

แอลอีดีแสงสว่างปรับความสว่างอัตโนมัติ  
Automatic Intensity Lighting LED

The seal of Rajabhat Buriram University is a circular emblem. It features a central sunburst above two tiered stupas. The entire emblem is surrounded by a circular border containing Thai text. The text at the top reads 'มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์' (Mahavithayalai Rajabhat Buriram) and the text at the bottom reads 'พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง' (Phra Chomklao Jaokun Thara Ladkrabang).

นาย รัญชน์ นิเวศทองฤกษ์  
Mr. Run Niwedtongrirk

นาย ศุภณัฐ รกรากทอง  
Mr. Suppanut Rokrakthong

นาย สหราช สงวนเต็ง  
Mr. Saharat Sanguanteng

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559

# แอลอีดีแสงสว่างปรับความสว่างอัตโนมัติ

Automatic Intensity Lighting LED

โดย



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง แอลอีดีแสงสว่างปรับความสว่างอัตโนมัติ

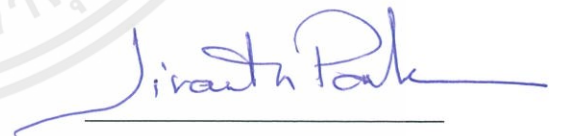
Automatic Intensity Lighting LED

ผู้จัดทำ นาย รัชชัญญ์ นิเวศทองฤกษ์ รหัสนักศึกษา 56011016

นาย ศุภณัฐ รกรากทอง รหัสนักศึกษา 56011238

นาย สหราช สงวนเต็ง รหัสนักศึกษา 56011289

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



รศ.จิรวัดน์ ปานกลาง

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาบัตร	แอลอีดี แสงสว่าง ปรับความสว่างอัตโนมัติ
นักศึกษา	นายรัฐชน์ นิเวศทองฤกษ์ รหัสประจำตัว 56011016
	นายศุภณัฐ รกรากทอง รหัสประจำตัว 56011238
	นายสหราช สงวนเต็ง รหัสประจำตัว 56011289
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.จิรวัดน์ ปานกลาง

### บทคัดย่อ

หลอดไฟปรับแสงสว่างอัตโนมัติเป็นการออกแบบระบบควบคุมความสว่างของหลอด แอลอีดี แสงสว่างขนาด 30 W ที่ให้ค่าความสว่างตามสภาพแวดล้อมว่ามีความสว่างเพียงพอหรือไม่ หากความสว่างไม่พอระบบควบคุมจะทำการคำนวณค่าความสว่าง ป้อนค่าให้ แอลอีดี เพื่อชดเชยความสว่าง

โดยภายในระบบจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นส่วนควบคุมโดยจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการจ่ายแรงดันให้กับ แอลอีดี และมีส่วนที่เป็นเซ็นเซอร์รับแสงใช้เพื่อรับค่าความสว่างจากภายนอกและใช้ส่วนควบคุมในการจ่ายแรงดันที่เหมาะสมเพื่อให้ แอลอีดี ชดเชยความสว่างได้ซึ่งการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีข้อดีคือสามารถทำงานได้รวดเร็ว ซึ่งที่สร้างจำลองขึ้นสามารถให้ความสว่างของ แอลอีดี สูงสุด 350 lux

Thesis Title	Automatic Intensity Lighting LED	
Student	Mr. Run Niwedtongrirk	Student ID 56011016
	Mr. Suppanut Rokrakthong	Student ID 56011238
	Mr. Saharat Sanguanteng	Student ID 56011289
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Electronic Engineering	
Year	2016	
Project Advisor	Associate Professor Jirawath Parnklang	

### Abstract

Has designed the system to control the brightness of the LED lighting Size 30 W at a brightness according to the environment that is bright enough. If the light is not enough, the system will calculate a value for the brightness to compensate for LED brightness.

The system consists of a controller is used. Microcontroller is control voltage to the LED and a light sensor to receive the light from the outside and use the controls to the appropriate voltage to compensate for LED brightness is used. Microcontroller It has the advantage of high speed processing. The system can provide up to 350 lux of LED illumination.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับความช่วยเหลือจาก อาจารย์จิรวัดน์ ปานกลาง อาจารย์ที่ปรึกษา รวมไปถึงอาจารย์ท่านอื่น ๆ ทางผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณอาจารย์จิรวัดน์ ปานกลาง และ อาจารย์ ทุก ๆ ท่าน ที่คอยให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อโครงงานนี้ ทำให้โครงงานนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณพ่อแม่ ที่คอยสนับสนุนงบประมาณในการทำโปรเจกนี้ ขอขอบคุณเพื่อน รวมไปถึงรุ่นพี่ทุก ๆ คน ที่คอยแนะนำแนวทางในการทำงาน แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น คอย แนะนำเกร็ดความรู้ที่เป็นประโยชน์ อีกทั้งยังคอยติดตามเอาใจใส่ เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ตั้งแต่ เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จลุล่วง

คณะผู้จัดทำ

รัฐชน์ นิเวศทองฤกษ์

ศุภณัฐ รกรากทอง

สหราช สงวนเต็ง

# สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 หลักการและการทำงาน	3
- แหล่งจ่ายไฟสวิตชิง	4
- วงจรเรียงกระแส	5
- หม้อแปลง	6
- หลอด LED	8
- ไมโครคอนโทรลเลอร์	10
- อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง	12
- เซนเซอร์รับแสง	13
- ความสว่าง	16
- มอสเฟตกำลัง	17
- วงจรขับเกท	23
บทที่ 3 การออกแบบวงจร	24
บทที่ 4 ผลการทดลอง	31

## สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

38

บรรณานุกรม

39

ภาคผนวก



## สารบัญตาราง

### ตารางที่

#### 4.1 ผลการทดลอง Load Regulation ของวงจรจ่ายแรงดัน

32



## สารบัญรูปภาพ

### รูปที่

2.1	การต่อวงจรเบื้องต้นของไอซี TOP	3
2.2	การทำงานของวงจร Rectifier แบบ full wave ในช่วงครึ่งคาบแรก	4
2.3	การทำงานของวงจร Rectifier แบบ full wave ในช่วงครึ่งคาบหลัง	5
2.4	การทำงานของวงจร Rectifier แบบ full wave แบบเต็มคาบเวลา	5
2.5	ลักษณะภายนอกของหลอด LED	6
2.6	การเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟชนิดต่างๆในกำลังที่ต่างกัน	7
2.7	ลักษณะภายในของไอโอด	8
2.8	หลักการการสร้างสัญญาณ PWM	12
2.9	ลักษณะภายนอกของ LDR	13
2.10	คุณสมบัติทางแสงของ LDR	14
2.11	คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ LDR	15
2.12	ค่ามาตรฐานค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงบริเวณทั่วไป	17
2.13	สัญลักษณ์ของมอสเฟตและเจเฟต	21
2.14	กราฟการทำงานระหว่าง enhancement mode กับ depletion mode	22
2.15	วงจรขับเคลื่อนอย่างง่าย	23
3.1	ภาพรวมของการทำงาน	24
3.2	Schematic ของวงจร Offline Switching	25
3.3	ลาย PCB ของวงจร Offline Switching	25
3.4	Schematic ของวงจรขับเคลื่อน	29
3.5	ลาย PCB ของวงจรขับเคลื่อน	29
3.6	flow chart ของการทำงานของ controller	30
4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสของ LED	31
4.2	แสดงผลจากการตั้งกระแส 0 A	32
4.3	แสดงผลจากการตั้งกระแส 0.5 A	32
4.4	แสดงผลจากการตั้งกระแส 1.0 A	33

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

### รูปที่

4.5	แสดงผลจากการดิ่งกระแส 1.5 A	33
4.6	แสดงผลจากการดิ่งกระแส 2.0 A	33
4.7	ค่าแรงดัน(mV)ที่วัดได้เมื่อค่าความสว่าง(LUX)เปลี่ยนไป	34
4.8	ค่าความสว่างของ LED และค่าแรงดัน(V)ที่วัดได้จาก sensor	35
4.9	สัญญาณที่จ่ายจาก controller ที่ 3.33% duty cycle	35
4.10	สัญญาณที่ตกคร่อม LED เมื่อจ่ายด้วย 3.33 % duty cycle	36
4.11	สัญญาณที่จ่ายจาก controller ที่ 16.67% duty cycle	36
4.12	สัญญาณที่ตกคร่อม LED เมื่อจ่ายด้วย 16.67% duty cycle	36
4.13	สัญญาณที่จ่ายจาก controller ที่ 33.33% duty cycle	37
4.14	สัญญาณที่ตกคร่อม LED เมื่อจ่ายด้วย 33.33% duty cycle	37

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 แนวคิดพื้นฐาน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการส่องสว่างมีบทบาทต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก และได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยจากหลอดไส้ หลอดฟลูออเรสเซนต์ จนมาถึงทุกวันนี้ที่หลอดแอลอีดี เข้ามามีบทบาทในด้านการส่องสว่างมากขึ้น

เนื่องจากหลอดแอลอีดี มีความสามารถในการประหยัดพลังงานค่อนข้างสูง นอกจากนี้หลอดแอลอีดียังถูกนำมาใช้เป็นไฟให้แสงสว่างบนท้องถนนหรือไฟอุโมงค์ซึ่งเมื่อนำมาใช้ในการให้แสงสว่างตามท้องถนน เมื่อถึงเวลากลางคืน ความสว่างบนท้องถนนเป็นสิ่งที่จำเป็นหากในเวลากลางคืนบนท้องถนนมีแสงสว่างน้อยหรือมากเกินไป อาจทำให้ผู้ใช้ท้องถนนไม่สามารถควบคุมรถได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งในการเกิดอุบัติเหตุจึงเป็นแนวคิดให้เกิดการพัฒนาหลอดไฟที่สามารถปรับความสว่างโดยใช้แสงจากภายนอก

### 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ออกแบบและสร้างวงจรพาวเวอร์ซัพพลาย โดยใช้หลักการของออฟไลน์สวิตชิ่งได้

1.2.2 สร้างวงจรขับหลอดแอลอีดีโดยการค่อยๆเพิ่มหรือค่อยๆลดความสว่างโดยการควบคุมจากเซนเซอร์รับแสงได้

### 1.3 สมมติฐาน

1.3.1 สามารถอธิบายการทำงานของวงจรขับหลอดแอลอีดี

1.3.2 สามารถพัฒนางจรขับหลอดแอลอีดีแสงสว่างโหมดกระแสที่สามารถโปรแกรมเพื่อการส่องสว่างที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดได้โดยประยุกต์ใช้ร่วมกับการใช้เซนเซอร์วัดแสงได้

1.3.3 สามารถอธิบายหลักการทำงานของพาวเวอร์ซัพพลายแบบออฟไลน์สวิตชิ่งได้

## 1.4 องค์ประกอบของโครงการ

### 1.4.1 วงจรพาวเวอร์ซัพพลายแบบออฟไลน์สวิตซิ่ง

ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้แก่วงจรขับ แอลอีดี และวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ คุณสมบัติพาวเวอร์ซัพพลายแบบออฟไลน์สวิตซิ่ง คือเมื่อรับแรงดันไฟสลับเข้ามาจะถูกกรองโดยไม่ ต้องใช้หม้อแปลงแบบแยกชุดและพาวเวอร์ซัพพลาย จะสวิตซ์เมื่อโหลดสูญเสียกำลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

### 1.4.2 วงจรขับเกท

ทำหน้าที่เพิ่มระดับแรงดันเฉลี่ยที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้มีค่าเพียงพอที่สามารถทำให้อุปกรณ์มอสเฟตทำงานได้ ซึ่งจะควบคุมกระแสที่ไหลผ่านชุดแอลอีดี

1.4.3 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ควบคุมความสว่างของแอลอีดีโดยสามารถควบคุมแอลอีดี ให้ค่อยๆสว่างเมื่อเปิด และค่อยๆดับเมื่อปิด ซึ่งสามารถควบคุมมิติที่ละเอียดได้จากการควบคุมและการเขียนโปรแกรมบนตัว ไอซี

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 มีความรู้ความเข้าใจทั้งด้านทฤษฎีและด้านปฏิบัติในการสร้างวงจรขับแอลอีดีและวงจรพาวเวอร์ซัพพลายแบบออฟไลน์สวิตซิ่ง

1.5.2 สามารถนำวงจรขับ แอลอีดี ที่ประดิษฐ์ขึ้นไปใช้ในระบบส่องสว่าง

1.5.3 สามารถประยุกต์ใช้คำสั่งกับวงจรอื่นๆได้

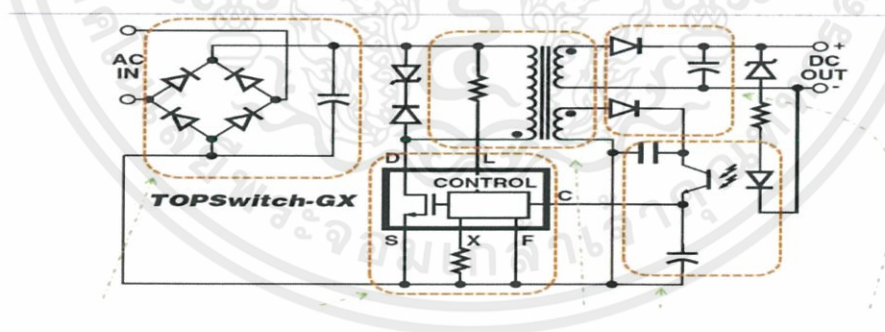
## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่ง ( Power Supply )

##### 2.1.1 หลักการทำงานของแหล่งจ่ายไฟสวิตชิ่ง

เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟแบบเชิงเส้นมีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในตัวมันสูงมาก (มากเท่าไรก็ขึ้นอยู่กับความต่างระหว่างแรงดันขาเข้ากับขาออก) ดังนั้นแหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่งจึงถือกำเนิดมาเพื่อแก้ปัญหานี้ เพื่อให้ประสิทธิภาพของระบบทำงานอย่างสูงสุด หลักการก็คือการใช้หม้อแปลงเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าจากขาเข้าค่าหนึ่งให้เป็นขาออกอีกค่าหนึ่ง เพราะหม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ส่งผ่านกำลังไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงมาก (มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์) แต่หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเท่านั้น ถ้าป้อนไฟตรงเข้าไปจะเกิดความเสียหายทันที ดังนั้น เราจะต้องเอาแรงดันไฟตรงที่เข้ามานั้นทำเป็นไฟสลับ โดยการใช้วงจรสับกระแส (chopper) หรือเปิด-ปิด-เปิด-ปิด.แรงดันไฟตรงขาเข้าด้วยความถี่หนึ่ง (หลักสิบกิโลเฮิรตซ์ หรือเป็นหมื่นรอบต่อวินาที เพื่อให้หม้อแปลงมีขนาดเล็กและประสิทธิภาพสูงขึ้น) เมื่อเป็นไฟสลับแล้วก็จะนำแรงดันผ่านหม้อแปลงปรับเปลี่ยนค่าแรงดันใหม่ตามขาออกที่เราต้องการ จากนั้นเราก็เปลี่ยนแรงดันไฟสลับนี้ให้กลับมาเป็นไฟตรงเพื่อใช้งานอีกครั้งหนึ่ง



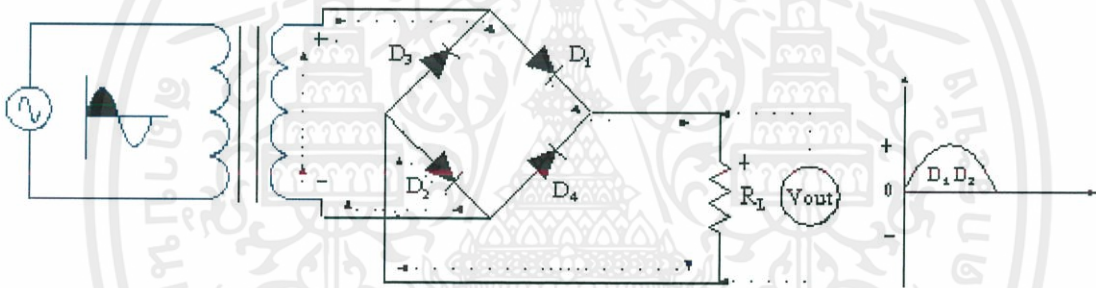
รูปที่ 2.1 แสดงการต่อวงจรเบื้องต้นของไอซี TOP

## 2.1.2 วงจรเรียงกระแส ( Rectifier )

เรกติไฟเออร์ คือวงจรไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณกระแสสลับให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงหรือมีคุณสมบัติยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการแปลงสัญญาณได้แก่ ไดโอด

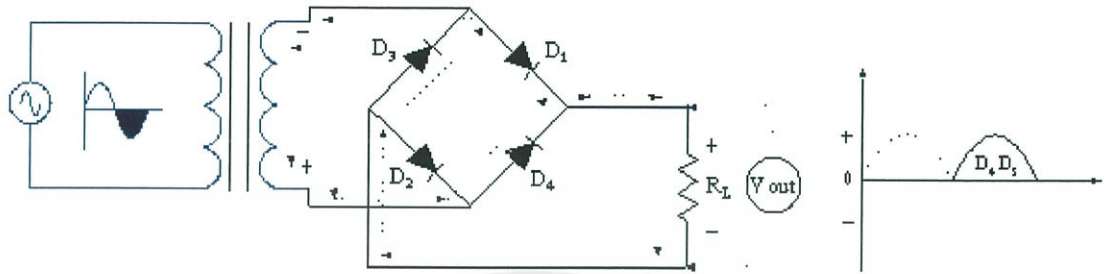
### 2.1.2.1 การทำงานวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

การทำงานของวงจร ไดโอดจะผลัดกันนำกระแสครึ่งละ 2 ตัว โดยเมื่อไซเคิลบวกของแรงดันไฟสลับ ( $V_{in}$ ) ปรากฏที่ด้านบนของขดทุติยภูมิของหม้อแปลงและด้านล่างจะเป็นลบ จะทำให้ไดโอด  $D_1$  และ  $D_2$  ได้รับไบอัสตรง จะมีกระแสไหลผ่านไดโอด  $D_1$  ผ่านโหลด  $R_L$  ผ่านไดโอด  $D_2$  ครบวงจรที่หม้อแปลงด้านล่าง มีแรงดันตกคร่อม โหลด  $R_L$  ด้านบนเป็นบวก ด้านล่างเป็นลบ ได้แรงดันไฟช่วงบวกออกทางเอาต์พุตไดโอด  $D_1$  และ  $D_2$  ได้รับไบอัสตรงและรูปคลื่นแรงดันตกคร่อมโหลด

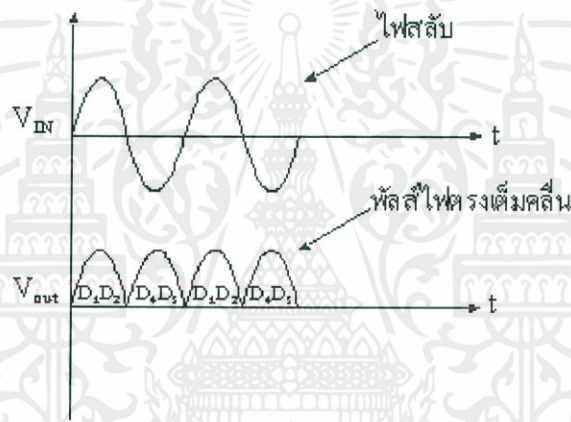


รูปที่ 2.2 ภาพแสดงการทำงานของวงจร Rectifier แบบ full wave ในช่วงครึ่งคาบแรก

ในช่วงเวลาต่อมาไซเคิลลบของแรงดันไฟสลับ ( $V_{in}$ ) ปรากฏที่ด้านบนของขดทุติยภูมิของหม้อแปลง และด้านล่าง เป็นบวก ดังแสดงในรูป ในช่วงเวลานี้ไดโอด  $D_1$  และ  $D_2$  จะได้รับไบอัสกลับแต่ไดโอด  $D_3$  และ  $D_4$  จะได้รับไบอัสตรง ทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอด  $D_4$  ผ่านโหลด  $R_L$  และผ่านไดโอด  $D_3$  ครบวงจรที่หม้อแปลงด้านบน มีแรงดันตกคร่อมโหลด  $R_L$  ด้านบนเป็นบวกด้านล่างเป็นลบ ได้แรงดันไฟช่วงบวกออกทางเอาต์พุตทำให้ได้คลื่นไฟตรงรวมกันเต็มคลื่นดังรูปไดโอด  $D_3$  และ  $D_4$  ได้รับไบอัสตรงและรูปคลื่นแรงดันตกคร่อมโหลด ( $V_{out}$ )



รูปที่ 2.3 ภาพแสดงทำงานของวงจร Rectifier แบบ full wave ในช่วงครึ่งคาบหลัง



รูปที่ 2.4 ภาพแสดงทำงานของวงจร Rectifier แบบ full wave แบบเต็มคาบเวลา

### 2.1.3 หม้อแปลง (Transformer)

หม้อแปลงคืออุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ในการถ่ายทอดพลังงานไฟฟ้าจากวงจรหนึ่งไปยังอีก วงจรหนึ่ง หม้อแปลงมีส่วนประกอบที่สำคัญคือมีขดลวดสองชุดพันรอบแกนเหล็กที่เป็นวงจรแม่เหล็ก (Closed Magnetic circuit) ถ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ ขดลวดชุดหนึ่งด้วยความถี่และแรงเคลื่อนไฟฟ้าค่าหนึ่ง จะทำให้ได้ กำลังไฟฟ้า ออกไปจากขดลวดอีกชุดหนึ่ง ซึ่งมีความถี่เท่าเดิม แต่แรงเคลื่อนไฟฟ้าอาจเท่าเดิมหรือแตกต่างกันไป ซึ่งแบ่งออก ได้ 3 ระดับ

2.1.3.1 แรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายเข้าเท่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายออก เรียกว่า หม้อแปลงไฟฟ้า' อัตราส่วน หนึ่งต่อหนึ่ง (one-to-one transformer) ใช้ในงานประเภทที่ต้องการแยกสายดิน เพื่อความปลอดภัยในการใช้ งานซึ่งมีชื่อเรียกว่า Isolating Transformer

2.1.3.2 แรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายเข้าน้อยกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าออกเรียกว่า หม้อแปลงขึ้น (Step-up Transformer) ใช้กับงานประเภทสายส่งจ่ายไฟฟ้า ฯลฯ

2.1.3.3 แรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายเข้ามากกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายออกเรียกว่า หม้อแปลงลง (Stepdown Transformer) ใช้กับงานประเภทของใช้ไฟฟ้ามีแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำกว่าเช่น ในภาคจ่ายไฟของวิทยุ

## 2.2 หลอดไฟแอลอีดี

ราคาของหลอดไฟแอลอีดีค่อนข้างสูงกว่าหลอดไฟทั่วไปอยู่สักหน่อย แต่ถ้าหากนำมาเปรียบเทียบ การใช้งานและคุณภาพแล้วถือว่าหลอดไฟแบบแอลอีดีคุ้มค่ากับราคาของมันอยู่ไม่น้อย เพราะหลอดไฟ ประเภทนี้สามารถเปิด-ปิดได้บ่อยครั้ง ไม่มีการเสื่อมสภาพไปตามจำนวนการกดสวิตช์ นอกจากนี้ไม่มีการ ปล่อยรังสียูวีหรือ ก๊าซอันตราย อีกทั้งยังให้แสงที่สบายตากว่าหลอดชนิดอื่น ที่สำคัญยังช่วยประหยัด พลังงานได้ถึง 70% เมื่อเทียบกับหลอดไส้แบบเดิม ๆ และมีอายุการใช้งานที่นานถึง 50,000 ชั่วโมงเลย ที่เดียว



รูปที่ 2.5 ภาพแสดงลักษณะภายนอกของหลอด แอลอีดี

### 2.2.1 คุณสมบัติและข้อมูลทางเทคนิคของหลอดแอลอีดี

แอลอีดี หรือเรียกว่า ไดโอดเปล่งแสง ปัจจุบันเทคโนโลยีที่ล้ำสมัยขึ้นไปทุกๆวัน ได้เริ่มการผลิต อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟที่มีส่วนประกอบของ แอลอีดี มากขึ้น เนื่องจาก หลายๆประเทศให้ความสำคัญกับ คำว่า ประหยัดพลังงานมากขึ้น โดยที่ทั่วไปจะเป็นจำพวกทีวี แอลอีดี, หลอดไฟ แอลอีดี , ไฟแอลอีดีที่ตู้ปลา, ไฟฉายแอลอีดี เป็นต้น แต่อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีแอลอีดี เป็นส่วนเกี่ยวข้องนั้นมีราคาแพงกว่าอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่างๆ แต่ที่เห็นหลักๆ และเริ่มมีการใช้งานกันมากขึ้นเรื่อยๆนั้นก็จะเป็นหลอดไฟหรือ อุปกรณ์ที่ให้แสงสว่างโดยอ้อมได้จากประเทศออสเตรเลีย ได้มีการสั่งให้ห้ามให้ใช้หลอดไฟแบบเก่าหรือ หลอดไส้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว เนื่องจาก

หลอดไส้หรือหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์นั้นเริ่มจะมีข้อเสียที่มากกว่า หลอดไฟ แอลอีดี หลายอย่างเช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์มีสารปรอทอยู่ในหัวตัวหลอด ถ้าเกิดทำหลอดไฟแตก แล้วเกิดไปเหยียบเศษของหลอดไฟนั้น โดยไม่ล้างแผลทันที จะทำให้เป็นอันตรายร้ายแรง 7 จากที่ได้กล่าวไปข้างต้นหลายๆประเทศที่ประกาศยกเลิกใช้หลอดไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์นั้น ได้หันมาใช้งานหลอดไฟ แอลอีดี กันหมด เนื่องจากหลอดไฟ แอลอีดี นั้นมีประโยชน์หลายๆอย่าง แต่ข้อเสียของ หลอดไฟ แอลอีดี นั้นคือมีราคาแพงกว่าหลอดไส้และหลอดฟลูออเรสเซนต์ประมาณ 2-3 เท่า แต่หลายๆ ประเทศก็ยังเลือกใช้เนื่องจากหลอดไฟ แอลอีดี มีอายุการใช้งานที่มากกว่าหลอดไส้หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ หลายเท่า โดยเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 50,000 ชั่วโมง หรือ 4-5 ปี

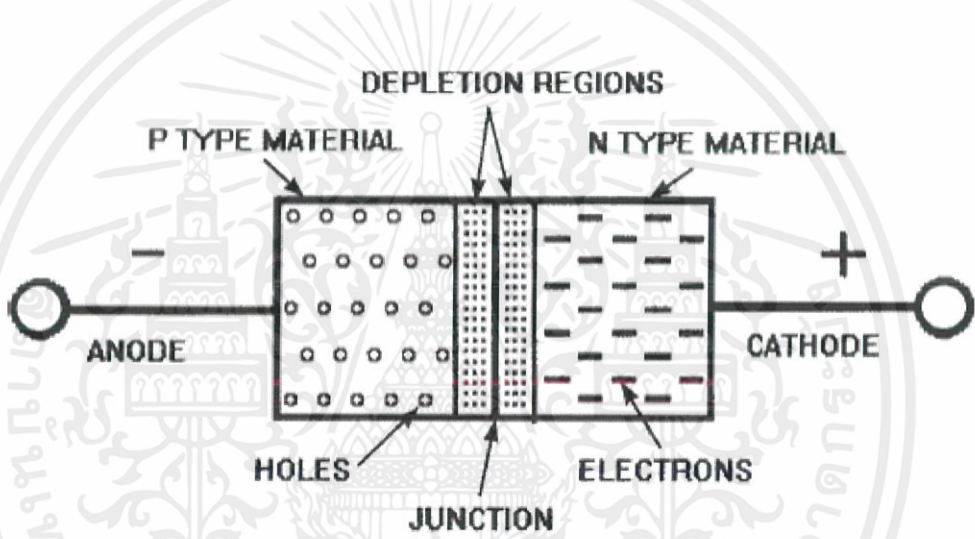
LED	Fluorescent	Incandescent
1 Watt	= 3 Watt	= 15 Watt
3 Watt	= 7 Watt	= 35 Watt
5 Watt	= 11 Watt	= 50 Watt
7 Watt	= 15 Watt	= 70 Watt
9 Watt	= 19 Watt	= 90 Watt
12 Watt	= 25 Watt	= 120 Watt
15 Watt	= 31 Watt	= 150 Watt
18 Watt	= 36 Watt	= 180 Watt

รูปที่ 2.6 ภาพแสดงการเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟชนิดต่างๆในกำลังที่ต่างกัน

### 2.2.2 หลักการทำงานทั่วไปของหลอด แอลอีดี

ไดโอดเป็นวัสดุสารกึ่งตัวนำที่เราสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของมันได้ ปกติวัสดุ สารกึ่งตัวนำเป็นตัวนำไฟฟ้าที่เลว ถ้าเราใส่สารเจือปนเข้าไป เราสามารถควบคุมการนำไฟฟ้าให้มากหรือน้อยได้ เราเรียกวิธีนี้ว่าการโด๊ป (doping) ส่วนใหญ่หลอด แอลอีดี ใช้สารออลูมิเนียม กัลเลียมอาร์เซไนด์ (aluminium-gallium-arsenide) ย่อเป็น AlGaAs เป็นสารกึ่งตัวนำ ถ้ายังไม่ได้ใส่สารเจือปนพันธะใน อะตอมจะเกาะกันอย่างแข็งแรงไม่มีอิเล็กตรอนอิสระ(ประจุไฟฟ้าลบ) หรือมีอยู่น้อย ดั้งนั้นมันจึงไม่ค่อย จะนำกระแส แต่เมื่อทำการโด๊ปโดยการเติมสารเจือปนทำให้ความสมดุลของวัสดุเปลี่ยนไป เมื่อเราใส่ สารเจือปนแล้วทำให้อิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำ

เพิ่มขึ้น เรียกว่าสารประกอบชนิดเอ็น ส่วนสารกึ่ง ตัวนำที่ใส่สารเจือปนแล้ว มีประจุไฟฟ้าบวกหรือมีหลุมและโฮล เพิ่มขึ้น เรียกว่าสารประกอบชนิดพี โฮล 8 (hole) ในภาษาอังกฤษมีความหมายว่าหลุม โดยเปรียบ อิเล็กตรอนอิสระได้กับลูกหิน และประจุบวกเป็น หลุมหรือโฮล ที่ลูกหินจะไหลมาตกล้นเอง ไดโอดเกิดจากการนำ สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ติดเข้ากับสารกึ่งตัวนำชนิดพี เชื่อมสายไฟเข้ากับ ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อยังไม่มีการให้ แรงดันไฟฟ้าอิเล็กตรอนอิสระจากเอ็นจะเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปที่พีเกิด โซนดีพลีชัน (depletion) ขึ้น โซนนี้ เปรียบเทียบได้กับกำแพงป้องกันการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ถ้าโซน นี้มีขนาดใหญ่ขึ้นการเคลื่อนที่ของ อิเล็กตรอนอิสระจะยากขึ้นและอาจทำให้อิเล็กตรอนหยุดการเคลื่อนที่ ได้ อย่างไรก็ตามถ้าควบคุมให้โซนนี้เล็กลง การเคลื่อนที่ก็จะง่ายขึ้น



รูปที่ 2.7 ภาพแสดงลักษณะภายในของไดโอด

เมื่อเปิดสวิตช์ไฟ กระแสไฟฟ้าจะผ่านตัวขับ เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง และ เปลี่ยนจากความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงไปสู่ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ค่อนข้างต่ำ ประมาณ 2.5-3 โวลต์ แล้วจึง จ่ายเข้าตัว ขับของหลอด แอลอีดี ซึ่งมีเพียงตัวนำแคโทดและแอโนดเท่านั้น โดยหลอด แอลอีดี จะมีกระแสไฟฟ้า ไหลผ่าน น้อยมาก ประมาณ 20 มิลลิแอมป์ในตัวขับของ แอลอีดี ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำขั้วประจุบวก ชนิดพี (Positively charged material) ที่อยู่ห่างจากสารกึ่งตัวนำขั้วประจุลบชนิดเอ็น (Negatively charged material) เล็กน้อย จุดนี้เรียกว่ารอยต่อ (junction) เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านหลอด แอลอีดี ตัวนำแอโนดจะไป ดันขั้วประจุบวก และตัวนำแคโทดไปดันขั้วประจุลบให้มาชนกัน เมื่อประจุบวกและ ประจุลบมาชนกันที่รอยต่อ ของสารกึ่งตัวนำทั้งสองชนิด ก็จะจับตัวกันและคายพลังงานออกมาในรูปของ แสงสว่าง ซึ่งเรียกว่า “อิเล็กทรอนิกส์ มิเนสเซนซ์” ทำให้เกิดแสงสว่างที่บริเวณด้านหน้าตัวหลอด ซึ่งมีอุณหภูมิ 9 ในการทำงานที่ประมาณ 25 องศา

เซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป แสงสว่างที่ออกมาจะลดลง แสงจาก หลอด แอลอีดี มีลักษณะพุ่งออกในทิศทางเดียว แต่ในกรณีที่ต้องการให้แสงกระจายออกในมุมแคบหรือกว้าง เพิ่มขึ้น ก็จะใช้อุปกรณ์ครอบหลอด แอลอีดี ในลักษณะของเลนส์ (package) ไว้เพื่อบังคับทิศทางของการ กระจายแสงหลอด แอลอีดี สามารถเปิดปิดได้ทันที ไม่ต้องใช้ระยะเวลาในการจุดติดเหมือนหลอดไส้ที่ต้อง เผาไส้หลอด หรือหลอดดิสชาร์จที่ต้องปรับแรงดันก๊าซภายในหลอด แอลอีดี สามารถปรับความเข้มของแสง ได้ด้วยอุปกรณ์หรี่ไฟ (dimmer) โดยขึ้นอยู่กับรุ่นและอุปกรณ์ควบคุมซึ่งจะต้องตรวจสอบให้แน่ใจก่อนเลือกใช้

### 2.2.3 ประโยชน์ของการใช้หลอดแอลอีดี

หลอดไฟแอลอีดี เป็นหลอดไฟที่ประหยัดพลังงานมากกว่าหลอดไฟประเภทอื่น ๆ ที่มีอยู่ในตลาด ทั้งหมด และการประหยัดเงินค่าไฟฟ้าจากการใช้หลอดไฟ แอลอีดี ตั้งแต่ 15-75% แล้วแต่ชนิดของหลอด เดิม ก็เป็นจุดประสงค์หลักขององค์กร ร้านค้า บริษัท โรงงานผู้ผลิต ผู้ประกอบการใดอยู่แล้วที่ต้องการลด ต้นทุนภายใน อย่างไรก็ตาม การใช้หลอดไฟ แอลอีดี ยังมีประโยชน์ในมุมอื่น ๆ อีกมากที่คุณอาจจะไม่เคยรู้มาก่อน จึงขอแสดง ประโยชน์ของการใช้หลอดไฟ แอลอีดี เป็นข้อๆต่อไปนี้

1.ไม่มีแสง อัลตราไวโอเล็ต หลอดไฟประเภท แอลอีดี ที่เป็นที่ยอมรับใช้ในยุโรปและประเทศที่พัฒนาแล้ว ทั้งหมด จะไม่มีแสง อัลตราไวโอเล็ต ปล่อยออกมาจากแสงใด ๆ เลยแม้แต่น้อย เมื่อเทียบกับหลอดไฟนีออน (หลอดประเภทฟลูออเรสเซนต์ แบบธรรมดาที่มีใช้กันอย่างแพร่หลาย) จะพบว่าหลอดไฟนีออนนั้นจะให้แสงสว่างได้ก็ต่อเมื่อมีการ กระตุ้นสารไอปรอทที่อยู่ในหลอดนีออน แล้วมีการถ่ายเทพลังงานซึ่งระหว่างการกระทำนี้ จะเกิดแสง อัลตราไวโอเล็ต ที่ไม่อาจจะหลีกเลี่ยงได้ปล่อยออกมาพร้อมกับแสงสว่างที่เกิดขึ้น เนื่องจาก อัลตราไวโอเล็ต จะมีผลกระทบต่อสินค้าที่ โดนแสงอย่างต่อเนื่องยาวนาน ตัวอย่างเช่น ศูนย์แสดงรถยนต์ที่จะต้องฉายแสงไฟ ต่อเนื่องไปยั้งฉิวรถ เพื่อให้เกิดความเงางามสะท้อนแสงไฟ แต่นั่นก็อาจจะทำให้เกิดปัญหาต่อสีรถได้ เป็นต้น

2. หลอดไฟ แอลอีดี ปล่อยความร้อนน้อยกว่าหลอดไฟแบบเดิม หลอดนีออนหรือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ปกติที่บ้านเรือนหรือแม้กระทั่งโรงงานใช้กันอยู่นั้น จะมีการปล่อยความร้อนออกมาอยู่ในระดับ 70-90 องศาเซลเซียสขณะทำงานต่อเนื่องตลอดอายุการใช้ งาน หรือ ที่แย่ไปกว่านั้น หลอดฮาโลเจน (halogen) จะปล่อยความร้อนออกมาได้สูงกว่าหลอดนีออนขึ้นไปอีก คือระดับอุณหภูมิช่วง 150-200 องศาเซลเซียส พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นนั้น เป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ เพราะ เนื่องด้วยการเปิดไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างนั้น ต้องการแค่ “แสงสว่าง” เป็นสำคัญ ไม่ได้ต้องการความ ร้อนแต่อย่างใด ความร้อนเหล่านี้ เกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยง ไม่ได้ด้วยเทคโนโลยีแบบเดิมๆของหลอดไฟที่ อาจจะปล่อยความร้อนออกมากับคลื่นแสง (UV) หรือแม้กระทั่ง

Infrared (IR) ทั้งหมดแล้วล้วนเป็น พลังงานที่จ่ายเงินเพื่อแปลงพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานรูปแบบอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการเลยแม้แต่น้อย นอกจากนี้พลังงานความร้อนเหล่านี้ จะยังคงไปเพิ่มโหลดสำหรับการปรับอากาศในโรงงานที่ต้อง ควบคุมความชื้น ความร้อนหรืออุณหภูมิภายในห้องปฏิบัติการ หรือสำนักงาน นั่นก็แปลว่าได้จ่ายเงินค่า ไฟฟ้าทั้งสองส่วนคือ ส่วนแรก ส่วนที่เป็นพลังงานความร้อนที่ออกมากับหลอดไฟ และ ส่วนที่สอง คือ พลังงานส่วนที่ต้องเสียไปค่าปรับอากาศในระบบโรงงานหรือสำนักงาน ดังนั้นการเปลี่ยนหลอดไฟให้แสงสว่างนีออนหรือฮาโลเจนแบบเดิม ๆ ให้เป็นหลอดไฟ แอลอีดี แทน ก็ จะทำให้ลดความร้อนในระบบทั้งหมดจากเดิมลงไปได้ จะเป็นการประหยัดเงินค่าพลังงานไฟฟ้าที่ถือได้ว่า เป็นการลดค่าไฟฟ้าทางอ้อมได้อีกทางหนึ่ง โรงงานส่วนใหญ่แล้ว จะต้องมีการควบคุมระบบปรับอากาศ เพื่อให้มีสภาพการทำงานที่เหมาะสมเนื่องด้วยอาจจะมีผลต่อการประกอบ การผลิต หรือ แม้กระทั่งการเก็บ เช่น โรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ห้องแช่เย็น โรงงานแปรรูปอาหาร สำเร็จรูป เป็นต้น

3.แสงจากหลอดไฟ แอลอีดี ไม่กระทบหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์แบบเดิมนั้นจะมีการกระทบของแสงที่ ความถี่ของการกระพริบ 50 Hz. เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ใช้สำหรับหลอดไฟประเภทนี้จะเป็นกระแสสลับ (AC) คนงานและพนักงาน ประมาณ 10-30% มีปฏิกิริยากับการกระพริบของแสงเหล่านี้ โดยอาการที่เกิดเช่น อาการ ปวดหัว ปวดตา เมื่อมองชิ้นงานภายใต้แสงนีออนต่อเนื่องหลายชั่วโมง และ หากพนักงานเหล่านั้นอยู่ใน สายการผลิตก็ อาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อ อัตราประสิทธิภาพในการทำงานได้ด้วยเช่นเดียวกัน อยากรู้ก็ดี หลอดไฟ นีออนที่มีการกระพริบระดับ 100 Hz ก็ยังมีขายอยู่แต่นั้นไม่ได้เป็นการแก้ปัญหาผลกระทบต่อตัว พนักงาน ไปเสียทั้งหมดอยู่ดี

## 2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับ ข้อมูลใน รูปสัญญาณดิจิทัลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิทัลออกมาเพื่อนำไปใช้งาน ตามที่ต้องการได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิพจะมีหน่วยความจำ, Port อยู่ในชิพเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะเรียกได้ ว่าเป็น คอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วย ประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมา ภายหลังเพื่อนำไปใช้ใน วงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องวงจรภายนอกต่าง ๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับ ไมโครโพรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุท/ เอาท์พุท บางส่วนเข้าไปในตัว

ไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถ เหมาะสมกับการใช้ในงานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา, วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล เป็นต้น

### 2.3.1 สัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation)

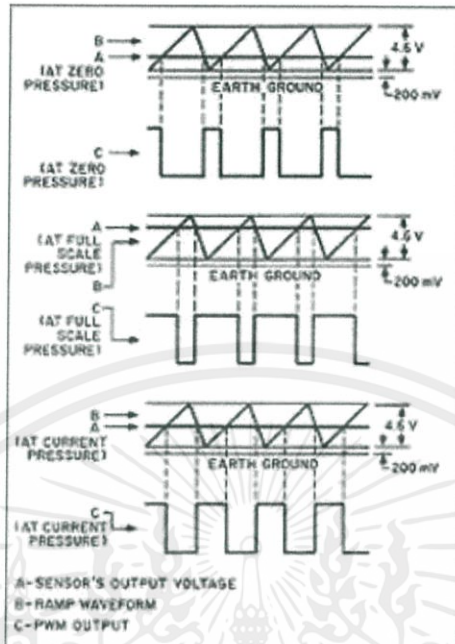
สัญญาณ PWM ย่อจาก Pulse Width Modulation คือสัญญาณที่สามารถปรับความกว้างของ Pulse ได้ ที่เรียกว่า Duty cycle ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดปริมาณของพลังงานไฟฟ้า ที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ เช่น มอเตอร์ และ หลอดไฟ ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ และความส่องสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

### 2.3.2 โครงสร้างของสัญญาณ

- ความถี่ (frequency) หรือ  $f$  จะเป็นตัวกำหนดความถี่ของสัญญาณซึ่งความถี่ที่เราใช้ขึ้นอยู่กับ อุปกรณ์ที่เราจะควบคุม - คาบเวลา (period) หรือ  $T$  จะเป็นตัวบอกช่วงเวลาความยาวของเวลาในรูปสัญญาณ โดยคาบเวลาขึ้นอยู่กับความถี่  $T = 1/f$
- ช่วงเวลาในการทำงาน ( $t_1$ ) จะเป็นตัวควบคุมให้มอเตอร์ทำงานโดยช่วงเวลานี้ ถ้าความยาวมากก็ จะทำให้มีพลังงานมาก ถ้าน้อยก็จะพลังงานน้อย
- ช่วงหยุดทำงาน ( $t_2$ ) ช่วงหยุดหรือช่วงที่มอเตอร์หยุดทำงาน  $t_2 = T - t_1$
- ดิวตี้ไซเคิล (duty cycle) จะเป็นตัวบอกปริมาณพลังงานที่เกิดขึ้นเมื่อเรานำสัญญาณ PWM ไป ควบคุมอุปกรณ์โดยมีค่า 0-100%

### 2.3.3 หลักการสร้างสัญญาณ PWM

PWM ย่อมาจาก Pulse Width Modulation ซึ่งคือ การปรับความกว้างของพัลส์โดยการนำเอาสองสัญญาณมาเปรียบเทียบกัน และ สองสัญญาณที่วานี้ก็คือสัญญาณ "สามเหลี่ยม" กับสัญญาณที่ต้องการปรับความกว้างของพัลส์ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเรานำสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงมาเปรียบเทียบกับสัญญาณสามเหลี่ยม เราก็จะได้สัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างคงที่นั่นเองดังรูปข้างล่างนี้



รูปที่ 2.8 หลักการการสร้างสัญญาณ PWM

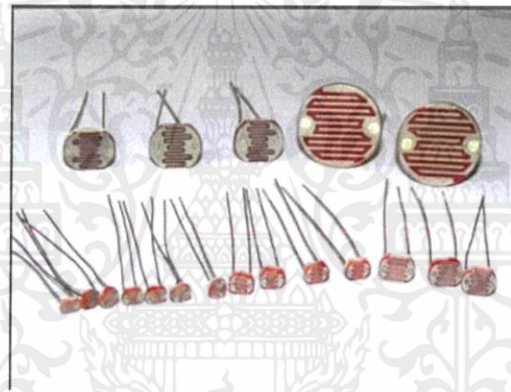
## 2.4 อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง

ออปโตคัปเปิลเลอร์ เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง หรือที่เรียกว่า “ออปโตคัปเปิลเลอร์” (Opto Coupler) หรือบางทีก็เรียก ว่าอุปกรณ์แยกสัญญาณทางแสง (Opto-Isolator) เป็น อุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการเชื่อมต่อทางแสง ทำงานโดยการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นแสงแล้วเปลี่ยน กลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามเดิม มี ไดโอดเปล่งแสงเป็นอินพุต และโฟโตทรานซิสเตอร์เป็นเอาต์พุตของ วงจร เมื่อมีกระแสไหลผ่าน แอลอีดี โดยมีตัวต้านทานเป็นตัวจำกัดกระแส แอลอีดี จะส่องแสงไปที่โฟโต ทรานซิสเตอร์ ทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์นำกระแสมีแรงดันเอาต์พุตตกคร่อมที่ ตัวต้านทาน ซึ่งจะเห็นได้ว่า เอาต์พุตของวงจรจะถูกควบคุมโดยอินพุต โดยทั้งอินพุตและเอาต์พุตแยกกันทางไฟฟ้าโดยสิ้นเชิง นิยมใช้ สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างสองวงจร และต้องการแยกกันทางไฟฟ้าโดยเด็ดขาด เพื่อป้องกันการ รบกวนกันทางไฟฟ้าระหว่างสองวงจร ภายในของอุปกรณ์ประเภทนี้ประกอบด้วยไดโอดเปล่งแสง (แอลอีดี) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่งแสง (Optical Transmitter) เช่น แสงอินฟราเรด (Infrared) และสำหรับตัวรับแสง (Optical Receiver) ซึ่งมักนิยมใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) เป็นตัวรับโดยจะถูกผลิตรวมอยู่ ในตัวถังเดียวกัน

## 2.5 เซนเซอร์รับแสง

เซนเซอร์แสงเป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนความเข้มแสงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อส่งสัญญาณให้กับส่วนควบคุมของเครื่องไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ทำงานต่าง ๆ เซนเซอร์แสงนั้นภายในจะประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แต่อุปกรณ์ที่สำคัญในการเปลี่ยนความเข้มแสงนั้นก็คืออุปกรณ์ที่มีชื่อว่า แอลดีอาร์

แอลดีอาร์ (LDR : Light Dependent Resistor) คือ ความต้านทานชนิดที่ไวต่อแสง กล่าวคือ ตัวความต้านทานนี้สามารถเปลี่ยนสภาพทางความนำไฟฟ้า ได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบ บางครั้งเรียกว่าโฟโตริซิสเตอร์ (Photo Resistor) หรือ โฟโตคอนดักเตอร์ (Photo Conductor) เป็นตัวต้านทานที่ทำมาจากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ประเภทแคดเมียมซัลไฟด์ ( Cds : Cadmium Sulfide) หรือแคดเมียมซีลีไนด์ ( CdSe : Cadmium Selenide) ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำ เอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบ ไข่ออกมา

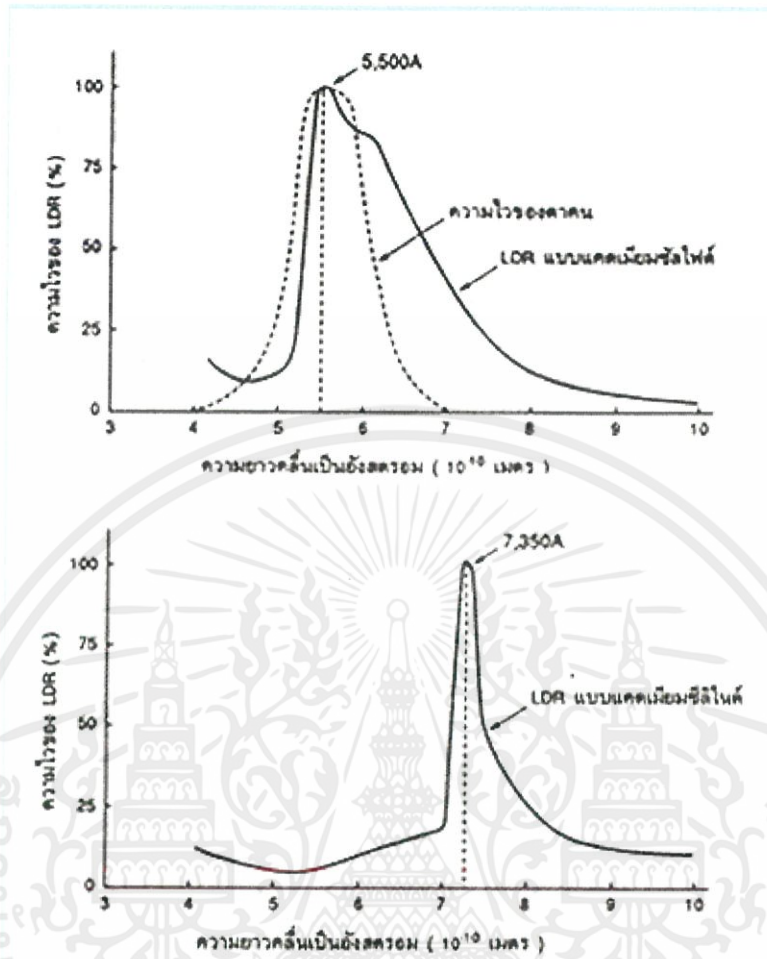


รูปที่ 2.9 ภาพแสดงลักษณะภายนอกของ แอลดีอาร์

รูปร่างของ แอลดีอาร์ ในรูป ส่วนที่ขดเป็นแนวเล็กๆสี ดำทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสง และ แนวสีดำ นั้นจะแบ่งพื้นที่ของตัวมันออกเป็น 2 ข้าง สีทองนั้น เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สัมผัส กับตัวต้านทานไวแสง เป็นที่สำหรับต่อขาออกมาภายนอก หรือ เรียกว่าอิเล็กโทรด ที่เหลือก็จะเป็นฐานเซรามิก และ อุปกรณ์ สำหรับห่อหุ้มมัน ซึ่งมีได้หลายแบบ

### 2.5.1 สมบัติทางแสง

การทำงานของ แอลดีอาร์ เพราะว่าเป็นสารกึ่งตัวนำ เวลาที่มีแสงตกกระทบลงไปก็จะถ่ายทอดพลังงานให้กับสาร ที่ฉาบอยู่ ทำให้เกิดโฮลกับอิเล็กตรอนวิ่งกันพล่าน. การที่มีโฮล กับอิเล็กตรอนอิสระนี้มากก็เท่ากับ ความต้านทานลดลงนั่นเอง ยิ่ง ความเข้มของแสงที่ตกกระทบมากเท่าไร ความต้านทานก็ยิ่งลดลงมากเท่านั้น

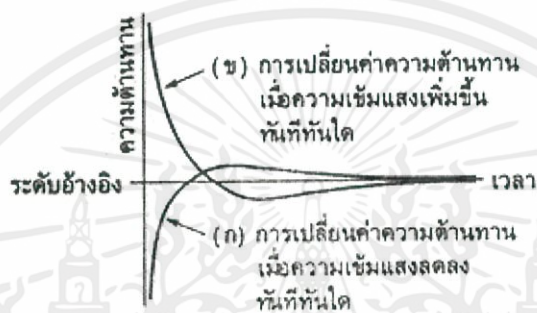


รูปที่ 2.10 ภาพแสดงคุณสมบัติทางแสงของ แอลดีอาร์

ในส่วนที่ว่าแสงตกกระทบนั้น มิใช่ว่าจะเป็นแสงอะไรก็ได้ เฉพาะแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 4,000 อังสตรอม ( 1 อังสตรอม เท่ากับ 10<sup>-10</sup> เมตร ) ถึงประมาณ 10,000 อังสตรอมเท่านั้นที่จะใช้ได้ ( สายตาคนจะเห็นได้ ในช่วงประมาณ 4,000 อังสตรอม ถึง 7,000 อังสตรอม ) ซึ่งคิดแล้วก็ยังเป็นช่วงคลื่นเพียงแคบ ๆ เมื่อเทียบกับการทำงานของอุปกรณ์ไวแสง ประเภทอื่น ๆ แต่ถึงอย่างไรแสงในช่วงคลื่นนี้ ก็มีอยู่ในแสงอาทิตย์ แสงจากหลอดไฟแบบไส้ และ แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ด้วย หรือ ถ้าจะคิดถึงความยาวคลื่น ที่ แอลดีอาร์ จะตอบสนองไวที่สุดแล้ว ก็มีอยู่หลาย ความยาวคลื่น โดยทั่วไป แอลดีอาร์ ที่ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์ จะไวต่อแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 5,000 กว่า อังสตรอม. ซึ่งเราจะเห็นเป็นสีเขียว ไปจนถึงสีเหลือง สำหรับ บางตัวแล้ว ความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของมันใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของตาคนมาก ( ตาคนไวต่อความ ยาวคลื่น ประมาณ 5,550 อังสตรอม ) จึงมักจะใช้ทำเป็นเครื่องวัดแสง ในกล้องถ่ายรูป ถ้า แอลดีอาร์ ทำจาก แคดเมียมซิลิไซด์ก็จะไวต่อ ความ ยาวคลื่นในช่วง 7,000 กว่า อังสตรอม ซึ่งไปอยู่ใน ช่วงอินฟราเรดแล้ว

## 2.5.2 ผลตอบสนองทางไฟฟ้า

อัตราส่วนระหว่างความต้านทานของ แอลดีอาร์ ในขณะที่ไม่มีแสง กับขณะที่มีแสง อาจจะเป็นได้ตั้งแต่ 100 เท่า 1,000 เท่า หรือ 10,000 เท่า แล้วแต่รุ่น แต่โดยทั่วไปแล้วค่าความต้านทานในขณะที่ไม่มีแสงจะอยู่ในช่วง ประมาณ 0.5 MW ขึ้นไป ในขณะที่มีแสงอาจขึ้นไปได้มากกว่า 2 MW และ ในขณะที่มีแสงจะเป็นประมาณ 10 - 20kW ลง ไป อาจจะเหลือเพียงไม่กี่โอห์ม หรือ ไม่ถึงโอห์มก็ได้. ทนแรงดันสูงสุดได้ไม่ต่ำกว่า 100 V และ กำลังสูญเสีย อย่างต่ำประมาณ 50



รูปที่ 2.11 ภาพแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ แอลดีอาร์

นอกเหนือจากลักษณะสมบัติต่างๆ เหล่านี้แล้วยังมีอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญ คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากความเข้มแสง เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ซึ่งจะดูตัวอย่างได้ในรูปที่ 3 ถ้า แอลดีอาร์ ได้รับแสงที่มีความเข้มสูงดังเส้น(ก) ความต้านทานจะมีค่า ต่ำ และ ในทันทีที่ความเข้มของแสงถูกลดลงเหลือเพียงระดับอ้างอิง ความต้านทานก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นไปจนถึงค่าความต้านทาน ที่มันควรจะเป็นในระดับอ้างอิง. แต่แทนที่มันจะไปหยุดอยู่ระดับอ้างอิง มันกลับ เพิ่มเลยขึ้นไปอีกแล้วจึงจะลดลงมาอยู่ในระดับ อ้างอิง เหมือนกับว่า เบรกมันไม่ค่อยดี และ ในทำนองเดียวกันถ้า เก็บมันไว้ในที่ความเข้มแสงน้อยๆ แล้วเปลี่ยนความเข้มเป็นระดับ อ้างอิงทันที ดังในรูป (ข) ความต้านทานก็จะลด เลยต่ำลงมาจากระดับอ้างอิงแล้วจึงขึ้นไปใหม่ ยิ่งความเข้มของแสงเท่ากัน แอลดีอาร์ แบบ แคดเมียมซีนิไนต์ จะใช้เวลา ในการเข้าสู่สภาวะที่มันควรจะเป็นน้อยกว่า แบบ แคดเมียมซัลไฟต์ แต่ก็วิ่งเลยไปไกลกว่าด้วย และ อีกอย่างหนึ่ง ความเร็วในการเปลี่ยนระดับความต้านทานจากค่าหนึ่งไปอีกค่าหนึ่งช้ามาก. ซึ่งจะอยู่ในช่วงของมิลลิวินาทีหรือ บาง ทีก็เป็นวินาที เลย จึงทำให้ แอลดีอาร์ ใช้ได้ กับงานความถี่ต่ำๆ เท่านั้น

## 2.6 ค่าความสว่าง

### 2.6.1 ความหมายของแสงสว่าง ความเข้มของแสงสว่าง

แสงสว่าง เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นประมาณ 380-780 นาโนเมตร ซึ่งเป็นระยะความยาวคลื่น ที่ตามองเห็นได้ การเปลี่ยนแปลงของความยาวคลื่นต่างๆ ทำให้มองเห็นเป็นสีต่างๆ ได้แก่ แสงสีม่วง 380-450 นาโนเมตร แสง สีน้ำเงิน 450-490 นาโนเมตร แสงสีเขียว 490-560 นาโนเมตร แสงสีเหลือง 560-590 นาโนเมตร แสงสีส้ม 590-630 นาโนเมตร แสงสีแดง 630-780 นาโนเมตร ความเข้มของแสงสว่าง หมายถึง ปริมาณแสงที่กระทบ ลงบนวัตถุต่อพื้นที่ มีหน่วยเป็นลักซ์หรือลูเมนต่อตารางเมตร โดยมี วิธีการคำนวณหาค่าความเข้มของแสงสว่างจากแหล่งกำเนิด ดังนี้

$$E = \frac{(LM \times N \times CU \times MF)}{A}$$

เมื่อ

E = ความเข้มของแสงสว่าง (ลักซ์)

LM = ปริมาณความสว่าง (ลูเมน) N = จำนวนหลอดไฟฟ้า

MF = Maintenance Factor

CU = สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์

A = พื้นที่ใช้สอย หน่วยเป็น ตารางเมตร

อย่างไรก็ตาม ความส่องสว่างที่เกิดขึ้นในพื้นที่ใดๆ ยังมี ปัจจัยที่ทำให้ค่าความสว่างลดลงจากแหล่งกำเนิด ได้แก่ ระยะห่างของแหล่งกำเนิดกับพื้นที่ตกกระทบ สีของห้องหรือเพดาน ลักษณะ ของโคมไฟ ดังนั้นต้อง มีการพิจารณาปัจจัยต่างๆ ให้ครอบคลุม ก่อนการเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงสว่าง

### 2.6.2 การจัดการความเข้มของแสงสว่างในการทำงาน

กฎกระทรวงแรงงาน กำหนดมาตรฐานในการบริหาร และจัดการด้านความปลอดภัย ชีวอนามัย และ สภาพแวดล้อม ในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549 กำหนดให้สถานประกอบการมี การจัดการให้สถานที่ทำงานมีความ เหมาะสม มีความปลอดภัยในการทำงาน ทั้งบริเวณทั่วไปในสถาน ประกอบการ บริเวณพื้นที่ใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตที่ลูกจ้าง ทำงาน บริเวณที่ลูกจ้างต้องทำงานโดยใช้ สายตามองเฉพาะจุด หรือต้องใช้สายตากับที่ในการทำงาน บริเวณรอบๆ สถานที่ ลูกจ้างต้องทำงานโดยใช้

สายตามองเฉพาะจุด บริเวณที่กำหนดดัง กล่าวต้องมีความเข้มของแสงสว่างไม่ต่ำกว่าที่กฎกระทรวงกำหนด แต่หากมีความเข้มของแสงสว่างมากจนทำให้เกิดความไม่สบายตา นายจ้างต้องใช้หรือจัดให้มีฉาก แผ่นฟิล์มกรองแสง หรือมาตรการ อื่นที่เหมาะสมและเพียงพอ เพื่อป้องกันมิให้แสงตรงหรือแสง สะท้อนจากแหล่งกำเนิดแสง หรือดวงอาทิตย์ที่มีแสงจ้าส่องเข้า นัยน์ตาลูกจ้างโดยตรงในขณะทำงาน ในกรณีที่ไม้อาจป้องกันได้ ต้องจัดให้ลูกจ้างสวมใส่ อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ตามที่กำหนดไว้เช่น แว่นตาลดแสงกระบังหน้าลดแสง ที่ทำด้วย วัสดุที่สามารถลดความจ้าของแสงลงให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็น อันตรายต่อสายตา

ประเภท อุตสาหกรรม	อาคาร/พื้นที่	ค่าเฉลี่ยความเข้ม แสงสว่าง (ลักซ์)
บริเวณพื้นที่ทั่วไป ของอาคาร	ทางเข้า	
	- บริเวณโต๊ะประชาสัมพันธ์ หรือโต๊ะคิดค่อลูกค้า	400
	- ป้ายโฆษณา	100
	พื้นที่สัญจร	
	- ทางเดินในพื้นที่สัญจรเบาบาง	20
	- ทางเดินในพื้นที่สัญจรหนาแน่น	50
	- บันได	50
	ห้องประชุม	
	งานธุรการ	300
	- ห้องถ่ายเอกสาร	300
- ห้องวิทยุ	100	
โรงอาหาร		
- พื้นที่ทั่วไป	200	
- บริเวณโต๊ะเก็บเงิน	300	

รูปที่ 2.12 ภาพแสดงค่ามาตรฐานค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงบริเวณทั่วไป

### 2.6.3 ผลกระทบที่เกิดจากแสงสว่างในการทำงาน

การจัดการความเข้มของแสงสว่างที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิด ผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน แสงสว่างที่น้อยหรือมากเกินไป หรือ แสงจ้า ทำให้กล้ามเนื้อตาทำงานมากเกินไป เกิดความเมื่อยล้า กล้ามเนื้อหนังตา กระตุก ปวดตา มีน้ตริขะนอนไม่หลับ ความสามารถในการมองเห็นลดลงเป็นผลให้เกิดอุบัติเหตุในการทำงาน

## 2.7 มอสเฟตกำลัง (POWER MOSFET)

ฟิลด์เอฟเฟคทรานซิสเตอร์หรือที่เรียกย่อ ๆ ว่า เฟ็ต ( FET) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ค่อนข้าง ใหม่สำหรับ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย ถ้าพูดถึงลักษณะการทำงานแล้วเฟ็ตเป็นสิ่งประดิษฐ์สาร กึ่งตัวนำชนิด ยูนิโพลาร์ ( Unipolar) แตกต่างจากทรานซิสเตอร์ที่เป็นชนิด ไบโพลาร์ ( Bipolar) ซึ่ง ทรานซิสเตอร์ที่เป็นชนิดไบโพลาร์ ทำงานได้โดยอาศัยการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ และโฮล เราจึง เรียกทรานซิสเตอร์นี้ว่าเป็นสิ่งประดิษฐ์ ขั้วไฟฟ้าสองขั้วหรือไบโพลาร์ ส่วนเฟ็ตจะทำงานโดยมีกระแสไหล เนื่องจากประจุเพียงชนิดเดียวเท่านั้น คือ

อิเล็กทรอนิกส์ หรือโฮล ดังนั้นจึงได้รับการขนานนามว่า เป็น สิ่งประดิษฐ์ใช้ไฟฟ้าเดียวหรือยูนิโพลาร์นั่นเอง และข้อแตกต่างที่สำคัญที่ทำให้ผิดแตกต่างจาก ทรานซิสเตอร์ก็คือ เฟตมีความต้านทานด้านอินพุตที่สูงมาก นั้นหมายความว่า การควบคุมขาเกตของเฟตใช้เพียงแต่ความต่างศักย์ โดยมันจะต้องการกระแสเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงทำให้การควบคุมขาเกตของ เฟตโดยเฉพาะวงจรถ่ายภาพ ทรานซิสเตอร์จะต้องการกระแสเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากลักษณะการควบคุมดังกล่าวทำให้เฟตมีลักษณะคล้ายหลอดสุญญากาศ ซึ่งควบคุมด้วยความ ต่าง ศักย์เพียงอย่างเดียว ในขณะที่ทรานซิสเตอร์จะต้องควบคุมด้วยกระแส จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ทำให้เฟตมีข้อ ดีกว่าทรานซิสเตอร์ในด้านการควบคุมทางด้านอินพุต และดีกว่าหลอดสุญญากาศในด้านขนาด และการสูญเสียใน ด้านความร้อน

### 2.7.1 การทำให้เพาเวอร์มอสเฟตนำกระแส

วงจรถ่ายภาพมอสเฟตจะต้องมีศักดาเกินค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่สามารถทำให้มอสเฟตเกิดการ นำกระแส ได้ (Threshold Voltage) และกระแสของวงจรถ่ายภาพจะมีเพียงเล็กน้อยแต่ก็ต้องเพียงพอที่จะ ชาร์จตัวเก็บประจุ อินพุตของมอสเฟต ( Input Capacitance) ได้ในช่วงเวลาที่ต้องการ

$$C_{ISS} = C_{GD} + C_{GS}$$

เมื่อ  $C_{ISS}$  = ค่าความจุไฟฟ้าอินพุตของมอสเฟต

$C_{GD}$  = ค่าความจุไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างขาเกตและเดรน

$C_{GS}$  = ค่าความจุไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างขาเกตและซอร์ส

ดังนั้นวงจรถ่ายภาพก็必须有เอาท์พุทอิมพีแดนซ์ต่ำพอที่จะรับพลังงานจากการคายประจุของตัวเก็บ ประจุ และทันกับความเร็วในการสวิตชิง

### 2.7.2 การทำให้เพาเวอร์มอสเฟตหยุดนำกระแส

เนื่องจากมอสเฟตเป็นสารกึ่งตัวนำประเภทเมเจอร์ิตี้แครเรียร์ ( Majority Carrier ) ถึงแม้จะไม่มี แรงดัน เกท-ซอร์ส มอสเฟตก็สามารถหยุดนำกระแสได้ เพราะเหมือนกับว่ามีค่าความต้านทานสูง มาก ระหว่างขาเดรนกับ ซอร์ส จึงเป็นการบล็อกกระแสไม่ให้ไหลได้ เวลาในการสวิตชิงหาได้จากช่วงเวลาใน การชาร์จแลดิสชาร์จของ อินพุตการาซิแตนท์ซึ่งค่าของอินพุตการาซิแตนท์นี้ใช้การพิจารณาจากสมการ

## 2.7.4 ข้อแตกต่างระหว่างมอสเฟตกำลังกับทรานซิสเตอร์กำลัง

- สำหรับมอสเฟต ค่ากระแสเดรน จะเปลี่ยนค่าตามแรงดันเกต-ซอร์ส
- ค่าความชันกราฟแสดงว่าค่าความต้านทานขณะทำงาน ( On-Resistance) มอสเฟตมีค่า มากกว่า ทรานซิสเตอร์
- ย่านแอคทีฟของไบโพลาร์จะมีความชันมากกว่าของมอสเฟต ซึ่งจะทำให้มอสเฟตกำลังเป็น แหล่งจ่าย กระแสที่คงที่ ( Constant Current Source ) ได้ดีกว่าพวกไบโพลาร์
- ตัวที่จำกัดกระแสเดรนของมอสเฟต ขึ้นอยู่กับจุดพินช์ออฟ (Pinch Off)

## 2.7.5 ชนิดและประเภทของเฟต

เฟตสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภทคือ

- ฟิวด์เอฟเฟคทรานซิสเตอร์ชนิดมีหัวต่อ P-N ( Junction Field Effect Transistor ) หรือที่ เรียกว่า (JFET) แต่โดยทั่วไปเราจะเรียกว่า เฟต แทนได้
- ฟิวด์เอฟเฟคทรานซิสเตอร์ที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำที่เคลือบด้วยฉนวนบางส่วนด้วยโลหะ ออกไซด์ (Metal Oxide Semiconductor Field Effect) ซึ่งมีชื่อย่อๆว่า มอสเฟต ในบางครั้งเราจะเรียก ฟิวด์เอฟเฟค ทรานซิสเตอร์แบบนี้ว่า ฟิวด์เอฟเฟคทรานซิสเตอร์ที่เกทมีฉนวนกัน

เฟตสามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ 2 ประเภทคือ

- เอ็นแชนเนลเฟต (N-Channel FET) การไดร์ฟ โดยจะมีการป้อนศักดาไฟฟ้าเข้าระหว่างขา เกท-ซอร์ส โดยขาเกตจะมีศักดาเป็นลบเมื่อเทียบกับขาซอร์ส และศักดาเป็นลบที่ขาเดรน เมื่อเทียบกับขา ซอร์ส
- พีแชนเนลเฟต ( P-channel FET) โดยจะมีการป้อนศักดาไฟฟ้าเข้าระหว่างขา เกท-ซอร์ส โดยขาเกต จะมีศักดาเป็นลบเมื่อเทียบกับขาซอร์ส และศักดาเป็นลบที่ขาเดรน เมื่อเทียบกับขาซอร์ส

## 2.7.6 ลักษณะโครงสร้างและการทำงานของฟิวด์เอฟเฟคทรานซิสเตอร์ชนิดมีตัวต่อ

โครงสร้างของเฟตชนิดนี้เริ่มจากการนำเอาแท่งของสารกึ่งตัวนำมาสกัดเป็นตัวเฟตแท่งสารกึ่ง ตัวนำนี้จะ มีคุณสมบัติเหมือนเป็นตัวต้านทานตัวหนึ่ง โดยมีปลายข้างหนึ่งต่อเป็นขั้วเรียกว่า ซอร์ส(Source) ส่วนอีกปลายข้าง

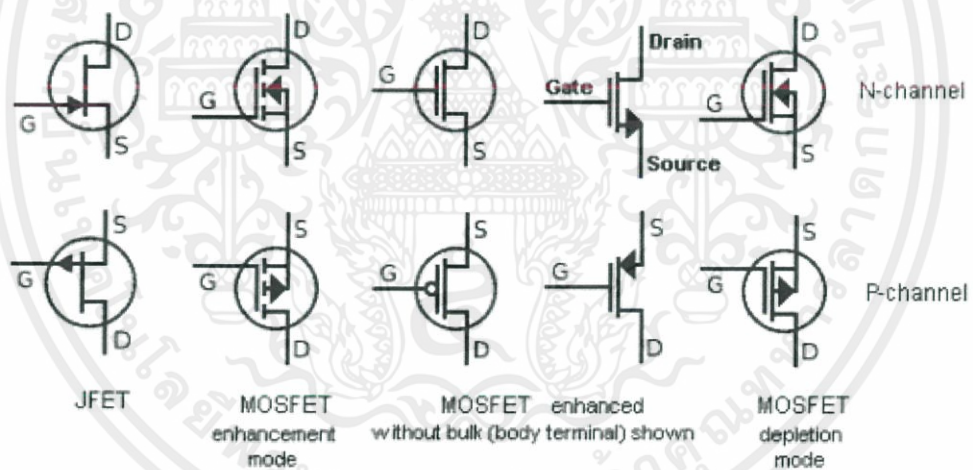
หนึ่งเรียกว่า เดรน (Drain) และสิ่งหนึ่งที่ทำให้เข้าใจการทำงานของมันดีขึ้นคือ กระแสที่ไหลผ่านแท่งสารนี้จะเป็น กระแสโฮล (ในกรณีที่เป็นสารชนิดพี) หรือกระแสอิเล็กตรอน (ในกรณีที่เป็นสารชนิดเอ็น) เท่านั้น แท่งสารกึ่งตัวนำจะนำกระแสได้เหมือนเป็นตัวต้านทานตัวหนึ่ง การไหลของ กระแสนี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนของอิเล็กตรอนอิสระ (ในกรณีที่เป็นสารชนิดเอ็น) หรือโฮล (ในกรณีที่เป็นสาร ชนิดพี) กระแสนี้จะลดน้อยลงถ้าให้ช่องว่างหรือช่องทางไหลของกระแสลดลง

เมื่อเพิ่มขนาดความกว้างเกทให้แท่งสารกึ่งตัวนำซึ่งทำมาจากสารชนิดพี จะทำให้เกิดเป็นช่องว่าง ระหว่างรอยต่อพีเอ็น ดังนั้นกระแสจะต้องไหลผ่านช่องว่างนี้และถ้าเราสามารถควบคุมให้ขนาดของ ช่องนี้เพิ่มขึ้นหรือลดลง ก็จะทำให้ค่าความต้านทานระหว่างปลายทั้งสองข้างแท่งสารเกิดการเปลี่ยนแปลง การนำเอาสารชนิดพีและเอ็นมาต่อให้เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อดีพลีชัน (Depletion Region) และถ้าเราทำให้การไบแอสกลับระหว่างรอยต่อนี้ ช่วงรอยต่อดีพลีชันจะยิ่งมีค่ามากขึ้นรอยต่อดีพลีชัน จะทำให้ช่องทางการไหลของกระแสน้อยลง ครั้นถ้าให้รอยต่อนี้ถูกไบแอสกลับมากขึ้น ก็จะทำให้บริเวณดี พลีชันมีค่ากว้างขึ้น เป็นผลทำให้ช่องทางกระแสแคบลง การที่เราจะทำการไบแอสกลับที่รอยต่อนี้ทำได้ โดยการให้แรงดันระหว่างซอร์สและเกท(เกททั้งสองด้านจะต่อถึงกัน) กระแสอิเล็กตรอนซึ่งแต่เดิมไหลจาก ซอร์สไปยังเดรนจะมีค่าลดลง ตรงบริเวณช่องทางของกระแสจะแคบลงมากตรงส่วนทางด้านซอร์ส เนื่องจากระหว่างเดรนกับเกทจะถูกไบแอสกลับด้วยแรงดันที่มีค่ามากกว่าระหว่างเกทกับซอร์สจะได้รับ การไบแอสกลับ ซึ่งผิดกับทรานซิสเตอร์ทั่วไปคือ ที่รอยต่อระหว่างเกทกับซอร์สจะได้รับการไบแอสตรง ดังนั้นความต้านทานระหว่างเกทกับซอร์สจึงมีค่าสูงมาก ซึ่งมีค่าสูงมากกว่าค่าความต้านทานระหว่างเบส กับอีมิเตอร์หลายสิบเท่า โดยปกติเมื่อนำเฟ็ดไปใช้งานค่าความต้านทานระหว่างเบสกับซอร์สซึ่งอยู่ใน ลักษณะไบแอสกลับมีค่าสูงเป็นเมกะโอห์มและจะเป็นค่าความต้านทานอินพุทของวงจร ซึ่งเสมือนกับว่า ไม่มีกระแสไหลเข้าทางเกทได้ ดังนั้นเราจึงได้กล่าวได้ว่าเฟ็ดเป็นสิ่งประดิษฐ์กึ่งตัวนำที่ทำงานได้ด้วยกรให้ แรงดันควบคุมการไหลของกระแสเฟ็ดมีสองชนิดเช่นเดียวกับทรานซิสเตอร์ โดยแบ่งออกเป็นชนิดเอ็นแซนแนล และชนิดพี แซนแนล เฟ็ดชนิดหัวต่อพีเอ็นได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้นเรื่อยๆ จนปัจจุบันนี้ โครงสร้างที่ใช้ทำเฟ็ดชนิดนี้ทำได้โดยการนำแผ่นสารกึ่งตัวนำที่เรียกว่า ซับสเตรท (Substrate) เป็น หลักแล้วทำการแพร่สารเจือปนเพื่อทำให้เกิดเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็น

### 2.7.7 ลักษณะโครงสร้างและการทำงานของฟิลด์เอฟเฟคทรานซิสเตอร์ชนิดที่เกทมีฉนวนกัน (Insulated Gate Field Effect Transistor)

เป็นเฟ็ดอีกแบบหนึ่งที่มีผู้นิยมใช้กันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวงจรอิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่ เฟ็ด ชนิดนี้จะใช้โลหะออกไซด์มาเคลือบที่ผิวส่วนบนโดยได้เข้ามามีบทบาทแทนที่วงจรไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ ในรูปของไอซีในบางครั้งจะมีการเรียกสิ่งประดิษฐ์ชนิดนี้ว่า มอสเฟ็ดลักษณะที่ทำให้เฟ็ดชนิดนี้เป็นที่รู้จักกัน แพร่หลายอย่างรวดเร็ว

คือ คุณสมบัติในเรื่องความต้านทานสูงมาก เหมือนกับหลอดสุญญากาศจะเห็นว่ามอสเฟตแตกต่างกับเฟตชนิดหัวต่อพีเอ็นตรงบริเวณชั้นเกต ซึ่งมีขนาดกึ่งกลาง โดยไม่ให้ขั้วเกตแตะกับสารกึ่งตัวนำ แต่การทำงานของมอสเฟตจะยังคงเหมือนกับเฟตชนิดหัวต่อคือการใช้ สนามไฟฟ้านั้นเอง เมื่อขั้วเกต ได้รับการไบแอสกลับจะเป็นผลทำให้รอยต่อที่เรียกว่าดีพลีชันชั้นที่ส่วนของ เนื้อสารเอ็นมีประจุบวกด้วยการเหนี่ยวนำทำให้รอยต่อของเนื้อสารเอ็นที่มีอยู่แล้วมีขนาดลดลงเป็นผลทำให้การไหลของกระแสลดลง และทำให้สนามไฟฟ้าคร่อมโลหะออกไซด์สูงขึ้น จะทำให้รอยต่อดีพลีชัน มากขึ้น ทำให้กระแสไหลผ่านช่องได้น้อยลงเมื่อให้แรงดันระหว่าง เทรนและซอร์สมีค่าสูงขึ้น จำนวนพาหะ อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่จากซอร์สไปยังเทรนก็จะมีค่าสูงขึ้นตามด้วย สำหรับกรณีชนิดเอ็นฮานซ์โหมดนั้น แตกต่างจากชนิดดีพลีชัน เพราะโครงสร้างตรงบริเวณระหว่างเทรนกับซอร์สจะเป็นชนิดสารกึ่งตัวนำ ชนิดตรงข้าม การทำงานจะทำได้เมื่อขั้วเกตมีศักดาเป็นบวก เมื่อเทียบกับขั้วสเตรท ครึ่งเมื่อเกตมีศักดา เป็นบวกมันจะเหนี่ยวนำให้เนื้อสารพีตรงข้ามเกตมีประจุลบ เป็นสะพานให้กระแสอิเล็กตรอนไหลได้ ถ้า ให้เกตมีค่าเป็นบวกมาก ก็จะทำให้เกิดช่องมากนั่นเองส่วนของฉนวนที่กั้นที่บริเวณเกต เป็นสารจำพวกออกไซด์ของซิลิกอน โดยปกติส่วนของ สัปสเตรทจะต่อถึงกับซอร์สหรือมีฉนวนนั้นจะต่อกับกราวด์ ส่วนของประจุบวกจะเกิดขึ้น และจะเหนี่ยวนำ ทำให้เกิดประจุลบซึ่งทำให้เกิดช่องทางกระแสได้



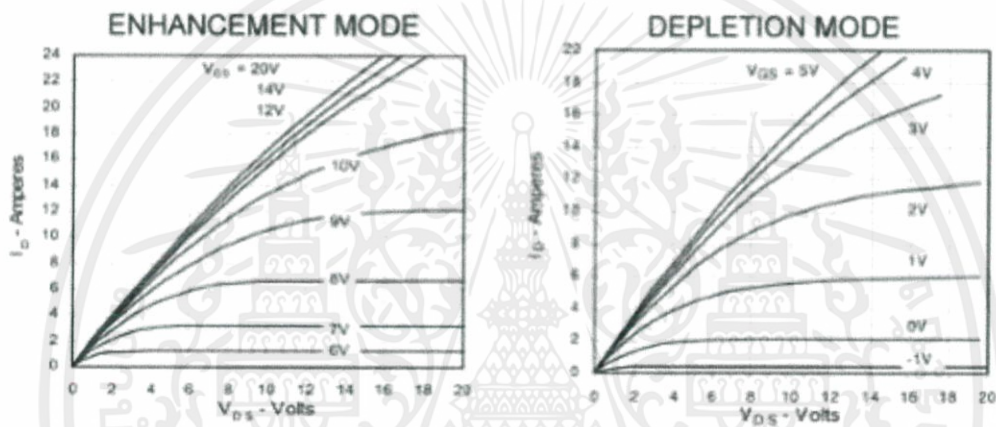
รูปที่ 2.13 ภาพแสดงสัญลักษณ์ของมอสเฟตและเจเฟต

### 2.7.8 การทำงานแบบดีพลีชันโหมด

การทำงานของเฟตโหมดนี้คือ ในสภาวะปกติตัวเฟตจะนำกระแส ถ้าไม่ให้ไบแอสศักดาไฟฟ้าที่ ป้อนเข้าระหว่างขาเกตและซอร์ส ซึ่งการนำกระแสในขณะที่ยังไม่มีไบแอสเฟตจะทำให้เหมือนไอโอดคือ จะยอมให้กระแสไหลในทิศทางเดียวเท่านั้น เมื่อป้อนไบแอสที่ขาเกตจะทำให้การนำกระแสของเฟตลดลง และจะลดลงมากหรือน้อย ขึ้นกับขนาดของแรงดันที่ไบแอสตัวเฟตอยู่

### 2.7.9 การทำงานแบบเอนฮานซ์เมนต์โหมด

ลักษณะการทำงานของเฟตแบบ เอนฮานซ์เมนต์ นี้ลักษณะการทำงานจะเหมือนกับ ทรานซิสเตอร์คือ ในสภาวะปกติจะไม่นำกระแส เมื่อมีไบแอสแรงดันไฟฟ้า เกท-ซอร์ส จึงจะเริ่มนำกระแสส่วนแรงดันที่ใช้จะเป็นบวกหรือลบขึ้นอยู่กับว่าเฟตนั้นเป็นแบบเอ็นแซนแนล หรือพีแซนแนล ถ้าเป็นแบบ เอ็นแซนแนล แรงดันที่ใช้จะเป็นบวก ถ้าเป็นพีแซนแนล แรงดันที่ใช้จะเป็นลบ ตัวอย่างความสัมพันธ์ ระหว่างแรงดันไฟฟ้าเดรน-ซอร์สและกระแสเดรนของการทำงานของเฟตทั้งแบบ ดีพลีชันโหมด เอน ฮานซ์เมนต์โหมดแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.14 ภาพแสดงกราฟการทำงานระหว่าง enhancement mode กับ depletion mode

### 2.7.10 มอสเฟตชนิดเอ็นแซนแนลแบบเอนฮานซ์เมนต์โหมด

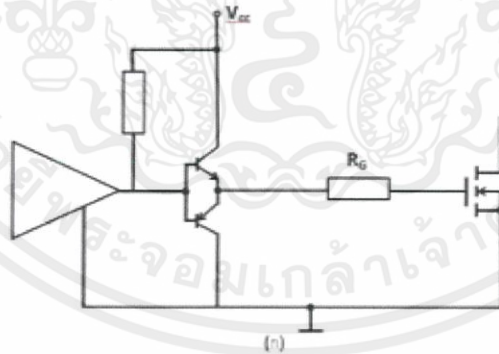
ลักษณะโครงสร้าง และการไบแอสสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้คือ สภาวะปกติที่ไม่มีการ ไบแอสที่แซนแนลของเฟตตรงส่วนที่ติดกับออกไซด์จะไม่มีอิเล็กตรอนอิสระอยู่เลย หรือถ้ามีก็น้อย มาก ในสภาวะนี้เฟตจะไม่สามารถนำกระแสได้ แต่เมื่อมีการไบแอสที่เป็นบวกให้ที่ขาเกตของมอสเฟต ศักย์ไฟฟ้าที่เป็นบวกจะดึงเอาอิเล็กตรอนมาที่แซนแนลตรงส่วนที่ใกล้กับออกไซด์ ในสภาวะเช่นนี้เฟตจะ สามารถนำกระแสได้เมื่อมีการป้อนแรงดันขาเดรนและซอร์ส

การทำงานของมอสเฟต จะเห็นว่าที่เกต และซอร์ส เหมือนมีตัวเก็บประจุอยู่ เมื่อมีการป้อนศักดา คร่อมขาเกต และซอร์สก็จะเป็นการชาร์จตัวเก็บประจุ ดังนั้นความเร็วในการสวิตซ์ของมอสเฟตจึงขึ้นกับค่าความจุไฟฟ้า กล่าวคือถ้าค่าความจุไฟฟ้านี้มีค่ามาก ก็จะทำให้การสวิตซ์ช้า แต่โดยปกติแล้ว ค่าความจุไฟฟ้านี้จะมีค่า

น้อยมาก อยู่ในระดับ พิโคฟารัด (pF) จึงทำให้เฟ็ดตอบสนองความถี่ได้สูงมาก การที่เฟ็ดสามารถตอบสนองความถี่ได้สูงมากนี้ เป็นข้อได้เปรียบอย่างหนึ่งของเฟ็ดที่มีต่ออุปกรณ์สวิตซิ่ง อื่นๆ

## 2.8 วงจรขับเกต (Gate Driver)

การขับเกตจากที่พิจารณาลักษณะสมบัติในการเป็นสวิตซ์อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเดรน-ซอส และกระแสเดรน นั้นเกี่ยวข้องกับกระแสเกตที่เป็นผลเกี่ยวเนื่องกับความเร็วของการเก็บและคายประจุของตัวเก็บประจุ ระหว่างขาเกตและซอร์สของมอสเฟ็ด ดังนั้นการออกแบบวงจรควบคุมเวลาการสวิตซ์มอสเฟ็ด จึงเป็นการควบคุมแหล่งจ่ายกระแสด้วยวงจรขับเกต ข้อดีของความเร็วการสวิตซ์ที่สูงเป็นการลดกำลังการสูญเสีย ตลอดจนการลดเวลาการเปลี่ยนสภาวะสวิตซ์ ซึ่งมีผลกับการประยุกต์ใช้งานที่ความถี่สูง แต่ข้อเสียของ ความเร็วการสวิตซ์ที่สูงๆ จะมีผลเสียดต่อสัญญาณแทรกบวกรบกวนสูงการเพิ่มขึ้นของปัญหากระแสวิกย้อนกลับที่ ผ่านพรีวิลลิ่งไดโอด และการเกิดแรงดันเกินที่เกิดจากตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะลดลงที่ความเร็วการ สวิตซ์ต่ำ มอสเฟ็ดมักถูกเลือกใช้งาน ความถี่การเป็นสวิตซ์สูงที่ต้องการในงานด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง เพราะเป็นอุปกรณ์ที่มีความสามารถสวิตซ์ดีกว่า อุปกรณ์ประเภทอื่นๆ ในการประยุกต์ใช้งานที่ความถี่สูง มอสเฟ็ดนั้นต้องการกระแสเกตที่มากพอในขนาดประมาณ 1 แอมแปร์ หรือมากกว่าเพื่อจะให้ความเร็วในการสวิตซ์สูงสัญญาณที่ควบคุมมอสเฟ็ดนั้นโดยปกติจะถูกส่งจาก วงจรลอจิกเกตที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ ประเภทไอซีหรือไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นต้น สัญญาณที่ได้จากวงจรลอจิก นั้นปกติจะไม่สามารถขับ มอสเฟ็ดได้โดยตรง เพราะจะต้องคำนึงถึงค่าของกระแสเกตและขนาดทั้งการไหลออก และเข้าที่ขาเกต



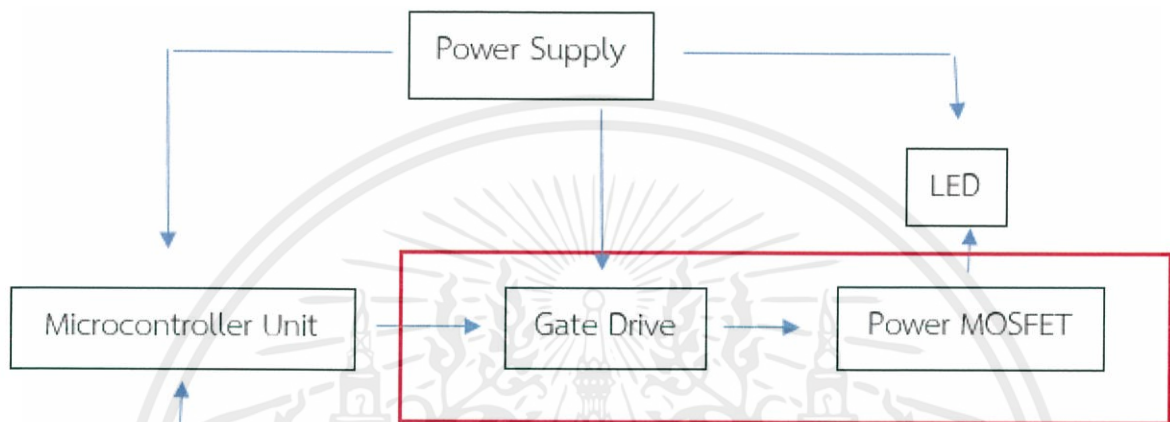
รูปที่ 2.15 ภาพแสดงวงจรขับเกตอย่างง่าย

จากรูปเป็นการปรับปรุงวงจร โดยการเพิ่มทรานซิสเตอร์คู่อีเอ็นพี และ เอ็นพีเอ็น ซึ่งจะพบว่าสามารถอัดประจุและคายประจุที่เกตและซอร์สได้อย่างรวดเร็ว

## บทที่ 3

### การคำนวณและการออกแบบ

#### 3.1 การทำงานของวงจรโดยรวม



รูปที่ 3.1 ภาพแสดงภาพรวมของการทำงาน

#### 3.2 ส่วนประกอบหลักของวงจร

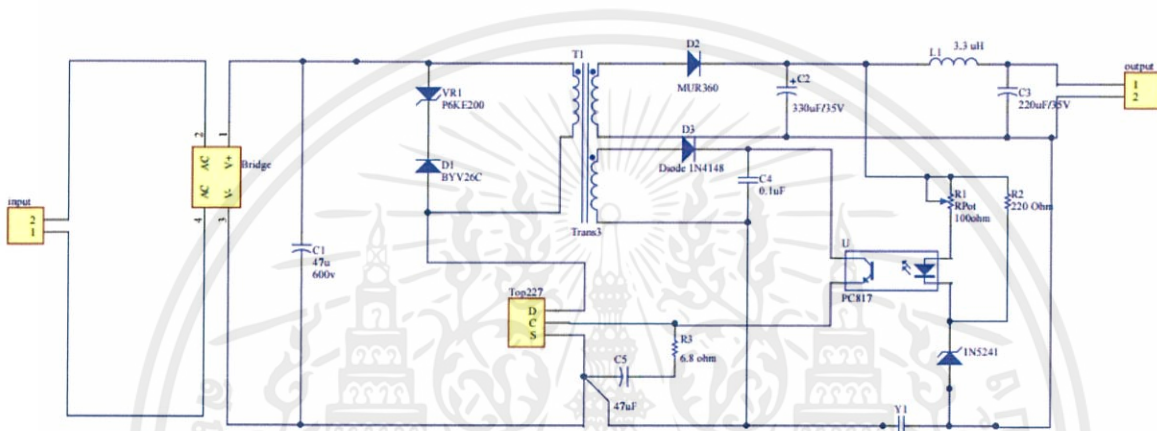
แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

- ส่วนของ พาวเวอร์ซัพพลาย ทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับส่วนต่างๆทั้งหมดของวงจร ซึ่งมี Output เท่ากับ 12 สำหรับวงจร ชับเกต และ หลอด แอลอีดี
- ส่วนของวงจร ชับเกต ทำหน้าที่ควบคุมการเปิด-ปิด ของมอสเฟตให้มีประสิทธิภาพ
- ส่วนของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ประมวลผลการทำงานของวงจร ควบคุมตัวดิไซเคิลค่าต่างๆ

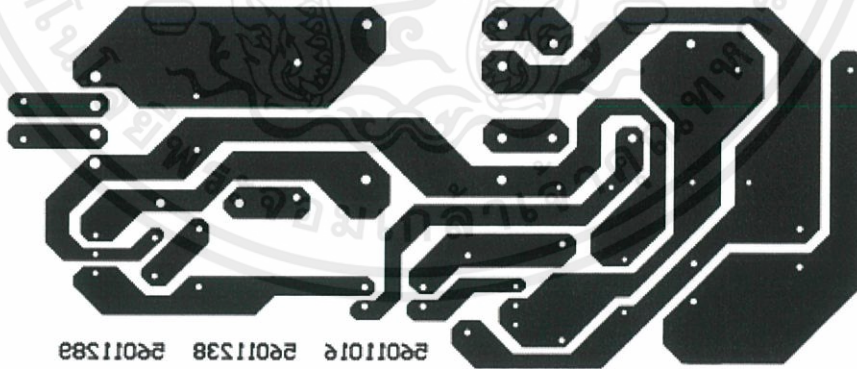
### 3.3 การออกแบบวงจรพาวเวอร์ซัพพลายแบบออฟไลน์สวิตชิง

ประกอบด้วย

- ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแส วงจรจ่ายกำลังโหมดกระแสแบบออฟไลน์และวงจร กรองสัญญาณภาคแรงดันขาออก
- ไอซีเบอร์ TOP 227 ในการจ่ายกำลังและกระแสมีค่าความถี่สวิตชิง 100 kHz



รูปที่ 3.2 ภาพแสดงSchematic ของวงจรพาวเวอร์ซัพพลายแบบออฟไลน์สวิตชิง



รูปที่ 3.3 ภาพแสดงลาย PCB ของวงจรพาวเวอร์ซัพพลายแบบออฟไลน์สวิตชิง

### 3.3.1 หม้อแปลงสวิตชิง

กำหนดความถี่สวิตช์ ( $f$ ) = 100 kHz,  $V_{CEO} = 700V$ ,  $V_{CE(sat)} = 69mV$ ,  $V_o = 12 V$ ,  $V_D = 0.7V$ ,  
 $V_{in(max)} = 350V$ ,  $V_{in(min)} = 312V$

1) คำนวณคาบเวลาการทำงาน

จาก 
$$T = \frac{1}{f}$$

$$= \frac{1}{100 \times 10^3}$$

$$= 1 \times 10^{-5} \text{ s}$$

2) กำหนดค่าอัตราส่วนจำนวนรอบ  $\frac{N_p}{N_s}$  สูงสุดและคำนวณค่าช่วงเวลานำกระแสสูงสุดของ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์  $t_{ON(max)}$

การกำหนดอัตราส่วนจำนวนรอบ  $\frac{N_p}{N_s}$  ควรกำหนดอัตราส่วนดังนี้เพื่อป้องกันการเสียหายของตัววงจรรวมที่จะนำมาใช้

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

$V_{CEO}$  คือค่าอัตราทนแรงดันได้สูงสุดของวงจรรวมที่ใช้

$V_{spike}$  คือค่าแรงดันสไปค์ที่เกิดขึ้นขณะวงจรรวมเริ่มหยุดนำกระแสจะมีค่าประมาณ  $0.3V_{in}$

$V_{in(max)}$  คือแรงดันอินพุตควรกำหนดค่าสูงๆ เพื่อความปลอดภัยในขณะวงจรรวมทำงาน

จะได้

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

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

3) คำนวณ  $t_{ON(max)}$

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

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

4) คำนวณจำนวนรอบ  $N_p$

$$N_p = \frac{(V_{in(min)} - V_{ce(sat)}) \times t_{on} \times 10^8}{\Delta B_{max} \times A_e}$$

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

$$N_p = 60.32 \text{ รอบ}$$

5) คำนวณจำนวนรอบ  $N_s$

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

$$N_s = 3.12 \text{ รอบ}$$

### 3.3.2 การเลือกบริดจ์ไดโอด

เนื่องจากแรงดันขาเข้าของวงจรเรียงกระแสมีค่าประมาณ 310 โวลต์ เพื่อความปลอดภัยจึงเลือกอุปกรณ์บริดจ์ KBP 305G โดยมีแรงดันย้อนกลับที่สามารถทนได้สูงสุด เท่ากับ 600 โวลต์

### 3.3.3 การออกแบบวงจรกรองสัญญาณกระเพื่อม (Ripple filter)

การหาความสัมพันธ์ของ  $V_{in}$  กับ  $I_{in}$

กำหนดให้  $\eta = 90\%$

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

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

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

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

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

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

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

จากการคำนวณเลือกใช้  $C = 47 \mu\text{F}$  400 V

### 3.4 การออกแบบวงจร ขับเกต

#### 3.4.1 การคำนวณค่าตัวต้านทานจำกัดกระแสของซีเนอร์ไดโอด

ซีเนอร์ไดโอด 12 V 1 W,  $I_{zt}=21 \text{ mA}$

$$\begin{aligned} R &= \frac{V_{in} - V_{out}}{I_{zt}} \\ &= \frac{15 - 12}{21 \times 10^{-3}} \\ &= 142.857 \Omega \end{aligned}$$

เลือกใช้ค่า R ที่เหมาะสม 150  $\Omega$

#### 3.4.2 การเลือกคู่ทรานซิสเตอร์

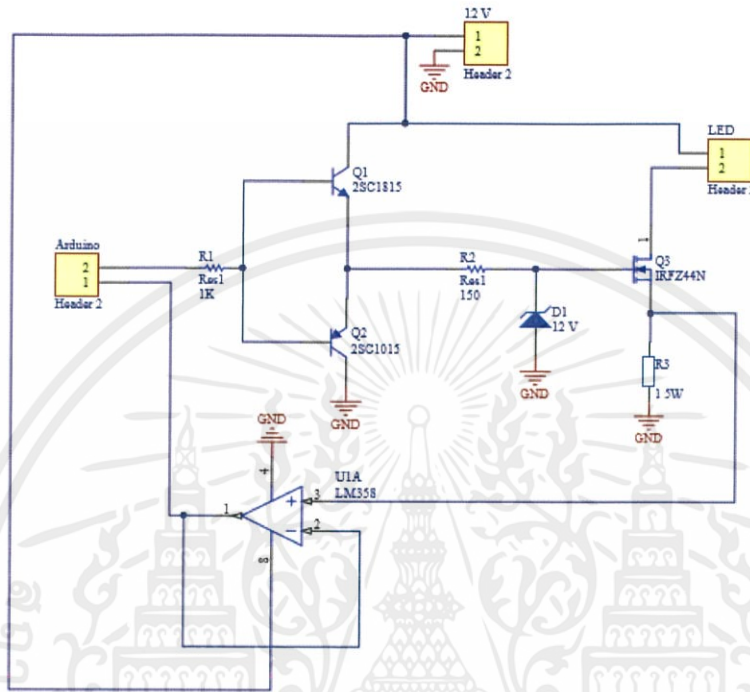
- ในวงจรใช้ทรานซิสเตอร์ แบบ เอ็นพีเอ็น เบอร์ 2SC1815 และ พีเอ็นพี เบอร์ 2SA1015 ทำหน้าที่อัดและคาย ประจุที่เกิดและซอร์สของมอสเฟตได้อย่างรวดเร็ว โดยจะสลับกันทำงานเมื่อ  $V_{in} = 8 \text{ V}$  ทรานซิสเตอร์ เอ็นพีเอ็น เบอร์ 2SC1815 จะทำงานและมอสเฟตก็จะนำกระแส และเมื่อ  $V_{in} = 0 \text{ V}$  ทรานซิสเตอร์ พีเอ็นพี เบอร์ 2SA1015 จะทำงานในการดึงประจุออกจากมอสเฟตทำให้มอสเฟตไม่นำกระแส

#### 3.4.3 การเลือกใช้มอสเฟต

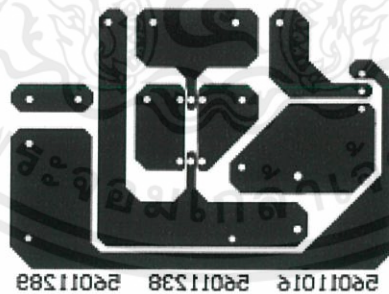
- มอสเฟตได้เลือกใช้ เบอร์ IRFZ44N มี  $V_{DS} = 55 \text{ V}$  และ  $I_D = 49 \text{ A}$  โดยเริ่มทำงานที่  $V_{GS}$  มากกว่าแรงดันขีดเริ่ม เท่ากับ 2 V และได้สูงสุดไม่เกิน 20 V ในวงจรจึงมีการใส่ซีเนอร์ไดโอด 12 V ไว้ป้องกัน แรงดันที่  $V_{GS}$  อาจเกินได้

### 3.4.4 การป้องกันกระแสเกิน

- ในวงจรใช้ออปแอมป์เบอร์ LM358 เป็นตัวจำกัดกระแสโดยการจ่ายย้อนกลับไปที่อูดุโน้



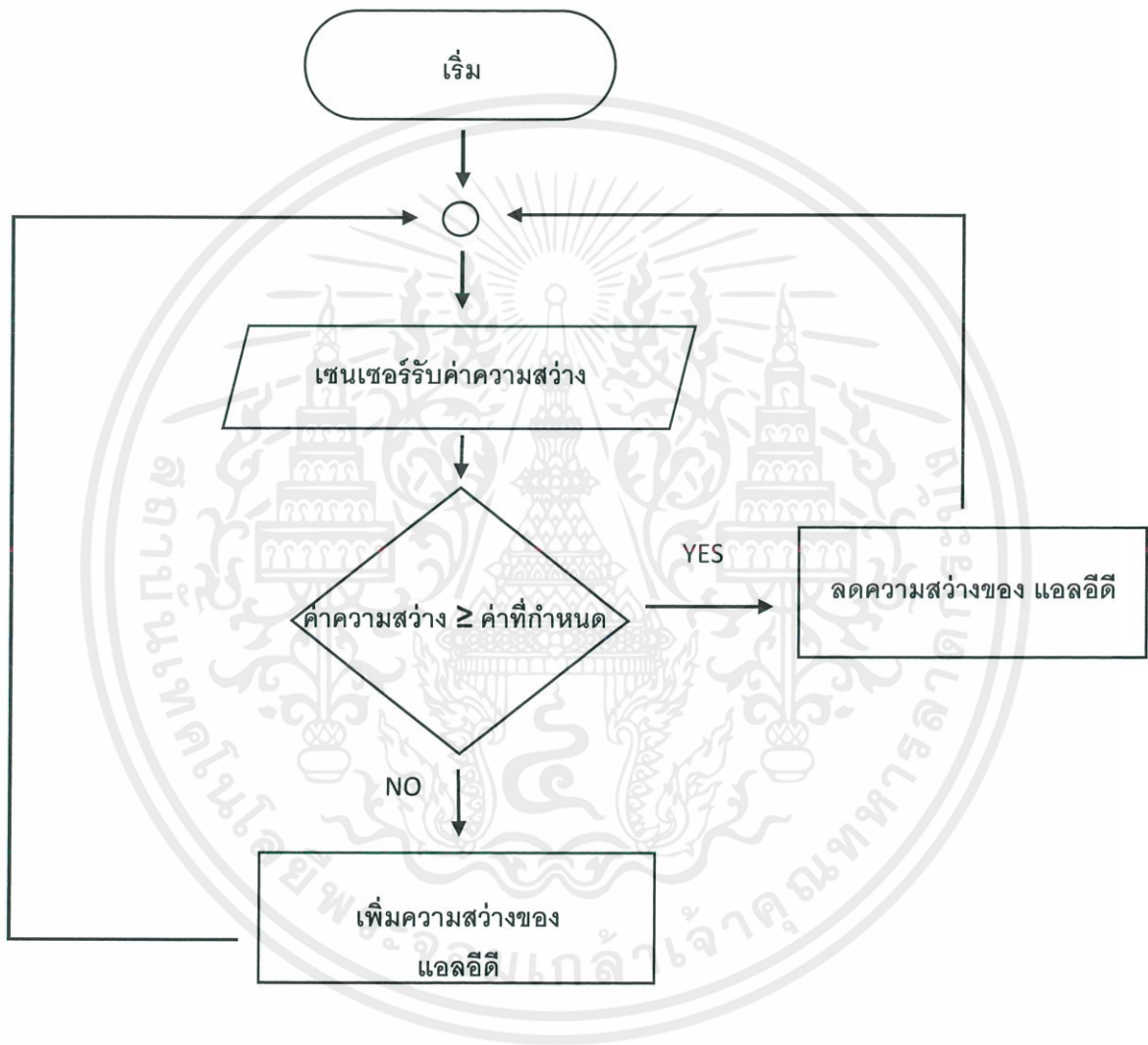
รูปที่ 3.4 ภาพแสดงSchematic ของวงจรขั้บเกต



รูปที่ 3.5 ภาพแสดงลาย PCB ของวงจรขั้บเกต

### 3.5การออกแบบในส่วน Controller

ในการเลือกใช้คอนโทรลเลอร์เราได้เลือกใช้ช็อดูโน (UNO R3) เนื่องจากคอนโทรลเลอร์ตัวนี้มี พอร์ตในการส่งรับข้อมูลและมีอินพุตมีเอาต์พุตมาก และสามารถสร้างสัญญาณ PWM ได้ซึ่งสัญญาณ PWM นี้สามารถนำไปใช้ในการปรับวัตต์ให้เคิลรวมไปถึงความถี่ที่จะแสดงผลที่หลอด แอลอีดี ได้ซึ่งมีผล ต่อความส่องสว่างของหลอด แอลอีดี



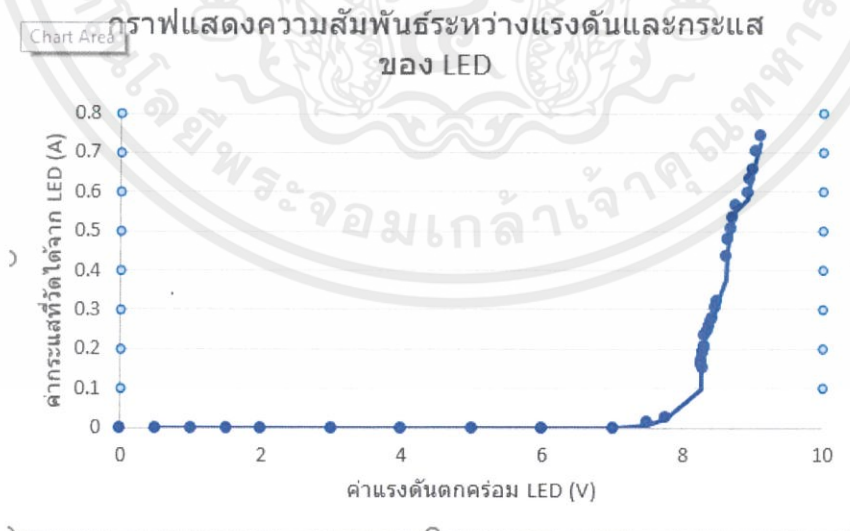
รูปที่ 3.6 ภาพแสดง flow chart ของการทำงานของ controller

## บทที่ 4

### วิธีการทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 การวัดค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแอลอีดี ที่ค่าแรงดันต่างๆ

V(Volt)	I(mA)	V(Volt)	I(mA)
0	0	8.3	0.204
0.5	0	8.31	0.207
1	0	8.31	0.236
1.5	0	8.34	0.247
2	0	8.37	0.258
3	0	8.39	0.269
4	0	8.41	0.28
5	0	8.45	0.307
6	0	8.47	0.321
7	0	8.62	0.436
7.5	0.016	8.64	0.479
7.75	0.028	8.67	0.508
8.26	0.165	8.7	0.535
8.27	0.16	8.74	0.567
8.27	0.172	8.91	0.598
8.28	0.152	8.95	0.632
8.28	0.19	8.99	0.658
8.29	0.193	9.04	0.704



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสของ แอลอีดี

#### 4.2 Load Regulation ของวงจรจ่ายแรงดัน 12 v

ทำการทดลองโดยใช้ Active Load ในการดิ่งกระแส

$$V_{(in)} = 12.49 \text{ V}$$

$V_{(out)}$	$I_{(out)}$
12.49	0.002
11.78	0.504
11.67	1.070
11.54	1.599
11.48	2.039

ตารางที่ 4.1 แสดงผล Load Regulation



รูปที่ 4.2 แสดงผลจากการดิ่งกระแส 0 A



รูปที่ 4.3 แสดงผลจากการดิ่งกระแส 0.5 A



รูปที่ 4.4 แสดงผลจากการดิ่งกระแส 1 A



รูปที่ 4.5 แสดงผลจากการดิ่งกระแส 1.5 A



รูปที่ 4.6 แสดงผลจากการดิ่งกระแส 2 A

4.3 กราฟแสดงผลการทดลองวัดค่าการตอบสนองของเซ็นเซอร์รับแสงที่ค่าความสว่างของแสงอาทิตย์ในเวลาต่างๆ



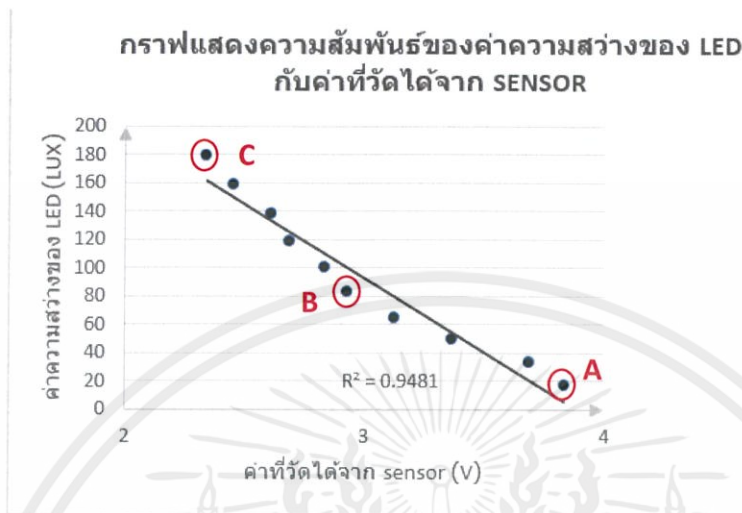
รูปที่ 4.7 แสดงค่าแรงดัน(mV)ที่วัดได้เมื่อค่าความสว่าง(LUX)เปลี่ยนไป

4.4 ค่าเวลาที่ใช้ในการปรับค่าจากต่ำสุดถึงสูงสุด (179lux) สำหรับหลอดไฟ 1 ดวง

4.4.1 ระดับความละเอียด = 1  $\mu$ s ใช้เวลาในการปรับค่าจากต่ำสุดให้มีค่าความสว่างสูงสุด 26 วินาที

4.4.2 ระดับความละเอียด = 10  $\mu$ s ใช้เวลาในการปรับค่าจากต่ำสุดให้มีค่าความสว่างสูงสุด 5 วินาที

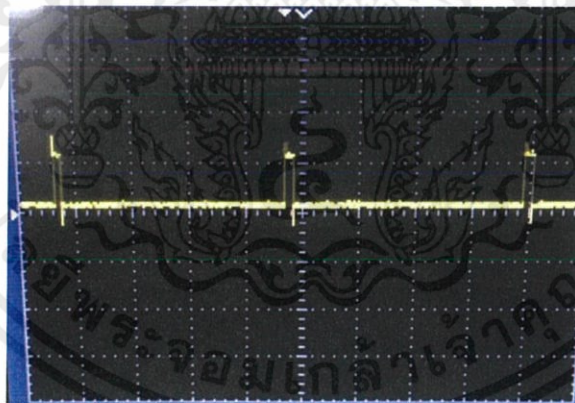
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่างของ แอลอีดี (จำนวน 1 หลอด) กับ ค่าที่วัดได้จาก sensor



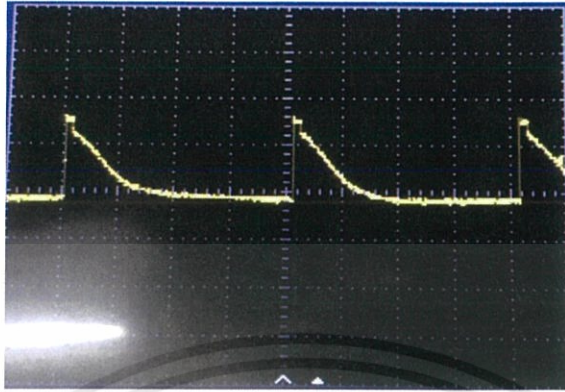
รูปที่ 4.8 ภาพแสดงค่าความสว่างของ แอลอีดี และค่าแรงดัน(V)ที่วัดได้จาก sensor

4.6 การวัดแรงดันที่ที่ตกคร่อม แอลอีดี ค่า ดิวตี้ไซเคิล ต่างๆ

4.6.1 3.33 % ดิวตี้ไซเคิล (ภาพสัญญาณที่ขาเข้าและขาออกของวงจรถับ ณ จุด A)

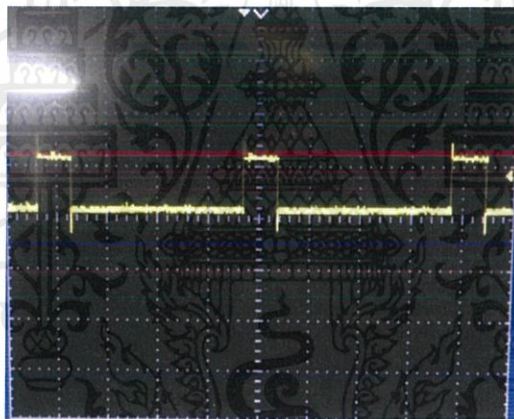


รูปที่ 4.9 ภาพแสดงสัญญาณที่ถ่ายจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ 3.33% ดิวตี้ไซเคิล.

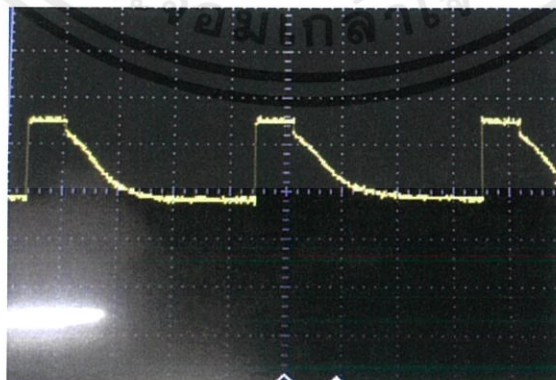


รูปที่ 4.10 ภาพแสดงสัญญาณที่ตกคร่อม แอลอีดี เมื่อจ่ายด้วย 3.33 % ดิวตี้ไซเคิล

4.6.2 16.67 % ดิวตี้ไซเคิล (ภาพสัญญาณที่ขาเข้าและขาออกของวงจรถับ ณ จุด B)

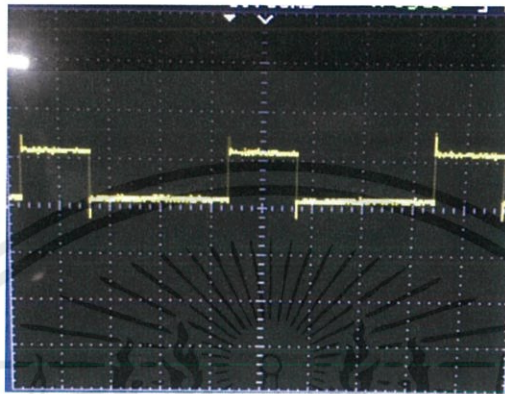


รูปที่ 4.11 ภาพแสดงสัญญาณที่จ่ายจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ 16.67% ดิวตี้ไซเคิล.

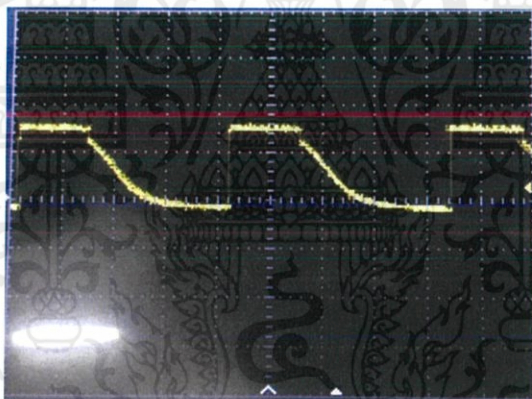


รูปที่ 4.12 ภาพแสดงสัญญาณที่ตกคร่อม แอลอีดี เมื่อจ่ายด้วย ดิวตี้ไซเคิล 16.67 %

4.6.2 33.33 % ดิวตี้ไซเคิล (ภาพสัญญาณที่ขาเข้าและขาออกของวงจรถับ ณ จุด C)



รูปที่ 4.13 ภาพแสดงสัญญาณที่จ่ายจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ 33.33% ดิวตี้ไซเคิล.



รูปที่ 4.14 ภาพแสดงสัญญาณที่ตกคร่อม แอลอีดี เมื่อจ่ายด้วย 33.33 % ดิวตี้ไซเคิล

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

#### สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวัดค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้า ของแอลอีดี พบว่าค่าแรงดันต่ำสุดที่ทำให้แอลอีดี ติดคือ 8.26 Volt ทำให้เราต้องสร้างแหล่งจ่ายไฟขนาดตามสเปคแรงดันที่ขาออก 12 V และเมื่อทำการทดลอง Load Regulation โดยการใช้ Active Load ในการดึงกระแสที่ 0.5A, 1A, 1.5A และ 2A พบว่า %Load Regulation มีค่า 5.68%, 6.57%, 7.61% และ 8.09% ตามลำดับ

เมื่อทำการทดลองจ่ายแรงดันเป็นพัลส์ที่ค่าความถี่และแอมพลิจูดต่างๆ พบว่าค่าความสว่างสูงสุดที่วัดได้จากหลอดแอลอีดี 1 หลอดมีค่า 179 lux และเมื่อนำชิ้นงานที่ประกอบด้วยหลอดแอลอีดี ขนาด 10 watt จำนวน 3 หลอดมาวัดค่าความสว่างสูงสุดที่วัดได้มีค่า 350 lux ซึ่งมีค่าความสว่างเพียงพอในการใช้งานกับห้องโถงขนาดใหญ่ ในส่วนของการทดลองวัดค่าแรงดันที่วัดได้จาก sensor และค่าความสว่างแล้วพบว่าค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กันเป็นเชิงเส้น โดยมีค่าความแปรปรวนอยู่ที่ 0.9481

#### วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองในการคำนวณรอบหม้อแปลงเพื่อให้ได้อัตราส่วนในการพันหม้อแปลง เมื่อนำมาใช้จริงแล้วแรงดันที่ขาออก ไม่ได้ตามที่ต้องการจึงทดลองในการเพิ่มจำนวนรอบในการพันขดลวดเพื่อให้ได้แรงดันที่ขาออกได้ตามที่ต้องการและในส่วนของการใช้เซนเซอร์วัดแสงเนื่องจากใช้เซนเซอร์วัดแสงจำนวน 3 ตัวซึ่งค่าที่เซนเซอร์ทั้ง 3 ตัววัด ณ ตำแหน่งเดียวกันไม่เท่ากันจึงทำให้มีผลต่อการทดลองรวมถึงปัจจัยของแสงจากภายนอกและตัวโมเดลของชิ้นงานทำให้การทดลองอาจมีการคลาดเคลื่อน

## บรรณานุกรม

- [1] กระทรวงแรงงาน. กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับ ความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. 2549. ราชกิจจานุเบกษา [ออนไลน์]. 6 มีนาคม 2549, เล่มที่ 123 ตอนที่ 23ก, หน้า 13-20 [อ้างถึงวันที่ 8 กรกฎาคม 2559].
- [2] ความรู้พื้นฐานทางด้านแสงสว่าง [ออนไลน์]. สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย:ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าแสงสว่าง, 19 มกราคม 2548 [อ้างถึงวันที่ 8 กรกฎาคม 2559].
- [3] บริษัท อีทีที จำกัด, *เรียนรู้เข้าใจใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์*, บริษัท อีทีที จำกัด, 2552.

