

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบแบบใช้แอลอีดี

OBSTRUCTION LIGHT USING LED



โดย

นาย ชัตติยะ คำเทศ
นาย ณรงค์ชัย โพธิ์ทอง
นาย วิรัตน์ นัควิสัย

รฟท.
ช 311 ง
๒๕๔๙

เลขหมู่.....๗๒๖๓๗.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี..... 21 ส.ย. 2550.....

b. 11๗๗๐๖๕x
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2549

ระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบแบบใช้แอลอีดี
OBSTRUCTION LIGHT USING LED



อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.สุวัฒน์ กิตติรัตนสัจจา

ดร.สมภาพ ผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

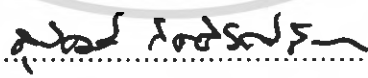
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

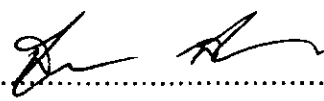
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบแบบใช้แอลอีดี

ผู้จัดทำ

- 
1. นาย ชัดติยะ คำเทศ
 2. นาย ณรงค์ชัย โพธิ์ทอง
 3. นาย วิรัตน์ นันต์วิสัย

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัฒน์ กิตติรัตนสัจจา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.สมภพ ผลไม้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบแบบใช้แอลอีดี

นาย ชัดติยะ คำเทศ
นาย ณรงค์ชัย โพธิ์ทอง
นาย วิรัตน์ นัควิลัย
ผศ.ดร.สุพัฒน์ กิตติรัตน์สัจจา อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.สมภพ ผลไม้ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

การใช้ระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบมีความจำเป็นมากในที่สูงหรือบริเวณที่มีการสัญจรในยามค่ำคืน เช่น ยอดตึก เสาโทรศัพท์ รั้วเวียสนามบิน เป็นต้น โดยที่การให้แสงสว่างของระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบส่วนใหญ่จะใช้หลอดทั้งสแตนด์ หรือหลอดฮาโลเจน ซึ่งทำให้เกิดความสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมากในการให้แสงสว่างของหลอดทั้ง 2 ประเภทนี้ โครงการนี้นำเสนอการใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูงแทนหลอดทั้งสแตนด์ หรือหลอดฮาโลเจน เพื่อลดการใช้พลังงาน ยืดอายุการใช้งาน และลดค่าบำรุงรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OBSTRUCTION LIGHT USING LED

Khattiya Khamthet

Narongchai Photong

Wirat Nadwilai

Asst.Prof.Dr.Supat Kittiratsatcha Advisor

Dr.Sompob Polmai Advisor

2006

ABSTRACT

Obstruction light is needed for high area and night traffic such as high-rise building, semaphore, and runway. Almost illumination of obstruction light uses conventional tungsten or halogen bulbs, which are very energy consumption. This project presents the using of high-power LEDs instead the conventional tungsten or halogen bulbs to decrease the energy consumption, extended the life-cycle and reduce the maintenance cost.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ดังต่อไปนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่รักของคณะผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุวัฒน์ กิตติรัตน์สัจจา และ ดร.สมภพ ผลไม้ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาท วิชาความรู้ ให้คำปรึกษาอบรมสั่งสอนทั้งในเรื่องโครงการ ตลอดจนการใช้ชีวิตในสังคม ขอขอบคุณ บุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ให้ความสะดวกสบายในการยืม อุปกรณ์การทดลอง พร้อมทั้งให้คำแนะนำ ขอขอบคุณพี่ ๆ นักศึกษาปริญญาโทที่ได้ให้ คำแนะนำและความช่วยเหลือ ขอขอบคุณเพื่อนภาควิชาไฟฟ้าทุกคน ที่คอยให้กำลังใจกัน เสมอมา และที่สำคัญซึ่งลืมไม่ได้เลยคือ ขอขอบคุณสมาชิกในกลุ่มที่ทุ่มเทแรงกายแรงใจช่วยกัน อย่างแข็งขัน จนทำงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



ผู้จัดทำ

นาย ชัตติยะ คำเทศ
นาย ณรงค์ชัย โพธิ์ทอง
นาย วิรัตน์ นัตวิสัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
สารบัญ.....	III
สารบัญรูป.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดในการวิจัย.....	1
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 เซลล์แสงอาทิตย์.....	3
2.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์.....	3
2.1.2 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์.....	4
2.1.3 การต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนานและแบบอนุกรม.....	8
2.1.4 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์.....	10
2.1.5 วงจรสมมูลย์ของเซลล์แสงอาทิตย์.....	11
2.1.6 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์.....	13
2.1.7 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์.....	14
2.1.8 ลักษณะเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์.....	16
2.2 Battery.....	17
2.2.1 แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด.....	17
2.2.2 หลักการทำงานของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด.....	18
2.3 การชาร์จแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด.....	20
2.3.1 ระดับโวลต์เตจในการชาร์จแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด.....	21
2.3.2 ระดับของโวลต์เตจที่กระทบกระเทือนต่ออายุของแบตเตอรี่.....	22
2.3.3 การชาร์จแบบกระแสคงที่ (Constant Current Charge).....	22
2.3.4 การชาร์จแบบโวลต์เตจคงที่.....	23

2.3.5	ทฤษฎีและหลักการอัดประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่.....	24
2.3.6	STATEการทำงานของวงจรถูกเก็บประจุ UC3906.....	26
2.4	วงจรควบคุม.....	27
2.4.1	การทำงานของวงจรถูกเก็บประจุ.....	27
2.5	วงจรขับหลอดแอลอีดี.....	28
2.5.1	หน้าที่ส่วนต่างๆ ของไอซีเบอร์ 555.....	29
2.5.2	หลักการทํางานเบื้องต้นของไอซีเบอร์ 555.....	30
2.6	คุณสมบัติและข้อมูลทางเทคนิคของหลอดแอลอีดีกำลังสูง.....	35
2.6.1	คุณสมบัติของหลอดแอลอีดีกำลังสูง.....	35
2.6.2	การประยุกต์ใช้งานของหลอดแอลอีดีกำลังสูง.....	35
บทที่ 3	การออกแบบวงจร.....	38
3.1	บทนำ.....	38
3.1.1	ขั้นตอนในการออกแบบ.....	39
3.2	จำนวนหลอดแอลอีดีที่นำมาใช้ในวงจร.....	39
3.3	การออกแบบวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง.....	40
3.3.1	การทำงานของไอซี LM317.....	40
3.3.2	การทำงานของไอซี LM555.....	40
3.4	การออกแบบวงจรควบคุม.....	41
3.5	ความต้องการไฟฟ้าของระบบ.....	42
3.6	การเลือกใช้แบตเตอรี่.....	42
3.7	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในวงจรถูกเก็บประจุ (UC3906N).....	43
3.8	การพิจารณาเลือกใช้แผง Solar Cell.....	44
3.8.1	การหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตออกมา.....	45
บทที่ 4	ผลการทดลอง.....	46
4.1	แผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	46
4.2	วงจรถูกเก็บประจุแบตเตอรี่.....	47
4.3	แบตเตอรี่.....	48
4.4	ชุดขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง.....	48

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์โครงงาน.....	51
5.1 สรุปโครงงาน.....	51
5.2 ปัญหา อุปสรรค และการแก้ไข.....	51
5.3 แนวทางการพัฒนา.....	52

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แนวความคิดในการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์.....	3
2.2 Single Crystalline Silicon Solar Cell.....	5
2.3 Polycrystalline Silicon Solar Cell.....	6
2.4 Amorphous Silicon Solar Cell.....	7
2.5 การต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม ขนาน และ 2 แบบผสมกัน.....	9
2.6 โครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	10
2.7 วงจรสมมูลย์ของเซลล์แสงอาทิตย์.....	11
2.8 แสดงคุณลักษณะ V-I curve ของเซลล์แสงอาทิตย์.....	11
2.9 ผลของความเข้มแสง.....	13
2.10 ผลของอุณหภูมิ.....	14
2.11 แสดงสภาวะการกำเนิดพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงที่ 1.....	14
2.12 แสดงสภาวะการกำเนิดพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงที่ 2.....	15
2.13 แสดงสภาวะการกำเนิดพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงที่ 3.....	15
2.14 แสดงเซลล์ของแบตเตอรี่ในขณะที่มีการชาร์จ.....	18
2.15 แสดงการดิสชาร์จของแบตเตอรี่.....	19
2.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงของโวลต์เดจในการชาร์จแบบกระแสคงที่.....	23
2.17 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส-เวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด แบบโวลต์เดจคงที่.....	23
2.18 แสดงทิศทางการไหลของกระแสอัดประจุแบตเตอรี่.....	24
2.19 แสดงรูปวงจรที่มีความต้านทานต่ออนุกรมเพื่อจำกัดกระแส.....	25
2.20 แสดงการทำงานของวงจรเก็บประจุ UC3906 ในสภาวะต่างๆ.....	26
2.21 แสดงโครงสร้างภายในของวงจรควบคุม.....	27
2.22 วงจรใช้งาน LDR ขั้นพื้นฐาน.....	27
2.23 กราฟแสดงสภาวะการทำงานของ LDR.....	28
2.24 ส่วนประกอบของไอซีเบอร์ 555.....	29
2.25 รูปแสดงวงจร Monostable Multivibrator.....	30
2.26 แสดงวงจร Astable Multivibrator.....	32
2.27 แสดงตัวอย่างของหลอดแอลอีดีกำลังสูง.....	36
2.28 แสดงโครงสร้างและขนาดของแอลอีดี.....	36
2.29 แสดงการนำ Obstruction light ไปใช้งาน.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.30	แสดงลักษณะการกระจายแสงของหลอดแอลอีดีกำลังสูง.....	37
3.1	แสดงโครงสร้างโดยรวมของระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบแบบใช้แอลอีดี.....	38
3.2	แสดงการต่อแอลอีดีกำลังสูงที่ใช้ในโครงการ.....	39
3.3	แสดงวงจรการทำงานร่วมกันของ IC LM317 กับ IC กำเนิดสัญญาณ LM555.....	40
3.4	ไอซี LM555 ที่นำมาใช้ในการกำเนิดสัญญาณไฟกระพริบ.....	41
3.5	แสดงค่าพารามิเตอร์และวงจรเก็บประจุ (UC3906N).....	43
3.6	แสดงการต่อของแผง Solar Cell.....	44
4.1	แสดงค่าเวลาและแรงดันไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ ผลิตออกมา ณ. ช่วงเวลาต่างๆ.....	47
4.2	แสดงค่าของแรงดันและกระแสที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่.....	47
4.3	แสดงค่าของแรงดันและกระแสที่จ่ายให้กับหลอดแอลอีดี.....	48
4.4	แสดงรูปคลื่นที่ค่าพารามิเตอร์ $R_A = 1M\Omega$, $R_B = 1M\Omega$ และ $C = 1.5 \mu F$	48
4.5	แสดงรูปคลื่นที่ค่าพารามิเตอร์ $R_A = 1.5M\Omega$, $R_B = 1M\Omega$ และ $C = 1.5 \mu F$	49
4.6	แสดงรูปคลื่นที่ค่าพารามิเตอร์ $R_A = 3.3M\Omega$, $R_B = 3.9M\Omega$ และ $C = 1.5 \mu F$	49
4.7	แสดงรูปคลื่นที่ค่าพารามิเตอร์ $R_A = 1M\Omega$, $R_B = 2.7M\Omega$ และ $C = 1 \mu F$	50
4.8	แสดงรูปคลื่นที่ค่าพารามิเตอร์ $R_A = 2M\Omega$, $R_B = 1.5M\Omega$ และ $C = 0.1 \mu F$	50

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2.1	ระดับโวลต์เตจในการชาร์จแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด.....	21
2.2	แสดงสถานะการทำงานของวงจร Nand gate.....	29
2.3	แสดงคุณสมบัติของวงจร Flip-Flop แบบ RS – F/F.....	30
2.4	แสดงคุณสมบัติของหลอดแอลอีดีที่ maximum rating ($T_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	37
2.5	แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้า ($T_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$).....	37
2.6	แสดงการเปรียบเทียบหลอดไฟชนิดต่าง ๆ กับหลอดแอลอีดีกำลังสูง.....	37
3.1	แสดงค่ากระแสรวมของระบบ.....	42
4.1	แสดงค่าแรงดันที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตออกมาได้.....	46



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าจาก Solar Cell เริ่มมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะกับอากาศ และสามารถนำไปใช้ในที่ใดก็ได้โดยไม่ต้องมีสายไฟฟ้าในการขนถ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดที่อยู่ไกลๆ เช่น บนเกาะกลางทะเล สถานีวิจัยบนยอดเขา และสถานที่ที่ไม่มีไฟฟ้าเข้าถึง ซึ่งโครงการนี้เป็นการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าจ่ายให้กับหลอดแอลอีดีในการบอกตำแหน่งหรือใช้เป็น Obstruction Light แทนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากการขนถ่ายพลังงานไฟฟ้าจากสายไฟฟ้าเพื่อช่วยในการแก้ปัญหาแรงดันตกที่จะเกิดจากการใช้สายไฟในกรณีที่ต้องติดตั้งในที่ที่สูงๆ หรือที่ห่างไกลจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้า และประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้นจากการใช้หลอดแอลอีดี

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อลดการใช้พลังงานในการให้แสงสว่างของหลอดทั้งสแตนด์ หรือหลอดฮาโลเจน โดยการใช้แทนด้วยหลอดแอลอีดีกำลังสูง
2. เพื่อนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์มาใช้งานให้เกิดประโยชน์
3. เพื่อศึกษาการทำงานของแผง Solar Cell ในการใช้เก็บประจุไฟฟ้าในแบตเตอรี่
4. เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรสั่งการทำงานด้วยแสง
5. เพื่อสร้างระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบแบบใช้แอลอีดี
6. เพื่อศึกษาให้เข้าใจถึงหลักการทำงานของหลอดแอลอีดีกำลังสูง

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดในการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงหลักการของการสร้างระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบแบบใช้แอลอีดีโดยกำหนดให้แผง Solar Cell สามารถจ่ายไฟให้กับวงจรเก็บประจุเพื่อทำการเก็บประจุไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ให้เต็มภายในเวลาประมาณ 5 ชั่วโมง ส่วนแบตเตอรี่ที่เลือกใช้ต้องสามารถสำรองไฟเพื่อจ่ายให้กับระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบ เป็นเวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง การควบคุมการเปิดปิดของวงจรควบคุมต้องสามารถสั่งงานได้ด้วยแสงเพื่อทำให้ระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบทำงานได้ในขณะที่ไม่มีแสงสว่าง และการขับหลอดแอลอีดีต้องให้มี Cycle การทำงานตามที่กำหนด

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานในการใช้ระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบกับสถานที่ต่าง ๆ
2. ศึกษาข้อมูลและหลักการทำงานของหลอดแอลอีดีกำลังสูง
3. ศึกษาข้อมูลและหลักการทำงานของแผง Solar Cell ชนิดต่าง ๆ ว่าแต่ละชนิดมีข้อดีข้อเสียอย่างไร
4. ศึกษาชนิดของแบตเตอรี่และหลักการทำงานของแต่ละชนิด
5. เลือกสีและจำนวนของหลอดแอลอีดีกำลังสูงที่นำมาใช้งาน
6. ออกแบบวงจรไฟกระพริบและวงจรควบคุม
7. คำนวณหาความต้องการกำลังไฟของหลอดทั้งหมดที่นำมาใช้ในวงจรและทำการเลือกขนาดของแบตเตอรี่ที่จะนำมาใช้ในวงจร
8. ออกแบบวงจรเก็บประจุไฟฟ้า
9. เลือกชนิดและจำนวนของแผง Solar Cell ที่จะนำมาใช้ในวงจร
10. นำส่วนประกอบทั้งหมดของวงจรมาต่อใช้งานจริง
11. ออกแบบโครงสร้างภายนอกของระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบแบบใช้แอลอีดีและนำอุปกรณ์ทั้งหมดประกอบลงในโครงสร้างที่ทำมา
12. วิเคราะห์ผลและสรุปผล

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ด้านวิชาการ

1. ช่วยในการประหยัดพลังงาน โดยได้มีการประยุกต์ใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผง Solar Cell กับหลอดแอลอีดีกำลังสูง
2. มีความรู้ความเข้าใจในการทำงานของ Solar cell
3. สามารถสร้างระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบแบบใช้แอลอีดี
4. มีความรู้ความเข้าใจในการทำงานของหลอดแอลอีดีกำลังสูง
5. ช่วยให้เกิดความปลอดภัยในบริเวณตึกสูงหรือที่มีการสัญจรในยามค่ำคืน
6. เข้าใจถึงลักษณะการอัดประจุไฟฟ้าจากวงจรอัดประจุและการคายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่

ด้านสังคม และจริยธรรม

1. ฝึกฝนการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำงาน
2. เกิดความรับผิดชอบหน้าที่และตรงต่อเวลาเกี่ยวกับงานที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งจะเป็นการพัฒนาบุคลิกภาพให้สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. สามารถนำประสบการณ์และความรู้ที่ได้จากโครงการไปประยุกต์ใช้ได้ในงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

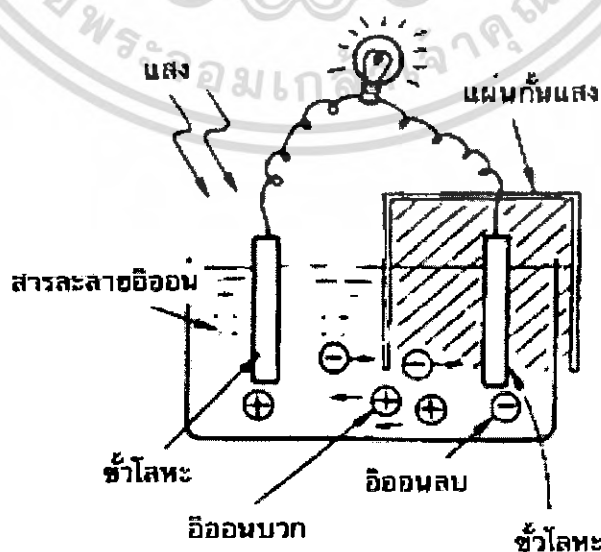
2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

2.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์

แหล่งพลังงานที่สำคัญของโลกส่วนใหญ่ได้มาจากฟอสซิล ได้แก่ น้ำมัน ก๊าซและถ่านหิน เมื่อมีการเติบโตทางเทคโนโลยีและทางเศรษฐกิจ จึงทำให้การบริโภคพลังงานเป็นไปอย่างมหาศาล ซึ่งคาดว่าแหล่งพลังงานของโลกที่ได้มาจากฟอสซิลดังกล่าว จะมีสำรองให้ใช้ได้อีกไม่เกิน 50 ปี กระบวนการผลิตและใช้พลังงานจากฟอสซิลนั้น ล้วนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมติดตามมาอย่างมากมาย เช่น มลพิษทางอากาศ ฝนกรดและสภาวะเรือนกระจก ซึ่งมีผลกระทบเป็นลูกโซ่ต่อทั้งระบบนิเวศน์และความเป็นอยู่ของมนุษย์

การนำพลังงานในรูปแบบอื่นมาใช้ เช่น พลังงานไฟฟ้าจากนิวเคลียร์ จะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนก่อสร้างเตาปฏิกรณ์ การนำกากไปทิ้ง การนำไปทำลาย ซึ่งล้วนแล้วแต่ใช้ต้นทุนที่สูงมาก และยังไม่สามารถสร้างความเชื่อมั่นในความปลอดภัยที่ประชาชนทั่วไปยอมรับได้ การส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนให้มากขึ้น ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวลและการแปรรูปจากมูลฝอยด้วยเทคโนโลยีที่พัฒนาสู่ปัจจุบัน เป็นสิ่งที่จำเป็นมากในเวลานี้

กระบวนการแปรรูปพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้านับเป็นกระบวนการหนึ่ง ที่สะอาดและไร้มลภาวะและเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งในด้านการลงทุน เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงาน โดยรวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยแล้ว จะเห็นได้ว่าต้นทุนพลังงานที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มีราคาถูกกว่าแหล่งพลังงานประเภทอื่นและประการสำคัญก็คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในพลังงานที่มีความยั่งยืนไม่มีที่สิ้นสุด



รูปที่ 2.1 แนวความคิดในการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์กรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โปรตอน (Proton) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจะมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (Atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวันได้เป็นอย่างดี

2.1.2 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์แบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิกอน แบ่งตามลักษณะของรูปผลึกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ

1.1 แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline)

1.2 แบบผลึกรวม (Polycrystalline)

1.3 แบบไม่มีรูปผลึก (Amorphous) ซึ่งบางครั้งเรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง (Thin Film Solar Cell)

2. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบจะแบ่งตามสารประกอบที่ใช้ทำได้เป็น 3 ชนิดคือ

2.1 แกลเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs: Gallium Arsenide)

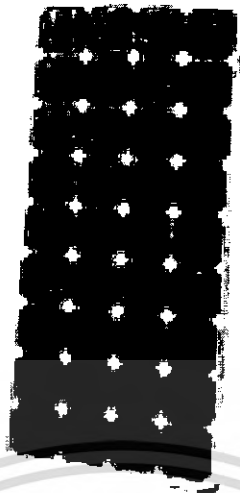
2.2 แคดเมียมเทลลูไรด์ (CdTe: Cadmium Telluride)

2.3 คอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ (CIS: Copper Indium Diselenide)

1. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิกอน

1.1 แบบผลึกเดี่ยว (Single Crystalline)

เซลล์แสงอาทิตย์แบบนี้ เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการตัดแบ่งเป็นชิ้นส่วนบางจากก้อนผลึกซิลิกอนขนาดใหญ่ ให้มีความหนาของเซลล์ที่ประมาณ 1/2 ถึง 1/3 มิลลิเมตร ผลึกซิลิกอนที่ใช้ในการผลิตจะต้องมีความบริสุทธิ์ที่สูงมาก และมีผลึกที่ค่อนข้างสมบูรณ์ การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ จึงมีค่าใช้จ่ายสูงมาก



รูปที่ 2.2 Single Crystalline Silicon Solar Cell

ข้อดี

20%

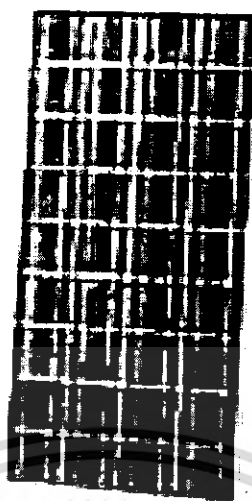
- ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ ไปเป็นพลังงานไฟฟ้าสูงแต่ไม่เกิน 20%
- มีอายุการใช้งานนานถึง 25 ปี

ข้อเสีย

- ขั้นตอนการผลิตค่อนข้างยุ่งยาก เพราะผลึกซิลิกอนที่ใช้ในการผลิตจะต้องมีความบริสุทธิ์สูงมากและมีผลึกที่สมบูรณ์
- มีค่าใช้จ่ายในการผลิตสูงมาก
- จากการวิเคราะห์ของหลายผู้ผลิตพบว่าการผลิตวิธีนี้ไม่คุ้มค่า
- เกิดการสูญเสียในขั้นตอนตัดออกเป็นแผ่น (Wafer) มาก

1.2 แบบผลึกรวม (Polycrystalline)

เซลล์แสงอาทิตย์แบบนี้ เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขั้นตอนการผลิตคล้ายกับแบบผลึกเดี่ยว แตกต่างกันบางจุดเท่านั้น ขั้นตอนการผลิตคือ นำซิลิกอนที่ถลุงและหลอมละลายเป็นของเหลวแล้วมาเทลงในแบบพิมพ์ เมื่อซิลิกอนแข็งตัว จะได้เป็นแท่งซิลิกอนเป็นแบบผลึกรวมแล้วนำมาตัดเป็นแผ่นๆ หนาประมาณ 1/2 ถึง 1/3 มิลลิเมตรจากนั้นนำมาแพร์ซิมด้วยสารเจือปนต่างๆ และทำขั้วไฟฟ้าสองด้านด้วยวิธีการเช่นเดียวกับที่สร้างเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิกอนชนิดผลึกเดี่ยว



รูปที่ 2.3 Polycrystalline Silicon Solar Cell

ข้อดี

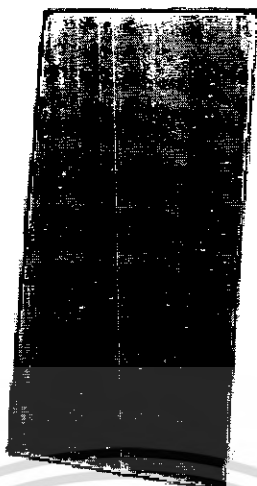
- เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำโดยกระบวนการหล่อ (Casting Process) โดยซิลิกอนที่หลอมละลายเทลงในแบบ (mould) โดยไม่ต้องแยกผลึกออก
- จากวิธีการข้างต้น ทำให้มีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่า แบบ Single Crystalline Silicon Solar Cell

ข้อเสีย

- มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ ไปเป็นพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าแบบ Single Crystalline Silicon Solar Cell (ประมาณไม่เกิน 15 %)
- เกิดการสูญเสียในขั้นตอนตัดออกเป็นแผ่น (Wafer) มาก เหมือนกันกับแบบ Single Crystalline Silicon Solar Cell

1.3 แบบไม่มีรูปผลึก (Amorphous)

เซลล์แสงอาทิตย์แบบนี้เป็นแบบไม่มีรูปผลึก ขั้นตอนเริ่มแรกในการผลิตคือ ทำการแยกสลายก๊าซซิลเลน Silane Gas (SiH_4) ให้เป็นอะมอร์ฟัสซิลิกอน (ใช้ตัวย่อ a-Si) ก๊าซซิลเลนเป็นก๊าซที่ไม่มีสี มีกลิ่นเหม็น ติดไฟและเกิดประกายไฟได้ง่ายในอากาศ ลักษณะการใช้งานคือใช้เป็นแหล่งซิลิกอน ในการปลูกฟิล์มซิลิกอนแบบอพิทาเซียลและโพลีคริสตัล ใช้เป็นแหล่งซิลิกอนในการปลูกฟิล์มซิลิกอนไดออกไซด์และซิลิกอนไนไตรด์ ในกระบวนการสร้างฟิล์มจากไอของสารเคมีที่อุณหภูมิต่ำ และนอกจากนั้นยังใช้ในการทำฟิล์มซิลิกอนแบบอะมอร์ฟัส (Amorphous) อีกด้วย



รูปที่ 2.4 Amorphous Silicon Solar Cell

ข้อดี

- ไม่สนใจเรื่องผลึกของซิลิกอน
- สามารถเติมสารเจือปนเพื่อกำหนดชนิดของการนำไฟฟ้าได้ทั้งแบบ N-type, P-type
- ค่าใช้จ่ายในการผลิตถูกกว่าแบบ Single Crystalline Silicon Solar Cell และ Polycrystalline Silicon Solar Cell
- ไม่เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม
- ขั้นตอนการผลิตมีความซับซ้อนน้อยกว่า 2 แบบแรก
- มีลักษณะบาง น้ำหนักเบา สามารถใช้ในอุปกรณ์เล็กๆ ที่มีการโค้งงอได้

ข้อเสีย

- มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ ไปเป็นพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าแบบ Single Crystalline Silicon Solar Cell และ Polycrystalline Silicon Solar Cell (ประมาณไม่เกิน 10 %) อายุใช้งานน้อยประมาณ 3 – 5 ปี

2. เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบ

2.1 แกลเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs: Gallium Arsenide)

เป็นวัสดุที่นิยมใช้กันมากที่สุด เหตุผลคือ เป็นสารที่มีแถบตัวนำต้องห้ามเหมาะสมกับสเปกตรัมของแสงอาทิตย์ มีค่าความยาวในการแพร่ซึมของพาหะข้างน้อยสูง จึงจัดให้แกลเลียมอาร์เซไนด์ เป็นวัสดุที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูง มีอายุการใช้งานนาน ปัญหาที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลียมอาร์เซไนด์ ได้แก่ราคาวัสดุซึ่งแพงมากโดยเฉพาะผลึกแกลเลียมอาร์เซไนด์ จึงทำให้มีข้อจำกัดในด้านการลงทุนการผลิต เพราะมิได้เป็นธาตุที่มีมากดังเช่น ซิลิกอน ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลียมอาร์เซไนด์ จึงเหมาะกับงานด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อวกาศ เพราะว่าตัวมันสามารถทนกับมันดภาพรังสีได้สูง และสามารถใช้งานกับความเข้มแสงสูงมากๆ ได้

2.2 แคดเมียมเทลลูไรด์ (CdTe: CadmiumTelluride)

โดยส่วนใหญ่จะใช้กับงานในด้านอวกาศ แต่ยังคงมีปัญหาในเรื่องของราคาที่ยังมีต้นทุนในการผลิตที่ค่อนข้างสูงกว่าเมื่อเทียบกับแบบคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ (CIS: Copper Indium Diselenide)

2.3 คอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์ (CIS: Copper Indium Diselenide)

ส่วนใหญ่ก็จะใช้กับงานในด้านอวกาศเช่นกัน แต่แบบคอปเปอร์อินเดียมไดเซเลไนด์นั้นมีแนวโน้มว่าการผลิตจะมีต้นทุนที่ถูกลงในอนาคต

ข้อดีของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบ

- มีประสิทธิภาพสูง
- ทนต่อการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในอวกาศได้ดี เหมาะกับงานในอวกาศ
- แบบแกเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs: Gallium Arsenide) มีอายุการใช้งานนาน 25 ปี
- มีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิต่ำ จึงเหมาะกับงานที่อุณหภูมิสูงได้ดี
- คงทนต่องานที่มีกัมมันตรังสี หรืออนุภาคที่มีพลังงานสูง

ข้อเสียของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบ

- มีราคาแพงกว่าชนิดผลึกซิลิกอนถึง 50 เท่า
- บางชนิดทำจากสารที่เป็นพิษต่อสภาวะแวดล้อมและมีปัญหาเรื่องอายุการใช้งาน

2.1.3 การต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนานและแบบอนุกรม

เซลล์แสงอาทิตย์แต่ละตัวมีแรงดันไฟฟ้าเพียง 0.5 V (สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิกอน) และ 1 V (สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกเลียมอาร์เซไนด์) ส่วนปริมาณกระแสไฟฟ้านั้นขึ้นกับพื้นที่รับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ และกำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของแสงเพื่อการใช้งานที่เหมาะสมกับโหลดจึงจำเป็นต้องนำเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมากมาต่ออนุกรมและขนาน เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าตามปริมาณที่ต้องการ นอกจากนี้จุดประสงค์ในการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีลักษณะสมบัติการใช้งานตามต้องการแล้ว การต่อเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งแบบอนุกรมและขนาน หรือทั้ง 2 แบบผสมกัน ยังมีความหมายต่อการป้องกันข้อผิดพลาดของระบบด้วย

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่อแบบขนาน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าตามต้องการแล้วจึงนำมาต่อแบบอนุกรมให้ได้แรงดันไฟฟ้าตามต้องการ ส่วนการต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรมก่อนแล้วจึงต่อขนานกันทีหลัง ซึ่งเป็นการต่อเซลล์แสงอาทิตย์ที่ให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกันกับแบบแรกในทางอุดมคติ แต่หากเกิดเงื่อนไขที่ผิดปกติขึ้น การต่อเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 2 แบบ

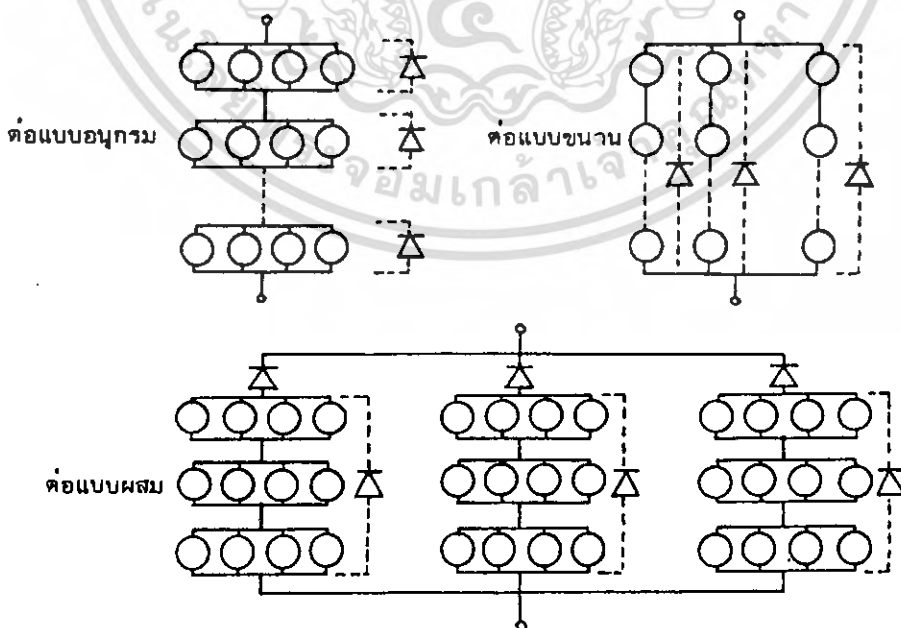
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้จะให้ผลลัพธ์ต่างกัน กล่าวคือถ้าเซลล์แสงอาทิตย์ตัวหนึ่งเกิดลัดวงจรในลักษณะการต่อแบบอนุกรม กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ ที่เหลือจะป้อนกระแสไฟฟ้าให้แก่เซลล์แสงอาทิตย์ที่เกิดลัดวงจรนั้น ในขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ที่เกิดลัดวงจรในลักษณะการต่อแบบขนาน จะได้รับอิทธิพลน้อยกว่าแบบแรก แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าเซลล์แสงอาทิตย์ตัวหนึ่งเกิดการเปิดวงจรในลักษณะการต่อแบบขนาน จะได้รับอิทธิพลจากข้อผิดพลาดดังกล่าวน้อยกว่า ส่วนการต่อในลักษณะแบบอนุกรมนั้นถ้าเกิดมีเซลล์แสงอาทิตย์ตัวหนึ่งเปิดวงจร กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของ String ที่ต่อกับเซลล์ตัวนั้นจะสูญเสียไป

เมื่อนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต่อกันในลักษณะที่เหมาะสมไปใช้งาน จะต้องติดตั้งในสถานที่ที่จะไม่เกิดเงาได้ง่าย เพราะการเกิดเงา (Shading) บนตัวเซลล์แสงอาทิตย์จะมีผลกระทบต่อการทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้เกิด Hot Spot ขึ้นในแผงเนื่องจากการป้อนกลับของกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ และเป็นสาเหตุให้เกิดการร้อนไหม้ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกบังเงานั้นได้

ดังนั้นการใช้ By-pass Diode ต่อक्रमตัวเซลล์แสงอาทิตย์ จะช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจาก Hot spot นี้ได้ โดยการยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดดังกล่าวแทนการไหลผ่านตัวเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกบังเงานั้น

การต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมจึงเป็นแบบ Optimum ที่สุดในการป้องกันข้อผิดพลาดต่าง ๆ เช่น การบังเงา (Shading) เซลล์ลัดวงจร (Short Circuited Cell) เซลล์ที่มีลักษณะสมบัติกระแส-แรงดันไม่เท่ากัน การได้รับแสงสว่างบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีความเข้มไม่สม่ำเสมอ ฯลฯ การต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบนี้ยังช่วยลดจำนวน By-pass Diode ที่ใช้ให้น้อยที่สุดและเป็นแบบที่มี Reliability สูงที่สุดด้วย

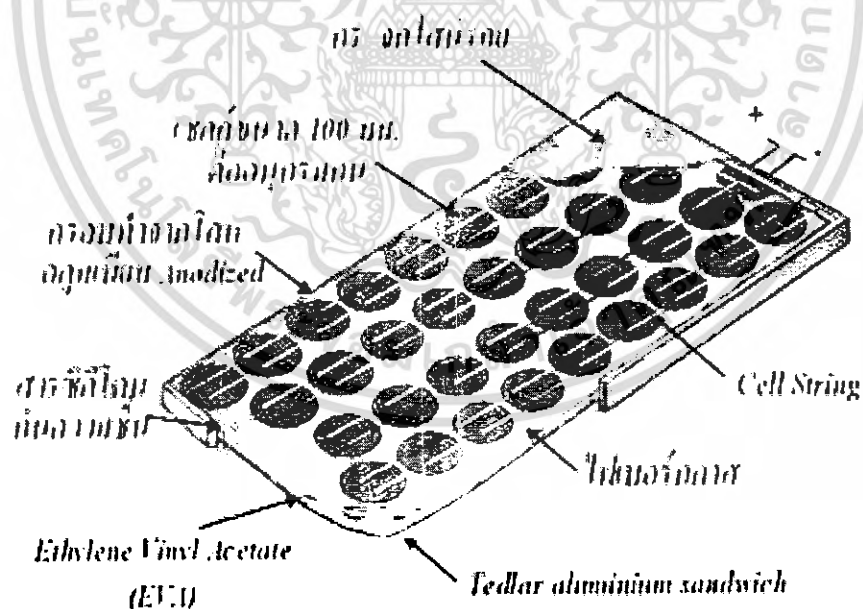


รูปที่ 2.5 การต่อเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม ขนาน และ 2 แบบผสมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียวจะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลายๆ เซลล์มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module หรือ Solar Panel) การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผงก็เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ ประกอบด้วย แผ่นกระจกที่มีส่วนผสมของเหล็กดีบุก ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดีและยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการป้องกันความชื้นที่ตีมากเพราะจะต้องอยู่กลางแจ้งเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคนและอีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate : EVA) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึงต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่บางครั้งก็ไม่มีเวลาจำเป็น ถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (laminated) ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง ซึ่งโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบไปด้วย สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและชนิดพี ซึ่งตัวโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์จะมีลักษณะโครงสร้างเหมือนไดโอดทุกประการ เพียงแต่เซลล์แสงอาทิตย์จะมีพื้นผิวรอยต่อที่มีความดันมากกว่าไดโอดธรรมดาเป็นอย่างมาก และอีกทั้งยังมีพื้นที่ ที่เป็นรอยต่ออีกมากด้วย ซึ่งจะให้พลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพยิ่ง

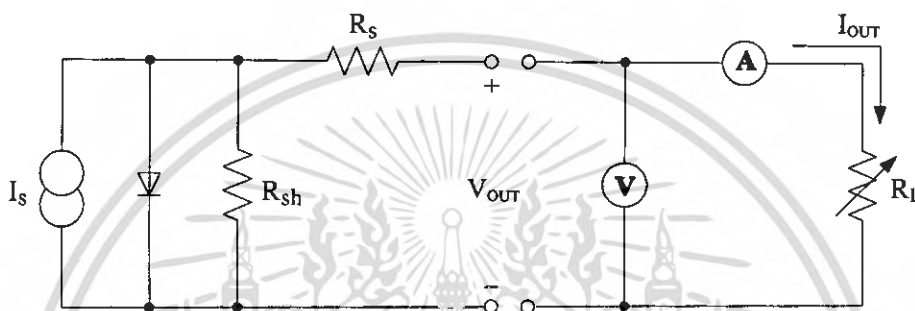


รูปที่ 2.6 โครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

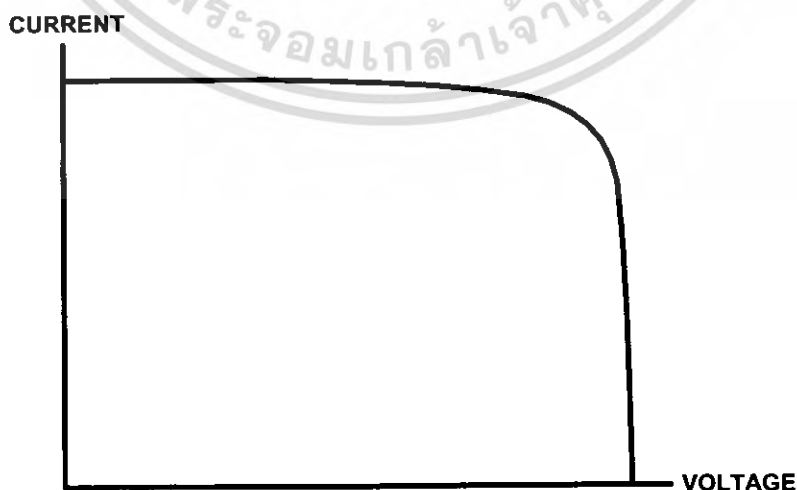
2.1.5 วงจรสมมูลย์ของเซลล์แสงอาทิตย์

วงจรสมมูลย์ของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ใช้งานสามารถเขียนแสดงได้ดังรูป โดยกระแสโฟโตแทนด้วยแหล่งจ่ายกระแส I_{ph} ซึ่งให้กระแสไฟฟ้าในทิศทางตรงข้ามกับกระแสไบอัสตามของไดโอด ส่วนค่าความต้านทานที่ขนานเขียนแสดงด้วย R_{sh} ซึ่งเป็นค่าความต้านทานที่กำหนดค่าได้จากสภาพของหัวต่อที่ทำขึ้น เช่น การเกิดกระแสรั่วตามขอบเซลล์ ความไม่สม่ำเสมอของหัวต่อเนื่องจากความบกพร่องทางผลึกต่าง ๆ ส่วนค่าความต้านทานอนุกรมเขียนแทนด้วย R_s กำหนดได้จากค่าความต้านทานของผิวสัมผัสทั้งทางด้านหน้าและด้านหลัง รวมทั้งค่าความต้านทานของผลึกฐานและชั้นแพร่ซึมของเซลล์ที่ประดิษฐ์ขึ้น



รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลย์ของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อพิจารณารูปวงจรสมมูลย์ของเซลล์แสงอาทิตย์ จะประกอบไปด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ และค่าความต้านทานที่ปรับค่าได้ R_L เป็นการทดสอบสมรรถนะของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเราจะทำการทดลองโดยการเปลี่ยนค่าความต้านทานไปเรื่อย ๆ โดยที่แต่ละครั้งของการเปลี่ยนแปลงความต้านทานเราจะทำการบันทึกค่าศักดาไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวของเซลล์แสงอาทิตย์และค่ากระแสที่ไหลในวงจร และเมื่อเรานำค่าศักดาไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับกระแสที่ได้ นำมาเขียนกราฟจะได้ตามลักษณะดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.8 แสดงคุณลักษณะ V-I curve ของเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟ V-I curve ที่ได้ เราสามารถพิจารณาค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์โดยเราจะแยกพิจารณาแต่ละตัว ดังต่อไปนี้

1. ขนาดศักดาไฟฟ้าในขณะเปิดวงจร (V_{oc})

คือ ขนาดศักดาไฟฟ้าในขณะที่มีความต้านทานเป็นค่าอนันต์ ($R_L = \infty$) แยกพิจารณา ดังต่อไปนี้

- สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์เซลล์เดี่ยว จะมีค่า V_{oc} ไม่เกิน 0.5 โวลต์ ทั้งนี้เนื่องจากว่า ค่าศักดาไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเซลล์ก็คือ ค่าความต่างศักย์ ของรอยต่อ พี-เอ็น นั้นเอง

- สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ที่เป็นแผง ขึ้นอยู่กับการนำเซลล์มาต่อร่วมกันทั้งแบบอนุกรม และแบบขนานทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับการประยุกต์นำไปใช้งานจริง

2. ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะลัดวงจร (I_{sc})

จะมีลักษณะทำนองเดียวกับค่า V_{oc} โดยทั่วไปแล้วสำหรับเซลล์เดี่ยว จะมีขนาดของกระแสไฟฟ้าลัดวงจรไม่เกิน 2.5 แอมป์

3. กำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_m)

จะทำการหาได้จากตำแหน่งของกราฟตรงที่อ่านได้ค่ากำลังสูงสุด และค่าของ ศักดาไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าที่จุดนี้ก็คือ จุด V_m และ I_m ตามลำดับ เพราะฉะนั้น เราสามารถเขียนสมการกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ดังนี้

$$P_m = V_m \times I_m$$

4. ฟิลล์แฟคเตอร์ (Fill Factor) หาได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$Fill\ Factor = \frac{P_m}{P_o}$$

โดยที่

$$P_m = V_m \times I_m$$

$$P_o = V_{oc} \times I_{sc}$$

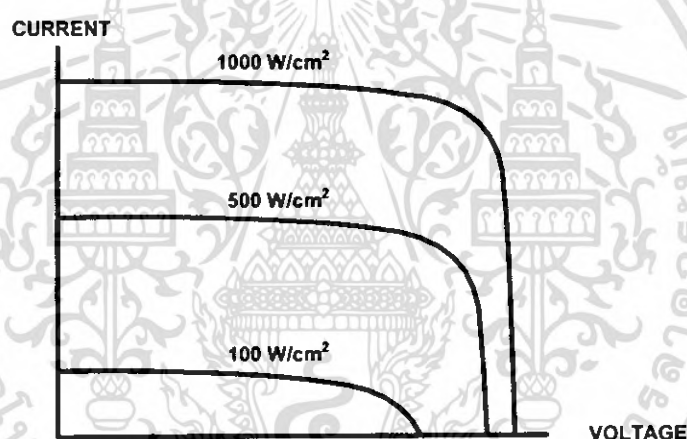
5. ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ (Efficiency) หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$Efficiency = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากเซลล์ (mW)} \times 100\%}{\text{พลังงานที่ได้จากแสง (mW/Cm}^2) \times \text{พื้นที่รับแสง (Cm}^2)}$$

2.1.6 คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

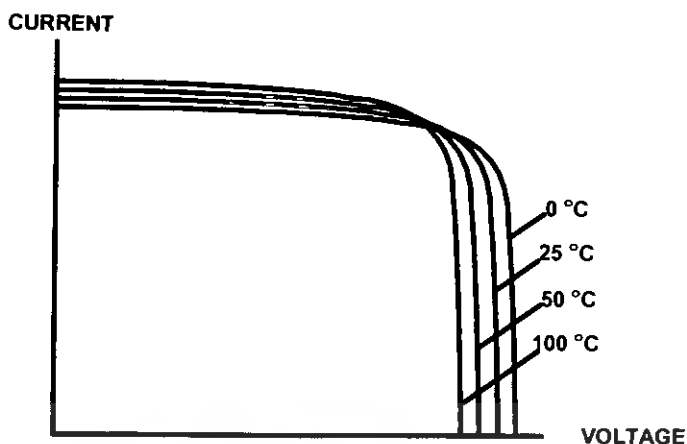
1. ความเข้มของกระแสไฟ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 1,000 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศากับพื้นโลกความเข้มของแสง จะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 mW ต่อ ตร.ซม. หรือ 750 W ต่อ ตร.เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง



รูปที่ 2.9 ผลของความเข้มแสง

2. อุณหภูมิกระแสไฟ จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5% และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศา C เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ Voc) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25 องศา C ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศา C จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศา C เช่น อุณหภูมิ 30 องศา C จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลง 2.5% (0.5% x 5 องศา C) นั่นคือ แรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่ Voc จะลดลง 0.525 V (21 V x 2.5%) เหลือเพียง 20.475 V (21V - 0.525V) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



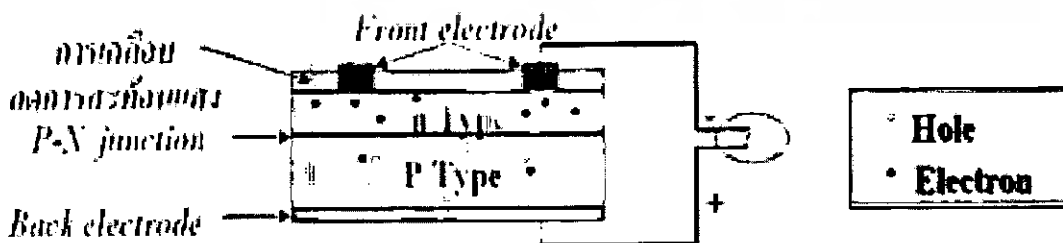
รูปที่ 2.10 ผลของอุณหภูมิ

จากข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้น ก่อนที่ผู้ใช้จะเลือกใช้แผงแสงอาทิตย์ จะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของแผงที่ระบุไว้ในแผงแต่ละชนิดด้วยว่า ใช้มาตรฐานอะไร หรือมาตรฐานที่ใช้วัดแตกต่างกันหรือไม่ เช่นแผงชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 80 วัตต์ ที่ความเข้มแสง 1,200 W ต่อ ตร.เมตร ณ อุณหภูมิ 20 องศา C ขณะที่อีกชนิดหนึ่งระบุว่า ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 75 วัตต์ ที่ความเข้มแสง 1,000 W ต่อ ตร.เมตร และอุณหภูมิมาตรฐาน 25 องศา C แล้ว จะพบว่าแผงที่ระบุว่าให้กำลังไฟฟ้า 80 W จะให้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า จากสาเหตุดังกล่าว ผู้ที่จะใช้แผงจึงต้องคำนึงถึงข้อกำหนดเหล่านี้ในการเลือกใช้แผงแต่ละชนิดด้วย

2.1.7 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงาน กระแทกกับสารกึ่งตัวนำ จะเกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า (Electron) ขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าไปใช้งานได้

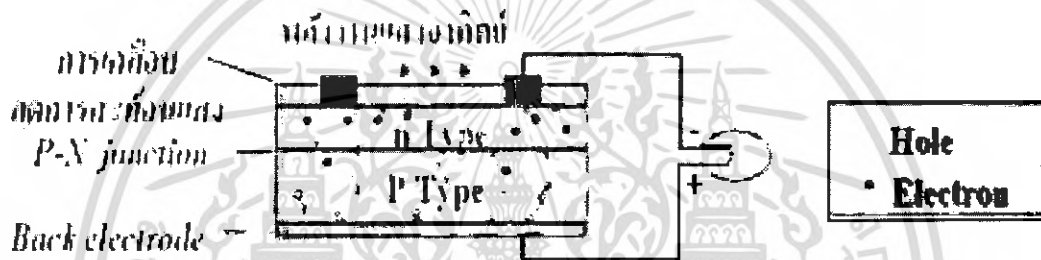
ขั้นตอนการกำเนิดพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.11 แสดงสภาวะการกำเนิดพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงที่ 1

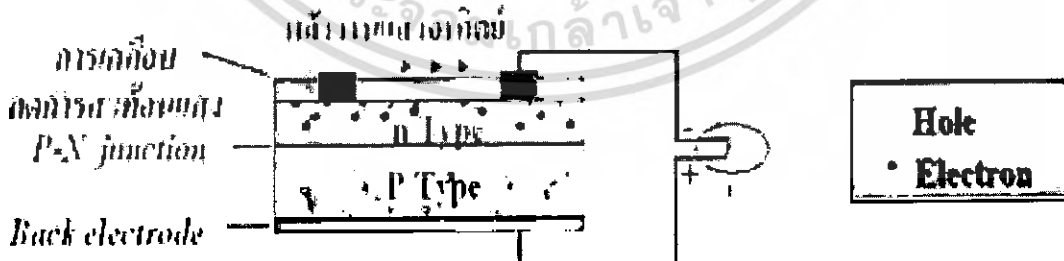
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. n - type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้รับการโด๊ปกับด้วยสารฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ p - type ซิลิคอน คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้รับการโด๊ปกับด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงาน จากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิด มาประกบต่อกันด้วย p - n junction จึงทำให้เกิดเป็น " เซลล์แสงอาทิตย์ " ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด n - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้ อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย ด้านหน้าของ n - type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p - type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮล แต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p - type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮล



รูปที่ 2.12 แสดงสภาวะการกำเนิดพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงที่ 2

2. เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n - type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น p type



รูปที่ 2.13 แสดงสภาวะการกำเนิดพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงที่ 3

3. อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลวิ่งเพื่อจับคู่กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8 ลักษณะเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์

- ใช้พลังงานจากธรรมชาติ คือ แสงอาทิตย์ ซึ่งสะอาดและบริสุทธิ์ ไม่ก่อปฏิกิริยาที่จะทำ
ให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ

- เป็นการนำพลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่าและไม่วันหมดไปจากโลกนี้

- สามารถนำไปใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ทุกพื้นที่บนโลก และได้พลังงานไฟฟ้าใช้
โดยตรง

- ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงอื่นใดนอกจากแสงอาทิตย์ รวมถึงไม่มีการเผาไหม้ จึงไม่ก่อให้เกิด
มลภาวะด้านอากาศและน้ำ

- ไม่เกิดของเสียขณะใช้งาน จึงไม่มีการปล่อยมลพิษทำลายสิ่งแวดล้อม

- ไม่เกิดเสียงและไม่มีการเคลื่อนไหวขณะใช้งาน จึงไม่เกิดมลภาวะด้านเสียง

- เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ และไม่มีชิ้นส่วนใดที่มีการเคลื่อนไหวทำงาน จึงไม่
เกิดการสึกหรอ

- ต้องการการบำรุงรักษาน้อยมาก

- อายุการใช้งานยืนยาวและประสิทธิภาพคงที่

- มีน้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย เคลื่อนย้ายสะดวกและรวดเร็ว

- เนื่องจากมีลักษณะเป็นโมดูล จึงสามารถประกอบได้ตามขนาดที่ต้องการ

- ช่วยลดปัญหาการสะสมของก๊าซต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์,
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ไฮโดรคาร์บอน และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ฯลฯ ซึ่งเป็นผลจากการเผา
ไหม้ของเชื้อเพลิงจำพวกน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อ
สิ่งแวดล้อม เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก ทำให้โลกร้อนขึ้น เกิดฝนกรด และอากาศเป็นพิษ ฯลฯ

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.2 Battery

2.2.1 แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด

แบตเตอรี่ที่นำมาใช้ในโครงการนี้เป็นแบบตะกั่ว-กรด ซึ่งแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด (Lead-Acid) สามารถที่จะแบ่งตามลักษณะการใช้งาน อายุของแบตเตอรี่ ตลอดจนค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. แบตเตอรี่แบบเพาเวอร์ดี (Power-D)

แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นแบบที่ผลิตเองในประเทศเป็นส่วนมาก เช่น องค์กรแบตเตอรี่ กระจกรวงกลาโหม เป็นต้น แบตเตอรี่ชนิดนี้เราเรียกกันว่า 1 ชูตหรือ 1 หม้อ ภายในของแบตเตอรี่ 1 หม้อจะประกอบไปด้วยช่องของกรู๊ปเซลล์แบตเตอรี่ ซึ่งมีขนาดต่างๆ ดังนี้คือ ขนาด 3 ช่องและขนาด 6 ช่อง ใน 1 ช่องแบตเตอรี่ชนิดนี้ประกอบด้วยกรู๊ปของแผ่นเพลทบวกและลบ บรรจุอยู่ในช่องเซลล์และใน 1 ช่องเซลล์มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากับ 2 โวลต์ ดังนั้น 3 ช่องเซลล์ และ 6 ช่องเซลล์มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากับ 6 และ 12 โวลต์ตามลำดับ การบรรจุเซลล์ลงในชุดของแบตเตอรี่ทำได้โดยการนำเอากรู๊ปของเซลล์มาวางลงในหม้อเซลล์ แล้วนำเซลล์มาต่ออนุกรมกัน แล้วเทยางมะตอยสีดำปิดด้านบน แต่จะมีขั้วบวกของเซลล์แรกและขั้วลบของเซลล์สุดท้าย โผล่ออกมาเพื่อเป็นจุดต่อนำเอาพลังของแบตเตอรี่นี้ไปใช้งาน ส่วนน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ เป็นค่าความถ่วงจำเพาะที่สูงมากหรือที่เรียกว่าเข้มข้นมาก แบตเตอรี่ชนิดนี้นิยมใช้กันเป็นส่วนมากในระบบที่ต้องการใช้กระแสสูงๆ ในเวลาอันสั้น เช่น ในงานสตาร์ทเครื่องยนต์ เป็นต้น แบตเตอรี่ชนิดนี้ไม่เหมาะที่จะเป็นแหล่งจ่ายพลังงานมาตรฐาน เช่น ในระบบควบคุมกลไกต่างๆ และในระบบสื่อสาร เป็นต้น

2. แบตเตอรี่ชนิดสเตชันนารี (Station Battery)

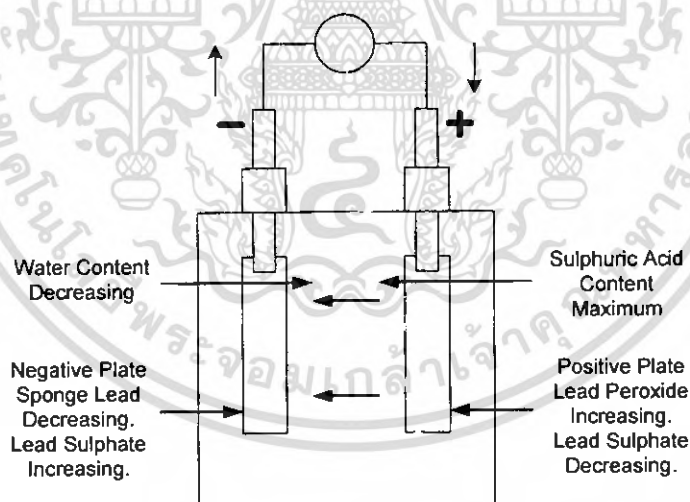
เป็นแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดเหมือนกับชนิดที่หนึ่ง ทั้งสูตรของน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ แต่แบตเตอรี่ชนิดนี้ใช้ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยาระหว่าง 1.200 เท่านั้น แบตเตอรี่ชนิดนี้ภายในหนึ่งชุดประกอบด้วยแผ่นเพลทบวกและลบ ที่บรรจุอยู่ในกล่องใส่เซลล์ประกอบกันแล้วเราเรียกว่า 1 เซลล์ โดยใน 1 เซลล์มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากับ 2 โวลต์ แบตเตอรี่ชนิดนี้มีการใช้งานยาวนานมาก อยู่ระหว่าง 15-20 ปี ดังนั้นแบตเตอรี่ชนิดนี้จึงเหมาะที่จะใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานที่มาตรฐาน ทั้งในระบบควบคุมห้องกลไกและระบบสื่อสาร ดังนั้นแบตเตอรี่ชนิดที่ 2 นี้ จึงมีการใช้ในการไฟฟ้าฝ่ายผลิต เพื่อที่จะทำให้แบตเตอรี่ชนิดนี้มีอายุการใช้งานอย่างยาวนานและคุ้มค่าต่อราคาของแบตเตอรี่เนื่องจากมีราคาแพงมาก ถ้าหากผู้ใช้งานมีการบำรุงรักษาไม่ถูกต้องตามหลักการ จะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลง

72637

2.2.2 หลักการทำงานของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

การเกิดพลังงานของแบตเตอรี่ในทางเคมีจะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างวัสดุ (Active Material) หรือที่เราเรียกกันว่า น้ำยาอิเล็กโทรไลต์ เมื่อจุ่มแผ่นเพลทลงในน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ จะเกิดการแยกตัวหรือการแตกตัว ทำให้เกิดเป็นไอออนบวกและไอออนลบขึ้นภายในเซลล์ ไอออนที่ถ่ายเทจากวัสดุแผ่นหนึ่งไปยังวัสดุอีกแผ่นหนึ่งจะใช้น้ำยาอิเล็กโทรไลต์เป็นตัวกลาง ในขณะที่แบตเตอรี่ถูกดิสชาร์จหรือที่เรียกว่า การคายประจุ ไอออนลบจะวิ่งจากแผ่นเพลทลบไปยังแผ่นเพลทบวก เกิดออกซิเจนขึ้นที่ขั้วบวก ออกซิเจนที่เกิดขึ้นจะถูกขั้วลบดูดซับแล้วเกิดปฏิกิริยา แต่ออกซิเจนบางส่วนจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนความดันสูง สำหรับก๊าซไฮโดรเจนก็เกิดขึ้นเช่นกันเมื่อมีการอัดประจุเกินที่ขั้วลบ

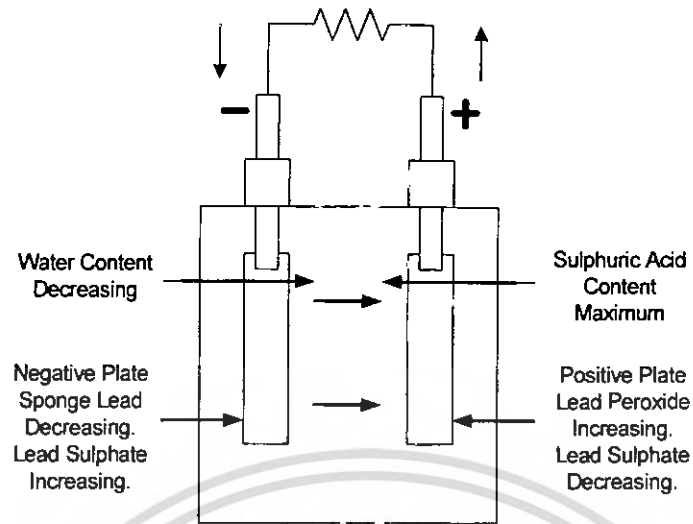
การทำงานในทางเคมีของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดในขณะที่แผ่นเพลทจุ่มอยู่ในน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ ในลักษณะที่ประจุเต็ม จากปฏิกิริยาทางเคมีจะทำให้แผ่นบวกเป็นลีดเปอร์อ็อกไซด์ (Lead per Oxid) หรือ PbO_2 และแผ่นลบเป็นสปองลีด (Spong Lead) หรือ Pb จะทำให้ปริมาณเนื้อกรดภายในเซลล์ของแบตเตอรี่หลุดออกมา จากปรากฏการณ์ที่กล่าวมานี้ สรุปได้ว่าขณะที่แบตเตอรี่มีประจุเต็ม ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ภายในเซลล์จะมีค่าสูงสุด การที่จะทำให้แบตเตอรี่มีสภาพประจุเต็มตลอดเวลา ทำได้โดยการให้แบตเตอรี่ได้รับแรงดันหรือการชาร์จ โดยให้มีการไหลของกระแสภายในวงจรแบตเตอรี่จากแผ่นเพลทบวกไปยังแผ่นเพลทลบอยู่ตลอดเวลา ในลักษณะนี้เราเรียกกันทั่วไปว่า การประจุแบตเตอรี่ด้วยเครื่องชาร์จ



รูปที่ 2.14 แสดงเซลล์ของแบตเตอรี่ในขณะที่มีการชาร์จ

ในขณะที่เราทำการชาร์จแบตเตอรี่จะมีกระแสไหลในวงจรของแบตเตอรี่ ทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Electrolysis นั่นคือ น้ำที่เป็นส่วนผสมของน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ ถูกแยกออกเป็นก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจน โดยระเหยออกมาทางช่องระบายอากาศสู่ภายนอกเซลล์ การระเหยของก๊าซทั้งสองนี้ ทำให้เกิดการสูญเสียภายในเซลล์ ซึ่งส่งผลให้เราต้องเติมน้ำกลั่นลงในระหว่างที่แบตเตอรี่ใช้งานอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงการดิสชาร์จของแบตเตอรี่

ในขณะที่เซลล์แบตเตอรี่ถูกดิสชาร์จหรือการที่ทำให้เกิดกระแสไหลในวงจรแบตเตอรี่จากแผ่นเพลทบวก ซึ่งจะทำให้น้ำยาอิเล็กโทรไลต์แตกตัวออกไปเป็นไฮโดรเจนและซัลเฟตหรือ SO_4 ไฮโดรเจนที่แตกตัวออกมาจะไปทำปฏิกิริยากับแผ่นเพลททั้งสองเช่นกัน หรือนั่นคือ มีซัลเฟตเกาะจับที่แผ่นเพลททั้งสอง ปริมาณซัลเฟตนี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เป็นลำดับตราบเท่าที่แบตเตอรี่มีการดิสชาร์จอยู่ การดิสชาร์จแบตเตอรี่จะไม่เกิดผลเสียก็ต่อเมื่อซัลเฟตที่เกาะจับแผ่นเพลทลบ และบวกมีปริมาณเท่ากัน นั่นคือการทำปฏิกิริยาระหว่างแผ่นเพลทกับน้ำยาอิเล็กโทรไลต์จะหยุดทันทีในสถานะเช่นนี้ น้ำยาอิเล็กโทรไลต์จะมีสภาพเป็นน้ำในขณะที่เราทำการชาร์จแบตเตอรี่อยู่นั้น จะพบว่าโวลต์เตจภายในเซลล์แบตเตอรี่จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในขณะเดียวกันค่าความถ่วงจำเพาะของแบตเตอรี่จะลดลงมาเช่นกัน ดังนั้นเราจึงพอที่จะสรุปได้ว่าขณะที่แบตเตอรี่ถูกดิสชาร์จจนหมดตัว (Full Discharge) ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยาอิเล็กโทรไลต์จะมีค่าต่ำสุดหรือมีสภาพเป็นน้ำนั่นเอง

ในการดิสชาร์จเซลล์แบตเตอรี่ในแต่ละครั้ง จึงพยายามอย่าให้โวลต์เตจตกคร่อมภายในเซลล์แบตเตอรี่โดยเฉลี่ยแล้วต่ำกว่า 1.75 โวลต์ต่อเซลล์ ทั้งนี้เพราะจะทำให้ซัลเฟตที่เกาะจับแผ่นเพลทมีปริมาณ ซึ่งจะทำให้เป็นการยุ่งยาก และอีกประการหนึ่งการดิสชาร์จแบตเตอรี่ต่ำกว่า 1.75 โวลต์ต่อเซลล์บ่อยครั้งจะส่งผลทำให้อายุการทำงานของแบตเตอรี่ลดลง

2.3 การชาร์จแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด

การชาร์จแบตเตอรี่ คือ การนำไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งภายนอกมาประจุให้แบตเตอรี่ เพื่อที่จะเปลี่ยนพลังงานทางไฟฟ้ามาเป็นพลังงานทางเคมี กระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไปนี้จะขับเคลื่อนกรดในแผ่นเพลททั้งลบและบวกให้หลุดออกมาเพื่อกลับไปรวมตัวกับน้ำ ทำให้สภาพของน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ของแบตเตอรี่มีความพร้อมที่จะจ่ายพลังงานออกมาในเวลาที่เรากำลังใช้งาน

ระบบการชาร์จแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด โดยทั่วไปเราจะใช้การชาร์จแบบโวลต์เดจคงที่ การชาร์จแบบนี้คือการทำให้โวลต์เดจหรือแรงดันของเครื่องชาร์จคงที่อยู่ตลอดเวลาที่ทำการชาร์จ ส่วนปริมาณของกระแสในการชาร์จเข้าวงจรแบตเตอรี่ จะเริ่มต้นจากปริมาณกระแสสูงสุดในช่วงแรกของการชาร์จและเริ่มลดลงเรื่อย ๆ จนแบตเตอรี่เต็ม

2.3.1 ระดับโวลต์เดจในการชาร์จแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

ระดับโวลต์เดจในการชาร์จแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดโดยทั่ว ๆ ไปจะแบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ

1. ระดับโวลต์เดจปกติ (Float Charge)
2. ระดับโวลต์เดจรุนแรง (Equalize Charge)

1. ระดับโวลต์เดจปกติ (Float Charge)

การชาร์จระดับนี้นับว่ามีความสำคัญอย่างมากต่ออายุของแบตเตอรี่ เช่นถ้าเราใช้โวลต์เดจในการชาร์จสูงเกินไป จะไม่เป็นผลดีกับแบตเตอรี่ เพราะจะทำให้แผ่นเพลทของแบตเตอรี่ปลั่งบวมและคดงอในภายหลัง ตลอดจนการเกิดตะกอนร่วนหล่นที่กั้นเซลล์จะมีปริมาณมากกว่าปกติ จนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แบตเตอรี่เสียเร็วกว่าที่ควรจะเป็น ในทำนองเดียวกันถ้าเราตั้งระดับโวลต์เดจในการชาร์จต่ำกว่ากำหนด จะทำให้แบตเตอรี่ได้รับโวลต์เดจในการชาร์จไม่เพียงพอ ไม่สามารถที่จะชดเชยกระแสที่สูญเสียที่เกิดขึ้นภายในเซลล์แบตเตอรี่ กระแสสูญเสีย นั้นเราเรียกว่า Self Discharge และ Local Action ดังนั้นถ้าเราปล่อยให้แบตเตอรี่ได้รับโวลต์เดจในระดับนี้นาน ๆ จะทำให้แผ่นเพลททั้งสองของแบตเตอรี่เกิดซัลเฟตเกาะจับจนเป็นสาเหตุให้แบตเตอรี่เกิด Under Charge ขึ้นได้ การเกิด Self Discharge หรือ Local Action จะเกิดได้กับแบตเตอรี่ทุกชนิด อันเนื่องมาจากสารโลหะที่เป็นส่วนผสมของแผ่นเพลทและความชื้นของอากาศ ดังนั้นการชาร์จแบบ Float Charge นี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรับระดับโวลต์เดจในการชาร์จ ให้คงที่อยู่ตลอดเวลา การปรับระดับโวลต์เดจที่ Float Charge ของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดจะใช้โวลต์เดจระหว่าง 2.15 – 2.20 โวลต์ต่อเซลล์ เช่น แบตเตอรี่ขนาด 24 เซลล์ โวลต์เดจที่ใช้ในการชาร์จจะเท่ากับ 2.15 คูณกับ 24 เท่ากับ 52.8 โวลต์ การหาโวลต์เดจในระดับ Float Charge ในแต่ละชุดของแบตเตอรี่จะเท่ากับระดับโวลต์เดจในการชาร์จต่อเซลล์คูณด้วยจำนวนเซลล์ของแบตเตอรี่ในชุดนั้น ๆ

2. ระดับโวลต์เตจจูนแรง (Equalize Charge)

การที่เราชาร์จแบตเตอรี่ในระดับ Float Charge อย่างเดียวเป็นระยะเวลาานานๆ ยังไม่เพียงพอที่จะรักษาแบตเตอรี่ให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ ซึ่งสามารถสรุปเป็นเหตุผลย่อย ๆ ได้ดังนี้

- ในระดับโวลต์เตจการชาร์จที่ Float Charge ไม่สามารถที่จะแก้ Self Discharge และ Local Action ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้โวลต์เตจที่ตกคร่อมเซลล์เกิดการแตกต่างกัน

- เซลล์บางเซลล์ของแบตเตอรี่ได้รับความร้อน และความเย็นจากอุณหภูมิโดยรอบเซลล์ แบตเตอรี่ไม่เท่ากัน ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ภายในเซลล์ทุก ๆ ตารางนิ้วไม่เท่ากัน

- ขั้วต่อแบตเตอรี่บางส่วนได้รับโวลต์เตจที่ตกคร่อมไม่เท่ากัน อันเนื่องมาจากความชัน ความตึงแน่นของขั้วแบตเตอรี่มีค่าไม่เท่ากัน

การทำ Equalize Charge คือการเพิ่มระดับโวลต์เตจในการชาร์จให้สูงกว่าระดับ Float Charge ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่มีการไหลของกระแสสูงขึ้น เพื่อเป็นการแก้การสูญเสียภายในวงจร แบตเตอรี่ทั้งหมด และจะทำให้แบตเตอรี่มีประจุเต็มพร้อมที่จะเป็นตัวจ่ายพลังงานในเวลาที่เราต้องการใช้งาน ระดับโวลต์เตจที่เราใช้ในการทำ Equalize Charge ใช้โวลต์เตจที่ 2.33 โวลต์ต่อเซลล์ เช่น แบตเตอรี่ 24 เซลล์ จะใช้โวลต์เตจในการชาร์จเท่ากับ 24 คูณ 2.33 จะมีค่าเท่ากับ 55.92 โวลต์

เพื่อไม่ให้มีการปรับระดับโวลต์เตจในการชาร์จแบตเตอรี่จะก่อ-กรตเกิดการผิดพลาด และเกิดปัญหาขึ้นกับแบตเตอรี่ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงมีการทำตารางสรุปเพื่อเป็นหลักในการปรับเครื่องชาร์จ

ตารางที่ 2.1 ระดับโวลต์เตจในการชาร์จแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

จำนวนเซลล์	ระดับโวลต์เตจในการชาร์จ (Volts)	
	Float Charge	Equalize Charge
6	12.9	13.98
12	25.8	27.96
24	51.6	55.92
48	103.2	111.84
60	129	139.8
120	258	279.6

หมายเหตุ ระดับโวลต์เตจ Float Charge ใช้โวลต์เตจเท่ากับ 2.15 โวลต์ต่อเซลล์

ระดับโวลต์เตจ Equalize Charge ใช้โวลต์เตจเท่ากับ 2.33 โวลต์ต่อเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ระดับของโวลต์เตจที่กระทบกระเทือนต่ออายุของแบตเตอรี่

การปรับระดับโวลต์เตจในการชาร์จแบตเตอรี่นับว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมาก ถ้าหากการปรับระดับโวลต์เตจในการชาร์จไม่ถูกต้อง ในขณะที่มีการชาร์จปกติประจำทุกๆ วัน แบตเตอรี่จะได้รับโวลต์เตจในการชาร์จโดยตรงจากแบตเตอรี่อยู่ตลอดเวลา จะทำให้แบตเตอรี่เกิดการเสียหายขึ้นใน 2 ลักษณะคือ

1. Under Charge

คือการใช้โวลต์เตจในการชาร์จแบตเตอรี่ในระดับ Float Charge ต่ำกว่า 2.15 โวลต์ต่อเซลล์ ถ้าหากใช้โวลต์เตจในการชาร์จระดับนี้ไปนานๆ จะทำให้เกิดซัลเฟตเกาะจับที่บริเวณแผ่นเพลททั้งบวกและลบ หากทิ้งไว้นานวันปริมาณซัลเฟตนี้ จะเพิ่มมากขึ้นจนเป็นสาเหตุทำให้การทำปฏิกิริยาระหว่างแผ่นเพลทบวกและลบกับน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ ทั้งการชาร์จและการดิสชาร์จ เป็นไปด้วยความยากลำบาก ส่งผลให้ Capacity ของแบตเตอรี่ลดลงตามลำดับ ถ้าหากทิ้งไว้นานวัน จะส่งผลกระทบกระเทือนต่ออายุของแบตเตอรี่ ดังนั้นหากตรวจพบว่าแบตเตอรี่เกิด Under Charge ขึ้น ต้องรีบแก้ไขโดยเร็ว การเกิด Under Charge สามารถสังเกตได้ดังนี้

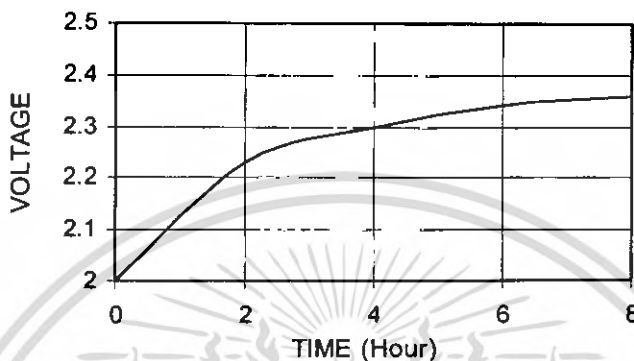
- มีการปรับระดับของน้ำยาอิเล็กโทรไลต์น้อย ในระยะเวลาอันยาวนานหรือไม่มีการเติมน้ำกลั่นเลยตลอดเวลาที่แบตเตอรี่ใช้งานอยู่
- มีฟองอากาศผุดขึ้นภายในเซลล์น้อยที่สุดหรือน้อยกว่าปกติ
- สีของแผ่นเพลทแบตเตอรี่ที่แผ่นเพลทลบมีสีขาวเกาะจับ
- ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ในเซลล์ต่ำกว่า 1.18
- วัดโวลต์เตจตกคร่อมในแต่ละเซลล์ต่ำกว่า 2.15 โวลต์
- ความร้อนในเซลล์แบตเตอรี่ต่ำกว่าปกติ

2.3.3 การชาร์จแบบกระแสคงที่ (Constant Current Charge)

การชาร์จแบบนี้จะใช้ระยะเวลานานกว่าการชาร์จแบบโวลต์เตจคงที่ ทั้งนี้เพราะการชาร์จแบบกระแสคงที่จะถูกจำกัดปริมาณการชาร์จของกระแสในการชาร์จ จากเครื่องชาร์จเข้าสู่แบตเตอรี่ เป็นจำนวนแอมแปร์ต่อชั่วโมง ดังนั้นแบตเตอรี่จะได้รับกระแสในการชาร์จเป็นไปตามที่กำหนด ซึ่งถ้าตั้งกระแสในการชาร์จให้สูงขึ้น แม้ว่าจะเป็นการลดระยะเวลาในการชาร์จลง แต่ก็ก่อให้เกิดผลเสียกับแบตเตอรี่ คือจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในเซลล์ของแบตเตอรี่ ซึ่งจะสูงขึ้นตามปริมาณของกระแสที่ทำการชาร์จและในที่สุดแผ่นเพลทของแบตเตอรี่ที่เป็น Active Material ของเซลล์แบตเตอรี่จะเกิดการคดงอแตกหรือเกิดรอยร้าวอันเนื่องมาจากความร้อนนี้ หรืออาจเกิดการระเบิดขึ้นได้ ส่วนการชาร์จแบบกระแสคงที่มีข้อดีที่เกิดกับแบตเตอรี่คือ จะทำให้เซลล์ต่างๆ เซลล์ในชุดของแบตเตอรี่ได้รับการประจุกระแสในการชาร์จที่มีสัดส่วนเท่ากันทุกเซลล์ตลอดชุดของแบตเตอรี่ เหตุผลที่ทำให้การชาร์จแบบกระแสคงที่ใช้เวลานานด้วยเหตุผลดังนี้

- ขึ้นอยู่กับค่าความจุหรือขนาดของแบตเตอรี่ที่นำมาทำการชาร์จ
- ขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสที่ทำการชาร์จ
- ขึ้นอยู่กับสภาพของแบตเตอรี่ก่อนที่จะทำการชาร์จ

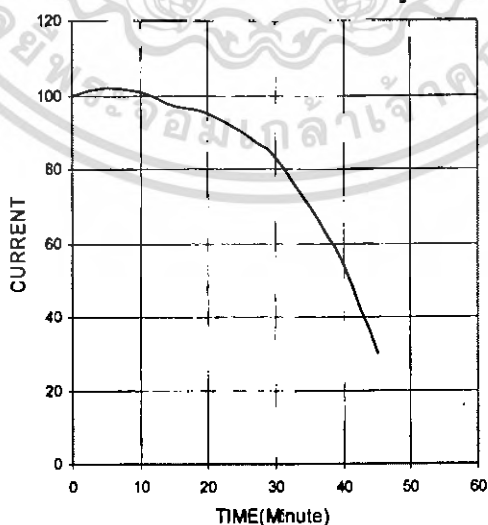
จากการชาร์จแบบกระแสคงที่ เราไม่ได้กล่าวถึงโวลต์เตจที่ชาร์จแบตเตอรี่เลย อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปขณะที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่อยู่นั้น ระดับโวลต์เตจที่เซลล์ของแบตเตอรี่จะควบคุมจาก END OF CELL จนถึงประมาณ 2.33 โวลต์ต่อเซลล์ ซึ่งสามารถจะแสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงของโวลต์เตจในการชาร์จแบบกระแสคงที่

2.3.4 การชาร์จแบบโวลต์เตจคงที่

จากที่เราได้ศึกษามาแล้วว่า การชาร์จแบบกระแสคงที่ที่เราจะทำการชาร์จอย่างรวดเร็วไม่ได้ต่อไปนี้เราจะศึกษาถึงการชาร์จแบบโวลต์เตจคงที่ ในการชาร์จแบบนี้จะใช้ระยะเวลาในการชาร์จน้อยกว่าแบบแรกโดยระยะเวลาในการชาร์จจะเร็วกว่าเท่าไรนั้น ขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องชาร์จที่จะต้องจ่ายกระแสออกมาได้ 50% ของค่าความจุของแบตเตอรี่ที่นำมาทำการชาร์จ เช่น แบตเตอรี่ขนาด 100 แอมแปร์ต่อชั่วโมงจะใช้เวลาในการชาร์จประมาณ 2 ชั่วโมง ซึ่งการชาร์จแบบโวลต์เตจคงที่ที่สามารถแสดงได้ดังรูป



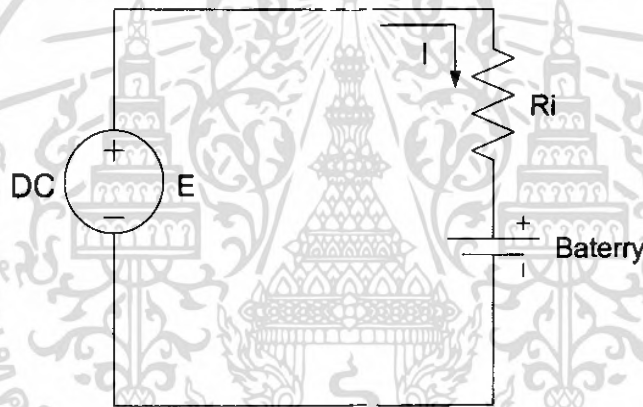
รูปที่ 2.17 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส-เวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดแบบโวลต์เตจคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การชาร์จแบตเตอรี่แบบโวลต์เดจคงที่ทำได้โดยการใช้เครื่องชาร์จหรือ Generator เป็นตัวกำหนดโวลต์เดจขึ้นมาแล้วป้อนเข้าแบตเตอรี่ แต่การกำเนิดโวลต์เดจจากเครื่องชาร์จ หรือ Generator นั้นอาจจะมีโวลต์เดจที่ไม่คงที่ตลอดเวลาที่ทำการชาร์จ ดังนั้นเราจึงต้องหาวงจรที่ทำหน้าที่ในการรักษาระดับการชาร์จที่คงที่ให้แก่แบตเตอรี่ ซึ่งวงจรมันนี้เราเรียกกันทั่วไปว่า วงจรโวลต์เดจเรกูเลเตอร์ (Voltage Regulator) ซึ่งนับว่าเป็นวงจรที่มีความสำคัญมากในการชาร์จแบบโวลต์เดจคงที่

2.3.5 ทฤษฎีและหลักการอัดประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่

เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ซึ่งจะให้ระดับแรงดันสูงกว่าระดับแรงดันของแบตเตอรี่ในขณะที่มีการเก็บประจุเต็ม ในการอัดประจุแบตเตอรี่จะให้ขั้วบวกของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ โดยที่กระแสที่ทำการชาร์จประจุแบตเตอรี่ จะมีทิศทางตรงข้ามกับกระแสที่แบตเตอรี่จ่ายออกมาก ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.18 แสดงทิศทางกระแสของกระแสอัดประจุแบตเตอรี่

โดย

E = แรงดันที่ขั้วของแบตเตอรี่

E_c = แรงดันที่ขั้วของแบตเตอรี่

R_i = ความต้านทานภายในเซลล์ของแบตเตอรี่

I = กระแสที่ใช้ในการอัดประจุ

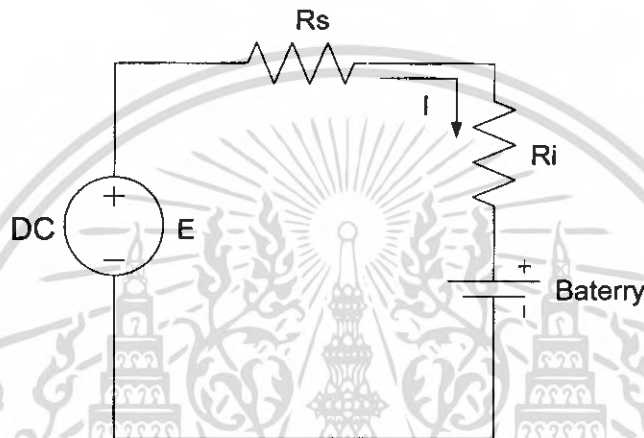
จากรูปจะได้สมการ

$$E = E_c + IR_i$$

$$I = \frac{E - E_c}{R_i}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแรงดันที่แบตเตอรี่ (E_c) มีค่าเท่ากับแรงดันที่อัดประจุ (E) จะไม่มีกระแส (I) ไหลในวงจร ถ้าแรงดัน E_c ต่ำกว่าแรงดัน E จะทำให้มีกระแสไหลเพื่อเข้าไปทำการอัดประจุให้กับแบตเตอรี่ แต่ถ้าแรงดัน E_c สูงกว่าแรงดัน E กระแสจะถูกดีสชาร์จออกจากแบตเตอรี่ที่ค่าความต้านทานภายใน (R_i) ของแบตเตอรี่ส่วนมากจะมีค่าน้อย ซึ่งมีหน่วยเป็นโอห์ม โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในขณะที่มีการอัดประจุ โดยจะมีผลต่อปริมาณกระแสที่อัดประจุแบตเตอรี่ว่าจะมากหรือน้อย ถ้ากระแสในการอัดประจุแบตเตอรี่มีค่ามากเกินไปที่แบตเตอรี่จะทนได้ อาจทำให้ชำรุดได้ การลดปริมาณกระแสการอัดประจุแบตเตอรี่ให้ต่ำลง ทำได้โดยเอาความต้านทานต่ออนุกรมเข้าไปเพื่อที่จะกำจัดปริมาณกระแสที่ไหลได้ตามต้องการ ซึ่งวงจรจะมีลักษณะดังรูป



รูปที่ 2.19 แสดงรูปวงจรที่มีความต้านทานต่ออนุกรมเพื่อจำกัดกระแส

จากรูปจะได้สมการ

$$I = \frac{(E - E_c)}{(R_s + R_i)}$$

$$R_s = \frac{(E - E_c)}{I} - R_i$$

แบตเตอรี่แบบทุติยภูมิ อัตราการอัดประจุหรือการดีสชาร์จจะขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่ พิกัดของกระแสในการอัดประจุแบตเตอรี่จะบอกเป็นชั่วโมง ดังนั้นค่าของกระแสหาได้จากค่าความจุซึ่งมีหน่วยเป็นแอมแปร์-ชั่วโมง (AH) หารด้วยจำนวนชั่วโมง แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นค่าความสัมพันธ์ของกระแสและชั่วโมงในการดีสชาร์จนี้จะไม่แปรผันตามกันตลอด เช่น แบตเตอรี่ 100 AH ดีสชาร์จกระแส 5 แอมป์ในเวลา 20 ชั่วโมง แต่ถ้าจ่าย 10 แอมป์ อาจใช้เวลาเพียง 7 ชั่วโมง หรือถ้าจ่ายกระแส 20 แอมป์ อาจใช้เวลาเพียง 3 ชั่วโมง เป็นต้น จะเห็นว่าถ้าจ่ายกระแสในปริมาณมาก ค่าพิกัด AH ของแบตเตอรี่ อาจจะมีค่าน้อยลง ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการดีสชาร์จของแบตเตอรี่ (Rate of discharge) ซึ่งราคาของแบตเตอรี่ก็จะต่างกันด้วย

อีกสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงคือค่ากระแสในการอัดประจุแบตเตอรี่ควรมีค่าเท่าใด นั่นก็คือค่ากำลังสูญเสียในแบตเตอรี่ ซึ่งอาจเขียนอยู่ในรูปสมการได้ดังนี้ คือ

$$P = I^2 \times R_i$$

โดย

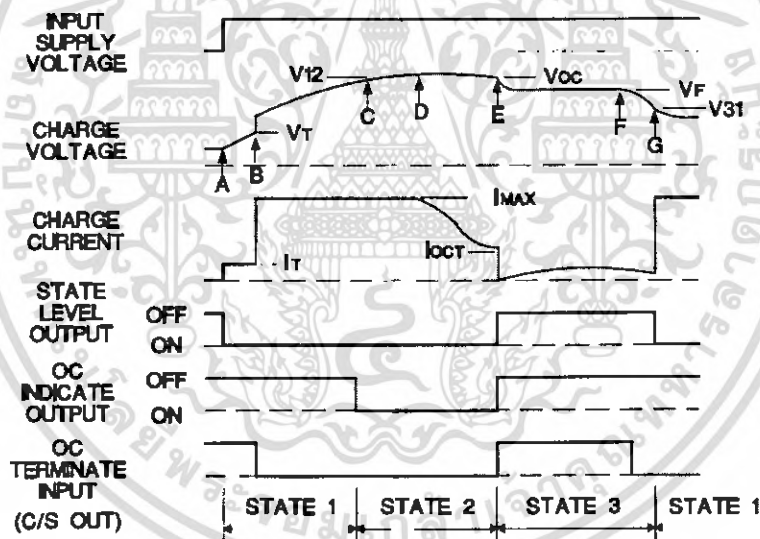
P = กำลังสูญเสียในแบตเตอรี่

I = กระแสในการอัดประจุแบตเตอรี่

R_i = ค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่

จากสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่าเมื่อกระแสในการอัดประจุสูงจะทำให้มีค่าสูญเสียมาก ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในแบตเตอรี่ ซึ่งถ้าความร้อนมีค่าสูงมากจะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่น้อยลง หรืออาจทำให้เสียหายได้ ดังนั้นในการอัดประจุแบตเตอรี่ต้องพิจารณาข้อจำกัดดังกล่าวนี้ด้วย

2.3.6 STATE การทำงานของวงจรเก็บประจุ UC3906

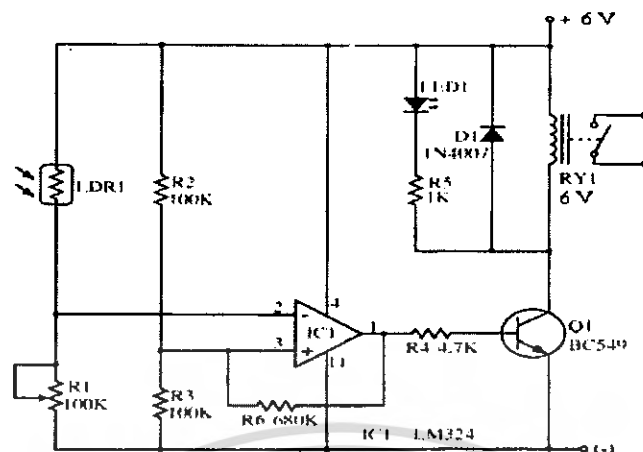


รูปที่ 2.20 แสดงการทำงานของวงจรเก็บประจุ UC3906 ในสถานะต่างๆ

ในช่วงเริ่มแรกจะมีแรงดันจาก Input supply แรงดันจะเริ่มเข้ามาเก็บประจุจากจุด A ถึงจุด B กระแสเก็บประจุจะขึ้นสูงถึง I_{max} ซึ่งเป็นช่วง STATE 1 Bulk charge และแรงดันจะอยู่ในระดับ V_{12} ซึ่งเป็นแรงดันที่จะเริ่มเข้าสู่ STATE 2 Over charge เป็นการชาร์จที่ระดับแรงดันสูงกว่าแบตเตอรี่มาก เสมือนเป็นการกระชากแรงดันให้กับแบตเตอรี่ แต่ค่ากระแสจะลดลงจากจุด I_{max} จนเปลี่ยนมาเป็น I_{oct} ก็จะเป็นการเข้าสู่ STATE 3 ซึ่งเป็นการชาร์จแบบ Float charge หรือ standby state ซึ่งเป็นระดับแรงดันที่คงที่เมื่อไม่มีการจ่ายโหลด และใน state นี้กระแสจะลดลงอย่างมากซึ่งหมายความว่าแบตเตอรี่อยู่ในช่วง standby สามารถนำไปใช้งานได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

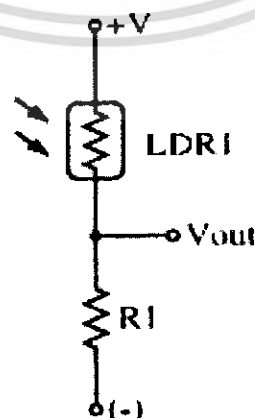
2.4 วงจรควบคุม



รูปที่ 2.21 แสดงโครงสร้างภายในของวงจรควบคุม

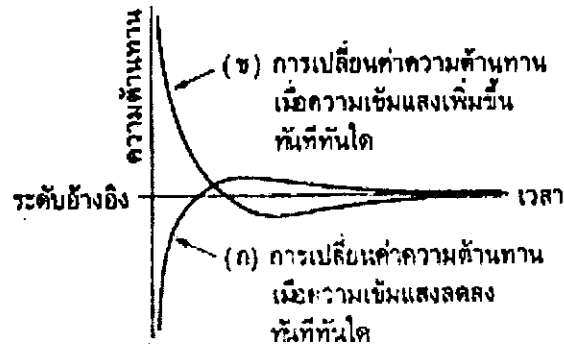
2.4.1 การทำงานของวงจร

ในการทำงานจะใช้ LDR ตรวจสอบความสว่างของแสงแดดภายนอก เมื่อเวลาที่มีแสงแดด (เวลากลางวัน) จะทำให้ค่าความต้านทานของ LDR มีค่าต่ำ ส่งผลให้แรงดันไปตกคร่อมที่ R_1 มาก ทำให้ที่ขา 2 ของ Op - Amp (ซึ่งเป็น Non Inverting Input) ไม่มีแรงดันออกมาจากขา 1 ของ Op - Amp จึงทำให้ Transistor Q_1 ไม่นำกระแส ส่งผลให้ Relay จึงไม่ทำงาน และในเวลาไม่มีแสงแดด (เวลากลางคืน) จะส่งผลให้ค่าความต้านทานของ LDR มีค่าสูงขึ้น ทำให้แรงดันที่ไปตกคร่อม R_1 น้อย ทำให้ที่ขา 2 ของ Op - Amp มีค่าน้อยและเนื่องจากเป็นขา Non Inverting Input ทำให้มีแรงดันออกมาที่ขา 1 ของ Op - Amp ส่งผลให้ Transistor Q_1 นำกระแส Relay จึงนำกระแส โดยในที่นี้เราจะใช้ R_2 และ R_3 เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดันให้กับ Op - Amp โดยจะมีแรงดันตกคร่อมแต่ละตัวเท่ากับครึ่งหนึ่งของแรงดันแบตเตอรี่ โดยในที่นี้เราสามารถปรับระยะเวลาการทำงานจาก R_1 ซึ่งเป็นตัวต้านทานปรับค่าได้ และจะเห็นว่า Diode: D_1 ทำหน้าที่คายพลังงานจากขดลวด Relay



รูปที่ 2.22 วงจรใช้งาน LDR ขั้นพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



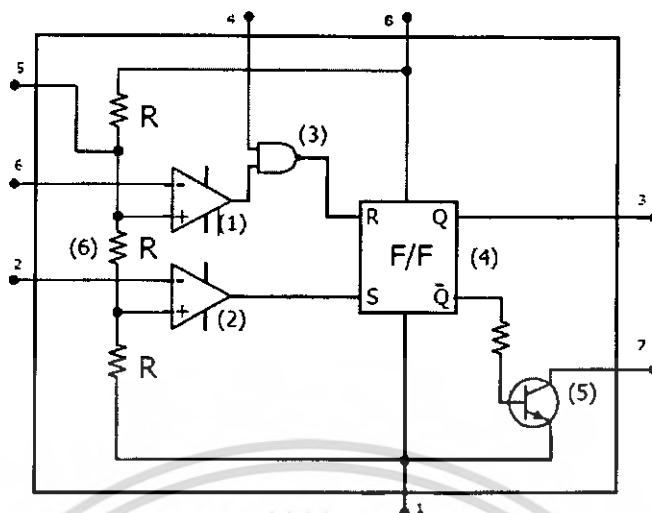
รูปที่ 2.23 กราฟแสดงสภาวะการทำงานของ LDR

2.5 วงจรขับหลอดแอลอีดี

วงจรขับหลอดแอลอีดีที่จะกล่าวถึงในโครงการนี้ จะใช้ IC LM317 ในการควบคุมการจ่ายกระแสให้กับหลอดแอลอีดี รวมถึงเป็นตัวควบคุมการกระพริบของหลอดด้วย โดยจะใช้งานร่วมกับทรานซิสเตอร์ในการดึงขา 1 ของ IC LM317 ลงกราวด์ ซึ่งจะทำให้หลอดแอลอีดีหยุดนำกระแสหรือดับ การกระพริบของหลอดจะอาศัยการควบคุมการทริกเกอร์ของตัวทรานซิสเตอร์ ซึ่งสัญญาณที่ใช้ในการทริกเกอร์ตัวทรานซิสเตอร์คือสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square wave) โดยสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมนี้ได้มาจาก IC LM555 นั่นเอง

IC เบอร์ 555 เป็นไอซี ที่นิยมใช้กันมากในการนำไปสร้างสัญญาณรูปคลื่นแบบต่างๆ เช่น สัญญาณ Square Wave, สัญญาณพัลส์ สัญญาณ ramp และวงจรตั้งเวลา ไอซีเบอร์ 555 เป็นอุปกรณ์วงจรรวมที่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ อยู่ภายใน และมีส่วนที่ต้องต่อภายนอกเพื่อควบคุมการทำงาน และใช้งานเป็นลักษณะต่างๆ ซึ่งง่ายต่อการออกแบบ และง่ายในการสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ต่างๆ อีกทั้งสามารถเข้าใจการทำงานได้ง่าย

นอกจากไอซีเบอร์ 555 แล้วยังมีไอซีเบอร์ 556 ที่เป็นแบบ Dual Timer ประกอบด้วย ไอซีเบอร์ 555 จำนวน 2 ตัว อยู่ภายในตัวเดียวกันเพื่อใช้เป็นวงจรตั้งเวลาและสะดวกในการออกแบบวงจรที่ต้องใช้ไอซีเบอร์ 555 หลายๆ ตัว



รูปที่ 2.24 ส่วนประกอบของไอซีเบอร์ 555

2.5.1 หน้าที่ส่วนต่างๆ ของไอซีเบอร์ 555

(1), (2) คือวงจร Comparator เป็นตัวที่ทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณ input ทั้ง 2 ขา ถ้าศักดาไฟฟ้าที่ขั้วบวกมากกว่าศักดาที่ขั้วลบ Output จะมีค่า Logic "1" เท่ากับ VCC ถ้าศักดาที่ขั้วบวกน้อยกว่าขั้วลบ Output จะมีค่า Logic "0" เท่ากับศูนย์โวลต์ (0 Volt)

(3) คือวงจร Nand gate มีคุณสมบัติว่า ถ้า input ทั้งสองขาเป็น Logic "1" Output จะมีค่าเป็น Logic "0" แต่ถ้า input ขาใดขาหนึ่งเป็น Logic "0" ก็จะทำให้ Output จะมีค่าเป็น Logic "1" ทันที

ตารางที่ 2.2 แสดงสถานะการทำงานของวงจร Nand gate

Input 1	Input 2	Output
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(4) เป็นวงจร Flip-Flop แบบ RS – F/F มีคุณสมบัติดังนี้

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของวงจร Flip-Flop แบบ RS – F/F

R	S	Q	\bar{Q}
0	0	Q เดิม	\bar{Q} เดิม
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	ไม่ใช่	ไม่ใช่

Q และ \bar{Q} จะตรงข้ามกันเสมอ คือ ถ้า $Q = "1"$, $\bar{Q} = "0"$
 $Q = "0"$, $\bar{Q} = "1"$

(5) เป็นวงจร Transistor ที่ทำหน้าที่ Switching ถ้า \bar{Q} เป็น logic "1" Transistor จะทำงาน "ON" นั่นคือ จะ Short วงจร ระหว่างขา 7 และ 1 ถ้า \bar{Q} เป็น logic "0" จะ Open ขา 7 และ 1 ของไอซีเบอร์ 555

(6) เป็นตัวต้านทาน 3 ตัว ที่มีขนาดความต้านทานเท่ากันทั้ง 3 ตัว มีหน้าที่แบ่งแรงดัน VCC ออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กัน ดกคร่อม R แต่ละตัว มีค่าเท่ากับ $VCC/3$ ค่า R นี้จะมีขนาดความต้านทานเป็น K โอห์ม

2.5.2 หลักการทำงานเบื้องต้นของไอซีเบอร์ 555

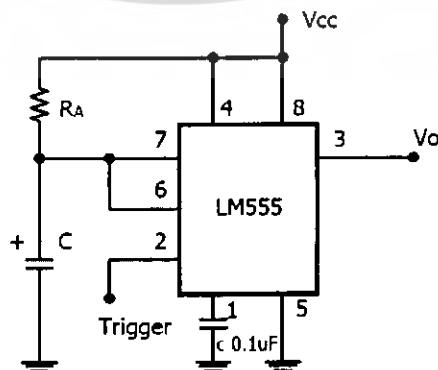
โดยอาศัยการทำงานเป็น 2 แบบ คือ

- เป็นตัวผลิตสัญญาณค่าความถี่ต่างๆ
- เป็นวงจรรีบสัญญาณ

จึงแบ่งการทำงานเป็นวงจรที่สำคัญ ได้ 2 ชนิดคือ

1. วงจรโมโนสเตเบิล (Monostable Multivibrator)

คือวงจรที่สร้างสัญญาณพัลส์ขึ้นมา 1 ลูก หลังจากมีการทริก (กระตุ้น) ให้วงจรเกิดสัญญาณมีความกว้าง ที่สามารถกำหนดได้ด้วยค่า RC



รูปที่ 2.25 รูปแสดงวงจร Monostable Multivibrator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 หลักการทำงาน

ขณะที่ไม่มีสัญญาณ Trig ที่ขา 2 $V_{trig} = V_{CC}$ แรงดันคร่อมคาปาซิเตอร์จะเป็นศูนย์ เพราะว่า V_{CC} จะมีกระแสไหลผ่าน R_A ผ่าน Tr ลงกราวด์ ได้ $V_o = 0$ เมื่อมีสัญญาณ trig ที่ขา 2 คือ $V_{trig} = 0$ Tr ภายในจะ "Off" V_{CC} จะทำการเก็บประจุ (Charge C) จนกระทั่งเกิดแรงดันตกคร่อมคาปาซิเตอร์ประมาณ $2V_{CC}/3$ คาปาซิเตอร์จะคายประจุผ่าน Tr ขณะที่คาปาซิเตอร์คายประจุ output จะเป็น logic "1" ได้ $V_o = V_{CC}$

1.2 แบ่งช่วงการทำงานเป็น 4 ช่วง

ช่วงที่ 1 ขณะที่ $V_{trig} = V_{CC}$ Comparator (2) ตัวล่างจะทำให้ output เป็น "0" (ขาลบมีศักดามากกว่าขาบวก) Comparator (1) ตัวบนจะทำให้ output เป็น "1" เพราะว่าขา 6 ต่อกับขา 7 ผ่าน Tr ลง GND ทำให้ Tr "ON" ได้ output ของ NAND gate เป็น "0" เพราะ input ทั้งคู่เป็น "1" ดังนั้น $R = 0$, $S = 0$ จะทำให้ Q และ \bar{Q} ไม่เปลี่ยนแปลงคือ $Q = "0"$, $\bar{Q} = "1"$ ถ้า $\bar{Q} = "1"$ Tr จะ "ON" คาปาซิเตอร์จะไม่มีการเก็บประจุ เนื่องจากกระแสจาก V_{CC} จะไหลผ่าน R และ Tr ลง GND

ช่วงที่ 2 ขณะที่ trig ด้วย $V_{trig} = 0$ V output ของ Comparator (2) ตัวล่างจะเปลี่ยนจาก "0" เป็น "1" ส่วน Output ตัว Comparator (1) ตัวบนยังคงเหมือนเดิม ดังนั้นที่วงจร F/F ขา $R = "0"$, $S = "1"$ จะเป็นการ Set F/F ได้ $Q = "1"$ และ $\bar{Q} = "0"$ เมื่อ $\bar{Q} = "0"$ ทำให้ Tr เกิดการ "Off" ส่งผลให้คาปาซิเตอร์จะทำการเก็บประจุ

ช่วงที่ 3 เมื่อสัญญาณ trig กลับเป็น V_{CC} อีกครั้ง Output ของ Comparator (2) ตัวล่างจะเปลี่ยนจาก "1" เป็น "0" ทำให้ output ของ comparator ที่ส่งไปให้วงจร F/F ไม่เปลี่ยนแปลง

ช่วงที่ 4 เมื่อคาปาซิเตอร์ทำการเก็บประจุจนกระทั่ง V_c มีค่าเท่ากับ $2/3V_{CC}$ หรือมากกว่านั้น ส่งผลให้ Output ของ comparator (1) ตัวบน เปลี่ยนจาก "1" เป็น "0" ทำให้ Output ของ NAND gate = "1" ที่วงจร F/F ขา $R = "1"$ และ $S = "0"$ ดังนั้น $Q = "0"$, $\bar{Q} = "1"$ ทำให้ Tr "ON" อีกครั้ง คาปาซิเตอร์ จะทำการคายประจุออกผ่าน Tr ลง GND กลับสู่สภาพเดิมวงจร Monostable Multivibrator นี้สามารถสร้างสัญญาณพัลส์ขึ้นมาจำนวน 1 ลูก หลังจากมีการ trig ที่ขา 2 โดยความกว้างพัลส์ขึ้นอยู่กับค่า R_A และ C

สมการในการ Charge ประจุของ Capacitor จาก 0 ถึง $2/3V_{CC}$ คือ

$$V_c(t) = V_{cc}(1 - e^{-t/RC})$$

$$\frac{2}{3}V_{cc} = V_{cc}(1 - e^{-t/RC})$$

$$e^{-t/RC} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{-t}{R_A C} = \ln \frac{1}{3}$$

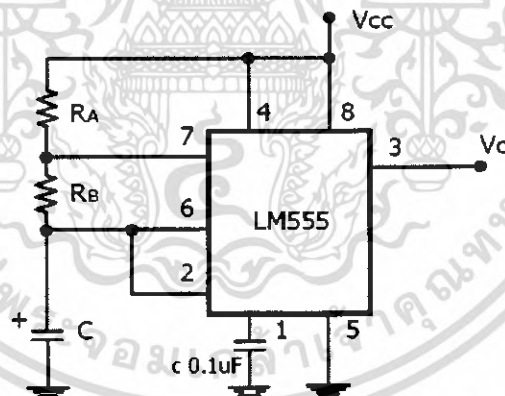
$$\frac{-t}{R_A C} = -1.1$$

$$t = 1.1R_A C$$

$$T = 1.1R_A C$$

2. วงจรอะสเตเบิล (Astable Multivibrator)

คือวงจรสร้างสัญญาณ Square wave มีความถี่ที่สามารถกำหนดได้ตามความต้องการ ด้วยค่าคาปาซิเตอร์ C และค่าความต้านทาน R_A และ R_B โดยในวงจรนี้นอกจากจะสามารถกำหนดความถี่ของสัญญาณ Square wave ด้วยค่า C และค่า $R_T = R_A + R_B$ แล้วยังสามารถที่จะกำหนดช่วงเวลา "ON" และ "OFF" ของสัญญาณด้วยค่าที่แตกต่างกันของ R_A และ R_B ได้อีกด้วย



รูปที่ 2.26 แสดงวงจร Astable Multivibrator

2.1 หลักการทำงาน

ใช้หลักการเก็บประจุ และคายประจุของคาปาซิเตอร์โดยจะทำการเก็บประจุผ่าน R_A , R_B และจะคายประจุผ่าน R_B และ Tr ภายในลง GND

- ขณะที่คาปาซิเตอร์เก็บประจุ จนถึงระดับแรงดัน $2/3V_{CC}$ ขณะนั้นแรงดัน ของ $V_o = V_{CC}$

- ขณะที่คาปาซิเตอร์คายประจุออก เกิดแรงดันตกคร่อมมีช่วงจาก $2/3V_{CC}$ ถึง $V_{CC}/3$ ขณะนั้นแรงดันของ $V_o = 0$ (ศูนย์โวลต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แบ่งขั้นตอนการทำงานเป็น 5 ช่วง

ช่วงที่ 1 เป็นช่วงที่ทำการเปิดวงจร คาปาซิเตอร์จะทำการเก็บประจุจาก V_{cc} ผ่าน R_A , R_B Output ของ comparator ตัวบนและล่างจะเป็น "1" ทำให้ Output ของ Nand gate จะเป็น "0" ส่งผลให้ F/F ขา R = "0" และ S = "1" เป็นการ set F/F Output $Q = "1"$, $\bar{Q} = "0"$ คาปาซิเตอร์จะทำการเก็บประจุไปเรื่อยๆจนมีแรงดันตกคร่อม เท่ากับ $V_{cc}/3$

ช่วงที่ 2 ช่วงที่คาปาซิเตอร์ทำการเก็บประจุเกิน $V_{cc}/3$ จะทำให้ comparator (2) ตัวล่างเป็น "0" F/F ขา R = "0", S = "0" ได้ Output V_o เหมือนเดิม

ช่วงที่ 3 เมื่อคาปาซิเตอร์ถูกเก็บประจุจนกระทั่งมีค่ามากกว่า $2V_{cc}/3$ output ของ comparator (1) ตัวบน จะเปลี่ยนเป็น "0" Output ของ NAND gate จะเป็น logic "1" ดังนั้น F/F R = "1", S = "0" เป็นการทำให้ F/F $Q = "0"$ และ $\bar{Q} = "1"$ Transistor จะ "ON"

ช่วงที่ 4 คาปาซิเตอร์จะทำการคายประจุผ่าน R_B และ Tr ลง GND ทำให้ Output ของ comparator (1) ตัวบน เป็น "1" comparator (2) ตัวล่างเป็น "0" ทำให้ F/F ขา R = "0", S = "0" Output ของ F/F จะคงเดิม $Q = "0"$, $\bar{Q} = "1"$

ช่วงที่ 5 เมื่อคาปาซิเตอร์ทำการคายประจุจนแรงดันคร่อม $C = V_{cc}/3$ ทำให้ comparator (1) ตัวบน เป็น "1" comparator (2) ตัวล่าง เป็น "1" ทำให้ F/F ขา R = "0", S = "1" เป็นการทำให้ F/F ได้ $Q = "1"$, $\bar{Q} = "0"$ Tr จะ "Off" คาปาซิเตอร์จะทำการเก็บประจุใหม่อีกครั้ง ในขั้นตอนที่ 2 และเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

2.3 การวิเคราะห์เวลาในการ Charge และ Discharge Capacitor

เวลาในการ Charge C จาก 0 ถึง $V_{cc}/3$ ใช้เวลา t_1

$$V_c(t) = V_{cc}(1 - e^{-t/RC})$$

$$\frac{V_{cc}}{3} = V_{cc}(1 - e^{-t/RC})$$

$$e^{-t/RC} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{-t}{RC} = \ln \frac{2}{3}$$

$$\frac{-t}{RC} = -0.405$$

$$t_1 = 0.405RC$$

เวลาในการ Charge C จาก 0 ถึง $2/3V_{CC}$ ใช้เวลา t_2

$$V_c(t) = V_{cc}(1 - e^{-t/RC})$$

$$\frac{2}{3}V_{cc} = V_{cc}(1 - e^{-t/RC})$$

$$e^{-t/RC} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{-t}{R_A C} = \ln \frac{1}{3}$$

$$\frac{-t}{R_A C} = -1.098$$

$$t_2 = 1.098RC$$

$$T_1 = t_2 - t_1$$

$$T_1 = (1.098 - 0.405)RC$$

$$T_1 = 0.693RC$$

แต่

$$R = R_A + R_B$$

ดังนั้น $T_1 = 0.693(R_A + R_B)C$

เวลาในการ Discharge C จาก $2/3V_{CC}$ ถึง $V_{CC}/3$

$$V(t) = V e^{-t/RC}$$

$$\frac{V_{cc}}{3} = \frac{2}{3}V_{cc}e^{-t/RC}$$

$$T = -RC \ln \frac{1}{3}$$

$$T = 0.69RC$$

$$T_2 = 0.69(R_B)C$$

$$T = T_1 + T_2$$

$$T = 0.69(R_A + 2R_B)C$$

ที่ความถี่ของ Square wave

$$F = \frac{1}{T}$$

$$F = \frac{1}{0.69(R_A + 2R_B)C}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 คุณสมบัติและข้อมูลทางเทคนิคของหลอดแอลอีดีกำลังสูง

หลอดแอลอีดีกำลังสูงนั้นเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่จะมาแทนที่หลอดอื่นๆ ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันเพราะคุณสมบัติที่สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้เป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพสูง โดยหลอดแอลอีดีกำลังสูงมีให้เลือกใช้หลายสี ซึ่งในโครงการนี้จะเลือกใช้หลอดแอลอีดีสีแดงซึ่งเป็นสีที่ให้ความรู้สึกกระมัดระวังที่สุด

2.6.1 คุณสมบัติของหลอดแอลอีดีกำลังสูง

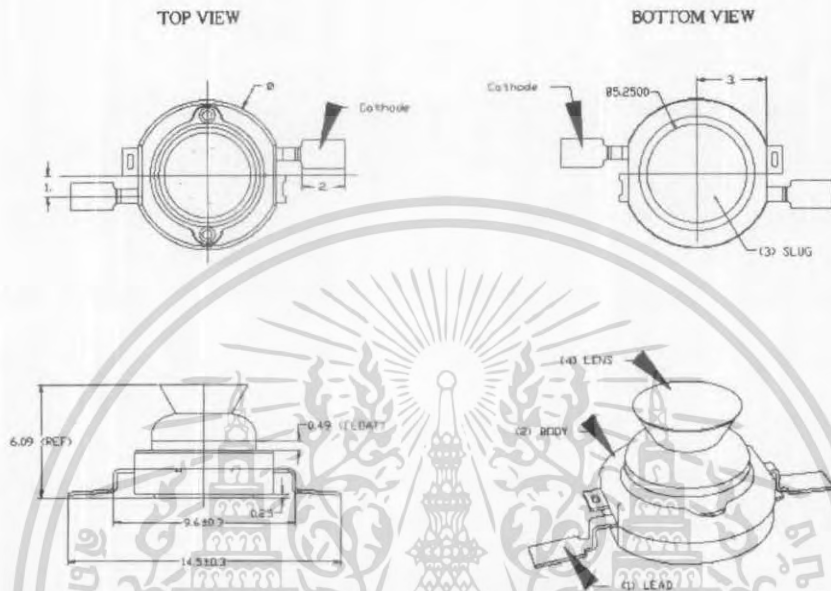
1. มีฟลักซ์ส่องสว่างสูงกว่าหลอดแอลอีดีทั่วไป
2. มีอายุการใช้งานของหลอดโดยเฉลี่ยประมาณ 100,000 ชั่วโมง (11.41 ปีโดยใช้งานวันละ 24 ชม.)
3. มีประสิทธิภาพของการประหยัดพลังงานมากกว่าหลอดทั้งสแตน และหลอดฮาโลเจน
4. ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงต่ำในการทำงาน
5. ลำแสงที่ออกมาจากหลอดแอลอีดีกำลังสูงจะเย็นและไม่ร้อนเหมือนหลอดทั้งสแตน และหลอดฮาโลเจน
6. ไม่มีรังสีอัลตราไวโอเล็ต
7. มีให้เลือกใช้หลายสี เช่น สีแดง เขียว น้ำเงิน อัมพัน ขาว เป็นต้น

2.6.2 การประยุกต์ใช้งานของหลอดแอลอีดีกำลังสูง

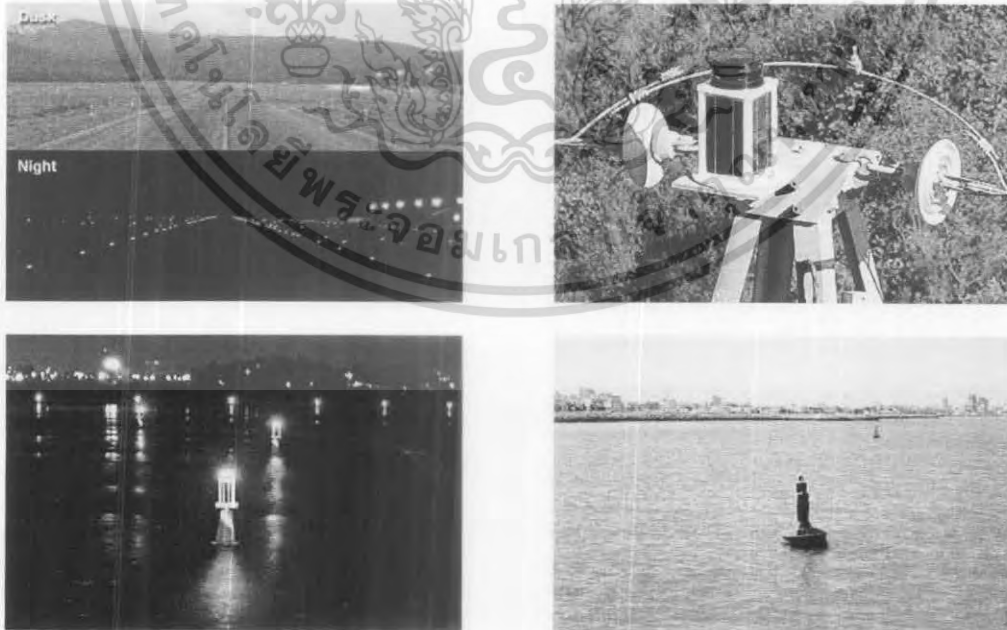
1. ทางด้านการแพทย์มีการนำหลอดแอลอีดีกำลังสูงมาใช้ในการทำไฟส่องการผ่าตัด
2. ทางด้านยานยนต์มีการนำหลอดแอลอีดีกำลังสูงมาใช้แทนหลอดธรรมดาซึ่งจะให้ความส่องสว่างที่มากกว่าและมีความสวยงามมากกว่าหลอดธรรมดาทั่วไป
3. ทางด้านการตกแต่งภายนอกและภายในอาคาร สถานที่ต่างๆ เพื่อเพิ่มความสวยงาม
4. หลอดไฟใช้งานทั่วไป
5. จอ LCD และป้ายแสดงข้อความต่างๆ
6. หลอดไฟจราจร ไฟตามทางรถไฟ



รูปที่ 2.27 แสดงตัวอย่างของหลอดแอลอีดีกำลังสูง

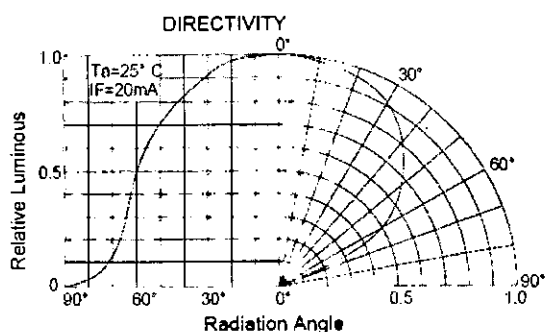


รูปที่ 2.28 แสดงโครงสร้างและขนาดของแอลอีดี



รูปที่ 2.29 แสดงการนำ Obstruction light ไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 แสดงลักษณะการกระจายแสงของหลอดแอลอีดีกำลังสูง

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของหลอดแอลอีดีที่ maximum rating ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

Parameter	Symbol	Test Condition	Value		Unit
			Min.	Max.	
DC Forward Current	I_F	----	----	350	mA
Peak Pulse Current	I_{peak}	Duty=0.1mS, 1kHz	----	500	mA
Power Dissipation	P_d	----	----	1.4	W
LED Junction Temperature	T_j	----	----	120	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	T_{opr}	----	-25	+100	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature	T_{str}	----	-40	+120	$^\circ\text{C}$
ESD Sensitivity	---	HBM	8000	---	V
Soldering Temperature	---	----	260 $^\circ\text{C}$ for 5 Seconds max		

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้า ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

Parameter	Symbol	Test Condition	Value			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Forward Voltage	V_F	$I_F = 350\text{mA}$	----	3.5	4.0	V
Luminous Flux	Φ_v	$I_F = 350\text{mA}$	25	30	-	lm
Viewing Angle	$2\theta_{1/2}$	$I_F = 350\text{mA}$	----	120	----	Deg.
Color Temperature	CCT	$I_F = 350\text{mA}$	6500	----	8000	K
Chromaticity Coordinates	X,Y	$I_F = 350\text{mA}$	WC			--

ตารางที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบหลอดไฟชนิดต่าง ๆ กับหลอดแอลอีดีกำลังสูง

หลอด	ออกแบบ	จำนวน	ลูเมนส์ (lm)	วัตต์ (W)	ประสิทธิภาพ (lm/W)	อายุการใช้งาน (lm/W)
Incandescent	100A19	1	1740	100	17.4	750
Halogen	Q400T4/CL	1	7500	400	18.75	2000
High power LED	RGB	1	120	6.7	17.91	100000

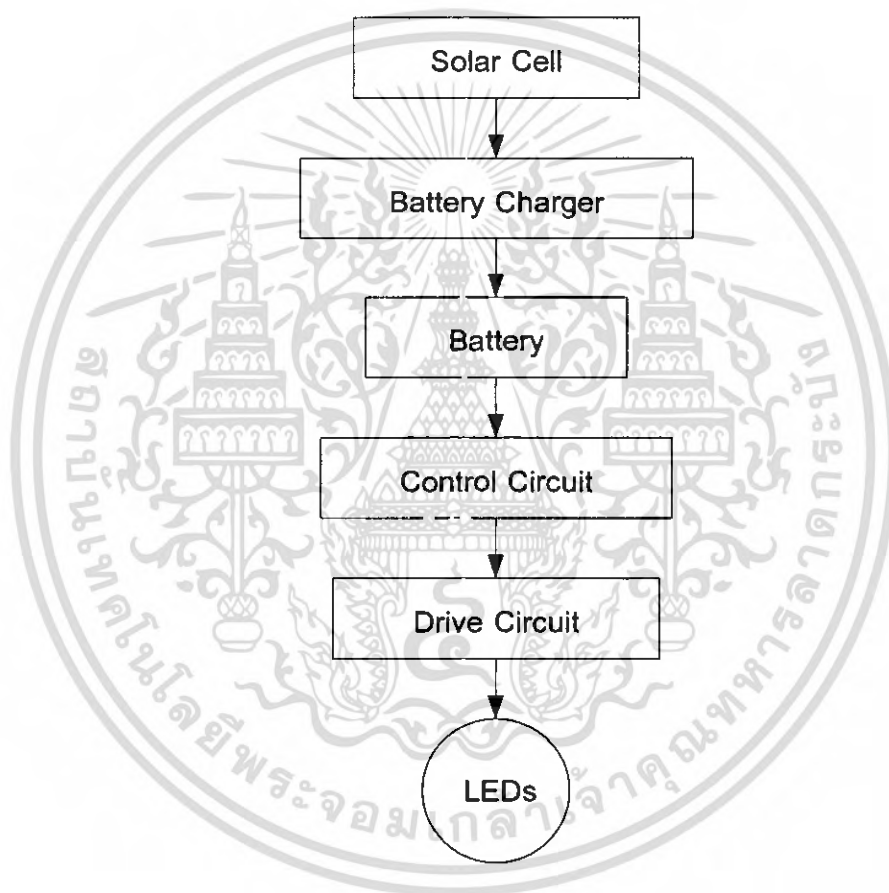
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบวงจร

3.1 บทนำ

ในส่วนของการออกแบบวงจรมัน สิ่งต่างๆที่ต้องคำนึงถึงคือ ขนาดของแผง Solar Cell ที่จะต้องมีกำลังไฟฟ้าเพียงพอในการจ่ายไฟให้กับวงจรเก็บประจุ ขนาดของแบตเตอรี่ที่จะต้องสำรองไฟเพื่อจ่ายไฟให้กับวงจรต่างๆ อย่างน้อยเป็นเวลา 12 ชั่วโมง และคุณสมบัติของหลอดแอลอีดีที่จะนำมาใช้ในโครงการ



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างโดยรวมของระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบแบบใช้แอลอีดี

3.1.1 ขั้นตอนในการออกแบบ

- นำข้อมูลและคุณลักษณะของหลอดแอลอีดีกำลังสูงสีแดง (เนื่องจากในโครงการนี้ใช้หลอดแอลอีดีสีแดง) มาคำนวณหาความต้องการของการส่องสว่าง
- ออกแบบวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง
- ออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบ
- เลือกขนาดของแบตเตอรี่
- ออกแบบวงจรเก็บประจุ
- เลือกขนาดและจำนวนของแผง Solar Cell ที่นำมาใช้งาน
- ออกแบบโครงสร้างภายนอกของระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบแบบใช้แอลอีดี

3.2 จำนวนหลอดแอลอีดีที่นำมาใช้ในวงจร

ในโครงการนี้ได้ใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูงสีแดงจำนวน 6 หลอดแล้วนำมาต่อขนานกัน เพื่อเพิ่มความสว่างให้กับระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบ

- กำลังไฟฟ้าที่หลอดแอลอีดีต้องการ (1 หลอด)

คุณสมบัติของหลอดแอลอีดี (Voltage = 3 V, Current = 350 mA)

$$\text{จาก } P = VI$$

$$P = 3 \times 350 \times 10^{-3}$$

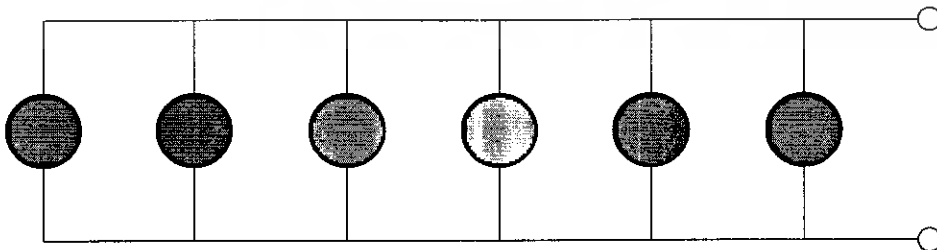
$$P = 1.05 \text{ W}$$

แต่การกระพริบของหลอดแอลอีดีที่นำมาใช้งาน จะมีการทำงานดังนี้คือ สว่าง 1 วินาที ดับ 2 วินาที ดังนั้น กำลังไฟฟ้าที่หลอดแอลอีดีต้องการเท่ากับ $1/3 \times 1.05 \text{ W} = 0.35 \text{ W}$

- กำลังไฟที่หลอดแอลอีดีต้องการ (6 หลอดต่อแบบขนาน)

$$P = 6 \times 0.35$$

$$P = 2.1 \text{ W}$$

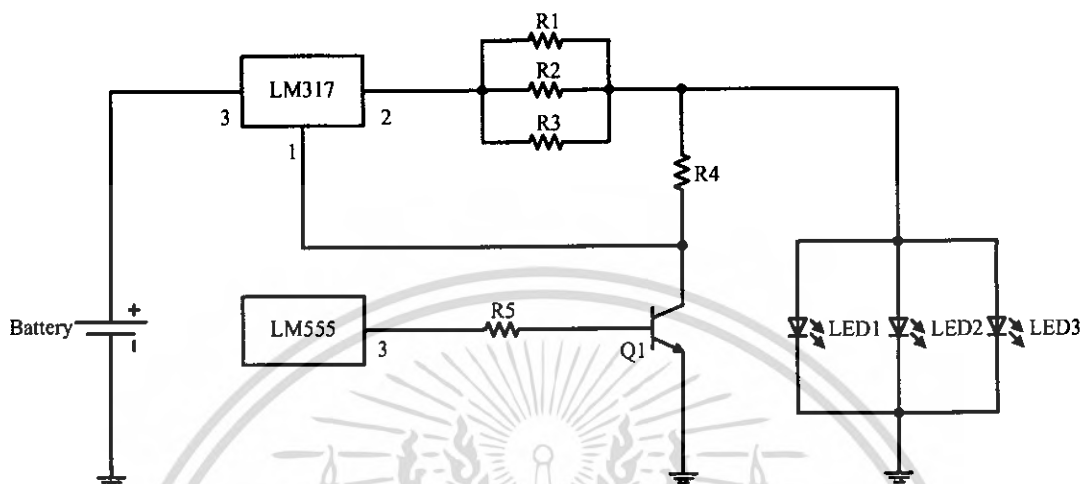


รูปที่ 3.2 แสดงการต่อแอลอีดีกำลังสูงที่ใช้ในโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง

ในการออกแบบวงจรขับหลอดแอลอีดีกำลังสูงจะใช้การทำงานร่วมกันของวงจรรักษา ระดับแรงดัน (ไอซี LM317) กับวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ (ไอซี LM555) เพื่อควบคุมการติดดับ ของหลอดแอลอีดีดังรูป



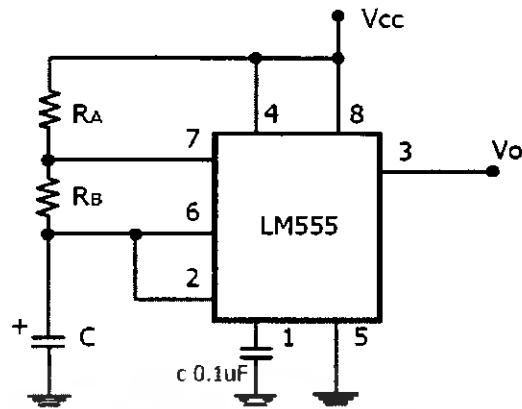
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรการทำงานร่วมกันของ IC LM317 กับ IC กำเนิดสัญญาณ LM555

3.3.1 การทำงานของไอซี LM317

เมื่อตัวไอซี LM317 ได้รับไฟจากแบตเตอรี่และตัวทรานซิสเตอร์ไม่ได้ถูกทริกเกอร์ให้นำกระแส LM317 จะทำงานในโหมดกระแสคงที่ ซึ่งจะทำให้แอลอีดีนำกระแสและเปล่งแสงออกมา และเมื่อทรานซิสเตอร์ถูกทริกเกอร์ให้นำกระแส LM317 จะทำงานในโหมดแรงดันคงที่ ซึ่งค่าแรงดันเอาท์พุทถูกตั้งไว้ให้ต่ำกว่าแรงดันฟอร์เวิร์ดไบอัสของแอลอีดี จึงทำให้แอลอีดีไม่นำกระแสหรือไม่เปล่งแสงออกมา

3.3.2 การทำงานของไอซี LM555

ในโครงงานนี้วงจรของ LM555 ใช้การต่อแบบ Astable Multivibrator ในการสร้างสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม เพื่อไปทริกการทำงานของทรานซิสเตอร์ ซึ่งสามารถกำหนดความถี่ของสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมได้ตามความต้องการ ด้วยค่าคาปาซิเตอร์ และค่าความต้านทาน R_A และ R_B และวงจร Astable Multivibrator นี้ยังสามารถที่จะกำหนดช่วงเวลา "ON" และ "OFF" ของสัญญาณด้วยค่าที่แตกต่างกันของ R_A และ R_B ได้อีกด้วย



รูปที่ 3.4 ไอซี LM555 ที่นำมาใช้ในการกำเนิดสัญญาณไฟกระพริบ

ในการออกแบบวงจรไฟกระพริบในโครงงานนี้จะอาศัยการสร้างสัญญาณ Square Wave ที่มีช่วงเวลาในการเก็บประจุ $T_1 = 2$ วินาที และช่วงเวลาในการคายประจุ $T_2 = 1$ วินาที ซึ่งกำหนดให้ค่า R_A และ R_B มีค่าเท่ากับ 1 เมกะโอห์ม และจะใช้การเก็บและคายประจุของคาปาซิเตอร์ในการกำหนดเวลา T_1 และ T_2

- การคำนวณหาเวลาในการเก็บประจุ

$$T_1 = 0.69(R_A + R_B)C$$

$$C = \frac{T_1}{0.69(R_A + R_B)}$$

$$C = \frac{2}{0.69(2M)}$$

$$C = 1.449 \mu F$$

- การคำนวณหาเวลาในการคายประจุ

$$T_2 = 0.69(R_B)C$$

$$T_2 = 0.69(1M)1.449 \mu F$$

$$T_2 = 1 \text{ วินาที}$$

เนื่องจากค่าของคาปาซิเตอร์มาตรฐานนั้นมีค่าที่ 1.5 μF จึงเลือกใช้คาปาซิเตอร์ค่า 1.5 μF มาใช้ในการออกแบบ ซึ่งจะทำให้ค่าของเวลาในการเก็บและคายประจุของคาปาซิเตอร์นั้นคลาดเคลื่อนไปบ้าง

3.4 การออกแบบวงจรควบคุม

ในส่วนของวงจรควบคุมการทำงานของระบบไฟกระพริบจะใช้สวิตช์สั่งการทำงานด้วยแสง หรือ LDR ดังแสดงในบทที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ความต้องการไฟฟ้าของระบบ

การออกแบบระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบแบบใช้แอลอีดี จำเป็นต้องรู้ความต้องการไฟฟ้ารวม เพื่อนำมาวิเคราะห์ในการเลือกขนาดของแบตเตอรี่

ตารางที่ 3.1 แสดงค่ากระแสรวมของระบบ

ลำดับ	ชนิดของอุปกรณ์	กระแส (mA)	จำนวน	กระแสรวม (mA)
1	หลอดแอลอีดี	116.67	6	700
2	วงจรควบคุม	80	1	80
3	วงจรขับหลอดแอลอีดี	120	1	120
	รวม			900

3.6 การเลือกใช้แบตเตอรี่

ขนาดแบตเตอรี่ที่เลือกใช้จะดูจากขนาดโหลดเป็นสำคัญซึ่งต้องเพียงพอสำหรับจ่ายโหลดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง

- หาค่ากระแสที่โหลดต้องการในเวลา 12 ชั่วโมง (จากการคำนวณ)

$$= 900 \times 10^{-3} \times 12$$

$$= 10.8 \text{ AH}$$

แต่เมื่อทำการทดลองโดยนำโหลดทั้งหมดมาต่อวงจร แล้วทำการวัดกระแสที่โหลดต้องการออกมาจะได้กระแสเท่ากับ 0.4345 A

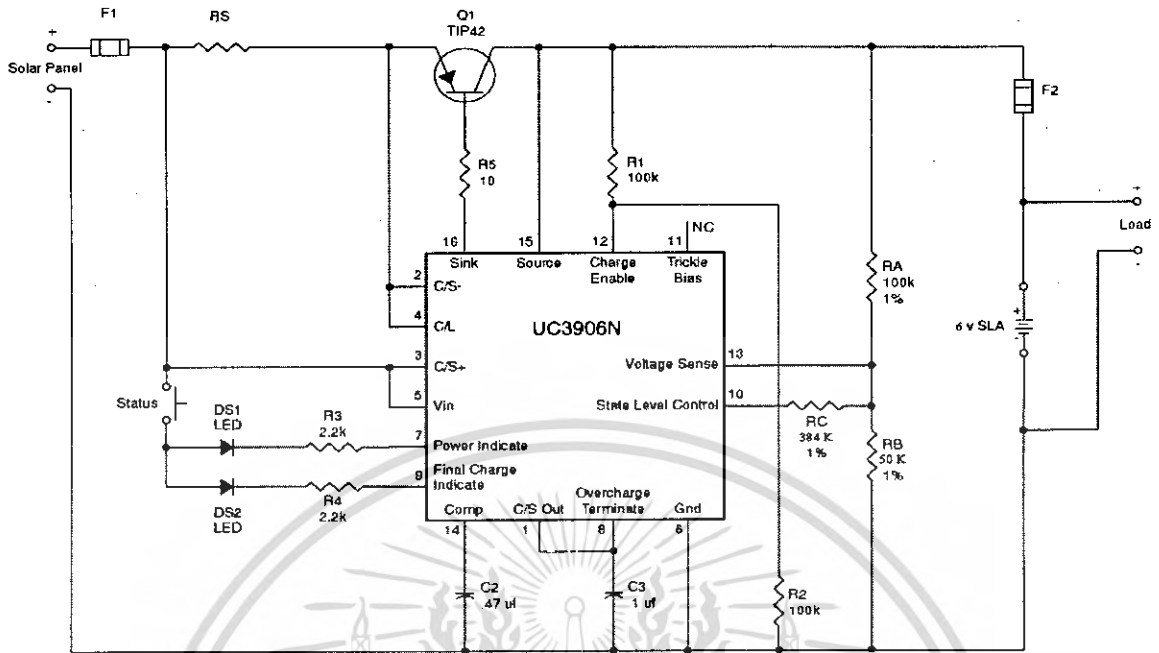
- หาค่ากระแสจริงที่โหลดต้องการในเวลา 12 ชั่วโมง (จากการวัด)

$$= 0.4345 \times 12$$

$$= 5.214 \text{ AH}$$

ดังนั้นแบตเตอรี่ที่เลือกใช้จะมีขนาด 6 V 10AH (ใช้ที่ 10 AH เพื่อให้ระยะเวลาในการคายประจุของแบตเตอรี่นานขึ้น)

3.7 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในวงจรเก็บประจุ (UC3906N)



รูปที่ 3.5 แสดงค่าพารามิเตอร์และวงจรเก็บประจุ (UC3906N)

- หาค่าความต้านทานจำกัดกระแส

$$R_S = \frac{0.25V}{I_{bulk}}$$

$$R_S = \frac{0.25V}{800 \times 10^{-3}}$$

$$R_S = 0.3125$$

- หาค่าความต้านทานที่นำมาต่อเป็นวงจรแบ่งแรงดัน

$$R_B = \frac{R_A}{N-1}$$

$$R_B = \frac{100k}{3-1}$$

$$R_B = 50k$$

โดย

$R_A = 47k$ ถึง $180k$ (เลือกใช้ $100k$)

$N =$ จำนวนเซลล์ของแบตเตอรี่

- หาขนาดของความต้านทานการควบคุมสภาวะการทำงาน

$$R_C = 3.68R_A$$

$$R_C = 3.84 \times 100k$$

$$R_C = 384k$$

- หาความต้านทานแบ่งแรงดัน

$$R_2 = \frac{2.3R_1}{V_L \left(1 - \frac{2.3}{V_L}\right)}$$

$$R_2 = \frac{2.3 \times 100k}{4.6 \left(1 - \frac{2.3}{4.6}\right)}$$

$$R_2 = 100k$$

โดย

V_L = ค่าแรงดัน Low Voltage ของแบตเตอรี่

3.8 การพิจารณาเลือกใช้แผง Solar Cell

ในโครงการนี้เลือกใช้แผง Solar Cell แบบซิลิกอน ขนาด 110 cm x 150 cm ซึ่งจะมีคุณสมบัติดังนี้

กำลัง (W)

- Nominal peak power point : 1.54 W

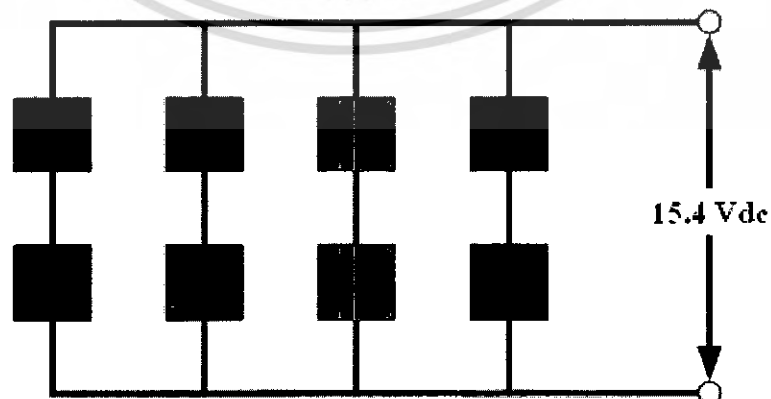
แรงดัน (V)

- Operating voltage : 7.7 V

กระแส (A)

- Operating current amp : 200 mA

โครงการนี้ใช้ Solar Cell จำนวน 8 แผง (ด้านละ 2 แผง) ดังรูป



รูปที่ 3.6 แสดงการต่อของแผง Solar Cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.1 การหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตออกมา

- หาค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตออกมาใน 1 ชั่วโมงจาก

$$P = VI$$

$$P = 15.4 \times 800 \times 10^{-3}$$

$$P = 12.32 \text{ W}$$

- หาค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตออกมาใน 1 วัน (6 ชั่วโมง)

$$P = 12.32 \times 6$$

$$P = 73.92 \text{ W}$$

สมมติให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า = 60%

กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีค่า $73.92 \times 0.6 = 44.352 \text{ W}$



บทที่ 4

ผลการทดลอง

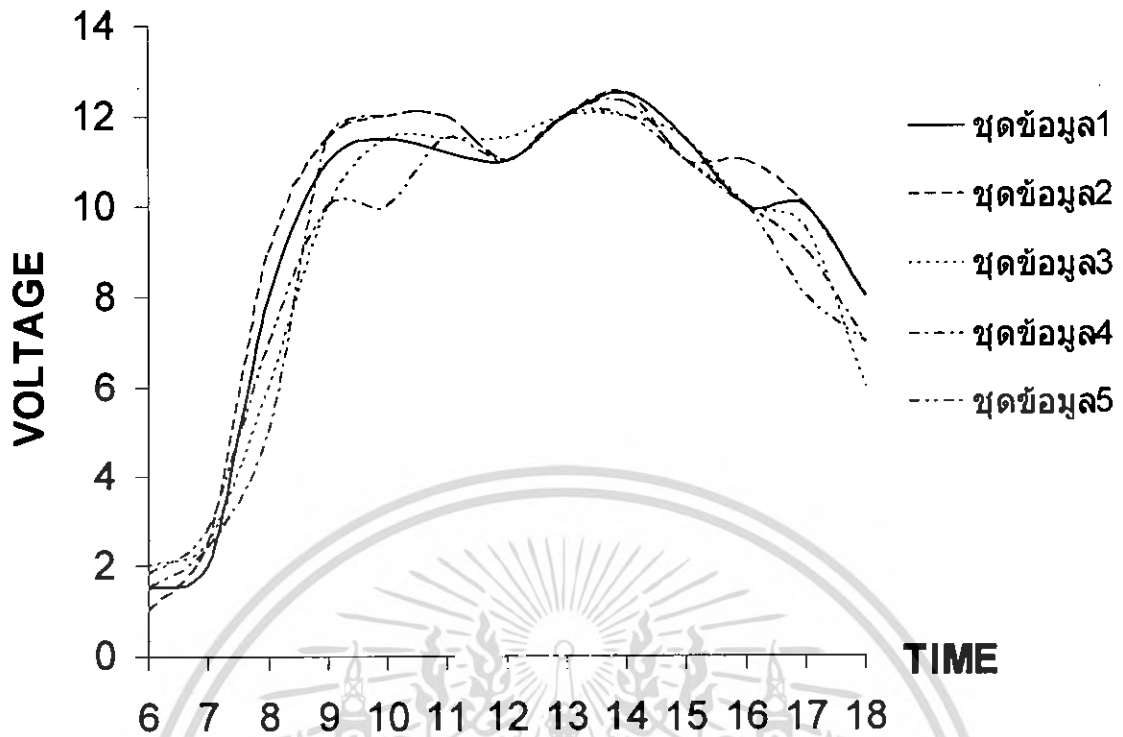
4.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

การทดลองจะทำการเก็บค่าการเปลี่ยนพลังงานแสงไปเป็นพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยที่จะนำระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบไปตั้งไว้กลางแดด แล้วทำการเก็บค่าแรงดันที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตออกมาได้ในแต่ละชั่วโมงเป็นระยะเวลาทั้งหมด 5 วัน ซึ่งค่าที่ได้จะแสดงไว้ดังตาราง

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าแรงดันที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตออกมาได้

วันที่ เวลา	1	2	3	4	5	รวม
6	1.5	1	2	1.5	1.8	7.8
7	2	2.5	2.5	2.4	2.8	12.2
8	8	9	6	5	7	35
9	11	11.5	10	11.5	10	54
10	11.5	12	11.5	12	10	57
11	11.2	12	11.5	12	11.5	58.2
12	11	11	11.5	11	11	55.5
13	12	12	12	12	12	60
14	12.5	12.5	12	12.3	12	61.3
15	11.5	11	11.5	11	11	56
16	10	11	10	10	10	51
17	10	10	9.5	9	8	46.5
18	8	8	6	7	7	36

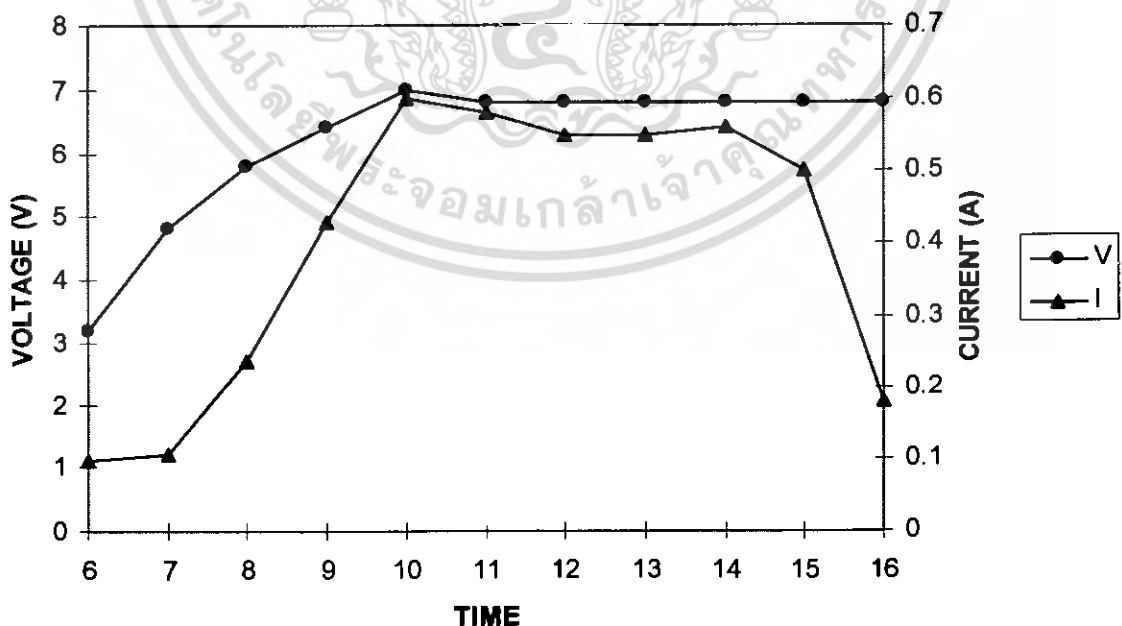
จากตารางจะเห็นได้ว่าค่าแรงดันที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตออกมาได้จะอยู่ที่ช่วงเวลา 14 นาฬิกา เนื่องจากว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำมุมกับดวงอาทิตย์ที่ตำแหน่งดังกล่าว ประมาณ 90 องศา โดยที่ตำแหน่งที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะทำมุมกับดวงอาทิตย์ที่ตำแหน่ง 90 องศาจะอยู่ที่ช่วงเวลาประมาณ 10-11 นาฬิกา และ 13-14 นาฬิกา



รูปที่ 4.1 แสดงค่าเวลาและแรงดันไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตออกมา ณ.ช่วงเวลาต่างๆ

4.2 วงจรประจุแบตเตอรี่

ในส่วนของวงจรประจุแบตเตอรี่จะทำการบันทึกค่าแรงดันและกระแสในการอัดประจุว่ามีความสามารถในการอัดประจุเป็นเช่นไร ซึ่งผลที่ได้จะแสดงดังกราฟ

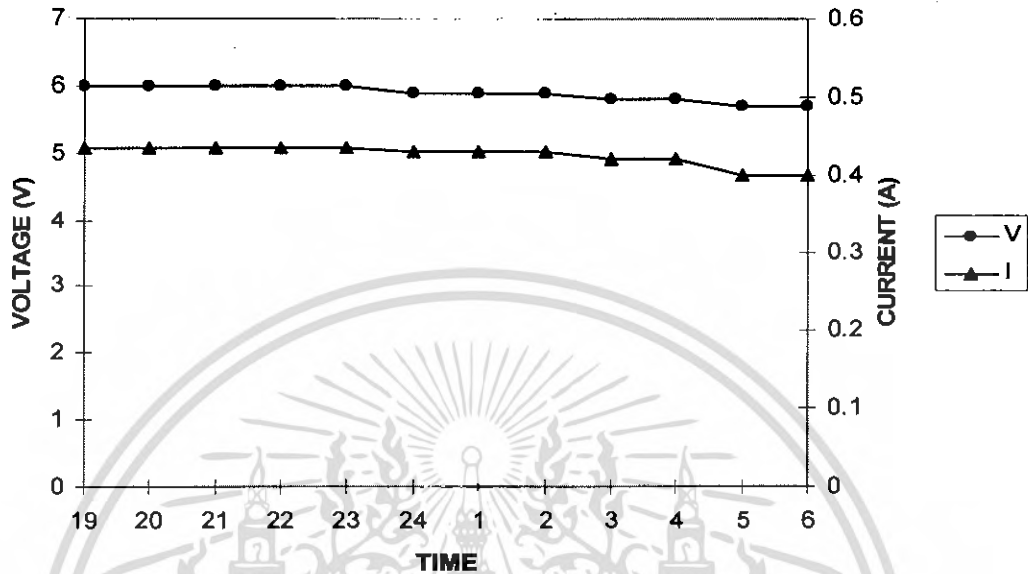


รูปที่ 4.2 แสดงค่าของแรงดันและกระแสที่ใช้ในการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 แบตเตอรี่

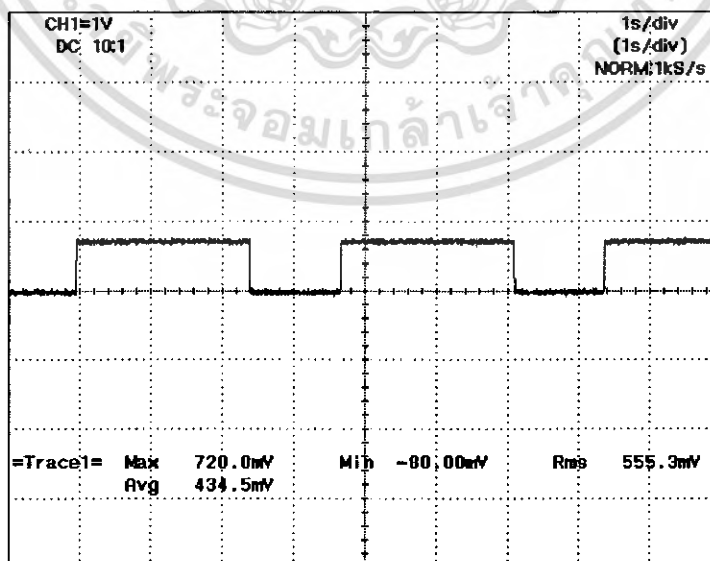
ในส่วนของแบตเตอรี่จะทำการบันทึกค่าของแรงดันและกระแสเฉลี่ยในการจ่ายกระแสให้กับหลอดแอลอีดี โดยจะเริ่มบันทึกค่าเมื่อระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบเริ่มทำงาน ซึ่งผลที่ได้จะแสดงดังกราฟ



รูปที่ 4.3 แสดงค่าของแรงดันและกระแสที่จ่ายให้กับหลอดแอลอีดี

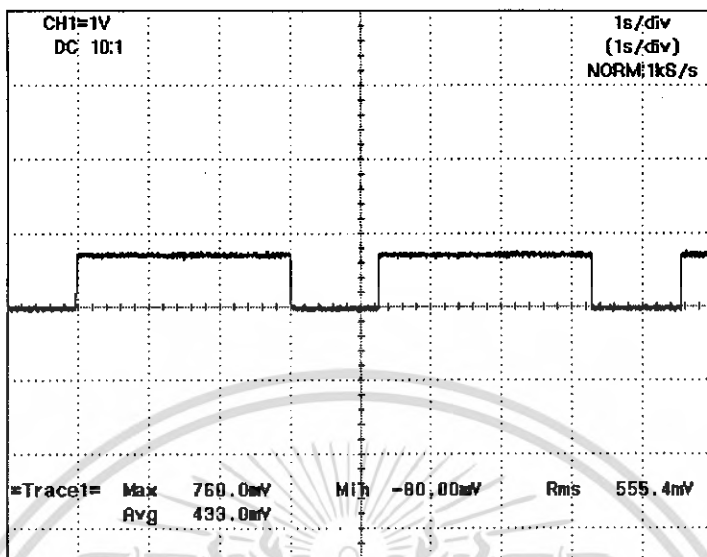
4.4 ชุดขับหลอดแอลอีดีกำลังสูง

การทดลองจะทำการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ในวงจร ไอซี LM555 ที่ส่งผลกับการกระพริบของหลอดแอลอีดีกำลังสูง ซึ่งจะได้แก่ค่า R_A , R_B และ C แล้วทำการบันทึกค่าของรูปคลื่นที่เปลี่ยนไป เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่นที่ส่งผลกับเวลาการกระพริบของหลอดแอลอีดีกำลังสูง ซึ่งผลที่ได้จะแสดงในรูป

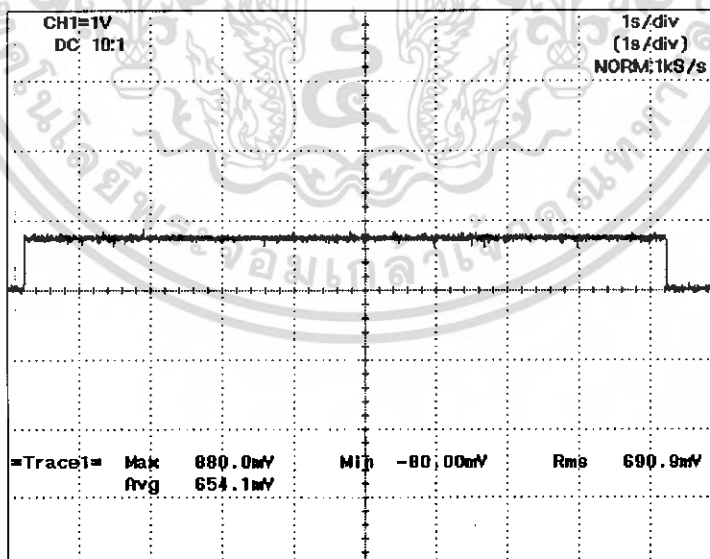


รูปที่ 4.4 แสดงรูปคลื่นที่ค่าพารามิเตอร์ $R_A = 1M\Omega$, $R_B = 1M\Omega$ และ $C = 1.5 \mu F$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

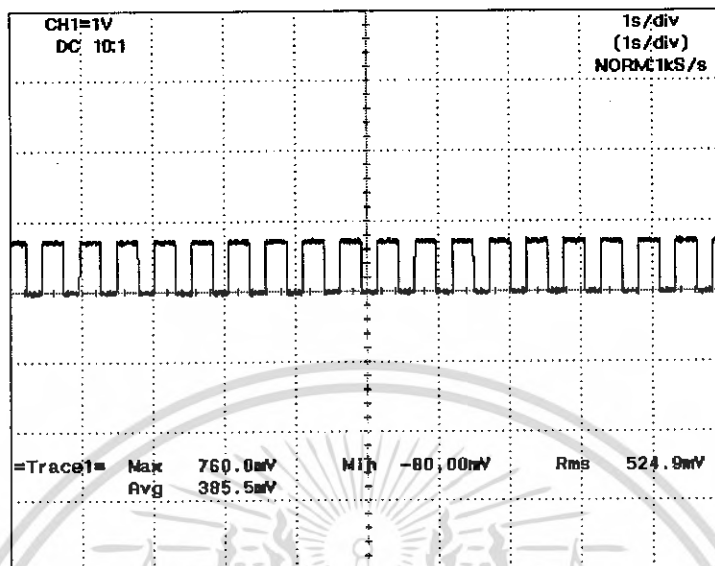


รูปที่ 4.5 แสดงรูปคลื่นที่ค่าพารามิเตอร์ $R_A = 1.5M\Omega$, $R_B = 1M\Omega$ และ $C = 1.5 \mu F$

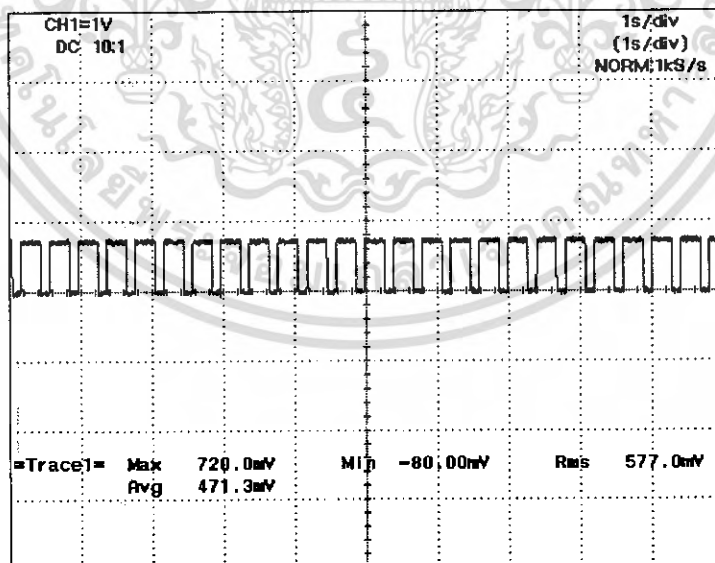


รูปที่ 4.6 แสดงรูปคลื่นที่ค่าพารามิเตอร์ $R_A = 3.3M\Omega$, $R_B = 3.9M\Omega$ และ $C = 1.5 \mu F$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงรูปคลื่นที่ค่าพารามิเตอร์ $R_A = 1M\Omega$, $R_B = 2.7M\Omega$ และ $C = 1 \mu F$



รูปที่ 4.8 แสดงรูปคลื่นที่ค่าพารามิเตอร์ $R_A = 2M\Omega$, $R_B = 1.5M\Omega$ และ $C = 0.1 \mu F$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์โครงการ

5.1 สรุปโครงการ

การใช้ระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบแบบใช้แอลอีดี จะช่วยป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากอุบัติเหตุในการสัญจรยามค่ำคืน เนื่องจากจะช่วยบอกตำแหน่งของสถานที่นั้นๆ ในยามค่ำคืนด้วยแสงสว่าง

การออกแบบวงจรระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบ โครงการนี้ใช้การกำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เก็บพลังงานไฟฟ้าด้วยแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด การกำเนิดสัญญาณพัลส์เพื่อทำให้หลอดแอลอีดีกำลังสูงกระพริบ ใช้ไอซี LM555 ทำงานร่วมกับไอซี LM317 และหลอดแอลอีดีกำลังสูงที่เลือกนำมาใช้ในโครงการจะใช้หลอดแอลอีดีกำลังสูงสีแดง เนื่องจากเป็นสีที่ให้ความรู้สึกระมัดระวังมากที่สุด

สุดท้าย จากการเริ่มต้นทำโครงการและทดลองในส่วนต่างๆ นั้น ทำให้ผู้ทำได้รับรู้ประสบการณ์ในการทำงานใหม่ๆ ได้มองเห็นถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่างๆ และความผิดพลาดรวมไปถึงการแก้ปัญหาในการทำงาน ซึ่งจะนำไปปรับแก้และประยุกต์ใช้ในการทำงานและการดำเนินชีวิตประจำวันต่อไปในอนาคต

5.2 ปัญหา อุปสรรค และการแก้ไข

จากการทำงานที่ผ่านมาสามารถสรุปปัญหาและอุปสรรค รวมถึงการแก้ไขได้เป็นส่วนๆ ดังนี้

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เลือกใช้งาน มีคุณสมบัติในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ตามความต้องการในการออกแบบ แต่ปรากฏว่าขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อนำมาประกอบรวมกันเล็กเกินไป ส่งผลทำให้โครงสร้างภายนอกมีขนาดเล็กตามไปด้วย จึงไม่สามารถนำวงจรต่างๆ ของวงจรใส่ไว้ด้านในตัวโครงสร้างได้ แนวทางการแก้ไขคือเลือกคุณสมบัติของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใหม่ จึงทำให้โครงสร้างภายนอกมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่คุณสมบัติในการกำเนิดพลังงานไฟฟ้าอาจลดลงบ้าง ปัญหาต่อมาพบว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดที่ต้องการหมด ทำให้เสียเวลาในการรอแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดที่ต้องการ

การทำงานของ LDR ที่ติดตั้งไว้ด้านบนของระบบไฟสัญญาณเตือนกระพริบทำงานในขณะที่หลอดแอลอีดีสว่าง ส่งผลทำให้หลอดแอลอีดีติดๆดับๆไม่เป็นไปตามความต้องการ แนวทางการแก้ไขคือ ทำให้มุมรับแสงของ LDR ไม่ตรงกับมุมที่หลอดแอลอีดีส่องสว่างออกมา ความหมายคือลดระยะความสูงของ LDR ลงนั่นเอง

ทิศทางลำแสงของหลอดแอลอีดีมีทิศทางส่องขึ้นด้านบนอย่างเดียว จึงทำให้ทิศทางของลำแสงไม่ออกด้านข้าง แนวทางการแก้ไขคือ ติดตั้งตัวสะท้อนแสงเข้าไป เพื่อบังคับให้ทิศทางของลำแสงออกมาตามทิศทางที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางด้านปัญหาของการจัดทำปฏิญานีพจน์นั้น ส่วนใหญ่จะมาจากการรวบรวมข้อมูล การคัดเลือกข้อมูลที่ถูกต้องและเหมาะสมกับโครงการ ซึ่งข้อมูลของอุปกรณ์หรือวงจรบางจุด มี หลากหลายเนื้อหาที่ต่างกัน จึงต้องนำมาประยุกต์ให้ได้ข้อมูลที่ใส่ใจความเหมาะสมที่สุด และ ความผิดพลาดทางด้านการพิมพ์และการจัดวางรูปแบบ ซึ่งทั้งหมดนี้ก็เป็นปัญหาอีกทางหนึ่ง ที่ทำให้โครงการเกิดความล่าช้า

จากปัญหาอุปสรรคต่างๆ ที่มีผลทำให้โครงการสะดุดหรือล่าช้า ตามที่ได้กล่าวมานั้น แนวทางการแก้ไขของทางกลุ่ม อันดับแรกคือการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในขอบเขตที่สามารถ ศึกษาและค้นคว้าด้วยตนเองได้ แต่หากเป็นปัญหาหรืออุปสรรคที่ไม่สามารถแก้ไขได้ ก็จะทำ การขอคำปรึกษา คำอธิบาย หรือการแก้ไขปัญหามาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รวมไปถึงคำแนะนำจาก นักศึกษาปริญญาโท ซึ่งจากการปรึกษาและขอคำแนะนำ ทำให้ข้อผิดพลาดของโครงการถูก แก้ไขอย่างถูกต้องทำให้โครงการสามารถดำเนินการต่อไปได้ และประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดี

5.3 แนวทางการพัฒนา

สิ่งที่ต้องพัฒนาเพิ่มเข้าไปคือการป้องกันของเหลวที่อาจจะเข้าไปด้านในของตัวระบบ ไฟสัญญาณเตือนกระพริบ ความชื้นที่อาจจะเกิดขึ้นจากการที่นำไปตั้งไว้ด้านนอกเมื่อเวลาฝน ตก จึงควรที่จะทำการป้องกันด้วยกาวที่มีประสิทธิภาพสูงด้านนอก ในการออกแบบต้อง พยายามให้โครงสร้างที่ทำการออกแบบมีช่องว่างเกิดขึ้นน้อยที่สุด ในส่วนของการระบาย ความร้อนจากด้านในควรจะมีระบบระบายความร้อนที่ดี หรือพยายามให้ความร้อนที่เกิดขึ้นกับตัว อุปกรณ์เกิดน้อยที่สุด ในการส่องสว่างถ้าต้องการความสว่างที่เพิ่มขึ้นควรเพิ่มจำนวนหลอด แอลอีดีกำลังสูงให้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

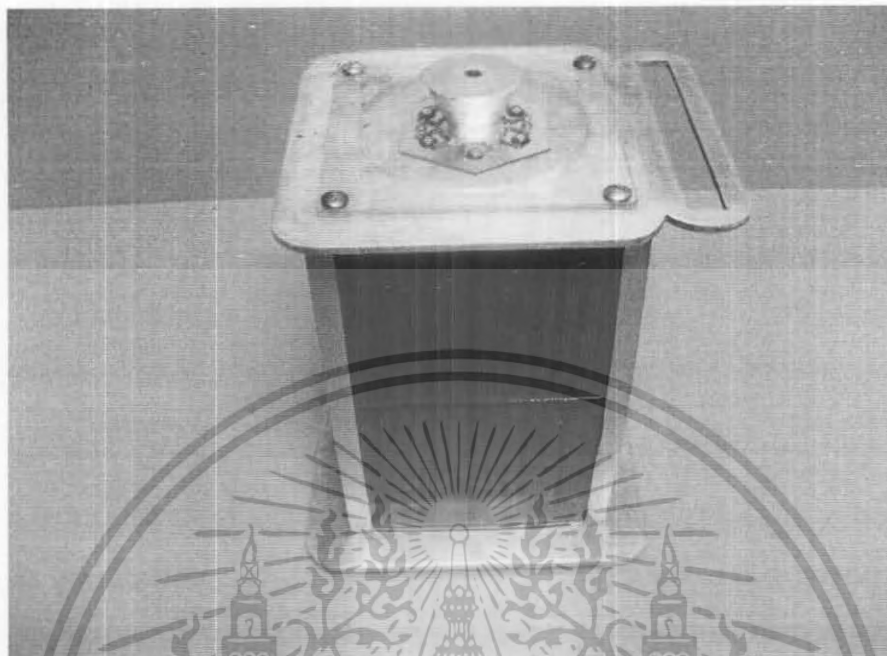
- [1] Jacob, **Power Electronics Principles**, Delmar a division of Thomson Learning, 2002
- [2] Muhammad H. Rachid, **Power Electronic Circuits, Devices and Applications**, Present Hall International Editions 2th, 1993
- [3] N. Mohan, T .M. Underland, and W.P. Robins, **Power Electronics Converter, Application and Design**, John Wiley & Sons, Inc., 1989.
- [4] วีรเชษฐ ชันเงิน และ วุฒิพล ชาราธิรเศรษฐ์, **อิเล็กทรอนิกส์กำลัง**, กรุงเทพฯ, สนพ. วี.เจ. พรินต์ติ้ง, 2547.
- [5] www.cammanah.com
- [6] www.edision-opto.com.tw
- [7] www.ledobstructionlighting.com
- [8] www.onsemi.com
- [9] www.tl.com



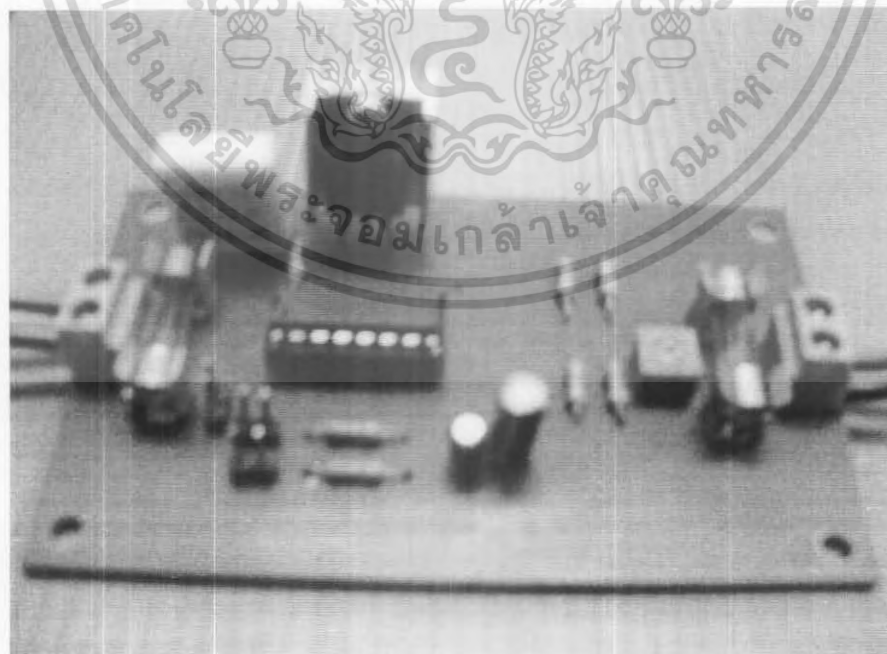
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างและอุปกรณ์ของโครงงาน

- โครงสร้างภายนอก

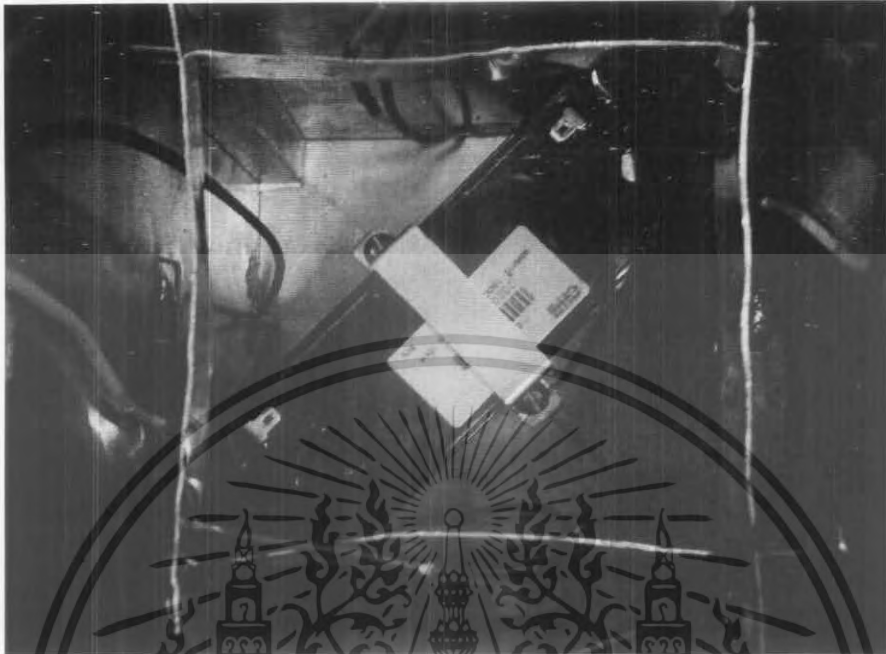


- วงจรเก็บประจุ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบตเตอรี่

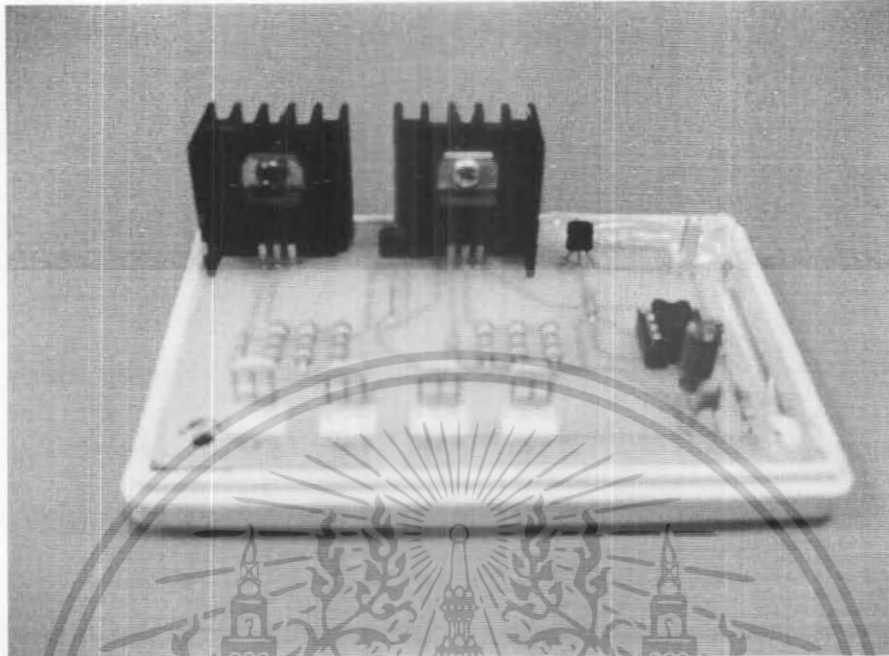


- วงจรควบคุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรขับหลอดแอลอีดี



- หลอดแอลอีดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM317, NCV317

1.5 A Adjustable Output, Positive Voltage Regulator

The LM317 is an adjustable 3-terminal positive voltage regulator capable of supplying in excess of 1.5 A over an output voltage range of 1.2 V to 37 V. This voltage regulator is exceptionally easy to use and requires only two external resistors to set the output voltage. Further, it employs internal current limiting, thermal shutdown and safe area compensation, making it essentially blow-out proof.

The LM317 serves a wide variety of applications including local, on card regulation. This device can also be used to make a programmable output regulator, or by connecting a fixed resistor between the adjustment and output, the LM317 can be used as a precision current regulator.

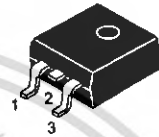
Features

- Output Current in Excess of 1.5 A
- Output Adjustable between 1.2 V and 37 V
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short Circuit Current Limiting Constant with Temperature
- Output Transistor Safe-Area Compensation
- Floating Operation for High Voltage Applications
- Available in Surface Mount D²PAK-3, and Standard 3-Lead Transistor Package
- Eliminates Stocking many Fixed Voltages
- Pb-Free Packages are Available



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>



**D²PAK-3
D2T SUFFIX
CASE 936**

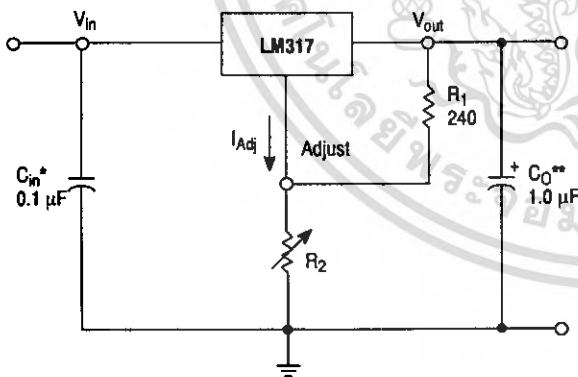
Heatsink surface (shown as terminal 4 in case outline drawing) is connected to Pin 2.



**TO-220
T SUFFIX
CASE 221A**

Pin 1. Adjust
Pin 2. V_{out}
Pin 3. V_{in}

Heatsink surface connected to Pin 2.



ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 10 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 10 of this data sheet.

* C_{in} is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.
** C_O is not needed for stability, however, it does improve transient response.

$$V_{out} = 1.25 V \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{Adj} R_2$$

Since I_{Adj} is controlled to less than 100 μA, the error associated with this term is negligible in most applications.

Figure 1. Standard Application

LM317, NCV317

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Input-Output Voltage Differential	$V_I - V_O$	40	Vdc
Power Dissipation			
Case 221A			
$T_A = +25^\circ\text{C}$	P_D	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	θ_{JA}	65	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case	θ_{JC}	5.0	$^\circ\text{C/W}$
Case 936 (D ² PAK-3)			
$T_A = +25^\circ\text{C}$	P_D	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	θ_{JA}	70	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case	θ_{JC}	5.0	$^\circ\text{C/W}$
Operating Junction Temperature Range	T_J	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	$^\circ\text{C}$

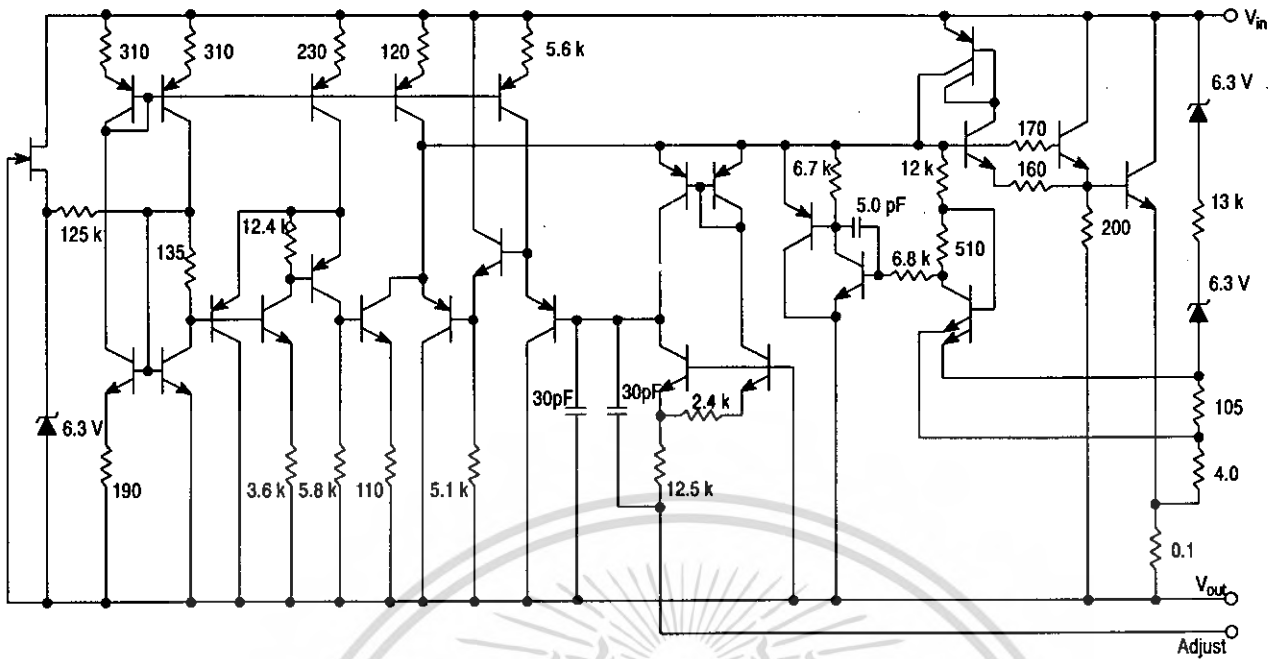
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_I - V_O = 5.0\text{ V}$; $I_O = 0.5\text{ A}$ for D2T and T packages; $T_J = T_{low}$ to T_{high} (Note 1); I_{max} and P_{max} (Note 2); unless otherwise noted.)

Characteristics	Figure	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Line Regulation (Note 3), $T_A = +25^\circ\text{C}$, $3.0\text{ V} \leq V_I - V_O \leq 40\text{ V}$	1	Reg_{line}	-	0.01	0.04	%/V
Load Regulation (Note 3), $T_A = +25^\circ\text{C}$, $10\text{ mA} \leq I_O \leq I_{max}$ $V_O \leq 5.0\text{ V}$ $V_O \geq 5.0\text{ V}$	2	Reg_{load}	-	5.0 0.1	25 0.5	mV % V_O
Thermal Regulation, $T_A = +25^\circ\text{C}$ (Note 4), 20 ms Pulse		Reg_{therm}	-	0.03	0.07	% V_O /W
Adjustment Pin Current	3	I_{Adj}	-	50	100	μA
Adjustment Pin Current Change, $2.5\text{ V} \leq V_I - V_O \leq 40\text{ V}$, $10\text{ mA} \leq I_L \leq I_{max}$, $P_D \leq P_{max}$	1, 2	ΔI_{Adj}	-	0.2	5.0	μA
Reference Voltage, $3.0\text{ V} \leq V_I - V_O \leq 40\text{ V}$, $10\text{ mA} \leq I_O \leq I_{max}$, $P_D \leq P_{max}$	3	V_{ref}	1.2	1.25	1.3	V
Line Regulation (Note 3), $3.0\text{ V} \leq V_I - V_O \leq 40\text{ V}$	1	Reg_{line}	-	0.02	0.07	% V
Load Regulation (Note 3), $10\text{ mA} \leq I_O \leq I_{max}$ $V_O \leq 5.0\text{ V}$ $V_O \geq 5.0\text{ V}$	2	Reg_{load}	-	20 0.3	70 1.5	mV % V_O
Temperature Stability ($T_{low} \leq T_J \leq T_{high}$)	3	T_S	-	0.7	-	% V_O
Minimum Load Current to Maintain Regulation ($V_I - V_O = 40\text{ V}$)	3	I_{Lmin}	-	3.5	10	mA
Maximum Output Current $V_I - V_O \leq 15\text{ V}$, $P_D \leq P_{max}$, T Package $V_I - V_O = 40\text{ V}$, $P_D \leq P_{max}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$, T Package	3	I_{max}	1.5 0.15	2.2 0.4	-	A
RMS Noise, % of V_O , $T_A = +25^\circ\text{C}$, $10\text{ Hz} \leq f \leq 10\text{ kHz}$		N	-	0.003	-	% V_O
Ripple Rejection, $V_O = 10\text{ V}$, $f = 120\text{ Hz}$ (Note 5) Without C_{Adj} $C_{Adj} = 10\text{ }\mu\text{F}$	4	RR	-	65 80	-	dB
Long-Term Stability, $T_J = T_{high}$ (Note 6), $T_A = +25^\circ\text{C}$ for Endpoint Measurements	3	S	-	0.3	1.0	%/1.0 k Hrs.
Thermal Resistance Junction to Case, T Package		$R_{\theta JC}$	-	5.0	-	$^\circ\text{C/W}$

- T_{low} to $T_{high} = 0^\circ$ to $+125^\circ\text{C}$, for LM317T, D2T. T_{low} to $T_{high} = -40^\circ$ to $+125^\circ\text{C}$, for LM317BT, BD2T, T_{low} to $T_{high} = -55^\circ$ to $+150^\circ\text{C}$, for NCV317BT, BD2T.
- $I_{max} = 1.5\text{ A}$, $P_{max} = 20\text{ W}$
- Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.
- Power dissipation within an IC voltage regulator produces a temperature gradient on the die, affecting individual IC components on the die. These effects can be minimized by proper integrated circuit design and layout techniques. Thermal Regulation is the effect of these temperature gradients on the output voltage and is expressed in percentage of output change per watt of power change in a specified time.
- C_{Adj} , when used, is connected between the adjustment pin and ground.
- Since Long-Term Stability cannot be measured on each device before shipment, this specification is an engineering estimate of average stability from lot to lot.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะที่ออกจากร้านเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
<http://onsemi.com>
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM317, NCV317



This device contains 29 active transistors.

Figure 2. Representative Schematic Diagram

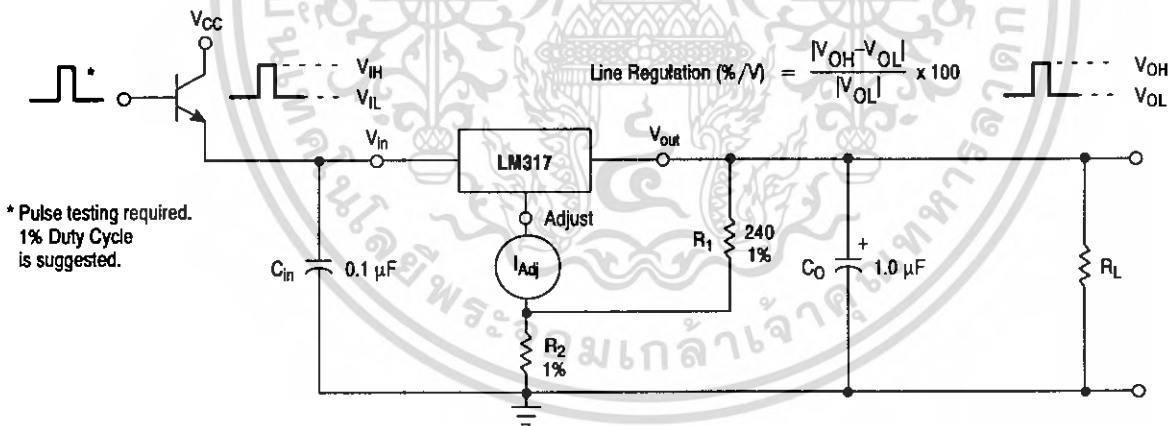
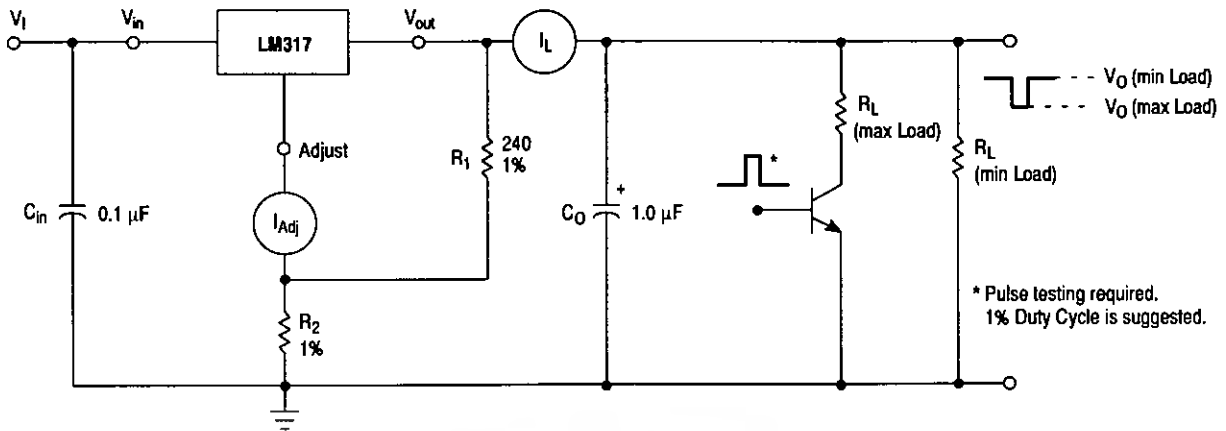


Figure 3. Line Regulation and ΔI_{Adj} /Line Test Circuit

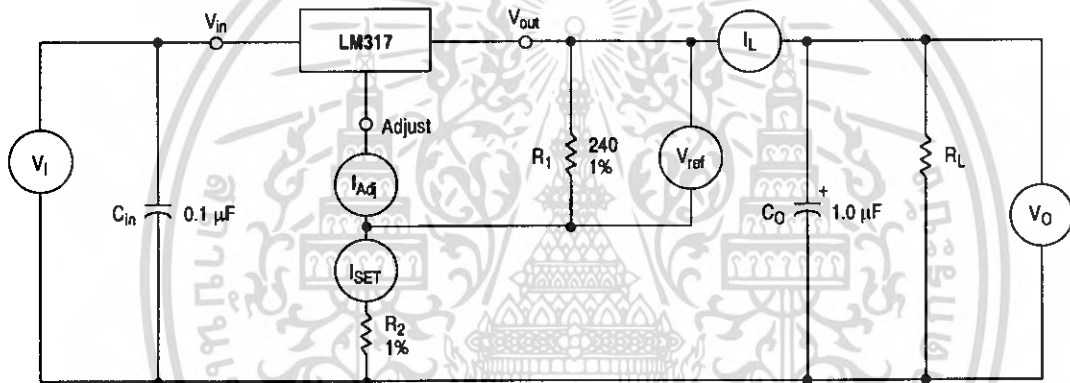
LM317, NCV317



$$\text{Load Regulation (mV)} = V_O (\text{min Load}) - V_O (\text{max Load})$$

$$\text{Load Regulation (\% } V_O) = \frac{V_O (\text{min Load}) - V_O (\text{max Load})}{V_O (\text{min Load})} \times 100$$

Figure 4. Load Regulation and $\Delta I_{Adj}/\text{Load}$ Test Circuit



* Pulse testing required.
1% Duty Cycle is suggested.

To Calculate R_2 : $V_{out} = I_{SET} R_2 + 1.250 \text{ V}$
Assume $I_{SET} = 5.25 \text{ mA}$

Figure 5. Standard Test Circuit

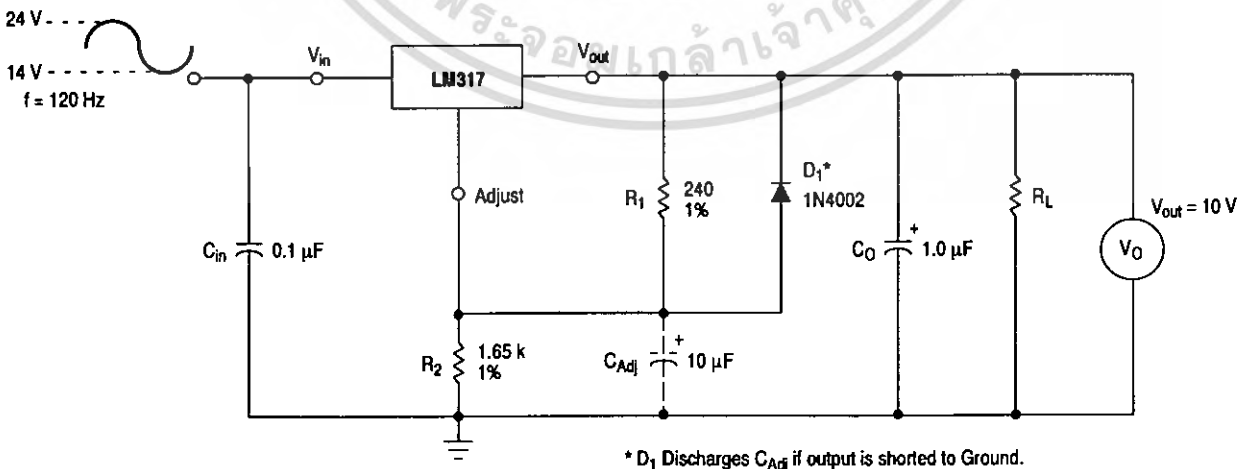


Figure 6. Ripple Rejection Test Circuit

LM317, NCV317

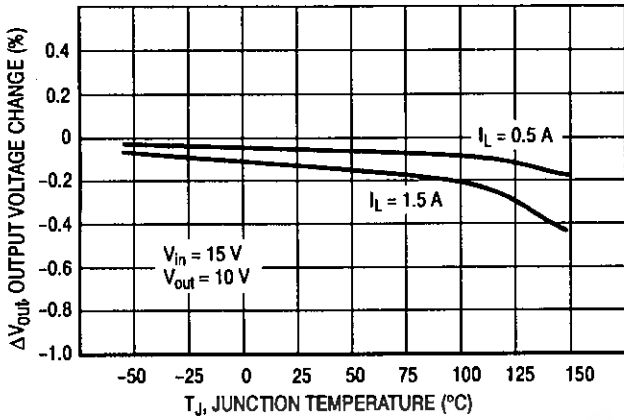


Figure 7. Load Regulation

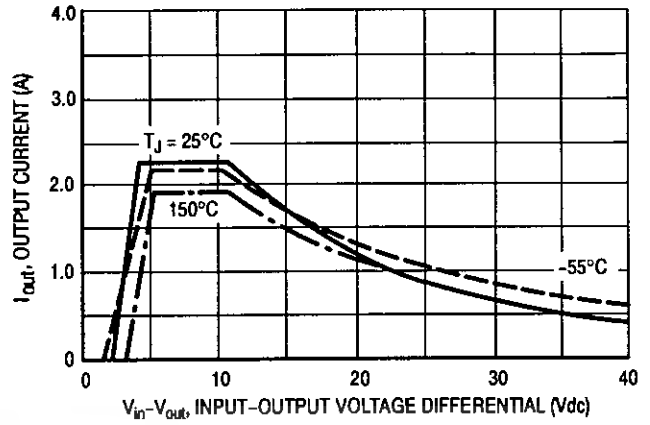


Figure 8. Current Limit

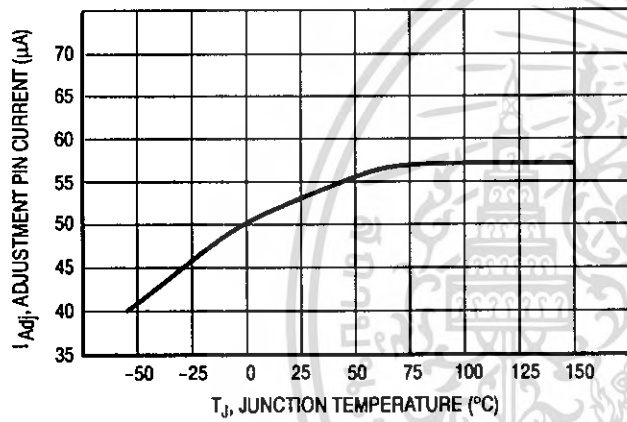


Figure 9. Adjustment Pin Current

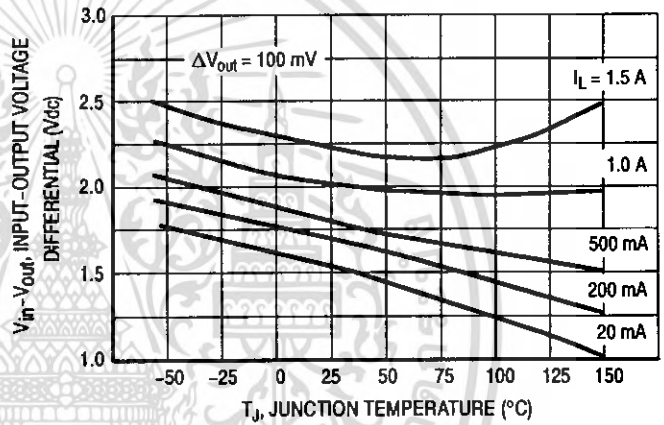


Figure 10. Dropout Voltage

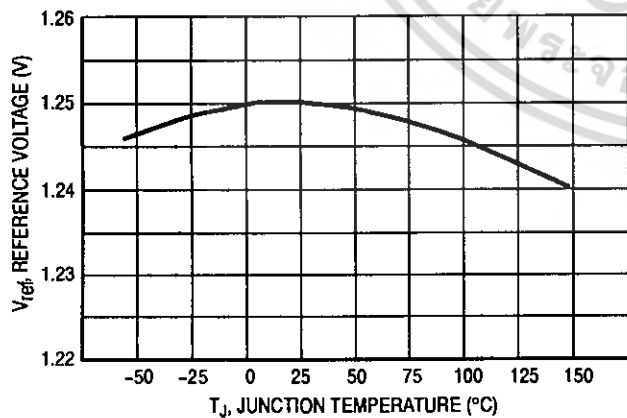


Figure 11. Temperature Stability

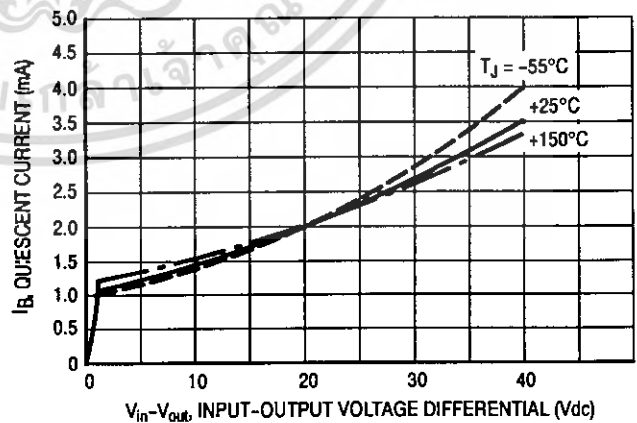


Figure 12. Minimum Operating Current

LM317, NCV317

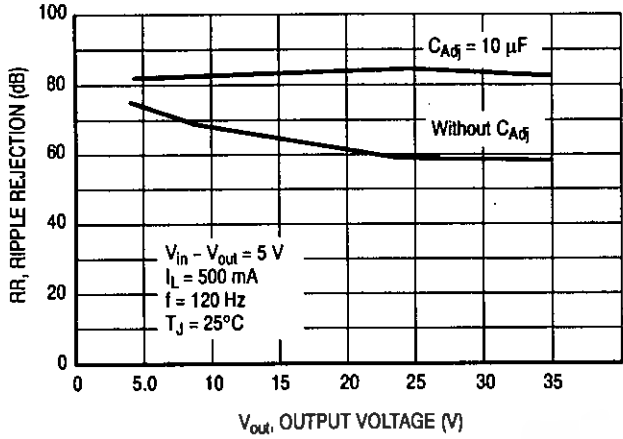


Figure 13. Ripple Rejection versus Output Voltage

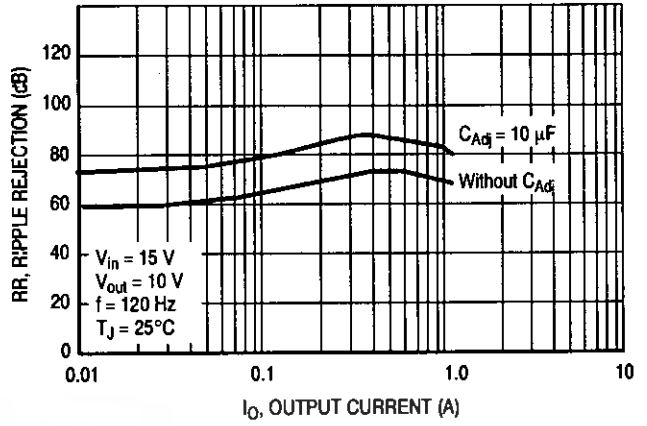


Figure 14. Ripple Rejection versus Output Current

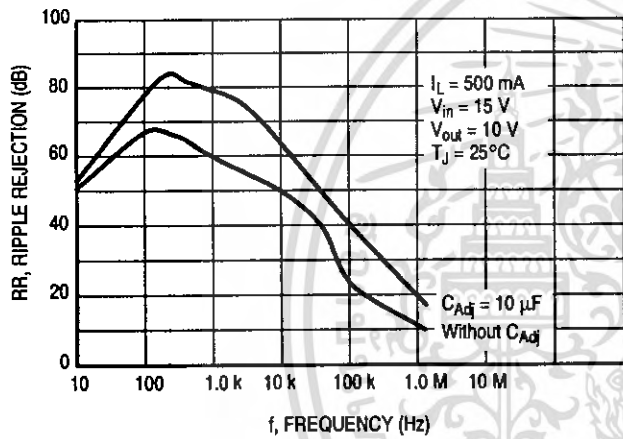


Figure 15. Ripple Rejection versus Frequency

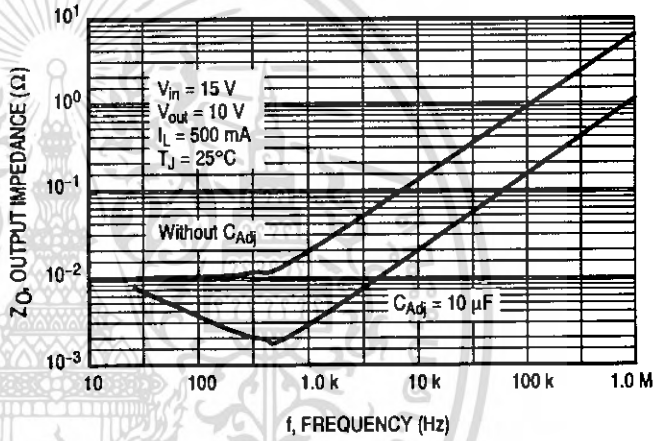


Figure 16. Output Impedance

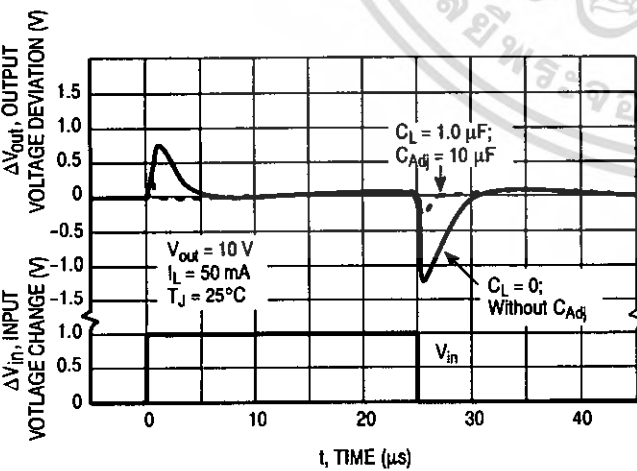


Figure 17. Line Transient Response

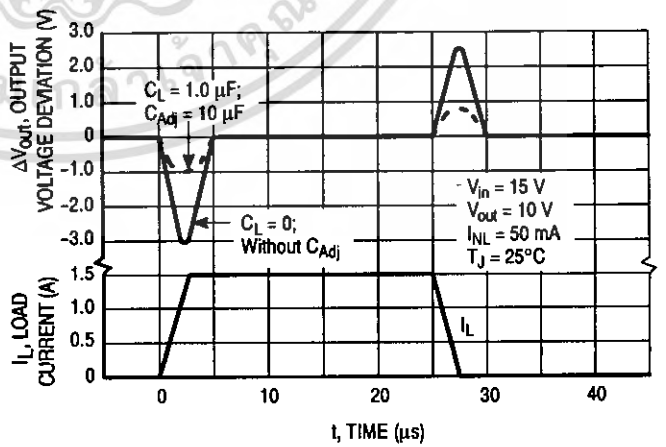


Figure 18. Load Transient Response

LM555/NE555/SA555

Single Timer

Features

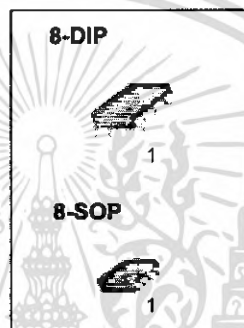
- High Current Drive Capability (200mA)
- Adjustable Duty Cycle
- Temperature Stability of 0.005%/°C
- Timing From μ Sec to Hours
- Turn off Time Less Than 2 μ Sec

Applications

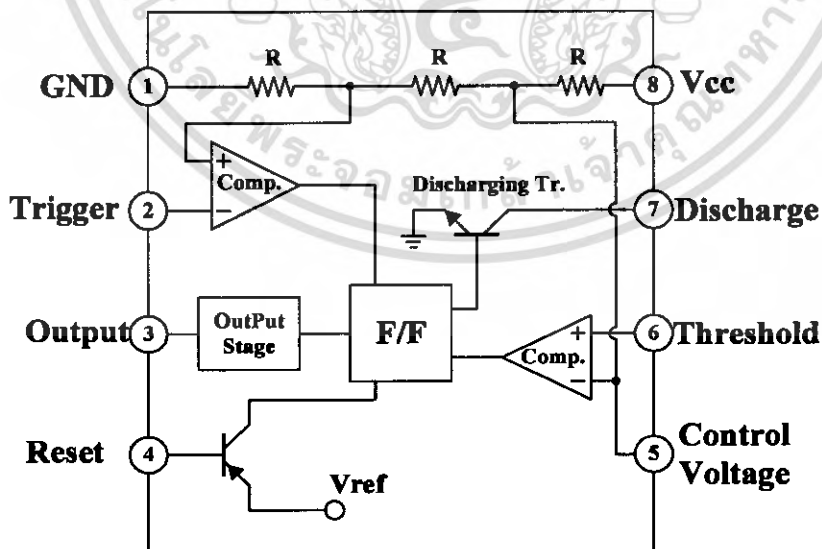
- Precision Timing
- Pulse Generation
- Time Delay Generation
- Sequential Timing

Description

The LM555/NE555/SA555 is a highly stable controller capable of producing accurate timing pulses. With monostable operation, the time delay is controlled by one external resistor and one capacitor. With astable operation, the frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor.



Internal Block Diagram



Rev. 1.0.2

Absolute Maximum Ratings (TA = 25°C)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	VCC	16	V
Lead Temperature (Soldering 10sec)	TLEAD	300	°C
Power Dissipation	PD	600	mW
Operating Temperature Range LM555/NE555 SA555	TOPR	0 ~ +70 -40 ~ +85	°C
Storage Temperature Range	TSTG	-65 ~ +150	°C



Electrical Characteristics

(TA = 25°C, VCC = 5 ~ 15V, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Supply Voltage	VCC	-	4.5	-	16	V
Supply Current *1(Low Stable)	ICC	VCC = 5V, RL = ∞	-	3	6	mA
		VCC = 15V, RL = ∞	-	7.5	15	mA
Timing Error *2 (Monostable) Initial Accuracy Drift with Temperature Drift with Supply Voltage	ACCUR $\Delta V/\Delta T$ $\Delta V/\Delta V_{CC}$	RA = 1kΩ to 100kΩ C = 0.1μF	-	1.0 50 0.1	3.0 - -	% ppm/°C %/V
Timing Error *2(Astable) Initial Accuracy Drift with Temperature Drift with Supply Voltage	ACCUR $\Delta V/\Delta T$ $\Delta V/\Delta V_{CC}$	RA = 1kΩ to 100kΩ C = 0.1μF	-	2.25 150 0.3	-	% ppm/°C %/V
Control Voltage	VC	VCC = 15V	9.0	10.0	11.0	V
		VCC = 5V	2.6	3.33	4.0	V
Threshold Voltage	VTH	VCC = 15V	-	10.0	-	V
		VCC = 5V	-	3.33	-	V
Threshold Current *3	ITH	-	-	0.1	0.25	μA
Trigger Voltage	VTR	VCC = 5V	1.1	1.67	2.2	V
		VCC = 15V	4.5	5	5.6	V
Trigger Current	ITR	VTR = 0V	-	0.01	2.0	μA
Reset Voltage	VRST	-	0.4	0.7	1.0	V
Reset Current	IRST	-	-	0.1	0.4	mA
Low Output Voltage	VOL	VCC = 15V ISINK = 10mA ISINK = 50mA	-	0.06 0.3	0.25 0.75	V V
		VCC = 5V ISINK = 5mA	-	0.05	0.35	V
		VCC = 15V ISOURCE = 200mA ISOURCE = 100mA	12.75	13.3	-	V V
High Output Voltage	VOH	VCC = 5V ISOURCE = 100mA	2.75	3.3	-	V
Rise Time of Output	tR	-	-	100	-	ns
Fall Time of Output	tF	-	-	100	-	ns
Discharge Leakage Current	ILKG	-	-	20	100	nA

Notes:

- Supply current when output is high is typically 1mA less at VCC = 5V
- Tested at VCC = 5.0V and VCC = 15V
- This will determine maximum value of RA + RB for 15V operation, the max. total R = 20MΩ, and for 5V operation the max. total R = 6.7MΩ

power light source

LUXEON® Emitter

Introduction

LUXEON® is a revolutionary, energy efficient and ultra compact new light source, combining the lifetime and reliability advantages of Light Emitting Diodes with the brightness of conventional lighting.

LUXEON Emitters give you total design freedom and unmatched brightness, creating a new world of light.

LUXEON Emitters can be purchased in reels for high volume assembly. For more information, consult your local Lumileds representative.

For high volume applications, custom LUXEON power light source designs are available upon request, to meet your specific needs.

Features

- Highest flux per LED family in the world
- Very long operating life (up to 100k hours)
- Available in White, Green, Blue, Royal Blue, Cyan, Red, Red-Orange, and Amber
- Lambertian, Batwing or Side Emitting radiation pattern
- More energy efficient than incandescent and most halogen lamps
- Low voltage DC operated
- Cool beam, safe to the touch
- Instant light (less than 100 ns)
- Fully dimmable
- No UV
- Superior ESD protection

Typical Applications

- Reading lights (car, bus, aircraft)
- Portable (flashlight, bicycle)
- Mini-accent/Uplighters/Downlighters/Orientation
- Fiber optic alternative/Decorative/Entertainment
- Bollards/Security/Garden
- Cove/Undershelf/Task
- Traffic signaling/Beacons/ Rail crossing and Wayside
- Indoor/Outdoor Commercial and Residential Architectural
- Automotive Ext (Stop-Tail-Turn, CHMSL, Mirror Side Repeat)
- Edge-lit signs (Exit, point of sale)
- LCD Backlights/Light Guides



LUXEON Emitter is available in white, green, blue, royal blue, cyan, red, red-orange and amber.



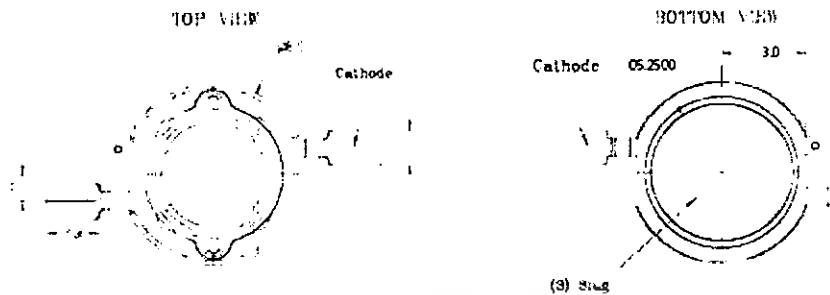
PHILIPS

LUMILEDS
LIGHT FROM SILICON VALLEY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่แนะนำให้ใช้กับระบบที่เน้นการพัก
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical Dimensions

Batwing



Drawings not to scale



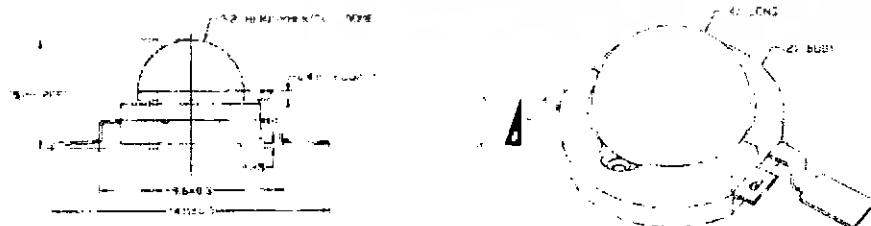
Notes:

1. The anode side of the device is denoted by a hole in the lead frame. Electrical insulation between the case and the board is required—slug of device is not electrically neutral. Do not electrically connect either the anode or cathode to the slug.
2. All dimensions are in millimeters.
3. All dimensions without tolerances are for reference only.

Lambertian



Drawings not to scale



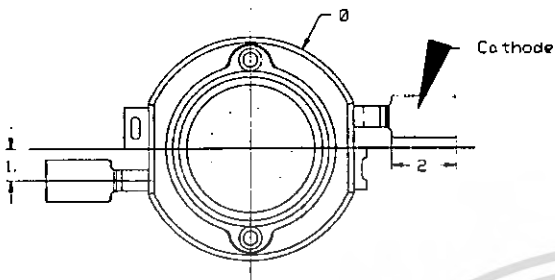
Notes:

1. The anode side of the device is denoted by a hole in the lead frame. Electrical insulation between the case and the board is required—slug of device is not electrically neutral. Do not electrically connect either the anode or cathode to the slug.
2. All dimensions are in millimeters.
3. All dimensions without tolerances are for reference only.

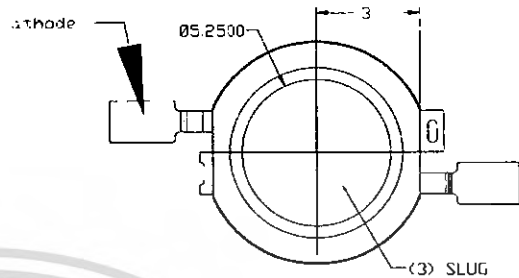
Mechanical Dimensions, Continued

Side Emitting

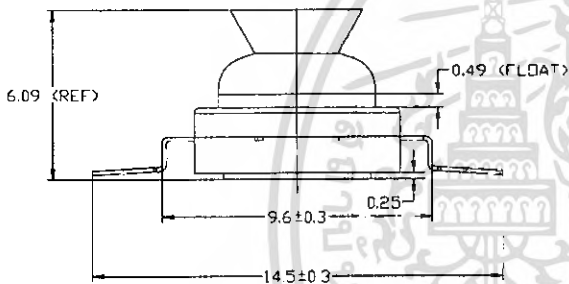
TOP VIEW



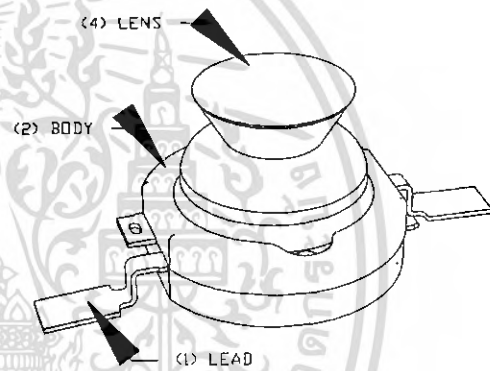
BOTTOM VIEW



Drawings not to scale



SIDE VIEW



Notes:

1. The anode side of the device is denoted by a hole in the lead frame. Electrical insulation between the case and the board is required—slug of device is not electrically neutral. Do not electrically connect either the anode or cathode to the slug.
2. Caution must be used in handling this device to avoid damage to the lens surfaces that will reduce optical efficiency.
3. All dimensions are in millimeters.
4. All dimensions without tolerances are for reference only.

Flux Characteristics at 350mA, Junction Temperature, $T_J = 25^\circ\text{C}$

Table 1.

Color	LUXEON Emitter	Minimum Luminous Flux (lm) or Radiometric Power (mW) $\Phi_V^{1,2}$	Typical Luminous Flux (lm) or Radiometric Power (mW) $\Phi_V^{(2)}$	Radiation Pattern	
White ⁽¹⁾	LXHL-BW02	30.6	45	Batwing	
Warm White	LXHL-BW03	13.9	20		
Green	LXHL-BM01	30.6	53		
Cyan	LXHL-BE01	30.6	45		
Blue ⁽³⁾	LXHL-BB01	8.2	16		
Royal blue ⁽⁴⁾	LXHL-BR02	145 mW	220 mW		
Red	LXHL-BD01	13.9	27		
Red	LXHL-BD03	30.6	42		
Red-Orange	LXHL-BH03	39.8	55		
Amber	LXHL-BL01	10.7	25		
Amber	LXHL-BL03	23.5	42		
White	LXHL-PW01	30.6	45		Lambertian
Green	LXHL-PM01	30.6	53		
Cyan	LXHL-PE01	30.6	45		
Blue ⁽³⁾	LXHL-PB01	8.2	16		
Royal Blue ⁽⁴⁾	LXHL-PR03	145 mW	220 mW		
Red	LXHL-PD01	30.6	44		
Red-Orange	LXHL-PH01	39.8	55		
Amber	LXHL-PL01	23.5	42		
White	LXHL-DW01	23.5	40.5	Side Emitting	
Green	LXHL-DM01	23.5	48		
Cyan	LXHL-DE01	23.5	40.5		
Blue ⁽³⁾	LXHL-DB01	8.2	14.5		
Royal blue ⁽⁴⁾	LXHL-DR01	115 mW	198 mW		
Red	LXHL-DD01	30.6	40		
Red-Orange	LXHL-DH01	39.8	50		
Amber	LXHL-DL01	23.5	38		

Notes for Table 1:

1. Minimum luminous flux or radiometric power performance guaranteed within published operating conditions. Lumileds maintains a tolerance of $\pm 10\%$ on flux and power measurements.
2. LUXEON types with even higher luminous flux levels will become available in the future. Please consult your Lumileds Authorized Distributor or Lumileds sales representative for more information.
3. Minimum flux value for 470 nm devices. Due to the CIE eye response curve in the short blue wavelength range, the minimum luminous flux will vary over the Lumileds' blue color range. Luminous flux will vary from a minimum of 6.3 lm at 460 nm to a typical of 20 lm at 480 nm due to this effect. Although the luminous power efficiency is lower in the short blue wavelength range, radiometric power efficiency increases as wavelength decreases. For more information, consult the LUXEON Design Guide, available upon request.
4. Royal Blue product is binned by radiometric power and peak wavelength rather than photometric lumens and dominant wavelength.
5. In July 2003 Lumileds announced a second-generation white batwing product using a new phosphor deposition process resulting in improved color uniformity, LXHL-BW02.

Optical Characteristics at 350mA, Junction Temperature, $T_J = 25^\circ\text{C}$

Table 2.

Radiation Pattern	Color	Dominant Wavelength ⁽¹⁾ λ_D , Peak Wavelength ⁽²⁾ λ_P , or Color Temperature ⁽³⁾ CCT			Spectral Half-width ⁽⁴⁾ (nm) $\Delta\lambda_{1/2}$	Temperature Coefficient of Dominant Wavelength (nm/ $^\circ\text{C}$) $\Delta\lambda_D / \Delta T_J$	Total Included Angle ⁽⁵⁾ (degrees) $\theta_{0.90V}$	Viewing Angle ⁽⁶⁾ (degrees) $2\theta_{1/2}$
		Min.	Typ.	Max.				
Batwing	White	4500K	5500 K	10000 K	---	---	110	110
	Warm White	2850K	3300K	3800K	---	---	110	110
	Green	520 nm	530 nm	550 nm	35	0.04	110	110
	Cyan	490 nm	505 nm	520 nm	30	0.04	110	110
	Blue	460 nm	470 nm	490 nm	25	0.04	110	110
	Royal Blue ⁽⁷⁾	440 nm	455 nm	460 nm	20	0.04	110	110
	Red	620.5 nm	625 nm	645 nm	20	0.05	110	110
	Red-Orange	613.5 nm	617 nm	620.5nm	20	0.06	110	110
	Amber	584.5 nm	590 nm	597 nm	14	0.09	110	110
Lambertian	White	4500 K	5500 K	10000 K	---	---	160	140
	Green	520 nm	530 nm	550 nm	35	0.04	160	140
	Cyan	490 nm	505 nm	520 nm	30	0.04	160	140
	Blue	460 nm	470 nm	490 nm	25	0.04	160	140
	Royal Blue ⁽⁷⁾	440 nm	455 nm	460 nm	20	0.04	160	140
	Red	620.5 nm	627 nm	645 nm	20	0.05	160	140
	Red-Orange	613.5 nm	617 nm	620.5 nm	20	0.06	160	140
	Amber	584.5 nm	590 nm	597 nm	14	0.09	160	140

Optical Characteristics at 350mA, Junction Temperature, $T_J = 25^\circ\text{C}$, Cont.

Table 3.

Radiation Pattern	Color	Dominant Wavelength ⁽¹⁾ λ_D , Peak Wavelength ⁽²⁾ λ_P , or Color Temperature ⁽³⁾ CCT			Spectral Half-width ⁽⁴⁾ (nm) $\Delta\lambda_{1/2}$	Temperature Coefficient of Dominant Wavelength (nm/ $^\circ\text{C}$) $\Delta\lambda_D / \Delta T_J$	Typical Total Flux Percent within first 45 ^o ⁽⁷⁾ Cum Φ_{45°	Typical Angle of Peak Intensity ⁽⁸⁾ θ_{Peak}
		Min.	Typ.	Max.				
Side Emitting	White	4500 K	5500 K	10000 K	---	---	<15%	75° - 85°
	Green	520 nm	530 nm	550 nm	35	0.04	<15%	75° - 85°
	Cyan	490 nm	505 nm	520 nm	30	0.04	<15%	75° - 85°
	Blue	460 nm	470 nm	490 nm	25	0.04	<15%	75° - 85°
	Royal Blue ⁽⁷⁾	440 nm	455 nm	460 nm	20	0.04	<15%	75° - 85°
	Red	620.5 nm	627 nm	645 nm	20	0.05	<15%	75° - 85°
	Red-Orange	613.5 nm	617 nm	620.5 nm	20	0.06	<15%	75° - 85°
	Amber	584.5 nm	590 nm	597 nm	14	0.09	<15%	75° - 85°

Notes: (for Tables 2 & 3)

1. Dominant wavelength is derived from the CIE 1931 Chromaticity diagram and represents the perceived color. Lumileds maintains a tolerance of $\pm 0.5\text{nm}$ for dominant wavelength measurements.
2. Royal Blue product is binned by radiometric power and peak wavelength rather than photometric lumens and dominant wavelength. Lumileds maintains a tolerance of $\pm 2\text{nm}$ for peak wavelength measurements.
3. CCT $\pm 5\%$ tester tolerance.
4. Spectral width at $1/2$ of the peak intensity.
5. Total angle at which 90% of total luminous flux is captured.
6. $\theta_{1/2}$ is the off axis angle from lamp centerline where the luminous intensity is $1/2$ of the peak value.
7. Cumulative flux percent within $\pm 45^\circ$ from optical axis.
8. Off axis angle from lamp centerline where the luminous intensity reaches the peak value.

Notes: (for Tables 2 & 3) Continued

9. CRI (Color Rendering Index) for White product types is 70. CRI for Warm White product type is 90 with typical R_9 value of 70.
10. All red, red-orange and amber products built with Aluminum Indium Gallium Phosphide (AlInGaP).
11. All white, warm white, green, cyan, blue and royal blue products built with Indium Gallium Nitride (InGaN).
12. Blue and Royal Blue power light sources represented here are IEC825 Class 2 for eye safety.

Electrical Characteristics at 350mA, Junction Temperature, $T_J = 25^\circ\text{C}$

Table 4.

Radiation Pattern	Color	Forward Voltage V_F ^m			Dynamic Resistance ^m (Ω) R_D	Temperature Coefficient of Forward Voltage ^m (mV/ $^\circ\text{C}$) $\Delta V_F / \Delta T_J$	Thermal Resistance, Junction to Case ($^\circ\text{C}/\text{W}$) $R\theta_{J-C}$
		Min.	Typ.	Max.			
Batwing	White	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Warm White	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Green	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Cyan	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Blue	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Royal Blue	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Red (BD01)	2.31	2.85	3.27	2.4	-2.0	15
	Red (BD03)	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18
	Red-Orange	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18
	Amber (BL01)	2.31	2.85	3.27	2.4	-2.0	15
Amber (BL03)	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18	
Lambertian	White	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Green	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Cyan	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Blue	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Royal Blue	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Red	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18
	Red-Orange	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18
	Amber	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18
Side Emitting	White	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Green	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Cyan	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Blue	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Royal Blue	2.79	3.42	3.99	1.0	-2.0	15
	Red	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18
	Red-Orange	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18
	Amber	2.31	2.95	3.51	2.4	-2.0	18

Notes for Table 4:

1. Lumileds maintains a tolerance of $\pm 0.06\text{V}$ on forward voltage measurements.
2. Dynamic resistance is the inverse of the slope in linear forward voltage model for LEDs. See Figures 3a and 3b. Measured between $25^\circ\text{C} \leq T_J \leq 110^\circ\text{C}$ at $I_F = 350\text{mA}$.

Absolute Maximum Ratings

Table 5.

Parameter	White/Green/ Cyan/Blue/ Royal Blue	Warm White	Red/ Red-Orange/ Amber
DC Forward Current (mA) ⁽¹⁾	350	350	385
Peak Pulsed Forward Current (mA)	500	500	550
Average Forward Current (mA)	350	350	350
ESD Sensitivity ⁽²⁾	± 16,000V HBM		
LED Junction Temperature (°C)	135	120	120
Storage Temperature (°C)	-40 to +120	-40 to +120	-40 to +120
Soldering Temperature (°C) ⁽³⁾	260 for 5 seconds max	260 for 5 seconds max	260 for 5 seconds max

Notes for Table 5:

1. Proper current derating must be observed to maintain junction temperature below the maximum. For more information, consult the LUXEON Design Guide, available upon request.
2. LEDs are not designed to be driven in reverse bias. Please consult Lumileds' Application Brief AB11 for further information.
3. Measured at leads, during lead soldering and slug attach, body temperature must not exceed 120°C. LUXEON emitters cannot be soldered by general IR or Vapor-phase reflow, nor by wave soldering. Lead soldering is limited to selective heating of the leads, such as by hot-bar reflow, fiber focussed IR, or hand soldering. The package back plane (slug) may not be attached by soldering, but rather with a thermally conductive adhesive. Electrical insulation between the slug and the board is required. Please consult Lumileds' Application Brief AB10 on *LUXEON Emitter Assembly Information* for further details on assembly methods.

Wavelength Characteristics, $T_J = 25^\circ\text{C}$

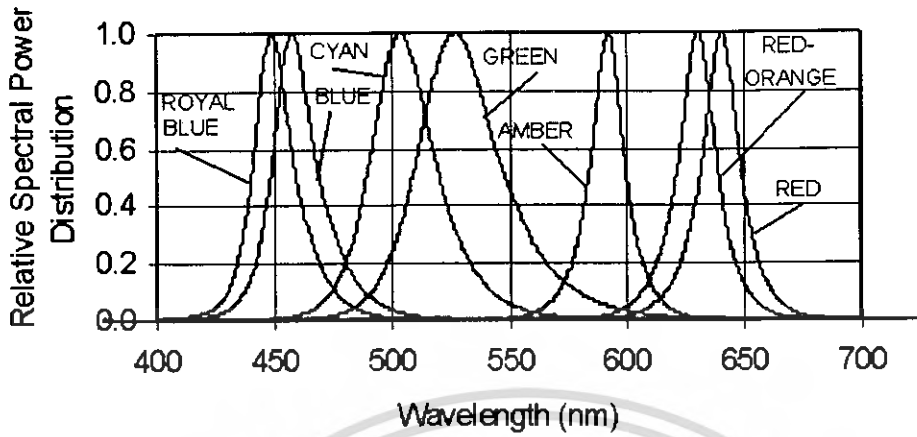


Figure 1a. Relative Intensity vs. Wavelength

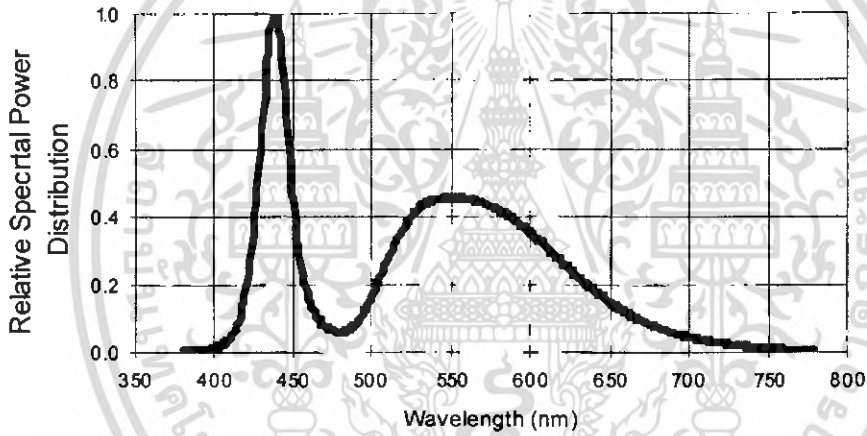


Figure 1b. White Color Spectrum of Typical CCT Part, Integrated Measurement. Applicable for LXHL-BW02.

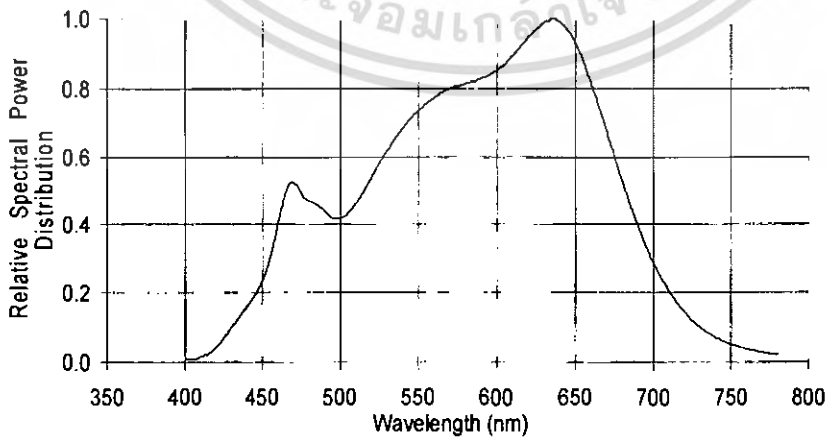


Figure 1c. White Color Spectrum of Typical Warm White Part, Integrated Measurement. Applicable for LXHL-BW03.

Light Output Characteristics

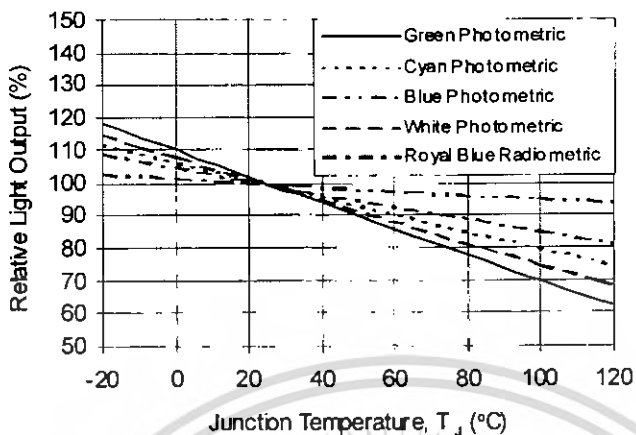


Figure 2a. Relative Light Output vs. Junction Temperature for White, Warm White, Green, Cyan, Blue and Royal Blue.

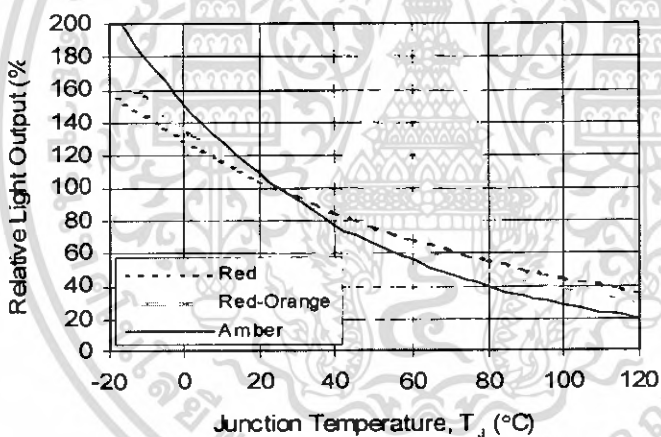


Figure 2b. Relative Light Output vs. Junction Temperature for Red, Red-Orange and Amber.

Forward Current Characteristics, $T_J = 25^\circ\text{C}$

Note:

Driving these high power devices at currents less than the test conditions may produce unpredictable results and may be subject to variation in performance. Pulse width modulation (PWM) is recommended for dimming effects.

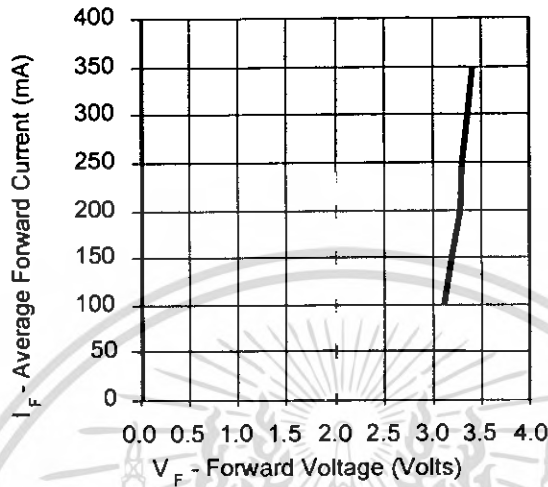


Figure 3a. Forward Current vs. Forward Voltage for White, Warm White, Green, Cyan, Blue, and Royal Blue.

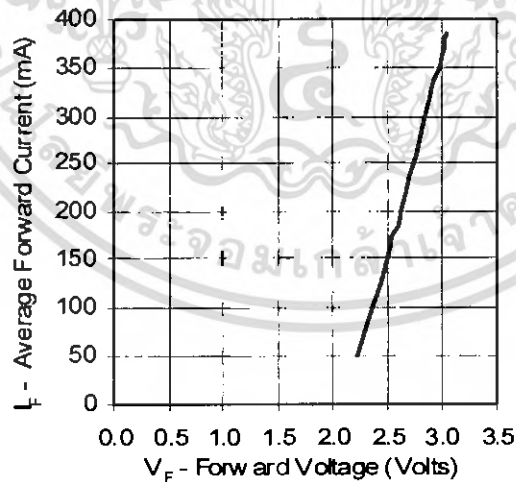


Figure 3b. Forward Current vs. Forward Voltage for Red, Red-Orange and Amber.

Forward Current Characteristics, $T_J = 25^\circ\text{C}$, Continued

Note:

Driving these high power devices at currents less than the test conditions may produce unpredictable results and may be subject to variation in performance. Pulse width modulation (PWM) is recommended for dimming effects.

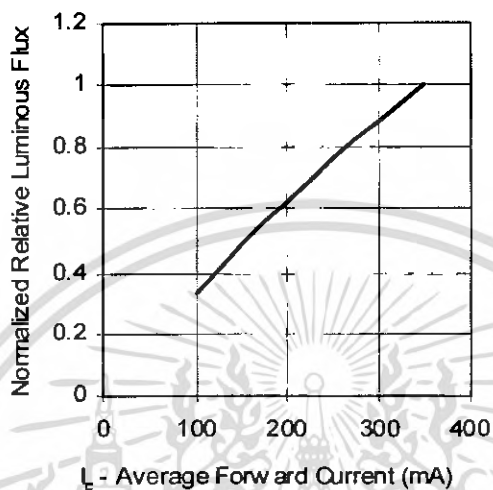


Figure 4a. Relative Luminous Flux vs. Forward Current for White, Warm White, Green, Cyan, Blue, and Royal Blue at $T_J = 25^\circ\text{C}$ maintained.

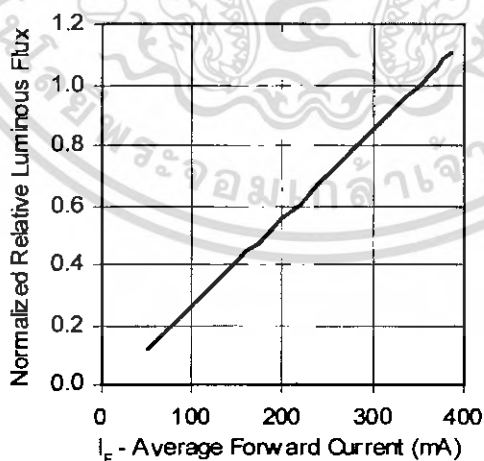


Figure 4b. Relative Luminous Flux vs. Forward Current for Red, Red-Orange and Amber at $T_J = 25^\circ\text{C}$ maintained.

Current Derating Curves

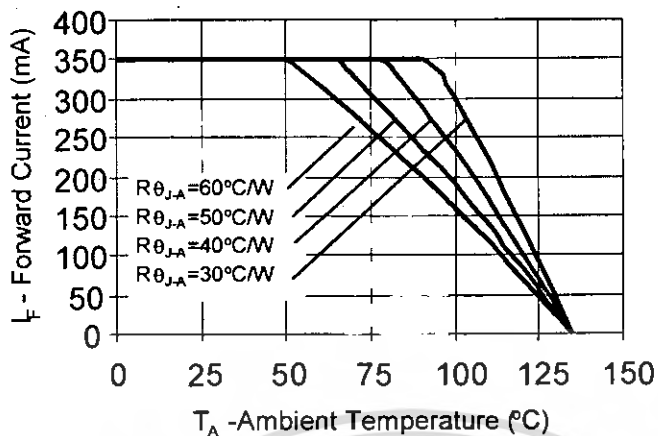


Figure 5a. Maximum Forward Current vs. Ambient Temperature. Derating based on $T_{JMAX} = 135^\circ\text{C}$ for White, Green, Cyan, Blue, and Royal Blue.

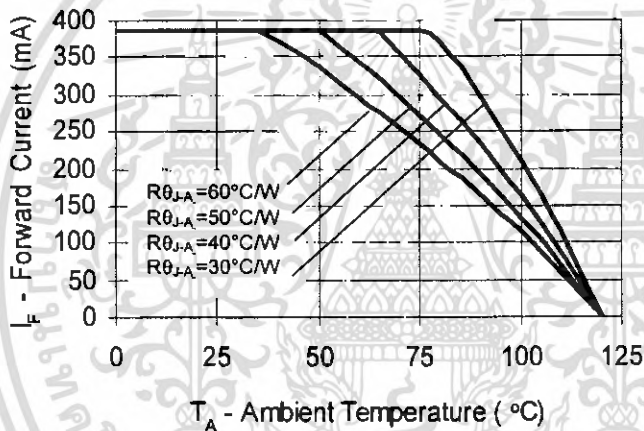


Figure 5b. Maximum Forward Current vs. Ambient Temperature. Derating based on $T_{JMAX} = 120^\circ\text{C}$ for Red, Red-Orange and Amber.

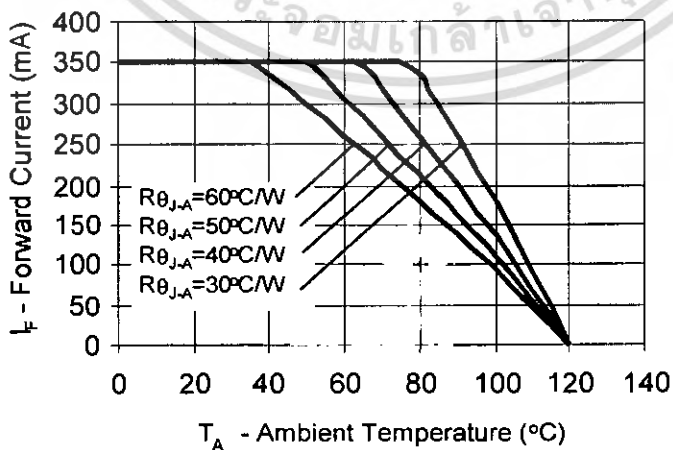


Figure 5c. Maximum Forward Current vs. Ambient Temperature. Derating based on $T_{JMAX} = 120^\circ\text{C}$ for Warm White.

Typical Batwing Representative Spatial Radiation Pattern

Note:

For more detailed technical information regarding LUXEON radiation patterns, please consult your Lumileds Authorized Distributor or Lumileds sales representative.

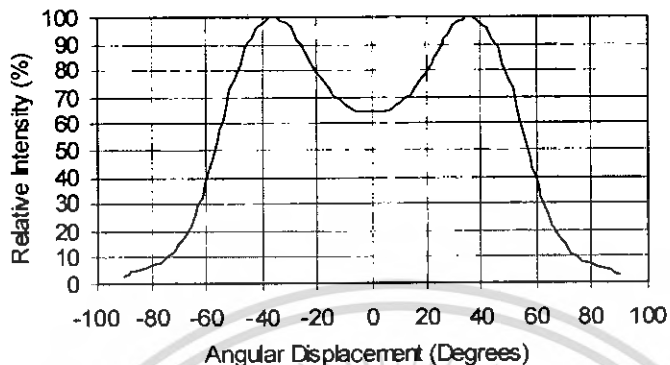


Figure 6a. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter Warm White (LXHL-BW03).

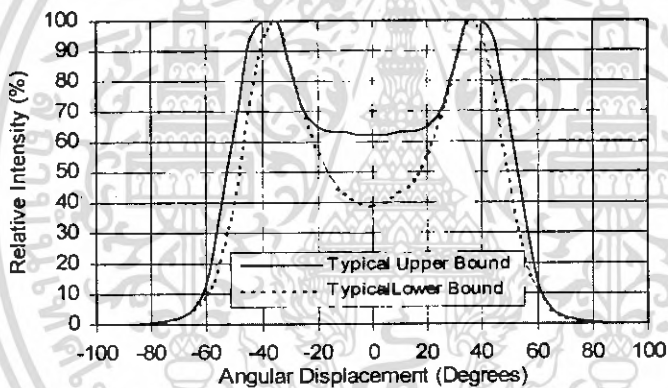


Figure 6b. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter Green, Cyan, Blue and Royal Blue.

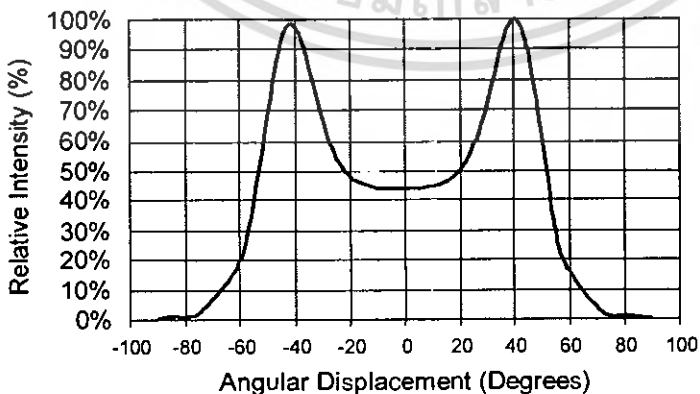


Figure 6c. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter White (LXHL-BW02).

Typical Batwing Representative Spatial Radiation Pattern, Continued

Note:

For more detailed technical information regarding LUXEON radiation patterns, please consult your Lumileds Authorized Distributor or Lumileds sales representative.

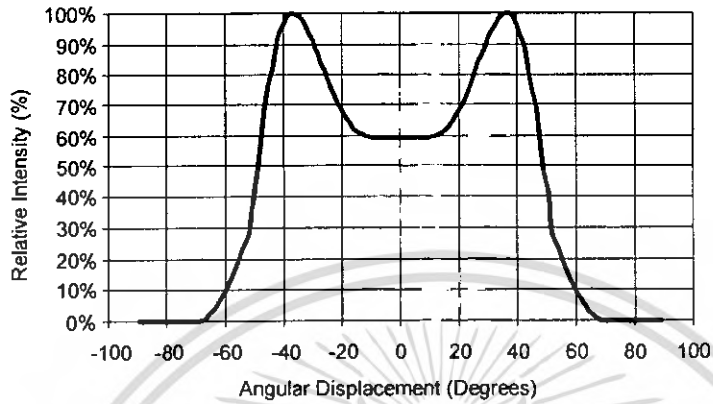


Figure 6d. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter Red (LXHL-BD01) and Amber (LXHL-BL01).

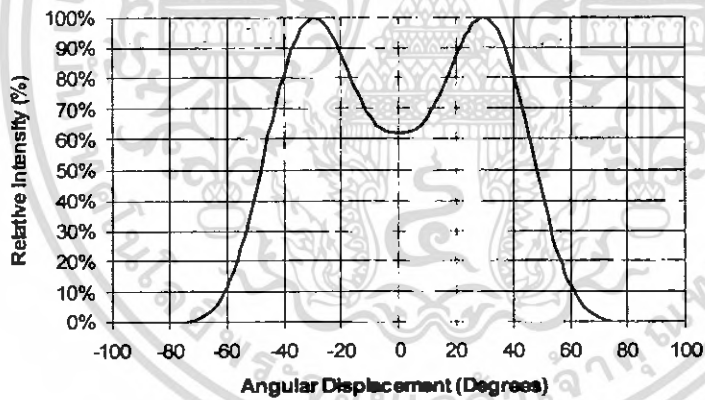


Figure 6e. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter Red (LXHL-BD03), Red-Orange (LXHL-BH03) and Amber (LXHL-BL03).

Typical Lambertian Representative Spatial Radiation Pattern

Note:

For more detailed technical information regarding LUXEON radiation patterns, please consult your Lumileds Authorized Distributor or Lumileds sales representative.

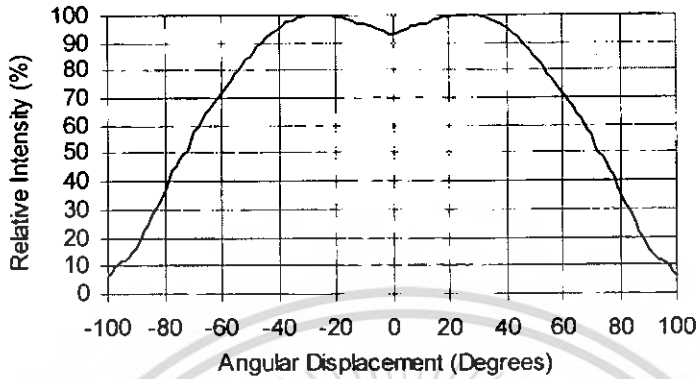


Figure 7a. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter Red, Red-Orange and Amber.

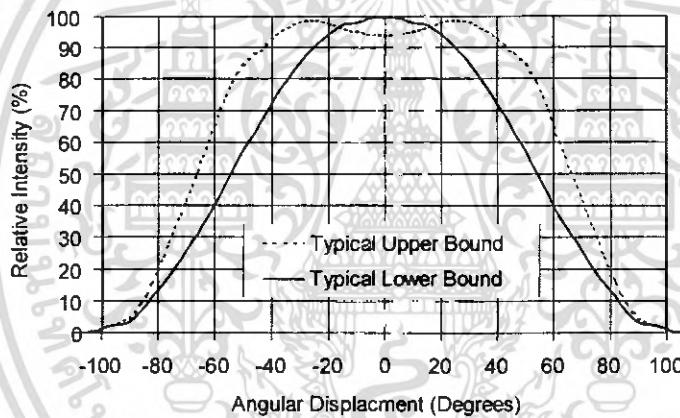


Figure 7b. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter White, Green, Cyan, Blue and Royal Blue.

Typical Side Emitting Representative Spatial Radiation Pattern

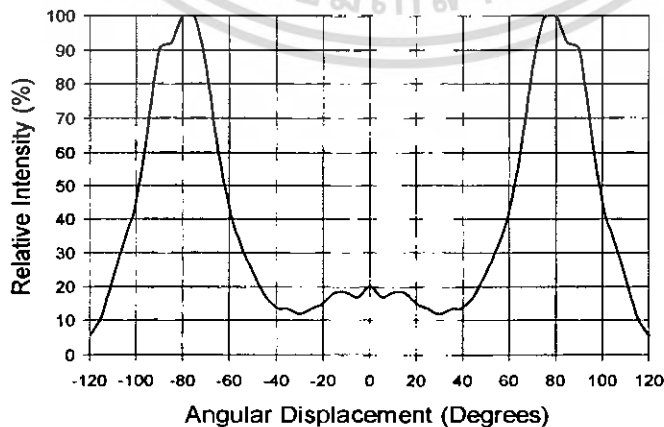


Figure 8a. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter Red, Red-Orange and Amber.

Typical Side Emitting Representative Spatial Radiation Pattern, Continued

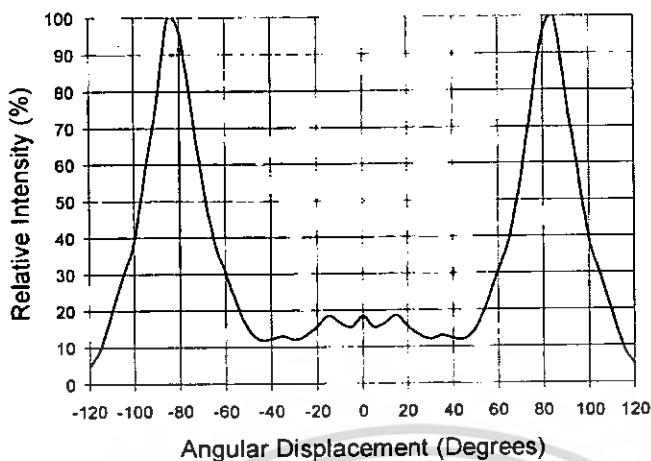


Figure 8b. Typical Representative Spatial Radiation Pattern for LUXEON Emitter White, Green, Cyan, Blue and Royal Blue.

Average Lumen Maintenance Characteristics

Lifetime for solid-state lighting devices (LEDs) is typically defined in terms of lumen maintenance—the percentage of initial light output remaining after a specified period of time. Lumileds projects that LUXEON products will deliver on average 70% lumen maintenance at 50,000 hours of operation. This performance is based on independent test data, Lumileds historical data from tests run on similar material systems, and internal LUXEON reliability testing. This projection is based on constant current 350 mA operation with junction temperature maintained at or below 90°C. Observation of design limits included in this data sheet is required in order to achieve this projected lumen maintenance.

Emitter Reel Packaging

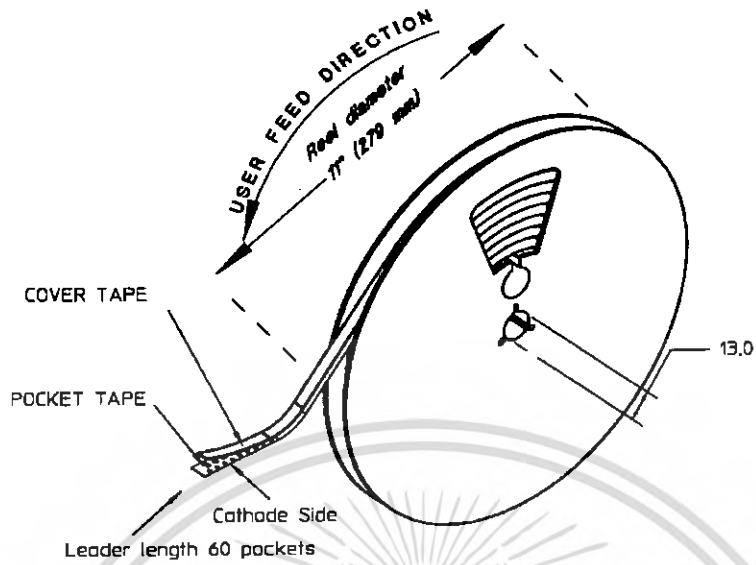


Figure 9. Reel dimensions and orientation.

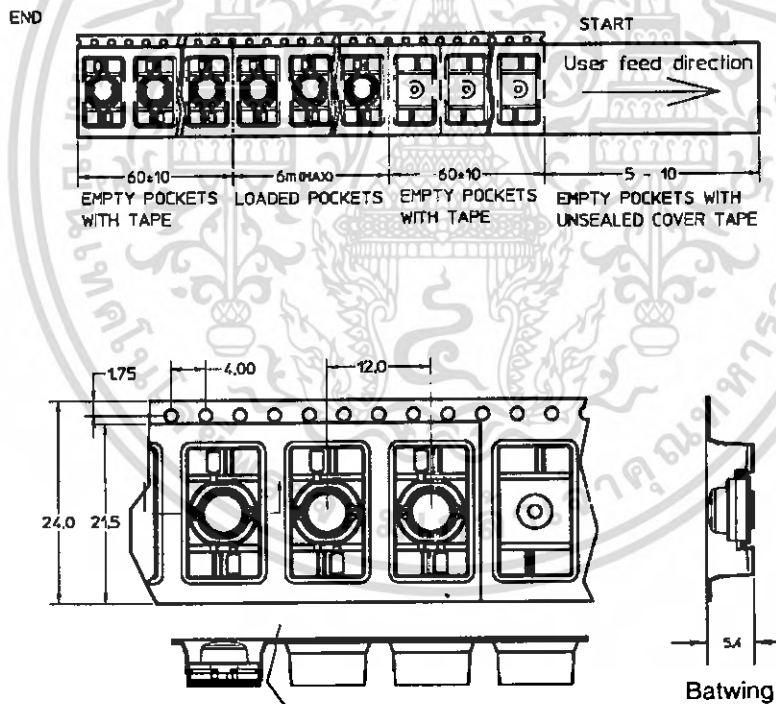


Figure 10. Tape dimensions for Batwing radiation pattern.

Notes:

1. LUXEON emitters should be picked up by the body (not the lens) during placement. The inner diameter of the pick-up collet should be greater than or equal to 6.5 mm. Please consult Lumileds Application Brief AB10 on LUXEON Emitter assembly information for further details on assembly methods.
2. Drawings not to scale.
3. All dimensions are in millimeters.
4. All dimensions without tolerances are for reference only.

Emitter Reel Packaging

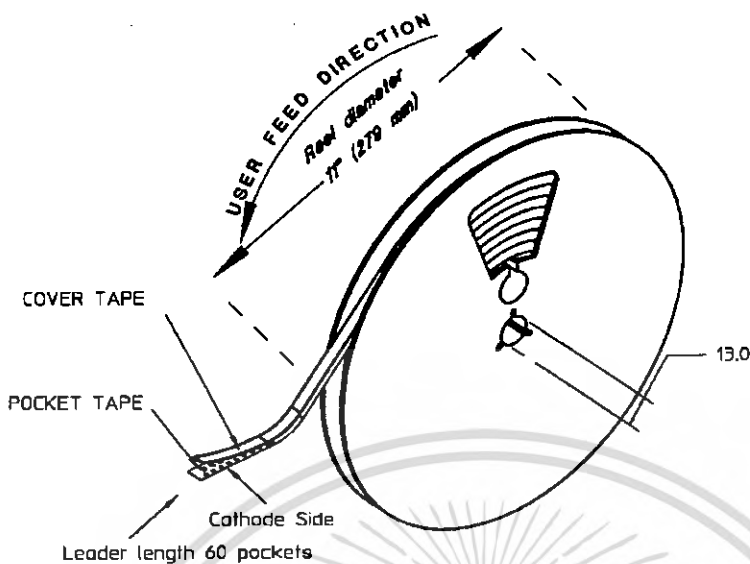


Figure 11. Reel dimensions and orientation.

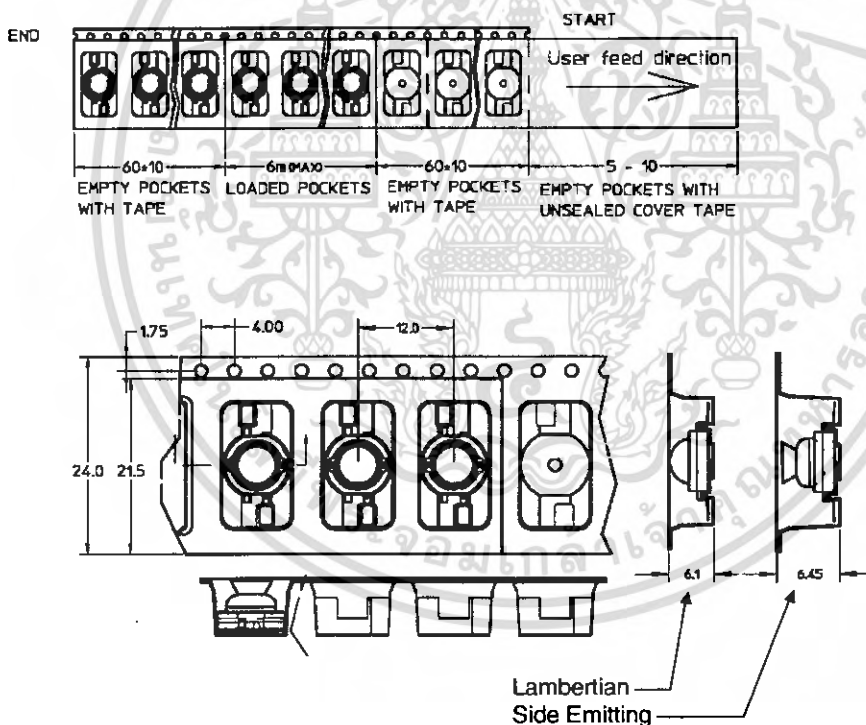


Figure 12. Tape dimensions for Lambertian and Side Emitting radiation patterns.

Notes:

1. LUXEON emitters should be picked up by the body (not the lens) during placement. The inner diameter of the pick-up collet should be greater than or equal to 6.5 mm. Please consult Lumileds Application Brief AB10 on LUXEON Emitter assembly information for further details on assembly methods.
2. Drawings not to scale.
3. All dimensions are in millimeters.
4. All dimensions without tolerances are for reference only.