



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อ ไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์
 Solar Cell LED

ชื่อนักศึกษา 1. นายเดชพล โภยกอบการ รหัสประจำตัว 48035366
 2. นายนภาพร อึ้งแข็ง รหัสประจำตัว 48035376
 3. นายประยुทธ อยู่เกตุ รหัสประจำตัว 48035379
 4. นายรุ่งรัตน์ ชาติไทย รหัสประจำตัว 48035394

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
 สาขาวิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
 อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือชื่อ
1. อ.พิชญ์สินี มะโน	
2. รศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	
3. ผศ.กิติพงษ์ มะโน	
4. อ.สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี	
5. อ.อำพล ทองระอา	

วันเดือนปีที่สอบ วันอาทิตย์ที่ 29 เดือนเมษายน พ.ศ. 2550 เวลา 12.30 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(รศ.สุรสิทธิ์ รัตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
 วันที่... 4 ...เดือน... N. T. พ.ศ. 50



<87491322>

เอกสารนี้เป็นไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญาานิพนธ์

ไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

Solar Cell LED



เดชพล โกยกอบการ
นภาพร อึ้งเซ็ง
ประยูทธ อยู่เกตุ
รุ่งรัตน์ชาติไทย

6/2/2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน... 75178
วัน,เดือน,ปี... 24 ต.ค. 2550

b. 118 11251
i.....

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์
นักศึกษา	นายเดชพล โภยกอบการ
	นายนวพร อึ้งเซ็ง
	นายประยุทธ อยู่เกตุ
	นายรุ่งรัตน์ชาติไทย
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2549

บทคัดย่อ

ปริญญาโทฉบับนี้นำเสนอไฟส่องสว่างที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยการนำเอาหลอด LED มาใช้งานแทนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์โดยจะใช้งานร่วมกับแผง Solar Cell เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับชุดไฟส่องสว่าง โดยพลังงานที่ได้จากแผง Solar Cell จะนำไปประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่โดยใช้วงจรชาร์จแบตเตอรี่เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์จากแผง Solar Cell ที่ได้ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 120 แอมป์แปร์และใช้วงจรเปิด-ปิดไฟอัตโนมัติเป็นตัวเปิดปิดไฟให้กับชุดไฟส่องสว่าง

การทำชุดโครงการไฟส่องสว่างที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์นี้สามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายและช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระดับหนึ่ง

II

Thesis Title	Solar Cell LED
Students	Mr. Dachpol Koykobkarn Mr. Navaporn Uengseng Mr. Prayut Yooket Mr. Rungrut Cahthai
Advisor	Assoc.Prof. Peerawut Suwanjan
Co-Advisor	Mr. Surapong Siripongdee
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Industrial Instrument Technology
Academic Year	2006

ABSTRACT

The thesis presented light afire used by Solar energy. Marking of LED lamp used by Fluorescent lam replace and used to join in Solar Cell stall. It was energy source supply charge cycle changed Solar energy from Solar Cell stall was electricity energy and kept at battery size twelve Volt with one hundred and twenty Ampere and used open circuit and closed circuit automatically to be turn on and turn off gave set of light a fire.

Making set of light a fire project used by this Solar energy. This Solar energy had the ability to useful and save money and save electricity energy too.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ดีนั้น จากความร่วมมือร่วมใจของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี อาจารย์โกศล ตรีราช และอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ศึกษาศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านเป็นอย่างมากที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนถึงข้อมูลและอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการทดลองโครงการและการจัดทำปริญญาโทฉบับนี้ ขอขอบพระคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณสำหรับพวกเราที่ได้ให้การสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างทางด้านการศึกษาดลอดมาถึงปัจจุบันและสุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณเพื่อนๆที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้เสมอมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	IV
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	IV
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	IV
สารบัญรูป	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 จุดมุ่งหมายของโครงการ	1
1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงการ	1
1.4 ขีดความสามารถของโครงการ	1
1.5 ขั้นตอนของการทำโครงการ	2
1.6 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 โคมไฟฟ้า	3
2.2.1 พิจารณาตามลักษณะของการติดตั้ง	3
2.3 ไดโอดเปล่งแสง LED	4
2.3.1 การประยุกต์ใช้งาน LED	4
2.3.2 การเลือกใช้ LED	8
2.3.3 การนำ LED หลายๆตัวมาต่อใช้งานร่วมกัน	9
2.3.4 การดูขั้วของ LED	11
2.4 ตัวต้านทานไวแสง LDR	11
2.4.1 โครงสร้าง	12
2.4.2 สมบัติทางแสง	12
2.4.3 ผลตอบสนองทางไฟฟ้า	13
2.4.4 ทำเป็นเครื่องวัดแสง	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4.5 สวิตช์ทำงานด้วยแสง	14
2.5 เซลล์แสงอาทิตย์	15
2.5.1 ลักษณะคุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญเซลล์แสงอาทิตย์	16
2.5.2 ตัวแปรที่สำคัญของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	17
2.5.3 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์	20
2.5.4 ข้อจำกัดบางประการของการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์	22
2.5.5 ข้อควรระวัง	23
2.5.6 การดูแลรักษา	23
2.6 แบตเตอรี่	23
2.6.1 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่	24
2.6.2 แรงเคลื่อนของเซลล์	25
2.6.3 ปฏิกริยาทางเคมีในเซลล์แบตเตอรี่	25
2.6.4 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า	26
2.6.5 แรงดันกับความต้านทาน	26
2.6.6 การประจุไฟใหม่ให้กับแบตเตอรี่	27
2.6.7 เซลล์แบบตะกั่ว-กรด	29
2.6.8 การประจุกลับเข้าไปใหม่ของตะกั่วกรด	30
2.7 เครื่องควบคุมการประจุ	31
2.7.1 การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ	32
2.7.2 ชนิดของเครื่องควบคุมการประจุ	32
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	35
3.1 กล่าวนำ	35
3.2 ออกแบบและการสร้างแผงวงจรตรวจสอบระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่	36
3.3 วงจรสวิตช์ทำงานด้วยแสง	38
3.4 วงจรจ่ายไฟ	39
3.5 การออกแบบและการสร้างโครงเหล็กยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์	40
3.6 การออกแบบโคมไฟหลอด LED	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	44
4.1 กล่าวนำ	44
4.2 การทดลองการประจุแบตเตอรี่	44
4.3 การทดลองการใช้งานกับโคมไฟที่สร้างจากหลอด LED	46
บทที่ 5 บทสรุป	48
5.1 บทสรุป	48
5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข	48
5.3 แนวทางการพัฒนา	49
บรรณานุกรม	50
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	51
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	55
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	60
ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	64
ภาคผนวก จ ผังงาน	100
ภาคผนวก ช คู่มือการใช้งาน	102
ประวัติผู้แต่ง	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าแรงดันฟอร์เวิร์ดไอแอสของ LED สีต่างๆ I_f 20 มิลลิแอมป์	5
2.2 แสดงค่า LED ซึ่งสามารถเปล่งแสงได้ถึง 4 สีโดยใช้ LED เพียง 2 ตัว	9
4.1 ผลการวัดกระแสครั้งที่ 1 วันที่ 4 พฤศจิกายน 2549	44
4.2 ผลการวัดกระแสครั้งที่ 2 วันที่ 6 ธันวาคม 2549	45
4.3 ผลการวัดกระแสครั้งที่ 3 วันที่ 8 มกราคม 2550	45
4.6 ผลการทดลองที่จำนวน LED SUPER BRIGHT เท่ากับ 994 ดวง	47
ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรสวิตซ์ทำงานด้วยแสง	61
ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรจ่ายไฟ	61
ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจสอบระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่	62
ซ.1 แสดงระดับแรงดัน	105

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะของดวงโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดยึดติดกับเพดาน	3
2.2 ลักษณะของดวงโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดยึดติดกับเพดาน แบบมีฝาปิดชั่วคราว	4
2.3 เมื่อ LED ได้รับไปแอสกลับกราฟที่ได้จะมีลักษณะคล้ายกับของซีเนอร์ไดโอด	5
2.4 การหาค่าความต้านทานเมื่อทราบค่าแรงดัน V_f และกระแส I_f	6
2.5 การใช้ LED เป็นตัวแสดงผลในวงจรไฟสลัปที่มีแรงดันต่ำ	6
2.6 การใช้ LED เป็นตัวแสดงผลในวงจรไฟสลัปที่มีแรงดันสูง	7
2.7 การใช้ LED เป็นตัวแสดงผลการทำงานของพิวส์	7
2.8 ตำแหน่งขา LED	8
2.9 LED ชนิดสองสี ประกอบด้วย LED 2 ตัวต่อกลับขั้วและขนานกัน	8
2.10 การนำ LED หลายๆตัวมาต่ออนุกรมกันโดยใช้ตัวต้านทาน จำกัดกระแสเพียงตัวเดียวเท่านั้น	9
2.11 วงจรขับ LED หลายตัวพร้อมกันแต่การต่อแบบนี้วงจรจะกินกระแสค่อนข้างสูง	10
2.12 วงจรลักษณะนี้ไม่สามารถทำให้ LED แต่ละตัวทำงานได้เท่าๆกันเพราะกระแสจะไหล มากใน LED ตัวที่มีแรงดันฟอร์เวิร์ดต่ำที่สุด	10
2.13 ลักษณะของ LED	11
2.14 ลักษณะของตัวต้านทานไวแสง LDR	11
2.15 โครงสร้าง LDR	12
2.16 ผลการเปลี่ยนความเข้มแสงในที่ที่เห็นได้กับ LDR	13
2.17 เครื่องวัดแสงแบบง่ายที่สุด	14
2.18 หลักการใช้ LDR ในวงจรปิดเปิดสวิตช์	15
2.19 กราฟลักษณะสมบัติกระแส - แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์	16
2.20 ความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้าเทียบกับความเข้มของแสง	17
2.21 ความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้าเทียบกับอุณหภูมิ	17
2.22 กราฟลักษณะคุณสมบัติกระแส - แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์	18
2.23 กราฟลักษณะสมบัติกระแส - แรงดันที่อุณหภูมิต่างๆ	19
2.24 ผลของอุณหภูมิ	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.25 การต่อเรียงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีขนาดแรงดันและกระแสตามต้องการแบบขนานและอนุกรม	20
2.26 บล็อกกึ่งไดโอด	21
2.27 การต่อบายพาสไดโอดและการทำงาน	22
2.28 กราฟเปรียบเทียบความจุของเซลล์แบบต่างๆ	27
2.29 การต่อแบตเตอรี่	28
2.30 ปฏิกริยาทางเคมีระหว่างแผ่นบวกกับแผ่นลบระหว่างการจ่ายไฟออก	28
2.31 ปฏิกริยาทางเคมีระหว่างแผ่นบวกกับแผ่นลบขณะที่ได้รับการประจุไฟฟ้า	29
2.32 โครงสร้างของเซลล์แบบตะกั่ว - กรด	29
2.33 ไอออนบวกของตะกั่วจะจ่ายออกจากแอโนด	30
2.34 เครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม	32
2.35 เครื่องควบคุมการประจุแบบขั้นบันได	33
3.1 วงจรตรวจจกระดับแรงดันและการประจุแบตเตอรี่	36
3.2 วงจรสวิตซ์ทำงานด้วยแสง	38
3.3 วงจรจ่ายไฟ	39
3.4 โครงสร้างเหล็กยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์	40
3.5 การเจาะฐานหลอด LED	40
3.6 หลอด LED SUPER BRIGHT	41
3.7 การใส่หลอด LED	41
3.8 การใส่หลอด LED ด้านล่าง	42
3.9 การใส่หลอด LED ด้านบน	42
3.10 การบัดกรีขาของหลอด LED	43
3.11 แผ่นสะท้อนแสง	43
3.12 ประกอบฐานหลอด LED เข้ากับแผ่นสะท้อนแสง	43
ก.1 ไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	52
ก.2 เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์	52
ก.3 แผงหน้าปัดไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.4 วงจรควบคุมการทำงานรวม	53
ก.5 ช่องเก็บแบตเตอรี่	54
ก.6 โคมไฟส่องสว่าง	54
ข.1 วงจรจ่ายไฟ	56
ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรจ่ายไฟ	56
ข.3 ตำแหน่งการลงอุปกรณ์วงจรจ่ายไฟ	57
ข.4 วงจรตรวจจับระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่	57
ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรตรวจจับระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่	58
ข.6 ตำแหน่งการลงอุปกรณ์วงจรตรวจจับระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่	58
ข.7 วงจรสวิตซ์ทำงานด้วยแสง	59
ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรสวิตซ์ทำงานด้วยแสง	59
ข.9 ตำแหน่งการลงอุปกรณ์วงจรสวิตซ์ทำงานด้วยแสง	59
จ.1 แผ่นผังการทำงาน	101
ช.1 ส่วนประกอบต่างๆบนหน้าปัทม์	104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันอัตราการใช้น้ำมันสูงขึ้นและไม่ทราบว่าน้ำมันดิบจากธรรมชาติ จะสามารถมีให้เราใช้ได้อีกกี่ปี น้ำมันส่วนหนึ่งทั่วโลกใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า จึงมีแนวทางการคิดที่จะค้นหาพลังงานทดแทน โดยวิธีต่างๆที่ใช้แล้วไม่หมดไป และไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เช่น พลังงานลม แสงแดด เป็นต้น ในระบบของการส่องสว่างนั้น จะต้องใช้ไฟฟ้ามาเป็นตัวขับเคลื่อนให้หลอดไฟติด ซึ่งถ้าเราเปิดไฟตลอด จะทำให้กินกระแสตลอดจะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองซึ่งในปัจจุบันมีนโยบายให้เราประหยัดพลังงานและใช้ประโยชน์จากพลังงานธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยไม่ส่งผลกระทบต่อธรรมชาติ

1.2 จุดมุ่งหมายของโครงการ

ถ้าเราสามารถทำให้หลอดไฟส่องสว่างมีปริมาณการกินกระแสไฟฟ้าน้อยลงและมีการใช้พลังงานธรรมชาติให้เป็นประโยชน์ ทางคณะผู้จัดทำจึงได้จัดทำชุดไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยการนำเอาหลอด LED มาใช้งานแทนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์และใช้ร่วมกับ Solar Cell

1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงการ

เมื่อได้ผ่านการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลไฟส่องสว่างที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์แล้ว จะทำให้เกิดทักษะและประสบการณ์ในการปฏิบัติใช้งานกับชุดไฟส่องสว่างที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ มีความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัว และการนำชุดไฟส่องสว่างที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ไปประยุกต์ใช้งาน

1.4 ขีดความสามารถของโครงการ

โครงการนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. สามารถแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่
2. สามารถสำรองพลังงานไว้ใช้ในเวลากลางคืนได้ไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง
3. ไฟส่องสว่างที่พัฒนาขึ้น มีความสว่างเทียบเท่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์
4. มีเซนเซอร์ควบคุมการเปิด - ปิด ไฟส่องสว่างให้ทำงานเฉพาะช่วงเวลากลางคืนหรือช่วงที่มีความสว่างน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนของการทำโครงการ

โครงการนี้ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ ซึ่งการทำงานในระยะแรกจะเริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูลและทำในส่วนของฮาร์ดแวร์และทดสอบพร้อมกับการทำฮาร์ดแวร์เพิ่มเติม และเมื่อทำโครงการเสร็จเรียบร้อยแล้วจะให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมินเพื่อหาค่าประสิทธิภาพของชุดไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ต่อไป

1.6 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปฏิญานิพนธ์ จุดมุ่งหมายของโครงการ สมมุติฐานของการจัดทำโครงการ ชี้ความสามารถของโครงการ ขั้นตอนของการทำโครงการ และเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วย ทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับโครงสร้างของชุดไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ หลักการทำงานของชุดไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โคมไฟฟ้า (Electrical Luminaires) ไดโอดเปล่งแสง (LED) ตัวต้านทานไวแสง (LDR) เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) แบตเตอรี่ เครื่องควบคุมการประจุ (Charge controller)

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวกับ แผนผังการทำงานของโครงการตลอดจนการออกแบบและการสร้างส่วนประกอบต่างๆ พร้อมทั้งการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ

บทที่ 4 ประกอบด้วย การทดลองและผลการทดลอง เป็นส่วนที่ทำการทดสอบการทำงานของชุดไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงการ ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไข รวมทั้งแนวทางการพัฒนา

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญาบัตรในบทนี้เป็นทฤษฎีและหลักการที่นำไปใช้ประกอบการสร้างโครงงานไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วยทฤษฎีของอุปกรณ์ที่ใช้งานแต่ละชนิดได้แก่ โคมไฟฟ้า (Electrical Luminaires) ไดโอดเปล่งแสง (LED) ตัวต้านทานไวแสง (LDR) เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) แบตเตอรี่ เครื่องควบคุมการประจุ (Charge controller)

2.2 โคมไฟ (Electrical Luminaires)

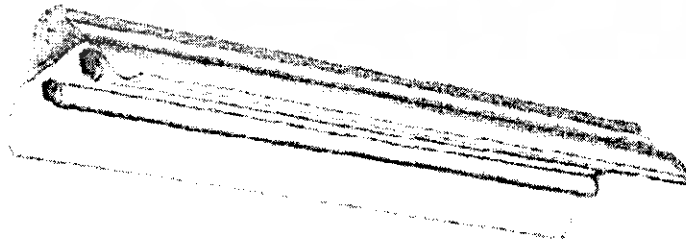
โคมไฟฟ้า หมายถึง อุปกรณ์ควบคุมการกระจายแสงสว่างของหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆ และป้องกันไม่ให้หลอดไฟฟ้าได้รับอันตรายจากภายนอก และให้ทำงานได้เป็นไปตามจุดประสงค์หรืออาจจะรวมไปถึงเป็นที่ติดตั้งอุปกรณ์ประกอบระบบแสงสว่าง เช่น บัลลัสต์ หลอดไฟ เป็นต้น โคมไฟที่มีขายในปัจจุบันนี้จะมีอยู่หลายประเภท หลายขนาด และมีรูปร่างแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งานแต่ละประเภท แต่ละสถานที่

2.2.1 พิจารณาตามลักษณะของการติดตั้ง

เมื่อมีการติดตั้งดวงโคม ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาถึงลักษณะที่จะต้องติดตั้งดวงโคมว่าควรจะใช้ดวงโคมประเภทใด ซึ่งสามารถจำแนกประเภทของดวงโคมที่จะติดตั้งกับสถานที่ต่างๆ ได้ดังนี้

2.2.1.1 โคมสำหรับยึดติดเพดาน

โคมที่ติดตั้งให้ตัวโคมยึดติดกับฝ้าหรือเพดานมีลักษณะดังรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 ลักษณะของดวงโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดยึดติดกับเพดาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ลักษณะของดวงโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดยึดติดกับเพดานแบบมีฝาปิดหัวหลอด

ส่วนใหญ่แล้วจะใช้สำหรับบริเวณที่มีความสูงจากพื้นงานถึงเพดานไม่สูงนัก มักจะใช้ติดตั้งในสำนักงานหรือตามบ้านเรือน

2.3 ไดโอดเปล่งแสง (LED)

ไดโอดชนิดนี้เหมือนไดโอดทั่ว ๆ ไปที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N ประกอบกันมีผิวข้างหนึ่งเรียบเป็นมันคล้ายกระจก เมื่อไดโอดตกไบแอสตรงจะทำให้ไอเลคตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิด N มีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลใน P ต่อให้เกิดพลังงานในรูปของประจุโฟตอน ซึ่งจะส่งแสงออกมา การประยุกต์ LED ไปใช้งานอย่างกว้างขวางส่วนมากใช้ในภาคแสดงผล (display unit) LED โดยทั่วไปมี 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ LED ชนิดที่ตาคนเห็นได้กับชนิดที่ตาคนมองไม่เห็นต้องใช้ทรานซิสเตอร์มาเป็นตัวรับแสงแทนตาคน

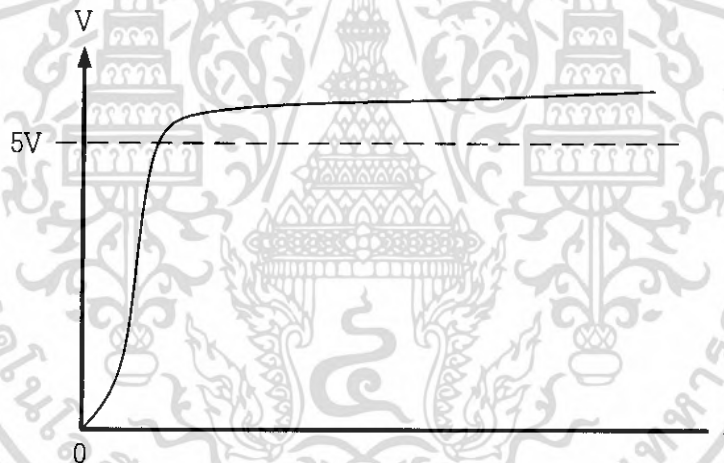
2.3.1 การประยุกต์ใช้งาน LED

LED ไดโอดเปล่งแสงเป็นไดโอดชนิดพิเศษที่สามารถเปล่งแสงออกมาได้ ไม่ว่าจะเป็นแสง ในช่วงที่สายตามองเห็นเมื่อเปรียบเทียบกับหลอดไฟชนิดทั้งสแตนแล้ว LED จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าประมาณ 10-15 เท่า และยังมีการตอบสนองต่อแสงที่เร็วกว่าด้วย คือ ประมาณ 0.1 ไมโครวินาที เมื่อเทียบกับหลอดไฟชนิดทั้งสแตน ซึ่งใช้เวลาในระดับมิลลิวินาที ดังนั้นโดยทั่ว ๆ ไป LED จึงเหมาะที่จะใช้เป็นตัวแสดงผลหรือใช้เป็นไฟกะพริบ

ตารางที่ 2.1 ค่าแรงดันฟอร์เวิร์ตไบแอสของ LED สีต่างๆ I_f 20 มิลลิแอมป์

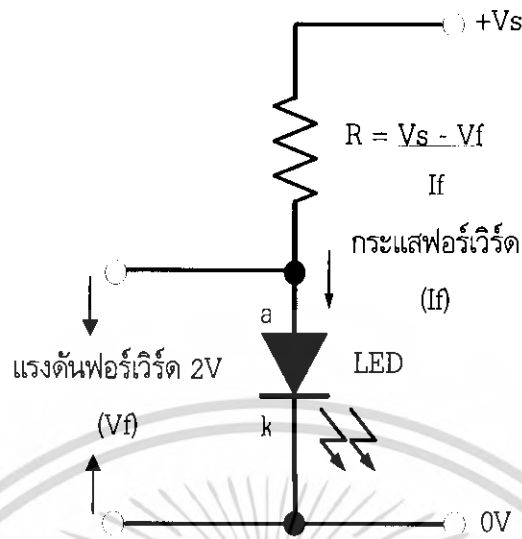
LED	สีแดง	สีขาว	สีเหลือง	สีเขียว
ค่าแรงดันฟอร์เวิร์ต V_f (โวลต์)	1.8	2.0	2.1	2.2

เมื่อ LED ได้รับกระแสไบแอสตรงจะมีแรงดันตกคร่อม LED ประมาณ 2 โวลต์ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งเป็นค่าแรงดันไบแอสตรงของ LED สีต่าง ๆ ที่กระแสไบแอสตรง 20 มิลลิแอมป์ และถ้า LED ได้รับการไบแอสกลับ ก็จะทำให้เกิดปรากฏการณ์อะวาลานซ์หรือซีเนอร์เช่นเดียวกับไดโอดชนิดอื่น ๆ แต่ค่าแรงดันนั้นจะมีค่าน้อยกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.3 โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว LED จะทนแรงดันย้อนกลับได้สูงสุดประมาณ 3-5 โวลต์



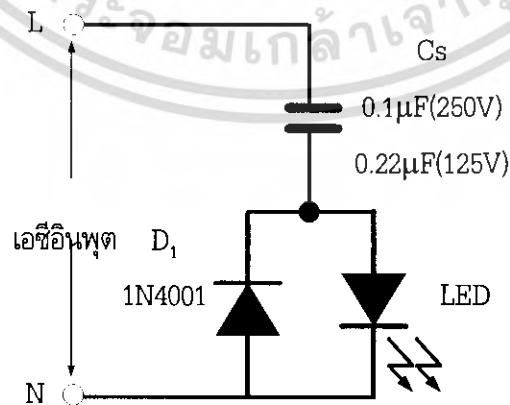
รูปที่ 2.3 เมื่อ LED ได้รับไบแอสกลับกราฟที่ได้จะมีลักษณะคล้ายกับของซีเนอร์ไดโอด

ในการนำ LED ไปใช้งาน จะต้องต่อตัวต้านทานจำกัดกระแสอนุกรมเข้ากับ LED ด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้ LED เสียหาย รูปที่ 2.4 แสดงการหาค่าตัวต้านทาน R เพื่อให้ได้กระแสที่พอเหมาะแก่ LED โดย R จะต่อที่ขั้วแคโทด หรือแอโนดของ LED ก็ได้ความสว่างของ LED จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณกระแสที่ไหลผ่านตัวมัน โดยทั่ว ๆ ไป LED จะสามารถทนกระแสได้สูงสุดประมาณไม่เกิน 30-40 มิลลิแอมป์



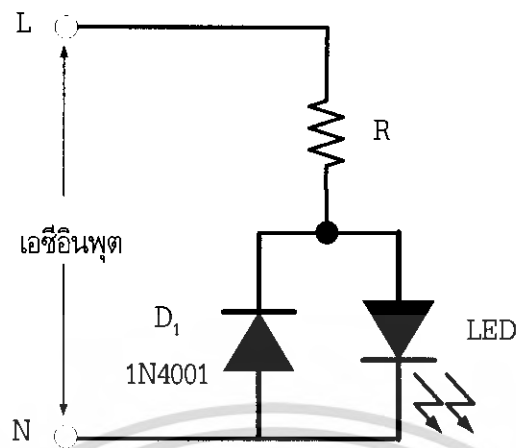
รูปที่ 2.4 การหาค่าความต้านทานเมื่อทราบค่าแรงดัน V_f และกระแส I_f

LED ยังสามารถนำไปใช้กับไฟสลัปได้ด้วยดังแสดงในรูปที่ 2.5 โดยการนำไดโอดธรรมดาตามต่อกลับ ขั้วขานกับ LED เพื่อป้องกันไม่ให้ LED ได้รับไบแอสกลับ สำหรับค่า R ควรจะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่ง ของเมื่อ คำนวณได้จากวงจรไฟตรง เพื่อให้ความสว่างเท่าเดิม และถ้าวงจรนี้ใช้กับแหล่งจ่ายไฟสลัปที่มีค่าแรงดันสูง ๆ ตัวต้านทาน R ก็จะต้องมีอัตราทนกำลังสูง ๆ ตามไปด้วย เช่นถ้าใช้กับแหล่งจ่ายไฟ 250 โวลต์ ตัวต้านทาน ควรอัตราทนกำลังอย่างน้อยที่สุด 2.5 โวลต์ เมื่อคิดที่กระแสที่ผ่าน LED เฉลี่ยประมาณ 10 มิลลิแอมป์หรือ ถ้าไม่ต้องการใช้ตัวต้านทานที่มีอัตราทนกำลังสูง ๆ ก็อาจใช้ตัวเก็บประจุจำกัดกระแสที่ผ่าน LED ตามต้องการ ได้เช่นเดียวกัน โดยตัวเก็บประจุ C_s จะมีอัตรากำลังสูญเสียอย่างมาก เนื่องจากกระแสและแรงดันที่ C_s มีเฟส ต่างกัน 90 องศา สำหรับค่าของ C_s ประมาณ 0.1 และ 0.22 ไมโครฟารัดสำหรับไฟสลัป 50-60 เฮิร์ตซ์ 250 โวลต์ และ 125 โวลต์ตามลำดับ



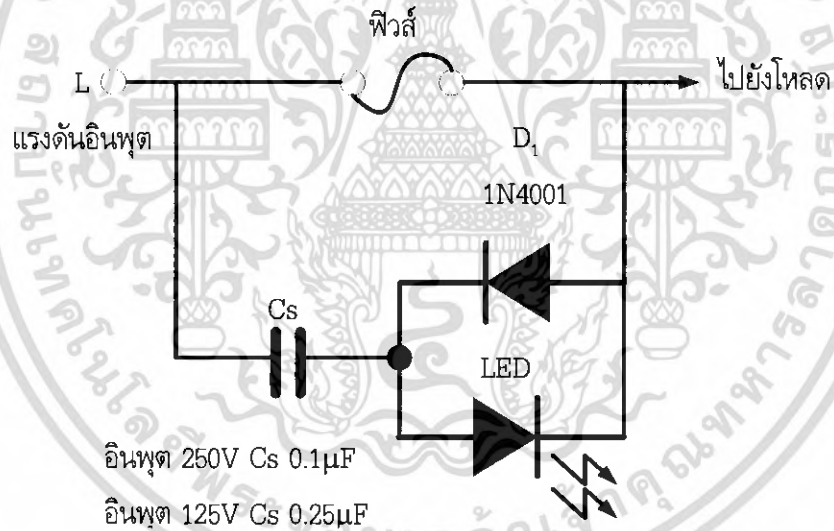
รูปที่ 2.5 การใช้ LED เป็นตัวแสดงผลในวงจรไฟสลัปที่มีแรงดันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การใช้ LED เป็นตัวแสดงผลในวงจรไฟสลับที่มีแรงดันสูง

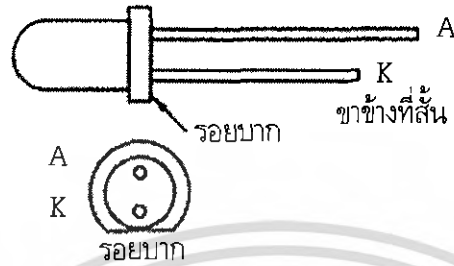
วงจรในรูปที่ 2.7 LED ยังสามารถใช้เป็นตัวแสดงผลการทำงานของฟิวส์ได้ด้วย ในสภาวะปกติวงจรจะถูกตัดโดยฟิวส์แต่เมื่อฟิวส์ขาดจะทำให้วงจรนี้ทำงานและกระแสไหลต นั้นจะถูกจำกัดโดย Cs



รูปที่ 2.7 การใช้ LED เป็นตัวแสดงผลการทำงานของฟิวส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

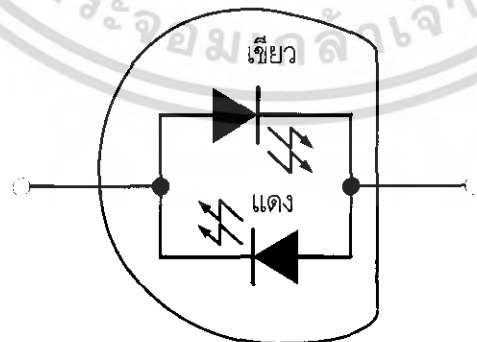
2.3.2 การเลือกใช้ LED



รูปที่ 2.8 ตำแหน่งขา LED

ปัญหาแรกที่จะพบในการใช้งาน LED ก็คือการหาขั้วของ LED ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไป LED จะมีขั้วแคโทดอยู่ตรงด้านรอยบาก หรือเป็นขาที่สั้นกว่าอีกข้างหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.8 หรืออาจจะทดสอบหาขั้ว โดยใช้วงจรมูลฐาน โดยการทดลองกลับขั้วของ LED และถ้า LED ติดสว่าง ขั้วแคโทดจะเป็นขั้วที่ต่ออยู่กับขั้วลบของแบตเตอรี่

ในการใช้งาน LED อาจใช้ร่วมกับชุดยึดจับ ซึ่งประกอบด้วยตัวยึดและวงแหวนพลาสติก เพื่อช่วยให้ LED สามารถยึดติดกับแผงวงจรพิมพ์หรือหน้าปัดของกล่องได้ด้วย โดยทั่ว ๆ ไป LED จะผลิตเป็นแบบที่มี LED ตัวเดียวในตัวถึงเดียว สำหรับ LED ชนิดที่มีหลาย ๆ ตัวอยู่ในตัวถึงเดียวกันรู้จักกันก็คือ LED 7 ส่วน (7-Segment display) ซึ่งภายในประกอบด้วย LED เล็ดตัว (หรือแปดตัว) อยู่ในตัวถึงเดียวกันสามารถแสดงผลได้ทั้งตัวอักษรและตัวเลขตัวแสดงผลอีกอย่างเป็นตัวแสดงผลแบบบาร์ กราฟ (bargraph-display) ซึ่งประกอบด้วย LED 10 ถึง 30 ตัวอยู่ในตัวถึงเดียวกัน



รูปที่ 2.9 LED ชนิดสองสี ประกอบด้วย LED 2 ตัวต่อกลับขั้วและขนานกัน

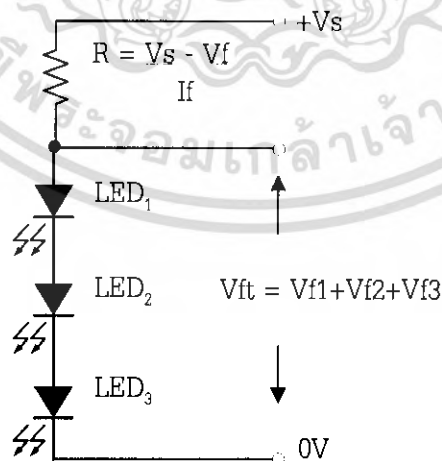
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LED ส่วนใหญ่สามารถเปล่งแสงออกมาได้เพียงสีเดียวต่อตัวเท่านั้น แต่สำหรับ LED ที่สามารถเปล่งแสง ได้หลายสีก็มีการผลิตขึ้นมาเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ซึ่งเป็น LED ชนิดสองสีจะประกอบด้วย LED 2 ตัวต่อกลับหัวและขนาดกันจะเปล่งแสงสีเขียวเมื่อได้รับการไบแอสในทิศทางหนึ่ง และเปล่งแสงสีแดงหรือเหลืองเมื่อได้รับการไบแอส ในทิศทางตรงกันข้าม LED ชนิดนี้มีประโยชน์อย่างมากในการนำมาแสดงผลเกี่ยวกับทิศทางของกระแสหรือการแสดงหัว LED ชนิดหลายสีอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วย LED สีเขียวและสีแดงต่อกัน โดยขาแคโทดจะต่อรวมกัน LED ชนิดนี้จะเปล่งแสงสีเขียวหรือสีแดง เมื่อได้รับการไบแอสที่ขั้วแอโนดขั้วใดขั้วหนึ่ง และจะเปล่งแสงสีส้มและสีเหลือง เมื่อได้รับการไบแอสทั้ง 2 ขั้วของแอโนดในอัตราส่วนของปริมาณกระแสที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงค่า LED ซึ่งสามารถเปล่งแสงได้ถึง 4 สีโดยใช้ LED เพียง 2 ตัว

สีของ LED	สีแดง	สีส้ม	สีเหลือง	สีเขียว
กระแสของ LED ₁	0	5mA	10mA	15mA
กระแสของ LED ₂	5mA	3mA	2mA	0

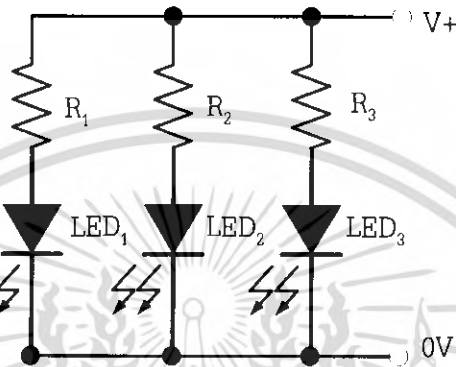
2.3.3 การนำ LED หลาย ๆ ตัวมาต่อใช้งานร่วมกัน



รูปที่ 2.10 การนำ LED หลายๆตัวมาต่ออนุกรมกันโดยใช้ตัวต้านทานจำกัดกระแสเพียงตัวเดียวเท่านั้น

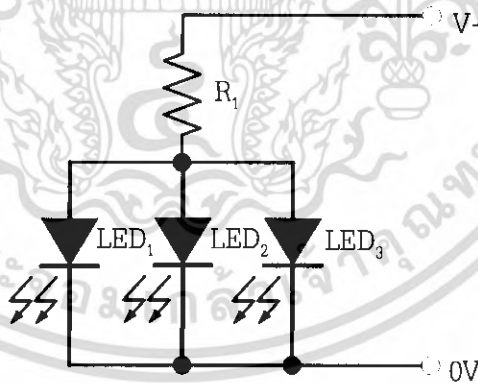
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LED สามารถนำมาใช้งานพร้อมกันในคราวเดียวหลาย ๆ ตัวได้โดยนำ LED มาต่ออนุกรมกัน และใช้แหล่งจ่ายแรงดันแหล่งเดียวในการไบแอสให้ LED ทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.10 โดยแหล่งจ่ายแรงดันจะต้องมีแรงดันมากกว่าผลรวมของแรงดันไบแอสตรงของ LED แต่ละตัว เพราะจะทำให้แหล่งจ่ายแรงดันไม่สามารถไบแอสให้ LED ได้เพียงพอ แต่ก็สามารถแก้ไขได้โดยนำวงจรเหล่านี้มาต่อขนานกัน



รูปที่ 2.11 วงจรขับ LED หลายตัวพร้อมกันแต่การต่อแบบนี้วงจรจะกินกระแสค่อนข้างสูง

การนำ LED หลาย ๆ ตัวมาใช้งานพร้อม ๆ กันอีกแบบหนึ่งก็คือ การนำวงจรพื้นฐานจาก รูปที่ 2.10 มาต่อขนานกันดังแสดงใน รูปที่ 2.11 แต่การต่อวงจรแบบนี้ค่อนข้างจะกินกระแสมาก คือเท่ากับผลรวม ของ กระแสที่จ่ายให้แก่ LED แต่ละตัว



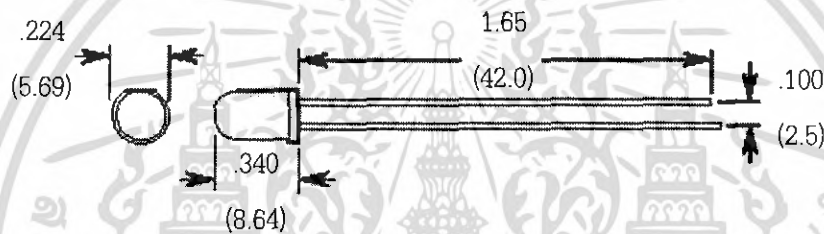
รูปที่ 2.12 วงจรลักษณะนี้ไม่สามารถทำให้ LED แต่ละตัวทำงานได้เท่า ๆ กันเพราะกระแสจะไหลมากใน LED ตัวที่มีแรงดันฟอร์เวิร์ดต่ำที่สุด

จากรูปที่ 2.12 แสดงการนำ LED หลาย ๆ ตัวมาใช้งานพร้อม ๆ กันอย่างไม่ถูกต้อง จากวงจรจะเห็นได้ว่า LED ไม่มีทางที่จะทำงานพร้อม ๆ กันได้ เพราะแรงดันไบแอสตรงของ LED แต่ละตัวจะมีค่าไม่เท่ากัน ในกระบวนการผลิตก็ไม่สามารถทำให้ LED ทุกตัวมีค่าแรงดันไบแอสตรงเท่ากันพอดีได้ ซึ่งจะทำให้มี LED

ตัวใดตัวหนึ่งกินกระแสมากกว่าตัวอื่น ๆ และทำให้ LED ตัวที่เหลืออยู่ได้รับกระแสเพียงเล็กน้อยหรือ อาจไม่ได้รับกระแสเลยหากแรงดันไบแอสของ LED ต่างกันมาก

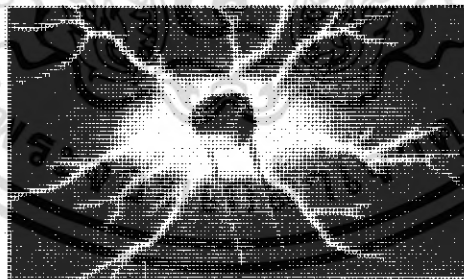
2.3.4 การดูขั้วของ LED

การดูขั้วของ LED อาจจะได้จากการดูที่ขา ซึ่งขาที่ยาวกว่ามักจะเป็น Anode (ต่อไปบวก) แต่ถ้าหากตัดขาไปแล้วอาจจะดูจากด้านที่มีขอบตัดของตัวหลอดโดยด้านที่มีขอบตัดนั้นจะเป็น Cathode เสมอ นอกจากนี้ยังสามารถดูภายในตัวหลอดได้อีกด้วย แต่ LED บางประเภทจะมีขนาดเล็กและขุ่นมัว ไม่สามารถมองเห็นภายในได้ ดังนั้นถ้าต้องการความถูกต้อง ควรจะใช้ Ohm Meter ทำการวัดขั้วในลักษณะเดียวกันกับการวัดขั้วของไดโอด



รูปที่ 2.13 ลักษณะของ LED

2.4 ตัวต้านทานไวแสง (LDR)



รูปที่ 2.14 ลักษณะของตัวต้านทานไวแสง (LDR)

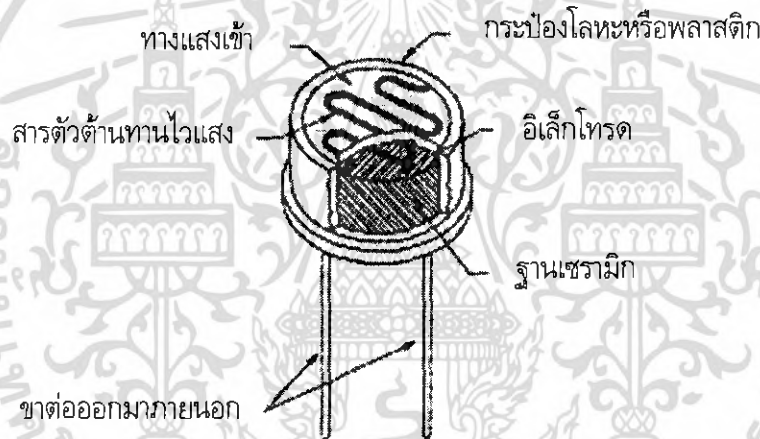
ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทไวต่อแสง หรือ เปลี่ยนแปลงการทำงานของตัวมันเองตามปริมาณของแสง มีอยู่หลาย อย่าง. ตั้งแต่ LDR (light dependent resistor) โฟโตโวลตาอิกเซลล์ (photovoltaic cell) ซึ่งจ่ายแรงดันออกมา ได้เมื่อได้รับแสง , โฟโตไดโอด (photodiode) โฟโตทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(phototransistor) ไปจนถึงเอสซีอาร์ ที่ทำงานด้วยแสง (LASC - light activated silicon controlled rectifier) ซึ่งใช้หลักการของสารกึ่งตัวนำทั้งนั้น. อุปกรณ์ ประเภทนี้ที่มีโครงสร้าง และ ลักษณะการทำงานง่ายที่สุดก็เห็นจะได้แก่ LDR เพราะไม่ได้ใช้หลักการของรอยต่อ พี - เอ็น เหมือนกันแบบอื่นๆ ที่ได้ กล่าวมาแล้วเลย จึงจะนำมาเล่าสู่กันฟังก่อน

2.4.1 โครงสร้าง

ตัว LDR ว่าที่จริงแล้วมีเรียกกันอีกหลายชื่อ เช่น โฟโตคอนดักทีฟเซลล์ (photoconductive cell) หรือ ตัวต้านทาน ไวแสง (LSR - light sensitive resistor) ส่วนใหญ่จะทำด้วยสารแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) หรือไมก็แคดเมียมซีลีไนด์ (CdSe) ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำ เอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบ ไวออกมา



รูปที่ 2.15 โครงสร้าง LDR

รูปร่างของมันจะเห็นได้ในรูปที่ 2.15 ส่วนที่ขีดเป็นแนวเล็กลึกลับดำนั้นแหละ ที่ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสง และ แนวสีดำ นั้นจะแบ่งพื้นที่ของตัวมันออกเป็น 2 ข้าง ซึ่งถ้าดู ของจริงจะเห็นว่าออกสีทองนั้น เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สัมผัส กับตัวต้านทานไวแสง เป็นที่สำหรับต่อขาออกมาภายนอก หรือ เรียกว่า อิเล็กโทรด ที่เหลือก็จะเป็นฐานเซรามิก และ อุปกรณ์ สำหรับห่อหุ้มมัน ซึ่งมีได้หลายแบบ

2.4.2 สมบัติทางแสง

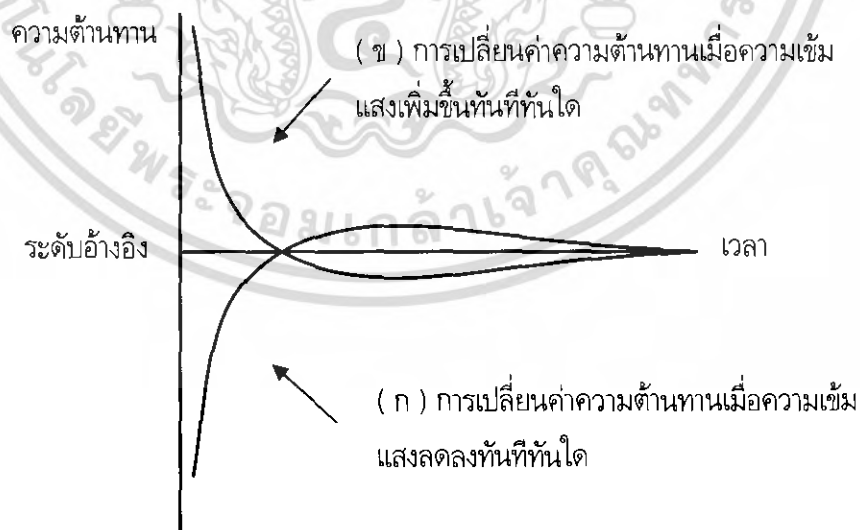
การทำงานของ LDR ก็ง่ายๆ เพราะว่ามันเป็นสารกึ่งตัวนำ เวลาที่มีแสงตกกระทบลงไปก็จะถ่ายทอดพลังงาน ให้กับสาร ที่ฉาบอยู่ ทำให้เกิดโฮลกับอิเล็กตรอนวิ่งกันพล่าน การที่มีโฮล กับอิเล็กตรอนอิสระนี้มาก ก็เท่ากับ ความต้านทานลดลงนั่นเอง ยิ่ง ความเข้มของแสงที่ตกกระทบมากเท่าไร ความต้านทานก็ยิ่งลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากเท่านั้นในส่วนที่ว่าแสงตกกระทบนั้น มิใช่ว่าจะเป็นแสงอะไรก็ได้ เฉพาะแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 4,000 อังสตรอม (1 อังสตรอม เท่ากับ 10^{-10} เมตร) ถึงประมาณ 10,000 อังสตรอมเท่านั้นที่จะใช้ได้ (สายตาคนจะเห็นได้ ในช่วงประมาณ 4,000 อังสตรอม ถึง 7,000 อังสตรอม) ซึ่งคิดแล้วก็ในช่วงคลื่นนี้ ก็มีเพียงแคบ ๆ เมื่อเทียบกับการทำงาน ของอุปกรณ์ไวแสง ประเภทอื่น ๆ แต่ถึงอย่างไรแสงในช่วงคลื่นนี้ ก็มีอยู่ในแสงอาทิตย์ แสงจากหลอดไฟแบบไส้ และ แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ด้วย หรือ ถ้าจะคิดถึง ความยาวคลื่น ที่ LDR จะตอบสนองไวที่สุดแล้ว ก็มีอยู่หลาย ความยาวคลื่น โดยทั่วไป LDR ที่ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์ จะไวต่อแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 5,000 กว่า อังสตรอม. ซึ่งเราจะเห็นเป็นสีเขียว ไปจนถึงสีเหลือง สำหรับ บางตัวแล้ว ความ ยาวคลื่นที่ไวที่สุดของมันใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของตาคนมาก (ตาคนไวต่อความ ยาวคลื่น ประมาณ 5,550 อังสตรอม) จึงมักจะใช้ทำเป็นเครื่องวัดแสง ในกล้องถ่ายรูป ถ้า LDR ทำจาก แคดเมียมซัลไฟด์ก็ไวต่อ ความ ยาวคลื่นในช่วง 7,000 กว่า อังสตรอม ซึ่งไปอยู่ใน ช่วงอินฟราเรดแล้ว

2.4.3 ผลตอบสนองทางไฟฟ้า

อัตราส่วนระหว่างความต้านทานของ LDR ในขณะที่ไม่มีความเข้มแสง กับขณะที่มีความเข้มแสง อาจจะเป็นได้ตั้งแต่ 100 เท่า 1,000 เท่าหรือ 10,000 เท่า แล้วแต่รุ่น แต่โดยทั่วไปแล้วค่าความต้านทานในขณะที่ไม่มีความเข้มแสงจะอยู่ในช่วง ประมาณ 0.5 M ขึ้นไป ในที่มีดสนิทอาจขึ้นไปได้มากกว่า 2 M และ ในขณะที่มีความเข้มแสงจะเป็นประมาณ 10 - 20k ลง ไป อาจจะไม่ถึงโอห์ม หรือ ไม่ถึงโอห์มก็ได้. ทนแรงดันสูงสุดได้ไม่ต่ำกว่า 100 V และ กำลังสูญเสีย อย่างต่ำประมาณ 50 mW



รูปที่ 2.16 ผลของการเปลี่ยนความเข้มแสงในทันทีทันใดกับ LDR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คร่อม R1 เสียหมด แรงดันเอาต์พุตจึงสูงเกือบเท่าแรงดันไฟเลี้ยงและถ้าไม่มีแสง LDR จะมีความต้านทานสูง แรงดันส่วนใหญ่จะ ไปตกที่ LDR แรงดันเอาต์พุต จึงเกือบเป็น 0 โวลต์



รูปที่ 2.18 หลักการใช้ LDR ในวงจรปิดเปิดสวิตช์

ในรูปที่ 6 (ข) วงจรจะทำงาน ในทางตรงข้าม เพียงแต่สลับที่ระหว่าง LDR กับ R1 เวลาไม่มีแสงสว่างเอาต์พุตก็จะเกือบ เป็น 0 โวลต์ เวลาไม่มีแสงสว่างเอาต์พุตก็เกือบเท่าแรงดันไฟเลี้ยงจะเห็นได้ว่ากลับกับกรณีแรก

2.5 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

ทุกๆ วินาทีดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนไฮโดรเจนปริมาณ 600 ล้านตัน เป็นฮีเลียม ในขณะที่เดียวกันจะปล่อยพลังงานออกมามหาศาลชนิดที่โลกเรานำมาใช้ได้นับล้านๆ ปีแต่พลังงานที่ดวงอาทิตย์ปล่อยออกมาถึงโลกมนุษย์จริงๆ จำนวนเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากโลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 150 ล้านกิโลเมตร พลังงานของดวงอาทิตย์จะมาถึงโลกในเวลา 8 นาที ปล่อยมาในรูปของรังสีออกไปในเนื้อที่ถึง 3×10^7 ตารางกิโลเมตร ผิวโลกได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ปริมาณ 113×10^6 ตารางกิโลเมตรเท่านั้น จำนวนนี้เท่ากับ 4 ในพันล้านส่วน

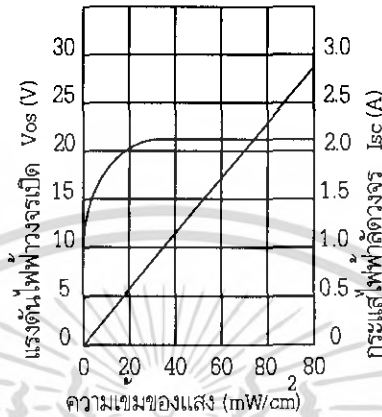
เราเปลี่ยนพลังงานที่ดวงอาทิตย์ส่งมานี้ให้เป็นความร้อน หรือไฟฟ้าได้ด้วยการใช้ตัวเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ ตัวแมกนีโตไฮโดรไดนามิก และเซลล์สร้างไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์

ขณะนี้การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ประสบปัญหาสำคัญประการหนึ่ง คือ ต้นทุนสูงแต่มีข้อดีหลายประการเช่น

1. มีความสามารถในการใช้งานที่ถาวร (อายุการใช้งานมากกว่า 20 ปีขึ้นไป)

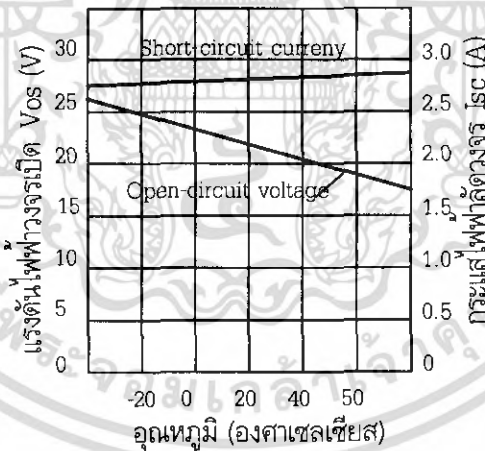
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กระแสจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าแทบจะไม่แปรเปลี่ยนตามความเข้มของแสงเลย



รูปที่ 2.20 ความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้าเทียบกับความเข้มของแสง

3. กระแสจะไม่แปรตามอุณหภูมิ ที่เปลี่ยนแปลง ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

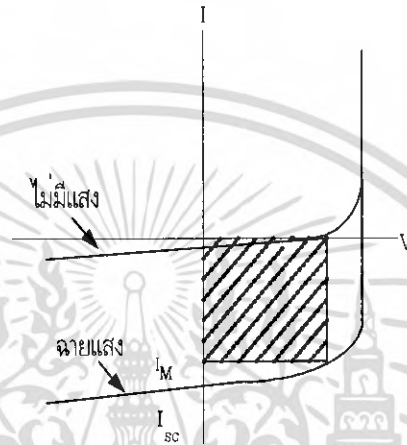


รูปที่ 2.21 ความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้าเทียบกับอุณหภูมิ

2.5.2 ตัวแปรที่สำคัญของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างหลักของเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แก่ รอยต่อพี - เอ็น ซึ่งมีลักษณะทางไฟฟ้าเช่นเดียวกับ ไดโอดโดยทั่วไป ดังนั้น เซลล์แสงอาทิตย์จึงมีคุณสมบัติของกระแสและแรงดันดังเส้นในรูปที่ 2.22 ในสภาพ

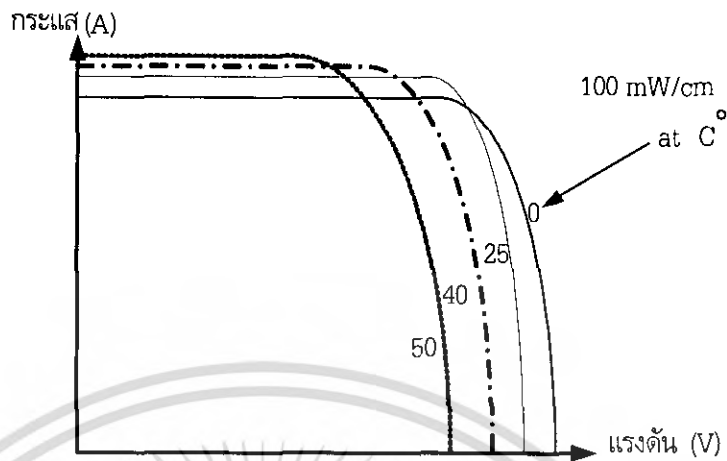
ไม่ถูกแสงและเมื่อมีการฉายแสงมาตกกระทบบ่อยต่อจะเกิดปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิกขึ้นลักษณะคุณสมบัติของกระแสและแรงดันไฟฟ้าจะเปลี่ยนดังเส้นในรูปที่ 2.22 พื้นที่ภายใต้เส้นที่แรเงา คือ กำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์นั้นผลิตได้ แต่กำลังไฟฟ้าที่จะนำมาใช้งานจริงๆนั้นจะถูกกำหนดได้จากการต่อโหลดที่เหมาะสมเพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าค่าสูงสุดในรูปที่ 2.22 จุด I_M ซึ่งค่าของกระแสและแรงดันนี้ยังมีเงื่อนไขอื่นๆที่ทำให้เปลี่ยนแปลงได้อีก



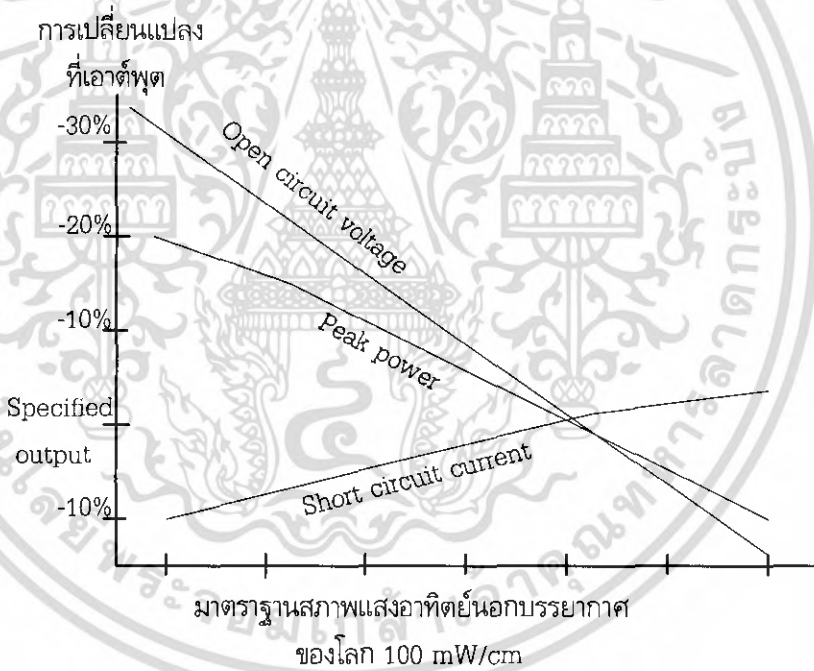
รูปที่ 2.22 กราฟลักษณะคุณสมบัติของกระแส - แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

1. ค่าแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (Open circuit voltage = V_{oo}) เป็นแรงดันที่วัดได้เมื่อเปิดวงจร (ไม่ได้ต่อใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า)
2. ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Voltage = V_M) เป็นแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เมื่อต่อโหลดที่มีค่าถูกต้อง ในการนำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้งานจริงเซลล์ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ด้วย ดังนั้น อุณหภูมิของเซลล์จึงเพิ่มขึ้น ผลที่ตามมา คือ คุณสมบัติของเซลล์จะเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งพอสรุปได้ว่าค่าแรงดันไฟฟ้าจะมีค่าลดลงดังรูปที่ 2.32
3. ค่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจร (Short Circuit = I_{sc}) เป็นกระแสไฟฟ้าที่วัดได้เมื่อลัดวงจรแผงเซลล์แสงอาทิตย์
4. ปริมาณของกระแสฟ้าสูงสุด (Maximum Current = I_M) เป็นปริมาณที่วัดได้เมื่อต่อโหลดที่มีค่าถูกต้อง เนื่องจากขณะทำงานเซลล์แสงอาทิตย์จำเป็นต้องมีพลังงานมากกระตุ้นให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระและโฮลสูงขึ้นด้วย อุณหภูมิของเซลล์เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่จะทำให้กระแสไฟฟ้าสูงขึ้น แต่จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่ลดลง ซึ่งผลก็คือ จะทำให้พลังงานลดลง
5. AM (Air Mass) ความเข้มของแสงวัดที่ $AM = 0$ (สภาพของแสงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก เป็นมาตรฐานที่กำหนดโดย NASA) จะได้ค่า mW/cm^2 ส่วนความเข้มของแสงอาทิตย์วัดที่ $AM = 2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 กราฟลักษณะคุณสมบัติของกระแส - แรงดันที่อุณหภูมิต่างๆ



รูปที่ 2.24 ผลของอุณหภูมิต่างๆ

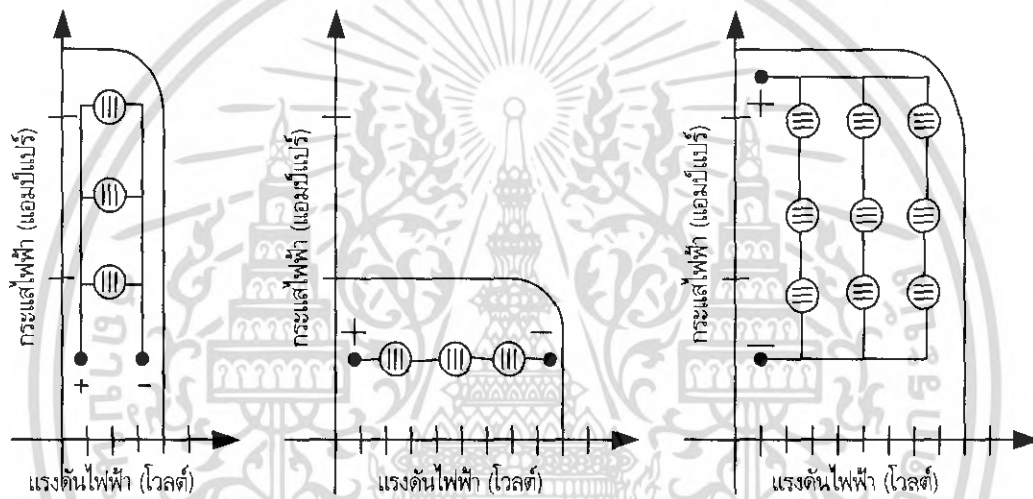
(สภาพของแสงอาทิตย์บนพื้นโลก เมื่อดวงอาทิตย์ทำมุม 60° กับพื้นโลก) จะมีค่าประมาณ $72 - 75 \text{ mW/cm}^2$ AM = 1.5 ซึ่งนิยมใช้กันในการกำหนดสมรรถนะของเซลล์แสงอาทิตย์ ได้แก่ แสงอาทิตย์ที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่งปราศจากเมฆหมอก และวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลกจะให้ความเข้มแสงมีค่าเท่ากับ 100 mW/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์กำเนิดพลังงานไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ดังนี้

1. เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เซลล์แสงอาทิตย์มีรูปร่างลักษณะที่แตกต่างๆ กันแต่ที่นิยมใช้กันมากมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบสี่เหลี่ยม (100 mm × 100 mm) และแบบวงกลม (เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 mm) ซึ่งอาจถูกตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ย่อยออกไปอีก เซลล์แสงอาทิตย์ไม่ว่าจะชิ้นใหญ่หรือว่าชิ้นเล็กจะมีแรงดันคงที่ประมาณ 0.5 โวลต์ แต่กระแสจะเปลี่ยนไปตามพื้นที่หน้าตัดของชิ้นเซลล์ ซึ่งโดยเฉลี่ยจะให้กระแสลัดวงจรประมาณ $3 \text{ A} / 100 \text{ cm}^2$



รูปที่ 2.25 การต่อเรียงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีขนาดแรงดันและกระแสตามต้องการแบบขนานและอนุกรม

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกออกแบบโดยอาศัยการนำชิ้นเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อกันแบบอนุกรม หรือแบบขนานตามต้องการ ดังรูปที่ 2.25 โดยปกติแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกออกแบบให้ใช้กับระบบไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ จึงต้องนำเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อกันแบบอนุกรมจำนวน 32 ถึง 36 ชิ้น ก็จะได้แรงดัน 16 ถึง 18 โวลต์ เพื่อที่จะประจุไฟลงในแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ได้

2. กระจกนิรภัยสามารถให้แสงผ่านได้สูง (Tempered Low Iron, High Transmission Glass) โดยให้แสงผ่านได้ถึง 92%

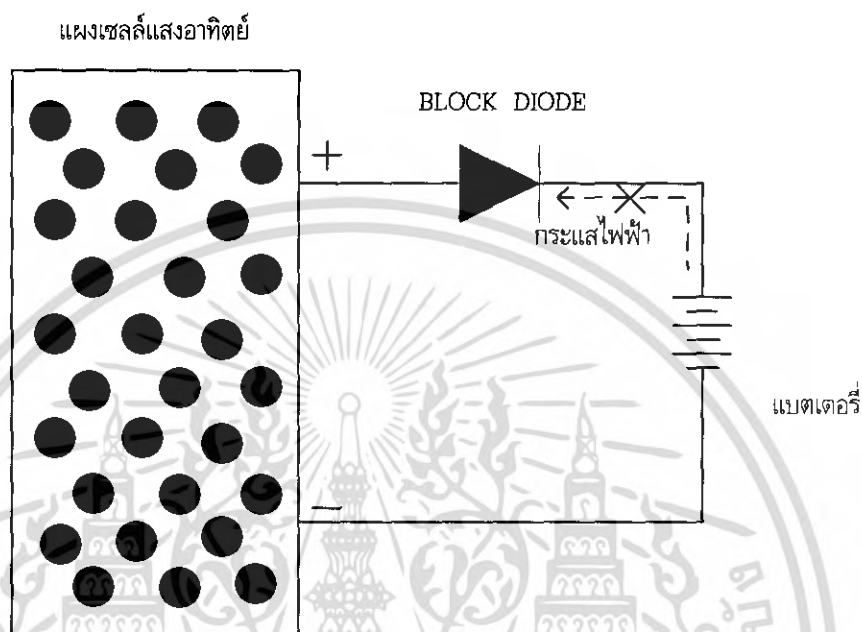
3. EVA (Ethylene - Vinyl Acrylate) สามารถเคลือบป้องกันไม่ให้ความชื้นและฝุ่นละอองถูกเซลล์แสงอาทิตย์

4. กรอบ (Frame) ใช้อลูมิเนียมชุบแข็ง (Anodised Aluminium) เพื่อทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศในประเทศไทยได้ดี หรือใช้วัสดุอื่นที่ออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละสภาพแวดล้อม

5. แผ่นยึดด้านหลัง (Back Cover) ใช้สารโพลีเมอร์ที่มีชื่อทางการว่า Tedlar ซึ่งมีแผ่นอลูมิเนียมบางๆ แทรกอยู่ตรงกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

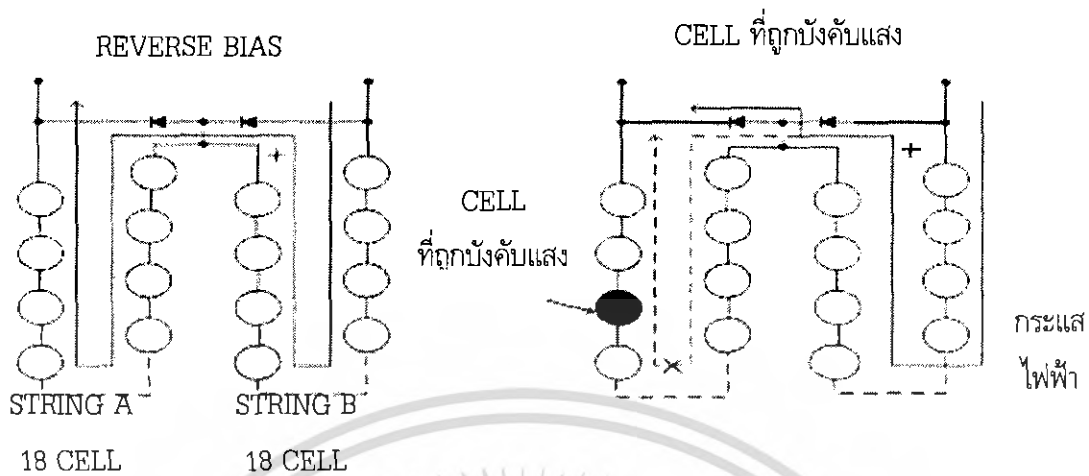
6. บล็อกกิ้งไดโอด (Blocking Diode) เป็นไดโอดที่ต่อไว้เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสจากแบตเตอรี่ไหลกลับไปสู่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในกรณีที่ไม่มีแสงแดด ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 บล็อกกิ้งไดโอด

7. บายพาสไดโอด เป็นไดโอดที่ต่อคร่อมระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์ 2 แถว เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกระแสขดวงจรและทำให้เกิดจุดไหม้บนเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อมีเงามาบังเซลล์ ในขณะที่ใช้งานปกติ บายพาสไดโอดจะถูกต่อแบบรีเวอร์สไบอัส กระแสในแต่ละแถวก็จะไหลปกติ แต่เมื่อเซลล์ตัวใดตัวหนึ่งถูกเงาบังหรือขาดวงจร บายพาสไดโอดก็จะถูกต่อแบบฟอร์เวิร์ส กระแสจะไหลผ่านตัวไดโอดโดยไม่ผ่านเซลล์แถวนั้นๆ ดังรูปที่ 2.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 การต่อสายพาสไดโอดและการทำงาน

2.5.4 ข้อจำกัดบางประการของการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่จากเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่ใช้แผงเซลล์ใหญ่เพียงอันเดียว แต่จะใช้โมดูลย่อยซึ่งมีระดับแรงดันมาตรฐานมาต่อกันหรือขนาน เพื่อให้ได้แรงดันและกำลังไฟฟ้าตามระบบที่ต้องการซึ่งมีข้อควรจำในการต่อเซลล์โดยสังเขปดังนี้

1. เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าและแรงดันสูงๆ จะต้องนำเซลล์จำนวนหนึ่งมาต่อกันและขนานอยู่ในแผง
2. การเลือกเซลล์ให้เหมาะสมกัน ควรมีแรงดันวงจรเปิดเท่ากันทุกตัว และที่สำคัญที่สุดคือ เซลล์ทุกตัวจะต้องมีแรงดันที่จุดกำลังไฟฟ้าสูงสุดเหมือนกัน หรือใกล้เคียงกันมากที่สุด ส่วนเซลล์ที่นำมาต่อกันควรมีกระแสลัดวงจรเหมือนกัน และมีกระแสที่จุดกำลังไฟสูงสุดเท่ากัน ถ้าหากใช้เซลล์ที่คู่ควรกัน ผลก็คือจะได้แผงที่ไม่มีประสิทธิภาพเพราะเซลล์ที่มีแรงดันและกระแสที่สูงกว่าจะเกิดการส่งผ่านกำลังมากเกินไป ทำให้สิ้นเปลืองกำลังไฟในเซลล์ที่ไม่มีประสิทธิภาพ ผลลัพธ์ก็คือ การทำงานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อันนี้กำลังไฟจะเปลี่ยนไปตามเซลล์ที่ไม่มีประสิทธิภาพ เมื่อเกิดกำลังสิ้นเปลืองในเซลล์ก็ทำให้กำลังไฟที่ออกจากแผงลดลงโยงกันเป็นลูกโซ่

3. การป้องกันการเกิดปัญหา "จุดร้อน" ให้ใช้เซลล์ต่อขนานจำนวนมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แล้วจึงต่อกันเป็นสตริง มีเซลล์ขั้วชุด 1 ตัว กำลังไฟจะตกไม่มาก ถ้าการต่อเซลล์ขนานจำนวนมากๆ เป็นไปได้ยากอาจมีปัญหา โดยการแก้ไขปัญหาคือ การต่อไดโอดเบี่ยงคร่อมเซลล์ขนานในสตริง (คร่อมทุกๆ ขั้วโมดูล) มันจะให้กระแสกลับจำนวนมากผ่านที่แรงดันกลับต่ำ เมื่อเซลล์ 1 ตัวขั้วชุด

2.5.5 ข้อควรระวัง

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ มีคุณสมบัติในการรับแสงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า กระแสตรง ดังนั้นในระหว่างการติดตั้งถ่านำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อขนานจำนวนมากกว่า 2 แผงขึ้นไป จะให้แรงดันไฟฟ้าขาออกสูงขึ้นจึงควรใช้วัสดุที่บดแสงมาปิดทับบริเวณผิวด้านหน้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า
2. ในระหว่างการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งแต่ 2 แผงขึ้นไป ไม่ควรให้ส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายสัมผัสขั้วบวก - ลบ ที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์เพราะอาจเกิดอันตรายจากไฟฟ้าได้
3. ไม่ควรให้เด็กเล็กๆ อยู่ใกล้บริเวณที่กำลังติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์
4. โปรดระมัดระวังไม่ให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับการกระทบกระเทือนอย่างรุนแรง หรือขึ้นไปยืนด้านบนแผง เพราะอาจทำให้กระจกแตก
5. โปรดอย่าทำการถอด แกะไขอุปกรณ์ต่างๆ ในแผงโดยมิได้รับคำแนะนำจากบริษัท
6. ในระหว่างการติดตั้งอาจเกิดปัญหาการต่อขั้วผิดซึ่งอาจทำให้เกิดประกายไฟ ดังนั้นไม่ควรติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใกล้กับวัสดุที่ติดไฟง่าย เช่น แอลกอฮอล์ ก๊าซไวไฟ เป็นต้น
7. ในกรณีที่ใช้แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สะสมพลังงาน ควรหมั่นตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพของแบตเตอรี่โดยสม่ำเสมอ เช่น ตรวจสอบน้ำกลั่น แรงดันไฟที่แบตเตอรี่

2.5.6 การดูแลรักษา

1. ควรตรวจสอบสายไฟให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้เป็นอย่างดี
2. แผงที่ได้รับความเสียหาย เช่น กระจกแตกควรเปลี่ยนทันทีเพื่อป้องกันอันตรายทางไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้น
3. ในกรณีที่ต้องการทำความสะอาด ให้ใช้ผ้าชุบน้ำสะอาดบิดหมาดๆ เช็ดบริเวณผิวหน้าของเซลล์แสงอาทิตย์ห้ามใช้น้ำยาเคมีทุกชนิด

2.6 แบตเตอรี่ (The Storage Battery)

แบตเตอรี่ คือ กลุ่มของเซลล์หรือเซลล์เคมีทางไฟฟ้า (Electrochemical Cells) ที่ต่อเรียงกันในเปลือกหุ้ม โดยเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เมื่อต่อแบตเตอรี่เข้ากับอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟ วิद्यุ เป็นต้น จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีในแบตเตอรี่ระหว่างแผ่นธาตุ (Plates) และน้ำยานี้ประกอบด้วยน้ำกรดและกำมะถัน ปฏิกิริยาทางเคมีนี้ทำให้อิเลคตรอนไหลจากแบตเตอรี่เมื่อวงจรภายนอก ระหว่างขั้วของแบตเตอรี่ครบวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความจุของแบตเตอรี่ในการประจุกระแสไฟนี้มีข้อจำกัด ตามปกติขึ้นอยู่กับเนื้อที่ของผิวหน้าธาตุที่ถูกกับกรด จำนวนแผ่นธาตุต่อเซลล์ และความเข้มข้นของกรดในน้ำยา หลังจากแผ่นธาตุได้ทำปฏิกิริยากับกรดก่อกำมะถันหมดแล้ว แบตเตอรี่จะไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไปได้ นั่นคือ แบตเตอรี่อยู่ในสภาพไม่มีไฟหรือคายประจุ (Discharged) ดังนั้นการที่จะนำไปใช้งานใหม่อีก จะต้องทำการประจุใหม่ (Recharged) ในการประจุนี้ทำได้โดยใช้กระแสตรงจากแหล่งกำเนิดภายนอกให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านแบตเตอรี่ในทิศทางตรงกันข้ามกับที่จ่ายออก การประจุนี้ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้นภายในหม้อแบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์เคมีไฟฟ้า (Electrochemical Device) สำหรับเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เมื่อแบตเตอรี่กำลังจ่ายกระแสไฟฟ้า ปฏิกิริยาเคมีนี้หมดไป แบตเตอรี่จะไม่หมดไฟ

2.6.1 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่

1. เซลล์ (Cell) ดังได้กล่าวแล้วว่าเซลล์ประกอบด้วยน้ำยาและแผ่นธาตุอยู่ในเปลือกหม้อ แต่ละเซลล์มีฝาปิด (Vent Plug or Filler Cap) ซึ่งจะมีรูระบาย (Air Vent) เพื่อระบายแก๊สซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีและไฟฟ้า การเติมน้ำกลั่นทำได้โดยเปิดฝาปิดนี้ออกแล้วเติมให้ท่วมแผ่นธาตุ การต่อกันเป็นอันดับ (ขั้วบวกของเซลล์หนึ่งต่อกับขั้วลบของเซลล์ถัดไป) ของแบตเตอรี่จะทำให้กับแรงเคลื่อนเท่ากับผลบวกของแรงเคลื่อนแต่ละเซลล์ ก็คือ จำนวน ขนาด และการจัดลำดับของเซลล์เป็นตัวกำหนดแรงเคลื่อนแบตเตอรี่

2. แผ่นธาตุ (Element) แต่ละเซลล์ประกอบด้วยแผ่นธาตุ แผ่นธาตุทำด้วยตะกั่วหล่อเป็นตะแกรง (Grids) ใช้ฝังตะกั่วซึ่งผสมด้วยกาวยึด (Binding Material) อยู่ตะแกรงซึ่งทำด้วยตะกั่วบริสุทธิ์ แผ่นธาตุมีสองชนิด คือ ชนิดแผ่นบวกและแผ่นลบสอดเข้าด้วยกัน ตามปกติแผ่นลบจะมีมากกว่าแผ่นบวกอยู่ 1 แผ่น เช่น เซลล์หนึ่งมี 17 แผ่น จะมีแผ่นลบ 9 แผ่น แผ่นบวก 8 แผ่น นั่นคือแผ่นบวกทุกแผ่นจะมีแผ่นลบอยู่ทั้งสองข้างของตัวมันเพราะว่าปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นกับแผ่นบวกมากกว่าแผ่นลบ แผ่นบวกจึงมีน้อยกว่าแผ่นลบได้ ระหว่างแผ่นธาตุแต่ละแผ่นจะมีฉนวนกัน (Insulator) คั่นอยู่ ฉนวนกันนี้ทำด้วย ไม้ ยาง แก้ว เซลลูโลส (Cellulose) โดยกรรมวิธีทางเคมี

3. ฉนวนกัน (Insulator) มีแผ่นฉนวนกันอยู่ระหว่างแผ่นบวกแผ่นลบ ฉนวนกันจะอยู่ด้านข้างแต่ละด้านของแผ่นบวก เพื่อป้องกันแผ่นบวกและลบสัมผัสกันจริงๆ แต่ฉนวนกันมีขนาดเล็กมากๆ ดังนั้นของเหลวในเซลล์ (น้ำยา) รั่วซึมได้จึงสามารถวนเวียนระหว่างแผ่นธาตุได้ง่าย การหมุนเวียนของน้ำยาเป็นสิ่งจำเป็นเพราะน้ำยาต้องสามารถเข้าไปยังผิวหน้าแผ่นธาตุทุกแผ่นเพื่อการเกิดปฏิกิริยาของแบตเตอรี่ แบตเตอรี่บางแบบอาจจะใช้ฉนวนกันมากกว่าหนึ่งชนิด เช่น ใช้ทั้งแบบแก้ว และไม้ ตามปกติตามแนวฉนวนกันจะทำให้เป็นลูกฟูกในการประกอบแบตเตอรี่ใช้ทางที่เป็นลูกฟูกหันไปทางแผ่นบวก เพื่อเพิ่มบริเวณ หรือเนื้อที่สำหรับน้ำยาในการหมุนเวียนรอบแผ่นบวก

4. สะพานไฟ (Cell Connectors) หรือเครื่องต่อระหว่างเซลล์ แต่ละเซลล์ในแบตเตอรี่ต่ออันดับกัน ดังนั้นแรงเคลื่อนจะเพิ่มขึ้น สะพานไฟเป็นแท่งตะกั่วหนายึดอยู่กับขั้วของเซลล์แบตเตอรี่ แบตเตอรี่แบบเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะพานไฟติดตั้งอยู่ข้างบนหรือในฝาครอบเซลล์ ถ้าอยู่ในฝาครอบเซลล์จะมีสารผสมกันป้องกันอยู่ด้วย การสร้างแบบนี้เป็นการลดการรั่วไหลของกระแสข้ามผ่านด้านบนของฝาครอบเซลล์ ตำแหน่งที่ขั้วของเซลล์ไหลขึ้นมาโดยไม่มีอะไรป้องกันฝุ่นผงและความชื้นพยายามทำให้เกิดทางเดินขึ้นระหว่างขั้ว ทำให้เกิดการรั่วของกระแสไฟขึ้นบ้าง และในช่วงระยะเวลาหนึ่งจะทำให้แบตเตอรี่ไม่มีไฟฟ้าหรือเก็บไฟฟ้าไม่ได้

5. เปลือกหุ้ม ทำด้วยยางแข็ง (Hard Rubber) หล่อขึ้นรูปเปลือกหุ้มเป็นตัวรองรับอุปกรณ์อื่นๆ ของแบตเตอรี่ไว้ทั้งหมด

2.6.2 แรงเคลื่อนของเซลล์ (Cell Voltage)

เมื่อวัตถุทั้งสอง คือ PbO_2 (Lead Dioxide) และ Pb (Lead) จุ่มอยู่ในส่วนผสมของกรดกำมะถัน (Sulfuric acid = H_2SO_4) และน้ำ (Water = H_2O) ย่อมทำให้เกิดกำลังดันไฟฟ้า หรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า ประมาณ 2 โวลต์ ระหว่างวัตถุทั้งสอง แม้ว่าจะมีแผ่นบวก 1 แผ่น และแผ่นลบ 1 แผ่นก็จะมีค่า 2 โวลต์ เช่นเดียวกับการต่อเซลล์เป็นอนุกรม การต่อเซลล์แบตเตอรี่ 3 เซลล์อนุกรมกัน เป็นการรวมแรงเคลื่อนของแต่ละเซลล์เข้าด้วยกันจะได้ 6 โวลต์ และถ้าต่อ 6 เซลล์อันดับกันจะได้ 12 โวลต์ แต่ผลรวมของกระแสจะไม่เพิ่มขึ้นโดยการต่อแบบนี้ ในการเพิ่มผลรวมของแรงเคลื่อนจากการต่ออันดับกันนี้ กระแสจะถูกผลักดันเป็นจำนวน 3 - 6 เท่า ในวงจรที่มีความต้านทานซึ่งได้จัดไว้สำหรับเซลล์เพื่อส่งกระแสจำนวนมากนั้น

2.6.3 ปฏิกริยาทางเคมีในเซลล์แบตเตอรี่ (Chemical Action in The Battery Cell)

กระแสที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยาทางเคมีระหว่างวัตถุในแผ่นธาตุและกรดกำมะถันในน้ำยาวัตถุที่ไวต่อการเกิดปฏิกริยาในแผ่นบวกคือ PbO_2 และในแผ่นลบคือ Pb เมื่อแบตเตอรี่จ่ายไฟออก นั่นคือ ให้กระแสไฟ ปฏิกริยาทางเคมีเกิดขึ้นดังรูปที่ 2.32 เมื่อเริ่มปฏิกริยา โมเลกุลของกรดกำมะถันแยกออกเป็น H^2 (Hydrogen) และ SO_4 (Sulphate) SO_4 อันหนึ่งรวมกับ Pb ในแผ่นลบ ส่วน SO_4 อีกอันหนึ่งรวมกับ Pb ในแผ่นบวกเกิดเป็น $PbSO_4$ หรือตะกั่วซัลเฟต (Lead Sulphate) ในแผ่นธาตุแต่ละแผ่นปฏิกริยานี้ทำให้ออกซิเจน (O^2) 2 อะตอมเป็นอิสระจากแผ่นบวกจึงเข้ารวมกับไฮโดรเจน ซึ่งเหลือภายหลังจาก SO_4 โดยเข้าไปรวมกับแผ่นธาตุดอกซิเจนและไฮโดรเจนรวมกันเข้าเป็นโมเลกุล (H^2O) ซึ่งก็คือน้ำธรรมดา ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในระหว่างที่จ่ายไฟออกตะกั่วซัลเฟต ($PbSO_4$) เกิดขึ้นที่แผ่นธาตุทั้งสอง ในขณะที่กรดกำมะถันในน้ำยาถูกน้ำ (H^2O) เข้ามาแทนที่ $PbO_4 + Pb + 2PbSO_4 + 2H^2O$ จากที่แสดงนี้เป็นเพียงโมเลกุลจริงๆ แล้วมีเป็นพันล้านโมเลกุลเป็นแผ่นธาตุและน้ำยา แต่ก็ไม่ใช่ทั้งหมดที่แยกตัวออกและรวมกันใหม่เมื่อแบตเตอรี่จ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า (Direction of Current Flow)

กระแสหรือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเกิดจากการเคลื่อนย้ายของ SO_4 และ O^{2-} ไปมาจากแผ่นธาตุ ในส่วนต่างๆของโมเลกุลที่เรียกว่า ไอออนส์ (Ions) นำอิเล็กตรอนจากแผ่นบวกไปยังแผ่นลบจากผลอันนี้ทำให้ขั้วลบมีอิเล็กตรอนเป็นจำนวนมาก ซึ่งในขณะที่ขั้วบวกทำการสร้างอิเล็กตรอนที่ขาดแคลนไปเมื่อวงจรภายนอกทั้งสองครบวงจร อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากขั้วลบไปยังวงจรภายนอกและเข้าไปยังขั้วบวก

ปฏิกิริยานี้สามารถเกิดขึ้นนานเท่าที่มีจำนวนโมเลกุลของ PbO_2 และ HSO_4 อยู่เพื่อแยกตัวและรวมตัวใหม่เป็นโมเลกุลของ PbSO_4 และ H_2O เมื่อโมเลกุลทั้งหมดนี้หมดไปไม่สามารถแยกตัวและรวมตัวกันใหม่ได้ แบตเตอรี่นั้นจะไม่มีไฟฟ้าซึ่งต้องนำไปประจุไฟใหม่

2.6.5 แรงดันกับความต้านทาน

ความต่างศักย์ภายนอกของเซลล์นั้นเรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electromotive Force หรือเรียกย่อๆ ว่า EMF) ค่าที่แน่นอนนั้น (โดยปกติจะอยู่ประมาณ 1.5 โวลต์) จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่นำมาเป็นแอโนดและคาโทดและชนิดของสารอิเล็กโทรไลต์ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและอายุของเซลล์นั้นสำหรับเซลล์ใหม่ แรงเคลื่อนไฟฟ้าจะสูงกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุดอยู่เล็กน้อย คือ ประมาณ 1.6 โวลต์และจะตกลงมาเป็นค่าต่ำประมาณ 1.2 โวลต์เมื่อเซลล์เก่าและคายประจุหมด

เซลล์ไฟฟ้าซึ่งมีตัวกำเนิดแรงดันค่า 1.5 โวลต์ และมีค่าความต้านทานภายใน (R_1) ค่า 10 โอห์มต่ออยู่กับความต้านทานซึ่งเป็นวงจรภายนอกมีค่า 1.5 โวลต์ต่อกิโลโอห์มเราสามารถคำนวณค่าของกระแสที่ไหลผ่านวงจรโดยใช้กฎของโอห์มได้ คือ

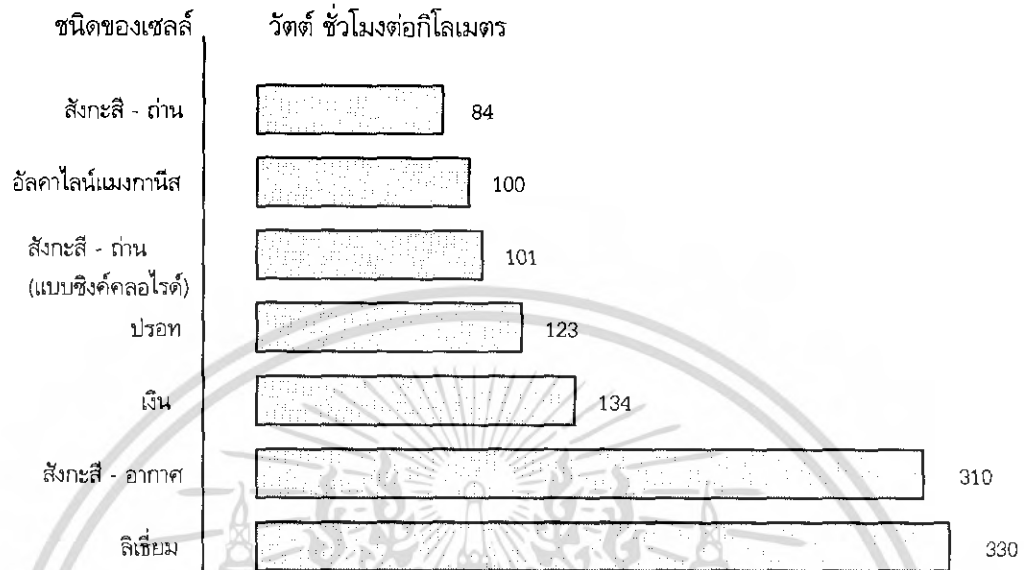
$$I = 1.5/150 = 1 \text{ มิลลิแอมป์แปร์}$$

อย่างไรก็ตามค่าความต้านทานภายในเซลล์ที่ต่ออนุกรมอยู่ก็มีผลต่อค่ากระแสและต้องนำมาคิดด้วย เราจะเห็นตัวต้านทาน 2 ตัวต่อกันอยู่ในวงจรแบ่งแรงดัน ซึ่งแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานภายนอกมีค่า 1.5 โอห์ม นั้นเท่ากับ

$$\begin{aligned} V_{R_2} &= (R_2/R_1) + (R_2 \times 1.5) \\ &= (1,500/10) + (1,500 \times 1.5) \\ &= 1.49V \end{aligned}$$

ซึ่งต่ำกว่าที่คาดไว้และค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานภายนอกเท่ากับ

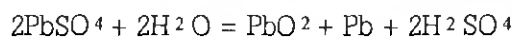
$$I = 1.49/1,500 = 0.99 \text{ มิลลิแอมป์แปร์}$$



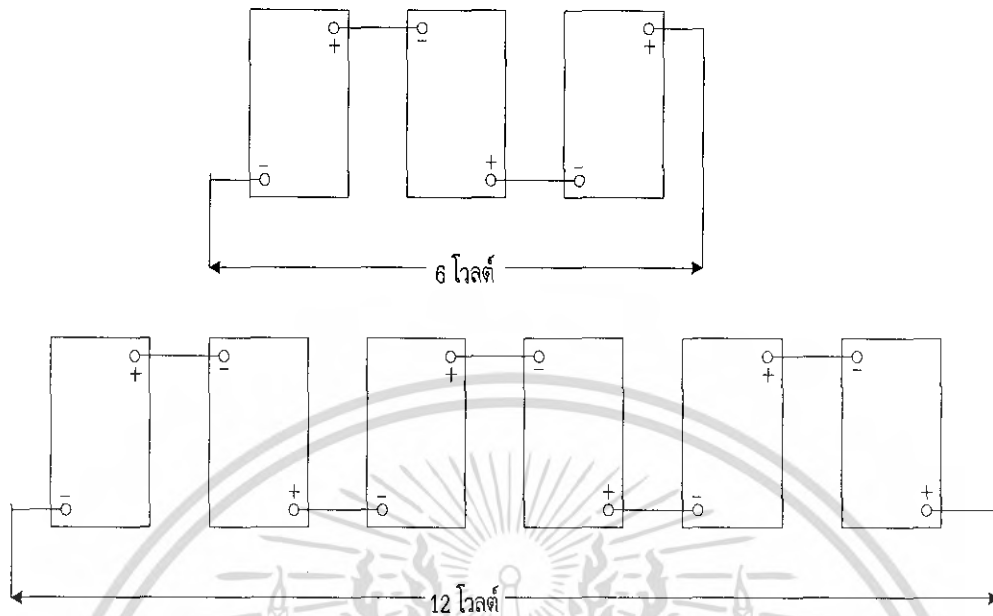
รูปที่ 2.28 กราฟการเปรียบเทียบความจุของเซลล์แบบต่างๆ

2.6.6 การประจุไฟใหม่ให้กับแบตเตอรี่ (Recharging The Battery)

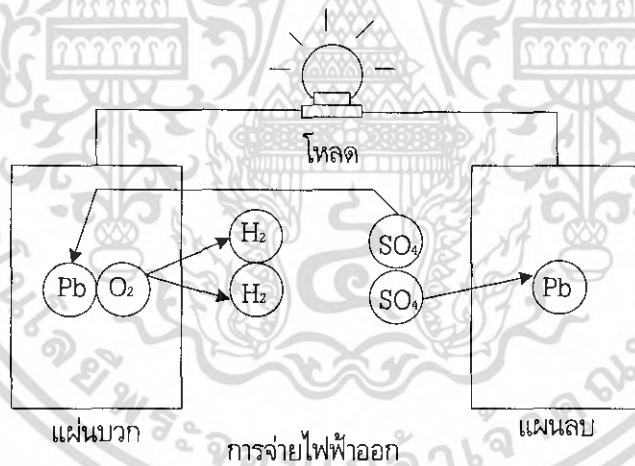
การประจุไฟใหม่ให้กับแบตเตอรี่จะต้องใช้แรงดันอิเล็กตรอนเข้าไปในแผ่นลบและกำจัดมันออกจากแผ่นบวกหรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าใช้กระแสไฟฟ้าดันผ่านแบตเตอรี่กระแสไฟนี้จะต้องไหลผ่านแบตเตอรี่ในทิศทางตรงกันข้ามกับที่กระแสไหลในระหว่างแบตเตอรี่จ่ายไฟออกในระหว่างการประจุไฟใหม่ น้ำ (H_2O) จะแตกตัวเป็นไฮโดรเจน (H_2) และออกซิเจน (O) ส่วน SO_4 เคลื่อนจากแผ่นธาตูลบไปยังน้ำยา รวมตัวกับไฮโดรเจนเกิดเป็นกำมะถัน (H_2SO_4) อีกครั้งหนึ่ง ในขณะที่เดียวกันอะตอมของออกซิเจนจะเข้าไปยังแผ่นบวกเป็นตะกั่วเปอร์ออกไซด์อีกครั้งหนึ่งพร้อมกันนั้นกรดกำมะถันปรากฏแทนน้ำ ส่วนตะกั่วซัลเฟตที่หายไปจากแผ่นธาตุดังสองจะทำให้แผ่นบวกกลายเป็นตะกั่วเปอร์ออกไซด์แผ่นลบเป็นตะกั่วธรรมชาติ เมื่อตะกั่วซัลเฟตหายไปจากแผ่นธาตุดังกล่าวได้ว่าแบตเตอรี่ได้รับการประจุใหม่ สูตรทางเคมีเมื่อแบตเตอรี่ได้รับการประจุคือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

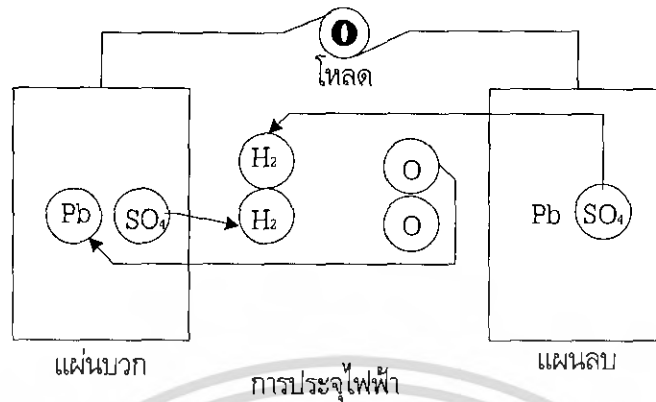


รูปที่ 2.29 การต่อแบตเตอรี่



รูปที่ 2.30 ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างแผ่นบวกกับแผ่นลบระหว่างการจ่ายไฟฟ้ออก

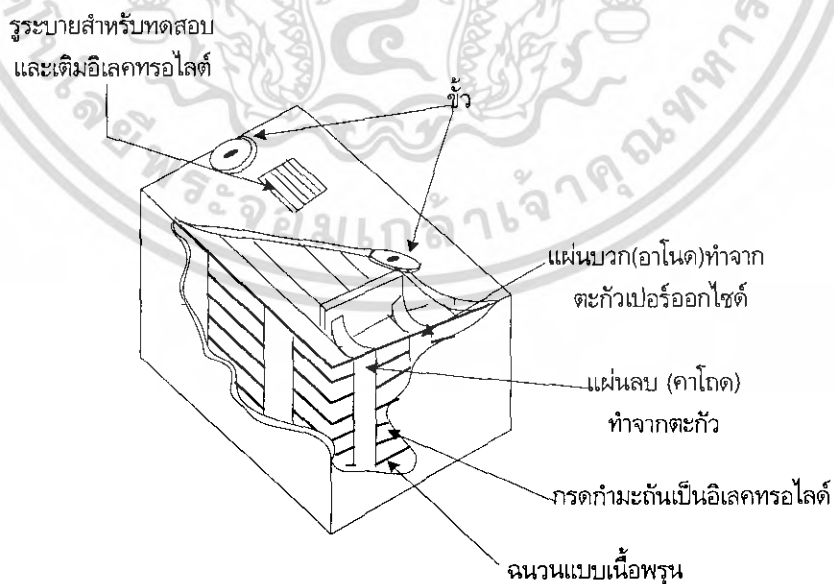
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 ปฏิกริยาทางเคมีระหว่างแผ่นบวกกับแผ่นลบขณะที่ได้รับการประจุไฟฟ้า

2.6.7 เซลล์แบบตะกั่ว - กรด (Lead Acid)

เซลล์แบบหุติยภูมิชนิดหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้กันมากคือ เซลล์แบบตะกั่ว - กรด ซึ่งใช้กันทั่วไปในรถยนต์ ตัวอย่างเซลล์ชนิดนี้แสดงในรูปที่ 2.32 ซึ่งเราจะประกอบด้วยแผ่นคาโทดและแผ่นแอโนดวางสลับกันจุ่มอยู่ในอิเล็กโทรไลต์ที่ทำจากสารละลายกรดกำมะถัน แผ่นเพลทจะวางสลับกันเพื่อจะได้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอิเล็กโทรไลต์ได้มากในขณะที่รักษาปริมาตรให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นได้ การที่มีพื้นที่สัมผัสระหว่างอิเล็กโทรดและอิเล็กโทรไลต์เท่าไร ปฏิกริยาเคมีก็จะเกิดขึ้นมากเท่านั้น นอกจากนี้ค่าความต้านทานภายในเซลล์ยังมีค่าน้อยลงด้วย ดังนั้นในการค้นคว้าจึงมุ่งทางด้านเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส วิธีที่นิยมใช้ก็คือ ใช้แผ่นเพลทบางๆคั่นด้วยฉนวนแบบมีรูพรุน

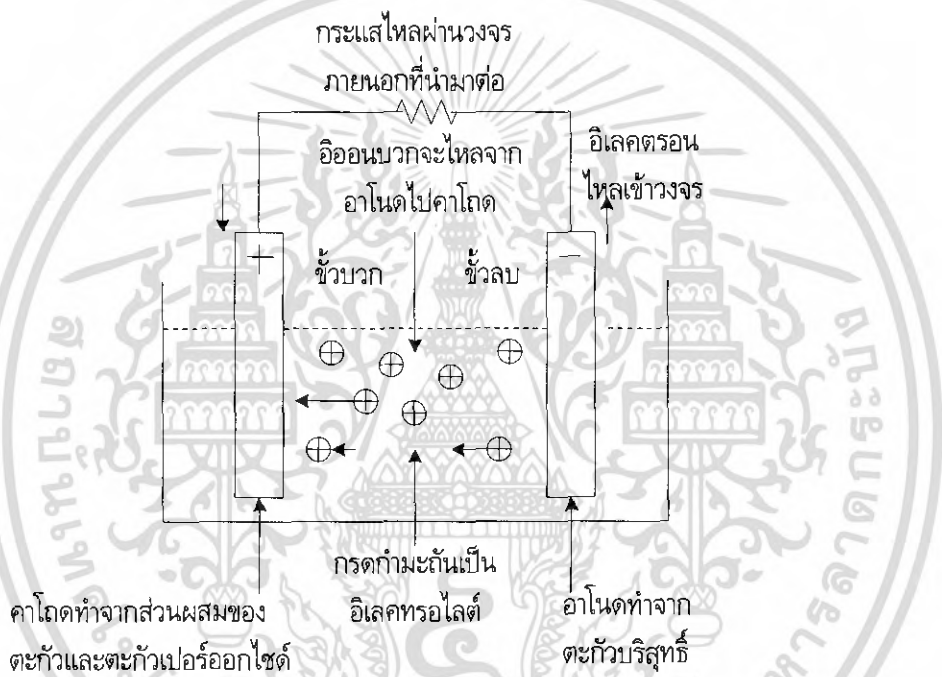


รูปที่ 2.32 โครงสร้างของเซลล์แบบตะกั่ว - กรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กโทรดที่เป็นแอนโอดจะสร้างขึ้นมาจากตะกั่วบริสุทธิ์ ในขณะที่คาโทดจะสร้างจากส่วนผสมของ ตะกั่วและตะกั่วเปอร์ออกไซด์ ในขณะที่เซลล์คายประจุให้กระแสไฟฟ้าออกมา นั้นอะตอมของตะกั่วจากแผ่นแอนโอดจะแตกตัวเป็นไอออนที่เป็นประจุบวกและจะเข้าไปอยู่ในอิเล็กโทรไลต์และอิเล็กตรอนให้ไหลเข้าสู่วงจรที่ ต่อภายนอกดังรูป 2.33

ที่คาโทดตะกั่วเปอร์ออกไซด์จะแตกตัวเป็นไอออนของตะกั่วที่มีประจุบวกสูงและเป็นไอออนที่มีประจุลบสูง ไอออนของตะกั่วที่มีประจุบวกสูงจะดึงเอาอิเล็กตรอนจากวงจรที่ต่ออยู่ภายนอกเพื่อรวมตัวกลายเป็นไอออนตะกั่วที่มีประจุบวกซึ่งเป็นชนิดเดียวกับที่แอนโอดทำให้เกิดกระแสไหลจากคาโทดผ่านไปยังวงจรภายนอก



รูปที่ 2.33 ไอออนบวกของตะกั่วจะออกจากแอนโอด

2.6.8 การประจุกลับเข้าไปใหม่ของตะกั่วกรด

การประจุเซลล์แบบตะกั่ว - กรด นั้นสามารถทำได้อย่างง่ายๆ โดยการป้อนกลับทาง เข้าไปใน แบตเตอรี่เพื่อบังคับให้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เกิดจากทางขวามือไปทางซ้ายมือซึ่งจะเปลี่ยนตะกั่วซัลเฟตให้กลับ เป็นตะกั่วและกรดกำมะถันตามเดิม วิธีที่ง่ายที่สุดในการป้อนกระแสกลับทางก็โดยการต่อขั้วคาโทด (ขั้วบวก) และขั้วแอนโอด (ขั้วลบ) เข้ากับขั้วบวกและขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟออก แรงดันของแหล่งจ่ายไฟออก แรงดันของ แหล่งจ่ายไฟออกจะอยู่ในช่วง 1.1 ถึง 1.25 เท่าของแรงดันของเซลล์ปกติ ดังนั้นเซลล์แบบนี้เป็นเซลล์เดี่ยวซึ่ง มีแรงดันปกติ 2 โวลต์ สามารถที่จะประจุเข้าไปด้วยแรงดันระหว่าง 2.2 โวลต์ ถึง 2.5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นได้ชัดว่า กระแสที่ป้อนเข้าไปไม่มีประจุไฟใหม่นั้นขึ้นอยู่กับแรงดันที่ป้อนเข้าไป นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสถานะของเซลล์ว่าคายประจุหมดเต็มที่หรือไม่ ถ้าแรงดันที่ป้อนเข้าประจุไฟมีค่าสูงและเซลล์ประจุเต็มที่แล้วจะทำให้กระแสที่ไหลเข้าประจุเซลล์จะมีค่ามากตามไปด้วยหรือถ้าเซลล์ถูกใช้แบบเป็นวงรอบ (Cyclic) คือจากสถานะประจุเต็มไปสู่สถานะหมดประจุเต็มที่แล้วจึงค่อยประจุใหม่อีกครั้งจะใช้กระแสในการประจุมากตามไปด้วย

เราสามารถให้ประจุอย่างเร็วแก่แบตเตอรี่ชนิดนี้ได้โดยใช้แรงดันคงที่ขนาด 1.25 เท่าของระดับแรงดันปกติของแบตเตอรี่ โดยคอยสังเกตระดับที่ประจุไว้และการประจุจะสิ้นสุดเมื่อระดับกระแสที่ประจุตกลงมาถึงค่ากระแสสุดท้ายในการประจุซึ่งจะบ่งบอกโดยผู้ผลิตแบตเตอรี่ชนิดนั้น ภายใต้เงื่อนไขนี้การประจุเต็ม (จากตอนที่แบตเตอรี่หมดประจุเต็มจนถึงประจุโดยสมบูรณ์) ภายในเวลา 5 ชั่วโมงถ้าเราไม่สามารถรักษาระดับแรงดันในการประจุให้คงที่อยู่ที่ได้ก็ไม่สมควรที่จะใช้ประจุอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากจะทำความเสียหายแก่เซลล์จนไม่สามารถแก้ไขได้ ในกรณีนี้จึงควรใช้แรงดันในการประจุน้อยลงเป็นประมาณ 1.1 ถึง 1.2 เท่าของแรงดันปกติของแบตเตอรี่ที่ดีที่สุด โดยใช้เวลาในการประจุเกินกว่า 20 ชั่วโมงขึ้นไป

2.7 เครื่องควบคุมการประจุ (Charge controller)

เครื่องควบคุมการประจุ ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า Charge controller บ้างก็ใช้ Charge regulator ชื่อก็บอกอยู่ชัดเจนว่าหน้าที่คือ ประจุไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลงในแบตเตอรี่จนเต็ม และควบคุมไม่ให้ประจุไฟฟ้ามากเกินไปด้วยการเมียนั้นไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่เมื่อมีการประจุจนเต็ม ถ้าไม่มีเครื่องควบคุมการประจุ แผงเซลล์แสงอาทิตย์อาจประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่มากเกินไป (Overcharge) จะทำให้แบตเตอรี่เกิดการสูญเสียอย่างรวดเร็ว ร้อนขึ้นและอาจเกิดความเสียหายได้

ถ้าเป็นระบบเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดประมาณ 1-5 วัตต์หรือจ่ายไฟฟ้าได้ประมาณ 1/60 ของความจุแบตเตอรี่ต่อวันหรือน้อยกว่านั้น ก็ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องควบคุมการประจุ

ปัจจุบันนี้การผลิตเครื่องควบคุมการประจุมักรวมฟังก์ชันพิเศษๆ เข้าไว้มากมาย เพื่อให้การใช้งานมีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งเอื้อประโยชน์ต่อการใช้งานอย่างยิ่ง เช่น Low Voltage Disconnect (LVD) ช่วยป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับแบตเตอรี่และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยจะปิดสวิตช์อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ต่อเชื่อม หากแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำลงในระดับที่เป็นอันตรายต่อแบตเตอรี่, Maximum Power Point Tracking (MPPT) เป็นกระบวนการที่ทำให้เครื่องควบคุมการประจุดึงพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้มากที่สุดเพื่อประจุลงแบตเตอรี่ โดยไม่คำนึงถึงแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่รวมถึง Battery Temperature Compensation (BTC) จะปรับอัตราการประจุแบตเตอรี่ตามอุณหภูมิของแบตเตอรี่ ซึ่งเหมาะและจำเป็นอย่างยิ่งต่อประเทศที่สภาพอากาศหนาวเย็น ฯลฯ

2.7.1 การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ

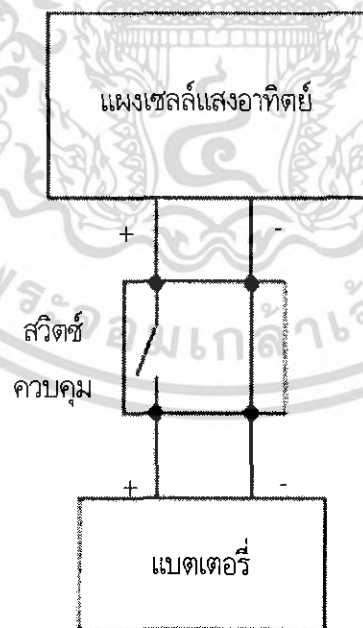
หลักการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุคือ มีวงจรสำหรับตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งทำงานเป็นสวิตช์ที่เบี่ยงเบนไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เมื่อประจุจนเต็ม วิธีเบี่ยงเบนการไหลของไฟฟ้าที่ไปยังแบตเตอรี่ใช้การลัดวงจรหรือเปิดวงจรโดยที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เกิดความเสียหายเครื่องควบคุมการประจุจะตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่เพื่อกำหนดสถานะการประจุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่มีประจุอยู่เต็มแรงดันจะสูงขึ้น ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ 12 โวลต์ เครื่องควบคุมการประจุจะตัดการประจุไฟฟ้าเมื่อแรงดันสูงถึง 15 โวลต์และจะประจุไฟฟ้าใหม่อีกครั้งหลังจากแรงดันลดลงเหลือ 11 โวลต์

2.7.2 ชนิดของเครื่องควบคุมการประจุ

เครื่องควบคุมการประจุถูกจำแนกออกเป็น 2 ชนิดหลักๆ ดังนี้

2.7.2.1 เครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม (Series charge controller)

เป็นการต่อเครื่องควบคุมการประจุกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดการไหลของไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังแบตเตอรี่เมื่อประจุไฟฟ้าเต็ม หรือเป็นการเปิดวงจรระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่เมื่อประจุแบตเตอรี่เต็ม สวิตช์ควบคุมใช้สวิตช์แม่เหล็กที่เรียกว่า รีเลย์ (Relay) หรือสวิตซ์ทรานซิสเตอร์ (Switching transistor) ก็ได้

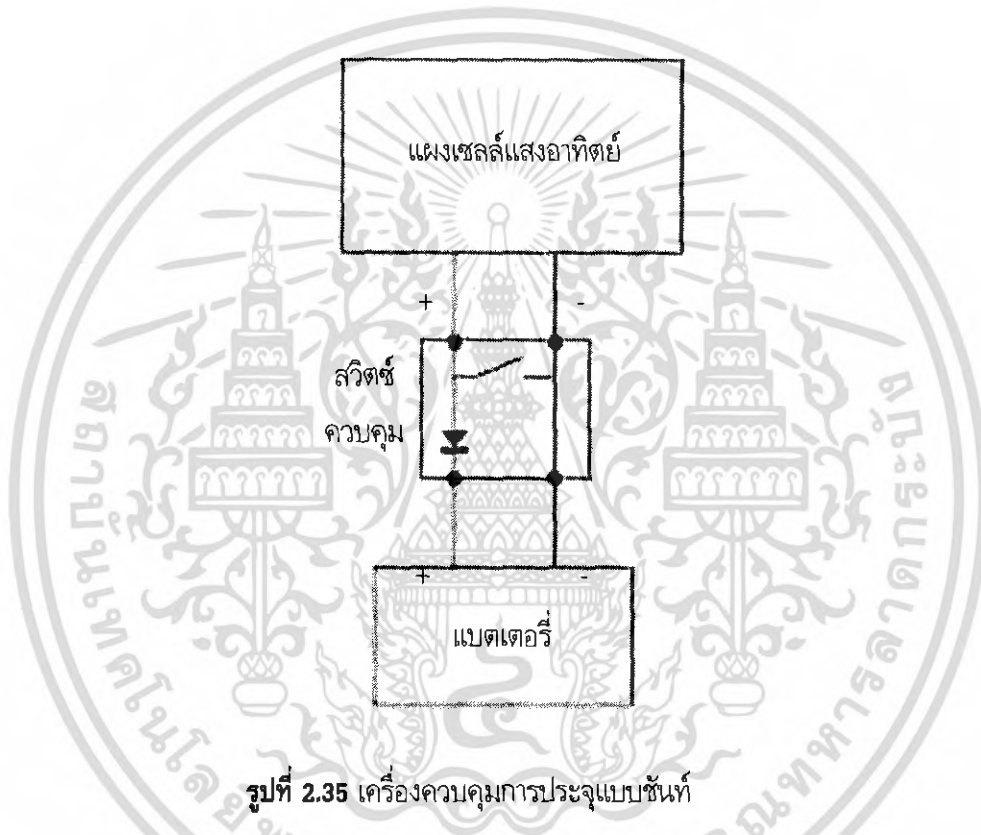


รูปที่ 2.34 เครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.2 เครื่องควบคุมการประจุแบบชั๊นท์ (Shunt charge controller)

เป็นการต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับสายไฟขาออกแบบขนาน จะทำการเชื่อมวงจรกับสายไฟของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ไม่มีไฟฟ้าไหลจากแผงไปยังแบตเตอรี่เมื่อประจุไฟฟ้าเต็ม แม้ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะไม่ได้รับความเสียหายจากการลัดวงจร แต่แบตเตอรี่จะได้รับความเสียหาย จึงต้องมีไดโอด (Diode) ซึ่งเป็นวาล์วทางเดียวติดตั้งระหว่างเครื่องควบคุมการประจุกับแบตเตอรี่ เพื่อป้องกันการลัดวงจรทั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ สวิตช์ควบคุมใช้สวิตช์สารกึ่งตัวนำ



รูปที่ 2.35 เครื่องควบคุมการประจุแบบชั๊นท์

โดยเครื่องควบคุมการประจุทั้งสองชนิดนี้ มีการควบคุมสวิตช์ได้ 2 แบบด้วยกัน คือ แบบ On-Off ที่จะทำให้หน้าที่เป็นสวิตช์เปิดและปิดธรรมดาๆ เท่านั้นและแบบ PWM (Pulse Width Modulation) ที่ช่วยให้การประจุแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพสูงและยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ซึ่งการควบคุมสวิตช์แบบ PWM มีข้อดีมากกว่าการควบคุมสวิตช์แบบ On - Off

การเลือกขนาดเครื่องควบคุมการประจุนั้น จะถูกกำหนดด้วยแรงดันของระบบที่ถูกรอกแบบขึ้น และกระแสสูงสุดที่สามารถควบคุมได้ แรงดันของระบบทั่วไปเท่ากับ 12 โวลต์, 24 โวลต์ หรือ 48 โวลต์ ส่วนกระแสสูงสุดจะถูกกำหนดโดยจำนวนและขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในระบบส่วนมากแล้วเครื่องควบคุมการประจุและเครื่องควบคุมการจ่ายประจุจะรวมอยู่ภายในเครื่องเดียวกัน เท่ากับว่าเครื่องควบคุมการประจุมีฟังก์ชันการทำงานของเครื่องควบคุมการจ่ายประจุมองอยู่ด้วย และเรามีข้อสังเกตที่จะบอกได้ว่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมเป็นแบบใด โดยดูจากการต่อวงจรดังนี้ ถ้ามีการต่อจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังเครื่องควบคุม แสดงว่า เครื่องควบคุมนั้นมีเครื่องควบคุมการประจรรวมอยู่ด้วย ถ้ามีการต่อไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า แสดงว่า เครื่องควบคุมนั้นมีเครื่องควบคุมการจ่ายประจรรวมอยู่ด้วย และเครื่องควบคุมทั้งหมดต้องต่อไปยังแบตเตอรี่

ในขณะที่ระบบเซลล์แสงอาทิตย์มีเครื่องควบคุมการประจุและจ่ายประจุ เพื่อป้องกันแบตเตอรี่ประจุไฟฟ้ามากเกินไปและยังทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายประจุเพื่อป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่เหลือไฟฟ้าน้อยเกินไป ลองนึกเปรียบเทียบระบบกักเก็บน้ำฝน การเก็บน้ำในถังเก็บน้ำจะต้องไม่เต็มเกินไปหรือมีน้ำน้อยเกินไป จึงมีการติดตั้งวาล์วเพื่อปิดน้ำที่เข้าถังเมื่อน้ำเต็มเพื่อไม่ให้น้ำล้นออกมาและมีวาล์วอีกตัวหนึ่งที่ควบคุมการจ่ายน้ำออกจากถังเพื่อไม่ให้น้ำที่เหลืออยู่น้อยเกินไป วาล์วเหล่านี้ก็คือตัวควบคุมปริมาณน้ำในถังเก็บน้ำ เทียบได้กับเครื่องควบคุมการประจุและจ่ายประจุนั่นเอง

คุณผู้อ่านได้รู้จักกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์มาขยับขึ้นทุกที เจอกันในฉบับต่อไปยังมีเรื่องของอุปกรณ์ประกอบระบบเซลล์แสงอาทิตย์อื่นๆ อีก คงจะพอเอาได้แล้วใช่ไหมว่าจะเป็นเรื่องอะไร ก็ "แบตเตอรี่" ที่เป็นอุปกรณ์คู่กับเครื่องควบคุมการประจุนั่นเอง

บทที่ 3

การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

การออกแบบโครงงานเซลล์แสงอาทิตย์คือ การให้แผง Solar Cell เก็บพลังงานจากดวงอาทิตย์ และการนำพลังงานมาประจุในแบตเตอรี่พร้อมตรวจสอบระดับแรงดันเพื่อนำไปจ่ายให้โหลด

การให้แผง Solar Cell เก็บพลังงานจากดวงอาทิตย์หันไปทางทิศตะวันออกซึ่งแผง Solar Cell ตั้งฉากกับพื้นซึ่งทำมุม 30 องศา

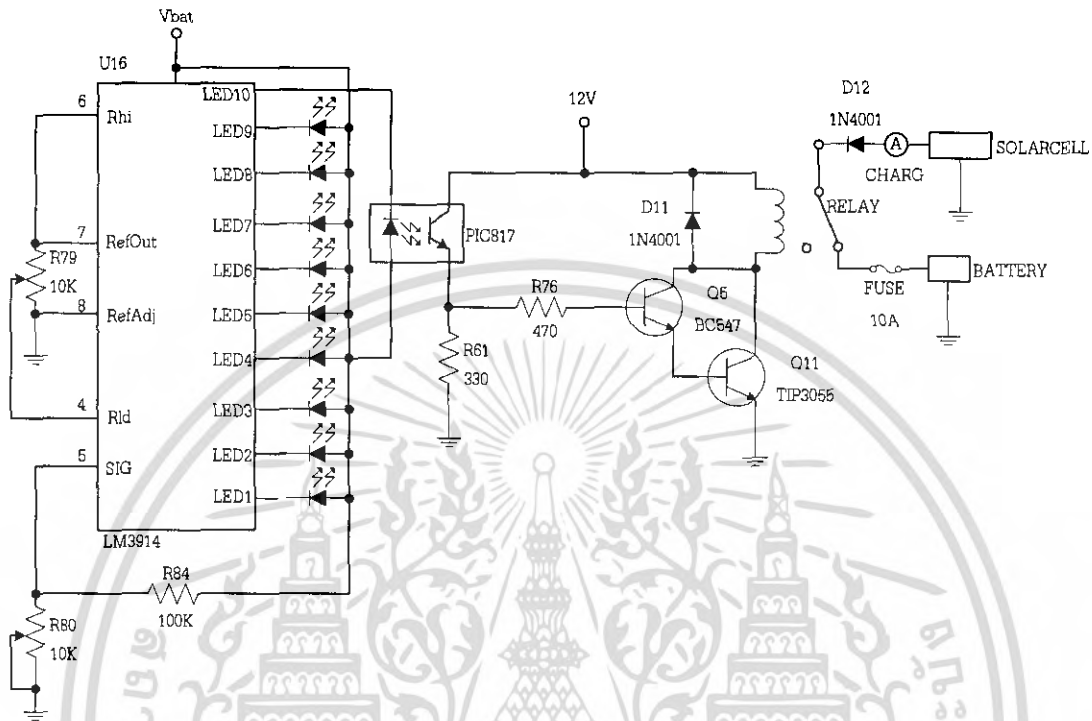
การนำพลังงานมาประจุแบตเตอรี่และตรวจสอบระดับแรงดันแบตเตอรี่จะใช้แบตเตอรี่ชนิดเซลล์เปียกขนาด 12 โวลต์ ขนาด 120 แอมแปร์ ซึ่งจะมิงจรสำหรับตรวจสอบระดับการประจุแบตเตอรี่ว่าอยู่ในระดับใด ถ้าระดับแรงดันเกินกว่าที่กำหนดไว้ก็จะหยุดประจุเองโดยอัตโนมัติ เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ และมีวงจรจ่ายแรงดันให้กับโหลด (REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS)

โครงงานไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

1. วงจรตรวจสอบระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่
2. วงจรสวิตซ์ทำงานด้วยแสง
3. วงจรจ่ายไฟ (REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS)
4. โครงเหล็กยึดแผง Solar Cell
5. โคมไฟใส่หลอด LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบและการสร้างแผงวงจรตรวจสอบระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่



รูปที่ 3.1 วงจรตรวจสอบระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่

วงจรมีออร์แกนระดับแรงดันของแบตเตอรี่ที่มีอยู่ขณะนั้น โดยใช้ไอซีเบอร์ LM3914 ซึ่งใช้ LED 10 ตัว เป็นตัวแสดงผลแบบลิเนียร์สเกล โดยจะกำหนดให้แสดงระดับแรงดันอยู่ในช่วง 11 ถึง 15 โวลต์ ซึ่งย่านความกว้างของแรงดันในการติดสว่างของ LED ตัวข้างเคียงจะมีค่าเท่ากับ 4/10 เท่ากับ 0.4 โวลต์

การทำงานของวงจรภายในไอซีเบอร์ LM3914 จะมีวงจรสร้างแรงดันอ้างอิงออกมาทางขา REF HI (ขา7) และขา REF LO (ขา8) มีความแตกต่างของแรงดันทั้ง 2 ขา เท่ากับ 1.2 โวลต์ ดังนั้น เมื่อต่อขา 8 ลงกราวด์ที่ขา 7 จึงมีแรงดันเท่ากันและค่าแรงดันนี้จะนำไปเป็นค่าแรงดันอ้างอิงค่าสูงที่สุดจะทำให้ LED ตัวสุดท้ายคือ LED 10 สว่าง นั่นแสดงว่าแรงดันอินพุตที่ขา 5 จะทำให้ LED 10 สว่างมีค่าเท่ากับ 1.2 โวลต์ ซึ่งเป็นแรงดันสูงสุดที่วงจรแสดงได้ ส่วนแรงดันต่ำสุดที่จะให้วงจรแสดงผลได้จะติดขึ้นอยู่กับแรงดัน RLO ที่ขา 4 ซึ่งได้จากการแบ่งแรงดันอ้างอิง REF HI (ขา7) ด้วย VR2 เช่นแรงดันที่ขา 4 มีค่า 0.8 โวลต์ ดังนั้น แรงดันอินพุตที่ขา 5 จะต้องมีย่านมากกว่า 0.8 โวลต์เล็กน้อย จึงทำให้ LED 1 สว่าง

ส่วน Rx และ VR1 ทำหน้าที่แบ่งแรงดันจากแบตเตอรี่ให้ลดลงเป็นค่าที่ต้องการ เพื่อป้องกันแรงดันอินพุตที่ขา 5 ของไอซีแสดงระดับแรงดัน อัตราการแบ่งแรงดันหรือการหารแรงดัน สามารถทำได้จากแรงดันของแบตเตอรี่สูงสุดที่จะให้วงจรแสดงค่าสูงที่สุดกับแรงดันอ้างอิงสูงสุดคือ RHI ที่ขา 6 นั่นคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}\text{อัตราแบ่งแรงดันที่ต้องการ} &= \frac{V_{\text{Batmax}}}{V_{\text{refmax}}} \\ &= \frac{15}{1.2} V = 12.5 V\end{aligned}$$

หาแรงดัน RLO

แรงดันอ้างอิงต่ำสุดที่ขา 4 สามารถหาได้จากแรงดันเบตเตอรีค่าต่ำสุดที่จะทำให้ LED 1 ทำงาน ทารด้วยอัตราการแบ่งแรงดันของ Rx กับ VR1 นั่นคือ

$$\text{แรงดัน RLO} = \frac{V_{\text{Batmax}}}{V_{\text{refmax}}} = \frac{11}{12.5} = 0.88 V$$

เพราะฉะนั้นเราต้องปรับ VR2 ให้แรงดันที่ขา 4 มีค่าเท่ากับ 0.88 โวลต์

หาค่า Rx และ VR1

จากอัตราการแบ่งแรงดันที่ต้องการมีค่าเท่ากับ 12.5 โวลต์

กำหนด Rx เท่ากับ 100 กิโลโอห์ม และแรงดันอินพุตที่ขา 5 สูงสุดเท่ากับแรงดันอ้างอิงสูงสุดเท่ากับ 1.2 โวลต์ และแรงดันเบตเตอรีสูงสุด 15 โวลต์

$$\begin{aligned}\text{สูตร} \quad V_{\text{in}} &= \frac{V_{\text{Batt}} V_{\text{R1}}}{V_{\text{R1}} + R_{\text{X}}} \\ 1.2 &= \frac{15 V_{\text{R1}}}{V_{\text{R1}} + 100 \text{ k}\Omega} \\ \frac{V_{\text{R1}}}{V_{\text{R1}} + 100 \text{ k}\Omega} &= \frac{1.2}{15} = 0.08\end{aligned}$$

กลับเศษเป็นส่วน

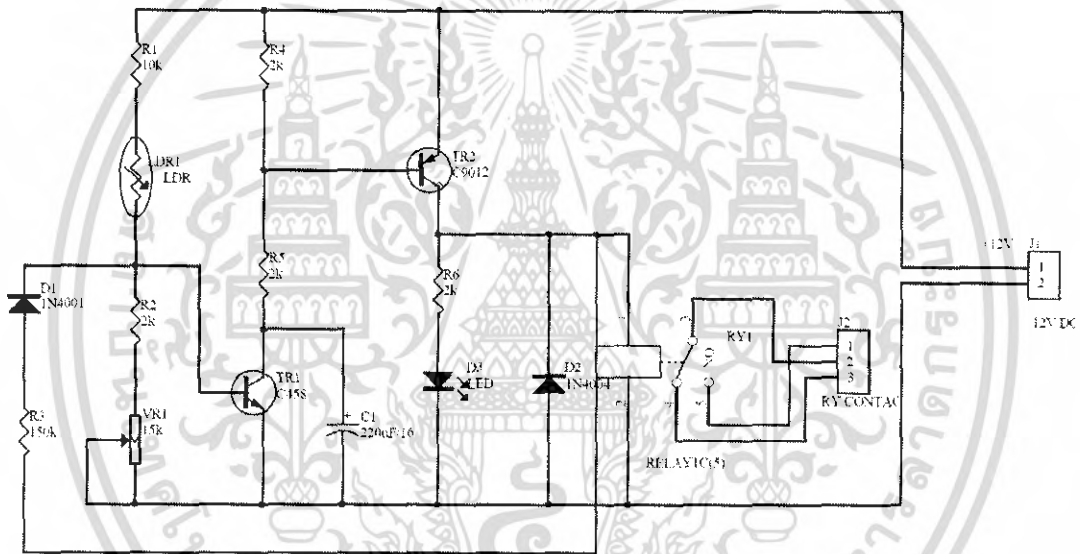
$$\begin{aligned}\frac{V_{\text{R1}} + 100 \text{ k}\Omega}{V_{\text{R1}}} &= 12.5 \\ 1 + \frac{100 \text{ k}\Omega}{V_{\text{R1}}} &= 12.5 \\ \frac{100 \text{ k}\Omega}{V_{\text{R1}}} &= 11.5 \\ V_{\text{R1}} &= \frac{100 \text{ k}\Omega}{11.5} = 8.695 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

ค่า VR1 ที่ได้เป็นค่าที่วงจรต้องการจะใช้ความต้านทานคงที่อื่นๆมาแทนไม่ได้ จึงต้องการใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้มาใส่แทนและปรับให้ได้ค่าตามที่คำนวณมาเป็นอันใช้ได้ เพราะฉะนั้น VR1 จะใช้ค่าเท่ากับ 10 กิโลโอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการประจุแบตเตอรี่และการควบคุมระดับแรงดันของแบตเตอรี่ใช้แรงดันที่ขา 10 ของ LM3914 เมื่อแรงดันแบตเตอรี่มีค่า 15 โวลต์ ไอซี 4 เบอร์ PIC817 จะนำกระแสทรานซิสเตอร์ที่ต่อกันแบบดาร์ลิงตัน จะนำกระแสด้วย ทำให้รีเลย์ซึ่งอยู่ในสภาวะปกติปิด (NC) ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแสหน้าสัมผัสรีเลย์จะต่อระหว่างแบตเตอรี่กับเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดเวลา เมื่อทรานซิสเตอร์นำกระแสรีเลย์จะเปรียบเทียบกับสภาวะจากปกติปิด (NC) เป็นปกติเปิด (NO) เป็นการหยุดประจุอัตโนมัติจนกระทั่งระดับแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำกว่า 15 โวลต์จะเริ่มประจุกครั้ง

3.3 วงจรสวิตซ์ทำงานด้วยแสง

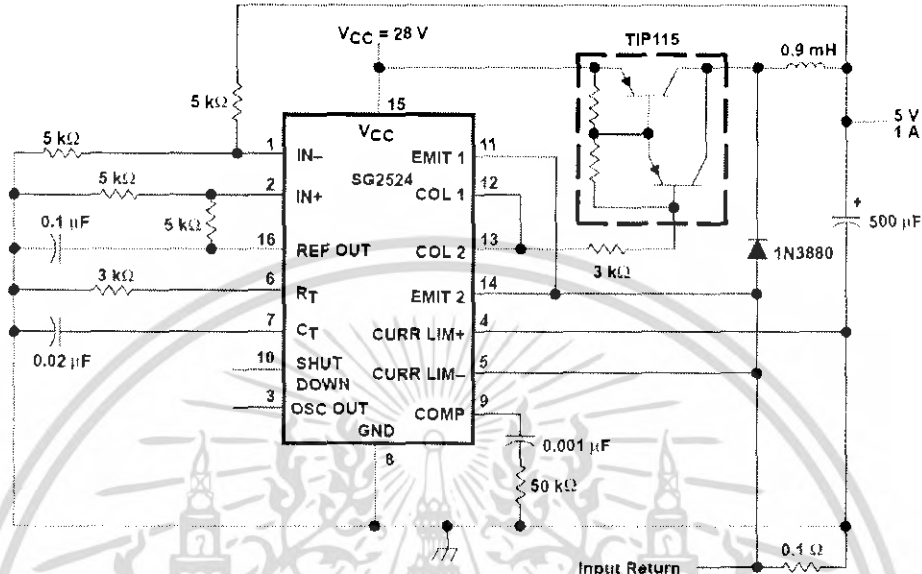


รูปที่ 3.2 วงจรสวิตซ์ทำงานด้วยแสง

หลักการการทำงานของวงจร เมื่อมีแสงสว่างค่าความต้านทานของ LDR มีค่าลดลงทำให้ มีแรงดันเข้ามาที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์นำกระแสทำให้มีแรงดันเข้าไปที่ขดลวดของ Relay หน้าสัมผัสของ Relay มาอยู่ที่ NC ในขณะที่ไม่มีแสงสว่างค่าความต้านทานของ LDR จะมีค่าสูงทำให้ไม่มีแรงดันเข้ามาที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแสทำให้ไม่มีแรงดันเข้าไปที่ขดลวดของ Relay หน้าสัมผัสของ Relay จะอยู่ที่ NO วงจรนี้จะต่อใช้งานร่วมกับวงจรจ่ายไฟ โดยจะต่อไฟบวกเข้ากับหน้าสัมผัส NO ของ Relay และต่อเข้าที่ขา 10 ของ IC เบอร์ SG3524 ของวงจรจ่ายไฟซึ่งขา 10 ของ IC เบอร์ SG3524 จะเป็นขา Short Down ซึ่งเมื่อมีไฟบวกเข้ามาที่ขา 10 จะทำให้ IC เบอร์ SG3524 หยุดการทำงานส่งผลให้ไม่มีแรงดันออกจากวงจรจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรจ่ายไฟ (REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS)

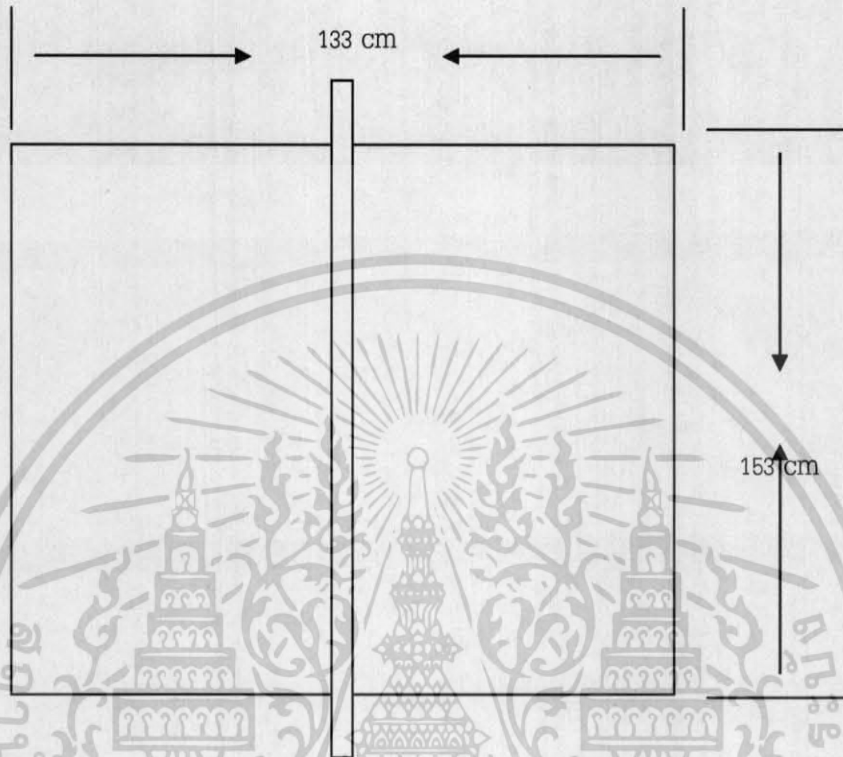


รูปที่ 3.3 วงจรจ่ายไฟ (REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS)

วงจรจ่ายไฟโดยใช้ไอซี เบอร์ SG 3524 ซึ่งหลักการทำงานของวงจร ภายในไอซี เบอร์ SG 3524 จะมีวงจรเปรียบเทียบอยู่ภายใน วงจรเปรียบเทียบจะมาจากขา IN- (ขา 1) และขา IN+ (ขา 2) ซึ่งวงจรจะทำการเปรียบเทียบโดยถ้าหาก Input ที่เข้ามาทั้ง 2 ขามีค่าเท่ากันวงจรเปรียบเทียบจะส่งสัญญาณออกไปที่ วงจรเปรียบเทียบแต่ถ้า Input ที่เข้ามาทั้ง 2 ขามีค่าแตกต่างกันวงจรเปรียบเทียบจะทำการเปรียบเทียบและส่งสัญญาณ Error Amplifier ส่งให้วงจรเปรียบเทียบโดยขา RT (ขา 6)และขา CT (ขา 7)จะเป็นตัวสร้างสัญญาณความถี่ (oscillator) โดยสัญญาณ Error Amplifier จะส่งเปรียบเทียบระหว่างขา RT (ขา 6)และขา CT (ขา 2) เพื่อทำการเปรียบเทียบอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้วงจรจ่ายแรงดันตามความต้องการ โดยลักษณะของวงจรจ่ายแรงดันจะมีลักษณะการจ่ายแรงดันและกระแสที่ไม่ว่าไหลจะเปลี่ยนแปลงอย่างไรโดยแรงดันเอาต์พุตที่ส่งออกมีระดับแรงดัน 8 โวลต์และกระแสในวงจรคงที่ถ้าต้องการให้วงจรจ่ายไฟหยุดการทำงานให้ทำการป้อนแรงดันไฟบวกที่ขา Shut Down (ขา 10) วงจรจ่ายไฟจะหยุดการจ่ายไฟทันทีที่ข้อดีของวงจรนี้คือในขณะที่แรงดันแบตเตอรี่ลดต่ำลงแต่แรงดันและกระแสที่เอาต์พุตยังคงมีค่าคงที่จนกว่าแรงดันจากแบตเตอรี่จะลดต่ำกว่า 8 โวลต์ แรงดันและกระแสของวงจรจ่ายไฟจะลดลงตามเป็นลำดับ

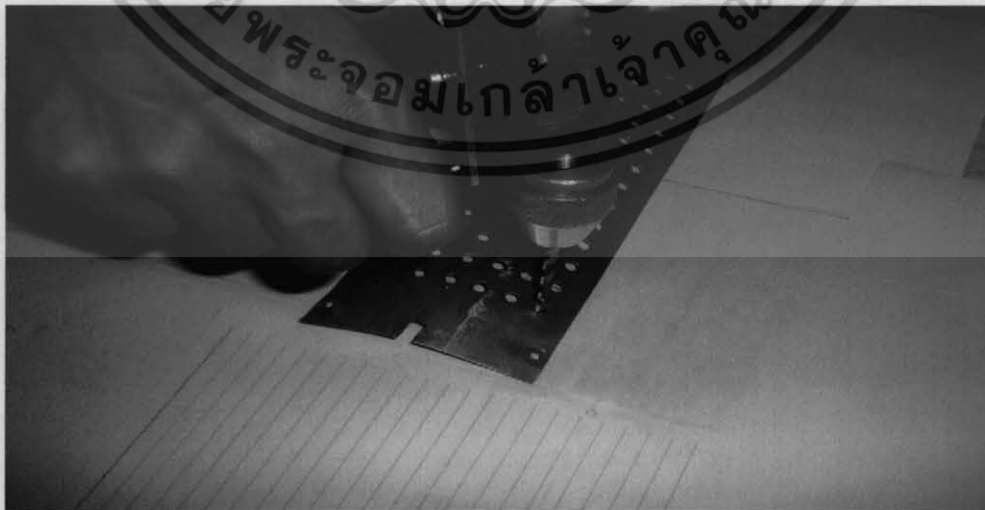
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบและการสร้างโครงเหล็กยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์



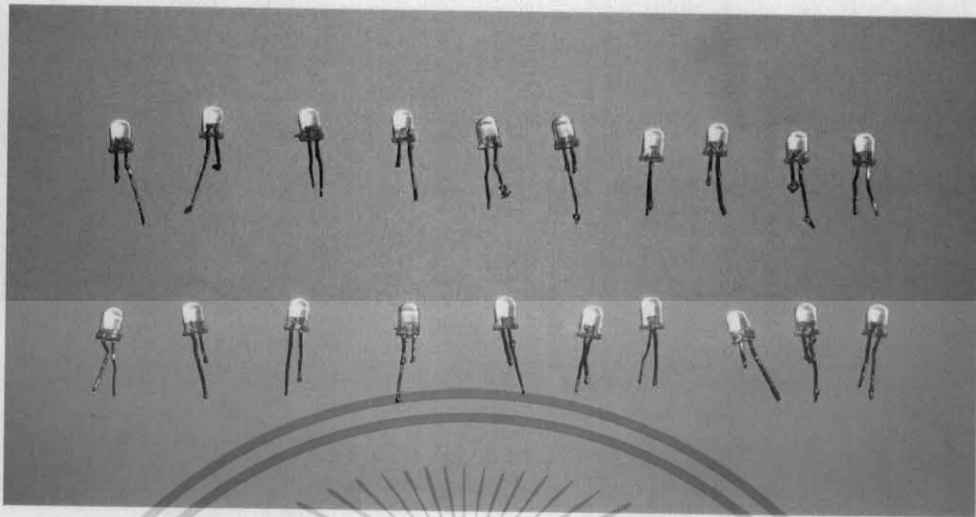
รูปที่ 3.4 โครงสร้างเหล็กยึดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.6 การออกแบบโคมใส่หลอด LED



รูปที่ 3.5 การเจาะฐานหลอด LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

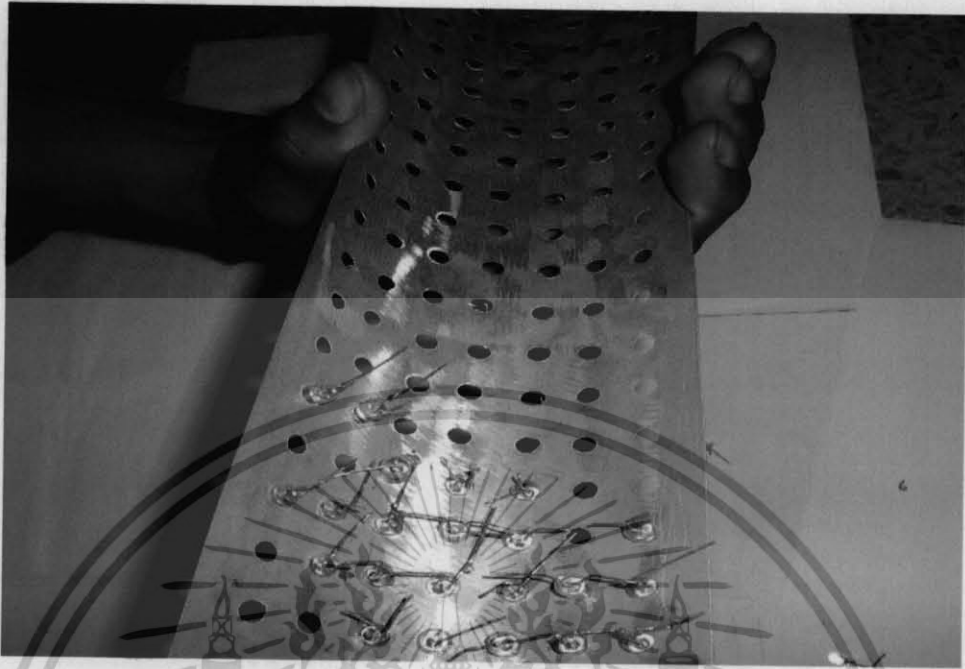


รูปที่ 3.6 หลอด LED SUPERBRIGHT



รูปที่ 3.7 การใส่หลอด LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

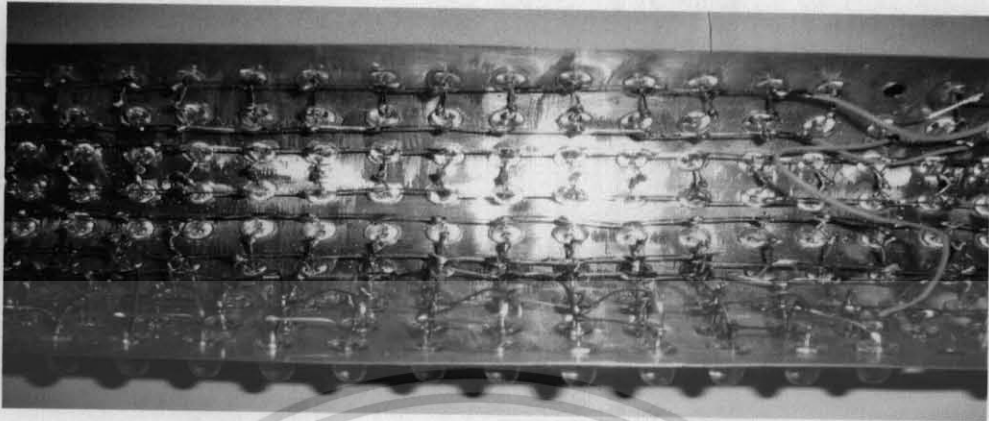


รูปที่ 3.8 การใส่หลอด LED ด้านล่าง



รูปที่ 3.9 การใส่หลอด LED ด้านบน

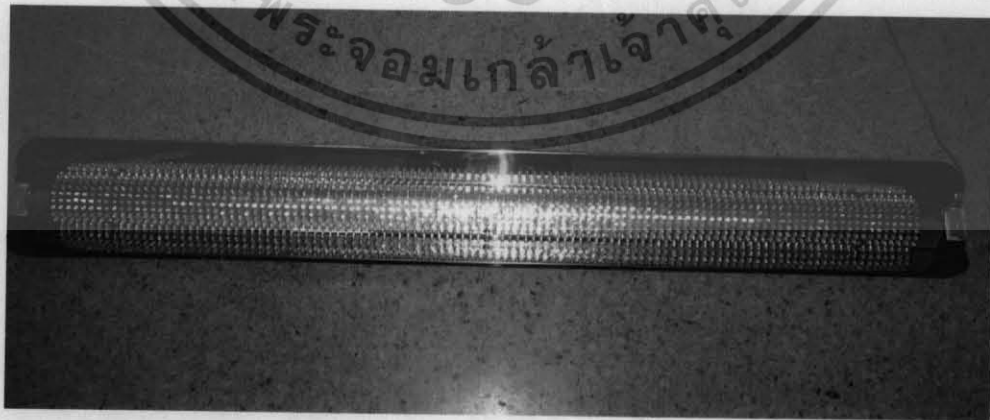
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 การบัดกรีขาของหลอด LED



รูปที่ 3.11 แผ่นสะท้อนแสง



รูปที่ 3.12 ประกอบฐานหลอด LED เข้ากับแผ่นสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของชุดไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ จากการออกแบบและประกอบสำเร็จ ชุดไฟส่องสว่างสามารถทำงานได้โดยการรับแสงจากดวงอาทิตย์ซึ่งนำมาทดสอบประสิทธิภาพโดยการทดลองที่มีรายละเอียดดังนี้

4.2 การทดลองการประจุแบตเตอรี่

ในการทดลองการประจุแบตเตอรี่ เป็นการทดลองการประจุแบตเตอรี่ในขณะที่แผง Solar Cell หันหน้าไปทางทิศตะวันออกทำมุมกับพื้น 30 องศาเพื่อรับแสงอาทิตย์ โดยแบตเตอรี่ที่ใช้มีขนาด 12 โวลต์ 120 แอมป์แอนด์แผง Solar Cell เป็นรุ่น SP120 สามารถจ่ายกระแสได้ 7.0 แอมป์แอนด์ กำลังงาน 120 วัตต์ แรงดันขณะมีโหลด 17.2 โวลต์ การทดลองได้ทดสอบการประจุของแบตเตอรี่เป็นระยะเวลา 3 วัน โดยหากระแสที่แผง Solar Cell รับจากวงโคจรดวงอาทิตย์ มีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดกระแสครั้งที่ 1 วันที่ 4 พฤศจิกายน 2549

เวลา (นาฬิกา)	กระแส (A)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
07.00	2.2	29.0
08.00	3.4	31.0
09.00	4.4	32.0
10.00	5.6	36.0
11.00	5.7	36.0
12.00	5.9	38.0
13.00	6.2	38.0
14.00	5.9	37.0
15.00	4.5	34.0
16.00	4.2	30.0
17.00	4.0	27.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการการวัดกระแสครั้งที่ 2 วันที่ 6 ธันวาคม 2549

เวลา (นาฬิกา)	กระแส (A)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
07.00	2.4	30.0
08.00	3.5	32.0
09.00	4.8	33.0
10.00	5.9	36.0
11.00	6.0	37.0
12.00	6.1	37.0
13.00	6.1	38.0
14.00	5.9	38.0
15.00	5.8	32.0
16.00	4.5	28.0
17.00	4.0	27.0

ตารางที่ 4.3 ผลการการวัดกระแสครั้งที่ 3 วันที่ 8 มกราคม 2550

เวลา (นาฬิกา)	กระแส (A)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
07.00	3.2	28.0
08.00	3.6	31.0
09.00	4.6	32.0
10.00	4.8	35.0
11.00	5.2	37.0
12.00	5.9	37.0
13.00	6.1	37.0
14.00	6.1	37.0
15.00	5.9	35.0
16.00	5.0	32.0
17.00	4.1	31.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

1. กระแสในการประจุแบตเตอรี่ในขณะที่แผง Solar Cell หันไปทางทิศตะวันออกทำมุมกับพื้น 30 องศา ช่วงเวลาที่กระแสประจุแบตเตอรี่ส่งกระแสสูงสุดอยู่ในช่วงเวลา 11.00 - 14.00 น.
2. ช่วงเวลาที่การประจุแบตเตอรี่ในขณะที่แผง Solar Cell หันไปทางทิศตะวันออกทำมุมกับพื้น 30 องศา ช่วงเวลาที่กระแสประจุแบตเตอรี่ส่งกระแสต่ำสุดอยู่ในช่วง 07.00 - 08.00 น. และในช่วงเวลา 16.00 - 17.00 น.
3. จากการทดลองพบว่าช่วงเช้าและช่วงเย็นในกรณีที่ไม่มีแสงแดด แสงอาทิตย์จะจ่ายกระแสเพียง 900 มิลลิแอมป์แปร์
4. อุณหภูมิและสภาพอากาศจะมีผลต่อการจ่ายกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์ คือ ในสภาพอากาศที่มีแสงแดดจัดเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถจ่ายกระแสได้มาก แต่เมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่ไม่มีแสงแดดเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถจ่ายกระแสได้น้อยลง ดังนั้น การจ่ายกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์จึงขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและอุณหภูมิ
5. จากผลการทดลองเมื่อสังเกตจากกระแสในกรณีที่อุณหภูมิสูงจะส่งผลให้กระแสที่ไหลจาก Solar Cell มาชาร์จประจุแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นด้วย

4.3 การทดลองใช้งานกับโคมไฟที่สร้างจากหลอด LED

ปกติแล้วความต้องการแสงสว่างจากหลอดไฟนั้นไม่ได้ต้องการตลอดทั้งวันและเวลาที่ใช้งานนั้นแค่ประมาณ 1/2 ของวันหนึ่งๆ และในการชาร์จประจุให้กับแบตเตอรี่นั้นจะชาร์จประจุตั้งแต่เวลา 7.00 น. ถึงเวลา 17.00 น. รวมทั้งสิ้นเป็นเวลา 11 ชั่วโมง โดยกระแสจากแบตเตอรี่เป็นกระแสที่ Solar Cell ชาร์จประจุไปยังแบตเตอรี่ ดังนั้นจึงใช้กระแสที่วัดได้ ณ เวลาต่าง ๆ มาหาค่ากระแสเฉลี่ยแล้วนำมาคำนวณหาค่าระยะเวลาในการทำงาน ดังนั้นในการทดลองนี้จะทดสอบกับหลอด LED SUPER BRIGHT จำนวน 994 ดวงโดยแอลอีดีที่ใช้งานใช้กระแสในวงจร 1.45 แอมป์แปร์ โดยการทดลองดังนี้ การทดลองมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการทดลอง ทดลองต่อใช้งานโคมไฟหลอด LED SUPER BRIGHT จำนวน 994 หลอด สามารถใช้งานได้สูงสุดที่บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองที่จำนวน LED SUPER BRIGHT เท่ากับ 994 ดวง

สภาวะการทำงาน	แรงดันจาก แบตเตอรี่ (V)	กระแสเฉลี่ยของ แบตเตอรี่ (A)	ระยะเวลาใช้งาน (ชั่วโมง)
			994 ดวง
จากการคำนวณ	12	$4.87 \text{ A} \times 11 \text{ Hr}$ $= 53.57$	36.94

จากผลการทดลองสามารถคำนวณหากระแสเฉลี่ย

$I_1 =$ กระแสเฉลี่ยของแบตเตอรี่ขณะแผงตั้งฉากกับพื้นทำมุม 30 องศา เท่ากับ 4.87 แอมป์แปร์

สรุปผลการทดลอง

1. จากการทดลองนำโคมไฟ LED SUPER BRIGHT ในจำนวน 994 ดวง ระยะเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ สามารถใช้งานได้ 36.94 ชั่วโมง
2. ถ้าต้องการให้ใช้งานได้นานกว่านี้ก็ให้นำแบตเตอรี่มาต่อเพิ่มเติม โดยนำมาต่อขนานกันเพื่อให้ได้กระแสที่เพิ่มขึ้น
3. ถ้าต้องการให้มีแสงสว่างมากกว่านี้ก็เพิ่มจำนวนหลอด LED SUPER BRIGHT ให้มากขึ้นแต่จะมีข้อจำกัดทางด้านเวลาคือจะทำให้ระยะเวลาในการใช้งานสั้นลงด้วย

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 บทสรุป

โครงการไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่เสนอในบริภูณานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำเพื่อศึกษาและพัฒนาเพื่อให้สามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ในการทดลองจะพบว่าในขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ปริมาณการประจุในแบตเตอรี่จะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละวัน ว่ามีปริมาณมากน้อยเพียงใด จากการทดลองพบว่าช่วงเวลา 11.00 ถึง 14.00 นาฬิกาเป็นช่วงเวลาที่ปริมาณการประจุในแบตเตอรี่มากที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงเวลาอื่นๆ นอกจากนี้การประจุกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น สภาพอากาศ และเงาของต้นไม้หรือเงาของอาคาร ในสภาวะที่มีแสงแดดจัดและแผงเซลล์อาทิตย์ไม่อยู่ในร่มเงาของต้นไม้หรืออาคาร เซลล์แสงอาทิตย์จะจ่ายกระแสได้สูงสุดแต่เมื่อมีเมฆบังหรือแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ในร่มเงาของต้นไม้หรืออาคาร เซลล์แสงอาทิตย์จะจ่ายกระแสได้น้อยลงเกือบครึ่งหนึ่งของกระแสที่เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายได้สูงสุด

เมื่อนำพลังงานจากแบตเตอรี่ไปประยุกต์ใช้งานกับโคมไฟหลอด LED SUPER BRIGHT จำนวน 994 ดวงซึ่งใช้กับแบตเตอรี่ขนาด 12 V 120 Ah เนื่องจากหลอด LED SUPER BRIGHT ต่อดวงใช้พลังงานประมาณ 4 V 20 mA ที่ทำให้หลอด LED SUPER BRIGHT สว่างเต็มที่จึงทำการต่อแบบอนุกรมกัน 2 ดวง แล้วต่อขนานกัน โดยใช้วงจรจ่ายไฟ(REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS)ซึ่งปรับแรงดันเอาท์พุทประมาณ 8V จ่ายให้หลอด LED SUPER BRIGHT โดยหลอด LED SUPER BRIGHT ให้ความสว่าง 140 ลูเมน แบตเตอรี่สามารถใช้งานได้นาน 36.94 ชั่วโมง จากการสร้างและทดลองทั้งหมดของโครงการนี้ เราพบว่าโครงการชิ้นนี้สามารถนำไปใช้งานในชีวิตประจำวันได้จริง และโครงการชิ้นนี้สามารถนำไปพัฒนาในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์ต่อไปเพื่อให้เกิดการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงการปรากฏว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ปัญหา

วงจรตรวจจับระดับความเข้มของแสง วงจรชุดนี้จะใช้แอลดีอาร์เป็นตัวตรวจจับความเข้มแสง ซึ่งมีความไวในการตอบสนองแต่แสงค่อนข้างเร็ว และความสว่างอันเกิดจากแสงรอบๆข้างส่งผลให้การตรวจจับมีความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการแก้ไข

ออกแบบกล่องใส่ตัวแอลอีดีให้มีหน้าสัมผัสในการรับแสงลดลงโดยการลดขนาดรูรับแสงของแอลอีดีให้มีขนาดเล็กลงโดยการเจาะรูบริเวณพลาสติกให้มีรูเล็ก ๆ เพื่อแสงอาทิตย์จะได้ลอดผ่านในช่วงที่ยังมีแสงจากดวงอาทิตย์ให้ตรงกับแอลอีดีจริง ๆ

ปัญหา

การใช้แบตเตอรี่ในการขับหลอดแอลอีดีให้มีแสงสว่างโดยตรงโดยไม่มีรีซิสเตอร์ในการจำกัดกระแสทำให้เกิดความร้อนค่อนข้างเร็ว อาจทำให้อายุการใช้งานของหลอดแอลอีดีลดลง

วิธีการแก้ไข

หาวงจรที่ใช้จำกัดกระแสที่ไหลผ่านหลอดแอลอีดีและขยายให้แอลอีดีมีความสว่างเพิ่มขึ้น เพราะจะทำให้ความร้อนลดลง ส่งผลให้อายุการใช้งานของหลอดแอลอีดีเพิ่มขึ้น

5.3 แนวทางการพัฒนา

ในการพัฒนาโครงงานไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ สามารถกระทำได้อดังนี้

1. ปรับปรุงระบบตรวจจับความเข้มแสงให้แน่นหนามากขึ้น
2. เมื่อต้องการกระแสมากขึ้นเพื่อให้สามารถประจุแบตเตอรี่ให้เร็วขึ้น สามารถทำได้โดยเพิ่มเซลล์แสงอาทิตย์ให้มากขึ้น
3. เมื่อต้องการเก็บพลังงานให้มากขึ้น สามารถทำได้โดยเพิ่มจำนวนแบตเตอรี่ให้มากขึ้น
4. ปรับปรุงวงจรโดยการเพิ่มวงจร INVERTER เพื่อสามารถนำพลังงานที่ได้ไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างอื่น
5. เมื่อต้องการความสว่างของแสงที่ได้จากหลอด LED SUPER BRIGHT ควรเพิ่มจำนวนของหลอด LED SUPER BRIGHT ให้มากขึ้นโดยใช้หลอด LED SUPER BRIGHT แบบให้มุมในการกระจายแสงมากที่สุด
6. ออกแบบแผ่นสะท้อนแสงให้มีมุมการสะท้อนแสงที่กว้างขึ้น และมีประสิทธิภาพในการทำงาน
7. ปรับปรุงวงจรให้มีเสถียรภาพมากขึ้นและมีการทำงานที่เที่ยงตรง มีความทนทาน
8. ใช้พลังงานที่ได้จากโซลาร์เซลล์ให้มีค่ามากที่สุดเพราะอีกหน่อยจะสามารถนำมาใช้แทนเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย และประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

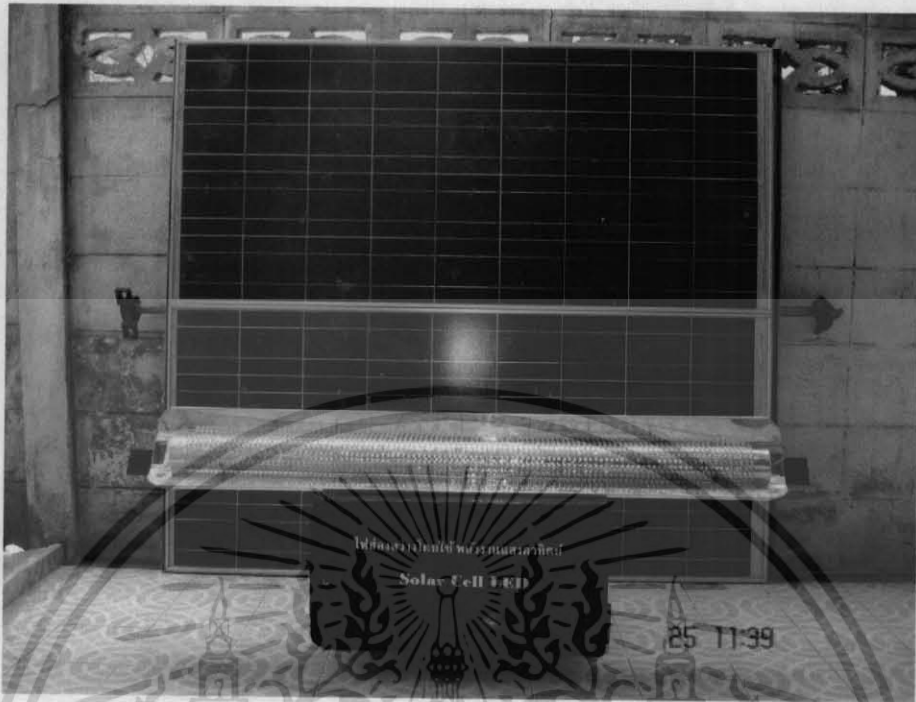
- ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์.2542.พิมพ์ครั้งที่ 1.เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง.กรุงเทพฯ:สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)
- เพิ่มศักดิ์ มีกุล.2536.พิมพ์ครั้งที่ 1.ความถนัดทางช่างไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์.กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์ฟิลิกส์เซ็นเตอร์
- วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์.2548.พิมพ์ครั้งที่ 2.เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์.กรุงเทพฯ:สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)
- ยีน ภู่วรรณ.2545.พิมพ์ครั้งที่ 13.ทฤษฎีการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์.กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น



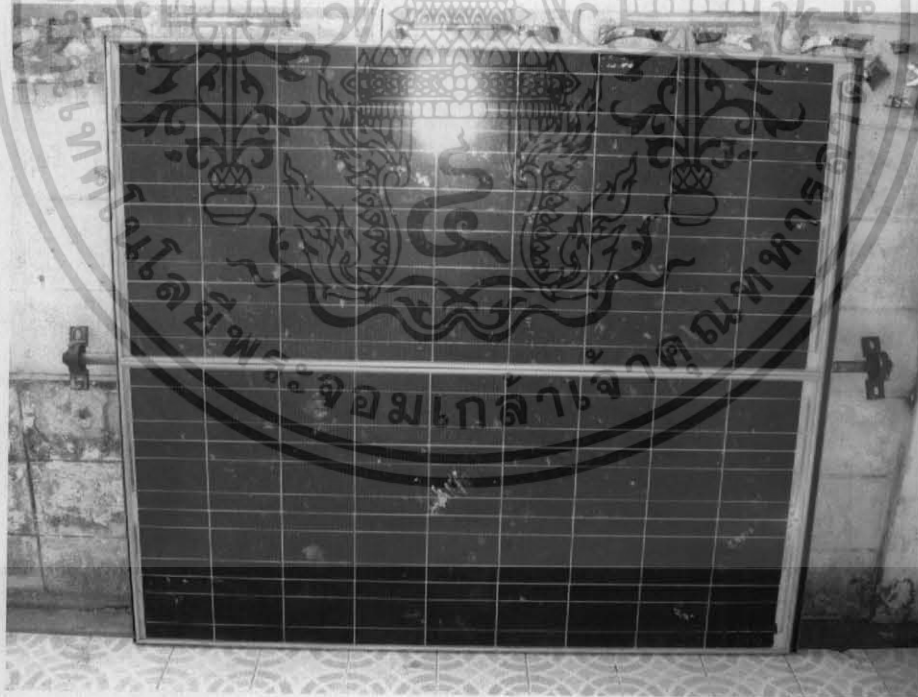
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

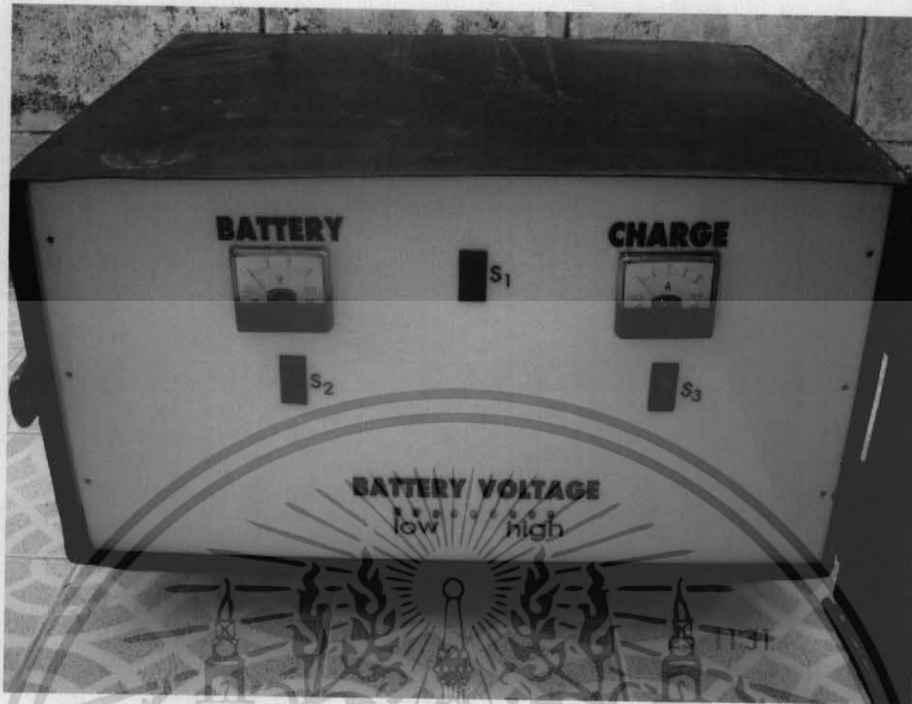


รูปที่ ก.1 ไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ ก.2 เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 แผงหน้าปัดไฟส่องสว่างที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ ก.4 วงจรควบคุมการทำงานรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



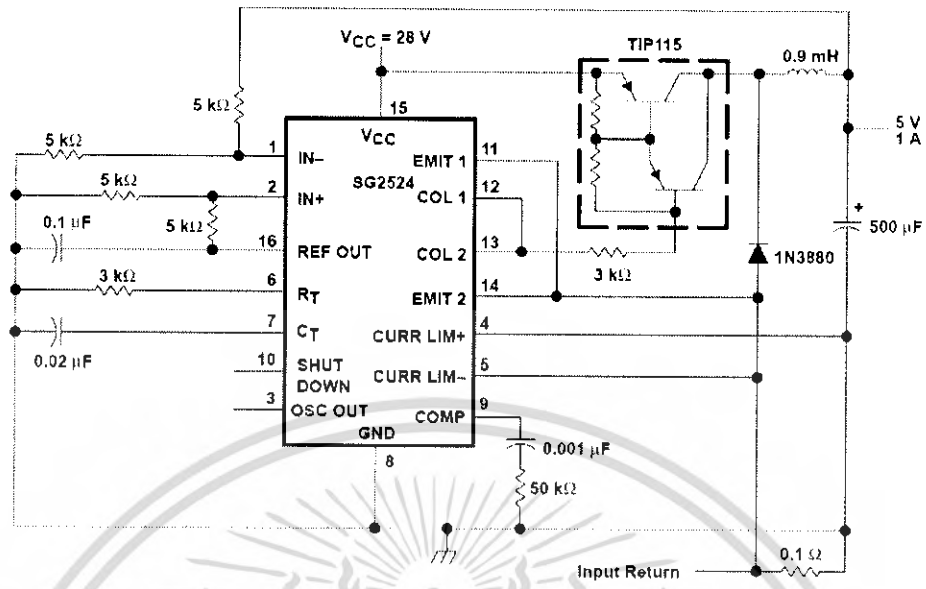
รูปที่ ก.5 ช่องเก็บแบตเตอรี่

รูปที่ ก.6 โคมไฟส่องสว่าง

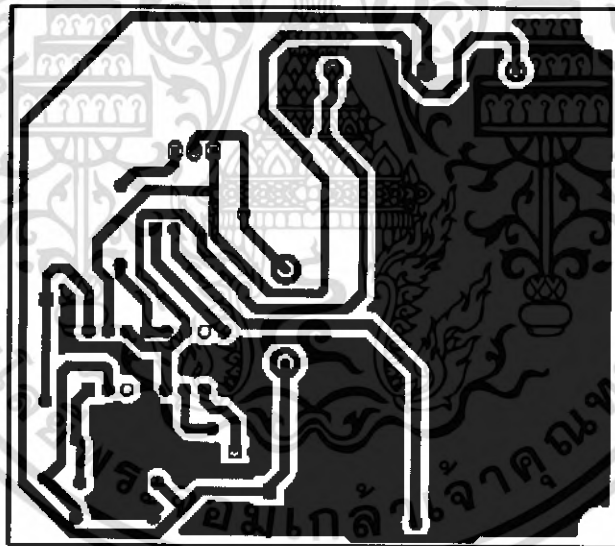
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

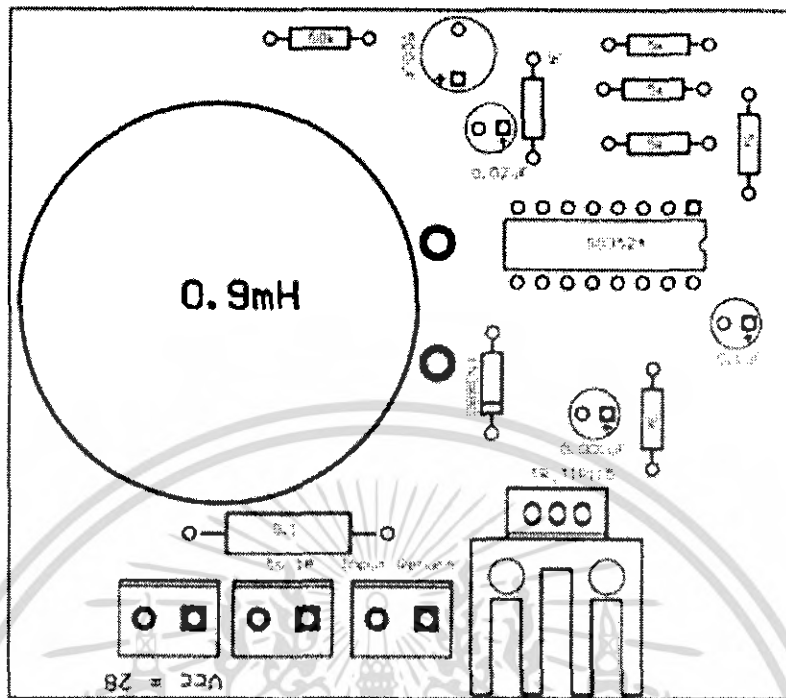


รูปที่ ข.1 วงจรจ่ายไฟ

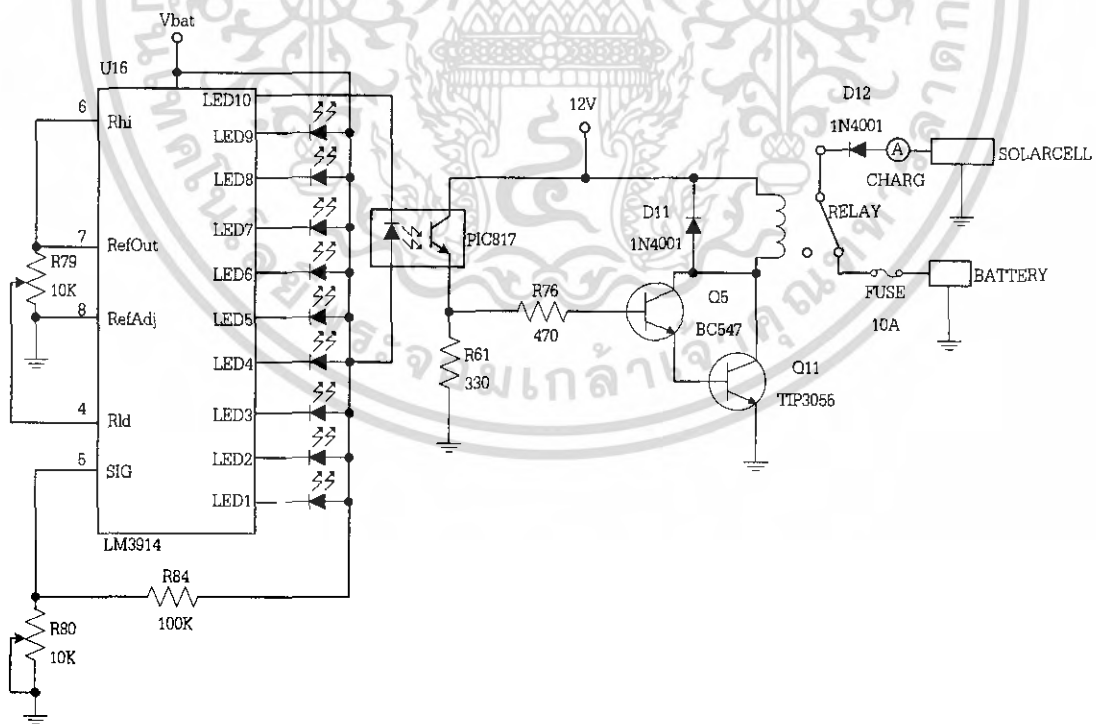


รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

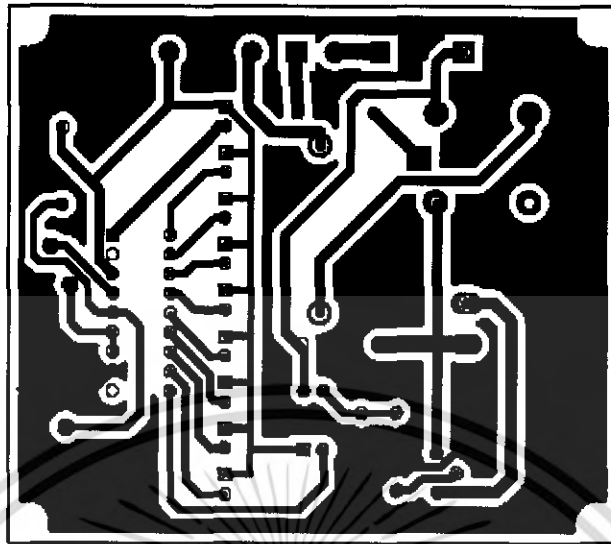


รูปที่ ๓.๓ ตำแหน่งการลงอุปกรณ์วงจรจ่ายไฟ

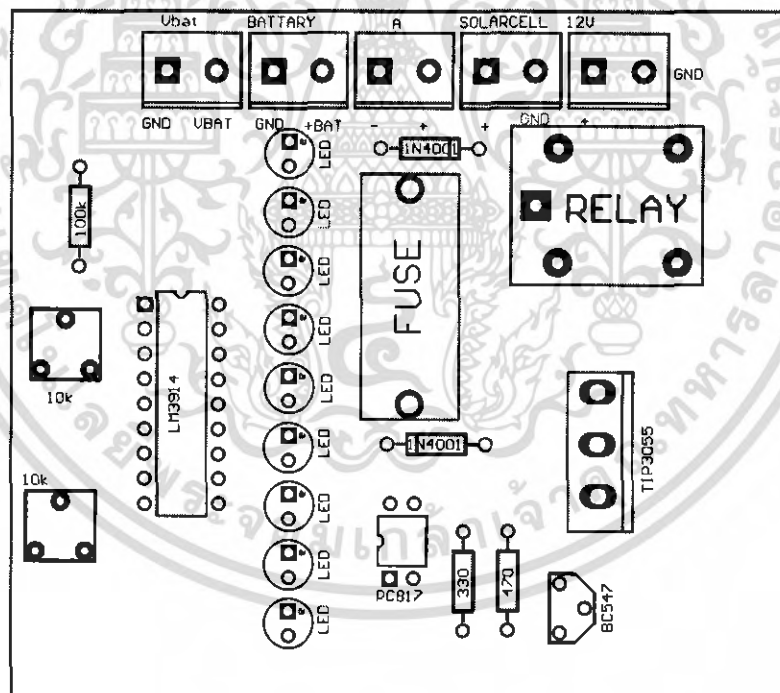


รูปที่ ๓.๔ วงจรตรวจจกระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

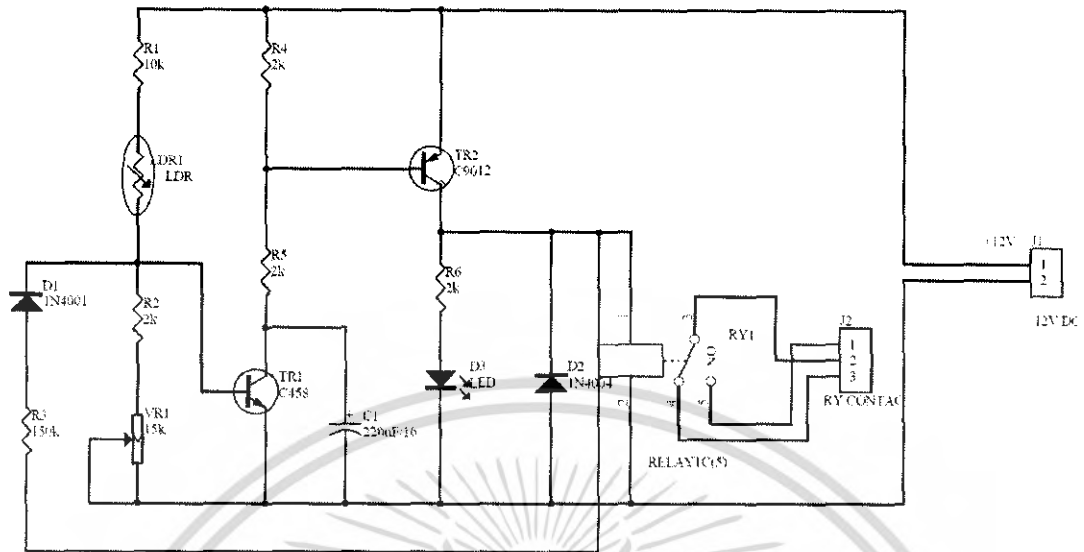


รูปที่ ๒.5 แผงวงจรพิมพ์วงจรตรวจจกระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่

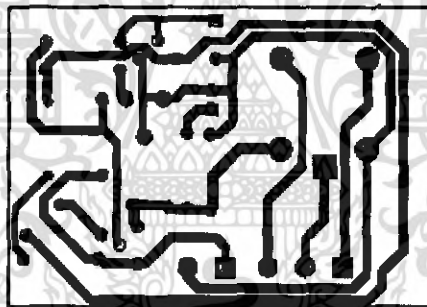


รูปที่ ๒.6 ตำแหน่งการลงอุปกรณ์วงจรตรวจจกระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่

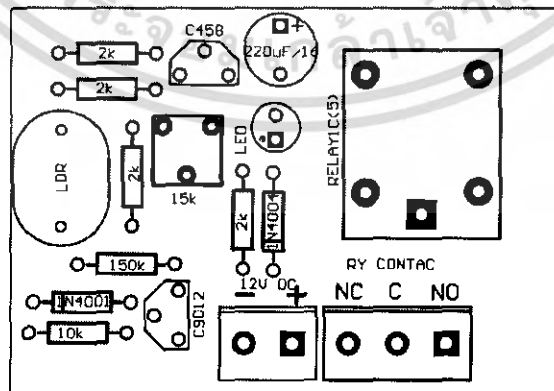
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๗.๗ วงจรสวิตช์ทำงานด้วยแสง



รูปที่ ๗.๘ แผ่นวงจรพิมพ์วงจรสวิตช์ทำงานด้วยแสง



รูปที่ ๗.๙ ตำแหน่งการลงอุปกรณ์วงจรสวิตช์ทำงานด้วยแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค
รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรสวิตซ์ทำงานด้วยแสง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1	BC458	1 ตัว
Q2	BC9012	1 ตัว
D1 - D2	1N4148	2 ตัว
D3	ไดโอดเปล่งแสง	1 ตัว
LDR1	LDR	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	4.7 μ F	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1 - R4	2k Ω	4 ตัว
R5	10k Ω	1 ตัว
R6	150 k Ω	1 ตัว
VR1	15 k Ω	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
K1	RELAY 12 V / 10A	1 ตัว
J1 - J2	Connector 2 pin	2 ตัว

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรจ่ายไฟ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	SG3524	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1	TIP115	1 ตัว
D1	1N3880	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	0.001 μ F	1 ตัว
C2	0.02 μ F	1 ตัว
C3	0.1 μ F	1 ตัว
C4	500 μ F	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรจ่ายไฟ

ตัวความต้านทาน		
R1 - R2	3k Ω	2 ตัว
R3 - R4	5k Ω	2 ตัว
R5	50k Ω	1 ตัว
R6	0.1 Ω	1 ตัว
VR1 - VR2	5k Ω	2 ตัว
ตัวเหนี่ยวนำ		
L1	0.9mH	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J1 - J2	Connector 2 pin	2 ตัว
SW1	สวิตช์	1 ตัว

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจสอบระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	LM3914	1 ตัว
IC2	PIC817	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1	BC547	1 ตัว
Q2	TIP3055	1 ตัว
D1 - D10	ไดโอดเปล่งแสง	10 ตัว
D11 - D12	1N4001	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	330 Ω	1 ตัว
R2	470 Ω	1 ตัว
R3	100k Ω	1 ตัว
VR1 - VR2	10k Ω	2 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
K1	RELAY 12 V / 10A	1 ตัว
F1	10A	1 ตัว
SW1 - SW2	สวิตช์	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรตรวจสอบระดับแรงดันและประจุแบตเตอรี่

อุปกรณ์อื่นๆ		
J1 - J5	Connector 2 pin	5 ตัว
AMPMETER	0 - 20A	1 ตัว
BATTERY	12V / 120A	1 ลูก
SOLARCELL	18V / 7 A	1 แผง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Power Dissipation (Note 5)	
Molded DIP (N)	1365 mW
Supply Voltage	25V
Voltage on Output Drivers	25V
Input Signal Overvoltage (Note 3)	±35V
Divider Voltage	-100 mV to V+
Reference Load Current	10 mA

Storage Temperature Range -55°C to +150°C

Soldering Information

Dual-in-Line Package

Soldering (10 seconds)

260°C

Plastic Chip Carrier Package

Vapor Phase (60 seconds)

215°C

Infrared (15 seconds)

220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics (Notes 1 and 3)

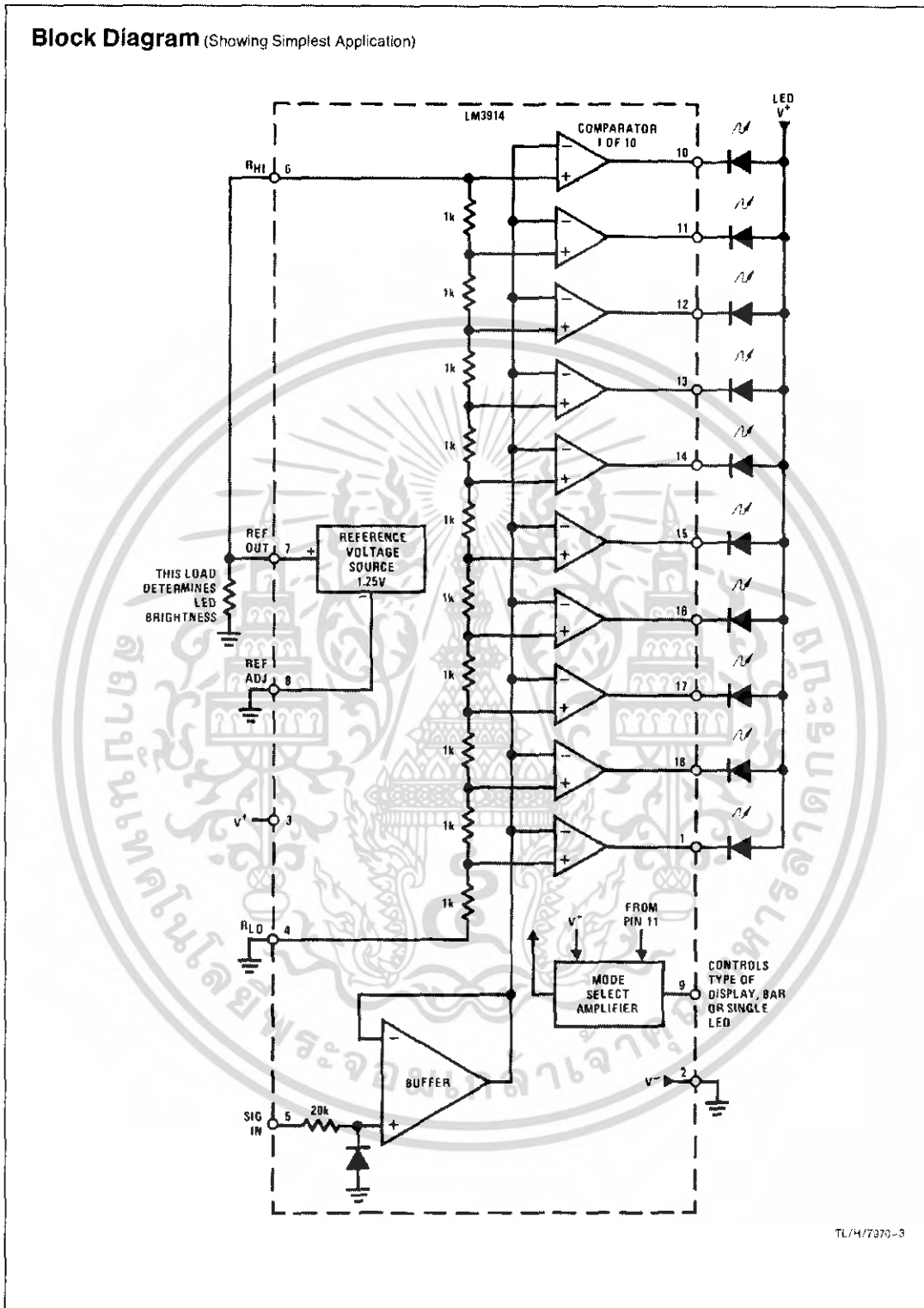
Parameter	Conditions (Note 1)	Min	Typ	Max	Units
COMPARATOR					
Offset Voltage, Buffer and First Comparator	$0V \leq V_{RLO} = V_{RHI} \leq 12V$, $I_{LED} = 1 mA$		3	10	mV
Offset Voltage, Buffer and Any Other Comparator	$0V \leq V_{RLO} = V_{RHI} \leq 12V$, $I_{LED} = 1 mA$		3	15	mV
Gain ($\Delta I_{LED}/\Delta V_{IN}$)	$I_{L(REF)} = 2 mA$, $I_{LED} = 10 mA$	3	8		mA/mV
Input Bias Current (at Pin 5)	$0V \leq V_{IN} \leq V^+ - 1.5V$		25	100	nA
Input Signal Overvoltage	No Change in Display	-35		35	V
VOLTAGE-DIVIDER					
Divider Resistance	Total, Pin 6 to 4	8	12	17	kΩ
Accuracy	(Note 2)		0.5	2	%
VOLTAGE REFERENCE					
Output Voltage	$0.1 mA \leq I_{L(REF)} \leq 4 mA$, $V^+ = V_{LED} = 5V$	1.2	1.26	1.34	V
Line Regulation	$3V \leq V^+ \leq 18V$		0.01	0.03	%/V
Load Regulation	$0.1 mA \leq I_{L(REF)} \leq 4 mA$, $V^+ = V_{LED} = 5V$		0.4	2	%
Output Voltage Change with Temperature	$0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$, $I_{L(REF)} = 1 mA$, $V^+ = 5V$		1		%
Adjust Pin Current			75	120	μA
OUTPUT DRIVERS					
LED Current	$V^+ = V_{LED} = 5V$, $I_{L(REF)} = 1 mA$	7	10	13	mA
LED Current Difference (Between Largest and Smallest LED Currents)	$V_{LED} = 5V$	$I_{LED} = 2 mA$	0.12	0.4	mA
		$I_{LED} = 20 mA$	1.2	3	
LED Current Regulation	$2V \leq V_{LED} \leq 17V$	$I_{LED} = 2 mA$	0.1	0.25	mA
		$I_{LED} = 20 mA$	1	3	
Dropout Voltage	$I_{LED(ON)} = 20 mA$, $V_{LED} = 5V$, $\Delta I_{LED} = 2 mA$			1.5	V
Saturation Voltage	$I_{LED} = 2.0 mA$, $I_{L(REF)} = 0.4 mA$		0.15	0.4	V
Output Leakage, Each Collector	(Bar Mode) (Note 4)		0.1	10	μA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Note 1) (Continued)						
Parameter	Conditions (Note 1)	Min	Typ	Max	Units	
OUTPUT DRIVERS (Continued)						
Output Leakage	(Dot Mode) (Note 4)	Pins 10–18		0.1	10	μA
		Pin 1	60	150	450	μA
SUPPLY CURRENT						
Standby Supply Current (All Outputs Off)	$V^+ = 5\text{V}$, $I_{L(\text{REF})} = 0.2\text{ mA}$		2.4	4.2	mA	
	$V^+ = 20\text{V}$, $I_{L(\text{REF})} = 1.0\text{ mA}$		6.1	9.2	mA	
<p>Note 1: Unless otherwise stated, all specifications apply with the following conditions: $3\text{ V}_{\text{DC}} \leq V^+ \leq 20\text{ V}_{\text{DC}}$ $V_{\text{REF}}, V_{\text{RH}}, V_{\text{RLO}} \leq (V^+ - 1.5\text{V})$ $3\text{ V}_{\text{DC}} \leq V_{\text{LED}} \leq V^+$ $0\text{V} \leq V_{\text{IN}} \leq V^+ - 1.5\text{V}$ $0.015\text{V} \leq V_{\text{RLO}} \leq 12\text{ V}_{\text{DC}}$ $T_A = +25^\circ\text{C}$, $I_{L(\text{REF})} = 0.2\text{ mA}$, $V_{\text{LED}} = 3.0\text{V}$, pin 9 connected to pin 3 (Bar Mode). $0.015\text{V} \leq V_{\text{RH}} \leq 12\text{ V}_{\text{DC}}$</p> <p>For higher power dissipations, pulse testing is used.</p> <p>Note 2: Accuracy is measured referred to $\pm 10,000\text{ V}_{\text{DC}}$ at pin 6, with $0.000\text{ V}_{\text{DC}}$ at pin 4. At lower full-scale voltages, buffer and comparator offset voltage may add significant error.</p> <p>Note 3: Pin 5 input current must be limited to $\pm 1.3\text{ mA}$. The addition of a 39k resistor in series with pin 5 allows $\pm 100\text{V}$ signals without damage.</p> <p>Note 4: Bar mode results when pin 9 is within 20 mV of V^+. Dot mode results when pin 9 is pulled at least 200 mV below V^+ or left open circuit. LED No. 10 (pin 10 output current) is disabled if pin 9 is pulled 0.9V or more below V_{LED}.</p> <p>Note 5: The maximum junction temperature of the LM3914 is 100°C. Devices must be derated for operation at elevated temperatures. Junction to ambient thermal resistance is $55^\circ\text{C}/\text{W}$ for the molded DIP (N package).</p>						
Definition of Terms						
<p>Accuracy: The difference between the observed threshold voltage and the ideal threshold voltage for each comparator. Specified and tested with 10V across the internal voltage divider so that resistor ratio matching error predominates over comparator offset voltage.</p> <p>Adjust Pin Current: Current flowing out of the reference adjust pin when the reference amplifier is in the linear region.</p> <p>Comparator Gain: The ratio of the change in output current (I_{LED}) to the change in input voltage (V_{IN}) required to produce it for a comparator in the linear region.</p> <p>Dropout Voltage: The voltage measured at the current source outputs required to make the output current fall by 10%.</p> <p>Input Bias Current: Current flowing out of the signal input when the input buffer is in the linear region.</p>			<p>LED Current Regulation: The change in output current over the specified range of LED supply voltage (V_{LED}) as measured at the current source outputs. As the forward voltage of an LED does not change significantly with a small change in forward current, this is equivalent to changing the voltage at the LED anodes by the same amount.</p> <p>Line Regulation: The average change in reference output voltage over the specified range of supply voltage (V^+).</p> <p>Load Regulation: The change in reference output voltage (V_{REF}) over the specified range of load current ($I_{L(\text{REF})}$).</p> <p>Offset Voltage: The differential input voltage which must be applied to each comparator to bias the output in the linear region. Most significant error when the voltage across the internal voltage divider is small. Specified and tested with pin 6 voltage (V_{RH}) equal to pin 4 voltage (V_{RLO}).</p>			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram (Showing Simplest Application)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

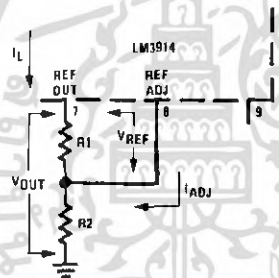
The simplified LM3914 block diagram is to give the general idea of the circuit's operation. A high input impedance buffer operates with signals from ground to 12V, and is protected against reverse and overvoltage signals. The signal is then applied to a series of 10 comparators; each of which is biased to a different comparison level by the resistor string.

In the example illustrated, the resistor string is connected to the internal 1.25V reference voltage. In this case, for each 125 mV that the input signal increases, a comparator will switch on another indicating LED. This resistor divider can be connected between any 2 voltages, providing that they are 1.5V below V⁺ and no less than V⁻. If an expanded scale meter display is desired, the total divider voltage can be as little as 200 mV. Expanded-scale meter displays are more accurate and the segments light uniformly only if bar mode is used. At 50 mV or more per step, dot mode is usable.

INTERNAL VOLTAGE REFERENCE

The reference is designed to be adjustable and develops a nominal 1.25V between the REF OUT (pin 7) and REF ADJ (pin 8) terminals. The reference voltage is impressed across program resistor R1 and, since the voltage is constant, a constant current I₁ then flows through the output set resistor R2 giving an output voltage of:

$$V_{OUT} = V_{REF} \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) + I_{ADJ} R2$$



TL/H/7970-4

Since the 120 μA current (max) from the adjust terminal represents an error term, the reference was designed to minimize changes of this current with V⁺ and load changes.

CURRENT PROGRAMMING

A feature not completely illustrated by the block diagram is the LED brightness control. The current drawn out of the reference voltage pin (pin 7) determines LED current. Approximately 10 times this current will be drawn through each lighted LED, and this current will be relatively constant de-

spite supply voltage and temperature changes. Current drawn by the internal 10-resistor divider, as well as by the external current and voltage-setting divider should be included in calculating LED drive current. The ability to modulate LED brightness with time, or in proportion to input voltage and other signals can lead to a number of novel displays or ways of indicating input overvoltages, alarms, etc.

MODE PIN USE

Pin 9, the Mode Select input controls chaining of multiple LM3914s, and controls bar or dot mode operation. The following tabulation shows the basic ways of using this input. Other more complex uses will be illustrated in the applications.

Bar Graph Display: Wire Mode Select (pin 9) directly to pin 3 (V⁺ pin).

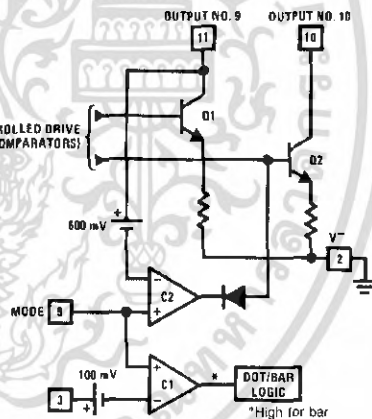
Dot Display, Single LM3914 Driver: Leave the Mode Select pin open circuit.

Dot Display, 20 or More LEDs: Connect pin 9 of the first driver in the series (i.e., the one with the lowest input voltage comparison points) to pin 1 of the next higher LM3914 driver. Continue connecting pin 9 of lower input drivers to pin 1 of higher input drivers for 30, 40, or more LED displays. The last LM3914 driver in the chain will have pin 9 wired to pin 11. All previous drivers should have a 20k resistor in parallel with LED No. 9 (pin 11 to V_{LED}).

Mode Pin Functional Description

This pin actually performs two functions. Refer to the simplified block diagram below.

Block Diagram of Mode Pin Function



TL/H/7970-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode Pin Functional Description (Continued)

DOT OR BAR MODE SELECTION

The voltage at pin 9 is sensed by comparator C1, nominally referenced to ($V^+ - 100$ mV). The chip is in bar mode when pin 9 is above this level; otherwise it's in dot mode. The comparator is designed so that pin 9 can be left open circuit for dot mode.

Taking into account comparator gain and variation in the 100 mV reference level, pin 9 should be no more than 20 mV below V^+ for bar mode and more than 200 mV below V^+ (or open circuit) for dot mode. In most applications, pin 9 is either open (dot mode) or tied to V^+ (bar mode). In bar mode, pin 9 should be connected directly to pin 3. Large currents drawn from the power supply (LED current, for example) should not share this path so that large IR drops are avoided.

DOT MODE CARRY

In order for the display to make sense when multiple LM3914s are cascaded in dot mode, special circuitry has been included to shut off LED No. 10 of the first device when LED No. 1 of the second device comes on. The connection for cascading in dot mode has already been described and is depicted below.

As long as the input signal voltage is below the threshold of the second LM3914, LED No. 11 is off. Pin 9 of LM3914 No. 1 thus sees effectively an open circuit so the chip is in dot mode. As soon as the input voltage reaches the threshold of LED No. 11, pin 9 of LM3914 No. 1 is pulled an LED drop (1.5V or more) below V_{LED} . This condition is sensed by comparator C2, referenced 600 mV below V_{LED} . This forces the output of C2 low, which shuts off output transistor O2, extinguishing LED No. 10.

V_{LED} is sensed via the 20k resistor connected to pin 11. The very small current (less than 100 μ A) that is diverted from LED No. 9 does not noticeably affect its intensity.

An auxiliary current source at pin 1 keeps at least 100 μ A flowing through LED No. 11 even if the input voltage rises high enough to extinguish the LED. This ensures that pin 9 of LM3914 No. 1 is held low enough to force LED No. 10 off when any higher LED is illuminated. While 100 μ A does not normally produce significant LED illumination, it may be noticeable when using high-efficiency LEDs in a dark environment. If this is bothersome, the simple cure is to shunt LED No. 11 with a 10k resistor. The 1V IR drop is more than the 900 mV worst case required to hold off LED No. 10 yet small enough that LED No. 11 does not conduct significantly.

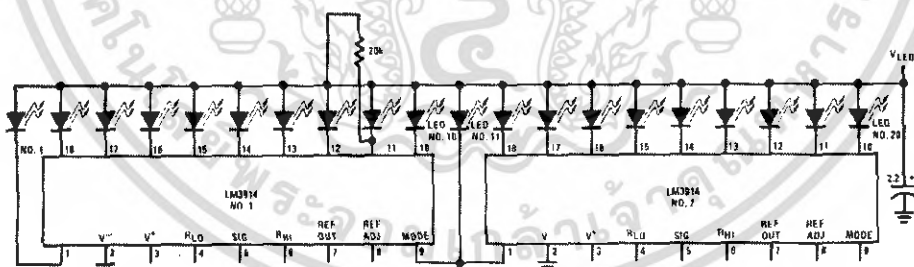
OTHER DEVICE CHARACTERISTICS

The LM3914 is relatively low-powered itself, and since any number of LEDs can be powered from about 3V, it is a very efficient display driver. Typical standby supply current (all LEDs OFF) is 1.6 mA (2.5 mA max). However, any reference loading adds 4 times that current drain to the V^+ (pin 3) supply input. For example, an LM3914 with a 1 mA reference pin load (1.3k), would supply almost 10 mA to every LED while drawing only 10 mA from its V^+ pin supply. At full-scale, the IC is typically drawing less than 10% of the current supplied to the display.

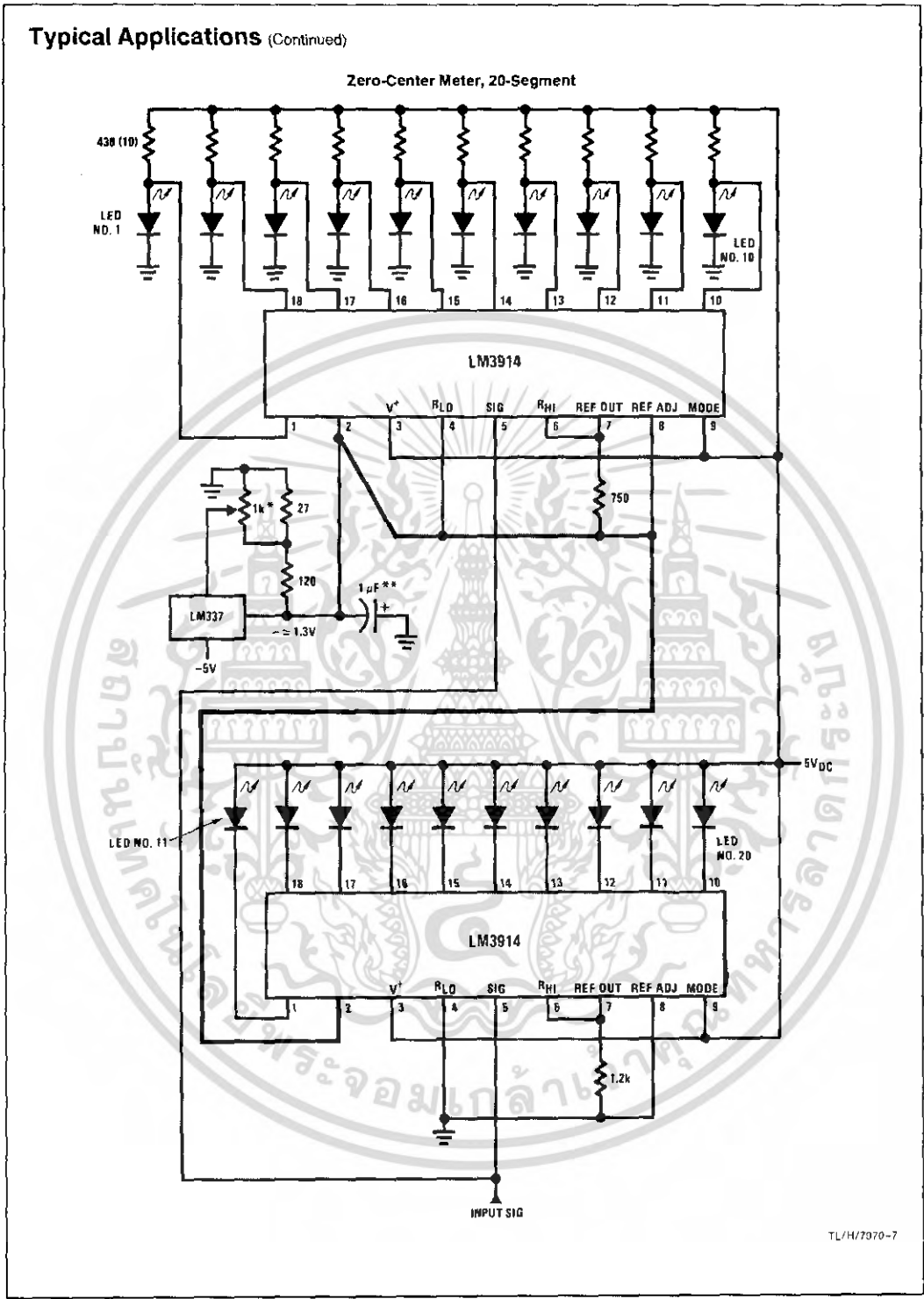
The display driver does not have built-in hysteresis so that the display does not jump instantly from one LED to the next. Under rapidly changing signal conditions, this cuts down high frequency noise and often an annoying flicker. An "overlap" is built in so that at no time between segments are all LEDs completely OFF in the dot mode. Generally 1 LED fades in while the other fades out over a mV or more of range (Note 2). The change may be much more rapid between LED No. 10 of one device and LED No. 1 of a second device "chained" to the first.

The LM3914 features individually current regulated LED driver transistors. Further internal circuitry detects when any driver transistor goes into saturation, and prevents other circuitry from drawing excess current. This results in the ability of the LM3914 to drive and regulate LEDs powered from a pulsating DC power source, i.e., largely unfiltered. (Due to possible oscillations at low voltages a nominal bypass capacitor consisting of a 2.2 μ F solid tantalum connected from the pulsating LED supply to pin 2 of the LM3914 is recommended.) This ability to operate with low or fluctuating voltages also allows the display driver to interface with logic circuitry, opto-coupled solid-state relays, and low-current incandescent lamps.

Cascading LM3914s in Dot Mode



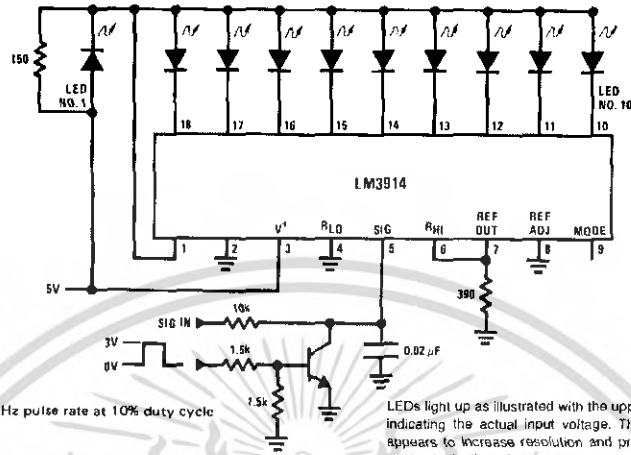
1LH/7970-6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

"Exclamation Point" Display

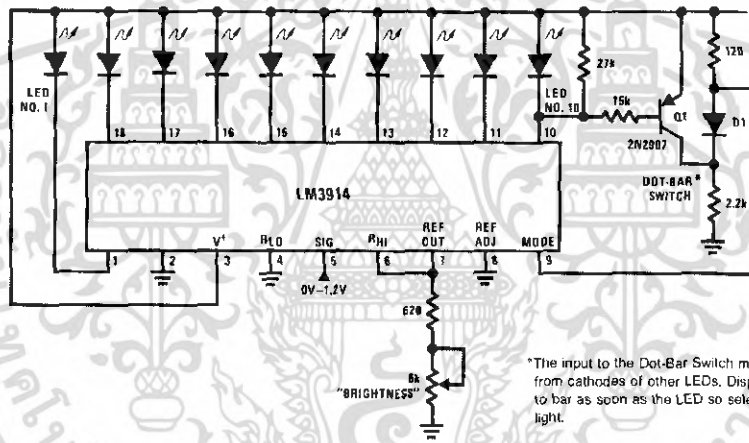


1 kHz pulse rate at 10% duty cycle

LEDs light up as illustrated with the upper lit LED indicating the actual input voltage. The display appears to increase resolution and provides an analog indication of overrange.

TL/H/7970-9

Indicator and Alarm, Full-Scale Changes Display from Dot to Bar



"BRIGHTNESS"

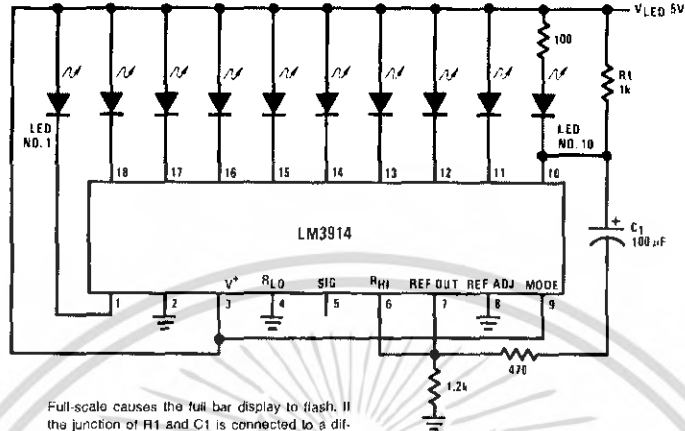
*The input to the Dot-Bar Switch may be taken from cathodes of other LEDs. Display will change to bar as soon as the LED so selected begins to light.

TL/H/7970-10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

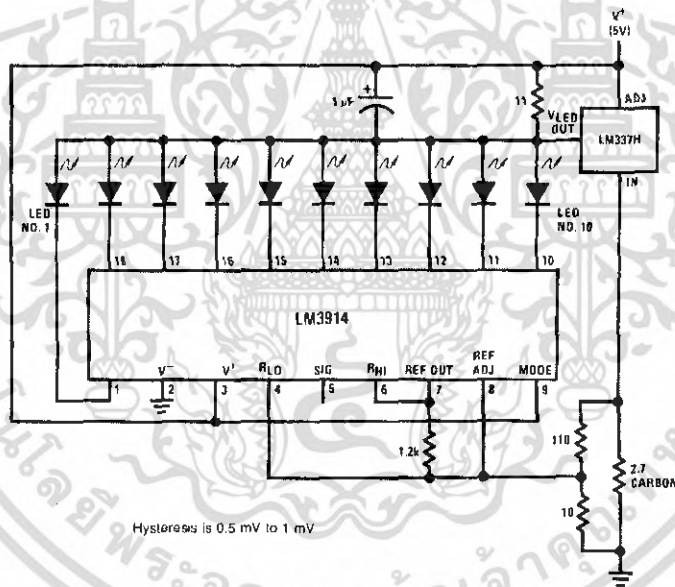
Bar Display with Alarm Flasher



Full-scale causes the full bar display to flash. If the junction of R1 and C1 is connected to a different LED cathode, the display will flash when that LED lights, and at any higher input signal.

TL/H/7970-11

Adding Hysteresis (Single Supply, Bar Mode Only)



Hysteresis is 0.5 mV to 1 mV

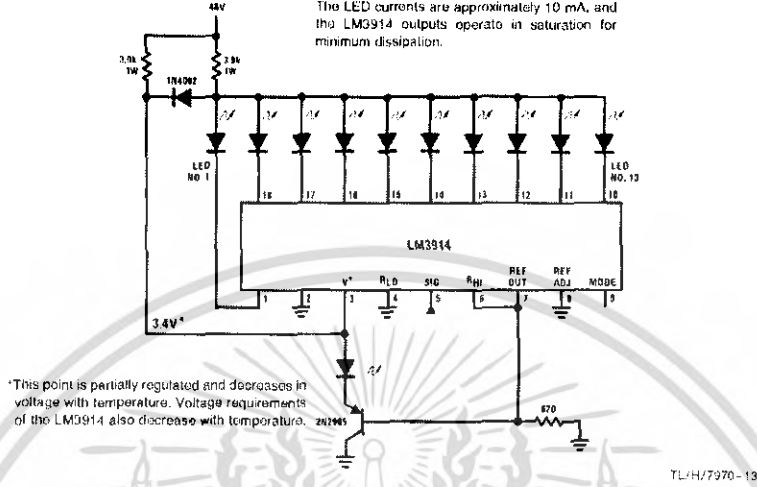
TL/H/7970-12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Application (Continued)

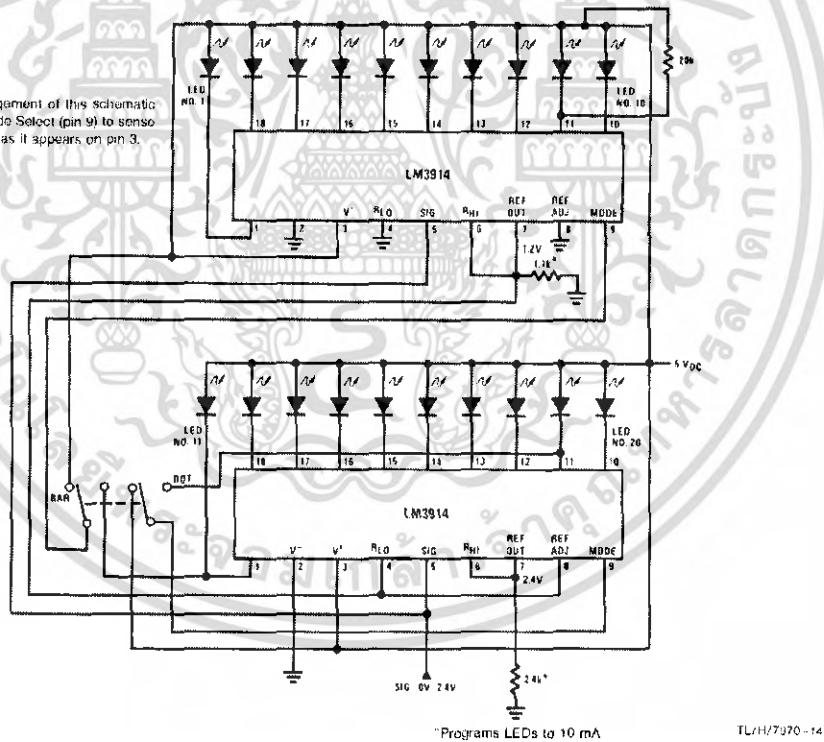
Operating with a High Voltage Supply (Dot Mode Only)

The LED currents are approximately 10 mA, and the LM3914 outputs operate in saturation for minimum dissipation.



20-Segment Meter with Mode Switch

*The exact wiring arrangement of this schematic shows the need for Mode Select (pin 9) to sense the V_{REF} voltage exactly as it appears on pin 3.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints

Three of the most commonly needed precautions for using the LM3914 are shown in the first typical application drawing (see page 9-108) showing a 0V-5V bar graph meter. The most difficult problem occurs when large LED currents are being drawn, especially in bar graph mode. These currents flowing out of the ground pin cause voltage drops in external wiring, and thus errors and oscillations. Bringing the return wires from signal sources, reference ground and bottom of the resistor string (as illustrated) to a single point very near pin 2 is the best solution.

Long wires from V_{LED} to LED anode common can cause oscillations. Depending on the severity of the problem 0.05 μF to 2.2 μF decoupling capacitors from LED anode common to pin 2 will damp the circuit. If LED anode line wiring is inaccessible, often similar decoupling from pin 1 to pin 2 will be sufficient.

If LED turn ON seems slow (bar mode) or several LEDs light (dot mode), oscillation or excessive noise is usually the problem. In cases where proper wiring and bypassing fail to stop oscillations, V^+ voltage at pin 3 is usually below suggested limits (see Note 2, page 9-108). Expanded scale meter applications may have one or both ends of the internal voltage divider terminated at relatively high value resistors. These high-impedance ends should be bypassed to pin 2 with at least a 0.001 μF capacitor, or up to 0.1 μF in noisy environments.

Power dissipation, especially in bar mode should be given consideration. For example, with a 5V supply and all LEDs programmed to 20 mA the driver will dissipate over 600 mW. In this case a 7.5 Ω resistor in series with the LED supply will cut device heating in half. The negative end of the resistor should be bypassed with a 2.2 μF solid tantalum capacitor to pin 2 of the LM3914.

Turning OFF of most of the internal current sources is accomplished by pulling positive on the reference with a current source or resistance supplying 100 μA or so. Alternately, the input signal can be gated OFF with a transistor switch.

Other special features and applications characteristics will be illustrated in the following applications schematics. Notes have been added in many cases, attempting to cover any special procedures or unusual characteristics of these applications. A special section called "Application Tips for the LM3914 Adjustable Reference" has been included with these schematics.

APPLICATION TIPS FOR THE LM3914 ADJUSTABLE REFERENCE

GREATLY EXPANDED SCALE (BAR MODE ONLY)

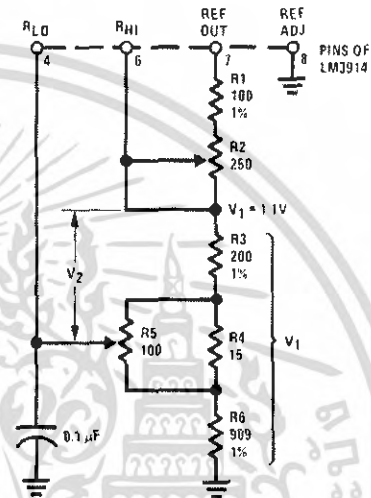
Placing the LM3914 internal resistor divider in parallel with a section ($\approx 230\Omega$) of a stable, low resistance divider greatly reduces voltage changes due to IC resistor value changes with temperature. Voltage V_1 should be trimmed to 1.1V first by use of R2. Then the voltage V_2 across the IC divider string can be adjusted to 200 mV, using R5 without affecting V_1 . LED current will be approximately 10 mA.

NON-INTERACTING ADJUSTMENTS FOR EXPANDED SCALE METER (4.5V to 5V, Bar or Dot Mode)

This arrangement allows independent adjustment of LED brightness regardless of meter span and zero adjustments. First, V_1 is adjusted to 5V, using R2. Then the span (voltage across R4) can be adjusted to exactly 0.5V using R6 without affecting the previous adjustment.

R9 programs LED currents within a range of 2.2 mA to 20 mA after the above settings are made.

Greatly Expanded Scale (Bar Mode Only)



ADJUSTING LINEARITY OF SEVERAL STACKED DIVIDERS

Three internal voltage dividers are shown connected in series to provide a 30-step display. If the resulting analog meter is to be accurate and linear the voltage on each divider must be adjusted, preferably without affecting any other adjustments. To do this, adjust R2 first, so that the voltage across R5 is exactly 1V. Then the voltages across R3 and R4 can be independently adjusted by shunting each with selected resistors of 6 k Ω or higher resistance. This is possible because the reference of LM3914 No. 3 is acting as a constant current source.

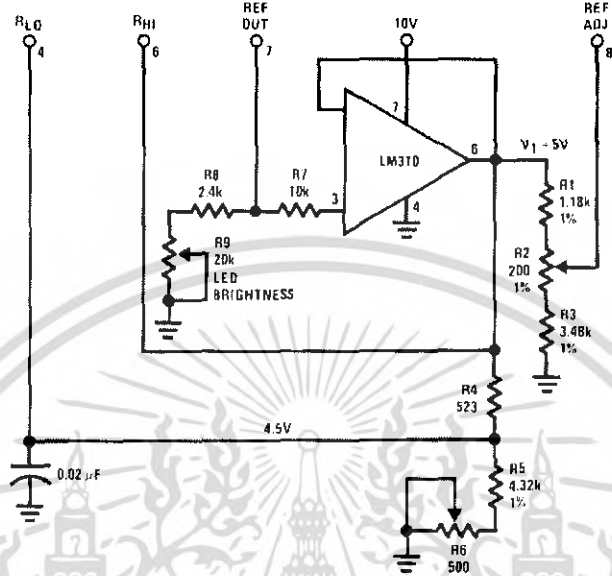
The references associated with LM3914s No. 1 and No. 2 should have their Ref Adj pins (pin 8) wired to ground, and their Ref Outputs loaded by a 620 Ω resistor to ground. This makes available similar 20 mA current outputs to all the LEDs in the system.

If an independent LED brightness control is desired (as in the previous application), a unity gain buffer, such as the LM310, should be placed between pin 7 and R1, similar to the previous application.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

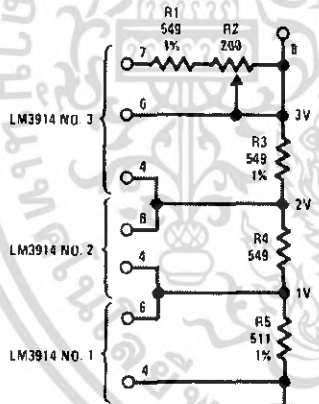
Application Hints (Continued)

Non-interacting Adjustments for Expanded Scale Meter (4.5V to 5V, Bar or Dot Mode)



TL/M/7970-16

Adjusting Linearity of Several Stacked Dividers



TL/M/7970-17

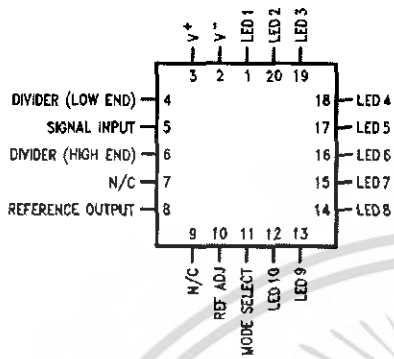
Other Applications

- "Slow"—fade bar or dot display (doubles resolution)
- 20-step meter with single pot brightness control
- 10-step (or multiples) programmer
- Multi-step or "staging" controller
- Combined controller and process deviation meter
- Direction and rate indicator (to add to DVMS)
- Exclamation point display for power saving
- Graduations can be added to dot displays. Dimly light every other LED using a resistor to ground
- Electronic "meter-relay"—display could be circle or semi-circle
- Moving "hole" display—indicator LED is dark, rest of bar lit
- Drives vacuum-fluorescent and LCDs using added passive parts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams

Plastic Chip Carrier Package

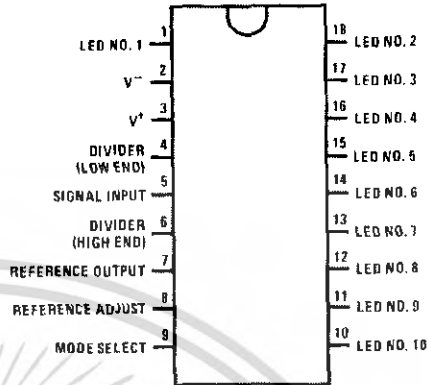


TL/H/7970-18

Top View

Order Number LM3914V
See NS Package Number V20A

Dual-In-Line Package

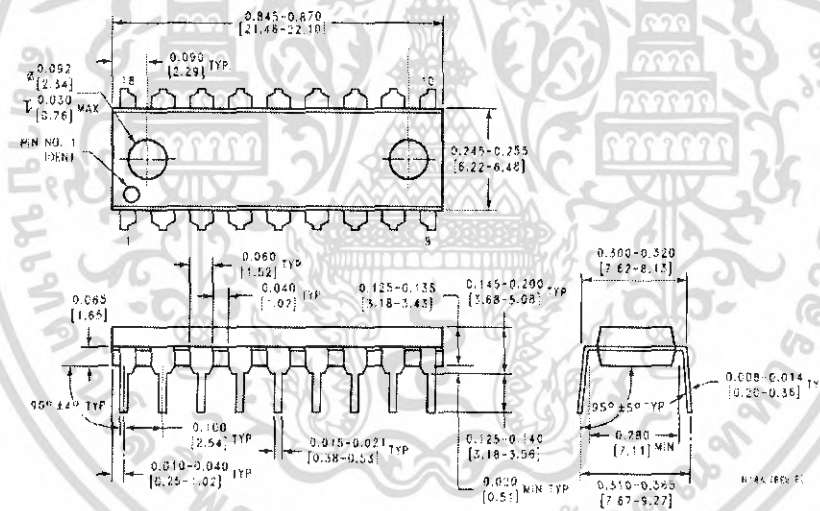


TL/H/7970-19

Top View

Order Number LM3914N
See NS Package Number N18A

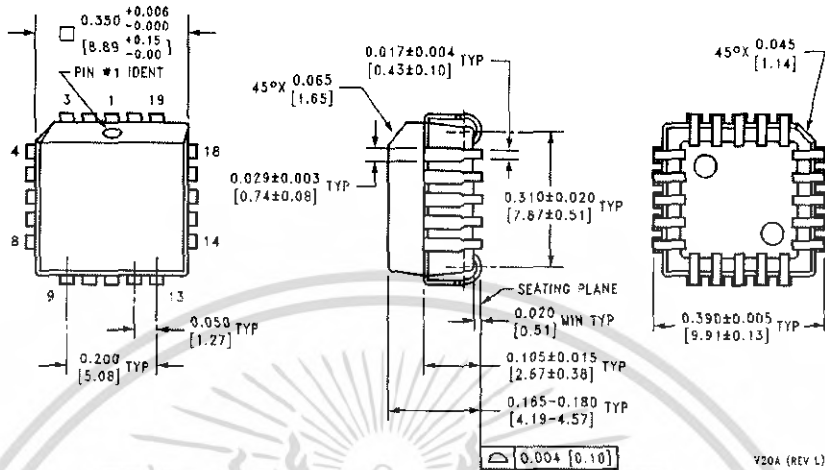
Physical Dimensions inches (millimeters)



Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM3914N
NS Package Number N18A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)




Plastic Chip Carrier Package (V)
Order Number LM3914V
NS Package Number V20A

V20A (REV L)

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

 <p>National Semiconductor Corporation 1111 West Barton Road Arlington, TX 76017 Tel: 1(800) 272-9959 Fax: 1(800) 737-7018</p>	<p>National Semiconductor Europe Fax: (+48) 0-180-530 85 86 Email: cnjw@levm2.nsc.com Deutsch Tel: (+48) 0-180-530 85 85 English Tel: (+48) 0-180-532 78 32 Français Tel: (+48) 0-180-532 93 58 Italiano Tel: (+48) 0-180-534 16 80</p>	<p>National Semiconductor Hong Kong Ltd. 13th Floor, Straight Block, Ocean Centre, 5 Canton Rd Tsanshatui, Kowloon Hong Kong Tel: (852) 2757-1600 Fax: (852) 2736-9900</p>	<p>National Semiconductor Japan Ltd. Tel: 81-043-299-2309 Fax: 81-043-299-2408</p>
--	--	---	---

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, nor circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change this circuitry and specifications.

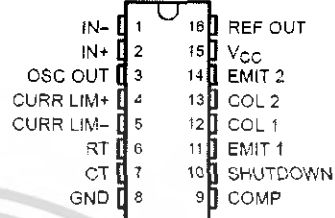
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SG2524, SG3524 REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS

SLVSO77D – APRIL 1977 – REVISED FEBRUARY 2003

- Complete Pulse-Width Modulation (PWM) Power-Control Circuitry
- Uncommitted Outputs for Single-Ended or Push-Pull Applications
- Low Standby Current . . . 8 mA Typ
- Interchangeable With Industry Standard SG2524 and SG3524

SG2524 . . . D OR N PACKAGE
SG3524 . . . D, N, OR NS PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The SG2524 and SG3524 incorporate all the functions required in the construction of a regulating power supply, inverter, or switching regulator on a single chip. They also can be used as the control element for high-power-output applications. The SG2524 and SG3524 were designed for switching regulators of either polarity, transformer-coupled dc-to-dc converters, transformerless voltage doublers, and polarity-converter applications employing fixed-frequency, pulse-width modulation (PWM) techniques. The complementary output allows either single-ended or push-pull application. Each device includes an on-chip regulator, error amplifier, programmable oscillator, pulse-steering flip-flop, two uncommitted pass transistors, a high-gain comparator, and current-limiting and shutdown circuitry.

ORDERING INFORMATION

T _A	INPUT REGULATION MAX (mV)	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
		PDIP (N)	Tube of 25		
0°C to 70°C	30	SOIC (D)	Tube of 40	SG3524N	SG3524N
			Reel of 2500	SG3524D	SG3524
		SOP (NS)	Reel of 2000	SG3524DR	SG3524
-25°C to 85°C	20	PDIP (N)	Tube of 25	SG2524N	SG2524N
		SOIC (D)	Tube of 40	SG2524D	SG2524
			Reel of 2500	SG2524DR	SG2524

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655003 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2003, Texas Instruments Incorporated

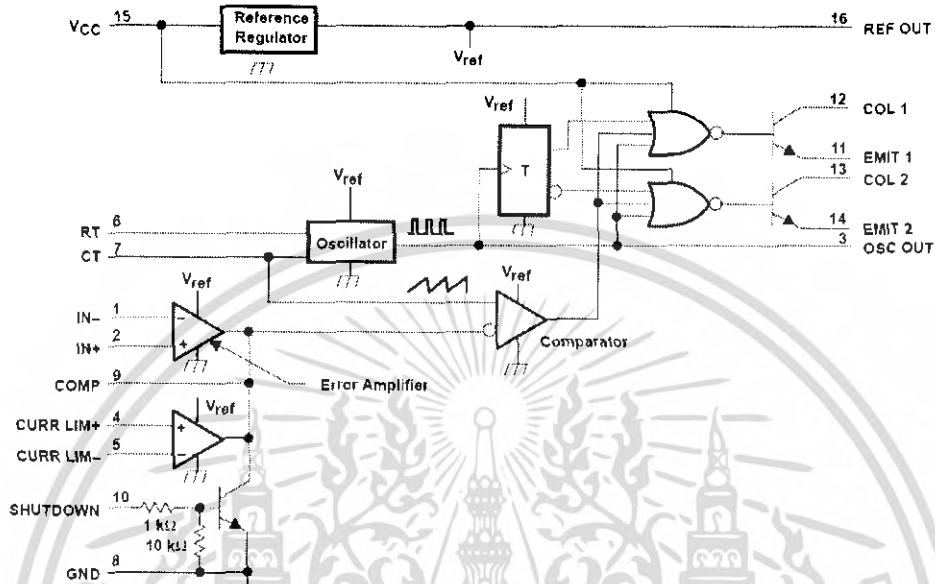
1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SG2524, SG3524 REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS

SLV5077D – APRIL 1977 – REVISED FEBRUARY 2003

functional block diagram



NOTE A: Resistor values shown are nominal.

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{CC} (see Notes 1 and 2)	40 V
Collector output current, I_{CC}	100 mA
Reference output current, $I_{O(ref)}$	50 mA
Current through CT terminal	-5 mA
Operating virtual junction temperature, T_J	150°C
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Notes 3 and 4):	
D package	73°C/W
N package	67°C/W
NS package	64°C/W
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTES: 1. All voltage values are with respect to network ground terminal.

2. The reference regulator may be bypassed for operation from a fixed 5-V supply by connecting the V_{CC} and reference output (REF OUT) pin both to the supply voltage. In this configuration, the maximum supply voltage is 8 V.

3. Maximum power dissipation is a function of $T_{J(max)}$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_{J(max)} - T_A) / \theta_{JA}$. Operation at the absolute maximum T_J of 150°C can impact reliability.

4. The package thermal impedance is calculated in accordance with JEDEC 51-7.

 TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655304 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SG2524, SG3524 REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS

SLVS077D – APRIL 1977 – REVISED FEBRUARY 2003

recommended operating conditions

		MIN	MAX	UNIT
V _{CC}	Supply voltage	8	40	V
	Reference output current	0	50	mA
	Current through CT terminal	-0.03	-2	mA
R _T	Timing resistor	1.8	100	kΩ
C _T	Timing capacitor	0.001	0.1	μF
T _A	Operating free-air temperature	SG2524	-25	65
		SG3524	0	70

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range, V_{CC} = 20 V, f = 20 kHz (unless otherwise noted)

reference section

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SG2524			SG3524			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
Output voltage		4.8	5	5.2	4.6	5	5.4	V
Input regulation	V _{CC} = 8 V to 40 V		10	20		10	30	mV
Ripple rejection	f = 120 Hz		66			66		dB
Output regulation	I _O = 0 mA to 20 mA		20	50		20	50	mV
Output voltage change with temperature	T _A = MIN to MAX		0.3%	1%		0.3%	1%	
Short-circuit output current§	V _{ref} = 0		100			100		mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values, except for temperature coefficients, are at T_A = 25°C.

§ Standard deviation is a measure of the statistical distribution about the mean, as derived from the formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

oscillator section

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
f _{osc}	Oscillator frequency		450		kHz
	Standard deviation of frequency§		5%		
Δf _{osc}	Frequency change with voltage			1%	
	Frequency change with temperature			2%	
	Output amplitude at OSC OUT		3.5		V
t _w	Output pulse duration (width) at OSC OUT		0.5		μs

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values, except for temperature coefficients, are at T_A = 25°C.

§ Standard deviation is a measure of the statistical distribution about the mean, as derived from the formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x})^2}{N - 1}}$$



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SG2524, SG3524 REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS

SLV6077D – APRIL 1977 – REVISED FEBRUARY 2009

error amplifier section

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	SG2524			SG3524			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
V_{IO} Input offset voltage	$V_{IC} = 2.5\text{ V}$		0.5	5		2	10	mV
I_{IB} Input bias current	$V_{IC} = 2.5\text{ V}$		2	10		2	10	μA
Open-loop voltage amplification		72	80		60	80		dB
V_{ICR} Common-mode input voltage range	$T_A = 25^\circ\text{C}$	1.8 to 3.4			1.8 to 3.4			V
CMRR Common-mode rejection ratio			70			70		dB
B_1 Unity-gain bandwidth			3			3		MHz
Output swing	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.5		3.8	0.5		3.8	V

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values, except for temperature coefficients, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

output section

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
$V_{(BR)CE}$ Collector-emitter breakdown voltage		40			V
Collector off-state current	$V_{CE} = 40\text{ V}$		0.01	50	μA
V_{sat} Collector-emitter saturation voltage	$I_C = 50\text{ mA}$		1	2	V
V_O Emitter output voltage	$V_C = 20\text{ V}$, $I_E = -250\text{ }\mu\text{A}$	17	18		V
t_r Turn-off voltage rise time	$R_C = 2\text{ k}\Omega$		0.2		μs
t_f Turn-on voltage fall time	$R_C = 2\text{ k}\Omega$		0.1		μs

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values, except for temperature coefficients, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

comparator section

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
Maximum duty cycle, each output		45%			
V_{IT} Input threshold voltage at COMP	Zero duty cycle		1		V
	Maximum duty cycle		3.5		
I_{IB} Input bias current			-1		μA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values, except for temperature coefficients, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

current limiting section

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_I Input voltage range (either input)		-1 to 1			V
$V_{(SENSE)}$ Sense voltage at $T_A = 25^\circ\text{C}$	$V_{(IN+)} - V_{(IN-)} \geq 50\text{ mV}$, $V_{(COMP)} = 2\text{ V}$	175	200	225	mV
	Temperature coefficient of sense voltage		0.2		mV/°C

‡ All typical values, except for temperature coefficients, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

total device

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
I_{st} Standby current	$V_{CC} = 40\text{ V}$, IN-, CURR LIM+, C _T , GND, COMP, EMIT 1, EMIT 2 grounded, IN+ at 2 V. All other inputs and outputs open		8	10	mA

‡ All typical values, except for temperature coefficients, are at $T_A = 25^\circ\text{C}$.

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SG2524, SG3524
REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS

SLV5077D – APRIL 1977 – REVISED FEBRUARY 2003

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

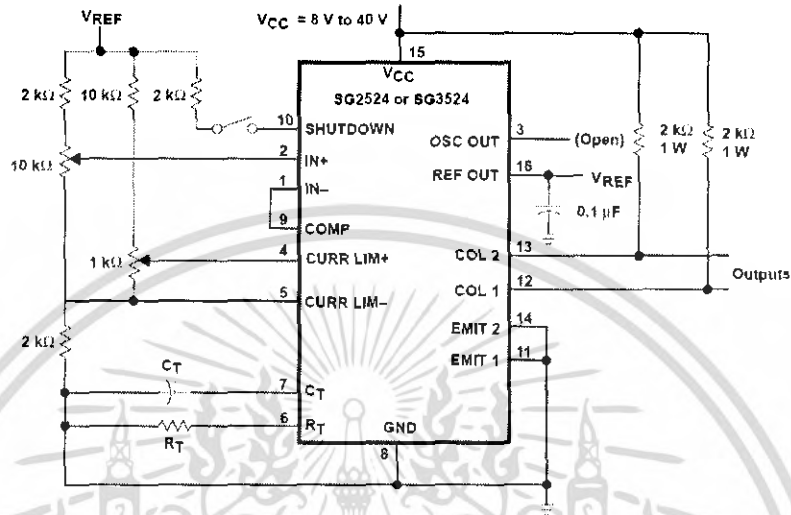


Figure 1. General Test Circuit

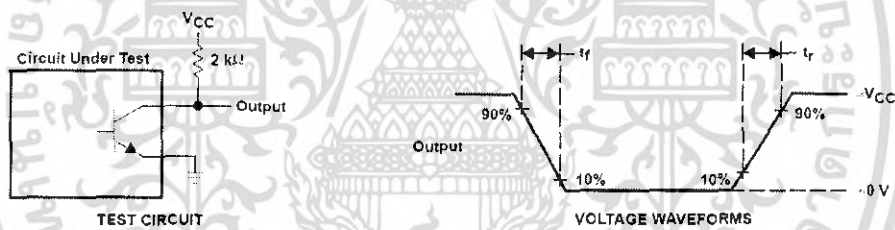


Figure 2. Switching Times

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SG2524, SG3524
REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS**

SLVS077D - APRIL 1977 - REVISED FEBRUARY 2003

TYPICAL CHARACTERISTICS

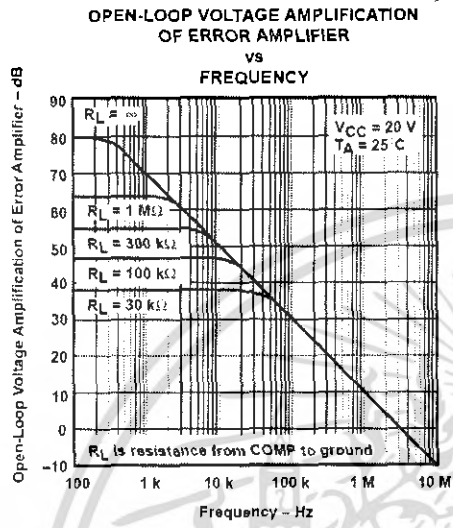


Figure 3

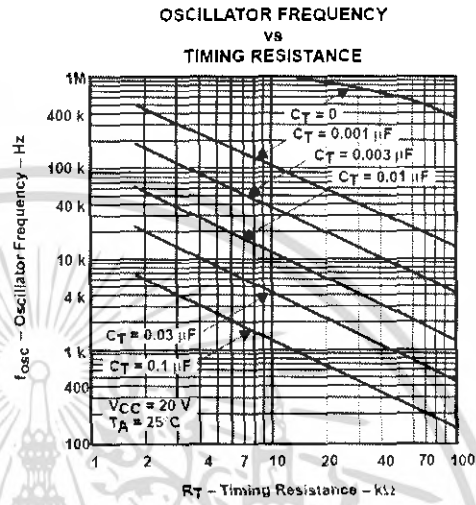


Figure 4

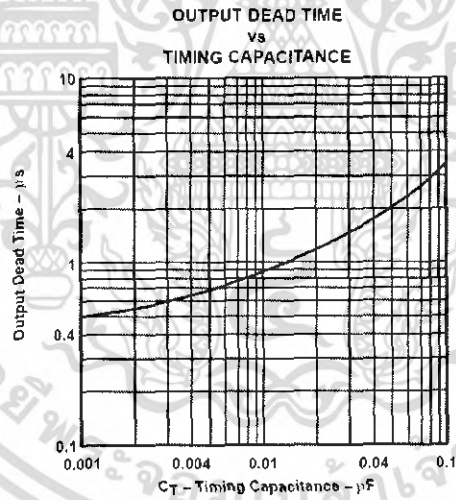


Figure 5



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SG2524, SG3524 REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS

SLV5077D – APRIL 1977 – REVISED FEBRUARY 2003

PRINCIPLES OF OPERATION†

The SG2524 is a fixed-frequency pulse-width-modulation (PWM) voltage-regulator control circuit. The regulator operates at a fixed frequency that is programmed by one timing resistor, R_T , and one timing capacitor, C_T . R_T establishes a constant charging current for C_T . This results in a linear voltage ramp at C_T , which is fed to the comparator, providing linear control of the output pulse duration (width) by the error amplifier. The SG2524 contains an onboard 5-V regulator that serves as a reference, as well as supplying the SG2524 internal regulator control circuitry. The internal reference voltage is divided externally by a resistor ladder network to provide a reference within the common-mode range of the error amplifier as shown in Figure 6, or an external reference can be used. The output is sensed by a second resistor divider network and the error signal is amplified. This voltage is then compared to the linear voltage ramp at C_T . The resulting modulated pulse out of the high-gain comparator then is steered to the appropriate output pass transistor (Q1 or Q2) by the pulse-steering flip-flop, which is synchronously toggled by the oscillator output. The oscillator output pulse also serves as a blanking pulse to ensure both outputs are never on simultaneously during the transition times. The duration of the blanking pulse is controlled by the value of C_T . The outputs may be applied in a push-pull configuration in which their frequency is one-half that of the base oscillator, or paralleled for single-ended applications in which the frequency is equal to that of the oscillator. The output of the error amplifier shares a common input to the comparator with the current-limiting and shut-down circuitry and can be overridden by signals from either of these inputs. This common point is pinned out externally via the COMP pin, which can be employed to either control the gain of the error amplifier or to compensate it. In addition, the COMP pin can be used to provide additional control to the regulator.

APPLICATION INFORMATION†

oscillator

The oscillator controls the frequency of the SG2524 and is programmed by R_T and C_T as shown in Figure 4.

$$f = \frac{1.30}{R_T C_T}$$

where: R_T is in $k\Omega$
 C_T is in μF
 f is in kHz

Practical values of C_T fall between 0.001 μF and 0.1 μF . Practical values of R_T fall between 1.8 $k\Omega$ and 100 $k\Omega$. This results in a frequency range typically from 130 Hz to 722 kHz.

blanking

The output pulse of the oscillator is used as a blanking pulse at the output. This pulse duration is controlled by the value of C_T as shown in Figure 5. If small values of C_T are required, the oscillator output pulse duration can be maintained by applying a shunt capacitance from OSC OUT to ground.

synchronous operation

When an external clock is desired, a clock pulse of approximately 3 V can be applied directly to the oscillator output terminal. The impedance to ground at this point is approximately 2 $k\Omega$. In this configuration, $R_T C_T$ must be selected for a clock period slightly greater than that of the external clock.

† Throughout these discussions, references to the SG2524 apply also to the SG3524.

SG2524, SG3524 REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS

SLVS077D – APRIL 1977 – REVISED FEBRUARY 2003

APPLICATION INFORMATION†

synchronous operation (continued)

If two or more SG2524 regulators are operated synchronously, all oscillator output terminals must be tied together. The oscillator programmed for the minimum clock period is the master from which all the other SG2524s operate. In this application, the $C_T R_T$ values of the slaved regulators must be set for a period approximately 10% longer than that of the master regulator. In addition, C_T (master) = 2 C_T (slave) to ensure that the master output pulse, which occurs first, has a longer pulse duration and, subsequently, resets the slave regulators.

voltage reference

The 5-V internal reference can be employed by use of an external resistor divider network to establish a reference common-mode voltage range (1.8 V to 3.4 V) within the error amplifiers (see Figure 6), or an external reference can be applied directly to the error amplifier. For operation from a fixed 5-V supply, the internal reference can be bypassed by applying the input voltage to both the V_{CC} and V_{REF} terminals. In this configuration, however, the input voltage is limited to a maximum of 6 V.

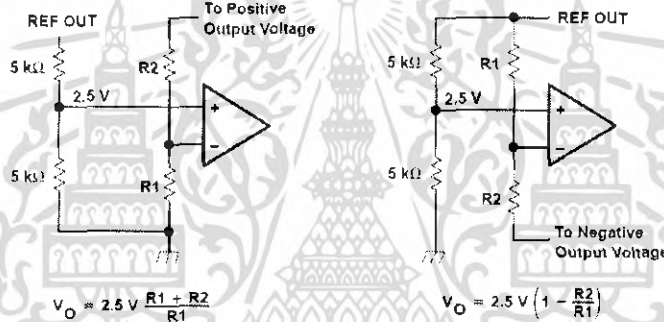


Figure 6. Error-Amplifier Bias Circuits

error amplifier

The error amplifier is a differential-input transconductance amplifier. The output is available for dc gain control or ac phase compensation. The compensation node (COMP) is a high-impedance node ($R_L = 5\text{ M}\Omega$). The gain of the amplifier is $A_V = (0.002\text{ }\Omega^{-1})R_L$ and easily can be reduced from a nominal 10,000 by an external shunt resistance from COMP to ground. Refer to Figure 3 for data.

compensation

COMP, as previously discussed, is made available for compensation. Since most output filters introduce one or more additional poles at frequencies below 200 Hz, which is the pole of the uncompensated amplifier, introduction of a zero to cancel one of the output filter poles is desirable. This can be accomplished best with a series RC circuit from COMP to ground in the range of 50 k Ω and 0.001 μF . Other frequencies can be canceled by use of the formula $f_c = 1/RC$.

† Throughout these discussions, references to the SG2524 apply also to the SG3524.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

SG2524, SG3524 REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS

SLVS077D – APRIL 1977 – REVISED FEBRUARY 2000

APPLICATION INFORMATION†

shutdown circuitry

COMP also can be employed to introduce external control of the SG2524. Any circuit that can sink 200 μ A can pull the compensation terminal to ground and, thus, disable the SG2524.

In addition to constant-current limiting, CURR LIM+ and CURR LIM– also can be used in transformer-coupled circuits to sense primary current and shorten an output pulse should transformer saturation occur. CURR LIM– also can be grounded to convert CURR LIM+ into an additional shutdown terminal.

current limiting

A current-limiting sense amplifier is provided in the SG2524. The current-limiting sense amplifier exhibits a threshold of 200 mV \pm 25 mV and must be applied in the ground line since the voltage range of the inputs is limited to 1 V to –1 V. Caution should be taken to ensure the –1-V limit is not exceeded by either input, otherwise, damage to the device may result.

Foldback current limiting can be provided with the network shown in Figure 7. The current-limit schematic is shown in Figure 8.

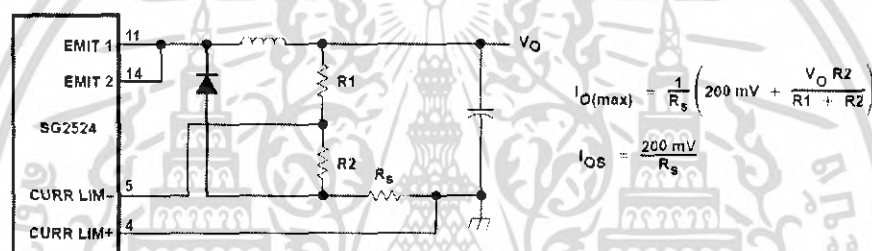


Figure 7. Foldback Current Limiting for Shorted Output Conditions

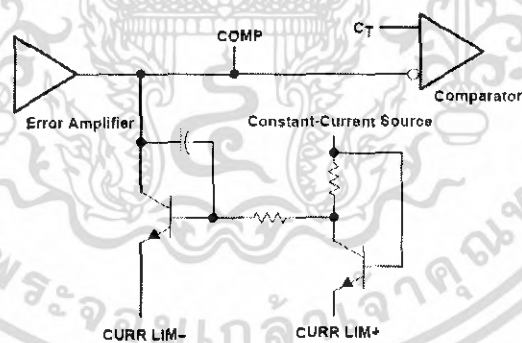


Figure 8. Current-Limit Schematic

† Throughout these discussions, references to the SG2524 apply also to the SG3524.

SG2524, SG3524 REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS

SLV5077D – APRIL 1977 – REVISED FEBRUARY 2003

APPLICATION INFORMATION†

output circuitry

The SG2524 contains two identical npn transistors, the collectors and emitters of which are uncommitted. Each transistor has antisaturation circuitry that limits the current through that transistor to a maximum of 100 mA for fast response.

general

There are a wide variety of output configurations possible when considering the application of the SG2524 as a voltage-regulator control circuit. They can be segregated into three basic categories:

- Capacitor-diode-coupled voltage multipliers
- Inductor-capacitor-implemented single-ended circuits
- Transformer-coupled circuits

Examples of these categories are shown in Figures 9, 10, and 11, respectively. Detailed diagrams of specific applications are shown in Figures 12–15.

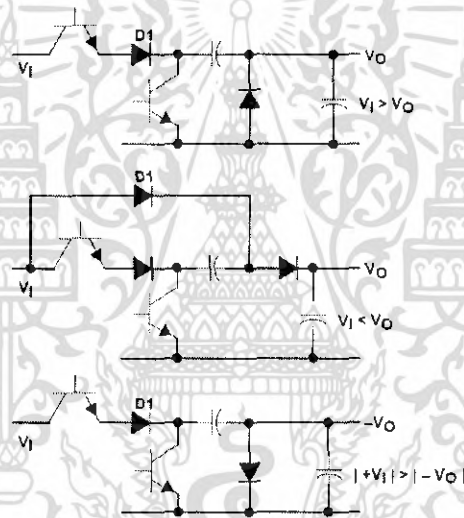


Figure 9. Capacitor-Diode-Coupled Voltage-Multiplier Output Stages

† Throughout these discussions, references to the SG2524 apply also to the SG3524.

SG2524, SG3524
REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS

SLV5077D - APRIL 1977 - REVISED FEBRUARY 2003

APPLICATION INFORMATION†

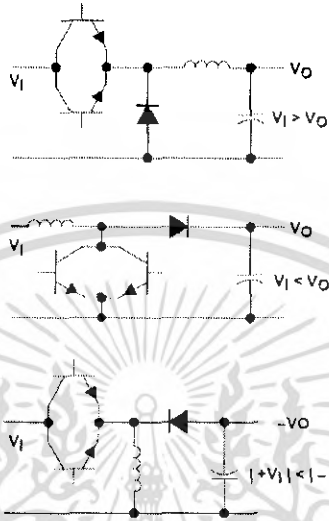


Figure 10. Single-Ended Inductor Circuit

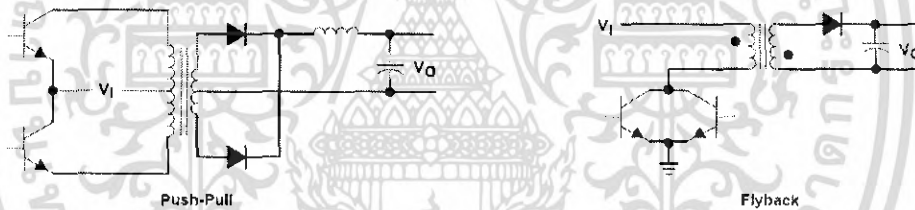


Figure 11. Transformer-Coupled Outputs

† Throughout these discussions, references to the SG2524 apply also to the SG3524.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SG2524, SG3524
REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS**

SLVS077D – APRIL 1977 – REVISED FEBRUARY 2003

APPLICATION INFORMATION†

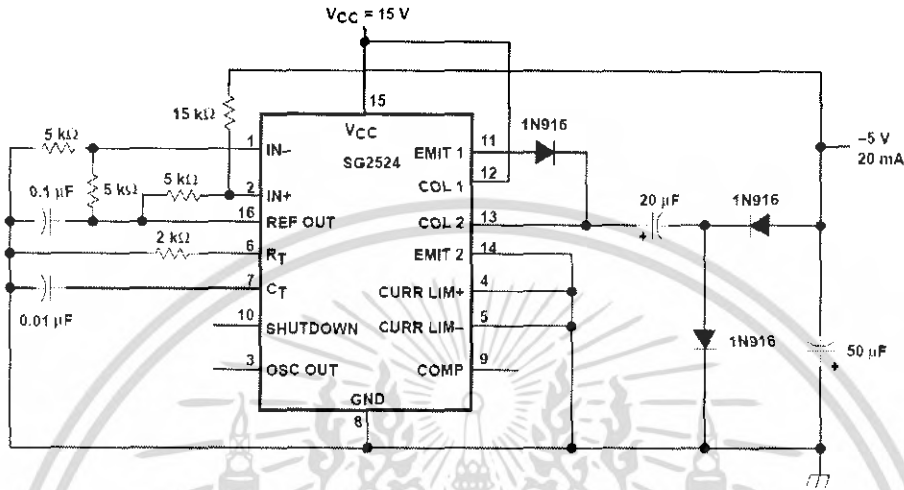


Figure 12. Capacitor-Diode Output Circuit

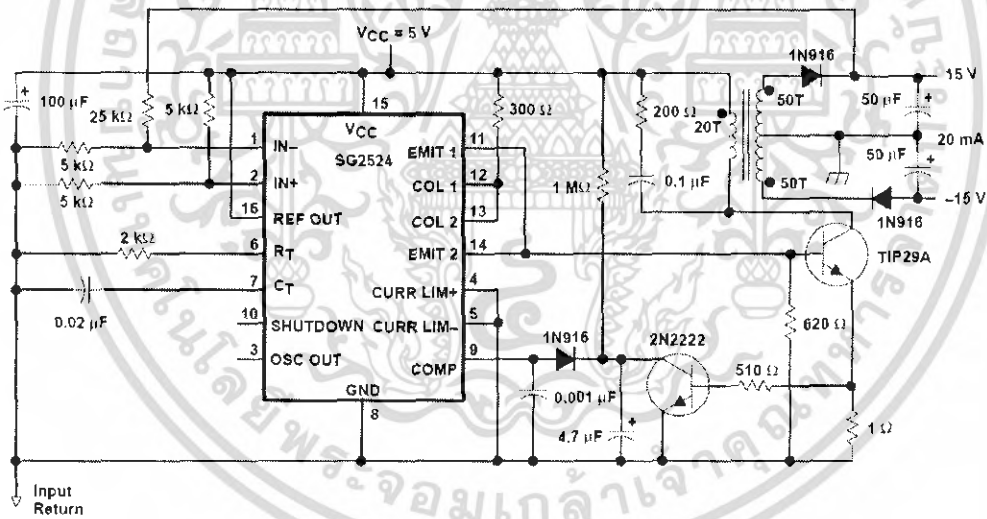


Figure 13. Flyback Converter Circuit

†Throughout these discussions, references to the SG2524 apply also to the SG3524.



POST OFFICE BOX 988088 • DALLAS, TEXAS 75298

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SG2524, SG3524
REGULATING PULSE-WIDTH MODULATORS

SLVS077D - APRIL 1977 - REVISED FEBRUARY 2003

APPLICATION INFORMATION†

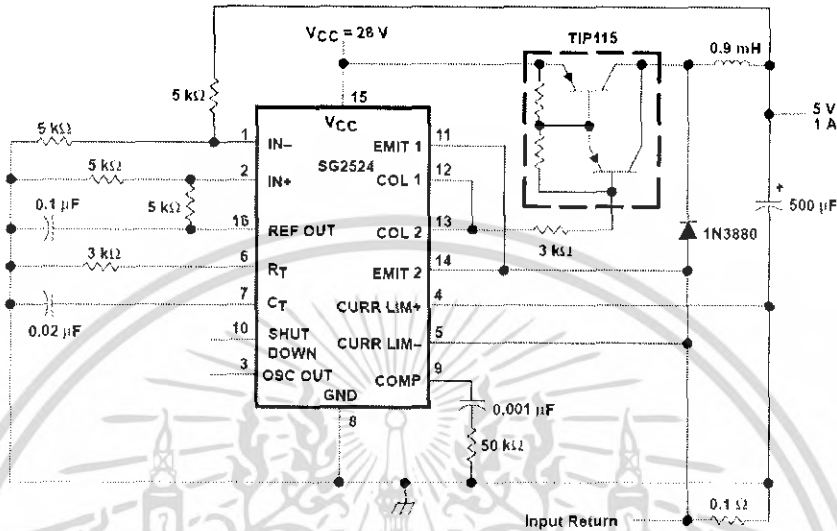


Figure 14. Single-Ended LC Circuit

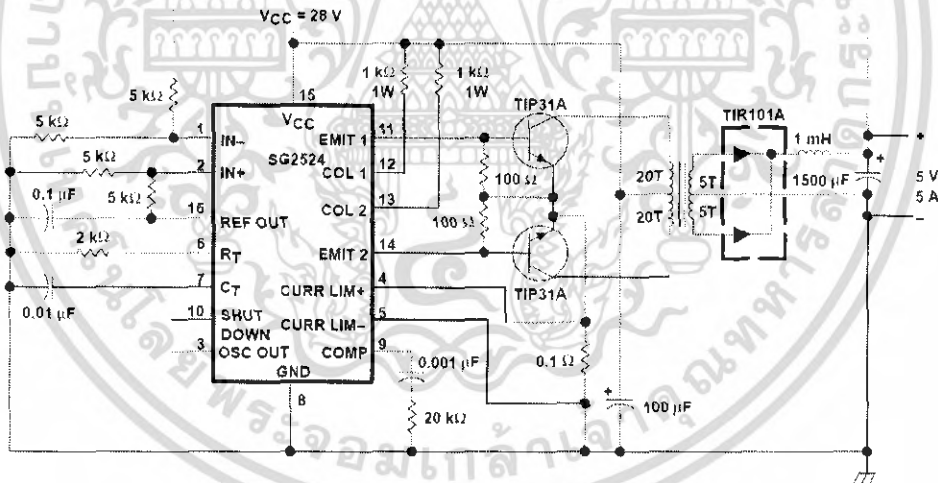


Figure 15. Push-Pull Transformer-Coupled Circuit

†Throughout these discussions, references to the SG2524 apply also to the SG3524.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status ⁽¹⁾	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan ⁽²⁾	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp ⁽³⁾
SG2524D	ACTIVE	SOIC	D	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
SG2524DE4	ACTIVE	SOIC	D	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
SG2524DR	ACTIVE	SOIC	D	16	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
SG2524DRE4	ACTIVE	SOIC	D	16	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
SG2524J	OBSOLETE	CDIP	J	16		TBD	Call TI	Call TI
SG2524N	ACTIVE	PDIP	N	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type
SG2524NE4	ACTIVE	PDIP	N	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type
SG3524D	ACTIVE	SOIC	D	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
SG3524DE4	ACTIVE	SOIC	D	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
SG3524DR	ACTIVE	SOIC	D	16	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
SG3524DRE4	ACTIVE	SOIC	D	16	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
SG3524J	OBSOLETE	CDIP	J	16		TBD	Call TI	Call TI
SG3524N	ACTIVE	PDIP	N	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type
SG3524NE4	ACTIVE	PDIP	N	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type
SG3524NS	OBSOLETE	SO	NS	16		Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
SG3524NSR	ACTIVE	SO	NS	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
SG3524NSRE4	ACTIVE	SO	NS	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM

⁽¹⁾ The marketing status values are defined as follows.

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

⁽²⁾ Eco Plan - The planned eco-friendly classification: Pb-Free (RoHS), Pb-Free (RoHS Exempt), or Green (RoHS & no Sb/Br) - please check <http://www.ti.com/productcontent> for the latest availability information and additional product content details.

TBD: The Pb-Free/Green conversion plan has not been defined.

Pb-Free (RoHS): TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

Pb-Free (RoHS Exempt): This component has a RoHS exemption for either 1) lead-based flip-chip solder bumps used between the die and package, or 2) lead-based die adhesive used between the die and leadframe. The component is otherwise considered Pb-Free (RoHS compatible) as defined above.

Green (RoHS & no Sb/Br): TI defines "Green" to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material).

¹³⁾ MSL, Peak Temp. -- The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

Important Information and Disclaimer:The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

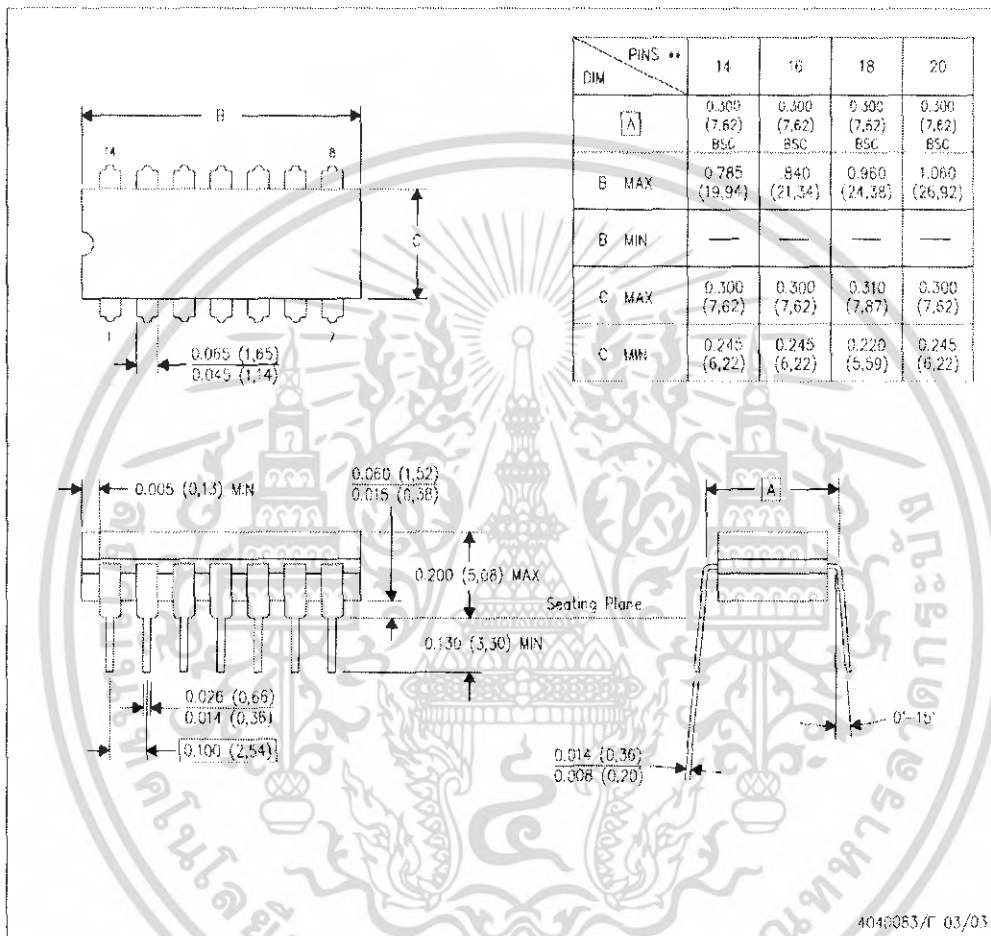
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

J (R-GDIP-T**)
14 LEADS SHOWN

CERAMIC DUAL IN-LINE PACKAGE



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. This package is hermetically sealed with a ceramic lid using glass frit.
 - D. Index point is provided on cap for terminal identification only on press ceramic glass frit seal only.
 - E. Falls within MIL STD 1835 GDIP-114, GDIP-116, GDIP-118 and GDIP-120.

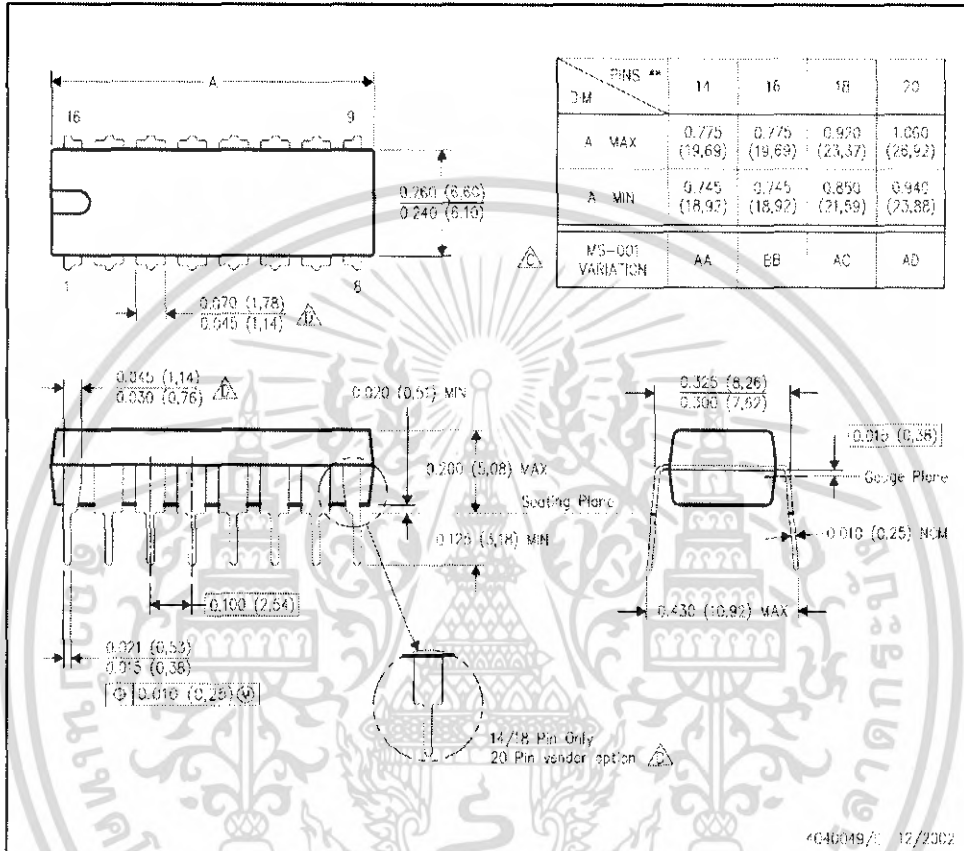
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MECHANICAL DATA

N (R-PDIP-T**)

PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE

16 PINS SHOWN



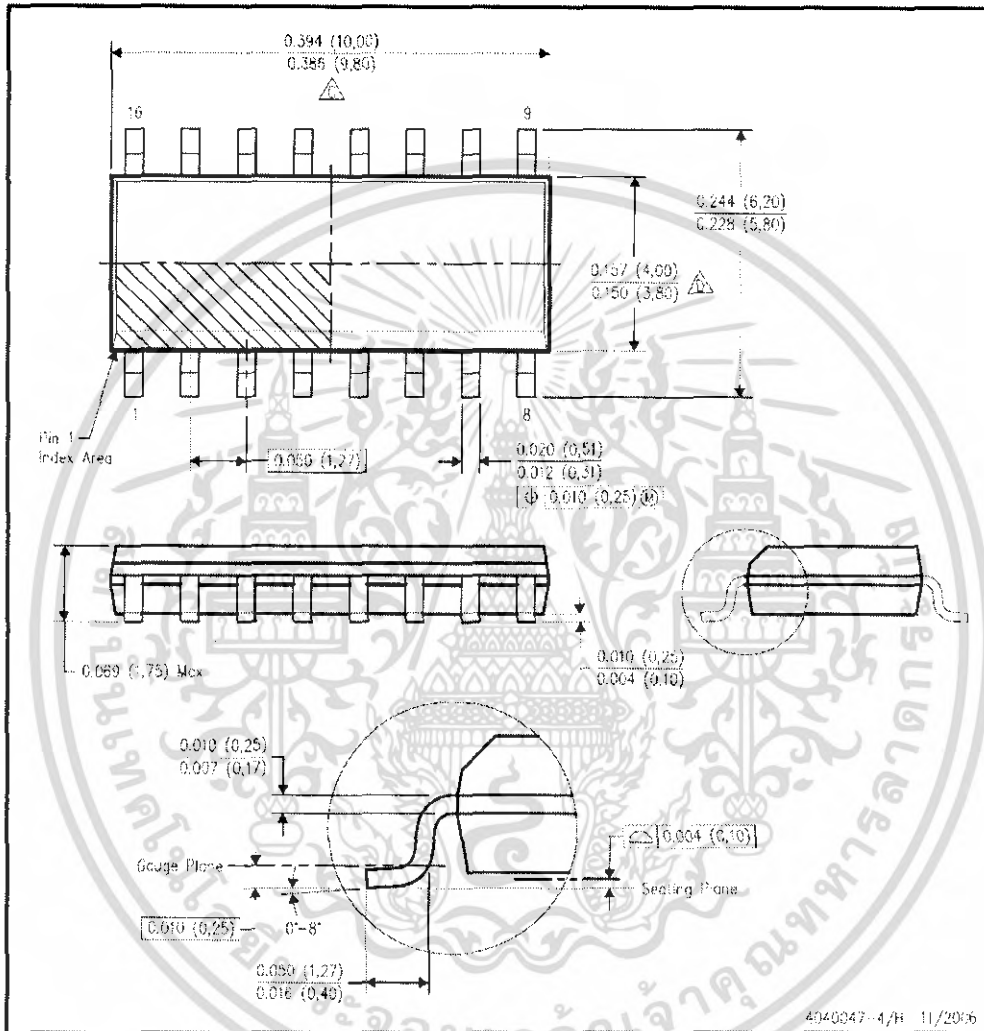
- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Dimensions within JEDEC M5-001, except 18 and 20 pin minimum body length (Dim A).
 - D. The 20 pin end lead shoulder width is a vendor option, either half or full width.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MECHANICAL DATA

D (R-PDSO-G16)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body length does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed .006 (0.15) per end.
 - D. Body width does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed .017 (0.43) per side.
 - E. Reference JEDEC MS-012 variation AC.

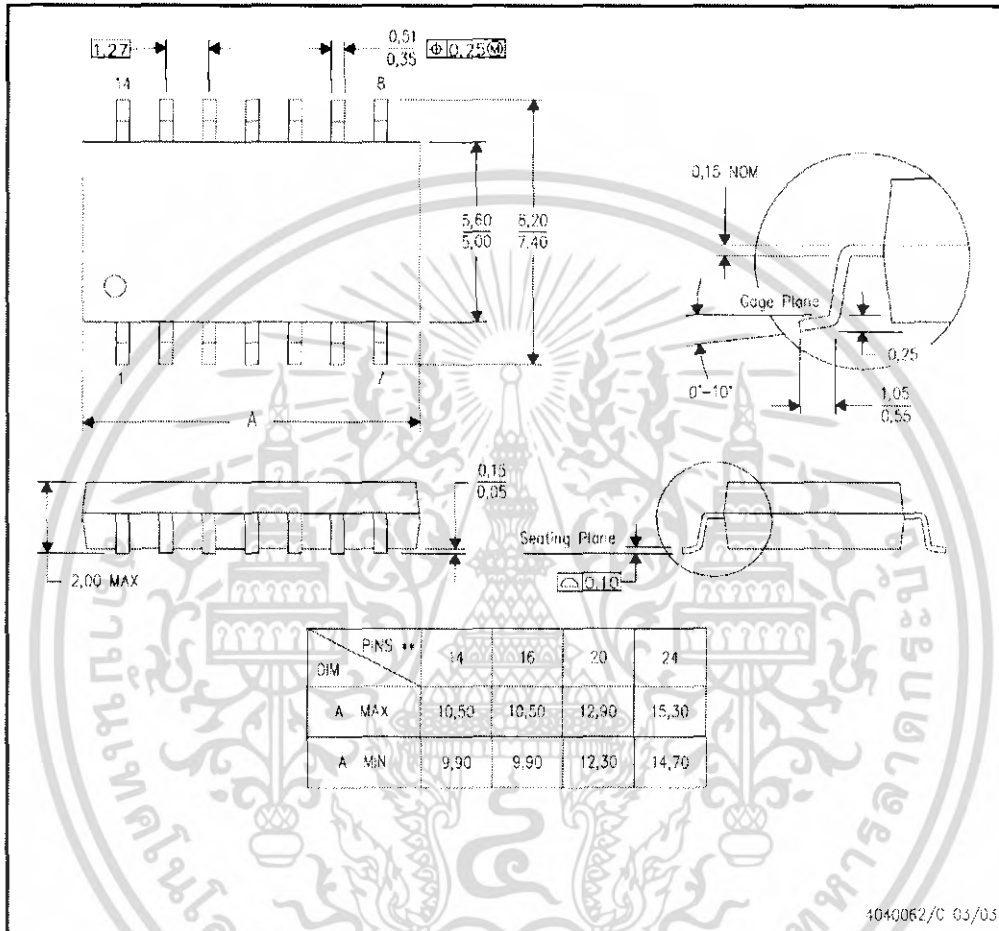
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MECHANICAL DATA

NS (R-PDSO-G**)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE

14-PINS SHOWN



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion, not to exceed 0,15.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

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

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Following are URLs where you can obtain information on other Texas Instruments products and application solutions:

Products		Applications	
Amplifiers	amplifier.ti.com	Audio	www.ti.com/audio
Data Converters	dataconverter.ti.com	Automotive	www.ti.com/automotive
DSP	dsp.ti.com	Broadband	www.ti.com/broadband
Interface	interface.ti.com	Digital Control	www.ti.com/digitalcontrol
Logic	logic.ti.com	Military	www.ti.com/military
Power Mgmt	power.ti.com	Optical Networking	www.ti.com/opticalnetwork
Microcontrollers	microcontroller.ti.com	Security	www.ti.com/security
Low Power Wireless	www.ti.com/lpw	Telephony	www.ti.com/telephony
		Video & Imaging	www.ti.com/video
		Wireless	www.ti.com/wireless

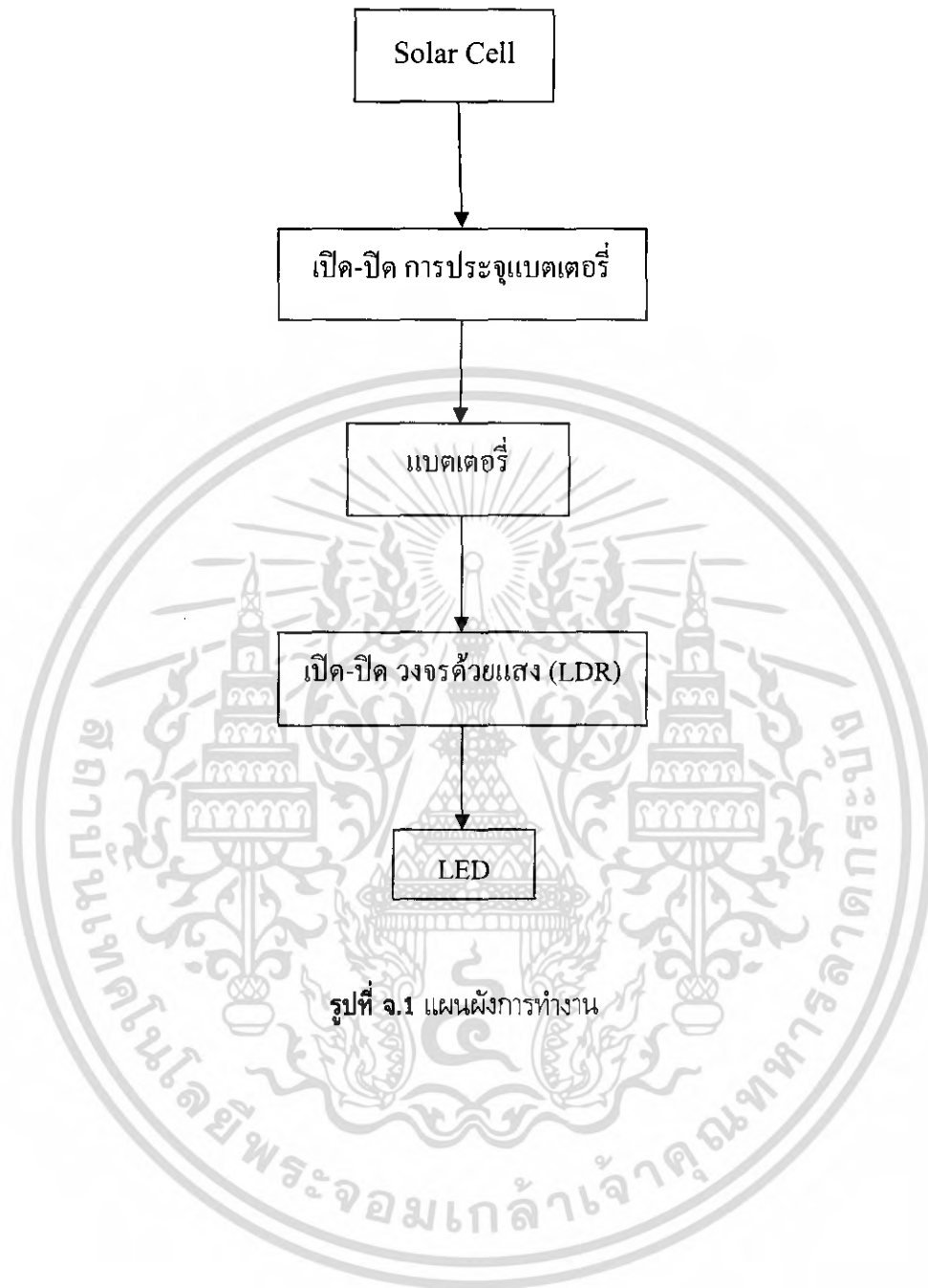
Mailing Address: Texas Instruments
Post Office Box 655303 Dallas, Texas 75265

Copyright © 2006, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
ไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์
Solar Cell LED



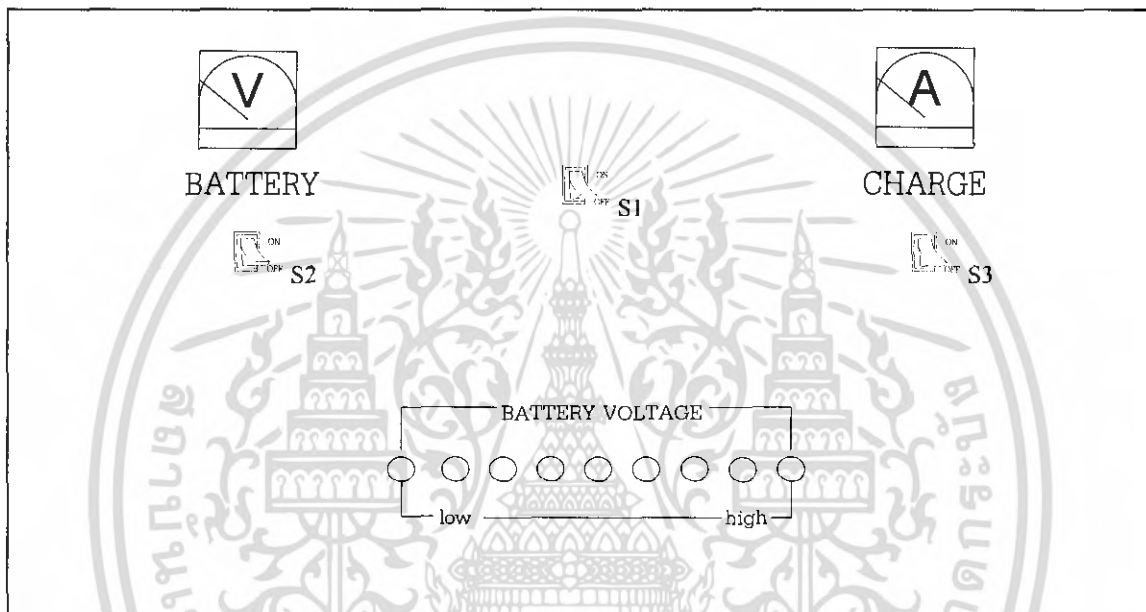
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนจะลงมือใช้งานไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ควรทำการศึกษารูปร่างการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจ เพื่อการใช้งานที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



รูปที่ ๑.1 ส่วนประกอบต่างๆ บนหน้าปัทม์

จากรูปที่ ๑.1 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

S1	สวิตช์ปิด/เปิดเครื่อง
S2	สวิตช์ปิด/เปิดแสดงระดับแรงดันในแบตเตอรี่
S3	สวิตช์ปิด/เปิดแสดงค่ากระแสที่ประจุของเซลล์แสงอาทิตย์
CHARGE	แอมป์มิเตอร์แสดงค่ากระแสที่ประจุของเซลล์แสงอาทิตย์
BATTERY	โวลต์มิเตอร์แสดงค่าแรงดันแบตเตอรี่
BATTERY VOLTAGE LED	แสดงระดับแรงดันของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 แสดงระดับแรงดัน

LED ดวงที่	ระดับแรงดัน (โวลต์)
1	9
2	9.6
3	10.2
4	10.8
5	11.4
6	12
7	12
8	12
9	12

3. การติดตั้งและการใช้งาน

3.1 การใช้งานไฟส่องสว่างโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

3.1.1 เปิดสวิตช์ S1 (LED ของ BATTERY VOLTAGE จะติด)

3.1.2 เปิดสวิตช์ S2 (โวลต์มิเตอร์แสดงค่าแรงดันแบตเตอรี่)

3.1.3 เปิดสวิตช์ S3 (แอมป์มิเตอร์แสดงค่ากระแสที่ประจุของเซลล์แสงอาทิตย์)

3.2 การตรวจจับความสว่าง

3.2.1 เมื่อมีแสงสว่าง LDR จะทำการตัดวงจรทำให้โคมไฟหลอด LED ดับ

3.2.2 เมื่อไม่มีแสงสว่าง LDR จะทำการต่อวงจรทำให้โคมไฟหลอด LED สว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญาโท	นายเดชพล โภยกอบการ
วันเดือนปีเกิด	5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2526
ภูมิลำเนา	55/1 ถนน บริรักษ์บำรุง ตำบล ท้ายช้าง อำเภอ เมืองพังงา จังหวัด พังงา 82000
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนอนุบาลพังงา จังหวัด พังงา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนดีบุกพังงาวิทยายน จังหวัด พังงา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคพังงา จังหวัด พังงา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงซิเมนต์ไทย จังหวัด สระบุรี อนุสรณ์
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ความสนใจพิเศษ	ศึกษาเทคโนโลยีต่างๆที่ทันสมัย
คติพจน์	การเรียนรู้จากความพ่ายแพ้ คือหนทางของผู้ชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปฏิญญาพันธ	นายนพร อึ้งเซ็ง
วันเดือนปีเกิด	4 มีนาคม พ.ศ. 2528
ภูมิลำเนา	18/609 หมู่ 6 ตำบล ประชาธิปัตย์ อำเภอ ฉะบุรี จังหวัด ปทุมธานี 12130
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนแก้วสว่างวิทยา จังหวัด ปทุมธานี
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสวนกุหลาบฯ รังสิต จังหวัด ปทุมธานี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคฉะบุรี จังหวัด ปทุมธานี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จังหวัด ปทุมธานี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ความสนใจพิเศษ	ศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์
คติพจน์	ทำดีได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปฏิญานิพนธ์	นายประยुท อัยฤฤฤ
วันเดือนปีเกิด	10 พฤษภาคม พ.ศ. 2527
ภูมิลำเนา	34/2 หมู่ 1 ตำบล ห้วยเกาะ อำเภอ สามโคก จังหวัด ปทุมธานี 12160
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดป่าคา จังหวัด พระนครศรีอยุธยา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนมัธยมป่าคา จังหวัด พระนครศรีอยุธยา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จังหวัด ปทุมธานี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จังหวัด ปทุมธานี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมวิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ความสนใจพิเศษ	ศึกษาเทคโนโลยีใหม่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์
คติพจน์	น้ำเพื่ออนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปฏิญานិพนธ์	นายรุ่งรัตน์ ชาติไทย
วันเดือนปีเกิด	5 ธันวาคม พ.ศ. 2527
ภูมิลำเนา	18 หมู่ 7 ตำบล โคกช้าง อำเภอบางไทร จังหวัด พระนครศรีอยุธยา 13190
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนไตรราชวิทยา จังหวัด พระนครศรีอยุธยา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนปทุมวิไล จังหวัด ปทุมธานี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จังหวัด ปทุมธานี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จังหวัด ปทุมธานี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ระบบควบคุมต่างๆ
ความสนใจพิเศษ	ไม่ทำก็จะมีรู้
คติพจน์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้