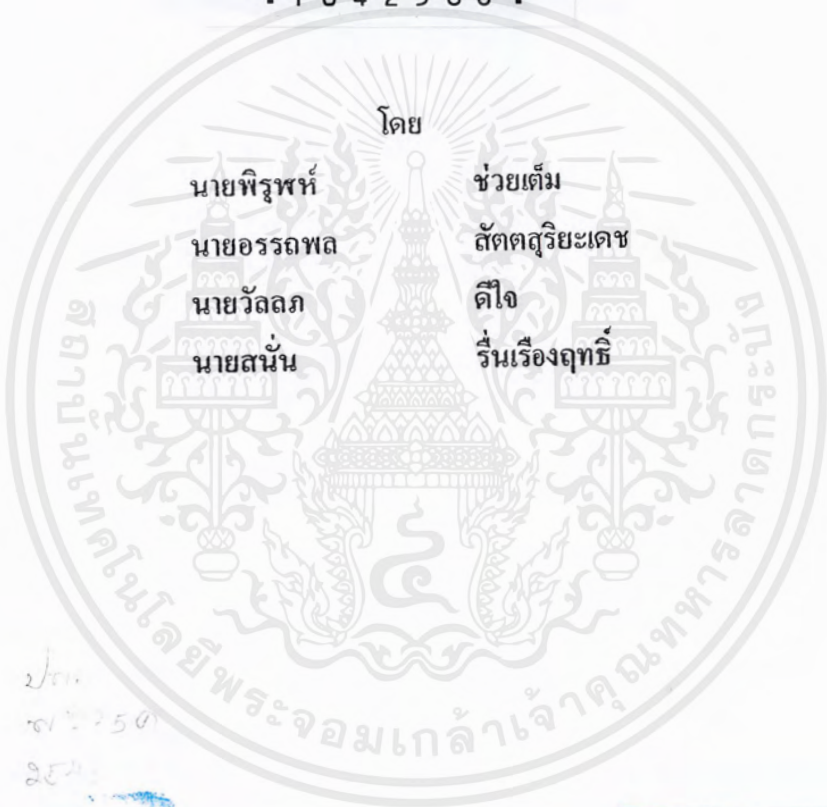


ปีการศึกษา 2543

เครื่องประจุแบตเตอรี่

INTELLIGENT BATTERY CHARGER



ปี
๒๕๔๓
๒๕๔๓

เลขหมู่..... 42586
เลขทะเบียน.....
วัน, เดือน, ปี - 4 ส.ย. 2545

b.....
i.....

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศส.ประภาส ไพรสุวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์สุรินทร์การศึกษา ถ้าปล่อยไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องประจุแบตเตอรี่

ผู้จัดทำ

นายพิรุฬห์

นายอรรถพล

นายวัลลภ

นายสนั่น

ช่วยเต็ม

สัตตสุริยะเดช

ดีใจ

รับเรื่องฤทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ประภาส ไพรสวรรณา)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สุรินทร์ คำฝอย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องประจุแบตเตอรี่

พิรุฬห์ ช่วยเต็ม
อรรถพล สัตตสุริยะเดช
วัลลภ คีใจ
สนั่น วันเรืองฤทธิ์

ผศ.ประภาส ไพรสวรรณา
อ.สุรินทร์ คำฝอย
อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาและสร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่ให้สามารถประจุแบตเตอรี่ได้หลายขนาดโดยอาศัยพลังงานจากแสงอาทิตย์ ซึ่งการทำงานเริ่มจากการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าให้มีขนาดแรงดัน 6 , 12 และ 24 เพื่ออัดประจุแบตเตอรี่ขนาดต่างๆ โดยอาศัยวงจรระดับแรงดันไฟตรง จากนั้นจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มาควบคุมการทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่ ซึ่งสามารถควบคุมกระแสและแรงดันให้เหมาะสมได้ โดยเครื่องประจุมีการรับข้อมูลต่างๆ ของแบตเตอรี่ทางคีย์บอร์ดและแสดงผลทางจอแอลซีดี ซึ่งตลอดการทำงานจะทำงานแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INTELLIGENT BATTERY CHARGER

Pirun	Chuaytem
Atthapon	Sattasuriyadej
Wallop	Deejai
Sanun	Ruenruangrit

Assoc.Prof. Prapart Prisuwanna

Surin Khumfuay

Adviser

2000

Abstract

This project the study and invention for battery charger can charge multi size battery which used solar energy. First, solar energy transfer to electrical energy that had voltage 6 , 12 and 24 volt for charge multi size battery, which used buck circuit. Later, using the micro-controller (MCS-51 family) as the controller of a battery charger. Which controlling suitable charging current and voltage by charger waits for the charging data entered from the keyboard and display on the LCD then the charger operates automatically.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขต	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	4
2.1 แบตเตอรี่	4
2.1.1 โครงสร้างของแบตเตอรี่	4
2.1.2 การทำงานของแบตเตอรี่	6
2.1.3 การประจุไฟให้แบตเตอรี่	8
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์	8
2.2.1 โครงสร้างและคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์	8
2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อเซลล์แสงอาทิตย์	12
2.2.3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์	13
2.3 หลักการประจุไฟฟ้าของเครื่องประจุแบตเตอรี่	15
2.4 วิธีการประจุแบตเตอรี่	16
2.4.1 การประจุแบบกระแสคงที่	16
2.4.2 การประจุแบบแรงดันคงที่	17
2.4.3 การประจุแบตเตอรี่โดยวิธีร่วม	18
2.5 วงจรลดระดับแรงดัน	18
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์	21
2.6.1 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3	การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต	24
2.6.4	การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	25
2.6.5	การแปลง ADC และ DAC ด้วย PCF8591	30
2.6.6	Dot Matrix LCD Module	32
2.6.7	สวิตช์เมตริกซ์	33
บทที่ 3	การทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่	35
3.1	การกำหนดการทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่	35
3.2	ไดอะแกรมการทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่	36
บทที่ 4	วงจร และการออกแบบ	38
4.1	วงจรระดับแรงดัน	38
4.1.1	อินคัลเตอร์	38
4.1.2	คาปาซิเตอร์	40
4.1.3	ไดโอด By Pass	41
4.2	วงจรสร้างสัญญาณและขับ Power Mosfet	41
4.3	วงจรตรวจวัดกระแสและแรงดัน	42
4.4	รีเลย์ควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ แบตเตอรี่	43
4.5	ส่วนรับข้อมูลและประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	44
4.6	การใช้งานเครื่องประจุแบตเตอรี่	48
4.6.1	การทำงานทั่วไป	48
4.6.2	ไฟแสดงสถานะ หน้าจอ LCD และปุ่มต่างๆบนเครื่องประจุ	49
4.6.3	ขั้นตอนการทำงาน	50
บทที่ 5	การทดสอบ และ ผลการทดสอบ	53
5.1	การประจุไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลงในแบตเตอรี่	53
5.1.1	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	53
5.1.2	วงจรที่ใช้ในการทดลอง	53
5.1.3	ขั้นตอนการทดลอง	53
5.1.4	ผลการทดลอง	54
5.1.5	สรุปผลการทดลอง	56
5.2	การทดสอบการทำงานของส่วนขนาน, อนุกรมแผง และ แบตเตอรี่	57

	หน้า
5.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	57
5.2.2 วงจรที่ใช้ในการทดลอง	57
5.2.3 ขั้นตอนการทดลอง	58
5.2.4 ผลการทดลอง	58
5.2.5 สรุปผลการทดลอง	59
บทที่ 6 บทสรุป และ วิจัยรณ	60
6.1 บทสรุป	60
6.2 วิจัยรณ	61
6.3 แนวทางในการพัฒนา	61
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. Circuit Charger	
ภาคผนวก ข. Source Code	
ภาคผนวก ค. Data Sheet	
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของแบตเตอรี่	4
รูปที่ 2.2 การประกอบแผ่นธาตุเข้าด้วยกัน	5
รูปที่ 2.3 ฝาจุกปิดเซลล์และรูระบายก๊าซ	6
รูปที่ 2.4 ปฏิกริยาทางเคมีระหว่างแผ่นบวก และ แผ่นลบ	7
รูปที่ 2.5 วงจรสมมูลย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	9
รูปที่ 2.6 อิทธิพลของความต้านทานขนาน	10
รูปที่ 2.7 อิทธิพลของความต้านทานอนุกรม	10
รูปที่ 2.8 แสดงคุณลักษณะ V-I CURVE ของเซลล์แสงอาทิตย์	11
รูปที่ 2.9 ผลของความเข้มแสงต่อเซลล์แสงอาทิตย์	12
รูปที่ 2.10 ผลของอุณหภูมิต่อเซลล์แสงอาทิตย์	12
รูปที่ 2.11 ผลของจำนวนเซลล์	13
รูปที่ 2.12 ผลการเพิ่มพื้นที่	13
รูปที่ 2.13 ผลของชนิดสารที่ใช้	13
รูปที่ 2.14 แสดงการต่อเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีขนาดแรงดัน และ กระแสตามต้องการ	14
รูปที่ 2.15 บล็อกกิ้งไดโอด	14
รูปที่ 2.16 แสดงทิศทางการไหลของกระแสประจุแบตเตอรี่	16
รูปที่ 2.17 กราฟแสดงผลกระแส และ แรงดันเมื่อทำการประจุแบบวิธีร่วม	18
รูปที่ 2.18 แสดงแรงดันที่เกิดจากการสวิตซ์ที่ช่วงเวลา on และ off	18
รูปที่ 2.19 วงจร Buck dc-dc Converter	19
รูปที่ 2.20 วงจรสมมูลย์ขณะสวิตซ์ on	19
รูปที่ 2.21 วงจรสมมูลย์ขณะสวิตซ์ off	19
รูปที่ 2.22 กระแสที่ไหลผ่าน Inductor	19
รูปที่ 2.23 กระแสที่ไหลผ่าน Capacitor	20
รูปที่ 2.24 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์	22
รูปที่ 2.25 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ต	23
รูปที่ 2.26 หน่วยความจำของ MCS-51	26
รูปที่ 2.27 การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก MCS-51	27
รูปที่ 2.28 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนบนของ MCS-51	28

รูปที่ 2.29	การจัดสรรพื้นที่ส่วนของรีจิสเตอร์ฟังก์ชัน	29
รูปที่ 2.30	โครงสร้างและรายละเอียดข้อมูลควบคุมที่เขียนในรีจิสเตอร์ของ MCS-51	31
รูปที่ 2.31	วงจรเชื่อมต่อ Keypad เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์	34
รูปที่ 3.1	แสดงไดอะแกรมการทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่	36
รูปที่ 4.1	วงจรลดระดับแรงดัน	38
รูปที่ 4.2	แสดงการวิเคราะห์หาค่าอินดักเตอร์ที่เหมาะสม	39
รูปที่ 4.3	วงจรสร้างสัญญาณ และ ขับ Power Mosfet	41
รูปที่ 4.4	วงจรตรวจวัดกระแส และ แรงดัน	42
รูปที่ 4.5	รูปวงจรแสดงแนวความคิดการใช้รีเลย์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่	43
รูปที่ 4.6	วงจรรับข้อมูลและประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	44
รูปที่ 4.7	Flow Chart แสดงการทำงานของ Main Program	45
รูปที่ 4.8	Flow Chart แสดงการทำงานของโปรแกรมย่อย Single_Mode	46
รูปที่ 4.9	Flow Chart แสดงการทำงานของโปรแกรมย่อย Multi_Mode	47
รูปที่ 4.10	ไฟแสดงสถานะ หน้าจอ LCD และปุ่มต่างๆบนเครื่องประจุ	50
รูปที่ 4.11	แสดงขั้วต่อแผง และ แบตเตอรี่	50
รูปที่ 5.1	แสดงวงจรการประจุไฟฟ้า (6 , 12 และ 24 โวลท์)	53
รูปที่ 5.2	กราฟ I-V ของการประจุ (6 V)	54
รูปที่ 5.3	กราฟประสิทธิภาพ (6 V)	54
รูปที่ 5.4	กราฟ I-V ของการประจุ (12 V)	55
รูปที่ 5.5	กราฟประสิทธิภาพ (12 V)	55
รูปที่ 5.6	กราฟ I-V ของการประจุ (24 V)	55
รูปที่ 5.7	กราฟประสิทธิภาพ (24 V)	56
รูปที่ 5.8	แสดงวงจรทดสอบการ ชนาน อนุกรม	57

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 การเลือกเบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่าง	30
ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงคำสั่งของ HD44780	33
ตารางที่ 5.1 ผลการอนุกรม และ ขนาน	58



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ปัจจุบันนี้แบตเตอรี่เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนเรามากขึ้นทุกที โดยเฉพาะตามถิ่นที่อยู่ห่างไกลความเจริญ เช่นตามป่าเขา ตามเกาะ ที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง แหล่งพลังงานขนาดย่อมที่นิยมใช้กันทั่วไป ก็คือ แบตเตอรี่ แต่ก็มีคำถามว่า เมื่อแบตเตอรี่หมดจะประจุไฟฟ้าได้อย่างไร เท่าที่เคยทราบผู้ใช้เหล่านั้นจะต้องเข้าเมืองเพื่อไปประจุไฟฟ้าแต่ด้วยระยะทางที่ไกลกันเกินไปจึงเป็นอุปสรรคอย่างยิ่ง จากคำถามนี้เราจะใช้พลังงานอะไร เท่าที่พบโดยทั่วไปจะใช้เครื่องปั่นไฟเป็นตัวให้พลังงานแต่เครื่องปั่นไฟนี้ต้องใช้น้ำมันในการทำงานจึงเป็นการสิ้นเปลือง อีกทั้งยังสร้างมลภาวะทางอากาศและทางเสียงอีกด้วย จากที่กล่าวได้มายังมีแหล่งพลังงานอีกชนิดหนึ่งที่ติดตั้งง่ายและเป็นพลังงานบริสุทธิ์ ที่กำลังได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบันก็คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์ นับได้ว่าเป็นทางเลือกที่น่าพิจารณาอย่างยิ่ง

เครื่องประจุแบตเตอรี่โดยทั่วไปจะสามารถประจุแบตเตอรี่ได้เฉพาะขนาดแรงดันที่ระบุไว้เท่านั้น ถ้าเราจะเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาดใดก็ต้องเลือกเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่เหมาะสมกับขนาดนั้นเท่านั้น จะเห็นว่าจะทำให้เราไม่สามารถจะใช้พลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างคุ้มค่า อีกทั้งผู้ใช้ที่ไม่มีความรู้มักคิดว่าเครื่องประจุที่มีสามารถใช้กับแบตเตอรี่อะไรก็ได้ จึงได้นำเอาแบตเตอรี่ที่ผิดขนาดมาประจุกับเครื่องที่ออกแบบมาให้ใช้ได้เฉพาะ ก็จะทำให้แบตเตอรี่เสียหายได้ จะเห็นได้ว่าเป็นการยากมากสำหรับผู้ใช้

ปัญหาอีกประการหนึ่งของเครื่องประจุแบตเตอรี่ก็คือ เครื่องประจุแบตเตอรี่บางเครื่องไม่ค่อยมีคุณภาพนักกล่าวคือ เมื่อทำการประจุไฟฟ้าไปแล้วนั้น ก็ไม่มีระบบตรวจสอบแบตเตอรี่ว่าเต็มหรือยังจึงทำให้แบตเตอรี่ได้รับการประจุเกินไปเป็นผลทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลงไปด้วย ดังนั้นโครงการนี้จึงได้รวมเอาแนวความคิดในการสร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น

นอกจากนี้ในโครงการยังได้นำเสนอแนวความคิดใหม่ในการสร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่ ที่ออกแบบให้วงจรรักษาระดับแรงดัน (Regulate) ซึ่งจัดได้ว่าเป็นส่วนที่ทำให้เกิดพลังงานสูญเสียมากที่สุดในเครื่องประจุแบตเตอรี่ ให้ทำงานน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยอาศัยระดับแรงดันที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่เป็นตัวกำหนดการทำงาน โดยเพิ่มความสามารถในการอนุกรม และ ขนาน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ กับ แบตเตอรี่ ให้ได้ระดับแรงดันที่เหมาะสม จะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นได้ว่าด้วยวิธีนี้หากมีการคำนวณระดับแรงดันที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ ระดับแรงดันแบตเตอรี่ที่จะใช้ประจุโดยพิจารณาจากจำนวนแบตเตอรี่ที่มีให้เหมาะสมกัน เมื่อเราสร้างชุดอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการดับแสง และ แบตเตอรี่ให้เป็นอนุกรม ขนาน ก็จะได้เครื่องประจุที่มีความชาญฉลาดมากยิ่งขึ้น ทำให้สามารถใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ได้อย่างคุ้มค่าที่สุด ดังนั้น โครงการนี้จึงได้รวมเอาแนวความคิดที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด นำมาสร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาที่กล่าวมาแล้วข้างต้นได้

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ศึกษาคุณสมบัติทั่วไปของเครื่องประจุแบตเตอรี่
- 1.2.2 สามารถออกแบบ และ แปลรูปพลังงานของแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานไฟฟ้าให้ได้ อย่างคุ้มค่า
- 1.2.3 สามารถประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่ได้

1.3 ขอบเขต

- 1.3.1 ออกแบบและสร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่ให้สามารถประจุแบตเตอรี่ได้หลายขนาดที่มีใช้กันทั่วไปคือ 6 , 12 และ 24 โวลท์ โดยควบคุมการทำงานทุกขั้นตอนจากไมโครคอนโทรลเลอร์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถออกแบบเครื่องประจุแบตเตอรี่ได้
- 1.4.2 ช่วยให้มีแนวความคิด ในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ อย่างคุ้มค่า
- 1.4.3 สามารถประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้ตามความต้องการ

สำหรับรายละเอียดของโครงการนี้ ได้แสดงไว้ในบทต่างๆ ดังนี้คือ

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของโครงการ และรายละเอียดของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 หลักการทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 วจร และ การออกแบบ

บทที่ 5 การทดสอบ และ ผลการทดสอบ

บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

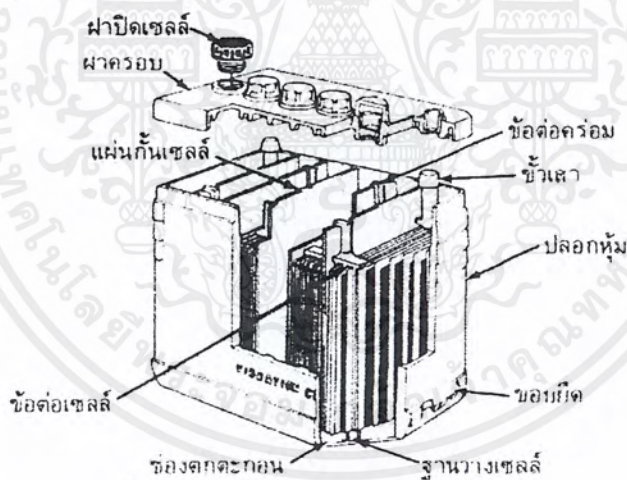
บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 แบตเตอรี่

2.1.1 โครงสร้างของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่หลายๆ ชนิดมีโครงสร้างและการทำงานคล้ายคลึงกัน คือประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์อยู่ในเปลือกหุ้ม แต่ละเซลล์ประกอบด้วยแผ่นธาตุ (แผ่นบวกและแผ่นลบประกอบเข้าด้วยกัน) ฉนวนหรือแผ่นกั้น (Separators), ฝาครอบเซลล์ (Cell Cover), น้ำยา (Electrolyte) แต่ละเซลล์ประกอบอยู่ในเปลือกหุ้ม ซึ่งป้องกันการรั่วของน้ำยาไว้ แบตเตอรี่แตกต่างกันในหลักใหญ่ๆ คือ จำนวนเซลล์, จำนวนแผ่นบวกและแผ่นลบต่อเซลล์, ขนาดและความหนาของแผ่นธาตุ และชนิดของแผ่นกั้นที่ใช้

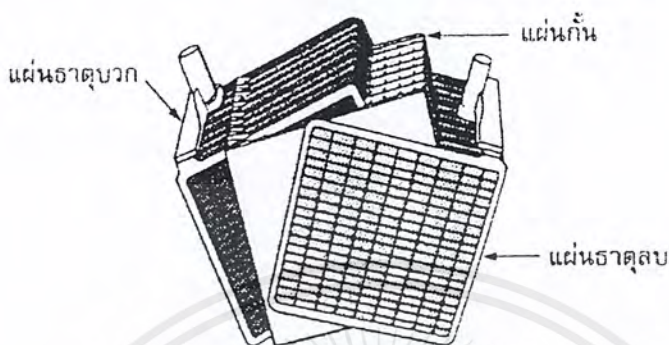


รูปที่ 2.1 โครงสร้างของแบตเตอรี่

1.) เซลล์ (Cells) ประกอบด้วยแผ่นธาตุ และน้ำยาอยู่ในเปลือกหุ้ม แต่ละเซลล์มีจุดเกิดขั้วสำหรับปิด ที่ตรงกลางจุดเกิดขั้วมีรูระบายอากาศ เพื่อระบายก๊าซที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี และไฟฟ้าภายในหุ้มแบตเตอรี่ การต่อเซลล์เป็นอันดับ (ขั้วลบของเซลล์หนึ่งต่อเข้ากับขั้วบวกของเซลล์ถัดไป) ของแบตเตอรี่ จะทำให้แรงเคลื่อนเท่ากับผลบวกของแรงเคลื่อนแต่ละเซลล์ นั่นคือจำนวนและการจัดลำดับของเซลล์เป็นตัวกำหนดแรงเคลื่อนของแบตเตอรี่

2.) แผ่นธาตุ (Elements) แต่ละเซลล์ประกอบด้วยแผ่นธาตุดังรูปที่ 2.2 อยู่ในของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมระหว่างกรดกำมะถันและน้ำ ซึ่งเรียกว่าน้ำยา ในภาชนะที่กันกรดได้ โดยมีฝาครอบเป็นยางแข็ง ฝาครอบนี้จะถูกกันรั่วไว้ในตำแหน่งของมินด้วยสารผสมที่กันกรดได้



รูปที่ 2.2 การประกอบแผ่นธาตุเข้าด้วยกัน

แผ่นธาตุทำด้วยตะกั่วหล่อเป็นตะแกรง ใช้ผงตะกั่วซึ่งผสมด้วยวัตถุจำพวกกาวยำพวกสำหรับยึดค้อยู่กับตะแกรงซึ่งทำด้วยตะกั่ว แผ่นธาตุมี 2 ชนิดคือ แผ่นบวกซึ่งประกอบด้วยวัตถุไวปฏิกิริยา คือตะกั่วเปอร์ออกไซด์ (Lead Peroxide) มีสีเป็นสีน้ำตาล และ แผ่นลบ ประกอบด้วยวัตถุไวปฏิกิริยา คือตะกั่วธรรมชาติ (Sponge Lead) สอดสานเข้าซึ่งกันและกัน ตามปกติแผ่นลบจะมีมากกว่าแผ่นบวกหนึ่งแผ่น นั่นคือแผ่นบวกทุกแผ่นจะมีแผ่นลบขนานอยู่ทั้งสองด้านของตัวมัน การจัดแบบนี้เพราะว่าปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นกับแผ่นบวกมากกว่าแผ่นลบ แผ่นบวกจึงมีน้อยกว่าแผ่นลบได้ ระหว่างแผ่นธาตุแต่ละแผ่นจะมีแผ่นกั้นที่เป็นฉนวนกันไว้ไม่ให้แผ่นธาตุสัมผัสกัน

3.) แผ่นกั้น เป็นฉนวนคั่นอยู่ระหว่างแผ่นบวกและแผ่นลบ เพื่อป้องกันแผ่นบวกและแผ่นลบสัมผัสกัน แผ่นกั้นนี้มีรูเล็กๆจำนวนมาก ดังนั้นน้ำยาภายในเซลล์จึงวนเวียนหรือถ่ายเทไปมาได้ง่าย การหมุนเวียนของน้ำยาเป็นสิ่งจำเป็นเพราะน้ำยาต้องเข้าไปยังผิวหน้าแผ่นธาตุทุกแผ่น เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี แผ่นกั้นนี้อาจทำด้วยไม้ ยาง แก้ว หรือ เซลลูโลส โดยกรรมวิธีทางเคมีแบบเคอร์รี่บางแบบอาจใช้แผ่นกั้นมากกว่าหนึ่งชนิด ตามปกติแผ่นกั้นจะทำเป็นลูกฟูกหันไปทางแผ่นบวกในแนวตั้ง เพื่อเพิ่มบริเวณเนื้อที่สำหรับน้ำยาครอบแผ่นบวก

4.) สะพานไฟ (Cell Connectors) เป็นตัวต่อระหว่างเซลล์เข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นแท่งตะกั่วแบบหนา ยึดอยู่ระหว่างขั้วของเซลล์ แบบเคอร์รี่บางแบบสะพานไฟอยู่ข้างบน บางแบบอยู่ในฝาครอบเซลล์ ถ้าอยู่ภายในฝาครอบเซลล์จะมีสารผสมกันรั่วหุ้มไว้เพื่อป้องกันการรั่วของกระแสตรงด้านบนของฝาครอบเซลล์ เพราะตำแหน่งที่ขั้วของเซลล์โผล่ขึ้นมาโดยไม่มีอะไรป้องกัน ฝุ่นละอองและความชื้นจะทำให้เกิดทางเดินของกระแสไฟฟ้าขึ้นระหว่างขั้วขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงระยะเวลาหนึ่งจะทำให้แบตเตอรี่ไม่มีไฟหรือเก็บไฟไม่ได้

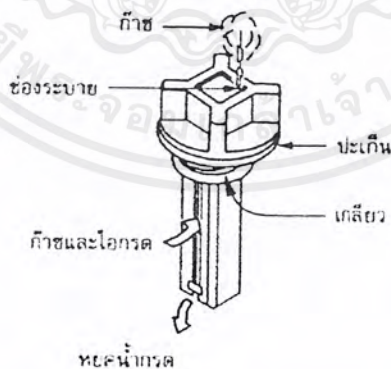
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.) เปลือกหุ้ม (Case) ทำด้วยยางแข็งหล่อขึ้นรูป เปลือกหุ้มนี้จะเป็นตัวรองรับอุปกรณ์อื่นๆของแบตเตอรี่ไว้ทั้งหมด ที่เปลือกหุ้มจะทำเป็นผนังกันไว้เป็นช่องๆ เพื่อแบ่งเซลล์ของแบตเตอรี่ ถ้า 6 โวลท์จะทำเป็น 3 ช่อง 12 โวลท์ทำเป็น 6 ช่อง แต่ละช่องจะรั่วถึงกันไม่ได้

6.) ห้องตกตะกอน (Sediment Chamber) อยู่ตอนล่างของเปลือกหุ้ม โดยหล่อเป็นสันขึ้นมารับแผ่นธาตุ โดยจัดให้มีช่องว่างไว้ทางตอนล่าง เนื่องจากแผ่นธาตุเมื่อใช้งานไป ความร้อนและแรงกระเทือนจะทำให้วัตถุไวปฏิกิริยาเคมีที่ฉาบไว้บนแผ่นธาตุหลุดร่วงออกมา วัตถุเหล่านี้จะตกลงไปในห้องตกตะกอนซึ่งอยู่ด้านล่างสุด เป็นการป้องกันไม่ให้วัตถุที่หลุดร่วงไปเชื่อมต่อระหว่างแผ่นธาตุ ซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจร ดังนั้นจึงไม่ควรคว่ำหุ้มแบตเตอรี่

7.) น้ำยา แผ่นธาตุของแบตเตอรี่จะแช่อยู่ในน้ำยา ซึ่งเป็นส่วนผสมของกรดกำมะถัน (H_2SO_4) 36% กับน้ำ (H_2O) 64% เมื่อมีอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อเข้ากับแบตเตอรี่ครบวงจร กระแสจะเริ่มต้นไหลจากแบตเตอรี่ โดยปฏิกิริยาเคมีระหว่างแผ่นธาตุบวกและ แผ่นธาตุลบ กับกรดกำมะถันในน้ำยา

8.) ฝาครอบเซลล์ ทำด้วยยางแข็งเช่นเดียวกับเปลือกหุ้ม ทำหน้าที่ปิดครอบเซลล์อยู่ตอนบนของเปลือกหุ้ม ที่ฝารอบนี้จะมีรูทำเป็นเกลียวสำหรับฝาจุก (Vent Plug) ซึ่งเป็นเกลียวและมีรูระบายเล็กๆอยู่ตรงกลางฝาจุก ฝาจุกนี้คลายออกเปิดได้เพื่อตรวจระดับน้ำยาภายในเซลล์และเติมน้ำกลั่น เนื่องจากน้ำสูญเสียน้ำไปในระหว่างที่แบตเตอรี่ทำงาน บางส่วนกลายเป็นไอ บางส่วนเปลี่ยนเป็นก๊าซ (ไฮโดรเจนและออกซิเจน) การที่ฝาจุกมีรูระบาย (Vent Hole) ก็เพื่อยอมให้ก๊าซเหล่านี้ระบายออกสู่ภายนอกได้

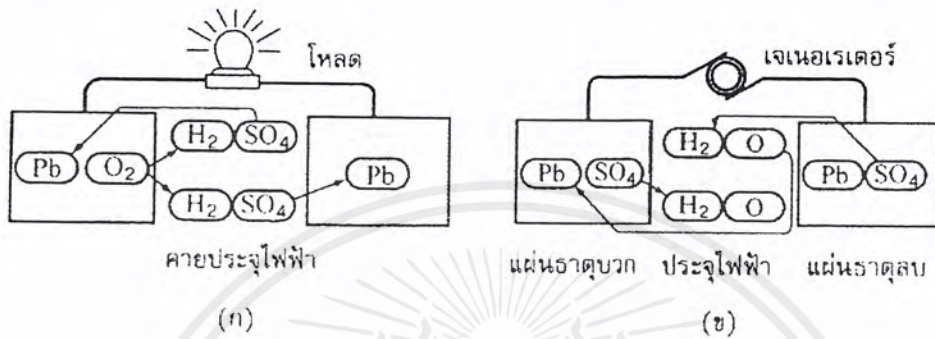


รูปที่ 2.3 ฝาจุกปิดเซลล์และรูระบายก๊าซ

2.1.2 การทำงานของแบตเตอรี่

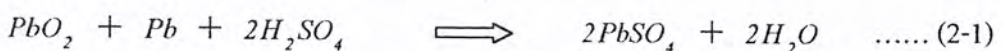
ดังได้กล่าวแล้วว่า กระแสเกิดขึ้นจาก ปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างวัตถุไวปฏิกิริยาในแผ่นธาตุและกรดกำมะถันในน้ำยา รูปที่ 2.4 วัตถุไวปฏิกิริยาในแผ่นบวกคือ PbO_2 และในแผ่นลบคือ Pb เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะกั่วเปอร์ออกไซด์เป็นรูปของตะกั่วและออกซิเจนรวมกันทางเคมีในอัตราส่วน 1 อะตอมของ ตะกั่วกับ 2 อะตอม ของออกซิเจน ส่วนสูตรทางเคมีของของกรดกำมะถันคือ H_2SO_4 หมายความว่า ทุกๆ โมเลกุลของกรดกำมะถันมีไฮโดรเจน 2 อะตอม , กำมะถัน 1 อะตอม และ ออกซิเจน 4 อะตอม



รูปที่ 2.4 ปฏิกริยาทางเคมีระหว่างแผ่นบวกและแผ่นลบ

เมื่อแบตเตอรี่กำลังจ่ายไฟออก (Discharged) ปฏิกริยาทางเคมีเกิดขึ้นดังรูปที่ 2.4 เมื่อ เริ่มปฏิกริยาโมเลกุลของกรดกำมะถันแยกออกเป็น H_2 และ SO_4 อนุโมลซัลเฟต (SO_4) อันหนึ่งเข้า รวมกับ Pb ในแผ่นลบ ส่วนอนุโมลซัลเฟตอีกอันหนึ่งเข้ารวมกับ Pb ในแผ่นบวก เกิดเป็น $PbSO_4$ หรือตะกั่วซัลเฟต ทั้งแผ่นบวกและแผ่นลบ ปฏิกริยานี้ทำให้ออกซิเจน (O_2) 2 อะตอมจากแผ่นบวก เป็นอิสระ จึงเข้ารวมกับไฮโดรเจนซึ่งเหลือภายหลังจาก SO_4 เข้าไปรวมกับแผ่นธาตุ ออกซิเจนและ ไฮโดรเจนรวมกันเข้าเป็นโมเลกุล H_2O ซึ่งก็คือน้ำธรรมดา ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในระหว่างที่ แบตเตอรี่จ่ายไฟออก ตะกั่วซัลเฟต $PbSO_4$ จะเกิดขึ้นที่แผ่นธาตุทั้งสอง ในขณะที่กรดกำมะถันในน้ำ ยาถูกน้ำ H_2O เข้ามาแทนที่ดังสมการ



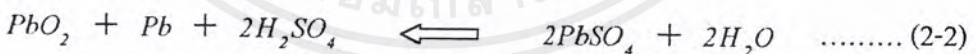
สมการนี้เป็นเพียงไม่กี่โมเลกุลที่เกิดปฏิกริยาเคมี ที่จริงแล้วในแผ่นธาตุและน้ำยามี เป็นพันๆ ล้านโมเลกุล แต่ก็ไม่ใช่ทั้งหมดที่แยกตัวออกและเข้ารวมตัวกันใหม่เมื่อแบตเตอรี่จ่ายไฟ สำหรับการไหลของกระแสหรือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน เกิดจากการเคลื่อนย้ายของ SO_4 และ O_2 ไปมาจากแผ่นธาตุทั้งสอง ส่วนของโมเลกุลที่เรียกว่าไอออนซ์ พาอิเล็กตรอนจากแผ่นบวกไป ไว้ยังแผ่นลบ จากผลอันนี้ทำให้ขั้วลบมีอิเล็กตรอนจำนวนมากในขณะที่ขั้วบวกขาดอิเล็กตรอน เมื่อ วงจรภายนอกระหว่างขั้วทั้งสองครบวงจรอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากขั้วลบผ่านวงจรภายนอกและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับมายังขั้วบวก ปฏิกิริยานี้สามารถเกิดขึ้นติดต่อกันได้ครบเท่าที่มีจำนวนโมเลกุลของ $PbSO_4$ และ H_2O เหลืออยู่พอจะแยกตัวออกและรวมตัวกันเป็นโมเลกุลของ $PbSO_4$ และ H_2O ใหม่ได้ เมื่อโมเลกุลเหล่านี้ได้แยกตัวออกและรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหม่หมดแล้ว แบตเตอรี่ยุ่านั้นก็อยู่ในสภาพไม่มีไฟ จึงต้องได้รับการประจุไฟใหม่อีกครั้ง

2.1.3 การประจุไฟให้แบตเตอรี่

จะต้องใช้แรงดันอีเล็กตรอนเข้าไปในแผ่นลบ และให้อีเล็กตรอนออกมาทางแผ่นบวก หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่าใช้กระแสไฟฟ้าดันผ่านแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้านี้จะต้องไหลผ่านแบตเตอรี่ในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางที่กระแสไหลขณะจ่ายไฟออก ในระหว่างประจุไฟใหม่ รูปที่ 2.4 (ข) น้ำ HO_2 จะแตกตัวเป็นไฮโดรเจน H_2 และออกซิเจน O_2 ส่วนอนุพลซัลเฟต SO_4 เคลื่อนออกจากแผ่นธาตุทั้งสองกลับไปยังน้ำยา เข้รวมตัวกับไฮโดรเจนเป็นกรดกำมะถัน H_2SO_4 อีกครั้งหนึ่ง ในขณะที่เดียวกันอะตอมของออกซิเจนจะถูกขับกลับไปยังแผ่นบวก ทำให้แผ่นบวกเป็นตะกั่วเปอร์ออกไซด์อีกครั้งหนึ่ง พร้อมกันนั้นกรดกำมะถันปรากฏขึ้นใหม่ในน้ำยาแทนที่น้ำ จะเห็นได้ว่าตะกั่วซัลเฟตจะหายไปจากแผ่นธาตุทั้งสอง คงเหลือตะกั่วอย่างเดียวยในแผ่นลบ และตะกั่วเปอร์ออกไซด์ในแผ่นบวก เมื่อตะกั่วซัลเฟตได้หายไปจากแผ่นธาตุทั้งสองหมดก็กล่าวได้ว่า แบตเตอรี่ได้รับการประจุใหม่ ในระหว่างขบวนการประจุใหม่ ไฮโดรเจนและออกซิเจน (ทั้งสองคือก๊าซ) บางส่วนหนีจากเซลล์แบตเตอรี่ผ่านรูระบายที่ฝาजूออกออกไป ก๊าซนี้สามารถติดไฟได้ ดังนั้นไม่ควรสูบบุหรี่หรือทำให้เกิดประกายไฟใกล้กับบริเวณนั้น เพราะจะทำให้เกิดการระเบิดขึ้นได้ ส่วนสมการเคมีเมื่อแบตเตอรี่ได้รับการประจุคือ



2.2 เซลล์แสงอาทิตย์

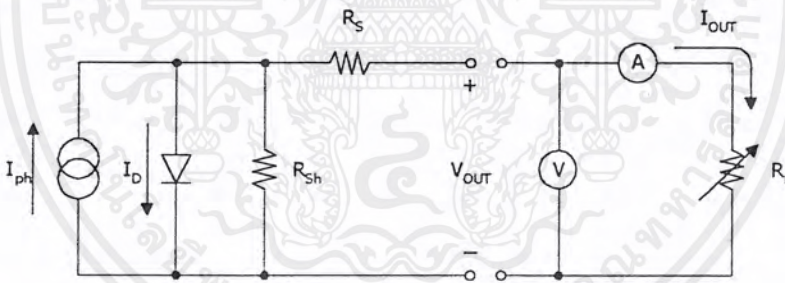
2.2.1 โครงสร้างและคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงพลังงานจากพลังงานแสงมาเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง โดยทั่วไปแล้วเซลล์แสงอาทิตย์ที่ว่ามีอยู่ด้วยกันหลายชนิดแล้วแต่ชนิดของวัสดุที่ได้นำมาสร้างให้เป็นผลิตภัณฑ์ อาจจะผลิตด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นมาจากธาตุซิลิกอน หรือสารประกอบจำพวกแคลเซียมมีดไฟด์ และแคลเซียมอาเซไนด์ และอื่นๆ อีกมากมาย แต่ในการที่จะสร้างเซลล์แสงอาทิตย์นั้น ทางด้านของผู้ผลิตจะใช้วัสดุชนิดซิลิกอนนำมาผลิตมากที่สุดเพราะเนื่องจากมีราคาถูก และสามารถที่จะสกัดสารนี้ขึ้นมาได้จากทรายบนพื้นโลก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ซิลิกอนนี้ยังเป็นสารกึ่งตัวนำที่ถูกพัฒนาขึ้นมาจนเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย และ
ยังใช้เป็นวัสดุฉนวนในการผลิตอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับอิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่างๆอย่างแพร่หลายมากมายอีก
ด้วย

โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดอื่นและชนิดพี ซึ่งตัว
โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์จะมีลักษณะเหมือนโครงสร้างของไดโอดทุกประการ เพียงแต่ว่า
เซลล์แสงอาทิตย์จะมีพื้นที่ผิวของรอยต่อที่มีความโค้งมากกว่าไดโอดธรรมดาเป็นอย่างมาก และอีกทั้ง
ยังมีพื้นที่ ที่เป็นรอยต่อมากอีกด้วย ซึ่งจะให้พลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพยิ่ง

วงจรสมมูลย์ของเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ใช้งานสามารถเขียนแสดงได้ดังรูปที่ 2.5
โดยกระแสโฟโตแทนด้วยแหล่งจ่ายกระแส I_{ph} ซึ่งให้กระแสไฟฟ้าในทิศทางตรงข้ามกับกระแส
ไบอัสตามของไดโอด ส่วนค่าความต้านทานที่ขนานเขียนแสดงด้วย R_{sh} ซึ่งเป็นค่าความต้านทานที่
กำหนดค่าได้จากสภาพของหัวต่อที่ทำขึ้น เช่น การเกิดกระแสรั่วตามขอบเซลล์ ความไม่สม่ำเสมอ
ของหัวต่อ เนื่องจากความบกพร่องทางผลึกต่างๆ ส่วนค่าความต้านทานอนุกรมเขียนแทนด้วย R_s
กำหนดได้จากค่าความต้านทานของผิวสัมผัสทั้งทางด้านหน้าและด้านหลัง รวมกับค่าความต้าน
ทานของผลึกฐานและชั้นแพร่ซึมของเซลล์ ที่ประคิษฐ์ขึ้น



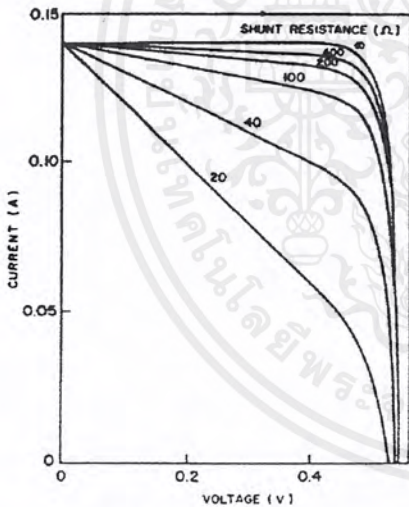
รูปที่ 2.5 วงจรสมมูลย์ของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อพิจารณาจากวงจรสมมูลย์แล้วจะเห็นได้ว่า เซลล์แสงอาทิตย์ในอุดมคตินั้น ควร
เป็นไดโอดที่มีหัวต่อที่คุณภาพดี โดยมีค่า R_{sh} เป็น ∞ และค่า R_s เป็น 0 แต่ในความเป็นจริงแล้ว
การสร้างหัวต่อที่สมบูรณ์แบบนั้นทำได้ยาก เพราะผลึกสารกึ่งตัวนำที่ใช้มีจุดบกพร่องทางผลึกอยู่
ก่อนแล้ว และเมื่อมาทำหัวต่อที่มีพื้นที่กว้างโดยการเติมสารเจือปนที่อุณหภูมิสูง ก็จะได้หัวต่อที่มี
ความสม่ำเสมอที่ดีได้ด้วยขีดจำกัดขนาดหนึ่งเท่านั้น ซึ่งเป็นสาเหตุของกระแสรั่วทำให้ค่า R_{sh} ไม่
เป็น ∞ ส่วนค่า R_s ก็เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ จึงมีค่าไม่เป็น 0 ดังนั้นการออกแบบเซลล์แสงอาทิตย์
ที่ดีที่สุด คือพยายามทำให้ค่า R_{sh} มีค่ามากที่สุด ในขณะที่ค่า R_s มีค่าน้อยที่สุด สำหรับเซลล์แสง
อาทิตย์ที่ใช้แสงอาทิตย์ความเข้มสูง ค่าความต้านทานขนานจะมีค่าสูงพอที่อิทธิพลของมันจะตัด

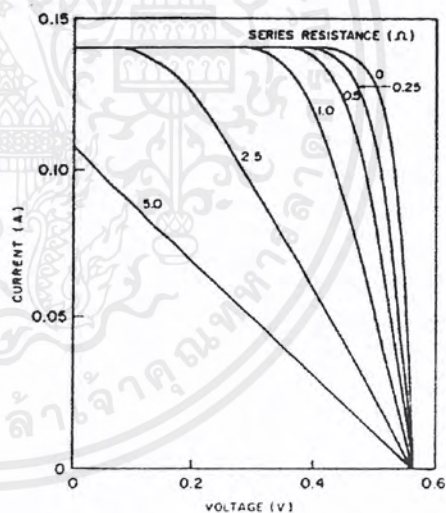
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิ้งไปได้ แต่เมื่อใช้กับแสงที่มีความเข้มต่ำหรือที่อุณหภูมิค่าความต้านทานขนานจะเริ่มมีบทบาทสำคัญมากขึ้นทำให้ประเทศในแถบร้อนสามารถตัดผลของ R_{sh} ทิ้งได้ ส่วนค่าความต้านทานอนุกรมกลับมีบทบาทสำคัญต่อการใช้งานกับแสงความเข้มสูงหรืออุณหภูมิสูง ดังนั้นในการออกแบบเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีความต้านทานอนุกรมต่ำจึงเป็นสิ่งจำเป็น เช่นการสร้างหัวต่อที่บางแต่มีความเข้มข้นของสารเจือปนสูง

เราอาจทดสอบผลของ R_{sh} และ R_s ได้โดยการต่อตัวต้านทานขนานและอนุกรมที่มีค่าต่างๆ กับเซลล์แสงอาทิตย์นั้นๆ รูปที่ 2.6 แสดงถึงอิทธิพลของความต้านทานที่ต่อขนานกับเซลล์ จะเห็นว่าค่ากระแสลัดวงจรมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงในขณะที่ค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจรและค่าฟิลล์แฟคเตอร์มีค่าลดลงเมื่อค่าความต้านทานขนานต่ำลง ส่วนรูปที่ 2.7 นั้นแสดงถึงอิทธิพลของความต้านทานอนุกรมซึ่งมีผลกระทบต่อค่าฟิลล์แฟคเตอร์ของเซลล์อย่างมาก ในขณะที่ค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจรคงที่และส่งผลให้ค่ากระแสลัดวงจรมีค่าต่ำกว่ากระแสลัดโฟโต เนื่องจากมีแรงดันไฟฟ้าส่วนหนึ่งตกคร่อมความต้านทานอนุกรม



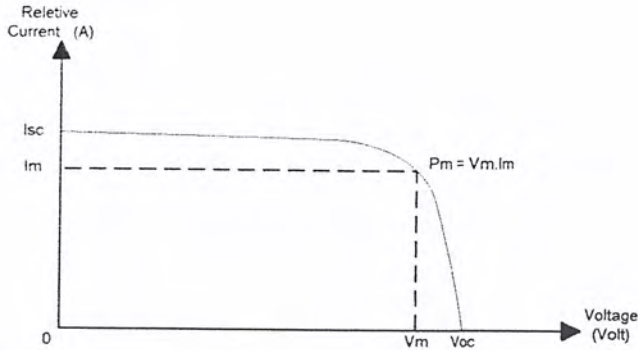
รูปที่ 2.6 อิทธิพลของความต้านทานขนาน



รูปที่ 2.7 อิทธิพลของความต้านทานอนุกรม

เมื่อพิจารณาวงจรสมมูลดังรูปที่ 2.5 ซึ่งประกอบด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ โวลต์มิเตอร์ และแอมป์มิเตอร์ และค่าความต้านทานที่ปรับค่าได้ R_L เป็นการทดสอบสมรรถนะของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเราจะทำการทดลองโดยการเปลี่ยนค่าความต้านทานไปเรื่อยๆ โดยที่แต่ละครั้งของการเปลี่ยนแปลงความต้านทานเราจะทำการบันทึกค่าศักดาไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวของเซลล์แสงอาทิตย์ และค่ากระแสที่ไหลในวงจร และเมื่อเรานำค่าศักดาไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับกระแสที่ได้นำมาเขียนกราฟ จะได้ความสัมพันธ์ดังรูปต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงคุณลักษณะ V-I CURVE ของเซลล์แสงอาทิตย์

จากกราฟ V-I CURVE ที่เราได้เราสามารถพิจารณาหาค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์โดยเราจะแยกพิจารณาแต่ละตัว ดังต่อไปนี้

1. ขนาดของศักย์ไฟฟ้าในขณะเปิดวงจร (V_{oc})

คือขนาดของศักย์ไฟฟ้าในขณะที่มี ความต้านทานค่าเป็นอนันต์ ($R_L = \infty$) แยกพิจารณาดังต่อไปนี้

- สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์เซลล์เดี่ยว จะมีค่า V_{oc} ไม่เกิน 0.6 โวลต์ ทั้งนี้เนื่องจากว่าค่าศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเซลล์ก็คือ ค่าความต่างศักย์ของรอยต่อ พี-เอ็น นั้นเอง
- สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ที่เป็นแผง ขึ้นอยู่กับการนำเซลล์มาต่อรวมกันทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับการประยุกต์นำไปใช้งานจริง

2. ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะลัดวงจร (I_{sc})

จะมีลักษณะทำนองเดียวกันกับค่า V_{oc} โดยทั่วไปแล้วสำหรับเซลล์เดี่ยว จะมีขนาดของกระแสไฟฟ้าลัดวงจรไม่เกิน 2.5 แอมป์

3. กำลังไฟฟ้าสูงสุด (P_m)

จะทำการหาได้จากตำแหน่งของกราฟตรงที่อ่านได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด และค่าของศักย์ไฟฟ้า กับ กระแสไฟฟ้าที่จุดนี้ก็คือ จุด V_m และ I_m ตามลำดับ เพราะฉะนั้นเราสามารถเขียน สมการของกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ดังนี้

$$P_m = V_m \times I_m \dots\dots\dots (2-3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. **ฟิลล์แฟกเตอร์ (Fill Factor)** หาได้จากความสัมพันธ์ ดังนี้คือ

$$\text{Fill Factor} = P_m / P_o \quad \dots\dots\dots (2-4)$$

โดยที่ $P_m = V_m \times I_m$

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

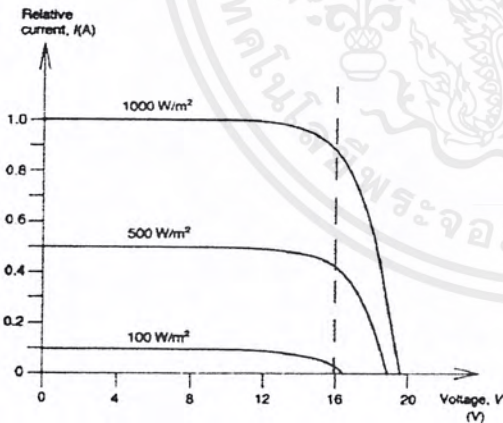
5. **ประสิทธิภาพของเซลล์ (Efficiency)** หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากเซลล์ (mW)} \times 100\%}{\text{พลังงานที่ได้จากแสง (mW / Cm}^2) \times \text{พื้นที่รับแสง (Cm}^2)} \quad \dots (2-5)$$

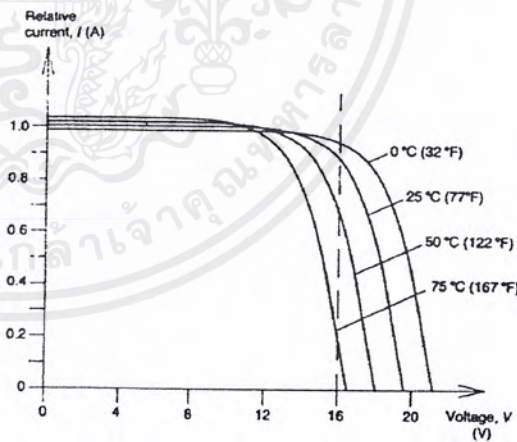
2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อเซลล์แสงอาทิตย์

1.) **ระดับความเข้มส่องสว่างของแสงที่ตกกระทบในแต่ละเซลล์**

โดยค่าของ Photocurrent จะแปรผันตรงกับค่าความส่องสว่างของแสง แต่ค่าของกระแส I_d ของ P-N junction จะไม่ได้รับผลกระทบ



รูปที่ 2.9 ผลของความเข้มแสง

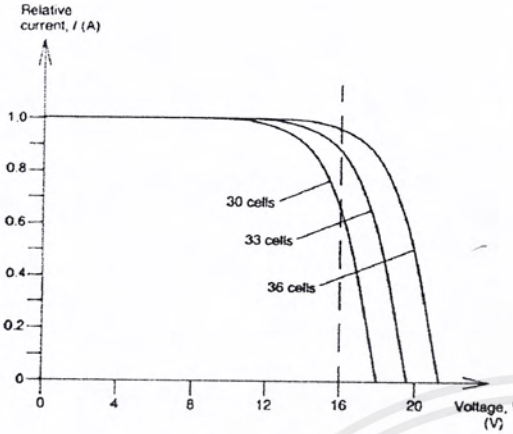


รูปที่ 2.10 ผลของอุณหภูมิ

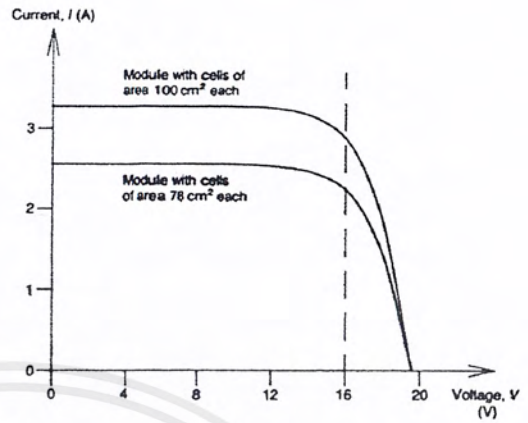
2.) **อุณหภูมิของเซลล์**

อุณหภูมิเป็นสิ่งที่มีผลอย่างมากต่อคุณลักษณะของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่า Photocurrent เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ค่า Open circuit Voltage จะลดลงอย่าง เป็นเชิงเส้นต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ผลของจำนวนเซลล์



รูปที่ 2.12 ผลการเพิ่มพื้นที่

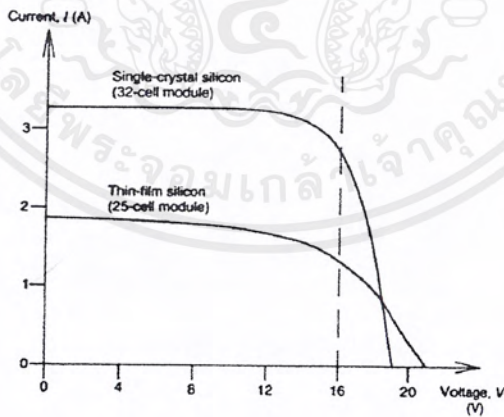
3.) จำนวนเซลล์ในแต่ละ Module

โดยการเพิ่มจำนวนเซลล์มักจะเพิ่มในลักษณะที่ทำให้ศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยกระแสดอนข้างคงที่

4.) พื้นที่ของแต่ละเซลล์

ซึ่งการเพิ่มพื้นที่นี้จะทำให้กระแสเพิ่มขึ้น

5.) ชนิดของสารที่ใช้ทำ Solar Cell



รูปที่ 2.13 ผลของชนิดสารที่ใช้

2.2.3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

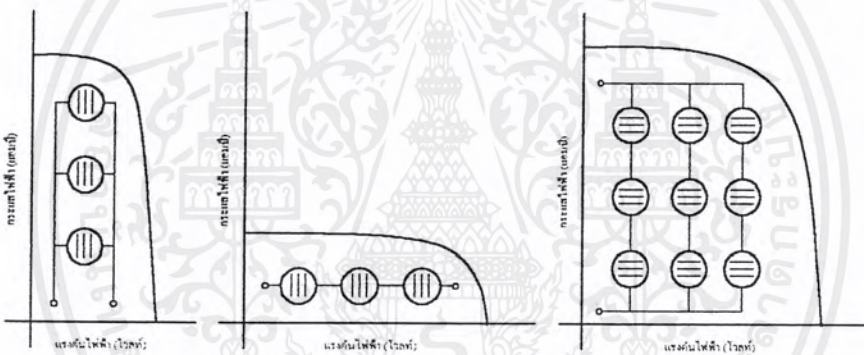
เป็นอุปกรณ์กำเนิดพลังงานไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้

1.) เซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีรูปร่างลักษณะต่างๆ ที่นิยมใช้กันมากมีอยู่ 2 แบบ คือแบบสี่เหลี่ยม (100 x 100 มม.) และแบบกลม (เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม.) ซึ่งอาจถูกตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็กๆ ย่อยลงไปได้อีก เซลล์แสงอาทิตย์ไม่ว่าจะเป็นชิ้นเล็กหรือชิ้นใหญ่จะมีแรงดันคงที่ประมาณ 0.5 โวลต์ แต่จำนวนกระแสจะเปลี่ยนไปตามพื้นที่หน้าตัดของชิ้นเซลล์ ซึ่งโดยเฉลี่ยจะให้ค่ากระแสต่อตารางประมาณ 3 แอมป์ต่อ 100 ตารางเซนติเมตร

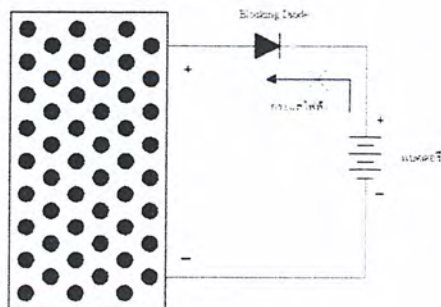
แผงเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกออกแบบโดยอาศัยการนำชิ้นเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อกันแบบอนุกรมหรือแบบขนานตามความต้องการดังรูปที่ 2.14 โดยปกติแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกออกแบบให้ใช้กับระบบไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ จึงต้องนำเอาชิ้นเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อกันแบบอนุกรมจำนวน 32 – 36 ชิ้น ก็จะได้แรงดันที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ประมาณ 16 – 18 โวลต์ เพื่อที่จะประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์



รูปที่ 2.14 แสดงการต่อเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีขนาดแรงดัน และ กระแส ตามต้องการ

2.) บล็อกกิ้งไดโอด (Blocking Diode)

เป็นไดโอดที่ต่อไว้ป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไหลกลับไปสู่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ไม่มีแสงแดด ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 บล็อกกิ้งไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.) กระจกนิรภัย

สามารถให้แสงผ่านได้สูง (Tempered Low Iron , High Transmission Glass) โดยให้แสงผ่านได้ถึง 92 เปอร์เซ็นต์

4.) สารเคลือบ EVA (Ethylene – Vinyl Acetate)

สารเคลือบป้องกันไม่ให้ความชื้นและฝุ่นละอองถูกเซลล์แสงอาทิตย์

5.) กรอบ (Frame)

ใช้อลูมิเนียมชุบแข็ง (Anodised Aluminium) เพื่อทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ หรืออาจใช้วัสดุอื่นที่ออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละสภาพแวดล้อม

6.) แผ่นยึดด้านหลัง (Back Cover)

ใช้สารโพลีเมอร์ที่มีชื่อทางการค้าว่า Tedlar โดยมีแผ่นอลูมิเนียมบางๆ ชั้นอยู่ตรงกลาง

7.) บายพาสไดโอด (By Pass Diode)

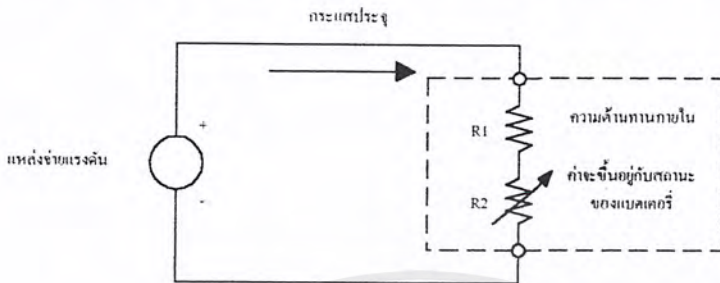
เป็นไดโอดที่ต่อคร่อมระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์สองแถว เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสชาดวงจรและทำให้เกิดจุดไหม้บนเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อมีเงามาบังบนเซลล์ ในขณะที่ใช้งานปกติบายพาสไดโอดจะถูกต่อแบบรีเวอร์สไบอัส กระแสในเซลล์แต่ละแถวก็จะไหลตามปกติ แต่เมื่อเซลล์ตัวใดตัวหนึ่งถูกเงาบังหรือขาดวงจร บายพาสไดโอดก็จะถูกต่อแบบฟอว์เวิร์สไบอัส กระแสก็จะไหลผ่านไดโอดโดยไม่ผ่านเซลล์แถวนั้นๆ

2.3 หลักการประจุไฟฟ้าของเครื่องประจุแบตเตอรี่

เครื่องประจุแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ซึ่งจะให้ระดับแรงดันสูงกว่าระดับแรงดันของแบตเตอรี่ในขณะที่มีการเก็บประจุ ในการประจุแบตเตอรี่จะให้ขั้วบวกของเครื่องประจุต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ โดยกระแสที่ทำการประจุจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางของกระแสที่แบตเตอรี่จ่ายออกมา ดังแสดงในรูปที่ 2.16 จากรูปวงจรที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่แสดงให้เห็นว่าการประจุเราต้องพิจารณาถึงตัวต้านทาน 2 ตัวภายในแบตเตอรี่คือ R1 จะเป็นค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่เอง จะมีอยู่ในแบตเตอรี่เสมอไม่ว่าแบตเตอรี่นั้นกำลังประจุหรือคายประจุอยู่โดยจะมีค่ามากขึ้นอยู่กับชนิดของแบตเตอรี่ซึ่งจะมีค่ามากเมื่อเป็นแบตเตอรี่ชนิด Low Rated Charge - Discharge เมื่อเราใช้แบตเตอรี่ชนิดนี้ในอัตรากระแสที่สูงจะทำให้เกิดความสูญเสียมากเนื่องจาก $Loss = I^2 \times R$ แต่ถ้าเป็นแบตเตอรี่ชนิด High Rate ค่าความต้านทานตัวนี้จะมีค่าน้อยมากทำให้สามารถใช้กระแสสูงๆได้โดยกำลังสูญเสียไม่มาก ส่วน R2 นั้นจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปโดยขึ้นอยู่กับสถานะการหมดประจุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่คายประจุหมดเต็มที่ ค่าความต้านทานตัวนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีค่าต่ำ ดังนั้นกระแสที่ใช้ในการประจุจึงมีค่าสูง อย่างไรก็ตามเมื่อแบตเตอรี่ใกล้หรือประจุจนเต็มที่แล้วค่าความต้านทาน R2 นี้จะมีค่าสูงขึ้น ทำให้กระแสที่ใช้ในการประจุมีค่าลดลง



รูปที่ 2.16 แสดงทิศทางการไหลของกระแสประจุแบตเตอรี่

นอกจากนี้สิ่งที่จะต้องทราบอย่างยิ่งในการประจุแบตเตอรี่มีดังต่อไปนี้

1) ระดับแรงดันที่ใช้ประจุ

Float Charge คือการประจุแบตเตอรี่ด้วยระดับแรงดันแบบธรรมดาที่มีค่าไม่สูงอยู่ที่ค่าประมาณ 2.13 - 2.25 V/Cell ในภาวะปกติของการประจุจะใช้ระดับแรงดันนี้

Equalizing Charge ในบางครั้งแบตเตอรี่ที่ใช้อยู่ไม่ถูกใช้งานหรือใช้งานน้อยทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีเสื่อมลงจึงควรมีการกระตุ้นแบตเตอรี่บ้างประมาณ 72 ชม.ต่อปี โดยระดับแรงดันที่ใช้ประจุประมาณ 2.3 - 2.55 V/Cell

2) End of Cell Voltage

คือจุดต่ำสุดของแรงดันในการพิจารณาว่าแบตเตอรี่คายประจุหมดแล้ว มีค่าไม่แน่นอนประมาณ 1.5 - 1.8 V/Cell ถ้าหากปล่อยให้แบตเตอรี่คายประจุจนต่ำกว่าค่า End Of Cell แล้วจะทำให้แบตเตอรี่ตายไม่สามารถอัดประจุด้วยวิธีธรรมดาได้ ต้องประจุแบบรุนแรงเป็นจังหวะแบบการป้อนหัวใจเพื่อทำให้แบตเตอรี่ฟื้น

3) ขนาดกระแสประจุสูงสุดที่แบตเตอรี่ทนได้

2.4 วิธีการประจุแบตเตอรี่

2.4.1 การประจุแบบกระแสคงที่ (Constant Current Charging)

การประจุแบตเตอรี่แบบกระแสคงที่นับว่าเป็นการประจุที่มีประสิทธิภาพกว่าการประจุแบบแรงดันคงที่ แต่การประจุแบบกระแสคงที่นี้ จะใช้เวลากการประจุมากกว่าแบบแรงดันคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ทั้งนี้การประจุแบบกระแสคงที่นี้ จะถูกจำกัดปริมาณการประจุกระแสจากเครื่องประจุเข้าวงจร แบตเตอรี่เป็นจำนวนแอมป์ต่อชั่วโมง ดังนั้นแบตเตอรี่จะได้รับการประจุเป็นไปตามที่กำหนด เมื่อเป็นเช่นนี้อาจเป็นที่สงสัยว่าทำไมไม่ตั้งให้กระแสในการประจุสูงขึ้น จะทำการให้เวลาในการประจุน้อยลง แต่จะเกิดความเสียหายขึ้นกับแบตเตอรี่คือ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเซลล์แบตเตอรี่จะสูงขึ้นตามปริมาณของกระแสที่ทำการประจุและในที่สุดแผ่นเพลทของแบตเตอรี่ที่เป็นวัสดุแอคทีฟ (Active Material) ของเซลล์แบตเตอรี่จะเกิดการคอง แดก หรือ เกิดการร้าวอันเนื่องจากความร้อนนี้ ถ้าเซลล์แบตเตอรี่เกิดความร้อนสูงกว่าปกติมาก ๆ หรือความร้อนในเซลล์สูงกว่ากำหนดจะทำให้เซลล์แบตเตอรี่เกิดการระเบิดขึ้นได้

2.4.2 การประจุแบบแรงดันคงที่ (Constant Voltage Charging)

จากที่เราได้ทราบมาแล้วว่าการประจุแบบกระแสคงที่ เราจะทำการประจุอย่างรวดเร็วไม่ได้ต่อไปนี้เราจะได้ศึกษาถึงการประจุแบบแรงดันคงที่ในการประจุแบบนี้จะใช้เวลาในการประจุน้อยกว่าการประจุแบบกระแสคงที่ระยะเวลาในการประจุจะใช้น้อยเท่าไรหรือนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถของการประจุว่าจ่ายกระแสออกมายังวงจรแบตเตอรี่มากน้อยเพียงไร โดยทั่วไปเครื่องประจุจะสามารถจ่ายกระแสออกมาได้ 50% ของค่าความจุแบตเตอรี่ที่นำมาทำการประจุเช่นแบตเตอรี่ขนาด 100 แอมแปร์ต่อชั่วโมง จะใช้เวลาในการประจุเท่ากับ 2 ชั่วโมง

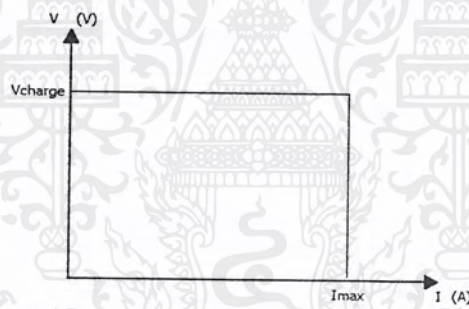
การประจุแบตเตอรี่เกิดจากเมื่อแบตเตอรี่ถูกนำเอาพลังงานออกไปใช้งานจะต้องมีการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่มีประจุเต็มดั้งเดิม การประจุโดยระบบแรงดันคงที่ทำได้โดยการใช้เครื่องประจุหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นตัวกำเนิดโวลต์ที่เพิ่มขึ้นมา แล้วป้อนเข้าแบตเตอรี่ แต่การกำเนิดโวลต์ที่มาจากเครื่องประจุหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้น อาจจะมีโวลต์ที่คงที่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงต้องมีตัวควบคุมโวลต์ที่คงที่นำเข้ามาประจุแบตเตอรี่ ให้คงที่อยู่ตลอดเวลาของการประจุซึ่งตัวนี้เราเรียกกันทั่วไปว่า วงจรเร็กกูเลเตอร์ (Voltage Regulator) ดังนั้นวงจรเร็กกูเลเตอร์นี้จะทำหน้าที่ให้แบตเตอรี่ได้รับการประจุที่คงที่ และนับเป็นวงจรที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับการประจุแบบแรงดันคงที่ และในทำนองเดียวกันถ้าหากแรงดันเร็กกูเลเตอร์นี้เสียจะทำให้แบตเตอรี่ได้รับระดับโวลต์ที่คงที่ไม่ถูกต้องซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่ได้รับการประจุมากหรือน้อยเกินไป ซึ่งระดับแรงดันทั้งสองที่กล่าวมานี้จะทำให้แบตเตอรี่เกิดความเสียหายได้ การใช้วงจรเร็กกูเลเตอร์จะมีค่าแรงดันเท่าไรนั้นจะต้องดูที่คู่มือของแบตเตอรี่นั้น ๆ เป็นหลัก ในกรณีที่ไม่มีหนังสือคู่มือใช้หลักการดังนี้ ให้ใช้จำนวนแรงดันในการประจุต่อเซลล์คูณด้วยจำนวนเซลล์ของแบตเตอรี่ที่ทำการประจุ เช่น แบตเตอรี่ 24 เซลล์จะปรับระดับแรงดันของเครื่องประจุเท่ากับ 2.15 คูณ 24 เท่ากับ 51.3 โวลต์ ขณะที่ทำการประจุปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การประจุแบตเตอรี่โดยวิธีร่วม (Combination Charging Two – Step)

วิธีนี้บางที่เราเรียกว่า “two – step” หรือ “two – rate” เกิดจากการรวม 2 วิธี คือ การประจุแบบกระแสคงที่ กับ การประจุแบบแรงดันคงที่เข้าด้วยกัน โดยขั้นแรกจะใช้วิธีการอัดประจุแบบกระแสคงที่ที่จะจำกัดกระแสสูงสุดที่แบตเตอรี่ทนได้ไว้ และขั้นตอนที่สองเราจะอัดประจุด้วยแรงดันคงที่ การสวิตซ์จากขั้นแรกไปยังขั้นที่สองอาจทำได้หลายวิธีเช่น ตรวจสอบแรงดันที่แบตเตอรี่ หรือ ควบคุมเวลาในการอัดประจุหรือตรวจสอบกระแสในการอัดประจุเป็นต้น โดยลักษณะการอัดประจุแสดงได้จากรูปที่ 2.17

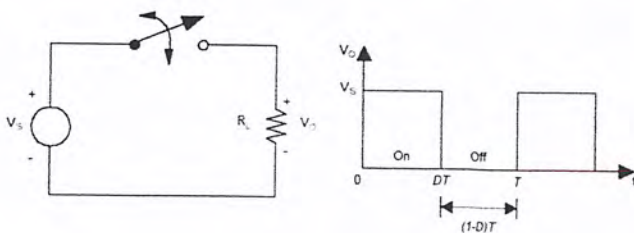
จากกราฟในช่วงแรกจะควบคุมให้กระแสคงที่โดยไม่เกินค่ากระแสสูงสุดที่แบตเตอรี่จะทนได้เพราะค่าความต้านทานในแบตเตอรี่เมื่อคายประจุหมดจะมีค่าต่ำมากทำให้กระแสสูง ในช่วงนี้จะสังเกตเห็นว่าแรงดันจะค่อยๆเพิ่มขึ้นตามค่าความต้านทานของแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งแรงดันเพิ่มถึงระดับที่กำหนดในการชาร์จก็จะทำการเปลี่ยนมารักษาให้แรงดันคงที่แทนในช่วงนี้ กระแสจะค่อยๆลดลงจนใกล้เป็นศูนย์แสดงว่าการประจุแบตเตอรี่ใกล้เต็มแล้ว



รูปที่ 2.17 กราฟแสดงผลกระแสและแรงดันเมื่อทำการประจุแบบวิธีร่วม

2.5 วงจรลดระดับแรงดัน (Buck Converter)

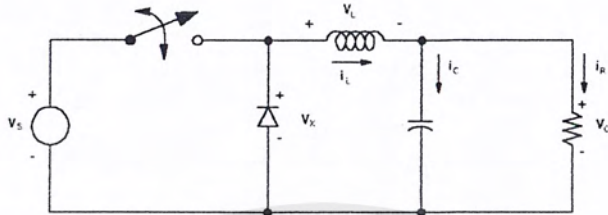
เป็นวงจรที่ใช้ลดระดับแรงดันไฟตรง โดยอาศัยหลักของการเปิดและปิดสวิตซ์ทำให้ได้ระดับแรงดันดังรูปที่ 2.18 โดยจะมีข้อกำหนดให้ค่า Duty = $T_{on} / (T_{on} + T_{off}) = T_{on} / T$ จึงมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 ซึ่งค่านี้จะใช้เป็นตัวกำหนดระดับแรงดัน output ที่ต้องการ



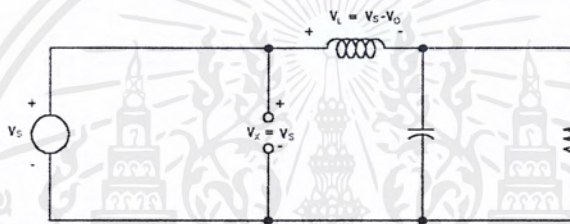
รูปที่ 2.18 แสดงแรงดันที่เกิดจากการสวิตซ์ที่ช่วงเวลา on และ off

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นข้อใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

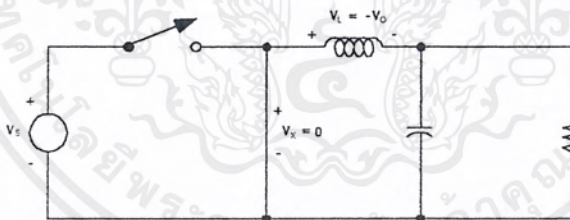
จากหลักการของการสวิตช์เราสามารถที่จะทำให้กระแสต่อเนื่องได้โดยการใส่ Inductor เป็นตัวเชื่อมต่อพลังงาน และ ใช้ไดโอดเป็นทางผ่านของกระแสขณะสวิตช์ off ทำให้เราได้วงจรการลดระดับแรงดันดังรูปที่ 2.19



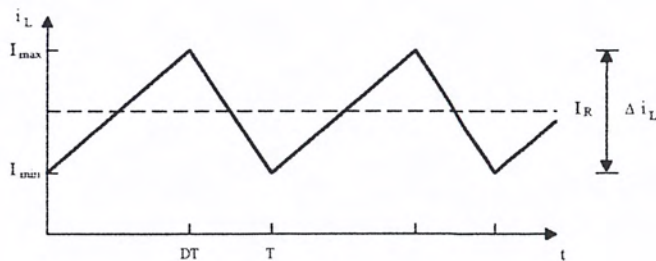
รูปที่ 2.19 วงจร Buck dc-dc converter



รูปที่ 2.20 วงจรสมมูลขณะสวิตช์ on

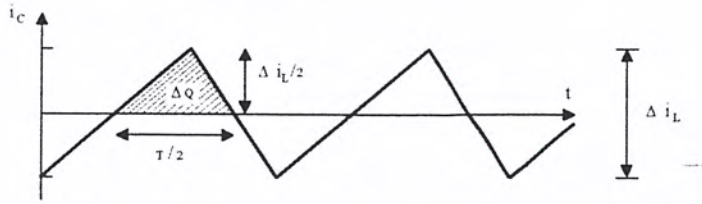


รูปที่ 2.21 วงจรสมมูลขณะสวิตช์ off



รูปที่ 2.22 กระแสที่ไหลผ่าน Inductor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 กระแสที่ไหลผ่าน Capacitor

จากที่เราทราบว่าแรงดันที่คร่อม Inductor คือ $V_L = L \frac{di_L}{dt}$ เมื่อคิดในรูปของอัตราการเปลี่ยนแปลงจะได้ว่า $V_L = L \frac{\Delta i_L}{\Delta t}$ ข้ายสมการคิดในรูปของการเปลี่ยนแปลงกระแสจะได้ว่า $\Delta i_L = \frac{V_L \times \Delta t}{L}$ เมื่อพิจารณาค่าของ Δi_L ที่ช่วงเวลา on และ off สวิตช์จะได้ว่า

$$\Delta i_{L,on} = \frac{(V_s - V_o) \times DT}{L} \dots\dots\dots (2-6)$$

$$\Delta i_{L,off} = \frac{-V_o \times (1 - D)T}{L} \dots\dots\dots (2-7)$$

เมื่อการเปลี่ยนแปลงของกระแสในช่วง on และ off เท่ากัน (ไม่คิดค่าสูญเสีย) ทำให้ผลรวมของ Δi_L ช่วง on และ off เป็น 0 จึงได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$V_o = D \times V_s$

..... (2-8)

จากรูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านอินดักเตอร์(รูปที่ 2.22) สามารถนำมาคำนวณหาขนาดของอินดักเตอร์ที่ทำให้กระแสต่อเนื่องได้ นั่นคือ I_{min} มีค่าได้น้อยสุดที่ศูนย์จะได้ว่า

$$\begin{aligned} I_{min} &= I_R - \frac{\Delta i_L}{2} \\ &= \frac{V_o}{R} - \frac{1}{2} \left[\frac{V_o}{L} (1 - D)T \right] \\ &= V_o \left[\frac{1}{R} - \frac{(1 - D)}{2Lf} \right] \dots\dots\dots (2-9) \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $I_{min} = 0$ จะได้ว่า

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

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

..... (2-10)

จากรูปคลื่นกระแสที่โหลดปาซิเตอร์ (รูปที่ 2.23) สามารถนำมาคำนวณหาขนาดของคาปาซิเตอร์โดยอาศัย การพิจารณาจากผลของการกระเพื่อม (ripple) ของรูปคลื่น ได้ดังนี้

$$Q = CV_o$$

$$\Delta Q = C\Delta V_o$$

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

..... (2-11)

สังเกตให้ดีจะเห็นว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของประจุ ในรูปที่ 2.23 นั้นคือพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมที่อยู่เหนือแกนเวลานั่นเอง ทำให้ได้ว่า

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

นั่นคือ

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

แทนค่าสมการ (2-7) ใน Δi_L

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

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{1 - D}{8LCf^2}$$

..... (2-12)

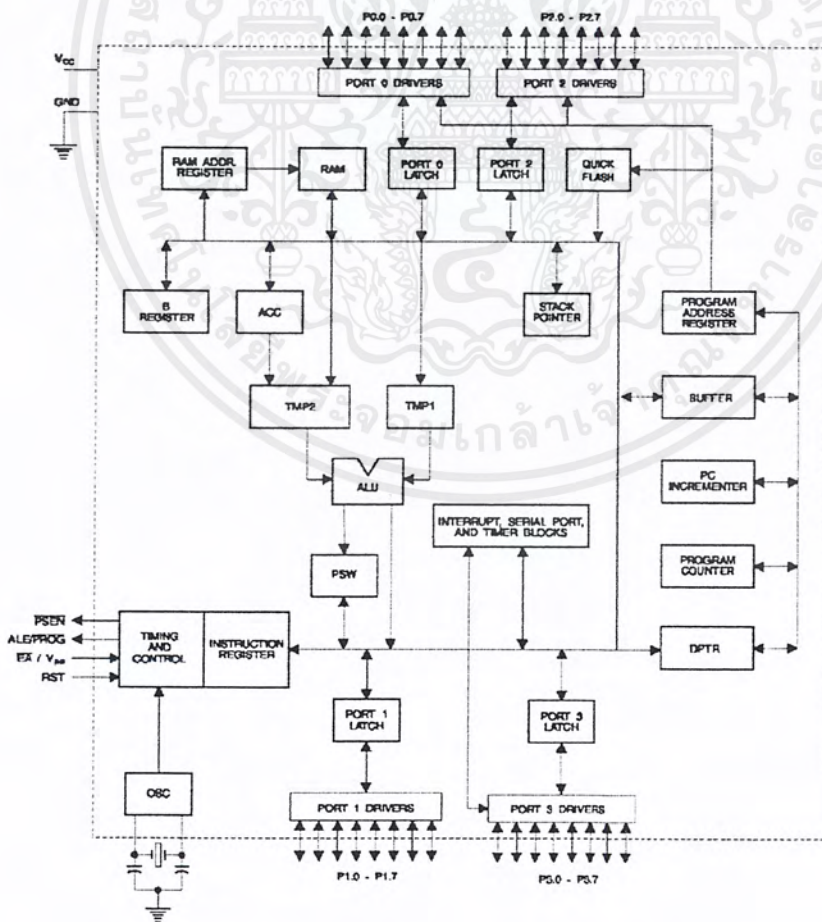
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช สมบัติทาง

เทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89xx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้ทันที
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีอีพรอมเพิ่มเติม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรถ่ายโอนข้อมูลแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต อย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรถ่ายโอนข้อมูลแบบ SPI สำหรับอนุกรม AT89Sxx
- มีวอตช์ดีด็อกไทมเมอร์ในตัว สำหรับอนุกรม AT89Sxx



รูปที่ 2.24 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

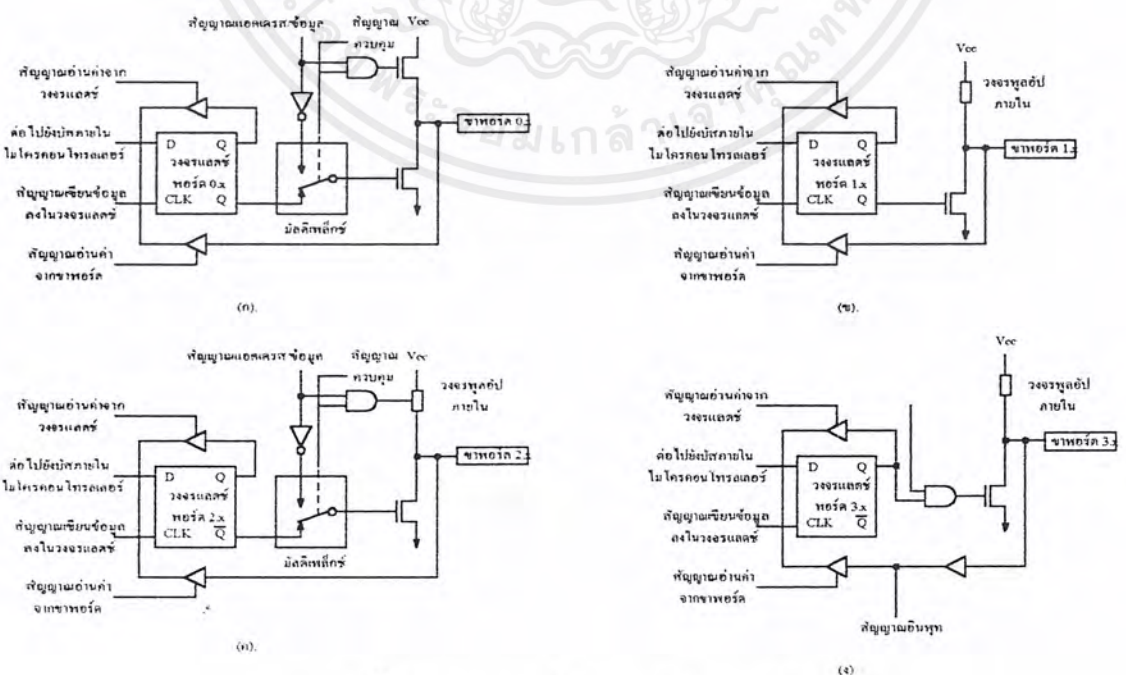
2.6.1 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีพอร์ตที่ใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ตคือ พอร์ต 0 ถึง พอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง กล่าวคือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุต สำหรับรับสัญญาณข้อมูลเข้า และ เอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณข้อมูลออก ทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช มีวงแลตช์และวงจรจับตลอคจนบัฟเฟอร์อินพุต ดังแสดงให้เห็นในสถาปัตยกรรมตามรูปที่ 2.24

ในรูปที่ 2.25 แสดงวงจรภายในของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชโดยในรูปที่ 2.25 (ก) เป็นวงจรของพอร์ต 0 วงจรของแต่ละบิตในแต่ละพอร์ตคือวงจรดีฟลิปฟล็อปนั่นเอง การอ่านค่าสถานะของพอร์ตและสถานะของวงจรถ่ายเก็บ สามารถทำได้โดยอิสระต่อกันด้วยสัญญาณที่แยกจากกัน นั่นคือ สัญญาณอ่านข้อมูลจากขาพอร์ต และสัญญาณอ่านข้อมูลจากวงจรถ่ายเก็บ ส่วนการเขียนข้อมูลมายังพอร์ตต้องส่งข้อมูลมายังขา CLK ของดีฟลิปฟล็อป ในขณะที่ข้อมูลจะส่งผ่านมายังขาบัสข้อมูลภายใน เข้าสู่ขา D ของดีฟลิปฟล็อป

ที่พอร์ตนี้มีวงจรมัลติเพล็กซ์สำหรับกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ตว่า ต้องการใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติหรือใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์

เนื่องจากที่ขาพอร์ต 0 ไม่มีวงจรถ่ายเก็บภายใน หากมีการนำพอร์ต 0 ไปใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอ์ปภายในที่ขาพอร์ต 0 ทุกขาด้วย



รูปที่ 2.25 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.25 (ข) เป็นวงจรของพอร์ต 1 ซึ่งมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับพอร์ต 0 หากแต่ไม่มี วงจรมัลติเพล็กซ์ เนื่องจากพอร์ตนี้จะไม่ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่จะมีวงจรพูลอัพ ภายในที่แต่ละบิตของพอร์ตนี้แทน

ในรูปที่ 2.25 (ค) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 2 จะคล้ายกับพอร์ต 0 มาก ต่างกันเพียงมีวงจรพูลอัพเพิ่มเติมเข้ามา ส่วนในรูปที่ 2.25 (ง) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 3 จะเห็นว่าคล้ายกับพอร์ต 1 มีการเพิ่มวงจรบัฟเฟอร์ และวงจรอินพุตเอาต์พุต เมื่อทำงานในฟังก์ชันพิเศษเข้ามา เนื่องจากพอร์ต 3 สามารถนำไปใช้งานได้ในหน้าที่พิเศษทุกสาขา

2.6.2 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต

เนื่องจากพอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต้องทำความเข้าใจถึงกำหนดลักษณะการทำงานให้แก่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ในการกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต ต้องเริ่มต้นด้วยการเขียนข้อมูล “1” มาที่แต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุต เพื่อหยุดการทำงานของเฟลทที่ใช้ในการขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้นๆ ทำให้ขาสัญญาณของพอร์ตเชื่อมต่อเข้ากับวงจรพูลอัพภายในโดยตรง ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น “1” สามารถรับสัญญาณลอจิก “0” จากอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย สัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก จะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ต แล้วรอให้ซีพียูมาอ่านค่าเข้าไป เมื่อเป็นเช่นนี้ อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมสัญญาณกับพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชควรกำหนดให้ทำงานในสถานะลอจิก “0” จะดีและสะดวกที่สุด (ซึ่งในปัจจุบัน อุปกรณ์อินพุตที่เชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์แทบทั้งหมด ทำหน้าที่ลอจิก “0” แล้ว)

2.6.3 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต

โดยปกติแล้วขาพอร์ตจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาต์พุตอยู่แล้ว ดังนั้นจึงสามารถส่งข้อมูลออกไปได้อย่างง่ายดายและตรงไปตรงมา กล่าวคือเมื่อต้องการส่งข้อมูล “0” ออกไปทางเอาต์พุตก็ให้งานก็จะเกิดลอจิก “0” ขึ้น ในทางตรงกันข้าม หากต้องการส่งข้อมูล “1” ออกไป ก็ให้เขียนข้อมูล “1” ไปยังวงจรแลตช์ วงจรขับก็จะหยุดทำงาน ทำให้ที่ขาพอร์ตเชื่อมต่อกับวงจรพูลอัพภายในเกิดเป็นลอจิก “1” ที่ขาพอร์ต ซึ่งจะคล้ายกับการกำหนดให้เป็นขาอินพุตมากเพียงแต่แตกต่างกันที่กระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุตจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ แต่ถ้าเป็นเอาต์พุตจะไม่มี การอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่อย่างใด เว้นแต่ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้งานพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเป็นพอร์ตเอาต์พุต แต่ละขา (หรือแต่ละบิต) ของแต่ละพอร์ตมีความสามารถในการจ่ายกระแสหรือที่เรียกว่า กระแสซอร์ส (Source current) ได้สูงสุด 10 mA และทุกขาารวมกันในแต่ละพอร์ต(ทั้ง 8 บิต) สูงสุด 26 mA สำหรับพอร์ต 0 และ 15 mA สำหรับพอร์ต 1-3 ในกรณีที่ใช้งานทุกพอร์ตเอาต์พุตจะสามารถจ่ายกระแสได้รวมกันสูงสุด 71 mA ดังนั้นในการใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการจ่ายกระแส จึงควรต่อครบวงจรบัฟเฟอร์ทางเอาต์พุตเพื่อช่วยในการขับกระแสอีกทางหนึ่ง

2.6.4 การจัดหน่วยความจำของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีหน่วยความจำภายในหลักๆ อยู่ 2 ส่วน คือ หน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล

1.) หน่วยความจำโปรแกรม (Program memory)

ในรูปที่ 2.26 แสดงการจัดหน่วยความจำโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ในเบอร์ต่างๆ ที่นิยมใช้งาน อันประกอบด้วยเบอร์ AT89C51 และ AT89C52 จะเห็นได้ว่าทั้งสองเบอร์สามารถติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมได้สูงสุด 61 กิโลไบต์ โดยสามารถเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในอย่างเดียวหรือรวมกับภายนอก หรือเลือกใช้หน่วยความจำภายนอกอย่างเดียวก็ได้ ดังในรูป 2.26 (ก) โดยภายใน AT89C51 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน 4 กิโลไบต์ ในขณะที่ AT89C52 จะมีขนาด 8 กิโลไบต์

ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายในและภายนอกรวมกัน หากใช้ AT89C51 ก็จะสามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้ 60 กิโลไบต์ และถ้าใช้เบอร์ AT89C52 จะสามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 56 กิโลไบต์

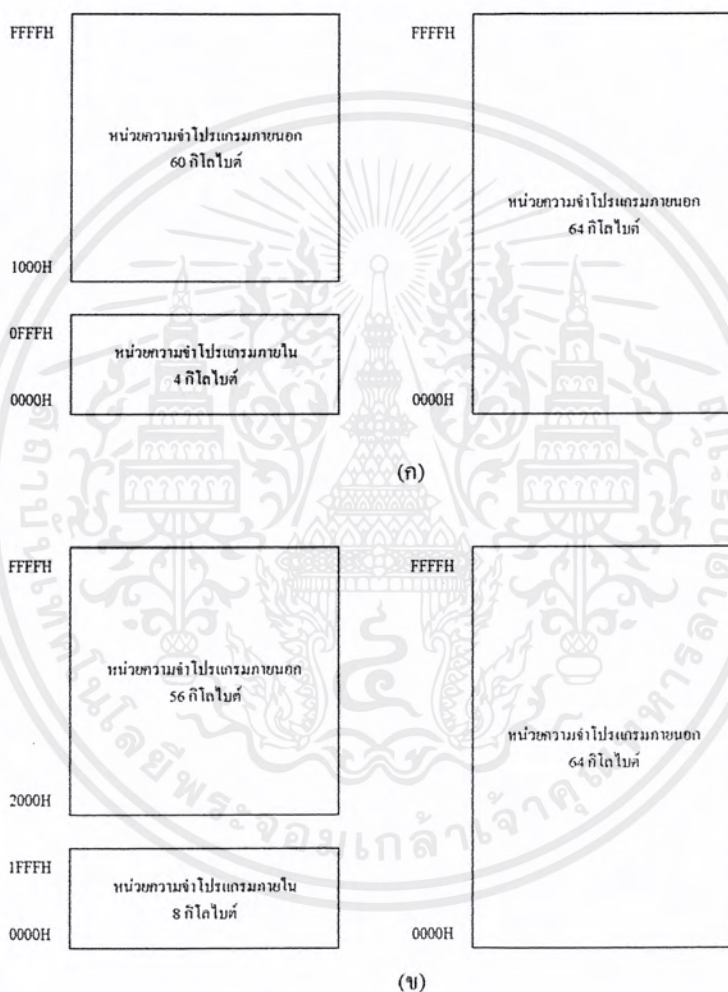
หน่วยความจำโปรแกรมใช้เก็บข้อมูลของโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือที่เรียกว่า โปรแกรมมอนิเตอร์ (monitor program) หากใช้หน่วยความจำภายนอกมักจะบรรจุอยู่ในหน่วยความจำชนิด อีพรอม (EPROM : Erasable Programmable Read-Only Memory) ซึ่งสามารถกระทำการอ่านได้เพียงอย่างเดียว

หน่วยความจำโปรแกรมมีแอดเดรสเริ่มต้นที่ 0000H เมื่อซีพียูได้รับการรีเซ็ตให้เริ่มต้นทำงาน จะต้องมาเริ่มที่แอดเดรส 0000H นี้เสมอ อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมไม่ว่าจะใช้งานจากภายในหรือภายนอกก็ตาม ต้องมีการสงวนพื้นที่บางตำแหน่งไว้สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์ 6 ประเภท ประเภทละ 8 ไบต์ ประกอบด้วย

พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 0 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0003H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่สำหรับบริการอินเทอร์เน็ตไร้สายจากไทเมอร์ 0 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 000BH
 พื้นที่สำหรับบริการอินเทอร์เน็ตไร้สาย 1 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0013H
 พื้นที่สำหรับบริการอินเทอร์เน็ตไร้สายจากไทเมอร์ 1 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 001BH
 พื้นที่สำหรับบริการอินเทอร์เน็ตไร้สายของการสื่อสารอนุกรม กำหนดไว้ที่แอดเดรส 00023H
 พื้นที่สำหรับบริการอินเทอร์เน็ตไร้สายจากไทเมอร์ 2 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 002BH



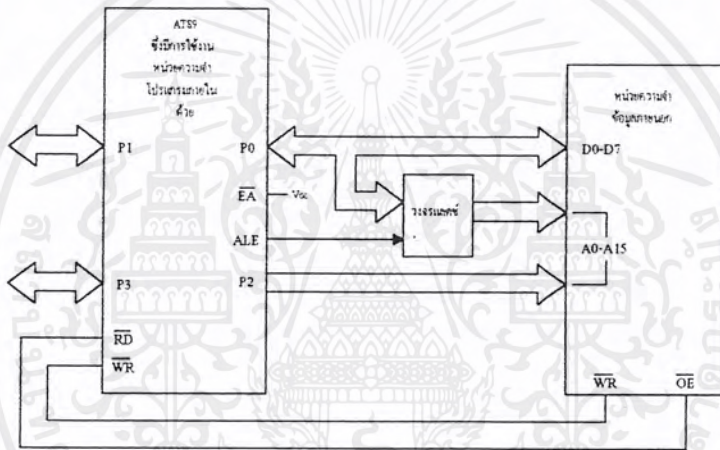
รูปที่ 2.26 หน่วยความจำของ MCS – 51

กรณีใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่มีหน่วยความจำภายใน แต่การติดต่อ
 กับหน่วยความจำภายนอกด้วย สามารถทำได้โดยกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมให้
 ต่อจากแอดเดรสสุดท้ายของหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ยกตัวอย่างเช่น ไม
 โครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์ มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0000-0FFFFH เมื่อต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกต้องกำหนดค่าให้แอดเดรสอยู่ในช่วง 1000H-FFFFH

การต่อหน่วยความจำภายนอกแสดงดังในรูปที่ 2.27 จะเห็นได้ว่า ขาพอร์ต P0.0-P0.7 ถูกใช้เป็นขาของข้อมูล D0-D7 และขาแอดเดรสไบต์ต่ำ โดยผ่านวงวงจรแลตซ์ ซึ่งปกติใช้ไอซีเบอร์ 74HC573 และใช้สัญญาณ ALE และ $\overline{\text{PSEN}}$ ในการเลือกว่า ต้องการใช้งานขา P0.0-P0.7 เพื่อเป็นขาข้อมูลหรือขาแอดเดรส ในขณะที่ขา P2.0-P2.7 ใช้ในการเชื่อมต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูง A8-A15 ดังนั้น เมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเหลือขาพอร์ตใช้งานเพียง 16 บิต คือที่ขาพอร์ต P1.0-P1.7 และ P3.0-P3.7



รูปที่ 2.27 การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก MCS -51

2.) หน่วยความจำข้อมูล (Data memory)

มีด้วยกัน 2 แบบ คือ หน่วยความจำข้อมูลภายนอกและภายในโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ โดยการใช้คำสั่ง MOVX ในการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก การติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช จะมีลักษณะคล้ายกับการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกแตกต่างกันที่สัญญาณที่ใช้สำหรับการอ่านและการเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก นั่นคือ ขา RD และ WR

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายในเป็นแบบแรม (RAM : Random Access Memory) โดยแต่ละเบอร์มีขนาดแตกต่างกันไป ในเบอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์ ในขณะที่เบอร์ AT89C52 มีขนาด 256 ไบต์ สำหรับการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลภายในแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง (lower), ส่วนบน (upper) และรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (SFR : Special Function Register) แต่ละส่วนมีขนาด 128 ไบต์

หน่วยความจำข้อมูลส่วนบนและรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษมีตำแหน่งทับซ้อนกัน แต่จะใช้การติดต่อที่แตกต่างกัน และในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 บางเบอร์จะไม่มีหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน

ขนาดของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชโดยแท้จริงแล้วมีเพียง 256 ไบต์ แต่ด้วยการจัดการเข้าถึงที่แตกต่างกัน จึงดูเหมือนว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีหน่วยความจำข้อมูลภายในสูงถึง 384 ไบต์ โดยในหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างขนาด 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 00H-7FH สามารถเข้าถึงได้โดยตรงและโดยอ้อม สำหรับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนมีขนาด 128 ไบต์ เช่นกัน มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H-FFH เช่นเดียวกับหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง แต่สำหรับรีจิสเตอร์ SFR ใช้การเข้าถึงแบบโดยตรง

ดังนั้นเพื่อความสะดวกและง่าย ตลอดจนป้องกันการสับสนในการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เริ่มต้นจึงควรใช้หน่วยความจำข้อมูลภายในเพียง 128 ไบต์ จากหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างร่วมกับ รีจิสเตอร์ SFR

ในรูปที่ 2.28 แสดงโครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน ซึ่งมีลักษณะที่คล้ายกับหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง หากแต่ใน 80 ไบต์บนไม่จำเป็นต้องสำรองพื้นที่ไว้สำหรับสแต็ก และต้องใช้ในการเข้าถึงในลักษณะโดยอ้อมเท่านั้น

แอดเดรส	
7FH	
หน่วยความจำข้อมูลแบบ แอมัลจิวใช้งานทั่วไป	
2FH	7F 7E 7D 7C 7B 7A 79 78
2EH	57 76 75 74 73 72 71 70
2DH	6F 6E 6D 6C 6B 6A 69 68
2CH	e7 66 65 64 63 62 61 60
2BH	3F 5E 5D 5C 5B 5A 59 58
2AH	57 56 55 54 53 52 51 50
29H	4F 4E 4D 4C 4B 4A 49 48
28H	47 46 45 44 43 42 41 40
27H	3F 3E 3D 3C 3B 3A 39 38
26H	37 36 35 34 33 32 31 30
25H	2F 2E 2D 2C 2B 2A 29 28
24H	27 26 25 24 23 22 21 20
23H	1F 1E 1D 1C 1B 1A 19 18
22H	17 16 15 14 13 12 11 10
21H	0F 0E 0D 0C 0B 0A 09 08
20H	07 06 05 04 03 02 01 00
รีจิสเตอร์แบงค์ 3	
รีจิสเตอร์แบงค์ 2	
รีจิสเตอร์แบงค์ 1	
รีจิสเตอร์แบงค์ 0	

หน่วยความจำข้อมูล
ในส่วนนี้สามารถ
เข้าถึงระดับบิตได้

รูปที่ 2.28 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนบนของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการเรียนการสอนเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นใบแจ้งประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ฟังก์ชันแบบพิเศษ (Special Function Register : SFR)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชทั้งหมดมีด้วยกัน 22 ตัว สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C51 และ 28 ตัวในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และอนุกรม AT89Sxx ทั้งนี้เนื่องจากใน AT89C52 และ AT89Sxx มีจำนวนไทมเมอร์เคาน์เตอร์มากกว่า AT89C51

แอดเดรส	บิต								
FFH									
F0H	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	รีจิสเตอร์ B
E0H	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	รีจิสเตอร์ ACC
D0H	D7	D6	D5	D4	D3	D2	-	D0	รีจิสเตอร์ PSW
B8H	-	-	-	D4	D3	D2	D1	D0	รีจิสเตอร์ IP
B0H	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0	รีจิสเตอร์ P3
A8H	D7	-	-	D4	D3	D2	D1	D0	รีจิสเตอร์ IE
A0H	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	รีจิสเตอร์ P2
99H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ SBUF
98H	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S0	รีจิสเตอร์ SCON
90H	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	รีจิสเตอร์ P1
8DH	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ TH1
8CH	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ TH0
8BH	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ TL1
8AH	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ TL0
89H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ TMOD
88H	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0	รีจิสเตอร์ TCON
87H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ PCON
83H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ DPH
82H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ DPL
81H	ไม่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้								รีจิสเตอร์ SP
80H	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	รีจิสเตอร์ P0

รูปที่ 2.29 การจัดสรรพื้นที่ส่วนของรีจิสเตอร์ฟังก์ชัน

รีจิสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 80H-FFH ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนสามารถเข้าถึงได้โดยตรง(direct addressing) ในรูปที่ 3-7 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SFR แต่ละตัวในหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สำหรับรายละเอียดเบื้องต้นของ รีจิสเตอร์ SFR มีดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
CY	AC	FO	RS1	RS0	OV	-	P

CY : แฟล็กทาด (Carry flag) เป็น “1” เมื่อมีการกระทำค้ำทางคณิตศาสตร์และลอจิก และค่าของแอกคิวมูเลเตอร์เกิน 255 (ฐานสิบ) หรือ FFH

- AC : แพลกทเดสริม (Auxiliary Carry flag) เป็น “1” เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์ แล้วทำให้เกิดการทดข้ามจากบิต 3 มายังบิต 4 มักใช้ในการแปลงค่าเป็นเลขฐานสิบ (BCD operation)
- FO : แพลกใช้งานทั่วไป เมื่อผู้เขียนโปรแกรมกำหนดค่าที่บิตนี้แล้วไม่ว่าจะกระทำคำสั่งใดๆ ที่บิตนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง
- RS1 : บิตเลือกรีจิสเตอร์แบนก (Register Select1) ใช้งานร่วมกับบิต RS0 เพื่อเลือกแบนกของรีจิสเตอร์ R0-R7
- RS0 : บิตเลือกรีจิสเตอร์แบนก (Register Select1) ใช้งานร่วมกับบิต RS1 เพื่อเลือกแบนกของรีจิสเตอร์ R0-R7
- OV : บิตเกิน (Overflow) เป็น “1” เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลจิกแล้ว ทำให้เกิดการทดข้ามจากบิต 6 มายังบิต 7 ของแอกคิวมูลเตอร์มีค่าเกิน 127 (ฐานสิบ) นอกจากนั้นยังใช้เป็นการแสดงค่าลบด้วย
- : บิตนี้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดใช้งานได้อย่างอิสระ
- P : บิตพาริตี (Parity) ใช้ในการตรวจสอบจำนวนค่า “1” ภายในแอกคิวมูลเตอร์ ถ้าหากในแอกคิวมูลเตอร์ มีจำนวนบิตที่เป็น “1” รวมกันเป็นเลขคู่ บิตนี้จะเป็น “0” ถ้ารวมกันเป็นเลขคี่ บิตนี้จะเป็น “1”

RS1	RS0	แบนกของรีจิสเตอร์	ช่วงแอดเดรส
0	0	แบนก 0	00H-07H
0	1	แบนก 1	08H-0FH
1	0	แบนก 2	10H-17H
1	1	แบนก 3	18H-1FH

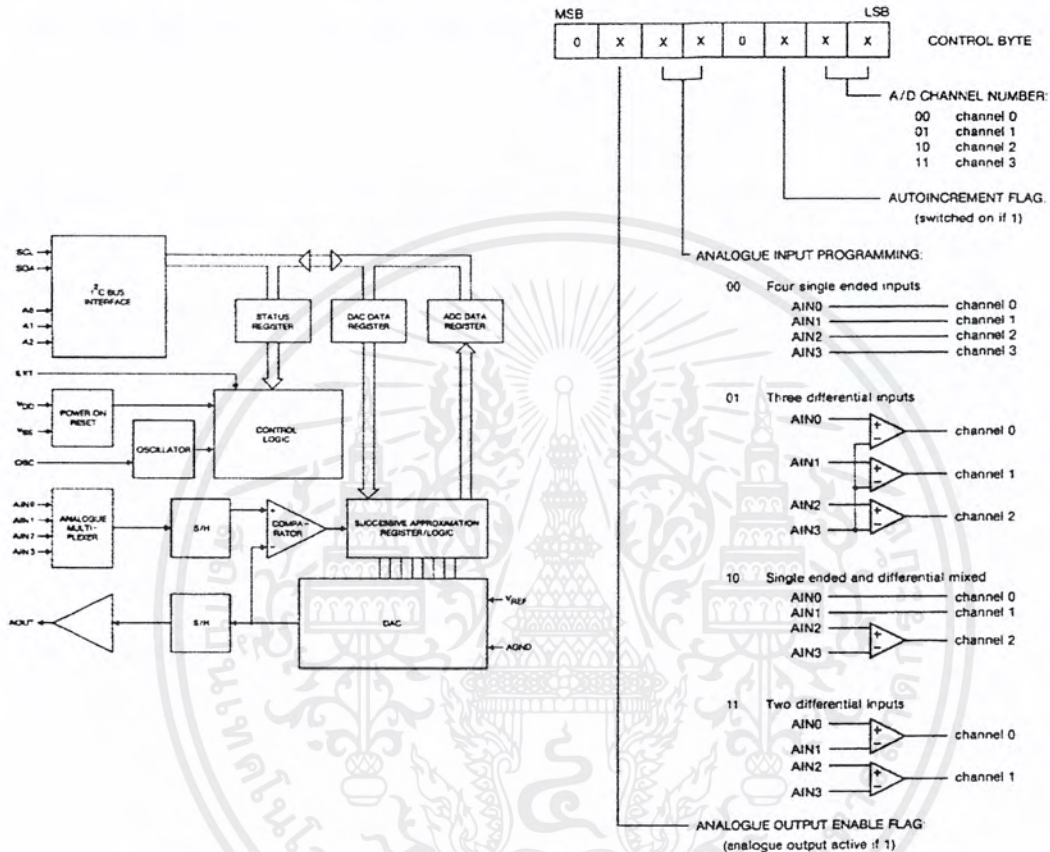
ตารางที่ 2.1 การเลือกแบนกของหน่วยความจำส่วนล่างเพื่อติดต่อกับรีจิสเตอร์แบนก R0-R7

2.6.5 การแปลง ADC และ DAC ด้วย PCF8591

PCF8591 สามารถทำหน้าที่เป็นไอซีแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 8 บิต 4 ช่องและทำหน้าที่เป็นไอซีแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอกได้ในคราวเดียวกัน ด้วยการควบคุมผ่านระบบบัส I²C ทำให้สามารถต่อพ่วงไอซี PCF8591 ได้สูงถึง 8 ตัว รองรับการอ่านค่าสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนาล็อกอินพุตได้สูงถึง 32 ช่อง และสามารถส่งสัญญาณอนาล็อกเอาต์พุตสูงสุดได้ถึง 8 ช่องด้วยการกำหนดแอดเดรสจากขา A0 , A1 และ A2 การจัดโครงสร้างภายในของ PCF8591 และการควบคุมแสดงในรูปแบบที่ 2.30 ส่วนรายละเอียดตำแหน่งขาต่างๆมีดังนี้



รูปที่ 2.30 โครงสร้างและรายละเอียดข้อมูลควบคุมที่เขียนในรีจิสเตอร์ของ PCF8591

- ขา AN0 - AN3 (ขา 1 - 4) เป็นขาอินพุตสำหรับป้อนสัญญาณอนาล็อกที่ต้องการแปลงค่า
- ขา A0 - A2 (ขา 5-7) เป็นขาสำหรับกำหนดข้อมูลแอดเดรสทางฮาร์ดแวร์ ปกติต่อลงกราวด์ แต่ถ้ามีการใช้งาน PCF8591 มากกว่า 1 ตัวต้องกำหนดการต่อขา A0 - A2 ของ PCF8591 ไม่ให้ตรงกันจึงทำให้สามารถต่อใช้งานร่วมกันได้สูงสุด 8 ตัว
- ขา VSS (ขา 8) เป็นขาต่อกราวด์
- ขา SDA , SCL (ขา 9 และ 10) เป็นขาเชื่อมต่อระบบ I²C
- ขา OSC (ขา 11) เป็นขาสำหรับต่อกับสัญญาณนาฬิกาภายนอกเมื่อขา EXT ต่อกับไฟ +5 โวลท์ และจะทำงานเป็นขาเอาต์พุตสัญญาณนาฬิกาถ้าขา EXT ต่อกับกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขา EXT (ขา 12) เป็นขาสำหรับเลือกแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ถ้าต่อไฟ +5V จะเป็นการเลือกใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก โดยต่อสัญญาณนาฬิกาเข้าที่ขา OSC ถ้าต่อขานี้ลงกราวด์จะเป็นการเลือกใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายใน
- ขา AGND (ขา 13) เป็นขากราวด์ของแรงดันอ้างอิง ปกติต่อลงกราวด์
- ขา VREF (ขา 14) เป็นขาสำหรับป้อนแรงดัน ปกติต่อไฟเลี้ยง +5V
- ขา AOUT (ขา 15) เป็นขาเอาต์พุทของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอก
- ขา VDD (ขา 16) เป็นขาต่อไฟเลี้ยง จ่ายได้ตั้งแต่ +2 ถึง +6V ปกติใช้ +5V

2.6.6 DOT MATRIX LCD MODULE

ปัจจุบันเราใช้ LCD (Liquid Crystal Display) ในการแสดงผลมากมาย ซึ่งโครงการนี้ได้นำเอา CHARACTER LCD MODULE ขนาด 16 ตัวอักษร 2 แถว มาใช้เป็นตัวแสดงผลเพื่อความสะดวกสำหรับการติดต่อกับผู้ใช้งาน เราสามารถควรรู้จักกับชนิดของ LCD ก่อนว่าทำงานอย่างไร เราสามารถแบ่งชนิดของ DOT METRIX LCD MODULE นี้ออกเป็นกลุ่มๆ ได้ดังนี้

1. CHARACTER LCD MODULE
2. GRAPHIC LCD MODULE
3. SEGMENT DISPLAY TYPE LCD MODULE

โดยแต่ละแบบจะมีส่วนประกอบสำคัญดังนี้

1. DOT METRIX LCD เป็นตัวแสดงผลในลักษณะที่เปิดและปิดตัวเองกับแสงก็คือ ส่วนของตัวกระจกที่บรรจุผลึกไว้ภายใน
2. DRIVER เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับผลึก LCD อีกทีหนึ่ง โดยไอซีเบอร์ที่นิยมใช้ใน LCD MODULE เช่น HD44100H
3. CONTROL เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาและจัดการควบคุม LCD MODULE ให้ทำการแสดงผลต่างๆ เช่น การลบจอภาพ การเกิดอักษร เป็นต้น โดยมีไอซีเบอร์ที่นิยมใช้กัน คือ HD44780 ซึ่งใช้ในการควบคุมแบบ CHARACTER LCD MODULE

ในการใช้งาน LCD MODULE เราต้องมาทำความเข้าใจในส่วนของ CONTROLER ซึ่งเป็นเรื่องที่ไม่ยุ่งยากนัก ซึ่งก็มี CONTROLER LCD ที่นิยมใช้คือ ไอซีเบอร์ HD44780

HD44780 เป็นไอซีตัวหนึ่งที่ใช้ควบคุม LCD โดยแสดงในรูปแบบตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ต่างๆ ซึ่งสามารถต่อใช้งานแบบ 4 บิต หรือ 8 บิต ก็ได้ โดยถ้าเราต่อแบบ 4 บิต จะต่อใช้งานที่ DB4-DB7 เท่านั้น โดยข้อมูลแรกที่ส่งนั้น HD44780 จะถือว่าเป็นข้อมูล 4 บิตบน และข้อมูลต่อมานั้นเป็นข้อมูล 4 บิตล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Instruction	Code										Description	Execution Time (max) (when f_{clk} or f_{osc} is 270 kHz)
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		
Clear display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Clears entire display and sets DDRAM address 0 in address counter.	
Return home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	—	Sets DDRAM address 0 in address counter. Also returns display from being shifted to original position. DDRAM contents remain unchanged.	1.52 ms
Entry mode set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Sets cursor move direction and specifies display shift. These operations are performed during data write and read.	37 μ s
Display on/off control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Sets entire display (D) on/off, cursor on/off (C), and blinking of cursor position character (B).	37 μ s
Cursor or display shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	—	—	Moves cursor and shifts display without changing DDRAM contents.	37 μ s
Function set	0	0	0	0	1	DL	N	F	—	—	Sets interface data length (DL), number of display lines (N), and character font (F).	37 μ s
Set CGRAM address	0	0	0	1	ACG	ACG	ACG	ACG	ACG	ACG	Sets CGRAM address. CGRAM data is sent and received after this setting.	37 μ s
Set DDRAM address	0	0	1	ADD	ADD	ADD	ADD	ADD	ADD	ADD	Sets DDRAM address. DDRAM data is sent and received after this setting.	37 μ s
Read busy flag & address	0	1	BF	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	Reads busy flag (BF) indicating internal operation is being performed and reads address counter contents.	0 μ s
Write data to CG or DDRAM	1	0	Write data								Writes data into DDRAM or CGRAM	37 μ s $t_{acc} = 4 \mu$ s*
Read data from CG or DDRAM	1	1	Read data								Reads data from DDRAM or CGRAM	37 μ s $t_{acc} = 4 \mu$ s*

I/D = 1: Increment
 I/D = 0: Decrement
 S = 1: Accompanies display shift
 S/C = 1: Display shift
 S/C = 0: Cursor move
 R/L = 1: Shift to the right
 R/L = 0: Shift to the left
 DL = 1: 8 bits, DL = 0: 4 bits
 N = 1: 2 lines, N = 0: 1 line
 F = 1: 5 × 10 dots, F = 0: 5 × 8 dots
 BF = 1: Internally operating
 BF = 0: Instructions acceptable

DDRAM: Display data RAM
 CGRAM: Character generator RAM
 ACG: CGRAM address
 ADD: DDRAM address (corresponds to cursor address)
 AC: Address counter used for both DD and CGRAM addresses

Execution time changes when frequency changes
 Example: When f_{clk} or f_{osc} is 250 kHz, $t_{acc} = \frac{270}{250} \times 40 \mu$ s

Note: — indicates no effect.

* After execution of the CGRAM/DRAM data write or read instruction, the RAM address counter is incremented or decremented by 1. The RAM address counter is updated after the busy flag turns off. In Figure 10, t_{acc} is the time elapsed after the busy flag turns off until the address counter is updated.

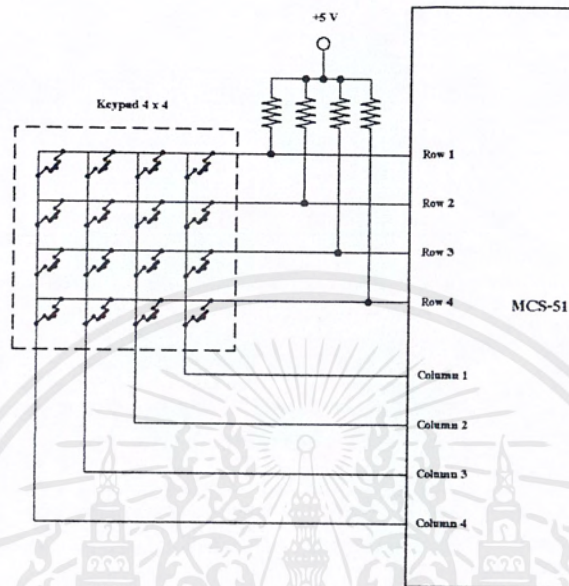
ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงคำสั่งของ HD44780

2.6.7 สวิตช์เมตริกซ์

การต่อวงจรแบบเมตริกซ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.31 สวิตช์จะถูกต่อกันในแนวแกนตั้งและแนวนอน โดยจะเรียกแถวแนวตั้งว่า หลักหรือคอลัมน์ (Column) ในขณะที่แนวนอนจะเรียกว่า แถวหรือ ไร้ว (Row) ดังนั้นค่าของสวิตช์จะต้องประกอบด้วย ตำแหน่งในแนวหลักและแถว กระบวนการที่จะทำให้ได้มาซึ่งค่าของสวิตช์คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งข้อมูล “0” ไปยังแถวที่ 1 ก่อน จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะอ่านค่าจากหลักทั้ง 4 เข้ามาหากไม่มีการกดที่แถวนี้ ค่าของหลักทั้ง 4 ที่อ่านได้จะเป็น “1” ทั้งหมด จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งสัญญาณ “0” มาที่แถวที่ 2 ต่อ ถ้าหากมีการกดคีย์ ค่าของหลักที่อ่านมาได้จะไม่เป็น “1” ทั้งหมดโดยหลักที่ถูกกดจะอ่านค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

“0” จากนั้นไมโครคอนโทรเลอร์ก็จะนำค่าตำแหน่งนั้นไปเปิดตารางข้อมูล เพื่อจะได้ค่าของคีย์ที่กำหนดไว้อีกที



รูปที่ 2.31 วงจรเชื่อมต่อ Keypad เข้ากับไมโครคอนโทรเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่

3.1 การกำหนดการทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่

จากแนวความคิดที่เราได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 1 นำมารวมเข้ากับทฤษฎีพื้นฐาน ที่ได้เรียนรู้มาในบทที่ 2 การจะทำให้เครื่องประจุสามารถทำงานได้หลายรูปแบบเงื่อนไข และมีความชาญฉลาดนั้นจำเป็นที่จะต้องใช้ความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาช่วยในการทำงาน และจากนั้นจึงวิเคราะห์ว่า เครื่องประจุนี้จะต้องมีความสามารถบ้างเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบวงจรต่อไป

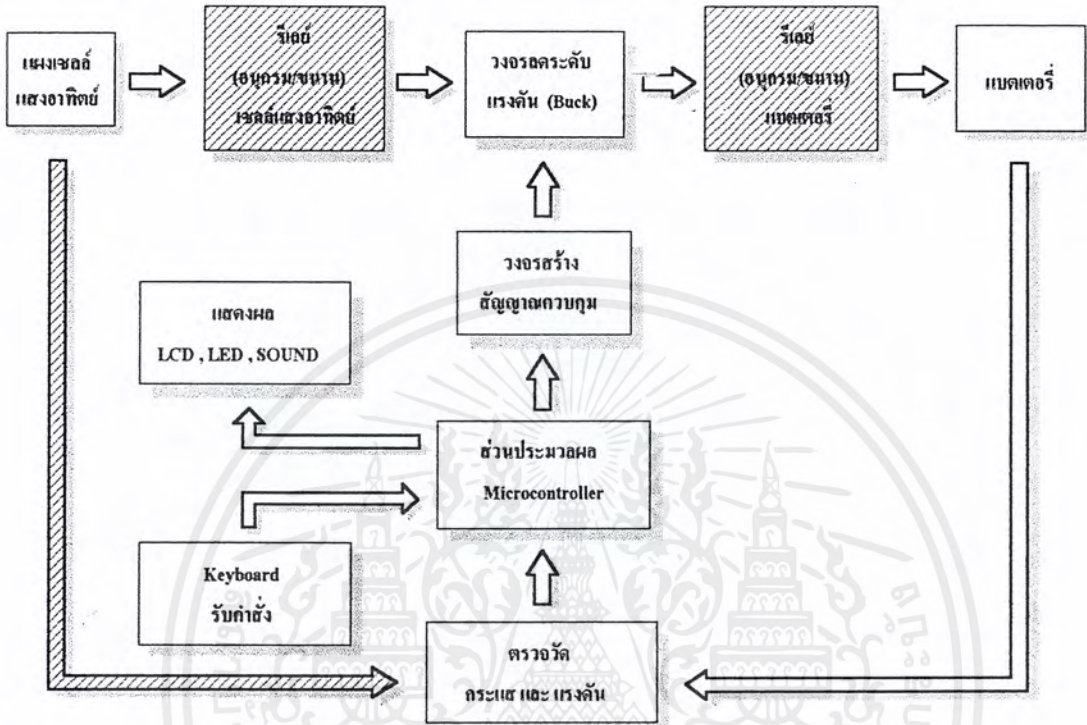
ทำให้ได้ว่าเครื่องประจุแบตเตอรี่ในโครงการนี้จะถูกควบคุมการทำงานทั้งหมดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีความสามารถต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- 1.) สามารถประจุแบตเตอรี่ได้หลายขนาดที่มีใช้กันทั่วไป คือ 6 , 12 และ 24 โวลท์
- 2.) มีการรับข้อมูลต่าง ๆ ของแบตเตอรี่ที่จะนำมาประจุทางคีย์บอร์ดและแสดงผลทาง LCD เพื่อให้มีการใช้งานที่ง่าย และสะดวกอย่างยิ่ง
- 3.) เครื่องจะทำงานแบบอัตโนมัติตลอดเวลาการทำงาน กล่าวคือ เมื่อทำการประจุจะมีโหมดการทำงานเป็นแบบจำกัดกระแส ช่วงกระแสสูงสุดก่อนจากนั้น ก็จะเข้าสู่โหมดคงที่แรงดันโดยอัตโนมัติ
- 4.) เครื่องจะมีการตรวจสอบระดับแรงดัน เพื่อตรวจสอบว่าแบตเตอรี่เต็มหรือไม่ตลอดเวลา และยังสามารถแสดงระดับแรงดันออกทางหน้าจอ LCD ได้ด้วย เมื่อประจุแบตเตอรี่เต็มแล้วก็จะมีเสียงเตือนบอกผู้ใช้ให้ทราบด้วย
- 5.) ต้องมีความสามารถในการวิเคราะห์ ระดับแรงดันที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่ได้ อีกทั้งยังต้องสามารถทำการ อนุกรม ขนาน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ แบตเตอรี่ได้ด้วย

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาเราสามารถสร้างเครื่องประจุแบตเตอรี่โดยแบ่งการทำงานออกเป็นสองส่วนใหญ่ๆ ได้ดังนี้คือ ส่วนของการทำงานแบบพื้นฐานซึ่งมีการทำงานแบบเครื่องประจุแบตเตอรี่ทั่วไป และ ส่วนที่นำเสนอแนวความคิดในการประจุแบตเตอรี่โดยอาศัยระดับแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่เป็นตัวกำหนดการทำงานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โค้ดโปรแกรมแสดงการทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่



รูปที่ 3.1 แสดงโค้ดโปรแกรมการทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่

จากโค้ดโปรแกรมในส่วนของการทำงานแบบพื้นฐาน (ส่วนที่ไม่ได้แรงเอา) จะเริ่มจากรับข้อมูลการประจุแบตเตอรี่ผ่านทาง Keyboard ส่งข้อมูลที่ได้อไปยังส่วนประมวลผลเพื่อเริ่มการประจุ โดยรับพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ มาที่วงจรระดับแรงดันที่ทำงานแบบสวิทซ์ชิ่ง ในโครงงานนี้เลือกใช้วงจร Buck โดยแรงดันที่ได้จะมีค่าสูงกว่าแรงดันของแบตเตอรี่เล็กน้อยเพื่อใช้ในการประจุ จากนั้น Output จะมีการป้อนกลับมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อตรวจสอบค่ากระแส และแรงดันที่ประจุแล้วนำค่าดังกล่าวมาประมวลผลเพื่อส่งสัญญาณ ไปยังส่วนสร้างสัญญาณที่มีลักษณะเป็นค่า Duty เพื่อขับมอสเฟตที่ทำหน้าที่เป็นสวิทซ์ในวงจร Buck ให้ได้ระดับกระแส และแรงดันที่ต้องการประจุแบตเตอรี่ โดยในระหว่างการทำงานจะมีการแสดงสถานะของการประจุแบตเตอรี่ทางหน้าจอ LCD ตลอดเวลา จนกระทั่งแบตเตอรี่ได้รับการประจุเต็มแล้วสัญญาณเสียงจะดังขึ้นเพื่อเตือนผู้ใช้ให้ทราบด้วย

สำหรับไดอะแกรมในส่วนที่แรเงาเป็นการนำเสนอแนวความคิดในการประจุแบตเตอรี่เพื่อให้ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ได้อย่างคุ้มค่า โดยอาศัยระดับแรงดันที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่เป็นตัวกำหนดการทำงาน กล่าวคือ

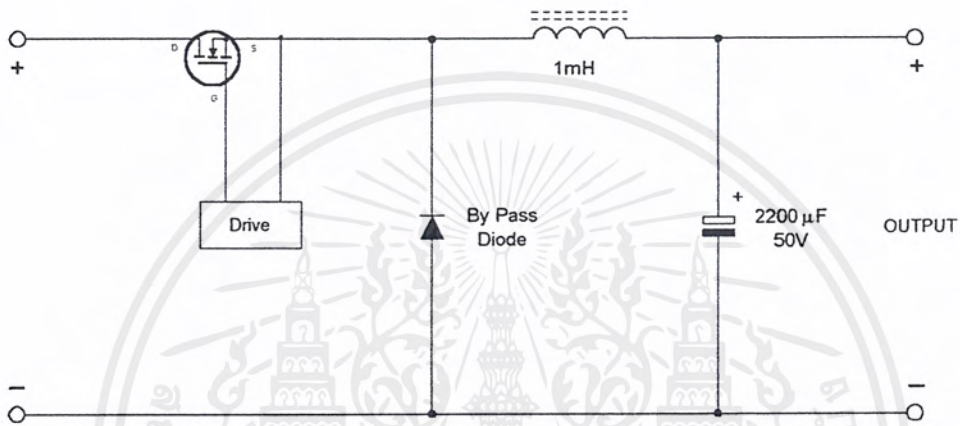
โดยปกติแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะต่อในลักษณะหนึ่งเท่านั้นคือ ไม่ขนานก็อนุกรม การใช้งานจึงไม่คุ้มค่า เช่นหากเราประจุแบตเตอรี่ที่แรงดันต่ำ 6 , 12 โวลท์ ก็มักจะต่อแผงเป็นแบบขนานกันทำให้ได้แรงดันที่แผงต่ำไม่สามารถประจุแบตเตอรี่ที่แรงดันสูง 24 โวลท์ได้อีก แต่เมื่อต่อแผงเป็นแบบอนุกรมเลขก็สามารถประจุแบตเตอรี่ได้ทุกขนาดก็จริง แต่จะต้องมีการลดระดับแรงดันลงมากหากจะประจุแบตเตอรี่ที่แรงดันต่ำจะมีการสูญเสียมากกว่า ดังนั้นเครื่องจึงควรมีความสามารถในการวิเคราะห์ว่าควรต่อแผง และ แบตเตอรี่ในลักษณะใดให้คุ้มค่าที่สุด

จะเห็นได้ว่าด้วยวิธีที่กล่าวมานี้หากมีการคำนวณระดับแรงดันที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ ระดับแรงดันแบตเตอรี่ที่จะใช้ประจุโดยคิดตามจำนวนแบตเตอรี่ที่มีให้เหมาะสมกัน เมื่อนำรีเลย์มาใช้ควบคุมการสับแผง และ แบตเตอรี่เป็นอนุกรม ขนาน ก็จะได้เครื่องประจุที่มีความชาญฉลาดมากยิ่งขึ้น

บทที่ 4

วงจร และการออกแบบ

4.1 วงจรลดระดับแรงดัน



รูปที่ 4.1 วงจรลดระดับแรงดัน

การคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆของวงจรลดระดับแรงดันจากทฤษฎีได้ดังนี้

4.1.1 อินдукเตอร์ (Inductor , L)

จากสมการที่ 2-10 การคำนวณหาค่าอินдукเตอร์ที่ใช้ในวงจร Buck จะได้ค่าต่ำสุดที่ควรใช้โดยการแปลงค่า Duty และ R ให้เป็นตัวแปรที่เราควบคุมได้

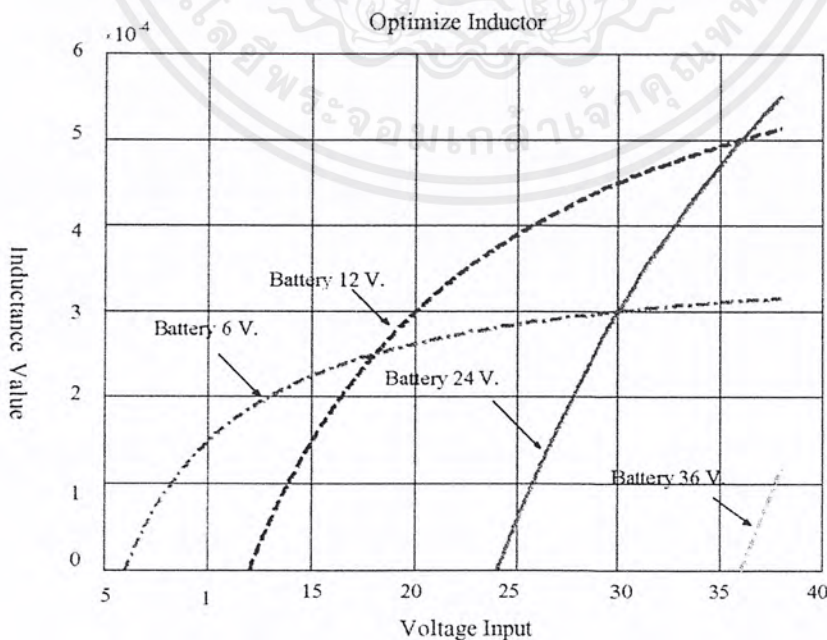
$$\begin{aligned}
 L_{min} &= \frac{(1 - D)R}{2f} \\
 &= \frac{(1 - \frac{V_o}{V_{IN}})V_o}{2f \times I_o} \dots\dots\dots (4-1)
 \end{aligned}$$

เนื่องจากทั้ง V_{IN} และ V_{OUT} มีค่าที่เปลี่ยนแปลงตลอดไม่คงที่ทำให้ค่าของ L ที่จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปด้วยแต่เราไม่สามารถห้ L ให้มีค่าเปลี่ยนแปลงได้เราจึงควรเลือกใช้ค่า L ในช่วงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีค่าสูงสุดเพื่อให้กระแสต่อเนื่องมากที่สุด เมื่อพิจารณาจากสมการจะเห็นว่าค่าของ L ขึ้นกับตัวแปรสี่ตัวคือ

- ความถี่ (f) ตัวแปรนี้เรากำหนดให้มีค่าคงที่ประมาณ 40KHz เพราะความถี่ค่านี้น่าจะพอที่จะไม่ต่งเสียงรบกวนต่อระบบการฟังของมนุษย์
- กระแส (I_o) จะเห็นว่าที่ค่ากระแสหลายๆเราใช้ค่า L น้อยก็เพียงพอแต่ที่ค่ากระแสน้อยๆเมื่อเราต้องการให้กระแสมีความต่อเนื่องเราต้องใช้ค่า L ที่มีค่าสูง จากการพิจารณาโครงการนี้ใช้กระแสต่ำสุดกรณีชาร์จแบตเตอรี่ใกล้เต็มที่แล้ว ซึ่งกำหนดไว้ที่ประมาณ 200 mA
- แรงดันอินพุต (V_{IN}) เป็นแรงดันที่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณแสงอาทิตย์ จากโครงการนี้ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2 แผงเพื่อประจุแบตเตอรี่หลายขนาดดังนั้นค่าแรงดันที่ใช้ควรจะอยู่ในย่าน 6 ถึง 38 โวลท์
- แรงดันเอาพุต (V_{OUT}) เป็นแรงดันที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะการประจุของแบตเตอรี่ที่รับการประจุไฟฟ้าโดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเมื่อแบตเตอรี่ได้รับการประจุซึ่งจะมีค่าการใช้งานอยู่ในย่านประมาณ 6 , 12 , 24 และ 36 โวลท์

จากการรวบรวมค่าตัวแปรต่างๆที่เป็นไปได้นำมาวิเคราะห์หาค่าของอินดักเตอร์ที่เหมาะสมต่อโครงการโดยจะใช้โปรแกรม Math Lab มาวิเคราะห์ซึ่งให้ผลดังกราฟนี้



รูปที่ 4.2 แสดงการวิเคราะห์หาค่าอินดักเตอร์ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่าอินดักเตอร์ที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูงสุดอยู่ที่กรณีประจุแบตเตอรี่ 24 โวลท์ ซึ่งมีค่าประมาณ 0.55 mH แต่จากการวิเคราะห์เป็นเพียงค่าตามทฤษฎี ในทางปฏิบัติจึงควรเผื่อค่าไว้อีกประมาณ 25 % จึงควรใช้ L ที่มีค่าประมาณ 0.7 mH เมื่อนำค่าที่วิเคราะห์มาพันจริงโดยใช้แกนขนาด EE 80/76 ใช้ลวดทองแดงเบอร์ 15 พันให้เต็มแกนได้ทั้งหมด 60 รอบ ระยะช่องอากาศที่ใช้ 1 มิลลิเมตร นำอินดักเตอร์ที่พันได้ไปวัดค่าที่เครื่อง วัดค่าได้ประมาณ 1 mH ซึ่งมีค่าเพียงพอต่อการใช้งาน

4.1.2 คาปาซิเตอร์ (Capacitor , C_o)

สามารถวิเคราะห์หาค่าคร่าวๆได้จากสมการที่ 2-11

$$C_o = \frac{(1 - D)}{8Lf^2 \times ripple} \left(1 - \frac{V_o}{V_{IN}}\right) = \frac{V_o}{8Lf^2 \times ripple} \dots\dots\dots (4-2)$$

จากสมการสามารถวิเคราะห์ตัวแปรที่จำเป็นต่อการคำนวณ ได้ดังนี้คือ

- อินดักเตอร์ (L) มีค่าที่ใช้ประมาณ 1 mH
- ความถี่ (f) ที่ใช้มีค่าประมาณ 40 KHz
- แรงดันกระเพื่อม (ripple) ควรมีค่าน้อยๆเพื่อให้เอาท์พุทมีความเรียบสูง เลือกค่าที่ประมาณ 0.5% หรือเท่ากับ 0.005
- แรงดันเอาท์พุท (V_o) มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของแบตเตอรี่ที่นำมาประจุคือ 6 , 12 , 24 , 36 โวลท์ แต่ให้สังเกตว่าค่าของ C_o จะมีค่ามากที่สุดเมื่อ V_o มีค่าน้อยที่สุดคือน้อยที่สุดนั่นคือ 6 โวลท์
- แรงดันอินพุท (V_{IN}) มีค่ามากที่สุดที่ 38 โวลท์จะทำให้ได้ค่า C_o สูงที่สุด

จากค่าตัวแปรที่วิเคราะห์ได้สามารถประมาณค่าของ C_o ที่ใช้งานได้ดังนี้

$$C_o = \frac{(1 - \frac{6}{38})}{8 \times 1 \times 10^{-3} \times (40 \times 10^3)^2 \times 0.005}$$

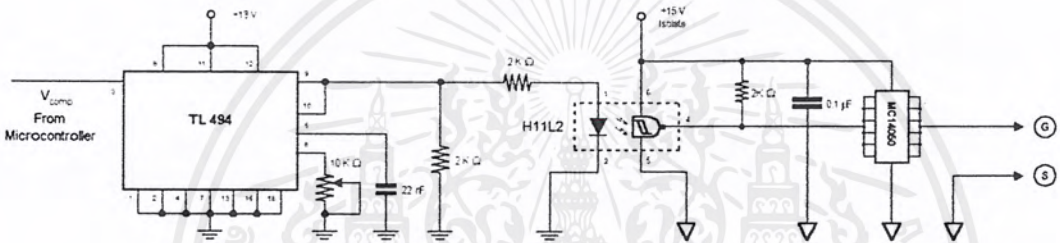
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ 526.32 μ F ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่าที่คำนวณได้ควรเผื่อค่าไว้หลายๆจะเป็นการดีจึงเลือกใช้ C_o ที่ 2200 μF ที่ 50 โวลท์

4.1.3 ไดโอด By Pass

เป็นชนิด Shortky Diode ที่ทนกระแสได้ 16 A เหตุที่เลือกใช้ชนิดนี้เพราะให้ค่าแรงดันตกคร่อมขณะนำกระแสที่น้อยที่สุดเพื่อลดค่าการสูญเสีย

4.2 วงจรสร้างสัญญาณและขับ Power Mosfet



รูปที่ 4.3 วงจรสร้างสัญญาณ และ ขับ Power Mosfet

จากวงจรใช้ IC TL494 ซึ่งเป็น IC ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณ Duty โดยอาศัยสัญญาณ V_{comp} จากส่วนประมวลผลเข้าที่ขา 3 ของ TL 494 สำหรับขาที่ 5 และ 6 จะเป็นขาที่ใช้สำหรับในการปรับค่าความถี่ ซึ่งโครงงานเลือกใช้ที่ 40 KHz โดยสามารถคำนวณค่า R_T , C_T ที่ใช้ได้จากการ

$$f_{osc} = \frac{1.1}{R_T \times C_T} \dots\dots\dots (4-3)$$

ในการคำนวณเพื่อใช้งานควรเลือกค่าของ C_T ก่อนเพราะที่มีขายทั่วไปมีค่าไม่หลากหลายเท่ากับค่าความต้านทานจากนั้นจึงคำนวณค่า R_T จาก C_T ที่ได้อีกทีคือ จากโครงงานเลือกใช้ C_T ที่ค่า 22 nF จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปคำนวณหา R_T ได้ดังนี้

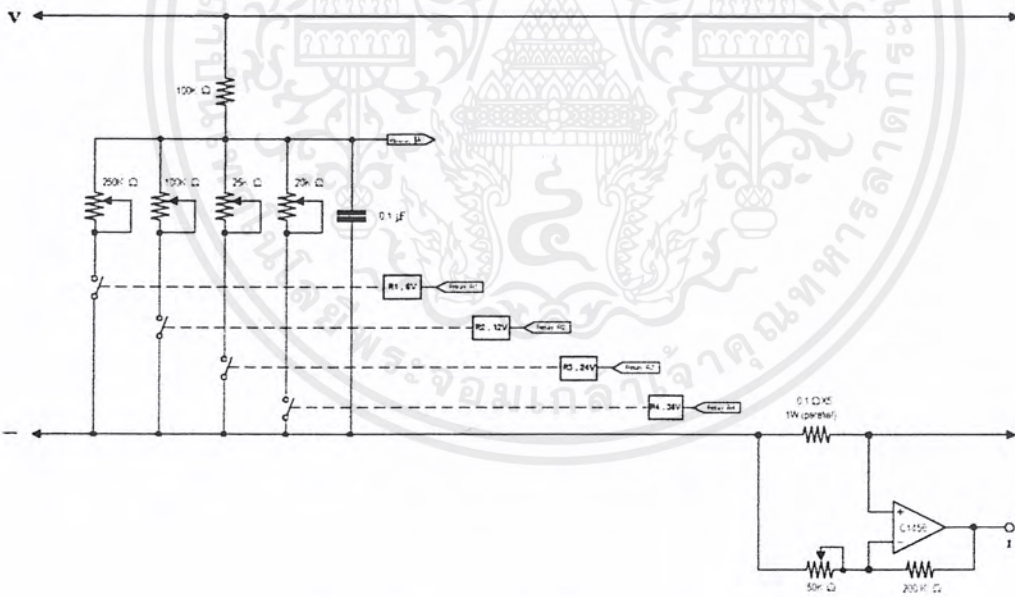
$$R_T = \frac{1.1}{40 \times 10^3 \times 22 \times 10^{-9}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ 1250Ω เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคำนวณได้ค่า 1250Ω แต่โดยมากการใช้งานจริงค่าความถี่ที่ได้อาจไม่แน่นอน เราจึงควรใช้ค่า R_T เป็นชนิดที่สามารถปรับค่าได้โดยเผื่อค่าไว้ให้สูงกว่าค่าที่คำนวณได้

สัญญาณที่ได้จาก TL 494 ต้องมีการ Isolate Gound ออกเพื่อไปขับ Power Mosfet โดยผ่าน IC Opto H11L2 ซึ่งสามารถแยกสัญญาณออกจากกันได้โดยภายในตัวของมันจะประกอบด้วย LED ที่ส่งแสงไปยัง โฟโตทรานซิสเตอร์ที่ทางเอาท์พุท จากนั้นสัญญาณที่ออกจาก H11L2 จะถูกส่งผ่านไปยัง IC MC14050 ซึ่งใช้สำหรับขับเพาเวอร์มอสเฟต ที่สามารถทำงานได้ที่แรงดันไฟตั้งแต่ 3 โวลต์ โดยทั่วไปแรงดันไฟเลี้ยงที่ 12 ถึง 13 โวลต์ จะเหมาะสมสำหรับการใช้ขับเพาเวอร์มอสเฟต สำหรับการขับเพาเวอร์มอสเฟตที่ต้องนำกระแสสูงๆ ควรต่อไอซี ในลักษณะขนานกัน จะสามารถเพิ่มกระแสที่ขาด และ ทำให้ความเร็วในการเปลี่ยนสถานะของเพาเวอร์มอสเฟตเป็นไปได้อย่างรวดเร็วด้วย

4.3 วงจรตรวจวัดกระแสและแรงดัน



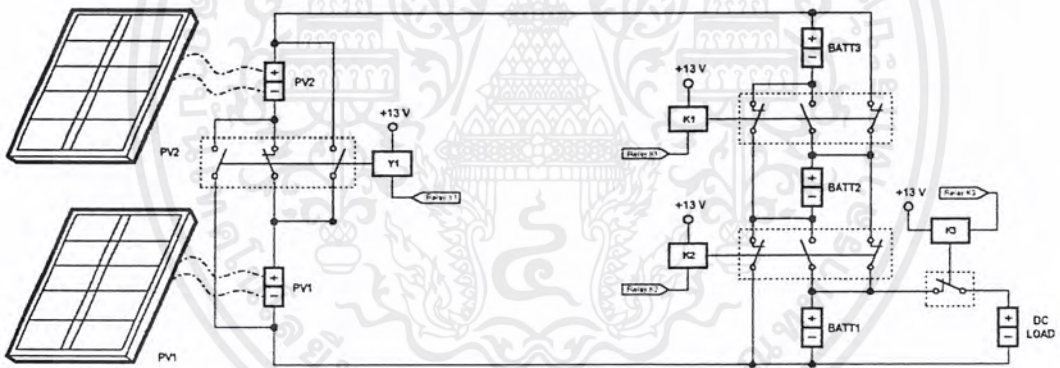
รูปที่ 4.4 วงจรตรวจวัดกระแสและแรงดัน

ในส่วนของวงจรตรวจวัดแรงดันจะอาศัยหลักการของ Voltage Divider เพื่อลดแรงดันลงมาเป็นอัตราส่วนที่แน่นอน โดยให้มีแรงดันเหลือสูงสุดเพียง 5 โวลต์เพื่อส่งไปให้ส่วนแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D) ที่สามารถรับสัญญาณได้สูงสุดที่ 5 โวลต์โดยมี step การรับค่าทั้งหมด 255 Step ทำให้สามารถรับค่าได้ step ละ 20 มิลลิโวลต์ แต่เนื่องจากย่านการใช้งานของเราเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว้างมากคือ เปลี่ยนแปลงจากช่วง 6 – 36 จะพบว่าหากเราทำการ Divider เพียงชุดเดียวที่ค่าสูงสุดคือที่ย่าน 36 โวลท์ค่าที่ได้จะไม่ละเอียดหากนำไปใช้กับย่านการใช้งานที่ต่ำ ค่าที่แปลงมาได้จะมีความคลาดเคลื่อนสูง ซึ่งจะเป็นปัญหาต่อการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล จึงต้องมีการสร้างชุด Divider ไว้หลายย่านวัดเช่นเดียวกับการเปลี่ยนย่านวัดใน Volte Meter นั้นเอง

สำหรับในส่วนของวงจรตรวจวัดกระแส ใช้การตรวจจับแรงดันที่ตกคร่อมความต้านทานที่อนุกรมอยู่ในวงจร โดยต้องใช้ความต้านทานที่มีค่าน้อยๆเพื่อลดค่าหิมะความสูญเสีย (I^2R) น้อยที่สุด แต่เมื่อใช้ค่าความต้านทานที่ค่าน้อยๆ แรงดันที่ตกคร่อมก็จะน้อยไปด้วยทำให้ไม่สามารถตรวจวัดได้โดยตรง ต้องผ่านวงจรขยายสัญญาณให้แรงดันเอาต์พุตที่ได้สูงสุดที่ 5 โวลท์และเทียบเป็นค่ากระแสเพื่อนำไปประมวลผลอีกที

4.4 รีเลย์ควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ แบตเตอรี่

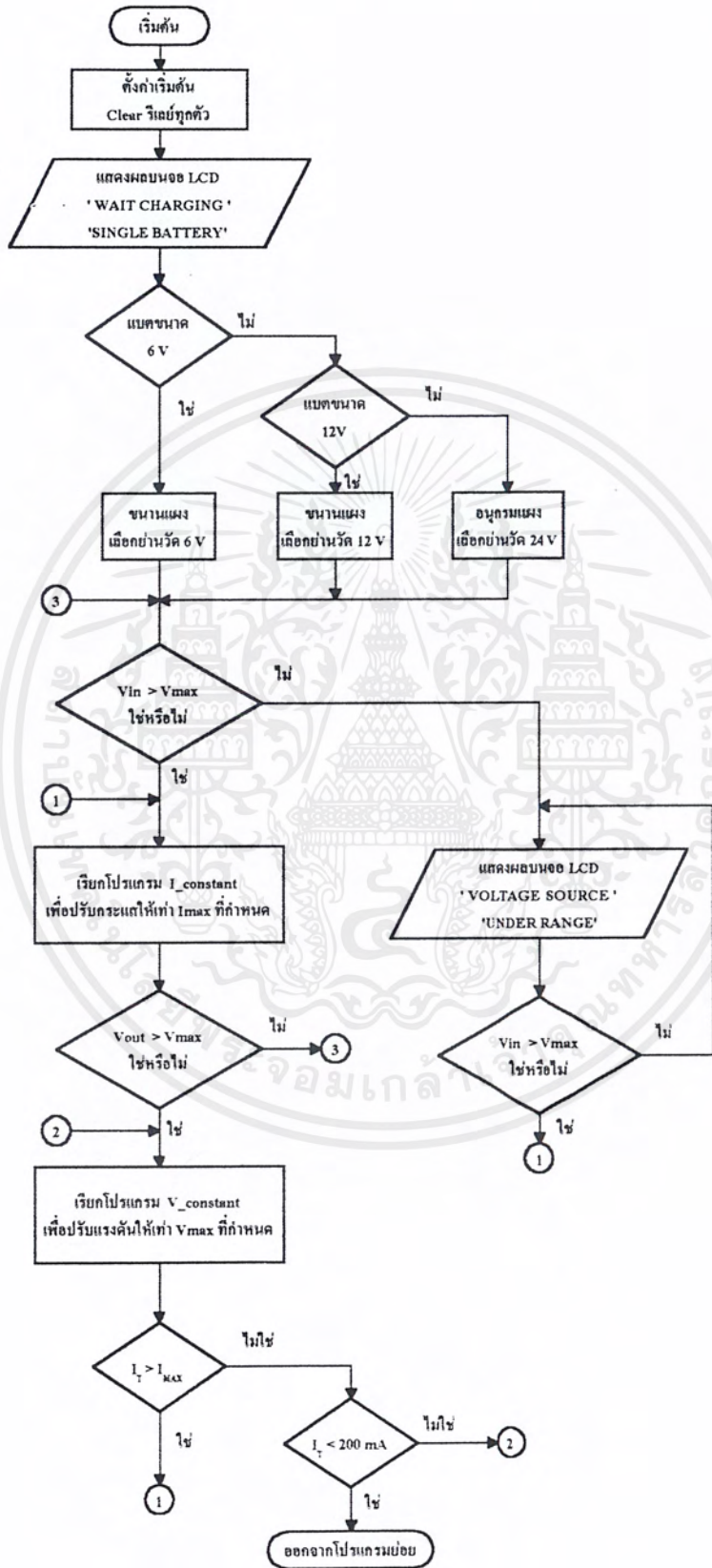


รูปที่ 4.5 รูปวงจรแสดงแนวความคิดการใช้รีเลย์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่

จะเห็นว่ารีเลย์มีหน้าที่สำหรับสับเปลี่ยนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ แบตเตอรี่ให้สามารถอนุกรม และ ขนานกันได้ เลือกใช้รีเลย์ที่มีฟลักซ์คลวด (Coil) ที่ 12 โวลท์ไฟตรง (DC) ให้เท่ากับแหล่งจ่าย ส่วนหน้าสัมผัสเลือกที่ทนกระแสได้สูงสุดที่ 10 แอมป์ สำหรับการควบคุมรีเลย์นั้นจะใช้ไอซี ULN2803 ซึ่งไอซีเบอร์นี้มีความสามารถรับอินพุตที่เป็นลอจิกการทำงานจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง (จากวงจรรูปที่ 4.6) ทำให้สะดวกอย่างยิ่งในการใช้งาน อีกทั้งในไอซีเบอร์นี้ยังได้มีการรวมเอาไดโอดเพื่อป้องกันแรงดันย้อนกลับขณะที่รีเลย์เริ่มหยุดทำงาน ไว้ภายในให้อีกด้วย โดยรีเลย์มีลักษณะการทำงานดังนี้คือ

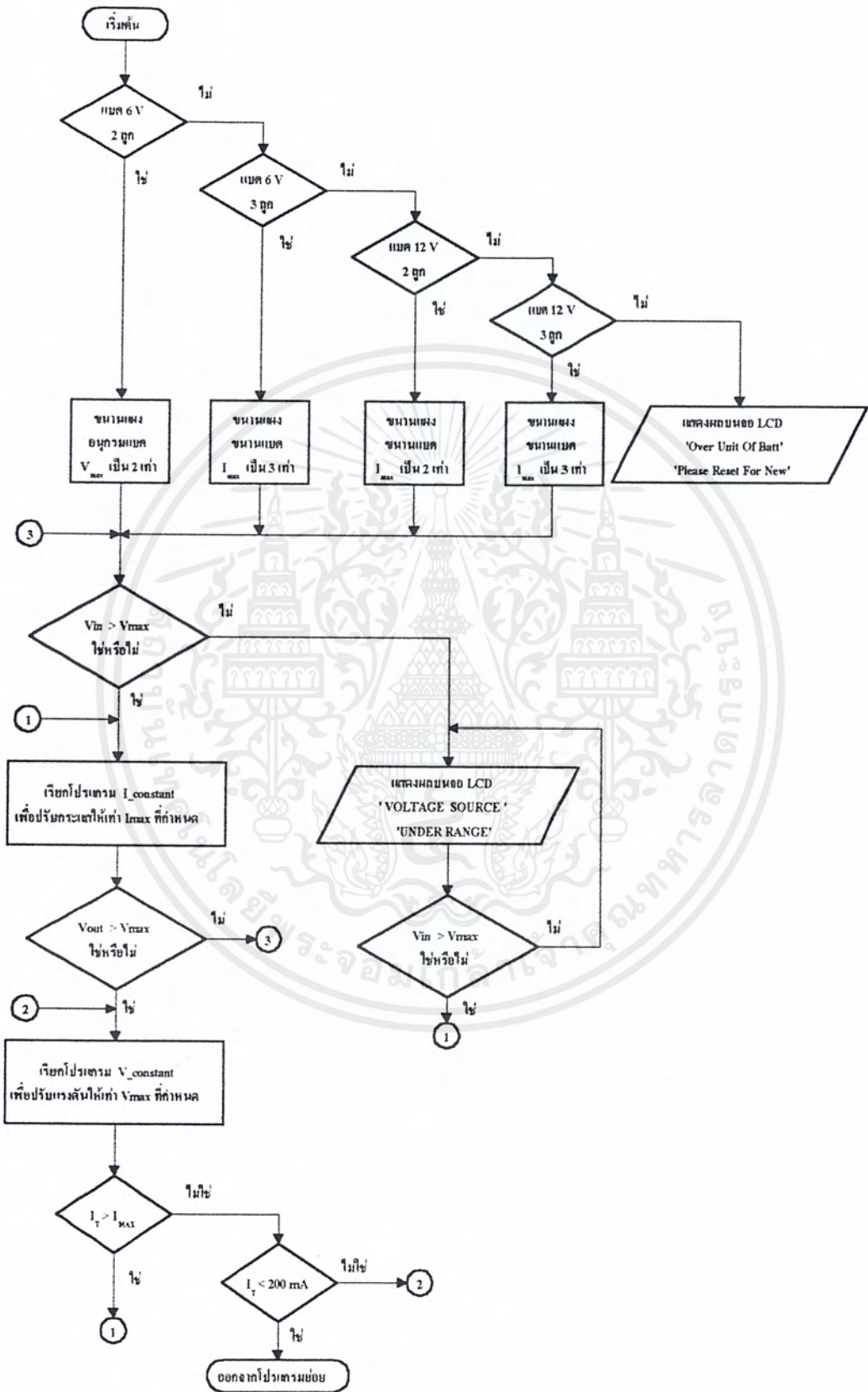
- ที่ภาวะปกติแผงจะต่อในลักษณะอนุกรมกัน และ แบตเตอรี่จะต่อขนานกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 Flow Chart แสดงการทำงานของโปรแกรมย่อย Single Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 Flow Chart แสดงการทำงานของโปรแกรมย่อย Multi Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการทำงานของ Flow Chart สามารถอธิบายการทำงานคร่าวๆ ได้ดังนี้

- เริ่มต้นจากการเปิดวงจรทำงานของเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่ได้สร้างขึ้น
- ไมโครคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลว่ามีแบตเตอรี่ต่ออยู่จำนวนกี่ลูก มีขนาดเท่าไร
- เครื่องประจุจะให้ผู้ใช้ค่าของกระแส และ แรงดันที่ต้องการประจุ (สำหรับขั้นตอนนี้ เครื่องประจุมีการบันทึกข้อมูลของแบตเตอรี่บางยี่ห้อในหน่วยความจำไว้ให้เลือก เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ทันที)
- ไมโครคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลว่าควรต่อแผง และ แบตเตอรี่เป็นแบบใด
- เมื่อป้อนค่าแล้วเครื่องจะทำงานในโหมดกระแสคงที่ก่อน
- จากนั้นเมื่อแรงดันถึงค่าที่กำหนดจะเปลี่ยน โหมดมาเป็นแรงดันคงที่แทน
- การประจุจะไปเรื่อยๆ โดยจะสังเกตจากกระแสที่ประจุหากลดลงจนเกือบเป็นศูนย์ เครื่องจะเข้าใจว่าแบตเตอรี่เต็ม
- เมื่อแบตเตอรี่เต็มเครื่องจะส่งสัญญาณเสียงบอกผู้ใช้ให้ทราบ

4.6 การใช้งานเครื่องประจุแบตเตอรี่

เนื้อหาในบทนี้เป็นส่วนเสริมที่จะช่วย นำเสนอความสามารถทั่วไป ที่เครื่องประจุนี้อาจทำได้ และยังช่วยให้อ่านข้อมูลในการใช้งานเครื่องประจุแบตเตอรี่ได้อย่างถูกต้อง เพื่อไม่ให้เกิดปัญหา และ ความสับสน

4.6.1 การทำงานทั่วไป

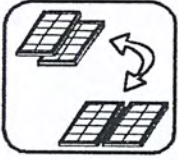
เครื่องประจุแบตเตอรี่ (Intelligent Battery Charger) สามารถประจุแบตเตอรี่ได้สูงสุดถึง 3 ลูกในคราวเดียว โดยนำพลังงานไฟฟ้าที่จะทำการประจุมาจากเซลล์แสงอาทิตย์ ได้สูงสุด 2 แอมป์ โดยการออกแบบได้คำนึงถึงความคุ้มค่าในการใช้งาน ทำให้สามารถประจุแบตเตอรี่ได้หลายขนาดที่มีใช้ทั่วไปในท้องตลาดคือ 6 , 12 และ 24 โวลท์ ซึ่งถือเป็นความสามารถเด่นที่เครื่องประจุแบตเตอรี่ทั่วไปทำไม่ได้เฉพาะขนาดใดขนาดหนึ่งเท่านั้น โดยทุกขั้นตอนการทำงานของเครื่อง จะถูกควบคุมด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ถูกโปรแกรมมาเป็นพิเศษเพื่อใช้ในการอัดประจุแบตเตอรี่จึงช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ อีกทั้งตัวเครื่องยังเพิ่มความสามารถอีกหลายอย่างดังนี้คือ

Microcontroller Control



ควบคุมการทำงานทุกขั้นตอนด้วย Microcontroller MCS-51 ซึ่งถูกโปรแกรมมาเป็นพิเศษ เพื่อเครื่องประจุแบตเตอรี่ โดยเฉพาะ จึงสามารถ ประมวลผล การทำงานต่างๆ ได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

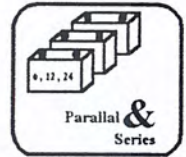


Parallal & Series Solar Cell

มีความสามารถในการวิเคราะห์ ว่าควรต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในลักษณะที่อนุกรม หรือ ขนานกันในการประจุแบตเตอรี่

Multi Battery

สามารถประจุแบตเตอรี่ได้หลายขนาดแรงดัน คือ 6 , 12 และ 24 โวลท์ ได้สูงสุดถึง 3 ลูก อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์ ว่าควรต่อแบตเตอรี่ในลักษณะ อนุกรม หรือ ขนานกันในการประจุ เพื่อให้รองรับกับลักษณะการต่อของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

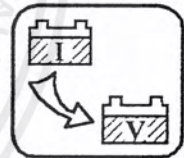


Battery Watcher

ตรวจสอบ และ เตือนทุกสภาวะขณะที่ทำการประจุแบตเตอรี่

Combination Charging Two - Step

ด้วยระบบการประจุแบตเตอรี่แบบ 2 ขั้นตอน ทำให้การประจุแบตเตอรี่เป็นไปอย่างนุ่มนวล และ ถนอมแบตเตอรี่มากที่สุด



Memory of Data Battery



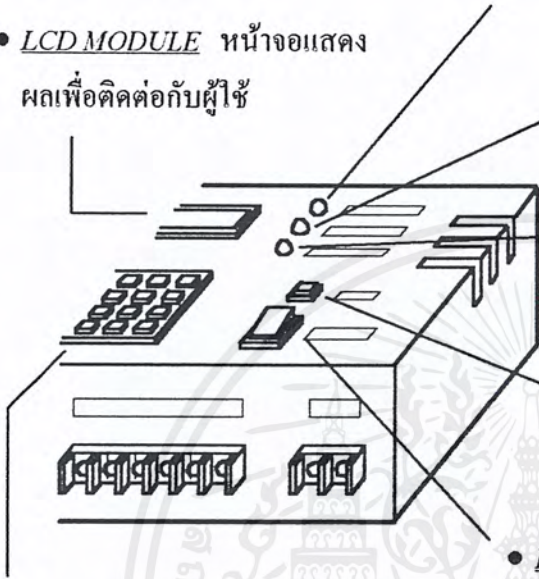
ผู้ใช้สามารถค้นหารุ่น และ ชนิดของแบตเตอรี่ที่ใช้งานได้โดยตรงจากหน่วยความจำภายใน ของเครื่องประจุแบตเตอรี่ ทำให้ผู้ใช้สามารถประจุแบตเตอรี่ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

4.6.2 ไฟแสดงสถานะ หน้าจอ LCD และ ปุ่มต่างๆบนเครื่องประจุ

เครื่องประจุแบตเตอรี่ (Intelligent Battery Charger) มีปุ่มควบคุม 2 ปุ่ม Keyboard รับข้อมูลอีก 16 ปุ่ม หน้าจอ LCD แสดงผล และไฟแสดงสถานะ 3 ดวงเพื่อบอกสถานะการทำงานในโอกาสต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **FULLY CHARGED** ไฟสีเขียวแสดงสถานะว่าแบตเตอรี่ได้รับการประจุเต็ม
- **LCD MODULE** หน้าจอแสดงผลเพื่อติดต่อกับผู้ใช้
- **CHARGING** ไฟสีเขียวแสดงสถานะว่ากำลังประจู่อยู่
- **READY** ไฟสีเหลืองแสดงการพร้อมใช้งาน
- **RESET** กดปุ่มนี้เพื่อตั้งการทำงานของเครื่องใหม่ กรณีเครื่องทำงานผิดปกติ
- **POWER** กดปุ่มนี้เพื่อ “เปิด” หรือ “ปิด” เครื่อง
- **KEYBOARD** รับข้อมูลที่จะประจู่

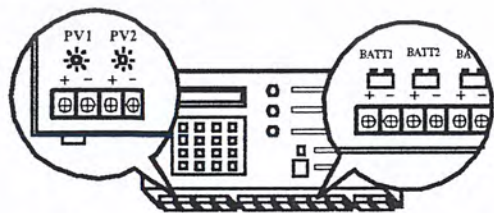


รูปที่ 4.10 ไฟแสดงสถานะ หน้าจอ LCD และ ปุ่มต่างๆบนเครื่องประจู่

4.6.3 ขั้นตอนการทำงาน

ขั้นที่ 1 ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ แบตเตอรี่ เข้ากับเครื่องประจู่

ต่อแผง และ แบตเตอรี่ เข้ากับเครื่องประจู่แบตเตอรี่ โดยเริ่มต้นจากช่อง 1 ก่อน เช่น ถ้ามีแบตเตอรี่ 2 ลูก ก็ต่อที่ช่อง “BATT 1” และ “BATT 2” โดยปล่อยช่อง “BATT 3” วางไว้



รูปที่ 4.11 แสดงขั้วต่อแผง และ แบตเตอรี่

ขั้นที่ 2 เปิดเครื่องและเริ่มการประจู่

จากนี้ไปการทำงานของเครื่องประจู่จะแสดงผลทางจอ LCD ให้ผู้ใช้ทราบตลอดการทำงาน ดังนั้นจึงอธิบายการทำงานต่างๆที่ผ่านทางจอ LCD ได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1

INTELLIGENT
BATTERY CHARGER

เริ่มเปิดเครื่องหน้าจอจะแสดงคำว่า “ INTELLIGENT BATTERY CHARGER ” พร้อมกับไฟสีเขียวจะติดแสดงว่าพร้อมใช้งานแล้ว

2

12 VOLTS 2 UNIT
PRESS ENT OR RST

เครื่องประจุทำการตรวจสอบแบตเตอรี่ที่นำมาประจุ ว่ามีขนาดและจำนวนเท่าไร จากตัวอย่างมี แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลท์ จำนวน 2 ลูกต่ออยู่ ที่บรรทัดล่างจะเขียนว่า “PRESS ENT OR RST” หมายความว่า หากกดปุ่ม “ENT” เครื่องประจุจะทำงานในขั้นตอนนี้ถัดไป แต่ถ้าหากกดปุ่ม “RST” เครื่องจะรีเซ็ตการทำงานใหม่ทั้งหมด

3

PLEASE INSERT
BATT IN SLOT 1

ในบางครั้งหน้าจออาจจะขึ้นคำว่า “PLEASE INSERT BATT IN SLOT 1” แสดงว่าเครื่องประจุตรวจพบว่าผู้ใช้ไม่ได้ต่อแบตเตอรี่เข้ากับเครื่อง จึงเตือนบอกผู้ใช้ ให้ต่อแบตเตอรี่เข้าที่ช่อง “BATT 1” จากนั้นเครื่องก็จะทำงานต่อไปได้

4

1. CUSTOM MODE
INSERT VALUE >>

จาก ② เมื่อกด “ENT” เครื่องจะแสดงผลหน้าจอจากครั้งนี้ หากเรากด “ENT” อีกครั้งเครื่องจะเข้าสู่โหมดการทำงานแบบ ใต้อ่างกระแสน้ำ และ แรงดันที่ จะใช้ประจุ โดยผู้ใช้เอง แต่หากผู้ใช้กด “ ▼ ” เครื่องจะเข้าสู่โหมดการใช้ข้อมูลการประจุแบตเตอรี่ที่มีอยู่ในหน่วยความจำของเครื่อง

5

INSERT VALUE >>
Vmax = Volt

จาก ④ เมื่อกด “ENT” เครื่องจะขึ้นหน้าจอให้ผู้ใช้ใส่ค่าของแรงดันสูงสุดที่แบตเตอรี่ทนได้ ต่อจากนั้นก็จะเป็นกระแสสูงสุดที่แบตเตอรี่ทนได้

6

2. FB NS40
14.4 V 32 Ah 3A

จาก ④ เมื่อกด “ ▼ ” เครื่องจะขึ้นหน้าจอให้ผู้ใช้เลือกข้อมูลการประจุแบตเตอรี่ที่มีอยู่ภายในเครื่องประจุ เช่น จากหน้าจอ หมายความว่าเราเลือกแบตเตอรี่ของบริษัท

FB BATTERY รุ่น NS40 ซึ่งมีพิกัด 32 Ah โดยทนแรงดันสูงสุดที่ใช้ประจุได้ 14.4 โวลท์ และกระแสสูงสุดได้ 3 แอมป์

7

WAIT CHARGING
MULTI - BATTERY

จาก ⑤ และ ⑥ เมื่อใส่ข้อมูลให้เครื่องประจุแล้วเครื่องจะวิเคราะห์ว่าควรต่อแผง และ แบตเตอรี่ ในลักษณะใด ขณะนั้นหน้าจอจะขึ้นว่า “WAIT CHARGING MULTI BATTERY” เพื่อให้ผู้ใช้การทำงาน แต่ให้ลองสังเกตคำว่า “MULTI BATTERY” เป็นการช่วยยับยอกผู้ใช้ให้ทราบว่าเครื่องทำการประจุแบตเตอรี่มากกว่า 1 ลูก แต่เมื่อมีแบตเตอรี่ลูกเดียวหน้าจอจะขึ้นว่า “WAIT CHARGING SINGLE BATTERY”

8

Vmax = Volt
Imax = Amp

จาก ⑦ เครื่องเริ่มทำการประจุแบตเตอรี่ โดยขณะประจุจะแสดงค่าของแรงดัน และ กระแสที่ประจุแบตเตอรี่ตลอดเวลา ในขณะเดียวกันไฟสีเขียวซึ่ง แสดงสถานะการประจุจะติดตลอดช่วงเวลาที่ประจุด้วย

9

FULLY CHARGED
THANK YOU !

เครื่องทำการประจุตามวิธีคงค่ากระแสสูงสุด และ แรงดันสูงสุด จนกระทั่งกระแสที่ใช้ประจุลดลงจนใกล้จะเป็นศูนย์แสดงว่าแบตเตอรี่ได้รับการประจุจนเต็มแล้ว เครื่องจะขึ้นหน้าจอแสดงว่าแบตเตอรี่เต็ม พร้อมส่งเสียงบอกผู้ใช้ให้ทราบด้วย

บทที่ 5

การทดสอบ และ ผลการทดสอบ

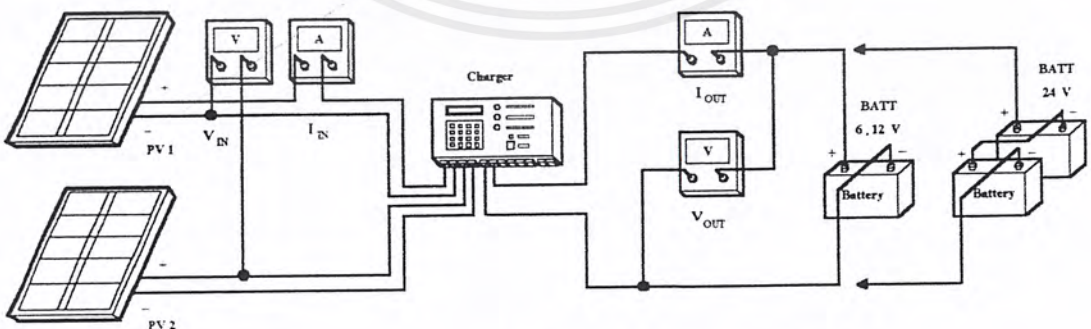
5.1 การประจุไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลงในแบตเตอรี่

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการ ประจุแบตเตอรี่จากเครื่องประจุที่ได้สร้างขึ้น ในโหมดแบตเตอรี่เพียงลูกเดียว ซึ่งมีลักษณะการประจุเป็นแบบคงค่าแรงดัน โดยมีการจำกัดกระแส เริ่มต้นสูงสุดไว้ด้วย และการทำงานทั้งหมดจะควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตลอดการทำงาน

5.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1.) แผงเซลล์แสงอาทิตย์
- 2.) เครื่องประจุแบตเตอรี่ที่สร้างขึ้น
- 3.) - แบตเตอรี่ Magai รุ่น 6N4B-2A พิกัดแรงดัน 6 โวลต์ 4 AH/20HR จำนวน 1 ลูก (มีแรงดันก่อนทำการประจุ 6.2 โวลต์)
- แบตเตอรี่ Spa รุ่น SL12-7.5 พิกัดแรงดัน 12 โวลต์ 7.5 AH/20HR จำนวน 3 ลูก (มีแรงดันก่อนทำการประจุ 12.03 โวลต์)
- 4.) DC Ampmeter Yokogawa Type 2011 Class 0.5
- 5.) DC Voltmeter Kuwano PSM-170 Class 0.5

5.1.2 วงจรที่ใช้ในการทดลอง



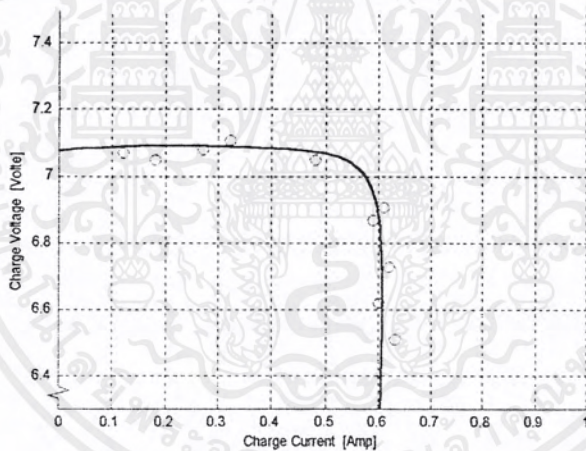
รูปที่ 5.1 แสดงวงจรการประจุไฟฟ้า (6, 12 และ 24 โวลต์)

5.1.3 ขั้นตอนการทดลอง

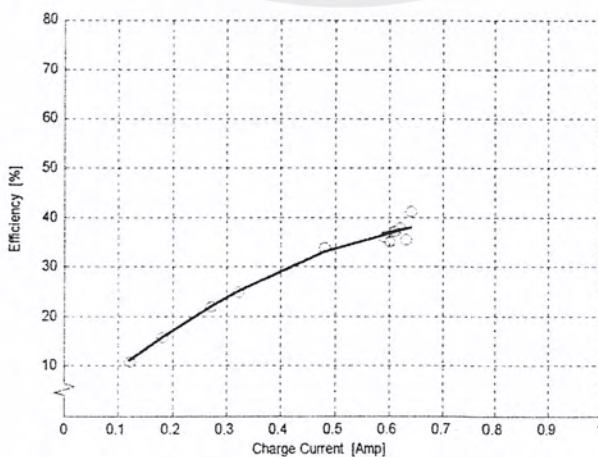
1.) ต่อวงจรให้มีลักษณะตามรูปที่ 5.1 โดยทดลองทั้งหมด 3 ครั้งคือ 6, 12, 24 โวลต์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2.) เปิดเครื่องประจุแบตเตอรี่เพื่อใส่ค่ากระแส และ แรงดัน ที่จะทำการประจุใน โหมด Single Battery โดยพิกัดที่ใช้ทดลองคือ
 - กระแสสูงสุด 0.5 แอมป์ แรงดันสูงสุด 7 โวลต์ สำหรับแบตเตอรี่ 6 โวลต์
 - กระแสสูงสุด 0.8 แอมป์ แรงดันสูงสุด 14.4 โวลต์ สำหรับแบตเตอรี่ 12 โวลต์
 - กระแสสูงสุด 1.6 แอมป์ แรงดันสูงสุด 27.6 โวลต์ สำหรับแบตเตอรี่ 24 โวลต์ (แบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์ใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์ต่ออนุกรมกัน)
- 3.) เริ่มต้นการประจุ โดยวัดและบันทึกค่าของกระแสและแรงดันทุก 30 นาทีจนกว่า เครื่องประจุจะมีสัญญาณเตือนว่าแบตเตอรี่เต็ม
- 4.) นำค่าที่บันทึกไว้วาดกราฟลักษณะ กระแส และ แรงดันที่โหมดการประจุ และ กราฟแสดงประสิทธิภาพของเครื่องประจุแบตเตอรี่

5.1.4 ผลการทดลอง

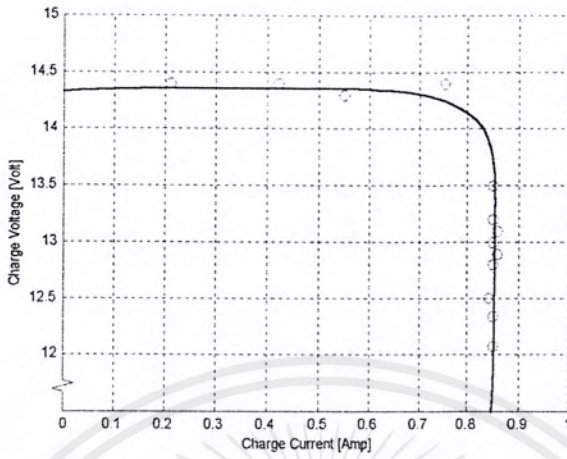


รูปที่ 5.2 กราฟ I-V ของการประจุ (6 V)

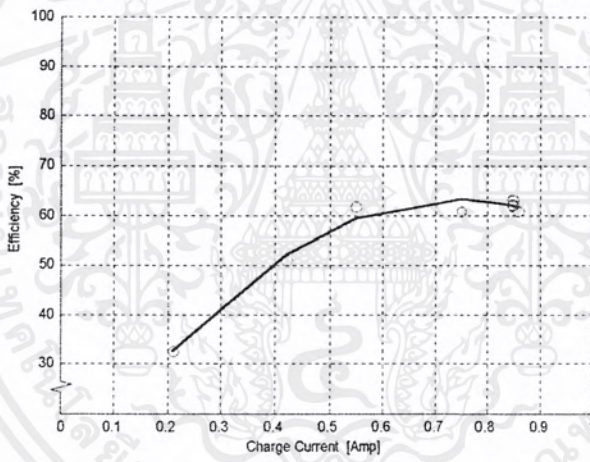


รูปที่ 5.3 กราฟประสิทธิภาพ (6V)

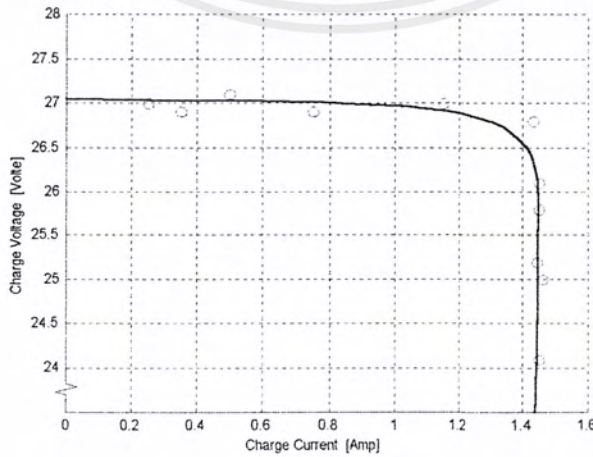
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 กราฟ I-V ของการประจุ (12 V)

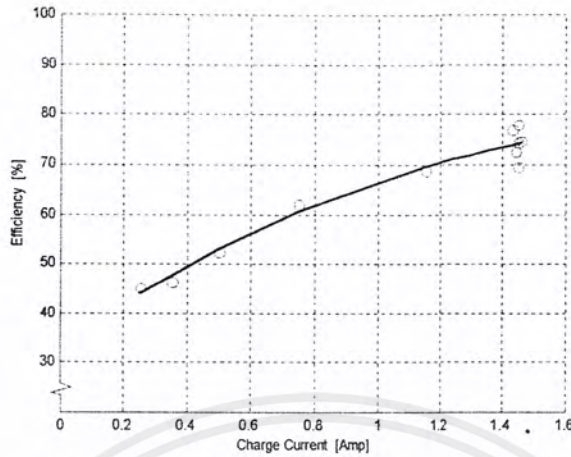


รูปที่ 5.5 กราฟประสิทธิภาพ (12 V)



รูปที่ 5.6 กราฟ I-V ของการประจุ (24 V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 กราฟประสิทธิภาพ (24 V)

5.1.5 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ จะเห็นว่าเครื่องประจุแบตเตอรี่ที่สร้างขึ้นสามารถทำงานที่โหมด Single Battery ได้ผลเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง กล่าวคือเครื่องสามารถรักษาระดับกระแสสูงสุดที่ได้ป้อนค่าไว้ในช่วงเริ่มต้นซึ่งสามารถสังเกตได้จากกราฟรูปที่ 5.2 , 5.4 และ 5.6 เมื่อทำการประจุแบตเตอรี่ไปเรื่อยๆ แรงดันที่แบตเตอรี่จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนถึงค่าแรงดันสูงสุดที่ได้ป้อนค่าไว้เครื่องก็สามารถเปลี่ยนการทำงานมาในโหมดรักษาระดับแรงดันแทนได้ที่โหมดนี้กระแสจะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ จนถึงระดับหนึ่งเครื่องประจุจะเข้าใจว่าแบตเตอรี่ได้รับการประจุเต็มแล้ว ก็จะส่งสัญญาณบอกผู้ใช้ให้ทราบ โดยเวลาที่ใช้ในการประจุที่การทดลองนี้ประมาณ 6 ชั่วโมง สำหรับประสิทธิภาพของเครื่องจะเห็นว่ามีประสิทธิภาพสูงเมื่อใช้งานที่ กระแส และ แรงดันสูง แต่จะมีประสิทธิภาพ ลดลงเมื่อใช้งานที่ กระแส และแรงดันต่ำเป็นเพราะว่าค่าสูญเสียของเครื่องประจุอยู่ในระดับที่ไม่สูงมากนัก หากใช้งานที่ย่านสูงๆ จะไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพมากตามผลการทดลอง

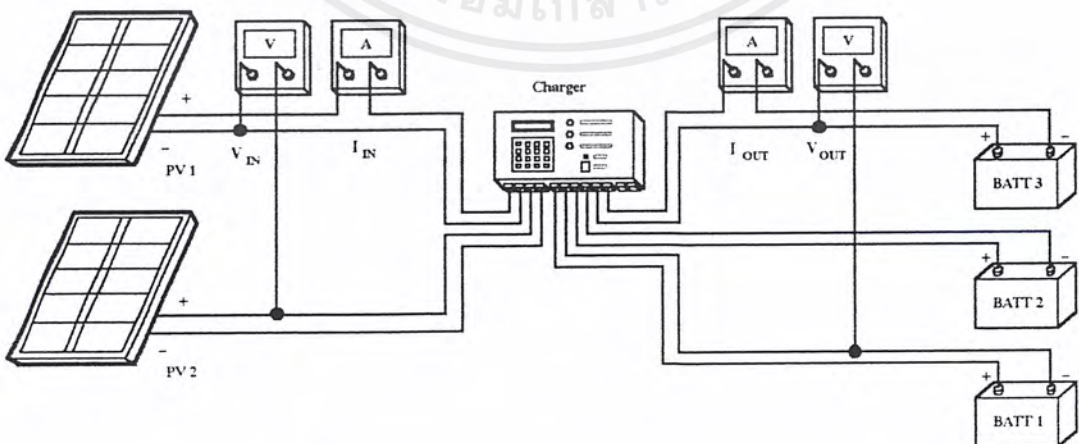
5.2 การทดสอบการทำงานของส่วน ขนาน,อนุกรม แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ แบตเตอรี่

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการ ตรวจสอบส่วนการอนุกรม ขนาน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ แบตเตอรี่ จากเครื่องประจุที่ได้สร้างขึ้น ด้วยแนวความคิดในการอาศัยระดับแรงดันที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ ที่แบตเตอรี่เป็นตัวกำหนดการทำงานเริ่มต้น เพื่อลดระดับแรงดันที่ตกคร่อมเครื่องประจุแบตเตอรี่ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลของแรงดันที่ตกคร่อมที่เครื่องที่มีค่าน้อยที่สุดมาประมวลผลและสั่งรีเลย์ให้ทำการต่อขนาน หรือ อนุกรม แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ แบตเตอรี่ ก่อนเริ่มทำงาน

5.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1.) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 2 แผง
- 2.) เครื่องประจุแบตเตอรี่ที่สร้างขึ้น
- 3.) - แบตเตอรี่ Magai รุ่น 6N4B-2A พิกัดแรงดัน 6 โวลท์ 4 AH/20HR จำนวน 3 ลูก
(มีแรงดันก่อนทำการประจุ 6.02 โวลท์)
- แบตเตอรี่ Spa รุ่น SL12-7.5 พิกัดแรงดัน 12 โวลท์ 7.5 AH/20HR จำนวน 3 ลูก
(มีแรงดันก่อนทำการประจุ 12.11 โวลท์)
- 4.) DC Ampmeter Yokogawa Type 2011 Class 0.5
- 5.) DC Voltmeter Kuwano PSM-170 Class 0.5

5.2.2 วงจรที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 5.8 แสดงวงจรการทดสอบการขนาน อนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 ขั้นตอนการทดลอง

- 1.) ต่อวงจรให้มีลักษณะตามรูปที่ 5.8 โดยต่อแบตเตอรี่ตามตารางทดลองที่ 5.1
- 2.) เปิดเครื่องประจุแบตเตอรี่เพื่อให้เครื่องตรวจสอบจำนวนแบตเตอรี่ที่นำมาประจุ โดยเครื่องจะแสดงผลทางหน้าจอ LCD ว่ามีแบตเตอรี่จำนวนกี่ลูก ลูกละกี่โวลต์
- 3.) ป้อนค่าแรงดันที่จะทำการประจุดังนี้คือ
 - ที่แบตเตอรี่ 6 โวลต์ ใส่ว่า V_{max} เป็น 7 โวลต์ I_{max} เป็น 0.5 แอมป์
 - ที่แบตเตอรี่ 12 โวลต์ ใส่ว่า V_{max} เป็น 14.4 โวลต์ I_{max} เป็น 0.8 แอมป์
 - ที่แบตเตอรี่ 24 โวลต์ ใส่ว่า V_{max} เป็น 27.6 โวลต์ I_{max} เป็น 0.8 แอมป์
 (แบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์ใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์ต่ออนุกรมกัน)
- 4.) เริ่มต้นการประจุ โดยวัดและบันทึกค่าของกระแสและแรงดัน มาอย่างละค่า
- 5.) นำค่าที่บันทึกไว้มาวิเคราะห์หาบทสรุปการทำงาน

5.2.4 ผลการทดลอง

DATA BATT	V_{IN}	I_{IN}	V_{OUT}	I_{OUT}	การต่อรีเลย์				
					แผง		แบตเตอรี่		
					อนุกรม	ขนาน	อนุกรม	ขนาน	
แบตเตอรี่ 6 โวลต์	2 ลูก	17.9	0.35×2	13.2	0.58	●	●		
	3 ลูก	17.8	0.50×2	6.50	0.56×3	●			●
แบตเตอรี่ 12 โวลต์	2 ลูก	17.42	0.87×2	14.4	0.85×2	●			●
	3 ลูก	17.24	1.31×2	14.5	0.86×3	●			●
แบตเตอรี่ 24 โวลต์	1 ลูก	35.5	1.05	25	1.45	●			●

ตารางที่ 5.1 ผลการอนุกรม และ ขนาน

* จากตาราง หากแรงดัน V_{IN} เป็น 2 เท่าของแผงแสดงว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่ออนุกรมกัน

หากแรงดัน V_{OUT} เป็น 2 เท่าของแบตเตอรี่แสดงว่าแบตเตอรี่ต่ออนุกรมกัน 2 ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.5 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบการทำงานของโหมค Multi Battery ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ กล่าวคือ เครื่องสามารถ วิเคราะห์ลักษณะการต่อ แผลงเซลล์แสงอาทิตย์ และ แบตเตอรี่ ว่าควรต่อในลักษณะที่อนุกรม หรือ ขนานกัน ได้ โดยแรงดันที่ตกคร่อมเครื่องประจุจะมีค่าน้อยที่สุดในภาวะนั้นๆ

เช่น ในขณะทดสอบประจุแบตเตอรี่ 6 โวลท์ 2 ลูก หากแบตเตอรี่ทั้งสองต่อในลักษณะที่อนุกรมกัน แรงดันรวมที่ได้จะเป็น 12 โวลท์ ในขณะที่เดียวกันหากแผลงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อแบบอนุกรมกันแรงดันที่ได้จะมีค่าประมาณ 36 โวลท์ จะเห็นว่าที่ภาวะนั้นจะเกิดผลต่างของระดับแรงดันระหว่างแผลงกับแบตเตอรี่ 24 โวลท์ ซึ่งมากเกินไป เครื่องจึงคำนวณต่อไปว่าหากต่อแผลงเป็นแบบขนานกันซึ่งจะได้แรงดันรวมประมาณ 18 โวลท์ จะเกิดผลต่างของแรงดันประมาณ 6 โวลท์ เท่านั้น

ในขณะที่ทดสอบประจุแบตเตอรี่ 12 โวลท์ 2 ลูก หากแบตเตอรี่ต่อในลักษณะที่อนุกรมกันแรงดันรวมจะเป็น 24 โวลท์ จะต้องต่อแผลงในลักษณะอนุกรมกันเท่านั้นจึงจะประจุแบตเตอรี่ได้ทำให้ได้แรงดันรวมที่แผลงประมาณ 36 โวลท์ ถึงแม้ว่าจะเกิดผลต่างของแรงดันประมาณ 12 โวลท์ แต่หากต่อแผลงและแบตเตอรี่ในลักษณะที่ขนานกันทั้งคู่จะมีแรงดันรวมที่แผลงประมาณ 18 โวลท์ ทำให้เกิดผลต่างของแรงดันประมาณ 6 โวลท์เท่านั้น จะเห็นว่าด้วยการคำนวณในลักษณะนี้จะทำให้ได้แรงดันที่ตกคร่อมเครื่องประจุน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในการใช้งาน

บทที่ 6

บทสรุป และ วิจารณ์ผล

6.1 บทสรุป

จากผลการทดลองจะเห็นว่าการประจุแบตเตอรี่จะเป็นไปอย่างอัตโนมัติโดยมีขั้นตอนการทำงานของเครื่องประจดังต่อไปนี้

6.1 ตรวจสอบแบตเตอรี่ที่นำมาต่อโดยอัตโนมัติว่ามีขนาดเท่าใด

6.2 รับค่ากระแสและแรงดันสูงสุดที่เราต้องการโดยผ่านทาง Key Board และแสดงผลทางจอ LCD ด้วย ในส่วนข้อมูลการประจนี้หากเป็นแบตเตอรี่ที่มีใช้ทั่วไปในท้องตลาด เราจะทำการบินที่ข้อมูลนี้เก็บไว้ในหน่วยความจำให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานได้ที่

6.3 หลังจากรับข้อมูลทุกอย่างแล้ว เครื่องประจจะเริ่มทำงานโดยวิธีการประจแบบรวม ซึ่งจะเป็นวิธีการประจที่รวมเอาการประจแบบกระแสคงที่ และ แบบแรงดันคงที่เข้าด้วยกัน โดยที่การประจแบบนี้จะใช้เวลาในการประจนาน แต่มีข้อดีที่สามารถป้องกันมิให้แบตเตอรี่เกิดการเสียหายขึ้นได้ โดยในขณะที่เริ่มต้นประจแบตเตอรี่จะมีประจภายในน้อย ทำให้ค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่มีค่าน้อยมากตามไปด้วย เมื่อเราต่อแบตเตอรี่เข้ากับเครื่องประจจะทำให้แบตเตอรี่คั้งกระแสสูงมาก อาจทำให้เกิดอันตรายต่อแบตเตอรี่ได้ เมื่อกระแสเพิ่มขึ้นถึงค่า I_{max} เครื่องก็จะทำงานในโหมดกระแสคงที่โดยอัตโนมัติ ป้องกันมิให้กระแสเกินพิกัดที่ทนได้ เมื่อทำการประจแบตเตอรี่มาได้สักกระยะหนึ่ง แรงดันที่แบตเตอรี่จะมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงระดับแรงดัน V_{max} จะปรับมาทำงานที่โหมดแรงดันคงที่แทนเพื่อไม่ให้แรงดันเพิ่มเกินกว่าที่แบตเตอรี่ทนได้ โดยจากช่วงนี้ไปกระแสที่ประจจะค่อยๆลดลงเรื่อยๆเพราะค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณความจุของแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้น โดยค่ากระแสและแรงดัน ระหว่างการประจนี้ สามารถตรวจสอบและแสดงผลตลอดเวลาเสมือนมีมิเตอร์ต่ออยู่ในวงจรด้วย

6.4 เมื่อแบตเตอรี่เต็ม เครื่องประจจะแสดงสถานะเตือนบอกผู้ใช้ให้ทราบเป็นเสียงริ่ง และแสดงผลทาง LCD บอกด้วย

6.5 ในส่วนของการนำเสนอแนวความคิดในการประจแบบตรวจสอบผลต่างของแรงดัน โดยจะตรวจสอบแบตเตอรี่ที่นำมาต่อว่ามีจำนวนกี่ลูก และมีขนาดเท่าใด โดยอัตโนมัติจากนั้นจึงเริ่มการประจโดยอาศัยแรงดันจากระดับแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ แบตเตอรี่ที่นำมาต่อ ว่าการประจควรต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่ เป็นแบบขนานหรือ อนุกรม โดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าการที่เราใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการทำงานทำให้สามารถเพิ่มฟังก์ชันการทำงานได้ง่ายโดยการเขียนโปรแกรมรองรับการทำงาน อีกทั้งยังสามารถเพิ่มการทำงานแบบอื่น ๆ ได้ในอนาคต

6.2 วิจารณ์

จากผลการทดลองจะเห็นว่า การประจุแบตเตอรี่แต่ละขนาดนั้น มีลักษณะการประจุที่คล้ายกัน จะต่างกันก็เพียงแต่ปริมาณกระแส และ แรงดันสูงสุดที่แบตเตอรี่ทนได้โดยขนาดของแรงดันที่ใช้ประจุจะประมาณ 2.25 โวลต์ต่อเซลล์ ส่วนขนาดของกระแสโดยปกติใช้กันที่ 10% ของค่าความจุแบตเตอรี่ และการตรวจสอบว่าแบตเตอรี่เต็มหรือไม่จะตรวจสอบจากปริมาณกระแสที่ไหลเข้าประจุแบตเตอรี่ จะลดลงเรื่อยๆจนเกือบจะเป็นศูนย์เลย จากข้อมูลอย่างคร่าวๆที่ได้กล่าวมาเป็นหลักการทั่วไปตามทฤษฎี แต่ถ้าจะให้ดีทางบริษัทที่ผลิตแบตเตอรี่แต่ละยี่ห้อได้กำหนด ขนาดพิกัดที่ใช้ประจุไว้ให้แล้ว แต่ข้อมูลเหล่านี้ผู้ใช้โดยมากไม่ค่อยได้ใช้แต่หากสนใจเราต้องติดต่อขอข้อมูลจากทางบริษัทที่ผลิตก็ได้ (ซึ่งเครื่องประจุแบตเตอรี่ในโครงการนี้ ได้มีการบันทึกข้อมูลของแบตเตอรี่ จากทางบริษัทที่ผลิตไว้เป็นแบบอย่างให้ด้วย) แต่โดยมากตามร้านที่รับประจุแบตเตอรี่จะอาศัยเพียงข้อมูลคร่าวๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วในเบื้องต้นเท่านั้น

6.3 แนวทางในการพัฒนา

จากผลการทดลองจะเห็นว่าเครื่องประจุที่สร้างขึ้นนี้ยังมีส่วนที่ไม่สมบูรณ์อยู่อีกมาก ควรที่จะได้รับการแก้ไข และ พัฒนาต่อไปในอนาคตดังนี้คือ

- จากผลการทดลองจะเห็นว่าค่าของกระแส และ แรงดันที่ได้ยังมีค่าคลาดเคลื่อนอยู่อีกมากจึงควรแก้ไข ชูคตรวจจับกระแส และ แรงดันให้มีความเที่ยงตรงสูงกว่านี้
- จากโครงการ ควรเพิ่มระบบป้องกันอุณหภูมิเกินในการประจุแบตเตอรี่ เพราะหากอุณหภูมิที่แบตเตอรี่สูงเกินไป จะทำให้แบตเตอรี่เสียหายได้
- ในส่วนการอนุกรม ขนาน แบตเตอรี่และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ยังไม่สมบูรณ์นักกล่าวคือ มีบางขณะที่มีการประจุไม่สามารถทำได้ทั้งที่แรงดันจากแผงเพียงพอ เช่นเมื่อเราต่อแบตเตอรี่ 3 ลูกเพื่อทำการประจุ เราไม่สามารถต่อแบตเตอรี่ ให้อนุกรมเพียง 2 ลูกได้ เพราะจะทำให้แบตเตอรี่ ทั้ง 3 ลูกได้รับการประจุไม่เท่ากัน จึงควรเพิ่มขั้นตอนการขนาน อนุกรม แบตเตอรี่ให้สามารถประจุได้หลายรูปแบบกว่าเดิม
- จากโครงการ ยังต้องพึงการใช้แบตเตอรี่สำรองภายในเครื่องประจุ ควรที่จะสร้างชุดไฟสำรองโดยใช้ไฟจากแบตเตอรี่ ที่นำมาประจุจ่ายป้อนกลับให้วงจรของเครื่องประจุ

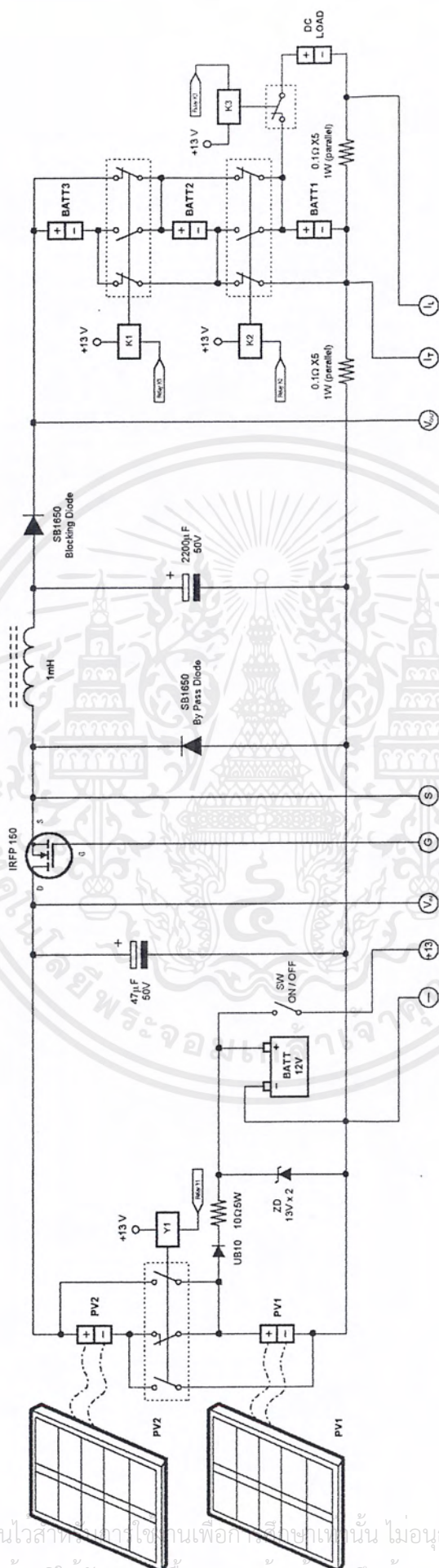
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

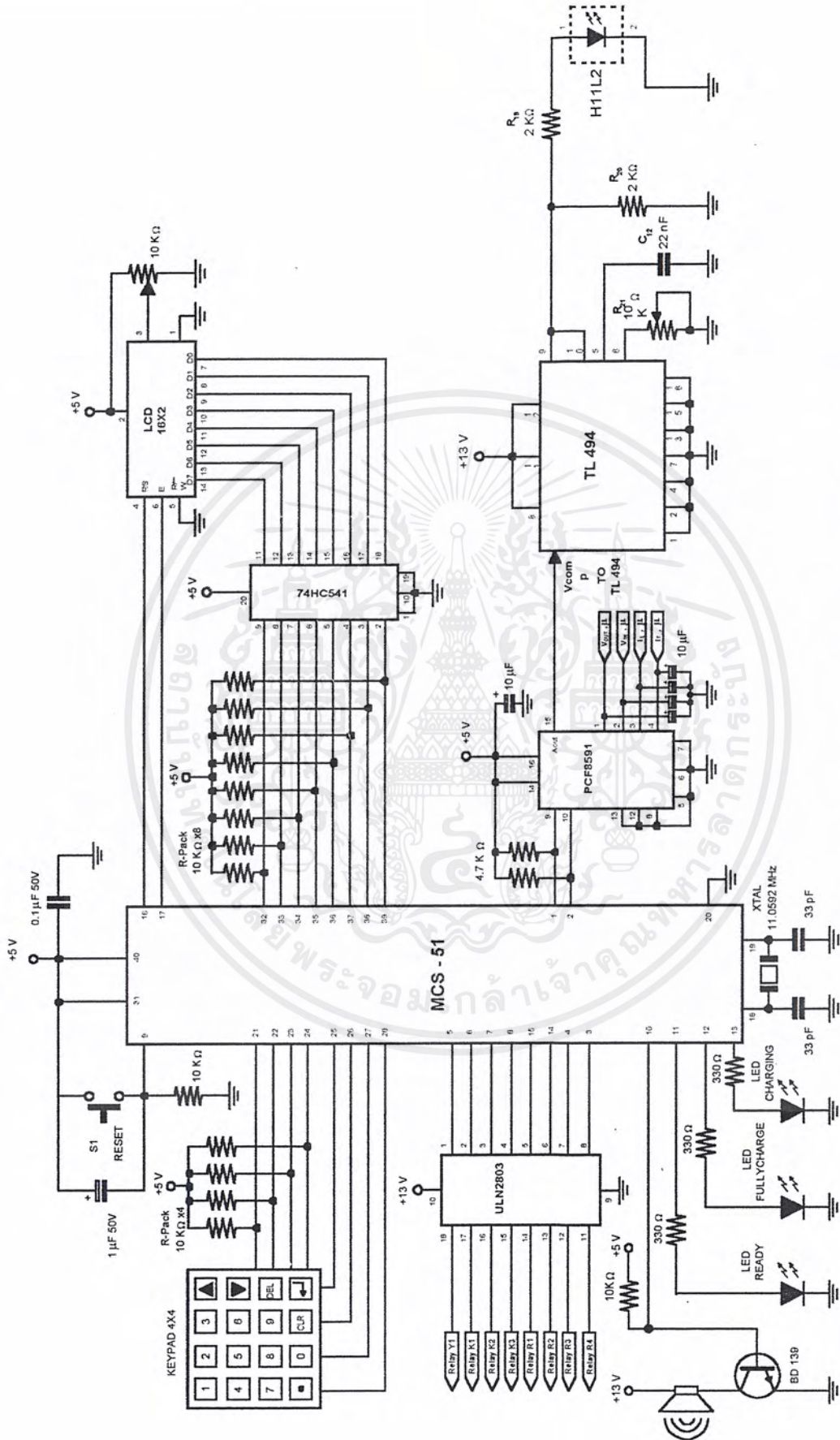
Circuit Charger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรกำลังของเครื่องประจุแบตเตอรี่ (buck)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาก่อนนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์, Keyboard, LCD, LED และ Sound

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข.

Source Code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****
; PROGRAM          : INTELLIGENT BATTERY CHARGER
; DESCRIPTION      : I2C PCF8591 8 bit 4 Ch./D 1 Ch./A
;                 : LCD_DATA          CONNECTED      P0
;                 : A/D & D/A        CONNECTED      P1.0,P1.1
;                 : KEYBOARD         CONNECTED      P2
;                 : LCD_EN           CONNECTED      P3.6
;                 : LCD_RS           CONNECTED      P3.7
; FOR              : MCS-51 Microcontroller
; FILENAME         : 21.A5M
; CREATE BY       : Mr.Sanun Ruenruangrit
; ASSEMBLER       : SXA51
; TIME/DATE       : 7:42 24/3/2544
;*****

```

```

;***** SET INITIAL VALUE *****
SDA          BIT          P1.0
SCL          BIT          P1.1
K3           BIT          P1.2
K2           BIT          P1.3
BATT_06_VOLTS BIT        P1.4
BATT_12_VOLTS BIT        P1.5
BATT_24_VOLTS BIT        P1.6
BATT_36_VOLTS BIT        P1.7
KPAD_ROW0    BIT          P2.3
KPAD_ROW1    BIT          P2.2
KPAD_ROW2    BIT          P2.1
KPAD_ROW3    BIT          P2.0
KPAD_COL0    BIT          P2.4
KPAD_COL1    BIT          P2.5
KPAD_COL2    BIT          P2.6
KPAD_COL3    BIT          P2.7
SPEAKER      BIT          P3.0
LED_1        BIT          P3.1
LED_2        BIT          P3.2
LED_3        BIT          P3.3
K1           BIT          P3.4
Y1           BIT          P3.5
LCD_EN       BIT          P3.6
LCD_RS       BIT          P3.7
FLAG         EQU          02FH
I2C_ACK      BIT          FLAG.0
LCD_ADDR     EQU          030H
LCD_DATA     EQU          031H
KPAD_DATA    EQU          032H
I2C_ADDR     EQU          033H
I2C_DATA     EQU          034H
CONTROL      EQU          035H
DA_DATA      EQU          036H
CHANNEL      EQU          037H
AD_DATA      EQU          038H
BUFFER       EQU          039H      ; 039H CHANNEL 1
V_MAX        EQU          03EH
I_MAX        EQU          03FH
V_SCALE      EQU          040H
V_OUT        EQU          041H
V_IN         EQU          042H
IL           EQU          043H
IT           EQU          044H
MENU_ADDR    EQU          045H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PEAK EQU 046H
FACTOR EQU 047H
BOBBY EQU 048H
V_PEAK EQU 049H
I_PEAK EQU 04AH
V_FACT EQU 04BH
I_FACT EQU 04CH
BATT_SIZE EQU 04DH
BATT_NUM EQU 04EH
HIGH_1 EQU 04FH
LOW_1 EQU 050H
HIGH EQU 051H
LOW EQU 052H
I_LAST EQU 053H
V_LAST EQU 054H
CNT_V_MODE EQU 055H
CNT_V_MODE_1 EQU 056H
CNT_FULL EQU 057H
CNT_FULL_1 EQU 058H
PCF8591_ID EQU 10010000B

```

```

;*****
INITIAL:
ORG 0000H
JMP INITIAL
MOV P0,#00000000B ;INITIAL PORT
MOV P1,#00000011B
MOV P2,#11111111B
MOV P3,#00000000B
MOV KPAD_DATA,#00H
MOV MENU_ADDR,#01H
LCALL INT_LCD
MOV DPTR,#TITLE_0
CALL WRLINE_LCD_1
MOV DPTR,#TITLE_1
CALL WRLINE_LCD_2
CALL DELAY_1S
MOV DA_DATA,#00H
MOV CHANNEL,#00
MOV R1,#BUFFER
MOV V_OUT,#00H
MOV A,CHANNEL
ADD A,#01000000B
MOV CONTROL,A
CALL PCF8591_WR

```

```

;***** MAIN PROGRAM *****
MAIN: CALL CHK_BATT
LOOP_LIST: CALL CHK_LIST
CALL DELAY_1S
LJMP SELECT_LIST ;โปรแกรมเลือกเมนู
LOAD_INFOR: CALL LOAD_DATA ;โหลดค่า Vmax,Imax
MODE_CHARGE: MOV A,BATT_NUM
CJNE A,#01,MULTI_BATT
CALL TEST_1
CALL SINGLE_MODE
CALL FULLY_CHARGED
JMP $
MULTI_BATT: CALL TEST_1
CALL MULTI_MODE
CALL FULLY_CHARGED
JMP $

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;***** CHECK BATTERY SIZE *****
CHK_BATT: SETB     BATT_36_VOLTS
CHK_SIZE: CLR      K1
           CALL    DELAY_1S
           CLR     K2
           CALL    DELAY_1S
           CALL    LOAD_VALUE
           MOV     R2,V_OUT
CHK_SIZE_1: CJNE   R2,#047,CHK_SIZE_1      ;47 เทนแรงดัน 8 โวลต์
           JNC     SIZE_12_VOLTS
CHK_SIZE_4: CJNE   R2,#030,CHK_SIZE_4
           JNC     SIZE_06_VOLTS
           MOV     DPTR,#TITLE_10
           CALL    WRLINE_LCD_1
           MOV     DPTR,#TITLE_11
           CALL    WRLINE_LCD_2
           JMP     CHK_BATT
SIZE_06_VOLTS: MOV   BATT_SIZE,#06
           JMP     CHK_NUM
SIZE_12_VOLTS: CJNE  R2,#088,CHK_SIZE_2     ;88 เทนแรงดัน 15 โวลต์
CHK_SIZE_2: JNC    SIZE_24_VOLTS
           MOV     BATT_SIZE,#012
           JMP     CHK_NUM
SIZE_24_VOLTS: CJNE  R2,#150,CHK_SIZE_3     ;150 เทนแรงดัน 25 โวลต์
CHK_SIZE_3: JNC    OVER_MODE
           MOV     BATT_SIZE,#024
           CALL    DELAY_1S
           JMP     CHK_NUM
OVER_MODE: MOV   DPTR,#TITLE_14
           CALL    WRLINE_LCD_1
           MOV     DPTR,#TITLE_15
           CALL    WRLINE_LCD_2
           SJMP    $
CHK_NUM: MOV   A,BATT_SIZE
           CJNE   A,#06,CHK_NUM_1
           MOV    BOBBY,#60                ;ค่า 2 เท่าของ 5 โวลต์(60step)
           JMP    CHECK
CHK_NUM_1: CJNE   A#12,CHK_NUM_2
           MOV    BOBBY,#124              ;ค่า 2 เท่าของ 10.5 โวลต์(124step)
           JMP    CHECK
CHK_NUM_2: CJNE   A#24,CHK_NUM_3
           MOV    BOBBY,#249              ;ค่า 2 เท่าของ 21 โวลต์(249step)
           JMP    CHECK
CHK_NUM_3: MOV   DPTR,#TITLE_10
           CALL    WRLINE_LCD_1
           MOV     DPTR,#TITLE_11
           CALL    WRLINE_LCD_2
           JMP     CHK_BATT
CHECK: SETB     K1
           CALL    DELAY_1S
           CALL    LOAD_VALUE
           MOV     A,V_OUT
           CJNE   A,BOBBY,THREE_BATT
THREE_BATT: JC     CHECK_1
           MOV     BATT_NUM,#03
           CLR     K1
           CALL    DELAY_1S
           CLR     K2
           CALL    DELAY_1S

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                JMP     PRESENT
CHECK_1:        CLR     K1
                CALL   DELAY_1S
                SETB   K2
                CALL   DELAY_1S
                CALL   LOAD_VALUE
                MOV    A,V_OUT
                CJNE   A,BOBBY,TWO_BATT
TWO_BATT:      JC     ONE_BATT
                MOV    BATT_NUM,#02
                CLR    K1
                CALL   DELAY_1S
                CLR    K2
                JMP    PRESENT
ONE_BATT:      MOV    BATT_NUM,#01
                CLR    K1
                CALL   DELAY_1S
                CLR    K2
                CALL   DELAY_10mS
PRESENT:       MOV    DPTR,#TITLE_12
                CALL   WRLINE_LCD_1
                MOV    DPTR,#TITLE_13
                CALL   WRLINE_LCD_2
                MOV    BUFFER,BATT_SIZE
                MOV    R0,#BUFFER
                CALL   HEX_TO_DECI
                MOV    R0,#BUFFER
                MOV    A,@R0
                ADD    A,#30H
                MOV    LCD_DATA,A
                MOV    LCD_ADDR,#01
                CALL   SET_ADDR_LCD
                CALL   WRCHAR_LCD
                INC    R0
                MOV    A,@R0
                ADD    A,#30H
                MOV    LCD_DATA,A
                CALL   WRCHAR_LCD
                MOV    A,BATT_NUM
                ADD    A,#030H
                MOV    LCD_DATA,A
                MOV    LCD_ADDR,#010
                CALL   SET_ADDR_LCD
                CALL   WRCHAR_LCD
WAIT:          CALL   GET_KPAD
                MOV    R2,KPAD_DATA
                CJNE   R2,#16,WAIT
                CALL   WAIT_KEY
                RET
HEX_TO_DECI:  PUSH   ACC
                MOV    A,@R0
                MOV    B,#10
                DIV    AB
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                MOV    @R0,B
                POP    ACC
                RET

```

***** CHECK FIRST LIST *****

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CHK_LIST:      MOV     A,BATT_SIZE
               CJNE   A,#06,CHK_LIST_1
               MOV     DPTR,#BATT_06
               MOV     LOW_1,DPL
               MOV     HIGH_1,DPH
               CALL    WRLINE_LCD_1
               MOV     DPTR,#BATT_06-16
               MOV     LOW,DPL
               MOV     HIGH,DPH
               CALL    WRLINE_LCD_2
               RET

CHK_LIST_1:    CJNE   A,#012,CHK_LIST_2
               MOV     DPTR,#BATT_12
               MOV     LOW_1,DPL
               MOV     HIGH_1,DPH
               CALL    WRLINE_LCD_1
               MOV     DPTR,#BATT_12-16
               MOV     LOW,DPL
               MOV     HIGH,DPH
               CALL    WRLINE_LCD_2
               RET

CHK_LIST_2:    MOV     DPTR,#BATT_24
               MOV     LOW_1,DPL
               MOV     HIGH_1,DPH
               CALL    WRLINE_LCD_1
               MOV     DPTR,#BATT_24-16
               MOV     LOW,DPL
               MOV     HIGH,DPH
               CALL    WRLINE_LCD_2
               RET

;..... SELECT MENU .....
SELECT_LIST:   CALL    GET_KPAD
               MOV     A,KPAD_DATA
               MOV     R3,MENU_ADDR

CHK_K_4:       CJNE   A,#04,CHK_K_8
               CALL    UP_LIST

CHK_K_8:       CJNE   A,#08,CHK_K_16
               CALL    DOWN_LIST

CHK_K_16:     CJNE   A,#16,SELECT_LIST
               MOV     R3,MENU_ADDR
               CJNE   R3,#01,BACK_HOME
               CALL    WAIT_KEY
               JMP     OTHER_LIST

BACK_HOME:    LJMP   LOAD_INFOR

UP_LIST:      CJNE   R3,#01,UP_LIST1
               RET

UP_LIST1:     DEC     R3
               MOV     MENU_ADDR,R3
               MOV     A,LOW_1
               CJNE   A,#32,UP_LIST4

UP_LIST4:     JNC    UP_LIST5
               DEC     HIGH_1
               CALL    SUB_DPH
               MOV     LOW_1,A
               MOV     LCD_ADDR,#00H
               CALL    SET_ADDR_LCD
               CALL    WRLINE_LCD_A
               CALL    WAIT_KEY
               JMP     UP_LIST6

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

UP_LIST5:      SUBB    A,#32
               MOV     LOW_1,A
               MOV     LCD_ADDR,#00H
               CALL    SET_ADDR_LCD
               CALL    WRLINE_LCD_A
               CALL    WAIT_KEY
UP_LIST6:      MOV     A,LOW
               CJNE   A,#32,UP_LIST2
UP_LIST2:      JNC     UP_LIST3
               DEC    HIGH
               CALL    SUB_DPH
               MOV     LOW,A
               MOV     LCD_ADDR,#040H
               CALL    SET_ADDR_LCD
               CALL    WRLINE_LCD_B
               CALL    WAIT_KEY
               RET
UP_LIST3:      SUBB    A,#32
               MOV     LOW,A
               MOV     LCD_ADDR,#040H
               CALL    SET_ADDR_LCD
               CALL    WRLINE_LCD_B
               CALL    WAIT_KEY
               RET
SUB_DPH:       CLR     C
               SUBB   A,#32
               CPL     A
               INC    A
               MOV    B,#0FFH
               XCH    A,B
               SUBB   A,B
               INC    A
               INC    A
               RET
DOWN_LIST:     CJNE   R3,#10,DOWN_LIST1
               RET
DOWN_LIST1:    INC    R3
               MOV    MENU_ADDR,R3
               MOV    DPH,HIGH_1
               MOV    DPL,LOW_1
               MOV    R2,#32
DOWN_LIST3:    INC    DPTR
               DJNZ   R2,DOWN_LIST3
               MOV    HIGH_1,DPH
               MOV    LOW_1,DPL
               MOV    LCD_ADDR,#00H
               CALL    SET_ADDR_LCD
               CALL    WRLINE_LCD_A
               CALL    WAIT_KEY
               MOV    DPH,HIGH
               MOV    DPL,LOW
               MOV    R2,#32
DOWN_LIST2:    INC    DPTR
               DJNZ   R2,DOWN_LIST2
               MOV    HIGH,DPH
               MOV    LOW,DPL
               MOV    LCD_ADDR,#040H
               CALL    SET_ADDR_LCD
               CALL    WRLINE_LCD_B

```

ต้องพิมพ์ 1 เพราะ 0x01 0FFH คำนวณได้ 100H คำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CALL    WAIT_KEY
RET
;-----OTHER LIST-----
OTHER_LIST:  CALL    WAIT_KEY
MOV      DPTR,#TITLE_3
CALL     WRLINE_LCD_1
MOV      DPTR,#TITLE_4
CALL     WRLINE_LCD_2
CALL     RECIEVE
CALL     STORGE_V
OTHER_LIST_1:  MOV      DPTR,#TITLE_3
CALL     WRLINE_LCD_1
MOV      DPTR,#TITLE_5
CALL     WRLINE_LCD_2
CALL     RECIEVE
CALL     STORGE_I
LET_GO:      LJMP    MODE_CHARGE
RECIEVE:     MOV      R0,#00
MOV      R1,#BUFFER
MOV      39H,#00H
MOV      3AH,#00H
MOV      R2,#00
MOV      FLAG,#00
MOV      LCD_ADDR,#047H
CALL     SET_ADDR_LCD
CALL     LCD_BLINK
INTEGR:      JMP      WAIT_KEYPRESSED
INTEGR_1:    JB      FLAG,I,DECIM_1
CJNE     R0,#02,INTEGR_4
JMP      WAIT_KEY_ENTER
INTEGR_4:    MOV      A,KPAD_DATA
ADD      A,#30H
MOV      LCD_DATA,A
CALL     WRCHAR_LCD
CALL     LCD_BLINK
CJNE     R0,#01,INTEGR_2
MOV      A,@R1
SWAP    A
ADD      A,KPAD_DATA
MOV      @R1,A
INC      LCD_ADDR
INC      R0
JMP      WAIT_KEY_ENTER
INTEGR_2:    INC      LCD_ADDR
INC      R0
MOV      @R1,KPAD_DATA
CALL     WAIT_KEY
CALL     DELAY_100mS
CJNE     R0,#02,INTEGR
DECIM_1:     CJNE     R2,#00,DECIM_2
INC      R1
INC      R2
JMP      WAIT_KEYPRESSED
DECIM_2:     CJNE     R2,#01,DECIM_3
INC      R2
MOV      @R1,KPAD_DATA
MOV      A,KPAD_DATA
ADD      A,#30H
MOV      LCD_DATA,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CALL    WRCHAR_LCD
CALL    LCD_BLINK
INC     LCD_ADDR
DECIM_3: JMP    WAIT_KEY_ENTER
ENTER:  CALL   WAIT_KEY
        RET
;*****STORGE VALUE FROM KEY*****
STORGE_V:  MOV    R0,#BUFFER
          MOV    A,@R0
          CJNE  A,#28H,STORGE_V_1
STORGE_V_1: JNC    STORGE_OVER
STORGE_V_24: CJNE  A,#15H,STORGE_V_3
STORGE_V_3: JC     STORGE_V_12
          CJNE  A,#15H,STORGE_6
          MOV    V_FACT,#17
          MOV    V_PEAK,#15
          MOV    V_MAX,#0FFH
          JMP    OTHER_LIST_1
STORGE_6:  MOV    V_FACT,#09
          MOV    V_PEAK,#28
          MOV    R2,V_FACT
          CALL   AREYA
          MOV    V_MAX,A
          JMP    OTHER_LIST_1
STORGE_V_12: CJNE  A,#8H,STORGE_V_5
STORGE_V_5: JC     STORGE_V_6
          CJNE  A,#08H,STORGE_2
          MOV    V_FACT,#32
          MOV    V_PEAK,#8
          MOV    V_MAX,#0FFH
          JMP    OTHER_LIST_1
STORGE_2:  MOV    V_FACT,#17
          MOV    V_PEAK,#15
          MOV    R2,V_FACT
          CALL   AREYA
          MOV    V_MAX,A
          JMP    OTHER_LIST_1
STORGE_V_6: CJNE  A,#5H,STORGE_4
STORGE_4:  JNC    STORGE_5
          MOV    DPTR,#TITLE_7
          CALL   WRLINE_LCD_1
          MOV    DPTR,#TITLE_8
          CALL   WRLINE_LCD_2
          JMP    WAIT_ENTER
STORGE_5:  MOV    V_FACT,#32
          MOV    V_PEAK,#8
          MOV    R2,V_FACT
          CALL   AREYA
          MOV    V_MAX,A
          JMP    OTHER_LIST_1
STORGE_OVER: CJNE  A,#28H,STORGE_1
          MOV    V_PEAK,#28
          MOV    V_FACT,#09
          MOV    V_MAX,#0FFH
          JMP    OTHER_LIST_1
STORGE_1:  MOV    DPTR,#TITLE_6
          CALL   WRLINE_LCD_1
          MOV    DPTR,#TITLE_8
          CALL   WRLINE_LCD_2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

WAIT_ENTER:    CALL    GET_KPAD
               MOV     AKPAD_DATA
               CJNE   A,#16,WAIT_ENTER
               CALL   WAIT_KEY
               JMP    OTHER_LIST
STORGE_1:      MOV     R0,#BUFFER
               MOV     A,@R0
               CJNE   A,#10H,STORGE_1_1
STORGE_1_1:    JNC     STORGE_OVER_1
               JZ     STORGE_1_5
               MOV    I_PEAk,#10
               MOV    I_FACT,#25
               MOV    R2,I_FACT
               CALL   AREYA
               MOV    I_MAX,A
               JMP    LET_GO
STORGE_1_5:    INC     R0
               MOV    A,@R0
               CJNE   A,#03H,STORGE_1_2
STORGE_1_2:    JC     STORGE_1_3
               DEC    R0
               MOV    I_PEAk,#10
               MOV    I_FACT,#25
               MOV    R2,I_FACT
               CALL   AREYA
               MOV    I_MAX,A
               JMP    LET_GO
STORGE_1_3:    MOV    DPTR,#TITLE_7
               CALL   WRLINE_LCD_1
               MOV    DPTR,#TITLE_9
               CALL   WRLINE_LCD_2
               JMP    WAIT_ENTER_1
STORGE_OVER_1: CJNE   A,#10H,STORGE_1_4
               MOV    I_PEAk,#10
               MOV    I_FACT,#25
               MOV    I_MAX,#0FFH
               AJMP   LET_GO
STORGE_1_4:    MOV    DPTR,#TITLE_6
               CALL   WRLINE_LCD_1
               MOV    DPTR,#TITLE_9
               CALL   WRLINE_LCD_2
WAIT_ENTER_1:  CALL   GET_KPAD
               MOV    AKPAD_DATA
               CJNE   A,#16,WAIT_ENTER_1
               CALL   WAIT_KEY
               JMP    OTHER_LIST_1
AREYA:         MOV    A,@R0
               ANL   A,#0F0H
               SWAP  A
               MOV    B,#10
               MUL   AB
               XCH   A,@R0
               ANL   A,#0FH
               ADD   A,@R0
               MOV    B,R2
               MUL   AB
               MOV    @R0,A
               INC   R0
               MOV    A,@R0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      B,R2
MUL     AB
MOV     R3,B
CJNE   R3,#0,MORE_2
MOV     B,#10
DIV     AB
MOV     R1,B
SJMP   MORE_3
MORE_2:  MOV     B,#10
        DIV     AB
        ADD     A,#25
        MOV     R1,B
MORE_3:  CJNE   R1,#05,MORE
MORE:    JC     MORE_1
INC     A
MORE_1:  DEC     R0
        ADD     A,@R0
        MOV     @R0,A
        RET
;***** MODE OF CHARGER *****
;***** SINGLE BATTERY MODE CHARGED *****
SINGLE_MODE:  MOV     CNT_V_MODE,#00H
            CLR     FLAG.3
            CLR     BATT_06_VOLTS
            CLR     BATT_12_VOLTS
            CLR     BATT_24_VOLTS
            CLR     BATT_36_VOLTS
            MOV     DPTR,#TITLE_20
            CALL    WRLINE_LCD_1
            MOV     DPTR,#TITLE_21
            CALL    WRLINE_LCD_2
            CALL    DELAY_1S
            MOV     INT_CNT,#00
            MOV     A,BATT_SIZE
            CJNE   A,#06,XX
            SETB   Y1
            SETB   BATT_06_VOLTS
            CALL    DELAY_1S
            JMP     I_CONSTANT
XX:       CJNE   A,#12,XXX
            SETB   Y1
            SETB   BATT_12_VOLTS
            JMP     I_CONSTANT
XXX:     SETB   BATT_24_VOLTS
            JMP     I_CONSTANT
;***** MULTI BATTERY MODE CHARGED *****
MULTI_MODE:  MOV     DPTR,#TITLE_20
            CALL    WRLINE_LCD_1
            MOV     DPTR,#TITLE_22
            CALL    WRLINE_LCD_2
            CALL    DELAY_1S
            CLR     BATT_06_VOLTS
            CLR     BATT_12_VOLTS
            CLR     BATT_24_VOLTS
            CLR     BATT_36_VOLTS
            CLR     K1
            CLR     K2
            CLR     K3
            CLR     Y1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CALL    CHANGE_RATE
MOV     INT_CNT,#00
JMP     I_CONSTANT
;***** MODE CHARGED *****
I_CONSTANT: CALL    LOAD_VALUE
MOV     R0,V_MAX
CALL    CHANGE_SCALE
CALL    SUBB_VALUE
MOV     A,V_SCALE           ;V_IN มีค่าน้อยกว่า V_MAX ให้ไปที่ UNDER SOURCE
CJNE   A,V_IN,CHK_SOURCE
CHK_SOURCE: JNC     SOURCE_1
MOV     A,V_MAX
CJNE   A,V_OUT,CHK_MOD_1
CHK_MOD_1: JC      V_CONSTANT
I_CONSTANT_1: SETB   LED_1
CLR     LED_2
MOV     A,I_MAX
CLR     C
SUBB   A,IT
JC      DECREASE_1
CJNE   A,#00H,INCREASE_1
CALL    RNDM_I_MODE
CALL    SHOW_VALUE
JMP     I_CONSTANT
SOURCE_1: JMP     UNDER_SOURCE
DECREASE_1: MOV     A,DA_DATA
CJNE   A,#052,DEC_1        ;ค่าที่ต่ำสุดที่ duty จะที่การ OFF ตลอด
SJMP   I_CONSTANT
DEC_1: DEC     DA_DATA
SJMP   I_CONSTANT
INCREASE_1: MOV     A,DA_DATA
CJNE   A,#252,INC_1       ;ค่าสูงสุดที่ duty จะที่การ ON ตลอด
SJMP   I_CONSTANT
INC_1: INC     DA_DATA
SJMP   I_CONSTANT
V_CONSTANT: JB      FLAG.3,V_CONS_1    ;FLAG.3 มีบวม error ที่ทำให้ที่งานนี้ V_constant 2550 ครั้ง
INC     CNT_V_MODE
MOV     A,CNT_V_MODE
CJNE   A,#255,V_CONS_1
CLR     CNT_V_MODE
INC     CNT_V_MODE_1
MOV     A,CNT_V_MODE_1
CJNE   A,#10,V_CONS_1
SETB   FLAG.3
V_CONS_1: CALL    LOAD_VALUE
MOV     R0,V_MAX
CALL    CHANGE_SCALE
CALL    SUBB_VALUE
MOV     A,V_SCALE           ;V_IN มีค่าน้อยกว่า V_MAX ให้ไปที่ UNDER SOURCE
CJNE   A,V_IN,CHK_SOURCE_1
CHK_SOURCE_1: JNC     UNDER_SOURCE
JB      FLAG.4,FULL_BATT_1    ;FLAG.4 มีบวม error ที่ทำให้ตัดแบตเตอรี่ 2550 ครั้ง
MOV     A,IT                ;หลอดที่กระแสดำเนิน 50 mA (1 step)
CJNE   A,#01,CHK_FULL
CHK_FULL: JC      FULL_BATT
CHK_MOD_3: CLR     LED_1
SETB   LED_2
JB      FLAG.3,CHK_MOD_2
MOV     A,I_MAX

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ONE_LOP:      CJNE    A,I,ONE_LOP
ONE_LOP_1:   JC      ONE_LOP_1
ONE_LOP_1:   JMP      I_CONSTANT_1
CHK_MOD_2:   MOV      A,V_MAX
              CLR      C
              SUBB    A,V_OUT
              JC      DECREASE_2
              CJNE   A,#00H,INCREASE_2
              CALL   SHOW_VALUE
              JMP      V_CONSTANT
DECREASE_2:  MOV      A,DA_DATA
              CJNE   A,#052,DEC_2      ;ค่าที่ใส่ที่ duty จะทำให้ออฟฟิต
              SJMP   V_CONSTANT
DEC_2:       DEC      DA_DATA
              SJMP   V_CONSTANT
INCREASE_2:  MOV      A,DA_DATA
              CJNE   A,#252,INC_2      ;ค่าที่ใส่ที่ duty จะทำให้ออน
              SJMP   V_CONSTANT
INC_2:       INC      DA_DATA
              SJMP   V_CONSTANT
FULL_BATT:   JB      FLAG.4,FULL_BATT_1
              INC     CNT_FULL
              MOV     A,CNT_FULL
              CJNE   A,#255,CHK_MOD_4
              CLR     CNT_FULL
              INC     CNT_FULL_1
              MOV     A,CNT_FULL_1
              CJNE   A,#10,CHK_MOD_4
              SETB   FLAG.4
CHK_MOD_4:   JMP      CHK_MOD_3
FULL_BATT_1: RET
UNDER_SOURCE: MOV     DPTR,#TITLE_18
              CALL   WRLINE_LCD_1
              MOV     DPTR,#TITLE_19
              CALL   WRLINE_LCD_2
              CALL   DELAY_1S
              CALL   TEST_3
UNDER_2:     CALL   LOAD_VALUE
              MOV     R0,V_MAX
              CALL   CHANGE_SCALE
              CALL   SUBB_VALUE
              CALL   TEST_3
              CALL   DELAY_1S
              MOV     A,V_SCALE
              CJNE   A,V_IN,UNDER_1
UNDER_1:     JC      RET_CHARGE
              JMP     UNDER_2
RET_CHARGE:  JMP     I_CONSTANT

```

;***** CHANGE PARAMETER FOR OPTIMIZE RATE *****

```

CHANGE_RATE: MOV     R0,BATT_SIZE
SIZE_06V:    CJNE   R0,#06,SIZE_12V
              MOV     R1,BATT_NUM
BATT_06V_2_UNIT: CJNE  R1,#02,BATT_06V_3_UNIT
              MOV     R0,V_MAX      ;หน่วยที่ V_MAX ที่เหมาะสม ส่วน I_MAX เท่านั้น
              MOV     A,R0
              MOV     B,#02        ;ตัวเลขที่แปลงค่า step 6V เป็น step 15 V
              DIV    AB
              MOV     V_SCALE,A    ;(V_MAX/2)-(V_MAX/27)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      A,R0
MOV      B,#27
DIV      AB
ADD      A,V_SCALE
MOV      V_SCALE,A
MOV      V_MAX,V_SCALE
MOV      BATT_SIZE,#12
MOV      V_PEAK,#15
MOV      I_PEAK,#10
MOV      V_FACT,#17
MOV      I_FACT,#25
CLR      BATT_06_VOLTS
SETB     BATT_12_VOLTS
SETB     K2
CALL     DELAY_1S
SETB     Y1
CALL     DELAY_1S
RET
BATT_06V_3_UNIT: MOV      AJ_MAX      ;โหมคนี้จะมิ I_MAX เป็น 3 เท่าของเบตถูกเดี่ยว
MOV      B,#03
MUL      AB
MOV      R0,B
CJNE     R0,#00,BATT_06V_3
MOV      I_MAX,A
SETB     BATT_06_VOLTS
CALL     DELAY_1S
SETB     Y1
CALL     DELAY_1S
RET
BATT_06V_3:      MOV      I_MAX,#255
SETB     BATT_06_VOLTS
SETB     Y1
CALL     DELAY_1S
RET
SIZE_12V:       CJNE     R0,#12,NO_MACTH
MOV      R1,BATT_NUM
BATT_12V_2_UNIT: CJNE     R1,#02,BATT_12V_3_UNIT
MOV      AJ_MAX      ;โหมคนี้จะมิ I_MAX เป็น 2 เท่าของเบตถูกเดี่ยว
MOV      B,#02
MUL      AB
MOV      R0,B
CJNE     R0,#00,BATT_12V_2
MOV      I_MAX,A
CLR      BATT_06_VOLTS
SETB     BATT_12_VOLTS
CALL     DELAY_1S
SETB     Y1
CALL     DELAY_1S
RET
BATT_12V_2:     MOV      I_MAX,#255
CLR      BATT_06_VOLTS
SETB     BATT_12_VOLTS
CALL     DELAY_1S
SETB     Y1
CALL     DELAY_1S
RET
BATT_12V_3_UNIT: MOV      AJ_MAX      ;โหมคนี้จะมิ I_MAX เป็น 2 เท่าของเบตถูกเดี่ยว
MOV      B,#03
MUL      AB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      R0,B
CJNE    R0,#0,BATT_12V_3
MOV      I_MAX,A
CLR      BATT_06_VOLTS
SETB    BATT_12_VOLTS
CALL    DELAY_1S
SETB    Y1
CALL    DELAY_1S
RET
BATT_12V_3: MOV      I_MAX,#255
CLR      BATT_06_VOLTS
SETB    BATT_12_VOLTS
CALL    DELAY_1S
SETB    Y1
CALL    DELAY_1S
RET
NO_MACTH: MOV      DPTR,#TITLE_14
CALL    WRLINE_LCD_1
MOV      DPTR,#TITLE_15
CALL    WRLINE_LCD_2
JMP     $
;-----CHANGE VIN TO RIGTH UNIT-----
CHANGE_SCALE: MOV      A,BATT_SIZE
CJNE    A,#06,CHANGE_12_V
MOV      A,R0
MOV      B,#06          ;ตัวคูณที่แปลงค่าจาก step 6 เป็น step 43 V
DIV     AB
MOV     V_SCALE,A      ;(V_MAX/6)+(V_MAX/50)
MOV     A,R0
MOV     B,#50
DIV     AB
ADD     A,V_SCALE
MOV     V_SCALE,A
RET
CHANGE_12_V:  CJNE    A,#12,CHANGE_24_V
MOV     A,R0
MOV     B,#03          ;ตัวคูณที่แปลงค่าจาก step 6 เป็น step 43 V
DIV     AB
MOV     V_SCALE,A      ;(V_MAX/3)+(V_MAX/85)
MOV     A,R0
MOV     B,#85
DIV     AB
ADD     A,V_SCALE
MOV     V_SCALE,A
RET
CHANGE_24_V:  MOV     A,V_IN
MOV     A,R0
MOV     B,#02          ;ตัวคูณที่แปลงค่าจาก step 6 เป็น step 43 V
DIV     AB
MOV     V_SCALE,A      ;(V_MAX/2)+(V_MAX/07)+2
MOV     A,R0
MOV     B,#07
DIV     AB
ADD     A,V_SCALE
ADD     A,#02
MOV     V_SCALE,A
RET
SUBB_VALUE:  MOV     A,V_SCALE      ;เพิ่มแรงดันให้ V_MAX ลดลง 2.5 โวลท์(15)
SUBB    A,#15

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV     V_SCALE,A
RET
RNDM_I_MODE:  JB     FLAG.6,RNDM_5
MOV     V_LAST,V_OUT
SETB   FLAG.6
RNDM_5:      MOV     A,V_OUT           ;ทำการคูณค่าที่ระยะเวลาจะเต็มหรือลดตาม V_OUT
CJNE   A,V_LAST,RNDM_6
RNDM_6:      JC     RNDM_7
DEC     IT
MOV     V_LAST,V_OUT
RET
RNDM_7:      INC     IT
MOV     V_LAST,V_OUT
RET

```

```

;***** SUBROUTINE WAIT KEY *****

```

```

WAIT_KEYPRESSED:  CALL   GET_KPAD
MOV     A,KPAD_DATA
CJNE   A,#0,CHK_KEY_NEXT
JMP     WAIT_KEYPRESSED
CHK_KEY_NEXT:    CJNE   A,#4,CHK_KEY_8
JMP     WAIT_KEYPRESSED
CHK_KEY_8:      CJNE   A,#8,CHK_KEY_12
JMP     WAIT_KEYPRESSED
CHK_KEY_12:     CJNE   A,#12,CHK_KEY_13
MOV     A,LCD_ADDR
CJNE   A,#046H,KEY_DELETE
SJMP   WAIT_KEYPRESSED
KEY_DELETE:     DEC     LCD_ADDR
CALL   SET_ADDR_LCD
MOV     LCD_DATA,#''
CALL   WRCHAR_LCD
CALL   SET_ADDR_LCD
DELET_1:      CJNE   R2,#02,DELETE_2
MOV     @R1,#00
DEC     R2
CALL   WAIT_KEY
CALL   DELAY_100mS
JMP    WAIT_KEYPRESSED
DELETE_2:     CJNE   R2,#01,DELETE_3
CLR     FLAG.1
DEC     R1
DEC     R2
CALL   WAIT_KEY
CALL   DELAY_100mS
JMP    WAIT_KEYPRESSED
DELETE_3:     DEC     R0
CJNE   R0,#01,DELETE_4
MOV     A,@R1
ANL   A,#0F0H
SWAP  A
MOV   @R1,A
CALL  WAIT_KEY
CALL  DELAY_100mS
JMP  WAIT_KEYPRESSED
DELETE_4:     MOV     @R1,#00H
CALL   WAIT_KEY
CALL   DELAY_100mS
JMP    WAIT_KEYPRESSED
CHK_KEY_13:   CJNE   A,#13,CHK_KEY_15

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV     A,LCD_ADDR
CJNE   A,#04H,KEY_DOT
JMP     WAIT_KEYPRESSED
KEY_DOT:
JB     FLAG.1,WAIT_KEYPRESSED
MOV     LCD_DATA,#'
CALL    WRCHAR_LCD
SETB   FLAG.1
INC     LCD_ADDR
CALL    WAIT_KEY
JMP     INTEGR_1
CHK_KEY_15:
CJNE   A,#15,CHK_KEY_16
CALL    LCD_CLR
CALL    WAIT_KEY
JMP     LOOP_LIST
CHK_KEY_16:
CJNE   A,#16,CHK_KEY_5
CALL    WAIT_KEY
JMP     ENTER
CHK_KEY_5:
CJNE   A,#5,CHK_KEY_6
MOV     KPAD_DATA,#04
JMP     INTEGR_1
CHK_KEY_6:
CJNE   A,#6,CHK_KEY_7
MOV     KPAD_DATA,#05
JMP     INTEGR_1
CHK_KEY_7:
CJNE   A,#7,CHK_KEY_9
MOV     KPAD_DATA,#06
JMP     INTEGR_1
CHK_KEY_9:
CJNE   A,#9,CHK_KEY_10
MOV     KPAD_DATA,#07
JMP     INTEGR_1
CHK_KEY_10:
CJNE   A,#10,CHK_KEY_11
MOV     KPAD_DATA,#08
JMP     INTEGR_1
CHK_KEY_11:
CJNE   A,#11,CHK_KEY_14
MOV     KPAD_DATA,#09
JMP     INTEGR_1
CHK_KEY_14:
CJNE   A,#14,CHK_VALID_KEY
MOV     KPAD_DATA,#0
JMP     INTEGR_1
CHK_VALID_KEY:
JNC    CHK_VALID_KEY_1
CALL    WAIT_KEY
JMP     INTEGR_1
CHK_VALID_KEY_1:
JMP     WAIT_KEYPRESSED
WAIT_KEY:
MOV     A,P2
ANL    A,#0FH
CJNE   A,#0FH,WAIT_KEY
CALL    DELAY_100mS
RET
WAIT_KEY_ENTER:
CALL    GET_KPAD
MOV     A,KPAD_DATA
CJNE   A,#16,WAIT_KEY_ESCAPE
CALL    WAIT_KEY
JMP     ENTER
WAIT_KEY_ESCAPE:
CJNE   A,#15,WAIT_KEY_DEL
CLR     LCD_RS
MOV     P0,#01H
CALL    LCD_CLK
CALL    DELAY_100mS
JMP     LOOP_LIST
WAIT_KEY_DEL:
CJNE   A,#12,WAIT_KEY_DOT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                                JMP     CHK_KEY_12
WAIT_KEY_DOT:                  CJNE   A,#13,WAIT_KEY_ENTER
                                JMP     CHK_KEY_13

```

```

;***** SUBROUTINE I2C PCF8591 *****

```

```

LOAD_VALUE:                    MOV     R4,#04H
                                MOV     R1,#BUFFER
                                MOV     CHANNEL,#00H
LOAD_VALUE_1:                  MOV     A,CHANNEL
                                ADD     A,#01000000B
                                MOV     CONTROL,A
                                CALL    PCF8591_WR
                                CALL    PCF8591_RD
                                CALL    PCF8591_RD
                                MOV     @R1,AD_DATA
                                INC     R1
                                INC     CHANNEL
                                DJNZ   R4,LOAD_VALUE_1
                                MOV     R1,#BUFFER
                                MOV     V_OUT,@R1
                                INC     R1
                                MOV     V_IN,@R1
                                INC     R1
                                MOV     IL,@R1
                                INC     R1
                                MOV     IT,@R1
                                RET

```

```

;***** GENERAL SUB FOR LCD *****

```

```

INT_LCD:                        CALL    DELAY_100mS
                                CLR     LCD_RS
                                MOV     P0,#38H
                                CALL    LCD_CLK
                                LCALL  DELAY_10mS
                                CALL    LCD_OFF
                                CALL    LCD_CLR
                                MOV     P0,#06H
                                CALL    LCD_CLK
                                CALL    LCD_HOME
                                MOV     P0,#0CH
                                CALL    LCD_CLK
                                RET

```

```

LCD_CLK:                        SETB   LCD_EN
                                LCALL  DELAY_1mS
                                CLR     LCD_EN
                                LCALL  DELAY_1mS
                                RET

```

```

LCD_CLR:                        CLR     LCD_RS
                                MOV     P0,#01H
                                CALL    LCD_CLK
                                RET

```

```

LCD_OFF:                        CLR     LCD_RS
                                MOV     P0,#08H
                                CALL    LCD_CLK
                                RET

```

```

LCD_HOME:                       CLR     LCD_RS
                                MOV     P0,#02H
                                CALL    LCD_CLK
                                RET

```

```

LCD_BLINK:                      CLR     LCD_RS
                                MOV     P0,#0FH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CALL    LCD_CLK
RET
LCD_ON: CLR    LCD_RS
MOV     P0,#0FH
CALL    LCD_CLK
RET
SET_ADDR_LCD: CLR    LCD_RS
MOV     A,LCD_ADDR
SETB    ACC.7
MOV     P0,A
CALL    LCD_CLK
RET
;***** WRITE LCD *****
WRLINE_LCD_1: CLR    LCD_RS
MOV     LCD_ADDR,#00H
CALL    SET_ADDR_LCD
CALL    WRLINE_LCD
RET
WRLINE_LCD_2: CLR    LCD_RS
MOV     LCD_ADDR,#40H
CALL    SET_ADDR_LCD
CALL    WRLINE_LCD
RET
WRLINE_LCD: SETB    LCD_RS
MOV     R5,#00H
WRLINE_LOOP: MOV     A,R5
MOV     A,@A+DPTR
MOV     P0,A
CALL    LCD_CLK
INC     R5
CJNE   R5,#16,WRLINE_LOOP
RET
WRLINE_LCD_A: SETB    LCD_RS
MOV     R5,#00H
WRLINE_LOOP_1: MOV     DPL,LOW_1
MOV     DPH,HIGH_1
MOV     A,R5
MOV     A,@A+DPTR
MOV     P0,A
CALL    LCD_CLK
INC     R5
CJNE   R5,#16,WRLINE_LOOP_1
RET
WRLINE_LCD_B: SETB    LCD_RS
MOV     R5,#00H
WRLINE_LOOP_2: MOV     DPL,LOW
MOV     DPH,HIGH
MOV     A,R5
MOV     A,@A+DPTR
MOV     P0,A
CALL    LCD_CLK
INC     R5
CJNE   R5,#16,WRLINE_LOOP_2
RET
WRCHAR_LCD: SETB    LCD_RS
MOV     P0,LCD_DATA
CALL    LCD_CLK
CALL    LCD_ON
RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;***** I2C PCF8591 READ *****
PCF8591_RD:    MOV     I2C_ADDR,#PCF8591_ID+1
              CALL    I2C_SLAVE
              CALL    I2C_DATA_RD
              MOV     AD_DATA,I2C_DATA
              CALL    I2C_NACK_BIT
              CALL    I2C_STOP
              RET

;***** I2C PCF8591 WRITE *****
PCF8591_WR:    MOV     I2C_ADDR,#PCF8591_ID
              CALL    I2C_SLAVE
              MOV     I2C_DATA,CONTROL
              CALL    I2C_DATA_WR
              MOV     I2C_DATA,DA_DATA
              CALL    I2C_DATA_WR
              CALL    I2C_STOP
              RET

;***** I2C DATA WRITE *****
I2C_DATA_WR:  PUSH    ACC
              SETB    I2C_ACK
              MOV     A,I2C_DATA
I2C_DATA_WR_1: RLC     A
              MOV     SDA,C
              CALL    I2C_CLK
              DJNZ   R5,I2C_DATA_WR_1
              SETB    SDA
              LCALL   I2C_DELAY
              SETB    SCL
              LCALL   I2C_DELAY
              JB     SDA,I2C_DATA_WR_2
I2C_DATA_WR_2: CLR     I2C_ACK
              CLR     SCL
              POP     ACC
              RET

;***** I2C DATA READ *****
I2C_DATA_RD:  PUSH    ACC
              CLR     A
              MOV     R5,#008
I2C_DATA_RD_1: LCALL   I2C_DELAY
              SETB    SCL
              LCALL   I2C_DELAY
              MOV     C,SDA
              RLC     A
              CLR     SCL
              DJNZ   R5,I2C_DATA_RD_1
              MOV     I2C_DATA,A
              POP     ACC
              RET

;***** I2C SLAVE CONNECT *****
I2C_SLAVE:    PUSH    ACC
              SETB    I2C_ACK
              MOV     A,I2C_ADDR
              CALL    I2C_START
              MOV     R5,#008
I2C_SLAVE_1:  RLC     A
              MOV     SDA,C
              CALL    I2C_CLK
              DJNZ   R5,I2C_SLAVE_1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SETB    SDA
LCALL   I2C_DELAY
SETB    SCL
LCALL   I2C_DELAY
JB      SDA,I2C_SLAVE_2
CLR     I2C_ACK
I2C_SLAVE_2: CLR   SCL
POP     ACC
RET

;***** I2C START CONDITION *****
I2C_START: SETB    SCL
SETB    SDA
LCALL   I2C_DELAY
CLR     SDA
LCALL   I2C_DELAY
CLR     SCL
RET

I2C_STOP: CLR     SDA
LCALL   I2C_DELAY
SETB    SCL
LCALL   I2C_DELAY
SETB    SDA
RET

I2C_CLK:  LCALL   I2C_DELAY
SETB    SCL
LCALL   I2C_DELAY
CLR     SCL
RET

I2C_NACK_BIT: SETB    SDA
LCALL   I2C_DELAY
CALL    I2C_CLK
RET

;***** SCAN KEY *****
GET_KPAD:  MOV     P2,#0FFH
MOV     KPAD_DATA,#00H
CHK_COL0: CLR     KPAD_COL0
MOV     A,P2
ANL    A,#00FH
CJNE   A,#00FH,COL0_DETECT
JMP     CHK_COL1
COL0_DETECT: MOV    KPAD_DATA,#01
JMP     GET_ROW
CHK_COL1: SETB    KPAD_COL0
CLR     KPAD_COL1
MOV     A,P2
ANL    A,#00FH
CJNE   A,#00FH,COL1_DETECT
JMP     CHK_COL2
COL1_DETECT: MOV    KPAD_DATA,#02
JMP     GET_ROW
CHK_COL2: SETB    KPAD_COL1
CLR     KPAD_COL2
MOV     A,P2
ANL    A,#00FH
CJNE   A,#00FH,COL2_DETECT
JMP     CHK_COL3
COL2_DETECT: MOV    KPAD_DATA,#03
JMP     GET_ROW
CHK_COL3: SETB    KPAD_COL2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CLR      KPAD_COL3
MOV      A,P2
ANL      A,#00FH
CJNE     A,#00FH,COL3_DETECT
RET
COL3_DETECT:
MOV      KPAD_DATA,#04
GET_ROW:
CLR      KPAD_COL0
CLR      KPAD_COL1
CLR      KPAD_COL2
CLR      KPAD_COL3
JB       KPAD_ROW0,CHK_ROW1
RET
CHK_ROW1:
JB       KPAD_ROW1,CHK_ROW2
MOV      A,KPAD_DATA
ADD      A,#04
MOV      KPAD_DATA,A
RET
CHK_ROW2:
JB       KPAD_ROW2,CHK_ROW3
MOV      A,KPAD_DATA
ADD      A,#08
MOV      KPAD_DATA,A
RET
CHK_ROW3:
MOV      A,KPAD_DATA
ADD      A,#12
MOV      KPAD_DATA,A
RET
;***** SHOW VO IO CHARGING *****
SHOW_VALUE:
MOV      DPTR,#TITLE_16
CALL     WRLINE_LCD_1
MOV      DPTR,#TITLE_17
CALL     WRLINE_LCD_2
SHOW_V:
MOV      R0,#BUFFER
MOV      R3,#03
MOV      BOBBY,V_OUT
MOV      FACTOR,V_FACT
MOV      PEAK,V_PEAK
MOV      LCD_ADDR,#07H
CALL     SET_ADDR_LCD
CALL     INTEGRAL
CALL     WR_INTEGRAL
SHOW_I:
MOV      R0,#BUFFER
MOV      R3,#03
MOV      BOBBY,I
MOV      FACTOR,I_FACT
MOV      PEAK,I_PEAK
MOV      LCD_ADDR,#047H
CALL     SET_ADDR_LCD
CALL     INTEGRAL
CALL     WR_INTEGRAL
RET
INTEGRAL:
MOV      A,BOBBY
MOV      B,FACTOR
DIV      AB
MOV      @R0,A
MOV      R1,B
CALL     HEX_TO_DEC
DECI:
MOV      A,#10
MOV      B,R1
MUL     AB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV     R1,B
CJNE   R1,#0,AA
MOV     B,FACTOR
DIV     AB
INC     R0
MOV     @R0,A
MOV     R1,B
DJNZ   R3,DECI
RET
AA:     MOV     R1,A
        MOV     A,PEAK
        MUL    AB
        MOV     R2,A
        MOV     A,R1
        INC     A
        MOV     B,FACTOR
        DIV    AB
        ADD    A,R2
        MOV     R1,B
AAA:    CJNE   A,#0AH,AAA
        JNC    AAAA
        INC    R0
        MOV     @R0,A
        DJNZ  R3,DECI
        RET
AAAA:   SWAP  A
        ANL   A,#0FH
        INC   R0
        MOV   @R0,A
        DJNZ R3,DECI
        RET
HEX_TO_DEC:
        PUSH  ACC
        MOV   A,@R0
        MOV   B,#10
        DIV  AB
        MOV   @R0,A
        INC  R0
        MOV   @R0,B
        POP  ACC
        RET
WR_INTEGRAL:
        MOV   R0,#BUFFER
        MOV   R2,#02
INT_1:  MOV   A,@R0
        ADD  A,#030H
        MOV  LCD_DATA,A
        CALL WRCHAR_LCD
        INC  R0
        DJNZ R2,INT_1
        MOV  LCD_DATA,#02EH
        CALL WRCHAR_LCD
WR_DECIMAL:
        MOV   R0,#BUFFER+2
        MOV   R2,#03
DECI_1:
        MOV   A,@R0
        ADD  A,#030H
        MOV  LCD_DATA,A
        CALL WRCHAR_LCD
        INC  R0
        DJNZ R2,DECI_1
        RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

***** LOAD DATA *****

```

LOAD_DATA:      MOV     A,BATT_SIZE
DATA_6_V:       CJNE   A,#6,DATA_12_V
                MOV     DPTR,#V_MAX_6_1
                MOV     A,MENU_ADDR
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     V_MAX,A
                MOV     DPTR,#I_MAX_6_1
                MOV     A,MENU_ADDR
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     I_MAX,A
                MOV     V_PEAK,#08
                MOV     I_PEAK,#10
                MOV     V_FACT,#32
                MOV     I_FACT,#25
                RET
    
```

```

DATA_12_V:      CJNE   A,#12,DATA_24_V
                MOV     DPTR,#V_MAX_12_1
                MOV     A,MENU_ADDR
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     V_MAX,A
                MOV     DPTR,#I_MAX_12_1
                MOV     A,MENU_ADDR
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     I_MAX,A
                MOV     V_PEAK,#15
                MOV     I_PEAK,#10
                MOV     V_FACT,#17
                MOV     I_FACT,#25
                RET
    
```

```

DATA_24_V:      MOV     DPTR,#TITLE_25
                CALL    WRLINE_LCD_1
                MOV     DPTR,#TITLE_26
                CALL    WRLINE_LCD_2
                CALL    DELAY_1S
                MOV     DPTR,#TITLE_27
                CALL    WRLINE_LCD_1
                MOV     DPTR,#TITLE_28
                CALL    WRLINE_LCD_2
                CALL    DELAY_1S
                JMP     DATA_24_V
    
```

***** SUBROUTINE DELAY *****

```

I2C_DELAY:      MOV     R6,#00CH ;ช่วงเวลา 50 ไมโครวินาที
I2C_DELAY_1:    NOP
                NOP
                DJNZ   R6,I2C_DELAY_1
                RET

DELAY_1mS:      MOV     R7,#001
DELAY_1mS_1:    MOV     R6,#0E6H
DELAY_1mS_2:    NOP
                NOP
                DJNZ   R6,DELAY_1mS_2
                DJNZ   R7,DELAY_1mS_1
                RET

DELAY_10mS:     MOV     R7,#10
DELAY_10mS_1:   MOV     R6,#0E6H
DELAY_10mS_2:   NOP
                NOP
                DJNZ   R6,DELAY_10mS_2
    
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DJNZ    R7,DELAY_10mS_1
RET
DELAY_100mS:  MOV    R7,#100
DELAY_100mS_1:  MOV    R6,#0E6H
DELAY_100mS_2:  NOP
NOP
DJNZ    R6,DELAY_100mS_2
DJNZ    R7,DELAY_100mS_1
RET
DELAY_1S:     MOV    R5,#10
DELAY_1S_1:    CALL   DELAY_100mS
DJNZ    R5,DELAY_1S_1
RET

```

***** CHARACTER FOR DISPLAY *****

```

TITLE_0:      DB    ' INTELLIGENT '
TITLE_1:      DB    ' BATTERY CHARGER '
TITLE_2:      DB    'MENU  UNIT'
TITLE_3:      DB    'INSERT VALUE >>>'
TITLE_4:      DB    'Vmax =  Volt'
TITLE_5:      DB    'Imax =  Amp'
TITLE_6:      DB    ' OVER BANDWIDTH '
TITLE_7:      DB    ' UNDER BANDWIDTH '
TITLE_8:      DB    'SCOPE 5-28 VOLT '
TITLE_9:      DB    'SCOPE 0.3-10 Amp'
TITLE_10:     DB    ' PLEASE INSERT '
TITLE_11:     DB    ' BATT IN SLOT 1 '
TITLE_12:     DB    ' VOLTS UNIT'
TITLE_13:     DB    'PRESS ENT OR RST'
TITLE_14:     DB    'OVER UNIT OF BAT'
TITLE_15:     DB    ' RESET FOR NEW '
TITLE_16:     DB    'Vmax =  V'
TITLE_17:     DB    'Imax =  A'
TITLE_18:     DB    ' VOLTAGE SOURCE '
TITLE_19:     DB    ' UNDER RANGE...'
TITLE_20:     DB    'WAIT CHARGING...'
TITLE_21:     DB    ' SINGLE BATTERY '
TITLE_22:     DB    ' MULTI-BATTERY '
TITLE_23:     DB    ' FULLY CHARGED ! '
TITLE_24:     DB    ' THANK YOU! '
TITLE_25:     DB    'NO DATA BATTERY'
TITLE_26:     DB    'PLEASE  PRESS ESC'
TITLE_27:     DB    ' FOR RETURN TO '
TITLE_28:     DB    ' CUSTOM MODE...'
BATT_06:     DB    '1. CUSTOM MODE '
DB           'INSERT VALUE >>>'
DB           '2. FB 6N4-2A '
DB           '6 V 4 Ah 0.4 A '
DB           '3. FB 6N6-3B '
DB           '6 V 6 Ah 0.6 A '
DB           '4. FB NS50 '
DB           '6 V 45 Ah 3.5 A '
DB           '5. FB N50 '
DB           '6 V 50 Ah 4 A '
DB           '6. FB N50Z '
DB           '6 V 60 Ah 5 A '
DB           '7. FB NS70 '
DB           '6 V 65 Ah 5.5 A '
DB           '8. FB N70 '

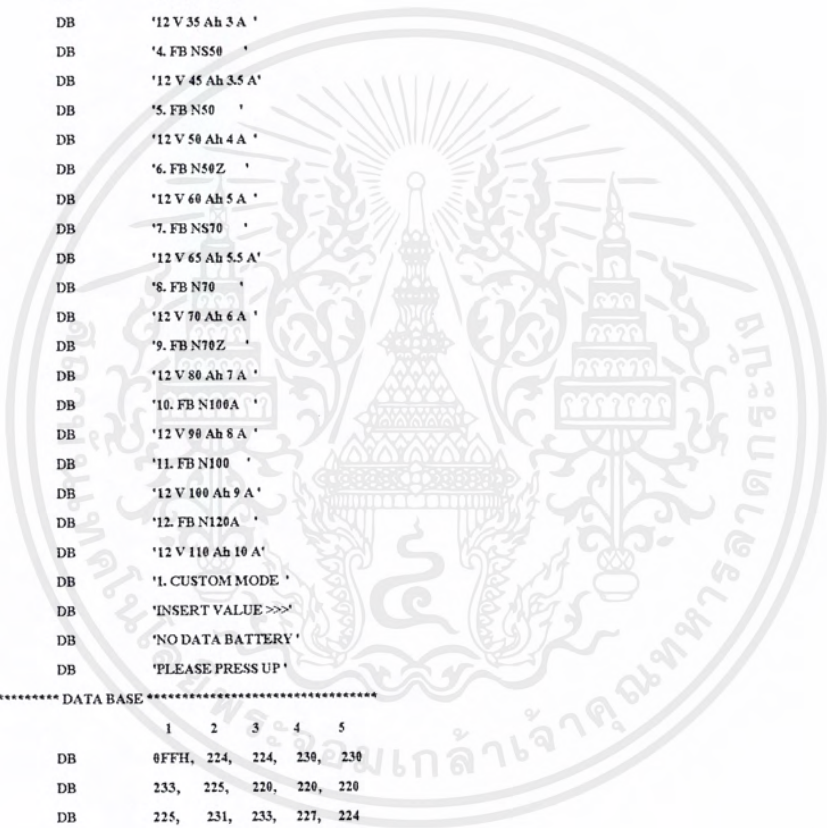
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DB      '6 V 70 Ah 6 A '
DB      '9. FB N70Z '
DB      '6 V 80 Ah 7 A '
DB      '10. FB N100A '
DB      '6 V 90 Ah 8 A '
DB      '11. FB N100 '
DB      '6 V 100 Ah 9 A '
DB      '12. FB N120A '
DB      '6 V 110 Ah 10 A '
BATT_12: DB      '1. CUSTOM MODE '
DB      'INSERT VALUE >>>'
DB      '2. FB NS40 '
DB      '12 V 32 Ah 2.5 A'
DB      '3. FB NS40Z '
DB      '12 V 35 Ah 3 A '
DB      '4. FB NS50 '
DB      '12 V 45 Ah 3.5 A'
DB      '5. FB N50 '
DB      '12 V 50 Ah 4 A '
DB      '6. FB N50Z '
DB      '12 V 60 Ah 5 A '
DB      '7. FB NS70 '
DB      '12 V 65 Ah 5.5 A'
DB      '8. FB N70 '
DB      '12 V 70 Ah 6 A '
DB      '9. FB N70Z '
DB      '12 V 80 Ah 7 A '
DB      '10. FB N100A '
DB      '12 V 90 Ah 8 A '
DB      '11. FB N100 '
DB      '12 V 100 Ah 9 A'
DB      '12. FB N120A '
DB      '12 V 110 Ah 10 A'
BATT_24: DB      '1. CUSTOM MODE '
DB      'INSERT VALUE >>>'
DB      'NO DATA BATTERY '
DB      'PLEASE PRESS UP '
;***** DATA BASE *****
;
V_MAX_6_1: DB      0FFH, 224, 224, 230, 230
DB      233, 225, 220, 220, 220
DB      225, 231, 233, 227, 224
I_MAX_6_1: DB      0FFH, 230, 255, 064, 064
DB      128, 140, 153, 179, 204
DB      250, 128, 140, 153, 179
V_MAX_12_1: DB      0FFH, 224, 224, 230, 230
DB      233, 225, 220, 220, 220
DB      225, 231, 233, 227, 224
I_MAX_12_1: DB      0FFH, 153, 077, 089, 102
DB      128, 140, 153, 179, 204
DB      230, 255, 064, 064, 064
THE_END: NOP
END

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

Data Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**NOT RECOMMENDED FOR NEW DESIGNS
POSSIBLE SUBSTITUTE PRODUCT
IRFP150N**

40A, 100V, 0.055 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 TA17431.

Features

- 40A, 100V
- $r_{DS(ON)} = 0.055\Omega$
- 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"

Ordering Information

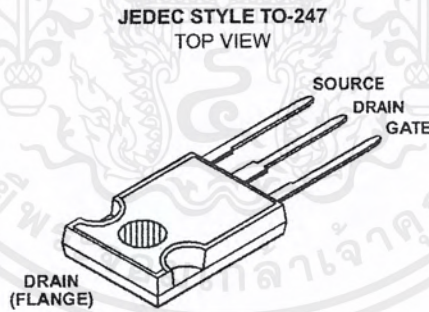
PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
IRFP150	TO-247	IRFP150

NOTE: When ordering, include the entire part number.

Symbol



Packaging



IRFP150

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

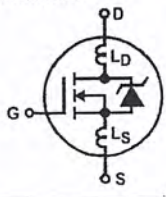
	IRFP150	UNITS
Drain to Source Voltage (Note 1)	100	V
Drain to Gate Voltage ($R_{GS} = 20\text{k}\Omega$) (Note 1)	100	V
Continuous Drain Current	40	A
$T_C = 100^\circ\text{C}$	26	A
Pulsed Drain Current (Note 3)	160	A
Gate to Source Voltage	± 20	V
Maximum Power Dissipation	180	W
Linear Derating Factor	1.44	W/ $^\circ\text{C}$
Single Pulse Avalanche Energy Rating (Note 4)	150	mJ
Operating and Storage Temperature	-55 to 150	$^\circ\text{C}$
Maximum Temperature for Soldering		
Leads at 0.063in (1.6mm) from Case for 10s	300	$^\circ\text{C}$
Package Body for 10s, See Techbrief 334	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 125°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}	$V_{GS} = 0\text{V}$, $I_D = 250\mu\text{A}$ (Figure 10)	100	-	-	V	
Gate to Threshold Voltage	$V_{GS(TH)}$	$V_{GS} = V_{DS}$, $I_D = 250\mu\text{A}$	2.0	-	4.0	V	
Zero-Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	$V_{DS} = \text{Rated } BV_{DSS}$, $V_{GS} = 0\text{V}$	-	-	25	μA	
		$V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}$, $V_{GS} = 0\text{V}$, $T_J = 125^\circ\text{C}$	-	-	250	μA	
On-State Drain Current (Note 2)	$I_{D(ON)}$	$V_{DS} > I_{D(ON)} \times r_{DS(ON)MAX}$, $V_{GS} = 10\text{V}$	40	-	-	A	
Gate to Source Leakage	I_{GSS}	$V_{GS} = \pm 20\text{V}$	-	-	± 100	nA	
Drain to Source On Resistance (Note 2)	$r_{DS(ON)}$	$V_{GS} = 10\text{V}$, $I_D = 22\text{A}$ (Figures 8, 9)	-	0.045	0.055	Ω	
Forward Transconductance (Note 2)	g_{fs}	$V_{DS} \geq 20\text{V}$, $I_D = 20\text{A}$ (Figure 12)	13	20	-	S	
Turn-On Delay Time	$t_{D(ON)}$	$V_{DD} = 50\text{V}$, $I_D = 40\text{A}$, $R_{GS} = 6.8\Omega$, $R_L = 1.2\Omega$ MOSFET Switching Times are Essentially Independent of Operating Temperature	-	15	24	ns	
Rise Time	t_r		-	140	210	ns	
Turn-Off Delay Time	$t_{D(OFF)}$		-	60	89	ns	
Fall Time	t_f		-	90	140	ns	
Total Gate Charge (Gate to Source + Gate to Drain)	$Q_{g(TOT)}$	$V_{GS} = 10\text{V}$, $I_D = 40\text{A}$, $V_{DS} = 0.8 \times \text{Rated } BV_{DSS}$. $I_{g(REF)} = 1.5\text{mA}$ (Figure 14)	-	70	110	nC	
Gate to Source Charge	Q_{gs}	Gate Charge is Essentially Independent of Operating Temperature	-	20	-	nC	
Gate to Drain "Miller" Charge	Q_{gd}		-	30	-	nC	
Input Capacitance	C_{ISS}	$V_{GS} = 0\text{V}$, $V_{DS} = 25\text{V}$, $f = 1.0\text{MHz}$ (Figure 11)	-	2000	-	pF	
Output Capacitance	C_{OSS}		-	1000	-	pF	
Reverse-Transfer Capacitance	C_{RSS}		-	350	-	pF	
Internal Drain Inductance	L_D	Measured from the Drain Lead, 6mm (0.25in) from the Package to the Center of the Die	Modified MOSFET Symbol Showing the Internal Devices Inductances 	-	5.0	-	nH
Internal Source Inductance	L_S	Measured from the Source Lead, 6mm (0.25in) from the Header to the Source Bonding Pad		-	12.5	-	nH
Junction to Case	$R_{\theta JC}$		-	-	0.70	$^\circ\text{C/W}$	
Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	Free Air Operation	-	-	30	$^\circ\text{C/W}$	

IRFP150

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 Diode	-	-	40	A
Pulse Source to Drain Current (Note 3)	I_{SDM}		-	-	170	A
Source to Drain Diode Voltage (Note 2)	V_{SD}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 40\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$ (Figure 13)	-	-	2.5	V
Reverse Recovery Time	t_{rr}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 40\text{A}$, $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	98	-	530	ns
Reverse Recovered Charge	Q_{RR}	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{SD} = 40\text{A}$, $dI_{SD}/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$	0.41	-	2.5	μC

NOTES:

- Pulse Test: Pulse width $\leq 300\mu\text{s}$, duty cycle $\leq 2\%$.
- Repetitive Rating: Pulse width limited by Max junction temperature. See Transient Thermal Impedance curve (Figure 3).
- $V_{DD} = 10\text{V}$, starting $T_J = 25^\circ\text{C}$, $L = 170\mu\text{H}$, $R_G = 50\Omega$, Peak $I_{AS} = 40\text{A}$.

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified

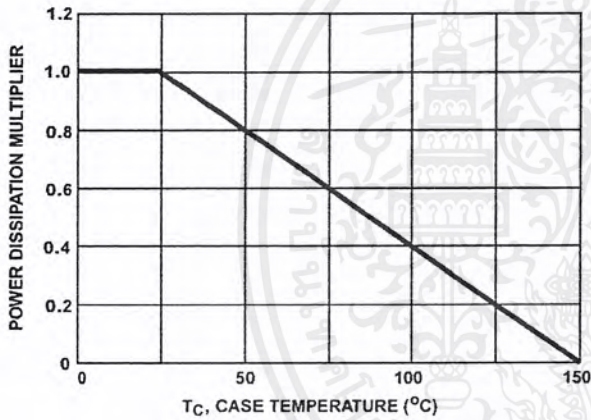


FIGURE 1. NORMALIZED POWER DISSIPATION vs CASE TEMPERATURE

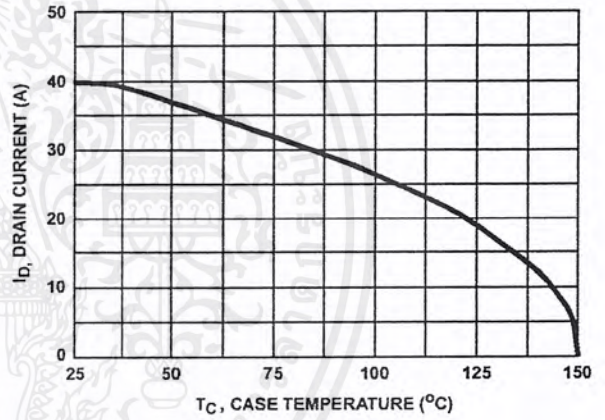


FIGURE 2. MAXIMUM CONTINUOUS DRAIN CURRENT vs CASE TEMPERATURE

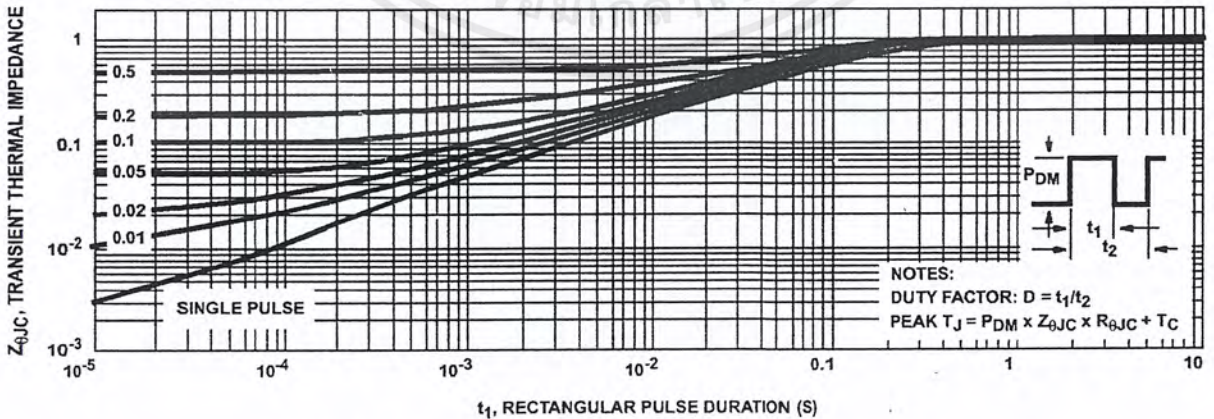


FIGURE 3. NORMALIZED MAXIMUM TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

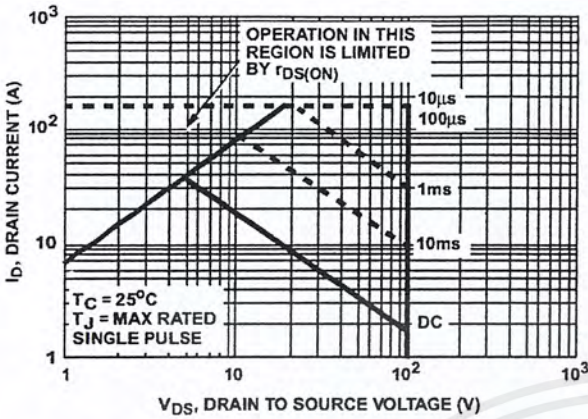


FIGURE 4. FORWARD BIAS SAFE OPERATING AREA

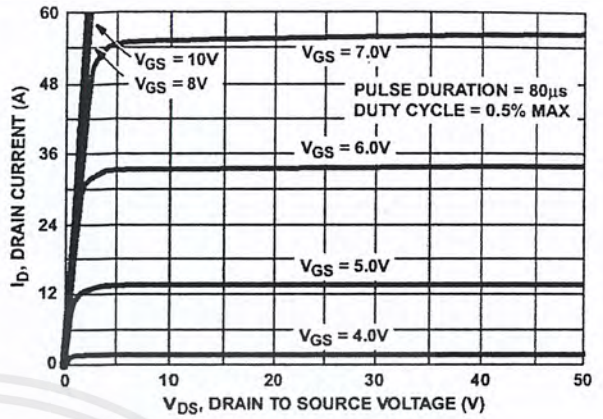


FIGURE 5. OUTPUT CHARACTERISTICS

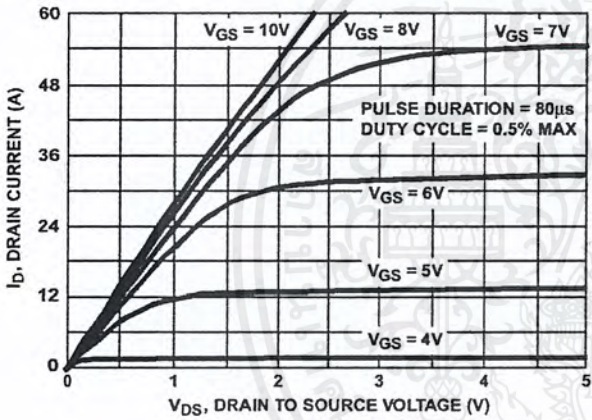


FIGURE 6. SATURATION CHARACTERISTICS

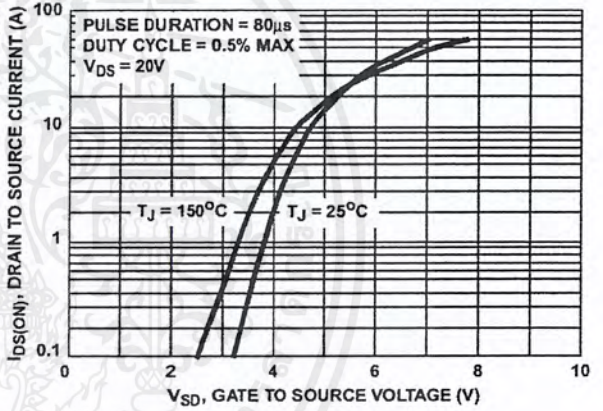


FIGURE 7. TRANSFER CHARACTERISTICS

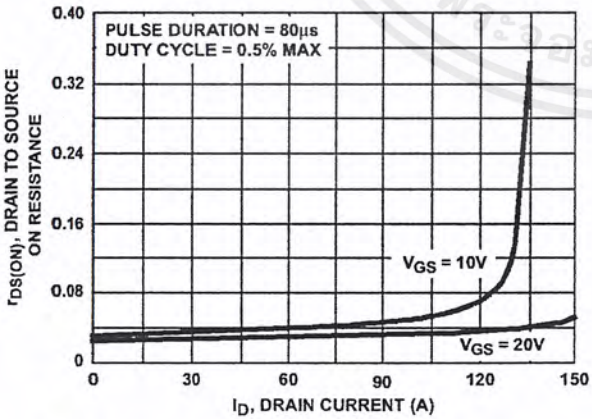


FIGURE 8. DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs GATE VOLTAGE AND DRAIN CURRENT

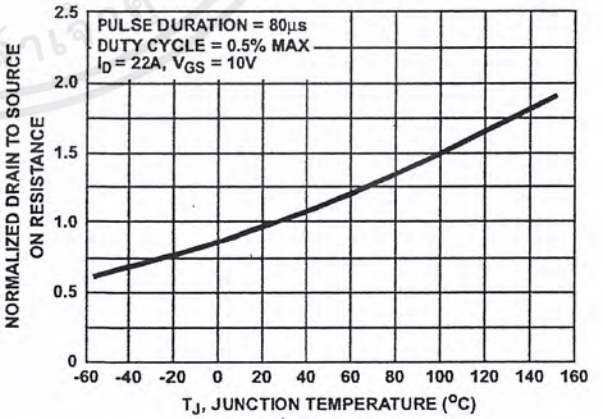


FIGURE 9. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE ON RESISTANCE vs JUNCTION TEMPERATURE

Typical Performance Curves Unless Otherwise Specified (Continued)

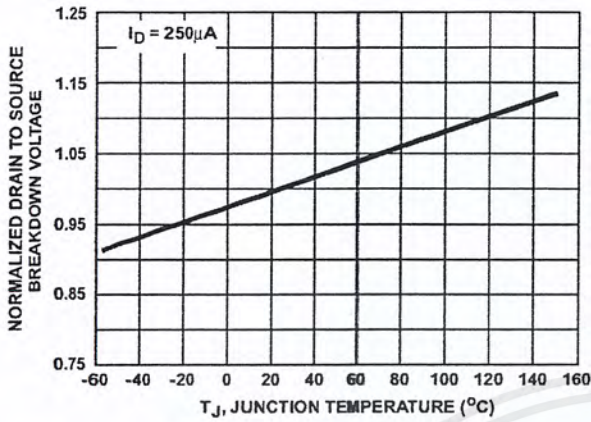


FIGURE 10. NORMALIZED DRAIN TO SOURCE BREAKDOWN VOLTAGE vs JUNCTION TEMPERATURE

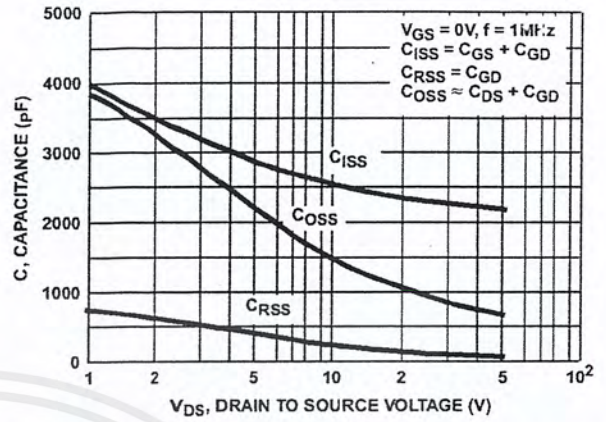


FIGURE 11. CAPACITANCE vs DRAIN TO SOURCE VOLTAGE

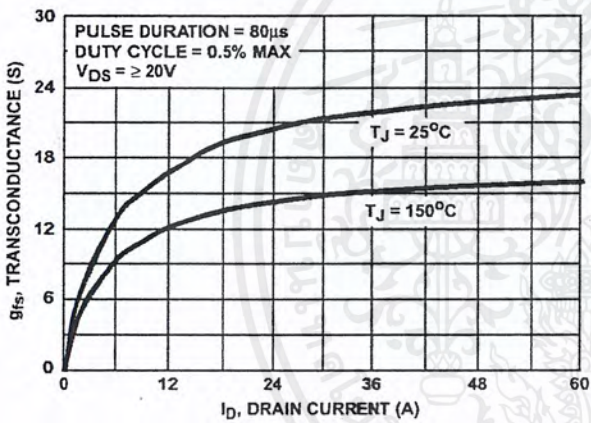


FIGURE 12. TRANSCONDUCTANCE vs DRAIN CURRENT

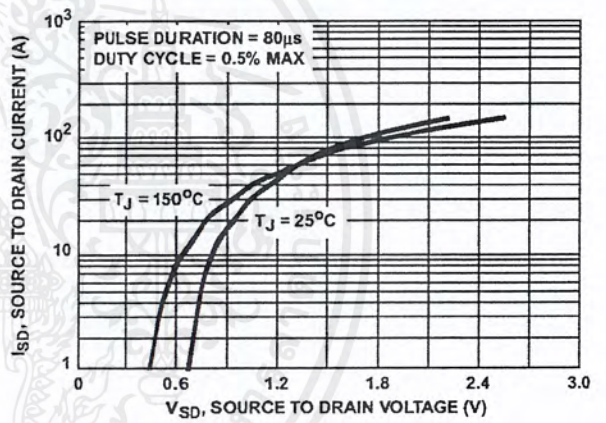


FIGURE 13. SOURCE TO DRAIN DIODE VOLTAGE

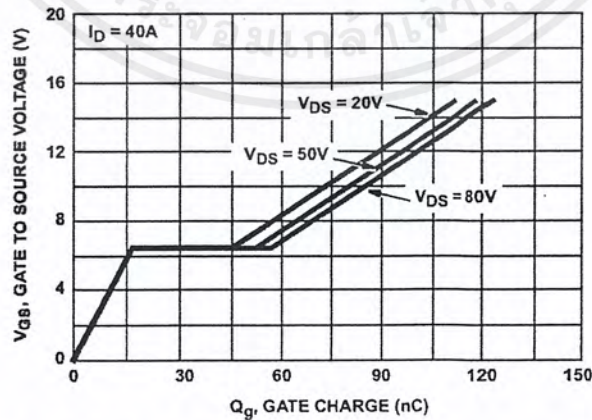


FIGURE 14. GATE TO SOURCE VOLTAGE vs GATE CHARGE

Test Circuits and Waveforms

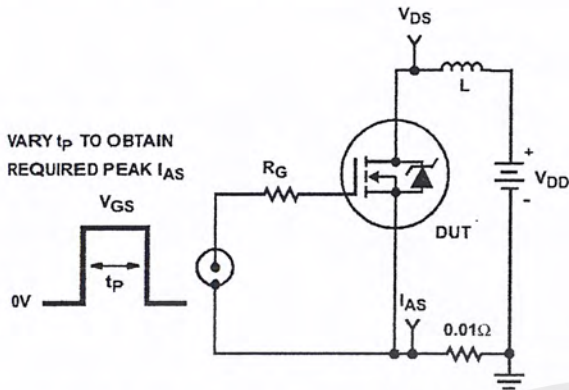


FIGURE 15. UNCLAMPED ENERGY TEST CIRCUIT

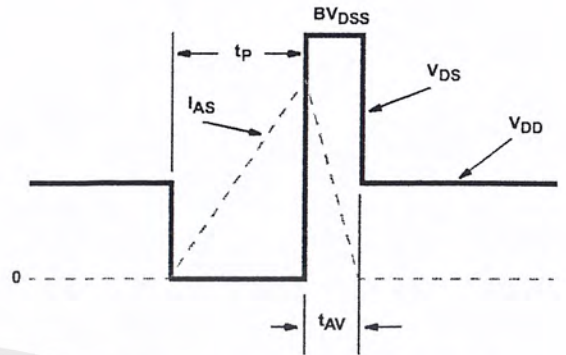


FIGURE 16. UNCLAMPED ENERGY WAVEFORMS

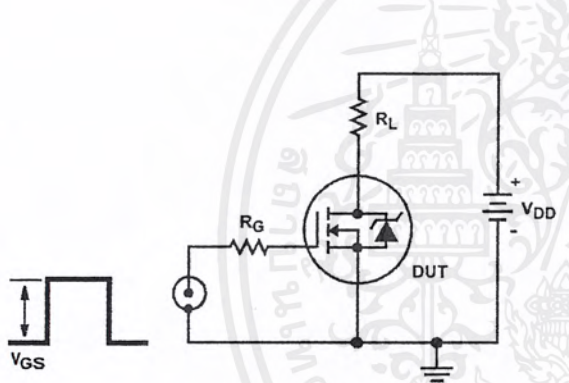


FIGURE 17. SWITCHING TIME TEST CIRCUIT

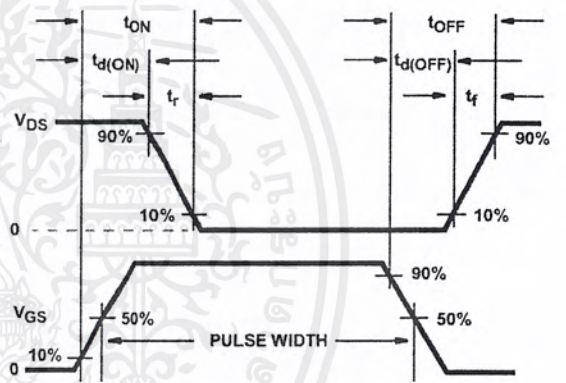


FIGURE 18. RESISTIVE SWITCHING WAVEFORMS

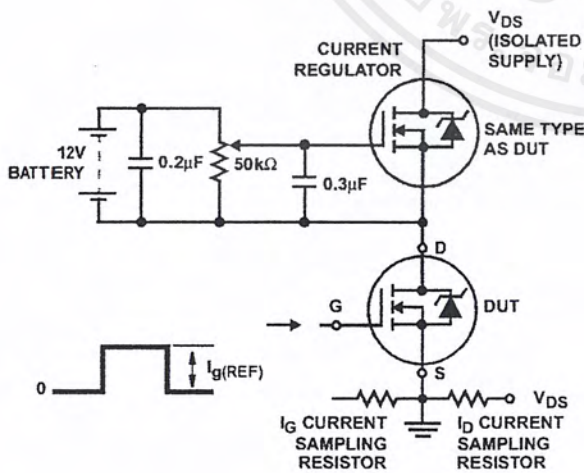


FIGURE 19. GATE CHARGE TEST CIRCUIT

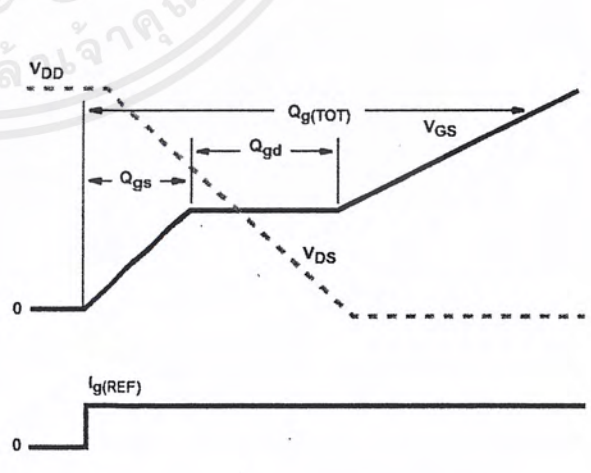


FIGURE 20. GATE CHARGE WAVEFORMS



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 www.intersil.com

Sales Office Headquarters

NORTH AMERICA

Intersil Corporation
P. O. Box 883, Mail Stop 53-204
Melbourne, FL 32902
TEL: (321) 724-7000
FAX: (321) 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

SWITCHMODE™ Pulse Width Modulation Control Circuit

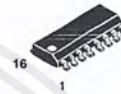
The TL494 is a fixed frequency, pulse width modulation control circuit designed primarily for SWITCHMODE power supply control.

- Complete Pulse Width Modulation Control Circuitry
- On-Chip Oscillator with Master or Slave Operation
- On-Chip Error Amplifiers
- On-Chip 5.0 V Reference
- Adjustable Deadtime Control
- Uncommitted Output Transistors Rated to 500 mA Source or Sink
- Output Control for Push-Pull or Single-Ended Operation
- Undervoltage Lockout

TL494

SWITCHMODE PULSE WIDTH MODULATION CONTROL CIRCUIT

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA



D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751B
(SO-16)



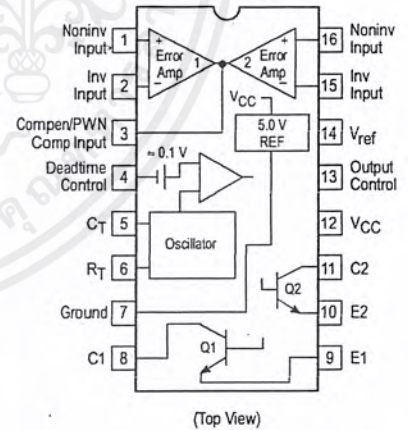
N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 648

MAXIMUM RATINGS (Full operating ambient temperature range applies, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	TL494C	TL494I	Unit
Power Supply Voltage	V _{CC}	42		V
Collector Output Voltage	V _{C1} , V _{C2}	42		V
Collector Output Current (Each transistor) (Note 1)	I _{C1} , I _{C2}	500		mA
Amplifier Input Voltage Range	V _{IR}	-0.3 to +42		V
Power Dissipation @ T _A ≤ 45°C	P _D	1000		mW
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	R _{θJA}	80		°C/W
Operating Junction Temperature	T _J	125		°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	-55 to +125		°C
Operating Ambient Temperature Range TL494C TL494I	T _A	0 to +70 -25 to +85		°C
Derating Ambient Temperature	T _A	45		°C

NOTE: 1. Maximum thermal limits must be observed.

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
TL494CD	T _A = 0° to +70°C	SO-16
TL494CN		Plastic
TL494IN	T _A = -25° to +85°C	Plastic

TL494

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC}	7.0	15	40	V
Collector Output Voltage	V_{C1}, V_{C2}	–	30	40	V
Collector Output Current (Each transistor)	I_{C1}, I_{C2}	–	–	200	mA
Amplified Input Voltage	V_{in}	–0.3	–	$V_{CC} - 2.0$	V
Current Into Feedback Terminal	I_{fb}	–	–	0.3	mA
Reference Output Current	I_{ref}	–	–	10	mA
Timing Resistor	R_T	1.8	30	500	k Ω
Timing Capacitor	C_T	0.0047	0.001	10	μ F
Oscillator Frequency	f_{osc}	1.0	40	200	kHz

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 15$ V, $C_T = 0.01$ μ F, $R_T = 12$ k Ω , unless otherwise noted.)

For typical values $T_A = 25^\circ\text{C}$, for min/max values T_A is the operating ambient temperature range that applies, unless otherwise noted.

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
-----------------	--------	-----	-----	-----	------

REFERENCE SECTION

Reference Voltage ($I_O = 1.0$ mA)	V_{ref}	4.75	5.0	5.25	V
Line Regulation ($V_{CC} = 7.0$ V to 40 V)	Reg_{line}	–	2.0	25	mV
Load Regulation ($I_O = 1.0$ mA to 10 mA)	Reg_{load}	–	3.0	15	mV
Short Circuit Output Current ($V_{ref} = 0$ V)	I_{SC}	15	35	75	mA

OUTPUT SECTION

Collector Off-State Current ($V_{CC} = 40$ V, $V_{CE} = 40$ V)	$I_{C(off)}$	–	2.0	100	μ A
Emitter Off-State Current ($V_{CC} = 40$ V, $V_C = 40$ V, $V_E = 0$ V)	$I_{E(off)}$	–	–	–100	μ A
Collector–Emitter Saturation Voltage (Note 2) Common–Emitter ($V_E = 0$ V, $I_C = 200$ mA) Emitter–Follower ($V_C = 15$ V, $I_E = -200$ mA)	$V_{sat(C)}$ $V_{sat(E)}$	– –	1.1 1.5	1.3 2.5	V
Output Control Pin Current Low State ($V_{OC} \leq 0.4$ V) High State ($V_{OC} = V_{ref}$)	I_{OCL} I_{OCH}	– –	10 0.2	– 3.5	μ A mA
Output Voltage Rise Time Common–Emitter (See Figure 12) Emitter–Follower (See Figure 13)	t_r	– –	100 100	200 200	ns
Output Voltage Fall Time Common–Emitter (See Figure 12) Emitter–Follower (See Figure 13)	t_f	– –	25 40	100 100	ns

NOTE: 2. Low duty cycle pulse techniques are used during test to maintain junction temperature as close to ambient temperature as possible.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 15\text{ V}$, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$, unless otherwise noted.)

For typical values $T_A = 25^\circ\text{C}$, for min/max values T_A is the operating ambient temperature range that applies, unless otherwise noted.

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
ERROR AMPLIFIER SECTION					
Input Offset Voltage (V_O (Pin 3) = 2.5 V)	V_{IO}	–	2.0	10	mV
Input Offset Current (V_O (Pin 3) = 2.5 V)	I_{IO}	–	5.0	250	nA
Input Bias Current (V_O (Pin 3) = 2.5 V)	I_{IB}	–	–0.1	–1.0	μA
Input Common Mode Voltage Range ($V_{CC} = 40\ \text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	V_{ICR}	–0.3 to $V_{CC} - 2.0$			V
Open Loop Voltage Gain ($\Delta V_O = 3.0\ \text{V}$, $V_O = 0.5\ \text{V}$ to 3.5 V, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	A_{VOL}	70	95	–	dB
Unity-Gain Crossover Frequency ($V_O = 0.5\ \text{V}$ to 3.5 V, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	f_{C-}	–	350	–	kHz
Phase Margin at Unity-Gain ($V_O = 0.5\ \text{V}$ to 3.5 V, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	ϕ_m	–	65	–	deg.
Common Mode Rejection Ratio ($V_{CC} = 40\ \text{V}$)	CMRR	65	90	–	dB
Power Supply Rejection Ratio ($\Delta V_{CC} = 33\ \text{V}$, $V_O = 2.5\ \text{V}$, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	PSRR	–	100	–	dB
Output Sink Current (V_O (Pin 3) = 0.7 V)	I_{O-}	0.3	0.7	–	mA
Output Source Current (V_O (Pin 3) = 3.5 V)	I_{O+}	2.0	–4.0	–	mA

PWM COMPARATOR SECTION (Test Circuit Figure 11)

Input Threshold Voltage (Zero Duty Cycle)	V_{TH}	–	2.5	4.5	V
Input Sink Current ($V_{Pin\ 3} = 0.7\ \text{V}$)	I_{I-}	0.3	0.7	–	mA

DEADTIME CONTROL SECTION (Test Circuit Figure 11)

Input Bias Current (Pin 4) ($V_{Pin\ 4} = 0\ \text{V}$ to 5.25 V)	I_{IB} (DT)	–	–2.0	–10	μA
Maximum Duty Cycle, Each Output, Push-Pull Mode ($V_{Pin\ 4} = 0\ \text{V}$, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$) ($V_{Pin\ 4} = 0\ \text{V}$, $C_T = 0.001\ \mu\text{F}$, $R_T = 30\ \text{k}\Omega$)	DC_{max}	45	48	50	%
	–	–	45	50	
Input Threshold Voltage (Pin 4) (Zero Duty Cycle) (Maximum Duty Cycle)	V_{th}	–	2.8	3.3	V
	–	0	–	–	

OSCILLATOR SECTION

Frequency ($C_T = 0.001\ \mu\text{F}$, $R_T = 30\ \text{k}\Omega$)	f_{osc}	–	40	–	kHz
Standard Deviation of Frequency* ($C_T = 0.001\ \mu\text{F}$, $R_T = 30\ \text{k}\Omega$)	σf_{osc}	–	3.0	–	%
Frequency Change with Voltage ($V_{CC} = 7.0\ \text{V}$ to 40 V, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	Δf_{osc} (ΔV)	–	0.1	–	%
Frequency Change with Temperature ($\Delta T_A = T_{low}$ to T_{high}) ($C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$)	Δf_{osc} (ΔT)	–	–	12	%

UNDERVOLTAGE LOCKOUT SECTION

Turn-On Threshold (V_{CC} increasing, $I_{ref} = 1.0\ \text{mA}$)	V_{th}	5.5	6.43	7.0	V
---	----------	-----	------	-----	---

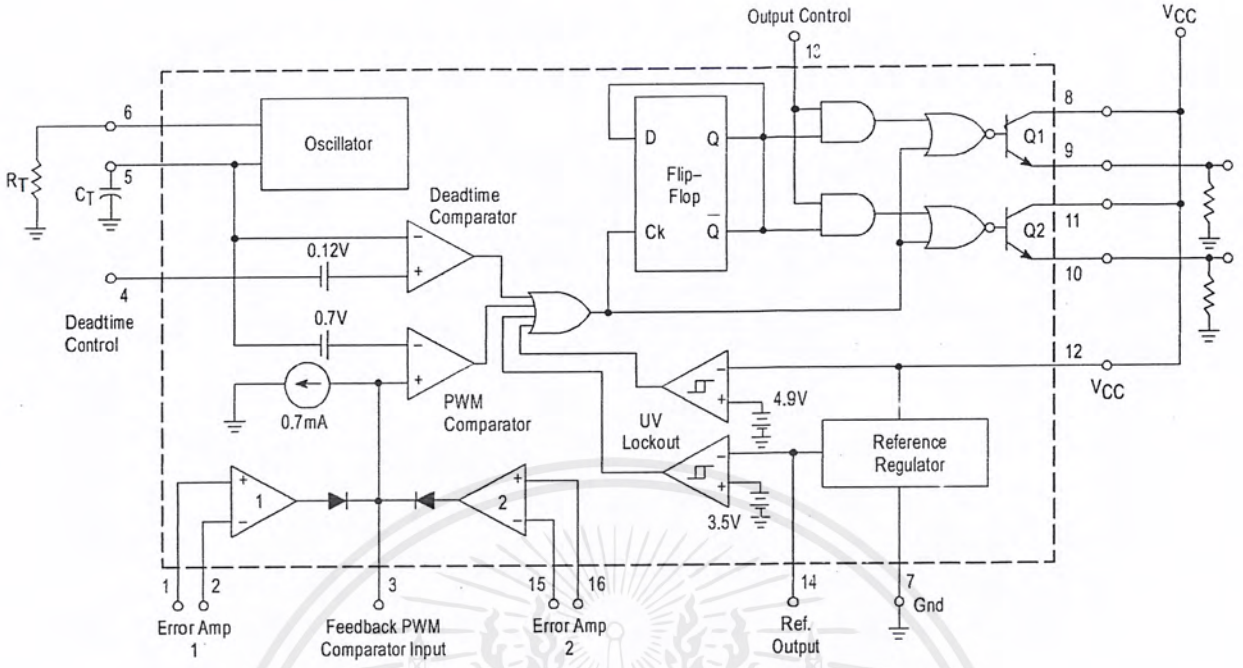
TOTAL DEVICE

Standby Supply Current (Pin 6 at V_{ref} , All other inputs and outputs open) ($V_{CC} = 15\ \text{V}$) ($V_{CC} = 40\ \text{V}$)	I_{CC}	–	5.5	10	mA
	–	–	7.0	15	
Average Supply Current ($C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$, $V_{(Pin\ 4)} = 2.0\ \text{V}$) ($V_{CC} = 15\ \text{V}$) (See Figure 12)		–	7.0	–	mA

* Standard deviation is a measure of the statistical distribution about the mean as derived from the formula, $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (X_n - \bar{X})^2}{N - 1}}$

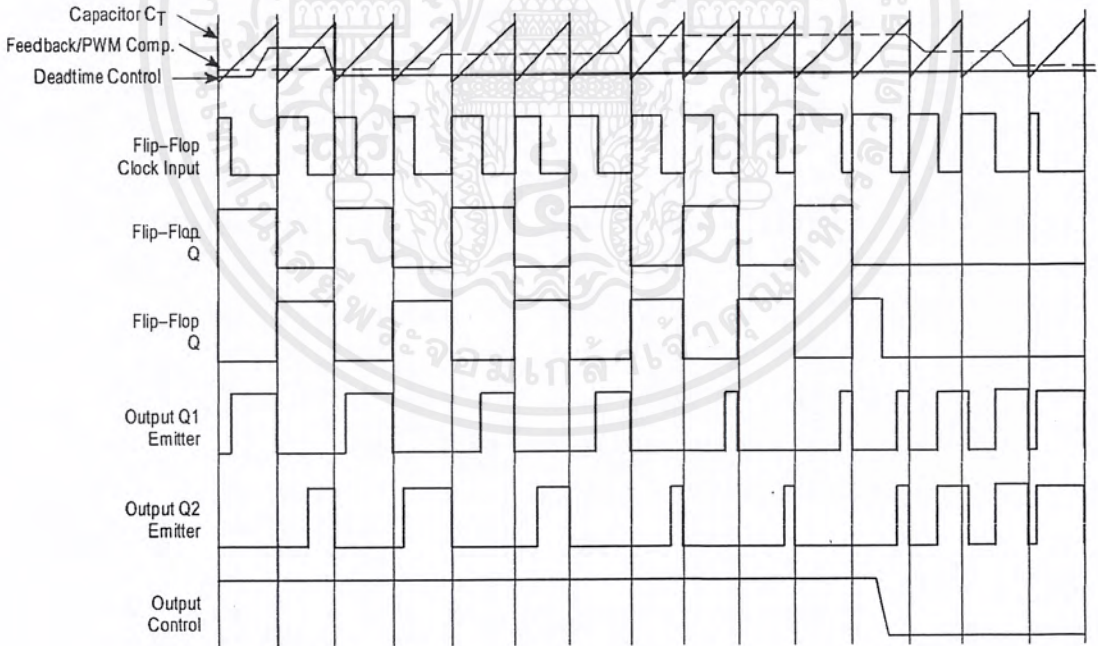
TL494

Figure 1. Representative Block Diagram



This device contains 46 active transistors.

Figure 2. Timing Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL494

APPLICATIONS INFORMATION

Description

The TL494 is a fixed-frequency pulse width modulation control circuit, incorporating the primary building blocks required for the control of a switching power supply. (See Figure 1.) An internal-linear sawtooth oscillator is frequency-programmable by two external components, R_T and C_T . The approximate oscillator frequency is determined by:

$$f_{osc} \approx \frac{1.1}{R_T \cdot C_T}$$

For more information refer to Figure 3.

Output pulse width modulation is accomplished by comparison of the positive sawtooth waveform across capacitor C_T to either of two control signals. The NOR gates, which drive output transistors Q1 and Q2, are enabled only when the flip-flop clock-input line is in its low state. This happens only during that portion of time when the sawtooth voltage is greater than the control signals. Therefore, an increase in control-signal amplitude causes a corresponding linear decrease of output pulse width. (Refer to the Timing Diagram shown in Figure 2.)

The control signals are external inputs that can be fed into the deadtime control, the error amplifier inputs, or the feedback input. The deadtime control comparator has an effective 120 mV input offset which limits the minimum output deadtime to approximately the first 4% of the sawtooth-cycle time. This would result in a maximum duty cycle on a given output of 96% with the output control grounded, and 48% with it connected to the reference line. Additional deadtime may be imposed on the output by setting the deadtime-control input to a fixed voltage, ranging between 0 V to 3.3 V.

Functional Table

Input/Output Controls	Output Function	$\frac{f_{out}}{f_{osc}} =$
Grounded	Single-ended PWM @ Q1 and Q2	1.0
@ V_{ref}	Push-pull Operation	0.5

The pulse width modulator comparator provides a means for the error amplifiers to adjust the output pulse width from the maximum percent on-time, established by the deadtime control input, down to zero, as the voltage at the feedback pin varies from 0.5 V to 3.5 V. Both error amplifiers have a common mode input range from -0.3 V to $(V_{CC} - 2V)$, and

may be used to sense power-supply output voltage and current. The error-amplifier outputs are active high and are ORed together at the noninverting input of the pulse-width modulator comparator. With this configuration, the amplifier that demands minimum output on time, dominates control of the loop.

When capacitor C_T is discharged, a positive pulse is generated on the output of the deadtime comparator, which clocks the pulse-steering flip-flop and inhibits the output transistors, Q1 and Q2. With the output-control connected to the reference line, the pulse-steering flip-flop directs the modulated pulses to each of the two output transistors alternately for push-pull operation. The output frequency is equal to half that of the oscillator. Output drive can also be taken from Q1 or Q2, when single-ended operation with a maximum on-time of less than 50% is required. This is desirable when the output transformer has a ringback winding with a catch diode used for snubbing. When higher output-drive currents are required for single-ended operation, Q1 and Q2 may be connected in parallel, and the output-mode pin must be tied to ground to disable the flip-flop. The output frequency will now be equal to that of the oscillator.

The TL494 has an internal 5.0 V reference capable of sourcing up to 10 mA of load current for external bias circuits. The reference has an internal accuracy of $\pm 5.0\%$ with a typical thermal drift of less than 50 mV over an operating temperature range of 0° to 70°C.

Figure 3. Oscillator Frequency versus Timing Resistance

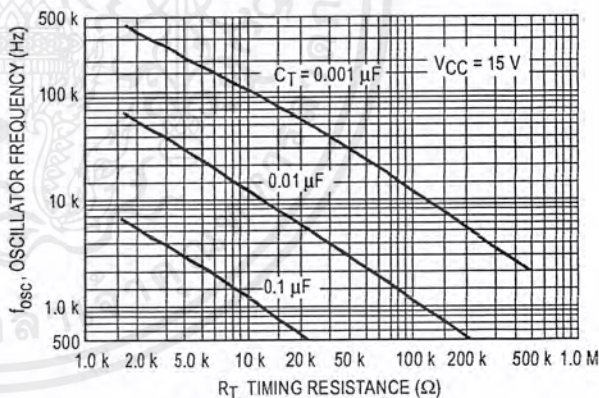


Figure 4. Open Loop Voltage Gain and Phase versus Frequency

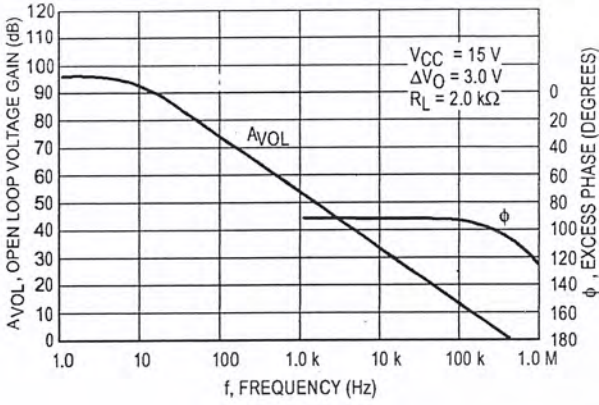


Figure 5. Percent Deadtime versus Oscillator Frequency

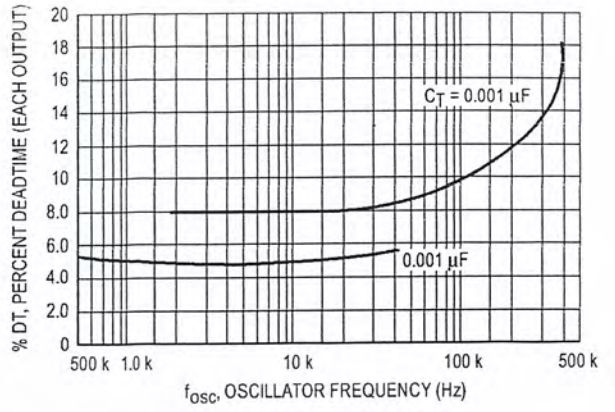


Figure 6. Percent Duty Cycle versus Deadtime Control Voltage

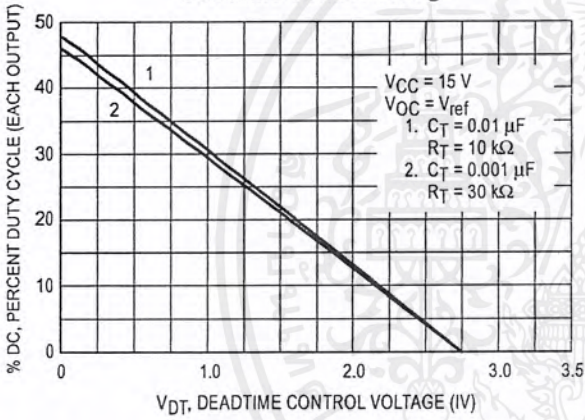


Figure 7. Emitter-Follower Configuration Output Saturation Voltage versus Emitter Current

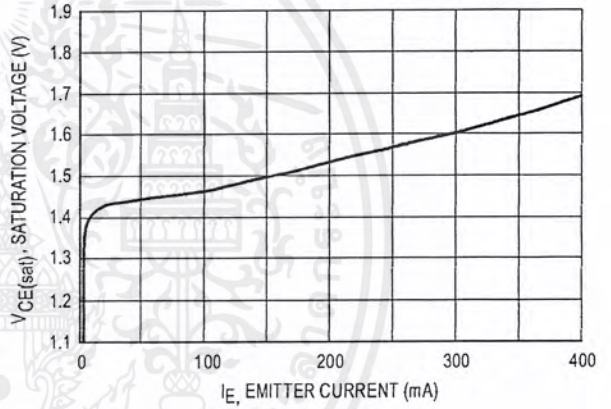


Figure 8. Common-Emitter Configuration Output Saturation Voltage versus Collector Current

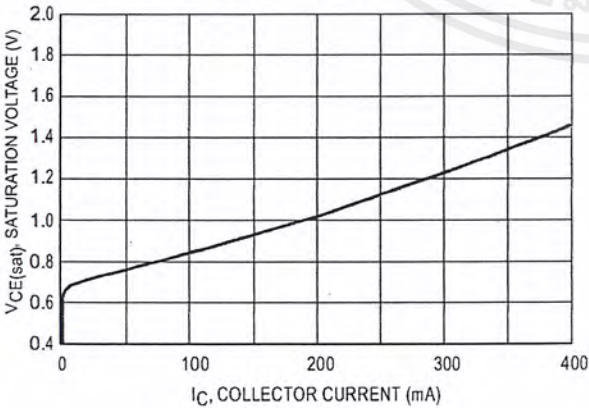


Figure 9. Standby Supply Current versus Supply Voltage

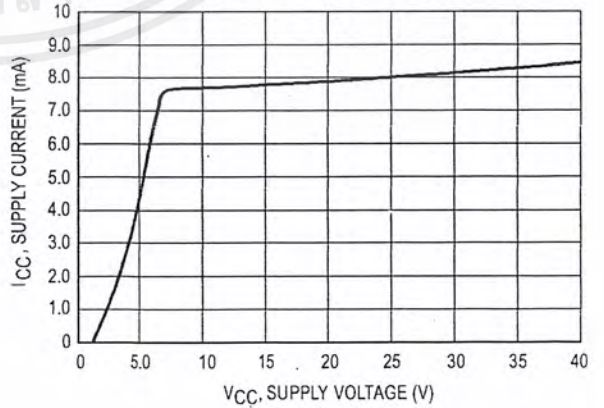


Figure 10. Error-Amplifier Characteristics

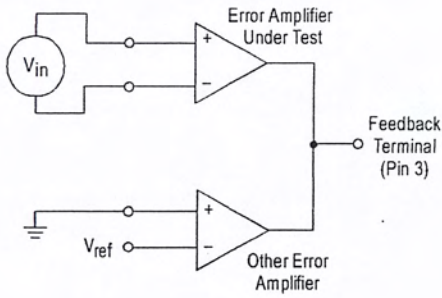


Figure 11. Deadtime and Feedback Control Circuit

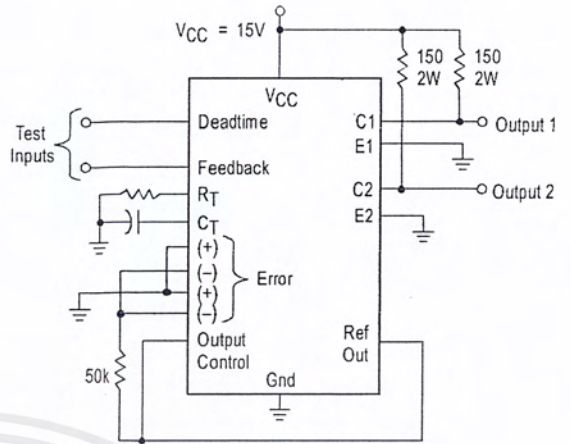


Figure 12. Common-Emitter Configuration Test Circuit and Waveform

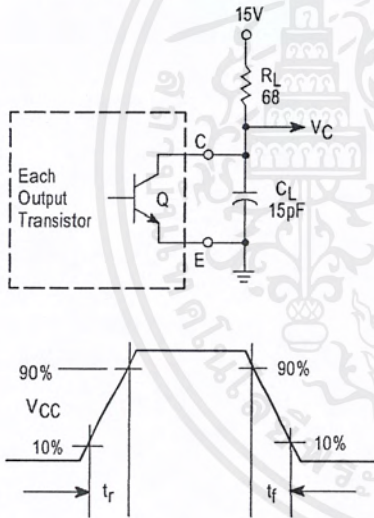


Figure 13. Emitter-Follower Configuration Test Circuit and Waveform

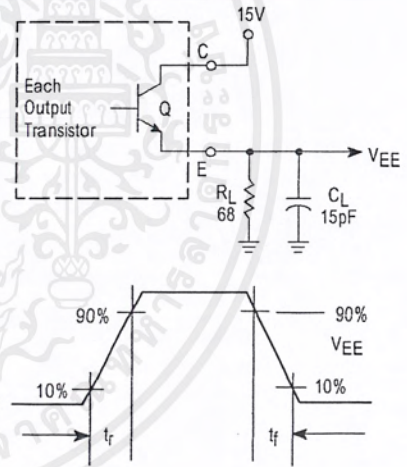


Figure 14. Error-Amplifier Sensing Techniques

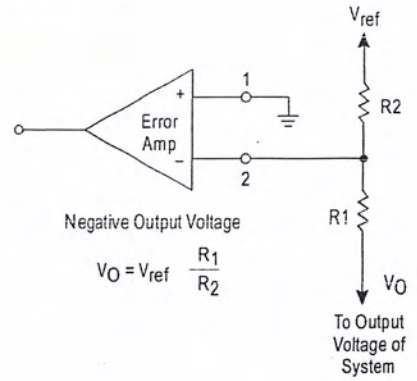
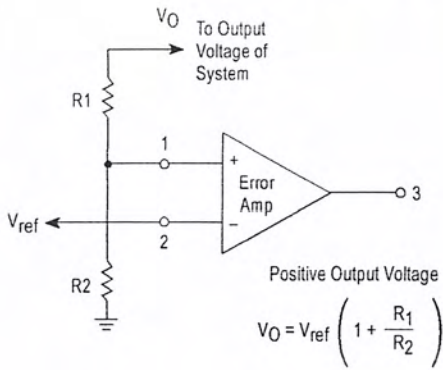


Figure 15. Deadtime Control Circuit

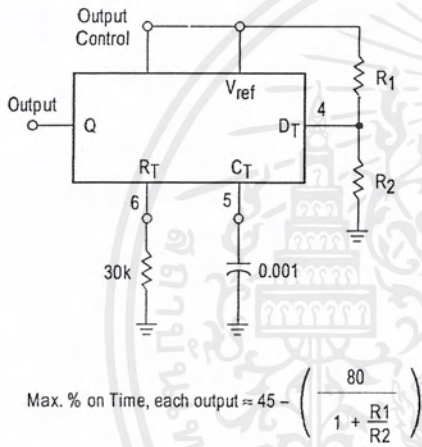


Figure 16. Soft-Start Circuit

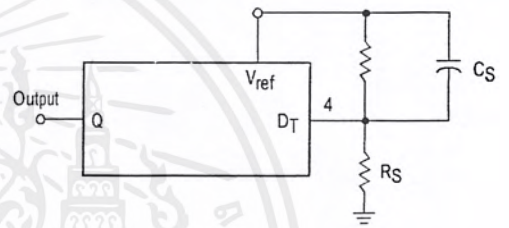
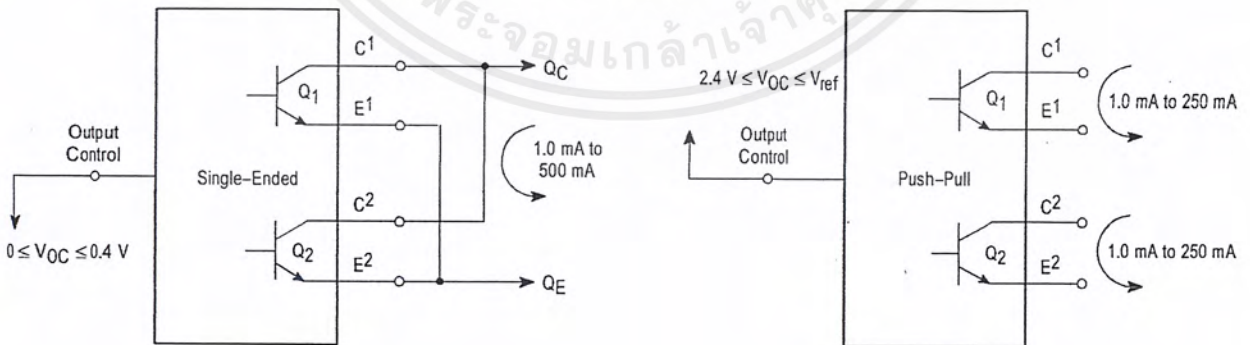


Figure 17. Output Connections for Single-Ended and Push-Pull Configurations



TL494

Figure 18. Slaving Two or More Control Circuits

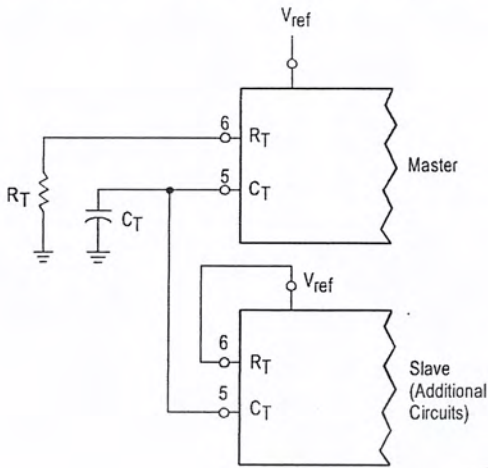


Figure 19. Operation with $V_{in} > 40\text{ V}$ Using External Zener

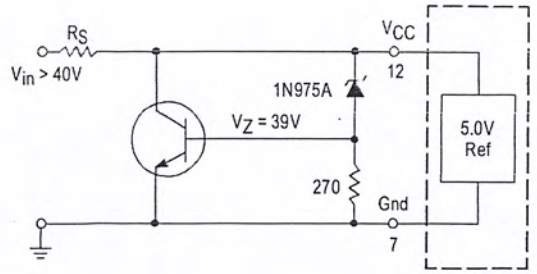
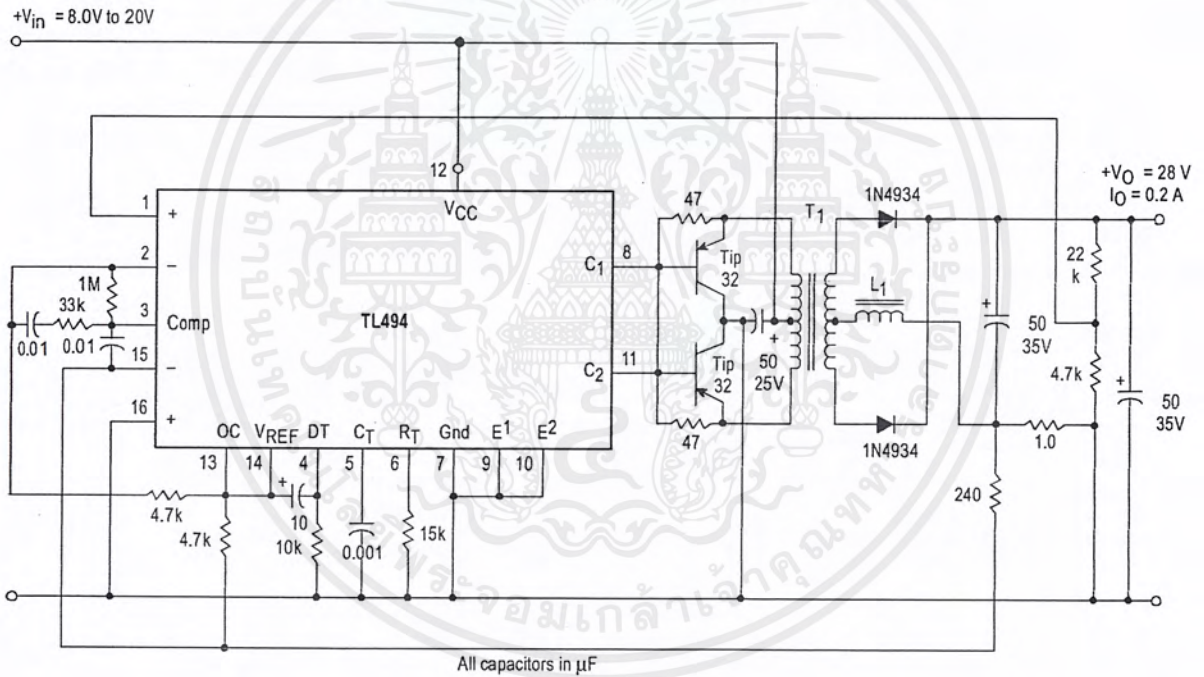


Figure 20. Pulse Width Modulated Push-Pull Converter

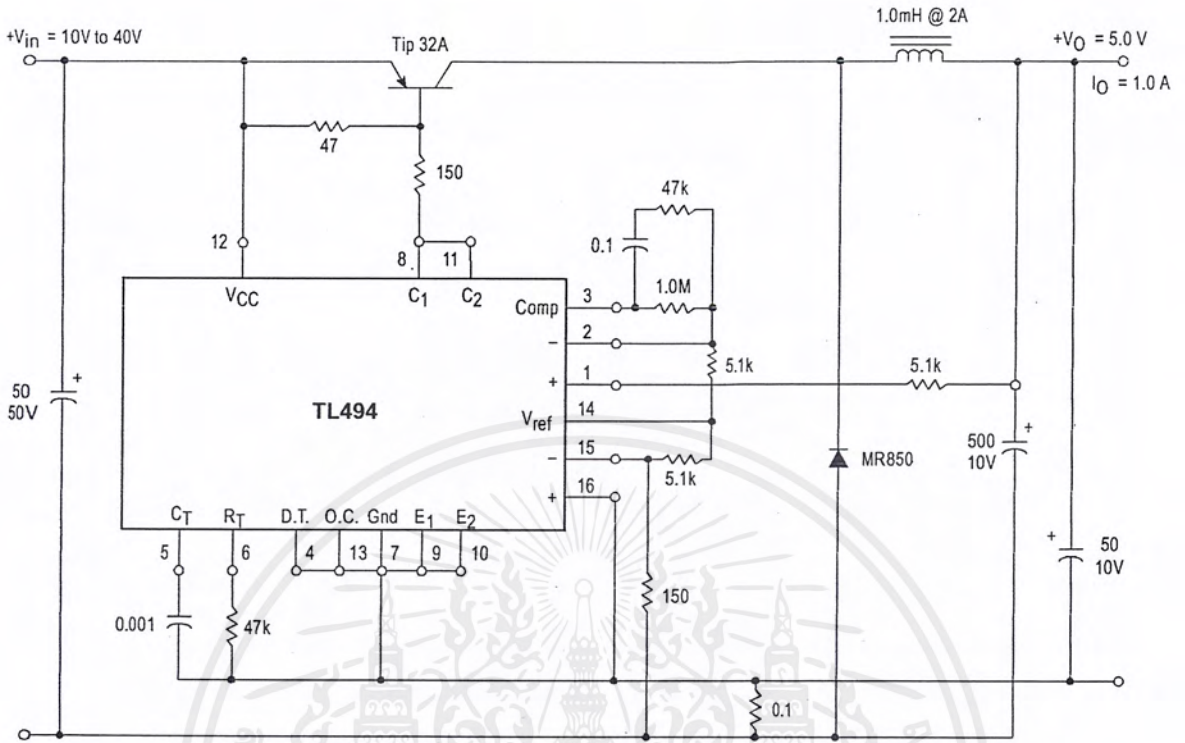


Test	Conditions	Results
Line Regulation	$V_{in} = 10\text{ V to }40\text{ V}$	14 mV 0.28%
Load Regulation	$V_{in} = 28\text{ V}, I_O = 1.0\text{ mA to }1.0\text{ A}$	3.0 mV 0.06%
Output Ripple	$V_{in} = 28\text{ V}, I_O = 1.0\text{ A}$	65 mV pp P.A.R.D.
Short Circuit Current	$V_{in} = 28\text{ V}, R_L = 0.1\ \Omega$	1.6 A
Efficiency	$V_{in} = 28\text{ V}, I_O = 1.0\text{ A}$	71%

L1 - 3.5 mH @ 0.3 A
 T1 - Primary: 20T C.T. #28 AWG
 Secondary: 120T C.T. #36 AWG
 Core: Ferroxcube 1408P-L00-3CB

TL494

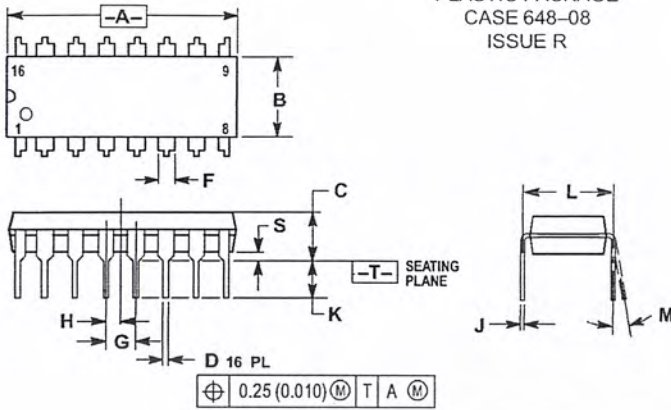
Figure 21. Pulse Width Modulated Step-Down Converter



Test	Conditions	Results
Line Regulation	$V_{in} = 8.0 \text{ V to } 40 \text{ V}$	3.0 mV 0.01%
Load Regulation	$V_{in} = 12.6 \text{ V}, I_O = 0.2 \text{ mA to } 200 \text{ mA}$	5.0 mV 0.02%
Output Ripple	$V_{in} = 12.6 \text{ V}, I_O = 200 \text{ mA}$	40 mV pp P.A.R.D.
Short Circuit Current	$V_{in} = 12.6 \text{ V}, R_L = 0.1 \Omega$	250 mA
Efficiency	$V_{in} = 12.6 \text{ V}, I_O = 200 \text{ mA}$	72%

TL494 OUTLINE DIMENSIONS

N SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 648-08 ISSUE R

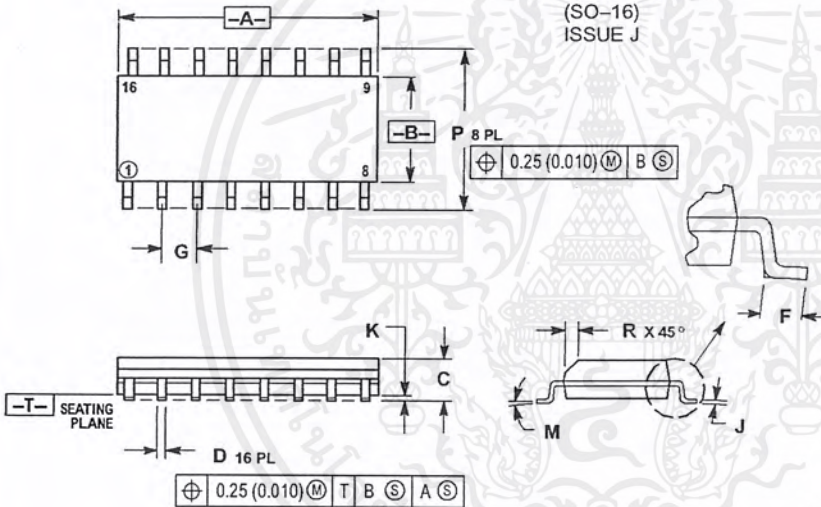


NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.740	0.770	18.80	19.55
B	0.250	0.270	6.35	6.85
C	0.145	0.175	3.69	4.44
D	0.015	0.021	0.39	0.53
F	0.040	0.70	1.02	1.77
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.050 BSC		1.27 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.110	0.130	2.80	3.30
L	0.295	0.305	7.50	7.74
M	0°		10°	
S	0.020	0.040	0.51	1.01

D SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 751B-05 (SO-16) ISSUE J




NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	9.80	10.00	0.386	0.393
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°		7°	
P	5.80	6.20	0.229	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019



Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola datasheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and  registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:

USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution; P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447 or 602-303-5454

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center, 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com – TOUCHTONE 602-244-6609
INTERNET: <http://Design-NET.com>

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park, 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MC14049B, MC14050B

Hex Buffer

The MC14049B Hex Inverter/Buffer and MC14050B Noninverting Hex Buffer are constructed with MOS P-Channel and N-Channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. These complementary MOS devices find primary use where low power dissipation and/or high noise immunity is desired. These devices provide logic level conversion using only one supply voltage, V_{DD} .

The input-signal high level (V_{IH}) can exceed the V_{DD} supply voltage for logic level conversions. Two TTL/DTL loads can be driven when the devices are used as a CMOS-to-TTL/DTL converter ($V_{DD} = 5.0\text{ V}$, $V_{OL} \leq 0.4\text{ V}$, $I_{OL} \geq 3.2\text{ mA}$).

Note that pins 13 and 16 are not connected internally on these devices; consequently connections to these terminals will not affect circuit operation.

- High Source and Sink Currents
- High-to-Low Level Converter
- Supply Voltage Range = 3.0 V to 18 V
- V_{IN} can exceed V_{DD}
- Meets JEDEC B Specifications
- Improved ESD Protection On All Inputs

MAXIMUM RATINGS (Voltages Referenced to V_{SS}) (Note 2.)

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage Range	-0.5 to +18.0	V
V_{in}	Input Voltage Range (DC or Transient)	-0.5 to +18.0	V
V_{out}	Output Voltage Range (DC or Transient)	-0.5 to $V_{DD} + 0.5$	V
I_{in}	Input Current (DC or Transient) per Pin	± 10	mA
I_{out}	Output Current (DC or Transient) per Pin	± 45	mA
P_D	Power Dissipation, per Package (Note 3.) (Plastic) (SOIC)	825 740	mW
T_A	Ambient Temperature Range	-55 to +125	$^{\circ}\text{C}$
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +150	$^{\circ}\text{C}$
T_L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	$^{\circ}\text{C}$

2. Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

3. Temperature Derating: See Figure 3.

This device contains protection circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages or electric fields referenced to the V_{SS} pin only. Extra precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than the maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, the ranges $V_{SS} \leq V_{in} \leq 18\text{ V}$ and $V_{SS} \leq V_{out} \leq V_{DD}$ are recommended.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.



ON Semiconductor

<http://onsemi.com>



PDIP-16
P SUFFIX
CASE 648



SOIC-16
D SUFFIX
CASE 751B



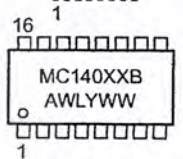
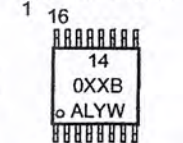
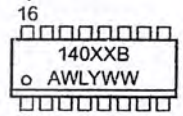
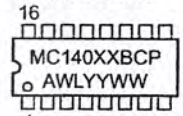
TSSOP-16
DT SUFFIX
CASE 948F



SOEIAJ-16
F SUFFIX
CASE 966

XX = Specific Device Code
A = Assembly Location
WL or L = Wafer Lot
YY or Y = Year
WW or W = Work Week

MARKING DIAGRAMS



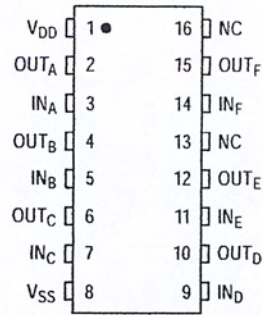
ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
MC14049BCP	PDIP-16	2000/Box
MC14049BD	SOIC-16	2400/Box
MC14049BDR2	SOIC-16	2500/Tape & Reel
MC14049BF	SOEIAJ-16	See Note 1.
MC14050BCP	PDIP-16	2000/Box
MC14050BD	SOIC-16	2400/Box
MC14050BDR2	SOIC-16	2500/Tape & Reel
MC14050BDTEL	TSSOP-16	2000/Tape & Reel
MC14050BF	SOEIAJ-16	See Note 1.
MC14050BFEL	SOEIAJ-16	See Note 1.

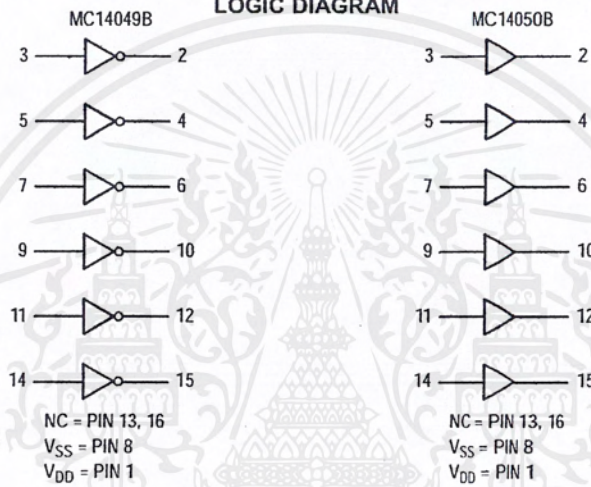
1. For ordering information on the EIAJ version of the SOIC packages, please contact your local ON Semiconductor representative.

MC14049B, MC14050B

PIN ASSIGNMENT



LOGIC DIAGRAM



MC14049B, MC14050B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V _{DD} Vdc	- 55°C		+ 25°C			+ 125°C		Unit
			Min	Max	Min	Typ (4.)	Max	Min	Max	
Output Voltage V _{in} = V _{DD} V _{in} = 0	"0" Level V _{OL}	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	Vdc
		10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
		15	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
	"1" Level V _{OH}	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—	Vdc
		10	9.95	—	9.95	10	—	9.95	—	
		15	14.95	—	14.95	15	—	14.95	—	
Input Voltage (V _O = 4.5 Vdc) (V _O = 9.0 Vdc) (V _O = 13.5 Vdc) (V _O = 0.5 Vdc) (V _O = 1.0 Vdc) (V _O = 1.5 Vdc)	"0" Level V _{IL}	5.0	—	1.5	—	2.25	1.5	—	1.5	Vdc
		10	—	3.0	—	4.50	3.0	—	3.0	
		15	—	4.0	—	6.75	4.0	—	4.0	
	"1" Level V _{IH}	5.0	3.5	—	3.5	2.75	—	3.5	—	Vdc
		10	7.0	—	7.0	5.50	—	7.0	—	
		15	11	—	11	8.25	—	11	—	
Output Drive Current (V _{OH} = 2.5 Vdc) (V _{OH} = 9.5 Vdc) (V _{OH} = 13.5 Vdc) (V _{OL} = 0.4 Vdc) (V _{OL} = 0.5 Vdc) (V _{OL} = 1.5 Vdc)	Source I _{OH}	5.0	-1.6	—	-1.25	-2.5	—	-1.0	—	mAdc
		10	-1.6	—	-1.30	-2.6	—	-1.0	—	
		15	-4.7	—	-3.75	-10	—	-3.0	—	
	Sink I _{OL}	5.0	3.75	—	3.2	6.0	—	2.6	—	mAdc
		10	10	—	8.0	16	—	6.6	—	
		15	30	—	24	40	—	19	—	
Input Current	I _{in}	15	—	±0.1	—	±0.00001	±0.1	—	±1.0	μAdc
Input Capacitance (V _{in} = 0)	C _{in}	—	—	—	—	10	20	—	—	pF
Quiescent Current (Per Package)	I _{DD}	5.0	—	1.0	—	0.002	1.0	—	30	μAdc
		10	—	2.0	—	0.004	2.0	—	60	
		15	—	4.0	—	0.006	4.0	—	120	
Total Supply Current (5.) (6.) (Dynamic plus Quiescent, per package) (C _L = 50 pF on all outputs, all buffers switching)	I _T	5.0 10 15	$I_T = (1.8 \mu\text{A/kHz}) f + I_{DD}$ $I_T = (3.5 \mu\text{A/kHz}) f + I_{DD}$ $I_T = (5.3 \mu\text{A/kHz}) f + I_{DD}$							μAdc

4. Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

5. The formulas given are for the typical characteristics only at + 25°C

6. To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

$$I_T(C_L) = I_T(50 \text{ pF}) + (C_L - 50) Vfk$$

Where: I_T is in μA (per Package), C_L in pF, V = (V_{DD} - V_{SS}) in volts, f in kHz is input frequency and k = 0.002.

MC14049B, MC14050B

AC SWITCHING CHARACTERISTICS (7.) ($C_L = 50 \text{ pF}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$)

Characteristic	Symbol	V_{DD} Vdc	Min	Typ (8.)	Max	Unit
Output Rise Time $t_{TLH} = (0.7 \text{ ns/pF}) C_L + 65 \text{ ns}$ $t_{TLH} = (0.25 \text{ ns/pF}) C_L + 37.5 \text{ ns}$ $t_{TLH} = (0.2 \text{ ns/pF}) C_L + 30 \text{ ns}$	t_{TLH}	5.0 10 15	— — —	100 50 40	160 80 60	ns
Output Fall Time $t_{THL} = (0.2 \text{ ns/pF}) C_L + 30 \text{ ns}$ $t_{THL} = (0.06 \text{ ns/pF}) C_L + 17 \text{ ns}$ $t_{THL} = (0.04 \text{ ns/pF}) C_L + 13 \text{ ns}$	t_{THL}	5.0 10 15	— — —	40 20 15	60 40 30	ns
Propagation Delay Time $t_{PLH} = (0.33 \text{ ns/pF}) C_L + 63.5 \text{ ns}$ $t_{PLH} = (0.19 \text{ ns/pF}) C_L + 30.5 \text{ ns}$ $t_{PLH} = (0.06 \text{ ns/pF}) C_L + 27 \text{ ns}$	t_{PLH}	5.0 10 15	— — —	80 40 30	140 80 60	ns
Propagation Delay Time $t_{PHL} = (0.2 \text{ ns/pF}) C_L + 30 \text{ ns}$ $t_{PHL} = (0.1 \text{ ns/pF}) C_L + 15 \text{ ns}$ $t_{PHL} = (0.05 \text{ ns/pF}) C_L + 12.5 \text{ ns}$	t_{PHL}	5.0 10 15	— — —	40 20 15	80 40 30	ns

7. The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C .

8. Data labeled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

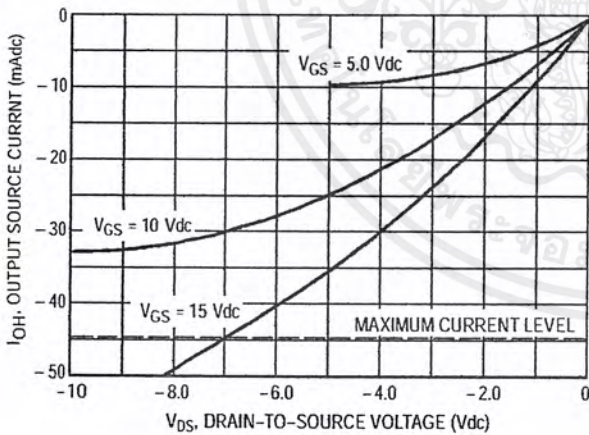
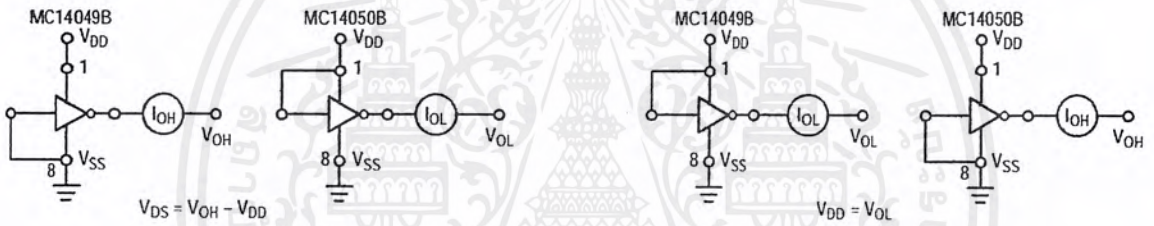


Figure 1. Typical Output Source Characteristics

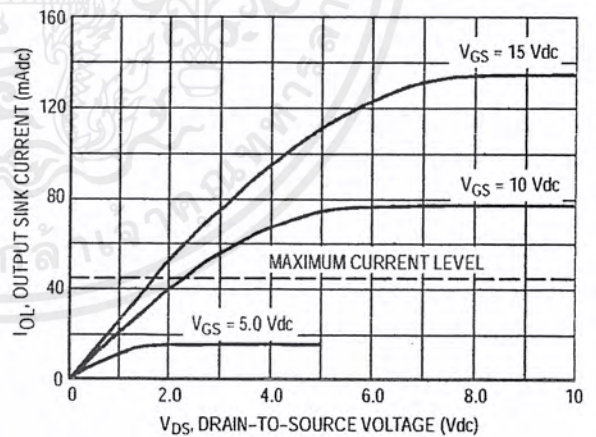


Figure 2. Typical Output Sink Characteristics

MC14049B, MC14050B

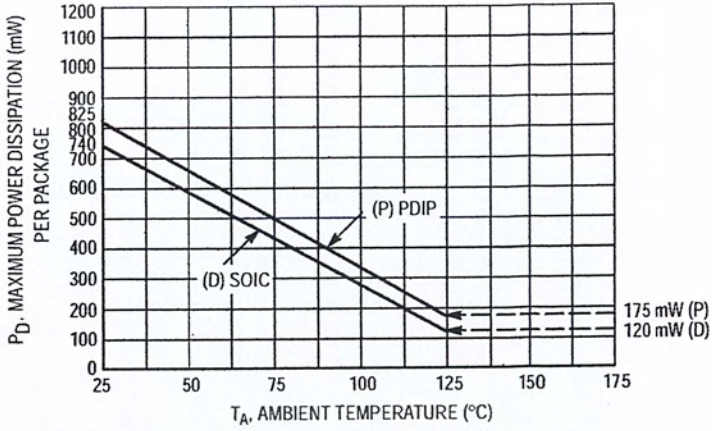


Figure 3. Ambient Temperature Power Derating

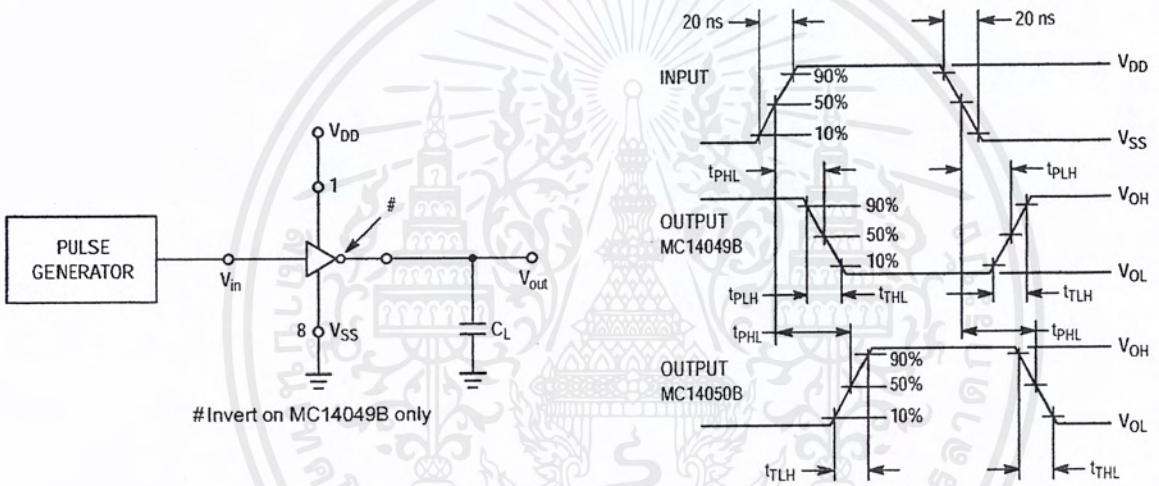
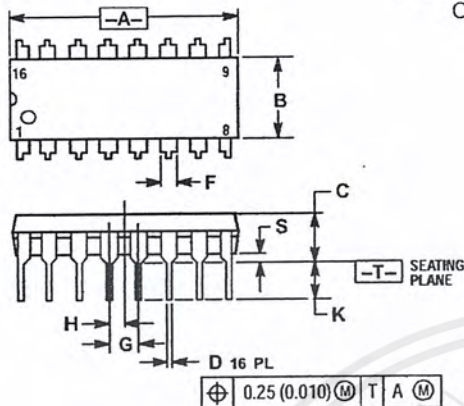


Figure 4. Switching Time Test Circuit and Waveforms

MC14049B, MC14050B

PACKAGE DIMENSIONS

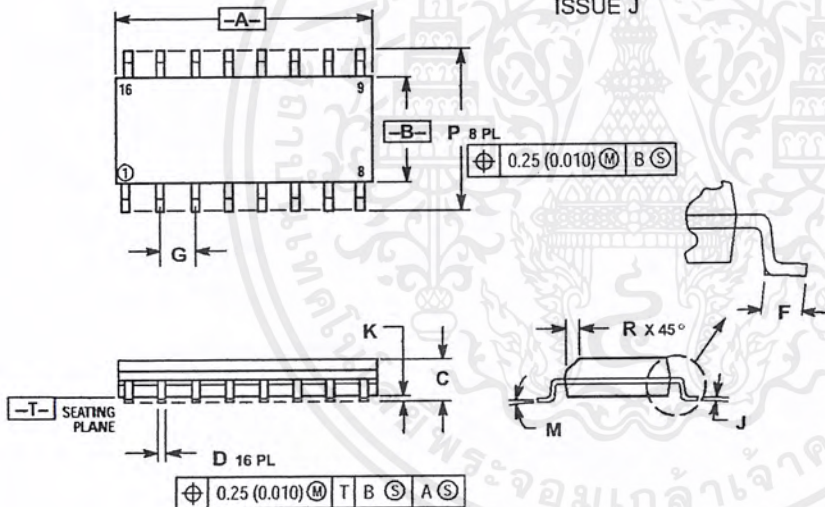
PDIP-16
P SUFFIX
PLASTIC DIP PACKAGE
CASE 648-08
ISSUE R



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
 4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
 5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.740	0.770	18.80	19.55
B	0.250	0.270	6.35	6.85
C	0.145	0.175	3.69	4.44
D	0.015	0.021	0.39	0.53
F	0.040	0.70	1.02	1.77
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.050 BSC		1.27 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.110	0.130	2.80	3.30
L	0.295	0.305	7.50	7.74
M	0°	10°	0°	10°
S	0.020	0.040	0.51	1.01

SOIC-16
D SUFFIX
PLASTIC SOIC PACKAGE
CASE 751B-05
ISSUE J



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
 3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
 5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

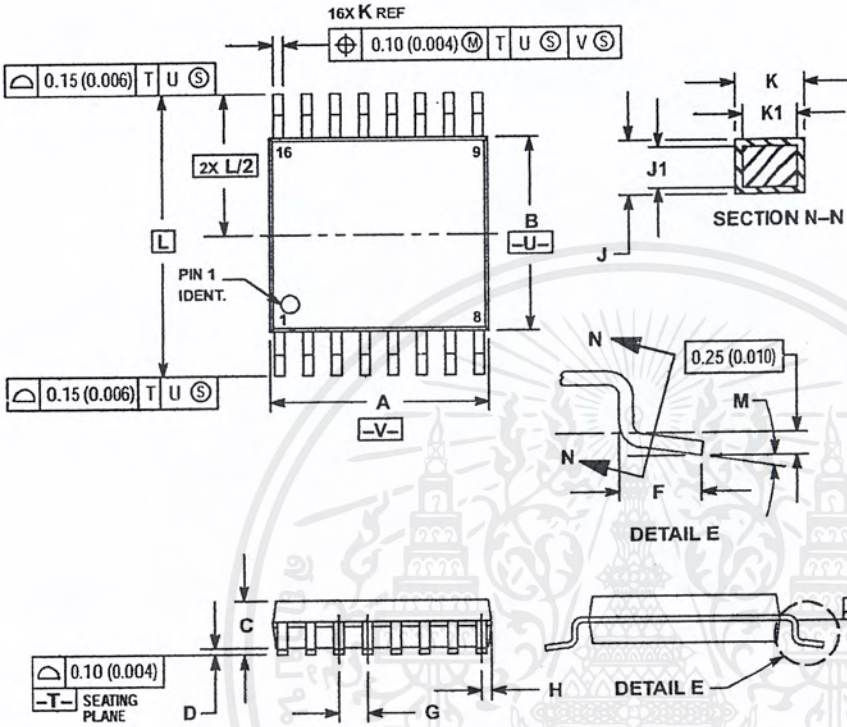
DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	9.80	10.00	0.386	0.393
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.229	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14049B, MC14050B

PACKAGE DIMENSIONS

TSSOP-16
DT SUFFIX
PLASTIC TSSOP PACKAGE
CASE 948F-01
ISSUE O



NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSION A DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH. PROTRUSIONS OR GATE BURRS. MOLD FLASH OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.15 (0.006) PER SIDE.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION. INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION SHALL NOT EXCEED 0.25 (0.010) PER SIDE.
5. DIMENSION K DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.08 (0.003) TOTAL IN EXCESS OF THE K DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
6. TERMINAL NUMBERS ARE SHOWN FOR REFERENCE ONLY.
7. DIMENSION A AND B ARE TO BE DETERMINED AT DATUM PLANE -W-.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.90	5.10	0.193	0.200
B	4.30	4.50	0.169	0.177
C	---	1.20	---	0.047
D	0.05	0.15	0.002	0.006
F	0.50	0.75	0.020	0.030
G	0.65 BSC		0.026 BSC	
H	0.18	0.28	0.007	0.011
J	0.09	0.20	0.004	0.008
J1	0.09	0.16	0.004	0.006
K	0.19	0.30	0.007	0.012
K1	0.19	0.25	0.007	0.010
L	6.40 BSC		0.252 BSC	
M	0°	8°	0°	8°

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

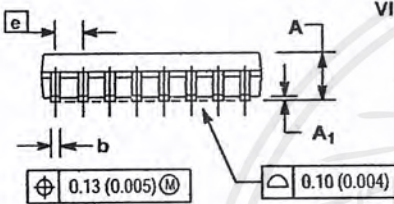
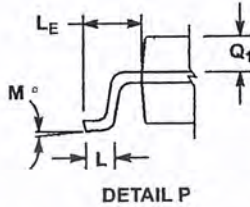
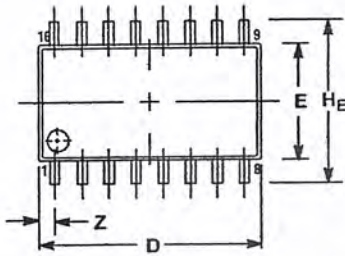
MC14049B, MC14050B

PACKAGE DIMENSIONS

SOEIAJ-16
F SUFFIX
PLASTIC EIAJ SOIC PACKAGE
CASE 966-01
ISSUE 0

NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS D AND E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH OR PROTRUSIONS AND ARE MEASURED AT THE PARTING LINE. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS SHALL NOT EXCEED 0.15 (0.006) PER SIDE.
4. TERMINAL NUMBERS ARE SHOWN FOR REFERENCE ONLY.
5. THE LEAD WIDTH DIMENSION (b) DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.08 (0.003) TOTAL IN EXCESS OF THE LEAD WIDTH DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION. DAMBAR CANNOT BE LOCATED ON THE LOWER RADIUS OR THE FOOT. MINIMUM SPACE BETWEEN PROTRUSIONS AND ADJACENT LEAD TO BE 0.46 (0.018).



DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	---	2.05	---	0.081
A ₁	0.05	0.20	0.002	0.008
b	0.35	0.50	0.014	0.020
c	0.18	0.27	0.007	0.011
D	8.90	10.50	0.350	0.413
E	5.10	5.45	0.201	0.215
e	1.27 BSC		0.050 BSC	
HE	7.40	8.20	0.291	0.323
I	0.50	0.85	0.020	0.033
L _F	1.10	1.50	0.043	0.059
M	0°	10°	0°	10°
Q ₁	0.70	0.90	0.028	0.035
Z	---	0.78	---	0.031

ON Semiconductor and are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

NORTH AMERICA Literature Fulfillment:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: ONlit@hibbertco.com
Fax Response Line: 303-675-2167 or 800-344-3810 Toll Free USA/Canada

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free USA/Canada

EUROPE: LDC for ON Semiconductor - European Support

German Phone: (+1) 303-308-7140 (M-F 1:00pm to 5:00pm Munich Time)
Email: ONlit-german@hibbertco.com
French Phone: (+1) 303-308-7141 (M-F 1:00pm to 5:00pm Toulouse Time)
Email: ONlit-french@hibbertco.com
English Phone: (+1) 303-308-7142 (M-F 12:00pm to 5:00pm UK Time)
Email: ONlit@hibbertco.com

EUROPEAN TOLL-FREE ACCESS*: 00-800-4422-3781

*Available from Germany, France, Italy, England, Ireland

CENTRAL/SOUTH AMERICA:

Spanish Phone: 303-308-7143 (Mon-Fri 8:00am to 5:00pm MST)
Email: ONlit-spanish@hibbertco.com

ASIA/PACIFIC: LDC for ON Semiconductor - Asia Support

Phone: 303-675-2121 (Tue-Fri 9:00am to 1:00pm, Hong Kong Time)
Toll Free from Hong Kong & Singapore:
001-800-4422-3781
Email: ONlit-asia@hibbertco.com

JAPAN: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center

4-32-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan 141-8549
Phone: 81-3-5740-2745
Email: r14525@onsemi.com

ON Semiconductor Website: <http://onsemi.com>

For additional information, please contact your local Sales Representative.

MC14049B/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2803A DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY

SLRS049 – FEBRUARY 1997

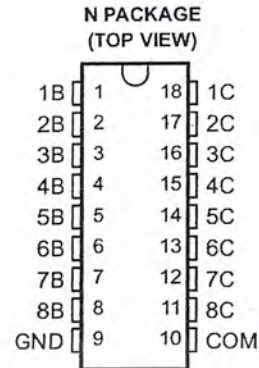
- 500 mA Rated Collector Current (Single Output)
- High-Voltage Outputs . . . 50 V
- Output Clamp Diodes
- Inputs Compatible With Various Types of Logic
- Relay Driver Applications
- Compatible with ULN2800A Series

description

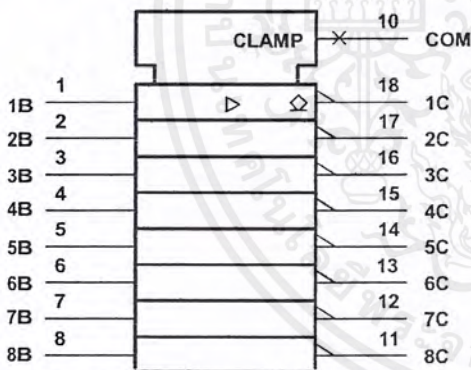
The ULN2803A is a monolithic high-voltage, high-current Darlington transistor array. The device consists of eight npn Darlington pairs that feature high-voltage outputs with common-cathode clamp diodes for switching inductive loads. The collector-current rating of each Darlington pair is 500 mA. The Darlington pairs may be paralleled for higher current capability.

Applications include relay drivers, hammer drivers, lamp drivers, display drivers (LED and gas discharge), line drivers, and logic buffers. The ULN2803A has a 2.7-k Ω series base resistor for each Darlington pair for operation directly with TTL or 5-V CMOS devices.

The ULN2803A is offered in a standard 18-pin dual in-line (N) package. The device is characterized for operation over the temperature range of -20°C to 85°C.

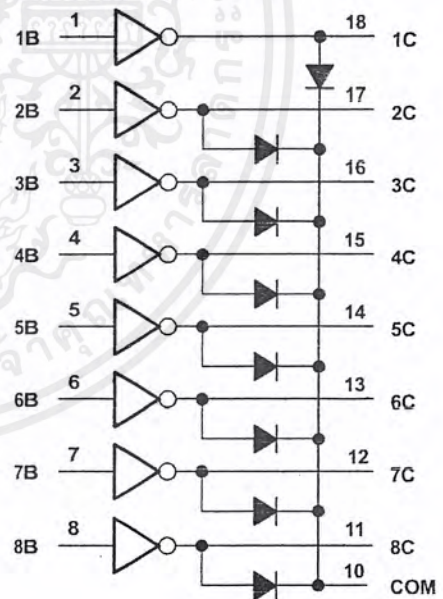


logic symbol†



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

logic diagram (positive logic)



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

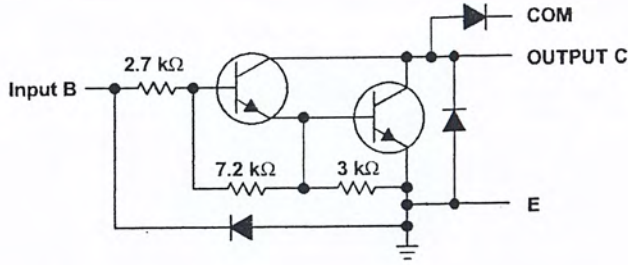
Copyright © 1997, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2803A DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY

SLRS049 – FEBRUARY 1997

schematic (each Darlington pair)

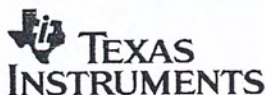


absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)†

Collector-emitter voltage	50 V
Input voltage (see Note 1)	30 V
Continuous collector current	500 mA
Output clamp diode current	500 mA
Total substrate-terminal current	-2.5 A
Continuous dissipation at (or below) 25°C free-air temperature	1150 mW
Operating free-air temperature range, T_A	-20°C to 85°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds:	260°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 voltages values, unless otherwise noted, are with respect to the emitter/substrate terminal GND.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2803A DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY

SLRS049 – FEBRUARY 1997

electrical characteristics at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
I_{CEX}	Collector cutoff current	$V_{CE} = 50\text{ V}$, See Figure 1			50	μA
$I_{I(off)}$	Off-state input current	$V_{CE} = 50\text{ V}$, $T_A = 70^\circ\text{C}$, $I_C = 500\ \mu\text{A}$, See Figure 2	50	65		μA
$I_{I(on)}$	Input current	$V_I = 3.85\text{ V}$, See Figure 3		0.93	1.35	mA
$V_{I(on)}$	On-state input voltage	$V_{CE} = 2\text{ V}$, See Figure 4			2.4	V
					2.7	
					3	
$V_{CE(sat)}$	Collector emitter saturation voltage	$I_I = 250\ \mu\text{A}$, See Figure 5	$I_C = 100\text{ mA}$,	0.9	1.1	V
		$I_I = 350\ \mu\text{A}$, See Figure 5	$I_C = 200\text{ mA}$,	1	1.3	
		$I_I = 500\ \mu\text{A}$, See Figure 5	$I_C = 350\text{ mA}$,	1.3	1.6	
I_R	Clamp diode reverse current	$V_R = 50\text{ V}$, See Figure 6			50	μA
V_F	Clamp diode forward voltage	$I_F = 350\text{ mA}$, See Figure 7		1.7	2	V
C_i	Input capacitance	$V_I = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$		15	25	pF

switching characteristics at 25°C free-air temperature

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	$V_S = 50\text{ V}$, $R_L = 163\ \Omega$,		130		ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low level output	$C_L = 15\text{ pF}$, See Figure 8		20		
V_{OH}	High-level output voltage after switching	$V_S = 50\text{ V}$, See Figure 9	$V_S - 20$			mV



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ULN2803A
DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY**

SLRS049 – FEBRUARY 1997

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

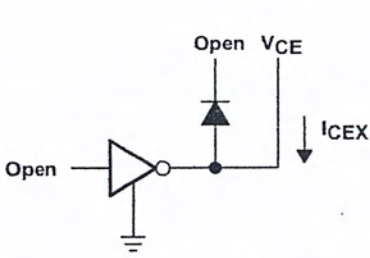


Figure 1. I_{CEX} Test Circuit

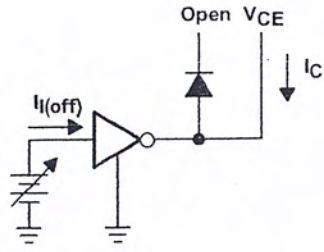


Figure 2. $I_{I(off)}$ Test Circuit

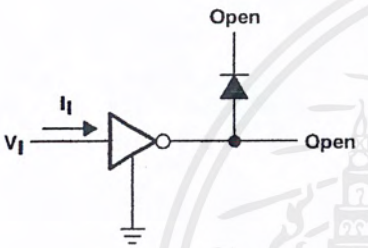


Figure 3. $I_{I(on)}$ Test Circuit

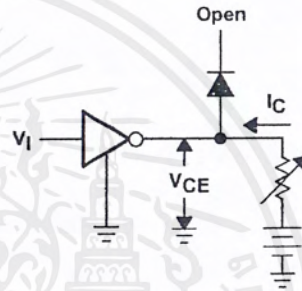


Figure 4. $V_{I(on)}$ Test Circuit

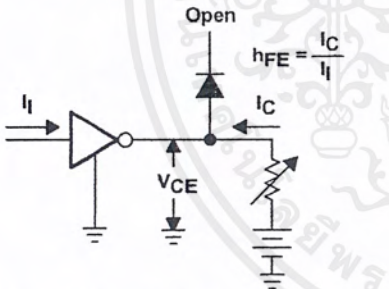


Figure 5. h_{FE} , $V_{CE(sat)}$ Test Circuit

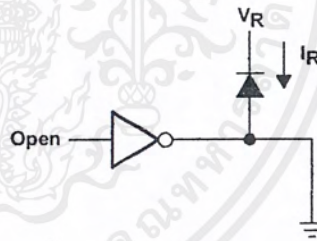


Figure 6. I_R Test Circuit



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

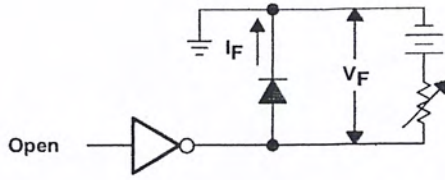
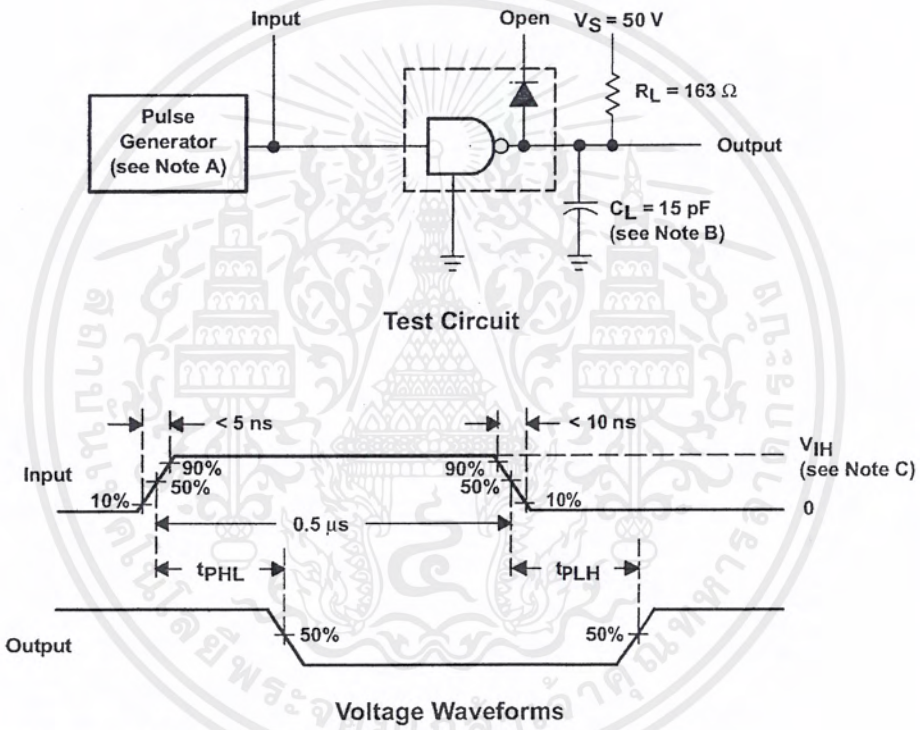


Figure 7. V_F Test Circuit



Voltage Waveforms

- NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: PRR = 1 MHz, $Z_O = 50 \Omega$
 B. C_L includes probe and jig capacitance.
 C. $V_{IH} = 3 \text{ V}$

Figure 8. Propagation Delay Times

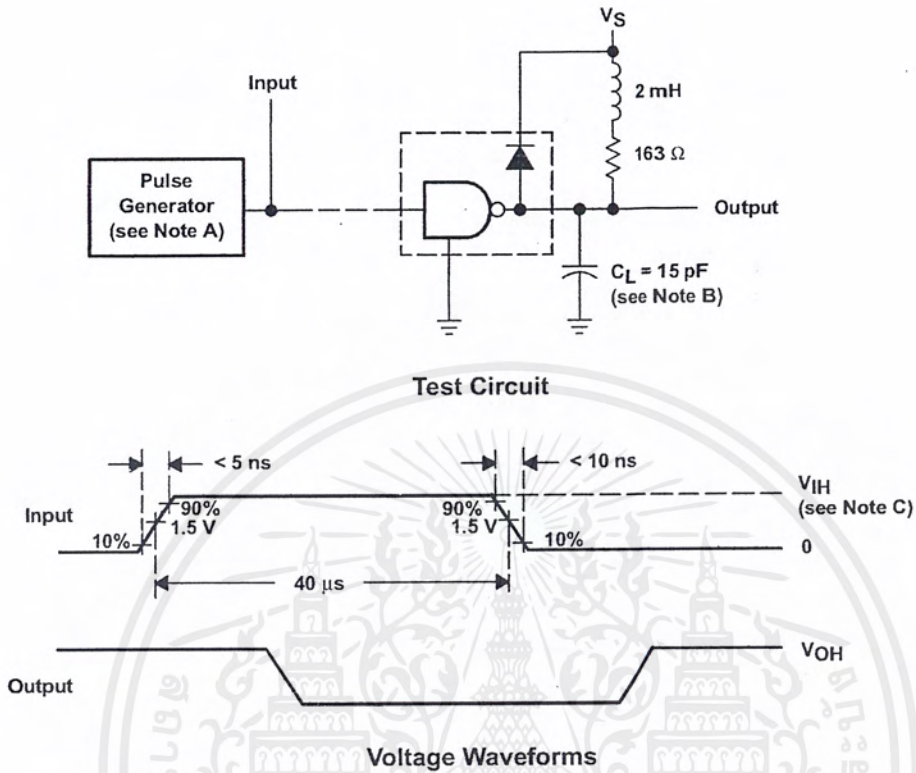


POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

ULN2803A DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY

SLRS049 – FEBRUARY 1997

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



- NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: PRR = 12.5 KHz, $Z_0 = 50 \Omega$.
 B. C_L includes probe and jig capacitance.
 C. $V_{IH} = 3 \text{ V}$

Figure 9. Latch-Up Test



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 © 1998, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



6-Pin DIP Optoisolators Logic Output

The H11L1 and H11L2 have a gallium arsenide IRED optically coupled to a high-speed integrated detector with Schmitt trigger output. Designed for applications requiring electrical isolation, fast response time, noise immunity and digital logic compatibility.

- Guaranteed Switching Times — $t_{on}, t_{off} < 4 \mu s$
- Built-In On/Off Threshold Hysteresis
- High Data Rate, 1 MHz Typical (NRZ)
- Wide Supply Voltage Capability
- Microprocessor Compatible Drive
- **To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.**

Applications

- Interfacing Computer Terminals to Peripheral Equipment
- Digital Control of Power Supplies
- Line Receiver — Eliminates Noise
- Digital Control of Motors and Other Servo Machine Applications
- Logic to Logic Isolator
- Logic Level Shifter — Couples TTL to CMOS

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ C$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
--------	--------	-------	------

INPUT LED

Reverse Voltage	V_R	6	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
— Peak		1.2	Amp
Pulse Width = 300 μs , 2% Duty Cycle			
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ C$	P_D	120	mW
Derate above $25^\circ C$		1.41	mW/ $^\circ C$

OUTPUT DETECTOR

Output Voltage Range	V_o	0–16	Volts
Supply Voltage Range	V_{CC}	3–16	Volts
Output Current	I_O	50	mA
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ C$	P_D	150	mW
Derate above $25^\circ C$		1.76	mW/ $^\circ C$

TOTAL DEVICE

Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ C$	P_D	250	mW
Derate above $25^\circ C$		2.94	mW/ $^\circ C$
Maximum Operating Temperature ⁽²⁾	T_A	–40 to +85	$^\circ C$
Storage Temperature Range ⁽²⁾	T_{stg}	–55 to +150	$^\circ C$
Soldering Temperature (10 s)	T_L	260	$^\circ C$
Isolation Surge Voltage (Pk ac Voltage, 60 Hz, 1 Second Duration) ⁽¹⁾	V_{ISO}	7500	Vac(pk)

1. Isolation surge voltage is an internal device dielectric breakdown rating.
For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.
 2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.
- Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.
GlobalOptoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

REV 1

© Motorola, Inc. 1995

H11L1*
[IF(on) = 1.6 mA Max]
H11L2
[IF(on) = 10 mA Max]
*Motorola Preferred Device

STYLE 5 PLASTIC

STANDARD THRU HOLE
CASE 730A-04

SCHEMATIC

PIN 1. ANODE
2. CATHODE
3. NC
4. OPEN COLLECTOR
OUTPUT
5. GND
6. V_{CC}



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H11L1 H11L2

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)⁽¹⁾

Characteristic	Symbol	Min	Typ ⁽¹⁾	Max	Unit
INPUT LED					
Reverse Leakage Current (V _R = 3 V, R _L = 1 MΩ)	I _R	—	0.05	10	μA
Forward Voltage (I _F = 10 mA (I _F = 0.3 mA))	V _F	— 0.75	1.2 0.95	1.5 —	Volts
Capacitance (V _R = 0 V, f = 1 MHz)	C	—	18	—	pF

OUTPUT DETECTOR

Operating Voltage	V _{CC}	3	—	15	Volts
Supply Current (I _F = 0, V _{CC} = 5 V)	I _{CC(off)}	—	1	5	mA
Output Current, High (I _F = 0, V _{CC} = V _O = 15 V)	I _{OH}	—	—	100	μA

COUPLED

Supply Current (I _F = I _{F(on)} , V _{CC} = 5 V)	I _{CC(on)}	—	1.6	5	mA
Output Voltage, Low (R _L = 270 Ω, V _{CC} = 5 V, I _F = I _{F(on)})	V _{OL}	—	0.2	0.4	Volts
Threshold Current, ON (R _L = 270 Ω, V _{CC} = 5 V)	H11L1	—	1.2	1.6	mA
	H11L2	—	—	10	
Threshold Current, OFF (R _L = 270 Ω, V _{CC} = 5 V)	H11L1	0.3	0.75	—	mA
	H11L2	0.3	—	—	
Hysteresis Ratio (R _L = 270 Ω, V _{CC} = 5 V)	$\frac{I_{F(off)}}{I_{F(on)}}$	0.5	0.75	0.9	
Isolation Voltage ⁽²⁾ 60 Hz, AC Peak, 1 second, T _A = 25°C	V _{ISO}	7500	—	—	Vac(pk)
Turn-On Time	t _{on}	—	1.2	4	μs
Fall Time	t _f	—	0.1	—	
Turn-Off Time	t _{off}	—	1.2	4	
Rise Time	t _r	—	0.1	—	

1. Always design to the specified minimum/maximum electrical limits (where applicable).
2. For this test, IRED Pins 1 and 2 are common and Output Gate Pins 4, 5, 6 are common.
3. R_L value effect on switching time is negligible.

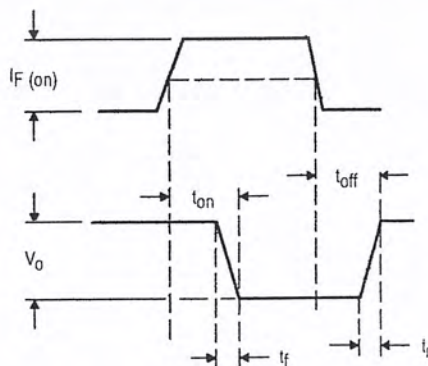
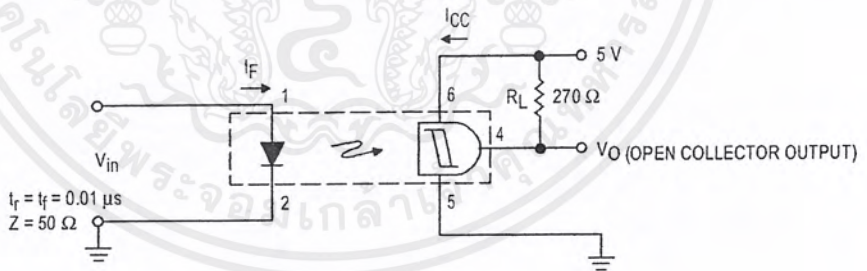


Figure 1. Switching Test Circuit

TYPICAL CHARACTERISTICS

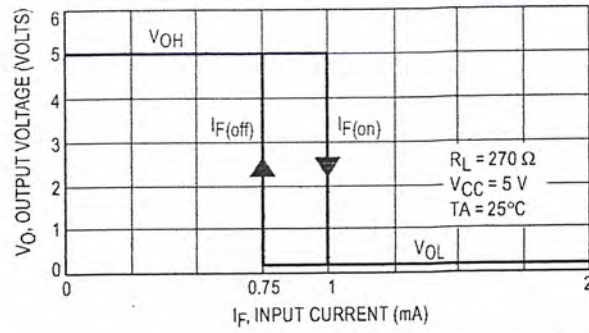


Figure 2. Transfer Characteristics for H11L1

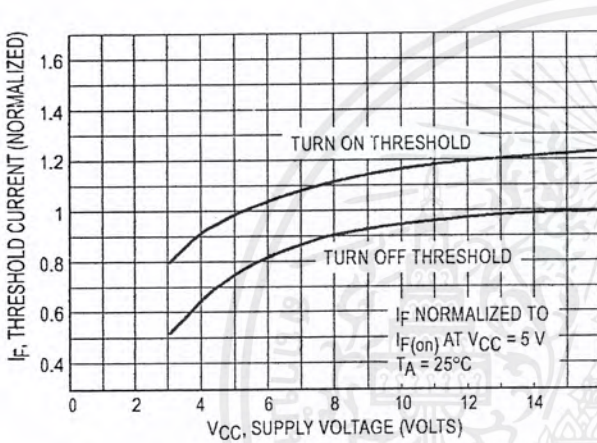


Figure 3. Threshold Current versus Supply Voltage

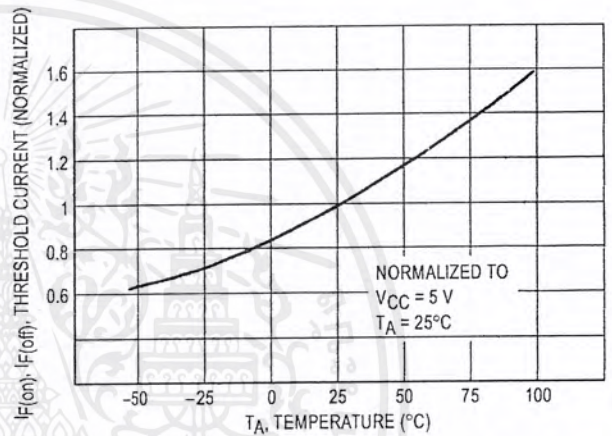


Figure 4. Threshold Current versus Temperature

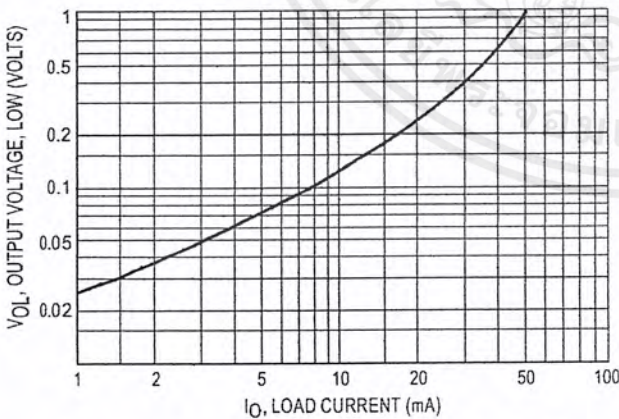


Figure 5. Output Voltage, Low versus Load Current

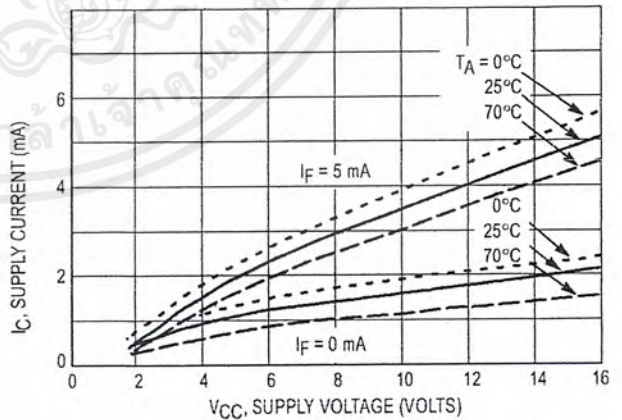


Figure 6. Supply Current versus Supply Voltage

H11L1 H11L2

PACKAGE DIMENSIONS

STYLE 5:
 PIN 1. ANODE
 2. CATHODE
 3. NC
 4. OUTPUT
 5. GROUND
 6. V_{CC}

NOTES:
 1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.320	0.350	8.13	8.89
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.115	0.200	2.93	5.08
D	0.016	0.020	0.41	0.50
E	0.040	0.070	1.02	1.77
F	0.010	0.014	0.25	0.36
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.008	0.012	0.21	0.30
K	0.100	0.150	2.54	3.81
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.015	0.100	0.38	2.54

⊕ 0.13 (0.005) (M) T A (M) B (M)

⊕ 0.13 (0.005) (M) T B (M) A (M)

**CASE 730A-04
ISSUE G**

NOTES:
 1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.

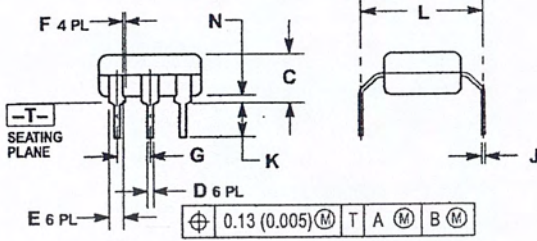
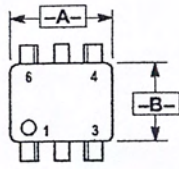
DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.320	0.350	8.13	8.89
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.115	0.200	2.93	5.08
D	0.016	0.020	0.41	0.50
E	0.040	0.070	1.02	1.77
F	0.010	0.014	0.25	0.36
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.020	0.025	0.51	0.63
J	0.008	0.012	0.20	0.30
K	0.006	0.035	0.16	0.88
L	0.320 BSC		8.13 BSC	
S	0.332	0.390	8.43	9.90

⊕ 0.13 (0.005) (M) T A (M) B (M)

⊕ 0.13 (0.005) (M) T B (M) A (M)

**CASE 730C-04
ISSUE D**

***Consult factory for leadform option availability**

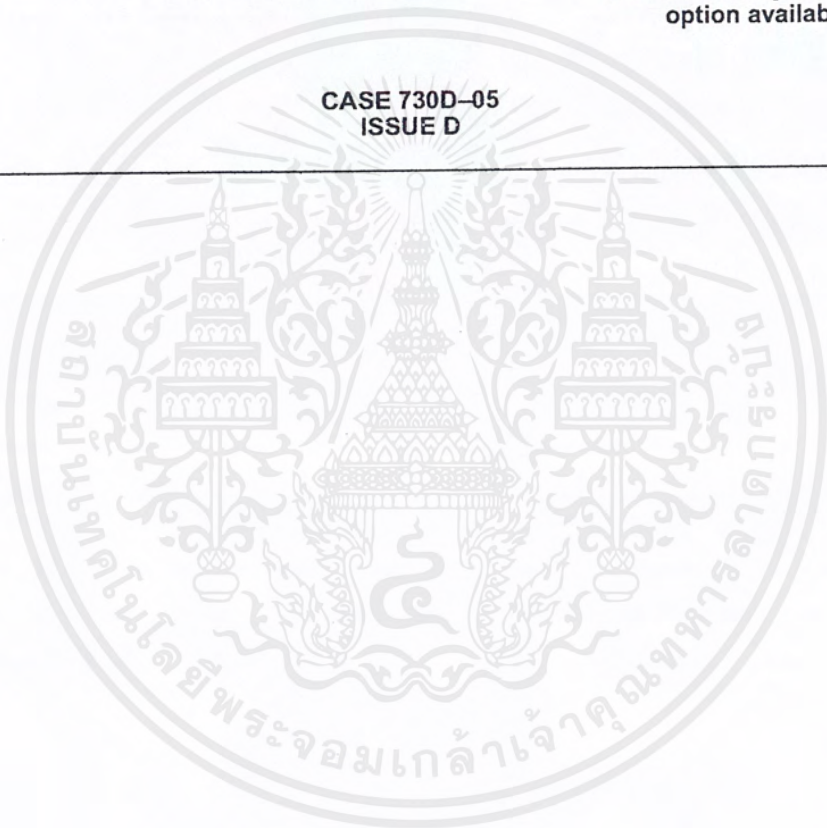


- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.320	0.350	8.13	8.89
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.115	0.200	2.93	5.08
D	0.016	0.020	0.41	0.50
E	0.040	0.070	1.02	1.77
F	0.010	0.014	0.25	0.36
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.008	0.012	0.21	0.30
K	0.100	0.150	2.54	3.81
L	0.400	0.425	10.16	10.80
N	0.015	0.040	0.38	1.02

*Consult factory for leadform option availability

CASE 730D-05
ISSUE D





Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters can and do vary in different applications. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and M are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:

USA/EUROPE: Motorola Literature Distribution;
P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, Toshikatsu Otsuki,
6F Seibu-Butsuryu-Center, 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-3521-8315

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com – TOUCHTONE (602) 244-6609
INTERNET: <http://Design-NET.com>

HONG KONG: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กิตติกรรมประกาศ

ขอมอบความสำเร็จของปริญญาบัตรฉบับนี้แด่ บิดา มารดา ที่คอยเป็นทุกสิ่งทุกอย่าง เป็นผู้ให้ที่ยิ่งใหญ่ของคณะผู้จัดทำ และปริญญาบัตรฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้เลย หากขาด ผ.ศ.ประภาส ไพรสุวรรณ อาจารย์สุรินทร์ คำฝอย อาจารย์ที่ปรึกษาผู้คอยช่วยเหลือตลอดการทำงาน ทั้งงานเบื้องหน้าและเบื้องหลัง อีกท่านหนึ่งที่ขาดไม่ได้คือ อาจารย์พรชัยศ ศรีปัญญาพงศ์ อาจารย์ประจำศูนย์บริการและพัฒนาวิศวกรรม ผู้ให้เทคนิค คำปรึกษา และ ความรู้ที่จำเป็นเกี่ยวกับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ และโดยเฉพาะเพื่อนๆและพี่น้องทุกคนที่ได้มีส่วนร่วมในความสำเร็จ และคอยช่วยเหลือในยามที่ล้มเหลวบ้างในบางครั้ง ขอบคุณมาๆครับ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนให้ ความรู้อันเป็นประโยชน์ ช่วยเติมเต็มในส่วนที่ขาด ว่ากล่าวในสิ่งที่เกิน ให้แก่คณะผู้จัดทำ ซึ่งจะได้ นำความรู้ที่มีค่านี้ ไปพัฒนาสังคมและประเทศชาติต่อไป

คณะผู้จัดทำ

นายพิรุฬห์

ช่วยเต็ม

นายอรรถพล

ศักดิ์สุริยะเดช

นายวัลลภ

ดีใจ

นายสนั่น

รันเรื่องฤทธิ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] Daniel W. Hart, "Introduction To Power Electronics", Prentice-Hall International, INC., 418p., 1997.
- [2] TR Crompton, "Battery Reference Book", Third Edition, Newnes, 850p., 2000.
- [3] F Lasnier and TG Ang, "Photovoltaic Engineering Handbook", Adam Hilger, Bristol and York, 548p., 1990
- [4] “รวมโครงการอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องจ่ายไฟ”, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 120 หน้า, 2539
- [5] สุวัฒน์ คั่น, “เทคนิคการออกแบบสวิทซ์เพาเวอร์ซีพพลาย”, บริษัท เอนเทคไทย, 254 หน้า, 2537
- [6] “แหล่งจ่ายไฟสำหรับนักอิเล็กทรอนิกส์ ชุด สวิตซ์เพาเวอร์ซีพพลาย”, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 74 หน้า, 2538

