

การศึกษาและทดสอบการกำจัดกลิ่นบนเสื้อผ้าด้วยโอโซน
EDUCATION AND TESTING TO ELIMINATE ODORS ON
CLOTHING WITH OZONE

นาย สุমন	มีบุบผา
นาย เอกพล	มีสัตย์
นาย กมลสัน	เอี่ยมสมุทรศรี

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ปีการศึกษา 2554

53EE102

หัวข้อโครงการ การศึกษาและทดสอบการกำจัดกลิ่นบนเสื้อผ้าด้วยโอโซน
โดย นาย สุমন มีนุบผา
 นาย เอกพล มีสัตย์
 นาย คมสัน เอี่ยมสมุทรศรี

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สัตยญา คุณขาว

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อนุมัติให้นับโครงการวิศวกรรม
ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

..... หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พศวีร์ ศรีโหมด)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.สัตยญา คุณขาว)

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.2555

รหัสโครงการ 53EE102

การศึกษาและทดสอบการกำจัดกลิ่นบนเสื้อผ้าด้วยโอโซน
EDUCATION AND TESTING TO ELIMINATE ODORS ON
CLOTHING WITH OZONE

บทคัดย่อ (ABSTRACT)

โครงการนี้เป็นการนำเสนอเครื่องผลิตโอโซน โดยใช้วิธีการของโคโรน่า ดิสชาร์จ จาก การที่จ่ายศักย์ไฟฟ้าแรงดันสูง 5,000 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ ใ้กับอิเล็กโตรด ซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าแบบ ทรงกระบอกแกนร่วม ทำให้ออกซิเจนในอากาศบริเวณภายในและรอบๆ อิเล็กโตรด แตกตัว ออกเป็น โมเลกุลเดี่ยวและรวมตัวกันเป็นก๊าซโอโซน เพื่อนำไปใช้ดับกลิ่นยับบนเสื้อผ้าและสามารถ นำไปประยุกต์ใช้กับการฆ่าเชื้อโรค การกำจัดคราบสกปรก ซึ่งเหมาะสมกับการใช้งานในครัวเรือน และในงานอุตสาหกรรมในยุคสมัยปัจจุบัน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความร่วมมือและได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการออกแบบและคำนวณในส่วนต่างๆ จากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รวมทั้งอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า เจ้าหน้าที่และเพื่อนๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะในการทำโครงการนี้จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกๆ ท่าน เป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำ	1
1.2 ความสำคัญของปัญหา	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.4 โครงสร้างของโครงการ	2
1.5 ขอบเขตของโครงการ	2
1.6 ประโยชน์ของโครงการ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับไอโชน	4
2.2 ส่วนประกอบของ โวลเตจ คอนโทรล เซอร์กิต	5
2.3 การออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้า	10
2.4 การออกแบบชุด อิเล็กทรอนิกส์	17
2.5 การวัดปริมาณไอโชนด้วยสารเคมี	18
บทที่ 3 การออกแบบโครงการ	
3.1 การควบคุมเฟส (Phase Controlled)	21
3.2 การออกแบบวงจรภาคขับเคลื่อน ไอจีบีที	24
3.3 วิธีการคำนวณหม้อแปลงไฟฟ้า	25
3.4 การคำนวณออกแบบชุด อิเล็กทรอนิกส์	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 ผลการทดลองสัญญาณพัลส์ของไอซี ทีซีเอ785 แบบ ลองพัลส์	35
4.2 ผลการทดลองสัญญาณพัลส์โดยการแปลงกลับ	37
4.3 ผลการทดลองสัญญาณ ออปโต ไอโซเลเตอร์	38
4.4 ผลการทดลองค่าแรงดันและกระแส อินพุท,เอาท์พุท	39
4.5 ผลการทดลองชุดทดสอบ โคโรน่า	41
4.6 ผลการทดลองวัดปริมาณไอโชน	42
4.7 ผลการทดลองการประยุกต์ใช้ก๊าซไอโชน	43
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปและข้อเสนอแนะ	50
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก	52
ภาคผนวก ก เครื่องมือวัด	53
ภาคผนวก ข ข้อมูลการใช้งานอุปกรณ์	57

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ช่วงของพลังงานสำหรับการแปลงอากาศเป็นไอโซน	5
ตารางที่ 3.1 ตารางเปรียบเทียบลวดทองแดงไฟฟ้า	27
ตารางที่ 3.2 ตารางเปรียบเทียบลวดทองแดงไฟฟ้า	28
ตารางที่ 4.1 ค่า Duty Cycle, แรงดัน Input - Output และ กระแส Input – Output	40
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวัดปริมาณไอโซน	40

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 โครงสร้างของโครงการ	2
ภาพที่ 2.1 วงจร Regulator	6
ภาพที่ 2.2 วงจร Regulator ที่คำนวณแล้วใช้ในการวิจัยนี้	6
ภาพที่ 2.3 สัญญาณ PWM Signal	7
ภาพที่ 2.4 โครงสร้าง TCA 785	8
ภาพที่ 2.5 ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ	10
ภาพที่ 2.6 แกนชนิด อี (E Cores)	11
ภาพที่ 2.7 แกนชนิด อี-ไอ (E-I Cores)	11
ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างหม้อแปลงที่พร้อมใช้งาน	12
ภาพที่ 2.9 การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า	13
ภาพที่ 2.10 การเกิดสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไหลในตัวนำ	13
ภาพที่ 2.11 การเกิดสนามแม่เหล็กเมื่อมีการพันตัวนำเรียงกันบนสารแม่เหล็กเมื่อมีแหล่งจ่ายเป็นไฟตรง	14
ภาพที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า B และ ค่า H เมื่อมีแหล่งจ่ายเป็นไฟตรง	14
ภาพที่ 2.13 การเกิดสนามแม่เหล็กเมื่อมีการพันตัวนำบนสารแม่เหล็กเมื่อมีแหล่งจ่ายเป็นไฟสลับ	15
ภาพที่ 2.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า B และ ค่า H เมื่อมีแหล่งจ่ายเป็นไฟสลับ	15
ภาพที่ 2.15 ภาพตัดขวางของหลอดผลิตไอโซน	18
ภาพที่ 2.16 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการตรวจวัดปริมาณ ไอโซนด้วยวิธี Iodometric method	20
ภาพที่ 2.17 สีของสารละลายโปแทสเซียมไอโอไดค์ ก่อน-หลังทำปฏิกิริยา และหลังเติมกรดซัลฟูริก กับ น้ำแข็ง	20
ภาพที่ 3.1 สัญญาณจาก IC TCA 785	21
ภาพที่ 3.2 วงจรการใช้งาน TCA 785	21
ภาพที่ 3.3 สัญญาณ long pulse ขาที่ 15 และ ขาที่ 14	22
ภาพที่ 3.4 สัญญาณ long pulse หลังจาก Inverting	22
ภาพที่ 3.5 โครงสร้างของ Not Gate 4049	23

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3.6 วงจร TCA 785 บนแผ่น PCD	23
ภาพที่ 3.7 วงจรการใช้งาน ออปโต ไอโซเลเตอร์ TLP 250	24
ภาพที่ 3.8 วงจรขับสวิตช์ IGBT บนแผ่น PCD	25
ภาพที่ 3.9 หม้อแปลงไฟฟ้า ที่ได้จากการคำนวณเพื่อใช้ในการวิจัย	28
ภาพที่ 3.10 การนำหม้อแปลงไฟฟ้าไปใช้ในวงจร	29
ภาพที่ 3.11 ชุดโครงสร้างโคโรนาทรงกระบอกซ้อนกันสองชั้น	29
ภาพที่ 3.12 Electrode ที่ได้หลังจากคำนวณ (ตามขวาง)	33
ภาพที่ 3.13 Electrode ที่ได้หลังจากคำนวณ (ตามยาว)	33
ภาพที่ 3.14 โครงงานที่เสร็จแล้ว	34
ภาพที่ 4.1 สัญญาณ Output ที่ขา 10	35
ภาพที่ 4.2 สัญญาณ Output ที่ขา 15	36
ภาพที่ 4.3 สัญญาณ Output ที่ขา 14	36
ภาพที่ 4.4 สัญญาณ Output ที่ขา 15	37
ภาพที่ 4.5 สัญญาณ Output ที่ขา 14	37
ภาพที่ 4.6 สัญญาณของ ออปโต ไอโซเลเตอร์	38
ภาพที่ 4.7 สัญญาณของ หม้อแปลงไฟฟ้า	38
ภาพที่ 4.8 ค่า Duty Cycle, แรงดัน Input และ กระแส Input	40
ภาพที่ 4.9 ค่าแรงดัน Output และ กระแส Output	40
ภาพที่ 4.10 ตัวนำก่อนการเกิด Corona discharge	41
ภาพที่ 4.11 ตัวนำเมื่อเกิด Corona Discharge	41
ภาพที่ 4.12 ค่า แรงดัน Output และ ปริมาณ โอโซน	42
ภาพที่ 4.13 การเปรียบเทียบการกำจัดคราบน้ำหวานบนผ้า ที่เวลา 5 นาที	43
ภาพที่ 4.14 การเปรียบเทียบการกำจัดคราบน้ำหวานบนผ้า ที่เวลา 15 นาที	44
ภาพที่ 4.15 การเปรียบเทียบการกำจัดคราบฝุ่นบนผ้า ที่เวลา 5 นาที	45
ภาพที่ 4.16 การเปรียบเทียบการกำจัดคราบฝุ่นบนผ้า ที่เวลา 15 นาที	46
ภาพที่ 4.17 การเปรียบเทียบการกำจัดคราบน้ำหมึกบนผ้า ที่เวลา 5 นาที	47
ภาพที่ 4.18 การเปรียบเทียบการกำจัดคราบน้ำหมึกบนผ้า ที่เวลา 15 นาที	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ 4.19 การเปรียบเทียบการกำจัดคราบจระบีบนผ้า ที่เวลา 30 นาที	หน้า 49
--	------------

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

โครงการนี้นำเสนอการออกแบบสร้างเครื่องผลิตก๊าซโอโซน โดยนำหลักการทางวิศวกรรม มาประยุกต์ใช้ในการคำนวณและออกแบบเพื่อสามารถนำไปใช้งานได้เหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรู้ความเข้าใจและการนำไปใช้งาน การออกแบบเครื่องผลิตโอโซนจำเป็นต้องรู้ทฤษฎีพื้นฐานของการแตกตัวของก๊าซในสนามไฟฟ้าแรงสูง เพื่อสามารถออกแบบอิเล็กโทรดสำหรับสร้างปรากฏการณ์การแตกตัวของอากาศภายในเก็บอากาศที่ออกแบบได้

1.2 ความสำคัญของปัญหา

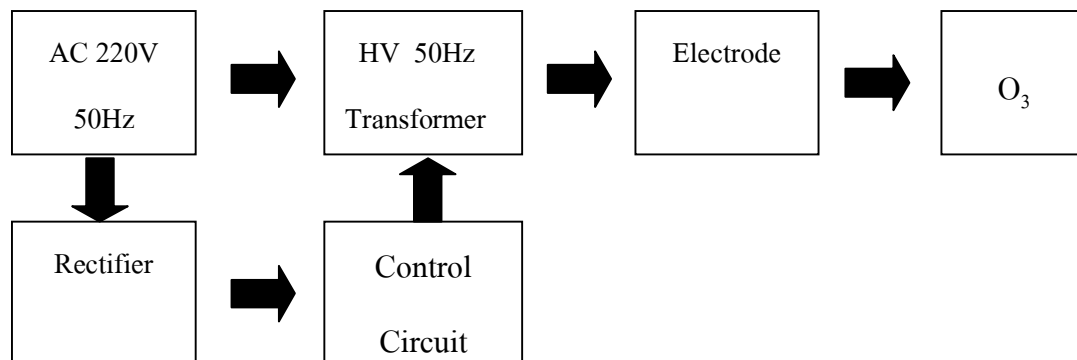
ปัจจุบันก๊าซโอโซนได้รับความสนใจอย่างมากและถูกนำไปใช้ประโยชน์หลากหลาย ในการฆ่าเชื้อโรคและกลิ่น นอกจากนี้ก็สามารถนำไปใช้กับสัตว์เลี้ยงได้ โดยที่ก๊าซที่มีคุณสมบัติทำความสะอาดได้ดีไม่มีสารตกค้างและสลายตัวได้ง่าย โอโซนมีค่าศักย์ออกซิเดชันสูงกว่าเมื่อเทียบกับสารเคมีอื่นๆ แต่ก๊าซโอโซนเป็นก๊าซที่ไม่เสถียร จึงไม่สามารถเก็บไว้ได้ ต้องทำการผลิต ณ ตำแหน่งใช้งานนั้น

การนำความรู้ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้ามาศึกษาออกแบบเครื่องผลิตโอโซน โดยการสร้างแหล่งจ่ายแรงดันสูงความถี่สูง และ แท่งอิเล็กโทรด ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโอโซน

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาและออกแบบเครื่องผลิตโอโซนจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูง 50Hz และ กระบวนการสร้างปรากฏการณ์แตกตัวแบบโคโรนา (Corona Discharge)
2. เพื่อศึกษารูปแบบแรงดัน และ อิเล็กโทรด ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตโอโซน
3. เพื่อศึกษาการออกแบบหม้อแปลงแรงดันสูง และ อิเล็กโทรด
4. เพื่อนำก๊าซโอโซนที่ผลิตได้มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

1.4 โครงสร้างของโครงการ



ภาพที่ 1.1 โครงสร้างของโครงการ

1.4.1 หลักการทำงาน

1. สร้างสัญญาณเป็น Pulse Analog PWM จาก Tca7855 จ่าย Pulse ผ่าน Opto ISO. เพื่อกระตุ้นการทำงานของ IGBT
2. หม้อแปลงแรงดันสูง 50Hz จะทำหน้าที่ในการเพิ่มขนาดของแรงดันด้วยการเหนี่ยวนำ ในลักษณะของสัญญาณแรงดันกระแสสลับที่ใช้ IGBT เป็นตัวควบคุมการทำงานทางด้าน Primary
3. ในส่วนของ Electrode จะเป็นส่วนขั้วไฟฟ้าที่เป็นขั้ว Cathode และ Anode เมื่อมีแรงดันไฟฟ้าสูงตกคร่อมพร้อมมีอากาศอยู่ระหว่างช่องอากาศของขั้วทั้งสอง จะทำให้เกิดการแตกตัวของอากาศเป็นลักษณะแสง สีม่วง เรียกว่า ปรากฏการณ์การแตกตัวแบบโคโรนา (Corona Discharge)

1.5 ขอบเขตของโครงการ

1. ออกแบบและสร้างวงจรแรงดันสูง 50Hz สำหรับอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ในการสร้างเครื่องผลิตก๊าซโอโซน แรงดันไฟฟ้าที่สามารถทำให้ออกซิเจน O₂ แตกตัว เป็นโอโซน O₃ จะมีขนาดแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 1 kV เป็นต้นไป
2. ออกแบบและวิจัยความสัมพันธ์ของปริมาณโอโซนกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง ที่จ่ายให้กับชุดสร้างโอโซน

1.6 ประโยชน์ของโครงการ

สามารถนำไอโซนที่ผลิตได้จากเครื่องผลิต ไอโซนไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการอุปโภค บริโภค ทั้งในครัวเรือนและอุตสาหกรรม โดยไอโซนที่ผลิตได้มีคุณภาพและไม่เป็นอันตรายต่อ สิ่งมีชีวิต สามารถนำไปบำบัดได้ทั้งน้ำและอากาศ เช่น สามารถลดกลิ่นเหม็น ลดปริมาณเชื้อโรค บางส่วนได้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับโอโซน [1][4]

เนื่องจากคุณสมบัติเฉพาะตัวของโอโซน ที่สามารถแก้ปัญหาสิ่งปนเปื้อนต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ทางด้านมลภาวะแวดล้อมเป็นอย่างดี แต่โอโซนก็ยังมีโทษที่รุนแรงจึงต้องมีความรู้ความเข้าใจในการนำไปใช้งาน และในการออกแบบเครื่องผลิตโอโซนจำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อที่จะสามารถผลิตโอโซนได้ตามที่ต้องการ การสร้างเครื่องผลิตโอโซนจำเป็นต้องรู้ทฤษฎีพื้นฐานการแตกตัวของก๊าซในสนามไฟฟ้าแรงสูง เพื่อให้สามารถออกแบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับสร้างปรากฏการณ์การแตกตัวของอากาศนอกจากนี้จะต้องเข้าใจการทำงานของวงจรควบคุมเพื่อใช้ควบคุมปริมาณโอโซนที่ผลิตให้ได้ตามต้องการ

2.1.1 ก๊าซโอโซนสามารถเกิดได้จาก

1. รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) โดยโอโซนจะอยู่รอบชั้นบรรยากาศ ห่างจากพื้นโลก 30-150 กิโลเมตร
2. เกิดจากการสลายตัวของออกซิเจน โดยรังสีอัลตราไวโอเล็ต
3. ปฏิกิริยาเคมีเกิดจาก การสลายตัวของสารประกอบ ที่มีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบ
4. สนามไฟฟ้าทั้งจากธรรมชาติ เช่นฟ้าผ่า และจากเครื่องผลิตโอโซน จากการแตกตัวของอิเล็กตรอน

2.1.2 กระบวนการแตกตัวของโอโซน

โอโซนเป็นก๊าซที่ประกอบด้วยออกซิเจน 3 อะตอมจับตัวอยู่ในสถานะไม่เสถียร สลายตัวได้ง่ายขึ้นอยู่กับเงื่อนไขสิ่งแวดล้อมและความหนาแน่นของปริมาณที่ผลิต ขั้นตอนการผลิตประกอบด้วยกระบวนการสร้างอะตอมอิสระของออกซิเจนจากโมเลกุลก๊าซออกซิเจนในอากาศ หลังจากนั้นอะตอมอิสระเหล่านี้จะรวมตัวเข้ากับโมเลกุลของก๊าซออกซิเจนจนเกิดโอโซน (O_3) ซึ่งจะนำไปใช้ในระบบบำบัดทางอุตสาหกรรมต่อไป กระบวนการเกิดโอโซนเกิดได้จากกระบวนการ 2 ชนิดคือ กระบวนการไอออไนเซชันหรือเรียกว่ากระบวนการแยกตัว ในการแตกตัวของก๊าซนั้นกระบวนการ ionization เป็นการเพิ่มประจุแบบทวีคูณ ซึ่งจะนำไปสู่การเบรกดาวน์ใน

จนวน สิ่งที่เกิดตามมาคือความร้อนเนื่องจากกระแสที่ไหลจากการเบรกคาวน์ ทำให้โอโซนที่มีพลังงานพันธะต่ำเกิดการสลายตัว ด้วยเหตุนี้ทำให้ในการผลิตโอโซนจึงไม่ควรเกิดเบรกคาวน์ขึ้น ซึ่งหมายถึงพลังงานที่อิเล็กทรอนิกส์รับจากสนามไฟฟ้าควรมีค่าน้อยกว่าพลังงานไอออไนเซชัน แต่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการแยกตัวของอะตอมออกซิเจนออกจากกัน

2.1.3 หลักการเกิดโอโซน

อากาศมีองค์ประกอบหลักคือ ก๊าซไนโตรเจน 79%และก๊าซออกซิเจน 21% โดยประมาณ นอกจากนั้นเป็นก๊าซเฉื่อยและไอน้ำ เนื่องจากก๊าซโอโซนคือก๊าซที่เกิดจากการจับตัวกันของออกซิเจน 3อะตอม ขั้นตอนการผลิต คือต้องป้อนพลังงานจากภายนอกเข้าไปกระตุ้นให้ก๊าซออกซิเจน(Oxygen gas: O_2 (g)) แตกพันธะออกเป็นอะตอมอิสระ ของออกซิเจน (O) แล้วจึงรวมตัวกับ O_2 กลายเป็น โอโซน O_3 ซึ่งมีพลังงานพันธะของ O_3 น้อยกว่า O_2 มาก นั่นคือกรณีที่มีการเพิ่มพลังงาน ให้ระบบที่มี O_3 อยู่พลังงานเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำให้ O_3 สลายตัวได้ ดังนั้นระบบจึงไม่ควรเกิดความร้อนขึ้นภายในแก๊ปอากาศมากเกินไป เช่นความร้อนที่เกิดเนื่องจากการ Break down เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 ช่วงของพลังงานสำหรับการแปลงอากาศเป็น โอโซน

Energy band for ozone generation from air	
Minimum	Maximum
1.172 kWh/ m ³	1.62 kWh/ m ³

2.1.4 หลักการทำงานเครื่องผลิตโอโซน

ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่เป็น Voltage Control Circuit , ส่วนของการสร้างสัคย์ ไฟฟ้าสูง และ ส่วนที่เป็นหลอดผลิตโอโซน

2.2 ส่วนประกอบของ โวลเตจ คอนโทรล เซอร์กิต

2.2.1 Bridge Rectifier , Regulator

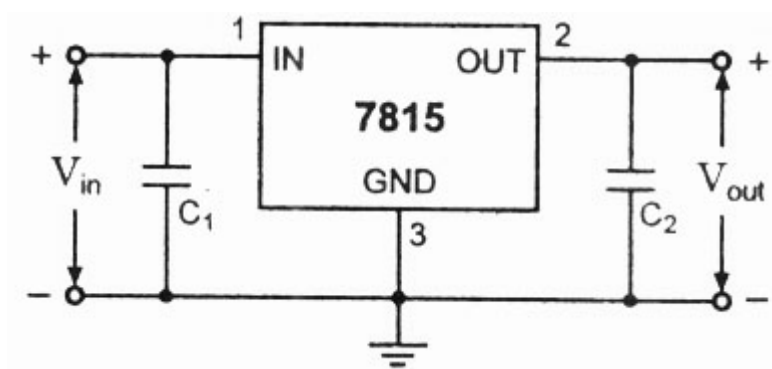
วงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์ คือวงจรทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับด้านอินพุทให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงด้านเอาท์พุท แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

Half Bridge Rectifier หมายถึง วงจรที่ได้รับไฟฟ้ากระแสสลับ จำนวน 1 รูปคลื่น แล้วเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าเฉลี่ยรูปคลื่นเอาต์พุตเพียงครึ่งรูปคลื่นเท่านั้น

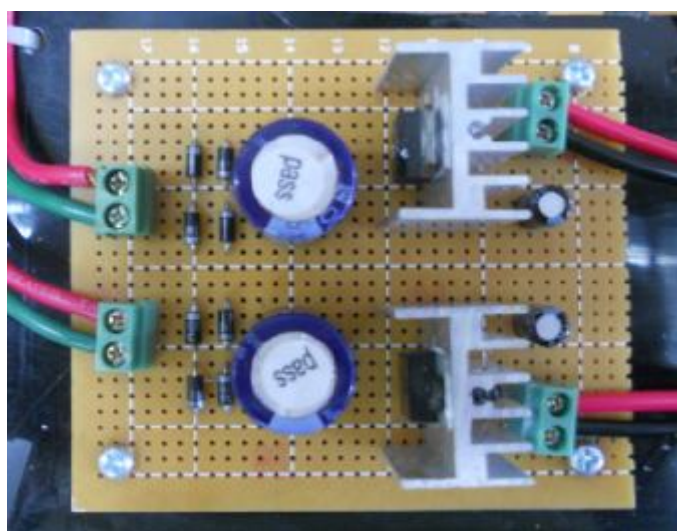
Full Bridge Rectifier หมายถึง วงจรที่ได้รับไฟฟ้ากระแสสลับ จำนวน 1 รูปคลื่น แล้วเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าเฉลี่ยรูปคลื่นเอาต์พุตครบหนึ่งรูปคลื่น

วงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์ซึ่งประกอบด้วยไดโอดจะทำงานเฉพาะรูปคลื่นด้านบวกเท่านั้น ส่วนรูปคลื่นด้านลบ ไดโอดจะถูกไปแอสกลับ ไดโอดจะไม่ทำงาน กระแสจะไม่สามารถไหลผ่านได้ จึงทำให้แรงดันด้านลบไม่ปรากฏ หากต้องการให้แรงดันด้านเอาต์พุตเป็นกระแสตรงที่มีความเรียบมากขึ้น ให้ต่อตัวเก็บประจุระหว่างขาเอาต์พุตกับกราวด์

วงจรเรกกูเลเตอร์ จะต่อจากวงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์ เพื่อทำหน้าที่จำกัดแรงดันเอาต์พุตให้ได้ค่าตามต้องการ โดยใช้ IC 78xx (ไฟบวก) และ IC 79xx (ไฟลบ) เป็นตัวกำหนดค่าแรงดันด้านเอาต์พุต



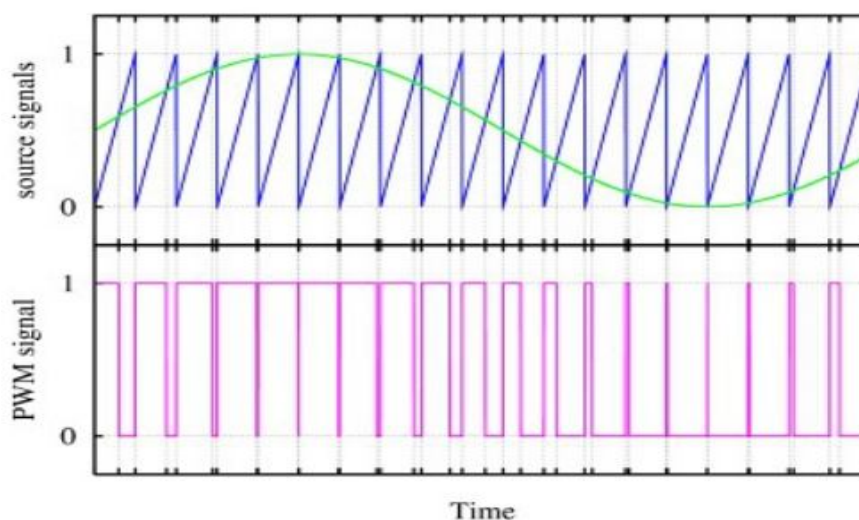
ภาพที่ 2.1 วงจร Regulator



ภาพที่ 2.2 วงจร Regulator ที่คำนวณแล้วใช้ในการวิจัยนี้

2.2.2 หลักการสร้างสัญญาณ PWM

สัญญาณ PWM ย่อมาจาก Pulse Width Modulation ก็คือ การปรับความกว้างของพัลส์ โดยการนำเอาสองสัญญาณมาเปรียบเทียบกัน และ สองสัญญาณที่ว่าเป็นก็คือสัญญาณ “สามเหลี่ยม” กับสัญญาณที่ต้องการปรับความกว้างของพัลส์ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเรานำสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงมาเปรียบเทียบกับสัญญาณสามเหลี่ยม เราจะได้สัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างคงที่นั่นเอง แต่ถ้าเรานำสัญญาณที่เปลี่ยนแปลง อยู่ตลอดเวลาจะทำให้ความกว้างของพัลส์ เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

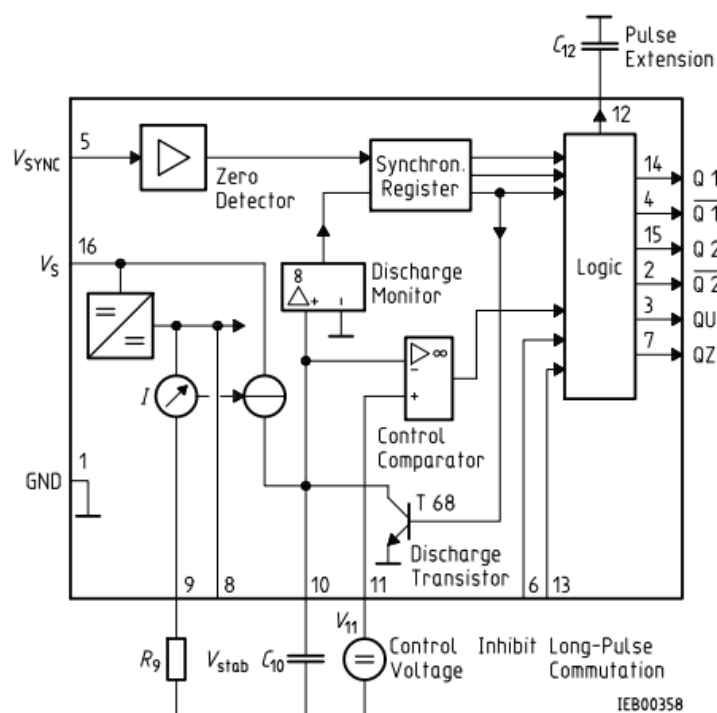


ภาพที่ 2.3 สัญญาณ PWM Signal

สัญญาณ PWM สร้างได้จาก วงจร Comparator , วงจรเปรียบเทียบ หรือ การควบคุมกำลังไฟฟ้า โดยใช้ วิธีของ Phase Control ซึ่งสามารถสร้างได้หลายแบบ เช่น แบบ Voltage Divider Trigger Circuits , แบบ Half wave control Op amp , วงจร Lamp Dimmer หรือ จาก IC TCA 785 ใน ส่วน ของโครงการนี้ได้ใช้ IC TCA 785 เป็นตัว Phase Control

TCA 785 Phase Control ใช้ในงานควบคุมเฟสโดยเฉพาะ หรือใช้ได้กับวงจร Line commutated converter ใช้ได้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส สามารถปรับมุมจุดชนวนเกตได้ ตั้งแต่ 0° ถึง 180° และสามารถสร้างลักษณะของพัลส์ได้หลายรูปแบบ ตามลักษณะของโหลด เช่น Single short pulse, Continuous pulse, Long pulse เป็นต้น ใช้งานได้ดีในย่านความถี่ระหว่าง 10Hz ถึง 500Hz ต้องการไฟเลี้ยงกระแสตรงขนาด $-0.5V$. ถึง $18 V$. ใช้งานได้ดีในย่านอุณหภูมิ $-55^{\circ}C$ ถึง $125^{\circ}C$ กินกระแสไฟฟ้าประมาณ 10 mA อินเตอร์เฟสได้โดยตรงกับลอจิกเกตที่ใช้แรงดัน (CMOS) สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้านอกของวงจรขาที่ 14 และ 15 ได้ ประมาณ 10

mA ถึง 400 mA สัญญาณด้านออกมีทั้งแบบปกติ และแบบกลับสัญญาณ มี Inhibit function ควบคุมการกำเนิดสัญญาณ และสามารถใช้งานในลักษณะ Zero crossing ได้ด้วย



ภาพที่ 2.4 โครงสร้าง TCA 785

2.2.3 การทำงานของวงจร TCA785

พิจารณาแผนภาพกรอบแสดงโครงสร้างภายในของ TCA785 ซึ่งเป็นวงจรรวมแบบ LSI มี 16 ขา บรรจุแบบตัวถังพลาสติก จะเห็นว่าขา 16 รับแรงดันไบแอสในย่าน 8V ถึง 18V โดยขา 1 เป็น (GND) แรงดันควบคุมภายในเป็นแรงดันอ้างอิง วัดได้ที่ขา 8 ขา 5 คือขาที่รับแรงดันซิงโครไนซ์ ซึ่งเป็นแรงดัน ไฟสลับจากแหล่งจ่ายไฟสลับที่ต่อกับวงจรภาคกำลัง ขา 9 คือขาที่ใช้ควบคุมขนาดของสัญญาณลาดเอียงปรับค่าได้ ขา 10 ต่อเข้ากับตัวเก็บประจุเพื่อทำให้สัญญาณลาดเอียงจากขา 9 มีความเสถียรมากขึ้น ขา 11 คือขาที่ต่อแรงดันควบคุมเป็นแรงดันไฟตรงปรับค่าได้ แรงดันควบคุมนี้จะป้อนเข้าขาบวก (+) ของออปแอมป์เปรียบเทียบสัญญาณควบคุมโดยเทียบแรงดัน เพื่อ กำหนดขนาดของมุมจุดชนวนที่ด้านออกของวงจร จะเห็นได้ว่าสัญญาณด้านออกของวงจรอยู่ที่ขา 14 และขา 15 เมื่อนำพัลส์ที่ขา 14 และ ขา 15 เทียบกับสัญญาณ Sine Wave จากขา 5 พัลส์ที่ออกจากขา 15 จะทำงานที่รูปคลื่น + และพัลส์ที่ออกจากขา 14 จะทำงานที่รูปคลื่นแต่ไม่จะ

ไม่สามารถปรับความกว้างของพัลส์ได้ ถ้าต้องการปรับความกว้างของพัลส์ให้ต่อ ขา 12 ลง GND สำหรับขา 2 และขา 4 เป็นสัญญาณด้านออกที่กลับเฟสจาก ขา 14 และ ขา 15 ถ้าต้องการปรับความกว้างของพัลส์ให้ต่อ ขา 13 ลง GND

2.2.4 ข้อมูลพื้นฐานลอจิกเกต

ลอจิกเกตเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ทำหน้าที่แทนตัวกระทำ (Operator) ในวงจรดิจิทัล ซึ่งอาจสร้างมาจาก สวิตช์ คอนแทกของรีเลย์ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ มอสเฟต หรือ ทรานซิสเตอร์หรือมอสเฟตหลายๆ ตัวประกอบกันเป็นวงจรรวม (Integrated Circuit: IC) ลอจิกเกตเบื้องต้นประกอบด้วย

แอนด์เกต (AND Gate) ออร์เกต (OR Gate)

อินเวอร์เตอร์หรือน็อตเกต (INVERTER or NOT Gate)

แนนด์เกต (NAND Gate) นอร์เกต (NOR Gate)

เอ็กซ์คลูซีฟออร์เกต (EXCLUSIVE-OR Gate)

เอ็กซ์คลูซีฟนอร์เกต (EXCLUSIVE-NOR Gate)

โดย Gate จะมี 2 ประเภท ใหญ่ๆ คือ

แบบ TTL ซึ่งจะใช้แรงดันได้ไม่เกิน 5V.

แบบ CMOS สามารถใช้แรงดัน อยู่ในช่วงของ 5V. ถึง 15V

2.2.5 Controllable Switches

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำกำลัง (power semiconductor device) สามารถแบ่งออกตามโครงสร้างได้เป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ คือ Power Diode , Thyristor มีหลายชนิด อาทิ SCR Triac Gate-turn-off (GTO) , Power BJT , Power MOSFET , Insulated Gate Bipolar Transistors (IGBT) ทั้งนี้เราจะเรียก Power BJT, Power MOSFET, IGBT และ GTO รวมๆ ว่าเป็น Controllable Switches เพราะเราสามารถควบคุมการปิด – เปิด ของอุปกรณ์เหล่านี้ได้ด้วยสัญญาณควบคุม และสามารถแบ่งออกได้ตามรูปแบบในการควบคุม เป็น 3 กลุ่มด้วยกัน คือ

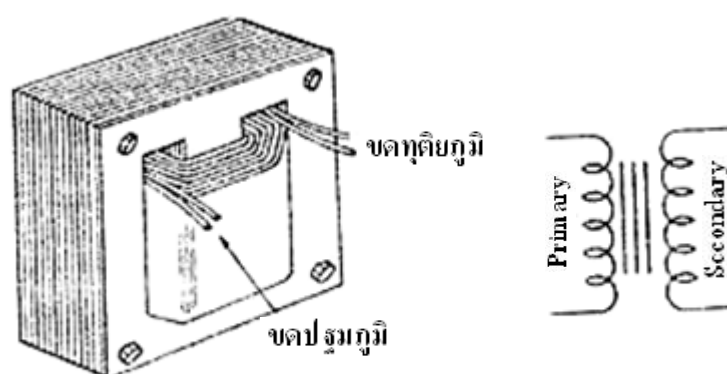
1. ควบคุมการนำและไม่นำกระแสได้จากวงจรกำลัง เช่น ไดโอดกำลัง
2. ควบคุมการนำกระแสจากวงจรควบคุม เช่น ไทริสเตอร์
3. ควบคุมการนำและหยุดนำกระแสได้จากวงจรควบคุม เช่น ทรานซิสเตอร์กำลัง (BJT)

2.3 การออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้า [3]

หม้อแปลงแบ่งออกตามการใช้งานของระบบไฟฟ้ากำลังได้ 2 แบบคือ หม้อแปลงไฟฟ้าชนิด 1 เฟส และ หม้อแปลงไฟฟ้า ชนิด 3 เฟสแต่ละชนิดมีโครงสร้างสำคัญประกอบด้วย

1. ขดลวดตัวนำปฐมภูมิ (Primary Winding) ทำหน้าที่รับแรงเคลื่อนไฟฟ้า
2. ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) ทำหน้าที่จ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า
3. แผ่นแกนเหล็ก (Core) ทำหน้าที่เป็นทางเดินสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและให้ขดลวดพันรอบแกนเหล็ก
4. ขั้วต่อสายไฟ (Terminal) ทำหน้าที่เป็นจุดต่อสายไฟกับขดลวด
5. แผ่นป้าย (Name Plate) ทำหน้าที่บอกรายละเอียดประจำตัวหม้อแปลง
6. อุปกรณ์ระบายความร้อน (Coolant) ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับขดลวด เช่น อากาศ , พัดลม , น้ำมัน หรือ ไซ้ ทั้งพัดลมและน้ำมันช่วยระบายความร้อน เป็นต้น
7. โครง (Frame) หรือตัวถังของหม้อแปลง (Tank) ทำหน้าที่บรรจุขดลวด แกนเหล็ก รวมทั้งการติดตั้ง ระบบระบาย ความร้อนให้กับ หม้อแปลง ขนาดใหญ่
8. สวิตช์และอุปกรณ์ควบคุม (Switch Controller) ทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยนขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้า และมีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ รวมอยู่ด้วย

2.3.1 โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า



ภาพที่ 2.5 ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ

หม้อแปลงไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 3 ส่วน คือ แกนเหล็ก ขดลวดตัวนำ และฉนวน (และอาจมีส่วนประกอบย่อยซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของหม้อแปลง เช่น หม้อแปลงขนาดใหญ่ อาจมีถังบรรจุหม้อแปลง น้ำมันหม้อแปลง และขั้วของหม้อแปลง เป็นต้น)

แกนเหล็ก แกนเหล็กของหม้อแปลงจะมีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ เคลือบด้วยฉนวน เรียกกัณฑ์ว่า แผ่นลามิเนต

ขดลวดตัวนำ ขดลวดตัวนำของหม้อแปลงจะมีลักษณะเป็นขดลวดทองแดงหรืออลูมิเนียมหุ้มด้วยฉนวน โดยทั่วไป หม้อแปลงจะมีขดลวด 2 ชุด คือ ขดลวดปฐมภูมิ(Primary Winding) และขดลวดทุติยภูมิ(Secondary Winding)

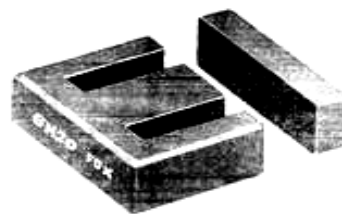
ฉนวน ฉนวนของหม้อแปลงจะมีไว้เพื่อป้องกัน ไม่ให้ขดลวดสัมผัสกับส่วนที่เป็นแกนเหล็ก และป้องกันไม่ให้ขดลวดแต่ละชั้นสัมผัสกัน

แกนแม่เหล็ก (Magnetic Cores) อุปกรณ์โดยทั่วไปจะมีความนำต่อฟลักซ์แม่เหล็กต่ำ นั่นคือมีค่า ความซึมซาบแม่เหล็กต่ำนั่นเอง โดยที่สูญญากาศค่าของความซึมซาบนี้จะมีค่าเป็น 1.0 ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกันกับวัสดุที่ไม่เป็นสารแม่เหล็ก เช่น กระจก อากาศ ทองแดง เป็นต้น ส่วนวัสดุเพียงไม่กี่ชนิดที่สามารถเป็นสารแม่เหล็กได้ เช่น เหล็ก นิกเกิล โคบอล และ อัลลอยด์ ของสารดังกล่าว จะมีค่าของความซึมซาบที่สูง ซึ่งบางชนิดอาจจะมีค่าในย่านของ 100-1000 และเราได้นำสารเหล่านี้มาใช้ในการผลิตแกนสำหรับงานแม่เหล็กโดยเฉพาะ

ดังนั้นในการที่เราใช้งานขดลวดที่มีแกนเป็นสารแม่เหล็ก จะทำให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ขดลวดที่แกนเป็นอากาศ เนื่องจากแกนที่ทำจากสารแม่เหล็กมีค่าความซึมซาบที่สูงกว่าอากาศมาก ทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กเกือบทั้งหมดสามารถไหลผ่านแกนแม่เหล็กไปตลอดตามแนวความ ยาวของแกน ซึ่งเราเรียกว่าเส้นทางเดินของแม่เหล็ก (magnetic path length ; MPL) แต่ในทางปฏิบัติเราจะต้องวางตำแหน่งของขดลวดให้ใกล้กับแกนมากที่สุด เพื่อลดปริมาณของฟลักซ์รั่วไหล ในการออกแบบใช้งานแกนแม่เหล็กเราสามารถเลือกใช้แกนได้หลายชนิด ขึ้นอยู่กับลักษณะงาน การชิลด์ พื้นที่ใช้งาน ฯลฯ โดยลักษณะของ แกนเหล็กที่ใช้ในการวิจัยนี้จะใช้ชนิดอีไอ (E-I Cores) ดังที่แสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 แกนชนิด อี (E Cores)



ภาพที่ 2.7 แกนชนิด อี-ไอ (E-I Cores)



ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างหม้อแปลงที่พร้อมใช้งาน

รูปร่างของแกนชนิด E แสดงได้ดังภาพที่ 2.4 ซึ่งจะมีทั้งหมด 2 ชั้นประกบกัน แกนชนิดนี้ ถูกออกแบบให้เหมาะกับการใช้งานสำหรับหม้อแปลงกำลัง และใช้เป็นตัวกรอง (Filter) ที่ความถี่ไม่สูงมาก เพราะแกนชนิดนี้ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้งานที่ความถี่สูงๆ เนื่องจากผลของแกนกลางที่มีรูปร่างสี่เหลี่ยม ซึ่งทำให้เกิดความต้านทานของขดลวด และ ค่าตัวเหนี่ยวนำรั่วไหลที่สูง ในบางครั้ง ชั้นที่สองที่ประกบอาจจะเป็นรูปตัว I เราจะเรียกแกนนี้ว่า แกนชนิด E-I ดังแสดงในภาพที่ 2.6 และแสดงตัวอย่างการนำไปใช้งานได้ดังภาพที่ 2.7 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้าและการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

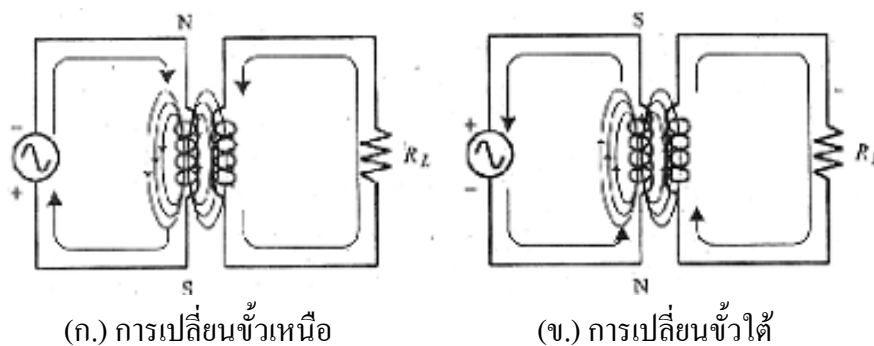
1. หม้อแปลงแกนเหล็ก
2. หม้อแปลงแกนอากาศ

หม้อแปลงไฟฟ้าแกนเหล็ก หม้อแปลงแบบนี้ใช้ได้ดีในวงจรที่มีความถี่กระแสสลับต่ำ แกนเหล็กที่ใช้จะตัดเป็นรูปตัวไอ (I) และรูปตัวอี (E) หม้อแปลงไฟฟ้าแกนเหล็กที่ใช้มากคือหม้อแปลงกำลังหรือเพาเวอร์ทรานส์ฟอร์มเมอร์ (POWER TRANSFORMER) ใช้สำหรับแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ให้มากขึ้นหรือน้อยลงตามต้องการ

2.3.2 หลักการทำงานของหม้อแปลง

การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อปล่อยแรงดันไฟสลับเข้าที่ขดปฐมภูมิ จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กชักนำขึ้น ทำให้เกิดแรงดันไฟสลับขึ้นที่ขดทุติยภูมิโดยมีความถี่เท่าเดิม ขดทุติยภูมิจะมีขดลวดขดเดียวหรือหลายขดก็ได้ แรงดันไฟสลับที่เกิดขึ้นที่ขดทุติยภูมิจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราส่วน ของขดลวด ระหว่างขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิ สามารถคำนวณได้ว่าทางขดปฐมภูมิจะใช้ขดลวดกี่รอบต่อ 1 โวลต์แล้ว ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของขดลวด เมื่อสามารถหาได้ว่าขดลวดกี่รอบต่อโวลต์แล้ว ทางขดทุติยภูมิก็สามารถที่จะพันให้ได้จำนวนรอบตามที่ต้องการถ้าจำนวนรอบของขดปฐมภูมิเท่ากับจำนวนรอบของขดทุติยภูมิ แรงดันไฟสลับที่ออกมาที่ขดทุติยภูมิจะเท่ากับ

แรงดันไฟสลับที่ป้อนเข้าไปที่ ขดปฐมภูมิ นั้นคือ ถ้าป้อนแรงดันไฟสลับเข้าที่ขดปฐมภูมิ 220 โวลต์ แรงดันไฟสลับออกที่ขดทุติยภูมิจะเท่ากับ 220 โวลต์เช่นกัน



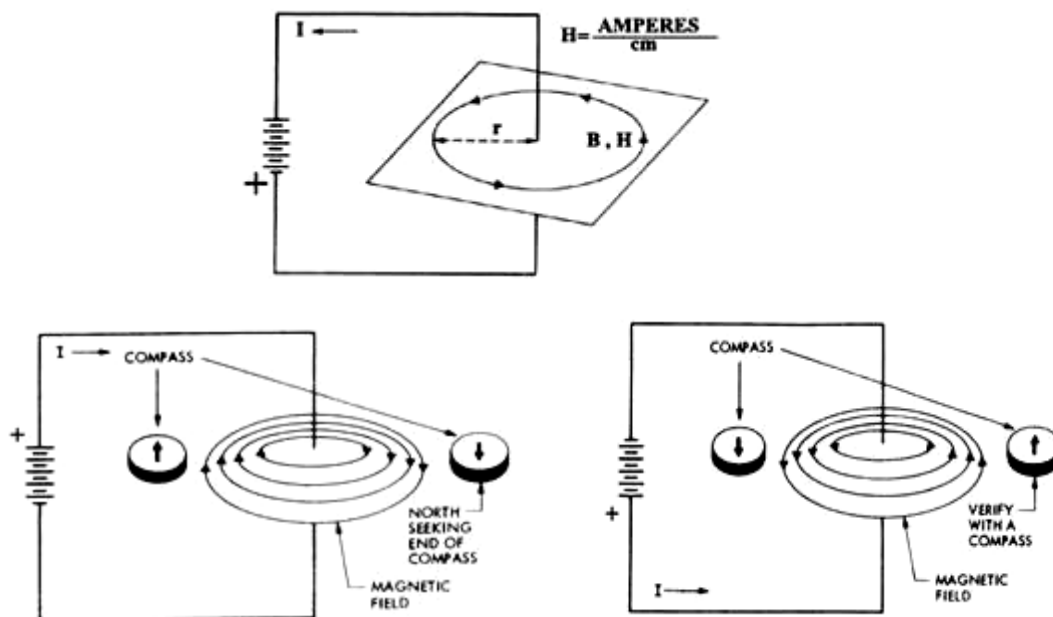
(ก.) การเปลี่ยนขั้วเหนือ

(ข.) การเปลี่ยนขั้วใต้

ภาพที่ 2.9 การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

2.3.3 การทำงาน และ ปรากฏการณ์การทำงานของสารแม่เหล็ก

คุณสมบัติของแม่เหล็กใน Free Space

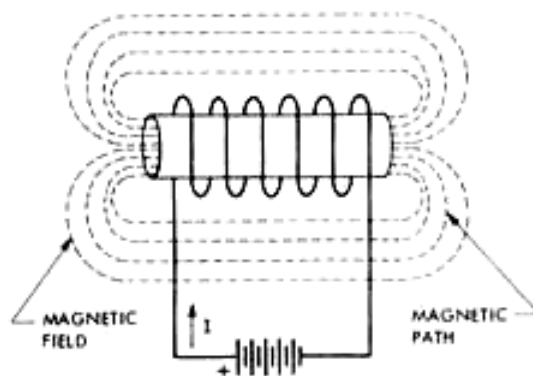


ภาพที่ 2.10 การเกิดสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไหลในตัวนำ

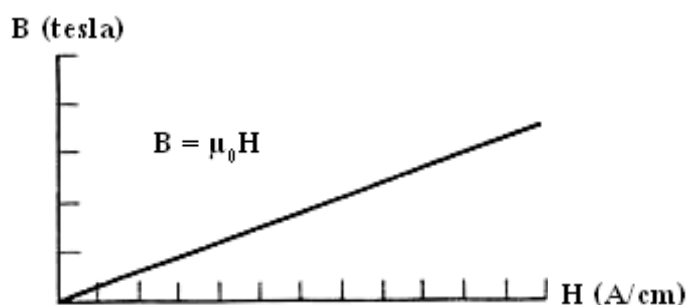
เส้นลวดตัวนำใน free space ที่มีกระแสไหล I จะสร้างสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) ล้อมรอบตัวนำดังแสดงในภาพที่ 2.10 โดยมีความสัมพันธ์ คือ $H = 2I / 10r$

เมื่อกระแสในขดลวดไหลผ่านในทิศทางหนึ่ง เข็มของเข็มทิศจะแสดงทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กดังรูปที่ 1(ข) และ เมื่อกระแสไหลกลับทิศทางเข็มทิศจะชี้ในทิศทางตรงกันข้ามดังภาพที่ 2.10 จากปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นว่าสนามแม่เหล็กมีทิศทางด้วย นั่นคือเมื่อกระแสไหลกลับทิศทางสนามแม่เหล็ก (H) จะมีทิศทางสวนกลับตามกระแส

เมื่อเรานำเส้นลวดตัวนำถูกนำมาพันเรียงกันบนแกนจะทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นอย่างมาก ขดลวดที่กำเนิดสนามแม่เหล็กนี้จะมีลักษณะเป็นแท่งแม่เหล็ก (แม่เหล็กไฟฟ้านั่นเอง) ดังแสดงในภาพที่ 2.11 เมื่อขดลวดทำงานเหมือนเป็นแท่งแม่เหล็ก ดังนั้นขดลวดจะเกิดขั้วเหนือ และ ขั้วใต้ ขึ้น เราจึงสามารถแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตามทิศทางของกระแสได้

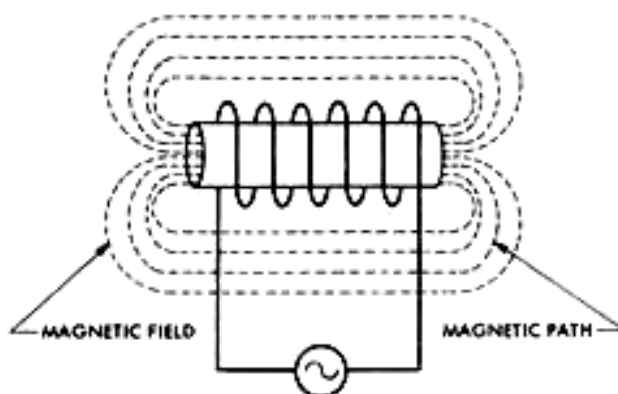


ภาพที่ 2.11 การเกิดสนามแม่เหล็กเมื่อมีการพันตัวนำเรียงกันบนสารแม่เหล็กเมื่อมีแหล่งจ่ายเป็นไฟตรง

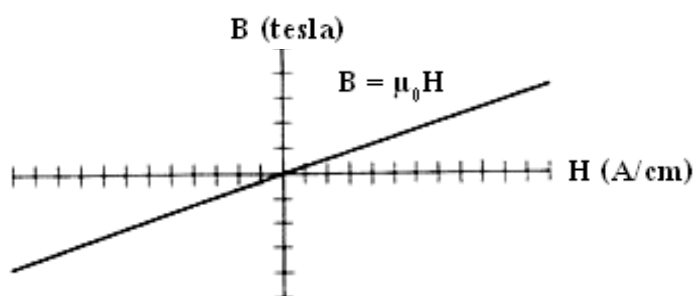


ภาพที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า B และ ค่า H เมื่อมีแหล่งจ่ายเป็นไฟตรง

ค่าของฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic flux) สามารถหาได้จากผลคูณของกระแสกับจำนวนรอบในการพัน คือ NI ซึ่งเรียกว่า Magneto motive force (mmf) เป็นแรงที่ทำให้เกิดการไหลของฟลักซ์ และ เราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าของ ความหนาแน่นของฟลักซ์ (Flux Density ; B) กับ ค่าของแรงแม่เหล็ก (Magnetizing Force ; H) สำหรับลวดแกนอากาศได้ดังรูปที่ 3 ซึ่งค่าความชันของกราฟ คือ B / H เป็นค่าแสดงความซึมซาบของแกน (permeability) ; μ และเราพบว่าในกรณีของขดลวดพันบนแกนอากาศนั้นจะได้ค่าของ $\mu = 1$ ในระบบ Cgs ซึ่งระบุในหน่วยของ เกาส์/เอออสเตด (Gauss/ Oersteds ; G/Oe)



ภาพที่ 2.13 การเกิดสนามแม่เหล็กเมื่อมีการพันตัวนำบนสารแม่เหล็กเมื่อมีแหล่งจ่ายเป็นไฟสลับ



ภาพที่ 2.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า B และ ค่า H เมื่อมีแหล่งจ่ายเป็นไฟสลับ

เมื่อสารแม่เหล็กได้รับการอัดฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetization) และ คายฟลักซ์แม่เหล็ก (demagnetization) อย่างเป็นวัฏจักร (Cycle) เราจะได้ผลตอบสนองของ B และ H ดังรูปที่ 12 ที่

จุดเริ่มต้น X สารแม่เหล็กจะยังไม่มีฟลักซ์ตกค้างอยู่ เมื่อ H มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าของ B จะเพิ่มขึ้นไปตามเส้นประ ดังอธิบายในหัวข้อ 2 เข้าหาจุดอิ่มตัวที่ค่า B_r และเมื่อทำการลดค่าของ H ลงเราจะเห็นว่าค่าของ B จะลดลงเข้าสู่จุด B_r เมื่อ H มีค่าเป็นศูนย์ดังรูป ซึ่ง ณ.จุดนี้ แกนแม่เหล็กยังคงมีฟลักซ์ตกค้างอยู่แม้ว่าจะไม่ได้มีการอัดฟลักซ์แม่เหล็กแล้ว (ความเข้มสนามแม่เหล็กเป็นศูนย์ ; $H=0$) ซึ่งฟลักซ์ที่เหลืออยู่ในแกนนี้เราเรียกว่า " ฟลักซ์ตกค้าง (Residual flux หรือ Remanent flux) " และทำให้เกิดความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กตกค้างเท่ากับ B_r และเมื่อค่าของ H น้อยกว่าศูนย์ แสดงว่าสนามแม่เหล็กมีการกลับขั้วไปจากเดิมแรงแม่เหล็กจะทำการลดฟลักซ์แม่เหล็กในทิศทางเดิมทำให้ B มีค่าลดลงจากตำแหน่ง B_r จนกระทั่ง $B = 0$ ที่จุด $H = H_c$ เราเรียกค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่ทำให้ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กเป็นศูนย์นี้ว่า " coercive force (H_c) "

เมื่อเราทำการอัดฟลักซ์แม่เหล็กจนกระทั่งสารแม่เหล็กอิ่มตัว สารแม่เหล็กจะยังคงค่าฟลักซ์หลังเกิดการอิ่มตัว ทำให้มีค่าของความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กค่าหนึ่งคือ B_s (Retentivity) และถ้าต้องการที่จะคลายสนามแม่เหล็กในแกนทั้งหมด เราจำเป็นต้องใช้ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กค่าหนึ่งคือ H_{cs} เพื่อให้เกิดการรีเซ็ตแกนให้เป็นศูนย์ แต่ในทางปฏิบัติแล้วการอัดฟลักซ์แม่เหล็กเพื่อกระตุ้นหม้อแปลง จะเห็นว่าค่า B จะเพิ่มขึ้นจากจุดเริ่มต้นอย่างไม่เป็นเชิงเส้นตามค่าของ H จนกว่าแกนแม่เหล็กจะอิ่มตัวตามรูปกราฟ Initial Magnetization (เส้นประ) เพียงครั้งแรกครั้งเดียวเท่านั้น เนื่องจากว่าในการใช้งานแกนหม้อแปลงจะไม่มีโอกาสที่จะเกิดการคายฟลักซ์แม่เหล็กอย่างสมบูรณ์ได้อีก เมื่อมีการอัดฟลักซ์แม่เหล็กไปแล้วก่อนหน้านี้ (การทำงานเป็นวัฏจักร (Cycle))

คุณสมบัติของสารเหนี่ยวนำแม่เหล็ก ข้อมูลของสารเหนี่ยวนำแม่เหล็กมักจะกระทำการวัดคุณสมบัติที่อุณหภูมิห้องซึ่งมีหลากหลายค่า ในที่นี้เราจะยกตัวอย่างเพียงบางส่วนที่ใช้ในการพิจารณาเลือกแกนแม่เหล็กใช้งาน ข้อมูลอย่างแรกคือค่าของความซึมซาบแม่เหล็ก (Initial Permeability) ของสารแต่ละชนิด ซึ่งจะมีสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 2 ส่วนอีกตัวอย่างหนึ่งแสดงคุณสมบัติของเนื้อสารต่างชนิดกันมีความสามารถในการนำไปใช้งานที่แตกต่างกันออกไป

นอกจากนี้ค่าความซึมซาบแม่เหล็กที่ระบุไว้ในตารางที่ 2 ยังมีผลเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับค่าของทั้งแรงแม่เหล็กไฟตรง (DC Magnetizing Force) และ แรงแม่เหล็กไฟสลับ (AC Magnetizing Force) ที่ป้อนให้กับอุปกรณ์ ดังแสดงตัวอย่างได้ดังรูปที่ 13 ซึ่งเราสามารถหาค่าของ H ได้จากสมการในกราฟโดยแทนค่ากระแส ; I และความยาวของทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Path) ; l คือ

$$H = \frac{0.4\pi NI}{l}$$

ความเหนี่ยวนำ (Inductance) ในการออกแบบตัวเหนี่ยวนำเรามักจะนำข้อมูลค่าของ AL มาพิจารณา(ซึ่งอ้างอิงถึงค่าความซึมซาบ (Permeability) ของวัสดุแต่ละชนิด) ตัวอย่างการใช้งาน กราฟ AL ดังแสดงในรูปที่ 14 ร่วมกับตัวอย่างดังนี้คือ สมมติให้มีการพันขดลวดจำนวน 100 รอบ กระแส 1 แอมแปร์ โดยไม่มีการเปิดช่องอากาศ (No Air Gap) จากกราฟรูปขวามือที่ 23 องศาเซลเซียส เราจะได้ค่า $AL = 100$ ดังนั้น ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดนี้ที่จะได้จากการพัน 100 รอบ คือ $L = AL(N^2) = 100 \times (10000) \times 10^{-9} = 1 \text{ mH}$ นอกจากนี้เราสามารถออกแบบค่าความเหนี่ยวนำ ในขณะที่เปิดช่องอากาศที่แกนแม่เหล็กได้

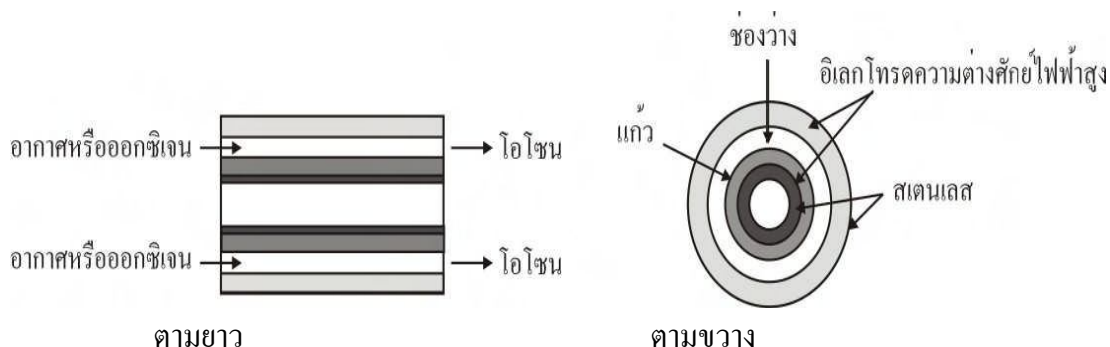
ความสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า (Losses) หม้อแปลงไฟฟ้านับได้ว่าเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่มีการสูญเสียน้อยที่สุด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเครื่องกลไฟฟ้าชนิดอื่น เช่น มอเตอร์ หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพราะหม้อแปลงไฟฟ้าไม่มีส่วนประกอบใดๆที่เคลื่อนที่ได้ ดังนั้นจึงไม่มีการสูญเสียเนื่องจากความฝืดและแรงต้านจากลม จะมีการสูญเสียเพียงสองส่วนเท่านั้น คือ การสูญเสียในแกนเหล็ก และการสูญเสียในขดลวดตัวนำ

การสูญเสียในแกนเหล็กจะมีค่าไม่สูงนักและมีค่าคงที่ตลอดเวลาไม่ว่าโหลดจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร ส่วนการสูญเสียในขดลวดตัวนำ จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามการเปลี่ยนแปลงของโหลด ถ้าโหลดมากการสูญเสียในขดลวดตัวนำก็มาก ถ้าโหลดน้อยการสูญเสียในขดลวดตัวนำก็น้อย

ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้า หมายถึง ความสามารถในการทำงานของหม้อแปลง ซึ่ง จะเท่ากับอัตราส่วนระหว่างกำลังขาออก (Power Output) ต่อ กำลังขาเข้า (Power Input) ถ้ากำลังขาออกกับกำลังขาเข้ามีค่าแตกต่างกันมาก แสดงว่าหม้อแปลงมี ประสิทธิภาพต่ำ แต่ถ้ากำลังขาออกกับ กำลังขาเข้ามีค่าใกล้เคียงกันก็แสดงว่าหม้อแปลงมี ประสิทธิภาพสูง องค์ประกอบที่ทำให้ ประสิทธิภาพหม้อแปลงมีค่ามากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับ การสูญเสียในหม้อแปลงนั่นเอง

2.4 การออกแบบชุด อิเล็กโทรด [5]

หลอดผลิตไอโซนที่ออกแบบสร้างในงานวิจัยนี้เป็นชนิด Cold Corona Discharge Tube แสดงภาพ ตัดขวาง ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.15 ภาพตัดขวางของหลอดผลิตโอโซน

หลอดผลิตโอโซนประกอบด้วยท่อทรงกระบอก 3 ชั้น ชั้นนอกสุดทำด้วยสแตนเลส ชั้นที่สองเป็นท่อแก้วไฟเร็กซ์ ส่วนทรงกระบอกชั้นที่สามซึ่งเป็นชั้นในสุด ทำด้วยแผ่นสแตนเลสบาง โดยที่แผ่นสแตนเลสจะสัมผัสกับด้านในของท่อ แก้วพอดีเนื่องจากมีลวดสปริงดันไว้ ที่ปลายทั้งสองข้างของท่อสแตนเลสชั้นนอกสุดถูกเจาะรูเพื่อสวมท่อ สำหรับเป็นทางเข้าของอากาศหรือออกซิเจน และด้าน ตรงข้ามเป็นทางออกของโอโซน ปลายทั้งสองข้างของหลอดผลิตโอโซนมี O-Ring ที่ทำจากซิลิโคน หรือ Viton สวมกันระหว่างท่อสแตนเลสชั้นนอกและท่อแก้วไฟเร็กซ์ เพื่อไม่ให้เกิดการรั่ว และสร้างความดันให้เกิดขึ้นระหว่างช่องว่างภายในหลอดผลิตโอโซน

2.5 การวัดปริมาณโอโซนด้วยสารเคมี [4]

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีทางเคมี หลักการคือ ใช้สารละลายที่เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับโอโซน ในที่นี้ใช้สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) ทำให้ได้สารใหม่เกิดขึ้น สามารถหาปริมาณโอโซนได้ โดยทำการไตเตรดกับสารละลายที่เป็นตัวรีดิวซ์ เช่น โซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) เป็นต้น

2.5.1 วิธีตรวจหาปริมาณโอโซน

สารเคมีที่ใช้

1. สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (2% KI) ละลาย KI 20 g ในน้ำกลั่น 1L เก็บไว้ 1 คือก่อนนำมาใช้
2. สารละลายกรดซัลฟูริก (H_2SO_4)

3. สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (1N Na₂S₂O₃) ละลาย สารโซเดียมไทโอซัลเฟต จำนวน 25 g ในน้ำ 1L

4. น้ำแป้ง (1% Starch) ละลายแป้ง 1 g ทำให้มีปริมาตร 100 mL

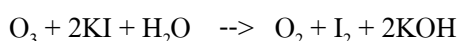
2.5.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ดูดซึ่มก๊าซโอโซน (Absorption) ผ่านก๊าซจากชุดทดลองในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL ที่มีสารละลาย KI บรรจุอยู่ 100 mL

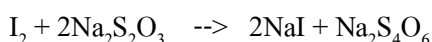
2. การไตเตรด (Titration) นำสารละลายที่ได้จากข้อ 1 (สารละลายที่ได้จะมีสีเหลืองหรือส้ม) เติม 1N H₂SO₄ 3mL เพื่อปรับค่า pH นำมาไตเตรดต่อ จนสีน้ำเงินจางหายไป บันทึกค่าของ 0.1 N Na₂S₂O₃ ที่ใช้เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณโอโซนต่อไป

หมายเหตุ กรณีที่ใช้อากาศผ่านกระบวนการแทนออกซิเจน ควรมีการทำ Blank test เพื่อหาปริมาณโอโซนที่แท้จริงโดยการพ่นอากาศผ่านลงในสารละลาย KI 100 mL นำไปเติมกรด เติมน้ำแป้ง และไตเตรด หาปริมาณโอโซนที่มีอยู่ในอากาศ ปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นคือ

การดูดซึ่มโอโซนโดยใช้สารละลาย KI



การไตเตรดโดยใช้ 0.1 N Na₂S₂O₃



2.5.3 การคำนวณหาปริมาณโอโซน

จากความสัมพันธ์ 0.1 N Na₂S₂O₃ 1mL = 2.4mgO₃

ตัวอย่างการคำนวณ เช่นกรณีที่ใช้ 0.1 N Na₂S₂O₃ ในการไตเตรด 400 mL คือปริมาณก๊าซโอโซนที่ผลิตได้ประมาณ 0.96 gO₃ เป็นต้น หรือกรณีที่ใช้วิธีการแทนค่าในสูตรของวิธีการวัดแบบไอโอเมตริกก็สามารถทำได้

ภาพที่ 2.16 คืออุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการตรวจสอบหาปริมาณโอโซนที่ผลิตได้โดยใช้ KI เป็นตัวทำปฏิกิริยากับโอโซน แล้วไตเตรดหาปริมาณโอโซนด้วย Na₂S₂O₃ โดยก่อนการทดสอบ KI เป็นสารใสไม่มีสีดังแสดงในภาพที่ 14 (BEFORE) เมื่อผ่านก๊าซจากเครื่องกำเนิดโอโซนลงไปพบว่าสีของสารละลายเปลี่ยนไป (AFTER) จุดยุติของการไตเตรดคือเมื่อสีของสารละลายกลับมาใสอีกครั้ง แล้วทำการบันทึกค่า Na₂S₂O₃ ที่ใช้ไป



ภาพที่ 2.16 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการตรวจวัดปริมาณ ไอโอดีนด้วยวิธี Iodometric method



ภาพที่ 2.17 สีของสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ ก่อน-หลังทำปฏิกิริยา และ หลังเติมกรดซัลฟูริก กับ น้ำแป้ง

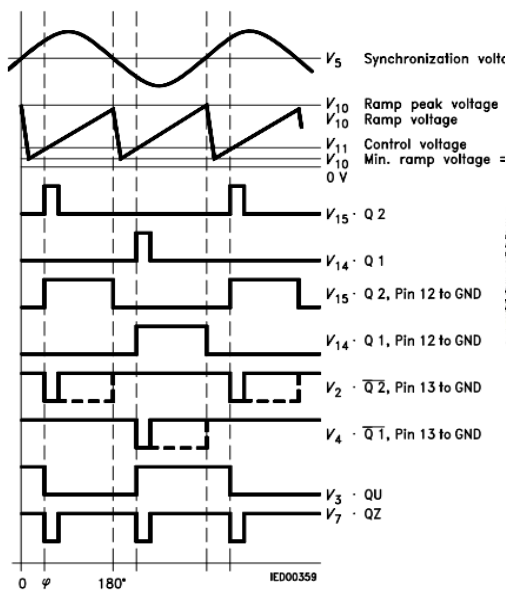
บทที่ 3

การออกแบบโครงงาน

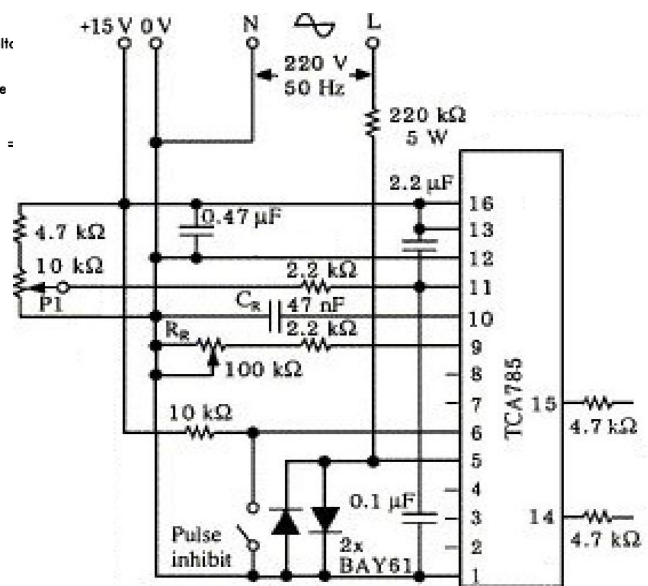
3.1 วงจร การควบคุมเฟส (Phase Controlled)

วงจร Phase Control จะใช้ IC TCA 785 เป็นตัวสร้างสัญญาณพัลส์โดยพัลส์ที่ออกจะมีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของโหลด ลักษณะของพัลส์ มีหลายแบบดังภาพที่ 3.1 มีรายละเอียดดังนี้

- Short Pulse ($\beta = 30 - 100 \mu\text{S}$) สำหรับโหลดตัวต้านทาน
- Long Pulse ($\beta = 100 \mu\text{S} - 1\text{mS}$) สำหรับโหลดตัวต้านทานที่กินกระแสสูง ๆ หรือ โหลดตัวเหนี่ยวนำ
- Continuous Pulse ($\beta = 180$ องศา - α) สำหรับโหลดตัวเหนี่ยวนำที่มีค่า สูงมาก ๆ
- Combined Pulse สำหรับวงจรที่มีการเปลี่ยนแปลงของกระแสเกต ($di/dt = 1$ ถึง $3 \text{ A}/\mu\text{S}$) หรือสำหรับจุดชนวนเกทไทรสเตอร์ที่ต่ออนุกรมกัน
- Combined Pulse สำหรับวงจรที่มีการเปลี่ยนแปลงของกระแสเกต ($di/dt = 1$ ถึง $3 \text{ A}/\mu\text{S}$) หรือสำหรับจุดชนวนเกทไทรสเตอร์ที่ต่ออนุกรมกัน
- Double Pulse ใช้สำหรับวงจรจุดชนวนเกทไทรสเตอร์ในวงจร 3 เฟส บริดจ์

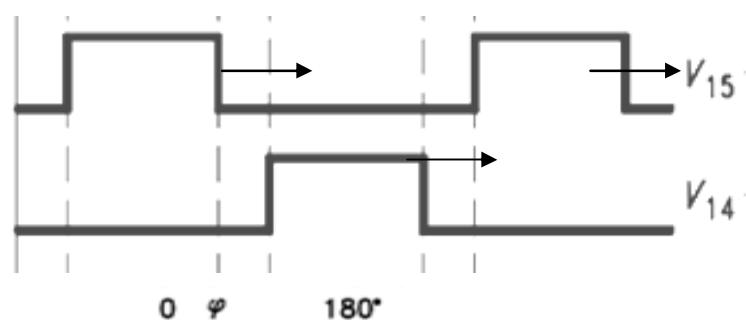


ภาพที่ 3.1 สัญญาณจาก IC TCA 785



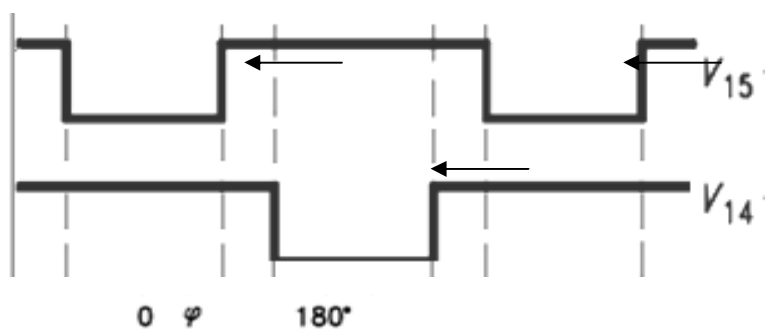
ภาพที่ 3.2 วงจรการใช้งาน TCA 785

สัญญาณ long pulse ที่ได้จาก ขา 14 และ ขา 15 เมื่อเทียบกับสัญญาณไซน์ พัลส์จากขา 14 จะมีเฟสตรงกับฝั่งลบของรูปคลื่นไซน์ และพัลส์จาก ขา 15 จะมีเฟสตรงกับฝั่งบวกของรูปคลื่นไซน์ แต่สัญญาณพัลส์จะเริ่มที่มุม φ ที่ไม่ใช่มุม 0° ซึ่งทั้งสองสัญญาณจะมีมุมเฟสที่ต่างกัน 180° และสามารถปรับความกว้างของแต่ละสัญญาณ ได้ตั้งแต่ มุม φ ถึง 180° ดังภาพที่ 3.1 เมื่อนำพัลส์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับสัญญาณไซน์ แล้วทำการปรับค่าความต้านทานที่ ขา 9 สัญญาณจะขยายเข้า และขยายออก โดยมีมุม 180° เป็นจุดอ้างอิง ดังภาพที่ 3.3



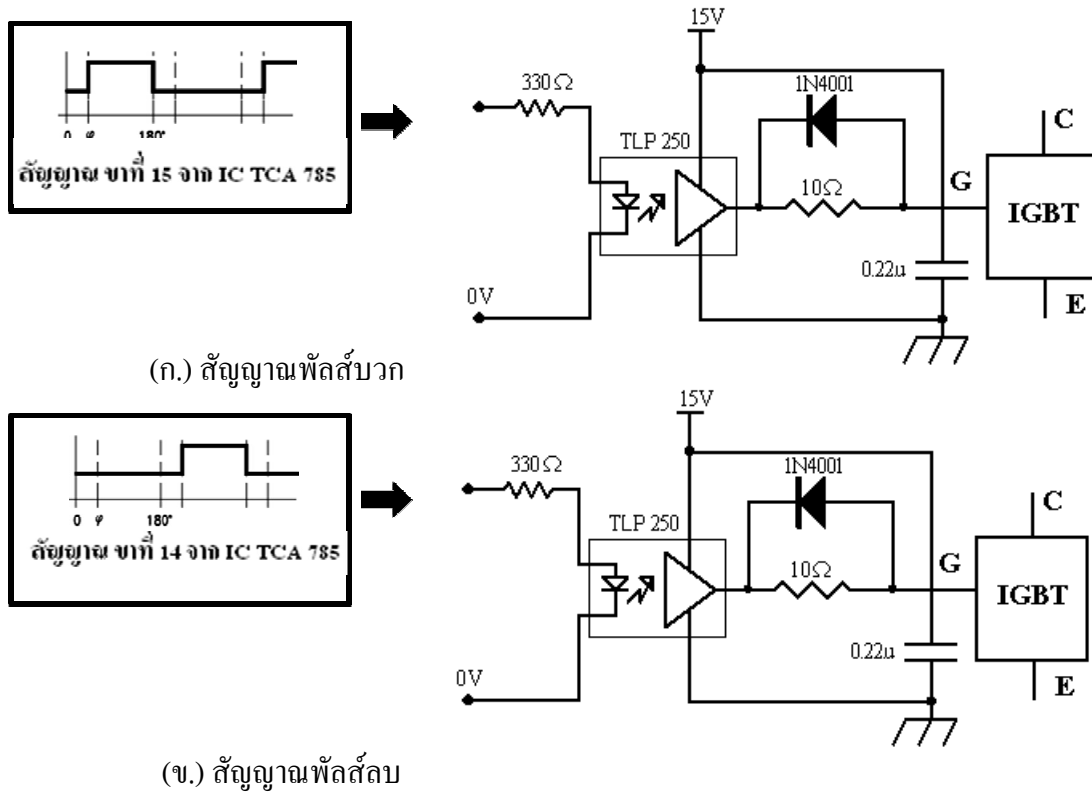
ภาพที่ 3.3 สัญญาณ long pulse ขาที่ 15 และ ขาที่ 14

โดยที่สัญญาณพัลส์ ขาที่ 15 และ ขาที่ 14 ดังกล่าว เป็นสัญญาณที่ไม่สามารถนำไปขับเคลื่อน IGBT ได้ เนื่องจาก IGBT จะเริ่มทำงานที่ มุม 0 จึงต้อง Invert สัญญาณโดยใช้ NOT Gate เบอร์ 4049 ประเภท CMOS ของขาที่ 15 และ ขาที่ 14 เพื่อให้สัญญาณพัลส์ที่ได้ มีมุม 0 เป็นมุมอ้างอิง ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 สัญญาณ long Pulse หลังจาก Inverting

3.2 การออกแบบวงจรภาคขับเคลื่อน ไอจีบีที

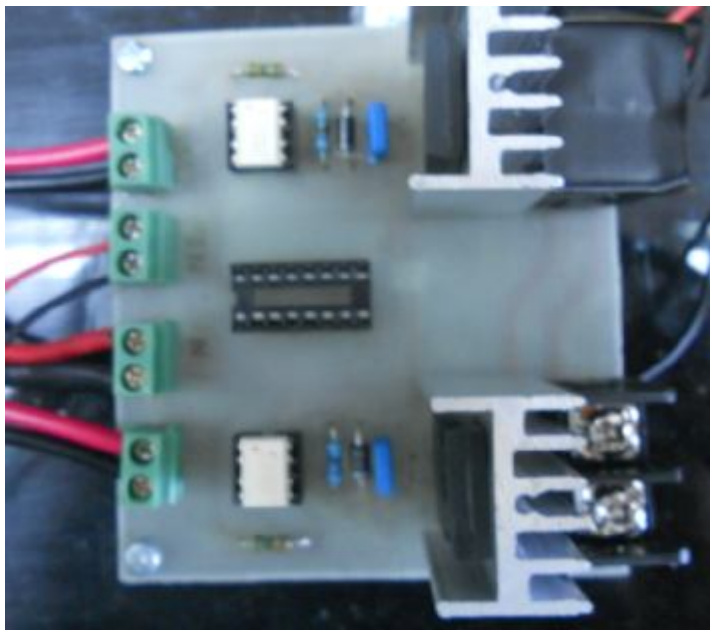


ภาพที่ 3.7 วงจรการใช้งาน ออปโต ไอโซเลเตอร์ TLP 250

การออกแบบ วงจรขับเคลื่อน IGBT จะใช้ Opto Isolate เบอร์ TLP250 เพื่อแยกแรงดันไฟฟ้าต่ำกับแรงดันไฟสูงออกจากกัน โดย R_{3U} ในภาพที่ 3.6 จะใช้ค่าอยู่ระหว่าง 10Ω ถึง 100Ω เพื่อป้องกันการเกิดการแกว่งของสัญญาณที่ขาเกทของ IGBT ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่า $R_{3U} = 10\Omega$ ซึ่งการแกว่งของสัญญาณเกิดจากตัวเก็บประจุที่ขาเกทของ IGBT มีค่า 2800pF หากเรามองจากเอาต์พุตของ Opto Isolate จะประกอบไปด้วยตัวเหนี่ยวนำแฝงที่เกิดจากสายวงจร และตัวเก็บประจุที่ขาเกทของ IGBT เป็นวงจร LC ซึ่งจะทำให้เกิดความถี่แกว่ง (damping frequency) เนื่องจากสัญญาณที่เอาต์พุตของ Opto Isolate เป็นสัญญาณพัลส์ PWM ที่ประกอบด้วยฮาร์มอนิกของสัญญาณไซน์หลายความถี่ ซึ่งอาจทำให้เกิดการออสซิลเลท ได้จึงจำเป็นต้องใส่ตัวต้านทาน R_{3U} เพื่อควบคุมไม่ให้เกิดการแกว่งของสัญญาณ โดยจะทำให้ผลของ L ในลายวงจรลดลงจะมีผลของ R และ C เท่านั้น โดยการเพิ่มขึ้นของแรงดัน และลดลงของระดับแรงดันพัลส์ของสัญญาณ PWM จะขึ้นกับค่าเวลาคงตัวของ R_{3U} และ C ที่ขาเกทของ IGBT โดยมีค่าที่ $\tau = 28\text{nS}$

$$\tau = R_{3U} \cdot C_{GATE}$$

τ = คาบเวลาคงที่ (Time Constant)
 R_{3U} = ค่าตัวต้านทาน
 C_{GATE} = ค่าตัวเก็บประจุที่ขาเกตของ IGBT



ภาพที่ 3.8 วงจรขับสวิตช์ IGBT บนแผ่น PCB

3.3 วิธีการคำนวณหม้อแปลงไฟฟ้า [2]

1. หาพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก หรือหาขนาดของหม้อแปลง หรือขนาดแรงดันและกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงโดยคำนวณหาได้จากสูตร $A\sqrt{VA/5.58}$

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก VA = ขนาดกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลง

$$\text{จะได้ } A\sqrt{(220 \times 9)/5.58}$$

$$= 7.974 \text{ mm}$$

2. นำ A มาคำนวณหาจำนวนรอบต่อหนึ่งโวลต์ได้จากสูตร $N/V = 7.5/A$

$$\text{จะได้ } N/V = 7.5/7.974$$

$$= 0.940 \text{ รอบต่อโวลต์}$$

3. นำ N/V มาหาจำนวนรอบที่จะพันหม้อแปลงทางด้าน Primary และ Secondary ดังนี้

$$\text{จำนวนรอบด้าน Primary} = N_p = V_p \times N/V$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } N_p &= 220 \times 0.940 \\ &= 206.8 \text{ หรือประมาณ } 207 \text{ รอบ} \end{aligned}$$

$$\text{จำนวนรอบด้าน Secondary} = N_s = V_s \times N/V$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } N_s &= 5,000 \times 0.940 \\ &= 4,700 \text{ รอบ} \end{aligned}$$

4. หากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดแต่ละขดเพื่อจะนำไปเทียบกับตารางเพื่อหาขนาดของขดลวดทองแดงจากสูตร $I = \text{กำลังไฟฟ้าของหม้อแปลง} / \text{แรงดันไฟฟ้า}$

$$I_p = P / V_p$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } I_p &= 1,980 / 220 \\ &= 9 \text{ A} \end{aligned}$$

$$I_s = P / V_s$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } I_s &= 1,980 / 5,000 \\ &= 396 \text{ mA} \end{aligned}$$

5. หาเซอร์คูลาร์มีลเพื่อเปิดตารางหาขนาดของเบอร์ลวดทองแดง จากสูตร เซอร์คูลาร์มีล

$$I = 500$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ เซอร์คูลาร์มีลด้าน Primary} &= 9 \times 500 \\ &= 4,500 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เซอร์คูลาร์มีลด้าน Secondary} &= 396 \text{ m} \times 500 \\ &= 198 \end{aligned}$$

6. นำค่าเซอร์คูลาร์มีลมาเปิดตารางหาขนาดเบอร์ลวดทองแดงเพื่อใช้พันหม้อแปลง

ตารางที่ 3.1 ตารางเปรียบเทียบหลอดทองแดงไฟฟ้า

เบอร์ SFC	เส้นผ่าศูนย์กลาง		พื้นที่หน้าตัด	
	นิ้ว	มิลลิเมตร	เซอร์กิวลามีล	ตาราง มม.
0000	0.4			
000	0.372			
00	0.334			
0	0.324	8.23	106,500	54,186
1	0.3	7.62	90,000	46,451
2	0.276	7.06	77,176	39,847
3	0.252	6.4	66,370	32,768
4	0.232	5.89	52,630	27,753
5	0.212	5.38	41,740	23,155
6	0.192	4.88	33,100	18,215
7	0.176	4.46	30,976	15,913
8	0.16	4.06	26,250	13,026
9	0.144	3.66	20,766	10,716
10	0.128	3.24	16,510	8,398
11	0.166	2.94	13,090	6,914
13	0.092	2.336	8,234	4,305
14	0.08	2.03	6,530	3,296
★ 15	0.072	1.828	5,178	2,673
16	0.064	1.625	4,107	2,112
17	0.056	1.422	3,257	1,617
18	0.048	1.219	2,048	1,188
19	0.04	1.061	1,642	0.83
20	0.036	0.914	1,288	0.67
21	0.032	0.812	1,022	0.53
22	0.028	0.711	810.10	0.40
23	0.024	0.61	624.40	0.30
24	0.022	0.553	509.50	0.25
25	0.2	0.506	404.00	0.21
26	0.018	0.457	320.40	0.17
27	0.916	0.406	254.10	0.13


 ลวดด้าน Primary

ตารางที่ 3.1 ตารางเปรียบเทียบหลอดทองแดงไฟฟ้า (ต่อ)

☆	28	0.0148	0.376	201.50	0.11
	29	0.0136	0.345	184.90	0.10
	30	0.012	0.304	159.80	0.07
	31	0.011	0.29	126.70	0.07
	32	0.0102	0.274	116.20	0.06
	33	0.01	0.254	100.50	0.05
	34	0.009	0.228	81.00	0.04
	35	0.008	0.203	79.10	0.03
	36	0.0076	0.193	50.15	0.03
	37	0.0068	0.172	39.75	0.02
	38	0.0061	0.155	31.52	0.02
	39	0.0052	0.132	25.00	0.01
	40	0.0048	0.121		0.00
	41	0.0044	0.111	19.80	0.01
	42	0.004	0.1	15.72	0.01
	43	0.0036	0.0914	12.47	0.01
	44	0.0032	0.0812	9.89	0.01

ลวดด้าน Secondary

ด้าน Primary ใช้ลวดเบอร์ 15, ด้าน Secondary ใช้ลวดเบอร์ 28

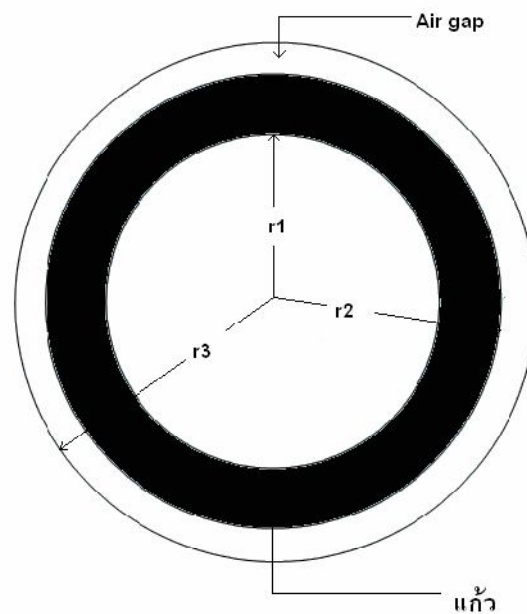


ภาพที่ 3.9 หม้อแปลงไฟฟ้า ที่ได้จากการคำนวณเพื่อใช้ในการวิจัย



ภาพที่ 3.10 การนำหม้อแปลงไฟฟ้าไปใช้ในวงจร

3.4 การคำนวณออกแบบชุด อิเล็กโทรด [6]



ภาพที่ 3.11 ชุดโครงสร้างโคโรนาทรงกระบอกซ้อนแกนร่วมสองชั้น

เส้นฟลักสนามไฟฟ้าจะอยู่ในแนวรัศมีและพื้นผิว ของทรงกระบอกคือ พื้นผิวศักย์ไฟฟ้าทำ โดย อาศัยสมการ ของ Maxwell สำหรับทรงกระบอกแกนร่วมยาว l รัศมี r หาสนามไฟฟ้าได้จาก

$$E_r = \frac{Q}{2\pi\epsilon l} \cdot \frac{1}{r} \quad (3.1)$$

แรงดัน V ที่ป้อนระหว่างทรงกระบอกทั้งสองเท่ากับ

$$V = \int_{r_1}^{r_2} E_r dr \quad (3.2)$$

จากสมการ (3.1) และ (3.2) จะได้

$$V = \frac{Q}{2\pi\epsilon l} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (3.3)$$

ความสัมพันธ์ของ E_r และ V คือ

$$E_r = \frac{V}{r \ln \frac{r_2}{r_1}} \quad (3.4)$$

ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดเกิดที่ผิวทรงกระบอกวงในดังนั้น

$$E_{\max} = E_{r_1} = \frac{V}{r_1 \ln \frac{r_2}{r_1}} \quad (3.5)$$

3.4.1 การออกแบบชุดสร้างโคโรนา

จากภาพที่ 3 ชุดสร้างโคโรนา

- ใช้แกนตัวนำภายในของชุดสร้างเป็นอลูมิเนียมมีรัศมี 0.0186 เมตร
- ฉนวนไฟฟ้าเป็นแก้ว (Pyrex) และอากาศมีค่าความคงทน สนามไฟฟ้า เท่ากับ 9 และ 1 ตามลำดับ
- ทรงกระบอกนอกสุดใช้สแตนเลสมีรัศมี 0.0214 เมตร
- ความยาวของแท่งทรงกระบอก (l) คือ 0.2 เมตร

ขนาดของรัศมีของทรงกระบอกที่ใช้จริงที่สามารถวัดได้คือ

$$r_1 = 0.0186 \text{ m}$$

$$r_2 = 0.0193 \text{ m}$$

$$r_3 = 0.0214 \text{ m}$$

หาปริมาตรอากาศภายใน gap ได้จากสมการ

$$\begin{aligned} V &= \pi (r_3^2 - r_2^2) \times l \\ &= \pi (0.0214^2 - 0.0193^2) \times 0.2 \\ &= 53.702 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ หรือ } 53.702 \text{ Cm}^3 \end{aligned}$$

ระดับพลังงาน ที่ต้องใช้ในการแตกตัวของก๊าซ ที่ย่านพลังงาน 1.172 kW/ m³

$$\begin{aligned} &= 1.172 \times 10^3 \times 53.702 \times 10^{-6} \\ &= 0.063 \text{ w - h} \end{aligned}$$

ถึงย่านพลังงาน 1.62kW/ m³

$$\begin{aligned} &= 1.62 \times 10^3 \times 53.702 \times 10^{-6} \\ &= 0.087 \text{ w - h} \end{aligned}$$

พลังงานในการผลิตเนื่องจากสนามไฟฟ้า E หาได้จาก

$$W = \frac{1}{2} \int \epsilon E^2 dv \quad (3.6)$$

เมื่อ W คือค่าพลังงานที่ใช้

V คือ ปริมาตรที่ใช้

ϵ คือ absolute Dielectric Constance of a dielectric = 8.854×10^{-12}

$$E = \sqrt{\frac{2w}{\epsilon V}} \quad (3.7)$$

แทนค่าในสมการจะได้

$$E_{min} = \sqrt{\frac{2(0.063)}{(8.854 \times 10^{-12}) \times 53.702}}$$

$$= 16.28 \text{ kV/cm}$$

$$E_{max} = \sqrt{\frac{2(0.087)}{(8.854 \times 10^{-12}) \times 53.702}}$$

$$= 19.13 \text{ kV/cm}$$

$E_{min} = 16.28 \text{ kV/cm}$ และ $E_{max} = 19.13 \text{ kV/cm}$ เป็นย่านสนามไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการแตกตัวของอากาศ ที่ทำให้เป็นก๊าซไอออน

การใช้ทรงกระบอกซ้อนกันรวมจำนวนสองชั้นจะมีสมการค่า สนามไฟฟ้าสัมพันธ์กับแรงดันดังนี้

$$E = \frac{\epsilon_1 V i}{r_1 \left(\epsilon_1 \ln \frac{r_3}{r_2} + \epsilon_2 \ln \frac{r_2}{r_1} \right)} \quad (3.8)$$

เมื่อ

E = สนามไฟฟ้าที่ทำให้เกิดไอออน = 16.22 kV/cm

V_i = แรงดันที่ต้องใช้

ϵ_1 = ความคงทนสนามไฟฟ้าของฉนวนไฟฟ้าชั้นที่ 1 คือฉนวนแก้วมีค่า $\epsilon_1 = 9$

ϵ_2 = ความคงทนสนามไฟฟ้าของฉนวนไฟฟ้าชั้นที่ 2 คือฉนวนแก้วมีค่า $\epsilon_2 = 1$

จากสมการ หา E ข้างต้น จะสามารถหาค่า V_{min} และ V_{max} ได้ แทนค่าจะได้

$$V_{min} = \frac{(16.28 \times 10^3)(1.93) \left(9 \ln \frac{2.14}{1.93} + \ln \frac{1.93}{1.86} \right)}{9} = 3.374 \text{ kV}$$

$$V_{max} = \frac{(19.13 \times 10^3)(1.93) \left(9 \ln \frac{2.14}{1.93} + \ln \frac{1.93}{1.86} \right)}{9} = 3.965 \text{ kV}$$

ดังนั้น ย่านแรงดันที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์โคโรนาในการผลิตคือ 3.374 – 3.965 kV

หลอดผลิตไอออนจะมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าเป็นเสมือนตัวเก็บประจุ โดยมีทรงกระบอกสแตนเลส ภายนอก และทรงกระบอกสแตนเลสภายในเป็นขั้วไฟฟ้า ในขณะที่แก้วและอากาศหรือออกซิเจนที่อยู่ระหว่างขั้วไฟฟ้าทำหน้าที่เป็น Dielectric ขณะที่ผลิตไอออน ปริมาตรอากาศ

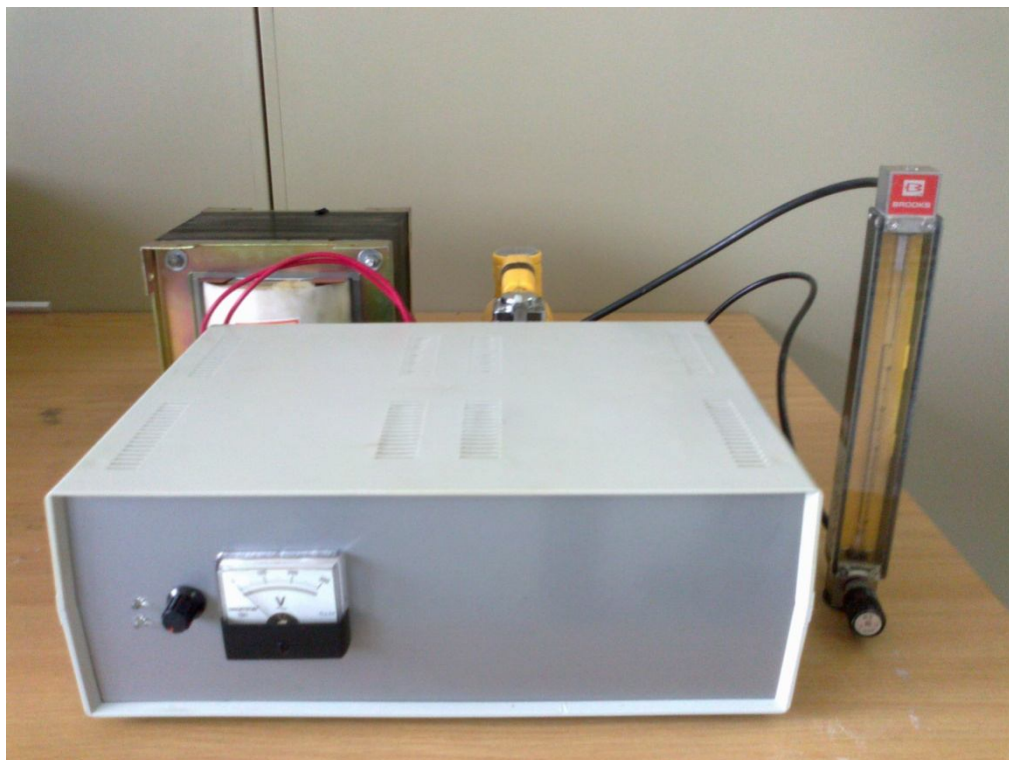
หรือออกซิเจนที่ไหลผ่านระหว่างทรงกระบอกทั้งสอง จะได้รับพลังงานจากสนามไฟฟ้าความเข้มสูง ทำให้โมเลกุลออกซิเจนแตกตัวเป็นอะตอมเดี่ยว โมเลกุลอากาศหรือออกซิเจนบางส่วนเกิด Ionization ทำให้เกิดสภาพนำไฟฟ้าได้ ปริมาตรก๊าซส่วนนี้จะมีคุณสมบัติเป็นเสมือนตัวต้านทานไฟฟ้า



ภาพที่ 3.12 Electrode ที่ได้หลังจากคำนวณ (ตามขวาง)



ภาพที่ 3.13 Electrode ที่ได้หลังจากคำนวณ (ตามยาว)



ภาพที่ 3.14 เครื่องผลิตโอโซนที่เสร็จสมบูรณ์

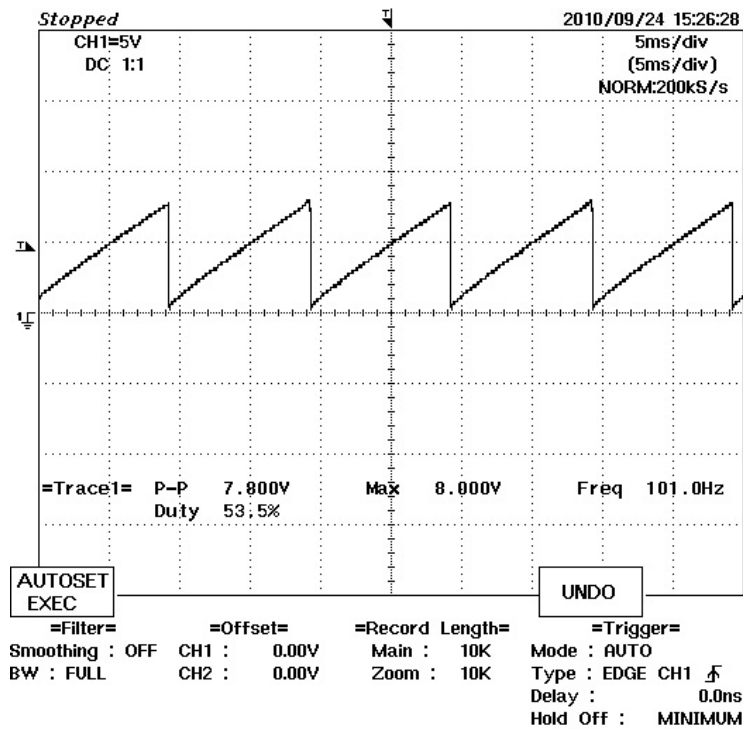
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองสัญญาณพัลส์ของไอซี ทีซีเอ785 แบบ ลองพัลส์

4.1.1 การวัดสัญญาณ Ramp Capacitor

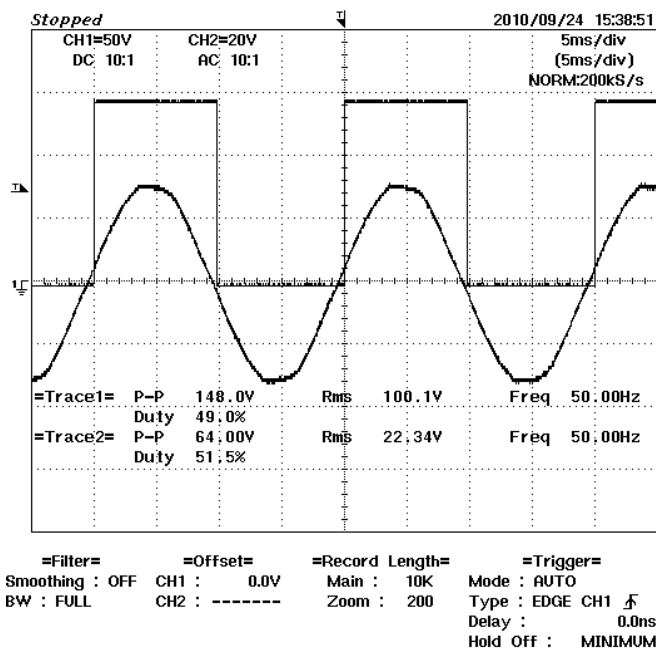
จากภาพเป็นสัญญาณที่วัดได้ขา 10 ของ TCA 785 โดยมีคาปาซิเตอร์ต่ออยู่หน้าขา 10 เรียกคาปาซิเตอร์นี้ว่า Ramp Capacitor คาปาซิเตอร์นี้เป็นตัวเก็บประจุสัญญาณลาดเอียง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 500 pF ถึง 1uF ทำการวัดสัญญาณแรมพ์ได้ที่ขา 10 ของ TCA 785



ภาพที่ 4.1 สัญญาณ Output ที่ขา 10

4.1.2 แสดงสัญญาณเอาต์พุต ของ TCA 785 ที่ขา 15 แบบ long pulse

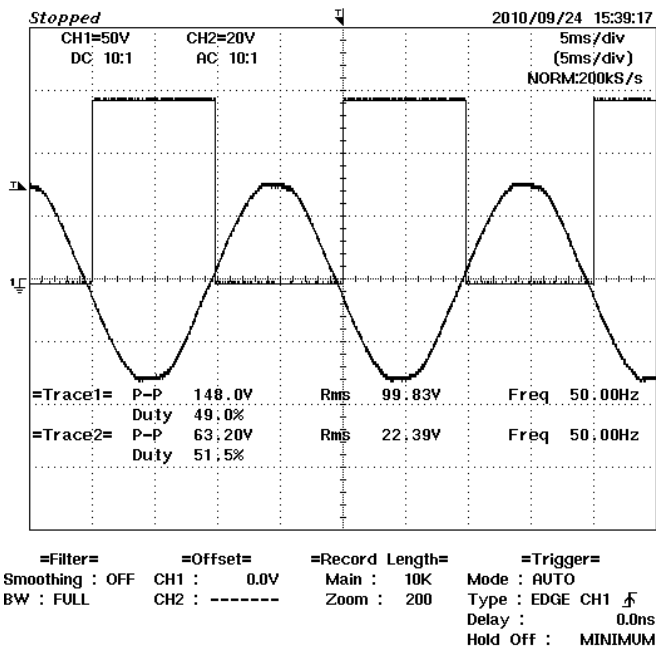
โดยเปรียบเทียบกับสัญญาณไซน์ ซึ่งใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ 15 Vp-p ความถี่ 50 Hz



ภาพที่ 4.2 สัญญาณ Output ที่ขา 15

4.1.3 แสดงสัญญาณเอาต์พุต ของ TCA 785 ที่ขา 14 แบบ long pulse

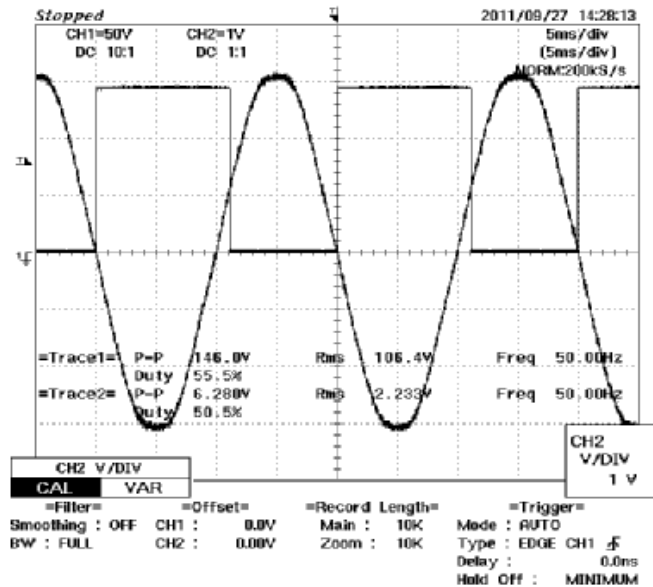
โดยเปรียบเทียบกับสัญญาณไซน์ ซึ่งใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ 15 Vp-p ความถี่ 50 Hz



ภาพที่ 4.3 สัญญาณ Output ที่ขา 14

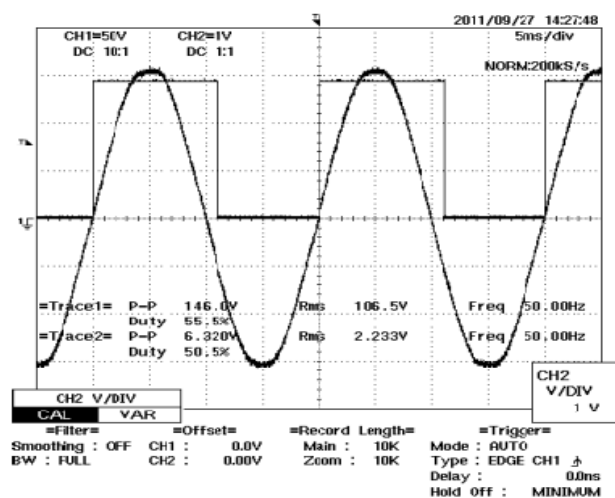
4.2 ผลการทดลองสัญญาณพัลส์โดยการแปลงกลับ

4.2.1 แสดงสัญญาณเอาต์พุต ของ TCA 785 ที่ขา 15 แบบ long pulse ทำการ Invert สัญญาณเปรียบเทียบกับสัญญาณไซน์ ซึ่งใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ 15 Vp-p ความถี่ 50 Hz



ภาพที่ 4.4 สัญญาณ Output ที่ขา 15

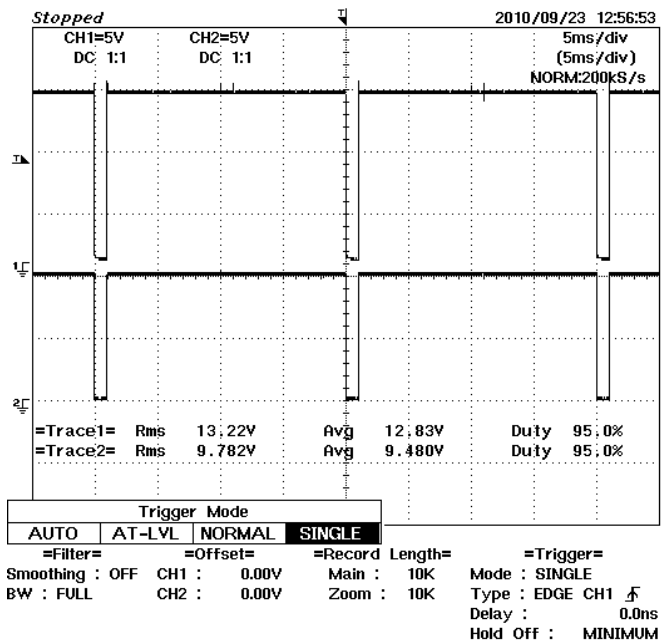
4.2.2 แสดงสัญญาณเอาต์พุต ของ TCA 785 ที่ขา 14 แบบ long pulse ทำการ Invert สัญญาณเปรียบเทียบกับสัญญาณไซน์ ซึ่งใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ 15 Vp-p ความถี่ 50 Hz



ภาพที่ 4.5 สัญญาณ Output ที่ขา 14

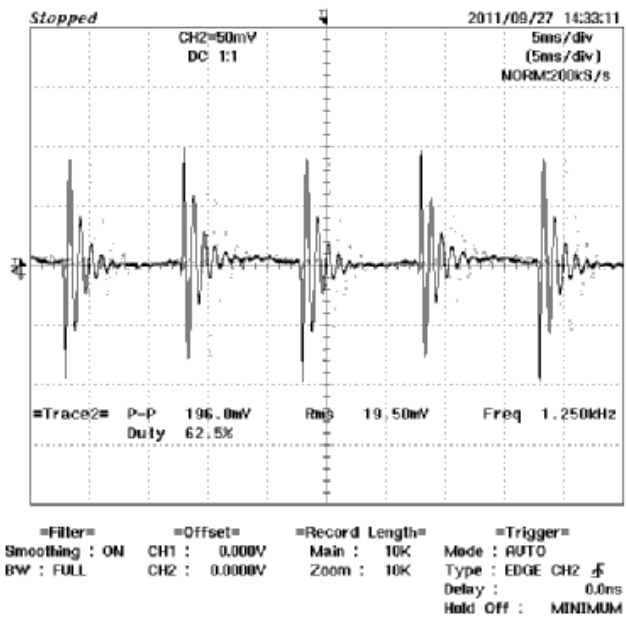
4.3 ผลการทดลองสัญญาณ ออปโต ไอโซเลเตอร์

4.3.1 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเทียบกับสัญญาณอินพุต ของ ออปโต ไอโซเลเตอร์



ภาพที่ 4.6 สัญญาณของ ออปโต ไอโซเลเตอร์

4.3.1 ผลการทดลองสัญญาณเอาต์พุต ของ หม้อแปลงไฟฟ้า

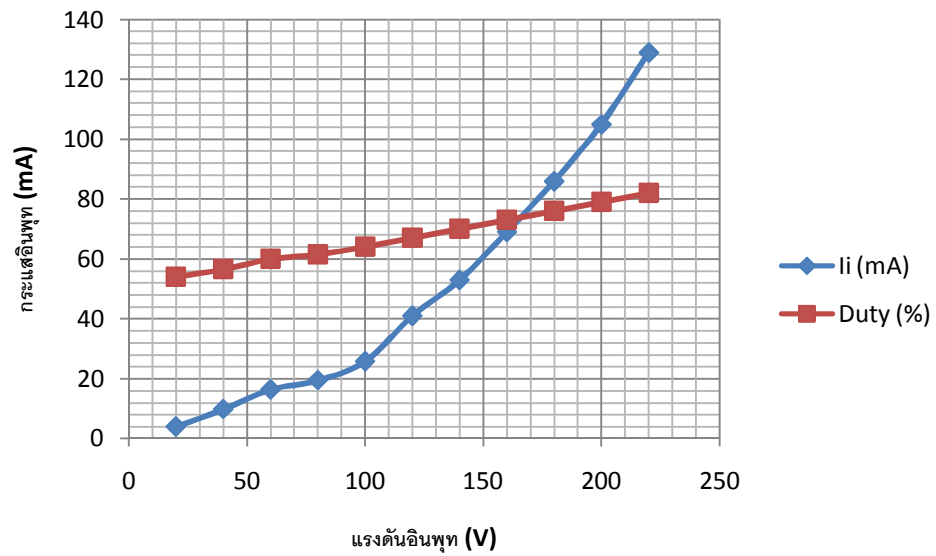


ภาพที่ 4.7 สัญญาณของ หม้อแปลงไฟฟ้า

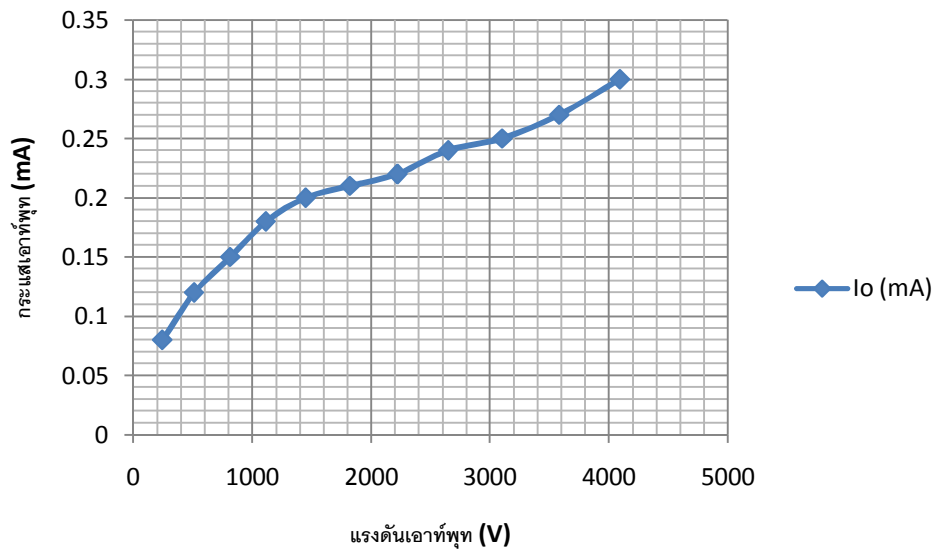
4.4 ผลการทดลองค่าแรงดันและกระแส อินพุท, เอาท์พุท

Duty Cycle (%)	V_i (V)	I_i (mA)	V_o (V)	I_o (mA)
52.7	10	1.7	119	0.04
54	20	4	245	0.08
55.5	30	6.8	377	0.1
56.5	40	9.8	513	0.12
58.5	50	13	663	0.13
60	60	16.4	817	0.15
60.5	70	19.3	961	0.17
61.5	80	19.5	1,116	0.18
63	90	22.5	1,287	0.19
64	100	25.8	1,452	0.2
66	110	29	1,648	0.21
67	120	41	1,825	0.21
68.5	130	48	2,021	0.22
70	140	53	2,224	0.22
71	150	60	2,417	0.23
73	160	69	2,651	0.24
74.5	170	78	2,874	0.25
76	180	86	3,105	0.25
77.5	190	95	3,342	0.26
79	200	105	3,586	0.27
81	210	108	3,861	0.29
82	220	129	4,095	0.3

ตารางที่ 4.1 ค่า Duty Cycle, แรงดัน Input - Output และ กระแส Input - Output

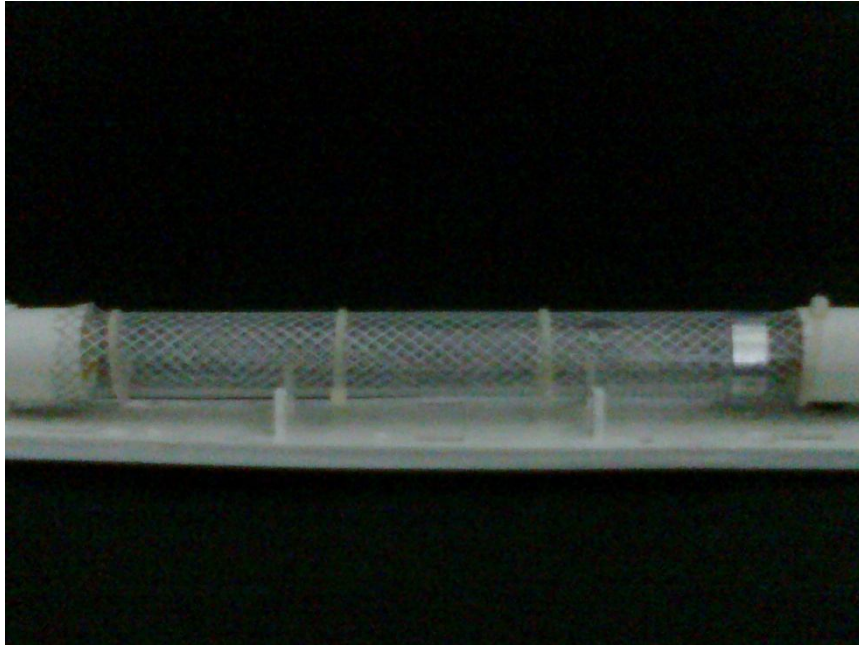


ภาพที่ 4.8 ค่า Duty Cycle, แรงดัน Input และ กระแส Input

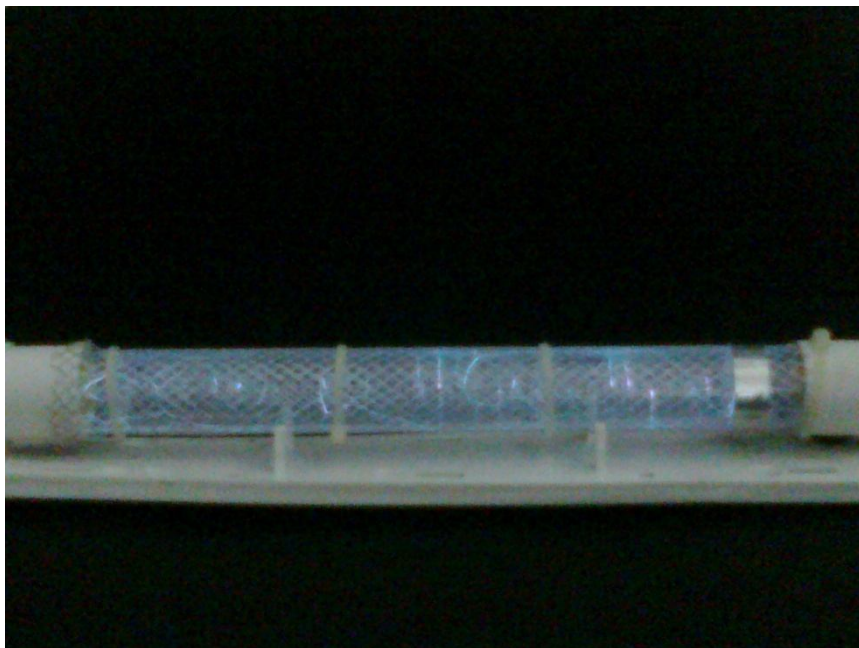


ภาพที่ 4.9 ค่าแรงดัน Output และ กระแส Output

4.5 ผลการทดลองชุดทดสอบโคโรนา



ภาพที่ 4.10 ตัวนำก่อนการเกิด corona discharge

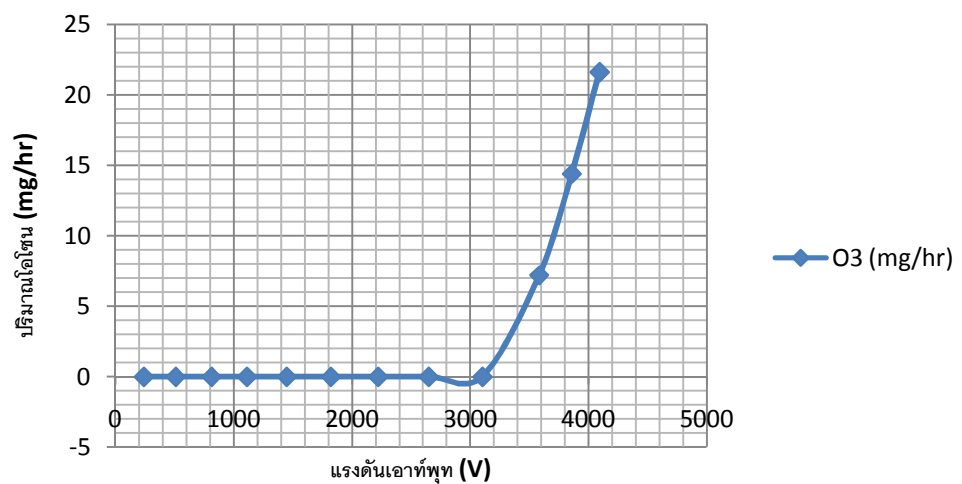


ภาพที่ 4.11 ตัวนำเมื่อเกิด corona discharge

4.6 ผลการทดลองวัดปริมาณโอโซน

แรงดัน (V)	Flow Rate (L/min)	เวลา (min)	N Na ₂ S ₂ O ₂				Ozone	
			ครั้งที่	เริ่มต้น	สิ้นสุด	ใช้ไป	(mg)	(mg/hr)
200	5	1	1	6.15	6.2	0.05	0.12	7.2
			2	6.2	6.25	0.05	0.12	7.2
			3	6.3	6.35	0.05	0.12	7.2
			avg.			0.05	0.12	7.2
210	5	1	1	5.7	5.8	0.1	0.24	14.4
			2	5.85	5.95	0.1	0.24	14.4
			3	6.0	6.1	0.1	0.24	14.4
			avg.			0.1	0.24	14.4
220	5	1	1	5.13	5.3	0.15	0.36	21.6
			2	5.35	5.5	0.15	0.36	21.6
			3	5.6	5.7	0.15	0.36	21.6
			avg.			0.15	0.36	21.6

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวัดปริมาณ โอโซน



ภาพที่ 4.12 ค่า แรงดัน Output และ ปริมาณ โอโซน

4.7 ผลการทดลองการประยุกต์ใช้ก๊าซโอโซนที่ระดับแรงดัน 4100 V/โอโซน 21.6 mg/hr



(ก)

(ก.) ผ้าที่เปื้อนคราบน้ำหวาน



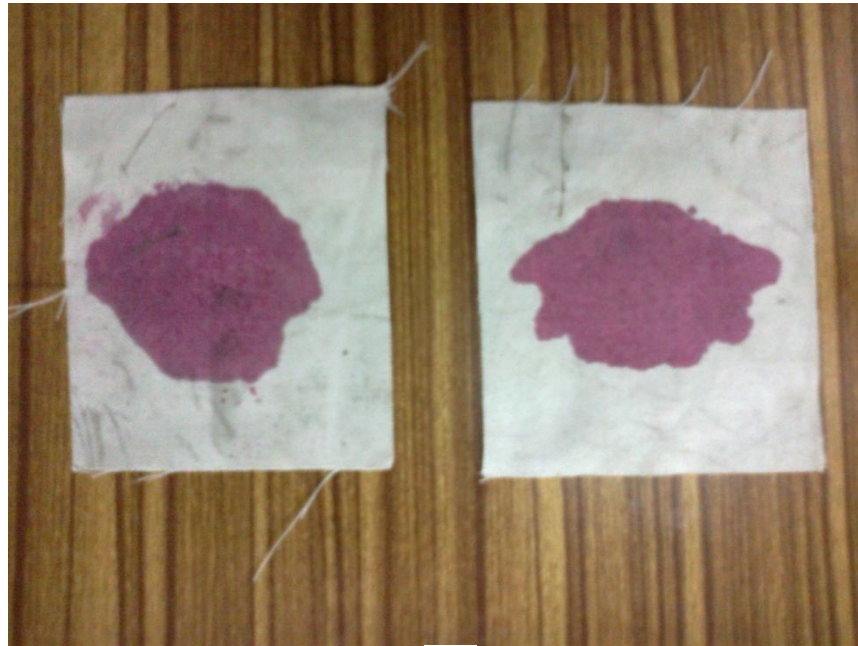
(ข)

(ค)

(ข.) ผ้าที่แช่ในน้ำเปล่า

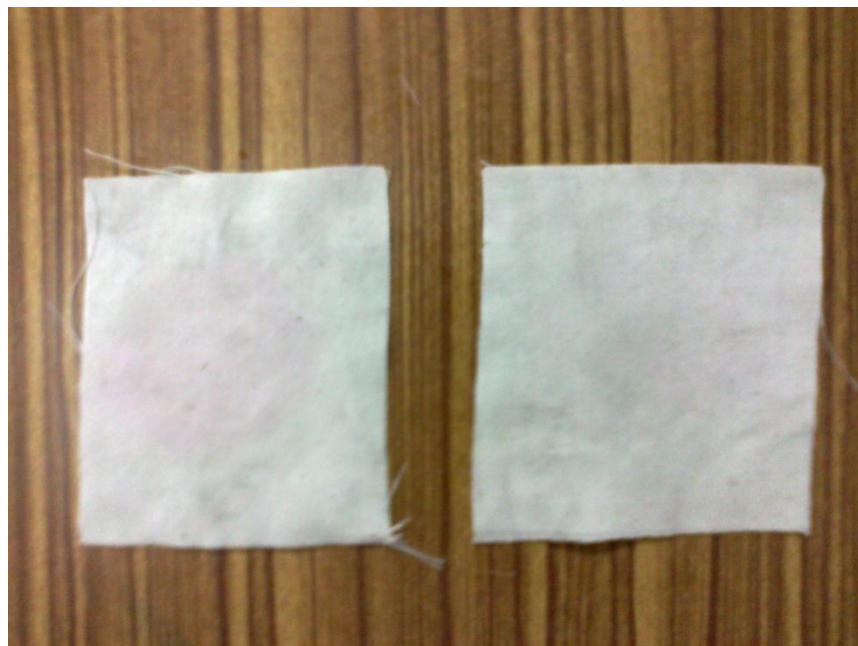
(ค.) ผ้าที่แช่ในน้ำเปล่าผสมก๊าซโอโซน

ภาพที่ 4.13 การเปรียบเทียบการกำจัดคราบน้ำหวานบนผ้า ที่เวลา 5 นาที



(ก)

(ก.) ผ้าที่เปื้อนคราบน้ำหวาน



(ข)

(ค)

(ข.) ผ้าที่แช่ในน้ำเปล่า

(ค.) ผ้าที่แช่ในน้ำเปล่าผสมก๊าซโอโซน

ภาพที่ 4.14 การเปรียบเทียบการกำจัดคราบน้ำหวานบนผ้า ที่เวลา 15 นาที



(ก)

(ก.) ผ้าที่เปื้อนคราบฝุ่น



(ข)

(ข.) ผ้าที่เช็ดในน้ำเปล่า

(ค)

(ค.) ผ้าที่เช็ดในน้ำเปล่าผสมก๊าซโอโซน

ภาพที่ 4.15 การเปรียบเทียบการกำจัดคราบฝุ่นบนผ้า ที่เวลา 5 นาที



(ก)

(ก.) ผ้าที่เปื้อนคราบฝุ่น



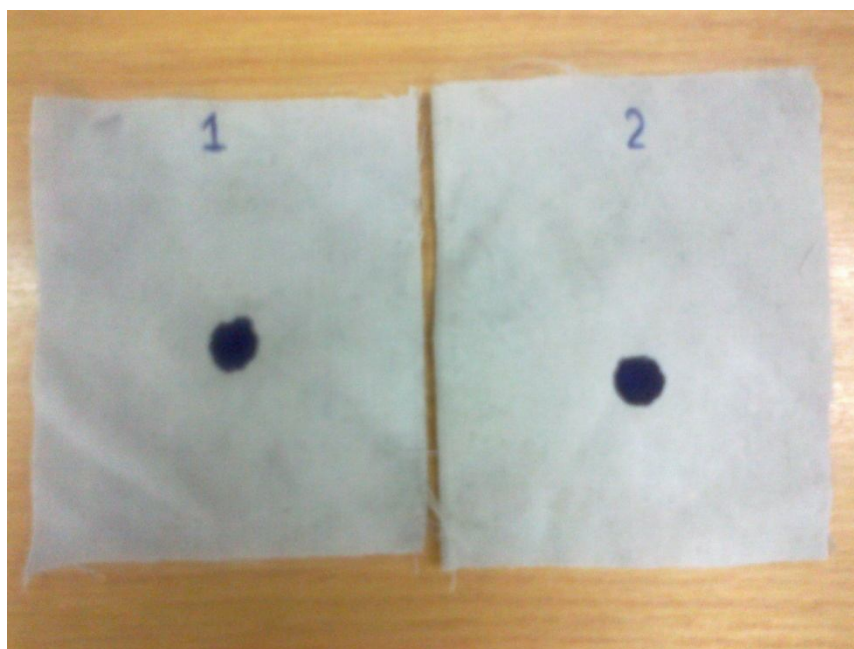
(ข)

(ค)

(ข.) ผ้าที่แช่ในน้ำเปล่า

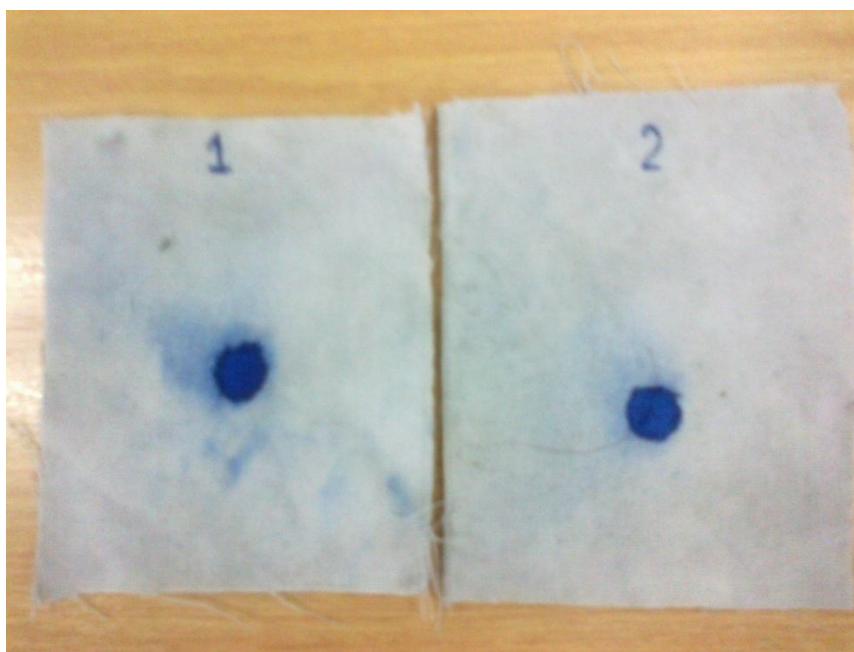
(ค.) ผ้าที่แช่ในน้ำเปล่าผสมก๊าซโอโซน

ภาพที่ 4.16 การเปรียบเทียบการกำจัดคราบฝุ่นบนผ้า ที่เวลา 15 นาที



(ก)

(ก.) ผ้าที่เปื้อนคราบน้ำหมึกปากกา



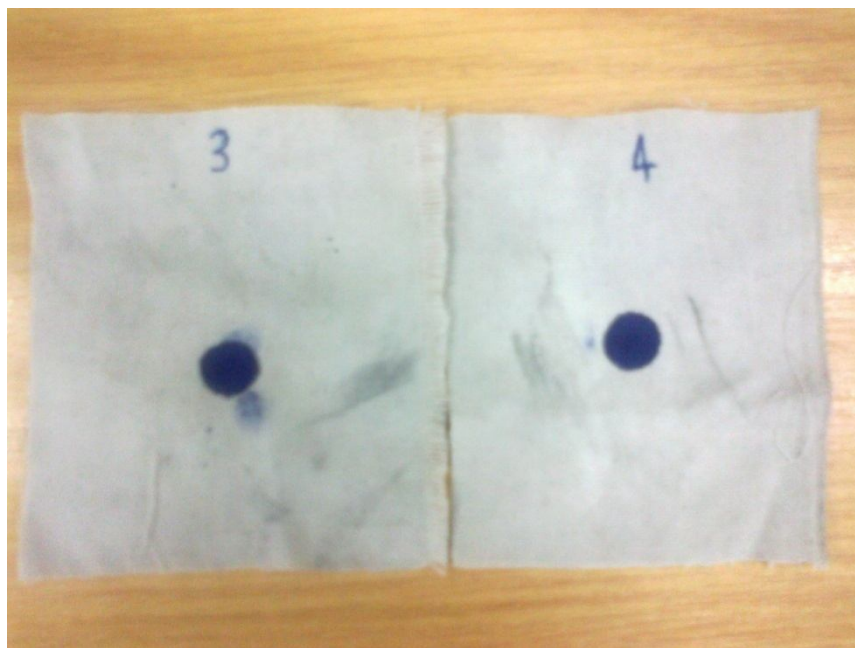
(ข)

(ข.) ผ้าที่แช่ในน้ำเปล่า

(ค)

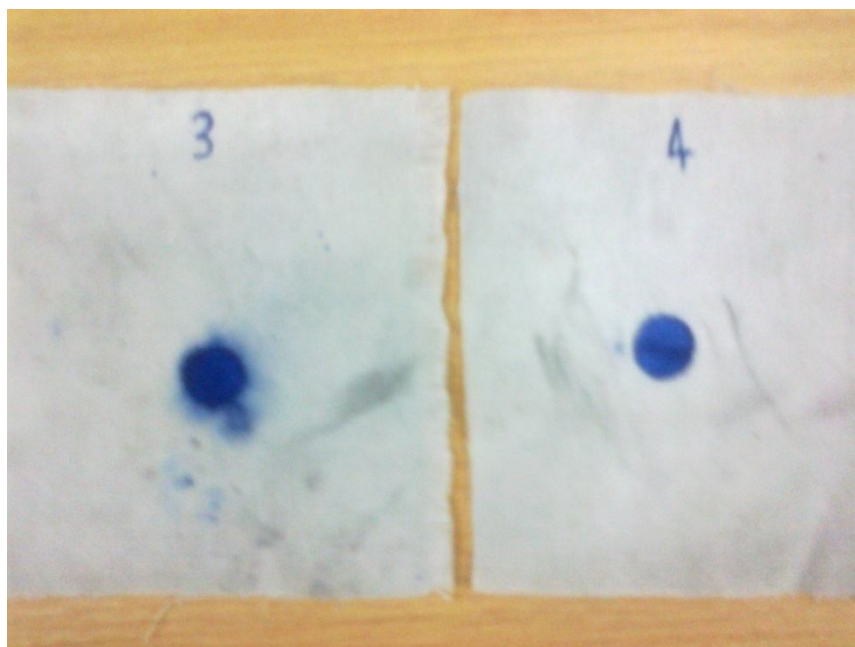
(ค.) ผ้าที่แช่ในน้ำเปล่าผสมก๊าซโอโซน

ภาพที่ 4.17 การเปรียบเทียบการกำจัดคราบน้ำหมึกบนผ้า ที่เวลา 5 นาที



(ก)

(ก.) ผ้าที่เปื้อนคราบน้ำหมึกปากกา



(ข)

(ข.) ผ้าที่แช่ในน้ำเปล่า

(ค)

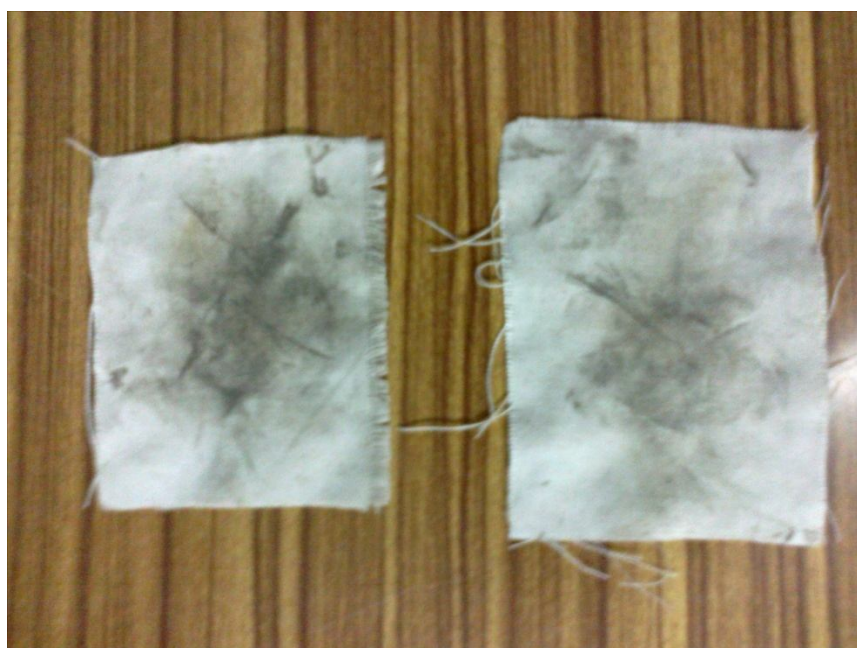
(ค.) ผ้าที่แช่ในน้ำเปล่าผสมก๊าซโอโซน

ภาพที่ 4.18 การเปรียบเทียบการกำจัดคราบน้ำหมึกบนผ้า ที่เวลา 15 นาที



(ก)

(ก.) ผ้าที่เปื้อนคราบจาระบี



(ข)

(ข.) ผ้าที่เช้ในน้ำเปล่า

(ค)

(ค.) ผ้าที่เช้ในน้ำเปล่าผสมก๊าซโอโซน

ภาพที่ 4.19 การเปรียบเทียบการกำจัดคราบจาระบีบนผ้า ที่เวลา 30 นาที

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและข้อเสนอแนะ

เครื่องผลิตไอโซนในการออกแบบนี้ต้องการให้เกิดการไอออไนเซชันเพื่อให้มีการผลิตไอโซนโดยการป้อนแรงดันไฟฟ้าให้เกิดกระแสโคโรนาขึ้น โดยใช้แรงดันภายในช่วงระหว่าง 3.374 – 3.965 kV และถ้าหากใช้มากกว่านี้จะทำให้เกิดการเบรกดาวน์ของแท่งอิเล็กโตรด

จากการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันตั้งแต่ 3,586-4,095 kv แต่ค่าความถี่คงที่คือ 50 Hz เพื่อดูอัตราปริมาณ ไอโซนว่าได้มีการเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใดซึ่งผลการทดลองที่ได้มากที่สุดแรงดัน 4,095 kv ผลิตไอโซนได้ 21.6 mg/hr ซึ่งในการทดลองยังไม่ได้คำนึงถึงพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่ส่งผลต่อปริมาณก๊าซไอโซนเท่าไหร่นัก เช่น ความชื้น อุณหภูมิ แสง และ เสียง แต่ได้ศึกษาเพียงการเปลี่ยนแปลงแรงดันสูงเท่านั้น

การออกแบบชุดเครื่องผลิตไอโซนด้วยแรงดันสูง, ความถี่ 50 Hz เมื่อเปรียบเทียบกับประมาณจะมากกว่าชุดผลิตไอโซนแบบแรงดันสูงและความถี่สูง เพราะว่าอุปกรณ์หลักอย่างเช่นหม้อแปลงจะมีราคาค่อนข้างสูงและมีขนาดใหญ่จึงไม่แนะนำให้ใช้ในการออกแบบโครงวิจัยนี้

ไอโซนเป็นก๊าซอันตรายการทดสอบและวิจัยควรมีความรู้ และการป้องกันในระดับหนึ่ง นอกจากนี้การวัดปริมาณไอโซนวิธีแบบ Iodometric Method จะถูกต้องมากกว่า แต่ผู้ใช้ต้องมีทักษะทางเคมีพอสมควร จากการวิจัยทดสอบกำจัดกลิ่นอับบนผ้าซึ่งไม่สามารถระบุค่าออกมาเป็นรูปธรรมได้ การพิสูจน์กลิ่นจะขึ้นอยู่กับความรู้สึกของแต่ละตัวบุคคล ในการทดลองนี้จึงใช้การกำจัดคราบสกปรกมาแสดงผลแทนการกำจัดกลิ่น เพราะคราบสกปรกสามารถมองเห็นและแสดงผลได้ดีกว่ากลิ่น

บรรณานุกรม

- [1] รศ.ดร.พิเชษฐ ลีสุวรรณ , อาจารย์สุรพล บุญดวง กลุ่มนักวิจัยทางด้าน โอโซน
<http://www.physics.kmutt.ac.th/researchgroup4.html>
- [2] รศ.ดร.วีระเชษฐ ชันเงิน / วุฒิพล ชาราธิรเศรษฐ์ อิเล็กทรอนิกส์กำลัง
- [3] E.Kuff and M.Abddulah, “High-Voltage Engineering,” Pergamon Press , Oxford, 1977.
- [4] พรพิมล รัตนวิเชียร. เครื่องผลิต โอโซนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์. ปรินูญานิพนธ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2540
- [5] สุรพล บุญดวง. การผลิตโอโซนโดยวิธีโคโรน่า คิสซาร์จ. วิทยานิพนธ์.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2549
- [6] ศิศิโรจน์ เกตุแก้ว. การออกแบบและการสร้างเครื่องผลิตโอโซนโดยใช้อินเวอร์เตอร์แรงดันสูง ความถี่สูงสำหรับแท่งอิเล็กโตรดแบบทรงกระบอกแกนร่วม.มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 2549

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
(เครื่องมือวัด)

1. มัลติมิเตอร์ (Multimeter)



Fluke Multimeter : Range Max 600Vrms , Max 10A

ใช้ในการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสตรง กระแสสลับ และสามารถวัดค่าทางศักย์ไฟฟ้า
ต่างๆ ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้

2. ดิฟเฟอเรนเชียล โพรบ (Differential Probe)



Range: Max 1000Vrms \pm 700V@1:100 \pm 70V @1:10

เป็นเครื่องมือที่ใช้สัญญาณ sine wave ทางด้านแรงดันสูง

3. ไฮโวลต์ที่แดงโพรบ (High Voltage Probe Meter)



Voltage DC: 400 - 40KV

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดแรงดันกระแสตรงที่มีศักย์ไฟฟ้าแรงดันสูง

4. ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)



YOGOGAWA 8bit 200ms/s 150MHz Digital Oscilloscope(DL 1520)

Model 701505 Suffix-5-C2/B5 No.12W931945J

220-240VAC~140VA Max 50/60Hz

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดแอมป์ที่ผลค่าทางศักย์ไฟฟ้าและสัญญาณต่างๆ ทางด้าน

Input – Output

5. โฟลว์มิเตอร์ (Flowmeter)



ยี่ห้อ BROOKS Model. 2-135AV Range: 5L/min [n]

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณของอากาศที่ไหลผ่าน Electrode

ภาคผนวก ข
(ข้อมูลการใช้งานอุปกรณ์)

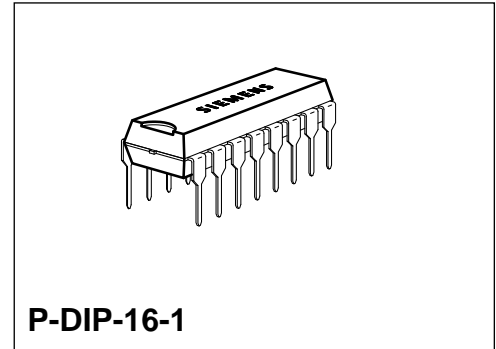
Phase Control IC

TCA 785

Bipolar IC

Features

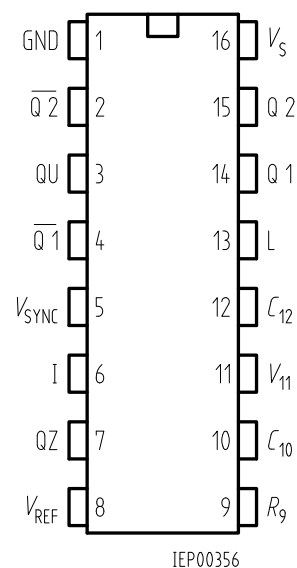
- Reliable recognition of zero passage
- Large application scope
- May be used as zero point switch
- LSL compatible
- Three-phase operation possible (3 ICs)
- Output current 250 mA
- Large ramp current range
- Wide temperature range



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

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

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



Pin Configuration (top view)

Pin Definitions and Functions

Pin	Symbol	Function
1	GND	Ground
2	$\overline{Q2}$	Output 2 inverted
3	\overline{QU}	Output U
4	$\overline{Q2}$	Output 1 inverted
5	V_{SYNC}	Synchronous voltage
6	I	Inhibit
7	QZ	Output Z
8	V_{REF}	Stabilized voltage
9	R_9	Ramp resistance
10	C_{10}	Ramp capacitance
11	V_{11}	Control voltage
12	C_{12}	Pulse extension
13	L	Long pulse
14	Q 1	Output 1
15	Q 2	Output 2
16	V_S	Supply voltage

Functional Description

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

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

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

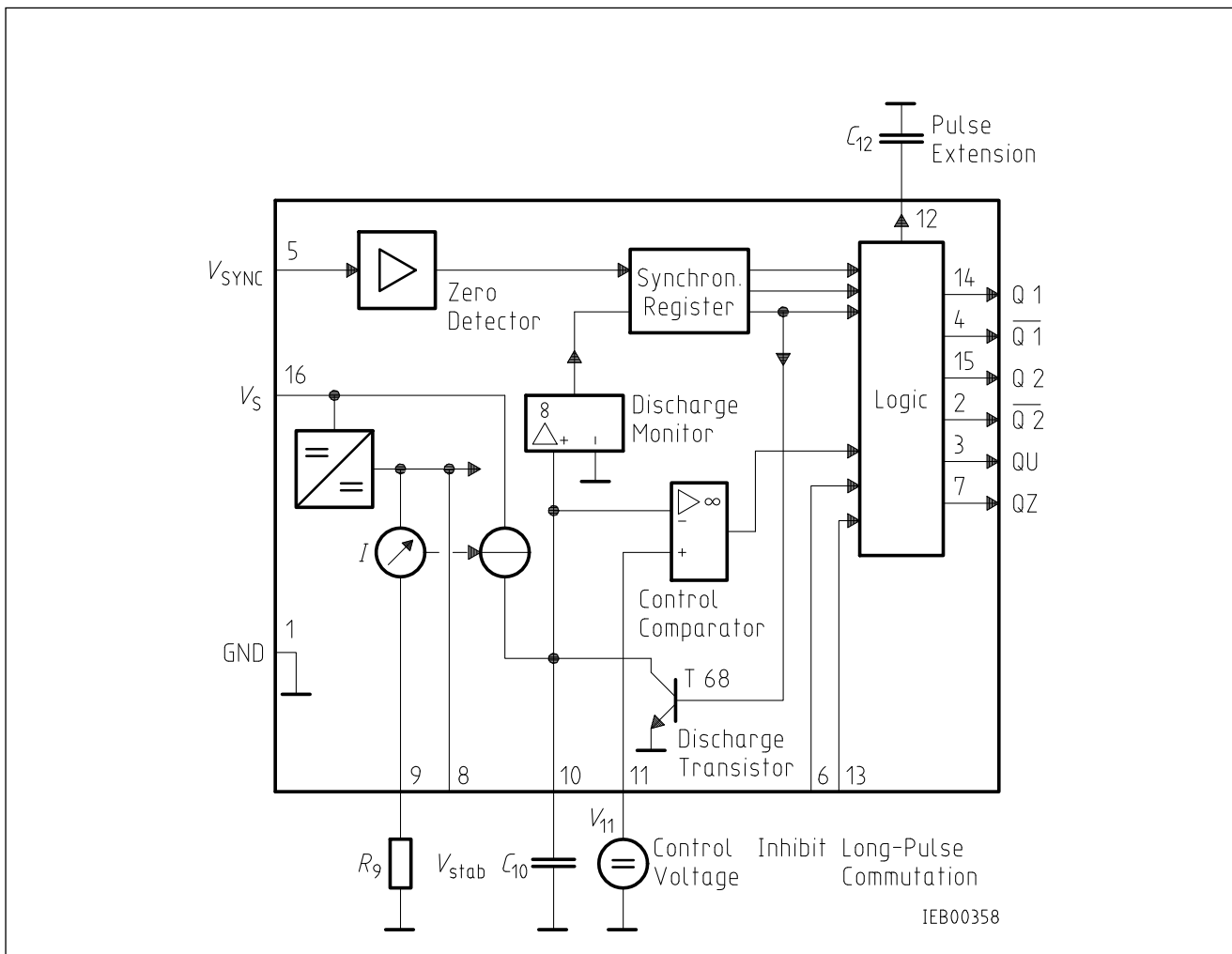
Outputs $\overline{Q1}$ and $\overline{Q2}$ supply the inverse signals of Q 1 and Q 2.

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

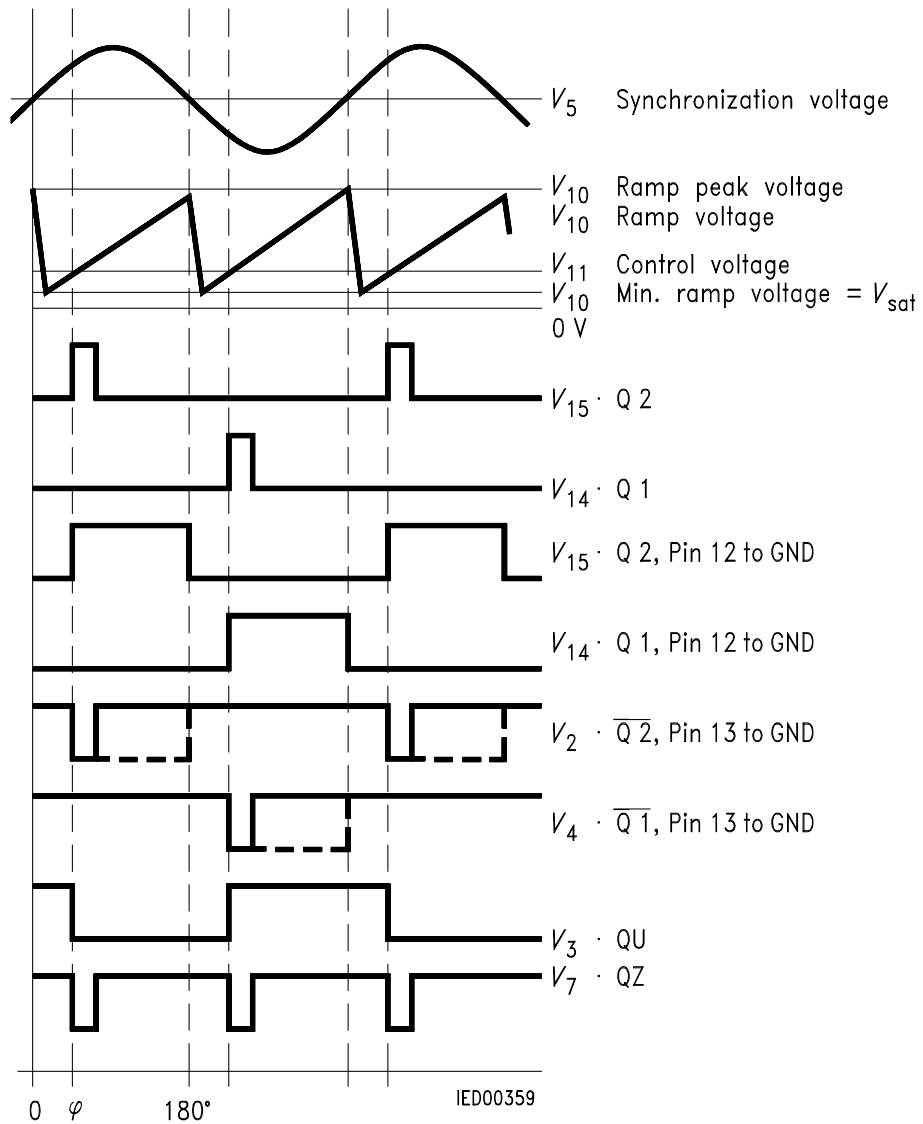
A signal which corresponds to the NOR link of Q 1 and Q 2 is available at output Q Z (pin 7).

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

Pin 13 can be used to extend the outputs $\overline{Q1}$ and $\overline{Q2}$ to full pulse length ($180^\circ - \varphi$).



Block Diagram



Pulse Diagram

Absolute Maximum Ratings

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

Operating Range

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

Characteristics

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

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Supply current consumption S1 ... S6 open $V_{11} = 0 \text{ V}$ $C_{10} = 47 \text{ nF}$; $R_9 = 100 \text{ k}\Omega$	I_S	4.5	6.5	10	mA	1
Synchronization pin 5 Input current R_2 varied	$I_{5 rms}$	30		200	μA	1
Offset voltage	ΔV_5		30	75	mV	4
Control input pin 11 Control voltage range	V_{11}	0.2		$V_{10 peak}$	V	1
Input resistance	R_{11}		15		$k\Omega$	5

Characteristics (cont'd)

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

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

Characteristics (cont'd)

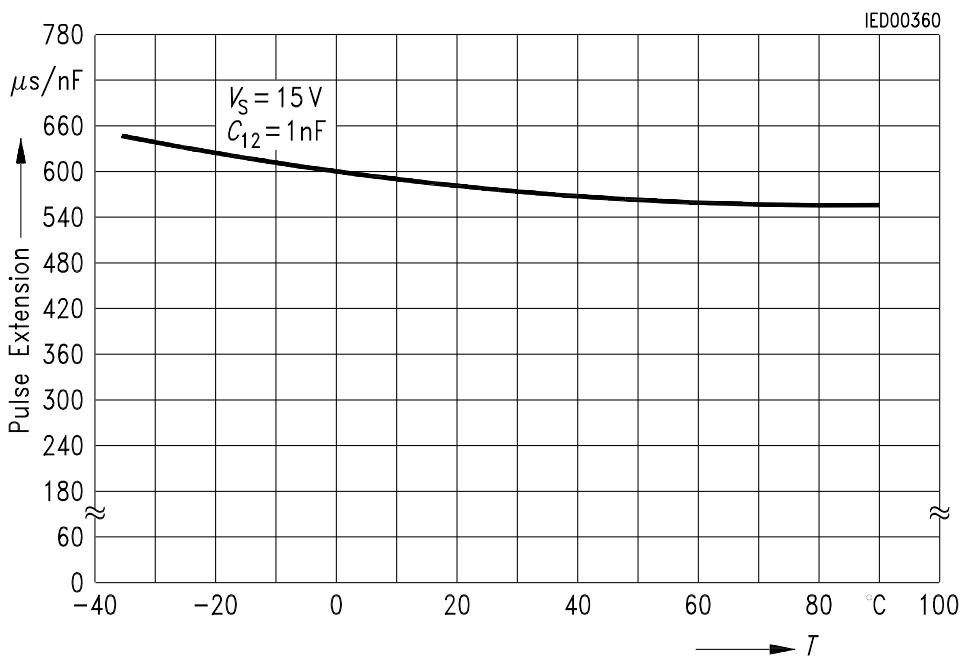
$8 \leq V_S \leq 18 \text{ V}; -25 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85 \text{ }^\circ\text{C}; f = 50 \text{ Hz}$

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

Application Hints for External Components

		min		max	
Ramp capacitance	C_{10}	500 pF		$1 \mu\text{F}^1)$	The minimum and maximum values of I_{10} are to be observed
Triggering point	$t_{Tr} =$	$\frac{V_{11} \times R_9 \times C_{10}}{V_{REF} \times K}$		2)	
Charge current	$I_{10} =$	$\frac{V_{REF} \times K}{R_9}$		2)	Ramp voltage $V_{10 \max} = V_S - 2 V$ $V_{10} = \frac{V_{REF} \times K \times t}{R_9 \times C_{10}}$ 2)

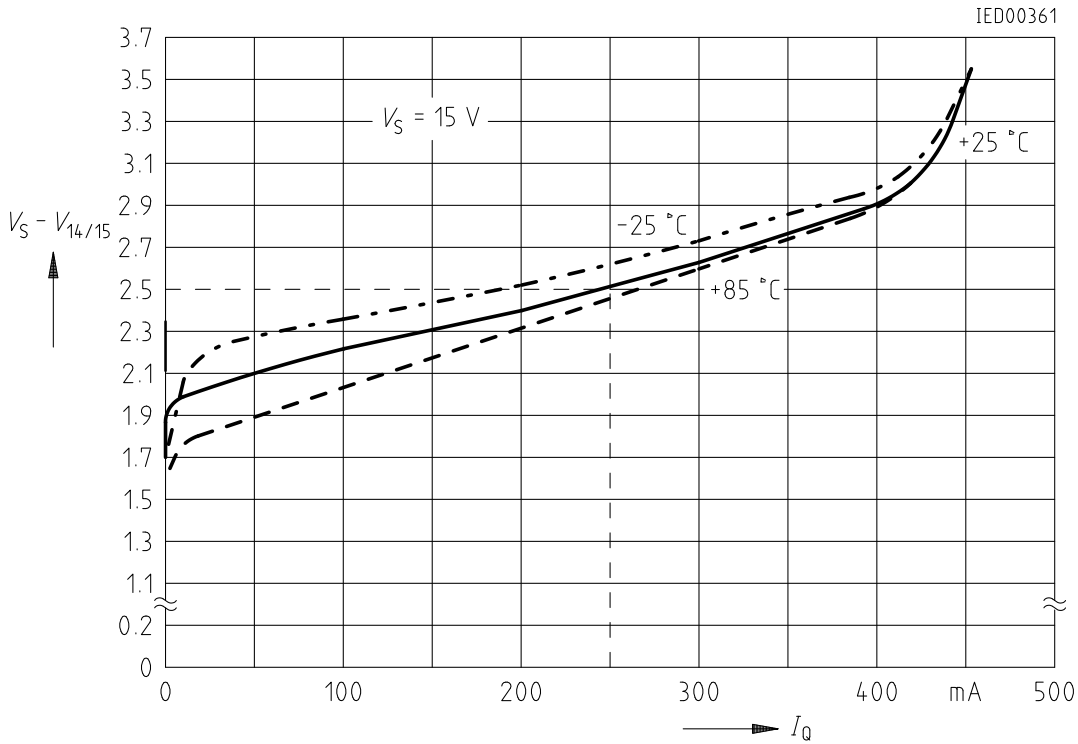
Pulse Extension versus Temperature



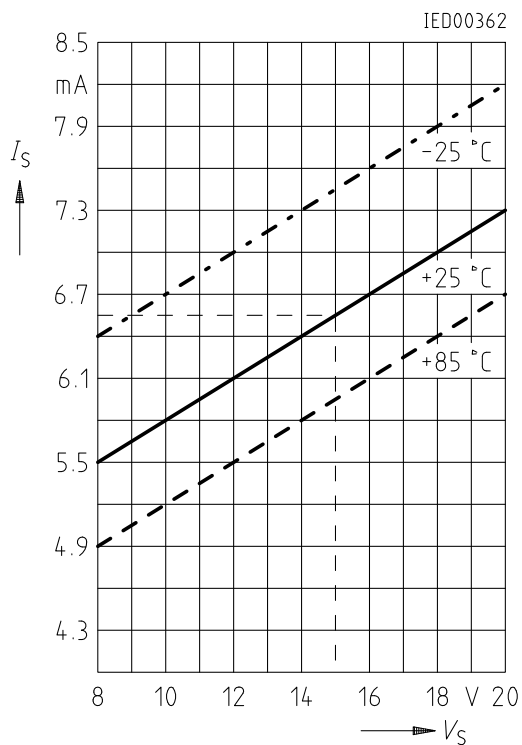
1) Attention to flyback times

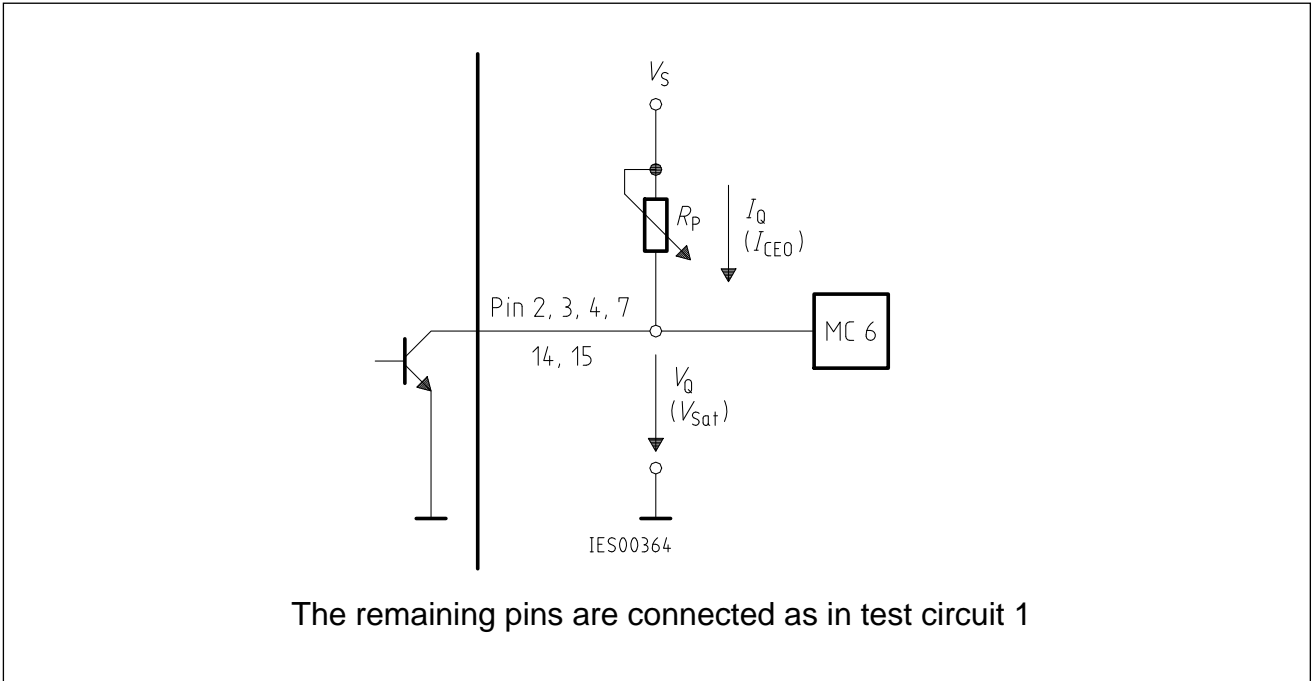
2) $K = 1.10 \pm 20 \%$

Output Voltage measured to + V_S

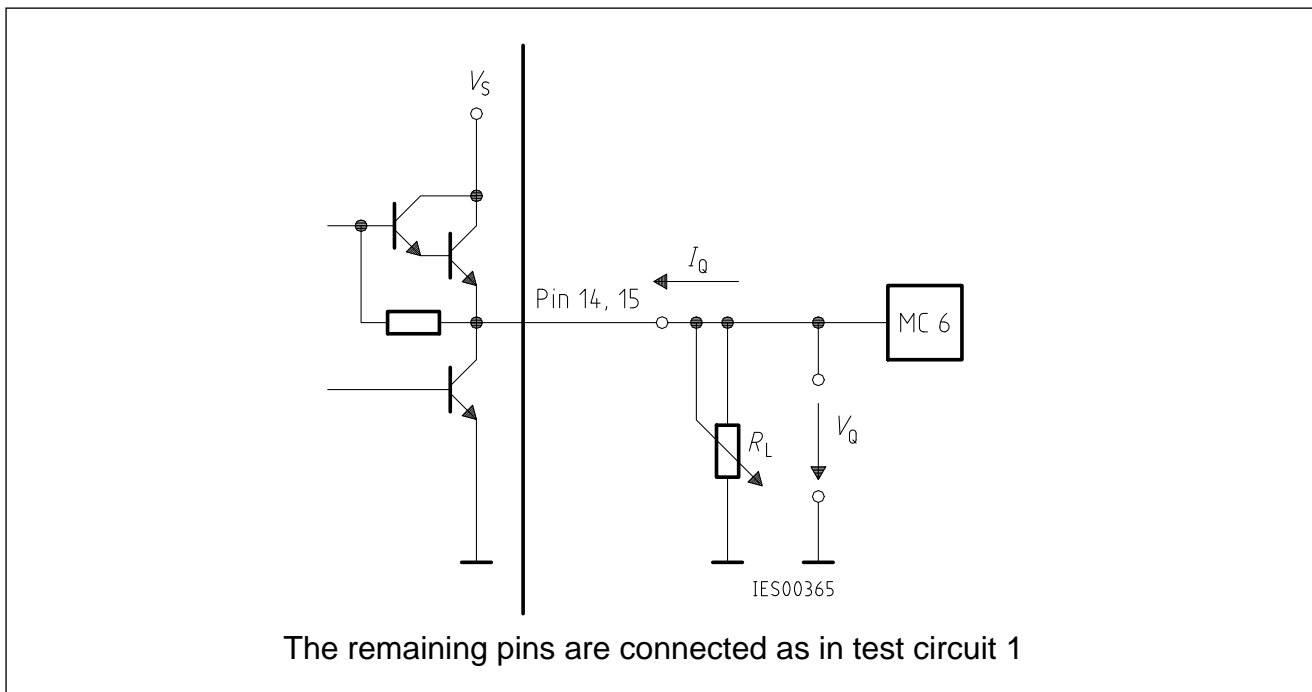


Supply Current versus Supply Voltage

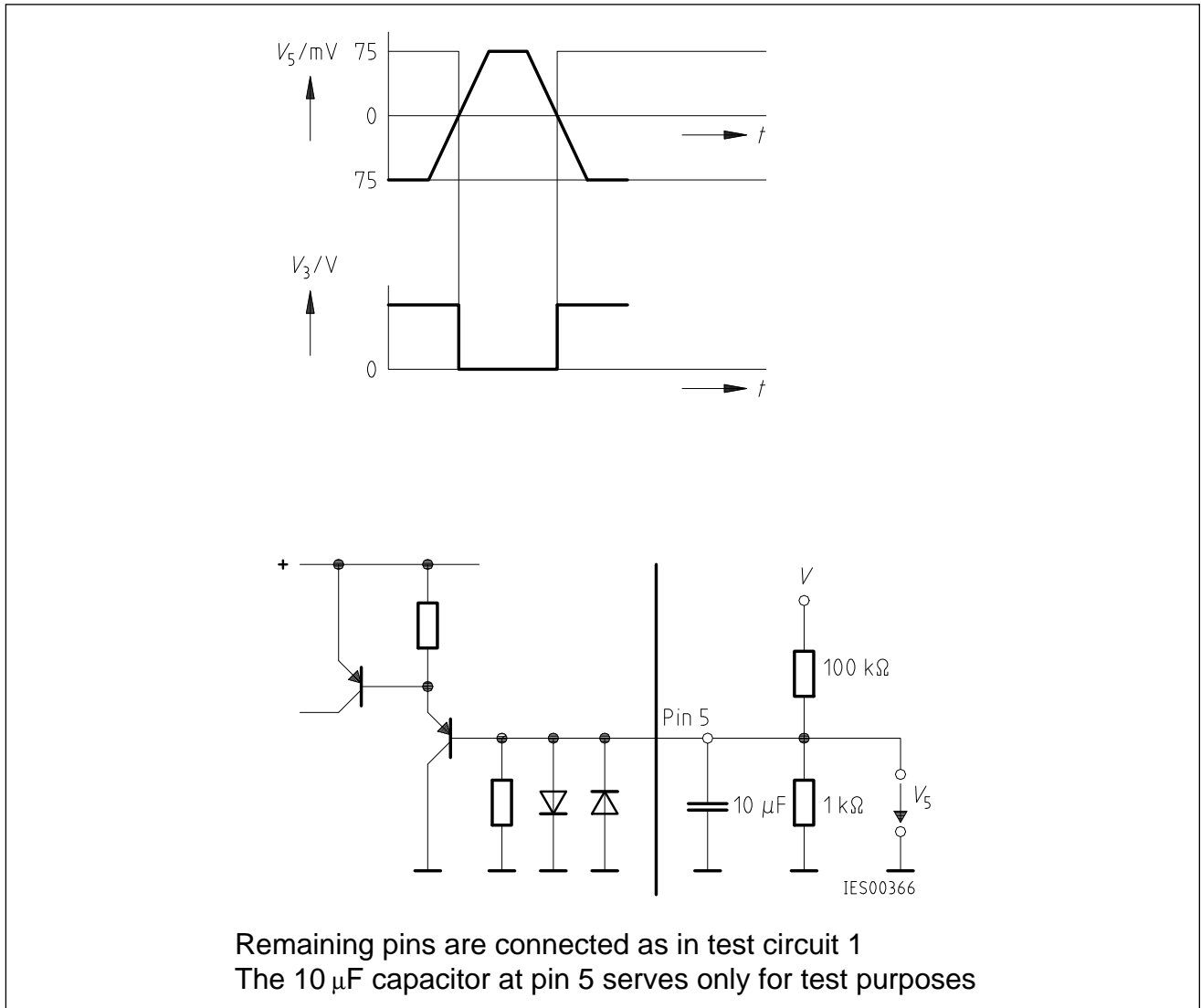




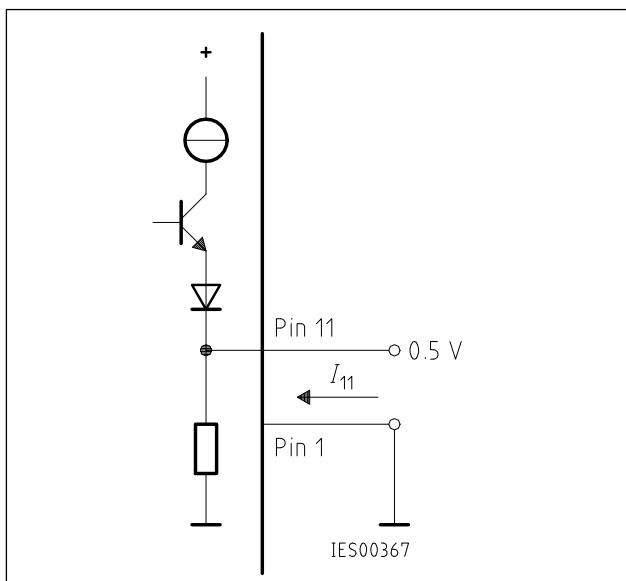
Test Circuit 2



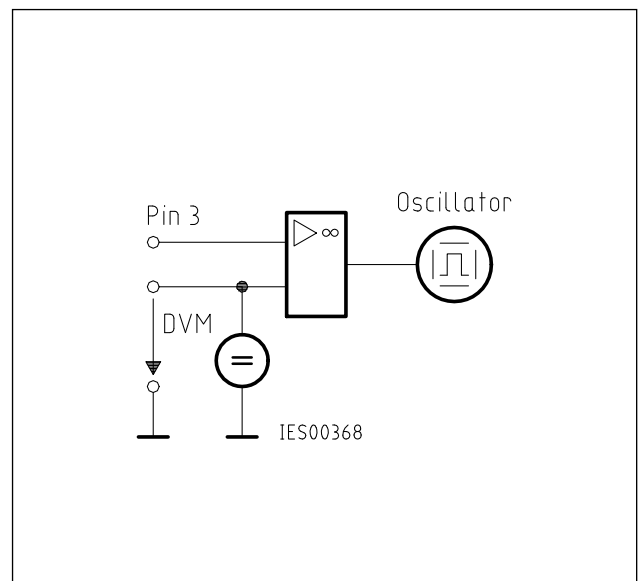
Test Circuit 3



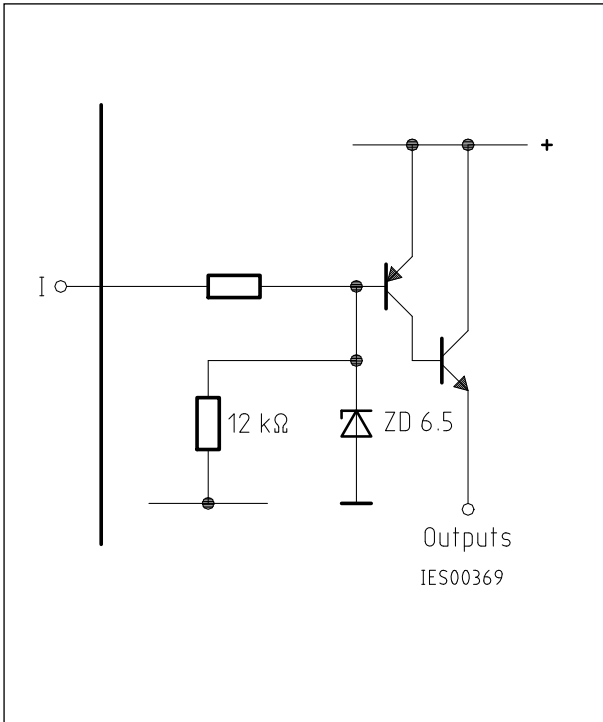
Test Circuit 4



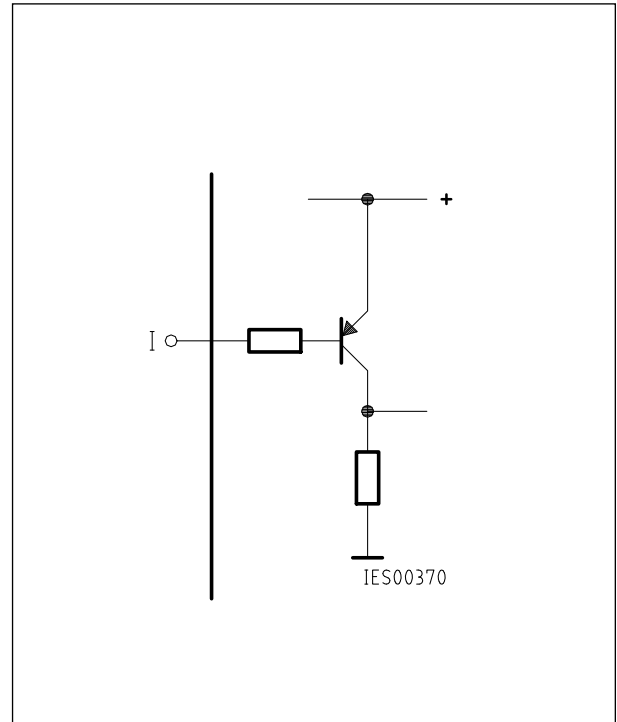
Test Circuit 5



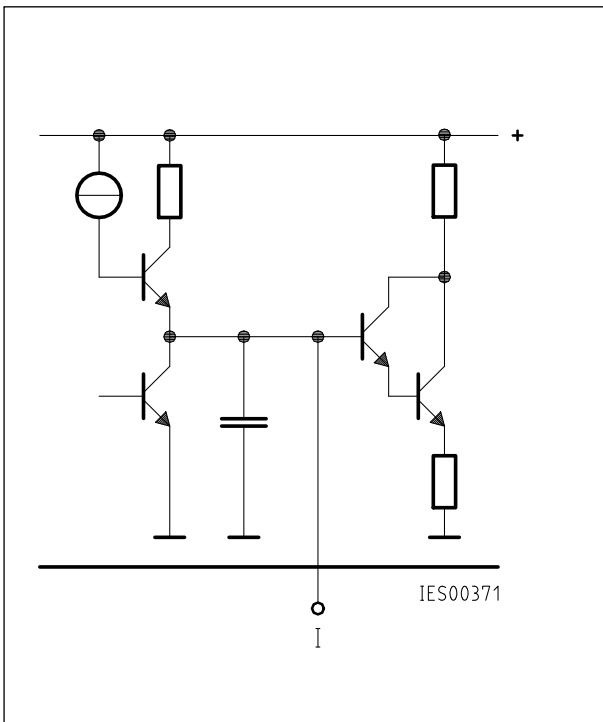
Test Circuit 6



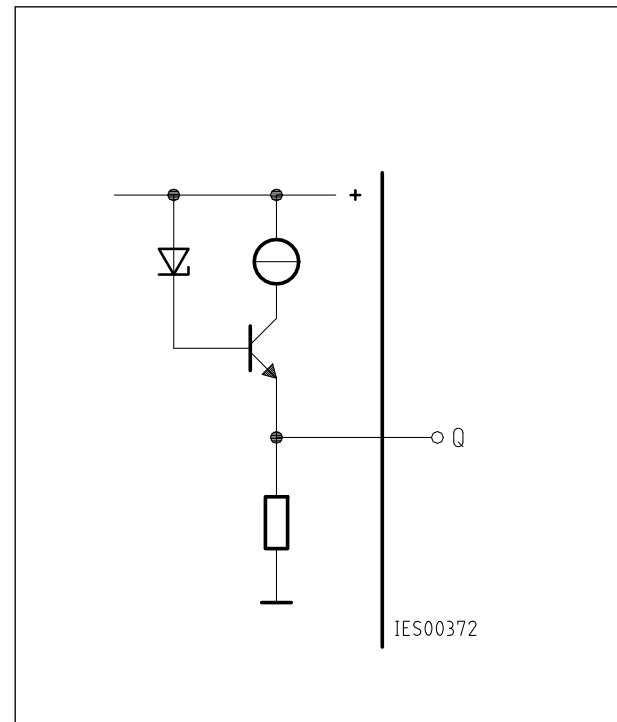
Inhibit 6



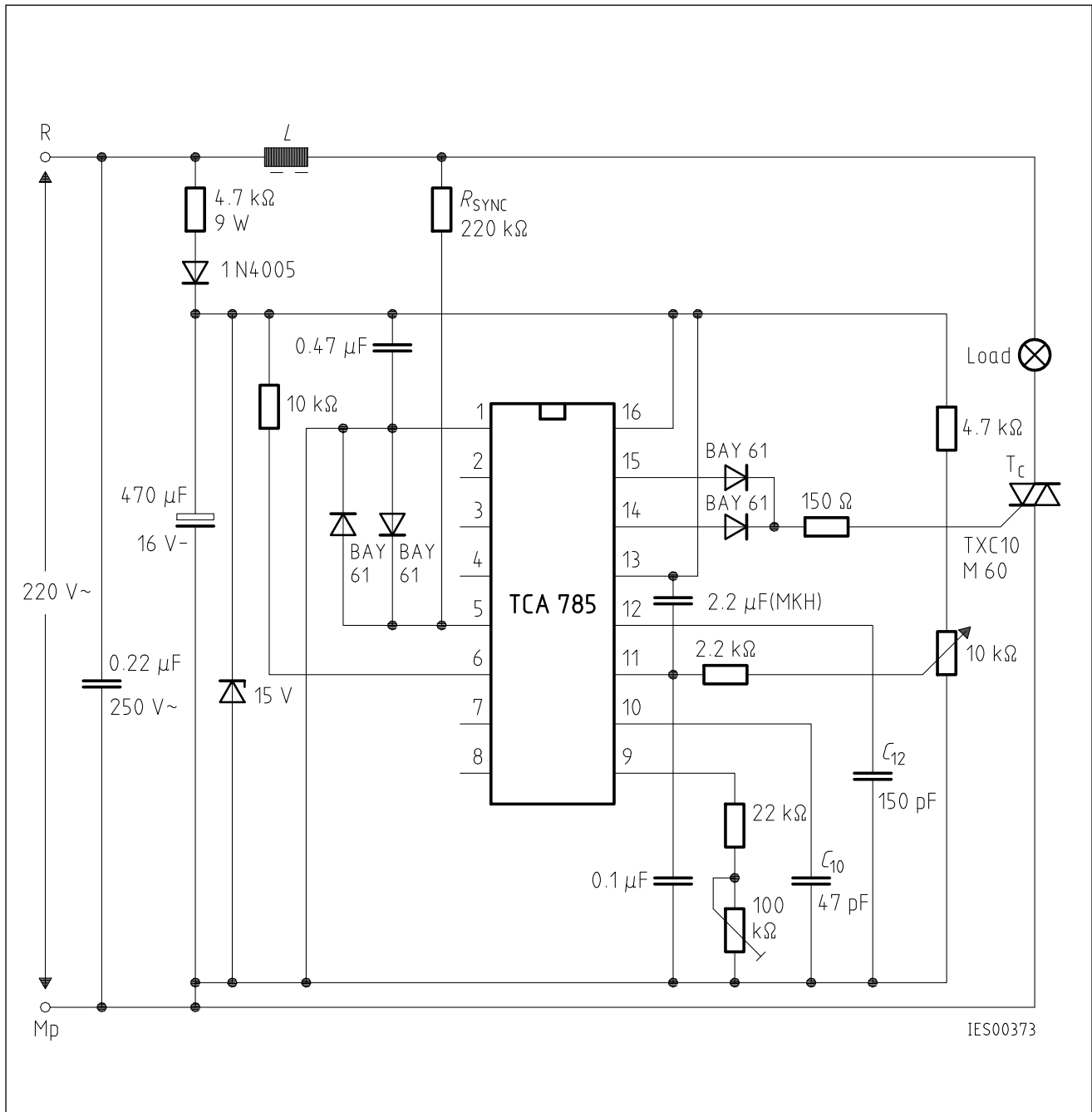
Long Pulse 13



Pulse Extension 12

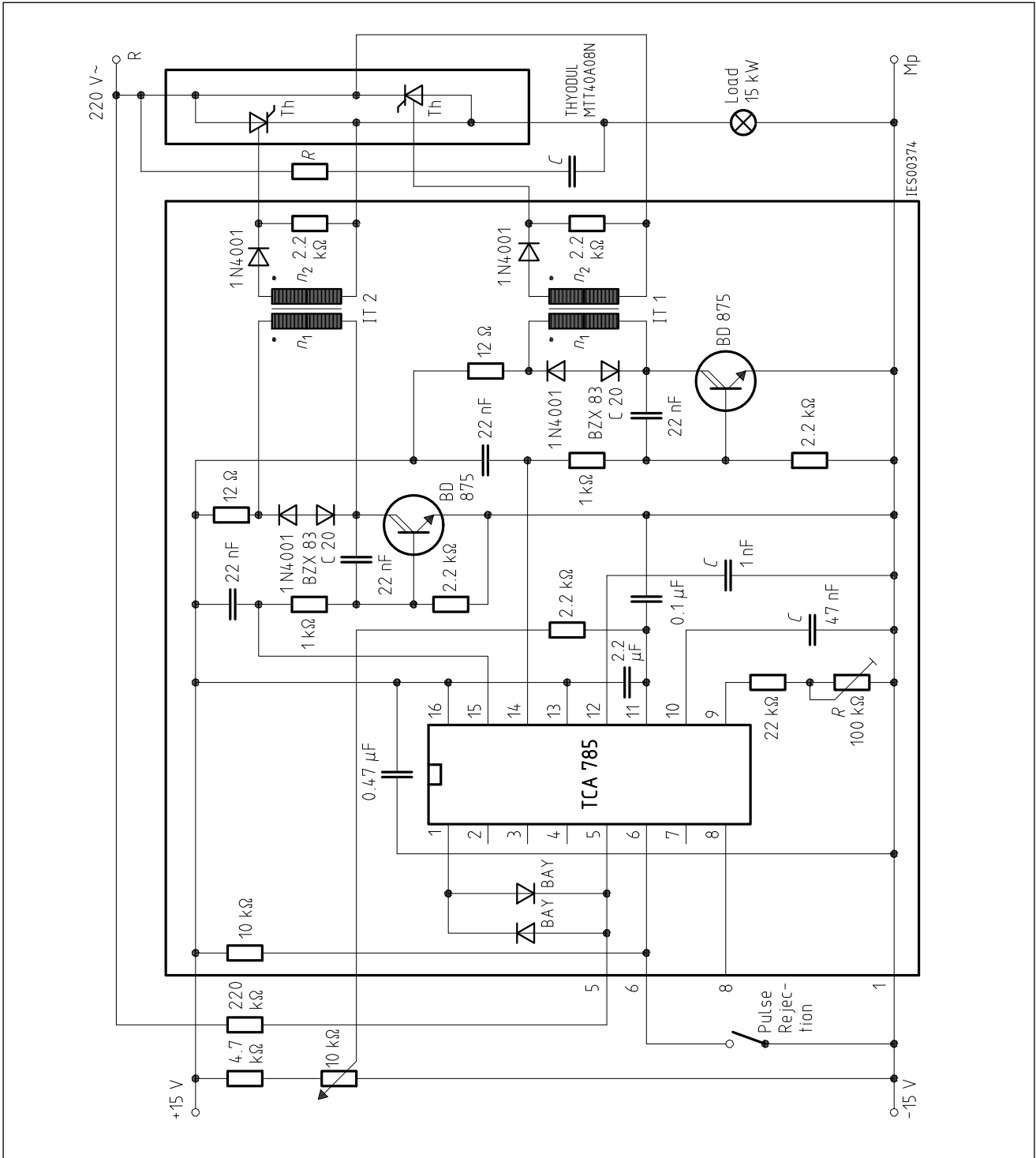


Reference Voltage 8



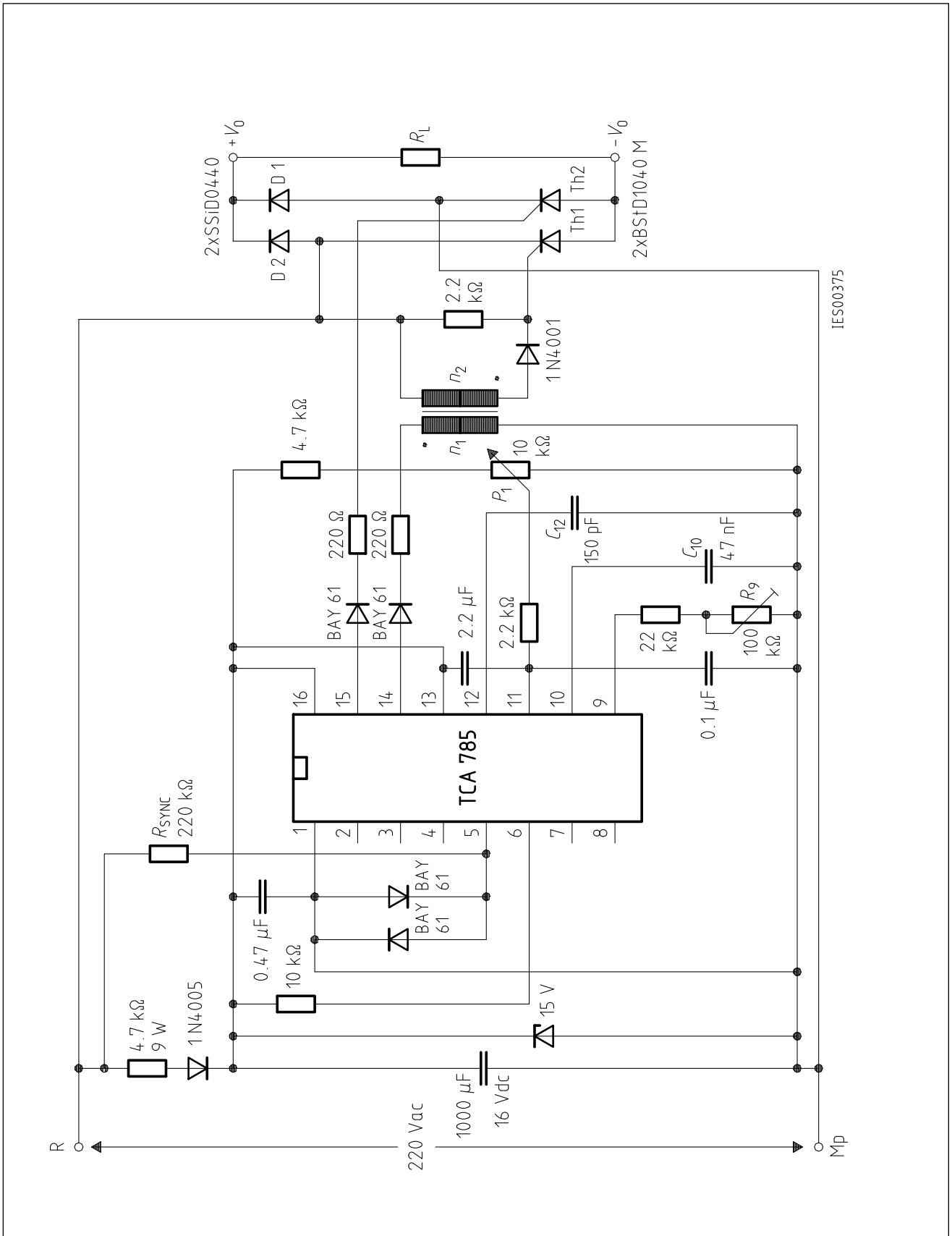
Application Examples
Triac Control for up to 50 mA Gate Trigger Current

A phase control with a directly controlled triac is shown in the figure. The triggering angle of the triac can be adjusted continuously between 0° and 180° with the aid of an external potentiometer. During the positive half-wave of the line voltage, the triac receives a positive gate pulse from the IC output pin 15. During the negative half-wave, it also receives a positive trigger pulse from pin 14. The trigger pulse width is approx. 100 μs.

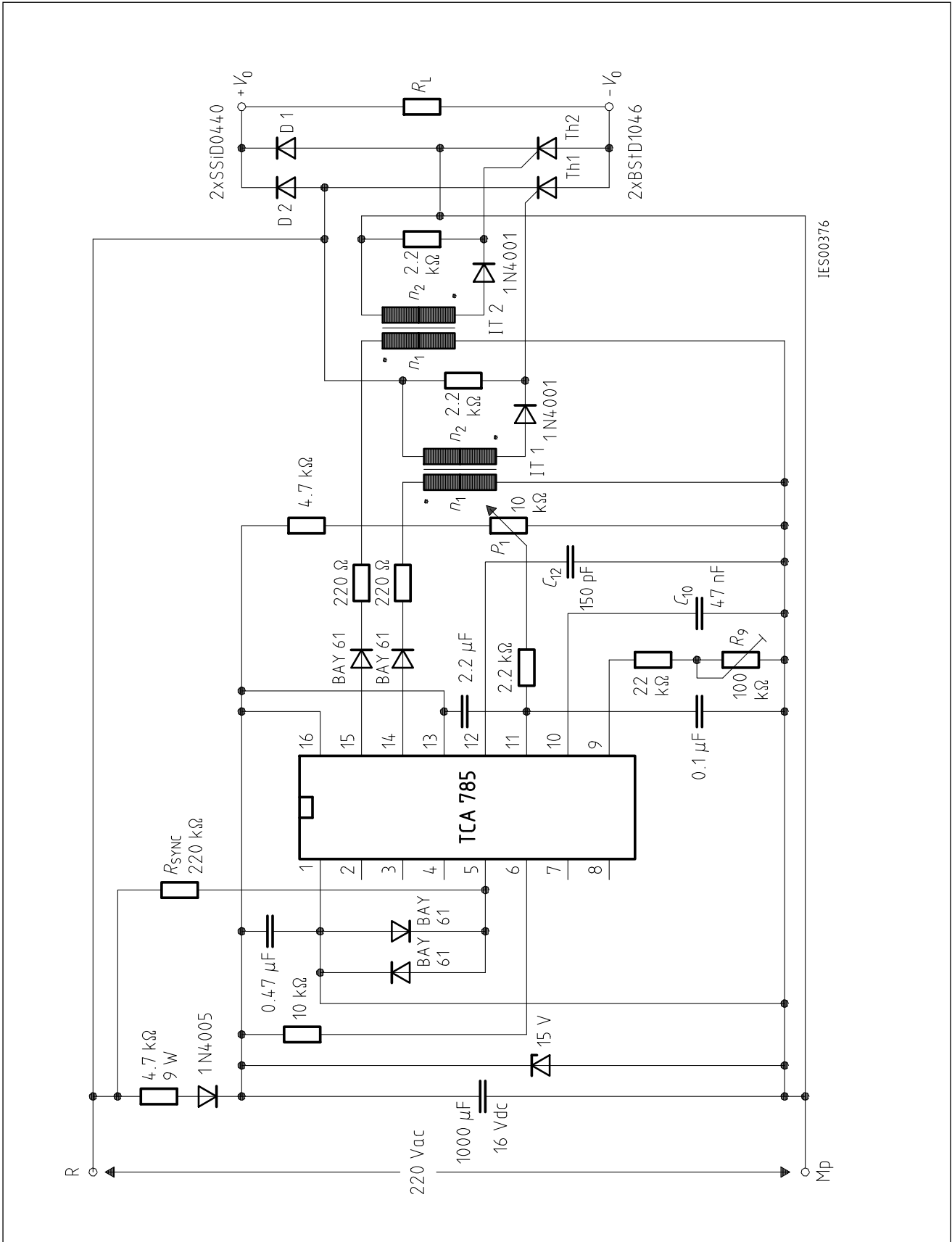


**Fully Controlled AC Power Controller
Circuit for Two High-Power Thyristors**

Shown is the possibility to trigger two antiparalleled thyristors with one IC TCA 785. The trigger pulse can be shifted continuously within a phase angle between 0° and 180° by means of a potentiometer. During the negative line half-wave the trigger pulse of pin 14 is fed to the relevant thyristor via a trigger pulse transformer. During the positive line half-wave, the gate of the second thyristor is triggered by a trigger pulse transformer at pin 15.



Half-Controlled Single-Phase Bridge Circuit with Trigger Pulse Transformer and Direct Control for Low-Power Thyristors



Half-Controlled Single-Phase Bridge Circuit with Two Trigger Pulse Transformers for Low-Power Thyristors

This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.

CMOS Hex Buffer/Converters

The CD4049UB and CD4050B devices are inverting and non-inverting hex buffers, respectively, and feature logic-level conversion using only one supply voltage (V_{CC}). The input-signal high level (V_{IH}) can exceed the V_{CC} supply voltage when these devices are used for logic-level conversions. These devices are intended for use as CMOS to DTL/TTL converters and can drive directly two DTL/TTL loads. ($V_{CC} = 5V$, $V_{OL} \leq 0.4V$, and $I_{OL} \geq 3.3mA$.)

The CD4049UB and CD4050B are designated as replacements for CD4009UB and CD4010B, respectively. Because the CD4049UB and CD4050B require only one power supply, they are preferred over the CD4009UB and CD4010B and should be used in place of the CD4009UB and CD4010B in all inverter, current driver, or logic-level conversion applications. In these applications the CD4049UB and CD4050B are pin compatible with the CD4009UB and CD4010B respectively, and can be substituted for these devices in existing as well as in new designs. Terminal No. 16 is not connected internally on the CD4049UB or CD4050B, therefore, connection to this terminal is of no consequence to circuit operation. For applications not requiring high sink-current or voltage conversion, the CD4069UB Hex Inverter is recommended.

Features

- CD4049UB Inverting
- CD4050B Non-Inverting
- High Sink Current for Driving 2 TTL Loads
- High-To-Low Level Logic Conversion
- 100% Tested for Quiescent Current at 20V
- Maximum Input Current of $1\mu A$ at 18V Over Full Package Temperature Range; 100nA at 18V and 25°C
- 5V, 10V and 15V Parametric Ratings

Applications

- CMOS to DTL/TTL Hex Converter
- CMOS Current "Sink" or "Source" Driver
- CMOS High-To-Low Logic Level Converter

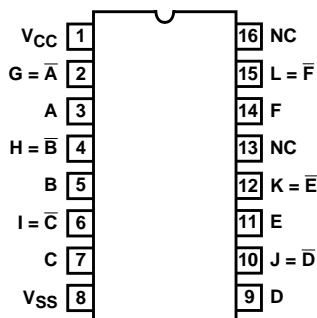
Ordering Information

PART NUMBER	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO.
CD4049UBE	-55 to 125	16 Ld PDIP	E16.3
CD4050BE	-55 to 125	16 Ld PDIP	E16.3
CD4049UBF	-55 to 125	16 Ld Cerdip	F16.3
CD4050BF	-55 to 125	16 Ld Cerdip	F16.3
CD4050BM	-55 to 125	16 Ld SOIC	M16.3

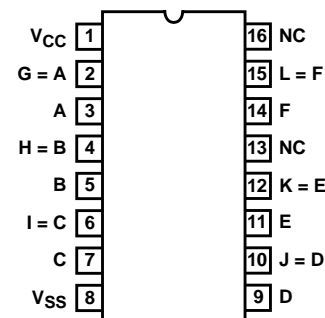
NOTE: Wafer and die for this part number is available which meets all electrical specifications. Please contact your local sales office or customer service for ordering information.

Pinouts

CD4049UB (PDIP, Cerdip)
TOP VIEW

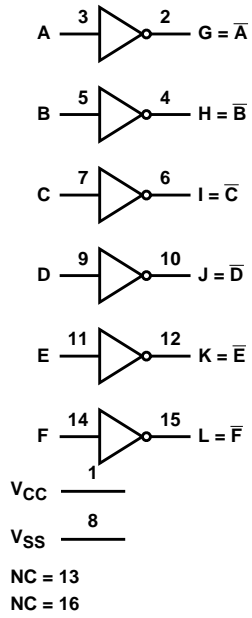


CD4050B (PDIP, Cerdip, SOIC)
TOP VIEW

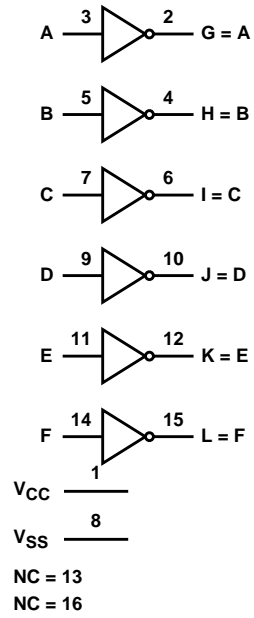


Functional Block Diagrams

CD4049UB



CD4050B



Schematic Diagrams

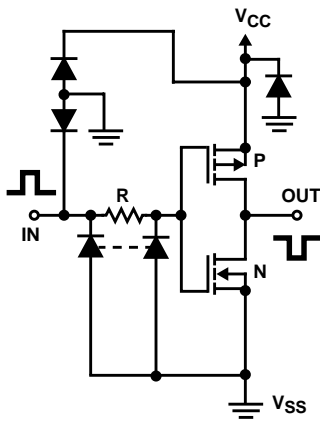


FIGURE 1A. SCHEMATIC DIAGRAM OF CD4049UB, 1 OF 6 IDENTICAL UNITS

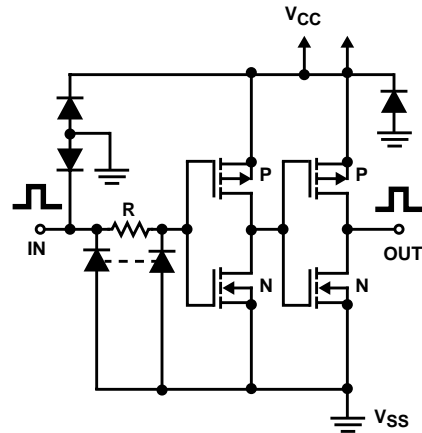


FIGURE 1B. SCHEMATIC DIAGRAM OF CD4050B, 1 OF 6 IDENTICAL UNITS

CD4049UB, CD4050B

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage (V+ to V-) -0.5V to 20V
 DC Input Current, Any One Input ±10mA

Operating Conditions

Temperature Range -55°C to 125°C

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 1)	θ_{JA} (°C/W)	θ_{JC} (°C/W)
PDIP Package	90	N/A
CERDIP Package	130	55
SOIC Package	100	N/A
Maximum Junction Temperature (Plastic Package)	150°C	
Maximum Storage Temperature Range	-65°C to 150°C	
Maximum Lead Temperature (Soldering 10s)	265°C	
(SOIC - Lead Tips Only)		

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

1. θ_{JA} is measured with the component mounted on an evaluation PC board in free air.

DC Electrical Specifications

PARAMETER	TEST CONDITIONS			LIMITS AT INDICATED TEMPERATURE (°C)							UNITS
				25							
	V_O (V)	V_{IN} (V)	V_{CC} (V)	-55	-40	85	125	MIN	TYP	MAX	
Quiescent Device Current I_{DD} (Max)	-	0,5	5	1	1	30	30	-	0.02	1	μA
	-	0,10	10	2	2	60	60	-	0.02	2	μA
	-	0,15	15	4	4	120	120	-	0.02	4	μA
	-	0,20	20	20	20	600	600	-	0.04	20	μA
Output Low (Sink) Current I_{OL} (Min)	0.4	0,5	4.5	3.3	3.1	2.1	1.8	2.6	5.2	-	mA
	0.4	0,5	5	4	3.8	2.9	2.4	3.2	6.4	-	mA
	0.5	0,10	10	10	9.6	6.6	5.6	8	16	-	mA
	1.5	0,15	15	26	25	20	18	24	48	-	mA
Output High (Source) Current I_{OH} (Min)	4.6	0,5	5	-0.81	-0.73	-0.58	-0.48	-0.65	-1.2	-	mA
	2.5	0,5	5	-2.6	-2.4	-1.9	-1.55	-2.1	-3.9	-	mA
	9.5	0,10	10	-2.0	-1.8	-1.35	-1.18	-1.65	-3.0	-	mA
	13.5	0,15	15	-5.2	-4.8	-3.5	-3.1	-4.3	-8.0	-	mA
Out Voltage Low Level V_{OL} (Max)	-	0,5	5	0.05	0.05	0.05	0.05	-	0	0.05	V
	-	0,10	10	0.05	0.05	0.05	0.05	-	0	0.05	V
	-	0,15	5	0.05	0.05	0.05	0.05	-	0	0.05	V
Output Voltage High Level V_{OH} (Min)	-	0,5	5	4.95	4.95	4.95	4.95	4.95	5	-	V
	-	0,10	10	9.95	9.95	9.95	9.95	9.95	10	-	V
	-	0,15	15	14.95	14.95	14.95	14.95	14.95	15	-	V
Input Low Voltage, V_{IL} (Max) CD4049UB	4.5	-	5	1	1	1	1	-	-	1	V
	9	-	10	2	2	2	2	-	-	2	V
	13.5	-	15	2.5	2.5	2.5	2.5	-	-	2.5	V
Input Low Voltage, V_{IL} (Max) CD4050B	0.5	-	5	1.5	1.5	1.5	1.5	-	-	1.5	V
	1	-	10	3	3	3	3	-	-	3	V
	1.5	-	15	4	4	4	4	-	-	4	V
Input High Voltage, V_{IH} Min CD4049UB	0.5	-	5	4	4	4	4	4	-	-	V
	1	-	10	8	8	8	8	8	-	-	V
	1.5	-	15	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	-	-	V

CD4049UB, CD4050B

DC Electrical Specifications (Continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS			LIMITS AT INDICATED TEMPERATURE (°C)							UNITS
				25							
	V _O (V)	V _{IN} (V)	V _{CC} (V)	-55	-40	85	125	MIN	TYP	MAX	
Input High Voltage, V _{IH} Min CD4050B	4.5	-	5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	-	-	V
	9	-	10	7	7	7	7	7	-	-	V
	13.5	-	15	11	11	11	11	11	-	-	V
Input Current, I _{IN} Max	-	0,18	18	±0.1	±0.1	±1	±1	-	±10 ⁻⁵	±0.1	μA

AC Electrical Specifications T_A = 25°C, Input t_r, t_f = 20ns, C_L = 50pF, R_L = 200kΩ

PARAMETER	TEST CONDITIONS		LIMITS (ALL PACKAGES)		UNITS
	V _{IN}	V _{CC}	TYP	MAX	
Propagation Delay Time Low to High, t _{PLH} CD4049UB	5	5	60	120	ns
	10	10	32	65	ns
	10	5	45	90	ns
	15	15	25	50	ns
	15	5	45	90	ns
Propagation Delay Time Low to High, t _{PLH} CD4050B	5	5	70	140	ns
	10	10	40	80	ns
	10	5	45	90	ns
	15	15	30	60	ns
	15	5	40	80	ns
Propagation Delay Time High to Low, t _{PHL} CD4049UB	5	5	32	65	ns
	10	10	20	40	ns
	10	5	15	30	ns
	15	15	15	30	ns
	15	5	10	20	ns
Propagation Delay Time High to Low, t _{PHL} CD4050B	5	5	55	110	ns
	10	10	22	55	ns
	10	5	50	100	ns
	15	15	15	30	ns
	15	5	50	100	ns
Transition Time, Low to High, t _{TLH}	5	5	80	160	ns
	10	10	40	80	ns
	15	15	30	60	ns
Transition Time, High to Low, t _{THL}	5	5	30	60	ns
	10	10	20	40	ns
	15	15	15	30	ns
Input Capacitance, C _{IN} CD4049UB	-	-	15	22.5	pF
Input Capacitance, C _{IN} CD4050B	-	-	5	7.5	pF

Typical Performance Curves

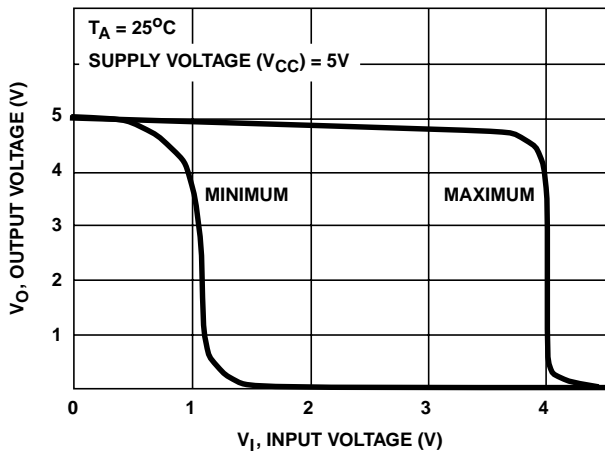


FIGURE 2. MINIMUM AND MAXIMUM VOLTAGE TRANSFER CHARACTERISTICS FOR CD4049UB

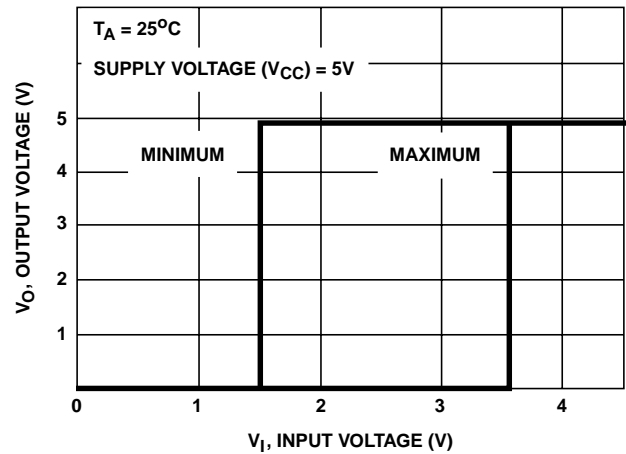


FIGURE 3. MINIMUM AND MAXIMUM VOLTAGE TRANSFER CHARACTERISTICS FOR CD4050B

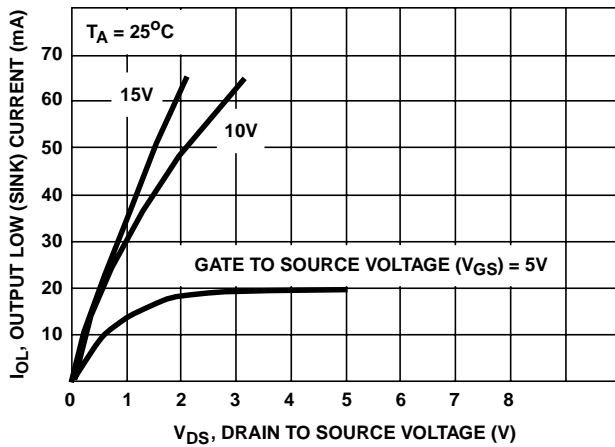


FIGURE 4. TYPICAL OUTPUT LOW (SINK) CURRENT CHARACTERISTICS

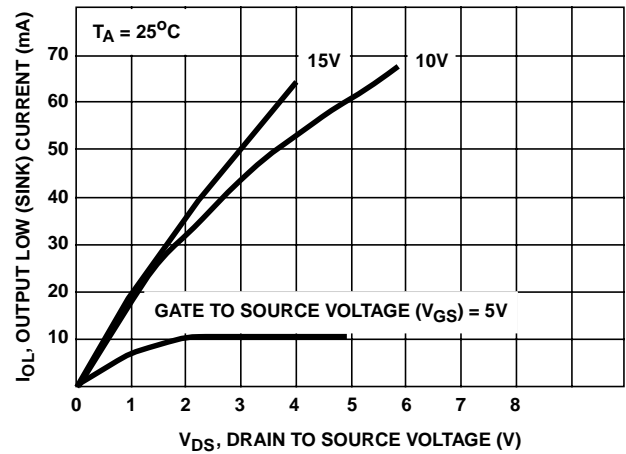


FIGURE 5. MINIMUM OUTPUT LOW (SINK) CURRENT DRAIN CHARACTERISTICS

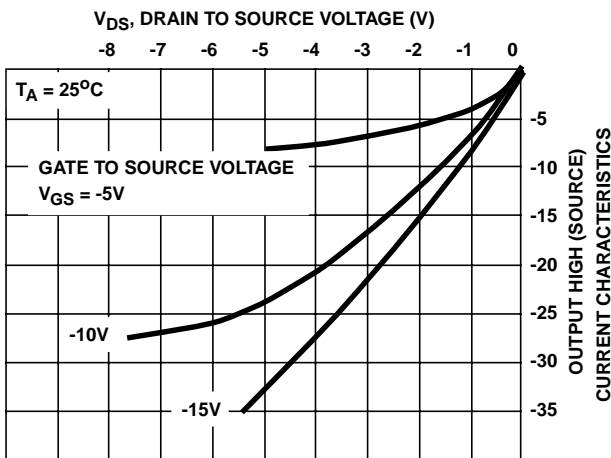


FIGURE 6. TYPICAL OUTPUT HIGH (SOURCE) CURRENT CHARACTERISTICS

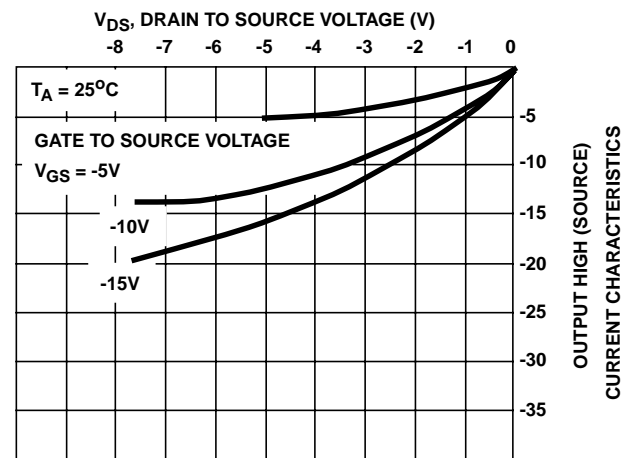


FIGURE 7. MINIMUM OUTPUT HIGH (SOURCE) CURRENT CHARACTERISTICS

Typical Performance Curves (Continued)

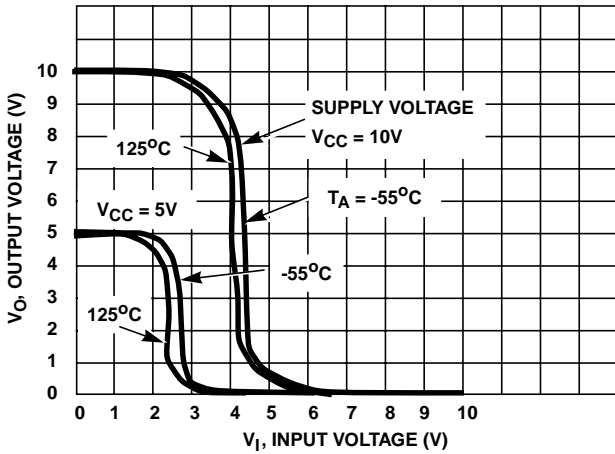


FIGURE 8. TYPICAL VOLTAGE TRANSFER CHARACTERISTICS AS A FUNCTION OF TEMPERATURE FOR CD4049UB

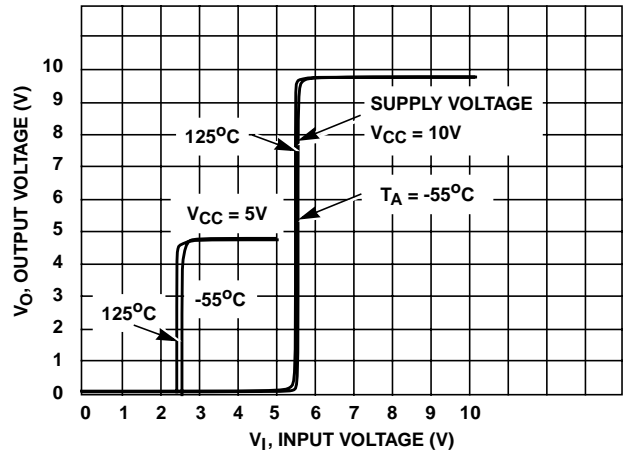


FIGURE 9. TYPICAL VOLTAGE TRANSFER CHARACTERISTICS AS A FUNCTION OF TEMPERATURE FOR CD4050B

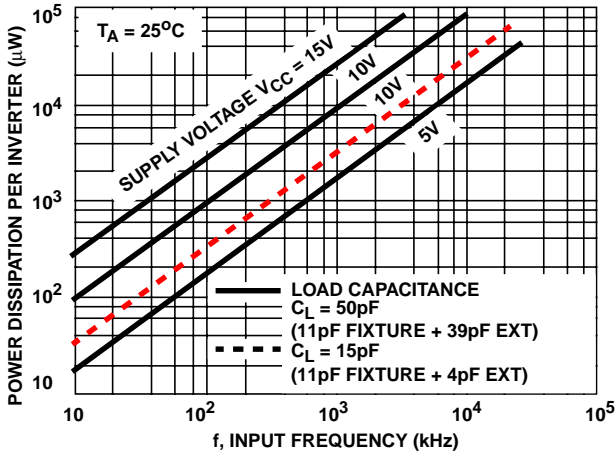


FIGURE 10. TYPICAL POWER DISSIPATION vs FREQUENCY CHARACTERISTICS

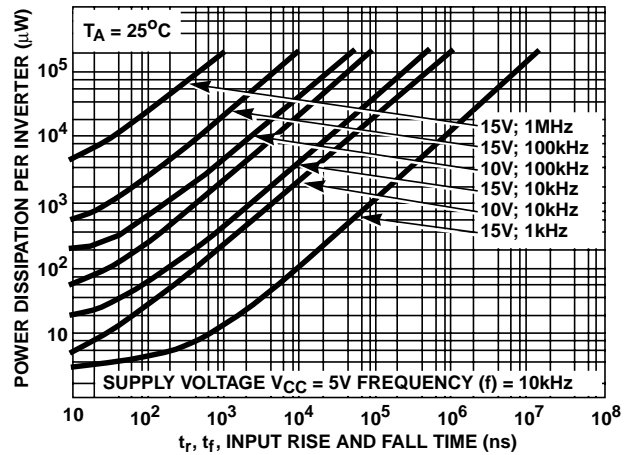


FIGURE 11. TYPICAL POWER DISSIPATION vs INPUT RISE AND FALL TIMES PER INVERTER FOR CD4049UB

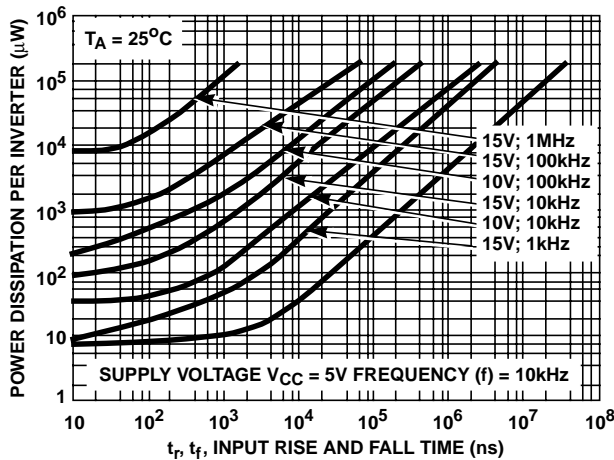


FIGURE 12. TYPICAL POWER DISSIPATION vs INPUT RISE AND FALL TIMES PER INVERTER FOR CD4050B

Test Circuits

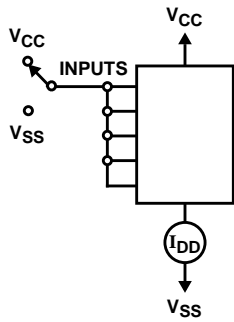
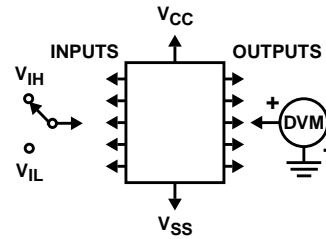
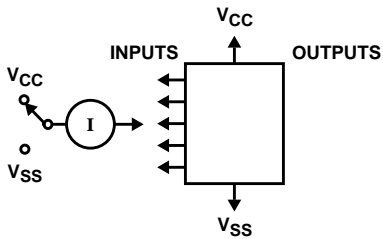


FIGURE 13. QUIESCENT DEVICE CURRENT TEST CIRCUIT

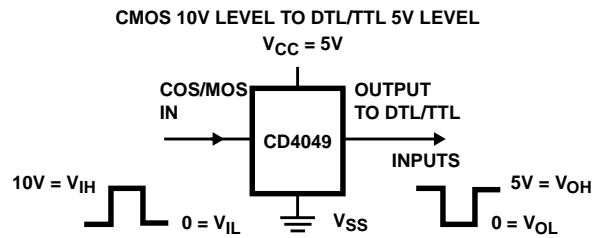


NOTE: Test any one input with other inputs at V_{CC} or V_{SS} .
 FIGURE 14. INPUT VOLTAGE TEST CIRCUIT



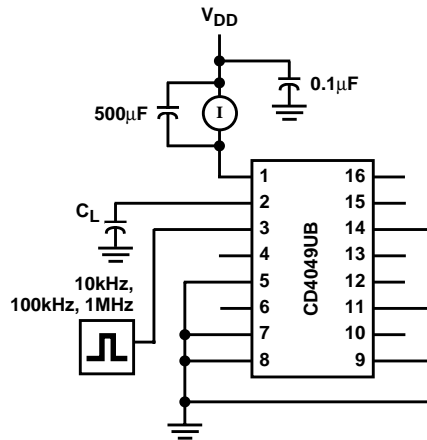
NOTE: Measure inputs sequentially, to both V_{CC} and V_{SS} connect all unused inputs to either V_{CC} or V_{SS} .

FIGURE 15. INPUT CURRENT TEST CIRCUIT



In Terminal - 3, 5, 7, 9, 11, or 14
 Out Terminal - 2, 4, 6, 10, 12 or 15
 V_{CC} Terminal - 1
 V_{SS} Terminal - 8

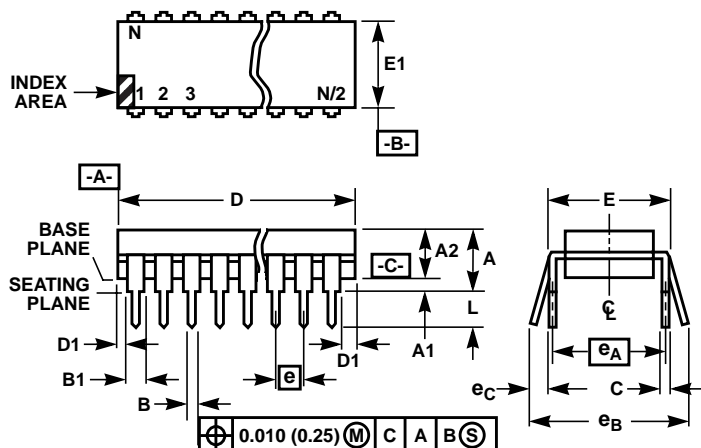
FIGURE 16. LOGIC LEVEL CONVERSION APPLICATION



C_L INCLUDES FIXTURE CAPACITANCE

FIGURE 17. DYNAMIC POWER DISSIPATION TEST CIRCUITS

Dual-In-Line Plastic Packages (PDIP)



NOTES:

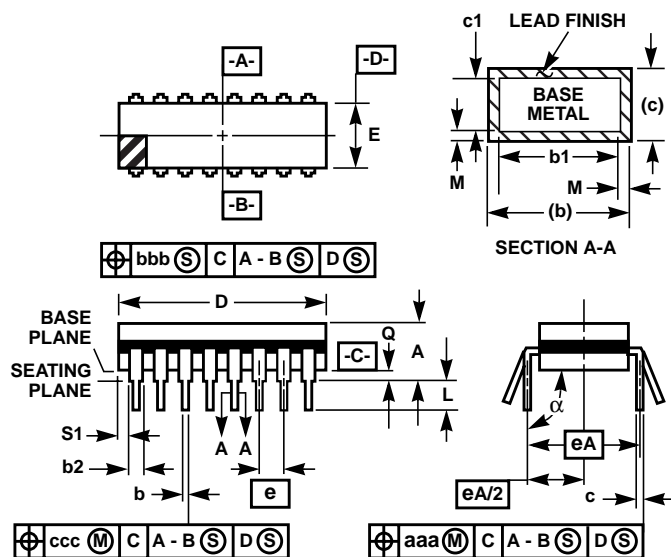
1. Controlling Dimensions: INCH. In case of conflict between English and Metric dimensions, the inch dimensions control.
2. Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M-1982.
3. Symbols are defined in the "MO Series Symbol List" in Section 2.2 of Publication No. 95.
4. Dimensions A, A1 and L are measured with the package seated in JEDEC seating plane gauge GS-3.
5. D, D1, and E1 dimensions do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
6. E and e_A are measured with the leads constrained to be perpendicular to datum [-C-].
7. e_B and e_C are measured at the lead tips with the leads unconstrained. e_C must be zero or greater.
8. B1 maximum dimensions do not include dambar protrusions. Dambar protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
9. N is the maximum number of terminal positions.
10. Corner leads (1, N, N/2 and N/2 + 1) for E8.3, E16.3, E18.3, E28.3, E42.6 will have a B1 dimension of 0.030 - 0.045 inch (0.76 - 1.14mm).

E16.3 (JEDEC MS-001-BB ISSUE D)
16 LEAD DUAL-IN-LINE PLASTIC PACKAGE

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	-	0.210	-	5.33	4
A1	0.015	-	0.39	-	4
A2	0.115	0.195	2.93	4.95	-
B	0.014	0.022	0.356	0.558	-
B1	0.045	0.070	1.15	1.77	8, 10
C	0.008	0.014	0.204	0.355	-
D	0.735	0.775	18.66	19.68	5
D1	0.005	-	0.13	-	5
E	0.300	0.325	7.62	8.25	6
E1	0.240	0.280	6.10	7.11	5
e	0.100 BSC		2.54 BSC		-
e_A	0.300 BSC		7.62 BSC		6
e_B	-	0.430	-	10.92	7
L	0.115	0.150	2.93	3.81	4
N	16		16		9

Rev. 0 12/93

Ceramic Dual-In-Line Frit Seal Packages (CERDIP)



NOTES:

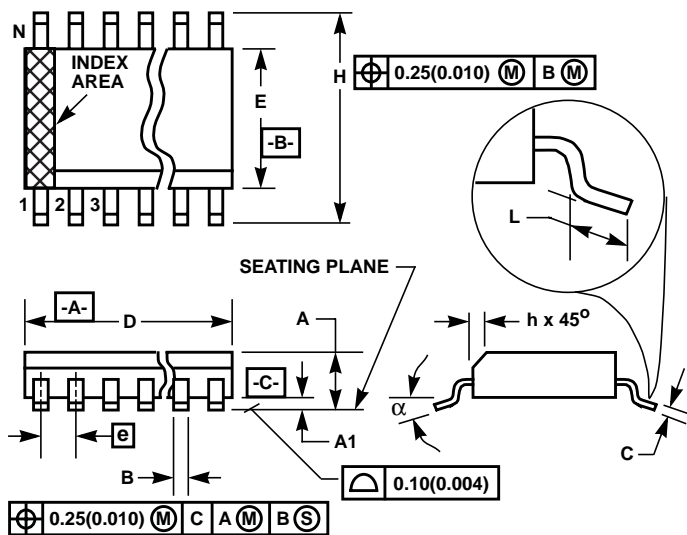
1. Index area: A notch or a pin one identification mark shall be located adjacent to pin one and shall be located within the shaded area shown. The manufacturer's identification shall not be used as a pin one identification mark.
2. The maximum limits of lead dimensions b and c or M shall be measured at the centroid of the finished lead surfaces, when solder dip or tin plate lead finish is applied.
3. Dimensions b1 and c1 apply to lead base metal only. Dimension M applies to lead plating and finish thickness.
4. Corner leads (1, N, N/2, and N/2+1) may be configured with a partial lead paddle. For this configuration dimension b3 replaces dimension b2.
5. This dimension allows for off-center lid, meniscus, and glass overrun.
6. Dimension Q shall be measured from the seating plane to the base plane.
7. Measure dimension S1 at all four corners.
8. N is the maximum number of terminal positions.
9. Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M - 1982.
10. Controlling dimension: INCH.

F16.3 MIL-STD-1835 GDIP1-T16 (D-2, CONFIGURATION A)
16 LEAD CERAMIC DUAL-IN-LINE FRIT SEAL PACKAGE

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	-	0.200	-	5.08	-
b	0.014	0.026	0.36	0.66	2
b1	0.014	0.023	0.36	0.58	3
b2	0.045	0.065	1.14	1.65	-
b3	0.023	0.045	0.58	1.14	4
c	0.008	0.018	0.20	0.46	2
c1	0.008	0.015	0.20	0.38	3
D	-	0.840	-	21.34	5
E	0.220	0.310	5.59	7.87	5
e	0.100 BSC		2.54 BSC		-
eA	0.300 BSC		7.62 BSC		-
eA/2	0.150 BSC		3.81 BSC		-
L	0.125	0.200	3.18	5.08	-
Q	0.015	0.060	0.38	1.52	6
S1	0.005	-	0.13	-	7
alpha	90°	105°	90°	105°	-
aaa	-	0.015	-	0.38	-
bbb	-	0.030	-	0.76	-
ccc	-	0.010	-	0.25	-
M	-	0.0015	-	0.038	2, 3
N	16		16		8

Rev. 0 4/94

Small Outline Plastic Packages (SOIC)



M16.3 (JEDEC MS-013-AA ISSUE C)
16 LEAD WIDE BODY SMALL OUTLINE PLASTIC PACKAGE

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	0.0926	0.1043	2.35	2.65	-
A1	0.0040	0.0118	0.10	0.30	-
B	0.013	0.0200	0.33	0.51	9
C	0.0091	0.0125	0.23	0.32	-
D	0.3977	0.4133	10.10	10.50	3
E	0.2914	0.2992	7.40	7.60	4
e	0.050 BSC		1.27 BSC		-
H	0.394	0.419	10.00	10.65	-
h	0.010	0.029	0.25	0.75	5
L	0.016	0.050	0.40	1.27	6
N	16		16		7
α	0°	8°	0°	8°	-

NOTES:

1. Symbols are defined in the "MO Series Symbol List" in Section 2.2 of Publication Number 95.
2. Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M-1982.
3. Dimension "D" does not include mold flash, protrusions or gate burrs. Mold flash, protrusion and gate burrs shall not exceed 0.15mm (0.006 inch) per side.
4. Dimension "E" does not include interlead flash or protrusions. Interlead flash and protrusions shall not exceed 0.25mm (0.010 inch) per side.
5. The chamfer on the body is optional. If it is not present, a visual index feature must be located within the crosshatched area.
6. "L" is the length of terminal for soldering to a substrate.
7. "N" is the number of terminal positions.
8. Terminal numbers are shown for reference only.
9. The lead width "B", as measured 0.36mm (0.014 inch) or greater above the seating plane, shall not exceed a maximum value of 0.61mm (0.024 inch)
10. Controlling dimension: MILLIMETER. Converted inch dimensions are not necessarily exact.

Rev. 0 12/93

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

This datasheet has been downloaded from:

www.DatasheetCatalog.com

Datasheets for electronic components.

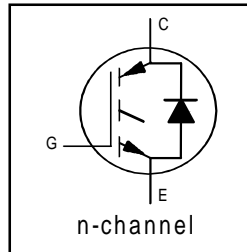
IRG4PC50KD

INSULATED GATE BIPOLAR TRANSISTOR WITH
ULTRAFAST SOFT RECOVERY DIODE

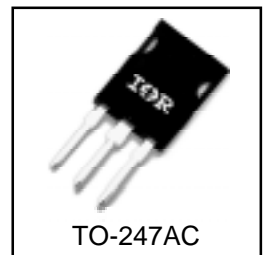
Short Circuit Rated
UltraFast IGBT

Features

- Short Circuit Rated UltraFast: Optimized for high operating frequencies >5.0 kHz, and Short Circuit Rated to 10 μ s @ 125°C, $V_{GE} = 15V$
- Generation 4 IGBT design provides tighter parameter distribution and higher efficiency than Generation 3
- IGBT co-packaged with HEXFRED™ ultrafast, ultra-soft recovery anti-parallel diodes for use in bridge configurations
- Industry standard TO-247AC package



$V_{CES} = 600V$
$V_{CE(on) typ.} = 1.84V$
@ $V_{GE} = 15V, I_C = 30A$



Benefits

- Generation 4 IGBTs offer highest efficiencies available
- HEXFRED diodes optimized for performance with IGBTs. Minimized recovery characteristics require less/no snubbing
- Designed to be a "drop-in" replacement for equivalent industry-standard Generation 3 IR IGBTs

Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
V_{CES}	Collector-to-Emitter Voltage	600	V
$I_C @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Collector Current	52	A
$I_C @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Collector Current	30	
I_{CM}	Pulsed Collector Current ①	104	
I_{LM}	Clamped Inductive Load Current ②	104	
$I_F @ T_C = 100^\circ C$	Diode Continuous Forward Current	25	
I_{FM}	Diode Maximum Forward Current	280	
t_{sc}	Short Circuit Withstand Time	10	μ s
V_{GE}	Gate-to-Emitter Voltage	± 20	V
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Maximum Power Dissipation	200	W
$P_D @ T_C = 100^\circ C$	Maximum Power Dissipation	78	
T_J	Operating Junction and	-55 to +150	$^\circ C$
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 sec.	300 (0.063 in. (1.6mm) from case)	
	Mounting Torque, 6-32 or M3 Screw.	10 lbf•in (1.1 N•m)	

Thermal Resistance

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case - IGBT	—	—	0.64	$^\circ C/W$
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case - Diode	—	—	0.83	
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, flat, greased surface	—	0.24	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient, typical socket mount	—	—	40	
Wt	Weight	—	6 (0.21)	—	g (oz)

Electrical Characteristics @ T_J = 25°C (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
V _{(BR)CES}	Collector-to-Emitter Breakdown Voltage ③	600	—	—	V	V _{GE} = 0V, I _C = 250μA
DV _{(BR)CES} /DT _J	Temperature Coeff. of Breakdown Voltage	—	0.47	—	V/°C	V _{GE} = 0V, I _C = 1.0mA
V _{CE(on)}	Collector-to-Emitter Saturation Voltage	—	1.84	2.2	V	I _C = 30A V _{GE} = 15V
		—	2.19	—		I _C = 52A see figures 2, 5
		—	1.79	—		I _C = 25A, T _J = 150°C
V _{GE(th)}	Gate Threshold Voltage	3.0	—	6.0		V _{CE} = V _{GE} , I _C = 250μA
DV _{GE(th)} /DT _J	Temperature Coeff. of Threshold Voltage	—	-12	—	mV/°C	V _{CE} = V _{GE} , I _C = 250μA
g _{fe}	Forward Transconductance ④	17	24	—	S	V _{CE} = 100V, I _C = 30A
I _{CES}	Zero Gate Voltage Collector Current	—	—	250	μA	V _{GE} = 0V, V _{CE} = 600V
		—	—	6500		V _{GE} = 0V, V _{CE} = 600V, T _J = 150°C
V _{FM}	Diode Forward Voltage Drop	—	1.3	1.7	V	I _C = 25A see figure 13
		—	1.2	1.5		I _C = 25A, T _J = 150°C
		—	—	—		
I _{GES}	Gate-to-Emitter Leakage Current	—	—	±100	nA	V _{GE} = ±20V

Switching Characteristics @ T_J = 25°C (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Q _g	Total Gate Charge (turn-on)	—	200	300	nC	I _C = 30A
Q _{ge}	Gate - Emitter Charge (turn-on)	—	25	38		V _{CC} = 400V see figure 8
Q _{gc}	Gate - Collector Charge (turn-on)	—	85	127		V _{GE} = 15V
t _{d(on)}	Turn-On Delay Time	—	63	—	ns	T _J = 25°C I _C = 30A, V _{CC} = 480V V _{GE} = 15V, R _G = 5.0Ω
t _r	Rise Time	—	49	—		
t _{d(off)}	Turn-Off Delay Time	—	150	220		
t _f	Fall Time	—	95	140		
E _{on}	Turn-On Switching Loss	—	1.61	—		
E _{off}	Turn-Off Switching Loss	—	0.84	—	mJ	Energy losses include "tail" and diode reverse recovery
E _{ts}	Total Switching Loss	—	2.45	3.0	see figures 9,10,18	
t _{sc}	Short Circuit Withstand Time	10	—	—	μs	V _{CC} = 360V, T _J = 125°C V _{GE} = 15V, R _G = 10Ω, V _{CPK} < 500V
t _{d(on)}	Turn-On Delay Time	—	61	—	ns	T _J = 150°C, see figures 11,18 I _C = 30A, V _{CC} = 480V V _{GE} = 15V, R _G = 5.0Ω Energy losses include "tail" and diode reverse recovery
t _r	Rise Time	—	46	—		
t _{d(off)}	Turn-Off Delay Time	—	310	—		
t _f	Fall Time	—	170	—		
E _{ts}	Total Switching Loss	—	3.53	—		
L _E	Internal Emitter Inductance	—	13	—	nH	Measured 5mm from package
C _{ies}	Input Capacitance	—	3200	—	pF	V _{GE} = 0V V _{CC} = 30V see figure 7 f = 1.0MHz
C _{oes}	Output Capacitance	—	370	—		
C _{res}	Reverse Transfer Capacitance	—	95	—		
t _{rr}	Diode Reverse Recovery Time	—	50	75	ns	T _J = 25°C see figure
		—	105	160		T _J = 125°C 14
I _{rr}	Diode Peak Reverse Recovery Current	—	4.5	10	A	T _J = 25°C see figure
		—	8.0	15		T _J = 125°C 15
Q _{rr}	Diode Reverse Recovery Charge	—	112	375	nC	T _J = 25°C see figure
		—	420	1200		T _J = 125°C 16
di _(rec) M/dt	Diode Peak Rate of Fall of Recovery During t _b	—	250	—	A/μs	T _J = 25°C see figure
		—	160	—		T _J = 125°C 17

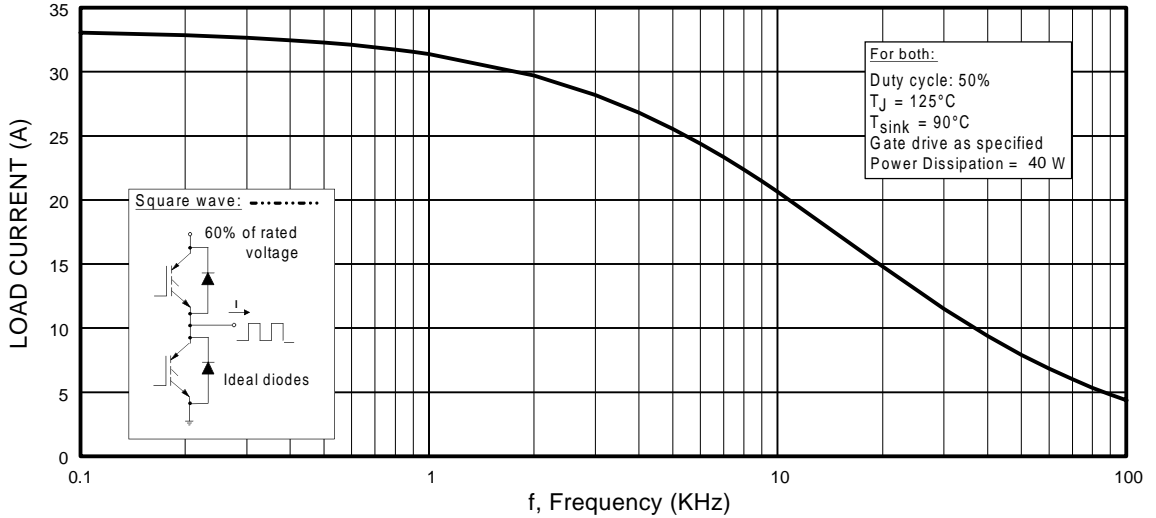


Fig. 1 - Typical Load Current vs. Frequency
 (Load Current = I_{RMS} of fundamental)

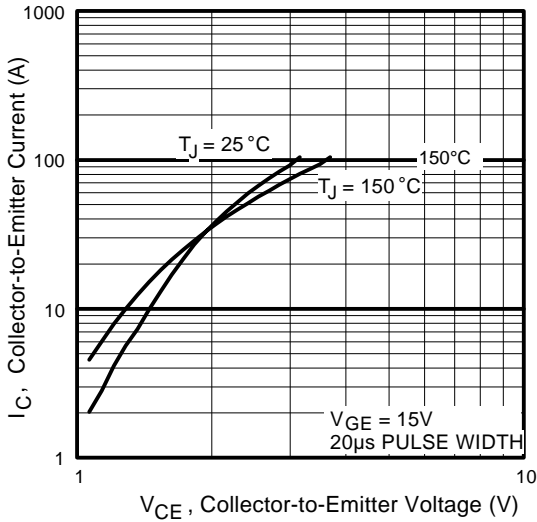


Fig. 2 - Typical Output Characteristics

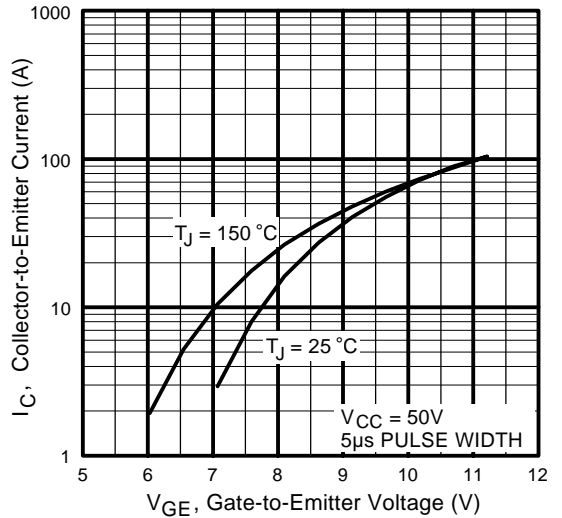


Fig. 3 - Typical Transfer Characteristics

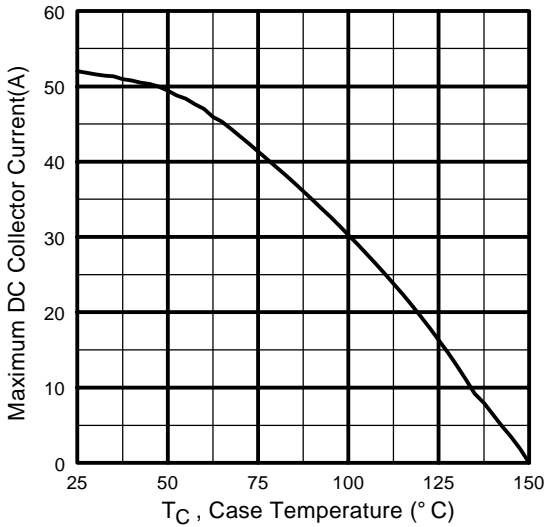


Fig. 4 - Maximum Collector Current vs. Case Temperature

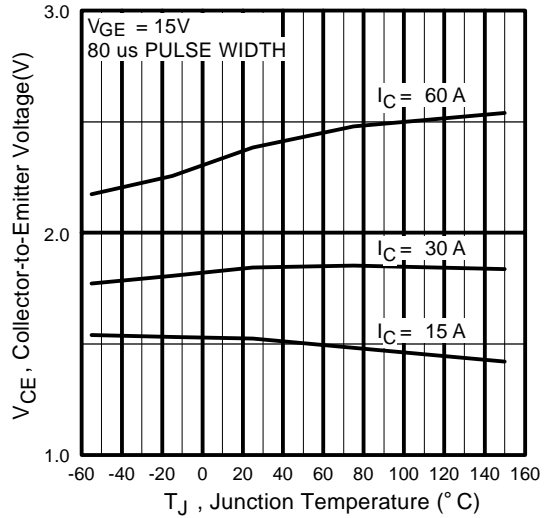


Fig. 5 - Typical Collector-to-Emitter Voltage vs. Junction Temperature

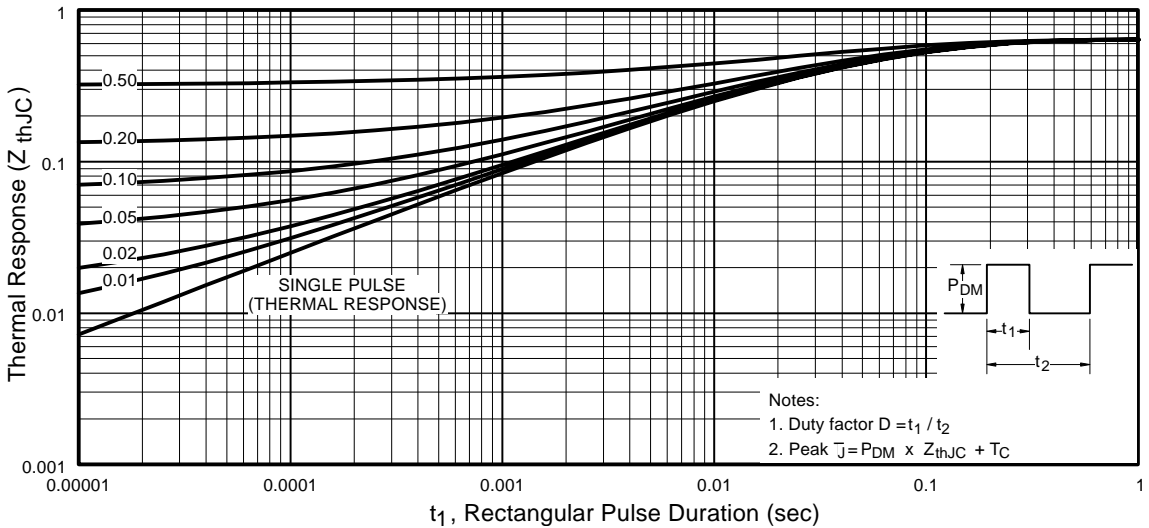


Fig. 6 - Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

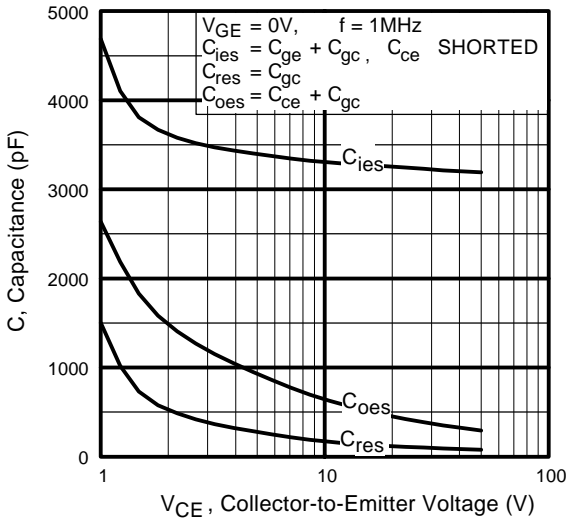


Fig. 7 - Typical Capacitance vs. Collector-to-Emitter Voltage

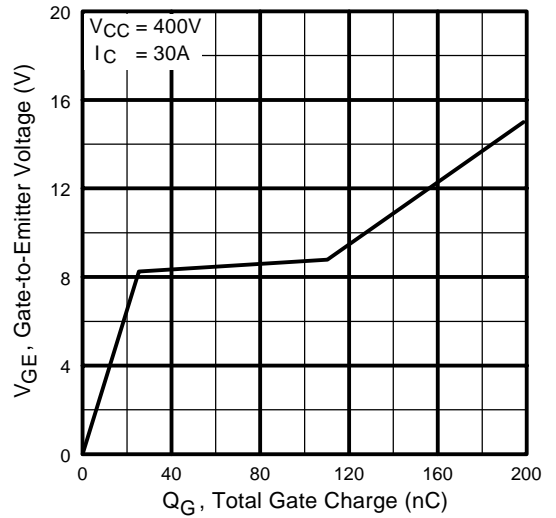


Fig. 8 - Typical Gate Charge vs. Gate-to-Emitter Voltage

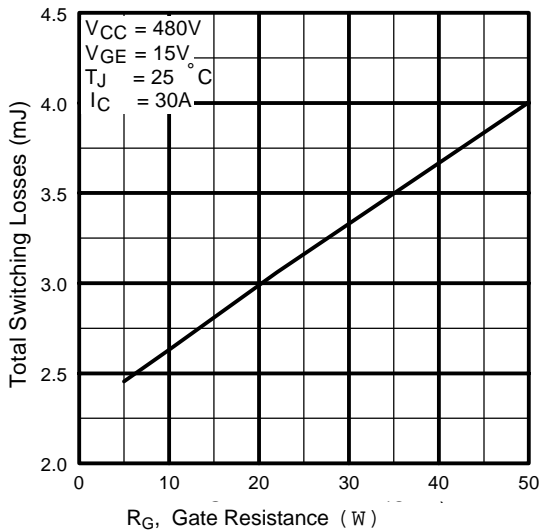


Fig. 9 - Typical Switching Losses vs. Gate Resistance

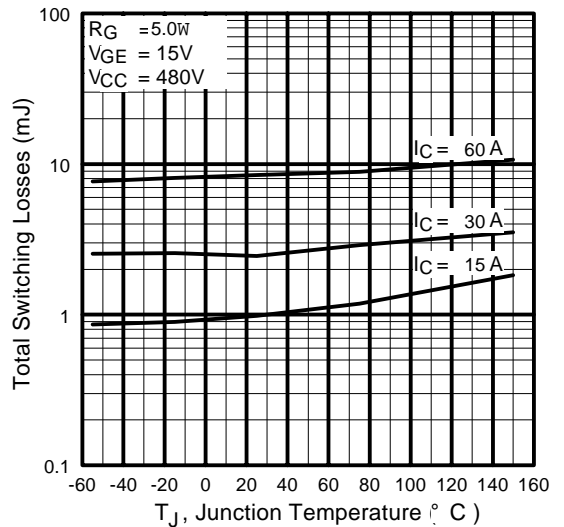


Fig. 10 - Typical Switching Losses vs. Junction Temperature

IRG4PC50KD

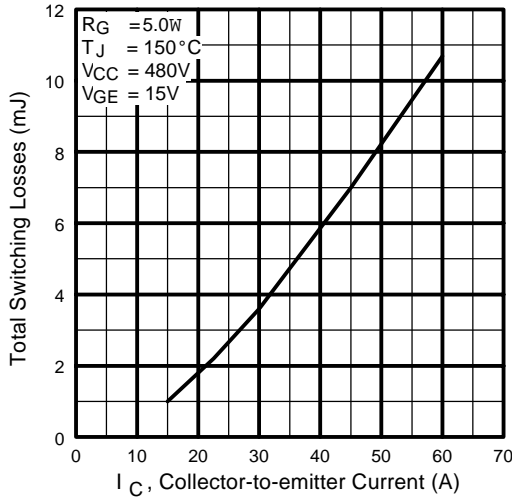


Fig. 11 - Typical Switching Losses vs. Collector-to-Emitter Current

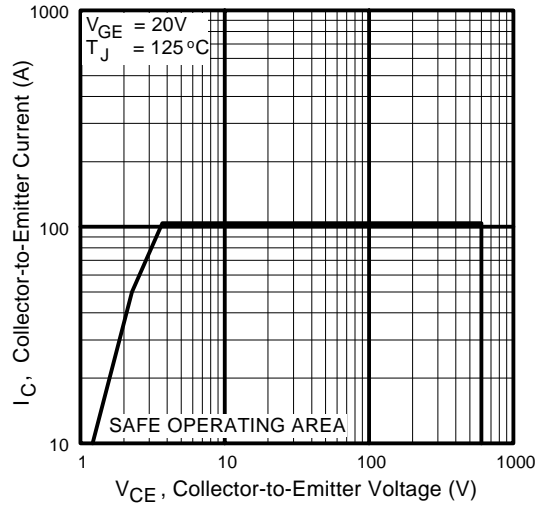


Fig. 12 - Turn-Off SOA

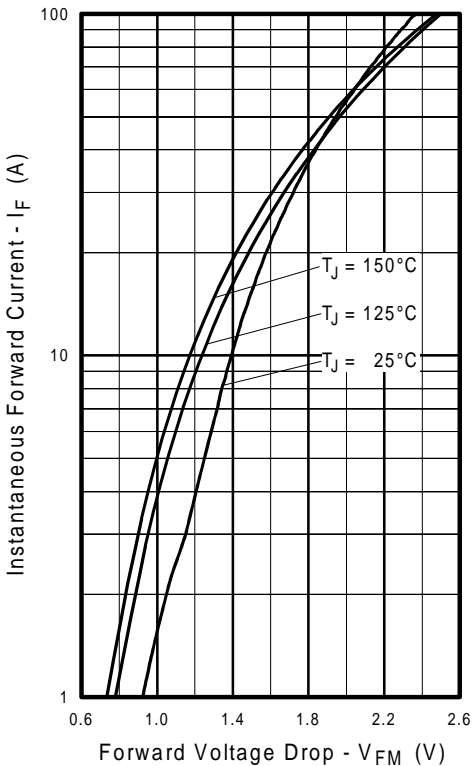


Fig. 13 - Maximum Forward Voltage Drop vs. Instantaneous Forward Current

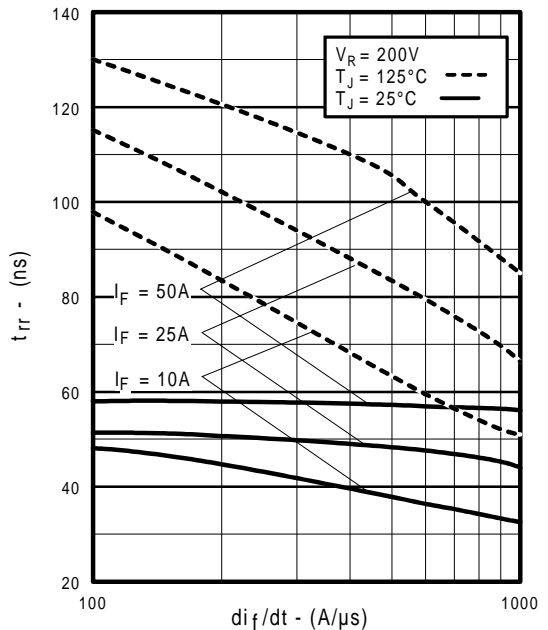


Fig. 14 - Typical Reverse Recovery vs. di_f/dt

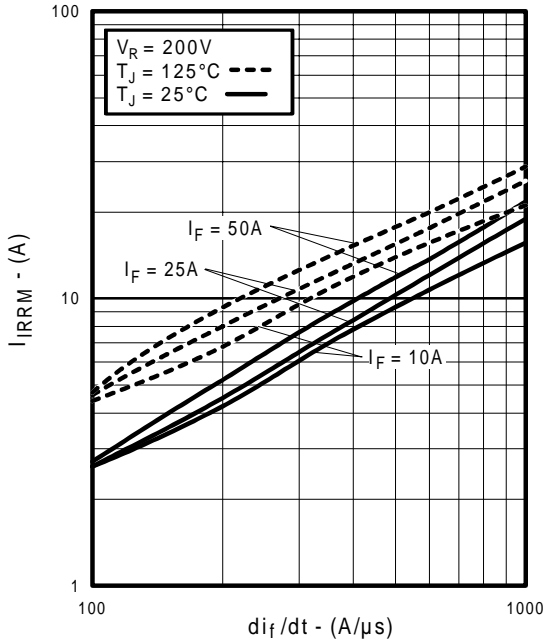


Fig. 15 - Typical Recovery Current vs. di_f/dt

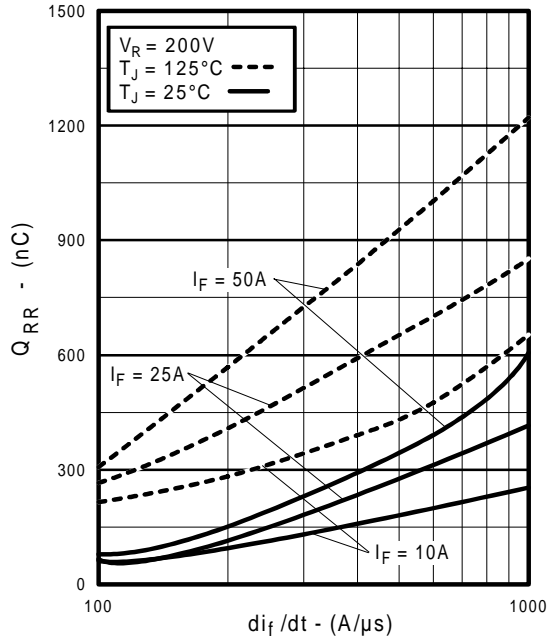


Fig. 16 - Typical Stored Charge vs. di_f/dt

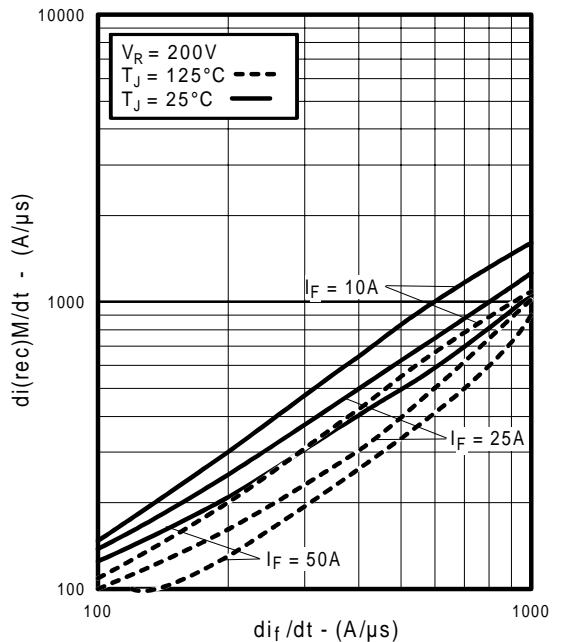


Fig. 17 - Typical $di_{(rec)M}/dt$ vs. di_f/dt

Mechanical drawings, Appendix A
 Test Circuit diagrams, Appendix B
 Switching Loss Waveforms, Appendix C

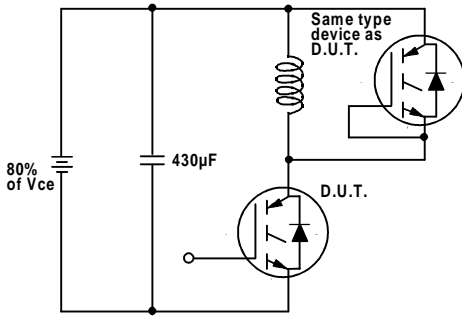


Fig. 18a - Test Circuit for Measurement of I_{LM} , E_{on} , $E_{off(diode)}$, t_{rr} , Q_{rr} , I_{rr} , $t_{d(on)}$, t_r , $t_{d(off)}$, t_f

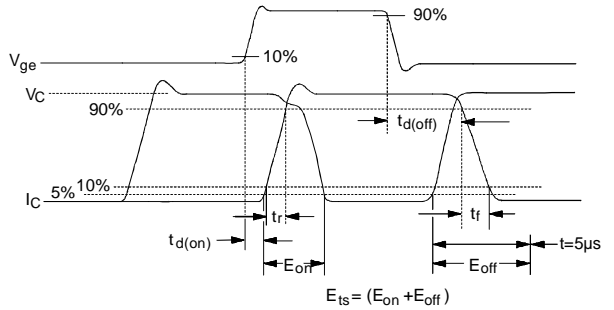


Fig. 18b - Test Waveforms for Circuit of Fig. 18a, Defining E_{off} , $t_{d(off)}$, t_f

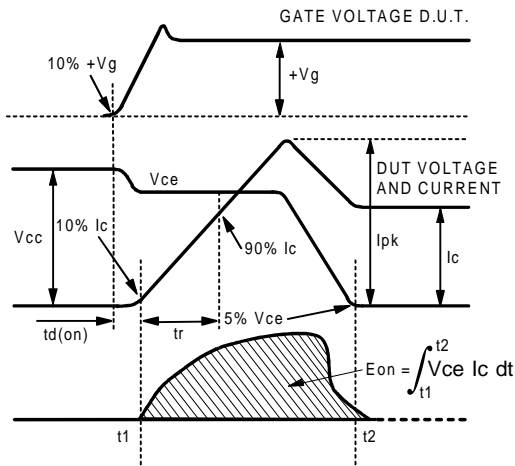


Fig. 18c - Test Waveforms for Circuit of Fig. 18a, Defining E_{on} , $t_{d(on)}$, t_r

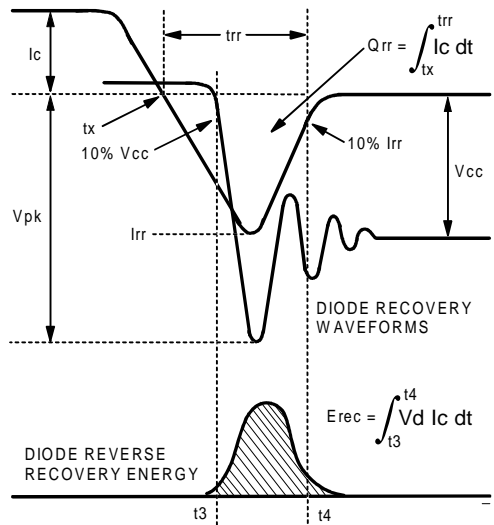


Fig. 18d - Test Waveforms for Circuit of Fig. 18a, Defining E_{rec} , t_{rr} , Q_{rr} , I_{rr}

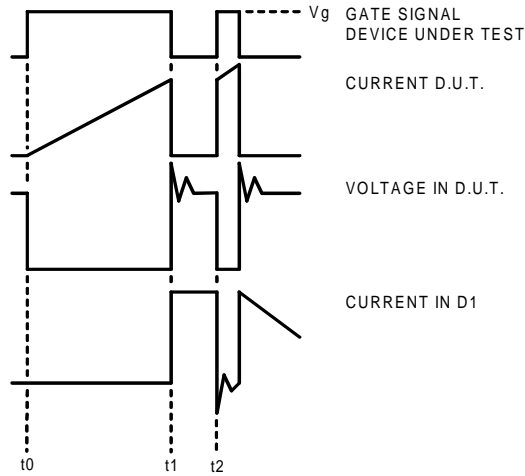


Figure 18e. Macro Waveforms for Figure 18a's Test Circuit

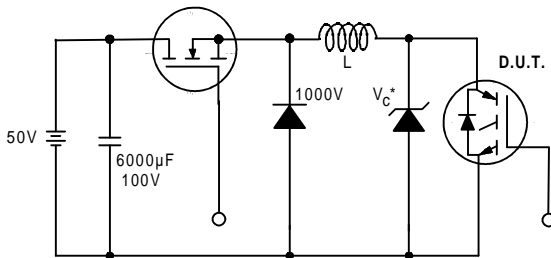


Figure 19. Clamped Inductive Load Test Circuit

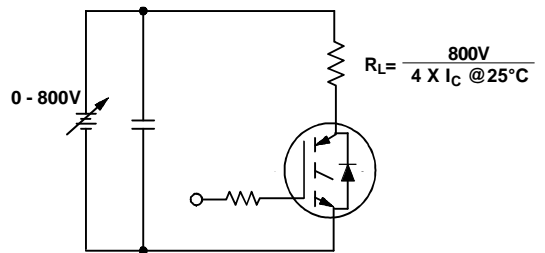
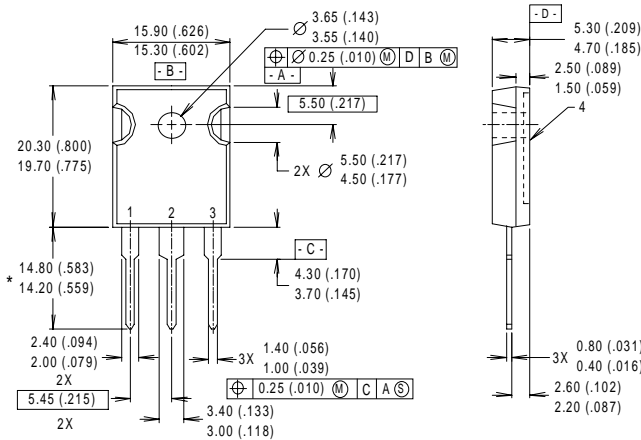


Figure 20. Pulsed Collector Current Test Circuit

Notes:

- ① Repetitive rating: $V_{GE}=20V$; pulse width limited by maximum junction temperature (figure 20)
- ② $V_{CC}=80\% (V_{CES}), V_{GE}=20V, I_L=10\mu H, R_G=5.0W$ (figure 19)
- ③ Pulse width $\leq 80\mu s$; duty factor $\leq 0.1\%$.
- ④ Pulse width $5.0\mu s$, single shot.

Case Outline — TO-247AC



- NOTES:
- 1 DIMENSIONS & TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 - 2 CONTROLLING DIMENSION : INCH.
 - 3 DIMENSIONS ARE SHOWN MILLIMETERS (INCHES).
 - 4 CONFORMS TO JEDEC OUTLINE TO-247AC.

- LEAD ASSIGNMENTS
- 1 - GATE
 - 2 - COLLECTOR
 - 3 - EMITTER
 - 4 - COLLECTOR

* LONGER LEADED (20mm) VERSION AVAILABLE (TO-247AD) TO ORDER ADD "E" SUFFIX TO PART NUMBER

CONFORMS TO JEDEC OUTLINE TO-247AC (TO-3P)
Dimensions in Millimeters and (Inches)

WORLD HEADQUARTERS: 233 Kansas St., El Segundo, California 90245, Tel: (310) 322 3331

IR GREAT BRITAIN: Hurst Green, Oxted, Surrey RH8 9BB, UK Tel: ++ 44 1883 732020

IR CANADA: 15 Lincoln Court, Brampton, Ontario L6T3Z2, Tel: (905) 453 2200

IR GERMANY: Saalburgstrasse 157, 61350 Bad Homburg Tel: ++ 49 6172 96590

IR ITALY: Via Liguria 49, 10071 Borgaro, Torino Tel: ++ 39 11 451 0111

IR FAR EAST: K&H Bldg., 2F, 30-4 Nishi-Ikebukuro 3-Chome, Toshima-Ku, Tokyo Japan 171 Tel: 81 3 3983 0086

IR SOUTHEAST ASIA: 1 Kim Seng Promenade, Great World City West Tower, 13-11, Singapore 237994 Tel: ++ 65 838 4630

IR TAIWAN: 16 Fl. Suite D. 207, Sec. 2, Tun Haw South Road, Taipei, 10673, Taiwan Tel: 886-2-2377-9936

<http://www.irf.com/> Data and specifications subject to change without notice. 12/98

This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.

TLP250

Transistor Inverter
 Inverter For Air Conditionor
 IGBT Gate Drive
 Power MOS FET Gate Drive

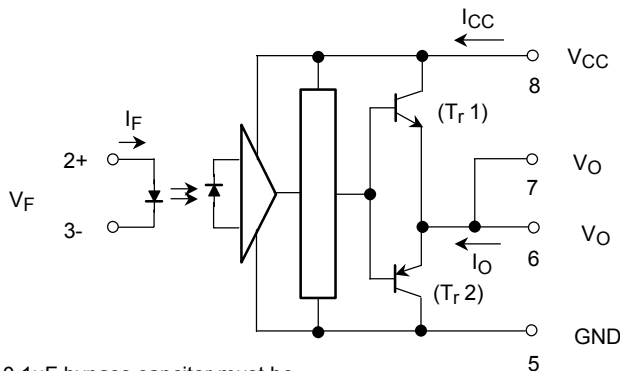
The TOSHIBA TLP250 consists of a GaAlAs light emitting diode and a integrated photodetector.
 This unit is 8-lead DIP package.
 TLP250 is suitable for gate driving circuit of IGBT or power MOS FET.

- Input threshold current: $I_F=5\text{mA}(\text{max.})$
- Supply current (I_{CC}): $11\text{mA}(\text{max.})$
- Supply voltage (V_{CC}): $10\text{--}35\text{V}$
- Output current (I_O): $\pm 1.5\text{A}(\text{max.})$
- Switching time (t_{pLH}/t_{pHL}): $1.5\mu\text{s}(\text{max.})$
- Isolation voltage: $2500V_{\text{rms}}(\text{min.})$
- UL recognized: UL1577, file No.E67349
- Option (D4) type
 VDE approved: DIN VDE0884/06.92,certificate No.76823
 Maximum operating insulation voltage: 630VPK
 Highest permissible over voltage: 4000VPK

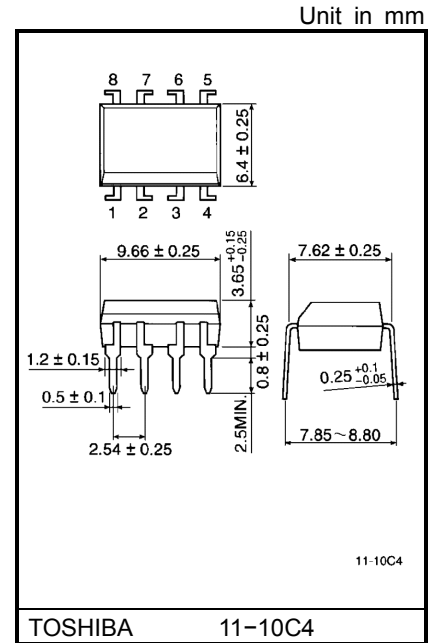
(Note) When a VDE0884 approved type is needed, please designate the "option (D4)"

- Creepage distance: $6.4\text{mm}(\text{min.})$
 Clearance: $6.4\text{mm}(\text{min.})$

Schematic



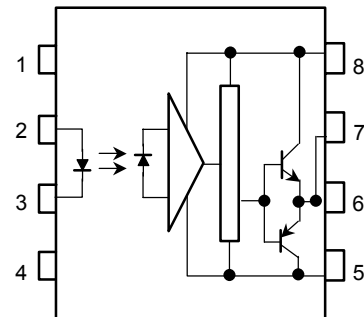
A $0.1\mu\text{F}$ bypass capacitor must be connected between pin 8 and 5 (See Note 5).



TOSHIBA 11-10C4

Weight: 0.54 g

Pin Configuration (top view)



- 1 : N.C.
- 2 : Anode
- 3 : Cathode
- 4 : N.C.
- 5 : GND
- 6 : V_O (Output)
- 7 : V_O
- 8 : V_{CC}

Truth Table

		Tr1	Tr2
Input LED	On	On	Off
	Off	Off	On

Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Characteristic		Symbol	Rating	Unit	
LED	Forward current	I_F	20	mA	
	Forward current derating (Ta ≥ 70°C)	$\Delta I_F / \Delta T_a$	-0.36	mA / °C	
	Peak transient forward current (Note 1)	I_{FPT}	1	A	
	Reverse voltage	V_R	5	V	
	Junction temperature	T_j	125	°C	
Detector	"H" peak output current ($P_W \leq 2.5\mu s, f \leq 15kHz$) (Note 2)	I_{OPH}	-1.5	A	
	"L" peak output current ($P_W \leq 2.5\mu s, f \leq 15kHz$) (Note 2)	I_{OPL}	+1.5	A	
	Output voltage	(Ta ≤ 70°C)	V_O	35	V
		(Ta = 85°C)		24	
	Supply voltage	(Ta ≤ 70°C)	V_{CC}	35	V
		(Ta = 85°C)		24	
	Output voltage derating (Ta ≥ 70°C)		$\Delta V_O / \Delta T_a$	-0.73	V / °C
	Supply voltage derating (Ta ≥ 70°C)		$\Delta V_{CC} / \Delta T_a$	-0.73	V / °C
	Junction temperature		T_j	125	°C
Operating frequency (Note 3)		f	25	kHz	
Operating temperature range		T_{opr}	-20~85	°C	
Storage temperature range		T_{stg}	-55~125	°C	
Lead soldering temperature (10 s)		T_{sol}	260	°C	
Isolation voltage (AC, 1 min., R.H. ≤ 60%) (Note 4)		BV_S	2500	Vrms	

(Note 1) Pulse width $P_W \leq 1\mu s$, 300pps

(Note 2) Exponential waveform

(Note 3) Exponential waveform, $I_{OPH} \leq -1.0A (\leq 2.5\mu s)$, $I_{OPL} \leq +1.0A (\leq 2.5\mu s)$

(Note 4) Device considered a two terminal device: Pins 1, 2, 3 and 4 shorted together, and pins 5, 6, 7 and 8 shorted together.

(Note 5) A ceramic capacitor (0.1μF) should be connected from pin 8 to pin 5 to stabilize the operation of the high gain linear amplifier. Failure to provide the bypassing may impair the switching property. The total lead length between capacitor and coupler should not exceed 1cm.

Recommended Operating Conditions

Characteristic	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input current, on	$I_{F(ON)}$	7	8	10	mA
Input voltage, off	$V_{F(OFF)}$	0	—	0.8	V
Supply voltage	V_{CC}	15	—	30 20	V
Peak output current	I_{OPH}/I_{OPL}	—	—	±0.5	A
Operating temperature	T_{opr}	-20	25	70 85	°C

Electrical Characteristics (Ta = -20~70°C, unless otherwise specified)

Characteristic	Symbol	Test Circuit	Test Condition	Min.	Typ.*	Max.	Unit		
Input forward voltage	V_F	—	$I_F = 10 \text{ mA}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$		1.6	1.8	V		
Temperature coefficient of forward voltage	$\Delta V_F / \Delta T_a$	—	$I_F = 10 \text{ mA}$	—	-2.0	—	mV / °C		
Input reverse current	I_R	—	$V_R = 5\text{V}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$		—	10	μA		
Input capacitance	C_T	—	$V = 0$, $f = 1\text{MHz}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$	—	45	250	pF		
Output current	"H" level	I_{OPH}	3	$V_{CC} = 30\text{V}$ (*1)	$I_F = 10 \text{ mA}$ $V_{8-6} = 4\text{V}$	-0.5	-1.5	—	A
	"L" level	I_{OPL}	2		$I_F = 0$ $V_{6-5} = 2.5\text{V}$	0.5	2	—	
Output voltage	"H" level	V_{OH}	4	$V_{CC1} = +15\text{V}$, $V_{EE1} = -15\text{V}$ $R_L = 200\Omega$, $I_F = 5\text{mA}$	11	12.8	—	V	
	"L" level	V_{OL}	5	$V_{CC1} = +15\text{V}$, $V_{EE1} = -15\text{V}$ $R_L = 200\Omega$, $V_F = 0.8\text{V}$	—	-14.2	-12.5		
Supply current	"H" level	I_{CCH}	—	$V_{CC} = 30\text{V}$, $I_F = 10\text{mA}$ $T_a = 25^\circ\text{C}$	—	7	—	mA	
				$V_{CC} = 30\text{V}$, $I_F = 10\text{mA}$	—	—	11		
	"L" level	I_{CCL}	—	$V_{CC} = 30\text{V}$, $I_F = 0\text{mA}$ $T_a = 25^\circ\text{C}$	—	7.5	—		
				$V_{CC} = 30\text{V}$, $I_F = 0\text{mA}$	—	—	11		
Threshold input current	"Output L→H"	I_{FLH}	—	$V_{CC1} = +15\text{V}$, $V_{EE1} = -15\text{V}$ $R_L = 200\Omega$, $V_O > 0\text{V}$	—	1.2	5	mA	
Threshold input voltage	"Output H→L"	I_{FHL}	—	$V_{CC1} = +15\text{V}$, $V_{EE1} = -15\text{V}$ $R_L = 200\Omega$, $V_O < 0\text{V}$	0.8	—	—	V	
Supply voltage	V_{CC}	—		10	—	35	V		
Capacitance (input-output)	C_S	—	$V_S = 0$, $f = 1\text{MHz}$ $T_a = 25^\circ\text{C}$	—	1.0	2.0	pF		
Resistance(input-output)	R_S	—	$V_S = 500\text{V}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$ $R.H. \leq 60\%$	1×10^{12}	10^{14}	—	Ω		

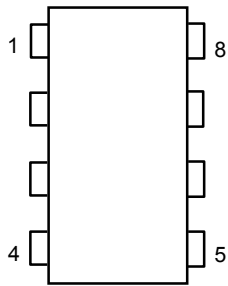
* All typical values are at $T_a = 25^\circ\text{C}$ (*1): Duration of I_O time $\leq 50\mu\text{s}$

Switching Characteristics (Ta = -20~70°C , unless otherwise specified)

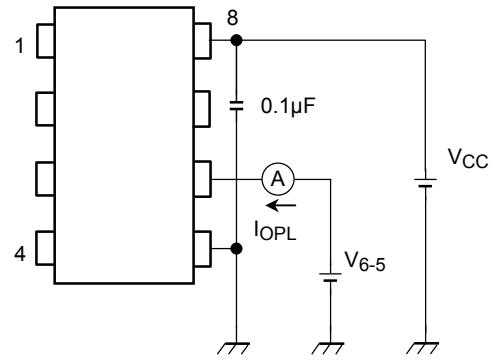
Characteristic	Symbol	Test Circuit	Test Condition	Min.	Typ.*	Max.	Unit
Propagation delay time	L→H	t _{pLH}	I _F = 8mA V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω	—	0.15	0.5	μs
	H→L	t _{pHL}		—	0.15	0.5	
Output rise time	t _r	6		—	—	—	
Output fall time	t _f			—	—	—	
Common mode transient immunity at high level output	C _{MH}	7	V _{CM} = 600V, I _F = 8mA V _{CC} = 30V, Ta = 25°C	-5000	—	—	V / μs
Common mode transient immunity at low level output	C _{ML}	7	V _{CM} = 600V, I _F = 0mA V _{CC} = 30V, Ta = 25°C	5000	—	—	V / μs

* All typical values are at Ta = 25°C

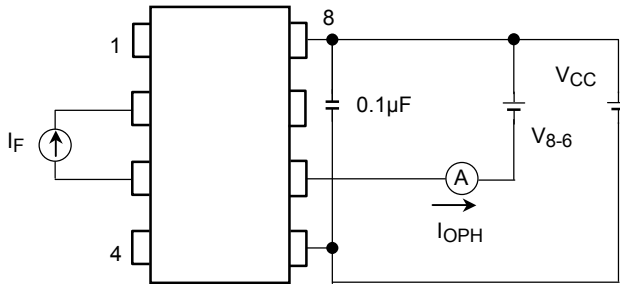
Test Circuit 1 :



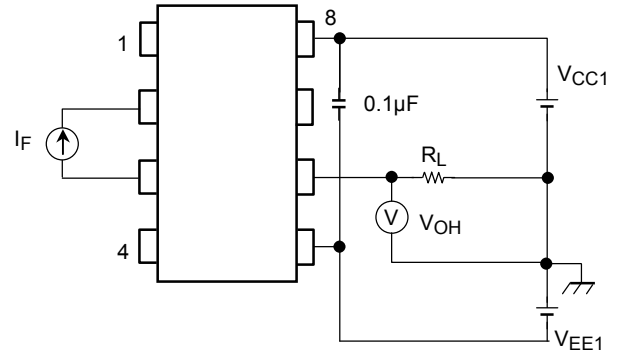
Test Circuit 2 : IOPL



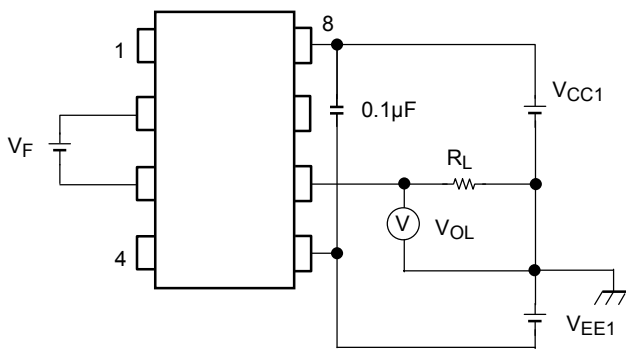
Test Circuit 3 : IOPH



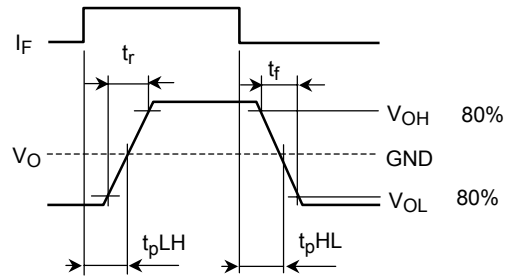
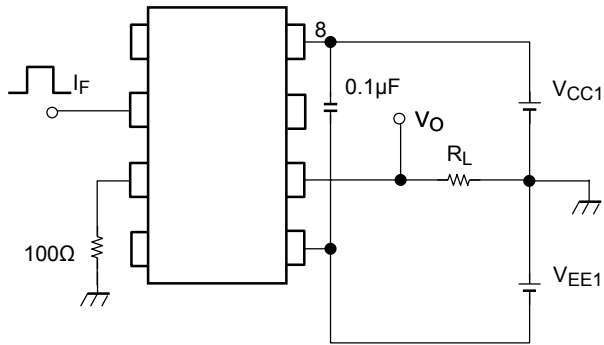
Test Circuit 4 : VOH



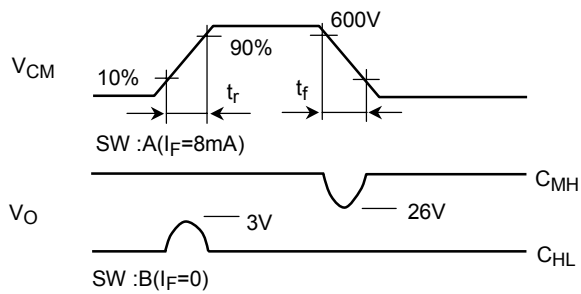
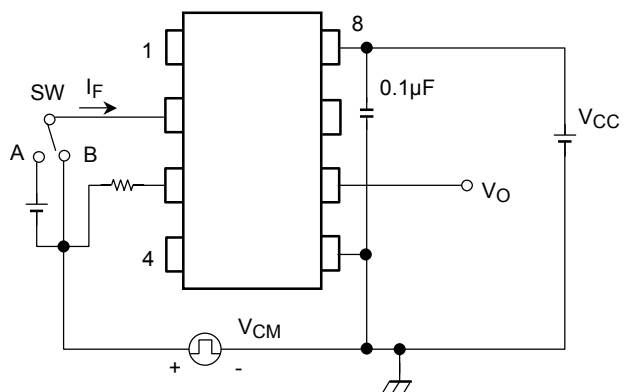
Test Circuit 5 : VOL



Test Circuit 6: t_{pLH} , t_{pHL} , t_r , t_f



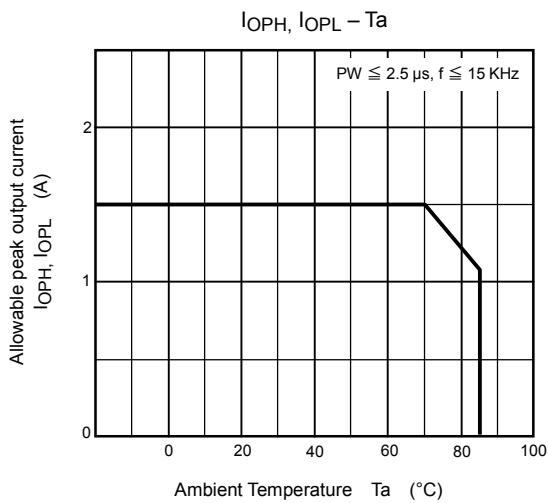
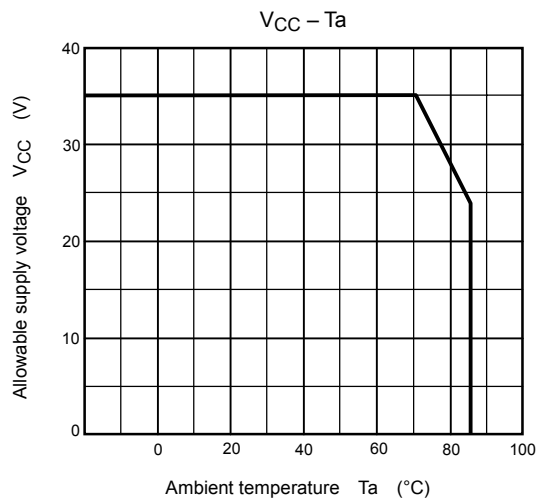
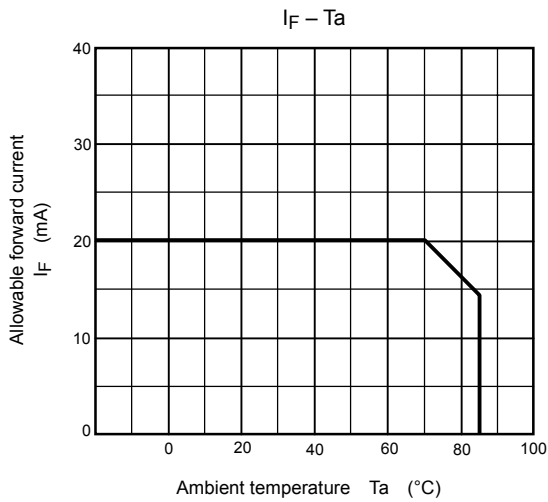
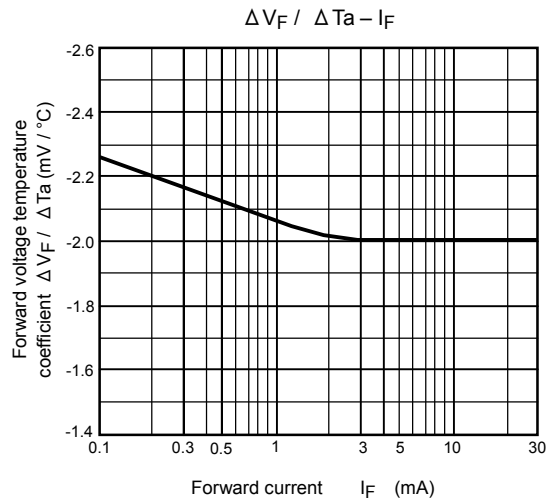
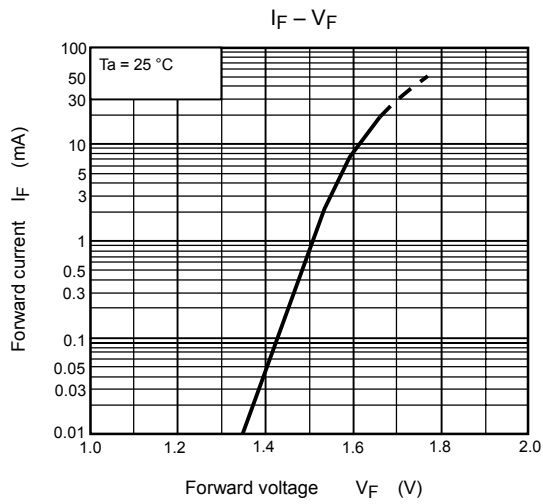
Test Circuit 7: C_{MH} , C_{ML}



$$C_{ML} = \frac{480 (V)}{t_r (\mu s)}$$

$$C_{MH} = \frac{480 (V)}{t_f (\mu s)}$$

$C_{ML}(C_{MH})$ is the maximum rate of rise (fall) of the common mode voltage that can be sustained with the output voltage in the low (high) state.



RESTRICTIONS ON PRODUCT USE

000707EBC

- TOSHIBA is continually working to improve the quality and reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to comply with the standards of safety in making a safe design for the entire system, and to avoid situations in which a malfunction or failure of such TOSHIBA products could cause loss of human life, bodily injury or damage to property.
In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent TOSHIBA products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the "Handling Guide for Semiconductor Devices," or "TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook" etc..
- The TOSHIBA products listed in this document are intended for usage in general electronics applications (computer, personal equipment, office equipment, measuring equipment, industrial robotics, domestic appliances, etc.). These TOSHIBA products are neither intended nor warranted for usage in equipment that requires extraordinarily high quality and/or reliability or a malfunction or failure of which may cause loss of human life or bodily injury ("Unintended Usage"). Unintended Usage include atomic energy control instruments, airplane or spaceship instruments, transportation instruments, traffic signal instruments, combustion control instruments, medical instruments, all types of safety devices, etc.. Unintended Usage of TOSHIBA products listed in this document shall be made at the customer's own risk.
- Gallium arsenide (GaAs) is a substance used in the products described in this document. GaAs dust and fumes are toxic. Do not break, cut or pulverize the product, or use chemicals to dissolve them. When disposing of the products, follow the appropriate regulations. Do not dispose of the products with other industrial waste or with domestic garbage.
- The products described in this document are subject to the foreign exchange and foreign trade laws.
- The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.
- The information contained herein is subject to change without notice.

This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.