

# สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการตั้งกำลังงานสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์  
STUDYING OF MAXIMUM POWER TRACKING TECHNIQUES  
AND CONTROL OF DC/DC CONVERTER FOR PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEM



โดย  
นายเกรียง กิตตินาทกำธร  
นายธานินทร์ โยมไธสง  
นายปรีดี ครบถ้วน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน 37020  
วัน, เดือน, ปี 30 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2542

การศึกษาการดึงกำลังงานสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์

STUDYING OF MAXIMUM POWER TRACKING TECHNIQUES

AND CONTROL OF DC/DC CONVERTER FOR PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEM



โดย

นายเกรียง กิตตินาทกำธร

นายธานินทร์ โยมไธสง

นายปรีดี ครอบถ้วน

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.พิชิต ถ่ายอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาการดิ่งกำลังงานสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์

ผู้จัดทำ

1. นายเกรียง กิตตินาทำธร
2. นายชานินทร์ โยมไธสง
3. นายปรีดี ครบถ้วน



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.พิชิต ถ้ายอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การศึกษาการดึงกำลังงานสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์

นายเกรียง กิตตินาทกำธร

นายธานินทร์ โยมไธสง

นายปรีดี ครบถ้วน

ผศ.พิชิต ถ้ายอง อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2542

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันแสงอาทิตย์ นับว่าเป็นทางเลือกใหม่ที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า เมื่อเปรียบเทียบกับ การผลิตไฟฟ้าที่ใช้อยู่ โดยใช้น้ำมันและถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีข้อดีว่าการผลิตแบบเดิมหลายประการ แต่การใช้งานในปัจจุบันกำลังไฟฟ้าที่ได้รับ จากเซลล์แสงอาทิตย์ ไม่ใช่จุดที่เซลล์จ่ายกำลังได้สูงสุด ปริมาณนี้จึงอธิบายถึงหลักการ ดึงกำลังสูงสุดออกมาใช้งาน โดยใช้หลักการควบคุมการ ปิด-เปิด สวิตช์ของวงจรคอนเวอร์เตอร์ ซึ่ง สวิตช์ที่ใช้จะถูกขับโดยสัญญาณพีดับบลิวเอ็มซึ่งใช้ไอซีเป็นตัวสร้างและใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ควบคุมไอซีอีกที และยังคงแสดงถึงการวัดประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ที่นำมาใช้งานอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**STUDYING OF MAXIMUM POWER TRACKING TECHNIQUES**  
**AND CONTROL OF DC/DC CONVERTER FOR PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEM**

Kriang Kittinatkumtorn

Tanin Yomthaisong

Preeti Krobthuan

Asst.Prof. Pichit Lumyong Advisor

1999

**Abstract**

Nowadays, the sunlight is new alternative source for producing the electrical power, compare with the other sources of energy such as oil and coal. The Photovoltaic systems generation is more advantageous than the conventional methods in many respects. But in normal utilization of electrical source from solar cells one cannot obtain maximum power result. This thesis explains the principle of maximum power absorption for utilization using the method of control of on-off switch converter circuit by means of the switch activating by signal PWM using IC to generate signal and microcontroller 8051 again controlling IC and will display the efficiency measurement of battery being used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญรูป	III
สารบัญตาราง	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 หลักการของเครื่องควบคุมกำลังสูงสุด	1
1.3 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์	3
1.4 ข้อกำหนดของกำลังผลิตสูงสุด	4
1.5 ความลาดเอียงของแผง	5
1.6 สมรรถนะของระบบ	5
บทที่ 2 การออกแบบโครงงาน	7
2.1 หลักการออกแบบ	7
บทที่ 3 วงจรควบคุมกำลังสูงสุดภาคกำลัง	9
3.1 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	9
3.2 สวิตช์ปิด	10
3.3 สวิตช์เปิด	11
3.4 หากกระแสกระเพื่อม	12
3.5 หาแรงดันกระแสเพื่อม	12
3.6 การออกแบบ	13
บทที่ 4 วงจรควบคุมกำลังสูงสุดภาคควบคุม	16
4.1 การทำงานของภาคควบคุม	16
4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์	17
4.3 การทำงานในส่วนของโปรแกรม	23
4.4 โปรแกรมของส่วนควบคุม	25
4.5 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมของส่วนควบคุม	31
4.6 วงจร TL494 และ วงจรขับมอสเฟต	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5	แบริเตอรี	33
5.1	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแบริเตอรี	33
5.2	โครงสร้างแบริเตอรี	33
5.3	ประเภทแบริเตอรี	33
5.4	ประเภทของแบริเตอรีแบบตะกั่วกรด	34
5.5	คุณสมบัติของแบริเตอรี	35
5.6	การนำแบริเตอรีไปใช้งาน	35
5.7	วงจรป้องกันแรงดันตก	36
5.8	วงจรป้องกันแรงดันเกิน	37
5.9	การชาร์จแบริเตอรี	38
5.10	ภาคควบคุม PWM โดยการป้อนกลับ	38
5.11	การคิซาร์จ	40
บทที่ 6	สรูปและผลการทดลอง	42
6.1	สรูปและผลการทดลอง	42
6.2	ปัญหาและแนวทางการพัฒนา	43
ภาคผนวก		
กิตติกรรมประกาศ		
เอกสารอ้างอิง		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดง IV Characteristic ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	1
รูปที่ 1.2 เส้นกราฟแสดงคุณลักษณะการใช้งานของเซลล์แสงอาทิตย์	2
รูปที่ 1.3 การสร้าง IV Curve	3
รูปที่ 1.4 IV Curve ที่แสดง Peak Power	5
รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ MPPT	7
รูปที่ 2.2 วงจรควบคุมกำลังสูงสุด	8
รูปที่ 3.1(ก) วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	9
รูปที่ 3.1 (ข) แรงดันและกระแสของตัวเหนี่ยวนำ L	9
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรบูสต์เมื่อมอสเฟตนำกระแส	10
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรบูสต์เมื่อมอสเฟตหยุดนำกระแส	10
รูปที่ 3.4 แสดงกระแสของคาปาซิเตอร์	12
รูปที่ 3.5 รูปวงจรการออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์	13
รูปที่ 3.6 แสดงภาควงจรกำลังของเครื่องควบคุมกำลังสูงสุด	14
รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมของภาคควบคุม	17
รูปที่ 4.2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	18
รูปที่ 4.3 แสดงรายละเอียดของ Special Function Register	19
รูปที่ 4.4 แสดง Flow Chart การทำงานของส่วนโปรแกรม	24
รูปที่ 4.5 วงจร TL494 และวงจรขับมอสเฟต	32
รูปที่ 5.1 วงจรป้องกันแรงดันตก	36
รูปที่ 5.2 วงจรป้องกันแรงดันเกิน	37
รูปที่ 5.3 วงจรชาร์จแบตเตอรี่	39
รูปที่ 5.4 วงจรดิสชาร์จของแบตเตอรี่	41
รูปที่ 6.1 แสดงลักษณะการต่อวงจรเพื่อทดสอบผลการทดลอง	43

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 6.1 แสดงผลการทดลอง

หน้า

46



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

## บทนำ

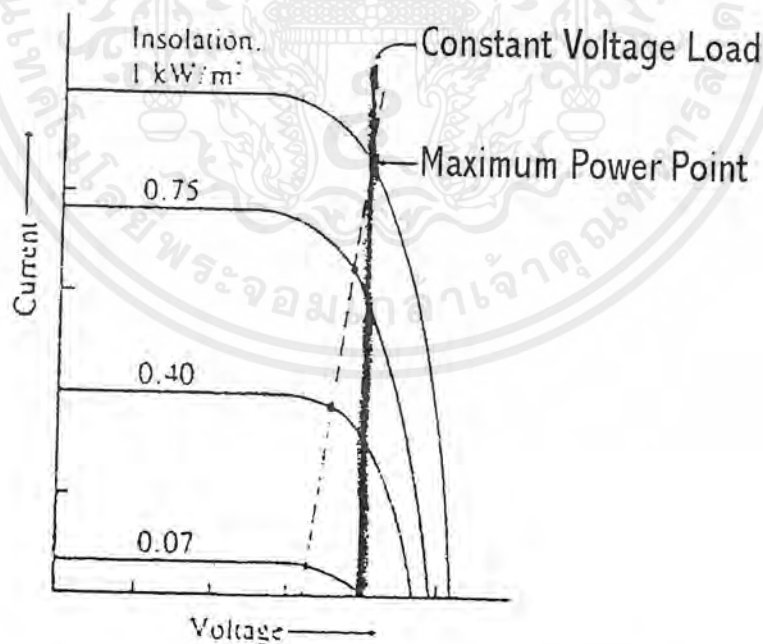
## 1.1 วัตถุประสงค์

- ศึกษาการทำงานและคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์
- ศึกษาและสามารถหาค่ากำลังงานสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ได้

## 1.2 หลักการของเครื่องควบคุมกำลังสูงสุด

ในการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งาน โดยต้องการให้ได้รับกำลังงานสูงสุดเท่าที่ความสามารถของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะจ่ายออกมาได้นั้นต้องมีการกำหนดจุดการทำงานที่จะได้กำลังงานมากที่สุด จากรูปที่ 1.1 แสดงถึงเส้นกราฟการจ่ายแรงดันและกระแสของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการรับแสงที่ความเข้มต่างกัน และเมื่อนำโหลดมาต่อก็จะสามารถทราบถึงจุดที่โหลดได้รับกระแสและแรงดันค่าหนึ่งบนเส้นกราฟซึ่งเมื่อนำมาเขียนเป็นเส้นก็จะได้เส้นขึ้นมาเส้นหนึ่ง คือเส้น Constant Voltage Load ซึ่งเมื่อพิจารณาที่จุดนี้ กำลังงาน (Power) ที่โหลดได้รับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่ใช่กำลังงานที่มากที่สุดเมื่อคิดจาก

$$\text{Power} = \text{Voltage} * \text{Current}$$

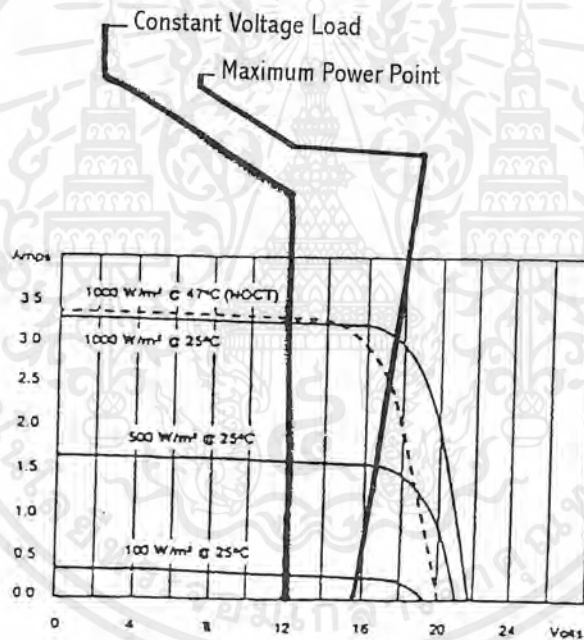


รูปที่ 1.1 แสดง I-V Characteristic ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาจากรูป เส้น Maximum Power Point จะเห็นได้ว่าขณะที่ แผลงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ความเข้มเท่ากันนั้น กำลังงานที่ได้จากการคิดที่ค่าของกระแสและแรงดันจากเส้น Constant Voltage Load นั้นจะได้้น้อยกว่ากำลังงานที่ได้จากการคิดค่าของกระแสและแรงดันที่เส้น Maximum Power Point

เมื่อเป็นดังนี้จึงต้องมีเครื่องมือที่ช่วยในการเปลี่ยนจุดการทำงานจากจุดที่อยู่บนเส้น Constant Voltage Load เป็นจุด Maximum Power Point เครื่องมือนั้นคือ Main Power Point Tracking (MPPT) ซึ่งใช้หลักการของการควบคุมแรงดันจากแผลงเซลล์แสงอาทิตย์ที่จ่ายให้แก่โหลด ซึ่งการควบคุมแรงดันนั้นใช้หลักการของการปรับค่า Duty Cycle เพื่อให้ได้จุดที่ได้กำลังงานมากที่สุด ที่ส่งออกมาจากส่วนควบคุม



รูปที่ 1.2 เส้นกราฟแสดงคุณลักษณะการใช้งานของแผลงเซลล์แสงอาทิตย์

ส่วนในการสร้างเครื่อง MPPT เครื่องนี้ใช้ในการควบคุมการจ่ายพลังงานให้แก่แบตเตอรี่ ซึ่งถ้าใช้งานโดยใช้แผลงเซลล์แสงอาทิตย์ 1 แผง กับ แบตเตอรี่ 1 ลูก สามารถพิจารณาแนวความคิด ในการออกแบบการสร้างได้โดยพิจารณาจากรูปที่ 1.2 ซึ่งเป็นกราฟคุณลักษณะการใช้งานของแผลง เซลล์แสงอาทิตย์ จะเห็นว่าเมื่อต่อแผลงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งมีความสามารถในการให้แรงดันได้ ประมาณ 18 โวลต์ เมื่อต่อเข้าแบตเตอรี่ ทำให้แรงดันลดลงเหลือแค่ประมาณ 12 โวลต์ เพราะความ ต้านทานของแบตเตอรี่มีค่าต่ำมาก เราสามารถเขียนเส้น Constant Voltage Load ได้ที่ค่าของแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

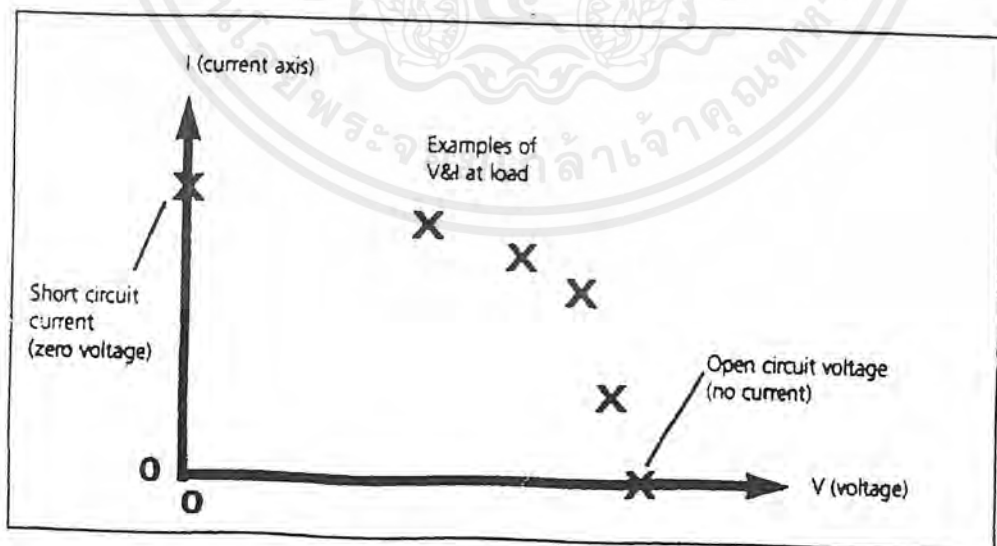
ที่แบตเตอรี่ มีค่า 12 โวลต์ ในขณะที่ถ้าเราพิจารณาพลังงานที่แบตเตอรี่ได้รับซึ่งคิดได้จากแรงดันและกระแสที่แบตเตอรี่ ไม่ใช่ค่าพลังงานที่มากที่สุดที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถให้ได้

แต่ถ้าเราพิจารณาที่เส้น Maximum Power Point จากรูปที่ 1.2 นั้นจะเป็นเส้นที่แสดงจุดการทำงานที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายพลังงานให้แก่แบตเตอรี่มากที่สุด ฉะนั้นจึงต้องมีการควบคุมให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายแรงดันและกระแสให้ได้ ณ จุดนี้ ซึ่งมีวิธีการคือ ใช้วงจรควบคุม (MPPT) ต่ออนุกรมกับแบตเตอรี่ แล้วควบคุมให้มีการเพิ่มขึ้นของความต้านทาน ซึ่งเมื่อรวมความต้านทานของวงจรควบคุม (MPPT) กับความต้านทานของแบตเตอรี่ แล้วทำให้ค่าแรงดันที่จ่ายออกมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้น ไปที่จุดของค่าแรงดันที่เส้น Maximum Power Point ซึ่งจากการทำวิธีนี้ ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายพลังงานให้แก่แบตเตอรี่มากที่สุด

### 1.3 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์สามารถแสดงได้โดย I-V curve ซึ่งมีประโยชน์มากสำหรับใช้ตรวจสอบกำลังผลิตสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ I หมายถึงกระแสไฟฟ้าซึ่งแทนด้วยเส้นกราฟในแกน Y และ V หมายถึงแรงเคลื่อนไฟฟ้า แทนด้วยเส้นกราฟในแกน X

I-V curve มาตรฐานที่ใช้สำหรับหาลำกำลังผลิตสูงสุด หรือ  $W_p$  (peak watts) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น ได้มาจากการทดสอบในสภาวะมาตรฐานที่กำหนด โดยใช้แสงส่องสว่างมาตรฐาน (Solar simulator) ที่อุณหภูมิของเซลล์คงที่ 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ 1.3 การสร้าง I-V curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการสร้าง I-V curve สิ่งแรกที่ต้องวัดก็คือแรงเคลื่อนไฟฟ้า (V) ที่ไม่มีการต่อโหลดครา เรียกว่า Open circuit voltage จะให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าในแกน X (V) เพราะไม่มีกระแสไหลผ่าน เมื่อต่อโหลดที่มีค่าต่างๆกัน ค่ากระแสและแรงเคลื่อนจะถูกเก็บบันทึกไว้ เมื่อต่อทุกจุดเข้าด้วยกัน จะเกิดเป็น I-V curve ภายใต้สภาวะเฉพาะของ Irradiance และอุณหภูมิต่างๆกัน สิ่งที่น่าสนใจที่สุดก็คือกำลังงานสูงสุด (maximum power) ที่ได้ในแต่ละภายใต้สภาวะนั้นๆ ในทางกำลังไฟฟ้า งานที่ได้มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) ซึ่งเกิดจากแรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้า สำหรับกำลังงานสูงสุด (maximum power) จะถูกแทนด้วยรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีพื้นที่มากที่สุดภายใต้เส้น I-V curve โดยจุดสัมผัสที่อยู่บนเส้น curve เรียกว่า knee ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์สูงสุด (Wp) หรือ peak watt ค่านี้จะถูกระบุไว้ในข้อกำหนด (Specification) ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากบริษัทผู้ผลิต

ต่างกับการจ่ายระบบไฟฟ้าจากดีเซลที่เป็นกระแสสลับ 230 โวลต์ ไม่มีการจำกัดจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้แต่ถ้าเป็น เซลล์แสงอาทิตย์ ยังใช้กระแสมาก แรงเคลื่อนไฟฟ้าก็จะตกจึงมีข้อจำกัดในการใช้ จากการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่อธิบายไว้ในเบื้องต้นจะเห็นได้ว่า โฟตอนในแสงแดด จะถูกดูดซับโดยเซลล์แสงอาทิตย์จะทำให้เกิดตัวพาประจุ (charge carrier) 1 คู่ ดังนั้น ปริมาณกระแสไฟฟ้าจึงขึ้นกับปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์โดยตรง

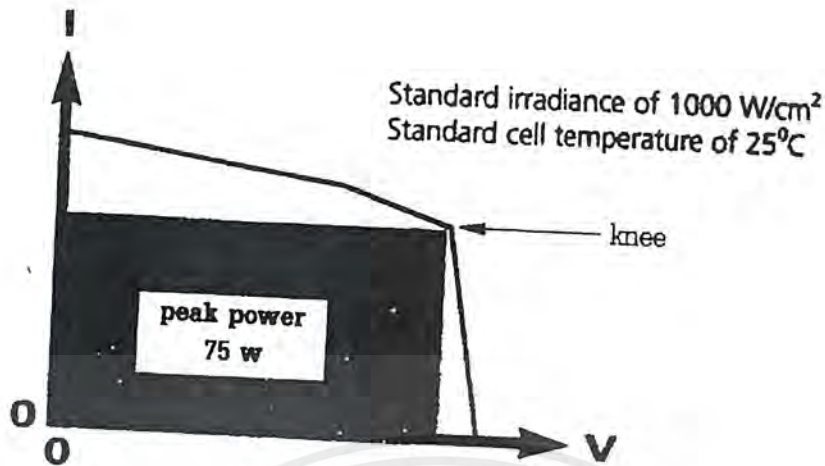
ถ้าเซลล์แสงอาทิตย์ถูกทำให้เกิดการลัดวงจร โดยใช้แอมมิเตอร์ ค่าที่วัดได้เรียกว่า Short circuit current ซึ่งจะให้ค่าบนแกน Y (I) เพราะว่าในสถานการณ์เช่นนั้นค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้ามีค่าน้อยที่สุด หมายเหตุ การทำให้เกิดการลัดวงจรในเซลล์แสงอาทิตย์ จะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับแผงเซลล์

#### 1.4 ข้อกำหนดของกำลังผลิตสูงสุด (The peak power specification)

Wp หมายถึงกำลังผลิตสูงสุด (Peak watt) ที่ใช้วัดกำลังผลิต ไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์ ภายใต้สภาวะมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ (watt) กำลังผลิตสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่บริษัทผู้ผลิตแสดงไว้ที่แผงนั้น ได้จาก I-V curve ที่ทดสอบในสภาวะมาตรฐาน โดยกำหนดความเข้มของแสงตกกระทบที่  $1,000 \text{ W/m}^2$  ณ อุณหภูมิของเซลล์ 25 องศาเซลเซียส

กำลังผลิตสูงสุดของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ จะสัมพันธ์กับความเข้มของแสงอาทิตย์และอุณหภูมิของแผงเป็นสำคัญ ในการใช้งานเพื่อให้เกิดกำลังงานสูงสุด (Maximum power) จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ต่อพ่วงกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์เรียกว่า Maximum Power Point Tracking (MPPT) คือเป็นตัวที่กำหนดจุดทำงานของแผงเซลล์หรือชุดแผงเซลล์ที่จุดให้กำลังงานสูงสุดจาก I-V curve ซึ่งชุด MPPT นี้ สามารถใช้งานได้โดยตรงกับปั้มน้ำ ประจุแบตเตอรี่ หรือเครื่องแปลงกระแส (Inverter) ซึ่งเครื่องแปลงกระแสที่ออกแบบอย่างดีจะมีอุปกรณ์ MPPT อยู่ในเครื่องแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.4 I-V curve ที่แสดง peak power

### 1.5 ความลาดเอียงของแผง

ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะต้องติดตั้งให้มีความเอียงเพียงพอ เพื่อที่จะให้ได้รับแสงแดดมากที่สุดและอีกประการหนึ่ง เพื่อให้เกิดการระบายน้ำฝนได้อย่างรวดเร็ว เพื่อเป็นการใช้ชำระสิ่งสกปรกที่ติดค้างอยู่บนแผงเซลล์ได้ด้วย การเลือกมุมความลาดเอียงและทิศทางของแผงที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของสถานที่ที่ตั้งอยู่ว่าเส้นรุ้งเท่าไร สำหรับประเทศไทยค่าที่ดีที่สุดคือ 15 องศา โดยมีทิศทางหันหน้าไปทางทิศใต้ แต่อย่างไรก็ตาม ถ้ามีการนำเซลล์แสงอาทิตย์ไปติดตั้งบนหลังคาบ้าน มุมเอียงของแผงโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 15-45 องศา หรือขึ้นอยู่กับความลาดเอียงของหลังคาบ้านเป็นสำคัญ

อีกวิธีหนึ่งที่ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดก็คือ การปรับแผงให้เอียงตามการโคจรของดวงอาทิตย์ (Tracking) แต่วิธีนี้จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงติดตั้งแผงให้มีความลาดเอียงที่ค่าใดค่าหนึ่งเท่านั้น

### 1.6 สมรรถนะของระบบ

ปริมาณของพลังงานที่ผลิตได้ใน 1 วันจากเซลล์แสงอาทิตย์ จะขึ้นอยู่กับสถานะอากาศและฤดูกาล เพื่อที่จะตัดปัญหาความยุ่งยากต่างๆ ในการคำนวณหาสมรรถนะของระบบนั้น ควรใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ผลิตได้ในเวลา 1 ปี ซึ่งมีหน่วยเป็น กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) หน่วยหรือหน่วย (Unit) ซึ่งเหมือนกับการวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามบ้านเรือนทั่วไป ผลผลิตที่ได้ในรอบปีขึ้นอยู่กับ 3 องค์ประกอบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ (Insolation) ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในรอบปี (Annual insolation) จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ มุมเอียงของแผงและทิศทางที่เบี่ยงเบนไปจากทิศใต้

2. อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ทำงาน อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ทำงานเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่มีผลกระทบต่อกำลังการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทั่วไปประสิทธิภาพของเซลล์จะลดลง 0.5% เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศา

3. ประสิทธิภาพของระบบ (Electrical conversion efficiency) ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วย ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ต่อเชื่อมและเครื่องแปลงกระแส ดังนั้นประสิทธิภาพของระบบขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของอุปกรณ์ดังกล่าว

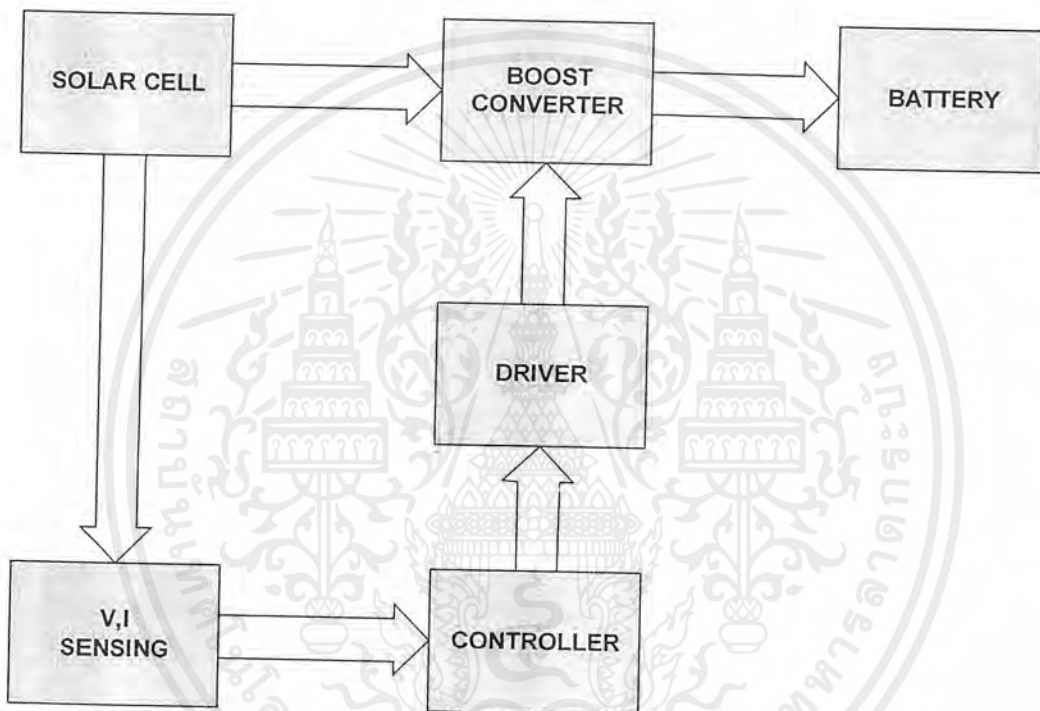
พลังงานที่ผลิตได้ใน 1 ปี (Annual specific yield) เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ในการเปรียบเทียบและวัดสมรรถนะของระบบ ซึ่งคำนวณได้จากพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งหมด (Total electric output) หารด้วย กำลังผลิตสูงสุดชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (peak power of array) จากข้อกำหนดดังกล่าวเราสามารถนำไปคำนวณค่าต่างๆ ข้อมูลเฉลี่ยของประเทศไทยจากการรวมเก็บข้อมูลโดย การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

## บทที่ 2

### การออกแบบโครงงาน

#### 2.1 หลักการออกแบบ

จากหลักการทำงานของ MPPT ที่ต้องการให้ค่าพลังงานที่ออกมาจากเซลล์แสงอาทิตย์มีค่ามากที่สุด ดังนั้นถ้าสามารถทำวงจรที่มีการวัดค่าพลังงานที่เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายออกมา แล้วมีการเก็บข้อมูลไว้เปรียบเทียบกับข้อมูลชุดเก่าได้แล้ว ก็สามารถประยุกต์ทำเป็น MPPT ได้



รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ MPPT

2.1.1 แผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 70 วัตต์ วัดค่าแรงดันขณะเปิดวงจร(open circuit voltage) ได้ 18 โวลต์ และวัดค่ากระแสขณะปิดวงจร (short circuit current) ได้ 3.636 แอมป์

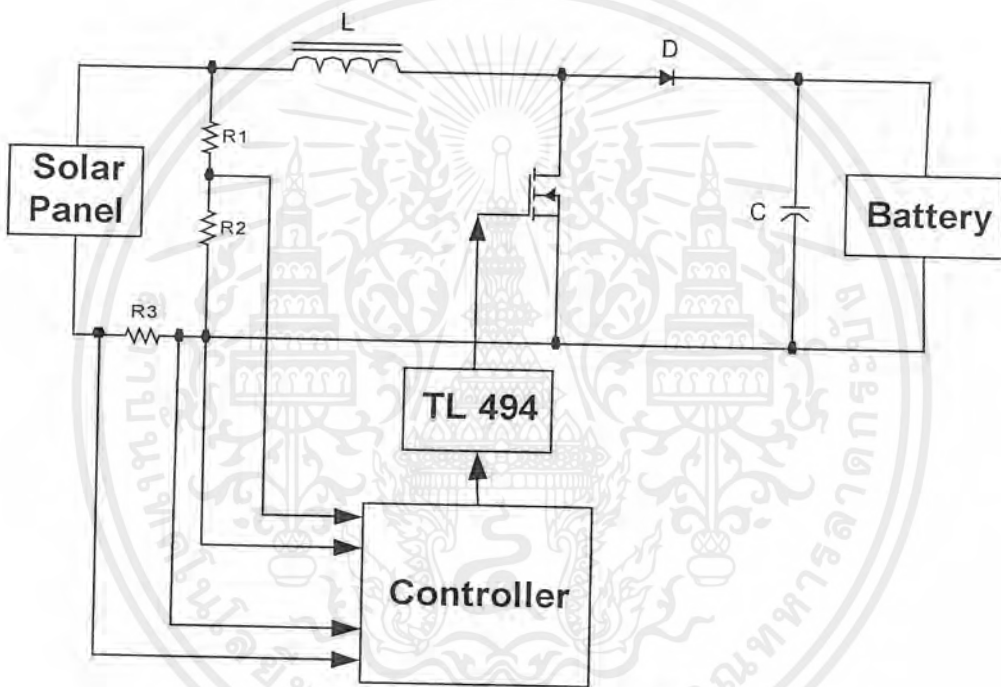
2.1.2 ส่วนตรวจจับกระแสและแรงดัน (V,I Sensing) เพื่อส่งไปประมวลผลในส่วนของคอนโทรลเลอร์

2.1.3 ส่วนคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 เพื่อทำการประมวลผลค่ากระแสและแรงดันที่ได้จากการตรวจจับเพื่อให้ได้ค่ากำลังงานสูงสุด ณ จุดทำงานนั้นๆ โดยส่วนของคอนโทรลเลอร์นั้นจะมีส่วนของวงจรการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อก (Analog) เป็นสัญญาณดิจิทัล (Digital) และวงจรเปลี่ยนดิจิทัลเป็นอนาล็อกรวมอยู่ด้วย ซึ่งผลที่ได้จากส่วนของคอนโทรลเลอร์นี้จะไปควบคุมชุดขับอีกที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ส่วนชุดขับและชุดบูสท์คอนเวอร์เตอร์จะใช้การควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมวงจร TL494 ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณสี่เหลี่ยม (Square Wave) ที่สามารถปรับค่า Duty Cycle ได้และจากวงจร TL494 นั้นก็จะไปควบคุมการปิด-เปิด (On-Off) ของสวิตช์โดยใช้มอสเฟต (Mosfet) ควบคุม เพื่อให้ได้ค่ากำลังงานสูงสุดและทำการเพิ่มแรงดันเพื่อให้ชาร์จแบตเตอรี่ที่ 24 โวลต์ได้ตามที่ออกแบบไว้

2.1.5 ส่วนของแบตเตอรี่ใช้ขนาด 4 แอมป์-ชั่วโมง 12 โวลต์ จำนวน 2 ลูก ต่ออนุกรมกันเปรียบเสมือนภาระของวงจรควบคุมกำลังสูงสุด



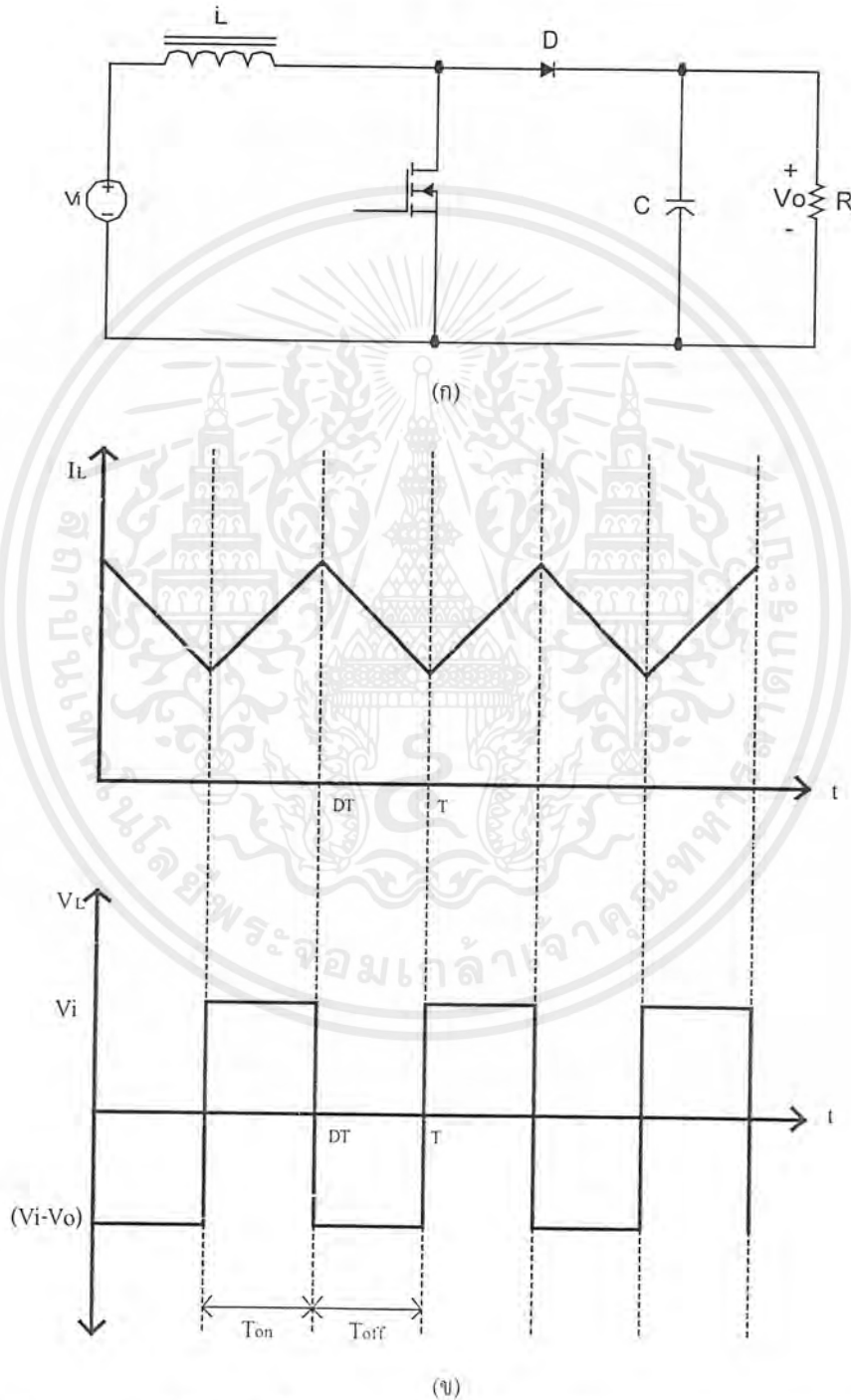
รูปที่ 2.2 วงจรควบคุมกำลังสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วงจรควบคุมกำลังสูงสุดภาคกำลัง

3.1 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter)



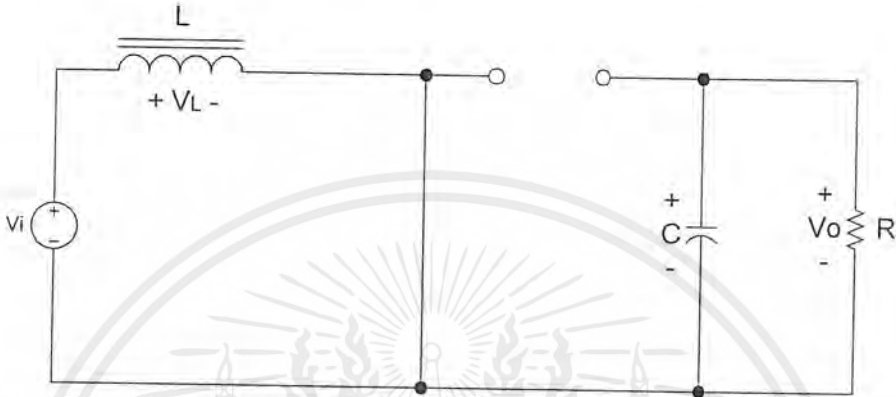
รูปที่ 3.1 (ก) วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

(ข) แรงดันและกระแสของตัวเหนี่ยวนำ L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน โดยแบ่งตามการทำงานของมอสเฟต โดยแบ่งได้ดังนี้

3.2 สวิตช์ปิด (มอสเฟตนำกระแส)



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรบุสท์เมื่อมอสเฟตนำกระแส

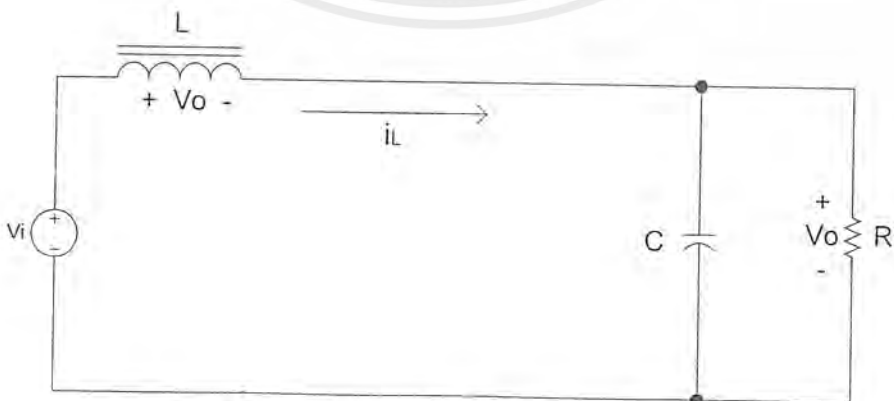
เมื่อมอสเฟตนำกระแสทำให้ไดโอดได้รับการรีเวอร์สไบอัส จากกฎของเคอร์ชอฟท์ สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$v_L = V_i = L \frac{di_L}{dt} \tag{3.1}$$

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT} = \frac{V_i}{L}$$

$$(\Delta i_L)_{closed} = \frac{V_i DT}{L} \tag{3.2}$$

3.3 สวิตช์เปิด (มอสเฟตหยุดนำกระแส)



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรบุสท์เมื่อมอสเฟตหยุดนำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมอเตอร์หยุดนำกระแส กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ( $i_L$ ) ไม่สามารถเปลี่ยนทิศทางไหลอย่างทันทีทันใดได้ ดังนั้น ไดโอดจึงได้รับฟอร์เวอร์สไปอัส จึงทำให้

$$v_L = v_i - v_o = L \frac{di_L}{dt} \quad (3.3)$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_i - V_o}{L}$$

$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{(1-D)T} = \frac{V_i - V_o}{L}$$

$$\Delta i_{L(\text{open})} = \frac{(V_i - V_o)(1-D)T}{L} \quad (3.4)$$

ในการทำงานที่สภาวะคงตัว กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น จากสมการ (3.2) กับ (3.4) ได้

$$(\Delta i_L)_{\text{closed}} + (\Delta i_L)_{\text{open}} = 0$$

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

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

$$\therefore \frac{V_i}{V_o} = \frac{1}{1-D} \quad (3.5)$$

จาก

$$P_o = \frac{V_o^2}{R}$$

และกำลังขาเข้า

$$V_i I_L = V_i I_L = P_o$$

จะได้

$$V_i I_L = \frac{V_o^2}{R}$$

$$V_i I_L = \frac{\left(\frac{V_i}{1-D}\right)^2}{R} = \frac{V_i^2}{(1-D)^2 R}$$

$$\therefore I_L = \frac{V_i}{(1-D)^2 R} \quad (3.6)$$

กระแสสูงสุดและต่ำสุดของตัวเหนี่ยวนำ หาได้โดยใช้จากสมการ (3.2)

$$I_{\text{max}} = I_L + \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_i}{(1-D)^2 R} + \frac{V_i DT}{2L} \quad (3.7)$$

$$I_{\text{min}} = I_L - \frac{\Delta i_L}{2} = \frac{V_i}{(1-D)^2 R} - \frac{V_i DT}{2L} \quad (3.8)$$

จากสมการ (3.6) จะพิจารณากระแสของตัวเหนี่ยวนำในโหมดกระแสต่อเนื่อง ซึ่งก็หมายความว่า กระแสจะเป็นบวกตลอด ดังนั้น  $I_{\text{min}}$  ต้องเป็นบวกด้วย ขอบเขตระหว่าง โหมดกระแสต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องหาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_{\min} = 0 = \frac{V_i}{(1-D)^2 R} - \frac{V_i D T}{2L}$$

$$\frac{V_i}{(1-D)^2 R} = \frac{V_i D T}{2L} = \frac{V_i D}{2Lf}$$

ค่าตัวเหนี่ยวนำที่น้อยที่สุดและความถี่ของการสวิตช์สำหรับโหมดกระแสต่อเนื่องของวงจรบัสท์คอนเวอร์เตอร์

$$(Lf)_{\min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2} \quad (3.9)$$

$$\therefore L_{\min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \quad (3.10)$$

### 3.4 หากระแสกระเพื่อม ( $\Delta I$ )

จากสมการ (3.2)

$$T = t_{\text{on}} + t_{\text{off}}$$

$$t_{\text{on}} = \frac{L\Delta I}{V_i}$$

จากสมการ (3.4)

$$t_{\text{off}} = \frac{L\Delta I}{(V_i - V_o)}$$

$\therefore$

$$T = \frac{L\Delta I}{V_i} + \frac{L\Delta I}{(V_i - V_o)}$$

แทน

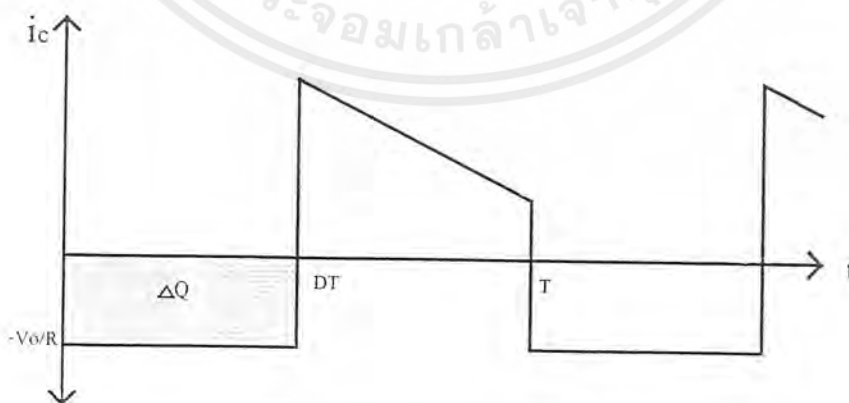
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{(1-D)}$$

จะได้

$$\Delta I = \frac{V_i D}{Lf}$$

(3.11)

### 3.5 หาแรงดันกระเพื่อม ( $\Delta V_o$ )

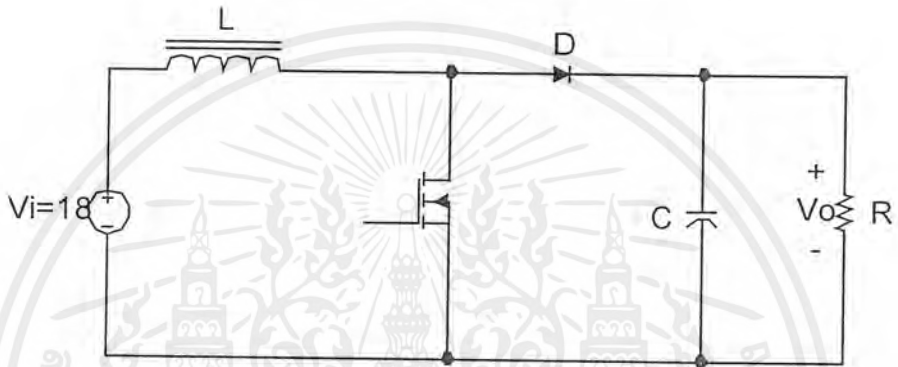


รูปที่ 3.4 แสดงกระแสของคาปาซิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 |\Delta Q| &= \left(\frac{V_0}{R}\right)DT = C\Delta V_0 \\
 \Delta V_0 &= \frac{V_0DT}{RC} = \frac{V_0D}{RCf} \\
 \frac{\Delta V_0}{V_0} &= \frac{D}{RCf} \quad (3.12)
 \end{aligned}$$

### 3.6 การออกแบบ



รูปที่ 3.5 รูปวงจรการออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์

$$V_i = 18 \text{ V.}, D = 0.5, R = 10\Omega, f = 40 \text{ kHz}, \Delta i < 0.2$$

จาก

$$\begin{aligned}
 V_0 &= \frac{V_i}{(1-D)} \\
 &= \frac{18}{(1-0.5)} \\
 &= 36 \text{ V.}
 \end{aligned}$$

จากสมการ (3.10)

$$\begin{aligned}
 L_{\min} &= \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \\
 &= \frac{(0.5)(1-0.5)^2 (10)}{2 \times 40 \times 10^3} \\
 &= 15.625 \mu\text{H}
 \end{aligned}$$

จาก

$$\begin{aligned}
 V_L &= L \frac{\Delta i}{\Delta t} \\
 L &= \frac{V_L \cdot D \cdot T}{\Delta i}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 &= \frac{18 \times 0.5}{0.2 \times 40 \times 10^3} \\
 &= 1.125 \text{mH} \\
 \text{ใช้} &= 2.65 \text{mH}
 \end{aligned}$$

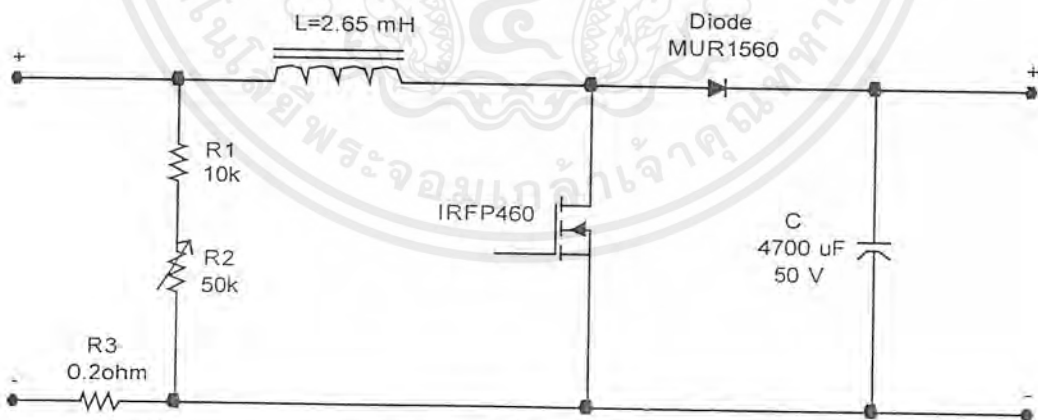
ตรวจสอบ  $\Delta I$  จากสมการ (3.11)

$$\begin{aligned}
 \Delta I &= \frac{V_i D}{L f} \\
 &= \frac{18 \times 0.5}{2.65 \times 40} \\
 &= 0.085 \text{ ใช้ได้}
 \end{aligned}$$

หาค่าของตัวเก็บประจุมากรองแรงดันกระเพื่อมที่เอาต์พุต จากสมการ (3.12)

$$\begin{aligned}
 \frac{\Delta V_o}{V_o} &= \frac{D}{RCf} \\
 C &= \frac{D}{Rf(\Delta V_o / V_o)} \\
 &= \frac{0.5}{(10)(40 \times 10^3)(0.01)} \\
 &= 125 \mu\text{F}
 \end{aligned}$$

$\therefore$  เลือกใช้  $L = 2.65 \text{ mH}$ ,  $C = 4700 \mu\text{F}$ ,  $50 \text{ V}$ , โดย  $V_i = 18 \text{ V}$ ,  $V_o = 36 \text{ V}$



รูปที่ 3.6 แสดงภาพวงจรกำลังของเครื่องควบคุมกำลังสูงสุด

จากรูปวงจรแสดงวงจรกำลังสูงสุดภาคกำลังนั้นจะแสดงให้เห็นถึงลักษณะการต่อและอุปกรณ์ต่างๆที่อยู่ในวงจร ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ตัวเก็บประจุ (C) เป็นตัวกรองแรงดันด้านขาออก (Output Filter) จะต่อขนานกับโหลด เพื่อกรองแรงดันขาออกให้เรียบ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่จ่ายกระแสให้กับโหลดได้ด้วย โดยขนาดของตัวเก็บประจุ C ที่ใช้เท่ากับ  $4700 \mu\text{F}$  50 V.

2) มอสเฟต (Mosfet) ทำหน้าที่ในการสวิตซ์ิ่งไฟเข้าสู่โหลด โดยจะได้รับสัญญาณควบคุมจากส่วนขยายสัญญาณควบคุม โดยมอสเฟตที่ใช้เป็น พาวเวอร์มอสเฟต เบอร์ IRFP 460 สามารถทนกระแสได้ 20 A (ดู spec. ที่ภาคผนวก)

3) ตัวเหนี่ยวนำ (L) ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับโหลด ช่วยกรองและป้องกันการกระชากของกระแส ในช่วงที่ Mosfet turn off อีกด้วย

4) ไดโอด (D) ทำหน้าที่เป็น Free Wheeling Diode ในช่วงที่ มอสเฟตหยุดนำกระแส ทำให้กระแสไหลผ่านโหลดอย่างต่อเนื่อง โดยวงจรนี้ใช้ Ultra fast diode เบอร์ MUR 1560 ซึ่งทนกระแสได้ 15 A (ดูการใช้งานที่ภาคผนวก)

5) ตัวต้านทาน R1 , R2 ทำหน้าที่ตรวจจับค่าแรงดันและทำหน้าที่จำกัด(Limit) ค่ากระแสที่จะเข้าไปสู่ภาคควบคุมด้วย ซึ่งตัวต้านทาน R1 มีค่า 10 กิโลโอห์ม ส่วนตัวต้านทาน R2 นั้น เป็นตัวต้านทานที่สามารถปรับค่าได้ ซึ่งมีค่า 50 กิโลโอห์ม เพื่อใช้ในการจำกัดค่าแรงดันที่จะเข้าไปในภาคควบคุมให้มีค่าไม่เกิน 5 โวลต์ สำหรับตัวต้านทาน R3 นั้นทำหน้าที่ตรวจจับค่ากระแสเพื่อเปลี่ยนเป็นค่าแรงดันเพื่อส่งไปภาคควบคุมอีกที ซึ่งตัวต้านทาน R3 นี้มีค่า 0.2 โอห์ม

## บทที่ 4

### วงจรควบคุมกำลังสูงสุดภาคควบคุม

#### 4.1 การทำงานของภาคควบคุม

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการเปิด-ปิดสวิตช์ของมอเตอร์ โดยภายในส่วนควบคุมจะแบ่งออกเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

1. ชุดตรวจจับแรงดันและกระแส (Voltage and Current Sensing) ทำหน้าที่ในการรับแรงดันและกระแสจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะทำการลดขนาดของสัญญาณอินพุตลงมา ส่วนในการรับกระแสจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น จะทำการแปลงกระแสให้กลายเป็นค่าแรงดัน

2. ชุดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D Converter) เพื่อให้สามารถนำค่าโวลต์เตจและค่ากระแสที่ได้จากชุดตรวจจับกระแสและแรงดันไปใช้ในการคำนวณในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ได้ โดยชุดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลที่ใช้คือ ใช้ไอซีเบอร์ ADC0809 ทำงานในโหมดของแรงดัน ซึ่งมีช่องรับสัญญาณอินพุต 8 ช่องทาง (Channel) มีความละเอียด 8 บิต (bit) และใช้เวลาในการแปลงสัญญาณประมาณ 100 ไมโครวินาที โดยช่องทางที่ 0 (Channel 0) จะกำหนดให้รับสัญญาณแรงดัน และช่องทางที่ 1 (Channel 1) จะกำหนดให้รับสัญญาณกระแสที่เปลี่ยนเป็นค่าของแรงดันแล้ว โดยจะทำการแปลงได้ครั้งละเพียงสัญญาณเดียว ดังนั้นจึงทำการสวิตช์เพื่อเลือกช่องทางในการแปลงสัญญาณได้ในส่วนของการเขียนโปรแกรม

3. Multiplication เป็นส่วนที่ทำหน้าที่คูณค่ากระแสและแรงดันที่ได้จากการแปลงสัญญาณเป็นดิจิตอลแล้ว เพื่อให้เป็นค่าพลังงาน โดยส่วนของ Multiplication นี้จะอยู่ในส่วนของการเขียนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์

4. Comparison เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เปรียบเทียบค่าพลังงานที่ได้จากการคูณกันของกระแสและแรงดัน ณ จุดทำงานต่างๆ ที่ได้จากเลื่อนจุดการทำงาน เพื่อให้ได้ซึ่งจุดทำงานที่ให้ค่าพลังงานมากที่สุด ณ ความเข้มแสงนั้นๆ โดยส่วนของการเปรียบเทียบนี้จะอยู่ในส่วนของการเขียนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์

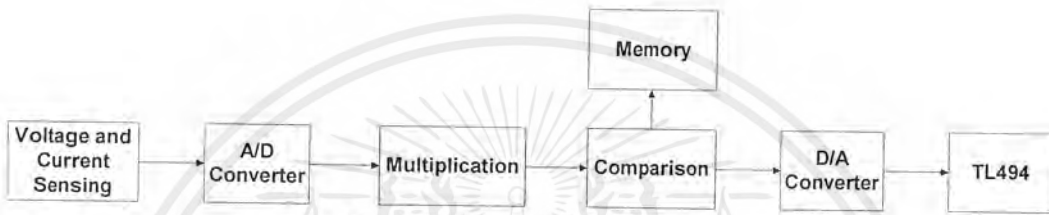
5. Memory เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เก็บค่าพลังงานที่ได้จากการคูณของกระแสและแรงดันไว้ เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าพลังงานที่จุดทำงานต่างๆ ซึ่งจะใช้นหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่เก็บไว้เพื่อเปรียบเทียบ

6. ชุดแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก (D/A Converter) เพื่อทำการควบคุมการทำงานของวงจร TL494 โดยจะทำการแปลงค่าสัญญาณดิจิตอล ณ จุดที่ให้ค่าพลังงานมากที่สุดเป็นสัญญาณอนาล็อกเพื่อไปควบคุมขา 3 ของวงจร TL494 เพื่อสร้างพัลส์ไปควบคุมมอเตอร์ในส่วน

ของวงจรกำลังต่อไป โดยชุดแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกที่ใช้เป็นวงจร R2R Ladder ซึ่งมีช่องทางการทำงานได้ 2 ช่องทางโดยกำหนดให้ใช้งานในช่องทางที่ 1

7. ชุดวงจร TL494 ทำหน้าที่สร้างสัญญาณพัลส์ ฌ ค่า duty cycle ต่างๆที่ให้ค่าพลังงานมากที่สุดเพื่อไปขับมอเตอร์

โดยสามารถแสดงส่วนต่างๆของวงจรควบคุมกำลังสูงสุดภาคควบคุมได้ดังบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 4.1



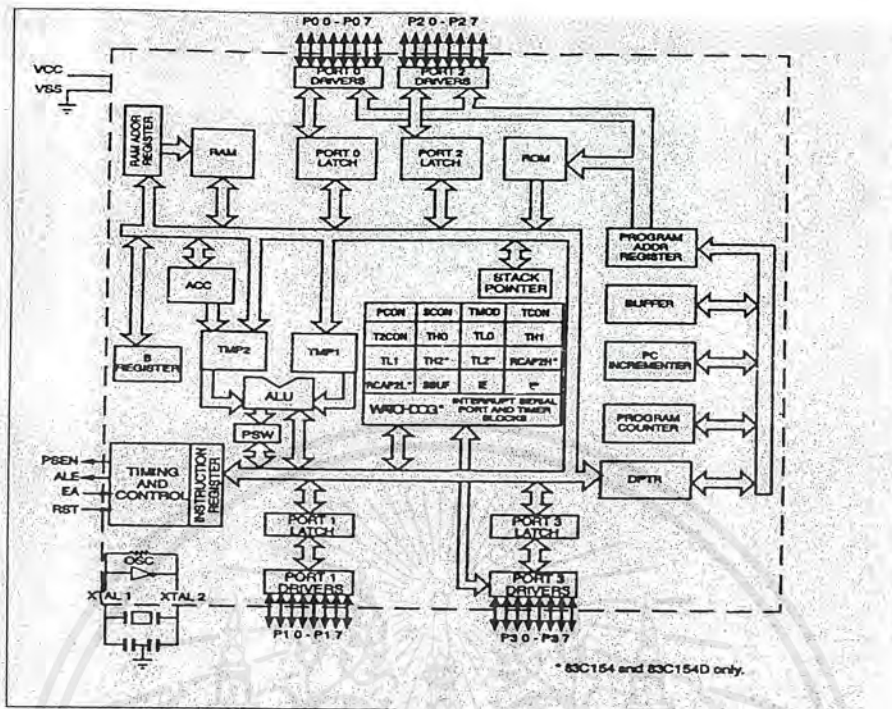
รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมของภาคควบคุม

#### 4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

##### 4.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ที่บริษัทอินเทลผลิตขึ้น โดยมีคุณสมบัติดังนี้

- เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิตสำหรับงานควบคุมต่างๆ
- มีความสามารถประมวลผลของลอจิกระดับบิต
- มีขนาดของหน่วยความจำสำหรับ โปรแกรมทำงานได้ถึง 64 kbytes (Program Memory)
- มีขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลได้ถึง 64 kbytes(Data Memory)
- มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายในขนาด 4 kbytes
- มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 byte
- มีพอร์ตสำหรับควบคุม 4 พอร์ตและสามารถอ้างอิงพอร์ตได้ระดับบิตต่อบิต
- มีชุด Timer/Counter ขนาด 16 บิต 2 ชุด
- มี Full duplex UART
- มีโครงสร้างการรับการอินเทอร์รัพท์จาก 6 แหล่งกำเนิดสัญญาณ และ 5 ตำแหน่งโปรแกรมทำงานตอบรับการอินเทอร์รัพท์โดยสามารถจัดระดับความสำคัญได้ 2 ระดับ
- มีแหล่งกำเนิดความถี่อ้างอิงการทำงานในตัว



รูปที่ 4.2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

#### 4.2.2 Special Function Register

ACC เป็น Accumulator ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์สำหรับการประมวลผลทางลอจิกและคณิตศาสตร์ โดยผู้ใช้สามารถอ้างอิงได้ในรูปแบบของไบต์ หรือระดับบิตได้

B เป็นรีจิสเตอร์พิเศษสำหรับใช้กับคำสั่งในการคูณหรือหาร นอกจากนี้ยังใช้เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บพักข้อมูลได้

PSW เป็นรีจิสเตอร์ Program Status Word จะแสดงสถานะการทำงานของ 8051 สำหรับการตรวจสอบได้

SP เป็นรีจิสเตอร์สำหรับชี้หน่วยความจำข้อมูลสำหรับการเก็บแบบ Stack

DPTR เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต โดยแบ่งเป็น 8 บิตบนและ 8 บิตล่าง ให้สำหรับชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลภายนอกหรือสำหรับการอ่านตารางข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมภายใน

P0 เป็นรีจิสเตอร์สำหรับพอร์ต 0 ของ 8051

P1 เป็นรีจิสเตอร์สำหรับพอร์ต 1 ของ 8051

P2 เป็นรีจิสเตอร์สำหรับพอร์ต 2 ของ 8051

P3 เป็นรีจิสเตอร์สำหรับพอร์ต 3 ของ 8051

IP เป็นรีจิสเตอร์สำหรับกำหนดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพท์ ของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IE เป็นรีจิสเตอร์สำหรับกำหนดการจะรับหรือไม่รับการอินเทอร์รัพท์ ของ 8051

F8									FF
F0	B								F7
E8									EF
E0	ACC								E7
D8									DF
D0	PSW								D7
C8	T2CON		RCAP2L	RCAP2H	TL2	TH2			CF
C0									C7
B8	IP								BF
B0	P3								B7
A8	IE								AF
A0	P2								A7
98	SCON	SBUF							9F
90	P1								97
88	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1			8F
80	P0	SP	DPL	DPH				PCON	87

รูปที่ 4.3 แสดงรายละเอียดของ Special Function Register

TMOD เป็นรีจิสเตอร์สำหรับควบคุมหน้าที่ของ Timer/Counter ของ 8051

TCON เป็นรีจิสเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ Timer/Counter ของ 8051

T2CON เป็นรีจิสเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ Timer/Counter 2 ของ 8052

TH0 เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 0 8 บิตบน

TL0 เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 0 8 บิตล่าง

TH1 เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 1 8 บิตบน

TL1 เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 1 8 บิตล่าง

TH2 เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 2 8 บิตบน ของ 8052

TL2 เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter 2 8 บิตล่าง ของ 8052

RCAP2H เป็น Capture Register ของ Timer/Counter 2 8 บิตบน ของ 8052

RCAP2L เป็น Capture Register ของ Timer/Counter 2 8 บิตล่างของ 8052

SCON เป็นรีจิสเตอร์สำหรับควบคุมการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SBUF เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บพักข้อมูลที่ได้จากการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของ 8051  
PCON เป็นรีจิสเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของ 8051 ด้านเกี่ยวกับการใช้กำลังไฟฟ้า

#### 4.2.3 โปรแกรมช่วยในการแปลภาษา Assembly (Assembler)

การใช้ Assembler C32 ซึ่งเป็น Assembler ชนิด Cross-Assembler สำหรับการเขียนภาษา Assembly จะมีรูปแบบดังนี้

Label : operation operand(s) ; comment

Label จะเป็นการใช้สำหรับอ้างตำแหน่งขณะเขียน โปรแกรม โดยจะตามด้วย : เสมอ  
โปรแกรมย่อย , ตาราง เป็นต้น ซึ่งจะใช้เมื่อมีการอ้างอิงถึงเท่านั้น

operation ในส่วนนี้จะป็นคำสั่งของ CPU นั้นๆ และคำสั่งเฉพาะของ โปรแกรม Assembler

operand (s) จะเป็นส่วนการกระทำของคำสั่ง

comment เป็นส่วนใช้สำหรับคำอธิบายการทำงาน โดยจะมีเครื่องหมาย ; นำหน้าเสมอ

สำหรับกฎเกณฑ์ในการตั้งชื่อ Label จะเป็นดังนี้

- อักษรตัวแรกจะต้องเป็นตัวอักษรเท่านั้น ตามด้วยตัวอักษรหรือตัวเลขและเครื่องหมาย “\_” ได้
- จะต้องตามชื่อ LABEL ด้วย ; เสมอ

#### 4.2.4 คำสั่งเฉพาะของ Assembler (Assembler Directive)

เพื่อที่จะให้ โปรแกรม Assembler สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องจึงต้องมีคำสั่งเฉพาะของ  
โปรแกรม Assembler ขึ้น ได้แก่

CPU สำหรับกำหนดเบอร์ CPU ที่ใช้งาน

DFB สำหรับกำหนดพื้นที่เก็บข้อมูลเป็น byte

DFS สำหรับกำหนดพื้นที่สำหรับเก็บพักข้อมูล

EQU สำหรับกำหนดค่าตัวแปร

HOF สำหรับกำหนดรูปแบบเลขฐานสิบหกหลักจาก โปรแกรม Assembler ทำงานแล้ว

INCL สำหรับนำไฟล์ของ โปรแกรมที่เคยเขียนแล้วเข้ามารวม

ORG สำหรับกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของหน่วยความจำ

ดังมีรายละเอียดของแต่ละคำสั่งดังนี้

#### CPU

เนื่องจาก C32 เป็น Assembler แบบ Cross-Assembler ที่สามารถแปลคำสั่งของ CPU ได้  
หลายเบอร์ ดังนั้นจึงมีคำสั่ง CPU สำหรับกำหนดให้ C32 รู้ว่าผู้ใช้ใช้เบอร์ CPU อะไร โดยมีรูปแบบ  
ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CPU “ไฟล์สำหรับ CPU”

โดยที่ไฟล์สำหรับ CPU โปรแกรม C32 ได้รวมมาให้แล้ว ซึ่งเป็นไฟล์ชนิดที่ตามด้วย TBL ตัวอย่างการเขียน ได้แก่

CPU “8051.TBL”

CPU “A:8051.TBL”

ในการกำหนดชื่อไฟล์สามารถใส่ชื่อของ Drive ที่มีไฟล์อยู่ได้

#### DFB

ใช้สำหรับกำหนดค่าลงในตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการได้ในลักษณะ byte ต่อ byte ได้ มีรูปแบบดังนี้

label : DFB expr1, expr2 ,expr3,.....,expr(n)

โดยที่ค่าแต่ละค่าของ expr จะมีขนาด 8 บิต หรือเขียนในรูปของ String ภายในเครื่องหมายคำพูดได้ เช่น

DFB “PATIENT Lead off”,CR,LF

DFB 0,1,2.

DFB 3FH,44H

#### DFS

ใช้สำหรับจองเนื้อที่ของหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราว มีรูปแบบ ดังนี้

LABEL: DFS expression

โดยที่ Expression เป็นตัวกำหนดขนาดของหน่วยความจำที่จะจอง เช่น

LABEL : DFS 20\*1

เป็นการจองเนื้อที่ขนาด 20 byte โดยใช้ชื่อ LABEL แทนตำแหน่งที่จอง

#### EQU

ใช้สำหรับกำหนดค่าคงที่จะใช้เป็นตัวแปร มีรูปแบบดังนี้

LABEL : EQU expression

โดยที่ Expression เป็นค่าคงที่กำหนดให้กับ LABEL เช่น

CR: EQU 12H

LF: EQU 0AH

โดยกำหนดให้ CR มีค่าเป็น 13 H และ LF เป็น 0AH

**HOF**

เป็นการกำหนดผลที่หลังจากโปรแกรม Assembler ทำงานเป็นรูปแบบของเลขฐานสิบหก โดยมีรูปแบบดังนี้

HOF “รูปแบบ”

โดยที่รูปแบบ สามารถกำหนดได้เป็น

BIN8 เป็นเลขฐานสิบหกขนาด 8 บิต

BIN16 เป็นเลขฐานสิบหกขนาด 16 บิต

INT8 เป็นเลขแบบของบริษัทยินเทลขนาด 8 บิต

INT16 เป็นเลขแบบของบริษัทยินเทลขนาด 16 บิต

MOT8 เป็นรูปแบบของบริษัท โมโตโรล่าขนาด 8 บิต

MOT16 เป็นรูปแบบของบริษัท โมโตโรล่าขนาด 16 บิต

ตัวอย่างของการใช้งาน ได้แก่

HOF “INT8”

**INCL**

ใช้สำหรับให้โปรแกรม Assembler นำโปรแกรมที่เคยเขียนมารวม โดยมีรูปแบบดังนี้

INCL “File”

โดยที่ File เป็นไฟล์ของ โปรแกรมที่เคยเขียนไว้ ตัวอย่างเช่น

INCL “A:IO.ASM”

**ORG**

ใช้สำหรับบอกให้ Assembler ถึงตำแหน่งของโปรแกรมในหน่วยความจำที่จะใช้เขียนโปรแกรม หรือข้อมูล มีรูปแบบเป็น

LABEL :                   ORG   expression

โดยที่ Expression สำหรับกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรม เช่น

START :                   ORG   0008H

**4.2.5 การใช้งาน C32**

ในการแปลภาษา Assembly โดยใช้โปรแกรม C32 มีรูปแบบนี้

C32   source -file [-L list-file] [-H hex-file]

โดยที่ source -file    เป็น file ที่เก็บ โปรแกรมภาษา Assembly ในรูปของ Text file

list-file            เป็น file ที่ได้จากการแปลภาษา Assembly ในรูปของ Text file

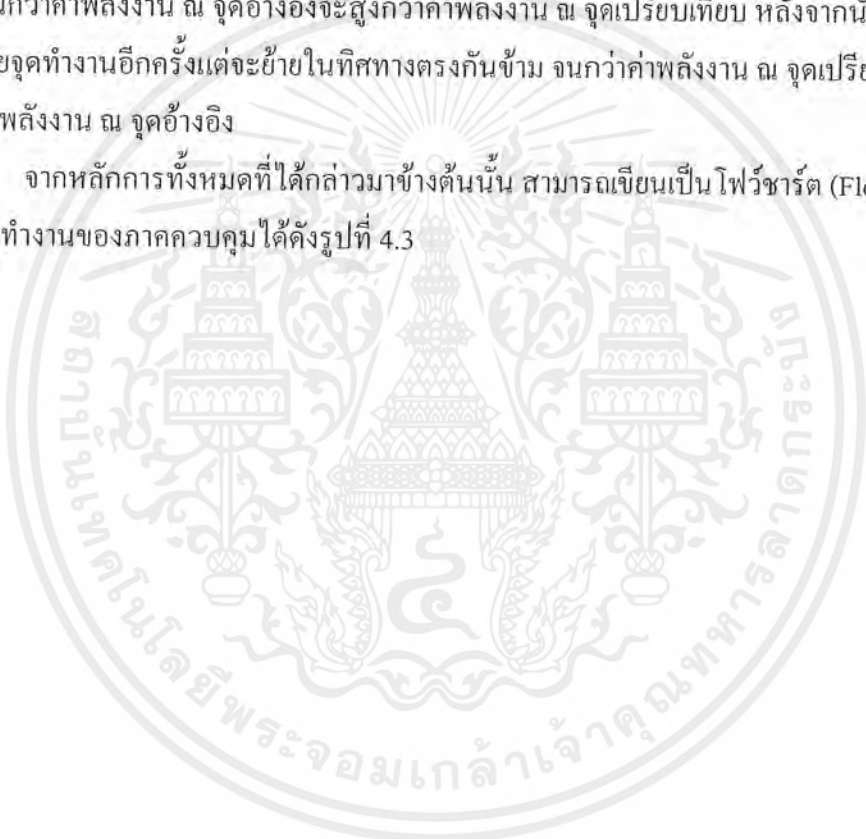
hex-file            เป็น file ที่เกิดขึ้นตามรูปแบบคำสั่งเฉพาะ HOF

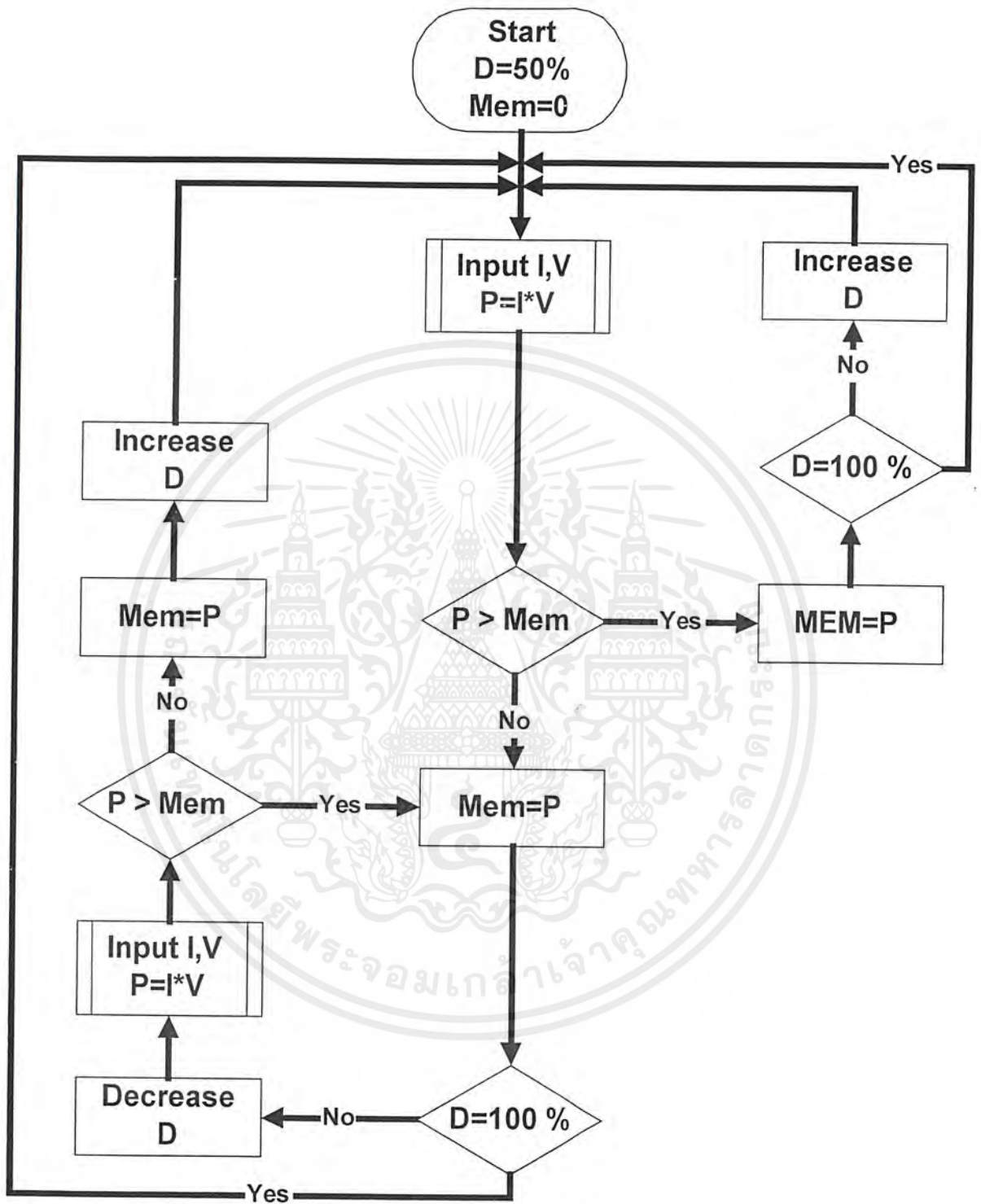
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 การทำงานในส่วนของโปรแกรม

จากการทำงานของส่วน โปรแกรมจะสามารถกล่าวได้คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจวัดค่ากระแสและแรงดัน โดยส่วนของชุดแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอล แล้วนำไปคำนวณหาค่าพลังงานที่แหล่งจ่าย(เซลล์แสงอาทิตย์) จ่ายออกมาแล้วเก็บค่านั้นไว้เป็นค่าอ้างอิง แล้วทำการย้ายจุดการทำงานไปเล็กน้อย แล้วทำการเปรียบเทียบค่าพลังงาน ณ จุดทำงานใหม่นี้กับค่าพลังงาน ณ จุดอ้างอิง ถ้าค่าพลังงานใหม่นี้สูงกว่าค่าพลังงาน ณ จุดอ้างอิง ก็จะทำการย้ายจุดการทำงานไปยังจุดทำงานใหม่ และเก็บค่าพลังงานใหม่นี้เป็นค่าอ้างอิง แล้วทำการเปรียบเทียบกับจุดต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าค่าพลังงาน ณ จุดอ้างอิงจะสูงกว่าค่าพลังงาน ณ จุดเปรียบเทียบ หลังจากนั้นวงจรก็จะทำการย้ายจุดการทำงานอีกครั้งแต่จะย้ายในทิศทางตรงกันข้าม จนกว่าค่าพลังงาน ณ จุดเปรียบเทียบจะสูงกว่าค่าพลังงาน ณ จุดอ้างอิง

จากหลักการทั้งหมดที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น สามารถเขียนเป็นโฟว์ชาร์ต (Flow chart) แสดงการทำงานของภาคควบคุมได้ดังรูปที่ 4.3





รูปที่ 4.4 แสดง Flow chart การทำงานของส่วนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 โปรแกรมของส่วนควบคุม

```

CPU "8051.TBL"
HOF "INT8"
INCL "INST.ASM"

;INST.ASM
;MCS-51 INTERNAL REGISTERS
;
B: EQU 0F0H ;B REGISTER
ACC: EQU 0E0H ;ACCUMULATOR
PSW: EQU 0D0H ;PROGRAM STATUS WORD
IPC: EQU 0B8H ;INTERRUPT PRIORITY
P3: EQU 0B0H ;PORT 3
IEC: EQU 0A8H ;INTERRUPT ENABLE
P2: EQU 0A0H ;PORT 2
SBUF: EQU 99H ;SEND BUFFER
SCON: EQU 98H ;SERIAL CONTROL
P1: EQU 90H ;PORT 1
TH1: EQU 8DH ;TIMER 1 HIGH
TH0: EQU 8CH ;TIMER 0 HIGH
TL1: EQU 8BH ;TIMER 1 LOW
TL0: EQU 8AH ;TIMER 0 LOW
TMOD: EQU 89H ;TIMER MODE
TCON: EQU 88H ;TIMER CONTROL
PCON: EQU 87H ;POWER CONTROL REGISTER
DPH: EQU 83H ;DATA POINTER HIGH
DPL: EQU 82H ;DATA POINTER LOW
SP: EQU 81H ;STACK POINTER
P0: EQU 80H ;PORT 0
;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ;MCS-51 INTERNAL BIT ADDRESSES

```

;
CY:      EQU    0D7H    ;CARRY FLAG
AC:      EQU    0D6H    ;AUXILIARY-CARRY FLAG
F0:      EQU    0D5H    ;USER FLAG 0
RS1:     EQU    0D4H    ;REGISTER SELECT MSB
RS0:     EQU    0D3H    ;REGISTER SELECT LSB
OV:      EQU    0D2H    ;OVERFLOW FLAG
P:       EQU    0D0H    ;PARITY FLAG
PS:      EQU    0BCH    ;PRIORITY SERIAL PORT
PT1:     EQU    0BBH    ;PRIORITY TIMER 1
PX1:     EQU    0BAH    ;PRIORITY EXTERNAL 1
PT0:     EQU    0B9H    ;PRIORITY TIMER 0
PX0:     EQU    0B8H    ;PRIORITY EXTERNAL 0
EA:      EQU    0AFH    ;ENABLE ALL INTERRUPT
ES:      EQU    0ACH    ;ENABLE SERIAL INTERRUPT
ET1:     EQU    0ABH    ;ENABLE TIMER 1 INTERRUPT
EX1:     EQU    0AAH    ;ENABLE EXTERNAL 1 INTERR
ET0:     EQU    0A9H    ;ENABLE TIMER 0 INTERRUPT
EX0:     EQU    0A8H    ;ENABLE EXTERNAL 0 INTERR
SM0:     EQU    09FH    ;SERIAL MODE 0
SM1:     EQU    09EH    ;SERIAL MODE 1
SM2:     EQU    09DH    ;SERIAL MODE 2
REN:     EQU    09CH    ;SERIAL RECEPTION ENABLE
TB8:     EQU    09BH    ;TRANSMITT BIT 8
RB8:     EQU    09AH    ;RECEIVE BIT 8
TI:      EQU    099H    ;TRANSMIT INTERRUPT FLAG
RI:      EQU    098H    ;RECEIVE INTERRUPT FLAG
TF1:     EQU    08FH    ;TIMER 1 OVERFLOW FLAG
TR1:     EQU    08EH    ;TIMER 1 RUN CONTROL BIT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TF0:      EQU    08DH    ;TIMER 0 OVERFLOW FLAG
TR0:      EQU    08CH    ;TIMER 0 RUN CONTROL BIT
IE1:      EQU    08BH    ;EXT INTERR. 1 EDGE FLAG
IT1:      EQU    08AH    ;EXT INTERR. 1 TYPE FLAG
IE0:      EQU    089H    ;EXT INTERR. 0 EDGE FLAG
IT0:      EQU    088H    ;EXT INTERR. 0 TYPE FLAG
;
;***** D/A and A/D *****
DAC1:     EQU    0810H    ;to control TL494 0-5 V.
CH0:      EQU    0830H    ;for detect voltage
CH1:      EQU    0831H    ;for detect current
STARTADC: EQU    0820H
DATA:     EQU    0828H
;*****MPPT*****
MEM:      DFS    2
IV:       DFS    2
I:        DFS    1
V:        DFS    1
DUTY_MAX: EQU    3CH    ; 83% , 1.3 V.
DUTY_MIN: EQU    80H    ; 37% , 2.5 V.
;
;##### Main Program #####
          ORG    0000H
          LJMP  RES
          ORG    0100H
RES:      MOV    R2,#40H    ;power delay
RES1:     MOV    R3,#0
          DJNZ  R3,$
          DJNZ  R2,RES1
START:    MOV    DPTR,#DAC1    ;default D at 50% (2.2 V.)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,#6CH
MOVX @DPTR,A
MOV MEM+0,#0 ;clear memory
MOV MEM+1,#0
MOV IV+0,#0
MOV IV+1,#0
MAIN: LCALL ADC1 ;detect voltage
LCALL ADC2 ;detect current
LCALL MULTI ;keep value in IV
LCALL COMPARE
JC LOOP1
MOV MEM+0,IV+0
MOV MEM+1,IV+1
CJNE A,#DUTY_MAX,INC1 ;check duty cycle
AJMP MAIN
INC1: SUBB A,#08H ;increase duty cycle
MOV DPTR,#DAC1
MOVX @DPTR,A
AJMP MAIN
LOOP1: MOV MEM+0,IV+0
MOV MEM+1,MEM+1
CJNE A,#DUTY_MIN,DEC1 ;check duty cycle
AJMP START
DEC1: ADD A,#08H ;decrease duty cycle
MOV DPTR,#DAC1
MOVX @DPTR,A
MAIN2: LCALL ADC1
LCALL ADC2
LCALL MULTI
LCALL COMPARE

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        JC   INC1
        JNC  LOOP1

;##### Sub Program #####
ADC1:   MOV   DPTR,#CH0           ;channel 0 detect voltage
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#STARTADC     ;start conversion 0-5 volt
        MOVX  @DPTR,A
        LCALL DELAY
        MOV   DPTR,#DATA         ;read data from A/D process
        MOVX  A,@DPTR
        MOV   V,A
        RET

;*****
ADC2:   MOV   DPTR,#CH1           ;channel 1 detect current
        MOVX  @DPTR,A
        MOV   DPTR,#STARTADC     ;start conversion 0-5 volt
        MOVX  @DPTR,A
        LCALL DELAY
        MOV   DPTR,#DATA         ;read data from A/D process
        MOVX  A,@DPTR
        MOV   I,A
        RET

;*****
MULTI:  MOV   A,V
        MOV   B,A
        MOV   A,I
        MUL  AB
OUT:    MOV   IV+1,B
        MOV   IV+0,A
        RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****
COMPARE:  MOV  A,IV+0
DECL:     CLR  CY
          SUBB A,MEM+0
          MOV  A,IV+1
          JNC  DECH
          CLR  CY
          SUBB A,1H
DECH:     SUBB A,MEM+1
          RET
;*****
DELAY:    MOV  R0,#31H      ;delay for 100 uSec
LOOP:     DJNZ R0,LOOP
          NOP
          RET
;*****
END

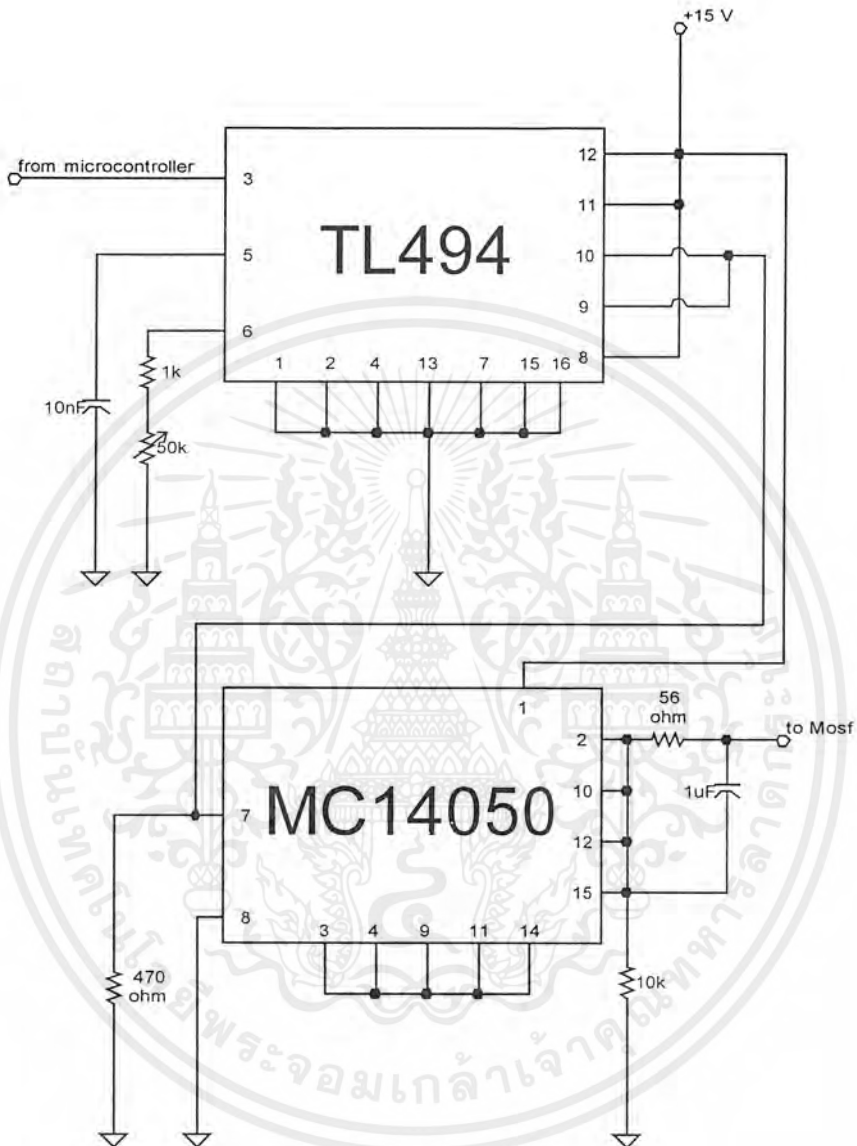
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมของส่วนควบคุม

1. ทำการเขียน โปรแกรมด้วยโปรแกรม Editor ได้เป็น โปรแกรมไฟล์ Project.asm
2. ทำการเปลี่ยนแปลง โปรแกรมไฟล์ Project.asm ด้วยโปรแกรมแอสเซมเบอร์ C32 โดยจะได้ไฟล์ผลลัพธ์ออกมาเป็น 2 ไฟล์ คือ ไฟล์ Project.lst และ Project.hex โดยใช้คำสั่ง ณ ไคเรกทอรีของ โปรแกรม C32 ดังนี้  
 “C32 PROJECT.ASM –L PROJECT.LST –H PROJECT.HEX”
3. เมื่อใช้คำสั่งข้างต้นแล้วถ้าโปรแกรมไฟล์ที่เขียนขึ้นมีข้อผิดพลาดเกี่ยวกับ โครงสร้างของภาษา โปรแกรมแอสเซมเบอร์จะแจ้งออกมา(โดยดูได้จากไฟล์ Project.lst ซึ่งเปิดได้ด้วยโปรแกรม Editor) แล้วจึงกลับไปใช้โปรแกรม Editor แก้ไขส่วนของโปรแกรมไฟล์ Project.asm ที่ผิดพลาดใหม่
4. ในกรณีเมื่อทำการแปลงไฟล์ด้วยโปรแกรมแอสเซมเบอร์แล้วไม่เกิดข้อผิดพลาด ก็ จะทำการดาวน์โหลดไฟล์ Project.hex ลงสู่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 โดย ต้องทำการต่อสาย RS232 เชื่อมระหว่างตัวบอร์ดกับคอมพิวเตอร์กับพอร์ตอนุกรม ที่ 1 (COM1)
5. ทำการทดสอบ โปรแกรมที่ดาวน์โหลดสู่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยการ Run โปรแกรมแล้วทำการทดลองผลว่ามีข้อผิดพลาดตรงไหนหรือไม่ ถ้าไม่ได้ผลตามที่ ต้องการต้องกลับไปแก้ไขโปรแกรมใหม่โดยทำตามขั้นตอนข้างต้น
6. ในกรณีที่ทำการทดสอบโปรแกรมแล้วไม่เกิดข้อผิดพลาดก็จะทำการเก็บ โปรแกรม ที่ทำการเขียนไว้ลงสู่ EPROM โดยนำไฟล์ Project.hex ไปเขียนลง EPROM

## 4.6 วงจร TL494 และวงจรขับมอสเฟต



รูปที่ 4.5 วงจร TL494 และวงจรขับมอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

## แบตเตอรี่ (Battery)

## 5.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งทางด้านไฟฟ้า ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าจ่ายออกมาให้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ แบตเตอรี่บางชนิดสามารถอัดไฟเข้าไปเพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเคมี แล้วค่อยๆ ปลดปล่อยพลังงานให้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ

## 5.2 โครงสร้างของแบตเตอรี่

เซลล์แบตเตอรี่ประกอบด้วยแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ และสารละลายที่เป็นของเหลวหรือวุ้น ซึ่งเรียกว่า “อิเล็กโทรไลต์” เซลล์อาจมีช่องปิดหรือมีช่องให้สารระเหยได้ แผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบจะวางอยู่คู่กัน ให้เซลล์แบตเตอรี่ลูกหนึ่ง ๆ อาจมีแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบหลาย ๆ ชุด วางขนานกันเป็นคู่เพื่อให้ได้ขนาดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกมาสูงขึ้น ปริมาณขนาดกระแสไฟฟ้าที่จากแบตเตอรี่จะขึ้นอยู่กับพื้นที่ของแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ ระยะห่างระหว่างแผ่นค่าความเข้มข้นของสารละลาย ความจุของแบตเตอรี่มักวัดเป็นแอมแปร์-ชั่วโมง (Amperehour ; Ah) การวัดความจุโดยให้เวลาคงที่ แล้ววัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกมาให้ช่วงเวลาดังกล่าว เช่น แบตเตอรี่ลูกหนึ่งจ่ายกระแสไฟฟ้า 20 แอมแปร์ในเวลา 8 ชั่วโมง จะมีความจุ 160 แอมป์-ชั่วโมง เป็นต้น

## 5.3 ประเภทแบตเตอรี่

วัสดุที่นำมาทำแผ่นธาตุบวก (แผ่นแอโนด) มีหลายชนิด เช่น ตะกั่ว แคดเมียม แมกนีเซียม และสังกะสี เพราะแสดงคุณสมบัติในการง่ายการสละอิเล็กตรอน ซึ่งจะกลายเป็นประจุไอออนบวก (cations ละอองที่เกาะอยู่ที่ขั้วลบ) ในอิเล็กโทรไลต์ ส่วนวัสดุที่นำมาทำแผ่นธาตุลบ (แผ่นแคโทด) ได้แก่ เลด ไดออกไซด์ นิกเกิล พรอท และเงิน เพราะแสดงคุณสมบัติในการง่ายการรับอิเล็กตรอน ระหว่างการจ่ายประจุสถานะออกซิเดชันของแผ่นบวกจะถูกลดลงและจะสร้างประจุไอออนลบ (anion ธาตุที่ผูกหรือจับทางขั้วบวก) ในอิเล็กโทรไลต์ แล้วอิเล็กโทรไลต์สร้างทางเดินไอออนิกเพื่อให้วงจรไฟฟ้าสมบูรณ์

แบตเตอรี่สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. แบตเตอรี่แบบปฐมภูมิ เช่น แบตเตอรี่ที่ทำจากสังกะสี-คาร์บอน พรอท และ ลิเทียม เป็นแบตเตอรี่ใช้งานได้ครั้งเดียว เมื่อจ่ายไฟหมดแล้วต้องทิ้งไป ไม่สามารถอัดประจุกลับเข้าไปเพื่อนำมาใช้ได้อีกครั้ง
2. แบตเตอรี่แบบทุติยภูมิ เช่น แบตเตอรี่ที่ทำจากตะกั่ว-กรด นิกเกิลแคดเมียมและอัลคาไลน์บางชนิด แบตเตอรี่ประเภทนี้สามารถอัดประจุเข้าไปใหม่เมื่อไฟหมด ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถใช้งานได้นาน แบตเตอรี่ที่นิยมใช้งานกันมาก คือ ชนิดที่ทำจากตะกั่ว-กรด และอีกชนิดคือแบบ เงิน-สังกะสี ราคาแพงมากแต่จ่ายไฟได้มากที่สุด

แบตเตอรี่ที่ใช้ในโครงการนี้เป็นแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ซึ่งเราจะกล่าวถึงแบตเตอรี่แบบ ตะกั่ว-กรดเท่านั้น

#### 5.4 ประเภทของแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด

5.4.1 แบตเตอรี่ตะกั่วกรดชนิดนอนสปิล (Non spill lead-acid battery) แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่

##### 1. แบตเตอรี่ทั่วไป (Standard battery)

แบตเตอรี่ชนิดนี้เมื่อไม่ได้ใช้งานจะมีการคายประจุขณะไว้ (Self-discharge) ที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ต้องมีการอัดประจุใหม่ทุกๆ 4-6 สัปดาห์เพื่อชดเชยค่าการคายประจุขณะไว้ภาระ แบตเตอรี่ประเภทนี้เหมาะสำหรับการใช้งานในช่วงสั้น ๆ

##### 2. แบตเตอรี่อายุการใช้งานสูง (Permanent battery)

แบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถเก็บในที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสได้หลายเดือน โดยไม่ต้องการการดูแลรักษา และสามารถประจุแบตเตอรี่ทุกๆ 10 เดือน และมีการคายประจุขณะไว้ภาระต่ำ เนื่องจากใช้โลหะตะกั่ว (Lead-alloy) ชนิดพิเศษเหมาะสำหรับใช้ในงานพิเศษที่ต้องการอายุการใช้งานสูงกว่าแบบมาตรฐาน

#### 5.4.2 แบตเตอรี่แบบผนึกไม่ต้องเติมน้ำกลั่น (Recombining sealed lead-acid battery)

ปกติแล้วเมื่อแบตเตอรี่อัดประจุจนถึงระดับแรงดันพิกัด (Over charge) กรดซัลฟริกที่เป็น สารละลายอิเล็กโทรไลต์จะเกิดปฏิกิริยาเป็นก๊าซไฮโดรเจน กับก๊าซออกซิเจน ทำให้ความเข้มข้นของ สารละลายอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้น เราต้องมีการเติมน้ำกลั่น มิฉะนั้นแบตเตอรี่จะเสื่อมคุณภาพได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการเติมน้ำกลั่น จะได้ไม่เสียเวลาในการบำรุงรักษาจึงได้พัฒนา แบตเตอรี่ให้มีความสามารถในการใช้งานได้โดยไม่ต้องเติมน้ำกลั่น ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. แบตเตอรี่แบบ Non-recombining หรือ Partial recombining ใช้วิธีการอัดประจุที่ยุ่งยาก ซับซ้อนมาก ซึ่งจะช่วยลดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในตัวแบตเตอรี่ได้

แบตเตอรี่แบบนี้ไม่ต้องบำรุงรักษาใด ๆ และไม่ต้องอัดประจุให้ถึงระดับแรงดันเกินพิกัด เพื่อให้แบตเตอรี่เต็ม ในกรณีที่อุณหภูมิใช้งานสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมมาก ๆ แบตเตอรี่จะเกิดก๊าซ ทำให้ความดันสูงขึ้น ซึ่งแบตเตอรี่จะมีวาล์วที่คอยเปิดให้ก๊าซออกไปในทันที และวาล์วจะปิด อัตโนมัติเมื่อความดันก๊าซลดต่ำลง ด้วยเหตุนี้จึงใช้ได้กับทุกสภาวะแวดล้อม แบตเตอรี่แบบนี้จะปิด ผนึกได้ ภายในแบตเตอรี่จะไม่เกิดก๊าซ อีกทั้งมีความต้านทานภายในต่ำ และจ่ายกระแสได้สูง ภาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้การอัดประจุแบบรักษาระดับแรงดันคงที่จะอัดประจุด้วยกระแสสูง ๆ ในตอนเริ่มต้นและในขั้นที่ 2 เมื่อแรงดันย้อนกลับของแบตเตอรี่เริ่มสูงขึ้น และต้องควบคุมกระแสในการอัดประจุ เมื่อแบตเตอรี่เต็มจะต้องรักษาระดับแรงดันแบตเตอรี่ โดยลดกระแสให้เหลือน้อย ๆ เพื่อไม่ให้แรงดันอัดประจุเกิดพิกัด และป้องกัน Electrolyte loss partially recombining แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรดที่ขนาดความจุเดียวกัน สามารถต่อกันเป็นอนุกรมหรือขนานก็ได้

ถ้าอัดประจุแบตเตอรี่แบบอนุกรม จะใช้แรงดันสูงและกระแสน้อยๆ

ถ้าอัดประจุแบตเตอรี่แบบขนาน จะใช้แรงดันต่ำและกระแสสูง

แบตเตอรี่แบบนี้สามารถอัดประจุและสามารถจ่ายประจุได้ที่อุณหภูมิ -20 ถึง 50 องศาเซลเซียส ซึ่งดีกว่าแบบนิกเกิล-แคดเมียม

2. แบตเตอรี่แบบ Fully recombining sealed โดยก๊าซที่เกิดขึ้นจากการคายประจุคือไฮโดรเจนกับออกซิเจนจะรวมตัวกันเป็นน้ำทำให้ปริมาตรของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ไม่ลดลง

โครงสร้างคล้าย ๆ กับแบบ Standard cylindrical Ni-Cd เหมาะสำหรับใช้งาน Standby ใช้ Alloy plate grids ชนิดพิเศษ และมีการรวมตัวของก๊าซออกซิเจนที่ดี อายุการใช้งานขึ้นอยู่กับลักษณะใช้งาน และสภาวะแวดล้อม มีความต้านทานภายในต่ำ อัตราการคายประจุสูง การอัดประจุส่วนใหญ่เป็นแบบแรงดันคงที่ (Constant voltage) หรือกระแสคงที่ (constant current) หรือการเปลี่ยนแท็ป (Tap changing) หรือการเปลี่ยนสัญญาณพัลส์ (Pulse changing) และอื่น ๆ

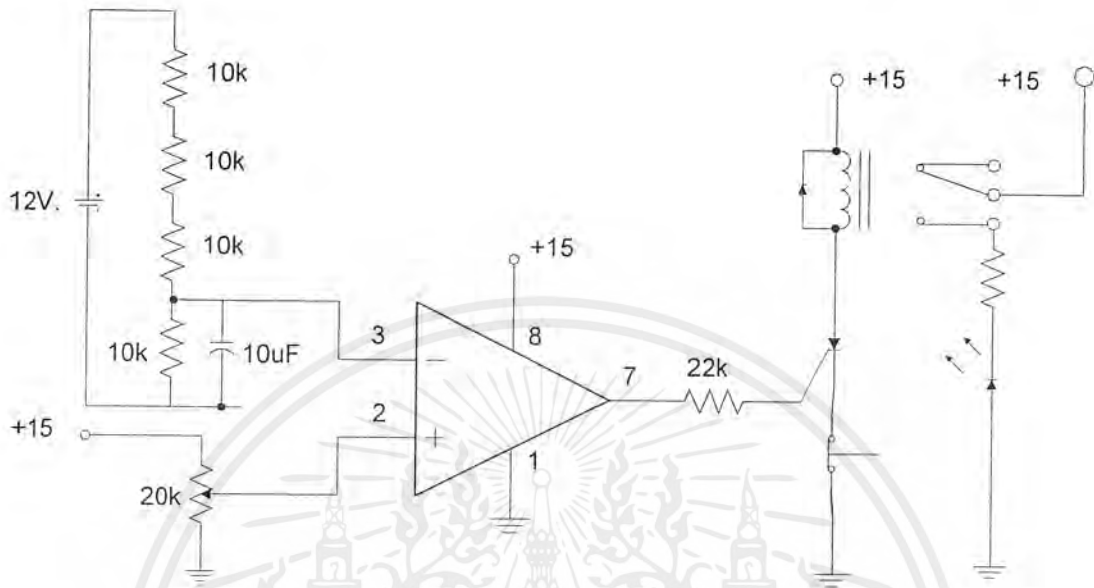
### 5.5 คุณสมบัติของแบตเตอรี่

สามารถเป็น แหล่งจ่ายกระแสตรงได้โดยการนำไปจ่ายโหลด (การคิซาร์จ) , ยังสามารถเป็น โหลดได้อีก (การชาร์จ) ซึ่งทั้งสองหน้าที่นี้จะทำงานสลับกัน และในสภาวะที่แบตเตอรี่เป็น โหลดจะรับกำลังงาน ได้เต็มพิกัดของแหล่งจ่ายซึ่งแหล่งจ่ายให้เท่าไรแบตเตอรี่จะรับทั้งหมดไว้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าแรงดันที่ออกจากแหล่งจ่ายจะต้องมีค่ามากกว่าแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่และควรรอจนถึงค่ากระแสชาร์จ ซึ่งถ้ามากเกินไปจะทำให้แบตเตอรี่เสียหายได้

### 5.6 การนำแบตเตอรี่ไปใช้งาน

1. For cyclic use การนำแบตเตอรี่ไปใช้งานแล้วใช้ให้หมดแล้วนำแบตเตอรี่ลูกนั้นมาทำการชาร์จใหม่ ซึ่งเหมาะกับการชาร์จแบบเร็ว (fast charge)
2. For standby use ในขณะที่ใช้งานแบตเตอรี่ลูกนั้นจะถูกทำการชาร์จตลอดเวลาการใช้งาน ซึ่งเหมาะกับการรักษาระดับแรงดันกับจำกัดกระแสชาร์จ

### 5.7 วงจรป้องกันแรงดันตก

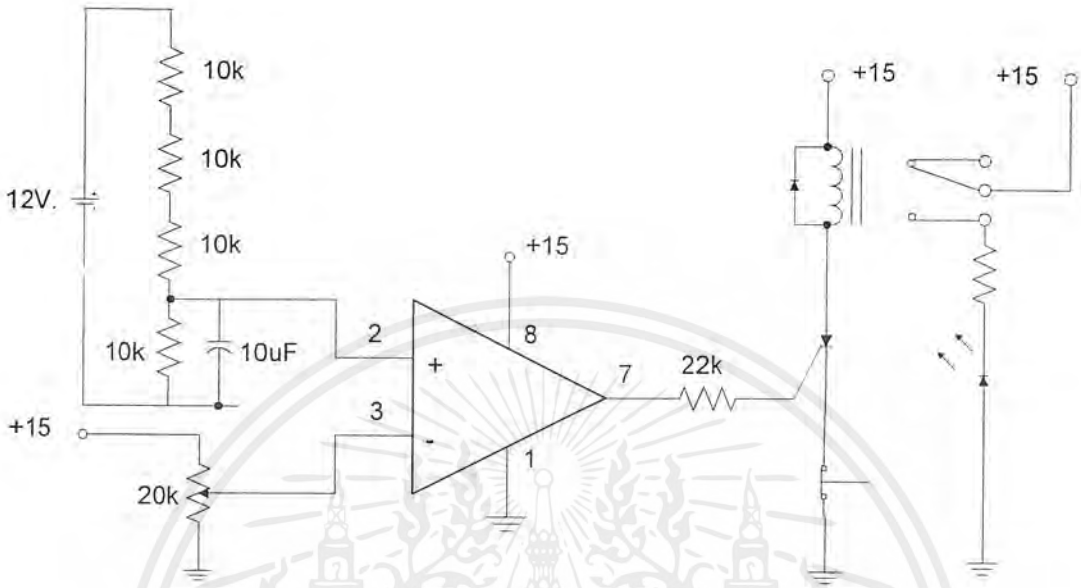


รูปที่ 5.1 วงจรป้องกันแรงดันตก

#### การทำงานของวงจร

ขณะทำการคายประจุแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่ใกล้หมดจะมีแรงดันที่ขั้วประมาณ 10.5 โวลต์ ในวงจรนี้จะอาศัยการทำงานของออปแอมป์เบอร์ LM311 ทำงานเป็นคอมพาราเตอร์ โดยจะจับโวลต์ที่ขั้วแบตเตอรี่ ผ่านการแบ่งแรงดันของ ตัวต้านทาน 4 ตัว เข้าที่ขา 3 ของออปแอมป์ (ขา อินเวอร์สตั้ง) ดังนั้นจะเหลือ แรงดัน =  $10.5/4 = 2.625$  โวลต์ จึงนำค่านี้ไปตั้งค่าแรงดันอ้างอิงที่ขา 2 (ขาอนอินเวอร์สตั้ง) เมื่อที่ขั้วแบตเตอรี่มีโวลต์ต่ำกว่า 10.5 โวลต์ ออปแอมป์จะทำงาน ทำให้มีกระแสไหลไปกระตุ้น เอสซีอาร์ เมื่อเอสซีอาร์นำกระแสจะทำให้ รีเลย์ทำงาน และจะไปตัดการคายประจุของแบตเตอรี่ออกจากวงจรเพื่อเป็นการป้องกันแบตเตอรี่ไม่ให้เสียหาย

## 5.8 วงจรป้องกันแรงดันเกิน



รูปที่ 5.2 วงจรป้องกันแรงดันเกิน

### การทำงานของวงจร

การทำงานของวงจรจะคล้ายกับการทำงานของวงจรป้องกันไฟตก จะแตกต่างกันโดยสลับขากันระหว่างขา 2 (นอนอินเวอร์สตั้ง) กับขา 3 (อินเวอร์สตั้ง) ขณะทำการอัดประจุเมื่อแบตเตอรี่ใกล้เต็มจะมีแรงดันที่ขั้ว 14.5 โวลต์ ดังนั้นตั้งแรงดันอ้างอิงที่ขา 3 =  $14.5/4 = 3.62$  โวลต์ ถ้าแรงดันที่ขั้วแบตเตอรี่เกิน 14.5 โวลต์ จะทำให้ออปแอมป์ทำงาน และจะมีกระแสไหลทำให้ เอสซีอาร์ นำกระแส จากนั้นรีเลย์ทำงาน โดยจะไปตัดวงจรการอัดประจุแบตเตอรี่ เพื่อป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่เสียหาย

### 5.9 การชาร์จแบตเตอรี่

1. Float charge นั้นคือการชาร์จแบตเตอรี่ในสภาวะทั่วไปและสภาพของแบตเตอรี่ปกติ
2. Fast charge นั้นคือการชาร์จแบตเตอรี่ที่อาศัยการชาร์จที่มากขึ้นกว่าปกติ เนื่องจากต้องการใช้งานแบบกะทันหันหรือแบตเตอรี่เกิดสภาวะผิดปกติ

การชาร์จแบตเตอรี่ควรคำนึงถึง

1. แรงดันชาร์จควรอยู่ระหว่าง 2.25-2.40 โวลต์/เซลล์
2. กระแสชาร์จไม่ควรเกิน 0.25 C(A)
3. อุณหภูมิแบตเตอรี่ไม่ควรเกิน 5 มิลลิโวลต์ / 1 องศาเซลเซียส / เซลล์
4. สภาพอุณหภูมิรอบๆ ไม่ควรเกิน 40 องศาเซลเซียส

### 5.10 ภาควควบคุม PWM โดยการป้อนกลับ (PI Control)

จากรูปวงจรที่ 5.3 ค่าความต้านทาน 0.1 โอห์ม 10 วัตต์ ทำหน้าที่ตรวจจับค่ากระแส โดยให้อยู่ในรูปของแรงดันเพื่อกลับไปยังขาอินเวอร์ตติ้ง ของวงจรคอมพาราเตอร์ ดังนั้นในส่วนของคอมพาราเตอร์จะเกิดค่าเท่ากับ

$$V_{\text{error}} = V_{\text{ref}} - V_{\text{sense}} \quad \text{นั่นคือ}$$

ถ้ากระแสไหลผ่านแบตเตอรี่มาก จะทำให้  $V_{\text{sense}} > V_{\text{ref}}$  ส่งผลให้  $V_{\text{error}}$  เป็นลบ (-)

ถ้ากระแสไหลผ่านแบตเตอรี่น้อย จะทำให้  $V_{\text{sense}} < V_{\text{ref}}$  ส่งผลให้  $V_{\text{error}}$  เป็นบวก (+)

เมื่อได้ค่า  $V_{\text{error}}$  แล้ว จะถูกส่งต่อไปยังชุด PI Control ซึ่งจะได้ Transfer Function ของระบบ

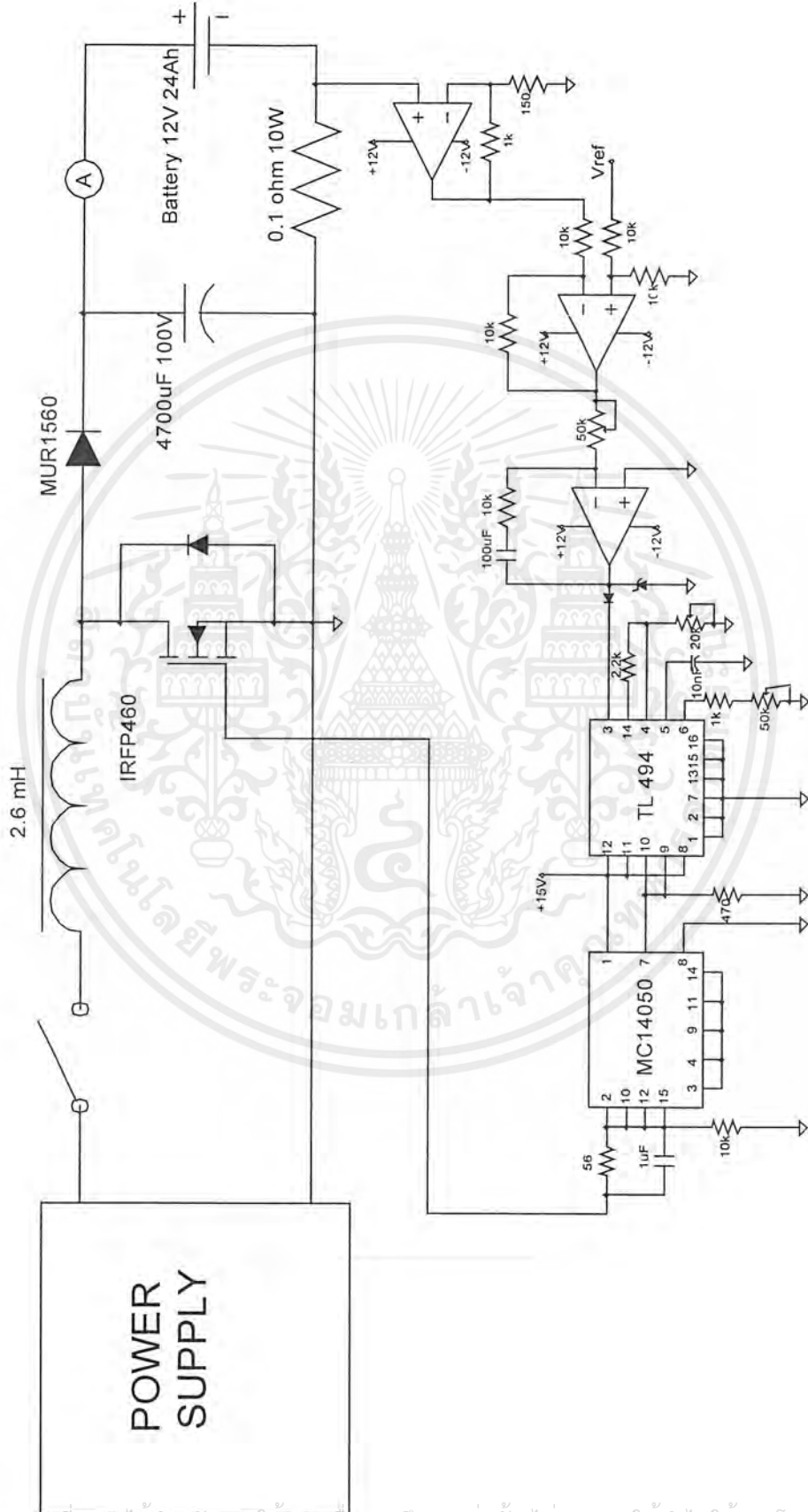
PI Control ดังนี้

$$G(s) = -\frac{R_2}{R_1} \left( \frac{S + \frac{1}{R_2 C}}{S} \right)$$

ซึ่งความไวของระบบจะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทาน  $R_1$  ซึ่งในวงจรมีค่า 50 กิโลโอห์ม ซึ่งถ้าปรับมากขึ้นระบบของวงจรจะช้า และถ้าปรับน้อยลงระบบของวงจรจะเร็วขึ้น ทั้งนี้ทั้งนั้นจะทำการปรับจนทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากที่สุด

สำหรับการตั้งค่ากระแส นั้น จะทำการตั้งค่า  $V_{\text{ref}}$  ไว้ที่ค่าๆหนึ่ง ณ ค่ากระแสที่ต้องการแล้วค่าของ  $V_{\text{sense}}$  จะมาสัมพันธ์กับ  $V_{\text{ref}}$  เอง โดยระบบควบคุมป้อนกลับ

รูปที่ 5.3 วงจรชาร์จแบตเตอรี่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.11 การ ดิสชาร์จ (Discharge Battery)

จะถือว่า Battery นั้น เปรียบเสมือน แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC Source) แล้วก็ทำการดิสชาร์จเพื่อจ่ายโหลด สำหรับการทำการดิสชาร์จควรคำนึงถึง

1.) Out of Voltage หรือ end of cell และค่ากระแสในการดิสชาร์จ

0.05 – 0.1 C(A)                      1.75 V/Cell

0.2 C(A)                                      1.7 V/Cell

0.5 C(A)                                      1.6 V/Cell

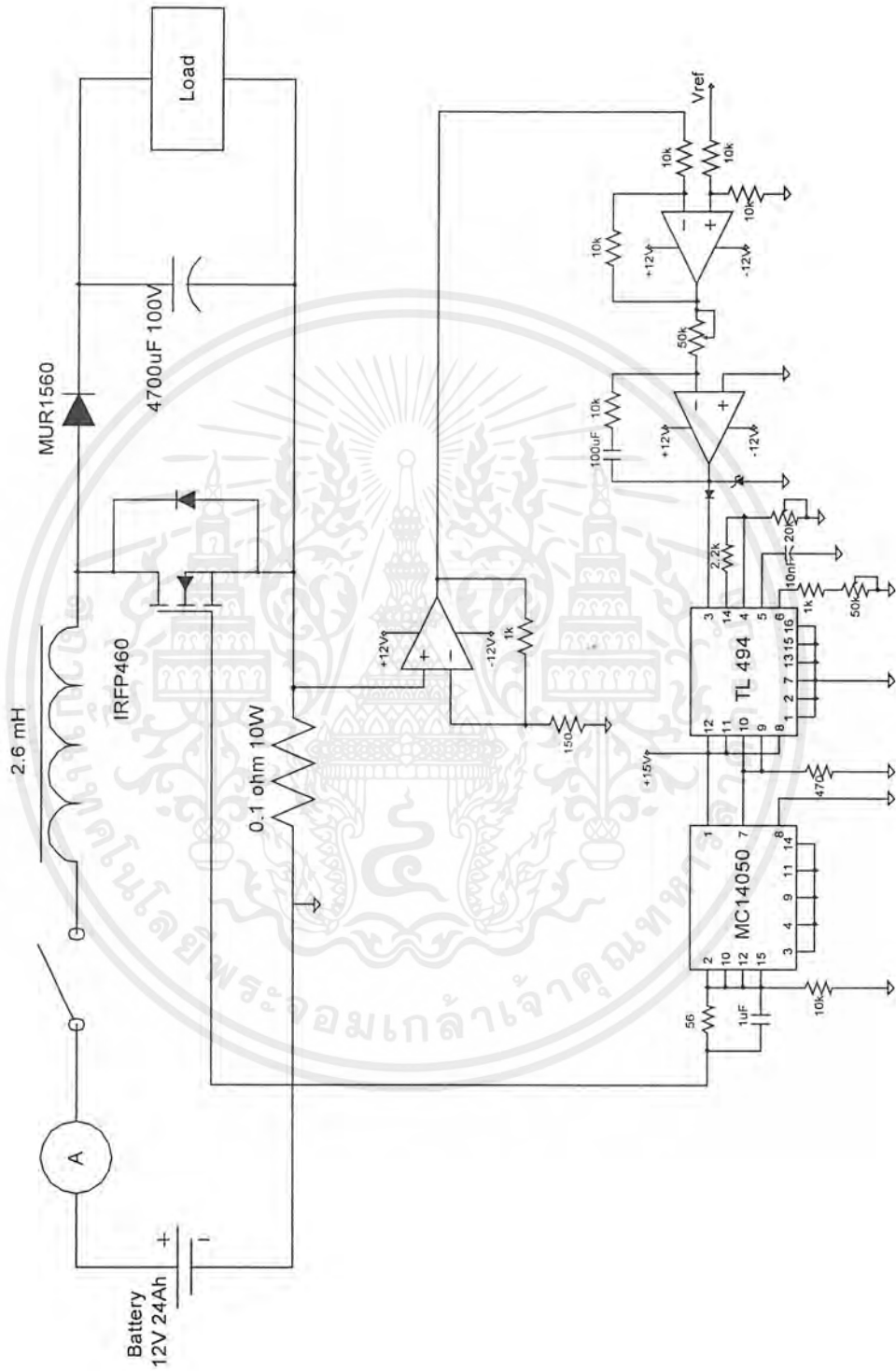
1 C(A)                                         1.5 V/Cell

2 C(A)                                         1.35 V/Cell

2.) ค่า Ambient Temperature ไม่ควรเกิน 40 องศาเซลเซียส



รูปที่ 5.4 วงจรดิซชาร์จแบตเตอรี่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

## สรุปและผลการทดลอง

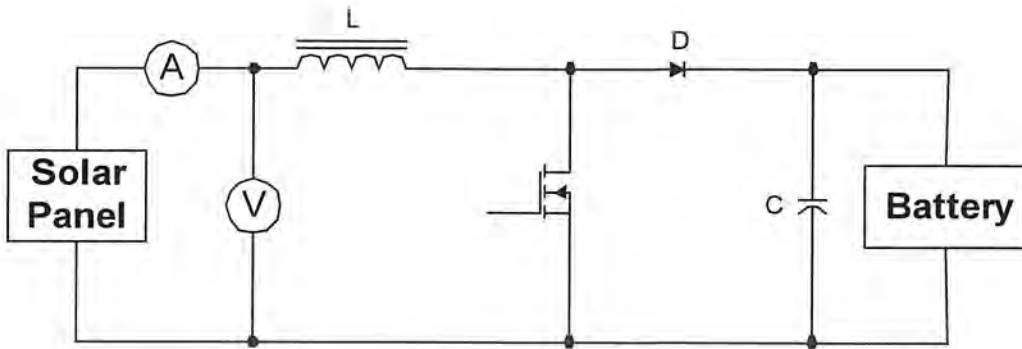
## 6.1 สรุปและผลการทดลอง

จากการศึกษาและการทดลองชุด Maximum power point tracking ( MPPT ) กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดแรงดันเปิดวงจร 18 โวลต์ และกระแสลัดวงจร 3 แอมป์ จ่ายกำลังงานให้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 4 แอมป์-ชั่วโมง จำนวน 2 ลูก ต่ออนุกรมกัน โดยเครื่องสามารถดึงกำลังงานออกจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ณ. ที่ความเข้มของแสงแดดค่าต่างๆ โดยจะเปรียบเทียบกับค่ากำลังงานสูงสุดจากของกราฟแรงดัน-กระแส แสดงผลดังตารางด้านล่าง

ตารางแสดงผลการทดลอง ที่ 6.1

ความเข้มแสง ( x 300 Lux )	เปรียบเทียบ	แรงดัน (Volt)	กระแส (Amp)	กำลัง ( Watt )	ประสิทธิภาพ %
230	V-I Curve	12.6	2.35	29.61	89%
	MPPT	14.2	1.85	26.27	
260	V-I Curve	11.8	2.7	31.86	88%
	MPPT	14.3	1.95	27.89	
280	V-I Curve	12	2.95	35.4	81%
	MPPT	14.4	2	28.8	

จากผลการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังงานที่ได้จากการใช้ชุดทดสอบ MPPT กับค่ากำลังงานสูงสุดจากกราฟแรงดัน-กระแส จะเห็นได้ว่าค่าทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นผลมาจากประสิทธิภาพของชุดทดสอบควบคุมกำลังสูงสุดซึ่งมีค่าประมาณ 80-90% ก็แสดงว่าชุดทดสอบ MPPT สามารถดึงกำลังงานสูงสุดจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้จริง และเมื่อดูจากค่าประสิทธิภาพของชุดทดสอบจะพบว่า มีแนวโน้มว่า ณ. ค่าความเข้มแสงต่ำๆ เครื่องจะมีประสิทธิภาพสูง



รูปที่ 6.1 แสดงลักษณะการต่อวงจรเพื่อทดสอบผลการทดลอง

## 6.2 ปัญหาและแนวทางการพัฒนา

จากการทดลองพบว่าการใช้ชุดสอบ MPPT ดึงกำลังงานจะมีประสิทธิภาพอยู่ระหว่าง 80-90% นั้นเพราะเกิดการสูญเสียในระบบ เป็นเพราะเกิดการสูญเสียที่ตัวต้านทานในการตรวจจับกระแสและแรงดัน การสูญเสียภายในวงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์ของชุดทดสอบ MPPT และความผิดพลาดของส่วนตรวจจับค่ากระแสและแรงดันของ ไมโครคอนโทรลเลอร์

การสร้างชุดทดสอบ MPPT ครั้งนี้ไฟเลี้ยงชุดควบคุมและไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ไฟเลี้ยงจากไฟบ้าน พัฒนาขั้นต่อไป ควรใช้ไฟจากแบตเตอรี่ เพื่อที่ชุดทดสอบ MPPT จะได้ไม่ต้องใช้ไฟบ้านจะทำให้การใช้กำลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ได้สูงสุด และชุดทดสอบ MPPT นี้ควรแยกกราวด์ระหว่างชุดวงจรกำลังและชุดวงจรควบคุมออกจากกัน

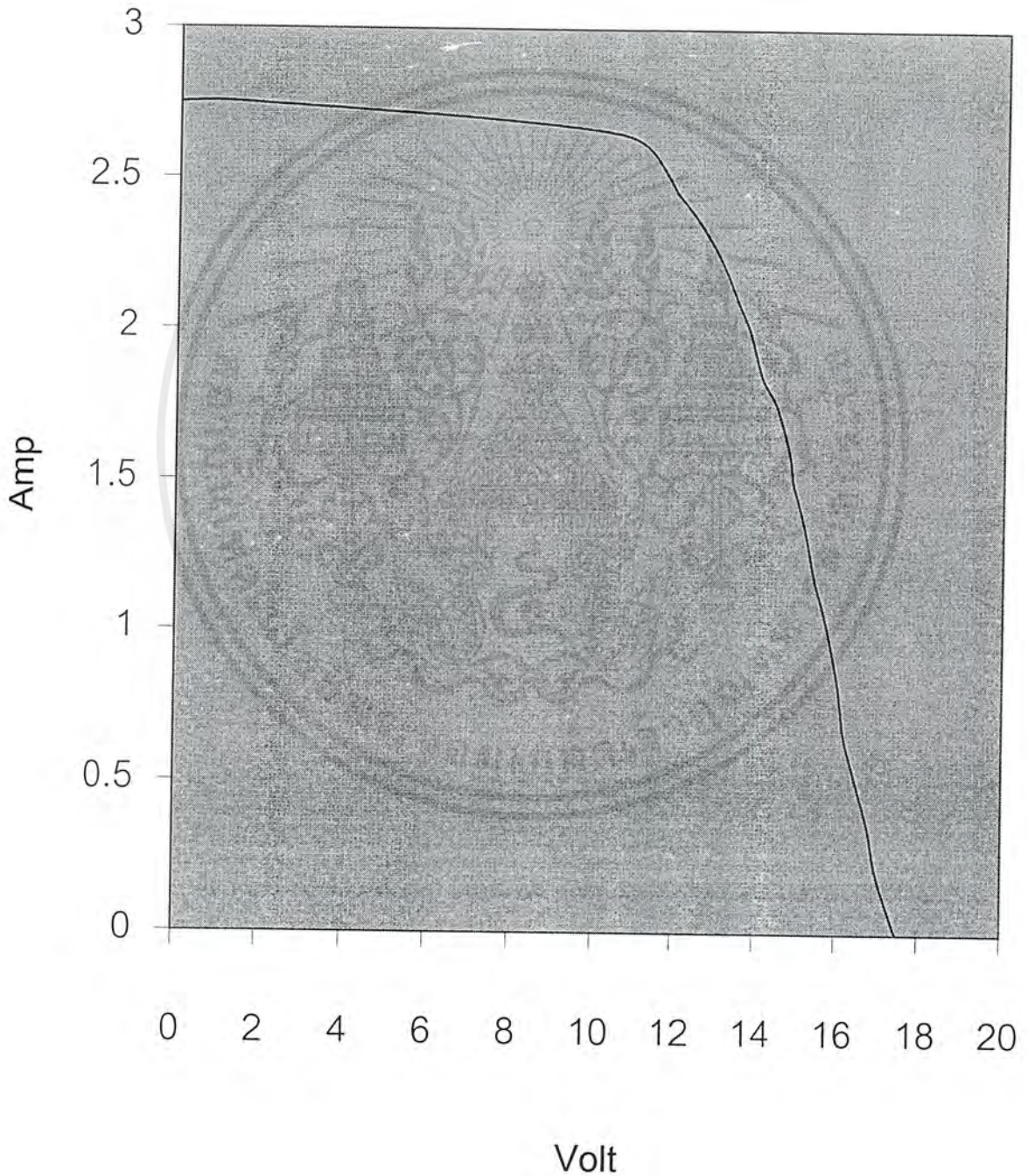
จากการสร้างชุดทดสอบการดึงกำลังงานสูงสุดใน โครงการนี้ยังมีข้อผิดพลาดอยู่บ้าง เนื่องจากยังอยู่ในขั้นการศึกษาและการพัฒนา ซึ่งปัญหาต่างๆที่พบดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วนั้น คงจะเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางในการพัฒนาให้เครื่องมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้นไป

ภาคผนวก ก



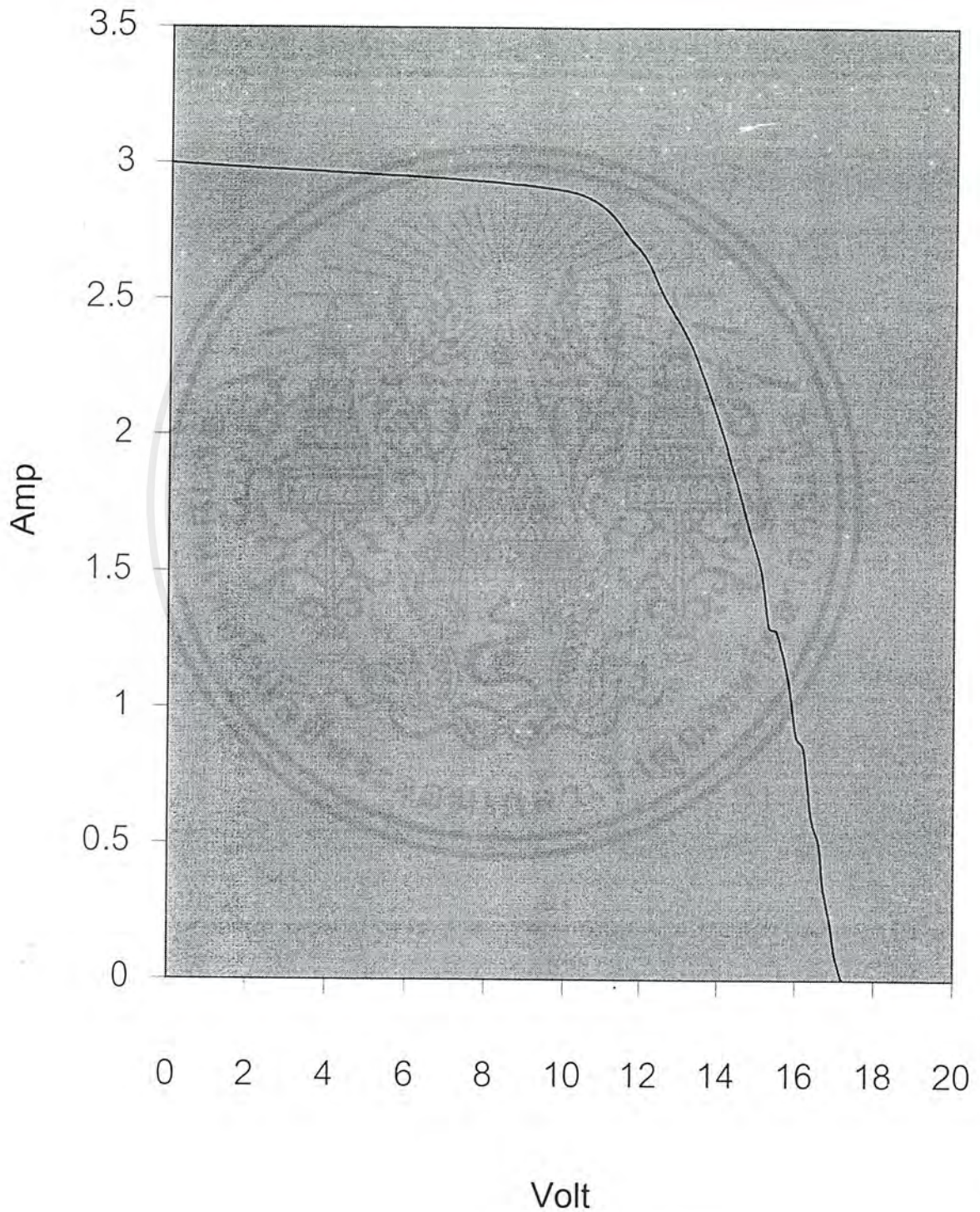
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### V-I Curve 230\*300 lux



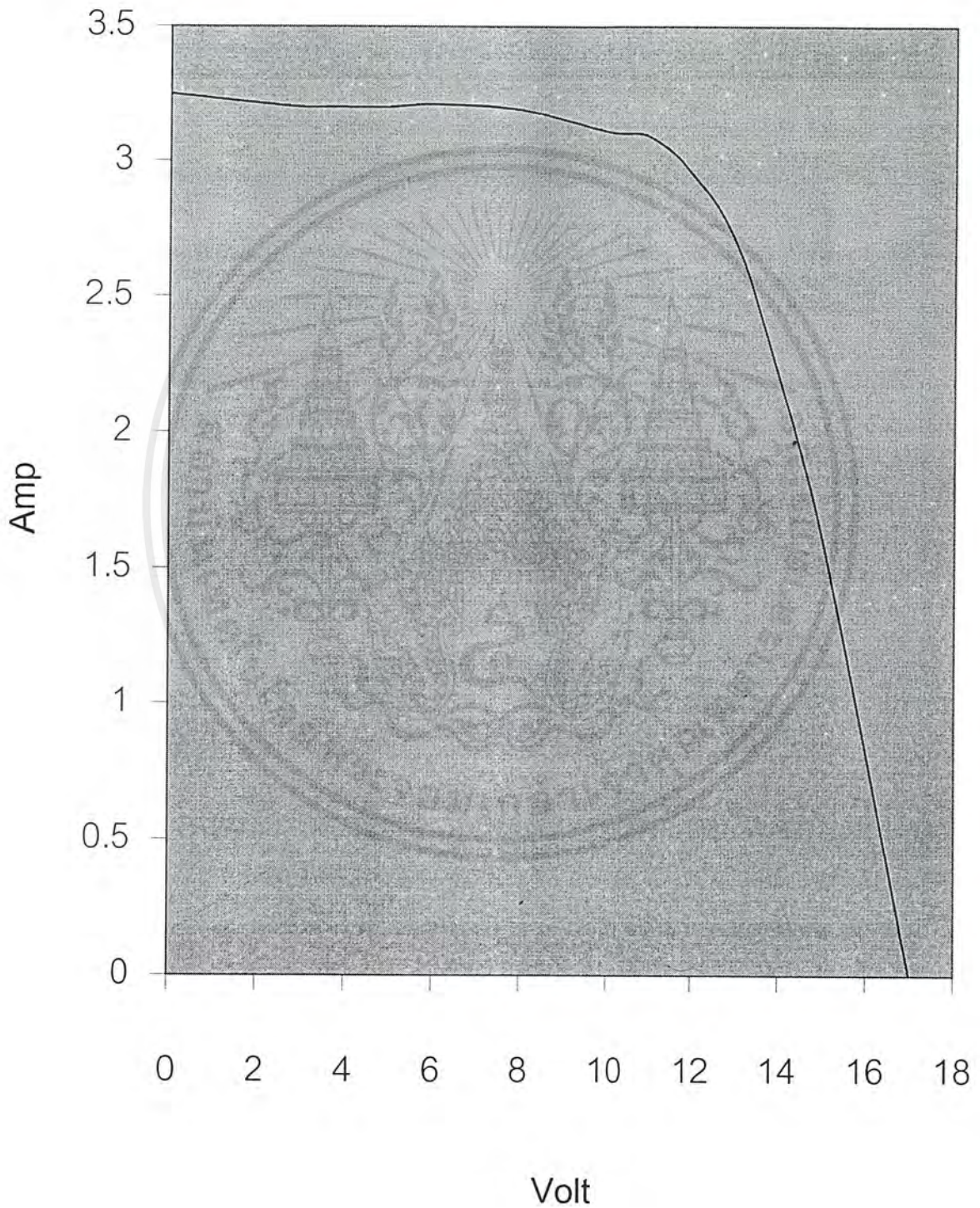
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## V-I Curve 260\*300 lux



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## V-I Curve 280\*300



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



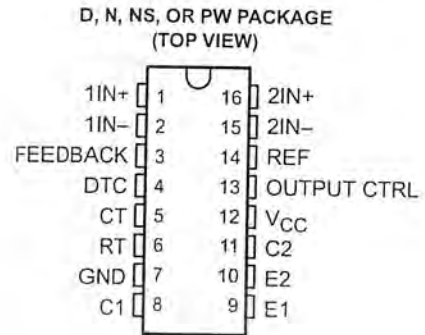
ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074B – JANUARY 1983 – REVISED JULY 1999

- Complete PWM Power Control Circuitry
- Uncommitted Outputs for 200-mA Sink or Source Current
- Output Control Selects Single-Ended or Push-Pull Operation
- Internal Circuitry Prohibits Double Pulse at Either Output
- Variable Dead Time Provides Control Over Total Range
- Internal Regulator Provides a Stable 5-V Reference Supply With 5% Tolerance
- Circuit Architecture Allows Easy Synchronization



## description

The TL494 incorporates all the functions required in the construction of a pulse-width-modulation (PWM) control circuit on a single chip. Designed primarily for power-supply control, this device offers the flexibility to tailor the power-supply control circuitry to a specific application.

The TL494 contains two error amplifiers, an on-chip adjustable oscillator, a dead-time control (DTC) comparator, a pulse-steering control flip-flop, a 5-V, 5%-precision regulator, and output-control circuits.

The error amplifiers exhibit a common-mode voltage range from  $-0.3\text{ V}$  to  $V_{CC} - 2\text{ V}$ . The dead-time control comparator has a fixed offset that provides approximately 5% dead time. The on-chip oscillator can be bypassed by terminating RT to the reference output and providing a sawtooth input to CT, or it can drive the common circuits in synchronous multiple-rail power supplies.

The uncommitted output transistors provide either common-emitter or emitter-follower output capability. The TL494 provides for push-pull or single-ended output operation, which can be selected through the output-control function. The architecture of this device prohibits the possibility of either output being pulsed twice during push-pull operation.

The TL494C is characterized for operation from  $0^{\circ}\text{C}$  to  $70^{\circ}\text{C}$ . The TL494I is characterized for operation from  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$ .

FUNCTION TABLE

INPUT TO OUTPUT CTRL	OUTPUT FUNCTION
$V_I = \text{GND}$	Single-ended or parallel output
$V_I = V_{\text{ref}}$	Normal push-pull operation



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

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

**TEXAS  
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 1999, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

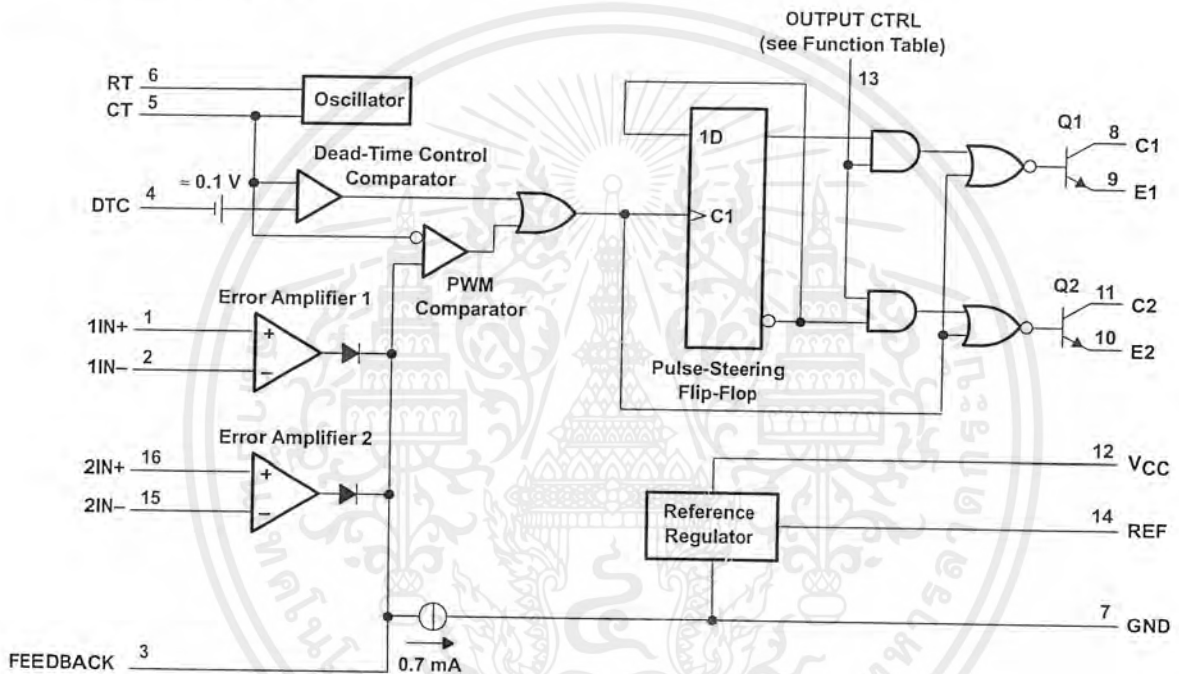
SLVS074B – JANUARY 1983 – REVISED JULY 1999

### AVAILABLE OPTIONS

T <sub>A</sub>	PACKAGED DEVICES				CHIP FORM (Y)
	SMALL OUTLINE (D)	PLASTIC DIP (N)	SMALL OUTLINE (NS)	SHRINK SMALL OUTLINE (PW)	
0°C to 70°C	TL494CD	TL494CN	TL494CNS	TL494CPW	TL494Y
-40°C to 85°C	TL494ID	TL494IN	—	—	—

The D, NS, and PW packages are available taped and reeled. Add the suffix R to device type (e.g., TL494CDR). Chip forms are tested at 25°C.

### functional block diagram



# TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074B – JANUARY 1983 – REVISED JULY 1999

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

		TL494	UNIT	
Supply voltage, $V_{CC}$ (see Note 1)		41	V	
Amplifier input voltage, $V_I$		$V_{CC}+0.3$	V	
Collector output voltage, $V_O$		41	V	
Collector output current, $I_O$		250	mA	
Package thermal impedance, $\theta_{JA}$ (see Notes 2 and 3)	D package	73	°C	
	N package	88		
	NS package	64		
	PW package	108		
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds		D, N, or PW package	260	°C
Storage temperature range, $T_{stg}$			-65 to 150	°C

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

- NOTES:
1. All voltage values, except differential voltages, are with respect to the network ground terminal.
  2. Maximum power dissipation is a function of  $T_J(\max)$ ,  $\theta_{JA}$ , and  $T_A$ . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is  $P_D = (T_J(\max) - T_A)/\theta_{JA}$ . Operating at the absolute maximum  $T_J$  of 150°C can impact reliability.
  3. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51, except for through-hole packages, which use a trace length of zero.

## recommended operating conditions

	TL494		UNIT	
	MIN	MAX		
Supply voltage, $V_{CC}$	7	40	V	
Amplifier input voltage, $V_I$	-0.3	$V_{CC}-2$	V	
Collector output voltage, $V_O$		40	V	
Collector output current (each transistor)		200	mA	
Current into feedback terminal		0.3	mA	
Oscillator frequency, $f_{osc}$	1	300	kHz	
Timing capacitor, $C_T$	0.47	10000	nF	
Timing resistor, $R_T$	1.8	500	k $\Omega$	
Operating free-air temperature, $T_A$	TL494C	0	70	°C
	TL494I	-40	85	



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TL494

## PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074B – JANUARY 1983 – REVISED JULY 1999

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range,  $V_{CC} = 15\text{ V}$ ,  $f = 10\text{ kHz}$  (unless otherwise noted)

### reference section

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	TL494C, TL494I			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	
Output voltage (REF)	$I_O = 1\text{ mA}$	4.75	5	5.25	V
Input regulation	$V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$		2	25	mV
Output regulation	$I_O = 1\text{ mA to }10\text{ mA}$		1	15	mV
Output voltage change with temperature	$\Delta T_A = \text{MIN to MAX}$		2	10	mV/V
Short-circuit output current§	REF = 0 V		25		mA

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

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

§ Duration of the short circuit should not exceed one second.

### oscillator section, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$ , $R_T = 12\text{ k}\Omega$ (see Figure 1)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	TL494, TL494I			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	
Frequency			10		kHz
Standard deviation of frequency¶	All values of $V_{CC}$ , $C_T$ , $R_T$ , and $T_A$ constant		100		Hz/kHz
Frequency change with voltage	$V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$		1		Hz/kHz
Frequency change with temperature#	$\Delta T_A = \text{MIN to MAX}$			10	Hz/kHz

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

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

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

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

# Temperature coefficient of timing capacitor and timing resistor are not taken into account.

### error-amplifier section (see Figure 2)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TL494, TL494I			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	
Input offset voltage	$V_O (\text{FEEDBACK}) = 2.5\text{ V}$		2	10	mV
Input offset current	$V_O (\text{FEEDBACK}) = 2.5\text{ V}$		25	250	nA
Input bias current	$V_O (\text{FEEDBACK}) = 2.5\text{ V}$		0.2	1	$\mu\text{A}$
Common-mode input voltage range	$V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$	-0.3 to $V_{CC}-2$			V
Open-loop voltage amplification	$\Delta V_O = 3\text{ V}$ , $R_L = 2\text{ k}\Omega$ , $V_O = 0.5\text{ V to }3.5\text{ V}$	70	95		dB
Unity-gain bandwidth	$V_O = 0.5\text{ V to }3.5\text{ V}$ , $R_L = 2\text{ k}\Omega$		800		kHz
Common-mode rejection ratio	$\Delta V_O = 40\text{ V}$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$	65	80		dB
Output sink current (FEEDBACK)	$V_{ID} = -15\text{ mV to }-5\text{ V}$ , $V (\text{FEEDBACK}) = 0.7\text{ V}$	0.3	0.7		mA
Output source current (FEEDBACK)	$V_{ID} = 15\text{ mV to }5\text{ V}$ , $V (\text{FEEDBACK}) = 3.5\text{ V}$	-2			mA

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



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074B – JANUARY 1983 – REVISED JULY 1999

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range,  $V_{CC} = 15\text{ V}$ ,  $f = 10\text{ kHz}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$  (unless otherwise noted)

## reference section

PARAMETER	TEST CONDITION†	TL494Y			UNIT
		MIN	TYP†	MAX	
Output voltage (REF)	$I_O = 1\text{ mA}$		5		V
Input regulation	$V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$		2		mV
Output regulation	$I_O = 1\text{ mA to }10\text{ mA}$		1		mV
Short-circuit output current‡	REF = 0 V		25		mA

† All typical values, except for parameter changes with temperature, are at  $T_A = 25^\circ\text{C}$ .

‡ Duration of the short circuit should not exceed one second.

## oscillator section, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$ , $R_T = 12\text{ k}\Omega$ (see Figure 1)

PARAMETER	TEST CONDITION†	TL494Y			UNIT
		MIN	TYP†	MAX	
Frequency			10		kHz
Standard deviation of frequency§	All values of $V_{CC}$ , $C_T$ , $R_T$ , and $T_A$ constant		100		Hz/kHz
Frequency change with voltage	$V_{CC} = 7\text{ V to }40\text{ V}$		1		Hz/kHz

† All typical values, except for parameter changes with temperature, are at  $T_A = 25^\circ\text{C}$ .

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

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

## error-amplifier section (see Figure 2)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TL494Y			UNIT
		MIN	TYP†	MAX	
Input offset voltage	$V_O$ (FEEDBACK) = 2.5 V		2		mV
Input offset current	$V_O$ (FEEDBACK) = 2.5 V		25		nA
Input bias current	$V_O$ (FEEDBACK) = 2.5 V		0.2		$\mu\text{A}$
Open-loop voltage amplification	$\Delta V_O = 3\text{ V}$ , $R_L = 2\text{ k}\Omega$ , $V_O = 0.5\text{ V to }3.5\text{ V}$		95		dB
Unity-gain bandwidth	$V_O = 0.5\text{ V to }3.5\text{ V}$ , $R_L = 2\text{ k}\Omega$		800		kHz
Common-mode rejection ratio	$\Delta V_O = 40\text{ V}$		80		dB
Output sink current (FEEDBACK)	$V_{ID} = -15\text{ mV to }-5\text{ V}$ , $V$ (FEEDBACK) = 0.7 V		0.7		mA

† All typical values, except for parameter changes with temperature, are at  $T_A = 25^\circ\text{C}$ .



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TL494

## PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLVS074B – JANUARY 1983 – REVISED JULY 1999

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range,  $V_{CC} = 15\text{ V}$ ,  $f = 10\text{ kHz}$  (unless otherwise noted)

output section.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TL494, TL494Y			UNIT
		MIN	TYP†	MAX	
Collector off-state current	$V_{CE} = 40\text{ V}$ , $V_{CC} = 40\text{ V}$		2	100	$\mu\text{A}$
Emitter off-state current	$V_{CC} = V_C = 40\text{ V}$ , $V_E = 0$			-100	$\mu\text{A}$
Collector-emitter saturation voltage	Common emitter $V_E = 0$ , $I_C = 200\text{ mA}$		1.1	1.3	V
	Emitter follower $V_{O(C1\text{ or }C2)} = 15\text{ V}$ , $I_E = -200\text{ mA}$		1.5	2.5	
Output control input current	$V_I = V_{ref}$			3.5	mA

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

dead-time control section (see Figure 1)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TL494, TL494Y			UNIT
		MIN	TYP†	MAX	
Input bias current (DEAD-TIME CTRL)	$V_I = 0$ to $5.25\text{ V}$		-2	-10	$\mu\text{A}$
Maximum duty cycle, each output	$V_I$ (DEAD-TIME CTRL) = 0, $C_T = 0.1\ \mu\text{F}$ , $R_T = 12\text{ k}\Omega$		45%		
Input threshold voltage (DEAD-TIME CTRL)	Zero duty cycle		3	3.3	V
	Maximum duty cycle		0		

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

PWM comparator section (see Figure 1)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TL494, TL494Y			UNIT
		MIN	TYP†	MAX	
Input threshold voltage (FEEDBACK)	Zero duty cycle		4	4.5	V
Input sink current (FEEDBACK)	$V$ (FEEDBACK) = $0.7\text{ V}$	0.3	0.7		mA

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

total device

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TL494, TL494Y			UNIT
		MIN	TYP†	MAX	
Standby supply current	$R_T = V_{ref}$ , All other inputs and outputs open	$V_{CC} = 15\text{ V}$	6	10	mA
		$V_{CC} = 40\text{ V}$	9	15	
Average supply current	$V_I$ (DEAD-TIME CTRL) = $2\text{ V}$ , See Figure 1		7.5		mA

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

switching characteristics,  $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TL494, TL494Y			UNIT
		MIN	TYP†	MAX	
Rise time	Common-emitter configuration, See Figure 3		100	200	ns
Fall time			25	100	
Rise time	Emitter-follower configuration, See Figure 4		100	200	ns
Fall time			40	100	

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



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

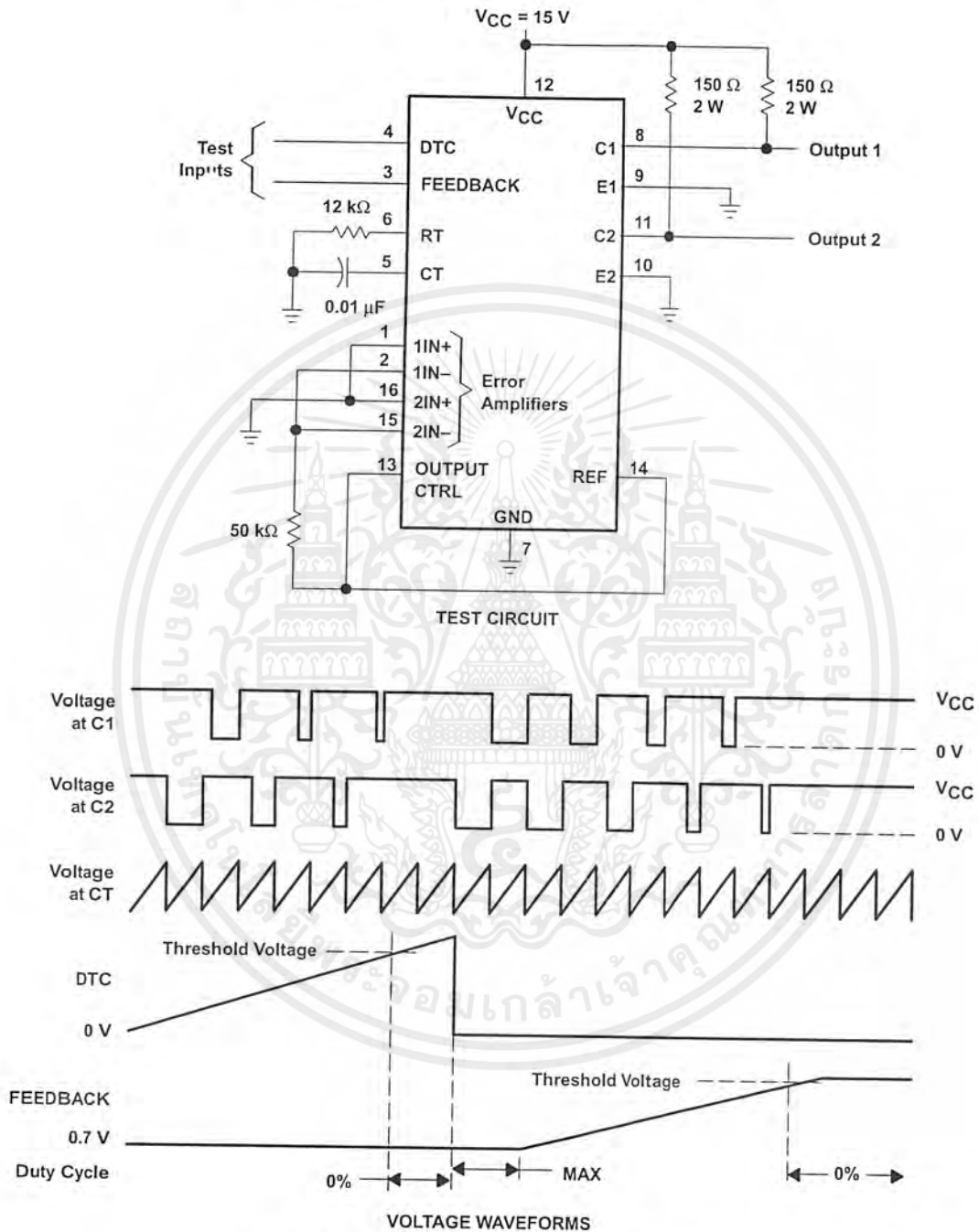


Figure 1. Operational Test Circuit and Waveforms

**TL494**  
**PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS**

SLVS074B – JANUARY 1983 – REVISED JULY 1999

**PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION**

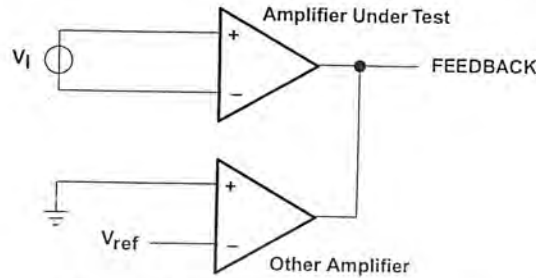
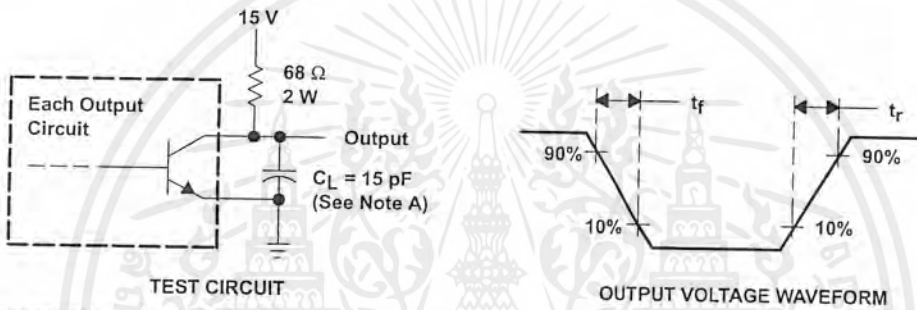
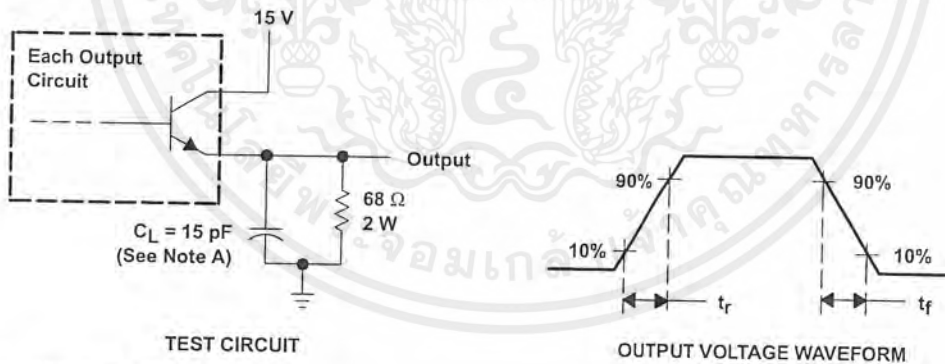


Figure 2. Amplifier Characteristics



NOTE A:  $C_L$  includes probe and jig capacitance.

Figure 3. Common-Emitter Configuration



NOTE A:  $C_L$  includes probe and jig capacitance.

Figure 4. Emitter-Follower Configuration



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS

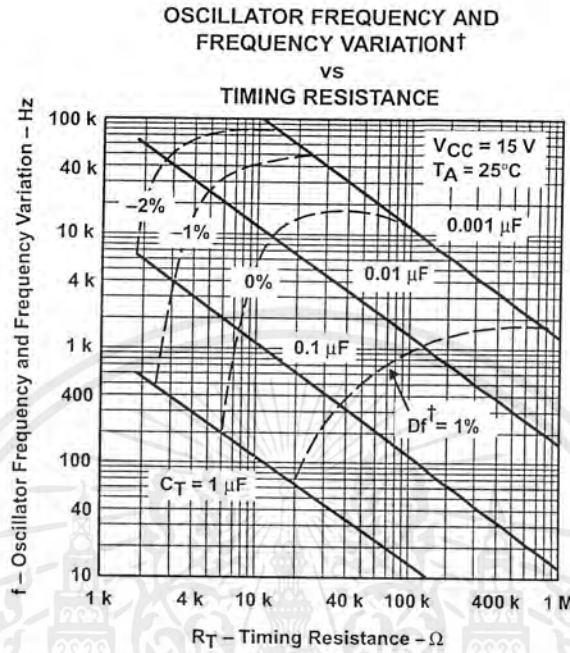


Figure 5

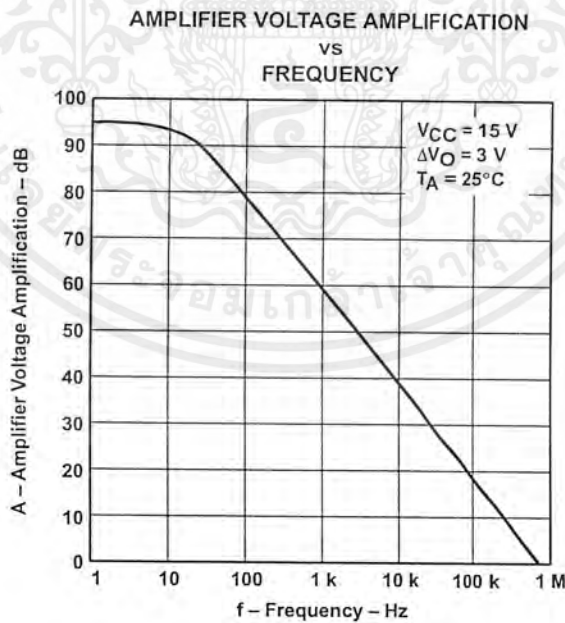


Figure 6



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

## IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

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

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

Copyright © 1999, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**15A, 400V - 600V Ultrafast Diodes**

The MUR1540, MUR1560, RURP1540, and RURP1560 are ultrafast diodes ( $t_{rr} < 55ns$ ) with soft recovery characteristics. They have a low forward voltage drop and are of planar, silicon nitride passivated, ion-implanted, epitaxial construction.

These devices are intended for use as energy steering/clamping diodes and rectifiers in a variety of switching power supplies and other power switching applications. Their low stored charge and ultrafast recovery with soft recovery characteristics minimizes ringing and electrical noise in many power switching circuits, thus reducing power loss in the switching transistor.

Formerly developmental type TA09905.

**Ordering Information**

PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
MUR1540	TO-220AC	MUR1540
RURP1540	TO-220AC	RURP1540
MUR1560	TO-220AC	MUR1560
RURP1560	TO-220AC	RURP1560

NOTE: When ordering, use the entire part number

**Symbol**



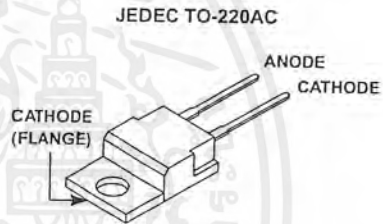
**Features**

- Ultrafast with Soft Recovery . . . . . <55ns
- Operating Temperature . . . . . 175°C
- Reverse Voltage Up to . . . . . 600V
- Avalanche Energy Rated
- Planar Construction

**Applications**

- Switching Power Supply
- Power Switching Circuits
- General Purpose

**Packaging**



**Absolute Maximum Ratings**  $T_C = 25^\circ C$ , Unless Otherwise Specified

	MUR1540 RURP1540	MUR1560 RURP1560	UNITS
Peak Repetitive Reverse Voltage . . . . . $V_{RRM}$	400	600	V
Working Peak Reverse Voltage . . . . . $V_{RWM}$	400	600	V
DC Blocking Voltage . . . . . $V_R$	400	600	V
Average Rectified Forward Current . . . . . $I_{F(AV)}$ ( $T_C = 145^\circ C$ )	15	15	A
Repetitive Peak Surge Current . . . . . $I_{FRM}$ (Square Wave 20kHz)	30	30	A
Nonrepetitive Peak Surge Current . . . . . $I_{FSM}$ (Halfwave 1 Phase 60Hz)	200	200	A
Maximum Power Dissipation . . . . . $P_D$	100	100	W
Avalanche Energy (See Figures 7 and 8) . . . . . $E_{AVL}$	20	20	mJ
Operating and Storage Temperature . . . . . $T_{STG}, T_J$	-55 to 175	-55 to 175	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## MUR1540, MUR1560, RURP1540, RURP1560

### Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$ , Unless Otherwise Specified

SYMBOL	TEST CONDITION	MUR1540, RURP1540			MUR1560, RURP1560			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$V_F$	$I_F = 15\text{A}$	-	-	1.25	-	-	1.5	V
	$I_F = 15\text{A}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	1.12	-	-	1.2	V
$I_R$	$V_R = 400\text{V}$	-	-	100	-	-	-	$\mu\text{A}$
	$V_R = 600\text{V}$	-	-	-	-	-	100	$\mu\text{A}$
	$V_R = 400\text{V}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	500	-	-	-	$\mu\text{A}$
	$V_R = 600\text{V}, T_C = 150^\circ\text{C}$	-	-	-	-	-	500	$\mu\text{A}$
$t_{rr}$	$I_F = 1\text{A}, di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	-	55	-	-	55	ns
	$I_F = 15\text{A}, di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	-	60	-	-	60	ns
$t_a$	$I_F = 15\text{A}, di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	30	-	-	30	-	ns
$t_b$	$I_F = 15\text{A}, di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	-	17	-	-	20	-	ns
$R_{\theta JC}$		-	-	1.5	-	-	1.5	$^\circ\text{C}/\text{W}$

#### DEFINITIONS

$V_F$  = Instantaneous forward voltage ( $pw = 300\mu\text{s}$ ,  $D = 2\%$ ).

$I_R$  = Instantaneous reverse current.

$t_{rr}$  = Reverse recovery time at  $di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$  (See Figure 6), summation of  $t_a + t_b$ .

$t_a$  = Time to reach peak reverse current at  $di_F/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$  (See Figure 6).

$t_b$  = Time from peak  $I_{RM}$  to projected zero crossing of  $I_{RM}$  based on a straight line from peak  $I_{RM}$  through 25% of  $I_{RM}$  (See Figure 6).

$R_{\theta JC}$  = Thermal resistance junction to case.

$pw$  = pulse width.

$D$  = duty cycle.

### Typical Performance Curves

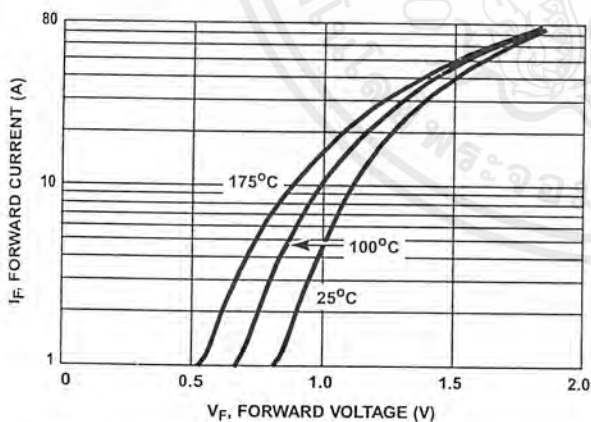


FIGURE 1. FORWARD CURRENT vs FORWARD VOLTAGE

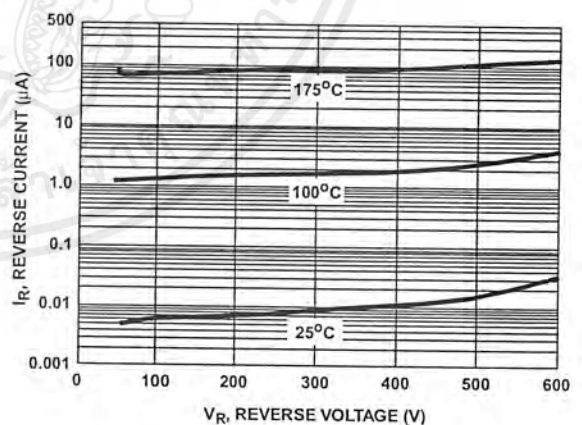


FIGURE 2. REVERSE CURRENT vs REVERSE VOLTAGE

Typical Performance Curves (Continued)

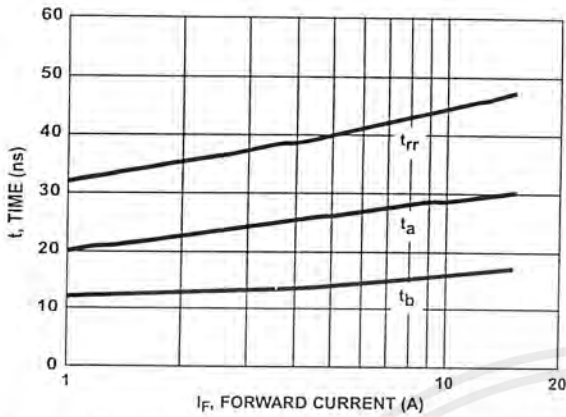


FIGURE 3.  $t_{rr}$ ,  $t_a$  AND  $t_b$  CURVES vs FORWARD CURRENT

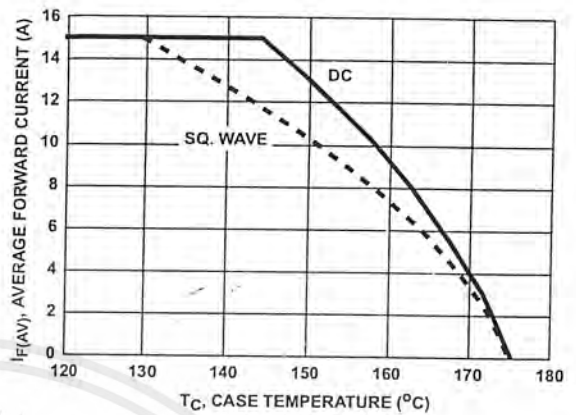


FIGURE 4. CURRENT DERATING CURVE

Test Circuits and Waveforms

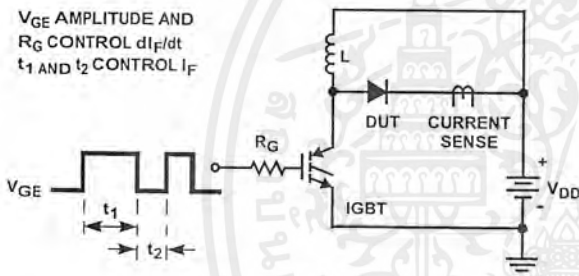


FIGURE 5.  $t_{rr}$  TEST CIRCUIT

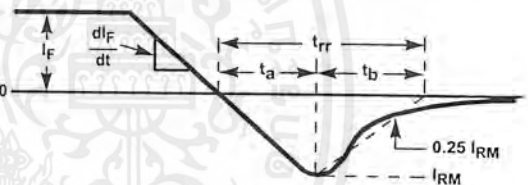


FIGURE 6.  $t_{rr}$  WAVEFORMS AND DEFINITIONS

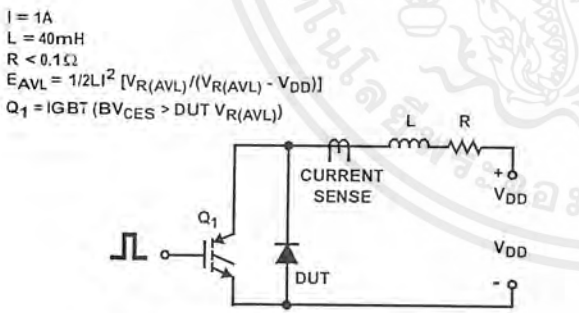


FIGURE 7. AVALANCHE ENERGY TEST CIRCUIT

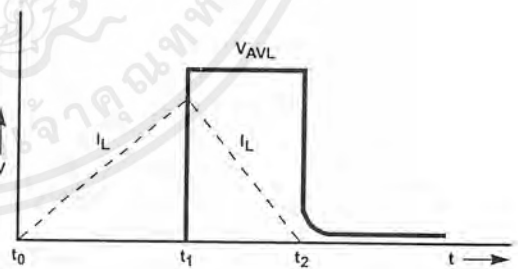


FIGURE 8. AVALANCHE CURRENT AND VOLTAGE WAVEFORMS

All Intersil semiconductor products are manufactured, assembled and tested under ISO9000 quality systems certification.

*Intersil semiconductor products are sold by description only. Intersil Corporation reserves the right to make changes in circuit design and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Intersil is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Intersil or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Intersil or its subsidiaries.*

For information regarding Intersil Corporation and its products, see web site [www.intersil.com](http://www.intersil.com)

**20A, 500V, 0.270 Ohm, N-Channel Power MOSFET**

This N-Channel enhancement mode silicon gate power field effect transistor is an advanced power MOSFET designed, tested, and guaranteed to withstand a specified level of energy in the breakdown avalanche mode of operation. All of these power MOSFETs are designed for applications such as switching regulators, switching converters, motor drivers, relay drivers, and drivers for high power bipolar switching transistors requiring high speed and low gate drive power. These types can be operated directly from integrated circuits.

Formerly developmental type TA17465.

**Ordering Information**

PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
IRFP460	TO-247	IRFP460

NOTE: When ordering, use the entire part number.

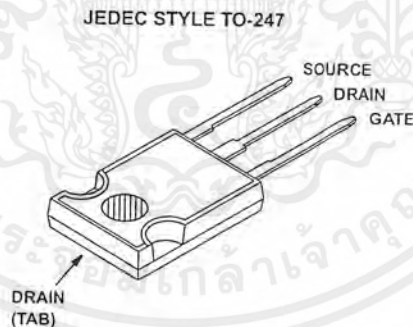
**Features**

- 20A, 500V
- $r_{DS(ON)} = 0.270\Omega$
- Single Pulse Avalanche Energy Rated
- SOA is Power Dissipation Limited
- Nanosecond Switching Speeds
- Linear Transfer Characteristics
- High Input Impedance
- Related Literature
  - TB334 "Guidelines for Soldering Surface Mount Components to PC Boards"

**Symbol**



**Packaging**



## IRFP460

### Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ\text{C}$ , Unless Otherwise Specified

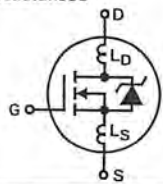
	IRFP460	UNITS	
Drain to Source Voltage (Note 1) .....	$V_{DS}$	500	V
Drain to Gate Voltage ( $R_{GS} = 20\text{k}\Omega$ ) (Note 1) .....	$V_{DGR}$	500	V
Continuous Drain Current .....	$I_D$	20	A
$T_C = 100^\circ\text{C}$ .....	$I_D$	12	A
Pulsed Drain Current (Note 3) .....	$I_{DM}$	80	A
Gate to Source Voltage .....	$V_{GS}$	$\pm 20$	V
Maximum Power Dissipation .....	$P_D$	250	W
Linear Derating Factor .....		2.0	W/ $^\circ\text{C}$
Single Pulse Avalanche Energy Rating (Note 4) .....	$E_{AS}$	960	mJ
Operating and Storage Temperature .....	$T_J, T_{STG}$	-55 to 150	$^\circ\text{C}$
Maximum Temperature for Soldering			
Leads at 0.063in (1.6mm) from Case for 10s .....	$T_L$	300	$^\circ\text{C}$
Package Body for 10s, See Techbrief 334 .....	$T_{pkg}$	260	$^\circ\text{C}$

**CAUTION:** Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

**NOTE:**

1.  $T_J = 25^\circ\text{C}$  to  $T_J = 125^\circ\text{C}$ .

### Electrical Specifications $T_C = 25^\circ\text{C}$ , Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage	$BV_{DSS}$	$I_D = 250\mu\text{A}, V_{GS} = 0\text{V}$ (Figure 10)	500	-	-	V
Gate Threshold Voltage	$V_{GS(TH)}$	$V_{GS} = V_{DS}, I_D = 250\mu\text{A}$	2	-	4	V
Zero Gate Voltage Drain Current	$I_{DSS}$	$V_{DS} = \text{Rated } BV_{DSS}, V_{GS} = 0\text{V}$	-	-	25	$\mu\text{A}$
		$V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}, V_{GS} = 0\text{V}, T_J = 125^\circ\text{C}$	-	-	250	$\mu\text{A}$
On-State Drain Current (Note 2)	$I_{D(ON)}$	$V_{DS} > I_{D(ON)} \times r_{DS(ON)MAX}, V_{GS} = 10\text{V}$	20	-	-	A
Gate to Source Leakage Current	$I_{GSS}$	$V_{GS} = \pm 20\text{V}$	-	-	$\pm 100$	nA
Drain to Source On Resistance (Note 2)	$r_{DS(ON)}$	$I_D = 11\text{A}, V_{GS} = 10\text{V}$ (Figures 8, 9)	-	0.24	0.27	$\Omega$
Forward Transconductance (Note 2)	$g_{fs}$	$V_{DS} \geq 50\text{V}, I_{DS} > 11\text{A}$ (Figure 12)	13	19	-	S
Turn-On Delay Time	$t_{d(ON)}$	$V_{DD} = 250\text{V}, I_D = 21\text{A}, R_{GS} = 4.3\Omega, R_D = 12\Omega,$ $V_{GS} = 10\text{V}$ MOSFET Switching Times are Essentially Independent of Operating Temperature	-	23	35	ns
Rise Time	$t_r$		-	81	120	ns
Turn-Off Delay Time	$t_{d(OFF)}$		-	85	130	ns
Fall Time	$t_f$		-	65	98	ns
Total Gate Charge (Gate to Source + Gate-Drain)	$Q_{g(TOT)}$	$V_{GS} = 10\text{V}, I_D = 21\text{A}, V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS},$ $I_{G(REF)} = 1.5\text{mA}$ (Figure 14). Gate Charge is Essentially Independent of Operating Temperature	-	120	190	nC
Gate to Source Charge	$Q_{gs}$		-	18	-	nC
Gate to Drain "Miller" Charge	$Q_{gd}$		-	62	-	nC
Input Capacitance	$C_{ISS}$	$V_{DS} = 25\text{V}, V_{GS} = 0\text{V}, f = 1\text{MHz}$ (Figure 10)	-	4100	-	pF
Output Capacitance	$C_{OSS}$		-	480	-	pF
Reverse Transfer Capacitance	$C_{RSS}$		-	84	-	pF
Internal Drain Inductance	$L_D$	Measured from the Drain Lead, 6mm (0.25in) from Package to Center of Die	-	5.0	-	nH
Internal Source Inductance	$L_S$	Measured from the Source Lead, 6mm (0.25in) from Header to Source Bonding Pad	-	13	-	nH
		Modified MOSFET Symbol Showing the Internal Device Inductances 				
Thermal Resistance Junction to Case	$R_{\theta JC}$		-	-	0.50	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	Free Air Operation	-	-	30	$^\circ\text{C/W}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# IRFP460

## Source to Drain Diode Specifications

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Continuous Source to Drain Current	$I_{SD}$	Modified MOSFET Symbol Showing the Integral Reverse P-N Junction Rectifier	-	-	20	A
Pulse Source to Drain Current (Note 3)	$I_{SDM}$		-	-	80	A
Source to Drain Diode Voltage (Note 2)	$V_{SD}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$ , $I_{SD} = 21\text{A}$ , $V_{GS} = 0\text{V}$ (Figure 13)	-	-	1.8	V
Reverse Recovery Time	$t_{rr}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$ , $I_{SD} = 21\text{A}$ , $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	280	580	1200	ns
Reverse Recovery Charge	$Q_{RR}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$ , $I_{SD} = 21\text{A}$ , $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	3.8	8.1	18	$\mu\text{C}$

**NOTES:**

2. Pulse test: pulse width  $\leq 300\mu\text{s}$ , duty cycle  $\leq 2\%$ .
3. Repetitive rating: pulse width limited by Max junction temperature. See Transient Thermal Impedance curve (Figure 3).
4.  $V_{DD} = 50\text{V}$ , starting  $T_J = 25^\circ\text{C}$ ,  $L = 4.3\text{mH}$ ,  $R_{GS} = 25\Omega$ , Peak  $I_{AS} = 20\text{A}$ .

## Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified

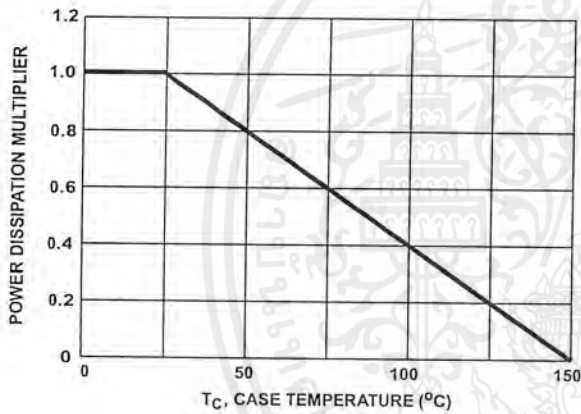


FIGURE 1. NORMALIZED POWER DISSIPATION vs CASE TEMPERATURE

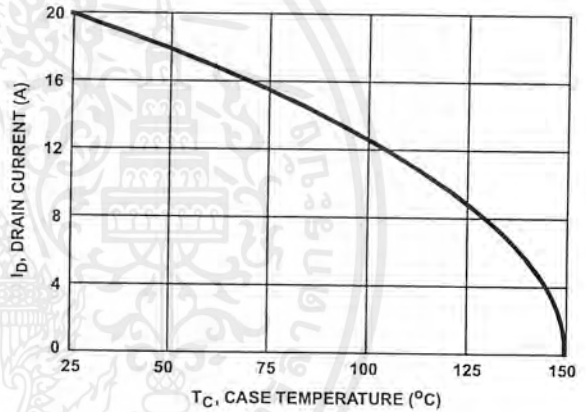


FIGURE 2. MAXIMUM CONTINUOUS DRAIN CURRENT vs CASE TEMPERATURE

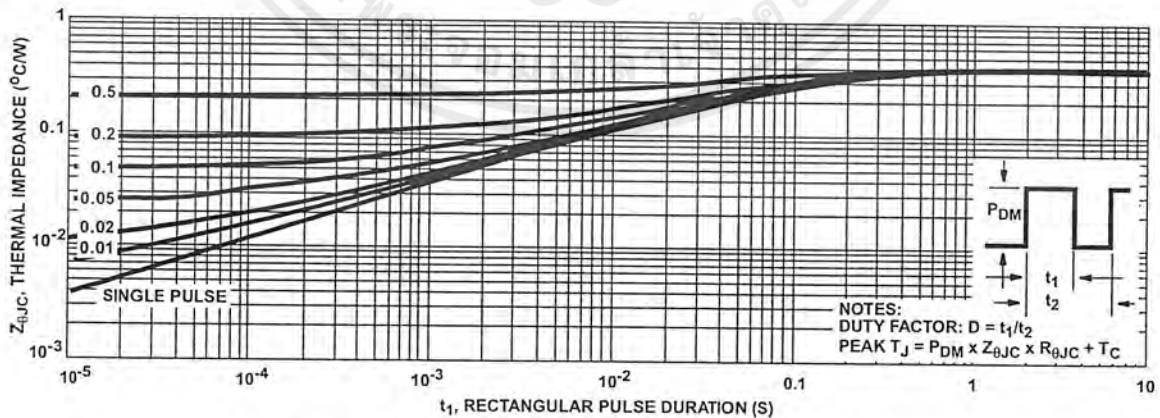


FIGURE 3. MAXIMUM TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

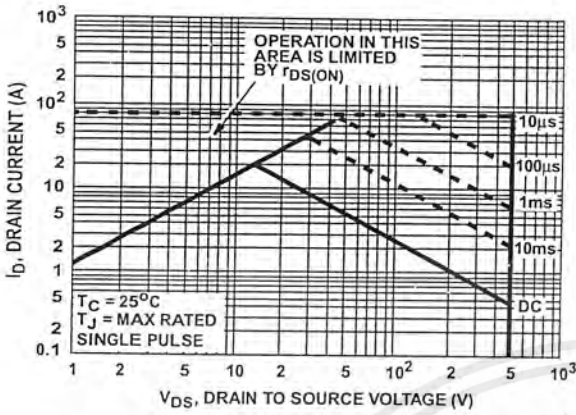


FIGURE 4. FORWARD BIAS SAFE OPERATING AREA

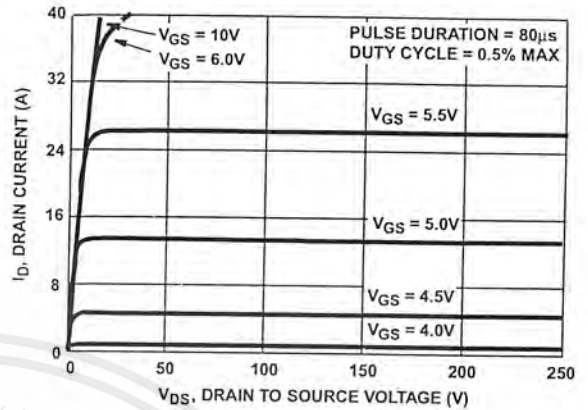


FIGURE 5. OUTPUT CHARACTERISTICS

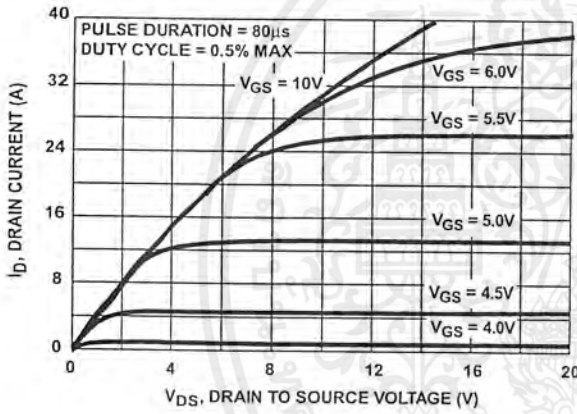


FIGURE 6. SATURATION CHARACTERISTICS

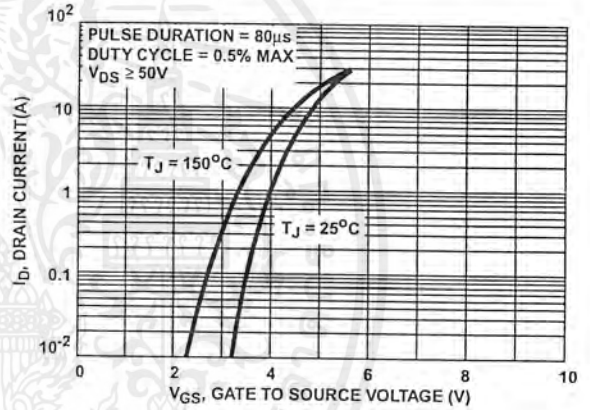


FIGURE 7. TRANSFER CHARACTERISTICS

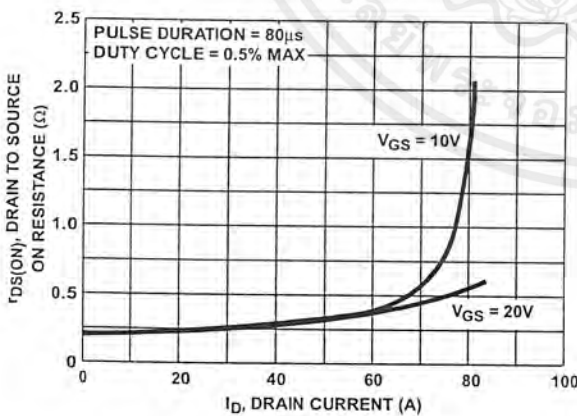


FIGURE 8. DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs GATE VOLTAGE AND DRAIN CURRENT

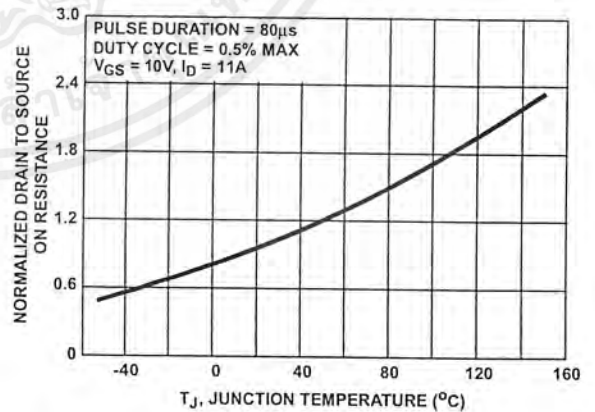


FIGURE 9. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs JUNCTION TEMPERATURE

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

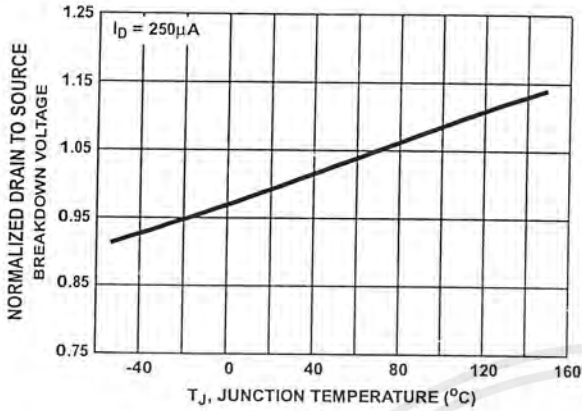


FIGURE 10. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE BREAKDOWN VOLTAGE vs JUNCTION TEMPERATURE

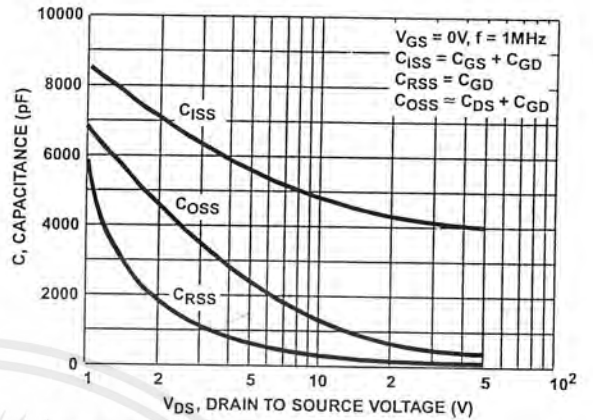


FIGURE 11. CAPACITANCE vs DRAIN TO SOURCE VOLTAGE

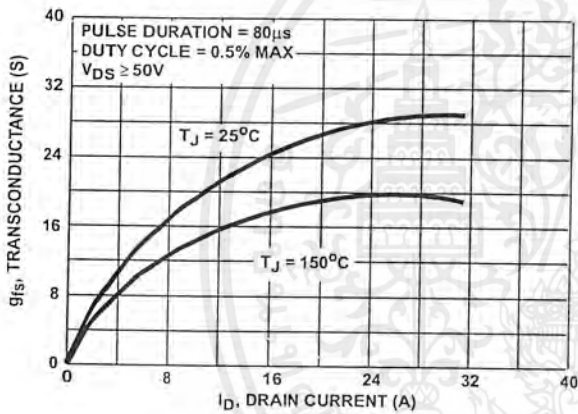


FIGURE 12. TRANSCONDUCTANCE vs DRAIN CURRENT

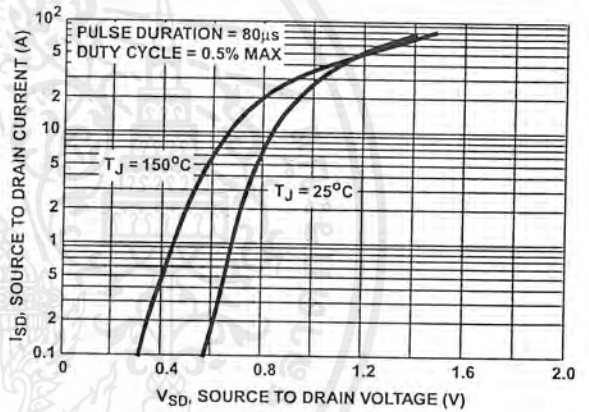


FIGURE 13. SOURCE TO DRAIN DIODE VOLTAGE

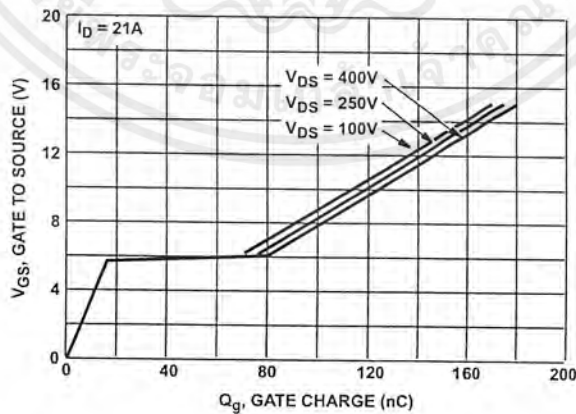


FIGURE 14. GATE TO SOURCE VOLTAGE vs GATE CHARGE

Test Circuits and Waveforms

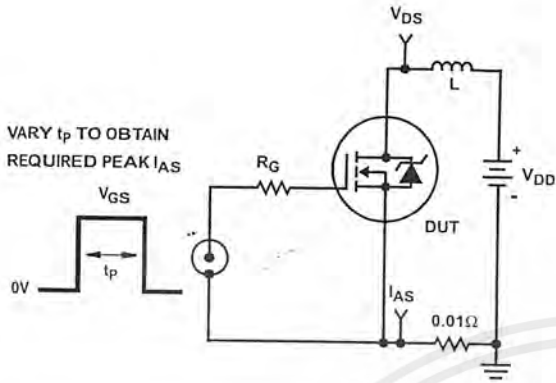


FIGURE 15. UNCLAMPED ENERGY TEST CIRCUIT

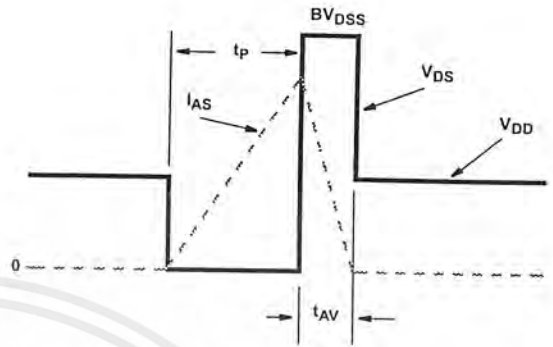


FIGURE 16. UNCLAMPED ENERGY WAVEFORMS

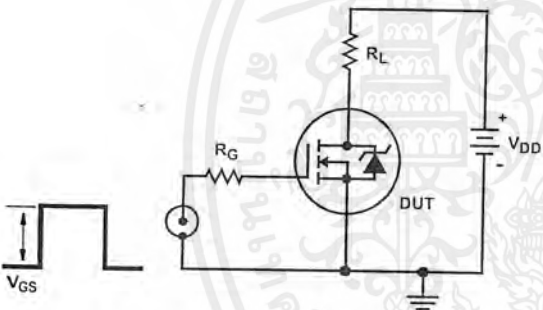


FIGURE 17. SWITCHING TIME TEST CIRCUIT

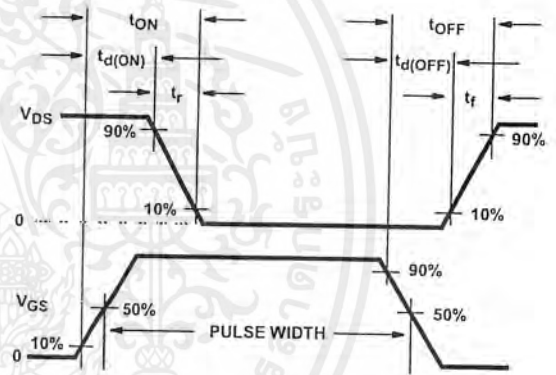


FIGURE 18. RESISTIVE SWITCHING WAVEFORMS

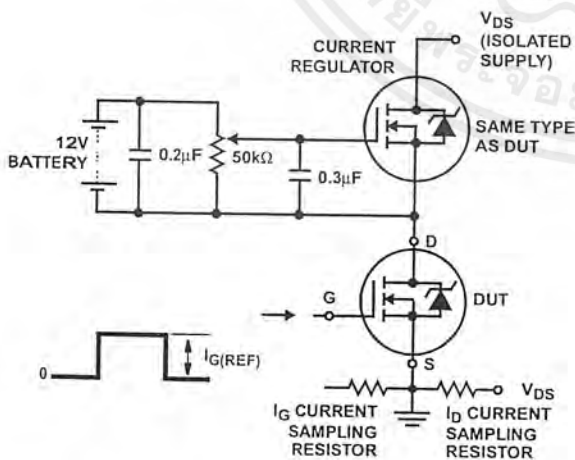


FIGURE 19. GATE CHARGE TEST CIRCUIT

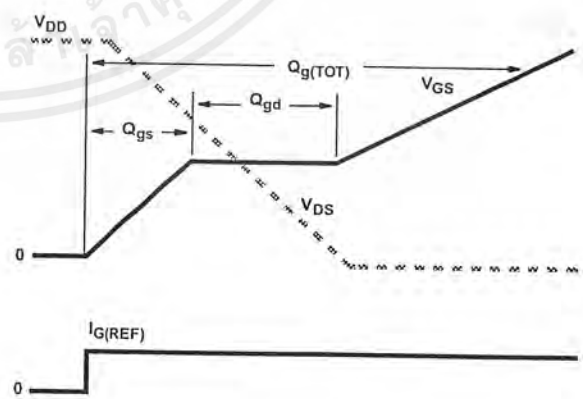


FIGURE 20. GATE CHARGE WAVEFORMS



All Intersil semiconductor products are manufactured, assembled and tested under ISO9000 quality systems certification.

*Intersil semiconductor products are sold by description only. Intersil Corporation reserves the right to make changes in circuit design and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Intersil is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Intersil or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Intersil or its subsidiaries.*

For information regarding Intersil Corporation and its products, see web site <http://www.intersil.com>

### Sales Office Headquarters

#### NORTH AMERICA

Intersil Corporation  
P. O. Box 883, Mail Stop 53-204  
Melbourne, FL 32902  
TEL: (407) 724-7000  
FAX: (407) 724-7240

#### EUROPE

Intersil SA  
Mercure Center  
100, Rue de la Fusee  
1130 Brussels, Belgium  
TEL: (32) 2.724.2111  
FAX: (32) 2.724.22.05

#### ASIA

Intersil (Taiwan) Ltd.  
7F-6, No. 101 Fu Hsing North Road  
Taipei, Taiwan  
Republic of China  
TEL: (886) 2 2716 9310  
FAX: (886) 2 2715 3029

TOSHIBA CMOS DIGITAL INTEGRATED CIRCUIT SILICON MONOLITHIC

**TC4049BP, TC4049BF, TC4049BFN**  
**TC4050BP, TC4050BF, TC4050BFN**

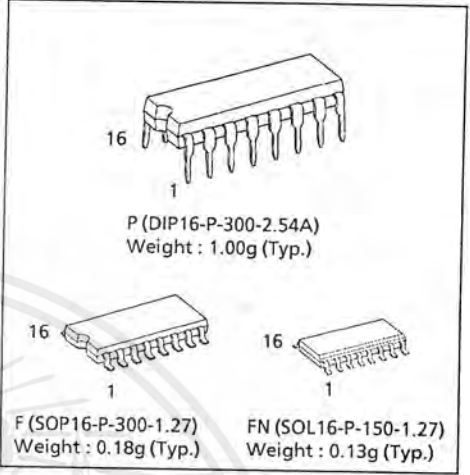
**TC4049B HEX BUFFER / CONVERTER ( Inverting Type )**  
**TC4050B HEX BUFFER / CONVERTER ( Non - Inverting Type )**

(Note) The JEDEC SOP (FN) is not available in Japan.

TC4049B, TC4050B contain six circuits of buffers. TC4049B is inverter type and TC4050B is non-inverter type.

Since one TTL or DTL can be directly driven having large output current, these are useful for interfacing from CMOS to TTL or DTL. As voltage up to  $V_{SS}+18$  volts can be applied to the input regardless of  $V_{DD}$ , these can be also used as the level converter IC's which converts CMOS logical circuits of 15 volts or 10 volts system to CMOS/TTL logical circuits of 5 volts system.

Ideal switching characteristic has been obtained by the circuit diagram of three stage inverters for TC4049B and two stage inverters for TC4050B.

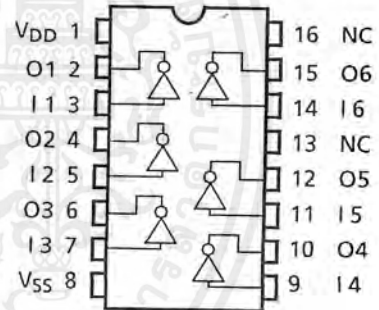


**MAXIMUM RATINGS**

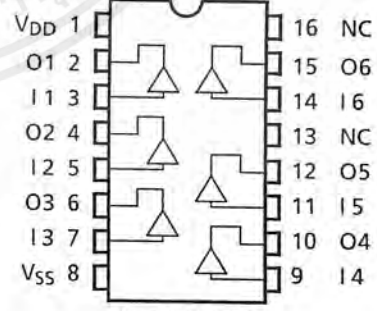
CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
DC Supply Voltage	$V_{DD}$	$V_{SS} - 0.5 \sim V_{SS} + 20$	V
Input Voltage	$V_{IN}$	$V_{SS} - 0.5 \sim V_{SS} + 20$	V
Output Voltage	$V_{OUT}$	$V_{SS} - 0.5 \sim V_{DD} + 0.5$	V
DC Input Current	$I_{IN}$	$\pm 10$	mA
Power Dissipation	$P_D$	300 (DIP) / 180 (SOIC)	mW
Operating Temperature Range	$T_{opr}$	$-40 \sim 85$	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	$-65 \sim 150$	$^{\circ}C$

**PIN ASSIGNMENT**

TC4049B

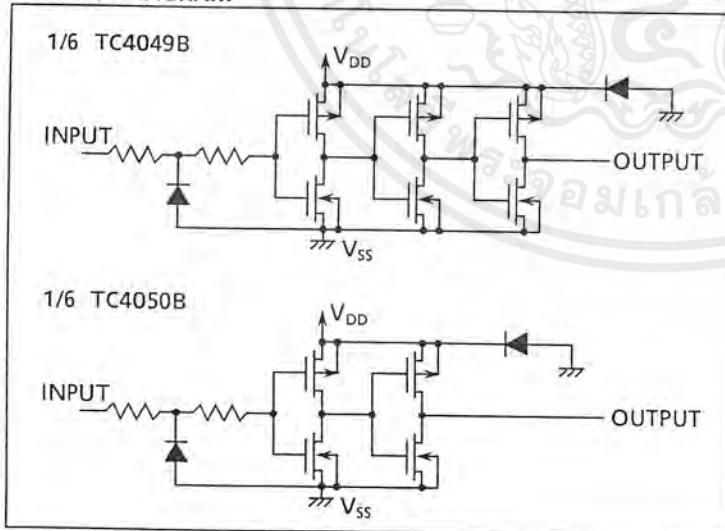


TC4050B



(TOP VIEW)

**CIRCUIT DIAGRAM**



● TOSHIBA is continually working to improve the quality and the reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to observe standards of safety, and to avoid situations in which a malfunction or failure of a TOSHIBA product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property. In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook.

961001EBA2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS (V<sub>SS</sub> = 0V)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
DC Supply Voltage	V <sub>DD</sub>		3	—	18	V
Input Voltage	V <sub>IN</sub>		0	—	18	V

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V<sub>SS</sub> = 0V)

CHARACTERISTIC	SYM-BOL	TEST CONDITION	V <sub>DD</sub> (V)	-40°C		25°C			85°C		UNIT	
				MIN.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	MAX.		
High-Level Output Voltage	V <sub>OH</sub>	I <sub>OUT</sub>   < 1μA V <sub>IN</sub> = V <sub>SS</sub> , V <sub>DD</sub>	5	4.95	—	4.95	5.00	—	4.95	—	V	
			10	9.95	—	9.95	10.00	—	9.95	—		
			15	14.95	—	14.95	15.00	—	14.95	—		
Low-Level Output Voltage	V <sub>OL</sub>	I <sub>OUT</sub>   < 1μA V <sub>IN</sub> = V <sub>SS</sub> , V <sub>DD</sub>	5	—	0.05	—	0.00	0.05	—	0.05	V	
			10	—	0.05	—	0.00	0.05	—	0.05		
			15	—	0.05	—	0.00	0.05	—	0.05		
Output High Current	I <sub>OH</sub>	V <sub>OH</sub> = 4.6V V <sub>OH</sub> = 2.5V V <sub>OH</sub> = 9.5V V <sub>OH</sub> = 13.5V V <sub>IN</sub> = V <sub>SS</sub> , V <sub>DD</sub>	5	-0.73	—	-0.65	-1.2	—	-0.58	—	mA	
			5	-2.40	—	-2.10	-3.9	—	-1.90	—		
			10	-1.80	—	-1.65	-2.5	—	-1.35	—		
			15	-4.80	—	-4.30	-8.0	—	-3.50	—		
			15	—	—	—	—	—	—	—		
Output Low Current	I <sub>OL</sub>	V <sub>OL</sub> = 0.4V V <sub>OL</sub> = 0.5V V <sub>OL</sub> = 1.5V V <sub>IN</sub> = V <sub>SS</sub> , V <sub>DD</sub>	5	3.8	—	3.2	6.4	—	2.9	—	mA	
			10	9.6	—	8.0	16.0	—	6.6	—		
			15	28.0	—	24.0	48.0	—	20.0	—		
			15	—	—	—	—	—	—	—		
Input High Voltage	V <sub>IH</sub>	V <sub>OUT</sub> = 0.5V, 4.5V V <sub>OUT</sub> = 1.0V, 9.0V V <sub>OUT</sub> = 1.5V, 13.5V  I <sub>OUT</sub>   < 1μA	5	3.5	—	3.5	2.75	—	3.5	—	V	
			10	7.0	—	7.0	5.50	—	7.0	—		
			15	11.0	—	11.0	8.25	—	11.0	—		
			15	—	—	—	—	—	—	—		
Input Low Voltage	V <sub>IL</sub>	V <sub>OUT</sub> = 0.5V, 4.5V V <sub>OUT</sub> = 1.0V, 9.0V V <sub>OUT</sub> = 1.5V, 13.5V  I <sub>OUT</sub>   < 1μA	5	—	1.5	—	2.25	1.5	—	1.5	V	
			10	—	3.0	—	4.50	3.0	—	3.0		
			15	—	4.0	—	6.75	4.0	—	4.0		
			15	—	—	—	—	—	—	—		
Input Current	"H" Level	I <sub>IH</sub>	V <sub>IH</sub> = 18V	18	—	0.1	—	10 <sup>-5</sup>	0.1	—	1.0	μA
	"L" Level	I <sub>IL</sub>	V <sub>IL</sub> = 0V	18	—	-0.1	—	-10 <sup>-5</sup>	-0.1	—	-1.0	
Quiescent Supply Current	I <sub>DD</sub>	V <sub>IN</sub> = V <sub>SS</sub> , V <sub>DD</sub> *	5	—	1	—	0.002	1	—	30	μA	
			10	—	2	—	0.004	2	—	60		
			15	—	4	—	0.008	4	—	120		

\* All valid input combinations.

961001EBA2

- The products described in this document are subject to foreign exchange and foreign trade control laws.
- The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.
- The information contained herein is subject to change without notice.

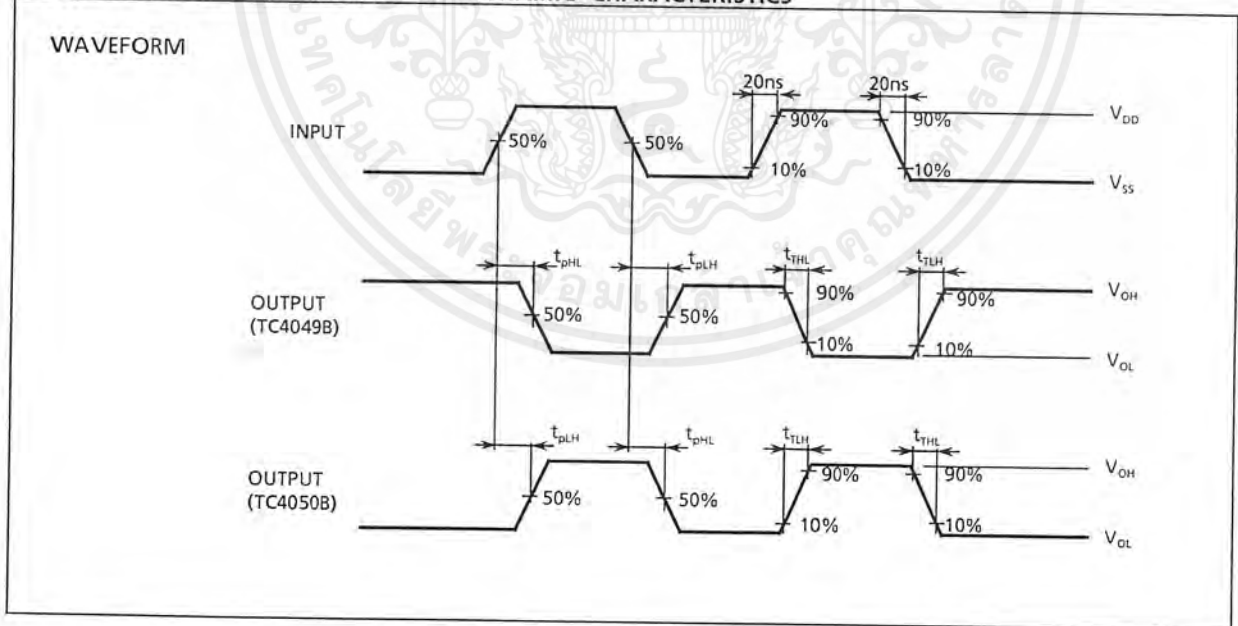
1998-02-04 2/5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C, Vss = 0V, CL = 50pF)

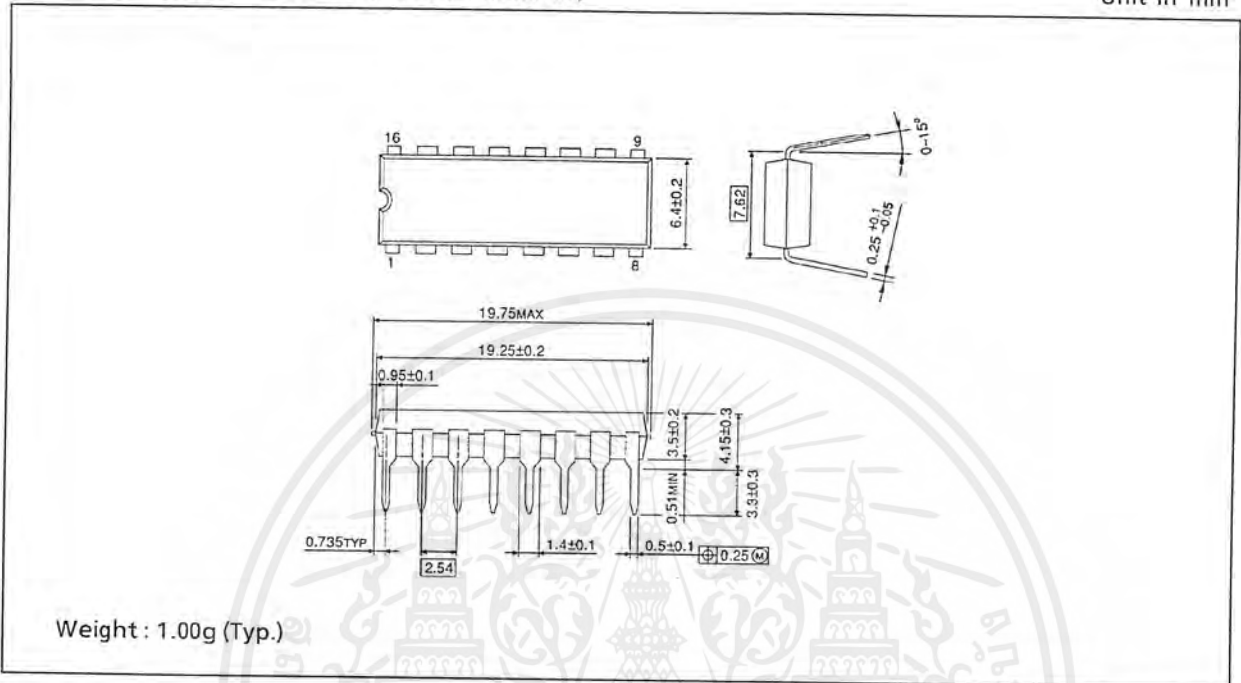
CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	V <sub>DD</sub> (V)	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Output Transition Time (Low to High)	t <sub>TLH</sub>		5	—	60	160	ns
			10	—	30	80	
			15	—	25	60	
Output Transition Time (High to Low)	t <sub>THL</sub>		5	—	120	60	ns
			10	—	10	40	
			15	—	8	30	
TC4049B	Propagation Delay Time (Low to High)	t <sub>pLH</sub>	5	—	60	120	ns
			10	—	35	65	
			15	—	30	50	
	Propagation Delay Time (High to Low)	t <sub>pHL</sub>	5	—	40	60	
			10	—	20	30	
			15	—	15	20	
TC4050B	Propagation Delay Time (Low to High)	t <sub>pLH</sub>	5	—	50	130	ns
			10	—	30	70	
			15	—	25	55	
	Propagation Delay Time (High to Low)	t <sub>pHL</sub>	5	—	30	70	
			10	—	17	35	
			15	—	14	25	
Input Capacitance	C <sub>IN</sub>			—	5	7.5	pF

WAVEFORM FOR MEASUREMENT OF DYNAMIC CHARACTERISTICS



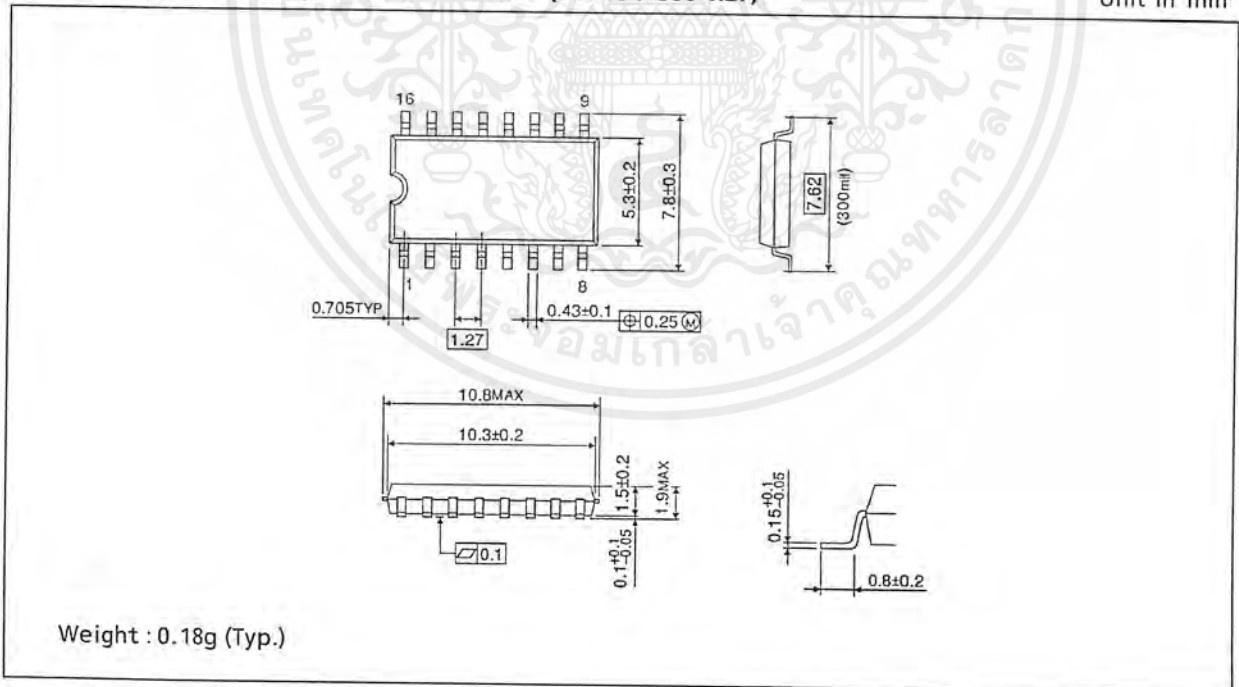
**DIP 16PIN OUTLINE DRAWING (DIP16-P-300-2.54A)**

Unit in mm



**SOP 16PIN (200mil BODY) OUTLINE DRAWING (SOP16-P-300-1.27)**

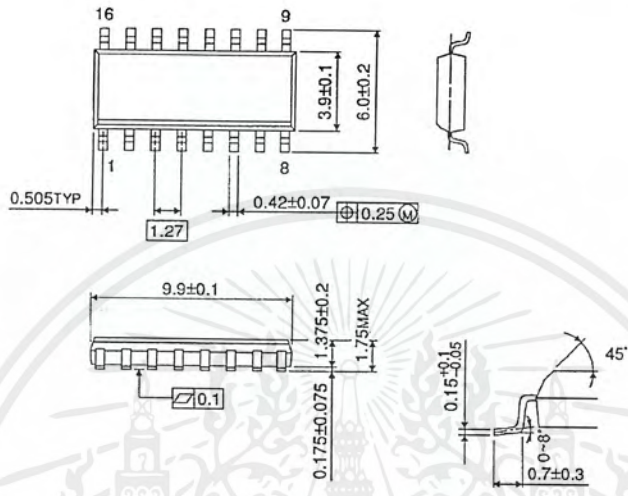
Unit in mm



SOP 16PIN (150mil BODY) OUTLINE DRAWING (SOL16-P-150 -1.27)

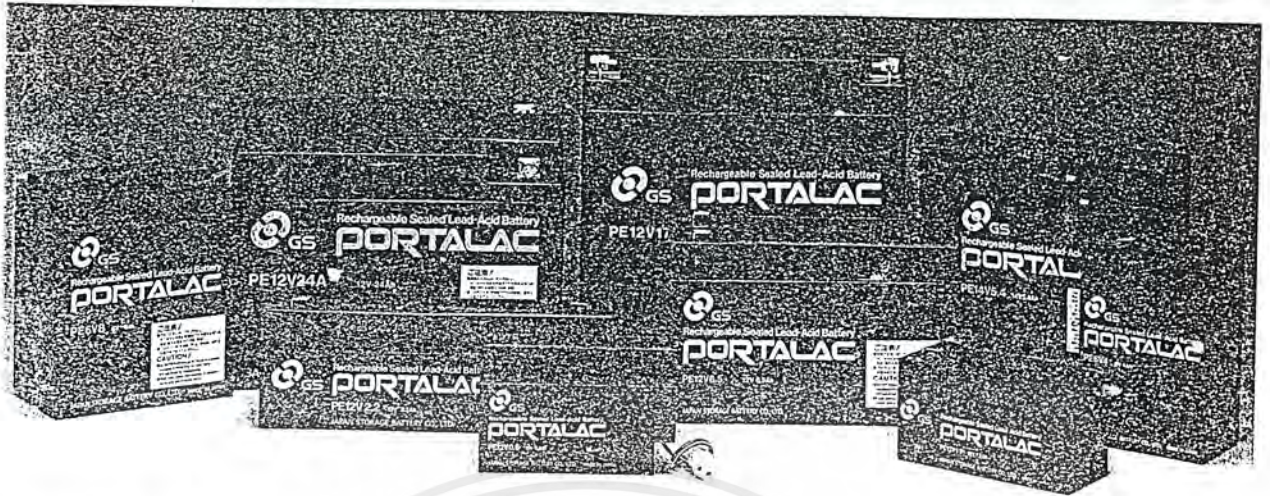
Unit in mm

(Note) This package is not available in Japan.



Weight : 0.13g (Typ.)

# PORTALAC PE SERIES



## Introduction

GS Battery's history dates back to 1895 when its founder, Genzo Shimazu, began development of Japan's first domestic production of lead-acid batteries. During the 100 years that followed, GS has become a forerunner in advancing the development of the sophisticated sealed lead-acid battery technology of today.

### ● Maintenance Free

Since the gases generated through the electrolysis of water during overcharge are completely recombined within the cell, there is no need for periodic addition of water.

### ● Sealed Construction

Due to its unique construction, the GS sealed lead-acid battery can be used in any position without loss of capacity or electrolyte leakage.

### ● High Energy Density

Maximum energy per given volume is achieved by the use of a highly absorbent glass fiber separator and retainer electrolyte system.

### ● Superior Deep Discharge Recovery

A proprietary separator system and electrolyte additive combine to provide the battery's best charge acceptance even following very deep discharge or extended periods of storage.

### ● Extremely Low Self Discharge

Through the use of a highly efficient venting system and an extremely pure lead calcium alloy grid structure, GS Battery is able to achieve a low 3% loss of capacity per month when stored and not in use.

### ● Long Service Life

Extra heavy duty positive and negative electrodes provide for extended service life i.e. both cyclic and standby applications.

### ● Broad Range of Operating Temperatures

The GS Battery design allows it to be used over a broad range of operating temperatures.

### ● U.L. Recognized Component

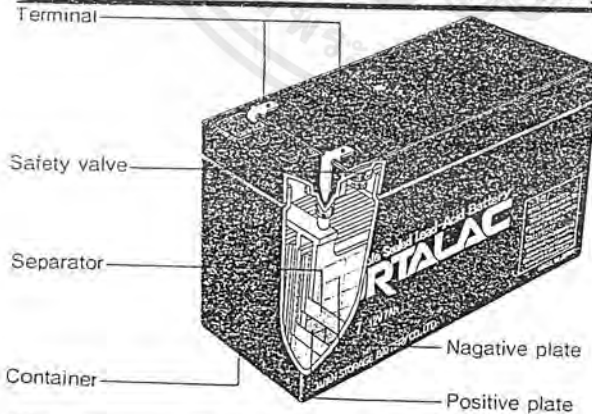
Under UL 924 Section 38, Portalac batteries have been tested and approved for use under this standard.

### ● Economical

The unique design features of the GS Sealed Lead-Acid Battery provide for years of extended, trouble-free, safe operation far beyond that of many similar batteries on the market today.

## Features of Portalac

### A Sample of Construction of Portalac Battery



Components	Type	Retainer type
Plate		Paste type
Container, Cover		Synthetic resin (ABS)
Separator		Glass fiber
Electrolyte		Sulfuric Acid
Safety Valve		Rubber (with special oil)

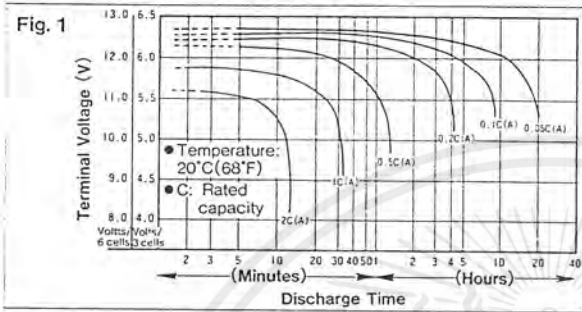
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Characteristics of Portalac

## 1. Discharge time VS. Discharge Current (Fig. 1)

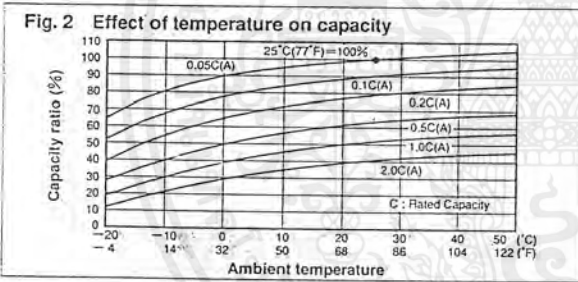
The capacity of a battery (Ah) is expressed by the product of discharge current (A) and time (t) taking until discharge final voltage is reached, and is largely affected by the size of discharge current, that is, discharge rate.

Fig. 1 shows an example of discharging characteristics for 0.05C~2C, the voltage at each end indicating discharge final voltage. C is nominal capacity.



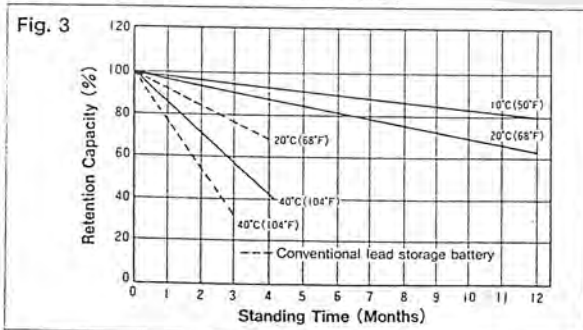
## 2. Effect of Temperature on Capacity (Fig. 2)

Capacity is a function of ambient temperature and rate of discharge. 25°C(77°F) rated capacity is 100%. The capacity increases above this temperature and decreases as the temperature falls. The higher the rate of discharge, the lower the available capacity.



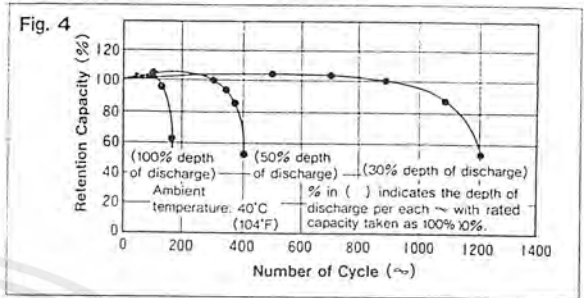
## 3. Shelf Life Characteristics (Fig. 3)

The phenomenon of a battery's electric energy being consumed inside itself is called "self-discharge". With the use of a Pb-Ca based alloy grid, results in very little self-discharge: its average self-discharge rate per day after left charged for 6 months is about 0.1% (20°C/68°F), which is 1/4 ~ 1/3 as much as that with a conventional lead acid battery.



## 4. Life Characteristics of Cyclic Use (Fig. 4)

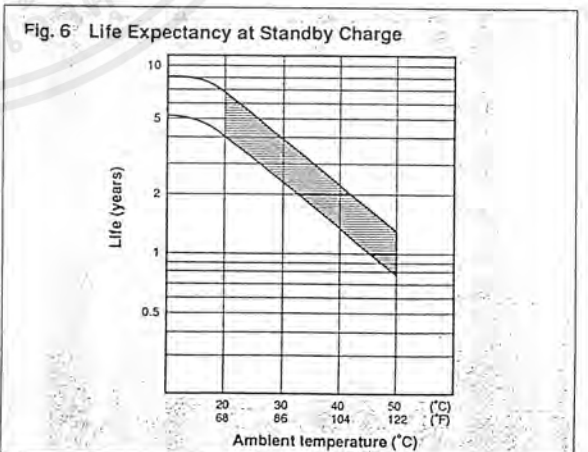
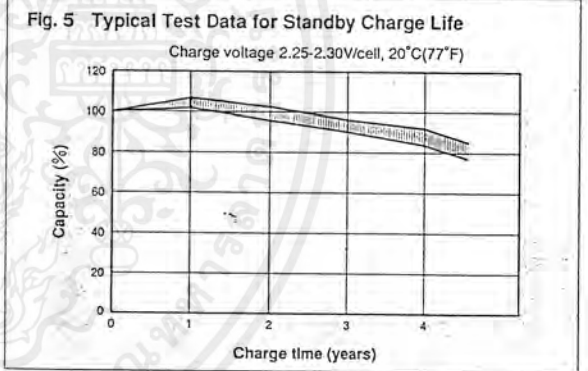
The number of charge/discharge cycles depends on the capacity taken from the battery (a function of discharge rate and depth of discharge), operating temperature, and the charging method. The following graph shows the relationship between depth of discharge and number of cycles.



## 5. Life Characteristics of Standby Use (Fig.5~6)

Fig. 5 and Fig. 6 shows the life of Portalac for standby applications. The width of these characteristics indicates that of dispersion.

As the life of a battery for standby applications is greatly affected by voltage, voltage must be set to 2.25~2.30 V/cell. Care must also be exercised to maintain an appropriate working temperature, because it also greatly affects the life of the battery.

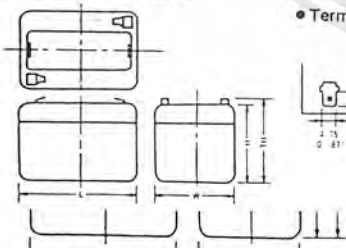


# SPECIFICATIONS

Model	Nominal Voltage (V)	Nominal Capacity (Ah)				Approximate Weight		Terminal			
		20hr rate (F.V. 1.75V/cell)	10hr rate (F.V. 1.75V/cell)	5hr rate (F.V. 1.70V/cell)	1.5hr rate (F.V. 1.60V/cell)	g.	lbs.	Standard		Optional	
								Type	Position	Type	Position
PE2V6	2	6.0	5.44	4.90	3.93	390	0.86	F 1	3		
PE4V4	4	4.0	3.85	3.60	3.00	510	1.12	C 1	17		
PE4V4.5	4	4.5	4.12	3.70	2.92	700	1.54	F 2	3		
PE4V9	4	9.0	8.20	7.40	5.85	1150	2.53	F 2	3		
PE6V1	6	1.0	0.91	0.83	0.68	260	0.57	F 1	1		
PE6V1.2	6	1.2	1.06	0.98	0.80	300	0.66	F 1	9		
PE6V2	6	2.0	1.83	1.65	1.37	450	0.99	F 1	1		
PE6V3A	6	3.0	2.72	2.48	2.00	690	1.52	F 1	2		
PE6V3.2	6	3.2	2.90	2.66	2.15	700	1.54	F 1	1		
PE6V4	6	4.0	3.60	3.30	2.61	820	1.81	W 1	10	F 1	1
PE6V4A	6	4.0	3.85	3.60	3.00	750	1.65	C 1	17		
PE6V6.5	6	6.5	5.92	5.40	4.20	1400	3.08	F 1	3		
PE6V8	6	8.0	7.30	6.60	5.25	1550	3.41	F 1	5	F 4	1
PE6V10	6	10.0	9.20	8.25	6.50	2100	4.63	F 1	2	F 2	2
PE6V20	6	20.0	18.0	16.5	13.4	3700	8.15	B 1	15		
PE12V0.6	12	0.6	0.72	0.63	0.53	350	0.79	W 2	11		
PE12V1.2	12	1.2	1.06	0.98	0.80	500	1.10	F 1	4		
PE12V1.8	12	1.8	1.63	1.48	1.20	790	1.74	W 1	11		
PE12V2.2	12	2.2	2.0	1.74	1.42	930	2.05	F 1	2		
PE12V2.7	12	2.7	2.44	2.25	1.85	1100	2.42	W 1	12	F 1	3
PE12V2.7A	12	2.7	2.44	2.25	1.85	1200	2.64	W 1	13	F 1	7
PE12V3.2	12	3.2	2.90	2.66	2.15	1430	3.15	F 1	2		
PE12V7	12	7.0	6.30	5.8	4.8	2700	5.94	F 1	4		
PE12V10	12	10.0	9.20	8.25	6.75	4400	9.69	B 1	15		
PE12V17	12	17.0	15.0	13.5	10.8	6000	13.22	B 1	14		
PE12V24	12	24.0	22.0	20.0	15.7	9000	19.82	B 1	15		
PE12V24A	12	24.0	22.0	20.0	15.9	8600	18.94	B 1	16		
PE12V40	12	40.0	36.5	32.8	27.0	13000	28.63	B 2	14		

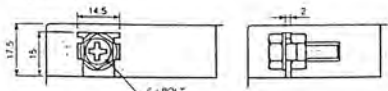
\* Recognized by UL 924. (File No. MH13567)

## OUTER DIMENSIONS

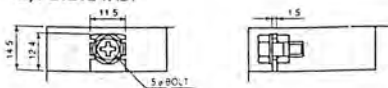


### Bolt and Nut

1) PE12V40B2



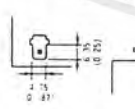
2) PE12V24AB1



## TERMINAL TYPE mm (inch)

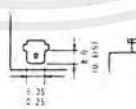
Terminal F1

Flat lugs type



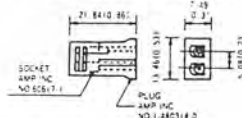
Terminal F2

Flat lugs type



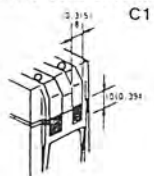
Terminal W1, W2

Lead wire type with socket and plug

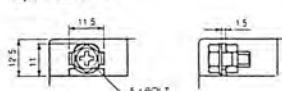


Lead wire length to 100  
W1 : 23010, 20551 = 1010, 039#1  
W2 : 10510, 41341 = 1010, 039#1

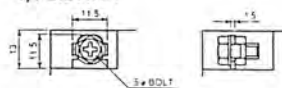
Pressure Contact Terminal C1



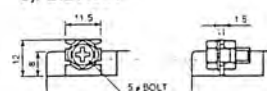
3) PE12V24B1



4) PE12V17B1



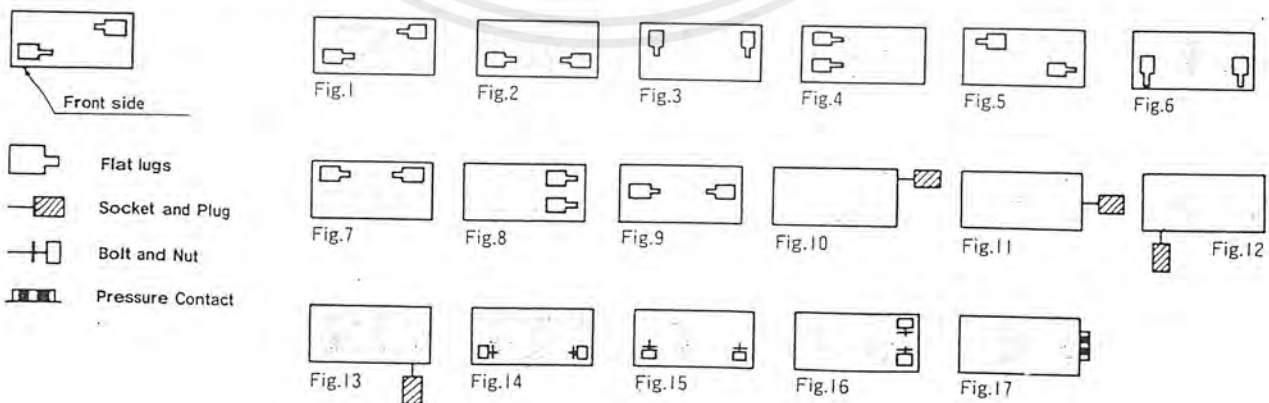
5) PE12V10B1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Dimension								Maximum Discharge Current (A)	Ambient Temperature			Maximum Charge Current (A)
	inch				mm					charge	discharge	storage	
	L	W	H	TH	L	W	H	TH					
1.97	1.34	3.94	4.13	50	34	100	105	18	0°C (32°F)	-20°C (-4°F)	-20°C (-4°F)	1.5	
1.89	1.40	4.69	4.69	48	35.5	119	119	12				1.0	
1.93	2.09	3.70	3.86	49	53	94	98	13.5				1.12	
4.02	1.73	3.70	3.86	102	44	94	98	27				2.25	
2.00	1.65	2.00	2.17	51	42	51	55	3				0.25	
3.82	0.94	2.00	2.13	97	24	50.8	54	3.6				0.3	
2.95	2.00	2.09	2.24	75	51	53	57	6				0.5	
5.28	1.39	2.36	2.52	134	34	60	64	9				0.75	
2.60	1.30	4.65	4.84	66	33	118	123	9.6				0.8	
2.76	1.89	4.02	4.02	70	48	102	102	12				1.0	
1.89	2.00	4.67	4.67	48	51	118.5	118.5	12				1.0	
5.94	1.34	3.70	3.86	151	34	94	98	19.5				1.62	
3.86	2.20	4.65	4.65	98	56	118	118	24				2.0	
5.93	1.99	3.70	3.86	150.5	50.5	94	98	30				2.5	
6.18	3.27	4.92	4.92	157	83	125	125	60				5.0	
3.78	0.98	2.42	2.42	96	25	61.5	61.5	2.4				0.2	
3.82	1.65	2.00	2.13	97	42	50.8	54	3.6				0.3	
7.89	0.98	2.38	2.38	200.5	25	60.5	60.5	5.4				0.45	
7.01	1.34	2.36	2.56	178	34	60	65	6.6				0.55	
3.11	2.19	4.02	4.02	79	55.5	102	102	8.1				0.67	
5.20	1.30	3.98	3.98	132	33	101	101	8.1	0.67				
7.68	1.85	2.76	2.91	195	47	70	74	9.6	0.8				
5.94	2.56	3.70	3.86	151	65	94	98	21	1.75				
5.28	3.15	6.32	6.48	134	80	160.5	164.5	30	2.5				
7.16	2.99	6.57	6.57	181	76	167	167	51	4.25				
6.54	4.92	6.89	6.89	166	125	175	175	72	6.0				
6.89	6.54	4.92	5.06	175	166	125	125	72	6.0				
8.19	6.85	6.85	6.85	196	163	174	174	120	10.0				

### TERMINAL POSITION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Selection of Appropriate Charger

## ● Importance of Selection of Charger

While Portalac is a convenient battery with no need of additional water filling it requires much more appropriate charging.

Undue overcharge will not only reduce electrolyte in quantity but also cause quick damage to battery elements.

As the life of a storage battery is thus greatly affected by the method of charging to be employed, utmost care must be taken selecting a charger.

## ● Constant Voltage Charger

As shown in Fig.7 this is a charger provided with constant voltage functions, composed of transformers, transistors, silicon diodes, IC's, etc. A comparatively large current is used at the initial stage of charging and constant voltage charging is provided at the end-period, resulting in an extremely small flow of current. Those values shown in the table below must be conformed to as electrical performance standards. For cyclic applications, charging must be stopped at the lapse of required charging time.

## ● Semi-Constant Voltage Charger (for reference only)

This is a simplest and lowest cost charger using transformers, silicon diodes, resistors, etc. The output characteristics of this charger is determined by transformer regulation. A comparatively large charge current flows at the initial stage, followed by gradually decreased current as charging advances, resulting in a voltage rise.

This charger is not very recommendable because its lack of ability to detect the end-period of charging. This would cause an overcharge unless charging is stopped within the required charging time.

## ● Rapid Charging System

While many attempts have been made for rapid charging of a lead storage battery, demand for a charger capable of charging within a short time is increasing, especially with the recent introduction of Portalac as a power source for portable VTR.

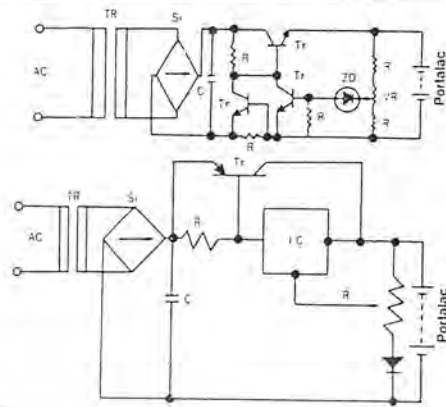
Such demand can now be met by a charger with reliable constant voltage and constant current characteristics equipped with a safety device, using the retainer type Portalac.

For rapid charging, special considerations such as providing temperature compensating circuits and built-in temperature protecting devices are required because of possible shortage in charging caused at low temperature and excessive rise in temperature caused under a high temperature environment.

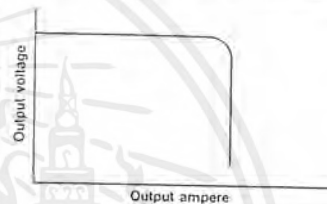
For details, please consult us during this stage of designing.

5

An Example of Constant Voltage Charger Circuits (Fig. 7)



Output Characteristics of Constant Voltage Charger



Design Standards for Constant Voltage Charger

Items	Types	For standby applications	For cyclic applications
Setting voltage (V/cell)		2.25~2.30	2.40~2.45
Initial charging current		1/4C(A) or less	1/4C(A) or less
Required charging time (Hours)		24 or more	10 or more
Temperature factor		-3mV/°C/cell	-5mV/°C/cell
Ambient temperature		0°C(32°F)~40°C(104°F)	

Note: ● Keep the difference of temperature between cells within 3°C(5.4°F) for float charging, if it occurs.

● A sensor or timer should be used to terminate charging when battery voltage reaches a predetermined level for cyclic charging.

● Temperature factor should be taken into no consideration when charging at 10°C(50°F)~30°C(86°F)

Design Standards for Rapid Charger

Item	Type	For cyclic applications only
Initial charging current		1~1.5C(A)
Charge voltage		2.45~2.50V/cell (20°C/68°F) To be strictly obeyed
Temperature factor		-5mV/°C/cell
Charging time (Time from 50% discharge to completion of full charging)		1.0~3.0 hours(20°C/68°F)
Ambient temperature		0°C(32°F)~30°C(86°F)

Note: ● Thermostat or thermal fuse should be installed in a battery or a timer should be used to terminate charging.

● An initial charging current for more than 10Ah battery should be regulated at the rate of IC maximum.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Applications of Portalac

## Standby (Trickle charge) Applications

- \* Emergency equipment:  
Emergency lighting, burglar alarms and disaster preventing systems, security systems, fire shutters, elevators
- \* Main power supply back-up:  
UPS systems, communications systems, ECR, POS, computer terminals, computers, sequencer CATV, fiber-optic communications

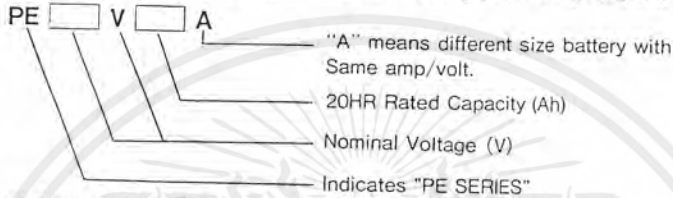
## Cyclic Applications

- \* Portable VTRs and VCRs, tape recorders, cleaners
- \* Cordless portable telephones, transceivers
- \* Lap-top computers, printing equipment, HHTs
- \* Tools and engine starting:  
Lawn mowers, pruning equipment, electrical tools
- \* Electrical equipment, measuring devices, medical equipment
- \* Camera flashes, projection lights, crystal TVs
- \* Toys and models
- \* Shopping carts, transport machines

# Type of Portalac and Hints on Selection of Appropriate Charger

## (1) Significance of Model Number

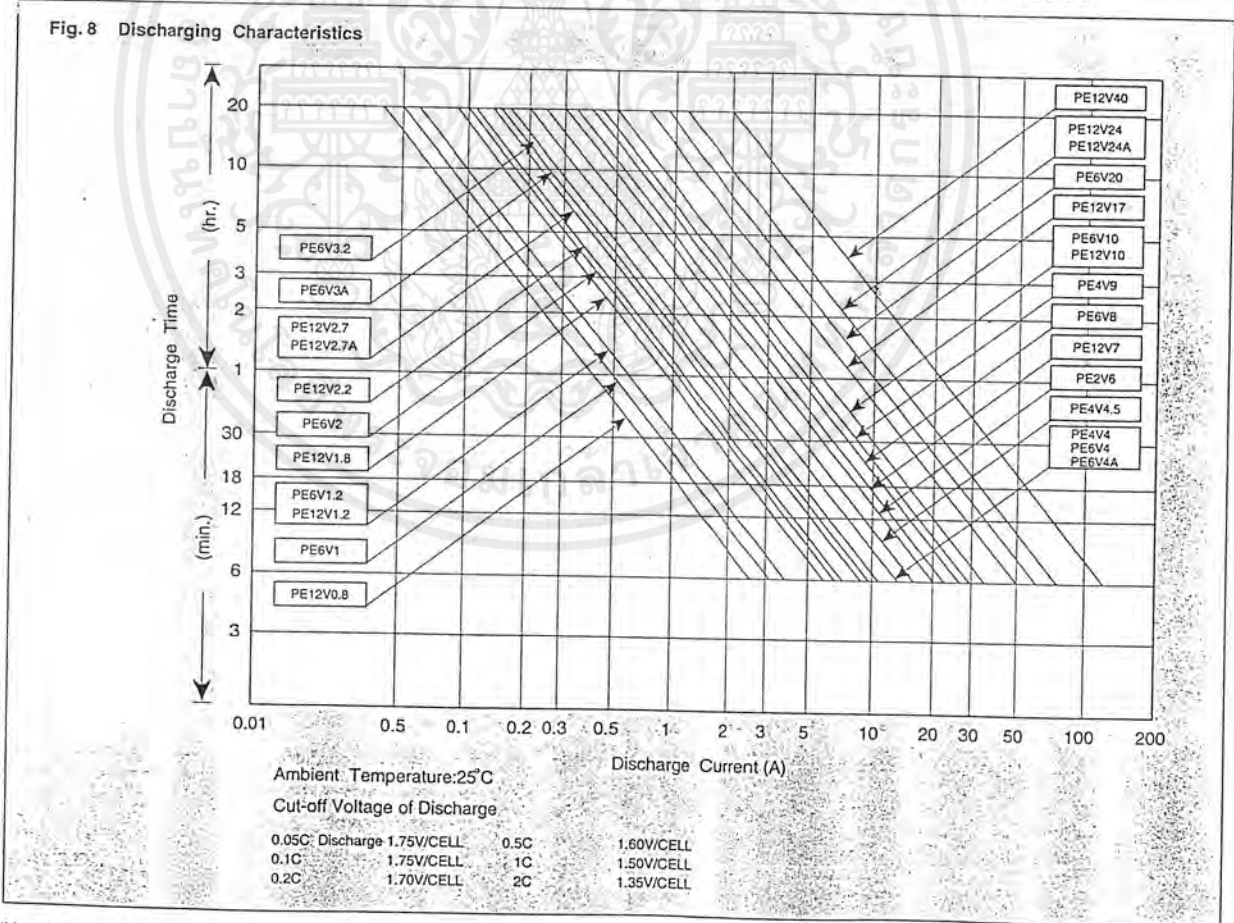
The model number of Portalac indicates capacity (Ah), voltage (V), and internal construction:



PE6V20, for example, signifies a retainer type battery of 20Ah, 6V.

## (2) How to Select Appropriate Type of Battery (Fig. 8)

The capacity of Portalac is determined by the size of discharge current and the discharge time. If discharge current (load current) is 10A and discharge obtain the cross point of the line for a discharge current of 10A with a discharge time of 1 hour, then, choose the Portalac (thick line) belonging to the upper rank next to the point; PE6V20.



(Note) These diagrams show characteristics for new batteries with no maintenance factor taken into consideration.

# Handling Instructions of Portalac

## 1. Charging

- Ambient temperature for charging must be within the range of 0°C(32°F)~40°C(104°F).
- Follow the specified standards for charging current, charging voltage and charging time.
- Avoid parallel charging, which could cause shortened battery life. If such charging is unavoidable, make two for maximum.
- Maximum numbers of batteries connectable in series is limited to 18 for 6V type and to 9 for 12V type.
- During charging and any other occasions, NEVER put the battery in a sealed container or vinyl bag or enclose its exhaust port.

## 2. Discharging

- Ambient temperature for discharging must be within the range of -20°C(-4°F)~50°C(122°F).
- DO NOT use intermediate tap in cases of batteries connected in series.
- The battery must be immediately charged when it has been incorrectly overdischarged.

## 3. Operation

- Avoid mixed use of batteries with different capacities, those new and old, or those of different makes because of the difference in characteristics could cause damage to the battery or other equipment.
- DO NOT install the battery in a location close to any object which gives off heat (such as a transformer) or near fire.
- DO NOT use in the atmosphere of organic solvent. DO NOT touch any object which contains plasticizer (such as soft vinyl chloride).

- Position the battery securely to protect it from abnormal shakes and shocks).
- DO NOT press and/or bend the terminals. DO NOT heat (such as soldering to terminals).

## 4. Storage

- Ambient temperature for storage must be within the range of -20°C(-4°F)~40°C(104°F).
- To store the battery, remove it from the equipment or separate it from the charger or load and keep in a place that is as dry and low in temperature as possible.
- During storage, recharge the battery at least every six months.
- The battery deteriorates even during storage. So, it is recommended to use it as early as possible.

## 5. Other items for caution

- Avoid access of sparks and flames on or around the battery
- DO NOT short-circuit the battery.
- NEVER disassemble the batteries or throw them into fire.
- In case sulfuric acid from the battery happens to come in contact with your skin or clothes, immediately wash with water. If it comes in contact with your eyes, wash them with water and immediately consult a doctor for medical care.
- Observe the external appearance of battery. If any cracks, disformation or other damage is found on the battery container or cover, etc., or if any leak of the electrolyte is found, make replacement as necessary. If the battery is dirty with dust, etc., clean it.



## JAPAN STORAGE BATTERY CO., LTD.

### International Division

1-8-1, Nishi-shinbashi, Minato-ku, Tokyo, Japan

Phone: 03-3502-6518 Fax: 03-3502-6857

Cable: DENCHI TOKYO Telex: 3222-4945

### U.S.A. Liaison Office

17253 Chestnut St. City of Industry Calif. 91748, U.S.A.

Phone: 818-964-8348 Fax: 818-810-9438

### Middle East Liaison Office

29 Sisini Street, Ilissia, Athens, Greece

Phone: 7246481 Fax: 7248228

• Telex: 219616 (GSME GR)

### European Liaison Office

Grafenberger Alle 99

40237 Düsseldorf, F.R. Germany

Phone: 0211-684072 Fax: 0211-676339

Telex: 8581974 (JSB D)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LM741 Operational Amplifier

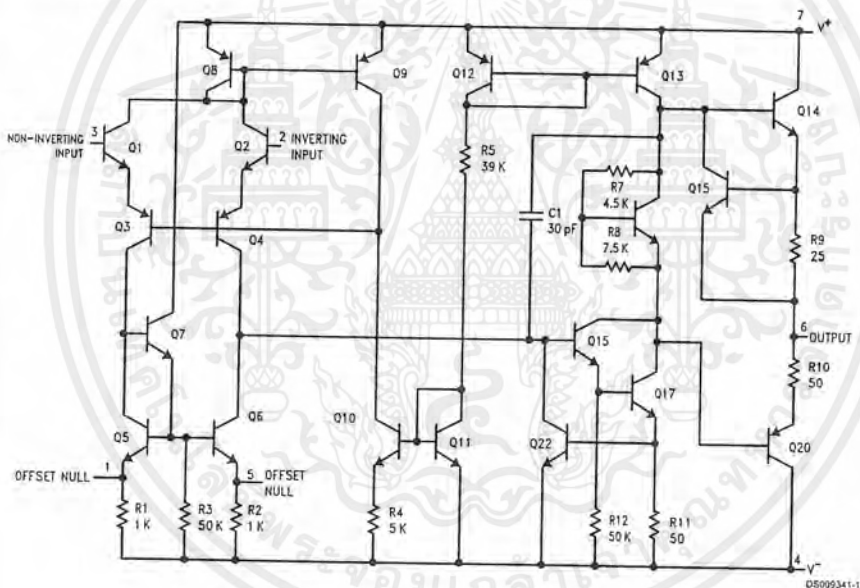
## General Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications.

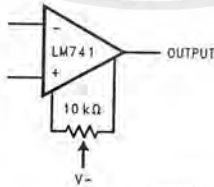
The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C/LM741E are identical to the LM741/LM741A except that the LM741C/LM741E have their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

## Schematic Diagram



Offset Nulling Circuit



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.  
(Note 6)

	LM741A	LM741E	LM741	LM741C
Supply Voltage	±22V	±22V	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 2)	500 mW	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V	±30V	±30V
Input Voltage (Note 3)	±15V	±15V	±15V	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C	0°C to +70°C	-55°C to +125°C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C	100°C	150°C	100°C
Soldering Information				
N-Package (10 seconds)	260°C	260°C	260°C	260°C
J- or H-Package (10 seconds)	300°C	300°C	300°C	300°C
M-Package				
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.				
ESD Tolerance (Note 7)	400V	400V	400V	400V

## Electrical Characteristics (Note 4)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$										mV
	$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$		0.8	3.0	1.0	5.0	2.0	6.0			
	$R_S \leq 50\Omega$										mV
Average Input Offset Voltage Drift	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$										$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
	$R_S \leq 50\Omega$			4.0							
	$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$						6.0			7.5	mV
Average Input Offset Voltage Drift				15							$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25^\circ\text{C}, V_S = \pm 20\text{V}$	±10			±15			±15			mV
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		3.0	30	20	200		20	200		nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			70	85	500			300		nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							$\text{nA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		30	80	80	500		80	500		nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			0.210		1.5			0.8		$\mu\text{A}$
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}, V_S = \pm 20\text{V}$	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		M $\Omega$
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$		0.5								M $\Omega$
	$V_S = \pm 20\text{V}$										
Input Voltage Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$							±12	±13		V
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$				±12	±13					V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Electrical Characteristics (Note 4) (Continued)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ $V_S = \pm 20\text{V}$ , $V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$ , $V_O = \pm 10\text{V}$	50			50	200		20	200		V/mV V/mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ , $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ , $V_S = \pm 20\text{V}$ , $V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$ , $V_O = \pm 10\text{V}$ $V_S = \pm 5\text{V}$ , $V_O = \pm 2\text{V}$	32			25			15			V/mV V/mV V/mV
		10									V/mV
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 20\text{V}$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	$\pm 16$									V V
	$V_S = \pm 15\text{V}$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$				$\pm 12$ $\pm 10$	$\pm 14$ $\pm 13$		$\pm 12$ $\pm 10$	$\pm 14$ $\pm 13$		V V
Output Short Circuit Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10 10	25	35 40		25			25		mA mA
Common-Mode Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$ , $V_{CM} = \pm 12\text{V}$ $R_S \leq 50\Omega$ , $V_{CM} = \pm 12\text{V}$	80	95		70	90		70	90		dB dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ , $V_S = \pm 20\text{V}$ to $V_S = \pm 5\text{V}$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	86	96		77	96		77	96		dB dB
Transient Response Rise Time	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , Unity Gain		0.25	0.8		0.3			0.3		$\mu\text{s}$
Overshoot			6.0	20		5			5		%
Bandwidth (Note 5)	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.437	1.5								MHz
Slew Rate	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5		V/ $\mu\text{s}$
Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$					1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Power Consumption	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_S = \pm 20\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$	80	150		50	85		50	85		mW mW
	$V_S = \pm 20\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$			165 135							mW mW
LM741A	$V_S = \pm 20\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$			150 150							mW mW
	$V_S = \pm 15\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$				60 45	100 75					mW mW

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Electrical Characteristics (Note 4) (Continued)

Note 2: For operation at elevated temperatures, these devices must be derated based on thermal resistance, and  $T_J$  max. (listed under "Absolute Maximum Ratings").  $T_J = T_A + (\theta_{JA} P_D)$ .

Thermal Resistance	Cerdip (J)	DIP (N)	HO8 (H)	SO-8 (M)
$\theta_{JA}$ (Junction to Ambient)	100°C/W	100°C/W	170°C/W	195°C/W
$\theta_{JC}$ (Junction to Case)	N/A	N/A	25°C/W	N/A

Note 3: For supply voltages less than  $\pm 15V$ , the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

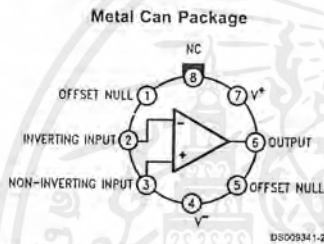
Note 4: Unless otherwise specified, these specifications apply for  $V_S = \pm 15V$ ,  $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$  (LM741/LM741A). For the LM741C/LM741E, these specifications are limited to  $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$ .

Note 5: Calculated value from:  $BW$  (MHz) =  $0.35/\text{Rise Time}(\mu s)$ .

Note 6: For military specifications see RETS741X for LM741 and RETS741AX for LM741A.

Note 7: Human body model, 1.5 k $\Omega$  in series with 100 pF.

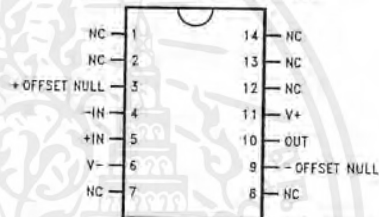
## Connection Diagram



Note 8: LM741H is available per JM38510/10101

Order Number LM741H, LM741H/883 (Note 8),  
LM741AH/883 or LM741CH  
See NS Package Number H08C

### Ceramic Dual-In-Line Package

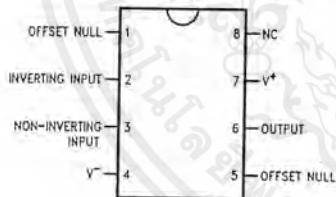


Note 9: also available per JM38510/10101

Note 10: also available per JM38510/10102

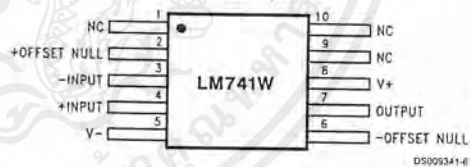
Order Number LM741J-14/883 (Note 9),  
LM741AJ-14/883 (Note 10)  
See NS Package Number J14A

### Dual-In-Line or S.O. Package



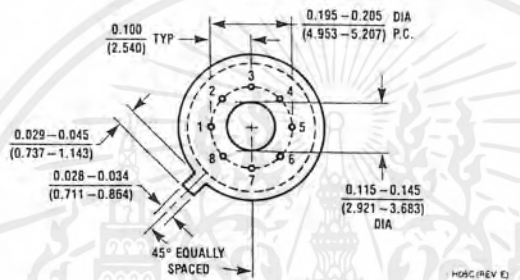
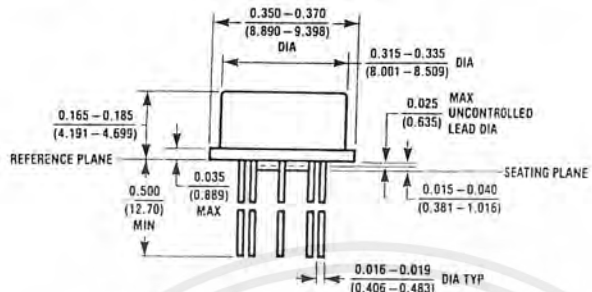
Order Number LM741J, LM741J/883,  
LM741CM, LM741CN or LM741EN  
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

### Ceramic Flatpak

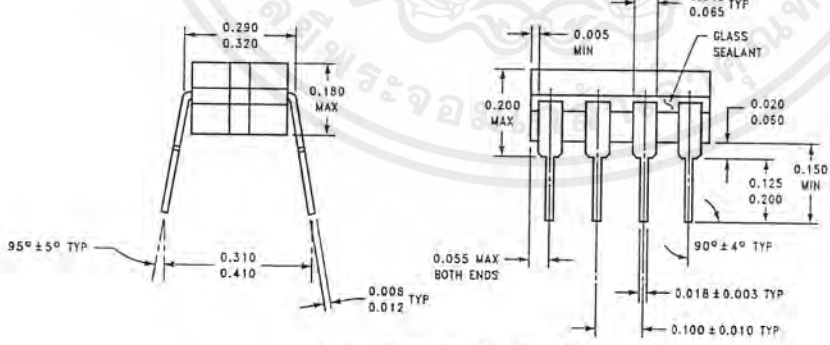
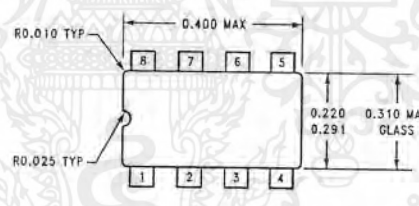


Order Number LM741W/883  
See NS Package Number W10A

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted



**Metal Can Package (H)**  
 Order Number LM741H, LM741H/883, LM741AH/883, LM741CH or LM741EH  
 NS Package Number H08C

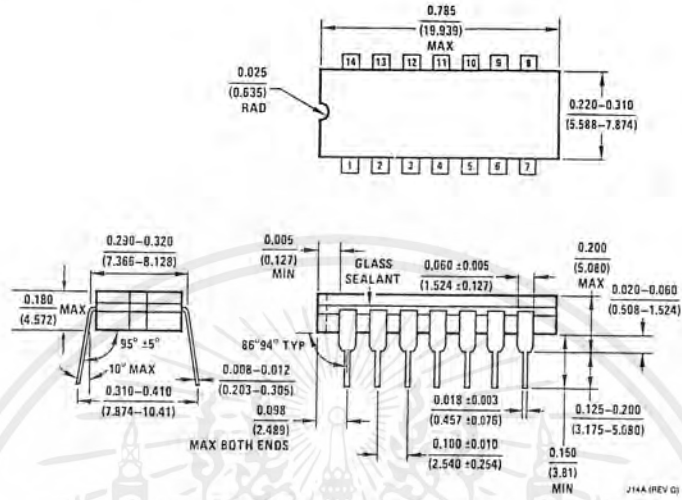


**Ceramic Dual-In-Line Package (J)**  
 Order Number LM741CJ or LM741J/883  
 NS Package Number J08A

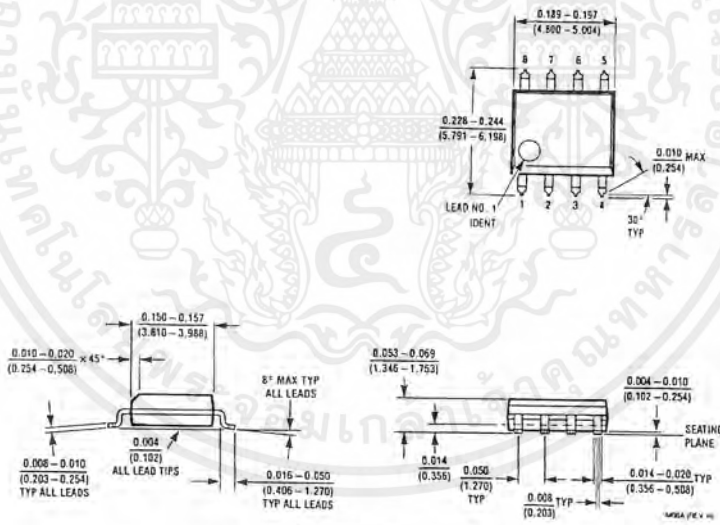
J08A (REV K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



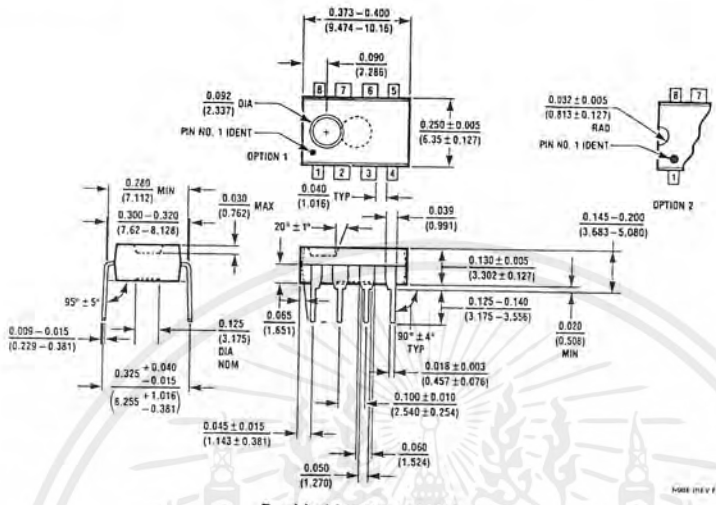
**Ceramic Dual-In-Line Package (J)**  
 Order Number LM741J-14/883 or LM741AJ-14/883  
 NS Package Number J14A



**Small Outline Package (M)**  
 Order Number LM741CM  
 NS Package Number M08A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

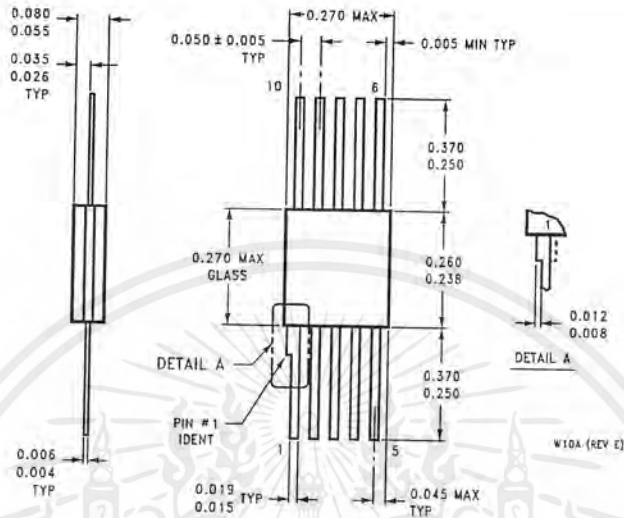
**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Dual-In-Line Package (N)  
Order Number LM741CN or LM741EN  
NS Package Number N08E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



10-Lead Ceramic Flatpak (W)  
Order Number LM741W/883  
NS Package Number W10A

**LIFE SUPPORT POLICY**

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

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

**National Semiconductor Corporation Americas**  
Tel: 1-800-272-9959  
Fax: 1-800-737-7018  
Email: support@nsc.com

**National Semiconductor Europe**  
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86  
Email: europe.support@nsc.com  
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85  
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32  
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58  
Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

**National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group**  
Tel: 65-2544466  
Fax: 65-2504466  
Email: sea.support@nsc.com

**National Semiconductor Japan Ltd.**  
Tel: 81-3-5639-7560  
Fax: 81-3-5639-7507

www.national.com

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ได้ถูกจัดทำขึ้นจนกระทั่งสำเร็จเป็นรูปเล่มคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผศ.พิชิต ล้ำยอง ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ตลอดจนชี้แนะแนวทาง และดูแลเอาใจใส่นักศึกษาเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ ร.อ.ดร.วีรเชษฐ ชันเงิน ที่ให้ความเอื้อเฟื้อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อ.พรชัยศ ศรีปัญญาพงศ์ ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอย่างดี และเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้อุปกรณ์และคำแนะนำต่างๆ ตลอดจนบุคคลที่เกี่ยวข้องด้วยทุกท่านที่ทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Daniel W.Hart, "Introduction to Power Electronics", Prentice-Hall International, Inc., 1997.
- [2] TR Crompton, "Battery Reference Book", Courier International Ltd., Butterworth International Edition.
- [3] Cheming HU, "Solar Cells", Mcgraw-Hill Series in Electrical Engineering, 1991.
- [4] พรชัยยศ ศรีปัญญาพงศ์, "เอกสารประกอบการอบรมไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051", ศูนย์บริการและพัฒนานวัตกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้