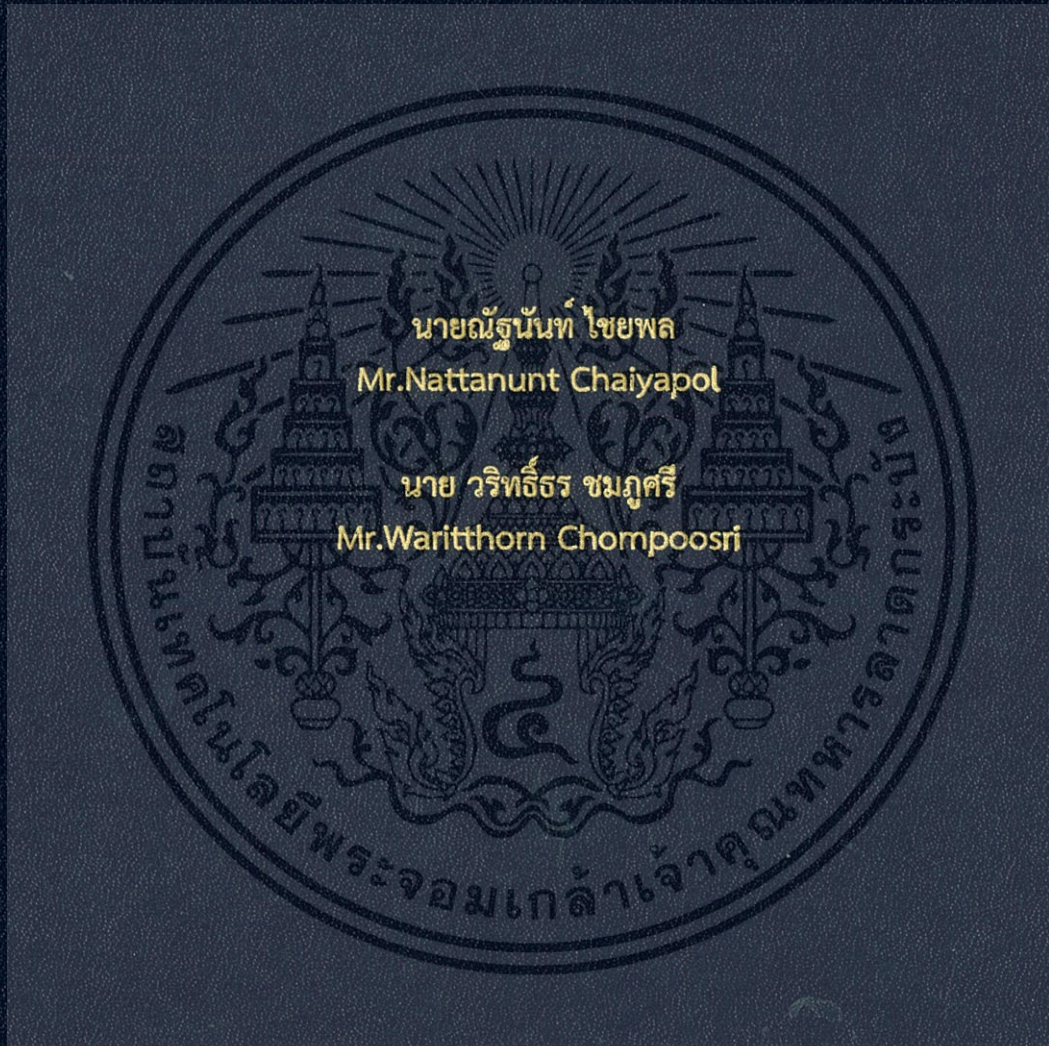


วงจรสวิตชิ่งไคร์ทลด LED หลายความถี่
Switching LED driver circuit



นายณัฐนันท์ ไชยพล
Mr.Nattanunt Chaiyapol

นาย วรสิทธิ์ร ชมภูศรี
Mr.Waritthorn Chompoosri

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

วงจรสวิตซิ่งไดร์หลอด LED หลายความถี่
Switching LED driver circuit

โดย

นายณัฐนันท์ ไชยพล
Mr.Nattanunt Chaiyapol

นาย วริทธิ์ธร ชมภูศรี
Mr.Waritthorn Chompoosri

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.จิรวัดน์ ปานกลาง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพียงการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง วงจรสวิตชิ่งไดร์หลอด LED หลายความถี่

Switching LED driver circuit

ผู้จัดทำ นายณัฐนันท์ ไชยพล รหัสประจำตัว 56010398

นายวริทธิ์ธร ชมภูศรี รหัสประจำตัว 56011082

รายงานนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



รศ.จิววัฒน์ ปานกลาง

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	วงจรสวิตชิงไตร์หลอด LED หลายความถี่	
นักศึกษา	นายณัฐนันท์ ไชยพล	รหัสประจำตัว 56010398
	นายวริทธิ์ธร ชมภูศรี	รหัสประจำตัว 56011082
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	พ.ศ. 2/2559	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.จิรวัดน์ ปานกลาง	

บทคัดย่อ

ได้ทำการออกแบบวงจรรับหลอด LED แสงสว่าง โดยมีได้ใช้ค่าแรงดันไฟตรงปกติ แต่จะใช้แรงดันรูปคลื่นสี่เหลี่ยมความถี่เท่ากับ 60kHz , 80kHz , และ 100kHz โดยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบค่าความสว่างที่ได้กับค่าความสว่างที่เกิดจากแรงดัน DC พบว่า แรงดัน DC ที่จ่ายให้หลอดแสงสว่าง LED มีความสว่างสูงสุดก็จริง แต่มีประสิทธิภาพการส่องสว่างต่ำที่สุด และจากการทดลองยังพบว่า เมื่อความถี่ของวงจรมีค่าเพิ่มขึ้นค่าประสิทธิภาพเชิงความสว่างก็มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

Thesis Title	Switching LED driver circuit	
Student	Mr. Nattanunt Chaiyapol	Student ID 56010398
	Mr. Waritthorn Chompoosri	Student ID 56011082
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Electronic Engineering	
Year	2016	
Project Advisor	Associate Professor Jirawath Parnklang	

Abstract

We designed the LED lamp drive circuit without using normal DC Voltage but use square wave voltage which has frequency including 60 kHz, 80 kHz and 100 kHz instead. We made an experiment to compare the brightness and the brightness which occurred from DC voltage. It found that the DC voltage which supplied to LED lamp has actually maximum brightness but it also has the lowest luminous efficiency. According to the experiment also found that when the frequency of the driver circuit is increase, the brightness efficiency is also increase as well.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

LED คืออุปกรณ์ทางไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้มาเป็นแสงสว่างได้ และมีศักยภาพในการให้แสงสว่างเมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไป ได้มากกว่าหลอดแบบไส้ และหลอดแบบฟลูออเรสเซนต์ ในปัจจุบันได้มีการใช้งานหลอด LED แบบแพร่หลาย ทั้งตามอาคารบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม จนถึงไฟส่องสว่างตามท้องถนน แต่เนื่องด้วยหลอด LED ที่ใช้งานในทั่วไป จะใช้แรงดันเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่งเป็นไฟกระแสตรง ทางผู้จัดทำจึงได้มีการดัดแปลงให้วงจรขับของ LED นั้นป้อนแรงดันเป็นไฟกระแสตรงแบบพัลส์ ให้กับหลอด LED เพื่อดูถึงผลของการตอบสนองของความถี่ในการนำไปใช้งานจริง เพื่อดิงศักยภาพของหลอด LED ให้ได้มากที่สุด และในท้ายที่สุดทางผู้จัดทำได้คาดหวังไว้ว่าโครงการชิ้นนี้จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคต ของวงการหลอดไฟส่องสว่าง

คณะผู้จัดทำ

นาย ณัฐนันท์ ไชยพล

นายนายวิทธิธร ชมภูศรี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวงจรวจรสวิตซิงไตร่หลอด LED หลายความถี่ขึ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รศ.จิรวัดน์ ปานกลาง อาจารย์ที่ปรึกษา รวมไปถึงอาจารย์ท่านอื่นๆ และจากครอบครัวเป็นอย่างมาก ทางผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณ รศ. จิรวัดน์ ปานกลาง และ อาจารย์ทุกๆท่าน ที่คอยให้ความรู้คำปรึกษา และ คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการนี้ ทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณทางภาค วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และพ่อแม่ที่คอยสนับสนุนงบประมาณในการทำโปรเจกต์นี้ ขอขอบคุณเพื่อนร่วมไปถึงรุ่นพี่ทุกๆคน ที่คอยแนะนำแนวทางในการทำงานแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นคอยแนะนำเกร็ดความรู้ที่เป็นประโยชน์ อีกทั้งยังคอยติดตามเอาใจใส่เป็นอย่างดีมาโดยตลอดตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จลุล่วง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่1 วงจรสวิตชิงไตร์หลอด LED หลายความถี่.....	1
บทนำ.....	1
โครงสร้างการทำงาน.....	1
วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
ขอบเขตของโครงการ.....	1
ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
บทที่2 วงจรสวิตชิงไตร์หลอด LED หลายความถี่.....	2
หลักการและทฤษฎี.....	2
แผนผังการทำงานของ วงจรสวิตชิงไตร์หลอด LED หลายความถี่.....	2
ทฤษฎี.....	3
วงจรเรียงกระแส.....	4
การทำงานของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์.....	4
หม้อแปลง.....	7
หลอดไฟ LED.....	8
คุณสมบัติและข้อมูลทางเทคนิคของหลอด LED.....	8
หลักการทํางานทั่วไปของหลอด LED.....	9
ไดโอด.....	10
การต่อวงจร.....	11
การระบายความร้อน.....	12
หลักการทํางานของ LED.....	12
อุปกรณ์จำกัดกระแส.....	13
หลักการทํางานของวงจรควบคุมแรงดันขาออกโดย TL494.....	14
หลักการและทฤษฎี.....	14
หลักการทํางานของวงจรควบคุมแรงดันขาออกโดย TL494.....	14
แผนผังการทำงานของ วงจรสวิตชิงไตร์หลอด LED หลายความถี่.....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การคำนวณและการออกแบบ.....	17
การทำงานของวงจรโดยรวม.....	17
ส่วนประกอบหลักของวงจร.....	17
การออกแบบวงจร Off-line Switching.....	17
หม้อแปลงสวิตชิง.....	19
การเลือกบริดจ์ไดโอด.....	20
การออกแบบวงจรกรองสัญญาณกระเพื่อม (Ripple filter).....	20
การออกแบบวงจรควบคุมแรงดันขาออกโดย TL494.....	21
ส่วนประกอบของหลักของวงจร.....	21
การคำนวณในส่วนของความถี่.....	22
บทที่ 4 วิธีการทดลองและผลการทดลอง.....	23
Load Regulation.....	23
ผลการทดลองวัดค่าความถี่จากบอร์ด PWM (Low volt).....	25
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและวิเคราะห์ผล.....	28
สรุปผลการทดลอง.....	28
เอกสารอ้างอิง.....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 แสดงผล Load Regulation.....	23
ตารางที่ 2 แสดงผลของความถี่ที่ Output.....	25



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1 โครงสร้างการทำงานของวงจรสวิตชิงไคร์หลอด LED หลายความถี่.....	1
รูปที่ 2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ วงจรสวิตชิงไคร์หลอด LED หลายความถี่.....	2
รูปที่ 3 แผนผังการทำงานของ Power Supply Switching.....	3
รูปที่ 4 วงจรและแรงดันไฟสลับที่จุดต่างๆของเรียงกระแสแบบบริดจ์.....	4
รูปที่ 5 ขณะจ่ายแรงดันไฟสลับไบอัสตรงให้ไดโอด D2, D4.....	5
รูปที่ 6 ขณะจ่ายแรงดันไฟสลับไบอัสตรงให้ไดโอด D1, D3.....	5
รูปที่ 7 วงจร RC - π ฟิเตอร์แบบเอาต์พุตออกไฟบวก.....	6
รูปที่ 8 ลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้า แบบ SHELL.....	7
รูปที่ 9 สัญลักษณ์ของหม้อแปลง.....	7
รูปที่ 10 หลอด LED แบบ Tube.....	8
รูปที่ 11 การเปรียบเทียบวัตต์ของหลอด LED ต่อหลอดไฟประเภทต่างๆ.....	9
รูปที่ 12 สัญลักษณ์ LED.....	9
รูปที่ 13 ตัวอย่าง LED.....	9
รูปที่ 14 โครงสร้างภายในไดโอด.....	10
รูปที่ 15 วงจรการต่อ LED.....	11
รูปที่ 16 ตัวอย่าง R เพื่อจำกัดกระแสผ่าน LED.....	11
รูปที่ 17 COB Hi Power LED.....	12
รูปที่ 18 Heat sink แบบต่างๆ.....	12
รูปที่ 19 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ วงจรสวิตชิงไคร์หลอด LED หลายความถี่.....	14
รูปที่ 20 วงจร PWM จากไอซีเบอร์ TL494 สำหรับใช้ทดสอบคอนเวอร์เตอร์.....	15
รูปที่ 21 แผนผังการทำงานของวงจรโดยรวม.....	17
รูปที่ 22 แสดง Schematic ของวงจร Offline Switching.....	18
รูปที่ 23 แสดง ลาย PCB ของวงจร Offline Switching.....	18
รูปที่ 24 แสดง Schematic ของวงจรควบคุมแรงดันขาออกโดย TL494.....	21
รูปที่ 25 แสดงลาย PCB ของวงจรควบคุมแรงดันขาออกโดย TL494.....	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 26 แสดงผลจากการดิงกระแส 0 A.....	23
รูปที่ 27 แสดงผลจากการดิงกระแส 0.5 A.....	24
รูปที่ 28 แสดงผลจากการดิงกระแส 1.0 A.....	24
รูปที่ 29 แสดงผลจากการดิงกระแส 1.5 A.....	25
รูปที่ 30 แสดงค่าความถี่ที่ Selector ค่าที่ 1.....	26
รูปที่ 31 แสดงค่าความถี่ที่ Selector ค่าที่ 2.....	26
รูปที่ 32 แสดงค่าความถี่ที่ Selector ค่าที่ 3.....	27



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

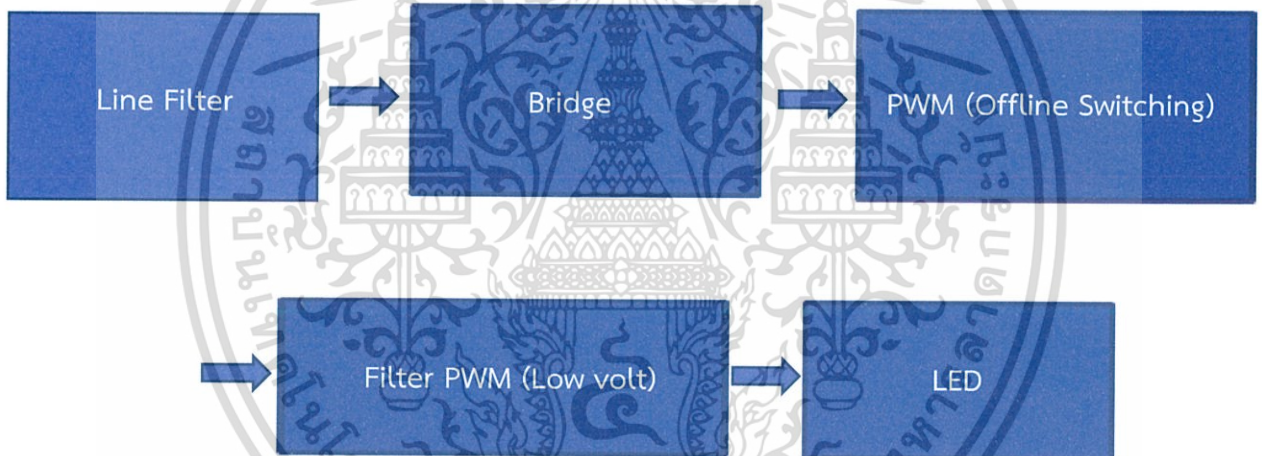
บทที่ 1

บทนำ

วงจรสวิตชิงไดร์หลอด LED หลายความถี่

(Switching LED driver circuit) หลอดไฟคืออุปกรณ์ใช้ไฟฟ้ารูปแบบหนึ่งซึ่งมีความจำเป็นอย่างมาก ในด้านของการให้แสงสว่าง ไม่ว่าจะเป็นที่พักอาศัย ถนน หรืออาคารสำนักงานต่างๆ ซึ่งในปัจจุบันไม่สามารถประมาณได้ว่ามีจำนวนมากขนาดไหน ซึ่งหลอดไฟแต่ละรุ่นแต่ละแบบ ก็มีอัตราสิ้นเปลืองการใช้พลังงานไม่เท่ากัน แต่เนื่องด้วยปัจจุบัน เทคโนโลยีทางด้าน LED ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากทั้งในด้านราคา และความคงทน ดังนั้นหากเราสามารถนำเทคโนโลยีดังกล่าว มาประยุกต์ใช้ให้เกิดเป็นหลอดไฟ LED สำหรับที่พักอาศัยได้นั้น น่าจะประหยัดทั้งในด้านราคาและทรัพยากรของโลกใบนี้ได้ไม่มากนักเลย

โครงสร้างการทำงาน



รูปที่ 1 โครงสร้างการทำงานของวงจรสวิตชิงไดร์หลอด LED หลายความถี่

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษานำทฤษฎีทางวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ไปประยุกต์
2. เพื่อศึกษาหลักการการทำงานของวงจร offline switching
3. เพื่อฝึกฝนทักษะในการออกแบบ สร้างและทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.2 ขอบเขตของโครงการ

1. สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบพัลส์ขนาด 15 โวลต์
2. ความสว่างของหลอด LED ไม่เปลี่ยนแปลงขณะเปิดไฟ
3. หลอด LED ไม่เสียหายและมีความเสถียร

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แรงดันไฟฟ้าที่ขาออกตามความต้องการ
2. เข้าใจถึงการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณอย่างง่าย
3. การวิเคราะห์และแก้ปัญหาในการ ออกแบบ จัดทำ และนำเสนอ ที่ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น เมื่อผู้ใดได้เห็นว่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

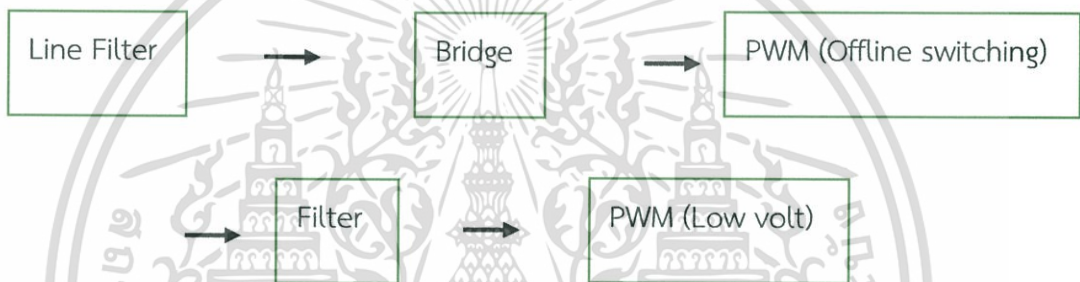
บทที่ 2

วงจรสวิตชิงไดร์หลอด LED หลายความถี่

2.1 หลักการและทฤษฎี

ในการออกแบบ เมื่อให้สัญญาณขาเข้าเป็นไฟสลับ เมื่อไฟสลับนี้ผ่านวงจรเรียงกระแสจะทำให้ได้ค่าพัลส์กระแสตรงออกมา และสัญญาณนี้จะนำไปเข้า IC TOP224 จะเป็นการเปรียบเทียบสัญญาณและทำให้ได้เอาต์พุตที่มีความกว้างของพัลส์ที่คงที่ออกมา และจะทำการผ่านวงจรกรองความถี่เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีความนิ่งมากขึ้นและจะนำสัญญาณที่ได้นี้ไปเข้า IC TL494 เพื่อเปรียบเทียบสัญญาณพัลส์อีกรอบหนึ่งเพื่อจะได้สัญญาณเอาต์พุตที่จะนำไปไดร์หลอด LED

2.2 แผนผังการทำงานของ วงจรสวิตชิงไดร์หลอด LED หลายความถี่



รูปที่ 2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ วงจรสวิตชิงไดร์หลอด LED หลายความถี่

ส่วนที่ 1 ไฟฟ้ากระแสสลับ คือส่วนของไฟกระแสสลับที่ป้อนเข้ามา เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงให้กับอุปกรณ์ต่างๆ และไฟสำหรับวงจรสวิตชิงไดร์หลอด LED หลายความถี่

ส่วนที่ 2 วงจรบริดจ์ (วงจรเรียงกระแส) มีหน้าที่เรียงกระแสจากไฟสลับให้เป็นพัลส์ไฟตรงเต็มคลื่นมีค่าแรงดันประมาณ 310V. และจะมีตัวเก็บประจุ มาทำให้สัญญาณพัลส์ที่ได้เรียบขึ้น

ส่วนที่ 3 PWM (Offline switching) ในที่นี้ใช้ IC TOP224 เป็นการเปรียบเทียบสัญญาณรูปสามเหลี่ยมกับสัญญาณที่ต้องการปรับค่าความกว้างของพัลส์ ในกรณีนี้เราจะใช้สัญญาณ DC ที่ได้จากวงจร bridge ที่ 310V. จะทำให้ได้สัญญาณขาออกที่มีความกว้างของพัลส์ที่คงที่ออกมา

ส่วนที่ 4 Filter (วงจรกรองความถี่) เป็นตัวกรองสัญญาณที่ขาออกของ PWM (Offline switching) ให้เป็นไฟ DC ที่นิ่งและเรียบยิ่งขึ้น

ส่วนที่ 5 PWM (Low volt) ในที่นี้ใช้ IC TL494 จะเปรียบเทียบสัญญาณที่ได้จาก TOP224 แล้วจะได้สัญญาณพัลส์ออกมาเพื่อไปไดร์หลอด LED

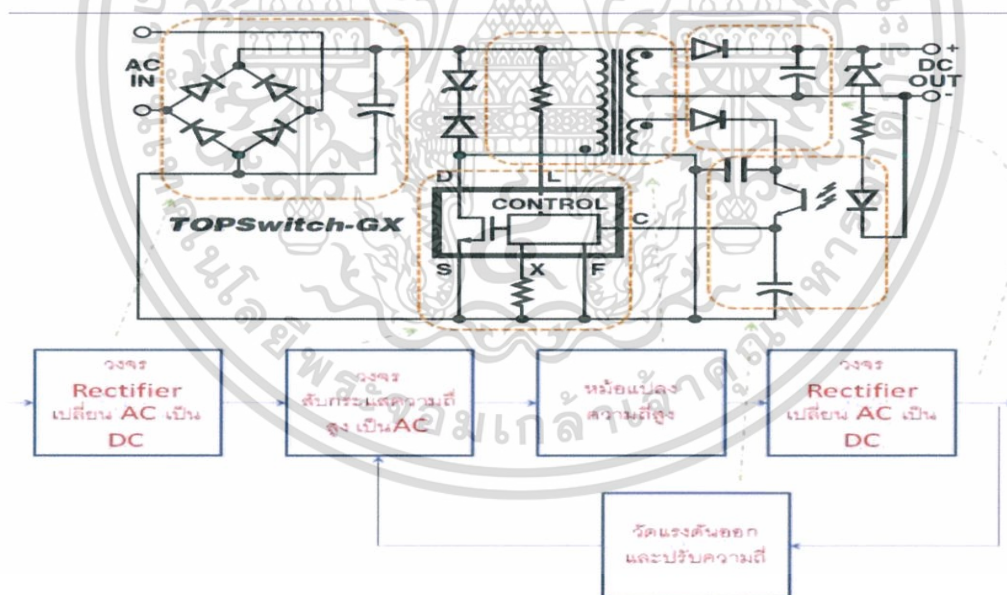
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีของวงจร PWM (Offline switching)

2.3.1 แหล่งจ่ายไฟสวิตชิง (Power Supply)

2.3.1.1 หลักการทำงานของ Power Supply Switching

เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟแบบเชิงเส้นมีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในตัวมันสูงมาก (มากเท่าไรก็ขึ้นอยู่กับความต่างระหว่างแรงดันขาเข้ากับขาออก) ดังนั้นแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิงจึงถือกำเนิดมาเพื่อแก้ปัญหานี้ เพื่อให้ประสิทธิภาพของระบบทำงานอย่างสูงสุด หลักการก็คือการใช้หม้อแปลงเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าจากขาเข้าค่าหนึ่งให้เป็นขาออกอีกค่าหนึ่ง เพราะหม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ส่งผ่านกำลังไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงมาก (มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์) แต่หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเท่านั้น ถ้าป้อนไฟตรงเข้าไปจะเกิดความเสียหายทันที ดังนั้นเราจะต้องเอาแรงดันไฟตรงที่เข้ามานั้นทำเป็นไฟสลับ โดยใช้วงจรสับกระแส (chopper) หรือเปิด-ปิด-เปิด-ปิด. แรงดันไฟตรงขาเข้าด้วยความถี่หนึ่ง (หลักสิบกิโลเฮิรตซ์ หรือเป็นหมื่นรอบต่อวินาที เพื่อให้หม้อแปลงมีขนาดเล็กและประสิทธิภาพสูงขึ้น) เมื่อเป็นไฟสลับแล้วก็จะนำแรงดันผ่านหม้อแปลงปรับเปลี่ยนค่าแรงดันใหม่ตามขาออกที่เราต้องการ จากนั้นเราก็กู้กลับแรงดันไฟสลับนี้ให้กลับมาเป็นไฟตรงเพื่อใช้งานอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 3 แผนผังการทำงานของ Power Supply Switching

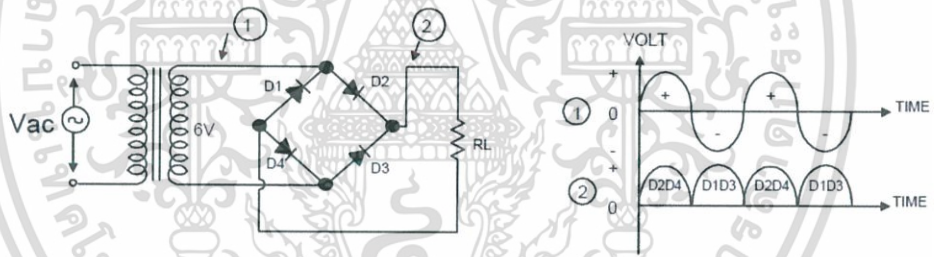
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 วงจรเรียงกระแส (Rectifier)

เรกติไฟเออร์ คือวงจรไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณกระแสสลับให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงหรือมีคุณสมบัติยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการแปลงสัญญาณได้แก่ ไดโอด เป็นต้น

2.3.2.1 การทำงานวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ ก็คือวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นนั่นเอง โดยที่แรงดันไฟสลับที่ถูกเรียงกระแสแล้วออกเอาต์พุตทั้งช่วงบวก และช่วงลบของแรงดันไฟสลับเหมือนกัน ความแตกต่างระหว่างเรียงกระแสแบบบริดจ์ และแบบเต็มคลื่นต่างกันตรงการต่อวงจรเรียงกระแส แบบเต็มคลื่นใช้ไดโอด 2 ตัว หม้อแปลงไฟฟ้าที่จะนำมาใช้งานจะเป็นชนิด 3 ขั้ว ส่วนแบบบริดจ์ใช้ไดโอด 4 ตัว หม้อแปลงไฟฟ้าที่จะนำมาใช้งานจะเป็นชนิด 2 ขั้ว ข้อดีของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ คือ สามารถที่จะทำเป็นวงจรเรียงกระแสแบบ 3 ขั้วไฟออกเอาต์พุตได้ คือ ขั้วบวก (+) , ขั้วลบ (-) , และขั้วกราวด์ (GND) นำไปใช้งานในการจ่ายไฟให้วงจรขยายเสียงแบบ OCL วงจรออปแอมป์ และวงจรอื่น ๆ ที่ใช้ไฟชนิด 3 ขั้ว การทำงานของบริดจ์เรียงกระแส แต่ละครึ่งสัญญาณของแรงดันไฟสลับ ไดโอดจะทำงานครั้งละ 2 ตัว สลับกันอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา วงจรและการทำงานอธิบายได้ดังนี้

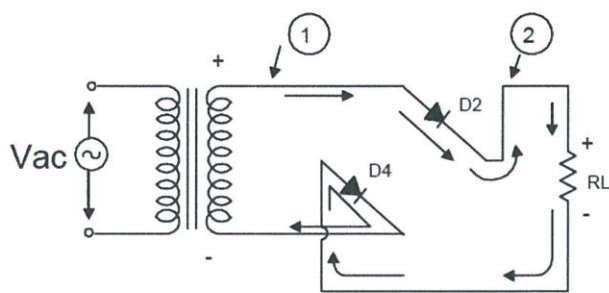


(ก) แรงดันไฟสลับช่วงบวกป้อนเข้ามา

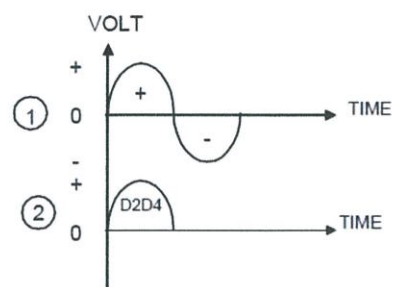
(ข) ไดโอด D2,D4 นำกระแส

รูปที่ 4 วงจรและแรงดันไฟสลับที่จุดต่างๆของเรียงกระแสแบบบริดจ์

แสดงวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ และแรงดันไฟสลับที่จุดต่าง ๆ ของวงจร ซึ่งจะได้แรงดันไฟสลับแต่ละจุดเหมือนกับเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นทุกประการ เพียงแต่ในจุดที่ 2 แรงดันไฟสลับช่วงบวกที่ได้จะต้องผ่าน ไดโอดทำหน้าที่เรียงกระแสครั้งละ 2 ตัว D2, D4, ทำงานครั้งหนึ่ง และ D1, D3 ทำงานอีกครั้งหนึ่งสลับกันไป สามารถอธิบายการทำงานแต่ละครั้งได้ดังนี้



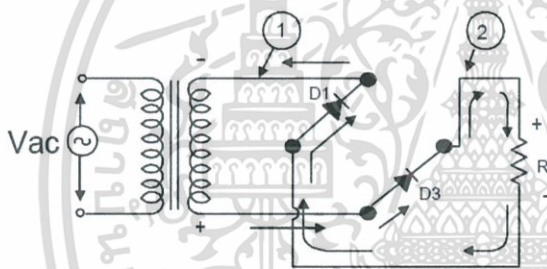
(ก) วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์



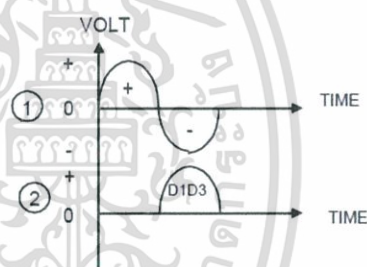
(ข) แรงดันไฟสลับแต่ละจุด

รูปที่ 5 ขณะจ่ายแรงดันไฟสลับไปอัสตรงให้ไดโอด D2 , D4

จากรูปที่ 5 เมื่อจ่ายแรงดันไฟสลับเข้ามาที่ขดทุติยภูมิ ด้านบนขดด้านล่างลบจ่ายไปอัสให้ไดโอดทั้ง 4 ตัว ไดโอดตัวที่ได้รับไปอัสตรง คือ ไดโอด D2, D4 มีกระแสไหลจากขั้วบวกด้านบน ผ่านไดโอด D2 ผ่านโหลด RL ผ่านไดโอด D4 ครบวงจรที่ขั้วลบด้านล่าง มีศักย์ตกคร่อมโหลด RL บนขดล่างลบ ได้แรงดันไฟสลับช่วงบวกออกเอาท์พุท



(ก) แรงดันไฟสลับช่วงลบป้อนเข้ามา



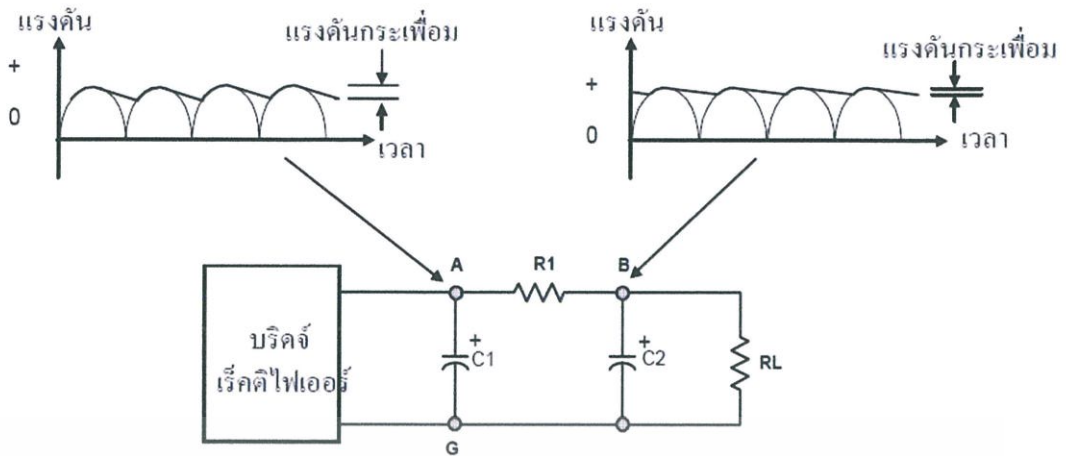
(ข) ไดโอด D1, D3 นำกระแส

รูปที่ 6 ขณะจ่ายแรงดันไฟสลับไปอัสตรงให้ไดโอด D1 ,D3

จากรูปที่ 6 เมื่อจ่ายแรงดันไฟสลับเข้ามาที่ขดทุติยภูมิ ด้านบนลบ ด้านล่างบวก จ่ายเป็นไปอัสให้ไดโอดทั้ง 4 ตัว ไดโอดตัวที่ได้รับไปอัสตรง คือ ไดโอด D1, D3 มีกระแสไหลจากขดด้านล่าง ผ่านไดโอด D3 ผ่านโหลด RL ผ่านไดโอด D1 ครบวงจรที่ขั้วลบด้านบน มีศักย์ตกคร่อมโหลด RL บนขดล่างลบ ได้แรงดันไฟสลับช่วงบวกออกเอาท์พุท

การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ จะทำงานทุกครั้งของแรงดันไฟสลับที่ป้อนเข้ามา ไดโอด D2, D4 และไดโอด D1, D3 จะทำงานสลับกันครั้งละครึ่งสัญญาณ ไดโอด D2, D4 จะทำงานเมื่อจ่ายบวกเข้าด้านบน จ่ายลบเข้าด้านล่างขดทุติยภูมิ ไดโอด D1, D3 จะทำงานเมื่อจ่ายลบเข้าด้านบน จ่ายบวกเข้าด้านล่าง ได้แรงดันไฟฟ้าออกเอาท์พุทเป็นแรงดันไฟตรงกระแสเฟืองแบบเต็มคลื่น แสดงดังรูปที่ 4 (ข) ตำแหน่งที่ 2 การจะทำให้แรงดันไฟตรงกระแสเฟืองเสียบใกล้เคียงแรงดันไฟตรงจากแบตเตอรี่จะต้องใส่วงจรฟิลเตอร์เข้าไป วงจรฟิลเตอร์แบบหนึ่งที่น่าสนใจคือ RC- π ฟิลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นประโยชน์ประการใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 วงจร RC - π ฟิเตอร์แบบเอาต์พุตออกไฟบวก

จากรูปที่ 7 เป็นวงจร RC- π ฟิเตอร์ แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ วงจร C ฟิเตอร์ ประกอบด้วย C1 ตัวเดียว และวงจร RC ฟิเตอร์ ประกอบด้วย R1 และ C2 ส่วน RL เป็นโหลดของวงจร การเพิ่ม RC ฟิเตอร์เข้าไป เพื่อช่วยลดแรงดันไฟกระเพื่อมลงเพิ่มแรงดันไฟตรงบริสุทธิ์มากขึ้น ทำให้แรงดันที่ออกเอาต์พุต มีคุณสมบัติเหมือนกับแรงดันไฟตรงจากแบตเตอรี่ หรือถ่านไฟฉาย

ที่ตำแหน่ง A, G จะผ่าน C ฟิเตอร์เพียง C1 ตัวเดียว ทำให้ช่วงแรงดันไฟกระเพื่อมยังมากอยู่ และช่วงแรงดันไฟตรงยังน้อย จะมีผลต่อรีปเปล แพคเตอร์มีค่าสูงทำให้คุณภาพของวงจรไม่ดี

ที่ตำแหน่ง A, G จะผ่าน C ฟิเตอร์เพียง C1 ตัวเดียว ทำให้ช่วงแรงดันไฟกระเพื่อมยังมากอยู่ และช่วงแรงดันไฟตรงยังน้อย จะมีผลต่อรีปเปลแพคเตอร์ มีค่าสูงทำให้คุณภาพของวงจรไม่ดี

ที่ตำแหน่ง B, G แรงดันไฟตรงกระเพื่อม จะผ่าน RC ฟิเตอร์อีกชุดหนึ่ง มี R1 ช่วงหน่วงเวลาการคายประจุของ C1 ให้ช้าลงมี C2 ช่วยเสริมแรงดันในการคายประจุช่วย C1 ทำให้ค่าแรงดันไฟกระเพื่อมลดน้อยลงไปอีก เพิ่มส่วนของแรงดันไฟตรงมากขึ้น ลดค่ารีปเปลแพคเตอร์ให้ต่ำลง ส่งผลให้แรงดันไฟตรงที่ได้ใกล้เคียงแรงดันจากไฟขาเข้ามากขึ้น

2.3.3 หม้อแปลง (Transformer)

หม้อแปลงคืออุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ในการถ่ายทอดพลังงานไฟฟ้าจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่ง หม้อแปลงมีส่วนประกอบที่สำคัญคือมีขดลวดสองชุดพันรอบแกนเหล็กที่เป็นวงจรแม่เหล็ก (Closed Magnetic circuit) ถ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ ขดลวดชุดหนึ่งด้วยความถี่และแรงเคลื่อนไฟฟ้าค่าหนึ่ง จะทำให้ได้กำลังไฟฟ้าออกไปจากขดลวดอีกชุดหนึ่ง ซึ่งมีความถี่เท่าเดิม แต่แรงเคลื่อนไฟฟ้าอาจเท่าเดิมหรือแตกต่างกันออกไปซึ่งแบ่งออกได้ 3 ระดับ

2.3.3.1 แรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายเข้าเท่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายออก เรียกว่า หม้อแปลงไฟฟ้าอัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง (one-to-one transformer) ใช้กับงานประเภทที่ต้องการแยกสายดิน เพื่อความปลอดภัยในการใช้งานซึ่งมีชื่อเรียกว่า Isolating Transformer

2.3.3.2 แรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายเข้าน้อยกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายออกเรียกว่า หม้อแปลงขึ้น (Step-up Transformer) ใช้กับงานประเภทสายส่งจ่ายไฟฟ้า ฯลฯ

2.3.3.3 แรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายเข้ามากกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายออกเรียกว่า หม้อแปลงลง (Step down Transformer) ใช้กับงานประเภทของใช้ไฟฟ้ามีแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำกว่าเช่น ในภาคจ่ายไฟของวิทยุ



รูปที่ 8 ลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ SHELL

รูปที่ 9 สัญลักษณ์ของหม้อแปลง

หม้อแปลงแต่ละตัวอาจจะมีขดลวดทุติยภูมิหลายขดก็ได้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน การบอกขนาดหม้อแปลงจะบอกเป็นกำลังงานหน่วยโวลต์แอมป์ (VA) โดยแรงดันหน่วย Volt มีความสัมพันธ์กับจำนวนรอบในขณะที่กระแสหน่วยแอมแปร์ จะบอกถึงขนาดของเส้นลวดและขนาดของแกนเหล็ก ขนาดของหม้อแปลงและพิกัดแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลง

2.3.4 หลอดไฟ LED

ราคาของหลอดไฟ LED ค่อนข้างสูงกว่าหลอดไฟทั่วไปอยู่สักหน่อย แต่ถ้าหากนำมาเปรียบเทียบการใช้งานและคุณภาพแล้วถือว่าหลอดไฟแบบ LED คุ่มค่ากับราคาของมันเป็นอยู่ไม่น้อย เพราะหลอดไฟประเภทนี้สามารถเปิด-ปิดได้บ่อยครั้ง ไม่มีการเสื่อมสภาพไปตามจำนวนการกดสวิตช์ นอกจากนี้ไม่มีการปล่อยรังสียูวีหรือก๊าซอันตราย อีกทั้งยังให้แสงที่สบายตากว่าหลอดชนิดอื่น ที่สำคัญยังช่วยประหยัดพลังงานได้ถึง 70% เมื่อเทียบกับหลอดไส้แบบเดิม ๆ และมีอายุการใช้งานที่นานถึง 50,000 ชั่วโมงเลยทีเดียว






รูปที่ 10 หลอด LED แบบ Tube

2.3.4.1 คุณสมบัติและข้อมูลทางเทคนิคของหลอด LED

LED หรือเรียกว่า ไดโอดเปล่งแสง ปัจจุบันเทคโนโลยีที่ล้ำสมัยขึ้นไปทุกๆวัน ได้เริ่มการผลิตอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีส่วนประกอบของ LED มากขึ้น เนื่องจาก หลายๆประเทศให้ความสำคัญกับคำว่าประหยัดพลังงานมากขึ้น โดยที่ทั่วไปจะเป็นจำพวก TV LED, หลอดไฟ LED , ไฟ LED ที่ตู้ปลา, ไฟฉาย LED เป็นต้น แต่อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มี LED เป็นส่วนเกี่ยวข้องนั้นมีราคาแพงกว่าอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ แต่ที่เห็นหลักๆ และเริ่มมีการใช้งานกันมากขึ้นเรื่อยๆนั้นก็จะเป็นหลอดไฟหรืออุปกรณ์ที่ให้แสงสว่างโดยอ้างอิงได้จากประเทศออสเตรเลีย ได้มีการสั่งให้ห้ามให้ใช้หลอดไฟแบบเก่าหรือหลอดไส้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว เนื่องจากหลอดไส้หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์นั้นเริ่มจะมีข้อเสียที่มากกว่าหลอดไฟ LED หลายอย่างเช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์มีสารปรอทอยู่ในหัวตัวหลอด ถ้าเกิดทำหลอดไฟแตกแล้วเกิดไปเหยียบเศษของหลอดไฟนั้น โดยไม่ล้างแผลทันที จะทำให้เป็นอันตรายร้ายแรง จากที่ได้กล่าวไปข้างต้นหลายๆประเทศที่ประกาศยกเลิกใช้หลอดไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์นั้นได้หันมาใช้หลอดไฟ LED กันหมด เนื่องจากหลอดไฟ LED นั้นมีประโยชน์หลายๆอย่าง แต่ข้อเสียของหลอดไฟ LED นั้นคือมีราคาแพงกว่าหลอดไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์ประมาณ 2-3 เท่า แต่หลายๆประเทศก็ยังเลือกใช้เนื่องจากหลอดไฟ LED มีอายุการใช้งานที่มากกว่าหลอดไส้หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์หลายเท่า โดยเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 50,000 ชั่วโมง หรือ 4-5 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

				
หลอด LED		หลอดฟลูออโรเส		หลอดไส้
1 วัตต์	=	3 วัตต์	=	15 วัตต์
3 วัตต์	=	7 วัตต์	=	35 วัตต์
5 วัตต์	=	11 วัตต์	=	50 วัตต์
7 วัตต์	=	15 วัตต์	=	70 วัตต์
9 วัตต์	=	19 วัตต์	=	90 วัตต์
12 วัตต์	=	25 วัตต์	=	120 วัตต์

ECO LIGHT
THE BEST LED TECHNOLOGY

รูปที่ 11 การเปรียบเทียบวัตต์ของหลอด LED ต่อหลอดไฟประเภทต่างๆ

2.3.4.2 หลักการทำงานทั่วไปของหลอด LED

เริ่มจากคำย่อ LED

L-Light แสง
E-Emitting เปล่งประกาย
D-Diode ไดโอด

แปลรวมกัน ก็คือ " ไดโอดชนิดเปล่งแสง "

มีสัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจรคือ



รูปที่ 12 สัญลักษณ์ LED

ส่วนหน้าตาของ LED ที่เห็นกันบ่อย ๆ ในวงจร ก็ให้ดูรูป



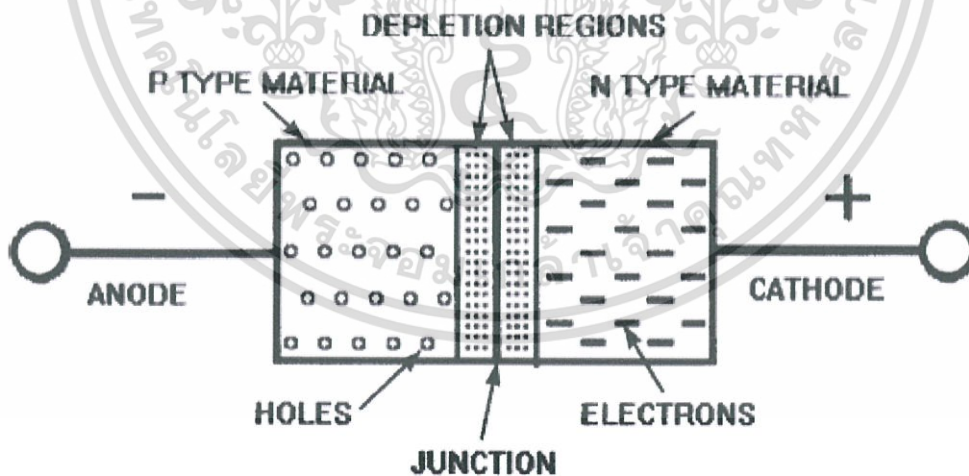
รูปที่ 13 ตัวอย่าง LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 **ไดโอด** คือ สารกึ่งตัวนำประเภทหนึ่ง ที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านทางเดียว ไดโอด นั้นมีใช้อยู่ทั่วไปในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และวงจรไฟฟ้า

ไดโอดทั่วไป มีสัญลักษณ์ คือ  ต่างกันชนิดหน่อยตรงที่ไม่มีลูกศรแสดงการเปล่งแสง

ไดโอดเป็นวัสดุสารกึ่งตัวนำที่เราสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของมันได้ ปกติวัสดุสารกึ่งตัวนำเป็นตัวนำไฟฟ้าที่เลว ถ้าเราใส่สารเจือปนเข้าไป เราสามารถควบคุมการนำไฟฟ้าให้มากหรือน้อยได้ เราเรียกรวีนี้อีกว่าการโดป (doping) ส่วนใหญ่หลอด LED ใช้สารอะลูมิเนียม กัลเลียมอาร์เซไนด์ (Aluminum – gallium - arsenide) ย่อเป็น AlGaAs เป็นสารกึ่งตัวนำ ถ้ายังไม่ได้ใส่สารเจือปนพันธะในอะตอมจะเกาะกันอย่างแข็งแรงไม่มีอิเล็กตรอนอิสระ(ประจุไฟฟ้าลบ) หรือมีอยู่น้อย ดังนั้นมันจึงไม่ค่อยจะนำกระแส แต่เมื่อทำการโดปโดยการเติมสารเจือปนทำให้ความสมดุลของวัสดุเปลี่ยนไป เมื่อเราใส่สารเจือปนแล้วทำให้อิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำเพิ่มขึ้น เรียกว่าสารประกอบชนิด N ส่วนสารกึ่งตัวนำที่ใส่สารเจือปนแล้ว มีประจุไฟฟ้าบวกหรือมีหลุมและโฮลเพิ่มขึ้น เรียกว่าสารประกอบชนิด P โฮล (hole) ในภาษาอังกฤษมีความหมายว่าหลุม โดยเปรียบอิเล็กตรอนอิสระได้กับลูกหิน และประจุบวกเป็นหลุมหรือโฮล ที่ลูกหินจะไหลมาตกนั่นเองไดโอดเกิดจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด N ติดเข้ากับสารกึ่งตัวนำชนิด P เชื่อมสายไฟเข้ากับขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อยังไม่มีแรงดันไฟฟ้าอิเล็กตรอนอิสระจาก N จะเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปที่ P เกิดโซนดีพลีชัน (depletion) ขึ้น โซนนี้เปรียบเทียบกับกำแพงป้องกันการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ถ้าโซนนี้มีขนาดใหญ่ขึ้นการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระจะยากขึ้นและอาจทำให้อิเล็กตรอนหยุดการเคลื่อนที่ได้ อย่างไรก็ตามถ้าควบคุมให้โซนนี้เล็กลง การเคลื่อนที่ก็จะง่ายขึ้น

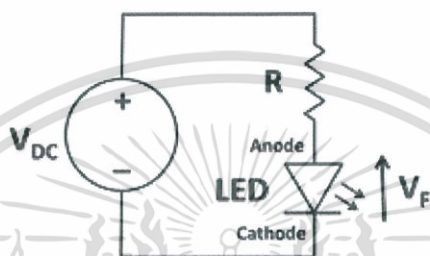


รูปที่ 14 โครงสร้างภายในไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 การต่อวงจร

หลักการต่อวงจรของ LED ไม่มีอะไรซับซ้อน เพียงจ่ายไฟบวกกระแสตรงเข้าที่ขา อาน์โนด (Anode) หรือขาที่ยาวกว่า และต่อไฟลบเข้ากับขา แคโทด (Cathode) หรือขาสั้น จะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมตัว LED ที่เรียกว่า V_f หรือ Forward Voltage เมื่อมีแรงดันตกคร่อม V_f ที่ว่านี้ ด้วยคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำภายใน LED ก็เปล่งแสงออกมา แต่เพื่อจำกัดไม่ให้กระแสไหลผ่าน LED มากจนเกินไป ก็จำเป็นต้องต่อ ตัวต้านทาน หรือ R หรือ Resistor อนุกรมเข้าไปในวงจร ดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 15 วงจรการต่อ LED

วิธีการหาค่า R ใช้สูตรง่ายๆ กฎของโอห์ม $V=IR$, $V=(V_{dc}-V_f)$ ส่วนคุณสมบัติสำคัญของไดโอด LED คือ แรงดันตกคร่อมหรือ V_f และกระแสไหลผ่านที่ทนได้สูงสุดหรือ I_{max} ตัวต้านทานหรือ R ที่ต่อไว้เพื่อจำกัดกระแส ก็มีความร้อนเกิดขึ้นดังนั้นสิ่งสำคัญในการออกแบบหลอดไฟที่ใช้ LED สิ่งหนึ่งคือการเลือก ตัวต้านทานหรือ R ที่มีอัตราการระบายความร้อนที่ดี เพื่อเอาความร้อนออกไปให้ไกลจากตัวหลอด LED



รูปที่ 16 ตัวอย่าง R เพื่อจำกัดกระแสผ่าน LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.7 การระบายความร้อน

โดยหลักการแล้วใน LED แบบต่างๆไปจะเปล่งแสงโดยไม่มีความร้อนเกิดขึ้น หรือเกิดขึ้นน้อยมากจนเราสามารถใช้มือเปล่าสัมผัสได้แต่ใน Hi Power LED หรือ LED กำลังสูง ที่ให้แสงสว่างมากๆ มีความร้อนเกิดขึ้นมาก การออกแบบระบบระบายความร้อนจึงมีความสำคัญอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ แผงระบายความร้อนหรือที่เรียกว่า ฮีทซิงค์ (Heat Sink) ส่วนใหญ่ทำมาจาก อลูมิเนียมซึ่งมีคุณสมบัติคือ หลอมขึ้นรูปได้ง่าย น้ำหนักเบา และพาความร้อนได้ดี



รูปที่ 17 COB Hi Power LED



รูปที่ 18 Heat sink แบบต่างๆ

ทั้งนี้การออกแบบฮีทซิงค์ นอกจากจะคำนึงถึงการระบายความร้อนแล้ว ยังต้องคำนึงถึง ให้รูปทรงเป็นตามลักษณะของหลอดไฟอีกด้วย การออกแบบระบบระบายความร้อนที่ดี จะช่วยให้อายุการใช้งานของหลอดไฟ LED ยาวนานถึง 60,000 ชั่วโมง โดยความสว่างไม่ลดลง แต่ในทางตรงกันข้าม การออกแบบ heat sink ที่ไม่ดี ย่อมทำให้ความร้อนสะสมในหลอด LED มาก ผลก็คืออายุของ LED จะสั้นลงและไม่เป็นไปตามผู้ผลิตกำหนดไว้นั่นเอง

2.3.8 หลักการทำงานของ LED

เมื่อเปิดสวิตช์ไฟ กระแสไฟฟ้าจะผ่าน driver เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงและเปลี่ยนจากความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงไปสู่ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ค่อนข้างต่ำ ประมาณ 2.5-3 โวลต์ แล้วจึงจ่ายเข้าตัวชิปของหลอด LED ซึ่งมีเพียงตัวนำแคโทดและแอนโนดเท่านั้น โดยหลอด LED จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้อยมาก ประมาณ 20 มิลลิแอมป์ในตัวชิปของ LED ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำขั้วประจุบวกชนิด P (Positively charged material) ที่อยู่ห่างจากสารกึ่งตัวนำขั้วประจุลบชนิด N (Negatively charged material) เล็กน้อย จุดนี้เรียกว่ารอยต่อ (junction) เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านหลอด LED ตัวนำแอนโนดจะไปดันขั้วประจุบวก และตัวนำแคโทดไปดันขั้วประจุลบให้มาชนกัน เมื่อประจุบวกและประจุลบมาชนกันที่รอยต่อของสารกึ่งตัวนำทั้งสองชนิด ก็จะจับตัวกัน

และคายพลังงานออกมาในรูปของแสงสว่าง ซึ่งเรียกว่า "อิเล็กทรอนิกส์" ทำให้เกิดแสงสว่างที่
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ภายใต้การสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณด้านหน้าตัวหลอด ซึ่งมีอุณหภูมิ 9 ในการทำงานที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป แสงสว่างที่ออกมาจะลดลง แสงจากหลอด LED มีลักษณะพุ่งออกในทิศทางเดียว แต่ในกรณีที่ต้องการให้แสงกระจายออกในมุมแคบหรือกว้างเพิ่มขึ้น ก็จะใช้อุปกรณ์ครอบหลอด LED ในลักษณะของเลนส์ (package) ไว้เพื่อบังคับทิศทางของการกระจายแสง หลอด LED สามารถเปิดปิดได้ทันที ไม่ต้องใช้ระยะเวลาในการจุดติดเหมือนหลอดไส้ที่ต้องเผาไส้หลอด หรือหลอดดิสชาร์จที่ต้องปรับแรงดันก๊าซภายใน หลอด LED สามารถปรับความเข้มของแสงได้ด้วยอุปกรณ์หรี่ไฟ (dimmer) โดยขึ้นอยู่กับรุ่นและอุปกรณ์ควบคุมซึ่งจะต้องตรวจสอบให้แน่ใจก่อนเลือกใช้

2.3.9 อุปกรณ์จำกัดกระแส

ออปโตคัปเปิลเลอร์ เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง หรือที่เรียกว่า “ออปโตคัปเปิลเลอร์” (Opto - Coupler) หรือบางทีก็เรียกว่า อุปกรณ์ แยกสัญญาณทางแสง (Opto - Isolator) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการเชื่อมต่อทางแสง ทำงานโดยการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นแสงแล้วเปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามเดิม มีไดโอดเปล่งแสงเป็นอินพุต และโฟโตทรานซิสเตอร์เป็นเอาต์พุตของวงจร เมื่อมีกระแสไหลผ่าน LED โดยมีตัวต้านทานเป็นตัวจำกัดกระแส LED จะส่องแสงไปที่โฟโตทรานซิสเตอร์ ทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์นำกระแสมีแรงดันเอาต์พุตที่ตัวต้านทาน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเอาต์พุตของวงจรจะถูกควบคุมโดยอินพุต โดยทั้งอินพุตและเอาต์พุตแยกกันทางไฟฟ้าโดยสิ้นเชิง นิยมใช้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างสองวงจร และต้องการแยกกันทางไฟฟ้าโดยเด็ดขาด เพื่อป้องกันการรบกวนกันทางไฟฟ้าระหว่างสองวงจร ภายในของอุปกรณ์ประเภทนี้ ประกอบด้วยไดโอดเปล่งแสง (LED) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่งแสง (Optical Transmitter) เช่น แสงอินฟราเรด (Infrared) และสำหรับตัวรับแสง (Optical Receiver) ซึ่งมักนิยมใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) เป็นตัวรับโดยจะถูกผลิตรวมอยู่ในตัวถังเดียวกัน

2.4 หลักการทำงานของวงจรควบคุมแรงดันขาออกโดย TL494

2.4.1 หลักการและทฤษฎี

เนื่องจากการออกแบบ ต้องการให้แรงดันไฟที่ขาออกเป็นไฟกระแสตรงแบบพัลส์ หลายความถี่ มีค่า 3 ค่าดังนี้คือ 60KHz , 80KHz และ 100KHz ซึ่งในวงจรแรกนั้น ไม่สามารถกำหนดความถี่ได้หลายๆค่า จึงจำเป็นต้องใช้วงจรนี้เป็นตัวช่วยในการกำหนดความถี่ ด้วยรูปแบบการต่อของตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุ ในโหมดการทำงาน Single-ended หากเราทำการกำหนดให้ขนาดของตัวเก็บประจุคงที่ แต่เปลี่ยนขนาดของตัวต้านทาน ที่ขา CT และ RT ตามลำดับ โดยให้ขนาดของตัวเก็บประจุมีค่าคงที่ๆ 1 nF และ ตัวต้านทานมีค่า 16 kOhm 12.5 kOhm และ 10 kOhm ซึ่งแรงดันที่ได้ จะมีค่าเท่ากับแรงดันที่มาจากวงจรแรก แต่มีความถี่ที่เปลี่ยนไป จากนั้นนำแรงดันที่ได้ไปใช้งานในการให้กำลังแก่หลอด LED

2.4.2 แผนผังการทำงานของวงจรควบคุมแรงดันขาออกโดย TL494



รูปที่ 19 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ วงจรสวิตซ์ไดร์หลอด LED หลายความถี่

ส่วนที่ 1 นำแรงดันจากวงจรแรกเข้ามาสู่วงจรปรับแต่งความถี่

ส่วนที่ 2 แรงดันที่ได้ถูกปรับแต่งตามความถี่ที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น แต่ขนาดของแรงดันยังมีค่าเท่าเดิม

2.4.3 หลักการการทำงานของวงจรควบคุมแรงดันขาออกโดย TL494

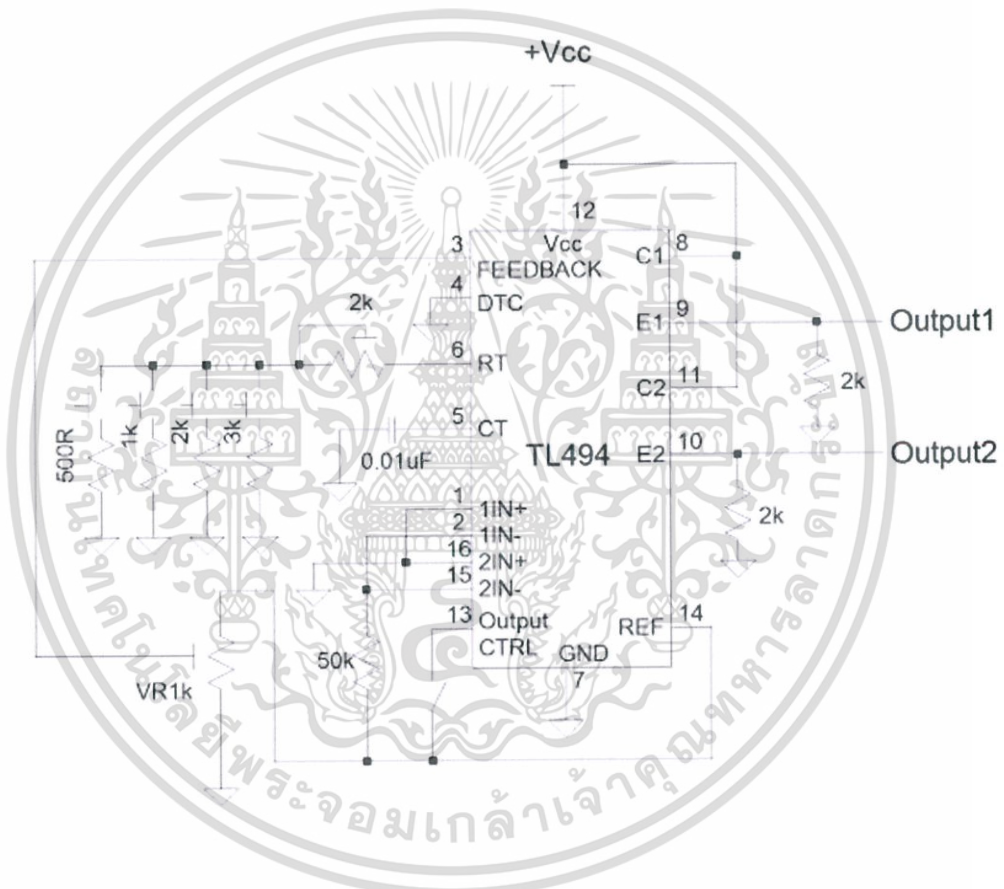
“พัลส์วิดท์มอดูเลเตอร์” (Pulse Width Modulator) เป็นวงจรสำคัญอีกตัวหนึ่งที่ใช้ในการออกแบบ และทดสอบคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ในสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย เพราะหัวใจสำคัญในการควบคุมค่าแรงดันขาออกของคอนเวอร์เตอร์ ก็คือการควบคุม “ช่วงเวลานำกระแส” ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรโดยทั่วไปเมื่อโหลดดึงกระแสมากขึ้นแรงดันขาออกของคอนเวอร์เตอร์ก็จะลดลง ดังนั้นวงจรควบคุมจึงต้องเพิ่มช่วงเวลานำกระแสให้กับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เป็นการชดเชย เพื่อคงค่าแรงดันเอาไว้ ซึ่งในทางกลับกันเมื่อโหลดดึงกระแสลดลงช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ก็ต้องน้อยลงตามไปด้วยเช่นกันวงจรควบคุมที่ใช้กับคอนเวอร์เตอร์ส่วนใหญ่จึงเป็นวงจรในลักษณะ “พัลส์-วิดท์มอดูเลต” คือ เมื่อแรงดันป้อนกลับมีค่าน้อยลงความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ (ซึ่งนำไปใช้ขับให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแส) ก็จะมากขึ้น และเมื่อแรงดันป้อนกลับมีค่ามากขึ้นความกว้างของ

เอาต์พุตพัลส์ก็จะน้อยลงกลับทางกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองเกี่ยวกับคอนเวอร์เตอร์หรือสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายวงจร “พัลส์วิดท์มอดูเลเตอร์” หรือ PWM จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ขาดไม่ได้มีวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลตที่นำมาใช้ได้คืออยู่หลายแบบ แต่ที่ราคาถูกและสร้างง่ายที่สุดน่าจะเป็นวงจรที่ใช้ IC ยอดนิยมสำหรับสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายเบอร์ TL494 เบอร์นี้เป็นคอนโทรลเลอร์สำหรับสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายที่เก่ามากแล้ว (วงจรรุ่นใหม่ๆ จะใช้กันมาก) แต่ยังใช้เป็นวงจรพัลส์วิดท์มอดูเลเตอร์สำหรับการทดสอบคอนเวอร์เตอร์ได้ดีทีเดียว ที่สำคัญก็คือเบอร์นี้หาง่ายและมีราคาถูก ตัวละไม่เกิน 10 บาท

หน้าตาของวงจรจะเป็นดังรูป



รูปที่ 20 วงจร PWM จากไอซีเบอร์ TL494 สำหรับใช้ทดสอบคอนเวอร์เตอร์

วงจรมีสามารถใช้ทดสอบคอนเวอร์เตอร์ได้ครบทุกแบบ ตัววงจรได้ทำการดัดแปลงมาจากวงจรทดสอบใน datasheet ของ IC เอง หลักการทำงานของตัวไอซีจะขอข้ามไปเพราะมีกล่าวโดยละเอียดใน datasheet และในอินเทอร์เน็ตแล้วความถี่ของวงจร $f(\text{osc})$ ที่ต้องการใช้เป็นความถี่การทำงานของคอนเวอร์เตอร์ จะขึ้นอยู่กับค่า RT กับ CT ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามโหมดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับโหมด Single - ended (Output1 และ Output2 ทำงานพร้อมกัน) สำหรับวงจรที่ใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ตัวเดียวอย่าง ฟลายแบคหรือฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ จะใช้สูตร

$$f_{osc} = \frac{1}{(R_T \times C_T)}$$

สำหรับโหมด Push - pull (Output1 และ Output2 สลับกันทำงาน) สำหรับวงจรที่ใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวสลับกันนำกระแส เช่น พุชพูล ฮาล์ฟบริดจ์ และฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ จะใช้สูตร

$$f_{osc} = \frac{1}{2(R_T \times C_T)}$$

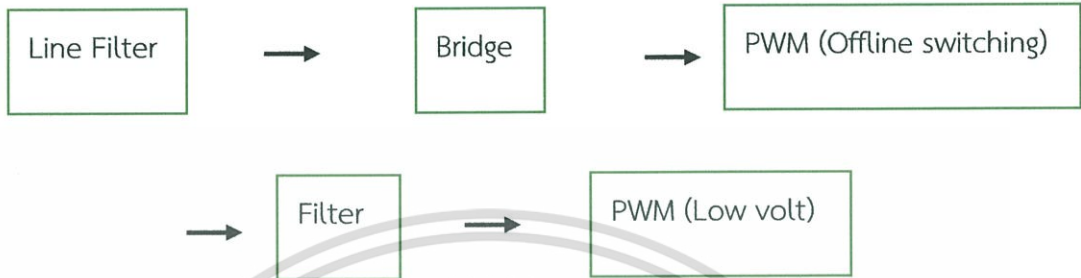
หมายความว่าในโหมด Push-pull ถ้าใช้ R_T กับ C_T ค่าเดียวกันกับโหมด Single-ended ความถี่จะหายไปครึ่งหนึ่ง ซึ่งการใช้โหมด Push-pull นั้น ให้จ่ายไฟบวกเข้าที่ขา 13 ที่ใช้เป็น ตัวเลือกโหมด และแรงดันไฟบวกที่ใช้ก็สามารถใช้แรงดันจากขา 14 ซึ่งมีค่าคงที่ 5V เป็นแรงดันอ้างอิงที่ให้มากับ TL494 อยู่แล้วได้เลยแต่ถ้าจะใช้โหมด Single-ended ก็ปล่อยขา 13 ปล่อยให้ลอยเอาไว้ สำหรับค่า R_T และ C_T ของวงจร ได้เลือกให้ C_T เป็นค่าคงที่เท่ากับ 1 μ F ดังนั้นตั้งค่าความถี่ได้จากการเปลี่ยนค่า R_T เอาส่วนค่า R_T ที่แสดงไว้ในวงจรนี้จะปรับความถี่ได้ตั้งแต่ 20kHz ไปจนถึง 100 kHz ซึ่งน่าจะเพียงพอสำหรับการทดลองเกี่ยวกับคอนเวอร์เตอร์ขั้นพื้นฐานแล้วจากวงจรจะเห็นว่าที่ขา 4 นั้นต่อลงกราวด์เอาไว้ ดังนั้นค่าเวลาเมื่อ (dead-time) ของวงจรจะอยู่ที่ประมาณ 3% คือความกว้างสูงสุดของพัลส์หรือค่า duty cycle จะอยู่ที่ 97% ส่วนการตั้งค่าเวลาเพื่อให้ได้มากกว่า 3% (ซึ่งอาจจำเป็นสำหรับโหมด Push-pull เพื่อไม่ให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวนำกระแสพร้อมกัน) ตามคู่มือบอกว่าให้จ่ายแรงดันให้ที่ขา 4 ตั้งแต่ 0V ถึง 3.3V แทนการต่อลงกราวด์ ซึ่งจะปรับค่าเวลาเมื่อได้จาก 3% ไปจนถึง 100% การปรับค่าความกว้างพัลส์ (ค่า Duty cycle) ใช้วิธีปรับค่าแรงดันที่ป้อนให้ขา 3 ในวงจรนี้ใช้ค่าแรงดันอ้างอิง 5V ของไอซีที่ขา 4 ได้เลยเพราะแรงดันที่ขา 3 หรือ Feedback เริ่มจาก 0.7V (Duty cycle สูงสุด) ไปจนถึง 4.5V (Duty cycle ต่ำสุด) R ปรับค่าได้ใช้ค่าเท่าไรก็ได้ ที่ไม่ต่ำเกินไป แต่วงจรดังกล่าวใช้ค่า 1K แบบ 10 รอบ แต่สามารถใช้แบบธรรมดาก็ได้ ที่ใช้แบบ 10 รอบ เพราะจะได้ปรับค่า Duty cycle ที่ต้องการได้ง่ายน้อยเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการออกแบบ

3.1 การทำงานของวงจรโดยรวม



รูปที่ 21 แผนผังการทำงานของวงจรโดยรวม

3.2 ส่วนประกอบหลักของวงจร

แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

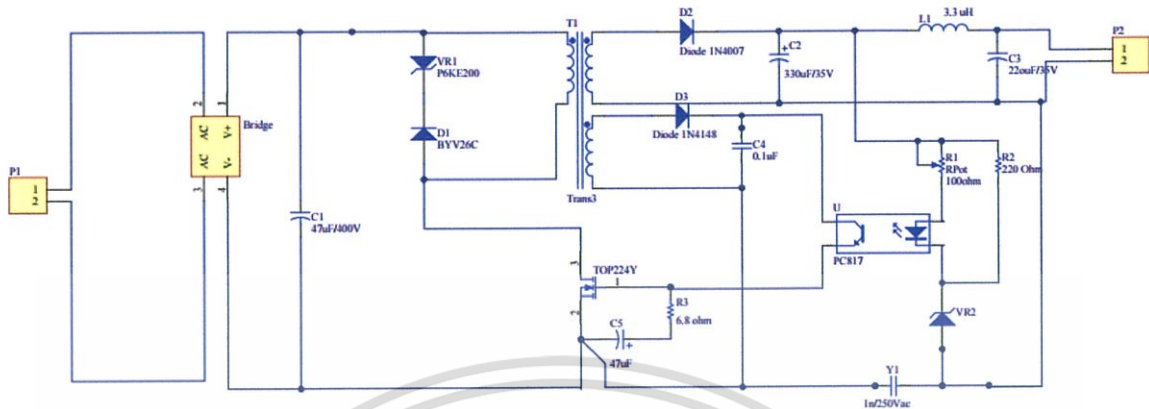
- ส่วนของ Power Supply (Offline switching) ทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับส่วนต่างๆทั้งหมดของวงจร ซึ่งมี Output เท่ากับ 16V.
- ส่วนของวงจร Filter เป็นตัวกรองสัญญาณที่ขาออกของ PWM (Offline switching)
- PWM (Low volt) จะเปรียบเทียบสัญญาณที่ได้จาก TOP224 แล้วจะได้สัญญาณพัลส์ออกมาเพื่อไป ไดรฟ์หลอด LED

3.3 การออกแบบวงจร Off-line Switching

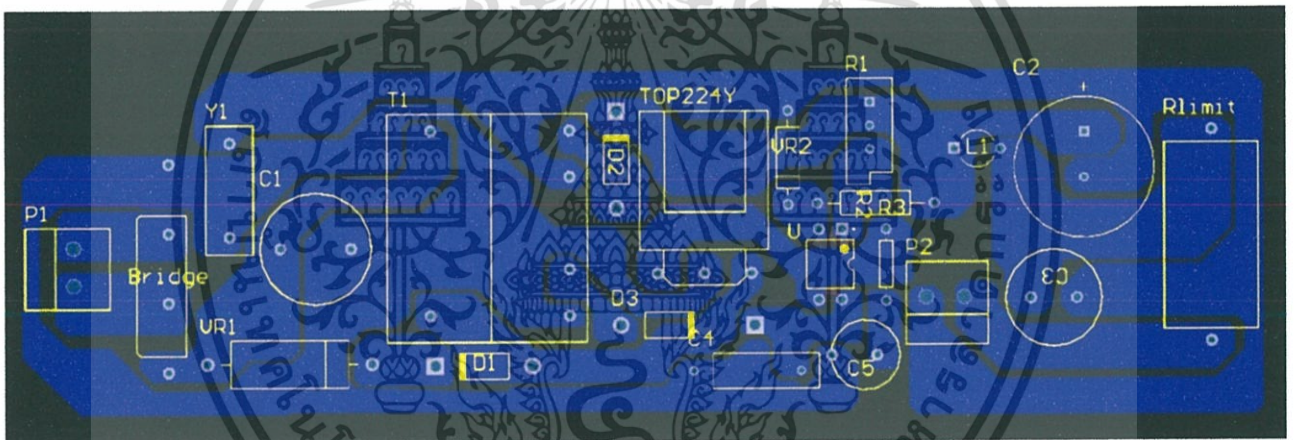
ประกอบด้วย

- ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแส วงจรจ่ายกำลังโหมดกระแสแบบออฟไลน์และวงจรกรองสัญญาณภาคแรงดันขาออก
- ไอซีเบอร์ TOP224 ในการจ่ายกำลังและกระแสมีค่าความถี่สวิชชิง 50 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 22 แสดง Schematic ของวงจร Offline Switching



รูปที่ 23 แสดงลาย PCB ของวงจร Offline Switching

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 หม้อแปลงสวิตชิง

กำหนดความถี่สวิตช์ (f) = 100 kHz, $V_{CE0} = 700V$, $V_{CE(sat)} = 69mV$, $V_o = 15 V$, $V_D = 0.7V$, $V_{in(max)} = 350V$, $V_{in} (min) = 312V$

1) คำนวณคาบเวลาการทำงาน

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad T &= 1/f \\ &= 1/(100000) \\ &= 1 \times 10^{-5} \text{ s} \end{aligned}$$

2) กำหนดค่าอัตราส่วนจำนวนรอบ $\frac{Np}{Ns}$ สูงสุดและคำนวณค่าช่วงเวลานำกระแสสูงสุดของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ $t_{ON(max)}$

การกำหนดอัตราส่วนจำนวนรอบ $\frac{Np}{Ns}$ ควรกำหนดอัตราส่วนดังนี้เพื่อป้องกันการเสียหายของตัววงจรรวมที่จะนำมาใช้

$$\frac{Np}{Ns} \leq \frac{V_{ceo} - (V_{in(max)} + V_{spike})}{(V_{out} + V_d)}$$

V_{CEO} คือค่าอัตราทนแรงดันได้สูงสุดของวงจรรวมที่ใช้

V_{spike} คือค่าแรงดันสไปค์ที่เกิดขึ้นขณะวงจรรวมเริ่มหยุดนำกระแสจะมีค่าประมาณ $0.3 V_{in(max)}$ คือแรงดันอินพุตควรกำหนดค่าสูงๆ เพื่อความปลอดภัยในขณะวงจรรวมทำงาน

จะได้

$$\frac{Np}{Ns} \leq \frac{700 - (350 + 0.3 \times 350)}{(12 + 0.7)}$$

$$\frac{Np}{Ns} \leq 19.29$$

3) คำนวณ $t_{ON(max)}$

$$t_{ON(max)} = \frac{(V_o + V_d) \left(\frac{Np}{Ns} \right) (0.8T)}{(V_{in(max)} - V_{ce(sat)}) + (V_o + V_d) \left(\frac{Np}{Ns} \right)}$$

$$2.63 \times 10^{-6} \text{ s}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) คำนวณจำนวนรอบ N_p

$$N_p = \frac{(V_{in(min)} - V_{ce(sat)}) \times t_{on} \times 10^9}{\Delta B_{max} \times A_e}$$

เนื่องจากใช้แกน EI - 28 มีขนาดพื้นที่หน้าตัดแกน = 0.85 cm^2 และกำหนด $\Delta B_{max} = 1600$

$$N_p = 60.32 \text{ รอบ}$$

5) คำนวณจำนวนรอบ N_s

$$\frac{N_p}{N_s} \leq 19.29$$

$$N_s = 3.12 \text{ รอบ}$$

3.3.2 การเลือกบริดจ์ไดโอด

เนื่องจากแรงดันขาเข้าของวงจรเรียงกระแสมีค่าประมาณ 310 โวลต์ เพื่อความปลอดภัยจึงเลือกอุปกรณ์บริดจ์ KBP305G โดยมีแรงดันย้อนกลับที่สามารถทนได้สูงสุดเท่ากับ 600 โวลต์

3.3.3 การออกแบบวงจรกรองสัญญาณกระแสเพิม (Ripple filter)

การหาความสัมพันธ์ของ V_{in} กับ I_{in}

$$\text{กำหนดให้ } \eta = 90\%$$

$$P_{in} = 0.9 P_{out}$$

$$I_{in} V_{in} = 0.9 I_{out} V_{out}$$

$$I_{in} = \frac{0.9 \times 3 \times 12}{312}$$

$$I_{in} = 0.103 \text{ A}$$

กำหนดให้ $\Delta V = 10 \text{ V}$, $I_o = 350 \text{ mA}$, $F_R = 100 \text{ kHz}$

$$C \geq \frac{I_{out}}{\Delta V \times F}$$

$$C \geq 30 \mu\text{F}$$

จากการคำนวณเลือกใช้ $C = 47 \mu\text{F}$, 400 V
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

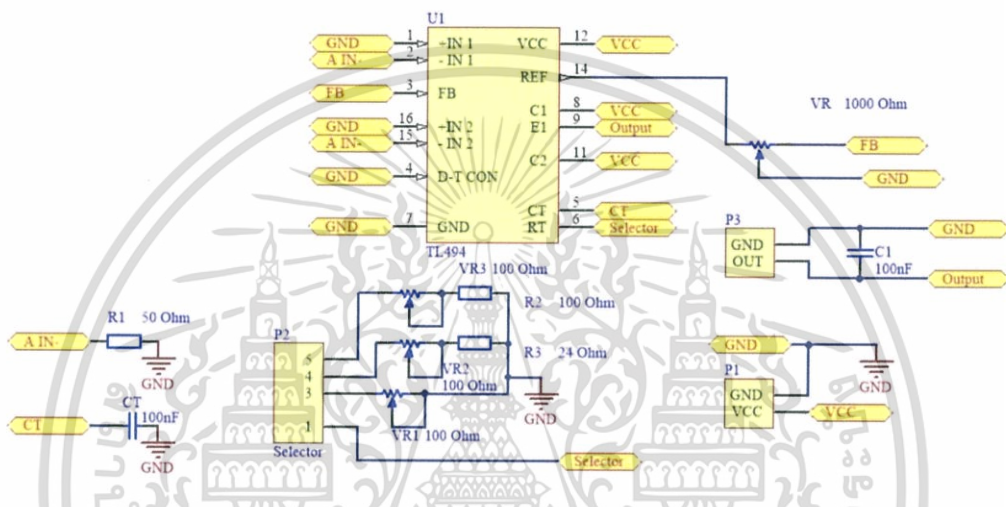
3.4 การออกแบบวงจรควบคุมแรงดันขาออกโดย TL494

3.4.1 ส่วนประกอบของหลักของวงจร

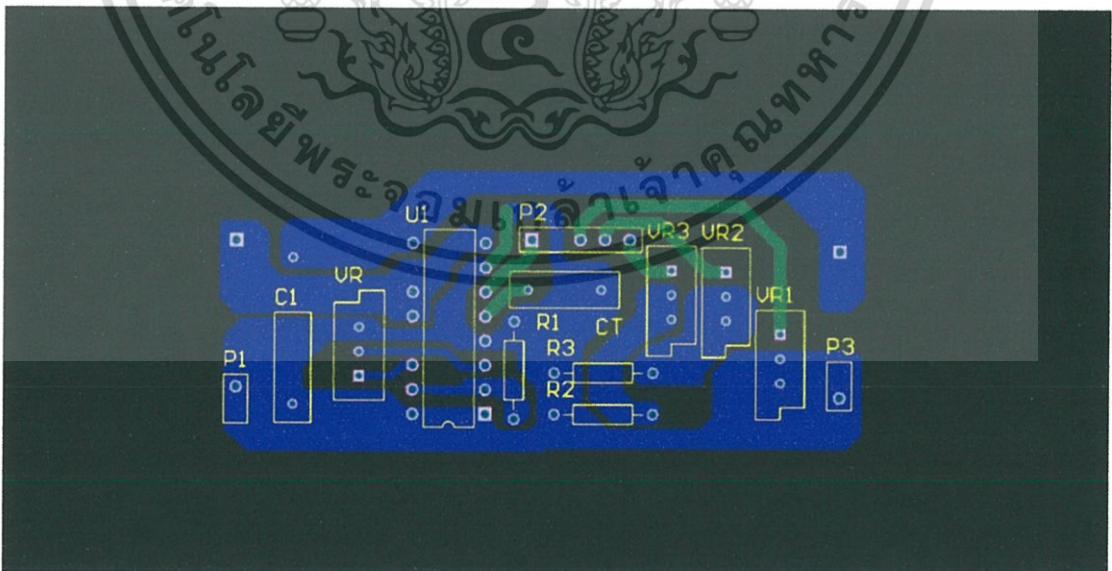
ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 นำแรงดันจากวงจรแรกเข้ามาสู่วงจรปรับแต่งความถี่

ส่วนที่ 2 แรงดันที่ได้ถูกปรับแต่งตามความถี่ที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น แต่ขนาดของแรงดันยังมีค่าเท่าเดิม



รูปที่ 24 แสดง Schematic ของวงจรควบคุมแรงดันขาออกโดย TL494



รูปที่ 25 แสดงลาย PCB ของวงจรควบคุมแรงดันขาออกโดย TL494

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การคำนวณในส่วนของความถี่

ในการออกแบบในส่วนของความถี่ เราสามารถทำการคำนวณได้จากค่าตัวต้านทานที่ต่อกับขาที่6และตัวเก็บประจุที่ต่อที่ขาที่5 โดยความถี่ที่ได้นั้นจะมีค่าเท่ากับ $F_{osc} = 1/(RT \times CT)$ ซึ่งจากการออกแบบนั้น ต้องการให้มีความถี่ที่นำไปใช้งาน มีค่าที่ 60K Hz , 80K Hz ,100K Hz

โดยใช้ซีเลคเตอร์เป็นตัวเลือกโหมดของความถี่ในการทำงาน ดังนี้

หากต้องการความถี่ $F_{osc} = 60$ K Hz จะใช้ความต้านทาน (RT) ขนาด 16 kOhm (มาจากความต้านทานปรับค่าได้ขนาด 100 Ohm อนุกรมกับ ความต้านทานขนาด 16 kOhm

หากต้องการความถี่ $F_{osc} = 80$ K Hz จะใช้ความต้านทาน (RT) ขนาด 12.5 kOhm (มาจากความต้านทานปรับค่าได้ขนาด 100 Ohm อนุกรมกับ ความต้านทานขนาด 12.5 kOhm

หากต้องการความถี่ $F_{osc} = 100$ K Hz จะใช้ความต้านทาน (RT) ขนาด 10 kOhm (มาจากความต้านทานขนาด 10 kOhm

ในการคำนวณนี้ ใช้ค่าตัวเก็บประจุที่ต่อกับขา 5 มีค่า 1 nF ทุกความถี่

บทที่ 4

วิธีการทดลองและผลการทดลอง

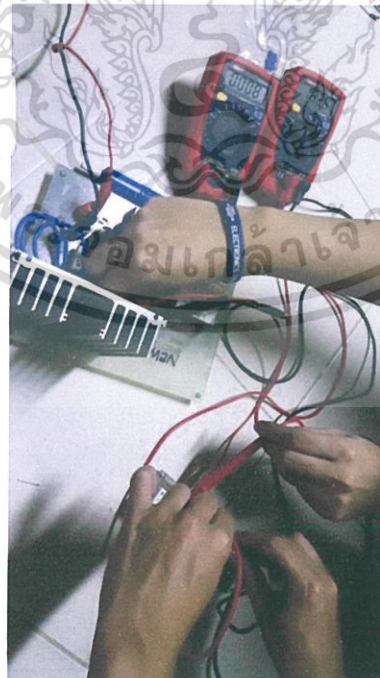
4.1 Load Regulation

ทำการทดลองโดยใช้ Active Load ในการดึงกระแส

$$V_{(in)} = 16.28 \text{ V}$$

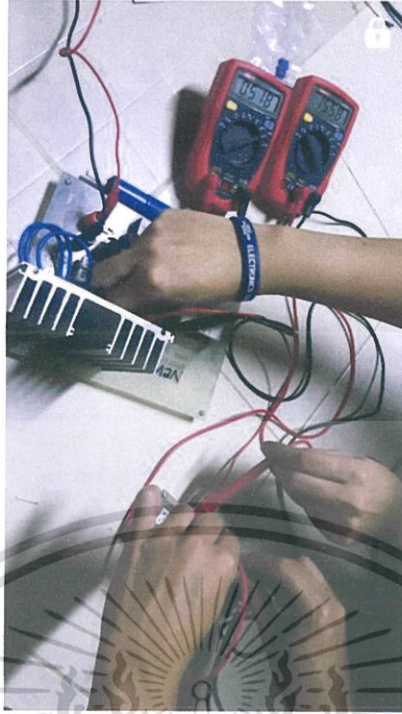
$V_{(out)}$	$I_{(out)}$
16.28	0.008
15.58	0.518
14.77	1.028
13.98	1.510

ตารางที่ 1 แสดงผล Load Regulation



รูปที่ 26 แสดงผลจากการดึงกระแส 0 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

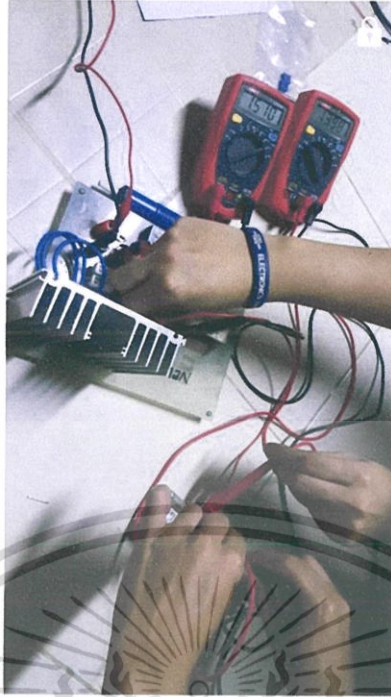


รูปที่ 27 แสดงผลจากการดิงกระแส 0.5 A



รูปที่ 28 แสดงผลจากการดิงกระแส 1.0 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



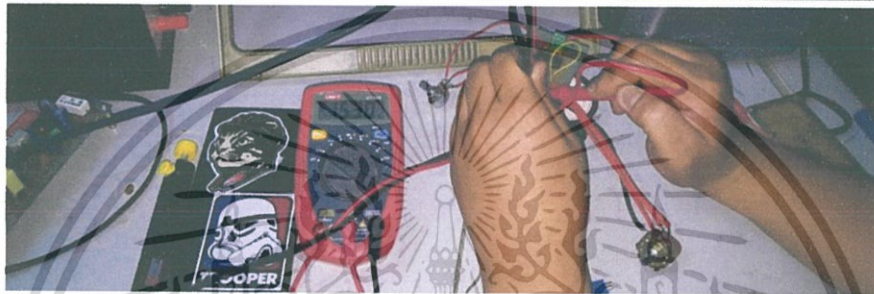
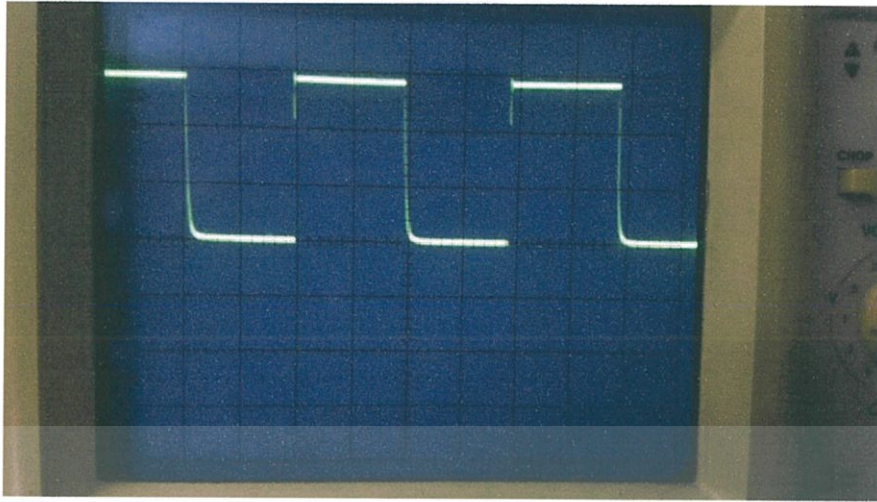
รูปที่ 29 แสดงผลจากการดึงกระแส 1.5 A

4.2 ผลการทดลองวัดค่าความถี่จากบอร์ด PWM (Low volt)

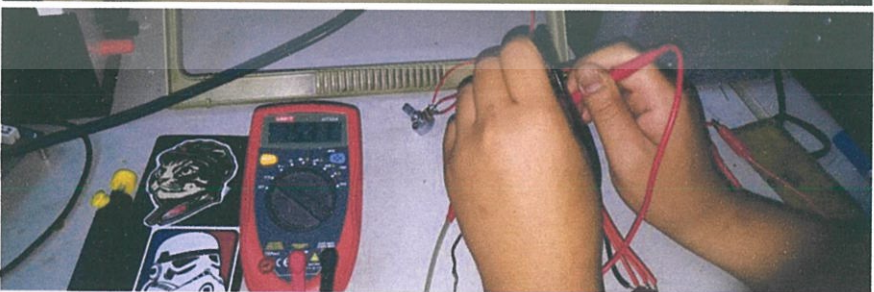
Input (Volt)	Input (Amp)	ค่าความถี่ที่ได้ (kHz)	Output (Volt)	Output (Amp)	ความสว่าง (Lux)
16.28	0.86m	62	15.53	0.64m	21.2
16.28	0.92m	84	15.31	0.62m	21.1
16.28	0.92m	101	15.30	0.63m	21.3
16.28	0.94m	122	15.28	0.62m	21.1
16.28	0.94m	143	15.39	0.65m	21.1
16.28	0.96m	161	15.34	0.66m	21.3

ตารางที่ 2 แสดงผลของความถี่ที่ Output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

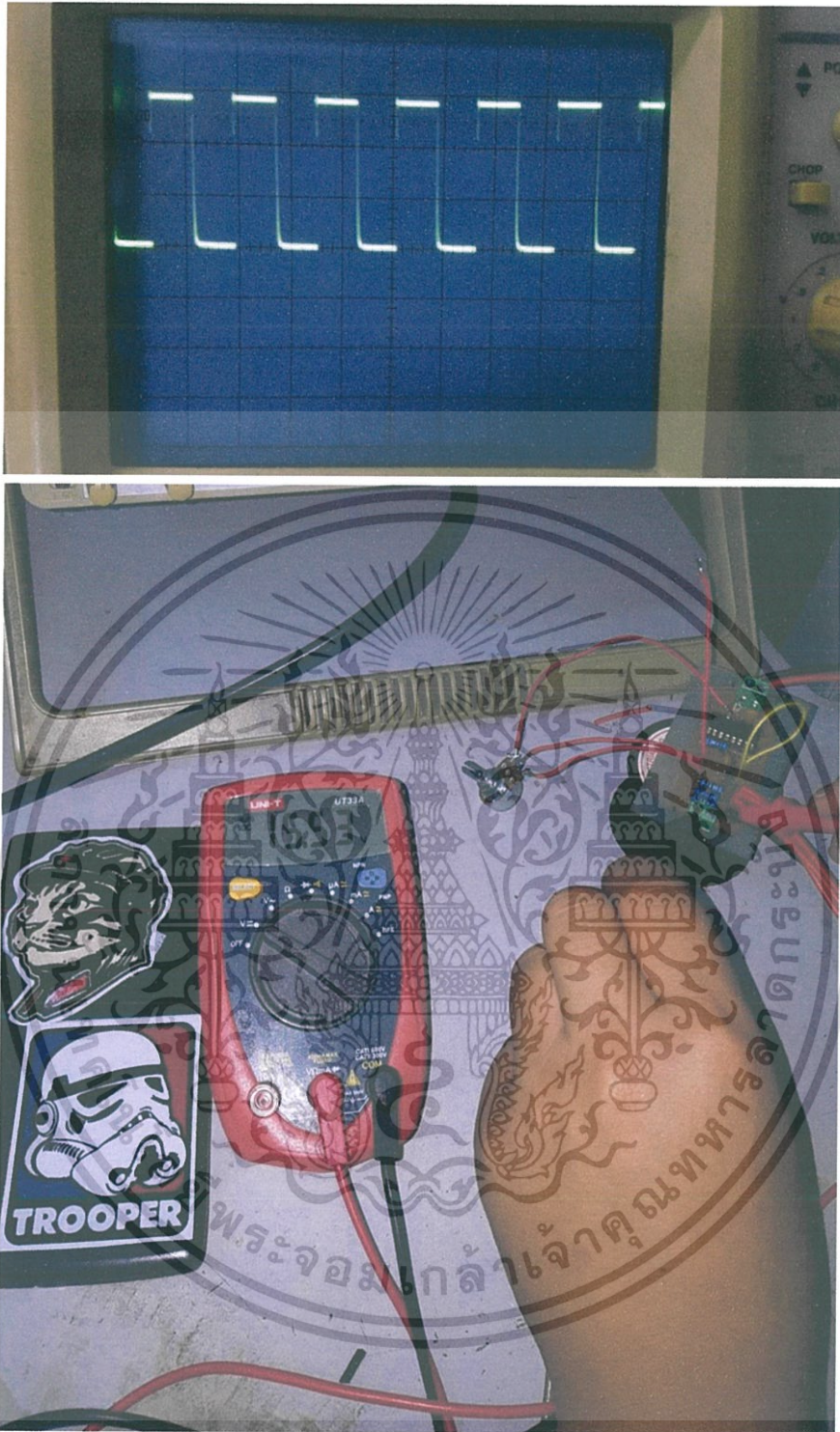


รูปที่ 30 แสดงค่าความถี่ที่ Selector ค่าที่ 1



รูปที่ 31 แสดงค่าความถี่ที่ Selector ค่าที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 32 แสดงค่าความถี่ที่ Selector ค่าที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนำแหล่งจ่ายไฟขนาด 16 V มาทำการทดลอง Load Regulation โดยการใช้ Active Load ในการดึงกระแสที่ 0.5A, 1A, 1.5A และ 2A พบว่า %Load Regulation มีค่า 4.3 %, 9.27%, และ 14.13 % จากการคำนวณแล้ว จะได้กำลังที่ขาออกมีค่าตั้งแต่ 8W , 15.2W , 21.1 W ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าปรับค่าของความต้านทานปรับค่าได้ จากการวิเคราะห์แล้ว พบว่า กำลังที่ขาออกสำหรับป้อนให้หลอด LED นั้น จะมีค่ามากที่สุดที่ 21.1 W สาเหตุมาจากหม้อแปลงสามารถมีกำลังได้เพียงเท่านี้ หากต้องการให้กำลังมีมากขึ้น สามารถทำได้โดยการปรับขนาดของหม้อแปลงให้ส่งกำลังได้ให้มากขึ้น

จากการทดลองวัดค่าความถี่จากบอร์ด PWM (Low volt) ได้ค่าความถี่นั้นมีค่าอยู่ที่ 62kHz, 84kHz, 101kHz และมีแรงดัน Output อยู่ที่ประมาณ 15 โวลต์ ได้ค่าความสว่างของหลอดไฟ LED มีค่าอยู่ที่ 21 LUX แม้จะทำการทดลองเปลี่ยนค่าความถี่ให้หลายค่ามากขึ้น ก็ยังไม่สามารถหาจุดที่ ความสว่างมีค่าลดลงหรือเพิ่มขึ้นแบบมีนัยยะว่าจะเป็นจุดที่เหมาะสมใหม่ กล่าวคือ ความถี่ที่ทำการทดลอง คือ 62KHz, 84KHz, 101KHz, 122KHz, 143KHz, 161KHz ก็ยังให้ผลทดลองตามเดิม คือความสว่างมีค่าประมาณ 21 LUX เท่ากันหมด จึงยังไม่ได้ข้อสรุปใหม่ในตอนี้ที่ว่า ความถี่ของวงจรวิศวกรรมส่องสว่างที่มีค่าความถี่ที่เหมาะสมนั้นจะมีค่าความถี่อื่นนอกจาก 1KHz อีกหรือไม่ แต่หากในอนาคตมีผู้ที่สนใจนำไปพัฒนาต่ออาจจะทำให้ได้ผลการทดลองที่เปลี่ยนแปลงการออกแบบวงจรสำหรับวิศวกรรมส่องสว่าง ทั้งในด้านของการออกแบบความถี่ หรือขนาดวงจรที่เล็กลงไปอีก เพื่อเหมาะสมสำหรับใส่ในหลอดไฟก็เป็นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- 1) http://www.sheffieldhardwarehackers.org.uk/wordpress/wp-content/uploads/2015/08/Pulse3_web_layout_.pdf
- 2) www.alldatasheet.com
- 3) <http://www.klcbright.com/LEDis.php>
- 4) niponw.rmutl.ac.th/04220205/PDF/Lab4.pdf
- 5) <https://smypsbyuwatdun.blogspot.com/2014/09/pwm.html>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้