มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนกระแสที่ไหลผ่านไดโอดมีค่าสูงสุดทำให้เส้นแรงแม่เหล็กของขดลวดขยายถึงจุดอิ่มตัว และเมื่อกระแสที่ไหลผ่านไดโอดมีค่าลดลงจากค่าสูงสุดจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กยุบตัวลงตัดกับขดลวดอีกครั้งทำให้เกิดค่า Back EMF ขึ้น ค่า Back EMF จะคอยหน่วงให้กระแสที่ไหลผ่านขดลวดมีค่าลดลงอย่างช้าๆ

ในการแสดงถึงคุณสมบัติของวงจรกรองลดการกระเพื่อมว่ามีคุณสมบัติดีเพียงใด สามารถดูได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ของการกระเพื่อม (Percentage of Ripple : %R) ซึ่งนิยามโดย

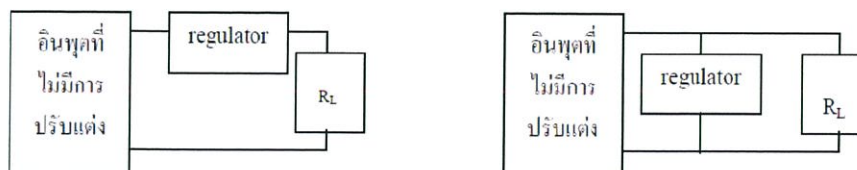
$$\%R = \frac{V_{\text{ripple RMS}}}{V_{DC}} \times 100 \quad (2.3)$$

2.2.4 วงจรรักษาระดับแรงดันคงที่ (Voltage Regulator)

วงจรรักษาระดับแรงดันคือวงจรที่ต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟตรงไม่คงค่า (Unregulator Power Supply) กับโพลต มีหน้าที่จ่ายไฟตรงให้กับโพลตและสามารถรักษาแรงดันให้คงตัวขณะที่

1. โพลตเปลี่ยนคือกระแสขาออกเปลี่ยนแปลง
2. แรงดันของแหล่งจ่ายไฟตรงไม่คงค่า เปลี่ยนแปลงทั้งนี้รวมถึงระลอกคลื่นด้วย (ripple)
3. อุณหภูมิของวงจรเปลี่ยนแปลง

จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่ออกมาจากเอาต์พุตของวงจรกรองแรงดันยังไม่เรียบร้อยเท่าที่ควร ยังมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ ในลักษณะคล้ายสัญญาณฟันเลื่อย เพราะว่าตัวเก็บประจุจะเก็บ และคายประจุอยู่ตลอดเวลา วงจรนี้สามารถนำไปใช้งานได้ แต่ต้องใช้กับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดของแหล่งจ่ายไฟมากนัก แต่ถ้าเป็นงานที่ต้องการความละเอียดของแหล่งจ่ายไฟ วงจรนี้ จะไม่เหมาะแก่การใช้งาน หนทางที่จะนำมาแก้ไข คือ ใช้วงจรเรกกูเลเตอร์ซึ่งจะทำหน้าที่ปรับแต่งสัญญาณที่ไม่ราบเรียบอยู่นั้นให้เรียบจนเกือบเป็นไฟกระแสตรง 100% การสร้างวงจรเรกกูเลเตอร์จะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ การสร้างแบบอนุกรมกับโพลตและแบบขนานกับโพลต โดยใช้ซีเนอร์ไดโอด ทรานซิสเตอร์ หรือไอซี



ภาพที่ 2.14 การต่อวงจรรักษาระดับแรงดันคงที่แบบต่างๆ

ที่มา : <http://elec.pnt.rmutl.ac.th>

เปอร์เซ็นต์ Load Regulation

หมายถึงอัตราส่วนระหว่างความแตกต่างของแรงดันตกคร่อมโหลด เมื่อโหลดมีค่าความต้านทานต่ำสุด และเมื่อโหลดมีค่าความต้านทานสูงสุดมีค่าดังสมการ

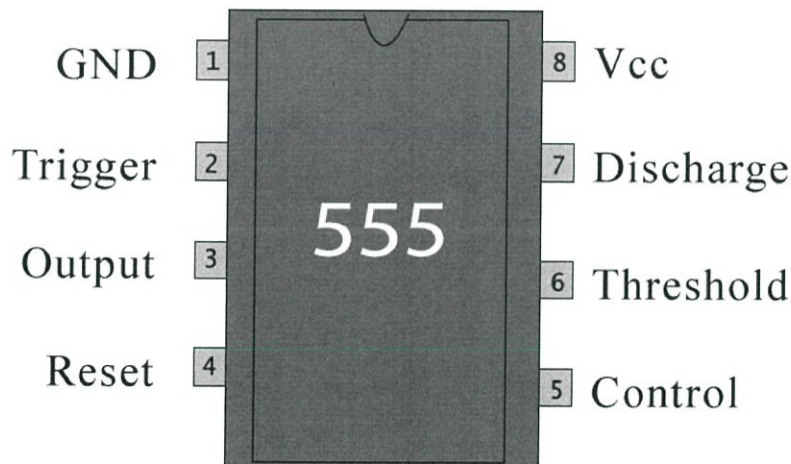
$$\% \text{Load Regulation} = \frac{\text{Voltage No load} - \text{Voltage Full load}}{\text{Voltage Full load}} \times 100 \quad (2.4)$$

2.2.5 วงจรป้องกันการช็อต (Short Circuit Protection)

ในแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจำเป็นต้องมีวงจรป้องกัน เช่น ป้องกันการจ่ายกระแสไม่ให้เกิดกับที่วงจรออกแบบไว้ เพื่อไม่ให้วงจรได้รับความเสียหายเมื่อต่อกับโหลดที่ต้องการกระแสมากเกินไป ซึ่งสามารถใช้อุปกรณ์หลายชนิดในวงจรป้องกันนี้ เช่น ออปแอมป์ ทรานซิสเตอร์ เป็นต้นซึ่งการใช้งานก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแต่ละวงจร

2.3 หลักการทำงานของไฟกระพริบโดยไอซีเบอร์ NE555 และ CD4017B

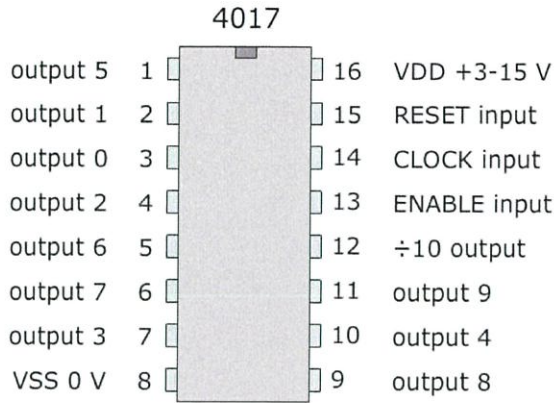
ไอซีเบอร์ NE555 นิยมนำไปสร้างสัญญาณรูปคลื่นแบบต่างๆ เช่น สัญญาณ Square Wave , สัญญาณพัลส์ , สัญญาณ ramp และวงจรตั้งเวลา ไอซีเบอร์ NE555 เป็นอุปกรณ์วงจรรวมที่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ อยู่ภายใน และมีส่วนที่ต้องต่อภายนอกเพื่อควบคุมการทำงาน และใช้งานเป็นลักษณะต่างๆ ซึ่งง่ายต่อการออกแบบ และง่ายในการสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ต่างๆ



ภาพที่ 2.15 การใช้งานตำแหน่งขาต่างๆ ของไอซีเบอร์ NE555

ที่มา : <http://am-tech.lnwshop.com/article/>

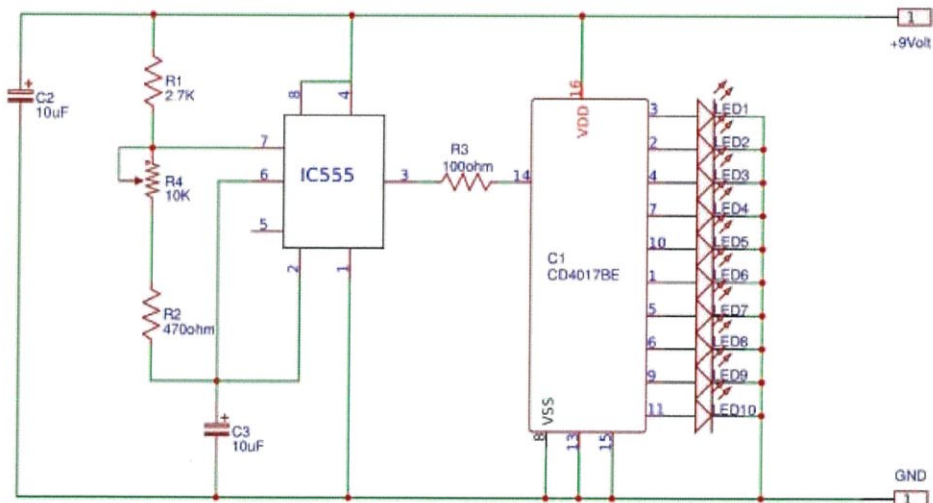
ไอซีเบอร์ CD4017B เป็นการนับสิบ (0 ถึง 9) ที่มีสัญญาณเข้ามายังขา Clock (ขา 14) นอกจากนี้ยังมีขา Enable (ขา 13) จะกระทำที่ลอจิก “0” (Active Low) และ Reset (ขา 15) จะกระทำที่ลอจิก “1” (Active High) และให้เอาท์พุท Q₀ – Q₉ (ขา 3 2 4 7 10 1 5 6 9 11 ตามลำดับ) เอาท์พุทเรียงออกตามสัญญาณที่ป้อนเข้าขา Clock (ขา 14)



ภาพที่ 2.16 การใช้งานตำแหน่งขาต่างๆ ของไอซีเบอร์ CD4017B
ที่มา: <http://am-tech.lnwshop.com/article/>

จากวงจรจะเห็นว่าใช้ไอซีเบอร์ NE555 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณพัลส์ ซึ่งความถี่ของสัญญาณถูกกำหนดโดยค่าความต้านทาน 2.7KΩ, 470Ω และค่าตัวเก็บประจุ 10uF 16V

เมื่อนำไอซีเบอร์ NE555 และ ไอซีเบอร์ CD4017B มาต่อรวมกัน จะได้วงจรไฟวิ่งดังรูป 2.17 นอกจากนี้ มีตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ 10KΩ เพื่อสามารถเพิ่มหรือลดค่าความเร็วของการกระพริบได้



ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างวงจรไฟกระพริบ

ที่มา : <https://www.eleccircuit.com/led-chaser-by-ic-4017-ic-555/>

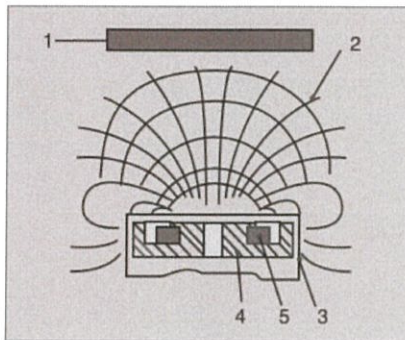
2.4 พร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ (Proximity sensor)

พร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ (Proximity sensor) คือ เซนเซอร์กลุ่มที่สามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัตถุภายนอก โดยลักษณะของการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งดังต่อไปนี้คือ สونาร์แม่เหล็ก สونาร์ไฟฟ้า แสง เสียง และ สัญญาณลม ส่วนการนำเซนเซอร์ประเภทนี้ไปใช้งานนั้น ส่วนใหญ่จะใช้กับงานตรวจจับ ตำแหน่ง ระดับ ขนาด และรูปร่าง ซึ่งปกติแล้วจะนำมาใช้แทนลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) เนื่องจากสาเหตุของอายุการใช้งานและความเร็วในการตรวจจับที่ทำได้ดีกว่าอุปกรณ์ประเภทสวิตช์ ซึ่งสามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้

2.4.1 ฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำ (inductive proximity sensor) เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น เช่น เหล็ก, สแตนเลส, อลูมิเนียม เป็นต้น โดยอินดักทีฟฟร็อก สามารถที่จะตรวจจับโลหะที่มีคาร์บอนน้อย (Mild Steel) ได้ดี

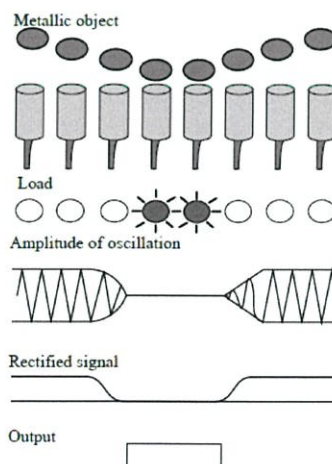
ส่วนประกอบของอินดักทีฟฟร็อกซิมีตี้ (ตามรูปที่ 2.18)

1. วัตถุเป้าหมาย (Target)
2. สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Field)
3. ตัวเรือน (HOUSING)
4. ขดลวดออสซิลเลเตอร์ (Oscillator Coil)
5. แกนเฟอร์ไรท์ (Ferrous)

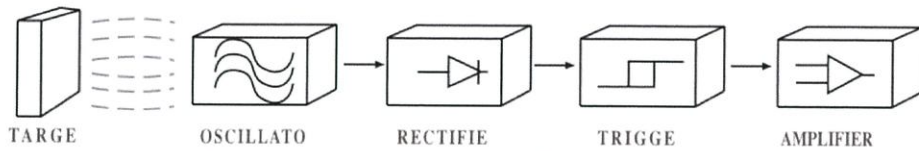


ภาพที่ 2.18 ส่วนประกอบและลักษณะการกระจายสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำ
ที่มา : <http://www.supremelines.co.th>

หลักการทำงานของอินดักทีฟฟร็อกซิมีตี้สวิตช์



ภาพที่ 2.19 การทำงานของฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำ
ที่มา : <http://www.supremelines.co.th>



ภาพที่ 2.20 การทำงานของฟร็อกซิมิตีเซนเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำ

ที่มา : <http://www.supremelines.co.th>

การทำงานของอินดักทีฟฟร็อกซิมิตีจะเริ่มจากวงจรออสซิลเลทกำเนิดสัญญาณส่งให้ขดลวดซึ่งพันอยู่บนแกนเฟอร์ไรท์ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าบริเวณด้านหน้าซึ่งเรียกบริเวณนี้ว่าส่วนตรวจจับ เมื่อมีวัตถุเป้าหมาย (ต้องเป็นโลหะเท่านั้น) เคลื่อนเข้ามายังบริเวณส่วนตรวจจับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะเหนี่ยวนำในวัตถุเป้าหมายได้ดีกว่าอากาศ (เนื่องจากวัตถุเป้าหมายเป็นโลหะ) ทำให้ภายในวัตถุเป้าหมายมีกระแสแฉกไหลวน (EDDY CURRENT) ขึ้น ซึ่งเท่ากับว่าวัตถุเป้าหมายได้ดูดซับสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้ จนเมื่อถึงจุดๆ หนึ่งที่วัตถุเป้าหมายได้ดูดซับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจนหมดทำให้วงจรออสซิลเลเตอร์ไม่ทำงาน ส่งผลให้วงจรทรานซิสเตอร์ทำงานเกิดเอาท์พุทออกมา หลักการดูดกลืนสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้เรียกว่า "EDD CURRENT KILL OSCILLATOR"



ภาพที่ 2.21 รูปแบบของฟร็อกซิมิตีเซนเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำ

ที่มา : http://www.omron-ap.com/product_info/E2EZ/index.asp

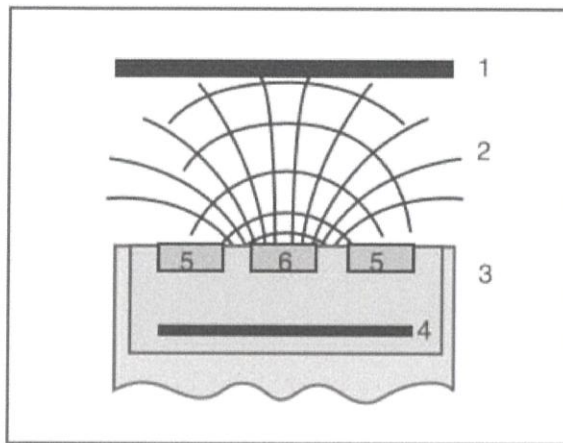
ปัจจัยที่มีผลต่อการตรวจจับของอินดักทีฟฟร็อกซิมิตีสวิตซ์

1. ขนาดของฟร็อกซิมิตี ถ้าฟร็อกซิมิตีตัวใหญ่จะมีระยะการตรวจจับวัตถุได้ไกลกว่าฟร็อกซิมิตีตัวเล็ก เนื่องจากฟร็อกซิมิตีตัวใหญ่มีขดลวดออสซิลเลเตอร์ใหญ่ สามารถสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้มากกว่าฟร็อกซิมิตีที่ขนาดเล็กและขดลวดออสซิลเลเตอร์เล็ก
2. ชนิดของโลหะที่ตรวจจับ ระยะตรวจจับของฟร็อกซิมิตีจะใกล้หรือไกลขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่ถูกจับด้วย โดยวัตถุที่ถูกตรวจจับ (โลหะ) แต่ละชนิดจะมีตัวคูณ (FACTOR) ของมันเพื่อที่จะหาระยะในการตรวจจับ
3. ขนาดของวัตถุเป้าหมาย ถ้าวัตถุเป้าหมายที่มีขนาดเล็กระยะตรวจจับจะใกล้กว่าวัตถุเป้าหมายที่มีขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากวัตถุขนาดเล็ก-ใหญ่มีผลต่อการเหนี่ยวนำ ดังนั้นขนาดใหญ่เหนี่ยวนำง่ายจึงจับได้ไกลกว่า

2.4.2 ค่ะแพชชีฟพรีอกซิมิตี (CAPACITIVE PROXIMITY SWICH) เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจจับวัตถุทุกชนิด เช่น แก้ว, น้ำ, ไม้, พลาสติก, กระดาษ ฯลฯ ค่ะแพชชีฟ พรีอกซิมิตีสามารถจับวัตถุที่มีค่าคงที่ได้อิเล็กทริก (DIELECTRIC CONSTANT, ϵ_r) มากกว่าได้ดี

ส่วนประกอบของอินดักทีฟพรีอกซิมิตี (ตามรูปที่ 2.22)

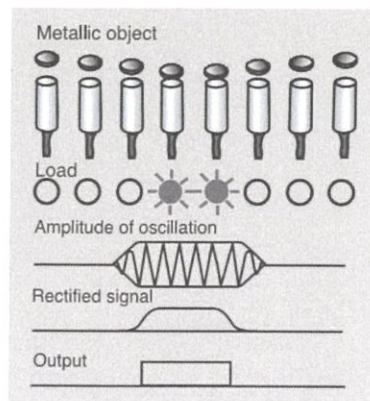
1. วัตถุเป้าหมาย (Target)
2. สนามไฟฟ้า (Electric Fiele)
3. ตัวเรือน (Housing)
4. เอ็ทซ์อิเล็กโทรด (Earth Electrode)
5. อิเล็กโทรดชดเชย (Compensate)
6. แอคทีฟอิเล็กโทรด (Active Electrode)



ภาพที่ 2.22 ส่วนประกอบและลักษณะการกระจายสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของค่ะแพชชีฟพรีอกซิมิตี

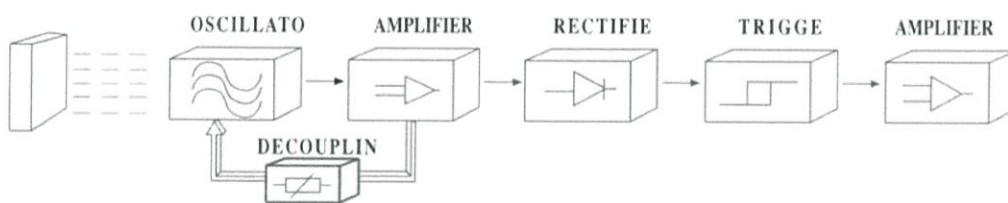
ที่มา : http://www.omron-ap.com/product_info/E2EZ/index.asp

หลักการทํางานของค่ะแพชชีฟพรีอกซิมิตีสวิตช์



ภาพที่ 2.23 การทํางานของค่ะแพชชีฟพรีอกซิมิตีสวิตช์

ที่มา : <http://www.supremelines.co.th>



ภาพที่ 2.24 การทำงานของคเคแพชชีทีฟพรีอ็อกซิมิตีส์วิตซ์
ที่มา : <http://www.supremelines.co.th>

การทำงานของคเคแพชชีทีฟพรีอ็อกซิมิตีส์ใช้หลักการวงจร RC OSCILLATOR คือมีความต้านทานที่ปรับค่าได้เพื่อปรับระยะตรวจจับ ซึ่งบริเวณด้านหน้าของตัวพรีอ็อกซิมิตีส์จะมองเหมือนเป็นแผ่นเพลทอยู่แผ่นหนึ่ง และวัตถุเป้าหมายจะมองเหมือนเป็นแผ่นเพลทอีกแผ่นหนึ่ง ระยะทางระหว่างหน้าพรีอ็อกซิมิตีส์และวัตถุเป้าหมายจะเป็นค่าประจุไฟฟ้า (Capacitance, C) เมื่อค่าประจุเปลี่ยนแปลงจนถึงค่าๆหนึ่งค่าเดียวกันกับความต้านทานที่ปรับไว้ตอนแรก ซึ่งจะเกิดสภาวะ RC รีโซแนนต์ ส่งผลให้เกิดการออสซิลเลทสัญญาณขึ้น ส่งต่อให้ O/P ทำงาน

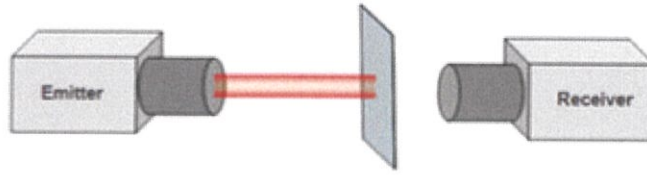
ปัจจัยที่มีผลต่อการตรวจจับของคเคแพชชีทีฟพรีอ็อกซิมิตีส์

1. การปรับค่าความไว (Sensitivity) เป็นการปรับค่าระยะตรวจจับให้ใกล้หรือไกลโดยมีปุ่มให้หมุน ถ้าหมุนทวนเข็มนาฬิกาจะลดลง ถ้าหมุนตามเข็มนาฬิกาจะเพิ่มขึ้น
2. ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (Dielectric Constant, ϵ_r) ระยะตรวจจับจะต่างกัน วัตถุที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกมาก จะถูกตรวจจับได้ดีกว่าวัตถุที่มีค่าน้อย
3. ถ้าใช้พรีอ็อกซิมิตีส์แบบคเคแพชชีทีฟตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะ ระยะตรวจจับจะเท่ากันหมด ไม่ว่าจะป็นโลหะชนิดใดก็ตาม

2.4.3 โฟโตอิเล็กทริกเซ็นเซอร์ (Photoelectric Sensor) หรือเซนเซอร์ชนิดใช้แสง (Optical Sensor) นิยมใช้ตรวจจับชิ้นงานที่มีระยะห่างจากตัวเซนเซอร์ค่อนข้างมาก นอกจากมีคุณลักษณะเด่นในเรื่องของระยะการตรวจจับที่ไกลแล้ว เซนเซอร์แบบนี้ยังมีข้อดีอยู่อีกหลายประการด้วยกัน คือสามารถตรวจจับวัตถุได้เกือบทุกประเภท ความเร็วในการตรวจจับสูง มีรุ่นที่สามารถแยกความแตกต่างสีได้

เซ็นเซอร์ที่ใช้ลำแสงในการตรวจจับวัตถุโดยไม่ต้องมีการสัมผัส คุณสมบัติพิเศษคือมีการตอบสนองตอบอย่างรวดเร็ว ระยะตรวจจับไกล และตรวจจับวัตถุได้หลากหลายประเภท เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความเร็วในการตรวจจับและไม่มีการสัมผัสกับตัววัตถุ โฟโตเซ็นเซอร์มีหลากหลายแบบให้เลือก ขึ้นอยู่กับฟังก์ชันในการทำงานที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้

2.4.3.1 โฟโตเซ็นเซอร์แบบตัวรับ ตัวส่ง แยกกัน (Through Beam Photoelectric Sensor) การใช้งานจะวางให้อยู่ตรงข้ามกัน เป็นโฟโตเซ็นเซอร์ที่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีขนาดใหญ่ และระยะในการจับมากที่สุด ในสภาวะปกติตัวส่งจะส่งสัญญาณให้ตัวรับได้ตลอดเวลา หากมีวัตถุผ่านหน้าเซ็นเซอร์จะขวางลำแสงทำให้สถานะของเอาต์พุตของตัวรับเปลี่ยนแปลง



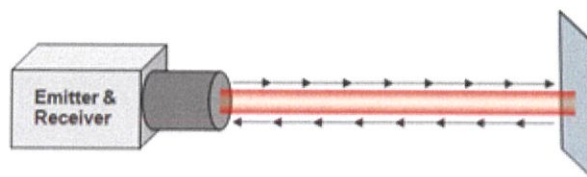
ภาพที่ 2.25 โฟโต้เซ็นเซอร์แบบตัวรับ ตัวส่ง แยกกัน
ที่มา : <http://www.pneumax.co.th/Article/ATM-Sensor.php>

2.4.3.2 โฟโต้เซ็นเซอร์แบบใช้งานคู่กับแผ่นสะท้อน (Retroreflective Photoelectric Sensor) ภายในตัวเซ็นเซอร์จะมีตัวส่ง และตัวรับ ติดตั้งภายในตัวเดียวกันและมีแผ่นสะท้อนแสง (Reflector) ติดตั้งไว้ตรงข้ามกับตัวเซ็นเซอร์ โดยโฟโต้เซ็นเซอร์แบบนี้เหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีความทึบแสง ไม่เป็นมันวาว ซึ่งอาจทำให้ตัวเซ็นเซอร์เข้าใจผิดว่าเป็นตัวแผ่นสะท้อน และทำให้เกิดความผิดพลาดสถานะปกติตัวรับสามารถรับสัญญาณแสงจากตัวส่งได้ตลอดเวลา เพราะลำแสงจะสะท้อนกับแผ่นสะท้อนอยู่ตลอดเวลา หากมีวัตถุผ่านหน้าเซ็นเซอร์จะขวางลำแสงทำให้สถานะของเอาต์พุตของ ตัวรับเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 2.26 โฟโต้เซ็นเซอร์แบบใช้งานคู่กับแผ่นสะท้อน
ที่มา : <http://www.pneumax.co.th/Article/ATM-Sensor.php>

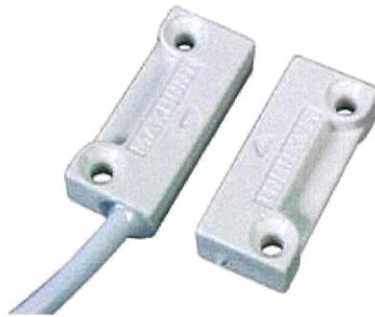
2.4.3.3 โฟโต้เซ็นเซอร์แบบสะท้อนกับวัตถุโดยตรง (Diffuse Mode, Proximity Mode) ภายในตัวเซ็นเซอร์แบบนี้จะมีตัวส่งและตัวรับ ติดตั้งภายในตัวเดียวกันโฟโต้เซ็นเซอร์แบบสะท้อนกับวัตถุ จะใช้ตรวจจับชิ้นงานได้ทั้งลักษณะทึบ และโปร่งแสง ในสถานะการทำงานปกติตัวรับ จะไม่สามารถรับสัญญาณจากตัวส่งได้ เนื่องจากไม่มีวัตถุที่จะมาทำงานที่สะท้อนสัญญาณ โดยเซ็นเซอร์นี้ จะทำหน้าที่ตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ตัดผ่านหน้าของเซ็นเซอร์ วัตถุที่ผ่านหน้าเซ็นเซอร์จะทำหน้าที่ สะท้อนลำแสงที่ส่งมาจากตัวส่งกลับไปยังตัวรับ ซึ่งจะทำให้วงจรภายในรับรู้ได้ว่า มีวัตถุหรือชิ้นงาน ขวางอยู่ ทำให้สถานะของเอาต์พุตของตัวรับเปลี่ยนแปลงไป



ภาพที่ 2.27 โฟโต้เซ็นเซอร์แบบสะท้อนกับวัตถุโดยตรง
ที่มา : <http://www.pneumax.co.th/Article/ATM-Sensor.php>

2.4.4 เซนเซอร์ชนิดใช้คลื่นเสียง (Ultrasonic Sensor) เนื่องจากในงานบางลักษณะไม่สามารถใช้เซนเซอร์ประเภทต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นได้ เช่นการตรวจจับของเหลวในภาชนะบรรจุ ตรวจจับระดับความลึกของแหล่งน้ำ ตรวจจับพื้นผิวถนนสำหรับยานพาหนะบางชนิด เป็นต้น คลื่นเสียงที่นำมาทำเซนเซอร์ประเภทนี้จะอยู่ในช่วงความถี่ 20KHz - 1GHz ซึ่งเรียกว่า Ultrasonic ซึ่งหูของมนุษย์ไม่สามารถได้ยิน

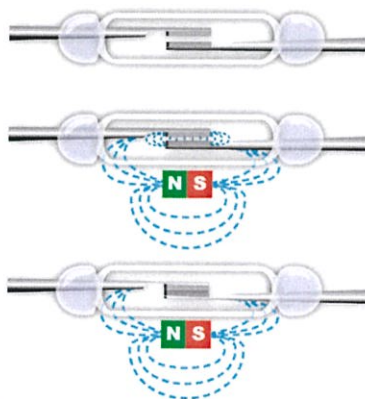
2.4.5 แม็กเนติกเซนเซอร์ (Magnetic Sensor) ใช้ตรวจจับได้เฉพาะวัสดุที่เป็นแม่เหล็กเท่านั้น



ภาพที่ 2.28 ตัวอย่างแม็กเนติกเซนเซอร์

ที่มา : <http://dk.coe.psu.ac.th/assign/proxim/index.html>

2.4.5.1 รีดสวิตช์ (Reed switch) คือ แม็กเนติกเซนเซอร์ที่มีลักษณะเป็นแบบหน้าสัมผัสซึ่งโดยปกติทั่วไปแล้ว จะเป็นหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open : NO) สวิตช์นี้จะทำงานโดยอาศัยสนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจจะเห็นแม่เหล็กถาวร หรือแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้ แผ่นหน้าสัมผัสจะทำมาจากสารที่มีผลต่อสนามแม่เหล็ก (ferromagnetic) และติดตั้งอยู่ภายในกระเปาะแก้วเล็กๆ ที่มีการเติมก๊าซเฉื่อยเพื่อทำให้การตัดต่อกระแสไฟฟ้าได้เร็วยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.29 การทำงานของแม็กเนติกเซนเซอร์

ที่มา : <http://dk.coe.psu.ac.th/assign/proxim/index.html>

2.4.5.2 อิเล็กทรอนิกส์สวิทช์ แม็กเนติกเซนเซอร์ประเภทนี้ จะอาศัยการตัดต่อหรือให้สัญญาณโดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ภายใน หากมีคนถามว่าแล้วเซนเซอร์ประเภทนี้แตกต่างจากรีดสวิทช์อย่างไร คำตอบคือเหมือนกันในส่วนที่อาศัยสนามแม่เหล็กในการทำงาน แต่ต่างกันในเรื่องความไวและอายุการใช้งาน แม็กเนติกเซนเซอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์การตัดต่อสัญญาณจะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งไม่มีการเคลื่อนที่ทางกลทำให้มีความไวในการทำงานที่สูงกว่ารีดสวิทช์ นอกจากนี้ยังส่งผลให้อายุการใช้งานยาวนานกว่าอีกด้วย อีกจุดหนึ่งที่น่าสนใจในเรื่องความแตกต่างของเซนเซอร์ทั้งสองชนิดก็คือ แม็กเนติกเซนเซอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์ส่วนมากจะใช้กับไฟกระแสดตรงและต้องต่อสัญญาณไฟให้ถูกต้องตามที่กำหนด ส่วนรีดสวิทช์หากไม่มีหลอดไฟแสดงสัญญาณ (LED) สามารถใช้ได้ทั้งไฟตรงและไฟกระแสสลับและยังสามารถสลับขั้วการต่อได้

2.5 เซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared Sensor)

เซนเซอร์แสงอินฟราเรด (Infrared Sensor) เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการวัดระยะห่าง หรือตรวจจับวัตถุที่ขวางได้ อุปกรณ์แต่ละตัวก็มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป เช่น ช่วงระยะในการวัด ช่วงของระดับแรงดันเอาต์พุต (เซนเซอร์ที่ให้เอาต์พุตแบบแอนะล็อก) แต่ก็มีความหวังในการใช้งาน เช่น การวัดด้วยเซนเซอร์แสงอินฟราเรด อาจได้ค่าไม่ถูกต้องในกรณีที่มีแสงอินฟราเรดจากแหล่งอื่นมารบกวน ค่าที่ได้ก็ขึ้นอยู่กับการสะท้อนกลับของแสงอินฟราเรดที่วัตถุ

เซนเซอร์แสงอินฟราเรดเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ขาดไม่ได้ มีไว้เพื่อความปลอดภัย ป้องกันอันตรายที่เกิดจากประตูเลื่อนชน หรือหนีบคน หลักการทำงานของเซนเซอร์ชนิดนี้คือ เซนเซอร์จะมีลำแสงอินฟราเรดที่มองไม่เห็นขวางอยู่ระหว่างบานประตูทั้งสองข้าง เมื่อมีคนหรือวัตถุขวางกั้นลำแสงอินฟราเรด เซนเซอร์จะส่งสัญญาณแจ้งไปยังกล่องควบคุมหรือคอนโทรลเลอร์ เพื่อสั่งงานให้มอเตอร์หยุดทำงานและเคลื่อนที่กลับ



ภาพที่ 2.30 ตัวอย่างเซนเซอร์อินฟราเรด

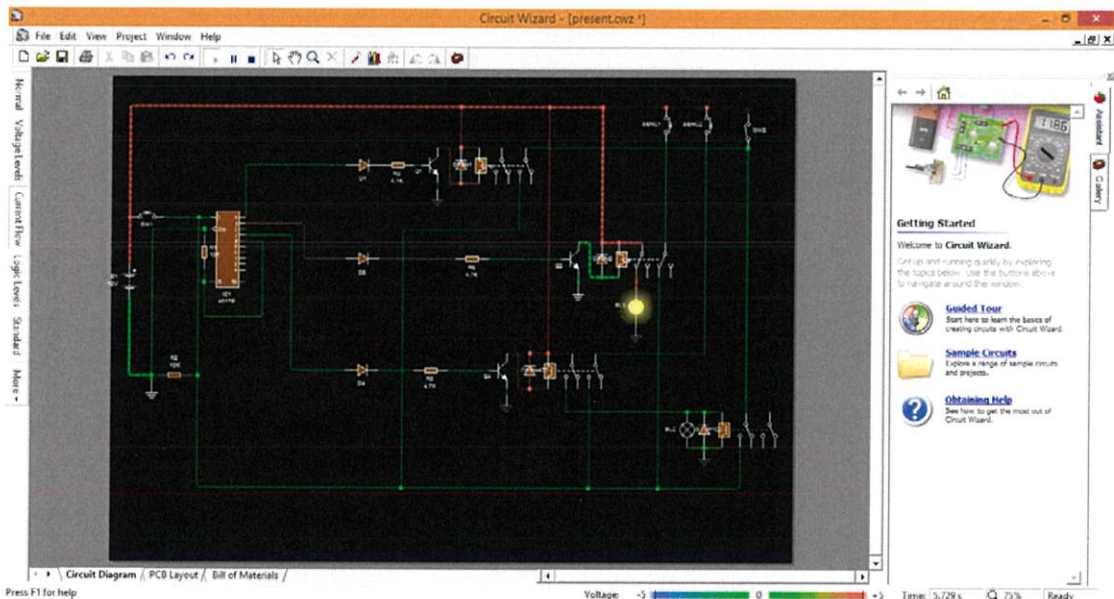
ที่มา : <https://www.sparkfun.com/products/8958>

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 ออกแบบและทดลองซิมูเลชันวงจรควบคุมฟังก์ชันของประตูปไฟฟ้า

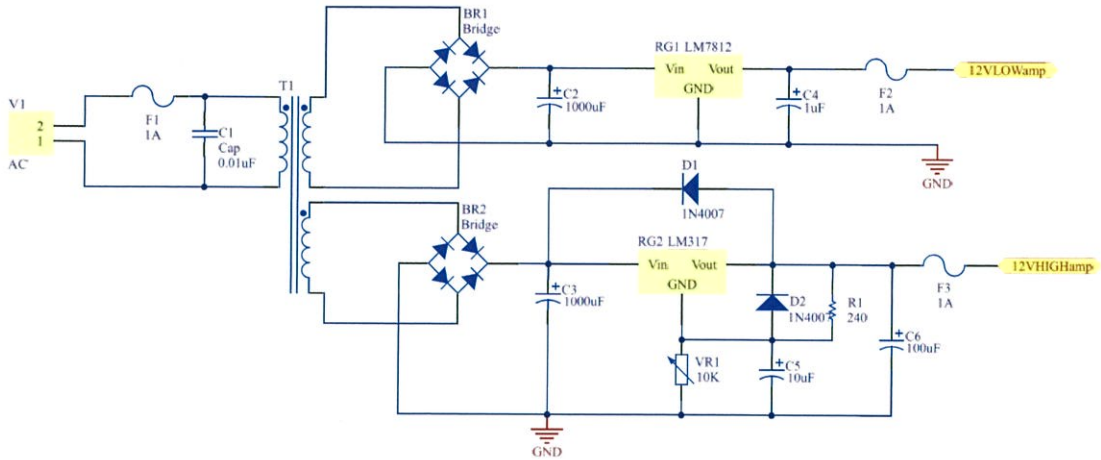
ในการออกแบบวงจรควบคุมฟังก์ชันของประตูปไฟฟ้าได้ใช้โปรแกรม Circuit Wizard ออกแบบและซิมูเลชันให้ได้ฟังก์ชันของประตูปไฟฟ้าตามที่ต้องการเพื่อจำลองการทำงานเบื้องต้นก่อนปฏิบัติงานจริง



ภาพที่ 3.1 การจำลองการทำงานของวงจรเบื้องต้นในโปรแกรม Circuit Wizard

3.2 การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายกระแสตรง

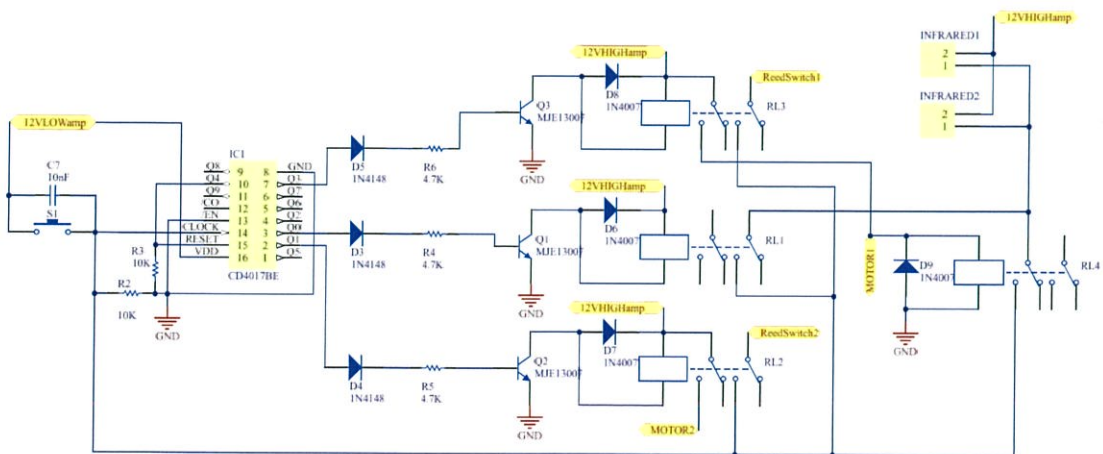
การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายกระแสตรงให้แรงดันเอาต์พุตมีค่า 12 โวลต์ โดยใช้ไอซีเรกูเลเตอร์ 2 เบอร์คือ เบอร์ LM7812CT รักษาแรงดันเอาต์พุต 12 โวลต์ สามารถจ่ายกระแสสูงสุดไม่เกิน 1 แอมป์ เป็นไอซีที่มีวงจรจำกัดกระแส เพื่อป้องกันกระแสไหลตมมากเกินไปซึ่งจะทำให้ไอซี หรืออุปกรณ์อื่นๆ ในวงจรเสียหายได้ และยังสะดวกต่อการใช้งาน เอาต์พุตที่ได้จะนำไปจ่ายให้ไอซี CD4017BE ทำงาน ส่วนไอซีเบอร์ LM317T สามารถปรับระดับแรงดันเอาต์พุตได้ตั้งแต่ 1.2 – 37 โวลต์ สามารถจ่ายกระแสสูงสุดไม่เกิน 1.5 แอมป์ มีวงจรป้องกันภายใน เมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 125 องศาเซลเซียส ไอซีจะตัดการทำงานอัตโนมัติ เอาต์พุตที่ได้นำไปจ่ายเพื่อให้รีเลย์ทำงาน ซึ่งการใช้ไอซี 2 เบอร์แยกไฟกระแสสูง และไฟกระแสต่ำ เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนการทำงานภายในวงจร



ภาพที่ 3.2 รูปแบบวงจรจ่ายไฟตรงกระแสสูง และไฟตรงกระแสต่ำ 12 โวลต์

3.3 การออกแบบวงจรควบคุมฟังก์ชันของประตูไฟฟ้า

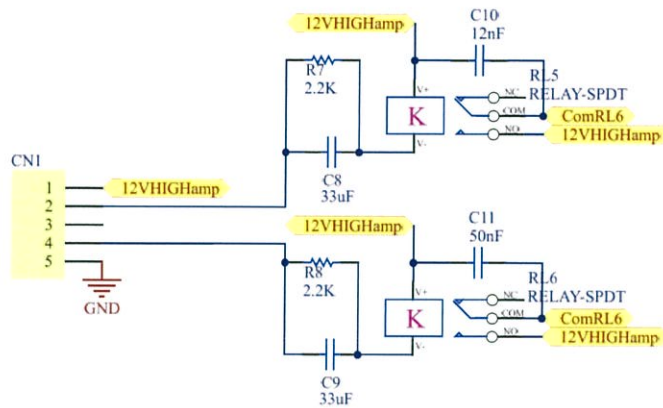
การกดสวิตช์หรือ การส่งสัญญาณของเซนเซอร์เป็น Clock ป้อนเข้าขา 14 ของไอซี CD4017BE เอาท์พุทออกที่ขา Q₀ – Q₃ โดยเอาท์พุท Q₀ จะเริ่มทำงานที่ขอบขาขึ้นของ Clock เมื่อขอบขาขึ้นลูกต่อไปเข้ามาเอาท์พุท Q₀ จะดับลง เอาท์พุท Q₁ จะทำงานแทนทันที ซึ่งในโครงการนี้ใช้เอาท์พุท Q₀ – Q₃ ในการกำหนดสถานะของประตูไฟฟ้า ซึ่งในการทำงานไม่ว่าระบบในสถานะใดก็ตาม หากมีการส่งสัญญาณจาก พร็อกซิมีตีเซนเซอร์ (Proximity Sensor) ชนิดรีดสวิตช์ (Reed Switch) หรือเซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared Sensor) เข้ามาภายในระบบ ระบบจะหยุดการทำงานและรับข้อมูลจากอินเตอร์รัพท์ (Interrupt) ก่อนเสมอเพื่อความปลอดภัย และป้องกันอันตรายจากประตูเลื่อนชน หรือหนีบคน



ภาพที่ 3.3 รูปแบบวงจรควบคุมฟังก์ชันของประตูไฟฟ้า

3.4 การออกแบบวงจรรีดสวิตช์ (Reed Switch)

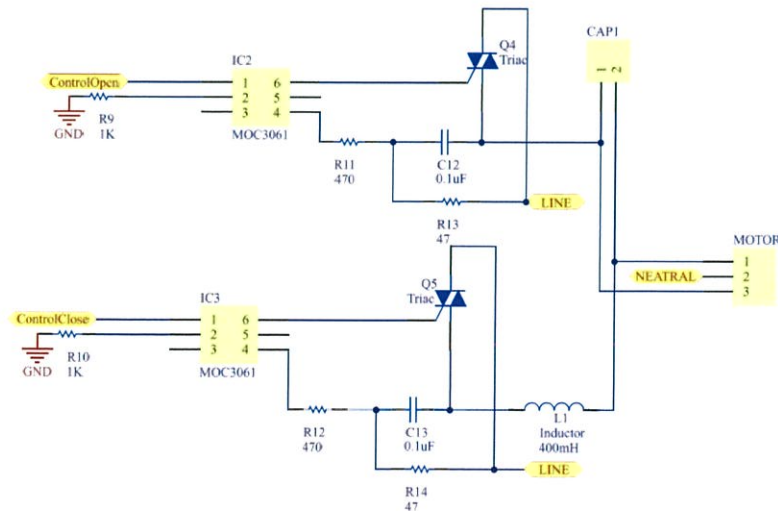
เมื่อรีดสวิตช์ (Reed Switch) ทำงานจะให้สัญญาณพัลส์ที่มีช่วงกว้างเพราะแม่เหล็กสัมผัสกันชั่วคราว แต่ไอซี CD4017BE ต้องการสัญญาณพัลส์เพียงลูกเดียวในเปลี่ยนฟังก์ชันการทำงานของประตูไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องมีวงจรนี้เพื่อให้สัญญาณพัลส์ออกมาเพียงลูกเดียว และเพื่อไม่รบกวนการทำงานของฟังก์ชันอื่นๆ ของประตูไฟฟ้า



ภาพที่ 3.4 รูปแบบวงจรรีดสวิตช์ (Reed Switch)

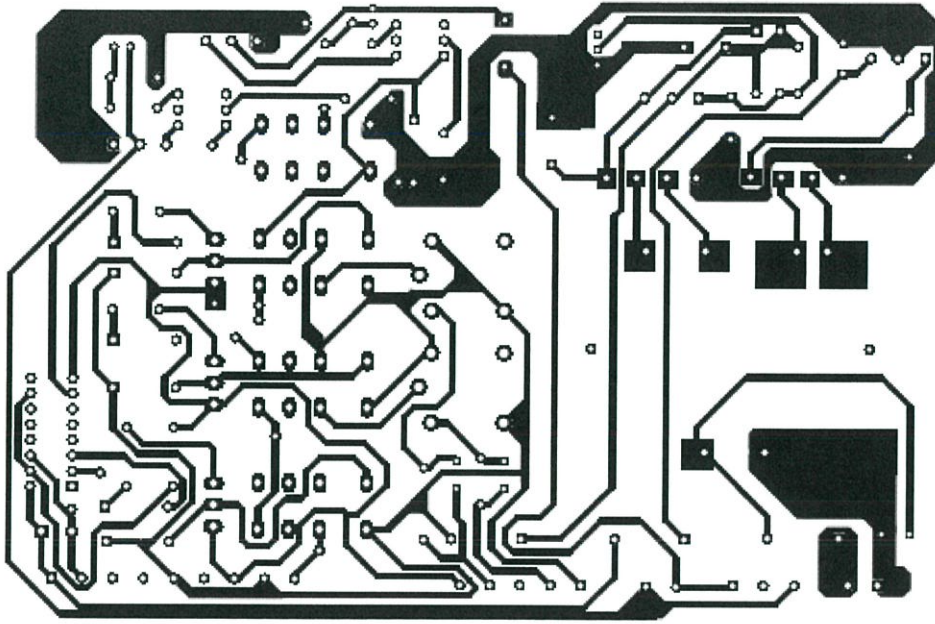
3.5 การออกแบบวงจรมอเตอร์

การใช้ไอซีเบอร์ MOC3062 เป็นอุปกรณ์แยกสัญญาณทางแสง (Opto-Isolator) หรือออปโตคัปเปิลเลอร์ (Opto-Coupler) โดยใช้หลักการแรงดันไฟฟ้าต่ำควบคุมแรงดันไฟฟ้าสูง เพื่อป้องกันการรบกวนกันทางไฟฟ้าระหว่างสองวงจร



ภาพที่ 3.5 รูปแบบวงจรมอเตอร์

3.6 รูปภาพลายปริ๊นท์ของวงจร



ภาพที่ 3.6 ลายปริ๊นท์ของวงจรชุดควบคุมประตู่ไฟฟ้า

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ผลการทดลองการทำงานของประตูไฟฟ้า

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทำงานเมื่อเปิดประตูไฟฟ้า

เมื่อเปิดประตูไฟฟ้า	
ครั้ง	การทำงานของประตูไฟฟ้า
1	ประตูไฟฟ้าเปิด
2	ประตูไฟฟ้าเปิด
3	ประตูไฟฟ้าเปิด
4	ประตูไฟฟ้าเปิด
5	ประตูไฟฟ้าเปิด

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทำงานเมื่อรีดสวิตช์ (Reed Switch) ตรวจจับขณะเปิดประตู

เมื่อรีดสวิตช์ (Reed Switch) ตรวจจับขณะเปิดประตู	
ครั้ง	การทำงานของประตูไฟฟ้า
1	ประตูไฟฟ้าหยุด
2	ประตูไฟฟ้าหยุด
3	ประตูไฟฟ้าหยุด
4	ประตูไฟฟ้าหยุด
5	ประตูไฟฟ้าหยุด

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทำงานเมื่อปิดประตูไฟฟ้า

เมื่อปิดประตูไฟฟ้า	
ครั้ง	การทำงานของประตูไฟฟ้า
1	ประตูไฟฟ้าปิด
2	ประตูไฟฟ้าปิด
3	ประตูไฟฟ้าปิด
4	ประตูไฟฟ้าปิด
5	ประตูไฟฟ้าปิด

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทำงานเมื่อรีดสวิทช์ (Reed Switch) ตรวจจับขณะปิดประตู

เมื่อรีดสวิทช์ (Reed Switch) ตรวจจับขณะปิดประตู	
ครั้ง	การทำงานของประตูไฟฟ้า
1	ประตูไฟฟ้าหยุด
2	ประตูไฟฟ้าหยุด
3	ประตูไฟฟ้าหยุด
4	ประตูไฟฟ้าหยุด
5	ประตูไฟฟ้าหยุด

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทำงานเมื่อเซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared Sensor) ตรวจจับสิ่งกีดขวาง

เมื่อเซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared Sensor) ตรวจจับสิ่งกีดขวาง	
ครั้ง	การทำงานของประตูไฟฟ้า
1	ประตูไฟฟ้าหยุดและเลื่อนเปิด
2	ประตูไฟฟ้าหยุด
3	ประตูไฟฟ้าหยุดและเลื่อนเปิด
4	ประตูไฟฟ้าหยุดและเลื่อนเปิด
5	ประตูไฟฟ้าหยุดและเลื่อนเปิด

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันที่ต้องการ ทั้งในคำสั่งเปิดประตูไฟฟ้า หยุดประตูไฟฟ้าขณะกำลังเปิด ด้วยรีดสวิตช์ (Reed Switch) ปิดประตูไฟฟ้า และหยุดประตูไฟฟ้าขณะกำลังปิด ด้วยรีดสวิตช์ (Reed Switch) สามารถทำงานตามคำสั่งได้อย่างแม่นยำ 100% ส่วนการทำงานเมื่อเซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared Sensor) ตรวจจับสิ่งกีดขวางจากการทดลอง 5 ครั้ง ไม่สามารถทำตามเป้าหมาย 1 ครั้ง เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์สามารถทำงานได้ 80% โดยมีความผิดพลาดน้อยมาก ซึ่งอาจเกิดจากสภาพแวดล้อมภายนอก โดยชุดควบคุมประตูไฟฟ้าเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้และเป็นสิ่งพึงพอใจของผู้จัดทำ

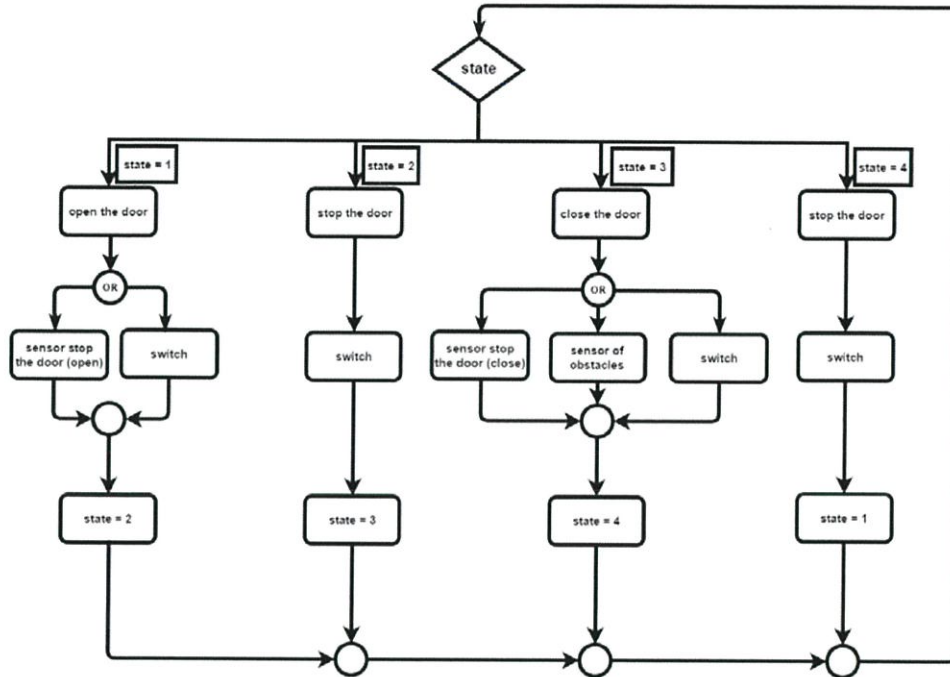
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

อุปกรณ์ภายในวงจรส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ที่เคยผ่านการใช้งานมาแล้ว และนำกลับมาใช้ใหม่ เมื่อนำมาทดลองอุปกรณ์นั้นอาจเกิดการเสียหายได้ง่าย จึงทำให้ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์อยู่บ่อยครั้ง นอกจากนี้ยังมีสัญญาณรบกวนต่างๆ ซึ่งอาจเกิดขึ้นในการทำงานของวงจรซึ่งมีสาเหตุมาจากการลากลายทองแดงที่ไม่เหมาะสม

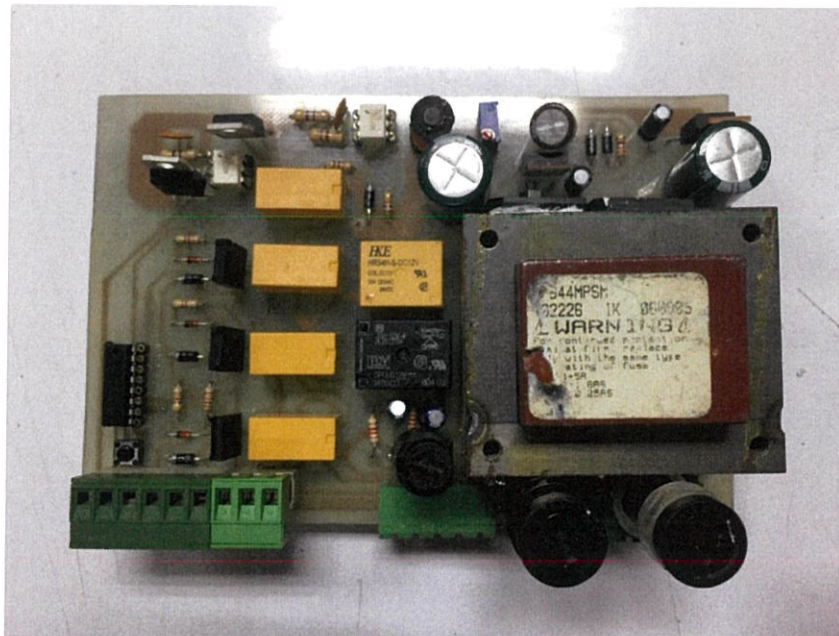
เอกสารอ้างอิง

1. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (2545) : เอกสารประกอบการเรียนวิชา “Electronic Engineering1” โดย ผศ. ประภากร สุวรรณะ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์
2. บริษัท ยูโรเอเชีย อินเตอร์เทรด จำกัด (2549) : รั้วแสงอินฟราเรด (Photoelectric Beam Sensor) (สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2560) จาก <http://www.complexion.co.th/html/pb.htm>
3. บริษัท นิวแม็กซ์ จำกัด (2553) : Sensor ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม (สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2560) จาก <http://www.pneumax.co.th/Article/ATM-Sensor.php>
4. บริษัท พีเอสพี เทค จำกัด (2555) : Power Supply (สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2560) จาก <http://www.psptech.co.th/about-us-45254.page>
5. บริษัท สุพรีมไลน์ จำกัด (2558) : พร็อกซิมีตี้สวิตช์ PROXIMITY SWITCHES (สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2560) จาก <http://www.supremelines.co.th>
6. บ้านป้ายไฟ LED (2560) : หลักการทำงานไอซี 4017 (สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2560) จาก <http://am-tech.lnwshop.com/article>
7. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (2560) : วงจรเรียงกระแส (Rectifier circuit) (สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2560) จาก <http://www.neutron.rmutphysics.com>

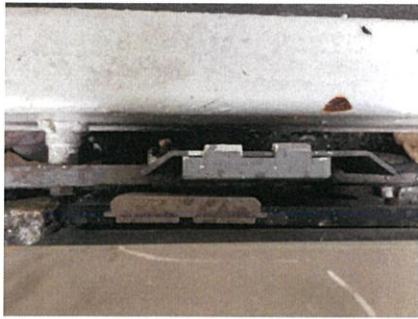
ภาคผนวก



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงการทำงานของประตูไฟฟ้า



ภาพที่ 2 ชุดวงจรควบคุมประตูไฟฟ้า



ภาพที่ 3 รีดสวิตช์ (Reed Switch) ที่ใช้งานจริง



ภาพที่ 4 อินฟราเรดเซนเซอร์ที่ใช้งานจริง



Micro Commercial Components
20736 Manilla Street Chatsworth
CA 91311
Phone: (818) 701-4933
Fax: (818) 701-4939

Features

- Halogen free available upon request by adding suffix "-HF"
- Glass Passivate Die Construction
- Epoxy meets UL 94 V-0 flammability rating
- Moisture Sensitivity Level 1
- Ideal for Printed Circuit Boards
- Lead Free Finish/Rohs Compliant (Note1) ("P" Suffix designates Compliant. See ordering information)

Maximum Ratings

- Operating Temperature: -55°C to +165°C
- Storage Temperature: -55°C to +165°C

MCC Part Number	Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	Maximum RMS Voltage	Maximum DC Blocking Voltage
2KBP005	50V	35V	50V
2KBP01	100V	70V	100V
2KBP02	200V	140V	200V
2KBP04	400V	280V	400V
2KBP06	600V	420V	600V
2KBP08	800V	560V	800V
2KBP10	1000V	700V	1000V

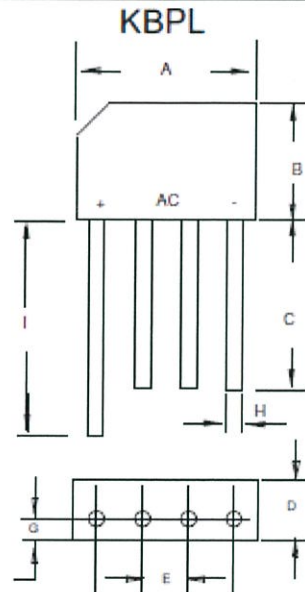
Electrical Characteristics @ 25°C Unless Otherwise Specified

Average Forward Current	$I_{F(AV)}$	2.0A	$T_a = 50^\circ\text{C}$
Peak Forward Surge Current	I_{FSM}	60A	8.3ms, half sine
Maximum Forward Voltage Drop Per Element	V_F	1.2V	$I_F = 2.0\text{A per}$
Maximum DC Reverse Current At Rated DC Blocking Voltage	I_R	10 μA 0.5mA	$T_a = 25^\circ\text{C}$ $T_a = 125^\circ\text{C}$

Notes: 1. High Temperature Solder Exemption Applied. See EU Directive Annex Notes 7

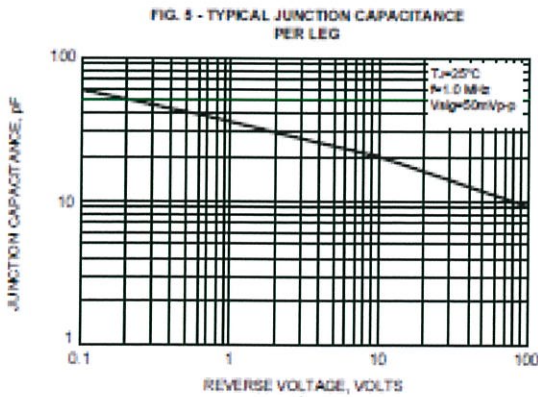
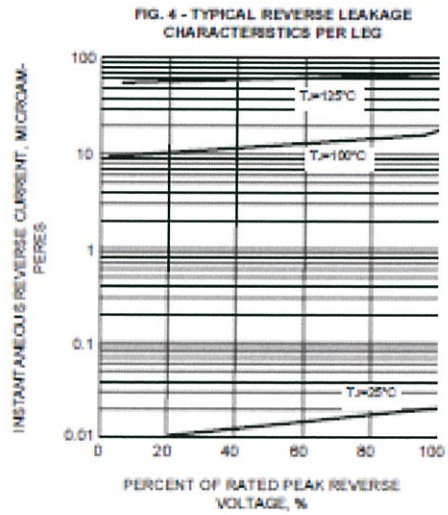
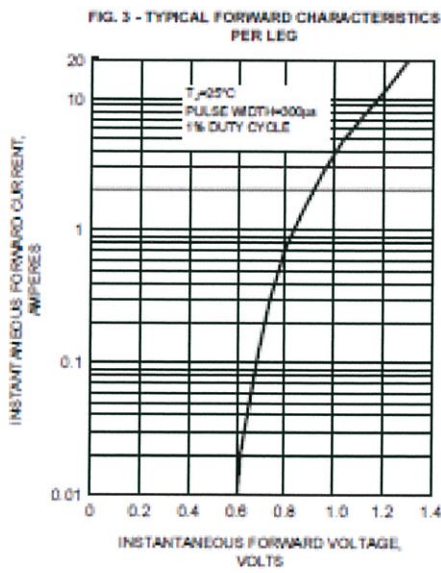
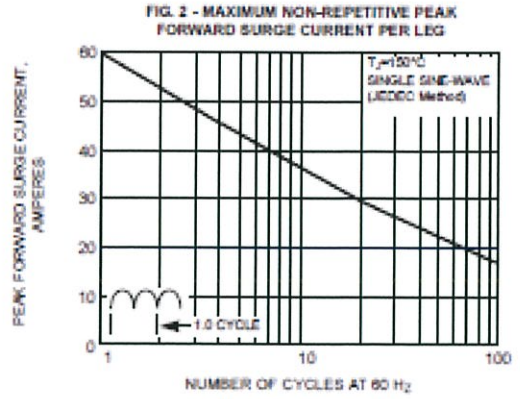
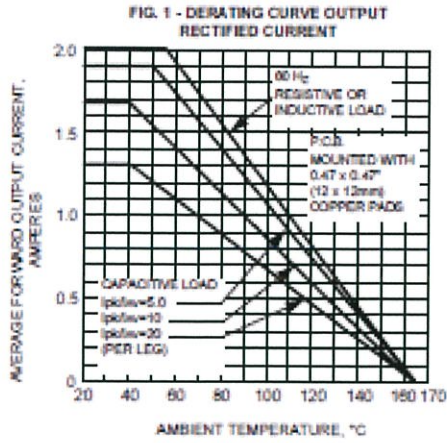
**2KBP005
THRU
2KBP10**

**2.0 Amp Glass
Passivated Bridge
Rectifier
50 to 1000 Volts**



DIM	INCHES		MM	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	.259	.80	14.22	15.24
B	.42	.48	10.80	11.88
C	.50	—	12.7	—
D	1.46	1.53	3.70	3.88
E	1.42	.981	3.68	4.10
G	.046	.054	1.17	1.37
H	.026	.034	0.70	0.88
I	.561	—	14.25	—

ภาพที่ 5 Datasheet ของ 2KBP005 THRU 2KBP10



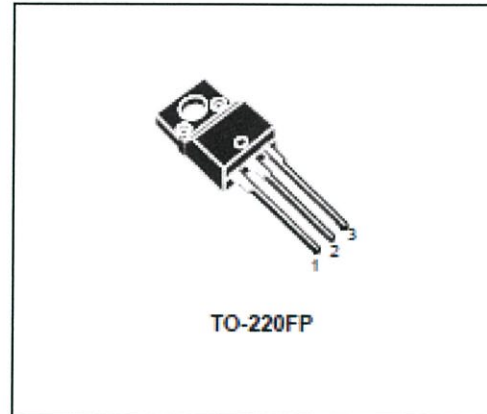
ภาพที่ 6 Datasheet ของ 2KBP005 THRU 2KBP10



ST13007DFP

HIGH VOLTAGE FAST-SWITCHING NPN POWER TRANSISTOR

- IMPROVED SPECIFICATION:
 - LOWER LEAKAGE CURRENT
 - TIGHTER GAIN RANGE
 - DC CURRENT GAIN PRESELECTION
 - TIGHTER STORAGE TIME RANGE
- HIGH VOLTAGE CAPABILITY
- INTEGRATED FREE-WHEELING DIODE
- LOW SPREAD OF DYNAMIC PARAMETERS
- MINIMUM LOT-TO-LOT SPREAD FOR RELIABLE OPERATION
- VERY HIGH SWITCHING SPEED
- FULLY CHARACTERIZED AT 125 °C
- LARGE RBSOA
- FULLY INSULATED PACKAGE (U.L. COMPLIANT) FOR EASY MOUNTING

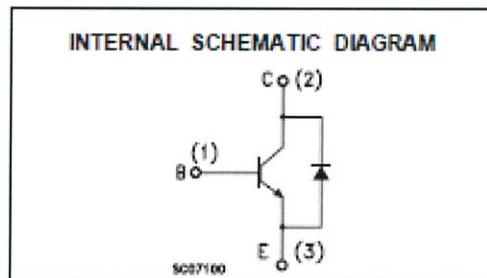


APPLICATIONS

- UP TO 120W ELECTRONIC TRANSFORMERS FOR HALOGEN LAMPS
- SWITCH MODE POWER SUPPLIES

DESCRIPTION

The device is manufactured using high voltage Multi Epitaxial Planar technology for high switching speeds and high voltage capability. It uses a Cellular Emitter structure to enhance switching speeds.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CEV}	Collector-Emitter Voltage ($V_{BE} = -1.5V$)	700	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage ($I_B = 0$)	400	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)	9	V
I_C	Collector Current	8	A
I_{CM}	Collector Peak Current	16	A
I_B	Base Current	4	A
I_{BM}	Base Peak Current	8	A
P_{Tot}	Total Dissipation at $T_c \leq 25^\circ C$	36	W
V_{isol}	Insulation Withstand Voltage (RMS) from All Three Leads to External Heatsink	1500	V
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to 150	°C
T_j	Max. Operating Junction Temperature	150	°C

ภาพที่ 7 Datasheet ของ ST13007DFP

THERMAL DATA

$R_{th(j-case)}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	3.47	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
$R_{th(j-amb)}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	62.5	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$

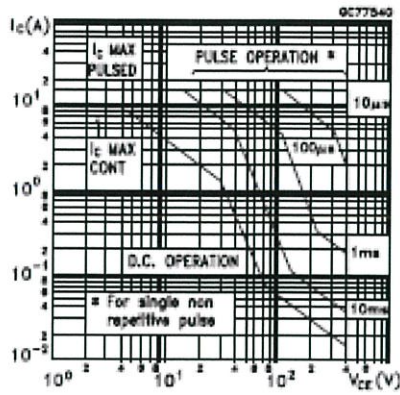
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CES}	Collector Cut-off Current ($V_{BE} = 0$)	$V_{CE} = 700\text{ V}$ $V_{CE} = 700\text{ V}$ $T_c = 100^{\circ}\text{C}$			10 0.5	μA mA
I_{CEO}	Collector Cut-off Current ($I_B = 0$)	$V_{CE} = 400\text{ V}$			100	μA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current ($I_C = 0$)	$V_{EB} = 9\text{ V}$			100	μA
$V_{CE(sat)}^*$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ($I_B = 0$)	$I_C = 10\text{ mA}$	400			V
$V_{CE(sat)}^*$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 2\text{ A}$ $I_B = 0.4\text{ A}$ $I_C = 5\text{ A}$ $I_B = 1\text{ A}$ $I_C = 8\text{ A}$ $I_B = 2\text{ A}$ $I_C = 5\text{ A}$ $I_B = 1\text{ A}$ $T_c = 100^{\circ}\text{C}$			0.8 1.5 2 3	V V V V
$V_{BE(sat)}^*$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 2\text{ A}$ $I_B = 0.4\text{ A}$ $I_C = 5\text{ A}$ $I_B = 1\text{ A}$ $I_C = 5\text{ A}$ $I_B = 1\text{ A}$ $T_c = 100^{\circ}\text{C}$			1.2 1.6 1.5	V V V
h_{FE}^*	DC Current Gain	$I_C = 2\text{ A}$ $V_{CE} = 5\text{ V}$ $I_C = 5\text{ A}$ $V_{CE} = 5\text{ V}$	18 8		40 25	
V_f	Diode Forward Voltage	$I_C = 3\text{ A}$			2.5	V
t_s t_f	INDUCTIVE LOAD Storage Time Fall Time	$I_C = 5\text{ A}$ $V_{CL} = 250\text{ V}$ $R_{BB} = 0\Omega$ $I_{B1} = 1\text{ A}$ $V_{BE(off)} = -5\text{ V}$ $L = 200\ \mu\text{H}$ (see figure 1)		1.7 90	2.3 150	μs ns
t_s t_f	INDUCTIVE LOAD Storage Time Fall Time	$I_C = 5\text{ A}$ $V_{CL} = 250\text{ V}$ $R_{BB} = 0\Omega$ $I_{B1} = 1\text{ A}$ $V_{BE(off)} = -5\text{ V}$ $L = 200\ \mu\text{H}$ $T_c = 125^{\circ}\text{C}$ (see figure 1)		2.2 150		μs ns

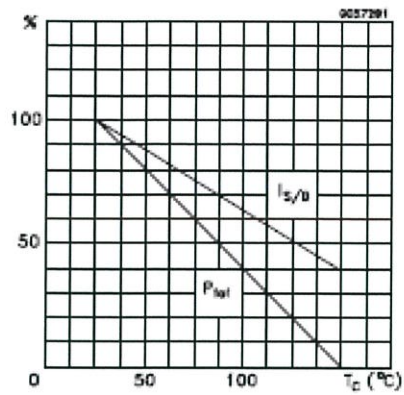
* Pulsed: Pulse duration = 300 μs , duty cycle 2 %.

ภาพที่ 8 Datasheet ของ ST13007DFP

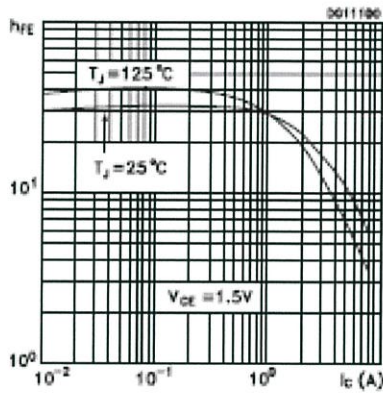
Safe Operating Area



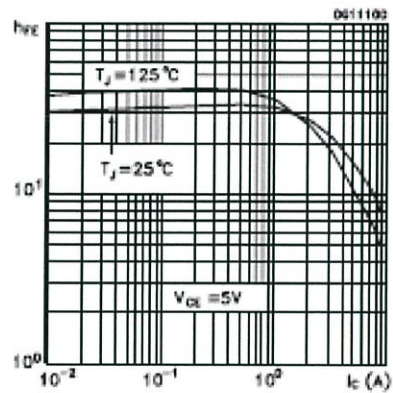
Derating Curve



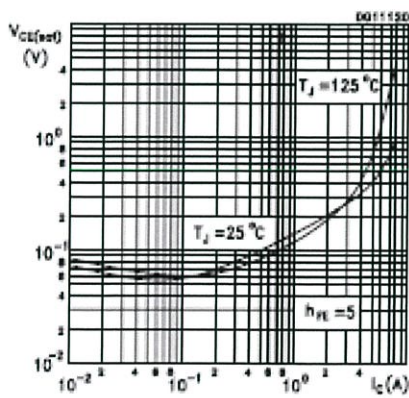
DC Current Gain



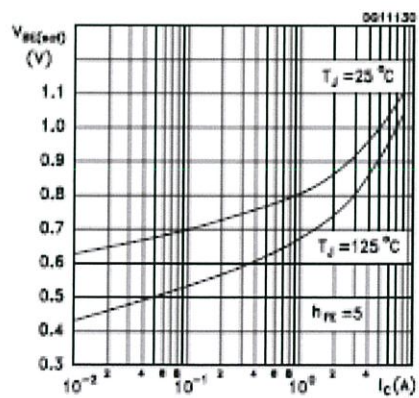
DC Current Gain



Collector Emitter Saturation Voltage

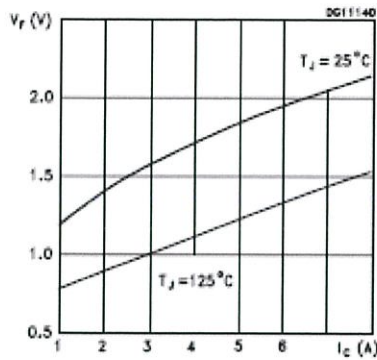


Base Emitter Saturation Voltage

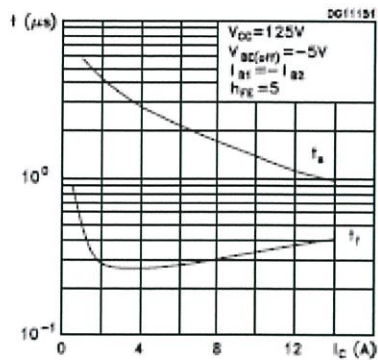


ภาพที่ 9 Datasheet ของ ST13007DFP

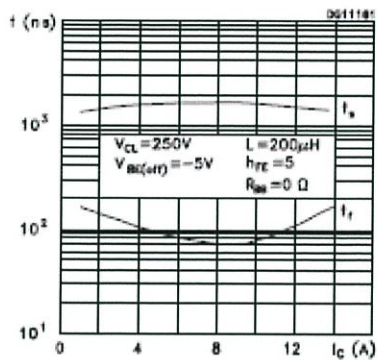
Diode Forward Voltage



Switching Time Resistive Load



Switching Time Inductive Load



Reverse Biased SOA

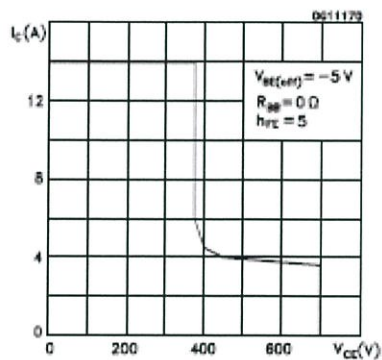


Figure 1: Inductive Load Switching Test Circuit.

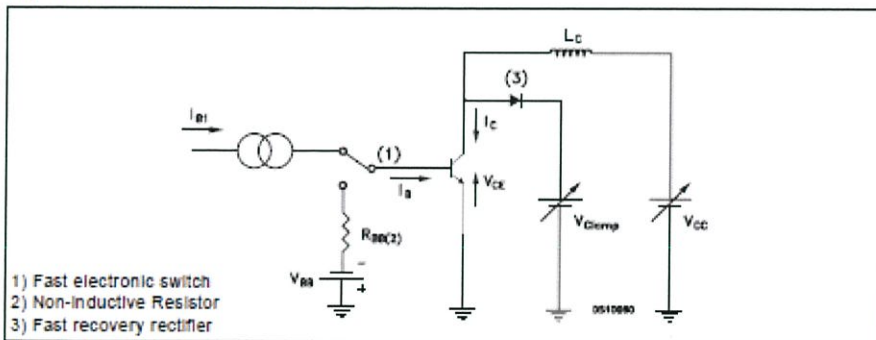
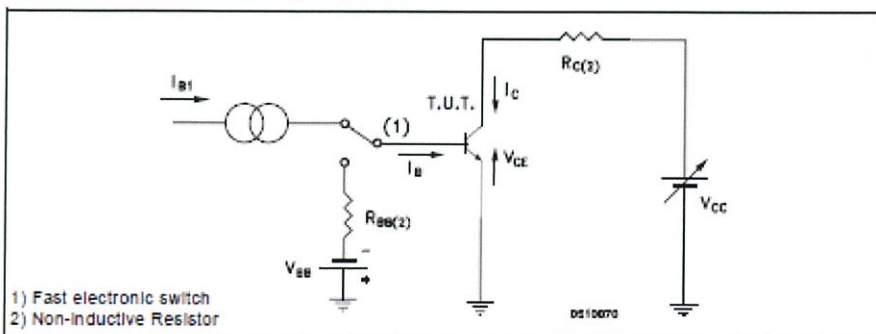


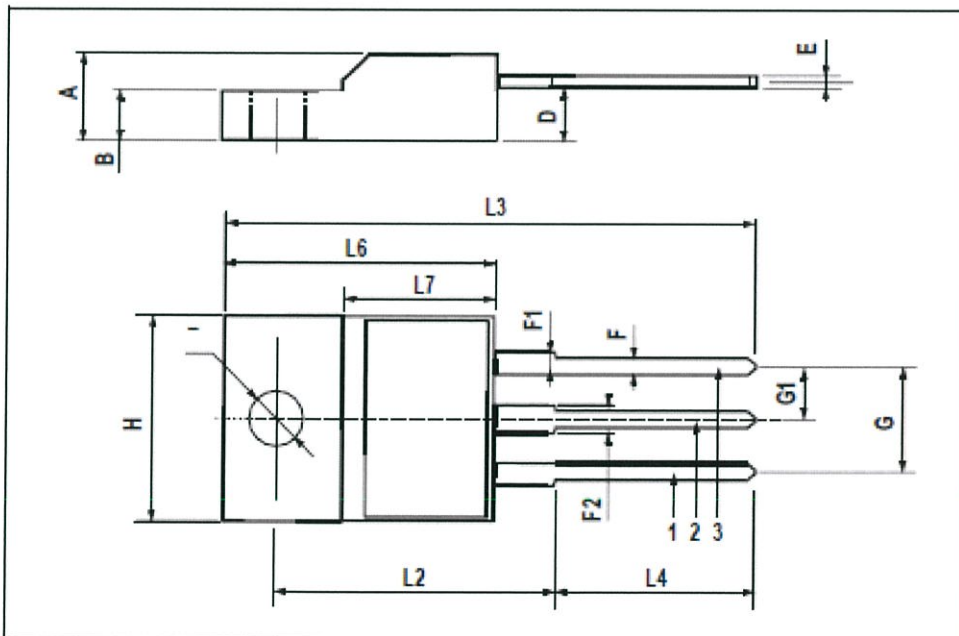
Figure 2: Resistive Load Switching Test Circuit.



ภาพที่ 10 Datasheet ของ ST13007DFP

TO-220FP MECHANICAL DATA

DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.4		4.6	0.173		0.181
B	2.5		2.7	0.098		0.106
D	2.5		2.75	0.098		0.108
E	0.45		0.7	0.017		0.027
F	0.75		1	0.030		0.039
F1	1.15		1.7	0.045		0.067
F2	1.15		1.7	0.045		0.067
G	4.95		5.2	0.195		0.204
G1	2.4		2.7	0.094		0.106
H	10		10.4	0.393		0.409
L2		16			0.630	
L3	28.6		30.6	1.126		1.204
L4	9.8		10.6	0.385		0.417
L6	15.9		16.4	0.626		0.645
L7	9		9.3	0.354		0.366
Ø	3		3.2	0.118		0.126



ภาพที่ 11 Datasheet ของ ST13007DFP



LM117/217
LM317

1.2V TO 37V VOLTAGE REGULATOR

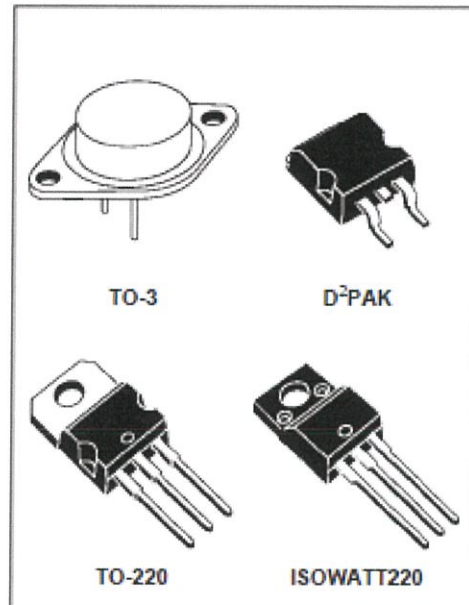
- OUTPUT VOLTAGE RANGE : 1.2 TO 37V
- OUTPUT CURRENT IN EXCESS OF 1.5A
- 0.1% LINE AND LOAD REGULATION
- FLOATING OPERATION FOR HIGH VOLTAGES
- COMPLETE SERIES OF PROTECTIONS :
CURRENT LIMITING, THERMAL SHUTDOWN AND SOA CONTROL

DESCRIPTION

The LM117/LM217/LM317 are monolithic integrated circuit in TO-220, ISOWATT220, TO-3 and D²PAK packages intended for use as positive adjustable voltage regulators.

They are designed to supply more than 1.5A of load current with an output voltage adjustable over a 1.2 to 37V range.

The nominal output voltage is selected by means of only a resistive divider, making the device exceptionally easy to use and eliminating the stocking of many fixed regulators.



ABSOLUTE MAXIMUM RATING

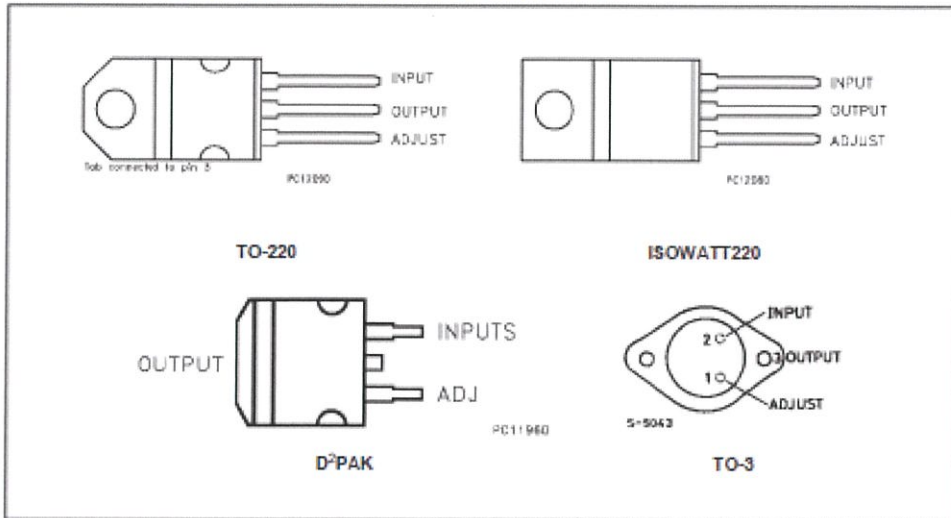
Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{I-O}	Input-output Differential Voltage	40	V
I_O	Output Current	Internally Limited	
T_{op}	Operating Junction Temperature for: LM117 LM217 LM317	-55 to 150 -25 to 150 0 to 125	°C °C °C
P_{tot}	Power Dissipation	Internally Limited	
T_{stg}	Storage Temperature	- 65 to 150	°C

THERMAL DATA

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

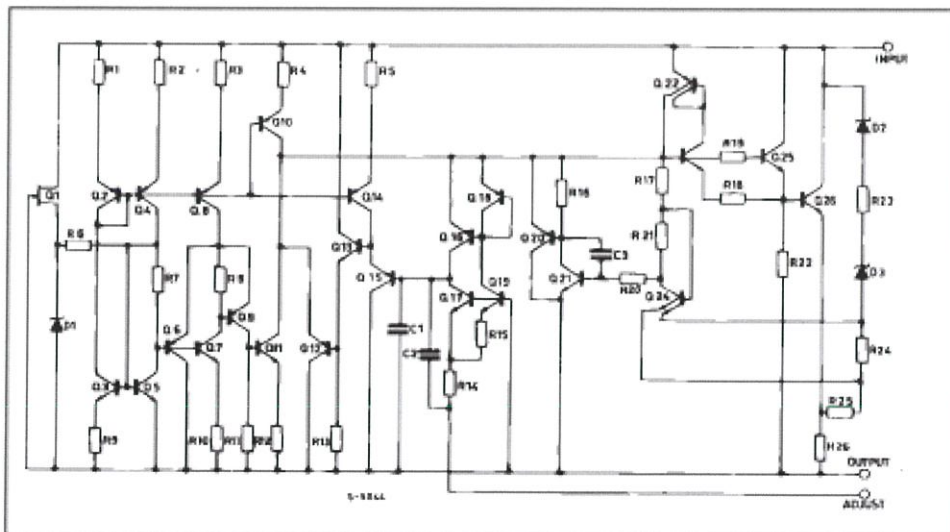
ภาพที่ 12 Datasheet ของ LM117/217/317

CONNECTION DIAGRAM AND ORDERING NUMBERS (top view)



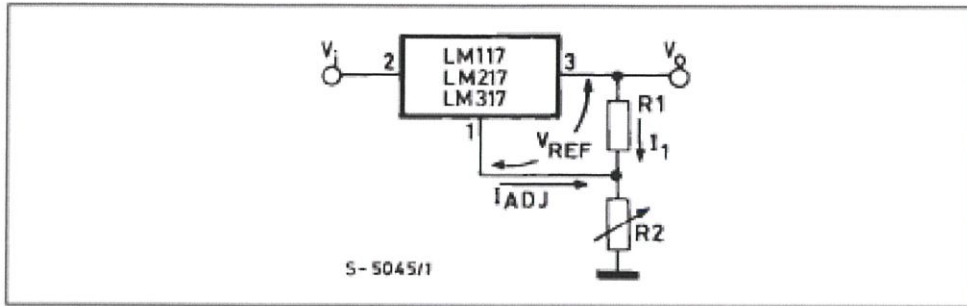
Type	TO-3	TO-220	ISOWATT220	D ² PAK
LM117	LM117K			
LM217	LM217K	LM217T		LM217D2T
LM317	LM317K	LM317T	LM317P	LM317D2T

SCHEMATIC DIAGRAM



ภาพที่ 13 Datasheet ของ LM117/217/317

BASIC ADJUSTABLE REGULATOR



ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_i - V_o = 5\text{ V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $I_{MAX} = 1.5\text{ A}$ and $P_{MAX} = 20\text{ W}$, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	LM117/LM217			LM317			Unit	
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
ΔV_o	Line Regulation	$V_i - V_o = 3\text{ to }40\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$		0.01	0.02		0.01	0.04	%/V	
				0.02	0.05		0.02	0.07	%/V	
ΔV_o	Load Regulation	$V_o \leq 5\text{ V}$ $I_o = 10\text{ mA to }I_{MAX}$	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$		5	15		5	25	mV
					20	50		20	70	mV
		$V_o \geq 5\text{ V}$ $I_o = 10\text{ mA to }I_{MAX}$	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$		0.1	0.3		0.1	0.5	%
					0.3	1		0.3	1.5	%
I_{ADJ}	Adjustment Pin Current			50	100		50	100	μA	
ΔI_{ADJ}	Adjustment Pin Current	$V_i - V_o = 2.5\text{ to }40\text{ V}$ $I_o = 10\text{ mA to }I_{MAX}$		0.2	5		0.2	5	μA	
V_{REF}	Reference Voltage (between pin 3 and pin 1)	$V_i - V_o = 2.5\text{ to }40\text{ V}$ $I_o = 10\text{ mA to }I_{MAX}$ $P_D \leq P_{MAX}$	1.2	1.25	1.3	1.2	1.25	1.3	V	
$\frac{\Delta V_o}{V_o}$	Output Voltage Temperature Stability			1			1		%	
$I_{o(min)}$	Minimum Load Current	$V_i - V_o = 40\text{ V}$		3.5	5		3.5	10	mA	
$I_{o(max)}$	Maximum Load Current	$V_i - V_o \leq 15\text{ V}$ $P_D < P_{MAX}$	1.5	2.2		1.5	2.2		A	
		$V_i - V_o = 40\text{ V}$ $P_D < P_{MAX}$ $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$		0.4			0.4		A	
e_N	Output Noise Voltage (percentage of V_o)	$B = 10\text{ Hz to }10\text{ kHz}$ $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$		0.003			0.003		%	
SVR	Supply Voltage Rejection (*)	$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $f = 120\text{ Hz}$	$C_{ADJ} = 0$		65			65		dB
			$C_{ADJ} = 10\mu\text{F}$	66	80		66	80		dB

(*) C_{ADJ} is connected between pin 1 and ground.

Note:

(1) Unless otherwise specified the above specs, apply over the following conditions: LM 117 $T_j = -55\text{ to }150\text{ }^\circ\text{C}$;
LM 217 $T_j = -25\text{ to }150\text{ }^\circ\text{C}$; LM 317 $T_j = 0\text{ to }125\text{ }^\circ\text{C}$.

ภาพที่ 14 Datasheet ของ LM117/217/317

Figure 1 : Output Current vs. Input-output Differential Voltage.

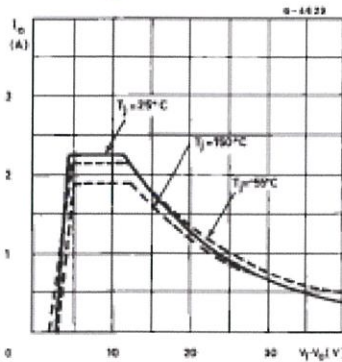


Figure 3 : Reference Voltage vs. Junction

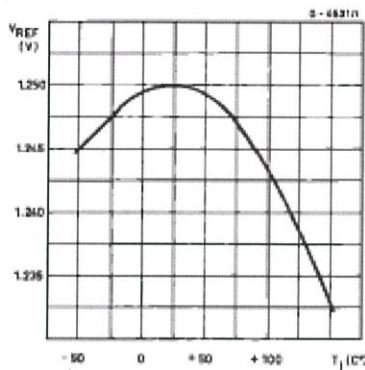


Figure 2 : Dropout Voltage vs. Junction Temperature.

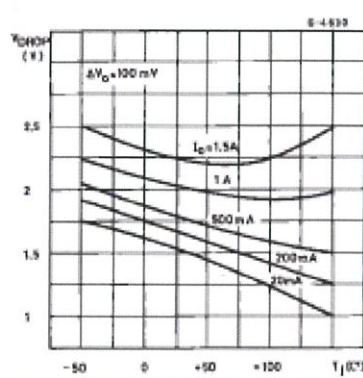
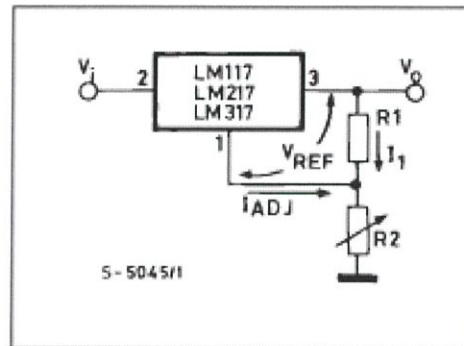


Figure 4 : Basic Adjustable Regulator.



APPLICATION INFORMATION

The LM117/217/317 provides an internal reference voltage of 1.25V between the output and adjustments terminals. This is used to set a constant current flow across an external resistor divider (see fig. 4), giving an output voltage V_O of:

$$V_O = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_{ADJ} R_2$$

The device was designed to minimize the term I_{ADJ} (100 μ A max) and to maintain it very constant with line and load changes. Usually, the error term $I_{ADJ} \cdot R_2$ can be neglected. To obtain the previous requirement, all the regulator quiescent current is returned to the output terminal, imposing a minimum load current condition. If the load is insufficient, the output voltage will rise.

Since the LM117/217/317 is a floating regulator and "sees" only the input-to-output differential

voltage, supplies of very high voltage with respect to ground can be regulated as long as the maximum input-to-output differential is not exceeded. Furthermore, programmable regulator are easily obtainable and, by connecting a fixed resistor between the adjustment and output, the device can be used as a precision current regulator.

In order to optimise the load regulation, the current set resistor R_1 (see fig. 4) should be tied as close as possible to the regulator, while the ground terminal of R_2 should be near the ground of the load to provide remote ground sensing.

Performance may be improved with added capacitance as follow:

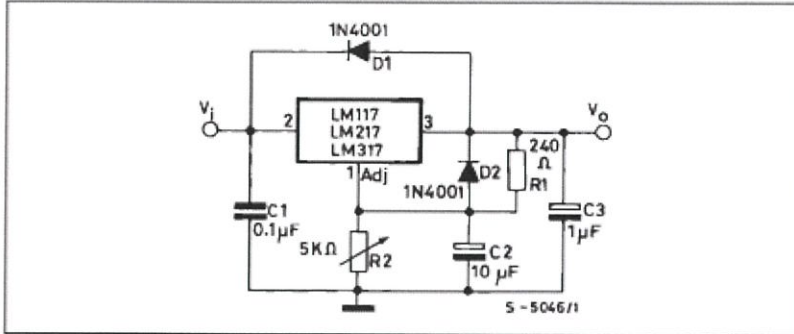
An input bypass capacitor of 0.1 μ F

An adjustment terminal to ground 10 μ F capacitor

to improve the ripple rejection of about 15 dB (C_{ADJ}).
 An 1µF tantalum (or 25µF Aluminium electrolytic) capacitor on the output to improve transient response.
 In addition to external capacitors, it is good

practice to add protection diodes, as shown in fig.5.
 D1 protect the device against input short circuit, while D2 protect against output short circuit for capacitance discharging.

Figure 5 : Voltage Regulator with Protection Diodes.



D1 protect the device against input short circuit, while D2 protects against output short circuit for capacitors discharging

Figure 6 : Slow Turn-on 15V Regulator.

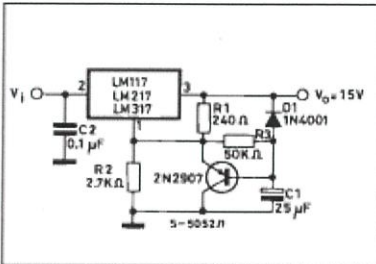


Figure 7 : Current Regulator.

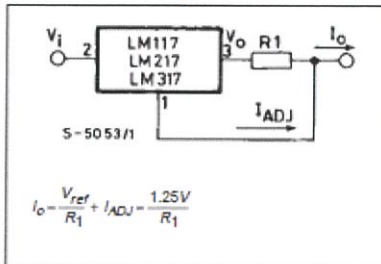


Figure 8 : 5V Electronic Shut-down Regulator

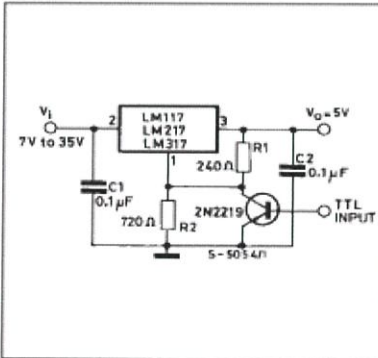


Figure 9 : Digitally Selected Outputs

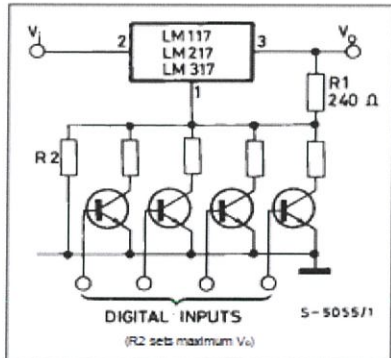


Figure 10 : Battery Charger (12V)

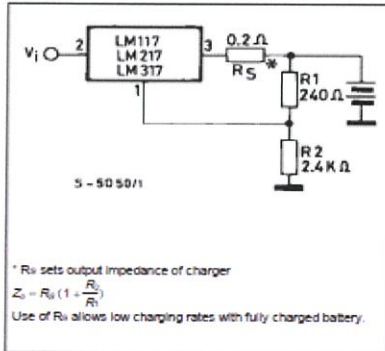
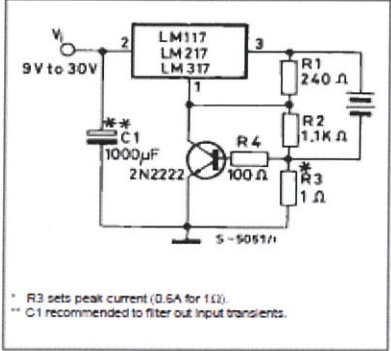


Figure 11 : Current Limited 6V Charger

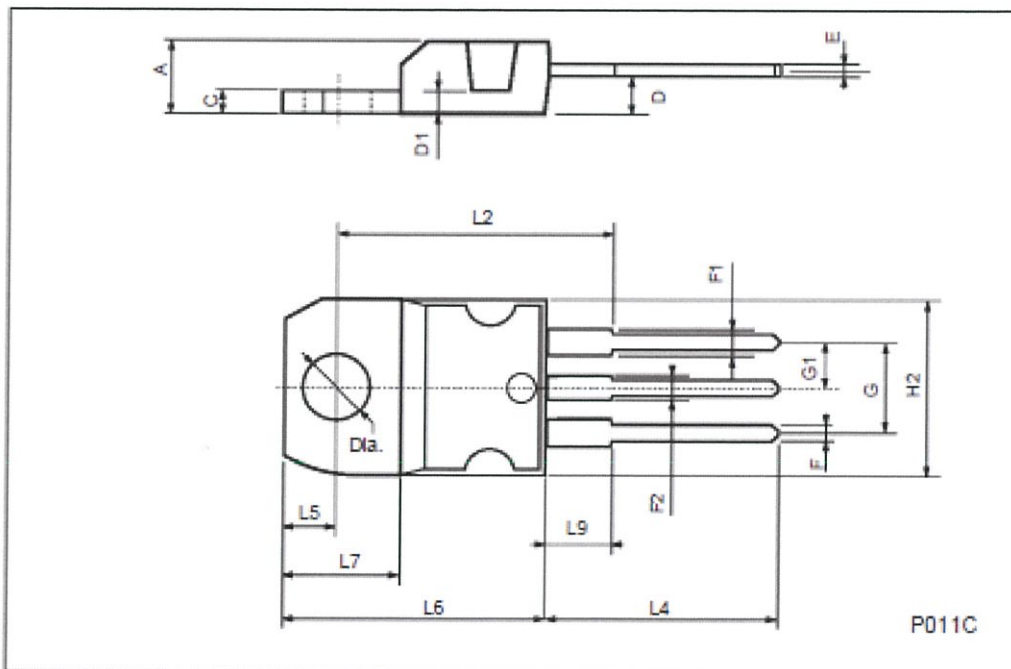


* R_S sets output impedance of charger
 $Z_o = R_S (1 - \frac{R_o}{R_1})$
 Use of R_S allows low charging rates with fully charged battery.

* R_3 sets peak current (0.5A for 1Ω).
 ** C_1 recommended to filter out input transients.

TO-220 MECHANICAL DATA

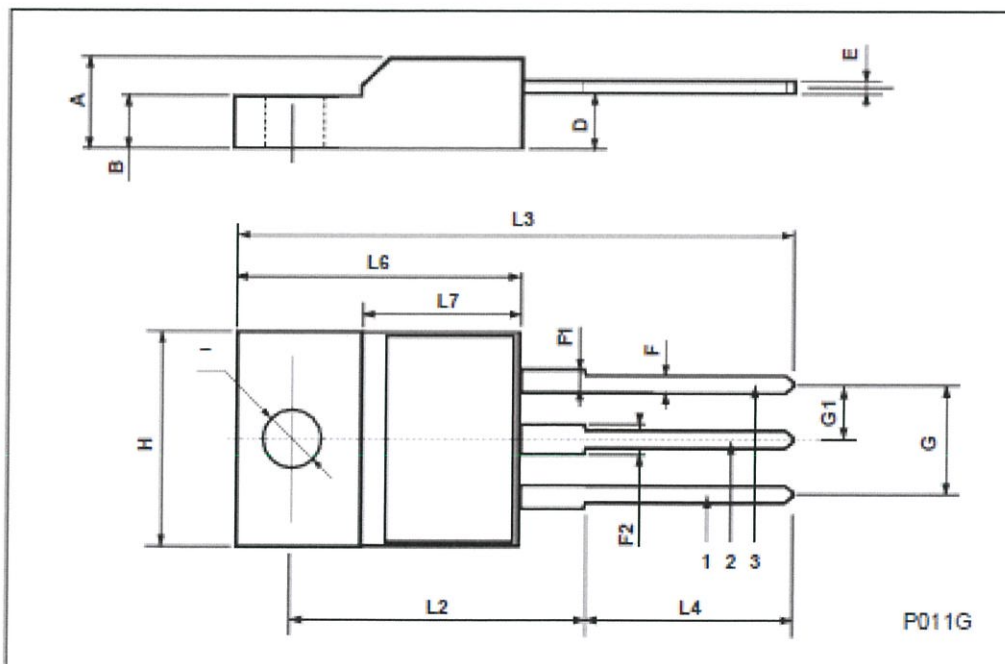
DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.40		4.60	0.173		0.181
C	1.23		1.32	0.048		0.051
D	2.40		2.72	0.094		0.107
D1		1.27			0.050	
E	0.49		0.70	0.019		0.027
F	0.61		0.88	0.024		0.034
F1	1.14		1.70	0.044		0.067
F2	1.14		1.70	0.044		0.067
G	4.95		5.15	0.194		0.203
G1	2.4		2.7	0.094		0.106
H2	10.0		10.40	0.393		0.409
L2		16.4			0.645	
L4	13.0		14.0	0.511		0.551
L5	2.65		2.95	0.104		0.116
L6	15.25		15.75	0.600		0.620
L7	6.2		6.6	0.244		0.260
L9	3.5		3.93	0.137		0.154
DIA.	3.75		3.85	0.147		0.151



ภาพที่ 17 Datasheet ของ LM117/217/317

ISOWATT220 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.4		4.6	0.173		0.181
B	2.5		2.7	0.098		0.106
D	2.5		2.75	0.098		0.108
E	0.4		0.7	0.015		0.027
F	0.75		1	0.030		0.039
F1	1.15		1.7	0.045		0.067
F2	1.15		1.7	0.045		0.067
G	4.95		5.2	0.195		0.204
G1	2.4		2.7	0.094		0.106
H	10		10.4	0.393		0.409
L2		16			0.630	
L3	28.6		30.6	1.126		1.204
L4	9.8		10.6	0.385		0.417
L6	15.9		16.4	0.626		0.645
L7	9		9.3	0.354		0.366
∅	3		3.2	0.118		0.126



ภาพที่ 18 Datasheet ของ LM117/217/317

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.

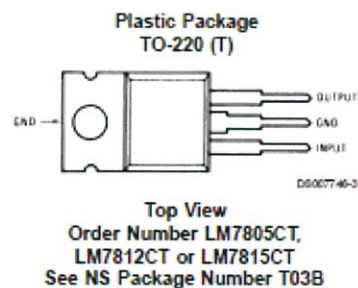
Features

- 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

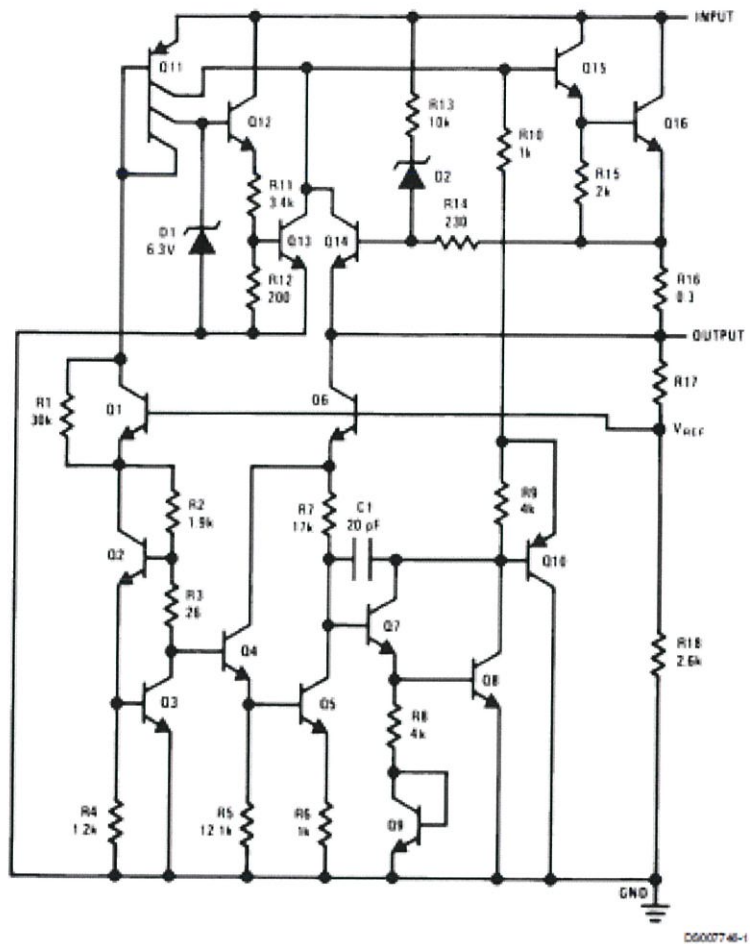
LM7805C	5V
LM7812C	12V
LM7815C	15V

Connection Diagrams



ภาพที่ 19 Datasheet ของ LM78XX

Schematic



ภาพที่ 20 Datasheet ของ LM78XX

Absolute Maximum Ratings (Note 3)				Maximum Junction Temperature									
If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.				(K Package)		150°C							
				(T Package)		150°C							
Input Voltage ($V_O = 5V, 12V$ and $15V$)				35V									
Internal Power Dissipation (Note 1)				Internally Limited									
Operating Temperature Range (T_A)				0°C to +70°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 LM78XX (Note 2)													
0°C $\leq T_J \leq 125^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.													
Output Voltage				5V		12V		15V		Units			
Input Voltage (unless otherwise noted)				10V		18V		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 $\leq V_{IN} \leq 20$)		(14.5 $\leq V_{IN} \leq 27$)		(17.5 $\leq V_{IN} \leq 30$)		V			
ΔV_O	Line Regulation	$I_O = 500\text{ mA}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$	3		50	4		120	4		150	mV
			ΔV_{IN}	(7 $\leq V_{IN} \leq 25$)		14.5 $\leq V_{IN} \leq 30$		(17.5 $\leq V_{IN} \leq 30$)		V			
			0°C $\leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$	50		120		150		mV			
		$I_O \leq 1\text{ A}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$	50		120		150		mV			
			ΔV_{IN}	(7.5 $\leq V_{IN} \leq 20$)		(14.5 $\leq V_{IN} \leq 27$)		(17.7 $\leq V_{IN} \leq 30$)		V			
			0°C $\leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$	25		60		75		mV			
ΔV_O	Load Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}$	5 mA $\leq I_O \leq 1.5\text{ A}$	10		50	12		120	12		150	mV
			250 mA $\leq I_O \leq 750\text{ mA}$	25		60		75		mV			
		5 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°C $\leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$	8.5		8.5		8.5		mA			
ΔI_Q	Quiescent Current Change	5 mA $\leq I_O \leq 1\text{ A}$		0.5		0.5		0.5		mA			
		$T_J = 25^\circ\text{C}, I_O \leq 1\text{ A}$	$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$		1.0		1.0		1.0		mA		
			$I_O \leq 500\text{ mA}, 0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$		1.0		1.0		1.0		mA		
		$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$		(7 $\leq V_{IN} \leq 25$)		(14.5 $\leq V_{IN} \leq 30$)		(17.5 $\leq V_{IN} \leq 30$)		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°C $\leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$	62		55		54		dB			
			$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$		(8 $\leq V_{IN} \leq 18$)		(15 $\leq V_{IN} \leq 25$)		(18.5 $\leq V_{IN} \leq 28.5$)		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		m Ω			

ภาพที่ 21 Datasheet ของ LM78XX

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/ $^{\circ}\text{C}$
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 $4^{\circ}\text{C}/\text{W}$ junction to case and $35^{\circ}\text{C}/\text{W}$ case to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package (T) is typically $4^{\circ}\text{C}/\text{W}$ junction to case and $50^{\circ}\text{C}/\text{W}$ case to ambient.

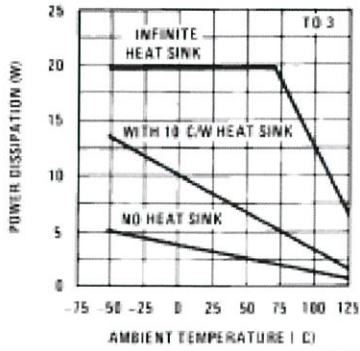
Note 2: All characteristics are measured with capacitor across the input of $0.22 \mu\text{F}$, and a capacitor across the output of $0.1 \mu\text{F}$. All characteristics except noise voltage and ripple rejection ratio are measured using pulse techniques ($t_w \leq 10 \text{ ms}$, duty cycle $\leq 5\%$). 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.

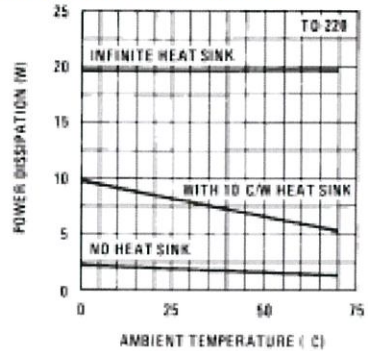
ภาพที่ 22 Datasheet ของ LM78XX

Typical Performance Characteristics

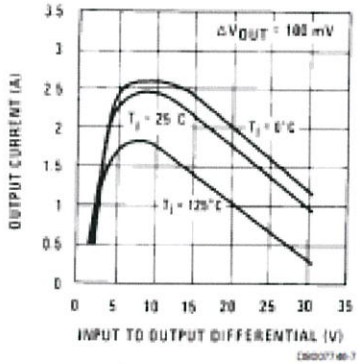
Maximum Average Power Dissipation



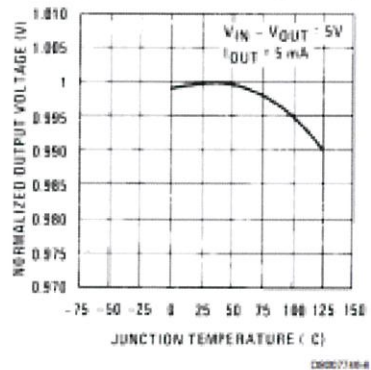
Maximum Average Power Dissipation



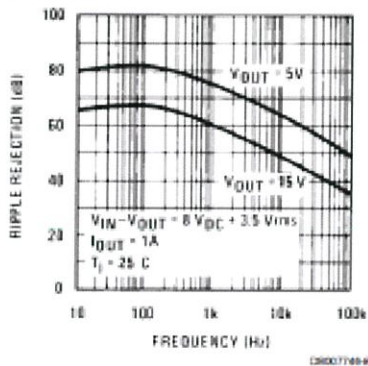
Peak Output Current



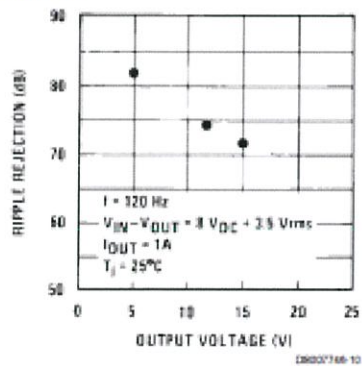
Output Voltage (Normalized to 1V at $T_J = 25^\circ\text{C}$)



Ripple Rejection



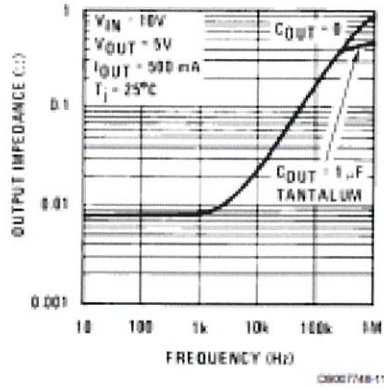
Ripple Rejection



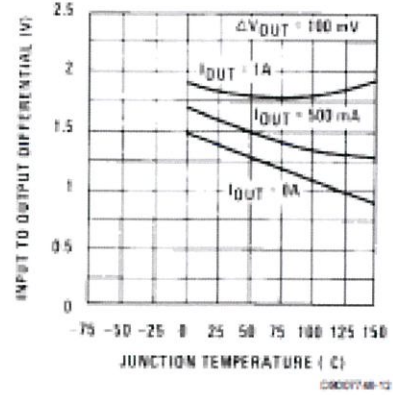
ภาพที่ 23 Datasheet ของ LM78XX

Typical Performance Characteristics (Continued)

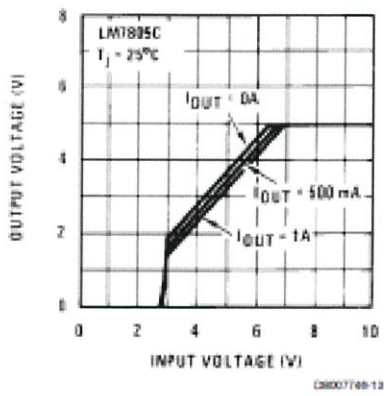
Output Impedance



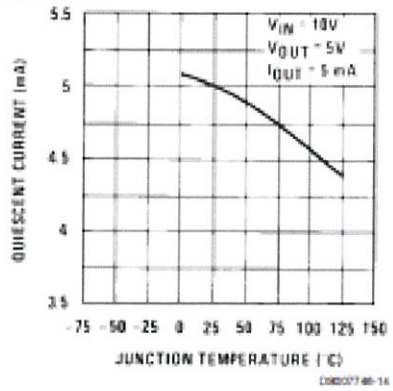
Dropout Voltage



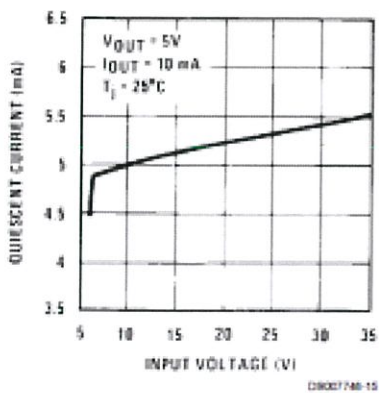
Dropout Characteristics



Quiescent Current

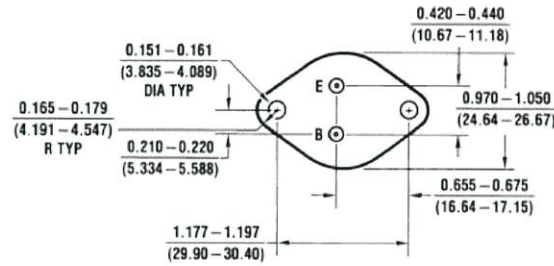
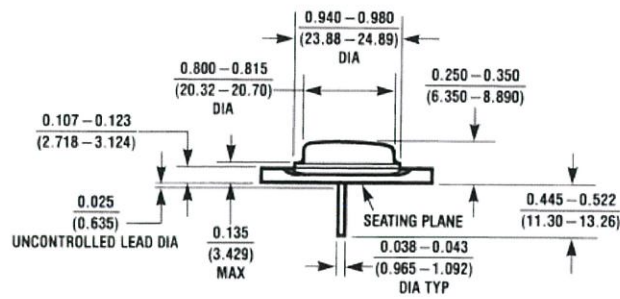


Quiescent Current



ภาพที่ 24 Datasheet ของ LM78XX

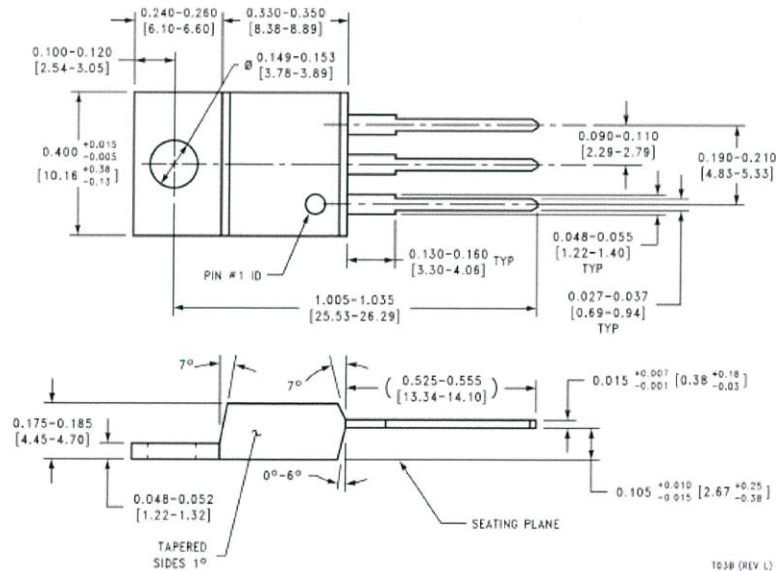
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



KC02A (REV C)

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

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



T03B (REV L)

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

ภาพที่ 25 Datasheet ของ LM78XX

CD4017B, CD4022B Types

CMOS Counter/Dividers

High Voltage Types (20-Volt Rating)

CD4017B—Decade Counter with

10 Decoded Outputs

CD4022B—Octal Counter with

8 Decoded Outputs

■ CD4017B and CD4022B are 5-stage and 4-stage Johnson counters having 10 and 8 decoded outputs, respectively. Inputs include a CLOCK, a RESET, and a CLOCK INHIBIT signal. Schmitt trigger action in the CLOCK input circuit provides pulse shaping that allows unlimited clock input pulse rise and fall times.

These counters are advanced one count at the positive clock signal transition if the CLOCK INHIBIT signal is low. Counter advancement via the clock line is inhibited when the CLOCK INHIBIT signal is high. A high RESET signal clears the counter to its zero count. Use of the Johnson counter configuration permits high-speed operation, 2-input decode-gating and spike-free decoded outputs. Anti-lock gating is provided, thus assuring proper counting sequence. The decoded outputs are normally low and go high only at their respective decoded time slot. Each decoded output remains high for one full clock cycle. A CARRY-OUT signal completes one cycle every 10 clock input cycles in the CD4017B or every 8 clock input cycles in the CD4022B and is used to ripple-clock the succeeding device in a multi-device counting chain.

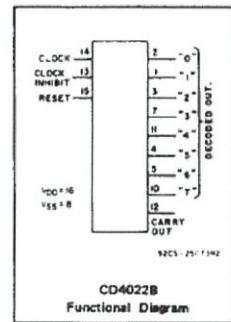
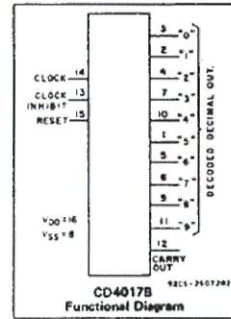
Features:

- Fully static operation
- Medium-speed operation . . . 10 MHz (typ.) at $V_{DD} = 10\text{ V}$
- Standardized, symmetrical output characteristics
- 100% tested for quiescent current at 20 V
- 5-V, 10-V, and 15-V parametric ratings
- Meets all requirements of JEDEC Tentative Standard No. 13A, "Standard Specifications for Description of 'B' Series CMOS Devices"

Applications:

- Decade counter/decimal decode display (CD4017B)
- Binary counter/decoder
- Frequency division
- Counter control/timers
- Divide-by-N counting
- For further application information, see ICAN-6166 "COS/MOS MSI Counter and Register Design and Applications"

The CD4017B and CD4022B types are supplied in 16-lead hermetic dual-in-line ceramic packages (F3A suffix), 16-lead dual-in-line plastic package (E suffix), 16-lead small-outline packages (NSR suffix), and 16-lead thin shrink small-outline packages (PW and PWR suffixes). The CD4017B types also are supplied in 16-lead small-outline packages (M and M96 suffixes).

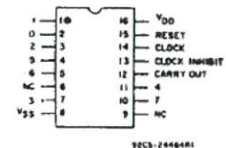
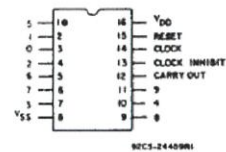


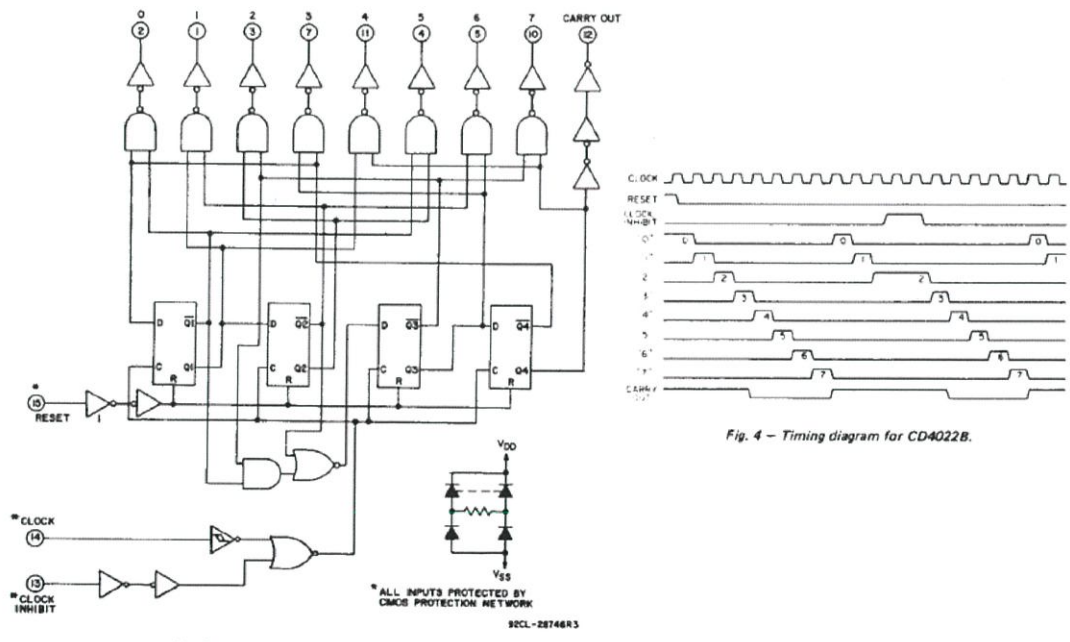
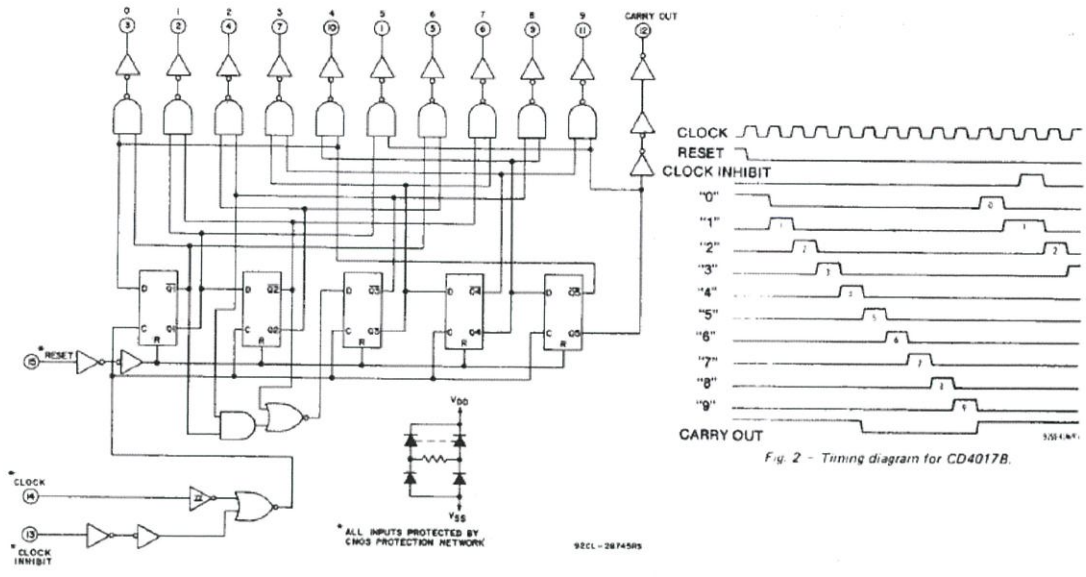
RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability, nominal operating conditions should be selected so that operation is always within the following ranges:

CHARACTERISTICS	V_{DD} (V)	LIMITS		UNITS
		Min.	Max.	
Supply-Voltage Range (For T_A = Full Package-Temperature Range)		3	18	V
Clock Input Frequency, f_{CL}	5	—	2.5	MHz
	10	—	5	
	15	—	5.5	
Clock Pulse Width, t_{PW}	5	200	—	ns
	10	90	—	
	15	60	—	
Clock Rise & Fall Time, t_{rCL} , t_{fCL}	5	UNLIMITED*		—
	10	UNLIMITED*		
	15	UNLIMITED*		
Clock Inhibit Setup Time, t_s	5	230	—	ns
	10	100	—	
	15	70	—	
Reset Pulse Width, t_{RW}	5	260	—	ns
	10	110	—	
	15	60	—	
Reset Removal Time, t_{rem}	5	400	—	ns
	10	280	—	
	15	150	—	

*Only if Pin 14 is used as the clock input. If Pin 13 is used as the clock input and Pin 14 is tied high (for advancing count on negative transition of the clock), rise and fall time should be $\leq 15\ \mu\text{s}$.





ภาพที่ 27 Datasheet ของ CD4017B,CD4022B Types

MAXIMUM RATINGS, Absolute-Maximum Values:

DC SUPPLY-VOLTAGE RANGE, (V_{DD})
 Voltages referenced to V_{SS} Terminal -0.5V to +20V
 INPUT VOLTAGE RANGE, ALL INPUTS -0.5V to V_{DD} +0.5V
 DC INPUT CURRENT, ANY ONE INPUT ± 10 mA
 POWER DISSIPATION PER PACKAGE (P_D):
 For $T_A = -55^\circ\text{C}$ to $+100^\circ\text{C}$ 500mW
 For $T_A = +100^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$ Derate Linearity at 12mW/ $^\circ\text{C}$ to 200mW
 DEVICE DISSIPATION PER OUTPUT TRANSISTOR
 FOR $T_A = \text{FULL PACKAGE-TEMPERATURE RANGE (All Package Types)}$ 100mW
 OPERATING-TEMPERATURE RANGE (T_A) -55°C to $+125^\circ\text{C}$
 STORAGE TEMPERATURE RANGE (T_{stg}) -65°C to $+150^\circ\text{C}$
 LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):
 At distance 1/16 \pm 1/32 inch (1.59 \pm 0.79mm) from case for 10s max $+265^\circ\text{C}$

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

CHARACTERISTIC	CONDITIONS			LIMITS AT INDICATED TEMPERATURES ($^\circ\text{C}$)							UNITS
	V_O (V)	V_{IN} (V)	V_{DD} (V)	-55	-40	+85	+125	+25			
								Min.	Typ.	Max.	
Quiescent Device Current, I_{DD} Max.	-	0.5	5	5	5	150	150	-	0.04	10	μA
	-	0.10	10	10	10	300	300	-	0.04	10	
	-	0.15	15	20	20	600	600	-	0.04	20	
	-	0.20	20	100	100	3000	3000	-	0.08	100	
Output Low (Sink) Current, I_{OL} Min.	0.4	0.5	5	0.64	0.61	0.42	0.36	0.51	1	-	mA
	0.5	0.10	10	1.6	1.5	1.1	0.9	1.3	2.6	-	
	1.5	0.15	15	4.2	4	2.8	2.4	3.4	6.8	-	
Output High (Source) Current, I_{OH} Min.	4.6	0.5	5	-0.64	-0.61	-0.42	-0.36	-0.51	-1	-	mA
	2.5	0.5	5	-2	-1.8	-1.3	-1.15	-1.6	-3.2	-	
	9.5	0.10	10	-1.6	-1.5	-1.1	-0.9	-1.3	-2.6	-	
	13.5	0.15	15	-4.2	-4	-2.8	-2.4	-3.4	-6.8	-	
Output Voltage: Low Level, V_{OL} Max.	-	0.5	5	0.05				-	0	0.05	V
	-	0.10	10	0.05				-	0	0.05	
	-	0.15	15	0.05				-	0	0.05	
Output Voltage: High-Level, V_{OH} Min.	-	0.5	5	4.95				4.95	5	-	V
	-	0.10	10	9.95				9.95	10	-	
	-	0.15	15	14.95				14.95	15	-	
Input Low Voltage, V_{IL} Max.	0.5, 4.5	-	5	1.5				-	-	1.5	V
	1.9	-	10	3				-	-	3	
	1.5, 13.5	-	15	4				-	-	4	
Input High Voltage, V_{IH} Min.	0.5, 4.5	-	5	3.5				3.5	-	-	V
	1.9	-	10	7				7	-	-	
	1.5, 13.5	-	15	11				11	-	-	
Input Current I_{IN} Max.	-	0.18	18	± 0.1	± 0.1	± 1	± 1	-	$\pm 10^{-5}$	± 0.1	μA

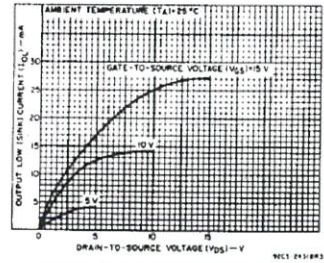


Fig. 5— Typical output low (sink) current characteristics.

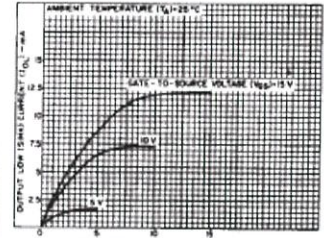


Fig. 6— Minimum output low (sink) current characteristics.

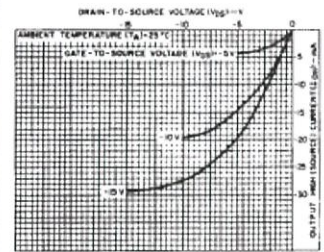


Fig. 7— Typical output high (source) current characteristics.

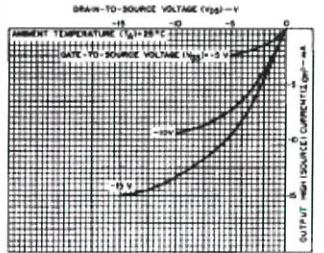


Fig. 8— Minimum output high (source) current characteristics.

DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

At $T_A = 25^\circ\text{C}$, Input $t_r, t_f = 20 \text{ ns}$, $C_L = 50 \text{ pF}$, $R_L = 200 \text{ k}\Omega$

CHARACTERISTIC	CONDITIONS V_{DD} (V)	LIMITS			UNITS
		Min.	Typ.	Max.	
CLOCKED OPERATION					
Propagation Delay Time, t_{PHL}, t_{PLH} Decode Out	5	-	325	650	ns
	10	-	135	270	
	15	-	85	170	
Carry Out	5	-	300	600	ns
	10	-	125	250	
	15	-	80	160	
Transition Time, t_{THL}, t_{TLH} Carry Out or Decode Out Line	5	-	100	200	ns
	10	-	50	100	
	15	-	40	80	
Maximum Clock Input Frequency, f_{CL}^*	5	2.5	5	-	MHz
	10	5	10	-	
	15	5.5	11	-	
Minimum Clock Pulse Width, t_W	5	-	100	200	ns
	10	-	45	90	
	15	-	30	60	
Clock Rise or Fall Time, t_{rCL}, t_{fCL}	5, 10, 15	UNLIMITED			
Minimum Clock Inhibit to Clock Setup Time, t_3	5	-	115	230	ns
	10	-	50	100	
	15	-	35	70	
Input Capacitance, C_{IH}	Any Input	-	5	-	pF
RESET OPERATION					
Propagation Delay Time, t_{PHL}, t_{PLH} Carry Out or Decode Out Lines	5	-	285	530	ns
	10	-	115	230	
	15	-	85	170	
Minimum Reset Pulse Width, t_W	5	-	130	260	ns
	10	-	55	110	
	15	-	30	60	
Minimum Reset Removal Time	5	-	200	400	ns
	10	-	140	280	
	15	-	75	150	

* Measured with respect to carry output line.

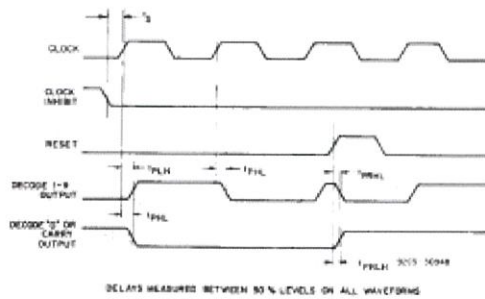


Fig. 9 - Propagation delay, setup, and reset removal time waveforms.

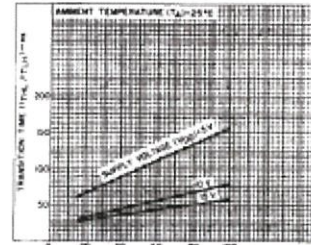


Fig. 10 - Typical transition time as a function of load capacitance.

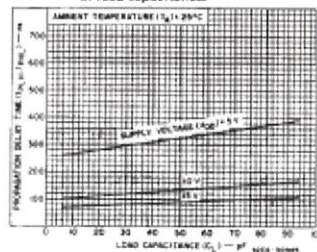


Fig. 11 - Typical propagation delay time as a function of load capacitance (clock to decode output).

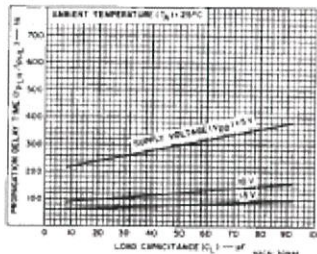


Fig. 12 - Typical propagation delay time as a function of load capacitance (clock to carry-out).

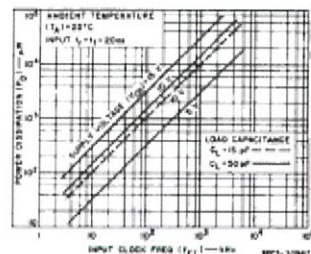


Fig. 13 - Typical dynamic power dissipation as a function of clock input frequency.

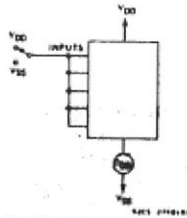


Fig. 14 - Quiescent device-current test circuit.

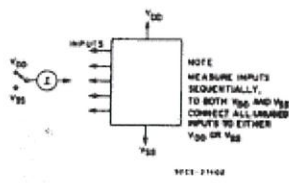


Fig. 15 - Input-leakage current.

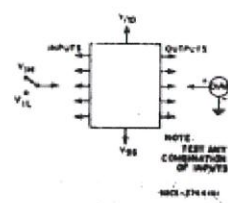


Fig. 16 - Input-voltage test circuit.

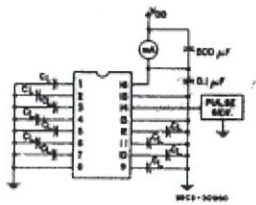


Fig. 17 - Dynamic power dissipation test circuit.

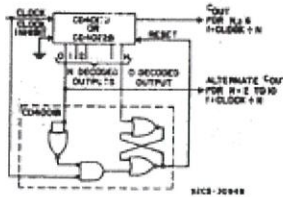


Fig. 18 - Divide by N counter (N < 10) with N decoded outputs.

When the N^{th} decoded output is reached (N^{th} clock pulse) the S-R flip flop (constructed from two NOR gates of the CD4001B) generates a reset pulse which clears the CD4017B or CD4022B to its zero count. At this time, if the N^{th} decoded output is greater than or equal to 6 in the CD4017B or 5 in the CD4022B, the C_{OUT} line goes high to clock the next CD4017B or CD4022B counter section. The "0" decoded output also goes high at this time. Coincidence of the clock low and decoded "0" output low resets the S-R flip flop to enable the CD4017B or CD4022B. If the N^{th} decoded output is less than 6 (CD4017B) or 5 (CD4022B), the C_{OUT} line will not go high and, therefore, cannot be used. In this case "0" decoded output may be used to perform the clocking function for the next counter.

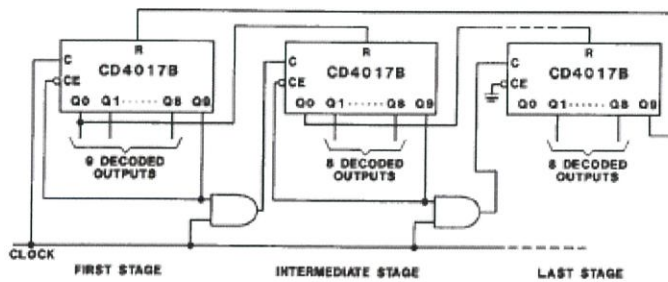
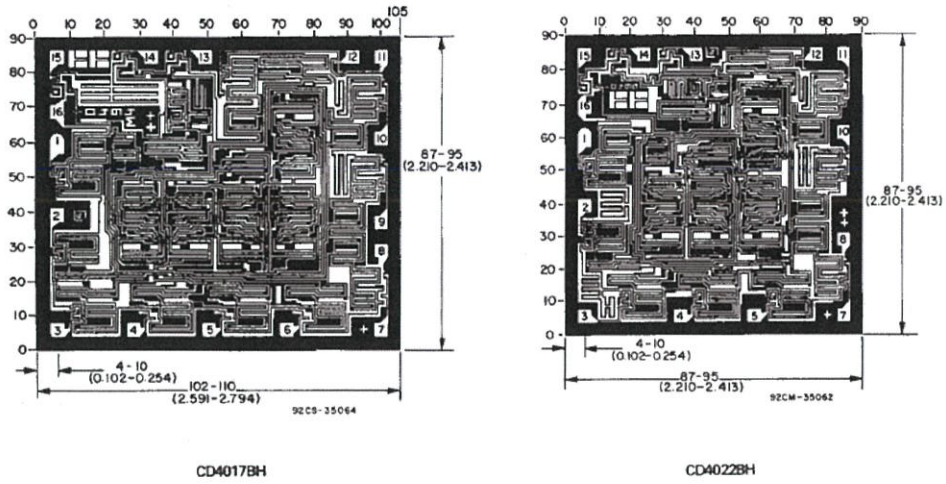


Fig. 19 - Cascading the CD4017B.

ภาพที่ 30 Datasheet ของ CD4017B,CD4022B Types

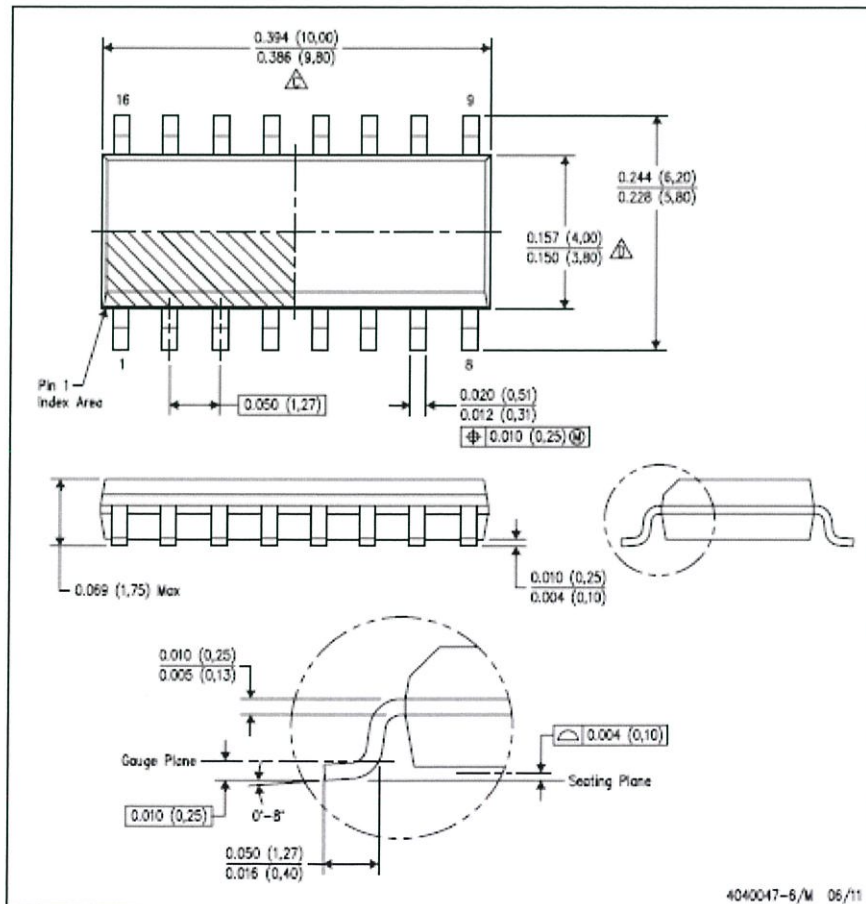
CHIP DIMENSIONS AND PAD LAYOUTS



MECHANICAL DATA

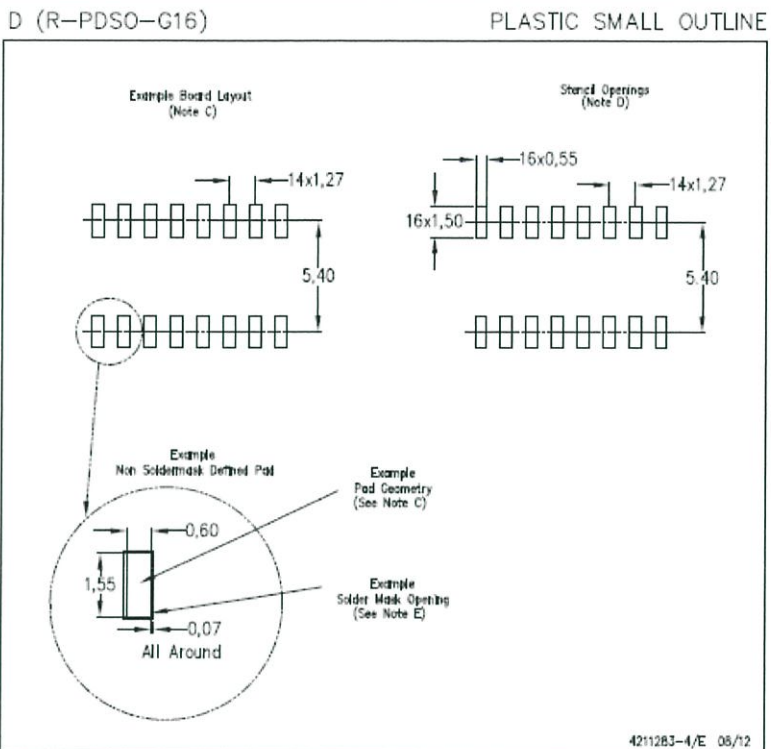
D (R-PDS0-G16)

PLASTIC SMALL OUTLINE

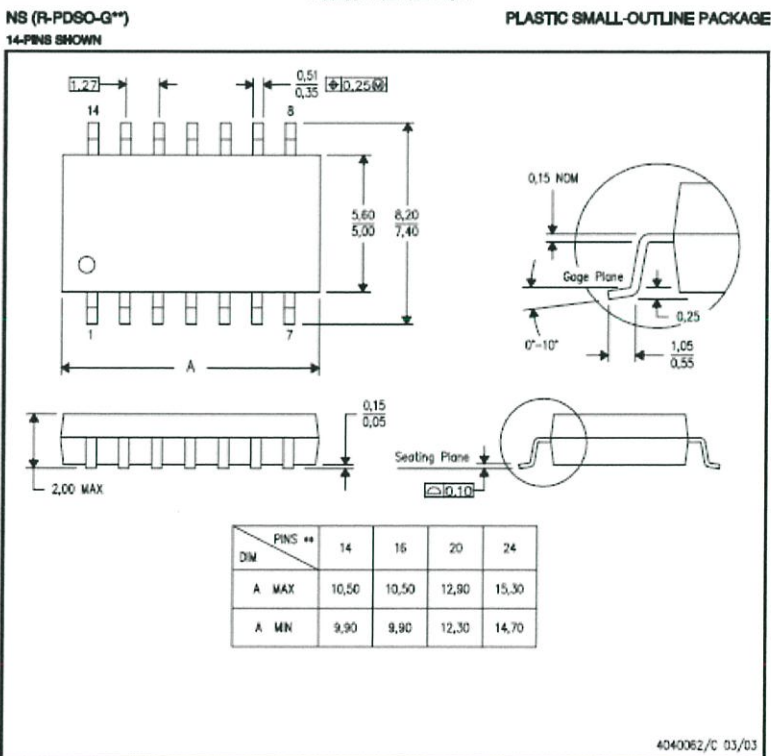


ภาพที่ 31 Datasheet ของ CD4017B,CD4022B Types

LAND PATTERN DATA



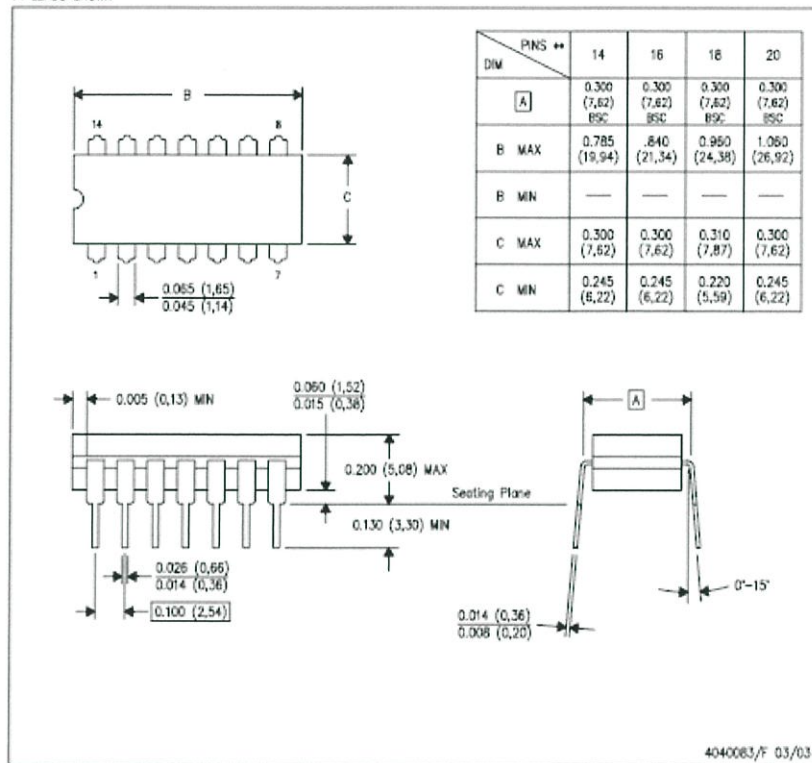
MECHANICAL DATA



ภาพที่ 32 Datasheet ของ CD4017B, CD4022B Types

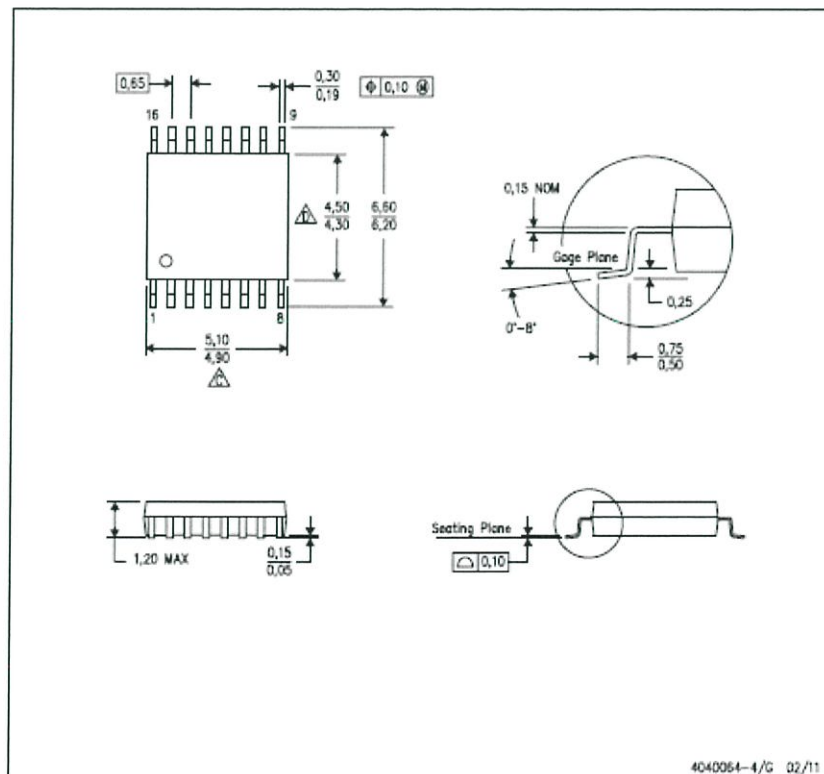
J (R-GDIP-T**) 14 LEADS SHOWN

CERAMIC DUAL IN-LINE PACKAGE



PW (R-PDSO-G16)

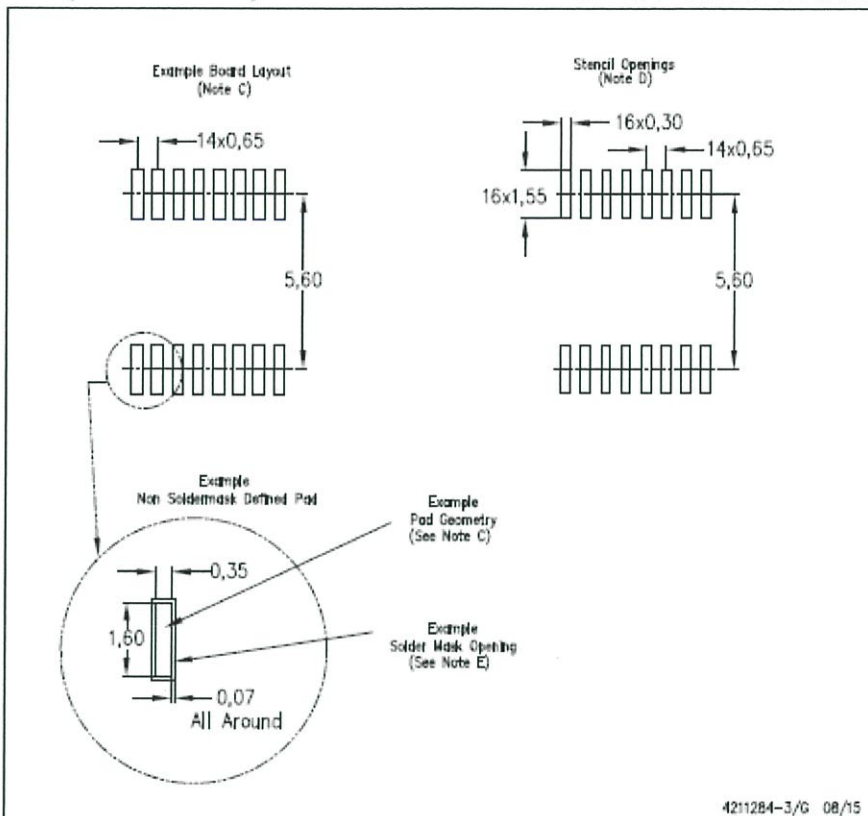
PLASTIC SMALL OUTLINE



ภาพที่ 33 Datasheet ของ CD4017B, CD4022B Types

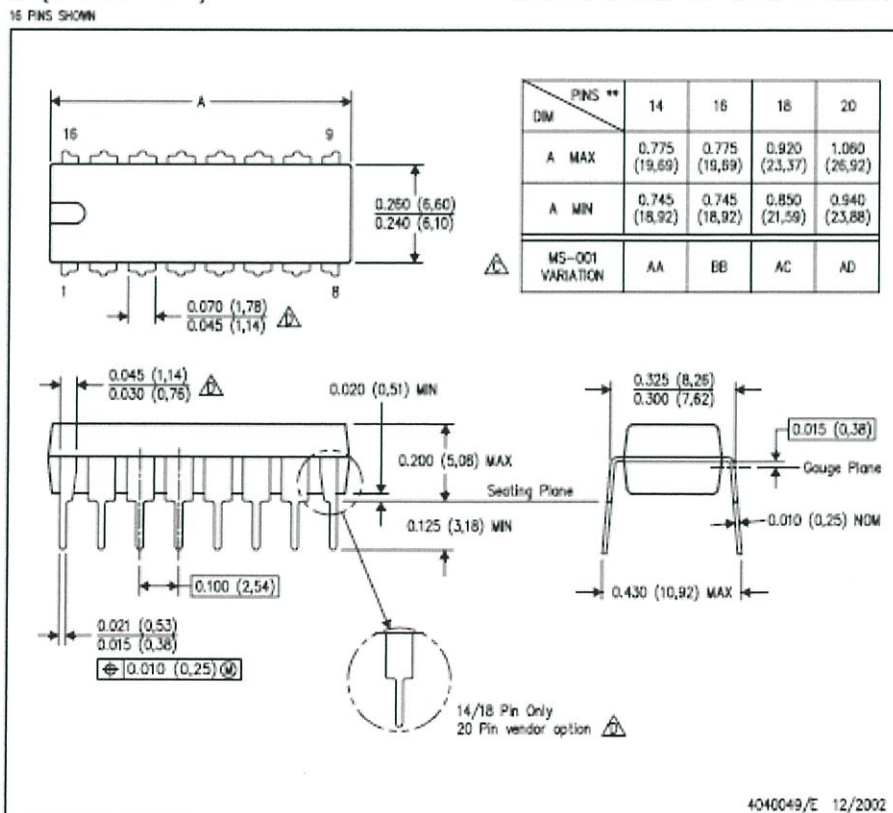
PW (R-PDSO-G16)

PLASTIC SMALL OUTLINE

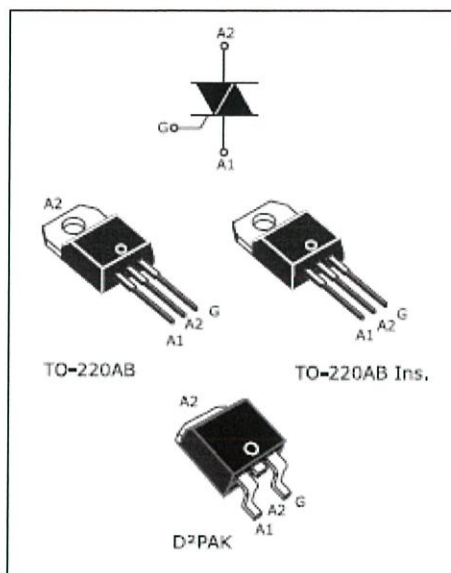


N (R-PDIP-T**)

PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE



ภาพที่ 34 Datasheet ของ CD4017B,CD4022B Types



Applications

ON/OFF or phase angle function in applications such as static relays, light dimmers and appliance motors speed controllers.

The Snubberless™ versions (BTA/BTB...W and T12 series) are especially recommended for use on inductive loads, because of their high commutation performance. The BTA series provide an insulated tab (rated at 2500 V_{RMS}).

Description

Available either in through-hole or surface mount packages, the BTA12, BTB12 and T12xx Triac series are suitable for general purpose mains power AC switching.

Table 1: Device summary

Symbol	T12xx	BTA12	BTB12
$I_{T(RMS)}$	12	12	12
V_{DRM}/V_{RRM}	600/800		
$I_{GT}(\text{Snubberless})$	5/10/35/50		
$I_{GT}(\text{standard})$	-	25/50	

Features

- Medium current Triac
- Low thermal resistance with clip bonding
- Low thermal resistance insulation ceramic for insulated BTA
- High commutation (4Q) or very high commutation (3Q) capability
- BTA series UL1557 certified (file ref: 81734)
- Packages are RoHS (2002/95/EC) compliant

1 Characteristics

Table 2: Absolute maximum ratings

Symbol	Parameter		Value	Unit	
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current (full sine wave)	I ² PAK / D ² PAK / TO-220AB	$T_c = 105\text{ }^\circ\text{C}$	12	A
		TO-220AB Ins.	$T_c = 90\text{ }^\circ\text{C}$		
I_{TSM}	Non repetitive surge peak on-state current (full cycle, T_J initial = 25 °C)	F = 50 Hz	$t_p = 20\text{ ms}$	120	A
		F = 60 Hz	$t_p = 16.7\text{ ms}$	126	
I^2t	I^2t value for fusing		$t_p = 10\text{ ms}$	78	A ² s
di/dt	Critical rate of rise of on-state current $I_G = 2 \times I_{GT}$, $t_r \leq 100\text{ ns}$	F = 120 Hz	$T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$	50	A/ μs
V_{DSM}/V_{RSM}	Non repetitive surge peak off-state voltage	$t_p = 10\text{ ms}$	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	$V_{DRM}/V_{RRM} + 100$	V
I_{GM}	Peak gate current	$t_p = 20\text{ }\mu\text{s}$	$T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$	4	A
$P_{Q(AV)}$	Average gate power dissipation		$T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$	1	W
T_{stg}	Storage junction temperature range			-40 to +150	°C
T_J	Operating junction temperature range			-40 to +125	°C

Table 3: Electrical characteristics ($T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified) - Snubberless and logic level Triac (3 quadrants)

Symbol	Parameter	Quadrant		T1205	T1210	T1235	T1250	Unit
				BTB12-TW BTA12-TW	BTB12-SW BTA12-SW	BTB12-CW BTA12-CW	BTB12-BW BTA12-BW	
$I_{GT}^{(1)}$	$V_D = 12\text{ V}$, $R_L = 30\ \Omega$	I - II - III	Max.	5	10	35	50	mA
V_{GT}			Max.	1.3				V
V_{GD}	$V_D = V_{DRM}$, $R_L = 3.3\text{ k}\Omega$, $T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$		Min.	0.2				V
I_L	$I_G = 1.2 \times I_{GT}$	I - III II	Max.	10 15	25 30	50 60	70 80	mA
$I_H^{(2)}$	$I_{TM} = 100\text{ mA}$		Max.	10	15	35	50	mA
$dV/dt^{(2)}$	$V_D = 67\% V_{DRM}$, gate open, $125\text{ }^\circ\text{C}$		Min.	20	40	500	1000	V/ μs
$(dI/dt)_c^{(2)}$	$(dV/dt)_c = 0.1\text{ V}/\mu\text{s}$, $125\text{ }^\circ\text{C}$		Min.	3.5	6.5			A/ms
	$(dV/dt)_c = 10\text{ V}/\mu\text{s}$, $125\text{ }^\circ\text{C}$			1	2.9			
	Without snubber, $125\text{ }^\circ\text{C}$					6.5	12	

Notes:

⁽¹⁾Minimum I_{GT} is guaranteed at 5% of I_{GT} max.

⁽²⁾For both polarities of A2 referenced to A1

Table 4: Electrical characteristics ($T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified) - standard Triac (4 quadrants)

Symbol	Parameter	Quadrant		Value		Unit
				C	B	
$I_{GT}^{(1)}$	$V_D = 12\text{ V}$, $R_L = 30\ \Omega$	I - II - III IV	Max.	25 50	50 100	mA
V_{GT}		All	Max.	1.3		V
V_{GD}	$V_D = V_{DRM}$, $R_L = 3.3\text{ k}\Omega$, $T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$	All	Min.	0.2		V
I_L	$I_G = 1.2 \times I_{GT}$	I - III - IV II	Max.	40 80	50 100	mA
$I_H^{(2)}$	$I_{TM} = 500\text{ mA}$		Max.	25	50	mA
$dV/dt^{(2)}$	$V_D = 67\% V_{DRM}$, gate open, $125\text{ }^\circ\text{C}$		Min.	200	400	V/ μs
$(dV/dt)_c^{(2)}$	$(dI/dt)_c = 5.3\text{ A}/\text{ms}$, $125\text{ }^\circ\text{C}$		Min.	5	10	

Notes:

⁽¹⁾Minimum I_{GT} is guaranteed at 5% of I_{GT} max.

⁽²⁾For both polarities of A2 referenced to A1.

Table 5: Static electrical characteristics

Symbol	Test Conditions	T_j		Value	Unit
$V_{TM}^{(1)}$	$I_{TM} = 17\text{ A}$, $t_p = 380\ \mu\text{s}$	$25\text{ }^\circ\text{C}$	Max.	1.55	V
$V_{TO}^{(2)}$	threshold on-state voltage	$125\text{ }^\circ\text{C}$	Max.	0.85	V
$R_D^{(2)}$	Dynamic resistance	$125\text{ }^\circ\text{C}$	Max.	35	$\text{m}\Omega$
I_{DRM}/I_{RRM}	$V_{DRM} = V_{RRM}$	$25\text{ }^\circ\text{C}$	Max.	5	μA
		$125\text{ }^\circ\text{C}$		1	mA

Notes:

⁽¹⁾For both polarities of A2 referenced to A1

ภาพที่ 36 Datasheet ของ BTA12 ,BTB12 ,T12xx

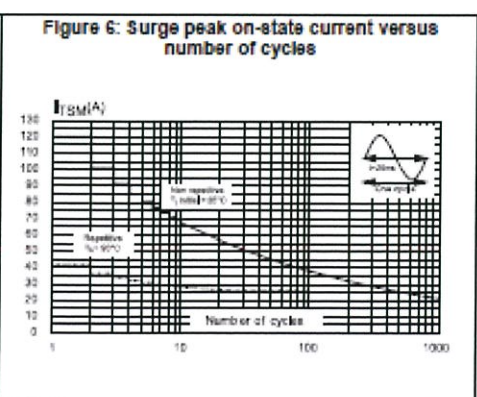
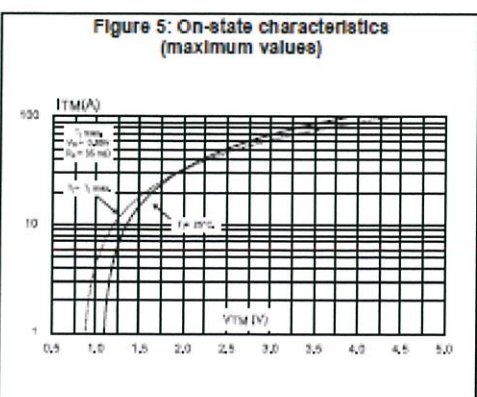
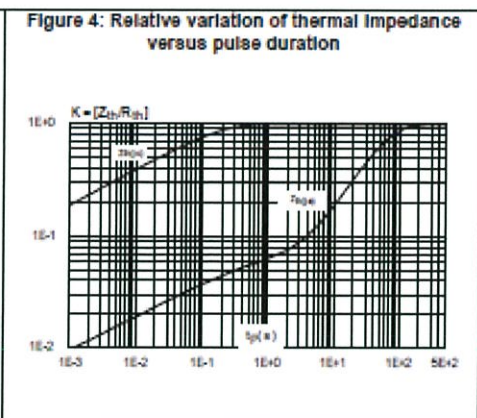
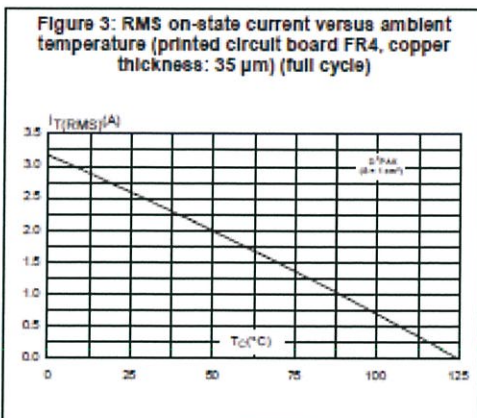
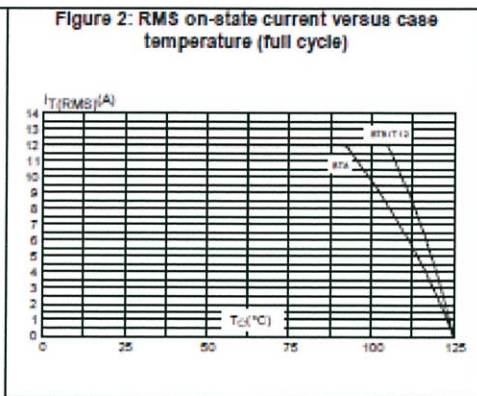
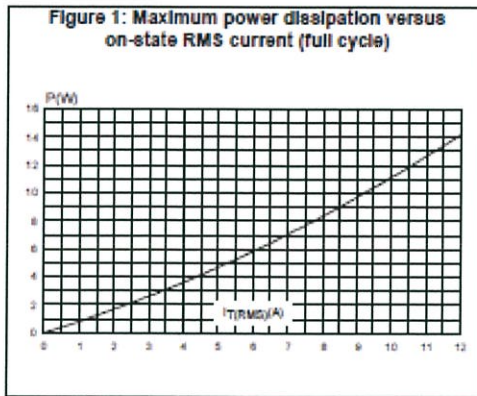
Table 6: Thermal resistance

Symbol	Parameter		Value	Unit
$R_{th(j-c)}$	Junction to case (AC)	D ² PAK / TO-220AB	Max. 1.4	°C/W
		TO-220AB insulated	2.3	
$R_{th(j-a)}$	Junction to ambient ($S = 1 \text{ cm}^2$) ⁽¹⁾	D ² PAK	Typ. 45	
		TO-220AB / TO-220AB insulated	Typ. 60	

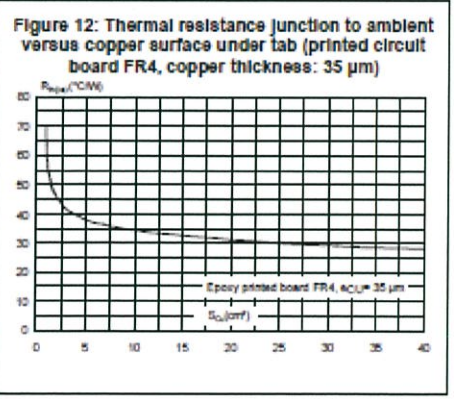
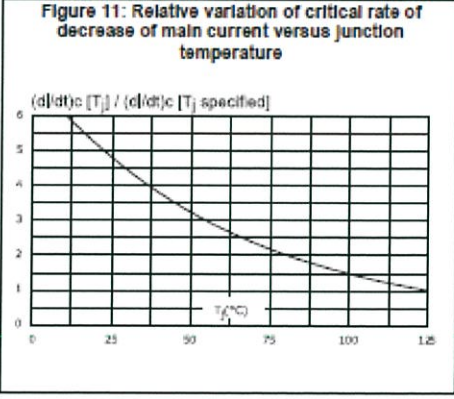
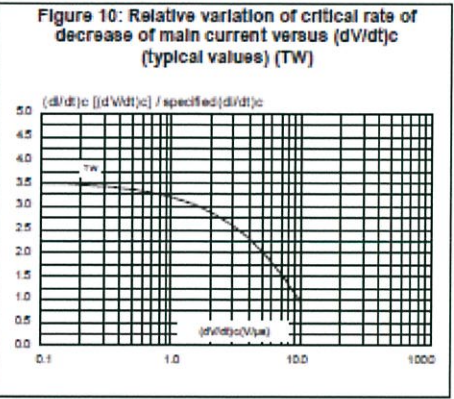
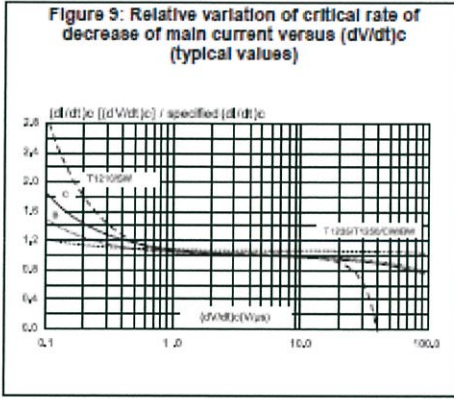
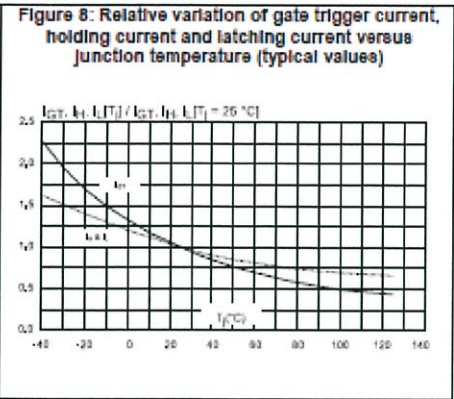
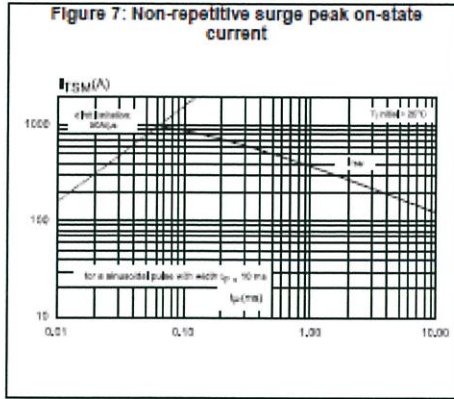
Notes:

⁽¹⁾Copper surface under tab.

1.1 Characteristics (curves)



ภาพที่ 37 Datasheet ของ BTA12 ,BTB12 ,T12xx



ภาพที่ 38 Datasheet ของ BTA12 ,BTB12 ,T12xx

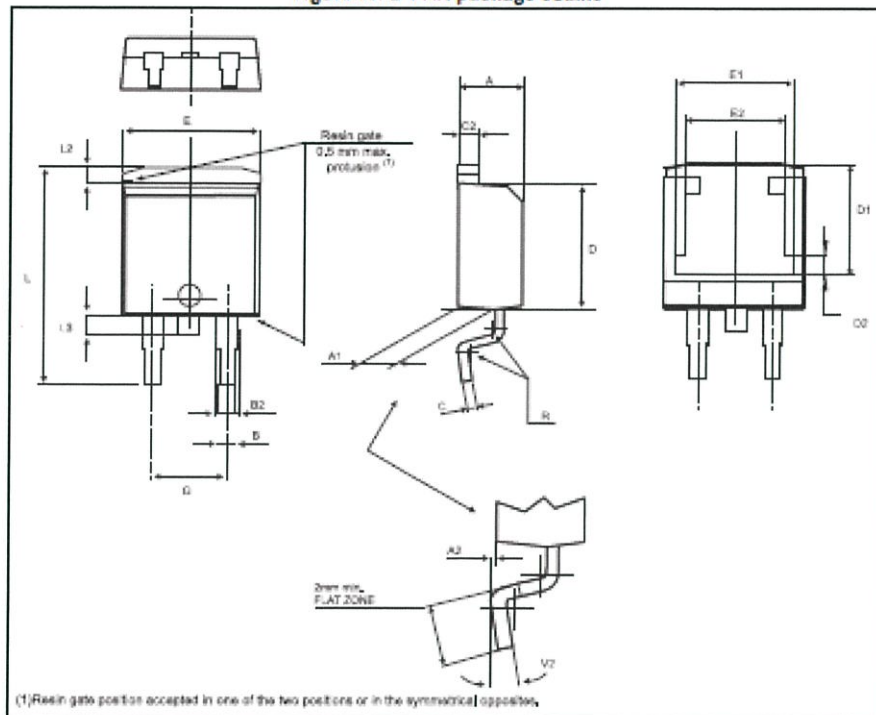
2 Package information

In order to meet environmental requirements, ST offers these devices in different grades of ECOPACK® packages, depending on their level of environmental compliance. ECOPACK® specifications, grade definitions and product status are available at: www.st.com. ECOPACK® is an ST trademark.

- Epoxy meets UL 94,V0
- Lead-free package

2.1 D²PAK package information

Figure 13: D²PAK package outline

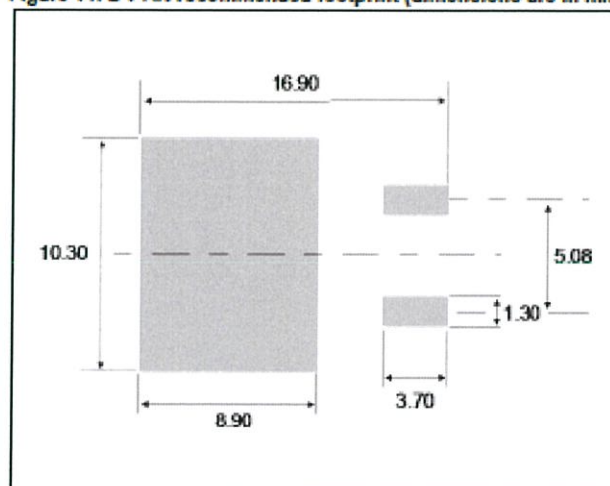


ภาพที่ 39 Datasheet ของ BTA12 ,BTB12 ,T12xx

Table 7: D²PAK package mechanical data

Ref.	Dimensions					
	Millimeters			Inches ⁽¹⁾		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A	4.30		4.60	0.1693		0.1811
A1	2.49		2.69	0.0980		0.1059
A2	0.03		0.23	0.0012		0.0091
B	0.70		0.93	0.0276		0.0366
B2	1.25	1.40		0.0492	0.0551	
C	0.45		0.60	0.0177		0.0236
C2	1.21		1.36	0.0476		0.0535
D	8.95		9.35	0.3524		0.3681
D1	7.50		8.00	0.2953		0.3150
D2	1.30		1.70	0.0512		0.0669
E	10.00		10.28	0.3937		0.4047
E1	8.30		8.70	0.3268		0.3425
E2	6.85		7.25	0.2697		0.2854
G	4.88		5.28	0.1921		0.2079
L	15		15.85	0.5906		0.6240
L2	1.27		1.40	0.0500		0.0551
L3	1.40		1.75	0.0551		0.0689
R		0.40			0.0157	
V2	0°		6°	0°		6°

Notes:

⁽¹⁾Dimensions in inches are given for reference onlyFigure 14: D²PAK recommended footprint (dimensions are in mm)

ภาพที่ 40 Datasheet ของ BTA12 ,BTB12 ,T12xx

2.2 TO-220AB (Nins. and Ins.) package information

Figure 15: TO-220AB (Nins. and Ins.) package outline

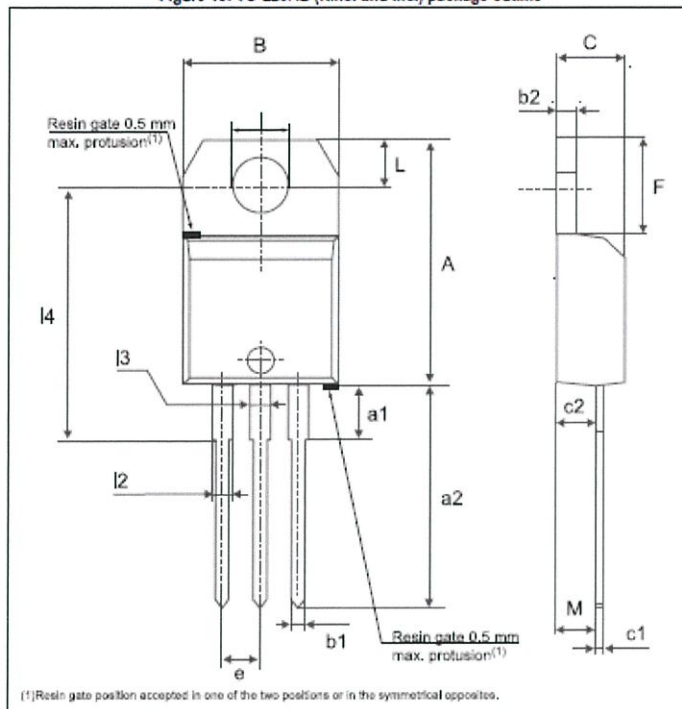


Table 8: TO-220AB (Nins. and Ins.) package mechanical data

Ref.	Dimensions					
	Millimeters			Inches ⁽¹⁾		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A	15.20		15.90	0.5984		0.6260
a1		3.75			0.1476	
a2	13.00		14.00	0.5118		0.5512
B	10.00		10.40	0.3937		0.4094
b1	0.61		0.88	0.0240		0.0346
b2	1.23		1.32	0.0484		0.0520
C	4.40		4.60	0.1732		0.1811
c1	0.49		0.70	0.0193		0.0276
c2	2.40		2.72	0.0945		0.1071
e	2.40		2.70	0.0945		0.1063
F	6.20		6.60	0.2441		0.2598
I	3.73		3.88	0.1469		0.1528
L	2.65		2.95	0.1043		0.1161
I2	1.14		1.70	0.0449		0.0669
I3	1.14		1.70	0.0449		0.0669
I4	15.80	16.40	16.80	0.6220	0.6457	0.6614
M		2.6			0.1024	

Notes:⁽¹⁾Inch dimensions are for reference only.

ภาพที่ 41 Datasheet ของ BTA12 ,BTB12 ,T12xx

3 Ordering information

Figure 16: BTA12 and BTB12 series ordering information scheme

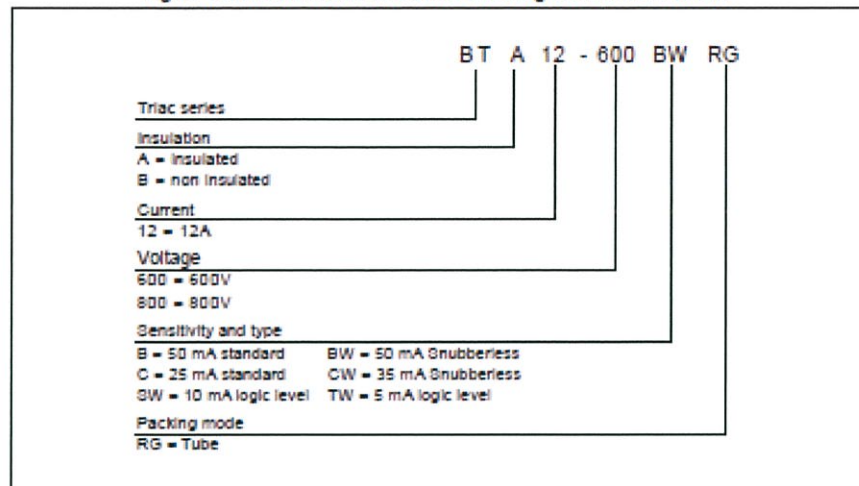


Figure 17: T12xx series ordering information scheme

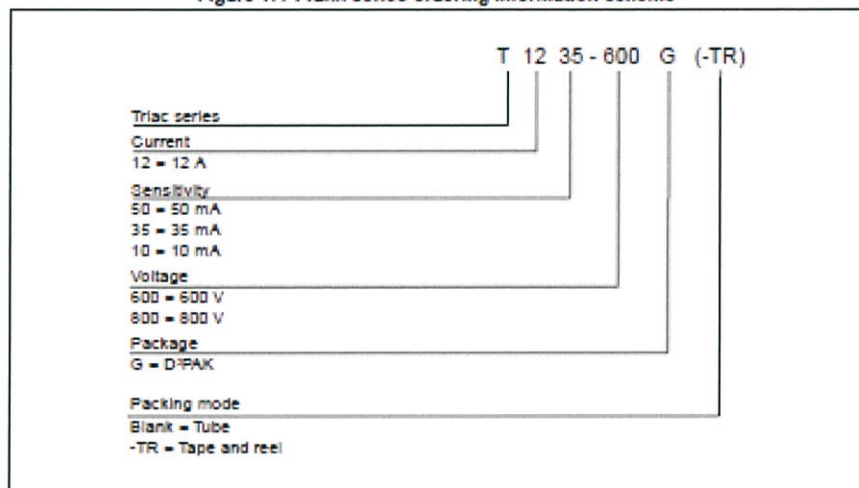


Table 9: Product selector

Part number	Voltage (xxx)		Sensitivity	Type	Package
	600	800			
BTB12-600C	X		25 mA	Standard	TO-220AB
BTB12-600B	X		50 mA	Standard	TO-220AB
BTB12-600TW	X		5 mA	Snubberless™	TO-220AB
BTB12-600SW	X		10 mA	Snubberless™	TO-220AB
BTB12-xxxCW	X	X	35 mA	Snubberless™	TO-220AB
BTB12-600BW	X		50 mA	Snubberless™	TO-220AB
BTA12-600C	X		25 mA	Standard	TO-220AB Ins.
BTA12-xxxB	X	X	50 mA	Standard	TO-220AB Ins.
BTA12-600TW	X		5 mA	Snubberless™	TO-220AB Ins.
BTA12-xxxSW	X	X	10 mA	Snubberless™	TO-220AB Ins.
BTA12-xxxCW	X	X	35 mA	Snubberless™	TO-220AB Ins.
BTA12-xxxBW	X	X	50 mA	Snubberless™	TO-220AB Ins.
T1205-600G	X		5 mA	Snubberless™	D ² PAK
T1210-6G	X		10 mA	Snubberless™	D ² PAK
T1210-800G		X	10 mA	Snubberless™	D ² PAK
T1235-xxxG	X	X	35 mA	Snubberless™	D ² PAK
T1250-600G	X		50 mA	Snubberless™	D ² PAK

ภาพที่ 42 Datasheet ของ BTA12 ,BTB12 ,T12xx

Table 10: Ordering information

Order code	Marking	Package	Weight	Base qty.	Delivery mode				
BTA12-600BRG	BTA12-600B	TO-220AB Ins.	1.9 g	50	Tube				
BTA12-600BWRG	BTA12-600BW								
BTA12-600CRG	BTA12-600C								
BTA12-600CWRG	BTA12-600CW								
BTA12-600SWRG	BTA12-600SW								
BTA12-600TWRG	BTA12-600TW								
BTA12-800BRG	BTA12-800B								
BTA12-800BWRG	BTA12-800BW								
BTA12-800CWRG	BTA12-800CW								
BTA12-800SWRG	BTA12-800SW								
BTB12-600BRG	BTB12-600B					TO-220AB			
BTB12-600BWRG	BTB12-600BW								
BTB12-600CRG	BTB12-600C								
BTB12-600CWRG	BTB12-600CW								
BTB12-600SWRG	BTB12-600SW								
BTB12-600TWRG	BTB12-600TW								
BTB12-800CWRG	BTB12-800CW								
T1205-600G-TR	T1205-600G	D ² PAK	1.38 g	1000	Tape and reel 13"				
T1210-6G-TR	T1210-6G								
T1210-800G-TR	T1210-800G								
T1235-600G-TR	T1235-600G								
T1235-800G-TR	T1235-800G								
T1250-600G-TR	T1250-600G								
T1210-6G	T1210-6G			50	Tube				
T1235-600G	T1235-600G								

4 Revision history

Table 11: Document revision history

Date	Revision	Changes
Sep-2002	6A	Last update.
25-Mar-2005	7	1. I2PAK package added. 2. TO-220AB delivery mode changed from bulk to tube.
27-May-2005	8	T1210 added
28-Sep-2007	9	Reformatted to current standards. T1250 added
02-Feb-2017	10	Removed I ² PAK package. Updated Figure 7: "Non-repetitive surge peak on-state current" and Table 9: "Product selector" and Table 10: "Ordering information".

ภาพที่ 43 Datasheet ของ BTA12 ,BTB12 ,T12xx



6-Pin DIP Zero-Cross Optoisolators Triac Driver Output (600 Volts Peak)

The MOC3061, MOC3062 and MOC3063 devices consist of gallium arsenide infrared emitting diodes optically coupled to monolithic silicon detectors performing the functions of Zero Voltage Crossing bilateral triac drivers.

They are designed for use with a triac in the interface of logic systems to equipment powered from 115/240 Vac lines, such as solid-state relays, industrial controls, motors, solenoids and consumer appliances, etc.

- Simplifies Logic Control of 115/240 Vac Power
- Zero Voltage Crossing
- dv/dt of 1500 V/ μ s Typical, 600 V/ μ s Guaranteed
- *To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.*

Recommended for 115/240 Vac(rms) Applications:

- Solenoid/Valve Controls
- Lighting Controls
- Static Power Switches
- AC Motor Drives
- Temperature Controls
- E.M. Contactors
- AC Motor Starters
- Solid State Relays

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
--------	--------	-------	------

INFRARED EMITTING DIODE

Reverse Voltage	V_R	6	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Negligible Power in Output Driver Derate above 25°C	P_D	120	mW
		1.41	mW/ $^\circ\text{C}$

OUTPUT DRIVER

Off-State Output Terminal Voltage	V_{DRM}	600	Volts
Peak Repetitive Surge Current (PW = 100 μ s, 120 pps)	I_{TSM}	1	A
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	150	mW
		1.76	mW/ $^\circ\text{C}$

TOTAL DEVICE

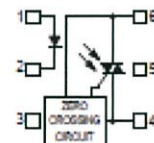
Isolation Surge Voltage(1) (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 Second Duration)	V_{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	250	mW
		2.94	mW/ $^\circ\text{C}$
Junction Temperature Range	T_J	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
Ambient Operating Temperature Range	T_A	-40 to +85	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-40 to +150	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (10 s)	T_L	260	$^\circ\text{C}$

MOC3061
MOC3062
MOC3063



STANDARD THRU HOLE

COUPLER SCHEMATIC



1. ANODE
2. CATHODE
3. NC
4. MAIN TERMINAL
5. SUBSTRATE
DO NOT CONNECT
6. MAIN TERMINAL

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
INPUT LED					
Reverse Leakage Current ($V_R = 6\text{ V}$)	I_R	—	0.05	100	μA
Forward Voltage ($I_F = 30\text{ mA}$)	V_F	—	1.3	1.5	Volts
OUTPUT DETECTOR ($I_F = 0$)					
Leakage with LED Off, Either Direction (Rated $V_{DRM}^{(1)}$)	I_{DRM1}	—	60	500	nA
Critical Rate of Rise of Off-State Voltage ⁽³⁾	dv/dt	600	1500	—	V/ μs
COUPLED					
LED Trigger Current, Current Required to Latch Output (Main Terminal Voltage = $3\text{ V}^{(2)}$)	I_{FT}	—	—	15 10 5	mA
	MOC3061	—	—	15	
	MOC3062	—	—	10	
	MOC3063	—	—	5	
Peak On-State Voltage, Either Direction ($I_{TM} = 100\text{ mA}$, $I_F = \text{Rated } I_{FT}$)	V_{TM}	—	1.8	3	Volts
Holding Current, Either Direction	I_H	—	250	—	μA
Inhibit Voltage (MT1–MT2 voltage above which device will not trigger.) ($I_F = \text{Rated } I_{FT}$)	V_{INH}	—	5	20	Volts
Leakage in Inhibited State ($I_F = \text{Rated } I_{FT}$, Rated V_{DRM} , Off State)	I_{DRM2}	—	—	500	μA
Isolation Voltage ($f = 60\text{ Hz}$, $t = 1\text{ sec}$)	V_{ISO}	7500	—	—	Vac(pk)

1. Test voltage must be applied within dv/dt rating.
2. All devices are guaranteed to trigger at an I_F value less than or equal to max I_{FT} . Therefore, recommended operating I_F lies between max I_{FT} (15 mA for MOC3061, 10 mA for MOC3062, 5 mA for MOC3063) and absolute max I_F (60 mA).
3. This is static dv/dt. See Figure 7 for test circuit. Commutating dv/dt is a function of the load-driving thyristor(s) only.

TYPICAL CHARACTERISTICS

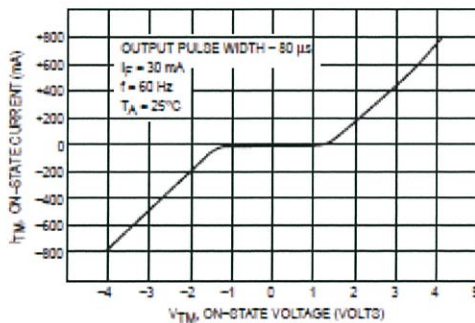
 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 

Figure 1. On-State Characteristics

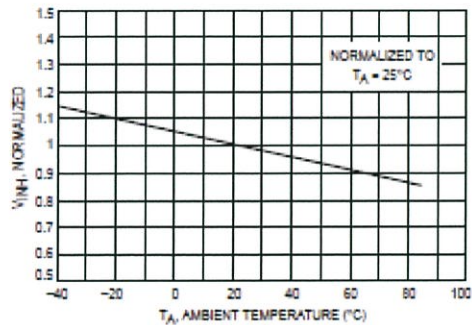


Figure 2. Inhibit Voltage versus Temperature

ภาพที่ 45 Datasheet ของ MOC3061/3062/3063

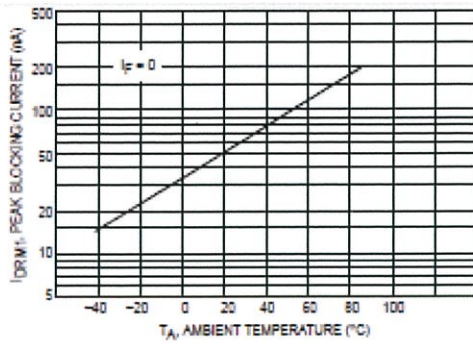


Figure 3. Leakage with LED Off versus Temperature

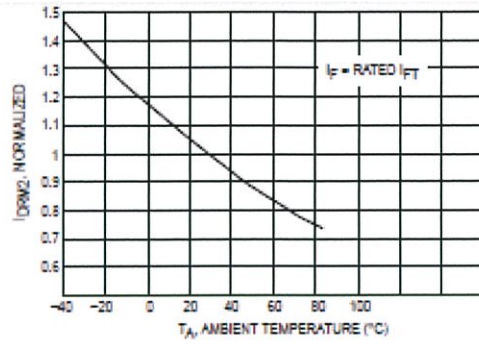


Figure 4. I_{DRM2} Leakage In Inhibit State versus Temperature

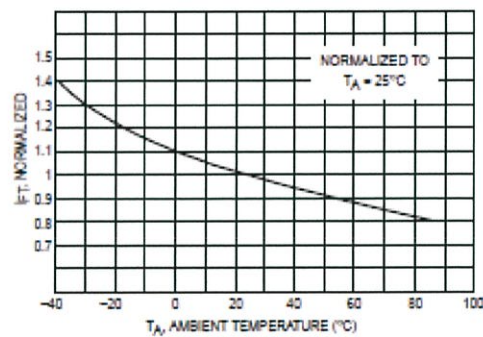


Figure 5. Trigger Current versus Temperature

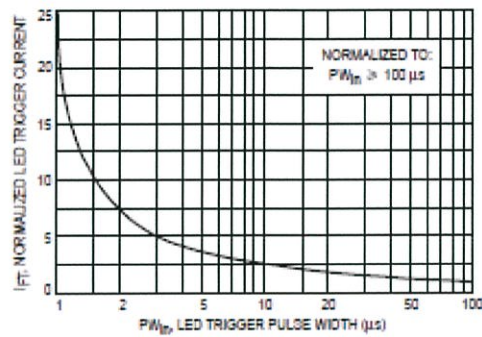
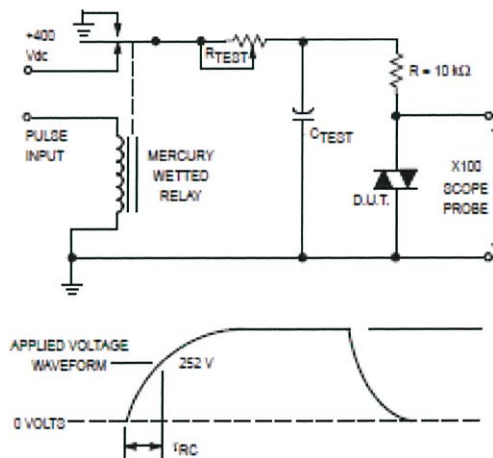


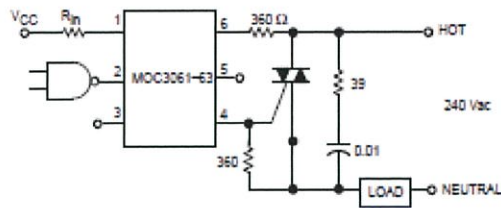
Figure 6. LED Current Required to Trigger versus LED Pulse Width



1. The mercury wetted relay provides a high speed repeated pulse to the D.U.T.
2. 100x scope probes are used, to allow high speeds and voltages.
3. The worst-case condition for static dv/dt is established by triggering the D.U.T. with a normal LED input current, then removing the current. The variable R_{TEST} allows the dv/dt to be gradually increased until the D.U.T. continues to trigger in response to the applied voltage pulse, even after the LED current has been removed. The dv/dt is then decreased until the D.U.T. stops triggering. t_{RC} is measured at this point and recorded.

Figure 7. Static dv/dt Test Circuit

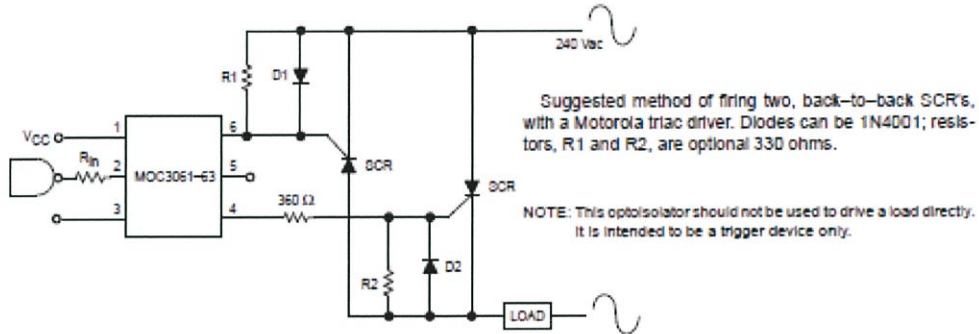
ภาพที่ 46 Datasheet ของ MOC3061/3062/3063



Typical circuit for use when hot line switching is required. In this circuit the "hot" side of the line is switched and the load connected to the cold or neutral side. The load may be connected to either the neutral or hot line.

R_{in} is calculated so that I_F is equal to the rated I_{FT} of the part, 15 mA for the MOC3061, 10 mA for the MOC3062, and 5 mA for the MOC3063. The 39 ohm resistor and 0.01 μ F capacitor are for snubbing of the triac and may or may not be necessary depending upon the particular triac and load used.

Figure 8. Hot-Line Switching Application Circuit



Suggested method of firing two, back-to-back SCR's, with a Motorola triac driver. Diodes can be 1N4001; resistors, R1 and R2, are optional 330 ohms.

NOTE: This optoisolator should not be used to drive a load directly. It is intended to be a trigger device only.

Figure 9. Inverse-Parallel SCR Driver Circuit

ภาพที่ 47 Datasheet ของ MOC3061/3062/3063

