

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หลอดไฟเตือนภัย
OBSTRUCTION LIGHT



T119524



โดย
นาย ฉัตรมงคล มุงคุณคำขาว
นาย ธนากร ชัยเดช
นาย พิษณุพงศ์ ไชยพิมุล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119524
วัน,เดือน,ปี..... 8 S.A. 2554

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

ปฏิญยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดไฟเตือนภัย
OBSTRUCTION LIGHT

โดย

นาย ฉัตรมงคล มุงคุณคำขาว	50010275
นาย ธนากร ชัยเดช	50010642
นาย พิษณุพงศ์ ไชยพิมูล	50011114

อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร. สิริภาพ ตู้อู่ประกาย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หลอดไฟเตือนภัย

OBSTRUCTION LIGHT

ผู้จัดทำ

1. นาย ฉัตรมงคล มุ่งคุณคำชาว 50010275
2. นาย ธนากร ชัยเดช 50010642
3. นาย พิษณุพงศ์ ไชยพิมูล 50011114



อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. ศิรภพ ตูประกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ต้องอาศัยความเมตตาและความอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่งจาก รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการงาน และ ดร.สิรภพ คู่ประภาส ที่ได้ให้คำแนะนำ รวมถึงให้คำปรึกษาในการแก้ไขข้อบกพร่อง และแสดงข้อคิดเห็นต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดีมาโดยตลอด ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือชี้แนะแนวทางในการทำงานมาโดยตลอด ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังซึ่งเป็นสถานที่ศึกษา และที่พักพิงมาตลอดสี่ปี

เหนือสิ่งอื่นใดคุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอขอบแต่ บิดา มารดา อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ฉัตรมงคล มุงคุณคำชาว
ธนากร ชัยเดช
พิชญพงศ์ ไชยพิมูล
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดไฟเตือนภัย

OBSTRUCTION LIGHT

โดย	นาย ฉัตรมงคล มุงคุณคำขาว	50010275
	นาย ธนากร ชัยเดช	50010642
	นาย พิษณุพงศ์ ไชยพิมูล	50011114

อาจารย์ที่ปรึกษา คร. สิริภพ ตู้ประกาย

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เสนอการออกแบบและศึกษาการควบคุมแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์เพื่อที่จะพัฒนาประสิทธิภาพการรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถรับความเข้มแสงที่สูงสุดในเวลาต่างๆ และนำกระแสที่ได้มาชาร์จกับแบตเตอรี่ เพื่อเป็นแหล่งสำรองไฟให้กับหลอดไฟเตือนภัยบนเสาสูง โดยอาศัยการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการควบคุมเซ็นเซอร์ ตรวจจับแสง โดยมีหลักการว่าเมื่อมีแสงน้อยหรือไม่มีแสงเซ็นเซอร์ จะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งงานให้หลอดไฟทำงาน

ABSTRACT

This thesis presents the design and study of solar controller that move follow the sun. In order to improve efficiency of solar cell to receive the maximum light intensity at various and the flow that comes with rechargeable batteries. The backup power source plays a light pole on high alert based on microcontroller which to control sensor when has low light or no light. The sensor send signal to the microcontroller for active.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 LED (LIGHT EMITTING DIODE)	3
2.1.1 โครงสร้างของแอลอีดี	6
2.1.2 การทำงานของไดโอด	7
2.2 LDR ตัวต้านทานไวแสง	8
2.2.1 โครงสร้างของ LDR	9
2.2.2 ผลตอบสนองทางไฟฟ้า	9
2.2.3 คุณสมบัติทางแสง	10
2.2.4 คุณสมบัติทางไฟฟ้า	11
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MICROCONTROLLER)	12
2.4 แบตเตอรี่ (BATTERY)	14
2.4.1 ชนิดของแบตเตอรี่	14
2.4.2 การต่อพ่วงแบตเตอรี่	15
2.4.3 ปัจจัยที่ทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.4 การบำรุงรักษาเบตเตอร์	20
2.5 เซลล์แสงอาทิตย์	22
2.5.1 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	23
2.5.2 พารามิเตอร์ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์	24
2.6 ไอซี NE555	27
2.6.1 การใช้งาน NE555	29
บทที่ 3 การออกแบบและการจัดทำโครงการ	30
3.1 บล็อกไดอะแกรมของ โครงการ	30
3.1.1 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์	30
3.1.2 การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์	34
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	36
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	36
บทที่ 4 ผลการทดลอง	37
4.1 LED OBSTRUCTION LIGHT	37
4.2 วงจรควบคุมหลอดไฟ	39
4.3 การทำงานของหลอดไฟเตือนภัย (OBSTRUCTION LIGHT)	40
4. 4 ผลการทดลองวงจรชาร์ตเบตเตอร์	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	43
5.1 สรุปผลการทดลอง	43
5.2 แนวทางการพัฒนาต่อ	43
บรรณานุกรม	44
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมไฟพระพิริบ	45
ภาคผนวก ข DATASHEET	48



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 OBSTRUCTION LIGHT	2
2.1 สัญลักษณ์และตัวถังของไดโอดเปล่งแสง	4
2.2 วงจรใช้งานปกติของไดโอดเปล่งแสง	5
2.3 โครงสร้างภายในหลอดแอลอีดี	6
2.4 สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและพี	7
2.5 สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นถูกผลักให้เคลื่อนที่ออกจากขั้วลบไปในสารกึ่งตัวนำชนิดพี	8
2.6 LDR ตัวต้านทานไวแสง	8
2.7 โครงสร้าง LDR	9
2.8 ความไวต่อแสงความถี่ต่างๆของ LDR เมื่อเทียบกับความไวของตาคน	11
2.9 ผลของการเปลี่ยนความเข้มแสงในทันทีทันใดกับ LDR	12
2.10 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC16F627A	14
2.11 การนำแบตเตอรี่มาอนุกรมกัน	16
2.12 การนำแบตเตอรี่มาต่อขนานกัน	17
2.13 การทดสอบจำนวนครั้งในการคายประจุของแบตเตอรี่	20
2.14 กระบวนการทำแผงเซลล์แสงอาทิตย์	22
2.15 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์	23
2.16 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์	24
2.17 ผลของความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ต่อแรงดัน	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.18 ผลของอุณหภูมิต่อแรงดัน	25
2.19 ผลของจำนวนเวลาต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้า	26
2.20 ผลของพื้นที่ต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์	26
2.21 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละประเภท	27
2.22 โครงสร้างและขาต่างๆของไอซี NE 555	28
2.23 แผนผังการเชื่อมต่อ ไอซี NE 555	29
3.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงการ	30
3.2 รูปวงจรการออกแม่หลอดไฟ LED OBSTRUCTION LIGHT	31
3.3 วงจรหลอด LED 1 ชุด	31
3.4 นำวงจรหลอด LED 4 ชุด มารวมกัน	31
3.5 หลอดไฟที่สมบูรณ์พร้อมใช้งาน	32
3.6 วงจรควบคุมหลอดไฟ (LAMP CONTROL CIRCUIT)	32
3.7 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่	33
3.8 การทำงานของโปรแกรมหลัก	34
3.9 การทำงานของฟังก์ชัน Read LED	35
4.1 แสดงการวัดวงจรหลอด LED ที่สร้างขึ้น	37
4.2 หลอดไฟที่พร้อมใช้งาน 11.04 กำลังวัตต์	38
4.3 วงจรควบคุมหลอดไฟ	39
4.4 สัญญาณไฟที่ผ่านวงจร REGULATE	40
4.5 สัญญาณจาก LED OBSTRUCTION LIGHT	41
4.6 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงโดยทั่วไป	5
2.2 ค่าของตัวต้านทานที่ใช้ต่ออนุกรมกับไดโอดเปล่งแสงที่แรงดันต่าง ๆ	6
2.3 ตารางแสดงรายละเอียดขาของไอซีแต่ละขา	29
4.1 ผลการทดสอบการทำงานของวงจร	41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงการ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่สามารถแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้งานได้ พลังงานแสงอาทิตย์จะสามารถแปลงเป็นพลังงานได้มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น มุมในการตกกระทบของแสงอาทิตย์บนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการตกกระทบในแนวตั้งฉากจะสามารถแปลงพลังงานได้มากที่สุด ซึ่งการควบคุมให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ให้พลังงานแสงมากที่สุดจะทำให้เกิดการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดด้วย โดยจะนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้ไปจ่ายให้กับชุดอุปกรณ์เตือนภัยทางอากาศดังที่จะกล่าวต่อไป

เนื่องจากในปัจจุบันอุปกรณ์เตือนภัยทางอากาศมีความสำคัญอย่างมาก ในการจราจรทางอากาศ เพื่อป้องกันให้รู้ว่าทางข้างหน้ามีสิ่งกีดขวางอยู่ให้หลีกเลี่ยงใช้เส้นทางอื่น ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีราคาสูงและกินไฟมาก สำหรับตึก ห้าง ร้าน สถานที่ต่างๆที่มีความสูงมากๆจำเป็นต้องติดตั้งระบบเตือนภัยทางอากาศทำให้สถานที่ดังกล่าว สูญเสียค่าติดตั้งระบบเตือนภัยและค่าไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงได้คิดระบบอุปกรณ์ต้นแบบเพื่อมาทดแทนระบบเดิมที่มีใช้อยู่ ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายจากการสั่งซื้อหรือนำเข้าจากบริษัทตัวแทนจำหน่าย โดยสร้างอุปกรณ์ต้นแบบนี้ด้วยหลอด LED ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งกินไฟต่ำกว่าหลอดที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งเป็นหลอดชนิดไส้หลอด และทนต่อการใช้งาน และทำให้ประหยัดค่าบำรุงดูแลรักษาอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อสร้างหลอดไฟเตือนภัยที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงได้ดังรูปที่ 1.1
- 2) เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อจากต่างประเทศ และ ค่าบำรุงรักษา
- 3) เพื่อประหยัดพลังงาน และใช้พลังงานสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1) สร้างหลอดไฟต้นแบบ LED Obstruction Light
- 2) ออกแบบวงจรควบคุมหลอดไฟต้นแบบ LED Obstruction Light
- 3) หลอดไฟจะปรับตามการทำงานของ Photo Electric Sensor
- 4) สามารถนำพลังงานจากแสงอาทิตย์ไปใช้ในการทำงานของหลอดไฟเตือนภัยได้



รูปที่ 1.1 Obstruction Light

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

เนื้อหาของปริญญาบัตรฉบับนี้ เป็นทฤษฎีและหลักการที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงาน ประกอบด้วยทฤษฎีพื้นฐานของ LED (Light Emitting Diode) LDR (Light Dependent Resistor) แบตเตอรี่ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เซลล์แสงอาทิตย์ ไอซี NE555 ซึ่งจะได้กล่าวต่อไปนี้

2.1 LED (Light Emitting Diode)

ไดโอดเปล่งแสงหรือแอลอีดี (LED) มาจากคำเต็มว่า (Light Emitting Diode) เป็นไดโอดชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N ต่อกัน เช่นเดียวกับ ไดโอดธรรมดา มีขาต่อออกมาใช้งาน 2 ขา คือขาแอนโนด (A) และขาแคโทด (K) เหมือนกัน การจ่ายไบอัสเพื่อให้ไดโอดเปล่งแสงทำงานก็เหมือนกันคือแบบไบอัสตรงนำกระแส ไบอัสกลับไม่นำกระแส ส่วนที่แตกต่างกันของไดโอดเปล่งแสงกับไดโอดธรรมดา ตรงที่ไดโอดเปล่งแสง สามารถเปล่งแสงออกมาได้เมื่อได้รับไบอัสตรง

แสงที่เปล่งออกมาประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียว และมีเฟสต่อเนื่องกัน ซึ่งแตกต่างไปจากแสงธรรมดาที่ตาคนมองเห็น จะประกอบไปด้วยคลื่นที่มีเฟส และความถี่ต่างกันมารวมกัน แสงที่เปล่งออกมาจากตัวไดโอดเปล่งแสง แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ แสงที่ตาคนมองเห็น และแสงที่ตาคนมองไม่เห็น

การจ่ายไบอัสตรงให้ตัวไดโอดเปล่งแสง จะต้องมีค่าพอเหมาะ ไดโอดเปล่งแสง จึงจะเปล่งแสงออกมาพอเหมาะ ยิ่งเพิ่มแรงดันไบอัสตรงให้ตัวไดโอดเปล่งแสงมากขึ้น ไดโอดเปล่งแสงจะมีแสงสว่างมากขึ้น ถ้าจ่ายแรงดันไบอัสตรงให้ตัวไดโอดเปล่งแสงมากเกินไป จะทำให้ไดโอดเปล่งแสงชำรุดเสียหายได้ ไดโอดเปล่งแสงจะกำเนิดแสงขึ้นมามีความสว่างพอเหมาะ จะมีแรงดันโดยประมาณ 1.6V ~ 3V และมีกระแสไหลตประมาณ 20 mA ~ 50 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการฉายไบอัสกลับให้ไดโอดเปล่งแสง ไดโอดเปล่งแสงจะไม่นำกระแส ถ้าฉายไบอัสกลับให้มากเกินไป จนถึงค่าแรงดันเบรคควาน์ ไดโอดเปล่งแสงก็จะชำรุดทันที ค่าแรงดันเบรคควาน์ของไดโอดเปล่งแสงจะมีค่าต่ำมากประมาณ 3V ~ 10V

ไดโอดเปล่งแสงหรือ LED นี้สามารถนำไปใช้งานในการแสดงผลโดยทั่วไป ถ้าไม่ต้องการความสว่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับหลอดไฟธรรมดาแล้วจะเห็นว่าไดโอดเปล่งแสงนี้สามารถทำงานโดยใช้แรงดันและกระแสไฟที่น้อยกว่ามาก ปกติจะใช้กระแสอยู่ช่วงระหว่าง 5 - 20 มิลลิแอมป์ ดังรูปที่ 2.1



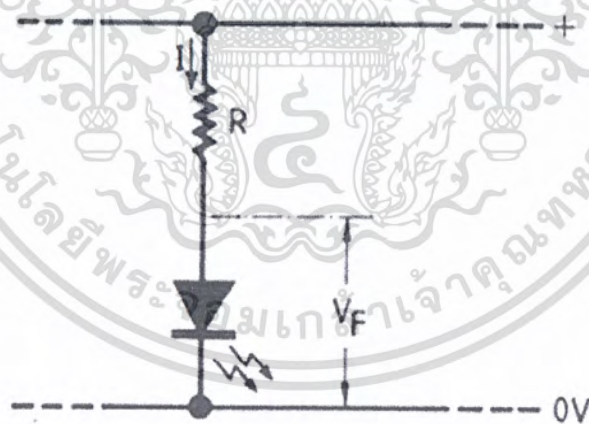
รูปที่ 2.1 สัญลักษณ์และตัวถังของไดโอดเปล่งแสง [2]

ไดโอดเปล่งแสงนี้มีรูปร่างและขนาดต่างๆกันตามการใช้งาน ไดโอดเปล่งแสงแบบห้วมน โดยปกติจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร และ 5 มิลลิเมตร ซึ่งทำด้วยพลาสติกโปร่งแสงดูตัวอย่างในรูปที่ 2.1 และถ้าเป็นแบบสี่เหลี่ยมจะมีขนาด 5x2 มิลลิเมตร มุมในการมองเห็นของไดโอดเปล่งแสงแบบห้วมนนี้จะอยู่ในช่วง 20 - 40 องศา แต่ถ้าเป็นไดโอดเปล่งแสงแบบสี่เหลี่ยมมุมในการมองเห็นจะเพิ่มขึ้นเป็นถึง 100 องศา คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงโดยทั่วไป แสดงไว้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงโดยทั่วไป [2]

Parameter	Type of LED			
	standard	standard	high efficiency	high intensity
Diameter (mm)	3	5	5	5
Max. forward current (mA)	40	30	30	30
Typical forward current (mA)	12	10	7	10
Typical forward voltage drop (V)	2.1	2.0	1.8	2.2
Max. reverse voltage (V)	5	3	5	5
Max. power dissipation (mW)	150	100	27	135
Peak wavelength (nm)	690	635	635	635

ปกติการใช้งานไดโอดเปล่งแสงก็จะต่อดังรูปที่ 2.2 สามารถคำนวณได้ดังสูตร $R = \frac{V - V_F}{I}$ คือ แรงดันตกคร่อมไดโอดเปล่งแสงขณะนำกระแส เพื่อความสะดวกในการคำนวณจะกำหนดค่า V_F เท่ากับ 2 โวลต์ จะได้ค่าของตัวต้านทานที่ใช้ต่ออนุกรมกับไดโอดเปล่งแสงที่แรงดันต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.2



รูปที่ 2.2 วงจรใช้งานปกติของไดโอดเปล่งแสง [2]

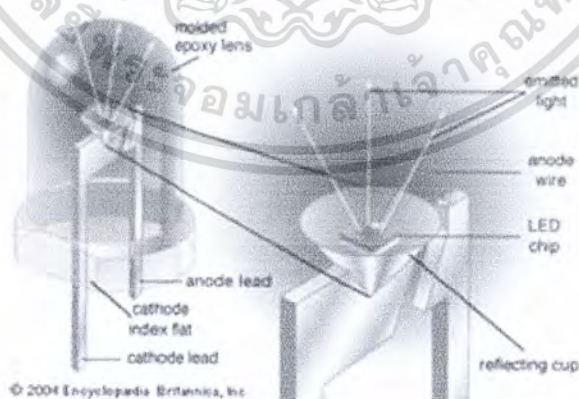
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ค่าของตัวต้านทานที่ใช้ต่ออนุกรมกับไดโอดเปล่งแสงที่แรงดันต่างๆ [2]

Supply voltage (V)	Series resistance (Ω)		
	low power LED (5mA nom)	standard LED (10mA nom)	high power LED (20mA nom)
3	220	180	56
5	680	270	150
6	820	390	220
9	1.5k	680	390
12	2.2k	1k	560
15	2.7k	1.2k	680
18	3.3k	1.5k	820
24	4.7k	2.2k	1.2k

2.1.1 โครงสร้างของแอลอีดี

หลอดแอลอีดีประกอบด้วยแผ่นชิปสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและชนิดพีติดอยู่ในถ้วยสะท้อนแสง มีเส้นลวดทองคำขนาดเล็มากเชื่อมระหว่างสารกึ่งตัวนำและขาแอลอีดี ชิ้นส่วนทั้งหมดถูกบรรจุในพลาสติกใสทรง โคม ซึ่งทำหน้าที่เป็นเลนส์รวมแสง โดยลักษณะลำแสงที่ออกจากหลอดแอลอีดีขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น รูปร่างของถ้วยสะท้อนแสง ขนาดของชิปสารกึ่งตัวนำ รูปร่างเลนส์ ระยะห่างระหว่างตัวชิปกับผิวพลาสติกที่หุ้มอยู่ดังรูปที่ 2.3

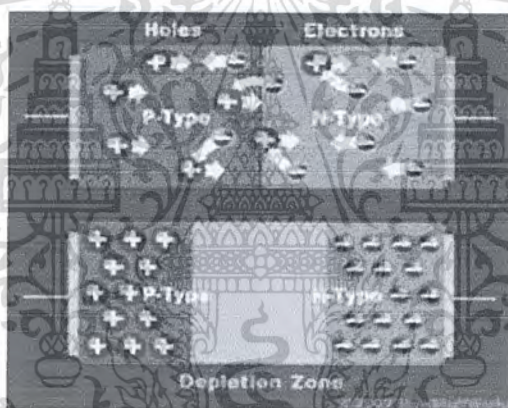


รูปที่ 2.3 โครงสร้างภายในหลอดแอลอีดี [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

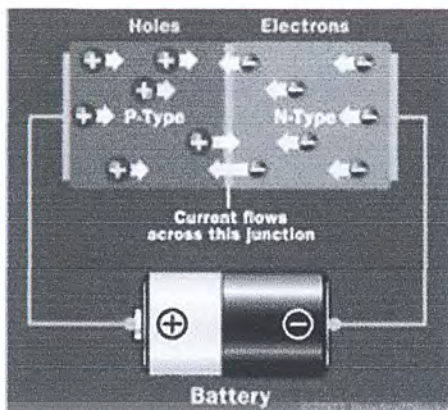
2.1.2 การทำงานของไดโอด

ไดโอดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ 2 ชนิด ได้แก่ สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type semiconductor) ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำที่ถูกดัดแปลงให้มีอิเล็กตรอนอิสระมากกว่าสารกึ่งตัวนำปกติกับสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-type semiconductor) ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำดัดแปลงให้มีโฮล (hole) ซึ่งมีสภาพเป็นประจุบวก เมื่อนำสารกึ่งตัวนำดัดแปลงทั้งสองชนิดมาประกบติดกัน ในสภาพที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าให้แก่สารกึ่งตัวนำ อิเล็กตรอนส่วนหนึ่งของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและโฮลของสารกึ่งตัวนำชนิดพีที่รอยต่อของสารทั้งสองจะเคลื่อนที่เข้าหากัน ทำให้สารกึ่งตัวนำทั้งสองชนิดเกิดพื้นที่กลางที่ไม่มีประจุไฟฟ้าขึ้น โดยรอบบริเวณรอยต่อดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและพี [2]

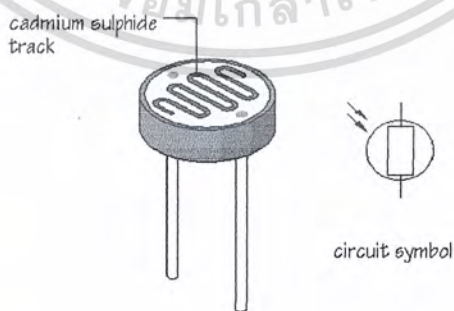
เมื่อต่อไฟฟ้ากระแสตรงเข้าที่ขาไดโอด โดยต่อขั้วลบกับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น และต่อขั้วบวกเข้ากับสารกึ่งตัวนำชนิดพี อิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นจะถูกผลักให้เคลื่อนที่ออกจากขั้วลบไปในสารกึ่งตัวนำชนิดพี ในทางตรงข้าม โฮลของสารกึ่งตัวนำชนิดพีก็จะถูกผลักให้ออกจากขั้วบวกไปในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเช่นกัน หากผ่านกระแสไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์สูงเพียงพอ จะทำให้พื้นที่กลางบริเวณที่ไม่มีประจุไฟฟ้าสลายไป ทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านไดโอดได้ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นถูกผลักให้เคลื่อนที่ออกจากขั้วลบไปในสารกึ่งตัวนำชนิดพี [2]

2.2 LDR (Light Dependent Resistor) ตัวต้านทานไวแสง

จากรูปที่ 2.6 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทไวต่อแสงหรือเปลี่ยนแปลงการทำงานของตัวมันเองตามปริมาณของแสง มีอยู่หลายอย่างตั้งแต่ LDR (Light Dependent Resistor) โฟโวลต์ไดโอด (Photovoltaic Cell) ซึ่งจ่ายแรงดันออกมาได้เมื่อได้รับแสง โฟโอดีไดโอด (Photodiode) โฟโอดีทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) ไปจนถึงเอสซีอาร์ ที่ทำงานด้วยแสงหรือที่เรียกว่า (LASCR - Light Activated Silicon Controlled Rectifier) ซึ่งใช้หลักการของสารกึ่งตัวนำทั้งนั้น อุปกรณ์ประเภทนี้ที่มีโครงสร้างและลักษณะการทำงานง่ายที่สุดก็เห็นจะได้แก่ LDR เพราะไม่ได้ใช้หลักการของรอยต่อ พี-เอ็น



รูปที่ 2.6 LDR ตัวต้านทานไวแสง [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 โครงสร้างของ LDR

ตัว LDR ว่าที่จริงแล้วมีเรียกกันอีกหลายชื่อ เช่น โฟโตคอนดักทีฟเซลล์ (Photoconductive Cell) หรือ ตัวต้านทานไวแสง (LSR - Light Sensitive Resistor) ส่วนใหญ่จะทำได้ด้วยสารแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) หรือ โมกซีแคดเมียมซีนิไนด์ (CdSe) ซึ่งทั้งสองตัวนี้ก็เป็นสารประเภทกึ่งตัวนำ เอามาฉาบลงบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบไว้ออกมา

รูปร่างของ LDR จะเห็นได้ในรูปที่ 2.7 ส่วนที่ขดเป็นแนวเล็กๆสีดำ ที่ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสงและแนวสีดำนั้นจะแบ่งพื้นที่ของตัวมันออกเป็น 2 ข้าง ซึ่งถ้าดูของจริงจะเห็นว่าออกสีทองนั้น เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สัมผัส กับตัวต้านทานไวแสง เป็นที่สำหรับต่อขาออกมาภายนอกหรือเรียกว่า อิเล็กโทรด ที่เหลือก็จะเป็นฐานเซรามิก



รูปที่ 2.7 โครงสร้าง LDR [3]

2.2.2 ผลตอบสนองทางไฟฟ้า

อัตราส่วนระหว่างความต้านทานของ LDR ในขณะที่ไม่มีความสว่างกับขณะที่มีแสง อาจจะเป็นได้ตั้งแต่ 100 เท่า 1,000 เท่า หรือ 10,000 เท่า แล้วแต่รุ่น แต่โดยทั่วไปแล้วค่าความต้านทานในขณะที่ไม่มีความสว่างจะอยู่ในช่วง ประมาณ $0.5 \text{ M}\Omega$ ขึ้นไป ในที่มีทัศนียภาพขึ้นไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

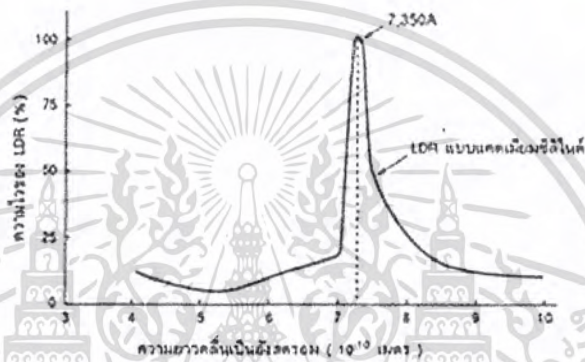
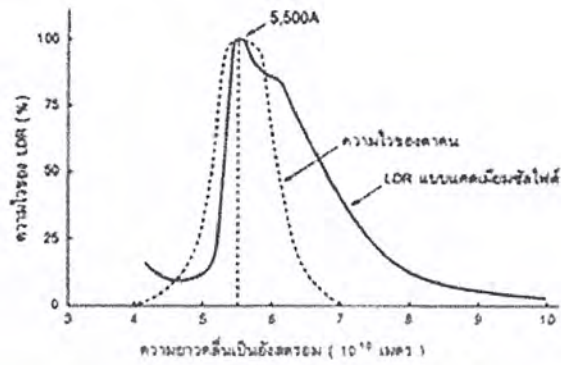
มากกว่า $2 \text{ M}\Omega$ และในขณะที่มีแสงจะเป็นประมาณ $10 - 20 \text{ k}\Omega$ ลง ไป อาจจะเหลือเพียงไม่กี่โอห์ม หรือไม่ถึงโอห์มก็ได้ ทนแรงดันสูงสุดได้ไม่ต่ำกว่า 100 V และกำลังสูญเสียอย่างต่ำประมาณ 50 mW

2.2.3 คุณสมบัติทางแสง

การทำงานของ LDR ก็ง่าย ๆ เพราะว่ามันเป็นสารกึ่งตัวนำ เวลาที่มีแสงตกกระทบบลงไปก็จะถ่ายทอดพลังงานให้กับสารที่ฉาบอยู่ทำให้เกิดโฮลกับอิเล็กตรอนวิ่งกันพล่าน การที่มีโฮลกับอิเล็กตรอนอิสระนี้มากก็เท่ากับ ความต้านทานลดลงนั่นเอง ยิ่งความเข้มของแสงที่ตกกระทบบมากเท่าไร ความต้านทานก็ยิ่งลดลงมากเท่านั้น ดังรูปที่ 2.8

แสงตกกระทบบนั้นจะเป็นแสงในช่วงความยาวคลื่นประมาณ $4,000$ อังสตรอม (1 อังสตรอม เท่ากับ -10 นาโนเมตร) ถึงประมาณ $10,000$ อังสตรอมเท่านั้นที่จะใช้ได้ (สายตาคนจะเห็นได้ ในช่วงประมาณ $4,000$ อังสตรอม ถึง $7,000$ อังสตรอม) ซึ่งคิดแล้วก็เป็นช่วงคลื่นเพียงแคบ ๆ เมื่อเทียบกับการทำงาน ของอุปกรณ์ไวแสง ประเภทอื่น ๆ

ถึงอย่างไรแสงในช่วงคลื่นนี้ ก็มีอยู่ในแสงอาทิตย์ แสงจากหลอดไฟแบบไส้และแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ด้วยหรือ ถ้าจะคิดถึงความยาวคลื่นที่ LDR จะตอบสนองไวที่สุดแล้ว ก็มีอยู่หลายความยาวคลื่น โดยทั่วไป LDR ที่ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์ จะไวต่อแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง $5,000$ กว่าอังสตรอม ซึ่งเราจะเห็นเป็นสีเขียว ไปจนถึงสีเหลือง สำหรับบางตัวแล้ว ความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของมันใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ไวที่สุดของตาคนมาก (ตาคนไวต่อความยาวคลื่นประมาณ $5,550$ อังสตรอม) จึงมักจะใช้ทำเป็นเครื่องวัดแสง ในกล้องถ่ายรูปถ้า LDR ทำจากแคดเมียมซัลไฟด์ก็จะไวต่อความ ยาวคลื่นในช่วง $7,000$ กว่าอังสตรอม ซึ่งไปอยู่ในช่วงอินฟราเรดแล้ว

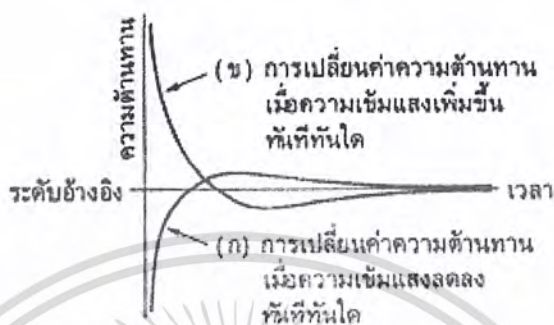


รูปที่ 2.8 ความไวต่อแสงความถี่ต่างๆของ LDR เมื่อเทียบกับความไวของตาคน [3]

2.2.4 คุณสมบัติทางไฟฟ้า

นอกเหนือจากลักษณะสมบัติต่างๆเหล่านี้แล้วยังมีอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญ คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากความเข้มแสง เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ซึ่งจะดูตัวอย่างได้ ถ้า LDR ได้รับแสงที่มีความเข้มสูงดังเส้น (ก) ความต้านทานจะมีค่าต่ำในทันทีที่ความเข้มของแสงถูกลดลงเหลือเพียงระดับอ้างอิง ความต้านทานก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นไปจนถึงค่าความต้านทาน ที่มันควรจะเป็นในระดับอ้างอิงแต่แทนที่มันจะไปหยุดอยู่ระดับอ้างอิง มันกลับเพิ่มเลยขึ้นไปอีกแล้วจึงจะลดลงมาอยู่ในระดับอ้างอิง เหมือนกับว่าเบรกมันไม่ค่อยดี และ ในทำนองเดียวกันถ้า เก็บมันไว้ในที่ความเข้มแสงน้อยๆ แล้วเปลี่ยนความเข้มเป็นระดับ อ้างอิงทันที ดังในรูป (ข) ความต้านทานก็จะลด เลยต่ำลงมาจากระดับอ้างอิงแล้วจึงขึ้นไปใหม่ ยิ่งความเข้มของแสงเท่ากัน LDR แบบแคดเมียมซีลีไนด์ จะใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะที่มันควรจะเป็นน้อยกว่าแบบแคดเมียมซัลไฟด์

แต่ก็จะวิ่งเลยไปไกลกว่าด้วยและอีกอย่างหนึ่ง ความเร็วในการเปลี่ยนระดับความต้านทานจากค่าหนึ่งไปอีกค่าหนึ่งช้ามากซึ่งจะอยู่ในช่วงของมิลลิวินาที ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ผลของการเปลี่ยนความเข้มแสงในทันทีทันใดกับ LDR [3]

การทำงานของ LDR ก็ไม่น่าง่าย เพราะว่ามันเป็นสารกึ่งตัวนำ เวลาที่มีแสงตกกระทบลงไปก็จะถ่ายทอดพลังงานให้กับสารที่ฉาบอยู่ ทำให้เกิด โฮลกับอิเล็กตรอนวิ่งกันพล่าน การที่มีโฮลกับอิเล็กตรอนอิสระนี้มากก็เท่ากับ ความต้านทานลดลงนั่นเอง ยิ่งความเข้มของแสงที่ตกกระทบมากเท่าไร ความต้านทานก็ยิ่งลดลงมากเท่านั้น

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปแบบสัญญาณดิจิทัลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิทัลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิปจะมีหน่วยความจำ Port อยู่ในชิปเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิปเดี่ยว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือแทนที่ในการ

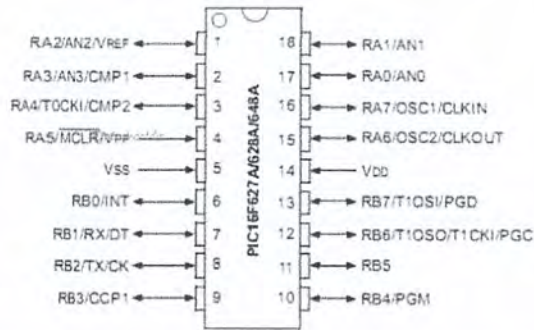
ใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่าง ๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโปรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ ส่วนอินพุต/เอาต์พุต บางส่วนเข้าไปในตัวไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้งานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล เป็นต้น สรุปคือ

$$\text{Microcontroller} = \text{Microprocessor} + \text{Memory} + \text{I/O} \quad (2.1)$$

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยมีมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่น ๆ (Embedded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์ เต้าอบไมโครเวฟ เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้งานควบคุมหลายประการ เช่น

- 1) ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
- 2) ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโปรเซสเซอร์
- 3) วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- 4) มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุม โดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย
- 5) ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อ หลายตระกูล และหลายเบอร์ด้วยกัน ซึ่งแต่ละเบอร์ก็จะมีโครงสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกันทำให้เลือกใช้งานได้เหมาะสม ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC16F627A [1]

2.4 แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อไว้ใช้ต่อไป ถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก (galvanic cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte solution) แบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์หรือมากกว่าก็ได้

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ได้ผลิตไฟฟ้า สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (recharge) ได้หลายครั้งและประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100% จะอยู่ที่ประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุ/จ่ายประจุนั่นเอง แบตเตอรี่จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและเสียหายได้ง่ายหากดูแลรักษาไม่ดีเพียงพอหรือใช้งานผิดวิธี รวมถึงอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เนื่องด้วยวิธีการใช้ การบำรุงรักษา การประจุและอุณหภูมิ ฯลฯ

2.4.1 ชนิดของแบตเตอรี่

- 1) แบตเตอรี่เซลล์ปฐมภูมิเป็นแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วทิ้งใช้ได้ครั้งเดียวเนื่องจากไฟฟ้าที่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสารเคมีเมื่อสารเคมีเปลี่ยนแปลงหมด ไฟฟ้าก็จะ

หมุดจากแบตเตอรี่ แบตเตอรี่เหล่านี้เหมาะสำหรับใช้ในอุปกรณ์ขนาดเล็กและสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ใช้ไฟน้อยหรือในที่ที่ห่างไกลจากพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ

- 2) แบตเตอรี่เซลล์ทุติยภูมิ สามารถอัดกระแสไฟใหม่ได้หลังจากไฟหมดเนื่องจากสารเคมีที่ใช้ทำแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถทำให้กลับป้อนอยู่ในสภาพเดิมได้โดยการอัดกระแสไฟเข้าไปใหม่ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ไฟนี้เรียกว่า ชาร์จเจอร์หรือรีชาร์จเจอร์

แบตเตอรี่ชนิดอัดกระแสไฟใหม่ได้ที่เก่าแก่ที่สุดซึ่งใช้อยู่จนกระทั่งปัจจุบันคือ เซลล์เปียก หรือแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด (Lead Acid Battery) แบตเตอรี่ชนิดนี้จะบรรจุในภาชนะที่ไม่ได้ปิดผนึก (Unsealed Container) ซึ่งแบตเตอรี่จะต้องอยู่ในตำแหน่งตั้งตลอดเวลาและต้องเป็นพื้นที่ที่ระบายอากาศได้เป็นอย่างดี เพื่อระบายก๊าซไฮโดรเจน ที่เกิดจากปฏิกิริยาและแบตเตอรี่ชนิดนี้จะมีน้ำหนักมาก รูปแบบสามัญของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด คือแบตเตอรี่ รถยนต์ ซึ่งสามารถจะให้พลังงานไฟฟ้าได้ถึงประมาณ 10,000 วัตต์ในช่วงเวลาสั้นๆ และมีกระแสตั้งแต่ 450 ถึง 1100 แอมแปร์ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ของแบตเตอรี่คือ กรดซัลฟิวริก ซึ่งสามารถเป็นอันตรายต่อผิวหนังและตาได้ แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดที่มีราคาแพงมากเรียกว่า แบตเตอรี่เจล หรือ เจลเซลล์ ภายในจะบรรจุอิเล็กโทรไลต์ประเภทเซมิ-โซลิด (semi-solid electrolyte) ที่ป้องกันการหกได้ดี และแบตเตอรี่ชนิดอัดไฟใหม่ได้ที่เคลื่อนย้ายได้สะดวกกว่าคือประเภท เซลล์แห้ง ที่นิยมใช้กันในโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก

2.4.2 การต่อฟ่วงแบตเตอรี่

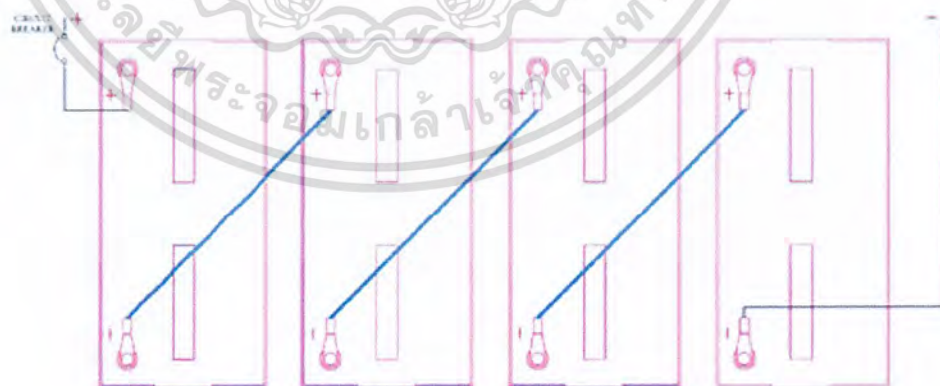
การขนานแบตเตอรี่นั้นคือการที่นำเอาแบตเตอรี่หลายเซลล์มาต่ออนุกรมกันที่เรียกว่า แถว (String) แล้วนำแถวของแบตเตอรี่ที่มีจำนวนเซลล์และแรงดันที่เท่ากันมาต่อขนานเข้าด้วยกัน ซึ่งจะทำให้ความจุรวมของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นตามจำนวนของความจุของแบตเตอรี่แต่ละแถวรวมกัน

การขนานแบตเตอรี่เข้าด้วยกันมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เป็นไปตามความต้องการของการออกแบบแบตเตอรี่ชุดนั้นๆ

- 1) เพื่อเพิ่มความจุของแบตเตอรี่ให้มีค่าสูงขึ้น
- 2) เพื่อให้มีความสามารถทดแทน (redundancy) และช่วยจ่ายพลังงานในกรณีแบตเตอรี่ชุดใดชุดหนึ่งเกิดปัญหาไม่สามารถจ่ายกระแสได้
- 3) สำรองในกรณีที่ต้องการบำรุงรักษา

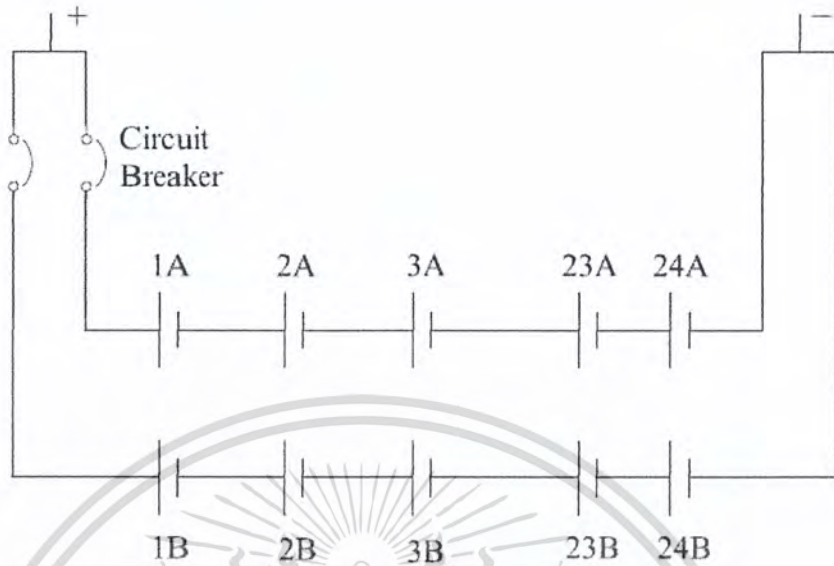
ในการผลิตแบตเตอรี่ผู้ผลิตมักจะพยายามออกแบบให้แผ่นธาตุมีขนาดเท่าๆกันในแต่ละรุ่นเพื่อให้ลดขั้นตอนของการผลิตแผ่นธาตุลง ดังนั้นการที่จะให้แบตเตอรี่เซลล์ใดเซลล์หนึ่งมีความจุมากขึ้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำแผ่นธาตุมาขนานกันข้างในแบตเตอรี่เซลล์นั้นๆ ตัวอย่างเช่น แผ่นธาตุบวกหรือแผ่นธาตุลบในแบตเตอรี่มีความจุ 5 Amp-Hours ต่อหนึ่งแผ่น ถ้านำแผ่นธาตุจำนวน 10 แผ่น สำหรับแผ่นบวกและ 10 แผ่นสำหรับแผ่นลบมาต่อขนานกันก็จะได้ความจุรวมเป็น 50 Amp-Hours และถ้านำเซลล์มาต่ออนุกรมกันก็จะได้แรงดันเพิ่มขึ้น เช่น แบตเตอรี่ขนาด 12 V – 50 Amp-Hours จะประกอบด้วย จำนวนเซลล์ที่ต่ออนุกรมกันจำนวน 6 เซลล์โดยที่มีแผ่นธาตุบวก 10 แผ่นต่อ 1 เซลล์

การขนานแบตเตอรี่ก็เช่นกัน คือ เป็นการนำแบตเตอรี่มาต่ออนุกรมและนำมาต่อขนานกันก็สามารถเพิ่มแรงดันและความจุได้เช่นเดียวกันกับการขนานเซลล์ภายในแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 2.11 และรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.11 การนำแบตเตอรี่มาอนุกรมกัน [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 การนำเบตเตอร์มาต่อขนานกัน [4]

ในทางปฏิบัติส่วนใหญ่การขนานเบตเตอร์เข้าด้วยกันมักเป็นเบตเตอร์ที่มีขนาดความจุที่เท่ากันเพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดระหว่างการติดตั้งและทำให้สามารถตรวจสอบแล้วแก้ไขปัญหาได้ง่ายในอนาคต อย่างไรก็ตาม ไม่มีข้อจำกัดและเหตุผลทางเทคนิคที่ห้ามไม่ให้มีการขนานเบตเตอร์ที่มีขนาดความจุที่ต่างกันเข้าด้วยกัน เมื่อมีการขนานเบตเตอร์ที่มีขนาดความจุต่างกันเข้าด้วยกัน สัดส่วนการคายประจุออกและการประจุกระแสเข้าเบตเตอร์แต่ละชุดจะเป็นไปตามสัดส่วนของขนาดความจุของเบตเตอร์แต่ละชุด

2.4.3 ปัจจัยที่ทำให้เบตเตอร์เสื่อมสภาพ

การเสื่อมสภาพของเบตเตอร์ที่ใช้งานในระบบ UPS เป็นปัญหาของผู้ใช้งาน และมักจะสงสัยกันว่าทำไมเบตเตอร์จึงเสื่อมสภาพก่อนเวลาอันสมควรแม้ว่าจะเลือกซื้อเบตเตอร์ที่มีอายุการใช้งานที่นานก็ตามเช่น เบตเตอร์ที่ออกแบบให้มีอายุ 5 ปีแต่กลับใช้งานได้เพียง 3 ปีเท่านั้น หรือบางครั้งก็เลยเลือกใช้เบตเตอร์ที่มีอายุ 10 ปี แต่ก็ยังพบว่าสามารถใช้งานได้เพียง 5-8 ปีเท่านั้น ในส่วนของผู้ใช้งานแล้วจำเป็นต้องเข้าใจในการกำหนดอายุของเบตเตอร์ว่าเป็น 5 ปี หรือ 10 ปี นั้นเป็นการกำหนดโดยการนำเบตเตอร์ไปทดสอบในห้องทดลองในห้องที่มีการ

ควบคุมให้มีอุณหภูมิสูง จนทำให้มีการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีภายในแบตเตอรี่ ส่งผลให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ โดยทำให้แผ่นธาตุมีสภาพผุกร่อนเร็วขึ้น (IEEE 535) แล้วนำสภาพการผุกร่อนของแผ่นธาตุที่ได้จากการทดสอบไปกำหนดอายุ จึงเป็นที่มาอายุของแบตเตอรี่ หรือพอจะกล่าวได้ว่า อายุแบตเตอรี่เป็นเพียงการแบ่งระดับแบตเตอรี่ โดยใช้ข้อมูลจากห้องทดลองมาเป็นเกณฑ์ในการเลือกใช้แบตเตอรี่ ในทางปฏิบัติแล้วพบว่าแบตเตอรี่ที่ใช้งานในระบบ UPS มีปัจจัยที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพได้ด้วยหลายสาเหตุ ปัจจัยที่ทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพก่อนเวลาอันควร

2.4.3.1 อุณหภูมิ (Ambient Temperature)

เนื่องจากแบตเตอรี่ที่เราใช้งานใน UPS เป็นชนิด Valve Regulated Lead Acid ที่มีแผ่นธาตุบวกทำจากตะกั่วไดออกไซด์ และแผ่นธาตุลบทำจากตะกั่ว โดยแช่ลงในน้ำกรดซัลฟิวริก การที่แผ่นธาตุได้ถูกแช่อยู่ในน้ำกรดซัลฟิวริกนั้นการผุกร่อนเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยมีอุณหภูมิเป็นตัวเร่งการผุกร่อนของแผ่นธาตุ โดยอัตราการเสื่อมสภาพจะแปรผันตามอุณหภูมิโดยมีข้อกำหนดตาม IEEE 1184 ระบุว่า สำหรับแบตเตอรี่ใช้งานในลักษณะ Stand By เหมือนเช่นการใช้ 2 งานกับ UPS อุณหภูมิที่สูงขึ้นทุก 10 องศาเซนติเกรดจากอุณหภูมิที่ผู้ผลิตได้กำหนดไว้ (ในยุโรปจะกำหนดที่ 20 องศาเซนติเกรดและในอเมริกาจะกำหนดไว้ที่ 25 องศาเซนติเกรด) จะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลงครึ่งหนึ่งด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องพยายามรักษาอุณหภูมิห้องให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับแบตเตอรี่ตามที่ผู้ผลิตแนะนำ (20 หรือ 25 องศาเซนติเกรด) ติดตั้งให้แบตเตอรี่มีระยะห่างพอสมควรประมาณ 1.5 – 2 เซนติเมตร เพื่อให้มีการระบายอากาศที่ดี หลีกเลี่ยงไม่ให้แบตเตอรี่รับแสงแดด โดยตรงหรือแหล่งความร้อน เป็นต้น

2.4.3.2 แรงดัน (Float Charge Voltage)

การประจุแบตเตอรี่ชนิด Valve Regulated Lead Acid มีแรงดันที่ 2.25 Volts per Cell โดยมีชื่อเรียกว่า Floating Voltage หรือ Charging Voltage ขึ้นอยู่กับสถานะของการประจุแบตเตอรี่ กล่าวคือ ในขณะที่แบตเตอรี่มีประจุเต็มแล้วนั้นเราเรียกแรงดันในการประจุนั้นว่า Float Voltage และเมื่อมีการประจุแบตเตอรี่หลังจากการคายประจุเราเรียกว่า Charging Voltage

แรงดันคร่อมแบตเตอรี่ระหว่างประจุจะมีผลต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ แรงดัน 2.275 Volts per Cell เป็นแรงดันที่เหมาะสมและแบตเตอรี่มีอายุสูงสุด หรือ ระหว่าง 2.23 – 2.3 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เมื่อแรงดัน Float ต่ำก็จะมีผลทำให้เกิดประจุไม่เต็มจนทำให้เกิด Sulfating บนแผ่นธาตุทั้งบวกและลบ และถ้าแรงดัน float เกินกว่า 2.3 Volts per Cell ก็จะมีผลทำให้เกิด Over Charging โดยแบตเตอรี่จะสูญเสียน้ำจนทำให้เกิดเสื่อมสภาพในที่สุด แต่เนื่องจากแบตเตอรี่ที่ใช้งานในระบบ UPS นั้นเป็นการนำเอาแบตเตอรี่มาต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้ระดับแรงดันตามต้องการ ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยากที่แรงดันตกคร่อมแบตเตอรี่ทุกๆ ลูกจะเท่ากัน ดังนั้นเพื่อให้แรงดันของแบตเตอรี่มีค่าเสมอกันที่สุด จึงจะต้องเลือกแบตเตอรี่ รุ่นและขนาดเดียวกัน ผลิตในระยะเวลาใกล้เคียงกัน และมีแรงดัน Float ไม่ต่างกันเกินกว่าที่ผู้ผลิตกำหนดมาต่อร่วมกัน

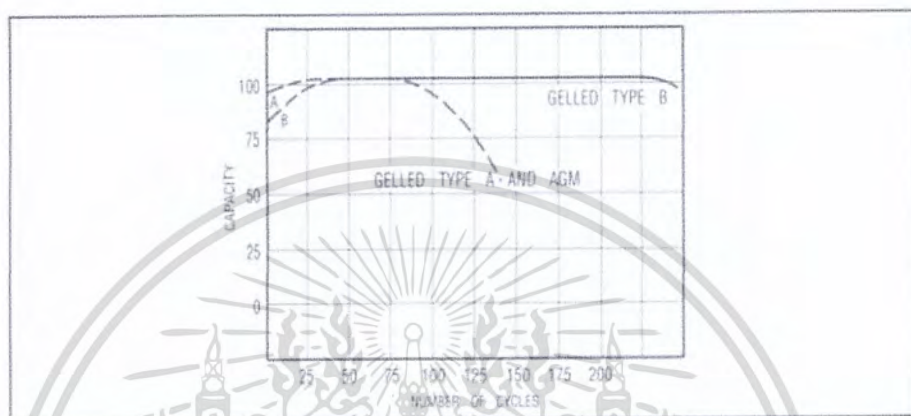
2.4.3.3 กระแส (Float & Charging Current)

กระแส DC ที่ไหลผ่านแบตเตอรี่ เรียกว่า “Float current” มีค่าประมาณ 0.3-2 mA ต่อ Ah ที่แรงดัน 2.30V/cell ที่ 25 °C กระแสนี้ส่วนหนึ่งประมาณ 5% จะไปชดเชยการคายประจุภายในตัวเองของแบตเตอรี่ (Self-discharge) ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่มีประจุเต็มพร้อมใช้งานตลอดเวลา โดยที่อีกส่วนหนึ่งประมาณ 95% จะเป็นตัวทำให้เกิดความร้อนภายในแบตเตอรี่ ในทางปฏิบัติการลดกระแส Float ก็จะสามารถช่วยลดความร้อนที่สะสมในแบตเตอรี่ลงได้ เช่น การติดตั้งตัววัดอุณหภูมิให้กับชาร์จเจอร์ เพื่อปรับลดแรงดัน Float ให้มีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่สูงขึ้น (Temperature Compensation)

กระแส AC เป็นกระแสที่เกิดจาก Rectifier และ Inverter กระแสนี้ไม่มีประโยชน์แต่อย่างใด ทั้งยังก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพต่อแบตเตอรี่เมื่อค่ากระแส AC มีค่าสูงเกินกว่า 5% ของความจุแบตเตอรี่ หรือประมาณ 5 A สำหรับแบตเตอรี่ 100 Ah ดังนั้นในการบำรุงรักษาแบตเตอรี่ทุกครั้งจึงต้องตรวจวัดค่ากระแส AC ที่ไหลผ่านแบตเตอรี่ไม่ให้เกินกว่า 5% ของความจุแบตเตอรี่ หากตรวจพบว่าค่ากระแส AC สูงเกิน ให้ตรวจสอบ Rectifier, Capacitors, UPS และ Load ว่าส่วนใดเป็นสาเหตุและให้แก้ไขโดยเร่งด่วนมิฉะนั้นจะทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนครั้งในการคายประจุ (Discharge Cycle) เป็นสาเหตุที่สำคัญประการหนึ่ง สำหรับแบตเตอรี่ที่ถูกออกแบบให้ใช้งานในลักษณะ Stand By อย่างใน UPS เนื่องจากโครงสร้าง การออกแบบไม่ได้รองรับการคายประจุบ่อยครั้ง ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การทดสอบจำนวนครั้งในการคายประจุของแบตเตอรี่ [4]

เส้นประนั้นได้แสดงว่าแบตเตอรี่แบบ AGM เมื่อมีการประจุและคายประจุจน แบตเตอรี่หมดประจุเป็นจำนวน 125 ครั้ง (Cycles) ความจุของแบตเตอรี่จะลดลงเหลือ 75% ของ พิกัด นั่นคือแบตเตอรี่สามารถแบ็คอัพ UPS ได้ 125 ครั้งเท่านั้น แต่ในการใช้งานจริง เมื่อเกิด เหตุการณ์ไฟฟ้าดับ แบตเตอรี่จะไม่ได้คายประจุจนหมด เพราะ UPS จะรับไฟจากเครื่องกำเนิด ไฟฟ้าภายในเวลาอันรวดเร็ว ด้วยสาเหตุนี้ตัวเลขของ Cycle life จึงมีค่ามากกว่าค่านี้ อย่างไรก็ตาม อาจกล่าวได้ว่า ทุกครั้งที่แบตเตอรี่มีการคายประจุจะทำให้แบตเตอรี่มีอายุสั้นลง

2.4.4 การบำรุงรักษาแบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่บอบบางแต่ราคาแพง หากไม่ได้รับการเอาใจใส่หรือ บำรุงรักษาให้ถูกวิธี ก็จะทำให้อายุการใช้งานสั้น ไม่คุ้มค่า เนื่องจากชำรุดเสียหายได้ง่ายจากการ กระแทบกระแทกของแข็ง หรือใช้งานผิดวิธี ข้อควรระวังการใช้แบตเตอรี่มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

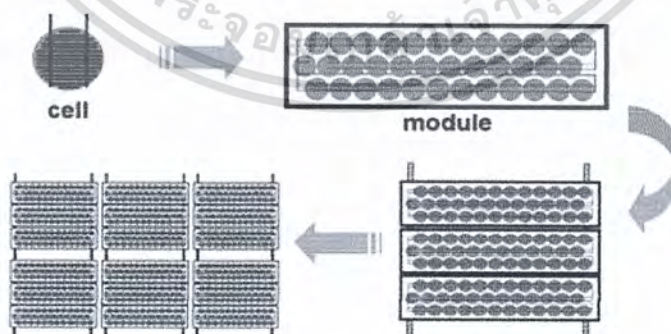
- 1) เวลาใส่ขั้วแบตเตอรี่อย่าใช้โลหะหรือของแข็งตอกอัดขั้วลงไป เพราะจะทำให้ขั้วแบตเตอรี่ชำรุดและแผ่นธาตุภายในหลุ่ครว้ง เกิดการชอร์ทในช่องของแบตเตอรี่ ควรใช้มือกดหมุนลงไปเท่านั้น ถ้าขั้วสายเล็กกว่าให้ใช้ไขควงถ่างรอยผ่าเสียดก่อน แล้วขันน็อตให้แน่นพอสมควร เสร็จแล้วใช้จาระบีทาบาง ๆ เพื่อป้องกันซัลเฟตเกาะที่ขั้วแบตเตอรี่
- 2) เวลาถอดขั้วสายออกจากแบตเตอรี่ห้ามใช้ไขควงหรือของแข็งงัดออกจะทำให้ฝาแบตเตอรี่ชำรุดเสียหายได้ ต้องกระทำโดยวิธีคลายสกรูออกให้หลวมเสียก่อน แล้วใช้ไขควงกดปิดรอยแตกแยกให้ถ่างออกแล้วใช้มือหมุนออกเช่นเดียวกับข้อ 1
- 3) ให้เปิดฝาดูระดับน้ำยาที่อยู่ในช่องแบตเตอรี่แต่ละช่องทุกสัปดาห์ ถ้าระดับน้ำยาตกลงให้เติมเฉพาะน้ำกลั่นเท่านั้น และควรสูงท่วมแผ่นธาตุประมาณ 1 ซม
- 4) อย่าปล่อยให้แบตเตอรี่ไว้โดยไม่ได้ใช้งานเป็นเวลานานเป็นอันขาดต้องนำมาชาร์ตไฟอย่างน้อย 15 วันต่อครั้ง ครั้งละไม่น้อยกว่า 30 นาที
- 5) ไม่ควรชาร์ตแบตเตอรี่ด้วยกระแสไฟที่สูงเกินไป จะทำให้แผ่นธาตุทำปฏิกิริยากับน้ำยาอย่างรวดเร็ว เกิดความร้อนสูง ทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลงกว่ากำหนด
- 6) หมุนฝาปิดน้ำยาให้แน่นและรูระบายอากาศต้องไม่อุดตันเพื่อระบายแก๊สขณะแผ่นธาตุทำปฏิกิริยากับน้ำยาในแบตเตอรี่ จะเกิดความร้อนและแก๊สขยายตัวอาจทำให้แบตเตอรี่บวมหรือระเบิดได้
- 7) หมั่นเช็ดทำความสะอาดฝาแบตเตอรี่ อย่าให้มีสิ่งสกปรก เช่น ฝุ่น น้ำมันและความชื้น เป็นต้นหรือใช้น้ำอุ่นล้างถ้ามีซัลเฟตเกาะที่ขั้วสาย
- 8) อย่าวางเครื่องที่เป็นโลหะบนหม้อแบตเตอรี่ จะทำให้เกิดการลัดวงจรทำให้ขั้วแบตเตอรี่จะชำรุดเสียหายได้
- 9) การติดตั้งแบตเตอรี่ต้องติดตั้งกับแท่นยึดที่แข็งแรงและแน่น ไม่สั่นสะเทือนมาก ในขณะที่ปฏิบัติงานสะดวกต่อการบริการ ไกลจากความชื้น และอุณหภูมิไม่สูงเกินไป
- 10) ในการเคลื่อนย้ายแบตเตอรี่ให้ใช้วิธียก อย่าลากหรือดึง หรือปล่อยให้ลงกระทกพื้นแรง ๆ เพราะอาจจะทำให้เปลือกหม้อแบตเตอรี่ทะลุได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เซลล์แสงอาทิตย์

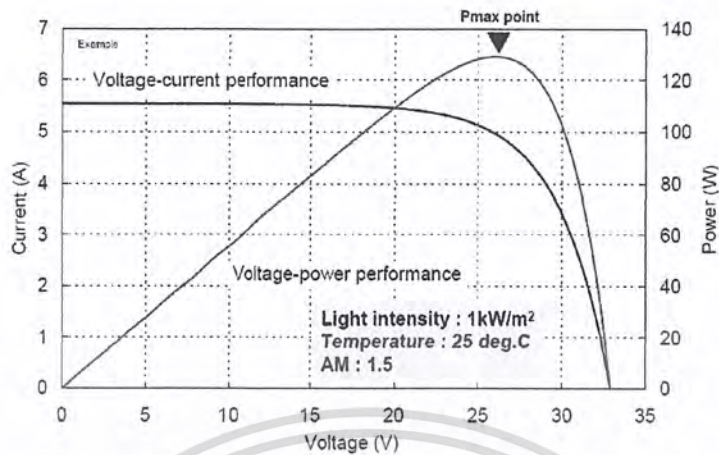
เซลล์แสงอาทิตย์ เซลล์สุริยะหรือเซลล์ photovoltaic ซึ่งต่างก็มีที่มาจากคำว่า Photovoltaic โดยแยกออกเป็น photo หมายถึง แสง และ volt หมายถึง แรงดันไฟฟ้า เมื่อรวมคำแล้วหมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง สรุปได้ว่าเซลล์แสงอาทิตย์ คือ สิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิคอน (Silicon), แกลเลียม อาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide), อินเดียม ฟอสไฟด์ (Indium Phosphide), แคดเมียม เทลลูไรด์ (Cadmium Telluride) และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ (Copper Indium Diselenide) เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงก็จะเปลี่ยนเป็นพาหะนำไฟฟ้า และจะถูกแยกเป็นประจุไฟฟ้าบวกและลบเพื่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วทั้งสองของเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำขั้วไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า กระแสตรง กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าสู่อุปกรณ์เหล่านั้น ทำให้สามารถทำงานได้หรือนำมาต่อกับอุปกรณ์จำพวกคอนเวอร์เตอร์เพื่อเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสสลับนำไปใช้งานต่อไป

ตัวนำชนิดที่และเย็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน อาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มม.) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร์ซิมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านหน้าที่รับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิวดังรูปที่ 2.14 และรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.14 กระบวนการทำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [6]

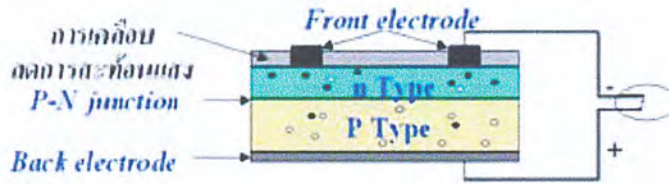
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ [6]

2.5.1 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

n type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้รับการโด๊ปด้วยสารฟอสฟอรัส มีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนเมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ n type ซิลิคอน คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้รับการโด๊ปด้วยสารโบรอน ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน (โฮล) เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำซิลิคอนทั้ง 2 ชนิดมาประกบต่อกันด้วย p n junction จึงทำให้เกิดเป็น เซลล์แสงอาทิตย์ ในสถานะที่ยังไม่มีแสงแดด n type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปนอยู่บ้างเล็กน้อยด้านหน้าของ n type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ส่วน p type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านหลังของเซลล์ โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮลแต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อย ด้านหลังของ p type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรวบรวมโฮลเมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบแสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮล ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวเมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น n type และ โฮลจะวิ่งไปยังชั้น p type อิเล็กตรอนวิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และ โฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจร ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นเนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเพื่อจับคู่กัน ดังรูปที่ 2.16

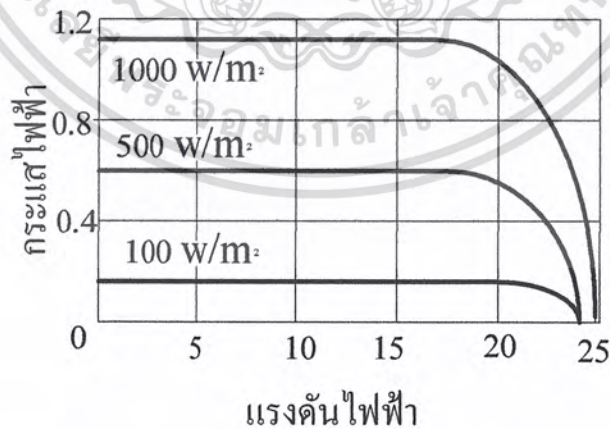


รูปที่ 2.16 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ [6]

2.5.2 พารามิเตอร์ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

2.5.2.1 ความเข้มของแสงอาทิตย์

เนื่องจากโซลาร์เซลล์ขณะทำงานต้องมีแสงมาตกกระทบให้อิเล็กตรอนภายในสารกึ่งตัวนำได้รับพลังงานสูงพอที่จะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระ และโฮลขึ้น ดังนั้นถ้าหากแสงที่ตกกระทบสารกึ่งตัวนำมีค่าความเข้มสูงมาก ปริมาณความหนาแน่นของโฟตอนก็สูงขึ้น ทำให้เกิดพาหะอิเล็กตรอนอิสระกับโฮลเป็นจำนวนมาก ผลที่ได้ก็จะทำให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าเนื่องจากแสงตกกระทบมีค่าสูงขึ้นด้วย ดังรูปที่ 2.17

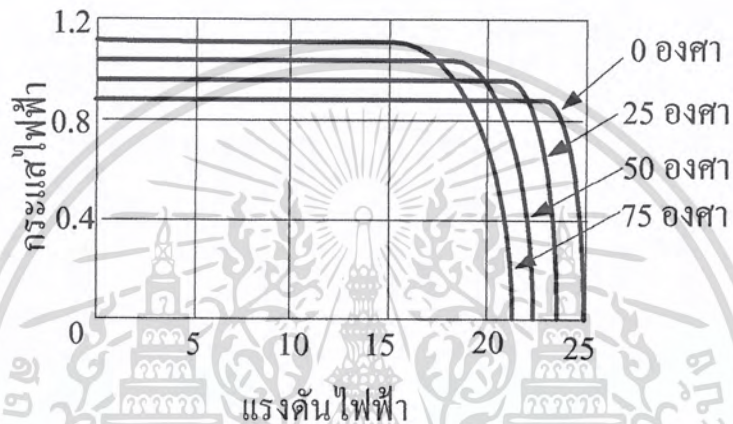


รูปที่ 2.17 ผลของความเข้มรังสีแสงอาทิตย์ต่อแรงดัน [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.2 อุณหภูมิ

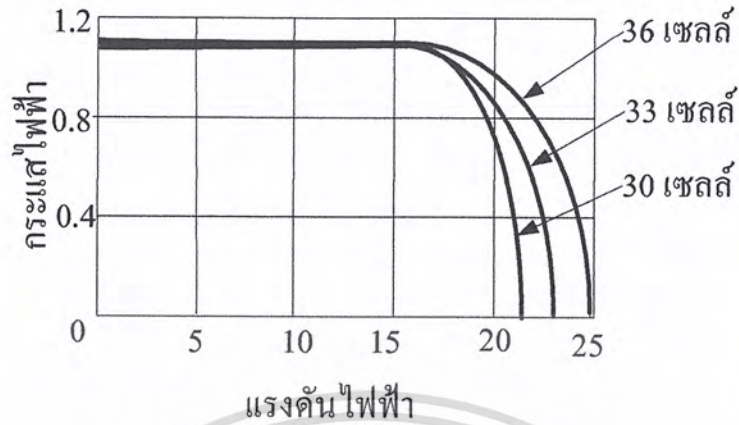
เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะทำให้คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ โซลาร์เซลล์เปลี่ยนด้วย คือ เมื่ออุณหภูมิของเซลล์เพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าจะสูงขึ้นในขณะที่แรงดันมีค่าลดลง จากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ โซลาร์เซลล์ผลิตได้มีค่าลดลง ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ผลของอุณหภูมิต่อแรงดัน [7]

2.5.2.3 จำนวนเซลล์

โดยปกติโซลาร์เซลล์มีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 0.5 Volt/cell การต่อเซลล์จะต่อเป็นอนุกรมเพื่อเพิ่มให้แรงดันให้สูงขึ้น โดยจะมีผลต่อกระแสไฟฟ้าที่ดวงจรของเซลล์น้อยมากดังแสดงดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ผลของจำนวนเซลล์ต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้า [7]

2.5.2.4 พื้นที่เซลล์

ถ้าเซลล์มีพื้นที่ในการรับแสงมากกว่าจะมีกระแสไฟฟ้าลัดวงจรมากกว่าเซลล์ที่มีพื้นที่รับแสงน้อยกว่า ดังรูปที่ 2.20

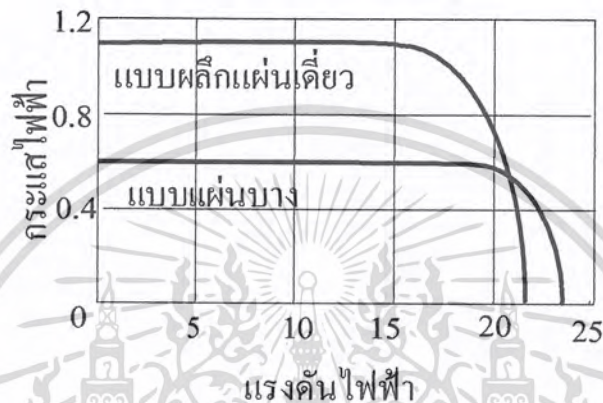


รูปที่ 2.20 ผลของพื้นที่ต่อคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.5 ประเภทของ โซลาร์เซลล์

เซลล์แบบผลึกแผ่นเดี่ยว (Crystalline) จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงกว่าเซลล์แบบแผ่นบาง (thin-film cells) แต่แรงดันไฟฟ้าจะน้อยกว่า ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละประเภท [7]

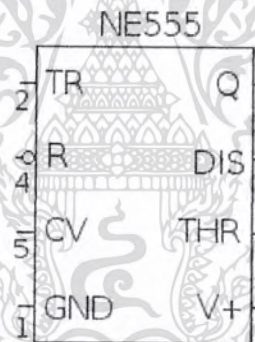
2.6 ไอซี NE555

ไอซี 555 (NE555) ดังรูปที่ 2.22 เป็นวงจรรวม หรือวงจรมีตลับที่เรียกกันทั่วไปว่า ชิป ที่รู้จักกันดีในบรรดานักอิเล็กทรอนิกส์ ไอซีตัวนี้ได้รับการออกแบบ และประดิษฐ์โดยนักออกแบบชิปที่มีชื่อเสียง ชื่อนั้นคือนายฮันส์ อาร์ คาเมนซินด์ (Hans R. Camenzind) ไอซีไทเมอร์ 555 นับเป็นวงจรรวมที่สามารถใช้งานได้หลากหลายและเป็นที่ยอมรับมากที่สุดตัวหนึ่งเท่าที่เคยผลิตมา ภายในตัวประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ 23 ตัว, ไดโอด 2 ตัว และรีซิสเตอร์อีก 16 ตัว เรียงกันบนชิปซิลิกอนแผ่นเดี่ยว โดยติดตั้งในตัวถัง 8 ขา แบบมินิ DIP (dual-in-line package) นอกจากนี้ยังมีการผลิตไอซี 556 ซึ่งเป็น DIP แบบ 14 ขา โดยอาศัยการรวมไอซี 555 จำนวน 2 ตัวบนชิปตัวเดียว ขณะที่ 558 เป็นไอซีอีกตัวหนึ่งที่พัฒนาขึ้นจาก 555 เป็น DIP แบบ 16 ขา (quad) โดยรวมเอา 555 จำนวน 4 ตัว (โดยมีการปรับแต่งเล็กน้อย) มาไว้บนชิปตัวเดียว (DIS และ THR มีการเชื่อมต่อกันภายใน ส่วน TR นั้นมีค่าความไวที่ขอบแทนที่จะเป็นความไวทั้งระดับ) นอกจากนี้ยังมีรุ่นกำลังต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิเศษ (ultra-low power) ของไอซี 555 นั่นคือ เบอร์ 7555 สำหรับไอซี 7555 นี้จะมีการเดินสายที่แตกต่างไปเล็กน้อย ทั้งยังมีการใช้กำลังไฟที่น้อยกว่า และอุปกรณ์ภายนอกน้อยกว่าด้วย ไอซี 555 มีโหมดการทำงาน 3 โหมด ดังนี้

- 1) โมโนสเตเบิล (Monostable) ในโหมดนี้ การทำงานของ 555 จะเป็นแบบ ชิงกี๊ดช็อค หรือวันช็อค (one-shot) โดยการสร้างสัญญาณครั้งเดียว ประยุกต์การใช้งานสำหรับการนับเวลา การตรวจสอบพัลส์ สวิตช์สัมผัส ฯลฯ
- 2) อะสเตเบิล (Astable) ในโหมดนี้ การทำงานจะเป็นออสซิลเลเตอร์ การใช้งานได้แก่ ทำไฟกระพริบ, กำเนิดพัลส์, กำเนิดเสียง, เตือนภัย ฯลฯ
- 3) ไบสเตเบิล (Bistable) ในโหมดนี้ ไอซี 555 สามารถทำงานเป็นฟลิปฟล็อป (flip-flop) ถ้าไม่ต่อขา DIS และไม่ใช้คาปาซิเตอร์ ใช้เป็นสวิตช์ bouncefree latched switches เป็นต้น



รูปที่ 2.22 โครงสร้างและขาต่างๆของ ไอซี NE555 [5]

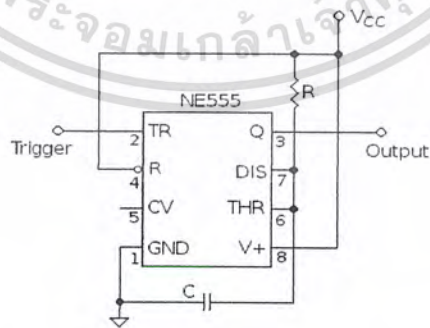
2.6.1 การใช้งาน NE555

ขาของไอซี NE555 แต่ละขา มีหน้าที่ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดขาของไอซีแต่ละขา [5]

ขา	ชื่อ	หน้าที่
1	GND	Ground หรือ Common
2	TR	พัลส์สั้นกระตุ้นทริกเกอร์เพื่อเริ่มนับเวลา
3	Q	ช่วงการนับเวลา เอาต์พุตจะอยู่ที่ $+V_{CC}$
4	R	ช่วงเวลานับ อาจหยุดโดยการใช้พัลส์รีเซ็ต
5	CV	แรงดันควบคุมยอมให้เข้าถึงตัวหารแรงดันภายใน ($2/3 V_{CC}$)
6	THR	เทรชโฮลด์ที่จุดช่วงเวลานับ
7	DIS	เชื่อมต่อกับคาปาซิเตอร์ตัวหนึ่ง ซึ่งเวลาคายประจุของมันจะมีผลต่อช่วงเวลานับ
8	$V+, +V_{CC}$	แรงดันจ่ายไฟบวก ซึ่งต้องอยู่ในช่วง +5 ถึง +15 V

เมื่อใช้คาปาซิเตอร์ และรีซิสเตอร์มาต่อร่วม จะสามารถปรับช่วงการตั้งเวลา (นั่นคือ ช่วงเวลาที่เอาต์พุตมีค่า) ตามความต้องการใช้งานได้ สำหรับการเชื่อมต่อเป็นดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 แผนผังการเชื่อมต่อไอซี NE555 [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและจัดทำโครงการ

3.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงการ

การออกแบบทำโครงการแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนของหลอดไฟ วงจรควบคุมไฟกระพริบเสาดูด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจร Charger แบตเตอรี่จากโซลาร์เซลล์ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



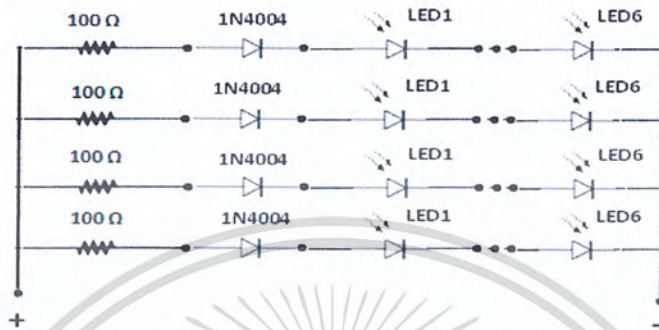
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงการ

3.1.1 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์

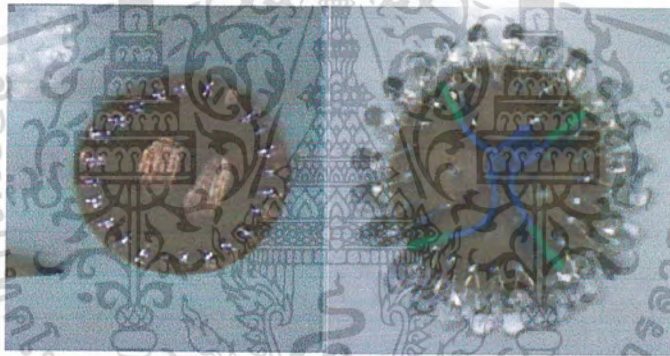
3.1.1.1 การออกแบบหลอดไฟ LED Obstruction Light

วงจรหลอดไฟประกอบด้วยวงจรหลอด LED 4 ชุดมารวมเข้าด้วยกันรวมเป็นหลอดไฟ 1 ดวงดังรูปที่ 3.2 ซึ่งในวงจรหลอด LED แต่ละวงจรจะมีการต่อตัวต้านทานเอาไว้เพื่อปรับแรงดันให้ต่ำลงเพื่อป้องกันแรงดันตกคร่อมมากเกินไป ซึ่งจะเป็นผลทำให้หลอด LED เกิดความเสียหายเกิดขึ้น และต่อ ไดโอดเข้ากับวงจรหลอด LED ด้วยเพื่อป้องกันไฟย้อนกลับ ดัง

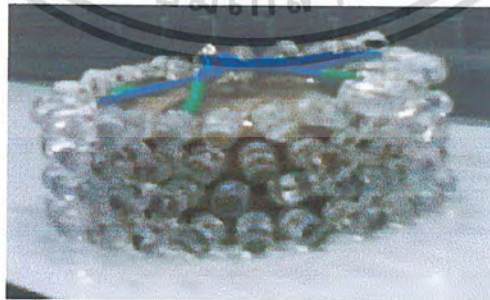
รูปที่ 3.3 จากนั้นนำวงจรหลอด LED ทั้ง 4 ชุดมารวมเข้าด้วยกันโดยต่อแบบขนานได้ ดังรูปที่ 3.4 และเป็นหลอดไฟที่สมบูรณ์พร้อมใช้งาน ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.2 รูปวงจรการออกแบบหลอดไฟ LED Obstruction Light



รูปที่ 3.3 วงจรหลอด LED 1 ชุด



รูปที่ 3.4 นำวงจรหลอด LED 4 ชุด มารวมกัน

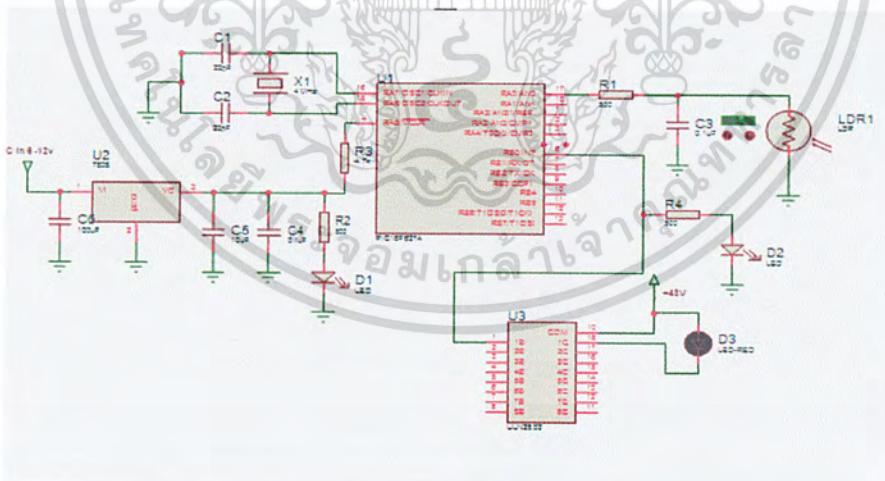
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 หลอดไฟที่สมบรูณ์พร้อมใช้งาน

3.1.1.2 การออกแบบวงจรควบคุมหลอดไฟ

จากรูปที่ 3.6 เราสามารถแบ่งวงจรออกเป็น 2 ส่วน เพื่อง่ายต่อการศึกษา คือ ส่วนแรกจะเป็นวงจร regulate แปลงไฟจาก 12 VDC ไปเป็นไฟตรง 5V เพื่อที่จะนำไปเลี้ยงวงจรในส่วนที่ 2 คือ ไปเลี้ยงไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC16F627A) ในวงจรควบคุมการติดดับของหลอดไฟ เมื่อมีแสงสว่างวงจรจะไม่ทำงาน และเมื่อไม่มีแสงสว่างวงจรจะทำงาน จะอธิบายต่อไปในบทที่ 4

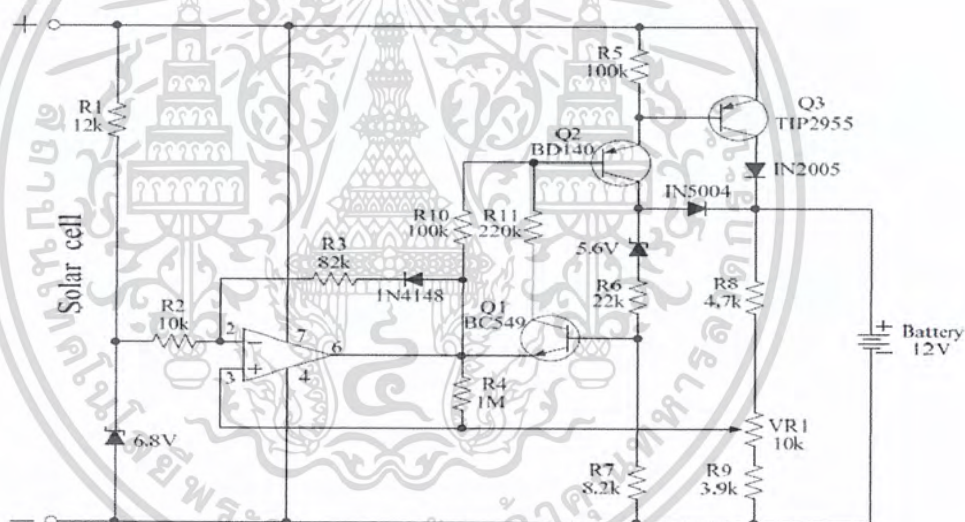


รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมหลอดไฟ (Lamp Control Circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.3 การออกแบบวงจรชาร์ตแบตเตอรี่

หลักการทำงาน เมื่อแบตเตอรี่อยู่ในสภาวะต่ำ (ประจุน้อย) ความต้านทานของแบตเตอรี่ จะต่ำ แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R9 และ VR1 จะมีศักดาแรงดันน้อยกว่าแรงดันที่ขา 2 ของ IC1(LM741) และเอาต์พุตของ IC1(LM741) จะมีศักดาเป็นลบและไบอัส Q2 ให้เริ่มทำงานเป็นผลทำให้มีกระแสจำนวนหนึ่งไปไบอัส Q3 ให้เริ่มทำงานซึ่งจะเป็นการเริ่มชาร์ตแบตเตอรี่โดยผ่าน D3, D2 และ D3 จะเป็นตัวบล็อกกระแสไม่ให้กระแสจากแบตเตอรี่ไหลย้อนกลับเข้า Q2 และ Q3 และเมื่อแบตเตอรี่ถูกชาร์ตเต็มเอาต์พุตของ IC1(LM741) จะมีศักดาเป็นบวกทำให้ทรานซิสเตอร์ทุกตัวไม่ทำงานจึงเป็นการหยุดชาร์ตแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 3.7



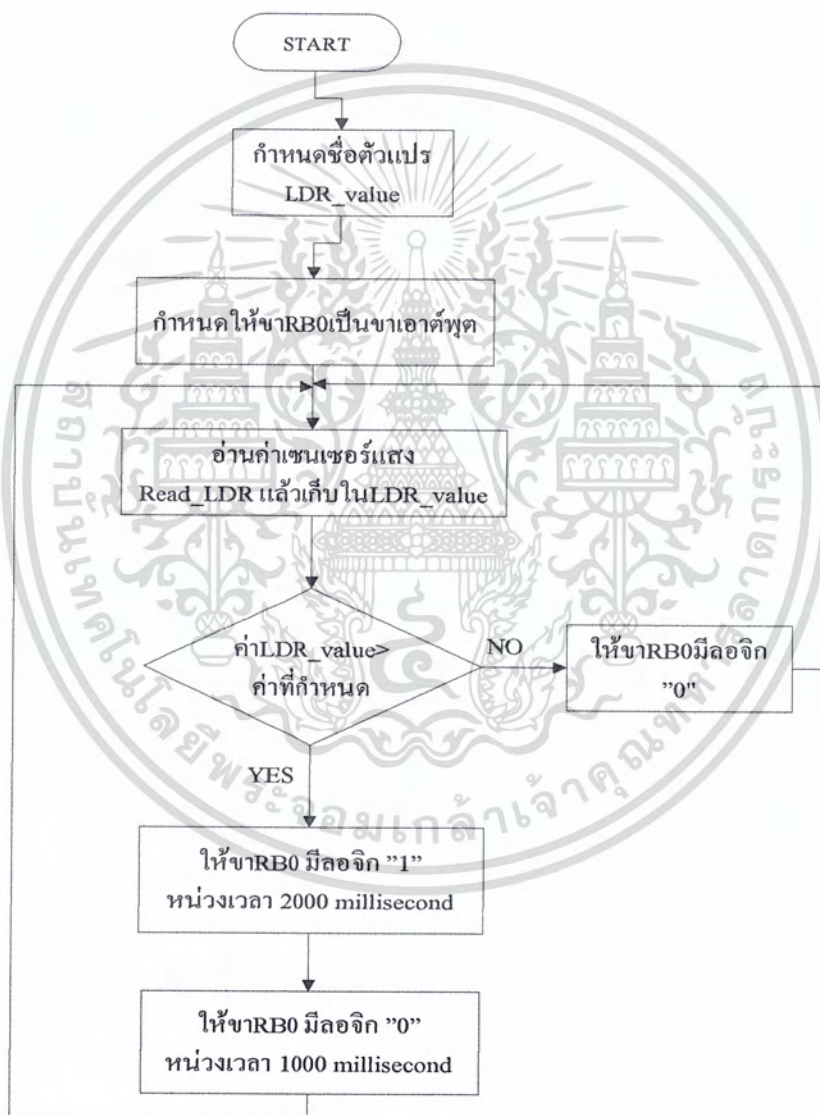
รูปที่ 3.7 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์

3.1.2.1 การทำงานของโปรแกรมหลัก

การทำงานของโปรแกรมหลักแสดง ได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ผังการทำงานของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.2 การทำงานของฟังก์ชัน Read_LDR

หลักการการทำงานของโปรแกรมฟังก์ชัน Read_LDR แสดงได้ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การทำงานของฟังก์ชัน Read_LDR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- 1) ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)
- 2) แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)
- 3) โวลต์มิเตอร์ (Volt Meter)
- 4) แบตเตอรี่ (Battery)

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

การจัดเก็บผลการทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนแรกจะเป็นการวัดผลสัญญาณในระดับลอจิกโดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณลอจิกที่ออกจากพอร์ต0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเป็นการแสดงผลรูปแบบของไฟกระพริบ

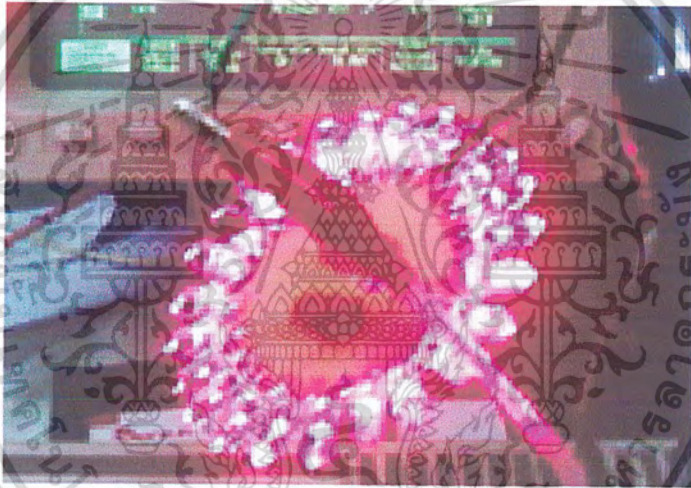
ในส่วนที่ 2 จะเป็นการวัดผลรูปแบบการกระพริบของหลอดไฟที่ถูกต้องอยู่กับวงจรควบคุมหลอดไฟ โดยจะแสดงผลเป็นภาพถ่ายรูปแบบไฟกระพริบ โดยใช้กล้องดิจิทัลในการเก็บผลการทดลอง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 LED Obstruction Light

จากรูปที่ 3.4 วงจรหลอด LED แสดงการวัดแรงดันตกคร่อมและนำไปคำนวณหาค่ากระแสได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การวัดวงจรหลอด LED ที่สร้างขึ้น

จากรูปที่ 3.3 วงจรหลอด LED 1 ชุด มีความต้านทาน 25 โอห์ม วัดแรงดันตกคร่อมได้ 12 V สามารถคำนวณกระแสที่ไหลผ่านวงจร ได้จากสมการ

$$V=IR \quad (\text{โวลต์}) \quad (4.1)$$

เพราะฉะนั้นจาก (4.1) จะได้ กระแส 0.48 แอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.4 นำวงจรจากรูปที่ 3.3 มาต่อขนานกัน 4 ชุด ทำให้ได้กระแส 1.92 แอมป์ แรงดันตกคร่อม 50 โวลต์ จากนั้นนำมาคำนวณหา กำลังวัตต์ของหลอดไฟตามรูปที่ 3.5 จากสมการ

$$P = IV \quad (4.2)$$

เพราะฉะนั้น จาก (4.2) จะได้หลอดไฟกำลังงาน 11.04 วัตต์ ดังรูปที่ 4.2

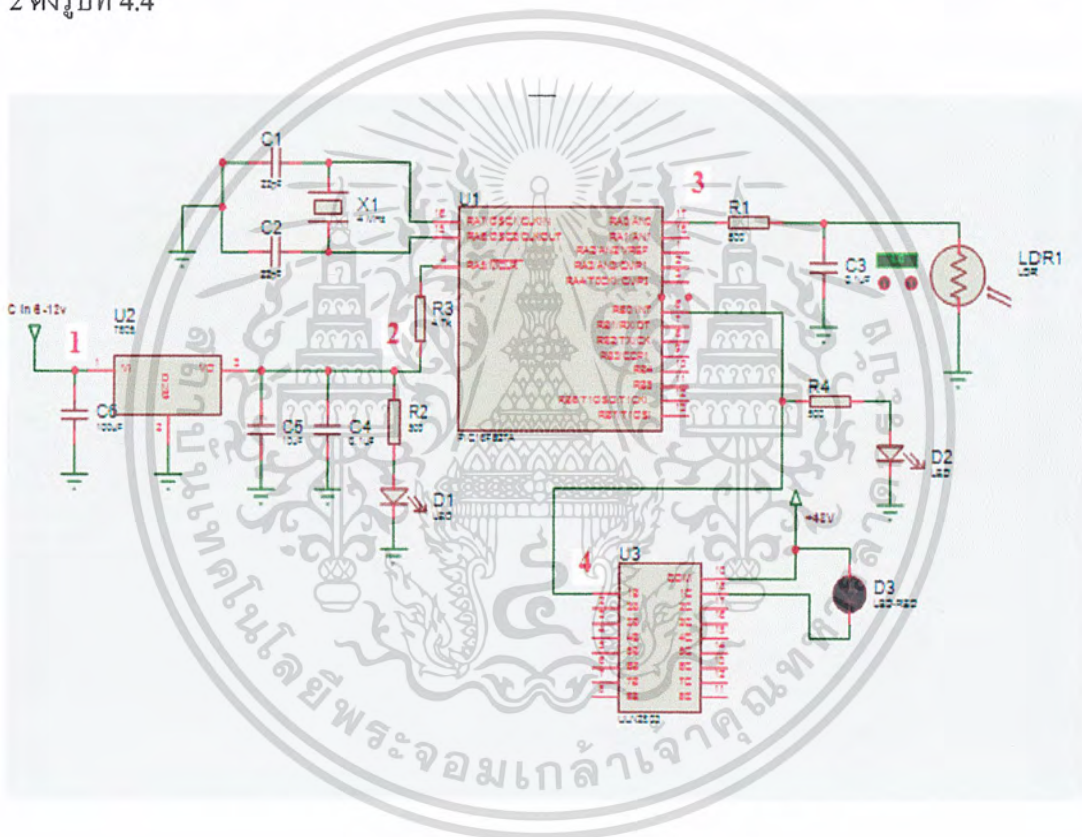


รูปที่ 4.2 หลอดไฟที่พร้อมใช้งานมีกำลัง 11.04 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

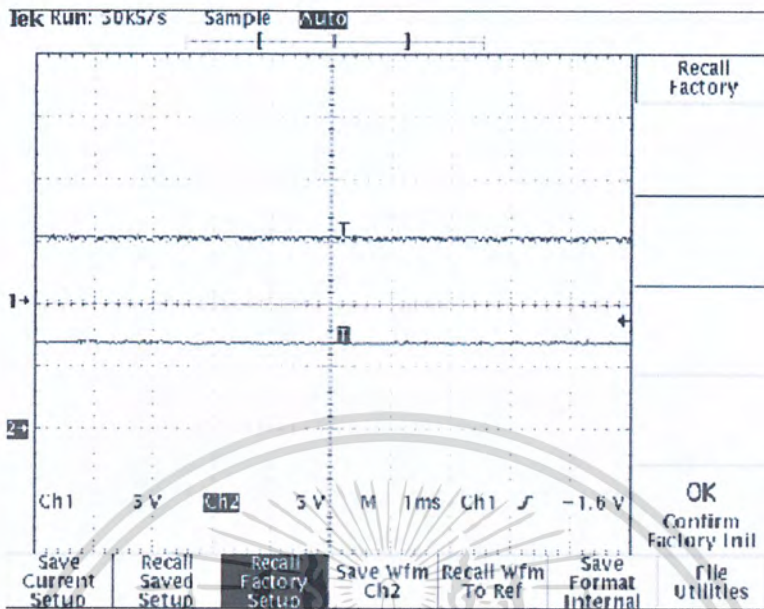
4.2 วงจรควบคุมหลอดไฟ

จากรูปที่ 4.3 เราสามารถแบ่งวงจรออกเป็น 2 ส่วน เพื่อง่ายต่อการศึกษา คือ ส่วนแรกจะเป็นวงจร regulate แปลงไฟจาก 12 VDC ไปเป็นไฟตรง 5V เพื่อที่จะนำไปเลี้ยงวงจรในส่วนที่ 2 คือ ไปเลี้ยงไมโครคอนโทรลเลอร์ ในวงจรควบคุมการติดดับของหลอดไฟ โดยวัดกระแสไฟเข้าและออก IC 2805 โดยป้อนไฟเข้า 8 โวลต์ (CH2) จุดที่ 1 ได้สัญญาณไฟออก 5 โวลต์ (CH1) จุดที่ 2 ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 วงจรควบคุมหลอดไฟ

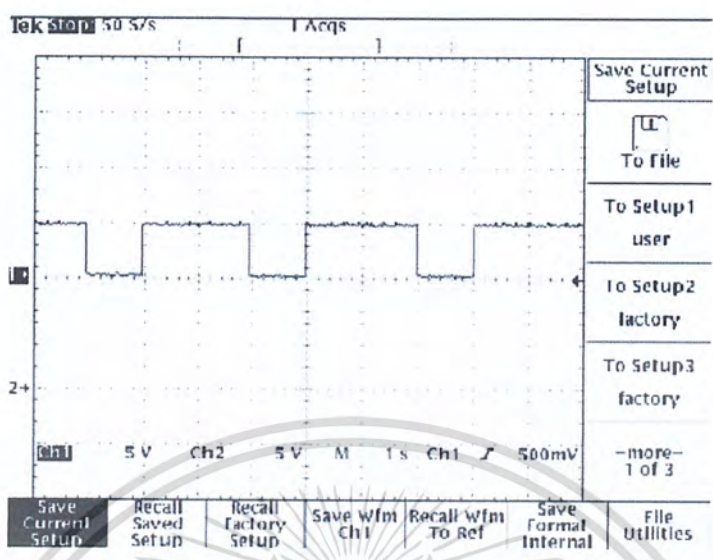
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 สัญญาณ ไฟที่ผ่านวงจร Regulate

4.3 การทำงานของหลอดไฟเตือนไฟ (Obstruction Light)

จากวงจรในรูปที่ 4.3 เมื่อจ่ายแรงดัน 8 โวลต์ให้กับวงจร Regulate ทำการการจ่ายไฟแรงดัน 5 โวลต์ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อมีแสงตกกระทบบ LDR วัดแรงดันตกคร่อมได้ 5 โวลต์ ให้ลอจิก 1 สั่งงานให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ปล่อยแรงดัน 0 โวลต์ไฟไม่ติดแล้วกับไปวนลูปซ้ำเรื่อยๆจนกว่าจะไม่มีแสงมาตกกระทบบ และเมื่อไม่มีแสงตกกระทบบ LDR แรงดันตกคร่อมเป็น 0 โวลต์ ให้ลอจิก 0 สั่งงานให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ปล่อยแรงดัน 5 โวลต์ ไฟติด-ดับแล้วกลับไปวนลูปซ้ำจนกว่าจะมีแสงสว่างมาตกกระทบบ LDR ดังรูปที่ 4.5 และแสดงผลการทำงานของวงจรตามตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.5 สัญญาณจาก LED Obstruction Light

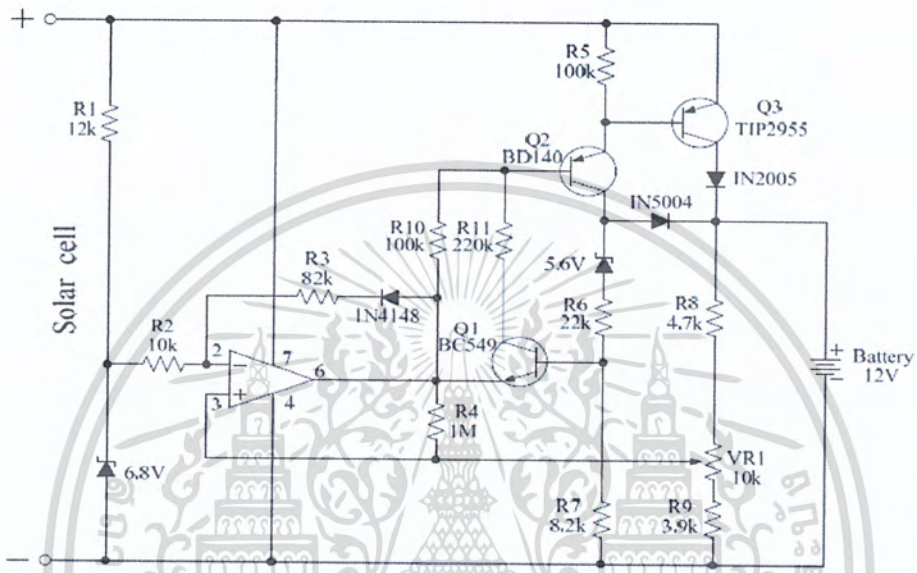
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการทำงานของวงจร

ปริมาณที่แสงตกกระทบ LDR	ผลของหลอดไฟ
แสงสว่างมากๆ	ดับ
แสงสว่างในห้อง	ดับ
แสงสว่างสลัวๆ	สว่าง
แสงสว่างมืดสนิท	สว่าง

4.4 ผลการทดลองวงจรชาร์ตแบตเตอรี่

เมื่อแบตเตอรี่อยู่ในสถานะต่ำ (ประจุน้อย) ความต้านทานของแบตเตอรี่ จะต่ำ แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R9 และ VR1 จะมีศักดาแรงดันน้อยกว่าแรงดันที่ขา 2 ของ IC1 และเอาต์พุตของ IC1(LM741) จะมีศักดาเป็นลบและไบอัส Q2 ให้เริ่มทำงานเป็นผลทำให้มีกระแสจำนวนหนึ่งไปไบอัส Q3 ให้เริ่มทำงานซึ่งจะเป็นการเริ่มชาร์ตแบตเตอรี่โดยผ่าน D3, D2

และ D3 จะเป็นตัวบล็อกกระแสไม่ให้กระแสจากแบตเตอรี่ไหลย้อนกลับเข้า Q2 และ Q3 และเมื่อแบตเตอรี่ถูกชาร์จเต็มเอาต์พุตของ IC1(LM741) จะมีศักดาเป็นบวกทำให้ทรานซิสเตอร์ทุกตัวไม่ทำงานจึงเป็นการหยุดชาร์จแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 วงจรชาร์จแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ในส่วนการทดลองชุดควบคุมไฟกระพริบแจ้งเตือนอากาศยาน โดยจะใช้ LDR เปลี่ยนแปลงการทำงานของตัวมันเองตามปริมาณของแสง จากการทดลองเมื่อไม่มีแสงตกกระทบบนที่ตัว LDR ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็น 0 โวลต์ จะทำให้หลอด LED กระพริบ ซึ่งได้เขียนโปรแกรมตั้งเวลาการกระพริบในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ คือจะติดเป็นเวลา 2 วินาที และดับเป็นเวลา 1 วินาที วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของ LDR ขณะติดได้ 5 โวลต์และดับ 0 โวลต์ ส่วนเมื่อมีแสงตกกระทบบนที่ตัว LDR วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าได้ 5 โวลต์ หลอด LED ก็จะไม่ทำงาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) การประยุกต์ใช้ไฟแสดงสถานะการทำงานของระบบเพื่อบ่งบอกว่าขณะนี้ระบบกำลังทำอะไรอยู่
- 2) ใช้ LCD ในการอ่านค่าแรงดันที่มาจากเซลล์แสงอาทิตย์และแบตเตอรี่
- 3) การประยุกต์ให้มีการแสดงผล ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232
- 4) การปรับปรุงการทำงานของวงจรประจุแบตเตอรี่ให้สามารถจ่ายไฟให้กับโหลดพร้อมกับการบรรจุแบตเตอรี่

บรรณานุกรม

- [1] ทีมงานสมาร์ตเทิร์นนิ่ง. PIC Microcontroller Learning-By-Doing ด้วยภาษา C. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : สมาร์ตเทิร์นนิ่ง, 2550.
- [2] <http://www.chontech.ac.th>.
- [3] <http://www.elecnet.chandra.ac.th>.
- [4] <http://th.wikipedia.org>.
- [5] <http://www.etteam.com>.
- [6] www2.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm.
- [7] ปิยะ แซ่เจีย, พงษ์พจน์ วงศ์กมลไสย, วศิรินทร์ รอดมณี. “เซลล์แสงอาทิตย์.” ประโยชน์นิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2545.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int Read_LDR(void);
```

```
main()
```

```
{
```

```
    int LDR_value;
```

```
    TRISB = 0x00;
```

```
    CMCON = 0x07;
```

```
    while(1)
```

```
    {
```

```
        LDR_value = Read_LDR();
```

```
        if (LDR_value > 60)
```

```
        {
```

```
            PORTB.F0 = 1;
```

```
            Delay_ms(2000);
```

```
            PORTB.F0 = 0;
```

```
            Delay_ms(1000);
```

```
        }
```

```
    else
```

```
    {
```

```
        PORTB.F0 = 0;
```

```
    }
```

```
}
```

```
}
```

```
int Read_LDR(void)
```

```
{
```

```
    int i;
```

```
    i = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TRISA = 0xF0;
PORTA.F0 = 1;
Delay_ms(10);
TRISA = 0xF1;
while(PORTA.F0 == 1)
{
i++;
}
i = i/2;
return i ;
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

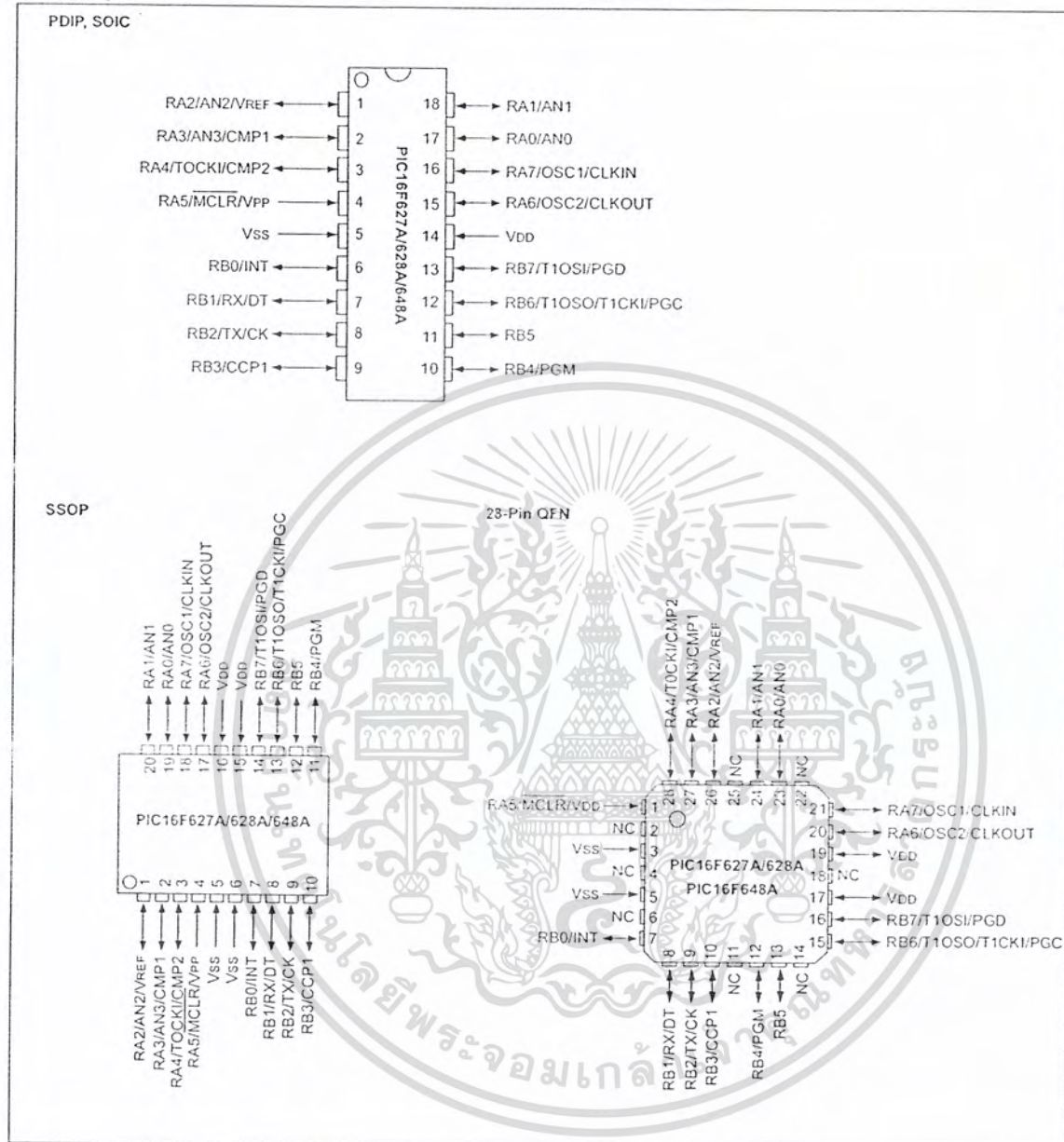


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**MICROCHIP**

PIC16F627A/628A/648A**Data Sheet****FLASH-Based****8-Bit CMOS Microcontrollers**

Pin Diagrams



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 3-1: BLOCK DIAGRAM

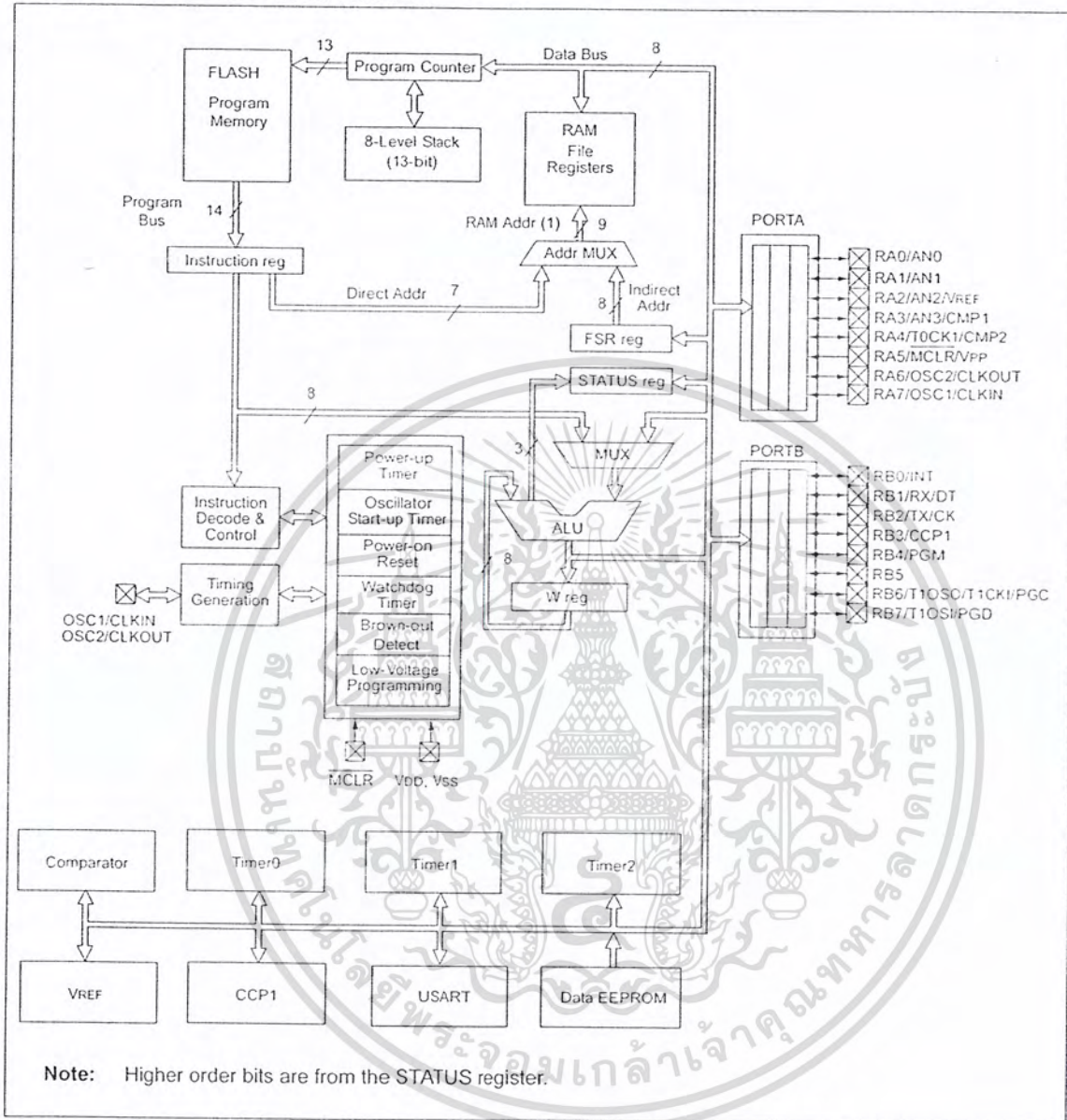


TABLE 3-2: PIC16F627A/628A/648A PINOUT DESCRIPTION

Name	Function	Input Type	Output Type	Description
RA0/AN0	RA0	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	AN0	AN	—	Analog comparator input
RA1/AN1	RA1	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	AN1	AN	—	Analog comparator input
RA2/AN2/VREF	RA2	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	AN2	AN	—	Analog comparator input
	VREF	—	AN	VREF output
RA3/AN3/CMP1	RA3	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	AN3	AN	—	Analog comparator input
	CMP1	—	CMOS	Comparator 1 output
RA4/T0CKI/CMP2	RA4	ST	OD	Bi-directional I/O port
	T0CKI	ST	—	Timer0 clock input
	CMP2	—	OD	Comparator 2 output
RA5/MCLR/VPP	RA5	ST	—	Input port
	MCLR	ST	—	Master clear. When configured as MCLR, this pin is an active low RESET to the device. Voltage on MCLR/VPP must not exceed VDD during normal device operation.
	VPP	—	—	Programming voltage input.
RA6/OSC2/CLKOUT	RA6	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	OSC2	—	XTAL	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode.
	CLKOUT	—	CMOS	In RC/INTOSC mode, OSC2 pin can output CLKOUT, which has 1/4 the frequency of OSC1
RA7/OSC1/CLKIN	RA7	ST	CMOS	Bi-directional I/O port
	OSC1	XTAL	—	Oscillator crystal input
	CLKIN	ST	—	External clock source input. RC biasing pin.
RB0/INT	RB0	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	INT	ST	—	External interrupt.
RB1/RX/DT	RB1	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	RX	ST	—	USART receive pin
	DT	ST	CMOS	Synchronous data I/O.
RB2/TX/CK	RB2	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	TX	—	CMOS	USART transmit pin
	CK	ST	CMOS	Synchronous clock I/O.
RB3/CCP1	RB3	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	CCP1	ST	CMOS	Capture/Compare/PWM I/O

Legend: O = Output
 — = Not used
 TTL = TTL Input

CMOS = CMOS Output
 I = Input
 OD = Open Drain Output

P = Power
 ST = Schmitt Trigger Input
 AN = Analog

TABLE 3-2: PIC16F627A/628A/648A PINOUT DESCRIPTION

Name	Function	Input Type	Output Type	Description
RB4/PGM	RB4	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Interrupt-on-pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	PGM	ST	—	Low voltage programming input pin. When low voltage programming is enabled, the interrupt-on-pin change and weak pull-up resistor are disabled.
RB5	RB5	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Interrupt-on-pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB6/T1OSO/T1CKI/PGC	RB6	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Interrupt-on-pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	T1OSO	—	XTAL	Timer1 oscillator output.
	T1CKI	ST	—	Timer1 clock input.
	PGC	ST	—	ICSP Programming Clock.
RB7/T1OSI/PGD	RB7	TTL	CMOS	Bi-directional I/O port. Interrupt-on-pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
	T1OSI	XTAL	—	Timer1 oscillator input.
	PGD	ST	CMOS	ICSP Data I/O
VSS	VSS	Power	—	Ground reference for logic and I/O pins
VDD	VDD	Power	—	Positive supply for logic and I/O pins

Legend: O = Output
 — = Not used
 TTL = TTL Input
 CMOS = CMOS Output
 I = Input
 OD = Open Drain Output
 P = Power
 ST = Schmitt Trigger Input
 AN = Analog

3.1 Clocking Scheme/Instruction Cycle

The clock input (OSC1/CLKIN/RA7 pin) is internally divided by four to generate four non-overlapping quadrature clocks namely Q1, Q2, Q3 and Q4. Internally, the program counter (PC) is incremented every Q1, the instruction is fetched from the program memory and latched into the instruction register in Q4. The instruction is decoded and executed during the following Q1 through Q4. The clocks and instruction execution flow is shown in Figure 3-2.

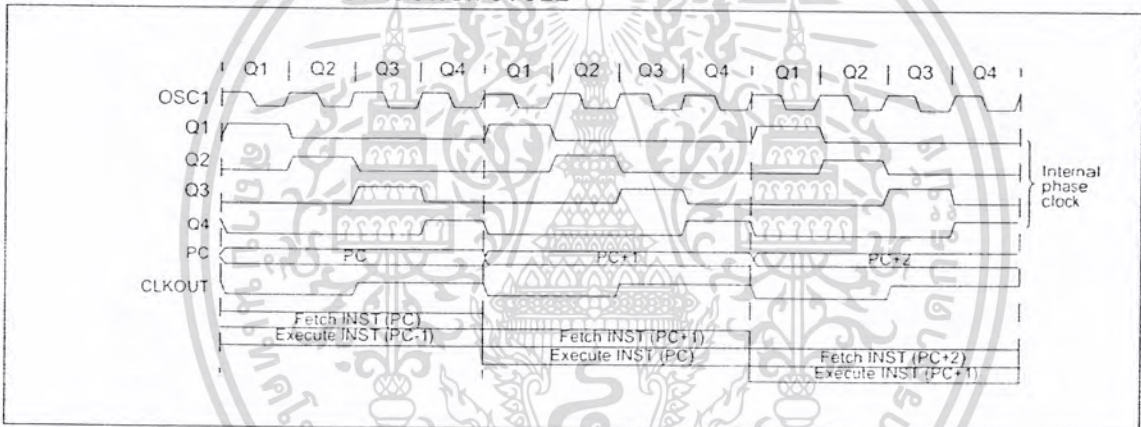
3.2 Instruction Flow/Pipelining

An instruction cycle consists of four Q cycles (Q1, Q2, Q3 and Q4). The instruction fetch and execute are pipelined such that fetch takes one instruction cycle while decode and execute takes another instruction cycle. However, due to the pipelining, each instruction effectively executes in one cycle. If an instruction causes the program counter to change (e.g., GOTO) then two cycles are required to complete the instruction (Example 3-1).

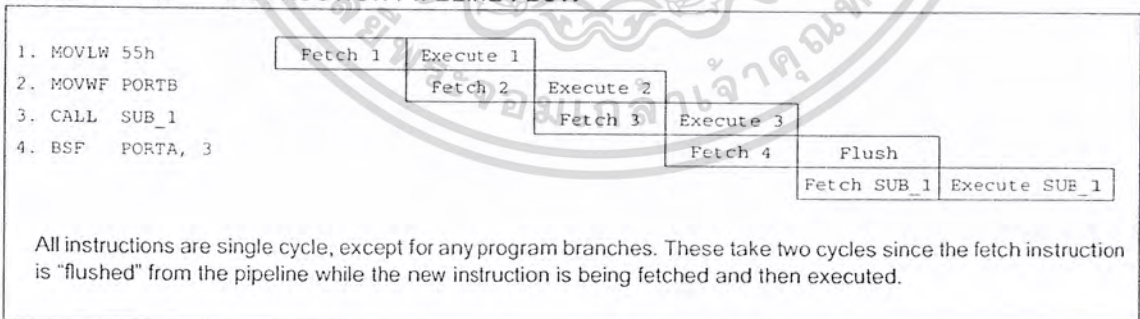
A fetch cycle begins with the program counter (PC) incrementing in Q1.

In the execution cycle, the fetched instruction is latched into the Instruction Register (IR) in cycle Q1. This instruction is then decoded and executed during the Q2, Q3, and Q4 cycles. Data memory is read during Q2 (operand read) and written during Q4 (destination write).

FIGURE 3-2: CLOCK/INSTRUCTION CYCLE



EXAMPLE 3-1: INSTRUCTION PIPELINE FLOW

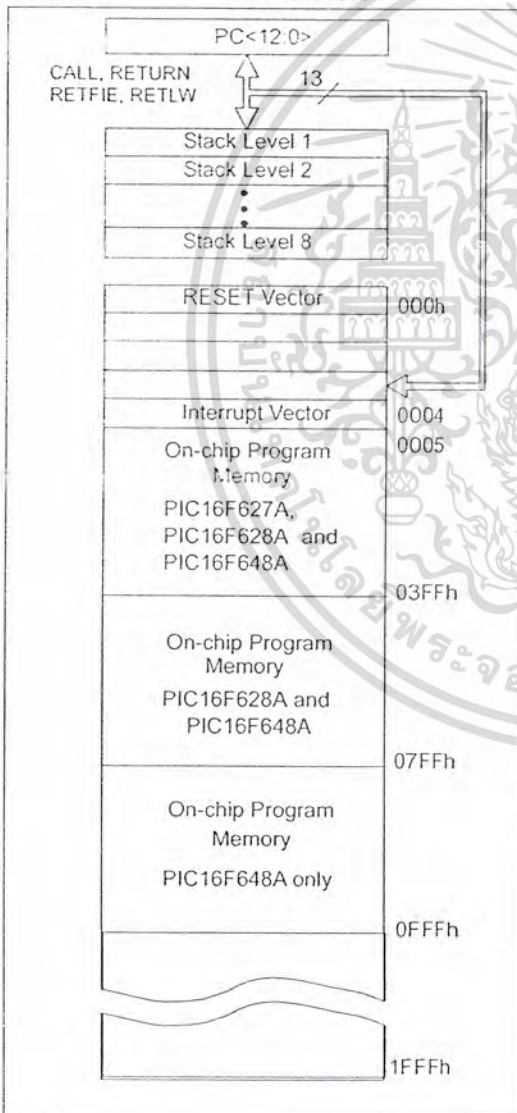


4.0 MEMORY ORGANIZATION

4.1 Program Memory Organization

The PIC16F627A/628A/648A has a 13-bit program counter capable of addressing an 8K x 14 program memory space. Only the first 1K x 14 (0000h - 03FFh) for the PIC16F627A, 2K x 14 (0000h - 07FFh) for the PIC16F628A and 4K x 14 (0000h - 0FFFh) for the PIC16F648A are physically implemented. Accessing a location above these boundaries will cause a wrap-around within the first 1K x 14 space (PIC16F627A), 2K x 14 space (PIC16F628A) or 4K x 14 space (PIC16F648A). The RESET vector is at 0000h and the interrupt vector is at 0004h (Figure 4-1).

FIGURE 4-1: PROGRAM MEMORY MAP AND STACK



4.2 Data Memory Organization

The data memory (Figure 4-2 and Figure 4-3) is partitioned into four banks, which contain the general purpose registers and the Special Function Registers (SFR). The SFR's are located in the first 32 locations of each Bank. There are general purpose registers implemented as static RAM in each Bank. Table 4-1 lists the general purpose register available in each of the four banks.

TABLE 4-1: GENERAL PURPOSE STATIC RAM REGISTERS

	PIC16F627A/628A	PIC16F648A
Bank0	20-7Fh	20-7Fh
Bank1	A0h-FF	A0h-FF
Bank2	120h-14Fh, 170h-17Fh	120h-17Fh
Bank3	1F0h-1FFh	1F0h-1FFh

Addresses F0h-FFh, 170h-17Fh and 1F0h-1FFh are implemented as common RAM and mapped back to addresses 70h-7Fh.

Table 4-2 lists how to access the four banks of registers via the STATUS Register bits RP1 and RP0.

TABLE 4-2: ACCESS TO BANKS OF REGISTERS

	RP1	RP0
Bank0	0	0
Bank1	0	1
Bank2	1	0
Bank3	1	1

4.2.1 GENERAL PURPOSE REGISTER FILE

The register file is organized as 224 x 8 in the PIC16F627A/628A and 256 x 8 in the PIC16F648A. Each is accessed either directly or indirectly through the File Select Register (FSR). See Section 4.4.

FIGURE 4-2: DATA MEMORY MAP OF THE PIC16F627A AND PIC16F628A

						File Address	
Indirect addr. ⁽¹⁾	00h	Indirect addr. ⁽¹⁾	80h	Indirect addr. ⁽¹⁾	100h	Indirect addr. ⁽¹⁾	180h
TMRO	01h	OPTION	81h	TMRO	101h	OPTION	181h
PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h
	07h		87h		107h		187h
	08h		88h		108h		188h
	09h		89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch		10Ch		18Ch
	0Dh		8Dh		10Dh		18Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh		10Eh		18Eh
TMR1H	0Fh		8Fh		10Fh		18Fh
T1CON	10h		90h				
TMR2	11h		91h				
T2CON	12h	PR2	92h				
	13h		93h				
	14h		94h				
CCPR1L	15h		95h				
CCPR1H	16h		96h				
CCP1CON	17h		97h				
RCSTA	18h	TXSTA	98h				
TXREG	19h	SPBRG	99h				
RCREG	1Ah	EEDATA	9Ah				
	1Bh	EEADR	9Bh				
	1Ch	EECON1	9Ch				
	1Dh	EECON2 ⁽¹⁾	9Dh				
	1Eh		9Eh				
CMCON	1Fh	VRCON	9Fh		11Fh		
	20h		A0h	General Purpose Register 48 Bytes	120h		
General Purpose Register 80 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes			14Fh		
					150h		
	6Fh		EFh		16Fh		1EFh
16 Bytes	70h	accesses 70h-7Fh	F0h	accesses 70h-7Fh	170h	accesses 70h - 7Fh	1F0h
	7Fh		FFh		17Fh		1FFh
Bank 0		Bank 1		Bank 2		Bank 3	

Unimplemented data memory locations, read as '0'.
 Note 1: Not a physical register.

FIGURE 4-3: DATA MEMORY MAP OF THE PIC16F648A

Indirect addr. ⁽¹⁾		Indirect addr. ⁽¹⁾		Indirect addr. ⁽¹⁾		Indirect addr. ⁽¹⁾		File Address
	00h		80h		100h		180h	
TMR0	01h	OPTION	81h	TMR0	101h	OPTION	181h	
PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h	
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h	
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h	
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h	
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h	
	07h		87h		107h		187h	
	08h		88h		108h		188h	
	09h		89h		109h		189h	
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah	
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh	
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch		10Ch		18Ch	
	0Dh		8Dh		10Dh		18Dh	
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh		10Eh		18Eh	
TMR1H	0Fh		8Fh		10Fh		18Fh	
T1CON	10h		90h					
TMR2	11h		91h					
T2CON	12h	PR2	92h					
	13h		93h					
	14h		94h					
CCPR1L	15h		95h					
CCPR1H	16h		96h					
CCP1CON	17h		97h					
RCSTA	18h	TXSTA	98h					
TXREG	19h	SPBRG	99h					
RCREG	1Ah	EEDATA	9Ah					
	1Bh	EEADR	9Bh					
	1Ch	EECON1	9Ch					
	1Dh	EECON2 ⁽¹⁾	9Dh					
	1Eh		9Eh					
CMCON	1Fh	VRCON	9Fh		11Fh			
	20h		A0h		120h			
General Purpose Register 80 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes				
	6Fh		EFh		16Fh			1EFh
16 Bytes	70h	accesses 70h-7Fh	F0h	accesses 70h-7Fh	170h	accesses 70h - 7Fh		1F0h
	7Fh		FFh		17Fh			1FFh
Bank 0		Bank 1		Bank 2		Bank 3		

Unimplemented data memory locations, read as '0'.
Note 1: Not a physical register.

POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

- OUTPUT CURRENT TO 1.5A
- OUTPUT VOLTAGES OF 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 10; 12; 15; 18; 24V
- THERMAL OVERLOAD PROTECTION
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OUTPUT TRANSITION SOA PROTECTION

DESCRIPTION

The L7800 series of three-terminal positive regulators is available in TO-220, TO-220FP, TO-220FM, TO-3 and D²PAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltage and currents.

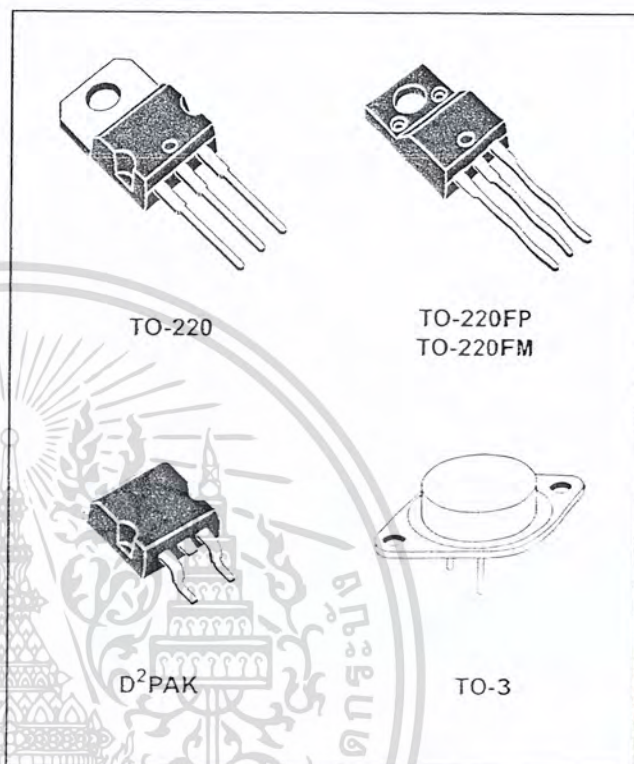
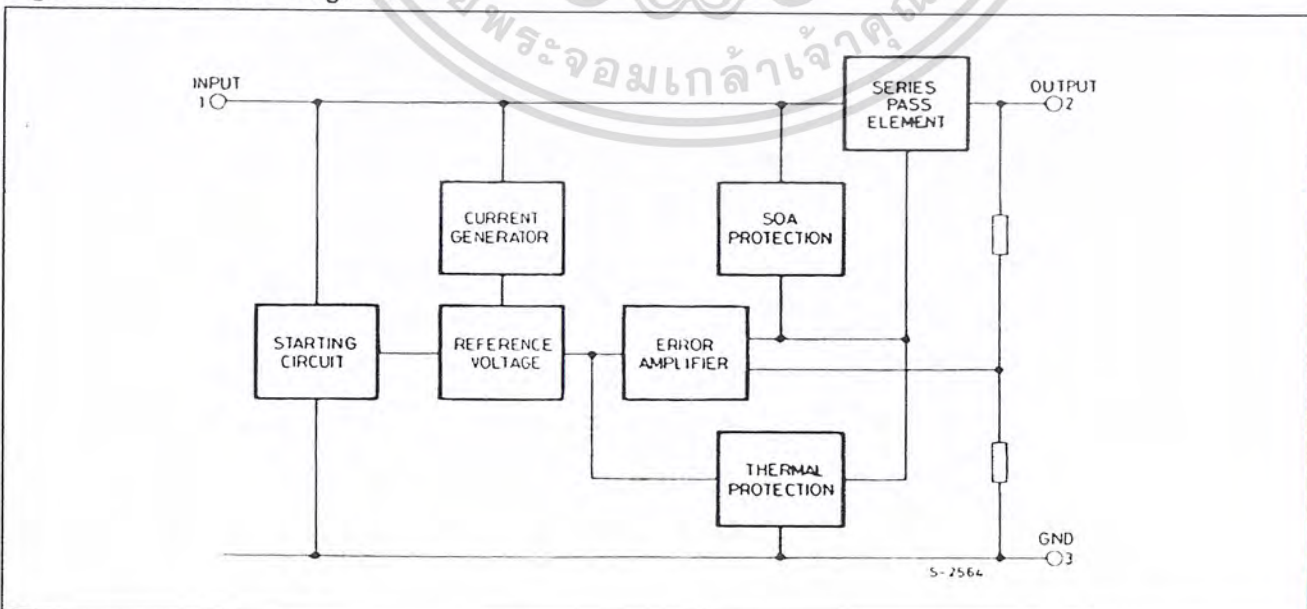
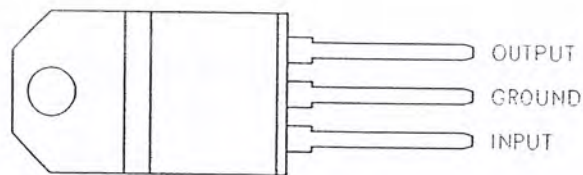


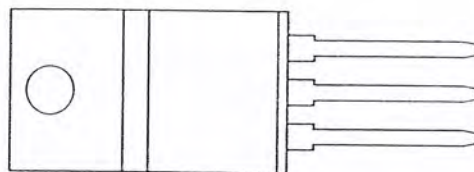
Figure 1: Schematic Diagram





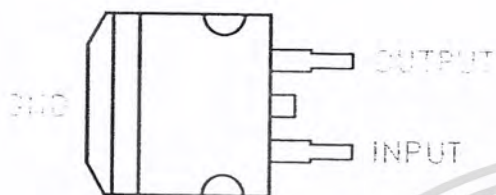
CS05710

TO-220 (Any Type)



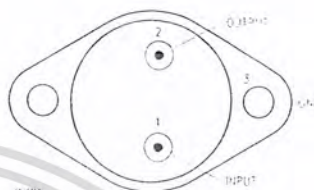
CS05700

TO-220FP/TO-220FM



PC11920

D²PAK (Any Type)

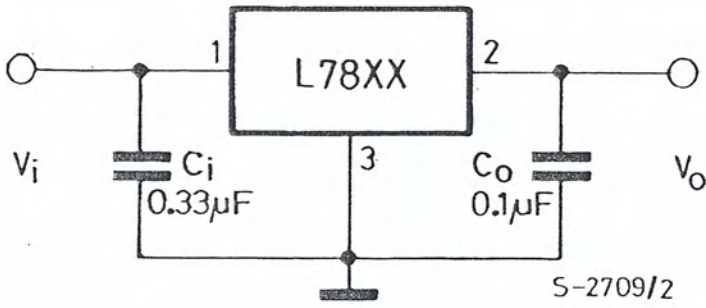


TO-3

Table 3: Order Codes

TYPE	TO-220 (A Type)	TO-220 (C Type)	TO-220 (E Type)	D²PAK (A Type) (*)	D²PAK (C Type) (T & R)	TO-220FP	TO-220FM	TO-3
L7805								L7805T
L7805C	L7805CV	L7805C-V	L7805CV1	L7805CD2T	L7805C-D2TR	L7805CP	L7805CF	L7805CT
L7852C	L7852CV			L7852CD2T		L7852CP	L7852CF	L7852CT
L7806								L7806T
L7806C	L7806CV	L7806C-V		L7806CD2T		L7806CP	L7806CF	L7806CT
L7808								L7808T
L7808C	L7808CV	L7808C-V		L7808CD2T		L7808CP	L7808CF	L7808CT
L7885C	L7885CV			L7885CD2T		L7885CP	L7885CF	L7885CT
L7809C	L7809CV	L7809C-V		L7809CD2T		L7809CP	L7809CF	L7809CT
L7810C	L7810CV			L7810CD2T		L7810CP		
L7812								L7812T
L7812C	L7812CV	L7812C-V		L7812CD2T		L7812CP	L7812CF	L7812CT
L7815								L7815T
L7815C	L7815CV	L7815C-V		L7815CD2T		L7815CP	L7815CF	L7815CT
L7818								L7818T
L7818C	L7818CV			L7818CD2T		L7818CP	L7818CF	L7818CT
L7820								L7820T
L7820C	L7820CV			L7820CD2T		L7820CP	L7820CF	L7820CT
L7824								L7824T
L7824C	L7824CV			L7824CD2T		L7824CP	L7824CF	L7824CT

(*) Available in Tape & Reel with the suffix "-TR".



TEST CIRCUITS

Figure 5: DC Parameter

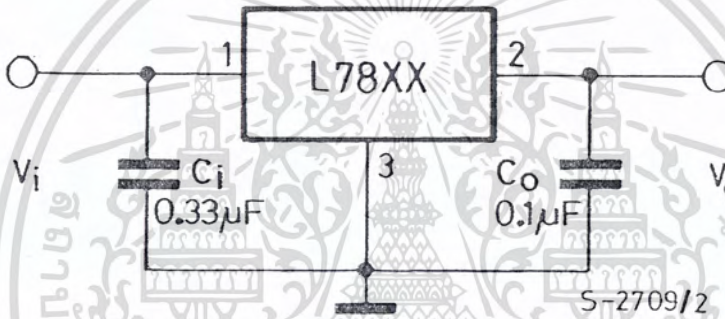
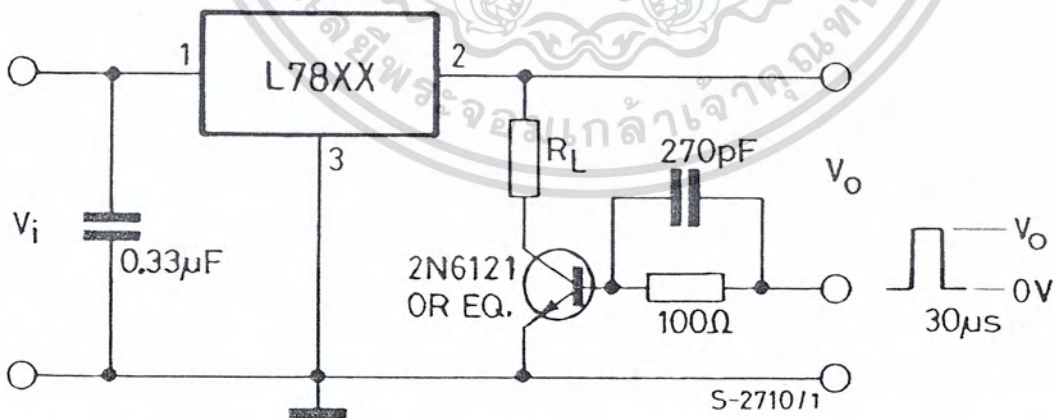


Figure 6: Load Regulation





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$	11.5	12	12.5	V
V_O	Output Voltage	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_O \leq 15\text{ W}$ $V_I = 15.5\text{ to }27\text{ V}$	11.4	12	12.6	V
$\Delta V_O(^{\circ})$	Line Regulation	$V_I = 14.5\text{ to }30\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			120	mV
		$V_I = 16\text{ to }22\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			60	
$\Delta V_O(^{\circ})$	Load Regulation	$I_O = 5\text{ mA to }1.5\text{ A}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			100	mV
		$I_O = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			60	
I_d	Quiescent Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$			0.5	mA
		$V_I = 15\text{ to }30\text{ V}$			0.8	
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift	$I_O = 5\text{ mA}$		1.5		mV/ $^\circ\text{C}$
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			40	$\mu\text{V}/V_O$
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_I = 15\text{ to }25\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	61			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_O = 1\text{ A}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		2	2.5	V
R_O	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		18		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_I = 35\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$	1.3	2.2	3.3	A

(*) Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

Table 8: Electrical Characteristics Of L7815 (refer to the test circuits, $T_J = -55\text{ to }150^\circ\text{C}$, $V_I = 23\text{V}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $C_I = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified).

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$	14.4	15	15.6	V
V_O	Output Voltage	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_O \leq 15\text{ W}$ $V_I = 18.5\text{ to }30\text{ V}$	14.25	15	15.75	V
$\Delta V_O(^{\circ})$	Line Regulation	$V_I = 17.5\text{ to }30\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			150	mV
		$V_I = 20\text{ to }26\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			75	
$\Delta V_O(^{\circ})$	Load Regulation	$I_O = 5\text{ mA to }1.5\text{ A}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			150	mV
		$I_O = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			75	
I_d	Quiescent Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$			0.5	mA
		$V_I = 18.5\text{ to }30\text{ V}$			0.8	
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift	$I_O = 5\text{ mA}$		1.8		mV/ $^\circ\text{C}$
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$			40	$\mu\text{V}/V_O$
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_I = 18.5\text{ to }28.5\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	60			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_O = 1\text{ A}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		2	2.5	V
R_O	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		19		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_I = 35\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$	1.3	2.2	3.3	A

(*) Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

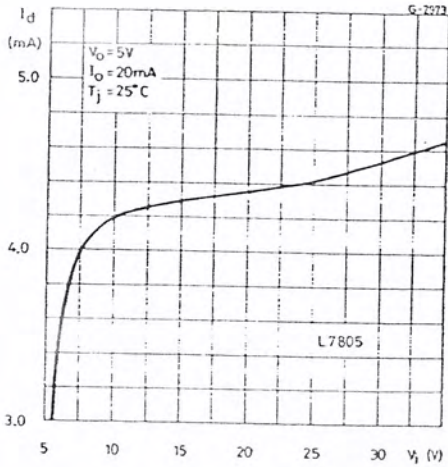
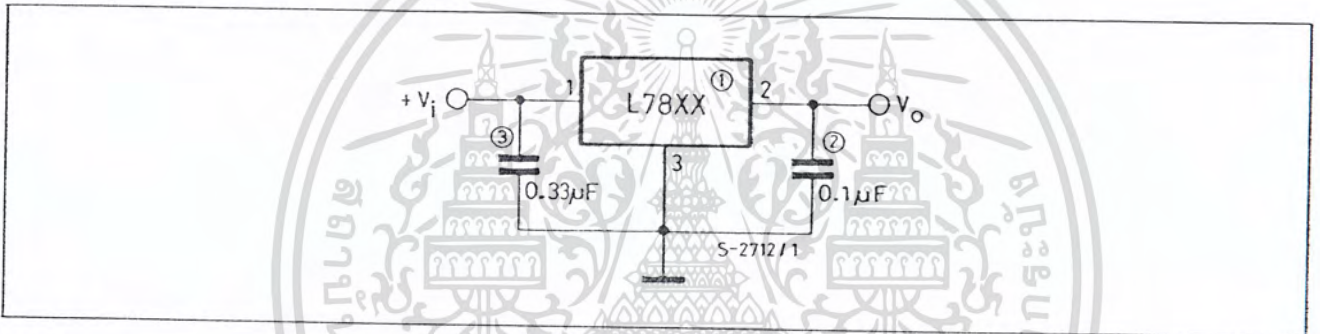
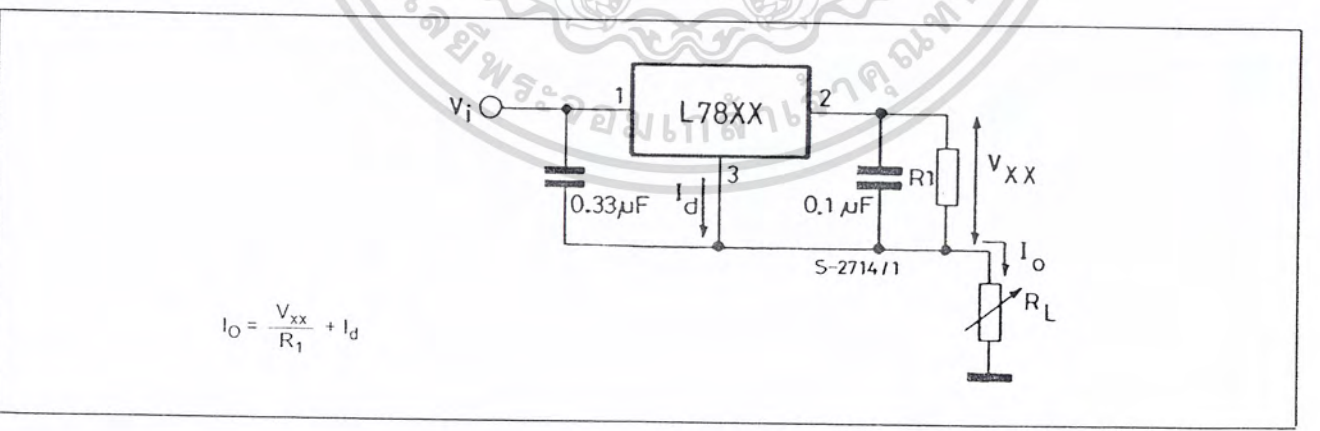


Figure 17: Fixed Output Regulator

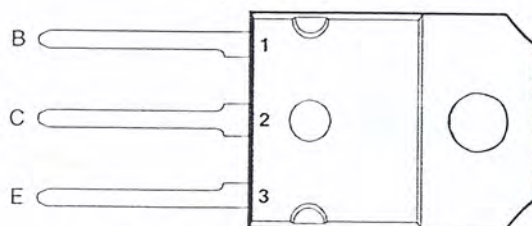


- NOTE:
1. To specify an output voltage, substitute voltage value for "XX".
 2. Although no output capacitor is need for stability, it does improve transient response.
 3. Required if regulator is locate an appreciable distance from power supply filter.

Figure 18: Current Regulator



- Designed for Complementary Use with the TIP3055 Series
- 90 W at 25°C Case Temperature
- 15 A Continuous Collector Current
- Customer-Specified Selections Available

SOT-93 PACKAGE
(TOP VIEW)

Pin 2 is in electrical contact with the mounting base.

MOTRAAA

absolute maximum ratings at 25°C case temperature (unless otherwise noted)

RATING	SYMBOL	VALUE	UNIT
Collector-base voltage ($I_E = 0$)	V_{CBO}	-100	V
Collector-emitter voltage ($I_B = 0$) (see Note 1)	V_{CER}	-70	V
Emitter-base voltage	V_{EBO}	-7	V
Continuous collector current	I_C	-15	A
Continuous base current	I_B	-7	A
Continuous device dissipation at (or below) 25°C case temperature (see Note 2)	P_{tot}	90	W
Continuous device dissipation at (or below) 25°C free air temperature (see Note 3)	P_{tot}	3.5	W
Unclamped inductive load energy (see Note 4)	$\frac{1}{2}LI_C^2$	62.5	mJ
Operating junction temperature range	T_j	-65 to +150	°C
Storage temperature range	T_{stg}	-65 to +150	°C
Lead temperature 3.2 mm from case for 10 seconds	T_L	260	°C

- NOTES: 1. This value applies when the base-emitter resistance $R_{BE} = 100 \Omega$.
2. Derate linearly to 150°C case temperature at the rate of 0.72 W/°C.
3. Derate linearly to 150°C free air temperature at the rate of 28 mW/°C.
4. This rating is based on the capability of the transistor to operate safely in a circuit of: $L = 20$ mH, $I_{B(on)} = -0.4$ A, $R_{BE} = 100 \Omega$, $V_{BE(off)} = 0$, $R_S = 0.1 \Omega$, $V_{CC} = -10$ V.

PRODUCT INFORMATION

JANUARY 1972 - REVISED SEPTEMBER 2002

Specifications are subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

electrical characteristics at 25°C case temperature

PARAMETER		TEST CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{(BR)CEO}$	Collector-emitter breakdown voltage	$I_C = -30 \text{ mA}$	$I_B = 0$	(see Note 5)	-60			V
I_{CEO}	Collector cut-off current	$V_{CE} = -30 \text{ V}$	$I_B = 0$				-0.7	mA
I_{CEV}	Voltage between base and emitter	$V_{CE} = -100 \text{ V}$	$V_{BE} = 1.5 \text{ V}$				-5	mA
I_{EBO}	Emitter cut-off current	$V_{EB} = -7 \text{ V}$	$I_C = 0$				-5	mA
h_{FE}	Forward current transfer ratio	$V_{CE} = -4 \text{ V}$ $V_{CE} = -4 \text{ V}$	$I_C = -4 \text{ A}$ $I_C = -10 \text{ A}$	(see Notes 5 and 6)	20 5		70	
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter saturation voltage	$I_B = -0.4 \text{ A}$ $I_B = -3.3 \text{ A}$	$I_C = -4 \text{ A}$ $I_C = -10 \text{ A}$	(see Notes 5 and 6)			-1.1 -3	V
V_{BE}	Base-emitter voltage	$V_{CE} = -4 \text{ V}$	$I_C = -4 \text{ A}$	(see Notes 5 and 6)			-1.8	V
h_{fe}	Small signal forward current transfer ratio	$V_{CE} = -10 \text{ V}$	$I_C = -0.5 \text{ A}$	$f = 1 \text{ kHz}$	20			
$ h_{fe} $	Small signal forward current transfer ratio	$V_{CE} = -10 \text{ V}$	$I_C = -0.5 \text{ A}$	$f = 1 \text{ MHz}$	3			

NOTES: 5. These parameters must be measured using pulse techniques, $t_p = 300 \mu\text{s}$, duty cycle $\leq 2\%$.
6. These parameters must be measured using voltage-sensing contacts, separate from the current carrying contacts.

thermal characteristics

PARAMETER		MIN	TYP	MAX	UNIT
$R_{\theta JC}$	Junction to case thermal resistance			1.39	$^{\circ}\text{C/W}$
$R_{\theta JA}$	Junction to free air thermal resistance			35.7	$^{\circ}\text{C/W}$

resistive-load-switching characteristics at 25°C case temperature

PARAMETER		TEST CONDITIONS †			MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{on}	Turn-on time	$I_C = -6 \text{ A}$	$I_{B(on)} = -0.6 \text{ A}$	$I_{B(off)} = 0.6 \text{ A}$		0.4		μs
t_{off}	Turn-off time	$V_{BE(off)} = 4 \text{ V}$	$R_L = 5 \Omega$	$t_p = 20 \mu\text{s}$, $dc \leq 2\%$		0.7		μs

† Voltage and current values shown are nominal; exact values vary slightly with transistor parameters.

PRODUCT INFORMATION

JANUARY 1972 - REVISED SEPTEMBER 2002

Specifications are subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ซื้อได้เห็นใบสั่งซื้อแล้ว กรุณา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS

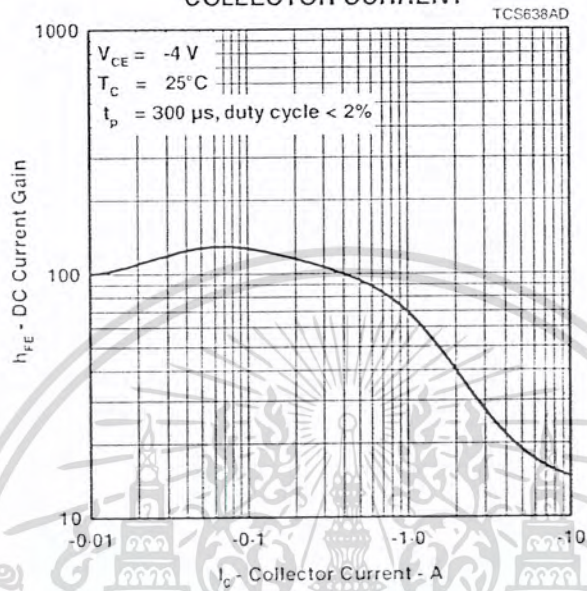
TYPICAL DC CURRENT GAIN
vs
COLLECTOR CURRENT

Figure 1.

MAXIMUM SAFE OPERATING REGIONS

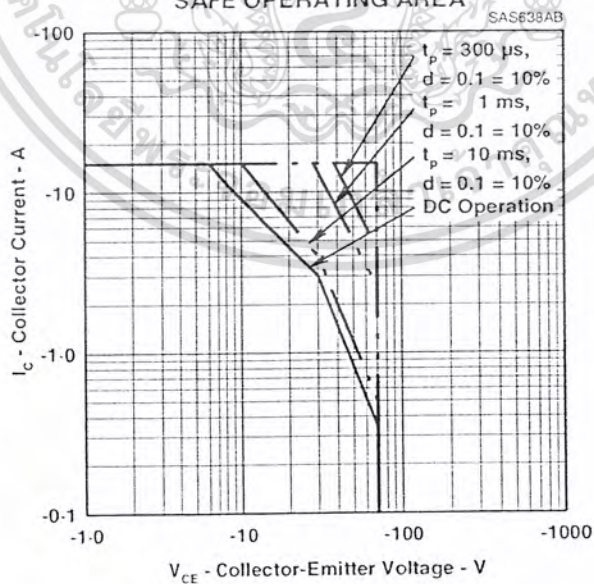
MAXIMUM FORWARD-BIAS
SAFE OPERATING AREA

Figure 2.

PRODUCT INFORMATION

JANUARY 1972 · REVISED SEPTEMBER 2002
 Specifications are subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THERMAL INFORMATION

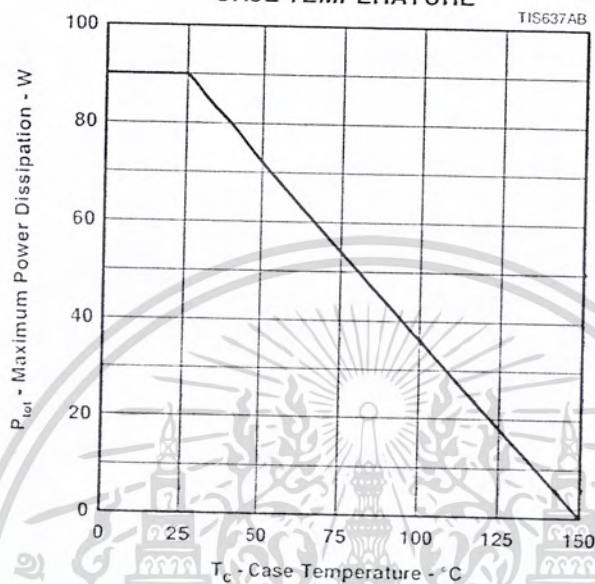
MAXIMUM POWER DISSIPATION
VS
CASE TEMPERATURE

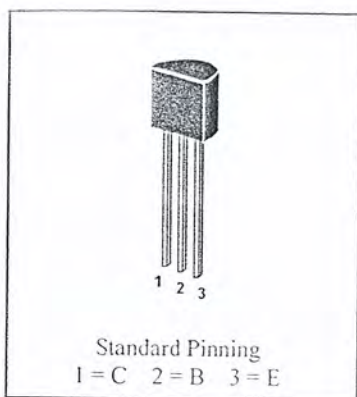
Figure 3.

PRODUCT INFORMATION

JANUARY 1972 - REVISED SEPTEMBER 2002

Specifications are subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นจำเป็นต้องใช้เอกสารนี้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Power dissipation – Verlustleistung	500 mW
Plastic case Kunststoffgehäuse	TO-92 (10D3)
Weight approx. – Gewicht ca.	0.18 g
Plastic material has UL classification 94V-0 Gehäusematerial UL94V-0 klassifiziert	
Standard packaging taped in ammo pack Standard Lieferform gesurtet in Ammo-Pack	

Maximum ratings ($T_A = 25^\circ\text{C}$)Grenzwerte ($T_A = 25^\circ\text{C}$)

			BC 546	BC 547	BC 548/549
Collector-Emitter-voltage	B open	V_{CE0}	65 V	45 V	30 V
Collector-Emitter-voltage	B shorted	V_{CES}	85 V	50 V	30 V
Collector-Base-voltage	E open	V_{CE0}	80 V	50 V	30 V
Emitter-Base-voltage	C open	V_{EB0}	6 V	6 V	5 V
Power dissipation – Verlustleistung		P_{tot}	500 mW ¹⁾		
Collector current – Kollektorstrom (DC)		I_C	100 mA		
Peak Coll. current – Kollektor-Spitzenstrom		I_{CM}	200 mA		
Peak Base current – Basis-Spitzenstrom		I_{BM}	200 mA		
Peak Emitter current – Emitter-Spitzenstrom		$-I_{EM}$	200 mA		
Junction temp. – Sperrschichttemperatur		T_j	150°C		
Storage temperature – Lagerungstemperatur		T_s	- 65 ... + 150°C		

Characteristics, $T_j = 25^\circ\text{C}$ Kennwerte, $T_j = 25^\circ\text{C}$

		Group A	Group B	Group C
DC current gain – Kollektor-Basis-Stromverhältnis				
$V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 10\ \mu\text{A}$	h_{FE}	typ. 90	typ. 150	typ. 270
$V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 2\text{ mA}$	h_{FE}	110...220	200...450	420...800
$V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 100\text{ mA}$	h_{FE}	typ. 120	typ. 200	typ. 400
h-Parameters at $V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 2\text{ mA}, f = 1\text{ kHz}$				
Small signal current gain – Stromverst.	h_{fe}	typ. 220	typ. 330	typ. 600
Input impedance – Eingangsimpedanz	h_{ie}	1.6...4.5 k Ω	3.2...8.5 k Ω	6...15 k Ω
Output admittance – Ausgangsleitwert	h_{oe}	18 < 30 μS	30 < 60 μS	60 < 110 μS
Reverse voltage transfer ratio Spannungsrückwirkung	h_{re}	typ. 1.5 * 10 ⁻⁴	typ. 2 * 10 ⁻⁴	typ. 3 * 10 ⁻⁴

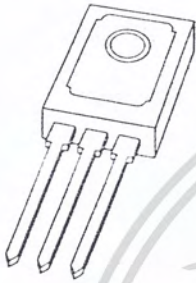
¹⁾ Valid, if leads are kept at ambient temperature at a distance of 2 mm from case
Gültig, wenn die Anschlußdrähte in 2 mm Abstand von Gehäuse auf Umgebungstemperatur gehalten werden

			Min.	Typ.	Max.
Collector saturation voltage – Kollektor-Sättigungsspannung					
$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 0.5 \text{ mA}$		V_{CEsat}	–	80 mV	200 mV
$I_C = 100 \text{ mA}, I_B = 5 \text{ mA}$		V_{CEsat}	–	200 mV	600 mV
Base saturation voltage – Basis-Sättigungsspannung					
$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 0.5 \text{ mA}$		V_{BEsat}	–	700 mV	–
$I_C = 100 \text{ mA}, I_B = 5 \text{ mA}$		V_{BEsat}	–	900 mV	–
Base-Emitter voltage – Basis-Emitter-Spannung					
$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 2 \text{ mA}$		V_{BE}	580 mV	660 mV	700 mV
$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 10 \text{ mA}$		V_{BE}	–	–	720 mV
Collector-Emitter cutoff current – Kollektorreststrom					
$V_{CE} = 80 \text{ V}$	BC 546	I_{CES}	–	0.2 nA	15 nA
$V_{CE} = 50 \text{ V}$	BC 547	I_{CES}	–	0.2 nA	15 nA
$V_{CE} = 30 \text{ V}$	BC 548	I_{CES}	–	0.2 nA	15 nA
$V_{CE} = 30 \text{ V}$	BC 549	I_{CES}	–	0.2 nA	15 nA
Collector-Emitter cutoff current – Kollektorreststrom					
$V_{CE} = 80 \text{ V}, T_j = 125^\circ\text{C}$	BC 546	I_{CES}	–	–	4 μA
$V_{CE} = 50 \text{ V}, T_j = 125^\circ\text{C}$	BC 547	I_{CES}	–	–	4 μA
$V_{CE} = 30 \text{ V}, T_j = 125^\circ\text{C}$	BC 548	I_{CES}	–	–	4 μA
$V_{CE} = 30 \text{ V}, T_j = 125^\circ\text{C}$	BC 549	I_{CES}	–	–	4 μA
Gain-Bandwidth Product – Transitfrequenz					
$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 10 \text{ mA}, f = 100 \text{ MHz}$		f_T	–	300 MHz	–
Collector-Base Capacitance – Kollektor-Basis-Kapazität					
$V_{CB} = 10 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}$		C_{CB0}	–	3.5 pF	6 pF
Emitter-Base Capacitance – Emitter-Basis-Kapazität					
$V_{EB} = 0.5 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}$		C_{EB0}	–	9 pF	–
Noise figure – Rauschmaß					
$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_C = 200 \mu\text{A}$	BC 547	F	–	2 dB	10 dB
$R_G = 2 \text{ k}\Omega, f = 1 \text{ kHz},$	BC 548	F	–	1.2 dB	4 dB
$\Delta f = 200 \text{ Hz}$	BC 549	F	–	1.2 dB	4 dB
Thermal resistance junction to ambient air Wärmewiderstand Sperrschicht – umgebende Luft			R_{thA}		250 K/W ¹⁾
Recommended complementary PNP transistors Empfohlene komplementäre PNP-Transistoren				BC 556 ... BC 559	

Available current gain groups per type Lieferbare Stromverstärkungsgruppen pro Typ	BC 546A	BC 546B	
	BC 547A	BC 547B	BC 547C
	BC 548A	BC 548B	BC 548C
		BC 549B	BC 549C

¹⁾ Valid, if leads are kept at ambient temperature at a distance of 2 mm from case.
 Gültig, wenn die Anschlussdrähte in 2 mm Abstand von Gehäuse auf Umgebungstemperatur gehalten werden.

DATA SHEET



BD136; BD138; BD140 PNP power transistors

Product specification
Supersedes data of 1997 Mar 26

1999 Apr 12



PNP power transistors

BD136; BD138; BD140

FEATURES

- High current (max. 1.5 A)
- Low voltage (max. 80 V).

APPLICATIONS

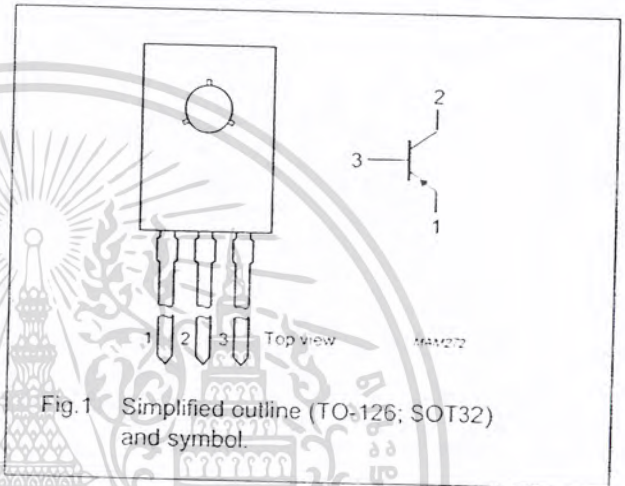
- General purpose power applications, e.g. driver stages in hi-fi amplifiers and television circuits.

DESCRIPTION

PNP power transistor in a TO-126; SOT32 plastic package. NPN complements: BD135, BD137 and BD139.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	collector, connected to metal part of mounting surface
3	base



LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V _{CB0}	collector-base voltage	open emitter			
	BD136		-	-45	V
	BD138		-	-60	V
V _{CEO}	collector-emitter voltage	open base			
	BD136		-	-45	V
	BD138		-	-60	V
V _{EB0}	emitter-base voltage	open collector			
	BD140		-	-80	V
I _C	collector current (DC)		-	-1.5	A
I _{CM}	peak collector current		-	-2	A
I _{BM}	peak base current		-	-1	A
P _{tot}	total power dissipation	T _{mb} ≤ 70 °C	-	8	W
T _{stg}	storage temperature		-65	+150	°C
T _j	junction temperature		-	150	°C
T _{amb}	operating ambient temperature		-65	+150	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PNP power transistors

BD136; BD138; BD140

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th\ j-a}$	thermal resistance from junction to ambient	note 1	100	K/W
$R_{th\ j-mb}$	thermal resistance from junction to mounting base		10	K/W

Note

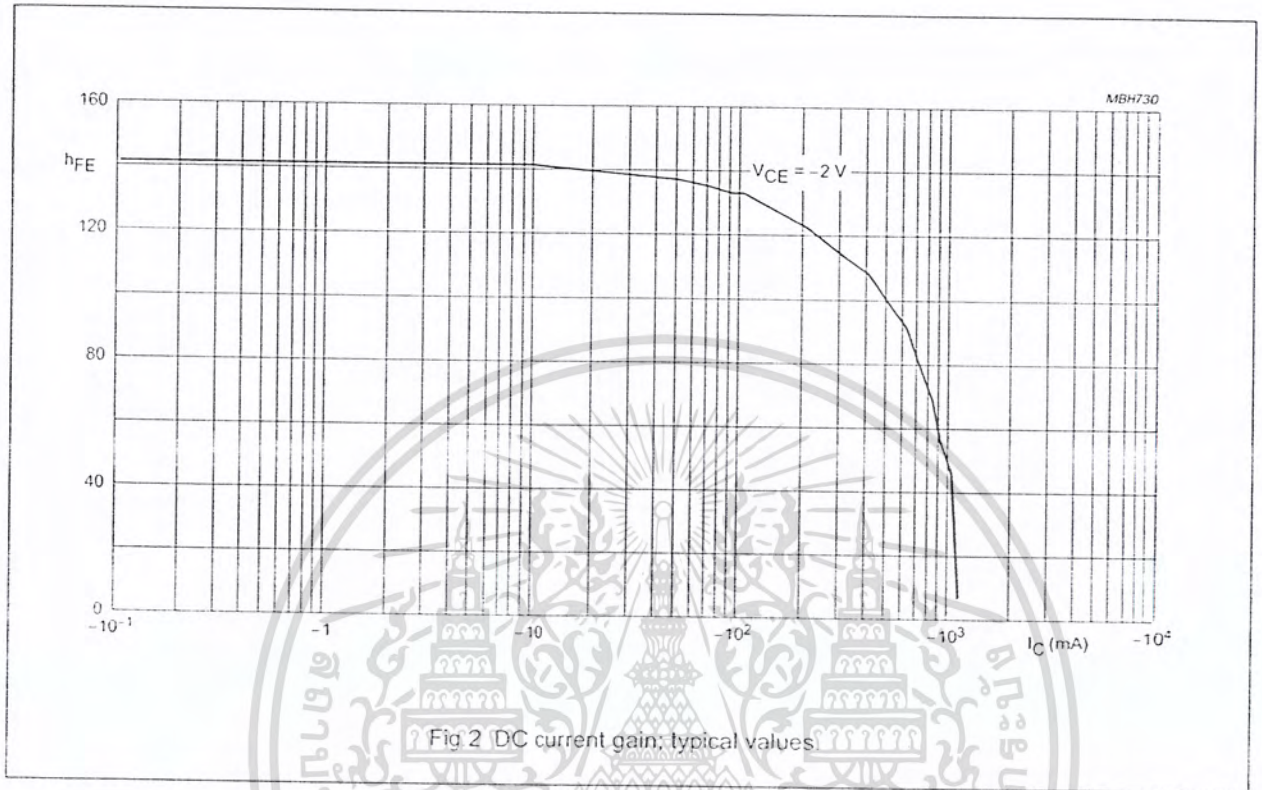
1. Refer to TO-126 (SOT32) standard mounting conditions.

CHARACTERISTICS

 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_{CBO}	collector cut-off current	$I_E = 0; V_{CB} = -30\text{ V}$	-	-	-100	nA
I_{EBO}	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = -5\text{ V}$	-	-	-10	μA
h_{FE}	DC current gain	$V_{CE} = -2\text{ V}$; (see Fig 2) $I_C = -5\text{ mA}$ $I_C = -150\text{ mA}$ $I_C = -500\text{ mA}$	40 63 25	-	- 250	
	DC current gain BD136-10; BD138-10; BD140-10 BD136-16; BD138-16; BD140-16	$I_C = -150\text{ mA}; V_{CE} = -2\text{ V}$; (see Fig 2)	63 100	-	160 250	
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	$I_C = -500\text{ mA}; I_B = -50\text{ mA}$	-	-	-0.5	V
V_{BE}	base-emitter voltage	$I_C = -500\text{ mA}; V_{CE} = -2\text{ V}$	-	-	-1	V
f_T	transition frequency	$I_C = -50\text{ mA}; V_{CE} = -5\text{ V};$ $f = 100\text{ MHz}$	-	160	-	MHz
$\frac{h_{FE1}}{h_{FE2}}$	DC current gain ratio of the complementary pairs	$ I_C = 150\text{ mA}; V_{CE} = 2\text{ V}$		1.3	1.6	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

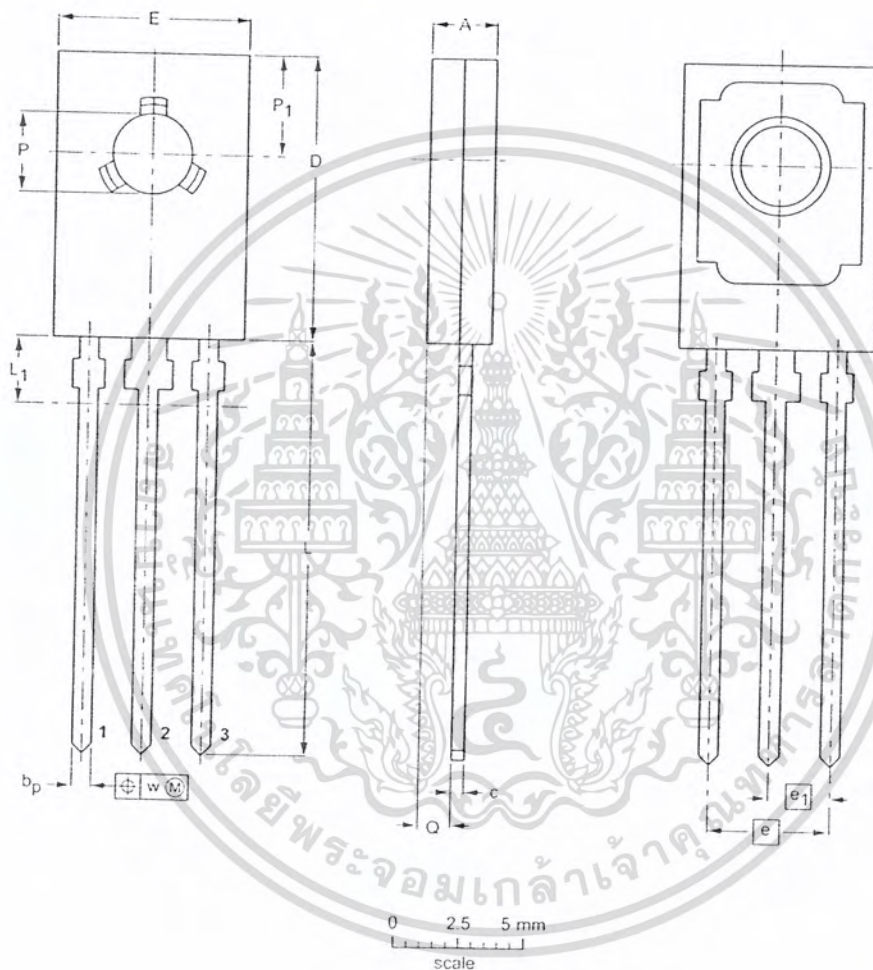


PNP power transistors

BD136; BD138; BD140

PACKAGE OUTLINE

Plastic single-ended leaded (through hole) package; mountable to heatsink, 1 mounting hole; 3 leads SOT32



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A	b _p	c	D	E	e	e ₁	L	L ₁ ⁽¹⁾ max	Q	P	P ₁	w
mm	2.7 2.3	0.88 0.65	0.60 0.45	11.1 10.5	7.8 7.2	4.58	2.29	16.5 15.3	2.54	1.5 0.9	3.2 3.0	3.9 3.6	0.254

Note

1. Terminal dimensions within this zone are uncontrolled to allow for flow of plastic and terminal irregularities.

OUTLINE VERSION	REFERENCES			EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ		
SOT32		TO-126			97-03-04

DEFINITIONS

Data Sheet Status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

