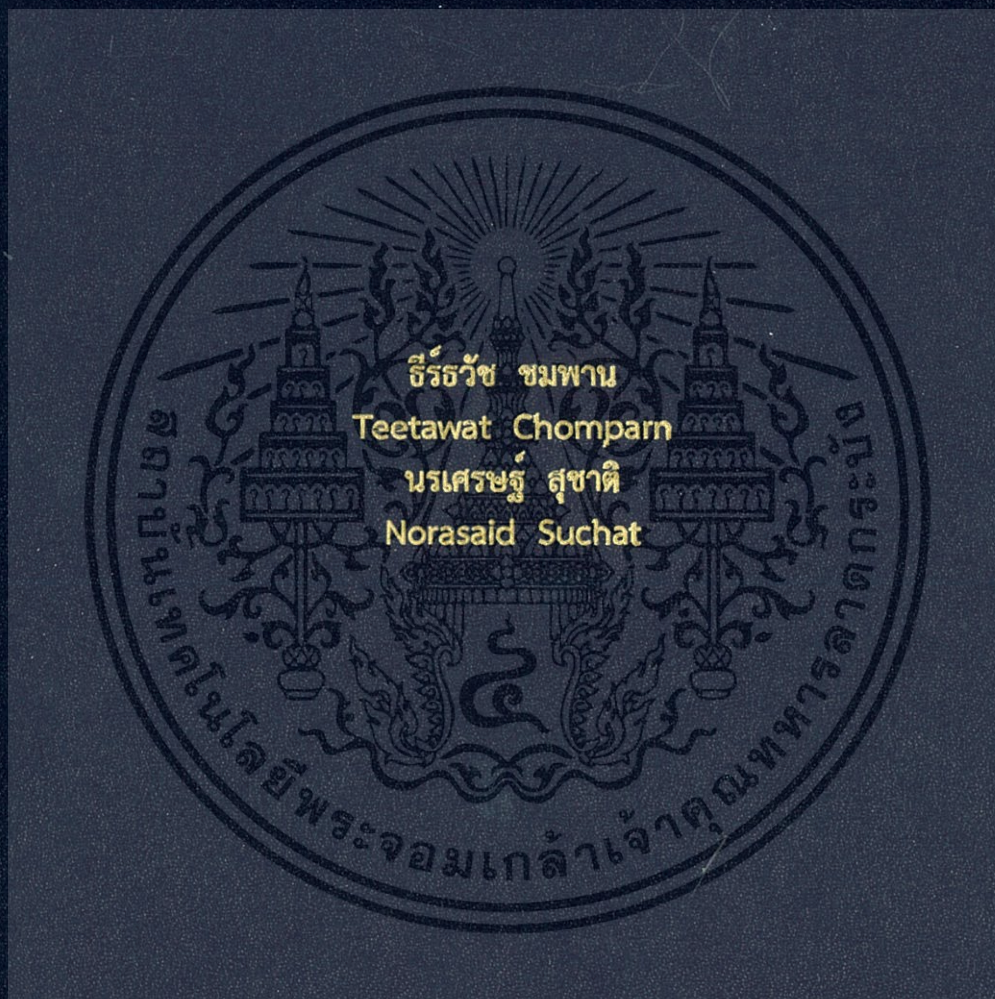


วงจรขับหลอดไฟแอลอีดีโดยใช้ไฟกระแสสลับจ่ายตรง
ANALOG / PWM / PHASE-CUT DIMMABLE HIGH POWER LED DIRECT
AC DRIVER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

วงจรขับหลอดไฟแอลอีดีโดยใช้ไฟกระแสสลับจ่ายตรง

ANALOG / PWM / PHASE-CUT DIMMABLE HIGH POWER LED DIRECT
AC DRIVER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรขับหลอดไฟแอลอีดีโดยใช้ไฟกระแสสลับจ่ายตรง

ANALOG / PWM / PHASE-CUT DIMMABLE HIGH POWER LED DIRECT
AC DRIVER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโท ปีการศึกษา 2559
ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง วงจรขับหลอดไฟแอลอีดีโดยใช้ไฟกระแสสลับจ่ายตรง
ANALOG / PWM / PHASE-CUT DIMMABLE HIGH POWER LED DIRECT AC
DRIVER
ผู้จัดทำ นายธีรวัช ชมพาน รหัสประจำตัว 56010615
นายนรเศรษฐ์ สุชาติ รหัสประจำตัว 56010650

รายงานนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว




(รศ. จีรวัดน์ ปานกลาง)
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการ	วงจรขับหลอดไฟแอลอีดีโดยใช้ไฟกระแสสลับจ่ายตรง
นักศึกษา	นายธีร์ธวัช ชมพาน รหัสประจำตัว 56010615
	นายนรเศรษฐ์ สุชาติ รหัสประจำตัว 56010650
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	รศ. จิรวัฒน์ ปานกลาง

บทคัดย่อ

ปฏิญานินพนธ์ฉบับนี้ อธิบายการสร้างและการออกแบบวงจรขับหลอด LED กำลังสูงด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ รวมไปถึงการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้บอร์ด Arduino โดยวงจรขับหลอด LED กำลังสูงด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ จะใช้ไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายเข้า IC เบอร์ FL77944 โดยผ่านบริจด์ไดโอดและตัวเก็บประจุซึ่งช่วยลดสัญญาณรบกวนจากภายนอก โดยการทำงานของ IC เบอร์ FL77944 จะถูกควบคุมโดยวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถเลือกโหมดการทำงานผ่านสวิทช์และแสดงผลผ่านจอ LCD โดยมีโหมดการทำงานดังนี้ 1.ควบคุมการเปิด-ปิด, 2. ควบคุมระยะเวลาการเปิดและปิดไฟ, 3. ควบคุมระดับไฟหรี่, 4. ควบคุมช่วงเวลาที่ใช้ในการเปิดให้สว่างและไฟสว่างให้หรี่จดับ โดย ซึ่งจะประกอบด้วยวงจรหลักๆ ดังนี้ 1. วงจรซัพควบคุมไฟ LED, 2. วงจรสร้างสัญญาณ ที่ใช้ควบคุมวงจร (วงจร Arduino), 3. วงจรหลอดไฟ LED, 4. วงจรควบคุมการหน่วงเวลาในการเปิด Arduino, 5. วงจรจ่ายแรงดัน 5 โวลต์, 6. วงจรเพิ่มแรงดันจาก 5 โวลต์ เป็น 12 โวลต์ โดยมีอัตราส่วนระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เป็น 50ต่อ50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Analog / PWM / Phase-cut Dimmable High Power LED Direct AC Driver
Student	Mr. Teetawat Chomparn Student ID 56010615 Mr. Norasaid Suchat Student ID 56010650
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2016
Project Advisor	Assoc. Jirawat Panklang

Abstract

The purposes of this research is to describe creating and designing LED Direct AC Drive circuit along with coding program for micro-controller circuit that using Arduino board. LED Direct AC Drive circuit, FL77944 is driven directly by AC that rectified by bridge diode, and a capacitor is to provide stable voltage. Working process of FL77944 is controlled by micro-controller circuit that able to select operation modes by dimmer button switch and display to the LCD. This Dimmable High Power LED Direct AC Driver provides phase-cut dimming with wide dimming range, smooth dimming control and good dimmer compatibility. It achieves high efficiency with high PF and low THD, which makes this Dimmable High Power LED Direct AC Driver suitable for high-efficiency LED lighting systems. Dimmable High Power LED Direct AC Driver can also be used with a rheostat dimmer switch which is suitable for desktop or indoor lamps. Available modes: 1. Turn on and turn off LED, 2. Control period of switch on time and switch off time, 3. Control LED's brightness, 4. Control period of time while LED increasing or decreasing brightness linearly by Related circuits: 1. LED driver circuit, 2. Micro-controller circuit, 3. LED circuit, 4. Timer delay relay circuit, 5. Power supply 5 V, 6. DC-DC voltage regulator 5 to 12 V By Hardware and software ratio 50:50 With The ratio between Hardware and software for 50 to 50.

กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินโครงการเรื่องวงจรขับหลอดไฟแอลอีดีโดยใช้ไฟกระแสสลับจ่ายตรง สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการอนุเคราะห์และความช่วยเหลือจาก อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ร.ศ.จิรวัดมัน ปานกลาง และอาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำในการศึกษาค้นคว้า แนะนำขั้นตอนและวิธีจัดทำโครงการจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี คณะผู้จัดทำจึงขอกราบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อนๆในภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ในการให้คำปรึกษาและรุ่นน้องที่คอยช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ จนทำให้โครงการที่สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา (STATEMENT AND SIGNIFICANCE OF THE PROBLEMS).....	1
1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา (GOAL AND OBJECTIVE).....	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา (HYPOTHESIS TO BE TESTED).....	1
1.4 ขอบเขตของการศึกษา (SCOPE OR LIMITATION OF THE STUDY).....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	4
2.1 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์ (bridge rectifier circuit).....	4
2.1.1 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่นบวก.....	4
2.1.2 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่นลบ.....	5
2.2 Arduino.....	6
2.2.1 Arduino คืออะไร.....	6
2.2.2 โครงสร้างของบอร์ด Arduino Nano.....	7
2.2.3 Atmega328.....	8
2.3 LED.....	10
2.3.1 Generation 3 High Power LED.....	10
2.3.2 ข้อดีและข้อเสีย ของ LED แบบ SMD.....	11
2.4 FL77944.....	12
2.5 timer delay relay circuit.....	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	17
3.1 คุณสมบัติของวงจรขับหลอด LED โดยใช้ไฟกระแสสลับ.....	17

เอกสารนี้เป็นของคุณสมบัติของวังจรรย์ขับหลอด LED โดยใช้ไฟกระแสสลับ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1	บอร์ดที่ 1 วงจรขับหลอด LED.....	17
3.1.2	บอร์ดที่ 2 วงจรควบคุมการทำงาน.....	17
3.2	หลักการออกแบบวงจรที่ 1 วงจรขับหลอด LED	19
3.3	หลักการออกแบบวงจรที่ 2 วงจรควบคุมการทำงาน.....	20
3.3.1	การออกแบบส่วนของโปรแกรมควบคุม	21
3.3.2	ข้อจำกัดในการออกแบบวงจรควบคุม.....	25
3.4	วิธีการทดสอบชิ้นงาน	26
3.4.1	การทำงานทั่วไปของวงจร ของวงจรที่ 1 วงจรขับหลอด LED.....	26
3.4.2	การทำงานทั่วไปของวงจร ของวงจรที่ 2 วงจรควบคุม.....	26
3.4.3	ความสว่างของ LED.....	26
3.5	ขั้นตอนการออกแบบและการสร้าง	27
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง	31
4.1	สัญญาณ PWM.....	31
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	38
5.1	วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	38
5.2	อุปสรรคและปัญหา	39
บรรณานุกรม	41
ภาคผนวก	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 4.1 กระแสที่ไหลผ่าน Rcs และ ความเข้มแสง เมื่อมีสัญญาณ PWM	32
ตารางที่ 4.2 ความเข้มแสง และ กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานRcs เมื่อมีสัญญาณ Analog	36



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1.1 ผังการทำงานของวงจรขับหลอดไฟแอลอีดีโดยใช้ไฟกระแสสลับจ่ายตรง.....	3
รูปที่ 2.1 การทำงานของวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์บวก.....	4
รูปที่ 2.2 การทำงานของวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์ลบ.....	5
รูปที่ 2.3 ก). บอร์ด Arduino ต่อกับ LED ข). บอร์ด Arduino ต่อกับบอร์ด XBee Shield.....	6
รูปที่ 2.4 โครงสร้างบอร์ด Arduino Nano	7
รูปที่ 2.5 รูปตัวอย่าง LED GEN III	10
รูปที่ 2.6 วงจรภายใน FL77944	12
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างวงจร FL77944 ในโหมด non-dimmable	13
รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันและกระแสที่ไหลผ่านLED ในโหมด non-dimmable	13
รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันและกระแสที่ไหลผ่านLEDในโหมด dimmable	14
รูปที่ 2.10 วงจรรีเลย์หน่วงเวลา.....	15
รูปที่ 3.1 วงจรควบคุมและวงจรขับหลอด LED	18
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างวงจร โดยใช้ IC เบอร์ FL77944.....	19
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างวงจรควบคุมการทำงาน.....	20
รูปที่ 3.4 ผังการทำงานของโปรแกรมควบคุม.....	21
รูปที่ 3.5 Schematic ของวงจร FL77944	27
รูปที่ 3.6 Schematic ของวงจร LED.....	27
รูปที่ 3.7 Schematic ของวงจร time delay relay	28
รูปที่ 3.8 Schematic ของวงจรควบคุมและLCD	28
รูปที่ 3.9 PCB ของวงจร FL77944	29
รูปที่ 3.10 PCB ของวงจร time delay relay	29
รูปที่ 3.11 PCB ของวงจรควบคุม และ LCD.....	30
รูปที่ 4.1 วงจรจ่ายสัญญาณ PWM.....	31
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างวงจรเมื่อทำงานที่สัญญาณ PWM DUTY CYCLE 40 %	31
รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความสว่าง กับ กระแส ของสัญญาณ PWM	33
รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Vin กับ Ics ของ PWM 60% duty cycle.....	33
รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Vin กับ Ics ของ PWM 100% duty cycle	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 ตัวอย่างวงจรเมื่อทำงานที่สัญญาณ Analog 0V	35
รูปที่ 4.7 ตัวอย่างวงจรเมื่อทำงานที่สัญญาณ Analog 8V	35
รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความสว่าง กับ กระแส ของสัญญาณ Analog.....	37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา (STATEMENT AND SIGNIFICANCE OF THE PROBLEMS)

ปัจจุบันนักพัฒนาระบบแสงสว่างได้ก้าวสู่การใช้ไดโอดเปล่งแสง ซึ่งจำเป็นต้องใช้กลไกทางไฟฟ้าที่มีราคาสูงและมีขนาดใหญ่ เช่นเทคโนโลยี แหล่งจ่ายไฟแบบสวิชชิง ซึ่งลูกค้าต้องการสินค้าที่เล็กกว่า และถูกกว่า ซึ่งสะดวกต่อการใช้งาน

วงจรรวม FL77944 เป็นวงจรรวมสำหรับขับไดโอดเปล่งแสงด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ ด้วยความต้องการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบแพสซีฟภายนอกที่น้อย ส่งผลให้ขนาดของวงจรมีขนาดเล็ก สามารถบรรจุในสินค้าขนาดเล็กได้ โดยตัวต้านทานภายนอกใช้สำหรับปรับกำลังของไดโอดเปล่งแสง และตัวเก็บประจุภายนอกใช้สำหรับปรับแรงดันให้เรียบเพื่อป้องกันไฟเลี้ยงแกว่งจรรวมภายใน มีฟังก์ชันหรือแสงได้ด้วยการเปลี่ยนเฟส สัญญาณอนาล็อก และ สัญญาณPWM ซึ่งสามารถควบคุมได้โดยวงจรควบคุมภายนอกที่สามารถออกแบบและประยุกต์ได้เองตามความต้องการ มีฟังก์ชันการทำงานที่หลากหลายและต้องการขนาดเล็ก ยกตัวอย่างเช่น หนีแสงในระยะเวลาที่กำหนดสำหรับไฟในโรงภาพยนตร์ ตั้งเวลาในการเปิด-ปิดไฟสำหรับไฟจราจร เป็นต้น

1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา (GOAL AND OBJECTIVE)

1. เพื่อศึกษาวงจรรวมสำหรับขับไดโอดเปล่งแสงด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ
2. เพื่อนำความรู้ที่เรียนมาประยุกต์ใช้งานจริง
3. สร้างวงจรควบคุมภายนอก

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา (HYPOTHESIS TO BE TESTED)

1. สามารถนำความรู้มาแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของการศึกษา (SCOPE OR LIMITATION OF THE STUDY)

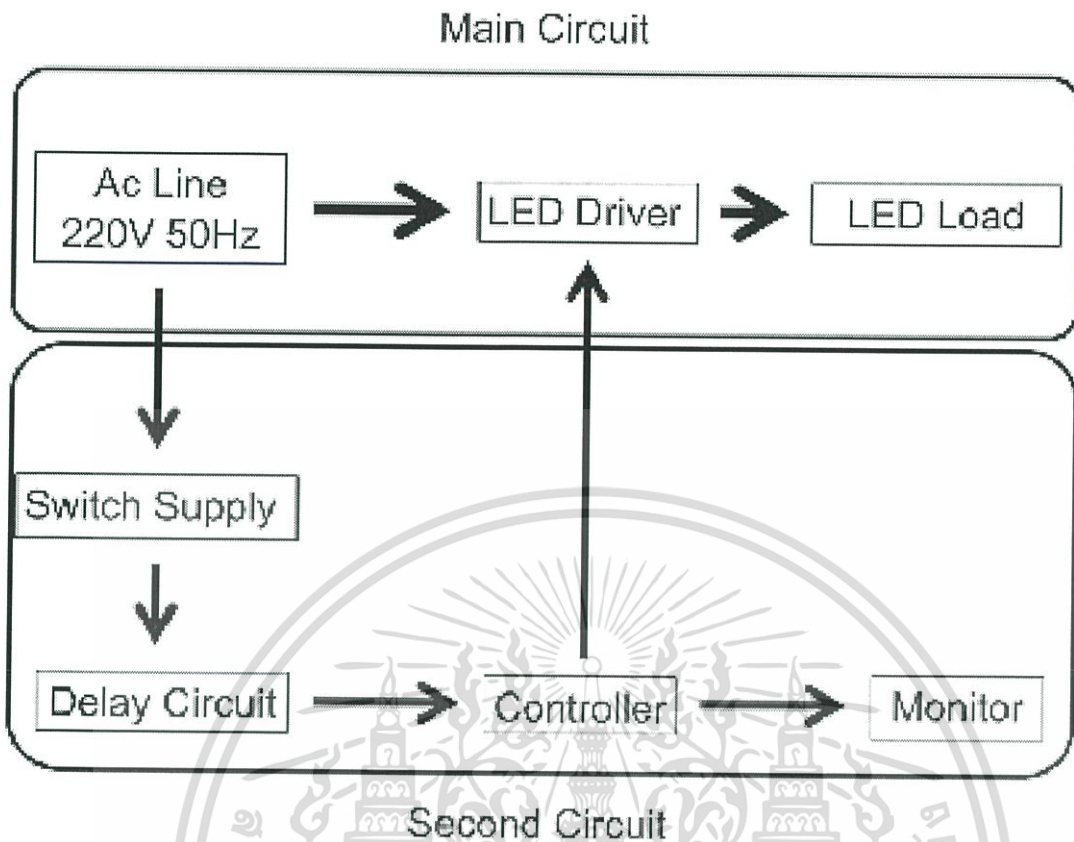
1. สร้างวงจรควบคุมภายนอกที่มีฟังก์ชันควบคุมช่วงเวลาการเปิด-ปิดไฟ และควบคุมการหรี่ไฟในระยะเวลาที่กำหนด
2. สร้างวงจรสำหรับวงจรรวมสำหรับขับไดโอดเปล่งแสงด้วยไฟฟ้ากระแสสลับที่สามารถใส่ในชิ้นงานขนาดเล็กได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำชิ้นงานนี้ไปใช้ได้จริง
2. ได้ศึกษาความรู้เพิ่มเติม
3. รู้จักทำงานเป็นทีมร่วมกับผู้อื่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 ผังการทำงานของวงจรขับหลอดไฟแอลอีดีโดยใช้ไฟกระแสสลับจ่ายตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์ (bridge rectifier circuit)

วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์เป็นวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่นชนิดหนึ่ง ซึ่งมีข้อดีคือ สามารถใช้ ร่วมกับหม้อแปลงธรรมดาได้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้หม้อแปลงชนิดเซนเตอร์แทป (center tap transformer) โดยวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด เช่นกัน คือ วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์บวก และวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์ลบ โดยแต่ละชนิดมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่นบวก

วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์บวก สามารถต่อวงจรได้ดังรูปที่ 2.1



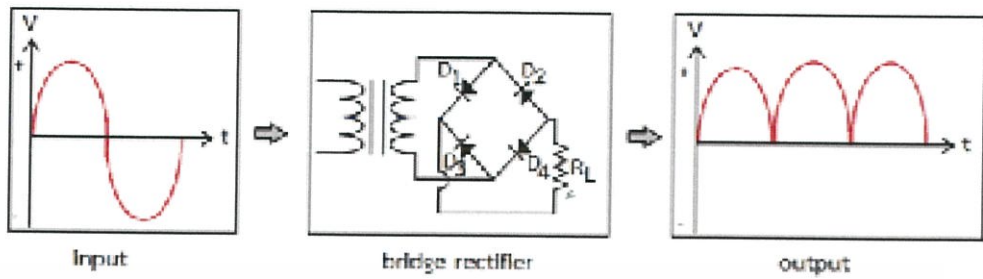
รูปที่ 2.1 การทำงานของวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์บวก

จากรูปที่ 2.1 เมื่อทำการใส่สัญญาณขาเข้า(input) ซีกบวกของไฟฟ้ากระแสสลับ ไดโอดตัวที่ D2 และ D3 จะอยู่ในสภาวะไบอัสตรง (forward bias) กระแสไฟฟ้าจึงไหลครบวงจร เกิดสัญญาณขาออก(output) โดยไดโอดตัวอื่นๆ จะอยู่ในสภาวะไบอัสกลับ(reverse bias)

ในทำนองเดียวกัน เมื่อสัญญาณขาเข้า (input) สลับเป็นสัญญาณซีกลบ ไดโอดตัวที่ D4 และ D1 จะอยู่ใน สภาวะไบอัสตรง (forward bias) กระแสไฟฟ้าจึงไหลครบวงจร เกิดสัญญาณขาออก (output) โดยไดโอดตัวอื่นๆ จะ อยู่ในสภาวะไบอัสกลับ (reverse bias)

2.1.2 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่นลบ

วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์บวกร สามารถต่อวงจรได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การทำงานของวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบบริดจ์บวกร

จากรูปที่ 2.2 เมื่อทำการใส่สัญญาณขาเข้า (input) ซึ่งบวกของไฟฟ้ากระแสสลับ ไดโอดตัวที่ D1 และ D4 จะ อยู่ในสภาวะไบอัสตรง (forward bias) กระแสไฟฟ้าจึงไหลครบวงจร เกิดสัญญาณขาออก (output) โดยไดโอดตัวอื่นๆ จะอยู่ในสภาวะไบอัสกลับ (reverse bias)

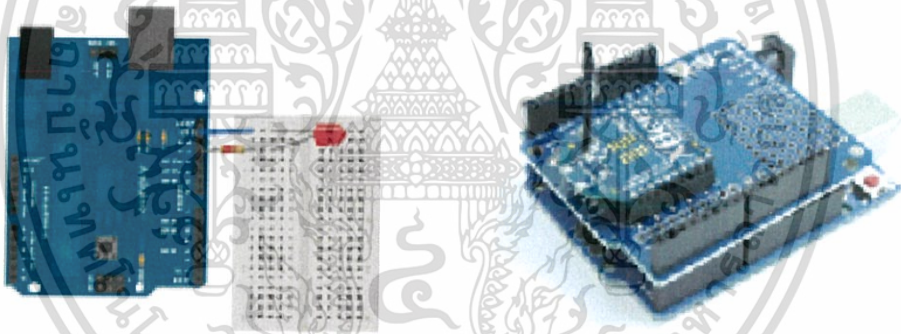
ในทำนองเดียวกัน เมื่อสัญญาณขาเข้า (input) สลับเป็นสัญญาณขั้วลบ ไดโอดตัวที่ D2 และ D3 จะอยู่ใน สภาวะไบอัสตรง (forward bias) กระแสไฟฟ้าจึงไหลครบวงจร เกิดสัญญาณขาออก (output) โดยไดโอดตัวอื่นๆ จะ อยู่ในสภาวะไบอัสกลับ (reverse bias)

2.2 Arduino

2.2.1 Arduino คืออะไร

Arduino อ่านว่า (อา-ตุ-อิ-โน้ หรือ อาตุยโน้) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

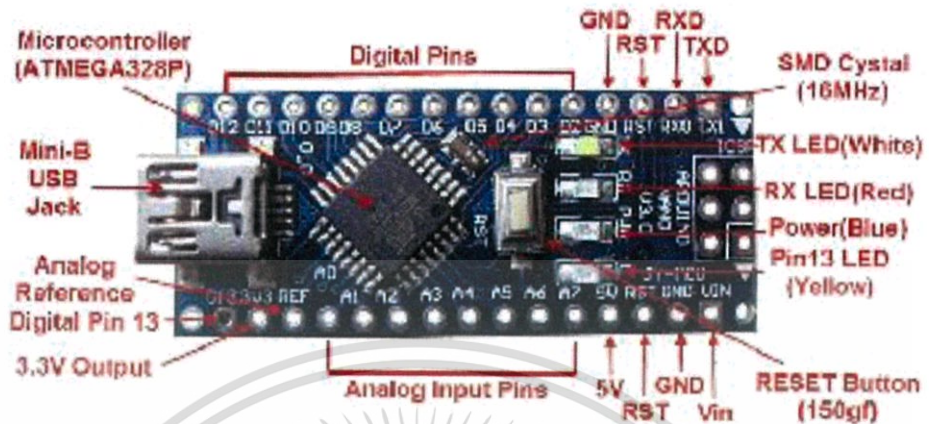
ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด (ดูตัวอย่างรูปที่ 2.3 ก) หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ (ดูตัวอย่างรูปที่ 2.3 ข) เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย



รูปที่ 2.3 ก). บอร์ด Arduino ต่อกับ LED ข). บอร์ด Arduino ต่อกับบอร์ด XBee Shield

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 โครงสร้างของบอร์ด Arduino Nano



รูปที่ 2.4 โครงสร้างบอร์ด Arduino Nano

1. USBPort: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
2. Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2
4. I/O Port: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆเพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
5. ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
7. I/O Port: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A7
8. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin
9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 Atmega328

คุณลักษณะเด่น

1. High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
2. Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
3. Nonvolatile Program and Data Memories
 - 32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
In-System Programming by On-chip Boot Program
True Read-While-Write Operation
 - 1024 Bytes EEPROM
Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 2K Byte Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
4. JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
5. Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator

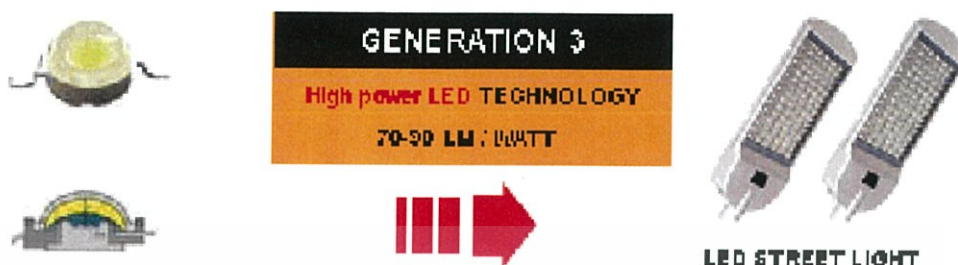
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ห้ามเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
6. Special Microcontroller Features
- Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
7. I/O and Packages
- 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
8. Operating Voltages
- 2.7 - 5.5V for ATmega32L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega32
9. Speed Grades
- 0 - 8 MHz for ATmega32L
 - 0 - 16 MHz for ATmega32
10. Power Consumption at 1 MHz, 3V, 25°C for ATmega32L
- Active: 1.1 mA
 - Idle Mode: 0.35 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 LED

2.3.1 Generation 3 High Power LED



รูปที่ 2.5 รูปตัวอย่าง LED GEN III

High Power LED with 2or4 pins welded on single-sided PCB. Patent of LumiLED for multi-angle emission by optical lens Most of high power chips are called "Copy LumiLED"

เทคโนโลยีรุ่นที่ 3 ของ ไฟ LED คือ HIGH POWER LED ยังคงมีลักษณะเป็นแบบ Surface Mount เหมือนกับ SMD แต่เพิ่มประสิทธิภาพ การให้แสงสว่าง ด้วยการ พัฒนา เลนส์ ครอบ CHIP LED SMD เพื่อให้แสงสว่างส่องไปได้ไกลเพิ่มขึ้น ปัจจุบัน เป็นเทคโนโลยี ที่ได้รับความนิยมมา ออกแบบ โคมไฟ LED STREETLIGHT

การใช้งานที่เหมาะสม ของเทคโนโลยี High Power LED (ซึ่งพัฒนามาจาก SMD) ให้แสงสว่างสูง แต่ก็มี ข้อจำกัดคือ แม้จะมีการพัฒนาเทคโนโลยี เลนส์มาเพิ่มแสงสว่างแล้ว แต่ก็ไม่เหมาะกับการนำไปติดตั้งในที่สูง เพราะแสงสว่าง จะเดินทางมาไม่ได้ไกล และถึงแม้แสงเดินทางมาได้ แต่ค่าความสว่างก็จะเหลือน้อย เพียง 5-30 Lux ซึ่งเป็นค่าความสว่างที่เหมาะสมกับการนำมาใช้งาน สำหรับ โคมไฟ Street Light LED

LED แบบ เทคโนโลยี High Power LED เวลาเปลี่ยน Chip มีความจำเป็นต้องเปลี่ยน ยกชุด Socket ซึ่ง ในปัจจุบัน ยังไม่มีการกำหนด มาตรฐาน ของขนาด ของ Socket นั้นหมายความว่า หากจะเปลี่ยน Chip ในอนาคต มีความจำเป็นต้องหา Part รุ่นเดิม ยี่ห้อนั้นมาเปลี่ยนเท่านั้น และค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยน Chip สูง มาก จนเกือบเท่ากับ ราคาของการซื้อโคมใหม่ แบบยกชุด "จึงไม่ค่อยได้รับความนิยมในการนำมาประยุกต์ใช้ เป็น High Bay ซึ่งเป็น ระบบไฟส่องสว่างหลัก ของโรงงาน และ มีความต้องการ การบำรุงรักษา ที่ง่าย และมีความยั่งยืน มากกว่า เทคโนโลยี High Power LED!"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ข้อดีและข้อเสีย ของ LED แบบ SMD

1. ข้อดี

1. เนื่องจากขนาดเล็ก และสามารถวางอุปกรณ์ได้ทั้งสองด้าน ทำให้ใช้พื้นที่ของ PCB น้อยลง ลดค่าใช้จ่ายของแผ่น PCB
2. เหมาะกับการใช้งานที่วงจรความถี่สูง เนื่องจากลดความเหนียวนำและความจุไฟฟ้าแฝงที่เกิดจากอุปกรณ์
3. ในด้านการผลิต ช่วยลดค่าใช้จ่ายของเครื่องจักร เนื่องจากมีขั้นตอนการผลิตที่ง่ายกว่า การผลิตมีความแม่นยำ และอัตราการผลิตที่สูงขึ้น
4. การถอดเปลี่ยนอุปกรณ์ทำได้ง่าย
5. สามารถออกแบบวงจรผสม คือใช้ทั้งอุปกรณ์แบบ DIP และ SMD ควบคู่กันได้
6. สามารถสร้างค่าความเข้มแสงได้สูงสุดถึง 130 lm/W
7. การออกแบบโครงสร้างของ Heat sink และการจัดวางตำแหน่งของเม็ดชิปที่เหมาะสม ทำให้สามารถถ่ายเทความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
8. SMD มีการให้แสงสว่างอย่างสม่ำเสมอ และยังสามารถกระจายแสงได้ดี โดยมีเทคโนโลยี ซิลิกอนเลนส์ที่เคลือบบนเม็ดชิปช่วยให้ได้แสงสว่างอย่างเต็มประสิทธิภาพ
9. แสงสว่างไม่มีผลกระทบต่ออาการมองเห็นด้วยตา และสิ่งแวดล้อม
10. สามารถทนแรงดันที่ไม่ต่อเนื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ
11. อายุในการใช้งานที่ยาวนานถึง 50,000 ชั่วโมง
12. การทรอปแสง 2% over 5000hrs continuous lighting
13. สามารถเปิดปิดได้บ่อยครั้ง และเมื่อเปิดจะให้แสงสว่างโดยทันที

2. ข้อเสีย

1. มีต้นทุนในการผลิตที่สูงกว่า COB

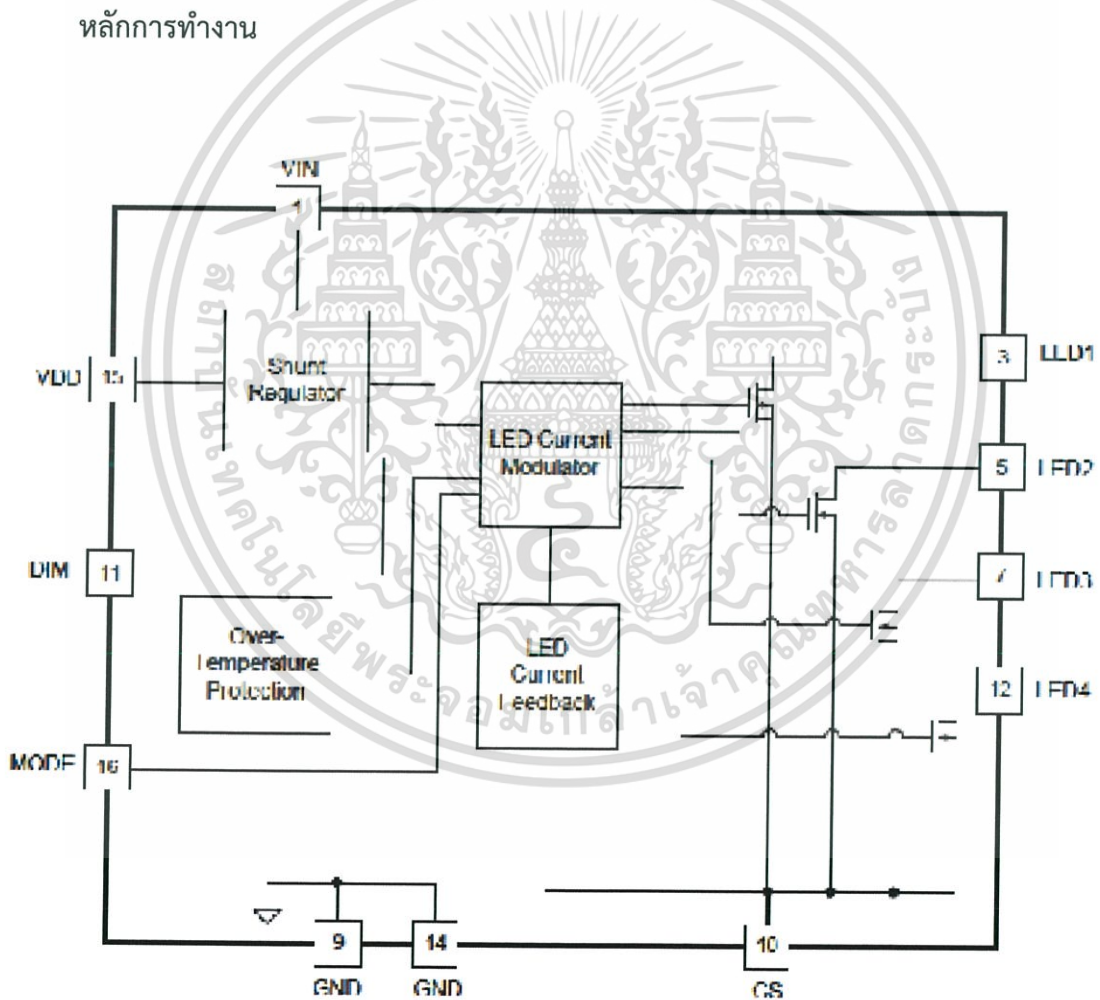
2.4 FL77944

FL77944 เป็นวงจรรวมสำหรับขับวงจรไดโอดเปล่งแสงด้วยไฟตรง ที่ใช้อุปกรณ์ชนิดพลาสติก ภายนอกน้อย ในการทำงานโดยปกติ ใช้ตัวต้านทานหนึ่งตัวสำหรับควบคุมพลังงานแก่วงจรไดโอด เปล่าแสง ตัวเก็บประจุหนึ่งตัวสำหรับปรับแรงดันให้คงที่สำหรับเลี้ยงวงจรรวม FL77944

FL77944 สามารถหรี่ไดโอดเปล่งแสงได้โดยหลักการ Phase cut โดยมีช่วงการหรี่ไฟที่กว้าง และ เสถียร มีประสิทธิภาพสูง ด้วยค่า RF ที่สูง และ THD ที่ต่ำ

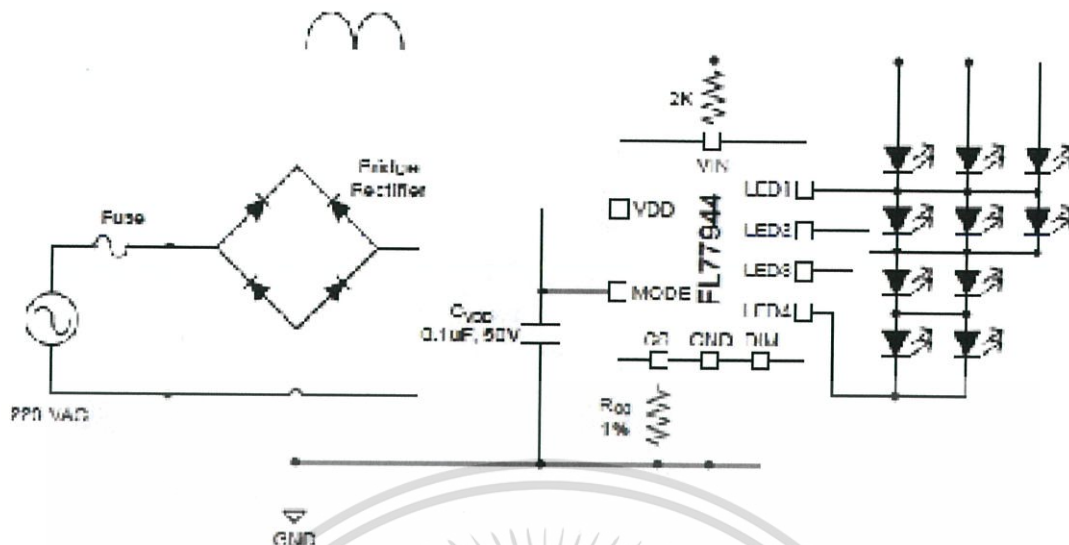
การทำงานของ FL77944 สามารถขับระบบที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูง เช่น ไฟถนน down light เป็นต้น

หลักการทำงาน



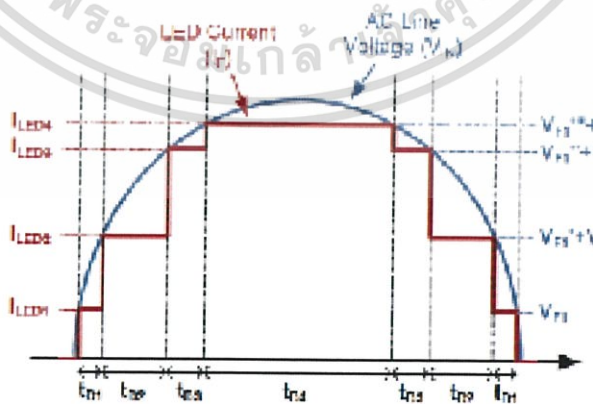
รูปที่ 2.6 วงจรภายใน FL77944

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างวงจร FL77944 ในโหมด non-dimmable

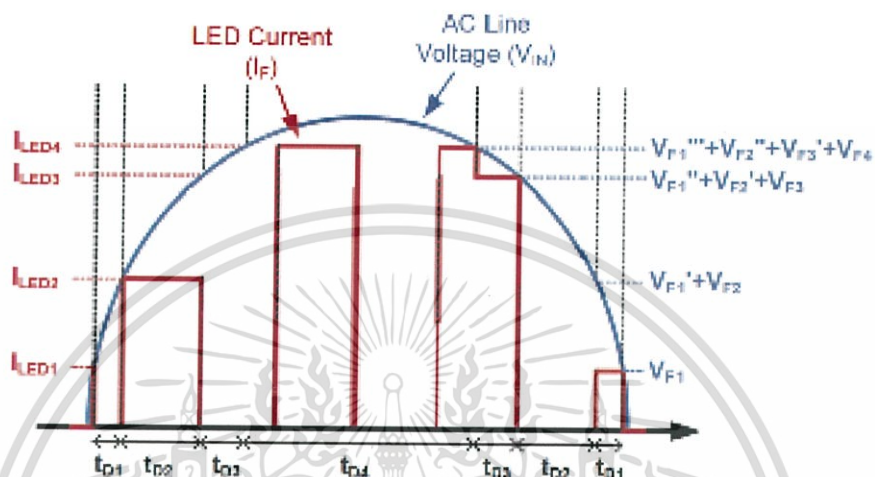
- กระแสไฟบ้าน 220V ผ่านวงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์
- กระแสไฟบ้านส่วนหนึ่งผ่านเข้ามาในวงจร shunt regulator ภายใน และถูกทำให้เรียบโดยตัวเก็บประจุ C_{vdd} เพื่อเป็นไฟเลี้ยงแก่วงจรรวม FL77944
- แรงดันที่ผ่านไดโอดเปล่งแสง และไปคร่อม R_{cs} แรงดันที่ตกคร่อมนี้ จะเป็นตัวบังคับให้ MOSFET ฌ LED1, LED2, LED3 และ LED4 ทำงาน ฌ แรงดันคร่อม R_{cs} ที่ต่างกัน(ตามส่วนโค้งของแรงดัน full-wave คร่อม R_{cs}) ดังนี้



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันและกระแสที่ไหลผ่านLED ในโหมด non-dimmable

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ในโหมด dimmable เมื่อป้อนสัญญาณไฟฟ้า Analog/PWM เข้าขา DIM ของ FL77944 สัญญาณนั้นจะถูกส่งไปรวมสัญญาณกับแรงดันที่ตกคร่อม R_{CS} ทำให้การทำงานของเกท MOSFET เปลี่ยนแปลง ทำให้กำลังเฉลี่ยน้อยลง ดังนี้



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันและกระแสที่ไหลผ่าน LED ในโหมด dimmable

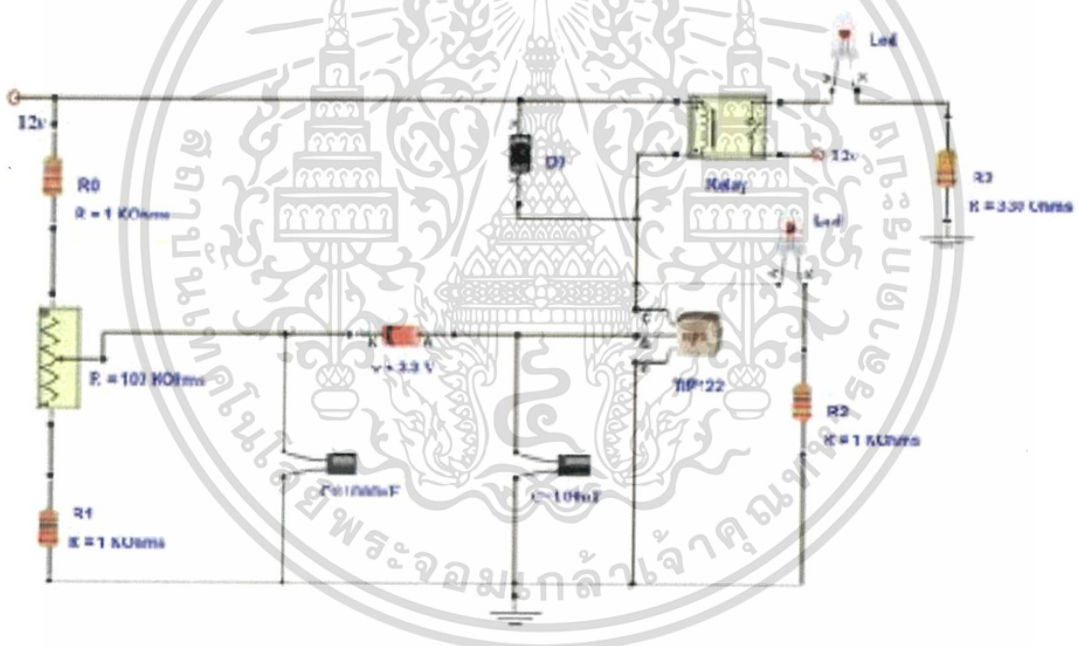
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 timer delay relay circuit

ความแตกต่างหลักระหว่างรีเลย์ปกติและรีเลย์หน่วงเวลาคือในกรณีของรีเลย์ปกติ คอนแทกจะปิดหรือเปิดทันทีเมื่อขดลวดมีพลังงานหรือไม่ให้พลังงานในขณะที่รีเลย์หน่วงเวลา คอนแทกจะปิดหรือเปิดเฉพาะหลังจากช่วงเวลาที่กำหนดไว้

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่ใช้ระบบจ่ายไฟแบบ SMPS ระบบไฟฟ้าง่ายๆมีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟกระชาก กระแสไฟกระชากเมื่อปิดเครื่องหรือเปิดเครื่องใหม่ อาจทำให้เกิดความเสียหายรุนแรงต่อวงจรรวมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นจึงต้องทำการหน่วงเวลาก่อนที่จะให้พลังงานแก่ อุปกรณ์ ซึ่งการหน่วงเวลานี้จะช่วยป้องกันผลกระทบร้ายแรงของวงจรรวมจากแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟกระชาก

หลักการทำงาน



รูปที่ 2.10 วงจรรีเลย์หน่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่วงจร ตัวเก็บประจุ1000uF จะเริ่มชาร์จจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้ 100k Ohm
 - เมื่อตัวเก็บประจุ1000uF มีแรงดันตกคร่อมถึง 3.3 V ซีเนอร์ไดโอดจะเริ่มนำกระแส
 - ซีเนอร์ไดโอดที่ต่อกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ จะกระตุ้นทรานซิสเตอร์ให้นำกระแสขดขวดของจะถูกเชื่อมต่อกับขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์
 - เมื่อขดลวดของรีเลย์มีแรงดันตกคร่อมขณะที่ทรานซิสเตอร์นำกระแส จะทำให้คอนแทคของรีเลย์สับเปลี่ยน
 - ตัวเก็บประจุ100uF จะมีหน้าที่คงแรงดัน ณ ขาเบส เพื่อไม่ให้เกิดการสลับกลับของคอนแทคของรีเลย์
- ดังนั้น การหน่วงเวลาของรีเลย์สามารถควบคุมได้จากตัวต้านทานปรับค่าได้และตัวเก็บประจุ1000uF



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

(RESEARCH METHODOLOGY)

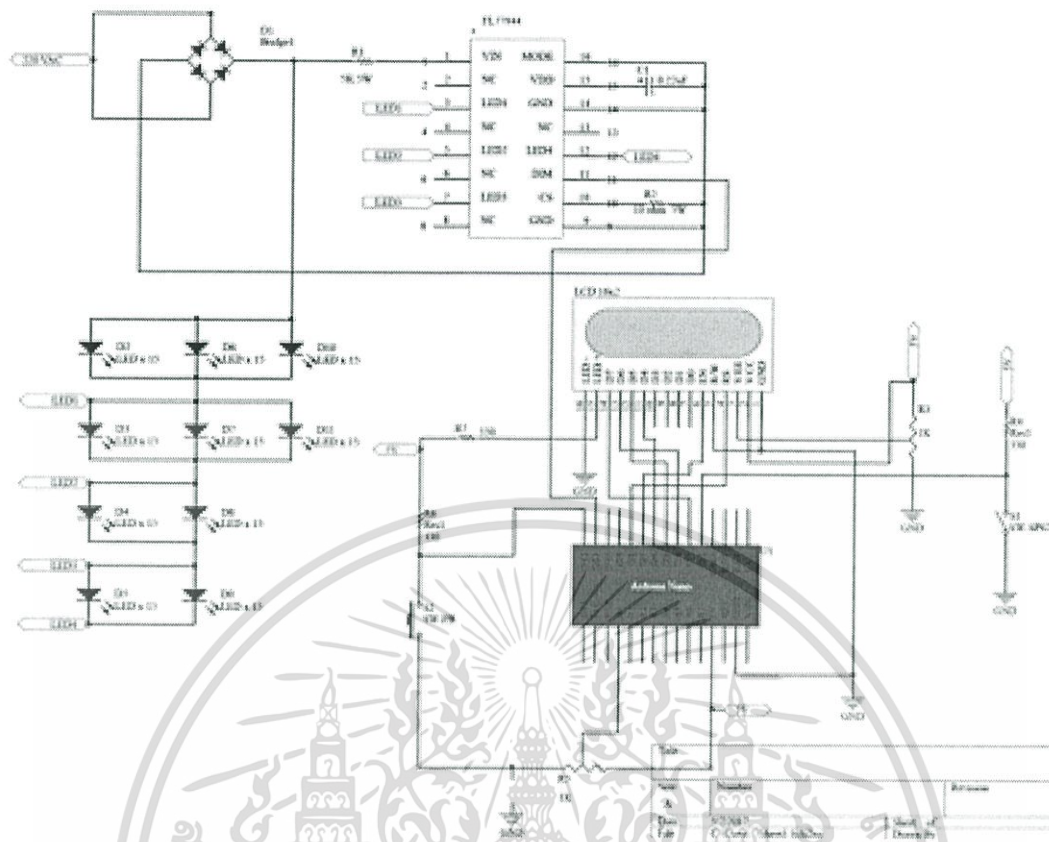
3.1 คุณสมบัติของวงจรขับหลอด LED โดยใช้ไฟกระแสสลับ

3.1.1 บอร์ดที่ 1 วงจรขับหลอด LED

- ใช้ไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ จ่ายผ่านบริจไดโอดแล้วผ่าน IC แล้วจึงทำให้หลอด LED ส่องสว่าง

3.1.2 บอร์ดที่ 2 วงจรควบคุมการทำงาน

- หน้าจอ LCD มีการแสดงผล ความสว่าง และช่วงเวลาการหรี่/สว่าง ณ เวลาปิด/เปิดไฟ
- ปุ่มกดชนิดกดติดปล่อย BUTTON_SWITCH มีหน้าที่ เข้าสู่โหมดการทำงานที่ได้เลือกไว้/กลับสู่เมนูหลัก
- ตัวต้านทางชนิดปรับค่าได้ R_VARIABLES มีหน้าที่ปรับค่าข้อมูล เช่น เลือกเมนู ปรับความสว่าง และ ปรับช่วงเวลาการหรี่/สว่าง ณ เวลาปิด/เปิดไฟ
- สวิตซ์ชนิดคาน POWER_SWITCH มีหน้าที่ เปิด/ปิดไฟ
- ขา 11 เป็นขาที่ส่งสัญญาณ PWM ให้แก่ FL77944

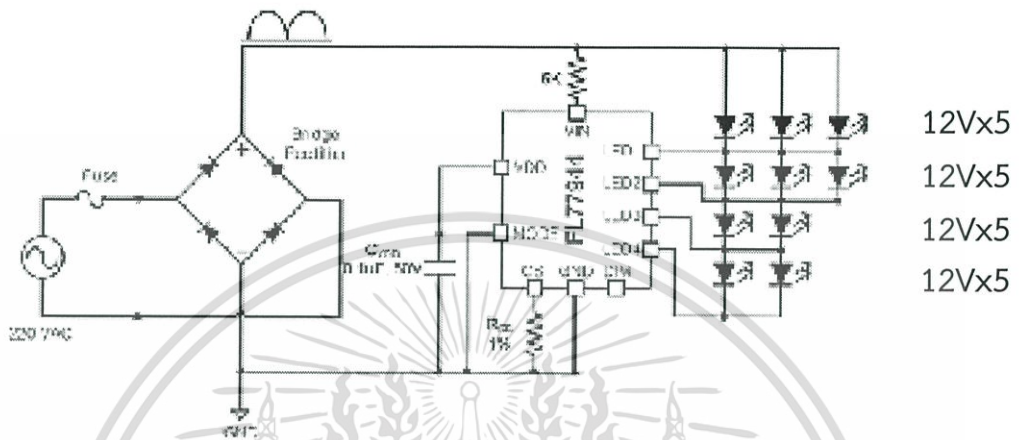


รูปที่ 3.1 วงจรควบคุมและวงจรขับหลอด LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 หลักการออกแบบวงจรที่ 1 วงจรขับหลอด LED

คำนวณค่าความต้านทาน

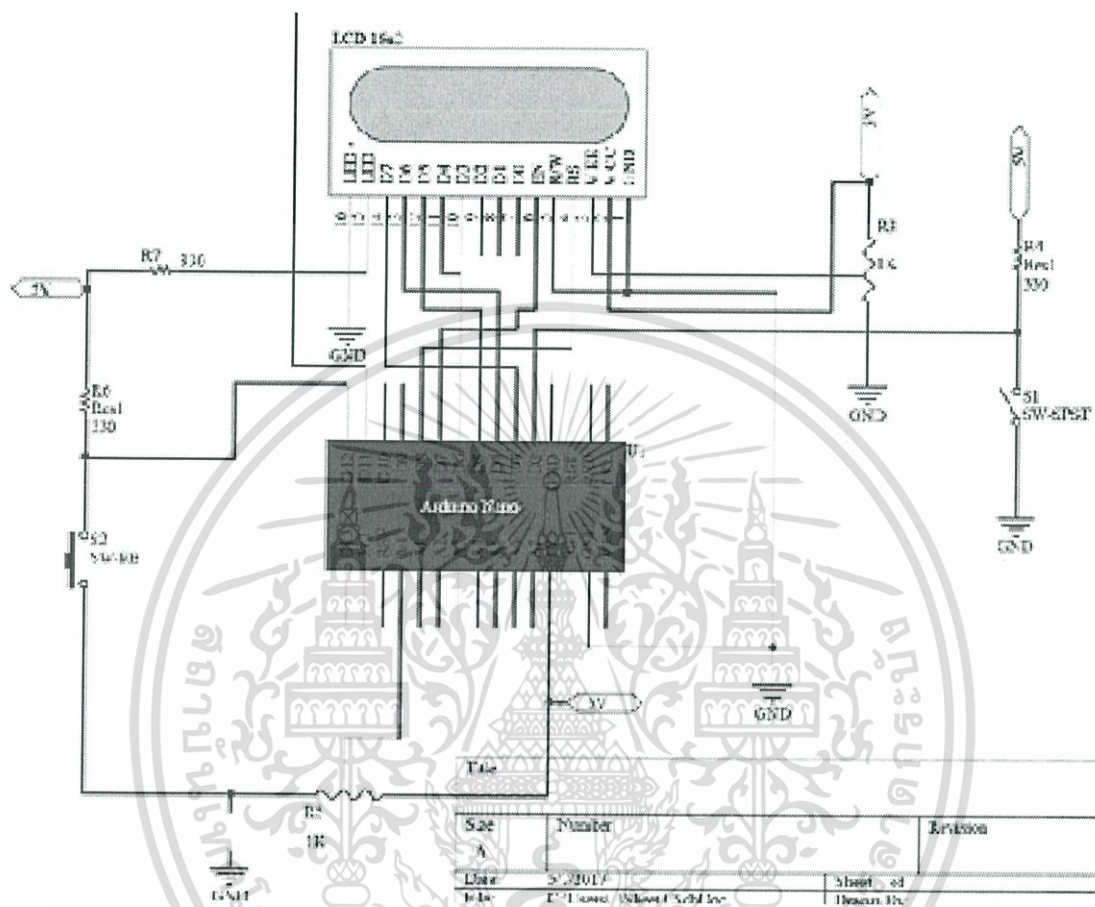


รูปที่ 3.2 ตัวอย่างวงจร โดยใช้ IC เบอร์ FL77944

จากสมการ $R_{cs} = \frac{0.92 \times V_{ACRMS}}{1.4 \times P_{IN}}$ เราต้องการ P_{IN} เท่ากับ 16 W ที่ V_{ACRMS} เท่ากับ 220 V ฉะนั้นจะได้ว่า $\therefore R_{cs} = \frac{0.92 \times 220}{1.4 \times 16} = 9.0357 \Omega$

ดังนั้น เราจึงเลือกใช้ R_{cs} เท่ากับ 10Ω โดยในการใช้งานจริง R_{cs} สามารถปรับค่าได้ตามความเหมาะสมของวงจรนั้นๆ ที่เราต้องการได้

3.3 หลักการออกแบบวงจรที่ 2 วงจรควบคุมการทำงาน



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างวงจรควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนกำหนดค่าคำสั่งสวิสช์และตัวบ่งบอกสถานะ

กำหนดขาอินเทอร์รัพท์ ฟังก์ชัน และ รูปแบบการอินเทอร์รัพท์

```
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(interruptPin), power, CHANGE);
```

กำหนดให้ฟังก์ชันอินเทอร์รัพท์ทำงาน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงที่ขา interruptPin จาก HIGH ไป LOW หรือ LOW ไป HIGH

กำหนดการทำงานของฟังก์ชัน อินเทอร์รัพท์

```
void power(){
```

```
    inter++;
```

```
    if(inter==3){
```

```
        inter =1;
```

```
    }
```

```
    inter2=inter+1;
```

```
    inter2=inter-1;
```

```
    if(inter==inter2){
```

```
        inter++;
```

```
    }
```

```
}
```

การบ่งบอกสถานะ ณ LED เหนือสวิสช์ ถูกสร้างขึ้นเพื่อแสดงสถานะต่างๆของวงจร LED กำลังสูง เนื่องจากฟังก์ชันหรือที่มีอาจมีระยะเวลาจนถึง 5 นาที ทำให้สังเกตได้ยากว่าอยู่ในช่วงกำลังหรือหรือสว่าง

```
if(inter==1){
```

```
    digitalWrite(LED_status,HIGH);
```

```
}
```

```
if(inter==2){
```

```
    digitalWrite(LED_status,LOW);
```

```
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนควบคุมการหรี่/สว่าง ระหว่าง เปิด/ปิดไฟ

```
val1 = EEPROM.read(addr[1]);
```

```
val0 = EEPROM.read(addr[0]);
```

```
fadeAmount1 = (val0*0.03)/(val1*4/3.413333333);
```

Val0 คือ ค่าที่ความสว่างที่กำหนดเองในฟังก์ชัน Brightness เป็นตัวเลขขนาด10บิตหาร4เรียบร้อยสำหรับเก็บค่าไว้ใน EEPROM ได้

val0 คือ ค่าช่วงเวลาที่กำหนดเองจากฟังก์ชัน delay to full brightness เป็นตัวเลขขนาด10บิตหาร4เรียบร้อยสำหรับเก็บค่าไว้ใน EEPROM ได้

นำ val0 มาคูณกับ 0.03 เนื่องจาก ฟังก์ชันนี้มีการติเลย์ 30มวินาที ทุกๆรอบการทำงาน

นำมาหารกับค่าช่วงเวลา จากฟังก์ชัน delay to full brightness คูณด้วยสี่อีกครั้งเพื่อกลับสู่ตัวเลขขนาด 10 บิต แล้วนำมาหารด้วย 3.413333333 เพื่อกำหนด ค่าสูงสุดของช่วงเวลาที่กำหนดได้เป็น 300 วินาที

ตัวอย่าง กำหนดให้ ช่วงเวลาสว่างคือ 10 วินาที จาก ความสว่างเป็น 0 ถึง 100%

ดังนั้น

$$\text{Val0} = 1024/4 = 256$$

$$\text{Val1} = 34.13333333/4 = 8.5325$$

$$\text{ดังนั้น fade amount} = 0.768$$

$$10\text{วินาที} / 0.03\text{วินาที} = 333.333 \text{ รอบทำงาน}$$

ดังนั้น

$$0.768 * 333.333 = 256.024$$

เมื่อผ่านไป 10 วินาที brightness จะเท่ากับ 256

```
analogWrite(PWM_output, brightness);
```

```
brightness = brightness + fadeAmount1;
```

```
delay(30);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

fadeAmount1 = 0;
}
if(brightness>= val0){
brightness= val0;
break;
}

```

3. ส่วนควบคุมการทำงานของ ตัวชี้หน้าจอ LCD

```

if(Rvarie_read>=512){
i=0;
ii=1;
}else{
i=1;
ii=0;
}

```

เมื่อปิดลูกบิดเกินครึ่งค่าตัวเลข10บิตที่ไม่โครคอนโทรเลอร์อ่านได้จะมากกว่า 512 ซึ่ง ค่า i จะเท่ากับ 0 และ ii = 1 ทำให้ เครื่องหน้าจอ ณ ตำแหน่ง lcd.setCursor(15,1); และเขียนตัวชี้ ณ ตำแหน่ง lcd.setCursor(15,0);

```

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("1.DIMMER");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("2.POWER");
lcd.setCursor(15,b[i]);
lcd.write(thisChar+5);
lcd.setCursor(15,b[ii]);
lcd.write(thisCharclear);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ข้อกำหนดในการออกแบบวงจรควบคุม

- ไฟเลี้ยง 7-12 โวลต์
- โลจิก อินพุท 5 โวลต์
- กระแสไฟตรงต่อขา 20 มิลลิแอมป์
- กระแสไฟตรงต่อขา 3.3 โวลต์ 50 มิลลิแอมป์
- EEPROM 1 กิโลไบท์
- สัญญาณนาฬิกา 16 เมกกะเฮิร์ต
- กระแสไหลผ่านชิป(I/O ports)ได้มากที่สุด 200 มิลลิแอมป์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดสอบชิ้นงาน

3.4.1 การทำงานทั่วไปของวงจร ของวงจรที่ 1 วงจรขับหลอด LED

- ทดสอบจ่ายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์
- ทดสอบกระแสที่ขา LED 1 เมื่อมีสัญญาณ PWM มาที่ขา DIM โดยมี duty cycle ตั้งแต่ 0%-100%
- ทดสอบกระแสที่ขา LED 2 เมื่อมีสัญญาณ PWM มาที่ขา DIM โดยมี duty cycle ตั้งแต่ 0%-100%
- ทดสอบกระแสที่ขา LED 3 เมื่อมีสัญญาณ PWM มาที่ขา DIM โดยมี duty cycle ตั้งแต่ 0%-100%
- ทดสอบกระแสที่ขา LED 4 เมื่อมีสัญญาณ PWM มาที่ขา DIM โดยมี duty cycle ตั้งแต่ 0%-100%

3.4.2 การทำงานทั่วไปของวงจร ของวงจรที่ 2 วงจรควบคุม

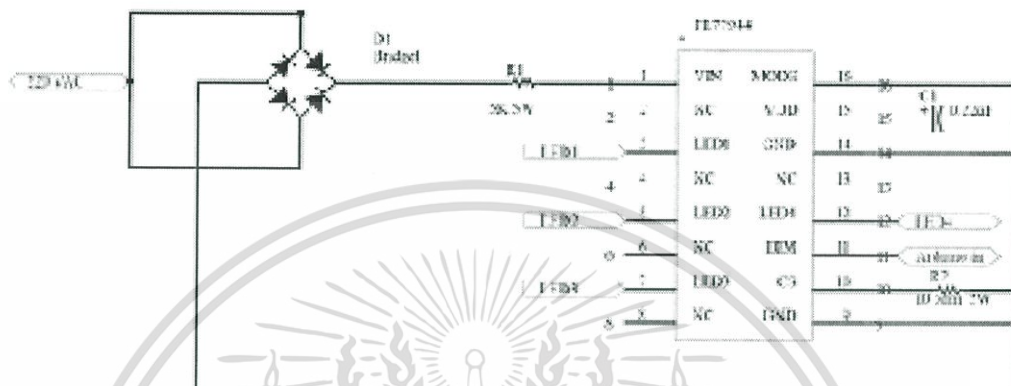
- ทดสอบการทำงานเมื่อใส่โปรแกรมลงใน Arduino
- ทดสอบ PWM ที่จ่ายออกไปตรงตาม duty cycle ที่กำหนด

3.4.3 ความสว่างของ LED

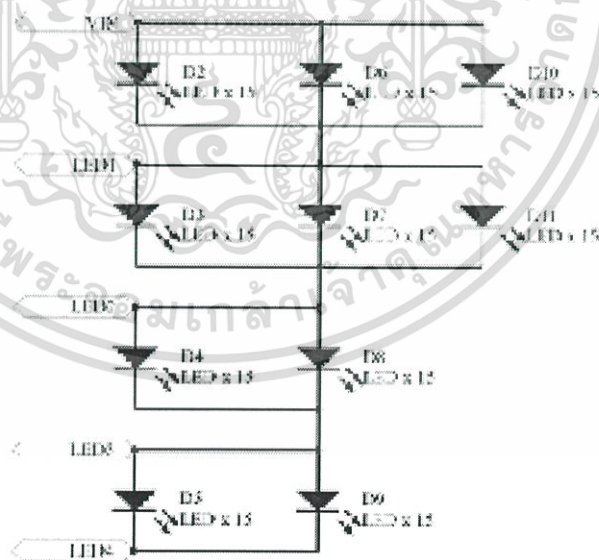
- ทดสอบหาความเข้มของแสงที่ LED ปล่อยออกมา เมื่อมีสัญญาณ PWM มาที่ขา DIM โดยมี duty cycle ตั้งแต่ 0%-100% โดยจะใช้มิเตอร์แสงวัดห่างจาก LED 1 เมตร ในที่มีด

3.5 ขั้นตอนการออกแบบและการสร้าง

1. ศึกษาข้อมูล
2. ออกแบบวงจร และคำนวณค่าอุปกรณ์ต่างๆ



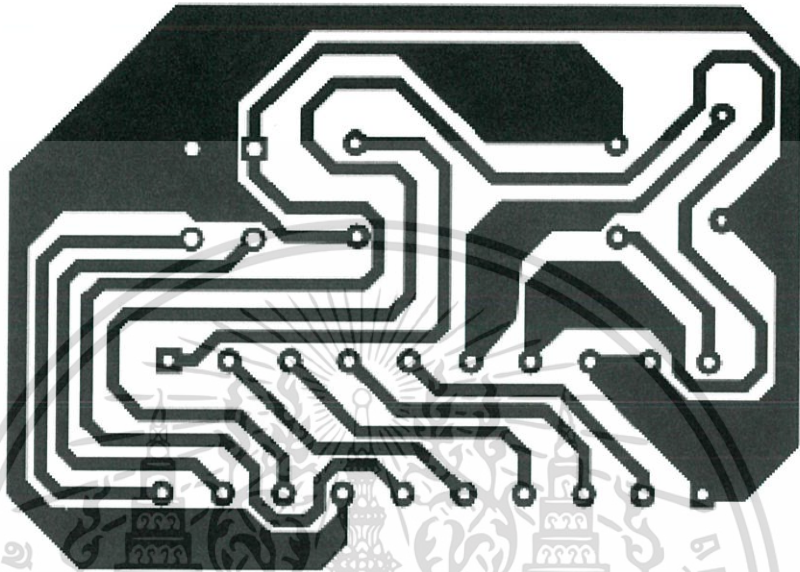
รูปที่ 3.5 Schematic ของวงจร FL77944



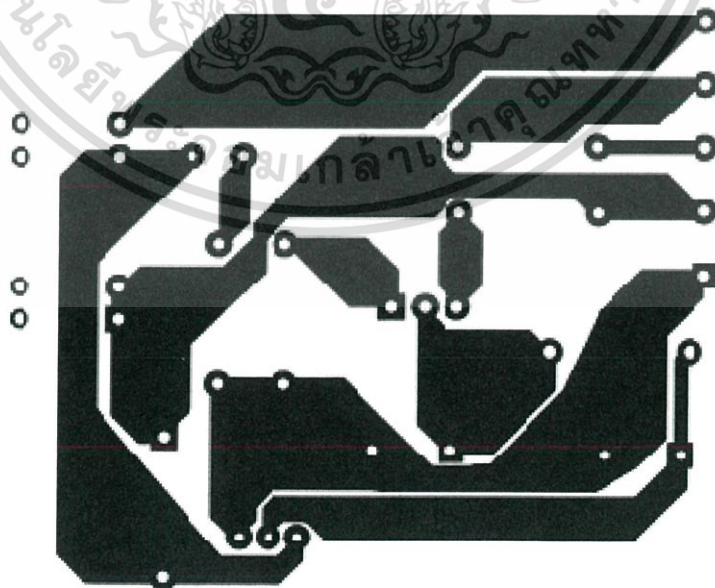
รูปที่ 3.6 Schematic ของวงจร LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ซึ้อุปกรณ์ต่างๆ ตามที่ออกแบบ และคำนวณได้
4. ลงอุปกรณ์ลงไฟโต้บอร์ด ทดสอบปรับเปลี่ยนจนได้ผลตามที่ต้องการ
5. ออกแบบลาย PCB และวัดขนาดอุปกรณ์จริง



รูปที่ 3.9 PCB ของวงจร FL77944



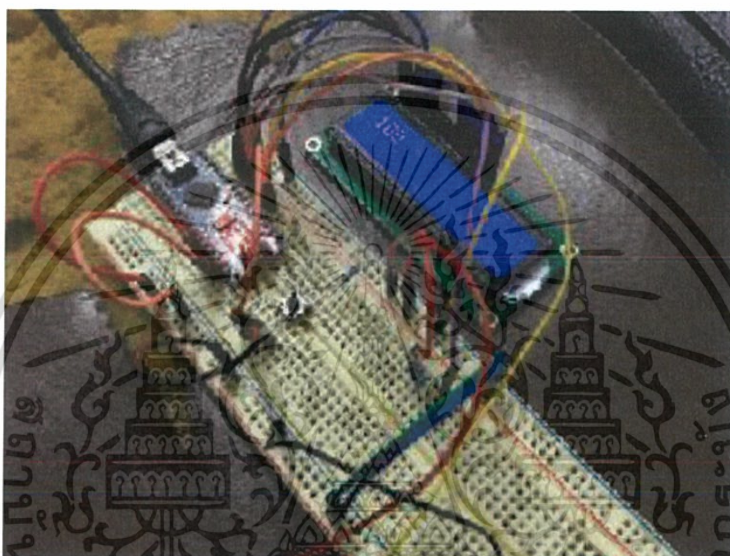
รูปที่ 3.10 PCB ของวงจร time delay relay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

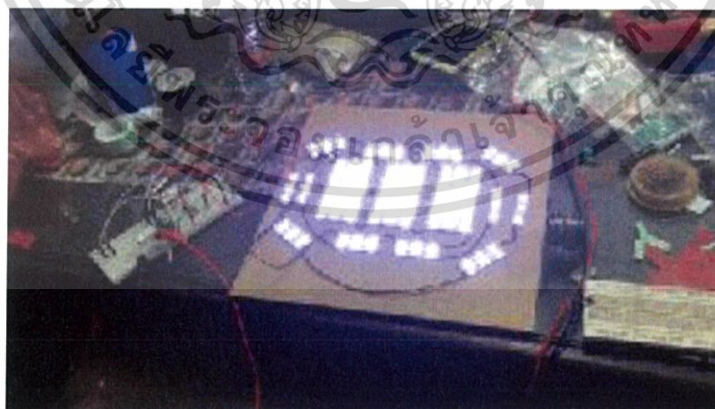
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง
(EXPERIMENT AND RESULTS OF DATA)

4.1 สัญญาณ PWM



รูปที่ 4.1 วงจรจ่ายสัญญาณ PWM



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างวงจรเมื่อทำงานที่สัญญาณ PWM DUTY CYCLE 40 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

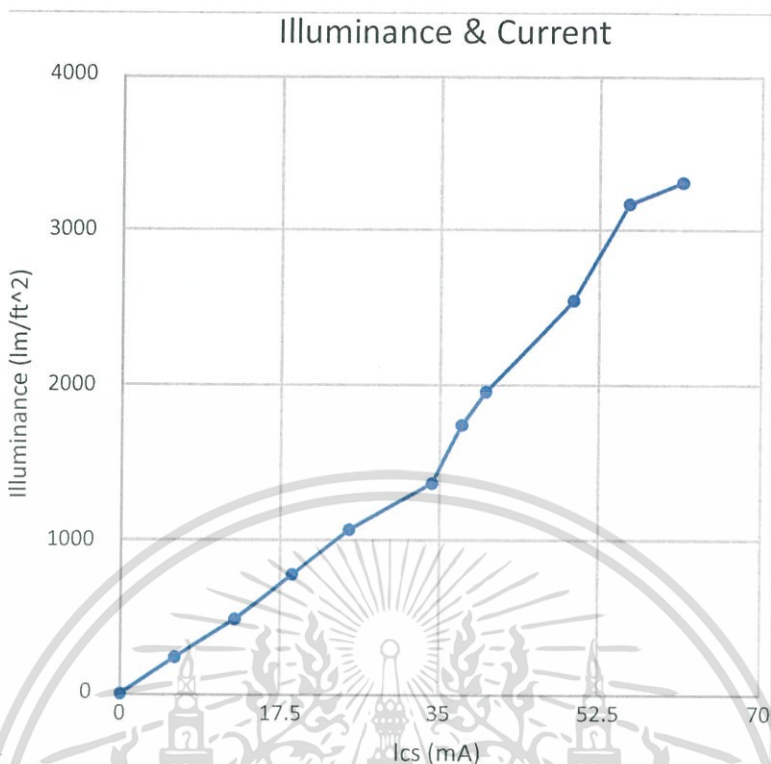
กระแสที่ผ่าน Rcs และ ความเข้มแสง

- เมื่อจ่ายไฟกระแสสลับ 220

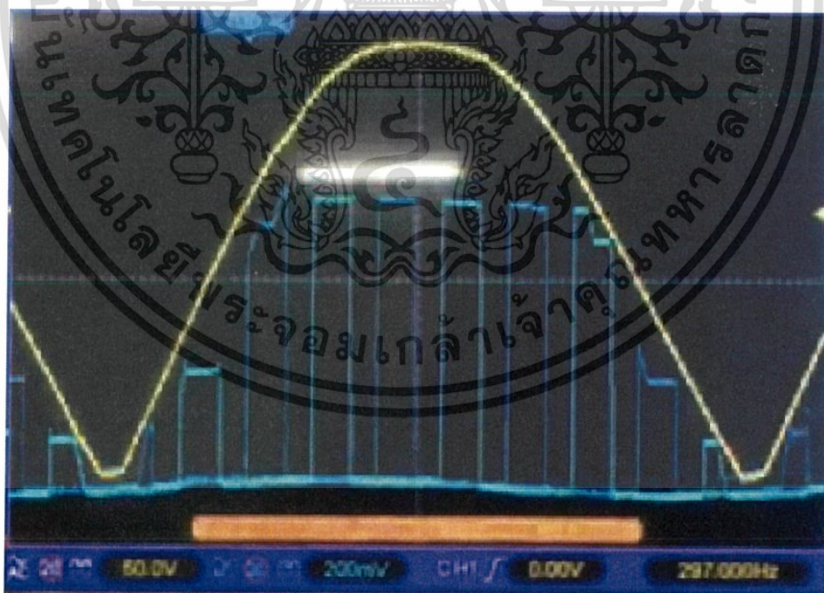
ตารางที่ 4.1 กระแสที่ไหลผ่าน Rcs และ ความเข้มแสง เมื่อมีสัญญาณ PWM

DUTY CYCLE PWM	Current flowing through Rcs (Ics) (mA)	Intensity (LUX)	Brightness (fc=lm/ft ²)
0%	0	0	0
10%	6	22	236.72
20%	12.48	45	484.2
30%	18.69	72	774.72
40%	25	99	1065.24
50%	34.2	127	1366.52
60%	37.4	162	1743.12
70%	40	182	1958.32
80%	49.6	237	2550.12
90%	55.7	295	3174.2
100%	61.5	308	3314.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

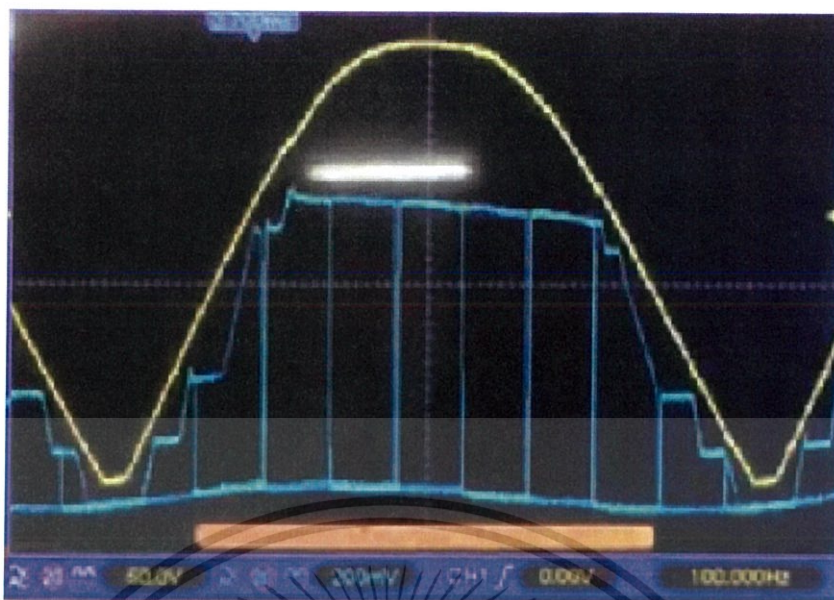


รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความสว่าง กับ กระแส ของสัญญาณ PWM



รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Vin กับ Ics ของ PWM 60% duty cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

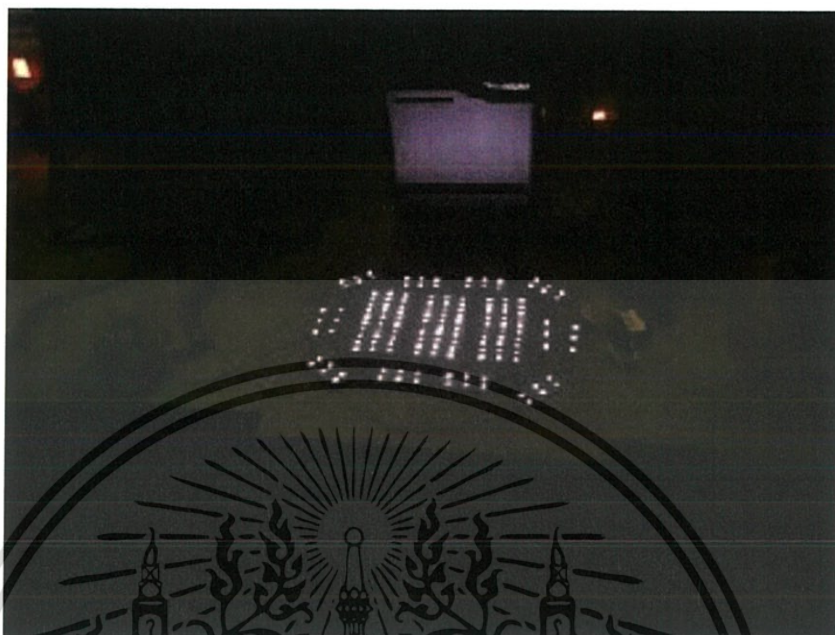


รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง V_{in} กับ I_{cs} ของ PWM 100% duty cycle

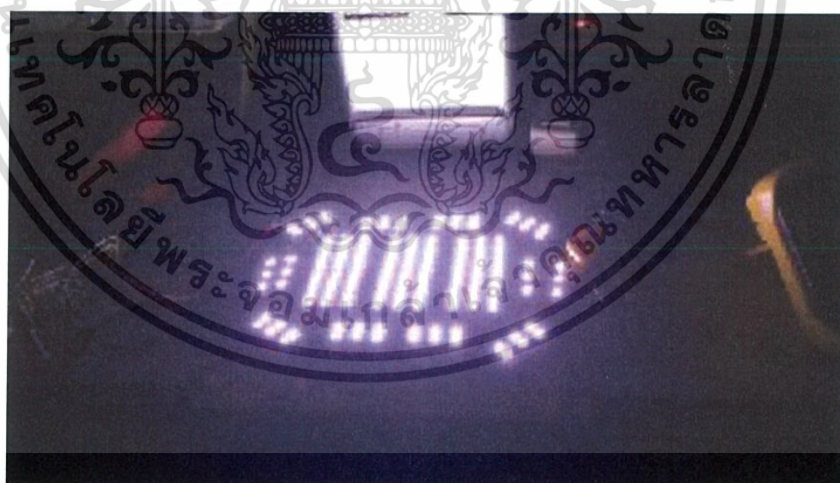


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สัญญาณ Analog



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างวงจรมื่อทำงานที่สัญญาณ Analog 0V



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างวงจรมื่อทำงานที่สัญญาณ Analog 8V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

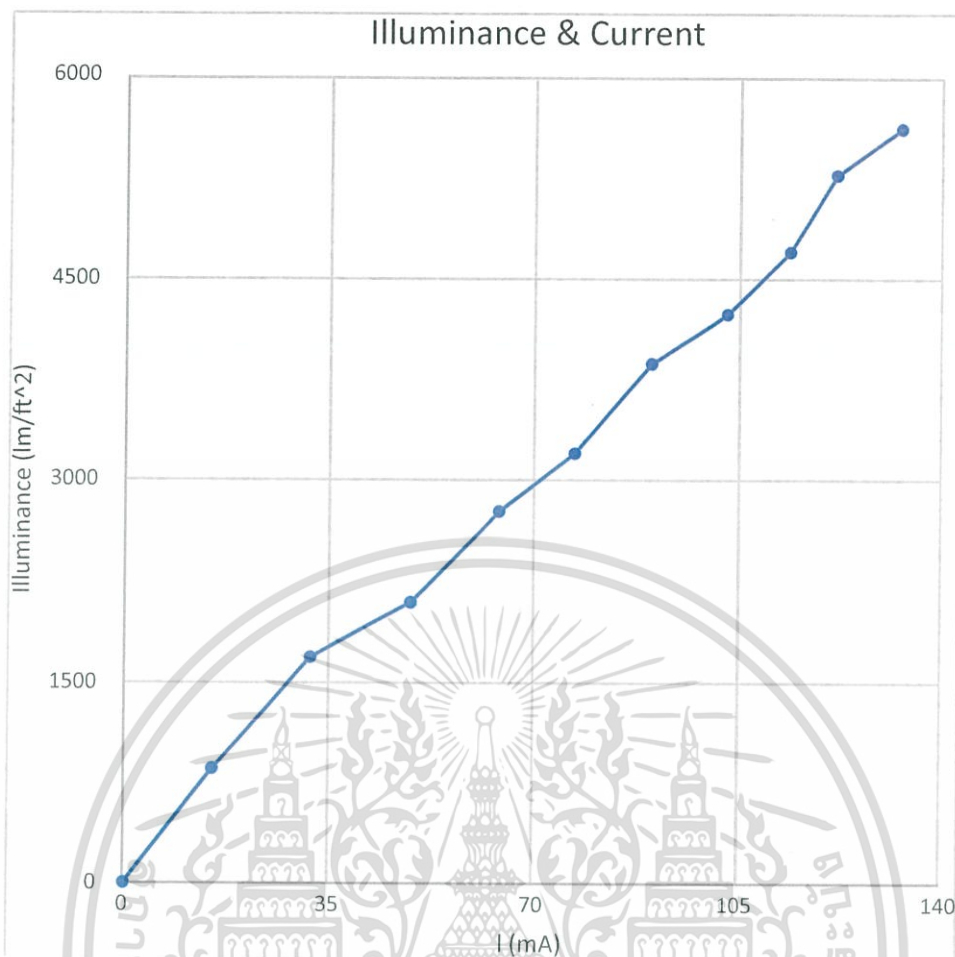
กระแสที่ผ่าน Rcs และ ความเข้มแสง

- เมื่อจ่ายไฟกระแสลับ 220

ตารางที่ 4.2 ความเข้มแสง และ กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานRcs เมื่อมีสัญญาณ Analog

Analog signal (V)	Current flowing through Rcs (Ics) (mA)	Intensity (LUX)	Brightness (fc=Im/ft ²)
0	0	0	0
1	15	80	860.8
2	32	157	1689.32
3	49	195	2098.2
4	64	258	2776.08
5	77	298	3206.48
6	90	360	3873.6
7	103	394	4239.44
8	114	437	4702.12
9	122	490	5272.4
10	133	522	5616.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความสว่าง กับ กระแส ของสัญญาณ Analog

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

(CONCLUSION AND SUGGESTION)

5.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากการทดลองใส่สัญญาณเข้าที่ขา DIM ของ IC ทั้งสัญญาณ PWM และ Analog จะพบว่าทั้ง 2 สัญญาณจะให้ผลที่ใกล้เคียงกันและเกือบเป็นเส้นตรงเมื่อทำการวัดแสง กล่าวคือ

เมื่อใส่สัญญาณ PWM ที่มี Duty cycle ตั้งแต่ 0-100% แรงดัน 5 V เข้าที่ขา DIM แล้วจะพบว่า ความเข้มแสงที่ได้จากการ DIM นั้นมีการเพิ่มขึ้นที่เกือบจะเป็นสมการเส้นตรง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 308 LUX และเมื่อวัดกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่ขา CS จะพบว่ากระแสที่ได้นั้นอยู่ในช่วงระหว่าง 0 - 61.5 mA มีความสัมพันธ์กับสัญญาณ PWM เป็นสมการเส้นตรงเช่นเดียวกัน ฉะนั้น จะบอกได้ว่า เมื่อกระแสเพิ่มขึ้น ความเข้มแสงก็จะเพิ่มขึ้นด้วยในอัตราส่วนที่เกือบจะคงที่

เมื่อใส่สัญญาณ Analog แรงดัน 10 V เข้าที่ขา DIM แล้วจะพบว่า ความเข้มแสงที่ได้จากการ DIM นั้นมีการเพิ่มขึ้นที่เกือบจะเป็นสมการเส้นตรง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1 – 522 LUX และ เมื่อวัดกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่ขา CS จะพบว่ากระแสที่ได้นั้นอยู่ในช่วงระหว่าง 0 - 133 mA มีความสัมพันธ์กับสัญญาณ Analog เป็นสมการเส้นตรงเช่นเดียวกัน ฉะนั้น จะบอกได้ว่าเมื่อกระแสเพิ่มขึ้น ความเข้มแสงก็จะเพิ่มขึ้นด้วยในอัตราส่วนที่เกือบจะคงที่

จากทั้ง 2 กรณีนี้จะพบว่าเมื่อ จ่ายโวลต์ต่ำๆจะทำให้สังเกตเห็นว่าไฟมีการสั่นเล็กน้อย เนื่องจากการไหลของกระแสไฟในชุด LED มีการสลับกันเปิดของขาในชิพที่เชื่อมต่อกับ LED แต่ละชุดแต่จะเร็วมากจึงไม่ถึงกับเห็นว่า LED กระพริบ

5.2 อุปสรรคและปัญหา

1. วงจรมีแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานที่อยู่ก่อนเข้าขา V_{in} มากเกินไป เนื่องจากแรงดันที่ตกคร่อมหลอด LED น้อยเกินไป
2. IC ระเบิดเมื่อมีการจ่ายไฟกระแสสลับ 220 V เนื่องจากตัวต้านทานที่ใส่เข้าไปมีค่าน้อยเกินไป หรือ มีแรงดันไปตกคร่อมในชิพมากเกินไป ทำให้เกินกว่าที่ชิพจะรับไหว
3. ต้องสั่งซื้อ IC มาจากต่างประเทศ ทำให้มีค่าขนส่งสูง
4. การเลือกใช้และต่อหลอด LED ที่เข้ากับวงจร ต้องคำนึงถึง กำลังงาน แรงดัน และ กระแส
5. ความร้อนที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ในวงจร
6. การออกแบบและการเลือกใช้อุปกรณ์ ให้เล็กที่สุด เพื่อให้วงจรมีขนาดเล็ก
7. การศึกษาโครงสร้างภายในของ IC ว่ามีการทำงานอย่างไร เนื่องจากใน Datasheet มีบอกไม่ละเอียดเท่าที่ควร
8. การที่ใส่สัญญาณ PWM ที่ขา DIM นั้นไม่สามารถทำให้ความเข้มแสงลดลงต่ำจนถึงค่า 0 หรือใกล้เคียงได้
9. ระหว่างทำการทดลองมีความเสี่ยงที่จะโดนไฟดูดได้ เนื่องจากต้องจ่ายไฟกระแสสลับ 220 V เข้าสู่วงจร
10. ตัวต้านทานไฟลุกระหว่างการทดลอง
11. แสงสว่างจาก LED ที่เปอร์เซ็นต์ต่ำกว่าร้อยละ 50 มีความสั้น เนื่องจากการไหลของกระแสที่ไหลผ่านชุด LED3 และ LED4 ไหลผ่านอย่างไม่ต่อเนื่อง และ เนื่องด้วยกระแสจากกราฟที่วัดได้ที่มีเปอร์เซ็นต์ต่ำแห่งกราฟกระแสจะห่างกันในระดับหนึ่ง จึงทำให้เห็นว่าแสงไฟมีการสั้นเล็กน้อย

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเลือกใช้ตัวต้านทานที่สามารถทนกำลังงานได้สูง
2. ควรเลือกหาบริษัทที่ขาย IC ที่ราคาถูกที่สุด และ เลือกบริษัทจัดส่งที่คิดค่าบริการฟรีหรือถูกที่สุด
3. ควรเพิ่มค่าตัวต้านทานให้มีค่ามากขึ้นแต่ไม่ควรมากเกินไป เนื่องจากถ้ามากเกินไปจะผลต่อความเข้มแสงของหลอด LED ทำให้ความเข้มแสงน้อยกว่าที่ต้องการได้
4. ควรเลือกใช้หลอด LED แบบ High Power ที่ทนกำลังงานได้สูง และ ควรต่อ LED เป็นตามโครงสร้างของตัวอย่างใน datasheet ของ IC ที่ใช้งาน
5. หาสาเหตุของความร้อนนั้นว่าเกิดจากอะไรถ้าเกิดจากมีกำลังงานมากเกินไปควรหาอุปกรณ์ที่ทนกำลังงานได้มากขึ้นมาใช้แทน
6. การออกแบบวงจรให้มีขนาดเล็ก ควรคำนึงถึง รูปแบบการจัดวางอุปกรณ์และขนาดของอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ด้วย
7. ทดลอง, วัดค่าต่าง และ หาความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆ เช่น เมื่อใส่สัญญาณที่ขา DIM จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง
8. ควรมีการพันเทปหรือหาอุปกรณ์ป้องกันมาใส่ทุกครั้งที่ทำกรทดลอง
9. ควรที่จะเพิ่มตัวเก็บประจุคร่อม LED แต่ละชุด เพื่อช่วยให้ในเวลาที่ไม่มีการกระแสไหลผ่านใน LED ชุดนั้นๆ มีกระแสมาไหลผ่านจากการคายประจุของตัวเก็บประจุ และควรที่จะเพิ่มซีเนอร์ไดโอดเข้าต่อที่โหนดของ LED4 กับกราวด์ เพื่อให้ไม่เกิดการไหลย้อนกลับเข้าไปในชิปในขณะที่ขานั้นๆ ปิดอยู่

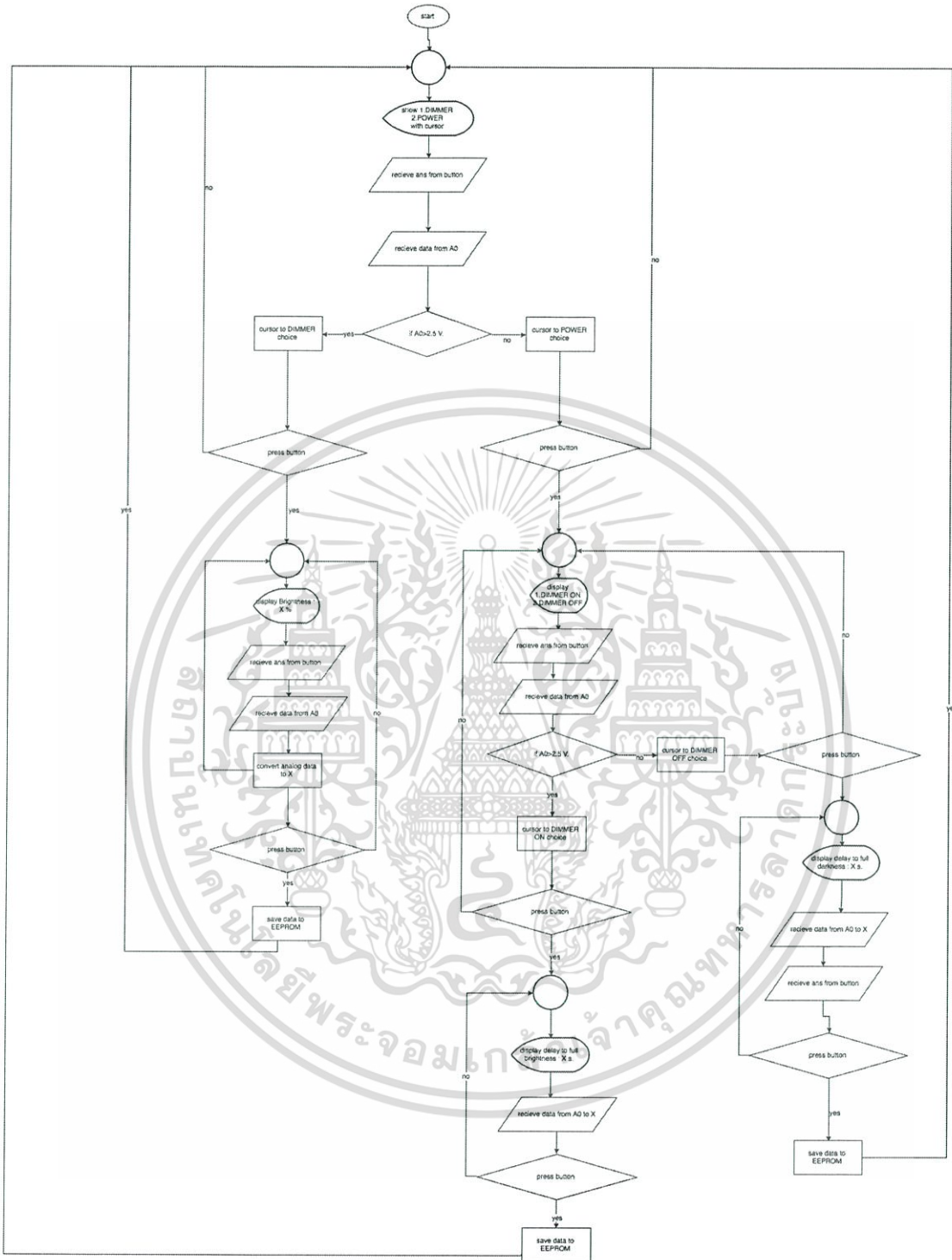
บรรณานุกรม

- [1] 10 Ways to Destroy An Arduino. เข้าถึงได้จาก : <http://www.rugged-circuits.com/10-ways-to-destroy-an-arduino/> (วันที่ค้นหา 18 ตุลาคม 2559).
- [2] Arduino Nano. เข้าถึงได้จาก : <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano> (วันที่ค้นหา : 3 กันยายน 2559).
- [3] LiquidCrystal Library. เข้าถึงได้จาก : <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/LiquidCrystalDisplay> (วันที่ค้นหา : 3 กันยายน 2559).
- [4] "Hello World!". เข้าถึงได้จาก : <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/HelloWorld> (วันที่ค้นหา : 3 กันยายน 2559).
- [5] How to connect a serial LCD with an Arduino Nano. เข้าถึงได้จาก : <http://www.instructables.com/id/How-to-connect-a-serial-LCD-with-an-Arduino-Nano/?ALLSTEPS> (วันที่ค้นหา 20 ตุลาคม 2559).
- [6] LED Lighting Solutions. เข้าถึงได้จาก : <https://www.fairchildsemi.com/collateral/LED-Lighting-Solutions.pdf> (วันที่ค้นหา : 15 กันยายน 2559).
- [7] FL77944. เข้าถึงได้จาก : <https://www.fairchildsemi.com/products/lighting-ics/class-lighting-ics/led-lighting-ics/FL77944.html#application-notes> (วันที่ค้นหา : 30 สิงหาคม 2559).
- [8] How To Build Time Delay Relay Circuit. เข้าถึงได้จาก : <http://www.electronicshub.org/time-delay-relay-circuit/> (วันที่ค้นหา : 15 กันยายน 2559).
- [9] บทความ Arduino คืออะไร? ตอนที่1 (แนะนำ Arduino). เข้าถึงได้จาก : <http://www.myarduino.net/article/3/บทความ-Arduino-คืออะไร-ตอนที่1-แนะนำ-Arduino> (วันที่ค้นหา : 30 สิงหาคม 2559).
- [10] วงจรเรียงกระแส. เข้าถึงได้จาก : <http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum/index.php?topic=689.0> (วันที่ค้นหา : 23 กันยายน 2559).
- [11] วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น FULL-WAVE RECTIFICATION. เข้าถึงได้จาก : <http://www.star-circuit.com/article/FULL-WAVE-RECTIFICATIONING.html> (วันที่ค้นหา : 23 กันยายน 2559).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผังการทำงานของโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมภายใน Arduino

```
#include <LiquidCrystal.h>;
#include <EEPROM.h> ;
LiquidCrystal lcd(8,7,6,5,4,3);

char thisChar = 'z';char thisCharclear = ' ';const int sw1 = 12;int sw1_read;int LED_status = 13;int tic,tic1,tic2,tic3,tic4;int
b[2]={0,1};int a=15;int i,ii;
int Rvarie = A0;int Rvarie_read = 0;int dimmerfunc,
powerfunc,tic_dimmerfunc,tic_powerfunc,tic_dimmerOn,tic_dimmerOff;int brightperc;
int dimmerOn=0; int dimmerOff=0;const byte interruptPin = 2;const byte PWM_output=11;volatile int inter=2;int inter2;int
val0,val1,val2;
int addr[4]={1,3,5,7};float fadeAmount1,fadeAmount2;int test;int j;float brightness;

void setup() {lcd.begin(16, 2);pinMode(PWM_output,OUTPUT);pinMode(interruptPin, INPUT_PULLUP);pinMode(sw1,
INPUT_PULLUP);pinMode(LED_status,OUTPUT);attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(interruptPin), power, CHANGE);}
void loop()
{tic_dimmerOn=0;tic_dimmerOff=0;tic=0;tic_dimmerfunc=0;tic_powerfunc=0;dimmerfunc=0;powerfunc=0;dimmerOn
=0;dimmerOff =0;Rvarie_read = analogRead(Rvarie);sw1_read = digitalRead(sw1);
if(inter==3){inter =1;}
if(inter==1){digitalWrite(LED_status,HIGH);}
if(inter==2){digitalWrite(LED_status,LOW);}
if(Rvarie_read>=512){i=0;ii=1;}else{i=1;ii=0;}
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("1.DIMMER");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("2.POWER");
lcd.setCursor(15,b[i]);
lcd.write(thisChar+5);
lcd.setCursor(15,b[ii]);
lcd.write(thisCharclear);
val0 = EEPROM.read(addr[0]);
while(inter==1&&sw1_read==HIGH){
sw1_read = digitalRead(sw1);
val1 = EEPROM.read(addr[1]);
fadeAmount1 = (val0*0.03)/(val1*4/3.413333333);
val0 = EEPROM.read(addr[0]);
analogWrite(PWM_output, brightness);
brightness = brightness + fadeAmount1;
delay(30);
}
if(inter==3){inter =1;}
if(inter==1){digitalWrite(LED_status,HIGH);}
if(inter==2){digitalWrite(LED_status,LOW);}
Rvarie_read = analogRead(Rvarie);
if(Rvarie_read>=512){i=0;ii=1;}else{i=1;ii=0;}
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("1.DIMMER");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("2.POWER");
lcd.setCursor(15,b[i]);
lcd.write(thisChar+5);
lcd.setCursor(15,b[ii]);
```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินส่วนราชการที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

lcd.write(thisCharclear);
  if( brightness== val0){fadeAmount1 = 0;}
  if(brightness>= val0){brightness= val0;break;}}
while(inter==2&&sw1_read==HIGH){
if(inter==3){inter =1;}
if(inter==1){digitalWrite(LED_status,HIGH);}
if(inter==2){digitalWrite(LED_status,LOW);}
  sw1_read = digitalRead(sw1);
  val2 = EEPROM.read(addr[2]);
  fadeAmount2 = (val0*0.03)/(val2*4/3.413333333);
  val0 = EEPROM.read(addr[0]);
  analogWrite(PWM_output, brightness);
  brightness = brightness - fadeAmount2;
  delay(30);
  Rvarie_read = analogRead(Rvarie);
  if(Rvarie_read>=512){i=0;ii=1;}else{i=1;ii=0;}
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("1.DIMMER");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("2.POWER");
lcd.setCursor(15,b[i]);
lcd.write(thisChar+5);
lcd.setCursor(15,b[ii]);
lcd.write(thisCharclear);
  if( brightness==0){fadeAmount2 = 0;}
  if(brightness<=0){brightness=0;break;}}
while(sw1_read==LOW&&tic==0){
  sw1_read = digitalRead(sw1);
  if(sw1_read==HIGH&&i==0){dimmerfunc=1;lcd.clear();}
  if(sw1_read==HIGH&&i==1){powerfunc=1;lcd.clear(); }
  tic=1;}
while(dimmerfunc==1&&tic_dimmerfunc==0){
  tic1=0;sw1_read = digitalRead(sw1);lcd.setCursor(0, 0);lcd.print("Brightness : ");Rvarie_read = analogRead(Rvarie);
  lcd.setCursor(12, 1);lcd.print('%');brightperc = Rvarie_read/10.23;lcd.setCursor(8, 1);lcd.print(brightperc);
  if(brightperc<100){lcd.setCursor(10, 1);lcd.print(" ");}
  if(brightperc<10){ lcd.setCursor(9, 1);lcd.print(' ');}

  val0=Rvarie_read/4;
EEPROM.write(addr[0], val0);
if(inter==3){inter =1;}
if(inter==1){digitalWrite(LED_status,HIGH);}
if(inter==2){digitalWrite(LED_status,LOW);}
if(inter==1){Rvarie_read = analogRead(Rvarie);analogWrite(PWM_output, Rvarie_read/4);}
  else if(inter==2){digitalWrite(PWM_output,LOW);}
  while(sw1_read==LOW&&tic1==0){sw1_read = digitalRead(sw1);
  if(sw1_read==HIGH){tic1=1;tic_dimmerfunc=1;lcd.clear();}}}
while(powerfunc==1&&tic_powerfunc==0){dimmerOn=0;dimmerOff=0;sw1_read = digitalRead(sw1);tic2=0;Rvarie_read =
analogRead(Rvarie);
if(inter==3){inter =1;}
if(inter==1){digitalWrite(LED_status,HIGH);}
if(inter==2){digitalWrite(LED_status,LOW);}
if(Rvarie_read>=512){i=0;ii=1;}else{i=1;ii=0;}

```

```

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("1.DIMMER ON");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("1.DIMMER OFF");
    lcd.setCursor(15,b[i]);
    lcd.write(thisChar+5);
    lcd.setCursor(15,b[ii]);
    lcd.write(thisCharclear);
    while(sw1_read==LOW&&tic2==0){sw1_read = digitalRead(sw1);
    if(sw1_read==HIGH&&i==0){dimmerOn=1;tic2=1;lcd.clear();}
    if(sw1_read==HIGH&&i==1){dimmerOff=1;tic2=1;lcd.clear();}
    tic_powerfunc=1;val0 = EEPROM.read(addr[0]);}
    while(dimmerOn==1&&tic_dimmerOn==0){sw1_read = digitalRead(sw1);tic3=0;Rvarie_read = analogRead(Rvarie);
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("delay to:");
    lcd.setCursor(14, 0);
    lcd.print("s");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(" full Brightness");
    lcd.setCursor(10, 0);
    lcd.print(Rvarie_read/3.413333333,0);
    Rvarie_read = Rvarie_read/3.413333333;
    if( Rvarie_read<1000){lcd.setCursor(13, 0);lcd.print(' ');}
    if( Rvarie_read<100){lcd.setCursor(12, 0);lcd.print(' ');}
    if( Rvarie_read<10){lcd.setCursor(11, 0);lcd.print(' ');}
    Rvarie_read = analogRead(Rvarie);
    val1=Rvarie_read/4;
    EEPROM.write(addr[1], val1);
    while(sw1_read==LOW&&tic3==0){sw1_read = digitalRead(sw1);
    if(sw1_read==HIGH){tic3=1;tic_dimmerOn=1;lcd.clear();}}
    while(dimmerOff==1&&tic_dimmerOff==0){
    sw1_read = digitalRead(sw1);tic4=0;Rvarie_read = analogRead(Rvarie);
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("delay to:");
    lcd.setCursor(14, 0);
    lcd.print("s");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(" full Darkness");
    lcd.setCursor(10, 0);
    lcd.print(Rvarie_read/3.413333333,0);
    Rvarie_read = Rvarie_read/3.413333333;
    if( Rvarie_read<1000){lcd.setCursor(13, 0);lcd.print(' ');}
    if( Rvarie_read<100){lcd.setCursor(12, 0);lcd.print(' ');}
    if( Rvarie_read<10){lcd.setCursor(11, 0);lcd.print(' ');}
    Rvarie_read = analogRead(Rvarie);
    val2=Rvarie_read/4;
    EEPROM.write(addr[2], val2);
    while(sw1_read==LOW&&tic4==0){
    if(inter==3){inter = 1;}
    if(inter==1){digitalWrite(LED_status,HIGH);}
    if(inter==2){digitalWrite(LED_status,LOW);}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่า sw1_read = digitalRead(sw1); ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if(sw1_read==HIGH){tic4=1;tic_dimmerOff=1;lcd.clear();}}}  
void power(){inter++;  
if(inter==3){inter =1;}  
inter2=inter+1;inter2=inter-1;  
if(inter==inter2){inter++;}}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FL77944

Analog/PWM/Phase-cut Dimmable High Power LED Direct AC Driver

Features

- The simplest Direct AC LED Driver with Only Two External RC Passive Component
- Wide AC Input Range: 90~305 V_{AC}
- Four Integrated High-Voltage LED Constant Current Sinks of up to 150 mA (RMS) Capability
- TRIAC Dimmable (Leading/Trailing Edge)
- Rheostat Dimmable
- Analog/Digital PWM Dimming Function
- High Power Factor (above 0.98 typically)
- Adjustable LED Power with an External Current Sense Resistor
- Low Harmonic Content (THD under 20% typically)
- SOIC-16 EP Package
- Flexible LED Forward Voltage Configuration
- Power Scalability with Multiple Driver ICs
- Over-Temperature Protection (OTP)

Description

The FL77944 is a direct AC line LED driver with a minimal number of external RC passive components. In normal configuration, one resistor is to adjust LED power, and one capacitor is to provide a stable voltage to an internal biasing shunt regulator.

The FL77944 provides phase-cut dimming with wide dimming range, smooth dimming control and good dimmer compatibility. It achieves high efficiency with high PF and low THD, which makes the FL77944 suitable for high-efficiency LED lighting systems. The FL77944 has a dedicated DIM pin which can be used with analog or digital PWM dimming. The FL77944 can also be used with a rheostat dimmer switch which is suitable for desktop or indoor lamps.

Operation of FL77944 admits driving higher-wattage systems, such as street lights and down lights, by simply parallel connecting the driver ICs.

Applications

- General LED Driving Solution for Residential, Commercial and Industrial Lighting

Ordering Information

Part Number	Operating Temperature Range	Package	Packing Method
FL77944MX	-40 to 125°C	16-Lead, Small Outline Integrated Circuit (SOIC) Exposed Dap 150" Narrow Body	2,500 per Reel

Typical Applications

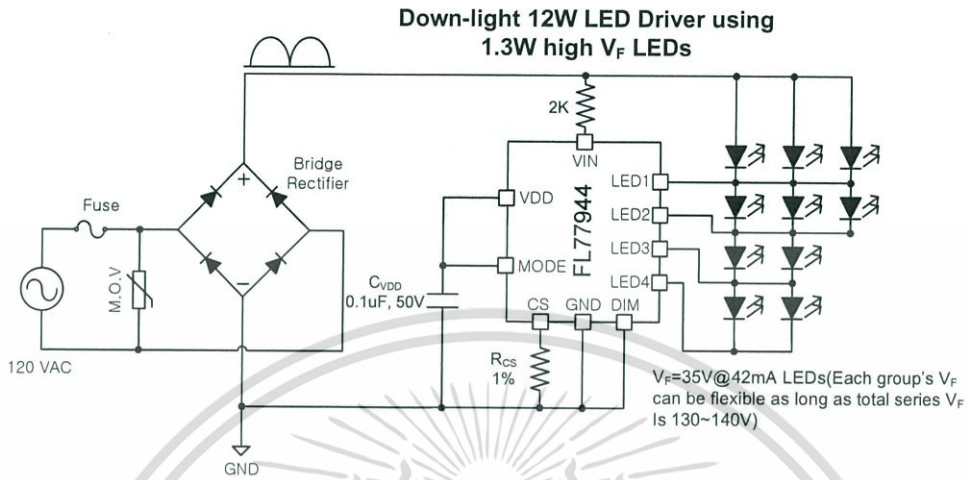


Figure 1. 12 W at 120 V_{AC} LED Down-Light Application

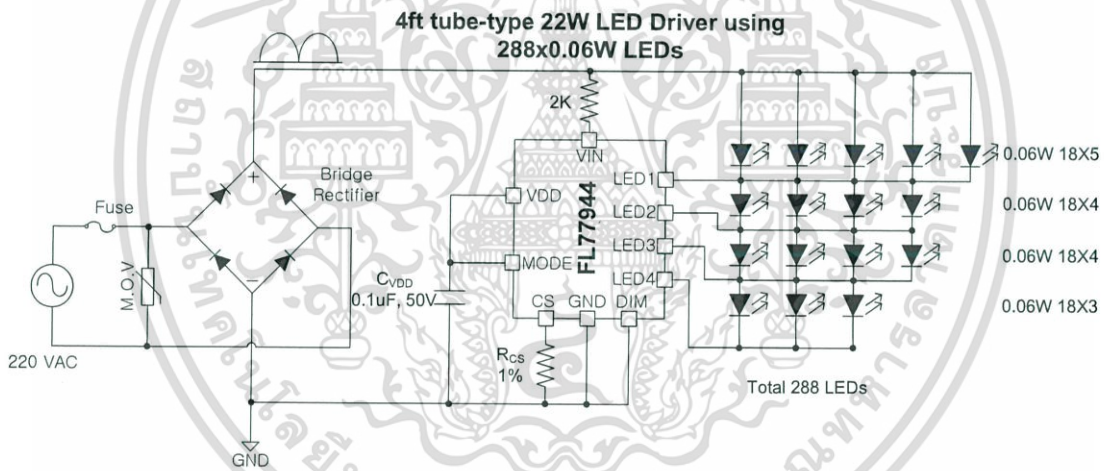


Figure 2. 22 W at 220 V_{AC} LED Tube-Type Application

Pin Configuration

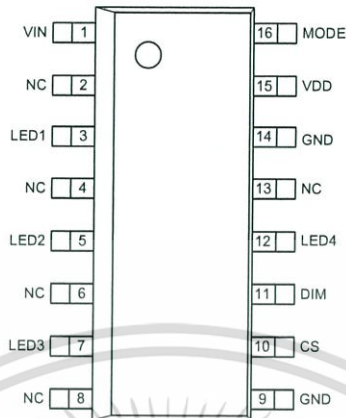


Figure 3. SOIC-16 EP (Top View)

Thermal Characteristics ^{(1) (2)}

Component	Package	Θ_{JA} (1S PCB)	Θ_{JA} (2S2P PCB)	Unit
FL77944MX	16-Pin Small-Outline Integrated Circuit (SOIC-EP)	102	24	°C/W

Notes:

- Θ_{JA} : Thermal resistance between junction and ambient, dependent on the PCB design, heat sinking, and airflow. The value given is for natural convection with no heatsink using the 1S and 2S2P board, as specified in JEDEC standards JESD51-2, JESD51-5, and JESD51-7, as appropriate.
- Junction-to-air thermal resistance is highly dependent on application and PCB layout. In application where the device dissipates high levels of power during operation, special care of thermal dissipation issues in PCB design must be taken.

Pin Definitions

Pin#	Name	Description
1	VIN	Rectified AC Input Voltage. Connect this pin to rectified AC voltage after a bridge rectifier.
3	LED1	LED String Cathodes. Connect cathode(s) of each LED group to these pins.
5	LED2	
7	LED3	
12	LED4	
9, 14	GND	Ground Reference Pin. Tie this pin directly to local ground plane. This ground should not be tied to earth ground because it is not isolated from AC mains.
10	CS	LED Current Sensing Pin. Limits the LED current depending on voltage across sensing resistor. The CS pin is used to set the LED current regulation target.
11	DIM	Dimming Signal Input Pin. When MODE pin is tied to GND, this pin is used to further adjust LED current, based on given R_{CS} value. Apply 0 V to 5 V as the DIM signal. Both analog and digital PWM signal can be used.
15	VDD	Internal Biasing Shunt regulator Output. Voltage on this pin supplies internal circuitry of FL77944. A 17-V shunt regulator is internally connected to this pin. A bypassing capacitor is recommended to be added to reduce noise from VIN.
16	MODE	Mode Pin. Connect this pin to VDD to disable DIM pin. Connect this pin to GND to enable DIM-pin functionality.
0	EP	Exposed Thermal Pad. EP is not tied to GND inside the IC. It is recommended to tie it to GND externally.

Block Diagram

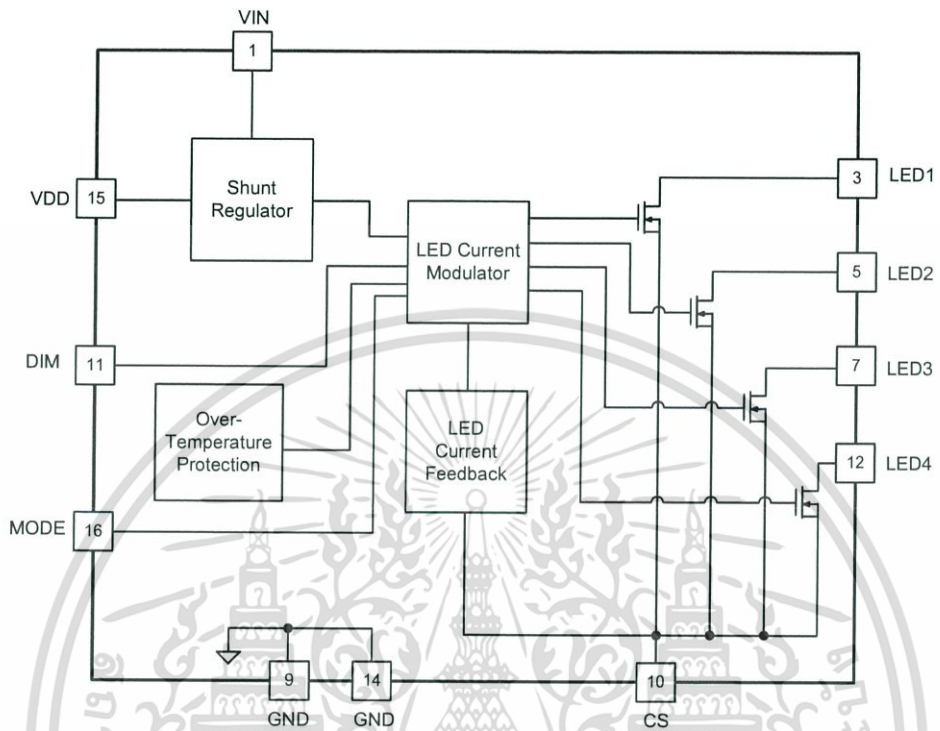


Figure 4. Simplified Block Diagram

Absolute Maximum Ratings

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operable above the recommended operating conditions and stressing the parts to these levels is not recommended. In addition, extended exposure to stresses above the recommended operating conditions may affect device reliability. The absolute maximum ratings are stress ratings only.

Symbol	Parameter	Min.	Max.	Unit
V _{IN}	VIN Voltage	-0.3	500.0	V
V _{LED1}	LED1 Pin Voltage	-0.3	500.0	V
V _{LED2}	LED2 Pin Voltage	-0.3	500.0	V
V _{LED3}	LED3 Pin Voltage	-0.3	500.0	V
V _{LED4}	LED4 Pin Voltage	-0.3	200.0	V
V _{CS}	CS Pin Voltage	-0.3	6.0	V
V _{DIM}	DIM Pin Voltage	-0.3	6.0	V
T _J	Junction Temperature	-55	+150	°C
T _{STG}	Storage Temperature	-65	+150	°C
I _{LED1}	LED1 Current		80	mA
I _{LED2}	LED2 Current		160	mA
I _{LED3}	LED3 Current		160	mA
I _{LED4}	LED4 Current		240	mA

Notes:

3. Stress beyond those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device.
4. All voltage values, except differential voltages, are given with respect to the GND pin.
5. Human Body Model, ANSI/ESDA/JEDEC JS-001-2012: 0.9 kV at Pins 1, 3, 5, 7; 0.4 kV at Pin 12; 1.0 kV at Pins 10, 11, 15, 16.
6. Charged Device Model, JESD22-C101: 1.0 kV at all pins.

Recommended Operating Conditions

The Recommended Operating Conditions table defines the conditions for actual device operation. Recommended operating conditions are specified to ensure optimal performance to the datasheet specifications. Fairchild does not recommend exceeding them or designing to Absolute Maximum Ratings.

Symbol	Parameter	Min.	Max.	Unit
T _J	Operating Junction Temperature	-40	+125	°C

Electrical Characteristics

Unless otherwise noted, $R_{CS} = 10 \Omega$ (1%), $T_A = 25^\circ\text{C}$. Currents are defined as positive into the device and negative out of the device.

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
VIN Supply						
$I_{QUIES,VIN}$	VIN Quiescent Current	$V_{IN} = 20 \text{ to } 500 \text{ V}$		1.2	1.5	mA
VDD Output						
V_{DD}	VDD Voltage	$V_{IN} = 20.0 \text{ V}$	15.5	16.8	18	V
LED Current						
I_{LED1}	LED1 Current	$V_{IN} = 20.0 \text{ V}, V_{LED1} = 20.0 \text{ V}$	9.0	16.9	21.0	mA
I_{LED2}	LED2 Current	$V_{IN} = 20.0 \text{ V}, V_{LED2} = 20.0 \text{ V}$	31.0	36.1	41.2	mA
I_{LED3}	LED3 Current	$V_{IN} = 20.0 \text{ V}, V_{LED3} = 35.0 \text{ V}$	77.0	82.8	88.6	mA
I_{LED4}	LED4 Current	$V_{IN} = 20.0 \text{ V}, V_{LED4} = 20.0 \text{ V}$	85.7	91.7	97.7	mA
Over-Temperature Protection						
T_{OTP}	OTP Temperature ⁽⁷⁾			170		$^\circ\text{C}$
Leakage Current						
$I_{LED1-LK}$	LED1 Leakage Current	$V_{LED1} = 500 \text{ V}, V_{IN} = 0 \text{ V}$			1	μA
$I_{LED2-LK}$	LED2 Leakage Current	$V_{LED2} = 500 \text{ V}, V_{IN} = 0 \text{ V}$			1	μA
$I_{LED3-LK}$	LED3 Leakage Current	$V_{LED3} = 500 \text{ V}, V_{IN} = 0 \text{ V}$			1	μA
$I_{LED4-LK}$	LED4 Leakage Current	$V_{LED4} = 200 \text{ V}, V_{IN} = 0 \text{ V}$			1	μA

Note:

- Not tested in production. Internal over-temperature protection circuitry protects the device from permanent damage. LEDs shut down at the junction temperature of $T_J=170^\circ\text{C}$ (typical).

Typical Performance Characteristics

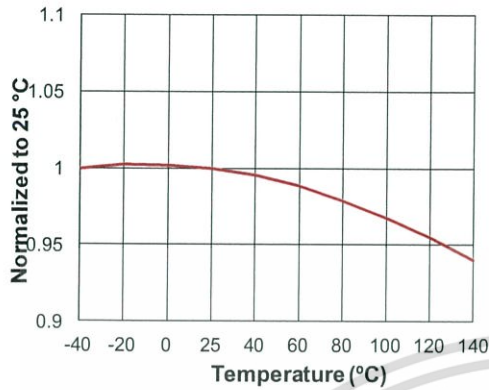


Figure 5. $I_{QUIES,VIN}$ vs. Temperature

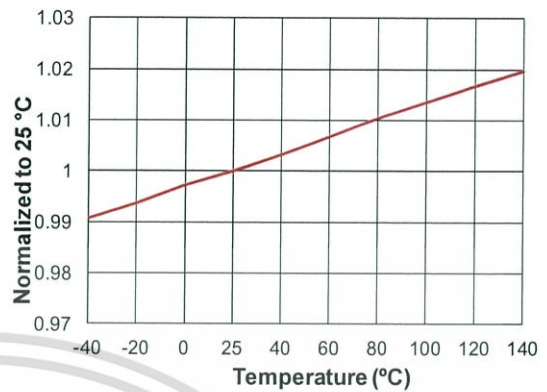


Figure 6. V_{DD} vs. Temperature

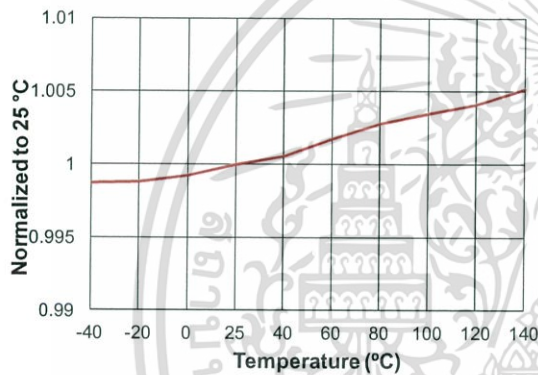


Figure 7. I_{LED1} vs. Temperature

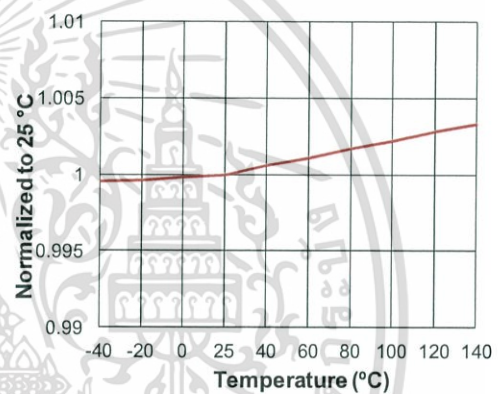


Figure 8. I_{LED2} vs. Temperature

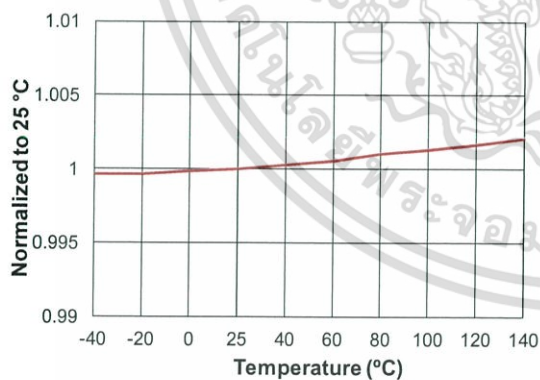


Figure 9. I_{LED3} vs. Temperature

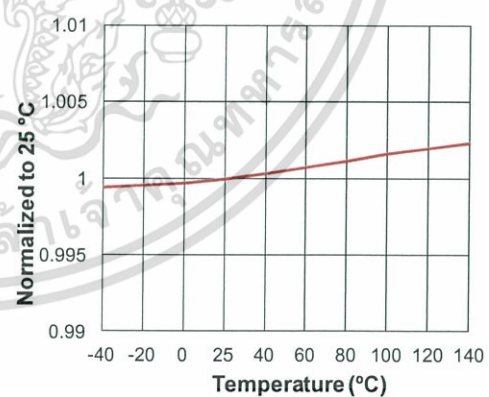


Figure 10. I_{LED4} vs. Temperature

Functional Description

The FL77944 can drive LED strings attached directly to the rectified AC mains using only two external RC components (R_{CS} and C_{VDD}). With 4 integrated high voltage current sink, LED current in each string is precisely controlled with system compactness. High PF and low THD are obtained by the optimized current sink levels. Phase-cut dimming is easily obtained with wide dimming range and good dimmer compatibility. Dedicated DIM pin can be used to implement analog or digital dimming function. Flicker index in the direct AC drive topology can be improved by adopting proprietary self valley-fill solution.

Operation

When the rectified AC line voltage, V_{IN} , is higher than the forward voltage of the consecutive LED groups, each LED group turns on automatically as the corresponding current sink has enough voltage headroom across it. Each current sink increases up to the predefined current level and maintains that level until the following channel's current sink get enough voltage headroom across it.

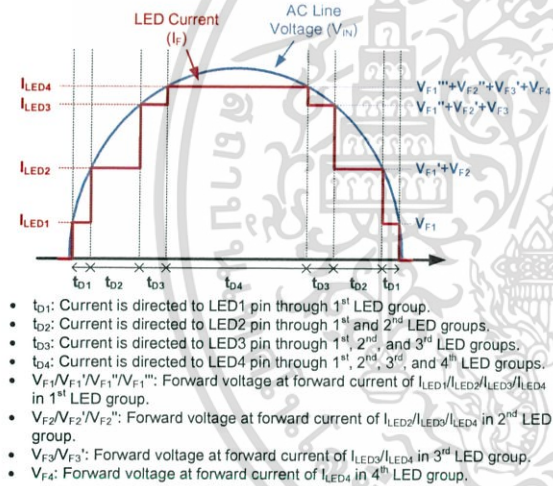


Figure 11. FL77944 Operation

When V_{IN} reaches to the forward voltage across the 1st LED group (V_{F1}) at forward current $I_F = I_{LED1}$, the current drawn from the V_{IN} is directed to the LED1 through the 1st LED group. In sequence, when V_{IN} reaches forward voltage across 1st and 2nd LED groups ($V_{F1}''+V_{F2}$) at $I_F = I_{LED2}$, the current is directed to LED2 across 1st and 2nd LED groups. Then, when V_{IN} reaches $V_{F1}''+V_{F2}'+V_{F3}$ at $I_F = I_{LED3}$, the LED current goes through 1st, 2nd, and 3rd LED groups and sinks to the LED3. Finally, when V_{IN} reaches $V_{F1}'''+V_{F2}''+V_{F3}'+V_{F4}$ at $I_F = I_{LED4}$, the current goes through all 4 LED groups and is directed to the LED4.

Whenever the active channel (one that is sinking LED current) is changed from one channel to the adjacent channel with respect to the change in the V_{IN} , the new active channel's current increases gradually while the existing active channel's current decreases gradually.

This smooth current transition reduces frequency harmonic contents and improves power factor as well as Electromagnetic Interference (EMI) characteristics.

By fully utilizing available headroom, the FL77944 offers maximum power, high efficiency, power factor and low harmonic distortion. Typically, power factor is higher than 0.98 and THD is lower than 20%. The efficiency heavily depends on a LED configuration.

LED Current and Power Setting

The LED current is managed by an external current sense resistor R_{CS} . Regulation target of each channel's current sink is calculated as follows.

$$I_{LED1} = \frac{0.18}{R_{CS}}, I_{LED2} = \frac{0.37}{R_{CS}},$$

$$I_{LED3} = \frac{0.83}{R_{CS}}, \text{ and } I_{LED4} = \frac{0.92}{R_{CS}}. \quad (1)$$

Root-mean-square (RMS) value of the input current can be calculated using the peak regulated current, I_{LED4} , and crest factor. Since the LED current waveform is similar to the AC line voltage, the crest factor is close to the crest factor of a sine wave, $\sqrt{2}=1.414$. But the actual crest factor depends on the flattened time of the I_{LED4} and LED configuration. With FL77944, the typical crest factor approximately is 1.4. Thus, based on estimated input power, P_{IN} , the R_{CS} resistor value can be calculated as follows.

$$R_{CS} = \frac{0.92 \times V_{AC,RMS}}{1.4 \times P_{IN}} \quad (2)$$

The actual R_{CS} needs to be adjusted with respect to the LED configuration.

LED Configuration

In the LED configuration, it is required to increase the total LED forward voltage to improve efficiency. For example, compared to using 4 LEDs with V_F of 60 V (total $V_F = 60 \text{ V} \times 4 \text{ channels} = 240 \text{ V}$) for each LED group, using 4 LEDs with V_F equal to 65 V (total $V_F = 65 \text{ V} \times 4 \text{ channels} = 260 \text{ V}$) will improve the efficiency simply due to the higher total V_F . Each LED channel can have different V_F . For example, if a design is implemented with 144 pieces of 3-V LEDs for replacement of 2-feet fluorescent lamp, designer can assign flexible numbers of LEDs for LED channels such as 25s2p-32s2p-6s2p-18s1p ("s" stands for LEDs in series and "p" stands for LEDs in parallel) or 18s2p-18s2p-18s2p-36s1p.

Which needs to be considered is that V_F of first LED group should be higher than V_{IN} -pin turn-on voltage, which is 20 V. If the V_F of the first LED group is configured to be lower than V_{IN} -pin turn-on voltage, I_{LED1} will not have the correct regulation level when input voltage, V_{IN} , is just exceeds the V_F .

A good starting point for choosing a LED configuration is to have about 260 V~280 V of the total V_F for 220 V_{AC} mains and 130 V~140 V of the total V_F for 120 V_{AC}.

Internal Shunt Regulator Output, V_{DD}

The system implemented with FL77944 does not require a bulk capacitor after bridge-rectification diodes. As a result, the V_{DD}, which supplies biasing voltage for the FL77944, has voltage ripple like the rectification voltage after the bridge diodes as shown in Figure 12.

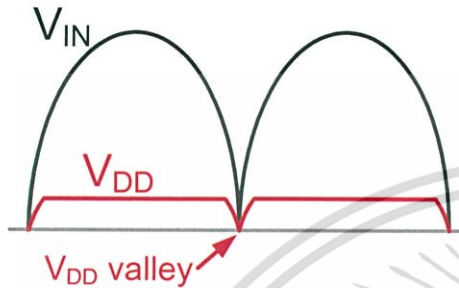


Figure 12. V_{DD} Ripple without C_{VDD}

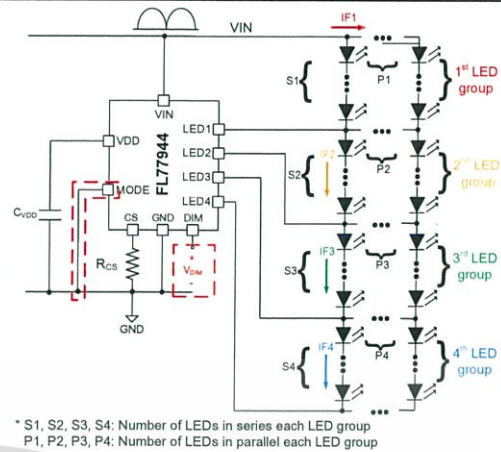
The V_{DD} ripple can be reduced by a bypassing capacitor, C_{VDD}. If the C_{VDD} is not used, or its value is small, the V_{DD} voltage fluctuates and goes even down to 0 V. It makes the FL77944 reset, but the FL77944 automatically restarts every cycle when the AC line voltage reaches a certain level. For a much stable operation, to implement C_{VDD} is preferred. The recommended C_{VDD} value is 1 μF with 50 V of voltage rating.

Over-Temperature Protection (OTP)

The FL77944 is with over temperature protection (OTP) inherently. When the driver's junction temperature exceeds a specified threshold temperature (T_J = 170°C), the driver will shut down automatically and then recover automatically once the temperature drops lower enough than the internal threshold temperature. Without this protection, the lifetime of the FL77944 can be reduced and irreparable damage can occur when it operates above its maximum junction temperature (150°C). Good thermal management is required to achieve best performance and long life span of the FL77944.

Analog/PWM Dimming Function

The FL77944 uses the DIM pin for analog, 0 V to 10 V, or pulse width modulation (PWM) dimming by applying a voltage signal between 0 to 5 V or PWM signals with 5-V peaks to the DIM pin.



* S1, S2, S3, S4: Number of LEDs in series each LED group
P1, P2, P3, P4: Number of LEDs in parallel each LED group

Figure 13. Analog or PWM dimming Application

To enable dimming mode, the MODE pin should be tied to GND. The LED channel sink and total RMS current through LEDs will be linearly adjusted with the V_{DIM} level as shown Figure 14 and Figure 15.

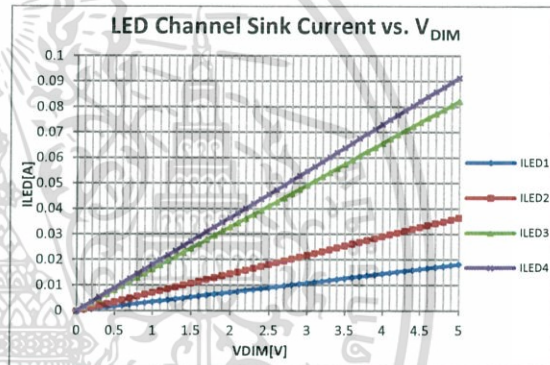


Figure 14. Measured LED Channel Sink Current vs. V_{DIM} (R_{CS} = 10 Ω)

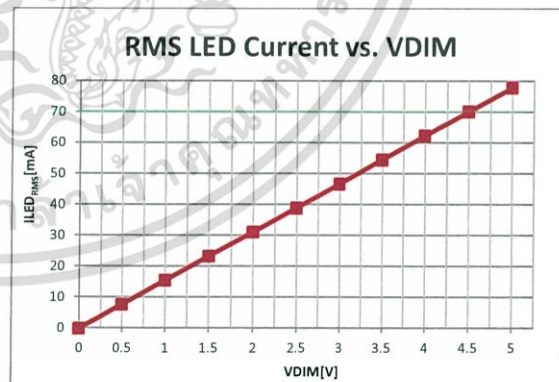


Figure 15. Current vs. V_{DIM} (Simulation results: R_{CS}=10 Ω / V_{AC} = 120 V)

AN-4190

Improve Flicker Performance of Direct AC Driven LED Fixtures with Self Valley Fill

Introduction

To provide power to LED loads from AC input, Switch-Mode Power Supplies (SMPS) are generally used since LED need to be driven by regulated current. Consequently, LED lighting solution have to inherit the design complexity of a typical SMPS which includes designing the magnetic component, handling of Electromagnetic Interferences (EMI) as well as implementing Power Factor Correction (PFC). Direct-AC Drivers (DACD) for LEDs provides a new way to drive the LED load from an AC input with much simpler system architecture while satisfying EMI and power factor (PF) requirements with minimal effort. However, its drawback is flickering of light output at the zero crossing of AC line voltage due to loss of current to the LED load.

Though flicker is not always obvious, it can still cause headaches for a small percentage of people exposed to flickering lights for long periods [1]. This is a major issue for offices, schools, stores and other brightly lit commercial and industrial spaces where people spend a lot of time.

While there are currently no official standards governing flicker, most manufacturers and customers accept the US Energy Star recommended method for calculating Flicker Index. [2] [3]

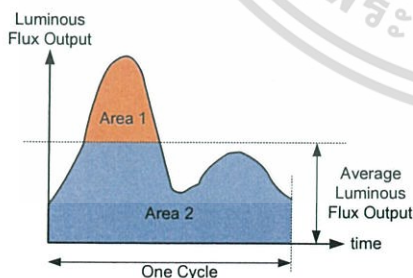


Figure 1. Definition of Flicker Index

For a periodic variation in luminous flux output as shown in Figure 1, the definition of Flicker Index (F.I.) is:

$$F.I. \equiv \frac{\text{Area 1}}{\text{Area 1} + \text{Area 2}} \quad (1)$$

In practice, F.I. below 0.15 is considered imperceptible so, naturally, lighting manufacturers aim to achieve or surpass this.

To deal with flickering, energy-storage devices are required. Capacitor is a kind of energy-storage device. A straightforward idea of applying capacitors in DACD systems is adding a valley-fill circuit to its front end, as shown in Figure 2. But, the drawback of this architecture is that input current will be distorted, which leads to degraded PF and Total Harmonic Distortion (THD). Reason of the distortion is that charging and discharging of the capacitors in valley-fill circuit change shape of input-current waveform, which is originally very close to a sinusoidal wave in-phase with input voltage for DACD systems. For example, the waveform in Figure 3 comes with THD of 21.77%. Without the valley-fill front end, THD could be as low as 11.36%.

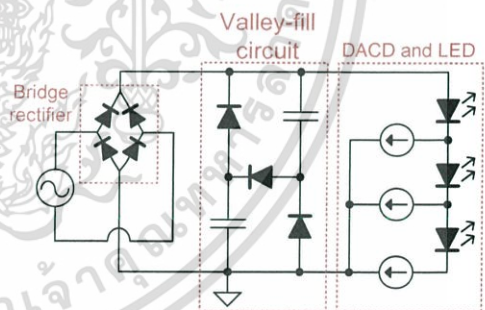


Figure 2. Traditional Valley-fill Circuitry with a DACD System

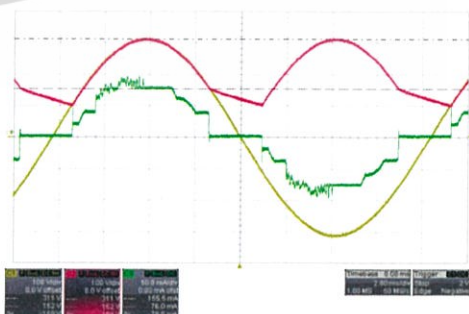


Figure 3. Waveform of DACD System with Traditional Valley-Fill Circuit (Ch1: AC Input Voltage, Ch2: Output of Valley-Fill Circuit, Ch4: AC Input Current)

This application note now proposes a new proprietary method called Self Valley Fill (SVF) which achieves low flicker, high PF and low THD at the same time, as well as outlines its practical design considerations.

Concept of Self Valley Fill (SVF)

A typical SVF circuitry is shown in Figure 4. Originally the driver IC regulates input current to drive the LEDs. With added capacitors in the SVF circuit, the input current charges capacitor and drives LEDs simultaneously. The charged capacitors also supply LEDs when regulated driving current is cut off. Thus, LED currents get smoothed without distorting the AC input current shape. As a result, flickering of light output is reduced while maintaining high PF and THD performance.

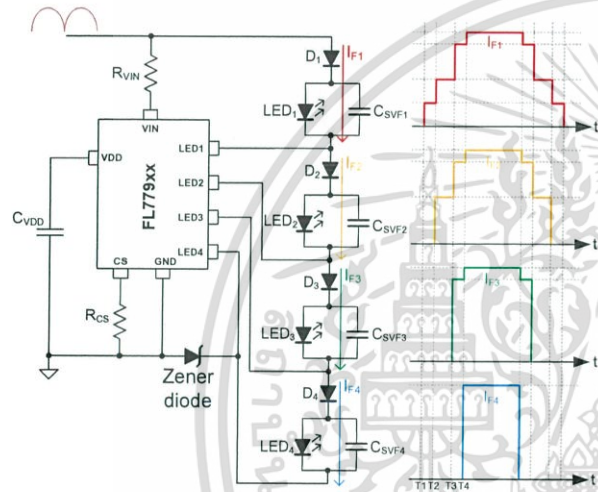


Figure 4. Self Valley Fill in a DACD System

For simplicity, the operation of the Self Valley Fill circuit is explained using one of the LED segments as an example as shown in Figure 5. Before the SVF capacitor, C_{SVFi} , is applied, the circuitry is no difference than general DACD system. When anode voltage of LEDi, V_{Ai} , is higher than forward-voltage summation of D_i and LEDi, I_{DRVi} starts conducting a regulated current until V_{Ai} drops below the summation of forward voltages.

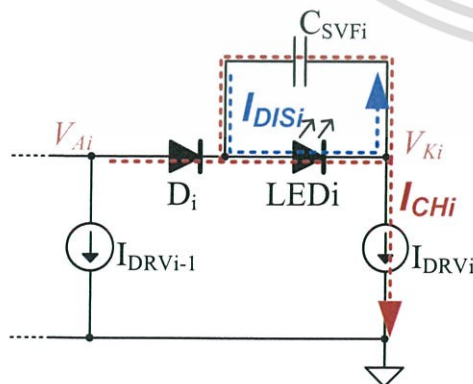


Figure 5. Self Valley Fill In One LED Segment

When the SVF capacitor is applied in the circuitry, I_{DRVi} not only drives LEDi but also charges C_{SVFi} simultaneously. Current flowing through LEDi is less than I_{DRVi} since part of the current is used to charge C_{SVFi} . C_{SVFi} will be charged up to around forward voltage of LEDi, V_{F-LEDi} , since the LED clamps voltage on the capacitor. Once I_{DRVi} is cut off, voltage accumulated on C_{SVFi} supplies LEDi until V_{CSVFi} is discharged to threshold forward voltage of LEDi. The threshold forward voltage means the forward voltage of the LED when its forward current is extremely close to zero.

From the description above, two facts can be concluded. First, since voltage on the SVF capacitor is kept around forward voltage of its parallel-connected LED, behavior of the driving current (I_{DRVi}) will be the same. That is, when anode voltage of the LED group exceeds the LED group’s forward voltage, current starts to flow. The current ceases when the anode voltage decreases to lower than the forward voltage. As a result, input current will be almost identical to the without-SVF case. Second, LED current will be smoothed since driving current is shared to charge the capacitor and the capacitor supplies LED when driving current is absent.

The purpose of the additional diode D_i is to avoid charges on C_{SVFi} is wrongly discharged by driving current of its previous tap, I_{DRVi-1} . Note that D_i can also be an LED.

Evaluate Required Capacitance of Self Valley Fill in a Simplified System

In this section, we try to show an analytical estimation of how effective the SVF will be with a specific capacitance, so that we can evaluate how big the capacitance should be. To simplify the system, let’s focus on a circuit like shown in Figure 5, which is redrawn in Figure 6 with its driving current waveform. The driving current has a periodic rectangular waveform with amplitude I_{DRV} and on-time t_{ON} in each period.

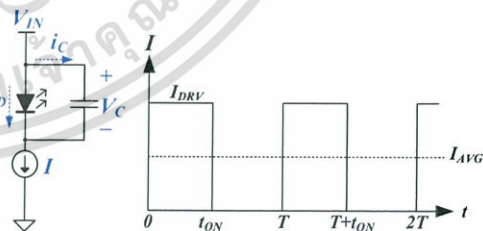


Figure 6. Simplified Schematic of SVF In One LED Segment

Without the capacitor, the driving current is equal to LED current. Average driving current in this case is:

$$I_{AVG} = \frac{I_{DRV} \cdot t_{ON}}{T} \tag{2}$$

Assume luminous flux is proportional driving current. Based on the definition, flicker index in this situation is:

$$F.I. |_{no\ SVF} = \frac{(I_{DRV} - I_{AVG}) \cdot t_{ON}}{I_{DRV} \cdot t_{ON}} \tag{3}$$

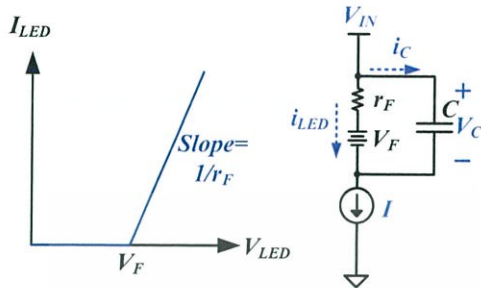


Figure 7. Simplified LED Model with SVF Circuit

When the SVF capacitor is added, actual LED current depends on V-I characteristics of the LED. Assume the LED can be modeled as a fixed voltage drop with a series resistor as shown in Figure 7. Assuming voltage on the SVF capacitor is always higher than V_F , LED current over one period can be calculated through circuit analysis.

$$i_{LED}(t) = \begin{cases} \frac{1 - e^{-\frac{T-t_{ON}}{r_F \cdot C}}}{1 - e^{-\frac{T}{r_F \cdot C}}} \cdot I_{DRV} \cdot e^{-\frac{t}{r_F \cdot C}} + I_{DRV} & \text{for } t \in [0, t_{ON}] \\ \frac{1 - e^{-\frac{t_{ON}}{r_F \cdot C}}}{1 - e^{-\frac{T}{r_F \cdot C}}} \cdot I_{DRV} \cdot e^{-\frac{t-t_{ON}}{r_F \cdot C}} & \text{for } t \in [t_{ON}, T] \end{cases} \tag{4}$$

Based on same assumption as in (3), flicker index of this condition can be calculated as:

$$F.I. |_{SVF} = \frac{(I_{DRV} - I_{AVG}) \cdot t_{ON}}{I_{DRV} \cdot t_{ON}} + \frac{r_F \cdot C}{t_{ON}} \cdot \ln \left(\frac{T - t_{ON}}{T} \cdot \frac{1 - e^{-\frac{T}{r_F \cdot C}}}{1 - e^{-\frac{T-t_{ON}}{r_F \cdot C}}} \right) - \frac{r_F \cdot C}{T} \cdot \ln \left(\frac{T - t_{ON}}{t_{ON}} \cdot \frac{1 - e^{-\frac{t_{ON}}{r_F \cdot C}}}{1 - e^{-\frac{T-t_{ON}}{r_F \cdot C}}} \right) \tag{5}$$

The equation is a little bit complicated to interpret. Let assume a case with $r_F = 150 \Omega$, $T = 8.33 \text{ ms}$, $t_{ON} = 0.56T$, $I_{DRV} = 71 \text{ mA}$. Flicker Index can be represented as a function of the SVF capacitance as in Figure 8. Figure 8 shows that if SVF capacitance is larger, Flicker Index will be lowered. When there is no SVF capacitor, Flicker Index is 0.44 according to (3). While $47\text{-}\mu\text{F}$ SVF capacitor is implemented in this case, F.I. can be as low as 0.06. Driving current and LED current under $47\text{-}\mu\text{F}$ SVF capacitance are shown in Figure 9.

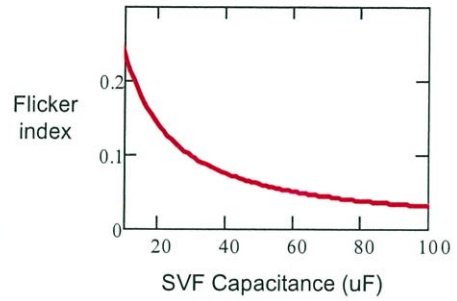


Figure 8. Flicker Index vs. SVF Capacitance

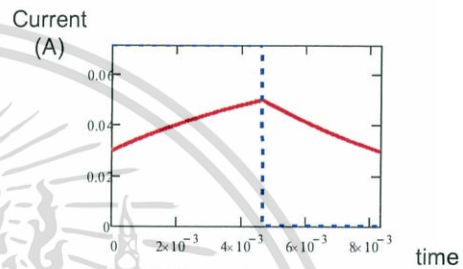


Figure 9. Driving Current and LED Current of Simplified SVF Circuit with $100\text{-}\mu\text{F}$ Capacitance

Evaluation and Measurement of a Practical DACD system with SVF

Figure 10 shows a schematic of a DACD system with SVF for reduction of flickering. It is actually schematic of the evaluation board “FEBFL77944_L80H012B” [4].

Calculation process of current and timing parameters of the same system without SVF can be referred to design example in FL77944’s application note [5]. It is a system designed for 220 V_{AC} input and input wattage is 12 W. Key parameters used in this section are listed in Table 1.

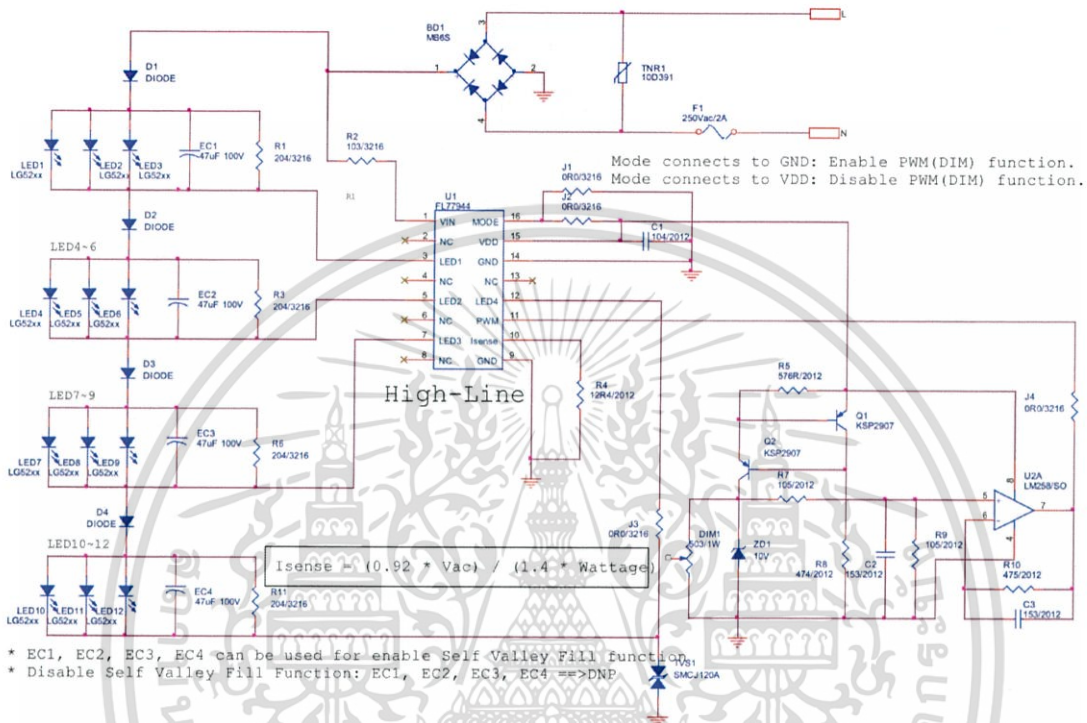


Figure 10. Schematic of FL77944 Evaluation Board with SVF

Table 1. Key Parameters of the Design Example

Parameter	Number	Unit
T	1/120	ms
I _{LED1}	14.5	mA
I _{LED2}	29.8	mA
I _{LED3}	66.9	mA
I _{LED4}	74.1	mA
T1	0.51	ms
T2	1.08	ms
T3	1.84	ms
T4	2.75	ms
I _{F1,AVG}	47.22	mA
I _{F2,AVG}	45.24	mA
I _{F3,AVG}	39.8	mA
I _{F4,AVG}	25.2	mA

To apply the equations derived above, the current waveforms I_{F1-4} are simplified as in Figure 11. Average values of the original and simplified waveforms are the same. The t_{ON} of the simplified waveform is equal to time duration that its original waveform is higher than its average value. Turning-on moment of the simplified waveforms is

aligned to t=0. t_{ON} and I_{DRV} of each group are listed in Table 2.

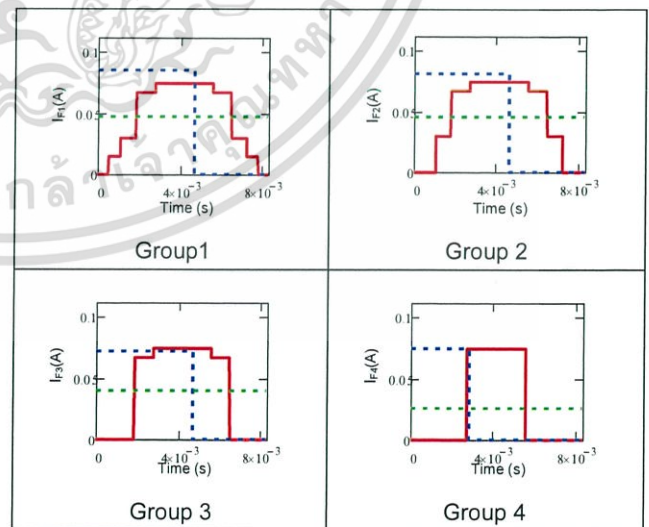


Figure 11. LED Group Current in Half AC Period (RED: Original, Blue: Simplified, Green: Average)

Table 2. Parameters of the Simplified Current Waveform

Parameter	Number	Unit
t _{ON1}	4.65	ms
t _{ON2}	4.65	ms
t _{ON3}	4.65	ms
t _{ON4}	2.83	ms
I _{DRV1}	85	mA
I _{DRV2}	81	mA
I _{DRV3}	71	mA
I _{DRV4}	74	mA

The LEDs implemented in this system has V-I curve as shown in Figure 12. It can be modeled as a fixed 55.56-V voltage drop plus a series 450-Ω resistor. Since there are three LEDs put in parallel for each LED group, the effective resistance is 150 Ω.

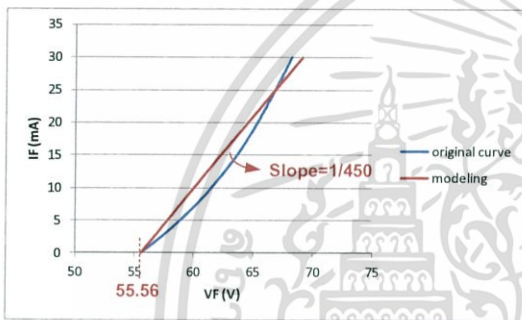


Figure 12. V-I Curve of the LED

t_{ON}, I_{DRV}, I_{AVG}, and r_F of each LED group are now calculated. So, we can have Flicker Index of each LED group according to (5). For Flicker Index of the whole system, we can simply evaluate it by weighted sum of each LED group's Flicker Index according to their average current.

$$I_{AVG,TOTAL} = I_{AVG,F1} + I_{AVG,F2} + I_{AVG,F3} + I_{AVG,F4} \quad (6)$$

$$F.I. |_{\text{wholesystem}} = F.I. |_{\text{S1F}} \cdot \frac{I_{AVG,F1}}{I_{AVG,TOTAL}} + F.I. |_{\text{S1F}} \cdot \frac{I_{AVG,F2}}{I_{AVG,TOTAL}} + F.I. |_{\text{S1F}} \cdot \frac{I_{AVG,F3}}{I_{AVG,TOTAL}} + F.I. |_{\text{S1F}} \cdot \frac{I_{AVG,F4}}{I_{AVG,TOTAL}} \quad (7)$$

Assuming same capacitance is applied in every LED group, Flicker Index versus the capacitance can be drawn as Figure 13. It indicates that Flicker Index is 0.069 when 47-μF capacitor is applied in each LED group.

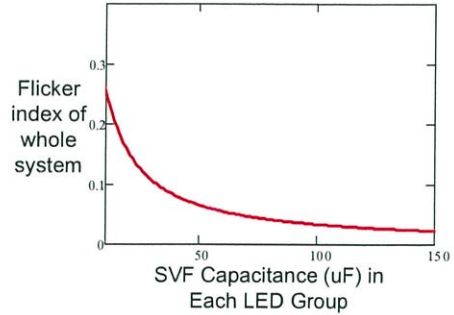
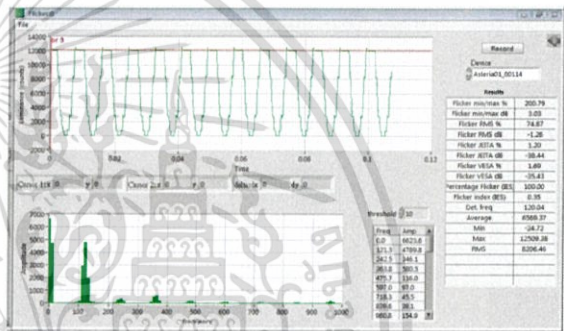
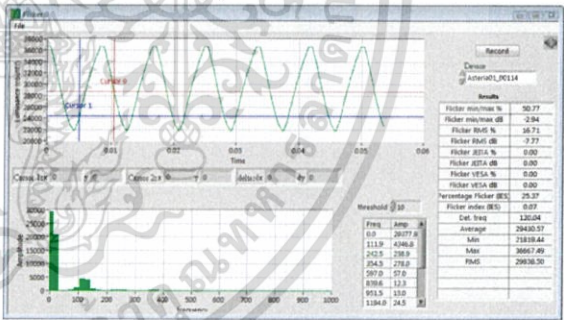


Figure 13. Flicker Index vs. SVF Capacitance of the Design Example

Figure 14 shows measurement result from a light meter. The “without SVF” means to simply remove the capacitors from the circuit. It can be seen that SVF improves Flicker Index from 0.35 to 0.07 in this design.



(a) Without SVF



(b) With SVF

Figure 14. Measurement result of SVF with Light Meter

This section shows a design example and its experiment result. The equations derived in previous section are extended to a much complicated system. There are assumptions and approximations when applying the equations.

For more complicated designs or more accurate results, the assumptions and approximations of this section may not be appropriate. For example, the capacitor may not be large enough to make the LED current not cut off, or the first-order approximation of the LED model may not be accurate enough. Since currents in LED and capacitor depend on each other, the calculation process is complicated. Computer simulation or mathematical software may be required for

design estimation. A [Design Tool](#) has been provided to assist in designing SVF capacitors [6].

If those kinds of tools are not available, the design can also be done through experimenting with different capacitances and measuring the Flicker Index directly with hardware.

Practical Design Considerations along with SVF

To Design by Trial

DACD system is generally designed as evenly separated LED groups, which means effective forward voltage of each LED group is identical. A simple way to design the SVF capacitance of this kind of system is to put identical capacitors to each LED group. While changing the capacitance value, replace all the capacitors at the same time.

Discharging Resistor

Due to existence of the SVF capacitors, when input power source is turned off, luminous flux decays to zero slowly. If it is considered too long for dimmed to black, resistors can be added in parallel with the SVF capacitors. Resistance value can be achieved through making R-C time constant equal to the desired response time.

$$\tau = R \times C_{SVF} \tag{8}$$

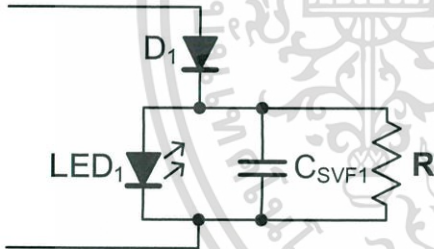


Figure 15. Adding Resistor to Discharge the SVF Capacitor

Applying Capacitors not in Every LED Group

In Figure 4, every LED group is with SVF capacitor. Designing in this way generally leads to good results in luminary and electrical characteristics of the system. If, in some cases, it is desired to design the system to have only some LED groups having the SVF capacitors, it is also doable. The driver can still work properly. Of course, only the LED groups with SVF capacitors get smoothed luminous output.

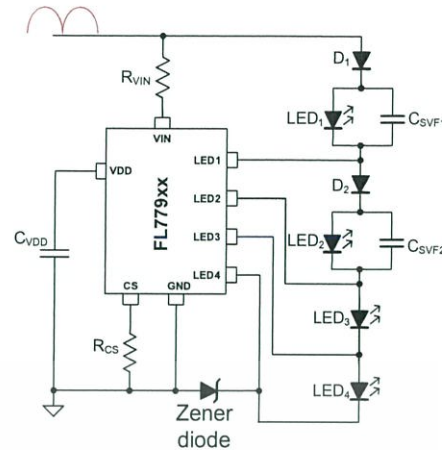


Figure 16. SVF Capacitors are only applied to some LED groups

Clamping the Inrush Voltage Spike

One more thing to be considered is transient voltage spike when turning on input voltage to a DACD system with SVF. Before powering on, initial voltage on the capacitors will be zero. Referring to Figure 17, assuming the input is turned on at its peak value, since initial voltage is zero for all the capacitors, the LED4 pin in Figure 17 will see directly the peak value of input voltage. If this voltage is beyond voltage rating of the LED4 pin, the driver IC is very likely to be damaged. In such cases, a Zener diode as shown in Figure 17 is required. For example, when the voltage rating of LED4 is 200 V and peak of input voltage is 310 V, a less than 200 V Zener diode is required to clamp the voltage spike. Since the transient time is not too short, power rating of the Zener diode needs to be high. SMCJ200A from Little Fuse is generally applied in our evaluation board. Its power rating is 1500 W. Also worth noting is that the Zener voltage should not be smaller than difference between maximum peak input voltage and LEDs' total effective forward voltage. If so, the Zener diode will be turned on at the peak input voltage region in every AC cycle. The circuit will not operate properly, consume lots of energy, and possibly be damaged.

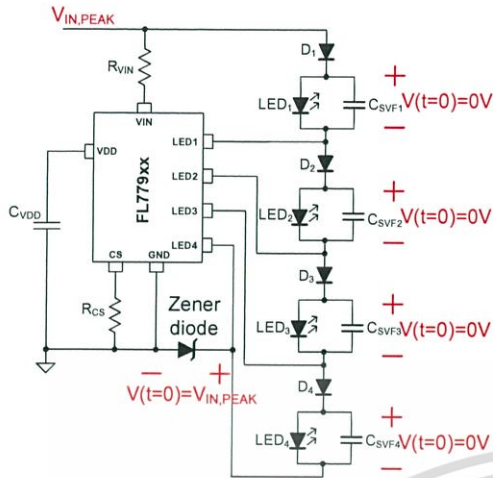


Figure 17. Voltage Spike on LED4 pin Before SVF Capacitors Get Charged

Another way to alleviate the impact of voltage spike and current inrush for charging the capacitors is to add inductors in front of bridge diode. Voltage spike and current inrush will be smoothed because that inductor takes time to get

energized. This inductor can also be implemented with capacitors to form an L-C filter for enhancing immunity to lighting surge.

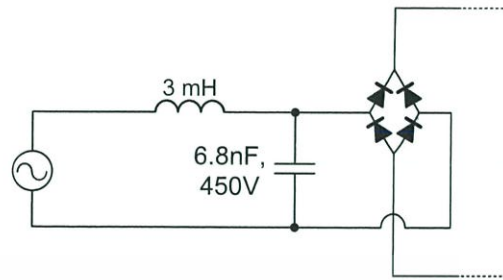
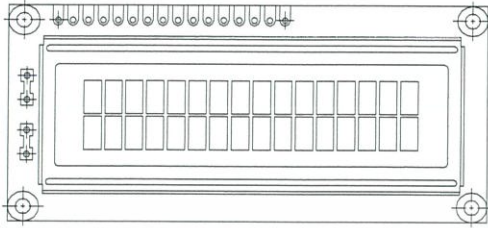


Figure 18. Example of Input L-C Filter

16 x 2 Character LCD



FEATURES

- 5 x 8 dots with cursor
- Built-in controller (KS 0066 or Equivalent)
- + 5V power supply (Also available for + 3V)
- 1/16 duty cycle
- B/L to be driven by pin 1, pin 2 or pin 15, pin 16 or A.K (LED)
- N.V. optional for + 3V power supply

MECHANICAL DATA		
ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module Dimension	80.0 x 36.0	mm
Viewing Area	66.0 x 16.0	mm
Dot Size	0.56 x 0.66	mm
Character Size	2.96 x 5.56	mm

ABSOLUTE MAXIMUM RATING					
ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE			UNIT
		MIN.	TYP.	MAX.	
Power Supply	VDD-VSS	- 0.3	-	7.0	V
Input Voltage	VI	- 0.3	-	VDD	V

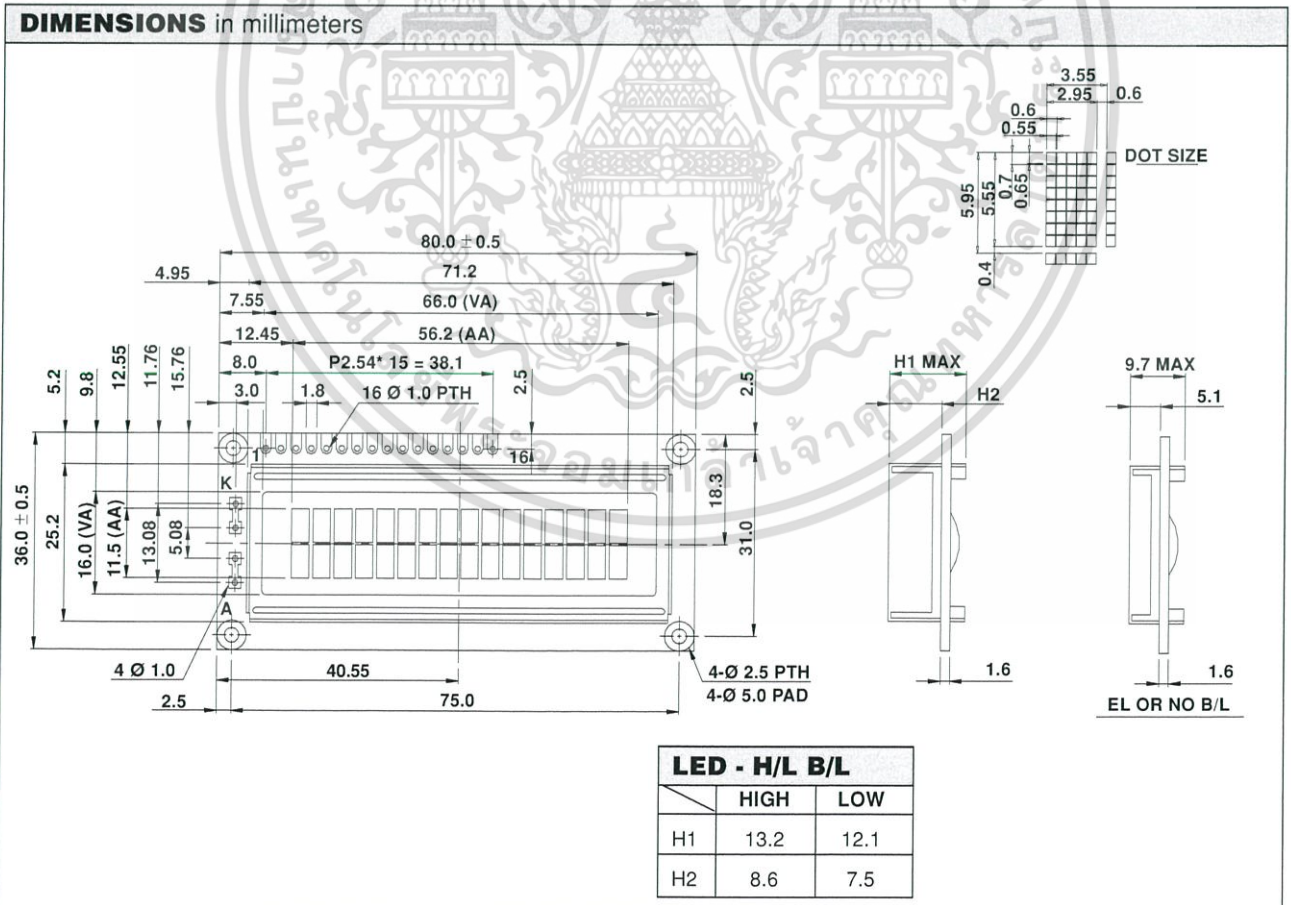
NOTE: VSS = 0 Volt, VDD = 5.0 Volt

ELECTRICAL SPECIFICATIONS							
ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD VALUE			UNIT	
			MIN.	TYP.	MAX.		
Input Voltage	VDD	VDD = + 5V	4.7	5.0	5.3	V	
		VDD = + 3V	2.7	3.0	5.3	V	
Supply Current	IDD	VDD = 5V	-	1.2	3.0	mA	
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temp. Version Module	VDD - V0	- 20 °C	-	-	-	V	
		0 °C	4.2	4.8	5.1		
		25 °C	3.8	4.2	4.6		
		50 °C	3.6	4.0	4.4		
LED Forward Voltage	VF	25 °C	-	4.2	4.6	V	
LED Forward Current	IF	25 °C	Array	-	130	260	mA
			Edge	-	20	40	
EL Power Supply Current	IEL	Vel = 110VAC:400Hz	-	-	5.0	mA	

DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE:

Display Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DD RAM Address	00	01														0F
DD RAM Address	40	41														4F

PIN NUMBER	SYMBOL	FUNCTION
1	Vss	GND
2	Vdd	+ 3V or + 5V
3	Vo	Contrast Adjustment
4	RS	H/L Register Select Signal
5	R/W	H/L Read/Write Signal
6	E	H →L Enable Signal
7	DB0	H/L Data Bus Line
8	DB1	H/L Data Bus Line
9	DB2	H/L Data Bus Line
10	DB3	H/L Data Bus Line
11	DB4	H/L Data Bus Line
12	DB5	H/L Data Bus Line
13	DB6	H/L Data Bus Line
14	DB7	H/L Data Bus Line
15	A/Vee	+ 4.2V for LED/Negative Voltage Output
16	K	Power Supply for B/L (OV)



1.0A SURFACE MOUNT GLASS PASSIVATED BRIDGE RECTIFIER

Features

- Glass Passivated Die Construction
- Low Forward Voltage Drop, High Current Capability
- Surge Overload Rating to 50A Peak
- Designed for Surface Mount Application
- UL Listed Under Recognized Component Index, File Number E94661
- **Lead-Free Finish; RoHS Compliant (Notes 1 & 2)**

Mechanical Data

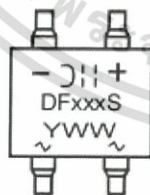
- Case: DF-S
- Case Material: Molded Plastic. UL Flammability Classification Rating 94V-0
- Moisture Sensitivity: Level 1 per J-STD-020C
- Terminals: Finish - Tin. Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: As Marked on Case
- Weight: 0.38 grams (approximate)

Ordering Information (Note 3)

Part Number	Case	Packaging
DFxS	DF-S	50 Per Tube
DFxS-T	DF-S	1500/Tape & Reel, 13-inch

- Notes:
1. EU Directive 2002/95/EC (RoHS) & 2011/65/EU (RoHS 2) compliant. All applicable RoHS exemptions applied.
 2. See http://www.diodes.com/quality/lead_free.html for more information about Diodes Incorporated's definitions of Halogen- and Antimony-free, "Green" and Lead-free.
 3. For packaging details, go to our website at <http://www.diodes.com/products/packages.html>.

Marking Information



DFxxxS = Product Type Marking Code, ex:DF10S
 YWW = Date Code Marking
 Y = Last digit of year (ex: 2 for 2012)
 WW = Week code 01 to 52

Maximum Ratings (@T_A = +25°C, unless otherwise specified.)

Single phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load
 For capacitive load, derate current by 20%.

Characteristic	Symbol	DF 005S	DF 01S	DF 02S	DF 04S	DF 06S	DF 08S	DF 10S	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage	V _{RMM}								
Working Peak Reverse Voltage	V _{RWM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
DC Blocking Voltage	V _R								
RMS Reverse Voltage	V _{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	V
Average Forward Rectified Current @ T _A = +40°C	I _O	1.0							A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current, 8.3 ms Single Half Sine-Wave Superimposed on Rated Load	I _{FSM}	50							A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current, 1.0 ms Single Half Sine-Wave Superimposed on Rated Load	I _{FSM}	100							A

Thermal Characteristics

Characteristic	Symbol	DF 005S	DF 01S	DF 02S	DF 04S	DF 06S	DF 08S	DF 10S	Unit
Typical Thermal Resistance, Junction to Ambient (Note 2)	R _{θJA}	+40							°C/W
Operating and Storage Temperature Range	T _J , T _{STG}	-65 to +150							°C

Electrical Characteristics (@T_A = +25°C, unless otherwise specified.)

Characteristic	Symbol	DF 005S	DF 01S	DF 02S	DF 04S	DF 06S	DF 08S	DF 10S	Unit
Forward Voltage (per element) @ I _F = 1.0A	V _{FM}	1.1							V
Peak Reverse Current at Rated @ T _A = +25°C	I _{RM}	10							µA
DC Blocking Voltage (per element) @ T _A = +125°C		500							
I ² t Rating for Fusing (t<8.3ms)	I ² t	10.4							A ² s
Typical Total Capacitance (per element) (Note 1)	C _T	25							pF

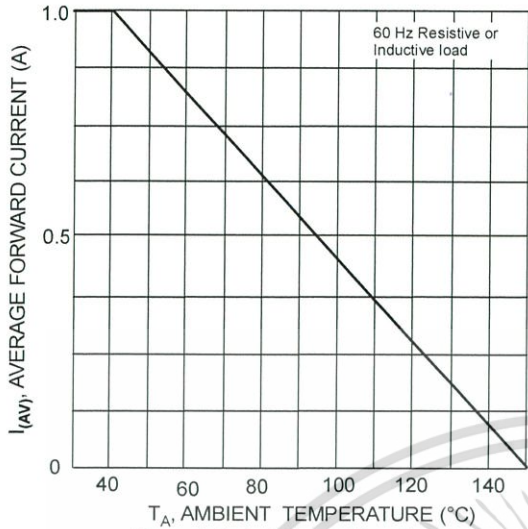


Figure 1 Output Current Derating Curve

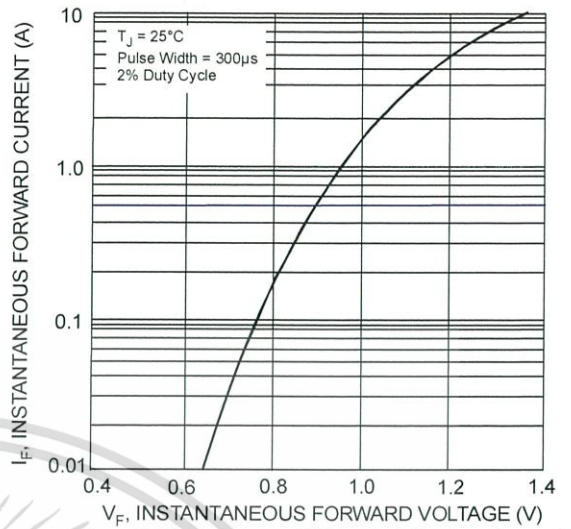


Figure 2 Typical Forward Characteristics (per element)

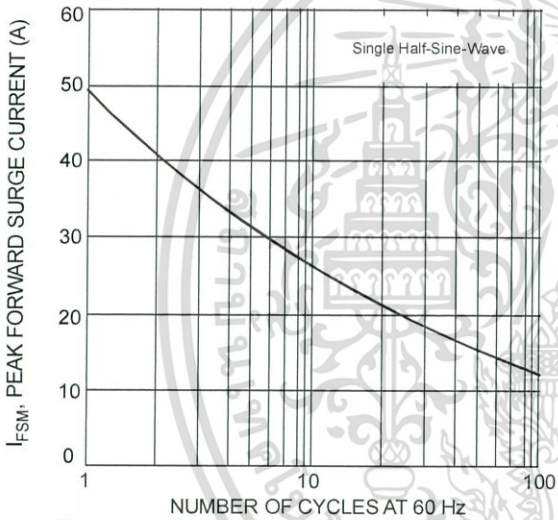


Figure 3 Max Non-Repetitive Peak Forward Surge Current

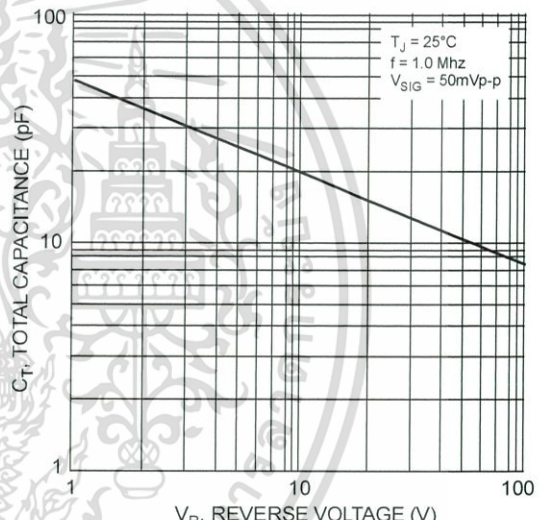


Figure 4 Typical Total Capacitance (per element)

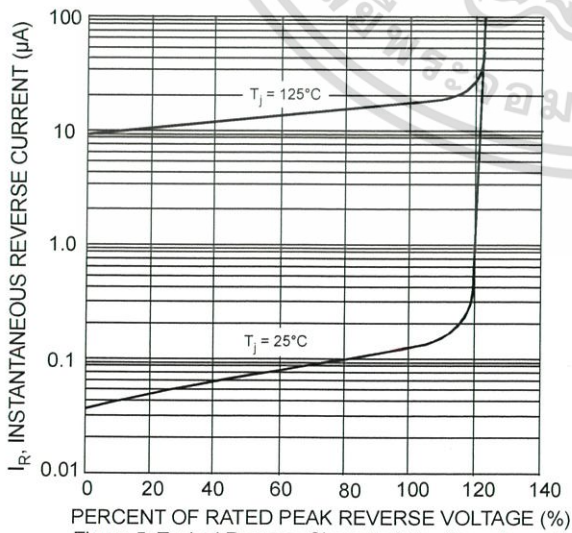


Figure 5 Typical Reverse Characteristics (per element)