

สัญญาไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย
GRID-CONNECTED PV TRAFFIC FLASHING LIGHT



นายสมโภชน์ ปานกัลด รหัส 50362535
นายวุฒิพงษ์ เกียะเปิง รหัส 50364836

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์	
วันได้รับ.....	19 ส.ค. 2555
เลขทะเบียน.....	15739974
เลขเรียกหนังสือ.....	ฟ.ร.
หมายเลข.....	ศ 272 ก

2563


ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2553

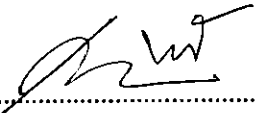


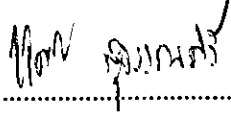
ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ สัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย
ผู้ดำเนินโครงการ นายสมโภชน์ ปานก๊อด รหัส 50362535
 นายวุฒิพงษ์ เกียะเป็ง รหัส 50364836
ที่ปรึกษาโครงการ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า


.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์)


.....กรรมการ
(ดร. สุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)


.....กรรมการ
(ดร. แคทรียา สุวรรณศรี)

ชื่อหัวข้อโครงการงาน	สัญญาณไฟักระพริบปลัังแสงอาทิตย์แบบต่อกััระบบจำหน่ย	
ผู้ดำเนินโครงการงาน	นายสม โภชน์ ป่านกััด	รหัส 50362535
	นายวุฒิพงษ์ เกียะเปิง	รหัส 50364836
ที่ปรึกษาโครงการงาน	คร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอรื	
ปีการศึกษา	2553	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างสัญญาณไฟักระพริบปลัังแสงอาทิตย์ที่สามารถรับปลัังงาน ได้ทั้งจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และจากการไฟฟ้าฯ แนวคิดในการดำเนินโครงการงานนี้มาจากการหาทางใช้ประโยชน์จากปลัังงานแสงอาทิตย์เพิ่มมากขึ้นเพื่อลดการใช้ปลัังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil fuels) ซึ่งส่งผลต่อปัญหาภาวะโลกร้อน สัญญาณไฟักระพริบมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางเพื่อความปลอดภัยในการจราจร โดยใช้แจ้งเตือนบริเวณจุดกััดบรรดหรือตามทางแยกให้ผู้ขับขีใช้ความระมัดระวังในการสัญจร เนื่องจากการใช้งานของระบบสัญญาณไฟักระพริบเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สิน ดังนั้นสัญญาณไฟักระพริบที่สร้างขึ้นในโครงการงานนี้จึงเป็นระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกััระบบจำหน่ย (Grid-connected photovoltaic systems) โดยสามารถเลือกรับปลัังงานจากแหล่งกำเนิดได้ 2 แหล่งคือไฟักระแสดรงจากแบตเตอรี่แบบตะกั่วซึ่งได้รับการอัดประจุโดยตรงจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์แรงดันของแบตเตอรี่ถูกป้อนเข้าสู่วงจรทอนระดับแรงดันเพื่อคุมค่าแรงดันคงที่ที่ 5 V ก่อนจ่ายให้กับโหลดหลอดไฟ แต่เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าต่ำกว่า 10 V ระบบจะเลือกรับปลัังงานจากการไฟฟ้าฯ โดยไฟักระแสดับ 220 V 50 Hz จะถูกเปลี่ยนเป็นไฟักระแสดรง 16.5 V ด้วยตัวเรียงกระแสที่มีตัวกรองแบบตัวเก็บประจุ ก่อนส่งผ่านวงจรทอนระดับแรงดันอีกชุดหนึ่งเพื่อคุมค่าแรงดันคงที่ที่ 5 V ก่อนจ่ายให้กับโหลดหลอดไฟและไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งควบคุมการกระพริบของหลอดไฟ

Project title Grid-connected PV Traffic Flashing Light

Name Mr. Sompoch Panklad ID. 50362535

 Mr. Wuttipong Kiaperng ID. 50364836

Project advisor Mr. Niphat Jantharamin, Ph.D.

Major Electrical Engineering

Department Electrical and Computer Engineering

Academic year 2010

Abstract

This thesis presents design and construction of a traffic flashing light that can be powered by either solar energy or utility grid. The idea of carrying out this project arose from a glowing realization of current global energy situation and environmental problems. These issues encourage an increase in solar energy use and therefore fossil fuel consumption, which causes global warming, can be reduced. The flashing lights have been widely used for road safety especially at U-turns and intersections. Since the role of the traffic flashing light relates to safety of lives and property, a configuration of grid-connected photovoltaic system is adopted in this project in order to increase the system reliability. The load is made of 169 light-emitting diodes (LEDs) connected in parallel and can be supplied by either of two energy sources, namely a 12 V lead-acid battery and the utility grid, which can be selected during operation. The battery is directly charged by a solar panel and powers the load via a step-down regulator that maintains its output voltage at 5 V under no-load condition. As the battery voltage drops to 10 V, the load consumes electricity from the grid. The 220 V 50 Hz ac signal is converted into 16.5 V dc power by a bridge rectifier with a capacitive output filter. The rectifier output is connected to another step-down regulator in order to obtain a dc 5 V before feeding the load and a microcontroller which dictates the flashing of the LEDs.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และให้ความกรุณาในการตรวจทานปริญญาานิพนธ์ คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านไว้ตลอดไป

ขอขอบคุณคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับคณะผู้ดำเนินงาน

ขอขอบคุณคุณพลวัฒน์ ทองบัวบาน ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับอุปกรณ์และการแก้ไขปัญหาต่างๆในระหว่างดำเนินโครงการ

ขอขอบคุณคุณทองสุข มิตต์สสา ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานสัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายตามมาตรฐานกรมทางหลวง

นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่ให้ยืมอุปกรณ์และเครื่องมือวัดมาใช้งาน จนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ผู้มอบความรักความเมตตา สติปัญญา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จนถึงปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจทำให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบคุณทุกคน ในครอบครัวของคณะผู้ดำเนินโครงการที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายสมโภชน์ ปานกลัด

นายวุฒิพงษ์ เกื้อเป็ง

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของ โครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของ โครงการ.....	3
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	3
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ.....	5
1.6 งบประมาณ.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 เซลล์แสงอาทิตย์.....	6
2.1.1 ความเป็นมาและหลักการทำงาน.....	6
2.1.2 โครงสร้างและหลักการทำงานพื้นฐาน.....	6
2.1.3 วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ในอุดมคติ.....	7
2.1.4 วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์จริง.....	8
2.1.5 เส้นโค้งคุณลักษณะกระแส-แรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	9
2.1.6 ผลของความเข้มแสงต่อคุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	11
2.1.7 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ใน โครงการ.....	12
2.2 แบตเตอรี่.....	13
2.2.1 คุณลักษณะของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว.....	13
2.2.2 ประเภทของแบตเตอรี่แบบตะกั่วแบบแห้ง.....	14

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.3 การอัดประจุแบตเตอรี่แบบตะกั่วแบบแห้ง.....	15
2.2.4 ปฏิกริยาทางเคมีในแบตเตอรี่แบบตะกั่ว.....	16
2.2.5 อัตราการคายประจุ.....	17
2.2.6 อุณหภูมิกับอายุการใช้งาน.....	20
2.2.7 การคายประจุตัวเอง.....	20
2.3 วงจรทอนระดับแรงดัน.....	21
2.3.1 โครงสร้างของวงจรทอนระดับแรงดัน.....	21
2.3.2 หลักการทำงานของวงจรทอนระดับแรงดัน.....	22
2.3.3 การหาอัตราขยายของแรงดัน.....	24
2.3.4 ค่าความพลั่วของแรงดันด้านออก.....	24
2.4 ตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์.....	27
2.4.1 โครงสร้างของตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์.....	27
2.4.2 หลักการทำงานของตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์.....	27
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	29
2.5.1 คุณสมบัติของแผงไมโครคอนโทรลเลอร์ หมายเลข AT89C51AC3.....	29
บทที่ 3 การสร้างสัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์.....	31
3.1 โครงสร้างของระบบให้สัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์.....	31
3.2 การสร้างโหนดไฟกระพริบ.....	32
3.2.1 โครงสร้างของโหนดไฟกระพริบ.....	32
3.2.2 หลักการทำงานของโหนดไฟกระพริบ.....	35
3.3 ชุดวงจรจ่ายไฟจากแบตเตอรี่.....	35
3.4 ชุดวงจรจ่ายไฟจากการไฟฟ้า.....	36
3.4.1 การสร้างวงจรทอนระดับแรงดันเพื่อรับไฟจากแบตเตอรี่และการไฟฟ้า.....	36
3.5 การสร้างวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ.....	37
3.5.1 โครงสร้างวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ.....	37
3.5.2 หลักการทำงานของวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ.....	39
3.6 การสร้างสัญญาณไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมโหนดไฟกระพริบ.....	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	40
4.1 การทดสอบการคุมค่าแรงดันของวงจรทอนระดับแรงดัน	40
4.2 การทดสอบการทำงานของวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ	42
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	46
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ	46
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	46
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป	47
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก ก รหัสต้นฉบับที่ใช้สร้างสัญญาณไฟกระพริบ	49
ภาคผนวก ข มาตรฐานไฟกระพริบของกรมทางหลวง	51
ภาคผนวก ค รายละเอียดของไอซีหมายเลข LM2576	54
ภาคผนวก ง รายละเอียดของหลอดแอลอีดี	61
ภาคผนวก จ รายละเอียดไอซีหมายเลข LM358	64
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	69

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 การทำงานของวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ.....	45



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	โครงสร้างทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิกอน 7
2.2	วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ในอุดมคติที่ต่อกับภาระ 8
2.3	วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์จริงที่ต่อกับภาระ 8
2.4	เส้นโค้งคุณลักษณะกระแส-แรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 10
2.5	ตัวอย่างเส้นโค้งคุณลักษณะกำลัง-แรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 10
2.6	ผลของความเข้มแสงต่อเส้นโค้งคุณลักษณะกระแส-แรงดัน 11
2.7	ผลของความเข้มแสงต่อเส้นโค้งคุณลักษณะกำลัง-แรงดัน 12
2.8	กราฟคุณลักษณะแรงดัน-กระแส และแรงดัน-กำลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 13
2.9	โครงสร้างภายในของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว [6] 14
2.10	การเกิดปฏิกิริยาภายในแบตเตอรี่เมื่อคายประจุ 16
2.11	การคายประจุของแบตเตอรี่ 17
2.12	การเกิดปฏิกิริยาภายในแบตเตอรี่เมื่อคายประจุ 17
2.13	กราฟคุณลักษณะการคายประจุของแบตเตอรี่ NP4-12 19
2.14	อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ [5] 19
2.15	แผนภาพวงจรทอนระดับแรงดัน 21
2.16	วงจรสมมูลของวงจรทอนระดับแรงดันเมื่อสวิตช์นำกระแส 22
2.17	วงจรสมมูลของวงจรทอนระดับแรงดันเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส 23
2.18	รูปคลื่นของกระแสและความพลั่วของแรงดันตัวเก็บประจุ 25
2.19	ตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ [4] 27
2.20	แสดงการทำงานของตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ช่วงครึ่งบวก [4] 27
2.21	แสดงการทำงานของตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ช่วงครึ่งลบ [4] 28
2.22	รูปคลื่น V_{out} เปรียบเทียบกับ V_{in} ของตัวเรียงกระแสแบบบริดจ์ [4] 28
2.23	ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข AT89C51AC3 29
3.1	แผนภาพกรอบของระบบสัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์ 32
3.2	รูปแบบโหนดไฟกระพริบแบบต่างๆ 33
3.3	โครงสร้างด้านหน้าของโหนดไฟกระพริบ 34
3.4	โครงสร้างด้านหลังของโหนดไฟกระพริบ 34
3.5	แผนภาพของชุดวงจรจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ 35

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 แผนภาพวงจรทอนระดับแรงดัน.....	36
3.7 แผนภาพของชุดวงจรจ่ายไฟจากการไฟฟ้า.....	36
3.8 วงทอนระดับแรงดันเพื่อรับไฟจากเบตเตอรี่และการไฟฟ้า.....	37
3.9 โครงสร้างของวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ.....	38
3.10 วงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ.....	38
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้าและด้านออกของวงจรทอนระดับแรงดัน.....	41
4.2 แรงดันด้านออกของชุดวงจรจ่ายไฟจากการไฟฟ้า ในสถานะชั่วคราว.....	41
4.3 แรงดันด้านออกของชุดวงจรจ่ายไฟจากเบตเตอรี่ในสถานะชั่วคราว.....	42
4.4 ระบบของวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ.....	43
4.5 แรงดันตกคร่อมขดลวดของรีเลย์ขณะหน้าสัมผัสเปลี่ยนสถานะ.....	43
4.6 แรงดันตกคร่อมขดลวดของรีเลย์ขณะหน้าสัมผัสกลับสู่ตำแหน่งเดิม.....	44

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

สัญญาไฟฟ้ะพริบมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางเพื่อความปลอดภัยในการจราจร โดยใช้แฉ้งเดือนบริเวณจุดกลับรถหรือตามทางแยกให้ผู้ขับข้้ใช้ความระมัดระวังในการสัญจร เนื่องจากการใช้งานของระบบสัญญาไฟฟ้ะพริบเกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สิน ระบบจึงต้องมีความเชื่อถือได้สูง ดังนั้น โคมไฟฟ้ะพริบโดยทั่วไปจึงรับพลังงานจากการไฟฟ้ะฯ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ผลิตจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil fuels) อาทิ ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม ความต้องการใช้พลังงานดังกล่าวมีค่าสูงขึ้นทุกปี ทำให้เกิดความกังวลในเรื่องปริมาณแหล่งพลังงานสำรองที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้การใช้พลังงานดังกล่าวยังเพิ่มการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gasses) โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศและส่งผลกระทบต่อปัญหาโลกร้อน (Global warming) ดังนั้นเพื่อลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานจากการใช้พลังงานฟอสซิลอย่างสิ้นเปลืองและลดปัญหาโลกร้อน จึงมีการหาพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) อันได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar energy) พลังงานลม (Wind energy) พลังงานชีวมวล (Biomass energy) พลังงานน้ำ (Hydropower) พลังงานความร้อนใต้พิภพ (Geothermal energy) พลังงานคลื่น (Wave energy) จากกระแสน้ำในทะเลหรือมหาสมุทร เป็นต้น มาเป็นทางเลือกใหม่เพื่อทดแทนพลังงานที่ใช้กันอยู่

พลังงานแสงอาทิตย์มีข้อดีเหนือกว่าพลังงานหมุนเวียนรูปแบบอื่น คือทุกพื้นที่บนพื้นโลกสามารถได้รับแสงอาทิตย์ จึงไม่มีข้อจำกัดทางด้านที่ตั้งในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งาน เราสามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตกระแสไฟฟ้าโดยตรงด้วยกระบวนการโฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic effect) โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cells) ในปัจจุบันได้มีการออกแบบสัญญาไฟฟ้ะพริบโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ทำให้ไม่ต้องเดินสายไฟจากการไฟฟ้ะฯ ผสมผสานเข้ากับการใช้หลอดแอลอีดี (LED) ทำให้สามารถมองเห็นสัญญาไฟฟ้ะได้จากระยะไกล นอกจากนี้ยังกินไฟน้อย มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ต้องการการบำรุงรักษาน้อย อย่างไรก็ตามระบบไฟฟ้ะพริบพลังแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นใช้กันในปัจจุบันจัดเป็นระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (Stand-alone photovoltaic systems) นั่นคือไม่ได้เชื่อมต่อกับการไฟฟ้ะฯ (Utility grid) หลักการทำงานของระบบดังกล่าวคือ ในช่วงเวลากลางวันกำลังไฟฟ้ะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar module) ผลิตได้ส่วนหนึ่งถูกจ่ายให้หลอดหลอดไฟแอลอีดี ส่วนที่เหลือจะถูกเก็บสะสมไว้ในแบตเตอรี่ ในช่วงเวลาที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกำลังไฟฟ้ะได้น้อยกว่าที่หลอดต้องการ เช่น ขณะ

ห้องฟาร์มมีเมฆปกคลุม แบตเตอรี่จะคายประจุเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าชดเชยส่วนต่างที่เกิดขึ้น ในช่วงเวลากลางคืนแผงเซลล์อาทิตย์ไม่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ ดังนั้นแบตเตอรี่จึงเป็นแหล่งพลังงานที่จ่ายไฟให้โหนดเพียงลำพัง อย่างไรก็ตาม ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ได้จากระบบดังกล่าวขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเป็นหลัก ในขณะที่โหนดต้องการกำลังไฟฟ้าคงที่ตลอดเวลา ดังนั้นการที่จ่ายกำลังไฟฟ้าซึ่งสร้างจากแผงเซลล์อาทิตย์รวมทั้งพลังงานสะสมในแบตเตอรี่มีค่าไม่เพียงพอกับที่โหนดต้องการจึงมีโอกาสเกิดขึ้นบ่อย ส่งผลให้ระบบมีความเชื่อถือได้ (Reliability) ต่ำ การเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบอาจทำได้โดยการเพิ่มขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่ แต่ก็จะทำให้ระบบมีต้นทุนสูงขึ้นและมีขนาดใหญ่

ในโครงการนี้ได้ออกแบบและสร้างสัญญาณไฟกระพริบที่ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลด้วยการส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียน ในขณะเดียวกันระบบที่สร้างขึ้นยังสามารถรับพลังงานจากการไฟฟ้าฯ เพื่อเพิ่มความเชื่อถือได้ของการจ่ายพลังงานให้กับโหนด โครงสร้างของระบบดังกล่าวจัดเป็นระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (Grid-connected photovoltaic systems) อย่างไรก็ตามเนื่องจากแผงเซลล์อาทิตย์รุ่น STP010S-12/kb ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ให้ยืมเพื่อใช้ในการดำเนินโครงการนั้นจ่ายกำลังสูงสุด 10 W และมีคุณลักษณะจ่ายแรงดันสูง (แรงดันสูงสุด 21.6 V) แต่ให้กระแสต่ำ (กระแสสูงสุด 0.66 A) ซึ่งจากการวิเคราะห์การทำงานเบื้องต้นของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังกล่าวพบว่าไม่เหมาะสมที่จะใช้จ่ายโหนดไฟกระพริบซึ่งต้องการแรงดันต่ำ (5 V) แต่กระแสสูง (3 A) ซึ่งแตกต่างจากค่าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายได้หลายเท่า แม้การเชื่อมต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังกล่าวผ่านวงจรทอนระดับแรงดัน (Step-down converter) เพื่อลดแรงดันและเพิ่มกระแสที่จ่ายให้กับโหนดไฟกระพริบ แต่ด้วยคุณลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้นระหว่างแรงดันและกระแสด้านออกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จึงทำให้ระบบไม่สามารถจ่ายกระแสเพียงพอสำหรับขับโหนดได้

ด้วยคุณลักษณะและข้อจำกัดของอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการดังกล่าวมาข้างต้น ผู้ดำเนินโครงการจึงแก้ปัญหาโดยใช้แบตเตอรี่ต่อเชื่อมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อรับการอัดประจุก่อนจ่ายพลังงานให้โหนดผ่านวงจรทอนระดับแรงดัน โดยในที่นี้ได้เลือกใช้แบตเตอรี่แบบตะกั่ว (Lead-acid battery) เพราะราคาถูก หาซื้อได้ง่าย แรงดันต่อเซลล์ (Volt per cell) สูง และมีประสิทธิภาพสูง จึงเป็นนิยมนำใช้กันมากที่สุด และเนื่องจากคุณลักษณะแรงดันและกระแสของแผงเซลล์อาทิตย์ดังกล่าวเหมาะสมกับการอัดประจุแบตเตอรี่แบบตะกั่ว 12 V จึงใช้การเชื่อมต่อโดยตรง (Direct coupling) ทำให้ลดความยุ่งยากของโครงสร้างในระบบ การทำงานของ “ระบบสัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย” ที่พัฒนาขึ้นในโครงการนี้จะใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่ออัดประจุแบตเตอรี่ในช่วงเวลากลางวันในขณะที่โหนดไฟกระพริบรับ

พลังงานจากการไฟฟ้าฯ ส่วนในช่วงเวลากลางคืน โหลดได้รับพลังงานจากแบตเตอรี่ แต่เมื่อใดก็ตามที่แบตเตอรี่ไม่สามารถจ่ายพลังงานเพียงพอให้กับโหลดได้ ระบบจะควบคุมให้โหลดได้พลังงานจากการไฟฟ้าฯ ทันที

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อสร้างระบบสัญญาณไฟกระพริบสำหรับการจราจร โดยสามารถใช้กับไฟกระแอสลับของการไฟฟ้าฯ รวมทั้งไฟกระแสดังจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ผ่านแบตเตอรี่

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1) สร้างโหลดไฟกระพริบจากหลอดไฟแอลอีดีตามมาตรฐานกรมทางหลวง
- 2) ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สร้างสัญญาณควบคุมการกระพริบของหลอดไฟแอลอีดี
- 3) สร้างวงจรทอนระดับแรงดันเพื่อควบคุมการจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ให้กับโหลดไฟกระพริบ
- 4) สร้างวงจรควบคุมการจ่ายไฟจากการไฟฟ้าฯ ให้กับโหลดไฟกระพริบ
- 5) สร้างวงจรควบคุมเพื่อเลือกระหว่างแบตเตอรี่กับการไฟฟ้าฯ ในการจ่ายไฟให้กับโหลดไฟกระพริบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

สัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นนี้สามารถนำไปติดตั้งในบริเวณทางแยกที่มีคหรือเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อเตือนให้ผู้ใช้รถใช้ถนนมีความระมัดระวังในการขับขี่ จึงลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุและความสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุลงบนท้องถนนได้ นอกจากนี้ยังช่วยลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil fuels) ให้น้อยลง ส่งผลให้ลดมลพิษทางอากาศได้อีกทางหนึ่ง

1.6 งบประมาณ

1) โหลดไฟกระพริบ	600 บาท
2) วงจรทอนระดับแรงดัน	500 บาท
3) วงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ	500 บาท
4) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญาบัตร	700 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สองพันสามร้อยบาทถ้วน)	<u>2,300 บาท</u>
หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ	

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

สัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์นั้นจะรับพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยพลังงานที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะอัดประจุลงในแบตเตอรี่แล้วส่งผ่านวงจรทอนระดับแรงดัน เพื่อให้ได้ระดับแรงดันคงที่ และเมื่อพลังงานในแบตเตอรี่ที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่เพียงพอที่จะจ่ายให้กับโหลด ระบบก็จะเปลี่ยนไปรับพลังงานจากการไฟฟ้า โดยใช้ตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เปลี่ยนจากไฟกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรง แล้วส่งผ่านวงจรทอนระดับแรงดันเพื่อจ่ายให้กับโหลดและจ่ายเป็นไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับส่วนประกอบหลักของระบบสัญญาณไฟกระพริบที่สร้างขึ้น นั่นคือ เซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่ วงจรทอนระดับแรงดัน ตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ วงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ และไมโครคอนโทรลเลอร์

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์

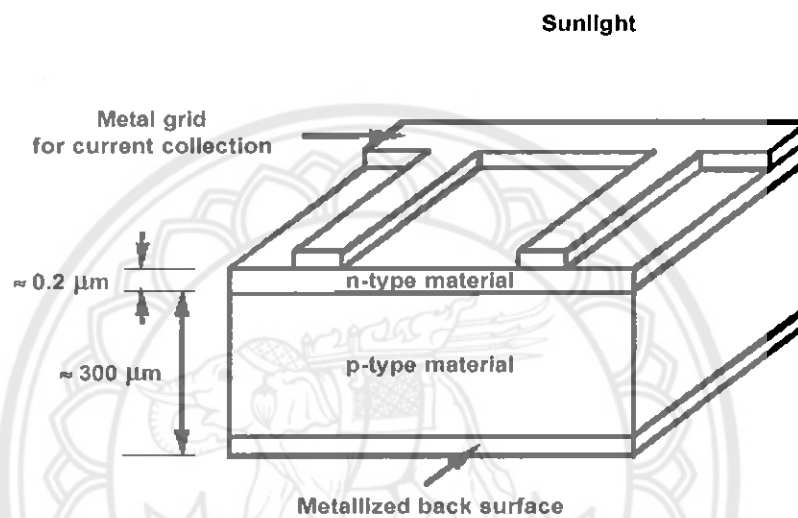
2.1.1 ความเป็นมาและหลักการทำงาน

เซลล์แสงอาทิตย์ถูกสร้างขึ้นมาครั้งแรกในปี พ.ศ. 2497 (ค.ศ. 1954) โดย แชปปีน (Chapin) ฟูลเลอร์ (Fuller) และเพียร์สัน (Pearson) แห่งเบลล์เทเลโฟน (Bell Telephone) ซึ่งค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อพี-เอ็น (p-n junction) โดยวิธีการแพร่สารเข้าไปในผลึกของซิลิกอนจนได้เซลล์แสงอาทิตย์ชิ้นแรกของโลกซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 6% ในระยะแรกเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับโครงการด้านอวกาศ ดาวเทียม โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า แต่หลังจากเกิดวิกฤตการณ์น้ำมันในปี พ.ศ. 2516 (ค.ศ. 1973) จึงได้มีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้กับงานบนพื้นโลกมากขึ้นตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา

2.1.2 โครงสร้างและหลักการทำงานพื้นฐาน

การเปลี่ยนพลังงานการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง สามารถเป็นจริงได้ด้วยปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic effect) โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ คำว่า "Photovoltaic" มักจะถูกเขียนย่อด้วย "PV" พลังงานการแผ่รังสีถูกส่งผ่านโดยตรงไปยังอิเล็กตรอนในเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยกระบวนการโฟโตอิเล็กทริก (Photoeffect) ด้วยปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก จะมีแรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นอันเป็นผลมาจากการดูดกลืนพลังงานที่มากกระตุ้น

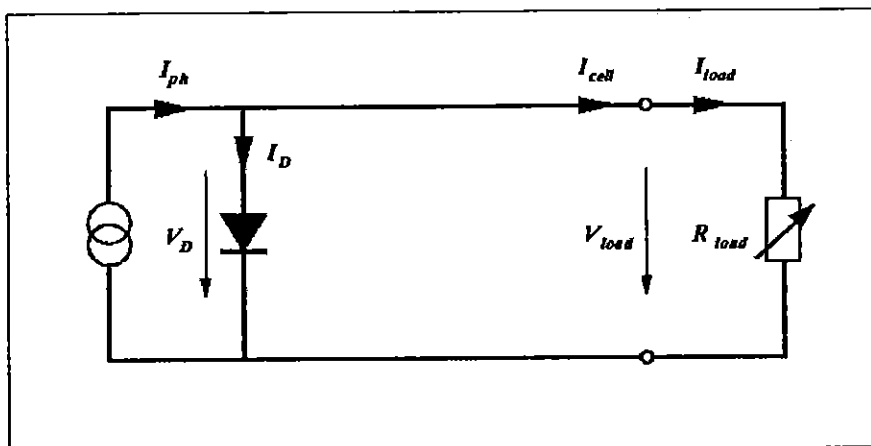
วัตถุประสงค์พื้นฐานของเซลล์แสงอาทิตย์เกือบทั้งหมดที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันคือ ซิลิกอน โครงสร้างทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิกอนถูกแสดงอย่างคร่าวๆ ได้ดังรูปที่ 2.1 เวเฟอร์ซิลิกอนหนาประมาณ 300 μm ประกอบด้วย 2 ชั้นที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าแตกต่างกัน ซึ่งส่วนมากถูกเจือด้วยโบรอนและฟอสฟอรัส ผิวด้านหลังของเซลล์ทำจากโลหะทั้งหมดเพื่อรวบรวมประจุ ในขณะที่ด้านหน้าซึ่งเป็นส่วนรับแสงที่จะมาตกกระทบ จะใช้เพียงกริดโลหะ 1 ชั้น เพื่อให้แสงผ่านเข้าสู่เซลล์ได้มากที่สุด โดยปกติผิวของเซลล์จะถูกเคลือบด้วยสารด้านการสะท้อน (Antireflection coating) เพื่อลดความสูญเสียที่จะเกิดจากการสะท้อนให้เหลือน้อยที่สุด



รูปที่ 2.1 โครงสร้างทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิกอน

2.1.3 วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ในอุดมคติ

อย่างที่ได้อธิบายมาแล้วข้างต้น เซลล์อาทิตย์ที่ถูกแสงจะสร้างประจุพาหะอิสระ ซึ่งทำให้เกิดกระแสไหลผ่านภาระ (Load) ที่ต่ออยู่ ปริมาณประจุพาหะอิสระที่เกิดขึ้นแปรผันตามค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบ เช่นเดียวกับกระแสโฟโต้ (I_{ph}) ซึ่งเกิดขึ้นภายในเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นเซลล์อาทิตย์ในอุดมคติจึงสามารถถูกแสดงด้วยวงจรสมมูลอย่างง่ายในรูปที่ 2.2 ซึ่งประกอบด้วยไดโอดที่เกิดขึ้นจากรอยต่อพีเอ็นและแหล่งจ่ายกระแสโฟโต้ ที่มีค่ากระแสขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์ ตัวต้านทานปรับค่าได้ถูกต่อเป็นภาระของเซลล์แสงอาทิตย์



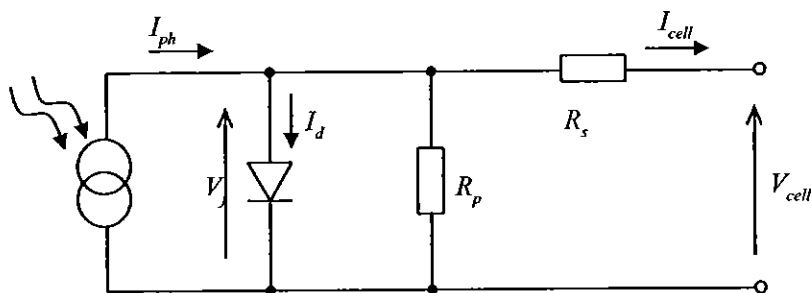
รูปที่ 2.2 วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ในอุดมคติที่ต่อกับภาระ

กระแสด้านออกของเซลล์แสงอาทิตย์ในอุดมคติที่ถูกแสงสามารถอธิบายด้วยสมการต่อไปนี้

$$I_{cell} = I_{ph} - I_D = I_{ph} - I_D \cdot \left[e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right] \quad (2.1)$$

2.1.4 วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์จริง

ในสภาพความเป็นจริง เนื้อสารกึ่งตัวนำและหน้าสัมผัสโลหะของเซลล์แสงอาทิตย์ก่อให้เกิดค่าความต้านทานอนุกรม R_s (Parasitic series resistance) ในวงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ ในขณะที่กระแสรั่วรอบๆขอบของเซลล์ซึ่งเกิดจากความไม่สมบูรณ์ในผิวของเซลล์และตำหนิที่เกิดจากการเชื่อมต่อน้ำสัมผัสก่อให้เกิดค่าความต้านทานขนาน R_p (Parasitic parallel resistance) ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์จริงที่ต่อกับภาระ

กระแสที่ไหลผ่านไดโอดในรูปที่ 2.3 สามารถอธิบายด้วยสมการไดโอดต่อไปนี้

$$I_d = I_o \left[\exp\left(\frac{qV_j}{AkT_{cell}}\right) - 1 \right] \quad (2.2)$$

โดยที่	I_o	คือ กระแสอิ่มตัวย้อนกลับ (Reverse saturation current)
	Q	คือ ประจุของอิเล็กตรอน
	V_j	คือ แรงดัน ไฟฟ้าที่ตกคร่อมรอยต่อพีเอ็น
	K	คือ ค่าคงที่ของโบลท์ซมันน์
	T_{cell}	คือ อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ ในหน่วยเคลวิน
	A	คือ ค่าความสมบูรณ์ของรอยต่อพีเอ็น

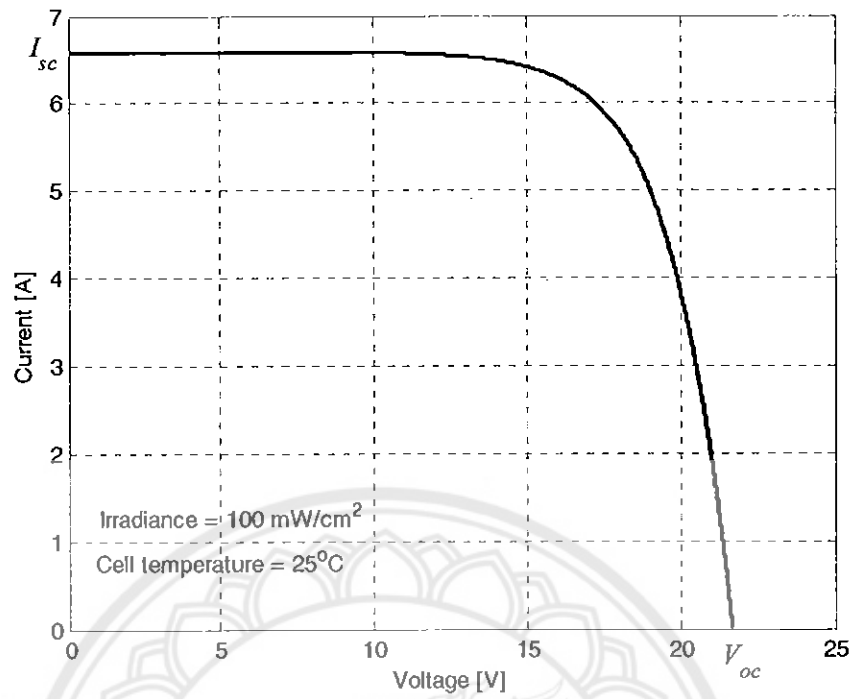
เราสามารถเขียนสมการของกระแสของเซลล์แสงอาทิตย์ I_{cell} ได้ดังนี้

$$I_{cell} = I_{ph} - I_o \left[\exp\left\{\frac{q}{AkT_{cell}}(V_{cell} + R_s I_{cell})\right\} - 1 \right] - \left(\frac{V_{cell} + R_s I_{cell}}{R_p}\right) \quad (2.3)$$

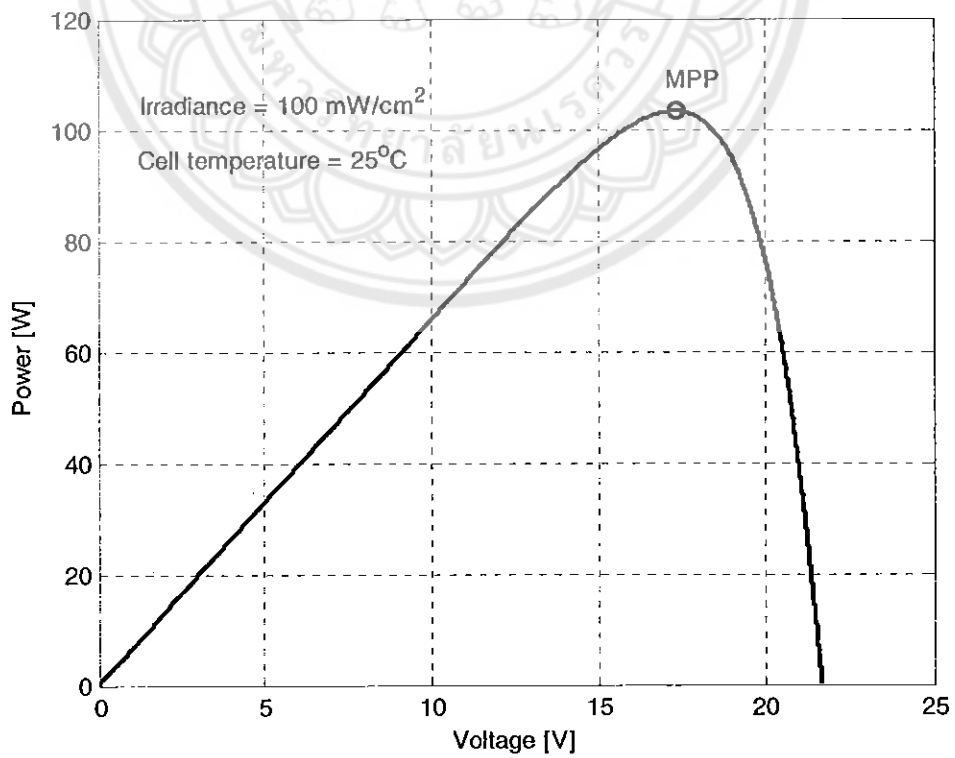
2.1.5 เส้นโค้งคุณลักษณะกระแส-แรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ลักษณะเส้น โค้งคุณลักษณะกระแส-แรงดันของแผงเซลล์อาทิตย์หนึ่งๆสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.4

ภายใต้สภาพอากาศหนึ่งๆแผงเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายกำลังด้านออกสูงสุดเมื่อทำงานที่จุดกำลังสูงสุด โดยเราสามารถคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าของแผงได้จากผลคูณของกระแสและแรงดันของแผงจากรูปที่ 2.4 เราสามารถสร้างเส้น โค้งคุณลักษณะกำลัง-แรงดันของแผงได้ดังรูปที่ 2.5 แผงเซลล์แสงอาทิตย์สร้างกระแสสูงสุดเท่ากับค่ากระแสลัดวงจร (Short-circuit current, I_{sc}) เมื่อแรงดันของแผงมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งที่จุดนี้จะ ไม่มีกำลังด้านออกเนื่องจากผลคูณของกระแสกับแรงดันมีค่าเท่ากับศูนย์ ในทางกลับกัน ค่ากระแสด้านออกของแผงมีค่าเป็นศูนย์เมื่อแรงดันของแผงมีค่าเท่ากับแรงดันเปิดวงจร (Open-circuit voltage, V_{oc}) ทำให้กำลังด้านออกมีค่าเป็นศูนย์เช่นกัน อย่างไรก็ตามระหว่างจุดทั้งสองดังกล่าว กำลังด้านออกของแผงมีค่ามากกว่าศูนย์ จากรูปที่ 2.5 จุดกำลังสูงสุดแสดงด้วยวงกลมเล็ก



รูปที่ 2.4 เส้นโค้งคุณลักษณะกระแส-แรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างเส้นโค้งคุณลักษณะกำลัง-แรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

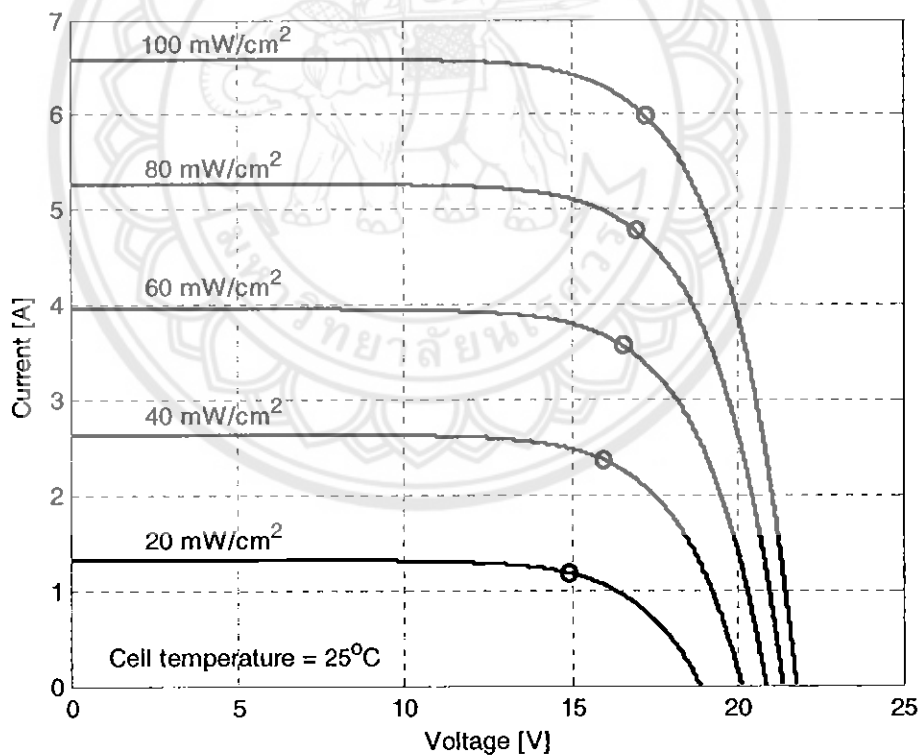
2.1.6 ผลของความเข้มแสงต่อคุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เส้นโค้งคุณลักษณะกระแส-แรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ระดับความเข้มแสงต่าง ๆ กัน แสดงได้ดังรูปที่ 2.6 กระแสโฟโต้เปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้นกับค่าความเข้มแสงเมื่ออุณหภูมิของเซลล์คงที่ ดังนั้นค่ากระแสลัดวงจรจึงแปรผันตรงกับค่าความเข้มแสง

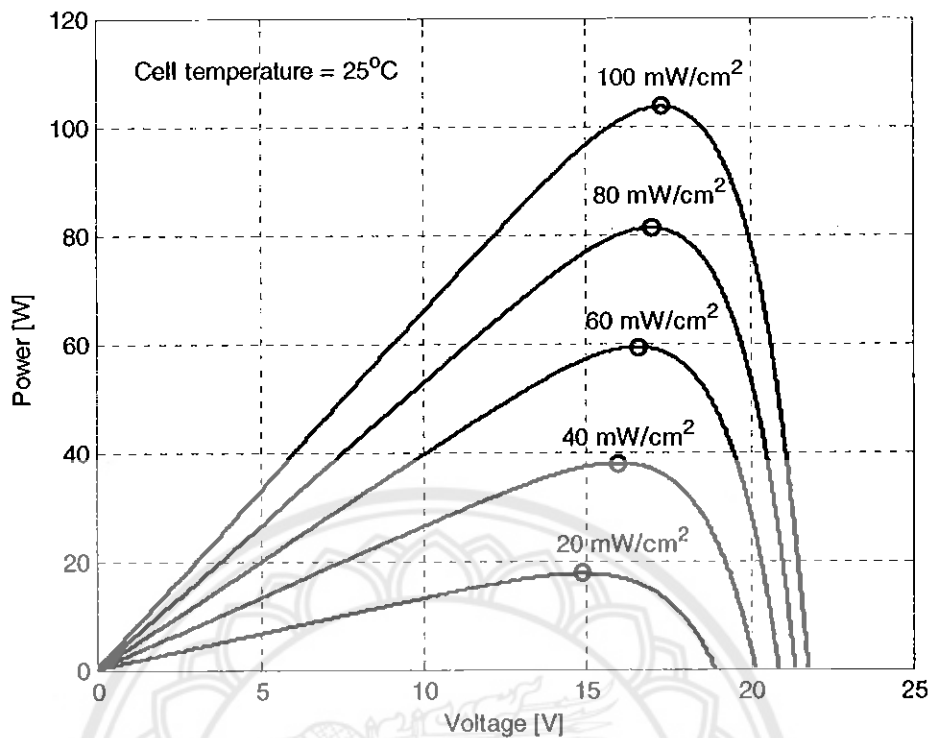
ภายใต้เงื่อนไขการเปิดวงจร (เมื่อไม่พิจารณาค่าความต้านทานขนาน)

$$V_{oc} = \frac{n_s A k T_{cell}}{q} \ln \left(\frac{I_{ph}}{I_o} + 1 \right) \quad (2.4)$$

สมการที่ (2.4) แสดงให้เห็นว่าในกรณีที่กระแสโฟโต้ แปรผันตรงกับค่าความเข้มแสง แรงดันเปิดวงจรจะแปรผันเป็นฟังก์ชันลอการิทึม เส้นโค้งคุณลักษณะกำลัง-แรงดันที่สัมพันธ์กับรูปที่ 2.6 แสดงได้ดังรูปที่ 2.7 โดยจะเห็นว่ากำลังด้านออกของแผงมีค่าลดลงตามความเข้มแสง



รูปที่ 2.6 ผลของความเข้มแสงต่อเส้นโค้งคุณลักษณะกระแส-แรงดัน



รูปที่ 2.7 ผลของความเข้มแสงต่อเส้นโค้งคุณลักษณะกำลัง-แรงดัน

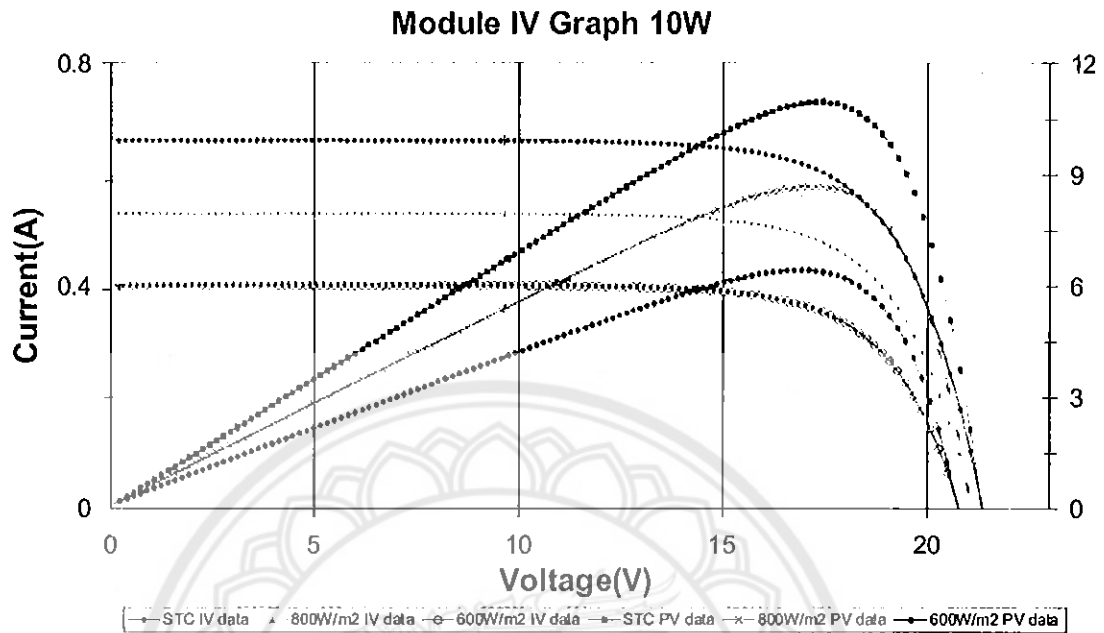
2.1.7 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในโครงการ

เราใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ของ Suntech รุ่น STP010S-12/kb มีคุณสมบัติดังนี้ คือ

Cell:	Mono Crystalline Silicon
Dimension (mm):	310×366×18
Weight:	1.5 kg
No. of cells and connections	36 (4×9)
Open circuit voltage	21.6 V
Optimum operating voltage	17.2 V
Short circuit current	0.66 A
Optimum operating current	0.58 A
Maximum power at STC	10 Wp
Operating temperature	-40 to +80°C
Maximum system voltage	715 VDC

หมายเหตุ STC: Irradiance 1000W/m², Module temperature 25°C, AM 1.5

กราฟคุณลักษณะแรงดัน-กระแส รวมทั้งกราฟคุณลักษณะกำลัง-แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รุ่น STP010S-12/kb แสดงได้รูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 กราฟคุณลักษณะแรงดัน-กระแส และแรงดัน-กำลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

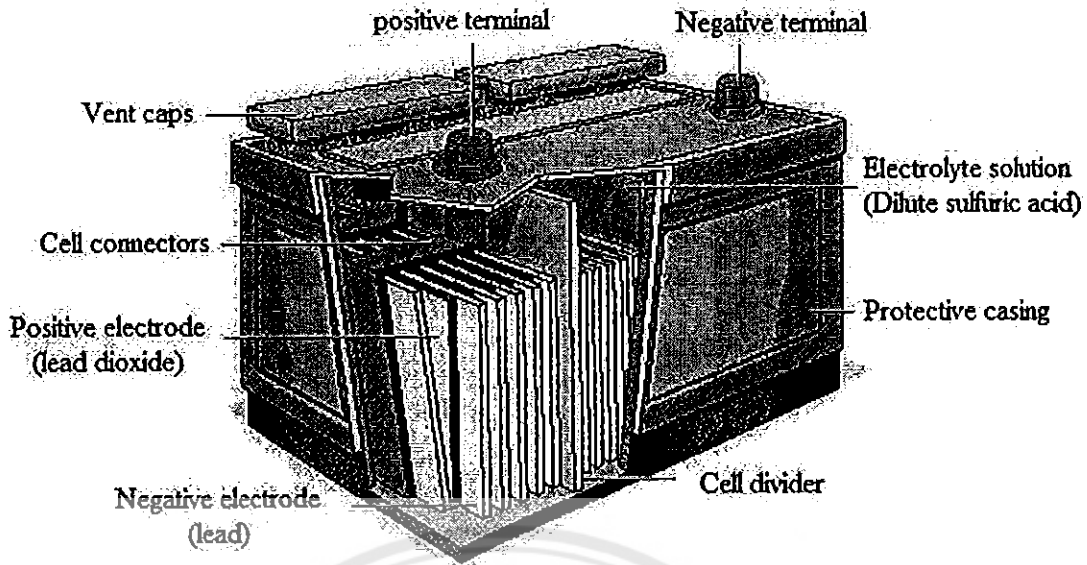
2.2 แบตเตอรี่

ในโครงการนี้เราเลือกใช้แบตเตอรี่แบบตะกั่ว (Lead-acid batteries) เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย และมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้เก็บพลังงานไว้เพื่อจะนำมาจ่ายให้โหลดไฟกระพริบในเวลากลางคืน

2.2.1 คุณลักษณะของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว

แบตเตอรี่ที่ใช้กับระบบสัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์จะเป็นชนิดแห้ง มีข้อดีคือน้ำหนักเบา บำรุงรักษาง่าย และขนาดไม่ใหญ่มาก ส่วนข้อเสียคือราคาแพง ประสิทธิภาพต่ำกว่า และอายุการใช้งานสั้นกว่าเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่แบบตะกั่วที่มีพิกัดเท่ากัน ซึ่งเป็นชนิดของแบตเตอรี่ที่ใช้ในโครงการนี้

แบตเตอรี่แบบตะกั่วมีคุณสมบัติเด่นคือ ราคาถูก ประสิทธิภาพสูง มีแรงดันต่อเซลล์สูง (จึงให้พลังงานไฟฟ้าสูง) ดูแลรักษาง่าย และหาซื้อได้ทั่วไป ส่วนประกอบของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว [5] แสดงได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 โครงสร้างภายในของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว [6]

2.2.2 ประเภทของแบตเตอรี่แบบตะกั่วแบบแห้ง

แบตเตอรี่แบบแห้งจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือประเภทที่ใช้เจลเป็นวัสดุอุดขั้วกรดเรียกว่า แบตเตอรี่แบบเจล (Gel battery or Gel cell) และประเภทที่ใช้แผ่นซีลิกาไฟเบอร์เป็นตัวอุดขั้วกรด เรียกว่า แบตเตอรี่แบบเอจีเอ็ม (Absorption Glass Mat battery หรือ AGM battery) ซึ่งลักษณะการแบ่งประเภทแบบนี้เป็นการแบ่งตามลักษณะ โครงสร้างทางกายภาพ ของแบตเตอรี่แต่การแบ่งประเภทของแบตเตอรี่แบบตะกั่วยังแบ่งได้อีกลักษณะหนึ่งคือ การแบ่งประเภทตามลักษณะการใช้งาน โดยจะแบ่งเป็นแบตเตอรี่แบบใช้งานทั่วไป หรือแบบที่ใช้สำหรับสตาร์ทเครื่องยนต์แบบคายประจุลึกและแบบลูกผสม

ความแตกต่างระหว่างแบตเตอรี่แบบเจลและแบบ เอจีเอ็มคือแบตเตอรี่แบบเจลจะเป็นแบตเตอรี่ที่แห้งกว่าแบบ เอจีเอ็มถ้าเปลือกนอกของมันแตกจะไม่มีน้ำกรดไหลหรือซึมออกมา แต่สำหรับแบบ เอจีเอ็มจะขั้วน้ำกรดได้ประมาณ 95% ดังนั้นถ้าเปลือกของมันแตกเมื่อน้ำกรดจะไหลออกมา แต่ก็อาจจะมีการซึมออกมาได้บ้างเล็กน้อย

ในปัจจุบันจะนิยมใช้แบตเตอรี่แบบตะกั่วแบบ เอจีเอ็มมากกว่าแบบเจล ส่วนแบบเจลมีการใช้น้อยลงเนื่องจากมีข้อเสียคือ เจลมักจะละลายเมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่ร้อนและถ้าเกิดการอัดประจุเกินขึ้น เจลอาจจะเปลี่ยนรูปเป็นสารเหนียวๆที่เรียกว่า วอยด์ (Void) ไปเกาะติดแน่นอยู่ที่แผ่นธาตุขั้วขวงการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างอิเล็กโทรไลต์และแผ่นธาตุ ทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดลง

แบตเตอรี่ทั้งแบบเอจี้เอ็มและแบบเจลยังแบ่งย่อยออกได้เป็นแบตเตอรี่แบบตะกั่วแบบปิดผนึกหรือเอสแอลเอ (Sealed lead acid type) และแบบปิดผนึกที่มีวาล์วระบายแรงดันหรือวัวร์แอลเอ (Valve-regulated lead acid type) แบตเตอรี่แบบวัวร์แอลเอ นี้จะมีการติดตั้งวาล์วเพื่อใช้ระบายแก๊สในกรณีที่มีความดันภายในเซลล์สูงเกินไป เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสียหาย

2.2.3 การอัดประจุแบตเตอรี่แบบตะกั่วแบบแห้ง

การอัดประจุสำหรับแบตเตอรี่ทั้งแบบเอสแอลเอและวัวร์แอลเอจะต้องไม่อัดประจุเร็วหรือมากจนเกินไป เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแก๊สในขณะอัดประจุนานๆ การอัดประจุนานหรือเร็วเกินไปจะทำให้ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ดูดซับแก๊สที่เกิดขึ้นไม่ทัน ความดันภายในแบตเตอรี่จะสูงขึ้นเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียแก๊สและน้ำออกไปจากตัวแบตเตอรี่ การเสียแก๊สและน้ำออกไปก็เท่ากับว่าแบตเตอรี่ได้สูญเสียอิเล็กโทรไลต์ออกไปจากระบบ เพราะแก๊สและน้ำเป็นส่วนประกอบของอิเล็กโทรไลต์ เมื่อแบตเตอรี่มีปริมาณอิเล็กโทรไลต์น้อยลงจะสูญเสียความสามารถในการเก็บพลังงานไป ทำให้แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์ของแบตเตอรี่หลังจากการอัดประจุไม่สูงเท่าที่ควรจะเป็น และถ้าแบตเตอรี่มีการเสียแก๊สและน้ำบ่อยๆอิเล็กโทรไลต์ภายในเซลล์ก็จะหมดไปทำให้แบตเตอรี่ใช้งานไม่ได้อีก [5]

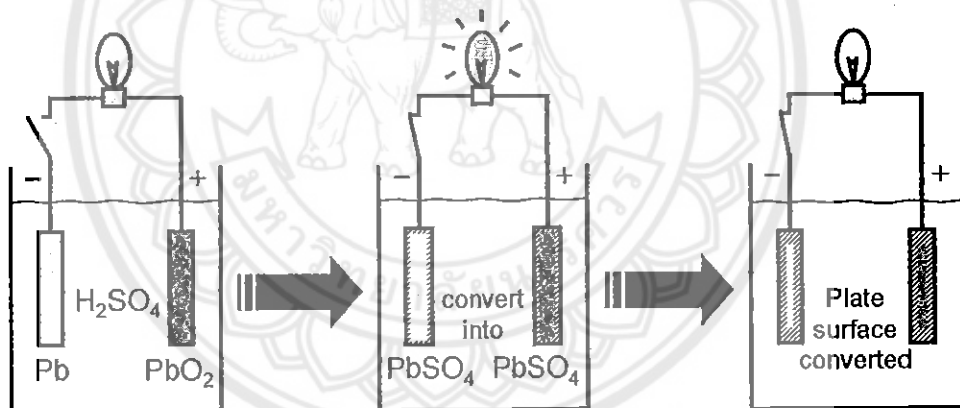
การทิ้งแบตเตอรี่แบบตะกั่วไว้เฉยๆเป็นเวลานานแบตเตอรี่จะคายประจุออกไปเรื่อยๆตัวเอง ถ้าไม่อัดประจุเพื่อเติมประจุให้กับแบตเตอรี่ผลึกของตะกั่วซัลเฟตที่เกิดขึ้นที่แผ่นธาตุลบจะรวมตัวกันแล้วมีขนาดใหญ่ขึ้น ผลึกที่มีขนาดใหญ่จะไปขัดขวางการไหลของกระแสทำให้กระแสไหลได้น้อยลง ส่งผลให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสให้กับโหลดได้น้อยลง นอกจากนี้ผลึกที่มีขนาดใหญ่จะมีเหลี่ยมหรือมุมที่คมและแหลม ในกรณีที่ร้านแรงอาจจะหิมจนแผ่นธาตุทะลุได้ ทำให้แบตเตอรี่เกิดการลัดวงจรขึ้นภายใน เราจะเรียกปรากฏการณ์ที่เกิดผลึกขนาดใหญ่ของตะกั่วซัลเฟตนี้ว่าการเกิดซัลเฟชัน (Sulphation)

การเกิดซัลเฟชันจะยิ่งง่ายขึ้นถ้าทิ้งแบตเตอรี่ไว้โดยที่มันมีประจุเหลืออยู่น้อยหรือไม่เหลืออยู่เลย ดังนั้นจึงควรเก็บแบตเตอรี่ไว้โดยการอัดประจุให้ประจุเต็มอยู่เสมอ โดยอาจจะอัดประจุเติมประจุโดยใช้กระแสต่ำๆไปเรื่อยๆซึ่งเรียกว่าการอัดประจุทริกเกิล (Trickle charge) หรือการอัดประจุโฟลต (Floating charge) ซึ่งการอัดประจุแบบนี้มักจะพบในระบบสำรองไฟฟ้าหรือระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน เพื่อให้แบตเตอรี่มีประจุอยู่เต็มตลอดเวลาเป็นการรักษาแบตเตอรี่ และทำให้แบตเตอรี่พร้อมที่จะจ่ายพลังงานเมื่อระบบไฟฟ้าหลักขัดข้องหรือจ่ายกระแสให้กับระบบไฟส่องสว่างเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินหรือไฟดับ

การอัดประจุแบตเตอรี่แบบตะกั่วโดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 8-16 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับขนาดความจุของแบตเตอรี่) โดยแบตเตอรี่แบบแห้งจะอัดประจุได้ช้ากว่าแบบเปียก เพราะจะต้องลดอัตราการอัดประจุลงเพื่อไม่ให้เกิดแก๊สขึ้นภายในเซลล์มากเกินไป การสะสมของแก๊สจะทำให้ความดันภายในเซลล์สูงขึ้น ทำให้สูญเสียน้ำจากโพลีโพรไพลีนไปจากการระเหยแก๊สหรือน้ำออกทางวาล์วหรืออาจทำให้แบตเตอรี่ถึงขั้นแตกเสียหายได้ถ้าอัดประจุจนทำให้ความดันสูงจนวาล์วระบายความดันไม่ทัน [5]

2.2.4 ปฏิกริยาทางเคมีในแบตเตอรี่แบบตะกั่ว

เราสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในแบตเตอรี่ซึ่งคายประจุแสดงได้ดังรูปที่ 2.10 กำหนดให้แบตเตอรี่อยู่ในสภาพอัดประจุเต็ม (Fully charged condition) ก่อนจะต่อกับโหลด เนื้อสารที่ขั้วลบจะเป็นตะกั่วส่วนขั้วบวกจะเป็นตะกั่วออกไซด์ หลังจากนำโหลดมาต่อแบตเตอรี่จะเริ่มคายประจุโดยเนื้อสารที่ขั้วลบและขั้วบวกจะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำยาอิเล็กโทรไลต์จนกลายเป็นตะกั่วซัลเฟต การคายประจุของแบตเตอรี่จะสิ้นสุดลงเมื่อเนื้อสารทั้งขั้วลบและขั้วบวกกลายเป็นตะกั่วซัลเฟตทั้งหมด

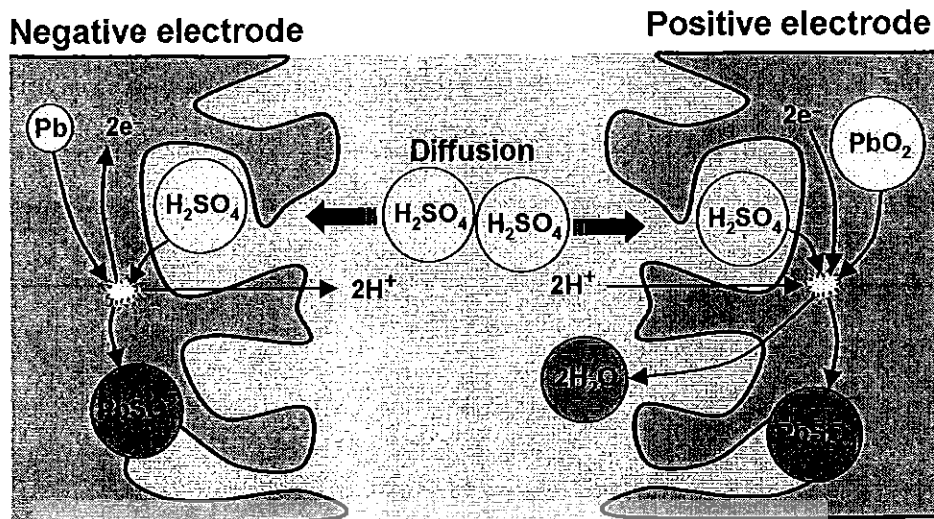


รูปที่ 2.10 การเกิดปฏิกิริยาภายในแบตเตอรี่เมื่อคายประจุ

ในระหว่างที่แบตเตอรี่กำลังคายประจุจะเกิดการไหลของอิเล็กตรอนจากขั้วลบไปยังขั้วบวก ดังแสดงในรูปที่ 2.11 จึงเกิดกระแสไหลผ่านโหลด ซึ่งค่ากระแสที่แบตเตอรี่จ่ายได้ขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวที่เนื้อสารสัมผัสกับน้ำกรด

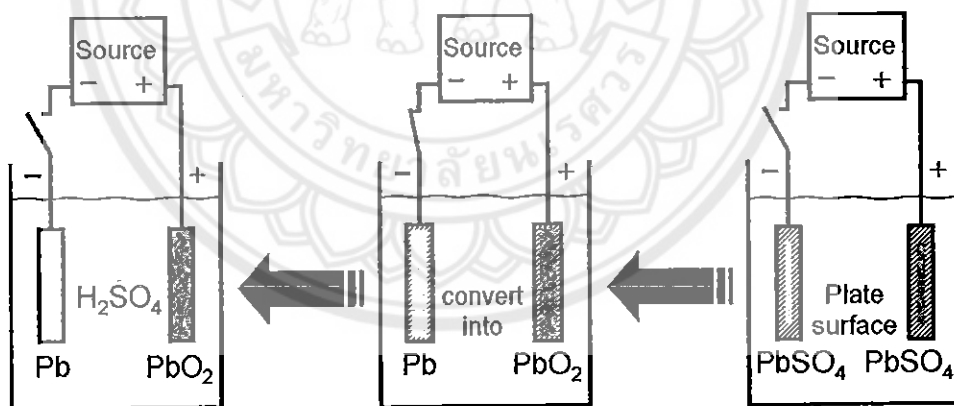
การเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในแบตเตอรี่เป็นปฏิกิริยาชนิดย้อนกลับได้ (Reversible reaction) ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการเคมีต่อไปนี้





รูปที่ 2.11 การคายประจุของแบตเตอรี่

จากสมการที่ (2.5) การคายประจุจะอธิบายได้จากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากซ้ายไปขวา ในขณะที่การอัดประจุแบตเตอรี่จะอธิบายได้จากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในสมการจากขวาไปซ้ายเมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงเข้ากับแบตเตอรี่ โดยเนื้อสารที่อยู่ภายในเกิดการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับจากการคายประจุ [5] ดังแสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การเกิดปฏิกิริยาภายในแบตเตอรี่เมื่อคายประจุ

2.2.5 อัตราการคายประจุ

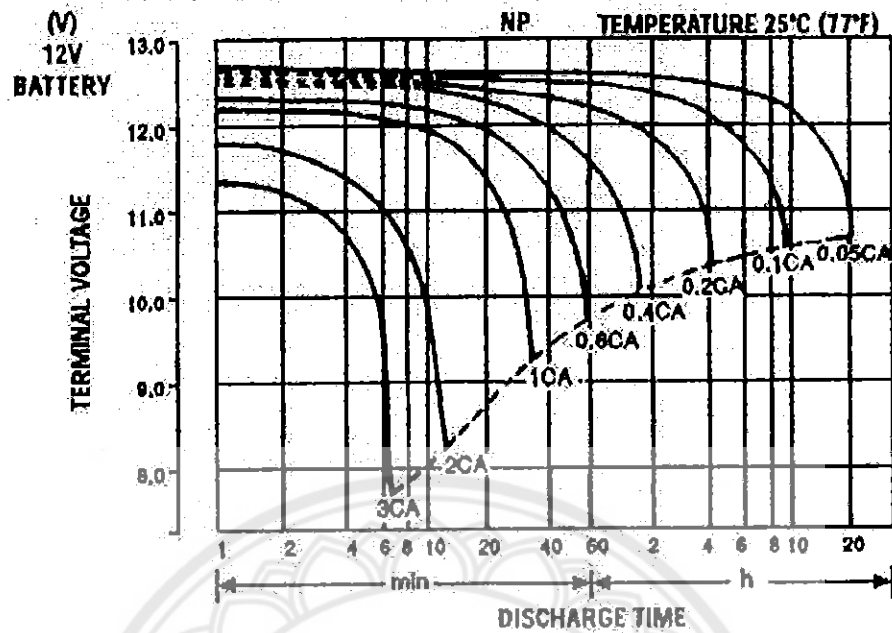
อัตราการคายประจุ หรือที่เรียกว่า ซีเรท (C rate) ของแบตเตอรี่แบบตะกั่วไม่ควรเกิน 0.2C หรือ 20% ของความจุ ถ้าอัตราการคายประจุมากขึ้นประสิทธิภาพของมันจะลดลง แต่อย่างไรก็ตามเราไม่ควรจะคายประจุในอัตราที่มากกว่า 1C

รอบของการใช้งาน (Cycle) โดยทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 200-300 รอบขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ความลึกของการคายประจุ (Depth of discharge: DoD) การอัดประจุ การบำรุงรักษา และอุณหภูมิในการใช้งาน สาเหตุหลักที่ทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานลดลงคือการกัดกร่อนที่แผ่นธาตุบวก ซึ่งการกัดกร่อนนี้จะเกิดมากขึ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้น

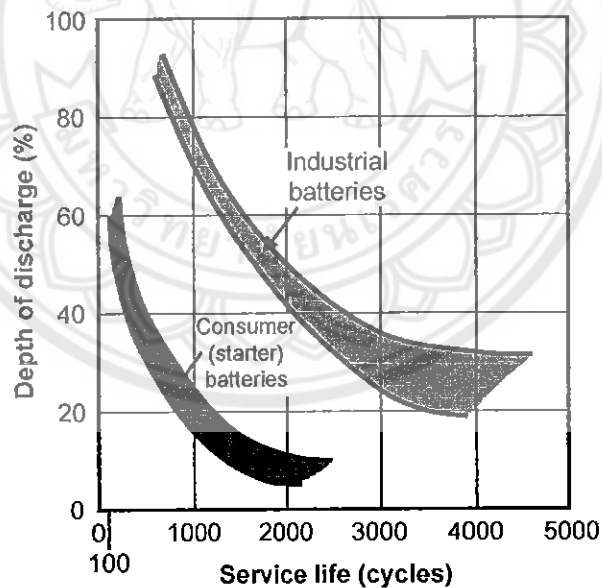
การใช้งานแบตเตอรี่จำเป็นต้องศึกษาปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับแบตเตอรี่ ได้แก่

- 1) ความจุของแบตเตอรี่ (Battery capacity) มีหน่วย “แอมแปร์-ชั่วโมง” (Ah) หรือ “วัตต์-ชั่วโมง” (Wh) ซึ่งบ่งบอกถึงพลังงานที่แบตเตอรี่จ่ายได้ เราสามารถคำนวณหาความจุของแบตเตอรี่ได้ด้วยการคายประจุของแบตเตอรี่ (Discharge) ความจุที่ใช้งานได้ (Available capacity) ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางโครงสร้าง ซึ่งเชื่อมโยงกับการออกแบบแบตเตอรี่ ได้แก่ ปริมาณของตะกั่ว ตะกั่วออกไซด์ น้ำกรด ความหนาของแผ่น โลหะและผิวสัมผัสของโลหะ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะการนำไปใช้งาน ได้แก่ อุณหภูมิ หากอุณหภูมิสูงขึ้นความจุของแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะสูงขึ้น แต่จะทำให้อายุการใช้งานลดลง ค่าพลังงานสูงสุดที่แบตเตอรี่จ่ายได้ ณ ค่ากระแส และอุณหภูมิค่าหนึ่งที่กำหนด โดยผู้ผลิต เรียกว่า พิกัดความจุ (Rated capacity หรือ Nominal capacity) ของแบตเตอรี่
- 2) จุดสิ้นสุดของการคายประจุ (End of discharge) คือระดับแรงดันที่เราขอมให้แบตเตอรี่คายประจุได้ก่อนจะยุติกระบวนการคายประจุ จุดสิ้นสุดของการคายประจุจะขึ้นอยู่กับค่ากระแสคายประจุและกำหนดโดยผู้ผลิต กราฟคุณลักษณะการคายประจุของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว NP4-12 แสดงในรูปที่ 2.13 ซึ่งค่าพิกัดความจุมีค่า 4 Ah ที่กระแส 0.2 A (0.05C) อุณหภูมิ 25°C และจุดสิ้นสุดการคายประจุที่ 10.7 V จะเห็นว่าถ้าแบตเตอรี่คายประจุที่กระแสสูงกว่า 0.2 A จุดสิ้นสุดการคายประจุจะต่ำกว่าเนื่องจากยังมีเนื้อสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำกรดต่อได้อีก แต่ค่าความจุที่ใช้งานได้จะลดลงจากค่าพิกัด [5]
- 3) อายุการใช้งาน (Service life) ของแบตเตอรี่ถูกกำหนดในรูปของจำนวนรอบของการอัดและคายประจุ (Charge-discharge cycle) อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับความลึกในการคายประจุแต่ละครั้งดังแสดงในรูปที่ 2.14 ถ้าความลึกในการคายประจุมีค่าสูงจะทำให้อายุการใช้งานจะสั้นลง

DISCHARGE CHARACTERISTIC CURVES



รูปที่ 2.13 กราฟคุณลักษณะการคายประจุของแบตเตอรี่ NP4-12



รูปที่ 2.14 อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ [5]

- 4) จุดสิ้นสุดการอัดประจุ (End of charge) ในการอัดประจุแต่ละครั้งจำเป็นต้องใช้แรงดันของแหล่งจ่ายสูงกว่า เช่นประมาณ 14.4 V สำหรับแบตเตอรี่ขนาด 12 V เมื่ออัดประจุจนแรงดันของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นสูงถึงระดับหนึ่งจะทำให้มีน้ำในน้ำกรดแตกตัวเป็นแก๊สไฮโดรเจนที่ขั้วลบและแก๊สออกซิเจนที่ขั้วบวก ถ้าอัดประจุนานเกินไปจะ

ทำให้น้ำที่อยู่ในแบตเตอรี่ลดลง นอกจากนี้การอัดประจุด้วยกระแสที่สูงยังทำให้เกิดความเครียดในเนื้อสารซึ่งทำให้การเกาะตัวของโมเลกุลในเนื้อสารแย่งจนส่งผลให้เนื้อสารบางส่วนหลุดออกจากขั้ว ซึ่งนำไปสู่การสูญเสียความจุที่ใช้ได้ของแบตเตอรี่ ดังนั้นในระหว่างการอัดประจุจึงต้องมีการจำกัดแรงดันและกระแส เช่น การอัดประจุด้วยกระแสไม่เกิน 1 A และใช้แรงดันในการอัดประจุประมาณ 2.3-2.4 V/cell หรือ 14.4 V (สำหรับแบตเตอรี่ 12 V) ที่อุณหภูมิ 20°C [5]

การคายประจุจนต่ำกว่าจุดสิ้นสุดของการคายประจุ (Deep discharge) จะทำให้แบตเตอรี่ทำงานหนักเกินไป จึงต้องรีบอัดประจุคืนให้เต็ม มิฉะนั้นจะเหลือผลึกตะกั่วซัลเฟตที่ขั้วบวกและลบ หากปล่อยไว้นานผลึกเหล่านี้จะโตขึ้นจนยากต่อการเปลี่ยนกลับคืนเป็นตะกั่ว (ที่ขั้วลบ) และตัวกั้วออกไซด์ (ที่ขั้วบวก) ได้อีก ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “ซัลเฟชัน” (Sulphation) ซึ่งทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่จะสั้นลงเนื่องจากสูญเสียเนื้อสารที่จะทำปฏิกิริยา ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงต้องมีการป้องกันการคายประจุต่ำกว่าจุดสิ้นสุดการคายประจุ (Deep discharge protection) โดยวิธีที่ง่ายและเป็นที่นิยมคือการวัดค่าและตรวจสอบแรงดันของแบตเตอรี่อยู่ตลอดเวลา

2.2.6 อุณหภูมิกับอายุการใช้งาน

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งานอยู่ที่ 25°C (77°F) อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 8°C (15°F) จะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลงครึ่งหนึ่ง เช่น แบตเตอรี่แบบวัวร์แอลเอจจะมีอายุถึง 10 ปีที่อุณหภูมิ 25°C แต่จะลดลงเหลือ 5 ปี ที่อุณหภูมิ 33°C (95°F) และอายุเหลือไม่ถึง 1 ปีที่อุณหภูมิ 42°C (107°F) นอกจากนี้แบตเตอรี่ยังทำงานได้ไม่ดีในที่อุณหภูมิต่ำเพราะอุณหภูมิต่ำค่าต่ำลงจะทำให้แบตเตอรี่เก็บประจุได้น้อยลง ความจุของแบตเตอรี่จะลดลง 50% ทุกๆ อุณหภูมิที่ต่ำลง 12°C (22°F) [5]

2.2.7 การคายประจุตัวเอง

แบตเตอรี่แบบตะกั่วมีการคายประจุตัวเองน้อยมาก ถ้าเป็นแบตเตอรี่แบบเปียกอัตราการคายประจุประมาณ 40% ต่อปี (เทียบกับนิกเกิลแคดเมียมที่มีอัตราการคายประจุตัวเองอยู่ที่ 20% ต่อเดือน) ส่วนแบตเตอรี่แบบแห้งจะมีอัตราการคายประจุน้อยกว่าแบบเปียก โดยเฉพาะแบตเตอรี่แบบเอจีเอ็มรุ่นใหม่ๆ บางชนิดอัตราการคายประจุตัวเองจะไม่เกิน 2% ต่อเดือน นอกจากนี้แบตเตอรี่แบบตะกั่วถึงจะมีราคาถูก แต่ถ้าเป็นแบตเตอรี่แบบเปียกจะมีค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาเพิ่มขึ้น เพราะต้องคอยตรวจสอบระดับของน้ำกรดเพื่อเติมน้ำกลั่นเมื่อระดับของน้ำกรดต่ำเกินไป และต้องหมั่นทำความสะอาดต่างๆ ที่อาจจะเกิดเนื่องจากการกัดกร่อนของกรด อีกทั้งยังต้องระวังในเรื่องสถานที่ตั้งของแบตเตอรี่ นั่นคือไม่ควรตั้งไว้ใกล้แหล่งความร้อนหรือประกายไฟเพราะ

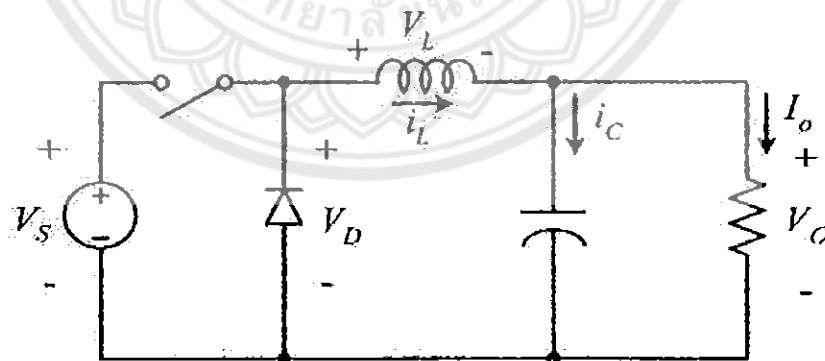
ในขณะที่อัดประจุ (โดยเฉพาะถ้าอัดประจุโดยเปิดฝาปิดของแบตเตอรี่) จะเกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้นซึ่งอาจทำให้ระเบิดได้

ถ้าเปรียบเทียบกับแบตเตอรี่อัดประจุได้ (Rechargeable batteries) ชนิดใหม่ๆแล้วที่น้ำหนักเท่าๆกันแบตเตอรี่แบบตะกั่วจะสามารถเก็บประจุได้น้อยกว่า จึงไม่เหมาะที่จะนำมาทำเป็นแบตเตอรี่สำหรับอุปกรณ์พกพาซึ่งต้องการแบตเตอรี่ที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา เพราะจะทำให้ได้กำลังไฟน้อย ทำให้ต้องอัดประจุแบตเตอรี่บ่อยจนเกินไป หรือทำให้อุปกรณ์มีน้ำหนักมากจนเกินไป แต่เนื่องจากราคาค้นทุนต่อพลังงานที่ได้ต่ำกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่น เราจึงนิยมนำมาทำแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ที่มีความจุมาก หน่วยความจุของแบตเตอรี่แบบตะกั่วโดยทั่วไปจะวัดเป็นแอมแปร์-ชั่วโมง (Amp-Hour หรือ Ah) ในขณะที่แบตเตอรี่ส่วนมากจะใช้หน่วยเป็นมิลลิแอมแปร์-ชั่วโมง (mAh) เนื่องจากเป็นแบตเตอรี่ขนาดเล็กมีความจุน้อยกว่าแบตเตอรี่แบบตะกั่วนั่นเอง [5]

2.3 วงจรทอนระดับแรงดัน

2.3.1 โครงสร้างของวงจรทอนระดับแรงดัน

เนื่องจากโหลดไฟกระพริบต้องการระดับแรงดันไฟกระแสตรงคงที่ 5 V ดังนั้นในการเชื่อมต่อโหลดเข้ากับแบตเตอรี่หรือการไฟฟ้าฯ จึงใช้วงจรทอนระดับแรงดันซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.15

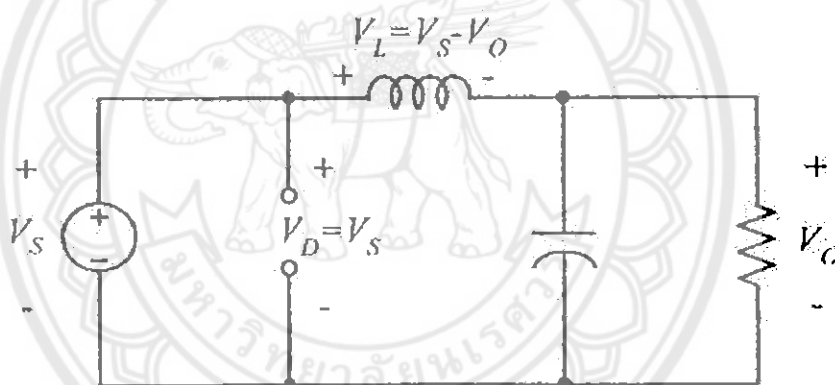


รูปที่ 2.15 แผนภาพวงจรทอนระดับแรงดัน

2.3.2 หลักการทำงานของวงจรทอนระดับแรงดัน

วงจรทอนระดับแรงดัน คือวงจรที่ทำให้ระดับด้านออกมีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า เพื่อให้แรงดันด้านออกที่มีความเป็นกระแสดรงมากจะนิยมใช้วงจรกรองความถี่ต่ำ (Low pass filter) ซึ่งโดยมากจะเลือกใช้วงจรกรองแบบ LC เพราะมีอัตราการลดทอนสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการผกผันกับกำลังสองของความถี่ หลักการทำงานของวงจรทอนระดับแรงดันเพื่อจะออกแบบให้ได้แรงดันด้านออกตามที่ต้องการคือ ต้องเริ่มจากเงื่อนไขที่ว่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยที่ตกคร่อมตัวนำในแต่ละคาบเวลามีค่าเท่ากับศูนย์ จากนั้นก็จะสามารถหากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำการวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์ในแต่ละโหมดต้องวิเคราะห์ในสภาวะอยู่ตัว ดังนี้

ขณะสวิตช์นำกระแส กระแสไฟฟ้าที่ไหลจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านสวิตช์ผ่านตัวเหนี่ยวนำไปยังโหลด โดยที่กระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะไปเก็บอยู่ที่ตัวเก็บประจุดังรูปที่ 2.16 จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์สำหรับแรงดัน สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้



รูปที่ 2.16 วงจรสมมูลของวงจรทอนระดับแรงดันเมื่อสวิตช์นำกระแส

$$-V_s + V_L + V_o = 0$$

$$V_L = V_s - V_o \quad (2.6)$$

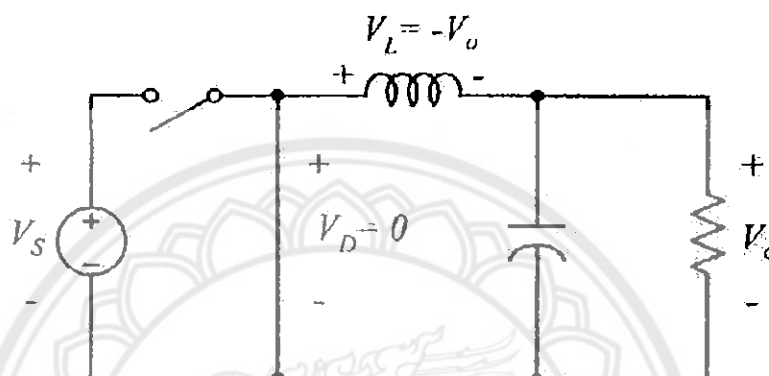
เนื่องจาก $V_L = L \frac{di_L}{dt}$ จักรูปสมการใหม่ได้เป็น

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L} \quad (2.7)$$

dt ในกรณีอยู่ในช่วงเวลานำกระแส คือ $dt = DT$

$$\Delta i_{L,on} = \left(\frac{V_s - V_o}{L} \right) DT \quad (2.8)$$

ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแสไดโอดจะถูกไบแอสไปข้างหน้าให้นำกระแส ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเกิดการไหลอย่างต่อเนื่องดัง รูปที่ 2.17 จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์สำหรับแรงดัน สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้



รูปที่ 2.17 วงจรสมมูลของวงจรทอนระดับแรงดันเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส

$$V_L = -V_o = L \frac{di_L}{dt} \quad (2.9)$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{\Delta i_{L,off}}{\Delta t} = \frac{-V_o}{L} \quad (2.10)$$

ความหมายของสมการที่ (2.10) คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำจะค่อยๆ ลดลง เพราะการเปลี่ยนแปลงกระแสของตัวเหนี่ยวนำต่อเวลามีค่าเป็นลบ

dt ในกรณีนี้อยู่ในช่วงเวลาหยุดนำกระแส คือ $dt = (1-D)T$ ดังนั้น สมการสามารถจัดรูปใหม่ได้เป็น

$$\Delta i_{L,off} = -\left(\frac{V_o}{L} \right) (1-D)T \quad (2.11)$$

2.3.3 การหาอัตราขยายของแรงดัน

ในสถานะอยู่ตัวการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในขณะที่สวิตช์นำกระแสจะมีการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นเท่ากับการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในขณะที่สวิตช์ไม่นำกระแส หรืออาจจะกล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสุทธิมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นจะได้ว่า

$$\Delta i_{L,on} + \Delta i_{L,off} = 0 \quad (2.12)$$

$$\left(\frac{V_s - V_o}{L}\right)DT - \left(\frac{V_o}{L}\right)(1-D)T = 0 \quad (2.13)$$

$$(V_s - V_o)D - V_o(1-D) = 0$$

$$V_s D - V_o D - V_o + V_o D = 0$$

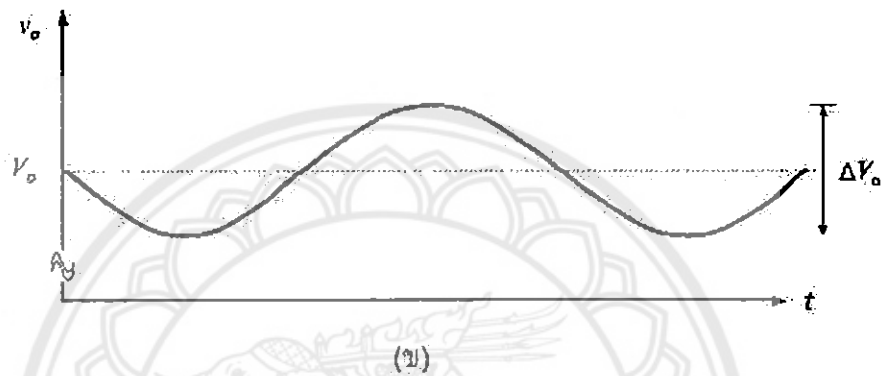
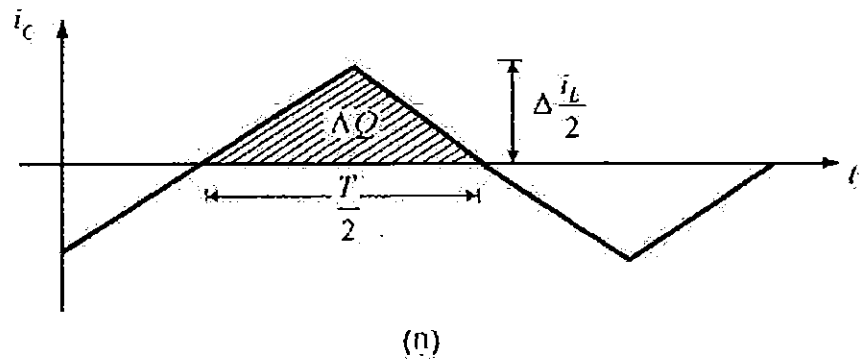
$$\frac{V_o}{V_s} = D \quad (2.14)$$

อัตราขยายแรงดันจะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 100% ตามค่า D วงจรทอนระดับแรงดันเป็นวงจรที่ทำให้แรงดันด้านออกน้อยกว่าหรือเท่ากับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่า D โดยการปรับค่า D สามารถปรับได้ตั้งแต่ศูนย์ถึงหนึ่ง เช่น แรงดันไฟฟ้าด้านเข้าเท่ากับ 100 V เราสามารถปรับค่าแรงดันไฟฟ้าออกได้ตั้งแต่ศูนย์จนถึง 100 V แต่ในทางปฏิบัติจะไม่สามารถปรับค่าได้ถึง 100 V เพราะเกิดแรงดันตกคร่อมสวิตช์และตัวเหนี่ยวนำทำให้แรงดันด้านออกที่ได้จริงมีค่าน้อยกว่า 100 V เล็กน้อย

2.3.4 ค่าความพลีวของแรงดันด้านออก

โดยปกติวงจรกรองความถี่ที่อยู่ในวงจรทอนระดับแรงดันจะมีตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่เพื่อจะรักษาแรงดันด้านออกมีค่าคงที่ แต่ในทางปฏิบัติจะเลือกขนาดได้ไม่ใหญ่มากเนื่องจากมีราคาแพง ดังนั้นจึงควรเลือกใช้น้ำหนักที่เหมาะสมและให้ค่าความพลีวของแรงดันด้านออกมีค่าที่ยอมรับได้ สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสของตัวเก็บประจุตั้งรูปที่ 2.18 เมื่อกระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุมีค่าเป็นบวก ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวตัวเก็บประจุสะสมประจุโดยคำนวณจาก

$$\Delta Q = C \Delta V_o \quad (2.15)$$



รูปที่ 2.18 รูปคลื่นของกระแสและความพลีวของแรงดันตัวเก็บประจุ
จัดรูปสมการ จะได้

$$\Delta V_o = \frac{\Delta Q}{C} \tag{2.16}$$

เมื่อ ΔQ คือ ค่าประจุที่เปลี่ยนแปลง
 ΔV_o คือ ค่าความพลีวของแรงดันคั่นด้านออก

$$\Delta Q = \frac{1}{2} \left(\frac{T}{2} \right) \left(\frac{\Delta i_L}{2} \right) = \frac{T \Delta i_L}{8} \tag{2.17}$$

โดย ΔQ คือ พื้นที่สามเหลี่ยมที่เกิดจากกระแสตัวเก็บประจุคูณกับเวลา

นำสมการที่ (2.17) แทนลงในสมการที่ (2.16) จะได้

$$\Delta V_o = \frac{T \Delta i_L}{8C} \tag{2.18}$$

แทนค่า $\Delta i_{L,eff} = -\left(\frac{V_o}{L} \right) (1-D)T$ โดยพิจารณาเฉพาะขนาดลงในสมการที่ (2.18)

15739974

ร.ร.

๕๖๖๒๕ (2.18)

๒๕๕๓

$$\Delta V_o = \frac{T}{8C} \frac{V_o}{L} (1-D)T \quad (2.19)$$

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{T}{8C} \frac{1}{L} (1-D)T$$

$$\Delta V_o = \frac{T^2}{8C} \frac{1}{L} (1-D) \quad (2.20)$$

ดังนั้น จะได้ว่า

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{1-D}{8CLf^2} \quad (2.21)$$

สมการที่ (2.21) เรียกว่า ค่าความพลัว มักใช้แสดงเป็นอัตราส่วนของความพลัวแรงดัน ด้านออกกระหว่างขอดถึงขอดกับค่าแรงดันด้านออก หากต้องการทำให้อัตราความพลัวของ แรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อยลง สามารถทำได้โดยการพยายามทำให้ค่า D มีค่าเข้าใกล้หนึ่ง หรืออาจจะ เพิ่มค่าตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุหรือความถี่ในการสวิตชิงให้มากขึ้น

ประเด็นที่น่าสนใจอีกอย่างหนึ่ง คือกำลังไฟฟ้าที่จ่ายจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลังจะเท่ากับ กำลังไฟฟ้าที่โหลดได้รับ เงื่อนไขนี้คือสมมติการสูญเสียเป็นศูนย์จะได้ว่า

$$P_s = P_o \quad (2.22)$$

เมื่อ P_s คือ กำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากำลัง

P_o คือ กำลังไฟฟ้าที่โหลด

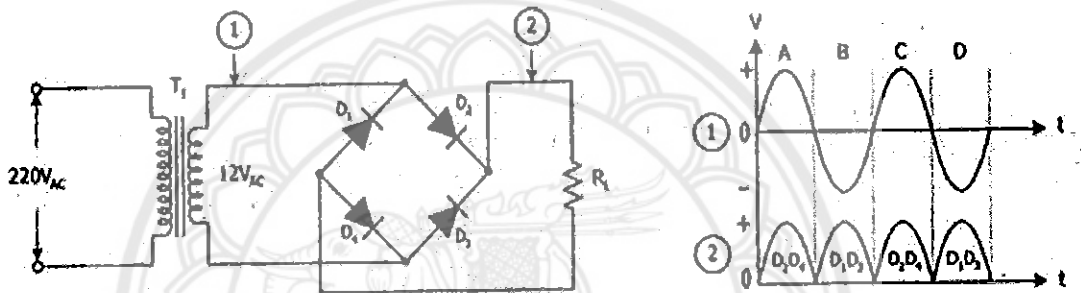
$$V_s I_s = V_o I_o \quad (2.23)$$

จากสมการที่ (2.23) จะเห็นความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสไฟฟ้าเหมือนกับกรณี หม้อแปลงไฟฟ้า จึงอาจกล่าวได้ว่า วงจรทอนระดับแรงดันมีวงจรสมมูลเปรียบได้กับหม้อแปลง ไฟฟ้ากระแสตรง

2.4 ตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

2.4.1 โครงสร้างของตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

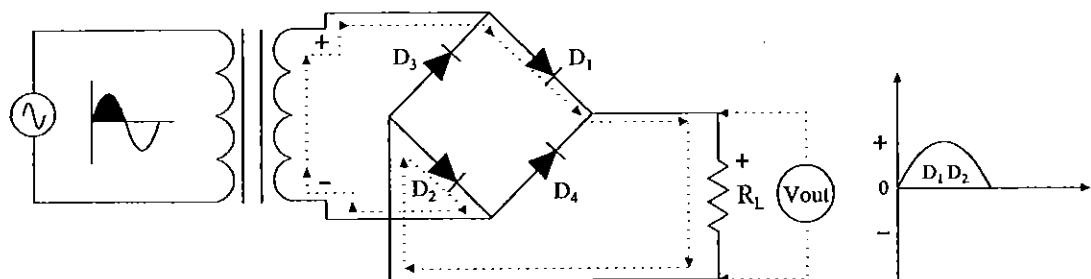
ตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์มีลักษณะเหมือนตัวเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น เพราะแรงดันด้านออกที่ได้เป็นแบบเต็มคลื่น ข้อแตกต่างระหว่างการเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์และแบบเต็มคลื่นธรรมดาต่างกันตรงการต่อวงจร ไดโอด แบบเต็มคลื่นจะใช้ ไดโอด 2 ตัว แบบบริดจ์จะใช้ ไดโอด 4 ตัว และหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ก็แตกต่างกัน แบบเต็มคลื่นธรรมดาใช้หม้อแปลงมีแท็ปกลาง (Center tap; CT) มี 3 ขั้ว แบบบริดจ์ใช้หม้อแปลง 2 ขั้วหรือ 3 ขั้วก็ได้ แสดงดังรูปที่ 2.19 [4]



รูปที่ 2.19 ตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ [4]

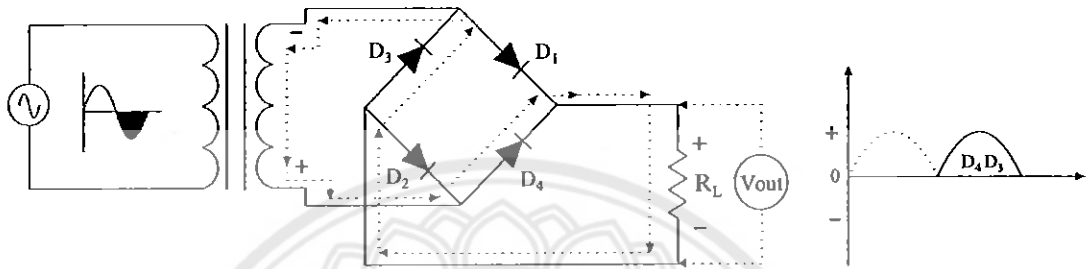
2.4.2 หลักการทำงานของตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์

ช่วงครึ่งบวกการทำงานของวงจร ไดโอดจะผลัดกันนำกระแสครั้งละ 2 ตัว เมื่อครึ่งบวกของแรงดันไฟสลับ ปรากฏที่ด้านบนของขดทุติยภูมิของหม้อแปลงและด้านล่างจะเป็นลบ จะทำให้ไดโอด D_1 และ D_2 ได้รับไบแอสไปหน้าจะมีกระแสไหลผ่านไดโอด D_1 ผ่านโหลด R_L ผ่านไดโอด D_2 ครบวงจรที่หม้อแปลงด้านล่าง มีแรงดันตกคร่อมโหลด R_L ด้านบนเป็นบวก ด้านล่างเป็นลบ ได้แรงดันไฟช่วงบวกออกทางด้านออก แสดงได้ดังรูปที่ 2.20 [4]

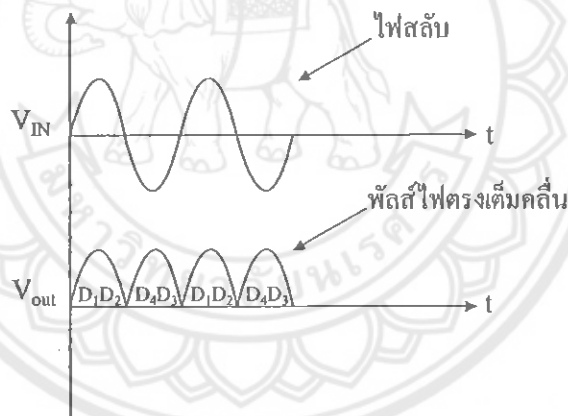


รูปที่ 2.20 แสดงการทำงานของตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ช่วงครึ่งบวก [4]

ต่อมาในช่วงครึ่งลบของแรงดันไฟสลับ ปรากฏที่ด้านบนของขดทุติยภูมิของหม้อแปลงและด้านล่างเป็นบวก ดังแสดงในรูปที่ 2.21 ในช่วงเวลานี้ไดโอด D_1 และ D_2 จะได้รับไบแอสย้อนแต่ไดโอด D_3 และ D_4 จะได้รับไบแอสไปหน้า ทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอด D_4 ผ่านโหลด R_L และผ่านไดโอด D_3 ครอบคลุมที่หม้อแปลงด้านบน มีแรงดันตกคร่อม โหลด R_L ด้านบนเป็นบวก ด้านล่างเป็นลบ ได้แรงดันไฟช่วงบวกออกทางด้านออกทำให้ได้คลื่นไฟตรงรวมกันเต็มคลื่นดังรูปที่ 2.22 [4]



รูปที่ 2.21 แสดงการทำงานของตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ช่วงครึ่งลบ [4]



รูปที่ 2.22 รูปคลื่น V_{out} เปรียบเทียบกับ V_{in} ของตัวเรียงกระแสแบบบริดจ์ [4]

ในส่วนควบคุมการกระพริบของหลอดไฟกระพริบนั้นเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากสร้างสัญญาณควบคุมได้ง่ายและสามารถแก้ไขได้ง่าย เช่น สามารถปรับความเร็วของสัญญาณ

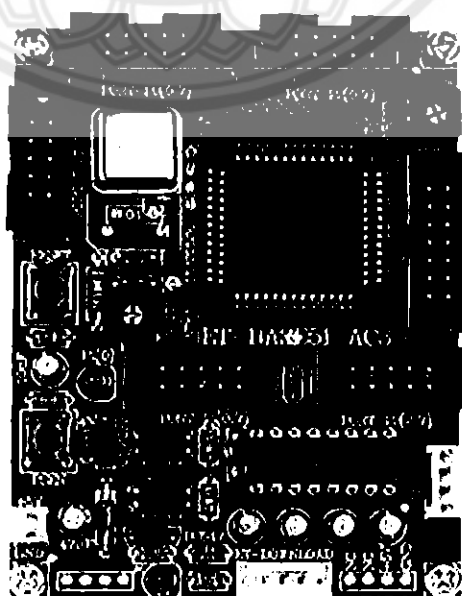
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้อยู่ในตระกูล MCS51 ขนาด 52 Pin ซึ่งเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข AT89C51AC3 ของ ATMEL เป็น MCU ประจำแผง โดย MCU รุ่นนี้จะบรรจุอยู่ในตัวถังแบบ 52 Pin PLCC โดย MCU ตัวนี้จะมีจุดเด่น คือเรื่องของความเร็วในการประมวลผลซึ่งสามารถทำงานได้ด้วยความเร็วสูงสุด 60 MHz ที่ 12 Clock/1 Machine Cycle นอกจากนี้แล้วยังมีความยืดหยุ่นพร้อมด้วยอุปกรณ์พื้นฐานที่จำเป็นต่อการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 2 ไบต์ หรือหน่วยความจำใช้งานแบบ RAM ซึ่งมีมากถึง 2304 ไบต์ (2048+256)

ส่วนในด้านของอุปกรณ์ประกอบ (Peripheral) นั้นก็นับว่าครบถ้วนเหมาะแก่การนำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมและประมวลผลได้เป็นอย่างดี โดยจะมีทั้ง SPI, UART, Watchdog, Timer/Counter, PWM และ ADC โดยการออกแบบโครงสร้างของแผงนั้นจะเน้นเรื่องขนาดของแผงให้มีขนาดเล็กเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน และสะดวกต่อการพัฒนาโปรแกรม

2.5.1 คุณสมบัติของแผงไมโครคอนโทรลเลอร์ หมายเลข AT89C51AC3

เราเลือกใช้ MCU ตระกูล MCS51 หมายเลข AT89C51AC3 (รูปที่ 2.23) ของ ATMEL เป็น MCU ประจำแผง โดยการเลือกใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่เป็นแบบ Oscillator Module ค่า 29.4912 MHz ซึ่งสามารถกำหนดการทำงานของ MCU ให้ทำงานในโหมดความเร็ว 2 เท่าได้ ทำให้ MCU สามารถประมวลผลด้วยความเร็วสูงสุดที่ 58.9824 MHz



รูปที่ 2.23 ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข AT89C51AC3

คุณสมบัติเด่นของ MCU ได้แก่

- 1) มีหน่วยความจำแบบแฟลชสำหรับเขียน โปรแกรมขนาด 64 กิโลไบต์
- 2) มี EEPROM ขนาด 2 กิโลไบต์ สำหรับเก็บข้อมูล และสามารถเขียนซ้ำได้กว่า 1 ล้านครั้ง
- 3) มีพอร์ต I/O ขนาด 8 บิต จำนวน 5 พอร์ต (P0, P1, P2, P3 และ P4)
- 4) มี RAM ใช้งาน 2304 ไบต์ (ERAM 2048 ไบต์ + IRAM 256 ไบต์)
- 5) มีวงจรสื่อสารอนุกรม UART จำนวน 1 พอร์ต และมีวงจรสื่อสาร SPI จำนวน 1 พอร์ต
- 6) มีวงจร Timer/Counter ขนาด 16 บิต จำนวน 3 ชุด
- 7) มีวงจร ADC ขนาด 10 บิต จำนวน 8 ช่อง (ใช้พอร์ต P1 โดยกำหนดจากโปรแกรม)
- 8) มีวงจร Watchdog, Power-ON Reset, Capture/Compare และ PWM
- 9) มีขั้วต่อสัญญาณ I/O แบบ TTL แบบ Header 2×5 จำนวน 5 ชุด (P0, P1, P2, P3 และ P4)
- 10) มีขั้วต่อ LCD แบบ Header 2×7 รองรับการเชื่อมต่อกับ LCD Character (เชื่อมต่อแบบ 4 Bit)
- 11) มีขั้วต่อใช้งาน RS232 สำหรับใช้งาน และ ET-DOWNLOAD สำหรับดาวน์โหลดผ่าน RS232
- 12) มีแอลอีดีแสดงสถานะแหล่งจ่ายไฟ และการทดสอบ (Self-Test) สำหรับใช้ทดสอบการทำงานของแผง
- 13) ใช้แหล่งจ่ายไฟขนาด +5 VDC
- 14) ขนาด PCB เล็กเพียง 8×6 cm

บทที่ 3

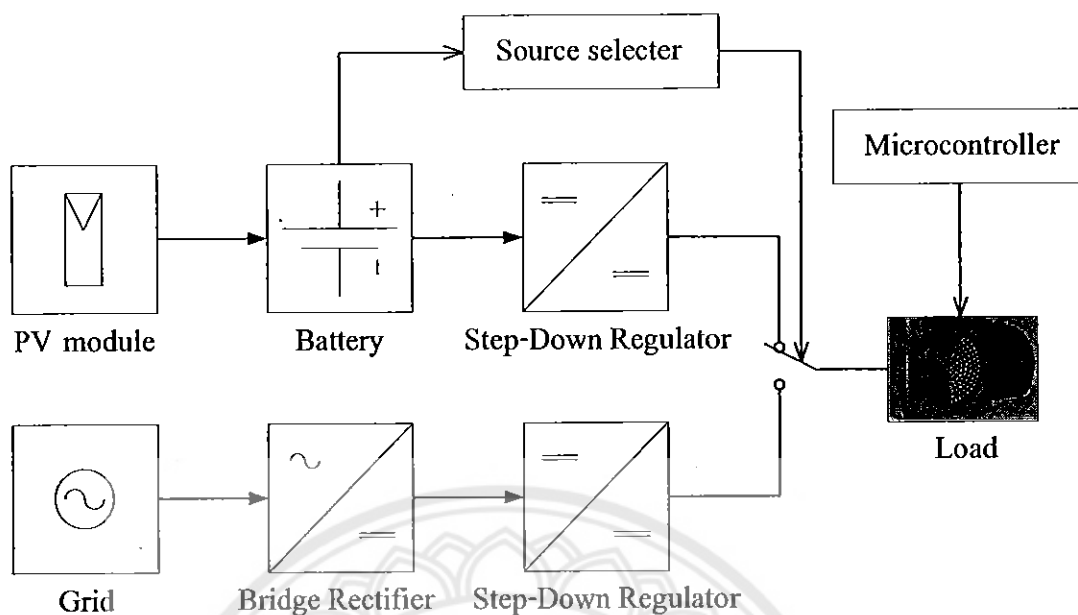
การสร้างสัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวทางการออกแบบและสร้างส่วนประกอบหลักของระบบสัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วย โหลดไฟกระพริบ วงจรทอนระดับแรงดัน ซึ่งสามารถจ่ายไฟลงที่ 5 V ให้กับโหลด และจ่ายเป็นไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟระหว่างแบตเตอรี่กับการไฟฟ้า และมีตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนจากไฟกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรง นอกจากนี้ยังมีการสร้างสัญญาณไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ควบคุมไฟกระพริบ โดยส่วนประกอบหลักมีดังนี้

- 1) โครงสร้างของระบบให้สัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์
- 2) การสร้างโหลดไฟกระพริบ
- 3) การสร้างวงจรทอนระดับแรงดันที่รับไฟจากแบตเตอรี่
- 4) การสร้างวงจรทอนระดับแรงดันที่รับไฟจากการไฟฟ้า
- 5) การสร้างวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ
- 6) การสร้างสัญญาณไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมไฟกระพริบ

3.1 โครงสร้างของระบบให้สัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์

โครงสร้างของระบบให้สัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์ ที่รับพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์และจากการไฟฟ้า นั้นมีการเชื่อมโยงในส่วนประกอบที่สำคัญของระบบดังแสดงในรูปที่ 3.1 สัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์ จะใช้เซลล์แสงอาทิตย์เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าและจะมาอัดประจุลงในแบตเตอรี่จนเต็มซึ่งการอัดและคายประจุจะไม่เกิดขึ้นพร้อมกันเพราะจะอัดประจุเวลากลางวันและจะคายประจุเวลากลางคืน เสร็จแล้วจะนำไปจ่ายให้โหลดไฟกระพริบโดยส่งผ่านวงจรทอนระดับแรงดัน เมื่อแบตเตอรี่คายประจุจนระดับแรงดันไม่เพียงพอที่จ่ายให้กับโหลด คือ ระดับแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำกว่า 10 V วงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟจะตัดในส่วนของแบตเตอรี่ออกและจะเปลี่ยนไปใช้ไฟจากการไฟฟ้า แทนโดยใช้สวิตช์สองทางในการเปลี่ยนแหล่งจ่าย ในช่วงเวลานี้โหลดไฟกระพริบจะรับไฟจากการไฟฟ้า ส่วนแบตเตอรี่จะถูกอัดประจุ เมื่อแบตเตอรี่เต็มและอยู่ในช่วงเวลากลางคืนวงจรการเลือกแหล่งจ่ายไฟจะตัดไฟในส่วนของการไฟฟ้า ออกแล้วเปลี่ยนไปใช้ไฟจากแบตเตอรี่ ส่วนไฟเลี้ยงที่จ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้ไฟจากวงจรทอนระดับแรงดันที่รับไฟจากการไฟฟ้า



รูปที่ 3.1 แผนภาพกรอบของระบบสัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์

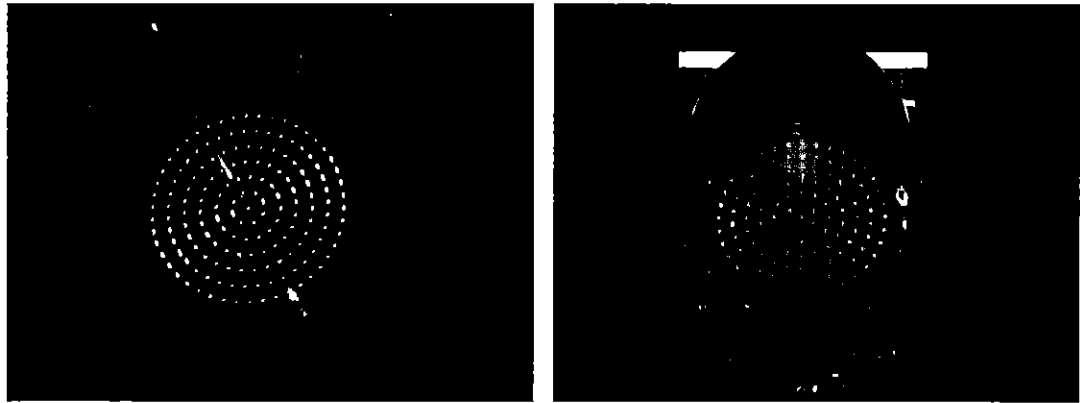
3.2 การสร้างโหนดไฟกระพริบ

โหนดไฟกระพริบที่สร้างขึ้นนั้นใช้หลอดแอลอีดีทั้งหมด 169 หลอด นำมาต่อขนานกัน ซึ่งหลอดแอลอีดีที่เลือกใช้มีค่าความสว่าง มุมของการส่องสว่างและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคมไฟกระพริบเป็นไปตามมาตรฐานของกรมทางหลวง โดยการจัดวางหลอดแอลอีดีตามที่กรมทางหลวงกำหนดนั้นให้จัดวางอย่างเหมาะสมไม่ได้กำหนดเป็นรูปแบบที่แน่นอน ซึ่งรูปแบบของโหนดไฟกระพริบที่ใช้งานอยู่นั้นจึงมีรูปแบบที่แตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 3.2

3.2.1 โครงสร้างของโหนดไฟกระพริบ

โหนดไฟกระพริบสร้างเหมือนกับรูปแบบที่จัดเรียงตามรูปที่ 3.2 (ข) ประกอบด้วยหลอดแอลอีดีทั้งหมด 169 หลอด โดยทุกหลอดต่อขนานกัน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร โครงสร้างของโหนดไฟกระพริบด้านหน้าได้ติดแผ่นสะท้อนแสงเพื่อช่วยให้มองเห็นได้ในระยะไกลแสดงดังรูปที่ 3.3 ส่วนโครงสร้างของโหนดไฟกระพริบด้านหลังเชื่อมต่อหลอดแอลอีดีกันในลักษณะวงกลมเรียงซ้อนๆกันซึ่งทุกหลอดต่อขนานกันเพื่อความสะดวกในการซ่อมแซมกรณีที่หลอดแอลอีดีเสียเป็นบางหลอดแสดงดังรูปที่ 3.4

ด



(ก)

(ข)

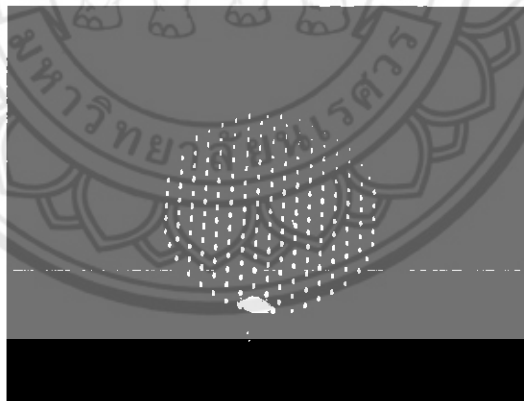
ง



(ค)

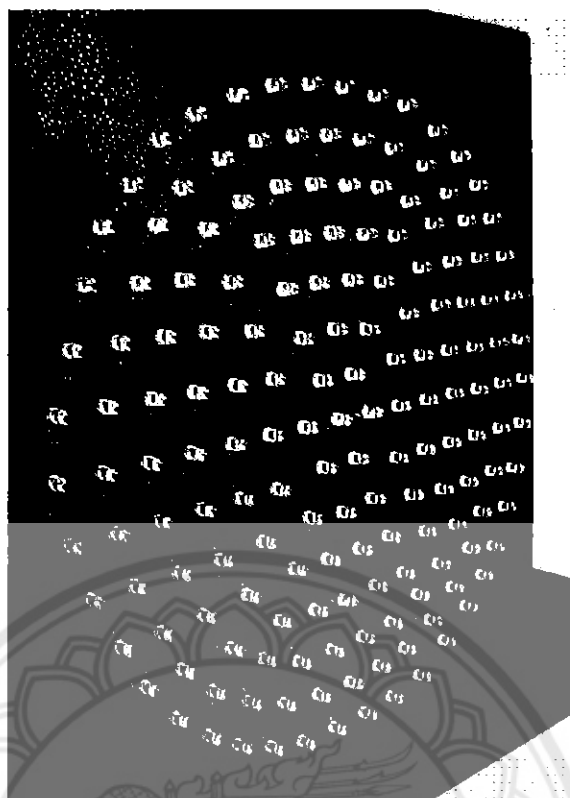
(ง)

จ

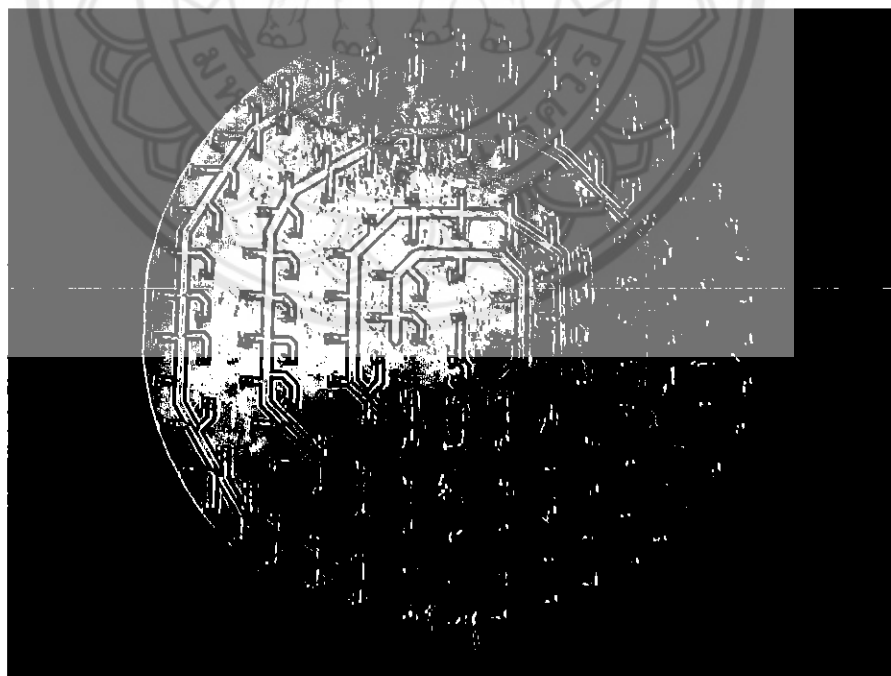


(จ)

รูปที่ 3.2 รูปแบบโหนดไฟกระพริบแบบต่างๆ



รูปที่ 3.3 โครงสร้างด้านหน้าของโหนดไฟกระพริบ



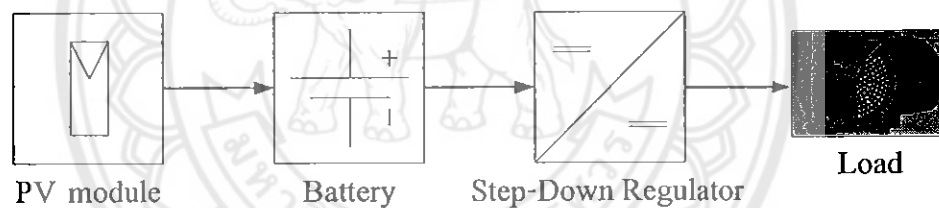
รูปที่ 3.4 โครงสร้างด้านหลังของโหนดไฟกระพริบ

3.2.2 หลักการทำงานของโหลดไฟกระพริบ

โหลดไฟกระพริบจะเลือกรับไฟมาจาก 2 แหล่งจ่าย คือ จากแบตเตอรี่และการไฟฟ้าฯ โดยผ่านวงจรทอนระดับแรงดัน ซึ่งจะได้อัตราแรงดันที่ 5 V และนำสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมจังหวะการกระพริบ ส่วนความเร็วในการกระพริบจะขึ้นอยู่กับรหัสต้นฉบับที่ผู้เขียนโปรแกรมสร้างขึ้น ในโครงการนี้จะควบคุมไฟกระพริบให้กระพริบทุกวินาที (1 ครั้ง/วินาที)

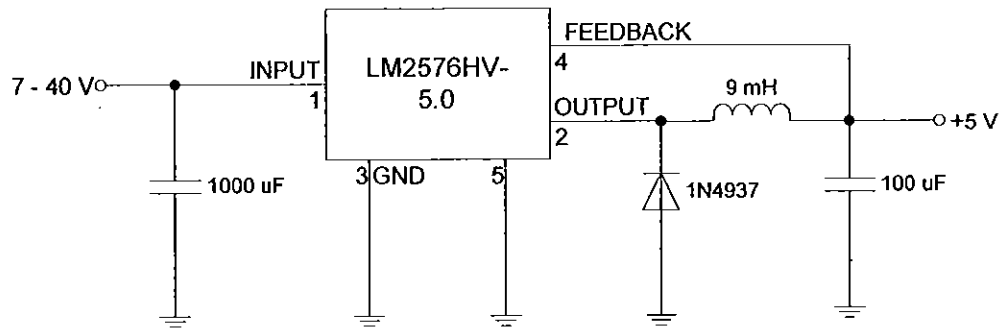
3.3 ชุดวงจรจ่ายไฟจากแบตเตอรี่

ชุดวงจรจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ในส่วนนี้จะรับไฟจากแบตเตอรี่โดยตรง โดยที่แบตเตอรี่นั้นจะได้รับการอัดประจุมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แต่เนื่องจากโหลดไฟกระพริบต้องการแรงดันที่ 5 V ดังนั้นจึงสร้างชุดวงจรจ่ายไฟจากแบตเตอรี่เพื่อลดระดับแรงดันและคุมค่าแรงดันให้คงที่ 5 V แล้วนำไปจ่ายให้กับโหลดไฟกระพริบ แผนภาพของชุดวงจรจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แผนภาพของชุดวงจรจ่ายไฟจากแบตเตอรี่

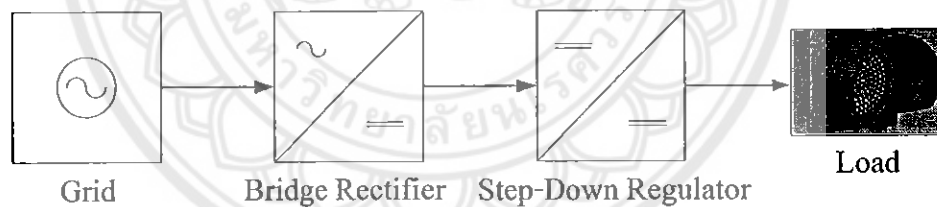
วงจรทอนระดับแรงดันที่ใช้ในชุดวงจรจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ มีแผนภาพวงจรแสดงดังรูปที่ 3.6 สามารถรับแรงดันด้านเข้าได้ตั้งแต่ 7-40 V และให้แรงดันด้านออกคงที่ 5 V ซึ่งวงจรทอนระดับแรงดันในชุดวงจรจ่ายไฟจากแบตเตอรี่นี้ใช้ไอซีหมายเลข LM 2576 HV มีคุณสมบัติในการคุมค่าแรงดันให้คงที่ 5 V ในช่วงแรงดันด้านเข้า 7-40 V หลักการคุมค่าแรงดันของไอซีตัวนี้คือ จะรับแรงดันป้อนกลับจากด้านออกมาเพื่อปรับค่าคิวดัชนีเคลิลและทางด้านออกจะมีค่าตัวเหนี่ยวนำ 9 mH กรองความพลีของกระแสตัวเหนี่ยวนำและค่าตัวเก็บประจุ 100 μF เพื่อกรองความพลีของแรงดันด้านออก ส่วนด้านเข้าจะมีตัวเก็บประจุขนาด 1000 μF เพื่อรักษาแรงดันด้านเข้าให้คงที่



รูปที่ 3.6 แผนภาพวงจรทอนระดับแรงดัน

3.4 ชุดวงจรจ่ายไฟจากการไฟฟ้า

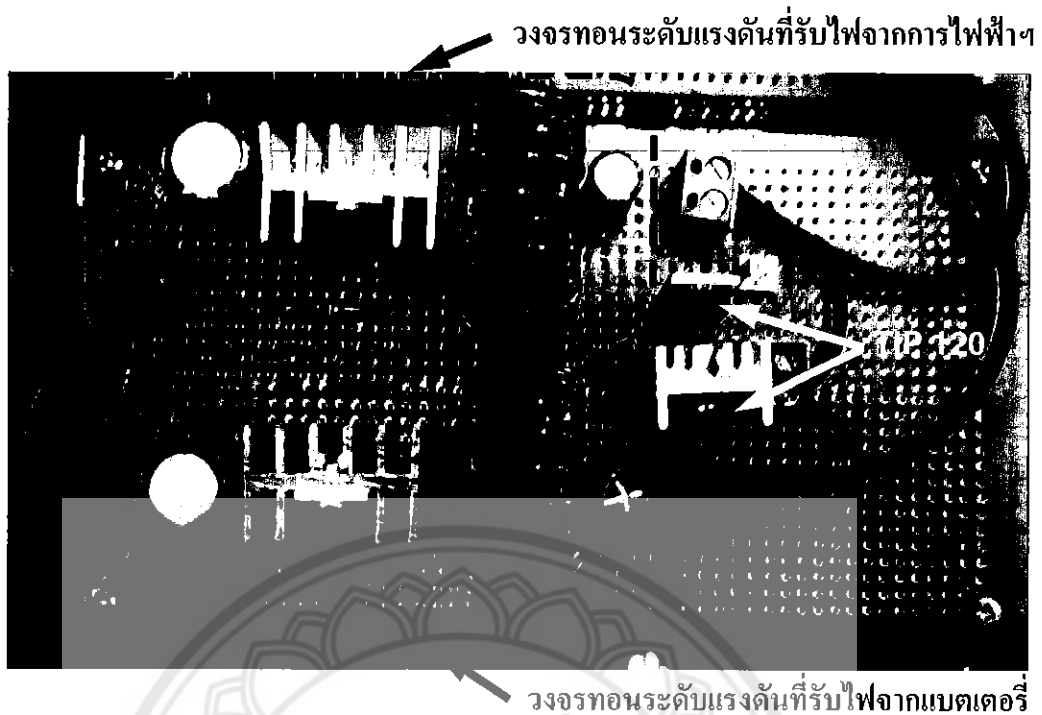
เนื่องจากกระแสไฟจากการไฟฟ้า เป็นไฟกระแสสลับ จึงต้องมีตัวเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์เพื่อเปลี่ยนไฟกระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรง แต่โหลดไฟกระแสปรึบต้องการแรงดันคงที่ 5 V ดังนั้นต้องสร้างชุดวงจรจ่ายไฟจากการไฟฟ้า เพื่อคุมค่าแรงดันให้คงที่ 5 V จ่ายให้กับโหลดไฟกระแสตรงดังรูปที่ 3.7 ส่วนแผนภาพของวงจรทอนระดับแรงดันที่ใช้ในชุดวงจรจ่ายไฟจากการไฟฟ้า จะเหมือนกับวงจรทอนระดับแรงดันที่ใช้ในชุดวงจรจ่ายไฟจากแบตเตอรี่



รูปที่ 3.7 แผนภาพของชุดวงจรจ่ายไฟจากการไฟฟ้า

3.4.1 การสร้างวงจรทอนระดับแรงดันเพื่อรับไฟจากแบตเตอรี่และการไฟฟ้า

วงจรทอนระดับแรงดันเพื่อรับไฟจากแบตเตอรี่และการไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นจะประกอบด้วยชุดวงจรจ่ายไฟ 2 วงจรคือ ชุดวงจรจ่ายไฟจากแบตเตอรี่และชุดวงจรจ่ายไฟจากการไฟฟ้า ซึ่งหน้าที่ของ 2 วงจรนี้คือ การจ่ายไฟกระแสตรงคงที่ 5 V ให้โหลดไฟกระแสปรึบแต่หน้าที่อีกอย่างของชุดวงจรจ่ายไฟจากการไฟฟ้า คือ จ่ายไฟกระแสตรงเพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังรูปที่ 3.8



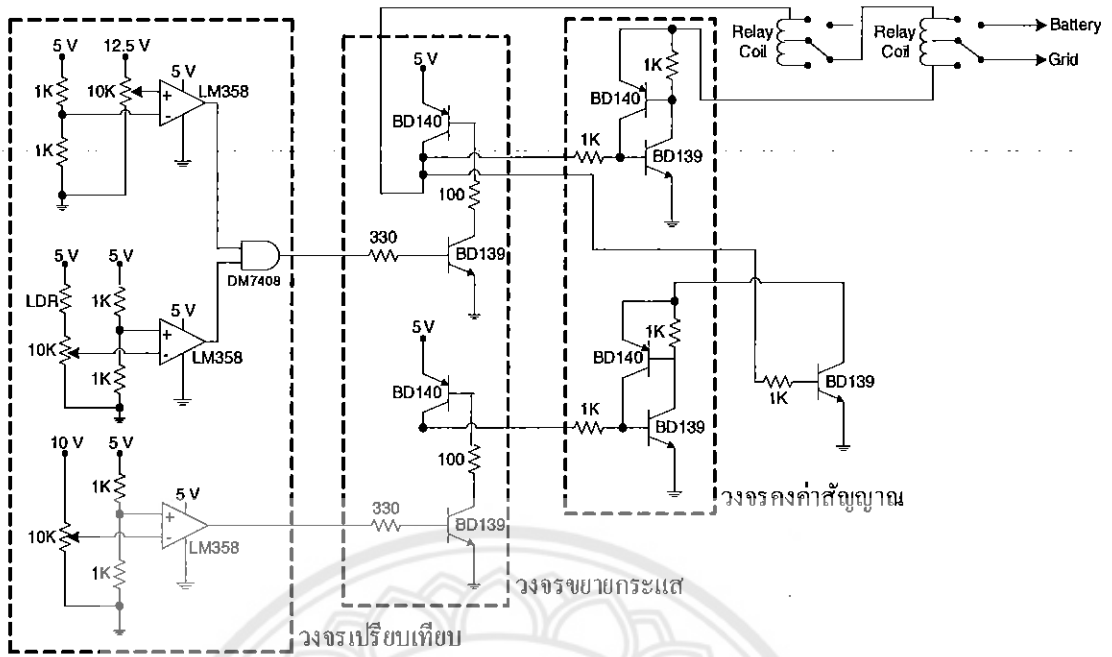
รูปที่ 3.8 วงจรทอนระดับแรงดันเพื่อรับไฟจากแบตเตอรี่และการไฟฟ้า

3.5 การสร้างวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ

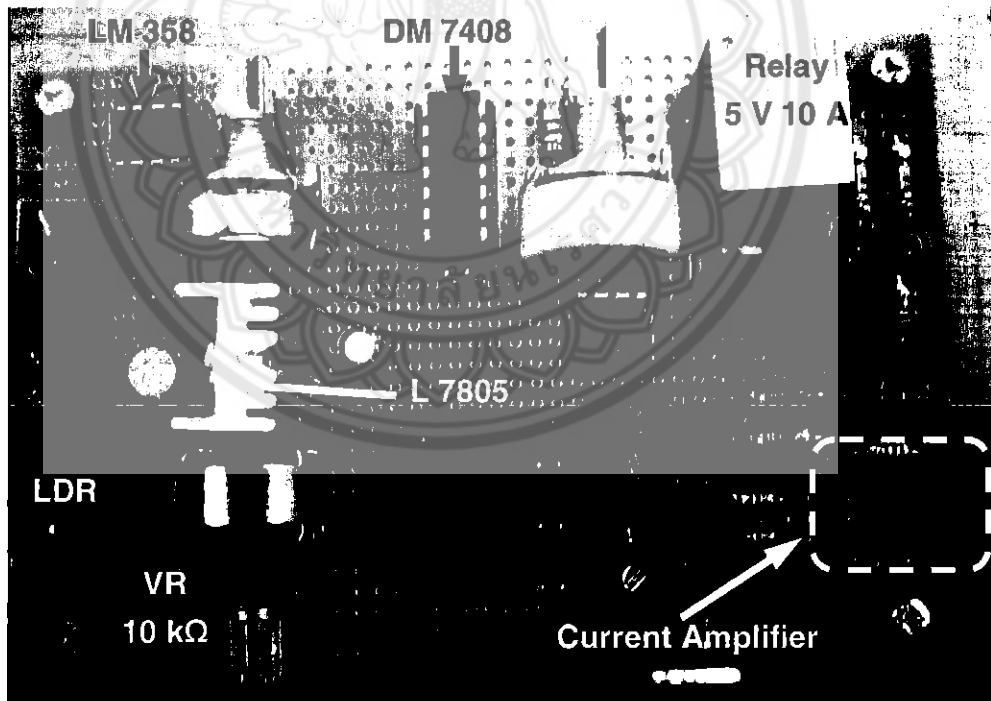
ในระบบสัญญาณไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์จะรับไฟจาก 2 แหล่งจ่ายคือจากการไฟฟ้าฯ และแบตเตอรี่ จะใช้ไฟจากแบตเตอรี่ต่อเมื่อแบตเตอรี่ได้รับการอัดประจุเพิ่มเติมจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอยู่ในเวลากลางคืน ดังนั้นจึงต้องมีวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟเพื่อเป็นตัวเลือกว่าจะใช้ไฟจากแหล่งจ่ายใด

3.5.1 โครงสร้างวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ

โครงสร้างวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟแสดงดังรูปที่ 3.9 ส่วนวงจรที่สร้างขึ้นแสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.9 โครงสร้างของวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 3.10 วงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ

3.5.2 หลักการทำงานของวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ

ในวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟจะใช้ออปแอมป์ทั้งหมด 3 ตัวโดยออปแอมป์ตัวแรกจะทำหน้าที่เปรียบเทียบว่าถ้าแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าเกิน 12.5 V จะทำให้ด้านออกของออปแอมป์เป็นลอจิก 1 แต่ถ้าแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าต่ำกว่า 12.5 V จะทำให้ด้านออกของออปแอมป์เป็นลอจิก 0 ส่วนออปแอมป์ตัวที่ 2 จะเปรียบเทียบว่ามีแสงสว่างหรือไม่ โดยใช้ตัวต้านทานไวแสงถ้าตรวจจับได้ว่าแสงสว่างไม่มีจะส่งผลให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสงมีค่าสูง จะทำให้ด้านออกของออปแอมป์เป็นลอจิก 1 แต่ถ้าตรวจจับได้ว่ามีแสงสว่างคือค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสงจะมีค่าต่ำ จะทำให้ด้านออกของออปแอมป์เป็นลอจิก 0 แล้วนำด้านออกของออปแอมป์ทั้งสองตัวนี้ไปป้อนเป็นด้านเข้าให้กับไอซีหมายเลข 7408 ซึ่งเป็นไอซีที่นำลอจิกด้านเข้ามาเปรียบเทียบกัน โดยด้านออกของไอซีนี้จะเป็นลอจิก 1 ต่อเมื่อลอจิกด้านเข้าทั้งสองเป็นลอจิก 1 แต่ถ้าลอจิกทางด้านเข้าของไอซีตัวใดตัวหนึ่งเป็นลอจิก 0 ก็จะทำให้ด้านออกของไอซีเป็นลอจิก 0 แล้วนำด้านออกของไอซีนี้โดยผ่านวงจรขยายกระแสไปป้อนให้กับขลวดของรีเลย์เพื่อให้รีเลย์ทำงาน ส่วนออปแอมป์ตัวที่ 3 จะเปรียบเทียบว่าแรงดันของแบตเตอรี่ต่ำกว่า 10 V หรือไม่ ถ้าต่ำกว่าจะทำให้ด้านออกของออปแอมป์เป็นลอจิก 1 แต่ถ้าแรงดันของแบตเตอรี่สูงกว่า 10 V จะทำให้ด้านออกของออปแอมป์เป็นลอจิก 0 แล้วนำด้านออกของออปแอมป์ไปป้อนโดยผ่านวงจรขยายกระแสให้กับขลวดของรีเลย์เพื่อให้รีเลย์อีกตัวหนึ่งทำงาน รีเลย์ทั้งสองตัวจะทำงานสลับกัน หน้าสัมผัสของรีเลย์ก็จะทำหน้าที่เลือกแหล่งจ่ายระหว่างการไฟฟ้า กับแบตเตอรี่

3.6 การสร้างสัญญาณไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมโหลดไฟกระพริบ

ในการสร้างสัญญาณไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมโหลดไฟกระพริบนั้น ต้องใช้รหัสต้นฉบับ (Source code) ซึ่งในโครงงานนี้ใช้ภาษาซีในการเขียนรหัสต้นฉบับในการควบคุมไฟกระพริบ เพราะเป็นภาษาที่เขียนง่ายไม่ซับซ้อนจึงสะดวกในการแก้ไขและพัฒนาต่อไป รหัสต้นฉบับที่เขียนขึ้นแสดงไว้ในภาคผนวก ก ในโครงงานนี้หลอดแอลอีดีทุกหลอดถูกควบคุมให้กระพริบพร้อมกัน ซึ่งความถี่ในการกระพริบเท่ากับ 1 ครั้ง/วินาที โดยสัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำไปควบคุมทรานซิสเตอร์หมายเลข TIP 120 (รูปที่ 3.8)

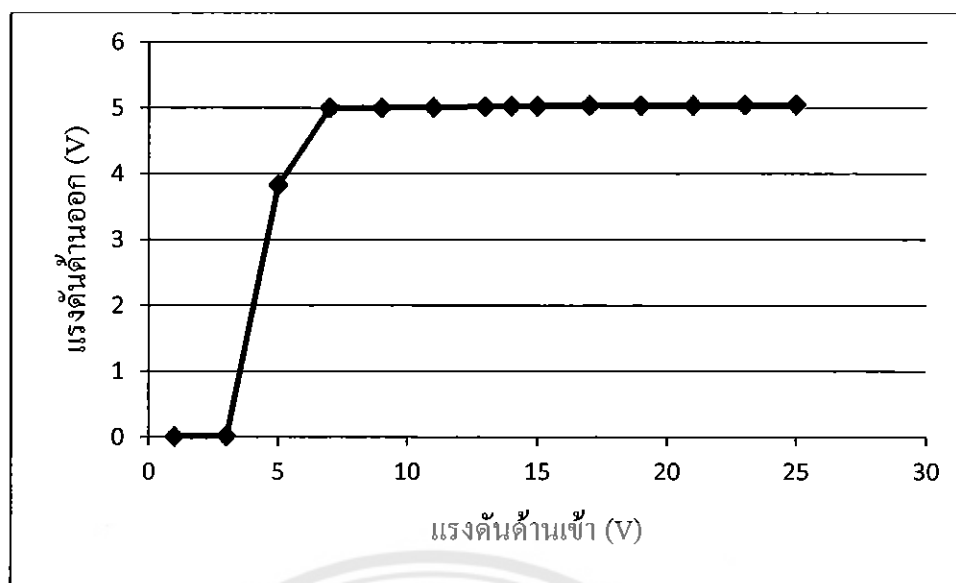
บทที่ 4

ผลการทดสอบ

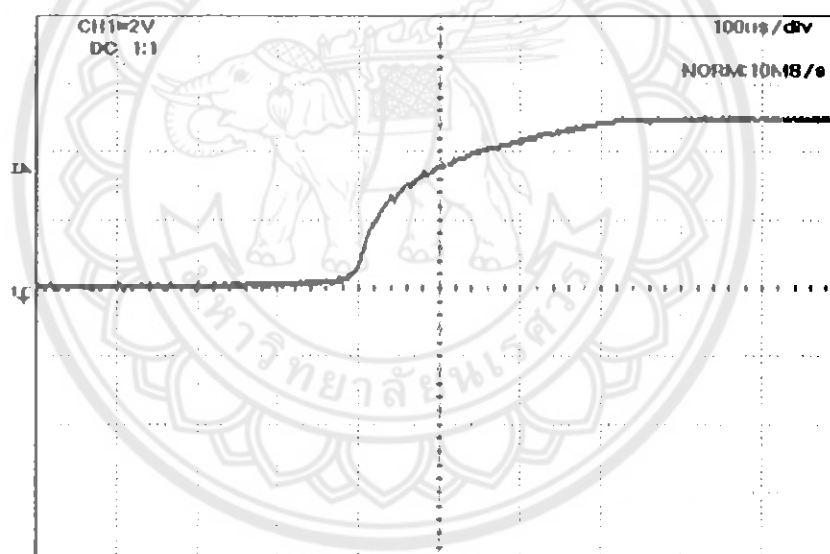
หลังจากการศึกษาการทำงานของวงจรทอนระดับแรงดัน และวงจรควบคุมเพื่อเลือก ระหว่างแบตเตอรี่กับการไฟฟ้า ในการจ่ายไฟให้กับโหลดไฟกระพริบ ผู้ดำเนินโครงการ ได้ ทดสอบการทำงานของตัวควบคุมที่สร้างขึ้น โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.1 การทดสอบการคุมค่าแรงดันของวงจรทอนระดับแรงดัน

หน้าที่ของวงจรทอนระดับแรงดันที่รับไฟจากการไฟฟ้าฯ และรับไฟจากแบตเตอรี่ใน โครงการนี้คือจ่ายแรงดันด้านออกคงที่ 5 V โดยไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านเข้า ซึ่งการ ทดสอบการคุมค่าแรงดันของวงจรทอนระดับแรงดันทำโดยจ่ายแรงดันที่มีค่าเปลี่ยนแปลง ได้จาก แหล่งกำเนิดไฟกระแสตรงให้กับวงจรทอนระดับแรงดัน ในการทดลองได้ปรับค่าแรงดันของ แหล่งกำเนิดไฟกระแสตรงแล้วบันทึกค่าแรงดันด้านออกของวงจรทอนระดับแรงดัน'ตลอดช่วง การเปลี่ยนแปลงแรงดันด้านเข้า 7-25 V จะได้แรงดันด้านออกของวงจรทอนระดับแรงดันค่อนข้าง คงที่ 5 V แต่ถ้าแรงดันด้านเข้ามีค่าต่ำกว่า 7 V วงจรทอนระดับแรงดันจะไม่สามารถคุมค่าแรงดัน ให้คงที่ 5 V ได้ แต่ในโครงการนี้แรงดันของแบตเตอรี่จะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 10 V ระบบก็จะตัดไฟ ในส่วนของแบตเตอรี่ออก ซึ่งแรงดันค่านี้เป็นค่าที่วงจรทอนระดับแรงดันสามารถคุมค่าแรงดันให้ คงที่ 5 V ได้ความสัมพันธ์ของแรงดันด้านเข้าและด้านออกของวงจรทอนระดับแรงดันแสดงดังรูป ที่ 4.1 และได้ทดลองจับสัญญาณในช่วงสถานะชั่วคราวโดยการป้อนแรงดันจากการไฟฟ้าฯ ได้ แรงดันด้านออกดังแสดงในรูปที่ 4.2 ส่วนแรงดันด้านออกของวงจรทอนระดับแรงดันที่รับไฟจาก แบตเตอรี่แสดงดังรูปที่ 4.3

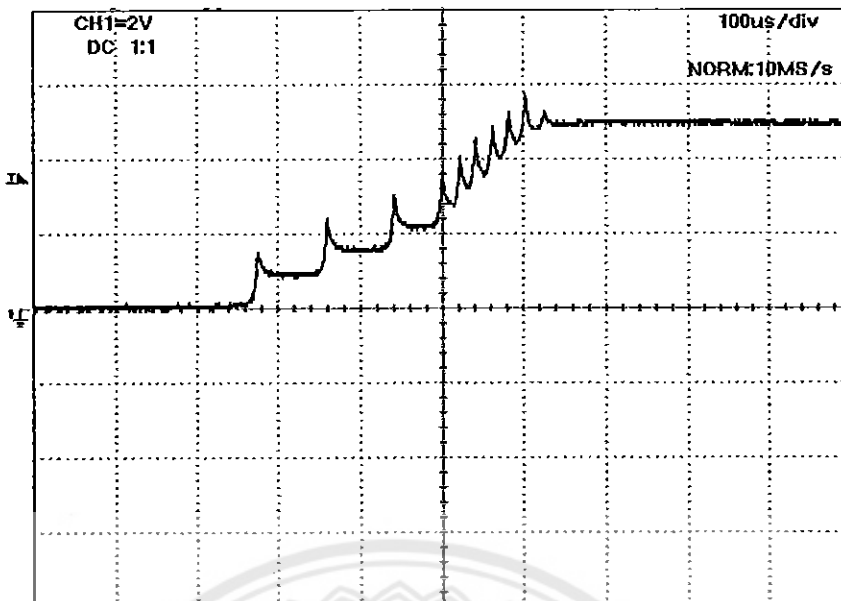


รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านเข้าและด้านออกของวงจรทอนระดับแรงดัน



รูปที่ 4.2 แรงดันด้านออกของชุดวงจรจ่ายไฟจากการไฟฟ้าฯ ในสถานะชั่วคราว

จากรูปที่ 4.2 เมื่อป้อนแรงดันด้านเข้าโดยใช้ไฟจากการไฟฟ้าซึ่งเป็นไฟกระแสสลับ แล้วเปลี่ยนเป็นไฟกระแสตรงโดยผ่านวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ จะได้แรงดันด้านออกค่อยๆ โต้ขึ้นเนื่องจากไฟจากการไฟฟ้าฯ สามารถดึงมาใช้ได้อย่างไม่จำกัด และวงจรมีตัวเหนี่ยวนำที่มีค่ามาก จึงทำให้สัญญาณค่อยๆ โต้ขึ้นโดยไม่เกิดการแกว่งของสัญญาณ หลังจากนั้นแรงดันจะมีค่าคงที่ 5 V

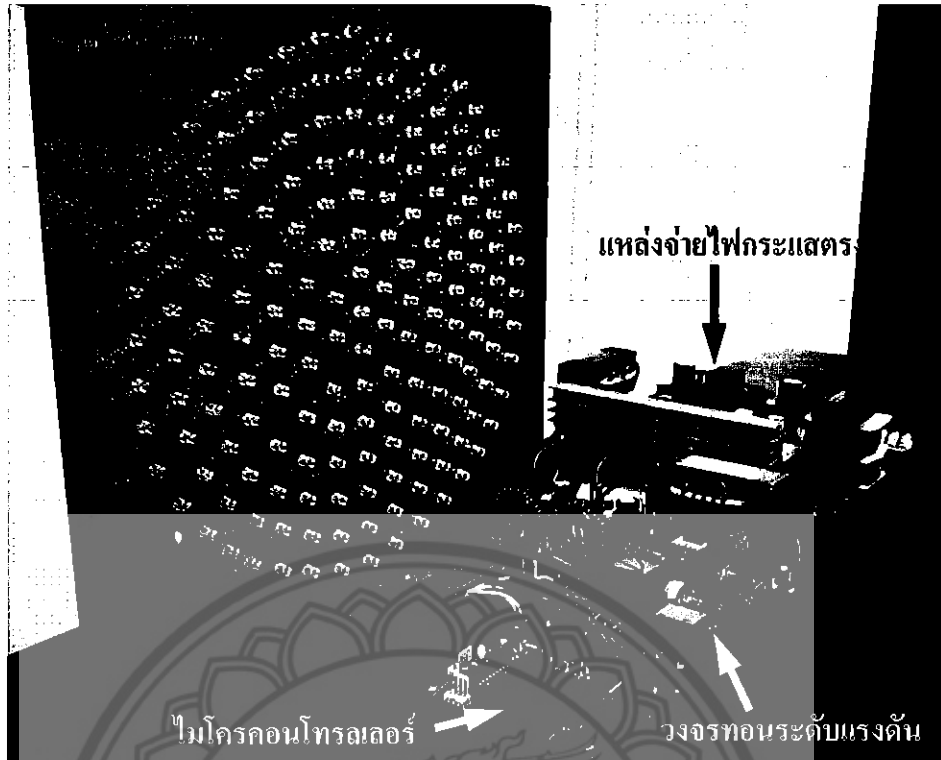


รูปที่ 4.3 แรงดันด้านออกของชุดวงจรจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ในสถานะชั้วครู่

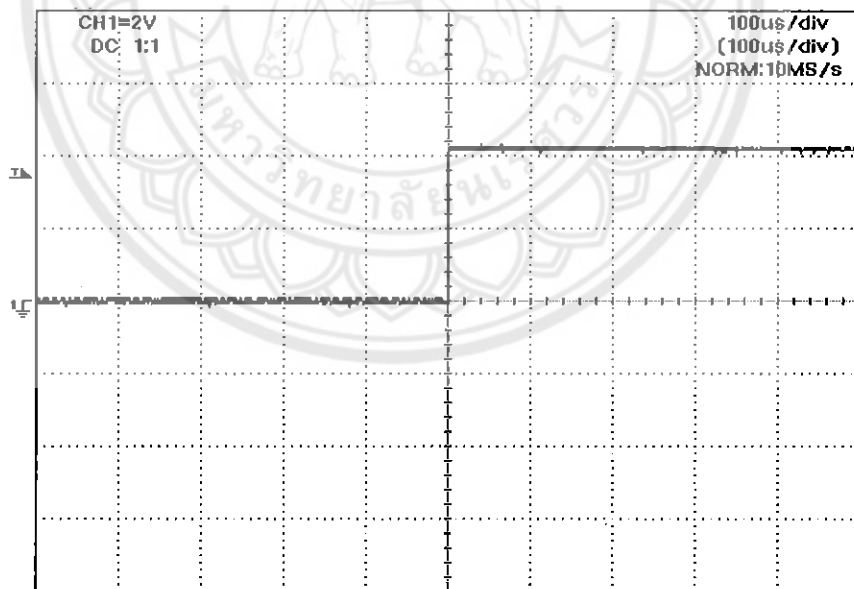
จากรูปที่ 4.3 เมื่อป้อนไฟจากแบตเตอรี่ให้วงจรทอนระดับแรงดัน จะได้แรงดันด้านออก โด่งขึ้นโดยเกิดการแกว่งของสัญญาณแรงดัน เนื่องจากปฏิกิริยาภายในของแบตเตอรี่คือเมื่อ แบตเตอรี่ถูกคายประจุแรงดันที่ขั้วของแบตเตอรี่จะตกลง และต้องใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาใหม่ คือต้องรอให้กรดไหลเข้ามาแทนที่กรดที่ถูกทำปฏิกิริยาไปและเมื่อทำปฏิกิริยาเสร็จ แรงดันที่ขั้ว ของแบตเตอรี่ก็จะเพิ่มขึ้น จึงทำให้สัญญาณแรงดันเกิดการแกว่งดังรูปที่เกิดขึ้น

4.2 การทดสอบการทำงานของวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ

วงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟมีหน้าที่เลือกแหล่งจ่ายไฟเพื่อจ่ายให้กับโหลดไฟ กระทบโดยผ่านวงจรทอนระดับแรงดัน ในการทดลองใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงจ่ายให้กับวงจร ควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ แล้วปรับค่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงให้เพิ่มขึ้นและลดลง เสมือนไฟจากแบตเตอรี่แสดงดังรูปที่ 4.4 แล้วจับสัญญาณการทำงานของรีเลย์คือถ้าแรงดันของ แบตเตอรี่เพิ่มขึ้นจนเต็ม (12.5 V) และอยู่ในเวลากลางคืนรีเลย์จะทำงานส่งผลให้ระบบรับไฟจาก แบตเตอรี่ แต่ถ้ายังอยู่ในเวลากลางวันรีเลย์จะยังไม่ทำงานระบบจะรับไฟจากการไฟฟ้าฯ แต่เมื่อ แรงดันของแบตเตอรี่ลดลงต่ำกว่า 10 V วงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟจะตัดไฟจากแบตเตอรี่ ออก ซึ่งจะเลือกรับไฟจากการไฟฟ้าฯแทน โดยการทำงานของรีเลย์แสดงดังรูปที่ 4.5 และสัญญาณ การหยุดทำงานของรีเลย์แสดงดังรูปที่ 4.6

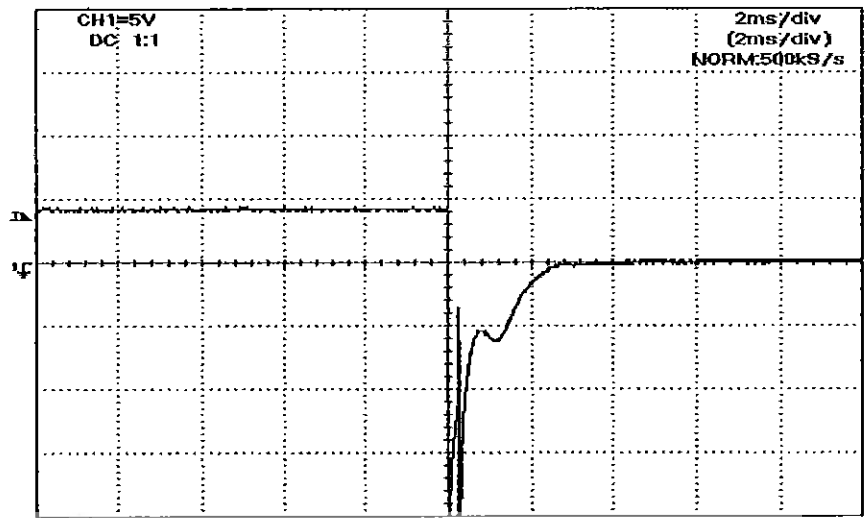


รูปที่ 4.4 ระบบของวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 4.5 แรงดันตกคร่อมขดลวดของรีเลย์ขณะหน้าสัมผัสเปลี่ยนสถานะ

จากรูปที่ 4.5 เป็นสัญญาณแรงดันช่วงสถานะชั่วคราวที่ทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์เปลี่ยนสถานะ โดยในช่วงก่อนการเปลี่ยนสถานะแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดของรีเลย์จะมีค่าเท่ากับ 0 V และเมื่อหน้าสัมผัสรีเลย์เปลี่ยนสถานะจะมีแรงดันตกคร่อมขดลวดของรีเลย์ 4.2 V



รูปที่ 4.6 แรงดันตกคร่อมขดลวดของรีเลย์ขณะหน้าสัมผัสกลับสู่ตำแหน่งเดิม

จากรูปที่ 4.6 ในช่วงที่รีเลย์ทำงานจะมีแรงดันตกคร่อมขดลวดรีเลย์ 4.2 V และเมื่อหน้าสัมผัสของรีเลย์กลับสู่ตำแหน่งเดิมจะมีแรงดันตกคร่อมขดลวดรีเลย์ 0 V แต่จากรูปจะเกิดการแกว่งของสัญญาณเกิดขึ้นเนื่องจากการที่ทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์กลับสู่ตำแหน่งเดิมนั้น ทำโดยใช้หน้าสัมผัสของรีเลย์อีกตัวตัดไฟที่จ่ายให้กับขดลวด ทำให้กระแสเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน โดยการเปลี่ยนแปลงฉับพลันนั้นคือการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงตามสมการที่ (4.1)

$$V_L = L \frac{di_L}{dt} \tag{4.1}$$

จากสมการที่ (4.1) เมื่อกระแสลดลงอย่างฉับพลันส่งผลให้แรงดันลดลงอย่างฉับพลันเช่นเดียวกัน ทำให้แรงดันลดลงจนมีค่าติดลบเพราะการลดลงของกระแสจะมีความชันติดลบจึงเกิดการแกว่งของสัญญาณแรงดันดังรูปที่เกิดขึ้น

ในช่วงเวลากลางวันนั้นระบบจะเลือกรับไฟจากการไฟฟ้าฯ แบตเตอรี่จะถูกอัดประจุด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อถึงเวลาที่ไม่มีแสงสว่างคือในช่วงเวลากลางคืนและแบตเตอรี่ถูกอัดประจุจนเต็ม ระบบจะเลือกรับไฟจากแบตเตอรี่ รีเลย์จะทำงานหน้าสัมผัสของรีเลย์จะเปลี่ยนสถานะ เมื่อแบตเตอรี่ถูกคายประจุจนถึงเข้าคือเมื่อมีค่าความสว่างตามที่ปรับตั้งไว้ระบบจะเลือกรับไฟจากการไฟฟ้าฯ รีเลย์จะหยุดทำงานหน้าสัมผัสของรีเลย์จะกลับสู่ตำแหน่งเดิม แบตเตอรี่จะถูกอัดประจุโดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แต่ถ้าแบตเตอรี่ไม่สามารถใช้งานได้นจนถึงเข้าคือแบตเตอรี่หมดในช่วงเวลากลางคืนระบบก็จับเลือกรับไฟจากการไฟฟ้าฯ แทนที่โดยไม่ต้องรอจนถึงเข้า ซึ่งในการใช้งานจริงนั้นควรเลือกแบตเตอรี่ที่สามารถจ่ายพลังงานได้นจนถึงเข้าคือเมื่อหยุดคายประจุจากแบตเตอรี่ต้องได้รับการอัดประจุโดยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทันที เพื่อให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ในการเลือกรับไฟจากทั้ง 2 แหล่งจ่ายนั้นไฟกระพริบจะกระพริบอย่างต่อเนื่องแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทำงานของวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ

สถานะต่างๆ	การทำงานของรีเลย์	รับไฟจากแบตเตอรี่	รับไฟจากการไฟฟ้า	การกระพริบของโหนด
แบตเตอรี่เต็ม ช่วงเวลากลางคืน	●	●	●	●
แบตเตอรี่เต็ม ช่วงเวลากลางวัน	●	●	●	●
แบตเตอรี่หมด ช่วงเวลากลางคืน	●	●	●	●

หมายเหตุ: ● ทำงาน
● ไม่ทำงาน



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้เป็นการสรุปผลการดำเนินงานและปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น พร้อมให้แนวทางการแก้ไขปัญหาและแนวทางในการพัฒนาต่อไป

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

หลังจากศึกษาการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ วงจรทอนระดับแรงดัน แบตเตอรี่แบบตะกั่ว และการสร้างวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟ ผู้ดำเนินโครงการได้ออกแบบและสร้างสัญญาณไฟกระพริบที่เป็นระบบผลัดกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (Grid-connected photovoltaic systems) โดยสามารถเลือกรับพลังงานจากแหล่งกำเนิดได้ 2 แหล่ง คือไฟกระแสตรงจากแบตเตอรี่แบบตะกั่วซึ่งได้รับการอัดประจุโดยตรงจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แรงดันของแบตเตอรี่ถูกป้อนเข้าสู่วงจรทอนระดับแรงดันเพื่อคุมค่าแรงดันคงที่ที่ 5 V ก่อนจ่ายให้กับโหลดหลอดไฟ แต่เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่มีค่าต่ำกว่า 10 V ระบบจะเลือกรับพลังงานจากการไฟฟ้าฯ โดยไฟกระแสสลับ 220 V 50 Hz จะถูกเปลี่ยนเป็นไฟกระแสตรง 16.5 V ด้วยตัวเรียงกระแสที่มีตัวกรองแบบตัวเก็บประจุ ก่อนส่งผ่านวงจรทอนระดับแรงดันอีกชุดหนึ่งเพื่อคุมค่าแรงดันคงที่ที่ 5 V ก่อนจ่ายให้กับโหลดหลอดไฟและไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งควบคุมการกระพริบของหลอดไฟซึ่งความถี่ในการกระพริบเท่ากับ 1 ครั้ง/วินาที

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

ในโครงการนี้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น STP010S-12/kb มีคุณลักษณะจ่ายแรงดันสูง (แรงดันสูงสุด 21.6 V) แต่ให้กระแสต่ำ (กระแสสูงสุด 0.66 A) แต่โหลดต้องการแรงดันต่ำ (5 V) แต่กระแสสูง (3 A) จากคุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังกล่าวจะเห็นว่าไม่เหมาะสมที่จะนำมาจ่ายโหลดได้ จึงนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาอัดประจุให้กับแบตเตอรี่ก่อนจ่ายให้โหลดผ่านวงจรทอนระดับแรงดัน ดังนั้นในโครงการนี้จึงใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ในเวลากลางคืนเพราะในเวลากลางวันต้องอัดประจุให้กับแบตเตอรี่จนเต็มเพื่อป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพเร็วเกินไป แนวทางแก้ไขคือใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถจ่ายค่าแรงดันและกระแสได้เพียงพอตามที่โหลดต้องการ เพื่อที่เวลากลางวันแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะได้จ่ายพลังงานให้โหลดและส่วนที่เหลือก็อัดประจุให้แบตเตอรี่ เพื่อลดการใช้พลังงานจากการไฟฟ้าฯ ในเวลากลางวันลง

นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดของหน้าสัมผัสรีเลย์ขณะเปลี่ยนสถานะคือช่วงเวลาที่หน้าสัมผัสกลับสู่ตำแหน่งเดิมจะเกิดการลดลงของกระแสอย่างฉับพลัน ทำให้แรงดันลดลงอย่างฉับพลัน เช่นเดียวกัน ส่งผลให้รีเลย์มีอายุการใช้งานสั้นลงแนวทางแก้ไขคือเลือกใช้สวิตช์แบบอื่นแทนการใช้หน้าสัมผัสของรีเลย์หรือสร้างวงจรควบคุมการเลือกแหล่งจ่ายไฟใหม่ที่ไม่ต้องใช้รีเลย์เป็นสวิตช์

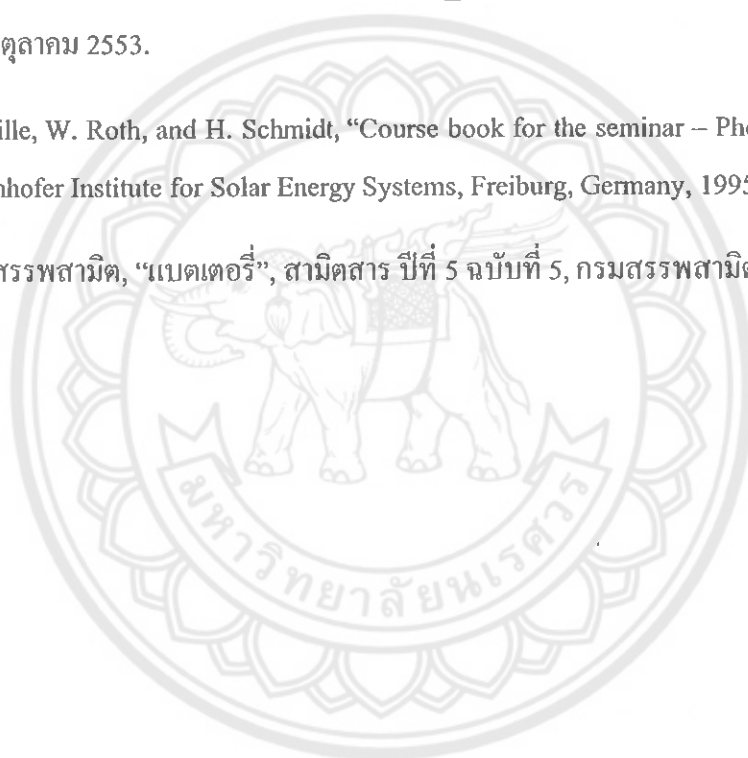
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

การกะพริบของหลอดแอลอีดีในโครงการนี้มีความถี่ในการกะพริบตามมาตรฐานกรมทางหลวง (1 ครั้ง/วินาที) แต่ถ้าต้องการเพิ่มหรือลดความถี่ในการกะพริบนั้นต้องสร้างสัญญาณไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมไฟกะพริบใหม่ทุกครั้ง ทำให้เกิดความยุ่งยากในการปรับเปลี่ยนแนวทางในการพัฒนาต่อไปคือ สร้างวงจรควบคุมที่สามารถปรับความถี่ในการกะพริบได้โดยไม่ต้องสร้างสัญญาณไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่

นอกจากนี้ในบางพื้นอาจมีแหล่งพลังงานหมุนเวียนชนิดอื่นที่เพียงพอต่อการนำมาจ่ายให้กับระบบเพื่อเสริมกับพลังงานที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งมีต้นทุนการผลิตสูงจะเป็นการเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบและช่วยลดการใช้พลังงานจากการไฟฟ้า หรืออาจจะไม่ต้องใช้เลย

เอกสารอ้างอิง

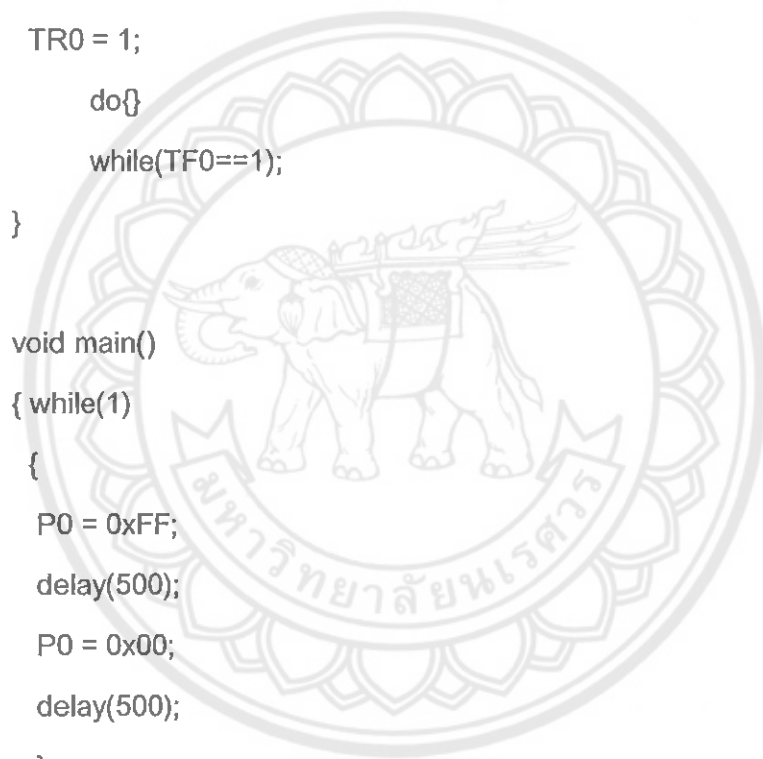
- [1] นภัทร วัจนเทพินทร์, “วงจรไอซีและการประยุกต์ใช้งาน”, บริษัทสกายบุคส์ จำกัด, กรุงเทพฯ, 2547.
- [2] ธนันต์ ศรีสกุล, “วงจรอิเล็กทรอนิกส์”, สำนักพิมพ์ วิตตี้กรุ๊ป, กรุงเทพฯ, 2552.
- [3] บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, “บันทึก 380 วงจรไอซี”, บริษัท วี.พรีนท์(1991), กรุงเทพฯ, 2551.
- [4] http://www.chontech.ac.th/~abhichat/WBTPI_Model/Rectifier/rectifier4.html สืบค้นเมื่อเดือนตุลาคม 2553.
- [5] G. Hille, W. Roth, and H. Schmidt, “Course book for the seminar – Photovoltaic Systems”, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, Freiburg, Germany, 1995.
- [6] กรมสรรพสามิต, “เบตเตอร์”, สามิตสาร ปีที่ 5 ฉบับที่ 5, กรมสรรพสามิต, กรุงเทพฯ, 2542.





```
#include<reg51.h>
#include<intrins.h>
void delay(unsigned int dm)
{ unsigned int c;
    TMOD = 0x02;
    TH0 = 0xCF;
    TL0 = 0xCF;
    for(c=0;c<dm*100;c++)
    { TF0 = 0;
      TR0 = 1;
      do{}
      while(TF0==1);
    }
}

void main()
{ while(1)
  {
    P0 = 0xFF;
    delay(500);
    P0 = 0x00;
    delay(500);
  }
}
```





มาตรฐานไฟกระพริบพลังแสงอาทิตย์

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร

สำหรับแจ้งเตือนบริเวณจุดกัปรถ

ข้อกำหนดทั่วไป

เป็นไฟกระพริบที่มีแหล่งกำเนิดพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งต้องทำงานได้ตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน ติดต่อกันได้ไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง ทั้งในสภาวะอากาศปกติและสภาวะอากาศปิด

องค์ประกอบของโครงสร้าง

1. เสาเป็นเสาเหล็กกลมสีดำ โดยเสามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว และมีความหนาของเนื้อวัสดุไม่น้อยกว่า 4 มิลลิเมตร เช่นเดียวกับเสา ไฟสัญญาณจราจร
2. เสาและองค์ประกอบต่างๆต้องทำจากวัสดุที่ไม่เกิดสนิมและทนทานต่อสภาพอากาศ ไม่เกิดการซีดจางหรือเปลี่ยนสี
3. ต้องมีกระบังหน้าติดประกอบกับดวงโคม เพื่อใช้บังแสงในเวลากลางวันและเพื่อรวมแสงในเวลากลางคืน เช่นเดียวกับดวงโคมของไฟสัญญาณจราจร

คุณสมบัติของวัสดุและงานแสง

1. หลอดแอลอีดีที่นำมาใช้ต้องมีคุณสมบัติดังนี้
 - หลอดแอลอีดีต้องเป็นชนิดความเข้มส่องสว่าง (Luminous Intensity) สูง และออกแบบมาสำหรับใช้งานไฟสัญญาณจราจรเท่านั้น
 - หลอดแอลอีดีต้องเปล่งสีที่ต้องการ โดยตรง เมื่อเป็นไฟกระพริบสีแดง ต้องใช้หลอดแอลอีดีสีแดง และเมื่อเป็นไฟกระพริบสีเหลือง ต้องใช้หลอดแอลอีดีสีเหลือง
 - อายุการใช้งานของหลอดแอลอีดีต้องมีอายุการใช้งานไม่น้อยกว่า 100,000 ชั่วโมง
 - การกระพริบของหลอดแอลอีดีต้องกระพริบเป็นจังหวะเดียวกันทุกหลอด และมีจังหวะการกระพริบได้จำนวน 60 ครั้ง/นาที (+/- 6 ครั้ง/นาที)

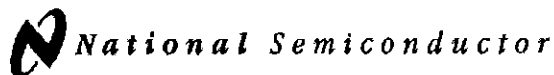
2. งานแสงต้องใช้หลอดแอลอีดีชนิดความเข้มส่องสว่างสูงจำนวนไม่น้อยกว่า 115 หลอด จัดวางในตำแหน่งที่เหมาะสมกับการใช้งานและมีความเข้มส่องสว่างโดยรวมไม่น้อยกว่า 617,000 มิลลิแคนเดลา (ค่าความเข้มส่องสว่างโดยรวมดังกล่าว ต้องคิดจากค่าต่ำสุดของค่าความเข้มส่องสว่างแต่ละหลอดรวมกัน) โดยผู้ที่เสนอราคา ต้องเป็นตัวแทนที่ได้รับการแต่งตั้ง โดยตรงจากบริษัทผู้ผลิตหลอดแอลอีดีหรือบริษัท สาขาในประเทศไทย ทั้งนี้จะต้องจัดส่งเอกสารหนังสือแต่งตั้งตัวแทนจาก บริษัทผู้ผลิตหรือบริษัทสาขาในประเทศไทยและแคตตาล็อกสินค้าขึ้นพร้อมใบเสนอ ราคา เพื่อประโยชน์ในการติดตามการรับประกัน

3. เสนอกรอบงานแสง จะต้องทำจากวัสดุ โพลีคาร์บอเนตหรือวัสดุอะคริลิก ซึ่งโปร่ง แสงทนความร้อนสูง ไม่แตกง่าย และไม่เปราะหักเมื่อเกิดอุบัติเหตุ

คุณสมบัติแหล่งเก็บพลังงานและแผงเซลล์แสงอาทิตย์

1. แหล่งเก็บพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง แบบแบตเตอรี่แห้ง (Dry cell) หรือมาตรฐานอื่น เทียบเท่าและมีค่าสำรองพลังงานภายในไม่น้อยกว่า 6 โวลต์ 20 แอมแปร์
2. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องสามารถผลิตพลังงานได้ไม่น้อยกว่า 4.5 วัตต์ โดยผู้เสนอ ราคาต้องเป็นตัวแทนที่ได้รับการแต่งตั้ง โดยตรงจากบริษัทผู้ผลิตแผงเซลล์ แสงอาทิตย์หรือบริษัทสาขาในประเทศไทย ทั้งนี้จะต้องจัดส่งเอกสารหนังสือแต่งตั้ง ตัวแทนจากบริษัทผู้ผลิตหรือบริษัทสาขาในประเทศไทยและแคตตาล็อกสินค้าขึ้น พร้อมใบเสนอราคาเพื่อประโยชน์ในการติดตามการรับประกัน





June 1999

LM2576/LM2576HV Series SIMPLE SWITCHER® 3A Step-Down Voltage Regulator

General Description

The LM2576 series of regulators are monolithic integrated circuits that provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving 3A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3V, 5V, 12V, 15V, and an adjustable output version.

Requiring a minimum number of external components, these regulators are simple to use and include internal frequency compensation and a fixed-frequency oscillator.

The LM2576 series offers a high-efficiency replacement for popular three-terminal linear regulators. It substantially reduces the size of the heat sink, and in some cases no heat sink is required.

A standard series of inductors optimized for use with the LM2576 are available from several different manufacturers. This feature greatly simplifies the design of switch-mode power supplies.

Other features include a guaranteed $\pm 4\%$ tolerance on output voltage within specified input voltages and output load conditions, and $\pm 10\%$ on the oscillator frequency. External shutdown is included, featuring 50 μA (typical) standby current. The output switch includes cycle-by-cycle current limiting, as well as thermal shutdown for full protection under fault conditions.

Features

- 3.3V, 5V, 12V, 15V, and adjustable output versions
- Adjustable version output voltage range, 1.23V to 37V (57V for HV version) $\pm 4\%$ max over line and load conditions
- Guaranteed 3A output current
- Wide input voltage range, 40V up to 60V for HV version
- Requires only 4 external components
- 52 kHz fixed frequency internal oscillator
- TTL shutdown capability, low power standby mode
- High efficiency
- Uses readily available standard inductors
- Thermal shutdown and current limit protection
- P+ Product Enhancement tested

Applications

- Simple high-efficiency step-down (buck) regulator
- Efficient pre-regulator for linear regulators
- On-card switching regulators
- Positive to negative converter (Buck-Boost)

Typical Application (Fixed Output Voltage Versions)

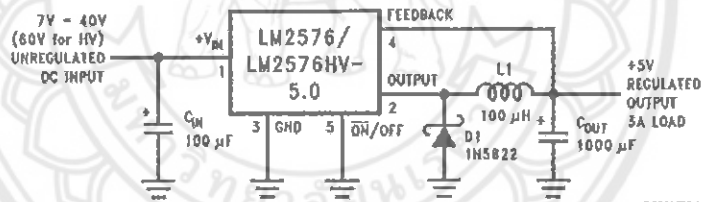
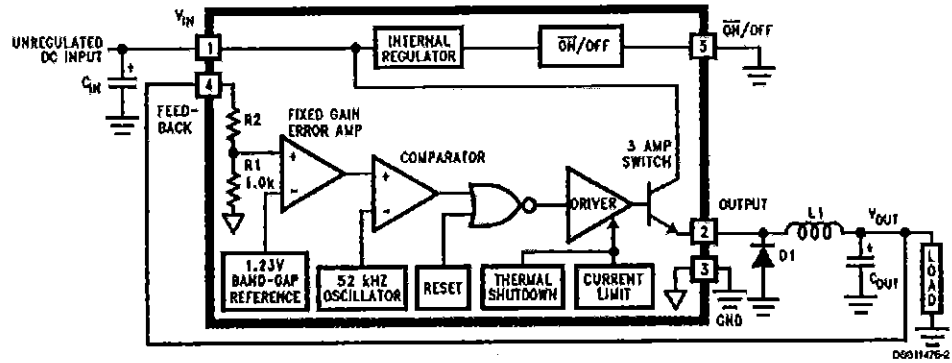


FIGURE 1.

SIMPLE SWITCHER® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

Block Diagram



3.3V, R2 = 1.7k
 5V, R2 = 3.1k
 12V, R2 = 8.84k
 15V, R2 = 11.3k
 For ADJ. Version
 R1 = Open, R2 = 0Ω
 Patent Pending

Ordering Information

Temperature Range	Output Voltage					MS Package Number	Package Type
	3.3	5.0	12	15	ADJ		
-40°C ≤ T _A ≤ 125°C	LM2576HVS-3.3	LM2576HVS-5.0	LM2576HVS-12	LM2576HVS-15	LM2576HVS-ADJ	TSS8	TO-263
	LM2576S-3.3	LM2576S-5.0	LM2576S-12	LM2576S-15	LM2576S-ADJ		
	LM2576HVSX-3.3	LM2576HVSX-5.0	LM2576HVSX-12	LM2576HVSX-15	LM2576HVSX-ADJ	TSS8 Tape & Reel	TO-220
	LM2576SX-3.3	LM2576SX-5.0	LM2576SX-12	LM2576SX-15	LM2576SX-ADJ		
	LM2576HVT-3.3	LM2576HVT-5.0	LM2576HVT-12	LM2576HVT-15	LM2576HVT-ADJ	T05A	TO-220
	LM2576T-3.3	LM2576T-5.0	LM2576T-12	LM2576T-15	LM2576T-ADJ		
	LM2576HVT-3.3	LM2576HVT-5.0	LM2576HVT-12	LM2576HVT-15	LM2576HVT-ADJ	T05D	TO-220
	Flow LB03	Flow LB03	Flow LB03	Flow LB03	Flow LB03		
	LM2576T-3.3	LM2576T-5.0	LM2576T-12	LM2576T-15	LM2576T-ADJ	T05D	TO-220
	Flow LB03	Flow LB03	Flow LB03	Flow LB03	Flow LB03		

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

Maximum Supply Voltage	
LM2576	45V
LM2576HV	63V
ON/OFF Pin Input Voltage	$-0.3V \leq V \leq +V_{IN}$
Output Voltage to Ground (Steady State)	-1V
Power Dissipation	Internally Limited
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Maximum Junction Temperature	150°C

Minimum ESD Rating

(C = 100 pF, R = 1.5 kΩ)

2 kV

Lead Temperature

(Soldering, 10 Seconds)

260°C

Operating Ratings

Temperature Range

LM2576/LM2576HV

 $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$

Supply Voltage

LM2576

40V

LM2576HV

60V

LM2576-3.3, LM2576HV-3.3**Electrical Characteristics**

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range.

Symbol	Parameter	Conditions	LM2576-3.3 LM2576HV-3.3		Units (Limits)
			Typ	Limit (Note 2)	
SYSTEM PARAMETERS (Note 3) Test Circuit Figure 2					
V_{out}	Output Voltage	$V_{IN} = 12V, I_{LOAD} = 0.5A$ Circuit of Figure 2	3.3	3.234 3.366	V V(Min) V(Max)
V_{out}	Output Voltage LM2576	$6V \leq V_{IN} \leq 40V, 0.5A \leq I_{LOAD} \leq 3A$ Circuit of Figure 2	3.3	3.168/3.135 3.432/3.465	V V(Min) V(Max)
V_{out}	Output Voltage LM2576HV	$6V \leq V_{IN} \leq 60V, 0.5A \leq I_{LOAD} \leq 3A$ Circuit of Figure 2	3.3	3.168/3.135 3.450/3.482	V V(Min) V(Max)
η	Efficiency	$V_{IN} = 12V, I_{LOAD} = 3A$	75		%

LM2576-5.0, LM2576HV-5.0**Electrical Characteristics**

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with Figure 2 boldface type apply over full Operating Temperature Range.

Symbol	Parameter	Conditions	LM2576-5.0 LM2576HV-5.0		Units (Limits)
			Typ	Limit (Note 2)	
SYSTEM PARAMETERS (Note 3) Test Circuit Figure 2					
V_{out}	Output Voltage	$V_{IN} = 12V, I_{LOAD} = 0.5A$ Circuit of Figure 2	5.0	4.900 5.100	V V(Min) V(Max)
V_{out}	Output Voltage LM2576	$0.5A \leq I_{LOAD} \leq 3A,$ $8V \leq V_{IN} \leq 40V$ Circuit of Figure 2	5.0	4.800/4.750 5.200/5.250	V V(Min) V(Max)
V_{out}	Output Voltage LM2576HV	$0.5A \leq I_{LOAD} \leq 3A,$ $8V \leq V_{IN} \leq 60V$ Circuit of Figure 2	5.0	4.800/4.750 5.225/5.275	V V(Min) V(Max)
η	Efficiency	$V_{IN} = 12V, I_{LOAD} = 3A$	77		%

All Output Voltage Versions Electrical Characteristics (Continued)

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, $V_{IH} = 12\text{V}$ for the 3.3V, 5V, and Adjustable version, $V_{IH} = 25\text{V}$ for the 12V version, and $V_{IH} = 30\text{V}$ for the 15V version. $I_{LOAD} = 500\text{mA}$.

Symbol	Parameter	Conditions	LM2576-XX LM2576HV-XX		Units (Limits)
			Typ	Limit (Note 2)	
ON /OFF CONTROL Test Circuit Figure 2					
V_{IH}	ON /OFF Pin	$V_{OUT} = 0\text{V}$	1.4	2.2/2.4	V(Min)
V_{IL}	Logic Input Level	$V_{OUT} = \text{Nominal Output Voltage}$	1.2	1.0/0.8	V(Max)
I_{IH}	ON /OFF Pin Input Current	ON /OFF Pin = 5V (OFF)	12	30	μA $\mu\text{A}(\text{Max})$
I_{IL}		ON /OFF Pin = 0V (ON)	0	10	μA $\mu\text{A}(\text{Max})$

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee specific performance limits. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics.

Note 2: All limits guaranteed at room temperature (standard type face) and all temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are guaranteed via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods.

Note 3: External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors can affect switching regulator system performance. When the LM2576/LM2576HV is used as shown in the Figure 2 test circuit, system performance will be as shown in system parameters section of Electrical Characteristics.

Note 4: Output pin sourcing current. No diode, inductor or capacitor connected to output.

Note 5: Feedback pin removed from output and connected to DV .

Note 6: Feedback pin removed from output and connected to +12V for the Adjustable, 3.3V, and 5V versions, and +25V for the 12V and 15V versions, to force the output transistor OFF.

Note 7: $V_{IH} = 40\text{V}$ (60V for high voltage version).

Note 8: Junction to ambient thermal resistance (no external heat sink) for the 5 lead TO-220 package mounted vertically, with 1/2 inch leads in a socket, or on a PC board with minimum copper area.

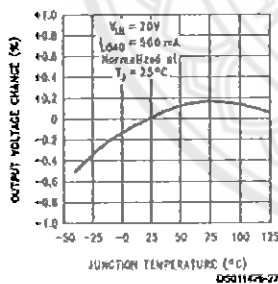
Note 9: Junction to ambient thermal resistance (no external heat sink) for the 5 lead TO-220 package mounted vertically, with 1/4 inch leads soldered to a PC board containing approximately 4 square inches of copper area surrounding the leads.

Note 10: If the TO-263 package is used, the thermal resistance can be reduced by increasing the PC board copper area thermally connected to the package. Using 0.5 square inches of copper area, θ_{JA} is 50°C/W , with 1 square inch of copper area, θ_{JA} is 37°C/W , and with 1.6 or more square inches of copper area, θ_{JA} is 32°C/W .

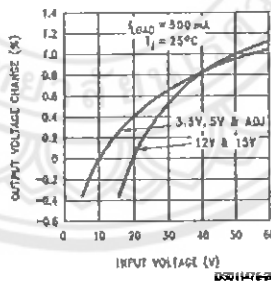
Note 11: The oscillator frequency reduces to approximately 11 kHz in the event of an output short or an overload which causes the regulated output voltage to drop approximately 40% from the nominal output voltage. This self protection feature lowers the average power dissipation of the IC by lowering the minimum duty cycle from 5% down to approximately 2%.

Typical Performance Characteristics (Circuit of Figure 2)

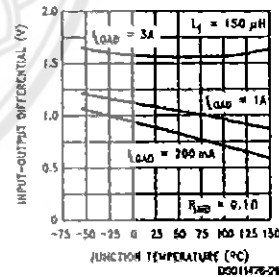
Normalized Output Voltage



Line Regulation

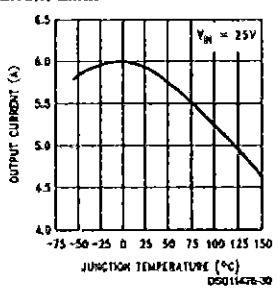


Dropout Voltage

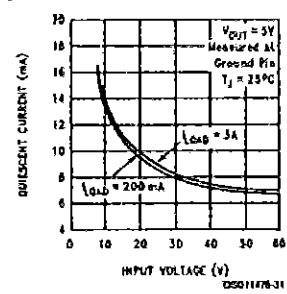


Typical Performance Characteristics (Circuit of Figure 2) (Continued)

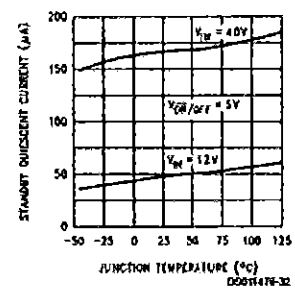
Current Limit



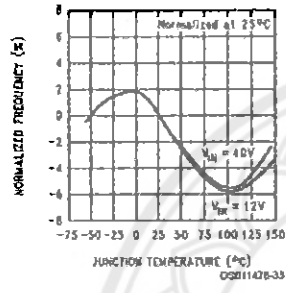
Quiescent Current



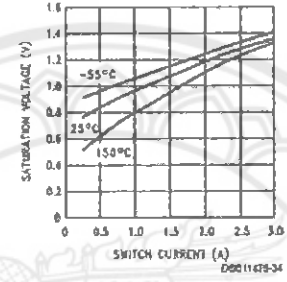
Standby Quiescent Current



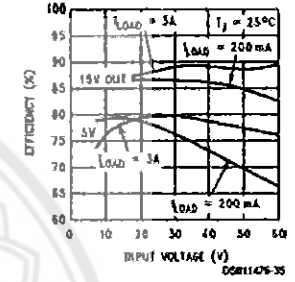
Oscillator Frequency



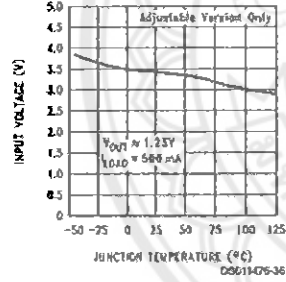
Switch Saturation Voltage



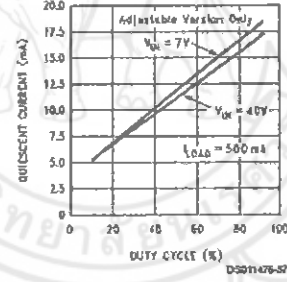
Efficiency



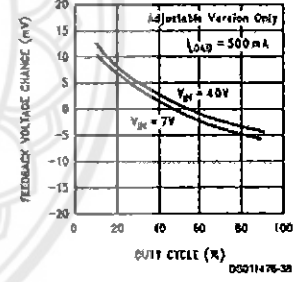
Minimum Operating Voltage



Quiescent Current vs Duty Cycle

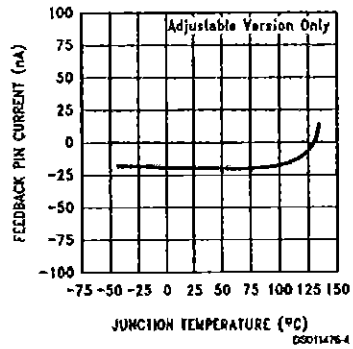


Feedback Voltage vs Duty Cycle

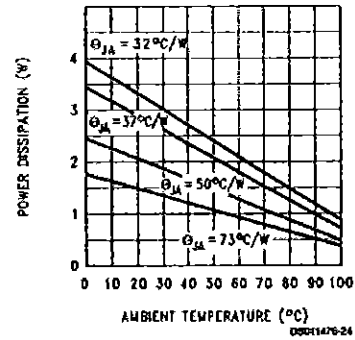


Typical Performance Characteristics (Circuit of Figure 2) (Continued)

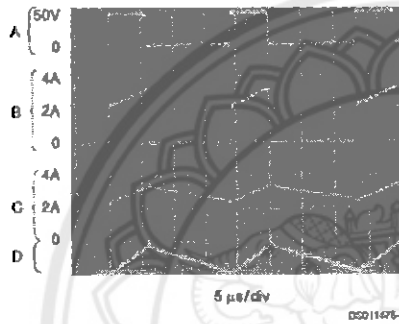
Feedback Pin Current



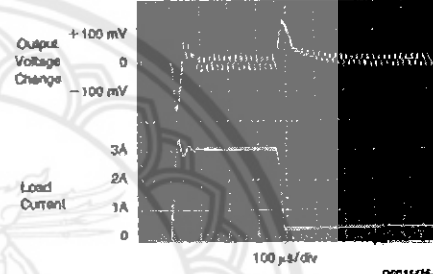
Maximum Power Dissipation
(TO-263) (See Note 10)



Switching Waveforms



Load Transient Response



$V_{out} = 15\text{V}$
 A: Output Pin Voltage, 50V/div
 B: Output Pin Current, 2A/div
 C: Inductor Current, 2A/div
 D: Output Ripple Voltage, 50 mV/div,
 AC-Coupled
 Horizontal Time Base: 5 $\mu\text{s}/\text{div}$



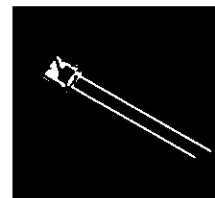
DATASHEET

Oasistek[®]
Bright Ideas. Bright Solutions.

TOL-503UYOC-OSM

Lamp LED

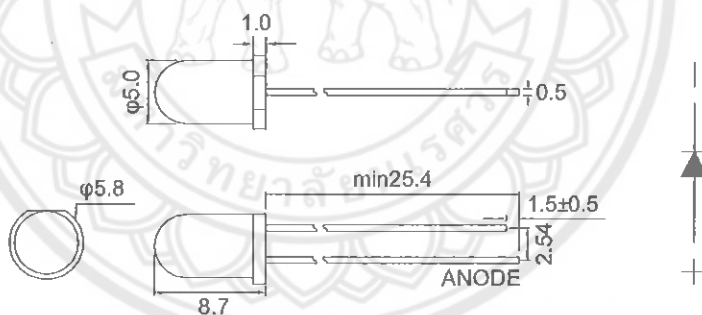
Part Number	Chip		Lens Color
	Material	Source Color	
TOL-503UYOC-OSM	InGaAlP	Yellow	Water Clear



Features

- I.C. compatible.
- Low power consumption.
- Compatible with wave soldering process.
- 5mm diameter package.
- Long life, stable and reliable.
- RoHS compliant.

Dimensions



Notes:

1. All dimensions are in millimeter.
2. Tolerance is ± 0.25 mm unless otherwise notes.

Absolute Maximum Rating @ Ta=25°C

Parameter	Maximum Rating	Unit
Peak Forward Current (1/10 Duty Cycle, 0.1ms Pulse Width)	100	mA
Power Dissipation	90	mW
Continuous Forward Current	20	mA
Reverse Voltage	5	V
Operating Temperature Range	-40°C to +85°C	
Storage Temperature Range	-40°C to +105°C	
Wave Soldering Profile For Lead-free Soldering	260°C, 5 Seconds	

Electrical / Optical Characteristic @ Ta=25°C

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Condition
Luminous Intensity	I_v	3000	6000	9400	mcd	$I_F=20mA$
Viewing Angle	$2\theta_{1/2}$		30		deg	$I_F=20mA$
Dominant Wavelength	λ_d	586	590	595	nm	$I_F=20mA$
Spectral Line Half-Width	$\Delta\lambda$		15		nm	$I_F=20mA$
Forward Voltage	V_F	1.6	2.1	2.4	V	$I_F=20mA$
Reverse Current	I_R			10	μA	$V_R=5V$

Bin Code List for Reference

Luminous Intensity		Unit : mcd@20mA	
Bin Code	Min	Max	
B45	3000	3800	
B46	3800	4800	
B47	4800	6000	
B48	6000	7500	
B49	7500	9400	

Tolerance of Luminous Intensity on each bin is $\pm 15\%$





LM158,A-LM258,A LM358,A

LOW POWER DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS

- INTERNALLY FREQUENCY COMPENSATED
- LARGE DC VOLTAGE GAIN: 100dB
- WIDE BANDWIDTH (unity gain): 1.1MHz (temperature compensated)
- VERY LOW SUPPLY CURRENT/OP (500µA) ESSENTIALLY INDEPENDENT OF SUPPLY VOLTAGE
- LOW INPUT BIAS CURRENT: 20nA (temperature compensated)
- LOW INPUT OFFSET VOLTAGE: 2mV
- LOW INPUT OFFSET CURRENT: 2nA
- INPUT COMMON-MODE VOLTAGE RANGE INCLUDES GROUND
- DIFFERENTIAL INPUT VOLTAGE RANGE EQUAL TO THE POWER SUPPLY VOLTAGE
- LARGE OUTPUT VOLTAGE SWING 0V TO ($V_{cc} - 1.5V$)

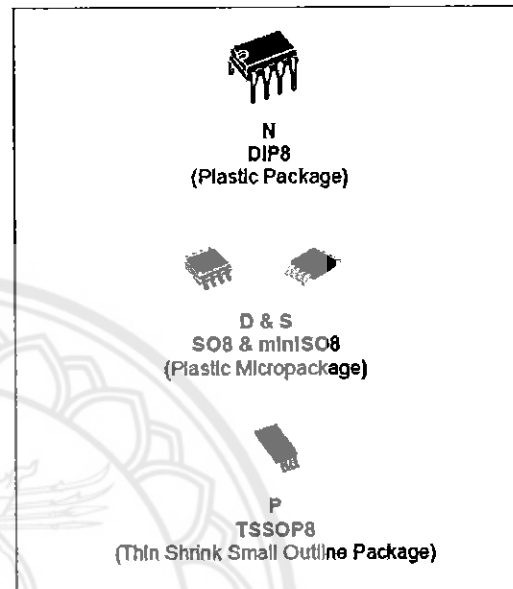
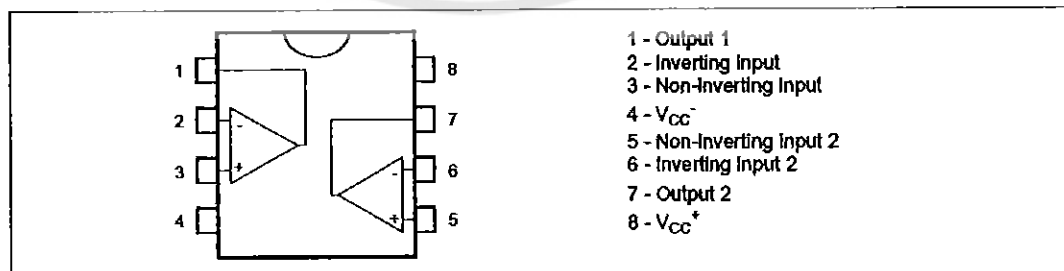
DESCRIPTION

These circuits consist of two independent, high gain, internally frequency compensated which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. The low power supply drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op-amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, these circuits can be directly supplied with the standard +5V which is used in logic systems and will easily provide the required interface electronics without requiring any additional power supply.

In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.

PIN CONNECTIONS (top view)



ORDER CODE

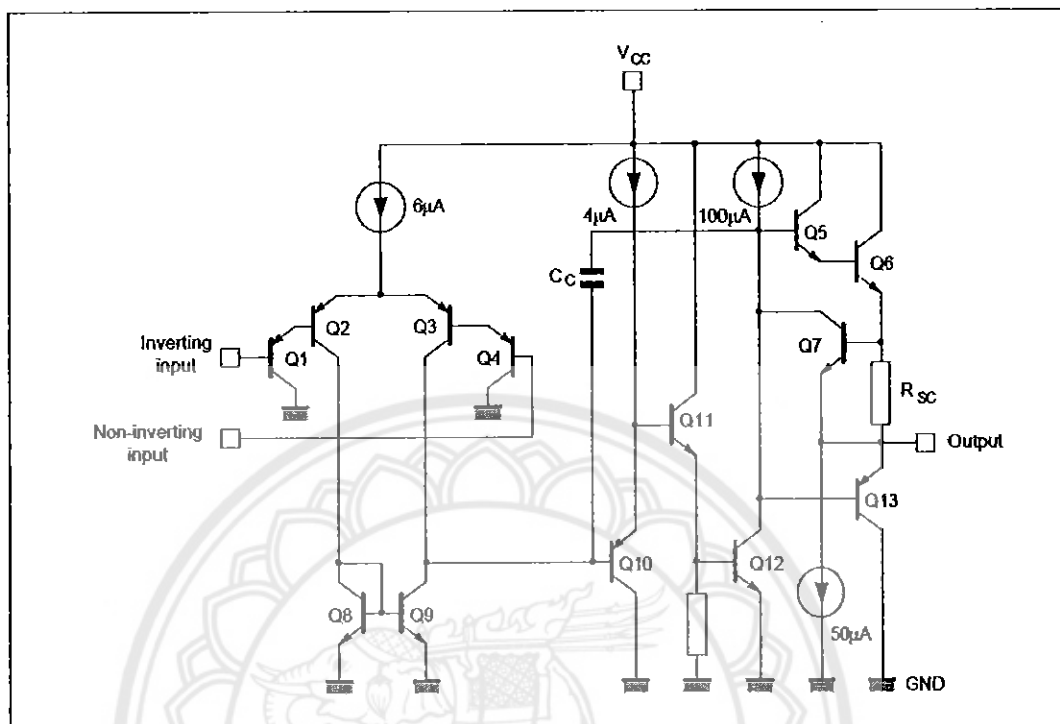
Part Number	Temperature Range	Package			
		N	S	D	P
LM158,A	-55°C, +125°C	•		•	•
LM258,A	-40°C, +105°C	•		•	•
LM358,A	0°C, +70°C	•	•	•	•

Example : LM258N

N = Dual In Line Package (DIP)
D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (DT)
S = Small Outline Package (miniSO) only available in Tape & Reel (DT)
P = Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP) - only available in Tape & Reel (PT)

LM158,A-LM258,A-LM358,A

SCHEMATIC DIAGRAM (1/2 LM158)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	LM158,A	LM258,A	LM358,A	Unit
V_{CC}	Supply voltage		+/-16 or 32		V
V_i	Input Voltage		-0.3 to +32		V
V_{id}	Differential Input Voltage		+32		V
P_{tot}	Power Dissipation ¹⁾		500		mW
	Output Short-circuit Duration ²⁾		Infinite		
I_{in}	Input Current ³⁾		50		mA
T_{oper}	Operating Free-air Temperature Range	-55 to +125	-40 to +105	0 to +70	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range		-65 to +150		°C

1. Power dissipation must be considered to ensure maximum junction temperature (Tj) is not exceeded.
2. Short-circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating if $V_{CC} > 15V$. The maximum output current is approximately 40mA independent of the magnitude of V_{CC} . Destructive dissipation can result from simultaneous short-circuit on all amplifiers.
3. This input current only exists when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistor becoming forward biased and thereby acting as input diodes clamps. In addition to this diode action, there is also NPN parasitic action on the IC chip, this transistor action can cause the output voltages of the Op-amps to go to the V_{CC} voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration than an input is driven negative. This is not destructive and normal output will set up again for input voltage higher than -0.3V.

LM158,A-LM258,A-LM358,A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

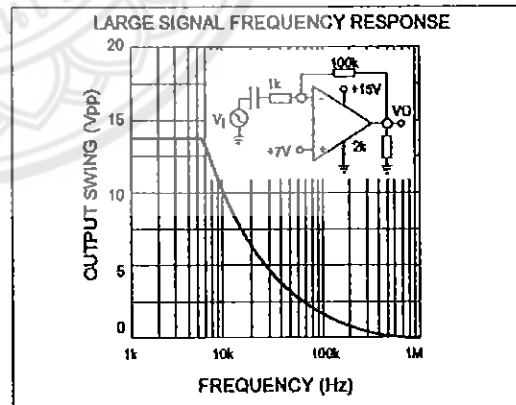
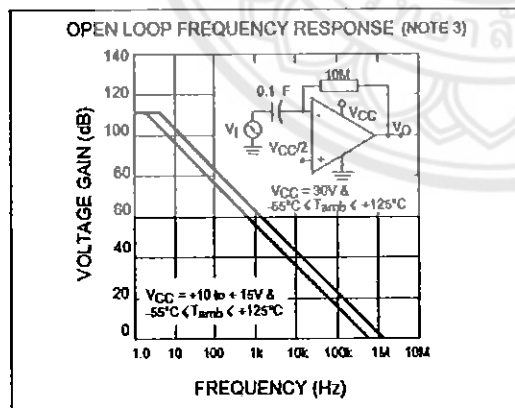
 $V_{CC^+} = +5V$, $V_{CC^-} = \text{Ground}$, $V_o = 1.4V$, $T_{amb} = +25^\circ C$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	LM158A-LM258A LM358A			LM158-LM258 LM358			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V_{io}	Input Offset Voltage - note 1) $T_{amb} = +25^\circ C$ LM158, LM258 LM158A $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ LM158, LM258		1	3 2 4		2	7 5 9 7	mV
I_{io}	Input Offset Current $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		2	10 30		2	30 40	nA
I_{ib}	Input Bias Current - note 2) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		20	50 100		20	150 200	nA
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain $V_{CC} = +15V$, $R_L = 2k\Omega$, $V_o = 1.4V$ to $11.4V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	50 25	100		50 25	100		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio ($R_s \leq 10k\Omega$) $V_{CC^+} = 5V$ to $30V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	65 65	100		65 65	100		dB
I_{CC}	Supply Current, all Amp, no load $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $V_{CC} = +5V$ $V_{CC} = +30V$		0.7	1.2 1		0.7	1.2 2	mA
V_{icm}	Input Common Mode Voltage Range $V_{CC} = +30V$ - note 3) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	0 0		$V_{CC^+} - 1.5$ $V_{CC^+} - 2$	0 0		$V_{CC^+} - 1.5$ $V_{CC^+} - 2$	V
CMR	Common Mode Rejection Ratio ($R_s \leq 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	70 60	85		70 60	85		dB
I_{source}	Output Current Source $V_{CC} = +15V$, $V_o = +2V$, $V_{kl} = +1V$		20	40 60		20	40 60	mA
I_{sink}	Output Sink Current ($V_{kl} = -1V$) $V_{CC} = +15V$, $V_o = +2V$ $V_{CC} = +15V$, $V_o = +0.2V$		10 12	20 50		10 12	20 50	mA μA
V_{OPP}	Output Voltage Swing ($R_L = 2k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	0 0		$V_{CC^+} - 1.5$ $V_{CC^+} - 2$	0 0		$V_{CC^+} - 1.5$ $V_{CC^+} - 2$	

LM158,A-LM258,A-LM358,A

Symbol	Parameter	LM158A-LM258A LM358A			LM158-LM258 LM358			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V_{OH}	High Level Output Voltage ($V_{CC}^+ = 30V$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $R_L = 2k\Omega$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $R_L = 10k\Omega$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	26	27		26	27		V
		26			26			
		27	28		27	28		
		27			27			
V_{OL}	Low Level Output Voltage ($R_L = 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		5	20 20		5 20 20		mV
SR	Slew Rate $V_{CC} = 15V$, $V_i = 0.5$ to $3V$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity Gain	0.3	0.6		0.3	0.6		V/ μs
GBP	Gain Bandwidth Product $V_{CC} = 30V$, $f = 100kHz$, $V_{o1} = 10mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$	0.7	1.1		0.7	1.1		MHz
THD	Total Harmonic Distortion $f = 1kHz$, $A_v = 20dB$, $R_L = 2k\Omega$, $V_o = 2V_{pp}$, $C_L = 100pF$, $V_o = 2V_{pp}$		0.02			0.02		%
e_n	Equivalent Input Noise Voltage $f = 1kHz$, $R_s = 100\Omega$, $V_{CC} = 30V$		55			55		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$
DV_{io}	Input Offset Voltage Drift		7	15		7	30	$\mu V/^\circ C$
DI_{io}	Input Offset Current Drift		10	200		10	300	$pA/^\circ C$
V_{o1}/V_{o2}	Channel Separation - note 4) $1kHz \leq f \leq 20kHz$		120			120		dB

- $V_o = 1.4V$, $R_i = 0\Omega$, $5V < V_{CC}^+ < 30V$, $0 < V_{CC}^- < V_{CC}^+ - 1.5V$
- The direction of the input current is out of the IC. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
- The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is $V_{CC}^+ - 1.5V$, but either or both inputs can go to +32V without damage.
- Due to the proximity of external components insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be deflected as this type of capacitance increases at higher frequencies.



ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นายสมโภชน์ ปานกลัด
 ภูมิลำเนา 252 หมู่ 5 ต.ธารทหาร อ.หนองบัว จ.นครสวรรค์
 ประวัติการศึกษา
 - จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนพระสุธรรมยานเถระ
 วิทยา จ.อุทัยธานี
 - ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร

Email: fanta_1411@hotmail.com



ชื่อ นายวุฒิพงษ์ เกียะเปิง
 ภูมิลำเนา 7/7 หมู่ 1 ต.วังยาว อ.ด่านช้าง จ.สุพรรณบุรี
 ประวัติการศึกษา
 - จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนพระสุธรรมยานเถระ
 วิทยา จ.อุทัยธานี
 - ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร

Email: wut50364836@hotmail.com