



ตัวคุมค่าแรงดันสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์

A VOLTAGE REGULATOR FOR LAPTOPS



นายอังศุธร รุจิวรรณะกุล รหัส 49381612

นายไพศาล กุ่มแสง รหัส 49382084

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 17, พ.ย. 2554
เลขทะเบียน..... 15/103/15
เลขเรียกหนังสือ..... ๔/ร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๒493

๓
2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

Project title A Voltage Regulator for Laptops

Name Mr. Angsutorn Ruchiwattanagoon ID. 49381612

 Mr. Pisan Kumsang ID. 49382084

Project advisor Mr. Niphat Jantharamin, Ph.D.

Major Electrical Engineering

Department Electrical and Computer Engineering

Academic year 2009

.....

Abstract

This thesis presents a project which deals with a development of a voltage regulator for laptops. This project arose from the need to comfort laptop users as they journeyed or were in remote areas, so automobile batteries could become major power supply. The voltage regulator developed in this project is compatible with cigarette lighter socket in automobiles. The DC input of the regulator corresponds to the battery voltage, which may vary from 10 to 14 V during the battery operation. The regulator is based on the step-up converter topology and holds its output voltage constant regardless of the input variations. Hereby, it is designed for the laptops which need 19-V DC input

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ดร. นิพัทธ์ จันทรินทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และให้ความกรุณาในการตรวจทานปริญาานิพนธ์ คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านไว้ตลอดไป

ขอบคุณนายประคอง ประสานศิลป์ ที่ให้คำปรึกษาและขอบคุณร้าน โทรทัศน์บริการ อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ ที่ให้คำแนะนำเรื่องอะไหล่อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆภายในวงจร

นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่ให้สัมฤพลกรณ์ และเครื่องมือวัดมาใช้งาน จนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ผู้มอบความรักความเมตตา สติปัญญา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่ช่วยเขาไว้จนถึงปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจทำให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบคุณทุกคนในครอบครัวของคณะผู้ดำเนินโครงการที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายอังศุธร รุจิวรรณะกุล

นายไพศาล กุ่มแสง

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ.....	2
1.6 งบประมาณ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 แบคทีเรียชนิดตะกั่ว.....	5
2.1.1 การแบ่งประเภทของแบคทีเรียแบบตะกั่ว.....	5
2.1.2 แผ่นธาตุภายในแบคทีเรีย.....	6
2.1.3 ปฏิกริยาทางเคมีในแบคทีเรียแบบตะกั่ว.....	8
2.1.4 อัตราการคายประจุ.....	9
2.1.5 อุณหภูมิกับอายุการใช้งาน.....	12
2.1.6 การคายประจุตัวเอง.....	12

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.1.7 การเก็บรักษา	12
2.2 วงจรทระดับแรงดัน	13
2.2.1 เงื่อนไขการทำงานของวงจรทระดับแรงดัน	13
2.2.2 หลักการทำงานของวงจรทระดับแรงดัน	14
2.2.3 ค่าความพลีวของแรงดันไฟฟ้าด้านออก	19
บทที่ 3 การสร้างตัวคุมค่าแรงดัน.....	21
3.1 ส่วนประกอบหลักของตัวคุมค่าแรงดัน	21
3.2 การสร้างสัญญาณพีคเบิลยูเอ็ม	22
3.3 หลักการทำงานของวงจรภายในตัวคุมค่าแรงดัน	23
3.4 การประกอบชิ้นงาน	26
3.5 การตรวจสอบหาความผิดปกติในการทำงานของตัวคุมค่าแรงดัน.....	28
บทที่ 4 ผลการทดลอง	30
4.1 ผลการทดลองการคุมค่าแรงดัน	30
4.2 การใช้งานตัวคุมค่าแรงดันกับคอมพิวเตอร์พกพา.....	31
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	34
5.1 สรุปผลการทดลอง	34
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	34
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ	35
เอกสารอ้างอิง.....	36
ภาคผนวก ก รายละเอียดของ UC3843	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข รายละเอียดของ IRL2505	41
ภาคผนวก ก รายละเอียดของ MBR1645.....	45
ภาคผนวก ง รายละเอียดของ BD139.....	47
ภาคผนวก จ รายละเอียดของ BD140	49
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดของ ETD29.....	51
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....	54



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างแบบเตอริรยอนคี่หือ 3K ที่ใช้งานจริง.....	4
2.2 อัตรายขายแรงคั้นของวงจรทระดับแรงคั้นไฟฟ้า.....	18
3.1 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการสร้างตัวคุมค่าแรงคั้น.....	26
4.1 ผลการทดลองการคุมค่าแรงคั้น.....	30



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างภายในของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว.....	5
2.2 การเกิดปฏิกิริยาภายในแบตเตอรี่เมื่อคายประจุ.....	8
2.3 การคายประจุของแบตเตอรี่.....	9
2.4 การเกิดปฏิกิริยาภายในแบตเตอรี่เมื่อคายประจุ.....	9
2.5 กราฟคุณลักษณะการคายประจุของแบตเตอรี่ NP4-12.....	10
2.6 อายุการใช้งานของแบตเตอรี่.....	11
2.7 วงจรทประคับแรงดัน.....	14
2.8 วงจรทประคับแรงดัน ขณะสวิตช์นำกระแส.....	15
2.9 วงจรทประคับแรงดัน ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส.....	16
2.10 (ก) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (ข) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ.....	17
2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายแรงดันกับค่า D (Duty Ratio).....	19
2.12 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ.....	20
3.1 แผนภาพวงจรของตัวคุมค่าแรงดัน.....	21
3.2 แผนภาพวงจรภายในของ ไอซี UC3843.....	22
3.3 แผนภาพวงจรของตัวคุมค่าแรงดัน.....	24
3.4 แผงวงจรด้านลายทองแดง.....	27
3.5 แผงวงจรของตัวคุมค่าแรงดัน.....	28
4.1 การรักษาระดับแรงดันด้านออกของตัวคุมค่าแรงดัน.....	31
4.2 การใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาด้วยไฟจากตัวจุคบูทรี.....	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์พกพาที่สามารถอำนวยความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานในทุกพื้นที่ เนื่องจากมีขนาดกะทัดรัด อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพการทำงานใกล้เคียงกับคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ จึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีนี้กันอย่างต่อเนื่องเพื่อการใช้งาน แต่ข้อจำกัดของคอมพิวเตอร์พกพา คือการใช้งานจากแบตเตอรี่ของเครื่องมีระยะเวลาจำกัด โดยเฉพาะเมื่อใช้งานนอกสถานที่หรือในระหว่างเดินทาง ในโครงการนี้จึงประยุกต์ใช้แหล่งจ่ายไฟที่หาง่ายและสะดวกต่อผู้ใช้คอมพิวเตอร์พกพาในระหว่างเดินทางหรือเมื่ออยู่ห่างไกลจากแหล่งจ่ายไฟที่มาจากการไฟฟ้าฯ โดยจะใช้ไฟจากแบตเตอรี่รถยนต์ขนาด 12 V ที่ต่อจากตัวจุดบุหรี่ซึ่งติดตั้งอยู่ในตัวรถ แต่เนื่องจากในระหว่างใช้งานแรงดันของแบตเตอรี่จะมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอยู่ในช่วง 10-14 V จึงจำเป็นต้องใช้ปรับค่าแรงดันให้คงที่ก่อนจะจ่ายให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา

เครื่องคอมพิวเตอร์พกพาที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายส่วนใหญ่ใช้ไฟกระแสตรงขนาด 19 V จากตัวแปลงไฟ (Adapter) ไปเลี้ยงวงจรต่าง ๆ ภายในตัวเครื่อง เช่นเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาของบริษัท Acer, Compaq/HP, Dell และ IBM จะใช้ไฟเลี้ยงวงจรกระแสตรงขนาด 19 V ในโครงการนี้จึงได้สร้างตัวคุมค่าแรงดันซึ่งอาศัยหลักการทำงานพื้นฐานของวงจรทระดับแรงดันเพื่อแปลงแรงดันด้านออกของตัวจุดบุหรี่ซึ่งได้รับพลังงานจากแบตเตอรี่ให้สูงขึ้น พร้อมกับรักษาแรงดันด้านออกของตัวควบคุมฯให้คงที่ที่ 19 V โดยไม่ขึ้นอยู่กับค่าการเปลี่ยนแปลงของแรงดันของแบตเตอรี่

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาโดยต่อเข้ากับตัวจุดบุหรี่ในรถยนต์ได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1) สร้างตัวคุมค่าแรงดันโดยอาศัยหลักการของวงจรทระดับแรงดัน
- 2) ตัวคุมค่าแรงดันที่สร้างขึ้น สามารถรักษาระดับแรงดันด้านออกให้คงที่ที่ 19 V ในขณะที่แรงดันด้านเข้าเปลี่ยนแปลงในช่วง 10-14 V

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	ปี 2552							ปี 2553		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1) ศึกษาการทำงานของวงจรทระดับแรงดันและหลักการคุมค่าแรงดัน										
2) ศึกษาและเลือกอุปกรณ์เพื่อใช้ในโครงการ										
3) ออกแบบและสร้างตัวคุมค่าแรงดัน										
4) ทดสอบและปรับปรุงวงจร										
5) สรุปผลการดำเนินโครงการ และจัดทำรูปเล่มปริญาานิพนธ์										

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

ตัวคุมค่าแรงดันที่สร้างในโครงการนี้รับไฟจากแบตเตอรี่รถยนต์และสามารถรักษาระดับแรงดันให้คงที่ ทำให้สามารถใช้งานคอมพิวเตอร์คอมพิวเตอร์พกพาได้อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในระหว่างการเดินทางหรือในสถานที่ที่ไม่มีไฟจากการไฟฟ้า

1.6 งบประมาณ

1) ตัวคุมค่าแรงคน	950 บาท
2) ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ในการสร้างชิ้นงาน	600 บาท
3) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญาานิพนธ์	1000 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สองพันห้าร้อยห้าสิบบาทถ้วน)	<u>2,550 บาท</u>

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ



บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากโครงการนี้มีวัตถุประสงค์ในการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาโดยใช้ไฟจากตัวจุดบุหรี่ในรถยนต์ซึ่งได้รับพลังงานมาจากแบตเตอรี่ของรถยนต์นั้น ๆ ดังนั้นผู้ดำเนินโครงการจึงทำการศึกษาหลักการทำงานของแบตเตอรี่รถยนต์ รวมทั้งหลักการคุมค่าแรงดัน ในปัจจุบันแบตเตอรี่รถยนต์มีหลายรุ่นหลายยี่ห้อ ตัวอย่างรุ่นต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ยี่ห้อ 3K แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างแบตเตอรี่รถยนต์ยี่ห้อ 3K ที่ใช้งานจริง

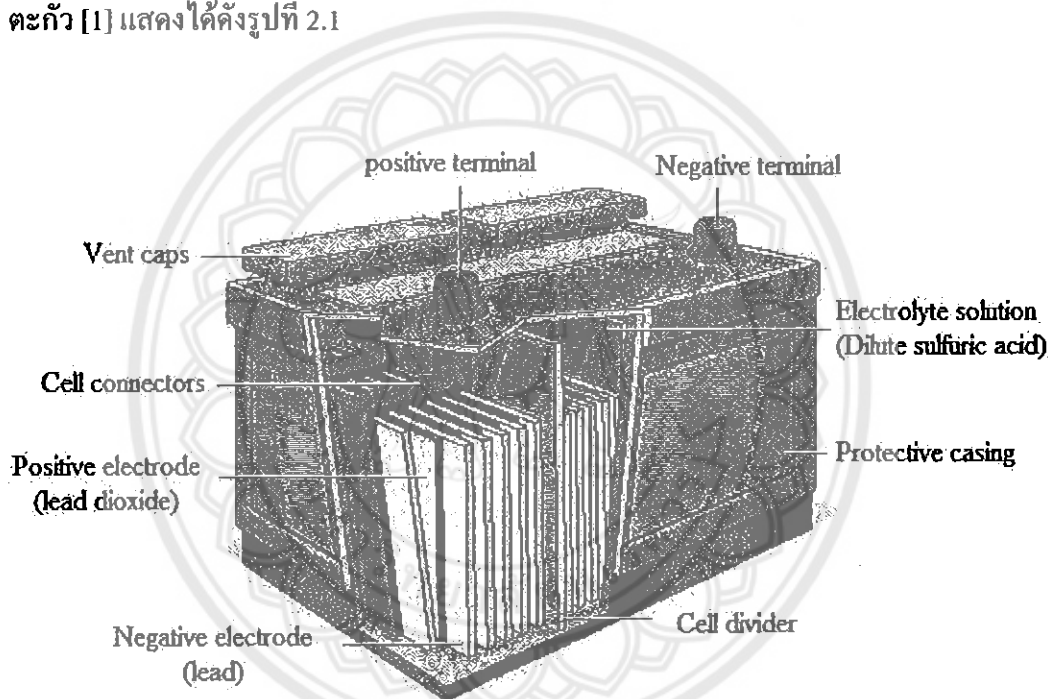
รุ่น	ขนาด	ลักษณะการใช้งาน
NS 40	12V, 32A, 9 plate/ช่อง	รถยนต์ส่วนบุคคล (ญี่ปุ่น) 1300cc – 1800cc
NS 40 Z	12V, 35A, 11 plate/ช่อง	รถยนต์ส่วนบุคคล (ญี่ปุ่น) 1300cc – 1800cc
NS 60	12V, 45A, 13 plate/ช่อง	รถยนต์ส่วนบุคคล (ญี่ปุ่น) 1300cc – 1800cc
NS 50	12V, 50A, 11 plate/ช่อง	รถยนต์ส่วนบุคคล (ญี่ปุ่น) 1300cc – 1800cc
NS 80 L	12V, 65A, 13 plate/ช่อง	รถยนต์ส่วนบุคคล (ญี่ปุ่น) 1300cc – 1800cc
DIN 65	12V, 65A, 13plate/ช่อง	รถยนต์ส่วนบุคคล (ยุโรป) 1800cc – 3000cc
DIN 75	12V, 75A, 15 plate/ช่อง	รถยนต์ส่วนบุคคล (ยุโรป) 1800cc – 3000cc
DIN 100	12V, 100A, 19 plate/ช่อง	รถยนต์ส่วนบุคคล (ยุโรป) 2500cc – 3000cc
N 70	12V, 70A, 13 plate/ช่อง	รถกระบะ (2500cc – 3000cc)
NS 100	12V, 75A, 15 plate/ช่อง	รถกระบะ (2500cc – 3000cc)
NS 100 L	12V, 75A, 15 plate/ช่อง	รถกระบะ (2500cc – 3000cc)
NX 120-7	12V, 80A, 17 plate/ช่อง	รถกระบะ (2500cc – 3000cc)
NX 120-7 L	12V, 80A, 17 plate/ช่อง	รถกระบะ (2500cc – 3000cc)
N 100	12V, 100A, 17 plate/ช่อง	รถบรรทุก (6ล้อ – 10ล้อ)
N 120	12V, 120A, 21 plate/ช่อง	รถบรรทุก (6ล้อ – 10ล้อ)

ในปัจจุบันแบตเตอรี่รถยนต์ในท้องตลาดเป็นชนิดตะกั่ว (Lead-acid batteries) และมีขนาดแรงดัน 12 V จึงสามารถใช้ในโครงการนี้ได้เกือบทั้งหมด

2.1 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว

แบตเตอรี่ที่ใช้กับรถจักรยานไฟฟ้าที่พบเห็นตามท้องตลาดจะเป็นชนิดหนึ่ง ได้แก่ นิกเกิลแคดเมียม (NiCd) นิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (NiMH) และลิเทียมโพลิเมอร์ (Li-Po) มีข้อดีคือ น้ำหนักเบา บำรุงรักษาง่าย และขนาดไม่ใหญ่มาก ส่วนข้อเสียคือราคาแพง ประสิทธิภาพต่ำกว่า และอายุการใช้งานสั้นกว่าเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่แบบตะกั่วที่มีพิกัดเท่ากัน ซึ่งเป็นชนิดของแบตเตอรี่ที่ใช้ในโครงการนี้

แบตเตอรี่แบบตะกั่วมีคุณสมบัติเด่นคือ ราคาถูก ประสิทธิภาพสูง มีแรงดันต่อเซลล์สูง (จึงให้พลังงานไฟฟ้าสูง) ดูแลรักษาง่าย และหาซื้อได้ทั่วไป ส่วนประกอบของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว [1] แสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว [2]

2.1.1 การแบ่งประเภทของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว

แบตเตอรี่แบบแห้งจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือประเภทที่ใช้เจลเป็นวัสดุอุดขั้วกรวด เรียกว่า แบตเตอรี่แบบเจล (Gel battery or Gel cell) และประเภทที่ใช้แผ่นซิลิกาไฟเบอร์เป็นตัวอุดซึม เรียกว่า แบตเตอรี่แบบเอจีเอ็ม (Absorption Glass Mat battery หรือ AGM battery) ซึ่งลักษณะการแบ่งประเภทแบบนี้เป็นการแบ่งตามลักษณะ โครงสร้างทางกายภาพ ของแบตเตอรี่แต่การแบ่งประเภทของแบตเตอรี่แบบตะกั่วยังแบ่งได้อีกลักษณะหนึ่งคือ การแบ่งประเภทตามลักษณะการใช้งาน โดยจะแบ่งเป็นแบตเตอรี่แบบใช้งานทั่วไป หรือแบบที่ใช้สำหรับสาร์ทเครื่องยนต์แบบคายประจุลึกและแบบลูกผสม

ความแตกต่างระหว่างแบตเตอรี่แบบเจลและแบบ เอจีเอ็มคือแบตเตอรี่แบบเจลจะเป็นแบตเตอรี่ที่แห้งกว่าแบบ เอจีเอ็มถ้าเปลือกนอกของมันแตกจะไม่มีน้ำกรดไหลหรือซึมออกมา แต่สำหรับแบบ เอจีเอ็มจะซึมน้ำกรดได้ประมาณ 95% ดังนั้นถ้าเปลือกของมันแตกเมื่อน้ำกรดจะไหลออกมา แต่ก็อาจจะมีการซึมออกมาได้บ้างเล็กน้อย

ในปัจจุบันจะนิยมใช้แบตเตอรี่แบบตะกั่วแบบ เอจีเอ็มมากกว่าแบบเจล ส่วนแบบเจลมีการใช้น้อยลงเนื่องจากมีข้อเสียคือ เจลมักจะละลายเมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่ร้อนและถ้าเกิดการอัดประจุเกินขึ้น เจลอาจจะเปลี่ยนรูปเป็นสารเหนียว ๆ ที่เรียกว่า วอยด์ (Void) ไปเกาะติดแน่นอยู่ที่แผ่นธาตุขัดขวางการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างอิเล็กโทรไลต์และแผ่นธาตุ ทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดลง

แบตเตอรี่ทั้งแบบ เอจีเอ็มและแบบเจลยังแบ่งย่อยออกได้เป็นแบตเตอรี่แบบตะกั่วแบบ ปิดผนึกหรือ เอสแอลเอ (Sealed Lead Acid) และแบบปิดผนึกที่มีวาล์วระบายแรงดันหรือ วีอาร์แอลเอ (Valve-Regulated Lead Acid) แบตเตอรี่แบบวีอาร์แอลเอ นี้จะมีการติดตั้งวาล์วเพื่อใช้ระบายแก๊สในกรณีที่ความดันภายในเซลล์สูงเกินไป เพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสียหาย

การอัดประจุแบตเตอรี่ทั้ง 2 ประเภท คือ เอสแอลเอ และ วีอาร์แอลเอ จะต้องไม่อัดประจุเร็วหรือมากจนเกินไป เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแก๊สในขณะอัดประจุนานๆ การอัดประจุนานหรือเร็วเกินไปจะทำให้ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์สุดขีดแก๊สที่เกิดขึ้นไม่ทัน ความดันภายในแบตเตอรี่จะสูงขึ้นเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียแก๊สและน้ำออกไปจากตัวแบตเตอรี่ การเสียแก๊สและน้ำออกไปก็เท่ากับว่าแบตเตอรี่ได้สูญเสียอิเล็กโทรไลต์ออกไปจากระบบ เพราะแก๊สและน้ำเป็นส่วนประกอบของอิเล็กโทรไลต์ เมื่อแบตเตอรี่มีปริมาณอิเล็กโทรไลต์น้อยลงจะสูญเสียความสามารถในการเก็บพลังงานไป ทำให้แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์ของแบตเตอรี่หลังจากการอัดประจุไม่สูงเท่าที่ควรจะเป็น และถ้าแบตเตอรี่มีการเสียแก๊สและน้ำบ่อย ๆ อิเล็กโทรไลต์ภายในเซลล์ก็จะหมดไปทำให้แบตเตอรี่ใช้งานไม่ได้อีก [1]

2.1.2 แผ่นธาตุภายในแบตเตอรี่

แผ่นธาตุของแบตเตอรี่ที่เสื่อมสภาพจากปัจจัยต่าง ๆ เช่นจากการใช้งานมาเป็นเวลานาน หรือการบำรุงรักษาการใช้งานที่ไม่ถูกต้องแบตเตอรี่ จะแสดงพฤติกรรมเหมือนกับแบตเตอรี่ที่ยังดีอยู่ คือยังดูเหมือนว่ามีประจุอยู่เต็ม แต่ในความเป็นจริงความจุของแบตเตอรี่จะลดลง (เหมือนใช้แบตเตอรี่ที่ขนาดเล็กลง) แบตเตอรี่ยังสามารถทำงานได้อยู่แต่ประจุจะหมดเร็วขึ้นหรืออาจจะจ่ายกระแสได้ไม่เพียงพอกับความต้องการของโหลด

ในการเพิ่มอายุการใช้งานของแผ่นธาตุ บางครั้งจะมีการเติมสารตัวอื่นเข้าไปในแผ่นธาตุด้วย เช่นแบบเอจีเอ็มอาจจะใช้แผ่นธาตุที่เป็นตะกั่วแคลเซียม (Lead calcium) หรือแบตเตอรี่แบบ

กายประจุได้ลึกที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม หรือในรถยนต์ไฟฟ้าจะใช้แผ่นธาตุแบบตะกั่วพลวง ซึ่งสารที่ใช้ทำแผ่นธาตุมักจะเขียนบอกอยู่ที่ตัวของแบตเตอรี่ สำหรับแบตเตอรี่ที่ใช้แผ่นธาตุแบบตะกั่วพลวงนอกจากจะทำให้อายุการใช้งานของแผ่นธาตุมากขึ้นแล้ว แผ่นธาตุยังมีความแข็งแรงทางกลเพิ่มขึ้นอีกด้วย ทำให้เหมาะกับการใช้งานในรถยนต์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ที่ต้องการเคลื่อนที่อยู่นานตลอดเวลา แต่มีข้อเสียคือแบตเตอรี่แบบตะกั่วนี้จะมีการสูญเสียน้ำมาก ทำให้ต้องตรวจสอบระดับของน้ำกรดและต้องเติมน้ำกลั่นบ่อยกว่าแบตเตอรี่ที่ใช้แผ่นธาตุเป็นตะกั่วหรือตะกั่วเคลือบ

แบตเตอรี่แบบตะกั่วจะไม่มีการจำว่าก่อนอัดประจุแบตเตอรี่มีประจุเหลืออยู่เท่าไรหรือผลกระทบจากการจำ (Memory effect) ต่างจากแบตเตอรี่แบบนิกเกิลแคดเมียม ถ้าแบตเตอรี่มีประจุเต็มอยู่แล้วการนำไปอัดประจุโดยการให้กระแสต่ำ ๆ ไปเรื่อย ๆ แบตเตอรี่จะไม่เสีย แต่มันไม่ชอบการคายประจุที่ลึกมาก ๆ โดยเฉพาะการคายประจุทั้งหมด ทุกครั้งที่เรากายประจุนั้นลึกมาก ๆ จะทำให้ความสามารถในการเก็บประจุของมันลดลง ส่งผลให้อายุการใช้งานสั้นลง ดังนั้นถ้าจำเป็นต้องใช้งานจนแบตเตอรี่ประจุหมดบ่อย ๆ ควรป้องกันการคายประจุที่ลึกมากเกินไป โดยเลือกใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาดใหญ่ ขึ้นความจุสูงขึ้น (ถ้าแอมแปร์-ชั่วโมงมากขึ้น) เพื่อไม่ให้แบตเตอรี่คายประจุที่ลึกมากนัก

การทิ้งแบตเตอรี่แบบตะกั่วไว้เฉย ๆ เป็นเวลานานแบตเตอรี่จะคายประจุออกไปเรื่อย ๆ ตัวเอง ถ้าไม่อัดประจุเพื่อเติมประจุให้กับแบตเตอรี่ผลึกของตะกั่วซัลเฟตที่เกิดขึ้นที่แผ่นธาตุลบจะรวมตัวกันแล้วมีขนาดใหญ่ขึ้น ผลึกที่มีขนาดใหญ่จะไปขัดขวางการไหลของกระแสทำให้กระแสไหลได้น้อยลง ส่งผลให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสให้กับโหลดได้น้อยลง นอกจากนี้ผลึกที่มีขนาดใหญ่จะมีเหลี่ยมหรือมุมที่คมและแหลม ในกรณีที่ร้านแรงอาจจะทิ่มจนแผ่นธาตุทะลุได้ ทำให้แบตเตอรี่เกิดการลัดวงจรขึ้นภายใน เราจะเรียกปรากฏการณ์ที่เกิดผลึกขนาดใหญ่ของตะกั่วซัลเฟตนี้ว่าการเกิดซัลเฟชัน (Sulphation)

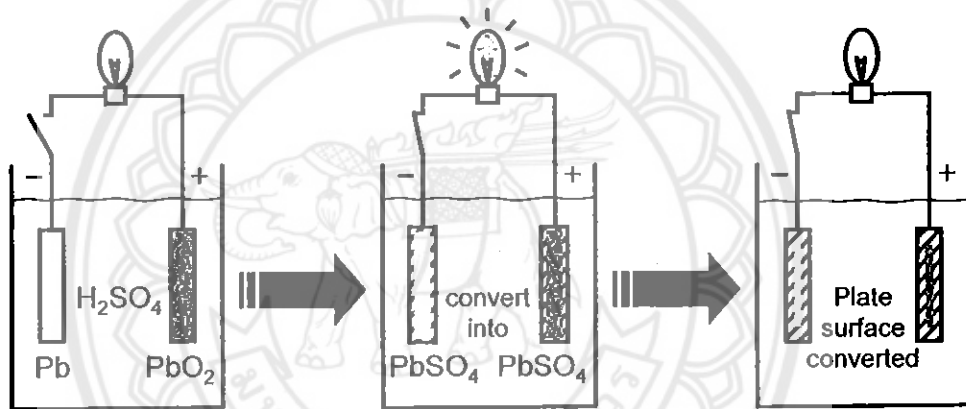
การเกิดซัลเฟชันจะยิ่งง่ายขึ้นถ้าทิ้งแบตเตอรี่ไว้โดยที่มันมีประจุเหลืออยู่น้อยหรือไม่เหลืออยู่เลย ดังนั้นจึงควรเก็บแบตเตอรี่ ไว้โดยการอัดประจุให้ประจุเต็มอยู่เสมอ โดยอาจจะอัดประจุเติมประจุโดยใช้กระแสต่ำ ๆ ไปเรื่อย ๆ ซึ่งเรียกว่าการอัดประจุทริกเกิล (Trickle charge) หรือการอัดประจุโฟลต (Floating charge) ซึ่งการอัดประจุแบบนี้มักจะพบในระบบสำรองไฟฟ้าหรือระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน เพื่อให้แบตเตอรี่มีประจุอยู่เต็มตลอดเวลาเป็นการรักษาแบตเตอรี่และทำให้แบตเตอรี่ พร้อมที่จะจ่ายพลังงานเมื่อระบบไฟฟ้าหลักขัดข้องหรือจ่ายกระแสให้กับระบบไฟส่องสว่างเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินหรือไฟดับ

การอัดประจุแบตเตอรี่แบบตะกั่วโดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 8-16 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับขนาดความจุของแบตเตอรี่) โดยแบตเตอรี่ แบบแห้งจะอัดประจุได้ช้ากว่าแบบเปียก เพราะจะต้องลดอัตราการอัดประจุเพื่อไม่ให้เกิดแก๊สขึ้นภายในเซลล์มากเกินไป การสะสมของแก๊สจะทำให้

ความดันภายในเซลล์สูงขึ้น ทำให้สูญเสียอิเล็กโทรไลต์ไปจากการระเหยแก๊สหรือน้ำออกทางวาล์ว หรืออาจทำให้แบตเตอรี่ถึงขั้นแตกเสียหายได้ถ้าอัดประจุจนทำให้ความดันสูงจนวาล์วระบายความดันไม่ทัน [1]

2.1.3 ปฏิกริยาทางเคมีในแบตเตอรี่แบบตะกั่ว

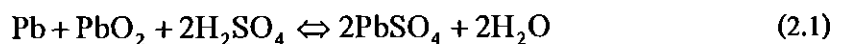
เราสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในแบตเตอรี่ขณะคายประจุแสดงได้ดังรูปที่ 2.2 กำหนดให้แบตเตอรี่อยู่ในสภาพอัดประจุเต็ม (Fully charged condition) ก่อนจะต่อกับโหลด เนื้อสารที่ขั้วลบจะเป็นตะกั่วส่วนขั้วบวกจะเป็นตะกั่วออกไซด์ หลังจากนำโหลดมาต่อแบตเตอรี่จะเริ่มคายประจุ โดยเนื้อสารที่ขั้วลบและขั้วบวกจะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำยาอิเล็กโทรไลต์จนกลายเป็นตะกั่วซัลเฟต การคายประจุของแบตเตอรี่จะสิ้นสุดลงเมื่อเนื้อสารทั้งขั้วลบและขั้วบวกกลายเป็นตะกั่วซัลเฟตทั้งหมด



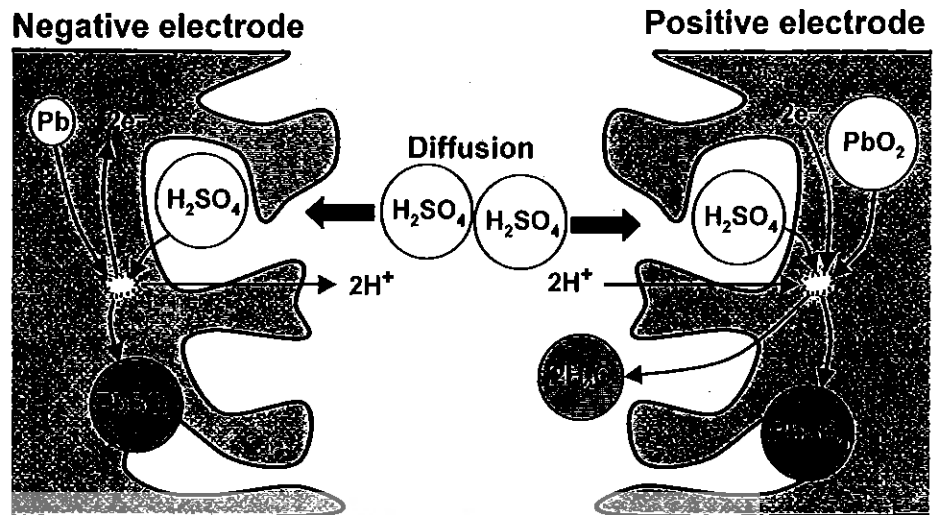
รูปที่ 2.2 การเกิดปฏิกิริยาภายในแบตเตอรี่เมื่อคายประจุ

ในระหว่างที่แบตเตอรี่กำลังคายประจุจะเกิดการไหลของอิเล็กตรอนจากขั้วลบไปยังขั้วบวก ดังแสดงในรูปที่ 2.3 จึงเกิดกระแสไหลผ่านโหลด ซึ่งค่ากระแสที่แบตเตอรี่จ่ายได้ขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวที่เนื้อสารสัมผัสกับน้ำกรด

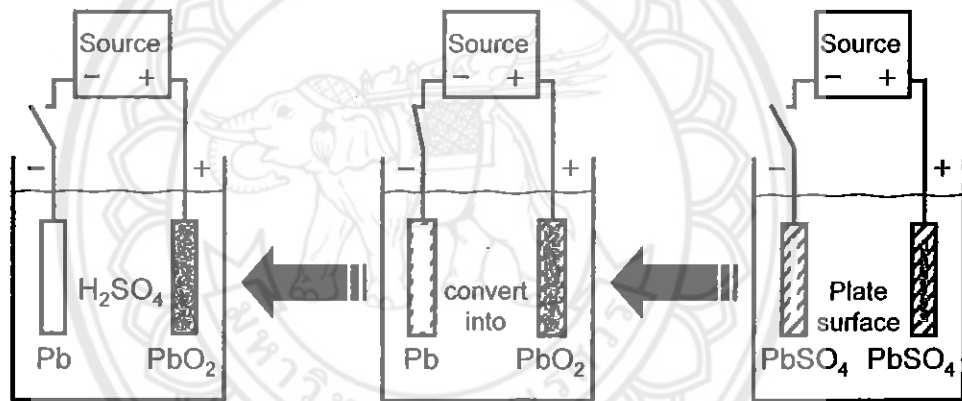
การเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในแบตเตอรี่เป็นปฏิกิริยาชนิดย้อนกลับได้ (Reversible reaction) ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการเคมีต่อไปนี้



จากสมการที่ (2.1) การคายประจุจะอธิบายได้จากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากซ้ายไปขวา ในขณะที่การอัดประจุแบตเตอรี่จะอธิบายได้จากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในสมการจากขวาไปซ้ายเมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงเข้ากับแบตเตอรี่ โดยเนื้อสารที่อยู่ภายในเกิดการเปลี่ยนแปลงย้อนกลับจากการคายประจุ [1] ดังแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 การคายประจุของแบตเตอรี่



รูปที่ 2.4 การเกิดปฏิกิริยาภายในแบตเตอรี่เมื่อคายประจุ

2.1.4 อัตราการคายประจุ

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

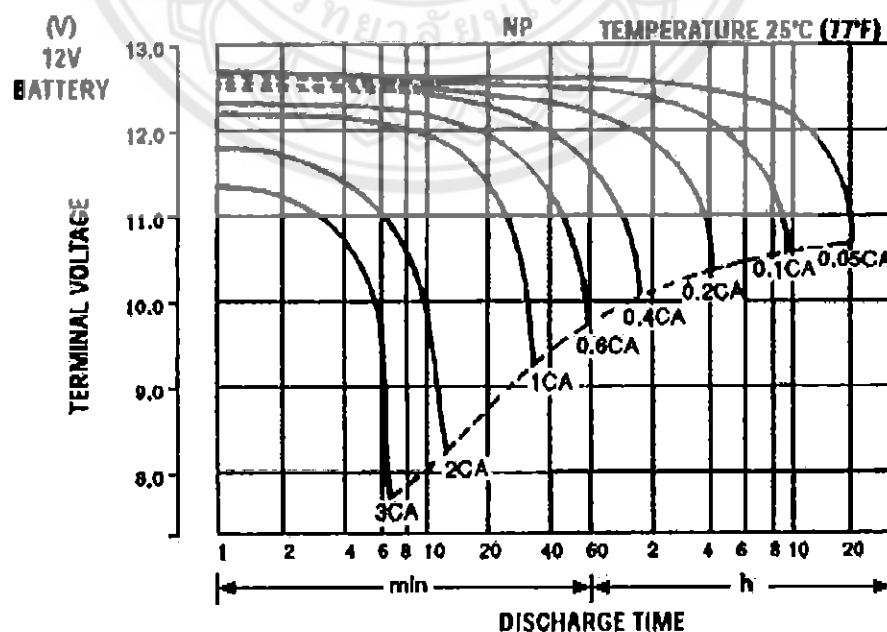
รอบของการใช้งาน (Cycle) โดยทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 200-300 รอบขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ความลึกของการคายประจุ (Depth of discharge: DoD) การอัดประจุ การบำรุงรักษา และอุณหภูมิในการใช้งาน สาเหตุหลักที่ทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานลดลงคือการกัดกร่อนที่แผ่นธาตุบวก ซึ่งการกัดกร่อนนี้จะเกิดมากขึ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้น

การใช้งานแบตเตอรี่จำเป็นต้องศึกษาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแบตเตอรี่ ได้แก่

ก) ความจุของแบตเตอรี่ (Battery capacity) มีหน่วย "แอมแปร์-ชั่วโมง" (Ah) หรือ "วัตต์-ชั่วโมง" (Wh) ซึ่งบ่งบอกถึงพลังงานที่แบตเตอรี่จ่ายได้ เราสามารถคำนวณหาความจุของแบตเตอรี่ได้ด้วยการคายประจุของแบตเตอรี่ (Discharge) ความจุที่ใช้ใช้งานได้ (Available capacity) ขึ้นจะอยู่กับปัจจัยทางโครงสร้าง ซึ่งเชื่อมโยงกับการออกแบบแบตเตอรี่ ได้แก่ ปริมาณของตะกั่ว ตะกั่วออกไซด์ น้ำกรด ความหนาของแผ่นโลหะ และผิวสัมผัสของโลหะ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะการนำไปใช้งาน ได้แก่ อุณหภูมิ หากอุณหภูมิสูงขึ้นความจุของแบตเตอรี่จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะสูงขึ้น แต่จะทำให้อายุการใช้งานลดลง ค่าพลังงานสูงสุดที่แบตเตอรี่จ่ายได้ ณ ค่ากระแส และอุณหภูมิค่าหนึ่งที่กำหนดโดยผู้ผลิต เรียกว่า พิกัดความจุ (Rated capacity หรือ Nominal capacity) ของแบตเตอรี่

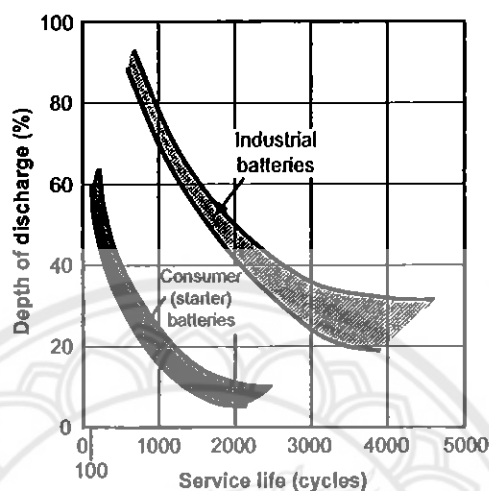
ข) จุดสิ้นสุดของการคายประจุ (End of discharge) คือระดับแรงดันที่เราขอมให้ แบตเตอรี่คายประจุได้ก่อนจะยุติกระบวนการคายประจุ จุดสิ้นสุดของการคายประจุจะขึ้นอยู่กับค่ากระแสคายประจุ และกำหนดโดยผู้ผลิต รูปที่ 2.5 แสดงกราฟคุณลักษณะการคายประจุของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว NP4-12 ซึ่งค่าพิกัดความจุมีค่า 4 Ah ที่กระแส 0.2 A (0.05C) อุณหภูมิ 25°C และจุดสิ้นสุดการคายประจุที่ 10.7 V จะเห็นว่าถ้าแบตเตอรี่คายประจุที่กระแสสูงกว่า 0.2 A จุดสิ้นสุดการคายประจุจะต่ำกว่าเนื่องจากยังมีเนื้อสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำกรดต่อได้อีก แต่ค่าความจุที่ใช้ได้จะลดลงจากค่าพิกัด [1]

DISCHARGE CHARACTERISTIC CURVES



รูปที่ 2.5 กราฟคุณลักษณะการคายประจุของแบตเตอรี่ NP4-12

ก) อายุการใช้งาน (Service life) ของแบตเตอรี่ถูกกำหนดในรูปของจำนวนรอบของการอัดและคายประจุ (Charge-discharge cycle) อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับความลึกในการคายประจุแต่ละครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ถ้าความลึกในการคายประจุมีค่าสูงจะทำให้อายุการใช้งานจะสั้นลง



รูปที่ 2.6 อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ [2]

การคายประจุจนต่ำกว่าจุดสิ้นสุดของการคายประจุ (Deep discharge) จะทำให้แบตเตอรี่ทำงานหนักเกินไป หากเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ต้องรีบอัดประจุคืนให้เต็ม มิฉะนั้นจะเหลือสัปดาห์ที่ขั้วบวกและลบ หากปล่อยไว้เนิ่นนานผลึกเหล่านี้จะโตขึ้นจนยากต่อการเปลี่ยนกลับคืนเป็นตะกั่ว (ที่ขั้วลบ) และตัวกั้วออกไซด์ (ที่ขั้วบวก) ได้อีก ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “ซัลเฟชัน” (Sulphation) ซึ่งทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่จะสั้นลงเนื่องจากสูญเสียเนื้อสารที่จะทำปฏิกิริยา ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงต้องมีการป้องกันการคายประจุลึกกว่าจุดสิ้นสุดการคายประจุ (Deep discharge protection) โดยวิธีที่ง่ายและเป็นที่ยอมรับคือการวัดค่าและตรวจสอบแรงดันของแบตเตอรี่อยู่ตลอดเวลา

ง) จุดสิ้นสุดการอัดประจุ (End of charge) ในการอัดประจุแต่ละครั้งจำเป็นต้องใช้แรงดันของแหล่งจ่ายสูงกว่า เช่นประมาณ 14.4 V สำหรับแบตเตอรี่ขนาด 12 V เมื่ออัดประจุจนแรงดันของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นสูงถึงระดับหนึ่งจะทำให้มีน้ำในน้ำกรดแตกตัวเป็นแก๊สไฮโดรเจนที่ขั้วลบและแก๊สออกซิเจนที่ขั้วบวก ถ้าอัดประจุนานเกินไปจะทำให้มีน้ำที่อยู่ในแบตเตอรี่ลดลง นอกจากนี้การอัดประจุด้วยกระแสที่สูงยังทำให้เกิดความร้อนในเนื้อสารซึ่งทำให้การเกาะตัวของโมเลกุลในเนื้อสารแย่งจนส่งผลให้เนื้อสารบางส่วนหลุดออกจากขั้ว ซึ่งนำไปสู่การสูญเสียความจุที่ใช้ได้ของแบตเตอรี่ ดังนั้นในระหว่างการอัดประจุจึงต้องมีการจำกัดแรงดันและกระแส เช่น การอัดประจุด้วยกระแสไม่เกิน 1 A และใช้แรงดันในการอัดประจุประมาณ 2.3-2.4 V/cell หรือ 14.4 V (สำหรับแบตเตอรี่ 12 V) ที่อุณหภูมิ 20°C [1]

2.1.5 อุณหภูมิกับอายุการใช้งาน

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

2.1.6 การคายประจุตัวเอง

แบตเตอรี่แบบตะกั่วมีการคายประจุตัวเองน้อยมาก ถ้าเป็นแบตเตอรี่แบบเปียกอัตราการคายประจุประมาณ 40% ต่อปี (เทียบกับนิกเกิลแคดเมียมที่มีอัตราการคายประจุตัวเองอยู่ที่ 20% ต่อเดือน) ส่วนแบตเตอรี่แบบแห้งจะมีอัตราการคายประจุน้อยกว่าแบบเปียก โดยเฉพาะแบตเตอรี่แบบเอจเอ็มรุ่นใหม่ๆ บางชนิดอัตราการคายประจุตัวเองจะไม่เกิน 2% ต่อเดือน นอกจากนี้แบตเตอรี่แบบตะกั่วถึงจะมีราคาถูก แต่ถ้าเป็นแบตเตอรี่แบบเปียกจะมีค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาเพิ่มขึ้นเพราะต้องคอยตรวจสอบระดับของน้ำกรดเพื่อเติมน้ำกลั่นเมื่อระดับของน้ำกรดต่ำเกินไป และต้องหมั่นทำความสะอาดต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดเนื่องจากการกัดกร่อนของกรด อีกทั้งยังต้องระวังในเรื่องสถานที่ตั้งของแบตเตอรี่ นั่นคือไม่ควรตั้งไว้ใกล้แหล่งความร้อนหรือประกายไฟ เพราะในขณะอัดประจุ (โดยเฉพาะถ้าอัดประจุโดยเปิดฝาปิดของแบตเตอรี่) จะเกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้นซึ่งอาจทำให้ระเบิดได้

ถ้าเปรียบเทียบกับแบตเตอรี่อัดประจุได้ (Rechargeable batteries) ชนิดใหม่ๆ แล้วที่น้ำหนักเท่า ๆ กันแบตเตอรี่แบบตะกั่วจะสามารถเก็บประจุได้น้อยกว่า จึงไม่เหมาะที่จะนำมาทำเป็นแบตเตอรี่สำหรับอุปกรณ์พกพาซึ่งต้องการแบตเตอรี่ที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา เพราะจะทำให้ได้กำลังไฟน้อย ทำให้ต้องอัดประจุแบตเตอรี่บ่อยจนเกินไป หรือทำให้อุปกรณ์มีน้ำหนักมากจนเกินไป แต่เนื่องจากราคาต้นทุนต่อพลังงานที่ได้ต่ำกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่น เราจึงนิยมนำมาทำแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ที่มีความจุมาก หน่วยความจุของแบตเตอรี่แบบตะกั่วโดยทั่วไปจะวัดเป็นแอมแปร์-ชั่วโมง (Amp-Hour หรือ Ah) ในขณะที่แบตเตอรี่ส่วนมากจะใช้หน่วยเป็นมิลลิแอมป์-ชั่วโมง (mAh) เนื่องจากเป็นแบตเตอรี่ขนาดเล็กมีความจุต่ำกว่าแบตเตอรี่แบบตะกั่วนั่นเอง [1]

2.1.7 การเก็บรักษา

แบตเตอรี่แบบตะกั่วจะไม่มีอาการจำมาก่อนอัดประจุแบตเตอรี่มีประจุเหลืออยู่เท่าไรหรือผลกระทบจากการจำ (Memory Effect) ซึ่งต่างจากแบตเตอรี่แบบนิกเกิลแคดเมียม ถ้าแบตเตอรี่มีประจุเต็มอยู่แล้วการนำไปอัดประจุโดยการให้กระแสต่ำ ๆ ไปเรื่อย ๆ แบตเตอรี่จะไม่เสีย แต่มัน

ไม่ชอบการคายประจุที่ลึกมาก ๆ โดยเฉพาะการคายประจุจนหมด ทุกครั้งที่เราคายประจุมันลึกมาก ๆ จะทำให้ความสามารถในการเก็บประจุของมันลดลง ส่งผลให้อายุการใช้งานสั้นลง ดังนั้นถ้าจำเป็นต้องใช้งานจนแบตเตอรี่ประจุหมดบ่อย ๆ ควรป้องกันการคายประจุที่ลึกมากเกินไป โดยเลือกใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นความจุสูงขึ้น (แอมป์ชั่วโมงมากขึ้น) เพื่อไม่ให้แบตเตอรี่คายประจุลึกมากนัก

การทิ้งแบตเตอรี่แบบตะกั่วไว้เฉย ๆ เป็นเวลานาน แบตเตอรี่จะคายประจุออกไปเรื่อย ๆ ถ้าไม่อัดประจุเพื่อเติมประจุให้กับแบตเตอรี่ผลึกของตะกั่วซัลเฟตที่เกิดขึ้นที่แผ่นธาตุลบจะรวมตัวกันแล้วมีขนาดใหญ่ขึ้น ผลึกที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะไปขัดขวางการไหลของกระแสทำให้กระแสไหลได้น้อยลง ส่งผลให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสให้กับโหลดได้น้อยลง นอกจากนี้ผลึกที่มีขนาดใหญ่จะมีเหลี่ยมหรือมุมที่คมและแหลม ในกรณีที่บ้านแรงอาจจะที่มันจนแผ่นธาตุทะลุได้ ทำให้แบตเตอรี่เกิดการลัดวงจรขึ้นภายใน เราจะเรียกปรากฏการณ์ที่เกิดผลึกขนาดใหญ่ของตะกั่วซัลเฟตนี้ว่าการเกิดซัลเฟชัน (Sulphation) ซึ่งจะเกิดง่ายยิ่งขึ้นถ้าทิ้งแบตเตอรี่ไว้โดยมีประจุเหลือน้อยหรือไม่เหลือเลย ดังนั้นจึงควรเก็บแบตเตอรี่ไว้โดยการอัดประจุให้ประจุเต็มอยู่เสมอ ด้วยการอัดประจุที่ใช้กระแสต่ำอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเรียกว่าการอัดประจุทริกเกิล (Trickle charge) หรือการอัดประจุโฟลท (Floating charge) การอัดประจุแบบนี้มักพบในระบบสำรองไฟฟ้าหรือระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน เพื่อให้แบตเตอรี่มีประจุเต็มตลอดเวลา และทำให้แบตเตอรี่พร้อมที่จะจ่ายพลังงานเมื่อระบบไฟฟ้าหลักขัดข้อง หรือจ่ายกระแสให้กับระบบไฟส่องสว่างเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินหรือไฟฟ้าดับ [1]

2.2 วงจรทบทระดับแรงดัน

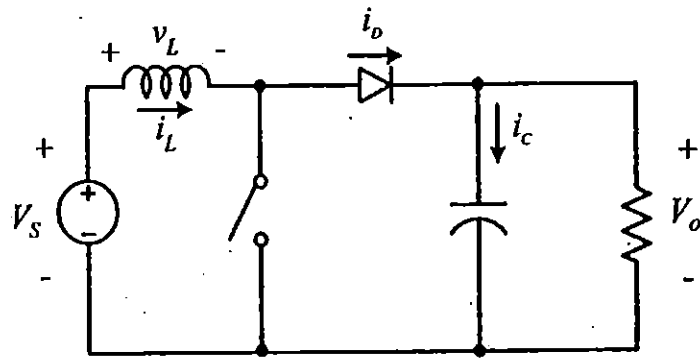
วงจรทบทระดับแรงดัน (Step-up converter หรือ Boost converter) ทำหน้าที่เพิ่มแรงดันให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยมีแผนภาพวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.7

2.2.1 เงื่อนไขการทำงานของวงจรทบทระดับแรงดัน

การวิเคราะห์การทำงานของวงจรทบทระดับแรงดันในช่วงสภาวะอยู่ตัว จะมีการกำหนดเงื่อนไขการทำงานของวงจรทบทระดับแรงดัน เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ [3] ดังนี้

ก) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ (i_L) ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละคาบ จะมีค่าเท่ากันและมีค่าเป็นบวกเสมอ

ข) แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์ หมายถึงผลรวมของผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำกับเวลาในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์



รูปที่ 2.7 วงจรทระดับแรงดัน [3]

ค) ตัวเก็บประจุต้องมีขนาดใหญ่พอ เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าด้านออก (V_o) มีค่าคงที่
 ง) กำลังไฟฟ้าด้านเข้าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าด้านออก กรณีนี้ไม่คำนึงถึงการสูญเสีย เนื่องจากการทำงานของวงจร โดยกำหนดให้อุปกรณ์ทุกตัวเป็นอุดมคติ ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพของวงจรเป็น 100%

2.2.2 หลักการทำงานของวงจรทระดับแรงดัน

จากวงจรดังรูปที่ 2.7 กำหนดให้ V_s คือ แรงดันจากแหล่งจ่าย, v_L คือ แรงดันที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ, i_L คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ, i_D คือ กระแสที่ไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอด, i_C คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ และ V_o คือ แรงดันไฟฟ้าด้านออก

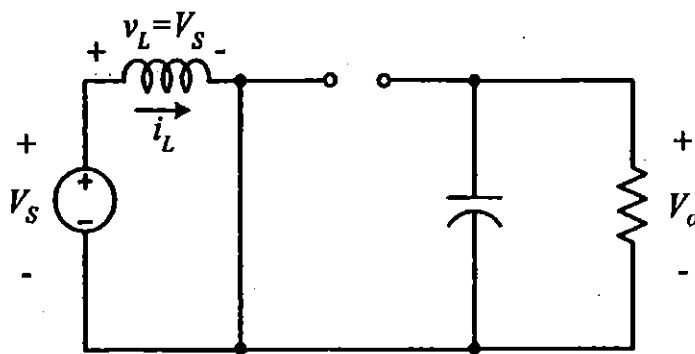
หลักการทำงานของวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้า เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าตามต้องการ จะเริ่มต้นจากข้อกำหนดที่ว่า แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลาจะเท่ากับศูนย์ และสามารถหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้ โดยวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์ในแต่ละโหมด ทั้งนี้การทำงานต้องอยู่ในสภาวะอยู่ตัว [3, 4] ดังนี้

เมื่อสวิตช์นำกระแส กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ โดยผ่านสวิตช์ ขณะเดียวกันไดโอดจะถูกไบอัสย้อนกลับทำให้ไม่สามารถนำกระแสได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 จากกฎของเคอร์ชอฟสำหรับแรงดันจะได้สมการของแรงดันไฟฟ้า ดังนี้

$$-V_s + V_L = 0 \quad (2.2)$$

จาก
$$V_L = V_s = L \frac{di_L}{dt} \quad (2.3)$$

จัดรูป
$$-V_s + L \frac{di_L}{dt} = 0$$



รูปที่ 2.8 วงจรทบทระดับแรงดัน ขณะสวิตช์นำกระแส [3]

จะได้

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s}{L} \tag{2.4}$$

ขณะที่สวิตช์นำกระแส $dt = DT$ โดยที่ D คือคิวตี้ไซเคิล (Duty cycle หรือ Duty ratio) และ T คือคาบสวิตซิง (Switching period) เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสคงที่ อาจจะถือว่าการเพิ่มของกระแสไฟฟ้าเป็นเชิงเส้น ทำให้สามารถคำนวณได้จาก

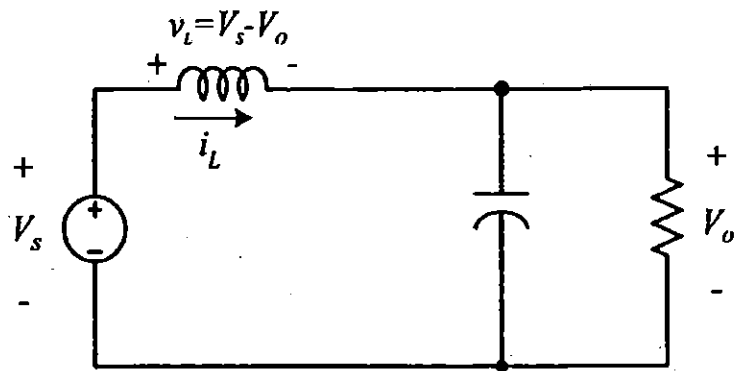
จากสมการที่ (2.3)

$$\begin{aligned} \frac{di_{L,on}}{dt} &= \frac{V_s}{L} \\ \frac{\Delta i_{L,on}}{\Delta t} &= \frac{V_s}{L} \\ \frac{\Delta i_{L,on}}{DT} &= \frac{V_s}{L} \\ \Delta i_{L,on} &= \frac{V_s DT}{L} \end{aligned} \tag{2.5}$$

$\Delta i_{L,on}$ หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำขณะสวิตช์นำกระแส

จากรูปที่ 2.9 เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส กระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดไม่ได้ ใค โอคจะถูกไบอัสไปข้างหน้าเพื่อให้นำกระแส ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง สมมุติแรงดันไฟฟ้าที่ด้านออกมีค่าคงที่ จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์สำหรับแรงดันจะได้สมการของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ ดังนี้

$$-V_s + v_L + V_o = 0$$



รูปที่ 2.9 วงจรทระดับแรงดัน ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส [3]

จาก

$$v_L = L \frac{di_L}{dt}$$

จัดรูป

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L} \quad (2.6)$$

ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส $dt = (1-D)T$ ดังแสดงในรูปที่ 2.10(ก) อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าคงที่ และจะถือว่าการลดลงของกระแสเป็นเชิงเส้นดังแสดงในรูปที่ 2.10(ข) สามารถคำนวณได้จาก

$$\Delta i_{L,off} = \left(\frac{V_s - V_o}{L} \right) (1-D)T \quad (2.7)$$

ที่สภาวะอยู่ตัว การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์ [3, 4] จากสมการที่ (2.4) และ (2.6) จะได้ว่า

$$\Delta i_{L,on} + \Delta i_{L,off} = 0$$

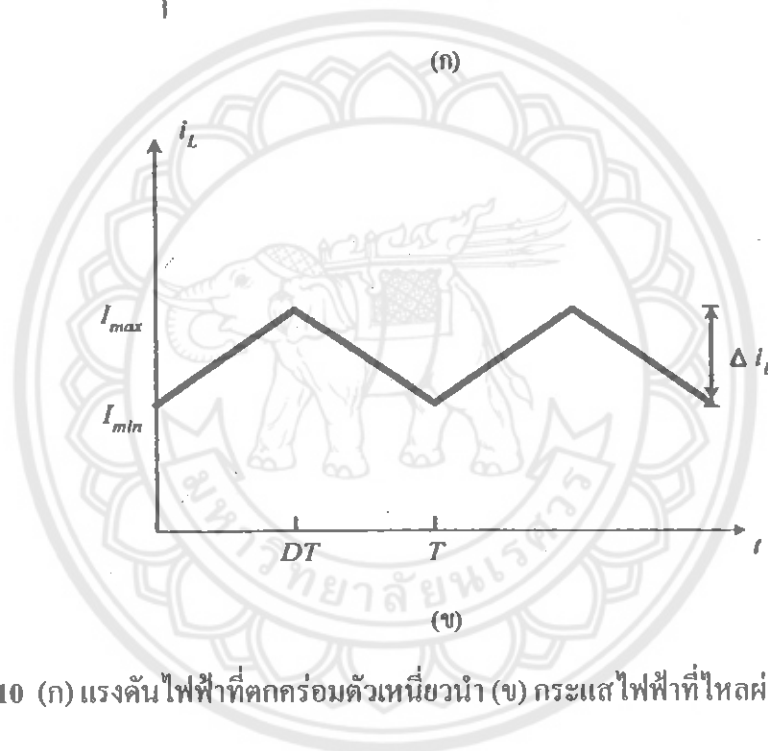
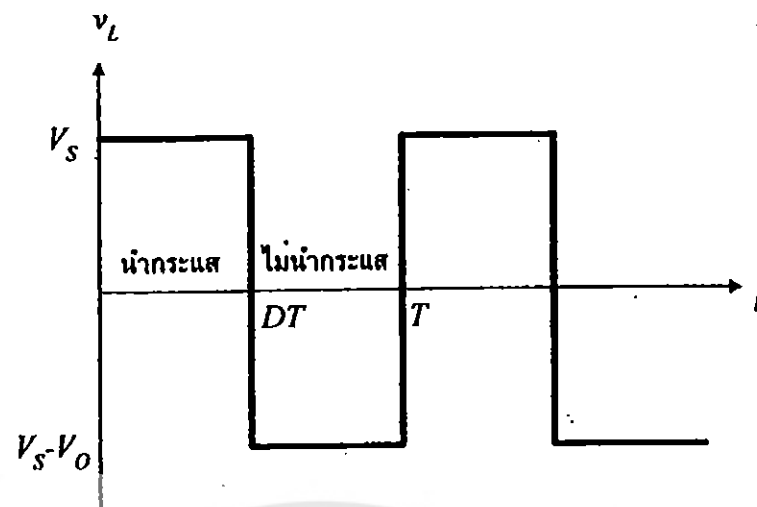
$$\left(\frac{V_s}{L} \right) DT + \frac{(V_s - V_o)(1-D)T}{L} = 0$$

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

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

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

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{1-D} \quad (2.8)$$



รูปที่ 2.10 (ก) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (ข) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ [3]

จากการหาความสัมพันธ์ของอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าด้านออกต่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าที่เรียกว่า อัตราขยายแรงดัน สามารถหาได้โดยวิธีง่ายๆ โดยใช้สมการแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบซึ่งจะมีค่าเท่ากับศูนย์ และได้ผลเช่นเดียวกับสมการที่ (2.7) ดังนี้

$$\text{จาก} \quad V_{L,av} = v_{L,on}(t_{on}) + v_{L,off}(t_{off}) = 0$$

$$t_{on} \rightarrow DT$$

$$t_{off} \rightarrow (1-D)T$$

โดยที่

$$V_{L,on} = V_s$$

$$V_{L,off} = V_s - V_o$$

จะได้

$$V_{L,av} = (V_s)(t_{on}) + (V_s - V_o)(t_{off}) = 0$$

$$(V_s)(DT) + (V_s - V_o)(1 - D)T = 0$$

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

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

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

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{1 - D} \quad (2.9)$$

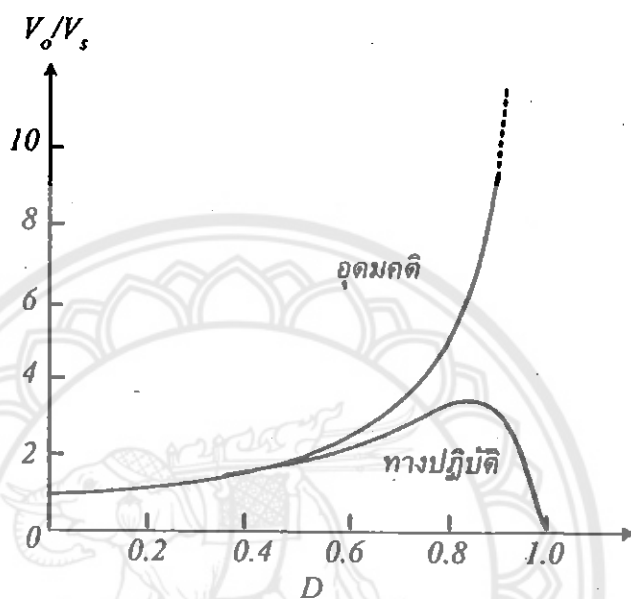
การได้มาซึ่งสมการอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าด้านออกต่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า จากสมการที่ (2.8) แท้จริงแล้วมีหลักการทำงานเดียวกัน ทำให้สามารถคำนวณค่าอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าด้านออกต่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าได้จากการปรับค่า D (Duty Ratio) ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 อัตราขยายแรงดันของวงจรทระดับแรงดันไฟฟ้า

ควิตซ์เซิล (D)	อัตราการขยายแรงดัน (V_o/V_s)
0.0	1.00
0.1	1.10
0.2	1.25
0.3	1.43
0.4	1.67
0.5	2.00
0.6	2.50
0.7	3.33
0.8	5
0.9	10
1.0	อนันต์

จากกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 2.11 เมื่อค่า D (Duty Ratio) เพิ่มขึ้นถ้าอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นแบบไม่เชิงเส้นในทางปฏิบัตินิยมปรับอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน

4 เท่า ทั้งนี้เพื่อให้วงจรเสถียรภาพ โดยอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าขั้นต่ำสุดคือหนึ่งหรือแรงดันไฟฟ้าด้านออกเท่ากับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าในทางทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัติแรงดันไฟฟ้าด้านออกจะน้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าเล็กน้อยเนื่องจากค่าความสูญเสียจากแรงดันที่ตกคร่อมไดโอด และตัวอุปกรณ์สวิตซ์ [3, 4]

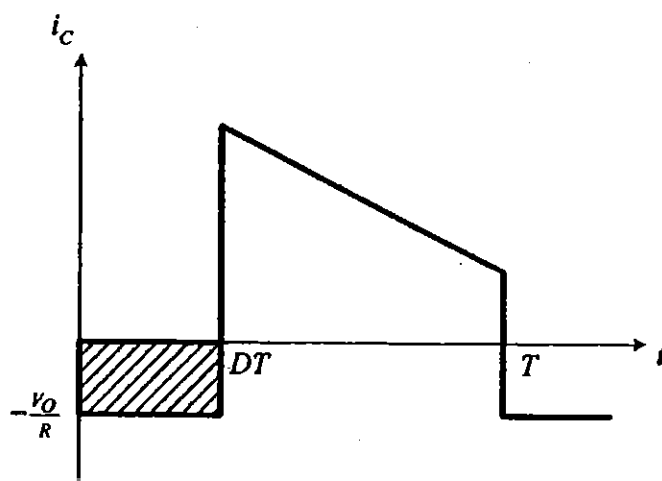


รูปที่ 2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายแรงดันกับค่า D (Duty Ratio) [3]

2.2.3 ค่าความพลัวของแรงดันไฟฟ้าด้านออก

การที่มีตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่จะสามารถทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าคงที่ หรือสัญญาณมีความเรียบมากขึ้น แต่ในทางค่านปฏิบัติไม่สามารถเลือกใช้เก็บประจุที่มีขนาดใหญ่หลายๆ ได้ เนื่องจากมีราคาแพงต้องใช้พื้นที่มาก จึงต้องเลือกใช้ตัวเก็บประจุที่มีขนาดเหมาะสม และมีค่าความความพลัวของแรงดันไฟฟ้าด้านออกอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ [3, 4]

การคำนวณหาค่าความพลัวของแรงดันไฟฟ้าด้านออกจากขอดถึงขอด สามารถหาได้จากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ [3]

$$|\Delta Q| = C\Delta V_o = I_o\Delta t_{on} \quad (2.10)$$

$$I_o = \frac{V_o}{R}$$

$$\Delta t_{on} = DT$$

$$\Delta V_o = \frac{I_o\Delta t_{on}}{C} = \frac{V_oDT}{RC}$$

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{DT}{RC} \quad (2.11)$$

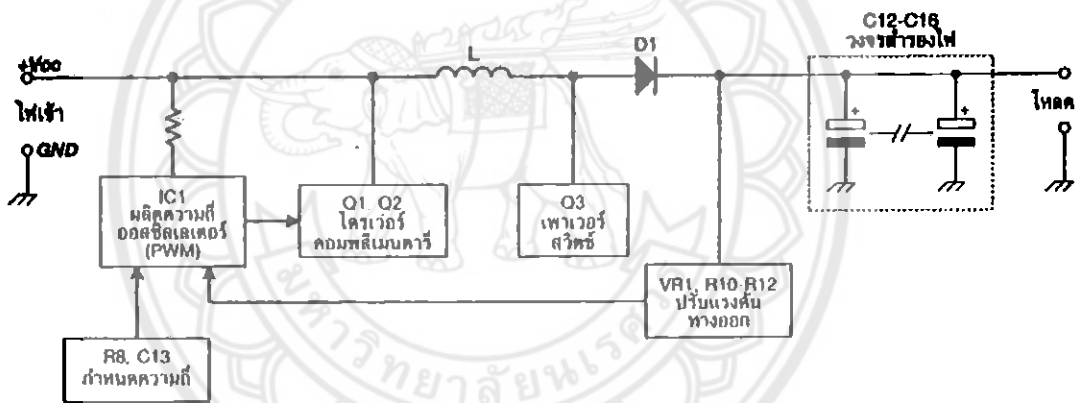
$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf} \quad (2.12)$$

เมื่อต้องการจะลดอัตราความพลัวของแรงดันไฟฟ้าด้านออก จะทำได้โดยการเพิ่มค่าความต้านทานของ โหลด (Load resistance) หรือการเพิ่มค่าความจุของตัวเก็บประจุ (Capacitance) หรือการเพิ่มค่าความถี่สวิตซิง (Switching frequency) ให้สูงขึ้น [3, 4]

บทที่ 3 การสร้างตัวคุมค่าแรงดัน

3.1 ส่วนประกอบหลักของตัวคุมค่าแรงดัน

ตัวคุมค่าแรงดันที่สร้างขึ้นในโครงงานนี้อาศัยหลักการทำงานพื้นฐานของวงจรทบระดับแรงดัน เพื่อให้แรงดันด้านออกมีค่าสูงกว่าแรงดันด้านเข้า แล้วรักษาระดับแรงดันด้านออกให้คงที่ที่ค่าๆหนึ่ง (ในที่นี้คือ 19 V) ส่วนประกอบหลักของตัวคุมค่าแรงดันแสดงในรูปที่ 3.1 โดยวงจรนี้สามารถรับแรงดันด้านเข้าเป็นไฟกระแสตรงในช่วง 10-15 V วงจรผลิตความถี่ออสซิลเลเตอร์ (Oscillator frequency) จะกำหนดความถี่ของสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM signal) ก่อนส่งต่อไปวงจรขับ (Drive circuit) เพื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าที่จะใช้ขับสวิตช์

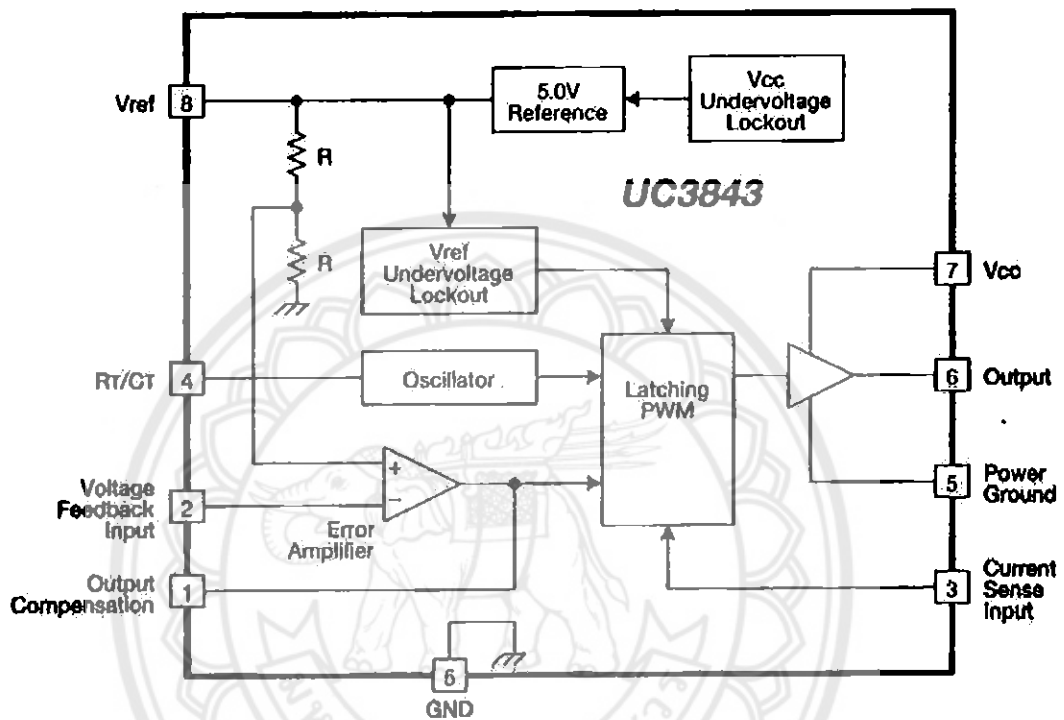


รูปที่ 3.1 แผนภาพวงจรของตัวคุมค่าแรงดัน [5]

จากรูปที่ 3.1 วงจรผลิตความถี่ออสซิลเลเตอร์ มี R8 และ C13 เป็นตัวกำหนดความถี่ ในที่นี้กำหนดความถี่ไว้ที่ 42 kHz สัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มที่ได้จะส่งออกไปผ่านวงจรขับซึ่งมีทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 ก่อนส่งไปขับสวิตช์กำลัง (Power switch) ซึ่งในที่นี้ใช้ MOSFET Q3 ในระหว่างที่วงจรทำงาน MOSFET จะมีช่วงนำกระแสและไม่นำกระแส ส่งผลให้เกิดการสร้างและสลายพลังงานในสนามแม่เหล็กของตัวเหนี่ยวนำ L ตามลำดับ พลังงานถูกส่งไปด้านออกผ่านไดโอด D1 โดยมีวงจรสำรองไฟและกำจัดสัญญาณรบกวนความถี่สูง (C12-C16) อยู่ทางด้านออก วงจรอีกส่วนของตัวคุมค่าแรงดันคือวงจรแบ่งแรงดัน (VR1, R10-R12) ทำหน้าที่เป็นวงจรป้อนกลับแรงดันไฟไปยังวงจรผลิตความถี่ออสซิลเลเตอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของหน่วยพีดับเบิลยูเอ็ม โดยมีตัวต้านทานปรับค่าได้ VR1 เป็นตัวปรับแรงดันด้านออกที่จ่ายให้โหลด

3.2 การสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม

การยกระดับแรงดันของตัวคุมค่าแรงดันที่สร้างขึ้นในโครงงานนี้อาศัยหลักการทำงานของวงจรทระดับแรงดัน โดยที่สวิทช์ในวงจรถูกควบคุมด้วยสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มที่สร้างจากไอซีหมายเลข UC3843 ซึ่งมีแผนภาพวงจรภายในแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนภาพวงจรภายในของไอซี UC3843 [5]

หน้าที่การใช้งานของแต่ละขาของไอซีหมายเลข UC3843 [5] มีดังนี้

ขา 1 คือขาชดเชยแรงดันด้านออก (Output Compensation) เป็นขาต้านออกของวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดันภายในตัวไอซี เพื่อป้องกันกลับชดเชยการทำงานให้วงจรขยายความผิดพลาด (Error amplifier) มีความแม่นยำเพิ่มขึ้น โดยวงจรขยายความผิดพลาดจะตรวจสอบการทำงานของภาคจ่ายไฟให้รักษาความคงที่ของการจ่ายไฟไว้ตลอดเวลา

ขา 2 คือขาป้องกันกลับแรงดันด้านเข้า (Voltage Feedback Input) เป็นขาที่ทำหน้าที่รับแรงดันไฟป้องกันกลับเพื่อควบคุมการทำงานของวงจรพีดับเบิลยูเอ็ม วงจรนี้คือภาคขยายความผิดพลาดที่ตรวจสอบแรงดันไฟด้านออกกับค่าแรงดันอ้างอิงภายในว่าสูงหรือต่ำเกินไป ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าควิต์ไซเคิลของพีดับเบิลยูเอ็มในภาคถัดไป

ขา 3 คือขาตรวจสอบกระแสของวงจร (Current sense input) เป็นขาที่ทำหน้าที่ตรวจจับค่ากระแสของวงจรว่ามีค่าเกินปกติหรือเกิดลัดวงจรหรือไม่ หากกระแสเกินจะต้องหยุดการทำงานของพีดีบีเบิลยูเอ็มเพื่อหยุดตัวเองให้ได้

ขา 4 คือขากำหนดความถี่ออสซิลเลเตอร์ (RT/CT) เป็นขาที่ต่อกับตัวต้านทานและตัวเก็บประจุภายนอกเพื่อกำหนดความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์ที่อยู่ภายในตัวไอซี

ขา 5 คือขากราวด์ (GND) เป็นขาที่ต่อเข้ากับแรงดัน 0 V

ขา 6 คือขาต้านออก (Output) เป็นขาทางออกของสัญญาณพีดีบีเบิลยูเอ็ม

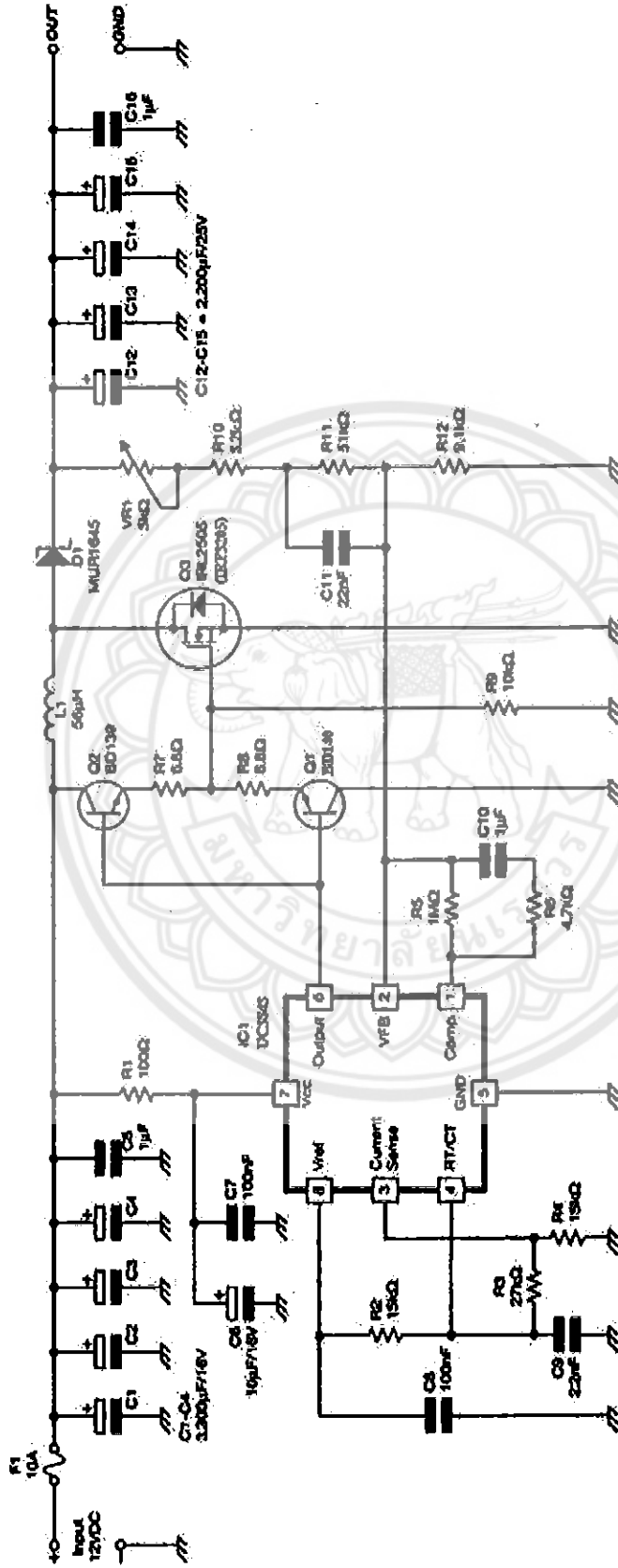
ขา 7 คือขาไฟเลี้ยง (VCC) มีหน้าที่รับแรงดันไฟเลี้ยง

ขา 8 คือขาแรงดันไฟอ้างอิง (Voltage reference) เป็นขาต้านออกของแรงดันไฟอ้างอิง ใช้เมื่อต้องการปรับเปลี่ยนคัลแปลงวงจรให้เกิดพัลส์ที่มีค่าควิตซ์เกิดตามความต้องการ

3.3 หลักการทำงานของวงจรภายในตัวคุมค่าแรงดัน

ตัวคุมค่าแรงดันในโครงงานนี้ประกอบขึ้นจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เชื่อมต่อกันดังแผนภาพวงจรในรูปที่ 3.3 ทางด้านเข้าของวงจรจะรับแรงดันไฟกระแสตรงซึ่งอาจมีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 10-15 V มีฟิวส์ F1 ค่า 10 A สำหรับตัดวงจรเมื่อกระแสที่ไหลผ่านมีค่าสูงเกินปกติ ตัวเก็บประจุ C1-C4 เป็นบัฟเฟอร์ของแรงดันไฟทางเข้า (Input voltage buffer) เพื่อสำรองแรงดันไฟให้กับวงจรทั้งหมดอย่างเพียงพอ และรักษาระดับแรงดันด้านเข้าไม่ให้เปลี่ยนแปลงฉับพลันจนเกิดสัญญาณรบกวน (Noise) เพราะวงจรทำงานที่ความถี่สวิดซิง (Switching frequency) สูง ตัวเก็บประจุ C5 ทำหน้าที่เป็นตัวกรองเพื่อกำจัดความถี่สูงที่อาจมาปะปนกับแรงดันด้านเข้า

ไอซีหมายเลข UC3843 ได้รับไฟเลี้ยงผ่านตัวต้านทาน R1 ตัวเก็บประจุ C6 และ C7 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรป้องกันการไหลกลับให้กับตัวไอซี โดยจ่ายไฟเข้าที่ขา 7 ส่วน C8 นั้นเป็นวงจรป้องกันการไหลกลับให้กับแรงดันไฟอ้างอิง (Voltage reference) ส่วนตัวต้านทาน R2 และตัวเก็บประจุ C9 เป็นตัวกำหนดค่าความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์ที่อยู่ภายในตัวไอซี ในขณะที่ตัวต้านทาน R3 และ R4 ต่อเข้าที่ขา 3 ซึ่งในวงจรนี้ไม่ได้ใช้งานขาตรวจสอบกระแส จึงต่อระบบป้องกันไม่ให้เกิดการรับสัญญาณไฟฟ่ารบกวนอื่นที่ทำให้วงจรหยุดทำงานหรือทำงานผิดปกติ [5]



รูปที่ 3.3 แผนภาพวงจรของตัวคุมค่าแรงดัน [5]

สัญญาณพีคดับเบิลยูเอ็มความถี่ 42 kHz ถูกส่งออกที่ขา 6 ของ UC3843 และส่งต่อไปที่ วงจรขับซึ่งทำงานด้วยทรานซิสเตอร์ (Q1 และ Q2) มีตัวต้านทาน R7 และ R8 เป็นตัวจำกัดกระแส ให้กับวงจรขับ ในที่นี้เลือกใช้มอสเฟตชนิดที่มีโครงสร้างชนิดเฮกซ์เฟต (HEXFET) ของยี่ห้อ IR (International Rectifier) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง เกดของมอสเฟตมีค่าความจุอยู่ที่ประมาณ 5000 pF สามารถทำหน้าที่เป็นสวิตช์โดยเปลี่ยนสถานะระหว่างการนำกระแสกับการไม่นำกระแสตาม สัญญาณพีคดับเบิลยูเอ็มให้ถูกต้อง การที่มอสเฟตจะนำกระแสและไม่นำกระแสได้ตามเวลาอย่าง แม่นยำนั้นต้องใช่วงจรขับที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ ในที่นี้เลือกใช้ทรานซิสเตอร์กำลัง BD139 และ BD140 โดย BD139 ทำหน้าที่ให้มอสเฟตนำกระแส ส่วน BD140 ให้มอสเฟตไม่นำกระแสตาม เวลาที่ต้องการ และเกิดกระแสขึ้นประมาณ 1.5 A จากการทำงานของวงจรมี

ในส่วนของวงจรถบระดับแรงดันได้ใช้มอสเฟต Q3 ซึ่งเป็นชนิดเฮกซ์เฟตกำลังสูงทำหน้าที่เป็นสวิตช์นำกระแสและไม่นำกระแสที่ความถี่สูง มอสเฟตนี้มีค่าความต้านทานขณะ นำกระแส (On resistance) ต่ำเพียง 8 mΩ เพื่อให้เกิดอัตราการกระจายความร้อนต่ำ (Low power dissipation) นั่นคือกำลังสูญเสียขณะนำกระแสมีค่าต่ำ นอกจากนี้ยังทำงานกับกระแสสูงสุด 10 A เพื่อให้วงจรมีความเชื่อถือได้ (Reliability) สูง

หลังจากได้แรงดันด้านออกของวงจรถบระดับแรงดันเท่ากับ 19 V ตามต้องการ แล้ว ในโครงงานนี้ยังต้องการรักษาระดับแรงดันด้านออกนี้ให้คงที่โดยไม่ขึ้นอยู่กับการ เปลี่ยนแปลงของแรงดันด้านเข้าของวงจร ในที่นี้จึงได้ตรวจจับแรงดันด้านออกของวงจรถบระดับ แรงดัน โดยต่อเข้ากับตัวต้านทานปรับค่าได้ (Potentiometer) VR1 ร่วมกับ R10, R11, C11 และ R12 ซึ่งเชื่อมต่อเป็นวงจรแบ่งแรงดัน แล้วป้อนแรงดัน ไฟฟ้าที่ตกคร่อม R12 ย้อนกลับไปเข้าที่ ขา 2 ของ UC3843 การควบคุมแรงดันด้านออกอาศัยหลักการการทำงานของวงจรถบความผิดพลาด ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเทียบค่าแรงดันด้านออกที่วัดได้กับค่าแรงดันอ้างอิงที่อยู่ภายในตัวไอซีดังแสดง ในรูปที่ 3.2 หากค่าแรงดันด้านออกสูงกว่าค่าแรงดันอ้างอิง วงจรถบความผิดพลาดจะลดความ กว้างพัลส์ (Pulse width) ในช่วงเวลานำกระแสให้แคบลงตามหลักการของการมอดูเลตความกว้าง พัลส์หรือพีคดับเบิลยูเอ็ม นั่นคือทำให้ค่าคิวซีไอซ์ของมอสเฟต Q3 ลดลง ส่งผลให้แรงดันด้าน ออกมีค่าลดลงจนเป็นปกติ ในทางกลับกันถ้าหากแรงดันด้านออกมีค่าต่ำกว่าแรงดันอ้างอิง ค่า แรงดันที่ถูกป้อนกลับไปย่อมน้อยลง วงจรถบความผิดพลาดจะขยายความกว้างพัลส์ช่วงเวลา นำกระแสให้กว้างขึ้นเพื่อให้เกิดการสะสมพลังงานแม่เหล็กในตัวเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ แรงดันด้านออกเพิ่มขึ้นจนเป็นปกติ [5]

1571 0315

ร/ร.

2493 17

2 662

3.4 การประกอบชิ้นงาน

ในการสร้างวงจรของตัวคุมค่าแรงดัน ผู้ดำเนินได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- 1) จัดเตรียมอุปกรณ์ในการประกอบชิ้นงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

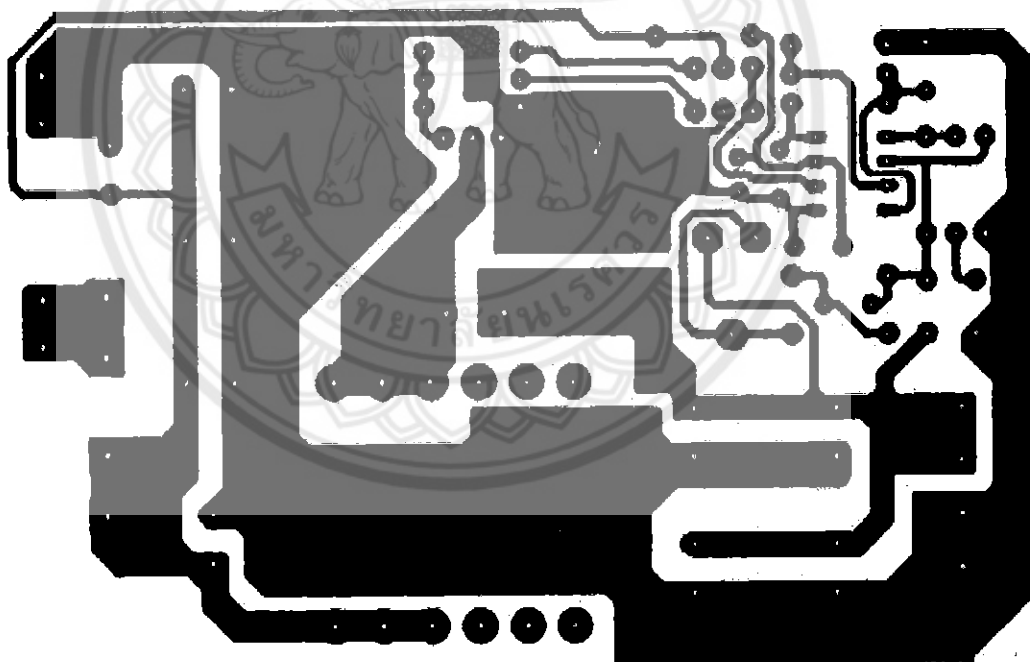
ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการสร้างตัวคุมค่าแรงดัน

อุปกรณ์	รายละเอียดของอุปกรณ์	จำนวน
ตัวต้านทาน ¼ W	6.8 Ω	2 ตัว
	27 Ω	1 ตัว
	100 Ω	1 ตัว
	4.7 kΩ	1 ตัว
	5.1 kΩ	1 ตัว
	5.6 kΩ	1 ตัว
	9.1 kΩ	1 ตัว
	10 kΩ	1 ตัว
	15 kΩ	2 ตัว
	1 MΩ	1 ตัว
ตัวต้านทานเกือกรั่ว	5 kΩ	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ	2.2 nF/50V	1 ตัว
	22 nF/50V	1 ตัว
	100 nF	2 ตัว
	1 μF/50V	3 ตัว
	10 μF/16V	1 ตัว
	2200 μF/25V	4 ตัว
	3300 μF/16V	4 ตัว
ตัวเหนี่ยวนำแกนเฟอร์ไรท์	56 μH	1 ตัว
ไดโอด	MBR1645	1 ตัว
ทรานซิสเตอร์	BD139 และ BD140	อย่างละ 1 ตัว
มอสเฟต	IRL2505	1 ตัว
ไอซี	UC3843	1 ตัว

ผู้ดำเนินโครงการสร้างตัวเหนี่ยวนำโดยใช้แกนเฟอร์ไรท์ (ซึ่งนิยมใช้สำหรับหม้อแปลงสวิชชิง) หมายเลข ETD29 12 ขา นำขลวดทองแดงหมายเลข 24 จำนวน 10 เส้นมาตีเกลียว แล้วพันเข้ากับแกนจำนวน 21 รอบ แล้วบัดกรีปลายขลวดทองแดงเข้ากับขั้วด้านเข้าและด้านออกของตัวเหนี่ยวนำ

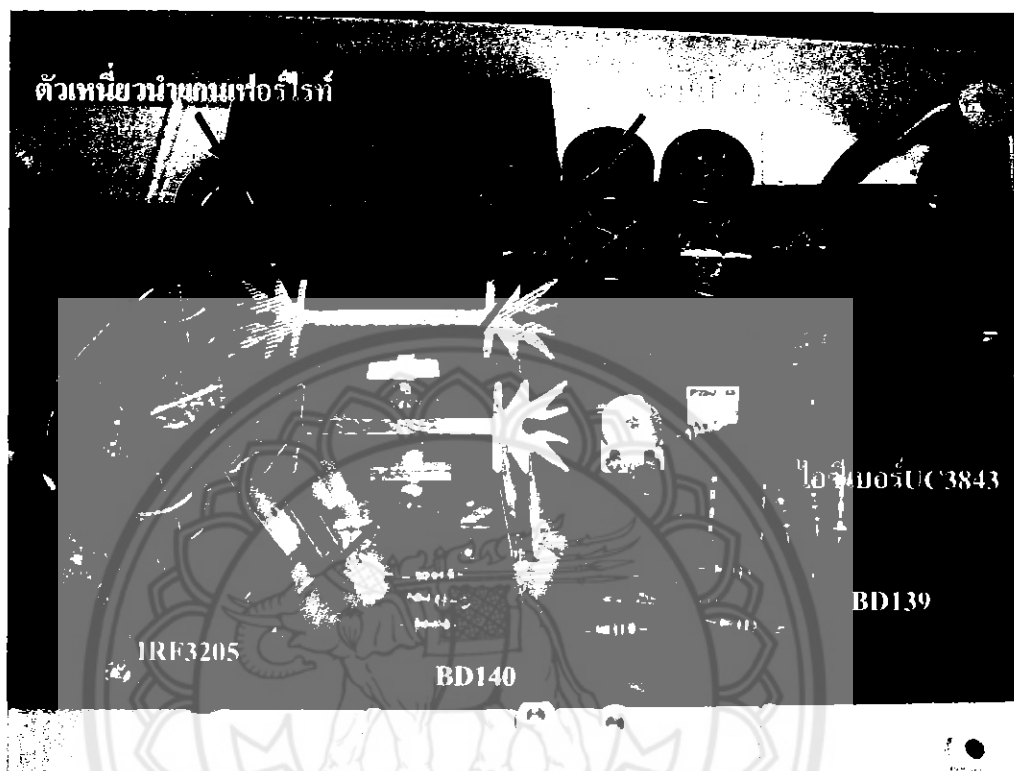
นอกจากนี้ผู้ดำเนินโครงการยังได้เตรียมอุปกรณ์อื่นๆที่ใช้ในการประกอบชิ้นงาน นั่นคือหัวต่อกับตัวจุดบุหรี่ในรถยนต์ หัวต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา สายไฟขนาด $2 \times 2.5 \text{ mm}^2$ และกล่องบรรจุตัวคุมค่าแรงดัน

- 2) หลังจากทำการทดลองการทำงานของวงจรของตัวคุมค่าแรงดันบนแผงโปรโตบอร์ด (Protoboard) แล้ว จึงดำเนินการสร้างแผงวงจร PCB (Printed circuit board) ขนาด $6.7 \times 10.8 \text{ cm}$ ตามแบบที่แสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผงวงจรด้านลายทองแดง

- 3) ประกอบชิ้นงาน โดยเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆลงในแผงวงจร PCB ได้ดังรูปที่ 3.5 ก่อนนำไปติดตั้งในกล่อง



รูปที่ 3.5 แผงวงจรของตัวคุมค่าแรงดัน

3.5 การตรวจสอบหาความผิดปกติในการทำงานของตัวคุมค่าแรงดัน

หลังจากประกอบอุปกรณ์ทั้งหมดแล้วจึงนำแผ่นวงจรมาล้างด้านที่บัดกรีด้วยทินเนอร์ เพื่อตรวจสอบการบัดกรีและลายทองแดงอีกครั้งก่อนนำไปตรวจสอบหาความผิดปกติในการทำงานของตัวคุมค่าแรงดันที่สร้างขึ้น โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- 1) ใช้แหล่งกำเนิดไฟกระแสตรง 12 V กระแสพิคก 10 A ต่อไฟบวกผ่านตัวต้านทานที่มีค่าในช่วง 47-56 Ω โดยต่ออนุกรมกับแหล่งกำเนิดเพื่อเป็น โหลดป้องกันการลัดวงจรที่แหล่งกำเนิด และต่อสายไฟลบจากแหล่งกำเนิดเข้ากับกราวด์ ในที่นี้ตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมเข้าไปจะจำกัดกระแสเอาไว้มิให้เกิน 200 mA
- 2) ปรับตั้ง VR1 ไว้ที่ตำแหน่งกึ่งกลาง แล้วจ่ายไฟเข้าวงจร จากนั้นสังเกตความผิดปกติ เช่น กลิ่นไหม้ คิว้น หรือเสียง เป็นต้น หากทดสอบแล้วมอสเฟตเสียหาย อาจเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ คือ ประการแรก มีการเชื่อมต่อทรานซิสเตอร์ Q2 หรือ Q3 ผิดจึง

ทำให้มอสเฟตได้รับไบแอส (Bias) ตลอดเวลาแทนที่จะนำหรือไม่นำกระแสตาม สัญญาณพีคดับเบิลยูเอ็ม หรือประการที่สอง ไอซี UC3843 ชาร์จ ในกรณีนี้ให้นำเอา มอสเฟตออกแล้วจ่ายไฟเข้าวงจรอีกครั้ง จากนั้นวัดแรงดันที่ขา 6 (ขาต้านออก) ของ ไอซี ถ้าแรงดันที่วัดได้มีค่าเกิน 1.2 V แสดงว่าไอซีชาร์จ

- 3) หากในการทดสอบเบื้องต้นไม่พบสิ่งผิดปกติ ให้จ่ายไฟเข้าวงจรอีกครั้งแล้ววัด แรงดันต้านออกของวงจร จากนั้นปรับแรงดันด้วยการปรับค่าของ VR1 เพื่อให้ได้ แรงดันต้านออกอยู่ที่ 19 V ถ้าได้แรงดันเพียง 12 V นั้นหมายถึงภาคจ่ายไฟไม่ทำงาน ให้ตรวจสอบดูว่ามอสเฟตร้อนหรือไม่ ถ้าร้อนแสดงว่ามีการเชื่อมต่อไดโอด D1 ผิด หรือใช้ผิดหมายเลข หรือ D1 ชาร์จ หากมอสเฟตไม่ร้อน ให้วัดที่ขาเกตของมอสเฟต ว่ามีสัญญาณพัลส์หรือไม่ ถ้ามีแสดงว่ามอสเฟตเสีย ถ้าไม่มี ให้วัดที่ขา 8 ของ UC3843 ถ้ามี ให้ตรวจสอบหรือเปลี่ยน Q1 หรือ Q2 ถ้าไม่มี แสดงว่า UC3843 ไม่ ทำงาน ให้ตรวจสอบวงจรผลิตความถี่ นั่นคือตรวจสอบการบัดกรีตัวต้านทานและ ตัวเก็บประจุที่ต่ออยู่กับขา 4 แต่หากได้แรงดันไฟต้านออก 19 V เป็นปกติแล้ว ให้ ทดลองนำหลอดไฟ (พิกัดไฟกระแสดตรง 24 V 125 W) จำนวน 5 หลอด ซึ่งแต่ละ หลอดมีค่าความต้านทาน 4.8 Ω มาต่อขนานกันและใช้เป็น โหลดของตัวคุมค่า แรงดัน จากนั้นจ่ายไฟเข้าวงจรอีกครั้ง แล้วปรับ VR1 จนได้แรงดันต้านออกเท่ากับ 19 V คงที่ จึงถือว่าชิ้นงานมีความสมบูรณ์พร้อมนำไปใช้งาน

บทที่ 4

ผลการทดลอง

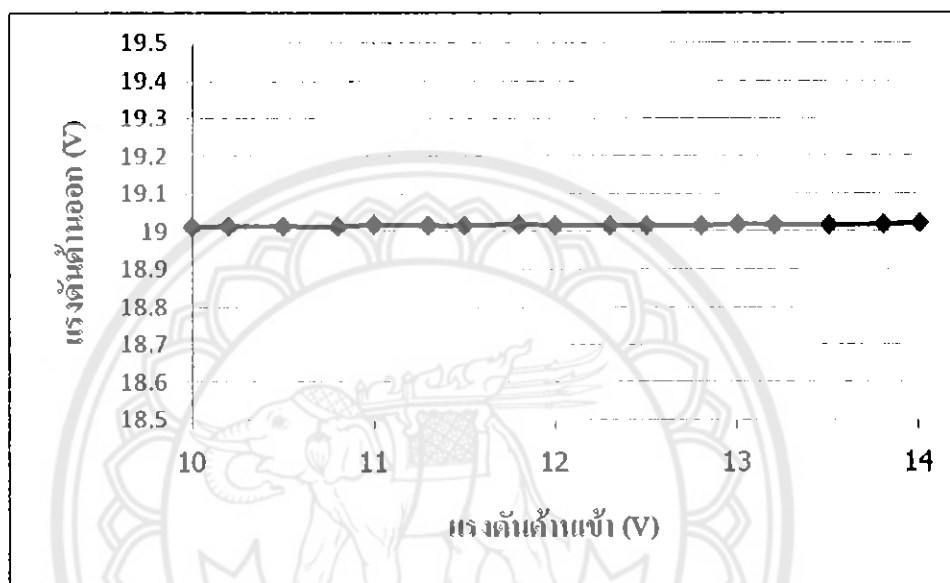
4.1 ผลการทดลองการคุมค่าแรงดัน

หลังจากดำเนินการทดสอบการทำงานเบื้องต้นของตัวคุมค่าแรงดันที่สร้างขึ้นดังกล่าวในส่วนท้ายของบทที่ 3 ในส่วนนี้จึงเป็นการทดลองการทำงานของตัวคุมค่าแรงดันในการรักษาระดับแรงดันด้านออกให้คงที่ที่ 19 V ตามต้องการ ในที่นี้ใช้หลอดไฟ (หลอดไฟกระแสดวง 24 V 125 W) จำนวน 5 หลอด ซึ่งแต่ละหลอดมีค่าความต้านทาน 4.8Ω มาต่อขนานกันเป็นโหลด โดยปรับแรงดันด้านเข้าตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการคุมค่าแรงดัน

แรงดันด้านเข้า (V)	กระแสด้านเข้า (A)	แรงดันด้านออก (V)	กระแสด้านออก (A)
10.0	4.04	19.013	2.12
10.2	4.21	19.015	2.25
10.5	4.29	19.015	2.36
10.8	4.36	19.014	2.47
11.0	4.52	19.019	2.61
11.3	4.63	19.017	2.75
11.5	4.71	19.17	2.84
11.8	4.83	19.019	2.99
12.0	5.19	19.017	3.27
12.3	5.25	19.016	3.39
12.5	5.39	19.016	3.54
12.8	5.54	19.016	3.72
13.0	5.65	19.019	3.86
13.2	5.69	19.018	3.94
13.5	5.80	19.017	4.11
13.8	6.09	19.019	4.41
14.0	6.12	19.022	4.50

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 จะเห็นว่า ในช่วงค่าแรงดันด้านเข้าของตัวคุมค่าแรงดันที่เปลี่ยนแปลงในช่วง 10-14 V ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของแรงดันของเบตเตอร์ี่ตามการใช้งานรถยนต์โดยทั่วไป ตัวคุมค่าแรงดันที่สร้างขึ้นในโรงงานนี้สามารถรักษาระดับแรงดันด้านออกให้ค่อนข้างคงที่ที่ 19 V ได้โดยมีความคลาดเคลื่อนสูงสุด 0.12% เมื่อนำข้อมูลมาวาดกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การรักษาระดับแรงดันด้านออกของตัวคุมค่าแรงดัน

4.2 การใช้งานตัวคุมค่าแรงดันกับคอมพิวเตอรืพกพา

ในส่วนนี้ได้ทำการทดสอบการทำงานของตัวคุมค่าแรงดันกับเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา โดยต่อด้านเข้าของตัวคุมค่าแรงดันเข้ากับตัวจุกบุหรี่ในรถกระบะ และต่อด้านออกเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยสามารถใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาได้เป็นปกติ แสดงว่าตัวคุมค่าแรงดันสามารถทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาได้

เมื่อเปิดใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาได้ทำวัดค่าแรงดันและกระแสต่าง ๆ ของตัวคุมค่าแรงดันได้ดังนี้

แรงดันด้านเข้า (V_{in})	12.34 V
กระแสด้านเข้า (I_{in})	7.26 A
แรงดันด้านออก (V_{out})	19.01 V
กระแสด้านออก (I_{out})	4.54 A



รูปที่ 4.2 การใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาด้วยไฟจากตัวควบคุมที่

เราสามารถคำนวณหาค่ากำลังด้านเข้าของตัวคุมค่าแรงดันได้จาก

$$P_{in} = V_{in} I_{in} \quad (4.1)$$

แทนค่า จะได้ $P_{in} = 12.34 \times 7.26 = 89.59 \text{ W}$

เราสามารถคำนวณหาค่ากำลังด้านออกของตัวคุมค่าแรงดันได้จาก

$$P_{out} = V_{out} I_{out} \quad (4.2)$$

แทนค่า จะได้ $P_{out} = 19.42 \times 4.54 = 86.30 \text{ W}$

เราสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของตัวคุมค่าแรงดันได้จาก

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \quad (4.3)$$

แทนค่า จะได้ $\eta = \frac{86.30}{89.59} \times 100 = 96.32\%$

เมื่อเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาโดยตัวคุมค่าแรงดันยังคงต่อเข้ากับตัวควบคุมที่ จะพบว่า ค่าแรงดันด้านเข้าและด้านออกมีค่าคงเดิม แต่กระแสด้านเข้าและด้านออกมีค่าลดลง เนื่องจาก กระแสที่ไหลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาในขณะนี้ถูกใช้ไปในการอัดประจุแบตเตอรี่ของเครื่อง เท่านั้น ค่าแรงดันและกระแสต่าง ๆ ของตัวคุมค่าแรงดันเป็นดังนี้

แรงดันด้านเข้า (V_{in})	12.34 V
กระแสด้านเข้า (I_{in})	4.12 A
แรงดันด้านออก (V_{out})	19.01 V
กระแสด้านออก (I_{out})	2.59 A

เราสามารถคำนวณหากำลังด้านเข้าของตัวคุมค่าแรงดันได้จากสมการที่ (4.1)

$$P_{in} = 12.34 \times 4.12 = 51.46 \text{ W}$$

เราสามารถคำนวณหากำลังด้านออกของตัวคุมค่าแรงดันได้จากสมการที่ (4.2)

$$P_{out} = 19.01 \times 2.59 = 49.23 \text{ W}$$

เราสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของตัวคุมค่าแรงดันได้จากสมการที่ (4.3)

$$\eta = \frac{49.23}{51.46} \times 100 = 95.66\%$$

จะเห็นว่า ตัวคุมค่าแรงดันที่สร้างขึ้นในโครงงานนี้ทำงานด้วยประสิทธิภาพที่สูงทั้ง
ในขณะที่เปิดและปิดเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลการดำเนินโครงการ พร้อมเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาโครงการนี้ไปต่อไป

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากแนวคิดที่จะใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา โดยรับไฟจากแบตเตอรี่ 12 V ผ่านตัวจุกบุนทรีย์ในรถยนต์ ผู้ดำเนินโครงการได้สร้างตัวคุมค่าแรงดันเพื่อจ่ายไฟให้กับคอมพิวเตอร์พกพาที่ต้องการแรงดันไฟกระแสตรงคงที่เท่ากับ 19 V โดยที่แรงดันด้านเข้าของตัวคุมค่าแรงดันอาจเปลี่ยนแปลงในช่วง 10-14 V ตัวคุมค่าแรงดันอาศัยหลักการทำงานของวงจรถะดับแรงดันเพื่อยกระดับให้แรงดันด้านออกมีค่าสูงกว่าแรงดันด้านเข้าของวงจรถะดับแรงดันด้านออกให้คงที่ตามต้องการ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตัวคุมค่าแรงดันที่สร้างขึ้นช่วยให้สามารถใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์พกพา โดยใช้ไฟจากแบตเตอรี่ผ่านทางตัวจุกบุนทรีย์ในรถยนต์ได้

เมื่อเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์พกพากับตัวจุกบุนทรีย์ผ่านทางตัวคุมค่าแรงดัน จะพบว่าเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาจะดึงกระแส 2.59 A ขณะปิดเครื่อง และ 4.54 A ขณะเปิดเครื่อง โดยมีประสิทธิภาพการทำงานขณะปิดและเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์เท่ากับ 95.66% และ 96.32% ตามลำดับ

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

ในขณะที่ใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาผ่านตัวคุมค่าแรงดัน พบว่าเกิดเสียงในตู้เหนียวน่า ซึ่งอาจเกิดจากการพันขดลวดไม่แน่นและไม่ได้เคลือบขดลวดด้วยน้ำยาวานิช หรืออาจเกิดจากการใช้ขนาดของแกนเฟอร์ไรท์ที่ไม่เหมาะสมกับวงจร ถึงแม้จะไม่ได้ส่งผลเสียต่อการทำงานของวงจรแต่อาจก่อให้เกิดความน่ารำคาญต่อผู้ใช้ แนวทางแก้ไขคือ การพันขดลวดให้แน่นแล้วเคลือบขดลวดด้วยน้ำยาวานิช นอกจากนี้ยังแก้ไขได้ด้วยการเปลี่ยนใช้แกนเฟอร์ไรท์แบบวงแหวนหรือเปลี่ยนใช้แกนเฟอร์ไรท์หม้อแปลงที่มีขนาดใหญ่อื่น เช่น แกนเฟอร์ไรท์หมายเลข 29 ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถใช้งานได้กับวงจรสวิตซิ่งที่ความถี่สูงได้

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ

ตัวคุมค่าแรงดันที่สร้างขึ้นในโครงการนี้ใช้จ่ายไฟให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์พกพาที่ต้องการแรงดันไฟกระแสตรงที่มีค่าคงที่ที่ 19 V เท่านั้น อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีการผลิตใช้เครื่องคอมพิวเตอร์พกพาที่ต้องการแรงดันทั้ง 19 V และ 24 V ดังนั้นแนวทางในการพัฒนาโครงการต่อไปได้แก่การสร้างตัวคุมค่าแรงดันที่จ่ายและรักษาระดับแรงดันให้คงที่ โดยสามารถปรับระดับแรงดันด้านออกของวงจรได้ทั้ง 19 V และ 24 V เพื่อให้สามารถใช้งานได้กว้างขึ้นอีก



เอกสารอ้างอิง

- [1] G. Hille, W. Roth, and H. Schmidt, "Course book for the seminar – Photovoltaic Systems", Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, Freiburg, Germany, 1995.
- [2] กรมสรรพสามิต, "เบคเตอร์", สามิตสาร ปีที่ 5 ฉบับที่ 5, กรมสรรพสามิต, กรุงเทพฯ, 2542.
- [3] วีระเชษฐ์ ชันเงิน, วุฒิพล ธาราธิ์รเศรษฐ์, "อิเล็กทรอนิกส์กำลัง", ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ. พรินต์ติ้ง, กรุงเทพฯ, 2547.
- [4] N. Mohan, T. M. Undeland and W. P. Robbins, "Power Electronics: converter, applications, and design", John Wiley & Sons, 2003.
- [5] เจน สงสมพันธุ์ และคณะ, "อนุกรมอิเล็กทรอนิกส์ลำดับที่ 98", สถาบันอิเล็กทรอนิกส์ กรุงเทพมหานคร, 2550.

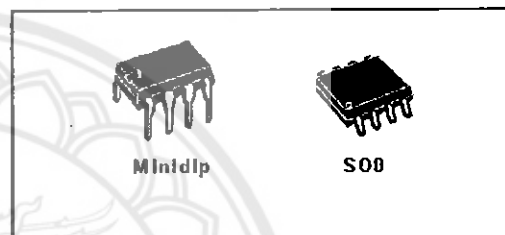
ภาคผนวก ก
รายละเอียดของ UC3843

SGS-THOMSON
MICROELECTRONICS

UC2842B/3B/4B/5B
UC3842B/3B/4B/5B

HIGH PERFORMANCE CURRENT MODE PWM CONTROLLER

- TRIMMED OSCILLATOR FOR PRECISE FREQUENCY CONTROL
- OSCILLATOR FREQUENCY GUARANTEED AT 250kHz
- CURRENT MODE OPERATION TO 500kHz
- AUTOMATIC FEED FORWARD COMPENSATION
- LATCHING PWM FOR CYCLE-BY-CYCLE CURRENT LIMITING
- INTERNALLY TRIMMED REFERENCE WITH UNDERVOLTAGE LOCKOUT
- HIGH CURRENT TOTEM POLE OUTPUT
- UNDERVOLTAGE LOCKOUT WITH HYSTERESIS
- LOW START-UP AND OPERATING CURRENT



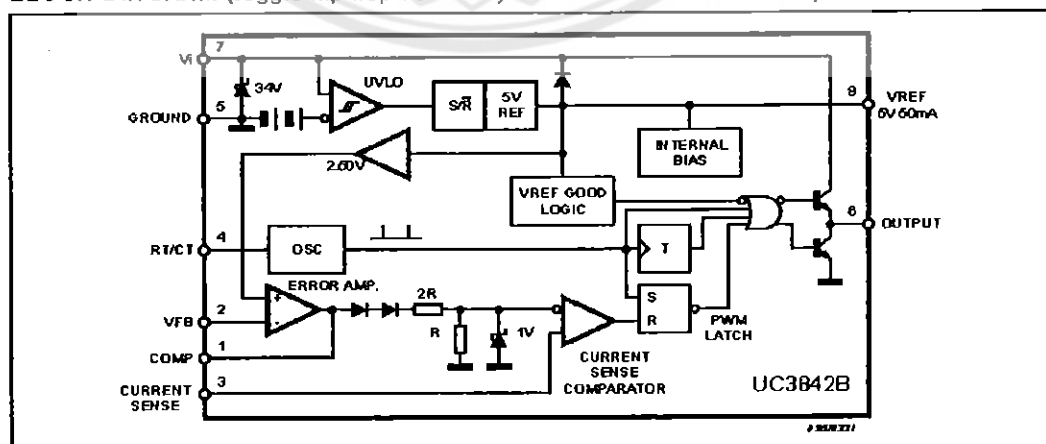
comparator which also provides current limit control, and a totem pole output stage designed to source or sink high peak current. The output stage, suitable for driving N-Channel MOSFETs, is low in the off-state.

DESCRIPTION

The UC384xB family of control ICs provides the necessary features to implement off-line or DC to DC fixed frequency current mode control schemes with a minimal external parts count. Internally implemented circuits include a trimmed oscillator for precise DUTY CYCLE CONTROL under voltage lock-out featuring start-up current less than 0.5mA, a precision reference trimmed for accuracy at the error amp input, logic to insure latched operation, a PWM

Differences between members of this family are the under-voltage lockout thresholds and maximum duty cycle ranges. The UC3842B and UC3844B have UVLO thresholds of 16V (on) and 10V (off), ideally suited off-line applications. The corresponding thresholds for the UC3843B and UC3845B are 8.5V and 7.9V. The UC3842B and UC3843B can operate to duty cycles approaching 100%. A range of the zero to < 50% is obtained by the UC3844B and UC3845B by the addition of an internal toggle flip flop which blanks the output off every other clock cycle.

BLOCK DIAGRAM (toggle flip flop used only in UC3844B and UC3845B)



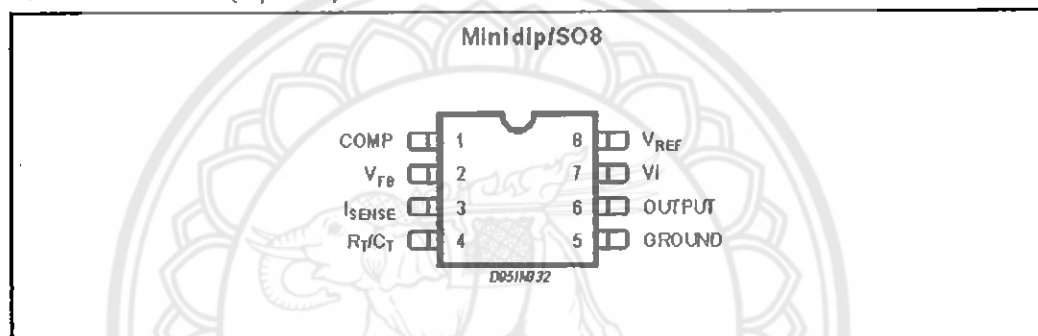
UC2842B/3B/4B/5B - UC3842B/3B/4B/5B

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_I	Supply Voltage (low impedance source)	30	V
V_i	Supply Voltage ($I_i < 30\text{mA}$)	Self Limiting	
I_o	Output Current	± 1	A
E_o	Output Energy (capacitive load)	5	μJ
	Analog Inputs (pins 2, 3)	-0.3 to 5.5	V
	Error Amplifier Output Sink Current	10	mA
P_{tot}	Power Dissipation at $T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$ (Minidip)	1.25	W
P_{tot}	Power Dissipation at $T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$ (SOB)	800	mW
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to 150	$^\circ\text{C}$
T_L	Lead Temperature (soldering 10s)	300	$^\circ\text{C}$

* All voltages are with respect to pin 5, all currents are positive into the specified terminal.

PIN CONNECTION (top view)



PIN FUNCTIONS

No	Function	Description
1	COMP	This pin is the Error Amplifier output and is made available for loop compensation.
2	V_{FB}	This is the inverting input of the Error Amplifier. It is normally connected to the switching power supply output through a resistor divider.
3	I_{SENSE}	A voltage proportional to inductor current is connected to this input. The PWM uses this information to terminate the output switch conduction.
4	R_T/C_T	The oscillator frequency and maximum Output duty cycle are programmed by connecting resistor R_T to V_{ref} and capacitor C_T to ground. Operation to 500kHz is possible.
5	GROUND	This pin is the combined control circuitry and power ground.
6	OUTPUT	This output directly drives the gate of a power MOSFET. Peak currents up to 1A are sourced and sunk by this pin.
7	V_{CC}	This pin is the positive supply of the control IC.
8	V_{ref}	This is the reference output. It provides charging current for capacitor C_T through resistor R_T .

ORDERING NUMBERS

SOB	Minidip
UC2842BD1; UC3842BD1	UC2842BN; UC3842BN
UC2843BD1; UC3843BD1	UC2843BN; UC3843BN
UC2844BD1; UC3844BD1	UC2844BN; UC3844BN
UC2845BD1; UC3845BD1	UC2845BN; UC3845BN

UC2842B/3B/4B/6B - UC3842B/3B/4B/6B

THERMAL DATA

Symbol	Description	Min/Typ/Max	SO8	Unit
$R_{\theta j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient.	max. 100	150	$^{\circ}\text{C/W}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (note 1) Unless otherwise stated, these specifications apply for $-25 \leq T_{amb} \leq 85^{\circ}\text{C}$ for UC284XB; $0 \leq T_{amb} \leq 70^{\circ}\text{C}$ for UC384XB; $V_i = 15\text{V}$ (note 5); $R_T = 10\text{K}$; $C_T = 3.3\text{nF}$)

Symbol	Parameter	Test Conditions	UC284XB			UC384XB			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
REFERENCE SECTION									
V_{REF}	Output Voltage	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$ $I_b = 1\text{mA}$	4.95	5.00	5.05	4.90	5.00	5.10	V
ΔV_{REF}	Line Regulation	$12\text{V} \leq V_i \leq 25\text{V}$		2	20		2	20	mV
ΔV_{REF}	Load Regulation	$1 \leq I_b \leq 20\text{mA}$		3	25		3	25	mV
$\Delta V_{REF}/\Delta T$	Temperature Stability	(Note 2)		0.2			0.2		$\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
	Total Output Variation	Line, Load, Temperature	4.9		5.1	4.82		5.18	V
e_N	Output Noise Voltage	$10\text{Hz} \leq f \leq 10\text{kHz}$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ (note 2)		50			50		μV
	Long Term Stability	$T_{amb} = 125^{\circ}\text{C}$, 1000Hrs (note 2)		5	25		5	25	mV
I_{SC}	Output Short Circuit		-30	-100	-180	-30	-100	-180	mA
OSCILLATOR SECTION									
f_{osc}	Frequency	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$ $T_A = T_{low}$ to T_{high} $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ ($R_T = 6.2\text{k}$, $C_T = 1\text{nF}$)	49 48 225	52 — 250	55 56 275	49 48 225	52 — 250	55 56 275	KHz KHz KHz
$\Delta f_{osc}/\Delta V$	Frequency Change with Volt.	$V_{CC} = 12\text{V}$ to 25V	—	0.2	1	—	0.2	1	%
$\Delta f_{osc}/\Delta T$	Frequency Change with Temp.	$T_A = T_{low}$ to T_{high}	—	1	—	—	0.5	—	%
V_{osc}	Oscillator Voltage Swing	(peak to peak)	—	1.6	—	—	1.6	—	V
I_{dischg}	Discharge Current ($V_{osc} = 2\text{V}$)	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$ $T_A = T_{low}$ to T_{high}	7.8 7.5	8.3 —	8.8 8.8	7.8 7.6	8.3 —	8.8 8.8	mA mA
ERROR AMP SECTION									
V_i	Input Voltage	$V_{PIN1} = 2.5\text{V}$	2.45	2.50	2.55	2.42	2.50	2.58	V
I_b	Input Bias Current	$V_{FB} = 5\text{V}$		-0.1	-1		-0.1	-2	μA
	A_{VOL}	$2\text{V} \leq V_o \leq 4\text{V}$	65	90		65	90		dB
BW	Unity Gain Bandwidth	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$	0.7	1		0.7	1		MHz
PSRR	Power Supply Rejec. Ratio	$12\text{V} \leq V_i \leq 25\text{V}$	60	70		60	70		dB
I_o	Output Sink Current	$V_{PIN2} = 2.7\text{V}$ $V_{PIN1} = 1.1\text{V}$	2	12		2	12		mA
I_o	Output Source Current	$V_{PIN2} = 2.3\text{V}$ $V_{PIN1} = 5\text{V}$	-0.5	-1		-0.5	-1		mA
	V_{out} High	$V_{PIN2} = 2.3\text{V}$; $R_L = 15\text{K}\Omega$ to Ground	5	6.2		5	6.2		V
	V_{out} Low	$V_{PIN2} = 2.7\text{V}$; $R_L = 15\text{K}\Omega$ to Pin 8		0.8	1.1		0.8	1.1	V
CURRENT SENSE SECTION									
G_V	Gain	(note 3 & 4)	2.85	3	3.15	2.85	3	3.15	V/V
V_3	Maximum Input Signal	$V_{PIN1} = 5\text{V}$ (note 3)	0.9	1	1.1	0.9	1	1.1	V
SVR	Supply Voltage Rejection	$12 \leq V_i \leq 25\text{V}$ (note 3)		70			70		dB
I_b	Input Bias Current			-2	-10		-2	-10	μA
	Delay to Output			150	300		150	300	ns

UC2842B/3B/4B/5B - UC3842B/3B/4B/5B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	UC284XB			UC384XB			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
OUTPUT SECTION									
V _{OL}	Output Low Level	I _{SNK} = 20mA		0.1	0.4		0.1	0.4	V
		I _{SNK} = 200mA		1.6	2.2		1.6	2.2	V
V _{OH}	Output High Level	I _{SOURCE} = 20mA	13	13.5		13	13.5		V
		I _{SOURCE} = 200mA	12	13.5		12	13.5		V
V _{OLs}	UVLO Saturation	V _{CC} = 6V; I _{SNK} = 1mA		0.1	1.1		0.1	1.1	V
t _r	Rise Time	T _j = 25°C C _L = 1nF (2)		50	150		50	150	ns
t _f	Fall Time	T _j = 25°C C _L = 1nF (2)		50	150		50	150	ns
UNDER-VOLTAGE LOCKOUT SECTION									
	Start Threshold	X842B/4B	15	16	17	14.5	16	17.5	V
		X843B/5B	7.8	8.4	9.0	7.8	8.4	9.0	V
	Min Operating Voltage After Turn-on	X842B/4B	9	10	11	8.5	10	11.5	V
		X843B/5B	7.0	7.6	8.2	7.0	7.6	8.2	V
PWM SECTION									
	Maximum Duty Cycle	X842B/3B	94	96	100	94	96	100	%
		X844B/5B	47	48	50	47	48	50	%
	Minimum Duty Cycle			0			0	%	
TOTAL STANDBY CURRENT									
I _{st}	Start-up Current	V _i = 6.5V for UCX843B/45B		0.3	0.5		0.3	0.5	mA
		V _i = 14V for UCX842B/44B		0.3	0.5		0.3	0.5	mA
I _o	Operating Supply Current	V _{PRZ} = V _{PRD} = 0V		12	17		12	17	mA
V _z	Zener Voltage	I _i = 25mA	30	36		30	36		V

- Notes:**
1. Max package power dissipation limits must be respected; low duty cycle pulse techniques are used during test maintain T_j as close to T_{amb} as possible.
 2. These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.
 3. Parameter measured at trip point of latch with V_{PRZ} = 0.
 4. Gain defined as:

$$A = \frac{\Delta V_{PRZ}}{\Delta V_{PRD}}; 0 \leq V_{PRD} \leq 0.8V$$
 5. Adjust V_i above the start threshold before setting of 15 V.

ภาคผนวก ข
รายละเอียดของ IRL2505

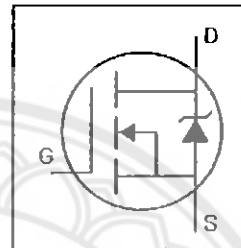
International
IR Rectifier

PD-91326D

IRL2505S/L

HEXFET® Power MOSFET

- Logic-Level Gate Drive
- Advanced Process Technology
- Surface Mount (IRL2505S)
- Low-profile through-hole (IRL2505L)
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated



$$V_{DS} = 55V$$

$$R_{DS(on)} = 0.008\Omega$$

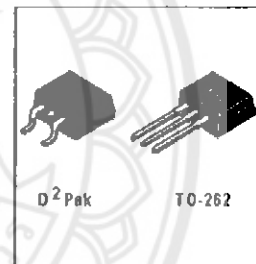
$$I_D = 104A @$$

Description

Fifth Generation HEXFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET Power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The D²Pak is a surface mount power package capable of accommodating die sizes up to HEX-4. It provides the highest power capability and the lowest possible on-resistance in any existing surface mount package. The D²Pak is suitable for high current applications because of its low internal connection resistance and can dissipate up to 2.0W in a typical surface mount application.

The through-hole version (IRL2505L) is available for low-profile applications.



Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V @$	104 @	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V @$	74	
I_{DM}	Pulsed Drain Current @ @	360	
$P_D @ T_A = 25^\circ C$	Power Dissipation	3.8	W
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	200	W
	Linear Derating Factor	1.3	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	±16	V
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy @ @	500	mJ
I_{AR}	Avalanche Current @	54	A
E_{AR}	Repelitive Avalanche Energy @	20	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery $dv/dt @ @$	5.0	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to +175	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	0.75	°C/W
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient (PCB Mounted, steady-state)**	—	40	°C/W

IRL2505S/L

International
IOR RectifierElectrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	55	—	—	V	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.035	—	V/°C	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D = 1mA$ Ⓞ
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	0.008	Ω	$V_{DS} = 10V, I_D = 54A$ Ⓞ
		—	—	0.010		$V_{GS} = 5.0V, I_D = 54A$ Ⓞ
		—	—	0.013		$V_{GS} = 4.0V, I_D = 45A$ Ⓞ
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	1.0	—	2.0	V	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\mu A$
g_{fs}	Forward Transconductance	59	—	—	S	$V_{DS} = 25V, I_D = 54A$ Ⓞ
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	μA	$V_{DS} = 55V, V_{GS} = 0V$
		—	—	250		$V_{DS} = 44V, V_{GS} = 0V, T_J = 150^\circ\text{C}$
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{GS} = 16V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		$V_{GS} = -16V$
Q_g	Total Gate Charge	—	—	130	nC	$I_D = 54A$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	25		$V_{DS} = 44V$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	67		$V_{GS} = 5.0V$, See Fig. 6 and 13 ⓄⓄ
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	12	—	ns	$V_{DD} = 28V$
t_r	Rise Time	—	160	—		$I_D = 54A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	43	—		$R_G = 1.3\Omega, V_{GS} = 5.0V$
t_f	Fall Time	—	84	—		$R_D = 0.50\Omega$, See Fig. 10 ⓄⓄ
L_S	Internal Source Inductance	—	7.5	—	nH	Between lead, and center of die contact
C_{iss}	Input Capacitance	—	5000	—	pF	$V_{GS} = 0V$
C_{oss}	Output Capacitance	—	1100	—		$V_{DS} = 25V$
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance	—	390	—		$f = 1.0MHz$, See Fig. 5Ⓞ

Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	104	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) Ⓞ	—	—	360		
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.3	V	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_S = 54A, V_{GS} = 0V$ Ⓞ
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	140	210	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_F = 54A$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	650	970	nC	$di/dt = 100A/\mu s$ ⓄⓄ
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S + L_D$)				

Notes:

- Ⓞ Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. (See fig. 11)
- Ⓞ $V_{DD} = 25V$, starting $T_J = 25^\circ\text{C}$, $L = 240\mu H$
 $R_G = 25\Omega, I_{AS} = 54A$. (See Figure 12)
- Ⓞ $I_{SD} \leq 54A$, $di/dt \leq 230A/\mu s$, $V_{DD} \leq V_{(BR)DSS}$,
 $T_J \leq 175^\circ\text{C}$

Ⓞ Pulse width $\leq 300\mu s$; duty cycle $\leq 2\%$.

Ⓞ Uses IRL2505 data and test conditions

Ⓞ Calculated continuous current based on maximum allowable junction temperature; for recommended current-handling of the package refer to Design Tip # 93-4

**When mounted on 1" square PCB (FR-4 or G-10 Material).

For recommended footprint and soldering techniques refer to application note #AN-994.

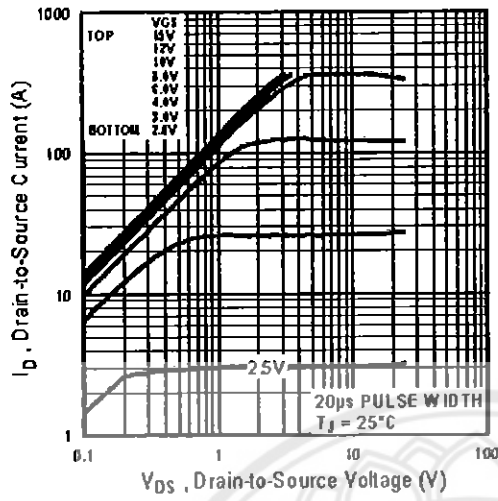


Fig 1. Typical Output Characteristics

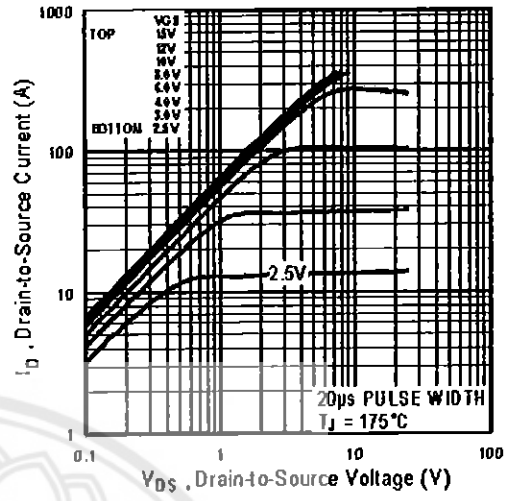


Fig 2. Typical Output Characteristics

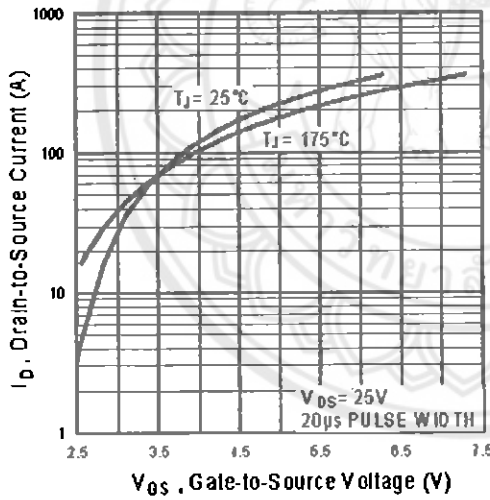


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

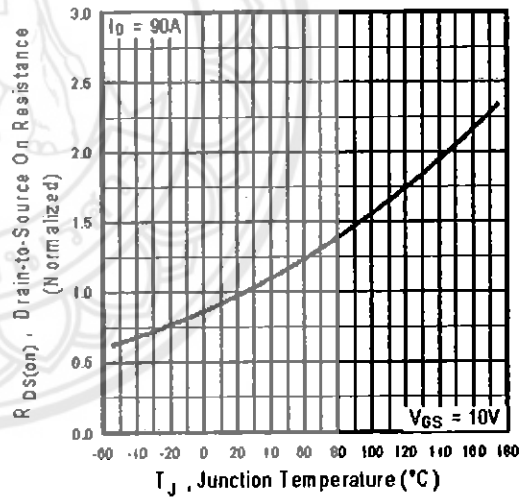


Fig 4. Normalized On-Resistance
 Vs. Temperature

IRL2505S/L

International
IR Rectifier

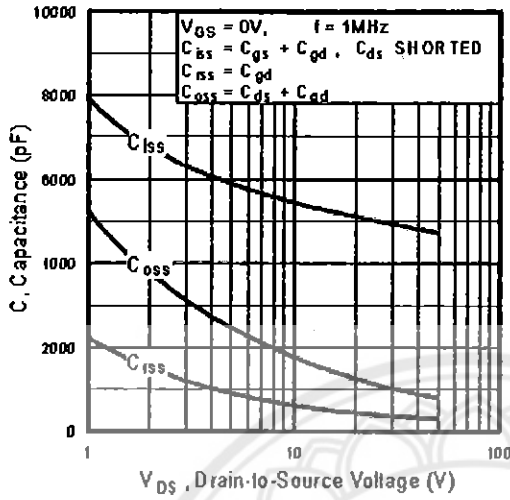


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

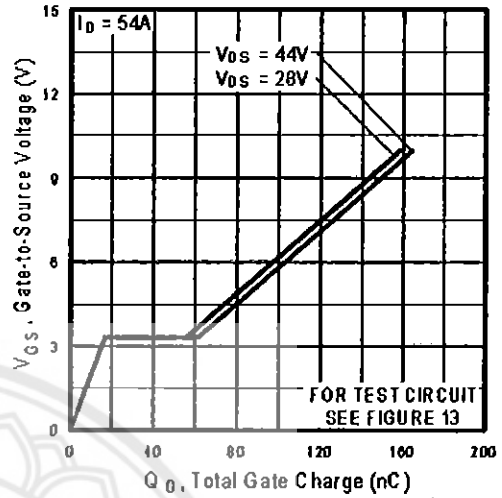


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

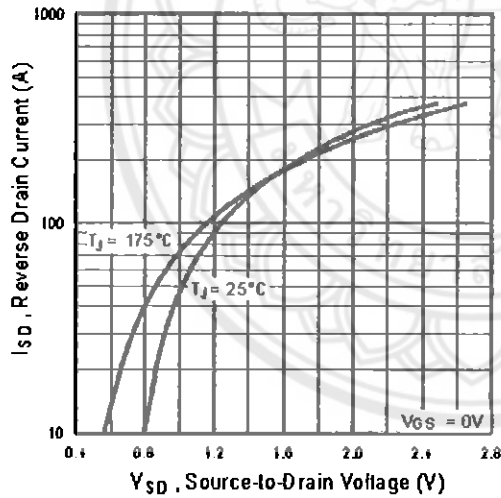


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

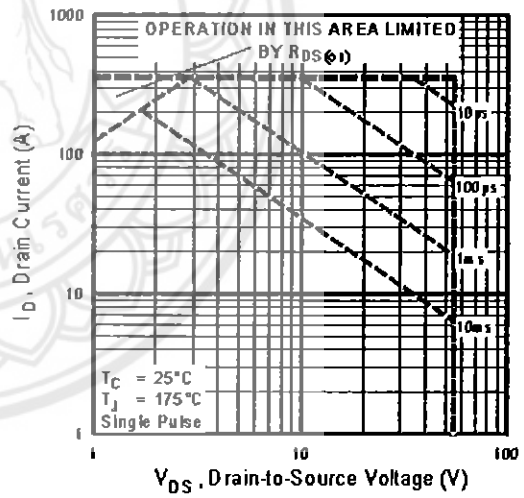


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

ภาคผนวก ค
 รายละเอียดของ MBR1645

PD-2.319 rev.A 12/97

International
IOR Rectifier

MBR1635
 MBR1645

SCHOTTKY RECTIFIER

16 Amp

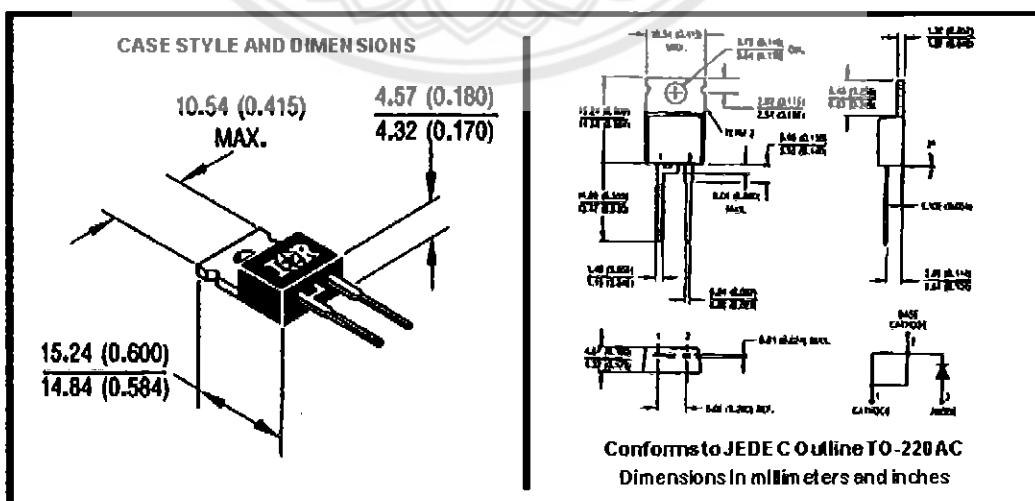
Major Ratings and Characteristics

Characteristics	MBR16..	Units
$I_{F(AV)}$ Rectangular waveform	16	A
V_{RRM}	35/45	V
I_{FSM} @ $I_p = 5 \mu s$ sine	1800	A
V_F @ 16 Apk, $T_J = 125^\circ C$	0.57	V
T_J	-65 to 150	$^\circ C$

Description/Features

The MBR16.. Schottky rectifier has been optimized for low reverse leakage at high temperature. The proprietary barrier technology allows for reliable operation up to 150° C junction temperature. Typical applications are in switching power supplies, converters, free-wheeling diodes, and reverse battery protection.

- 150° C T_J operation
- High purity, high temperature epoxy encapsulation for enhanced mechanical strength and moisture resistance
- Low forward voltage drop
- High frequency operation
- Guard ring for enhanced ruggedness and long term reliability



MBR1635, MBR1645

PD-2.319 rev. A 12/97

International
IOR Rectifier

Voltage Ratings

Part number	MBR1635	MBR1645
V_R Max. DC Reverse Voltage (V)	35	45
V_{RRM} Max. Working Peak Reverse Voltage (V)		

Absolute Maximum Ratings

Parameters	MBR16..	Units	Conditions
$I_{(AV)}$ Max. Average Forward Current	16	A	@ $T_C = 125^\circ\text{C}$, (Rated V_R)
I_{FSM} Non-Repetitive Peak Surge Current	1600	A	5 μs Sine or 3 μs Rect. pulse Following any rated load condition and with rated V_{RRM} applied Surge applied at rated load condition half wave single phase 60Hz
	150		
I_{RRM} Peak Repetitive Reverse Surge Current	10	A	2.0 μsec 1.0KHz

Electrical Specifications

Parameters	MBR16..	Units	Conditions
V_{FD} Max. Forward Voltage Drop (1)	0.63	V	@ 16A $T_J = 25^\circ\text{C}$
	0.57	V	@ 16A $T_J = 125^\circ\text{C}$
I_{RM} Max. Instantaneous Reverse Current (1)	0.2	mA	$T_J = 25^\circ\text{C}$
	40	mA	$T_J = 125^\circ\text{C}$ Rated DC voltage
C_T Max. Junction Capacitance	1400	pF	$V_R = 5V_{DC}$, (test signal range 100kHz to 1MHz) 25°C
L_S Typical Series Inductance	80	nH	Measured from top of terminal to mounting plane
dv/dt Max. Voltage Rate of Change (Rated V_R)	1000	V/ μs	

(1) Pulse Width < 300 μs , Duty Cycle < 2%

Thermal-Mechanical Specifications

Parameters	MBR16..	Units	Conditions
T_J Max. Junction Temperature Range	-65 to 150	$^\circ\text{C}$	
T_{stg} Max. Storage Temperature Range	-65 to 175	$^\circ\text{C}$	
$R_{\theta JC}$ Max. Thermal Resistance Junction to Case	1.50	$^\circ\text{C/W}$	DC operation
$R_{\theta CS}$ Typical Thermal Resistance, Case to Heatsink	0.50	$^\circ\text{C/W}$	Mounting surface, smooth and greased
wl Approximate Weight	2(0.07)	g(oz.)	
T Mounting Torque	Min.	8(5)	Kg-cm (lb-in)
	Max.	12(10)	
Case Style	TO-220AC		JEDEC

* For Additional Informations and Graphs, Please See the 18TQ Series

ภาคผนวก ง
รายละเอียดของ BD139

 <p>Central Semiconductor Corp.</p> <p>145 Adams Ave., Hauppauge, NY 11788 USA Phone (631) 435-1110 FAX (631) 435-1824 Manufacturer of World Class Discrete Semiconductors www.centralsemi.com</p>	<p>DATA SHEET</p> <p>BD135 BD137 BD139</p> <p>NPN SILICON TRANSISTORS</p> <p>JEDEC TO-126 CASE</p>
--	--

DESCRIPTION: The Central Semiconductor BD135, BD137, and BD139 types are NPN Silicon Epitaxial Planar Transistors designed for audio amplifier and switching applications.

MAXIMUM RATINGS: ($T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

	SYMBOL	BD135	BD137	BD139	UNIT
Collector-Base Voltage	V _{CB0}	45	60	100	V
Collector-Emitter Voltage	V _{CEO}	45	60	80	V
Emitter-Base Voltage	V _{EBO}		5.0		V
Collector Current	I _C		1.5		A
Peak Collector Current	I _{CM}		2.0		A
Base Current	I _B		0.5		A
Peak Base Current	I _{BM}		1.0		A
Power Dissipation ($T_{mb} \leq 70^\circ\text{C}$)	P _D		8.0		W
Power Dissipation ($T_A=25^\circ\text{C}$)	P _D		1.25		W
Operating and Storage Junction Temperature	T _J , T _{stg}		-65 to +150		°C
Thermal Resistance	θ_{J-mb}		10		°C/W
Thermal Resistance	θ_{J-A}		100		°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

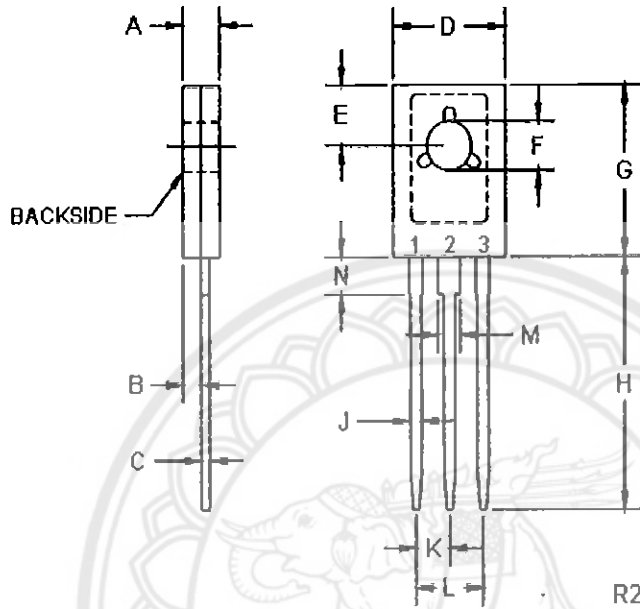
SYMBOL	TEST CONDITIONS	BD135		BD137		BD139		UNIT
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
I _{CB0}	V _{CB} =30V		100		100		100	nA
I _{CB0}	V _{CB} =30V, T _C =125°C		10		10		10	µA
I _{EBO}	V _{EB} =5.0V		100		100		100	nA
V _{CEO}	I _C =30mA	45		60		80		V
V _{CE(SAT)}	I _C =500mA, I _B =50mA		0.5		0.5		0.5	V
V _{BE(ON)}	V _{CE} =2.0V, I _C =500mA		1.0		1.0		1.0	V
h _{FE}	V _{CE} =2.0V, I _C =5.0mA	40		40		40		
h _{FE}	V _{CE} =2.0V, I _C =150mA	63	250	63	250	63	250	
h _{FE}	V _{CE} =2.0V, I _C =500mA	25		25		25		
f _T	V _{CE} =5.0V, I _C =50mA, f=100MHz		190 TYP		190 TYP		190 TYP	MHz
				BD135-10		BD135-16		
				BD137-10		BD137-16		
				BD139-10		BD139-16		
SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
h _{FE}	V _{CE} =2.0V, I _C =150mA	63	160	100	250			

(SEE REVERSE SIDE)

BD135 / BD137 / BD139

NPN SILICON TRANSISTOR

JEDEC TO-126 CASE - MECHANICAL OUTLINE



SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.094	0.108	2.40	2.70
B	0.050		1.27	
C	0.015	0.030	0.38	0.75
D	0.281	0.307	7.14	7.80
E	0.148		3.75	
F	0.118	0.126	3.00	3.20
G	0.413	0.435	10.50	11.05
H	0.618		15.70	
J	0.025	0.035	0.64	0.90
K	0.039		2.25	
L	0.177		4.50	
M	0.045	0.055	1.14	1.39
N	0.083		2.10	

TO-126 (REV R2)

Lead Code:

- 1. Emitter
- 2. Collector
- 3. Base

Mounting Pad is Common to Pin 2

Central™
Semiconductor Corp.

145 Adams Ave., Hauppauge, NY 11788 USA
Phone (631) 435-1160 FAX (631) 435-1134

Manufacturers of Viable Class Discrete Semiconductors

www.centralsemi.com

ภาคผนวก จ
รายละเอียดของ BD140

 <p>Central™ Semiconductor Corp.</p> <p>145 Adams Ave., Hauppauge, NY 11788 USA Phone (631) 435-1110 FAX (631) 435-1824 Manufacturer of World Class Discrete Semiconductors www.centralsemi.com</p>	<p>DATA SHEET</p> <p>BD136 BD138 BD140</p> <p>PNP SILICON TRANSISTORS</p> <p>JEDEC TO-126 CASE</p>
--	--

DESCRIPTION: The Central Semiconductor BD136, BD138, and BD140 types are PNP Silicon Epitaxial Planar Transistors designed for audio amplifier and switching applications.

MAXIMUM RATINGS: ($T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

	SYMBOL	BD136	BD138	BD140	UNIT
Collector-Base Voltage	V_{CB0}	45	60	100	V
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	45	60	80	V
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}		5.0		V
Collector Current	I_C		1.5		A
Peak Collector Current	I_{CM}		2.0		A
Base Current	I_B		0.5		A
Peak Base Current	I_{BM}		1.0		A
Power Dissipation ($T_{mb} \leq 70^\circ\text{C}$)	P_D		8.0		W
Power Dissipation ($T_A = 25^\circ\text{C}$)	P_D		1.25		W
Operating and Storage Junction Temperature	T_J, T_{stg}		-65 to +150		$^\circ\text{C}$
Thermal Resistance	θ_{J-mb}		10		$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance	θ_{JA}		100		$^\circ\text{C/W}$

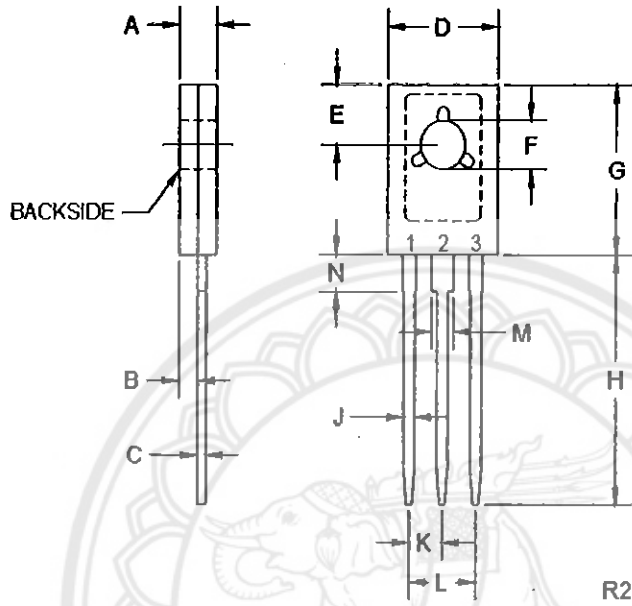
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

SYMBOL	TEST CONDITIONS	BD136		BD138		BD140		UNIT
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
I_{CBO}	$V_{CB}=30\text{V}$		100		100		100	nA
I_{CBO}	$V_{CB}=30\text{V}, T_C=125^\circ\text{C}$		10		10		10	μA
I_{EBO}	$V_{EB}=5.0\text{V}$		100		100		100	nA
BV_{CEO}	$I_C=30\text{mA}$	45		60		80		V
$V_{CE(SAT)}$	$I_C=500\text{mA}, I_B=50\text{mA}$		0.5		0.5		0.5	V
$V_{BE(ON)}$	$V_{CE}=2.0\text{V}, I_C=500\text{mA}$		1.0		1.0		1.0	V
h_{FE}	$V_{CE}=2.0\text{V}, I_C=5.0\text{mA}$	40		40		40		
h_{FE}	$V_{CE}=2.0\text{V}, I_C=150\text{mA}$	63	250	63	250	63	250	
h_{FE}	$V_{CE}=2.0\text{V}, I_C=500\text{mA}$	25		25		25		
f_T	$V_{CE}=5.0\text{V}, I_C=50\text{mA}, f=100\text{MHz}$	160 TYP		160 TYP		160 TYP		MHz

SYMBOL	TEST CONDITIONS	BD136-10		BD138-16	
		MIN	MAX	MIN	MAX
h_{FE}	$V_{CE}=2.0\text{V}, I_C=150\text{mA}$	63	160	100	250

(SEE REVERSE SIDE)

JEDEC TO-126 CASE - MECHANICAL OUTLINE



SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.094	0.108	2.40	2.70
B	0.050		1.27	
C	0.015	0.030	0.38	0.75
D	0.281	0.307	7.40	7.80
E	0.148		3.75	
F	0.118	0.126	3.00	3.20
G	0.413	0.435	10.50	11.05
H	0.618		15.70	
J	0.025	0.035	0.64	0.90
K	0.089		2.25	
L	0.177		4.50	
M	0.045	0.055	1.14	1.39
N	0.083		2.10	

TO-126 (REV.R2)

Lead Code:

- 1. Emitter
- 2. Collector
- 3. Base

Mounling Pad is Common to Pln 2

CentralTM
Semiconductor Corp.

145 Adams Ave., Hempstead, NY 11793 USA
Phone (516) 435-1199 FAX (516) 435-1824
Manufacturers of World Class Discrete Semiconductors
www.centralsemi.com

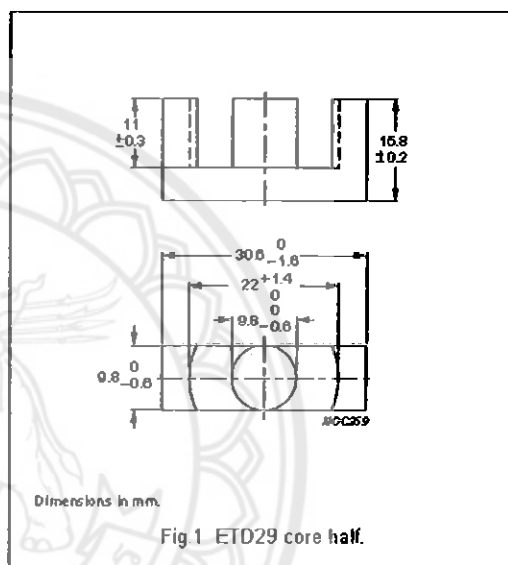
ภาคผนวก ก
รายละเอียดของ ETD29

Philips Components

Product specification

ETD cores and accessories**ETD29****CORE SETS****Effective core parameters**

SYMBOL	PARAMETER	VALUE	UNIT
$\Sigma(VA)$	core factor (Cl)	0.947	mm ⁻¹
V_e	effective volume	5470	mm ³
l_e	effective length	72	mm
A_e	effective area	76	mm ²
A_{mh}	minimum area	71	mm ²
m	mass of core half	≈14	g

**Core halves**

Clamping force 40 ± 20 N. Gapped cores are available on request.

GRADE	A_L (nH)	μ_a	AIR GAP (μ m)	TYPE NUMBER
3C30 <small>des</small>	1900 ± 25%	≈1500	≈0	ETD29-3C30
3C85	2350 ± 25%	≈1850	≈0	ETD29-3C85
3C90 <small>des</small>	2350 ± 25%	≈1850	≈0	ETD29-3C90
3F3 <small>des</small>	2200 ± 25%	≈1700	≈0	ETD29-3F3

Properties of core sets under power conditions

GRADE	B (mT) at	CORE LOSS (W) at		
	H = 250 A/m; f = 25 kHz; T = 100 °C	f = 25 kHz; \hat{B} = 200 mT; T = 100 °C	f = 100 kHz; \hat{B} = 100 mT; T = 100 °C	f = 400 kHz; \hat{B} = 50 mT; T = 100 °C
3C30	≥360	≤0.55	≤0.60	–
3C85	≥320	≤0.80	≤0.90	–
3C90	≥330	≤0.55	≤0.60	–
3F3	≥320	–	≤0.65	≤1.1

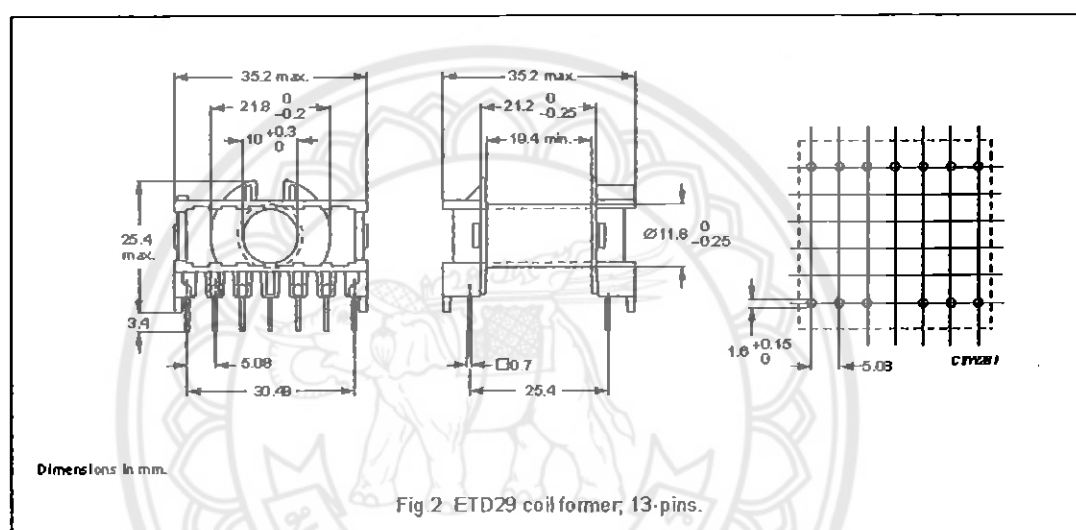
ETD cores and accessories

ETD29

COIL FORMER

General data 13-pins ETD29 coil former

PARAMETER	SPECIFICATION
Coil former material	polybutyleneterephthalate (PBT), glass-reinforced, flame retardant in accordance with "UL 94V-0", UL file number E45329(R)
Pin material	copper-tin alloy (CuSn), tin-lead alloy (SnPb) plated
Maximum operating temperature	155 °C, "IEC 85" class F
Resistance to soldering heat	"IEC 68-2-20", Part 2, Test Tb, method 1B, 350 °C, 3.5 s
Solderability	"IEC 68-2-20", Part 2, Test Ta, method 1



Winding data for 13-pins ETD29 coil former

NUMBER OF SECTIONS	WINDING AREA (mm ²)	MINIMUM WINDING WIDTH (mm)	AVERAGE LENGTH OF TURN (mm)	TYPE NUMBER
1	90	19.4	53	CPH-ETD29-1S-13P

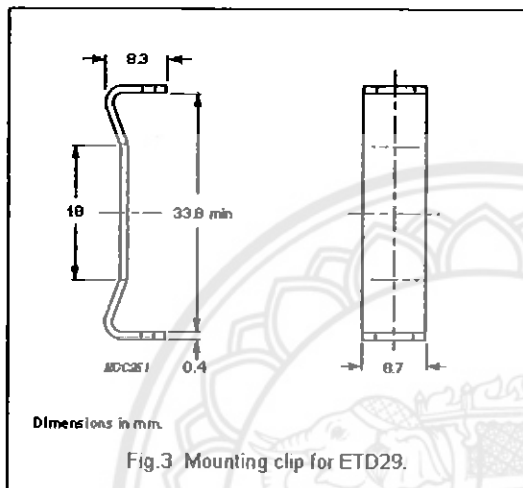
ETD cores and accessories

ETD29

MOUNTING PARTS

General data

ITEM	REMARKS	FIGURE	TYPE NUMBER
Mounting clip	material: stainless steel	3	CL-ETD29



ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นายอังศุธร รุจิวรรณะกุล
 ภูมิลำเนา 1900/4 หมู่ 1 ต. เมืองพาน อ. พาน จ. เชียงราย
 ประวัติการศึกษา
 - จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนพานพิทยาคม
 - ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร
 Email: romantic_pangpom@hotmail.com



ชื่อ นายไพศาล คุ้มแสง
 ภูมิลำเนา 113 หมู่ 1 ต. บัวใหญ่ อ. นาน้อย จ. น่าน
 ประวัติการศึกษา
 - จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคาร
 - ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร
 Email: banaoi99@hotmail.com